

論文

1. 不織布接触材方式浄化実験（その2）

1. 目的

代掻き・田植え時あるいは降雨時に発生する濁水は、水田の土粒子とともに施肥由来の窒素、リン等を含むため下流の湖沼を汚染する原因となり、早急な対策が必要である。また濁水の土粒子は十分な滞留時間による自然沈降はなかなか困難であり、より短時間で効率よく除去、沈降させる手段が望まれている。

'98年度に曝気運転により良好な浄化効果が得られたことから、'99年度は、同施設を用いた無曝気運転における浄化効果の検証を行うと共に、脱リン材の検証を行った。

2. 実験施設諸元

2.1 施設概要

図2-1に水路型植生浄化実験施設の概要図を、図2-2にE水路に設置した不織布接触材方式浄化施設の構造図を示す。開孔径の異なる不織布接触材（菊花断面棒状不織布・以下BFと略す）a～cを接触材槽1、2に吊り下げるとともに、脱リン材として天然土壌系セラミックスを脱リン槽へ配置した。また、1日1回各槽毎に午前0時から4分間の強曝気を行い、接触材の洗浄を行った。

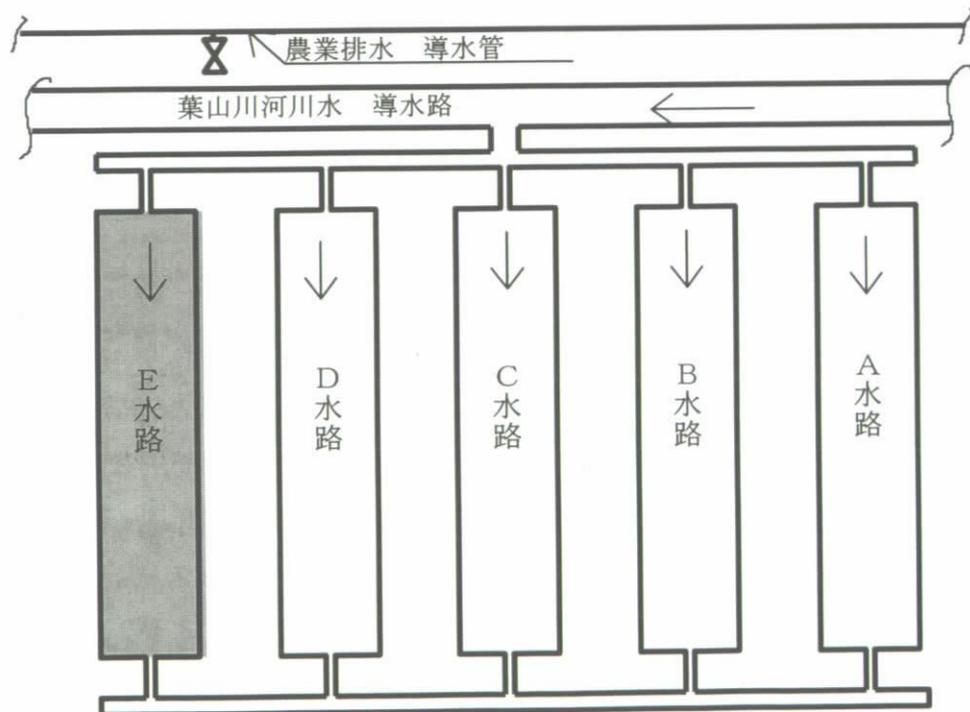
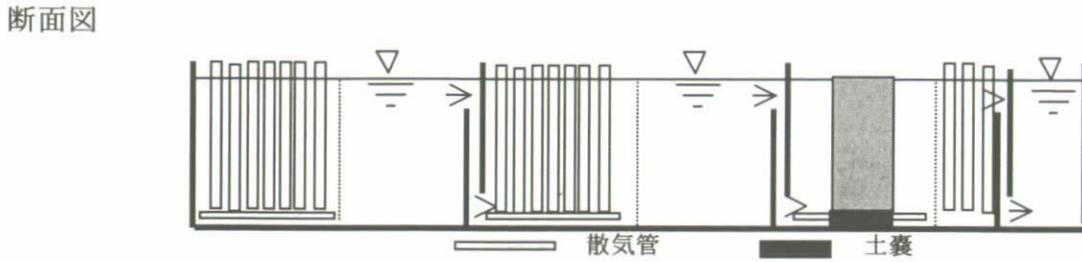
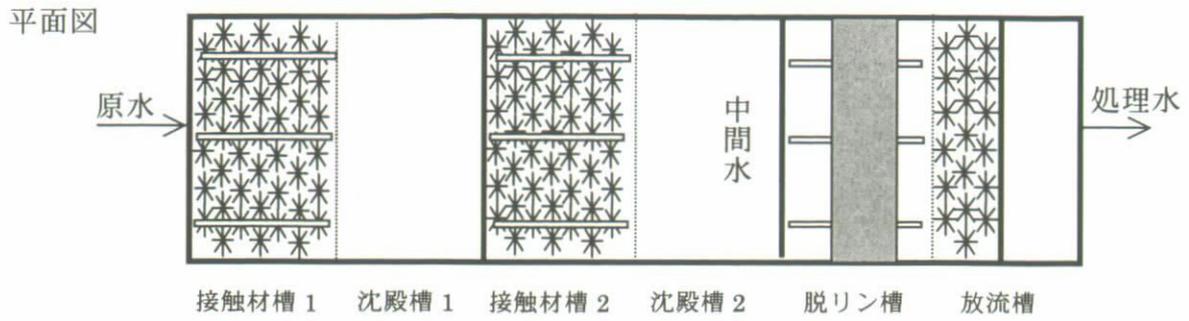


図2-1 水路型植生浄化実験施設 概要図



接触材槽 1：接触材 a(開孔径 $620\mu\text{m}$)BF (144 本) + 接触材 b(開孔径 $500\mu\text{m}$)BF (324 本)
 接触材槽 2：接触材 b(開孔径 $500\mu\text{m}$)BF (144 本) + 接触材 c(開孔径 $250\mu\text{m}$)BF (324 本)
 放流槽：接触材 b(開孔径 $500\mu\text{m}$)BF (208 本)
 脱リン材：天然土壌系セラミックス吸着材

図 2-2 施設構造図

図 2-3 に不織布接触材・BF の概要図及び写真を示す。

BF の寸法は直径 10cm、長さ 72cm、花卉数が 8 枚で、水の流れを考慮して適当な間隔を開けて配置した（'98 年度と同一配置）。

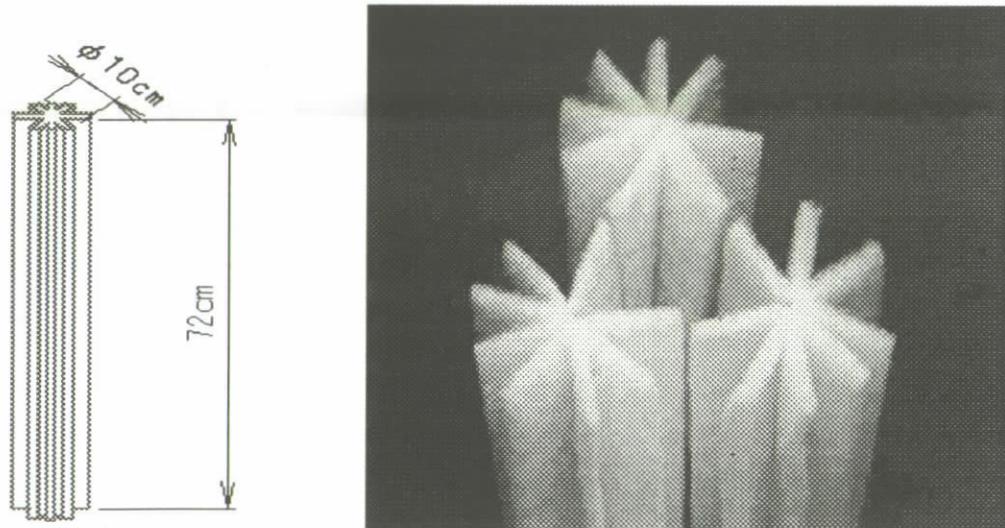


図 2-3 接触材 (BF) 概要図及び写真

図 2-4 に脱リン材の概要を示す。

脱リン材は、 $40\text{cm} \times 30\text{cm} \times 19.5\text{cm}$ のステンレスケースに天然土壌系セラミックス脱リン材を $0.8\text{g}/\text{cm}^3$ の密度で充填し、4月27日に18個設置した。また12月3日に脱リン材の全量交換を実施した。尚、ステンレスケースが網状カゴのため60メッシュの樹脂製ネットを脱リン材の脱落防止材として用いた。

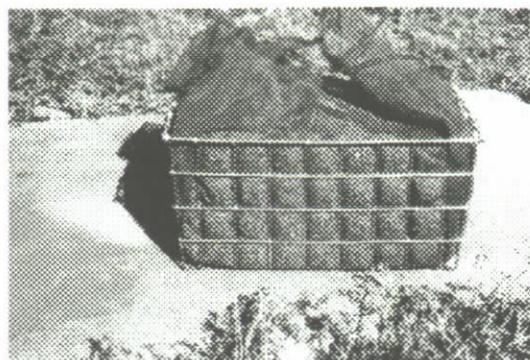
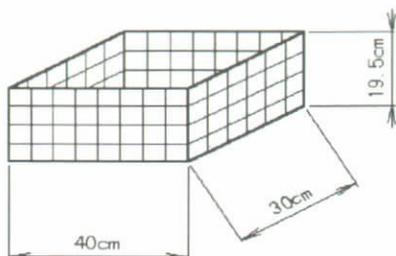


図 2-4 脱リン材概要図及び写真

2. 2 施設の諸元及び運転条件

本施設の諸元及び運転条件を表 2-1 に示す。

表 2-1 施設の諸元及び運転条件

	接触材槽 1	沈殿槽 1	接触材槽 2	沈殿槽 2	脱リン槽 1	放流槽	合計
長さ	4.00m	4.00m	4.00m	4.00m	4.00m	4.00m	24.00m
施設容積	6.24m ³	6.24m ³	6.24m ³	6.24m ³	6.24m ³	6.24m ³	37.44m ³
施設面積	7.80m ²	7.80m ²	7.80m ²	7.80m ²	7.80m ²	7.80m ²	46.80m ²
通水量	150m ³ /日						
滞留時間	1.0hr	1.0hr	1.0hr	1.0hr	1.0hr	1.0hr	6.0hr
充填材	BF468 本	—	BF468 本	—	土壌系セラミックス	BF208 本	—
充填率	47%	—	47%	—	56%	27%	—
逆洗時の曝気量	480l/分	—	480l/分	—	480l/分	—	480l/分

*1 充填率は、BFを円筒状と見做し、脱リン材は見掛け比重より算出した。

*2 逆洗は、1槽毎に1日1回行った。

3. 実験内容

3.1 調査期間

1999年4月20日～2000年3月17日

(1) 葉山川河川水・・・・・・・・・・採水12回

4月20日、5月27日～3月17日(1回/月)

但し、5月27日分は原水の流入が停止しており、滞留時間不明のため測定値は除外した。

(2) 代掻き・田植え時の農業排水・・・・・・・・採水4回

5月2日～5月5日(1回/日)

3.2 調査内容

3.2.1 測定項目

- (1) 水温、pH、DO、粒径分布（代掻き・田植え時にのみ測定）
- (2) SS、COD、BOD、T-N、D-T-N、T-P、D-T-P（毎回測定）

3.2.2 調査及び採水方法

図2-2の平面図に示す原水、中間水、処理水の地点で、滞留時間を考慮して採水した。水温、pH、DOは現場で毎回測定し、他は外部委託にて測定した。

4. 水質の調査結果

4.1 水温、pH、DO

図4-1、2、3に代掻き・田植え時期における水温、pH、DOの結果を示す。

水温は天候の変化に伴い変化したが、pHは原水、処理水とも大きな変化を示さなかった。DOは無曝気運転のため、処理水が原水より低かった。

表4-1に'98年度代掻き時期の各平均値との比較を示す。

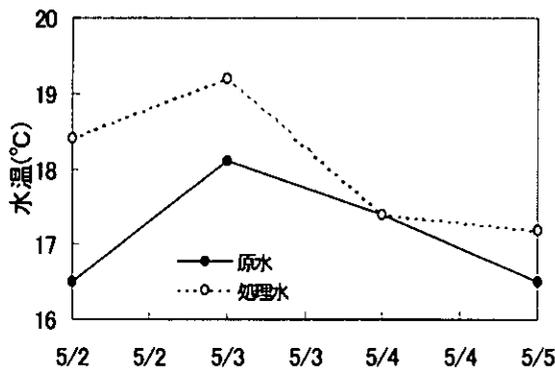


図4-1 水温変化

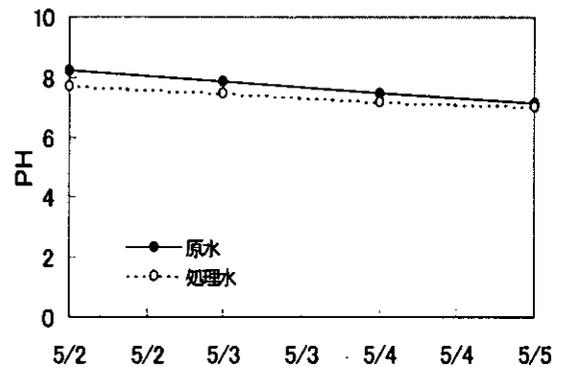


図4-2 pH変化

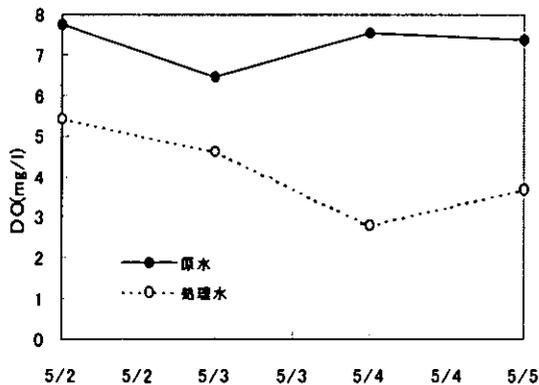


図4-3 DO変化

表4-1 '99年度と'98年度代掻き時期の比較

代掻き時 平均値	水温 (°C)		pH		DO (mg/l)	
	原水	処理水	原水	処理水	原水	処理水
'99年度	17.1	18.1	7.68	7.35	7.28	4.13
'98年度	19.9	20.5	7.01	7.47	5.54	7.15

4.2 SS

SS濃度と除去率の経時変化を図4-4、5に、平均除去率の'98年度との比較を表4-2に示す。

原水濃度は3.1~132.0mg/lにて変化し、代掻き時期の5/5に132.0mg/lと最高値を示した。

SS除去率は、3.2~62.8%と大きくバラツキ、表4-2に示すように曝気運転と比較し、平均除去率でいずれの期間も低い値を示した。

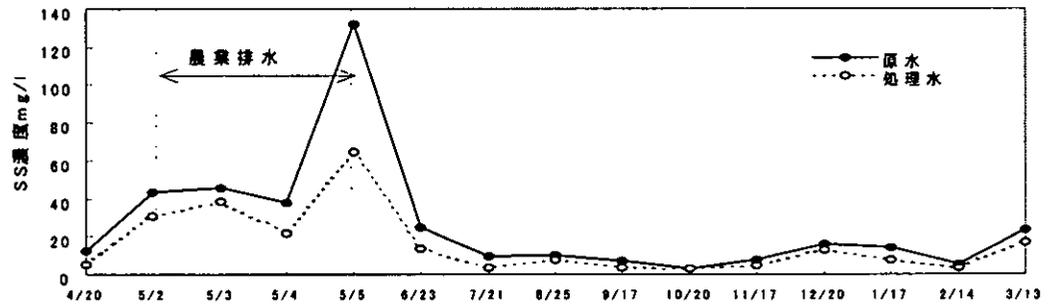


図4-4 SS濃度の経時変化

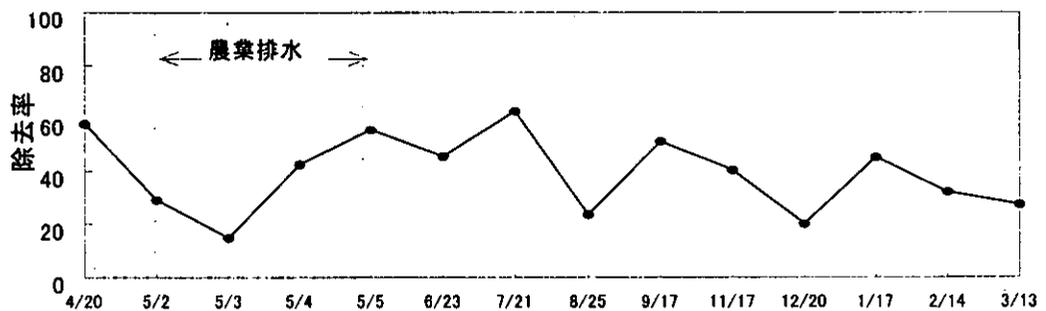


図4-5 SS除去率の経時変化

表4-2 SSの平均除去率

期間		平均除去率
'99年度	全期間	36.9%
	代掻き時期	35.7%
	通常期	37.3%
'98年度	全期間	72.3%
	代掻き時期	64.1%
	通常期	75.1%

4.3 SSの粒径分布

SSの粒径分布は、代掻き・田植え時期に2回測定した。

図4-6に原水、中間水、処理水の粒径分布を、表-3に平均粒径の比較を示す。

原水の粒径分布は1~100 μ mの間に幅広い分布を持ち、今回の測定日では'98年度のような細粒子部にての顕著なピークは見られなかった。

5/5の粒径分布をみると、中間水・処理水で2 μ m以下の小粒子を除いて大きい粒子が除去されており、また除去率も高かった。

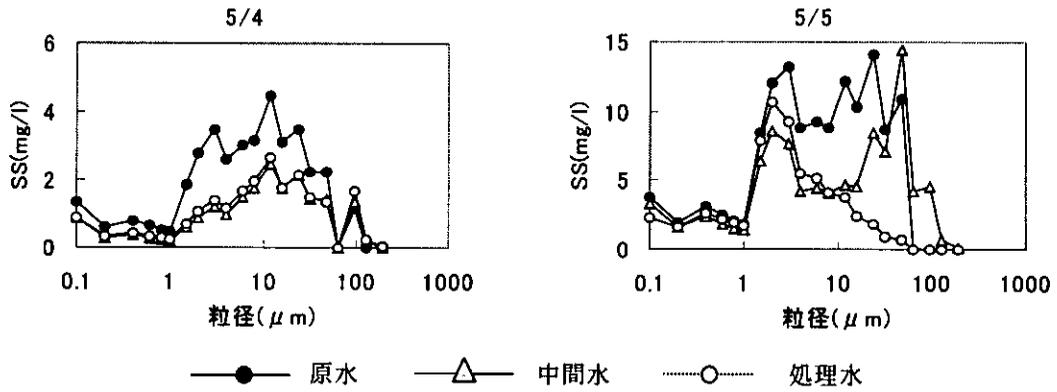


図 4-6 SSの粒径分布

表 4-3 SSの平均粒径

調査日		5/1	5/2	5/3	5/4	5/5
'99 年度代掻き時期	原水	—	—	—	6.6	5.8
	処理水	—	—	—	8.7	2.1
'98 年度代掻き時期	原水	3.8	5.1	4.0	3.1	—
	処理水	2.8	9.4	3.5	14.2	—

(単位 μm)

4.4 COD

COD濃度と除去率の経時変化を図 4-7、8 に、平均除去率の比較を表 4-4 に示す。

原水のCOD濃度は 3.5~11.6mg/l にて変化した。COD各期間の平均除去率は、'98年度の各期間平均除去率と比較し 1/2 以下に低下した。

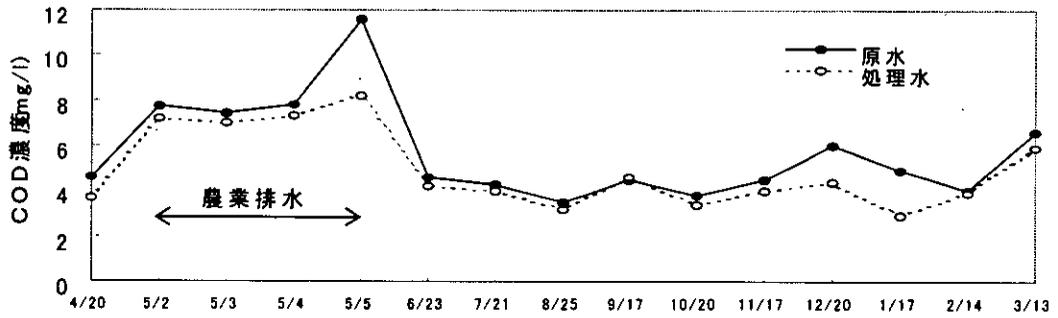


図 4-7 COD濃度の経時変化

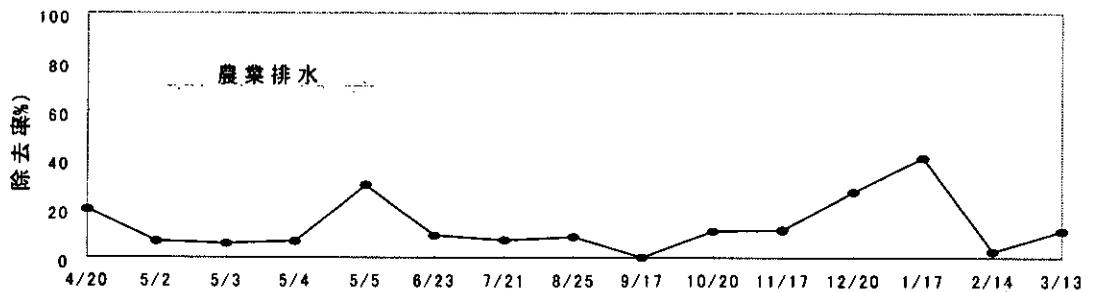


図 4-8 COD除去率の経時変化

表 4-4 CODの平均除去率

期間		COD除去率
'99年度	全期間	12.9%
	代掻き時期	11.9%
	通常期	13.3%
'98年度	全期間	30.6%
	代掻き時期	31.0%
	通常期	30.3%

4.5 BOD

BOD濃度と除去率の経時変化を図4-9、10に平均除去率の比較を表4-5に示す。

原水のBOD濃度は0.8~3.9mg/lと4mg/l以下の低濃度で大きく変化した。BOD各期間の平均除去率は、'98年度と比較し通常期は半減した。

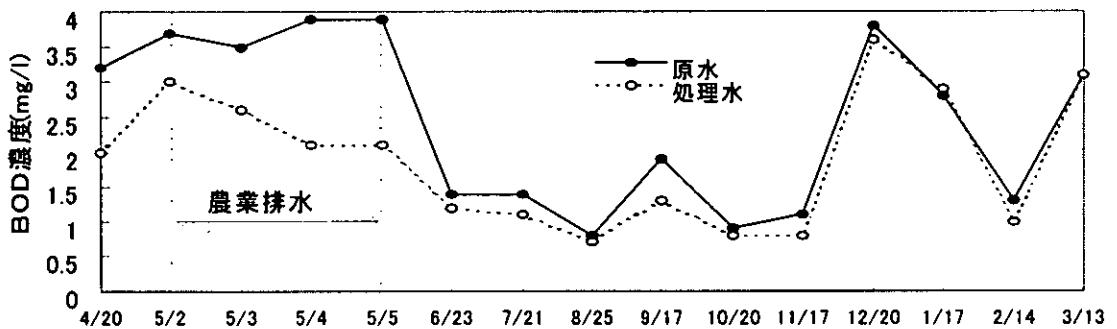


図 4-9 BOD濃度と除去率の経時変化

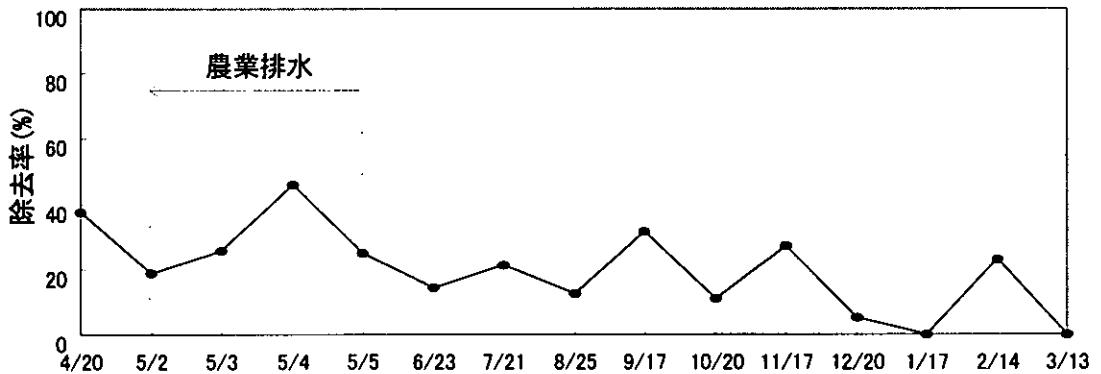


図 4-10 BOD除去率の経時変化

表 4-5 BODの平均除去率

期間		BOD
'99年度	全期間	20.0%
	代掻き時期	25.0%
	通常期	17.4%
'98年度	全期間	31.5%
	代掻き時期	30.2%
	通常期	31.8%

4.6 窒素

4.6.1 T-N

T-N濃度と除去率の経時変化を図4-11、12に、平均除去率の比較を表4-6に示す。

原水のT-N濃度は0.96~3.07mg/lにて変化した。

T-N除去率は全期間で0.0~9.1%であり、'98年度の平均除去率と比較し、全期間で3.4%と大きく低下し、特に代掻き期間ほとんど除去しなかった。

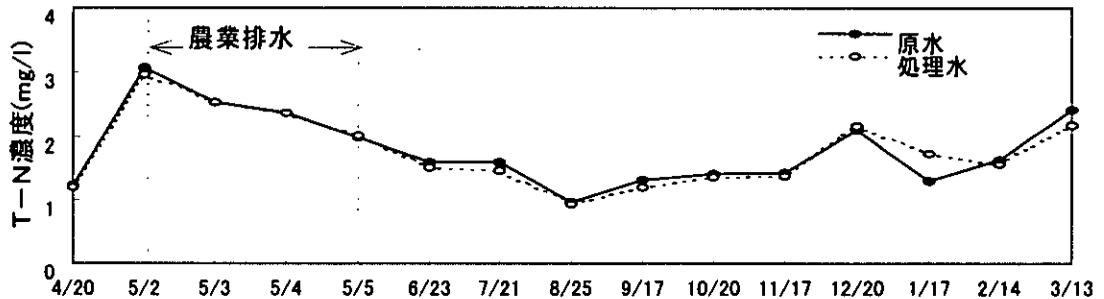


図4-11 T-N濃度の経時変化

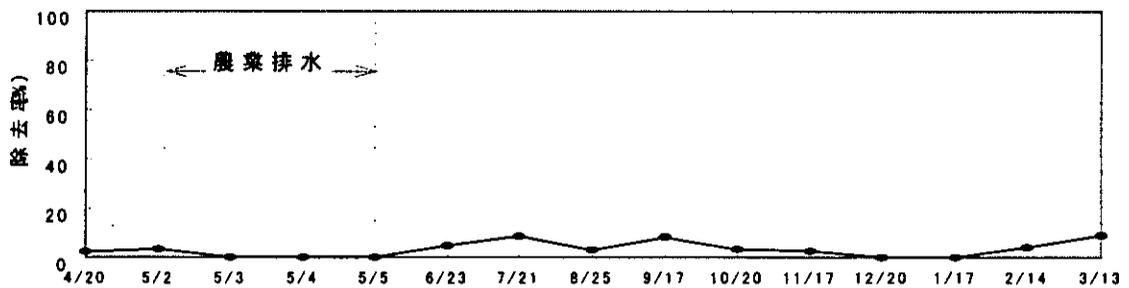


図4-12 T-N除去率の経時変化

表4-6 平均除去率

期間		T-N	D-T-N
'99年度	全期間	3.4%	1.6%
	代掻き・田植え期間	0.9%	0.4%
	通常期	4.3%	2.0%
'98年度	全期間	9.2%	5.3%
	代掻き・田植え期間	12.2%	10.2%
	通常期	9.0%	4.5%

4.6.2 D-T-N

D-T-Nの濃度と除去率の経時変化を、図4-13、14に、平均除去率の比較を表4-6に示す。

原水のD-T-N濃度は0.88~2.55mg/Lにて変化した。T-NとD-T-Nは連動して変化した。またD-T-N/T-Nの比は全期間平均86.8%で、'98年度の85.4%と差は見られなかった。

D-T-Nの除去率は全期間で0.0~9.4%であり、全期間平均除去率が1.6%と'98年度と比べて大きく低下し、ほとんど除去されていなかった。

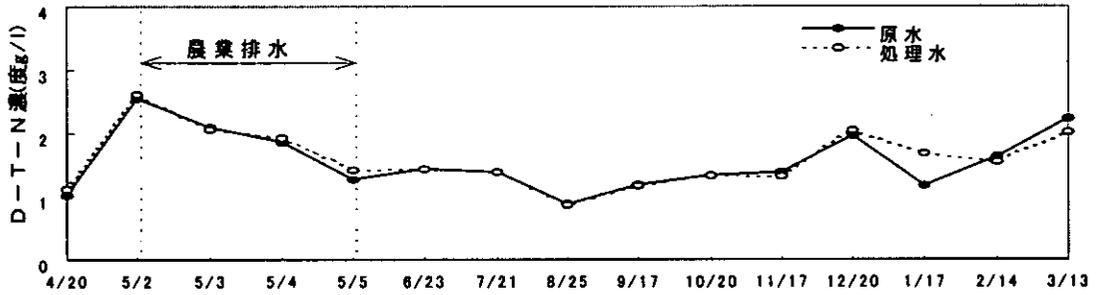


図 4-13 D-T-N濃度の経時変化

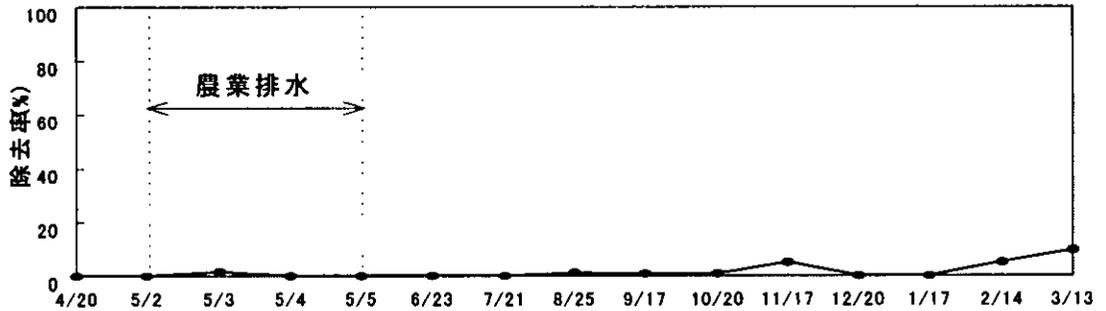


図 4-14 D-T-N除去率の経時変化

4.7 リン

天然土壌系セラミックス脱リン材と前年度の鉄繊維脱リン材の比較を実施した。尚、12月3日に天然土壌系セラミックス脱リン材の全量交換を行うと共に、脱リン材内の通水形態を変更した。

4.7.1 T-P

T-Pの濃度と除去率の経時変化を図4-15,16に、平均除去率の比較を表4-7に示す。また、表4-7にはT-P、D-T-Pより算出した懸濁成分(P-T-P)の平均除去率を示す。

原水のT-P濃度は0.084~0.458mg/lにて変化した。T-Pの除去率は0~37.7%にて変化し、全期間平均除去率が20.9%と'98年度の全期間平均除去率44.9%と比べて半減した。D-T-Pの低下率よりP-T-Pの低下率が大きいことから、土粒子(SS)除去率の低下に伴う懸濁体リンの除去率低下がT-P除去率低下の最大要因と推察される。

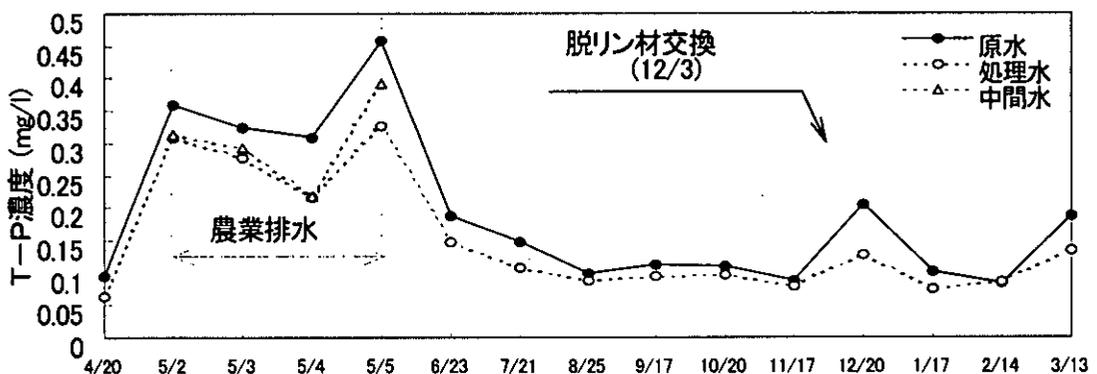


図 4-15 T-P濃度の経時変化

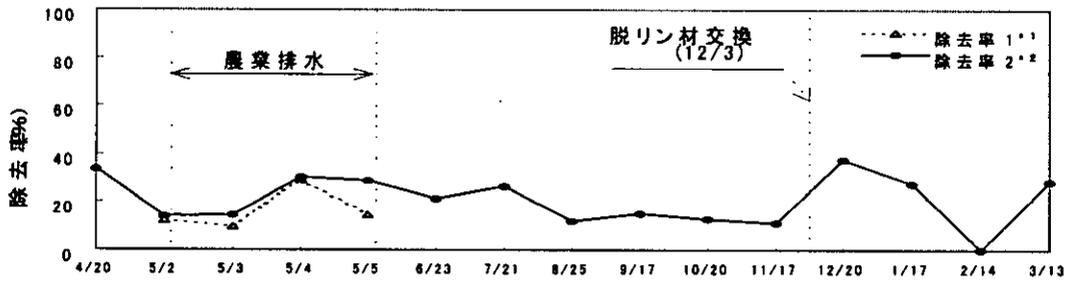


図 4-16 T-P 除去率の経時変化

*¹ 除去率 1 = (原水 - 中間水) / 原水 × 100

*² 除去率 2 = (原水 - 処理水) / 原水 × 100

表 4-7 平均除去率

期 間	T-P		D-T-P		P-T-P ^{*3}
	処理水	処理水	処理水	処理水	処理水
'99 年度	全期間		17.5%		25.7%
	12/3 以前	12/3 以後	13.0%	30.1%	—
	代掻き・田植え期間		24.6%		21.7%
	通常期		15.0%		27.1%
'98 年度	全期間		19.0%		66.4%
	代掻き・田植え期間		24.1%		55.8%
	通常期		17.7%		72.0%

*³ T-P, D-T-P 値より計算

4.7.2 D-T-P

D-T-P の濃度と除去率の経時変化を、図 4-17, 18 に、平均除去率の比較を表 4-7 に示す。

原水の D-T-P 濃度は 0.020~0.103mg/l にて変化した。D-T-P の除去率は 0.0~48.8% にて変化し、全期間平均除去率が 17.5% と '98 年度の全期間平均除去率 19.0% と比べて低下した。各期間で見ると、代掻き・田植え期間中の除去率は 24.6% と '98 年度の 24.1% と同等であったが、通常期において除去率 15.0% と '98 年度の 17.7% に対し若干低下していた。しかし、脱リン材内の通水形態変更後 12 月 20 日以降は除去率が変更前の平均除去率 13.7% に対して 30.1% と、バラツキがあるものの向上した。

以上のことから、天然土壌系セラミックスの D-T-P 除去能力は、鉄繊維と比較し若干低下しているが、形態上その詰め方と通水方法を改善することにより、能力が向上することが判る。

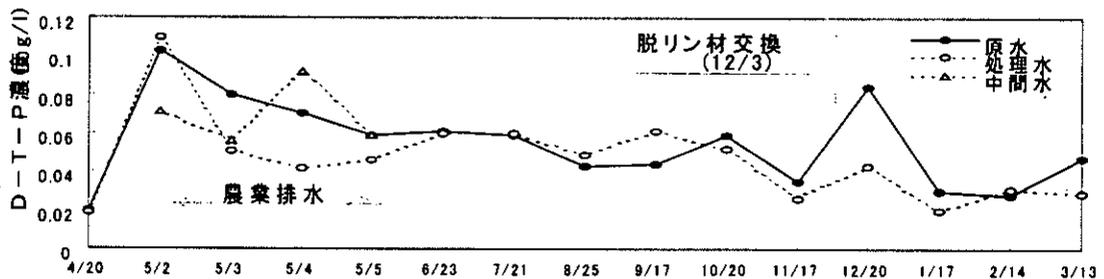


図 4-17 D-T-P 濃度の経時変化

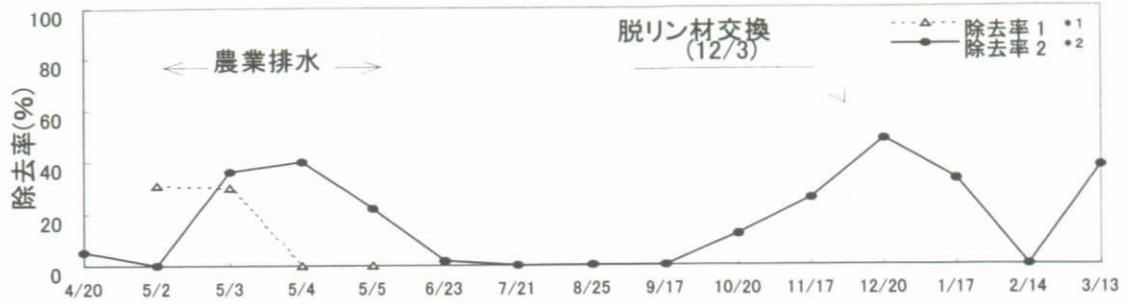


図 4-18 D-T-P 除去率の経時変化

*1 除去率 1 = (原水 - 中間水) / 原水 × 100

*2 除去率 2 = (原水 - 処理水) / 原水 × 100

5. 汚泥の調査結果

1999年4月から2000年4月までの約1年間に堆積した汚泥の調査結果を表5-1、図5-1に示す。

堆積汚泥量は、接触材槽1に全堆積汚泥量の65.4%が集中しており、沈殿槽1を含めた施設前段にて全堆積汚泥量の79.9%を示しており、他の槽と比較して非常に多くの堆積が見られた。汚泥調査時の観察では、前段程砂質が多く後段に行く程土粒子が多く見られた。

'99年度はSS除去率低下に伴い堆積汚泥量が対'98年度比44.7%と半減した。従って堆積汚泥に含有されたN、P量の対'98年度比は、31.2%、45.3%と低下した。

表 5-1 堆積汚泥の特性

		堆積汚泥容量	固形分濃度	堆積汚泥量	有機分比率	有機分量	含有N量		含有P量	
		(wet m3)	(%)	(dry Kg)	(VSS %)	(dry Kg)	(mg/Kg)	(g)	(mg/Kg)	(g)
'99年度	接触材槽1	1.022	22.1	225.9	12.7	28.7	3160	713.7	2940	664.0
	沈殿槽1	0.226		49.9		6.3				
	接触材槽2	0.063	18.7	11.7	12.5	1.5	4650	54.4	3460	0.6
	沈殿槽2	0.101		18.9		2.4				
	脱リン槽	0.273	10.2	27.8	13.0	3.6	4020	111.9	3380	94.1
	放流槽	0.109		11.1		1.4				
		各槽平均値	0.299	17.0	57.6	12.7	7.3	3943	195.0	3260
	合計	1.794		345.4		43.9		1170.4		1008.6
'98年度	各槽平均値	0.750	16.9	128.7	13.1	16.9	4836	625.0	2903	371.2
	合計	4.499		772.3		101.6		3750.1		2227.3

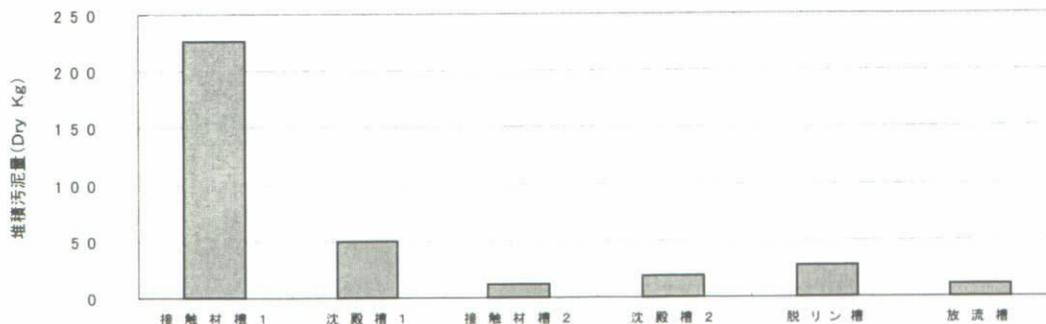


図 5-1 各槽の堆積汚泥量の比較

6. まとめ

- ① 無曝気運転によるSS除去率は全期間平均で36.9%を示し、'98年度曝気運転時の除去率72.3%に比較し低下した。この除去率低下は代掻き・田植え時期及び通常期を通して継続した。これは無曝気運転により、接触材槽にて懸濁物の接触材への接触回数が減少したことに起因するものと思われる。
- ② COD、BODの除去率は、全期間平均にて12.9%、20.0%を示し、'98年度曝気運転時の除去率30.6%、31.5%に比較し低下し、また各期間において除去率にバラツキが見られた。
- ③ T-N、D-T-Nの除去率は全期間にて3.4%、1.6%であり、'98年度の9.2%、5.3%と比べて低下した。D-T-Nは無曝気運転では、ほとんど除去が認められない。
- ④ T-Pの除去率は全期間にて20.9%と'98年度の44.9%に比較し低下した。これは土粒子(SS)除去に伴うP-T-Pの除去率の低下が原因と推察される。
- ⑤ D-T-Pは除去率17.5%と'98年度の19.0%に比べて若干低下したが、脱リン材交換後の除去率の回復経過から、吸着能力を有効に利用していなかったためと推察され、脱リン材の洗浄方法、通水方法が性能に大きな影響を与える要素であると考えられる。土壌系セラミクス脱リン材は吸着能力を有効に発揮させれば、鉄繊維脱リン材と同等の性能が得られると思われる。
- ⑥ 堆積汚泥は、有機分比率が12.5~13.0%、平均12.7%と無機分が大部分であるが、前段に於いてはT-N、T-P濃度が低く固形分濃度が22.1%と高いことから、砂質等が主体の土粒子が沈降したと考えられる。また、後段は固形分濃度の低下、T-N、T-P濃度の増加から砂質分が少ない土粒子が主体に除去され沈降したと推察される。
- ⑦ '99年度の無曝気運転においては、懸濁物質すなわち土粒子除去率の低下に伴いT-P (P-T-P) が連動して低下し、またCOD、BODも低下した。無曝気運転にてもSS平均37%の除去率を示しているが、さらに効率をアップさせるには曝気等により乱流を起こし、接触材への土粒子の衝突動作を増やしてやること、及び接触酸化の促進が必要と考える。

実験担当者

財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構

実験センター主任研究員

堀野 善司

実験センター所長

中山 繁

日本バイリーン株式会社

開発本部第二部部长

山口 俊平

開発本部第二部主任

長谷川 進

2. 深池型ヨシ帯浄化実験（その2）

1. 実験の目的

ヨシ帯においては、水生植物の栄養塩の吸収や微生物の有機物分解等の生物作用、土壌や植物によるろ過・吸着等の物理・化学的作用など様々な要因が影響を及ぼしながら生態系全体として浄化効果を発揮している。しかしながら、自然のヨシ帯では物質収支を把握することは難しく、複雑な水質浄化のメカニズムを解明するには至らない。本実験は、閉鎖系の「深池型実験施設」にヨシ帯を再現し、植物・生物・土壌を含めた生態系全体としての水質浄化能を評価を行った。

2. 実験施設諸元

2.1 実験場所

滋賀県草津市志那町地先

琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター内 深池型実験施設

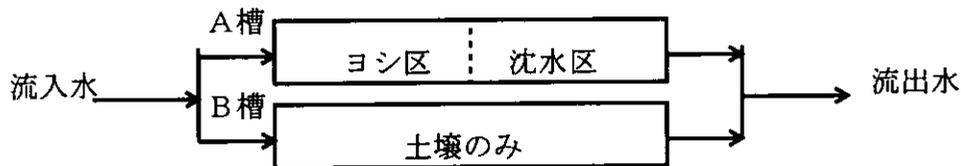
2.2 深池型浄化実験施設の諸元

深池型浄化実験施設の諸元を表2-1に示す。

表2-1 深池型浄化実験施設の諸元

施設諸元	系列数	2池	
	通水量	0~600m ³ /日×2池	
	規模	B(m)×L(m)×h(m)	6.0×20.0×2.0
		水面積負荷	0~5.0m ³ /m ² ・日
滞留時間		0~10日	
操作因子	導入生物	抽水植物、沈水植物、浮漂植物、有用微生物	
	底面形状	任意の勾配	

本年度業務においては深池型実験施設（以降「深池」とする）2槽の内A槽でヨシ原と沈水植物、B槽で土壌のみの浄化実験を行った。A槽のヨシ及び沈水植物については平成10年度実験終了後、手を加えず自然に繁茂した状態である。図2-1に示すようにA槽のヨシを植栽した区域をヨシ区、ヨシを植栽していない部分を沈水区とした。



ヨシ植え付け密度：4株/m²

ヨシ植え付け面積：60m²

沈水植物：自生

図2-1 深池各槽の植栽区域

本実験における人工湿地の通水方式は浸透流水方式を目指した。A、B槽で有孔壁を設け、浸透流水方式を採用した。(図2-2参照)

< A、B槽 >

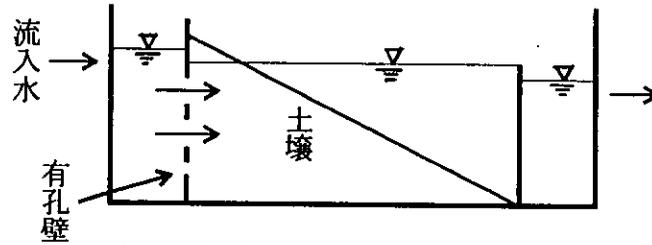


図2-2 浸透流水方式 (A、B槽)

●ヨシ筏の諸元と形状

ヨシ筏の諸元を図2-3に示す。

筏内寸	W1,000×L1,500×H240
ヨシ	直径30cmポット苗、5株/基
基数	10基
バイオコード	L=2,000、48本/基
ヤシマット	W1,000×L1,500×H150

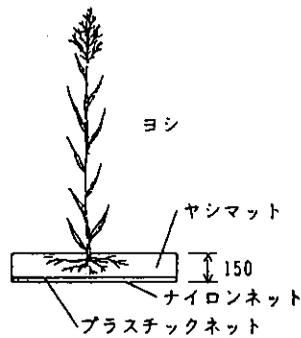
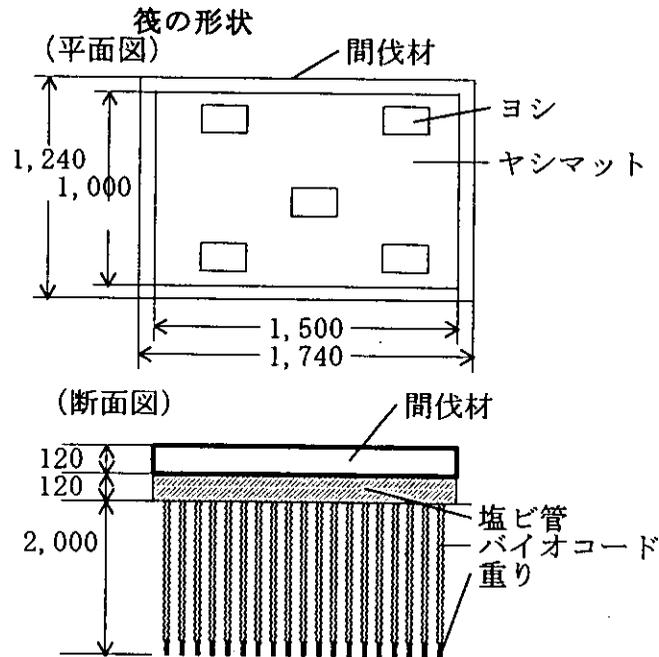


図2-3 筏の形状

3. 調査内容

3.1 深池の堆積汚泥調査

深池ヨシ区・沈水区底部の堆積汚泥について、堆積汚泥量並びに含有物質を調査した。

3.2 深池の整備

上記堆積汚泥調査の後に、汚泥の除去、不要水生植物の除去、不足土壌の補充等、以降の実験のための整備を行った。

3.3 土壌調査

土壌のリン含有量を測定するとともに、土壌中に挿入したゼオライト(アンモニア態窒素に対する吸着材)の吸着能力を測定することによって、流入水の土壌浸透の可能性を推測した。

3.4 流量(滞留時間)変化の調査

A槽、B槽において2種類の流量の場合の水質の変化を調査した。

3.5 土壌浄化能の水質調査

A槽、B槽において流入水および土壌間隙水を採水し、土壌浄化能を調査した。また、併せて土壌浸透量の確認も行った。

3.6 ヨシ筏の調査

ヨシ筏のバイオコードに付着している生物を採取し、同定・個体数を調査した。

4. 深池の堆積汚泥調査

4.1 調査の目的、内容

深池ヨシ区・沈水区底部の堆積汚泥について、実験開始前および終了後に堆積汚泥量並びに含有物質を調査し、水質浄化能との関連について考察する。

A槽のヨシ区・沈水区において、図4-1に示すように平面的にメッシュ状に区切り(調査箇所:15)を行い、堆積汚泥量を汚泥の深さから測定するとともに、採取した汚泥の含有物質を分析した。

《分析項目》

T-N、T-P、T-C、強熱減量

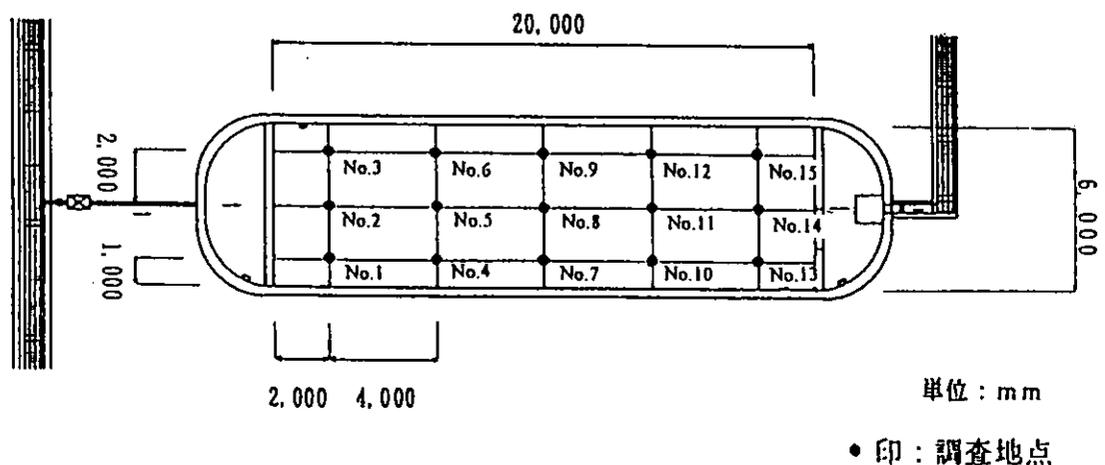


図4-1 堆積汚泥調査位置(A槽)

4.2 結果および考察

ここでは上流側から第1区画(No. 1、No. 2、No. 3)、第2区画(No. 4、No. 5、No. 6)、第3区画(No. 7、No. 8、No. 9)、第4区画(No. 10、No. 11、No. 12)、第5区画(No. 13、No. 14、No. 15)と呼称する。各区画での平均値を表4-1に示す。

表4-1 堆積汚泥調査結果(区画平均値)

調査時期	調査位置	泥厚 (mm)	T-N (mg/kg)	T-P (mg/kg)	T-C (%)	強熱減量 (%)
平成10年度 実験終了後	第1区画	30	6,233	2,200	8.4	23.0
	第2区画	47	6,033	3,033	7.5	22.7
	第3区画	67	3,733	2,200	3.8	12.7
	第4区画	80	4,093	2,300	4.1	12.3
	第5区画	150	4,567	2,633	4.4	14.1
平成11年度 実験終了後	第1区画	23	4,300	2,600	4.9	14.6
	第2区画	37	5,633	3,100	6.5	16.2
	第3区画	13	2,433	1,533	2.2	6.7
	第4区画	20	3,233	1,967	2.7	8.8
	第5区画	10	1,733	997	1.5	4.9

(1) 地点間の比較

窒素、リン、有機物の含有量(T-C、強熱減量)はヨシの植栽のある上流側(第1、第2区画)が沈水区である下流側(第3、第4、第5区画)よりも高い傾向にあった。

(2) 地点による含有物質量の違いの原因

A槽のヨシ区は植栽のない土壌槽のみの沈水区と比べて、平成10年度実験終了後および平成11年度実験終了後とも窒素、リン、有機物の含有量で2倍近い値になっている。これは、植物(ヨシ)の分解物に由来するものではないかと考えられる。以下、ヨシ区の含有量と沈水区の含有量の差を枯れヨシの含有量と比較する。

【平成10年度実験終了後】

	ヨシ区 含有率	沈水区 含有率	含有率 の差	1 m ² の汚泥 の乾燥重量	1 m ² の汚泥中 の含有量
T-N	6,100(mg/kg)	4,100(mg/kg)	2,000(mg/kg)	14.4kg	29g
T-P	2,600(mg/kg)	2,400(mg/kg)	200(mg/kg)		3g
T-C	8.0(%)	4.0(%)	4.0(%)		576g

【平成11年度実験終了後】

	ヨシ区 含有率	沈水区 含有率	含有率 の差	1 m ² の汚泥 の乾燥重量	1 m ² の汚泥中 の含有量
T-N	5,000(mg/kg)	2,500(mg/kg)	2,500(mg/kg)	10.8kg	27g
T-P	2,900(mg/kg)	1,500(mg/kg)	1,400(mg/kg)		15g
T-C	5.7(%)	2.1(%)	3.6(%)		390g

上記のようにヨシ区(No. 1~No. 6)と沈水区(No. 7~No. 15)の含有率の差に1 m²の汚泥重量を乗じた値である1 m²の汚泥中の含有量を求めた。

注1) No. 1~No. 6の泥厚の平均値(平成10年度は40mm、平成11年度は30mm)を1 m²に乗じて汚泥体積とした。

注2) 汚泥乾燥重量 = $1 \times (30^{*A}) / 1,000 \times \text{平均泥厚} \times 1.2^{*B} \times 10^3 = 10.8\text{kg}$

*A) 汚泥の含水率: 70%(平成11年度の測定値)、*B) 汚泥の比重: 1.2

一方、平成8年度、9年度の調査結果によると、枯れヨシの密度は200本/m²で、ヨシ1本当たりの乾重量、T-N含有率、T-P含有率、T-C含有率はそれぞれ以下のとおりである。

ヨシの乾重量 (g/本)	T-N含有率 (%)	T-P含有率 (%)	T-C含有率 (%)
7.5 ^{*C)}	0.95 ^{*D)}	0.119 ^{*D)}	39.7 ^{*E)}

《出典》

*C)平成8年度 水質浄化実験業務報告書 p2-215

(12月のヨシ植栽密度：400本/m²、1 m²当たりの乾重量：2,985gから算出)

*D)平成8年度 水質浄化実験業務報告書 p2-215(12月の値)

*E)平成9年度 深池浄化実験報告書 p2-178(11月の値)

この値を用いると、1 m²に相当する枯れヨシから回帰するT-N、T-P、T-Cはそれぞれ15gN/m²、2gP/m²、596gC/m²である。平成11年度実験終了後のT-Pについては乖離が大きいが、汚泥中の含有量の差と枯れヨシの含有量とは比較的近い値と言える。このことから、A槽のヨシ区と沈水区での窒素、リンや有機物の含有量の差は主に枯れヨシからの回帰分に由来していると推定される。

5. 土壌調査

5.1 調査の目的

土壌のリン含有濃度や陽イオン交換容量を測定することによって流入水の土壌浸透の可能性を推定する。

5.2 土壌のリン含有量の測定

5.2.1 測定方法

平成12年3月上旬にA槽で図5-1に示す3ヶ所で採泥し、それぞれ深度方向に試料を分割し分析を行った。

◇池底からの高さ

No.1 175、155、135、115、95、75、55cm

No.2 150、130、110、90cm

No.3 75、55、35cm

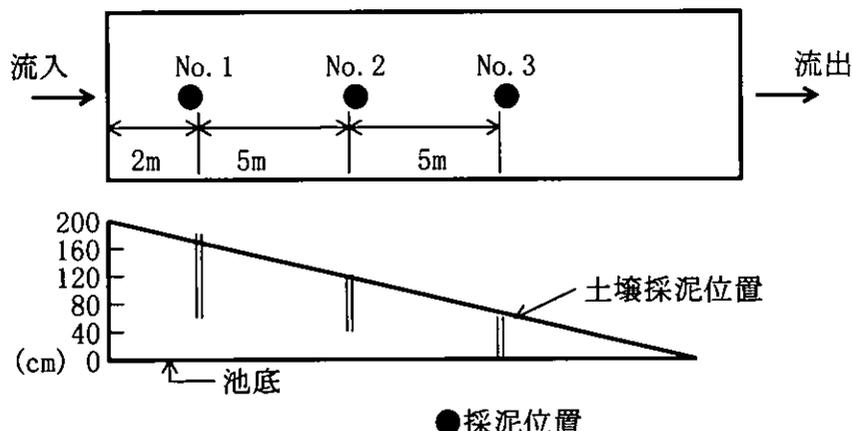


図5-1 土壌調査の採泥位置

5.2.2 結果および考察

土壌のリン含有量の測定結果を表5-1に示す。

表5-1 土壌のリン含有量測定結果

池底からの高さ (cm)	リン含有率(mg/kg)		
	地点No. 1	地点No. 2	地点No. 3
175	290		
155	260		
150		260	
145			
140			
135	300		
130		320	
125			
120			
115	320		
110		320	
105			
100			
95	340		
90		300	
75	450		250
55	310		340
35			350

採泥位置についても、また深度方向についても特に含有量の差は認められず、300mg/kg前後の値で分布している。

平成10年12月上旬に行った同位置での測定結果は300～400mg/kgであり、これと比べて通水期間の7ヶ月間に土壌中のリン含有量が増加しているとは言えないことから土壌浸透の可能性は少ないと考えられる。

5.3 陽イオン交換容量の測定

5.3.1 測定方法

リン含有量の測定位置と同位置にアンモニア態窒素の吸着材であるゼオライトを充填したポーラスな塩ビパイプを土壌中に挿入した。挿入期間は平成11年8月上旬～平成12年2月末までの約7ヶ月間であった。

平成12年2月末にパイプごとゼオライトを取り出した後に深度方向に試料を分割し、残留するアンモニア態窒素吸着能を測定した。

◇池底からの高さ

No. 1 175、155、135、115、75cm

No. 2 150、120、90cm

No. 3 75、35cm

5.3.2 測定結果と考察

測定結果を表5-2に示す。

表2-3-2 陽イオン交換容量の測定結果

池底からの高さ (cm)	アンモニア態窒素吸着量(mgN/g)			陽イオン交換容量(meq/100g)		
	地点No. 1	地点No. 2	地点No. 3	地点No. 1	地点No. 2	地点No. 3
175	4.15			29.6		
155	4.15			29.6		
150		4.18			29.9	
145						
140						
135	3.96			28.3		
130						
125						
120		4.07			29.1	
115	3.73			26.6		
110						
105						
100						
95						
90		4.95			35.4	
75	4.84		5.05	34.6		36.1
35			4.93			35.2

未使用ゼオライトの吸着能：6.38mgN/g

未使用ゼオライトの陽イオン交換容量：45.6meq/100g

上表に示したのは、各試料のゼオライト単位重量当たりのアンモニア態窒素吸着量および陽イオン交換容量への換算値(吸着量を窒素の原子量で割って、ゼオライト100g当たりに換算した値)である。未使用ゼオライトに比べて、いずれも吸着能(陽イオン交換容量)は低下しているが、以下の傾向が認められる。

- ・流入部に近い側(No. 1、No. 2)では表層に近いほど吸着能力の低下が大きい。
- ・No. 1、No. 2、No. 3の3地点とも池底から1m以内では吸着能力はほぼ等しい。

以上のことから、池底から1m以内では土壌と流入水との接触は少なく、土壌と流入水が接触しているのは池底から1mよりも上の範囲に限定していると推定される。ただし、このデータだけでは、池底から1mよりも上の範囲内に流入水が浸透していることを確認することはできない。なぜならば、流入水と土壌との接触は土壌表面に限定していても、土壌表面から内部に向かっての流入水の拡散によって土壌と流入水の接触をもたらすことがあるからである。

6. 流量(滞留時間)変化の調査

6.1 調査の目的

滞留時間の違いによる水質浄化能の差を把握し、浄化効率の高い処理水量を求める。また併せて、深池の流入水、処理水の藻類増殖能力の測定も行った。

6.2 水質浄化能の調査

6.2.1 調査方法

(1) 調査箇所

A槽、B槽のそれぞれ流入水、流出水

(2) 設定流量

run 1 : 10m³/h

run 2 : 5m³/h

(3) 調査回数

A槽：夏季、秋季、冬季の3回

B槽：夏季のみ

(4) 分析項目

pH、DO、SS、BOD、COD、T-N、T-N(D)、NH₄-N、NO₃-N、T-P、T-P(D)、PO₄-P

6.2.2 結果および考察

今年度の調査結果および平成8年度～平成10年度の調査結果も含め、負荷削減量である除去量(流入水質と処理水質の差に流量を乗じた値)の平均値を各流量ごとに求めたものを表6-1、表6-2に示す。

表6-1 A槽の平均除去量(単位：g/日)

年度	流量 (m ³ /h)	SS	BOD	COD	T-N	T-N (D)	NH ₄ -N	T-P	T-P (D)	PO ₄ -P
平成8年度	1(9月~1月)	299	12	26	15	14	3	1.7	0.6	0.7
平成9年度	1(5月~11月)	277	10	14	15	14	4	1.4	0.7	0.7
平成10年度	1(9月上旬)	301	6	7	8	9	—	0.8	0.3	—
	5(9月下旬)	2,328	28	156	44	24	—	12.2	12.1	—
	10(9月下旬)	936	66	112	90	132	—	8.3	1.2	—
	20(12月下旬)	816	112	48	32	24	—	7.4	5.0	—
平成11年度	5(夏季)	2,136	72	164	56	43	2	10.7	4.4	4.2
	10(夏季)	1,800	48	106	31	36	6	17.3	3.7	4.2
	5(秋季)	792	42	42	12	16	1	1.0	0.1	0.4
	10(秋季)	1,040	24	54	0	2	6	3.1	1.4	0.7
	5(冬季)	342	40	60	8	48	5	0.7	0.2	0.4
	10(冬季)	1,680	216	66	16	36	13	2.9	0.4	-2.9

表6-2 B槽の平均除去量(単位：g/日)

年度	流量 (m ³ /h)	SS	BOD	COD	T-N	T-N (D)	NH ₄ -N	T-P	T-P (D)	PO ₄ -P
平成8年度	1(9月~1月)	558	7	22	21	21	5	1.8	0.5	0.7
平成9年度	1(5月~11月)	160	10	14	14	15	4	1.8	0.6	0.6
平成10年度	1(9月上旬)	576	6	15	15	12	—	2.4	0.6	—
	5(9月下旬)	2,820	30	186	24	36	—	13.5	12.4	—
	10(9月下旬)	600	108	336	42	84	—	10.2	4.4	—
	20(12月下旬)	576	60	72	32	0	—	5.4	3.8	—
平成11年度	5(夏季)	788	36	168	48	48	-4	8.3	5.5	5.3
	10(夏季)	5,856	72	269	33	18	1	24.0	2.0	2.0

通水流量が大きいと汚濁負荷が高まるため、堆積汚泥によって浄化機能の低下が速まる。しかしながら、一方では大きな通水流量は汚濁物の除去量を大きくし、単位時間当たりの浄化効率を高める利点がある。表6-3に各項目ごとの浄化効率の高いと考えられる流量を示した。総合的に判定して10m³/hが最も浄化効率が高いと考えられる。

表6-3 浄化効率の高い流量

項目	浄化効率の高い流量(m ³ /h)
SS	5~10
BOD	10~20
COD	5~10
T-N	10
T-N(D)	10
NH ₄ -N	10
T-P	10
T-P(D)	5
PO ₄ -P	5

下水処理施設の沈砂池の設計においては、沈砂池にかかる水面積負荷を指標とした処理性能の評価を用いることがある。水面積負荷は流入水量を沈殿池の表面積で割った値である。深池の浄化特性を普遍化するために、以下の手法で整理を行った。

水面積負荷. vs. 単位面積当たりの除去量

$$\begin{aligned} \text{水面積負荷 (m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日)} &= \text{処理水量 (m}^3/\text{日)} \div \text{深池の表面積 (120m}^2\text{)} \\ \text{単位面積当たりの除去量 (g/m}^2 \cdot \text{日)} &= \text{表2-4-8等に示す平均除去量 (g/日)} \\ &\quad \div \text{深池の表面積 (120m}^2\text{)} \end{aligned}$$

注)ただし、除去率が大きく低下する平成11年度の秋季、冬季のデータは削除し、平成8年度~平成11年度の夏季のデータまでを用いた。

以上の方法で求めた水面積負荷と単位面積当たりの除去量の関係をCOD、T-N、T-Pについて図6-1に示す。いずれの項目も水面積負荷が $2\text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ (深池の流量 $10\text{ m}^3/\text{h}$ に相当)までは水面積負荷の増大とともに、除去量も増大する傾向が認められる。水面積負荷が $4\text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ (深池の流量 $20\text{ m}^3/\text{h}$ に相当)になると、除去量は低下する。このことから、浄化効率の高い流量としては、水面積負荷で $2\text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ に相当する値を用いるのが適切と推定される。

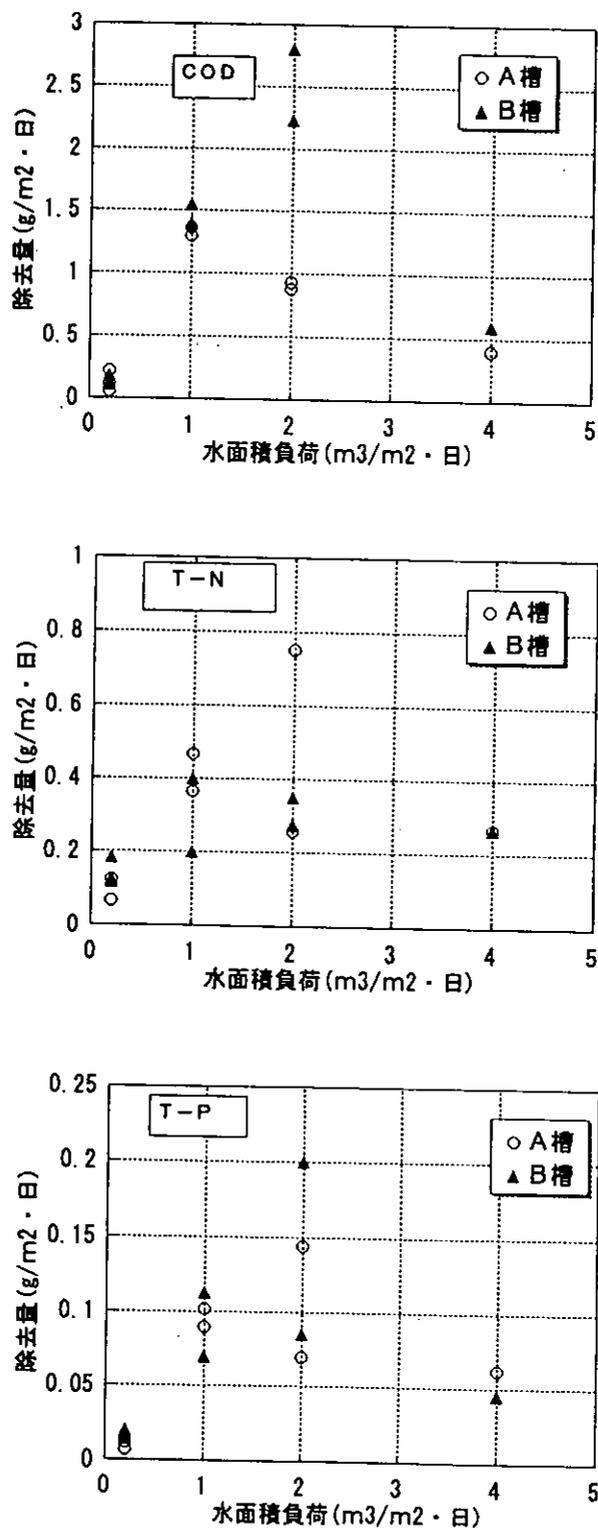


図6-1 水面積負荷と除去量

6.3 藻類増殖能力の調査

6.3.1 調査方法

深池流入水、処理水における植物プランクトン増殖能力を種々の条件で比較し、浄化効果を内部生産の視点から考察する。試験方法は以下の手順で行った。

○採取位置：A槽、B槽の各流入水、処理水

○設定流量：5 m³/h、10 m³/h

○室内実験での設定水温：15℃、25℃

以上から試験条件は2槽×2箇所×流量2段階×温度2段階=16種類

<試験方法>

①深池中央部付近で植物プランクトンが存在すると推定される位置で採水し、持ち帰る。

②上記①の持ち帰った水を25℃、明条件(照度約2000lux)で1週間程度培養し、増殖させる(前培養操作)。

③上記②を濃縮し接種液とする。

④深池の所定の試験水を採水し、持ち帰る。

⑤上記④の持ち帰った水をろ過し、プランクトンや細菌類を除去する。

⑥上記⑤のろ過水に③の接種液を一定量添加し、恒温器内で一定温度(15℃、25℃)、明条件(照度約2000lux)で培養する。

⑦開始時および途中3回、クロロフィルaを分析する。

6.3.2 結果および考察

各試験条件におけるクロロフィルaの変化を図6-2、図6-3に示す。各条件のクロロフィルaの変化から以下の傾向が認められる。

(1) 流入水の傾向

①一般にクロロフィルaの経時変化は少ない。

②温度(15℃、25℃)の違いによる影響も認められない。

③流量やA槽、B槽の違いによる影響も認められない。

④B槽、5 m³/h、25℃で例外的に顕著な増加が認められた。

⑤わずかではあるが、B槽、10 m³/h、25℃でも増加傾向が認められた。

(2) 処理水の傾向

①流量10 m³/hの場合は一般的にクロロフィルaの経時変化は少ない。B槽、25℃でわずかな増加が認められる程度である。

②流量5 m³/hの場合は一般に増加傾向にある。特にB槽、15℃での増加は著しい。

以上の傾向から、以下のことが推定される。

・流量10 m³/hの場合は一般に、流入水、処理水とも藻類の増殖傾向が認められないことから、流入水が深池内でほとんど変化を受けていないことが推定される。

・流量5 m³/hの場合は、処理水で藻類の増殖傾向を示したことから、本来藻類の増殖能力の小さかった流入水が深池内でなんらかの変化を受けた(堆積汚泥との接触による栄養塩類の供給等)ことが推定される。これは流量10 m³/hと比較して流量が少ないことによるものと考えられる。

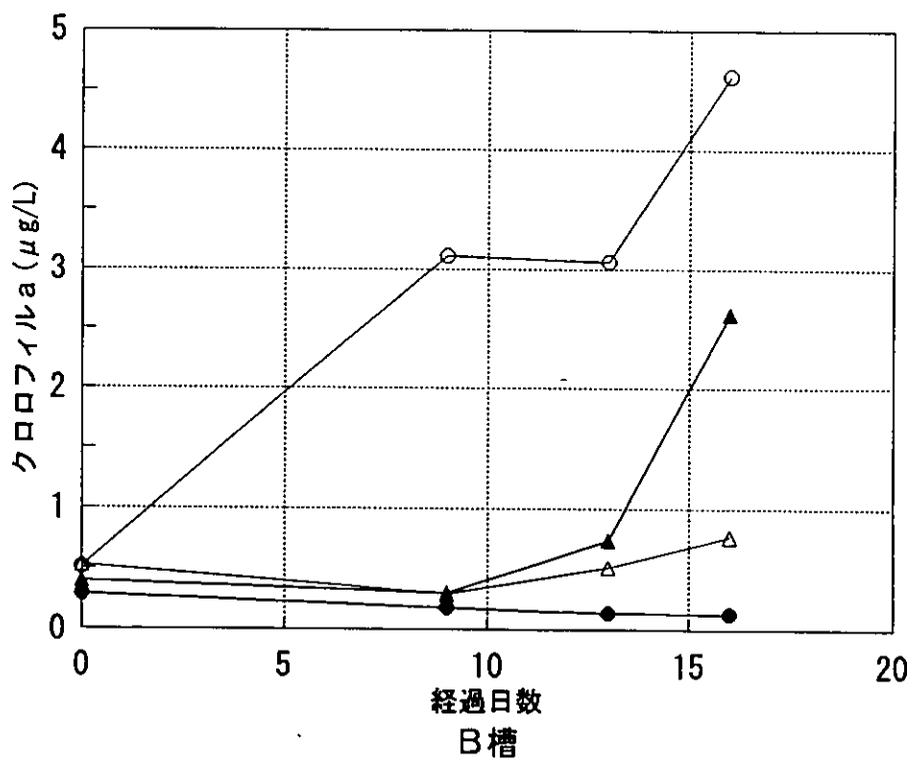
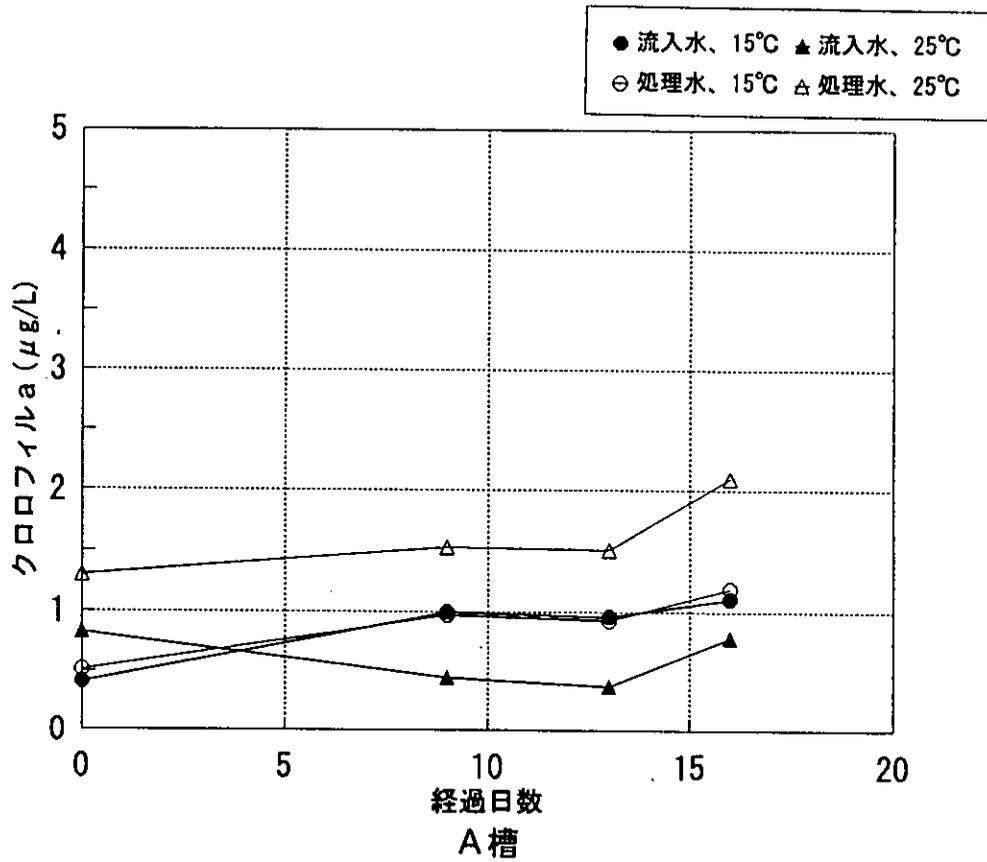


図6-1 藻類増殖試験の結果(流量：5 m³/h)

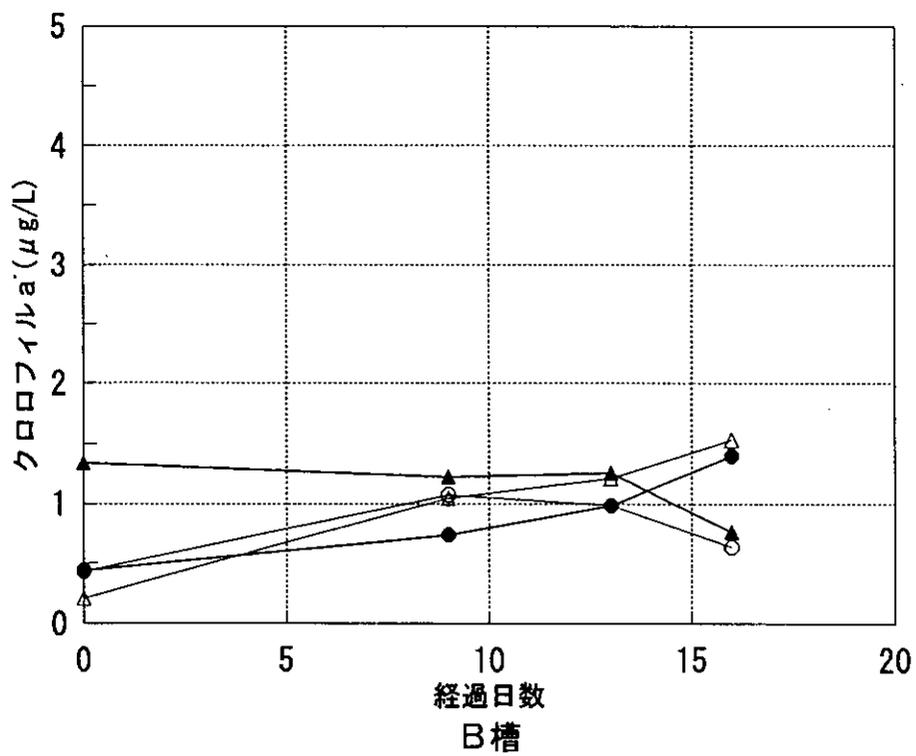
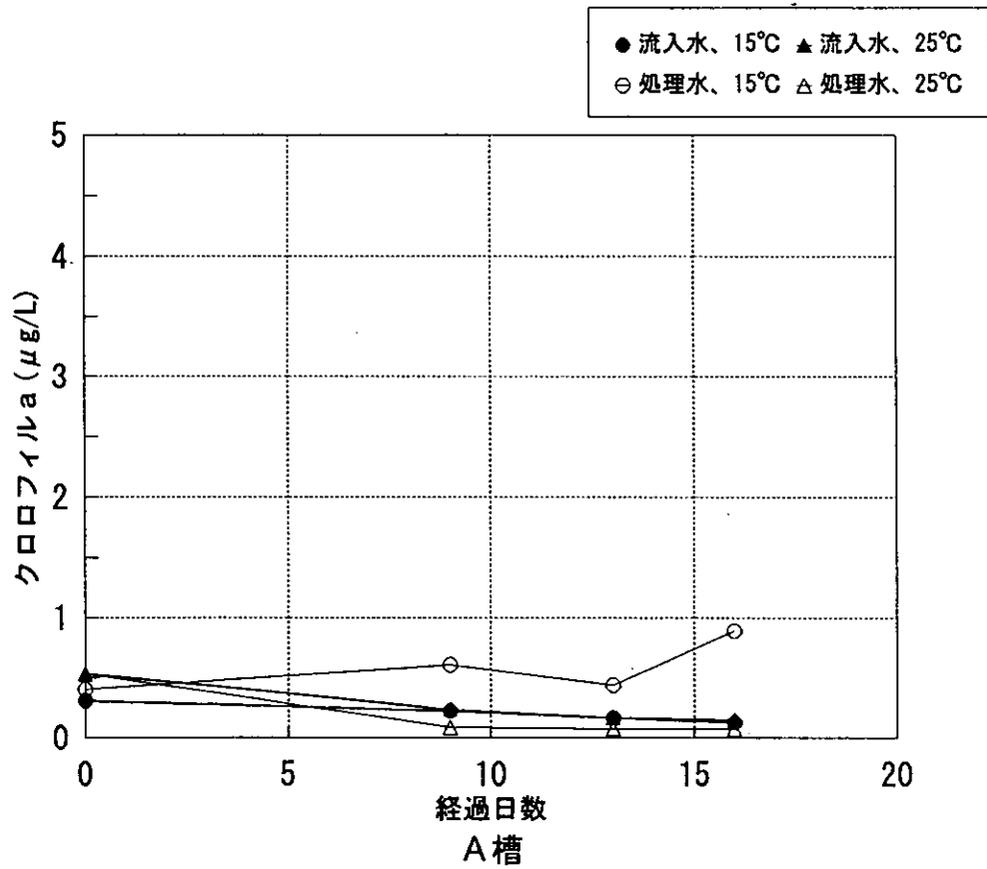


図6-2 藻類増殖試験の結果(流量：10m³/h)

7. 土壤浄化能の水質調査

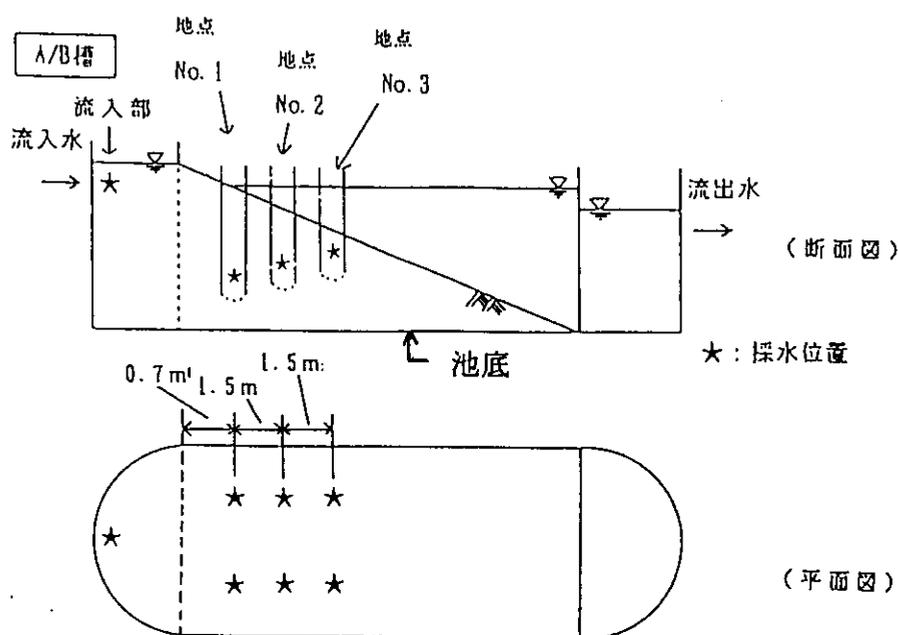
7.1 調査の目的

A槽、B槽において設定流量における土壤浸透量(滞留時間)の確認を行うとともに、土壤浄化能の調査を行う。

7.2 土壤浸透量確認試験(滞留時間調査)

7.2.1 調査方法

A槽、B槽の流入部に食塩(約10kg)を投入し、図7-1に示す土壤間隙水採水用VP管(各槽3箇所)において電気伝導度を測定した。電気伝導度のピーク値到達の時間を持って滞留時間を判定した。



《採水、電気伝導度測定の深度》

地点No. 1:池底から約40cm上、地点No. 2:池底から約60cm上、地点No. 3:池底から約80cm上

図7-1 採水位置

7.2.2 結果および考察

調査結果のうち、電気伝導度のピーク値が認められたのは夏季調査(流量 $10\text{m}^3/\text{h}$)のB槽のみであった。また、検出されたピーク値到達時間は表7-1に示すように理論上の滞留時間とかなり異なっている。

表7-1 理論滞留時間と測定値の比較

間隙水採取位置	No. 1	No. 2	No. 3
流量 $5\text{m}^3/\text{h}$ の場合の理論滞留時間	40min	130min	220min
流量 $10\text{m}^3/\text{h}$ の場合の理論滞留時間	20min	65min	110min
流量 $10\text{m}^3/\text{h}$ の場合のピーク到達時間	60min	216min	396min

後述するように、T-N等の項目で間隙水は流入水とは相当異なった水質である。したがって、ここで観測された電気伝導度のピーク値は食塩を投入したことによる変化ではなく、間隙水自体の変動である可能性がある。

7.3 現場透水試験

7.3.1 調査方法

揚水法によって測定を行った。

7.3.2 結果および考察

透水係数の測定結果を表7-2に示す。

表7-2 透水試験の結果

調査位置	水位回復時間	水位回復量	透水係数
A槽 No.1	30min	12cm	0.8×10^{-4} cm/s
A槽 No.2	30min	15cm	1.1×10^{-4} cm/s
B槽 No.1	60min	6cm	2.1×10^{-5} cm/s
B槽 No.2	60min	7cm	2.4×10^{-5} cm/s

深池の土壌は通水初期において透水係数は $10^{-2} \sim 10^{-1}$ cm/s程度*と考えられる。しかしながら、今回の測定値は通水初期の1/100~1/1000程度であり、土壌浸透による通水がかなり困難であると推定される。

*)平成10年度 深池型浄化実験業務報告書 p2-67

7.4 土壌浄化能の水質調査

7.4.1 調査方法

それぞれの設定流量において、図7-1に示した流入水および間隙水3箇所を採水した。

【分析項目】

pH、DO、SS、COD、BOD、T-N、NH₄-N、NO₃-N、
T-N(D)、T-P、T-P(D)、PO₄-P

7.4.2 結果および考察

調査結果を表7-3~表7-5に示す。下記に示すように流入水と間隙水とで水質が大きく異なる。したがって、土壌中の間隙水は流入水に由来するものではなく、土壌浸透の可能性は小さいと考えられる。

流入水と間隙水とで水質が大きく異なる例

- ・SS(A槽、B槽とも夏季、秋季、冬季)
- ・COD(A槽、B槽とも夏季、秋季、冬季)
- ・T-N(B槽の夏季、秋季、冬季)、
- ・T-P(A槽、B槽とも秋季)

7.5 総括

以上のように、滞留時間調査において土壌間隙水にトレーサーのピーク値が認めがたい点、土壌の透水係数が極めて小さい点、土壌間隙水の水質が流入水と大きく異なる点から判断して流入水が土壌浸透している可能性は小さいと考えられる。

表7-3 土壤浄化能の水質調査(夏季、10m³/h)

槽	項目	流入部	No. 1	No. 2	No. 3
A槽	pH	7.1	6.8	6.7	6.7
	DO (mg/L)	5.8	<0.5	<0.5	<0.5
	SS (mg/L)	46	110	93	64
	BOD (mg/L)	2.3	2.0	1.5	1.0
	COD (mg/L)	6.2	47	55	18
	T-N (mg/L)	1.2	1.8	2.3	1.1
	T-N(D) (mg/L)	1.1	1.5	2.1	1.0
	NH ₄ -N (mg/L)	0.14	0.09	0.20	0.16
	NO ₃ -N (mg/L)	0.60	0.01	0.04	<0.01
	T-P (mg/L)	0.17	0.18	0.19	0.31
	T-P(D) (mg/L)	0.090	0.012	0.010	0.009
	PO ₄ -P (mg/L)	0.072	0.008	<0.005	<0.005
B槽	pH	7.1	6.8	6.7	6.7
	DO (mg/L)	5.5	<0.5	<0.5	<0.5
	SS (mg/L)	35	110	96	91
	BOD (mg/L)	1.8	0.9	1.4	1.4
	COD (mg/L)	5.6	44	55	34
	T-N (mg/L)	1.1	7.4	5.9	4.6
	T-N(D) (mg/L)	1.0	7.1	5.5	4.4
	NH ₄ -N (mg/L)	0.14	4.7	3.7	2.7
	NO ₃ -N (mg/L)	0.56	<0.01	<0.01	<0.01
	T-P (mg/L)	0.12	0.10	0.14	0.087
	T-P(D) (mg/L)	0.063	0.014	0.012	0.007
	PO ₄ -P (mg/L)	0.049	<0.005	<0.005	<0.005

表7-4 土壤浄化能の水質調査(秋季、5m³/h)

槽	項目	流入部	No. 1	No. 2	No. 3
A槽	pH	6.8	6.6	6.5	6.5
	DO (mg/L)	8.4	<0.5	<0.5	<0.5
	SS (mg/L)	7.0	88	75	68
	BOD (mg/L)	2.3	2.0	1.5	1.0
	COD (mg/L)	3.5	47	60	51
	T-N (mg/L)	1.3	2.1	2.5	1.8
	T-N(D) (mg/L)	1.2	1.8	2.3	1.6
	NH ₄ -N (mg/L)	0.01	<0.01	<0.01	0.21
	NO ₃ -N (mg/L)	0.80	<0.01	<0.01	<0.01
	T-P (mg/L)	0.074	0.932	0.825	1.04
	T-P(D) (mg/L)	0.073	0.049	0.047	0.049
	PO ₄ -P (mg/L)	0.018	<0.005	<0.005	<0.005
B槽	pH	6.8	6.6	6.6	6.6
	DO (mg/L)	7.7	<0.5	<0.5	<0.5
	SS (mg/L)	20	78	884	82
	BOD (mg/L)	1.9	2.9	2.6	2.1
	COD (mg/L)	4.1	51	47	41
	T-N (mg/L)	1.4	8.6	6.3	5.2
	T-N(D) (mg/L)	1.3	8.2	6.0	4.8
	NH ₄ -N (mg/L)	0.01	5.4	4.0	2.9
	NO ₃ -N (mg/L)	0.81	0.01	<0.01	<0.01
	T-P (mg/L)	0.096	0.802	0.604	0.729
	T-P(D) (mg/L)	0.048	0.061	0.055	0.046
	PO ₄ -P (mg/L)	0.034	<0.005	<0.005	<0.005

表7-5 土壤浄化能の水質調査(冬季、5m³/h)

槽	項目	流入部	No. 1	No. 2	No. 3
A槽	pH	7.5	7.1	6.9	7.0
	DO (mg/L)	11.4	<0.5	<0.5	<0.5
	SS (mg/L)	25	140	160	150
	BOD (mg/L)	2.9	1.5	1.6	1.6
	COD (mg/L)	5.4	31	53	33
	T-N (mg/L)	2.5	1.8	2.4	2.2
	T-N(D) (mg/L)	2.3	1.2	1.2	1.8
	NH ₄ -N (mg/L)	0.27	0.06	0.19	0.33
	NO ₃ -N (mg/L)	1.3	<0.01	0.03	0.02
	T-P (mg/L)	0.06	0.45	0.39	0.46
	T-P(D) (mg/L)	0.024	0.007	0.005	<0.005
PO ₄ -P (mg/L)	0.028	0.18	0.17	0.19	
B槽	pH	7.5	7.0	7.1	7.1
	DO (mg/L)	11.5	<0.5	<0.5	<0.5
	SS (mg/L)	22	150	150	160
	BOD (mg/L)	2.5	1.4	1.4	1.2
	COD (mg/L)	5.4	49	38	31
	T-N (mg/L)	2.4	8.1	7.1	5.5
	T-N(D) (mg/L)	2.2	7.8	6.4	5.2
	NH ₄ -N (mg/L)	0.26	4.5	3.7	3.1
	NO ₃ -N (mg/L)	1.3	<0.01	0.01	<0.01
	T-P (mg/L)	0.13	0.69	0.25	0.35
	T-P(D) (mg/L)	0.021	0.007	<0.005	<0.005
PO ₄ -P (mg/L)	0.034	0.18	0.082	0.057	

8. ヨシ筏の生物調査

8.1 調査内容

草津川放水路に設置したヨシ筏の生態系への影響を調査する。バイオコードを引き上げて付着物を水で洗い流しながら剥離を行い、ホルマリン固定を行った。付着生物の同定・個体数のカウントを行った。

調査は年4回実施した。

第1回：平成11年7月13日、第2回：平成11年8月28日

第3回：平成11年11月26日、第4回：平成12年2月24日

8.2 調査結果

調査結果を表8-1に示す。

(1) 夏季(7月、8月)の傾向

- ・優占種としては甲殻類の貝形亜綱、ミズムシが挙げられる。
- ・次いで多いのがトビケラ目のムネカクトビケラ、ハエ目ユスリカ科のクロノムス属である。

(2) 秋季(11月)の傾向

- ・優占種としては夏季同様に甲殻類の貝形亜綱、ミズムシが挙げられる。次いで多いのがモノアライガイ目カワコザラガイである。夏季に認められたヒメタニシ、モンユスリカ亜科が出現していない。
- ・個体数は夏季に比べて大幅に減少しているが、種類数は夏季と比べてさほど変化はない。

(3) 冬季(2月)の傾向

- ・個体数、種類数とも秋季に比べて減少している。
- ・優占種は夏季、秋季に出現したムネカクトビケラ、ハエ目ユスリカ科のクロノムス属である。

(4) 平成10年度との比較

平成10年度の同時期(7月、8月)と比較する。ヨシ筏を草津川に移設したのが平成10年6月であり、平成10年7月は移設後まもない時期の調査である。種類によって増減があるものの、一般に平成11年度は平成10年度に比べて種類数、個体数とも増加している。

- ①平成10年7月は種類数2、個体数72であったが、1年後の平成11年7月には種類数10、個体数500で大幅な増加となっている。
- ②8月で比較しても、平成10年は種類数8、個体数186に対して平成11年には種類数13、個体数287で増加している。
- ③特に平成11年度は甲殻類の貝形亜綱、ミズムシの個体数が極めて多く、それぞれ7月、8月の大半を占めている(それぞれ個体数415、242)。

表8-1 ヨシ笹バイオコード付着生物の調査結果

単位：/2m×12本

門	綱	目	科	種名	学名	平成11年度			平成10年度				
						7月	8月	11月	2月	7月	8月	9月	
軟体動物門	アサギ綱	ナメ目	ナメ科	ヒラギシ	<i>Sinoitaea quadrata histricus</i>	6	9			54	102		
			カニ目	カニ科	カニ	<i>Semisulcospira libertina</i>		1					
			モリウガイ目	カニ科	カニ	<i>Physa acuta</i>	1	2					6
			カニ目	カニ科	カニ	<i>Pettancylus nipponica</i>	1	1	6				
			カニ目	カニ科	カニ	<i>Limoperna fortunei</i>	1						42
環形動物門	ミズ綱	ミズ目	ミズ科	ミズ	<i>Tubifex sp.</i>	1					18		
			ミズ科	ミズ	<i>Branchiura sowebyi</i>	1					6	6	
			ミズ科	ミズ	<i>Glossiphoniidae</i>	1							
節足動物門	甲殻綱	カニ目	カニ科	カニ	<i>Ostracoda</i>		242	64			+++	12	
		カニ目	カニ科	カニ	<i>Asellus hilgendorffii</i>	415	13	11	1			6	
		カニ目	カニ科	カニ	<i>Orthetrum albistylum speciosum</i>		1					6	
		カニ目	カニ科	カニ	<i>Gogera annulata</i>							12	
		カニ目	カニ科	カニ	<i>Pseudothamias zonata</i>							6	
		カニ目	カニ科	カニ	<i>Goenagrionidae</i>			1					
		カニ目	カニ科	カニ	<i>Ecnomis fenellus</i>	26	8	3	7				
		カニ目	カニ科	カニ	<i>Cheumatopsyche sp.</i>							132	
		カニ目	カニ科	カニ	<i>Macrobrachia sp.</i>		1						
		カニ目	カニ科	カニ	<i>Tanypodinae</i>	8	1		1			6	
海綿動物門	海綿綱	海綿目	海綿科	海綿	<i>Orthocladinae</i>			1				42	
			海綿科	海綿	<i>Chironominae</i>			1		18	36	30	
			海綿科	海綿	<i>Chironomus sp.</i>	40	2	1	3				
			海綿科	海綿	<i>Cryptochironomus sp.</i>	1	1						
			海綿科	海綿	<i>Einfeldia sp.</i>		5	1					
			海綿科	海綿	<i>Spongiliidae</i>			+					
			海綿科	海綿	海綿		10	13	10	5	2	8	10
合計					500	287	89	13	72	186	294		

注1) 平成10年度はバイオコード2本当たりで試料採取、平成11年度は6本当たりで採取した。したがって、平成11年度と比較するため、平成10年度の報告書に示されている値を6倍して示した。

注2) ヨシ笹を草津川に移設したのは平成10年6月である。

注3) 「+」は1株満、「+++」は多い

注4) 貝形葉綱はミジンコ科の一種である。

9. 総合考察と今後の課題

9.1 ヨシ原浄化のメカニズムについて

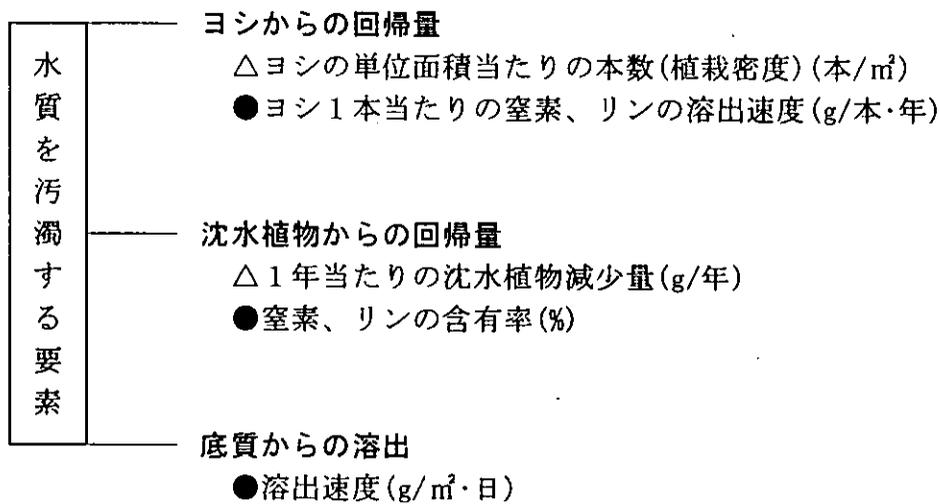
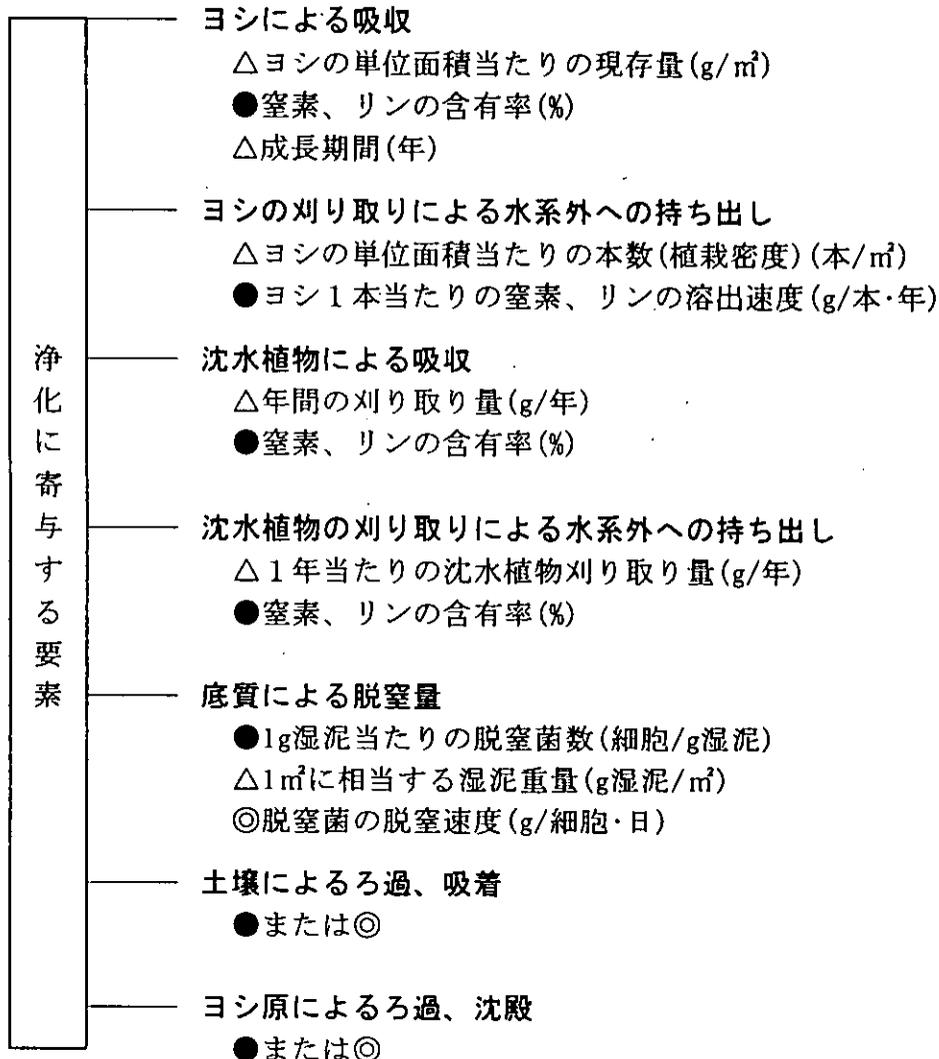
ヨシ原による水質浄化機能で期待される効果としては以下のものが考えられる。

- ・水生植物による栄養塩類(窒素、リン)の吸収
- ・水生植物による懸濁物質の物理的捕捉
- ・土壌部分での栄養塩類(窒素、リン)の吸着
- ・土壌部分での懸濁物質の物理的捕捉(ろ過)
- ・水生植物や土壌表面の付着微生物による有機物の分解
- ・底泥での脱窒
- ・水生植物の遮光効果による藻類増殖の抑制
- ・動物プランクトン、昆虫等の大型動物による有機物の摂食

一方、水質浄化にとってマイナスとなる効果もある。マイナス効果としては次のものが挙げられる。

- ・水生植物の枯死、分解による有機物、栄養塩類の回帰
- ・植物プランクトン等の水中での有機物生産
- ・底泥からの栄養塩類の溶出
- ・昆虫等の高次消費者からの栄養塩類の放出

ここでは、平成8年度から開始した深池型実験について、水質浄化機能にとってのプラス効果とマイナス効果の定量化を本業務で得られた知見をもとに行うこととした。また、定量化に当たり、既往文献値も併せて示した。



●：当該業務の調査で判明
◎：文献値等で判明
△：条件設定を自由に行える

図9-1 ヨシ原における水質浄化に寄与する要素等の概念

浄化機能にとってプラスとなる項目について表9-1に示す。

表9-1 浄化要素の項目

浄化要素	本業務で得られた知見	既往文献値
ヨシによる窒素、リンの吸収	a) ヨシの単位面積当たりの現存量：2,100～3,500g/m ² b) ヨシの窒素、リンの含有率 N：1.6～2.0%、P：0.13～0.15% c) 成長期間：60日 ヨシの吸収速度(a×b/C) N：0.1～1.0g/m ² ・日、P：0.01～0.07g/m ² ・日	N：0.2～0.6g/m ² ・日 P：0.03～0.10g/m ² ・日 出典：文献Ⅱのp5-27
ヨシの刈取りによる窒素、リンの水系外への持ち出し	a) ヨシの年間の刈取り量：□g/年 b) ヨシの窒素、リンの含有率 N：1.6～2.0%、P：0.13～0.15% ヨシの刈取りによる持ち出し量(a×b) *具体的に刈取り量を決めることによって算出	
沈水植物による窒素、リンの吸収	コカナダモの例 a) 沈水植物の単位面積当たりの現存量(湿重量) 1,000g/m ² b) 沈水植物の窒素、リンの含有率 N：3.37%、P：0.60% c) 沈水植物の含水率：94.2% d) 沈水植物の成長期間：60日(6～7月) 沈水植物の吸収速度(a×b×(1-c)/d) N：33mg/m ² ・日、P：5.8mg/m ² ・日	ハスの例 N：360mg/m ² ・日 P：89mg/m ² ・日 出典：文献Ⅰのp39
沈水植物の刈取りによる窒素、リンの水系外への持ち出し	a) 沈水植物の1年当たりの刈取り量：□g/年 b) 沈水植物の窒素、リンの含有率 N：3.37%、P：0.60% 沈水植物の刈取りによる持ち出し量(a×b) *具体的に刈取り量を決めることによって算出	
底質による脱窒	a) 湿泥1g当たりの脱窒菌数：2,000～20,000細胞/g湿泥 b) 表面積1m ² に相当する湿泥重量：0.45g c) 脱窒菌の脱窒速度：2mgN/10 ¹⁰ 細胞・hr 脱窒速度(a×b×C) 5～30mgN/m ² ・日	40mgN/m ² ・日 出典：文献Ⅰのp39
土壌によるろ過、吸着およびヨシ原によるろ過、沈殿	平成9年度の調査結果によると幅6m、水深2m、長さ20mの土壌層でヨシの植栽密度200本/m ² の場合での除去量は N：6000g/年、P：600g/年	水深2m、貯水容量165m ³ の滞留池で滞留時間3～24時間の除去率 N：10～40% P：20～50% 出典：文献Ⅰのp36

【出典】文献Ⅰ：「ため池、内湖を利用した水質浄化」 大久保卓也 用水と废水 Vol. 40 No. 10(1998)

文献Ⅱ：「タム貯水池水質保全技術資料(案) その1」 平成7年3月 財団法人 タム水源環境整備センター

浄化機能にとってマイナスとなる項目について表9-2に示す。

表9-2 水質を汚濁する要素の項目

水質を汚濁する要素	本業務で得られた知見	既往文献値
ヨシからの窒素、リンの回帰	a) 枯ヨシの単位面積当たりの密度：200本/m ² b) ヨシ1本当たりの溶出速度 N：0.19mg/本・日、P：0.03mg/本 c) ヨシの溶出に寄与する部分(冠水部分)：17.5%	N：533mg/m ² ・日 P：53.3mg/m ² ・日 出典：文献Ⅱのp5-33
	ヨシからの回帰速度(a×b×c) N：6.65mg/m ² ・日、P：1.05mg/m ² ・日	
沈水植物からの窒素、リンの回帰	コカナダモの例 a) 沈水植物の現存量(湿重量)：26kg/年 b) 沈水植物の窒素、リンの含有率 N：3.37%、P：0.60% c) 沈水植物の分解日数：60日 d) 分解率：50% e) 沈水植物の含水率：94.2% f) 上記a)の沈水植物が存在する面積：60m ²	
	沈水植物からの回帰速度((1-e)×abd/cf) N：7mg/m ² ・日、P：1mg/m ² ・日	
底質からの溶出	見かけの溶出速度 N：9.41mg/m ² ・日、P：0.34mg/m ² ・日 脱窒分を補正した溶出速度 N：37.41mg/m ² ・日、P：0.34mg/m ² ・日	N：24mg/m ² ・日 P：4.5mg/m ² ・日 出典：文献Ⅱのp5-33

【出典】 文献Ⅱ：「ダム貯水池水質保全技術資料(案) その1」平成7年3月
財団法人 ダム水源環境整備センター

9.2 ヨシ原の設計と維持管理

ヨシ原による水質浄化を行うに当たり、設計上の留意点と維持管理について本業務で得られた知見および既往文献等で推奨されている事項を整理した。

9.2.1 植物の管理

植物の管理としてはヨシの適正な植栽密度の維持、枯死植物の除去、ヨシ以外の沈水植物、浮遊植物の管理が必要である。

(1) ヨシの植生密度の適正化

現地の状況によって異なるが、既往文献^{*1)}によれば水質浄化開始時期には平均的に50本/m²程度が必要と考えられる。なお、本業務での密度は約200本/m²であったが、この場合の栄養塩類の吸収速度は窒素で0.1~1g/m²・日、リンで0.01~0.07g/m²・日であった。

(2) 枯れヨシの処理、再利用

本業務での試算によると、約200本/m²の植生密度の場合、回帰量は窒素で6mg/m²・日、リンで1mg/m²・日程度であった。このように枯死したヨシを除去することは、栄養塩類の水系への回帰を防止するために必要なことであるが、同時に以下に示す効果も期待される。

- ・ヨシの刈取りを地場産業として成立させる。
- ・ヨシ原内に堆積した汚泥の減量化を図る。
- ・ヨシ原内に沈殿、付着した植物プランクトンが同時に除去される。

一方、ヨシの除去には以下のようなマイナス面もあるので、除去作業に当たり留意が必要である。

- ・通水期間中に形成された安定した生態系の一時的な急変
- ・湛水開始時には土壌表面付近にある分解物等が流出するので、一時的に流入水よりも汚濁した水が流出する可能性がある。

なお、「平成10年度 深池型浄化実験業務」の結果によると、窒素のヨシからの回帰量は深池内での汚濁量(大部分は底質からの溶出による)の5分の1程度である。一方、リンの回帰量は底質からの溶出量の3~4倍程度である。

ただし、ヨシからの回帰量は窒素、リンとも流入水の負荷量に比べると数十分の1に過ぎないので、ヨシの刈り取りによる影響は小さいと考えられる。

(3) 沈水植物の処理、再利用

ヨシ同様に栄養塩類の回帰防止の観点から必要である。ただし、上記調査結果によると、流入負荷量から見た場合、沈水植物からの回帰量もヨシからの回帰量同様その寄与は小さく、沈水植物の除去による影響は少ないと考えられる。

(4) 浮遊植物の抑制

水深1.5m以上では浮遊植物が増殖しやすい^{*2)}。浮遊植物は下流に流出した場合、下流の水域で、景観の悪化、異臭の発生、溶存酸素濃度の低下を引き起こす可能性がある。底に根を張る水生植物を増やすためには、水深1m以下の水域を設ける必要がある。

(5) 植物プランクトンの抑制

植物プランクトンは大量発生した場合、景観の悪化、異臭の発生、溶存酸素濃度の低下の他、毒性物質の生成等の問題を起こす。水生植物を繁茂させることは日光を遮り、植物プランクトンの増殖を抑制することに寄与すると考えられる。

9.2.2 土壌の管理

土壌は懸濁物質のろ過による捕捉除去の他、リンの吸着、付着微生物による有機物の分解、脱窒等、水質浄化に寄与している。

しかしながら、長期間通水を続けていると、汚濁物による目詰まりや破過による吸着能力の喪失、汚泥の堆積による汚濁物の回帰等により浄化能力の低下を招くことになる。本業務でも深池型実験施設において、平成8年度から通水を継続し、近年は当初の5～10倍もの流量で通水しているため、窒素、リンを中心に除去率が著しく低下している。

表9-3にA槽の通水履歴を示した。

表9-3 A槽の通水履歴

年 度	流 量 (m^3/h)	通水日数 (日)	流量 $1\text{m}^3/\text{h}$ で の換算日数	備考
平成8年度	1(9月~1月)	400	400	通水開始~ 平成9年11月まで
平成9年度	1(5月~11月)			上記の期間に含まれる
平成10年度	1(9月上旬)	270	270	平成9年12月~ 平成10年11月
	5(9月下旬)	20	100	
	10(9月下旬)	12	120	
	20(12月中旬)	30	600	
平成11年度	5(夏季)	40	200	
	10(夏季)	45	450	
	5(秋季)	20	100	
	10(秋季)	30	300	
	5(冬季)	50	50	
	10(冬季)	30	300	

平成10年度で流量 $5\text{m}^3/\text{h}$ 以上の場合に各項目の除去率が低下した。また、平成11年度になって、堆積汚泥の除去を行ったため、夏季においては一時的に除去率が回復したが、その後通水を続けていると、秋季から再び除去率の大幅な低下が起きた。このことから、流量 $1\text{m}^3/\text{h}$ 換算で約600日通水を続けると、除去率は低下することが推定される。その場合には堆積汚泥の除去によって浄化機能の回復を図る必要がある。

ところで、自然のヨシ原においては湖沼の水位変動や風、波により冠水部分、非冠水部分が常に変化している。非冠水部分は流入水の汚濁負荷を直接受けないばかりか、空気と接することにより蓄積した汚濁物の好気分解も期待され、浄化機能の回復の機会が与えられることになる。

9.2.3 水理の管理

(1) 適正な水深

既往文献*³⁾によれば水深は10～30cmが適正で、また水面上のヨシ茎は30cm以上を確保する必要があるとされている。

(2) 流速と流下距離

既往文献*⁴⁾によればヨシ原において植物プランクトンや懸濁物を除去するためには流速は1cm/s以下、流下距離として40～50mが必要とされている。

(3) 通水流量

通水流量が大きいと土壤の浄化機能の低下が速まり、頻繁に堆積汚泥の除去を余儀なくされる。しかしながら、一方では大きな通水流量は汚濁物の除去量を大きくし、単位時間当たりの浄化効率を高める利点がある。前述の表6-1、表6-2に示したように流量が5～10 m^3/h では除去率は低いですが、除去量は大きく総量削減の観点からは浄化効率として優れている。

総合的に判定して、10 m^3/h の時が最も浄化効率が高いと推定されるが、「6. 流量(滞留時間)変化の調査」で述べたようにこの流量(10 m^3/h)は水面積負荷に換算して2 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ に相当する。

9.3 今後の課題

9.3.1 ヨシ原の浄化能力の評価

ヨシ原の浄化能力はヨシを中心とする水生植物による浄化、土壌による浄化等が複雑に絡み合い、その主な機能として以下の項目が挙げられる。

- ・水生植物による栄養塩類(窒素、リン)の吸収
- ・水生植物による懸濁物質の物理的捕捉
- ・土壌部分での栄養塩類(窒素、リン)の吸着
- ・土壌部分での懸濁物質の物理的捕捉(ろ過)
- ・水生植物や土壌表面の付着微生物による有機物の分解
- ・底泥での脱窒
- ・水生植物の遮光効果による藻類増殖の抑制
- ・動物プランクトン、昆虫等の大型動物による有機物の摂食

一方、水質浄化にとってマイナスとなる効果もある。マイナス効果としては次のものが挙げられる。

- ・水生植物の枯死、分解による有機物、栄養塩類の回帰
- ・植物プランクトン等の水中での有機物生産
- ・底泥からの栄養塩類の溶出
- ・昆虫等の高次消費者からの栄養塩類の放出

以上のような水質浄化に寄与する要因および汚濁の原因となる要因の定量化が十分にされていないのが現状である。したがって、浄化機能を予測するためには、今後もデータの蓄積を継続し精度を上げる必要がある。

9.3.2 維持管理

ヨシ原の浄化能力を維持させるためには、できるだけ浄化にとってマイナスになる要因を人為的に取り除く等の維持管理が必要がある。その主なとしては以下の項目が挙げられる。

- ・堆積汚泥の除去
- ・枯死植物の除去
- ・植栽密度の管理としてのヨシの刈り取り

しかしながら、これらの維持管理は除去した汚泥、植物の処理、処分という新たな問題を発生することになる。

深池型浄化実験の結果によると、枯れヨシからの窒素、リンの回帰量の全体に対する割合は小さく、必ずしも枯死植物を取り除く必要がない場合も考えられる。浄化にとってマイナスになる要因と言えども、これを除去したときの処理の問題というデメリットと、その要因がどれだけ寄与しているかを検討のうえ、維持管理の必要性を選択すべきであろう。

【出典】

- *1) 「ダム貯水池水質保全技術資料(案) その1」平成7年3月
財団法人 ダム水源地環境整備センター
p5-31
- *2) 「ため池、内湖を利用した水質浄化」大久保卓也
用水と廃水 Vol. 40 No. 10 (1998)
p38
- *3) 上記*1)の文献p5-30
- *4) 上記*1)の文献p5-28

実験担当者

建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所	水質調査課長	春木二三男
	水質調査課開発調整係長	板坂 浩和
財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構	実験センター所長	中山 繁
	実験センター主任研究員	堀野 善司

3. 酸化剤を用いた底質改善調査（その2）

1. 実験概要

1.1 実験の目的

平成10年度に、深池型浄化実験施設C槽を3分割して実施した硝酸カルシウム及び過酸化カルシウムによる底質改善実験の結果、底質間隙水や底質の分析結果等からは処理の有効性を示すデータが一部得られた。また、魚介類や底生生物に対する悪影響も特に認められなかったが、各槽の水質モニタリング結果は処理の効果が以下の点から見だしにくいものであった。①底質の初期条件を均一にそろえられなかったこと。②水質の栄養塩の初期濃度が高すぎたこと。③硝酸カルシウムの注入が均一に行われず、また注入量の約40%が水中に漏出したこと。

酸化剤による底質処理そのものは有効であったと考えられることから、本年度は上記②の問題点を改善してモニタリングを行い、処理効果の持続性を把握することを目的とする。

1.2 平成10年度底質改善処理の概要

平成10年7月8日から、木材と遮水シートにより深池C槽を流下方向に3分割し、琵琶湖の底泥（矢橋中間水路の浚渫泥）、湖水（葉山川河口沖）を入れて底質改善実験を行った。分割した各槽は流入側よりNo.1槽（以降過酸化カルシウム槽）、No.2槽（以降コントロール槽）、No.3槽（以降硝酸カルシウム槽）としている。

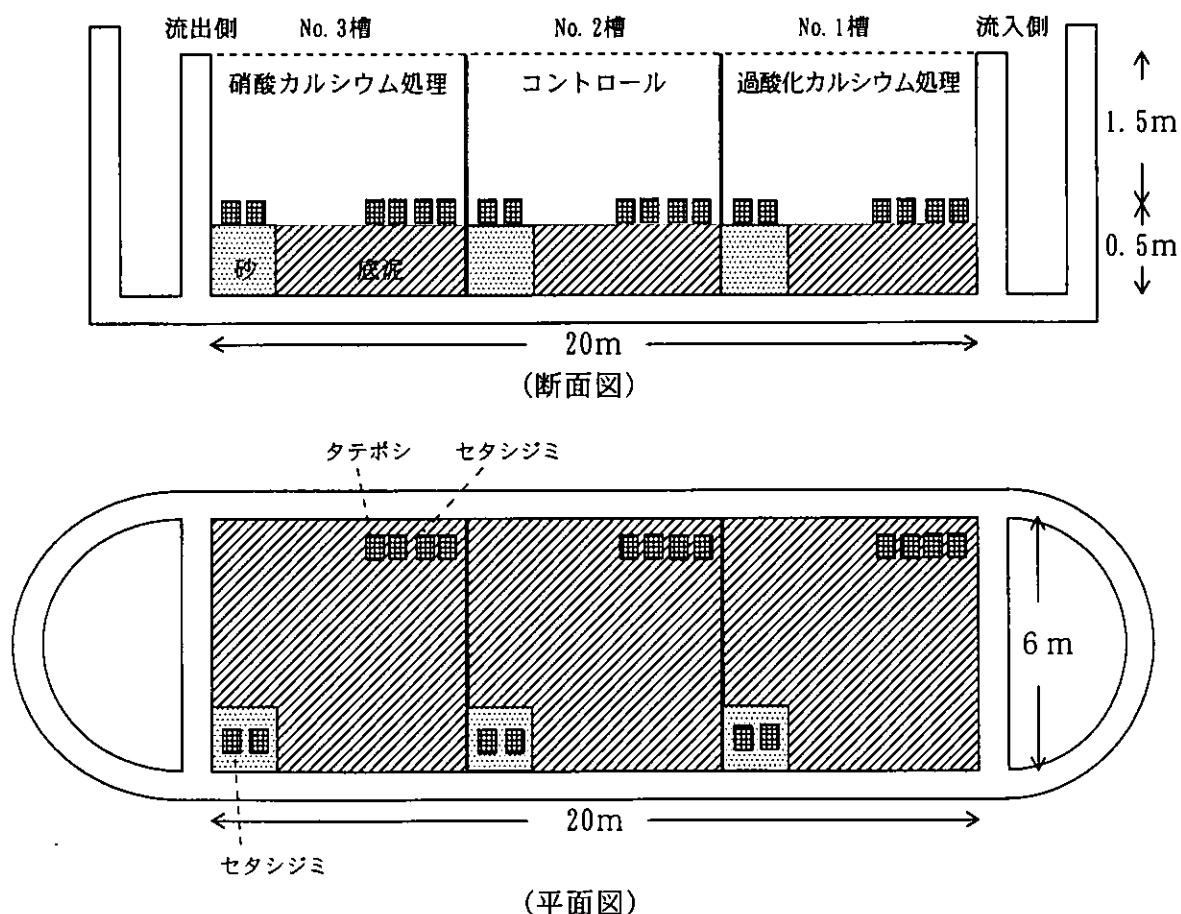


図1-1 C槽分割概略図

平成10年8月21日に、酸化剤処理行っているが、以下に概要を示す。

過酸化カルシウム槽：過酸化カルシウム (CaO_2) を 1m^2 につき100g、槽全体では3.2kg
散布

硝酸カルシウム槽：硝酸カルシウム4水和物 ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) を 1m^2 につき1kg注
入

過酸化カルシウム槽、硝酸カルシウム槽ともに、砂区周辺の約 $2\text{m} \times 2\text{m}$ の範囲を除いて処理を行った。硝酸カルシウム槽への酸化剤注入は、(槽内の水2ℓ)：(硝酸カルシウム4水和物1kg)の割合で溶かした溶液を作り、ディッパー式注入器を使って行っている。注入は底泥表面から約15cmの深さに行った。

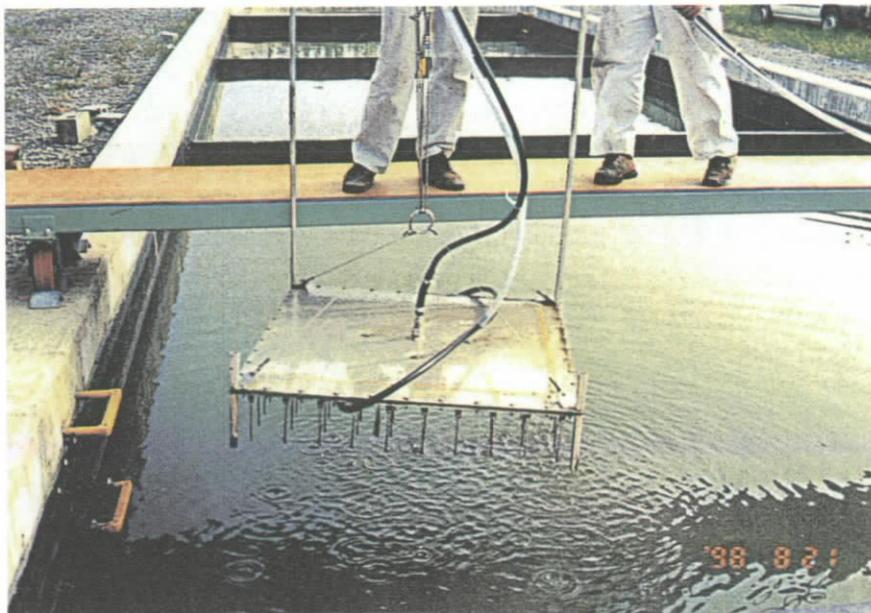


図1-2 ディッパー式注入器

酸化剤処理終了後に、各槽にセタシジミ、タテボシを入れたかごを投入した。セタシジミ100個を1つのかごに入れ、槽1つにつき、砂区に2つ、泥区に2つずつ入れている。タテボシは39個を1つのかごに入れ、泥区にのみ2つ入れている。槽1つにつきセタシジミ400個、タテボシ78個、C槽全体ではセタシジミ1200個、タテボシ234個を投入した。

1.3 平成11年度の変更点

平成10年度の実験中に2度槽内の水の入替えを行っているが(8月の底質改善処理直前と10月の注入2ヶ月後のサンプリング後)、本年度のモニタリングを始める際にも、各槽の水質を出来るだけ均一にし、また、水質の栄養塩の初期濃度を低くするために、水の入替えを行った。5月27日に各槽の水を約20cm残してポンプで排水し、実験センター内の高度処理実験施設を使用して葉山川の水を凝集・砂ろ過した水を注水した(T-N:0.16mg/l、T-P:0.02mg/l)。

1.4 モニタリング

底質改善処理効果の持続性を把握するため、以下のようにモニタリングを行った。

表1-1 調査概要

年		平成11						12	備 考	
		5	6		7	8	9	10		2
項 目		水交換 前 後								
水	水温、pH、DO	○	○	○	○	○	○	○	○	各槽の表層と底層水
	T-N、NO ₃ -N、NO ₂ -N、NH ₄ -N、T-P、PO ₄ -P、Ca、クロロフィルa	○	○	○	○	○	○	○	○	各槽表層水
質	D・T-P、D・T-N (溶出フラックス)						○			各槽2地点4流速2回
底	含水率、強熱減量、 粒径分布、T-N、T-P	○							○	各槽3地点表層10cm
	ORP、pH	○		○	○	○	○	○	○	各槽1地点表層10cm
質	硫化物			○	○	○	○	○	○	各槽3地点表層10cm
	間隙水中のPO ₄ -P			○	○	○	○	○	○	各槽3地点×3層
生 物	プランクトン計数	○		○	○	○	○	○	○	各槽表層水3点混合
	貝類生育状況	○		○	○	○	○	○	○	
	魚類生息状況	随時観察								

1.4.1 水質分析

各槽の表層水と底層水について、携帯式pH計およびDO計を用いて現場で測定した。ただし、底層水のpHは、ハイロート採水器で採水して測定している。

各態窒素、各態リン、カルシウム、クロロフィルaについては、ハイロート採水器を用いて各槽の表層水を採水した。実験槽の水深は約1mであるため水面から20cmを目安に採水を行い、槽の中央付近の3地点のコンジットサンプルについて分析を行った。

1.4.2 栄養塩溶出フラックス (D・T-P、D・T-N)

底泥から栄養塩が溶出状況を現地で測定するために、Yung and Lee(1991)が考案した底泥酸素消費速度計測装置を改良し、底泥からの栄養塩の溶出を測定した。

測定装置はポンプ部とチャンバー部からなり、チャンバー部の構造は図1-3に示すとおりである。チャンバーの中に取り込まれた水は、螺旋を描きながら底泥に接し、中心部分から上方のポンプへ輸送される。チャンバーを通過する前の水と通過した後の水と比較することにより、現地での栄養塩の溶出状況を測定することが出来る。ポンプの回転数を変えることにより4段階の流速について測定を行った。

測定は9月9日に行った。まず過酸化カルシウム槽中央にチャンバーを設置し、4段階の流速 (4.76cc/sec、3.92cc/sec、3.00cc/sec、1.91cc/secの順) で通水した。採水は設置後、または流速を変更してから10分から30分後 (目安として、チャンバー内の水が2回入れ替わる時間が経過した後) に行った。4段階の流速での採水を一通り終えた後、チャンバーを移動せずにもう一度4流速で通水し採水を行った。過酸化カルシウム槽でのサンプリングが全て終了した後にコントロール槽、続いて硝酸カルシウム槽でのサンプリングを行った。

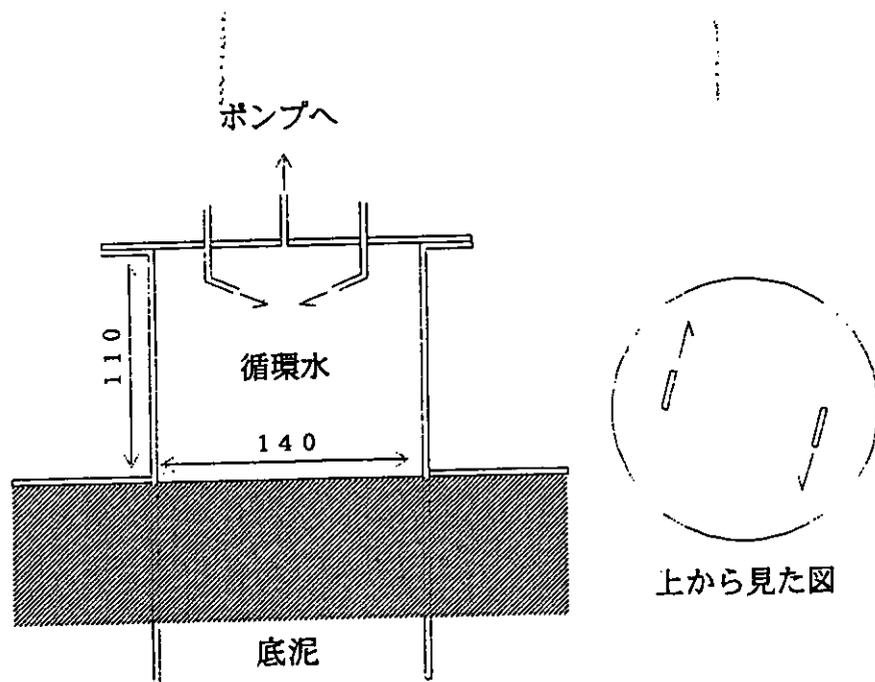


図1-3 栄養塩フラックス測定装置チャンバー部概略図

1.4.3 底質分析

酸化還元電位、pHの項目は、底泥を少量採取して現場で測定した。酸化還元電位については、ORP計の指示値から標準水素電極に対する電位 (Eh) に換算した。

含水率、強熱減量、粒径分布、T-N、T-P、硫化物の項目は各槽3地点から底泥を採取し、その混合試料を分析した。

間隙水中の PO_4-P の項目は、ピーパーを用いて、水底から0~5cmの底質直上水と、底泥表面から0~5cm、6~11cmの底質間隙水を採取した。ピーパーの構造は図1-4に示すとおりである。ピーパーは図1-5のように各槽3基ずつ設置し、底質の間隙水とピーパー内のイオン交換水の濃度が平衡に達するように、設置から約2週間後にサンプリングを行った。

なお、水質及び底質のサンプリングもピーパー設置と同地点で行った。

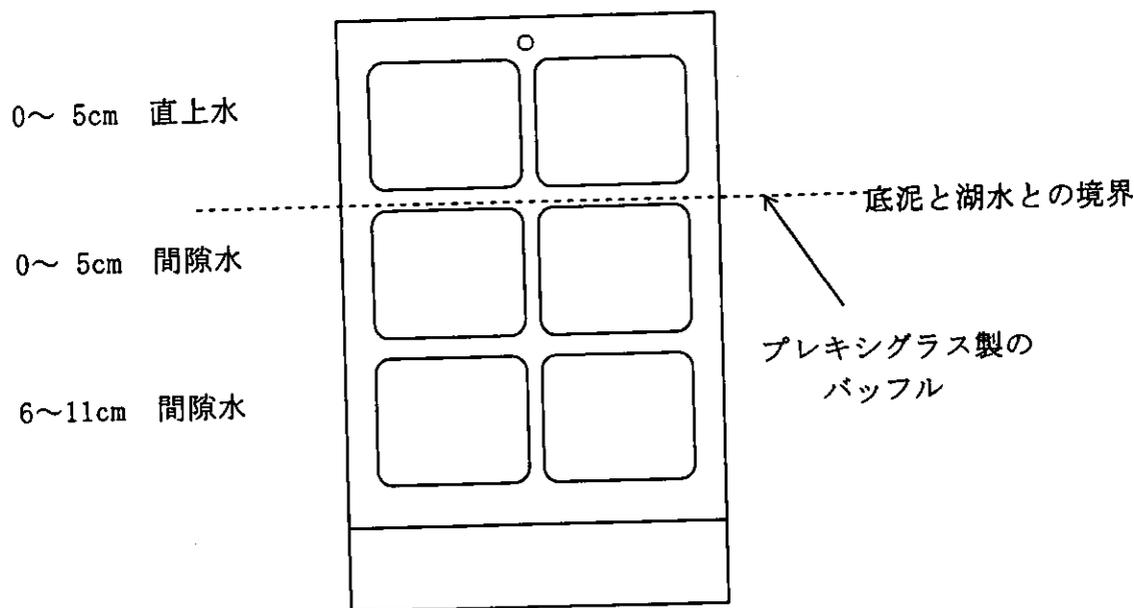


図1-4 拡散チャンバー（ピーパー）

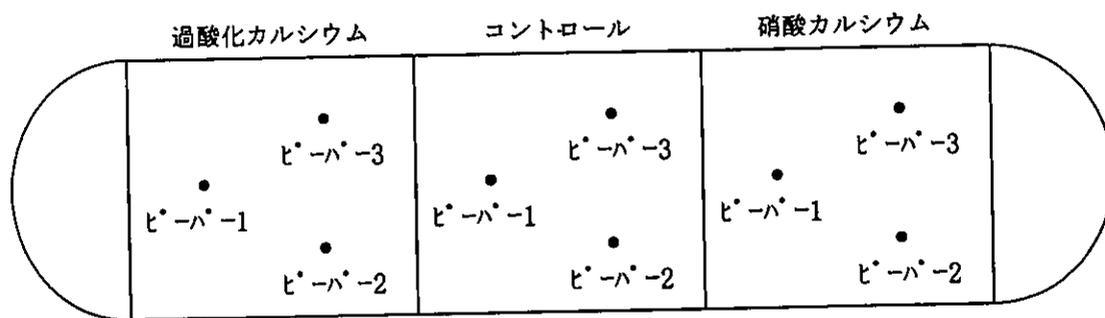


図1-5 ピーパー設置位置概略図

1.4.4 生物調査

プランクトンの項目は、試料を各地点の表層（水面下10cm）から採取した。1000mlの試料にルゴール液5mlを加えて固定し、48時間以上自然沈澱させ20~10mlまで濃縮した。計数は200~400倍率の光学顕微鏡下で行った。藻類細胞容積は、一瀬ら（1995）による方法を用いたほか、一部の種については、球体や楕円形、直方体等の立体に近似し、細胞体積を求めた。藻類現存量は、計数值と細胞体積から体積量として表した。

貝類の成育状況確認は、貝を入れているかごを引き上げて行った。死んでいる貝については個数を数え、除去した。貝の投入前と6ヶ月後には、各個体の重量、殻長の測定も行った。

魚類の成育状況確認は、随時行った。死魚は回収、除去した。

2. 結果と考察

2.1 水質分析結果

2.1.1 各槽の水質調査結果

現地測定結果を表2-1に、各態窒素、各態リン、カルシウム、クロロフィルaの分析結果を表2-2に示す。

昨年度の実験の問題点（水中の栄養塩の初期濃度が高すぎたこと）を改善して処理の効果を見やすくする目的で、本年度は5月下旬に各槽の水を水深20cm程度まで排水してから、高度処理実験施設の処理水を注水した。これにより、少なくともリン濃度を0.01mg/lのオーダーにまで低下させることを期待したが、リン酸態リンは若干減少したものの、全リンとしては交換前と変わらない結果となり、窒素については逆に増加してしまった。また、交換前と比べてばらつきを小さくすることができなかった。排水・注水する際に、底や壁に付着していた藻類などが巻き上がってしまった可能性が考えられる。

窒素、リンの初期濃度を十分下げることができなかったため、本年度の調査結果も昨年と同様に底質処理の効果を見いだすににくい結果となった。

昨年度は、処理の有無に関わらず3槽いずれもアオコが発生した。処理前にはコントロール槽と硝酸カルシウム槽のアオコが濃く、処理後は硝酸カルシウム槽で最も濃厚なアオコが発生した。

それに対して本年度は、7月には過酸化カルシウム槽にアオコが見られたが、8月の中旬以降は3槽中でコントロール槽が最も水面の状態が悪かった。7月29日の過酸化カルシウム槽や（写真1参照）、10月22日のコントロール槽（写真2参照）のように、クロロフィルaの分析値と目視によるアオコの発生状況が必ずしも一致していない。これについては、アオコが水面に集積した状況は、水面下約20cmから採水した水の水質には現れない場合があるものと考えられる。

表2-1 現地測定結果

水交換
↓

				H11年							H12年	
				5月24日	6月4日	6月30日	7月29日	8月19日	9月24日	10月22日	2月17日	
過酸化カルシウム槽	水質	水温	表層	℃	21.2	25.9	23.2	31.1	29.8	27.2	19.9	6.3
			底層	℃	21.3	25.1	23.1	27.8	29.5	27.0	18.6	6.5
		pH	表層		9.9	7.6	7.7	9.6	8.9	7.1	6.5	8.2
			底層		9.9	7.5	7.7	9.2	8.9	7.3	7.9	8.1
		DO	表層	mg/l	16.2	8.2	7.5	16.9	10.6	6.5	9.9	13.2
			底層	mg/l	16.2	8.0	7.3	6.2	9.1	3.8	10.4	13.1
	底質	pH		6.9	—	6.8	6.6	6.8	6.8	6.8	6.8	7.4
		ORP	mV	-91	—	-93	-164	-169	-120	-83	-84	
		Eh	mV	119	—	114	39	35	85	126	135	
コントロール槽	水質	水温	表層	℃	21.2	25.4	23.2	30.8	29.7	27.4	18.8	6.7
			底層	℃	21.5	24.7	23.1	29.0	29.1	26.9	18.1	6.5
		pH	表層		10.2	8.4	7.5	8.4	8.0	7.1	6.5	7.9
			底層		10.2	8.6	7.7	7.9	7.4	7.2	7.5	7.5
		DO	表層	mg/l	15.2	9.6	7.2	8.6	8.0	6.0	9.9	14.4
			底層	mg/l	15.1	7.8	6.9	7.6	3.4	4.6	9.3	10.7
	底質	pH		6.9	—	7.0	6.8	6.9	6.8	6.6	6.6	7.4
		ORP	mV	-104	—	-98	-147	-179	-112	-84	-78	
		Eh	mV	105	—	109	56	25	93	126	141	
硝酸カルシウム槽	水質	水温	表層	℃	20.5	25.9	23.0	31.2	29.6	27.4	19.1	6.0
			底層	℃	21.0	25.1	22.9	27.9	28.8	26.9	18.5	6.2
		pH	表層		7.8	9.0	7.6	9.9	9.8	7.2	7.0	7.8
			底層		7.9	9.2	7.6	9.2	8.1	7.2	7.9	7.8
		DO	表層	mg/l	8.6	16.5	7.5	19.9	15.1	5.4	10.2	14.3
			底層	mg/l	8.5	16.8	7.1	10.3	2.7	3.8	9.5	14.4
	底質	pH		6.9	—	7.2	7.0	6.9	6.8	6.7	7.3	
		ORP	mV	-72	—	-137	-166	-181	-108	-86	-95	
		Eh	mV	138	—	69	37	23	97	123	124	

$$Eh(mv) = E + 206 - 0.7(t - 25)$$

E : ORPの表示値 (mV)

t : 測定時の温度 (℃)

表2-2 水質分析結果

		(mg/l)									
		T-N	NO3-N	NO2-N	NH4-N	Org-N	T-P	PO4-P	Other-P	Ca	Chl. a
1999/5/24 (水交換前)	No. 1	0.429	0.018	0.004	0.018	0.389	0.077	0.055	0.022	21.8	0.002
	No. 2	0.563	0.015	0.003	0.028	0.517	0.132	0.080	0.052	17.7	0.002
	No. 3	0.664	0.018	0.008	0.027	0.611	0.087	0.025	0.062	27.9	0.011
1999/6/4 (水交換後)	No. 1	1.115	0.338	0.029	0.066	0.682	0.101	0.022	0.079	21.1	0.007
	No. 2	1.174	0.232	0.029	0.119	0.794	0.135	0.013	0.122	18.9	0.017
	No. 3	1.559	0.043	0.021	0.230	1.265	0.088	0.022	0.066	20.3	0.037
1999/6/30	No. 1	1.213	0.014	0.003	0.255	0.941	0.141	0.013	0.128	15.8	0.048
	No. 2	1.138	0.017	0.002	0.105	1.014	0.096	0.013	0.083	14.1	0.021
	No. 3	0.818	0.016	0.003	0.046	0.753	0.122	0.007	0.115	16.9	0.046
1999/7/29	No. 1	1.855	0.017	0.001	0.848	0.989	0.087	0.010	0.077	15.8	0.035
	No. 2	0.389	0.012	0.001	0.056	0.320	0.058	0.009	0.048	16.3	0.005
	No. 3	1.401	0.015	0.000	0.535	0.851	0.102	0.019	0.083	11.8	0.032
1999/8/19	No. 1	1.118	0.050	0.004	0.431	0.633	0.089	0.035	0.054	15.2	0.037
	No. 2	0.478	0.023	0.003	0.043	0.409	0.076	0.018	0.058	15.4	0.009
	No. 3	2.212	0.029	0.005	0.753	1.425	0.212	0.163	0.049	16.9	0.126
1999/9/24	No. 1	0.756	0.033	0.004	0.059	0.660	0.063	0.024	0.039	20.4	0.053
	No. 2	0.714	0.030	0.004	0.019	0.661	0.061	0.014	0.047	17.0	0.018
	No. 3	1.003	0.034	0.004	0.060	0.905	0.113	0.021	0.092	25.4	0.016
1999/10/6	No. 1	0.605	0.054	0.006	0.126	0.419	0.049	0.036	0.013	14.9	0.006
	No. 2	1.807	0.045	0.009	0.514	1.239	0.066	0.021	0.045	13.8	0.132
	No. 3	0.894	0.026	0.008	0.151	0.709	0.062	0.028	0.034	21.2	0.019
1999/10/22	No. 1	0.636	0.048	0.009	0.161	0.418	0.046	0.040	0.006	13.5	0.021
	No. 2	1.238	0.033	0.006	0.095	1.104	0.052	0.011	0.041	16.1	0.026
	No. 3	0.713	0.026	0.005	0.007	0.675	0.070	0.018	0.052	21.1	0.019
2000/2/17	No. 1	0.632	0.088	0.004	0.035	0.505	0.053	0.005	0.048	19.2	0.009
	No. 2	0.519	0.029	0.004	0.006	0.480	0.051	0.003	0.048	17.9	0.007
	No. 3	0.528	0.021	0.003	0.049	0.455	0.045	0.002	0.043	21.1	0.004

No. 1:過酸化カルシウム処理槽 No. 2:コントロール槽 No. 3:硝酸カルシウム処理槽

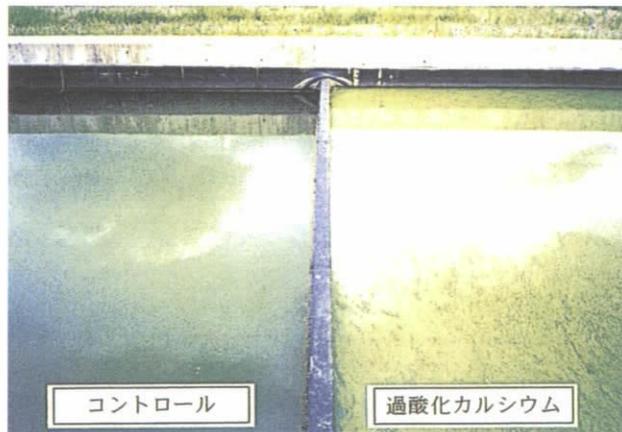


写真1 7/29過酸化カルシウム槽

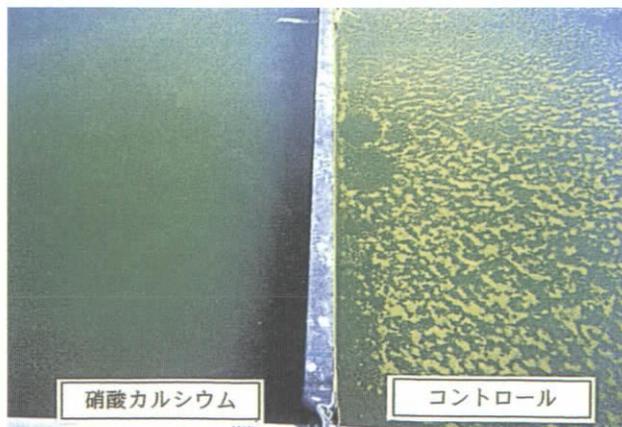


写真2 10/22コントロール槽

2.1.2 栄養塩溶出フラックス

栄養塩測定チャンバーで採取した試料の分析値を表2-3、表2-4に示す。

窒素については、過酸化カルシウム槽、硝酸カルシウム槽ではチャンバー外の方がチャンバー内よりも濃度が高く、溶出フラックスとしてはマイナスの値となった。チャンバー内で脱窒が起こったのか、他の原因によるものかは不明である。

リンについては、チャンバーの内外で濃度にほとんど差がでなかった。

どの測定にも流速による明確な違いは見られなかった。流速の設定は赤野井湾で過去に行った実験で比較的よい結果が得られた条件を踏襲したが、今回の結果をみると、栄養塩の溶出による濃度変化を捉えるためには、もっと滞留時間を長く設定する必要があるのかもしれない。また、底質からの溶出は1日の中でも時間帯によって変化すると考えられるため、その点も考慮が必要である。

表2-3 栄養塩溶出フラックス (D・T-N)

			1回目			2回目		
	流速 cc/sec	滞留時間 min	内 mg/l	外 mg/l	内-外 mg/l	内 mg/l	外 mg/l	内-外 mg/l
過酸化 カルシウム槽	1.91	30	0.474	0.727	-0.253	0.388	0.722	-0.334
	3.00	20	0.458	0.528	-0.070	0.339	0.948	-0.609
	3.92	15	0.652	0.722	-0.070	0.377	0.582	-0.205
	4.76	10	0.690	1.196	-0.506	0.393	0.646	-0.253
コントロール槽	1.91	30	0.361	0.679	-0.318	0.172	0.533	-0.361
	3.00	20	0.286	0.237	0.049	0.242	0.253	-0.011
	3.92	15	0.280	0.248	0.032	0.269	0.189	0.080
	4.76	10	0.571	0.135	0.436	0.280	0.172	0.108
硝酸 カルシウム槽	1.91	30	0.329	0.404	-0.075	0.382	0.614	-0.232
	3.00	20	0.366	0.512	-0.146	0.382	0.873	-0.491
	3.92	15	0.393	0.652	-0.259	0.409	0.431	-0.022
	4.76	10	0.668	0.878	-0.210	0.350	0.409	-0.059

①→ から ⑥→ は測定した順番

表2-4 栄養塩溶出フラックス (D・T-P)

			1回目			2回目		
	流速 cc/sec	滞留時間 min	内 mg/l	外 mg/l	内-外 mg/l	内 mg/l	外 mg/l	内-外 mg/l
過酸化 カルシウム槽	1.91	30	0.005	0.004	0.001	0.005	0.007	-0.002
	3.00	20	0.005	0.005	0.000	0.005	0.005	0.000
	3.92	15	0.007	0.005	0.002	0.005	0.005	0.000
	4.76	10	0.008	0.006	0.002	0.005	0.005	0.000
コントロール槽	1.91	30	0.007	0.008	-0.001	0.015	0.009	0.006
	3.00	20	0.014	0.011	0.003	0.012	0.009	0.003
	3.92	15	0.011	0.007	0.004	0.012	0.008	0.004
	4.76	10	0.009	0.016	-0.007	0.013	0.008	0.005
硝酸 カルシウム槽	1.91	30	0.012	0.014	-0.002	0.018	0.016	0.002
	3.00	20	0.011	0.013	-0.002	0.014	0.012	0.002
	3.92	15	0.014	0.012	0.002	0.013	0.016	-0.003
	4.76	10	0.016	0.017	-0.001	0.013	0.016	-0.003

①→ から ⑥→ は測定した順番

2.2 底質分析結果

底質および間隙水質の調査結果を、表2-5～表2-7および図2-1、図2-2に示す。

底質のpHおよび酸化還元電位には各槽間ではっきりした違いはみられない。

硫化物についても、昨年度の分析結果には硝酸カルシウム処理の効果と考えられる硝酸カルシウム槽の濃度の低下がみられたが、本年度は各槽間の差は小さく、処理の効果は認められない。

図2-3に示すように間隙水中のリンは、本年度も昨年度と同様に、平均値ではおおむね硝酸カルシウム槽が低く、コントロール槽が高いような傾向が見える。しかし、その差は小さく、ばらつきもあることから、処理の効果を示す有意な差であるとは言い難い。

表2-5 底質現地調査結果

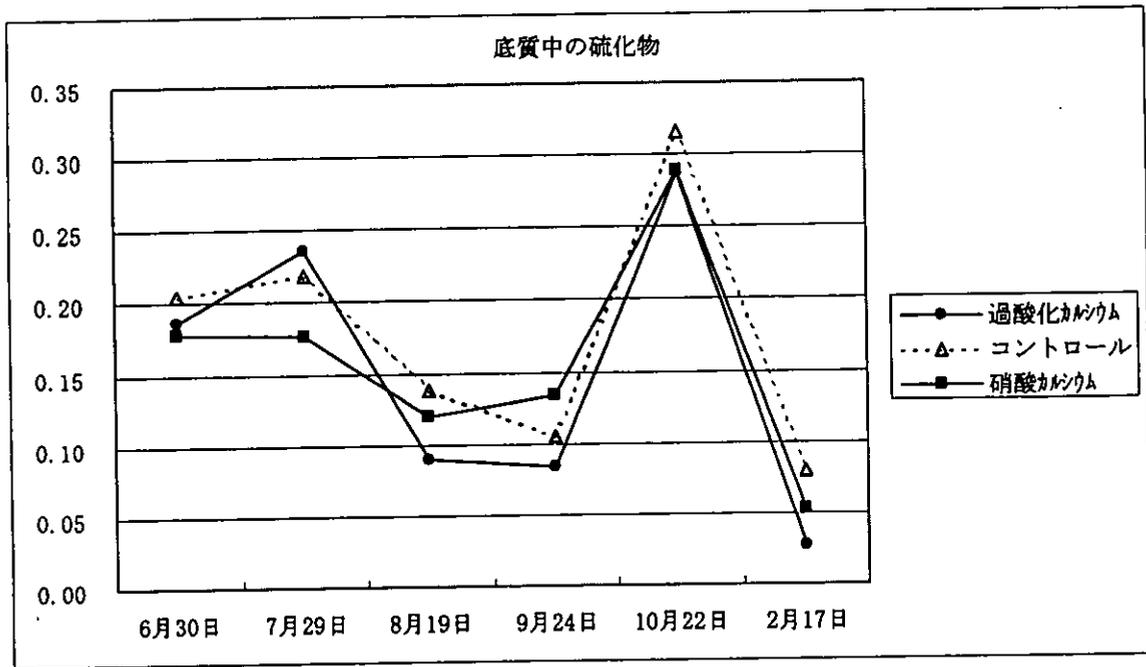
		H11年						H12年
		5月24日	6月30日	7月29日	8月19日	9月24日	10月22日	2月17日
過酸化カルシウム槽	pH	6.9	6.8	6.6	6.8	6.8	6.8	7.4
	酸化還元電位 (Eh) (mV)	119	114	39	35	85	126	135
	pH、Eh測定時の温度 (°C)	19.8	24.1	29.2	27.8	26.7	21.2	6.9
コントロール槽	pH	6.9	7.0	6.8	6.9	6.8	6.6	7.4
	酸化還元電位 (Eh) (mV)	105	109	56	25	93	126	141
	pH、Eh測定時の温度 (°C)	20.2	24.1	29.8	28.2	27.0	19.4	6.8
硝酸カルシウム槽	pH	6.9	7.2	7.0	6.9	6.8	6.7	7.3
	酸化還元電位 (Eh) (mV)	138	69	37	23	97	123	124
	pH、Eh測定時の温度 (°C)	20.0	24.5	28.9	27.7	26.8	20.1	6.8

表2-6 底質分析結果 (5月24日)

		過酸化カルシウム槽			コントロール槽			硝酸カルシウム槽		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
含水率	(%)	53.6	53.2	47.6	52.8	52.3	57.4	57.6	65.4	60.2
強熱減量	(%)	9.2	9.5	6.1	9.1	9.2	8.0	10.0	10.0	8.3
粒度分布	礫分 2mm~75mm (%)	7.3	0.9	0.9	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
	砂分 75μm~2mm (%)	6.7	10.0	10.0	7.8	7.3	6.3	5.8	10.4	3.9
	シルト分 5μm~75μm (%)	56.7	57.6	58.0	57.3	53.0	60.0	60.6	57.3	61.9
	粘土分 5μm未満 (%)	29.3	31.5	31.1	34.8	39.7	33.7	33.3	32.3	34.2
全窒素	(mg/Dryg)	0.7	0.8	1.0	0.5	0.8	1.5	0.9	1.4	1.5
全リン	(mg/Dryg)	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6

表2-7 底質分析結果 (2月17日)

		過酸化カルシウム槽			コントロール槽			硝酸カルシウム槽		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
含水率	(%)	67.8	58.2	64.2	66.4	65.4	71.9	68.8	70.7	55.7
強熱減量	(%)	8.0	7.4	7.1	8.3	8.7	8.5	8.5	9.6	6.8
粒度分布	礫分 2mm~75mm (%)	1.5	0.6	2.1	0.4	0.0	0.5	1.5	1.0	2.1
	砂分 75μm~2mm (%)	6.7	7.0	18.3	5.1	3.1	6.1	10.6	3.6	11.7
	シルト分 5μm~75μm (%)	43.1	43.9	39.3	45.8	46.1	46.0	43.6	46.0	42.7
	粘土分 5μm未満 (%)	48.7	48.5	40.3	48.7	50.8	47.4	44.3	49.4	43.5
全窒素	(mg/Dryg)	2.2	2.1	2.0	2.3	2.6	2.1	2.3	3.3	2.1
全リン	(mg/Dryg)	0.9	1.0	0.9	1.5	1.4	1.1	1.1	1.6	1.0



*濃度は各槽ごとに3地点の平均値

図2-1 底質中の硫化物 (平成11年度)

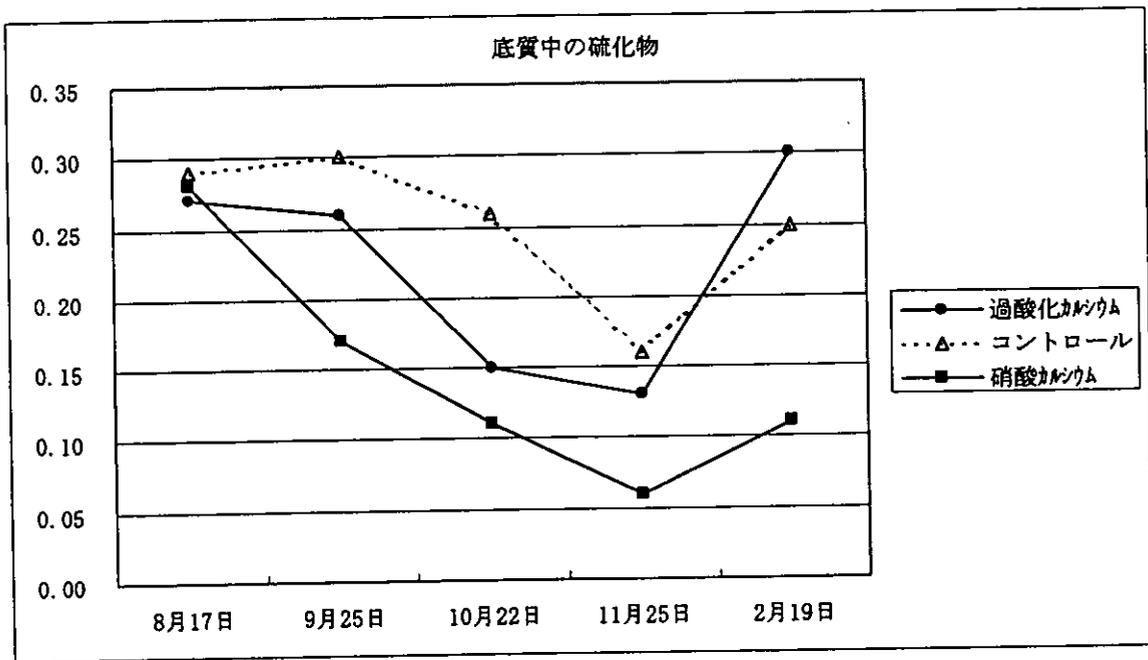


図2-2 底質中の硫化物 (平成10年度)

表2-8 底質間隙水・直上水中のリン酸態リン

平成11年6月30日

(mg/l)

	過酸化カルシウム槽				コントロール槽				硝酸カルシウム槽			
	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均
直上水	0.013	0.014	0.010	0.012	0.012	0.022	0.020	0.018	0.014	0.017	0.015	0.015
0~5cm	1.200	1.537	1.503	1.413	1.587	1.651	0.987	1.409	1.058	1.287	1.233	1.193
6~11cm	1.057	0.984	1.314	1.118	1.225	1.361	0.942	1.176	1.203	0.977	0.960	1.047

平成11年7月29日

(mg/l)

	過酸化カルシウム槽				コントロール槽				硝酸カルシウム槽			
	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均
直上水	0.029	0.070	0.098	0.066	0.054	0.061	0.075	0.063	0.071	0.057	0.056	0.061
0~5cm	1.607	1.480	1.077	1.388	1.446	1.509	1.262	1.406	1.310	1.271	1.433	1.338
6~11cm	1.131	1.184	1.544	1.286	1.282	1.148	1.053	1.161	1.251	0.560	1.287	1.033

平成11年8月19日

(mg/l)

	過酸化カルシウム槽				コントロール槽				硝酸カルシウム槽			
	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均
直上水	0.059	0.077	0.214	0.117	0.092	0.163	0.223	0.159	0.537	0.139	0.109	0.262
0~5cm	1.539	1.326	1.622	1.496	1.818	1.539	1.627	1.661	1.618	1.539	1.407	1.521
6~11cm	1.102	1.090	1.181	1.124	1.488	1.499	1.460	1.482	1.531	0.850	1.433	1.271

平成11年9月24日

(mg/l)

	過酸化カルシウム槽				コントロール槽				硝酸カルシウム槽			
	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均
直上水	0.189	0.021	0.251	0.154	0.037	0.030	0.066	0.044	0.040	0.038	0.048	0.042
0~5cm	1.208	0.800	1.508	1.172	1.298	1.748	1.822	1.623	0.793	1.349	0.874	1.005
6~11cm	1.200	1.098	1.515	1.271	1.536	1.486	1.840	1.621	1.374	1.080	1.310	1.255

平成12年10月22日

(mg/l)

	過酸化カルシウム槽				コントロール槽				硝酸カルシウム槽			
	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均
直上水	0.111	0.009	0.010	0.043	0.111	0.009	0.010	0.043	0.025	0.068	0.016	0.036
0~5cm	0.423	1.160	1.417	1.000	0.423	1.149	1.403	0.992	0.455	0.655	0.773	0.628
6~11cm	1.291	1.036	1.446	1.258	1.128	1.237	1.463	1.276	1.171	1.323	1.263	1.252

平成12年2月17日

(mg/l)

	過酸化カルシウム槽				コントロール槽				硝酸カルシウム槽			
	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均	ビ-バ-1	ビ-バ-2	ビ-バ-3	平均
直上水	0.006	0.018	0.002	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.020	0.009	0.012
0~5cm	0.755	0.028	0.916	0.566	0.762	0.314	0.783	0.620	0.152	0.570	0.521	0.414
6~11cm	0.833	0.742	0.928	0.834	0.877	0.928	1.328	1.044	0.531	0.772	0.624	0.642

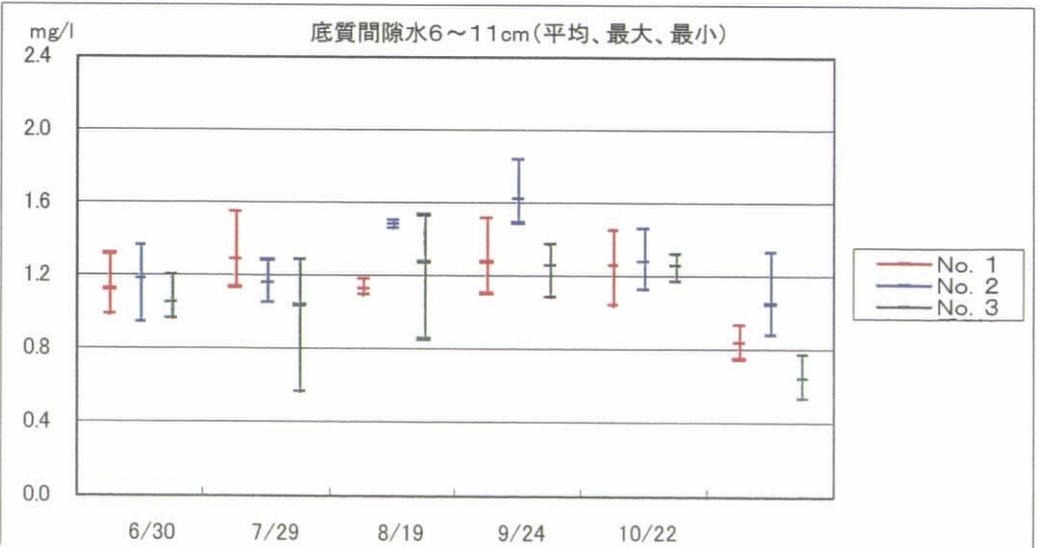
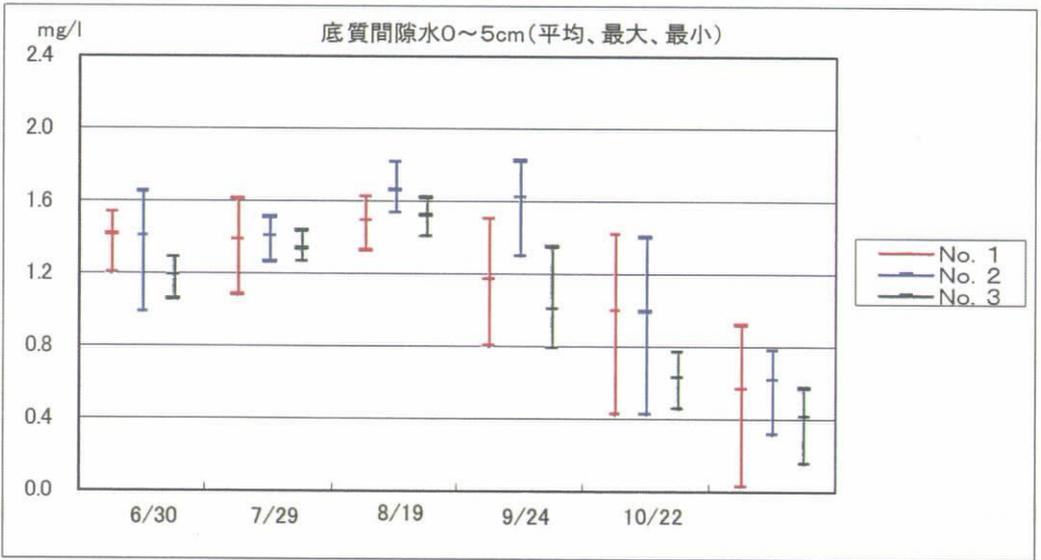
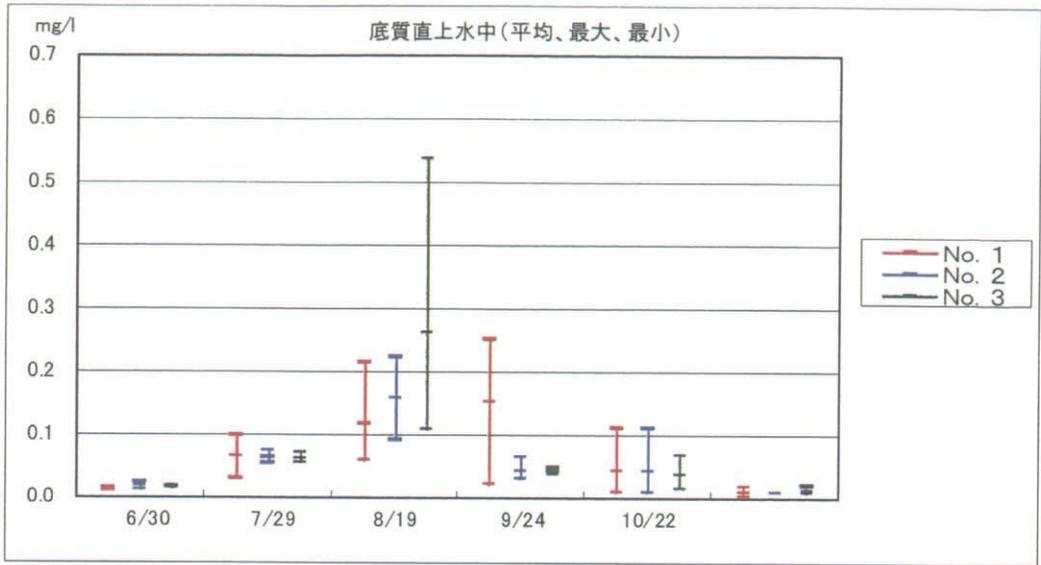


図2-3 底質間隙水・直上水中のリン酸態リン(平成11年度)

2.3 生物調査結果

2.3.1 植物プランクトン調査結果

調査結果を図2-4、図2-5に示す。

植物プランクトンの現存量を体積で表すと、過酸化カルシウム槽は $425\sim 355327\times 10^3\ \mu\text{m}^3/\text{ml}$ 、コントロール槽は $373\sim 37435\times 10^3\ \mu\text{m}^3/\text{ml}$ 、硝酸カルシウム槽は $589\sim 31592\times 10^3\ \mu\text{m}^3/\text{ml}$ の範囲で変動した(図2-4)。過酸化カルシウム槽では5月～9月かけて小さな変動がみられ、10月に著しく大きな値を示した。コントロール槽は9月に大きな値を示したほかは、大きな変動はみられない。硝酸カルシウム槽では5月から8月にかけて、漸次増加したが、9月以降は小さな値で推移した。

群落の構成を体積現存量でみると、過酸化カルシウム槽の10月およびコントロール槽の9月の各極大値は緑藻綱により占められたのに対し、硝酸カルシウム槽の8月の極大値は渦鞭毛藻によるものであった(図2-5)。

アオコの原因となる藍藻*Anabaena* (アハナ) 類は、過酸化カルシウム槽及び硝酸カルシウム槽では7月に極大値がみられたが、コントロール槽では10月に極大値があった。緑藻 *Mougeotia* sp. (モウゲティアの一種) は過酸化カルシウム槽及びコントロール槽で出現し、特に過酸化カルシウム槽の10月の出現量は著しく大きな値であった。硝酸カルシウム槽ではこの種の出現は確認されなかった。

5月から8月にかけては、底質処理を行った過酸化カルシウム槽と硝酸カルシウム槽では優占種の変遷など共通しており、似通った植物プランクトン相を示したが、9月以降は異なった植物プランクトン相の変遷となった。コントロール槽では9月に過酸化カルシウム槽と同じ緑藻 *Mougeotia* sp. (モウゲティアの一種) が優占したのを除くと、他槽と共通点がほとんどみられない独自の植物プランクトン相を示した。

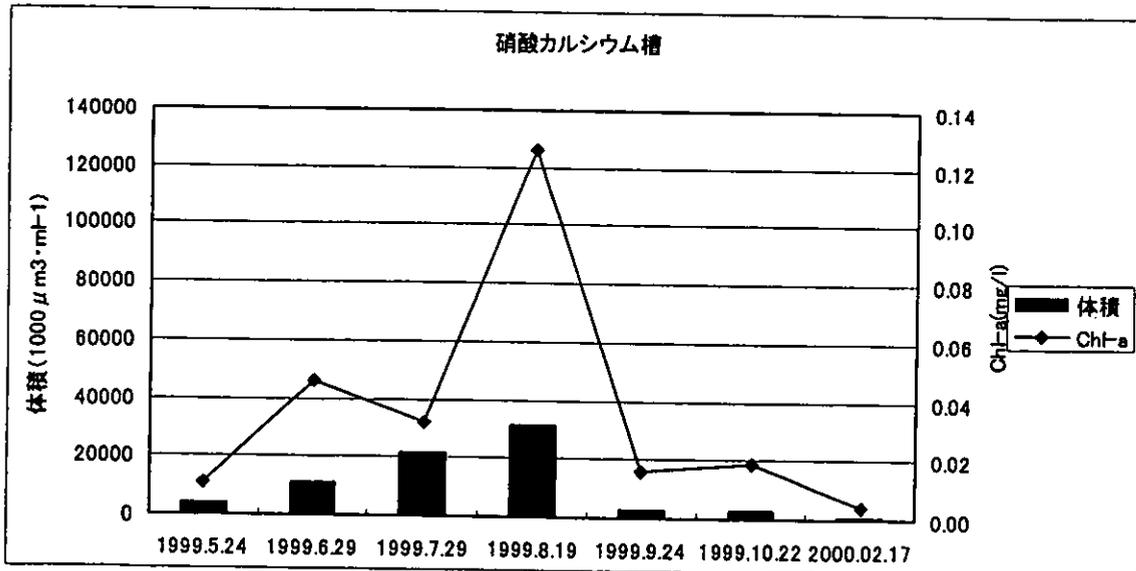
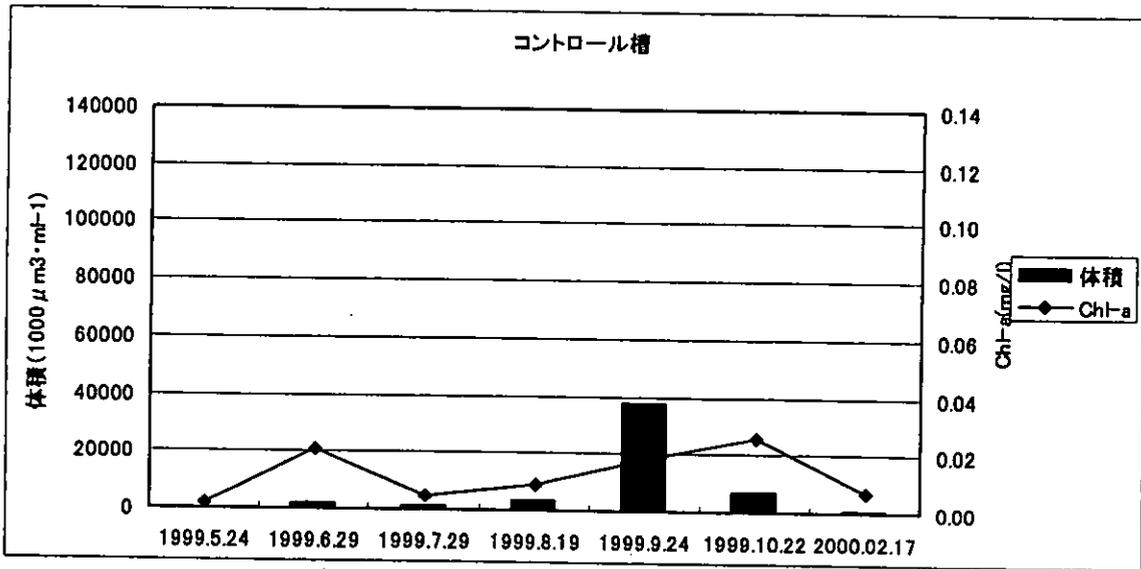
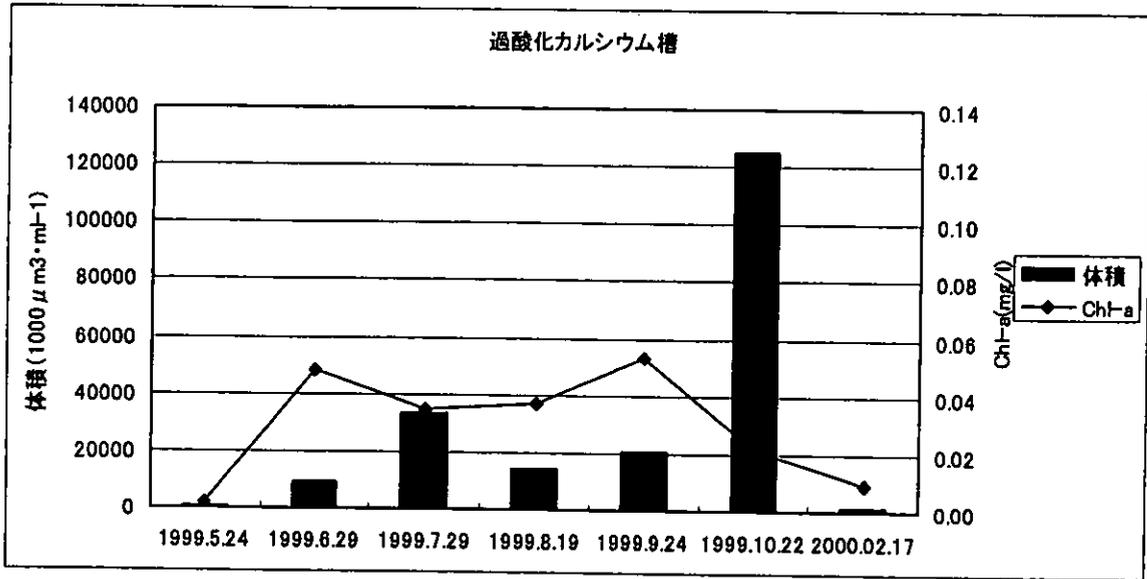


図2-4 植物プランクトン体積現存量とクロロフィルa量

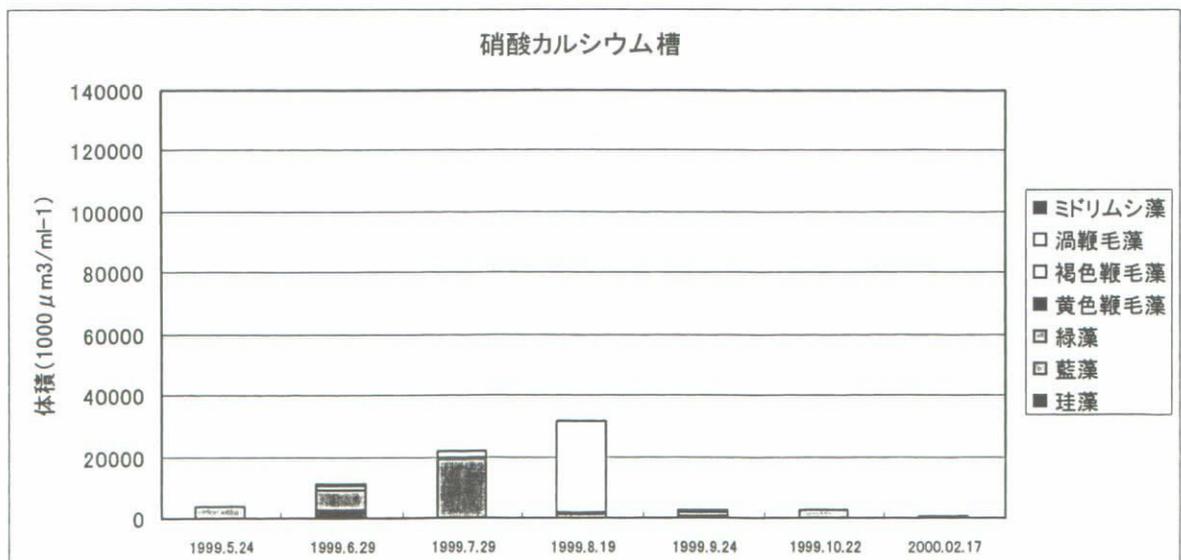
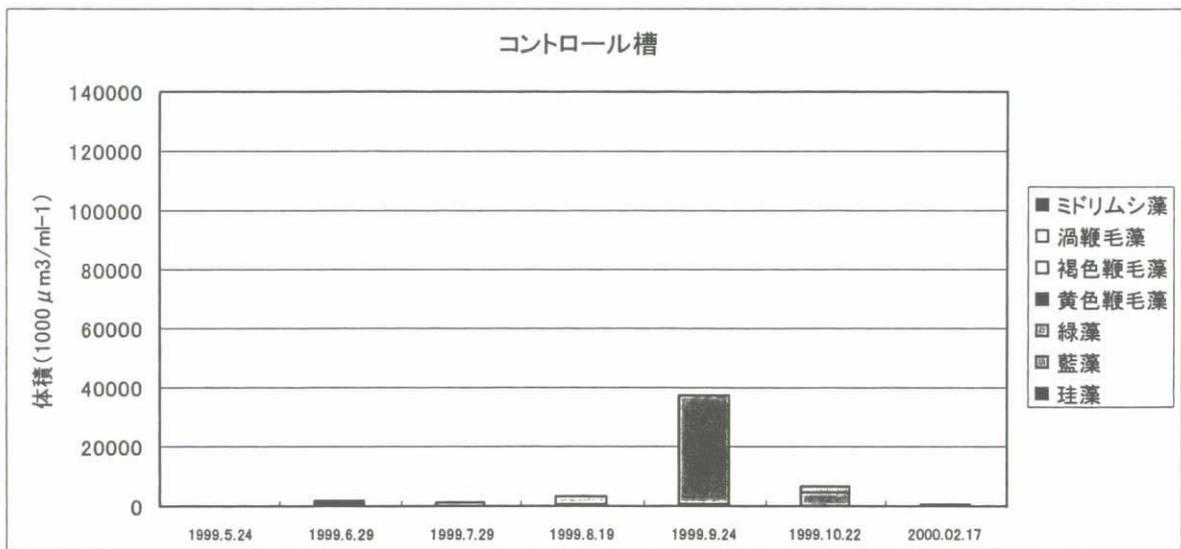
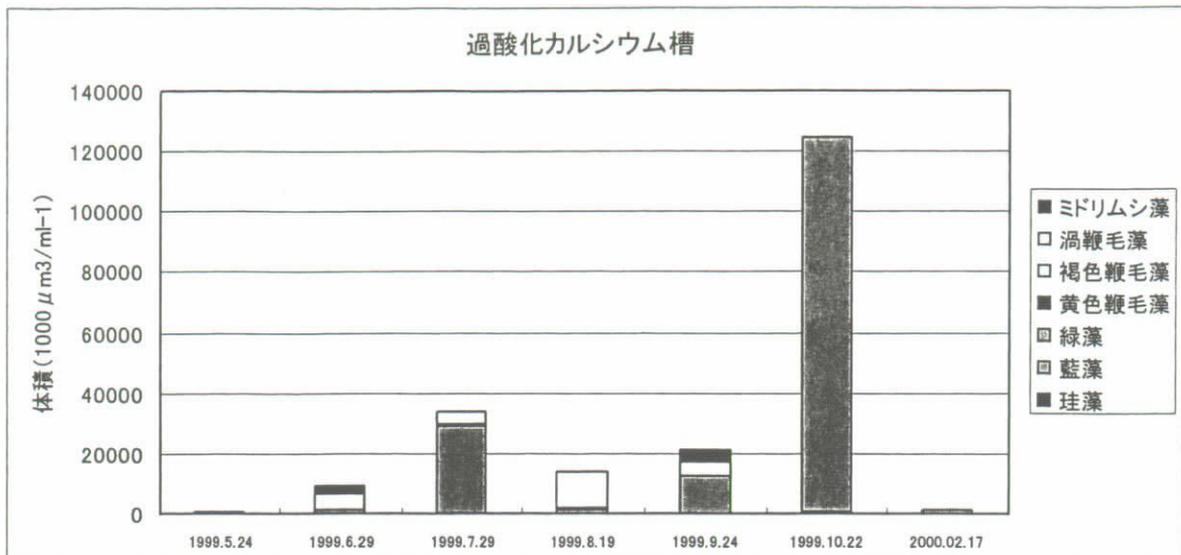


図2-5 植物プランクトン網別現存量の割合

2.3.2 貝類調査結果

調査結果を表2-9及び表2-10、図2-6～図2-9に示す。かごの表記については、たとえば、過酸化カルシウム槽の砂区に入れたセタシジミのかごが1-S-1、1-S-2、コントロール槽の泥区に入れたセタシジミのかごが2-M-1、2-M-2である。タテボシについては泥区のみ飼育のため、槽Na(1～3)-かごNa(1, 2)としたが、昨年度の実験期間中にほとんど全滅してしまっているため、本年度の調査対象となっているのは2-1と2-2のみである。

今年度の1回目(5月24日)の貝類調査でもセタシジミは65～95%が生存していたが、5月27日～6月4日に行った水の交換の前後で、3-M-2、3-S-2において、生存率がそれぞれ90%→13%、86%→24%と激減してしまった。深さ20cmほどの水を残して排水したが、注水に1週間以上の時間がかかったため、その間の日中は水温がかなり上昇し、その影響によるものと考えられる。

他のかごについても、その後の調査で貝は減り続けている。考えられる原因としては、

- ①深池という特殊な環境によるストレスがたまっている
- ②水交換の際の高水温で、死にまでは至らないまでも相当なダメージを受けた
- ③5月から7月にかけてはシジミの産卵期であるため、産卵にエネルギーをさいってしまった
- ④大型の植物プランクトンにより、ろ過障害を引き起こした

等があげられる。これらの要因が複合的に作用した結果、今年度に貝が減少しているものと思われる。ただし、各槽とも自然発生したエビ類などは増加しており、生物の生息環境として特に悪化しているという兆候はない。

2.3.3 魚類調査結果

5月28日と6月2日に過酸化カルシウム槽で1匹ずつ、6月4日にコントロール槽で1匹、6月1日に硝酸カルシウム槽で1匹、合計5匹が死亡していた。

貝と同様に、水の交換時に日中の水温が上昇した影響と考えられる。

表2-9 貝の生存状況

		平成10年					平成11年					平成12年		
		8/21	8/28	9/3	9/25	10/22	2/20	5/24	6/30	7/29	8/24	9/24	10/22	2/17
過酸化カルシウム	1-1	39	7	1	0									
	1-2	39	13	2	0									
コントロール	2-1	39	16	6	5	5	5	5	5	5	4	2	2	
	2-2	39	18	6	4	4	3	3	3	3	3	3	3	
硝酸カルシウム	3-1	39	7	0										
	3-2	39	9	0										

		平成10年					平成11年					平成12年		
		8/21	8/28	9/3	9/25	10/22	2/20	5/24	6/30	7/29	8/24	9/24	10/22	2/17
過酸化カルシウム	1-M-1	100	93	73	71	69	68	65	48	39	9	9	8	8
	1-M-2	100	97	96	96	95	93	92	87	60	25	23	21	20
コントロール	2-M-1	100	100	99	96	94	86	79	72	71	58	52	48	42
	2-M-2	100	99	98	94	92	87	80	68	63	45	39	37	29
硝酸カルシウム	3-M-1	100	98	98	98	97	94	94	78	78	50	34	34	19
	3-M-2	100	99	99	99	99	97	90	13	13	7	4	4	3

		平成10年					平成11年					平成12年		
		8/21	8/28	9/3	9/25	10/22	2/20	5/24	6/30	7/29	8/24	9/24	10/22	2/17
過酸化カルシウム	1-S-1	100	96	95	93	92	85	84	82	77	54	47	44	39
	1-S-2	100	98	97	96	95	94	80	74	70	69	60	59	48
コントロール	2-S-1	100	96	96	96	95	82	70	57	54	40	40	35	23
	2-S-2	100	99	99	99	97	90	73	61	56	50	48	41	33
硝酸カルシウム	3-S-1	100	99	99	-	100	97	95	76	72	41	34	34	30
	3-S-2	100	96	96	95	95	95	86	24	20	15	7	6	5

*平成10年9月25日のかご3-S-1は転倒していた。

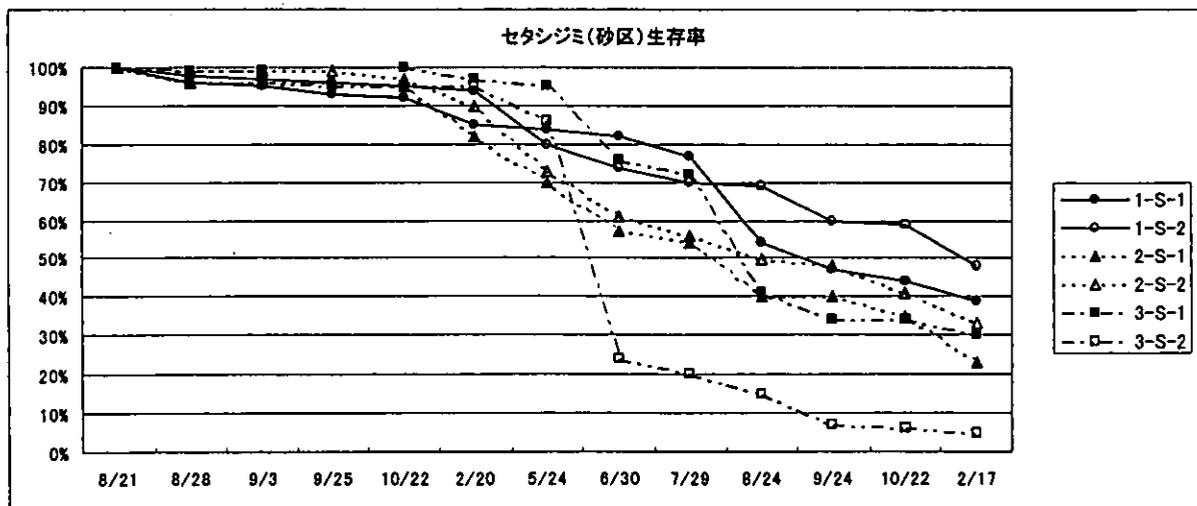
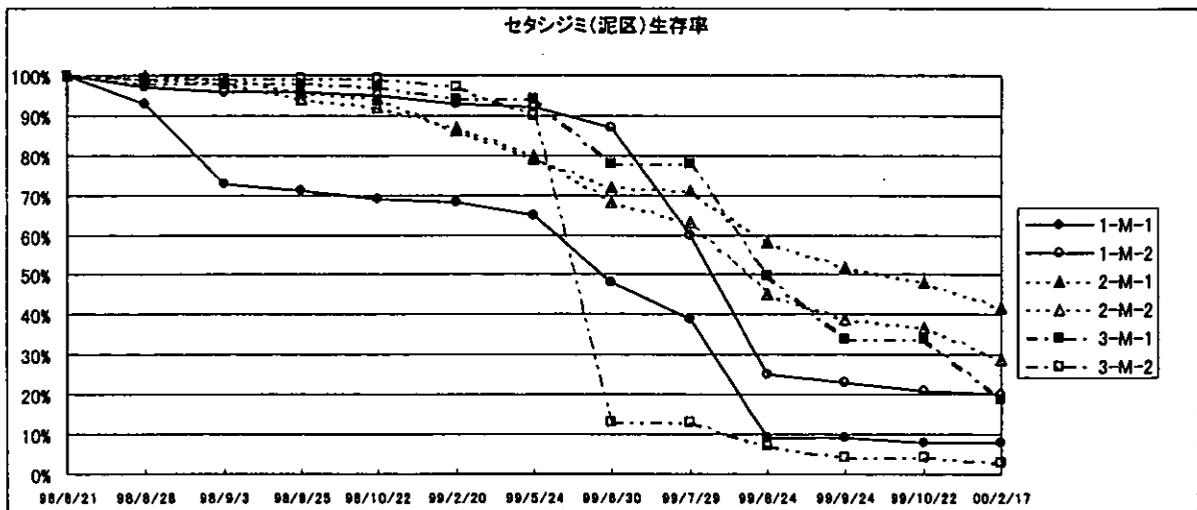
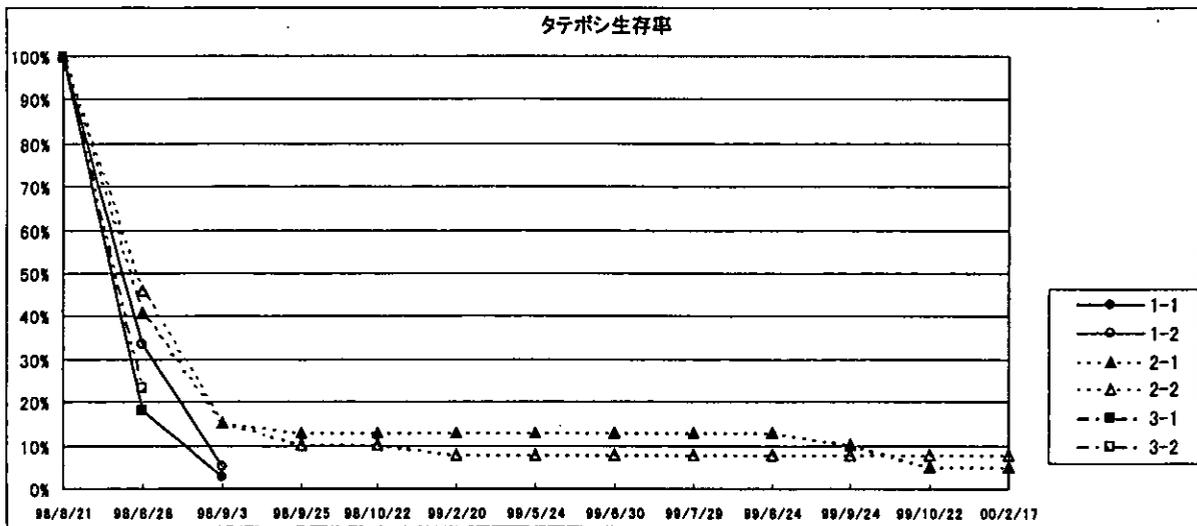


図2-6 貝類の生存率

表2-10 セタシジミの殻長と重量の平均値

平成10年8月

	殻長(mm)				重量(g)			
	砂区		泥区		砂区		泥区	
	かご1	かご2	かご1	かご2	かご1	かご2	かご1	かご2
過酸化カルシウム	19.81	19.84	19.65	19.87	2.83	2.82	2.71	2.80
コントロール	20.66	19.41	19.41	19.65	3.25	2.68	2.64	2.80
硝酸カルシウム	19.98	19.54	19.68	19.65	2.89	2.71	2.68	2.73

平成11年2月

	殻長(mm)				重量(g)			
	砂区		泥区		砂区		泥区	
	かご1	かご2	かご1	かご2	かご1	かご2	かご1	かご2
過酸化カルシウム	20.76	20.34	20.17	20.54	3.08	2.99	2.87	3.05
コントロール	21.43	20.37	20.71	20.64	3.49	3.01	3.08	3.11
硝酸カルシウム	21.78	20.42	20.57	20.60	3.70	2.98	3.08	3.08

平成11年8月

	殻長(mm)				重量(g)			
	砂区		泥区		砂区		泥区	
	かご1	かご2	かご1	かご2	かご1	かご2	かご1	かご2
過酸化カルシウム	21.78	21.19	21.58	21.69	3.35	3.25	3.39	3.32
コントロール	22.31	21.07	21.61	21.52	3.70	3.21	3.40	3.35
硝酸カルシウム	23.21	21.66	22.20	21.08	4.05	3.56	3.63	3.14

平成12年2月

	殻長(mm)				重量(g)			
	砂区		泥区		砂区		泥区	
	かご1	かご2	かご1	かご2	かご1	かご2	かご1	かご2
過酸化カルシウム	21.99	21.37	21.69	21.86	3.40	3.20	3.10	3.37
コントロール	22.55	21.49	22.11	21.60	3.77	3.31	3.51	3.29
硝酸カルシウム	22.71	20.13	22.13	21.47	3.99	3.36	3.50	2.65

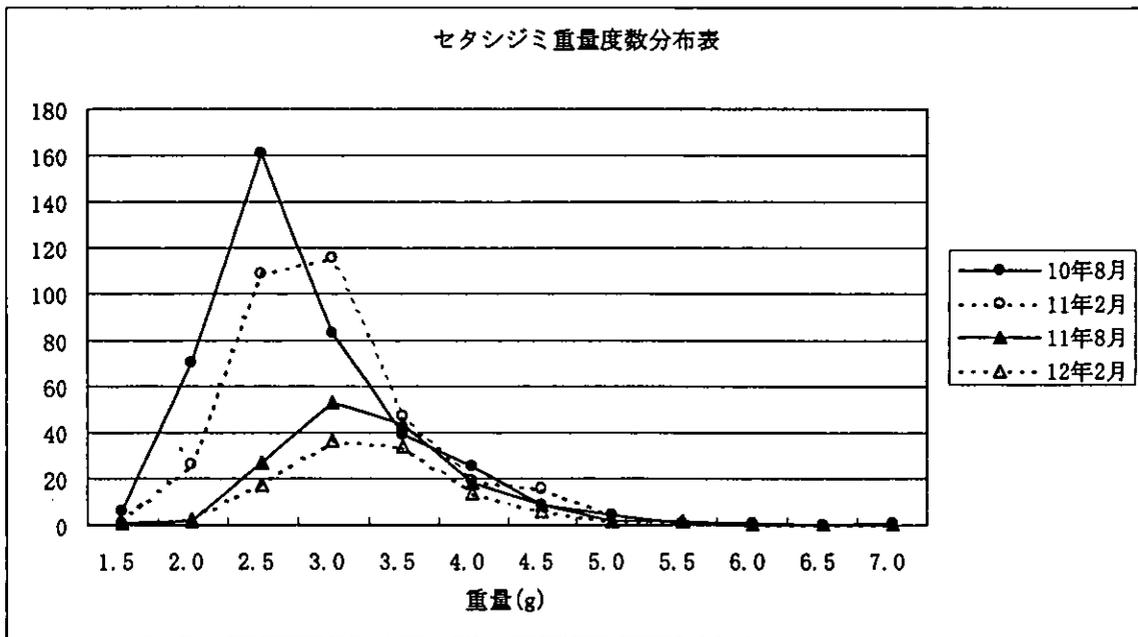
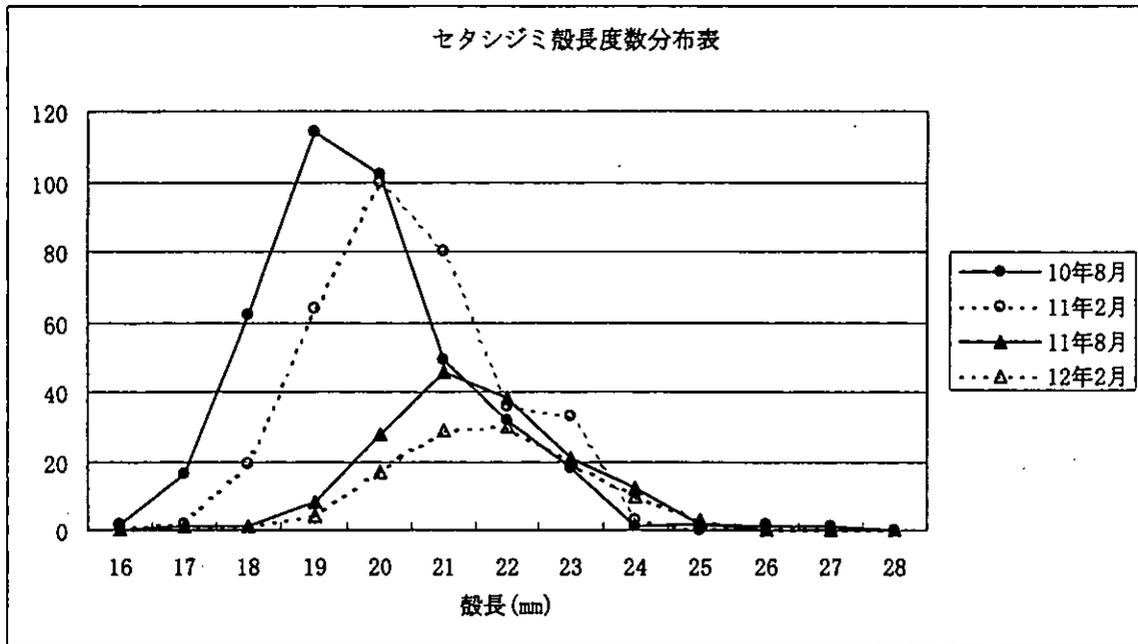


図2-7 セタシジミ成長経時変化 (過酸化カルシウム槽)

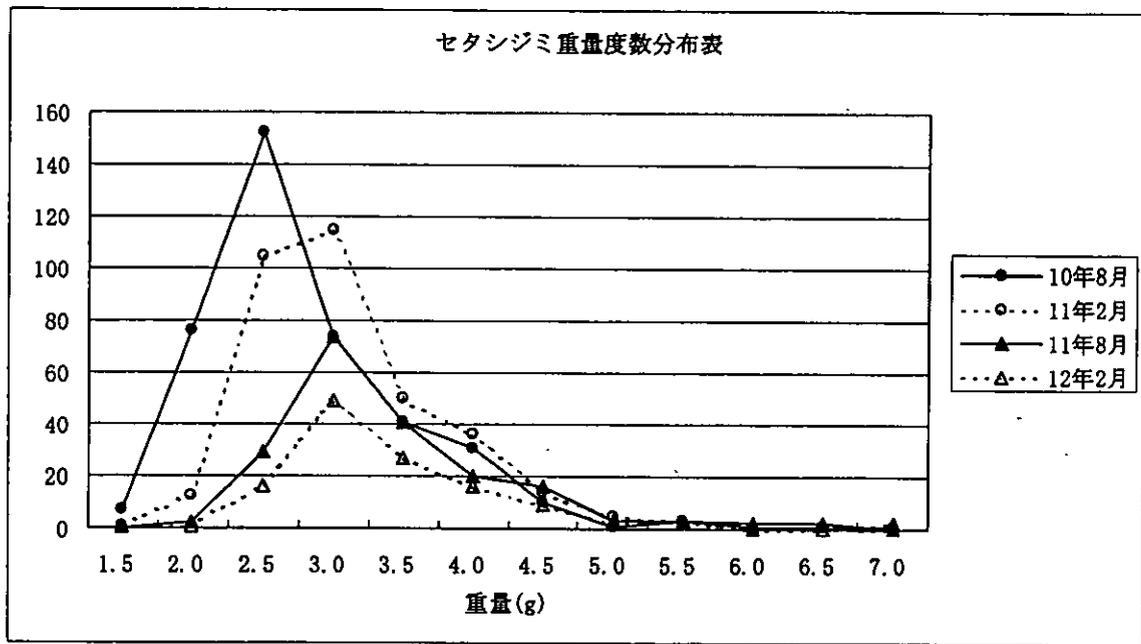
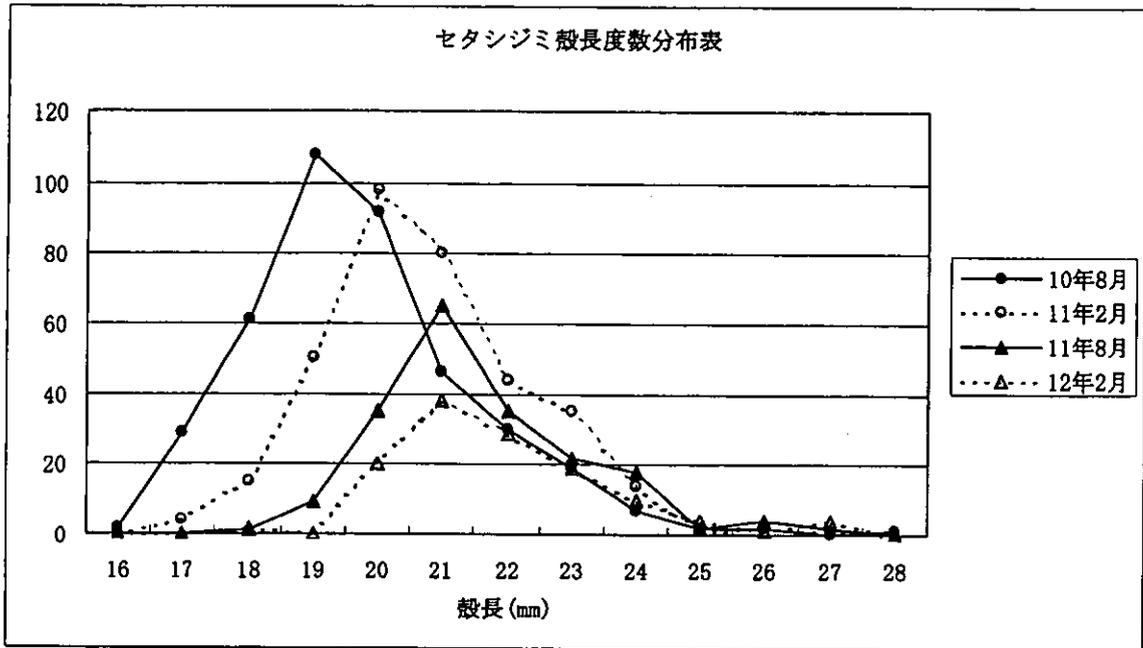


図2-8 セタシジミ成長経時変化 (コントロール槽)

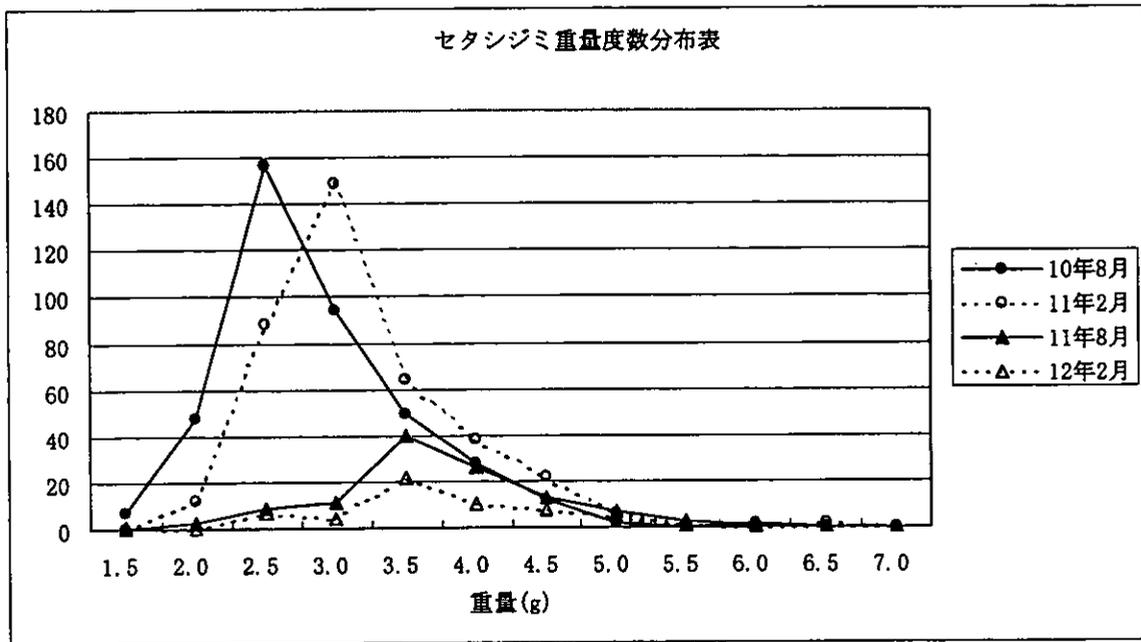
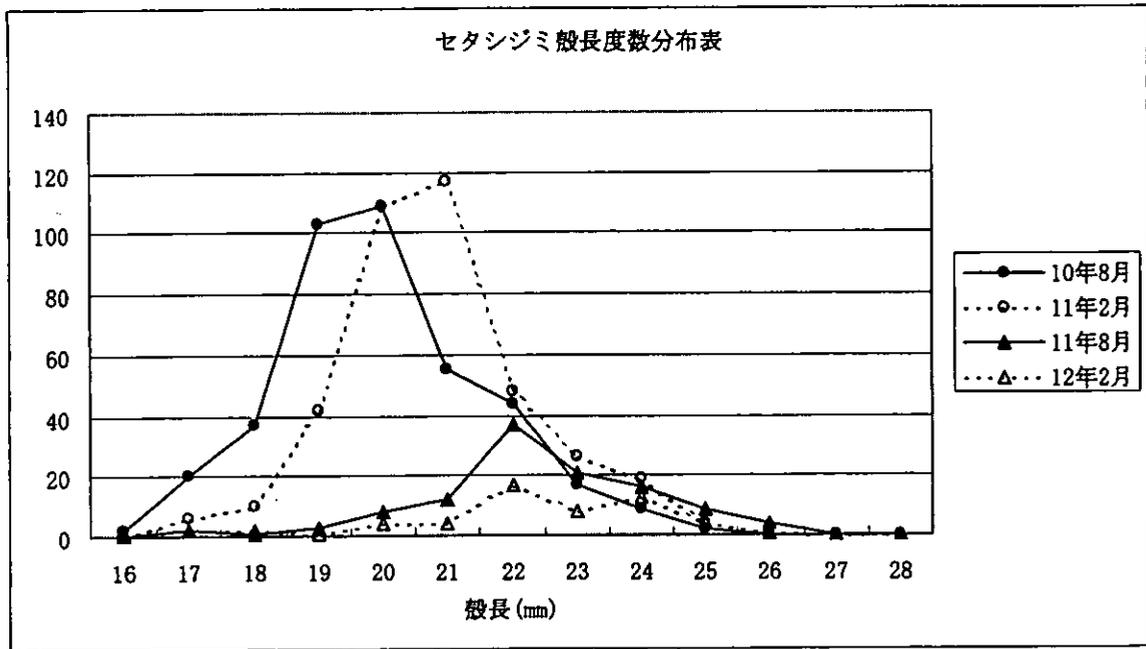


図2-9 セタシジミ成長経時変化 (硝酸カルシウム槽)

3. 総合考察と今後の課題

3.1 酸化剤の底質改善効果

3.1.1 槽内水質の変化

昨年度の実験の反省に立って、各槽の栄養塩（特にリン）の初期濃度を低下させる目的で、モニタリングに先立ち各槽の水を葉山川の水の高度処理（凝集・砂ろ過処理）水で交換することを試みたが、全リンとしては交換前と変わらず、窒素については逆に増加する結果となった。

その後の経過を見ても窒素、リンやカルシウムの濃度はばらつきが大きく、各槽を比較してもはっきりした違いは認められなかった。

したがって、本年度の調査結果も昨年と同様に、槽内水質のモニタリング結果から底質処理の効果を見いだすことは困難である。

3.1.2 底質および間隙水質の変化

昨年の実験結果では、底質の硫化物や酸化還元電位には、ばらつきはあるものの底質処理の効果をうかがわせる変化が見られたが、本年度は各槽の間にほとんど差がみられなかった。

間隙水中のリン（図2-3）については、昨年度同様に平均値ではおおむね硝酸カルシウム槽が低く、コントロール槽が高いような傾向がみられるが、その差は小さく、ばらつきもあることから、処理の効果を示す有意な差であるとは言い難い。

3.1.3 栄養塩溶出フラックス

底泥の酸素消費速度計測装置を改良した測定チャンバーを用いて、底泥からの栄養塩の溶出フラックスを測定することを試みた。

しかしその結果は、リンについてはチャンバーの内外で濃度にほとんど差がでず、窒素については酸化剤処理槽では溶出フラックスとしてはマイナスの値となり、底質処理の効果を見いだすことはできなかった。

3.1.4 植物プランクトン相

植物プランクトン相は各槽間でかなり異なっており、特に8月から10月にかけてはコントロール槽でもっともアオコの発生が著しく、水面の外観をみる限りは、酸化剤処理を行った槽の方が状態がよかった。

そのことが底質処理の効果といえるかどうかは判断が難しいが、水質や底質および間隙水質にはっきりした違いが認められない以上、処理の効果とは言いにくい。

3.2 生物への影響の検討

3.2.1 貝類の生息に及ぼす影響

本年度の調査当初には、セタシジミは昨年当初の投入量の65～95%が生存していたが、本年度の調査期間中に各槽とも大きく減少してしまった。その原因は、

- ① 深池という特殊な環境によるストレス
- ② 水交換の際の高水温
- ③ シジミの産卵期（5月～7月）に伴う体力の消耗
- ④ 大型の植物プランクトンによるろ過障害

等の要因が複合的に作用した結果と考えられる。

硝酸カルシウム槽の2つのかごで、水交換中にセタシジミの急激な減少がみられたが、これは硝酸カルシウムによる処理の影響とは考えられない。隣り合わせに飼育していた他の2つのかごの状況は他の槽と変わりなく、そもそも硝酸カルシウムが貝の生息に悪影響を及ぼすとしたら、昨年への注入時の漏出で大きな影響が出ているはずである。

全体数が減少してしまった結果、殻長および重量の調査結果からも、セタシジミの成長に伴う変化をみるができなくなったが、その状況に各槽間で大きな違いはなく、過酸

化カルシウム処理も含めて、昨年の底質処理がセタシジミの生息に悪影響を及ぼしているという様子は認められない。

3.2.2 魚類の生息に及ぼす影響

昨年8月に各槽に体長約10cmコイ苗約40尾を投入し、昨年度末までに酸化剤処理槽で各1尾の死亡を確認した。本年度は5月28日と6月2日に過酸化カルシウム槽で1匹ずつ、6月4日にコントロール槽で1匹、6月1日に硝酸カルシウム槽で1匹、合計5匹の死亡を確認したが、貝と同様に、水の交換時に水温が上昇したことが原因と考えられ、底質処理による影響は認められない。

3.3 今後の課題

昨年度の調査結果では、硝酸カルシウムおよび過酸化カルシウムによる底質処理により、底質間隙水中のリンや底質中の硫化物の分析結果などからは、ばらつきはあるものの処理の有効性を示すデータが一部得られたが、水質モニタリング結果は処理の効果を見いだすににくいものであった。本年度は底質からの栄養塩溶出による差が出やすいように、あらかじめ各槽の水を交換して栄養塩類の初期濃度を下げるとともに槽間の差を小さくすることを試みたが成功しなかった。その結果、本年度のモニタリング結果では、槽内水質はもとより、底質、間隙水質および栄養塩溶出フラックス測定結果のいずれからでも、処理の効果を認めることは困難であった。

魚介類に及ぼす影響についても、底質処理による悪影響は認められないものの、特に貝類に関しては、深池という特殊環境で飼育していることが主原因となって大きく減少し、その成長に伴う変化をみることができなかった。

これらの結果は、深池実験施設という人工の環境に湖沼の水環境を再現することの困難性を示すものであり、酸化剤による底質処理の有効性を否定するものではないと考えられる。

したがって、今後の方向としては、準備期間を置いて昨年度の実験の結果明らかになった3つの課題

- ① 底泥の初期条件を均一に、かつ現実の底泥により近くすること
 - ② 水質の初期条件を均一に、かつ栄養塩濃度を極力低くすること
 - ③ 効率よく、かつ水中に漏出することのない注入方法の開発
- を実現した上で、再度底質処理実験を行うことが望ましいと考えられる。

実験担当者

建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所	水質調査課課長	春木 二三男
	水質調査課開発調整係長	板坂 浩和
財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構	実験センター所長	中山 繁
	実験センター研究員	出倉 正人

4. 浅池型植生浄化実験（その2）

1. はじめに

昨年度に引き続き、琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター（以下、実験センターと称す）内の浅池型植生浄化施設を用いて、水耕栽培性植物（クレソン）の水質浄化効果、実際の河川浄化施設の設計に必要なデータ及び住民参加型河川浄化施設として運用方法などについて知見を得ることを目的とする。平成10年度（1999年3月まで）までに得られた調査結果を以下に示した。

- (1) 水路勾配0.5%、栽培管理方法は刈取り後1/3除去による方法が水質浄化性能が最もよく、除去率（除去速度）は浮遊物質（SS）が56%（20g/m²/日）、全窒素（T-N）が14%（0.47g/m²/日）、全リン（T-P）が27%（0.09g/m²/日）であった。
- (2) 水質浄化性能は刈取り後1/3除去による栽培管理が刈取りのみの栽培管理よりも維持されやすく、本施設において効果的な浄化を図る栽培管理方法は、植物体と堆積物の除去（間引き処理）を行う方法であった。
- (3) 植物体と堆積物の除去を行わなかった勾配1.0%水路と勾配1.5%水路において、実験開始後9ヶ月経過以降、浮遊物質（SS）と全リン（T-P）の除去率が低下し、その原因は、堆積物の量とその水路の堆積可能な量に達したかそれに近づいたため、除去作用が働きにくくなったことであると推測された。
- (4) 「クレソン刈取り体験会」のアンケート調査から、有用植物を使用した本施設は住民参加型の施設になり得ると考えられ、住宅付近に設置することでより多くの住民参加が期待できることが示唆された。

本実験は、浄化性能・維持管理の面での有効な苗の間引き量・頻度、苗の植栽方法、住民参加施設に伴う安全性、副産物の処理などについて調査を行い、効果的な運用方法について検討した。

2. 実験場所

滋賀県草津市志那町地先の琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター内浅池型植生浄化実験施設において実験を行った。施設の位置図を図2-1に、施設の概要を図2-2に示した。

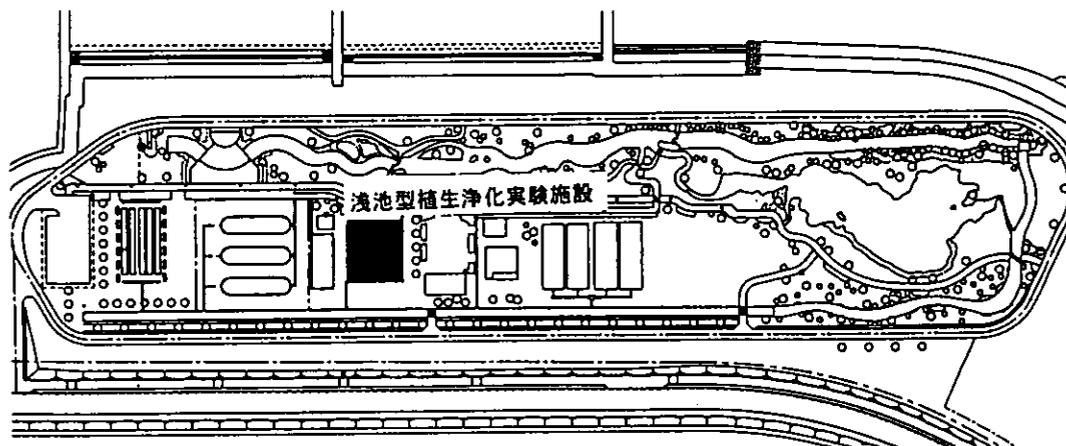


図2-1 施設位置図

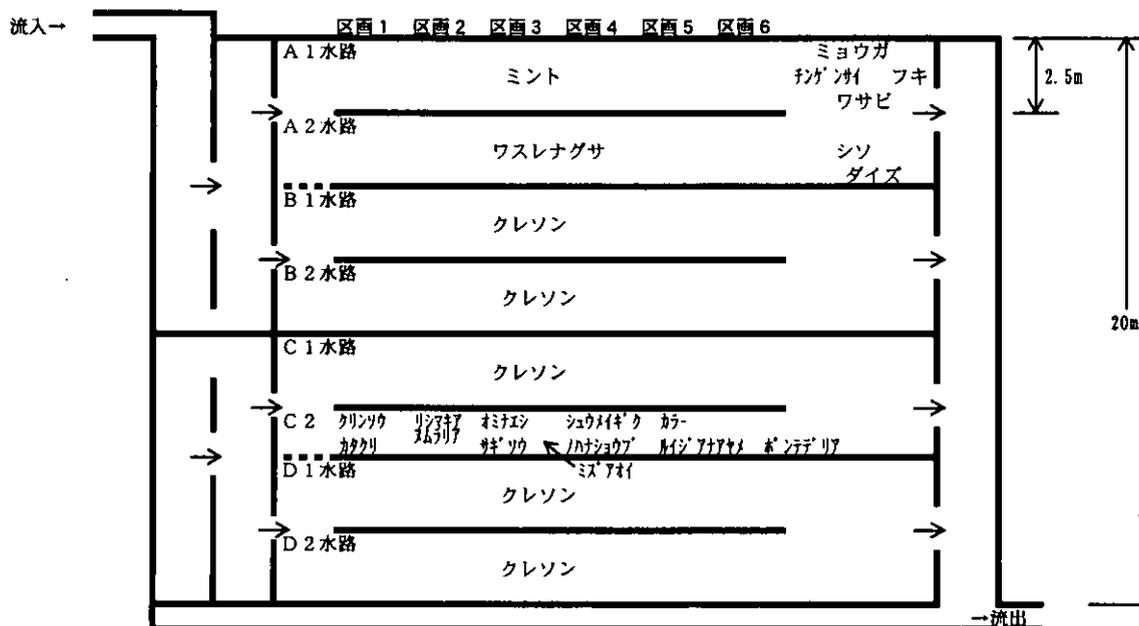


図2-2 施設概要図

3. 実験内容

3.1 施設条件

施設の条件を表3-1に示した。

表3-1 施設条件

水路名	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
水路勾配 (%)	0.05		0.5		1.0		1.5	
通水量 (m ³ /日)	79.3							
水路規格	水路幅 (m)				2.5			
	水路長 (m)				16.0			
施設規模	長さ20m×幅20m×高さ0.5m							

3.2 調査方法

3.2.1 間引き頻度、再植栽方法調査

浅池型植生浄化施設の実施設を運用する際の参考にするため、平成10年度まで（1999年3月まで）の調査結果を踏まえて、維持管理面および水質浄化性能面で有利な間引き方法およびその後の植栽方法について調査した。水質浄化性能が最も良かった水理条件である水路勾配0.5%水路（B1水路とB2水路）において行うこととし、月1回の定期水質調査と日常点検での濁度測定結果において、水質浄化性能が低下してきた時点で、間引きを行うこととした。間引きにあたっては、間引き量および再植栽方法を表3-2に示す方法とし、間引き頻度や間引き量が水質浄化特性に与える影響を検討した。表3-3に水質調査頻度及び地点を示した。

表3-2 苗の間引き方法・頻度

水路・勾配	B1・0.5%	B2・0.5%
苗の間引き量	水路の1/2を除去	水路全面除去
苗の植栽方法	残った水路の1/2の苗を水路全面に広げる	泥が付着していない苗を水路の1/2量を植栽する
苗の間引き頻度	水質調査の結果から	水質調査の結果から

表3-3 水質調査項目

調査地点	分析項目	調査頻度
流入部 B1流出部	水温、SS、T-P、T-N、COD、BOD	月1回 (平成11年6月～平成12年1月)
B2流出部	水温、濁度	週2回 (平成11年6月～平成12年1月)

3.2.2 コンポスト調査

間引いた堆積泥や植物体をなどの浄化副産物をコンポスト化する調査を行った。維持管理面から適切なコンポスト化方法の検討を行った。

水路への水の供給を絶って浄化副産物を乾燥させ（池上乾燥）て積み上げ、①無添加、②発酵菌添加、③発酵菌と基質添加の3ケースについて調査した。コンポスト原料である浄化副産物量、発酵菌、発酵気質の混合割合を表3-4に示した。分析項目は表3-5に示す項目とし、調査頻度は概ね10日に1回で合計6回の調査を行った。

表3-4 コンポスト実験種類

種類	コンポスト原料		
	浄化副産物	発酵菌	発酵基質(もみ殻)
無添加	125 kg	—	—
菌添加	125 kg	添加	—
菌・基質添加	84 kg	添加	45 kg

「—」は添加無し、含水率50%換算

発酵菌はセルロース分解菌 (BI-CHEM COMPOST PLUS) を使用

表3-5 コンポスト調査項目

調査項目	分析方法
含水率	環境庁「底質調査方法」
TOC (全有機炭素)	CHNコーダー
T-N (全窒素)	CHNコーダー
T-P (全リン)	環境庁「底質調査方法」
T-K (全カリウム)	環境庁「底質調査方法」

3.2.3 クレソン以外の植物の栽培調査

平成10年(1999年)に実施した「クレソン刈取り体験会」で住民から栽培希望のあった、野菜、花卉植物の栽培調査を行った。水耕栽培として生育可能かどうかの検討を行った。開花、収穫時期が異なる、多年草である、湿潤条件で生育可能、繁殖力が強い、住民から親しまれるなどの観点から文献より植物を選定した(表3-6)。調査項目と頻度を表3-7に、植物の配置を図2-2に示した。植物の平均植栽密度は5株/m²(20株/種)以上とし、植物のサイズに合わせて植栽する間隔を調節した。花卉植物の定植は、平成11年(1999年)7月29日に野菜類の定植は平成11年(1999年)8月4日に行った。なお、ミズアオイは8月10日に、ワサビは11月29日に定植を行った。

表3-6 (1) 浅池型植生浄化施設 植栽候補種 (花卉植物)

名称	分類	学名	花色	花期	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	備考
1 クリンソウ	クリンソウ科	<i>Primula japonica</i>	赤	3~5	○											○	花期が春である
2 カタクリ	ユリ科	<i>Erythronium japonicum</i>	薄紫	3~5	○											○	同上+かたくり粉の原料
3 カキツバタ	アヤメ科	<i>Iris laevigata</i>	紫	5~6		○											○ 繁殖力強い
4 リシマキア・ヌムラリア	サクランボ科	<i>Lysimachia nummularia</i>	黄	5~6		○											○ 既植栽
5 カラ	サトイモ科	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	白	5~7		○											○ 既植栽
6 シヨウブ	サトイモ科	<i>Acorus calamus var. asiaticus</i>	紫	5~7		○											○ ハナシヨウブの母品種
7 ノハナシヨウブ (紫)	アヤメ科	<i>Iris ensata var. spontanea</i>	紫	6~7			○										
8 ハナシヨウブ (白)	アヤメ科	<i>Iris ensata</i>	白, 他	6~7			○										
9 アスチルベ	ユキノシタ科	<i>Astilbe arendsii</i>	赤, 白	6~8			○										
10 クサレダマ	サクランボ科	<i>Lysimachia vulgaris var. devurica</i>	黄	6~8			○										
11 ハメロカリス・ステラデオロ	ユリ科	<i>Hemerocallis 'Stella de Oro'</i>	黄	6~9			○										○ 既植栽
12 ルイジアナアヤメ	アヤメ科	<i>Iris sp.</i>	紫	6~10			○										○ 特徴的な花の形
13 サギソウ	ラン科	<i>Habenaria radiata</i>	白	7~8				○									○ 既植栽
14 ロベリア (サワギキョウ)	キキョウ科	<i>Lobelia spp.</i>	紫	7~9				○									
15 ポンテデリア	ミズアオイ科	<i>Pontederia cordata</i>	紫	7~10				○			○						○ 既植栽
16 ミソハギ	ミソハギ科	<i>Lythrum anceps</i>	紫	8					○								
17 オミナエシ	オミナエシ科	<i>Patrinia scabiosifolia</i>	黄	8~9					○								○ 秋の七草のひとつである
18 シュウメイギク	キンポウゲ科	<i>Anemone hupehensis var. japonica</i>	紅紫	9~10						○							○ 花期が秋である
19 セキシヨウ	サトイモ科	<i>Acorus gramineus</i>	一	花無し													○ は植栽に採用した植物

表3-6 (2) 浅池型植生浄化施設 植栽候補種 (野菜類)

名称	分類	学名	生活型	植付	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	備考
1 チンゲンサイ	アブラナ科	<i>Brassica campestris</i>	一年草	種	ま	ま											40~50日で収穫
2 アオシソ	シソ科	<i>Perilla sp.</i>	一年草	種	ま												約2ヶ月で収穫
3 ダイズ	マメ科	<i>Glycine sp.</i>	一年草	種		ま					穫						
4 ミヨウカ	シヨウガ科	<i>Zingiber sp.</i>	多年草	苗											植	穫	約2ヶ月で収穫
5 フキ	キク科	<i>Petasites sp.</i>	多年草	苗	穫				植								
6 ワサビ	アブラナ科	<i>Wasabia sp.</i>	多年草	苗						植	苗						水温15℃以下で生育

ま: 種のまき時 植: 苗の移植時期 穫: 収穫時期

表3-7 調査項目・頻度

調査項目	調査頻度
丈高、株数（本数）、活力	2回/月×7ヶ月(平成11年7月～平成12年1月)
植物体の生育状況	随時

3.2.4 住民参加手法調査

住民が自由にクレソンの摘み取りやコンポストの持ち帰りが出来るように本実験施設の一部を開放し、施設利用者を対象に住民参加手法に関するアンケート調査を行った。住民参加型の施設や効果的な施設の宣伝方法の検討を行った。

また、本実験施設の周辺の住民に対して、本浄化施設における住民参加方式について意識調査を行った。調査方法を表3-8に示した。

表3-8 調査方法・頻度

調査回数	1回
調査対象者	実験センター周辺の自治会の常磐学区、笠縫学区の1599世帯（一部抜粋）
調査方法	草津市を通じて各自治会へ配布し、郵送で回収

3.2.5 安全性調査

住民参加施設として開放することに伴い、クレソンおよびコンポストの安全性について各法令・基準等に基づき分析を行い、実際の施設運用時の参考とした。分析項目を表3-9に示した。

表3-9 分析項目・頻度

(クレソン)

分析項目
一般細菌、大腸菌 (E. Coli) カドミウム、総水銀、セレン、鉛、ヒ素、六価クロム、シアン、フッ素、四塩化炭素、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、ジクロロメタン、シス-1,2-ジクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1,1,2-トリクロロエタン、トリクロロエチレン、ベンゼン、1,3-ジクロロプロペン、シマジン、チウラム、チオベンカルブ、1,1,1-トリクロロエタン、フェノール類、アルキル水銀、PCB、ホウ素 DCIP、EPTC、2,4,5-T、アセフェート、アミトロール、イプロジオン、イソフェンカルブ、エトリムホス、オキサミル、カプタホール、キメチオネート、グリホサート、グリホシネート、クロルピリホス、クロルフルアズロン、クロルプロファム、酸化フェンタスズ、ジエントフェンカルブ、ジクロルアクト、ジクロルホス、シハロリン、シベキサチン、シベルメトリン、セトキシジウム、ダミジエット、チオメトン、テルタメトリン、テラメトリン、トリクラミド、トリクロルホン、トリフルミゾール、トリフルラリン、トリクロホスメチル、パラチオンメチルヒロリミカブ、ヒロリホスメチル、ヒレトリン、フェナリモル、フェノブカルブ、フェンバレート、フルシトリン、フルトラニル、ベルメトリン、ペンタザン、ペンテイメトリン、ホセチル、マラチオン、マレイン酸ヒテタジド、メチオカルブ、メトプロジン、メプロニル、メナシ

(コンポスト)

分析項目
カドミウム、総水銀、セレン、鉛、ヒ素、六価クロム、シアン、四塩化炭素、有機リン 1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、ジクロロメタン、シス-1,2-ジクロロエチレン、テトラクロロエチレン 1,1,2-トリクロロエタン、トリクロロエチレン、ベンゼン、1,3-ジクロロプロペン、シマジン、チウラム、チオベンカルブ、1,1,1-トリクロロエタン、アルキル水銀、PCB カドミウム(含有)、ヒ素(含有)、水銀(含有)、亜鉛(含有)

3.2.6 特許関連調査

浅池型植生浄化施設を実際の河川浄化施設として設置する場合に抵触する特許（特許公報平3-46200有価植物栽培による浄水方法）の内容等の調査を行い、実際の施設運用時の参考資料とした。

4. 結果

4.1 間引き頻度と再植栽方法調査結果

4.1.1 間引き頻度

流入水と処理水の水質濃度及び除去率の経時変化（定期調査）を図4-1に、（日常調査）を図4-2に示した。

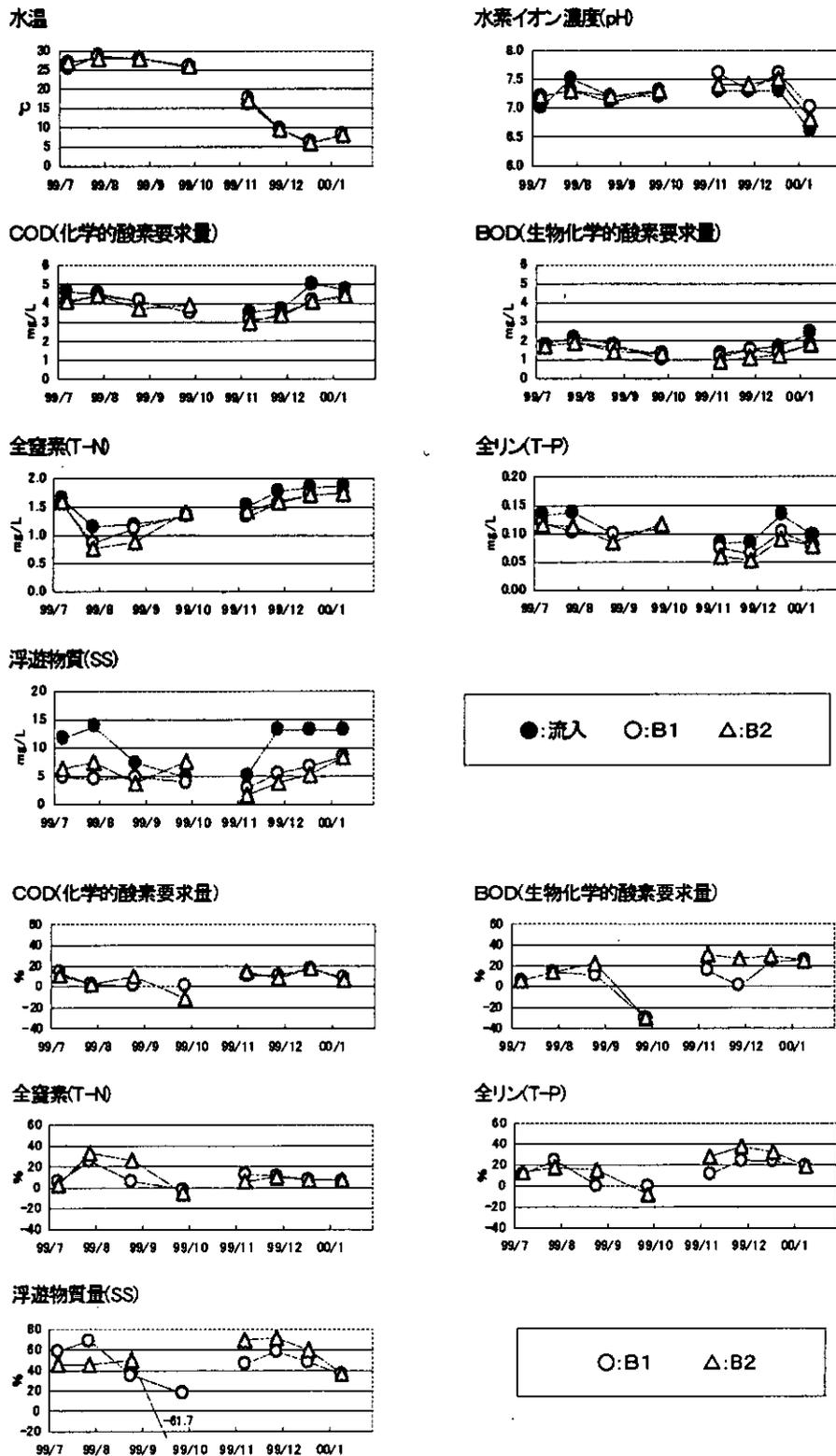


図4-1 水質濃度（上）及び除去率（下）の経時変化（定期調査）

濁度

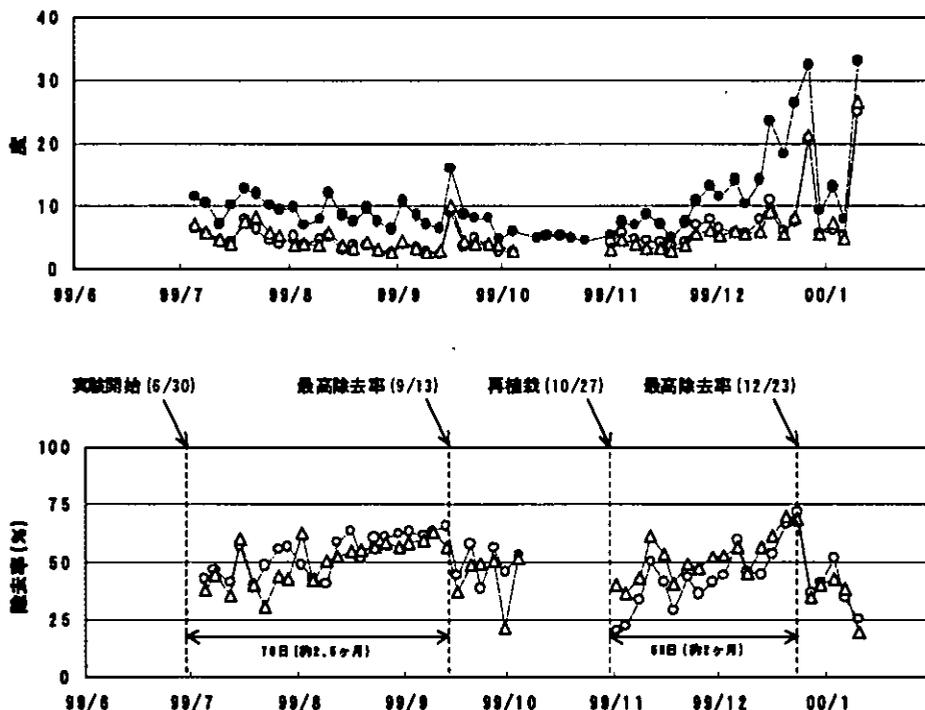


図4-2 水質濃度（上）及び除去率（下）の経時変化（日常調査）

定期調査の結果、実験開始(平成11年6月29日)以後、約2ヶ月後の8月25日の調査までは各水質項目において正の除去率が維持されたが、実験開始3ヶ月後の9月28日の調査では、B1水路の浮遊物質(SS)以外で除去率が負(流入水より処理水の方が高濃度)になった。また、日常点検における濁度の除去率でも、実験開始約2.5ヶ月後の9月16日以降には、それまで約65%程度であった除去率が大きく低下し35%~58%となった。これら水質変化より、実験開始(6月29日)後約2.5ヶ月経過した9月中旬には水質浄化性能が低下したと見なし、10月8日から浄化副産物の乾燥を行い、10月27日に再植栽を行った。

再植栽後の水質濃度変化では、定期調査の浮遊物質(SS)では、約2ヶ月後の平成11年12月20日の調査までは概ね50%~70%の除去率であったが、2.5ヶ月後の平成12年1月11日では、約35%の除去率になった。日常点検における濁度の除去率では、再植栽後約2ヶ月後の12月27日には約35%の除去率に低下した。これらの水質濃度変化より、再植栽(10月27日)後約2ヶ月経過した12月下旬には水質浄化性能が低下したと見なし、1月14日に水路への給水を停止し、浄化副産物の乾燥を開始した。

以上より、本実験での運転条件では、勾配0.5%水路において水質浄化性能が維持されるのは植物の植栽後約2ヶ月間であることが考えられた。

また、間引き量や栽培方法がその後の水質浄化性能に与える影響を調査した結果、再植栽後の水質浄化性能が安定していた期間(平成11年10月27~12月20日)においては、水路全面のクレソンを除去した後、隣接水路に生育しているクレソンの苗のみを水路面積の1/2量だけ栽培した水路(B2)が、再植栽時に堆積物とともにクレソンを植栽したB1水路より水質浄化性能が高く、SSではB2水路が66.7%、B1水路が50.9%であった。

4.1.2 再植栽方法

再植栽時にB1水路ではクレソンと堆積物を除去した後、水路上に残った苗を堆積物ごと全面に広げた。これに対し、B2水路では水路全面のクレソンを除去した後、クレソンの苗のみ(根圏の堆積物を洗い流したもの)を水路面積の1/2量だけ栽培した。水質調

査（除去率）結果を図4-3に示した。

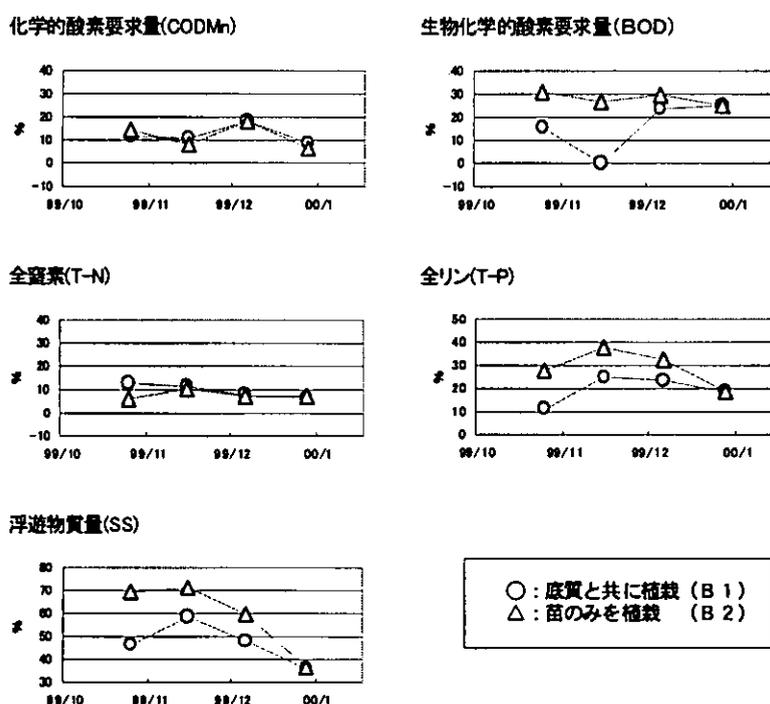


図4-3 再植栽方法の違いによる水質調査結果（除去率）

苗のみを植栽したB2水路の除去率が、堆積物とともに植栽したB1水路より高く、SSではB2水路が66.7%、B1水路が50.9%であり約16ポイントの差が見られた。このことより、本施設において間引き後に植栽する方法としては、苗のみを植栽するのが望ましいと考えられるが、苗のみを植栽する方法は、苗から泥などを落とす作業に時間がかかるため、コスト面で不利であり、また、作業中に発生する濁水にも配慮する必要がある。

4.1.3 間引き作業

間引きは、水路への水の供給を絶って浄化副産物を乾燥させる方法（池上乾燥）とし、乾燥後の浄化副産物を実験池より取り出しコンポスト化実験に用いた。その後、水路には2通りの方法でクレソンを植栽し、間引き量や植栽の方法がその後の浄化性能に与える影響を調査した。本調査で、浄化副産物の乾燥に要した日数を表4-1に、間引き開始から終了までの作業手順と間引き風景を図4-4に示した。

間引き作業の結果、浄化副産物を取り出す作業が重労働である、足場が不安定および水路毎に水門（ゲート）が無いなどの問題が指摘された。また、間引き作業にかかった作業量を表4-2に示した。

表4-1 池上乾燥に要した日数と乾燥後の含水率

調査回	乾燥開始・終了日	日数	乾燥後の含水率
第1回	平成11年10月8日～10月27日	19日	46%
第2回	平成12年1月14日～	>60日	
平成10年度	平成10年12月16日～平成11年3月30日	104日	61%

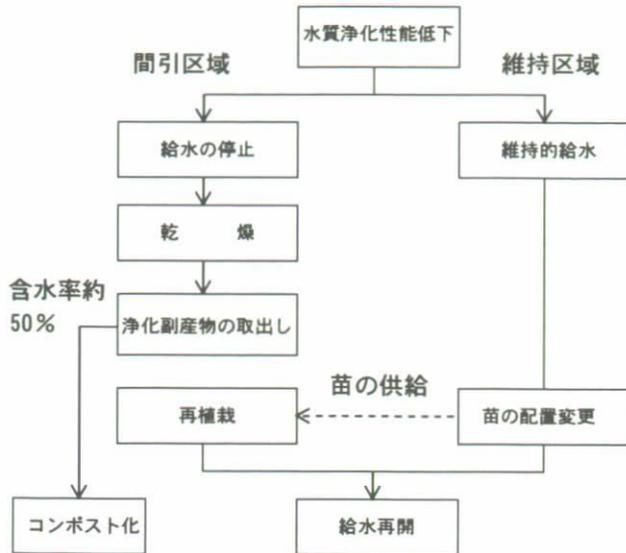


図4-4 間引き作業手順、間引き風景

表4-2 間引き処理 1 回あたりの作業量

作業工程	作業工数 (人日)	現地記録 [※]	主な作業内容	
1 給水停止	0.1	1人×45分	堰の止水 水量調整	
2 乾燥	1.0	(1人×0.5h×15回)	乾燥状態の監視	
3 副産物の取り出し	2.0 (0.3 /10m ²)	4人×4.0h	根のカット 取り出し, 運搬	
4 再植栽	同一水路の苗を移動 (B1)	0.56 (0.14/10m ²)	3人×1.5h	根のカット 苗の移動
	隣接水路の苗のみ移植 (B2)	0.94 (0.23/10m ²)	5人×1.5h	苗の泥落とし 苗の移植
5 コンポスト化	0.5	4人×1.0h	積み上げ作業	
6 維持的給水	0.63	2人×0.5h×5回	サイフォンの監視・維持	
7 給水開始	0.1	1人×45分	止水解除 水量調整	
8 その他	0.2	3人×30分	作業準備、片づけなど	
合計	6.03 人日/80m ² (2水路)			

※かっこ付きは、想定される工数

4.2 コンポスト化調査結果

調査結果を図4-5に示した。

含水率は、菌の添加の有無に関わらず概ね45%~60%の範囲であり、実験期間を通じてコンポスト化に適した含水率が維持されたが、時間の経過と共にコンポスト表面部分から徐々に乾燥する状況が観察されたため、夏季や長期にわたるコンポスト化を実施する際は、過度な乾燥を防ぐために給水が必要になることも考えられた。

全有機炭素は菌と基質の両方を添加した場合が他の1.3倍~2.1倍の含有量であり、90~

140g/kg·dryであった。これは、基質として炭素含有量の高いもみがらを添加した効果である。また、もみがらを添加しなかった無処理区と菌添加区では、実験期間を通じてほぼ60g/kg·dryであった。

全窒素 (T-N)、全リン (T-P) および全カリウム (T-K) は、各実験区において実験期間中の濃度変化は少なく、それぞれの濃度範囲は、全窒素が5～7 g/kg·dry、全リンが2.5～3.3 g/kg·dry、全カリウムが17～20g/kg·dryであった。

C/N比は、無処理区と菌添加区においては、実験期間を通じて明確な変化はなく、10～13程度で推移した。このことは、本実験において炭素の無機化が進まなかったことを示している。また、もみがらを添加した処理区では、実験開始20日後までは基質を添加した影響で20～23であったが、実験開始30日後以降は15前後で推移した。このことはもみがら中の炭素が無機化した可能性が考えられた。

コンポスト温度は実験期間を通じ、基質を添加したものが他より若干高い温度で推移する傾向が見られたが、その差は最大でも5℃程度であり、差がほとんど見られなかった期間もあった。全体としては、コンポスト温度はコンポストハウス内の気温と共に変化しており、発酵熱による明確な温度上昇の持続は見られなかった。

本実験では、実験開始30日後においてもコンポスト温度の上昇が見られず、添加した菌が増殖に失敗した可能性が考えられたため、30日目の試料採取後に菌の再添加を行ったが、その後も発酵熱による温度上昇は確認されなかった

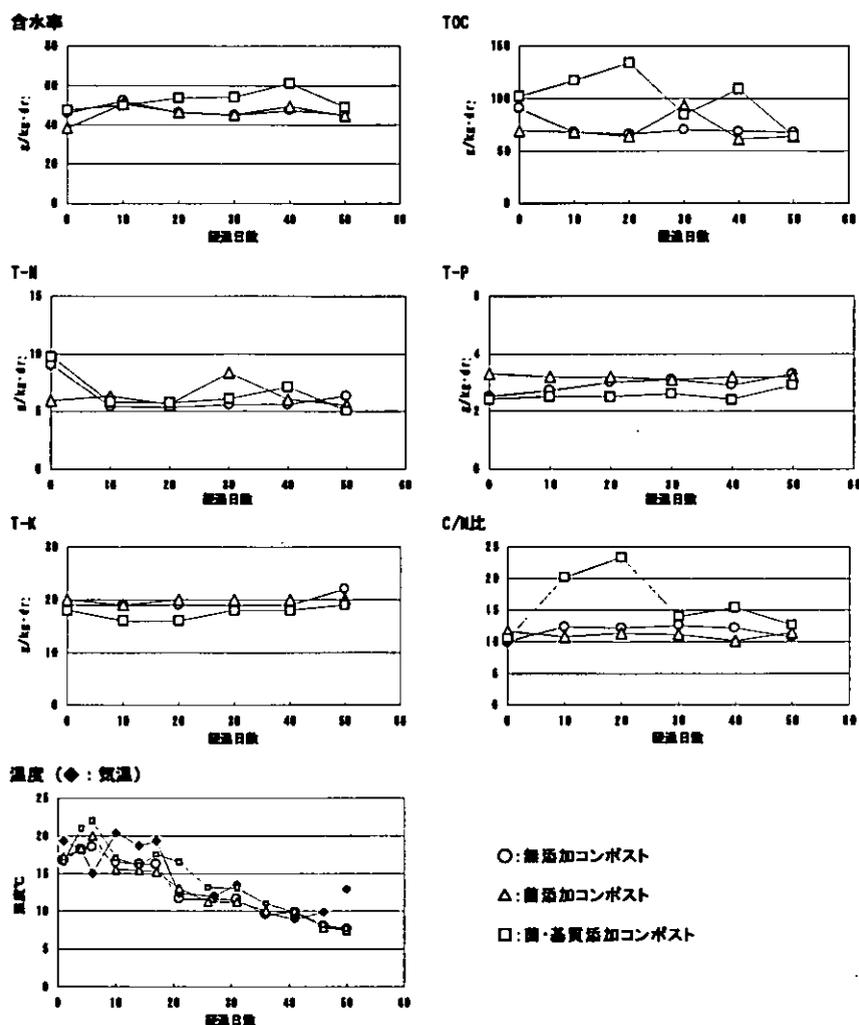


図4-5 コンポスト化実験結果

発酵肥料であるバーク堆肥の成分と比較を行った（表4-3）。栄養成分である窒素およびリンの含有量は、バーク堆肥の品質基準含有量を下回っており、浄化副産物自体に栄養成分が少なかったことが考えられ、本実験では、発酵肥料の状態にならなかったことが示唆された。しかしながら、コンポスト化実験中に悪臭や異臭は発生しておらず、その性状から園芸用土や土壌改良材などに利用出来ると考えられた。

表4-3 バーク堆肥と本実験結果との比較

項目	単位	バーク堆肥 ^{*1}			本実験 ^{*2}
		特級品	一級品	二級品	
炭素全量	%	40~45	45~50	45~50	6.7
窒素全量	%	1.7~	1.2~1.7	~1.2	0.6
炭素率(C/N比)		20~25	30前後	~30	11
リン酸全量(P ₂ O ₅)	%	0.8~	0.5~0.8	~0.5	0.76
カリ全量(K ₂ O)	%	0.3~0.5	0.3~0.5	~0.3	2.6
石灰	%	5~	4~5	~4	—
苦土	%	0.3~	0.2~0.3	~0.2	—
pH		6.0~7.5	6.0~7.5	6.0~7.0	—
塩基置換容量(CEC)	me/100g	80~	70~80	~70	—
水分	%	60前後	60前後	60前後	45
幼植物試験		生育障害その他異常を認めない			—

※1：「コンポスト化技術」、藤田賢二(1998)、技報堂出版、p148

※2：無処理区(50日目)の値、「—」はデータ無し、リン酸とカリはT-P、T-KをP₂O₅、K₂Oに換算した値

4.3 クレソン以外の植物の栽培調査結果

4.3.1 花卉植物

残存株数および開花期間を表4-4に示した。

表4-4 栽培候補種の残存株数、開花期間（花卉植物）

	植物名	定植数	3ヶ月後残数	6ヶ月後残数	開花確認期間	一般の開花時期	備考	栽培適合性
1	リシマキア	25	増加	同左	— ^{*1}	5~6月	株数計測不能	非常に適
2	ノハナショウブ	25	25	25	— ^{*1}	6~7月		
3	ルイジアナアヤメ	20	20	20	— ^{*1}	6~10月		
4	ポンテデリア	10	10	10	8/12-11/8	7~10月		
5	カラー	8	4	4	— ^{*1}	5~7月		適している
6	ミズアオイ	2	2	(0)	9/22			
7	ミント	A1全面	同左	同左	— ^{*1}		株数計測不能	
8	ワスレナグサ	A2上流部	やや減	同左	10/21-11/29		株数計測不能	
9	クリンソウ	25	2	0	— ^{*1}	3~5月		
10	オミナエシ	25	10	(0)	—	8~9月		可能性あり
11	サギソウ	25	1	0	8/12	7~8月		
12	シュウメイギク	25	0	0	—	9~10月		不適
13	カタクリ	25	—	—	—	3~5月	発芽無し	

定植日：平成11年7月29日、3ヶ月後：平成11年10月29日、6ヶ月後：平成11年1月29日

※1：花期終了後の定植であった。

カッコ付き数字は、自然の状態（植物の生態）での枯れたの意味

定植3ヶ月後に全株が残存したか株数が増加したのは、リシマキア、ノハナショウブ、ルイジアナアヤメ、カラー、ポンテデリア、ミズアオイ、ミントおよびワスレナグサの8種であった。これらの種は、カラーを除いて、冬季にかけて葉が黄変するなどしたが、株数が減少することなく、本実験施設に適合したと考えられた。特に、サクラソウ科のリシマキアは根や株の広がりや密度が密であり、クレソンで確認された根圏による過剰作用が大きいと考えられ、栽培には非常に適していると考えられた。また、クリンソウ、オミナエシおよびサギソウの3種は、株数は減少したが、全株が枯死又は流失することなく、条件によっては栽培候補になりうる可能性が考えられた。また、シュウメイギクは植栽後すぐに枯死し、球根の状態定植したカタクリには発芽が見られなかったことから、これらの種は栽培候補にはならないと考えられた。

4.3.2 野菜

残存株数を表4-5に示した。

表4-5 栽培候補種の残存株数、生育状況（野菜）

	植物名	定植数	3ヶ月後残数	6ヶ月後残数	備考	栽培適合性
1	シソ	5	5	(0)	10月27日収穫(29箱)	可能性がある
2	ダイズ	8	2	(0)		
3	フキ	5	2	2		
4	チンゲンサイ	25	2	0		不適
5	ミョウガ	25	10	(0)		
6	ワサビ ^{※1}	24	24 ^{※1}	—		冬期のみ適

定植日：平成11年8月4日、3ヶ月後：平成11年10月29日、6ヶ月後：平成11年1月29日

※1：平成11年11月29日定植、平成12年2月29日現在の状態

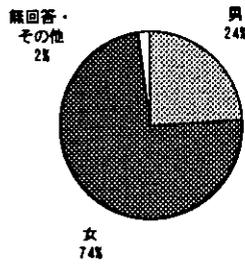
かつこ付き数字は、自然の状態（植物の生態）での枯れの意味

定植3ヶ月後に株が残存していたのは、シソ、ダイズおよびフキの3種であった。シソ、ダイズは一年草であるため、6ヶ月後にはすべて枯死または活力が低下した。また、チンゲンサイとミョウガは、栽培開始3ヶ月後には全株が枯死しており、栽培候補にはならないと考えられた。また、全ての植物は根の密度が低いため、根圏による過剰除去を期待する為には、植栽密度を高くすることや、根が密な植物の中に植栽するなどの配慮が必要であると考えられた。なお、11月29日に定植したワサビは、栽培開始2ヶ月後でも活力があり、葉の繁茂が継続している。しかし、一般にワサビは水温が15℃以上の環境では生育困難とされており、水温が15℃を越える期間が約6ヶ月ある（平成9年、10年実績）本実験施設では、栽培が困難であると考えられる。

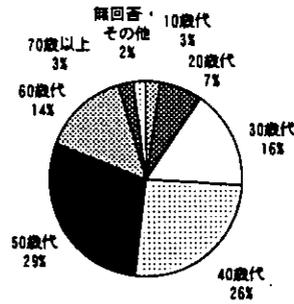
4.4 住民参加手法調査結果

住民が自由にクレソンの摘み取りやコンポストの持ち帰りができるように施設を開放し、施設利用者に対してアンケート調査を行った結果と、施設周辺の住民1599世帯に対して浅池型植生浄化施設における住民参加方式についてアンケート調査を行った結果を図4-6に示した。また、平成10年（1998年）に実施した「クレソン刈取り体験会」のイベントでのアンケート調査結果、施設開放後の施設利用者のアンケート調査結果、施設周辺の住民対象としてアンケート調査結果の比較を図4-7に示した。

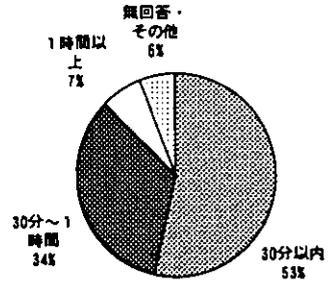
性別



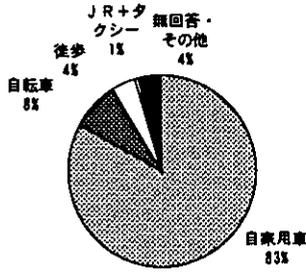
年齢



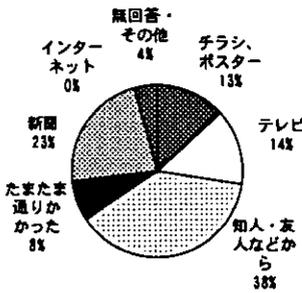
自宅からの所要時間



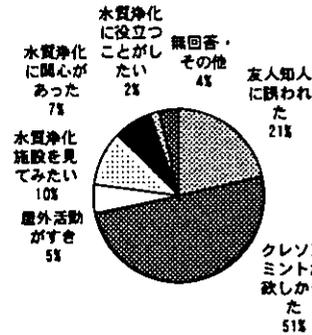
来場方法



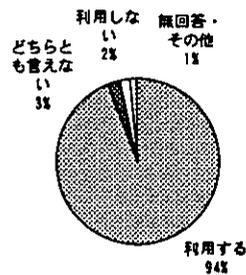
クレソン携み取りを何で知ったか



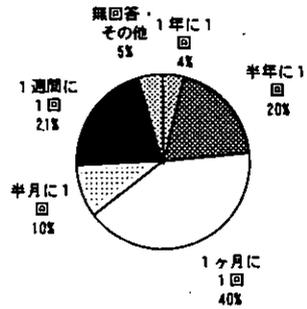
来場の動機は何



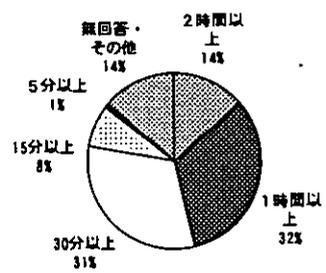
自宅近くに来たら利用するか



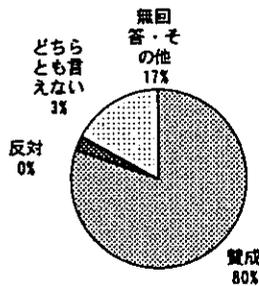
どのくらいの回数利用するか



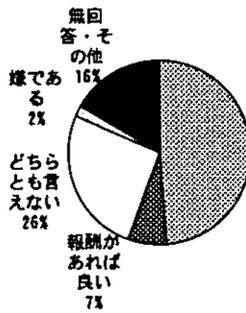
どのくらい離れると利用しなくなるか



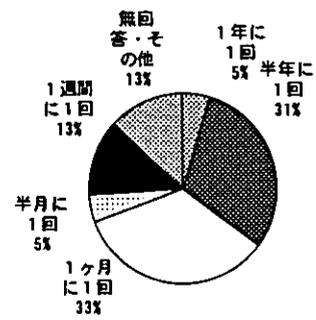
住民参加型水質浄化施設の建設に賛成か



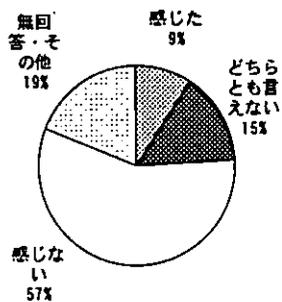
維持管理に携わって良いか



どのくらいの回数で携わっても良いか



作業上危険を感じたか



入場料を払うとしたらいくらまで払って良いか

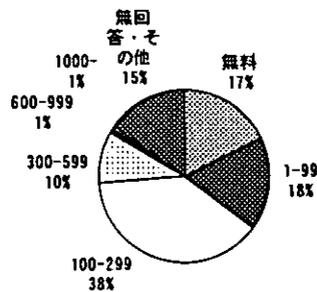
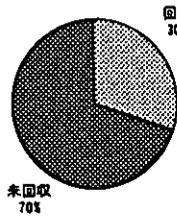
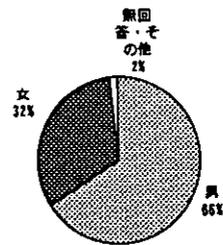


図4-6 (1) 施設来場者アンケート調査結果

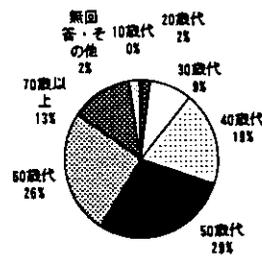
回収率



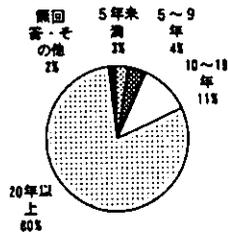
性別



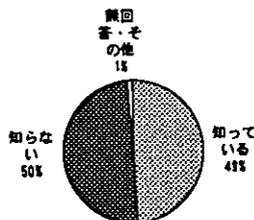
年齢



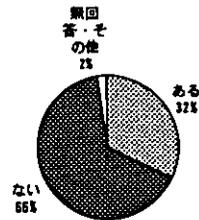
居住年数



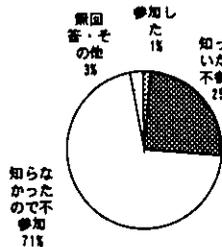
BIYOセンターを知っているか



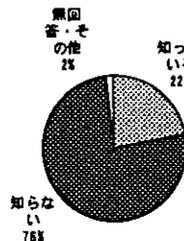
BIYOセンターに行ったことがあるか



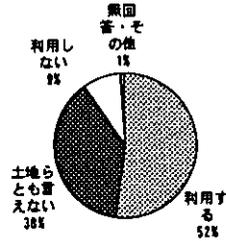
刈取り体験に参加したか



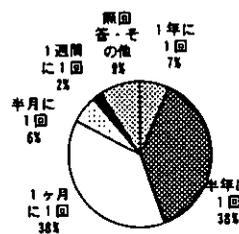
粪池を解放しているのを知っていたか



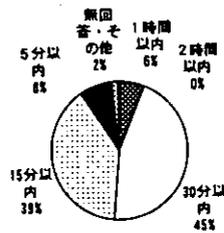
自宅近くに来たら利用するか



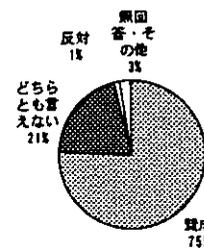
どのくらいの回数利用するか



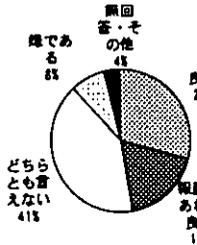
どのくらい近ければ利用するか



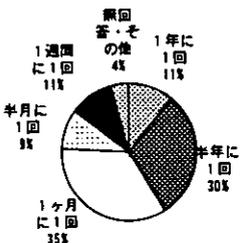
住民参加型水質浄化施設の建設に賛成か



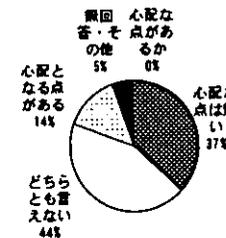
維持管理に携わって良いか



どのくらいの回数で携わっても良いか



心配な点があるか



入場料を払うとしたらいくらまで払って良いか

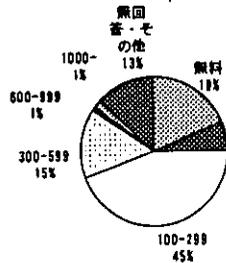
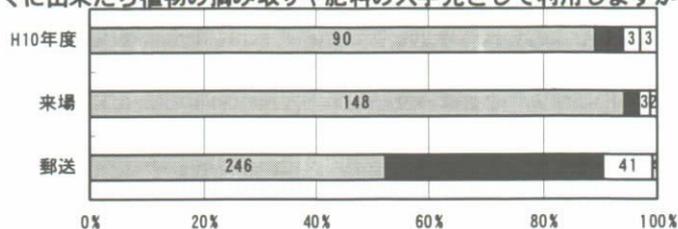


図4-6 (2) 施設周辺住民アンケート調査結果

質問：このような住民参加型の浄化施設が自宅近くに出来たら植物の摘み取りや肥料の入手先として利用しますか？

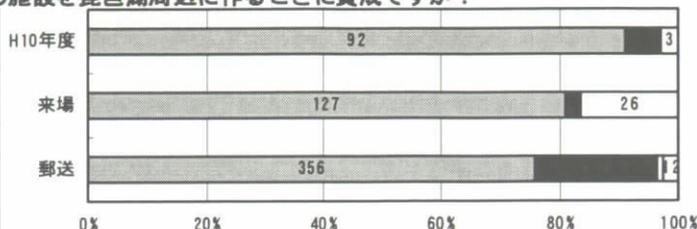
	入手手段として利用できるか			
	する	どちらとも言えない	しない	未回答
H10年度	90	5	3	3
来場	148	4	3	2
郵送	246	179	41	4
総計	484	188	47	9



□ する ■ どちらとも言えない □ しない □ 未回答

質問：水質浄化のためにこのような住民参加型の施設を琵琶湖周辺に作ることに賛成ですか？

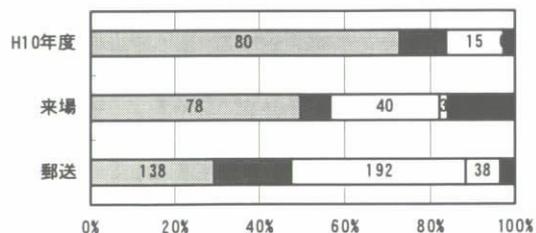
	施設への賛否			
	賛成	どちらとも言えない	反対	未回答
H10年度	92	6	0	3
来場	127	4	0	26
郵送	356	97	5	12
総計	575	107	5	41



□ 賛成 ■ どちらとも言えない □ 反対 □ 未回答

質問：このような施設が自宅近くにできた場合、雑草抜きや水耕栽培植物の管理などの全般にわたる維持管理に携わっても良いと思いますか？

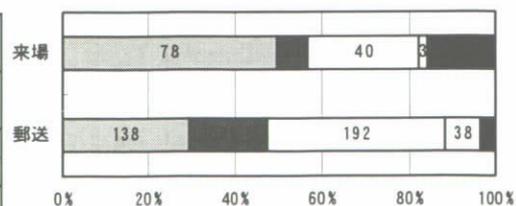
	維持管理に携わっても良いか				
	参加する	報酬有りなら参加	どちらとも言えない	しない	未回答
H10年度	80	12	15	0	3
来場	78	11	40	3	25
郵送	138	85	192	38	17
総計	296	108	247	41	45



□ 参加する ■ 報酬有りなら参加
□ どちらとも言えない □ しない
■ 未回答

質問：もしこのような施設を利用するのに入場料を払うとしたらどのくらい払ってもよいと思いますか？

	入場料					
	無料	1~99円	100~299円	300~599円	600~999円	1000円以上
来場	78	11	40	3	25	
郵送	138	85	192	38	17	
総計	216	96	232	41	42	



□ 無料 ■ 1~99円 □ 100~299円
□ 300~599円 ■ 600~999円 □ 1000円以上

図4-7 対象者別のアンケート調査結果

平成10年度に行った「クレソン刈取り体験会」でのアンケート調査と併せて回答傾向を見ると、「摘み取りや肥料の入手先として利用するか」との問いに対しては、刈取り体験アンケートと来場者アンケートでは「する」と答えた人が約90～95%であったが、周辺住民へのアンケートでは約50%であった。また、「水質浄化のためにこのような住民参加型の施設を琵琶湖周辺に作ることに賛成か」では、「賛成」と答えた人は、刈取り体験アンケートでは約90%、来場者アンケートでは約80%、周辺住民へのアンケートでは75%であった。また、「維持管理に携わってよいか」では、「参加する」と答えた人が、刈取り体験アンケートでは約73%、来場者アンケートでは約50%、周辺住民へのアンケートでは30%であった。

以上の結果では、施設の建設や利用に関して、積極的な意見が最も多かったのは刈取り体験アンケートで次いで、来場者アンケート周辺住民へのアンケートであった。このことと、アンケート結果から、施設に関する情報について多くの情報を持ち、体験があった人が施設に対して肯定的な意見を持つ傾向があると考えられた。さらに、本施設を住民参加型施設として定着させるためには、より多くの人への情報提供を行うことが重要であると考えられ、来場者アンケート結果から、マスメディアによるものと、いわゆる「クチコミ」によるものが有効であると考えられた。

施設に対する意見では、休憩所や水道の整備が多く、植物に対する意見では、花ものや野菜類に対する希望が多く見られた。

本施設の住民参加型施設として利用する方法としては、平成10年度に行った生態系調査の結果、本施設に多くの生物が生息していたことから、学校行事や環境学習の場を提供する趣旨の呼びかけも可能であると考えられる。

ただし、住民参加型施設の場合、来場者の安全の確保は最優先課題であり、アンケート調査で要望のあった施設の構造、すなわち、通路の整備、手すり、水道および休憩所については、施設諸元に取り入れる必要があり、また、住民解放に伴う交通集中、ゴミ問題、悪臭および治安（深夜の花火、たまり場）への配慮が必要であると考えられ、さらに、クレソンなど食物を提供する場合には十分な安全性の確認が必要であると考えられる。

4.5 安全性調査

クレソンの安全性試験結果を表4-6に示した。

分析の結果、カドミウム、シアン硝酸性窒素、フェノール類、ホウ素の5物質が検出された。また、検出された物質の含有量は、他の植物の含有量と同等かそれ以下であり、かつ他の植物（飲料水を除く）に対して法令で定められている基準値を下回っていた。食品衛生法によって含有基準の定められている物質については、全て基準値を満たしていた。

糞便性大腸菌は全ての調査で検出されなかったが、一般細菌群数は、7月の調査では法令での基準（ $\leq 1.0 \times 10^6/g$ 、お弁当お惣菜の衛生規範）を満たしていたが、9月と11月の調査では本基準を越える値であった。その後、2月の調査では、基準値を下回る結果であった。これらのことから、本施設においては、O-157を含む大腸菌については、施設を住民に解放する上での問題はなかったが、一般細菌については、夏季において十分な洗浄が必要であり、細菌の繁殖を助長する長期間の保存は避ける様に啓発する必要があると思われた。

表4-6 クレソン安全性試験結果

分析項目	分析値	水道水基準値	その他の基準値	分析例(μg/g)	葉山川水質
一般細菌	9.4 × 10 ³ 個/g	100個/ml以下	生野菜, サラダ: ≤10 ⁶ 個/g *1		
糞便性大腸菌	陰性	陰性	弁当野菜加熱処理陰性 *1		
カミカム	0.03 μg/g	≤0.01mg/l	精米0.9ppm *2	白菜0.01~0.07, ホウレンソウ0.03~0.3 *6	<0.005mg/g
総水銀	<0.0005 μg/g	≤0.01mg/l	魚介類: ≤0.4ppm *3	魚類: 0.01~1.36 *8, ホウレンソウ: 0.01~0.03 *6	<0.0005mg/g
セレン	<0.01 μg/g	≤0.01mg/l		キュウリ0.05, ダイコン0.01 *7	<0.002mg/g
鉛	<0.05 μg/g	≤0.05mg/l	リンゴ: ≤5.0ppm, ホウレンソウ: ≤5.0ppm *2	ホウレンソウ: 0.06~0.95, 白菜: 0.21~0.42 *6	<0.005mg/g
ヒ素	0.02 μg/g	≤0.01mg/l	ホウレンソウ: ≤1.0ppm, リンゴ: ≤3.5ppm *2	白菜: 0.04~0.08, ホウレンソウ: 0.01~0.1 *6	<0.005mg/g
六価クロム	<0.05 μg/g	≤0.05mg/l		スウーデンカブラ: 0.01~0.19, ホウレンソウ: 0.01~0.1 *6	<0.01mg/g
シアン	0.15 μg/g	≤0.01mg/l		ホウレンソウ: 0.02, クレソン: 1.4 *11	<0.1mg/g
硝酸性窒素及び亜硝酸窒素	230 μg/g	≤10mg/l		ホウレンソウ: 硝酸性窒素: 490ppm, 亜硝酸性窒素: 0.14 *9	
フッ素	<0.4 μg/g	≤0.8mg/l		ホウレンソウ: 15.82~17.88, 白菜: 0.59~2.51 *6	
四塩化炭素	<0.002 μg/g	≤0.002mg/l			<0.0005mg/g
1,2-ジクロロエタン	<0.004 μg/g	≤0.004mg/l			<0.0004mg/g
1,1-ジクロロエチレン	<0.02 μg/g	≤0.02mg/l			<0.002mg/g
ジクロロメタン	<0.02 μg/g	≤0.02mg/l			<0.002mg/g
シス-1,2-ジクロロエチレン	<0.04 μg/g	≤0.04mg/l			<0.004mg/g
テトラクロロエチレン	<0.01 μg/g	≤0.01mg/l			<0.0005mg/g
1,1,2-トリクロロエタン	<0.006 μg/g	≤0.006mg/l			<0.0006mg/g
トリクロロエチレン	<0.03 μg/g	≤0.03mg/l			<0.002mg/g
ペンゼン	<0.01 μg/g	≤0.01mg/l			<0.001mg/g
1,3-ジクロロプロペン	<0.002 μg/g	≤0.002mg/l			<0.0002mg/g
シマジン	<0.003 μg/g	≤0.003mg/l			<0.0003mg/g
チウラム	<0.006 μg/g	≤0.006mg/l			<0.0006mg/g
チオベンカルブ	<0.02 μg/g	≤0.02mg/l			<0.02mg/g
1,1,1-トリクロロエタン	<0.3 μg/g	≤0.3mg/l			<0.002mg/g
フェニル類	0.13 μg/g	≤0.005mg/l		ホウレンソウ0.14, クレソン0.11 *11	
アルキル水銀	<0.0005 μg/g (≤0.0005mg/l)				
PCB	<0.003 μg/g	-	牛乳: ≤0.1ppm, 卵類: ≤0.2ppm *4		<0.0005mg/g
ホウ素	1.2 μg/g	-	飲料水 ≤1mg/l *5	稲科: 2.3~5.0, ホウレンソウ: 10.4 *10	

- *1: 衛生規範 (昭和54年6月29日環食第161号)
- *2: 食品衛生法 (食品添加物の規格基準) 厚告第170号
- *3: 魚介類の水銀暫定規制値 (環乳第99号)
- *4: 食品中に残留するPCBの規制 (環食第442号)
- *5: 水道法監視項目
- *6: 有害元素マニュアル (1978. 7)
- *7: 日本食品成分表 (1994. 3)
- *8: 食衛誌18 (1997)
- *9: 食品衛生研究33 (1994) 1105-1111
- *10: 第2次増訂改版農業大辞典 (1994)
- *11: 市販されている野菜の分析結果

食品衛生法によるクレソンの分析項目と基準値、分析結果

分析項目	分析値	基準値	分析項目	分析値	基準値
DCIP	<0.1ppm	≦1.0ppm	チオトン	<0.01ppm	≦0.10ppm
EPTC	<0.01ppm	≦0.1ppm	デルタトリリン	<0.05ppm	≦0.5ppm
2,4,5-T	不検出	不検出	トラロトリリン	<0.05ppm	≦0.5ppm
アセフェート	<0.5ppm	≦5.0ppm	トリクアミド	<0.02ppm	≦0.2ppm
アミトロール	不検出	不検出	トリクロホシ	<0.05ppm	≦0.50ppm
イプロジオン	<0.5ppm	≦5.0ppm	トリフルミゾール	<0.1ppm	≦1.0ppm
エチオフェンカルブ	<0.5ppm	≦5.0ppm	トリフルリン	<0.005ppm	≦0.05ppm
エトリムホス	<0.02ppm	≦0.2ppm	トリクロホスチル	<0.2ppm	≦2.0ppm
オキサミル	<0.1ppm	≦1.0ppm	パラチオンチル	<0.1ppm	≦1.0ppm
カブタホール	不検出	不検出	ピリカブ	<0.1ppm	≦1.0ppm
キノキサネート	<0.05ppm	≦0.5ppm	ピリホスチル	<0.1ppm	≦1.0ppm
グリホサート	<0.02ppm	≦0.2ppm	ピレトリン	<0.1ppm	≦1ppm
グリホシネート	<0.02ppm	≦0.20ppm	フェナリモル	<0.05ppm	≦0.5ppm
クロルピリホス	<0.2ppm	≦2.0ppm	フェノカルブ	<0.03ppm	≦0.3ppm
クロルフルアスロン	<0.2ppm	≦2.0ppm	フェンハレレート	<0.05ppm	≦0.50ppm
クロルプロファム	<0.005ppm	≦0.05ppm	フルシトリネート	<0.05ppm	≦0.50ppm
酸化フェンタス	<0.2ppm	≦2.0ppm	フルトラニル	<0.2ppm	≦2.0ppm
ジエフェンカルブ	<0.5ppm	≦5.0ppm	ペルメリン	<0.5ppm	≦5.0ppm
ジクロルアニド	<1.5ppm	≦15ppm	ペンタジン	<0.02ppm	≦0.2ppm
ジクロルホス	<0.01ppm	≦0.1ppm	ペンディメタリン	<0.02ppm	≦0.2ppm
シハロリン	<0.05ppm	≦0.5ppm	ホセチル	<6ppm	≦60ppm
シベキサチン	不検出	不検出	マラチオン	<0.6ppm	≦6.0ppm
シベルメリン	<0.5ppm	≦5.0ppm	マレイン酸トリアジド	<2.5ppm	≦25ppm
セトキシジウム	<1ppm	≦10ppm	メチオカルブ	<0.005ppm	≦0.05ppm
タミジエット	不検出	不検出	トリブジン	<0.05ppm	≦0.5ppm
チオベンカルブ	<0.02ppm	≦0.2ppm	メプロニル	<0.1ppm	≦1.0ppm
			レナシル	<0.03ppm	≦0.3ppm

※：-は測定なし

回	調査日	大腸菌	一般細菌	備考
	基準値	陰性	$<1.0 \times 10^{-6}$	
1	7月26日	陰性	9.4×10^{-5}	
2	9月2日	陰性	4.0×10^{-6}	
3	9月7日	-	3.4×10^{-6}	9/2の確認分析
4	9月28日	陰性	1.2×10^{-6}	現地にて洗浄、同日確認分析 (1.3×10^{-6}) クレソン丈高が低く、水没部分が多かった
5	11月29日	陰性	1.3×10^{-6}	
6	2月29日	陰性	1.2×10^{-4}	

コンポストの安全性試験結果を表4-8に示した。

分析の結果、肥料取締法の基準を超えて検出された物質は無かった。しかしながら、本浄化施設を他の河川に対して適用する場合は、河川に由来する有害な物質が堆積物として浄化副産物に混入する可能性があるため、注意が必要と思われる。

表4-8 コンポストの安全性試験結果

肥料取締法および滋賀県方針による土壌改良資材の分析項目と基準値、分析結果
溶出試験

分析項目名	単位	測定結果	基準値	分析方法	法令
アルキル水銀(R-Hg)	mg/l	不検出	不検出	環告第59号 付表2 GC-ECD法	肥料取締法(総理府令別表第6)
総水銀(T-Hg)	mg/l	<0.0005	0.005	環告第59号 付表1 還元酸化法	肥料取締法(総理府令別表第6)
カドミウム(Cd)	mg/l	0.006	0.3	JIS K 0102-55.4 ICP発光分析法	肥料取締法(総理府令別表第6)
鉛(Pb)	mg/l	<0.005	0.3	JIS K 0102-54.3 ICP発光分析法	肥料取締法(総理府令別表第6)
有機燐(O-P)	mg/l	<0.1	1	環告第64号 付表1 GC-FPD法	肥料取締法(総理府令別表第6)
六価クロム(Cr(VI))	mg/l	<0.02	1.5	JIS K 0102-65.2.1 吸光光度法	肥料取締法(総理府令別表第6)
砒素(As)	mg/l	<0.005	0.3	JIS K 0102-61.2 HYD-AA法	肥料取締法(総理府令別表第6)
全シアン(CN)	mg/l	<0.1	1	JIS K 0102-38.2 吸光光度法	肥料取締法(総理府令別表第6)
PCB	mg/l	<0.0005	0.03	環告第59号 付表3 GC-ECD法	肥料取締法(総理府令別表第6)
トリクロロエチレン	mg/l	<0.03	0.3	JIS K 0125-5.2 HS-GC-MS法	肥料取締法(総理府令別表第6)
テトラクロロエチレン	mg/l	<0.01	0.1	JIS K 0125-5.2 HS-GC-MS法	肥料取締法(総理府令別表第6)
ジクロロメタン	mg/l	<0.02	0.2	JIS K 0125-5.2 HS-GC-MS法	肥料取締法(総理府令別表第6)
四塩化炭素	mg/l	<0.002	0.02	JIS K 0125-5.2 HS-GC-MS法	肥料取締法(総理府令別表第6)
1,2-ジクロロエタン	mg/l	<0.004	0.04	JIS K 0125-5.2 HS-GC-MS法	肥料取締法(総理府令別表第6)
1,1-ジクロロエチレン	mg/l	<0.02	0.2	JIS K 0125-5.2 HS-GC-MS法	肥料取締法(総理府令別表第6)
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/l	<0.04	0.4	JIS K 0125-5.2 HS-GC-MS法	肥料取締法(総理府令別表第6)
1,1,1-トリクロロエタン	mg/l	<0.02	3	JIS K 0125-5.2 HS-GC-MS法	肥料取締法(総理府令別表第6)
1,1,2-トリクロロエタン	mg/l	<0.006	0.06	JIS K 0125-5.2 HS-GC-MS法	肥料取締法(総理府令別表第6)
1,3-ジクロロプロペン	mg/l	<0.002	0.02	JIS K 0125-5.2 HS-GC-MS法	肥料取締法(総理府令別表第6)
チウラム	mg/l	<0.006	0.06	環告第59号付表4 固相抽出-HPLC法	肥料取締法(総理府令別表第6)
シマジン	mg/l	<0.003	0.03	環告第59号付表5 固相抽出-GC-MS法	肥料取締法(総理府令別表第6)
チオベンカルブ	mg/l	<0.02	0.2	環告第59号付表5 固相抽出-GC-MS法	肥料取締法(総理府令別表第6)
ベンゼン	mg/l	<0.01	0.1	JIS K 0125-5.2 HS-GC-MS法	肥料取締法(総理府令別表第6)
セレン(Se)	mg/l	<0.01	0.3	JIS K 0102-67.2 HYD-AA法	肥料取締法(総理府令別表第6)

含有試験

分析項目名	単位	測定結果	基準値	分析方法	法令
砒素(As)	mg/kg·dry	14	50	農林水産省「肥料分析法」	肥料取締法
カドミウム又はその化合物(Cd)	mg/kg·dry	1.8	5	農林水産省「肥料分析法」	肥料取締法
総水銀(T-Hg)	mg/kg·dry	0.28	2	農林水産省「肥料分析法」	肥料取締法
亜鉛含有量(Zn)	mg/kg·dry	610	900	農林水産省「肥料分析法」	滋賀県目安

4.6 特許関連調査結果

浅池型植生浄化施設を実際の河川浄化施設として設置する場合に抵触する特許（特許公報平3-46200有価植物栽培による浄水方法）の内容等の調査を行い、実際の施設運用時の参考資料とした。

特許公報平3-46200（以下、「本件特許」と称す）の特許権利者は中里広幸氏（東京都小平市学園東町3丁目6番45号）で、昭和62年（1989年）6月29日に特許を出願し、2回拒絶された後に特許権を獲得している。特許権の存続期間は出願日より20年であるため、本件特許権は、平成19年（2007年）6月に終了する。

実験センターで実施している本浄化実験は、本件特許の特徴部分である「有価植物の株を支持、固定することなく置き」や「植物の根の実質的部分が水面下にありかつ水路底まで完全に達するような水深」や「該植物の株が流されない程度の流速で水を流す」の構成要件を満たしており、本件特許を実施していることになると考えられる。

5. 考察

5.1 運用方法

本実験結果より、間引き終了時期および間引き作業に関して、次の知見が得られた。

- (1) 勾配0.5%水路（通水量79.3m³/日）では、植栽後約2～2.5ヶ月後に水質浄化性能が低下した。
- (2) 池上での乾燥期間は、10月乾燥開始では約20日であったが、1月乾燥開始では降水の影響もあり約2ヶ月を要した。
- (3) 乾燥後の浄化副産物を取り除く作業では、2水路（80m²）で6.4人日の労働力が必要であった。
- (4) 作業上の問題点として、浄化副産物量（重量物）の運搬が必要になること、足場が不安定であることおよび植物の根を切断する際に刃物を使用する危険性があった。
- (5) 水路毎に単独で乾燥を行う場合、水路毎に止水できる構造が必要である。

水質浄化性能面および維持管理面で最も有利な運用方法（案）を考えた。調査結果において、間引き頻度が2～2.5ヶ月に1回、乾燥に要する日数が降水による影響が少ない条件では約20日であったことから、実施設での間引き頻度を2.25ヶ月、乾燥に要する時間を0.75ヶ月（約20日）として以下の検討を行った。

本施設は水質浄化施設であるため、施設全体として安定した処理水量と処理能力を持つことが望ましいと考えられ、1水路のみの運転では3ヶ月に1回の頻度で止水し間引きを行う必要があることから、実施設においては、4本の水路を組み合わせた構造とし、同時に3本の水路に通水する運用が考えられた（図5-1）。

また、この時に発生する浄化副産物量は、1年に4回の間引きを行うことになることから、次式により、50%湿重量換算で16.8kg/m²/年である。

$$\begin{aligned} \text{浄化副産物量 (kg-wet/m}^2\text{)} &= 1 \text{回あたりの発生量 (kg-wet/m}^2\text{)} \times \text{間引き回数} \\ &= 4.2 \times \{ 12 / (2.25 + 0.75) \} \end{aligned}$$

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水路1	[Diagram showing water flow and stop periods for Route 1]											
水路2	[Diagram showing water flow and stop periods for Route 2]											
水路3	[Diagram showing water flow and stop periods for Route 3]											
水路4	[Diagram showing water flow and stop periods for Route 4]											

— : 通水期間 - - - - : 止水(乾燥)期間

図5-1 実施設での運用計画(案)

5.2 コスト

本実験施設を365日連続運転したときのランニングコスト(処理水量1m³あたり)を表5-2に示した。施設は、実施設の諸元(後述)により、常時通水3本での運転を前提とし、間引きにかかるコストは、本実験結果より、水路面積あたりコストを0.6人日/10m²とし次式にて算出した。

$$\begin{aligned} \text{間引きコスト(円/日)} &= 1 \text{ 日工数} \times \text{面積あたりコスト} \times \text{水路面積} \times \text{間引回数} \times 4 \text{ 水路} / 365 \\ &= 15,400 \times 0.06 \times 32 \times 4 \times 4 / 365 \end{aligned}$$

計算の結果、1m³の水を処理するにあたり33円のランニングコストがかかることが分かった。ただし、本コストの根拠とした作業量を本実験施設としたため、実施設設計において作業効率化ができる施設構造としたことや、ボランティアによる維持管理作業が期待できることから、さらに少ないコストでの運用が可能となると考えられる。

表5-2 概算ランニングコスト

項目	頻度	単価	金額(円/日)	備考
日常点検	2回/週	21,000円/日	750	0.25日/回, 水質検査助手
間引き	1回/3ヶ月/水路	15,400円/日	1,296	普通作業員
安全性試験1	1回/年	1,500,000円/回	4,110	重金属, 残留農薬
安全性試験2	1回/2ヶ月	10,000円/回	164	大腸菌, 一般細菌
合計			6,320	処理水量(常時通水3水路)
			33円/m ³	192m ³ /日

本調査結果を踏まえて、実施設の諸元を検討し建設費を算出したところ、施設の建設費用は、13,820,050円であった。建築寿命を15年としたときの減価償却費（処理水量1m³あたり）を表5-3に示した。ここで、本施設のランニングコストを、植物を用いない水質浄化施設である膜ろ過施設のランニングコストと比較した。一般に、膜ろ過施設のランニングコストは、水1m³あたり20～55円と言われており、本施設のランニングコストは、膜ろ過施設よりも低コストであると言える。

表5-3 建設費用の減価償却費

浅池型植生浄化施設建設コスト	13,820,050円
建築寿命	15年
年間処理水量（常時通水3水路）	70,080m ³ （2.0m ³ /m ² /日）
減価償却費	13円/m ³

大規模施設を想定し、上記最小構成を10ユニット用いた場合のコストを算出した（表5-4）。その結果、1m³の水を処理するにあたり8.77円のランニングコストがかかることが分かった。また、総建築費は、51,054,720円であり、減価償却費は4.86円/m³であった。従って、本施設での水処理にかかるコストは、13.6円/m³である。

表5-4 (1) 概算ランニングコスト (10ユニット)

項目	頻度	単価	金額(円/日)	備考
日常点検	2回/週	21,000円/日	1,500	0.5日/回, 水質検査助手
間引き	1回/3ヶ月/水路	12,320円/日	11,060	普通作業員
安全性試験1	1回/年	1,500,000円/回	4,110	重金属, 残留農薬
安全性試験2	1回/2ヶ月	10,000円/回	164	大腸菌, 一般細菌
合計			16,834	処理水量(常時通水30水路)
			8.77円/m ³	1920m ³ /日

表5-4 (2) 10ユニット建設コスト

名称	単位	数量	金額(円)
水処理施設	式	10	42,410,800
コンポストヤード	式	2	2,802,220
衛生施設	式	2	2,540,000
休憩所	式	1	3,290,000
合計			51,042,020

表5-4 (3) 概算ランニングコスト (10ユニット)

浅池型植生浄化施設建設コスト	51,042,020円
建築寿命	15年
年間処理水量 (常時通水30水路)	700,800m ³ (2.0m ³ /m ² /日)
減価償却費	4.86円/m ³

本施設の平均除去率と琵琶湖南湖への流入河川水質から、次式により除去物質量あたりのコストを算出し表5-5に示した。

$$\begin{aligned} \text{除去量あたりコスト (円/g)} &= \text{コスト (円/m}^3\text{)} / \text{処理水量あたり除去量 (g/m}^3\text{)} \\ &\quad (\text{コスト: 1ユニット時}=46\text{円/m}^3, \text{10ユニット時}=13.6\text{円/m}^3) \\ \text{処理水量あたり除去量 (g/m}^3\text{)} &= \text{流入濃度 (mg/l=g/m}^3\text{)} \times \text{除去率 (\%)} / 100 \end{aligned}$$

表5-5 除去物質量あたりのコスト

水質項目	南湖流入10河川の 平均水質 ^{※1} (mg/l)	除去率 ^{※2} (%)	除去量あたりコスト (円/g)	
			1ユニット運用	10ユニット運用
全リン	0.09	32.6	1570	464
全窒素	1.37	7.7	436	129
SS	5.28	66.7	13.1	3.86
COD	2.79	13.5	122	36.1
BOD	1.2	28.9	134	39.2

※1: 平成11年度滋賀県環境白書より算出

※2: 平成11年度B2水路実績 (平成11年10月27~12月20日)

5.3 施設諸元

本調査結果を元に実際の施設の施設諸元を検討し、まとめた。(表5-6)

表5-6 施設諸元 (最小構成時)

項目		諸元	備考		
処理水量		192m ³ /日	2.0m ³ /m ² /日		
水路規模		幅2.0(m)×長さ16(m)	32m ²		
水路勾配		0.5%			
水路本数		4本	常時通水3水路		
水深		5.2(cm)	実験施設実績値(平成10年B2水路)		
滞留時間		約40分			
水質浄化性能(除去率)			平成11年度実績 (平成11年10月27日～12月20日)		
全リン(T-P)		32.6%			
全窒素(T-N)		7.7%			
SS		66.7%			
COD		13.5%			
BOD		28.9%			
栽培可能植物	花もの	植物名	科	開花時期	穫時期
		リシマキア	サクラソウ科	3～5月	—
		ノハナショウブ	アヤメ科	6～7月	—
		ポンテデリア	ミズアオイ科	7～10月	—
		カラー	サトイモ科	5～7月	—
		ミズアオイ	ミズアオイ科	7～9月	—
		ミント	シソ科	4～7月	通年
		ワスレナグサ	ムラサキ科	5～10月	—
	野菜類	植物名	科	開花時期	収穫時期
		クレソン	アブラナ科	5～6月	通年
シソ		シソ科	—	5～7月	
ダイズ		マメ科	—	10～11月	
フキ	キク科	—	3～4月		
浄化副産物発生量		16.8kg/m ² /年	平成10年度実績		
運用(栽培管理)方法			平成10年度実績		
水質監視		2回/週	0.25日/回, 水質簡易測定, 雑草の除去など		
間引き頻度		4回/年/水路			
間引き方法		池上乾燥—全面取出し			
再植栽方法		苗のみ1/2植栽	他水路上流部の苗のみを移植		
住民参加方式		栽培植物の摘み取り 浄化副産物の持ち帰り 維持管理への参加	イベント方式や環境学習場としても有効		
安全性試験		大腸菌、一般細菌 重金属、残留農薬類 雑草の除去 その他	1回/2ヶ月実施 1回/年実施 随時 導水路に魚類飼育など		
付帯施設		コンポストヤード 休憩所 水道施設 安全性試験結果の掲示 施設に関する掲示 緊急時連絡先の掲示	幅5(m)×奥行4(m) イスの設置		

6. 今後の課題

本調査において、浅池型植生浄化施設の浄化特性や住民参加手法について検討を加えており、実施設の諸元を得ることが出来た。今後、本実験施設においては、次に示す課題および施設の利用法が考えられる。

(1) 住民の摘み取りなどの継続（アンケート調査の継続）

本実験では、アンケート調査により住民参加方式への検討を行ったが、将来、実施設での住民参加を展開していく上では、宣伝効果による住民意識の変化、経年的な運用による利用者数の変化など検討しておくのが望ましいと考えられる。このため、施設解放実験を継続すると共に、周辺住民への宣伝および住民意識のモニタリングなどを行う。

本実験で住民解放しなかった花卉植物、野菜類を住民開放したときの利用状況の検討。

(2) 新たな栽培候補種の開発

本実験では、クレソンに代わる有用植物を検討したが、繁殖力や根圏の密度の点で有効と思われた植物はリシマキア（サクラソウ科）のみであり、さらに多くの植物に対する検討が望まれる。また、根圏を密にする植物の中に花もの植物を植栽した際の適合性も検討課題となる。さらに、これら植物の水質浄化性能の検討も課題である。

(3) 新たな水質浄化方法の検討

浅池型植生浄化施設を利用した新たな水質浄化方法の検討。

(4) 浄化副産物のコンポスト化の検討

本実験でのコンポスト化実験では、実験施設からの浄化副産物の減量化はしたが、発酵肥料の完成には至っていない。今後、施設を住民参加型として利用する場合には、浄化副産物により発酵肥料を作成し、住民参加を促すことが望まれる。

(5) 安全性試験の実施方法

実施設の諸元では、本年度実験で実施したものと同等の試験内容としたが、食品衛生法で指定されている残留農薬の試験費が高額となるためコストが増大し、頻繁には実施できないのが現状である。実際の施設においては、これに代わる安価で確実な試験方法が望まれる。

(6) 実施設で生じた諸問題を解決する実験・検討施設としての活用

実施設を建設し運用する際には、運用上さまざまな問題点が生じる可能性がある。その問題点を検討するには、実施設ではなく、実験施設での検討が必要な場合も考えられる。

実験担当者

滋賀県土木部

河港課副係長

中川 元男

河港課技師

狩野 俊男

滋賀県草津土木事務所

河川砂防課副係長

松野 克樹

財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構

実験センター所長

中山 繁

財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構

実験センター研究員

武井 直子

5. 限外ろ過膜（UF膜）ろ過実験（その2）

1. はじめに

現在、簡易水道を中心に浄水処理として利用されはじめている限外ろ過膜（UF膜）を用いて河川水を直接浄化し、その浄化効果および処理能力を評価し、限外ろ過膜法が河川の直接浄化方法として使用可能かどうか検討するものである。

本実験は、限外ろ過膜ろ過による微量有害物質や難分解性有機物の除去効果およびPAC注入による水質浄化性能を調査した。

2. 実験施設概要

本実験装置の概略フローを図2-1に示した。PAC注入実験を行うために1999年（平成11年）10月～11月にかけて施設の整備を行った。

施設の仕様を表2-1に、運転条件を表2-2に示した。1999年（平成11年）11月からPAC注入運転を行った。

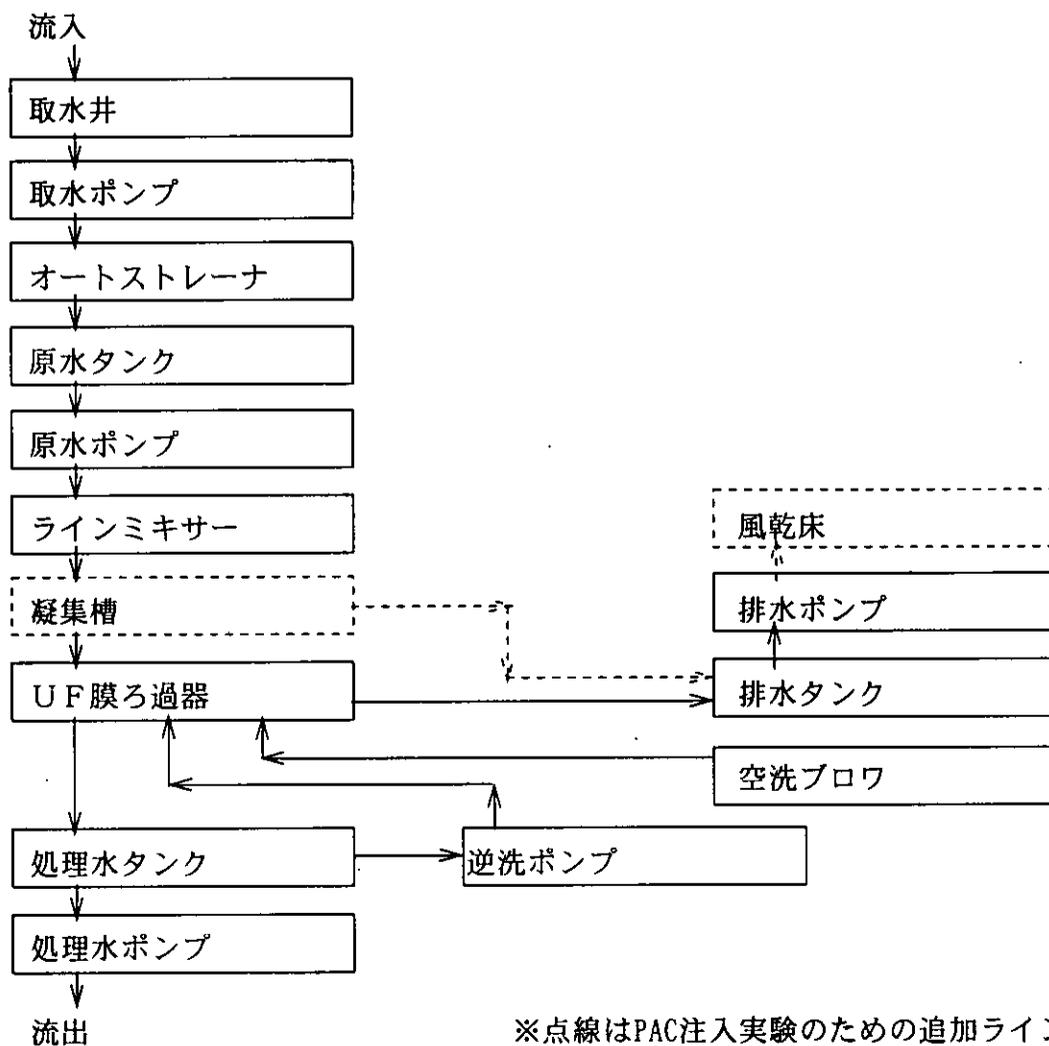


図2-1 実験施設概略フロー

表2-1 施設仕様

施設能力	処理水量	21.6m ³ /日
膜仕様	型式	外圧式中空糸膜モジュール
	膜面積	12m ² ×3本
	膜材質	PAN (ポリアクリロニトリル)

表2-2 運転条件

運転時間	24時間連続運転	
運転条件	膜ろ過流速	0.6m ³ /m ² ・日
	原水流量	0.015m ³ /分
	空洗エア流量	60l/分 (20l/分×3本)
	ろ過時間	30分
	通水停止時間	10秒
	逆洗時間	30秒
	空洗時間	120秒
	排水時間	120秒
	通水準備時間	180秒
	塩素注入量	3ppm

3. 実験内容

3.1 実験期間

1999年 (平成11年) 4月～2000年 (平成12年) 3月

3.2 実験方法

3.2.1 運転状況調査

装置の状況を確認するため、膜差圧、原水および処理水濁度等をモニタリングした。

3.2.2 水質浄化性能調査

水質浄化効果を確認するため、原水と処理水の水質調査を行った。また、原水中にPACを注入することによって、水質浄化性能 (特に色度) や運転状況 (UF膜の寿命) 等を調査した。採水場所を図3-1、分析項目および分析頻度を表3-1に示した。

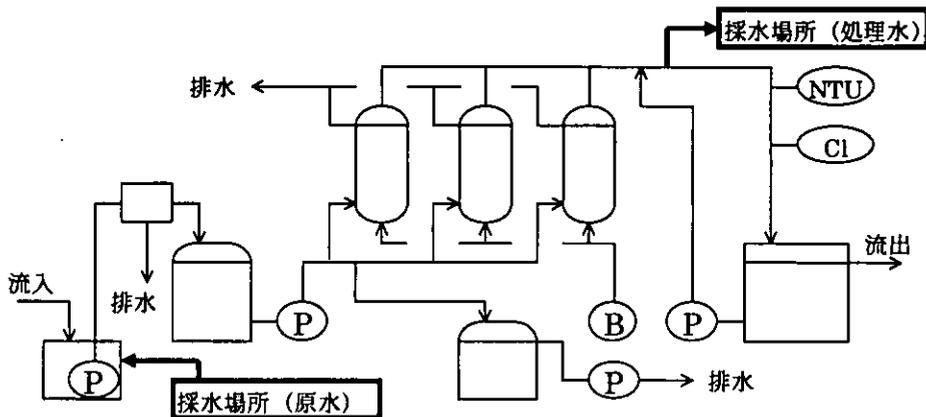


図3-1 採水場所

表3-1 分析項目および頻度

分析項目	分析方法	分析頻度	
SS	上水試験方法VI-1.12	PAC注入なし 5回(5月~9月)	
CODMn.	上水試験方法VI-1.18		
BOD	上水試験方法VI-1.20		
T-N	上水試験方法VI-2.13		
T-P	上水試験方法VI-2.8		
T-Fe	上水試験方法VI-3.12		
T-Mn	上水試験方法VI-3.11		
Al	上水試験方法VI-3.6		
Ca	上水試験方法VI-3.8		
過マンガン酸カリウム消費量	上水試験方法VI-1.17		PAC注入あり 2回(12月~1月)
E260(紫外線吸光度)	上水試験方法VI-1.21		
硝酸性窒素および亜硝酸性窒素	上水試験方法VI-2.12		
NH ₄	上水試験方法VI-2.9		
塩素イオン	上水試験方法VI-2.3		
pH	上水試験方法VI-1.9		
濁度	上水試験方法VI-1.3		
色度	上水試験方法VI-1.6		
臭気	上水試験方法VI-1.7		
味	上水試験方法VI-1.8		
一般細菌	上水試験方法VII-1		
大腸菌群	上水試験方法VII-1		

3.2.4 難分解性有機物除去性能調査

琵琶湖流域の汚濁負荷削減対策の実施にもかかわらず、琵琶湖のCOD濃度は上昇傾向にある。その原因として、環境中で分解がされにくい有機物の増加が示唆される。

このため、限外ろ過をによる難分解性有機物量・有機物組成の変化について調査を行った。浄化特性の解析は、一般水質項目とGPC-TC分析による有機物組成とした。採水場所を図3-2、分析項目および分析頻度を表3-2に示した。

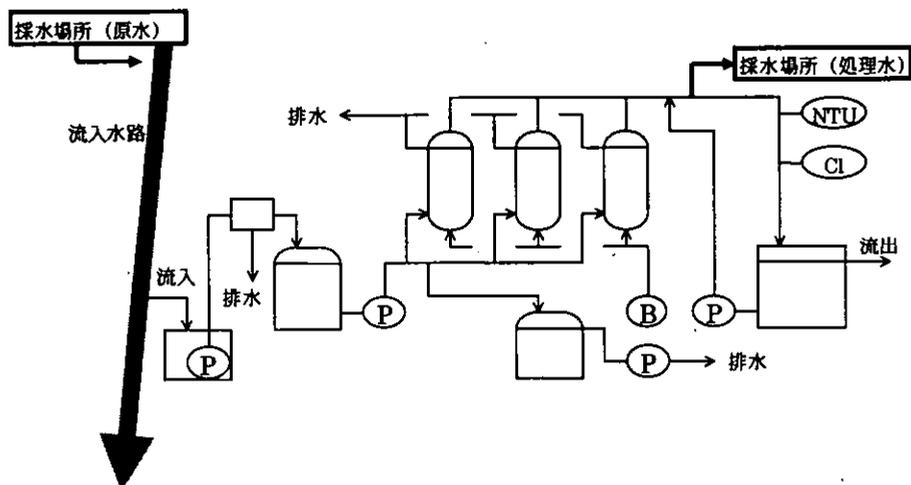


図3-2 採水場所

表3-2 分析項目および頻度

分析項目	分析方法	分析頻度
水温		2回(春季、夏季)
pH	JIS K 0102 12.1 ガラス電極法	
DO	JIS K 0102 32.1	
SS	環境庁告示第59号付表6ろ過重量法	
Chl-a	上水試験法 VI-4 20.2	
BOD ₅	JIS K 0102 21	
COD _{Mn}	JIS K 0102 17	
P-COD	COD _{Mn} -D-COD	
D-COD	0.45μmミリポア濾紙でろ過後、COD _{Mn} と同じ	
全有機体炭素(TOC)	P-TOC + D-TOC	
P-TOC	GFFろ過、CHNコーダー	
D-TOC	0.45μmミリポア濾紙でろ過後、JIS K0102 22.1	
T-P	環境庁告示第59号付表2	
P-P	T-P - PO ₄ -P	
PO ₄ -P	JIS K 0102 46.1.1	
T-N	JIS K0102 45.1 総和法	
GPC-TC	(注1) 参照	

(注1) GPC-TCクロマトグラフ

水中溶存有機物を概ね分子量に基づき、分離検出する手法。

予め十分蒸留水で洗浄した0.45μmメンブランフィルターを用いてろ過したろ液を凍結濃縮法により、10~60倍程度に濃縮し、その一定量をTC検出器を有するGPC装置に導入し、得られた有機物分子量毎の有機物量のクロマトグラムを作成する。異なる地点の試料のクロマトグラムパターンが異なる場合、水中溶存有機物の構成が異なっていることを示す。たとえば、下流側のクロマトグラムパターンが上流側のものより低分子量から構成されていた場合、上流で存在していた有機物が水路を流下する間に、何らかの作用により分解したと考えられる。

3.2.5 微量有害物質調査

限外ろ過をによる微量有害物質の除去効果について調査を行った。採水場所を図3-1に、分析項目および頻度を表3-3に示した。

表3-3 分析項目および頻度

分析項目	分析方法	分析頻度
マイクロキスティン	上水試験方法X-1	1回
カビ臭	上水試験方法X-1	
1,3-ジクロロベン	上水試験方法VI-4.2	
シマジン	上水試験方法VI-4.1.2	
チウラム	上水試験方法VI-4.1.4.4	
チオベンカルブ	上水試験方法VI-4.1.2	
クロロホルム	上水試験方法VI-4.2	
ジプロモクロメタン	上水試験方法VI-4.2	
プロモクロメタン	上水試験方法VI-4.2	
プロモホルム	上水試験方法VI-4.2	
総トリハロメタン	上水試験方法VI-4.2	

4. 結果

4.1 施設運転状況

PAC注入運転をしていない1999年（平成11年）9月までの水質調査期間の原水と処理水のモニタリングによる濁度の変化を図4-1に、原水温度と差圧の変化を図4-2に示した。

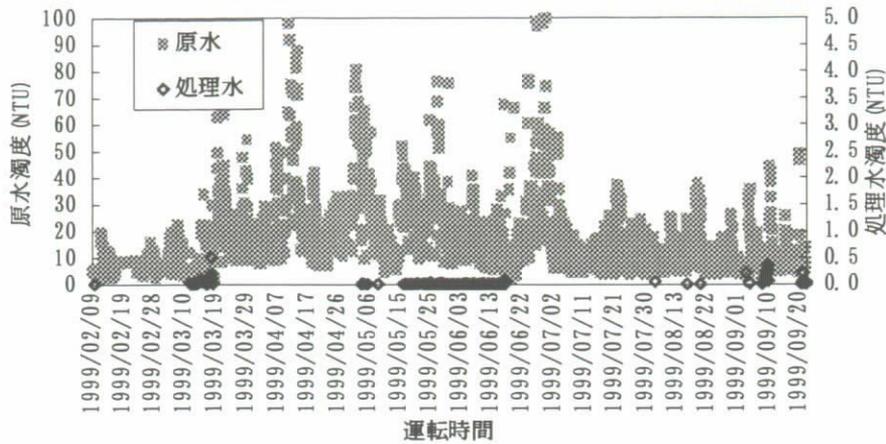


図4-1 原水と処理水の濁度変化

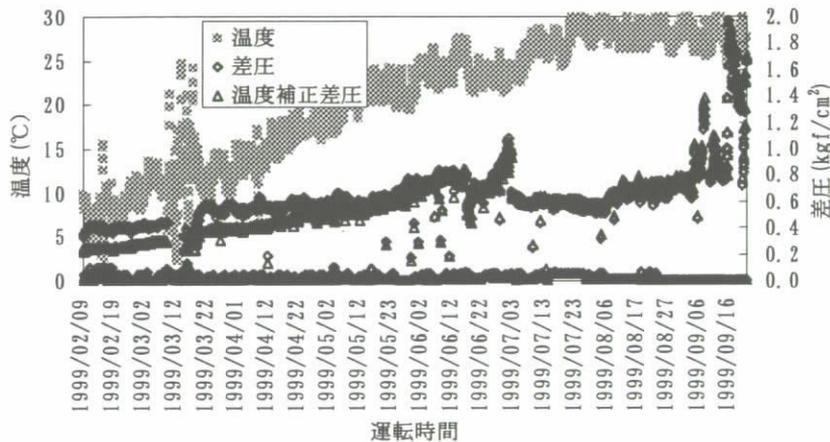


図4-2 水温と差圧変化

原水濁度は平均で約28度で最高で100度を超えるときがあった。しかし、処理水濁度は平均で0.08度と良好な結果が得られた。1999年（平成11年）8月末までは膜差圧の上昇はほとんど見られず、9月初め頃から急激な差圧上昇が見られた。

PAC注入運転を行い安定した1999年（平成11年）12月からの水質調査期間の原水と処理水のモニタリングによる濁度の変化を図4-3に、原水温度と差圧の変化を図4-4に示した。

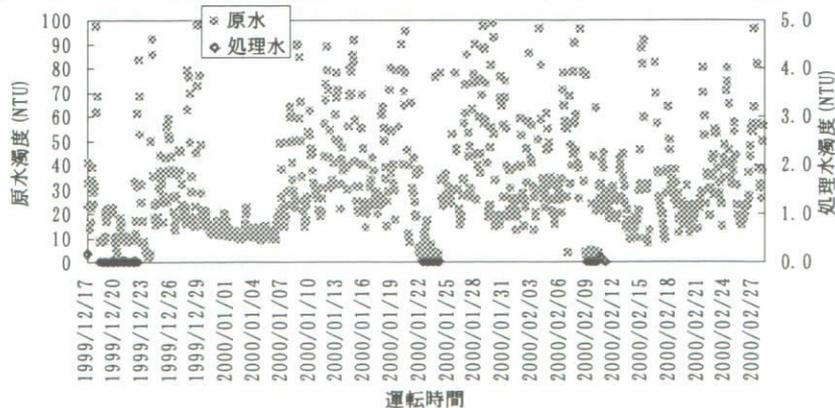


図4-3 原水および処理水の濁度変化

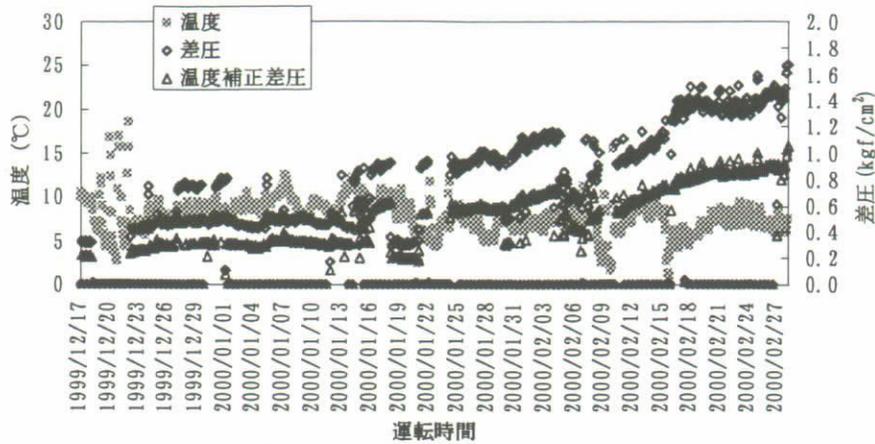


図4-4 温度と差圧の変化

原水濁度は平均で約40度で最高で100度を超えるときがあった。しかし、処理水濁度は平均で0.02度とPAC注入なしに比べて良好な結果が得られた。しかし、膜差圧はPAC注入なしと比べて約1/3の期間で急激に上昇した。

4.2 水質浄化性能調査結果

4.2.1 水質調査結果（PAC注入なし）

PAC注入運転を行っていない1999年（平成11年）4月～9月までのCOD、BOD、T-N、T-P、SSの原水および処理水の水質変化を図4-5に示した。

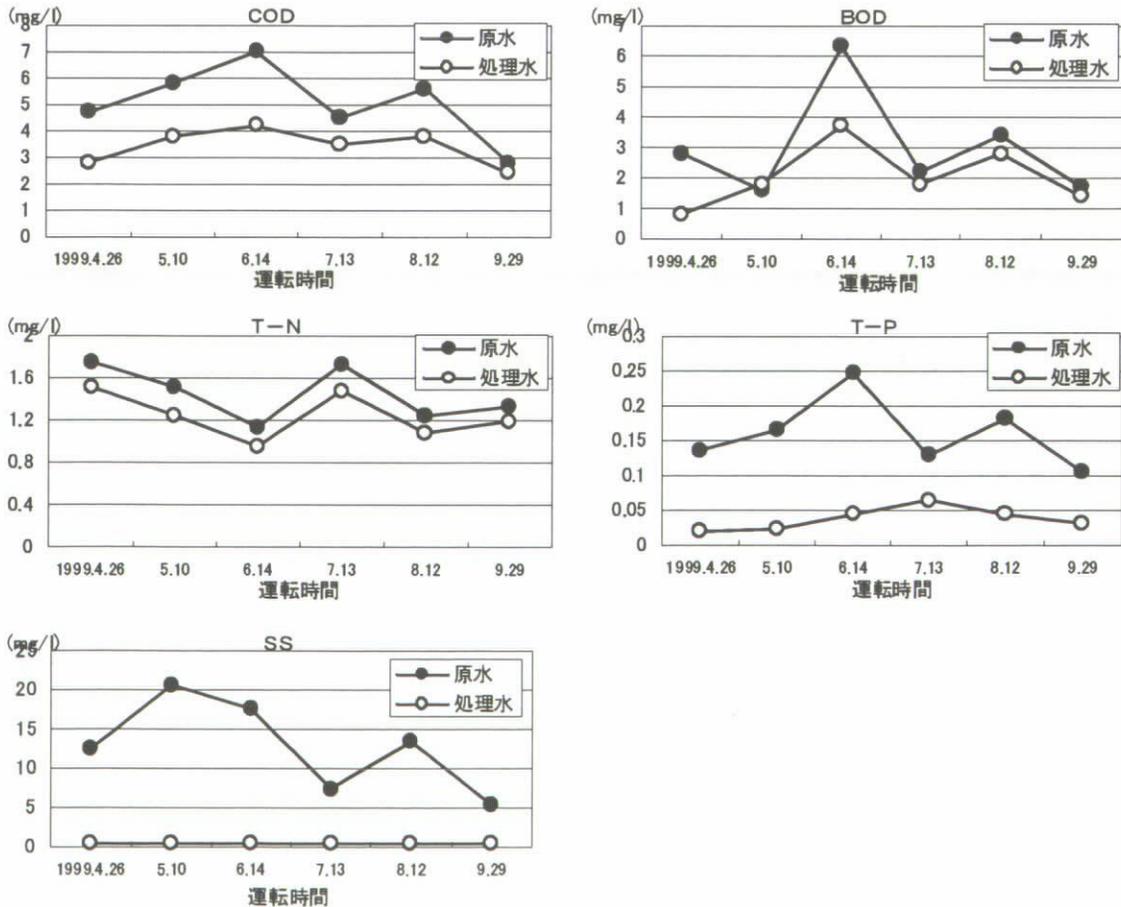


図4-5 水質変化（PAC注入なし）

SS、T-Pに関しては、高負荷流入時においても原水濃度に関係なく一定した処理水濃度が得られ、SSが約0.5mg/l、T-Pが約0.025mg/lの処理水濃度であった。T-Nに関しては、原水濃度と処理水濃度が同様の濃度変化を示し、一定した除去量であった。

表4-1に各項目の除去率一覧を示した。

表4-1 各項目の除去率（PAC注入なし）

	4月26日	5月10日	6月14日	7月13日	8月12日	9月29日
化学的酸素要求量 (COD. Mn)	40.4%	34.5%	40.0%	22.2%	32.1%	14.3%
生物化学的酸素要求量 (BOD)	71.4%	- 12.5%	41.3%	18.2%	17.6%	17.6%
全窒素	13.7%	19.5%	15.9%	14.5%	12.9%	10.5%
全リン	86.0%	86.1%	82.1%	49.2%	75.7%	70.2%
浮遊物質 (SS)	96.0%	97.6%	97.2%	93.2%	96.3%	90.6%
鉄	99.1%	99.2%	99.4%	97.5%	93.6%	99.0%
マンガン	- 32.0%	- 11.2%	24.3%	11.0%	- 10.0%	68.4%
カルシウム	0.0%	14.7%	0.0%	0.6%	- 1.4%	- 1.6%
アルミニウム	72.2%	70.6%	77.3%	28.6%	70.0%	83.9%
過マンガン酸カリウム消費量	53.3%	17.8%	36.7%	20.5%	11.7%	65.6%
紫外線吸光度 (E ₂₆₀)	54.3%	28.0%	21.6%	8.2%	8.2%	33.1%
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	3.4%	14.6%	- 21.3%	2.0%	- 23.0%	- 1.0%
アンモニア性窒素	-	3.7%	93.3%	- 15.2%	13.3%	-
塩素イオン	- 2.3%	1.8%	- 3.9%	- 5.9%	- 8.9%	4.9%
臭気	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
味	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
濁度	99.2%	99.4%	98.4%	98.5%	98.6%	95.8%
色度	94.7%	92.1%	82.0%	84.6%	84.1%	87.1%
一般細菌	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.6%
大腸菌群	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

全リン、浮遊物質 (SS)、鉄、アルミニウム、臭気、味、濁度、色度、一般細菌、大腸菌群については70%以上の除去率を示した。特に浮遊物質 (SS)、鉄、臭気、味、濁度、色度、一般細菌、大腸菌群については100%近い除去率であった。

生物化学的酸素要求量 (BOD)、マンガン、カルシウム、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素、塩素イオンについては20%以下の除去率であった。

4.2.2 水質調査結果（PAC注入）

PAC注入運転を行った1999年（平成11年）12月～2000年（平成12年）1月までのCOD、BOD、T-N、T-P、SSの原水および処理水の水質変化を図4-6に示した。また、表4-2に各項目の除去率一覧を示した。

PAC注入率は、別途行ったラポテストでの結果を踏まえて3mg/l (as Al)とした。

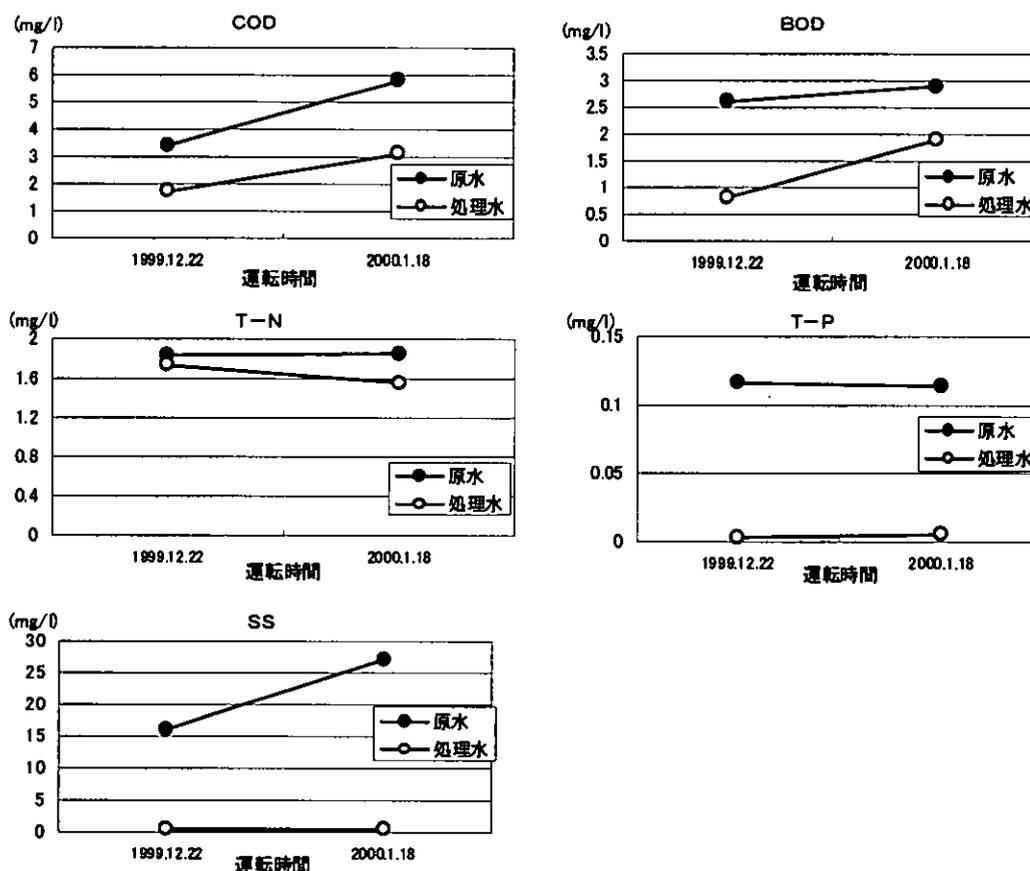


図4-6 水質変化 (PAC注入あり)

表4-2 除去率 (PAC注入あり)

	12月22日	1月18日
化学的酸素要求量 (COD. Mn)	50.0%	46.6%
生物化学的酸素要求量 (BOD)	69.2%	34.5%
全窒素	5.5%	15.7%
全リン	97.4%	95.6%
浮遊物質 (SS)	96.9%	99.8%
鉄	97.3%	86.1%
マンガン	- 46.8%	- 1.9%
カルシウム	- 1.6%	99.6%
アルミニウム	72.7%	63.5%
過マンガン酸カリウム消費量	47.8%	86.1%
紫外線吸光度 (E ₂₅₀)	64.5%	51.8%
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	- 12.8%	- 2.4%
アンモニア性窒素	16.7%	- 3.7%
塩素イオン	3.9%	- 1.0%
臭気	100.0%	100.0%
味	100.0%	100.0%
濁度	99.4%	97.2%
色度	98.6%	90.4%
一般細菌	100.0%	100.0%
大腸菌群	100.0%	100.0%

図4-6より、2回の分析結果であり明確な知見は得られないが、各項目ともPAC注入なしの通常運転時と同様の傾向を示した。ただし、PACを注入することによってT-Pの処理水濃度は低くなり、平均0.004mg/l（2回分）の処理水濃度であった。

表4-1および表4-2より、色度成分およびT-Pは、PAC注入することによって100%近い除去率が得られた。その他の項目については通常運転とほぼ同様の結果であった。

4.3 難分解性有機物除去性能調査結果

4.3.1 水質調査結果

UF膜ろ過実験施設における各調査毎の水質濃度変化について図4-7に、水質濃度の変化がみられた季節と項目について表4-3に示した。本施設の水質濃度変化から、春季調査と夏季調査を通して、リン酸性りん(P₀₄-P)を除いた全ての水質項目において処理水(M-1)の水質濃度が流入水(S-1)より低く、本調査で見られた処理水の最高濃度程度を表4-4に示した。リン酸性りん(P₀₄-P)は流入水と処理水の明確な濃度差が見られなかった。

表4-3 水質濃度変化

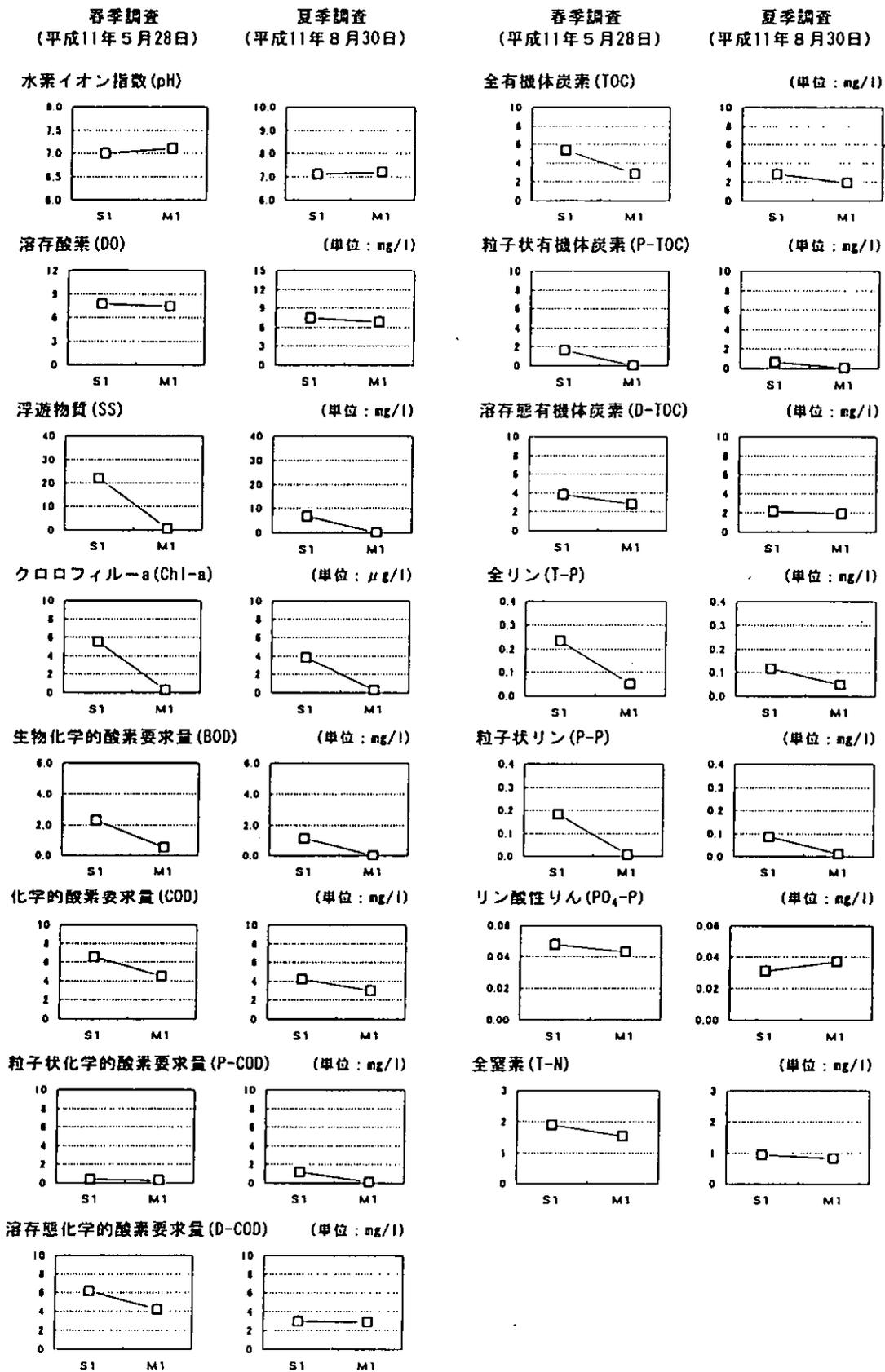
調査日	時刻	処理水に濃度変化が見られた水質項目	濃度変化(流入を100としたときの処理水の割合)	濃度変化に寄与したこと
1999.5.28 (春季)	14:00	・リン酸性りん(P ₀₄ -P)を除いた全ての水質項目	SS: 21.8 → 0.5 (2%) P-COD: 0.4 → 0.1 (25%) D-COD: 6.2 → 4.4 (71%)	膜ろ過作用
1999.9.5 (夏季)	14:00	・リン酸性りん(P ₀₄ -P)を除いた全ての水質項目	SS: 6.8 → 0.5 (7%) P-COD: 1.2 → 0.1 (8%) D-TOC: 2.1 → 1.9 (90%)	膜ろ過作用

(濃度単位:mg/l、但しChl-aはμg/l)

表4-4 処理水濃度

項目	流入水の濃度範囲(mg/l [*])	処理水の最高濃度(mg/l [*])
浮遊物質(SS)	6.8 ~ 21.8	0.5
クロロフィル-a(Chl-a)	3.8 ~ 5.5	0.3
生物学的酸素要求量(BOD)	1.1 ~ 2.3	0.5
化学的酸素要求量(COD)	4.2 ~ 6.6	4.5
粒子状化学的酸素要求量(P-COD)	0.4 ~ 1.2	0.1
溶存態化学的酸素要求量(D-COD)	3.0 ~ 6.2	4.4
全有機体炭素(TOC)	2.80 ~ 5.40	2.80
粒子状有機体炭素(P-TOC)	0.633 ~ 1.610	0.038
溶存態有機体炭素(D-TOC)	2.1 ~ 3.8	2.8
全リン(T-P)	0.116 ~ 0.231	0.050
粒子状リン(P-P)	0.085 ~ 0.183	0.011
リン酸性りん(P ₀₄ -P)	0.031 ~ 0.048	0.043
全窒素(T-N)	0.94 ~ 1.89	1.53

(濃度単位:mg/l、但しChl-aはμg/l)



S 1 : 流入水 F 1 : 処理水

図4-7 各調査毎の水質濃度変化

4.3.2 GPC-TC結果

春季調査での流入水 (S-1) と処理水 (M-1) のGPC-TC分析の結果を図4-8に示した。

GPC-TC分析結果では、RT50分のピークが除去されており、分析に用いたろ紙孔径 (0.45 μm) 未満でUF膜の公称孔径 (0.01 μm) 以上の高分子有機物質が除去されたことが考えられる。しかし、GPC-TC分析結果から溶存態難分解性有機物が含まれると考えられるピーク群 (RT70分~80分) のクロマトパターンにあまり変化が見られなかったことから、UF膜では難分解性有機物の除去は起こらないことが考えられる。

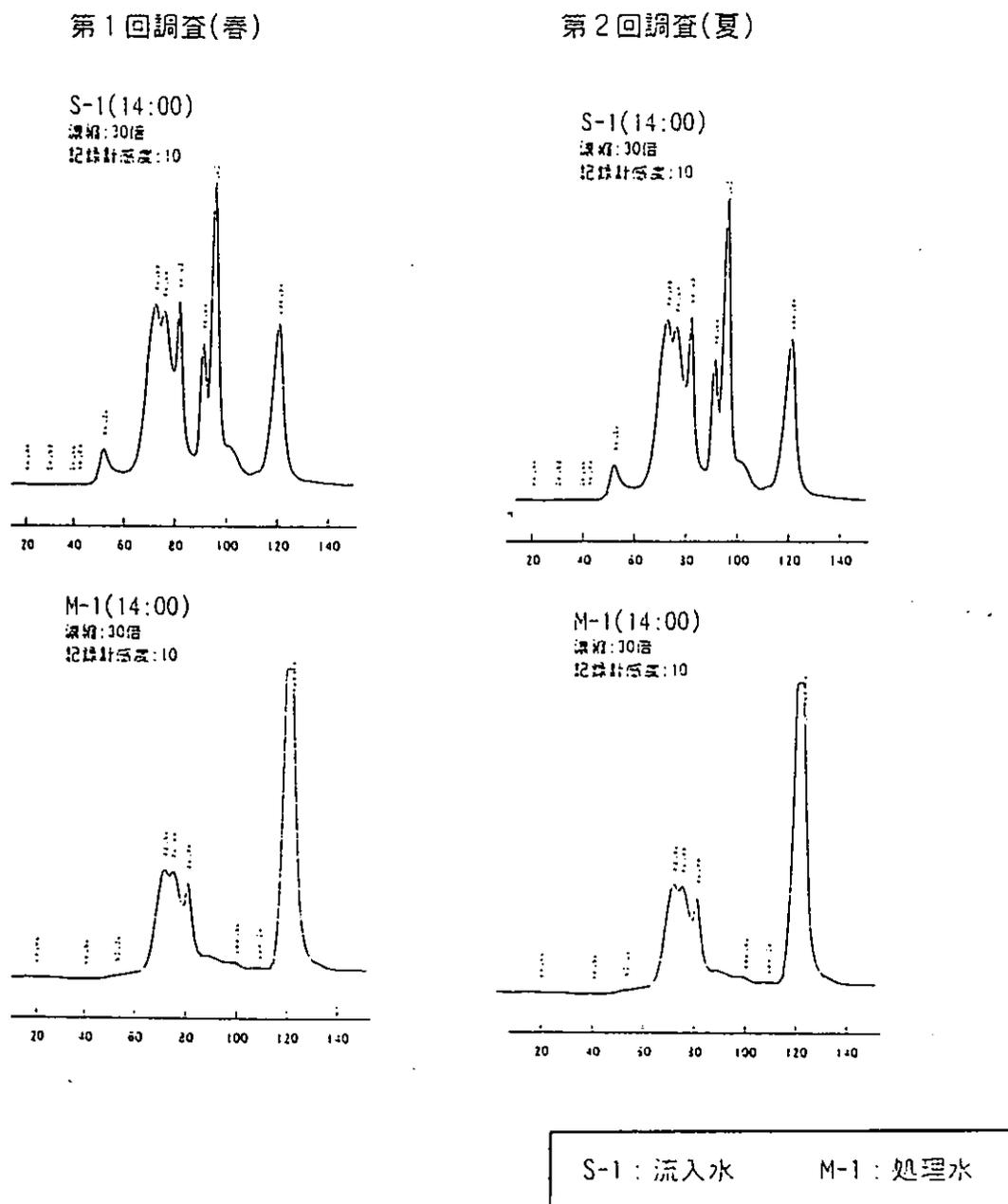


図4-8 GPC-TC分析結果

4.4 微量有害物質除去性能調査結果

浄化効果を確認するために原水と処理水の水質分析を行った。水質分析結果を表4-5に示した。

表4-5 分析結果

平成11年5月10日採水

分析項目	単位	原水	処理水	水質基準値	備考
1,3-ジクロロプロペン	mg/l	< 0.0002	< 0.0002	< 0.002	
シマジン	mg/l	< 0.0003	< 0.0003	< 0.003	
チウラム	mg/l	< 0.0005	< 0.0005	< 0.006	
チオベンカルブ	mg/l	< 0.0005	< 0.0005	< 0.02	

平成11年9月29日採水

分析項目	単位	原水	処理水	水質基準値	備考
クロロホルム	mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.06	
ジブロモクロロメタン	mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.1	
プロモジクロロメタン	mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.03	
プロモホルム	mg/l	< 0.001	< 0.001	< 0.09	
総トリハロメタン	mg/l	< 0.001	0.003	< 0.1	

微量有害物質の水質分析を行ったが、原水中にほとんど存在しなかったため、除去性能を確認することが出来なかった。総トリハロメタンについては、処理水中に少量存在しているが、これは膜洗浄用に次亜塩素酸ソーダを注入しているために発生したと考えられる。

5. 考察

5.1 水質浄化性能

COD、BOD、T-N、T-P、SSについて、通常運転時とPAC注入運転時での水質浄化性能の違いを明確に見るためにPAC注入の有無による原水対処理水濃度をプロットした(図5-1)。

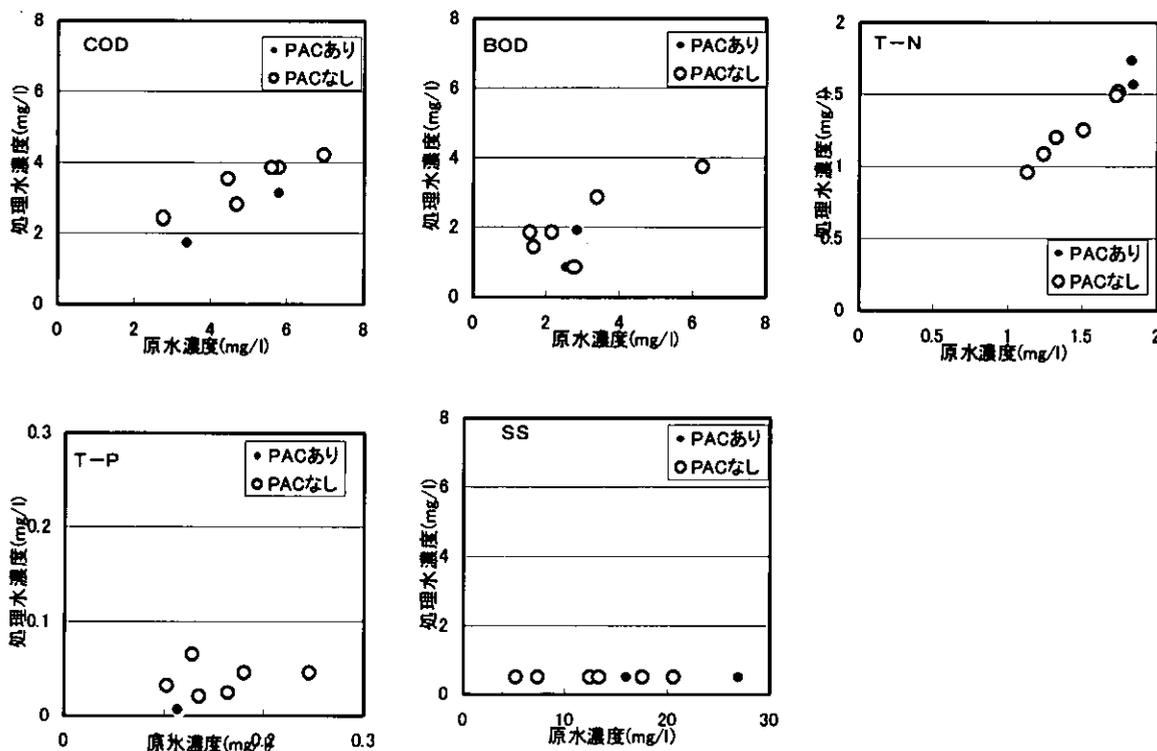


図5-1 PAC注入の有無による原水対処理水濃度

これによると、同程度の原水濃度ではT-PとCODにおいてPAC注入することによって水質浄化性能が良くなった。他の項目については、PACの注入の有無による顕著な差は見られなかった。これは、凝集剤によってリンやCOD成分がろ過されやすくなることが示唆される。

通常運転による限外ろ過では、公称孔径 $0.01\mu\text{m}$ のUF膜を用いたろ過効果により、SS、鉄、臭気、味、濁度、一般細菌、大腸菌群については100%近い除去率を示し、粒子状成分の除去が見られた。さらにPACを注入することにより、凝集効果およびろ過効果によって、T-P、COD、色度において水質浄化性能が向上し、T-Pおよび色度については100%近い除去率が得られた。ただし、凝集剤を添加することによって、膜差圧の上昇が急激に見られ、通常運転時に比べて、約1/3の期間で薬品洗浄実施差圧にまで上昇した。しかし、膜表面の閉塞がPACによるものであることが確認されると、通常運転時に比べて、薬品洗浄の回復性は良好であると示唆されるため、今後、薬品洗浄を実施し、膜の回復性を確認する必要がある。

5.2 難分解性有機物除去性能

本実験施設では、粒子状成分の除去が見られた。このことから、UF膜を用いた水質浄化施設は、粒子状成分の除去に対して有効な手段であると示唆される。GPC-TC分析結果では、RT50分にピークが除去されており、分析に用いたろ紙孔径($0.45\mu\text{m}$)未満でUF膜の孔径($0.01\mu\text{m}$)以上の高分子有機物質が除去されたことが考えられる。しかし、GPC-TC分析結果から溶存態難分解性有機物が含まれると考えられるピーク群(RT70分~80分)のクロマトパターンにあまり変化が見られなかったことから、限外ろ過法では難分解性有機物の除去は起こらないことが示唆される。

6. まとめ

- (1) 公称孔径 $0.01\mu\text{m}$ のUF膜を用いたろ過効果によりSS、鉄、臭気、味、濁度、一般細菌、大腸菌群については100%近い除去率を示し、粒子状成分の除去が見られた。
- (2) PACを注入することによる凝集効果及びろ過効果により、T-P、COD、色度において水質浄化性能が向上し、T-P及び色度については100%近い除去率が得られた。しかし、膜差圧が通常運転時に比べて1/3期間で薬品洗浄実施差圧にまで上昇した。
- (3) GPC-TC分析結果では、RT50分のピークが除去され、分析に用いたろ紙孔径($0.45\mu\text{m}$)未満でUF膜の孔径($0.01\mu\text{m}$)以上の高分子有機物質が除去されたと考えられる。溶存態難分解性有機物が含まれると考えられるピーク群(RT70分~80分)のクロマトパターンにあまり変化が見られなかったことから、限外ろ過法では難分解性有機物の除去は起こらないことが示唆される。
- (4) 総トリハロメタンが処理水中に 0.003mg/l 存在し、膜洗浄用に注入している次亜塩素酸ソーダによるものと考えられる。

実験担当者

財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構	実験センター所長	中山 繁
	実験センター研究員	武井 直子
東レエンジニアリング株式会社	開発部門環境グループリーダー	岡田 宏道
	開発部門環境グループ	朱 列平
	環境プラント事業部主任技師	原 孝之
	環境プラント事業部	吉田 裕一

6. 土壌浄化実験（その2）

1. はじめに

土壌浄化施設は、おもに富栄養化原因物質の1つであるリンを土壌の吸着作用により除去する水質浄化施設である。

本年度については土壌浄化施設の前処理方法の確立および省面積化を目的として実験を行った。

1.1 前処理方法の確立

土壌浄化施設への流入水の年間平均SS濃度を8mg/l以下にするためには、河川水からSSを除去する前処理施設が必要である。前処理方法としては、昨年度までマット状繊維ろ材を用いたろ過、礫を用いたろ過および球状繊維ろ材を用いた高速ろ過法について検討し、各処理法の特徴を把握することができた。

本年度は、土壌浄化施設の前処理として適用が可能と考えられるヨシを用いた植生浄化法について検討を行った。

1.2 土壌浄化施設の省面積化

高速通水によってさらに土壌浄化施設の処理性能を向上させ省面積化を図ることを目的とし、以下の項目について検討を行った。

- ・通水抵抗の小さい土壌浄化設備の層構造について
- ・土壌浄化施設での通水可能速度の把握およびその時の処理水質

2. 実験施設の諸元

2.1 水路型浄化実験施設（前処理施設）

水路型浄化実験施設内の2水路を利用し、ヨシを約150本/m²で水路内に定植した。水路型浄化実験施設諸元および図2-1に平面図を示す。

系	列	数	:	2池
通	水	量	:	150～300 m ³ /日・池
滞	留	時	:	2～4 hr
規		模	:	幅 2.0 (m) × 長さ 24.0 (m) × 有効水深 0.5 (m)
水	面	積	:	3.4～6.8 m ³ /m ² ・日
通	水	方	:	横向流
使	用	接	:	ヨシ

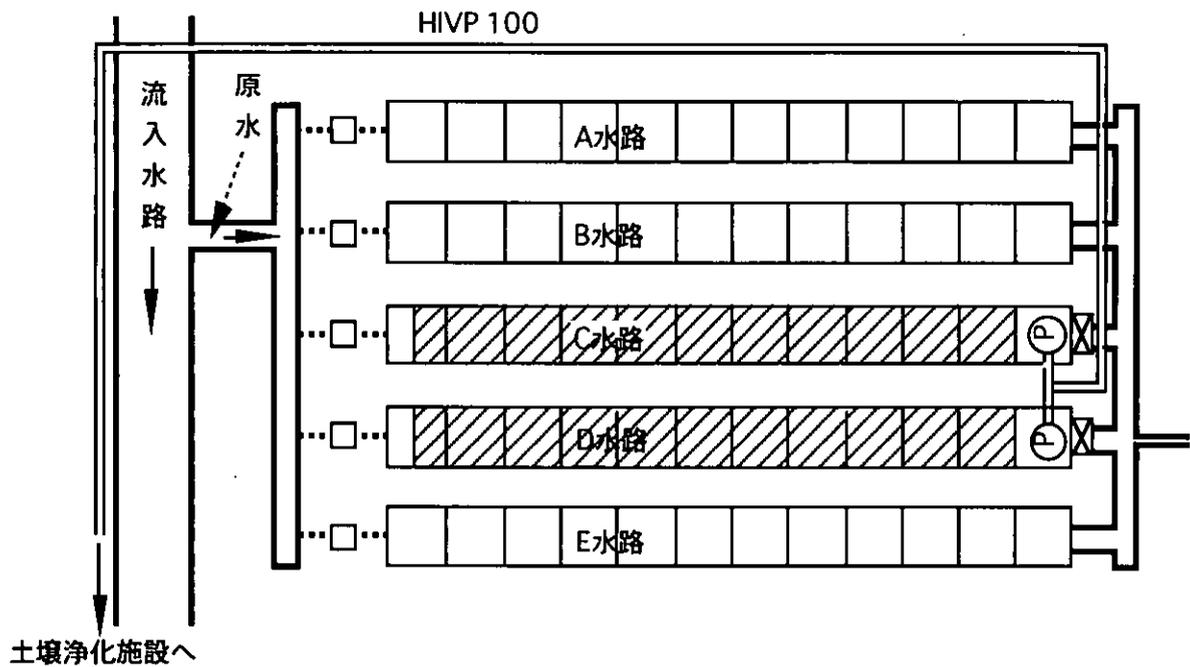


図2-1 水路型浄化実験施設（前処理実験施設）平面図

2.2 土壤浄化実験施設

98年度までは、比較的粒径の小さい碎石（7号単粒度碎石：粒径2.5～5.0mm程度）から構成される上部碎石層に給水配管を埋設した結果、流入SSによる給水孔での目詰まりが発生して通水抵抗が大きくなり通水速度が低下した。本年度はこの点を踏まえ、通水抵抗を小さくして通水速度を向上させるため、以下のような2種類の層構成を検討した。図2-2に土壤浄化実験施設の断面図を示した。

2.2.1 A-1槽

比較的粒径の大きい5号単粒度碎石（粒径13～20mm程度）で上部碎石層を構成し、給水孔での目詰まりを防止する。なお、土壤層全体で流入SSを捕捉させる。

土壤浄化槽：表層は冠水しない状態

上部碎石層：5号単粒度碎石（粒径13～20mm程度）

土壤層：赤玉土、土壤層厚1,000mm

下部碎石層：7号単粒度碎石（粒径2.5～5.0mm程度）

2.2.2 A-2槽

給水配管を埋設せず、表層を冠水した状態にし、表層全体から水を浸透させる。なお、上部碎石層の代わりに砂層を設け、土壤層へのSSの流入を極力防止する。

土壤浄化槽：表層は冠水した状態

上部碎石層：なし

上部砂層：ろ過砂（粒径0.4～0.8mm程度、均等係数1.6程度）

土壤層：赤玉土、土壤層厚1,000mm

下部碎石層：7号単粒度碎石（粒径2.5～5.0mm程度）

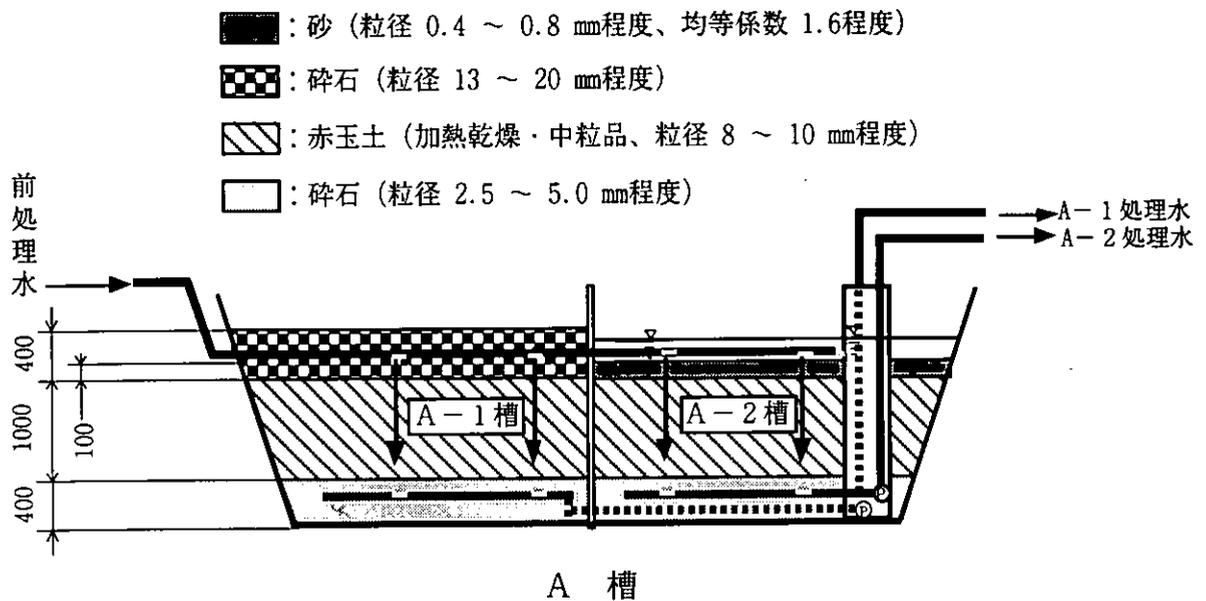


図2-2 土壤浄化実験施設断面図

3. 実験結果と考察

3.1 水質浄化特性の比較検討

3.1.1 実現可能な通水速度の検討

土壤浄化実験施設においては、平成10年度まで通水速度1.5m/日での検討を行ってきた。本年度については、土壤浄化槽の通水抵抗を低減した層構造に変更し実現可能な通水速度について検討を行った。

(1) 実験条件

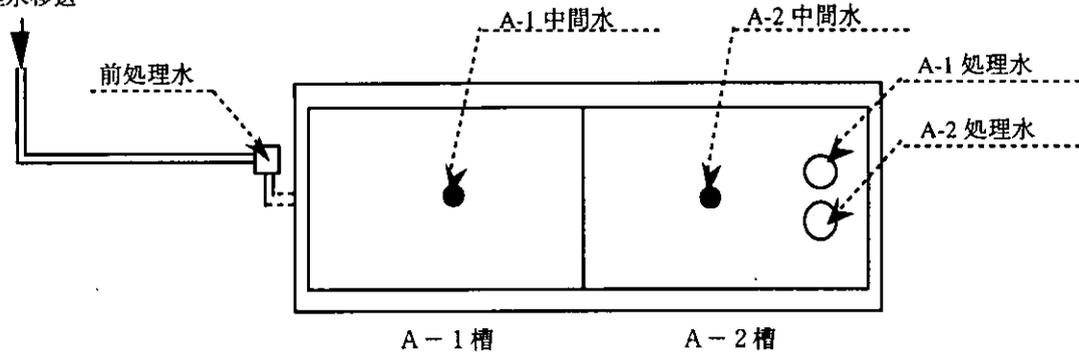
前処理した河川水を土壤浄化実験施設A-1、A-2槽において通水速度2.5m/日、5.0m/日の2条件でそれぞれ約1ヶ月間通水を行った。実験条件を表3-1にまとめた。

表3-1 実験条件

実験期間	実験条件	
	8月23日～9月21日	9月22日～10月20日
前処理	滞留時間 : 3時間 通水速度 : 8.3m ³ /h・水路 水面積負荷 : 4.5m ³ /m ² ・日	滞留時間 : 2時間 通水速度 : 12.5m ³ /h・水路 水面積負荷 : 6.8m ³ /m ² ・日
土壤浄化実験施設 (A-1、A-2)	通水速度 : 2.5m/日	通水速度 : 5.0m/日

実験においては、図3-1に示した地点で定期的にサンプリングを実施した。

水路型浄化実験施設より
前処理水移送



* 採水ポイントを点線矢印で示す。

図3-1 実験施設サンプリング位置

(2) 水質調査

土壌浄化施設の通水速度2.5m/日における水質分析結果を表3-2に示す。表中の平均値は実験期間中に4回水質分析を行った値の平均を示した。

代表的な水質項目について見る、T-P濃度はA-1槽、A-2槽の処理水でそれぞれ0.014mg/l、0.009mg/lと低い値となり除去率においてもそれぞれ84.3%、89.9%となった。

次にSS濃度については両槽とも分析下限値の0.5mg/lまで低下していた。COD濃度はA-1槽、A-2槽の処理水でそれぞれ0.6mg/l、0.7mg/lであった。また、T-N濃度はA-1槽、A-2槽の処理水でそれぞれ0.84mg/l、0.69mg/lであり除去率7.7%、24.2%であった。処理水質は、全般的に通水速度1.5m/日の時とほぼ同等であった。

表3-2 水質分析結果 (土壌浄化施設の通水速度2.5m/日)

項目	前処理水	A-1処理水		A-2処理水	
	平均値	平均値	除去率 (%)	平均値	除去率 (%)
pH	7.0	6.9		7.0	
SS (mg/l)	6.1	0.5	91.8	0.5	91.8
COD (mg/l)	3.2	0.6	81.3	0.7	78.1
S-COD (mg/l)	2.9	0.4	86.2	0.6	79.3
BOD (mg/l)	2.4	1.2	50.0	1.0	58.3
T-P (mg/l)	0.089	0.014	84.3	0.009	89.9
PO4-P (mg/l)	0.076	0.010	86.8	0.007	90.8
T-N (mg/l)	0.91	0.84	7.7	0.69	24.2
色度	18.6	1.5	91.9	1.8	90.3
濁度	5.3	0.5	90.6	0.5	90.6

$$\text{除去率} = (1 - (\text{A-1またはA-2処理水質}) / (\text{前処理水質})) \times 100$$

次に、土壌浄化施設の通水速度5.0m/日における水質分析結果を表3-3 に示す。表中の平均値は実験期間中に4回水質分析を行った値の平均を示した。

代表的な水質項目について見る、T-P濃度はA-1槽、A-2槽の処理水でそれぞれ0.006mg/l、0.008mg/lと低い値となり、除去率においてもそれぞれ93.1%、90.8%となった。

次にSS濃度については両槽とも分析下限値の0.5mg/lまで低下していた。COD濃度はA-1槽、A-2槽の処理水でそれぞれ1.0mg/l、1.4mg/lであった。また、T-N濃度はA-1槽、A-2槽の処理水でそれぞれ1.03mg/l、0.98mg/lであり除去率6.4%、10.9%であった。処理水質は、通水速度1.5m/日、2.5m/日の時と比較しCODの除去率が低下したがT-P、SS等においてはほぼ同等の値であった。

表3-3 水質分析結果（土壌浄化施設の通水速度5.0m/日）

項目	前処理水 平均値	A-1処理水		A-2処理水	
		平均値	除去率(%)	平均値	除去率(%)
pH	7.0	6.8		6.9	
SS (mg/l)	3.5	0.5	85.7	0.5	85.7
COD (mg/l)	3.1	1.0	67.7	1.4	54.8
S-COD (mg/l)	2.7	0.8	70.4	0.8	70.4
BOD (mg/l)	2.2	1.4	36.4	1.2	45.5
T-P (mg/l)	0.087	0.006	93.1	0.008	90.8
PO4-P (mg/l)	0.076	0.003	96.1	0.007	90.8
T-N (mg/l)	1.10	1.03	6.4	0.98	10.9
色度	14.7	1.6	89.1	1.4	90.5
濁度	2.9	0.5	82.8	0.5	82.8

$$\text{除去率} = (1 - (\text{A-1またはA-2処理水質}) / (\text{前処理水質})) \times 100$$

(3) 評価

通水速度2.5m/日、5.0m/日でそれぞれ約1ヶ月間の通水実験を行った。両通水速度において土壌槽への通水が可能であった。

処理水質については、通水速度1.5m/日に比較して、COD除去率が通水速度2.5m/日の場合は同等であったが通水速度5.0m/日の場合は約20%低下した。それ以外についてはほぼ通水速度1.5m/日の場合と同様であり通水速度を5.0m/日まで上昇させても処理水質が極端に悪化しない結果となった。

また、A-1槽とA-2槽の処理水質はほぼ同じで槽構造の違いによる水質の差はほとんど認められなかった。

3.1.2 通水速度5.0m/日での連続通水実験

通水速度2.5m/日、5.0m/日でそれぞれ約1ヶ月間の実験において、通水速度5.0m/日で通水が可能であり処理水質も良好であったので、引き続き通水速度5.0m/日でも実験を継続し水質の経時変化について検討を行った。

(1) 実験条件

実験条件を表3-4に示す。尚、1月12日以降槽内の閉塞の進行により通水速度5.0m/日が維持できなかったため1月12日までのデータを用いて検討を行った。

表3-4 実験条件

実験条件	
実験期間	9月22日～1月12日
前処理	滞留時間 : 2時間 通水速度 : 12.5m ³ /h・水路 水面積負荷 : 6.8m ³ /m ² ・日
土壌浄化実験施設 (A-1、A-2)	通水速度 : 5.0m/日

実験においては、図3-1に示した地点で定期的にサンプリングを実施した。

(2) 水質調査

約4ヶ月の実験期間中の水質分析結果の内、SS、T-P、CODおよびT-Nの経時変化について示す。

・SS

SSの経時変化を図3-2に示す。

A-1処理水は実験期間後半にSS濃度1.0mg/l程度まで上昇が認められた。一方A-2処理水は、分析下限値の0.5mg/lで安定していた。これは、槽構造が、A-2槽は上部に砂の層が敷設してあり砂層でSSの多くが捕捉されたために処理水のSS濃度は低く安定したと考えられる。一方、A-1槽には砂層のように粒度の細かい層がないためにある程度の通水期間を経過すると槽内でSSが十分に捕捉できず処理水のSS濃度が上昇してきたかまたは、槽内の赤玉土の粒子が流出したものと考えられる。

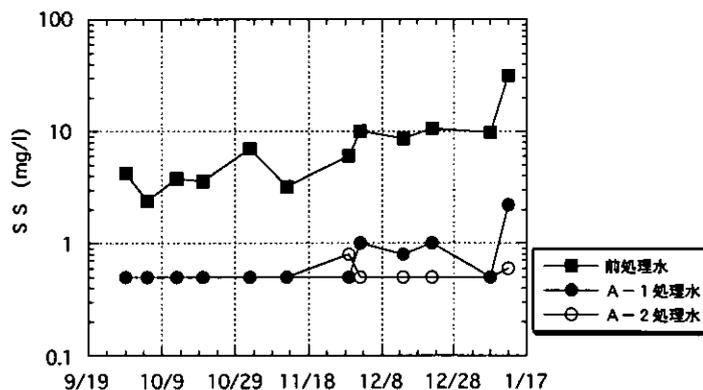


図3-2 SSの経時変化

・T-P

T-Pの経時変化を図3-3に示す。

T-Pは実験期間中A-1処理水、A-2処理水ともに0.04mg/l以下で推移した。通水速度5.0m/日でも土壌浄化施設が十分対応できる結果となった。しかし、処理水のT-P濃度の推移を見ると5m/日での通水開始後約2ヶ月までは0.01mg/l以下と非常に低濃度で推移しているが2ヶ月以後は0.01～0.02mg/l程度の値となり徐々にではあるが上昇傾向が認められた。

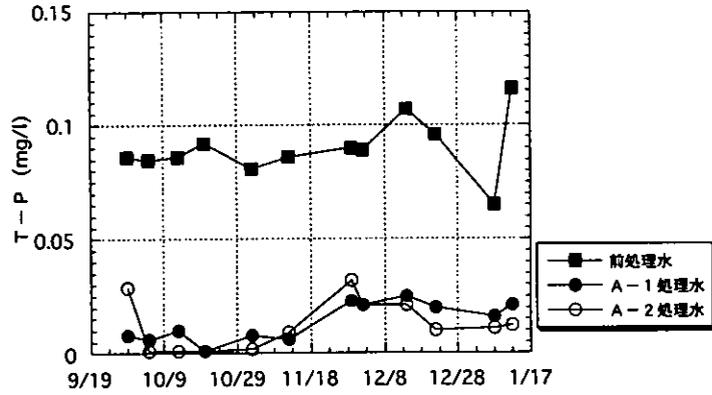


図3-3 T-Pの経時変化

・COD

CODの経時変化を図3-4に示す。

処理水のCODは、ほぼ2mg/l以下で推移した。また、A-1処理水とA-2処理水に大きな差はなかった。

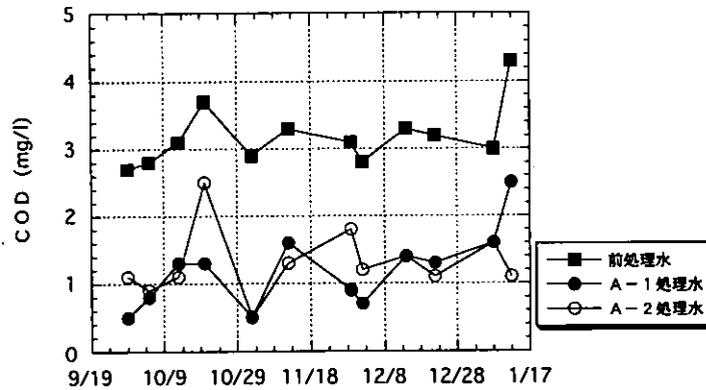


図3-4 CODの経時変化

・T-N

T-Nの経時変化を図3-5に示す。

グラフからわかるようにT-Nの除去率はA-1処理水、A-2処理水ともに非常に低かった。実験期間中のA-1処理水、A-2処理水でのT-N除去率はそれぞれ6.8%、12.8%であった。

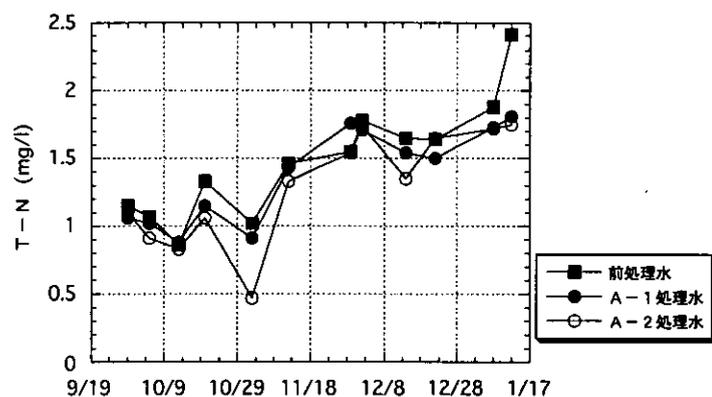


図3-5 T-Nの経時変化

表3-5に通水速度5m/日で通水を行った時の各水質分析項目の平均値および前処理水に対する除去率を示した。約4ヶ月間の連続通水実験を行ったが、A-1槽、A-2槽とも水質が極端に悪化する現象は認められなかった。水質面からは通水速度5m/日での連続通水が可能と考えられる結果が得られた。しかし、4ヶ月間の実験期間中に土壌層の閉塞傾向が認められた。水質の悪化より閉塞現象が早く発生し5m/日での連続通水ができなくなった。土壌層の閉塞については後段で述べる。

表3-5 通水速度5m/日における水質 (9月22日～1月12日)

項目	前処理水	A-1中間水		A-1処理水		A-2中間水		A-2処理水	
	平均値	平均値	除去率 (%)						
pH	7.0	7.0		6.9		6.9		6.9	
SS (mg/l)	8.4	6.0	28.6	0.8	90.5	0.9	89.3	0.5	94.0
COD (mg/l)	3.2	2.7	15.6	1.2	62.5	1.6	50.0	1.3	59.4
S-COD (mg/l)	2.8	2.1	25.0	1.0	64.3	1.3	53.6	0.9	67.9
BOD (mg/l)	2.3	1.9	17.4	1.3	43.5	1.3	43.5	1.1	52.2
T-P (mg/l)	0.090	0.064	28.9	0.014	84.4	0.017	81.1	0.013	85.6
PO4-P (mg/l)	0.068	0.057	16.2	0.010	85.3	0.012	82.4	0.008	88.2
T-N (mg/l)	1.48	1.47	0.7	1.38	6.8	1.35	8.8	1.29	12.8
色度	22.6	13.4	40.7	3.0	86.7	3.9	82.7	2.4	89.4
濁度	8.0	4.1	48.8	0.8	90.0	0.8	90.0	0.6	92.5

3.2 ヨシ植生による前処理水質

3.2.1 水質調査

(1) 実験条件

河川水中の浮遊物質 (SS) を除去することを目的とした前処理について本年度は水路にヨシを植えた植生浄化方法について検討を行った。表3-6に示すように滞留時間2、3時間でそれぞれ連続運転実験を行った。

表3-6 実験条件

項目		実験条件	
実験期間		'99年9月22日～'00年1月12日	99年8月23日～9月21日 '00年1月13日～2月2日
前処理条件	滞留時間	2時間	3時間
	通水量	12.5 m ³ /h・水路	8.3 m ³ /h・水路
	水面積負荷	6.8 m ³ /m ² /日	4.5 m ³ /m ² /日
	ヨシ栽植密度	150本/m ²	150本/m ²
前処理水		土壌浄化施設へ (通水速度：5.0m/日)	土壌浄化施設へ (通水速度：2.5m/日)

(2) 水質調査

滞留時間3時間条件で6回、滞留時間2時間条件で12回、それぞれ原水と前処理水を採水し水質を調査した。各実験条件の平均値を表3-7に示す。

各実験条件において、SS、有機物、リンおよび窒素等が多少なりとも除去されており、滞留時間2時間よりも3時間の方が除去率が高い傾向がみられた。特にSSについては、滞留時間3時間では、連続運転においても前処理水平均SS濃度は8mg/l以下であった。

表3-7 滞留時間、水面積負荷と前処理水質の関係（平均値）

項目	滞留時間2時間（水面積負荷6.8m ³ /m ² ・日）			滞留時間3時間（水面積負荷4.5m ³ /m ² ・日）		
	原水	前処理水		原水	前処理水	
		平均値	除去率（%）		平均値	除去率（%）
pH	7.1	7.0	—	6.9	6.9	—
SS (mg/l)	11.9	8.4	29.4	16.2	7.5	53.7
COD (mg/l)	3.3	3.2	3.0	4.6	3.4	26.1
S-COD (mg/l)	2.8	2.8	0.0	3.9	3.0	23.1
BOD (mg/l)	2.7	2.3	14.8	2.7	2.3	14.8
T-P (mg/l)	0.098	0.090	8.2	0.120	0.090	25.0
PO4-P (mg/l)	0.077	0.068	11.7	0.091	0.076	16.5
T-N (mg/l)	1.53	1.48	3.3	1.41	1.34	5.0
色度	25.9	22.6	12.7	28.3	21.3	24.7
濁度	10.3	8.0	22.3	10.0	6.8	32.0

(3) SS除去特性

図3-6に原水のSS濃度とSS除去率の関係を示した。この図からは、滞留時間2時間と3時間の違いは分かりにくいですが、4時間のデータと比較すると、滞留時間の長い方がSS除去率が高くなる傾向が見られる。（滞留時間4時間のデータは99年8月2～7日に調査した。）

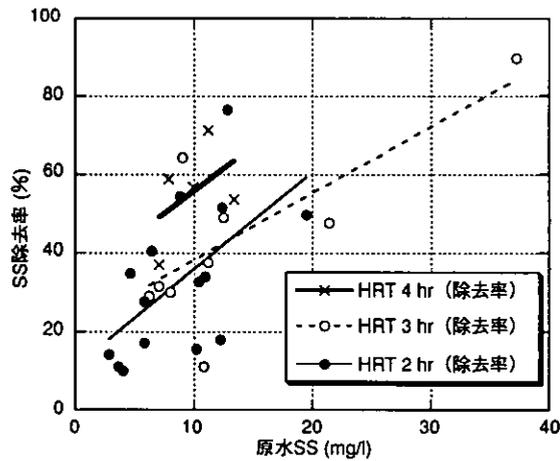


図3-6 原水SS濃度とSS除去率の関係

次に原水のSS濃度と除去率の関係で分かりにくかった滞留時間2時間と3時間の違いを、SS粒度分布で解析した。結果を図3-7に示す。この図によると、粒度5~10 μ mのSS粒子について両者の明確な違いがみられた。すなわち、滞留時間2時間ではほとんど除去されないのに対し、3時間では30%程度除去されていた。昨年度実施の球状繊維ろ材を用いた高速ろ過でも粒度5~10 μ mのSS粒子が除去されていることから、滞留時間3時間以上（水面積負荷4.5m³/m²/日以下）の条件がヨシを用いた前処理施設にとって必要であると考えられる。

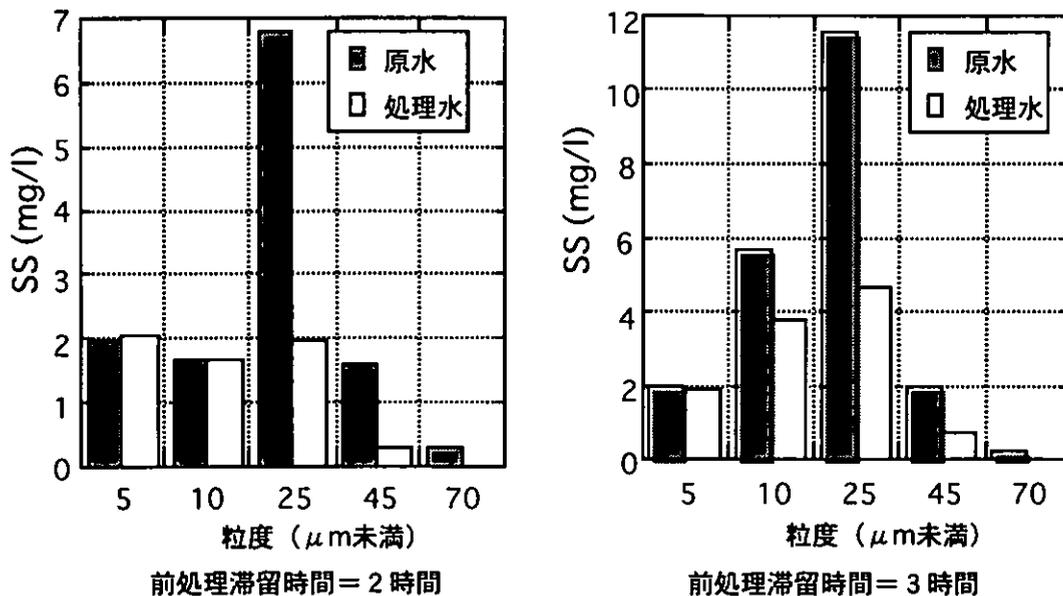


図3-7 滞留時間とSS粒度分布の関係

(4) SS流入量

流入SS量から前処理施設（水路）内のSS堆積量の試算値を表3-8にまとめた。本実験施設においては、汚泥抜き取り等のメンテナンスを一切しない状態で、少なくとも約340kgのSSの堆積までは運転可能であった。

また、堆積汚泥層厚さを測定したところ約0.17m（水路6カ所の平均値）であったため、水深0.52mに対して少なくとも約0.17mまではSS堆積量として許容されることが考えられる。なお、水路内の堆積領域（44m²×2水路）を考慮すると本実験期間中に堆積した汚泥は約15m³、汚泥濃度は平均で約2.3%であると推定された。

表3-8 前処理施設SS流入量

前提条件	通水速度	400m ³ /日	600m ³ /日
	通水日数	30日 (400m ³ /日)	113日 (600m ³ /日)
	流入水SS平均濃度	16.2mg/l (400m ³ /日)	11.9mg/l (600m ³ /日)
	処理水SS平均濃度	7.5mg/l (400m ³ /日)	8.4mg/l (600m ³ /日)
試算値	前処理施設 (水路) SS堆積量	342kg	

3.2.2 前処理方法の比較

土壌浄化実験施設における前処理施設の意義は、土壌層へのSS流入を極力防ぎ、土壌層の目詰まりを防止することであり、単に処理水質を向上させるためだけではなく、施設維持管理方法の一環としてとらえることができる。今年度検討しているヨシによる前処理性能を昨年度まで検討した前処理方法と比較して表3-9に示した。

この表によると、ヨシを用いた前処理方法は比較的良好であると考えられる。ただし、実験期間中の原水SS濃度が低く推移し、SS濃度20mg/l以上の高負荷時のデータがほとんど取れなかったため、高負荷時のSS除去効果が直接確認できなかった。

表3-9 前処理方法の比較

前処理方法	平均SS濃度 (mg/l)		平均SS 除去率 (%)	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	備考
	原水	処理水			
マット状繊維ろ材を用いたろ過*	17.8	8.4	53	950	維持管理が難しい (1月に数回程度のろ材交換必要)
礫を用いたろ過**	23	13.6	41	950	維持管理が難しい (1週間に1回程度の礫交換必要)
球状繊維ろ材を用いたろ過***	16.7	8.5	49	500	増水時などSS負荷や濁度が高い場合はSS負荷調整用の対策が必要
ヨシによる接触沈殿****	16.2	7.5	54	4.5	高負荷時のデータ数が少ない

* 導水路にサイズ500×500×50mmのマット状繊維ろ材 (空隙率約93%) を敷き詰めたもの

** 導水路に粒径2.5~5.0mm程度の碎石を敷き詰めたもの

*** 前処理ろ過器 (W600×L600×H1,650mm) に球状繊維ろ材 (φ30~35mm程度、空隙率90%以上) を詰めたもの

**** 水路型浄化実験施設 (W2,000×L24,000×H900mm) にマット工法によるヨシ (約150本/m²) を21m区間敷き詰めたもの

7号単粒度碎石を用いたろ過を除くとSS除去性能はほぼ同等であるが、施設規模、維持管理性および負荷変動対応等の点で相違がみられる。以下に、各前処理方法について詳細を述べる。

(1) マット状繊維ろ材を用いたろ過について (97年度実施)

通水2週間程度経過後には、マット前後に水位差が生じるほど目詰まりが発生していた。したがって1ヶ月に1~数回のマットの交換が必要になる。このことから、前処理施設としてマット状繊維ろ材を用いることは、維持管理面では現実的ではないと判断した。

(2) 7号単粒度碎石を用いたろ過について (98年度実施)

通水1週間後の礫の状況を観察すると、SS (汚泥) が礫のろ層末端からリークしており、礫層末端のSS捕捉量がほぼ飽和状態になっていたことから、1週間ごとに礫をダンパー車等で引き抜いて礫の交換あるいは洗浄をしなければならないと考えられた。このこと

から、前処理施設として7号単粒度碎石を用いることは、土壤浄化施設の浸透礫の場合とは異なり、維持管理面では現実的ではないと判断した。

(3) 球状繊維性ろ材から構成される高速ろ過について (98年度実施)

本検討では自動洗浄等の省メンテナンス運転が可能な球状繊維製ろ材を用いた。ろ過を継続してろ層の閉塞が起これると、ろ層の復帰(ろ材の洗浄)は、ろ材を交換したりダンパー車等で引き抜いたりすることなく、本ろ過装置の下部に設置してある散気筒から噴き出す空気と処理原水あるいはろ過水による逆洗によって簡易に行うことができるという利点がある。連続運転では、ろ過速度900m/日のとき、1日1回のみ逆洗でろ層を回復させた。なお、ろ層閉塞による損失水頭は、ろ過継続1日で最大でも200mm程度であった。

SS除去性能については、高負荷時では除去率が低下し、ろ過層の閉塞も早く起こってしまう。河川水は大雨、台風、強風など天候等により水質・水量が大きく変動するため、高濁水の流入時には前処理施設を含めた土壤浄化施設への流入を停止することが望ましい。

しかしながら、多少の高負荷時を想定して、変動の多い河川水にも対応できる前処理施設の検討が必要となってくると考えられる。具体的には、沈殿法とろ過法の組合せ等により、変動を吸収する手段等が必要である。

(4) ヨシを用いた沈殿分離について (本年度実施)

ヨシを用いた前処理方法は比較的良好であると考えられる。ただし、実験期間中の原水SS濃度が低く推移し、SS濃度20mg/l以上の高負荷時のデータがほとんど取れなかったため、高負荷時のSS除去効果が直接確認できなかった。しかし、原水SS濃度約40mg/lに対する処理水SS濃度4mg/l以下というデータがあることから、SS負荷変動にも対応できる見通しはあると考えられる。

3.3 土壤浄化施設のろ材観察

土壤層内の閉塞状況およびろ材の変化について調査を行い土壤浄化施設に適した槽構造および維持管理方法について検討を行った。

3.3.1 損失水頭

損失水頭は槽内の閉塞の進行にともなって上昇するので閉塞状況を調べる一つの方法として定期的にA-1槽、A-2槽の損失水頭を測定した。

図3-8にA-1槽、A-2槽の損失水頭の経時変化を示す。

A-1槽では槽内の水位を上部碎石層内に設定しているが槽内の閉塞が進行すると水位が上昇する。この場合、水位を設定値に調整するために処理水の水位を低下させる方法で行った。図に示す損失水頭の値は、処理水の初期水位を基準としてその水位低下量で示した。通水開始後約3ヶ月間(通水速度2.5m/日:1ヶ月間、通水速度5.0m/日:2ヶ月)の損失水頭は20cm程度で安定しているが、3ヶ月以降急激に上昇し5ヶ月目に損失水頭125cm以上となり本実験施設においては通水速度5.0m/日での通水が不可能となった。

A-2槽は、設定水位を上部砂層より約20cm上にしてある。損失水頭はこの水深の変化で示した。通水開始後約1ヶ月(通水速度2.5m/日:1ヶ月)後から徐々に上昇をし通水開始後3ヶ月(通水速度2.5m/日:1ヶ月間、通水速度5.0m/日:2ヶ月)で損失水頭は約60cmとなった。この時点で流入SSが堆積している砂層の表面約1.0cmをかき取った(図内矢印部分)。この処理によって損失水頭はほぼ初期の値となり閉塞が回復した。このことから、通水抵抗が生じていたのは砂層表面であることがわかった。また、第1回の砂層表面のかき取りから約1ヶ月で損失水頭が40cm上昇した。

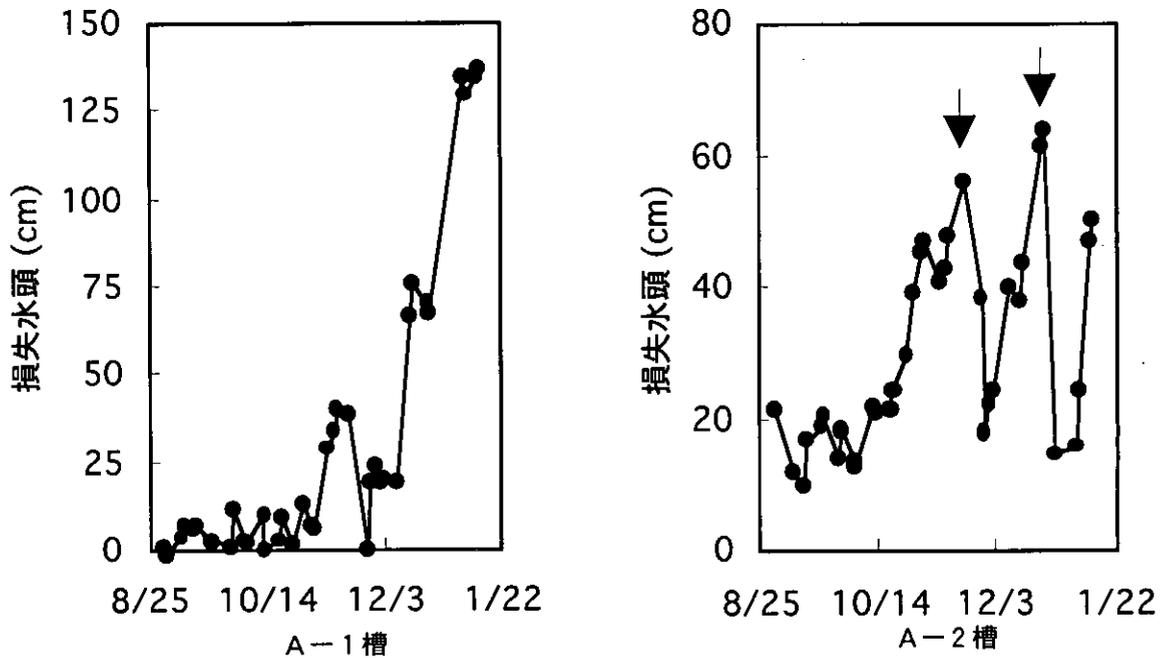


図3-8 損失水頭の経時変化

3.3.2 S S 流入量

表3-10 に土壌浄化施設へのS S 流入量の試算値を示した。

A-1 槽については実験開始から閉塞にいたるまでのS S 流入量の試算値である。通水速度5.0m/日が維持できなくなるまでに槽内に約280kgのS S が堆積していたことがわかった。

A-1 槽は上部碎石の粒径を大きくし、また槽内水位を碎石層内の給水配管のレベルにすることによりS S が局部的に堆積しないようにし槽全体でS S を捕捉することにより閉塞までのS S 堆積量を増加できるように考えた。しかし、今回のS S 堆積量の試算値283kgと97年度の260kg/年（通水速度：1.5m/日）を比較するとほとんど変わらない。このことより今回行った槽構造の変更では槽内でのS S 保持量の増加はできなかった。

次にA-2 槽は第1回砂層かき取りから第2回砂層かき取りまでの流入S S 量の試算値を表3-10 に示した。槽内堆積S S 量が78kg程度になると砂層表面がS S の堆積で閉塞することがわかる。

表3-10 S S 流入量

		A-1 槽		A-2 槽
前提条件	通水速度	2.5m/日	5.0m/日	5.0m/日
	通水日数	143日 (2.5m/日：30日 5.0m/日：113日)		34日
	流入水S S 平均濃度	6.1mg/l (2.5m/日)	8.4mg/l (5.0m/日)	8.4mg/l
	処理水S S 平均濃度	0.5mg/l (2.5m/日)	0.8mg/l (5.0m/日)	0.8mg/l
試算値	槽内S S 堆積量	283kg		78kg

3.3.3 槽内観察

A-1 槽、A-2 槽ですべての通水実験終了後、両槽の土壌層内をそれぞれ1ヶ所掘削し槽内の観察を実施した。その内容を次に示す。

- ・ A-1 槽上部碎石層

昨年度までと比較し今回の槽内観察では給水配管の給水孔周辺へのSSの堆積が軽減されていた。

・ A-1 槽赤玉土層

層上部、層下部のいずれにおいても土壌粒が確認され閉塞の発生などは目視では確認できなかった。

・ A-2 槽上部砂層

砂層表面全体は藻類で覆われ緑色になり、その下部1~2mmの砂層が茶色に褐変していた。この褐色部分にSSが堆積しているものと考えられる。

・ A-2 槽赤玉土層

層上部、層下部のいずれにおいても土壌粒が確認され閉塞の発生などは目視では確認できなかった。

3.3.4 赤玉土のリン吸収量

ここでは、土壌浄化施設のSS等による目詰まりとは別に、リン吸着容量が破過していないかどうかを検討した。

A-1 槽、A-2 槽においてすべての通水実験終了後、土壌層上部（赤玉土表層0~25cm）および下部（赤玉土表層80~100cm）の土壌を採取し、それらについてリン吸収量を測定し、土壌層上部と下部とを比較検討した。A-1 槽、A-2 槽における赤玉土のリン吸収量の測定結果を表3-11に示す。

この結果によると、A-1 槽、A-2 槽とも、土壌層下部に比較して土壌層上部のリン吸収増加量が大きくなっていった。このことは、赤玉土から構成される土壌層においては、本実験期間内ではリン吸着の大部分が上部で完了していること、さらに、槽内全体のリン吸着容量（吸着寿命）にまだかなり余裕があることを示していると考えられる。

表3-11 赤玉土のリン吸収量

(単位：P-g/ろ材-kg)

	A-1 槽		A-2 槽	
	土壌層上部 (0~25cm)	土壌層下部 (80~100cm)	土壌層上部 (0~25cm)	土壌層下部 (80~100cm)
実験開始前 (99年2月18日)	0.475	0.447	0.394	0.409
実験終了後 (00年2月7日)	0.608	0.467	0.581	0.453
リン吸収増加量	0.133	0.020	0.187	0.044

3.3.5 評価

土壌浄化施設のろ材の観察結果から土壌浄化施設槽構造について考察を行う。今回の実験では土壌浄化槽の表面構造を碎石（粒径13~20mm）（A-1 槽）と砂（粒径0.4~0.8mm）（A-2 槽）について行ったが、昨年度まで実験を行った土壌浄化槽の表面構造を碎石（粒径2.5~5.0mm）としたものも加えて比較を行った。処理水質については3方法ともほぼ同様であるため、閉塞の状況およびメンテナンス性について比較した。各土壌浄化槽表面構造について述べる。

①砂

長所：SS成分のほぼ全量が表面の砂層で捕捉できるため、赤玉土層の閉塞は発生し難い。

表面砂層が閉塞した場合の回復方法が砂層表面のかき取りであるため作業性が良い。

短所：SS堆積部分が砂層表面にほぼ限定されるためSSの保持可能量が少なく閉塞回復作業が頻発する。
土壤浄化施設表面が水面で覆われるため、夏場等に緑藻や虫（ボウフラ、カ等）の発生が懸念される。

②碎石（粒径：2.5～5.0mm）

長所：SS成分の多くは碎石層中の給水配管周囲で捕捉されるため閉塞した場合、給水配管周辺の碎石の攪拌または入れ替えで閉塞の回復が可能である。
土壤浄化施設表面が碎石で覆われており、日常的なメンテナンスはほとんど必要ない。

短所：閉塞の回復工事が砂層に比較し作業量が多い。

③碎石（粒径13～20mm）

長所：槽表面が粒径の大きな碎石で構成されているため通水抵抗が低く高速通水が可能である。

閉塞までの槽内へのSS堆積量が3つの中で最も多い。

短所：閉塞が発生した場合回復が困難であり槽内の赤玉土壌の入れ替えが必要となる。

以上、各土壤浄化施設の表面構造について検討を行った結果、通水速度が2.5m/日および5.0m/日の場合土壤浄化槽の表面構造は通水性の良い砂層が適しており、通水速度1.5m/日の場合は土壤浄化槽の表面構造は約1年間メンテナンスフリーで使用できる碎石（粒径2.5～5.0mm）が適していると考えられた。

3.4 施設維持管理方法の検討

土壤浄化施設の維持管理方法の要点は、処理水質の維持はもちろんであるが槽内の良好な通水性の維持が重要である。ここでは、本年度実験を行ったA-1槽、A-2槽の内A-2槽の槽構造の場合の維持管理方法について述べる。A-1槽については実施化を考慮した場合、槽構造として実施が困難と判断されたため除外した。

3.4.1 閉塞発生ヶ所

槽表面を砂層（粒径0.4～0.8mm）で敷設してあるA-2槽においては、槽内の閉塞は砂層の表面で発生していた。これは次の2点から推定した。

第1に砂層表面を目視により観察を行ったところ砂層の表面2～3mmが茶褐色に変色した層があり、またその上を緑藻が覆っていたこと。第2に閉塞が発生した時に砂層表面をかき取ることにより閉塞が回復したことである。

3.4.2 SS堆積量

今回の実験においてA-2槽の閉塞に至るまでの槽内SS堆積量は約1.3kg/m²となった。この値は、大まかな目安にはなるが流入水質、SSの性状（含有有機物量、粒径）および水温等によって異なってくると考えられる。藻類の生育に適した水質や水温の場合二次的に砂層表面付近で藻類などが増殖し閉塞を早めることが考えられる。

3.4.3 損失水頭上昇時の処置

SSの堆積により槽内の通水抵抗が上昇すると槽表面の水位が上昇する。このように計画水位の範囲以上に上昇する場合の処置としては図3-9に示すように処理水の水位を低下することによって計画水位を保持することができる。

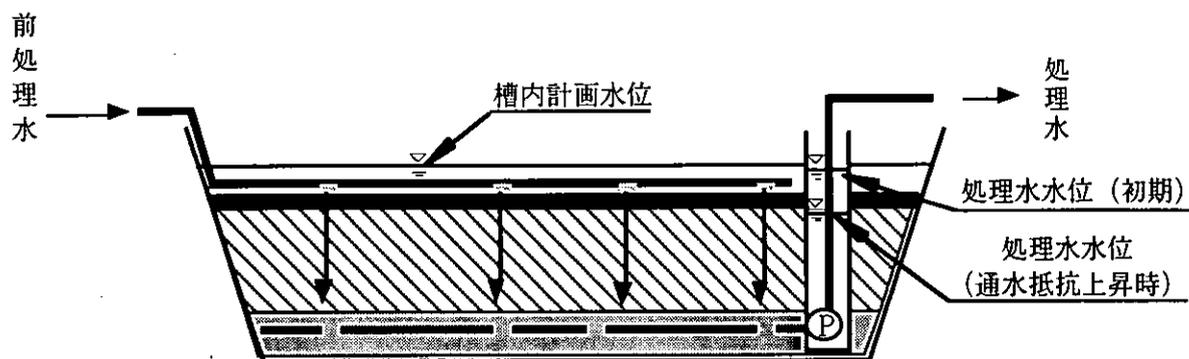


図3-9 通水抵抗上昇時の処理水水位

3.4.4 閉塞時の回復方法

槽内の閉塞により処理水量の維持ができなくなった場合は、槽内の回復作業が必要となる。その実施方法について述べる。

槽表面を砂層で敷設してある槽構造においては、先に述べたようにSSの大半は砂層表面に堆積する。このため回復方法としては砂層表面のかき取りを行う方法が最も効率的と考えられる。作業にあたっては事前に通水を停止し、処理水の水位を低下させ2~3日砂層を乾燥させることによって作業が容易になる。

以上のような回復作業を行うことによって処理水量の維持が可能と考えられる。また砂層の最低必要層厚については実験では確認できていないが砂層の目視観察の結果SS堆積部分が上部数mmであることより、最低50mm程度の砂層があれば充分と考えられる。

3.5 通水可能速度および最適な槽構造

3.5.1 通水可能速度

土壌浄化施設の通水速度を1.5m/日、2.5m/日、5.0m/日と変化させ実験を行った。その結果どの通水速度においても良好なほぼ同レベルの処理水質となることがわかった。この結果からは通水可能速度は5.0m/日と考えられる。

しかし実装置規模を想定した場合、土壌層の閉塞回復工事が頻繁に発生するため現実的には定常的に通水速度5.0m/日を維持することは難しいと推測される。実装置規模の場合には通水速度をより低速にした方が安定的な運転が可能であり、通水速度1.5m/日程度であれば定常運転が可能と推測される。

3.5.2 最適な槽構造

これまでの実験により槽構造の違いが処理水質にほとんど影響しないことがわかった。槽構造を決定する要因は通水抵抗および閉塞時のメンテナンス性と考えられる。すなわち、通水速度を上げるためには通水抵抗の低い槽構造が望まれ、また槽内が閉塞した場合にメンテナンスが行いやすい槽構造をしていることが望まれる。

図3-10 にこれまで実験を行った槽構造として3種類の槽構造を示した。これら3種類の槽構造について述べる。

【槽構造1】

槽の表面に粒径13~20mmの碎石を敷設してあり通水抵抗が低いのが特徴である。今回の実験で葉山川程度の水質の場合槽内の赤玉土が吸着破過するより早く閉塞してしまうことがわかった。槽全体にSSを堆積できるため閉塞にいたるまでの槽内SS保持量が多くなることを期待したが、槽内SS保持量は期待ほど増加しなかった。この槽構造の場合SSの堆積が槽内全体であるため閉塞の回復が困難である。閉塞の回復が困難であることは土壌浄化施設としては非常に使用し辛いいため実施設を想定した場合、槽構造1は不適格と考えられる。

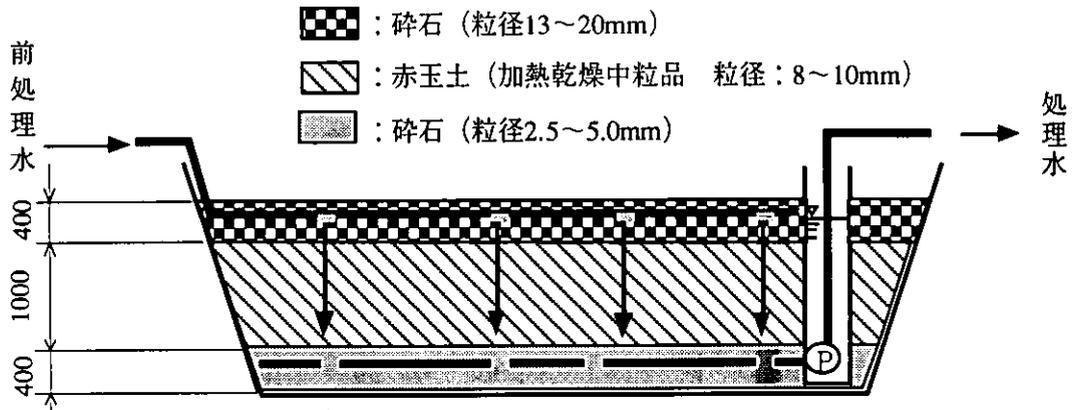
【槽構造2】

槽の表面に粒径2.5～5.0mmの碎石を敷設してあり、SSの堆積は主に給水配管の給水孔部分である。このため、ある程度SSが堆積すると通水抵抗が高くなってくる。このような特性があるため高速通水（2.5m/日、5.0m/日）には不向きである。しかし、通水速度1.5m/日以下であれば約1年の連続通水が可能であることが確認できている。また閉塞が発生した場合、給水配管周辺部の碎石の攪拌または入れ替えで回復が可能である。

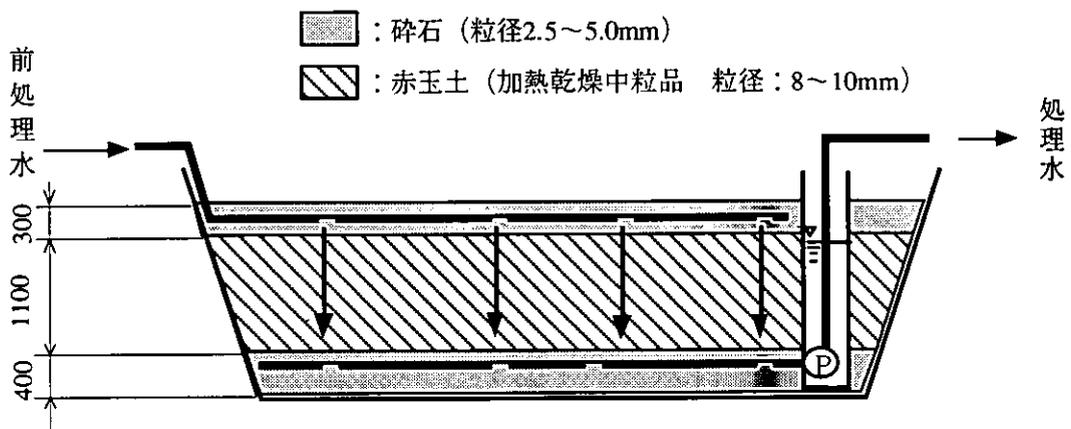
【槽構造3】

槽の表面に砂を敷設してあり槽内水位を砂層の表面より上方約200mmに設定してあるこの槽構造は通水抵抗が低いこと、また表面の砂層部分で発生した閉塞の回復が容易であることが特徴である。このため、高速通水（2.5m/日、5.0m/日）に適している。しかし、この構造は槽の表面を水で覆われるため気温の高い時期に緑藻の発生やカ、ボウフラ等の発生が懸念される。また、高速通水（2.5m/日、5.0m/日）の場合砂層の閉塞の頻度が高いのも維持管理の面で問題を残す。

【槽構造 1】



【槽構造 2】



【槽構造 3】

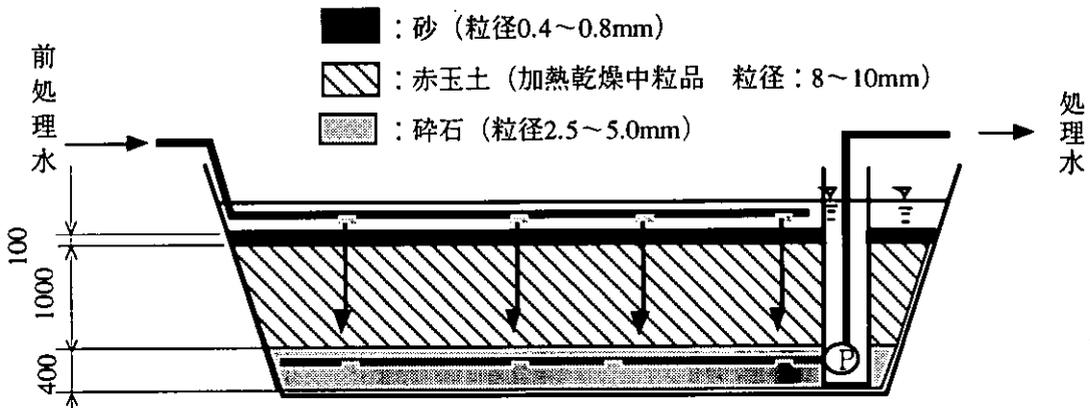


図3-10 3種類の槽構造

以上のように3種類の槽構造について述べたが、通水速度に合わせて槽構造2と3を使い分けることによって対応が可能と考えられた。

4. おわりに

本年度までの土壌浄化実験設備における実験において設備の処理性能、維持管理方法等について一定の知見が得られた。今後さらに土壌浄化施設による水質浄化技術を向上させるためには以下の様な検討が必要となる。

- 1) 前処理施設
 - ・ヨシによる接触沈殿における高負荷時の水質データ取得
 - ・沈殿堆積した汚泥の利用方法の検討
- 2) 土壌浄化施設
 - ・長期運転における維持管理性の評価およびリン吸着総容量の把握
 - ・リン吸着破過した赤玉土の利用方法の検討

実験担当者

建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所	水質調査課課長	春木二三男
	水質調査課開発調整係長	板坂 浩和
財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構	実験センター所長	中山 繁
	実験センター主任研究員	堀野 善司

7. 自然循環方式浄化実験

1. 実験概要

1.1 目的

自然循環方式浄化実験施設は、水田の持つ自然の浄化機能を手本とし、本来自然が持っている物質循環の自然浄化機能を活かし、木炭や枯れ木、石などの自然の素材に加工を施し、生物の定着を促した浄化装置として設計されている。本施設は平成11年4月15日より通水されている。

本実験では、生活排水汚泥排水路を対象として開発実用化されている自然循環方式の、低濃度水（河川水）の浄化及び代掻き期間中に流出する農業排水の浄化能力について調査を行うものである。

1.2 実験施設概要

施設の概略図、槽内寸法及び充填ろ材内容を図1-1、表1-1に示す。

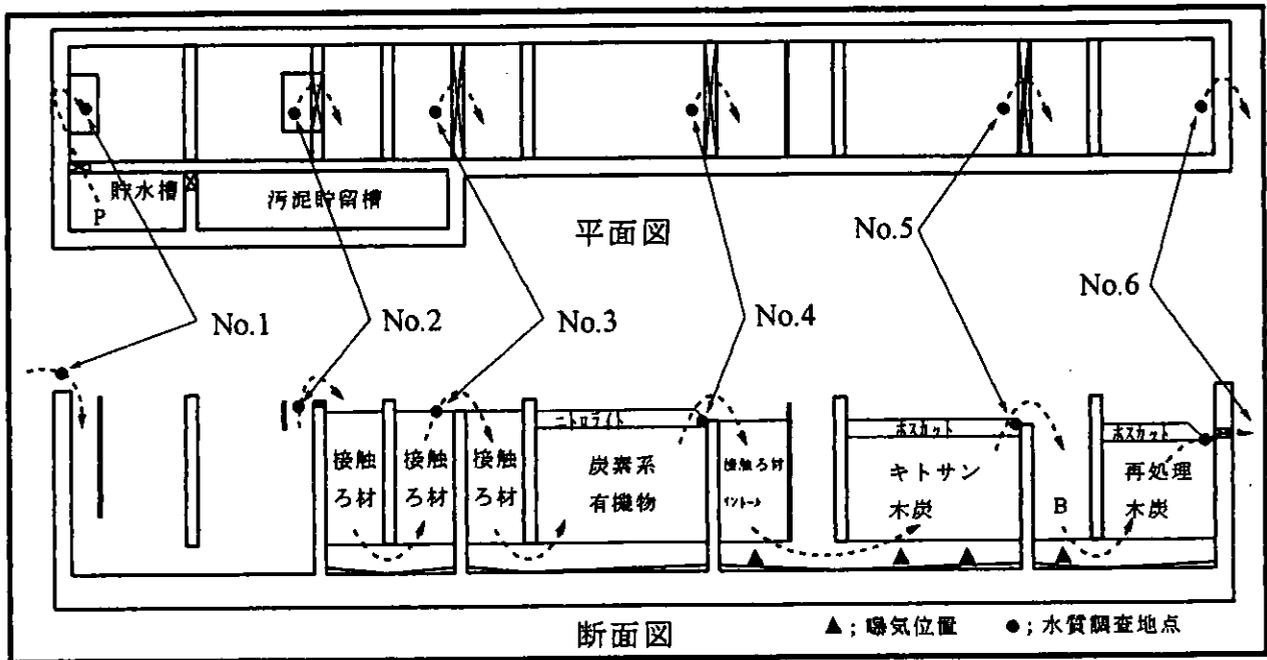


図1-1 施設概略図 (Noは採水地点を示す)

表1-1 槽内寸法、充填濾材内容

各槽名	有効寸法(m)			充填濾材内容
	奥	幅	水深	
沈殿槽	4.0	2.0	2.9	—
接触曝気槽	2.0	2.0	2.8	接触濾材
炭素系有機物槽	4.0	2.0	2.6	接触濾材、炭素系有機物、ゼオライト系鉱物
脱リン槽	2.0	2.0	2.5	鉄系脱リン材
キトサン木炭槽	3.0	2.0	2.5	キトサン木炭、鉱物系破碎整粒体
再処理木炭槽	3.0	2.0	2.3	再処理木炭、ゼオライト系鉱物

2. 実験内容

2.1 代掻き時水質調査

農業排水流出が高負荷となる代掻き期間中（平成11年5月2日～5月5日）にサンプリングを行い、施設の処理性能の検証を行った。なお、処理対象水は、前述期間中の農業排水路水である。

2.1.1 調査項目

(1) 現地測定

水温、気温、pH、電気伝導度、溶存酸素、透視度について、8:30、及び9:00～17:00の間で全地点において毎正時観測を行った。

(2) 水質分析

分析項目は、SS、COD、BOD、T-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、T-P、PO₄-Pの9項目である。サンプリング地点はNa1（流入水）及びNa6（流出水）で、施設の滞留時間を考慮して、調査期間中4日間の8:30、17:00にサンプリングを行った。

2.2 通常調査

低濃度水（河川水）における施設の水質浄化能力の検証を行うため、概ね月1回の頻度で全8回のサンプリングを行った。

2.2.1 調査項目

(1) 現地観測

水温、気温、pH、電気伝導度、溶存酸素、透視度について9:00～17:00の間に全地点において、2時間間隔で測定を行った（各地点毎に5回測定）。

(2) 水質分析

分析項目は、SS、COD、BOD、T-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、T-P、PO₄-Pの9項目である。サンプリング地点はNa1～Na6の全6地点について、現地観測と同様に、2時間間隔でサンプリングを行い、各地点で試料をコンポジット（等量混合）した。

2.3 処理量

自然循環方式浄化施設の処理能力を検証するために、通水開始時から約4ヶ月間（平成11年4月13日～平成11年8月18日）は試験的に50m³/日と設定した。

その後の調査から現在までは100m³/日と設定している。

3. 調査結果

3.1 代掻き時水質調査結果

3.1.1 現地調査結果

表3-1～表3-5に現地測定結果を示す。調査期間中で5月4日早朝から翌日の未明まで降雨があり、表3-1より調査日毎の全地点平均気温を比較すると3～6℃の日変化があった。

表3-2、表3-4よりNa4で、pH及び溶存酸素が低い値を示しているが、これは充填されている炭素系有機物に含まれている酸の溶出が影響しているものと考えられる。表3-3より5月5日の値が若干低いのは降雨による影響だと考えられる。表3-5より、流入水の透視度は3～5程度で濁りがひどく、処理水で処理効果は認められるものの、20～35程度であった。

表3-1 水温・気温測定結果（代掻き時調査）

	調査地点（水温）						気温	天候
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6		
平均（5/2）	17.6	17.5	17.5	17.4	17.0	17.3	20.7	晴
平均（5/3）	19.0	18.7	18.2	18.1	17.7	17.9	22.4	晴
平均（5/4）	17.0	17.3	17.3	17.1	17.1	17.2	16.3	雨
平均（5/5）	17.3	17.3	17.2	17.4	17.5	17.7	19.7	晴
平均*	17.7	17.7	17.6	17.5	17.3	17.5	19.8	—
最大	20.5	19.8	19.2	19.2	18.4	18.5	26.0	—
最小	16.1	16.1	16.2	16.5	16.5	16.8	16.1	—

*は各地点の全データの平均を表す。

表3-2 pH測定結果（代掻き時調査）

	調査地点					
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
平均（5/2）	7.3	7.2	7.2	6.6	7.8	7.9
平均（5/3）	7.2	7.2	7.2	6.6	7.8	7.9
平均（5/4）	7.3	7.3	7.3	6.6	7.8	7.9
平均（5/5）	7.1	7.1	7.2	6.6	7.7	7.9
平均*	7.2	7.2	7.2	6.6	7.8	7.9
最大	7.6	7.5	7.5	7.0	7.9	8.0
最小	7.0	7.0	7.0	6.5	7.5	7.7

*は各地点の全データの平均を表す。

表3-3 電気伝導度測定結果（代掻き時調査）

	調査地点					
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
平均（5/2）	254	261	256	258	275	284
平均（5/3）	240	249	253	260	276	284
平均（5/4）	219	231	237	251	274	279
平均（5/5）	137	146	162	200	243	259
平均*	213	222	227	242	267	276
最大	256	266	259	263	279	291
最小	132	140	150	189	231	252

*は各地点の全データの平均を表す。

表3-4 溶存酸素測定結果（代掻き時調査）

	調査地点					
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
平均 (5/2)	7.9	7.9	8.7	5.3	8.7	6.6
平均 (5/3)	7.7	7.5	8.6	5.0	8.7	7.2
平均 (5/4)	7.9	7.4	8.8	4.1	8.7	6.7
平均 (5/5)	7.9	7.6	8.6	4.6	8.6	7.1
平均*	7.8	7.6	8.7	4.7	8.7	6.9
最大	8.6	8.1	9.2	5.7	9.5	7.6
最小	6.4	7.2	8.3	3.9	8.4	5.8

*は各地点の全データの平均を表す。

表3-5 透視度測定結果（代掻き時調査）

	調査地点					
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
平均 (5/2)	4.7	4.3	5.9	9.6	20.4	35.3
平均 (5/3)	4.2	4.6	5.6	8.3	15.6	21.9
平均 (5/4)	4.8	5.3	6.2	8.5	15.8	26.0
平均 (5/5)	3.0	3.3	3.6	5.1	13.1	20.7
平均*	4.2	4.3	5.3	7.8	16.2	25.9
最大	8.0	5.5	8.5	11.0	27.5	39.0
最小	2.0	3.0	3.0	4.0	10.5	17.0

*は各地点の全データの平均を表す。

3.1.2 水質分析結果

水質分析結果一覧を表3-6、主要な分析結果を図3-1～図3-5に示す。

表3-6 水質分析結果一覧（代掻き時調査）

調査日	時刻	調査地点	SS (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	T-N (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	T-P (mg/l)	PO4-P (mg/l)
99.05.02	08:30	No. 1 (流入水)	36.0	4.8	8.8	4.98	0.48	0.19	1.47	0.34	0.12
	14:00		46.0	4.6	9.7	4.60	0.36	0.19	1.51	0.33	0.10
	17:00		50.0	4.8	9.3	4.45	0.38	0.19	1.49	0.33	0.10
99.05.03	08:30		44.5	4.3	8.6	4.27	0.40	0.18	1.24	0.32	0.11
	17:00		43.0	3.1	9.1	3.63	0.33	0.18	1.24	0.32	0.11
	22:30		52.0	7.0	9.3	4.22	0.23	0.11	1.40	0.37	0.10
99.05.04	08:30		148.0	7.4	12.6	4.80	0.27	0.10	1.12	0.58	0.10
	17:00		76.0	7.2	12.8	4.52	0.20	0.11	1.01	0.36	0.09
99.05.05	08:30		56.0	3.6	8.6	3.72	0.19	0.06	0.70	0.32	0.11
	17:00		91.0	3.3	10.8	5.83	0.52	0.09	0.76	0.44	0.16
99.05.02	08:30	No. 6 (流出水)	6.5	2.2	8.9	1.87	0.03	0.14	1.18	0.08	0.02
	14:00		3.0	2.3	8.2	1.77	0.04	0.12	1.18	0.08	0.02
	17:00		2.0	2.0	8.5	1.84	0.04	0.10	1.10	0.08	0.02
99.05.03	08:30		2.0	2.0	9.1	1.76	0.04	<0.01	1.06	0.08	0.03
	17:00		3.0	2.1	9.2	1.70	0.05	<0.01	1.01	0.08	0.03
	22:30		3.5	2.0	9.1	1.78	0.05	<0.01	0.95	0.09	0.03
99.05.04	08:30		7.0	2.8	8.3	1.60	0.06	<0.01	0.88	0.08	0.02
	17:00		8.5	1.1	10.0	1.74	0.04	<0.01	0.83	0.10	0.03
99.05.05	08:30		7.0	1.4	10.3	1.43	0.03	<0.01	0.61	0.09	0.03
	17:00		4.0	1.7	10.5	1.36	0.05	<0.01	0.51	0.09	0.03
平均		No. 1	64.3	5.0	10.0	4.5	0.34	0.14	1.19	0.37	0.11
平均		No. 6	4.7	2.0	9.2	1.7	0.04	0.12	0.93	0.09	0.03

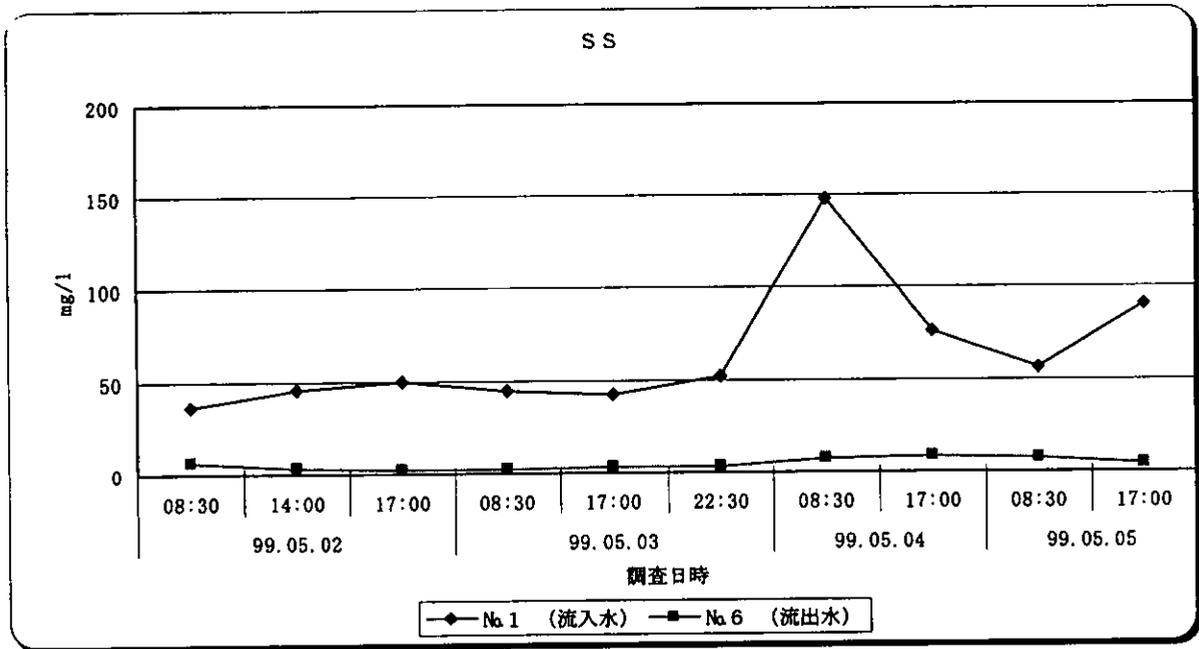


図3-1 SS 経時変化 (代掻き時調査)

(1) SS

流入水濃度は36~148mg/lと変動が大きいですが、流出水濃度は5mg/l前後で安定して除去されていた。流入水濃度が最大値を示した5月4日の滞留時間を考慮(32.5時間後)した流出水濃度(5月5日、17:00)は、4mg/lであった。

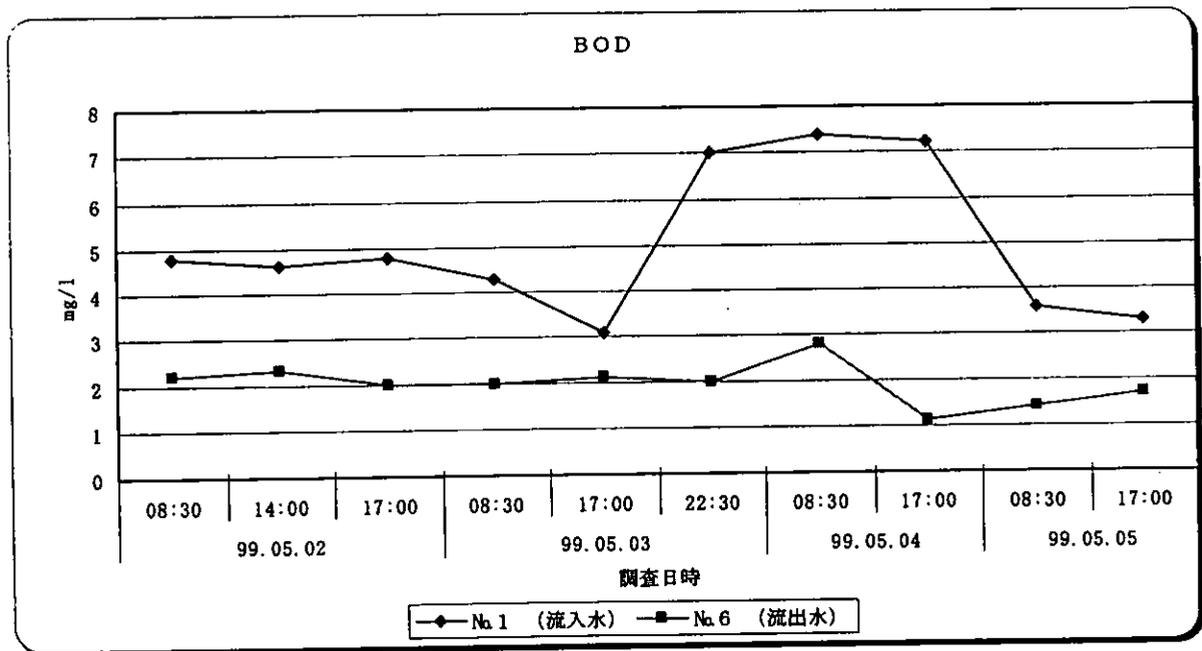


図3-2 BOD 経時変化 (代掻き時調査)

(2) BOD

流入水濃度は3.1~7.4mg/lと変動があるが、SSと同様に流出水濃度は安定して除去されており、その濃度は2mg/l前後であった。

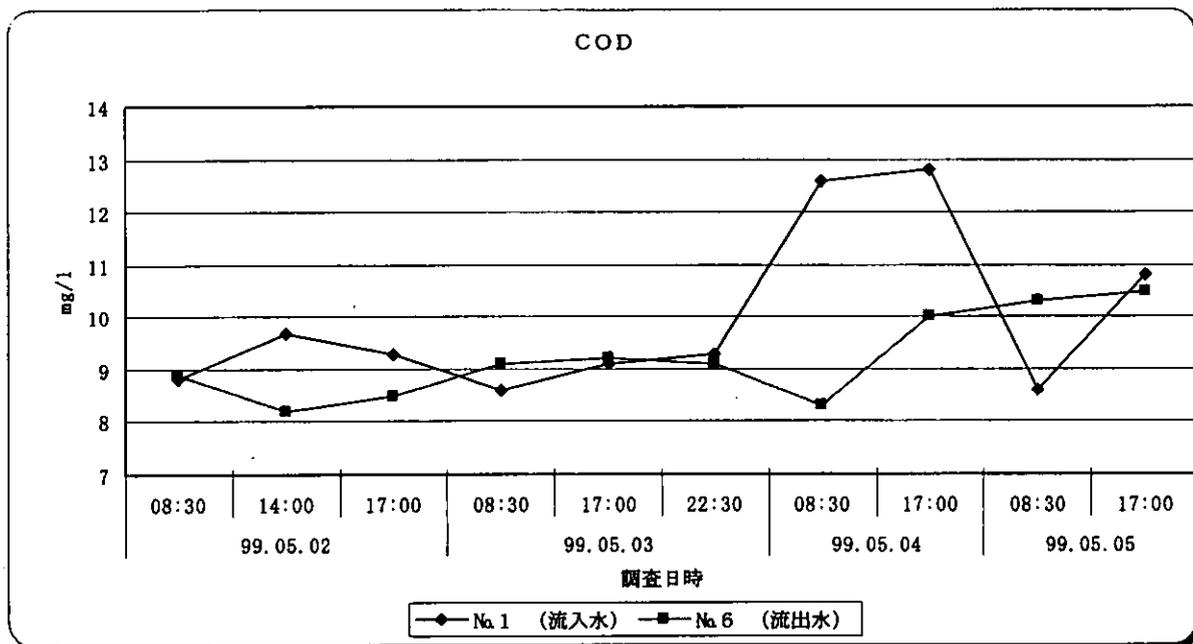


図3-3 COD経時変化 (代掻き時調査)

(3) COD

流入水及び流出水濃度とも全体を通じて8~10mg/lを推移しており、明確な除去効果が現れていない。5月4日の流入水濃度は、13mg/lと非常に高い値を示していた。SSとの相関が高く、懸濁性のものを含んでいたものと考えられる。

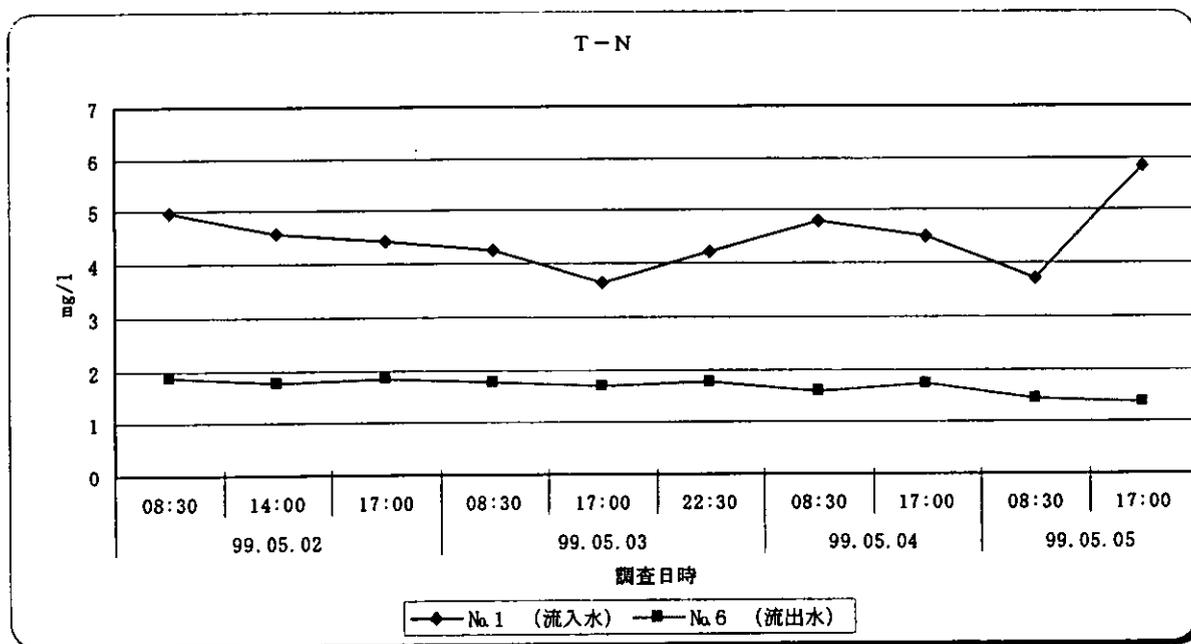


図3-4 T-N経時変化 (代掻き時調査)

(4) T-N

流入水濃度は他の分析項目に比べて変動が大きくなり、5mg/l前後を推移していた。流出水濃度も2mg/lを推移しており、安定して除去されていた。

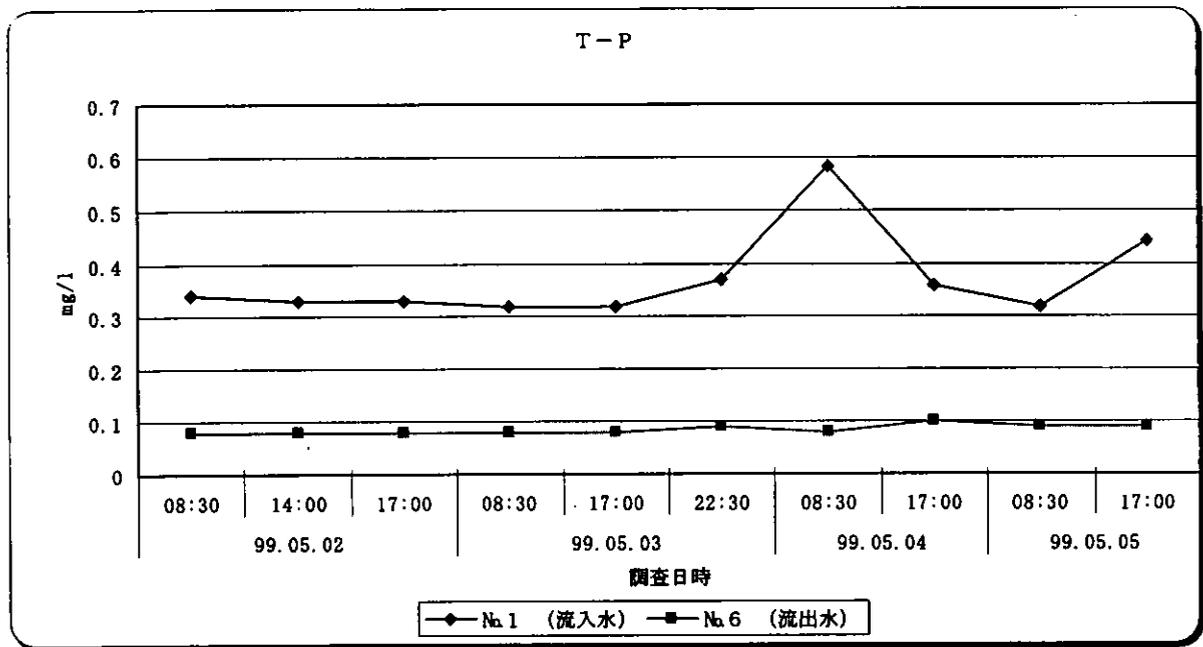


図3-5 T-P経時変化(代掻き時調査)

(5) T-P

流入水濃度はT-Nと同様に変動が大きくなり、概ね0.3~0.4mg/lを推移しており、流出水濃度では0.1mg/lを推移しており安定して除去されていた。

3.2 通常水質調査

3.2.1 現地調査結果

表3-7~表3-11に現地測定結果を示す。表3-7より季節変化による水温変化がみられるが、調査日毎の槽による変化はみられない。表3-8、表3-10よりpH及び溶存酸素が低い値を示しているが、これは代掻き時調査と同様に充填されている炭素系有機物に含まれている酸の溶出が影響しているものと考えられる。表3-9より電気伝導度は調査開始から徐々に高い値を示し、平成12年3月1日調査の流入水で、最大値569 μ S/cmを示した。表3-11より透視度は、代掻き調査時のような濁りはなく、流出水では全測定において透視度50以上を示した。

表3-7 気温・水温測定結果(通常調査)

調査日	気温(°C)						水温(°C)			天候
	調査地点						平均	最大	最小	
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6				
99.06.29	22.2	22.5	22.4	22.5	22.2	22.1	23.2	23.6	22.8	雨
99.07.30	29.0	28.3	28.2	28.0	28.2	28.2	33.6	36.1	31.7	晴
99.08.23	27.9	27.6	27.6	27.5	27.4	27.7	31.2	33.5	29.0	晴
99.09.28	25.6	25.3	25.3	25.5	25.7	26.0	28.6	31.0	26.0	晴
99.10.27	16.3	16.4	16.3	16.2	16.3	16.3	14.5	15.0	13.5	雨
99.11.29	9.8	9.5	9.5	9.8	10.1	10.4	9.9	11.5	7.7	晴
99.12.17	8.8	8.5	8.6	8.7	8.9	9.2	10.8	13.0	9.0	晴
00.01.31	5.9	5.7	5.7	6.0	6.2	6.3	3.8	4.8	1.6	くもり
00.03.01	7.4	6.6	6.5	6.5	6.6	6.7	6.3	8.0	4.3	晴

※気温は各地点5回測定の前平均値である
 ※水温は各地点全データの平均値である

表3-8 pH測定結果（通常調査）

調査日	調査地点					
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
99.06.29	7.2	7.2	7.1	6.3	7.6	7.6
99.07.30	7.6	7.4	7.2	6.3	7.6	7.4
99.08.23	7.3	7.3	7.2	6.6	7.8	7.7
99.09.28	7.4	7.4	7.2	6.5	7.6	7.6
99.10.27	7.2	7.3	7.3	6.9	7.7	7.7
99.11.29	7.6	7.5	7.4	7.2	7.7	7.7
99.12.17	7.5	7.5	7.5	7.2	7.8	7.8
00.01.31	7.5	7.4	7.3	7.1	7.6	7.7
00.03.01	7.5	7.5	7.4	7.3	7.5	7.6
平均	7.4	7.3	7.3	6.8	7.7	7.6
最大	7.8	7.6	7.5	7.3	7.9	7.9
最小	6.9	6.9	6.9	6.3	7.1	7.4

※調査日毎の各地点の値は5回測定の平均値である

※平均・最大・最小値は全測定の数から算出したものである

表3-9 電気伝導度測定結果（通常調査）

調査日	調査地点					
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
99.06.29	199	180	169	161	161	159
99.07.30	249	246	246	251	244	248
99.08.23	212	210	210	205	205	207
99.09.28	260	259	256	256	253	255
99.10.27	274	294	300	301	304	305
99.11.29	308	303	309	317	319	325
99.12.17	401	399	400	398	398	397
00.01.31	357	364	369	370	376	378
00.03.01	524	477	455	438	423	417
平均	309	303	301	300	298	299
最大	569	522	504	473	438	427
最小	184	179	166	160	160	154

※調査日毎の各地点の値は5回測定の数から算出したものである

※平均・最大・最小値は全測定の数から算出したものである

表3-10 溶存酸素測定結果（通常調査）

調査日	調査地点					
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
99.06.29	7.6	6.9	5.6	1.8	7.6	5.0
99.07.30	6.1	5.9	5.2	1.2	6.3	3.4
99.08.23	7.4	7.1	6.8	2.7	7.9	6.6
99.09.28	7.1	6.5	5.9	2.2	6.8	5.5
99.10.27	8.5	8.5	8.2	5.8	8.5	7.9
99.11.29	11.2	10.8	10.2	7.2	10.5	10.1
99.12.17	10.0	9.8	9.1	6.8	10.1	9.7
00.01.31	12.1	11.9	10.5	8.5	12.9	12.3
00.03.01	11.0	11.2	10.3	8.8	11.3	10.7
平均	9.0	8.7	8.0	5.0	9.1	7.9
最大	12.4	12.4	11.3	9.6	13.1	12.5
最小	5.4	5.5	4.5	1.0	5.6	3.0

※調査日毎の各地点の値は5回測定の平均値である

※平均・最大・最小値は全測定の数から算出したものである

表3-11 透視度測定結果（通常調査）

調査日	調査地点					
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
99.06.29	11.7	16.7	32.4	47.8	50.0	50.0
99.07.30	30.5	43.0	50.0	50.0	50.0	50.0
99.08.23	27.8	36.7	46.7	50.0	50.0	50.0
99.09.28	41.9	46.8	50.0	50.0	50.0	50.0
99.10.27	43.8	47.4	50.0	50.0	50.0	50.0
99.11.29	29.4	30.6	47.0	50.0	50.0	50.0
99.12.17	10.8	8.4	11.0	16.0	31.8	40.0
00.01.31	7.7	9.7	16.6	23.8	40.0	50.0
00.03.01	41.4	40.4	49.2	50.0	50.0	50.0
平均	29.8	33.3	41.1	44.7	48.1	>50
最大	>50	>50	>50	>50	>50	>50
最小	6.5	9	10	18	36	>50

※調査日毎の各地点の値は5回測定の数から算出したものである

※平均・最大・最小値は全測定の数から算出したものである

3.2.2 水質分析結果

水質分析結果一覧を表3-12、主要な分析結果を図3-6～図3-10に示す。

表3-12 水質分析結果一覧 (通常調査)

調査日	調査地点	SS (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	T-N (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO2-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)	T-P (mg/l)	PO4-P (mg/l)
6/29	No.1	28.6	3.0	6.8	1.82	0.03	<0.01	1.30	0.17	0.05
7/30		15.7	1.5	4.4	1.30	0.11	0.02	0.57	0.34	0.08
8/23		15.0	2.0	4.2	1.40	0.17	0.02	0.62	0.16	0.06
9/28		11.0	2.7	3.4	1.35	0.08	0.02	0.74	0.11	0.09
10/27		5.9	1.9	3.8	1.56	0.25	0.04	0.97	0.07	0.05
11/29		9.8	3.1	2.8	2.06	0.63	0.04	1.07	0.08	0.00
12/17		23.3	3.6	4.7	2.61	0.20	0.58	0.97	0.12	0.03
1/31		56.9	3.7	7.1	3.65	0.50	0.03	1.44	0.25	0.02
3/1		12.4	2.6	4.7	2.17	0.59	0.04	1.07	0.11	0.05
6/29		No.2	17.5	2.9	4.3	1.68	0.06	<0.01	0.97	0.14
7/30	9.5		1.6	4.0	1.19	0.10	0.02	0.67	0.28	0.07
8/23	10.0		1.7	3.9	1.38	0.24	0.02	0.63	0.15	0.06
9/28	8.0		1.9	3.4	1.37	0.09	0.02	0.78	0.11	0.08
10/27	6.2		1.1	3.5	1.59	0.22	0.03	0.97	0.07	0.04
11/29	10.2		4.4	3.1	2.04	0.54	0.04	1.19	0.08	0.01
12/17	29.3		5.0	5.1	2.76	0.25	0.06	1.53	0.11	0.03
1/31	11.6		2.7	5.4	3.79	0.62	0.03	1.45	0.17	0.02
3/1	10.2		3.3	4.8	2.19	0.62	0.04	1.09	0.10	0.03
6/29	No.3		8.5	2.3	3.9	1.56	0.06	<0.01	1.30	0.13
7/30		5.2	1.5	3.6	1.19	<0.01	<0.01	0.76	0.11	0.08
8/23		4.0	1.3	3.5	1.30	0.12	0.01	0.72	0.14	0.06
9/28		5.0	1.2	3.1	1.30	<0.01	0.01	0.86	0.10	0.08
10/27		2.1	1.0	3.1	1.46	0.17	0.02	0.78	0.06	0.03
11/29		5.7	2.6	1.0	1.94	0.44	0.03	1.35	0.07	0.01
12/17		22.6	3.1	4.5	2.55	0.16	0.05	1.60	0.08	0.02
1/31		21.3	2.0	4.3	3.00	0.33	0.03	1.63	0.13	0.02
3/1		6.2	2.4	4.7	2.15	0.56	0.03	1.26	0.09	0.03
6/29		No.4	5.3	2.5	9.1	0.61	0.07	0.21	0.02	0.10
7/30	28.2		7.0	10.3	1.26	0.14	0.01	0.02	0.13	0.06
8/23	1.0		4.6	6.9	0.81	0.09	0.01	0.24	0.12	0.05
9/28	13.0		3.8	6.1	1.01	0.02	0.02	0.48	0.10	0.07
10/27	2.4		1.6	4.7	1.17	0.07	0.01	0.79	0.04	0.04
11/29	4.9		2.9	5.3	1.76	0.40	0.02	1.18	0.07	0.01
12/17	12.6		2.7	4.2	2.07	0.08	0.03	1.40	0.06	0.03
1/31	12.3		1.1	3.8	3.18	0.22	0.03	1.60	0.10	0.03
3/1	5.6		2.4	4.8	2.01	0.33	0.03	1.31	0.10	0.04
6/29	No.5		13.0	1.7	6.9	0.59	0.03	<0.01	0.26	0.06
7/30		14.6	1.0	6.5	0.60	0.00	<0.01	0.23	0.05	0.03
8/23		<0.1	1.1	4.0	0.67	0.16	<0.01	0.36	0.08	0.05
9/28		9.2	1.9	6.1	0.87	0.01	<0.01	0.42	0.09	0.09
10/27		3.9	0.9	7.3	1.25	0.19	0.03	1.02	0.03	0.03
11/29		8.6	3.6	1.8	1.57	0.16	<0.01	1.29	0.05	0.01
12/17		6.9	4.5	4.0	1.85	<0.01	<0.01	1.55	0.05	0.02
1/31		15.9	0.8	4.5	2.81	<0.01	<0.01	1.84	0.08	0.03
3/1		3.8	1.1	3.9	1.82	0.09	0.01	1.59	0.07	0.03
6/29		No.6	3.8	1.8	4.0	0.49	0.03	<0.01	0.20	0.04
7/30	1.5		1.2	3.5	0.46	0.01	<0.01	0.24	0.05	0.03
8/23	<1.0		<0.5	3.2	0.58	0.07	<0.01	0.35	0.08	0.05
9/28	4.0		1.9	3.7	0.85	<0.01	<0.01	0.42	0.08	0.08
10/27	1.3		1.8	4.1	0.97	0.07	0.01	0.77	0.02	0.02
11/29	<1.0		1.7	3.8	1.49	0.16	<0.01	1.28	0.05	<0.01
12/17	6.9		2.3	3.1	1.66	<0.01	0.01	1.52	0.04	0.02
1/31	5.2		1.1	3.0	2.25	<0.01	0.01	1.88	0.02	0.02
3/1	2.0		0.6	3.4	1.77	0.02	<0.01	1.58	0.06	0.03
平均	No.1		19.8	2.7	4.7	1.99	0.28	0.09	0.97	0.16
	No.2	12.5	2.7	4.2	2.00	0.30	0.03	1.03	0.13	0.04
	No.3	9.0	1.9	3.5	1.83	0.21	0.02	1.14	0.10	0.04
	No.4	9.5	3.2	6.1	1.54	0.16	0.04	0.78	0.09	0.04
	No.5	8.4	8.4	5.9	1.54	0.07	0.01	0.95	0.06	0.03
	No.6	3.0	1.4	3.5	1.17	0.04	0.01	0.92	0.05	0.03

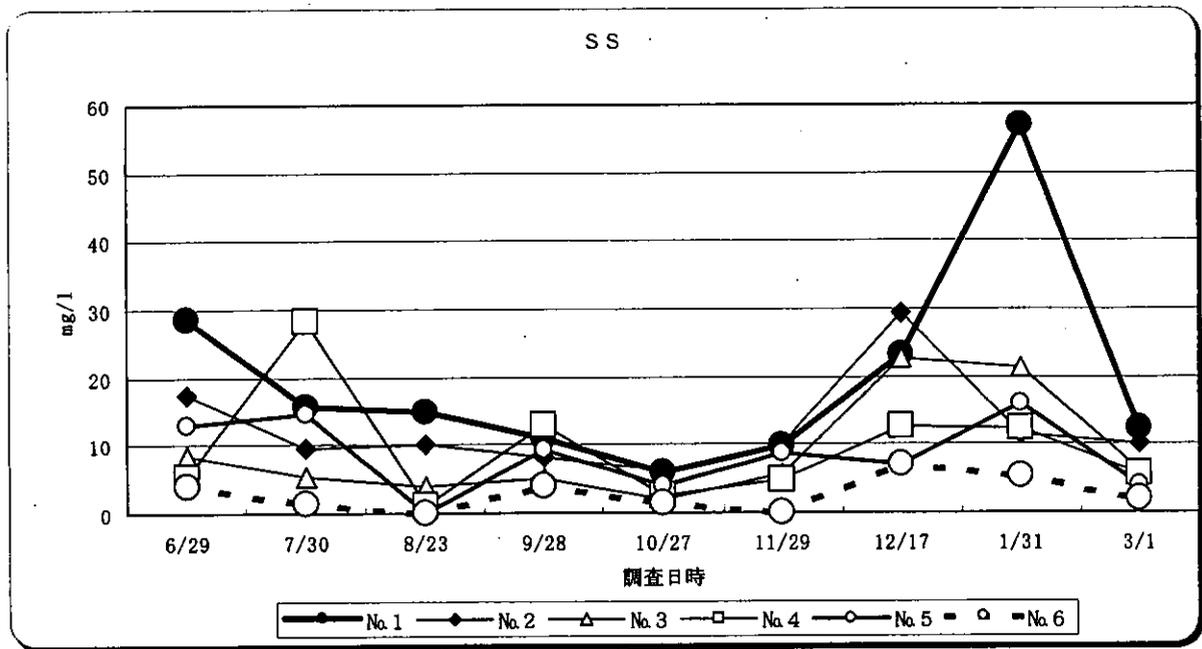


図3-6 SS経時変化 (通常調査)

(1) SS

槽毎に若干バラツキが生じているのは、ろ材附着物を巻き上げてサンプリングしていた可能性が考えられる。しかし、流出水濃度は、流入濃度に左右されることなく安定しており、概ね5mg/l前後で推移している。

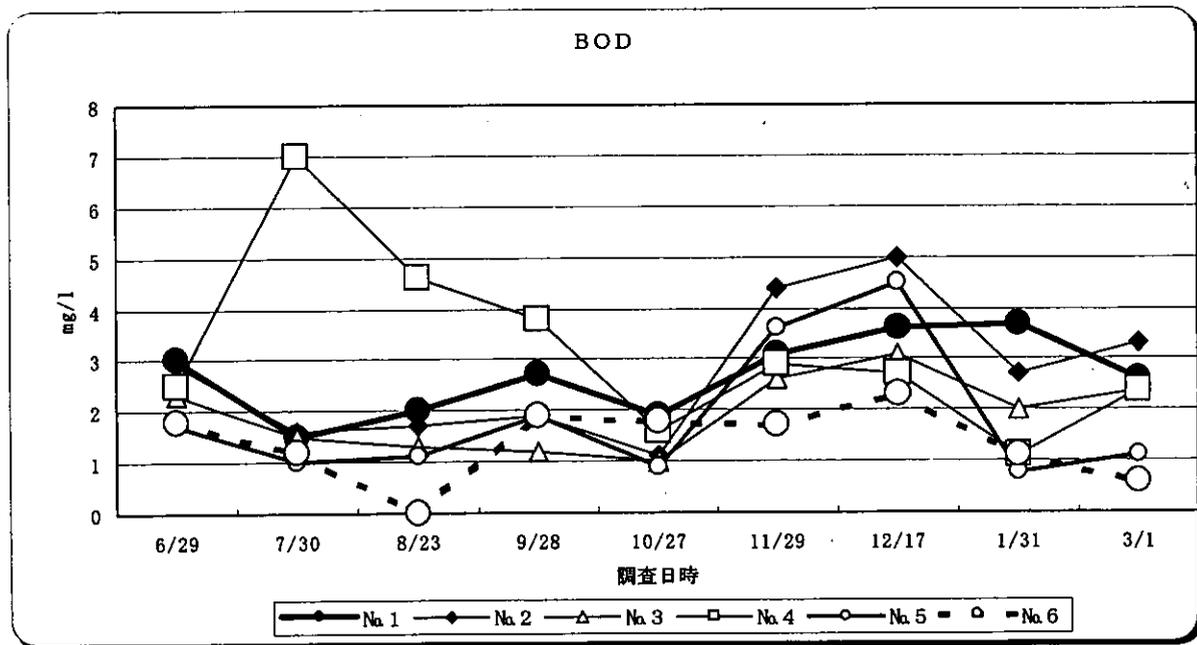


図3-7 BOD経時変化 (通常調査)

(2) BOD

No. 4 地点で夏期にやや高い値を示した。槽毎のバラツキがみられるが、流出水濃度は、2mg/l前後を推移している。全体の平均値では流入濃度が2.7mg/lに対して、流出水濃度が1.4mg/lと高い除去性能が得られた。

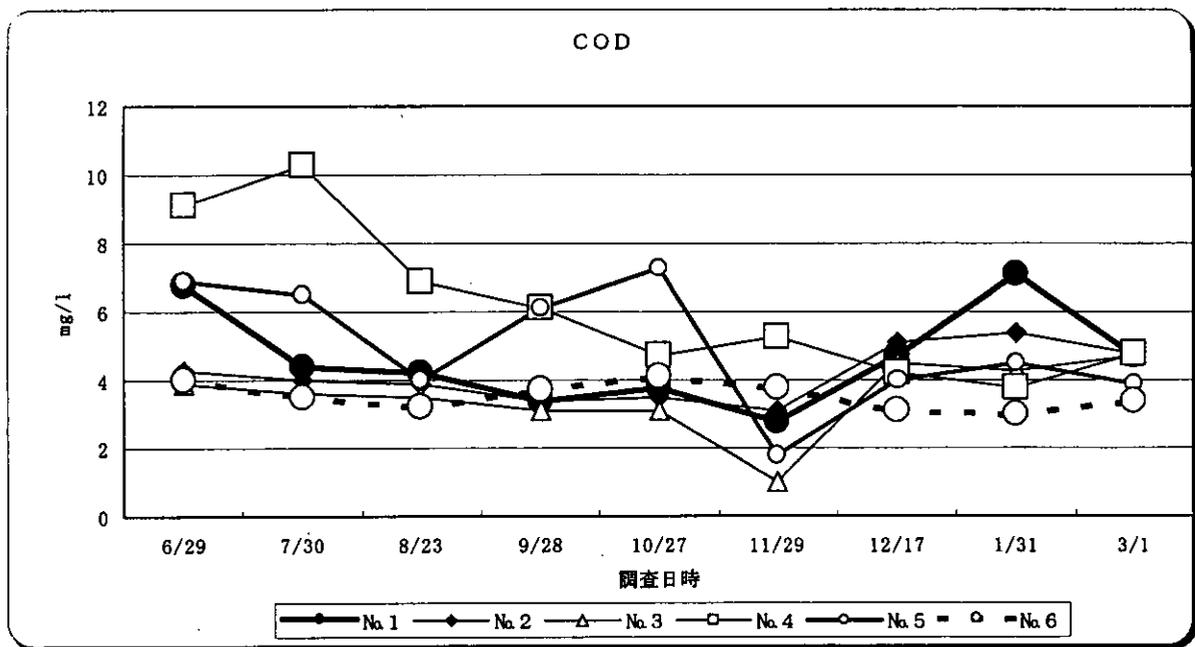


図3-8 COD経時変化 (通常調査)

(3) COD

通常調査においても、流出水濃度が高くなる逆転現象が起きている調査日があり、明確な除去性能が確認できなかった。全体の平均値では流入水濃度が4.7mg/lに対し、流出水濃度が3.5mg/lであった。

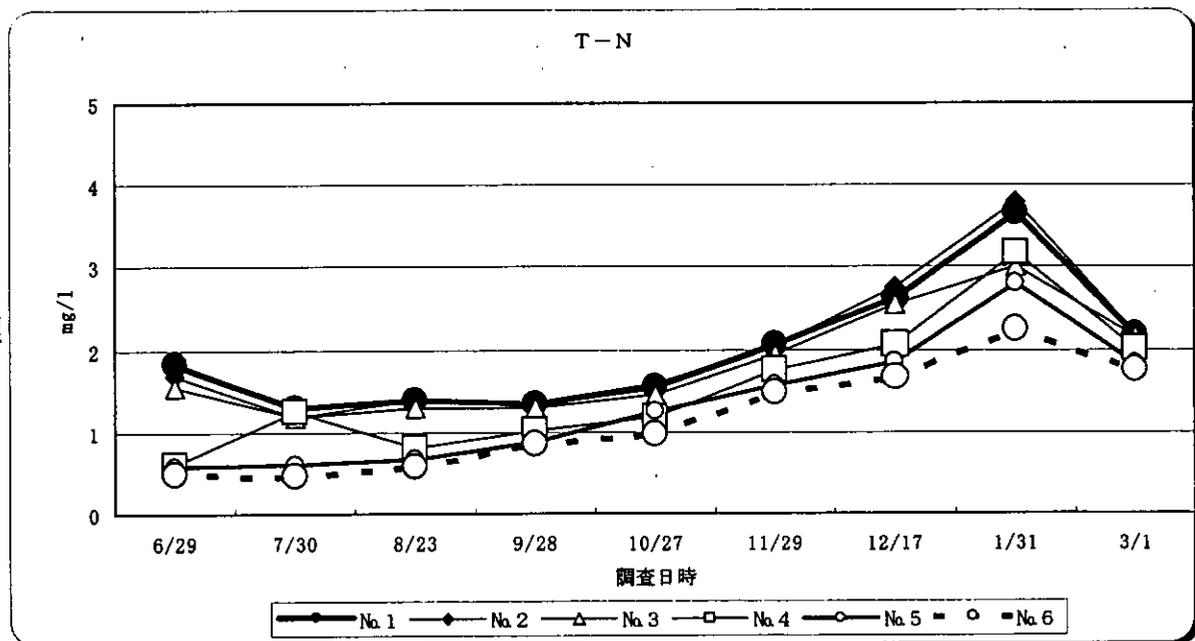


図3-9 T-N経時変化 (通常調査)

(4) T-N

秋から冬にかけて流入・流出水とも濃度の増加傾向がみられるが、流出水濃度が各調査日毎で一番低い値を示しており、安定して除去されていたことがわかる。全体の平均値では流入水濃度が1.99mg/lに対し、流出水濃度が1.17mg/lであった。

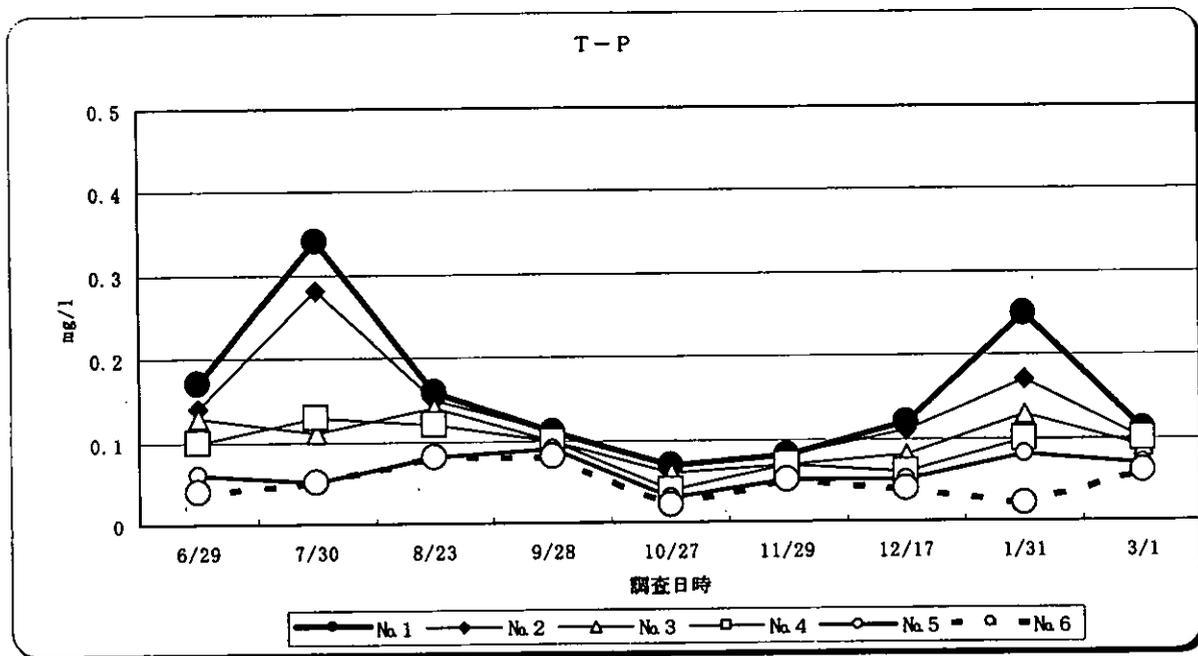


図3-10 T-P経時変化 (通常調査)

(5) T-P

T-Nのような季節変化は見られなかった。7月30日と1月31日調査の流入水が、0.34mg/l、0.25mg/lと若干高い値を示したが、流出水は概ね0.05mg/lで推移している全体の平均値では流入水濃度が0.16mg/lに対し、流出水濃度が0.05mg/lであった。

4. まとめ

4.1 代掻き時調査について

調査期間中の5月4日早朝から、5月5日未明にかけて降雨があった。そのため表3-3より、電気伝導度が翌日に低い値を示していた。表3-6よりCODは流入・流出水とも平均値が10mg/lであり明確な除去性能は確認できなかった。一方BODは、流入水濃度が5.0mg/lに対して、流出水濃度が2.0mg/lであり、CODより高い除去性能が確認できた。T-N、T-Pについても、平均値で窒素の除去率が62% (流入濃度：4.5mg/l、流出濃度：1.7mg/l)、リンの除去率が76% (流入濃度：0.37mg/l、流出濃度：0.09mg/l) で安定した除去効果が得られた。

4.2 通常調査について

SSの流入濃度でややバラツキがあったのは、サンプリング時にろ材付着物を巻き上げていた可能性が現地の観察から考えられるが、流出水濃度は、流入濃度に左右されことなく安定しており、概ね5mg/l前後で推移していた。BODについては、流出水濃度が平均値で1.4mg/lと低濃度流入水 (2.7mg/l) をさらに浄化していることが確認された。CODについてはBODのような明確な除去性能が確認できなかった。T-N、T-Pについても、平均値で窒素の除去率が41% (流入濃度：1.99mg/l、流出濃度：1.17mg/l)、リンの除去率が69% (流入濃度：0.16mg/l、流出濃度：0.05mg/l) で低濃度水に対しても安定した除去効果が得られた。

5. 今後の課題

本年度の調査では、SS、BOD、T-N、T-Pで一定の除去効果が確認できた。しかし、CODでの明確な除去効果が確認できておらず、懸濁性由来の物理的作用による浄化効果が主であったと考えられる。そこで次年度以降では、溶解性の水質分析を行う必要がある。また、今回の調査結果は、実験条件として処理水量を100m³/日で行った結果であり、今後処理水量をあげても同様の効果が得られるのか調査が必要である。

実験担当者

財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構	実験センター所長	中山 繁
財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構	実験センター研究員	出倉 正人
東洋電化工業株式会社	環境事業本部長	高尾 圭一
東洋電化工業株式会社	環境事業本部	三宮 秀治

8. 太陽エネルギーを用いたひも状接触材方式浄化実験

1. はじめに

琵琶湖水域は20数余りの内湖を有しており¹⁾、その内湖や入り組んだ湖畔等の閉鎖的水域は滞留しやすく、植物プランクトンによる水質汚濁が進行しやすい。特に植物プランクトンが過剰に増殖すると、アオコ発生等を引き起こす²⁾。またその汚濁水域は時期や気象等の条件によりその発生個所も特定できない場合が多い。このような汚濁水域には、高い浄化性能を有し保守性に優れ、かつ自然エネルギーを利用して省エネを図る等、経済的効果が高く、特に浮上させて移設が容易な浄化システムの適用が望まれる。浄化システムとしては、微生物の浄化エネルギーを利用し、有機汚濁物の減容化を図り、かつ添加剤等使用しない環境に安全なシステムが適していると考えられる³⁾。

浮上設計が容易でかつ保守も容易な浄化装置には、軽量ろ材を採用することがキーポイントとなる。そのため、本実験では、軽量ろ材（接触材）としてひも状繊維を選定し、浄化装置の基本特性を調査し、主に生物処理による接触酸化浄化方式で浄化性能の影響を受ける曝気の影響について検討した。⁴⁾⁵⁾

2. 実験施設

2.1 実験池概要

実験池は、琵琶湖を1/600の縮尺で模擬した深さ0.5m、貯水量約1,000m³の池で、葉山川の水を通水した。図2-1に実験池の概要を示した。

水は図中右側にある流入部から流入し、左端の流出部から日量50m³流出する。従って池の滞留日数（池の貯水量を池内への一日当たり通水量で除した量）は約20日となる。実験施設は実験池の中央部付近に配置されている。

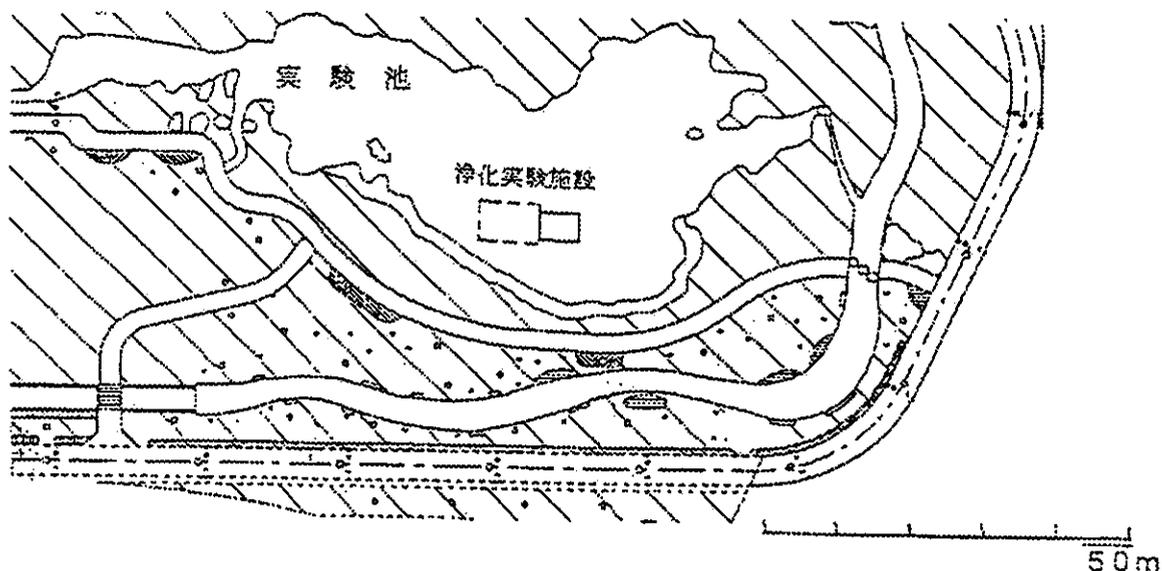


図 2-1 実験池の概要

2.2 実験施設概要

図 2-2 に実験施設全体の構造を、また図 2-3 処理フローを示した。全体が3槽で構成され、第1槽の下流側端部に通水ポンプが設置されている。さらに全体を同一構成の2系統に分割し、A系列の第1槽は曝気無し、B系統のそれは曝気ありとした。また第1槽は浮上型構造を考慮して平面的に広い構造としたの対し、第2槽は両系統曝気ありとして上下に高い槽とした。第3槽は沈降槽としての機能を持たせるために曝気は無しとした。A、B各列は第2、3槽とも同一仕様とした。

ひもの種類としては第1、3槽は無機物の付着性能が高いとされ、芯部が密に編まれた幅の狭いひもを選定した。第2槽はひも全体にわたって好気作用が助長されやすいように幅の広いひもを選定した。槽の容積としては生物処理槽としては1~1.5時間以上滞留時間が必要と考え、各列第1槽が10m³、第2槽が4.4m³とし、第3槽は沈降槽としての機能のみでよいと考え2.5m³とした。実験施設の処理フローとしては、第1、2槽とも直接池水(原水)を取水でき、また各列とも単に切替作業で曝気有無が選択できるようにした。また原水は今回第1槽の端部より取入れたが、シャッターの切替によって第2槽近傍からも取入れられるようにした。

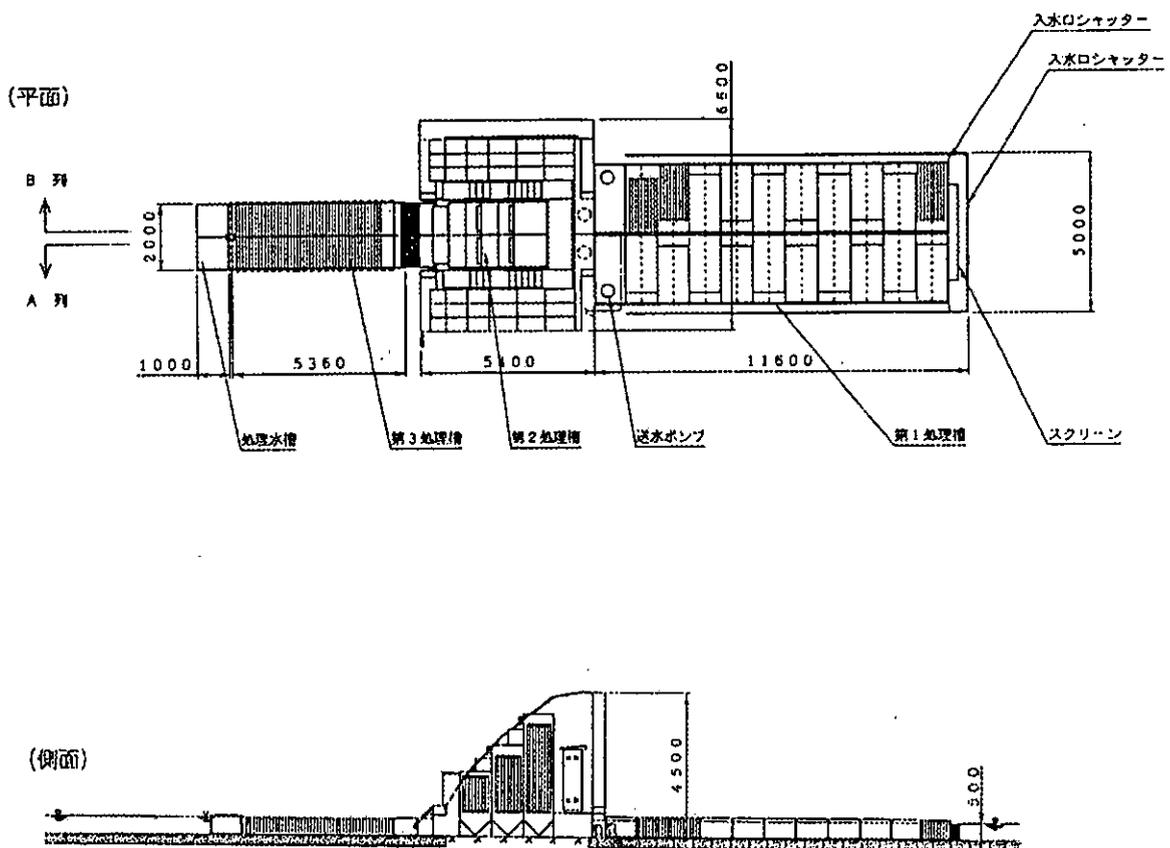


図 2-2 実験施設全体構造

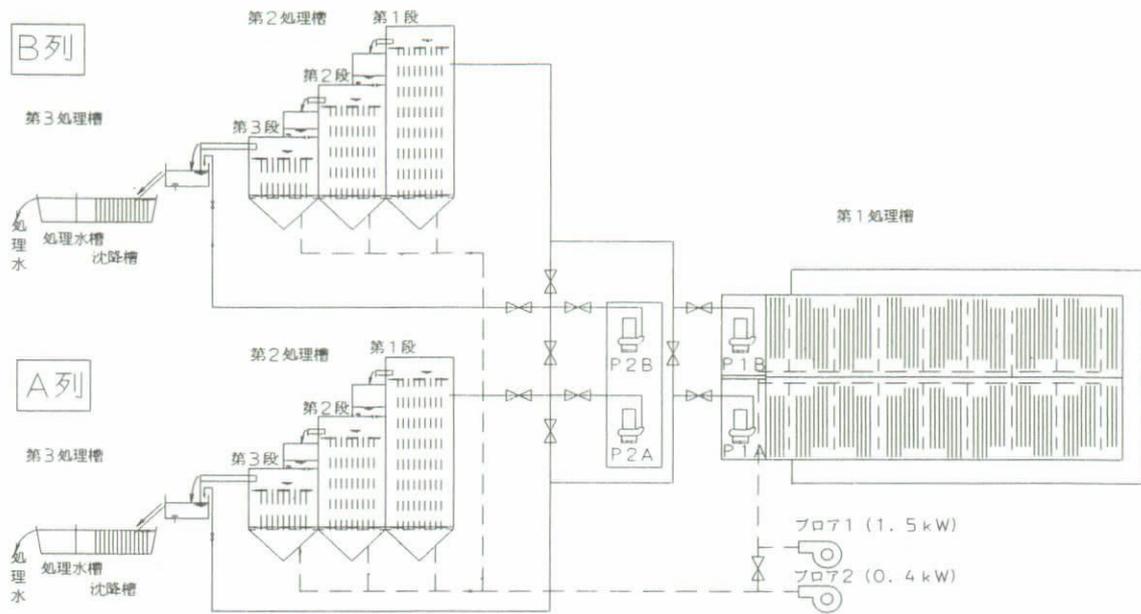


図 2-3 実験施設処理フロー

写真 2-1、2-2 に第 1 槽の外観とひも砕ユニットの配置状況を示した。写真 2-3 に第 2、3 槽の外観を、写真 2-4 は第 2 槽に内蔵されたひもユニットを示した。

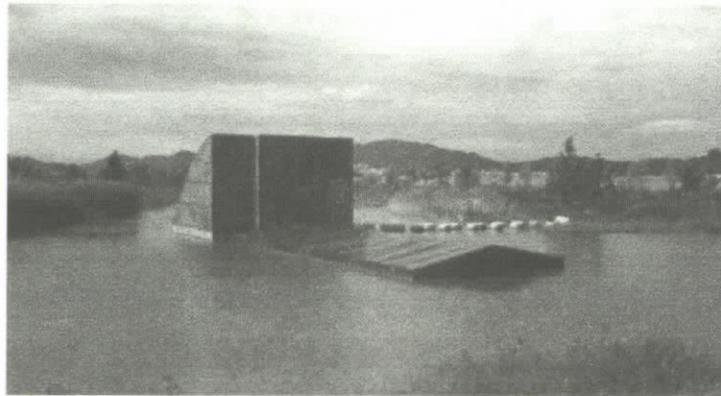


写真 2-1 実験施設第 1 槽外観

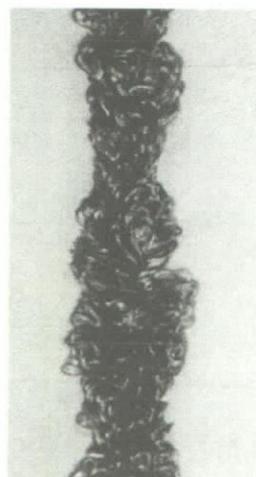
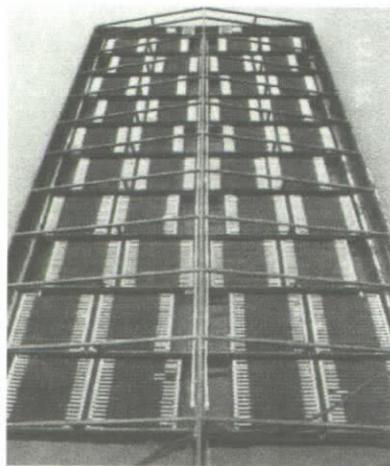


写真 2-2 第 1 槽ひも砕ユニットの配置状況とひもの外観

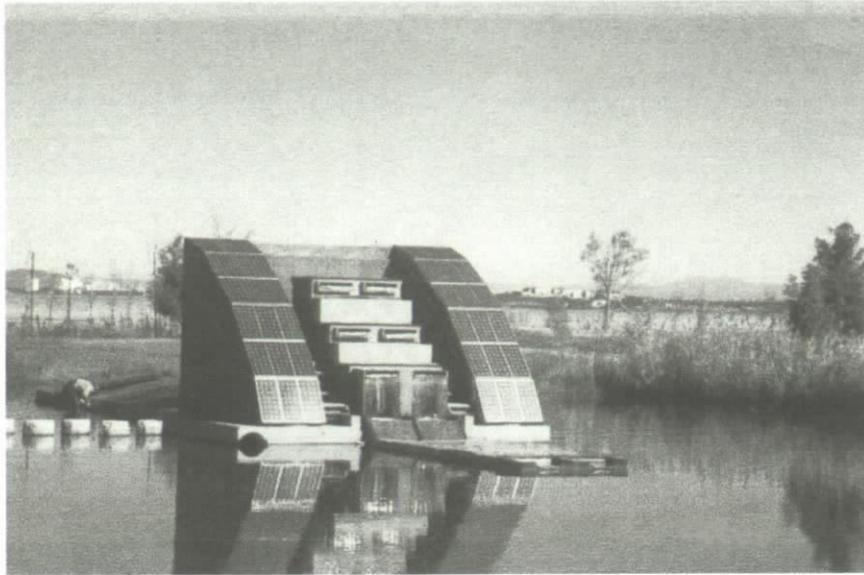
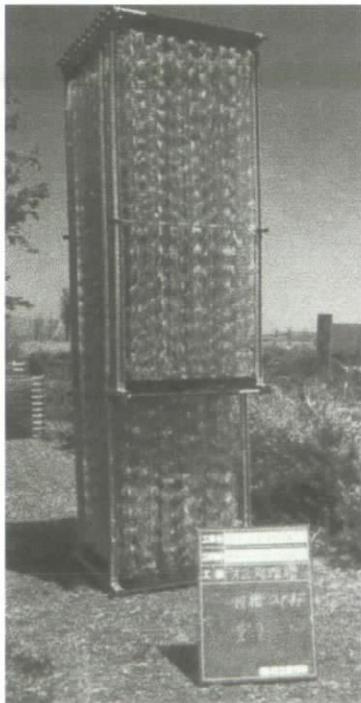
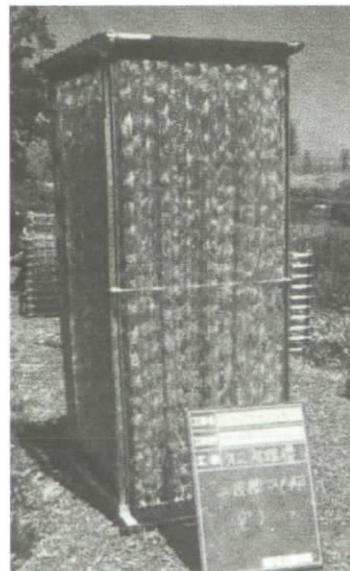


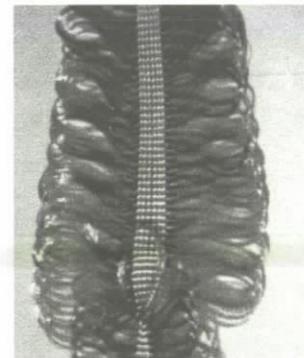
写真 2-3 実験施設第 2、3 槽外観



第 1 段ひも枠ユニット



第 2 段ひも枠ユニット



ひもの外観



第 3 段ひも枠ユニット

写真 2-4 第 2 槽各段ひも枠ユニットとひもの外観

2.3 実験施設の設計諸元

実験施設の設計諸元を、表 2-1 にまとめた。

表 2-1 実験施設の設計諸元

項目	第1槽 (1列当たり)	第2槽 (A, B列共通)	第3槽 (A, B列共通)
方式	ひも状繊維接触酸化槽	ひも状繊維接触酸化槽	ひも状繊維接触酸化槽(沈降槽)
曝気	A列:なし B列:あり	あり	なし
槽容積	10m ³ 幅 2m 長さ 10m 深さ 0.5m	4.4m ³ 第1段 2.1m ³ 第2段 1.45m ³ 第3段 0.85m ³	2.5m ³ 幅 1m 長さ 5m 深さ 0.5m
通水量	150m ³ /日	150m ³ /日	150m ³ /日
滞留時間	1.6h	0.7h	0.4h
ひも種	サイズ:幅 40mm 材質:ナイロン、ポリプロピレン テトン(芯部) 比重:1.7 耐引張力:>300N/20cm 伸び:>35% 比表面積:4m ² /m 質量:15g/m 価格:780¥/m	サイズ:幅 70mm 材質:塩化ビニル テトン(芯部) 比重:1.7 耐引張力:>600N/20cm 伸び:>35% 比表面積:2m ² /m 質量:25g/m 価格:800¥/m	第1槽と同じ
ポンプ	0.4kW/列 A列:ソラ+商用(55Hz) B列:商用(50Hz)	運転せず (0.75kW/列)	なし
プロア	1.5kW 1.0m ³ /分	0.4kW 0.35m ³ /分	—
ソーラ	2.05kW(パネル36枚)	—	—

3. 実験方法

貯水量約1,000m³の実験池に葉山川の水を50m³/日通水しながら、1999年6月から2000年1月まで9ヶ月にわたって、その浄化性能と池の水質変化に関する実験を行った。6月は生物膜形成のための試運転を、7月は原水をある程度汚濁すると同時に、生物膜を維持できるように少流量(50m³/日)に絞った運転を行い、8月より定格通水量の300m³/日運転を行った。

図 3-1 に A, B 列の試験期間の運転パターンを示した。

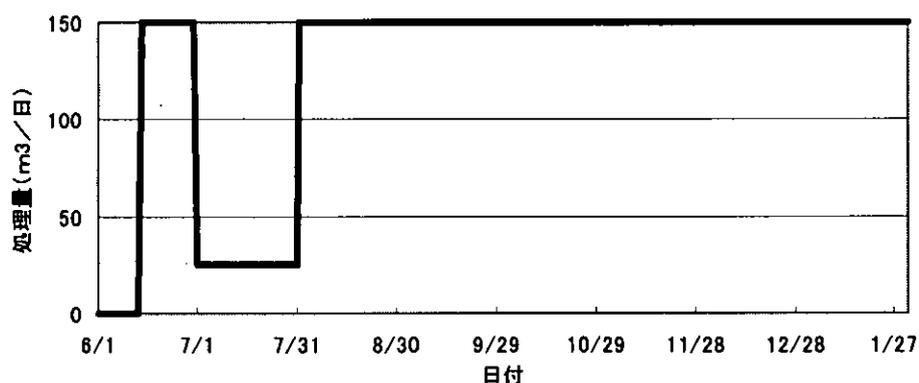


図 3-1 実験施設の運転パターン (各列同一)

水質項目は、水温、DO、Chl-a、COD、BOD、T-N、T-P、SS、VS、S、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、ORP等を測定した。

水温とDOは、DO/DO₂/TEMPメータ (セントラル科学製) で、その他は表 3-1 に示す通り公定法に準じて測定した。

表 3-1 水質測定項目と測定方法

測定項目	測定方法
水温	DO/DO ₂ /TEMPメータ (セントラル科学)
DO (溶存酸素)	DO/DO ₂ /TEMPメータ (セントラル科学)
Chl-a (クロロフィルa)	上水試験方法 VI-4-20
COD (化学的酸素要求量)	JIS K-0102. 17
BOD (生物化学的酸素要求量)	JIS K-0102. 21 (32. 3)
T-N (全窒素)	JIS K-0102. 45. 2
T-P (全リン)	JIS K-0102. 46. 3
SS (浮遊物質)	昭和 46 年環告第 59 号付表 6
VSS (揮発性浮遊物質)	下水試験法 2-2-12 付
NH ₄ -N (アンモニア態窒素)	J I S K-0102. 42. 2
NO ₂ -N (亜硝酸態窒素)	J I S K-43. 1. 1
NO ₃ -N (硝酸態窒素)	J I S K0102. 43. 2. 3
ORP (酸化還元電位)	環境測定分析法

図 3-2 に採水点を示した。採水時刻は 13 時から 15 時頃とした。

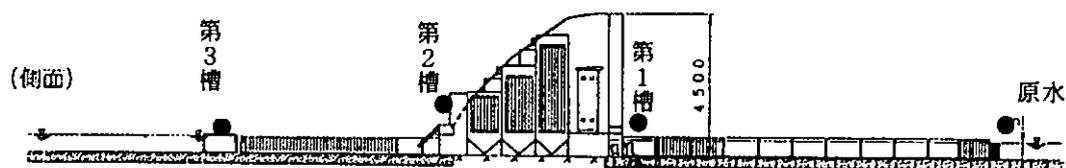


図 3-2 原水と各槽の採水点

4. 実験結果

4.1 池水（原水）の経日推移

日常点検の結果、水温、DO、濁度の経日推移を図4-1に示した。DOは、水温の低下により飽和溶存酸素が上昇し、冬場になるに従って上昇した。濁度は、その低下時期が水温の低下時期より約2ヶ月早まっていた。これは実験施設の影響によるものと予測される。また、夏場(7/27)の原水の植物プランクトンは、キクロテラ、メロシラの珪藻類が優占し、ディクチオスフェリウムの緑藻類も見られた。

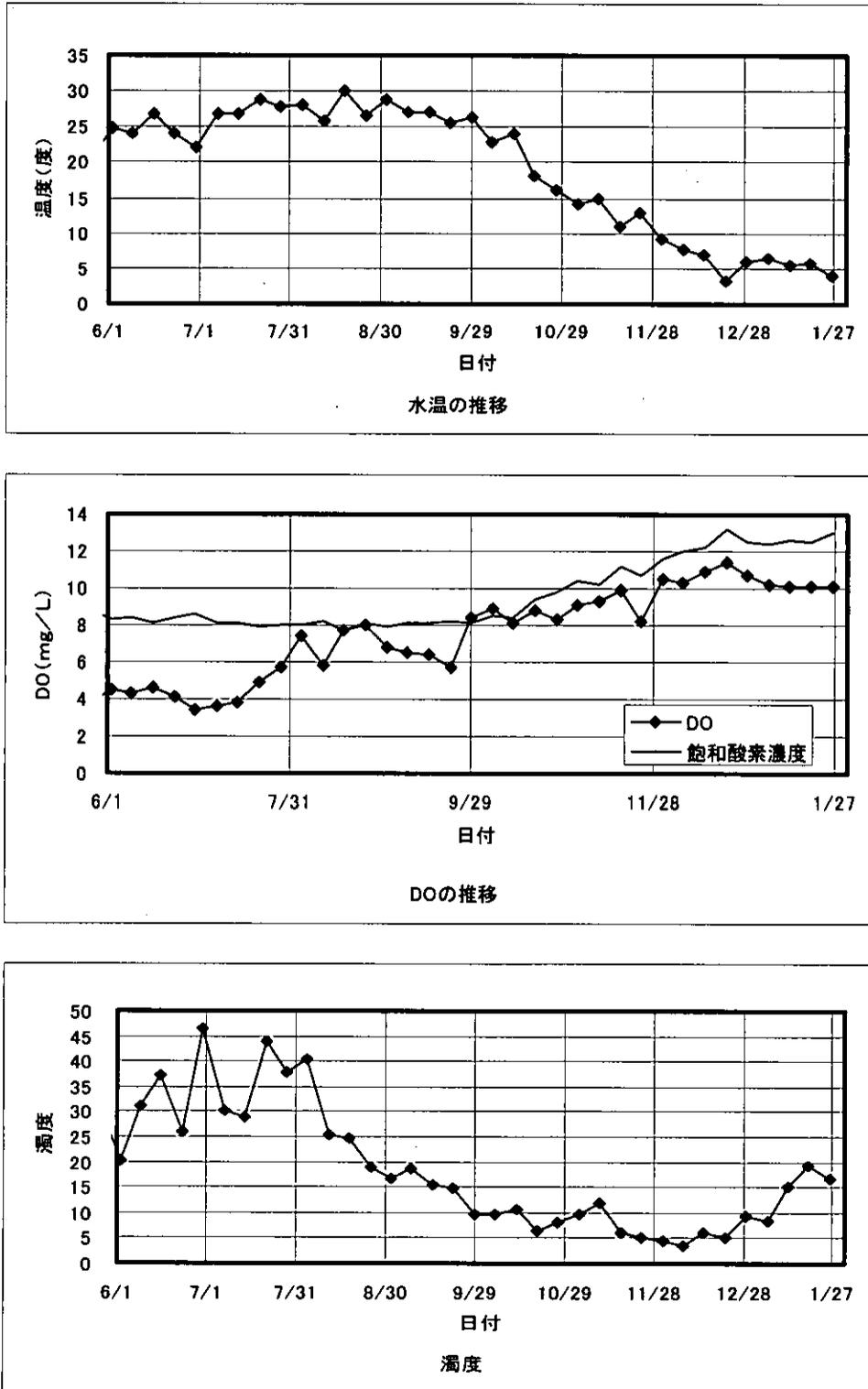


図4-1 池水の経日推移

4.2 実験施設浄化性能の推移

図 4-2 に原水と処理水のクロロフィル a、SS、透視度の経日変化を示した。図 4-3 に原水と処理水のその他の水質項目の経日変化を示した。

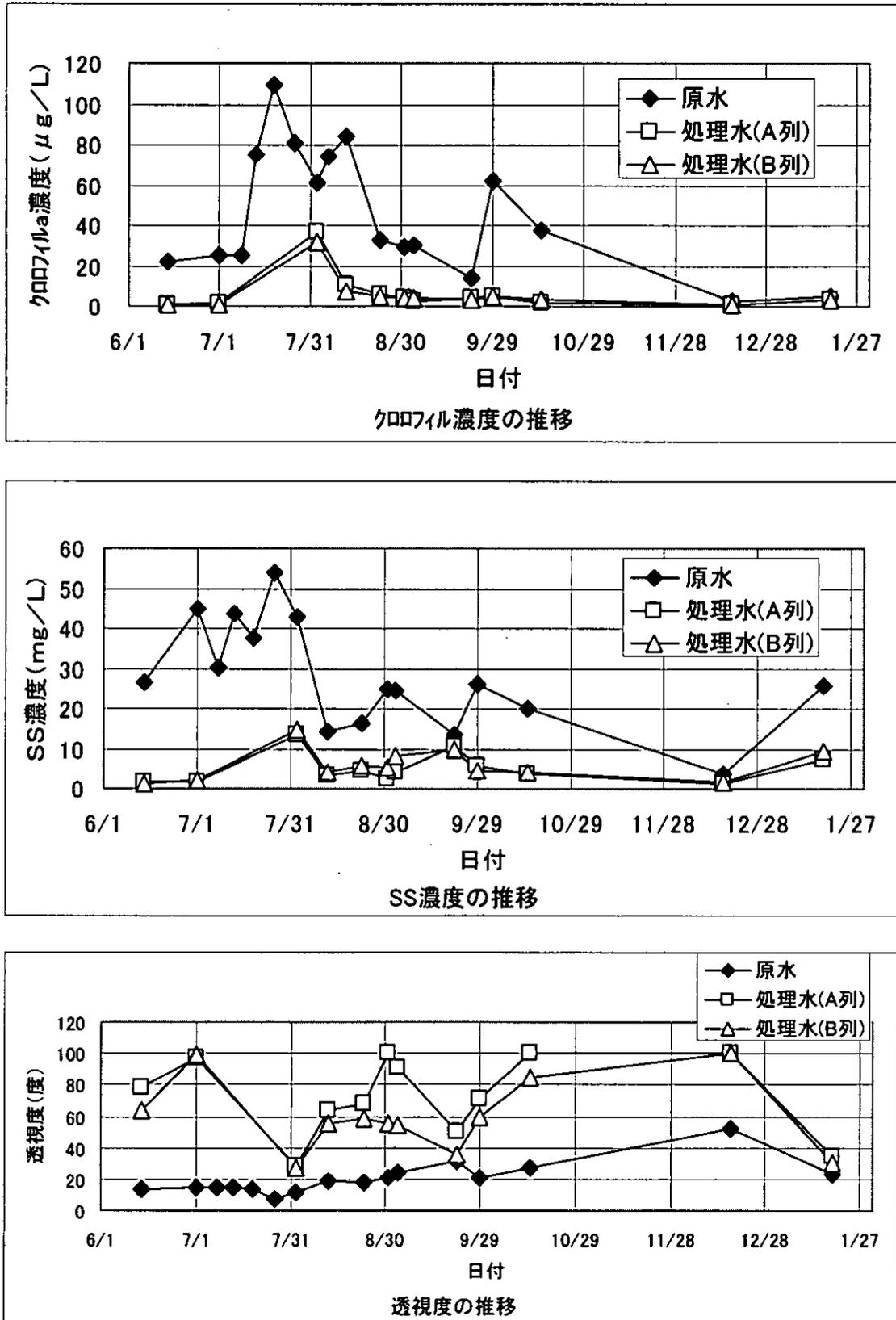


図 4-2 原水と処理水のクロロフィル a、SS、透視度の経日変化

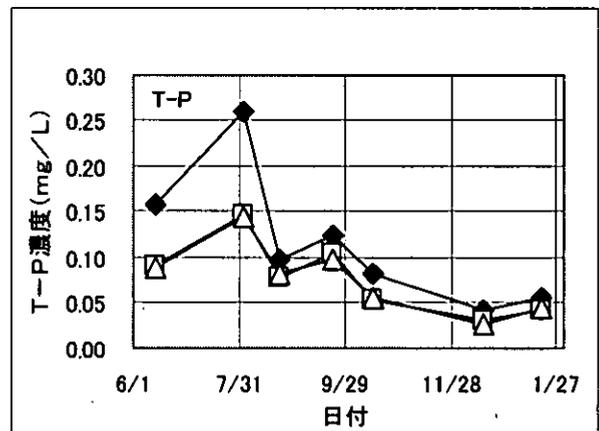
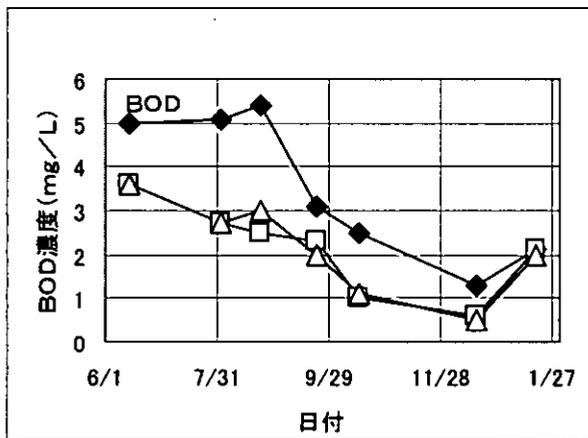
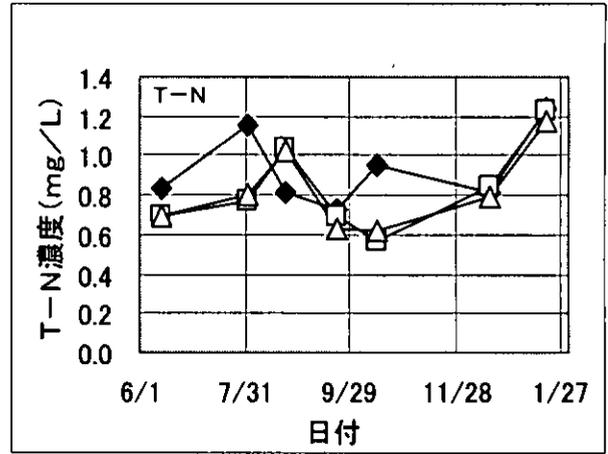
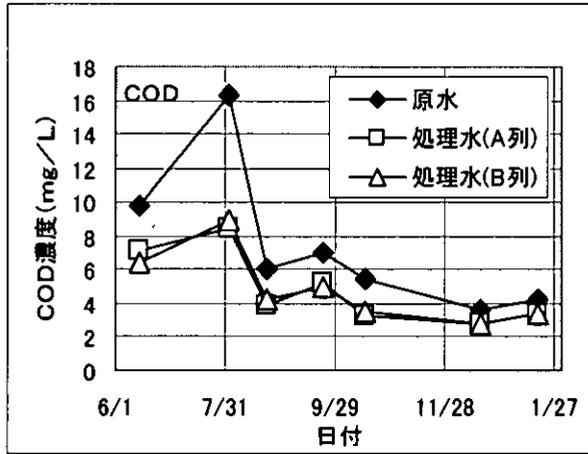


図 4-3 原水と処理水の各水質項目の経日変化

実験施設の通水量を7月に生物膜を維持する観点まで小流量に絞ったため、実験池のクロロフィル a は急増し最高で $110 \mu\text{g/l}$ までになったが、昨年のように1ヶ月程でアオコが発生するまでには至らなかった。

図 4-2 および 4-3 より、実験施設のA列とB列の比較（第1槽の曝気有無）では、殆ど差は見られなかった。SSとクロロフィル a の推移は類似した傾向を示し、原水の濃度変化にもかかわらず処理水濃度は一定し、SSで約 6 mg/l 、クロロフィル a で約 $4 \mu\text{g/l}$ であった。透視度はクロロフィル a およびSSの推移の低下に伴い上昇傾向を示した。なお計測器の限度から 100 度 (cm) が最大となっている。COD、BOD、T-N、T-Pは原水と処理水の濃度差は小さく、かなりのばらつきがみられるが、原水が高濃度の時は高く、低濃度の時は低くなる傾向を示した。

各水質項目の除去率の経日変化を図 4-4、4-5 に、各水質項目に対する実験施設の夏場 (8/23-10/15) の平均除去率を表 4-1 に示した。

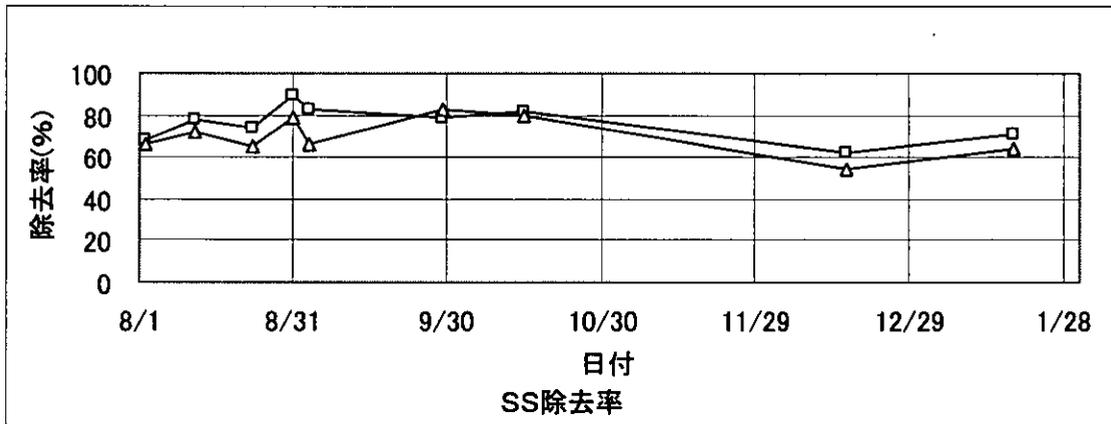
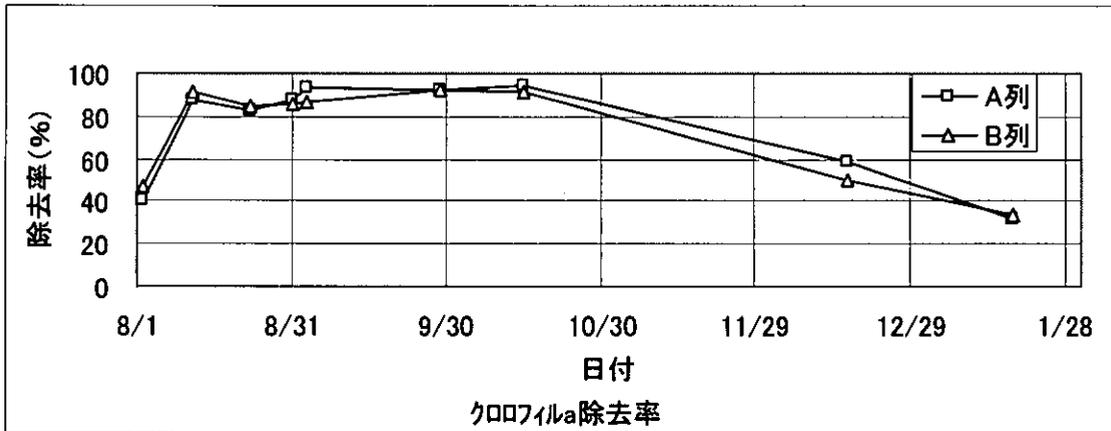


図 4-4 クロロフィル a、SS の除去率変化

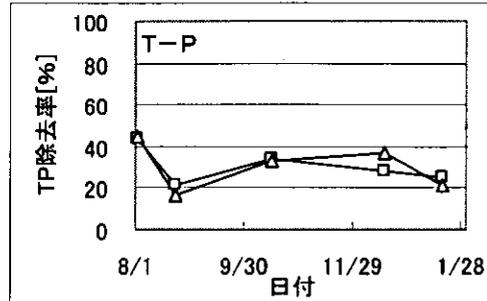
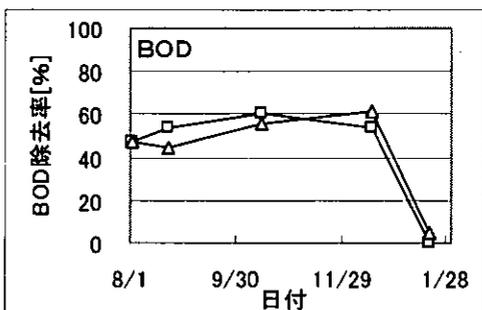
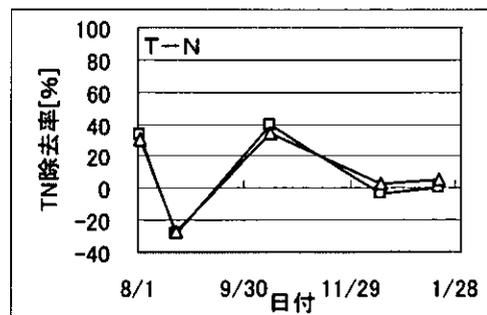
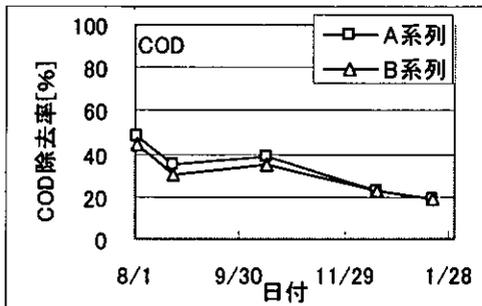


図 4-5 各水質項目の除去率変化

表 4-1 各水質項目に対する実験施設の夏場の平均除去率 (8/23~10/15)

水質項目	Chl-a [μg/l]	SS [mg/l]	COD [mg/l]	BOD [mg/l]	T-N [mg/l]	T-P [mg/l]
原水平均濃度	34.3	20.9	6.1	3.7	0.8	0.10
第1槽出口平均濃度	10.1	23.8	5.3	2.7	0.9	0.12
第2槽出口平均濃度	4.8	6.6	4.2	2.3	0.9	0.08
第3槽出口平均濃度	3.9	5.8	4.2	2.0	0.8	0.08
全体除去率平均 (%)	86.6	69.0	32.2	45.9	6.4	23.7

クロロフィルaおよびSSは、冬場に原水濃度の低下に伴って除去率は低下した。他の項目については、かなりのばらつきが見られ、顕著な傾向は見られなかった。夏場の各項目の平均除去率は、クロロフィルaが86.6%、SSが69.0%、CODが32.2%、BODが45.9%、T-Nが6.4%、T-Pが23.7%であった。

4.3 発生汚泥量

図4-6に8月から11月中までの4.5ヶ月間に発生した汚泥量分布を示した。

各槽とも4.5ヶ月間特にひもの洗浄なしで汚濁物がフロック化し自然剥離して堆積した汚泥量(含水率98%)である。ほとんどが第1槽に堆積しているが、A、B列の比較では明確な差は見られなかった。なお、汚泥量は、透明アクリルパイプ(φ15)を差し込み上部を閉鎖して採取した汚泥高さから算出した。

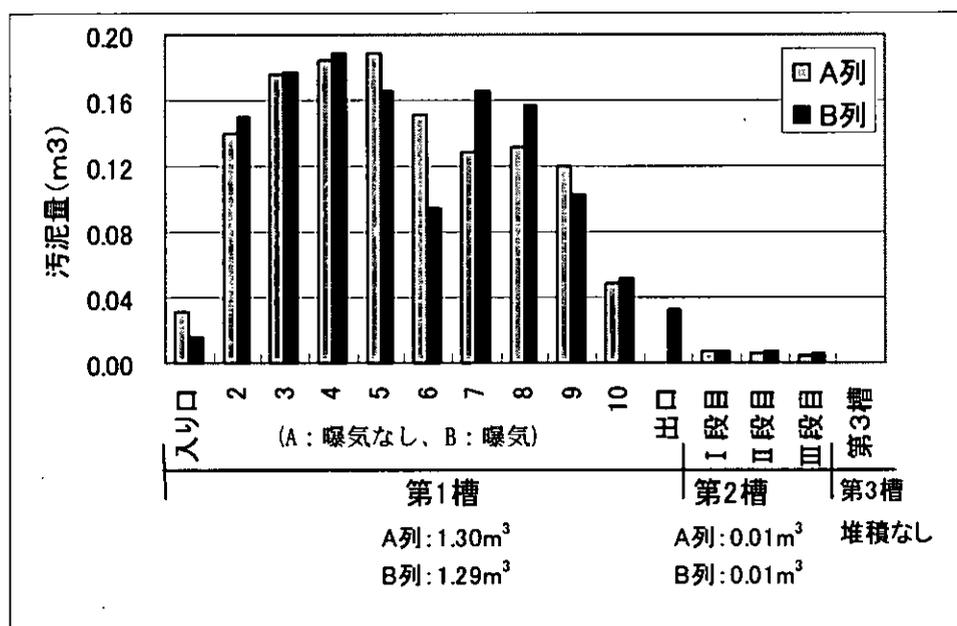


図 4-6 槽別発生汚泥量

5. 考察

5.1 実験施設の浄化性能

実験施設の浄化性能については、処理量、原水濃度、水温、曝気、発生汚泥等に関する特性の評価をする必要がある。本年度は処理量が各列定格の150m³/日に一定にして行った。また、原水の水質濃度に関しては、クロロフィルa濃度を高濃度にするため、通水量を絞って汚濁化を促進しようとしたが、気象条件等の影響もあり、結果的にクロロフィルaは最大で109μg/lにしか上昇しなかった。

5.1.1 浄化性能に与える影響因子

夏場(8月~10月)の平均の処理槽別のクロロフィルaの除去量及びその割合を図5-3に示した。

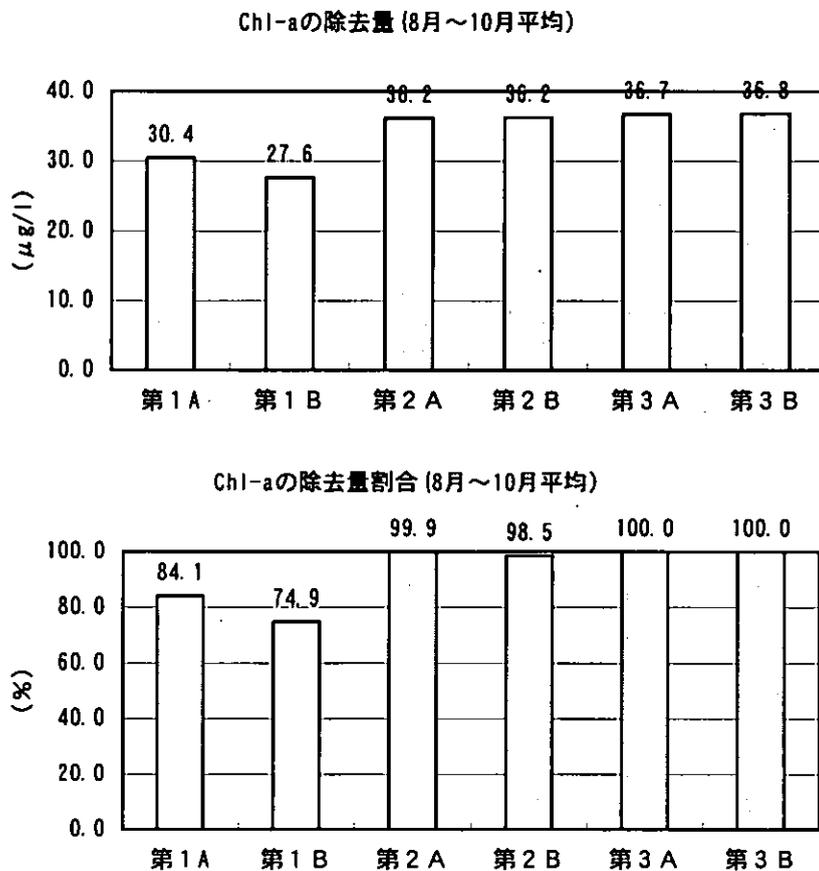


図5-3 夏場(8月~10月平均)の槽別のクロロフィルaの除去量及びその割合

本施設の第1槽で約80%、第2槽で約20%のクロロフィルaを除去した。また、第1槽においてA列、B列での明確な差は見られず、曝気処理を特に行う必要性が無いことが示唆された。

滞留時間は、第1槽が全体の約60%、第2槽が約25%、第3槽が約15%であった。このことから、除去率が単に滞留時間に比例していないことが分かる。第1槽のひもに生息する生物分布調査結果(7月27日)を示す。上流の入口部は珪藻類が優占し、下流の出口部になるに従ってワムシやミジンコ等後生動物が多く生息し多様な生物相になっていた。こ

のことから、ひも状繊維に付着生息する生物相が流下方向に従って多様化し、浄化に寄与していることが考えられる。

表 5-1 第 1 槽のひも状繊維に生息する生物分布

生息生物		入口部	中央部	出口部
珪藻類	<i>Melosira guranulata</i>	◎	○	○
	<i>Melosira varians</i>	◎	○	○
	<i>Nitzschia obtusa</i>	◎	◎	◎
	<i>Pinnularia sp.</i>	○	○	△
	<i>Surirella sp.</i>	◎	○	○
緑藻類	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	○	—	—
繊毛虫類	<i>Pyxicola sp.</i>	○	○	○
	<i>Vorticella spp.</i>			○
線虫綱	線虫	○	○	△
輪虫綱	<i>Colurella sp.</i>	○	○	○
	<i>Trichocerca sp.</i>	—	○	○
ミジンコ	<i>Alona sp.</i>	—	—	△

◎：数多い ○：普通 △：少数

5.1.2 透視度に与える影響因子の検討

透視度への影響因子は、懸濁物の影響が大きいと予想される。そこで、SSおよびクロフィルaと透視度の相関図を図 5-4、図 5-5 に示した。いずれも透視度に対して一定の影響があることが分かる。

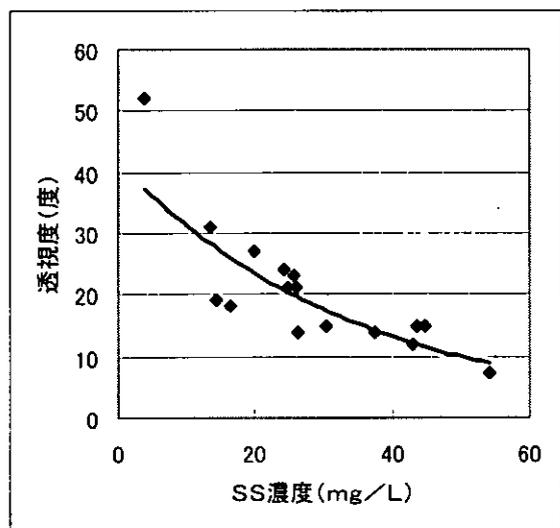


図 5-4 SS と透視度の相関

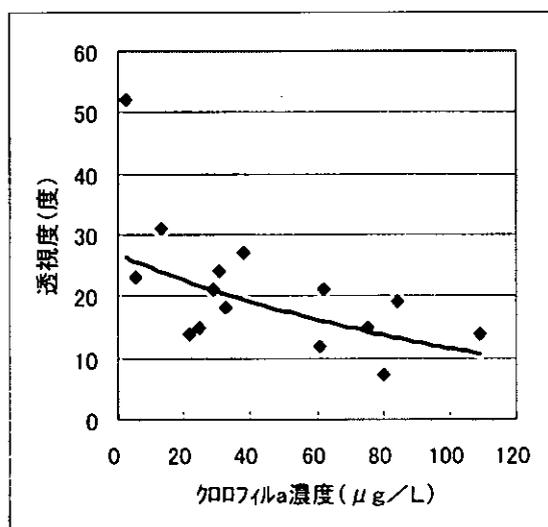


図 5-5 クロフィルa と透視度の相関

5.1.3 汚泥の収支

通水量、原水のSS濃度、浄化施設に堆積した汚泥量等の調査結果から、6月14日～11月15日(151日間)までの実験施設のSS収支を求めた。

SS(乾物)流入量：M1=909kg

SS (乾物) 流出量: $M_2 = 302\text{kg}$ (ただし、A、B列平均した)

浄化施設内部貯留量: $\Delta M = M_1 - M_2 = 607\text{kg}$

堆積汚泥量 = 2.63m^3 、含水率 = 98%より

堆積汚泥の乾燥重量: $m_1 = 2.63 \times 0.02 = 52\text{kg}$

ひもに付着した量及び生物分解した量等: $\Delta M - m_1 = 607 - 52 = 555\text{kg}$

今回、ひもの付着量を測定しなかったが、ひもへの付着量を測定することによって生物分解量を推定することができるため、今後の課題と思われる。

5.1.4 池水水質のシミュレーション予測評価

実験施設の浄化効果を検証する目的で、実験池の水質変化をシミュレーションで解析した。シミュレーションは、栄養塩が植物プランクトンに至る植物連鎖を富栄養化モデル(松岡:1984)⁶⁾に基づいて安定化したものである。解析結果を図5-6に示した。7月より通水量は、ひもの生物膜を維持するため、できるだけ絞って $50\text{m}^3/\text{日}$ とし0にはしなかった。そのためクロロフィル濃度は、最大で約 $110\mu\text{g}/\text{L}$ 程度であった。仮に0にしたとすると、シミュレーション予測では最大 $200\mu\text{g}/\text{L}$ 程度まで上昇する。8月には、定格の $300\text{m}^3/\text{日}$ 運転に入った。7月から8月下旬までのクロロフィルa濃度変化は、シミュレーション結果と実測値に比較的良好一致が見られた。

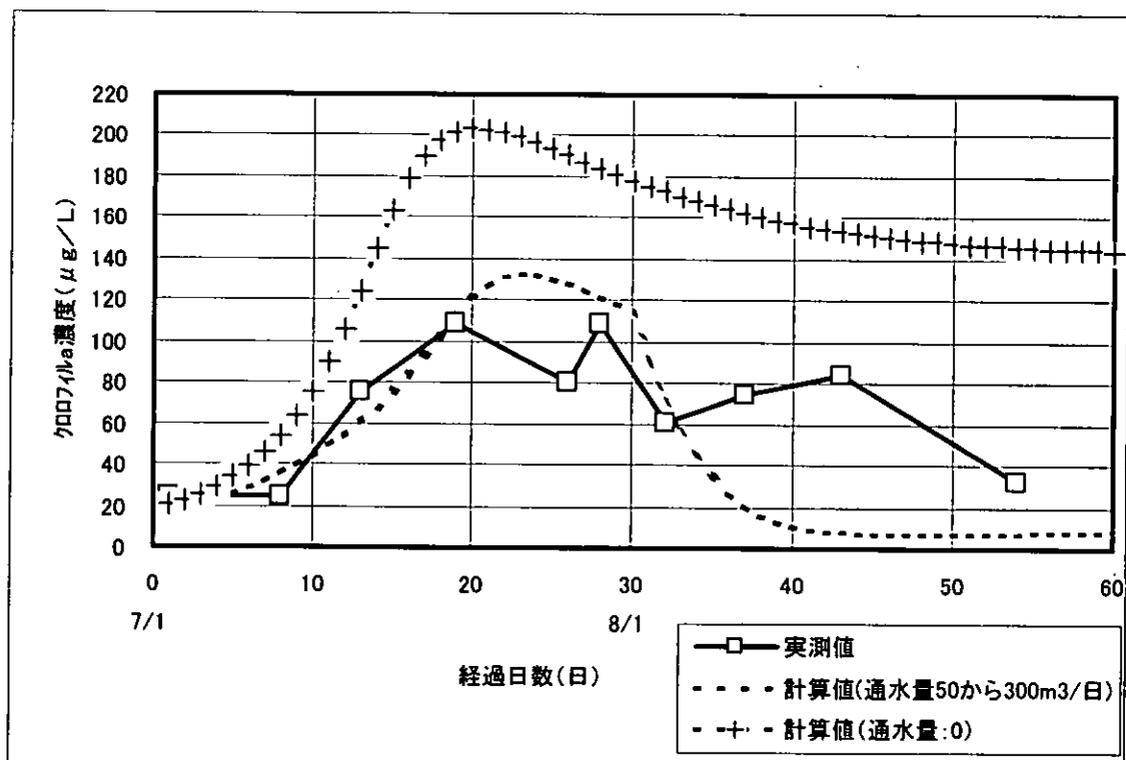


図5-6 クロロフィルa濃度の運転通水量変化に対するシミュレーション

6. 浮上型実用機の設計検討

本年度は、ひも状繊維接触酸化方式による生物処理装置の基本特性を把握したが、内湖等琵琶湖・淀川水系の閉鎖水域の浄化を図る場合、その全域を浄化するには大規模事業となりその実現化には相当の時間を要する。平成11年度では⁷⁾、池の滞留時間をパラメータに浄化装置の規模を浄化水域の循環時間(日)で表し、浄化施設を導入した場合に当初水質のいくらになるかを計算した。例えば、滞留時間が50日以上で循環日数が10日の装置であれば、当初水質の60%になる。すなわち $100\mu\text{g/L}$ 以下でアオコマットが消滅するとすれば、クロロフィルaで当初夏場 $170\mu\text{g/L}$ 程度の水質の水域に対してアオコマット対策の装置として有効であると予測した。しかしこの場合は、水域全体が平均的に混合することを想定しており、現実的にはアオコマットが発生する表層水域を局部的に浄化することでも効果を発揮することも期待できると考える。ここでは、汚濁対象個所が水面上、かつ岸辺等局部的に絞られることが多いことに着目し、内湖等に浮上させて移設が容易、省エネ型、イニシャルコストが1000~2000万円、ランニングコストが100万円以下、可能な限りメンテナンスフリー化、親水化のための景観、藻類・微生物・原生動物・後生動物・昆虫・魚類・鳥類等が集まる多自然空間等々を考慮した浄化施設が必要と考え⁸⁾、その設計を行った。

第1槽は、浮上型装置を想定し、水面空間を利用する装置として設計設置したもので、浄化性能、発生汚泥量等諸特性の把握が、上記趣旨の装置を設計する上で重要なポイントとなる。

通水ポンプ、フロア等運転制御機器の定期的な保守管理は避けられないが、ひも状繊維接触材は、目詰まりを心配する必要がなく、半永久使用が可能であり、かつ軽量であるため汚泥回収等保守作業も非常にやりやすい。また第1槽のように水面空間を利用した装置にすると、通水エネルギーを最少にでき、水面上汚濁水域を浄化しやすく、また風に対する安定化設計も容易である。

図6-1は、上記要件を考慮し、4トン車で運搬可能でかつ1日で据え付け可能な浄化装置の設計例を示す。大きさは、長さ5m、幅2m、高さ1m規模の装置で、処理量は $50\sim 100\text{m}^3/\text{日}$ となる。所要動力は、通水ポンプ0.2kW、エアポンプ0.2kWであるが、処理水を飛散させるため、水流機0.4kWを具備すると、40~50mの表層水域(水量としては広さ約 $50\text{m}\times 20\text{m}$ 深さ1mの 1000m^3)が浄化できる。この場合ソーラは2kWの規模となる。図6-2に植生等自然景観を具備した設計例を示した。図6-3は、ソーラを搭載する分装置が大きくなりイニシャルコストは高くなるが、ソーラ搭載型の浮上型浄化施設の例である。

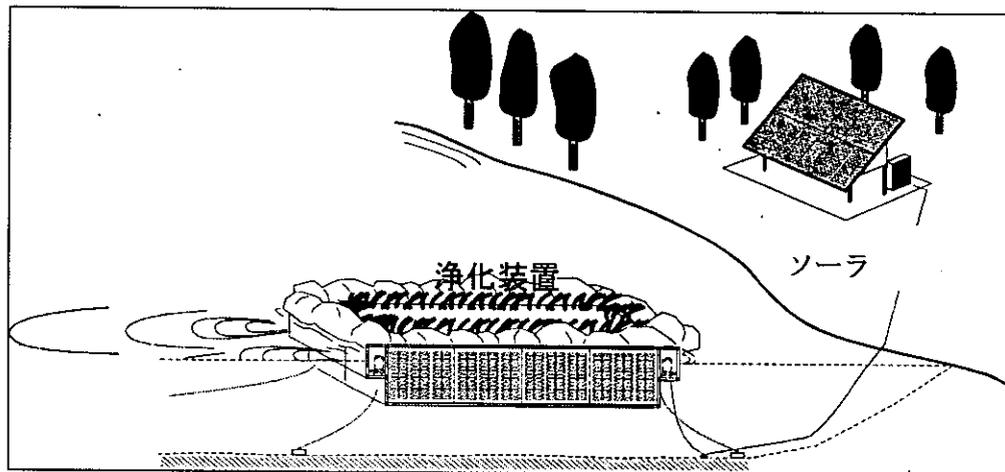
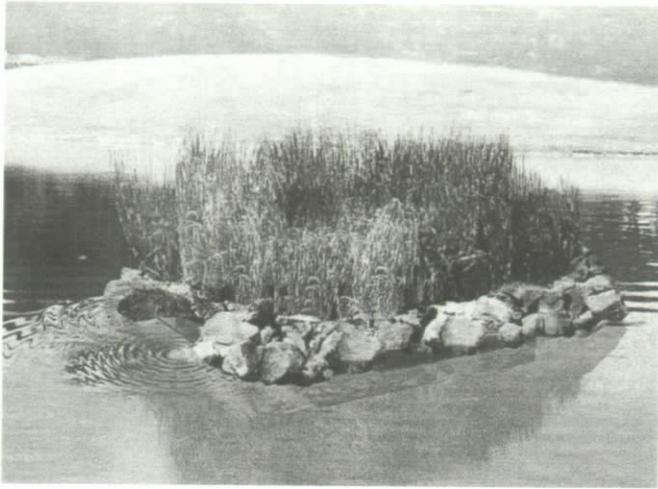
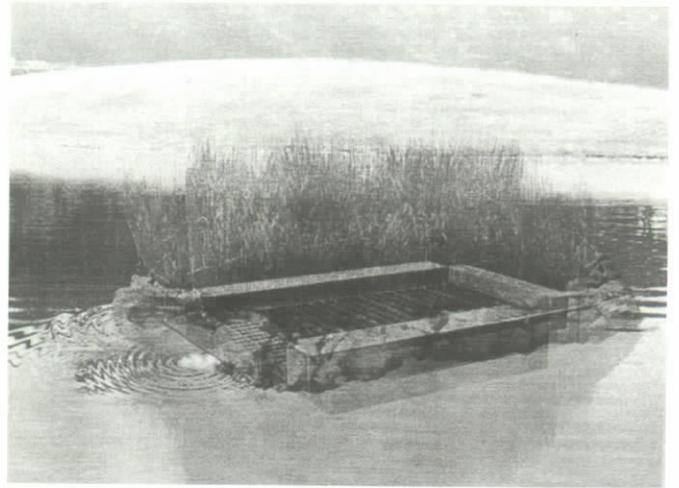


図6-1 浮上型ひも状繊維接触酸化浄化装置設計例



(概観図)



(透視図)

図 6-2 浮上型浄化装置の景観設計例

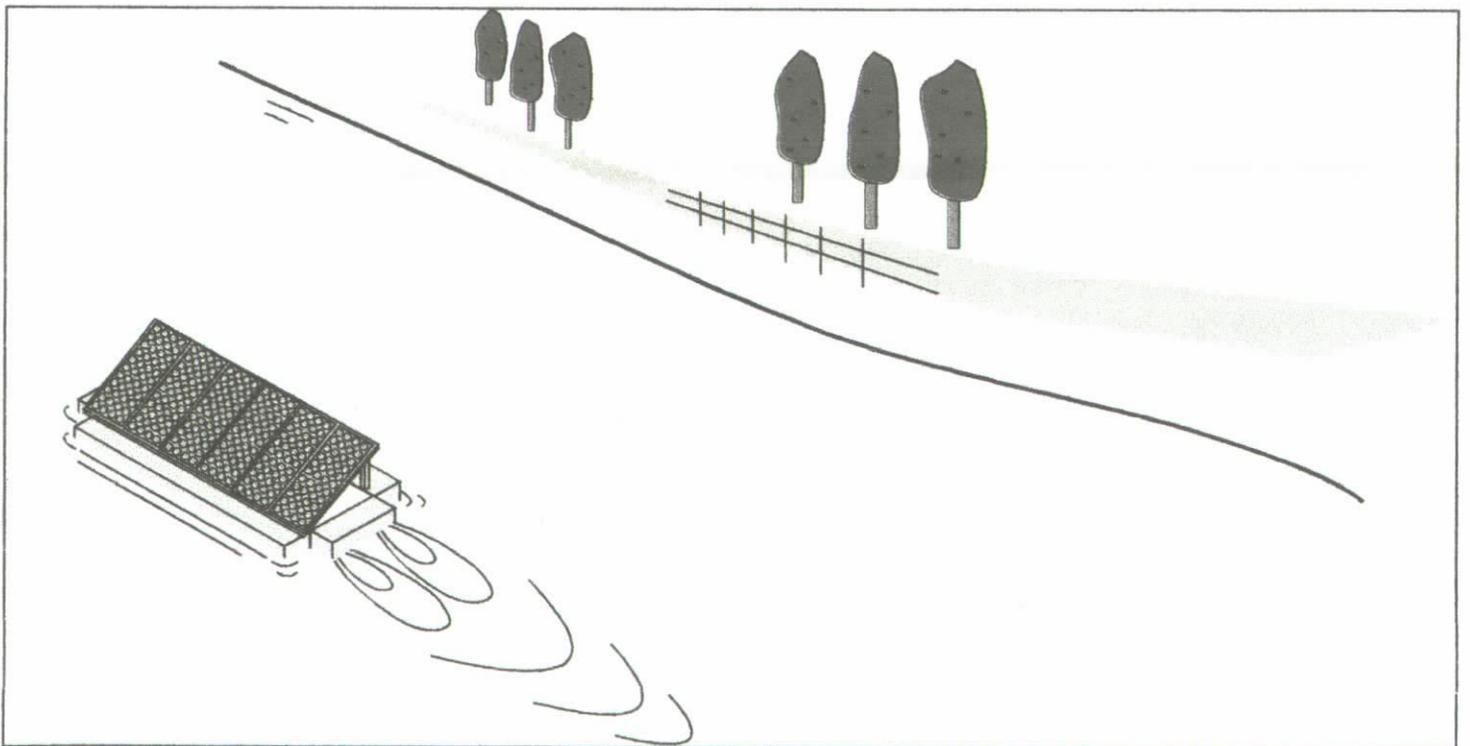


図 6-3 ソーラ搭載型浄化装置例

7. まとめ

- (1) 処理量 300m³/日、滞留時間 2.7h の本実験施設の夏場の除去率は、クロロフィル a が 86.6%、SS が 69.0%、COD が 32.2%、BOD が 45.9%、T-N が 6.4%、T-P が 23.7% であった。
- (2) 浄化性能は、原水のクロロフィル a 濃度が約 20 μg/l 以上では約 90% の高い除去率が得られた。また、第 1 処理槽の曝気効果は見られなかった。
- (3) 全処理槽のうち第 1 処理槽で約 80%、第 2 処理槽で約 20% の除去割合を示した。また、第 1 処理槽のひも状繊維には藻類、後生動物等の多様な生物が生息していた。
- (4) 発生汚泥は、第 1 槽が多く、夏場（6月～11月）で 2.6m³（含水率 98%）の汚泥が発生した。浄化施設の収支としては SS 流入量が約 900 kg、流出量が 300 kg で、堆積汚泥量が 52 kg からひもへの付着量（分解量含む）が約 550 kg と予測された。
- (5) シミュレーションは生態モデルの予測で実測値と比較的よい一致が見られた。浄化装置への通水がなければ、クロロフィル a は最大 200 μg/L 程度になることが予測された。
- (6) 移設容易な浮上型ひも状繊維方式の生物処理装置の実用化設計を行った。特に景観を自然風に植生や岩の浮島構造を設計した。取水ポンプ 0.2kW、ブロー 0.2kW 程度とすれば、廉価なソーラ発電によるソフトエネルギー浄化装置の実用化が可能となる。

8. 今後の課題

- (1) 処理量変化に対する特性の把握と最適通水量の策定
- (2) ひも付着した汚泥量・汚泥成分等の調査と物質収支の検討
- (3) 当実験池の浄化評価
- (4) ソーラ単独運転による昼夜間欠運転による特性の把握
- (5) 汚泥の維持管理の策定とリサイクル化の検討
- (6) ひも方式と流動床方式の適用区分設計と実施設計例の検討

9. 引用文献

- 1) 滋賀県 1997年3月 琵琶湖総合保全整備の在り方 資料-19
- 2) 山敷庸亮・熊谷道夫他（1997）気象変動に対する南湖水質形成特性に関する研究、琵琶湖研究所報、15、20-23
- 3) 白崎亮：環境新聞平成 11 年 11 月 17 日「河川浄化技術の現状と課題」
- 4) 須藤隆一：用水と廃水 Vol. 32、No. 8（1990）「水域の直接浄化の意義と展望」
- 5) 森田裕三：環境技術 Vol. 23、No. 6（1994）「ひも状接触材による河川の直接浄化について」
- 6) 松岡譲（1984）霞ヶ浦の富栄養化モデル、国立環境研究所報告第 54 号
- 7) (財)琵琶湖・淀川水質保全機構：平成 10 年度ソフトエネルギー浄化実験業務報告書
- 8) 稲森悠平：用水と廃水 Vol. 40、No. 10（1998）「生態工学を活用した水環境修復技術の開発動向と展望」

実験担当者

財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構	実験センター所長	中山 繁
	実験センター研究員	武井 直子
株式会社日立製作所	機械研究所研究員	水守 隆司
	土浦工場主任技師	仲平 四郎

9. 実験センターにおける生物調査（水域）（その2）

1. はじめに

琵琶湖・淀川水系の水質や生態系改善するため、多くの調査研究が積み重ねられてきたが、自然や生態系、人間活動が水環境に与える影響などについて、未解明な点が多く残されている。今後の琵琶湖・淀川水系の水環境改善をめざし、水質改善技術の研究、開発の拠点として設置された琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター（以下、実験センターと称す）は、そこでの研究成果が流域内の水域環境の改善に資するだけでなく、住民や関係機関への広報、PRの場として、また、水質浄化に係わる教材として、浄化の原理や生態系の創造過程を学べる場としての役割が期待されている。

実験センター内に設置された水路は、多様な整備手法を用いている。水路の主要部である多自然型水路約 350m区間では、河床材料や河床勾配に変化をもたせることにより、形態的に自然河川の上流域・中流域・下流域を再現している。水路設置当初に水生植物を一部植栽した以外は動物も含めて移植は避け、基本的には自然のままの推移に任せている。本実験は、これらの水路における水生生物や水質などの現況を把握するとともに、河川環境と生物相との関係やその多様性について考察し、今後の琵琶湖・淀川水系の水辺環境の創造に役立てることを目的とする。

2. 実験場所

実験センター内の実験水路（コンクリート三面張水路、J字水路、多自然型水路）、実験池において調査を行った。場所を図2-1に示した。

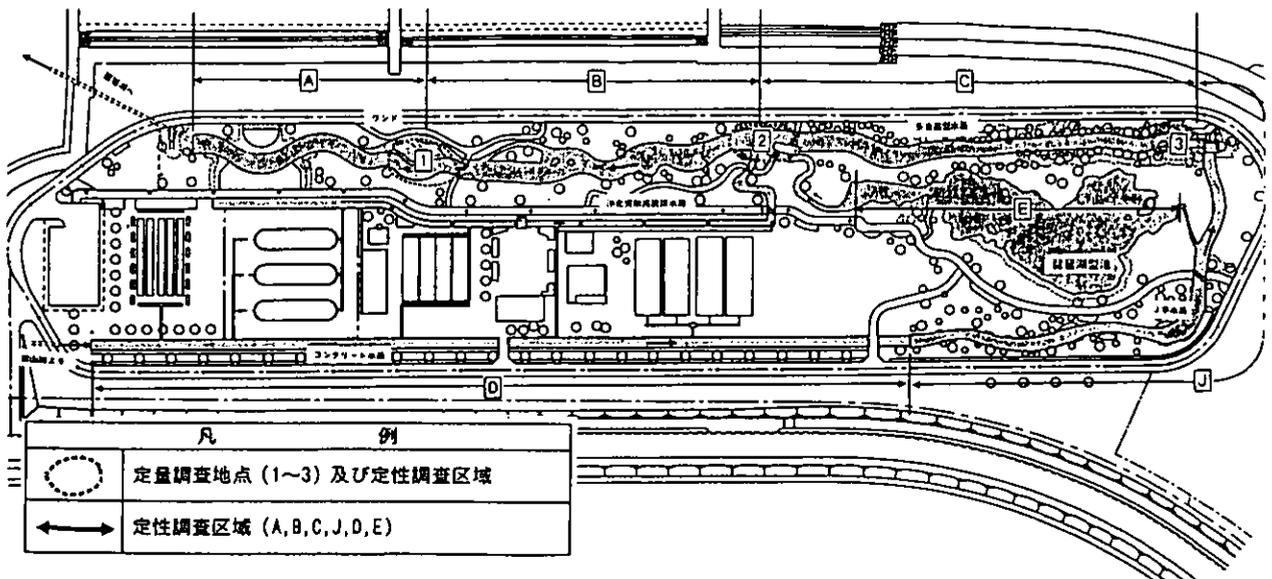


図2-1 実験場所

3. 調査内容

現地調査は、植物（水生植物）、底生動物及び魚介類（魚類、底生動物）、付着藻類、自浄浄化作用の効果（水質）及び水生植物活着状況について実施した。

各調査内容は以下のとおりである。

3.1 調査方法

3.1.1 植物調査

春季、夏季、秋季の3回、現地調査を実施した。調査範囲はJ字水路、多自然型水路及びコンクリート水路の水路内と水際部とし、対象は湿生・水生を含むシダ植物以上の高等植物とした。

(1) 植生

J字水路、多自然型水路及びコンクリート水路内全域を調査の対象とした。水路内の植生を優占種によって捉え、調査結果を優占種の分布状況として縮尺1/500の図に表した。同時に、上流部・中流部・下流部（ワンド）及びコンクリート水路の4地点における代表的な植生でコドラート調査を行った。コドラート内に生育する主な植物の分布を記録するとともに、すべての植物について平均高及び被度（%）を記録した。コドラートは各地点で1つつ設定し、大きさは100×100cmとした。

(2) 植物相

J字水路、多自然型水路及びコンクリート水路内全域において、水路内または水際に生育する植物を記録し、植物目録を作成した。調査の対象はシダ植物以上の高等植物とし、現地での生育状況や植栽図から在来種・帰化種・植栽種を判断して記録した。現地で同定が困難な植物は採集して持ち帰り、後日標本の同定を行った。

3.1.2 底生動物及び魚介類

水生昆虫類や甲殻類などの底生動物、魚類、貝類などの生息状況を把握するため、昨年度の調査地点（J字水路、多自然型水路）に琵琶湖型池及びコンクリート水路を加えた各地点において四季各1回の現地調査を実施した。なお、貝類は底生動物の調査と同時に実施可能であるため、ここでは魚類と底生動物（貝類を含む）に分けて整理した。

(1) 魚類

魚類の現地調査は、投網、タモ網を用いた捕獲調査により、生息する魚類相を把握した。捕獲した魚類は原則として現地で同定し、個体数の計数、写真撮影などを行った後、速やかに放流した。なお、現地で同定困難な個体は、ホルマリン液（10%）で固定して持ち帰り、顕微鏡下で種の同定を行った。

生息種の確認はすべての調査地点で行った。また、多自然型水路内3地点に一定の調査範囲を定め、定量的な調査（捕獲調査、トラップ（セルビン）の設置など）を行い、各地点毎の生息状況の把握に努めた。

(2) 底生動物

調査範囲を任意に踏査しながら、タモ網を用いて岸边や水生植物帯などを中心に、トンボ類の幼虫や甲殻類、貝類などを対象に定性的な採集を行った。また、魚類と同様3か所の調査地点では、サーバーネットによる定量調査を行った。採集した底生動物は、ホルマリン液（10%）で固定して持ち帰り、顕微鏡下で種の同定及び個体数の計数を行った。

3.1.3 藻類調査方法

珪藻や藍藻などのうち、実験水路においてみられる付着藻類の生育状態を把握するため、春～秋季各1回の現地調査を実施した。調査地点はJ字水路、多自然型水路、琵琶湖型池及びコンクリート水路内に設置した計6地点である。

各地点5cm×5cmの方形枠で2個採集した。採集した検体を100mlのポリ瓶に入れ、3

～5%ホルマリンで固定して持ち帰り、顕微鏡下で種の同定及び細胞数の計数を行った。得られた細胞数は1m×1mに換算して結果とした。

3.1.4 水質調査

実験水路における水質の浄化機能を把握するため、コンクリート水路～多自然型水路に5ヶ所の調査地点を設け、四季各1回の水質調査を実施した。

現地調査は各地点において、気温、水温、水深、流速など一般項目の測定を行うと共に、室内分析用の試料をポリびんまたはガラスびんに採取した。室内での分析項目及び分析方法は表3-1に示すとおりである。

表3-1 水質分析項目及び分析方法

項 目	分 析 方 法
水素イオン濃度 (pH)	JIS K-0102.12.1
生物化学的酸素要求量 (BOD)	JIS K-0102.21 (32.3)
化学的酸素要求量 (COD)	JIS K-0102.17
浮遊物質 (SS)	昭和46年環告第59号付表8
窒素含有量 (T-N)	JIS K-0102.45.2
リン含有量 (T-P)	JIS K-0102.46.3
クロロフィル a	上水試験方法 VI-4-20

3.1.5 水生植物活着調査

水生植物植栽地計6地点で、活着状況の調査を行った。植栽種の個体数及び生育状況を記録するとともに、水深、流速などの立地環境を記録した。また、各地点の植栽種ごとにコドラート (50×50cm) を1地点ずつ設置し、コドラート内の植栽種及び主要な植物の生育状況を投影図として表した。コドラート内のすべての植物について平均高と被度 (%) を記録した。同時に、水生植物植栽地のうち護岸形状の異なる5地点において水路横断方向にラインを設置し、ライン上に生育する植物を記録して断面模式図を作成した。その他、植栽地の最上流部に位置する地点で水質調査を行った。

3.2 調査期間

調査期間は、1999年 (平成11年) 4月から2000年 (平成12年) 3月までで、調査日を表4-1に示した。

表4-1 調査日

調査時期	前回調査				今回調査			
	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
水生植物	98.5.18-19	98.8.27-28	98.10.12-13	99.1.13-14	99.5.18-19	99.8.27-28	99.10.12-13	-
付着藻類	98.5.18-19	98.8.27-28	98.10.12-13	99.1.13-14	99.5.18-19	99.8.27-28	99.10.12-13	-
魚類	98.5.18-19	98.8.27-28	98.10.12-13	99.1.13-14	99.5.18-19	99.8.27-28	99.10.12-13	00.1.13-14
貝類	98.5.18-19	98.8.27-28	98.10.12-13	99.1.13-14	99.5.18-19	99.8.27-28	99.10.12-13	00.1.13-14
底生動物	98.5.18-19	98.8.27-28	98.10.12-13	99.1.13-14	99.5.18-19	99.8.27-28	99.10.12-13	00.1.13-14
水質	98.5.18	98.8.27	98.10.12	99.1.13	99.5.11	99.8.18	99.10-13	00.1-20

4. 調査結果

4.1 植物調査結果

4.1.1 植生

平成10年度に比べ、平成11年度は植物が水際を被う面積が増加し、水路のほぼ全域を被う状況となっていた（図4-1）。水中に植生はほとんどみられないが、水際の植物が水面を被うように生育し、水路をふさぐ状況も見られた。特に多自然型水路上流部では植物が水際にあまりみられない昨年度の状態から、水面上の積み石や護岸の隙間にアメリカセンダングサやツルヨシ、ギシギシ、ヨモギといった植物が生育する状態になっていた。

昨年度では全体に様々な種が生育していたが、今年度は特定の種が優占する傾向がみられ、特にウキヤガラ、アメリカセンダングサ、シロネといった高茎植物の割合が高くなっていた。これらの優占する群落は多自然型水路中流部の全幅を被うほどに広がっている。また、J字水路において、昨年度にはほぼ全域をキシウズメノヒエが被っていたが、今年度ではその上流側でウキヤガラやヨシなどが優占していた。

4.1.2 植物相

現地調査により、J字水路、多自然型水路及びコンクリート水路において35科 109種のシダ植物以上の高等植物が確認された。分類群別確認種数を表4-1に示した。

表4-1 分類群別確認種数

分類群			確認種数							
			植栽種		在来種		帰化種		合計	
			科	種	科	種	科	種	科	種
被子植物	双子葉植物	離弁花類	1	1	14	27	8	8	17	36
		合弁花類	1	1	5	16	2	9	6	26
	単子葉植物	5	8	9	29	4	10	12	47	
合計			7	10	28	72	14	27	35	109
比率 (%)			9.2		66.0		24.8			

注) 確認種を植栽種と侵入種に分類し、さらに侵入種を在来種と帰化種に分けた。

確認種は近畿地方の平地から丘陵地にかけてごく一般的にみられる種からなっていた。調査対象である水際部から水路内という立地環境を反映して、確認種の半数近くが湿生植物や水生植物であった。湿生植物ではヤナギタデ・ポントクタデ・ミゾソバなどが確認された。水生植物のうち、抽水植物ではヨシ・ガマ・ウキヤガラなどが、沈水植物ではミズオオバコ・コカナダモ・クロモなどが、浮遊植物ではウキクサ・アオウキクサが確認された。抽水植物はすべて植栽種であるが、沈水植物及び浮遊植物は流水により運ばれてきたものが定着したと考えられる。コカナダモとクロモは琵琶湖において主要な種である（浜端，1991）。ミズオオバコは水質浄化施設の排水路部分で確認され、夏季調査時には開花もみられた。

また、今年度の調査で「植物版レッドリスト」（環境庁，1997）に記載されているカワヂシャとタコノアシの2種が確認された。カワヂシャは多自然型水路下流側でオオカワヂシャに混じり多数生育していた。タコノアシは琵琶湖型池の水際に広がるヨシ群落の縁で数個体生育していた。

昨年度と今年度の確認種数を表4-2に示した。確認種数は若干増加しているが、その内訳の比率に大きな変化はなかった。

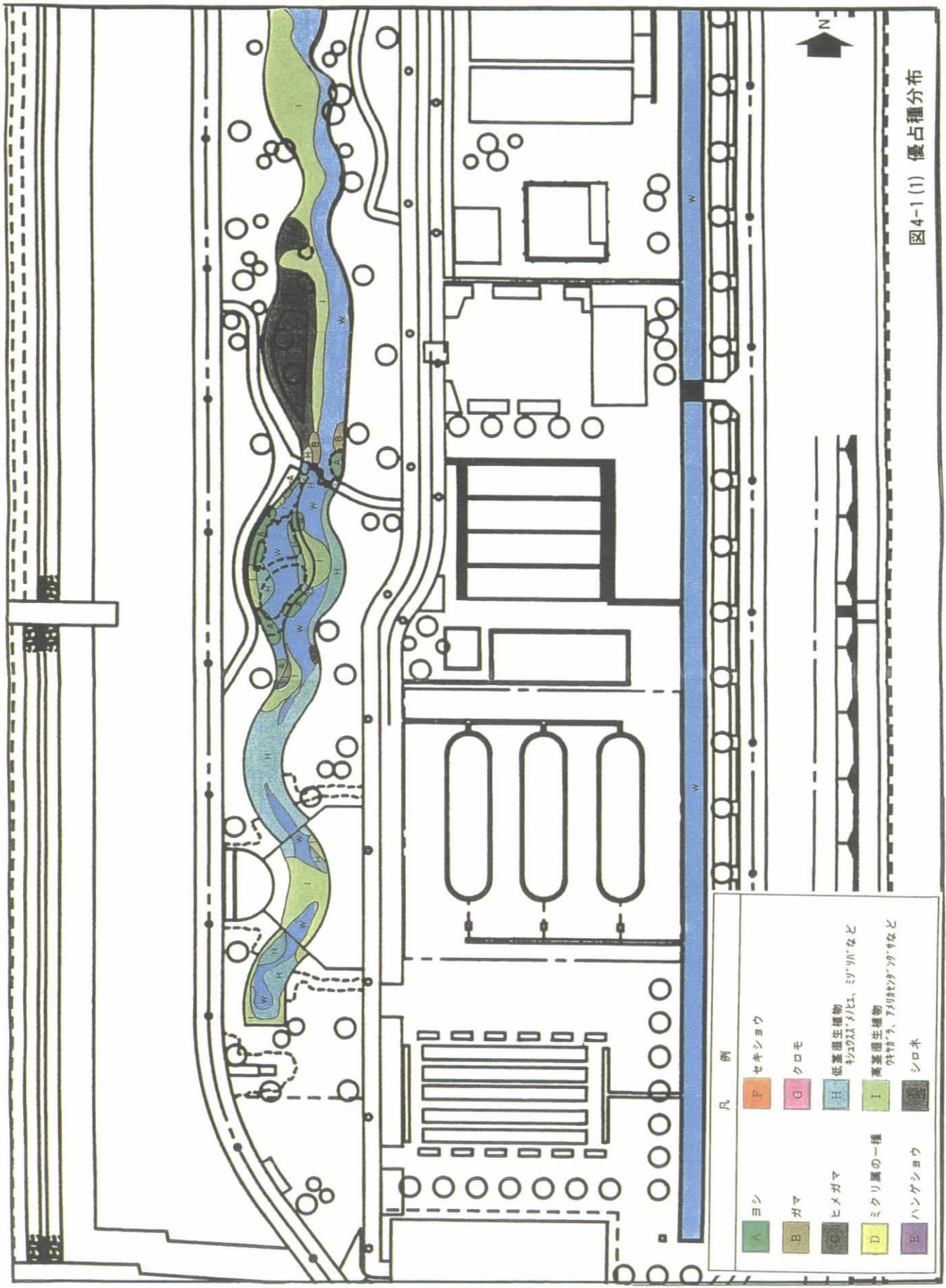
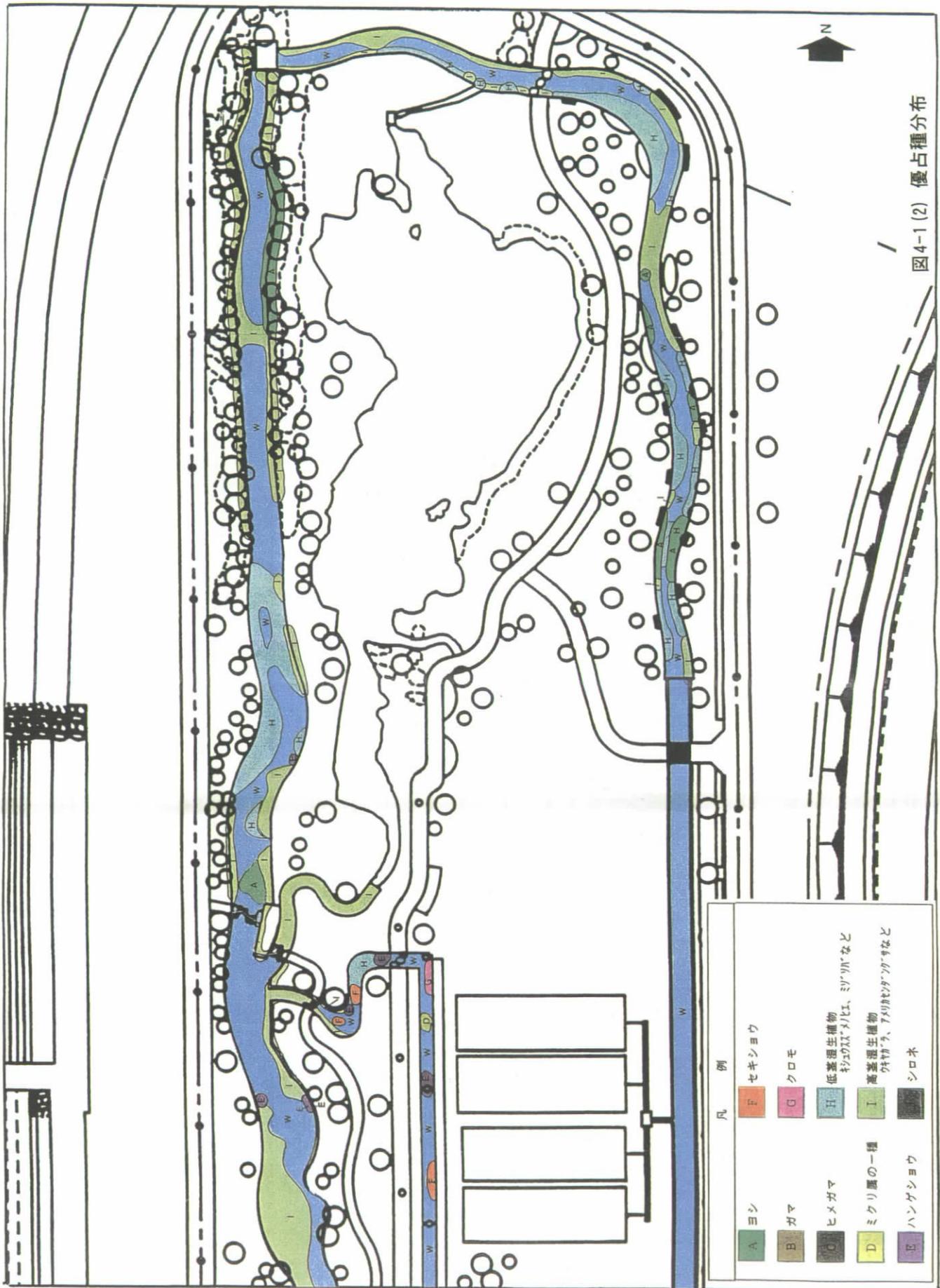


図4-1(1) 優占種分布

凡 例	
A	ヨシ
B	ガマ
C	ヒメガマ
D	ミクリ属の一種
E	ハンゲシヨウ
F	セキシヨウ
G	クロモ
H	低葎湿生植物 ササ、アサギ、ミヅカ、ミヅナなど
I	高葎湿生植物 クサ、アサギ、アサギなど
	シロネ



凡 例

A	ヨシ	F	セキシヨウ
B	ガマ	G	クロモ
C	ヒメガマ	H	低基選生植物 ササ、スズメノヒゲ、ミドリガサなど
D	ミクリ属の一種	I	高基選生植物 ササ、スズメノヒゲなど
E	ハンゲシヨウ		シロネ

図4-1(2) 優占種分布

表4-2 確認種数の比較

	平成10年度		平成11年度	
	種数	割合%	種数	割合%
植栽種	11	11.2	10	9.2
在来種	61	62.3	72	66.0
帰化種	27	27.3	27	24.8
合計	99	100.0	109	100.0

今年度新たに確認された種はマメグンバイナズナ・アメリカフウロ・ニガナ・コシロネ等39種であった。新たな確認種のうち半数近くが水湿地を好む種で、オオカナダモやハゴロモモなどの帰化種、カワヂシャやタコノアシなどの氾濫源を好む種が特徴的であった。

4.2 底生動物及び魚介類調査結果

4.2.1 魚類

4季の合計で、5目7科22種の魚類が確認された。各季における確認種数は14~17種で、冬季にやや減少したが季節による差異は顕著ではなかった。確認種は平地の池や沼、河川の中・下流域に生息する種であり、琵琶湖やその周辺の河川で一般的にみられる種であった。これら確認種の中で、ギンプナ・タイリクバラタナゴ・オイカワ・メダカ・トウヨシノボリ、ブルーギル等は確認回数・確認地点・確認個体数とも多く、実験水路の魚類相を代表する種と考えられる。

平成10年度との比較を表4-3に示した。

表4-3 魚類確認種（前年度との比較）

目	種	科	調査時期								10年	11年
			5月		8月		10月		1月			
			10年	11年	10年	11年	10年	11年	10年	11年		
コイ	コイ	コイ	*	*		*	*		*		○	○
		ギンゴ'ロウ'ナ				*		*				○
		ギン'ナ	*	*	*	*	*	*	*	*	○	○
		ナ'属類(幼魚)	*								○	
		タイリ'カ'バラ'タ'ナ'ゴ'	*	*	*	*	*	*	*	*	○	○
		ハ'ス	*	*				*	*		○	○
		オイ'カ'ワ	*	*	*	*	*	*	*	*	○	○
		カ'ワ'ム'ツ'ノ'メ'ダ'カ'		*								○
		モ'ロ'コ'				*		*		*		○
		タ'モ'ロ'コ'				*		*				○
		カ'マ'ツ'カ'		*		*	*	*		*	○	○
		ニ'ゴ'イ'				*						○
		ス'コ'モ'ロ'コ'		*	*	*		*		*	○	○
	ト'シ'ョ'ウ'	ト'シ'ョ'ウ'				*	*		*	○	○	
サ'	ア'ユ'	ア'ユ'			*		*	*		○	○	
ダ'ツ'	メ'ダ'カ'	メ'ダ'カ'	*	*	*	*	*	*	*	○	○	
ス'ズ'キ'	サン'フィ'ッシュ'	ブ'ル'ギ'ル'	*	*	*		*	*	*	*	○	○
		ブ'ラ'ク'ガ'ス'		*		*	*				○	○
	ハ'セ'	ウ'キ'コ'リ'	*	*							○	○
		ト'ウ'ヨ'シ'ノ'ボ'リ'	*	*	*	*	*	*	*	*	○	○
	ヌ'マ'チ'ヂ'	*		*		*		*	*	○	○	
4目	6科	20種	10種	13種	9種	13種	12種	14種	8種	12種	15種	20種

注) 前年度調査を実施していないコンクリート水路および琵琶湖型池を除いた集計である。
コンクリート水路または琵琶湖型池では、この他にピワヒガイ、ナマズが確認されている。

平成10年度との比較（平成10年度に調査を実施していないコンクリート水路および琵琶湖型池を除く）では、全調査時期で確認種数が増加した。平成11年度、新たに確認された魚種は、ゲンゴロウブナ、カワムツA型、モツゴ、タモロコ、ニゴイの5種である。これらの確認個体数は4季の合計で1～4個体と少なかった。平成10年度に確認されて、平成11年度には確認されなかった魚種は、ウキゴリ1種で、平成10年度に1個体が確認されている。

4.2.2 底生動物

4季の合計で、17目33科47種の底生動物が確認された。確認種は平地の池や沼、水田、細流等の止水域～緩流水域に生息する種が大部分を占め、琵琶湖やその周辺の河川で一般的にみられる種であった。確認種の構成を目別にみると、蜻蛉目（イトトンボ類、シオカラトンボなど）が計7種と最も多く、確認種全体の約15%を占めた。次いで、比較的多くの種が確認されたグループとして、双翅目（ユスリカ類など）が6種、異歯目（イシガイ類、マシジミ）が5種、などであった。

水生昆虫類ではトンボ類の幼虫（ヤゴ）、タイコウチ・ゲンゴロウ類、トビケラ類・ユスリカ類等が確認された。水生昆虫類の中ではトンボ類の種数が多く、水路の水際に繁茂した植物の草間や緩流部や水際の泥底で主に採集された。

水生昆虫以外の底生動物としては、ミミズ類、カワニナ・ヒメタニシ・ナガオカモノアラガイ等の巻貝類、イシガイ・マシジミといった二枚貝類、ミズムシ・テナガエビ・アメリカザリガニ等の甲殻類等が確認された。

平成10年度との確認種の比較を表4-4に示した。平成11年度では前年度に比べ、1月を除く各調査時期で確認種数が減少し、合計でも54種から43種に減少した。今年度、新たに確認された種はコシアキトンボ、キイロヒラタガムシなど7種である。これに対して昨年度に確認されていて今年度には確認されなかった種は、セスジイトトンボ、ギンヤンマなど18種で、特に水生昆虫の減少が著しかった。

表4-4 底生動物確認種（前年度との比較）

目	科	種	平成10年	平成11年	目	科	種	平成10年	平成11年
蜂蟻	コカゲ'ロウ	コカゲ'ロウの一種	○	○	双翅	ユスリカ	エリユスリカ亜科の一種	○	○
	ヒメカゲ'ロウ	ヒメカゲ'ロウの一種	○	○			ユスリカ亜科の一種	○	○
蜻蛉	イトトンボ	アジ'アイトトンボ	○	○		ミス'アブ	ミス'アブ科の一種	○	
		アオモンイトトンボ	○	○	三岐腸	ア'ラナリア	ナミウス'ムシ	○	○
		クロイトトンボ	○	○		貧毛	ミス'ミス'	ミス'ミス'科の一種	○
		セシジ'イトトンボ	○		イトミス'		エラミス'の一種	○	○
		イトトンボ'科の一種	○	○	イトミス'科の一種	○	○		
	ヤンマ	ギ'ンヤンマ	○		新貧毛	ツリミス'	ツリミス'科の一種		○
	トンボ	シオカラトンボ	○	○		フトミス'	フトミス'科の一種		○
		ショウジ'ヨウトンボ	○		咽蛭	イシビ'ル	ナミイシビ'ル	○	○
		コフキトンボ	○				イシビ'ル科の一種	○	
		アキアカネ	○			中腹足	カワニナ	カワニナ	○
コシアキトンボ			○	チリメンカワニナ				○	○
			イホ'カワニナ	○					
半翅	アメンボ	ヒメアメンボ	○	○			カワニナの一種	○	
		アメンボ	○	○			タニシ	オオタニシ	○
		ヒメアメンボ'の一種	○			マルタニシ		○	
タイコウチ	タイコウチ	○	○	ヒメタニシ		○	○		
ミス'ムシ	ミス'ムシの一種	○	○	基眼		サカマキガ'イ	サカマキガ'イ	○	○
毛翅	ムネカクトビ'ケラ	○	○		モ'アラガ'イ	ヒメモ'アラガ'イ	○		
	シマトビ'ケラ	コガ'タシマトビ'ケラ	○		○	モ'アラガ'イ	○	○	
	ヒメトビ'ケラ	ヒメトビ'ケラの一種	○	○	柄眼	オカモ'アラガ'イ	ナカ'オカモ'アラガ'イ		○
	エグ'リトビ'ケラ	オタルトビ'ケラの一種	○			翼形	イガ'イ	カワヒバ'リガ'イ	○
	鞘翅	コツツ'ゲンゴ'ロウ	コツツ'ゲンゴ'ロウ	○			異歯	イシガ'イ	マツカサガ'イ
ゲンゴ'ロウ		マメケ'ンゴ'ロウ	○		タテホ'シガ'イ	○			
ガ'ムシ		キイロヒラタガ'ムシ		○	イシガ'イ	○			○
		ヒメガ'ムシ		○	マルト'ブ'ガ'イ	○			○
		ガ'ムシ科の一種		○	ド'ブ'ガ'イ	○			○
ゾ'ウムシ	イネミス'ゾ'ウムシ	○		シジ'ミガ'イ	マシジ'ミ	○			○
双翅	ヌカカ	ヌカカ科の一種	○		等脚	ミス'ムシ	ミス'ムシ	○	○
	ミギ'ワハ'エ	ミギ'ワハ'エ科の一種		○	十脚	テナガ'エビ'	テナガ'エビ'	○	○
	ガ'ガンボ	ガ'ガンボ'の一種	○	○		ザ'リガ'ニ	アメリカザ'リガ'ニ	○	○
		ウスバ'ヒメガ'ガンボ'の一種	○	○	17目	38科	62種	54種	43種
	ユスリカ	モンユスリカ亜科の一種	○	○					

注) 前年度調査を実施していないコンクリート水路および琵琶湖型池を除いた集計である。

4.3 付着藻類調査結果

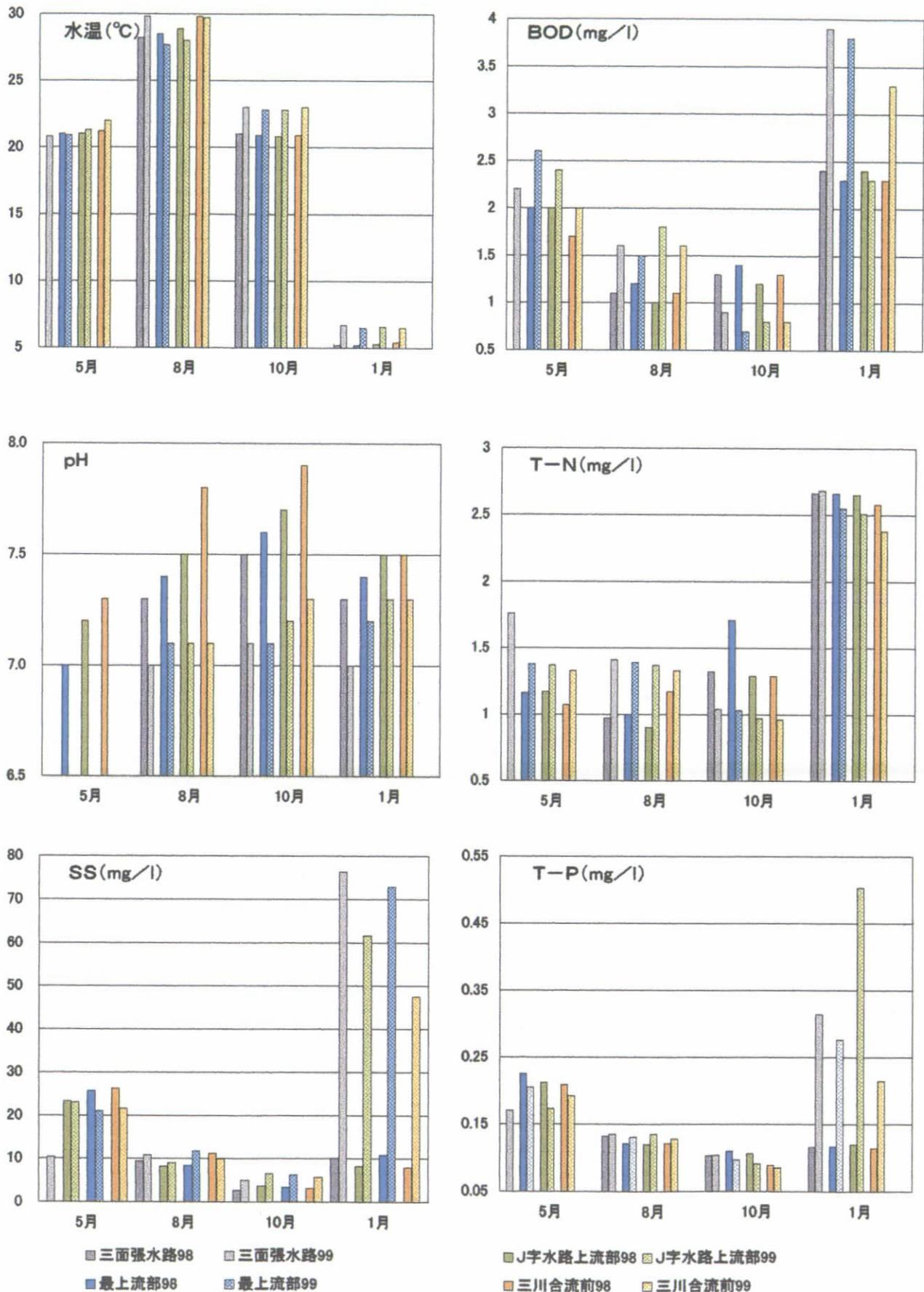
3季の合計で、4綱153種の付着藻類が確認された。確認種数は珪藻類(126種)が全体の8割以上を占め、緑藻類(16種)、藍藻類(10種)、紅藻類(1種)は少なかった。糸状藻類は藍藻及び緑藻の一部で構成され、カワシオグサ*Cladophora gromerata*、アオミドロの一種*Spirogyra* sp.、サヤミドロの一種*Oedonium* sp.など、合計14種が確認された。

地点別にみると、各地点とも珪藻類が優占種として記録された。優占種を有機汚濁に対する3生態群(好汚濁性種・好清水性種・広域適応種)に区分してみると、ほとんどの地点・調査月とも広域適応種が優占したが、多自然型水路中流部の5月および同上流部の8月は好清水性種が優占し、琵琶湖型池の8月および10月は好汚濁性種が優占した。

付着藻類の現存量(細胞数/100cm²×6地点)は8月、5月、10月の順に多い値を示した。調査地点別では多自然型水路下流部が最も多く、J字水路が最も少なかった。

4.4 水質調査結果

前年度と併せて水質調査結果を図4-2に示した。



今年度は、春季（5月）にSSの上昇が見られた。これは葉山川上流域に広がる水田地帯での田植え準備（代掻き）によるものと考えられる。また、冬季（1月）には葉山川上流部で実施された河川改修工事の影響を受けてSSが著しく上昇したほか、BOD、T-N、T-Pともにやや増加していた。夏季（8月）、秋季（10月）はどの項目とも良好な値を示し、とくに秋季の水質の良さが目立った（SS：10未満、BOD：1未満）。

田植え又は河川改修の影響を受けている5月及び1月を除外し、8月と10月の平均値を求めて前年度と比較してみた（表4-5参照）。昨年度はややアルカリ側に傾いていたpHの値が今年度はやや低下し、ほぼ中性に近づいている。その他の項目では、各地点とも調査項目によって数値が増減している中で、ワンド部のみ平成11年度の数値が低下し、水質の改善傾向が見られた。これはワンドの改良工事による効果とも考えられる。

表4-5 調査地点別の水質（主要項目の前年比）

	コンクリート水路		J字水路		多自然型上流		多自然型中流		ワンド		流路平均	
	H 10	H 11	H 10	H 11	H 10	H 11	H 10	H 11	H 10	H 11	H 10	H 11
PH	7.4	7.1	7.5	7.1	7.6	7.2	7.9	7.2	7.3	7.2	7.5	7.1
SS	6.1	7.9	6.0	7.8	5.9	9.0	7.2	7.8	14.1	7.9	7.8	8.1
COD	4.3	3.5	2.7	3.8	2.9	4.0	2.8	3.7	4.9	4.0	3.5	3.8
BOD	1.2	1.3	1.3	1.1	1.1	1.3	1.2	1.2	2.5	1.2	1.5	1.0
T-N	1.15	1.23	1.36	1.21	1.10	1.17	1.23	1.15	1.09	0.97	1.18	1.14
T-P	0.118	0.200	0.116	0.114	0.113	0.113	0.105	0.107	0.126	0.107	0.115	1.119

注) 数値は夏季と秋季の平均値を示す。「流路平均」はコンクリート水路～ワンドの5地点の平均値。

単位はpHを除いてmg/l。

4.5 水生植物活着調査

植栽種によって、活着及びその後の生長にやや差がみられた。各植栽種の生育状況は以下のとおりである。

○セキショウ

6地点のうち2地点は平成10年度から生育は認められていない。平成11年度は他の4地点で昨年に引き続き生育が認められたが、うち1地点では春季に確認されたものの、昨年度秋季と同様生育が悪く、夏季には枯死した。

○ハンゲショウ

いずれの地点でも活着が認められ、全体として昨年度よりも生育が良かった。

生育面積、平均高も増加した地点が多い。良好な生育を示している個体では、ハンゲショウの特徴である葉の白変がみられ、開花・結実もみられた。

○ミクリ類

平均高は昨年度の秋季から大きな変化はなかった。ミクリの生育面積は増加する傾向がみられたが、ヒメミクリはほぼ一定の状態であった。活力に昨年度から大きな変化はなかった。

○ミツガシワ

昨年度に引き続き2地点で活着が認められた。春季には大型化し昨年度から20cm近く伸びているものもある。確認株数は昨年度から大きな変化はないが、葉の部分は食害にあって夏季にはほぼ消失している。活力も葉部以外は昨年と同様の安定した状態を保っている。

○ミズアオイ

昨年度、開花結実が認められた地点において、今年度、生育が認められなかった。本種は、流れのある場所の場合では前年と同じ場所に再生産されることは稀である。植栽地のやや下流で逸出・生育している株が認められている。

定着ができるような流れの変化を所々に設けることで再生産が可能になると考えられる。

5. 考察

5.1 実験水路の環境条件

5.1.1 水路の形態と流況

水路の形態には基本的な変化がなく、平成10年度とほぼ同様な条件が保たれていたほか、水源となる葉山川の状況も昨年同様であった。このため、実験水路内の流量、流速などに変化を及ぼす要因は見あたらない。また、周辺の土地利用にも特に変化はなく、実験水路の環境条件は昨年度と基本的に同一と考えられる。

なお、今年度は新たに以下の2ヶ所の調査地点を追加した。

(1) コンクリート水路

葉山川からの取水ピットとJ字水路を結ぶコンクリートの三面張り水路で、延長約240m、幅約2.5m、水深30～40cmの規模である。流路途中には水質浄化実験施設に分水するため、仮設の堰を設置している箇所もある。

(2) 琵琶湖型池

琵琶湖の形を模した実験池で、ソフトエネルギー浄化実験が行われている。水深は30～50cm程度であり、調査地点のなかでは最も広い水域となっている。水はJ字水路から流入し多自然型水路に流出するが、浄化実験の都合上、平成11年度は水生動物の行き来がやや困難な状況と考えられ、他の調査地点からは生物的には独立した水域と考えられる。

5.1.2 水質の状況

調査結果は平成10年度と同様で、水生生物の生息には概ね良好な水質であった。葉山川流域に広がる水田での田植え準備の影響が、昨年同様春季に見られたが、これは今後も継続的にみられる現象で実験水域の定常的な水質変化と考えられる。本年度に特記すべきこととして、水源である葉山川上流において冬季に河川改修が実施されたため、水の濁りや栄養塩類の上昇といった影響を受けた。しかし、ワンド内ではこれらの影響が他地点に比べて軽微であり、ワンドの環境保全効果が示された例と言えよう。なお、実験水路の流下過程における自浄浄化の効果については不明である。また、河川改修による水質の変化が、実験水路内の水生生物に対して影響を及ぼしているかどうかは今のところ判断できない。

5.2 生物調査結果のまとめ

5.2.1 植物の状況

全体として植物確認種数が増え、量的にも増加している。実験施設の完成後、まだ日が浅いため安定期に入っていないと考えられ、種の入替わりがみられるのは一般的な傾向であると考えられる。しかし、ウキヤガラ、アメリカセンダングサ、キシウスズメノヒエなど一部の種の増加が著しく、徐々に単調な環境になりつつあるようにもみえる。

水域内では、キシウスズメノヒエが場所によっては水路を覆い尽くすほどに繁茂し、開放水面が減少していることが特徴的であった。

調査地点による出現種の違いはほとんどみられなかったが、植物版レッドリストに記載されているカワヂシャが多自然型水路下流域で、タコノアシが琵琶湖型池で確認された。

5.2.2 水生動物の状況（魚類および底生動物）

昨年度との比較では、全体的に底生動物（特に水生昆虫類）が減少し、魚類がやや増加傾向を示したが、生物相を構成している主な種（確認個体数の多い種）に顕著な変化はみられなかった。いずれも河川の下流域～中流域に生息する種で構成されている。

一般的に地点間の環境条件が大きく変わらないためか、確認魚種には大きな差がない。今年度の調査結果では、タイリクバラタナゴの確認数が多く稚魚も多数確認されたことや、産卵床となる二枚貝も確認されていることから、水路内で繁殖している可能性が高いと考えられる。

付着藻類の調査結果では、珪藻類が8割以上を占めていた。地点別では多自然型水路下流部の現存量が最も多く、J字水路が最も少なくなっている。出現種の有機汚濁に対する耐性をみると、調査地点による多少の違いはあるものの、広域適応種が多く出現した。

新たな調査地点であるコンクリート水路では比較的多くの魚類が確認されたが、稚魚は確認されていない。また、底生動物の確認種は比較的少なく、護岸および河床構造が単調で生息条件を満たす要素の一部が欠けていることを示している。同琵琶湖型池では魚類の確認種数は他地点より多く、とくに止水域を好む種が多かった。また、コイ、フナ類など体長15～30cm程度の大型個体も比較的多く確認された。これは面積、水深とも大きく、大型個体の生息条件が整っているためと考えられる。一方、底生動物の確認種数は他地点に比べて最も少なく、コンクリート水路と同様に護岸や底質など生息環境の変化が少ないことが原因と考えられる。

5.2.3 移植植物の活着状況

活着して良好な生育を示すものと、消失または極めて生育が悪いものとに二分される結果となった。なお、一部の移植種（ミツガシワ）は食害がひどく、葉が全くなくなるなどの被害を受けている。

5.3 総合考察

植生は群落の分布状況や種構成に変化がみられた。また、植物相では種の消長があるものの、確認種数は前年度と比較して10種の増加にとどまった。なお、一部にはレッドリストに該当する種の出現もみられた。

水生動物の生息種数、生息量をみると、魚類は順調に増加し、水生動物はやや減少したものの、この地域における河川の下流域～中流域の状況を概ね再現するほどの結果を示している。

これらの動植物の現況をみると、人工的な水路とは思えないほど多様な生物相がみられ、自然河川の環境に近づきつつあるといえる。しかし、上流域～下流域のそれぞれの姿を再現するところまではゆかず、あくまで下流域～中流域の生物相を再現するにとどまっている。これは、地形、気象、土壌、水質など、生物を支える環境条件すべてを上流域～下流域として整えることが困難な実験水路の限界を示しているともいえる。しかし、水路や周辺環境の整備、維持管理方法の検討など、今後更に改善する余地が残されていることも事実である。今後さらに、上流域～下流域の環境再現をめざすか、上流域に固執せず下流域の環境として様々な実験を行ってゆくかなど、実験施設の方向性を明確にし、それに応じた整備ならびに維持管理を進める必要がある。

6. 今後の課題

6.1 植物の管理

一部の種が優占する傾向があり、限られた実験フィールドにおける植物の多様性を損ね

かねない状況となっている。計画的な草刈りによる直接的な草地管理のほか、高木の植栽などによって緑陰地に適した種の導入を試みるなどして、種の多様化を図ることが好ましい。また、高木の植栽は、多自然型水路の水温を下げるほか、藻類の過剰な繁茂を抑制する効果も期待できる。J字水路、多自然型水路上流部周辺に植栽されたオニグルミ、ヤマハンノキ、ヤナギなどの生長が待たれる。

水路内では一部の種が繁茂して流路が狭められているが、この状態は底泥の堆積を促進することとなるため、必要に応じて洪水攪乱を模した植物および底泥の除去等を検討する必要がある。

6.2 外来魚種の動向

本年度の実験センター内におけるブルーギルの総捕獲尾数は93尾であった。このうちの約95% (88尾) が琵琶湖型池で捕獲された。本種は雑食性で、繁殖力が強く、在来魚の生息に影響を与える危険性があるため、捕獲後の再放流は行わなかった。実験水路内では総じて少なかったが、今後の動向を把握する必要がある。実験水路で確認されているブラックバスは琵琶湖型池では確認されなかったが、ブルーギルと同様、今後の動向を把握する必要がある。

ブルーギル、ブラックバスなどの外来魚対策を講じるための基礎調査の一つとして、環境条件が、外来魚による在来魚への捕食圧等に及ぼす作用の相違を把握することが望まれる。例えば捕食魚と被食魚を、環境の異なる閉鎖水域に投入し、被食魚の生存率などから、捕食圧を軽減できる環境を見出すことも可能かと思われる。しかしそのためには、新たな整備工事が必要となる。

6.3 多自然型水路上流域の改善

多自然型水路上流域では、数十cm程度の自然石からなる河床構造や、流速の早さの点から上流域の景観を呈しているが、一般的な河川と比較すると、沈み石（河床に埋もれ、石礫間に空隙が少ない石）が目立ち、しかも部分的に泥が堆積しているなど、上流域の環境と異なる点も見受けられる。確認種は河川の下流域～中流域に生息する種で構成されているが、これらの生息種は前記の河床環境のほか水温によって制限されていることが考えられる。一般的な河川上流域では河畔林が水面を覆い、暗部が形成されている。今後は、河道の上部に植栽した樹木が生育して河畔林が形成され、暗域が作られることによって、付着藻類の基礎生産量の変化やそれに伴う底生動物の現存量の変化、水温変動に対する緩和効果などを把握することが望まれる。

6.4 実験水路末端の改善

実験水路は最終的に多自然型水路下流部の集水枡から、管渠によって琵琶湖に排水されているが、これを琵琶湖と連続性のある水域とし、湖から遡上する魚種の生態を把握することも、今後の琵琶湖と流入河川、用水路または水田との連続性などを考えるうえで重要と思われる。とくにナマズ、フナ類、ドジョウなど、産卵期に用水路や水田内へ進出する傾向の強い魚種の繁殖生態を把握し、繁殖に適した場所を確認することが望まれる。また、これらの魚種は発育段階によっても、生息場所を変えることが考えられるため、実験施設周辺も含めた詳細な分布調査が望まれる。

6.5 琵琶湖型池の生物的問題点

今年度の調査では琵琶湖型池を調査地点に加えた。本来この池は生物の生息環境として意図したものではないと考えられるが、調査の結果、多数の魚類が確認されている。今後、

水生生物の生息環境として位置づける場合には、以下のような問題点を検討すべきであると思われる。

6.5.1 他水域との連続性の確保

現在、琵琶湖型池は本来の目的である水質浄化実験の都合上、J字水路や多自然型水路との間で、魚類など水生動物の往来が困難な状況となっている。連続する水域内では、流水域と止水域では生息する魚種が異なる（すみわけ）場合が多いため、魚類の往来が可能な場合には、それぞれの生息魚種の違いを確認することができると考えられる。また、前項で述べたように、産卵期に遡上する魚類の繁殖生態を把握するためにも、可能であれば連続性を維持するための改修工事が望まれる。

6.5.2 エコトーンの新創

大型個体を中心に比較的多くの魚種が確認されたが、魚類の繁殖環境としては、産卵場となる水生植物帯や仔稚魚の成育場として重要な浅場がみられず、不適な環境といえる。今後は、多様な種やサイズのもが生息できるよう、池の周囲に施されている垂直護岸を取り外し、陸域から水中にかけて緩傾斜化し、河畔林→湿生植物帯→抽水植物→浮葉植物→沈水植物へと続くエコトーンの新創が望まれる。また、同時にメダカなどの小型魚や仔稚魚の好む浅い細流などをエコトーン内に新創させることも望まれる。また、可能であれば中の島の設置も効果が期待できる。

6.5.3 水質の監視

自浄浄化調査とは別途に実施された水質調査結果では、CODの値がかなり高く、特に8月には16.3mg/lと水産用水基準で魚類の繁殖条件とされる4mg/lを大きく上回る結果となっている。また、8月、10月に好汚濁性種とされる珪藻類の*Fragilaria construens* v. *venter*が優占したほか、夏季の魚類調査時に大量のアオミドロの1種*Spirogyra* sp.（糸状藻類）が観察された。これらの結果から有機汚濁がかなり進んでいるものと推察される。アオミドロの1種は、光合成により日中は酸素を供給するが、夜間は酸素を消費するため、溶存酸素（DO）の低下による水生生物への悪影響が懸念される。そのため、夏季に経時的なDOの測定を行い、水生生物の生息環境悪化を未然に防止することが望まれる。また、池内の生物生産量とソフトエネルギー利用浄化装置の浄化能力との定量的な検討も望まれる。

6.6 コンクリート水路の生物的問題点

琵琶湖型池と同様に、今年度から調査地点として加えられたこの水路も、本来、生物の生息環境として意図したものではないと思われる。一般的に、コンクリートの三面張り水路は、魚類はじめ水生生物の生息には最も不適な形態と考えられているが、調査の結果では、底生動物の確認種数こそ少なかったものの、比較的多数の魚類が確認された。これは、堆積した底泥上で局所的に繁茂したエビモやイトモ類などの藻間で、テナガエビ、ナマズ、ドジョウ、カマツカ、ビワヒガイ、タモロコなど、多くの種が確認され、これらの沈水植物の生育が水生動物の生息に有益に作用することが示された。

今後、この水路を水生生物の生息環境として位置づける場合には、底泥除去を控え、沈水植物の生育場所を保護するような対策を検討する必要がある。

6.7 水生植物活着調査地の問題

護岸や水際部に植栽種以外の植物が侵入しはじめ、植物枯死体や泥の堆積が進むことによって陸化が進みつつある区域が認められる。

自然の河川や湖岸の水際では攪乱がたびたび生じることで、変化に富みつつも遷移が一定以上進まない状態が保たれている。本地の場合、自然発生の攪乱は生じないため、遷移が一定方向に進行することが考えられる。植栽した時点の環境がその植栽種に適している場合、生育環境が変化するとその生育に影響が出ることが考えられる。特に他の植物の侵入、しかも高茎植物が繁茂した場合、植栽種の生育状態が悪化することが懸念される。

6.8 その他

6.8.1 実験データの比較検討

実験開始から2年が経過し、実験水路でのデータも蓄積しつつある。今後は、規模は異なるものの、河川水を引き込んだ実験水路を有する建設省の自然共生研究センター（岐阜県川島町）など、同様な実験施設における調査結果の比較を行い、実験方法や水系の違いによる相違点並びに共通点、実験成果の活用方法の検討などを行うことも意義があると考えられる。

6.8.2 水質浄化効果の実験案

現在までの実験結果では、実験水路における水質浄化効果の確認には至っていない。これは、水路内における流水の滞留時間が短いことや、効果を測る基準がないことなどが原因と考えられる。

水質浄化効果を把握するための実験案として、実験水路の一定区間において流水を二分し、一方を新たに設置する水路（流速が遅く、水生植物が十分植栽された水路）に導いて滞留時間を十分長くとり、水生植物との接触時間を確保することなどが考えられる。二分された各水路の末端（合流点前）における水質調査データから、植物による栄養塩類の吸着効果や、SSの堆積効果の把握などが期待できると思われる。

7. 参考文献

- (1) 浅井一視・渡辺仁治, 1995. 有機汚濁に関する付着珪藻類の3生態群への統計的類好汚濁性種と好清水性種. *Diatom*, 10, P35-37, January 1995
- (2) 藤井伸二, 琵琶湖湖岸の「原野の植物」とその現状(1). *Nature Study* 40 (9), P 99-104, 1994
- (3) 浜端悦治, 琵琶湖の沈水植物群落に関する研究(2) 一魚群探知機と船上からの採取による分布調査一. 滋賀県自然誌, 滋賀県自然誌編集委員会編, (財)滋賀県保護財団, P-, 1991
- (4) 角野康郎, 日本水草図鑑. 文一総合出版, 1994
- (5) 沼田真 編, 植物群落の遷移. 図説植物生態学. P129-188, 朝倉書店, 1969
- (6) 奥田繁俊, 河川に発達する植物群落. 河川環境と水辺植物. 93-115, ソフトサイエンス社, 1996
- (7) 矢野・波田・竹中, 日本の植生図鑑Ⅱ人里・草原. 保育社, 1985
- (8) 植物目録. 環境庁, 1987

8. 確認種目録

8.1 植物確認種目録

科名	種名 (和名/学名)	平成11年		平成10年
		植栽	在来 帰化	
種子植物・被子植物・双子葉植物・離弁花類				
イラクサ科	カラムシ <i>Boehmeria nivea</i> ssp. <i>nipononivea</i>		○	
デ科	ヤギタテ <i>Persicaria hydropiper</i>		○	○
	オオイヌタテ <i>Persicaria lapathifolia</i>		○	○
	イヌタテ <i>Persicaria longiseta</i>		○	○
	サテウサ <i>Persicaria maackiana</i>		○	○
	ホントクダテ <i>Persicaria pubescens</i>		○	○
	サエタテ <i>Persicaria scabra</i>			○
	アキノナギツカミ <i>Persicaria sieboldii</i>			○
	ミツツバ <i>Persicaria thunbergii</i>		○	○
	アレチギシギシ <i>Rumex conglomeratus</i>			○
	ギシギシ <i>Rumex japonicus</i>		○	○
エゾノギシギシ <i>Rumex obtusifolius</i>			○	
デコ科	ミノツツリ <i>Arenaria serpyllifolia</i>		○	
	オランダミミグサ <i>Cerasium glomeratum</i>			○
	ツメクサ <i>Sagina japonica</i>		○	
	ウシハコバ <i>Stellaria aquatica</i>		○	○
アカザ科	シロアカザ <i>Chenopodium album</i>			○
	ケアリタツカ <i>Chenopodium ambrosioides</i>			○
キンポウゲ科	ケキツネノボたん <i>Ranunculus cantoniensis</i>		○	○
	タガラン <i>Ranunculus sceleratus</i>		○	○
スズレン科	ハコロモモ <i>Cabomba caroliniana</i>			○
ドクダミ科	ハンゲショウ <i>Saururus chinensis</i>	○		○
アブラナ科	タネツクバナ <i>Cardamine flexuosa</i>		○	○
	マメノハイナ <i>Lepidium virginicum</i>			○
	オランダガラシ <i>Nasturtium officinale</i>		○*	
	イヌガラシ <i>Rorippa indica</i>			○
	スカシゴボウ <i>Rorippa islandica</i>		○	○
ベニツメクサ科	コモチマンネングサ <i>Sedum bulbiferum</i>		○	
ユキノシタ科	タコノアシ <i>Penthorum chinense</i>		○	
バラ科	オビイチゴ <i>Potentilla sundaica</i> var. <i>robusta</i>		○	○
マメ科	ツルマメ <i>Glycine max</i> ssp. <i>soja</i>		○	○
	ヤハズツカ <i>Kummerowia striata</i>		○	○
	コマツメクサ <i>Trifolium dubium</i>			○
	シロツメクサ <i>Trifolium repens</i>		○	○
	ヤハズエンドウ <i>Vicia angustifolia</i>		○	○
カタバミ科	カタバミ <i>Oxalis corniculata</i>		○	○
アウロウ科	アメリカアウロ <i>Geranium carolinianum</i>			○
アドウ科	アドウ <i>Ampelopsis glandulosa</i> var. <i>heterophylla</i>		○	
アカバナ科	アメリカミズキンバイ <i>Ludwigia decurrens</i>			○
	チョウジタテ <i>Ludwigia epilobioides</i>		○	○
アリハコザサ科	オオアサモ <i>Myriophyllum brasilense</i>			○
	ホサキアサモ <i>Myriophyllum spicatum</i>			○
セリ科	マツバゼリ <i>Apium leptophyllum</i>			○
	セリ <i>Oenanthe javanica</i>		○	○
種子植物・被子植物・双子葉植物・合弁花類				
ミツガシ科	ミツガシ <i>Menyanthes trifoliata</i>	○		○
ムラサキ科	ハナイバナ <i>Bothriospermum tenellum</i>			○
	キュウリグサ <i>Trigonotis peduncularis</i>		○	○
シソ科	シソ <i>Lycopus lucidus</i>		○	○
	ヒメシソ <i>Lycopus maackianus</i>		○	
	ゴシソ <i>Lycopus ramosissimus</i> var. <i>japonicus</i>		○	
	ヒメジリ <i>Mosla dianthera</i>		○	

科名	種名 (和名/学名)	平成11年			平成10年
		植栽	在来	帰化	
ゴマノハグサ科	マツハ ウンラン	Linaria canadensis			○
	アゼナ	Lindernia procumbens			○
	トキワハゼ	Mazus pumilus	○		
	オオカワヂシャ	Veronica anagallis-aquatica		○	○
	タチヌノフグリ	Veronica arvensis		○	○
	ムシクサ	Veronica peregrina	○		○
	カワヂシャ	Veronica undulata	○		
オオハコ科	オオハコ	Plantago asiatica	○		
キキョウ科	キキョウソウ	Specularia perfoliata			○
キク科	アタクサ	Ambrosia artemisiifolia var. elatior			○
	ヨモギ	Artemisia princeps	○		○
	ホウキク	Aster subulatus var. obtusifolius			○
	ヒロホウキク	Aster subulatus var. subulatus			○
	アメリカセンダングサ	Bidens frondosa		○	○
	オオアレチノギク	Conyza sumatrensis		○	○
	クサザ	Eclipta prostrata	○		○
	ヒメカシヨモギ	Erigeron canadensis		○	○
	ハハコグサ	Gnaphalium affine	○		○
	チチコグサ	Gnaphalium japonicum	○		
	カラシロチチコグサ	Gnaphalium spicatum			○
	ニガナ	Ixeris dentata	○		
	ノボロギク	Senecio vulgaris		○	
	セイタカアワダチソウ	Solidago altissima		○	○
	ニナガシ	Sonchus asper		○	○
	ノナシ	Sonchus oleraceus	○		○
ヒメジョオン	Stenactis annuus		○	○	
オニタビラコ	Youngia japonica	○			
種子植物・被子植物・単子葉植物					
トチカミ科	オオカナダモ	Egeria densa			○
	コカナダモ	Elodea nuttallii			○
	クロモ	Hydrilla verticillata	○		○
	ミスオオハコ	Ottelia japonica	○		
ヒルムシロ科	ヒビモ	Potamogeton crispus	○		
	ホバミスヒキモ	Potamogeton octandrus	○		
ミスアオイ科	ミスアオイ	Monochoria korsakowii	○*		○
	コナギ	Monochoria vaginalis var. plantaginea	○		
アヤメ科	ハナショウブ	Iris ensata var. spontanea			○
	キショウブ	Iris pseudacorus			○
	ニラセキショウ	Sisyrinchium atlanticum			○
イグサ科	ヒメコカガイセキショウ	Juncus bufonius	○		
	イ	Juncus effusus var. decipiens	○		○
	タチコカガイセキショウ	Juncus krameri	○		
	コウカガイセキショウ	Juncus leschenaultii	○		○
	クサイ	Juncus tenuis			○
ツクサ科	ツクサ	Commelina communis	○		○
	イボクサ	Murdannia keissak	○		○
イネ科	カモシグサ	Agropyron tsukushiense var. transiens			○
	スズメノテッポウ	Alopecurus aequalis	○		○
	ゴブナグサ	Arthraxon hispidus	○		○
	ミノゴメ	Beckmannia syzigachne	○		○
	ヒメコバンソウ	Briza minor			○
	ジュズダマ	Coix lacryma-jobi			○
	キョウキシバ	Cyndon dactylon			○
	メシバ	Digitaria ciliaris			○

科名	種名 (和名/学名)	平成11年			平成
		植栽	在来	帰化	10年
イネ科	イヌビエ	Echinochloa crus-galli		○	○
	オニシノブグサ	Festuca arundinacea			○
	ウシシツバエ	Hemarthria sibirica		○	
	アシカキ	Leersia japonica			○
	イノノサヤヌカグサ	Leersia oryzoides		○	
	サヤヌカグサ	Leersia sayanuka			○
	ネスミムキ	Lolium multiflorum			○
	ヌカキビ	Panicum bisulacatum		○	○
	オオクサキビ	Panicum dichotomiflorum			○
	シマスメノヒエ	Paspalum dilatatum			○
	キシウスメノヒエ	Paspalum distichum			○
	クサヨシ	Phalaris arundinacea		○	○
	ヨシ	Phragmites australis	○		○
	ツルヨシ	Phragmites japonica	○		○
	イチゴツナギ	Poa sphondylodes			○
	ヒエガエリ	Polypogon fugax		○	○
	アキノコロクサ	Setaria faberi			○
サトイネ科	セキショウ	Acorus gramineus	○		○
ウキクサ科	アウキクサ	Lemna auoukikusa		○	○
	ウキクサ	Spirodela polyrhiza		○	○
ミクリ科	ミクリ	Sparganium erectum ssp. stoloniferum	○		○
	ヒメミクリ	Sparganium stenophyllum	○		○
ガマ科	ヒメガマ	Typha angustifolia	○		
	ガマ	Typha latifolia	○		○
カヤツリグサ科	アゼナルコ	Carex dimorpholepis		○	○
	タマガヤツリ	Cyperus difformis		○	
	コメガヤツリ	Cyperus iria		○	○
	カヤツリグサ	Cyperus microiria		○	○
	キンガヤツリ	Cyperus odoratus			○
	カワラスガナ	Cyperus sanguinolentus		○	
	テンツキ	Fimbristylis dichotoma			○
	ヒデリコ	Fimbristylis miliacea		○	○
	ウキヤガラ	Scirpus yagara	○		○
37	137	10	72	27	99
		109			

注1) 和名および学名、種の配列は「植物目録」(環境庁, 1987)に従った。

なお、これに記載のない帰化植物や栽培植物の和名および学名は以下の文献を参考とし、種の配列は「植物目録」に準じた。

「日本帰化植物図鑑」(長田武正, 1979)

「園芸植物大事典」(塚本ほか, 1994)

注2) *は植栽種の逸出を示す。

8.2 魚類確認種目録

(5月)

目	科	種	調査地点										
			No.A	No.1	No.B	No.2	No.C	No.3	No.J	No.D	No.E		
コイ	コイ	コイ		1								○	
		キンブナ	2		1		4		1			3	
		フナ属の一種										1	
		タイリクバラタナゴ	11	18	2	5	5	1				10	
		ハス		2									
		オイカワ	8	2	18	12	3				11	4	
		カラムツA型								1			
		モツゴ											1
		カマツカ								1	1		
		スコモロコ					1						
サケ	アユ	アユ									1		
ダツ	メダカ	メダカ	1	1		1				2			
スズキ	サンフィッシュ	ブルーキル		3								○	
	ハセ	ウキゴリ										1	
		トウヨシホリ	6	3	7	5	1		5		2		
		ヌマチチブ	1	4		2	6	3	1				
4目	5科	15種	個体数	29	34	28	26	19	4	11	13	22	
			種数	6	8	4	6	5	2	6	3	8	

注)○:目視による確認

(8月)

目	科	種	調査地点									
			No.A	No.1	No.B	No.2	No.C	No.3	No.J	No.D	No.E	
コイ	コイ	コイ						1				2
		ゲンゴロウブナ				3						1
		キンブナ		6		12	9		5	11		11
		タイリクバラタナゴ	13	12	20	25	26	1	4			17
		オイカワ	3	1	5	23	12		3	23		3
		モツゴ					1					12
		ビワヒカイ										1
		タモロコ	1								2	9
		カマツカ				1				1	17	1
		ニコイ	1					1				
		スコモロコ	2			10	10					
ナマス	ナマス	ナマス									1	
サケ	アユ	アユ									3	
ダツ	メダカ	メダカ	10	5	6	8			2			
スズキ	サンフィッシュ	ブルーキル										26
		ブラックバス	1								1	
	ハセ	トウヨシホリ	10	3	9	4	3	11	17	30	6	
5目	6科	17種	個体数	41	27	40	86	63	12	32	89	88
			種数	8	5	4	8	8	2	6	9	10

(10月)

目	科	種	調査地点									
			No.A	No.1	No.B	No.2	No.C	No.3	No.J	No.D	No.E	
コイ	コイ	コイ										○
		ゲンゴロウブナ				1						
		キンブナ	1	2		15	12				18	12
		タイリクバラタナゴ	14	16	1	105	230			9		7
		ハス		1								
		オイカワ	1	5	7	9	5				12	
		モツゴ		1			1					4
		タモロコ					1				3	3
		カマツカ								1	13	
		スゴモロコ				2	2					
	ドジョウ	ドジョウ		3	1						2	
サケ	アユ	アユ							1		4	
ダツ	メダカ	メダカ	2	4	1	1	4		1			
ススキ	サンフィッシュ	ブルーギル			1							10
		ハゼ	13	10	10	1	3	2	37	9	3	
		ヌマチチブ								1	3	
4目	6科	16種	個体数	31	42	21	134	258	2	49	62	42
			種数	5	8	6	7	8	1	5	8	8

注)○: 目視による確認

(1月)

目	科	種	調査地点									
			No.A	No.1	No.B	No.2	No.C	No.3	No.J	No.D	No.E	
コイ	コイ	コイ								1		
		キンブナ		1	1	1	4		1		10	
		タイリクバラタナゴ	4	12	7	13	8	1	1		96	
		オイカワ	2	8	13	15	10	4	3	45		
		モツゴ					1				8	
		タモロコ									1	
		カマツカ							1	1		
		スゴモロコ			1	2						
			ドジョウ	ドジョウ					1			
ナマス	ナマス	ナマス									1	
ダツ	メダカ	メダカ	1	6	1	3			4		2	
ススキ	サンフィッシュ	ブルーギル				1						52
		ハゼ	10	9	4	13	3	4	32	14	3	
		ヌマチチブ			1	1			1	1	4	
4目	6科	14種	個体数	17	36	28	49	27	9	44	61	177
			種数	4	5	7	8	6	3	8	4	9

8.3 底生動物確認種目録

(5月)

目	科	種	調査地点												
			No.A	No.1		No.B	No.2		No.C	No.3		No.J	No.D	No.E	
				定量	定性		定量	定性		定量	定性				
蜉蝣	ヒメケロウ	ヒメケロウの一種 <i>Caenis</i> sp.		1											
蜻蛉	イトトンボ	アジアイトトンボ					○								
		アオモンイトトンボ	○			○							○		
		クロイトトンボ				○									
		イトトンボ科の一種 <i>Agrionidae</i> gen. sp.	○			○						○			
	トンボ	シオカラトンボ	○			○					○				
半翅	アメンボ	ヒアメンボ					○							○	
		アメンボ									○				
	タイコウチ	タイコウチ				○									
鞘翅	ゲンゴロウ	マメゲンゴロウ												○	
	ガムシ	キロヒラタガムシ				○									
		ヒメガムシ				○						○			
双翅	ユスリカ	エリユスリカ亜科の一種 <i>Orthocladinae</i> gen. sp.		13	○	○		○		131		○	○		
		ユスリカ亜科の一種 <i>Chironominae</i> gen. sp.	○	68	○	○	5	○		29		○	○		
三岐腸	ブラナリア	ナミウスムシ								1					
貧毛	ミスミス	ミスミス科の一種 <i>Naididae</i> gen. sp.		31	○		28			157				○	
	イトミス	エラミスの一種 <i>Branchiura</i> sp.					2					○			
		イトミス科の一種 <i>Tubificidae</i> gen. sp.		1			19			30	○	○			
咽蛭	イシビル	ナミイシビル							1	○					
中腹足	カワニナ	カワニナ													
		チリメンカワニナ	○			○						○	○		
		タニシ	○			○			○			○	○		
基眼	サカマキガイ	サカマキガイ	○	1	○	○		○		○	○				
	モノアラガイ	モノアラガイ					○								
翼形	イガイ	カワヒバリガイ					○				○				
異歯	イシガイ	マツカサガイ							○						
		イシガイ	○			○		○				○			
		マルトブガイ										○	○		
		トブガイ	○												
	シジミガイ	マジジミ	○	2	○	○	2	○	○	5	○	○			
等脚	ミスムシ	ミスムシ						○		1	○				
十脚	テナガエビ	テナガエビ	○		○	○		○	○		○	○	○	○	
	ザリガニ	アメリカザリガニ	○		○	○		○			○	○			
14目	22科	31種	個体数	—	117	—	56	—	355	—	—	—	—	—	
			種数	11	7	15	14	4	12	4	8	9	15	6	4

(8月)

目	科	種	調査地点												
			No.A	No.1		No.B	No.2		No.C	No.3		No.J	No.D	No.E	
				定量	定性		定量	定性		定量	定性				
蜻蛉	ヒメゲロウ	ヒメゲロウの一種 <i>Caenis</i> sp.				1									
蜻蛉	イトトンボ	アジアイトトンボ				2					○		○		
		アオモンイトトンボ			○			○			○		○		
		イトトンボ科の一種 <i>Agrionidae</i> gen. sp.	○		○		○					○			
	サナエトンボ	メナサエの一種 <i>Stylurus</i> sp.										○			
	トンボ	シオカラトンボ			○			○			○		○		
半翅	アメンボ	アメンボ			○					○	○				
	タイコウチ	タイコウチ			○										
毛翅	イトビケラ	ムネカクビケラ				6									
	シマトビケラ	コガタシマトビケラ							1		○				
	ヒメビケラ	ヒメビケラの一種 <i>Hydroptila</i> sp.							1						
双翅	ユスリカ	モンユスリカ亜科の一種 <i>Tanypodinae</i> gen. sp.				3									
		エリユスリカ亜科の一種 <i>Orthoclaadiinae</i> gen. sp.							3						
		ユスリカ亜科の一種 <i>Chironominae</i> gen. sp.		30	○		23			10					
貧毛	ミスミス	ミスミス科の一種 <i>Naididae</i> gen. sp.				6			1						
	イトミス	イトミス科の一種 <i>Branchiura</i> sp.				4			8						
		イトミス科の一種 <i>Tubificidae</i> gen. sp.		25		24	○		94						
中腹足	カワニナ	カワニナ	○												
		チリマンカワニナ	○		○		○			○	○	○			
	タニシ	ヒメタニシ	○	1	○	○		○	○	3	○	○	○		
基眼	サカマキガイ	サカマキガイ					○	○							
柄眼	オカモノアラガイ	ナガオカモノアラガイ					○								
異齒	イシガイ	イシガイ	○		○	○		○			○	○			
		ドブガイ	○					○		1		○			
	シジミガイ	マシジミ		3	○	○		○		28	○	○	○		
十脚	テナガエビ	テナガエビ	○		○	○		○	○		○	○	○		
	ザリガニ	アメリカザリガニ	○		○	○	4	○	○		○		○		
11目	20科	26種	個体数	-		59		-		73		-		150	
			種数	8	4	8	10	8	11	6	9	6	12	6	6

(10月)

目	科	種	調査地点											
			No.A	No.1		No.B	No.2		No.C	No.3		No.J	No.D	No.E
				定量	定性		定量	定性		定量	定性			
蜻蛉	トンホ	シオカトンホ										○	○	
半翅	アメンホ	アメンホ			○							○		
毛翅	イトビケラ	ムネカイトビケラ								1				
	シマトビケラ	コカシマトビケラ		3						4				
鞘翅	ガムシ	ヒメガムシ										○		
双翅	ユスリカ	エリュスリカ亜科の一種 Orthoclaadiinae gen. sp.		1						4				
		ユスリカ亜科の一種 Chironominae gen. sp.		7		15				7				
貧毛	イトミス	エラミス的一种 Branchiura sp.		4						4				
		イトミス科の一種 Tubificidae gen. sp.		37		4				57				
中腹足	カワニナ	チリメンカワニナ	○	1	○	○		○	○		○	○	○	
	タニシ	ヒメタニシ	○		○	○		○	○	5	○	○	○	
基眼	サカマキガイ	サカマキガイ			○									
柄眼	オカモノアラガイ	ナガオカモノアラガイ	○			○						○		
翼形	イガイ	カワヒバリガイ									○			
異歯	イシガイ	イシガイ			○			○	○				○	
		トブガイ	○			○	1	○		2	○			
	シジミガイ	マシジミ	○		○			○	○	36	○	○	○	○
等脚	ミスムシ	ミスムシ								1				
十脚	テナガエビ	スジエビ												○
		テナガエビ	○		○	○		○	○		○	○	○	○
	ザリガニ	アメリカザリガニ	○	1		○		○						○
13目	17科	20種	個体数	—	54	—	20	—	121	—	—	—	—	—
			種数	7	6	6	7	3	7	5	9	6	9	5

(1月)

目	科	種	調査地点												
			No.A	No.1		No.B	No.2		No.C	No.3		No.J	No.D	No.E	
				定量	定性		定量	定性		定量	定性				
蜉蝣	コカゲロウ	コカゲロウの一種 Baetis sp.		2											
蜻蛉	イトトンボ	イトトンボ科の一種 Agrionidae gen. sp.					○								
	サナエトンボ	ヤマサナエ										○			
	トンボ	シオカラトンボ コシアキトンボ			○		○	○			○		○		
半翅	ミスムシ	ミスムシの一種 Sigara sp.					○								
毛翅	イトビケラ	ムネカクビケラ		4			1	○							
	シマトビケラ	コガタシマトビケラ	○	32	○			○	3	○	○				
	ヒメビケラ	ヒメビケラの一種 Hydroptila sp.		1											
双翅	ミクワハエ	ミクワハエ科の一種 Ephydriidae gen. sp.		3											
	カガンホ	カガンホの一種 Tipula sp. ウバヒガガンホの一種 Antocha sp.			○					3					
	ユスリカ	モンユスリカ亜科の一種 Tanypodinae gen. sp.		3		○	1								
		エリユスリカ亜科の一種 Orthoclaadiinae gen. sp.	○	341	○	○	13	○	○	111	○	○	○	○	○
		ユスリカ亜科の一種 Chironominae gen. sp.		38	○	○		○	○	13		○	○		
貧毛	ミスミス	ミスミス科の一種 Naididae gen. sp.		2296			5		433	○				○	
	イトミス	エラミスの一種 Branchiura sp. イトミス科の一種 Tubificidae gen. sp.					5	○	○	1		○	○		
				○	24	○	○	69	○	○	69				
新貧毛	ツリミス	ツリミス科の一種 Lumbricidae gen. sp.			○		17			1					
	フトミス	フトミス科の一種 Megascolecidae gen. sp.			○								○		
咽蛭	イシビル	ナミンビル						○	2				○		
中腹足	カワニナ	カワニナ		1	○										
		チリメンカワニナ	○		○	○				1		○			
	タニシ	ヒメタニシ	○		○	○		○	○	3	○		○		
翼形	イガイ	カワヒバリガイ						○		○	○				
異歯	イシガイ	イシガイ	○		○	○		○	○	1	○	○			
		マルドブガイ			○			○							
		ドブガイ			○		○								
	シジミガイ	マシジミ	○		○		○	○	5		○	○			
等脚	ミスムシ	ミスムシ	○	3	○	○		○	○	4	○	○	○	○	
十脚	テナガエビ	テナガエビ	○		○	○		○	○	1	○	○	○	○	
	ザリガニ	アメリカザリガニ	○	1	○	○	1	○	○	1	○		○	○	
13目	24科	31種	個体数	—	2749	—	112	—	652	—	—	—	—	—	
			種数	10	13	16	13	7	13	15	15	9	11	11	6

8.4 附着藻類確認種目録

附着藻類調査時期別確認種(10月)

綱名	学名	糸状藻類	調査地点						
			No.A	No.B	No.C	No.J	No.D	No.E	
藍藻	<i>Homoeothrix janthina</i>	*	○	25488	221	62	282		404
	<i>Anabaena</i> sp.	*		58					
	<i>Oscillatoria</i> spp.	*	○				5499		
	<i>Phormidium</i> spp.	*	○	34272	322		1269	356	1348
	<i>Lyngbya</i> spp.	*	○	4464	2399	51410	16286	594	15147
紅藻	<i>Batrachospermum</i> sp.				2621	578	6178		
珩藻	<i>Melosira ambigua</i>			258	1079				36880
	<i>Melosira distans</i>				77	141			
	<i>Melosira granulata</i>			288					9223
	<i>Melosira japonica</i>			576					
	<i>Melosira varians</i>			1800	3948	18967	10476	37778	3815
	<i>Melosira</i> sp.						1269	238	
	<i>Cyclotella meneghiniana</i>			1440	148	308			13464
	<i>Cyclotella</i> spp.							950	3366
	<i>Coscinodiscus lacustris</i>					308	141	238	112
	<i>Hydrosera triquetra</i>				30	93	56	475	
	<i>Fragilaria biceps</i>			72	59	308			832
	<i>Fragilaria capucina</i> v. <i>vaucheriae</i>			144	1675	7109	635	950	2244
	<i>Fragilaria construens</i> v. <i>venter</i>			16560	5756	925	7826	2376	65716
	<i>Fragilaria fasciculata</i>							950	
	<i>Fragilaria pinnata</i>				5756	925			
	<i>Fragilaria pinnata</i> v. <i>lanceolata</i>					154	1269		
	<i>Synedra inaequalis</i>			1296	185	5860	423	6035	112
	<i>Synedra pulchella</i>							475	
	<i>Synedra rumpens</i>								112
	<i>Synedra rumpens</i> v. <i>familiaris</i>			144		308			
	<i>Synedra ulna</i>			576	221	386	212	3018	
	<i>Eunotia</i> sp.				339	93	1170	2614	
	<i>Achnanthes clevei</i>				4767				
	<i>Achnanthes exigua</i>				2657	308	2115	950	
	<i>Achnanthes japonica</i>			5213		4688			9200
	<i>Achnanthes lanceolata</i>				443		2411	475	112
	<i>Achnanthes lanceolata</i> v. <i>rostrata</i>			1152	6886	9869	6049	1426	
	<i>Achnanthes minutissima</i>			48886	3446	16422	10082		7888
	<i>Achnanthes subhudsonis</i>				5166	4688	6726		
	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>			8813	2325	987	2115	9100	
	<i>Cocconeis placentula</i>			144	443	308	635	1901	
	<i>Gyrosigma</i> spp.			360	2768	35158	5288		112
	<i>Stauroneis japonica</i>			288	1328	154	6345	23760	
	<i>Frustulia vulgaris</i>					308	71	119	
	<i>Caloneis bacillum</i>				1675		10787		4488
	<i>Caloneis</i> sp.			288					
	<i>Navicula acceptata</i>			2606					
	<i>Navicula capitata</i>			576		154	987	1901	112
	<i>Navicula confervacea</i>			576	782		212	3564	2244
	<i>Navicula cryptocephala</i>			16646	2236	1773		30888	2244
	<i>Navicula decussis</i>					1773	141	238	
	<i>Navicula goeppertiana</i>			288	37	42605	4865	14256	
	<i>Navicula gregaria</i>			144		15975	7191		
	<i>Navicula gysingensis</i>							10098	
	<i>Navicula minima</i>			203155	120538	53939	33629		65716
	<i>Navicula pupula</i>			288	37	77	141	475	
	<i>Navicula radiosa</i> v. <i>tenella</i>			3326	1114	37286	43146	30888	11220
	<i>Navicula schroeterii</i>			3326		1773		7128	
	<i>Navicula seminulum</i>					2344			
	<i>Navicula subminuscula</i>			5213				238	
<i>Navicula viridula</i> v. <i>rostellata</i>			6653	2236	24857	10787	16632	112	
<i>Navicula</i> sp.			2606						
<i>Pinnularia braunii</i> v. <i>amphicephala</i>			144		16114	846	80784		
<i>Pinnularia gibba</i>			288	590	617	564	3707		
<i>Pinnularia interrupta</i>					77	564			
<i>Pinnularia viridis</i>					31		950		
<i>Amphora ovalis</i> v. <i>affinis</i>					77	71		112	
<i>Amphora ovalis</i> v. <i>pediculus</i>			144	25830	154	1269	119	5700	
<i>Amphora strigosa</i>			2880	2509	39475	10787	118800	4286	
<i>Cymbella affinis</i>								4286	
<i>Cymbella aspera</i>							3564		

付着藻類調査時期別確認種(10月)

綱名	学名	糸状藻類	調査地点						
			No.A	No.B	No.C	No.J	No.D	No.E	
珪藻	<i>Cymbella minuta</i>		578	443		1269	1901	7136	
	<i>Cymbella turgidula</i>					71			
	<i>Cymbella turgidula v. nipponica</i>		72						
	<i>Cymbella tumida</i>		144	443	308		119	180	
	<i>Gomphonema angustatum</i>							942	
	<i>Gomphonema clevei</i>		19109	6974				17638	
	<i>Gomphonema olivaceum</i>			1159	1974		2281		
	<i>Gomphonema parvulum</i>		8813	4066	5921	4230	9100	942	
	<i>Gomphonema pseudoaugur</i>		5875			2115	31815		
	<i>Hantzschia amphioxys</i>		72		77				
	<i>Bacillaria paxillifer</i>		360	7491	2313	10885	4990	112	
	<i>Nitzschia acicularis</i>		288						
	<i>Nitzschia amphibia</i>		65117	2790		6077	20885	19747	
	<i>Nitzschia clausii</i>		28656	1114			4633		
	<i>Nitzschia dissipata</i>							2328	
	<i>Nitzschia filiformis</i>					6077	2328		
	<i>Nitzschia frustulum</i>		98971	17077	15343	16497		9200	
	<i>Nitzschia linearis</i>			37		71	119		
	<i>Nitzschia palea</i>		20837	7262	33739	24323	58022	4937	
	<i>Nitzschia paleacea</i>		2606	561	1773	6077	4633	112	
	<i>Nitzschia romana</i>							2328	
	<i>Nitzschia tryblionella v. levidensis</i>			30	463		475		
	<i>Nitzschia spp.</i>			1114	1773	3046	4633	15708	
	<i>Surirella angusta</i>			576	74	308	1269	1901	
	<i>Surirella linearis v. helvetica</i>			72	221	308	212	950	
	<i>Surirella ovata</i>						71		
	<i>Surirella spp.</i>				89	154	113	713	
緑藻	<i>Microspora sp.</i>	○	1008						
	<i>Cladophora glomerata</i>	○		30					
	<i>Cladophora sp.</i>	○			154				
	<i>Stigeoclonium sp.</i>	○	4032						
	<i>Chaetomorpha okamurai</i>	○						673	
	<i>Pediastrum sp.</i>							180	
	<i>Coelastrum sphaericum</i>		576						
	<i>Scenedesmus spp.</i>		1152	177	308			1122	
	<i>Oedogonium sp.</i>	○	9648	502		2171		2581	
	<i>Spirogyra sp.</i>	○				5344			
	<i>Closterium sp.</i>			15	231				
	4綱	105種	細胞数	-	667741	260799	468131	305274	580172
種数			11	60	56	62	60	59	45

注1) 学名欄に記した* = 群体数を計数。無印 = 細胞数を計数。
 注2) 細胞数及び群体数は100cm²あたりの採集面積値に換算。

実験担当者

建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所	水質調査課課長	春木二三男
	水質調査課開発調整係長	板坂 浩和
財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構	実験センター所長	中山 繁
	実験センター研究員	武井 直子

10. 実験センターにおける生物調査（陸域）（その2）

1. はじめに

前年度に引き続き、多自然型水路や実験池等の水辺環境を整備した琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター（以下、実験センターと称す）内及び隣接の公園地域における陸生生物、陸生植物の生息・生育状況を把握し、生物群集の適切な整備や管理についての基礎資料を得ることを目的とする。

2. 実験方法

2.1 実験期間

1999年（平成11年）4月～2000年（平成12年）3月の間の4季（春季、夏季、秋季、冬季）において、陸生植物（植生、直物相）、鳥類、は虫類、両生類、昆虫類、土壌動物の調査を行った。また、草刈り等の維持管理を実施する場所と実施しない場所での植物、昆虫類の生息・生育状況のモニタリング調査および土壌成分分析を行った。現地調査時期を表2-1に示した。

表 2-1 調査項目及び調査期日

調査時期 調査項目		春季	夏季	秋季	冬季
植 物	植生	—	—	1999年 10月13日 10月15日	—
	植物相	1999年 5月10日 5月11日	1999年 8月18日 8月19日	1999年 10月13日 10月15日	—
動 物	鳥類	1999年 5月10日 5月11日	1999年 8月 2日 8月 3日	1999年 10月13日 10月15日	2000年 1月17日
	爬虫類	1999年 5月10日 5月11日	1999年 8月 2日 8月 3日	1999年 10月13日 10月15日	—
	両生類				
	昆虫類				
土壌動物					
モ ニ タ リ ン グ	植物	1999年 5月10日 5月11日	1999年 8月18日 8月19日	1999年 10月13日 10月15日	—
	昆虫類	1999年 5月10日 5月11日	1999年 8月 2日 8月 3日	1999年 10月13日 10月15日	—
土 壌		—		1999年 10月13日	

2.2 調査方法

2.2.1 植物調査

(1) 植生

調査範囲内（実験センター敷地内および隣接する琵琶湖岸）に成立する植生を相観の優占種により群落区分を行い、相観植生図を作成した。さらに各群落において代表的な地点

を選び、植生調査を行った。調査は各調査地点においておおよそ群落高を一辺とするコードラートを設定して行った。コードラート内において植物高のまとまりにより階層区分（高木層、亜高木層、低木層、草本層）を行い、各階層の植被率を記録した。さらに各階層の出現種及びその種の優占度、群度を記録した。調査地点を図 2-1 に示した。

(2) 植物相

調査範囲内を任意に踏査し、確認されたシダ植物以上の高等植物（植栽種を含む）を記録し、確認種目録を作成した。

2.2.2 鳥類調査

実験センター内及び隣接の公園地域にルートを設定し、ラインセンサスを行った。また、全域を対象とした任意観察による生息種の確認を行った。調査ルートを図 2-2 に示した。

2.2.3 昆虫類調査

(1) 任意採集法

実験センター内及び隣接の公園地域を踏査し、目視観察及びピーティング、スウィーピング法などによる採集を行い、生息種を確認した。

(2) ベイトトラップ法

実験センター内 2ヶ所において、ベイトトラップを設置して地表性昆虫類等を採集した。トラップはプラスチックコップ（口径 6cm、深さ 9cm）を用い、ベイトとしてビールとカルピスの混合液を入れたものを 1 地点 30 個埋没し、一昼夜放置して翌朝回収した。調査地点を図 2-3 に示した。

(3) ライトトラップ法

実験センター内 2ヶ所にライトトラップを設置し、蛾類等の走光性昆虫類を採集した。トラップはボックス式（2W ブラックライト光源）を用い一晩設置して翌朝回収した。調査地点を図 2-3 に示した。

2.2.4 土壌動物調査

一般に植生の発達と土壌の形成に伴って、土壌動物相の多様化が起これると考えられていることから、実験センターの代表的な地点において土壌動物調査（ツルグレン法）を行った。調査地点を図 2-3 に示した。

2.2.5 モニタリング調査

(1) 植物

実験センター内の、草刈りをしている場所（管理区）と何もしていない場所（放置区）に調査定点を設置し、枠内に生育する植物の種組成を調査した。

調査では調査定点内に生育するすべての植物の種名及び種ごとの平均高、被度を記録した。これらのデータをもとに*積算優占度を算出し、各構成種の量的な把握を行った。調査定点を図 2-1 に示した。

$$* \text{積算優占度 (SDR 2)} = \frac{(\text{高さ比数} *) + (\text{被度比数})}{2}$$

注) 比数とは調査区内の測定値の最大値を 100 とし、各出現種の値を換算したもの。

出典：「草地調査法ハンドブック」（1978 年、沼田編）

(2) 昆虫類

植物モニタリング調査の調査定点 St-1（管理区）と St-2（放置区）内に生息する昆虫

を調査し、植生の違いによる昆虫相の変化を調査した。2ヶ所の植物調査用の試験区付近においてベイトトラップを設置して地表性昆虫類等を採集した。トラップはプラスチックコップ（口径 6cm、深さ 9cm）を用い、ベイトとしてビールとカルピスの混合液を入れたものを1地点 15 個埋没し、一昼夜放置のうえ回収した。調査地点を図 2-3 に示した。

2.2.5 土壌

管理頻度の異なる 2 地点の表層土壌を採取し、化学性の分析を行った。土壌採取地点は植物モニタリング調査の調査定点 St-1（管理区）と St-2（放置区）の近辺とした。化学性の分析項目は表 2-2 に示した。

表 2-2 化学性分析項目

分析項目	分析方法
腐植	土壌標準分析・測定法 15. B チューリン法
全炭素	土壌標準分析・測定法 15. B チューリン法
全窒素	土壌環境分析法 V. 9 A-b ケルダール法

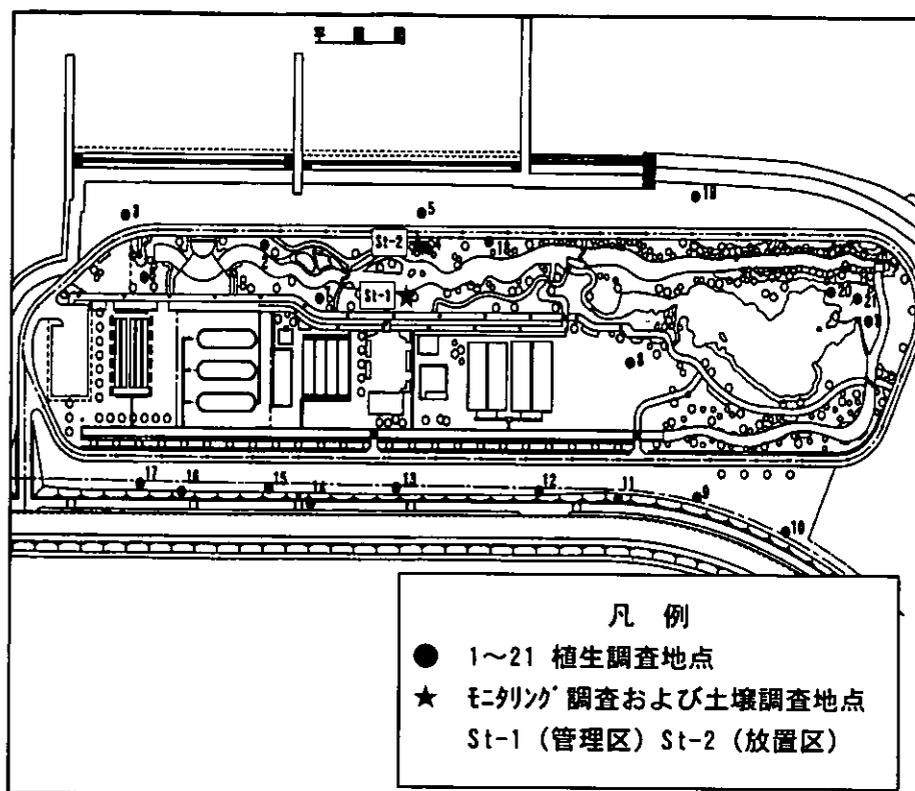


図 2-1 植物調査、モニタリング調査および土壌調査地点

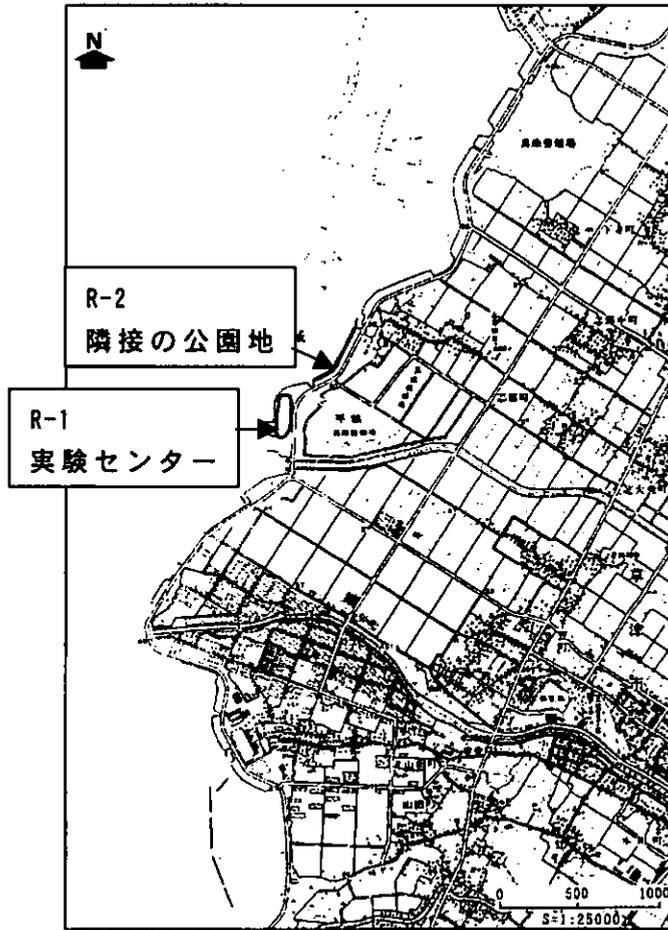


図 2-2 鳥類調査ルート

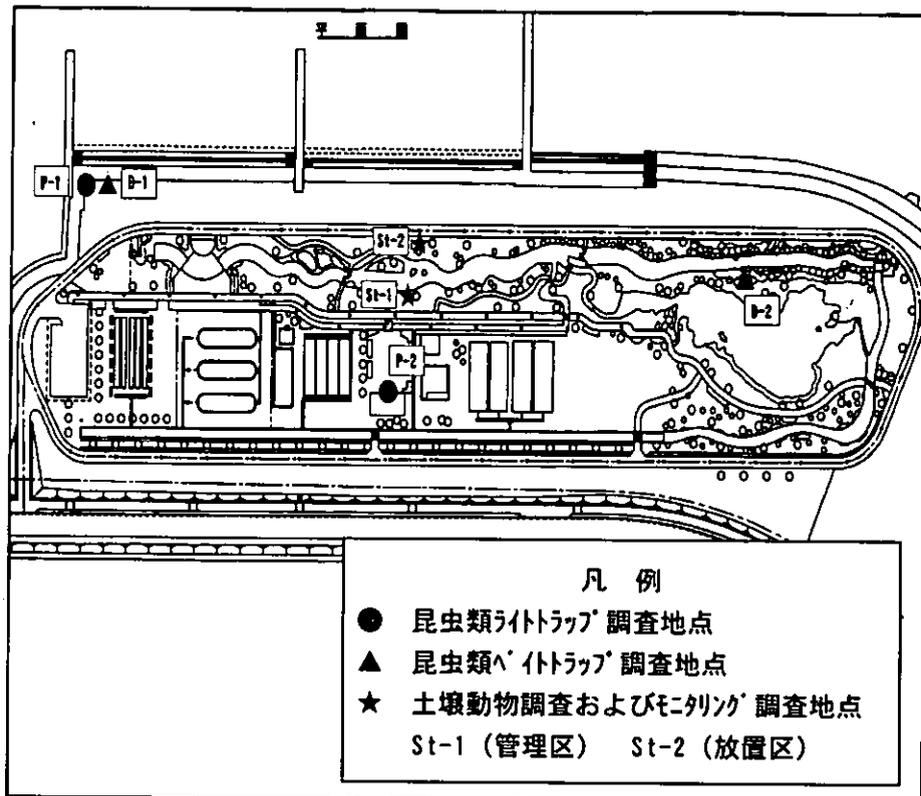


図 2-3 動物調査およびモニタリング調査地点

3. 結果

3.1 植物調査結果

3.1.1 植生

調査範囲内の植生は表 3-1 に示した 10 群落に相観的に区分された。各群落の分布状況を相観植生図として図 3-1 に示した。

表 3-1 植物群落一覧

群 落 名	調査地点
ヒロハホウキギク-オオアレチノギク群落	1, 2, 20, 21
ツルマメ群落	4, 18
シバーシロツメクサ群落	6, 7, 8
ヨシ群落	9, 10
イヌビエ群落	12
タチスズメノヒエ群落	13
ウキヤガラ群落	17
セイタカアワダチソウ-オギ群落	15
セイタカアワダチソウ-チガヤ群落	11, 14, 16
メヒシバーカゼクサ群落	3, 5, 19

前年度確認された群落との対応を表 3-2 に示した。

表 3-2 群落対応表

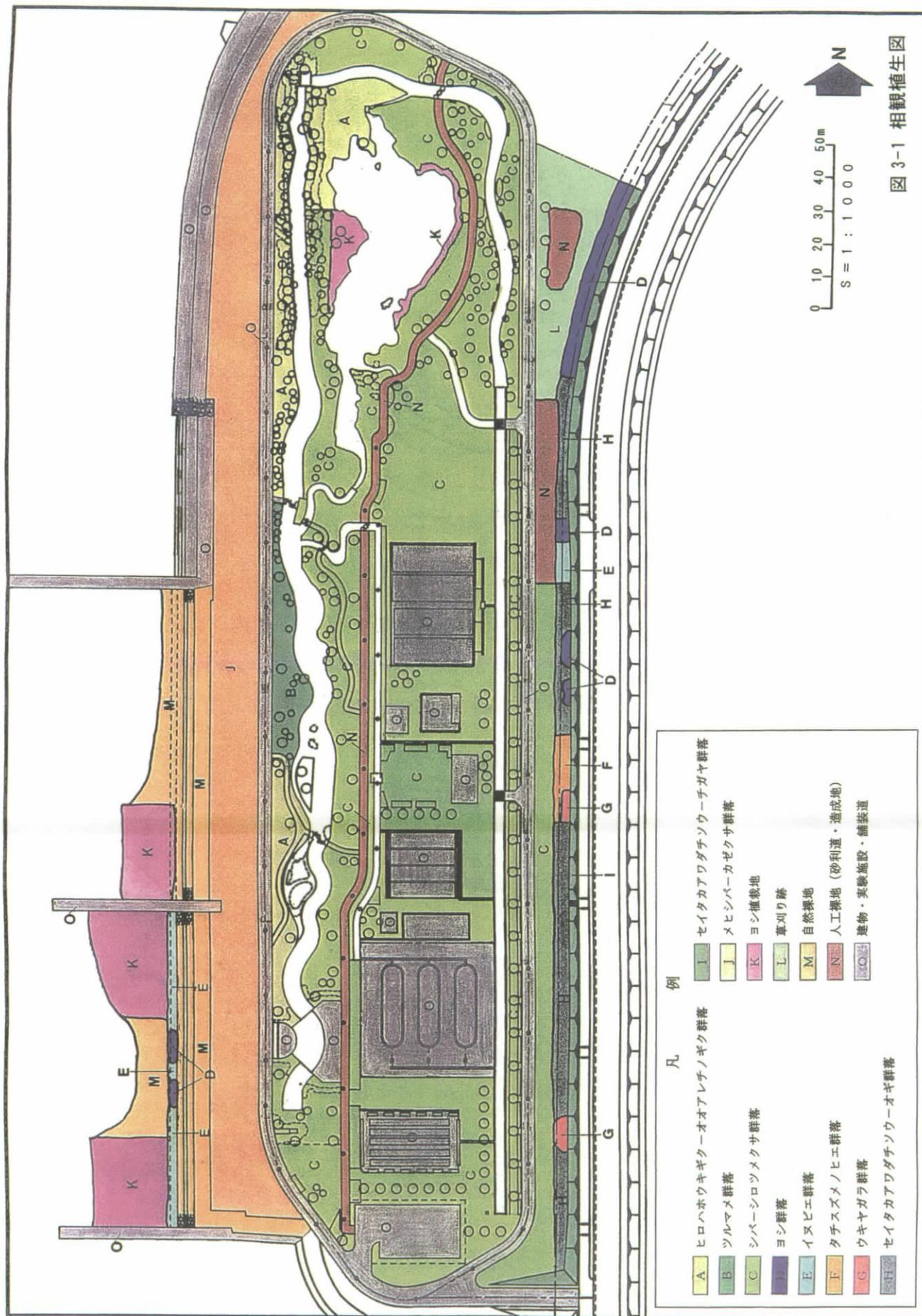
平成 11 年度	平成 10 年度
ヒロハホウキギク-オオアレチノギク群落 シバーシロツメクサ群落	シロツメクサ群落
ツルマメ群落	ツルマメ群落
シバーシロツメクサ群落 ヨシ群落 イヌビエ群落 タチスズメノヒエ群落 ウキヤガラ群落 セイタカアワダチソウ-オギ群落	造成跡地雑草群落
セイタカアワダチソウ-チガヤ群落	法面雑草植物群落
メヒシバーチガヤ群落*	-

*昨年度調査範囲外地域

実験センター敷地内のシロツメクサ群落の一部には、草刈りをやめたことにより遷移が進行し、高茎草本群落であるヒロハホウキギク-オオアレチノギク群落が成立した。

管理中止2年目の場所では、相観の優占種（ツルマメ）は変わらないが、セイタカアワダチソウ、オオアレチノギクなどの多年生の高茎草本類の侵入も目立ってきた。また、管理頻度の低いセンター施設と湖岸道路の間の敷地では、土壌の水湿状態の違いにより、様々な群落が成立しつつあった。特に造成前の群落の再生とみられるヨシ群落が特徴的である。

これに比べて管理頻度の高い場所（センター施設周辺および湖岸道路法面）では遷移の進行は止まっており、相観的には前年度と変わらない群落が成立していた。



凡 例

A	ヒロハホウキギク-オオアレチノギク群落	I	セイトカアワダソウ-チガヤ群落
B	ツルマメ群落	J	メヒシバ-カーゼクサ群落
C	シバ-シロツメクサ群落	K	ヨシ植栽地
D	ヨシ群落	L	草刈り跡
E	イヌビエ群落	M	自然裸地
F	タチスズメノヒエ群落	N	人工裸地(砂利道・造成地)
G	ウキヤガラ群落	O	建物・実験施設・舗装道
H	セイトカアワダソウ-オオギ群落		

図 3-1 相観植生図

3.1.2 植物相

現地調査により、59科 229種のシダ植物以上の高等植物が確認された。分類群別確認種数を表 3-3に示した。なお、確認種目録は5章に示した。

表 3-3 分類群別確認種数

分類群	確認種数		
	植栽種	在来種	帰化種
シダ植物	0	1	0
裸子植物	4	0	0
被子植物	双子葉植物 離弁花類	51	16
	合弁花類	32	25
単子葉植物	1	47	15
合 計	43	131	56
比 率 (%)	18.8	57.2	24.5
総 計	229		

注) 確認種を植栽種と侵入種に分類し、さらに侵入種を在来種と帰化種に分けた。なお、シロツメクサ、ヨシなど植栽起源の個体と逸出と判断されるものの両方がある場合は、植栽種と在来種（もしくは帰化種）の両方に含めた。このため比率の合計は必ずしも100にはならない。

また、昨年度と今年度の確認種数の比較を表 3-4に示す。

表 3-4 調査年度別確認種数の比較

平成 10 年度			平成 11 年度		
植栽種	在来種	帰化種	植栽種	在来種	帰化種
33	68	24	44	131	56
122			229		

植栽種以外の植物は、いずれも近畿地方の平地から丘陵地にかけてごく一般的に見られる種である。実験センター敷地内の大部分は定期的に草刈りが行われていることから、シロツメクサ、ギョウギシバ、オオバコ、ヒメククなど草刈りや踏圧などに強い種が多く見られる。草刈りの行われていない放置区域では、セイタカアワダチソウ、オオアレチノギク、ヒロハホウキギクなどの高茎の乾性草本類が多く、一部ツルマメの繁茂も見られる。また帰化植物の占める割合も24.5%（植栽種を除く確認種に対しては30.1%）と比較的高い。

湿性草本について見ると、施設内の水路や実験池の周りの湿地にはサデクサ、シロネなどが見られるが、ツルマメやセイタカアワダチソウなどに被圧されている。また、施設と湖岸道路の間の敷地には、過湿地が点在し、ヨシ群落などの湿地性の群落が成立している。この場所では、ウキヤガラ、ヤナギタデ、タチコウガイゼキショウ、アゼナルコなどの湿性植物が多く見られた。

在来木本種であるアカメヤナギ、ジャヤナギが確認されたのは、湖岸沿いのみであり、敷地内では在来のヤナギ類の侵入は確認されていない。藤井（1994）*は琵琶湖岸の原野環境（湖岸や大河川の氾濫源に発達する特徴的な草原植生）を象徴する植物として、オニナルコスゲ、オオマルバノホロシ、ドクゼリ、ノウルシ、サデクサ、コバノカモメヅル類、タコノアシ、ミゾコウジュの8種をあげている。本調査でもサデクサとタコノアシの2種が敷地内において確認されている。当地は湖岸にも近く、開けた環境であることから、今後上記の種の周辺からの侵入が期待される。

今年度は昨年度に比較して、107種増加した。うち、在来種が70、帰化種が35種増加している。この要因の一つは、昨年度実施されなかった春季調査により、新たに確認された種が追加されていることもあるが、夏季～冬季調査にかけて新たに確認された種も多い。また、新たに増加した在来種のうち、サデクサ、ヤノネグサ、タガラシ、ドクダミ、タコノアシ、カワヂシャなど、ため池や河川周辺の湿地、氾濫源などに生育する植物の増加が目立つ。なかでもタコノアシ、カワヂシャなど生育環境の減少に伴い、最近では見られることの少なくなった種も確認されている。

しかし、帰化種の比率は全体の約24%と昨年度と比較してほとんど変わらず、現在も帰化種の進入が比較的容易な立地環境であるといえる。

注) *『琵琶湖湖岸の「原野の植物」とその現状(1)』(1994年、藤井伸二)

3.2 鳥類調査結果

現地調査の結果、11目23科47種が確認された。確認種目録は5章に示した。このうち、センター敷地内(R-1)で見られたのは29種であった。

確認された鳥類は、水辺や草地など、開けた環境に生息する種で構成されており、なかでもカイツブリ、カワウ、サギ類、カモ類、チドリ類、カモメ類、カワセミなど水辺を主な生息環境とする種が大半を占めている。敷地内に造成された池や水路では、ダイサギ、コサギ、アオサギなどのサギ類や、カワセミが採食場所として利用しているのが確認された。冬季調査では、敷地内の芝生の上で、植物を採食する多数のカモ類(マガモ、コガモ、ヨシガモ、オカヨシガモ、ヒドリガモ)が見られた。また、敷地内の草地で頻りに観察されたヒバリは、繁殖の可能性も考えられる。

前年度調査結果と比較して構成種に大きな差はなく、センターの池や水路をはじめ琵琶湖汀線、湖面上にて生息する水辺の鳥類が多数を占めている。今年度は前年度に比べてサギ類やカモ類が敷地内で滞留する頻度が多くなっている。これは、造成池や水路内で餌動物となる水生昆虫や魚類等の個体数が増えたことや、植生が繁茂し、目隠しの役割を果たすようになったため、休息場として利用できる場所が増えたことなどによるものと考えられる。

3.3 爬虫類・両生類

現地調査の結果、爬虫類2目2科4種、両生類1目2科2種が確認された。確認種目録は5章に示した。また、前年度と比較を表3-5に示した。

表 3-5 爬虫類・両生類確認種目録

綱	目	科	種	平成11年			平成10年	
				5月	8月	10月	8月	10月
爬虫類	カメ	イシガメ	イシガメ	○				
			アカミミガメ		○			○
			クサガメ				○	
	トカゲ	ヘビ	シマヘビ		○		○	
計	2目	2科	4種					
両生類	カエル	アマガエル	アマガエル	○	○	○	○	○
		アカガエル	ウシガエル	○	○	○	○	○
計	1目	2科	2種					

注) 種の配列は「日本産野生生物目録-脊椎動物編-」(1993年、環境庁)に従った。

*調査では確認されなかったが、夏に行われた自然観察会にて確認された

構成種にほとんど変化はなかった。アマガエル、ウシガエルの2種は調査毎に確認されており、施設内の池、水路に安定して定着しているものと思われる。特にウシガエルは生息密度が高くなってきているように思われる。シマヘビは開けた環境を好む種であり、餌動物として優位なウシガエルの生息も確認されていることから、定着して生息できるものと思われる。

爬虫類は確認された4種の他に、カナヘビ、トカゲなどが生息可能であると考えられる。これらの種は小型であること、主に地表性昆虫を餌としていることなどから、侵入すれば、ある程度の個体数が定着することは可能であると考えられる。また、両生類は確認された2種の他に、トノサマガエル、ヌマガエル等のカエル類や、イモリ等が生息可能と考えられる。しかし、これらの種が侵入する経路と想定される、琵琶湖汀線沿いや東側の水田地帯からは、道路等によって隔離されており、自然移入がやや困難な状況であるといえる。

3.4 昆虫類調査結果

現地調査の結果、10目85科234種が確認された。確認種目録は5章に示した。

前年度と比較して出現種数や分類群別の構成比に大きな差はなく、両年度に共通して出現した種が多い。敷地内は緑化後あまり年数がたっていないため、植樹等がまだ安定していないことや、工事や管理が頻繁に行われていることなどから、現在の昆虫相は広分布、広適応性の種が優占し、発生の不安定な状況にあるといえる。今後敷地内の池や水路の植生が繁茂するにしたがって、トンボ類やライトトラップに飛来したゲンゴロウやガムシ類などの水生昆虫類の定着種が増えていくことが期待される。

3.5 土壌動物調査結果

確認種目録は5章に示した。線虫類、貧毛類(ミミズ)、ダニ類、昆虫类等6綱にわたって合計52種の土壌動物が出現した。ただし、種レベルまで同定困難のグループが多く、実際の種数はもっと多いものと考えられる。

各季節ともに、放置区の方が種数、個体数ともに圧倒的に多い。これは乾燥した短茎草本である管理区に対し、放置区の土壌が、湿潤で腐植が多いことによるものと考えられる。今後は植生遷移や土壌形成の進行とともに、この差異は大きくなるものと予想される。

3.6 モニタリング調査結果

3.6.1 植物

モニタリング地点管理区(St-1)と放置区(St-2)の各調査期間の積算優占度(SDR2)を表3-6に示した。1年間草刈りを中止しただけで、管理区と放置区では相観や種構成が大きく異なったものとなっている。管理区は年5回という高頻度の草刈りを行っているため、1年生草本や刈り取りや踏圧に強いイネ科草本からなる短茎草本群落となっている。また放置区に比べて土壌が乾燥しており、水路脇であるにもかかわらず、ウキヤガラやシロネなどの湿性植物の生育が見られない。放置区にはウキヤガラ、シロネ、アゼナルコなどの湿性植物の生育が見られるが、夏季～秋季にはツルマメによって被圧されている。またコドラート内には出現していないが、セイタカアワダチソウ、オオアレチノギクなどの高茎多年生草本も周囲に入ってきており、湿性植物を被圧していく可能性がある。

表 3-6 調査時期別積算優占度

	St-1 (管理区)		St-2 (放置区)	
	種名	SDR2	種名	SDR2
5月	シロツメクサ	70.00	ウキヤガラ	92.86
	ミノゴメ	50.05	エソノギシギシ	70.00
	ネズミムギ	47.17	クサヨシ?	57.86
	ヒエガエリ	36.92	ツルマメ	40.95
	オニタビラコ	34.49	シロネ	31.19
	スズメノテッポウ	33.83	アザナルコ	23.43
	ギシギシ	33.58	ヒロハホウキギク	19.55
	コウガイゼキショウ sp.	33.38	スズメノテッポウ	11.05
	アオスゲ?	28.28	アメリカセンダングサ	9.57
	ノニガナ?	25.61	オランダミミナグサ	9.15
	イ	24.69	ノゲン	5.81
	オニノゲシ	23.38	ブタクサ	5.26
	トキワハゼ	21.61	トウバナ	2.43
	オランダミミナグサ	15.81		
ハハコグサ	8.94			
8月	シマスズメノヒエ	100.00	ツルマメ	100.00
	キシユウスズメノヒエ	55.6	オオイヌタデ	50.50
	カヤツリグサ科の一種 1	42.2	シロネ	50.50
	キンエノコロ	72.2	ウキヤガラ	46.94
	メヒシバ	66.7	ヒメジソ	46.94
	イヌビエ	83.3		
	カヤツリグサ科の一種 2	66.7		
	メリケンガヤツリ	44.4		
	コゴメガヤツリ	50.0		
	シロツメクサ	16.7		
10月	ヒメクダ	75.00	ツルマメ	81.82
	オオクサキビ	50.77	シロネ	57.69
	アキメヒシバ	47.69	ヒメジソ	50.17
	シマスズメノヒエ	46.54	ヤナギタデ	37.13
	ギシギシ	30.38	アゼナルコ	27.35
	コツブキンエノコロ	26.54	イネ科の一種	19.62
	シバ	17.69	ギシギシ	17.45
	ヒデリコ	10.08		
	ノチドメ	10.08		
	シロツメクサ	10.08		
イヌビエ	10.08			

3.6.2 昆虫類

現地調査の結果 St-1 (管理区) において 7 目 15 科 29 種、St-2 (放置区) において 6 目 16 科 29 種の昆虫類が確認された。確認種目録は 5 章に示した。管理区と放置区の間には種数や構成種の明瞭な差は認められなかった。

3.7 土壌

土壌科学性的分析結果を表 3-7 に示した。

表 3-7 土壌科学性的分析結果

分析項目 (単位)	St-1 (管理区)	St-2 (放置区)
腐植 (g/kg)	46	47
全炭素 (g/kg)	27	27
全窒素 (g/kg)	2.9	2.2

管理が中止されてから 1 年しかたっていないことから、腐植、全炭素、全窒素とも、St-1 (管理区) と St-2 (放置区) の間に差はみられなかった。これらの土壌養分の大きな供給源は植物の枯死体であり、これにより両区の間には差がみられるようになるには、

長時間を要するものと考えられる。

3.8 貴重種

3.8.1 植物

確認された植物種のうち以下に示す基準に該当する種を貴重種として選定した。

- a : 国・県指定の天然記念物
- b : 「絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律施行令」
国内希少野生動植物等に記載されている種（平成4年、法律第75号）
- c : 「植物版レッドリスト」（平成9年、環境庁）記載種
- d : 「滋賀県における環境影響評価の手引き」（平成5年、滋賀県）記載種

確認された植物種のうち、貴重種の選定基準に該当する種としては、カワヂシャとタコノアシが挙げられる(表 3-8)。カワヂシャは水路水際に、オオカワヂシャに混じって多数確認された。タコノアシは実験池東岸のヨシ植栽地内で確認された。

表 3-8 貴重種確認種目録(植物)

科名	種名	選定基準
ユキノシタ	タコノアシ	c:絶滅危惧Ⅱ類 d:危急種
ゴマノハグサ	カワヂシャ	c:準絶滅危惧

3.8.2 動物

確認された動物種のうち以下に示す基準に該当する種を貴重種として選定した。

- a : 国・県指定の天然記念物
- b : 「絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律施行令」
国内希少野生動植物等に記載されている種（平成4年、法律第75号）
- c : 「レッドリスト（日本の絶滅のおそれのある野生生物の種のリスト）（両生類・爬虫類、平成9年）、（ほ乳類、鳥類、平成10年）（汽水・淡水魚類、平成11年）」（環境庁）記載種
- d : 「日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック—無脊椎動物編」（平成3年、環境庁）
- e : 「滋賀県における環境影響評価の手引き」（平成5年、滋賀県）記載種

確認された動物種のうち、貴重種の選定基準に該当する種としては、カンムリカイツブリ、カワウ、チュウサギ、コアジサシ、カワセミ、ノジコが挙げられる(表 3-9)。

このうちカワセミは、夏季調査時に、ノジコは秋季調査時に実験センター敷地内で確認された。カワセミは水路や実験池を餌場として利用していると思われる。ノジコは渡りの途中に立ち寄ったものと思われる。

また、カンムリカイツブリが冬季調査時に、カワウが夏季・秋季調査時に、チュウサギが春季、夏季調査時に、コアジサシが春季調査時にそれぞれ周辺地域や隣接公園地域で確認された。

表 3-8 貴重種確認種目録 (動物)

科 名	種 名	選定基準
カイツブリ	カンムリカイツブリ	e
ウ	カワウ	e
サギ	チュウサギ	c:絶滅危惧Ⅱ類 e
カモメ	コアジサシ	c:準絶滅危惧
カワセミ	カワセミ	e
ホオジロ	ノジコ	c:準絶滅危惧

4. 考察

4.1 植物

4.1.1 既存文献

「草津市の自然環境」(1980年、草津市)において、市域における植生および植物相に関する記述が得られた。

(1) 植生

同文献では、市域の植生の現況調査結果がまとめられている。これによると、市域の植生は森林植生2群集10群落、草本植生2群集7群落に識別された。

実験センター内での樹林の復元を目指す際には、これら既存の群落を参考とする必要がある。上記の記載群落のうち、復元目標として採用が望まれる群落は以下のようにまとめられる。

・ケヤキームクノキ群落

河畔や沖積平野にみられる群落で、水分条件に恵まれた、土層の深い沖積平野に成立する。

・ハンノキーヨシ群落

小河川の河畔沿いあるいは放棄水田跡などに分布し、ハンノキが優占する。地下水位が高く、常時停滞水に満たされている場所に成立する。

・アカメヤナギータチヤナギ群落

立地条件はハンノキーヨシ群落と同じであるが、湖岸の汀線付近や流れの緩やかな河畔などのやや不安定な立地に成立する。

・コナラ群落

コナラが優占する。

草本植生としては、以下に示す群落が成立可能であると考えられる。

・ヨシ群落

湖岸や河川、ため池などの水辺に発達する。本文献の現存植生図(1979作成)によるとは実験センターの敷地にはヨシ群落、マコモ群落が分布していた。

・マコモ群落

ヨシ群落の隣接部や河川、ため池などの水辺に成立する。

・ススキーセイタカアワダチソウ群落・ヒメムカシヨモギ下位群落

造成地、放棄畑などに分布する。本群落の成立期間は短く、3~4年程度と考えられる。

・オオバコ群落

路傍や空地など、頻りに踏圧が加わるような所に成立する。

(2) 植物相

同文献に記載されている組成表をもとに植物相目録を作成したところ、105科 399種

の市域での生育が確認された。

現在、実験センター内に植栽されている樹木は、同文献に記載のない園芸種が多い。先に示した復元が望まれる群落の構成種を中心に、在来の樹種からなる樹林の形成が期待される場所である。

4.1.2 現地調査

造成後2年目に入り、実験センター敷地内は人為的影響の度合いや土壌条件の違いにより、多様な群落が成立しつつある。ただし、これらの群落はいずれも草本群落であり、敷地内に見られる木本類は単木状に植栽された園芸品種がと中心になっている。木本類の侵入、定着や樹林化には、長い時間を要するものと考えられる。敷地内には、生物の隠れ場所をはじめ、多様な自然環境の一要因となる樹林を成立させることが望ましい。在来種を活用した樹林の植栽など、積極的な導入策を講じる必要があると考えられる。

敷地内は草刈りなどの管理が強度に行われている管理区域と、管理が行われていない放置区域に分けられる。管理区域やセンター周辺の湖岸は開けた場所であることから、帰化種の侵入が比較的容易である。植物相としては、帰化種の占める割合が高い状態は続くものと考えられる。

現在、放置区域に成立する草本群落は遷移の途上にあるもので、このまま放置すれば遷移が少しずつ進み、優占種や種構成変化していくものと考えられる。これらを定期的に観察し、管理の頻度を場所によって変えるなど、様々な試みを行うことで、目標植生の設定基準やその管理方法など、草本群落のコントロールにかかわる基礎資料を得ることができるものと考えられる。

4.2 動物

4.2.1 既存文献

動物については、鳥類と昆虫類について、資料を得ることができた。

(1) 鳥類

文献（滋賀県生活環境部自然保護課,1997、草津市の自然環境,1980）による調査の結果、12目28科71種の鳥類の分布に関する記述が得られた。

文献調査、現地調査ともに確認された種のうち実験センター敷地内で繁殖が期待されるものに、

- ・ヒバリ（草地のある地表に営巣）
- ・オオヨシキリ（主にヨシ原等に営巣）
- ・セッカ（イネ科植物の草地などで営巣）
- ・カワラヒワ（主に樹上に営巣）
- ・スズメ（樹上、人工物等に営巣）

等が挙げられる。ヒバリは調査中に地面から飛び立つ個体が頻繁に観察されるなど、営巣している可能性があるが、そのほかの種は、実験センター敷地内の植樹は幼齢であること、ヨシも琵琶湖汀線にわずかに見られる程度であることなどから、現段階では繁殖の可能性は低い。実験センターは公園としての役割も果たしており、普段人の出入りも頻繁であるため繁殖場所としては不適切で、むしろ採食場所としての環境を整えることが重要であると思われる。餌環境の向上につなげるため、植生管理などによる生物相の多様性が望まれる。

(2) 昆虫類

文献（滋賀県自然誌総合学術研究報告,1991、滋賀県のトンボ・琵琶湖博物館研究調査報告書,1998）による調査の結果、11目66科199種の昆虫類の分布に関する記録が得られた。

資料は草津市全域を対象としており、内陸の丘陵地等における記録を含んでいる。今回の調査範囲には森林性や溪流性のグループは生息している可能性は低く、また今後移入したとしても定着は難しいと考えられる。

4.2.2 現地調査

今回の調査においては各分類群とも前年度には見られなかった種がわずかではあるが、新たに確認され、出現種数が増加した。これらは、従来より生息していたものが新たに発見された場合と外部より移動した場合があると思われ、いずれとも判断しかねる事が多いが、当分の間生息種数の増加傾向は続くものと考えられる。しかし、群集の構造は前年度とほとんど変化はなく、人為的影響を強く反映したものとなっている。

なお、今年から新たに実施した土壌動物調査では、管理区域草地 (S1-1) に比べて放置区域草地 (S1-2) の群集が、種数個体数ともに多いという結果を得た。(5.5土壌動物確認種目録に示す。)しかし、同様に行った地表性昆虫 (ベイトトラップ) の調査では、その差は明らかではなかった。(5.7モニタリング (昆虫類) 確認種目録に示す。)

これらの調査は長期にわたって継続し、推移を見守って行く必要があると思われる。

5. 確認種目録

5.1 植物確認種目録

科名	種名	(和名/学名)	平成11年			平成10年
			植栽	在来	帰化	
シダ植物						
トケナギ科	スギナ	Equisetum arvense		○		○
種子植物・裸子植物						
スギ科	メタセコイア	Metasequoia glyptostroboides	○			○
	ラクウショウ	Taxodium distichum	○			○
ヒノキ科	サワラ	Chamaecyparis pisifera	○			○
イチイ科	イチイ	Torreya nucifera	○			
種子植物・被子植物・双子葉植物・雄弁花類						
クルミ科	サワグルミ	Pterocarya rhoifolia	○			
ヤナギ科	シタレヤナギ	Salix babylonica var. lavalleye	○			○
	アカメヤナギ	Salix chaenomeloides		○		
	シヤヤナギ	Salix eriocarpa		○		
	ネコヤナギ	Salix gracilistyla	○			
	イヌコリヤナギ	Salix integra	○			○
	ダチヤナギ	Salix subfragilis	○			
カハノキ科	ヤマハンノキ	Alnus hirsuta var. sibirica	○			○
	ハンノキ	Alnus japonica	○			
ブナ科	アラカシ	Quercus glauca	○			○
	コナラ	Quercus serrata	○			
ニレ科	エノキ	Celtis sinensis var. japonica	○			
クサノ科	ヤナギクサ	Persicaria hydropiper		○		○
	オオノコギリクサ	Persicaria lapathifolia		○		○
	イヌクサ	Persicaria longiseta		○		○
	ササノクサ	Persicaria maackiana		○		
	ヤノネクサ	Persicaria nipponensis		○		
	ホソバノクサ	Persicaria praetermissa		○		
	ホントクサ	Persicaria pubescens		○		○
	アキノクサ	Persicaria sieboldii		○		○
	ミゾソバ	Persicaria thunbergii		○		
	スイバ	Rumex acetosa		○		○
	アレチノクサ	Rumex conglomeratus			○	
	ナカハノクサ	Rumex crispus			○	
	キクノクサ	Rumex japonicus		○		○
	エゾノクサ	Rumex obtusifolius			○	
ヤマコホウライ科	ヨウシュヤマコホウライ	Phytolacca americana			○	
スベリヒユ科	スベリヒユ	Portulaca oleracea		○		
ナデソコ科	ミノツツリ	Arenaria serpyllifolia		○		
	オランダミミナグサ	Cerastium glomeratum			○	○
	ツメクサ	Sagina japonica		○		
	ウシハコベ	Stellaria aquatica		○		
	コハコベ	Stellaria media				○
アカザ科	ケアリタツク	Chenopodium ambrosioides			○	
モクレン科	シテコブシ	Magnolia tomentosa	○			
クスノキ科	タブノキ	Machilus thunbergii	○			○
	アブラチャン	Parabenzoïn praecox	○			○
カツラ科	カツラ	Cercidiphyllum japonicum	○			○
キンポウゲ科	センニンソウ	Clematis terniflora		○		
	ケキツネノボタン	Ranunculus cantoniensis		○		
	タガラン	Ranunculus sceleratus		○		
	キツネノボタン	Ranunculus silerifolius		○		○
メギ科	メギ	Berberis thunbergii	○			
ドクダミ科	ドクダミ	Houttuynia cordata		○		
アブラナ科	ナズナ	Capsella bursa-pastoris		○		
	タネツケバナ	Cardamine flexuosa		○		○
	マメグシ	Lepidium virginicum			○	
	イヌガラシ	Rorippa indica		○		○
	スガシタゴボウ	Rorippa islandica		○		

科名	種名	(和名/学名)	平成11年			平成10年
			植栽	在来	帰化	
ベンケイソウ科	コモチマンネングサ	Sedum bulbiferum		○		○
	オマンネングサ	Sedum lineare		○		
ユキノシタ科	アジサイ	Hydrangea macrophylla	○			○
	タコノアシ	Penthorum chinense		○		
バラ科	ハビイチゴ	Duchesnea chrysantha		○		
	ヤマブキ	Kerria japonica	○			○
	カナメチ	Photinia glabra				○
	オハビイチゴ	Potentilla sundaica var. robusta		○		○
	ノハナラ	Rosa multiflora		○		
	ナツノロイチゴ	Rubus parvifolius		○		
	ナナカマド	Sorbus commixta				○
	シモツク	Spiraea japonica	○			○
	ユキヤナギ	Spiraea thunbergii	○			○
マメ科	クサネム	Aeschynomene indica		○		○
	ネムノキ	Albizia julibrissin	○			○
	ゲンゲ	Astragalus sinicus		○		
	アレチヌスビトハギ	Desmodium paniculatum			○	○
	ヌスビトハギ	Desmodium podocarpium ssp. oxyphyllum		○		
	ツルマメ	Glycine max ssp. soja		○		○
	コマツナギ	Indigofera pseudotinctoria		○		
	ヤハズソウ	Kummerowia striata		○		○
	メトハギ	Lespedeza cuneata		○		
	ミヤギノハギ	Lespedeza thunbergii	○			
	コマツブツメクサ	Trifolium dubium			○	
	シロツメクサ	Trifolium repens	○		○	○
	ヤハズエンドウ	Vicia angustifolia		○		○
	スズメノエンドウ	Vicia hirsuta		○		
カスマガサ	Vicia tetrasperma		○			
カタバミ科	カタバミ	Oxalis corniculata		○		○
アワロウソク科	アメリカアワロ	Geranium carolinianum			○	○
トウダイグサ科	エノキガサ	Acalypha australis		○		
	オオニシキソウ	Euphorbia maculata			○	
イチノキ科	タラヨウ	Ilex latifolia	○			○
	クロガネモチ	Ilex rotunda	○			○
	ウメモドキ	Ilex serrata	○			
ニシキギ科	マサキ	Euonymus japonicus	○			
	マユミ	Euonymus sieboldianus	○			○
クロウメモドキ科	イソノキ	Frangula crenata				○
アドウソク科	ノブドウ	Ampelopsis glandulosa var. heterophylla		○		
	ヤブガラシ	Cayratia japonica		○		○
ウリ科	ゴキウガ	Actinostemma lobatum		○		
	アレチウリ	Sicyos angulatus			○	
アカハナ科	アメリカミズキンバイ	Ludwigia decurrens			○	
	チョウジクダ	Ludwigia epilobioides		○		○
	メマツヨイグサ	Oenothera biennis			○	○
ミズキ科	アオキ	Aucuba japonica	○			
セリ科	マツバセリ	Apium leptophyllum			○	
	ノチドメ	Hydrocotyle maritima		○		
	チドメクサ	Hydrocotyle sibthorpioides				○
	セリ	Oenanthe javanica		○		○
種子植物・被子植物・双子葉植物・合弁花類						
ツツジ科	レンゲツツジ	Rhododendron japonicum	○			○
ヤブコウジ科	ヤブコウジ	Ardisia japonica	○			○
サクラソウ科	コナシ	Lysimachia japonica f. subsessilis		○		○
エゴノキ科	エゴノキ	Styrax japonicus	○			○
モクセイ科	シロジ	Fraxinus spaethiana	○			
アカネ科	オオタバムグラ	Diodia teres				○
	ヤエムグラ	Galium spurium var. echinospermon		○		
	カラマツハ	Galium verum var. asiaticum f. nikkoense		○		

科名	種名 (和名/学名)	平成11年			平成 10年
		植栽	在来	帰化	
アカネ科	ヘクソカスラ Paederia scandens		○		○
ヒルガオ科	コヒルガオ Calystegia hederacea		○		
	アメリカネナシカスラ Cuscuta pentagona			○	
	マメアサガオ Ipomoea lacunosa				○
	ホシアサガオ Ipomoea triloba			○	
	マルハルゴウ Quamoclit coccinea			○	
ムラサキ科	ハナイハナ Bothriospermum tenellum		○		
	キュウリクサ Trigonotis peduncularis		○		
クマツヅラ科	コムラサキ Callicarpa dichotoma	○			○
	クサギ Clerodendrum trichotomum	○			○
シソ科	トウバナ Clinopodium gracile		○		○
	シロネ Lycopus lucidus		○		○
	ヒメジソ Mosla dianthera		○		○
	アキナムラソウ Salvia japonica		○		○
ナス科	ワルナスビ Solanum carolinense			○	
ゴマノハグサ科	マツバウンラン Linaria canadensis			○	
	アメリカアゼナ Lindernia dubia				○
	アゼナ Lindernia procumbens		○		
	ムラサキサギゴケ Mazus miquelii		○		
	トキワハゼ Mazus pumilus		○		
	オオカワヂシャ Veronica anagallis-aquatica			○	
	クサキヌノフグリ Veronica arvensis			○	
	ムシクサ Veronica peregrina		○		○
	オオノフグリ Veronica persica			○	○
	カワヂシャ Veronica undulata		○		
キツネノマゴ科	キツネノマゴ Justicia procumbens		○		
オオハコ科	オオハコ Plantago asiatica		○		○
スイカスラ科	ハナツノクハネツギ Abelia grandiflora	○			○
	ヤブデマリ Viburnum plicatum var. tomentosum	○			
	ゴマキ Viburnum sieboldii	○			○
オミナシ科	ノヂシャ Valerianella olitoria		○		
キキョウ科	キキョウソウ Specularia perfoliata			○	
キク科	ブタクサ Ambrosia artemisiifolia var. elatior			○	○
	オオブタクサ Ambrosia trifida			○	
	ヨモギ Artemisia princeps		○		○
	ホウキク Aster subulatus var. obtusifolius			○	○
	ヒロハホウキク Aster subulatus var. subulatus			○	○
	アメリカセンダングサ Bidens frondosa			○	○
	トキンソウ Centipeda minima		○		
	オオアレチノギク Conyza sumatrensis			○	○
	タカサブロウ Eclipta prostrata		○		○
	ヒメムカシヨモギ Erigeron canadensis			○	○
	ハルジオン Erigeron philadelphicus			○	
	ツワブキ Farfugium japonicum	○			○
	ハハコグサ Gnaphalium affine		○		○
	チヂコグサモドキ Gnaphalium pensylvanicum			○	
	ウスベニチヂコグサ Gnaphalium purpureum			○	
	キツネアザミ Hemistepta lyrata		○		
	オオチシバリ Ixeris debilis		○		
	ニガナ Ixeris dentata		○		
	ノニガナ Ixeris polycephala		○		
	イワニガナ Ixeris stolonifera				○
	ヨメナ Kalimeris yomena		○		
	アキノゲシ Lactuca indica var. indica		○		○
	ユウゾリナ Picris hieracioides var. glabrescens		○		
	ノボロギク Senecio vulgaris			○	
	セイタカアワダチソウ Solidago altissima			○	○
	オニゲシ Sonchus asper			○	○
	ノゲシ Sonchus oleraceus		○		○

科名	種名	(和名/学名)	平成11年			平成10年
			植栽	在来	帰化	
科	ヒメジヨオン	Stenactis annuus			○	○
	セイヨウタンポポ	Taraxacum officinale			○	○
	オオオハコ	Xanthium occidentale			○	○
	オシロイタケ	Youngia japonica		○		
種子植物・被子植物・単子葉植物						
ヒガンバナ科	ヒガンバナ	Lycoris radiata				○
アヤメ科	キショウブ	Iris pseudacorus			○	
	ニワゼキショウ	Sisyrinchium atlanticum			○	○
イグサ科	イ	Juncus effusus var. decipiens		○		○
	タチコウガイ	Juncus krameri		○		
	クサイ	Juncus tenuis		○		
	スズメノヤリ	Luzula capitata		○		
ツクサ科	ツクサ	Commelina communis		○		○
	イボクサ	Murdannia keissak		○		○
イネ科	スズメノテッポウ	Alopecurus aequalis		○		
	メリケンカルガヤ	Andropogon virginicus			○	
	コアノナグサ	Arthraxon hispidus		○		○
	カラスムギ	Avena fatua			○	
	ミノコメ	Beckmannia syzigachne		○		○
	コハシク	Briza maxima			○	
	ヒメコハシク	Briza minor			○	
	イヌムギ	Bromus catharticus			○	
	ヤマアワ	Calamagrostis epigeios		○		
	シユスダマ	Coix lacryma-jobi		○		
	ギョウキシハ	Cyndon dactylon		○		○
	メヒシハ	Digitaria ciliaris		○		○
	アキメヒシハ	Digitaria violascens		○		○
	イヌヒエ	Echinochloa crus-galli		○		○
	ケイヌヒエ	Echinochloa crus-galli var. echinata		○		○
	オヒシハ	Eleusine indica		○		
	カゼクサ	Eragrostis ferruginea		○		○
	オニウシケグサ	Festuca arundinacea			○	
	ウシシツハ	Hemarthria sibirica		○		
	チガヤ	Imperata cylindrica var. koenigii		○		○
	ネズミムギ	Lolium multiflorum			○	
	オキ	Miscanthus sacchariflorus		○		○
	ススキ	Miscanthus sinensis		○		
	ヌカキヒ	Panicum bisulacatum		○		○
	オオクサキヒ	Panicum dichotomiflorum			○	○
	シマスズメノヒエ	Paspalum dilatatum			○	○
	キシウスズメノヒエ	Paspalum distichum			○	○
	アメリカスズメノヒエ	Paspalum notatum			○	
	スズメノヒエ	Paspalum thunbergii		○		○
	タチスズメノヒエ	Paspalum urvillei			○	○
	チカラシハ	Pennisetum alopecuroides f. purpurascens		○		
	クサヨシ	Phalaris arundinacea		○		
	ヨシ	Phragmites australis		○		○
	ミゾイチゴツナギ	Poa acroleuca		○		
	スズメノカタビラ	Poa annua		○		
	ヒエカエリ	Polypogon fugax		○		○
	アキノエノコグサ	Setaria faberi		○		○
	コツバキエノコ	Setaria pallide-fusca		○		○
	キンエノコ	Setaria pumilla		○		○
	エノコグサ	Setaria viridis		○		○
	ムラサキエノコ	Setaria viridis f. misera				○
	ムラサキネズミノ	Sporobolus fertilis var. purpureo-suffusus		○		
シハ	Zoysia japonica		○			
カマ科	ヒメガマ	Typha angustifolia	○			
カヤツリグサ科	アオスゲ	Carex breviculmis		○		

科名	種名 (和名/学名)	平成11年			平成 10年
		植栽	在来	帰化	
カヤツリグサ科	アゼナロ <i>Carex dimorpholepis</i>		○		○
	ヒメグサ <i>Cyperus brevifolius</i> var. <i>leirolepis</i>		○		○
	メジカヤツリ <i>Cyperus eragrostis</i>			○	
	アゼガヤツリ <i>Cyperus globosus</i>		○		○
	ココメガヤツリ <i>Cyperus iria</i>		○		○
	カヤツリグサ <i>Cyperus microiria</i>		○		
	イカガヤツリ <i>Cyperus polystachyos</i>		○		
	ハマスグサ <i>Cyperus rotundus</i>		○		
	カワラスガナ <i>Cyperus sanguinolentus</i>		○		○
	テンツキ <i>Fimbristylis dichotoma</i>		○		
	ヒデリコ <i>Fimbristylis miliacea</i>		○		○
	ウキカヲ <i>Scirpus yagara</i>		○		○
	61科	241種	43	131	56

注) 学名および種の配列は「植物目録」(環境庁, 1987)に従った。なお、これに記載のない帰化植物および植栽植物の学名は以下の文献を参考にし、種の配列は「植物目録」に準じた。

「原色日本帰化植物図鑑」(長田武正, 1976)

「園芸植物大辞典」(塚本洋太郎総監修, 1994)

5.2 鳥類確認種目録

目	科	種	ルートセンサス		任意観察			平成 10年度	
			R-1	R-2	R-1	R-2	周辺地域		
カイツブリ	カイツブリ	カイツブリ					○	○	
		カンムリカイツブリ					○	○	
ペリカン	ウ	カワウ				○	○	●	
コウノトリ	サギ	ゴイサギ						○	
		ササゴイ			●				
		アマサギ				○	○	●	
		ダイサギ			●		○	●	
		チュウサギ					○	●	
		コサギ	●	○	●		○	●	
		アオサギ	●	○	●	○		●	
		コハクチョウ						○	
カモ	カモ	マガモ	●					○	
		カルガモ			●		○	●	
		コガモ	●					●	
		ヨシガモ	●					○	
		オカヨシガモ	●				○	○	
		ヒドリガモ	●					●	
		オナガガモ						○	
		ハシビロガモ						○	
		ホシハジロ					○	○	
		キンクロハジロ					○	○	
		スズガモ						○	
		ホオヅロガモ						○	
		ミコアイサ						○	
		タカ	タカ	トビ	●	○	●	○	○
キジ	キジ	キジ					○		
ツル	クイナ	オオバン					○	○	
チドリ	タマシギ	タマシギ							
		チドリ			●		○	○	
		ムナグロ						○	
	シギ	ケリ					○	○	
		タカブシギ						○	
		キアシシギ					○		
		イソシギ	●		●			●	
	カモメ	チュウジシギ						○	
		ユリカモメ		○			○	●	
		カモメ						○	
ウミネコ							○		
アジサシ						○			
コアジサシ						○			
キジバト			○		○	○	●		
ハト	ハト	ドバト	●	○	●	○	○	●	
フッポウソウ	カワセミ	カワセミ			●		○	●	
スズメ	ヒバリ	ヒバリ	●	○	●	○	○	●	
		ツバメ	●	○				○	
	セキレイ	ツバメ					○	●	
		キセキレイ						○	
		ハクセキレイ	●		●			●	
		セグロセキレイ	●	○	●	○		●	
		ピンズイ			●			○	
		タヒバリ						○	
	ヒヨドリ	ヒヨドリ	●	○	●	○		○	●
	モズ	モズ	●	○	●	○	○	○	●
	ヒタキ	ジョウビタキ						○	●
		ツグミ		○					○
		オオヨシキリ			●		○	○	●
		メボソムシクイ						○	○
		セッカ					○	○	○
		ホオジロ	ホオジロ						○
	アトリ	バジロ	●					○	
	カワラヒワ				●	○		○	●
ハタオリドリ	スズメ	●	○	●	○	○	○	●	
ムクドリ	ムクドリ	●	○	●	○		○	●	
カラス	ハシボソガラス	●	○	●		○	○	●	
	ハシブトガラス			●		○	○	○	

平成11年度 11目 23科 47種

20 15 22 13 30 56

注)種の配列は、「日本産野生生物目録-脊椎動物編-」(1993年、環境庁)に従った。

●:センター敷地内で確認された種

5.3 爬虫類・両生類確認種目録

綱	目	科	種	平成11年			平成10年	
				5月	8月	10月	8月	10月
爬虫類	カメ	イシガメ	イシガメ	○				
			アカミミガメ		○			○
			クサガメ				○	
	トカゲ	ヘビ	シマヘビ		○		○	
計	2目	2科	4種					
両生類	カエル	アマガエル	アマガエル	○	○	○	○	○
		アカガエル	ウシガエル	○	○	○	○	○
計	1目	2科	2種					

5.4 昆虫類確認種目録

目名	科名	種名	平成10年度			平成11年度		
			8月	10月	1月	5月	8月	10月
ヒムシ	ヒトヒムシ	ヒトヒムシ科の一種	○		○			
	ツチヒムシ	ツチヒムシ科の一種	○					
	トケトヒムシ	トケトヒムシ科の一種			○			
	アヤトヒムシ	アヤトヒムシ科の一種	○		○			
トンボ	イトトンボ	キイトンボ					○	
		アジアイトトンボ		○			○	○
		アオモンイトトンボ	○	○		○	○	○
	サナエトンボ	ウチワヤンマ					○	
	ヤンマ	キンヤンマ		○			○	
	トンボ	ショウジョウトンボ	○				○	
		シオカラトンボ	○	○		○	○	○
		ウスバキトンボ	○				○	○
		チョウトンボ					○	
		ナツアカネ		○				○
		ムユタテアカネ		○				○
		アキアカネ		○				○
		シメトンボ						○
		マイコアカネ						○
ハネヒロトンボ						○		
ハッタ	ケラ	ケラ	○				○	○
	コオロキ	ハラオカメコオロキ	○	○			○	○
		ミツカトコオロキ	○					○
		クマコオロキ	○					○
		シハスス	○	○			○	○
		マダラスス	○	○			○	○
		ヤチスス		○				○
		エンマコオロキ	○	○				○
		ツツレサセコオロキ	○				○	○
		キリギリス	セスシツユムシ					
	ツユムシ		○	○				○
	アングロツユムシ		○					○
	ウスイロササキリ			○				○
	ホシササキリ							○
	ササキリ属の一種						○	
	オンブハッタ	オンブハッタ					○	○
	ハッタ	ショウリョウハッタ	○	○			○	○
		マダラハッタ					○	
		クルマハッタ	○					
		トノサマハッタ	○	○				○
エゾイナゴ			○			○	○	
ツチイナゴ		○	○					
イホハッタ			○					
ヒシハッタ	トケヒシハッタ		○		○			
	ニセハネナガヒシハッタ	○				○	○	
	ハラヒシハッタ						○	
	ヤセヒシハッタ				○			
	ヒメヒシハッタ	○	○					
	ヒシハッタの一種	○					○	
ハサミムシ	ハサミムシ	ハマヘハサミムシ					○	○
		キアシハサミムシ				○		○
		ヒゲジロハサミムシ		○		○	○	○
	オオハサミムシ	○	○		○	○	○	
カメムシ	ウンカ	トビイロウンカ		○				
	セミ	アブラセミ					○	
		ニイニイセミ					○	

目名	科名	種名	平成10年度			平成11年度		
			8月	10月	1月	5月	8月	10月
カメムシ	ミスク	ミスク						○
	オオヨコバイ	オオヨコバイ	○					
	ヒメヨコバイ	カンキツヒメヨコバイ	○					
		ミドリヒメヨコバイ	○					
	ヨコバイ	イネマダラヨコバイ	○					
		ミドリヨコバイ					○	
	アブラムシ	アブラムシ科の一種			○			
	カタビロアメンホ	ホルバートケンカタビロアメンホ	○					
	アメンホ	アメンホ	○			○	○	○
	タイコウチ	タイコウチ				○		
	メクラカメムシ	ムモンミドリメクラガメの一種						○
		アカヒゲホソミドリメクラガメ						○
	サンガメ	ヒメヒサンガメ	○					
	ナガカメムシ	ヒメナガカメムシ	○	○			○	○
		ヒメヒラタナガカメムシ	○					
		コバネナガカメムシ				○		
		ヒメオオナガカメムシ	○	○			○	
	ホシカメムシ	フタモンホシカメムシ					○	
	オオホシカメムシ	ヒメホシカメムシ					○	
	ホソハリカメムシ	ホソハリカメムシ	○					
	ハリカメムシ	ホソハリカメムシ	○					○
	ヒメハリカメムシ	アカヒメハリカメムシ	○					
	マルカメムシ	マルカメムシ	○					
	カメムシ	イネクロカメムシ						○
ウスラカメムシ		○						
フチヒゲカメムシ		○						
ナガメ		○	○		○			
トゲシラホシカメムシ		○					○	
シラホシカメムシ		○						
イチモンジカメムシ		○						
アミメカゲロウ	ミスカゲロウ					○		
コウチュウ	ハンミョウ	コハンミョウ					○	
	オサムシ	ホソチビゴミムシ						○
		ヒラタキイロチビゴミムシ					○	
		アトモンミスキワゴミムシ					○	
		ウスオビゴミスキワゴミムシ	○					○
		クワイロゴミスキワゴミムシ					○	
		ヨツモンゴミスキワゴミムシ	○				○	
		タンゴヒラタゴミムシ				○		
		セアカヒラタゴミムシ	○	○			○	○
		オオヒラタゴミムシ				○		
		マルガタゴミムシ属の一種					○	
		オオスケゴモクムシ	○				○	
		ヒメケゴモクムシ	○					○
		クロゴモクムシ						○
		ウスアカクロゴモクムシ	○					
		キイロチビゴモクムシ					○	
		ミドリマゴモクムシ					○	
		コアトワアオゴミムシ	○					
		オオアトホシアオゴミムシ		○			○	
	アオゴミムシ				○			
	アトワアオゴミムシ	○					○	
	トゲアトキリゴミムシ					○		
	ホソクビゴミムシ	○	○		○	○		
	ケンゴロウ	チビケンゴロウ	○				○	

目名	科名	種名	平成10年度			平成11年度		
			8月	10月	1月	5月	8月	10月
コウチュウ		マルケシケンゴロウ					○	
		ホソセスシケンゴロウ		○				
	ガムシ	セマルガムシ				○		
		セマルマクソガムシ					○	
		チビヒラタガムシ	○	○			○	
		キイロヒラタガムシ				○	○	
		ヒメガムシ					○	
	シテムシ	モモフトシテムシ					○	
	ハネカクシ	ヒメクロセスジハネカクシ						○
		チビクロセスジハネカクシ				○		○
		チビニセユミセミゾハネカクシ	○					
		キハネニセユミセミゾハネカクシ	○					
		ニセユミセミゾハネカクシ	○					○
		ヤマトニセユミセミゾハネカクシ	○					
		メダカハネカクシ属の一種				○		
		クロストカリハネカクシ	○					○
		アオハアリガタハネカクシ					○	
		ハネナガクビホソハネカクシ		○				
		チビクビホソハネカクシ	○					
		アカハヒメホソハネカクシ	○					
		ヘリアカハコガシラハネカクシ						○
		クロコガシラハネカクシの一種						○
		ヒゲブトハネカクシの一種	○					
		スグロアカチビハネカクシ		○				
		ハネカクシ科類	○					
	マルハナミダマシ	ツマアカマルハナミダマシ						○
	コガネムシ	アカビロウトコガネ	○					○
		ビロウトコガネ				○		
		アオトウカネ	○					○
		ドウカネブイフイ						○
		ヒメコガネ						○
		マメコガネ	○					○
		コアオハナムグリ		○				
		シロテンハナムグリ	○					○
	マルトゲムシ	シラフチビマルトゲムシ		○				
	コメツキムシ	マダラチビコメツキ	○					○
		サビキコリ	○					
		ヒメサビキコリ						○
		チャイロコメツキ						○
		ヨツモンミスキワコメツキ						○
		シラケチビミスキワコメツキ						○
	シバンムシ	ヒメホリタケシバンムシ						○
	ケシキスイ	マヒラタケシキスイ	○	○				
		モンチビヒラタケシキスイ		○				
		ヨツホシケシキスイ				○	○	○
	キスイムシ	ケナガセマルキスイ		○				
		マルカタキスイ		○				
オオキスイムシ	ムナビロオオキスイ					○		
テントウムシ	アトホシヒメテントウ	○						
	カグヤヒメテントウ						○	
	ナナホシテントウ	○			○	○	○	
	ナミテントウ	○			○		○	
	ヒメカメノコテントウ	○			○		○	
アリモドキ	ケオビアリモドキ	○				○		
	ヒラタホソアリモドキ						○	

目名	科名	種名	平成10年度			平成11年度		
			8月	10月	1月	5月	8月	10月
コウチュウ		ホソクビアリモトキ				○		
		チビイッカク						○
		ツノホソイッカク					○	
		ヨツホシホソアリモトキ					○	○
	ゴミムシダマシ	コスナゴミムシダマシ				○	○	○
	ハムシ	ヒメスナゴミムシダマシ	○	○				
		アカガネサルハムシ					○	
		アオハネサルハムシ	○					
		ヨモギハムシ		○				○
		ヤナキルリハムシ	○				○	○
		ウリハムシ	○			○	○	○
		フタクサハムシ						○
		フタスジヒメハムシ	○					
		カミナリハムシ	○					
		ツブノミハムシ				○		
	ヒサゴトビハムシ					○		
	ホソクチゾウムシ	ヒレルホソクチゾウムシ	○					
ゾウムシ	イネミスゾウムシ		○		○	○		
オサゾウムシ	シバオサゾウムシ				○			
ハチ	ハバチ	ハグロハバチ	○					○
		カブラハバチ					○	
	コマユハチ	コマユハチ科の一種			○			
	ヒメハチ	キオビコシブトヒメハチ		○				○
	コツチハチ	ハルコツチハチ		○				○
	アリ	オオハリアリ	○	○		○	○	○
		ムネホソアリ		○				
		アスマオオスアリ					○	○
		ヒメオオスアリ		○				
		アミメアリ	○	○		○	○	○
		トビイロシワアリ	○	○		○	○	○
		ヒラフシアリ		○				
		トビイロケアリ	○	○		○	○	○
		アメイロアリ		○	○		○	○
	ドロハチ	キホシトックリハチ	○					
		オオカバフトロハチ		○				
		チビドロハチ	○					○
	スズメハチ	フタモンアシナガハチ	○			○	○	○
		キアシナガハチ	○					
		モンスズメハチ						○
	アナハチ	アメリカシガハチ	○				○	○
		ヒメコオロギハチ	○					
	コハナハチ	アカガネコハナハチ	○					○
		ツマルコハナハチ		○				
		コハナハチ科の一種	○					
	ミツハチ	セイヨウミツハチ				○		
	ハエ	ガガンボダマシ	ウスモンガガンボダマシ			○		
オトリガガンボダマシ					○			
ガガンボ		キイロホソガガンボ				○		
		マトガガンボ						○
		ガガンボ亜科の一種		○				
		ガガンボ科の一種						○
チョウバエ		チョウバエ科の一種		○	○		○	
ヌカカ		ヌカカ科の一種						○
		ヌカカ科類	○	○				
ユスリカ		ミツオビツヤユスリカ	○	○				

目名	科名	種名	平成10年度			平成11年度		
			8月	10月	1月	5月	8月	10月
ハエ	ユスリカ	ツヤユスリカ属の一種				○	○	○
		ツヤユスリカ属類						○
		キソガワユスリカ			○			
		フユスリカ属の一種			○			
		エリユスリカ属の一種			○			
		エリユスリカ属の一種				○		
		プセトウクラティウス属の一種		○				
		スミティア属の一種			○			
		スミティア属の一種		○				
		ジャウユスリカ		○				
		オオユスリカ	○	○				
		ユスリカ属の一種				○		○
		クロユスリカ		○		○		
		ハイロユスリカ	○					
		ミナユスリカ		○				
		ヤマトハモンユスリカ		○				
		ハモンユスリカ属の一種						○
		ピワテンデイス属の一種			○			
		オオヤマチユスリカ	○					
		ヒゲユスリカ属の一種	○			○		○
	ヒゲユスリカ属類		○					
	ユスリカ科類						○	
	タマハエ	タマハエ科類						○
	キノコハエ	キノコハエ科の一種						○
	クロハネキノコハエ	クロハネキノコハエ科の一種	○	○				○
		クロハネキノコハエ科類	○	○				
	ミスアブ	アメリカミスアブ						○
コガシラアブ	セダカコガシラアブ						○	
ムシヒキアブ	シオヤアブ						○	
ノミハエ	ノミハエ科の一種		○					
ハナアブ	エゾコヒラタアブ				○			
	ヒメヒラタアブ	○	○		○			
	キタヒメヒラタアブ	○	○					
	ハイジマハナアブ						○	
	キゴシハナアブ	○						
	ハナアブ						○	
オオハナアブ	○	○				○		
ヒロクチハエ	ムネアカマダラハエ		○					
ヤチハエ	ヒゲナガヤチハエ		○					
ハモグリハエ	ハモグリハエ科類		○					
ミキワハエ	トビクチミキワハエ						○	
	ハマダラミキワハエの一種			○				
	ミキワハエ科の一種		○					
ショウジョウハエ	ショウジョウハエ属の一種	○			○		○	
	ショウジョウハエ属類		○					
	ショウジョウハエ科の一種			○				
	ショウジョウハエ科類			○				
ニセミキワハエ	ニセミキワハエ					○		
ハヤトビハエ	マキハハヤトビハエの一種			○				
	ハヤトビハエ科の一種	○		○				
ハナハエ	ハナハエ科の一種			○				
イハエ	ヒメセマダラハナハエ	○						
クロハエ	オオクロハエ						○	
	ヒロスキンハエ		○					
	キンハエ	○						

目名	科名	種名	平成10年度			平成11年度			
			8月	10月	1月	5月	8月	10月	
ハエ		キンハエの一種						○	
		シシグロキンハエ	○	○					
トビケラ	ヤマトビケラ	ヤマトビケラ属の一種	○						
		ヤマトビケラ属類	○						
	イワトビケラ	ムネカトビケラ				○			
	シマトビケラ	コガタシマトビケラ	○	○		○	○	○	
	ヒメトビケラ	ヒメトビケラ属類		○					
ヒメトビケラ科の一種		○							
チョウ	ハマキガ	チャノコカクモンハマキ						○	
		ウスアトキハマキ	○						
		スキヒメハマキ	○						
		ハマキガ科の一種	○						
	ホソガ	ホソガ科の一種	○						
	スガ	コナガ		○					
	マルハキバガ	カレハヒメマルハキバガ	○						
	キバガ	キバガ科の一種	○						
	イラガ	ヒロヘリアオイラガ					○	○	
	メイガ	ツトガ	○						
		サツマツトガ	○						
		シロツトガ					○		
		ヨシツトガ	○				○		
		シロスジツトガ	○						
		シハツトガ	○			○	○	○	
		コブノメイガ	○	○					○
		ワタヘリクロノメイガ							○
		キアヤヒメノメイガ							○
		アヤナミノメイガ							○
		マエキノメイガ		○					
		シロヒメノメイガ		○					○
		マミノメイガ							○
		ワモンノメイガ	○				○		○
		アワノメイガ	○						
		マエアカスカシノメイガ		○					
		タテシマノメイガ	○						
		クロモンキノメイガ					○		
		マダラミスメイガ							○
		ヒメマダラミスメイガ	○						○
		イネコミスメイガ	○						
		アオフトメイガ	○						
		ウスベニトガリメイガ	○						
シロイチモンジマダラメイガ							○		
アカマダラメイガ	○								
トビシマダラメイガ	○								
セセリチョウ	イチモンジセセリ	○	○					○	
	チャハネセセリ	○				○		○	
アゲハチョウ	アオスジアゲハ	○			○	○			
	キアゲハ	○				○		○	
	ナミアゲハ							○	
シロチョウ	モンキチョウ	○	○		○	○		○	
	キチョウ	○	○			○		○	
	モンシロチョウ	○	○		○	○		○	
シジミチョウ	ツバメシジミ	○			○	○		○	
	ウラナシシジミ							○	
	ベニシジミ	○	○		○	○		○	
	ヤマトシジミ	○	○		○	○		○	

目名	科名	種名	平成10年度			平成11年度		
			8月	10月	1月	5月	8月	10月
チョウ	タテハチョウ	コムラサキ					○	
		ツマグロヒョウモン	○			○		○
		ヒメアカタテハ	○	○			○	○
		キタテハ		○			○	○
		ジャノメチョウ	ヒメジャノメ	○	○		○	
		シヤクガ	コウスアオシヤク	○				
			コヨツメアオシヤク					○
			キトガリヒメシヤク				○	
			ウスキクロテンヒメシヤク					○
			ウスサカハチヒメシヤク	○				
			トビスシヒメナミシヤク				○	○
			フトジマナミシヤク	○				○
			ヨモキエダシヤク	○				
			ウスオエダシヤク	○				
			エグリツマエダシヤク					○
			クロフヒメエダシヤク					○
		ススメガ	ウチススメ					○
			オオスカシバ	○				
			ヒメクロホウジャク		○			○
		シヤチホコガ	オオトビモンシヤチホコ					○
		トクガ	ガシワマイマイ					○
		ヒトリガ	アメリカシロヒトリ				○	○
			カクモンヒトリ	○				
		コフガ	クロスジシロコフガ	○				○
		ヤガ	タバコガ					○
			オオハコヤガ				○	
			シロシタヨトウ		○			
			ヒメサビシヨトウ		○		○	
			ベニモンヨトウ				○	
			キンモンアカヨトウ	○				
			スジキリヨトウ	○				○
			シロイチモンヨトウ		○			
			ハスモンヨトウ		○			○
			アカマエアオリング	○				
			サビイロコヤガ					○
			フタオヒコヤガ	○			○	○
			ヨモキコヤガ	○				
			イチジクキンウワバ	○				
			ニセウンモンクチバ				○	
			オオシラナミアツバ	○				
	ヒケブトクロアツバ						○	
			167	101	20	64	114	144
計			10目91科240種			10目85科234種		
11目	117科	371種						

種の配列は、「日本野生生物目録－無脊椎動物編－」(1993年、環境庁)に従った。

5.5 土壤動物確認種目録

綱	目	科	種	5月		8月		10月			
				St-1	St-2	St-1	St-2	St-1	St-2		
線虫	—	—	線虫類	2	32		4		3		
貧毛	—	ヒメミズ	ヒメミズ の一種						1		
	—	フメミズ	フメミズ の一種						1		
	—	—	ミズ 類	3	2	2	1				
蛛形	ダニ	ヤト'リダニ	ヤト'リダニ科の一種						2		
		マヨイダニ	マヨイダニ科の一種						1		
		ホコダニ	ホコダニ科類						5	4	
		ダ'ルマダニ	ダ'ルマダニ科の一種							2	
		トゲダニ	トゲダニ科の一種							1	
		カウダニ	カウダニ科の一種							1	
		モンクダニ	モンクダニ科の一種							2	
		イカダニ	イカダニ科の一種							2	
		カ'コデ'ダニ	カ'コデ'ダニ科の一種							1	
		オヒダニ	オヒダニ科類								22
		—	—	ダニ類	9	141	309	643			
真正死	—	—	死類								
甲殻	等脚	トリヨウラジ'ムシ	サヤマラジ'ムシ						3		
		ホダ'ゴ'ムシ	ホダ'ゴ'ムシ						2		
		—	ダン'ゴ'ムシ類			10	35				
唇脚	—	—	ムカデ'類			3	1				
昆虫	トビ'ムシ	体'トビ'ムシ	体'トビ'ムシの一種							1	
		ヒメトビ'ムシ	ヒメトビ'ムシ科類	107	255					11	
		トゲトビ'ムシ	トゲトビ'ムシ科類		1						
		アヤトビ'ムシ	アヤトビ'ムシの一種							2	
		—	アヤトビ'ムシ科類		7					6	
		マルトビ'ムシ	マルトビ'ムシの一種							3	
		—	マルトビ'ムシ科類		1						
		ツチトビ'ムシ	ツチトビ'ムシ類							12	91
		—	トビ'ムシ類		82	61	82				
		ハ'ツタ	ケラ	ケラ						1	
	ハサミ'ムシ	ハサミ'ムシ	ヒゲ'ジ'ロハサミ'ムシ						1		
	カメ'ムシ	ア'ブラ'ムシ	ア'ブラ'ムシ科類	6							
	コウチュウ	村'ムシ	列'ロ'コ'ミ'キ'ワ'コ'ミ'ムシ	1							
		—	死'ネ'ソ'コ'ミ'ムシ		1						
		ハネカク'シ	稚'ク'ロ'ヒ'シ'ハネカク'シ	1							
		テントウ'ムシ'ダ'マシ	ヨツ'バ'シ'テ'トウ'ダ'マシ		1						
		ハム'シ	ヒサ'コ'ト'ビ'ハム'シ				1				
		ゾウ'ムシ	ハコ'ハ'タ'コ'ゾウ'ムシ						1		
		—	イネ'ムシ'ゾウ'ムシ						1		
		—	甲虫目幼虫				8	4			
		ハチ	アリ	オハ'リ'アリ	オハ'リ'アリ			2			
				ヒゲ'ナ'ガ'ニセ'アリ	ヒゲ'ナ'ガ'ニセ'アリ					5	
	トビ'イロ'アリ			トビ'イロ'アリ					33	2	7
	ケブ'カリ'アリ			ケブ'カリ'アリ						3	
	ハチ	ニセ'ハ'ニ	ニセ'ハ'ニ I	ニセ'ハ'ニ I の一種						5	
			ヌカ	ヌカ の一種							3
			ヌリ'カ	ヌリ'カ科の一種	4	2					
			—	エリ'ヌリ'カ の一種						1	3
			クハ'ネ'コ'ハ'ニ	クハ'ネ'コ'ハ'ニ科類				3			
			ショウ'ヨウ'ハ'ニ	ショウ'ヨウ'ハ'ニ I の一種							1
			ミ'ア'ア	ミ'ア'ア科の一種		3					
	—	ハチ目幼虫				3	2				
	6綱	(10目)	(37科)	(52種)	種数	(8)	(13)	(11)	(15)	(10)	(20)
				個体数	133	529	404	815	36	168	

注)種の配列は「日本産野生生物目録—無脊椎動物編—」(1993年、環境庁)に従った。

5.6 各調査時期の積算優占度

	St-1 (管理区)		St-2 (放置区)	
	種名	SDR2	種名	SDR2
5月	シロツメクサ	70.00	ウキヤガラ	92.86
	ミノゴメ	50.05	エゾノギシギシ	70.00
	ネズミムギ	47.17	クサヨシ?	57.86
	ヒエガエリ	36.92	ツルマメ	40.95
	オニタビラコ	34.49	シロネ	31.19
	スズメノテッポウ	33.83	アザナルコ	23.43
	ギシギシ	33.58	ヒロハホウキギク	19.55
	コウガイゼキショウ sp.	33.38	スズメノテッポウ	11.05
	アオスゲ?	28.28	アメリカセンダングサ	9.57
	ノニガナ?	25.61	オランダミミナグサ	9.15
	イ	24.69	ノゲシ	5.81
	オニノゲシ	23.38	ブタクサ	5.26
	トキワハゼ	21.61	トウバナ	2.43
	オランダミミナグサ	15.81		
	ハハコグサ	8.94		
8月	シマスズメノヒエ	100.0	ツルマメ	100.00
	キシュウスズメノヒエ	55.6	オオイヌタデ	50.50
	カヤツリグサ科の一種1	42.2	シロネ	50.50
	キンエノコロ	72.2	ウキヤガラ	46.94
	メヒシバ	66.7	ヒメジソ	46.94
	イヌビエ	83.3		
	カヤツリグサ科の一種2	66.7		
	メリケンガヤツリ	44.4		
	コゴメガヤツリ	50.0		
シロツメクサ	16.7			
10月	ヒメクダ	75.00	ツルマメ	81.82
	オオクサキビ	50.77	シロネ	57.69
	アキメヒシバ	47.69	ヒメジソ	50.17
	シマスズメノヒエ	46.54	ヤナギタデ	37.13
	ギシギシ	30.38	アゼナルコ	27.35
	コツブキンエノコロ	26.54	イネ科の一種	19.62
	シバ	17.69	ギシギシ	17.45
	ヒデリコ	10.08		
	ノチドメ	10.08		
	シロツメクサ	10.08		
イヌビエ	10.08			

5.7 モニタリング（昆虫類）確認種目録

目	科	種	5月		8月		10月		年間		
			St-1	St-2	St-1	St-2	St-1	St-2	St-1	St-2	
トンボ	トンボ	シオカラトンボ			○				○		
ハツタ	ケラ	ケラ	○		○	○	○		○	○	
		コオロキ						○		○	
		ハラオカメコオロキ						○		○	
		シバズ			○	○	○	○	○	○	
		マダラス				○	○		○	○	
		エンマコオロキ					○		○	○	
		ツツレサセコオロキ			○				○		
	コカクオロキ							○	○		
	クマスムシ	クマスムシ						○		○	
	ヒシバツタ	ハラヒシバツタ			○			○	○	○	
ヒシバツタの一種							○		○		
ハサミムシ	ハサミムシ	ヒゲジロハサミムシ				○	○		○		
	オオハサミムシ	オオハサミムシ				○	○		○		
カメムシ	ホシカメムシ	フタモンホシカメムシ			○	○		○	○		
コウチュウ	オサムシ	オオゴミムシ		○				○		○	
		オオナガゴミムシ								○	
		キンナガゴミムシ				○				○	
		セアカヒラタゴミムシ			○		○		○	○	
		オオヒラタゴミムシ					○		○	○	
		マルガタゴミムシ属の一種				○	○		○	○	
		ウスアカクロモクムシ					○		○	○	
		コアトワアオゴミムシ					○			○	
		オオアトホシアオゴミムシ				○	○		○	○	
		アオゴミムシ				○			○	○	
		ホソクビゴミムシ	ミイデラゴミムシ		○	○	○	○		○	○
		シテムシ	オオヒラタシテムシ			○				○	
		ハネカクシ	チビクロセシハネカクシ	○						○	
	アオバアリガタハネカクシ		○						○		
	テントウムシダマシ	ヨツボシテントウダマシ						○		○	
セグロツヤテントウダマシ				○				○	○		
ゾウムシ	アルファルファタコゾウムシ						○		○		
	イネミスゾウムシ		○						○		
ハチ	アリ	オオハリアリ						○		○	
		キイロシリアケアリ						○		○	
		クロヒメアリ						○		○	
		ヒメアリ			○				○	○	
		トビイロシワアリ	○		○	○	○	○	○	○	
		トビイロケアリ			○	○	○		○	○	
		アメイロアリ						○		○	
ハエ	ユスリカ	ツヤユスリカ属の一種	○	○					○	○	
		クロユスリカ		○						○	
	クロハネキノコバエ	クロハネキノコバエ科の一種						○		○	
	ショウジョウハエ	ショウジョウハエ属の一種	○					○	○	○	
		ショウジョウハエ属類		○						○	
クロバエ	キンバエの一種				○				○		
7目	19科	45種	6	6	15	14	16	13	29	29	

注)種の配列は、「日本産野生生物目録－無脊椎動物編－」(1993年、環境庁)に従った。

実験担当者

関西電力株式会社
財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構

総合技術研究所主任研究員
実験センター所長
実験センター研究員

中村 敏昭
中山 繁
武井 直子

11. 難分解性有機物削減実験（その2）

1. 目的

琵琶湖流域の汚濁負荷削減対策の実施にもかかわらず、琵琶湖のCOD濃度は上昇傾向にある。その原因として、環境中で分解がされにくい有機物の増加が示唆される。また、この難分解性有機物は土壌との接触により分解が増進されると考えられており、河川に流入する有機物の分解における多自然河川の土壌接触の効果を調査した。

本実験は、琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター（以下、実験センターと称す）内の河床構造・護岸構造の違う人工水路と滋賀県内の琵琶湖流入河川において、流下にもなう難分解性有機物量・有機物組成の変化の違いを調査し、多自然型河川における難分解性有機物の分解能および琵琶湖のCODの削減の可能性を検討した。さらに、根による汚濁物質の除去・植生による吸収・根圏堆積物中の微生物の有機物分解作用などの浄化機能が考えられる浅池型植生浄化実験施設、土壌粒子によるろ過作用・イオンの吸着や固定作用・土壌中の微生物や微小動物による有機物分解作用・アンモニアの酸化や脱窒作用等の浄化機能が考えられる土壌浄化実験施設、粒子状成分の沈降除去作用・光合成生物による栄養塩吸収除去作用・深池中の微生物又は微小動物による有機物分解作用・細菌による硝化・脱窒作用等の浄化機能が考えられる深池型浄化実験施設、膜ろ過による粒子状成分等の浄化機能が考えられるUF膜ろ過浄化実験施設での難分解性有機物量・有機物組成の変化についても調査を行った。

2. 実験内容

2.1 実験センター内実験水路・水質浄化実験施設および琵琶湖流入河川の水質調査

2.1.1 実験場所

実験センター内の実験水路、水質浄化実験施設および琵琶湖流入河川（草津川、長命寺川）において、難分解性有機物を含む水質変化を調査した。各調査地点を図2-1、図2-2に示した。

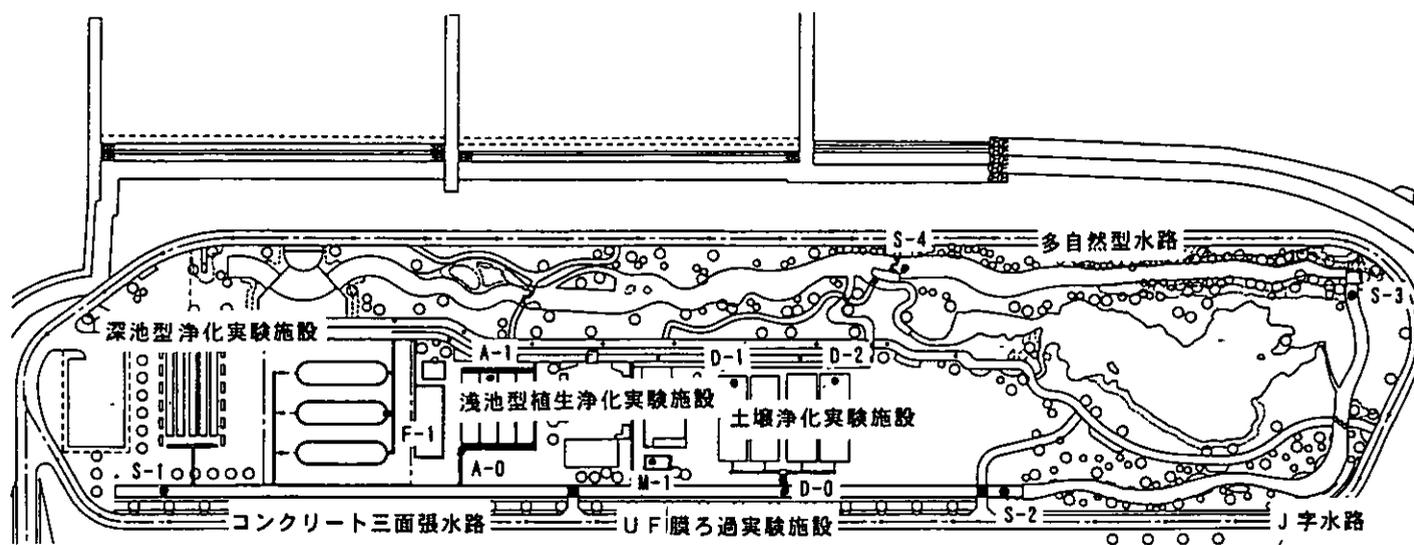


図2-1 実験センター内実験水路、水質浄化実験施設調査場所

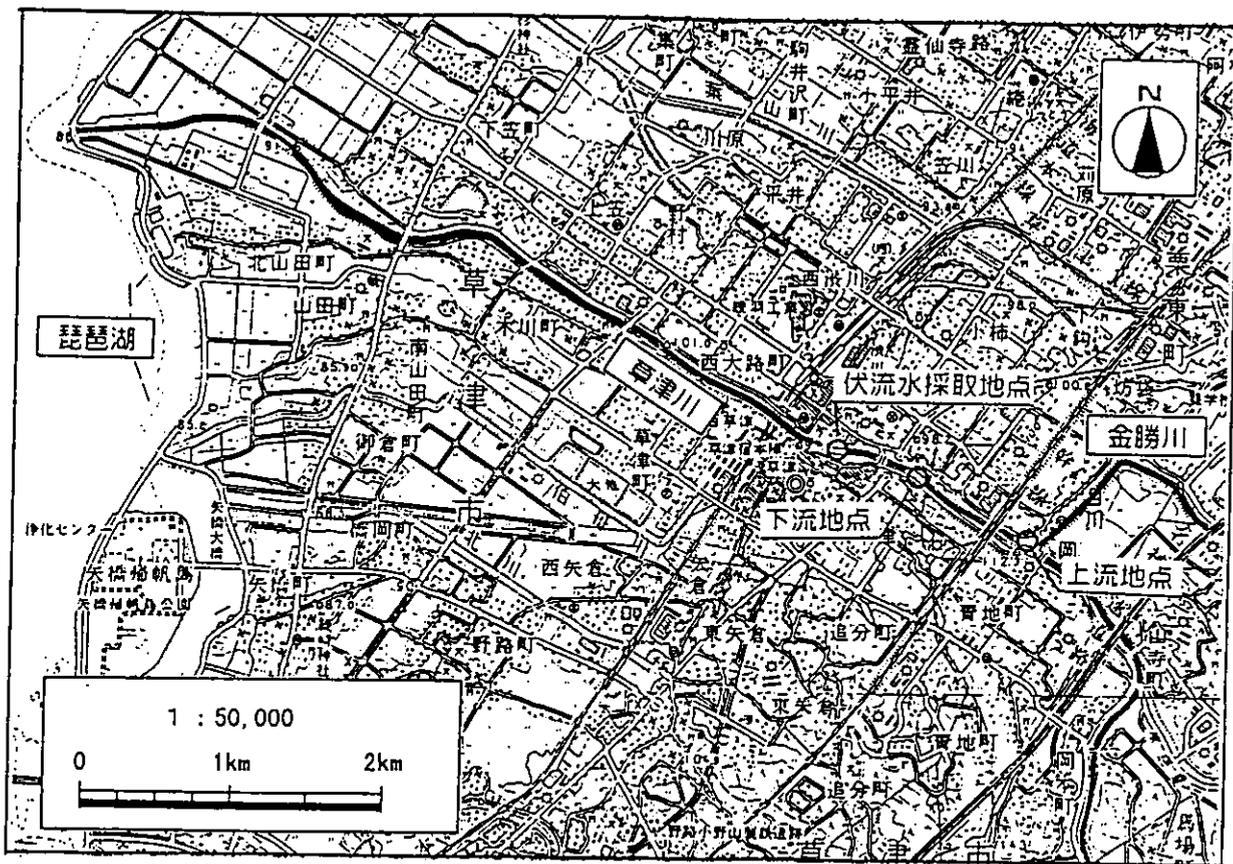


図2-2 (1) 琵琶湖流入河川（草津川）調査場所

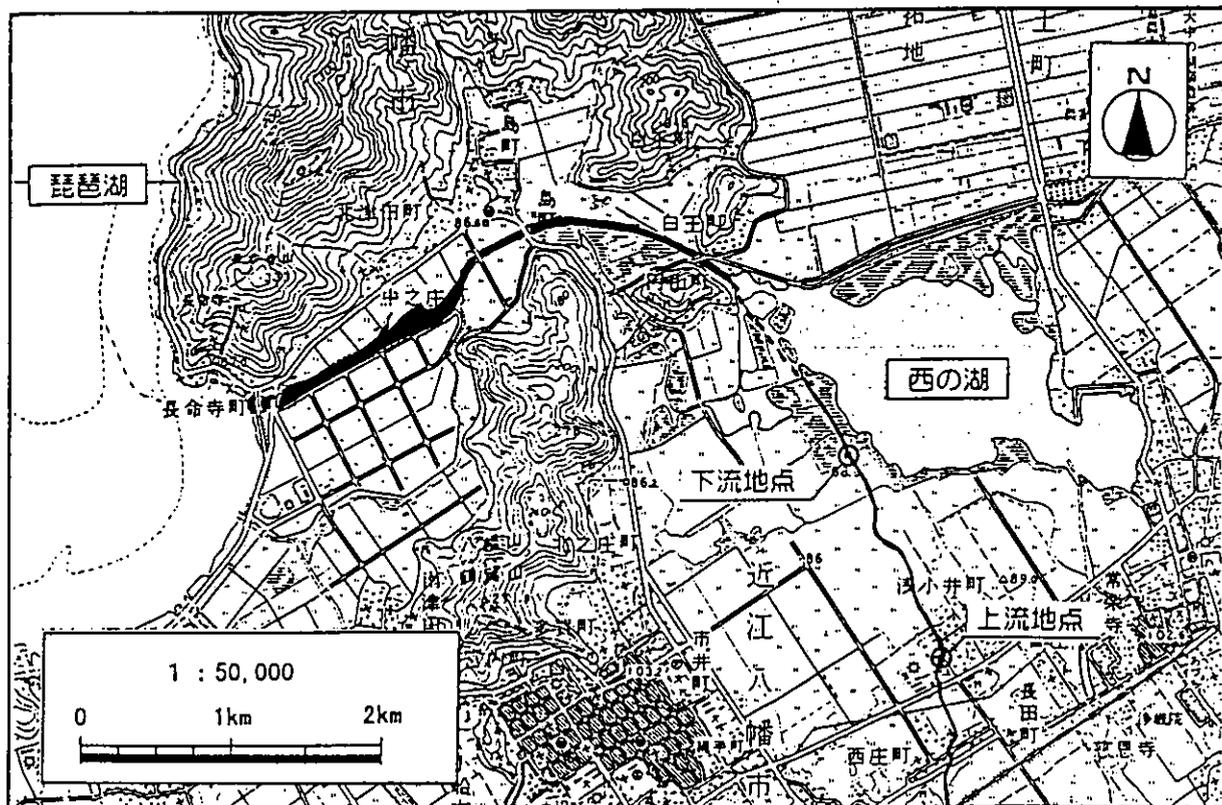


図2-2 (2) 琵琶湖流入河川（長命寺川）調査場所

2.1.2 実験期間

実験センター内実験水路および浄化実験施設においては、1999年5月から1999年12月の間に2季（春季、夏季）調査を行った。ただし、本実験は1998年11月からの年間を通じた継続実験である。琵琶湖流入河川（草津川、長命寺川）は夏季に1回調査を行った。調査頻度を表2-1に示した。

表2-1 (1) 実験センター内実験水路・浄化実験施設の調査頻度

実験水路・実験施設	調査地点	秋季		冬季		春季	夏季
		1998.11.16	1998.11.30	1999.1.18	1999.1.26	1999.5.28	1999.8.30
コンクリート三面張水路	S-1, S-2	朝、昼、夜	朝、昼、夜	朝、昼、夜	朝、昼、夜	朝、昼、夜	朝、昼、夜、深夜
J字水路	S-2, S-3	朝、昼、夜	朝、昼、夜	朝、昼、夜	朝、昼、夜	朝、昼、夜	朝、昼、夜、深夜
多自然型水路	S-3, S-4	朝、昼、夜	朝、昼、夜	朝、昼、夜	朝、昼、夜	朝、昼、夜	朝、昼、夜、深夜
浅池型植生浄化実験施設	A-0, A-1	朝、昼、夜			朝、昼、夜	朝、昼、夜	朝、昼、夜、深夜
土壌浄化実験施設	D-0, D-1, D-2	朝、昼、夜			朝、昼、夜	朝、昼、夜	朝、昼、夜、深夜
深池型浄化実験施設	F-1					朝、昼、夜	朝、昼、夜、深夜
UF膜ろ過浄化実験施設	M-1					昼	昼

表2-1 (2) 琵琶湖流入河川の調査頻度

河川名	調査地点	調査日時
草津川	上流部、下流部、伏流水流出部	1999.8.14 (朝、昼、夜)
長命寺川	上流部、下流部	1999.8.22 (朝、昼、夜)

※朝は8:00、昼は14:00、夜は20:00、深夜は2:00の調査とした。

2.1.3 実験方法

各実験水路、浄化実験施設および琵琶湖流入河川において流下する水塊の水質変化を捉えるため、上流側と同じ水塊を下流で採取した。あらかじめ上流から下流における流達時間を浮子等で測定または算出しておき、上流採取してから、流達時間経過した後下流側の採水を行った。採水は流央において柄杓を用いて堆積物を巻き上げないように留意して行い、採取した試料はポリエチレン製容器に入れて実験室に持ち帰り速やかに分析を行った。分析項目を表2-2に示した。

また、琵琶湖流入河川では、水質調査を行うに先立ち、現地踏査を行い、河床の材質、みずみちの形状、植生の概要、底質厚さなどを調査し、水質分析結果の解析の参考にした。

表2-2 分析項目

分析項目
水素イオン指数 (pH)、溶存酸素 (DO)、浮遊物質 (SS)、クロロフィル-a (Chl-a)、生物化学的酸素要求量 (BOD)、化学的酸素要求量 (COD)、粒子状化学的酸素要求量 (P-COD)、溶存態化学的酸素要求量 (D-COD)、全有機体炭素 (TOC)、粒子状全有機体炭素 (P-TOC)、溶存態有機体炭素 (D-TOC)、全リン (T-P)、粒子状リン (P-P) ^{注1} 、リン酸性りん (PO ₄ -P)、T-N (全窒素)、GPC-TC ^{注2}

(注1) 粒子状リン：全リン (T-P) とリン酸性りん (PO₄-P) との差を粒子状リンとみなした。

(注2) GPC-TC：ゲルパーミネーションクロマトグラフィー全炭素分析水中溶存有機物を概ね分子量に基づき、分離検出する手法。試料を10～60倍程度に濃縮した後、全炭素 (TC) 検出器を有するGPC-TC装置に導入し、得られた有機物分子量毎の有機物量のクロマトグラムを作成する。異なる地点の試料のクロマトグラムパターンが異なる場合、水中溶存有機物の構成が異なっていることを示す。

2.2 生分解性調査

2.2.1 実験場所

実験センターの各施設への流入水および琵琶湖流入河川（草津川）の上流（調査区間への流入水）における溶存有機物の特性を知るために、表2-3に示した各地点において試料

を採取し、生分解性試験を行った。

表2-3 試料採取場所、日時

地点	実験センター	琵琶湖流入河川
採取地点	コンクリート三面張水路最上流部(S-1)	草津川上流地点
採取日時	1999年8月30日 8:40	1999年8月14日 8:00

2.2.2 実験方法

試料水 5 L をガラス製細口褐色瓶に取り、開口部には通気性のある滅菌シリコン栓を付して、水平回転振とう機 (60rpm) を用いて穏やかに振とうした。水平回転振とう機全体を暗幕で覆い、一切の光を遮断した。培養中の水温は20℃に保ち、60日後および100日後に試料水を分取し分析用検液とし分析に供した。分析項目を表2-4に示した。

表2-4 分析項目

分析項目
化学的酸素要求量 (COD)、粒子状化学的酸素要求量 (P-COD)、溶存態化学的酸素要求量 (D-COD)、 全有機体炭素 (TOC)、粒子状全有機体炭素 (P-TOC)、溶存態有機体炭素 (D-TOC)、GPC-TC ^{※1}

3. 実験結果

3.1 実験センター内実験水路、水質浄化実験施設の調査結果

3.1.1 各施設の流達時間の結果

各施設調査地点における流達時間と通水量を表3-1に示した。コンクリート三面張水路～多自然型水路は、様々な水理条件による水質変化を知るために、水路に導入する水量を変化させたり、多自然型水路下流に堰を設けるなどした。

表3-1 実験センター内調査地点における流達時間 (上段) と通水量 (下段, m³/day)

実験水路・施設, 水理条件 (水路長または施設寸法)	秋季		冬季		春季	夏季	滞留時間 計算法 ^{※1}
	1998. 11. 16	1998. 11. 30	1999. 1. 18	1999. 1. 26	1999. 5. 28	1999. 8. 30	
取水ポンプ能力 (m ³ /day)	10000	6300	6300	6300	6300	6300	—
多自然型水路下流の堰	なし	有り	有り	なし	なし	なし	—
コンクリート三面張水路 (水路長: 230m)	18分 9700	28分 6000	19分 6000	22分 6000	17分 6000	20分 6000	実測
J字水路 (水路長: 160m)	6分 7730	8分 4030	9分 4030	10分 4030	7分 4030	11分 4030	実測
多自然型水路 (水路長: 130m)	6分 7630	23分 2005	20分 2005	24分 400	17分 400	13分 400	実測
三面張～多自然の合計 (水路長: 520m)	30分 7630	59分 2005	48分 2005	56分 400	41分 400	44分 400	実測
浅池型植生浄化実験施設 (L 16, W 5.0, H 0.05 m)	43分 158.6	—	—	63分 23.0 ^{※2}	43分 158.6	43分 158.6	計算
土壌浄化実験施設 (L 20, W 6.0, H 1.5 m)	19時間 182.4	—	—	19時間 182.4	19時間 182.4	19時間 182.4	計算
深池型浄化実験施設 (L 20, W 6.0, H 2.0 m)	—	—	—	—	20.8時間 240	20.8時間 240	計算

※1 実測: 浮子による測定結果

計算: 浅池型=水路長×水路幅×水深/流入量, 土壌=施設容積×孔隙率/流入水, 深池型=(水容積+土壌容積×孔隙率)/流入量

※2 低流速運転での調査であった。

3.1.2 実験水路調査結果

(1) 水質濃度変化

コンクリート三面張水路、J字水路および多自然型水路における各調査毎の水質濃度変

化について図3-1に示した。

調査結果から、冬季2回調査の14:00と春季調査の20:00で、浮遊物質(SS)等の粒子状成分の濃度が流下に伴い低下した。これは、粒子状物質が水路中で沈降作用により除去されたと考えられた。また、冬季2回調査の14:00では生物化学的酸素要求量(BOD)および全窒素(T-N)に濃度の低下が見られ、水路中での粒子状構成成分の沈降作用または水路中の微生物による分解作用および脱窒による除去が考えられた。夏季調査の20:00と2:00で浮遊物質(SS)等の粒子状物質の濃度がJ字水路において上昇した。この時のJ字水路には、水際や水中にヨシ・ヒエ等の植物が繁茂していたことから、その浸水部における付着物が剥がれて水中に放出された可能性が考えられた。これら、水質濃度の変化がみられた季節と項目について表3-2に示した。溶存態物質は全調査においてほとんど濃度変化が見られなかった。つまり、実験水路では溶存態物質の除去はほとんど起こらないことが示唆された。

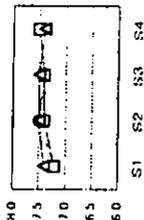
表3-2 実験水路における水質濃度変化 (濃度単位:mg/l, 但しChl-aは $\mu\text{g/l}$)

調査日	時刻	水路の流下に伴う濃度変化が見られた水質項目	濃度変化(上流を100としたときの downstream 濃度の割合)	濃度変化に寄与したと考えられる作用
1998. 11. 16 (秋季第1回)	全時刻	明確な濃度変化が見られなかった。	-	-
1998. 11. 30 (秋季第2回)	全時刻	明確な濃度変化が見られなかった。	-	-
1999. 1. 18 (冬季第1回)	全時刻	明確な濃度変化が見られなかった。	-	-
1999. 1. 26 (冬季第2回)	14:00	浮遊物質(SS) クロロフィル-a(Chl-a) 粒子状化学的酸素要求量(P-COD) 粒子状有機体炭素(P-TOC) 粒子状リン(P-P)	(S-1→S-4) 53.2 → 19.6 (37%) 42.8 → 12.0 (28%) 4.7 → 2.0 (43%) 5.04 → 2.04 (40%) 0.250 → 0.121 (48%)	粒子状物質の沈降
		生物化学的酸素要求量(BOD) 全窒素(T-N)	(S-1→S-4) 5.5 → 3.6 (65%) 2.60 → 2.24 (86%)	粒子状構成成分の沈降、または水路内微生物による有機態成分の分解や脱窒
1999. 5. 28 (春季)	20:00	浮遊物質(SS) 粒子状リン(P-P)	(S-1→S-4) 38.3 → 29.7 (77%) 0.241 → 0.205 (85%)	粒子状物質の沈降
		クロロフィル-a(Chl-a)	(S-3→S-4:多自然型水路) 8.1 → 13.4 (165%)	多自然型水路に浮遊していた糸状藻類が水中に混入
1999. 8. 30 (夏季)	20:00	浮遊物質(SS) クロロフィル-a(Chl-a) 粒子状化学的酸素要求量(P-COD) 粒子状有機体炭素(P-TOC) 粒子状リン(P-P) 上記項目の濃度上昇は2:00の調査におけるJ字水路においても見られた	(S-2→S-3:J字水路) 8.7 → 23.0 (264%) 4.0 → 5.3 (132%) 1.3 → 1.7 (131%) 0.763 → 1.13 (148%) 0.097 → 0.137 (141%)	J字水路の植生に付着していた粒子状物質が剥がれ水中に放出された

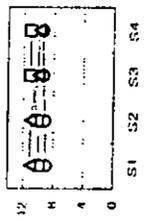
※本表に記載のない水質項目については明確な濃度変化が見られなかった

秋季第1回調査
(平成10年11月16日)

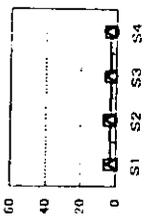
水素イオン指数(pH)



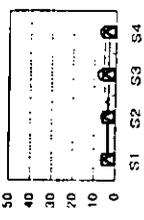
溶存酸素(DO)
(単位: mg/l)



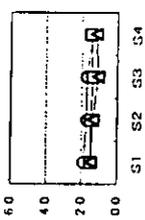
浮遊物質(SS)
(単位: mg/l)



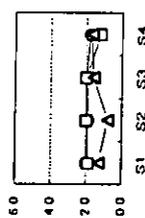
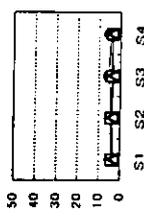
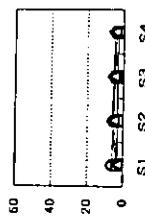
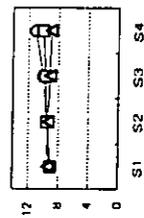
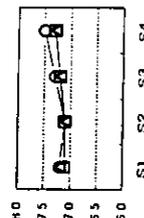
クロロフィル-a(Chl-a)
(単位: μg/l)



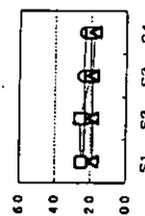
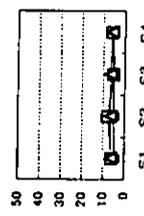
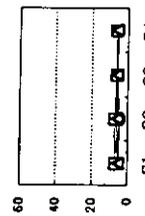
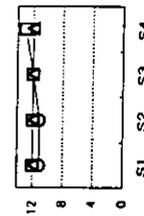
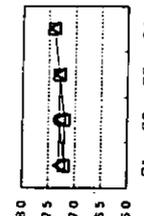
生物化学的酸素要求量(BOD)
(単位: mg/l)



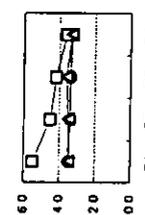
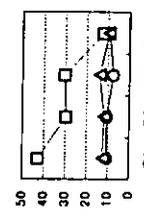
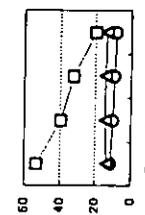
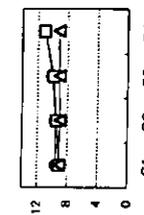
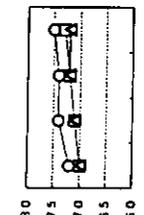
秋季第2回調査
(平成10年11月30日)



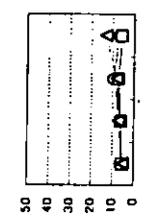
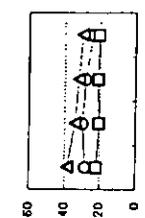
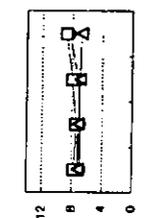
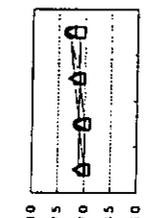
冬季第1回調査
(平成11年1月18日)



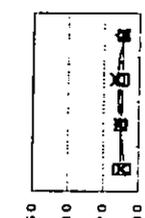
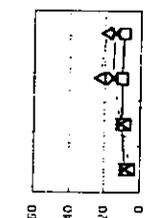
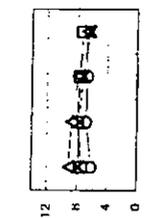
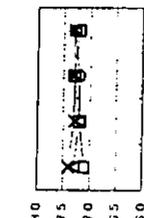
冬季第2回調査
(平成11年1月26日)



春季調査
(平成11年5月28日)



夏季調査
(平成11年8月31日)



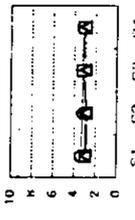
S-1 → S-2 → S-3 → S-4
コンクリート水路 J字水路 多自然水路

○ 8:00 □ 14:00 △ 20:00 -x- 2:00

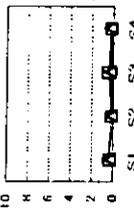
図3-1(1) 実験水路における水質濃度変化

秋季第1回調査
(平成10年11月16日)

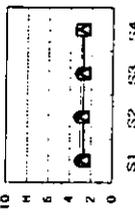
化学的酸素要求量(COD)
(単位: mg/l)



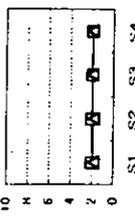
粒子状化学的酸素要求量(P-COD)
(単位: mg/l)



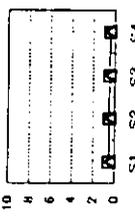
溶解性化学的酸素要求量(D-COD)
(単位: mg/l)



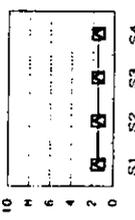
全有機体炭素(TOC)
(単位: mg/l)



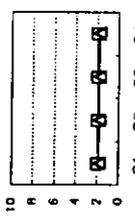
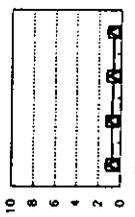
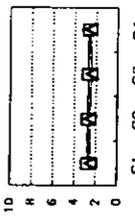
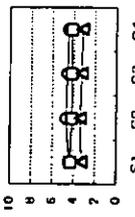
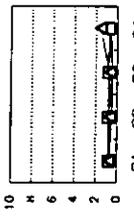
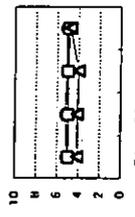
粒子状有機体炭素(P-TOC)
(単位: mg/l)



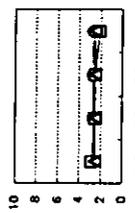
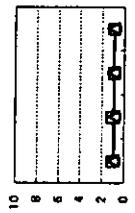
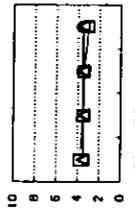
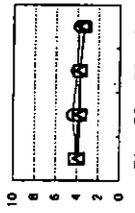
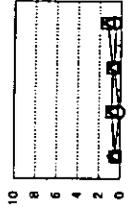
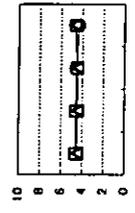
溶解性有機体炭素(D-TOC)
(単位: mg/l)



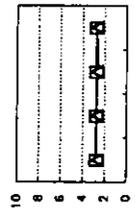
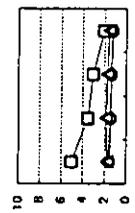
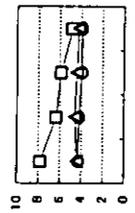
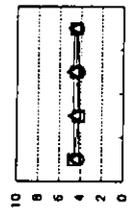
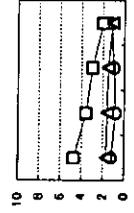
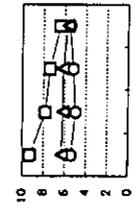
秋季第2回調査
(平成10年11月30日)



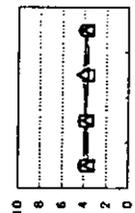
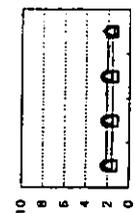
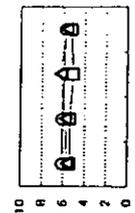
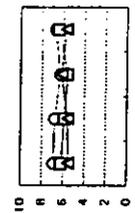
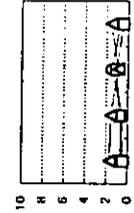
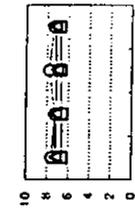
冬季第1回調査
(平成11年1月18日)



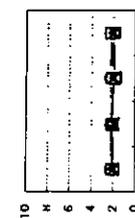
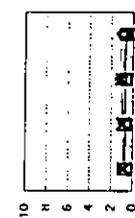
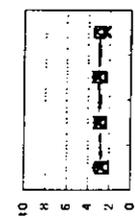
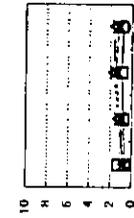
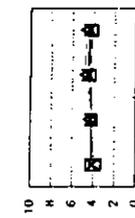
冬季第2回調査
(平成11年1月26日)



春季調査
(平成11年5月28日)



夏季調査
(平成11年8月31日)

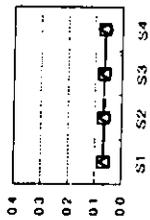


S-1 → S-2 → S-3 → S-4
 コングリート水路 J字水路 多自然水路
 ○-8:00 □-14:00 △-20:00 ×-2:00

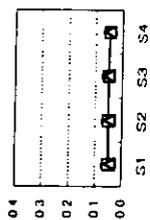
図3-1(2) 実験水路における水質濃度変化

秋季第1回調査
(平成10年11月16日)

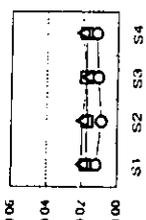
全リン(T-P)
(単位: mg/l)



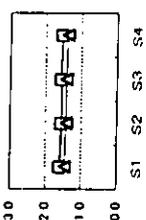
粒子状リン(P-P)
(単位: mg/l)



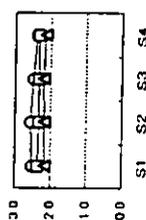
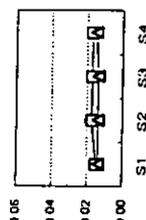
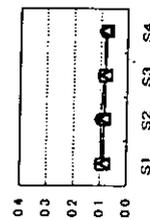
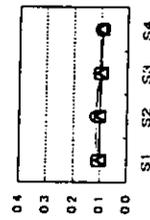
リン酸性りん(P_o-P)
(単位: mg/l)



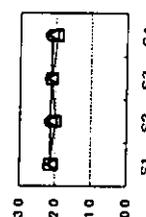
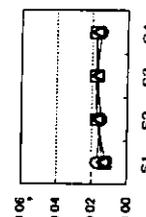
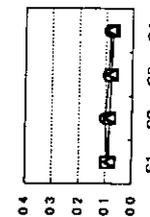
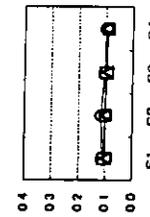
全窒素(T-N)
(単位: mg/l)



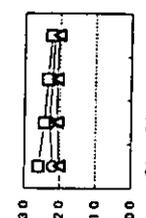
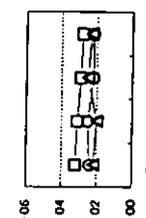
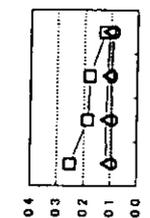
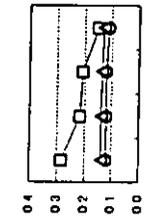
秋季第2回調査
(平成10年11月30日)



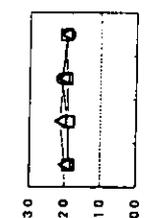
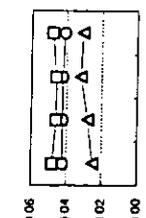
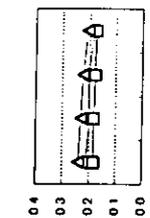
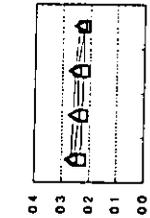
冬季第1回調査
(平成11年1月18日)



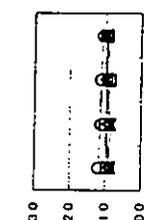
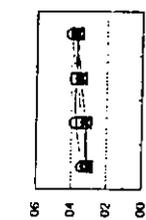
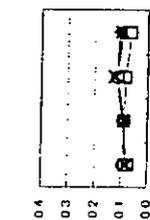
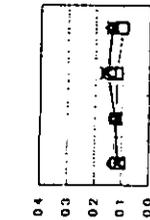
冬季第2回調査
(平成11年1月26日)



春季調査
(平成11年5月28日)



夏季調査
(平成11年8月31日)



S-1 → S-2 → S-3 → S-4
コンクリート水路 J字水路 多自然水路

○-8:00 □-14:00 △-20:00 X-2:00

図3-1 (3) 実験水路における水質濃度変化

(2) 流入水と流出水の関係

実験水路（コンクリート三面張水路、J字水路、多自然型水路）における流入水と流出水の間係を図3-2に、物質の除去特性について表3-3に示した。

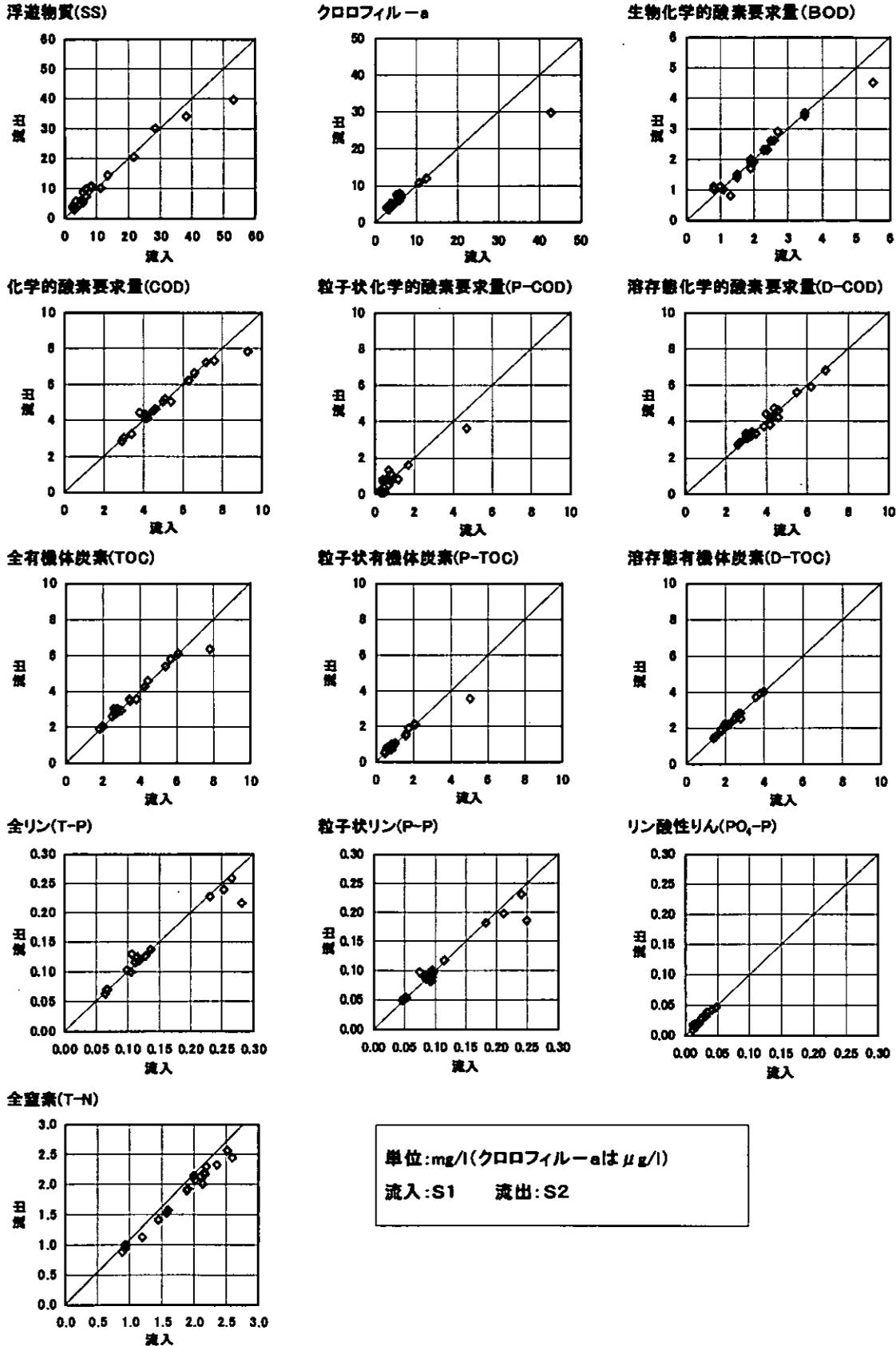
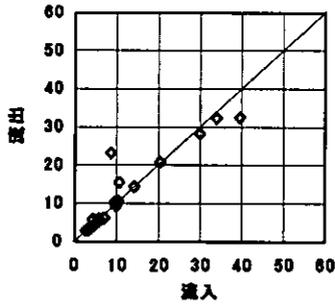
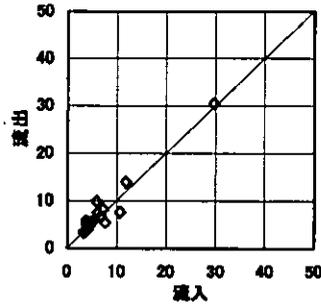


図3-2 (1) コンクリート三面張水路における流入水と流出水の間係

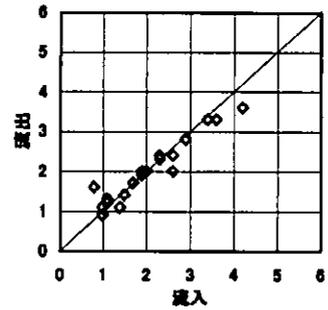
浮遊物質(SS)



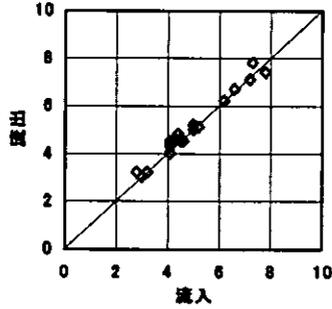
クロロフィル-a



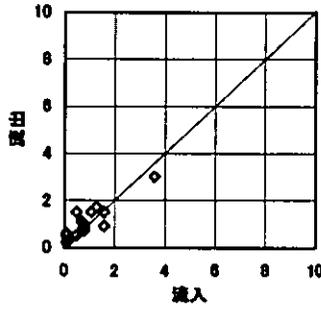
生物化学的酸素要求量(BOD)



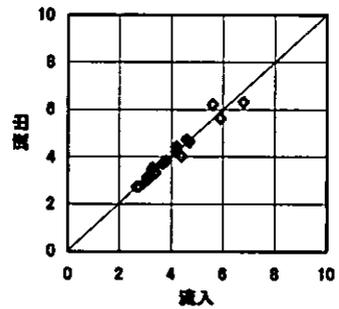
化学的酸素要求量(COD)



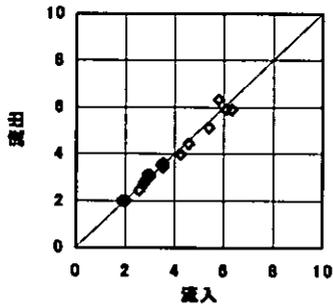
粒子状化学的酸素要求量(P-COD)



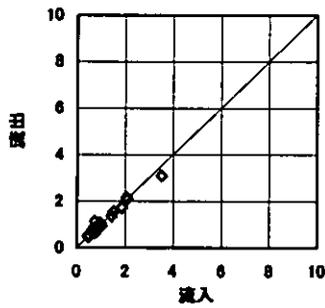
溶存態化学的酸素要求量(D-COD)



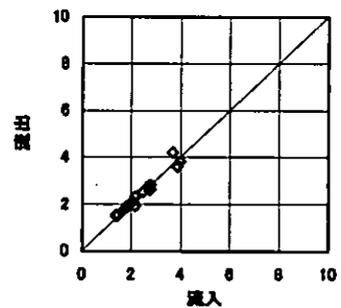
全有機体炭素(TOC)



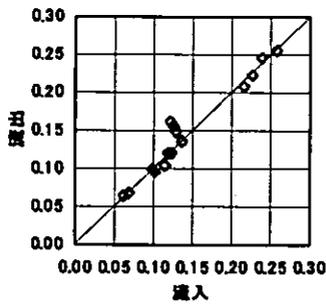
粒子状有機体炭素(P-TOC)



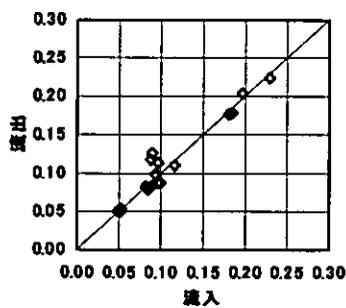
溶存態有機体炭素(D-TOC)



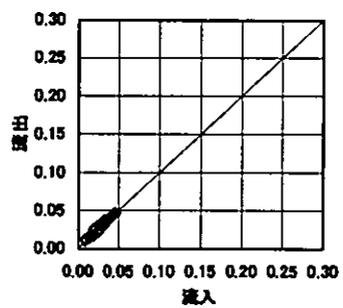
全リン(T-P)



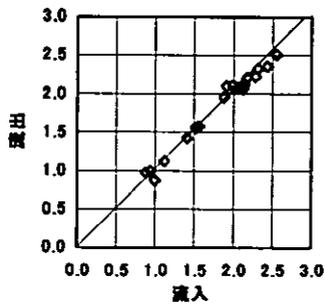
粒子状リン(P-P)



リン酸性りん(PO₄-P)



全窒素(T-N)

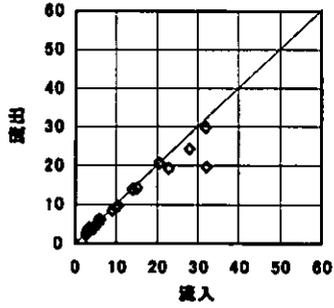


単位:mg/l(クロロフィル-aはμg/l)

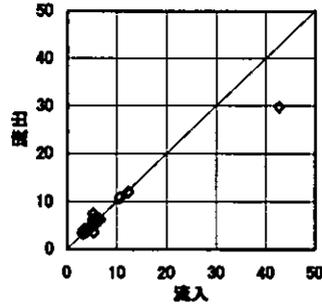
流入:S2 流出:S3

図3-2(2) J字水路における流入水と流出水の関係

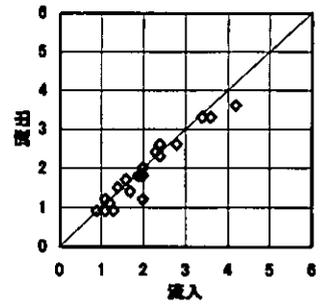
浮遊物質(SS)



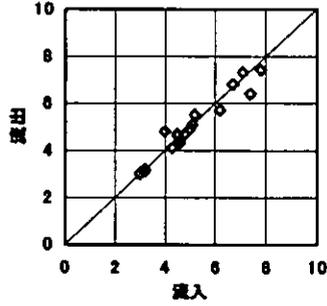
クロロフィル-a



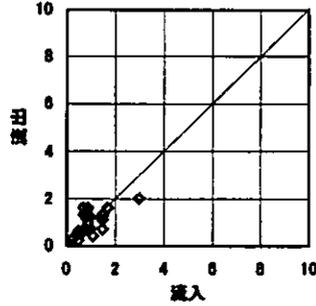
生物化学的酸素要求量(BOD)



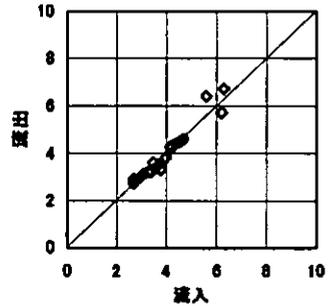
化学的酸素要求量(COD)



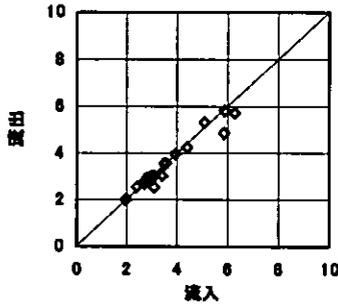
粒子状化学的酸素要求量(P-COD)



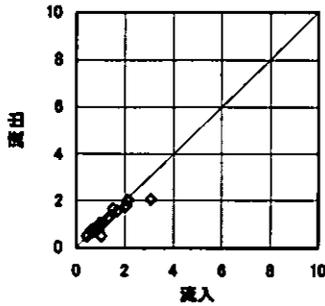
溶存態化学的酸素要求量(D-COD)



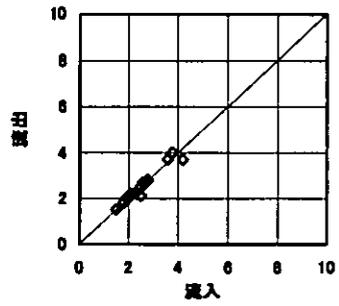
全有機体炭素(TOC)



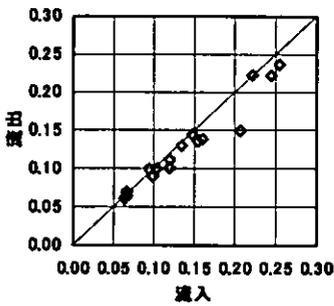
粒子状有機体炭素(P-TOC)



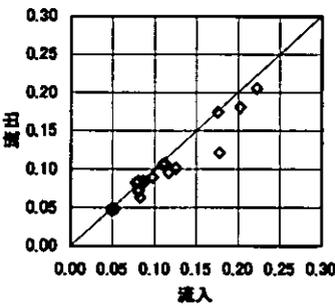
溶存態有機体炭素(D-TOC)



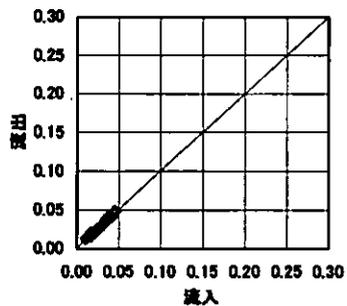
全リン(T-P)



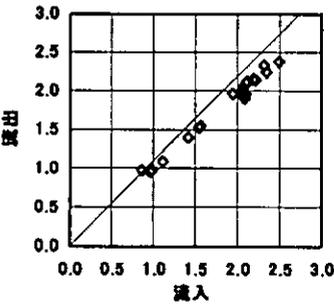
粒子状リン(P-P)



リン酸性りん(PO₄-P)



全窒素(T-N)



単位:mg/l(クロロフィル-aはμg/l)
流入:S3 流出:S4

図3-2 (3) 多自然型水路における流入水と流出水の関係

表3-3 水路における流入水と流出水の関係

水質項目	コンクリート三面張水路		J字水路		多自然型水路	
	流入:S-1	流出:S-2	流入:S-2	流出:S-3	流入:S-3	流出:S-4
浮遊物質 (SS)	高濃度 (>28mg/l) 流入時に除去 低濃度 (<10mg/l) 流入時に流出		流入水より高濃度になる ことがある		全流入水濃度で僅かに除去	
クロロフィル-a (Chl-a)	高濃度 (>42μg/l) 流入時に除去 低濃度 (<10μg/l) 流入時に流出		-		-	
生物化学的酸素要求量 (BOD)	高濃度 (>5.5mg/l) 流入時に除去		僅かな除去傾向		僅かな除去傾向	
化学的酸素 要求量 (COD)	粒子状 (P-COD)	高濃度流入時 (>4.3mg/l) に除去	-		-	
	溶存態 (D-COD)	-	-		-	
有機体炭素 (TOC)	粒子状 (P-TOC)	高濃度 (>4.6mg/l) 流入時に除去	-		僅かな除去傾向	
	溶存態 (D-TOC)	-	-		-	
リン	粒子状 (P-P)	高濃度 (>0.22mg/l) 流入時に除去	流入水より高濃度になる ことがある		全流入水濃度で僅かに除去	
	溶存態 (PO ₄ -P)	-	-		-	
全窒素 (T-N)	-		-		僅かな除去傾向	

※：-は、流入水と流出水の関係に傾向が見られなかった意味

コンクリート三面張水路では、流入水において浮遊物質 (SS)、クロロフィル-a (chl-a) など粒子状物質が高濃度 (SSでは28mg/l以上) の時、下流側の水質濃度が低くなる傾向が見られた。また、浮遊物質 (SS) では、コンクリート三面張水路において、流入水の水質濃度が28mg/l以上の高濃度の時に下流側濃度が低かったが、低濃度 (SSでは10mg/l以下) の時には下流側の濃度が高くなる傾向が見られた。

これに対し、多自然型水路では、流入水質濃度に関係なく下流側で低濃度になる傾向があり、流入水質濃度が10mg/l以下の時でも下流側で低濃度であった。さらに、生物化学的酸素要求量 (BOD)、粒子状有機体炭素 (P-TOC)、粒子状リン (P-P) では、コンクリート三面張水路において、流入水質濃度が高濃度の時のみ下流側の水質濃度が低濃度であったが、多自然型水路では、流入水質濃度に関わらず下流側で低濃度になる傾向が見られた。また、全窒素 (T-N) では、多自然型水路においてのみ下流側で低濃度になる傾向が見られた。

J字水路では、浮遊物質 (SS) と粒子状リン (P-P) が流入水より明確に高濃度になる点が見られたことから、前述の通り、植生の付着物が剥がれて水中に放出された可能性が考えられた。また、生物化学的酸素要求量 (BOD) に対して除去傾向が見られた。

これらのことから、コンクリート三面張水路では、高濃度の粒子状物質に対してのみ除去効果があり、その作用は、流下に伴う沈降除去であると考えられた。また、J字水路や多自然型水路では、沈降除去の他に、自然石や砂利表面に存在する微生物による有機物の接触酸化分解が起こっていた可能性が考えられた。

(3) GPC-TC結果

溶存態有機体炭素 (D-TOC) や溶存態有機体炭素 (D-TOC) に代表される溶存有機物が水路を流下するとき生じる組成の変化を知るために、各調査地点においてGPC-TCによる溶存有機炭素の組成分析を行い、各地点間の溶存有機物組成変化を調査した。その結果水路を流下する際のGPC-TCクロマトパターンに明確な変化が少なく、流下に伴う有機物組成の変化は少ないことが示唆された。春季調査の8:00におけるGPC-TC分析結果を図3-3に示した。

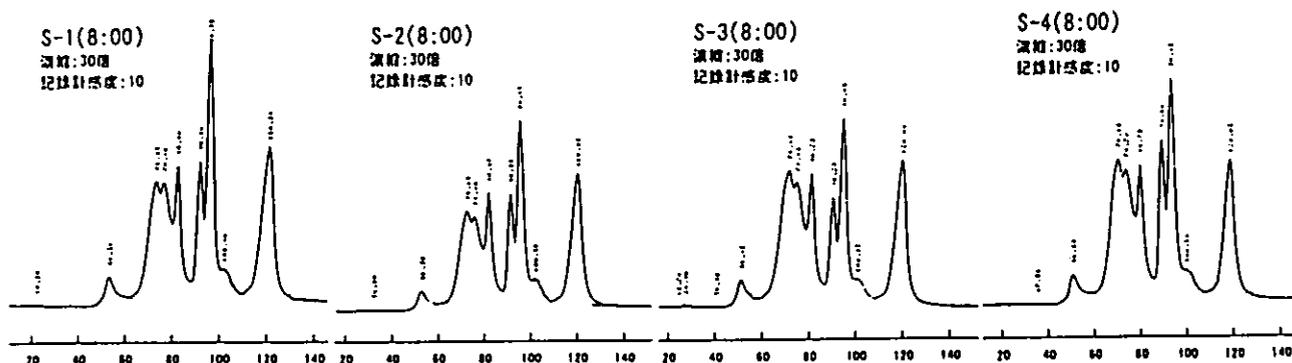


図3-3 水路におけるGPC-TC調査結果

3.1.3 浅池型植生浄化実験施設調査結果

(1) 水質濃度変化

浅池型植生浄化実験施設における各調査毎の流入水(A-0)と処理水(A-1)の水質濃度変化について図3-4に、水質濃度の変化がみられた季節と項目について表3-4に示した。

表3-4 浅池型植生浄化実験施設における水質濃度変化

(濃度単位:mg/l, 但しChl-aは $\mu\text{g/l}$)

調査日	時刻	処理水に濃度変化が見られた水質項目	濃度変化(流入を100としたときの処理水の割合)	濃度変化に寄与したと考えられる作用
1998. 11. 16 (秋季)	全時刻	溶存酸素(DO)	9.2 → 8.6 (93%)	クレソン根圏の微生物により消費 クレソン根圏への堆積 粒子態窒素の堆積、溶存無機態窒素の植物への吸収、脱窒
		浮遊物質(SS)	5.0 → 2.3 (46%)	
		クロロフィル-a(Chl-a)	4.4 → 2.6 (59%)	
		粒子状リン(P-P)	0.054 → 0.037 (68%)	
		全窒素(T-N)	1.58 → 1.22 (77%)	
1999. 2. 24 (冬季)	8:00	浮遊物質(SS)	3.8 → 57.6 (1500%)	施設が低流量運転であった為、クレソン根圏から粒子状物質の流出または溶存態物質の溶出が起きた
		クロロフィル-a(Chl-a)	3.8 → 30.8 (810%)	
	粒子状化学的酸素要求量(P-COD)	0.8 → 4.8 (600%)		
	粒子状有機体炭素(P-TOC)	0.863 → 4.57 (530%)		
	粒子状リン(P-P)	0.067 → 0.291 (430%)		
	20:00	生物化学的酸素要求量(BOD)	4.0 → 10 (250%)	
		溶存態化学的酸素要求量(D-COD)	3.9 → 15 (380%)	
溶存態有機体炭素(D-TOC)		2.7 → 9.2 (340%)		
全窒素(T-N)	2.10 → 3.06 (146%)			
1999. 5. 28 (春季)	全時刻	溶存酸素(DO)	7.0 → 6.0 (86%)	クレソン根圏の微生物により消費 クレソン根圏への堆積 クレソン根圏の堆積物からの溶出
		浮遊物質(SS)	28.5 → 17.4 (61%)	
		粒子状リン(P-P)	0.212 → 0.183 (86%)	
		生物化学的酸素要求量(BOD)	2.7 → 4.3 (159%)	
		溶存態化学的酸素要求量(D-COD)	6.9 → 7.3 (106%)	
		溶存態有機体炭素(D-TOC)	4.0 → 4.2 (105%)	
		リン酸性りん(PO ₄ -P)	0.042 → 0.102 (240%)	
1999. 8. 30 (夏季)	全時刻	溶存酸素(DO)	6.1 → 5.1 (84%)	クレソン根圏の微生物により消費 クレソン根圏への堆積 粒子態窒素の堆積、溶存無機態窒素の植物への吸収、脱窒
		浮遊物質(SS)	8.1 → 2.5 (71%)	
		クロロフィル-a(Chl-a)	3.7 → 2.3 (62%)	
		粒子状化学的酸素要求量(P-COD)	0.6 → 0.2 (33%)	
		粒子状有機体炭素(P-TOC)	0.838 → 0.490 (56%)	
		粒子状リン(P-P)	0.095 → 0.058 (61%)	
		全窒素(T-N)	1.20 → 0.93 (77%)	

※全時刻において濃度変化が見られたときは、8:00の濃度変化を示した。本表において示さない項目については明確な濃度変化が見られなかった。

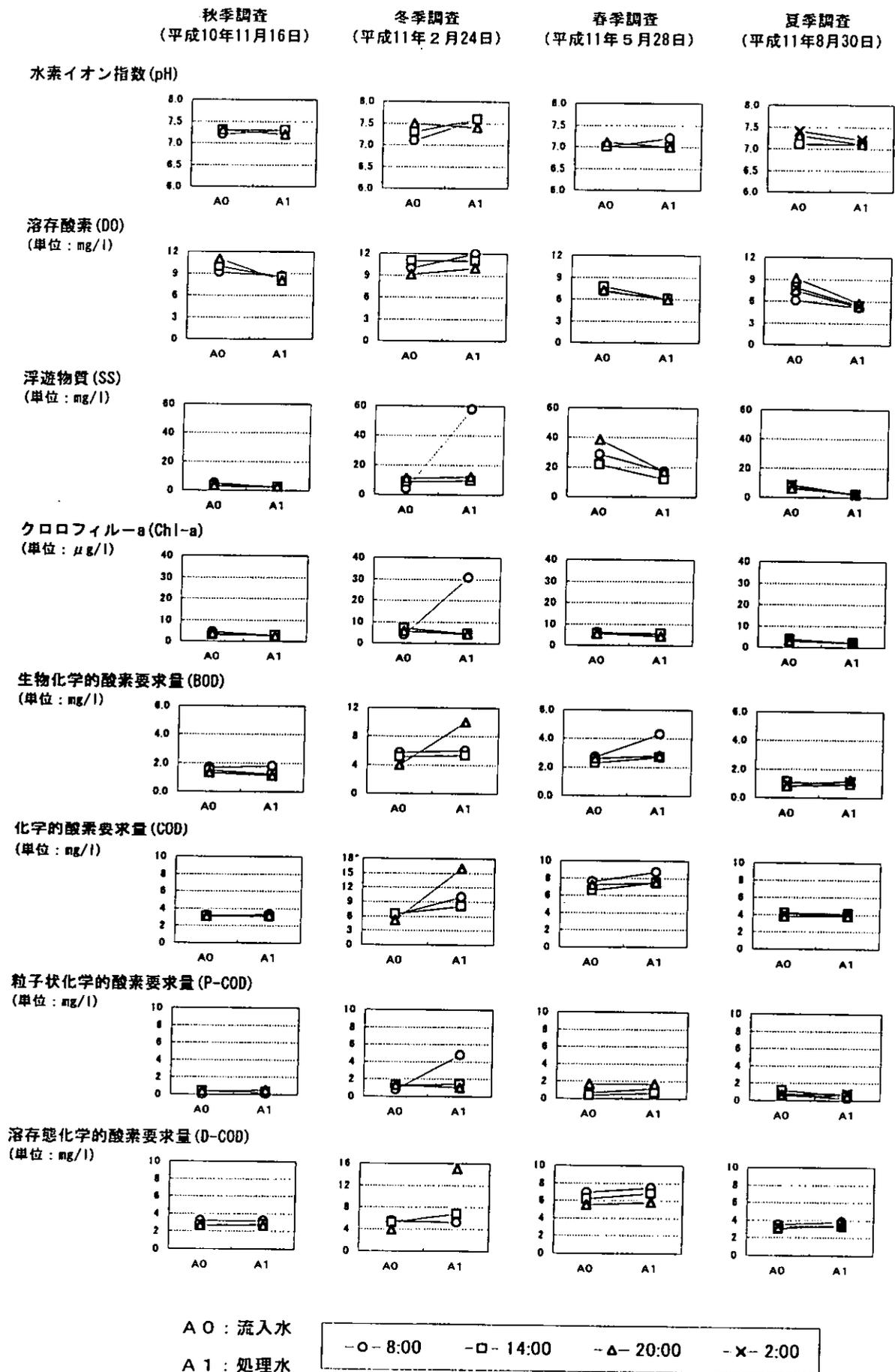


図3-4 (1) 浅池型植生浄化実験施設における水質濃度変化

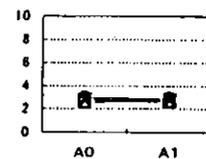
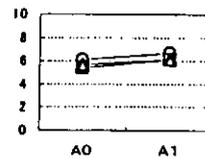
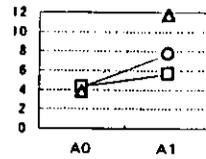
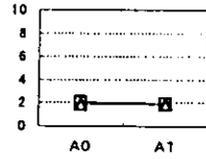
秋季調査
(平成10年11月16日)

冬季調査
(平成11年2月24日)

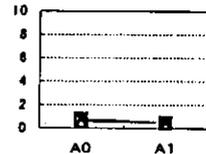
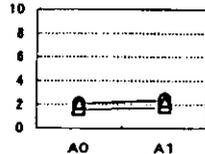
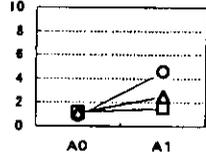
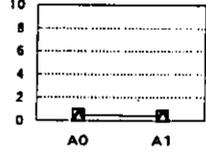
春季調査
(平成11年5月28日)

夏季調査
(平成11年8月30日)

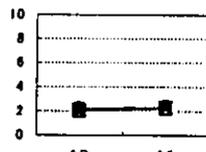
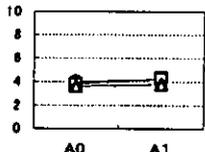
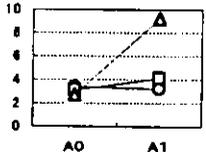
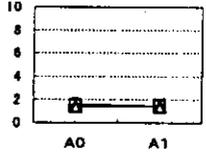
全有機体炭素(TOC)
(単位: mg/l)



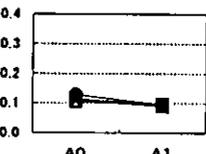
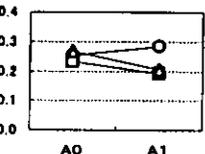
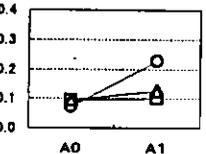
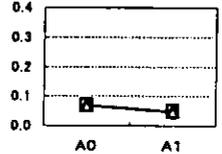
粒子状有機体炭素(P-TOC)
(単位: mg/l)



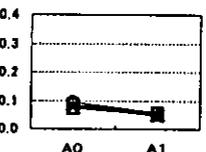
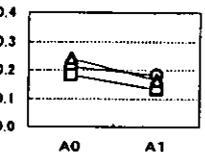
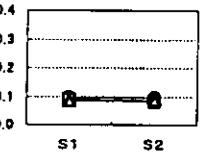
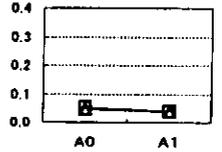
溶存態有機体炭素(D-TOC)
(単位: mg/l)



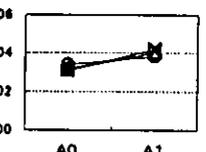
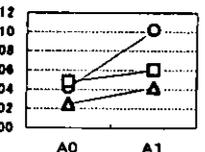
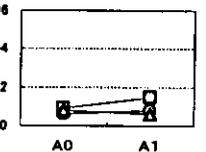
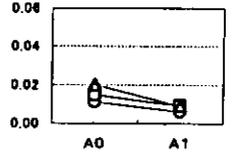
全リン(T-P)
(単位: mg/l)



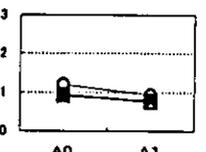
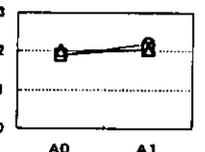
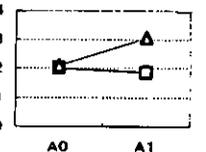
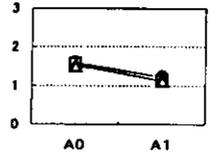
粒子状リン(P-P)
(単位: mg/l)



リン酸性りん(PO₄-P)
(単位: mg/l)



全窒素(T-N)
(単位: mg/l)



A0 : 流入水

A1 : 処理水

○- 8:00 □- 14:00 △- 20:00 ×- 2:00

図3-4(2) 浅池型植生浄化実験施設における水質濃度変化

浅池型植生浄化実験施設においては、冬季調査を除き、浮遊物質 (SS) 等の粒子状成分の濃度が施設を通過することによって低下し、処理水の浮遊物質 (SS) は流入水の約41%~61%の濃度であった。このことは、粒子状物質が施設内の植生 (クレソン) の根圏におけるこしとりや堆積作用によると考えられた。また、秋季調査と夏季調査では、処理水の全窒素 (T-N) の濃度が流入水の約77%と低濃度であった。このことから、粒子態窒素の堆積、溶存無機態窒素の植物への吸収および微生物による脱窒作用が考えられた。

冬季調査は施設の通水量が他の調査に比べ1/7と低流量の運転であった。この時、8:00の調査では、浮遊物質 (SS)、クロロフィル-a (Chl-a)、など粒子状成分が下流側で高濃度になり、濃度変化量は物質によって違うが、処理水の水質濃度は流入水の約4倍~15倍であった。また、20:00の調査では、生物化学的酸素要求量 (BOD)、溶存態化学的酸素要求量 (D-COD) など溶存態有機物の寄与が高い水質項目において、下流側で高濃度になり、処理水の水質濃度は流入水の約1.4倍~3.8倍であった。本施設では、低流量運転時に処理水の水質濃度が高くなることが報告されており、この調査時においても同様の結果であった。

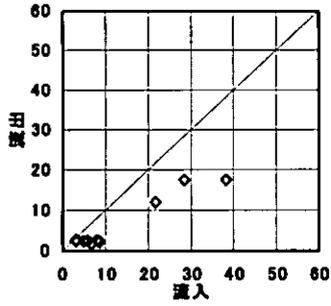
春季調査では、生物化学的酸素要求量 (BOD)、溶存態化学的酸素要求量 (D-COD)、溶存態有機体炭素 (D-TOC) およびリン酸性りん (PO₄-P) の濃度が上昇し、特に、生物化学的酸素要求量 (BOD) とリン酸性りん (PO₄-P) では変化が大きく、それぞれ、8:00における処理水の水質濃度は流入水の約1.6倍~2.4倍であった。この時は施設内の植生および堆積物除去を行ってから7ヶ月以上経過しており、堆積物量が多くなっていたことから、堆積物中の成分が溶出し易くなったと考えられた。

(2) 流入水と流出水の関係

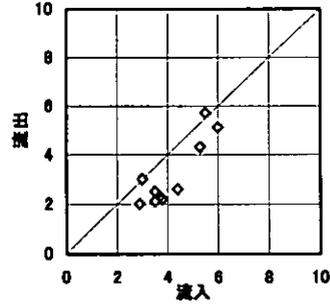
秋季調査、春季調査および夏季調査の水質項目において流入水 (A-0) 濃度と処理水 (A-1) 濃度の関係を図3-5に示す。この図から、浮遊物質 (SS)、クロロフィル-a (Chl-a)、および粒子状リン (P-P) について、図上の $Y < X$ の領域にプロットが集まることから、これらの項目に対して除去が起こっていることが示された。さらに、これら項目のプロットがX軸に平行ではなく右上がりの分布であったことから、流入水の水質濃度が変化した場合、処理水の水質濃度は一定では無く、流入水の水質濃度の増減に追随した濃度変化を示すことが示された。

一方、生物化学的酸素要求量 (BOD)、化学的酸素要求量 (COD)、粒子状化学的酸素要求量 (P-COD)、溶存態化学的酸素要求量 (D-COD)、全有機体炭素 (TOC)、粒子状有機体炭素 (P-TOC)、溶存態有機体炭素 (D-TOC)、リン酸性りん (PO₄-P) および全窒素 (T-N) については、図上の $Y = X$ の線上にプロットが集まることから、これらの項目に対して除去や増加が起こりにくいことが考えられた。

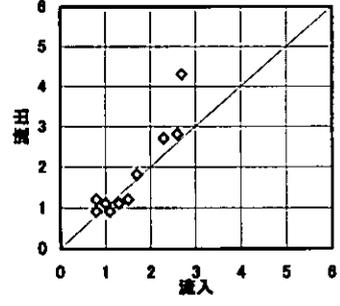
浮遊物質(SS)



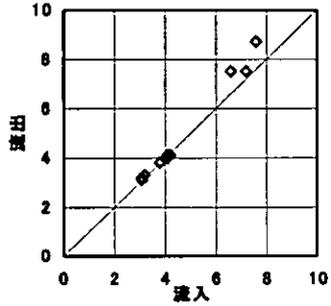
クロロフィルーa



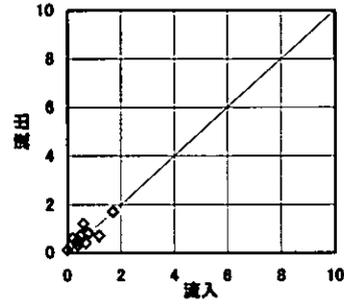
生物化学的酸素要求量(BOD)



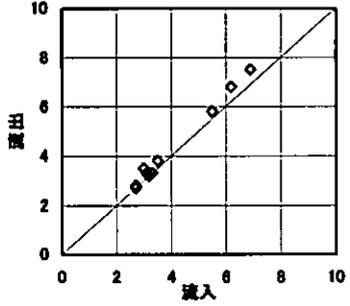
化学的酸素要求量(COD)



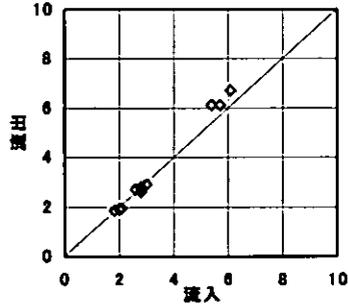
粒子状化学的酸素要求量(P-COD)



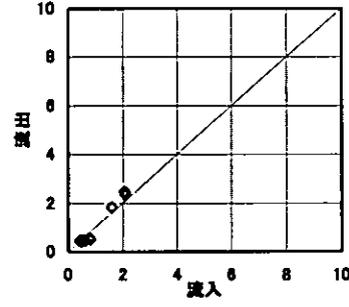
溶存態化学的酸素要求量(D-COD)



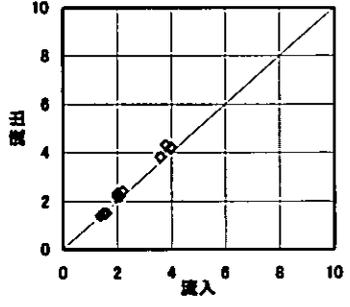
全有機体炭素(TOC)



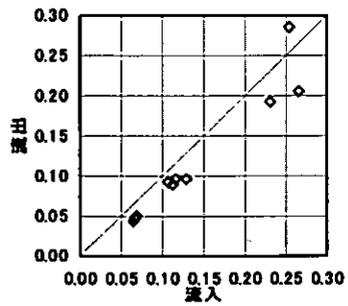
粒子状有機体炭素(P-TOC)



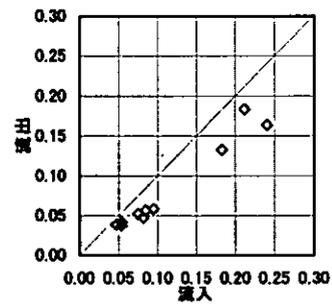
溶存態有機体炭素(D-TOC)



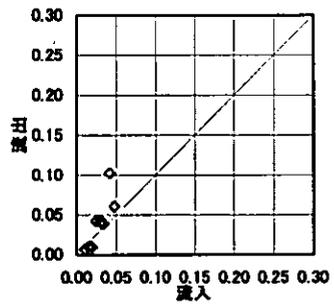
全リン(T-P)



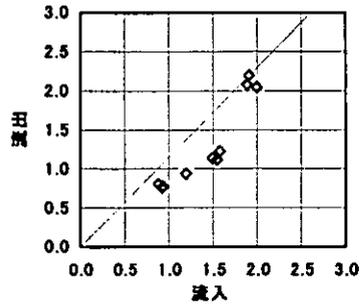
粒子状リン(P-P)



リン酸性りん(PO₄-P)



全窒素(T-N)



単位:mg/l(クロロフィルーaはμg/l)
 流入:A0 流出:A1
 ※施設の運転状況が異なる(低流量)第2回調査
 (冬期)結果は除いた

図3-5 浅池型植生浄化実験施設における流入水と処理水の関係

(2) GPC-TC結果

春季調査におけるGPC-TC調査結果を図3-6に示した。全調査において流入水(A-0)と処理水(A-1)の間に明確なGPC-TCクロマトグラムパターンの変化は見られず、浅池型植生浄化実験施設では処理水の溶存態有機物組成が流入水と同様であったことが示唆された。また冬季調査の20:00においては、処理水の溶存態有機炭素(D-TOC)が流入水の約3.5倍であったが、GPC-TCクロマトグラフでの出現ピークパターンは流入水と変化が無くほぼ相似形であったことから、水路内堆積物の溶存態有機物組成が流入水と同様であったことが示唆された。

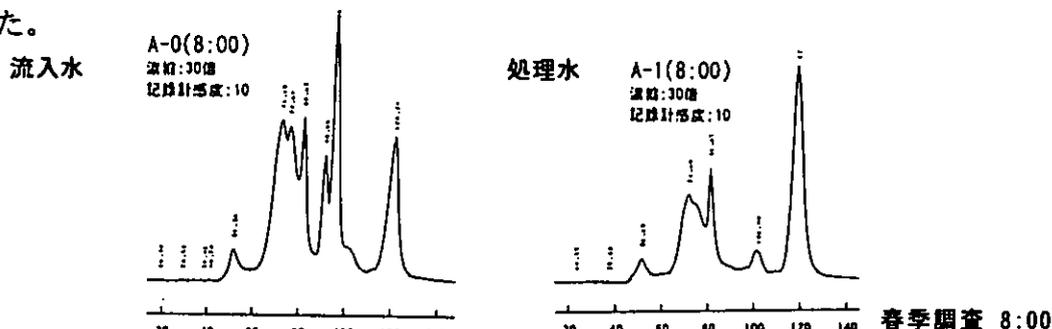


図3-6 浅池型植生浄化施設におけるGPC-TC分析結果

3.1.4 土壌浄化実験施設調査結果

(1) 水質濃度変化

繊維ろ材による前処理施設と土壌層による浄化施設を組み合わせた土壌浄化実験施設における各調査毎の流入水(D-0)と処理水(D-1、D-2)の水質濃度変化について図3-7に、水質濃度の変化がみられた季節と項目について表3-5に示した。

表3-5 土壌浄化実験施設における水質濃度変化

(濃度単位: mg/l, 但しChl-aは μ g/l)

調査日	時刻	処理水に濃度変化が見られた水質項目	濃度変化(流入を100としたときの処理水の割合)	濃度変化に寄与したと考えられる作用
1998. 11. 16 (秋季)	全時刻	・黒ぼく土(D-1)と赤玉土(D-2)の全ての項目	SS: 2.8 → 0.2 (7%) P-COD: 0.3 → 0.1 (33%) D-COD: 3.0 → 1.1 (37%) P-TOC: 0.500 → 0.058 (12%) PO ₄ -P: 0.011 → 0.002 (18%)	・土壌と前処理設備によるろ過効果による粒子状成分の除去作用 ・土壌中微生物の有機体物質の分解による除去作用 ・土壌吸着による除去作用
1999. 1. 25 (冬季)	全時刻	・黒ぼく土(D-1)の全窒素(T-N)を除いた全ての項目 ・赤玉土(D-2)の全ての項目	SS: 3.7 → 0.5 (13%) P-COD: 0.5 → 0.0 (0%) D-COD: 3.9 → 1.7 (44%) P-TOC: 1.03 → 0.238 (23%) PO ₄ -P: 0.010 → 0.003 (30%)	・土壌と前処理設備によるろ過効果による粒子状成分の除去作用 ・土壌中微生物の有機体物質の分解による除去作用 ・土壌吸着による除去作用
	14:00	黒ぼく土(D-1)の全窒素(T-N)	2.15 → 2.27 (106%)	・土壌中の硝化細菌によって酸化された硝酸態および亜硝酸態窒素の溶出 ・既に溜まっていた粒子状窒素が微生物分解を受け溶存態窒素として流出
1999. 5. 28 (春季)	全時刻	・黒ぼく土(D-1)と赤玉土(D-2)の全ての項目	SS: 28.6 → 1.4 (5%) P-COD: 0.5 → 0 (0%) D-COD: 6.8 → 1.8 (26%) P-TOC: 2.07 → 0.338 (16%) PO ₄ -P: 0.041 → 0.005 (12%)	・土壌と前処理設備によるろ過効果による粒子状成分の除去作用 ・土壌中微生物の有機体物質の分解による除去作用 ・土壌吸着による除去作用
1999. 9. 5 (夏季)	全時刻	・黒ぼく土(D-1)と赤玉土(D-2)の全ての項目	SS: 9.1 → 0.5 (5%) P-COD: 1.3 → 0 (0%) D-COD: 5.3 → 1.3 (25%) P-TOC: 1.20 → 0.079 (7%) PO ₄ -P: 0.028 → 0.003 (11%)	・土壌と前処理設備によるろ過効果による粒子状成分の除去作用 ・土壌中微生物の有機体物質の分解による除去作用 ・土壌吸着による除去作用

※全時刻において濃度変化が見られたときは、8:00のD-1の濃度変化を示した。水質項目は抜粋した。

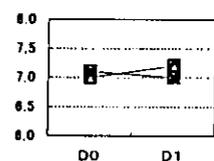
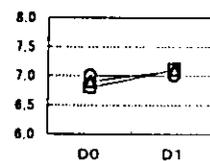
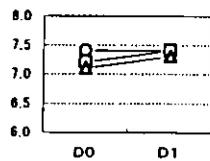
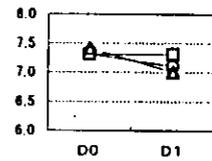
秋季調査
(平成10年11月16日)

冬季調査
(平成11年1月25日)

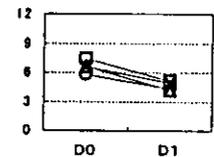
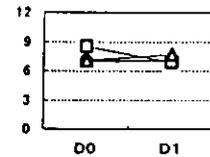
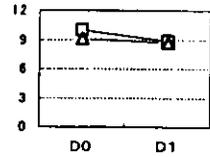
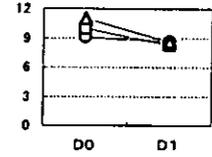
春季調査
(平成11年5月28日)

夏季調査
(平成11年9月5日)

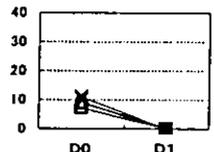
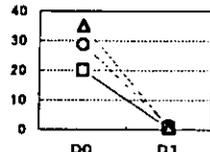
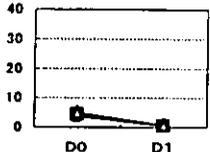
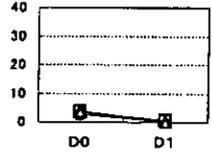
水素イオン指数 (pH)



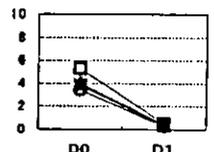
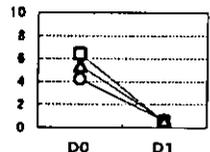
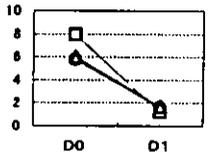
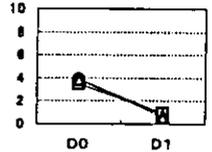
溶存酸素 (DO)
(単位: mg/l)



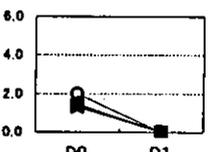
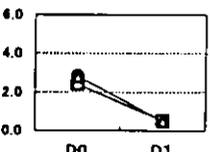
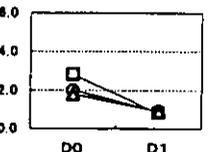
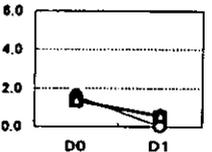
浮遊物質 (SS)
(単位: mg/l)



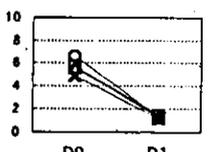
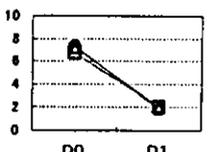
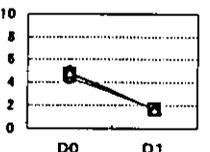
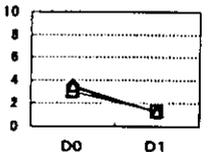
クロロフィル-a (Chl-a)
(単位: μg/l)



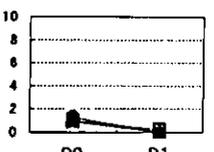
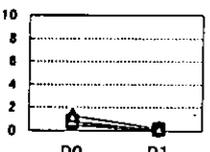
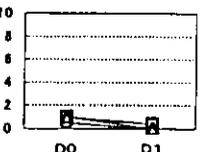
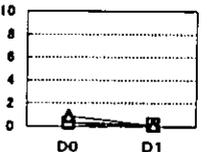
生物化学的酸素要求量 (BOD)
(単位: mg/l)



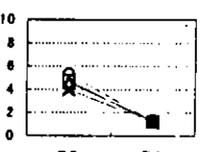
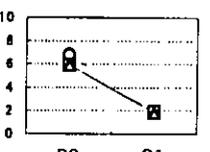
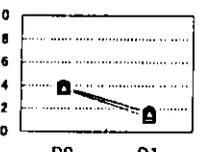
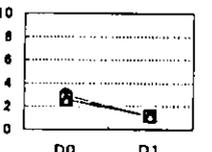
化学的酸素要求量 (COD)
(単位: mg/l)



粒子状化学的酸素要求量 (P-COD)
(単位: mg/l)



溶存態化学的酸素要求量 (D-COD)
(単位: mg/l)

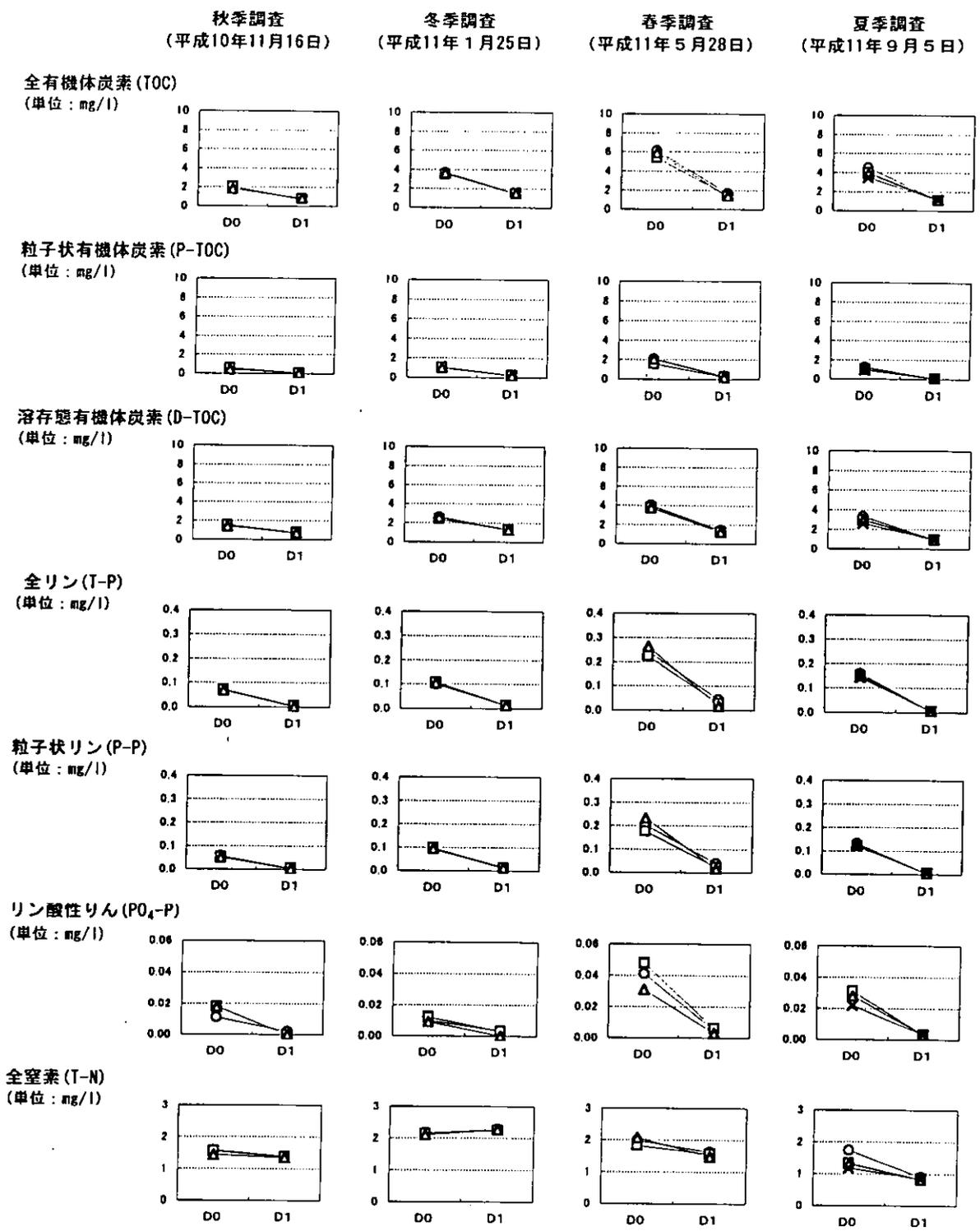


D0 : 流入水

D1 : 赤玉土処理水

-○- 8:00 -□- 14:00 -△- 20:00 -x- 2:00

図3-7 (1) 土壌浄化実験施設 (赤玉土) における水質濃度変化



D0 : 流入水

D1 : 赤玉土処理水

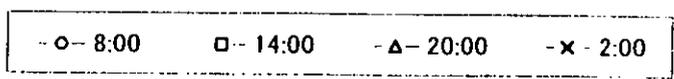


図3-7(2) 土壌浄化実験施設(赤玉土)における水質濃度変化

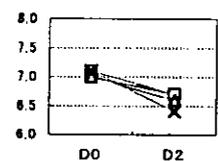
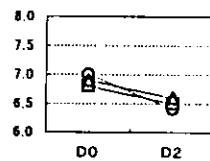
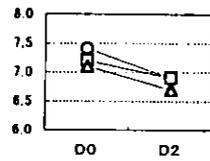
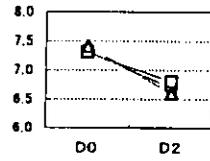
秋季調査
(平成10年11月16日)

冬季調査
(平成11年1月25日)

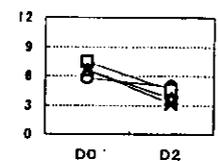
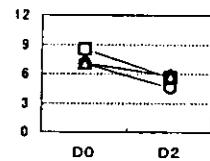
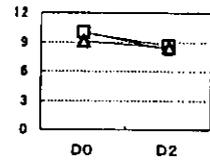
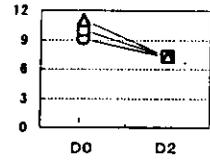
春季調査
(平成11年5月28日)

夏季調査
(平成11年9月5日)

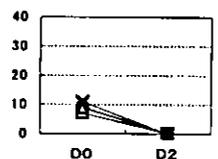
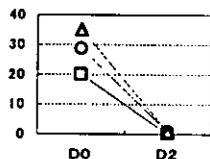
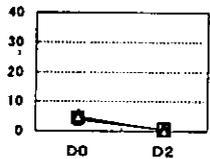
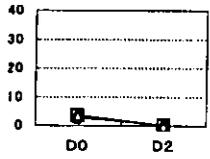
水素イオン指数(pH)



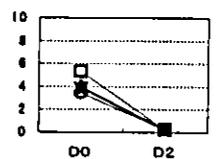
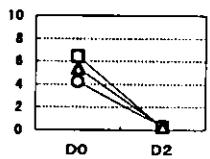
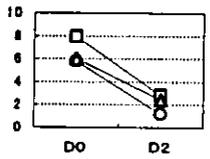
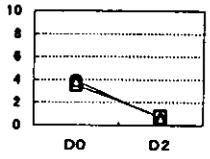
溶存酸素(DO)
(単位: mg/l)



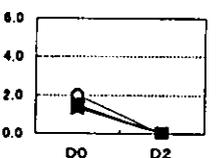
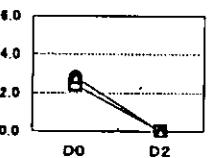
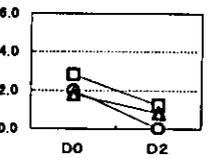
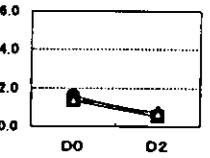
浮遊物質(SS)
(単位: mg/l)



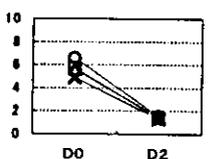
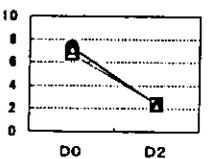
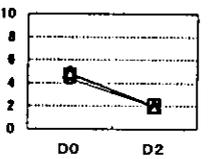
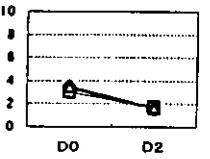
クロロフィル-a(Chl-a)
(単位: μg/l)



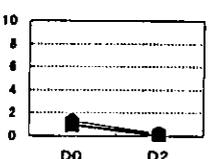
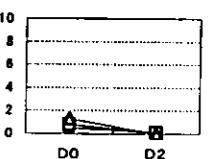
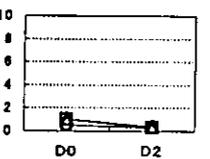
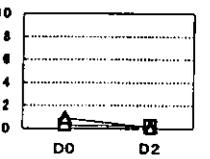
生物化学的酸素要求量(BOD)
(単位: mg/l)



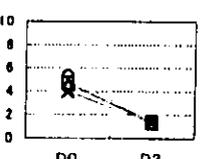
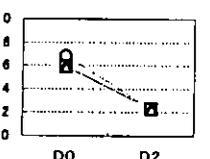
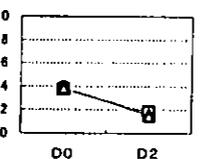
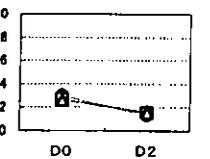
化学的酸素要求量(COD)
(単位: mg/l)



粒子状化学的酸素要求量(P-COD)
(単位: mg/l)



溶存型化学的酸素要求量(D-COD)
(単位: mg/l)



D0: 流入水

D2: 黒ぼく土処理水

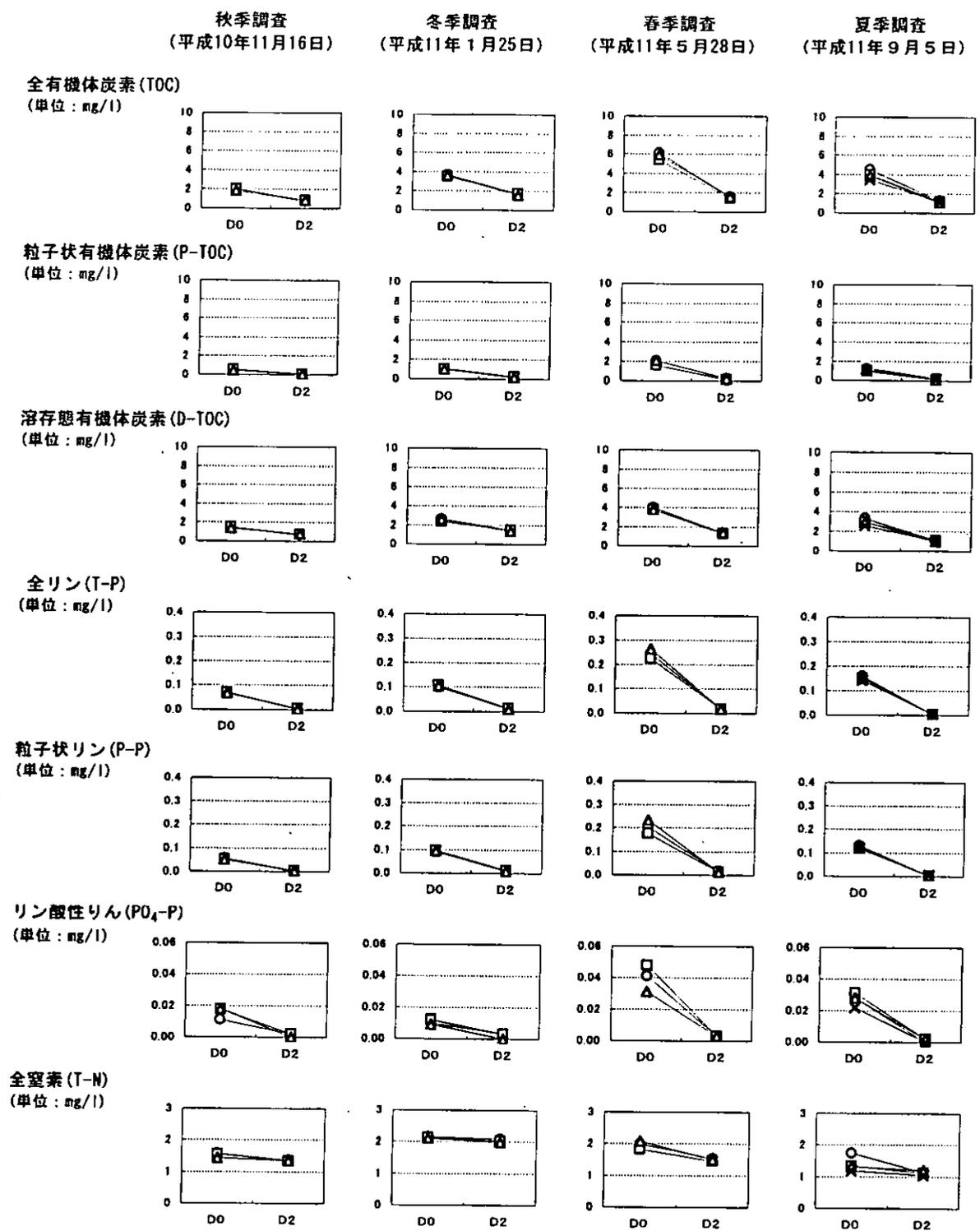
-○- 8:00

-□- 14:00

-△- 20:00

-x- 2:00

図3-7(3) 土壤浄化実験施設(黒ぼく土)における水質濃度変化



D0 : 流入水

D2 : 黒ぼく土処理水

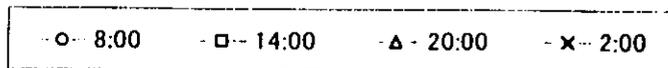


図3-7 (4) 土壌浄化実験施設 (黒ぼく土) における水質濃度変化

黒ぼく土浄化施設処理水 (D-1) と赤玉土浄化施設処理水 (D-2) では、全窒素 (T-N) を除き、全調査および全水質項目について処理水での水質濃度が、流入水 (D-0) より低濃度であり、次項に示す除去特性であった。水質浄化に関わった作用として、①土壌と前処理設備の繊維ろ材によるろ過効果による粒子状成分の除去作用、②土壌中微生物の有機体物質の分解による除去作用、③土壌吸着による除去作用、などが考えられた。

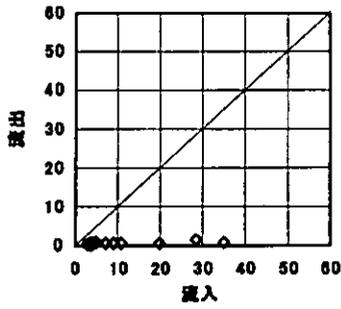
冬季調査の赤玉土浄化施設処理水において、全窒素 (T-N) が流入水より約 6 % 濃度になり、土壌中の硝化細菌によって酸化された硝酸態および亜硝酸態窒素が処理水に溶出したり、既に溜まっていた粒子状窒素が微生物分解を受け溶存態窒素として流出した等の結果である可能性が考えられた。

(2) 流入水と流出水の関係

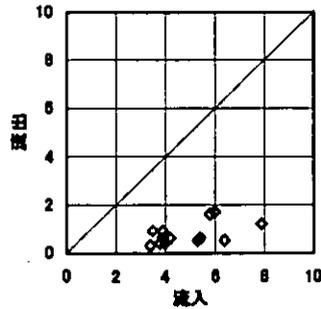
流入水 (D-0) 濃度と処理水 (D-1 および D-2) 濃度の関係を図 3-8 に示した。

本図から、全窒素 (T-N) を除く全てのプロットが図上の $Y < X$ の領域に集まることから、本施設において全窒素 (T-N) を除く全ての水質項目に対する除去が示された。また、除去が見られた項目におけるプロットは $Y = 0$ に対し平行に近かったため、流入水濃度に関わらず一定の水質濃度の処理水となる可能性が考えられ、その濃度は、表 3-6 に示した本調査で見られた処理水の最高濃度程度である可能性が考えられた。

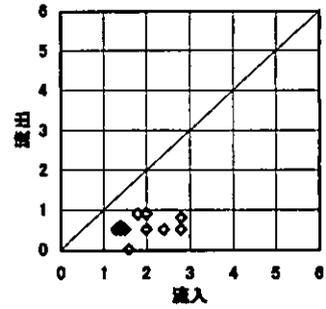
浮遊物質(SS)



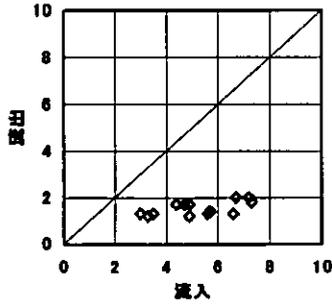
クロロフィル-a



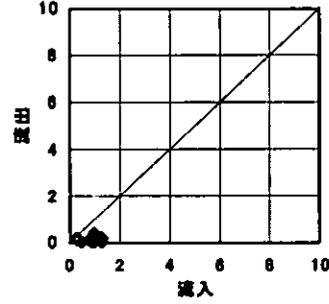
生物化学的酸素要求量(BOD)



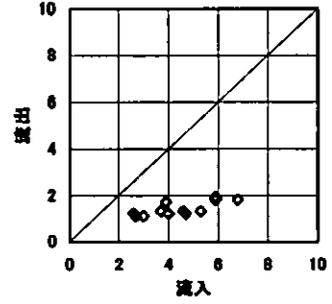
化学的酸素要求量(COD)



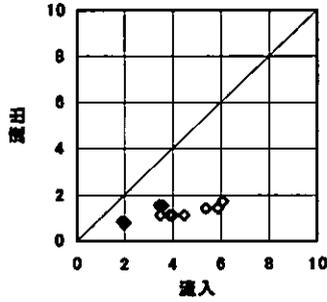
粒子状化学的酸素要求量(P-COD)



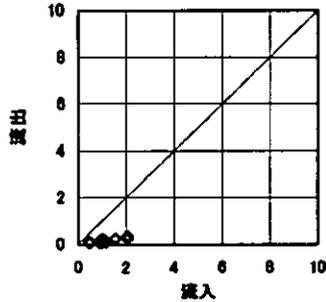
溶存態化学的酸素要求量(D-COD)



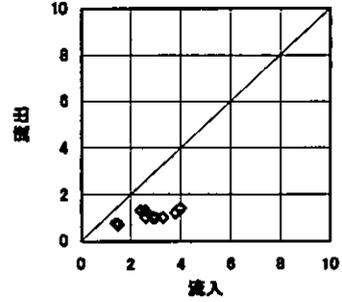
全有機体炭素(TOC)



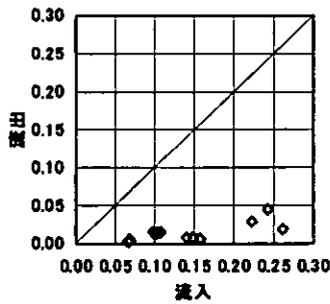
粒子状有機体炭素(P-TOC)



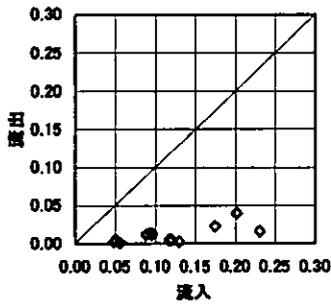
溶存態有機体炭素(D-TOC)



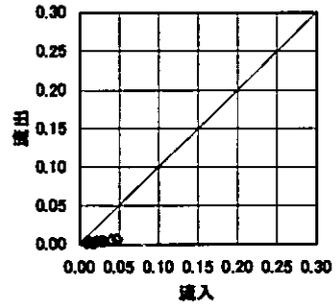
全リン(T-P)



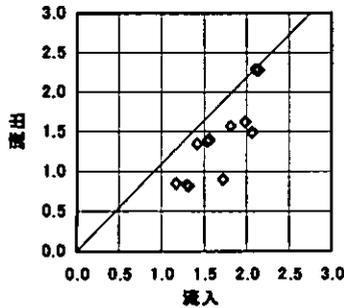
粒子状リン(P-P)



リン酸性りん(PO₄-P)



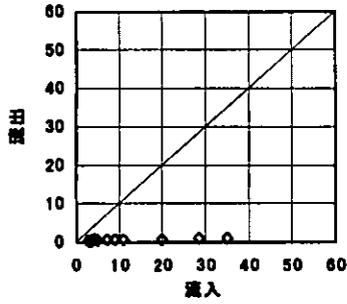
全窒素(T-N)



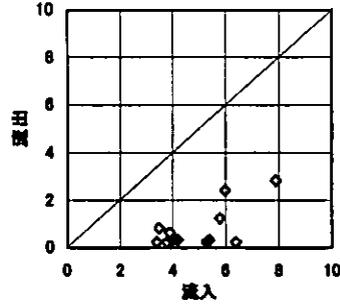
単位:mg/l(クロロフィル-aはμg/l)
 流入:D0 流出:D1

図3-8(1) 土壌浄化実験施設(赤玉土)における流入水と処理水の関係

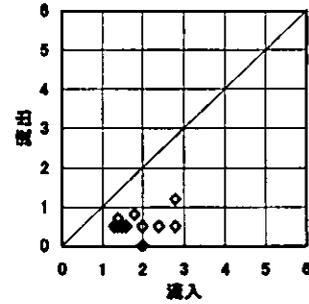
浮遊物質(SS)



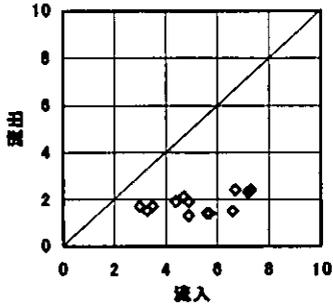
クロロフィル-a



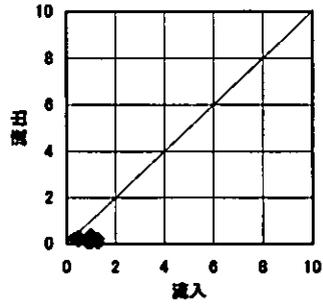
生物化学的酸素要求量(BOD)



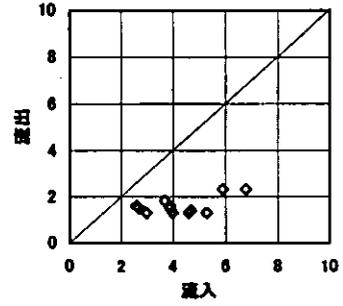
化学的酸素要求量(COD)



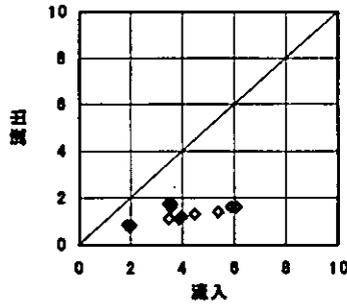
粒子状化学的酸素要求量(P-COD)



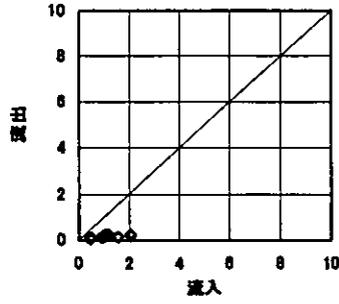
溶存化学的酸素要求量(D-COD)



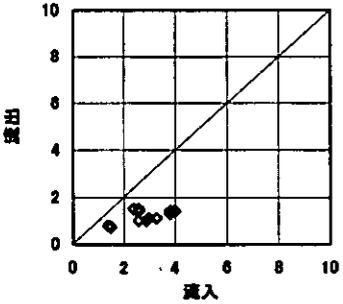
全有機体炭素(TOC)



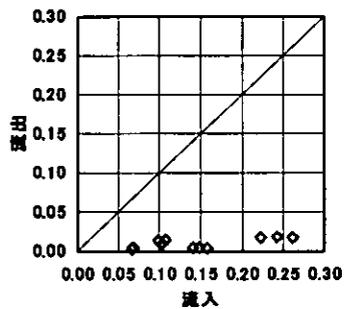
粒子状有機体炭素(P-TOC)



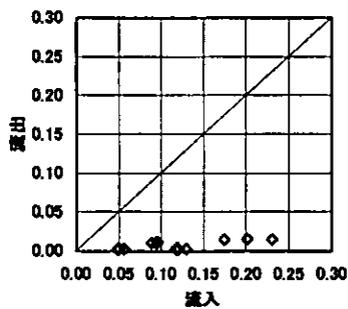
溶存有機体炭素(D-TOC)



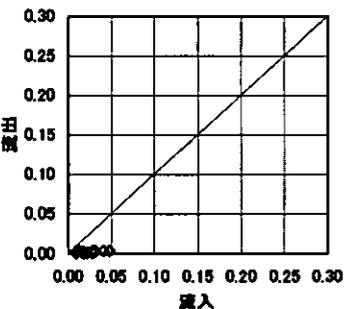
全リン(T-P)



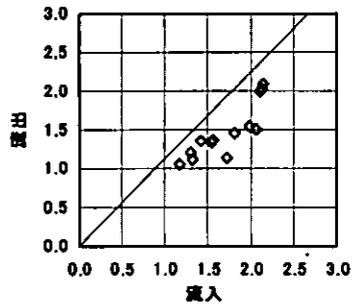
粒子状リン(P-P)



リン酸性りん(PO₄-P)



全窒素(T-N)



単位:mg/l(クロロフィル-aはμg/l)
 流入:D0 流出:D2

図3-8(2) 土壤浄化実験施設(黒ぼく土)における流入水と処理水の関係

表3-6 本調査における流入水の濃度範囲と処理水の最高濃度

項目	流入水の濃度範囲 (mg/l ^m)	処理水の最高濃度 (mg/l ^m)
浮遊物質 (SS)	2.8 ~ 35	1.4
クロロフィル-a (Chl-a)	3.4 ~ 7.9	2.8
生物学的酸素要求量 (BOD)	1.3 ~ 2.8	1.2
化学的酸素要求量 (COD)	3.0 ~ 7.3	2.4
粒子状化学的酸素要求量 (P-COD)	0.3 ~ 1.3	0.4
溶存態化学的酸素要求量 (D-COD)	2.6 ~ 6.8	2.3
全有機体炭素 (TOC)	1.90 ~ 6.10	1.73
粒子状有機体炭素 (P-TOC)	0.475 ~ 2.07	0.338
溶存態有機体炭素 (D-TOC)	1.4 ~ 4.0	1.5
全リン (T-P)	0.067 ~ 0.262	0.004
粒子状リン (P-P)	0.040 ~ 0.231	0.039
リン酸性りん (PO ₄ -P)	0.009 ~ 0.048	0.006
全窒素 (T-N)	1.18 ~ 2.15	2.28

※クロロフィル-a (Chl-a) は、 $\mu\text{g/l}$

(1) GPC-TC結果

GPC-TC分析の結果 (8:00調査) を図3-9に示した。

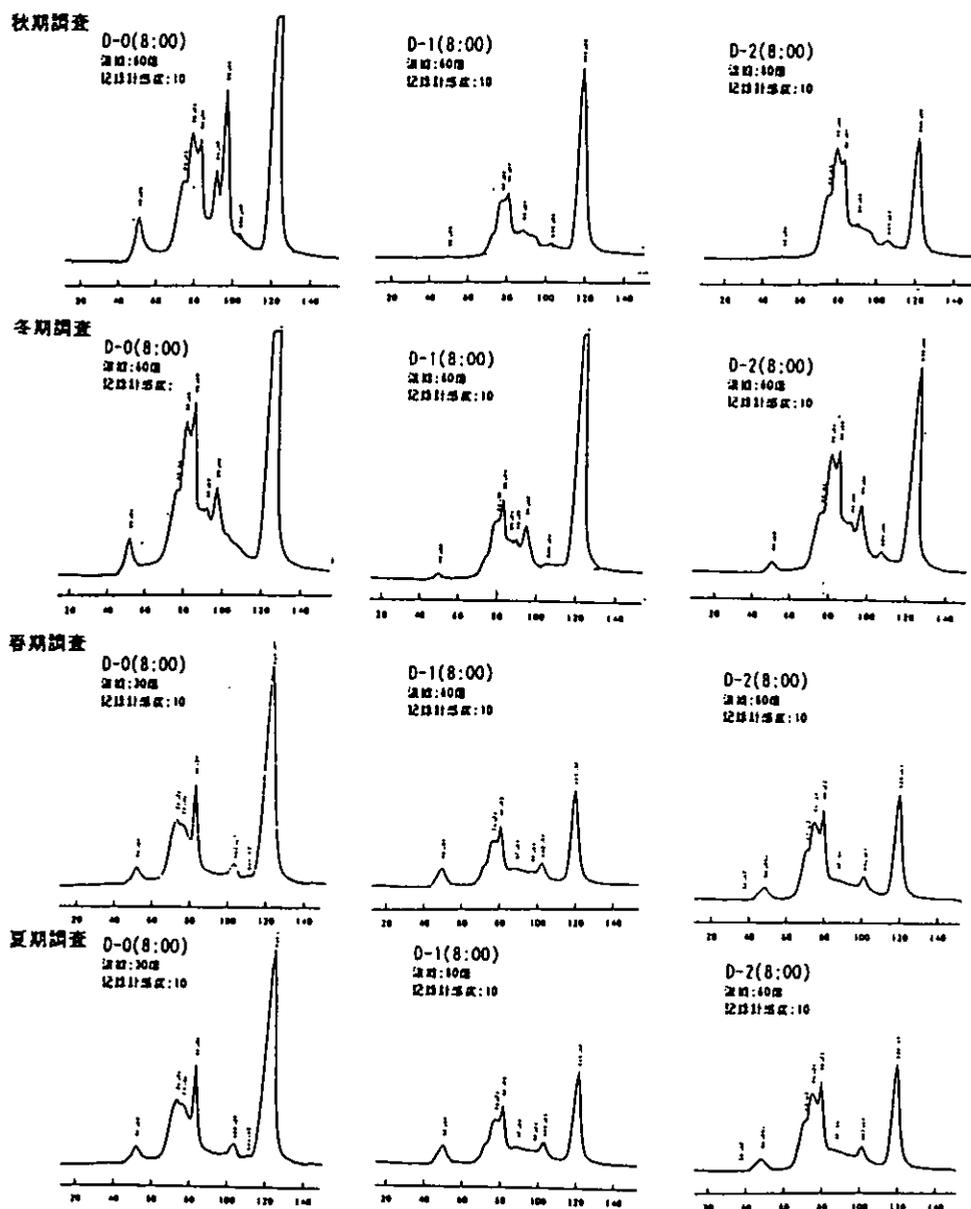


図3-9 土壌浄化施設におけるGPC-TC分析結果

処理水 (D-1、D-2) のGPC-TCクロマトグラムピーク面積は流入水 (D-0) より小さくなっており溶存態有機体炭素 (D-TOC) の低下を反映している。なお、この傾向は全調査において見られた。また、処理水のRT50分のピークは、秋季調査では消滅していたが、冬季調査、春季調査と時間がたつにつれて大きくなっていった*。つまり、土壌浄化施設において分子量の大きい溶存態有機物の除去が、秋季→冬季→春季の順に低下しているか、季節的に除去特性が変化する可能性が考えられる。また、赤玉土処理水より黒ぼく土処理水の方がRT 70分～80分のピークが明瞭であり、両処理水中に含まれる溶存有機物組成に違いがあることが示唆された。※他のピーク(群)に対する相対的な大きさ。

3.1.5 深池型浄化実験施設調査結果

(1) 水質濃度変化

深池型浄化実験施設における各調査毎の流入水 (S-1) と処理水 (F-1) の水質濃度変化について図3-10に、水質濃度の変化が見られた季節と項目について表3-7に示した。

表3-7 深池型浄化実験施設における水質濃度変化

(濃度単位:mg/l, 但しChl-aはμg/l)

調査日	時刻	処理水に濃度変化が見られた水質項目	濃度変化(流入を100としたときの処理水の割合)	濃度変化に寄与したと考えられる作用
1999. 5. 28 (春季)	全時刻	浮遊物質 (SS)	28.5 → 7.8 (23%)	深池の土壌部分でのろ過作用および池部分での沈降作用
		クロロフィル-a (Chl-a)	6.0 → 2.5 (42%)	
		生物化学的酸素要求量 (BOD)	2.7 → 1.6 (59%)	
		粒子状有機体炭素 (P-TOC)	2.07 → 1.00 (48%)	
		粒子状リン (P-P)	0.121 → 0.125 (59%)	
		溶存態有機体炭素 (D-TOC)	4.0 → 3.6 (90%)	
1999. 8. 30 (夏季)	全時刻	浮遊物質 (SS)	8.1 → 1.9 (23%)	深池の土壌部分でのろ過作用および池部分での沈降作用
		粒子状有機体炭素 (P-TOC)	0.838 → 0.525 (63%)	
		粒子状リン (P-P)	0.095 → 0.041 (43%)	
		全窒素 (T-N)	1.20 → 0.62 (52%)	
	14:00	水素イオン指数 (pH)	7.1 → 7.6	深池の土壌部分や池部分での粒子状窒素のろ過や沈降作用および脱窒作用 光合成生物による水中二酸化炭素の消費および酸素の放出、粒子状有機物の生産
		溶存酸素 (DO)	6.1 → 9.7 (159%)	
		クロロフィル-a (Chl-a)	3.8 → 8.3 (218%)	
		生物化学的酸素要求量 (BOD)	14:00の値	
20:00			1.1 → 1.3 (118%)	

※全時刻において濃度変化が見られたときは、8:00の濃度変化を示した。本表において示さない項目については明確な濃度変化が見られなかった。

深池型浄化実験施設では、浮遊物質 (SS)、粒子状有機体炭素 (P-TOC)、粒子状リン (P-P) 等の粒子状成分の濃度が処理水において低下しており、浮遊物質 (SS) では2回の調査における処理水での水質濃度が流入水の約23%であった。これらの物質は、本施設の土壌部分でのろ過作用および池部分での沈降作用により除去されたと考えられた。また春季調査では、溶存態有機体炭素 (D-TOC) の濃度の低下が示され、処理水での水質濃度が流入水の90%であった。この物質は、土壌部分や池部分での微生物の分解作用により除去された可能性が考えられた。

一方、夏季調査では、水素イオン指数 (pH) の上昇、また溶存酸素 (DO)、クロロフィル-a (Chl-a) および生物化学的酸素要求量 (BOD) の濃度が上昇し、流入水の1.2倍～2.2倍の濃度 (pHを除く) であった。これは、夏季の強光下において、光合成生物の一次生産が活発になった結果、水中二酸化炭素の消費、酸素の放出および粒子状有機物の生産が生じた影響が考えられた。

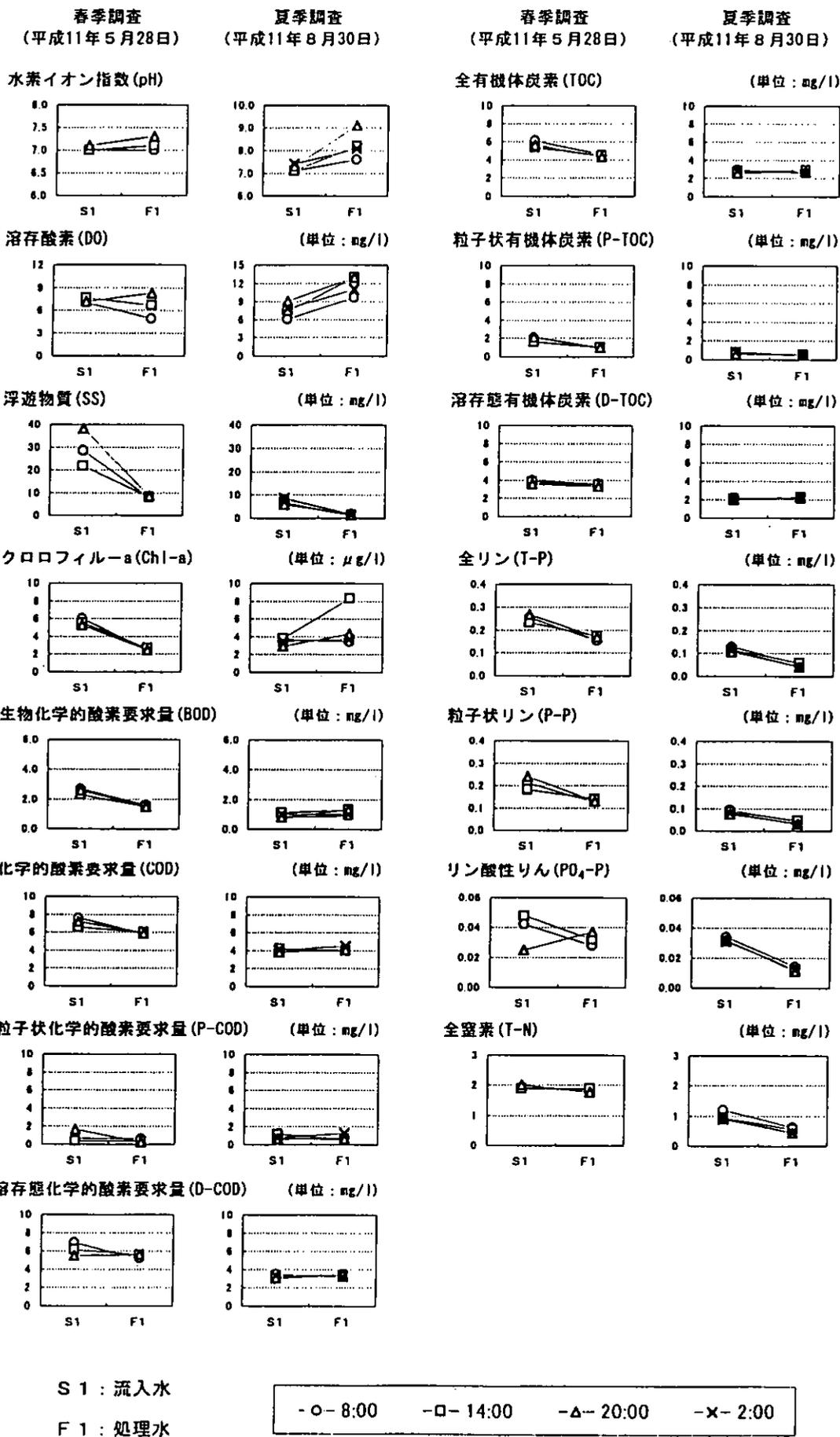


図3-10 深池型浄化実験施設における水質濃度変化

(2) 流入水と流出水の関係

全調査の水質項目において流入水 (S-1) 濃度と処理水 (F-1) 濃度の関係を図3-11に示した。

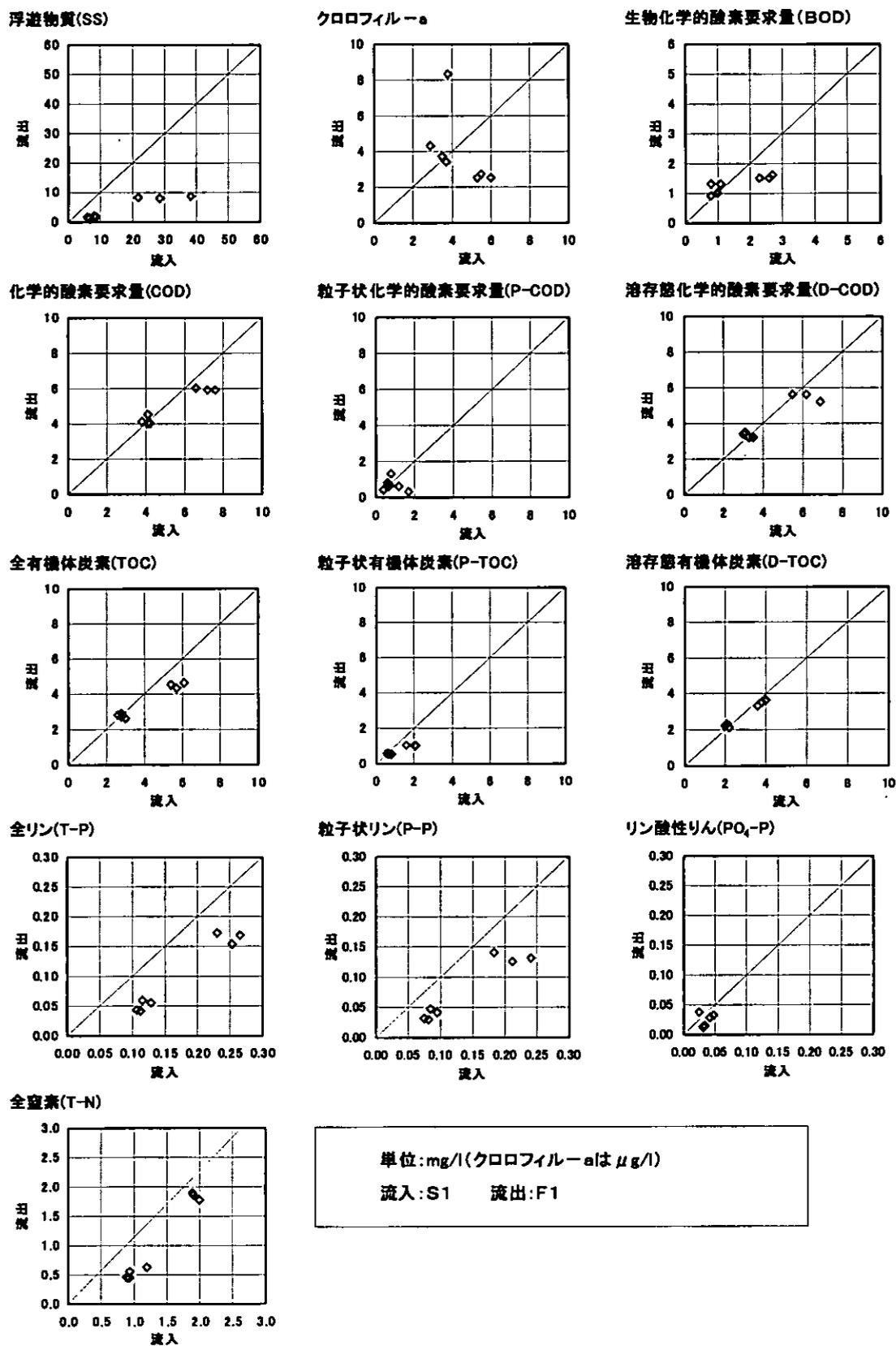


図3-11 深池型浄化実験施設における流入水と処理水の関係

これによると、浮遊物質(SS)と粒子状リン(P-P)の全てのプロットが、 $Y < X$ の領域に収まることから、粒子状物質に対して除去が起こっていることが示された。また、溶存態化学的酸素要求量(D-COD)、溶存態有機体炭素(D-TOC)は、図上の $Y = X$ にプロットが近づくことから、本施設のこれらの項目に対する除去は起こりにくいと考えられた。他の項目については、流入水と処理水との間に明確な傾向は見られなかった。

(3) GPC-TC結果

本施設において、流入水(S-1)と処理水(F-1)の間でGPC-TCのクロマトグラムパターンの明確な変化は全調査において見られなかった。春季調査でのGPC-TC分析の結果を図3-12に示した。また、溶存態有機体炭素(D-TOC)も、流入水と処理水ではほぼ同程度の濃度であった。これらのことより本施設では、流入水と処理水の溶存態有機物組成は類似していることが示唆された。

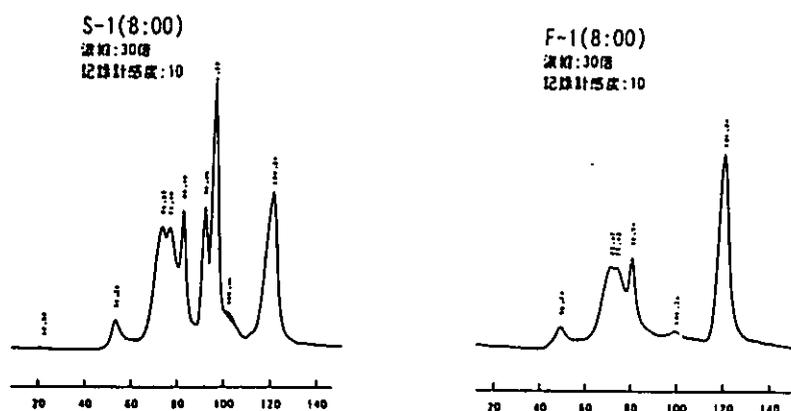


図3-12 深池型浄化施設におけるGPC-TC分析結果

3.1.6 UF膜ろ過実験施設調査結果

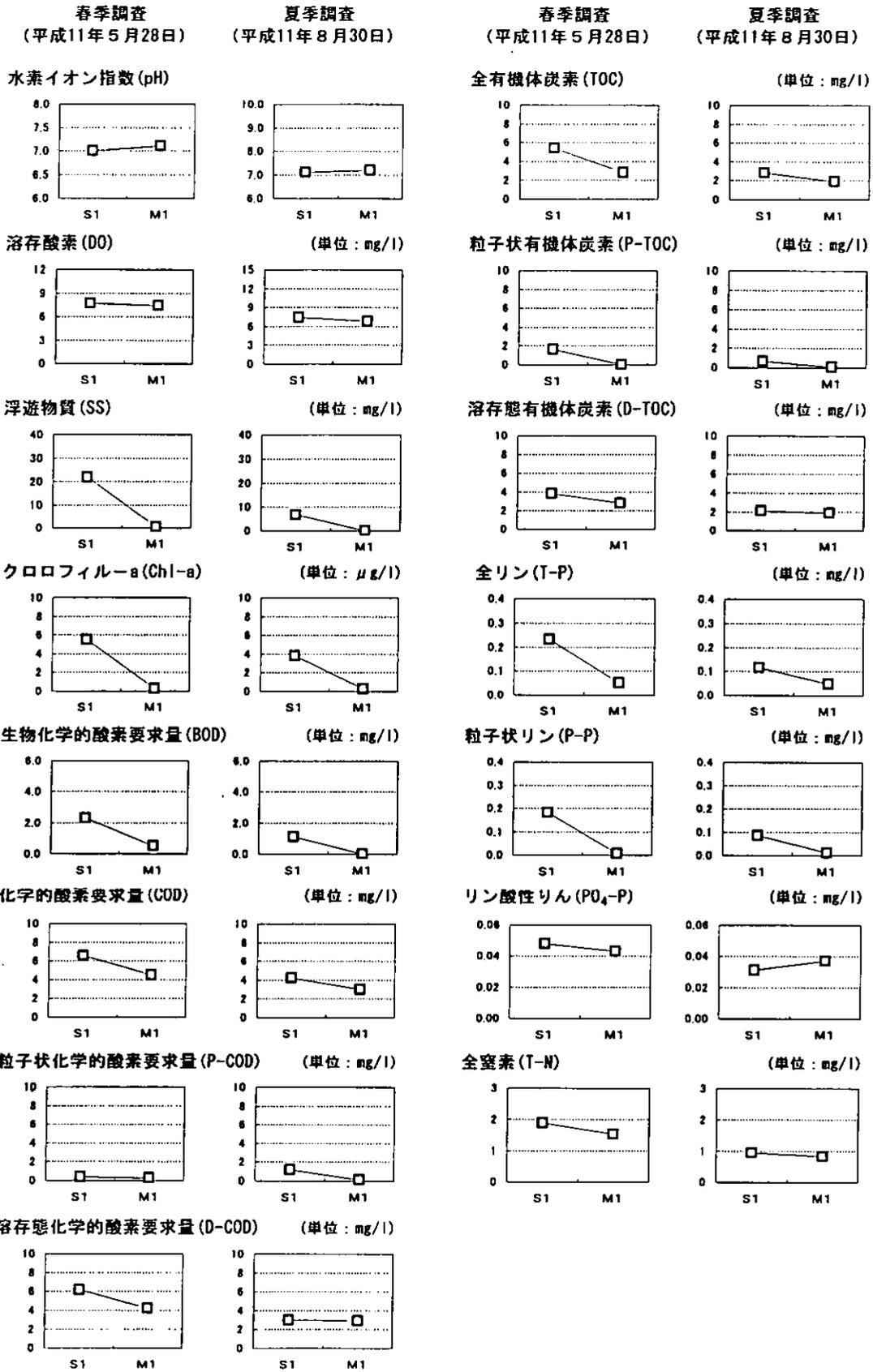
(1) 水質濃度変化

UF膜ろ過実験施設における各調査毎の水質濃度変化について図3-13に、水質濃度の変化がみられた季節と項目について表3-8に示した。本施設の水質濃度変化から、春季調査と夏季調査を通して、リン酸性りん($PO_4\text{-P}$)を除いた全ての水質項目において処理水(M-1)の水質濃度が流入水(S-1)より低く、本調査で見られた処理水の最高濃度程度を表3-9に示した。リン酸性りん($PO_4\text{-P}$)は流入水と処理水の明確な濃度差が見られなかった。

表3-8 UF膜ろ過実験施設における水質濃度変化

(濃度単位:mg/l, 但しChl-aは $\mu\text{g/l}$)

調査日	時刻	処理水に濃度変化が見られた水質項目	濃度変化(流入を100としたときの処理水の割合)	濃度変化に寄与したと考えられる作用
1999.5.28 (春季)	14:00	リン酸性りん($PO_4\text{-P}$)を除いた全ての水質項目	SS: 21.8 → 0.5 (2%) P-COD: 0.4 → 0.1 (25%) D-COD: 6.2 → 4.4 (71%)	膜によるろ過作用
1999.9.5 (夏季)	14:00	リン酸性りん($PO_4\text{-P}$)を除いた全ての水質項目	SS: 6.8 → 0.5 (7%) P-COD: 1.2 → 0.1 (8%) D-TOC: 2.1 → 1.9 (90%)	膜によるろ過作用



S 1 : 流入水 F 1 : 処理水

図3-13 UF膜ろ過実験施設における水質濃度変化

表3-9 本調査における流入水の濃度範囲と処理水の最高濃度

項目	流入水の濃度範囲 (mg/l [*])	処理水の最高濃度 (mg/l [*])
浮遊物質 (SS)	6.8 ~ 21.8	0.5
クロロフィル-a (Chl-a)	3.8 ~ 5.5	0.3
生物学的酸素要求量 (BOD)	1.1 ~ 2.3	0.5
化学的酸素要求量 (COD)	4.2 ~ 6.6	4.5
粒子状化学的酸素要求量 (P-COD)	0.4 ~ 1.2	0.1
溶存態化学的酸素要求量 (D-COD)	3.0 ~ 6.2	4.4
全有機体炭素 (TOC)	2.80 ~ 5.40	2.80
粒子状有機体炭素 (P-TOC)	0.633 ~ 1.610	0.038
溶存態有機体炭素 (D-TOC)	2.1 ~ 3.8	2.8
全リン (T-P)	0.116 ~ 0.231	0.050
粒子状リン (P-P)	0.085 ~ 0.183	0.011
リン酸性りん (PO ₄ -P)	0.031 ~ 0.048	0.043
全窒素 (T-N)	0.94 ~ 1.89	1.53

*クロロフィル-a (Chl-a)のみ単位 $\mu\text{g/l}$

(2) GPC-TC結果

春季調査での流入水 (S-1) と処理水 (M-1) のGPC-TC分析の結果を図3-14に示した。

GPC-TC分析結果では、RT50分のピークが除去されており、分析に用いたろ紙孔径 (0.45 μm) 未満でUF膜の公称孔径 (0.01 μm) 以上の高分子有機物質が除去されたことが考えられる。しかし、GPC-TC分析結果から溶存態難分解性有機物が含まれると考えられるピーク群 (RT70分~80分) のクロマトパターンにあまり変化が見られなかったことから、UF膜では難分解性有機物の除去は起こらないことが考えられる。

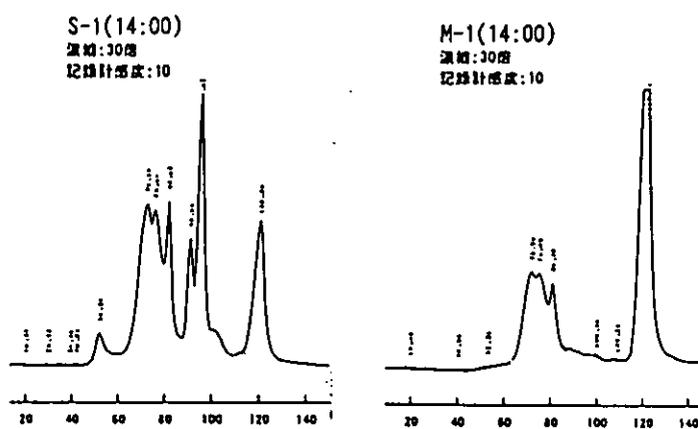


図3-14 UF膜ろ過実験施設におけるGPC-TC分析結果

3.2 琵琶湖流入河川調査結果

3.2.1 草津川調査結果

(1) 現地踏査

草津川の現地踏査は平成11年7月23日に実施した。現地踏査結果から、草津川の上流地点から下流地点における河川の特徴を表3-10に示した。草津川のみずみちには瀬や淵が存在し、淵は上流~下流距離の約40%であった。また、水際の植物や沈水性の植物は貧弱であった。

表3-10 草津川の河川の特徴

河川の構成要素		特徴
河床		砂礫、人工構造物(堰、蛇笥、コンクリート河床15%)
植生	水際の植物	ほとんどなし(一部ツルヨシのつるが浸水)
	沈水性植物	ほとんどなし
みずみちの形状	瀬	有り
	淵	上流～下流距離の約40%
	流達時間 ^{※1} (距離)	上流～下流 4.4時間(860m) 下流～伏流水 3.1時間(614m) ^{※2}
	川幅	変化に富む (最小4.5m、最大14.6m)

※1：調査地点間で流速が一定であると想定できる区間に分け、それぞれの流速を測定して流達時間を算出した。
流速測定にはプライス式流量計を用いた。

※2：下流から伏流水までの流速は測定不能であったため、上流から下流の平均流速を用い流達時間を算出した。

(2) 上流、下流間の水質濃度変化

草津川の上流から下流にかけての水質濃度変化を図3-15に、水質濃度の変化が見られた季節と項目について表3-11に示した。

表3-11 草津川の上流から下流にかけての水質濃度変化

(濃度単位:mg/l、但しChl-aはμg/l)

調査日	時刻	下流地点で濃度変化が見られた水質項目	濃度変化(上流を100としたときの下流濃度の割合)	濃度変化に寄与したと考えられる作用
1999. 8. 14	8:00	水素イオン指数(pH)	7.6 → 8.1	光合成生物による、水中の二酸化炭素の消費、酸素の放出および粒子状有機物の生産
		溶存酸素(DO)	9.1 → 11.0 (121%)	
		浮遊物質(SS)	1.1 → 1.6 (145%)	
		粒子状有機体炭素(P-TOC)	0.319 → 0.513 (161%)	
	14:00	浮遊物質(SS)	2.0 → 1.1 (55%)	粒子状物質の沈降
		クロロフィル-a(Chl-a)	8.7 → 6.2 (71%)	
		粒子状化学的酸素要求量(P-COD)	0.3 → 0.1 (33%)	粒子状構成成分の沈降、または水路内微生物による分解や脱窒
		粒子状有機体炭素(P-TOC)	0.438 → 0.388 (88%)	
		生物化学的酸素要求量(BOD)	1.2 → 1.0 (83%)	
		全窒素(T-N)	0.76 → 0.60 (78%)	
20:00	浮遊物質(SS)	1.6 → 0.6 (38%)	粒子状物質の沈降	
	粒子状化学的酸素要求量(P-COD)	0.3 → 0.1 (33%)		

※本表において示さない項目については明確な濃度変化が見られなかった

草津川では、14:00と20:00の調査において浮遊物質(SS)、クロロフィル-a(Chl-a)、粒子状化学的酸素要求量(P-COD)および粒子状有機体炭素(P-TOC)等の粒子状成分の濃度が流下に伴い低下しており、浮遊物質(SS)では上流の約38%~55%の水質濃度であった。草津川には流れの緩やかな「淵」が多いことから、粒子状成分が沈降作用により除去されたことが考えられた。

一方、8:00の調査において、水素イオン指数(pH)、溶存酸素(DO)、浮遊物質(SS)および粒子状有機体炭素(P-TOC)等の粒子状成分の濃度が、流下に伴い上昇しており、上流の1.2倍~1.6倍の水質濃度(pHを除く)であった。この時の天候などから、夏の強光下において、淵における光合成生物の一次生産が活発になった結果、水中二酸化炭素の消費、酸素の放出および粒子状有機物の生産が生じた影響が考えられた。

これらのことから、草津川の水質は淵における水質変化の影響が大きいと考えられ、淵における粒子状成分の沈降除去作用と光合成生物の影響による浮遊物質(SS)やクロロフィル-a(Chl-a)の増加作用の収支によって下流側の水質濃度が影響を受けると考えられた。

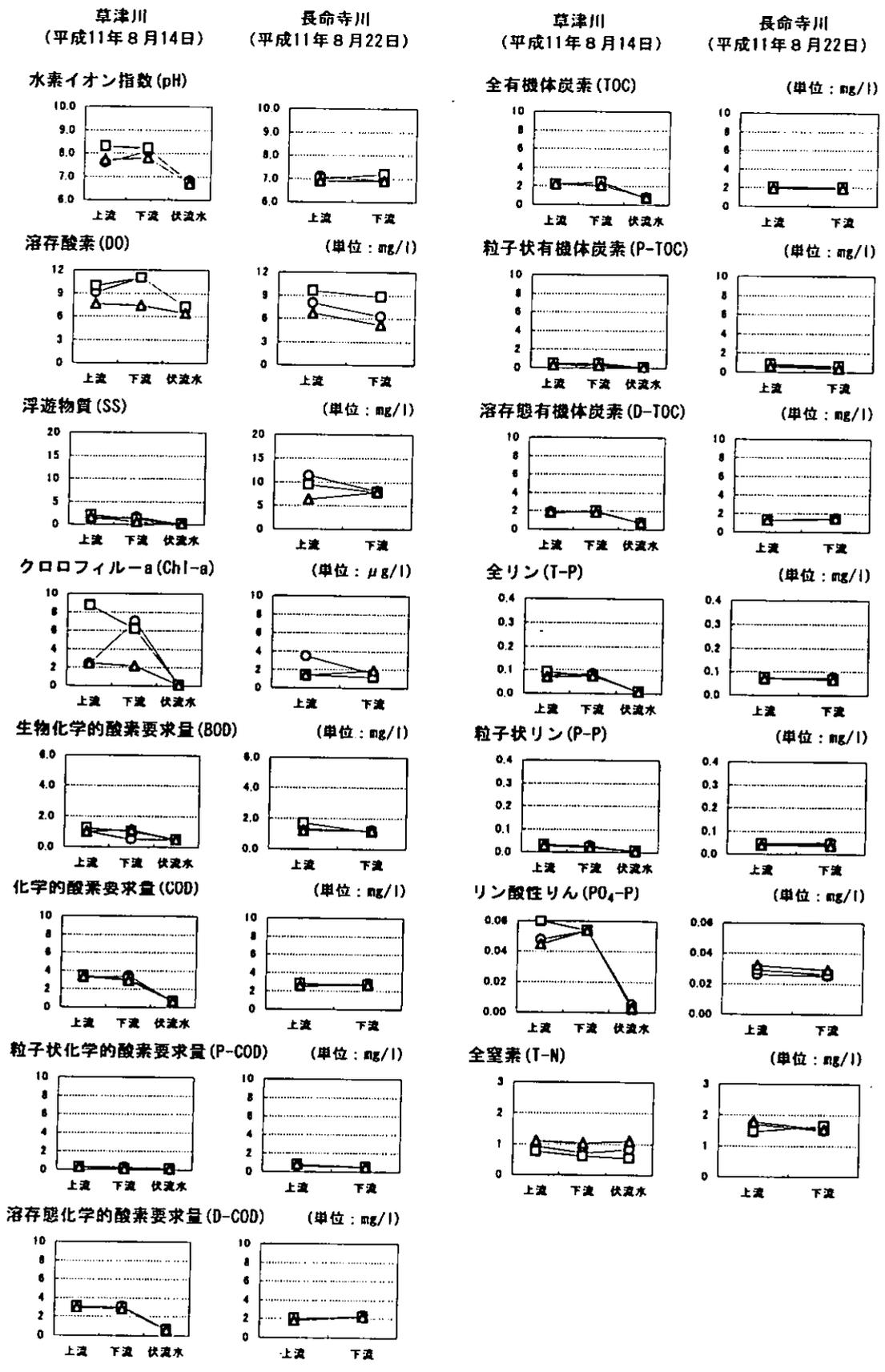


図3-15 実河川 (草津川・長命寺川) における水質濃度変化

(3) 下流、伏流水間の水質濃度変化

草津川の下流から伏流水にかけての水質濃度変化を図3-15に、水質濃度の変化の見られた季節と項目について表3-12に示した。

伏流水は全ての調査時間において、粒子状化学的酸素要求量 (P-COD) および全窒素 (T-N) を除き、全ての項目で下流より低濃度であり、浮遊物質 (SS) では全調査時刻で0.1mg/l (下流では0.6~1.6mg/l) であった。粒子状化学的酸素要求量 (P-COD) は下流での濃度が0.1~0.3mg/lと低濃度であったため、伏流水での濃度変化は起こらなかったものと考えられた。全窒素 (T-N) を除いた全ての項目において濃度が低くなったのは、土壌浄化実験施設の処理水の水質濃度変化と一致していた。

表3-12 草津川の下流から伏流水にかけての水質濃度変化

(濃度単位:mg/l, 但しChl-aは μ g/l)

調査日	時刻	処理水に濃度変化が見られた水質項目	濃度変化(下流を100としたときの伏流水濃度の割合)	濃度変化に寄与したと考えられる作用
1999. 8. 14	全時刻	・粒子状化学的酸素要求量 (P-COD) および全窒素 (T-N) を除いた全ての水質項目 (但しP-CODは下流濃度が低濃度であった為、変化は起こらなかったと考えられる。)	SS: 1.6 → 0.1 (6%) D-COD: 3.1 → 0.6 (19%) P-TOC: 0.513 → 0.054 (11%) D-TOC: 1.9 → 0.7 (37%) PO ₄ -P: 0.054 → 0.005 (9%)	・土壌によるろ過効果による粒子状成分の除去作用 ・土壌中微生物の有機体物質の分解による除去作用 ・土壌吸着による除去作用

※全時刻において濃度変化が見られたときは、8:00の濃度変化を示した。

(1) GPC-TC結果

8:00の調査でのGPC-TC分析の結果を図3-16に示した。草津川において、上流から下流の間でGPC-TCクロマトグラムパターンの明確な変化は見られなかった。また、溶存態有機体炭素 (D-TOC) は、既述の通り流入水と処理水でほぼ同程度であった。これらのことより本施設では、流入水の溶存態有機物がそのまま流下して処理水に流出したことが示唆された。伏流水のGPC-TCクロマトグラムピーク面積は下流より小さくなっており溶存態有機体炭素 (D-TOC) の低下を反映していた。

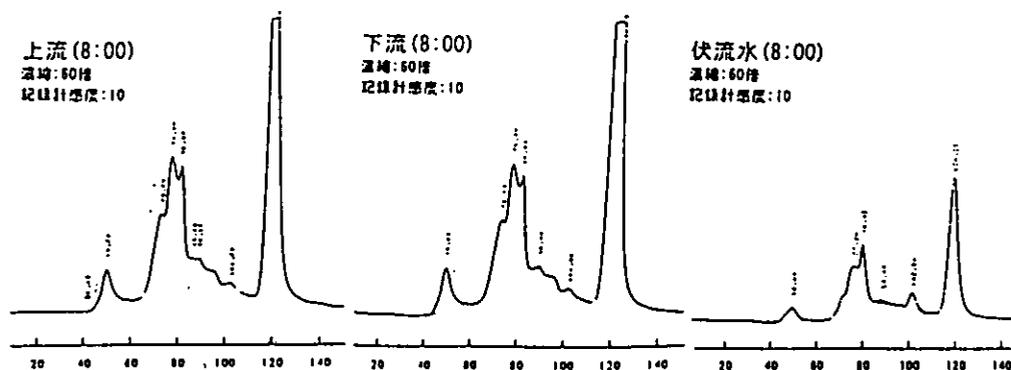


図3-16 草津川におけるGPC-TC分析結果

3.2.2 長命寺川調査結果

(1) 現地踏査

長命寺川の現地踏査は1999年7月23日に実施した。現地踏査結果から、草津川の上流地点から下流地点における河川の特徴を表3-13に示した。

長命寺川のみずみちには瀬や淵がほとんどなく、河床材質は、上流から砂礫、砂、シルトで構成されていた。調査区域の上流から中流にかけての川幅は、ほぼ一定で約6mであった。また、水際の植物や沈水性の植物が豊富で、水際にはヨシ・チクゴスズメノヒエが繁茂し、沈水性植物であるフサジュンサイ・オオカナダモ・ササバモ・ヤナギモが上流付近で繁茂し中流～下流間においてもまばらに確認できた。さらに、水際の植生部分においては、植物の根の部分が浸水しており、河川水の一部は植生域内を通過している可能性が考えられ、沈水性植物は茶色の浮遊性粒子状物質で覆われていた。

表3-13 長命寺川の河川の特徴

河川の構成要素		特徴
河床		上流から、砂礫→砂→シルト(下流地点付近で底泥厚大)
植生	水際の植物	繁茂(両岸の約80%)
	沈水性植物	上流で繁茂、中流・下流ではまばらに存在
みずみちの形状	瀬	なし
	淵	ほとんどなし(寿久橋下で滞留箇所が存在)
	流達時間 ^{※1} (距離)	上流～下流 84分(1440m) ^{※2}
	川幅	ほぼ一定(約6m)、下流付近で川幅大(約13m)

※1：調査地点間で流速が一定であると想定できる区間に分け、それぞれの流速を測定して流達時間を算出した。流速測定にはプライス式流量計を用いた。

※2：長命寺川は河川流量の日変動が大きいと想定できた為各調査1時間前に流速測定を行った。本表の値は3回の調査の平均を示している。

(2) 水質濃度変化

長命寺川の上流から下流にかけての水質濃度変化を図3-15に、水質濃度の変化がみられた季節と項目について表3-14に示した。

表3-14 長命寺川における上流から下流にかけての水質濃度変化

(濃度単位:mg/l,但しChl-aはμg/l)

調査日	時刻	下流地点で濃度変化が見られた水質項目	濃度変化(上流を100としたときの濃度の割合)	濃度変化に寄与したと考えられる作用
H11.8.14	8:00	水素イオン指数(pH)	7.1 → 6.9	微生物による、水中の酸素の消費、二酸化炭素の放出
		溶存酸素(DO)	8.0 → 6.3 (79%)	
		浮遊物質(SS)	11.4 → 8.1 (71%)	
		クロロフィル-a(Chl-a)	3.5 → 1.6 (46%)	
		粒子状化学的酸素要求量(P-COD)	0.6 → 0.5 (83%)	
		粒子状有機体炭素(P-TOC)	0.744 → 0.594 (80%)	
	全窒素(T-N)	1.70 → 1.48 (87%)	粒子態窒素の堆積、溶存無機態窒素の植物への吸収、脱窒	
	14:00	浮遊物質(SS)	9.4 → 7.9 (84%)	粒子状物質の沈降および植生によるこしとりや堆積
		生物化学的酸素要求量(BOD)	1.7 → 1.1 (65%)	
		粒子状化学的酸素要求量(P-COD)	0.8 → 0.5 (63%)	
		粒子状有機体炭素(P-TOC)	0.819 → 0.594 (73%)	
	20:00	全窒素(T-N)	1.45 → 1.66 (114%)	植生域や底泥からの溶存態窒素の溶出
		粒子状化学的酸素要求量(P-COD)	0.8 → 0.5 (63%)	
		粒子状有機体炭素(P-TOC)	0.613 → 0.375 (61%)	
浮遊物質(SS)		6.3 → 7.9 (125%)		
全調査		クロロフィル-a(Chl-a)	1.4 → 1.9 (136%)	植生に付着していた粒子状物質が剥がれ水中に放出された
		溶存態化学的酸素要求量(D-COD)	1.9 → 2.3 (121%)	

※全時刻において濃度変化が見られたときは、8:00の濃度変化を示した。本表において示さない項目については明確な濃度変化が見られなかった。

長命寺川では下流における、粒子状化学的酸素要求量 (P-COD)、粒子状有機体炭素 (P-TOC) 等の粒子状成分の濃度が、上流の約46%~80%であり、流下の際に植生によるこしとりや堆積作用が影響したと考えられた。しかし20:00においては、下流の浮遊物質 (SS) とクロロフィル-a (Chl-a) の濃度が、上流の約1.2倍~1.4倍であり、現地の状況 (沈水性植物は茶色の浮遊性粒子状物質で覆われていたこと) より、植生に付着していた粒子状物質が剥がれ水中に放出された可能性が考えられた。

また、全調査時刻において、下流における溶存態化学的酸素要求量 (D-COD) 濃度が上流の1.1倍~1.2倍であり、現地状況より、植生が密生している箇所における堆積物の分解に伴う有機物の放出や、下流地点付近の堆積物からの溶存有機成分の可能性が示唆された。

(3) GPC-TC結果

8:00の調査でのGPC-TC分析の結果を図3-17に示した。長命寺川において、上流から下流の間でGPC-TCパターンの明確な変化は全調査時刻で見られなかった。また、溶存態有機体炭素 (D-TOC) は、既述の通り流入水と処理水でほぼ同程度であった。これらのことより長命寺川では、流下に伴う溶存態有機物組成変化は少ないことが示唆された。

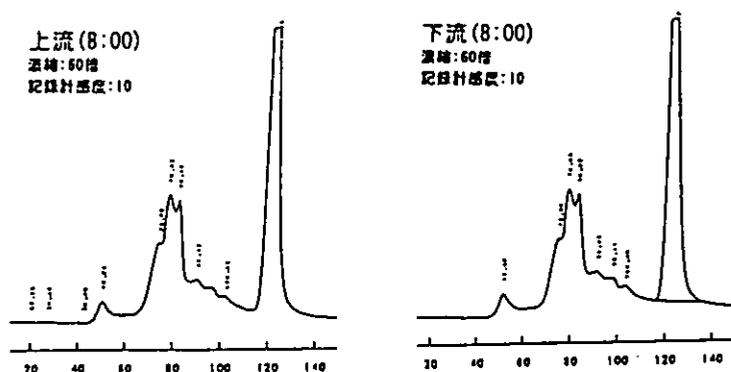


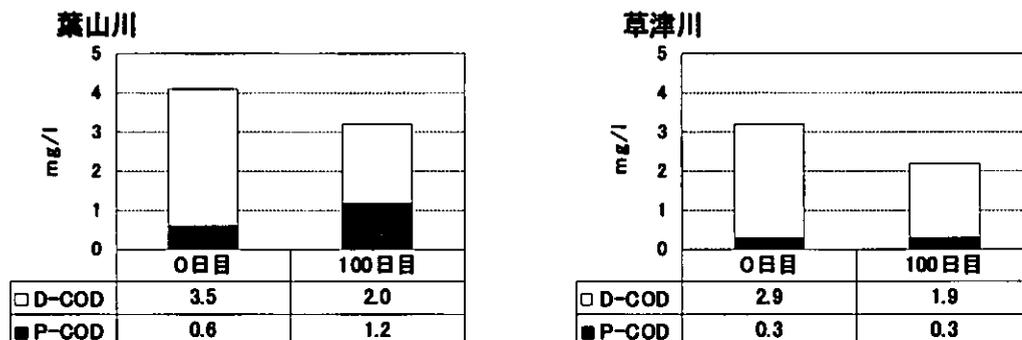
図3-17 長命寺川におけるGPC-TC分析結果

3.3 生分解性調査

3.3.1 生分解前後の有機物量

葉山川および草津川の生分解性試験前後(以下、生分解前後)の形態別CODおよび形態別TOC濃度の分析結果を図3-18に示した。

化学的酸素要求量 (COD)



全有機体炭素 (TOC)

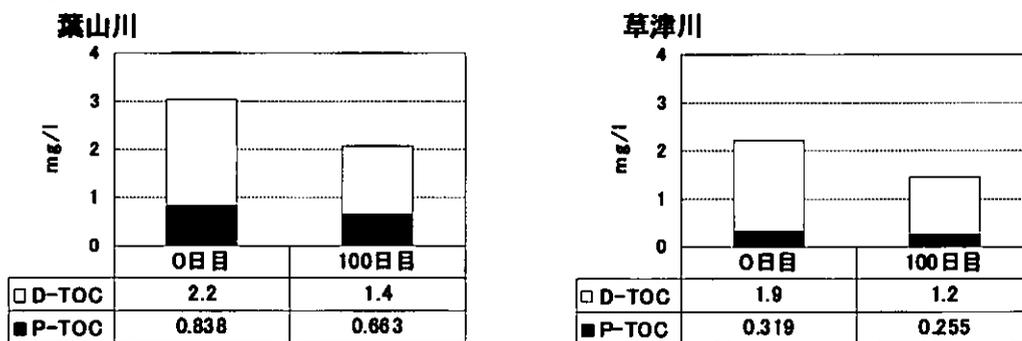
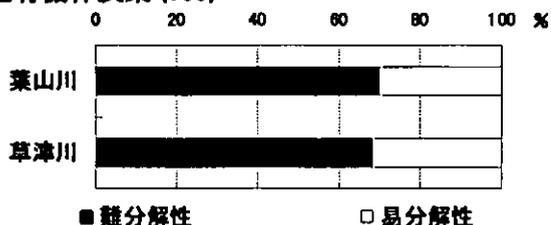


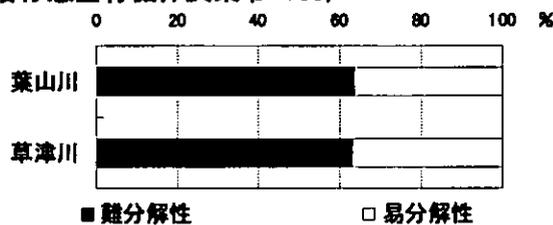
図3-18 生分解前後の形態別CODおよび形態別TOC

両河川の生分解後において、CODが生分解前の69%~78%に、TOCが生分解前の68%~70%に減少した。このことから、生分解前の試料に生物により分解される有機物(易分解性有機物)が含まれていたことが示された。形態別では、両試料とも生分解後に粒子状COD、溶存態CODおよび溶存態COD濃度が低下したが、粒子状CODは葉山川、草津川共に濃度の低下が見られなかった。ここで、TOCおよび溶存態TOCにおいて生分解後に減少したものを易分解性、残留したものを難分解性とし、河川水中の難分解性有機物組成を表したものを図3-19に示した。この結果から、葉山川河川水で難分解性TOCが78%、難分解性溶存態TOCが64%、また草津川河川水で難分解性TOCが68%、難分解性溶存態TOCが63%であることが示された。

全有機体炭素 (TOC)



溶存態全有機体炭素 (D-TOC)



$$\text{易分解性 (\%)} = (\text{生分解性前濃度} - \text{生分解性後濃度}) / \text{生分解性前濃度} \cdot 100$$

$$\text{難分解性 (\%)} = 100 - \text{易分解性 (\%)}$$

図3-19 河川中の難分解性有機物組成

3.3.2 GPC-TC分析結果

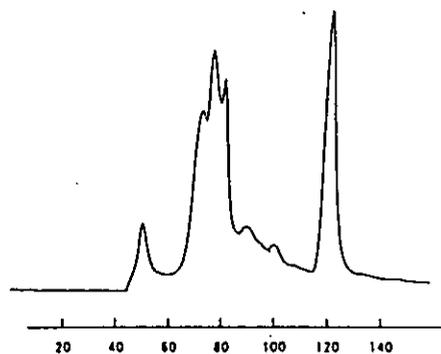
各試料の生分解試験前後のGPC-TC分析結果を図3-20に示した。各試料のGPC-TCクロマトパターンから、生分解前に見られたRT50分のピークが生分解後では消滅したが、RT70分～80分に3つの極大を持つピーク群の変化は、最も高分子(左)側のピークが若干低くなるクロマトパターンを示した以外、生分解前後でほとんど見られなかった。

これら生分解前後のGPCパターンの変化から各試料の有機物組成を考察すると、生分解後に消滅したRT50分のピークを示す有機物のほとんどとRT70分～80分のピーク群を示す有機物の一部が生物的に易分解性有機物であると考えられた。また、生分解後にRT70～80分のピークが残留することから、生物によって分解されにくい(難分解性)有機物のほとんどは、このピーク位置に含まれるものと考えられた。

葉山川河川水

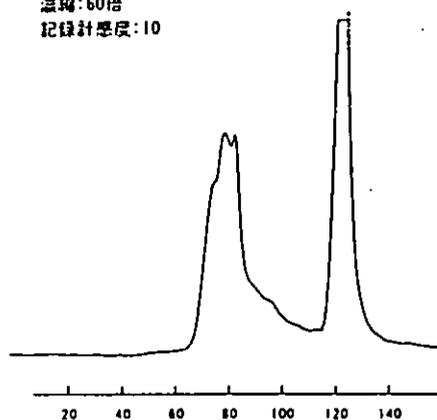
<生分解前>

葉山川:S-1(0日目)
濃縮:60倍
記録計感度:10



<生分解後>

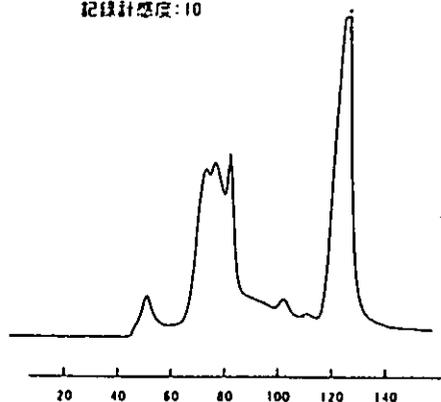
葉山川:S-1(100日目)
濃縮:60倍
記録計感度:10



草津川河川水

<生分解前>

草津川(0日目)
濃縮:60倍
記録計感度:10



<生分解後>

草津川(100日目)
濃縮:60倍
記録計感度:10

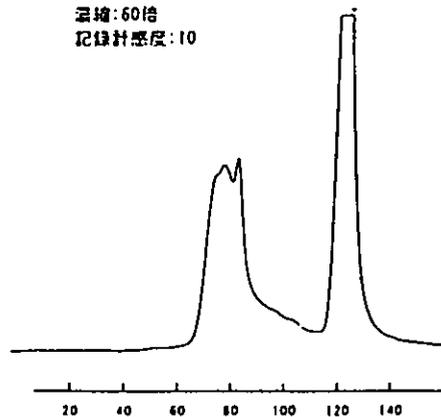


図3-20 生分解試験前後のGPC-TC分析結果

3.3.3 生分解性試験結果と実験施設調査および実河川調査との比較

ここでは、生分解性試験で得られた知見をもとにし、実験センターの施設調査や実河川調査において起こりうる有機物組成変化について検討した。つまり、流入水と流出水のGPC-TCクロマトパターンに明確な変化が見られた土壌浄化実験施設、UF膜ろ過実験施設および草津川伏流水における溶存態TOCとGPC-TCクロマトパターンの変化と、前述した河川水生分解前後における変化とを比較した。

表3-15に比較対象とした調査の採取地点および日時を示した。また、生分解性試験と比較した調査における、流入水と流出水の溶存態TOC濃度変化および除去率を表3-16に、GPC-TC分析結果を図3-21に示した。

表3-15 生分解性試験と比較した調査

施設名	流入水採取地点	流入水採取調査	流出水採取地点	比較生分解検体
土壌浄化実験施設	土壌浄化実験施設 流入水 (D0)	平成11年9月5日 8:00	赤玉土処理水 (D1)	葉山川河川水
UF膜ろ過実験施設	コンクリート三面張 水路 上流部 (S1)	平成11年8月30日 14:00	同施設処理水 (M1)	
草津川調査 (伏流水)	下流調査地点	平成11年8月14日 8:00	伏流水調査地点	草津川河川水

表3-16 生分解性試験と比較した調査における溶存態TOC濃度変化

生分解性試験と比較した調査	溶存態TOC濃度変化 (流入水 → 流出水)	除去率* (%)	生分解性試験結果 (カッコ内は除去率)
土壌浄化実験施設	3.3mg/l → 1.0mg/l	70	葉山川河川水生分解前後 2.2mg/l → 1.4mg/l (36%)
UF膜ろ過実験施設	2.1mg/l → 1.9mg/l	10	
草津川調査 (伏流水)	1.9mg/l → 0.7mg/l	63	草津川河川水生分解前後 1.9mg/l → 1.2mg/l (37%)

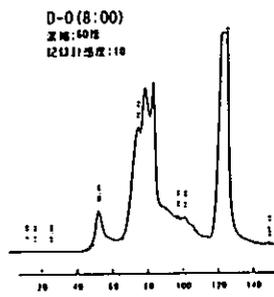
※: 除去率 = (流入水濃度 - 処理水濃度) / 流入水濃度 × 100

比較対象とした各施設調査と河川水生分解性試験の溶存態TOC除去率を比較した結果、土壌浄化実験施設 (除去率70%) と草津川伏流水 (除去率63%) が、対応する河川水生分解試験の約2倍の除去率を示した。このことより、土壌浄化実験施設および草津川伏流水では、生分解性試験で分解される溶存態TOCより、多くの割合の溶存態TOCが除去されていた可能性が示唆された。UF膜ろ過実験施設では、溶存態TOC除去率は10%であり、葉山川河川水の生分解前後の溶存態TOC除去率36%と比べて低い値であった。

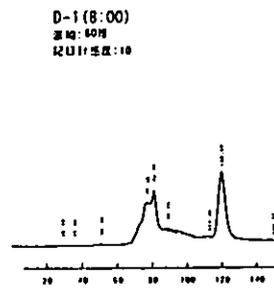
比較対象とした各施設調査と河川水生分解性試験のGPC-TCクロマトパターンを比較した結果、土壌浄化実験施設と草津川伏流水では、河川水生分解試験100日後にみられたRT70~80分のピーク (難分解性有機物のピーク) に対しても明確な減少が確認された。このことより、土壌浄化実験施設および草津川伏流水において難分解性有機物の除去作用があると考えられた。また、UF膜ろ過実験施設では、処理前後でRT70~80分のピークに対する除去作用はみられず、本施設の主な溶存態TOCの除去作用は、公称孔径0.01μmのUF膜による、比較的大きな分子量を持つ有機物質のろ過作用であると考えられた。

土壤浄化実験施設

<流入水>

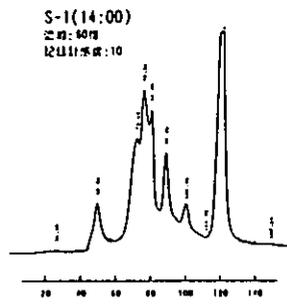


<流出水>

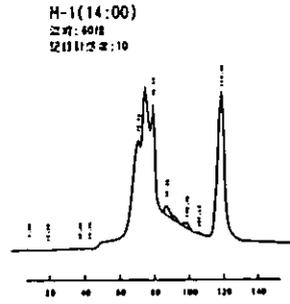


UF膜ろ過実験施設

<流入水>

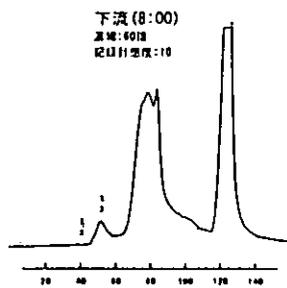


<流出水>



草津川伏流水

<流入水>



<流出水>

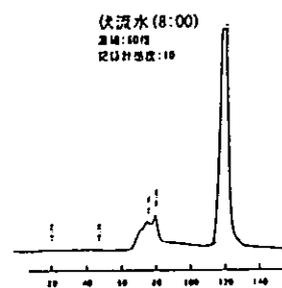


図3-21 生分解性試験と比較した調査におけるGPC-TC分析結果

4. 考察

4.1 土壌による浄化作用

本項では、土壌浄化実験施設、コンクリート三面張水路、J字水路および多自然型水路におけるコンクリート面や土壌との接触による水質変化について考察を行った。これら施設でみられた主な水質濃度変化とその変化をもたらせたと考えられる作用について表4-1に示した。

調査の結果、土壌粒子間を通過する方式で滞留時間が長い(19時間)土壌浄化施設における水質浄化性能が、多自然型水路など水路構造の施設における水質浄化性能よりも高く、GPC-TC分析結果から難分解性有機物の除去も示唆されたことから、土壌と水の接触による浄化作用を高めるためには、土壌粒子間に水を通過させ、かつ長時間接触させる方法が有効であると考えられた。

表4-1 土壌との接触による主な水質濃度変化とその作用

実験施設 実験水路	主な水質濃度変化	作用
土壌浄化 実験施設	<ul style="list-style-type: none"> 全窒素(T-N)を除いた全ての水質項目について処理水で低濃度になった。 難分解性有機物が含まれると考えられる分子畳帯での有機物の除去が見られた。 	<ul style="list-style-type: none"> 土壌と前処理施設によるろ過作用 土壌中微生物による分解作用 土壌への吸着作用 溶存態難分解性有機物の除去作用
三面張水路	<ul style="list-style-type: none"> 流入水が高濃度の時に粒子状成分が下流部で低濃度になったが、流入水が低濃度の時は濃度変化が見られなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> 粒子状物質の沈降作用
J字水路	<ul style="list-style-type: none"> 生物化学的酸素要求量(BOD)が下流部で低濃度になった。 下流部で粒子状物質の増加が見られる時があった。 	<ul style="list-style-type: none"> 土壌または植生表面の微生物による接触酸化分解 植生表面からの粒子状物質の放出
多自然型 水路	<ul style="list-style-type: none"> 流入水の濃度に関わらず粒子状成分が下流部で低濃度になった。 生物化学的酸素要求量(BOD)、全窒素(T-N)が下流部で低濃度になった。 	<ul style="list-style-type: none"> 粒子状物質の沈降作用 土壌または岩石表面の微生物による接触酸化分解

調査の結果、土壌粒子間を通過する方式で滞留時間が長い(19時間)土壌浄化施設における水質浄化性能が、多自然型水路など水路構造の施設における水質浄化性能よりも高かったことから、土壌と水の接触による浄化作用を高めるためには、土壌粒子間に水を通過させ、かつ長時間接触させることが考えられた。

4.2 植生による浄化作用

水と植生との接触による水質浄化因子持つ施設には、浅池型植生浄化実験施設、J字水路がある。これら施設・水路の主な水質濃度変化とその作用について表4-2に示した。

なお、多自然型水路も植生と水が接触する構造を持つが、本業務の調査区間では植生との接触はほとんど見られなかった。

表4-2 植生との接触による主な水質濃度変化とその作用

実験水路・施設	主な水質濃度変化	作用
浅池型植生 浄化実験施設	<ul style="list-style-type: none"> 粒子状物質が処理水で低濃度になった。 低流量運転時に粒子状および溶存態成分が高濃度になった。 堆積物が多いときリン酸性りん(P_{O_r-P})や溶存態有機物が高濃度になる。 	<ul style="list-style-type: none"> 植生根圏におけるこしとりと堆積 堆積物からの物質の放出
J字水路	<ul style="list-style-type: none"> 生物化学的酸素要求量(BOD)が下流部で低濃度になった。 下流部で粒子状物質の増加が見られた。 	<ul style="list-style-type: none"> 土壌または植生表面の微生物による接触酸化分解 植生表面からの粒子状物質の放出

調査の結果、植生による浄化作用は、植生根圏への堆積作用や植生表面の微生物による接触酸化分解作用であると考えられたが、一方で、堆積物中や植生表面付着物からの物質の流出も見られ、水質浄化に対し正・負の両作用を持つと考えられた。

4.3 高度処理による浄化作用

高度処理による水質浄化を目的とした施設として、UF膜ろ過実験施設がある。

UF膜ろ過実験施設では、粒子状成分の除去が見られた。このことから、UF膜を用いた水質浄化施設は、粒子状成分の除去に対して有効な手段であると考えられる。

GPC-TC分析結果では、RT50分にピークが除去されており、分析に用いたろ紙孔径(0.45 μm)未満でUF膜の公称孔径(0.01 μm)以上の高分子有機物質が除去されたことが考えられる。しかし、GPC-TC分析結果から溶存態難分解性有機物が含まれると考えられるピーク群(RT70分~80分)のクロマトパターンにあまり変化が見られなかったことから、限外ろ過法では難分解性有機物の除去は起こらないことが考えられる。

4.4 実際の河川による浄化作用

琵琶湖流入河川である草津川と長命寺において調査を行った。各河川について水質浄化効果に作用すると考えられる因子について、それぞれの因子が河川水質結果に与えていた影響を考えた。河川の状況と浄化効果の因子に対応する実験施設または実験水路について表4-3に示した。

表4-3 河川の状況と浄化効果の因子に対応する実験施設または実験水路

浄化効果の因子		草津川	長命寺川	対応する実験施設 または実験水路
河床	川	砂礫、人工構造物(15%) (人工構造物は、堰、蛇籠、 コンクリート河床であった)	(上流から)砂礫→砂→シルト (下流地点付近で底泥厚大)	(多自然型水路) (コンクリート三面張水路)
	伏流水	有り	調査対象外	土壌浄化実験施設
植生	水際の植物	ほとんどなし (一部ツルヨシのつるが浸水)	繁茂(両岸の約80%)	浅池型植生浄化実験施設 (J字水路)
	沈水性植物	ほとんどなし	上流で繁茂 中流・下流ではまばらに存在	
みずみち の形状	瀬	有り	なし	
	淵	上流~下流距離の約40%	ほとんどなし (寿久橋下で一部確認)	深池型浄化実験施設 ^(*) (多自然型水路)
	流達 時間	上流~下流:4.4時間 (距離:860m)	上流~下流:79分~88分 (距離:1440m)	
	平均 流速	3.3(m/min)	18.2~16.4(m/min)	
	川幅	変化に富む (最小4.5m、最大14.6m)	ほぼ一定(約6.5m)、 下流付近で川幅大(約13m)	

※：深池型浄化実験施設は土壌層と水層の総合作用と考えられる。

4.4.1 伏流水

伏流水調査を草津川で実施した。草津川伏流水は、河川水の地下浸透に伴う土壌との接触による浄化作用因子を持つと考えられ、調査の結果、土壌浄化施設と類似した水質浄化特性が確認された。すなわち、草津川の伏流水と土壌浄化施設の両方において、粒子状成分と溶存態成分の両者に浄化作用が働き、その水質除去性能は極めて大きいことから、伏流水など土壌を通過する形で土壌と流水を接触させることは、河川水の浄化には有効な手

段であると考えられた。また、GPC-TC分析結果では難分解性有機物の除去が示唆されており、河川伏流水において土壌浄化実験施設と同様の効果が期待された。

4.4.2 植生

本業務の実際の琵琶湖流入河川の調査では、長命寺川において植生による水質浄化因子が見られた。

調査結果より、長命寺川において浮遊物質(SS)、クロロフィル-a(Chl-a)などの粒子状成分の除去が確認され、浅池型植生浄化実験施設同様、植生の沈水部や根圏によるろ過または堆積による除去が関与している可能性が考えられた。

しかし、長命寺川では全調査時間において溶存態化学的酸素要求量(D-COD)濃度が高くなっており、原因には植生によってこしとられた粒子状有機物が、分解され溶存態有機物として水中に回帰された可能性が考えられた。このことは、浅池型植生浄化施設やJ字水路で見られた水質浄化への負の要因のひとつであることが示唆された。従って、実河川において植生による浄化を目的とした河川施設を考える場合は、植生帯に堆積物が堆積することが予想されるため、溜まった堆積物への対応方法を考慮することが課題であると考えられる。

4.4.3 みずみちの形状(淵)

草津川におけるみずみちには瀬や淵があり、淵は上流～下流間水路長の約40%であった。このことから、草津川は淵において水が溜まり、水塊がゆっくりと流下することによる水質の浄化作用因子を備えると考えられる。長命寺川には淵がほとんど無く、淵の作用はほとんど無いと考えられる。

草津川の調査では、粒子状物質が下流で低濃度となり、淵における粒子状物質の沈降作用が働いていたと考えられた。しかし一方で、天候が晴であり光合成活性が高かった時には、下流のクロロフィル-a(Chl-a)と生物化学的酸素要求量(BOD)の濃度が高くなり、深池型浄化実験施設で見られた光合成生物による一次生産の影響が見られた。同様に、水がゆるやかに流下する深池型水質浄化施設においても同じ現象が見られ、これも光合成による一次生産の影響であると考えられた。

これらの結果から、実際の河川における淵の主な作用は、粒子状物質の沈降作用と光合成生物の一次生産による粒子状有機物の増加作用が考えられた。

4.5 季節的環境変化が浄化因子に与える影響

季節的環境変化が、多自然型水路や水質浄化施設における水質浄化に関わる各因子の作用に与える影響について考察した結果、夏季において、季節的環境要因が水質浄化に関わる因子に影響を及ぼした可能性が考えられ、以下に示した。ただし、長命寺川や草津川では、他の季節に調査を行っていないため、この現象が夏季に特有であるかは不明である。

- ① J字水路において、夏季における「高水温」という環境要因が、付着性生物の増加を促進した影響で、植生に付着していた粒子状物質が水中に放出されやすくなった。
- ② 長命寺川において、夏季に微生物活性が高かった影響で、腐食堆積物層や植生内の堆積物中からの溶存態有機物の溶出が考えられた。
- ③ 草津川の「淵」において、天候が晴であり光合成活性が高かった時に、光合成生物の一次生産により下流のクロロフィル-a(Chl-a)、生物化学的酸素要求量(BOD)および溶存酸素(DO)の濃度が上流より高濃度になった可能性が考えられた。
- ④ 深池型浄化実験施設において、夏季に、光合成生物の一次生産により③と同様な水質変化が見られた。

5. まとめ

本調査では、琵琶湖淀川共同実験センター内の各施設・水路における水質調査と実際の河川における水質調査を行い、河川における水質浄化機能について解析を行った。河川における水質浄化に関わる因子とその効果を表5-1にまとめた。

本調査では、多自然型の構造をもつ2河川と水質浄化施設の水質浄化機能を調査した。水質浄化施設は、自然の持つ水質浄化作用をより機能させるための構造や材料となっているため、多自然型河川の構成要素毎（土壌や植生など）の機能の有無は解ったが、その程度を知るには至らなかった。今後、多自然型河川の各構成要素毎に上・下流間の水質の変化を調査するなど、自然状態での水質浄化能力を知ることが多自然型河川の評価を行う上で有用であると考えられる。

また、本調査では、現場調査結果を元に解析を試みたため、解析に用いることが出来る水質濃度の範囲が限定されることや、天候や周辺環境により繰り返し調査が困難であった。今後は、現地調査と併せて、流入水質や水理条件が制御しやすい規模の実験調査を実施することにより、本調査で示唆された点の検証が可能であると考えられる。

表5-1 河川における水質浄化に関わる因子とその効果

水質浄化に関わる因子		期待できる水質浄化効果		今後の課題
		正の要因	負の要因	
土壌との接触	河床	・河床表面の微生物による溶存有機物の分解	・堆積物からの溶出	・接触面積が少ないと効果小 ・光の有無、土質、滞留時間について検討すること
	伏流水	・土壌による粒子状物質のろ過除去 ・土壌微生物による溶存有機物の分解 ・リン酸性りんおよび溶存態有機物の吸着 ・難分解性有機物の分解可能性	・地下水汚染	
植生との接触		・植物根圏への堆積 ・栄養塩（無機窒素、リン酸性リン）の根からの吸収	・堆積物からの溶出	・植物の管理方法について検討すること
河川の形状	瀬（落差工）	・調査対象外	・調査対象外	
	淵	・沈降ろ過	・沈降物からの溶出 ・淵内の一次生産により粒子状物質が増加する	・光合成生物の一次生産による下流への影響評価と抑制

実験担当者

建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所	水質調査課課長	春木二三男
滋賀県	水質調査課開発調整係長	板坂 浩和
	土木部河港課副係長	中川 元男
	土木部河港課技師	狩野 俊男
	琵琶湖環境部環境政策課副参事	松居 弘吉
財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構	琵琶湖環境部環境政策課主査	豊岡 幸二
	実験センター所長	中山 繁
	実験センター研究員	武井 直子

12. 琵琶湖岸におけるヨシ植栽実験（その2）

1. はじめに

本業務は、ヨシ等の湖岸植生帯の創出手法及び維持管理等の手法の確立を目的とし、琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター（以降実験センター）内のわんど型実験施設及びなぎさ型実験施設において、各6種類（マット工法、土のう工法、ポット苗法、大株苗法、ビットマン工法、地下茎工法）の工法でヨシ植栽を行い、ヨシ生長調査、地盤高調査、流速調査等を実施し、ヨシ生育に及ぼす影響要因について平成9年度から行っている調査データとともに検討を行った。

2. 業務概要

2.1 検討業務

2.1.1 ヨシ生育観察

定期的なヨシ生育観察を行い、ヨシ生長と生育環境との関係について検討を行う。

2.2 土木業務

2.2.1 杭打ち作業

ヨシ生育観察において植栽区域を明確にする為に、杭打ちを行う。

2.2.2 ヨシ植栽作業

(1) なぎさ型実験施設南部において、6工法（マット植栽法、土のう工法、ポット苗移植法、大株移植法、ビットマン工法、地下茎工法）のヨシ植栽を行う。

(2) ミニ琵琶湖近傍において、2工法（ビットマン工法、地下茎工法）のヨシ植栽を行う。

2.3 調査業務

2.3.1 地盤安定度調査

わんど型・なぎさ型実験施設において、地盤安定度に関わる消波施設の効果、土砂の移動特性等を把握する為、地盤高調査及び土質調査（粒度試験、含水比試験、密度試験）を夏期、冬期の2回調査を行う。

2.3.2 ヨシ生長調査

わんど型実験施設の北部・南部及びなぎさ型実験施設の南部において、ヨシ生長調査及び定点撮影を行う。

2.3.3 波高・周期調査

わんど型実験施設における波浪特性を把握し、消波効果等を検討する為、波高及び周期の調査を行う。

3. 実験準備工

3.1 ヨシ植栽作業

なぎさ型実験施設の南部（消波堤高さB. S. L=±0m）に植栽を行い、1997年度に植栽を行ったわんど型実験施設と、消波施設及び高さ等の環境要因の違いによるヨシ生長について比較検討を行う。

3.1.1 なぎさ型実験施設南部

(1) ヨシ植栽工法の選定

平成9年度から植栽している6工法（マット植栽法、土のう工法、ポット苗移植法、大株移植法、ビットマン工法、地下茎工法）と同様の植栽工法を選定した。表3-1に詳細な植栽条件を示す。

表3-1 植栽条件

項目 工法名	概要	数量	備考
マット植栽法	(株)ラーゴから購入したベストマンハレット。 約2年間育成させたもの。 仕様：BP-800(1.25m×0.8m)	植栽㎡数 : 15㎡ 2㎡当たり㎡数 : 1㎡/2㎡ 植栽面積 : 30㎡	
土のう工法	(株)ラーゴから購入したポット苗に麻製の土のう袋で覆ったもの。 仕様：ポット苗(φ15mm) 土のう袋(0.5m×0.65m)	植栽株数 : 120株 ㎡当たり株数 : 4株/㎡ 植栽面積 : 30㎡	
ポット苗移植法	(株)ラーゴから購入したポット苗。 約2年間育成させたもの。 仕様：ポット苗(φ15mm)	植栽株数 : 120株 ㎡当たり株数 : 4株/㎡ 植栽面積 : 30㎡	
大株移植法	実験センター近傍の湖岸から採取したもの。 仕様：0.5m×0.65m	植栽株数 : 30株 ㎡当たり株数 : 1株/㎡ 植栽面積 : 30㎡	
ビットマン工法	実験センター近傍の湖岸から採取したヨシ苗を、根ごと茎を切り取ったもの。 仕様：1.0m	植栽本数 : 50本 ㎡当たり本数 : 5本/㎡ 植栽面積 : 10㎡	
地下茎工法	実験センター近傍の湖岸から採取したヨシ苗の、地下茎のみを切り取ったもの。	植栽株数 : 48株 ㎡当たり株数 : 8株/㎡ 植栽面積 : 6㎡	

(2) 植栽時期

前年と同様に、琵琶湖水位が低下し植栽作業が可能な8月に植栽を行った。

(3) 植栽配置

なぎさ型実験施設南部にあたる消波堤高さ±0mの区域に、波浪の影響を受けやすい北側からマット植栽法、土のう工法、ポット苗移植法、大株移植法、ピットマン工法、地下茎工法の順に植栽を行った。図3-1に植栽位置図を示す。

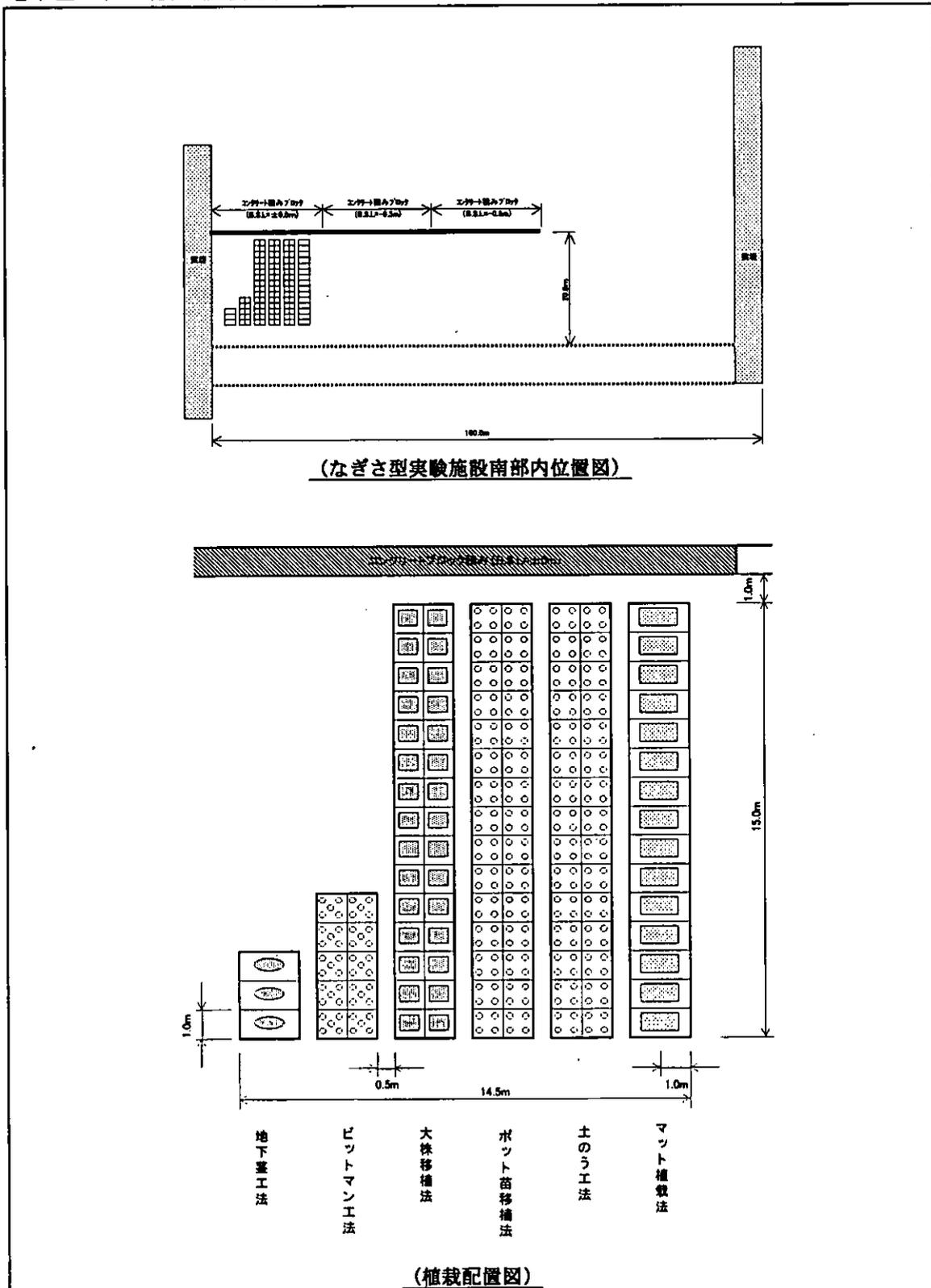


図3-1 植栽位置図

4. 調査実験手法

4.1 概説

実験センター内わんど型実験施設において、6種類の工法で植栽されたヨシを対象に平成9年度～平成11年度に実施した調査に基づくものである。

4.2 ヨシ植栽

4.2.1 実験地の概要

本調査は、図4-1に示す琵琶湖南湖葉山川河口部に位置する実験センター内のわんど型実験施設において実施した。図に示すように、実験施設は面積3000m²であり、消波施設として鋼矢板が両側1/3部分に打ち込まれ、中央部で外部との水交換が可能となっている。鋼矢板の高さは、突堤南側がB. S. L. +30cm、突堤北側がB. S. L. ±0cmである。この施設は水中に向かってヨシの生育可能範囲を広げることを目的に、植栽前に基盤整形が行われた。

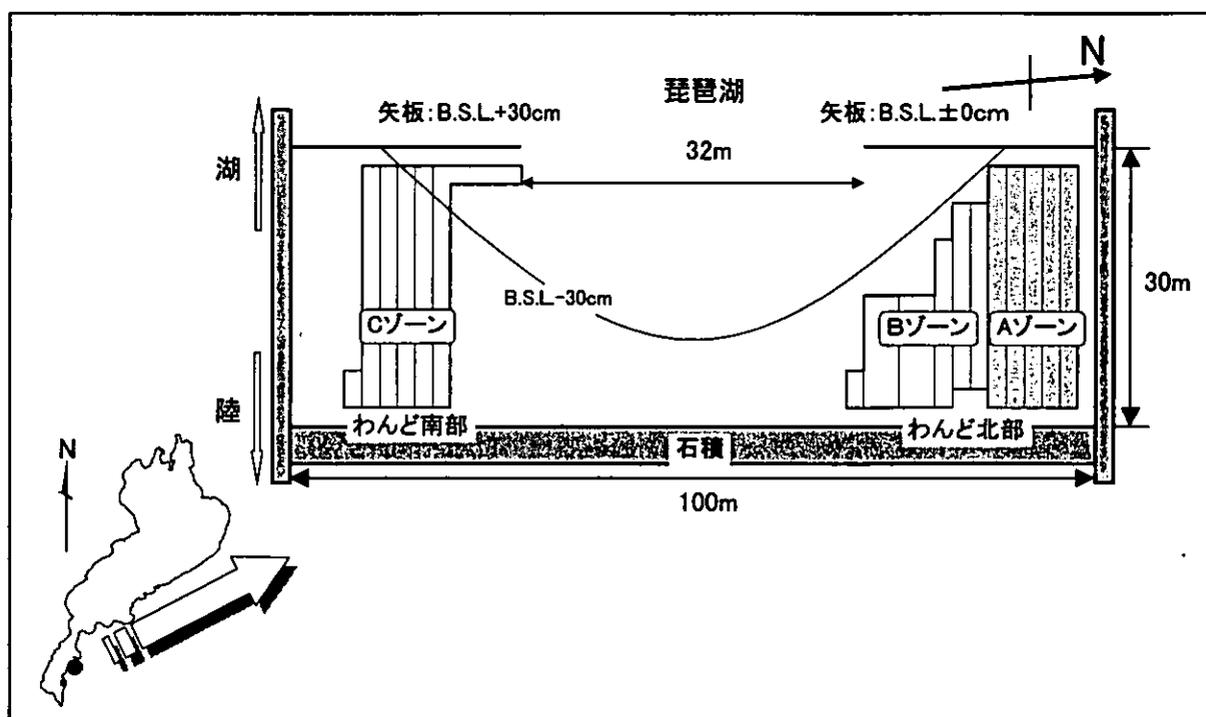


図4-1 わんど型実験施設概要図

4.2.2 ヨシの植栽

わんど型実験施設の北部のA、B2つのゾーン（図4-1参照）では、1997年10月23日～28日、6種類の工法（植栽密度の違いを加えると9条件）で1081株のヨシが植栽された。また、1998年8月26日～28日に南部のCゾーンにおいて、同じく6種類の工法で535株のヨシが植栽された。図4-2, 3にわんど北部、南部の各植栽工法の植栽場所、株数の詳細を示す。

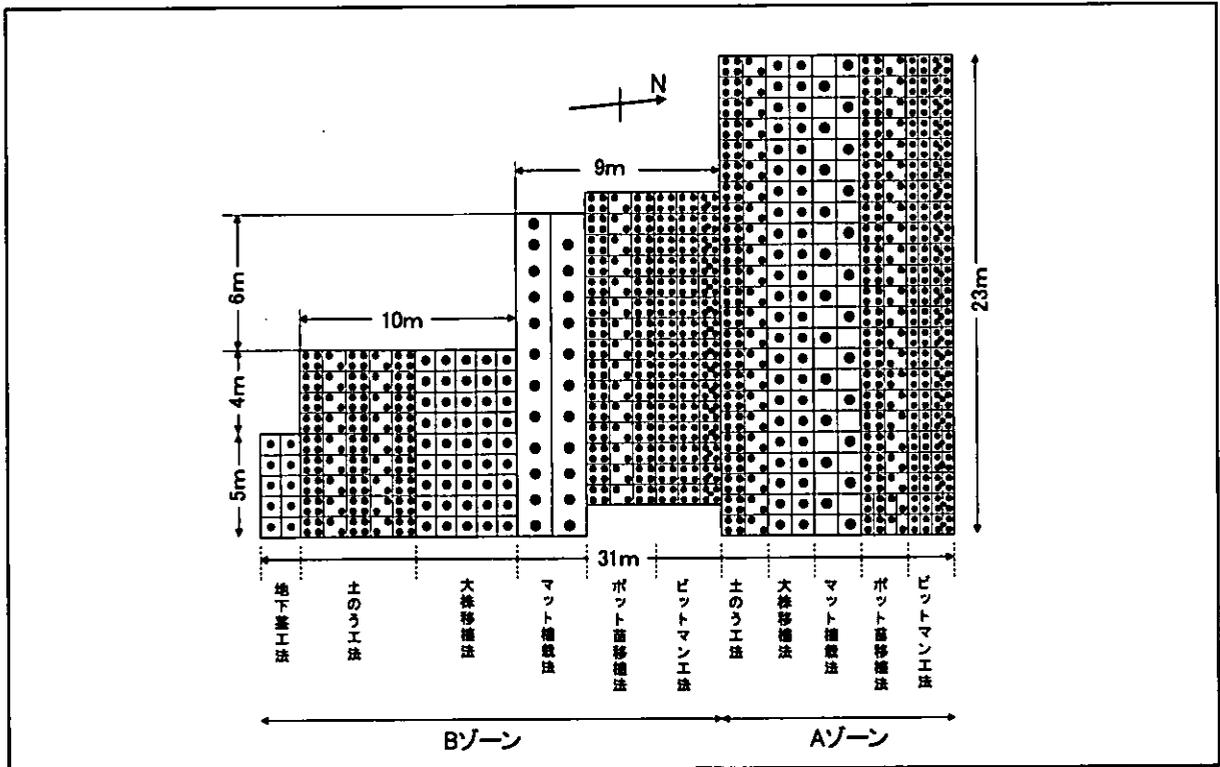


図4-2 植栽配置図 (北部植栽地)

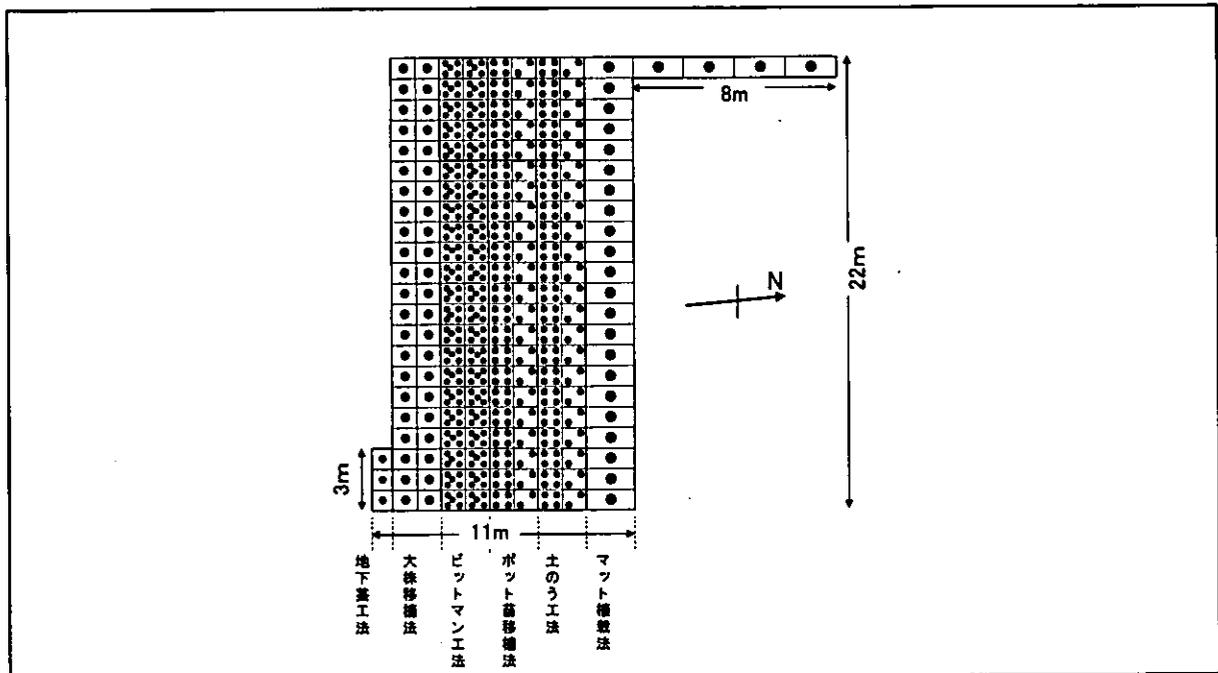


図4-3 植栽配置図 (南部植栽地)

4.2.3 植栽条件

植栽地では、6種類の工法(ピットマン工法、ポット苗移植法、土のう工法、大株移植法、マット植栽法、地下茎工法)で、図4-2, 3に示す配置で沖陸方向に並列にヨシは植栽されている。表4-1はその植栽条件の詳細を示している。A, B両ゾーンでは、4年間育成苗木を用いた土のう工法とポット苗移植法は、初期植栽密度を4株/m²、2株/m²の2通りの条件で植栽されており、植栽密度とその後の成長についての比較が可能となっている。また、わんど南部Cゾーンでは、2年間育成苗木が用いられた。また、植栽時期も、わんど北部が10月、南部が8月と異

なる時期に実施された。

表4-1 植栽条件一覧表

植栽工法名	植栽密度	わんど北部	わんど南部	初期条件
		植栽面積(m ²)	植栽面積(m ²)	
ピットマン工法	5本/m ²	38	44	長さ50cm
	4本/m ²	53	0	
ポット苗移植法	4株/m ²	53	22	4年間育成苗(北部)
	2株/m ²	38	22	2年間育成苗(南部)
マット植栽法	0.5枚/m ²	91	26	125cm × 80cm
大株移植法	1株/m ²	91	44	1辺50cm角
土のう工法	4株/m ²	50	22	4年間育成苗(北部)
	2株/m ²	41	22	2年間育成苗(南部)
地下茎工法	10根/m ²	10	3	

4.3 生育観察調査

4.3.1 調査概要

実験センター内わんど型実験施設において、6種類の工法で植栽された水ヨシを対象に、以後ほぼ1ヶ月ごとに生育観察を行ったものである。ただし、A、Bゾーンでは1997年10月23～28日の植栽後より、1081株のヨシを対象に、Cゾーンでは、1998年8月26～28日の植栽後より535株のヨシを対象にして実施した。測定項目はヨシ茎個体数、最長ヨシ草高、水深の3項目である。

4.3.2 調査手法

表4-2に示すように、調査は1997～1998年に計10回、1999年に計8回実施し、各年とも調査日がほぼ同一となるように設定した。ヨシ茎個体数は、植栽以降に新たに発芽したと見られる緑色の新芽のみを測定し、旧年のヨシ茎に関しては対象外とした。最長草高、水深は測量用標尺を用いてセンチメートル単位まで測定し、その結果を植栽株ごとに調査野帳に記入した。調査野帳とは、調査地区を植栽株ごとに区域分けした地図を示す。調査は①ヨシの成長の妨げになる漂流ゴミ、藻の除去②株ごとのヨシ茎個体数、株内最長草高、株近傍の水深を野帳に記入③漂流ゴミ、藻、波によって受けた被害の状況を図面に記入の手順で行った。

表4-2 生育観察調査詳細

測定項目	1株当りヨシ茎個体数、最長ヨシ草高、株近傍の水深					
調査期間	1997年12月25日～1999年10月16日					
調査面積	690m ² (北部460m ² 、南部230m ²)					
調査回数	18回					
調査年月日	1997年	12月25日				
		1月30日	3月2日	4月11日	4月29日	5月9日
	1998年	5月26日	6月16日	7月16日	8月29日	
		3月14日	4月5日	5月8日	5月29日	6月20日
	1999年	7月17日	8月28日	10月16日		
調査用具	野帳、測量用標尺、長靴、胴長					
調査人数	4～8人					
調査時間	約4時間(9:00～13:00)					

4.5 地盤高調査、土質調査

4.5.1 調査概要

植栽後のヨシ生育と地盤形状のあり方についての検討はあまり行われておらず、これらの関係を明らかにすることが、今後、ヨシ植栽を効率的に進める上で重要な要素となる。そこで、今後のヨシ植栽にとって重要となる地盤形状の安定性を検討するための基礎資料を得るため、実験センター内のわんど・なぎさ型実験施設において、地盤測量、土質調査(粒度試験、含水比試験、密度

試験)を行い、ヨシ植栽地における地盤整形前後の地盤変化に関するデータを入手し、解析を試みた。

4.5.2 調査地点

地盤高調査、土質調査については、表4-6に示す概要で図4-4、図4-5に記す側線、地点で実施された。

表4-6 地盤高調査、土質調査内容一覧表

		わんど型実験施設			なぎさ型実験施設		
地盤高調査実施日	1996年	11月28日*	—	—	11月28日*	—	—
	1997年	4月19日*	10月13日	10月20日	4月19日*	10月13日	10月20日
	1998年	3月11日	8月3日	8月26日	3月11日	—	—
	1999年	3月1日	8月24日	—	—	8月24日	—
	2000年	2月28日	—	—	2月28日	—	—
測量地点	沖合方向11ライン (各ラインで10以上の測点)			沖合方向11ライン (各ラインで10以上の測点)			
土質試験実施日	*を除く地盤高調査実施日			*を除く地盤高調査実施日			
試験個数	24検体(3検体×8回)			15検体(3検体×5回)			
その他	中央および左右の3ラインは、2週間に1度程度の計12回			—			

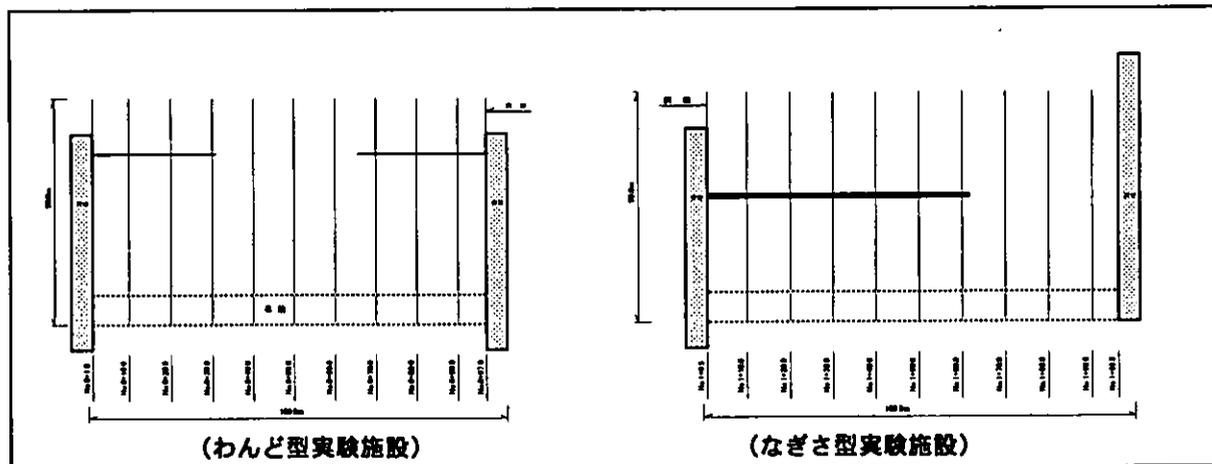


図4-4 横断測量測線位置図

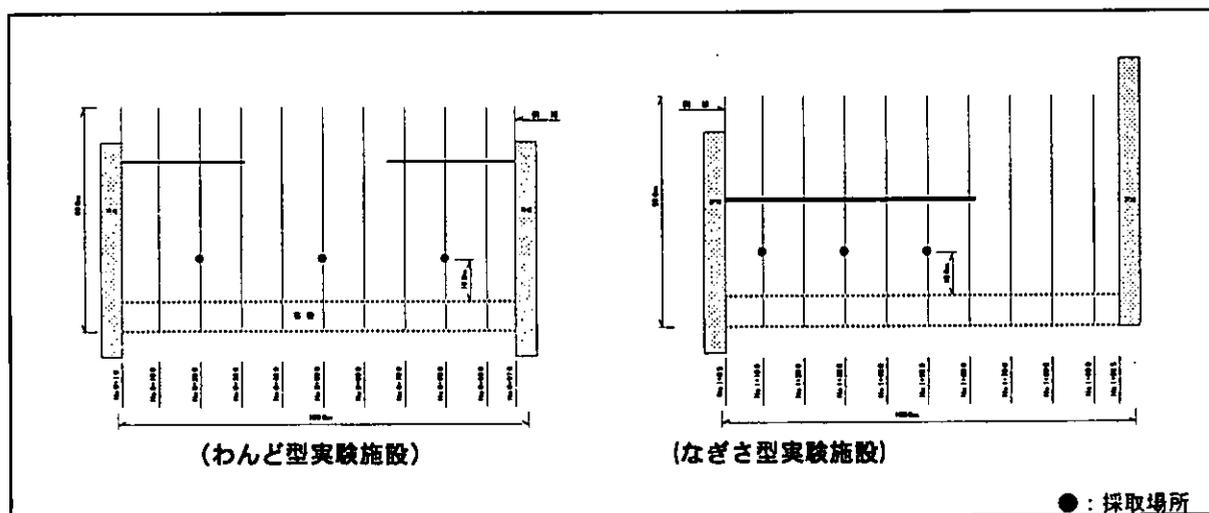


図4-5 土質調査試料採取位置図

5. 地盤安定度検討

5.1 概説

ヨシ群落の機能のひとつに護岸効果があるが、ヨシが地盤を安定化させる機構の解明は、まだ行われていない。また、植栽後のヨシ生育と地盤形状のあり方についての検討もあまり行われておらず、これらの関係を明らかにすることが、今後、ヨシ植栽を効率的に進める上で重要な要素となる。そこで実験センター内のわんど・なぎさ型実験施設において、地盤測量、粒度試験、定点撮影を行い、ヨシ植栽地における地盤整形後の地盤変化に関するデータの蓄積を試みた。

5.2 実験地の概況

5.2.1 気象条件

琵琶湖においてヨシを植栽する際には、気温、水位、風波等を考慮して、ヨシの活着に適しかつ作業上可能な条件を検討する必要がある。実際に琵琶湖で植栽する場合は、琵琶湖水位の変化等の条件をさらに考慮して検討する必要がある。そこで、植栽後のヨシ生育観察調査結果を考察する前に、琵琶湖における各気象条件の季節変化を考察し、ヨシの生育に及ぼす各季節の影響把握、および生育観察調査結果を評価する際の判断材料として活用する。なお、以下の解析で用いる気温、降水量、湿度、日照時間、日射量、風向、風速は、実験施設にもっとも近い観測所の水資源開発公団湖南管理所において、1997年1月1日～1999年12月31日の間に測定されたものを使用しており、琵琶湖水位は三保ヶ崎、堅田、大溝片山及び彦根の5ヶ所の水位観測所の平均値である。

(1) 気温・日射量

図5-1は気温の日最大値、日平均値、日最低値を月別に平均したグラフである。月平均では、最低は1,2月に3～4℃、最高は7,8月に25℃程度であり、年間の気温変化は比較的小さい。

また、毎日の最高値、最低値を平均してみると、その差は各月とも10℃以内であり日変動はそれほど大きくない。

最低気温が氷点下になるのは年間20日程度で、平均気温でも0℃を下回る日が2,3日観察されるが、琵琶湖は決して結氷することはない。

またヨシ群落も琵琶湖と開水面を持つ限り結氷することはない。

表5-1に示すように、98年4月の気温上昇が他年度に比べて大きいことを除いては、比較的類似した季節変動を示している。方、図5-2,3には、日射量および日照時間の月別平均値の変動を、その標準偏差と共に示す。

97,98年は、4月～8月が15MJ/m²/dと日差しが強い期間となったが、98年は長梅雨や台風の影響により、6月の日射量が12MJ/m²/d、日照時間が4.6時間と低い値となった。

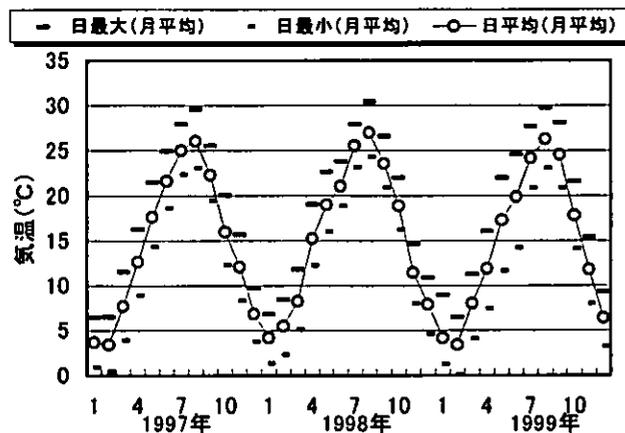


図5-1 気温の年間変動（湖南管理所）

表5-1 3月から5月の月平均気温

	1997年	1998年	1999年
3月	7.7	8.3	8.0
4月	12.6	15.3	11.9
5月	17.7	19.0	17.3

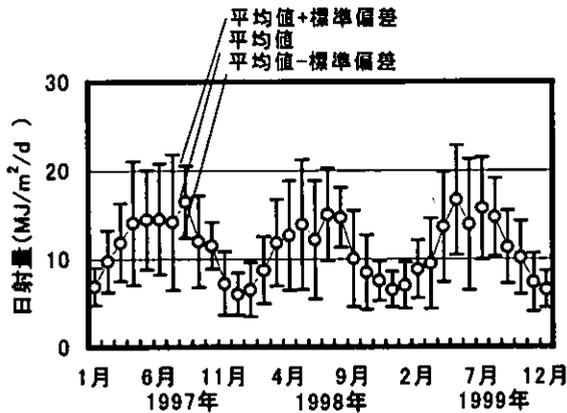


図 5-2 日射量の年間変動 (湖南管理所)

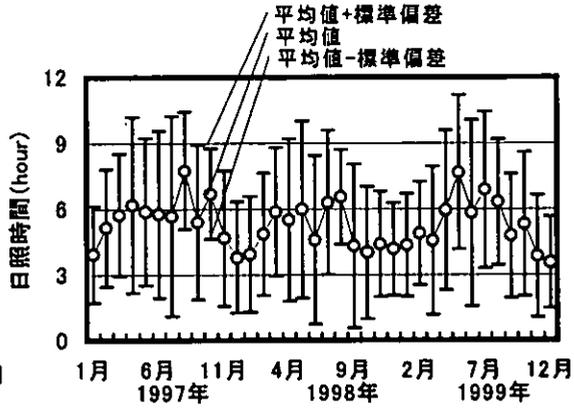


図 5-3 日照時間の年間変動 (湖南管理所)

(2) 風速・風向

図 5-4 に風速の日最大、日平均、日最低それぞれの月別平均値を示す。風は、湖水の流動や沿岸での波浪に強く影響し、多くの場合、ヨシの活着を妨げる原因となる。97, 98, 99 年度と日平均は 4 m/s 程度であったが、日最大値は 10m/s を越える強いものであった。風速は場所によって大きな変動幅を持つが、本測定地点 (湖南管理所) も実験地と同じく琵琶湖南湖東岸

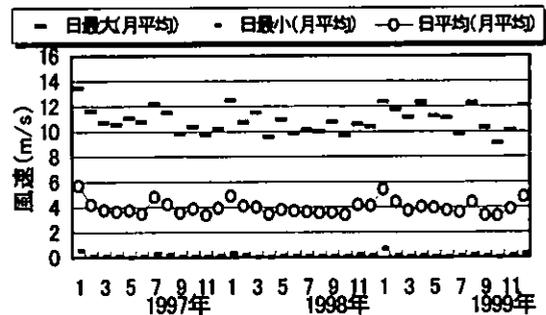


図 5-4 風速の年間変動 (湖南管理所)

域に存在し、少なくともこの測定値が風速を低めに測定しているとは考えがたく、実験地における風速を再現したものに近似していると予想される。図 5-5 はそれらを年間通じての頻

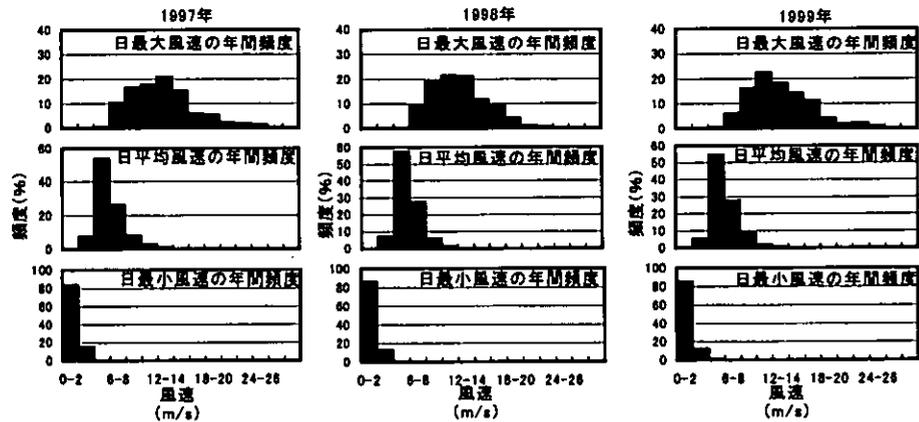


図 5-5 風速の年間頻度 (湖南管理所)

度分布で示したものである。最大風速は、最頻値が 10~14m/s であり、20m/s を越える強風の日も数日あることがわかる。風向については、毎日の最頻風向をもとに年間を通じた頻度を図 5-6 に整理した。

年間を通じてもっとも多い風向 (1日の最頻値) は 1997

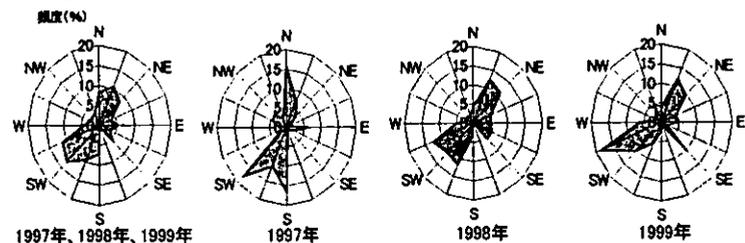


図 5-6 風向きの年間頻度

年が南西風であったが、1998年は北北東からの風が13%、北西の風が12%となり南西風は10%程度となった。

図5-7には、月別に各方向の頻度を示すが（中間の値は、両サイドに配分、たとえばWWEがX%ならば、X/2をそれぞれWEとWとに与える）、各月でも風は種々の方位から吹いており、卓越風がそれほど明確ではない。1998年は2, 8, 10月に南西風が、4~6月に北東風の頻度が多くなる。琵琶湖は冬期に北西風が卓越するといわれるが、本実験地については、1997年度が南西風、1998年度は北東風、1999年度は西南西風が卓越する結果となった。なお、1991年に北小松や大津、信楽のアメダスデータを解析した過去の文献によれば、南湖における卓越風が、北東、南西風であると述べられている。

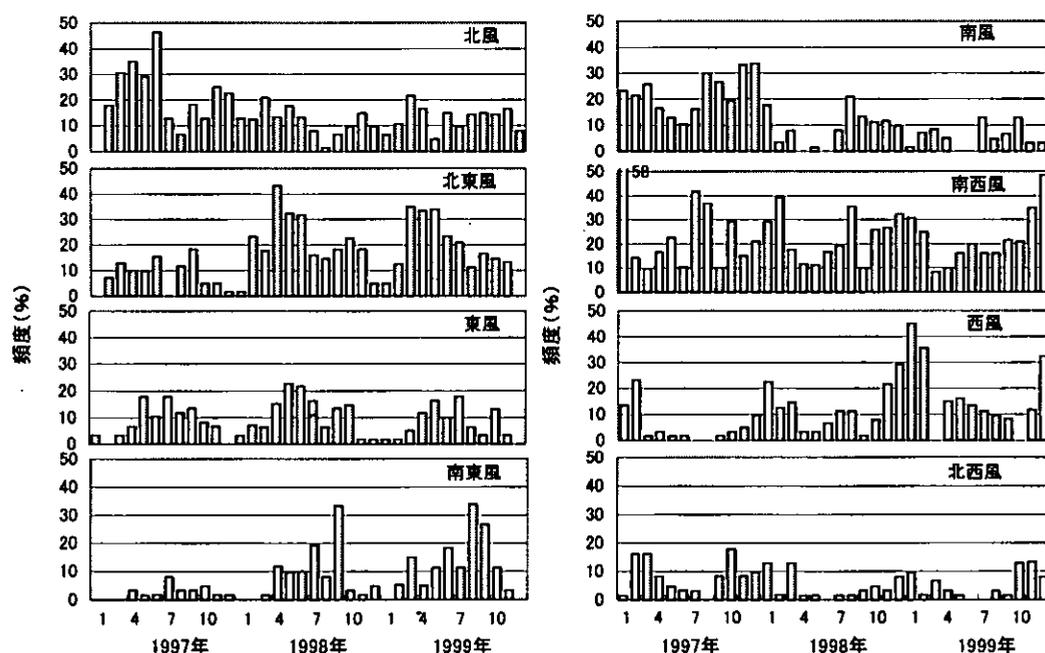


図5-7 風向きの方向別頻度（湖南管理所）

(3) 降水量・水位

図5-8に月別の降水量、湿度および琵琶湖水位の変化を示す。1998年は春先に滋賀県を直撃するような台風が来たため、4月~6月にかけて200mm/月の高い降水量となった。その後夏場にかけては晴天が続き、7月には降水量が100mm/月を切ったが、秋になると再び降雨が増加し10月には300mm/月を越える降水量となった。琵琶湖水位は例年通り5月下旬から低下しはじめ、9月にマイナス20cmまで下がりその後再び上昇し始めた。98年度は台風が多く、特に近畿地方に大きな影響を与えたため、比較的降水量の多い1年となった。

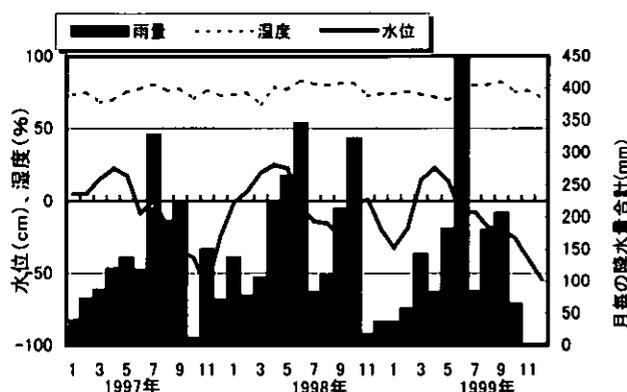


図5-8 水位・湿度・降水量の年間変動（湖南管理所）

最後に、過去7年間の琵琶湖水位の変動を図5-9に示す。年によって50cm以上の水

位差があるが、もっとも一般的なパターンとして、12月より水位が上昇し4月に+20cm程度となり、その後変動はあるが、7月より11月にかけて減少し-50cm程度となる。この水位変化から判断すると、10、11月がもっとも水位の低い時期となり、植栽の作業性は向上する。加えて、比較的水位変動の少ない時期であるので、植栽計画を立てやすい時期であるといえよう。

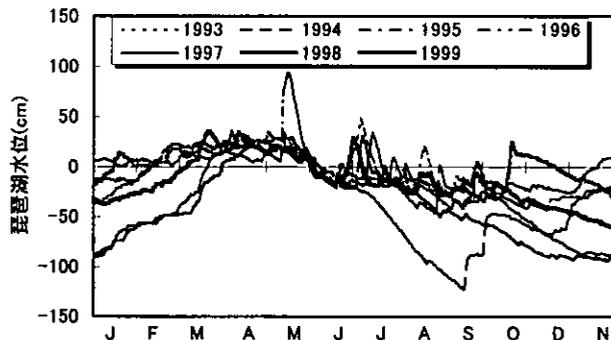


図 5-9 最近 7 年間の琵琶湖水位変動

5. 2. 2 ヨシ植栽地に及ぶ波浪の推算

前項において述べたように、ヨシ植栽地となる沿岸域は陸域に比べて比較的风速が強い。湖岸植生の復元を考える際、ヨシ植栽予定地に及ぶ波浪を予測し、ヨシの生育が可能である程度にまで波浪を軽減する必要がある。

本実験地においては、鋼矢板を施設の沖合両端 1/3 に設置し、波浪の軽減、土砂の流出防止の対策とした。湖における波浪の発生は、湖面上を吹きぬける風によって生み出される。そして、風と波との関係から波高、周期を推算することができる。本項では、1997年～1999年の3ヵ年の水資源開発公団湖南管理所で観測された風速データから日最大風速のみを用いて、以下の手順で波高、周期を推算した。なお、風速から波高、周期を求めるには、宇多ら¹⁾の求めた式 4-1, 2 を用いた。

$$\frac{gH_{1/3}}{U^2} = 2.47 \times 10^{-3} \left(\frac{gF_e}{U^2} \right)^{0.427} \quad \text{式 4-1}$$

$$\frac{gT_{1/3}}{2\pi U} = 6.98 \times 10^{-2} \left(\frac{gF_e}{U^2} \right)^{0.285} \quad \text{式 4-2}$$

ここで、 $H_{1/3}$ ：有義波高 (m)、 $T_{1/3}$ ：有義波周期 (s)、 F_e ：有効吹送距離 (m)、 U ：風速 (m/s)、 g ：重力加速度 (m/s²) である。

平均有義波高はここでは、以下の手順によって求めた。

- ① 波向ごとに式 4-1 より日最大風速に対して $H_{1/3}$ を求める。
- ② $H_{1/3}$ を大きい順に並べ、上位 1/3 の平均値を求める。 $T_{1/3}$ も同様にして算出する。
- ③ 各波向毎に平均値を求めた後、各波向毎の出現頻度を重みとして、平均有義波高、周期を計算する。

ここで、上位 1/3 の平均を求めたのは、植生帯の安定性が主に高波浪によって支配されていると考えたためである。また、ここでは計算の簡略化のために、 F_e については近似的に各方向別の吹送距離をそのまま用いた。

また、波向は 16 方位より Biyo センター所在地（滋賀県草津市志那町地先）での波浪の発達に関係するだろうと考えられる 7 方位 (N、NNW、NW、WNW、W、WSW、SW) とした。吹送距離は、MapInfo ver5.0 を使用し、淀川・大和川・紀の川水系利水現況図 No.5 京都 (縮尺 1/50000 経済

表 5-2 Biyo センターにおける吹送距離

	吹送距離(m)
N	6675
SW	5899
WSW	4924
W	3888
WNW	3675
NW	4135
NNW	4930

企画庁、国土地理院：昭和 45 年 3 月調製）の判読を行い表 5-2 の値を算出した。計算の結果を、表 5-3 に示す。波浪推算の結果、Biyo センターの平均有義波高は $H=0.65\text{ m}$ 、周期 $T=3.30\text{ s}$ 、波高の主方向は SW、WSW、N であった。宇多らが提案した植生繁茂限界波高は 0.40 m であり、本実験施設においては、鋼矢板による消波効果が 38.7% を超えていることが、ヨシ活着の必要条件であると推測できる。

表 5-3 Biyo センターにおける波浪推算結果

	出現頻度(%)	有義波高(m)	有義波周期(s)
N	18.3	0.60	3.28
SW	28.2	0.70	3.42
WSW	24.1	0.65	3.25
W	9.9	0.63	3.13
WNW	6.6	0.70	3.23
NW	6.6	0.53	2.96
NNW	7.0	0.65	3.26
荷重平均	—	0.65	3.30

5.3 わんど型実験施設における地盤安定度調査の結果

5.3.1 概要

ヨシ植栽にとって重要であると考えられる地盤形状のあり方について検討を行うため、97～99年度にわんど型実験施設において測量、定期地盤高調査、粒度試験、定点撮影を行った。また、98年度以降は、上記調査項目に加えて、含水率、比重の測定を加えた土壌分析を計5回行った。調査実施日は、表5-4に示す通りであり、本節においては、わんど型実験施設の地盤変化について検討を行うものとする。

表 5-4 わんど型実験施設における地盤安定度調査概要

	わんど型施設		調査実施日	
	97年度	地形測量	1997/10/13	1997/10/20
	横断測量	沖合方向11ライン		1997/10/28
		1997/11/7	1997/11/17	1997/12/16
		1998/1/7	1998/1/16	1998/1/26
		1998/2/6	1998/2/18	1998/3/3
	粒度試験	3検体×3回(粒度分布)		1997/10/20
		1997/10/13	1997/10/20	1998/3/11
98年度	わんど型施設		調査実施日	
	地形測量	1998/8/3	1998/8/26	1999/3/1
	横断測量	沖合方向11ライン		1999/3/1
	粒度試験	3検体×3回(粒度分布、含水比、比重)		1999/3/1
		1998/8/3	1998/8/26	1999/3/1
99年度	わんど型施設		調査実施日	
	地形測量	1999/8/24	2000/2/28	
	横断測量	沖合方向11ライン		
	粒度試験	1999/8/24	2000/2/28	

5.3.2 調査方法

(1) 測量定期地盤高調査

99年度は、わんど型実験施設において、8月24日、2月28日の計2回地形測量を行った。

(2) 粒度試験

ヨシの生育の大きな要素である土壌を知り、土砂の移動を把握する目的から、地盤整形前後の粒度試験を実施した。また、98、99年度は土壌自身の体積のみではなく質量を把握するために、土壌分析に含水率および比重の測定を行った。試験個数は、わんど型実験施設で計6検体(3検体×2回)である。

(3) 定点撮影

ヨシの成長過程の把握や地盤変化の検討資料として、ほぼ週1回のペースで定点撮影を行った。撮影開始日と撮影位置については図5-10に示す通りである。

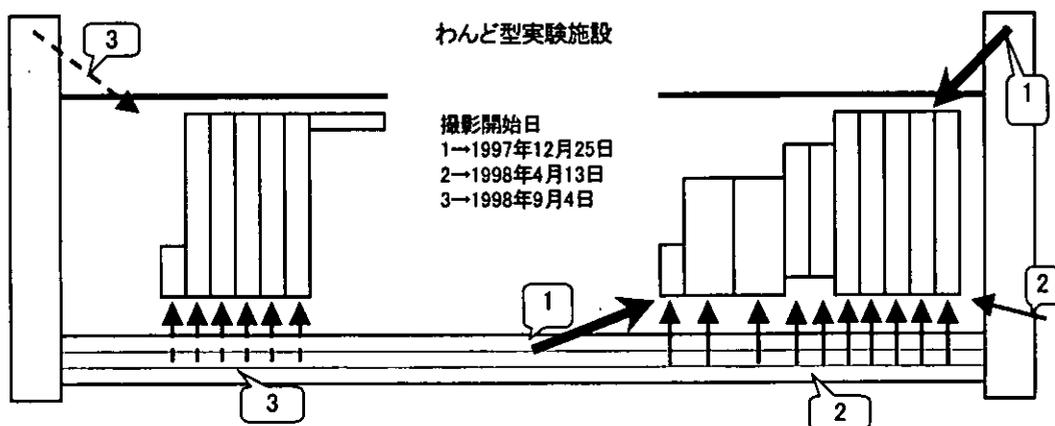


図 5-10 定点撮影開始日と撮影位置

5.3.3 調査結果および考察

(1) 地盤の変化

1997年10月の基盤整形工事以来、ヨシ植栽地において沖合方向11ライン（各ラインで10以上の測点）の地盤高詳細調査をわんど型実験施設で計8回実施した。加えて、97年度には両施設の中央および左右の3ラインにおいて、2週間に1度程度の頻度で計12回（詳細調査も含む）にわたって地盤の経時変化を調査した。昨年度までの地盤安定度調査により、単なる土入れだけでは、ヨシ群落の生育に適した緩勾配の沿岸域を実験地において形成させることが困難であることがわかった。そして、同地域で緩勾配地域を形成しようとするときは、それを保持するような付帯工事たとえば開口部水面下の流砂防止堰の設置などが必要であることが示唆され、1998年8月には、わんど開口部 B. S. L. -80cm にフトンかごが設置された。

本項では、昨年度の結果に1999年度データを拡充し、

(1) 全体の地盤変化 (1997/10/13~1999/8/24)

(2) 浸食と堆積 (わんど)

の順に考察を進める。また、97年度と98,99年度の結果を比較することで、流砂防止堰（フトンかご）の流砂防止効果、ヨシ植栽による流砂防止効果を中心に検討していくこととする。

(2) わんど型実験施設全体の地盤変化 (1997/10/13~1999/8/24)

わんど型施設全体での土砂移動状況を検討した。97年度と比較すると、以下のような変化が見られた。

- ① 整地後のヨシの生育に適すると予想される比高-30cmまでの面積がさらに広がっている。
- ② わんど開口部付近にまで、比較的浅くて傾斜のなだらかな地盤が形成されている。
- ③ 図右中央部のヨシ植栽地域では、周囲に比べて地盤が高く保たれている。
- ④ 矢板の外部において、97年度には見られなかった浸食が起こった。

①②は流砂防止堰設置の効果であり、③はヨシの根圏による土砂流出防止効果が現れた結果であると推測される。④については、それまでわんど施設内部に分散していた波浪エネルギーが、土砂流出防止堰設置によって、矢板と平行にわんど外部で受け止められた結果、矢板外部にエネルギーが集中し、浸食が起こったのではないかと推測される。

次に、流砂防止堰設置による土砂流出防止効果を検討するため、表5-5、

表5-6に97,98年度のわんど型実験施設の地盤高の変化を示す。表5-5、表5-6は、矢板より陸側30mの区域（湖周方向98m、総面積2,940m²）について、各調査における比高別面積を示したものである。実験地のように地盤の勾配が厳しい場所では、単に一部分の勾配の緩い場所を作成しても、その代替としてより急勾配の場所が形成されたため前者から後者への土砂の移動が速やかに生じ、数ヶ月でもとの地盤構造とほぼ等しくなることがわかる。すなわち、単なる土入れだけでは数ヶ月の期間で、元の地盤に戻ってしまい、本質的な改善は望めないことがわかる。

表5-5 わんど型実験施設の比高の変化
(' 97)

比高範囲(cm) (以上 ~ 未満)	面積(m ²)			割合(%)		
	整地前	整地後	4ヶ月半後	整地前	整地後	4ヶ月半後
40 ~ 60	10	12	14	0.34	0.41	0.48
20 ~ 40	232	146	340	7.89	4.97	11.56
0 ~ 20	606	598	732	20.61	20.34	24.90
-20 ~ 0	764	1066	604	25.99	36.26	20.54
-40 ~ -20	312	478	434	10.61	16.26	14.76
-60 ~ -40	238	112	238	8.10	3.81	8.10
-80 ~ -60	186	62	146	6.33	2.11	4.97
-100 ~ -80	168	60	130	5.71	2.04	4.42
-120 ~ -100	188	204	134	6.39	6.94	4.56
-140 ~ -120	236	202	132	8.03	6.87	4.49
-160 ~ -140	0	0	36	0.00	0.00	1.22

流砂防止堰設置の地盤変化に与える効果としては、以下のことが挙げられる。

- ① 97年の地盤整形において、全体の73%であった比高-40~0cmの区域が土砂流出防止堰設置によってわんど開口部付近にまで増加し全体の約80%に増加した。
- ② 地盤整形後4ヶ月半および半年後の比高-40~0cm区域面積の減少幅が、土砂流出防止堰設置により、15%から5%へと小さくなった。
- ③ 比高-80cm以深区域が、全体の15%から約3%に減少した。

よって、流砂防止堰設置は、ヨシ生育に適した環境を創造する上で有効であったと考えられる。

(3) 浸食と堆積 (わんど)

わんど型施設における土の増減を検討する。図5-11, 12, 13は、

(a) は湖周方向に平均し沖合方向への平均的な変化を示したもので、

(b) は沖合方向0~38m(鋼矢板地点まで)の平均値で湖周方向への変化を示したものである。

図5-11を見ると、沖合方向の変化では、8m付近で増減が始まり、12m地点で平均15cmの大きな増加(堆積)があり、逆に27m付近が浸食のピークとなっていることがうかがえる。97年度は、わんど開口部で平均-12cm地盤高が減少していることと、ピークが沖合方向での±5cm程度の変化を除くと、それほど明確な特徴はない。一方、湖周方向での変化では、矢板が開口している40~60mでマイナスとなっており、

表 5-6 わんど型実験施設の比高の変化

(' 98)

比高範囲(cm)	面積(m ²)			割合(%)		
	(以上 ~ 未満)	整地前	整地後	半年後	整地前	整地後
40 ~ 60	0	16	38	0.00	0.54	1.29
20 ~ 40	230	300	290	7.82	10.20	9.86
0 ~ 20	730	628	712	24.83	21.36	24.22
-20 ~ 0	726	1036	1002	24.69	35.24	34.08
-40 ~ -20	418	696	512	14.22	23.67	17.41
-60 ~ -40	202	140	164	6.87	4.76	5.58
-80 ~ -60	162	84	124	5.51	2.86	4.22
-100 ~ -80	146	40	62	4.97	1.36	2.11
-120 ~ -100	146	0	36	4.97	0.00	1.22
-140 ~ -120	180	0	0	6.12	0.00	0.00
-160 ~ -140	0	0	0	0.00	0.00	0.00

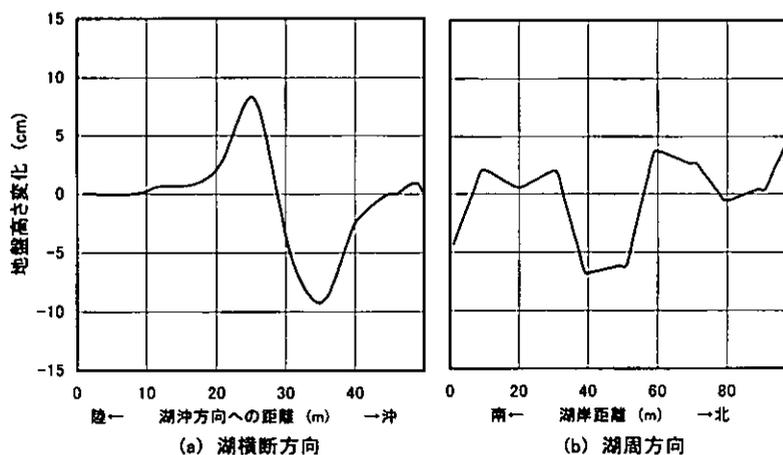


図 5-11 わんど型実験施設での地盤変化平均値 (1997/10/20~1998/3/3 の変化量)

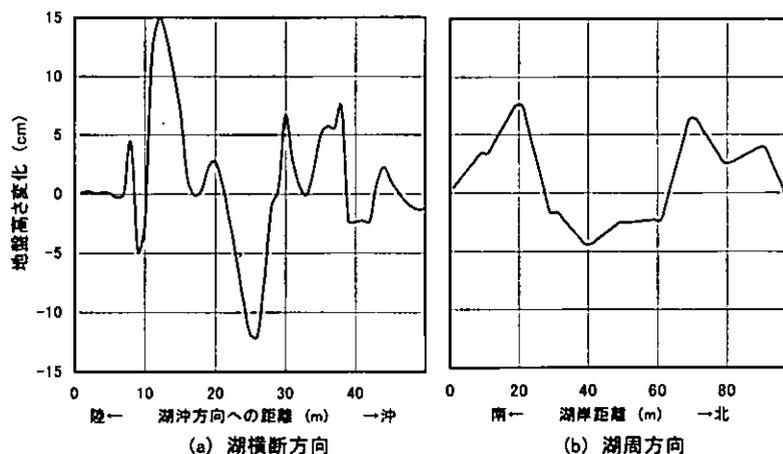


図 5-12 わんど型実験施設での地盤変化平均値 (1998/8/26~1999/3/1 の変化量)

口部からの流出が生じていると予想される。一方、それに隣接する湖周距離 20 および 80m ラインでは逆に平均 5cm 程度の地盤増加となっている。これは、この部分で水際の波による砂の堆積が特に顕著である現地での観察結果と一致している。次に 98 年度の流砂防止堰設置後の土の増減を検討する。

図 5-12 より、沖合方向の変化では、10m 付近から 1cm

程度の増加があり、25m 地点で平均 8cm の増加（堆積）があり、逆に 35m 付近で -9cm の浸食が起こっている。図 5-11 と比較すると、地盤の堆積、浸食などの地盤変化平均値が流砂防止堰設置前後で、27cm から 17cm に小さくなっていることがわかる。また、堆積のピークが沖方向に 13m、浸食のピークが沖方向に 9m ずれていることが読み取れる。浸食のピークが沖方向に移動したことにより、ヨシ植栽に適した浅地面積が広がるなどの流砂防止堰設置効果が、このことから読み取れる結果となった。一方、湖周方向での変化では、わんど開口部の中央である 40~50m ラインでマイナスとなっているが、97 年度と比較すると、浸食されている区域の湖周方向への幅が 30m から 10m と小さくなっていることがうかがえる。特に 60m ラインでの浸食が小さくなっている要因としては、植栽したヨシの根による流砂防止効果などが推測される。一方、湖周距離 30 および 70m ラインでは逆に平均 2, 3cm 程度の地盤増加となっている。97 年度と比較すると土砂の堆積位置がわんど開口部中央に向かって、10m ずつ移動していることが読み取れる。これらの現象は、この部分で水際の波による砂の堆積が特に顕著である現地での観察結果と一致している。99 年度の流砂防止堰設置半年後から 1 年後までの土の増減を検討する。図 5-13 より、沖合方向の変化では、矢板外部の 40m 付近において 9cm の堆積、そして 10m~20m 付近で最大 12cm の堆積が起っている。地盤の堆積、浸食などの地盤変化を図 5-22 と比較すると、平均値が 17cm から 23cm に大きくなっていることがわかる。しかし、流砂防止堰設置以前の 27cm よりは、まだ 4cm 変化幅が小さい。また、堆積のピークが陸方向に 10m、浸食のピークが陸方向に 7m ずれている。一方、湖周方向での変化では、わんど南部において土砂が堆積し、北部において浸食される傾向がうかがえる。

わんど型施設の土砂の移動に関して、流砂防止堰設置前後の地盤変化を比較すると、以下の変化が見られた。

- ① 地盤の堆積、浸食などの地盤変化平均値が 27cm から 17cm に小さくなった。
- ② 土砂増減の個所が減少し、安定した地盤が得られた。
- ③ 土砂堆積、浸食のピークがそれぞれ沖方向に 13m、9m 移動した。
- ④ 浸食区域の湖周方向への幅が 30m から 10m へと小さくなった。
- ⑤ 土砂の堆積位置がわんど開口部中央に向かって、それぞれ 10m ずつ移動した。

以上の結果から、本実験施設における流砂防止堰は、設置後半年間の土砂の流出量を大幅に抑制したと言える。しかし、その効果は琵琶湖水位の上昇した時期には縮小する傾向にあることがうかがえた。

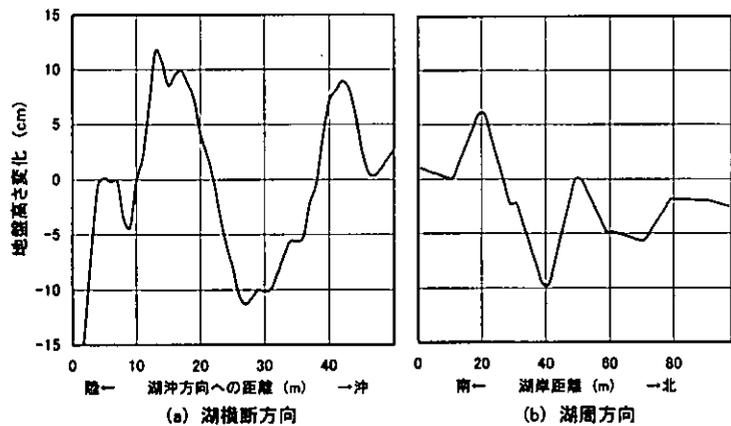


図 5-13 わんど型実験施設での地盤変化平均値
(1999/3/1~1999/8/24 の変化量)

5.4 なぎさ型実験施設における地盤安定度調査の結果

5.4.1 概要

97, 99年度になぎさ型実験施設において測量、定期地盤高調査、粒度試験、定点撮影を行った。また、99年度は、上記調査項目に加えて、含水率、比重の測定を加えた土壌分析を計2回行った。調査実施日は、表5-7に示す通りであり、本節においては、なぎさ型実験施設の地盤変化について検討を行うものとする。

表 5-7 地盤安定度調査概要

	なぎさ型施設		調査実施日		
	97年度	地形測量		1997/10/13	1997/10/20
97年度	横断測量	沖合方向4ライン	1997/10/13	1997/10/20	1997/10/28
		沖合方向11ライン	1997/11/7	1997/11/17	1997/12/16
			1998/1/7	1998/1/16	1998/1/26
			1998/2/6	1998/2/18	1998/3/3
97年度	粒度試験	3検体×3回(粒度分布)	1997/10/13	1997/10/20	1998/3/11
	なぎさ型施設		調査実施日		
	99年度	地形測量		1999/8/24	2000/2/28
99年度	横断測量	沖合方向11ライン	1999/8/24	2000/2/28	
		粒度試験	3検体×2回	1999/8/24	2000/2/28

5.4.2 調査方法

(1) 測量定期地盤高調査

99年度は、なぎさ型実験施設において、8月24日、2月28日の計2回地形測量を行った。

(2) 粒度試験

ヨシの生育の大きな要素である土壌を知り、土砂の移動を把握する目的から、地盤整形前後の粒度試験を実施した。また、99年度は土壌自身の体積のみではなく質量を把握するために、土壌分析に含水率および比重の測定を行った。試験個数は、なぎさ型実験施設で計6検体(3検体×2回)である。

(3) 定点撮影

ヨシの成長過程の把握や地盤変化の検討資料として、ほぼ週1回のペースで定点撮影を行った。撮影開始日と撮影位置については図5-14に示す通りである。

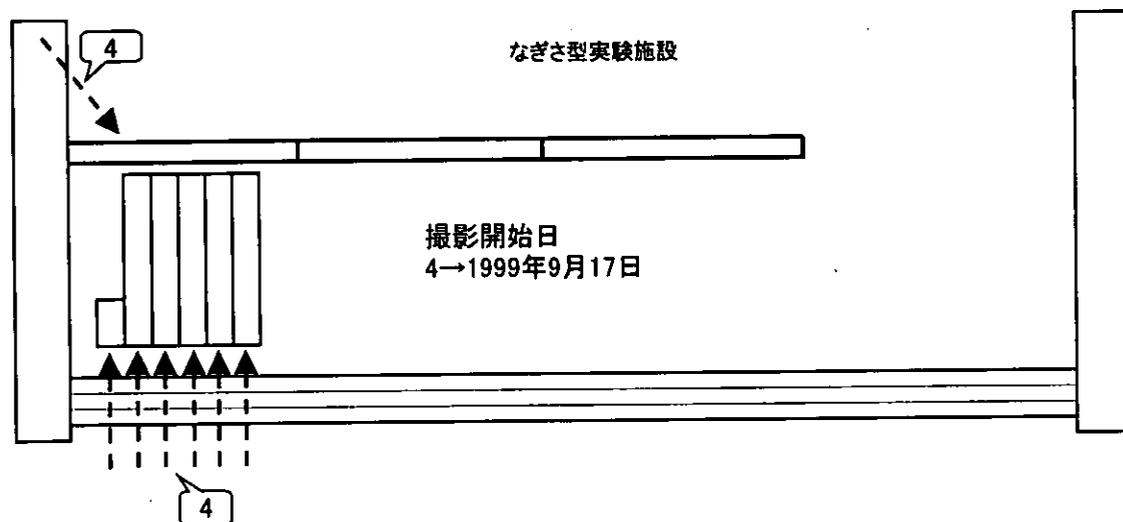


図 5-14 定点撮影開始日と撮影位置

5.4.3 調査結果および考察

1997年10月の基盤整形工事以来、なぎさ型実験施設において沖合方向11ライン(各ラインで10以上の測点)の地盤高詳細調査をわんど型実験施設で計5回実施した。一昨年度までの地盤安定度調査により、なぎさ型実験施設の流砂防止効果がわんど型実験施設より大きいことが推測されたが、98年度はなぎさ型実験施設において、地形測量を行っておらず、長期的な土砂の移動特性については分かっていない。

(1) 全体の地盤変化

表5-8に97年度のなぎさ型実験施設の地盤高変化を示す。表5-8は、消波ブロックより陸側23mの区域(湖周方向98m、総面積2,254m²)について、各調査における比高別面積を示したものである。地盤整形工事により比高0cm付近で凸凹が平滑化され、比高0cm以上の地盤が全体の20%から8.5%に減少した。ヨシ植栽に適しているとされる比高-40~0cmの区域が全体の54%から63%に増大したが、その4ヶ月半後には56%とほぼ整形前に近い値となった。また、比高-40cm以深の地盤は、地盤整形4ヶ月半後には、25%から33%に増加している。このことから、なぎさ型施設においても地盤浸食が起こっていたことがわかる。

表5-9は、なぎさ型施設とわんど型施設の比高変化を比較したものである。この表より、以下のことがわかる。

- ① なぎさ型施設の整形後の地盤が、比高-40~-20cmが全体の47%と高くなっているのに対して、わんど型施設は比高-40~20cmと幅広く整形が行なわれている。比高-100cm以深の地盤はわんど型施設で多く見られる。
- ② わんど型施設、矢板内側30m区間の平均比高が、地盤整形によって-32cmから-26cmに上がり、その4ヶ月半後には-24cmとなった。
- ③ なぎさ型施設、消波ブロック内側23m区間の平均比高が、地盤整形によって-27cmから-32cmに下がり、その4ヶ月半後には-36cmとなった。

以上の結果、なぎさ型施設の流砂防止効果は、わんど型施設に比べて高いことが推測された。

(2) 浸食と堆積(なぎさ)

なぎさ型施設における土の増減を検討する。図5-15は、(a)は湖周方向に平均し沖合方向への平均的な変化を示したものの、(b)は沖合方向0~30m(消波ブロック地点まで)の平均値で湖周方向への変化を示したものである。図5-15を見ると、沖合方向の変化では、7m付近で増加が始まり、12m地点で平均3cmの増加(堆積)となり、逆に消波ブロック手前である25m付近で-13cmの浸食があり、浸食のピークとなっていることがうかがえる。そして、31m付近で6cmの増加となる他は、それほど明確な特徴はない。

表5-8 なぎさ型実験施設の地盤高の変化

比高範囲(cm) (以上 ~ 未満)	面積(m ²)			割合(%)		
	整地前	整地後	4ヶ月半後	整地前	整地後	4ヶ月半後
40 ~ 60	0	0	0	0.00	0.00	0.00
20 ~ 40	96	14	42	4.26	0.62	1.86
0 ~ 20	370	176	184	16.42	7.81	8.16
-20 ~ 0	554	434	424	24.58	19.25	18.81
-40 ~ -20	658	1060	844	29.19	47.03	37.44
-60 ~ -40	208	208	296	9.23	9.23	13.13
-80 ~ -60	168	146	232	7.45	6.48	10.29
-100 ~ -80	104	108	158	4.61	4.79	7.01
-120 ~ -100	96	108	66	4.26	4.79	2.93
-140 ~ -120	0	0	8	0.00	0.00	0.35
-160 ~ -140	0	0	0	0.00	0.00	0.00

表5-9 わんど・なぎさ型実験施設の

比高範囲(cm) (以上 ~ 未満)	わんど型 割合(%)			なぎさ型 割合(%)		
	整地前	整地後	4ヶ月半後	整地前	整地後	4ヶ月半後
40 ~ 60	0.34	0.41	0.48	0.00	0.00	0.00
20 ~ 40	7.89	4.97	11.56	4.26	0.62	1.86
0 ~ 20	20.61	20.34	24.90	16.42	7.81	8.16
-20 ~ 0	25.99	38.26	20.54	24.58	19.25	18.81
-40 ~ -20	10.61	18.26	14.76	29.19	47.03	37.44
-60 ~ -40	8.10	3.81	8.10	9.23	9.23	13.13
-80 ~ -60	6.33	2.11	4.97	7.45	6.48	10.29
-100 ~ -80	5.71	2.04	4.42	4.61	4.79	7.01
-120 ~ -100	6.39	6.94	4.56	4.26	4.79	2.93
-140 ~ -120	8.03	6.87	4.49	0.00	0.00	0.35
-160 ~ -140	0.00	0.00	1.22	0.00	0.00	0.00
比高平均(cm)	-32	-26	-24	-27	-33	-36
比高標準偏差(cm)	48	44	45	33	29	30

一方、湖周方向での変化では、消波ブロック手前において、少しの浸食があり、消波ブロック先端の開口部である 80m 地点で 8cm ほどの堆積が見られる。このことから、浸食およびそれに続く開口部からの土砂の流出が生じていると予想される。しかし、この結果は約 7 ヶ月間の地形測定の結果であり、その後の波浪による影響が、地盤形成にどのような影響を与えたのかを検討するためには、長期間のデータ蓄積が不可欠である。

次に、98 年 3 月から 99 年 8 月までのなぎさ型施設における土の増減を検討する。図 5-16 は、a) は湖周方向に平均し沖合方向への平均的な変化を示したものの、(b) は沖合方向 0~30m (消波ブロック地点まで) の平均値で湖周方向への変化を示したものである。図 5-16 を見ると、沖合方向の変化では、7m 付近で増加し、逆に 9m 地点で平均 -13cm の減少(浸食)となり、消波プロ

ックの前後である 26m, 32m 付近で -12cm の浸食となっていることがわかる。一方、湖周方向での変化では、消波ブロック手前においても少しの浸食があるが、消波ブロック先端の開口部に近づくにつれて浸食厚が大きくなり、最大で 6cm の浸食が起っている。このことから、開口部からの土砂の流出が生じていることが予想される。

5.4.4 粒度分布

(1) 概要

本実験では地盤高調査と並行して、97 年度はわんど型・なぎさ型両実験施設を対象に土壌の粒度分布を調査し、98 年度はわんど型実験施設のみを対象に、土壌の粒径分布、含水比および比重を調査した。そして、本年度は、わんど型・なぎさ型両実験施設を対象に土壌の粒径分布、含水比および比重の調査を実施した。

本項では、このデータをもとに、

- ① わんど型、なぎさ型両実験施設における土壌変化の比較 (1997/10/13~1999/8/24)

また、97 年度~99 年度のわんど型・なぎさ型両実験施設を比較することで、流砂防止堰(フトンかご)の流砂防止効果、消波施設の違いによる流砂防止効果などを中心に検討していくこととする。

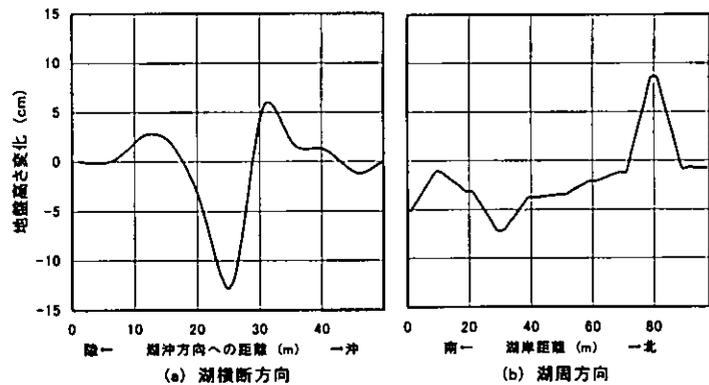


図 5-15 なぎさ型実験施設での地盤変化平均値
(1997/10/20~1998/3/11 の変化量)

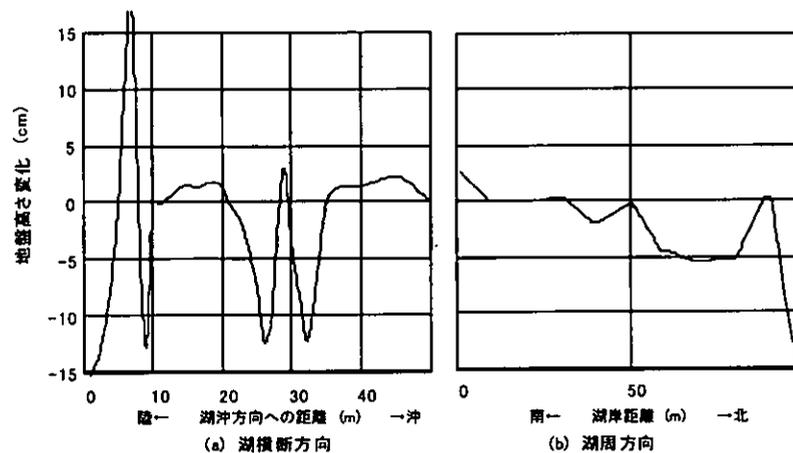


図 5-16 なぎさ型実験施設での地盤変化平均値
(1998/3/11~1999/8/24 の変化量)

(2) わんど・なぎさ型両実験施設における土壌変化の比較 (1997/10/13~1999/8/24)

図 5-17 は、わんど、なぎさ型実験施設における 97 年度、99 年度の地盤整形工事後および整形 4 ヶ月半後、1 年 10 ヶ月後の粒径の非超過確率 (重量) 変化を示している。

(a) わんど型実験施設の図より、NO. 0+20 と、NO. 0+50 および NO. 0+80 との粒径の変化に違いが生じていることが読み取れる。20m ラインでは、地盤整形 4 ヶ月半後に細かくなった粒径が、1 年 10 ヶ月後には整形後以上に粗くなっている。特に粒径 1mm 以上の粒子が約 30% 増加している。一方、50m、80m ラインでは、地盤整形 4 ヶ月半後に粗くなった粒径が 1 年 10 ヶ月後には整形後以上に細かくなっている。これらの要因としては、1998 年 8 月に実施した地盤整形が挙げられる。また、地盤整形に伴って設置した流砂防止堰の影響も考えられる。1999 年春季は、琵琶湖水位の上昇とともにわんど南部 (NO. 0+20) 方向への波浪が卓越していた。このことから、地盤整形によって投入された粒径の細かな粒子が、波浪によってわんど中央部 (NO. 0+50) およびわんど北部 (NO. 0+80) に流され、図 5-17 の結果となったのではないかと推測される。

一方、(b) なぎさ型実験施設の図を見ると、NO. 1+10, 30 ラインにおいて、地盤整形後とその 4 ヶ月半後、1 年 10 ヶ月後の粒径があまり変わらないことが読み取れる。つまり、なぎさ型実験施設の開口部から離れた場所は、地盤および土壌が安定していたことになる。一方、開口部付近である NO. 1+50 ラインにおいては、整形後の 4 ヶ月半で粒径の細かい土壌となっていたが、1 年 10 ヶ月後には地盤整形後の土壌に近づく結果となった。

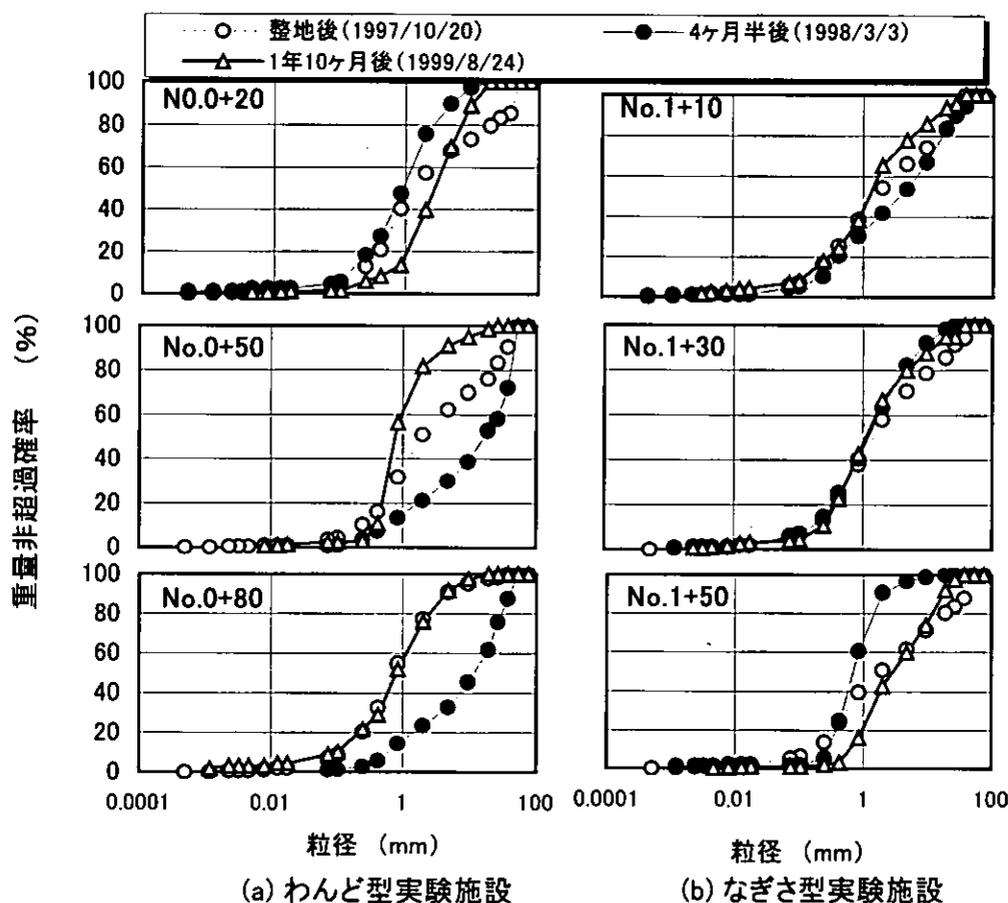


図 5-17 わんど・なぎさ型実験施設の土壌粒径非超過確率の変化

この粒径の特徴をもっと明確に示すため、図 5-18 には、この非超過確率の測定粒径

間の差を粒径間大きさ（長さの比の常用対数値）で割り、標準化した頻度で対数軸上の頻度分布を求め図化した。この図より、わんど、なぎさ型両実験施設においては粒径 1mm の砂が大部分を占めていることがわかる。

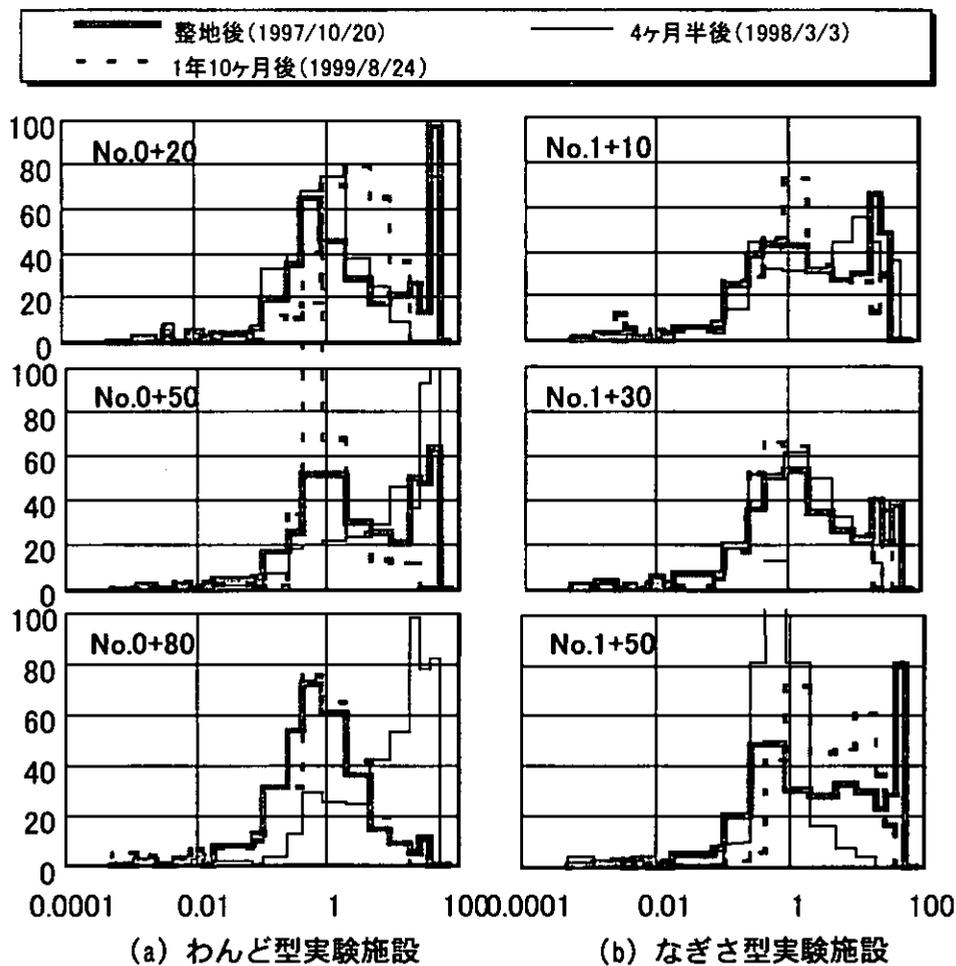


図 5-18 土壌粒径の頻度分布

6. 生育観察調査結果

6.1 概説

本章では実験センター内のわんど型実験施設において実施した実測調査結果をそれぞれに整理する。そして、水ヨシ生育に及ぼす植栽条件の影響を考察するための資料とする。

6.2 わんど北部ヨシ植栽地

6.2.1 植栽後1年目のヨシの活着率（北部）

本実験はヨシ植栽には比較的厳しい環境条件の下で行われ、1997年10月に植栽した全1081株のうち、初年度の最終調査を行った1998年8月29日時点で449株の発芽が認められなかった。図6-1に示すように、流出もしくは無発芽株の大半はピットマン、地下茎工法によるものであり、これらを除く株の活着率は89%となった。本調査では、流出、無発芽の区別はしていないが、ピットマン工法の大半は冬期の波浪により茎ごと流されていた。また、矢板付近ならびにわんど開口部付近のヨシ株は、その後の周辺土壌の流出により、株ごと横転、流出した。よってこれらは流出株であったと推測できる。

一方、地下茎工法や陸域のヨシ株は無発芽株であったと現地観測より推定できる。

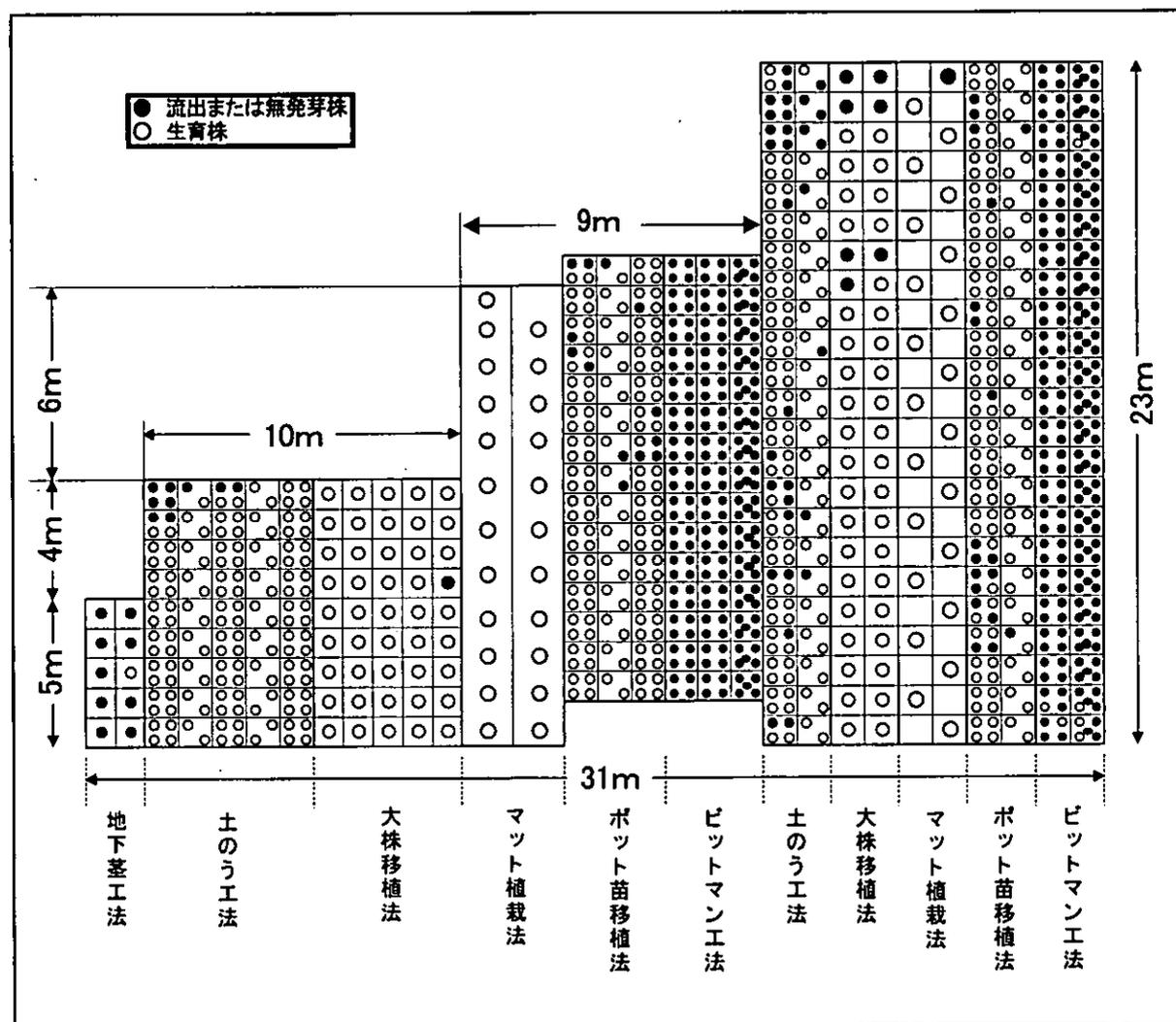


図6-1 植栽後1年目の活着状況（わんど北部）

また、表6-1に示すように、8月29日の時点ではマット植栽法が98%ともっとも高い活着率を示した。1994年に滋賀県近江八幡牧地先で行われた森田ら²⁾のマット植栽法によるヨシ植栽実験によると、比高（琵琶湖標準水位を0cmとする）-58~-98cmの3地点で植栽したすべてのヨシが活着し、周囲に地下茎が伸長したと報告されている。ただし、このときの琵琶湖水位は-123 cmまで低下している。本実験では比高-39cmに植栽したマット苗が流出し、周囲の地盤に活着しなかった。流出株は波浪の影響を受けやすいわんど開口部付近に多く存在したことから、株周辺の地盤が波浪により浸食され、株流出の原因となったと考えられる。なお、マット苗が流出した区画の植栽9ヶ月半後の比高は-54cmであり、株周辺の地盤は15cm浸食されていた。

表 6-1 調査結果集計 (1998年 8月 29日調査)

集計項目	ピットマン ン工法	土のう 工法	マット 植栽法	大株 移植法	ポット苗 移植法	地下茎 工法
平均ヨシ茎個体数(本/株)	0.02	21.1	171.3	20.6	21.2	0.7
標準偏差(本/株)	0.27	15.5	108.6	12.9	17.2	2.1
最大ヨシ茎個体数(本/株)	5	70	600	62	100	7
植栽株数	364	282	46	91	288	10
無発芽株数	361	40	1	8	30	9
活着率(%)	0.8	85.8	97.8	91.2	89.6	10.0
平均ヨシ茎個体数密度 (本/m ²)	0.16	65.3	86.6	20.6	67.8	0.7

6.2.2 植栽後1年目のヨシ生育状況(北部)

図6-2には土のう工法を例として茎個体数密度および最長草高の経時変化を示す。この図から、最長草高は4月期に著しく成長するのに対して、茎個体数密度は8月下旬まで緩やかに増加し続ける傾向がみられた。すなわち、ヨシ群落草高については6月の時点である程度の長さには達し、その後、小さな草高個体数が増加することを示している。これは、水位の低下にともない発芽していなかったヨシの株から新芽が出てきた結果を反映していると現地観察より判断できる。

図6-3は植栽工法別のヨシ茎個体数密度の経時変化を示しており、地下茎、ピットマン工法は全体を通じて0~2本/m²とほとんど生育しなかったことが読み取れる。また、その他の工法では4月頃から増加を始め、マット植栽法、土のう工法、ポット苗移植法では8月まで増加傾向にあった。一方大株移植法は、4月から6月にか

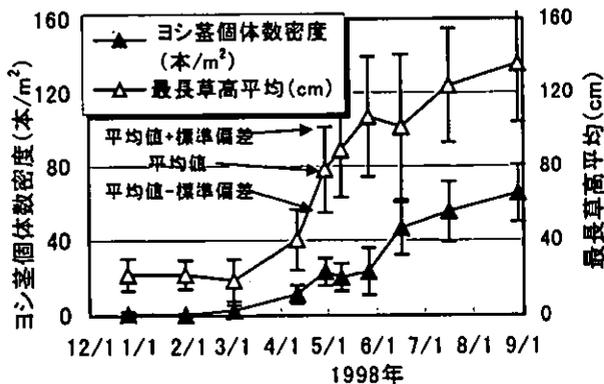


図 6-2 ヨシ茎個体数密度と最長草高の経時変化(土のう工法)

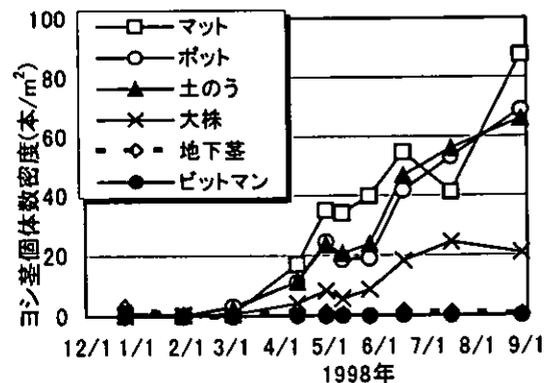


図 6-3 植栽工法別ヨシ茎個体数密度の経時変化

けて緩い増加が見られ20本/m²ほどになったものの、その後は増加が見られなかった。8月29日時点でのヨシ茎個体数密度は、マット植栽法、ポット苗移植法、土のう工法、大株移植法の順に、86.6、67.8、65.3、20.6本/m²となり、大株移植法を除いては

琵琶湖平均値 (31.1 本/m²)³⁾ に比べて高密度に生育した。

6.2.3 植栽後2年目のヨシ生育状況 (北部)

植栽工法別のヨシ茎個体数密度の平均値を図6-4に示す。植栽2年目は1年目に比べて、8月下旬における平均個体数密度が1.5倍 (34→51 本/m²) に増加し、最長草高も1年目の約200cmから280cmにまで達するヨシ株が数カ所に存在した。特に、大株移植法の個体数密度が顕著に増加し、総じて植栽工法による生育状況の差が1年目よりより明確になっている。8月28日時点でのヨシ

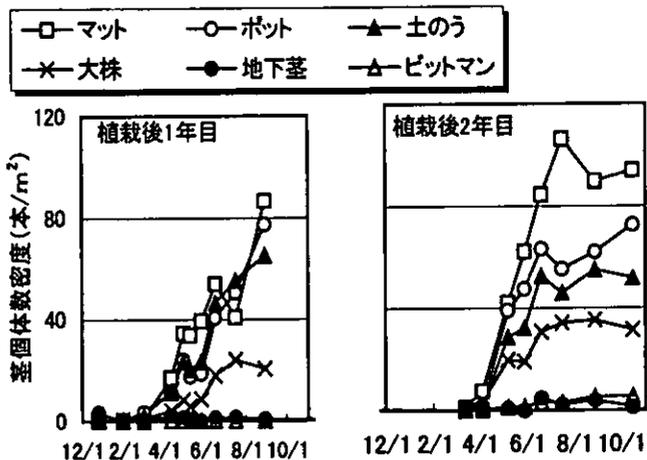


図6-4 植栽工法別ヨシ茎個体数密度の経時変化

茎個体数密度は、マット植栽法、ポット苗移植法、土のう工法、大株移植法の順に、89.8、62.1、55.2、35.5 本/m² となり、マット植栽法、大株移植法が1年目比べて高密度に生育した。

6.3 わんど南部ヨシ植栽地

6.3.1 植栽後1年目のヨシの活着率 (南部)

わんど北部の植栽ヨシが1年目の成長をほぼ完了させようとしていた1998年8月下旬、施設左右対照のわんど南部区域に、535株のヨシが植栽された。1998年8月に植栽された全535株のうち、1年目の生育がほぼ完了した1999年8月28日時点で196株の発芽が認められなかった。図6-5に示すように、流出もしくは無発芽株の大半はピットマン工法によるものであり、ピットマン工法を除く株の活着率は94%となった。

また、表6-2に示すように、8月28日の時点では大株移植法が100%、ポット苗移植法が98%と高い活着率を示し、反対にマット植栽法は58%と低い活着率となった。

また、地下茎工法も3区画の植栽ではあったが100%の活着率となった。

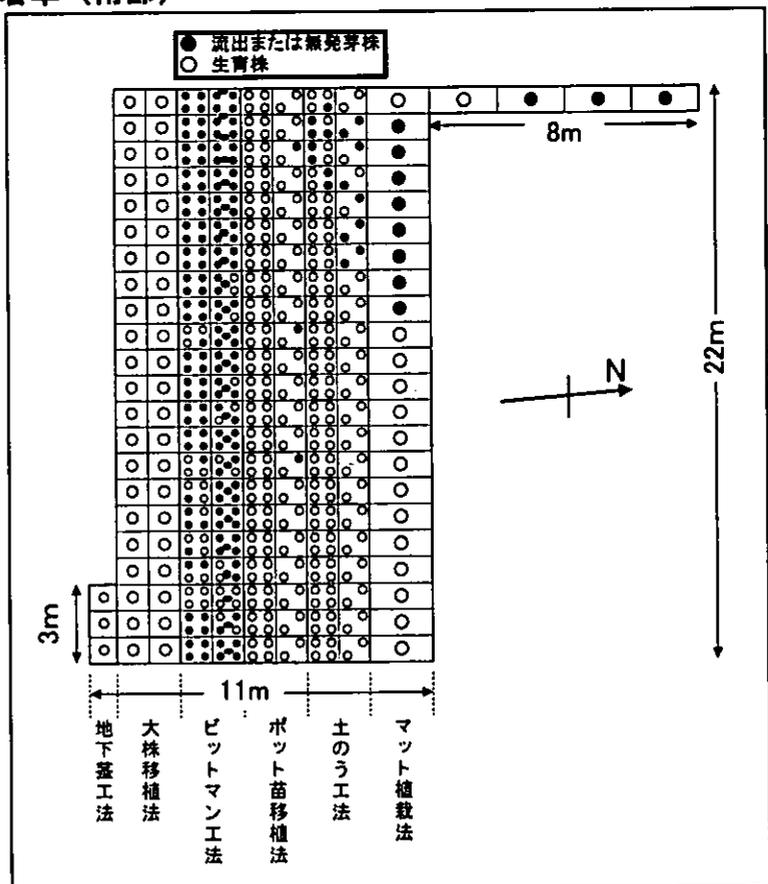


図6-5 植栽1年目のヨシ活着状況 (南部植栽地)

わんど開口部から離れた場所に植栽された株の活着率が概ね高く、わんど開口部のもっとも近くに植栽されたマット植栽法は、波浪や土砂移動により58%と低い活着率に留まった。

表6-2 南部調査結果集計 (1999年8月28日調査)

集計項目	ピットマン工法	土のう工法	マット植栽法	大株移植法	ポット苗移植法	地下茎工法
平均ヨシ茎個体数(本/株)	0.5	13.9	156.9	43.1	18.8	16.7
標準偏差(本/株)	1.4	16.9	171.8	27.8	15.9	1.5
最大ヨシ茎個体数(本/株)	8	108	552	100	76	18
植栽株数	198	132	26	44	132	3
無発芽株数	165	17	11	0	3	0
活着率(%)	16.7	87.1	57.7	100.0	97.7	100.0
平均ヨシ茎個体数密度(本/m ²)	2.2	55.4	75.4	43.1	75.3	16.7

このことから、植栽ヨシの活着の成否には、確かに植栽工法の特長も影響はするが、それを越える影響が発生した時は、むしろ植栽配置が大きく影響するのではないかと推測された。おそらく、冬期の水位上昇時に土砂がマット植栽法、土のう工法の植栽ヨシに大きく堆積し、株が土中に埋もれ、その上部を流速の早い波浪が通過していくという状況で、旧年のヨシ茎が倒されてしまい、根圏への酸素の供給ができない状態となり、無発芽株が多数存在したのではないかと推測された。一方で、わんど北部において活着率が低かった地下茎工法が発芽し、発芽後も流されることなく活着するといった現象も生じた。大株移植法も100%が活着し、これらの関係から、植栽配置を工夫すれば、簡易な植栽法でも活着する可能性は増大することが推測された。しかし、依然としてピットマン工法の活着率は17%と低く、もう少し環境条件の緩やかな場所での植栽が好ましいと思われる結果となった。

植栽工法別の集計では、ピットマン工法は全体を通じて0~3本/m²とほとんど生育しなかった。1年目の生育がほぼ完了したと思われる8月28日時点でのヨシ茎個体数密度は、マット植栽法、ポット苗移植法、土のう工法、大株移植法の順に、75.4、75.3、55.4、43.1本/m²となり、大株移植法が北部1年目に比べて高密度に生育した。また、地下茎工法の茎個体数密度が16.7本/m²であった。

7. ヨシ植栽工法検討

7.1 概説

本章では、ヨシ生育観察調査、刈り取り調査と地盤測量の結果から、植栽工法、植栽密度別のヨシ生育状況と生育環境（水位変動、植生地盤高など）との関係についてのデータを蓄積し、その関係を定量的に検討、評価する。そして、植栽工法別に個々の植栽条件を算出することを目的としている。

7.2 多元配置分散分析によるヨシ生育影響要因の評価

7.2.1 ヨシの生育に及ぼす影響要因の検定

ヨシの生育に大きな影響を及ぼす要因としては、植栽工法、水位変化、地盤変化などが考えられる。そこで本章では、湖畔に直交で配列された A ゾーンのヨシ茎個体数データ 2 年分（データ数 $2400=10 \times 10 \times 12 \times 2$ ）をもとに、調査日 (A_j , 10 水準)、植栽工法 (B_j , 10 水準) (植栽密度差などを含む)、植栽位置 (C_k , 沖合から陸方向に 12 水準)、調査年度 (D_m , 2 水準) の 4 因子による 4 元配置分散分析を行い、それら因子の影響を考察する。目的変数は茎個体数密度 (本/m²) であり、次のモデル式で表される。

$$X_{ijkm} = x_0 + a_i + b_j + c_k + d_m + (ab)_{ij} + (ac)_{ik} + (ad)_{im} + (bc)_{jk} + (bd)_{jm} + (cd)_{km} + (abc)_{ijk} + (abd)_{ijm} + (acd)_{ikm} + (bcd)_{jkm} + e_{ijkm} \quad (\text{式6-1})$$

ここで、 x_0 は適用データの総平均値であり、 $a_i \sim d_m$ は因子 $A_i \sim D_m$ の主効果を、 $(ab)_{ij} \sim (cd)_{km}$ は 2 因子交互作用を、 $(abc)_{ijk} \sim (bcd)_{jkm}$ は 3 因子交互作用を、 e_{ijkm} は残差を示す。このモデル式をもとに分散分析表を作成し、ヨシの生育に及ぼす影響要因の検定を行い、さらにそれらの要因の寄与率を算出した。

図 7-1 は、各影響因子の寄与率を示している。これから、調査日の寄与率が 31.9%、植栽工法の寄与率が 16.6%、植栽位置の寄与率が 2.5%、調査年度の寄与率が 1.3% となり、季節変化、植栽工法がヨシ生育に大きく寄与していることが分かる。また、主効果のみで 50% 以上、2 因子交互作用を加えると約 80% が説明可能であり、残差は 9.1% にとどまった。調査日と植栽工法の交互作用 $A \times B$ が 13.7% と高い寄与率を示しているが、これは、植栽工法別にヨシが大きく成長する期間が異なることを表していると考えられる。

□ 調査日(A)	▨ 植栽工法(B)	▩ 植栽位置(C)	□ 年(D)
▨ A×B	▩ A×C	■ A×D	▨ B×C
■ B×D	▨ C×D	□ A×B×C	□ A×B×D
■ A×C×D	■ B×C×D	□ 残差(E)	

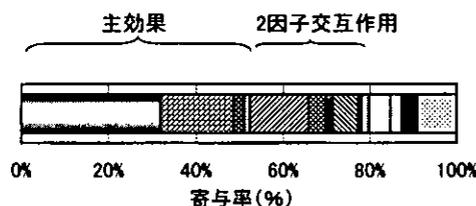


図 7-1 ヨシ生育に及ぼす影響要因の寄与割合

調査年度の効果については、調査 2 年目ということもあり 1.3% と小さかったが、今後ヨシ群落が成熟していく過程で大きな寄与を占めるようになると思われる。

7.2.2 ヨシ生育に及ぼす影響因子の寄与割合の変化

わんど北部植栽地の植栽後 1, 2 年目とわんど南部植栽地の 1 年目の調査結果を用いて、それぞれに調査日 (A_j , 10 水準)、植栽工法 (B_j , 10 水準 (南部 9 水準) (植栽密度差などを含む)、植栽位置 (C_k , 沖合から陸方向に 12 水準 (南部 11 水準)) の 3 因子に

よる 3 元配置分散分析を実施した。モデル式は次のようになる。

$$X_{ijk} = x_0 + a_i + b_j + c_k + (ab)_{ij} + (ac)_{ik} + (bc)_{jk} + e_{ijk} \quad (\text{式 6-2})$$

個々の係数値については、上述に従うものとする。

それぞれの寄与率を図 7-2 のように整理し、わんど南部の植栽後 1 年目の結果は、わんど北部とは異なる影響を示した。わんど南部の寄与率を北部 1 年目と比較する。(カッコ内はわんど北部 1 年目との差) わんど南部 1 年目は、調査日の寄与率が 19.0% (-13.5%)、植栽工法の寄与率が 20.4% (+0.5%)、植栽位置の寄与率が 10.4% (+5.6%) となり、調査日の主効果が減り、植栽位置の主効果が増加した。また、調査日と植栽

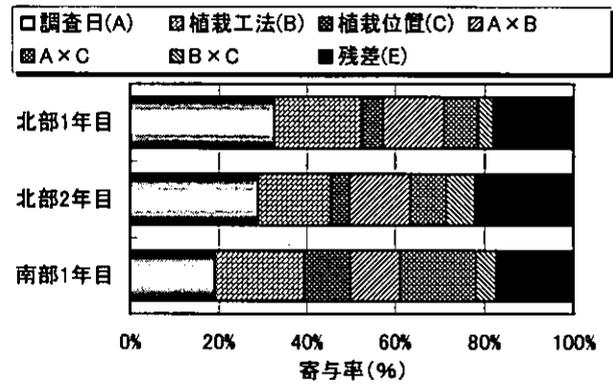


図 7-2 ヨシ生育に及ぼす影響要因の寄与割合

位置との 2 因子交互作用が 17.0% (+9.4%) と大きく増加したが、これは、わんど開口部付近に植栽したヨシが、その後の土砂の堆積などによって埋もれてしまい、春以降、無発芽となった割合の高い地域が生まれたことが影響している。一方、わんど北部 1 年目と同様に、植栽工法の寄与割合が全体のほぼ 20% となった。これにより、植栽後 1 年目のヨシ生育に及ぼす、マット植栽法、土のう工法、ポット苗移植法、大株移植法、ビットマン工法、地下茎工法での植栽による植栽工法の影響は、ほぼ 20% であると推測できる。

7.3 交互作用がヨシ生育に及ぼす影響

7.3.1 調査日と初期植栽密度との交互作用

植栽されたヨシは地下茎を発達させることにより、徐々に生育面積を広げることが知られている。よって、植栽時にヨシ株を低密度に配置しても、その環境にヨシが適応し生育面積を拡大することで十分な植栽効果が得られる場合がある。一方、高密度での植栽は、手間がかかるものの初期状態

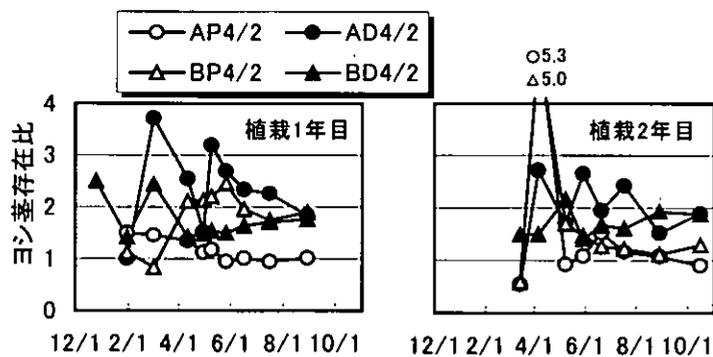


図 7-3 初期植栽密度とヨシ茎個体数との関係

においては安定した成長が見込める。よって、ヨシ植栽時に根圏を発達させるには、やや厳しい生育環境条件下にヨシを植栽する際には、適した植栽法であるといえる。しかし、これらの植栽密度とヨシ生育との関係に視点を置いた検討事例はほとんどない。

ポット苗移植法 (P)、土のう工法 (D) では、A、B 両ゾーン (A、B) に 2 株/m²、4 株/m² の 2 通りの植栽密度でヨシが植栽されている。図 7-3 では植栽密度の違いによる成長への影響を植栽密度 4 株/m² と 2 株/m² の個体数密度の比で示し、ゾーン (A、B) 及び工法 (P、D) の影響

を検討した。植栽2年目は根圏の発達により、未植栽区域からも発芽が多く見られた。土のう工法は比較的植栽株数とその後の成長に影響を及ぼしていたが、ポット苗移植法は植栽2年目にして初期条件2株/m²が4株/m²の生育状況に近づいた。このことから、ヨシ株を保護するための土のう袋が、逆に根圏の進出を妨げる要因のひとつとなったのではないかと推測される。

7.4.4 植栽工法と植栽位置との交互作用

毛涯ら⁴⁾は実際にヨシ植栽を行った経験から、琵琶湖での良好な植栽条件を、勾配が緩やかで水深60~80cm程度までと述べているが、琵琶湖水位は年間変動幅が平均98.7cm(1996~1998年平均)と大きく、実際にヨシ植栽を行う上では、これらの変動要因も考慮した検討が必要となる。そこで、冠水がヨシ生育に及ぼす影響について検討するため、ほぼ月1回の水深調査結果と琵琶湖水位を用いて、最大1000回、交差0.001の条件の反復計算による2次元スプライン補正⁵⁾を行い、株ごとの地盤高を算出しヨシ植栽後1年間の水深の経時変化を推定した。なお、陸地の水深は0cmとおき、土砂の浸食堆積による地盤変化については、株ごとに隣接する調査間で直線補間を行った。ただし、2調査連続で陸地であった株については、その調査間も陸地であると仮定した。

次に上記の手法で算出した株ごとの年間平均

水深とヨシ生育との関係を検討し、琵琶湖におけるヨシ生育と水位との関係について検討を行った。図7-4(a),(b)は、それぞれ1998年5月9日、8月29日の植栽株ごとのヨシ茎個体数と年間平均水深との散布図である。5月9日調査時点では年間平均水深が32cm以深で、多くのヨシが無発芽状態である。琵琶湖水位はこの時点まで増加し、5月9日時点では+28cmとなっていた。浸食などによって場所により地盤高が変化するので、若干の幅はあるが、年間平均水深32cmの区画は5月9日時点の水深が70cmであった。その後、水位の低下などにより年間平均水深30~55cm区画においても、ヨシ茎個体数が増加する傾向にあった。

次に植栽工法別にヨシ茎個体数と年間平均水深との関係をまとめたのが、図7-5(a),(b)である。本実験においてのポット苗移植法、土のう工法、大株移植法、マット植栽法の1株あたりの植栽面積比は、1:1:4:8である。図7-5(a)より、年間平均水深とヨシ茎個体数とは負の関係、年間平均水深と無発芽率とは正の関係にあることが分かる。また、大株移植法は20cmを超える深い水深では約50%が発芽しないが、マット植栽法は比較的深い水深の状況下においても発芽していることが分かる。図7-5(b)は、水位が低下した後の8月29日の関係であり、水位の高い時期に発芽していなかったヨシが水位の低下とともに発芽したことを表す結果となった。

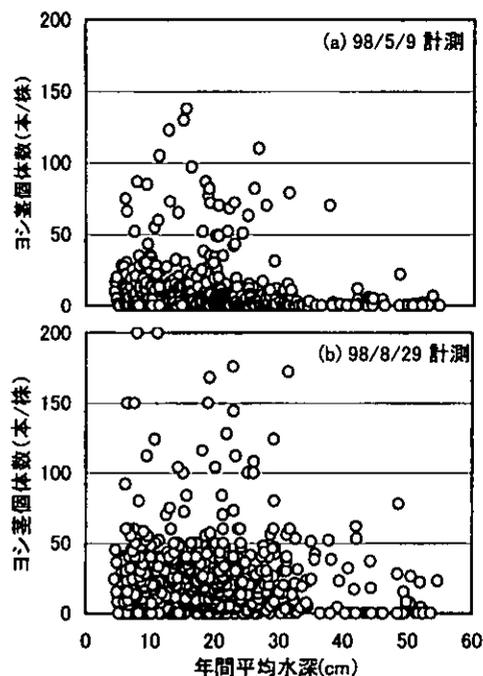


図7-4 1株当りのヨシ茎個体数と年間平均水深

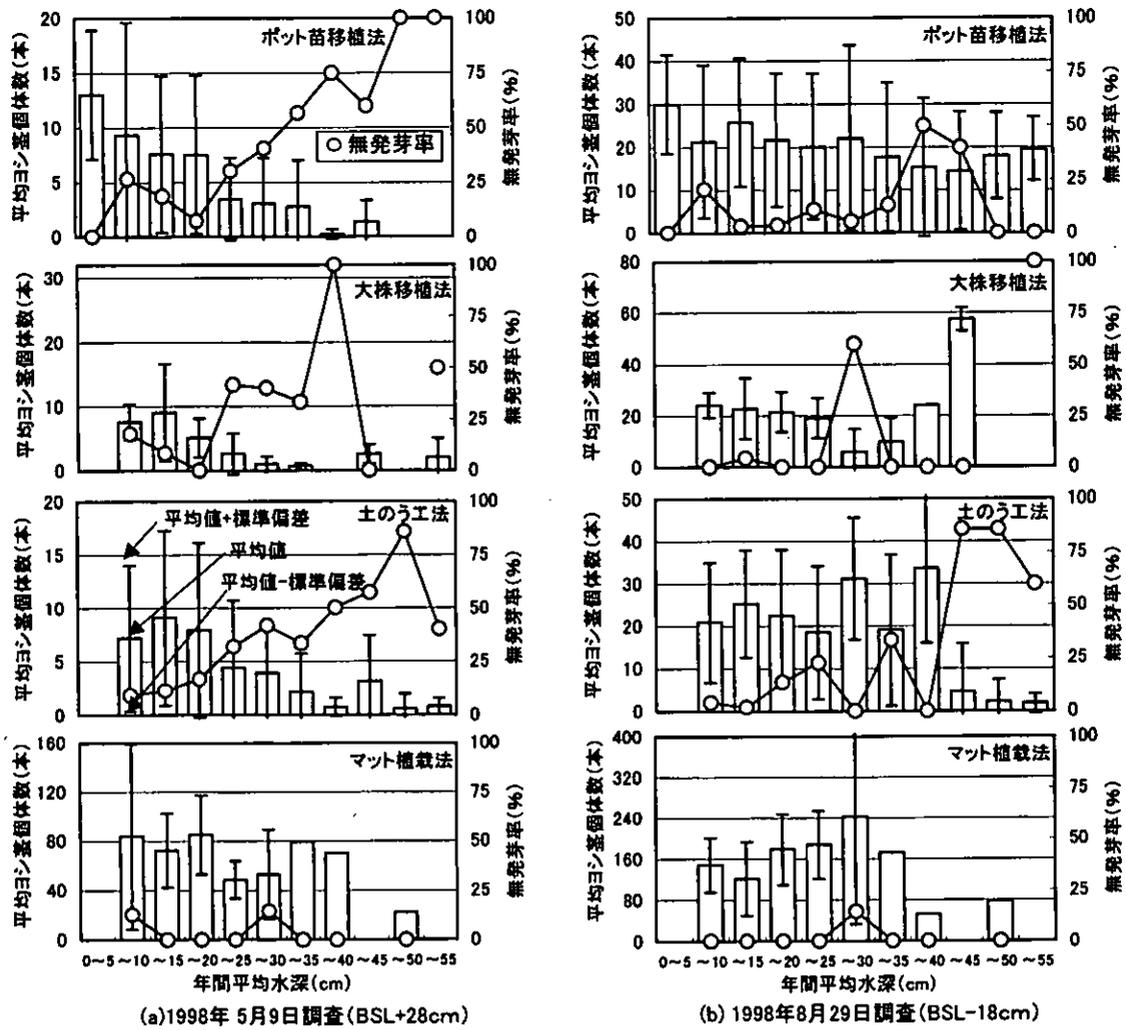


図 7-5 (a)、(b) ヨシ茎個体数と年間平均水深

これらの結果より植栽後 1 年目は、ある程度水深が深いとヨシの成長が遅れるが株を死滅させる要因とはならないことが推測された。また、8 月 29 日時点ではポット苗移植法が、年間平均水深 55cm においても平均ヨシ茎個体数が 20 本と良好な生育結果を示し、マット植栽法も年間平均水深 50cm において 78 本という良好な生育結果を示した。本実験施設では、ポット苗移植法は年間平均水深 60cm、マット植栽法は年間平均水深 55cm 以深の地盤には植栽されておらず、今後さらに深い地盤高において植栽実験を行う必要がある。また、土のう工法は平均水深 40cm、大株移植法は平均水深 45cm 以深では良好な生育結果を示さなかった。

7.5 地盤高がヨシ生育に及ぼす影響

7.5.1 概説

前節の検討により、ヨシの生育には沖陸方向、つまり植生地盤高が大きく影響することが推測された。本節では、植栽1年目、2年目のそれぞれ生育がほぼ完了したと思われる1998年8月29日、1999年8月28日の生育観察調査の結果と、1999年8月24日に行われた地盤高測定の結果を元に、ヨシ株の無発芽率と植生地盤高との関係に焦点をあてた検討を行う。植栽株ごとの地盤高については、スプライン補間を用いて算出した。また、ピットマン工法、地下茎工法については、無発芽株の割合が非常に大きいため、

本節の計算対象から除外した。

7.5.2 植生地盤高別のヨシ生育状況

1997年10月のヨシ植栽時に、土のう工法、ポット苗移植法において初期植栽密度を4株/m²、2株/m²で実施したことから、植栽後1年目の全区域に占める無発芽率は、無植栽区域を含めると全体で27.5%となった。このうち、植栽株のみの無発芽率は11.2%であり、ピットマン、地下茎を除くと、全植栽区画の16.3%がヨシを植栽していない区画であった。図7-6は、植栽1年目の植生地盤高別の無発芽率を示している。この図より、植生地盤高比高-40cm以浅の区域では、植栽区域の無植栽率が10%前後となっている。また、比高-40cm以深の区域では急激に無発芽率が高くなっており、比高-40~-50cm区域で無発芽率44.7%、-50~-60cm区域で無発芽率66.7%となっている。

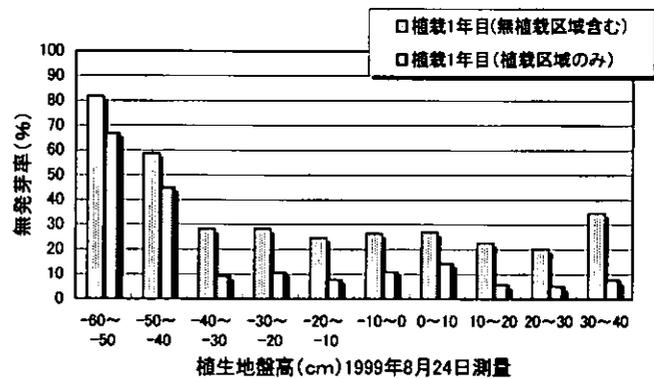


図7-6 植栽1年目の植生地盤高別無発芽率

よって比高-40cmを超える区域では、水位がヨシの発芽に悪影響を示していると言える。なお比高は(数字)以上~(数字)未満を表している。

琵琶湖水位の平均水深(1996~1998年)が-9.9cmであることから、これは、年間平均水深が32cmを超えると無発芽株の割合が増加するという考察と近似する結果となった。

次に、植栽1年目と2年目の発芽状況を比較する。図7-7は、棒グラフが植栽2年目の無発芽率を表し、折れ線グラフが植栽1年目の無植栽区域を含む無発芽率を表している。この図より、植栽2年目は比高-30cm以浅で無発芽率が20%近く低下していることが分かる。

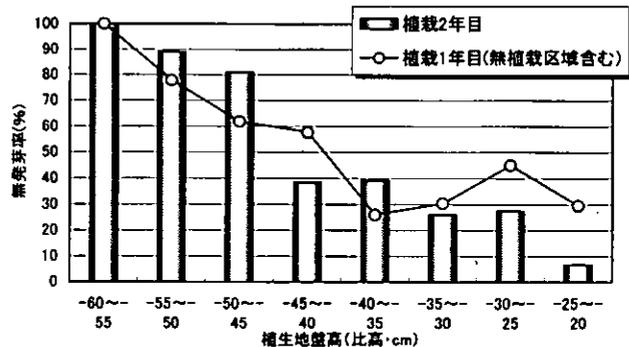


図7-7 植栽2年目の植生地盤高別無発芽率

この無発芽率の低下は、1年目無発芽区域ならび無植栽区域からの2年目の発芽を意味しており、比高-30cm以浅の地盤高は、1年目から2年目にかけてのヨシの発育を促進する環境であったことが推測される。しかし、比高が0cm~30cm区域では徐々に無発芽率の低下幅が減少しており、陸域の乾燥状態がヨシ生育に少し悪影響を及ぼしている結果が現れたのではないかと推測できる。一方、比高-30cm以深の区域では、無発芽率が高くなる傾向が示された。比高-30~-40cm区域では、植栽2年目の無発芽率が32.6%となり、1年目より5%弱の上昇となった。また、比高-40~-50cm区域では、2年目の無発芽率が56.5%となり、比高-40cmを超えると半数以上の植栽株が無発芽状態となることが分かった。そして、比高-50cm以深の区域では無発芽率が90.9%となり、植栽1年目と比べても9.1%無発芽割合が大きくなった。ということは、比高-50cm以深の区域では1年目に発芽したヨシが、2年目にさらに負の影響を受けて、2年目には発芽しなかったヨシ株が存在したことになる。ここで、比高-20~-60cm区間において、さらに5cm刻みで集計を行った。

すると、図7-8に示すように、比高-25cm、-45cmにおいて、大きく2年目の無発芽率が増加していることがわかった。植栽2年目に無発芽率が10%を超えるのは比高-25cm以深であり、そして、比高-45cm以深では、無発芽率が80%を超える。そして、比高-55cm以深では、無発芽率が100%となる。

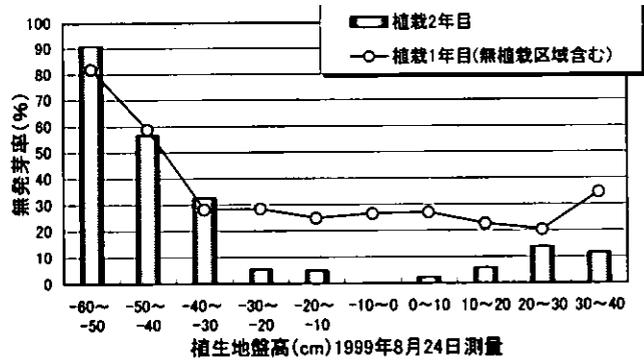


図7-8 植栽2年目の植生地盤高別無発芽率 (5cm刻み)

以上の知見を総合すると次のようになる。

- ① 発芽率が30%を超える地盤高は、植栽1年目が比高-40cm以深、2年目が比高-35cm以深である。
- ② 植栽1年目から2年目にかけて、比高-30cm以高の地盤高では、無発芽株ならびに無植栽区域からの発芽が見込める。
- ③ 比高-30~-50cm区域では、植栽1年目から2年目にかけて無発芽率がほぼ同一となり、比高-50cm以深の区域では、植栽2年目に9割以上の株が無発芽状態となる。

ヨシは群落形成過程において、その根圏を発達させることで陸域からの酸素供給を可能とする。よって、比高-30~-50cm区域において、植栽後3年目以降にヨシが成長方向に向かうかどうかといった動向が注目される。

7.5.3 植栽工法別、植生地盤高別のヨシ生育状況

表7-1に示すように1度の調査で多くのデータを得ることができ、ヨシ生育のようなばらつきの大きな現象について、そのばらつきを抑えて現象の傾向を明示するような結果を時として与えてくれた。

表7-1 植生地盤高別植生株数

比高 (cm)	-60~-50	-50~-40	-40~-30	-30~-20	-20~-10	-10~0	0~10	10~20	20~30	30~40
マット植栽法	0	3	2	3	10	12	4	6	5	2
土のう工法	9	15	20	24	32	26	28	143	65	0
ポット苗移植法	0	24	20	41	75	83	41	23	33	24
大株移植法	2	4	4	8	8	7	16	24	18	21

図7-8は、植生地盤高別の平均ヨシ茎個体数を植栽工法ごとに集計したものである。平均ヨシ茎個体数を指標とすると、株から発芽したヨシの生育状況を知ることができる。

図より、まずマット植栽法と大株移植法が相反する傾向を示していることが読み取れる。マット植栽法が比高-40~-20cmの低地盤高において良好な生育を示しているのに対して、大株移植法は比高-30cm以高で茎個体数が多くなる結果となった。

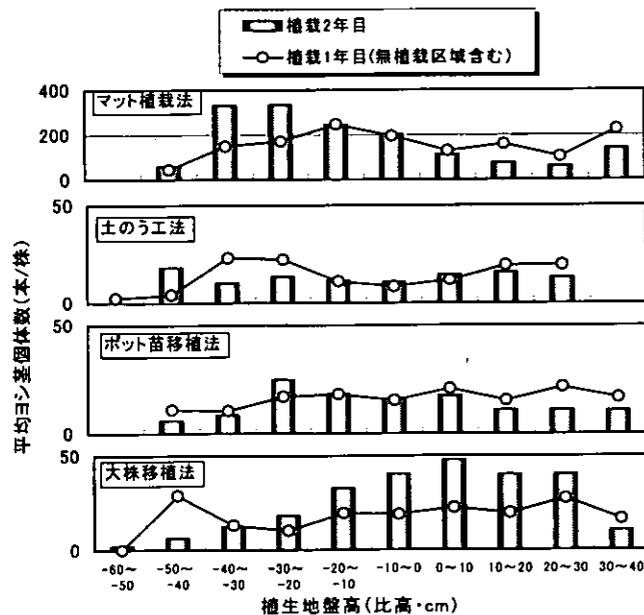


図7-8 植生地盤別平均茎個体数

一方、大株移植法は活着率という指標では土のう工法、ポット苗移植法をしのぐ好結果を残しているが、ヨシ茎個体数の指標を用いた検討においては、水深の深い位置での植栽には適さないという傾向が明らかになった。特に、比高-30~+30cmの区画においては1年目を上回る平均ヨシ茎個体数を示しているのに対して、比高-30~-40cm区画では、横ばい傾向を示し、比高-40cm以深の地盤高では、2年目に生育状況が急激に悪化している。一方、マット植栽法は-20~+10cmで横ばい状態であり、+10cm以浅の陸域では2年目にかけてヨシ茎個体数が減少している。土のう工法、ポット苗移植法は植栽1年目、2年目とも比較的同様の傾向を示しているが、やはり、比高-30cm以深で2年目に茎個体数の減少が見られる結果となった。

7.5.4 地盤変化がヨシ生育に及ぼす影響

琵琶湖沿岸域は、湖岸道路などの建設のために傾斜が以前より厳しくなっており、自然状態のままではヨシ群落の回復は期待できない状況である。遠浅の部分が少なくなった現在の琵琶湖周辺では、沿岸域への波の影響が強く、今後、琵琶湖ではヨシ植栽に付帯して地盤の整形および消波施設の設置を行う必要がある。本実験を行ったヨシ植栽地は地盤整形を行った土地であり、また、波浪条件の厳しい地区でもある。

表7-2は、地盤変化量とヨシの生育状況との関係を示したものである。表より、5cmを越える浸食は大幅にヨシの活着を妨げることがわかる。また、20cmを越える堆積も無発芽率16.2%と高く、土砂の堆積量が過大すぎることは、ヨシの生育に悪影響を及ぼすことが推測された。一方、15cm未満の堆積は、ヨシの活着にあまり悪影響を及ぼさない傾向も示された。表7-3は、地盤変化0~-15cm区間をさらに1cm刻みで集計したものである。表より、ややばらつきはあるが、浸食幅が11cmを超えると無発芽率が上昇する傾向がうかがえる。また、浸食幅が4cmを越えると無発芽率が30%を越える傾向にある。

表7-2 地盤変化とヨシ無発芽率(5cm刻み)

地盤変化量(cm)		無発芽率 (%)	植生株数
以上	未満		
-15	~-10	63.9	36
-10	~-5	45.8	48
-5	~0	8.5	117
0	~5	3.5	258
5	~10	0.0	56
10	~15	0.9	109
15	~20	9.9	131
20	~25	16.2	105
25	~30	0.0	7

表7-3 地盤変化とヨシ無発芽率(5cm刻み)

地盤変化量(cm)		無発芽率 (%)	植生株数
以上	未満		
-15	~-14	100.0	1
-14	~-13	83.3	6
-13	~-12	81.8	11
-12	~-11	60.0	5
-11	~-10	27.3	11
-10	~-9	30.8	13
-9	~-8	54.5	11
-8	~-7	41.7	12
-7	~-6	100.0	5
-6	~-5	37.5	8
-5	~-4	75.0	4
-4	~-3	10.0	10
-3	~-2	33.3	3
-2	~-1	4.5	22
-1	~0	3.9	77

ただし、ピットマン、地下茎を除く

以上より、地盤の浸食、堆積が植栽後2年目のヨシ活着に及ぼす影響を整理する。

- ① 浸食幅が4cmを越えると、無発芽率が30%を越える。
- ② 浸食幅が11cmを超えると、無発芽率が60%を越える。
- ③ 堆積幅が20cmを超えると、無発芽率が15%を越える。

よって、ヨシの植栽を成功させるためには、地盤整形後の地盤の安定が必要となってくる。そのためのヨシ群落保護工法には、現在、さまざまな被覆材や消波施設が提案されているが、本実験施設においては、鋼矢板による消波とフトン籠による流砂防止を試みた。フトン籠による地盤安定効果としては、①地盤の堆積、浸食などの地盤変化平均値が27cmから17cmに小さくなった。②土砂増減の個所が減少し、安定した地盤が得られた。などが挙げられる。

8. 調査総括および次年度実験計画

8.1 調査総括

本年度の調査では、ヨシ植栽に関して、実験地での地盤安定調査、1997年10月、1998年8月、1999年8月実施のヨシ植栽およびその後の生育観察調査を主体に解析を行った。

第5章から測量および粒度分析結果に基づき、実験施設での地盤および土壌粒度の変化について、以下の成果を得た。

・ わんど型施設の土砂の移動に関しての、流砂防止堰設置前後の地盤変化の比較から、

- ① 地盤の堆積、浸食などの地盤変化平均値が27cmから17cmに小さくなった。
- ② 土砂増減の個所が減少し、安定した地盤が得られた。
- ③ 土砂堆積、浸食のピークがそれぞれ沖方向に13m、9m移動した。
- ④ 浸食区域の湖周方向への幅が30mから10mへと小さくなった。
- ⑤ 土砂の堆積位置がわんど開口部中央に向かって、それぞれ10mずつ移動した。

以上の結果から、本実験施設における流砂防止堰は、土砂の流出量を大幅に抑制したと言える。

・ わんど型施設となぎさ型施設の比高変化の比較から、

- ⑥ なぎさ型施設の整形後の地盤が、比高-40~-20cmが全体の47%と高くなっているのに対して、わんど型施設は比高-40~20cmと幅広く整形が行なわれている。
- ⑦ 比高-100以深の地盤はわんど型施設で多く見られる。
- ⑧ わんど型施設、矢板内側30m区間の平均比高が、地盤整形によって-32cmから-26cmに上がり、その4ヶ月半後には-24cmとなった。
- ⑨ なぎさ型施設、消波ブロック内側23m区間の平均比高が、地盤整形によって-27cmから-32cmに下がり、その4ヶ月半後には-36cmとなった。

以上の結果、なぎさ型施設の土砂流出防止効果は、わんど型施設に比べて高いことがわかった。

・ わんど型施設の土壌変化に関しての、流砂防止堰設置前後の粒度変化の比較から、

- ⑩ 流砂防止堰設置前の矢板開口部が完全に開放した状態では、粒径0.1mmから10.0mmの細かな土壌の大部分が保持できない結果となった。

流砂防止堰設置後は、地盤整形後とその半年後の粒径があまり変わらず、ヨシが植栽されている80mラインにおいては、整形後の半年間でさらに細かい粒径となった。

第6章、第7章は、1997年12月から1999年10月の約2年間に、ほぼ月1回の頻度で実施した生育観察調査の結果を中心に取りまとめた。従来の調査法とは異なり、最小50cm×50cmの区画を設定することで、全植栽株を対象に生育観察調査を実施することができた。また、並行して地盤測量を実施し、その結果をもとに全植栽株の植生地盤高を算出することで、ヨシの生育環境についての把握がより詳細となった。その結果、水ヨシ生育に及ぼす植栽条件の影響に関する微視的な検討が可能となった。

そして5つの目的を明示し、それらの解決に取り組んだ。そして、水ヨシの生育に及ぼす植栽条件、生育環境の影響についての検討を行い、沿岸環境と最適なヨシ植栽工法との関係を検証することを主目的とした。以下に、その成果を記す。

8.1.1 植栽工法別のヨシ生育特性の検討

ヨシの生育状況を評価する指標としては、活着率と茎個体数密度が挙げられる。第5章では植栽工法別に生育観察調査の結果を集計し、以下の結果を得た。

<植栽後1年目の活着率>

- ・ マット植栽法 : 98% (北部)、 58% (南部)
- ・ ポット苗移植法 : 90% (北部)、 98% (南部)
- ・ 土のう工法 : 86% (北部)、 87% (南部)

- ・ 大株移植法 : 91% (北部)、100% (南部)
- ・ ビットマン工法 : 1% (北部)、17% (南部)
- ・ 地下茎工法 : 10% (北部)、100% (南部)

<平均ヨシ茎個体数密度 (8月下旬)> (小数点以下四捨五入)

- ・ マット植栽法 : 87本/m² (北部1年目)、75本/m² (南部1年目)、90本/m² (北部2年目)
- ・ ポット苗移植法 : 68本/m² (北部1年目)、75本/m² (南部1年目)、62本/m² (北部2年目)
- ・ 土のう工法 : 65本/m² (北部1年目)、55本/m² (南部1年目)、55本/m² (北部2年目)
- ・ 大株移植法 : 21本/m² (北部1年目)、43本/m² (南部1年目)、36本/m² (北部2年目)
- ・ ビットマン工法 : 0本/m² (北部1年目)、2本/m² (南部1年目)、5本/m² (北部2年目)
- ・ 地下茎工法 : 1本/m² (北部1年目)、17本/m² (南部1年目)、4本/m² (北部2年目)

ただし、ビットマン工法は1年目の活着率からわかるように、その大部分が冬期の波浪により流出した。よって、北部2年目のビットマン工法については、設定した植栽区域内に発芽したヨシをビットマン工法として集計している。

8.1.2 水ヨシ生育に及ぼす植栽条件の影響要因の抽出

第7章2節では、多元配置分散分析を用いてヨシの生育に及ぼす影響要因を明らかにし、その全体に対する影響を検討した。以下に主要な結果を記す。

<影響因子に対するF検定>

ヨシ茎個体数密度について、調査日、植栽工法、植栽位置、植栽年度の4因子による4元配置分散分析を実施したところ、調査年度の主効果、植栽工法と調査年度の2因子交互作用を除くすべての作用で危険率0.1%有意性を示した。また、調査年度は危険率10%で有意性を、植栽工法と調査年度の2因子交互作用は危険率1%で有意性を示した。

<各影響要因の寄与率> (小数点以下四捨五入)

- ・ 主効果 : 調査日32%、植栽工法17%、植栽位置3%、植栽年度1%
- ・ 2因子交互作用 : 調査日×植栽工法14%、調査日×植栽位置4%、植栽工法×植栽位置6%
- ・ 3因子交互作用 : 調査日×植栽工法×植栽位置5%
- ・ 残差 : 9%

なお、交互作用の寄与率については、主要と思われるもののみを記載した。

8.1.3 水位変動が水ヨシ生育に与える影響の検証

第7章4節では、生育観察調査時に測定した株近傍の水深と琵琶湖水位データを用いて、反復計算による2次元スプライン補間を行い、株ごとの地盤高を算出し、ヨシ植栽後1年間の水深の経時変化を推定した。そして、全植栽株ごとの年間平均水深とヨシ生育との関係を検討し、以下の知見を得た。

- ・ 年間平均水深が32cmを越えると春先のヨシの成長は遅れるが、株を死滅させる要因とはならない傾向にある。
- ・ マット植栽法の水深に対する耐久性は他の工法より高く、水深70cmの状況下でも成長することが分かり、ポット苗移植法、土のう工法は水深が45cmとなった6月初旬に、大株移植法については、水深が30cmを下回った8月にヨシ茎個体数密度が増加していることが分かった。

8.1.4 地盤変化が水ヨシ生育に与える影響の検証

第7章5節では、地盤測量の結果から全植栽株ごとの植栽地盤高とその1,2年後の植生地盤高を算出し、地盤変化量別の集計を行った。以下に主要な結果を記す。

<株周辺の地盤浸食の影響>

浸食幅 4cm以上：無発芽率30%以上

浸食幅11cm以上：無発芽率60%以上

<株周辺の地盤堆積の影響>

堆積幅-0~15cm：無発芽率 4%以下

堆積幅20cm以上：無発芽率15%以上

なお、本検討で用いた無発芽率とは、植栽後2年目の生育がほぼ完了した時点での、対象区域に占める無発芽区域の割合を示す。

8.1.5 植栽工法別の水ヨシ植栽可能地盤高の算出

第7章5節では、地盤測量の結果から全植栽株ごとの植生地盤高を算出し、植生地盤高別の集計を行った。以下に主要な結果を記す。

<全体的な傾向>

- ・ 無発芽率が30%を超える地盤高は、植栽1年目が比高-40cm以深、2年目が比高-35cm以深である。
- ・ 植栽1年目から2年目にかけて、比高-30cm以高の地盤高では、無発芽株ならびに無植栽区域からの発芽が見込める。
- ・ 比高-30~-50cm区域では、植栽1年目から2年目にかけて無発芽率がほぼ同一となり、比高-50cm以深の区域では、植栽2年目に9割以上の株が無発芽状態となる。

<植栽工法別の無発芽率>

- ・ マット植栽法は比高-40~-50cm区域で無発芽率33%となった。そして、比高-50cm以深では植栽していないが、さらに低地盤高においても生育できる可能性をうかがわせる結果を示した。
- ・ 土のう工法は比高-50cm以深に9株存在したが、そのすべての株が無発芽であった。また、植栽後1年目は比高-40cm以深において、無発芽率が90%を超えていたが、2年目になり50%以下にまで低下した。全体的には、陸域においても無発芽株が点在し、ポット苗移植法と比べてあまり良好な生育結果を示さなかった。
- ・ ポット苗移植法は比高-30cm以深において、無発芽率が1年目よりやや増加する結果となった。
- ・ 大株移植法は全体的に無発芽率は小さいが、無発芽株は低地盤高に集中する傾向を示した。

<植栽工法別の茎個体数>

- ・ マット植栽法は比高-40~-20cmの低地盤高において良好な生育を示した。
- ・ 大株移植法は比高-30cm以高で茎個体数が多くなる結果となった。
- ・ 土のう工法、ポット苗移植法は植栽後1,2年目とも比較的同様の傾向を示しているが、やはり、比高-30cm以深で2年目に茎個体数の減少が見られる結果となった。

以上の結果を踏まえて、植栽工法別のヨシ植栽可能地盤高の推定を行った。なお、植栽後2年目における無発芽率が50%未満であることが、植栽可能の条件であると仮定する。

- ・ マット植栽法：比高-50cm（比高-50cm以深では未定。）また、陸域における植栽にはあまり適さない。
- ・ ポット苗移植法：比高-40cm ただし、比高-30cm以深では無発芽率が30%を越える。
- ・ 土のう工法：比高-50cm ただし、比高-30cm以深では無発芽率が30%を越える。

- ・ 大株移植法 : 比高-40cm ただし、比高-20cm以上の陸域における植栽が適する。
- ・ ビットマン工法 : 陸域であり波浪、地盤変化などの影響が極力小さな区域。
- ・ 地下茎工法 : 陸域であり波浪、地盤変化などの影響が極力小さな区域。

なお、以上の知見は植栽後2年間の生育観察調査によって得られたものであり、植栽後1, 2年目と同程度の無発芽率を示した比高-30~-50cm区域においては、植栽後3年目以降の調査結果を待って判断を下す必要があると思われる。

8.2 今後の課題および次年度計画

沿岸環境と最適なヨシ植栽工法との関係を解明するためには、現地の気象条件、波浪条件、地形地盤条件、地盤変化、そしてそれら植栽条件とヨシ生育との関係を解明する必要がある。本報告書では、植栽後2年間の調査結果から、水ヨシ生育に及ぼす植栽条件の影響についての検討を行い、植栽後の地盤変化がヨシ生育に悪影響を及ぼすことなどを明らかにした。

今後は、植栽後3年目以降も生育観察調査を継続することでデータの蓄積を図るとともに、ヨシ植栽地の地盤変化を導いた波浪とヨシ生育の関心に焦点を当てた研究が必要となる。本報告書では、波浪条件を計算式から概算したが、実際の沿岸域における波浪条件は多種多様であると思われ、今後は現地条件に即した波浪と地盤変化との関係を検討する必要がある。そして、波浪と地盤変化との関係を検討することで、ヨシ植栽地における消波施設の設計や被覆材の選択が可能になると思われる。

また、ヨシのみを植栽したからといって、その後、必ずしも植栽地にヨシのみが優占することはない。年を追うごとに、その植栽地の環境条件に合った植物相が次第に優占してくると思われる。本研究の対象となったヨシ植栽地にも、植栽後2年目には合計323科92種の植物が混在した。そして、帰化植物が在来種を上回る勢いで繁茂し、ヨシ植栽地の沖合部と陸側においてヨシ群落の衰退が顕著に見られた。よって、今後はヨシ群落の環境条件をさらに熟知するために、生態学的知見を取り入れた調査を継続して行うことで、ヨシ植栽時における最適な環境条件を検討する材料を蓄積する必要がある。

8.3 次年度計画の提言

上記課題を踏まえ、次年度計画として以下の内容について実施すべきであることを提言する。

[文献調査・解析]

- (1) 波浪と土砂移動に関する研究事例、欧米の研究例の収集し、資料を充実させると共に、これらおよび国内のデータを整理データベース化する。
- (2) 上記データベースを定量的に解析して、除去能、植栽条件について数値として定式化すること。

[地盤安定度調査・解析]

- (1) 少なくとも半年に1度は地盤高調査を、わんど型実験施設、なぎさ型実験施設とも実施する。また、地盤安定度調査の結果から、1999年3月以降の波浪により、地盤が依然として少しずつ変化している様子がうかがえた。そこで、次年度も地盤整形を行わず、その後の地盤変化について調査を行うことが必要である。
- (2) 本年度調査では、地盤変化、土壌変化についての解析に焦点を絞ったが、他のデータについても詳細な解析が必要である。

[波エネルギー調査・解析]

- (1) 地盤変化の原因および対策をするため、波の影響を検討する必要がある。
- (2) このため、平常時における波高測定を施設内多点で実施すべきである。
- (3) 暴風時等特異的な時期においても、その状況を把握することが望ましい。このため、ビデオ撮影用間接的な手法についてもさらに改良を加えるべきである。

- (4) 上記調査を通じて、わんど型実験施設の矢板、なぎさ型実験施設の防波堤の効果を、定量的に把握できるよう、解析方法を検討する。

[ヨシ植栽調査・解析]

- (1) 本年度植栽した地域での定期観測を継続し、データの蓄積を行い、各工法および場所の影響をもっと明確に把握する。
- (2) わんど南部、なぎさ南部の植栽地域においても、本年度同様の調査を実施し、各方法の長短を検討する。

<参考文献>

- 1) 宇多高明ほか；消波浮島による湖岸植生帯の復元に関する研究，環境システム研究，Vol. 27, p. 305-314. (1999)
- 2) 森田尚、大田豊三；マット植栽法によるヨシの植栽（滋賀県水産試験場S），滋賀県水産試験場事業報告，p. 90-91. (1995)
- 3) 吉良竜夫；ヨシの生態おぼえがき，滋賀県琵琶湖研究所所報，No. 9, p. 29-37. (1990)
- 4) 毛涯卓郎、中村宣彦、大塚俊匡、原稔明；琵琶湖開発事業と環境保全，大ダム，No. 154, p. 11-20. (1996)
- 5) 藤原正弘、宗宮功、津野洋、藤井滋穂；水質汚濁濃度分布パターンのスプライン法による推定と合理的測定点配置の検討，水質汚濁研究，Vol. 8, No. 2, p. 100-109. (1985)

実験担当者

水資源開発公団関西支社建設部調査課	課長補佐	水野 義之
水資源開発公団琵琶湖開発総合管理所	第三管理課課長	村尾 浩太
水資源開発公団琵琶湖開発総合管理所	第三管理課係長	福士 富之信
財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構	実験センター所長	中山 繁
財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構	実験センター研究員	出倉 正人

13. 路面排水のCOD対策実証実験（その2）

1. はじめに

本研究は、降雨時の路面排水が道路側溝から河川へ直接流出する現状に対し、その排水を草地浸透・自然的な池（ビオトープ）へ導くことにより、如何にCOD負荷が削減できるかを検討するものである。

平成10年度（1999年）に引き続き1降雨における路面排水の緑地帯浸透実験施設およびビオトープ池実験施設の水質浄化性能、緑地帯浸透実験施設の充填土壌の目詰まり状況を調査した。

2. 実験内容

2.1 実験場所

調査場所は滋賀県草津市下笠町の葉山川左岸の湖周道路沿いに位置している。実験場所を図2-1に示した。実験施設は、緑地帯浸透実験施設とビオトープ池浄化実験施設からなり、道路に降った雨（集水面積750m²）は、はじめ緑地帯浸透実験施設に導入され、緑地帯浸透実験施設で浸透しきれなかった水は表面を通過し、ビオトープ池実験施設に導入される構造である。実験施設の模式図を図2-2に、施設概要を表2-1に示した。路面から流れてくる水量の配分を把握するため、各施設の底部には遮水シートが設置してある。

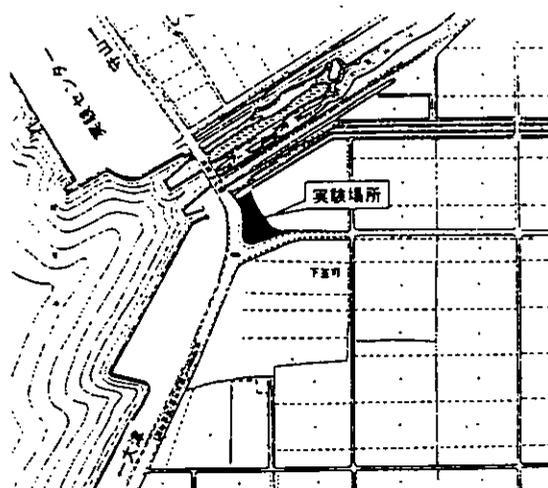


図2-1 実験場所

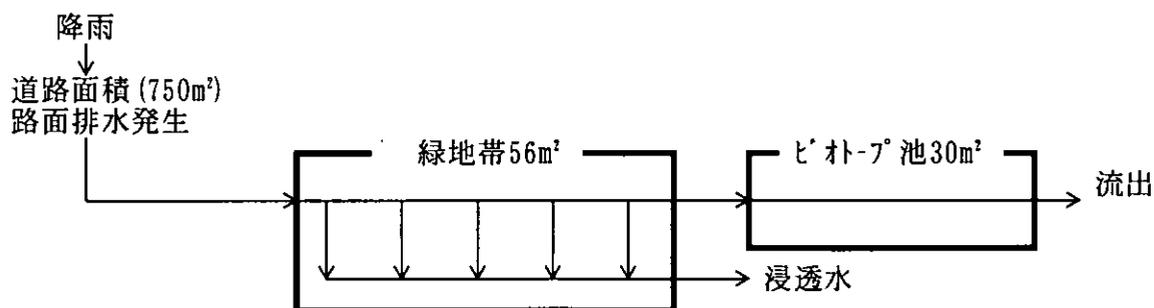


図2-2 実験施設模式図

表2-1 実験施設概要

施設	面積	深さ	充填物
緑地帯浸透実験施設	56 m ²	0.45m	現地土+山砂 (1998年11月に充填)
ビオトープ池実験施設	30 m ²	0.13m	水草

2.2 実験方法

2.2.1 水質調査

1降雨において発生する路面排水を緑地帯浸透実験施設およびビオトープ池実験施設に流入し、各実験施設の経時的な水質浄化性能を調査した。1999年6月から2000年3月までの2～3降雨について調査を行った。本調査は、平成10年(1998年)度からの継続調査であり、併せて解析を行った。採水場所を図2-3、1降雨における採水間隔を表2-2、分析項目を表2-3に示した。

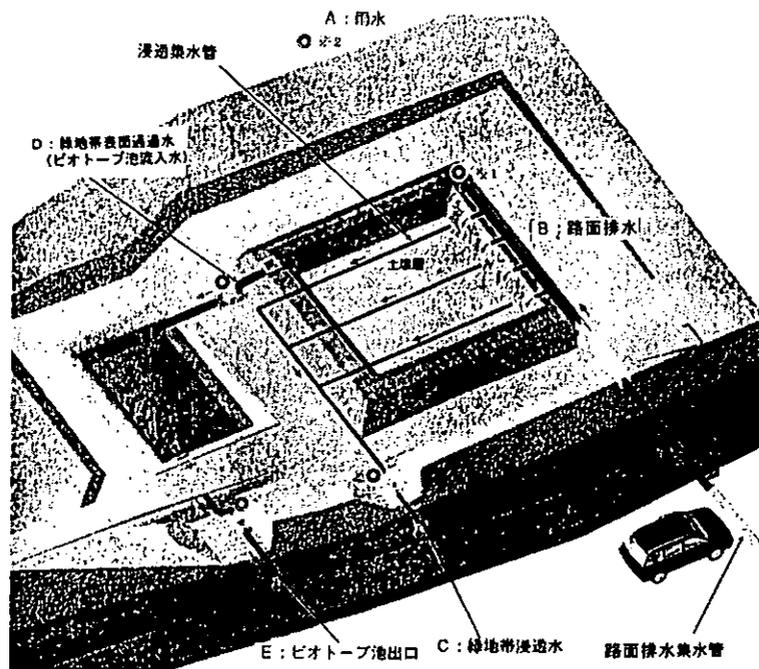


図2-3 採水場所

表2-2 1降雨における採水間隔

採水地点	採水間隔
雨水	降雨開始-1時間後、1-2時間後、2-3時間後、3-4時間後、4-5時間後
路面排水流出部	流出直後、15分後、30分後、60分後、2時間後、4時間後
緑地帯浸透地流出部	流出直後、15分後、30分後、60分後、3時間後
ビオトープ池流入部	流出直後、30分後、60分後、2時間後、4時間後
ビオトープ池流出部	流出直後、60分後、3時間後

表2-3 水質分析項目

分析項目	分析方法
pH (水素イオン濃度)	JIS K 0102-12.1 ガラス電極法
SS (浮遊物質)	環境庁告示第59号付表8ろ過重量法
COD (化学的酸素要求量)	JIS K 0102-17 過マンガン酸加法 (100℃, 30分)
D-COD (溶解性COD)	0.45μmミリポアろ紙でろ過後、CODと同じ
P-COD (粒子性COD)	(COD) - (D-COD)
D-TOC (溶解性TOC)	0.45μmミリポアろ紙でろ過後、JIS K 0102-22.1
P-TOC (粒子性TOC)	GFFろ過後、CHNコーダー
TOC (全有機体炭素)	計算値 (D-TOC) + (P-TOC)
T-N (全窒素)	JIS K 0102-45.1 総和法
NH ₄ -N (アンモニア態窒素)	JIS K 0102-42.5 イオンクロマトグラム法
NO ₃ -N (硝酸態窒素)	自動分析法 (Cd-Cuカラム還元法)
NO ₂ -N (亜硝酸態窒素)	JIS K 0102-43.1.1 ナフチルレンジアミン吸光光度法
T-P (全リン)	環境庁告示第59号付表2
PO ₄ -P (オルトリン酸態リン)	JIS K 0102-46.1.1 モリブデン青吸光光度法
GPC-TC	水中溶存有機物を概ね分子量に基づき、分離検出する手法。予め十分蒸留水で洗浄した0.45μmメンブランフィルターを用いてろ過したろ液を凍結濃縮法により、10~60倍程度に濃縮し、その一定量をTC検出器を有するGPC装置に導入し、得られた有機物分子量毎の有機物量のクロマトグラムを作成する。
流量	路面排水 : パーシャル流量計 緑地帯浸透水 : 減水位計 ビオトープ池流入水 : 減水位計 ビオトープ池流出水 : 減水位計

2.2.2 目詰まり調査

緑地帯浸透実験施設の充填土壌の目詰まり状況を把握するため、透水試験を行い、施設の長期使用による土壌浸透帯の透水速度の変化を調査した。本実験期間の前後で調査した。また実験期間は、随時路面排水が施設内に流入水するようにした。調査地点を図2-4、透水試験装置を図2-5に示した。

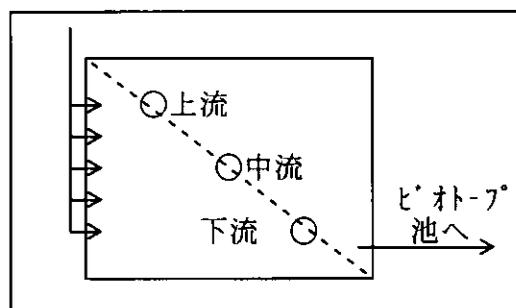
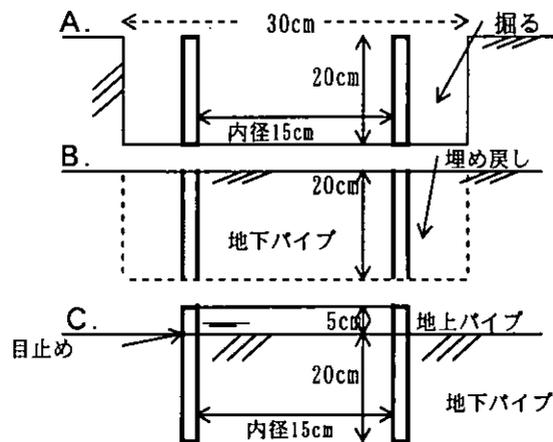


図2-4 調査地点



A→B→Cの流れで装置を設置した

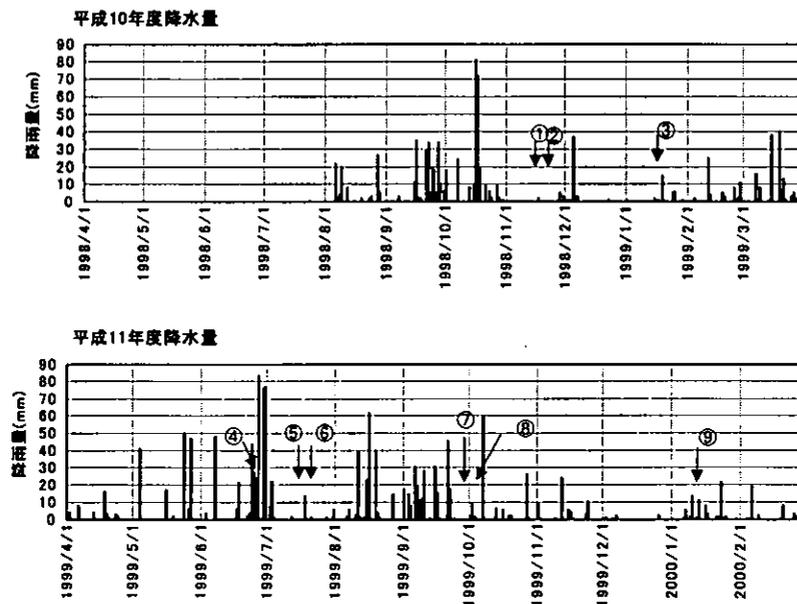
図2-5 目詰まり調査用装置

測定方法は、円筒内の水位が常に5cmに保たれるように内側円筒に水を注ぎ入れ、2分おきに注水した水の量を記録した(注水時間は約40分)。単位時間当たりの浸透量から透水速度を求めた。透水速度が平衡になった後の透水速度を調査地点における透水速度とした。

3. 結果

3.1 降雨状況、滞留時間調査結果

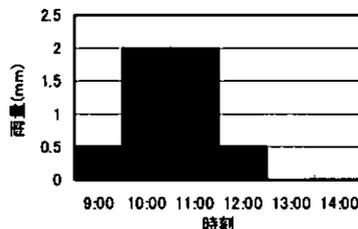
昨年度からの継続調査のため、平成10年(1998年)からの計4降雨について報告する。降雨状況と採水日を図3-1、各降雨量と各調査地点の滞留時間を図3-2に示した。



回	調査内容	調査日・時刻・開始～終了	時間(h)	総降雨量(mm)	先行晴天(日)	特記事項
1	流量	98/11/17 8:50~12:00	3.5	2.0	17	
2	流量	98/11/27 21:50~11/28 3:00	5.2	6.5	11	
3	水質・流量	99/01/24 9:00~13:50	4.5	5.0	3.6	
4	現地透水試験	99/06/28	—	—	—	
5	水質・流量	99/07/12 19:00~7/13 0:40	5.7	2.0	8.5	一部水質のみ
6	水質・流量	99/07/18 4:45~10:50	6.1	12.0	3.9	
7	水質・流量	99/09/15 0:30~8:00	7.5	5.0	4.0	台風接近
8	現地透水試験	00/01/	—	—	—	

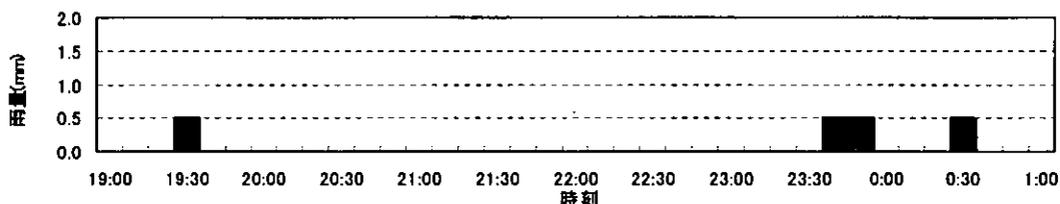
図3-1 降雨状況と採水日

第1回(平成11年1月24日)



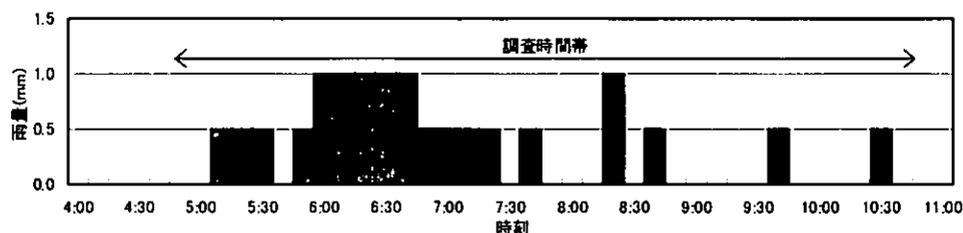
地点	出水開始	出水停止	滞留時間	
			降雨開始からの経過時間	路面排水出水後の経過時間
雨水	9:00	14:00	—	—
路面排水	9:50	13:50	50分後	—
緑地浸透水	10:30	15:15	90分後	40分後
緑地表面流出水	10:20	13:20	80分後	30分後
ビオトープ池流出水	10:40	14:25	1時間20分後	20分後

第2回(平成11年7月12日)



地点	出水開始	出水停止	滞留時間	
			降雨開始からの経過時間	路面排水出水後の経過時間
雨水	19:00	19:30	—	—
路面排水	19:30	2:53	30分後	—
緑地浸透水	20:00	14:00	60分後	30分後
緑地表面流出水	—	—	—	—
ビオトープ池流出水	—	—	—	—

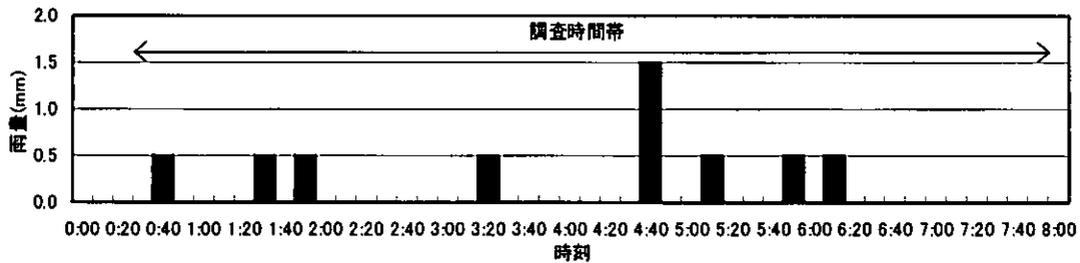
第3回(平成11年7月18日)



地点	出水開始	出水停止	滞留時間	
			降雨開始からの経過時間	路面排水出水後の経過時間(※)
雨水	4:45	10:30	—	—
路面排水	5:15	10:55	30分後	—
緑地浸透水	5:50	15:50	60分後	35分後
緑地表面流出水	5:30	12:20	45分後	15分後
ビオトープ池流出水	6:30	12:27	1時間45分後	1時間後

図3-2(1) 降雨量と各調査地点の滞留時間

第4回(平成11年9月15日)



地点	出水開始	出水停止	滞留時間	
			降雨開始からの経過時間	路面排水出水後の経過時間(※)
雨水	0:30	7:20	—	—
路面排水	0:45	7:53	15分後	—
緑地浸透水	2:30	7:55	2時間後	1時間45分後
緑地表面流出水	2:05	8:00	1時間35分後	1時間20分後
ビオトープ池流出水	5:00	7:55	4時間30分後	4時間15分後

図3-2(2) 降雨量と各調査地点の滞留時間

降雨状況は、第1回調査は時間雨量0.5~2.0mmが約4時間降り続いた。第2回調査は10分間0.5mmの降雨があった後一旦止み、1時間後に降り始めた。第3回調査は0.5~1.0mm/10minが約3時間続いた後、断続的な降り方になった。第4回調査は時間雨量0.5~1.0mmの雨が約1時間継続した後一旦止み、さらに3時間経過後、時間雨量1~1.5mmの降雨が約2時間継続した。

4回の調査の総降雨量は2mm~12mmで、最小総降雨量の2回調査では、路面排水がすべて緑地帯に浸透し、ビオトープ池流入水はなかった。

先行晴天日数は、第2回調査が約8日、その他調査が約4日であった。

3.2 水質調査結果

各調査地点における水質の経時的変化を図3-3に示した。

雨水に関しては、pHは第4回調査(平成11年9月15日)以外、pH4~5で、関西地方で観測される酸性雨と同様の範囲であった。第4回調査(平成11年9月15日)ではpHが5.6~7で他調査に比べて高く、台風の接近で活発化した前線の降雨であったことから、Na、Mg、Caなど海塩の影響であると考えられた。SSは弱い初期フラッシュ(3~12mg/l程度)が観測され、降雨初期には空気中の粒子状物質の影響を受けることが考えられた。COD、TOC、窒素、リンについては全て溶存態物質の構成割合(60~90%)が多かった。これら物質の濃度範囲は、CODが1~6mg/l、TOCが1~5mg/l、全窒素0.2~1.8mg/l、全リンが検出下限値以下~0.035mg/l程度であった。

路面排水に関しては、pHが6~7.5の範囲を示し、雨水のpH(4~4.5)よりも高い値であった。これは、雨水が着地した際に路面のアルカリ塩により中和された結果であると考えられた。SSは明確な初期フラッシュ(50~300mg/l)が見られた。また、第4回調査(平成11年9月15日)では、降雨開始時の初期フラッシュが終了した後に再び初期フラッシュと同濃度のSSが観測された。これは降り始め約1時間後に一旦止み、その3時間後に再び降り出す降雨パターンであったため、路面に堆積していた重いSS成分が初期フラッシュ終了後に洗い流されたためと考えられた。路面排水のSS濃度は雨水の10倍程度であったことから、SS成分の由来は路面であることが考えられた。CODおよびTOC

CにもSS同様初期フラッシュが観測され、その濃度は概ね70~180mg/lの範囲であった。また、これら物質の存在形態は溶存態成分が多く、全体の60~85%であった。SSと同様、これら物質の由来は路面であると考えられた。窒素成分にも初期フラッシュ(5~18mg/l)が観測された。また、存在形態では全調査とも溶存態成分が多く、全体の75~95%であった。窒素成分の出水後の経時的変化はCODおよびTOCと類似しており、路面排水中の窒素成分が有機物由来である可能性が考えられた。全リンも初期フラッシュ(0.2~1.2mg/l)が見られた。また、存在形態では、全調査において粒子状成分が多く、全体の70~100%であった。このことは、路面排水中のリン成分がSSにみられるような鉱物性物質による寄与が高い可能性が考えられた。

緑地浸透水に関しては、SSでは第1回、第3回(平成11年1月24日、7月18日)の調査で初期フラッシュが観測され、それぞれ約75mg/lと約17mg/lであった。他の調査では明確な初期フラッシュは見られなかった。CODと有機態炭素は、ほとんど同じ経時的変化を示し、第4回調査(平成11年9月15日)以外で初期フラッシュ(15~40mg/l)が観測された。また、溶存態成分が全体の60~95%であった。窒素成分もCODおよびTOCと類似した経時的変化を示し、第4回調査(平成11年9月15日)以外で初期フラッシュが観測され、その濃度は2.2~8.2mg/lであった。また、全調査において溶存態成分が多く全体の65~90%が溶存態窒素で構成されていた。リン成分は、1回、第3回(平成11年1月24日、7月18日)調査で初期フラッシュが観測され、それぞれ約0.1mg/lと約0.8mg/lであった。他の調査では明確な初期フラッシュは見られなかった。また、第3回調査で路面排水より緑地帯浸透水のリン濃度が高くなっており、緑地浸透水内の間隙水が溶出(流出)した可能性が考えられた。

ピオトープ池流入水(緑地表面流出水)に関しては、SSは初期フラッシュがみられ、その濃度は25~200mg/lであった。CODとTOCは類似した経時的変化を示し、初期フラッシュ(25~95mg/l)が観測され、また、存在形態では溶存態成分が多く全体の60~85%であった。窒素及びリンにも初期フラッシュが見られ、窒素は50~80%が溶存態、リンは50~100%が粒子状成分で構成されていた。

ピオトープ池流出水に関しては、SSで初期フラッシュがみられたのは、第4回調査(平成11年9月15日)だけであり、他の調査においては明確な初期フラッシュは見られなかった。これは、出水直後のピオトープ池流出水は、あらかじめ池内に入っていた水が出水することから、初期フラッシュは池の水によって緩和された可能性が考えられた。

ピオトープ池流出水のこれらの物質には明確な初期フラッシュは観測されなかったことから、SS同様、ピオトープ池の緩衝作用によるものである可能性が考えられた。

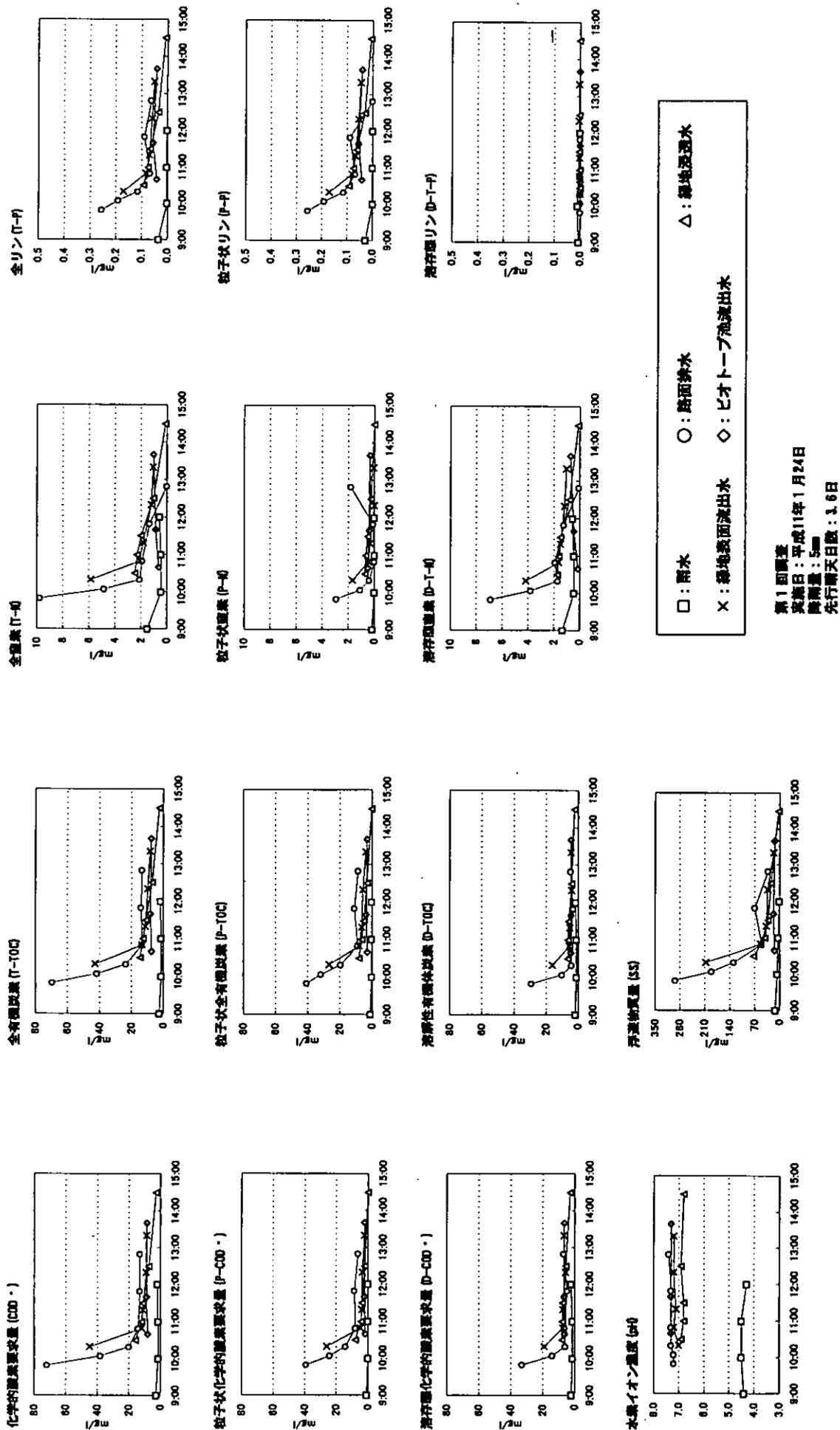
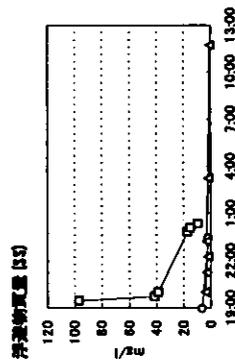
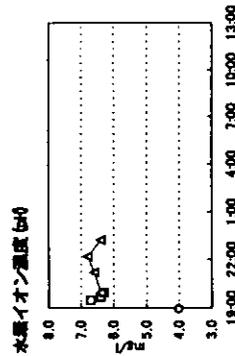
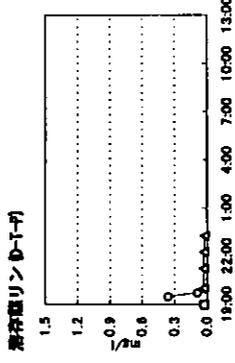
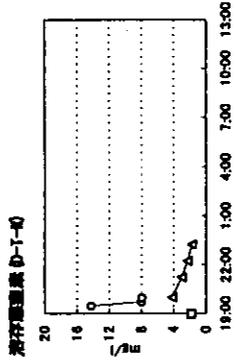
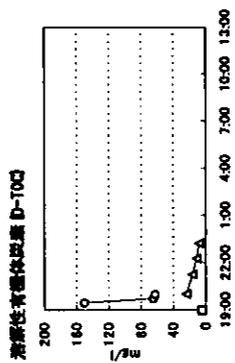
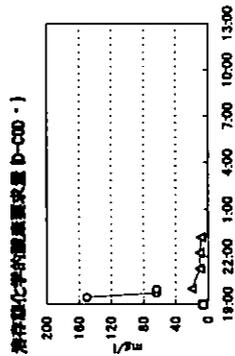
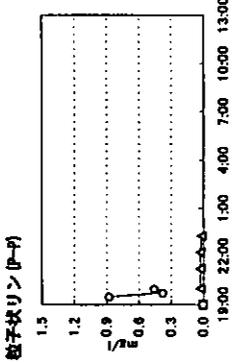
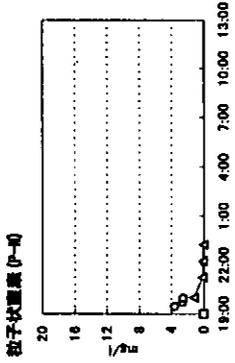
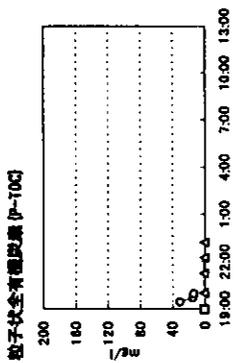
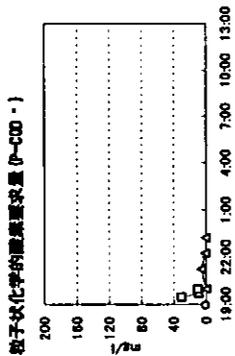
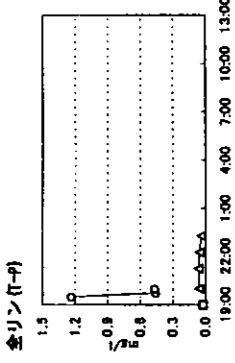
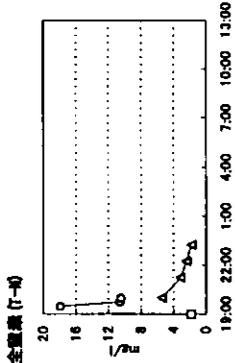
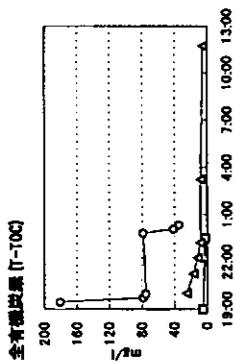
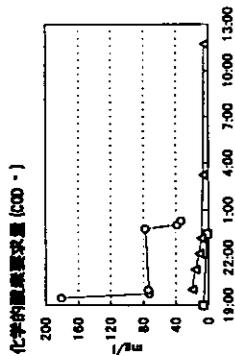


図3-3 (1) 各観測地点の水質の経時的変化



□ : 雨水 ○ : 路面排水 △ : 緑地浸透水
 × : 総地表面流出水 ◇ : ビオトープ池流出水

第2回調査
 実施日：平成11年7月12日
 降雨量：2mm
 先行晴天日数：4.5日

図3-3(2) 各調査地点の水質の経時的変化

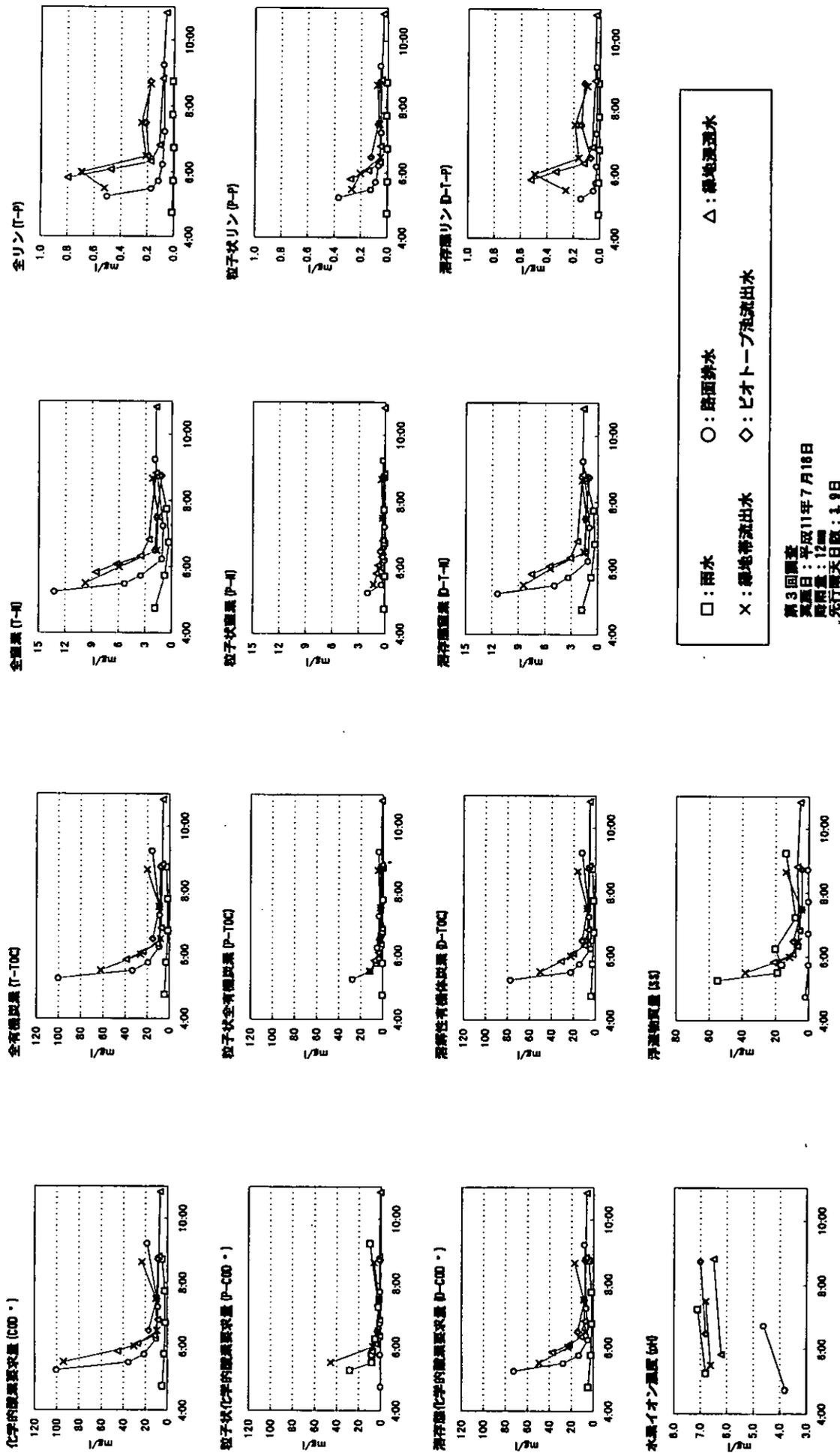


図3-3(3) 各調査地点の水質の経時的変化

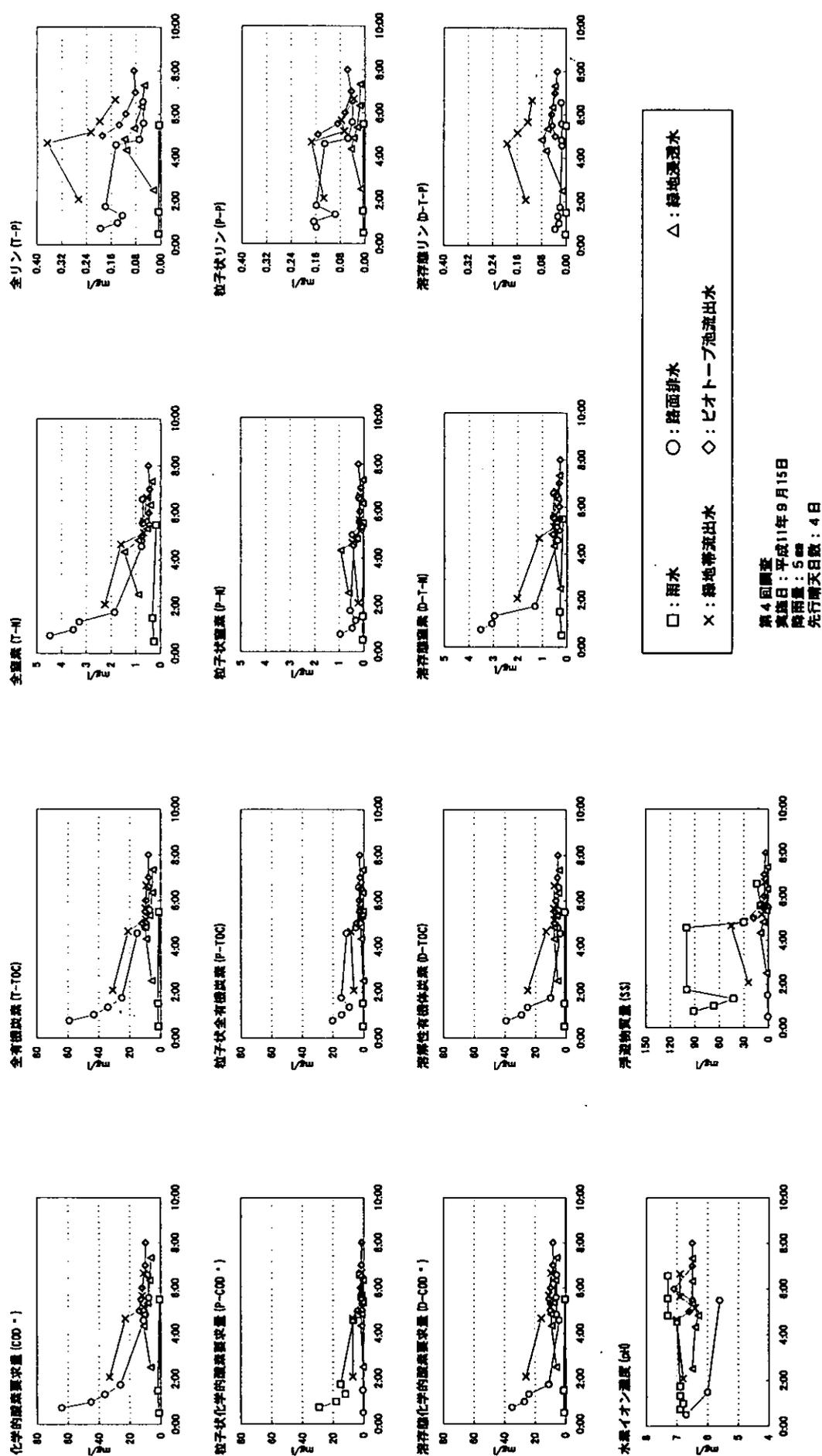


図3-3(4) 各調査地点の水質の経時的変化

3.3 GPC-TC調査結果

第3回調査（平成11年7月18日）の各調査地点の出水直後および安定後のGPC-TC分析結果を図3-4に示した。

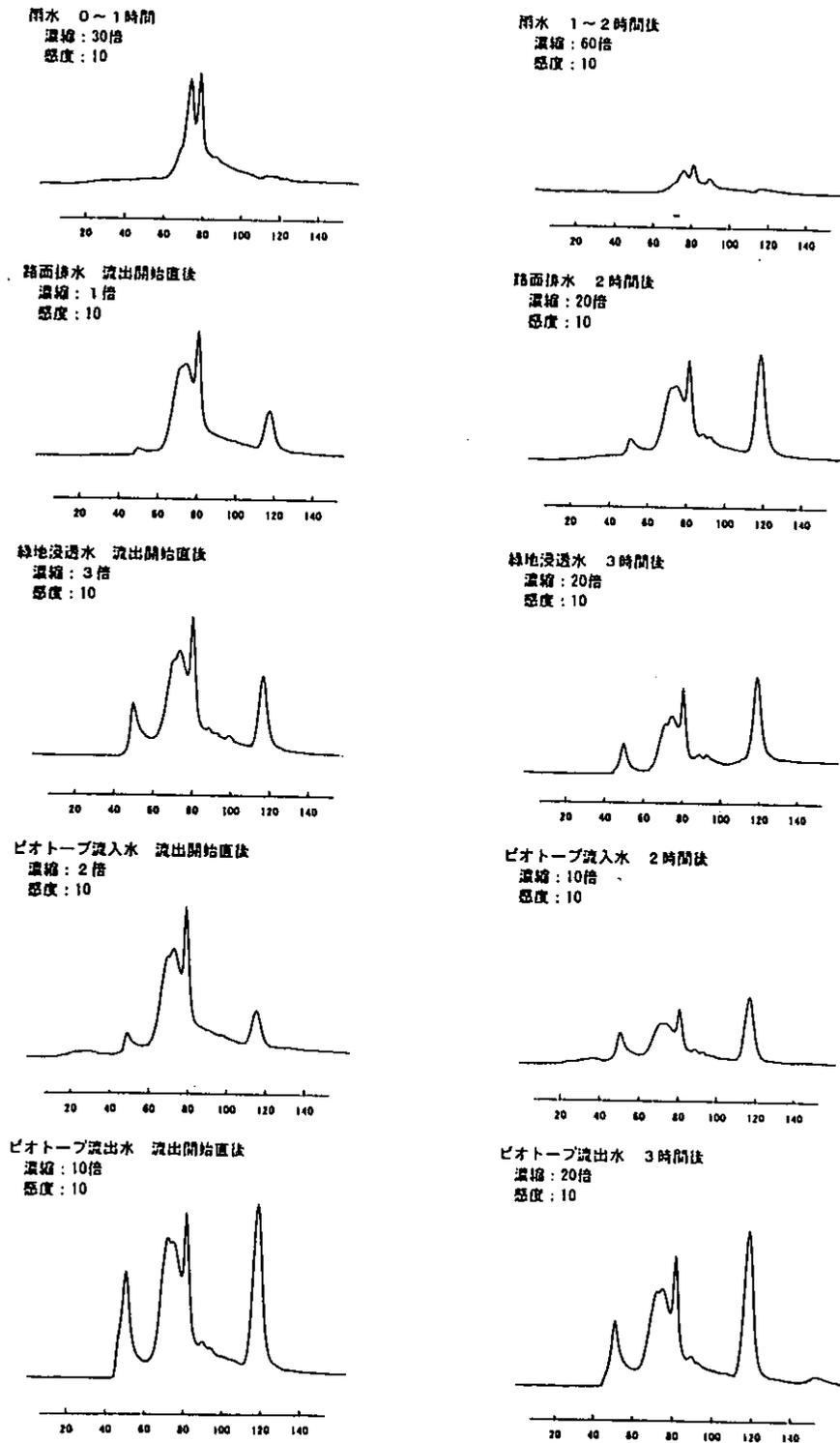


図3-4 GPC-TC分析結果（第3回調査：平成11年7月18日）

雨水、路面排水、緑地帯浸透水、ビオトープ池流入水において、出水後、時間を経過することによりGPC-TCクロマトグラムのピークが小さくかつピークパターンに明確な変化が見られなかった。溶存有機物の濃度の低下が見られるが、有機物組成に大きな変化は

少ないことが考えられた。雨水と路面排水ではGPC-T Cクロマトグラムのピークパターンが大きく異なり、路面排水で見られる有機物は雨水に由来しているものがすくないことが考えられた。緑地を浸透したり、緑地表面を流れたりすることによるGPC-T Cクロマトグラムのピークパターンの変化は少なく、有機物組成に大きな変化は少ないことが考えられた。また、ピオトープ池流出水には、高分子有機物が多く、ピオトープ池で内部生産された有機物であると考えられた。他の調査においても同様の傾向が見られた。

3.4 目詰まり調査結果

透水速度の測定結果を表3-1、図3-5に示した。

表3-1 透水速度の測定結果

調査回数	地点	上流地点	中流地点	下流地点
第1回 H11.6.28	透水速度 (ℓ/min・m ²)	0.06	4.41	4.66
	注水時間	36分	40分	40分
	平衡に達した時間	直後	12分	16分
第2回 H12.1.11	透水速度 (ℓ/min・m ²)	0.51	3.48	7.25
	注水時間	42分	42分	42分
	平衡に達した時間	直後	8分	12分
透水速度の変化*		850%	79%	156%

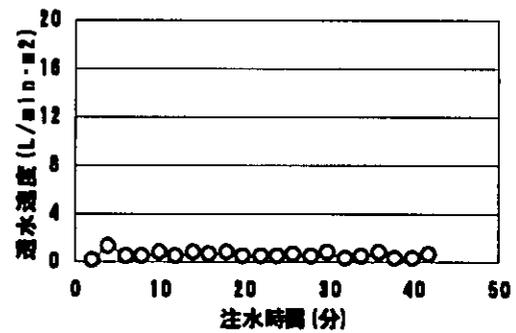
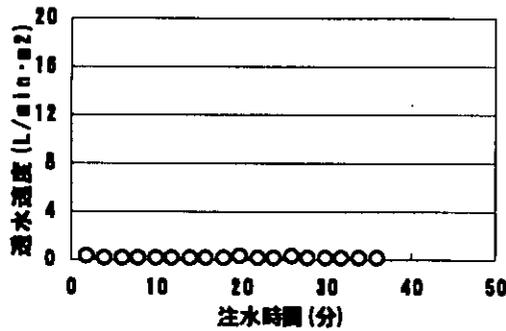
※透水速度の変化：(第2回調査結果/第1回調査結果)×100

第1回調査(平成11年6月28日)

第2回調査(平成12年1月11日)

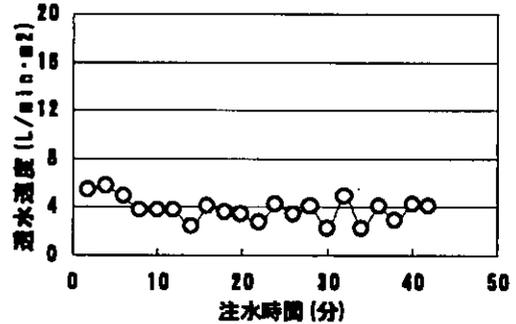
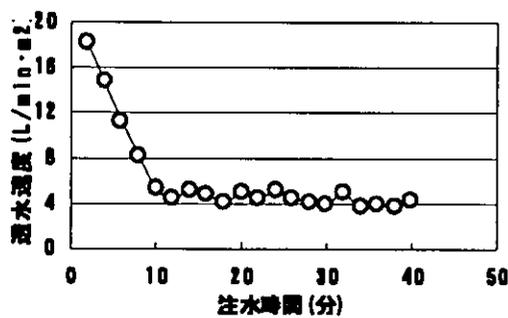
上流地点

上流地点



中流地点

中流地点



下流地点

下流地点

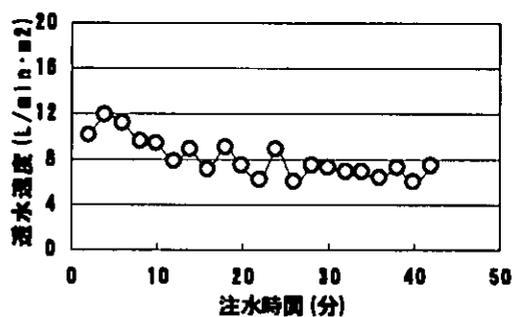
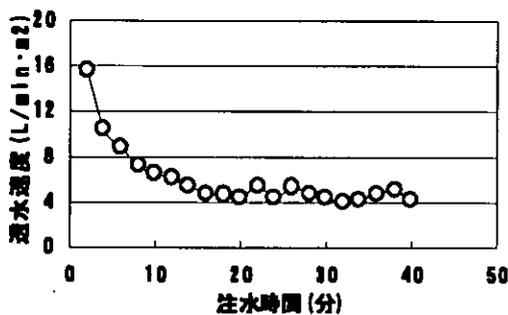


図3-5 透水速度測定結果

これによると、上流地点は、本年度調査開始時点ですでに目詰まりしていたことが示され、中、下流地点においては、第1回調査～第2回調査(197日間)における透水速度の変化が中流地点では、第2回調査が第1回調査の79%の透水速度であり、下流地点では、第2回調査が第1回調査の156%の透水速度であった。このことは、中流では目詰まりが進行していたが、下流地点では目詰まりが改善されていたことを示唆している。これらのことから、緑地浸透帯においては、堆積物の沈降による目詰まりと、植物の根や土壌微小生物の活動による目詰まりの軽減があることが考えられた。従って、路面排水を浸透ますなどで処理する際には、目詰まりを起こす要素を前処理施設(フィルターなど)により軽減することと、緑地帯において植物や小動物が生息できる環境を作り、目詰まりを取り除く作用の向上を図ることが考えられた。

4. 考察

4.1 流量収支

4.1.1 降雨量と路面排水量

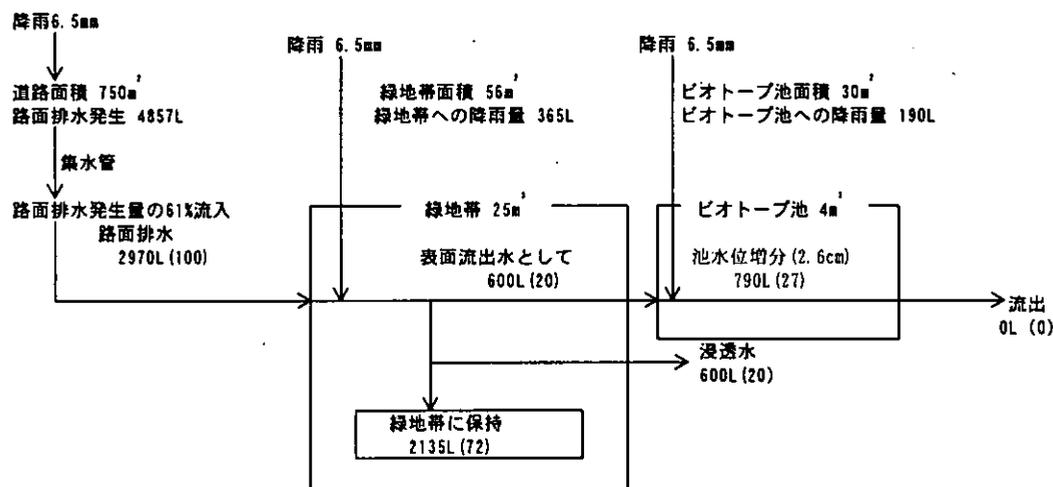
表4-1に各調査における降水量と発生した路面排水量および路面排水にならなかった降水量について示した。これによると、降水量が少なかった第2回調査を除きおおむね2.0～2.5mm分の降水が路面に残留または系外へ移出していたことが判明した。第2回調査において、路面に残留する量が少なかったのは、降水量が少ないためと考えられた。

表4-1 各調査において路面排水にならなかった降水量

回	調査実施日	降水量 (mm)	路面排水発生量 (ℓ)	路面排水原単位 (ℓ/m ² =mm)	路面排水にならな かった降水(mm)	雨量観測場所
-	H10/11/27	6.5	2970	3.96	2.54	大津観測所
1	H11/1/25	5.0	1980	2.67	2.36	大津観測所
2	H11/7/12	2.0	912	1.2	0.8	BIYOセンター
3	H11/7/18	12.0	7238	9.7	2.3	BIYOセンター
4	H11/9/15	5.0	2391	3.2	1.8	BIYOセンター
平均					2.25	第2回データを除く

4.1.2 緑地帯浸透地保持量

図4-1に流量収支を示した。発生した路面排水のうち緑地浸透帯に保持された量は、路面排水発生量が少なかった第2回調査と、調査終了時に全調査で出水が継続していた第4回調査を除き、おおむね1800～2000ℓであった。緑地浸透水の流出速度は速いときでも0.08ℓ/sec(第3回調査)であり、緑地浸透帯への浸透速度2.8～3.5ℓ/sec(/56m²)の2～3%であったことから、本緑地に対して0.08ℓ/sec以上の流入が継続した場合は、緑地帯において1500～2000ℓは浸透するが、それを超える水量は、緑地表面流出水として流出すると考えられた。



カッコ内は路面排水流入量を100としたときの相対値

図4-1 (1) 各地点における流量収支(平成11年11月17日)

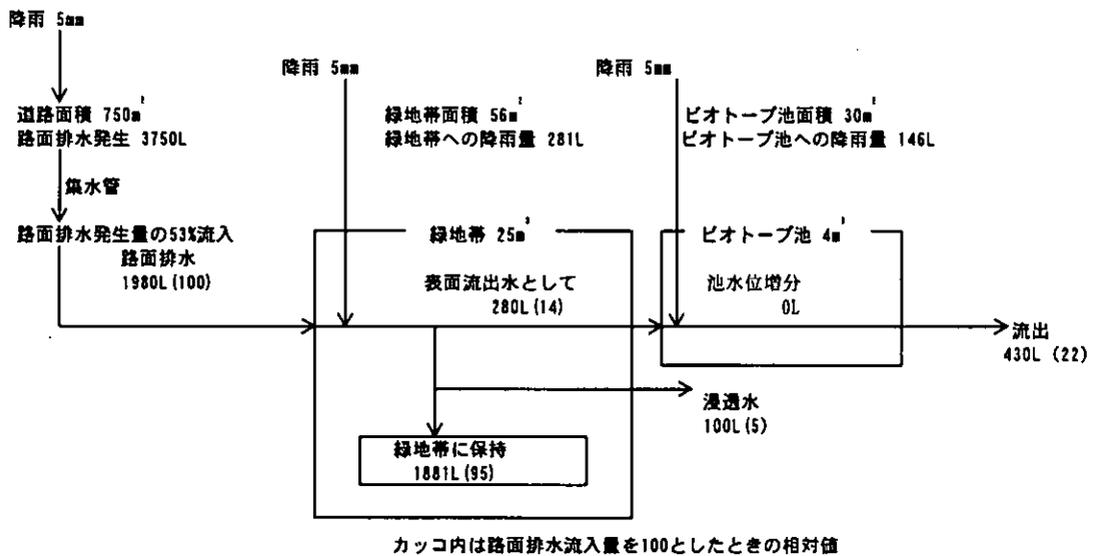


図4-1 (2) 各地点における流量収支 (第1回調査：平成11年1月25日)

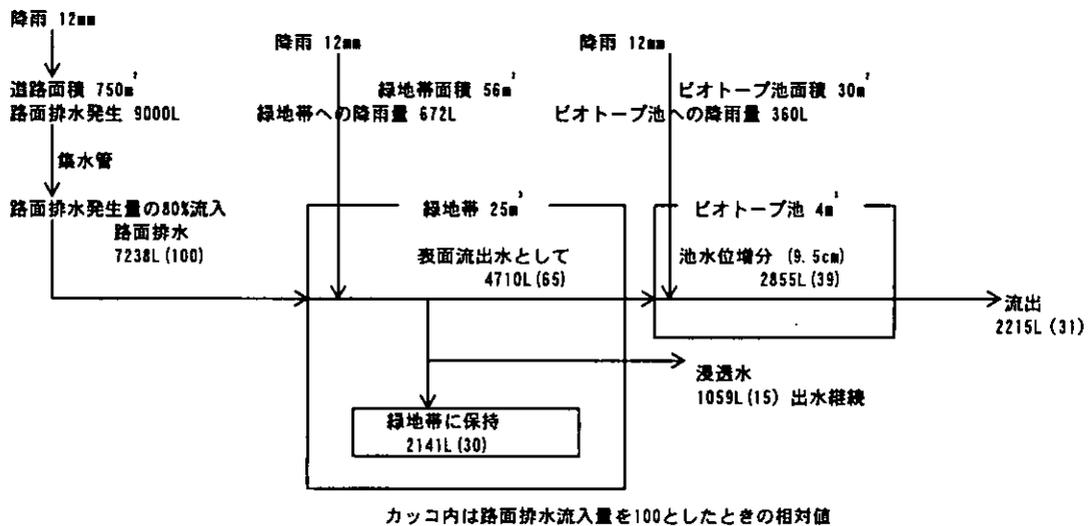


図4-1 (3) 各地点における流量収支 (第3回調査：平成11年7月18日)

4.2 物質収支

表4-2に各調査における各水質項目の水質濃度と流量から算出した物質収支を示した。

これによると、流量収支同様、緑地表面流出水の物質量は、降水量により大きな影響を受け、降雨が少なかった第2回調査(平成11年7月12日、降水量2mm)では緑地表面流出水の物質量はほとんどなかったが、降雨の多かった第3回調査(平成11年7月18日、降水量12mm)では、各物質とも緑地表面流出水への移動量が大きくなり、CODでは路面排水の約70%がここに現れた。

また、COD、TOC、リンの形態別挙動では緑地に流入した物質のうち、粒子状物質は緑地帯に保持または分解されやすく、溶存態物質が緑地帯に保持または分解される量より多かった。このことより、緑地浸透帯では粒子状物質に対して選択的に除去作用があることが考えられた。また、緑地浸透水として系外に移出した物質量は少なく、路面排水から緑地表面流出水を差し引いた量の0~20%程度であった。

表4-2(1) 各項目の物質収支

第1回調査：平成11年1月24日

	路面排水		緑地帯に保持・分解		緑地浸透水		緑地表面流出水		ビオトープ池流出水	
	負荷量	%	負荷量	%	負荷量	%	負荷量	%	負荷量	%
SS	181	100	163	90	2.1	1.2	16	8.8	0.2	0.11
COD	37	100	33	89	0.7	1.9	4.1	11	0.1	0.27
P-COD	23	100	21	91	0.2	0.9	1.8	7.8	0.03	0.13
D-COD	14	100	12	86	0.5	3.6	2.3	16	0.1	0.71
TOC	40	100	36	90	0.7	1.8	3.9	9.75	0.01	0.025
P-TOC	29	100	27	93	0.3	1.0	2.1	7.2	0.04	0.14
D-TOC	10	100	8	80	0.4	4.0	1.9	19	0.1	1.0
T-N	4.4	100	3.9	89	0.11	2.5	0.59	13	0.01	0.23
P-N	0.6	100	0.47	78	0.03	5.0	0.1	17	0.001	0.17
D-T-N	3.8	100	3.7	97	0.08	2.1	0.5	13	0.005	0.13
T-P	0.2	100	0.198	99	0.004	2.0	0.023	12	0.001	0.5
P-P	0.2	100	0.198	99	0.004	2.0	0.023	12	0.001	0.5
D-T-P	0.001	100	0.0004	40	0.0002	20	0.0009	90	0.000	0.0

第2回調査：平成11年7月12日

	路面排水		緑地帯に保持・分解		緑地浸透水		緑地表面流出水		ビオトープ池流出水	
	負荷量	%	負荷量	%	負荷量	%	負荷量	%	負荷量	%
SS	35	100	34	98	0.56	1.6				
COD	74	100	72	96	2.8	3.8				
P-COD	8.0	100	7.8	97	0.2	2.5				
D-COD	44	100	43	97	1.1	2.5				
TOC	77	100	73	96	3.2	4.2				
P-TOC	9.5	100	9.4	99	0.1	0.8				
D-TOC	45	100	43	97	1.4	3.1				
T-N	6.1	100	5.8	95	0.29	4.9				
P-N	1.3	100	1.3	98	0.03	2.4				
D-T-N	4.7	100	4.5	94	0.26	5.5				
T-P	0.35	100	0.34	99	0.005	1.4				
P-P	0.26	100	0.26	99	0.002	0.9				
D-T-P	0.08	100	0.08	97	0.002	3.0				

第3回調査：平成11年7月18日

	路面排水		緑地帯に保持・分解		緑地浸透水		緑地表面流出水		ビオトープ池流出水	
	負荷量	%	負荷量	%	負荷量	%	負荷量	%	負荷量	%
SS	106	100	61	58	7.5	7.1	37	35	25	24
COD	104	100	26.1	25	8.2	7.9	70	67	53	51
P-COD	42	100	26	60	1.0	2.3	16	37	7.3	17
D-COD	62	100	1	1	7.2	11.7	54	87	46	74
TOC	98	100	29.5	30	7.1	7.2	61	63	50	51
P-TOC	34	100	19.6	58	1.1	3.2	13	39	12	36
D-TOC	65	100	10.2	16	6.0	9.2	49	75	38	58
T-N	13	100	2.68	21	0.72	5.5	9.5	74	7.4	58
P-N	0.87	100	-0.68	-78	0.062	7.2	1.5	171	1.4	158
D-T-N	12.0	100	3.36	28	0.65	5.4	8.0	67	6.1	50
T-P	0.64	100	-0.52	-81	0.035	5.4	1.1	175	1.0	159
P-P	0.45	100	0.11	25	0.016	3.5	0.32	72	0.37	80
D-T-P	0.19	100	-0.63	-339	0.019	10.0	0.80	429	0.65	351

表4-2 (2) 各項目の物質収支

第4回調査：平成11年9月 日

	路面排水		緑地帯に保持・分解		緑地浸透水		緑地表面流出水		ビオトープ池流出水	
	負荷量	%	負荷量	%	負荷量	%	負荷量	%	負荷量	%
SS	123	100	117	95	0.94	0.77	4.6	3.8	1.5	1.2
COD	32	100	20	63	3.8	12	8.2	26	3.2	9.9
P-COD	14.4	100	13.3	92	0.2	1.7	0.91	6.3	0.52	3.6
D-COD	18	100	7	39	3.5	20	7.3	41	2.7	15
TOC	34	100	24	70	3.0	8.8	7.0	21	2.5	7.5
P-TOC	17.6	100	15.6	89	0.4	2.1	1.5	8.8	0.78	4.5
D-TOC	16	100	8	49	2.6	16	5.6	35	1.7	11
T-N	2.5	100	1.8	72	0.23	9.3	0.47	19	0.13	5.4
P-N	0.7	100	0.6	79	0.04	5.9	0.11	15	0.05	6.3
D-T-N	1.7	100	1.2	69	0.19	11	0.36	21	0.09	5.1
T-P	0.24	100	0.07	29	0.032	14	0.14	57	0.03	12
P-P	0.20	100	0.15	73	0.010	4.9	0.05	23	0.02	8.7
D-T-P	0.04	100	-0.08	-210	0.022	61	0.09	249	0.01	31

4.3 溶存態物質と粒子状物質の構成比

COD、TOC、T-N、T-Pの各地点での溶存態と粒子状の構成比を表4-3に示した。

表4-3 溶存態と粒子状の構成比

COD (%)

形態	粒子状				溶存態			
	第1回	第2回	第3回	第4回	第1回	第2回	第3回	第4回
雨水	7	8	19	20	93	92	81	80
路面排水	59	14	37	41	41	86	63	59
緑地浸透水	28	13	13	9	72	87	87	91
ビオトープ池流入水	39	-	27	16	61	-	73	84
ビオトープ池流出水	24	-	15	18	76	-	85	82

TOC (%)

形態	粒子状				溶存態			
	第1回	第2回	第3回	第4回	第1回	第2回	第3回	第4回
雨水	22	16	7	33	78	84	92	66
路面排水	71	18	34	44	29	83	67	57
緑地浸透水	41	5	16	14	59	94	85	86
ビオトープ池流入水	57	-	20	25	43	-	80	77
ビオトープ池流出水	43	-	22	33	57	-	78	67

T-N (%)

形態	粒子状				溶存態			
	第1回	第2回	第3回	第4回	第1回	第2回	第3回	第4回
雨水	4	1	7	13	96	99	93	87
路面排水	13	23	7	26	87	77	93	74
緑地浸透水	22	9	9	34	78	91	91	66
ビオトープ池流入水	16	-	14	22	84	-	86	78
ビオトープ池流出水	53	-	21	41	47	-	79	59

T-P (%)

形態	粒子状				溶存態			
	第1回	第2回	第3回	第4回	第1回	第2回	第3回	第4回
雨水	37	5	35	90	63	95	65	10
路面排水	100	83	71	81	0	17	29	19
緑地浸透水	94	50	42	35	6	50	58	65
ビオトープ池流入水	96	-	35	38	4	-	65	62
ビオトープ池流出水	100	-	44	65	0	-	56	35

これによると、T-Nの第3回調査の緑地表面流出水を除き、全ての調査において緑地浸透水と緑地表面流出水の粒子状成分の構成率は、路面排水より低く、緑地内部および表面において粒子状物質を選択的に除去していることが示唆された。

4.4 先行晴天日数と初期フラッシュ濃度の関係

図4-2に各調査の路面排水の出水開始直後の濃度と先行晴天日数の関係を示した。

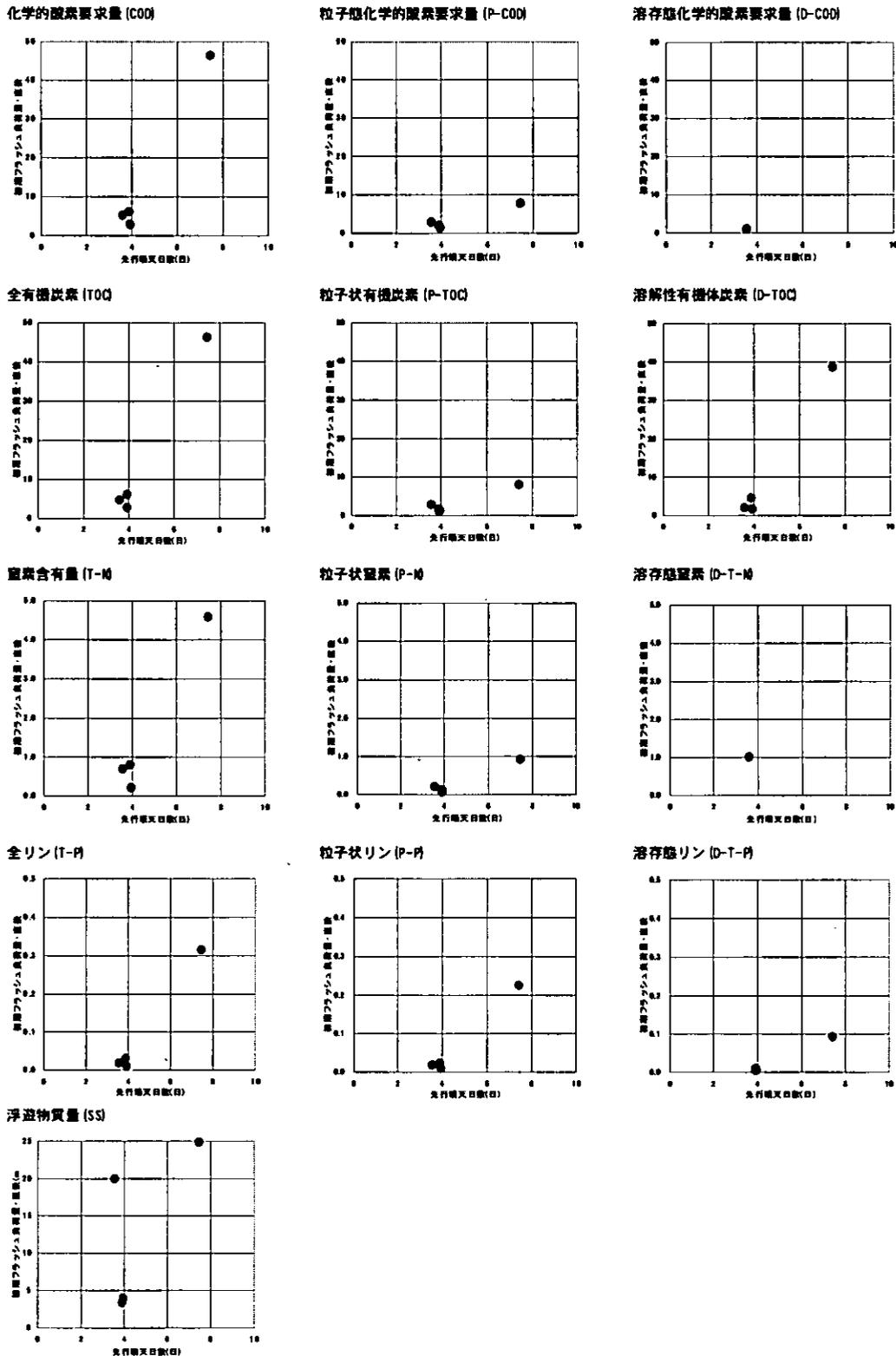


図4-2 路面排水の出水開始直後の濃度と先行晴天日数の関係

これによると、溶存態COD、溶存態TOC、溶存態窒素、溶存態リンにおいて、先行晴天日数が長くなるほど初期フラッシュ濃度が高くなる傾向がみられた。このことは、路面上には時間と共に溶解性のある物質が蓄積されていることを示唆しているが、物質の由来は不明であり今後の調査課題となる。また、粒子状物質では粒子状リンを除き、先行晴天日数と初期フラッシュ濃度に、一定の傾向はみられなかった。

4.5 交通量と路面排水濃度の関係

平成9年度交通量情勢調査（滋賀県土木部道路課）での最寄りの観測地点（路線番号559、近江八幡大津線草津市北山田町、調査区間番号787）を元に本施設集水域の交通量と初期フラッシュ濃度の関係を検討した（図4-3）。その結果、同一路線での繰り返し調査の結果であるため、休日交通量と平日交通量の違いにより若干の変化があるものの、結果としては、先行晴天日数と初期フラッシュ濃度との関係と同様であった。

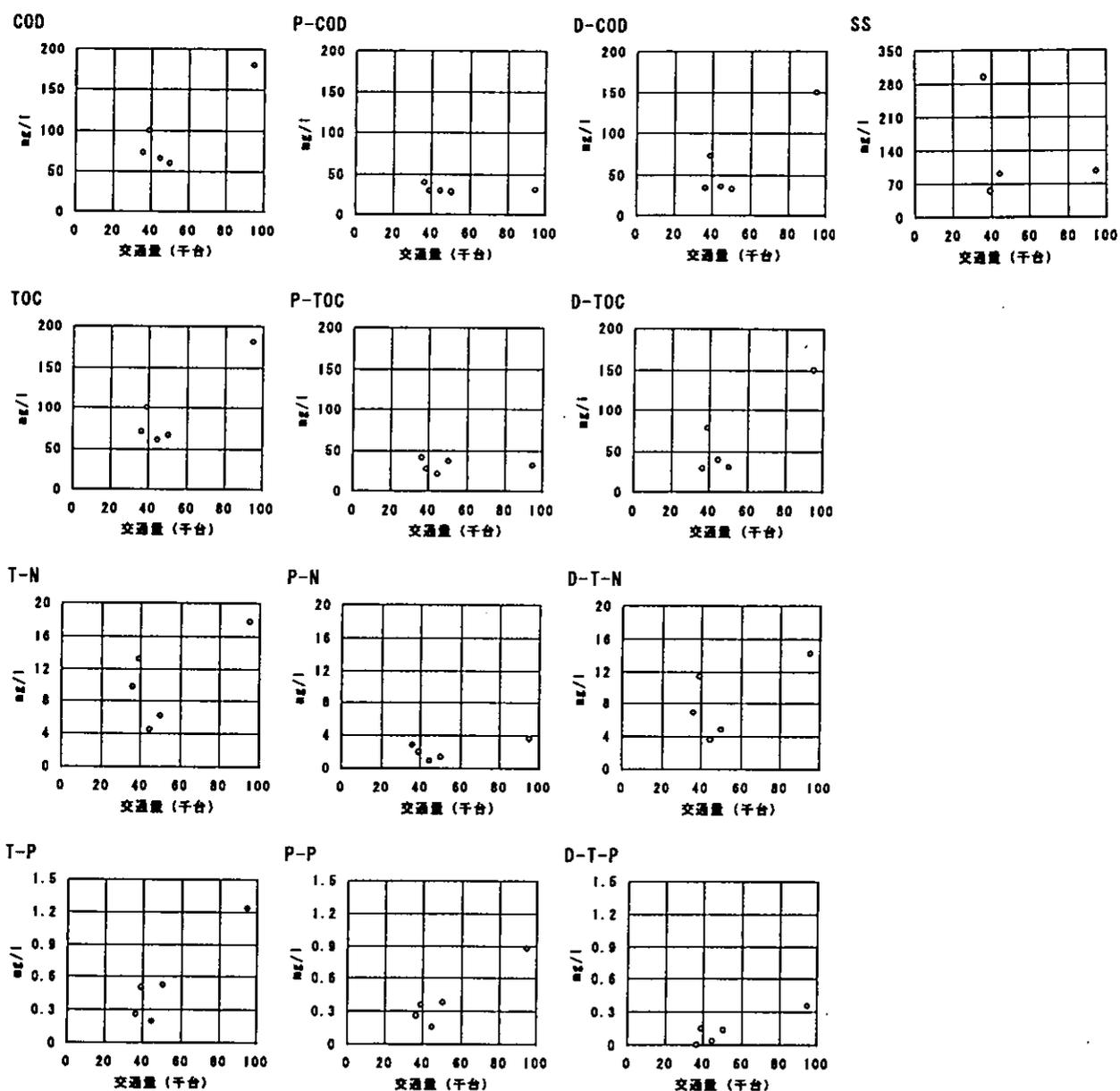


図4-3 交通量と初期フラッシュ濃度の関係

4.6 路面排水出水量と濃度の関係

図4-4 に各回の路面排水調査で得られた水質濃度とその濃度が得られた時点までの積算流量を示した。

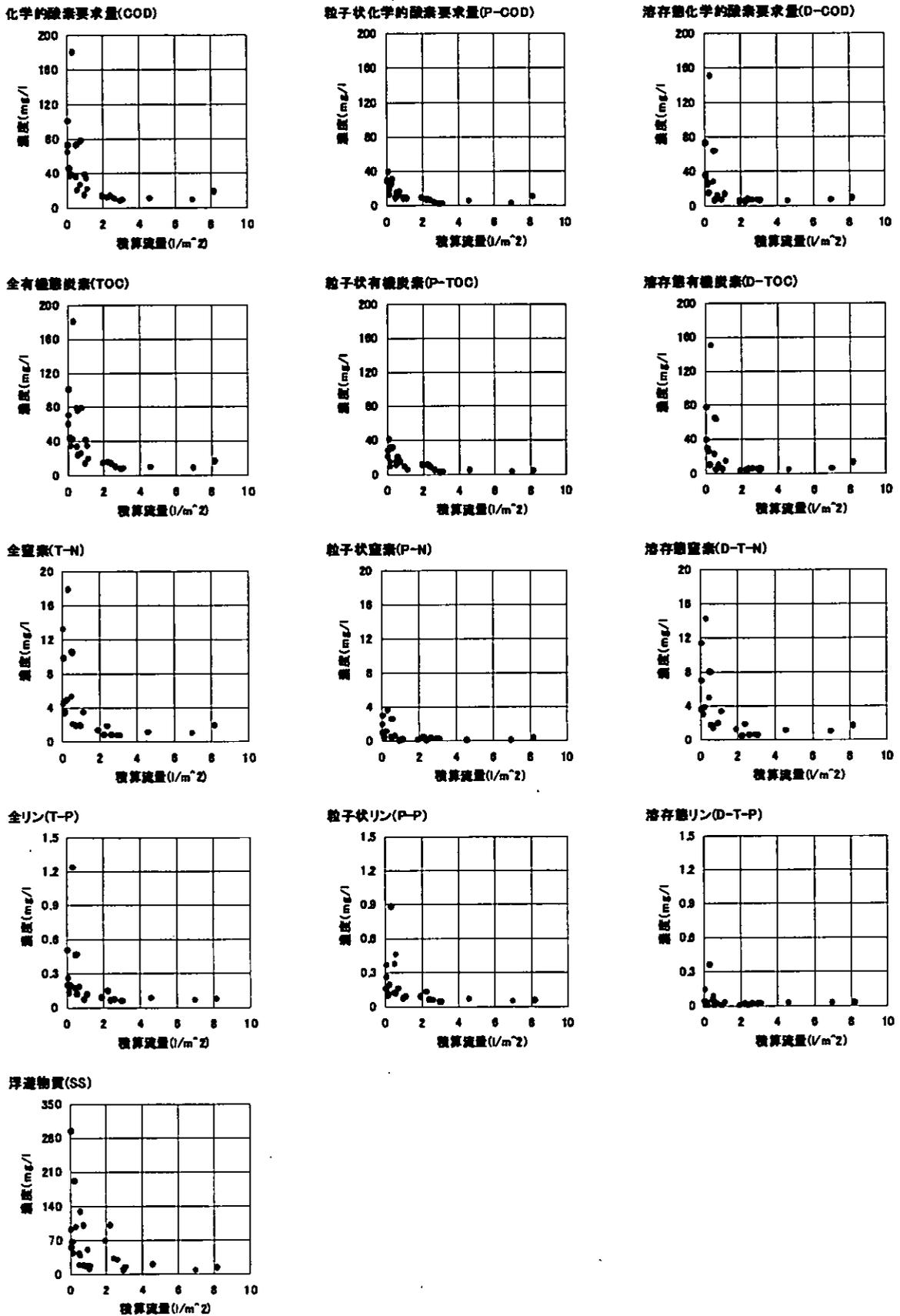


図4-4 路面排水積算流量と水質濃度の関係

これによると、積算流量が2～2.7ℓ/m²以下では水質濃度が高い場合が多く、2～2.7ℓ/m²以上では、それ以上流量が多くなっても濃度に変化がなく、相対的に低い値であった。ここで、出水量2.7ℓ/m²以上の時の各項目の水質濃度と琵琶湖水および琵琶湖南湖流入10河川の平均濃度を表4-4に示した。これによると、初期フラッシュより後の水質濃度は、琵琶湖水質濃度よりも高濃度であるが、全窒素、全リンに関しては南湖流入河川水の平均値程度あり、CODとSSは南湖流入河川の平均濃度の2～3倍であった。

表4-4 初期フラッシュ後の路面排水濃度と琵琶湖および流入河川水質 (mg/l)

	初期フラッシュ後の路面排水	琵琶湖南湖*	琵琶湖北湖*	南湖流入河川*
COD	11	3.2	2.7	2.79
SS	11.2	5.6	1.4	5.28
全リン	0.063	0.018	0.009	0.09
全窒素	1.07	0.40	0.33	1.37

※滋賀県環境白書（平成10年版）より算出

以上より、降雨による初期フラッシュは、路面からの排水量が2～2.7ℓ/m²で完了し、それ以降の排水中の水質濃度は変化がないことと、その時の全窒素と全リンは南湖への流入河川水の平均値程度であり、CODとSSは河川水の平均値の2～3倍程度であることが示された。このことは、路面排水による水質汚濁を軽減させる場合、初期出水2～2.7ℓ/m²を処理対象とするのが最も効果的であることを示唆している。しかしながら、他の研究事例では、排水量1mm程度でBODとCODの初期フラッシュが終了する例（徳永ら、1998）や、約6ℓ/m²でSSの初期フラッシュが終了する例（市川ら）があり、今後、初期フラッシュの処理対象水量を決定するためには、様々な立地条件の道路における調査が必要であると考えられる。

4.7 負荷原単位

路面排水の面源負荷削減効果を検討するにあたり、本調査の結果を元に路面からの負荷量原単位を算出した。算出に用いた負荷量は調査結果で初期フラッシュが出水開始後の2～2.7ℓ/m²で終了することが示されたことから、路面排水の出水後2000ℓ（2.7ℓ/m²）での負荷量を初期排水負荷量とし、これを計算に用いた。従って計算に用いた調査は路面排水として2000ℓ以上またはそれに準じる出水量を持つ調査とした。計算に用いた調査を表4-5に示した。

表4-5 計算に用いた調査

調査回	年月日	路面排水出水量	先行晴天日数	適否
1	平成11年1月24日	1980	3.6	○
2	平成11年7月12日	902	8.5	×
3	平成11年7月18日	7238	3.9	○
4	平成11年9月15日	2395	4.0	○

日数と初期フラッシュ濃度との関係において、溶存態物質が先行晴天日数と正の相関を持つ可能性が示唆されたことから、初期排水負荷量においても同様の関係があるとみなし、次式により各調査の初期排水負荷量と先行晴天日数から単位路面あたりの負荷量を求めた。出水開始から2000ℓの負荷量および初期排水原単位を表4-6および表4-7に示した。

$$\text{路面からの負荷量 (mg・年/m}^2\text{)} = \frac{\text{初期排水負荷量 (mg)} \times 365}{\text{先行晴天日数 (日)} \times \text{路面排水 (m}^2\text{)}}$$

初期負荷量 (mg) : 水質調査時刻で挟まれた時間に流入した水量 (ℓ) にその時間を挟む両側の水質濃度の平均値 (mg/l) を乗じた値

表4-6 出水開始～2000lの負荷量

単位 : mg

	第1回調査	第3回調査	第4回調査
先行晴天日数	3.7	3.9	4
SS	177745	44975	118053
COD	39106	48043	29018
P-COD	23433	16720	13591
D-COD	15673	31323	15427
TOC	40725	45409	30838
P-TOC	29260	15692	16478
D-TOC	11466	30428	14289
T-N	4821	6810	2206
P-N	668	444	673
D-T-N	4153	6366	1532
T-P	200	289	216
P-P	199	212	186
D-T-P	1	77	31

表4-7 初期排水原単位

単位 : mg・年/m²

	第1回調査	第3回調査	第4回調査
先行晴天日数	3.7	3.9	4
SS	23379	5612	14363
COD	5144	5995	3531
P-COD	3082	2086	1654
D-COD	2061	3909	1877
TOC	5357	5666	3752
P-TOC	3849	1958	2005
D-TOC	1508	3797	1738
T-N	634	850	268
P-N	88	55	82
D-T-N	546	794	186
T-P	26	36	26
P-P	26	26	23
D-T-P	0.13	9.6	3.8

5. 今後の課題

本調査では、実験センターに設置した緑地浸透帯とビオトープ池に湖周道路約750m²からの路面排水を導入し、路面排水の出水特性および各施設の浄化特性を調査した。これにより本調査対象の路面および施設において、次の事項が確認または示唆された。

- (1) 全降雨量のうち、路面に残るか系外に出る降雨分 (2.0～2.5mm) を減じた量が路面排水になる。
- (2) 路面排水の初期フラッシュは2～2.7ℓ/m²の出水で終了する。
- (3) 路面排水に含まれる溶存態物質は先行晴天日数と交通量に正の相関を持つ可能性が示唆された。
- (4) GPC-TC調査の結果、緑地浸透帯では溶存有機物の組成は変化が少なく、全分子量帯でピーク高さが減少していた。
- (5) 透水試験の結果、上流部で目詰まりが見られ下流部では透水性の向上が見られた。これにより緑地浸透帯には目詰まりを改善する作用 (動植物の働きなど) があると考えられた。

本調査は本実験施設の立地環境でのみの結果であり、他の道路や市街地にそのまま適用することはできないと考えられる。従って、今後は他の路面などでの調査を行い、路面排水の出水特性および負荷原単位を算出し、路面排水が環境に与える影響を知る必要があると考えられる。また、これらの課題調査をしつつ、路面排水を効率的に処理する装置を考え、その処理特性や実用上の問題点を検討することも、排水対策を早期に実現する上では重要であると考えられる。

ここで、既存の資料より浸透ますなど路面排水を処理するために有用であると考えられる装置を整理した所、比較的多かったのが、ますの低部に浸透性を持たせた浸透ますで全量透水させるものであった。事例を参考にしさらに本調査の結果で路面排水の初期フラッ

シュが2~2.7l/m²で終了することから、路面排水の初期フラッシュのみを対象にする路面排水処理施設で、かつ路面排水を浸透部に導かない構造を考案したので図5-1に示した。

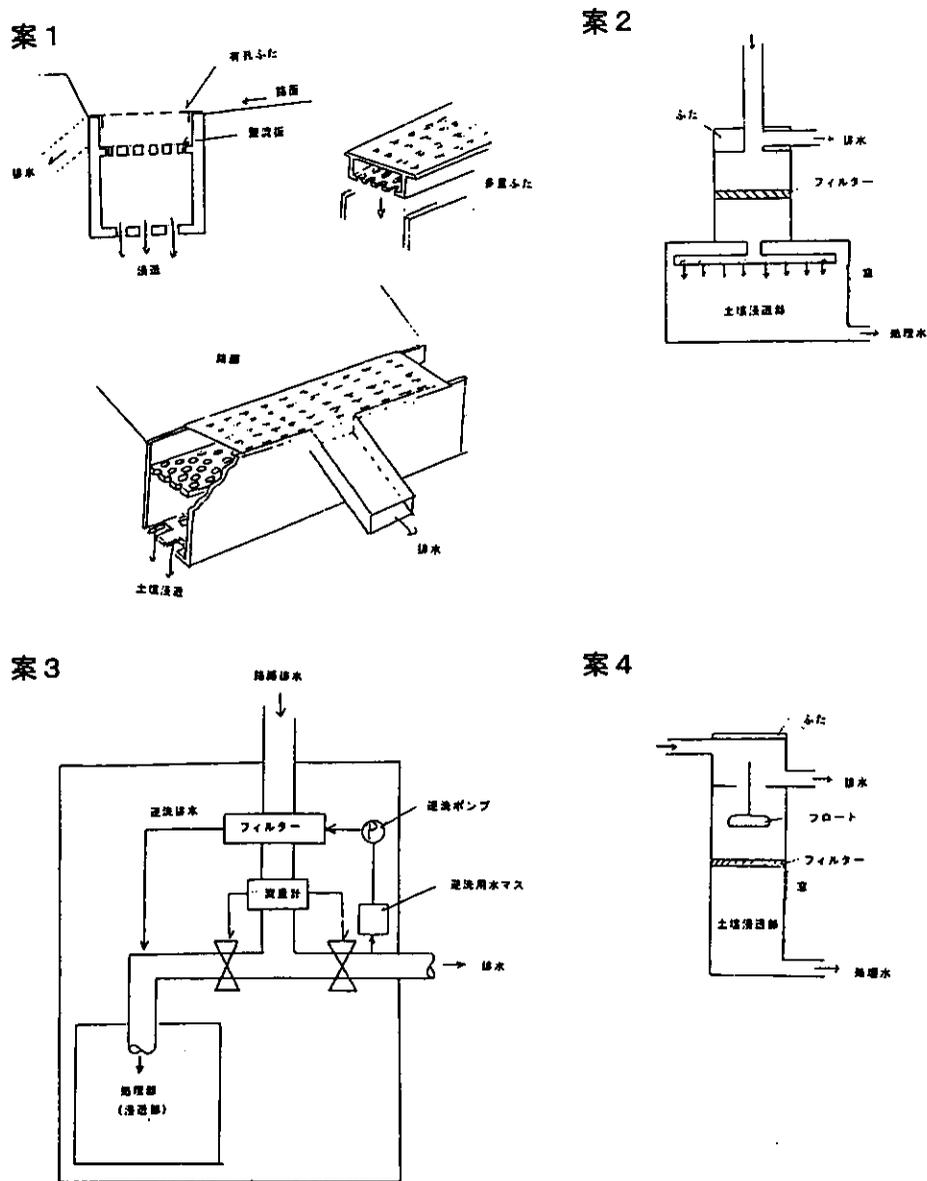


図5-1 装置案

実験担当者 (平成11年度担当)

滋賀県

土木部道路課専門員

望月 正人

土木部道路課技師

稲葉 実

琵琶湖環境部環境政策課副参事

松居 弘吉

琵琶湖環境部環境政策課主査

豊岡 幸二

財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構

実験センター所長

中山 繁

実験センター研究員

武井 直子

14. 中間水路底質調査（その2）

1. 調査概要

1.1 調査目的

本調査は、矢橋中間水路における底泥からの栄養塩の溶出の状況、及び、平成10年度に行われた浚渫工事による底質改善効果を把握するため現地調査を行い、その調査結果について考察するものである。

1.2 調査実施日

浚渫後 夏期 : 平成11年 7月30日
平成11年 8月18日
平成11年 9月21日
秋期 : 平成11年11月26日
冬期 : 平成12年 2月18日

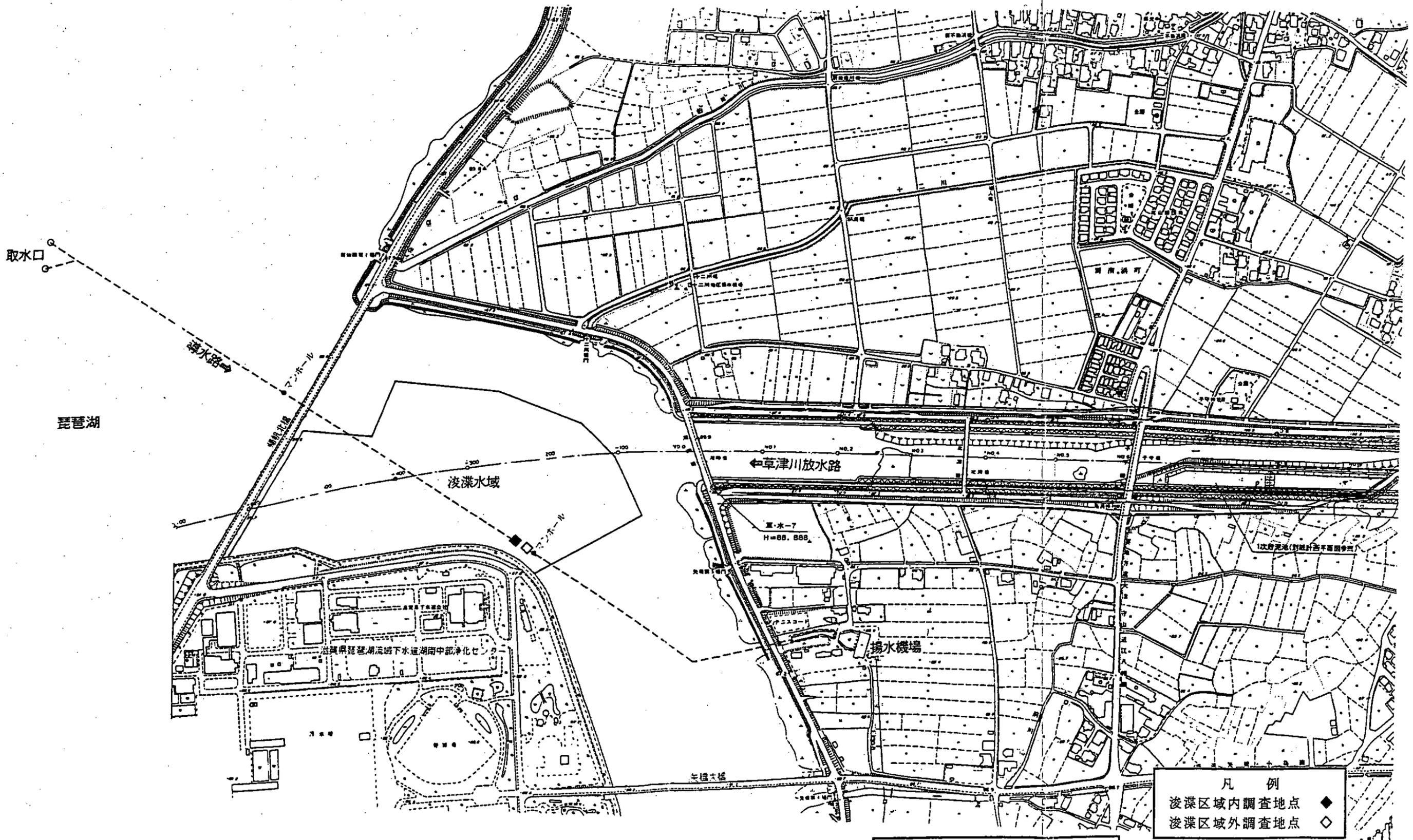
なお、平成10年度の調査日は以下の通りである。

平成10年度

浚渫前 夏期 : 平成10年 8月20日
秋期 : 平成10年11月25日
浚渫後 冬期 : 平成11年 2月18日

調査地点は矢橋中間水路（草津川放水路河口部）の浚渫区域内1地点、浚渫区域外1地点の計2地点とし、1地点につき5カ所（A～E地点）で試料採取を行った（図1-1、図1-2参照）。

図1-1に示すように、矢橋中間水路の湖底面下約1.5mには圃場整備水源の揚水機場と取水口を結ぶ導水路があり、管理のためのマンホールが湖底に敷設されている。図1-2の詳細図に示すように、このマンホールの周囲およそ半径10m以内では浚渫が行われなかったため、マンホール付近を浚渫区域外調査地点とし、マンホールから北西に約20m離れた地点を浚渫区域内調査地点としている。浚渫区域内外とも、Aを中心として約2m離れて四方にB～E地点を設定した。



凡例
 浸漬区域内調査地点 ◆
 浸漬区域外調査地点 ◇

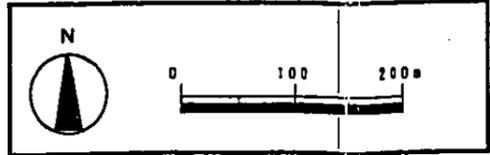


図1-1 調査地点位置図

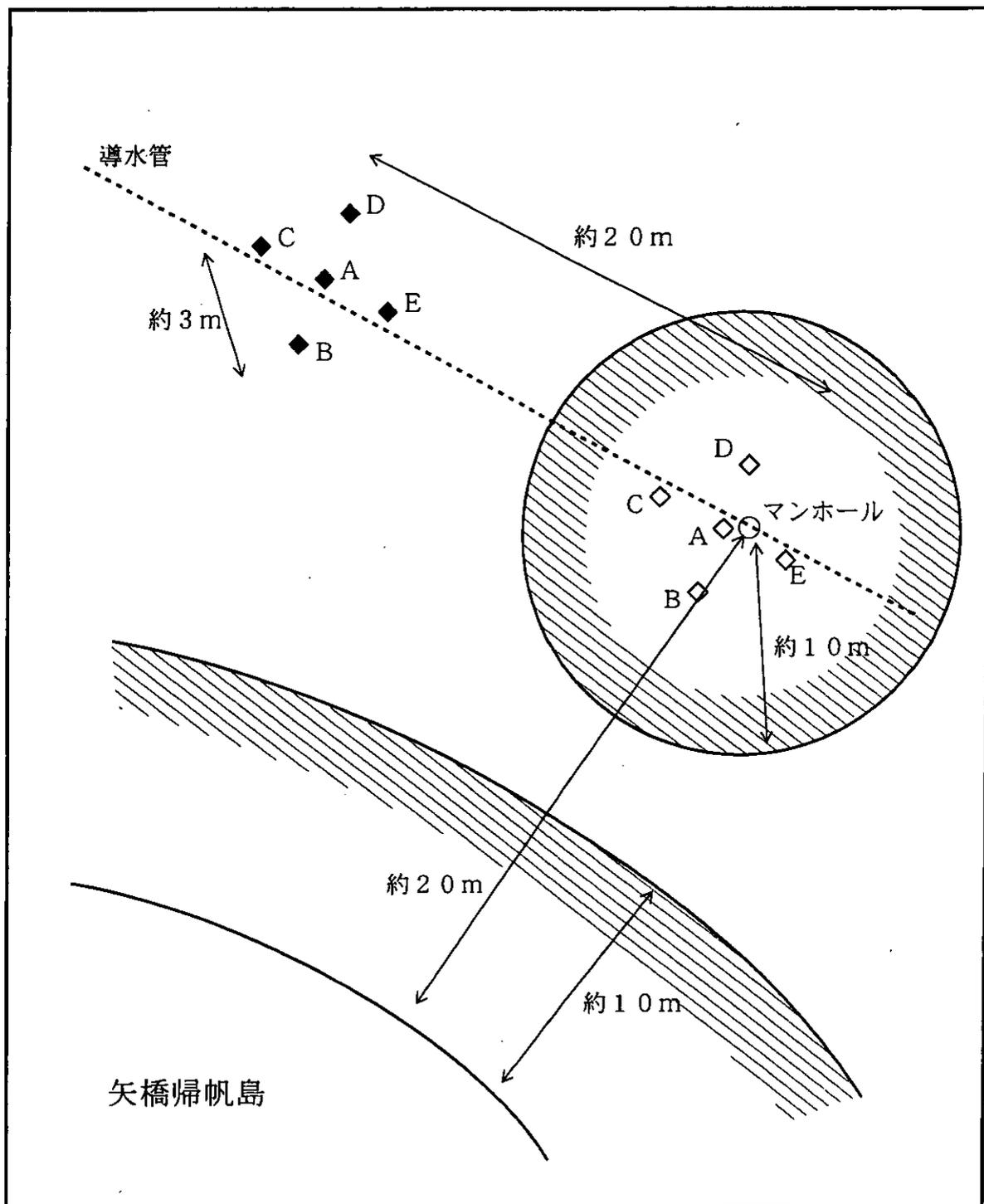


図1-2 調査地点詳細図

凡 例	
浚渫区域内調査地点	◆
浚渫区域外調査地点	◇
浚渫を行わない区域	

2. 調査方法

2.1 調査概要

表2-1 調査概要

	調査日 項目		平成11				12	備 考
			7	8	9	11	2	
水分 質 析	溶存酸素		○	○	○	○	○	各地区表層と底層 盛夏期は各地区9層5カ所
底 質 分 析	pH、酸化還元電位		○	○	○	○	○	各地区5カ所5回
	含水率、強熱減量、 粒径分布、T-N、T-P			○		○	○	各地区5カ所3回
間隙水 分 析	D・T-N	隔膜浸透法	○	○	○	○	○	各地区5カ所3層5回
		遠心法		○				各地区5カ所3層
	D・T-P	直接法			○			各地区5カ所1層
栄養塩 溶 出	D・T-N		○					各地区2カ所4流速2回
D・T-P								
生 物 調 査	底生動物相			○		○	○	各地区3回

2.2 試料採取方法

2.2.1 底質

採泥は柱状採泥器を用いて行った。採取した底泥は、ただちにpHおよび酸化還元電位の測定を行ったのち、手早く密閉容器（2ℓポリ瓶、100mlカップ、ジップロック等）に満たし、中に空気を残さないように注意して密栓した。採泥は底質表面から0～15cmの範囲で行った。

2.2.2 底質間隙水

間隙水および底質直上水の採取は、主として拡散チャンパー（ピーパー図2-1）を用いて行い、水底から0～5cmの底質直上水と、底泥表面から0～5cm、6～11cmの底質間隙水を採取した。ピーパーは各地区5基ずつ設置し、底質の間隙水とピーパー内のイオン交換水の濃度が平衡に達するように、設置から約2週間後にサンプリングを行っている。

また、間隙水採取方法の比較検討のために、8月には遠心分離法を、9月には直接採取法を併せて行っている。直接採取法は図2-2に示すとおり、ダイバーが底泥に注射器（A）を突き刺し、間隙水を直接採取して行う。注射器の針（B）の内側には細く縫った脱脂綿を入れ、底泥が注射器内部に入らないようにしてある。針には採取する深度に合わせてプラスチックのカバー（C）を取り付けておき、試料採取の際の直上水の影響を防いでいる。今回のサンプリングに先立ち、中間水路部の底泥を採取し、注射器、針、脱脂綿等を数種類組み合わせで試験していたが、結果的に注射器内に多くの底泥が入ってしまうような形でしかサンプリングすることができなかった。このため、注射器ごと分析室に持ち帰り、窒素雰囲気中で遠心分離をした上澄み液を分析試料とした。遠心分離法と同様に、3000rpm×10分間の遠心分離を2回行い、D・T-P測定用のサンプルについては硝酸で固定した。

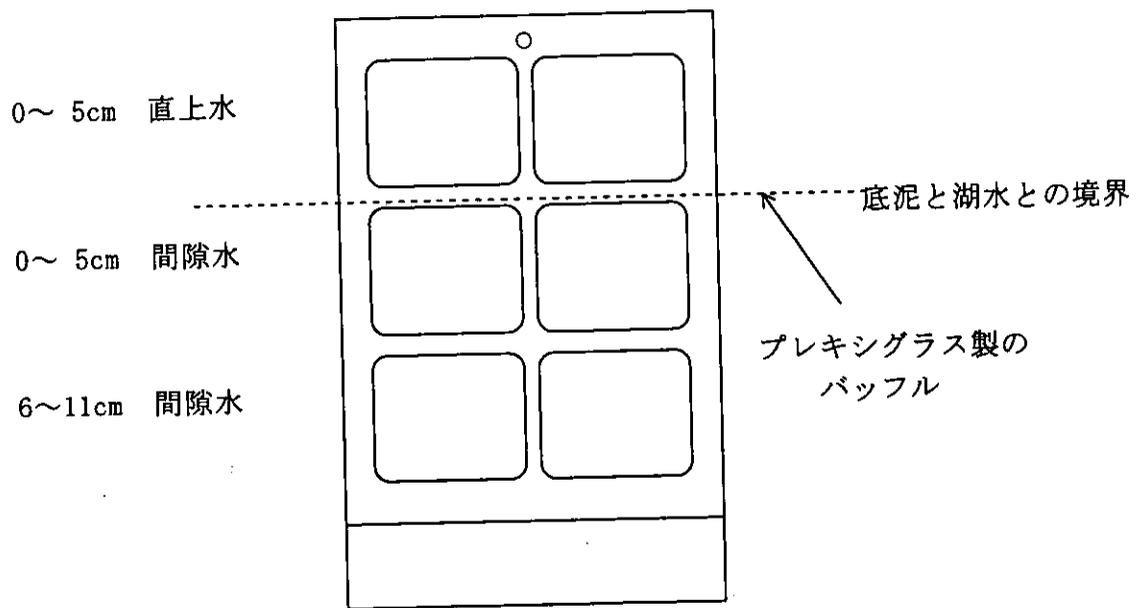


図2-1 拡散チャンバー（ピーパー）

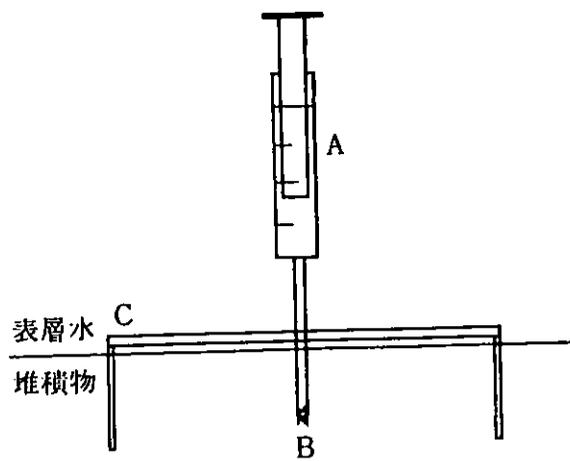


図2-2 直接採取法概略図

2.2.3 栄養塩溶出フラックス

底泥からの栄養塩溶出状況を現地で測定するために、Yung and Lee(1991)が考案した底泥酸素消費速度計測装置を改良したものをを用いて測定を行った。

測定装置はポンプ部とチャンバー部からなり、チャンバー部の概略を図2-3に示す。チャンバーの中に取り込まれた湖水は、螺旋を描きながら底泥に接し、中心部分から上方のポンプへ輸送される。チャンバーを通過する前の水（調査地点の表層水：水面から20cmで取水・採水）と通過した後の水（チャンバー→ポンプを通過した水）を比較することにより、現地での栄養塩の溶出状況を測定することが出来る。

ポンプの回転数を変えることにより4段階の流速（0.95cc/sec、2.86cc/sec、3.70cc/sec、5.00cc/sec）について測定を行っているが、試料の採取はチャンバー設置後もしくは流速を変更してから10分から60分後（目安としてチャンバー内の水が2回入れ替わる時間）に行った。

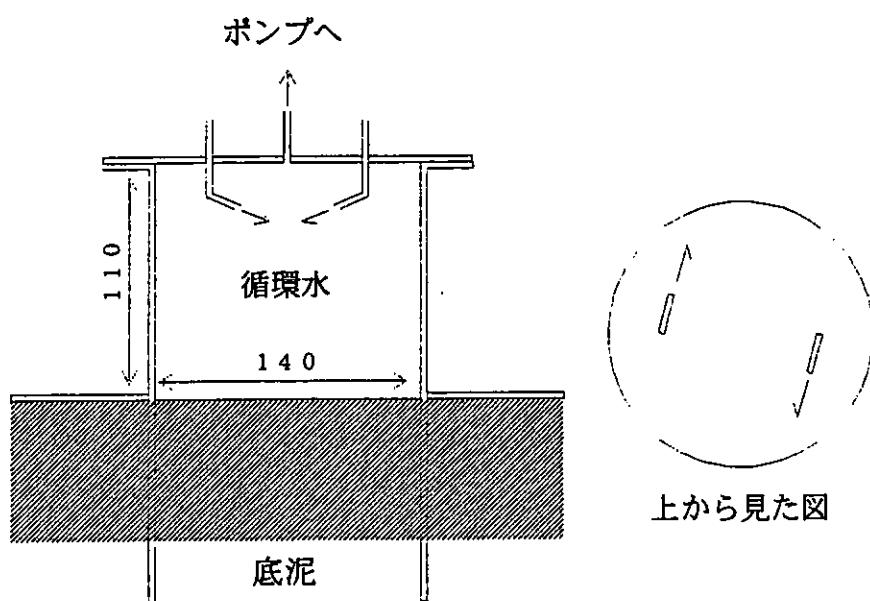


図2-3 栄養塩溶出フラックス測定装置チャンバー部概略図

2.2.4 底生生物

エックマンバージ採泥器を用いて底泥を採取した。採取した泥は0.42mmの篩いにかけて、篩いの上に残った生物をホルマリン液（10%）で固定して分析試料とした。試料は顕微鏡下で種の同定を行った後、個体数を計数した。

3. 調査結果

3.1 水質測定結果

現地測定結果を表3-1に示す。

調査地点の水深は、浚渫区域内が2.0～2.5m、浚渫区域外が1.7～2.1mであり、浚渫区域内の方が0.3～0.4m深かった。

平成10年度の調査では、底層水の溶存酸素が0.1～0.3mg/lとほぼ無酸素化している地点があったが、平成11年度の夏期調査ではそれほどの地点はなく、最低でも4.9mg/lの酸素があった。平成10年の8月に比べ水温がやや低いこと、密生していた水草が減ったことにより広範囲にわたって水の流れがよくなったことが原因として考えられる。

表3-1 水温・溶存酸素測定結果

			平成11年				平成12年
			7月30日	8月18日	9月21日	11月26日	2月18日
浚渫区域内	水深 (m)		2.3	2.2	2.5	2.2	2.0
	水温 (°C)	表層	29.1	28.9	27.9	13.4	4.8
		底層	28.1	27.8	27.5	13.6	4.8
	DO (mg/l)	表層	9.7	9.4	8.0	10.1	14.1
底層		7.8	5.8	8.0	9.9	13.9	
浚渫区域外	水深 (m)		1.9	1.8	2.1	1.9	1.7
	水温 (°C)	表層	29.1	28.8	27.5	13.6	4.7
		底層	28.1	28.1	27.4	13.6	4.6
	DO (mg/l)	表層	9.4	8.7	8.1	9.5	12.3
底層		8.1	6.6	7.6	9.9	13.6	

* 8月18日については区域内A地点と区域外A地点の測定値

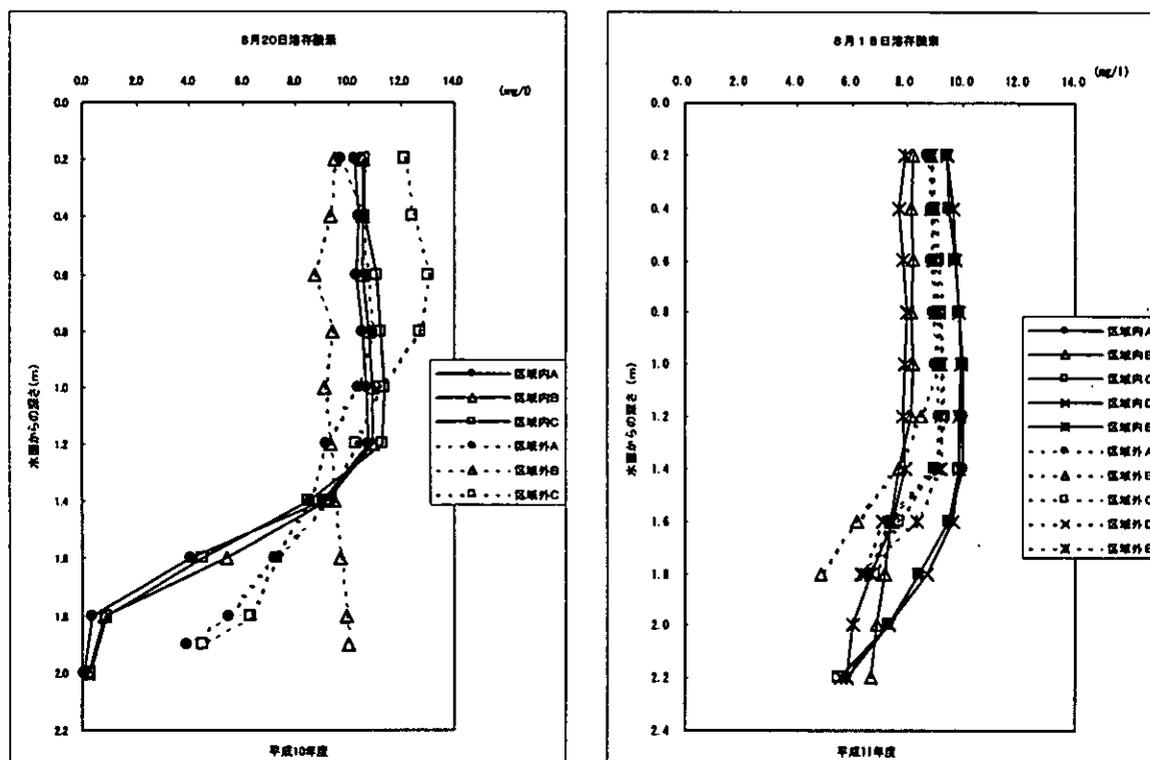


図3-1 溶存酸素測定結果

3.2 底質調査結果

底質現地測定結果を表3-2～表3-6及び図3-2、底質分析結果を表3-7～表3-9に示す。

底質の酸化還元電位については、ORP計の指示値から標準水素電極に対する電位(Eh)に換算している。

3.2.1 底質現地測定結果

pHについては、浚渫区域内外とも7前後で大きな変化はなかった。

Ehは区域内外ともにばらつきが大きい。それぞれの平均値を比べると、夏期の調査時に低めであり(37～50mV)、秋と冬に高めの数値を示している(126～165mV) 図3-2から7月を除いて区域内の方が高く、その差は2月に最も大きくなった。

3.2.2 底質分析結果

(1)8月調査

底質中の窒素については区域内外でほとんど差がなかった。底質中のリンについては、平成11年度は、浚渫区域外の平均1.4mg/Drygに対して、区域内は平均0.9mg/Drygと少なかった。平成10年8月の調査では、区域内外ともに平均が1.1～1.3mg/Drygであったことから、浚渫による効果と考えられる。

(2)11月調査

底質中の窒素については、区域外の平均3.2mg/Drygに対して、区域内は平均1.4mg/Drygと少なかった。リンについても区域外平均1.1mg/Drygに対し、区域内は平均0.5mg/Drygであった。含水率、強熱減量についても浚渫区域外の方が高く、粒度分布の結果も含めばらつきが大きい傾向にあった。

(3)2月調査

底質中の窒素については、区域外の平均2.7mg/Drygに対して、区域内は平均1.4mg/Drygと少なかった。リンについても区域外平均1.3mg/Drygに対し、区域内は平均0.5mg/Drygであった。含水率、強熱減量についても浚渫区域外の方が高かった。

表3-2 底質現地測定結果(平成11年7月30日)

項目	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
		A地点	B地点	C地点	D地点	E地点	A地点	B地点	C地点	D地点	E地点
pH	—	7.0	6.9	6.9	6.9	6.8	6.7	6.8	6.9	7.0	6.6
温度	℃	32.1	30.2	29.7	29.1	29.4	29.8	28.7	29.0	29.0	28.5
ORP	mV	-155	-167	-191	-179	-133	-153	-171	-160	-163	-160
Eh	mV	46	35	12	24	70	50	32	43	40	44

表3-3 底質現地測定結果(8月18日)

項目	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
		A地点	B地点	C地点	D地点	E地点	A地点	B地点	C地点	D地点	E地点
pH	—	6.8	7.0	6.8	6.7	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.7
温度	℃	28.4	28.1	28.7	28.8	28.5	28.5	28.3	28.4	28.5	29.1
ORP	mV	-109	-167	-168	-161	-165	-158	-146	-154	-171	-172
Eh	mV	95	37	35	42	39	46	58	50	33	31

表3-4 底質現地測定結果 (9月21日)

項目	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
		A地点	B地点	C地点	D地点	E地点	A地点	B地点	C地点	D地点	E地点
pH	—	6.7	6.9	6.9	6.9	6.6	6.9	6.9	6.7	6.5	6.9
温度	°C	27.8	27.5	27.7	28.3	27.3	27.6	27.5	27.9	27.6	27.7
ORP	mV	-106	-105	-135	-134	-140	-140	-157	-142	-132	-145
Eh	mV	98	99	69	70	64	64	47	62	72	59

表3-5 底質現地測定結果 (11月26日)

項目	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
		A地点	B地点	C地点	D地点	E地点	A地点	B地点	C地点	D地点	E地点
pH	—	7.0	6.9	6.9	7.0	7.1	6.9	7.0	7.1	7.2	7.0
温度	°C	12.8	13.6	13.3	12.8	12.8	12.3	13.3	13.0	13.3	13.2
ORP	mV	-41	-57	-107	-103	-108	-76	-73	-103	-95	-93
Eh	mV	174	157	107	112	107	139	141	111	119	121

表3-6 底質現地測定結果 (平成12年2月18日)

項目	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
		A地点	B地点	C地点	D地点	E地点	A地点	B地点	C地点	D地点	E地点
pH	—	7.0	7.0	7.1	7.0	7.0	6.7	7.1	7.0	7.3	7.1
温度	°C	5.3	4.9	5.0	5.0	4.9	4.6	4.8	4.3	4.6	4.9
ORP	mV	-87	-42	-67	-16	-62	-36	-67	-110	-140	-114
Eh	mV	133	178	153	204	158	184	153	110	80	106

$$Eh(mV) = E + 206 - 0.7(t - 25)$$

E: ORPの表示値(mV)

t: 測定時の温度(°C)

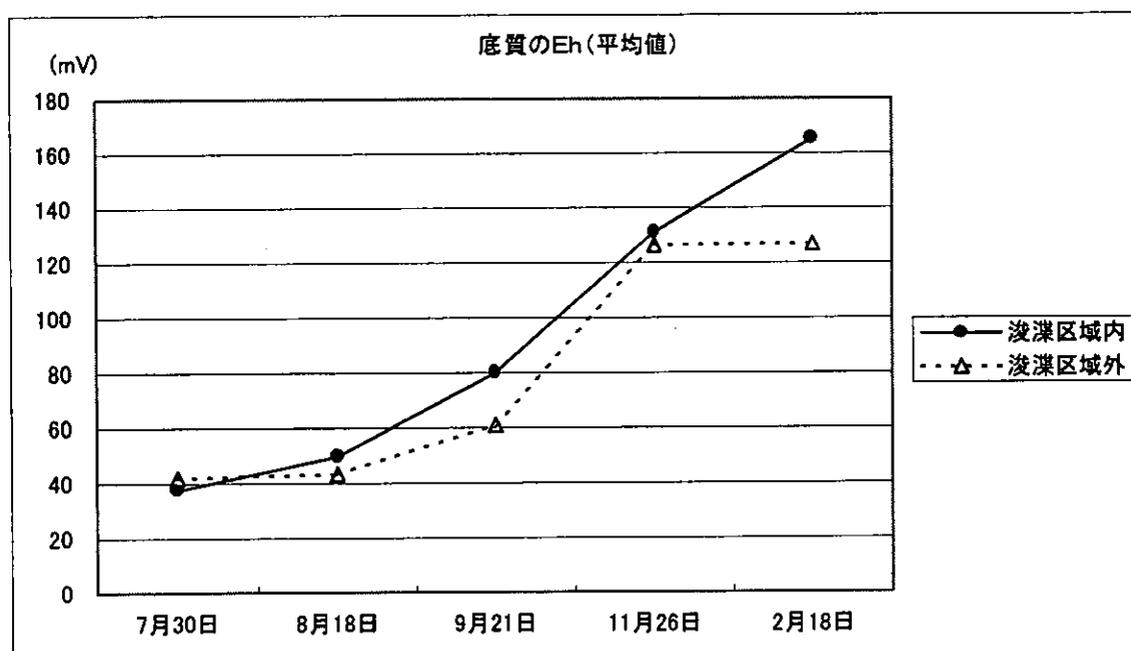


図3-2 底質のEh (5地点の平均値)

表3-7 底質分析結果（平成11年8月18日）

調査項目	浚渫区域内					浚渫区域外				
	A地点	B地点	C地点	D地点	E地点	A地点	B地点	C地点	D地点	E地点
pH	6.8	7.0	6.8	6.7	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.7
Eh (mV)	95	37	35	42	39	46	58	50	33	31
pH、Eh測定時の温度 (°C)	28.4	28.1	28.7	28.8	28.5	28.5	28.3	28.4	28.5	29.1
全窒素(T-N) (mg/Dryg)	2.6	2.6	2.5	2.6	2.3	2.5	1.6	2.6	2.3	2.8
全リン(T-P) (mg/Dryg)	0.9	0.9	1.0	0.8	0.7	1.5	1.6	1.4	1.4	1.3
乾燥減量(含水率) (%)	61.2	66.8	67.2	66.4	63.1	65.4	67.6	59.2	65.0	63.0
強熱減量 (%)	10.0	9.3	9.2	9.3	9.3	11.5	9.7	8.3	8.7	8.7
粒度分布	礫分2mm~75mm (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	砂分75μm~2mm (%)	2.0	3.9	1.7	1.6	3.9	7.4	8.0	9.5	6.2
	シルト分5μm~75μm (%)	79.8	67.3	76.1	65.2	57.3	52.4	54.8	53.8	82.0
	粘土分5μm未満 (%)	18.2	28.8	22.2	33.2	38.8	40.2	37.2	36.7	11.8

表3-8 底質分析結果（平成11年11月26日）

調査項目	浚渫区域内					浚渫区域外				
	A地点	B地点	C地点	D地点	E地点	A地点	B地点	C地点	D地点	E地点
pH	7.0	6.9	6.9	7.0	7.1	6.9	7.0	7.1	7.2	7.0
Eh (mV)	174	157	107	112	107	139	141	111	119	121
pH、Eh測定時の温度 (°C)	12.8	13.6	13.3	12.8	12.8	12.3	13.3	13.0	13.3	13.2
全窒素(T-N) (mg/Dryg)	1.6	1.4	1.4	1.0	1.5	3.3	2.9	3.4	3.3	3.0
全リン(T-P) (mg/Dryg)	0.5	0.3	0.8	0.3	0.5	1.3	1.5	1.5	0.4	0.7
乾燥減量(含水率) (%)	51.8	47.3	53.8	47.9	49.8	60.5	63.1	66.0	66.1	60.3
強熱減量 (%)	7.4	7.3	7.3	7.1	7.3	10.5	9.4	13.0	9.7	9.3
粒度分布	礫分2mm~75mm (%)	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8
	砂分75μm~2mm (%)	2.7	4.9	7.0	4.9	3.6	9.7	8.2	13.8	9.8
	シルト分5μm~75μm (%)	59.1	62.9	55.7	59.0	58.4	54.6	54.0	49.1	46.1
	粘土分5μm未満 (%)	38.2	32.2	35.8	36.1	38.0	35.7	37.8	37.1	34.3

表3-9 底質分析結果（平成12年2月18日）

調査項目	浚渫区域内					浚渫区域外				
	A地点	B地点	C地点	D地点	E地点	A地点	B地点	C地点	D地点	E地点
pH	7.0	7.0	7.1	7.0	7.0	6.7	7.1	7.0	7.3	7.1
Eh (mV)	133	178	153	204	158	184	153	110	80	106
pH、Eh測定時の温度 (°C)	5.3	4.9	5.0	5.0	4.9	4.6	4.8	4.3	4.6	4.9
全窒素(T-N) (mg/Dryg)	1.4	1.1	1.7	1.5	1.2	2.8	2.7	2.6	2.7	2.6
全リン(T-P) (mg/Dryg)	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5	1.0	1.3	1.3	1.4	1.3
乾燥減量(含水率) (%)	51.1	49.9	51.8	50.6	47.5	60.9	61.2	60.4	65.2	62.1
強熱減量 (%)	6.2	6.5	7.0	6.6	6.1	10.0	9.3	9.2	9.8	9.9
粒度分布	礫分2mm~75mm (%)	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.7	1.0	1.0	2.8
	砂分75μm~2mm (%)	1.1	4.3	2.3	0.9	1.2	2.9	2.5	2.9	4.8
	シルト分5μm~75μm (%)	53.7	58.2	51.8	51.4	52.1	51.7	50.6	51.1	51.7
	粘土分5μm未満 (%)	45.2	37.3	45.9	47.7	46.7	44.7	45.9	45.0	40.7

3.3 直上水・間隙水分析結果

分析結果を表3-10～表3-16及び図3-3、図3-4に示す。

浚渫区域内外ともに、ピーパー1～5及び、コア1～5は、A～E地点にそれぞれ対応する。2月調査時に設置したピーパー1'については、ピーパー1から数10cm離れて同じくA地点に設置している。

8月調査時の浚渫区域外ピーパー4は、回収時に直上水層のろ紙が破れていた。また、11月及び2月調査時の区域外ピーパー4は設置場所付近で発見できず、試料の採取が出来なかった。同じく、2月調査時の浚渫区域外ピーパー1、1'、3は、転倒した状態で回収された。しかし、藻類の付着状況、ろ紙の着色を見ると設置期間のほとんどを正常に設置された状態を保ち、転倒後回収まであまり経過してないものと考えられる。分析結果を見比べても、正常に回収されたものと大きな差が見られなかった。

3.3.1 D・T-N

底質直上水中の窒素については、平成11年は浚渫区域内外ともに7月、9月に比べて8月に上昇する傾向が見られたが、平成10年8月に比べるとやや低い値であった。11月以外は浚渫区域外の方がばらつきが大きかった。

間隙水中の窒素については、浚渫区域内では平成10年8月に比べておおむね低い値を示しているが、浚渫区域外ではばらつきが非常に大きく、平成10年よりも高い値を示した。11月と2月では夏期と比べると減少してはいるものの、浚渫区域内に比べ高い数値を示し、またばらつきも大きかった。

3.3.2 D・T-P

底質直上水中のリンについては、浚渫区域内外ともに平成10年8月にはみられなかった低い濃度(0.01mg/lのオーダー)の地点があったため、平均値は平成10年8月よりも低い値となりバラツキも小さくなったが、平成11年の夏期調査結果では浚渫区域内の方が高い値を示した。

間隙水中のリンは、区域外で低濃度側に範囲が広がっているが、高濃度側は平成10年8月とほぼ同程度の値になっている。

3.3.3 サンプルング方法の比較

(1) ピーパーと遠心分離法

8月調査ではピーパーと遠心分離法(コア)の比較を行っている。窒素については、直上水でピーパー0.62～3.72(平均2.60)mg/l、コア0.31～1.18(平均0.75)mg/lであ、ピーパーの方が高い値を示した。間隙水中ではピーパー3.31～52.7(平均19.1)mg/l、コア2.77～46.3(平均10.0)mg/lと、ほぼ同様の分析結果であった。

リンについては、直上水でピーパー0.015～0.685(平均0.24)mg/l、コア0.053～0.184(平均0.75)mg/lであり、間隙水中ではピーパー0.261～2.01(平均1.44)mg/l、コア0.081～0.223(平均0.131)mg/lと、ピーパーの方が高い値を示していた。

(2) ピーパーと直接採取法

9月調査ではピーパーと直接採取法(間隙水上層のみ)の比較を行っているが、窒素については、ピーパー3.64～49.4(平均14.9)mg/l、直接採取法2.85～47.8(平均10.9)mg/lであり、同様の分析結果であった。リンについては、ピーパー0.024～1.83(平均1.41)mg/l、直接採取法0.091～0.232(平均0.172)mg/lであり、ピーパーの方が高い値を示していた。

表3-10 直上水・底質間隙水分析結果（平成11年7月30日ピーパー）

D・T・I・N	深さ	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
			ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5	ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5
D・T・I・N	直上水	mg/l	0.619	0.555	0.561	0.500	0.400	0.716	0.568	1.646	0.870	1.952
	0~5cm	mg/l	2.911	2.118	6.343	4.295	3.437	12.066	4.554	10.171	8.844	3.661
	6~11cm	mg/l	4.517	3.285	6.545	3.398	4.005	28.378	15.162	14.669	25.080	26.811
D・T・I・P	深さ	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
			ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5	ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5
D・T・I・P	直上水	mg/l	0.016	0.018	0.030	0.029	0.016	0.020	0.100	1.631	0.628	0.398
	0~5cm	mg/l	1.960	1.461	1.656	1.496	1.528	1.495	1.677	1.505	1.658	1.232
	6~11cm	mg/l	1.837	1.491	1.674	1.669	1.789	0.043	1.345	1.558	1.148	1.885

表3-11 直上水・底質間隙水分析結果（平成11年8月18日ピーパー）

D・T・I・N	深さ	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
			ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5	ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5
D・T・I・N	直上水	mg/l	2.528	2.670	2.818	3.129	2.190	2.866	3.724	0.615	-	2.920
	0~5cm	mg/l	8.354	9.273	8.570	3.312	7.718	19.951	12.990	10.706	18.478	13.801
	6~11cm	mg/l	15.950	19.160	16.052	12.030	16.558	46.093	23.587	22.574	44.302	52.717
D・T・I・P	深さ	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
			ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5	ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5
D・T・I・P	直上水	mg/l	0.020	0.685	0.460	0.026	0.015	0.132	0.467	0.033	-	0.301
	0~5cm	mg/l	1.693	1.334	1.682	2.013	1.438	1.867	1.624	1.633	1.493	1.797
	6~11cm	mg/l	1.500	1.348	1.843	1.582	1.471	1.000	1.201	1.445	0.261	0.617

* 浚渫区域外ピーパー4は回収時に直上水の層のろ紙が破れていた。

表3-12 直上水・底質間隙水分析結果（平成11年9月21日ピーパー）

D・T・I・N	深さ	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
			ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5	ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5
D・T・I・N	直上水	mg/l	1.395	1.218	1.065	0.543	1.436	2.370	1.152	0.579	1.556	1.354
	0~5cm	mg/l	4.822	4.850	4.204	3.641	5.372	21.886	11.589	12.071	49.371	31.429
	6~11cm	mg/l	4.431	4.397	3.744	3.984	3.916	32.066	17.612	17.384	48.474	62.914
D・T・I・P	深さ	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
			ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5	ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5
D・T・I・P	直上水	mg/l	0.536	0.726	0.460	0.038	0.913	1.138	0.591	0.464	1.202	1.116
	0~5cm	mg/l	1.690	1.830	1.671	1.419	1.760	1.364	1.575	1.383	0.024	1.362
	6~11cm	mg/l	1.453	1.294	0.772	1.250	1.437	0.225	1.267	0.960	0.017	0.021

表3-13 直上水・底質間隙水分析結果（平成11年11月26日ピーパー）

D・T・I・N	深さ	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
			ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5	ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5
D・T・I・N	直上水	mg/l	0.611	0.292	0.649	1.428	0.449	0.341	0.422	0.389	-	0.270
	0~5cm	mg/l	0.985	0.941	1.947	1.666	2.272	5.864	2.954	3.484	-	3.689
	6~11cm	mg/l	2.802	1.904	3.105	2.369	3.235	8.157	2.910	4.717	-	4.912
D・T・I・P	深さ	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
			ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5	ピ-パ-1	ピ-パ-2	ピ-パ-3	ピ-パ-4	ピ-パ-5
D・T・I・P	直上水	mg/l	0.034	0.037	0.037	0.048	0.005	0.003	0.057	0.020	-	0.020
	0~5cm	mg/l	1.805	0.037	1.417	0.435	1.372	0.855	1.213	1.218	-	1.405
	6~11cm	mg/l	1.461	0.717	0.906	1.306	1.453	1.163	1.218	1.207	-	1.901

* 浚渫区域外ピーパー4は設置場所付近で発見できず、回収できなかった。

表3-14 直上水・底質間隙水分析結果（平成12年2月18日ピーパー）

D・T・N	深さ	単位	浚渫区域内					浚渫区域外						
			ビ-ハ-1	ビ-ハ-1'	ビ-ハ-2	ビ-ハ-3	ビ-ハ-4	ビ-ハ-5	ビ-ハ-1	ビ-ハ-1'	ビ-ハ-2	ビ-ハ-3	ビ-ハ-4	ビ-ハ-5
	直上水	mg/l	0.293	0.173	0.211	0.135	0.271	0.228	0.276	0.428	0.515	0.455	—	0.623
	0~5cm	mg/l	1.939	0.358	0.293	0.498	0.845	0.412	2.015	1.159	2.156	0.336	—	2.340
	6~11cm	mg/l	2.124	1.950	2.655	2.221	2.004	1.918	6.490	6.035	8.722	0.574	—	12.796
D・T・P	深さ	単位	浚渫区域内					浚渫区域外						
			ビ-ハ-1	ビ-ハ-1'	ビ-ハ-2	ビ-ハ-3	ビ-ハ-4	ビ-ハ-5	ビ-ハ-1	ビ-ハ-1'	ビ-ハ-2	ビ-ハ-3	ビ-ハ-4	ビ-ハ-5
	直上水	mg/l	0.010	0.040	0.014	0.029	0.007	0.028	0.031	0.007	0.046	0.003	—	0.007
	0~5cm	mg/l	0.190	0.669	0.029	0.121	0.373	0.172	0.214	0.376	0.218	0.302	—	0.176
	6~11cm	mg/l	0.634	0.916	0.816	0.929	0.676	0.816	0.356	0.862	0.402	0.728	—	0.724

* 浚渫区域外ビ-ハ-1、1'、3は転倒した状態で回収された。
 * 浚渫区域外ビ-ハ-4は設置場所付近で発見できず、回収できなかった。

表3-15 直上水・底質間隙水分析結果（平成11年8月18日遠心分離法）

D・T・N	深さ	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
			コア1	コア2	コア3	コア4	コア5	コア1	コア2	コア3	コア4	コア5
	直上水	mg/l	0.756	0.673	0.783	0.311	0.453	0.826	1.175	1.073	0.857	0.629
	0~5cm	mg/l	3.434	3.453	2.858	3.813	2.773	9.053	14.976	15.103	5.560	12.837
	6~11cm	mg/l	5.069	4.297	4.794	4.964	4.519	16.854	8.995	15.894	13.740	46.313
D・T・P	深さ	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
			コア1	コア2	コア3	コア4	コア5	コア1	コア2	コア3	コア4	コア5
	直上水	mg/l	0.058	0.107	0.139	0.091	0.053	0.106	0.133	0.104	0.143	0.184
	0~5cm	mg/l	0.117	0.140	0.174	0.132	0.119	0.121	0.115	0.115	0.087	0.127
	6~11cm	mg/l	0.191	0.223	0.187	0.140	0.153	0.100	0.112	0.083	0.081	0.108

表3-16 直上水・底質間隙水分析結果（平成11年9月21日直接法）

分析項目	単位	浚渫区域内					浚渫区域外				
		A地点	B地点	C地点	D地点	E地点	A地点	B地点	C地点	D地点	E地点
D・T-N	mg/l	3.503	2.852	4.714	4.128	3.151	17.059	8.607	6.771	10.548	47.771
D・T-P	mg/l	0.220	0.232	0.231	0.210	0.189	0.110	0.153	0.091	0.165	0.120

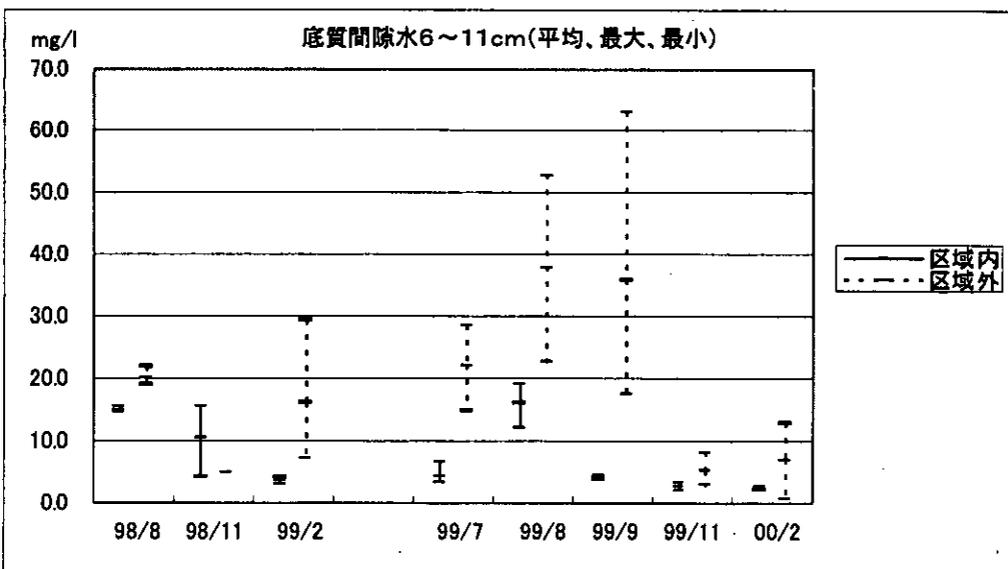
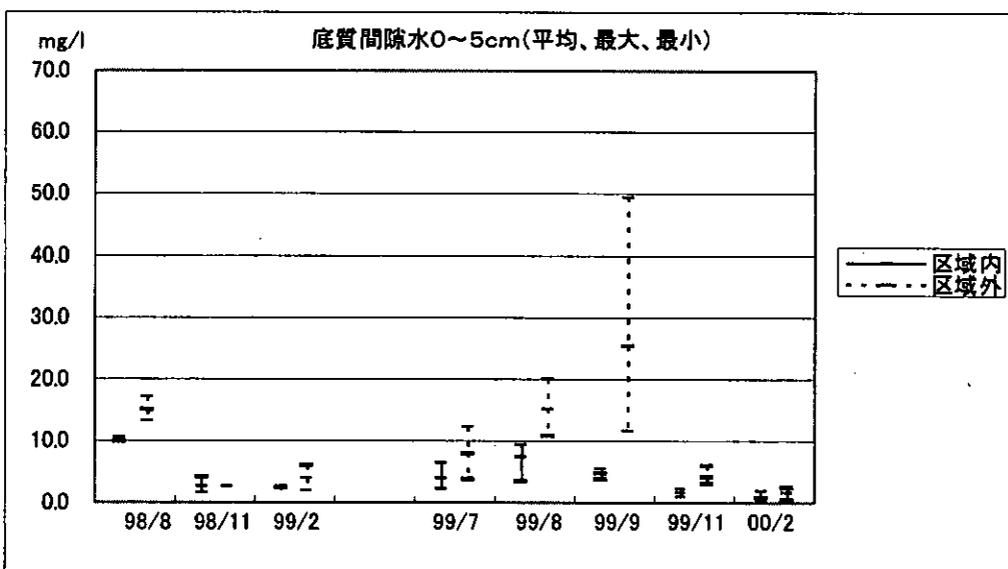
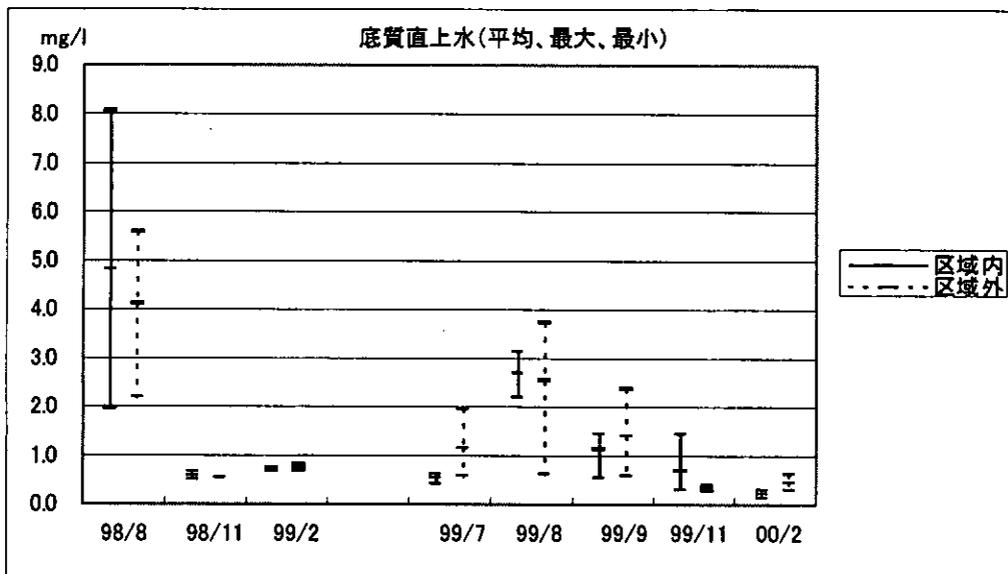


図3-3 直上水・底質間隙水中の全窒素 (ピーパー)

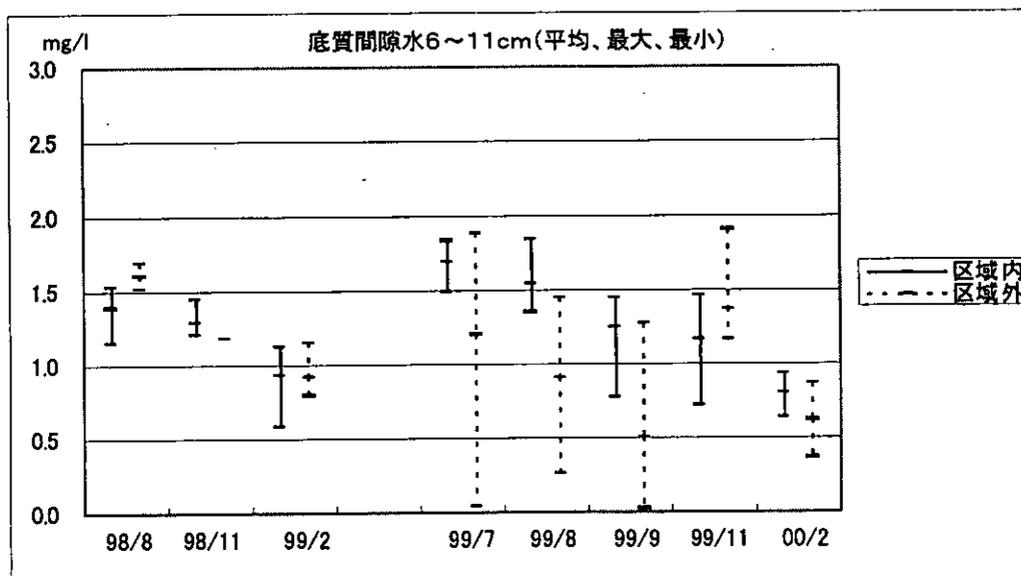
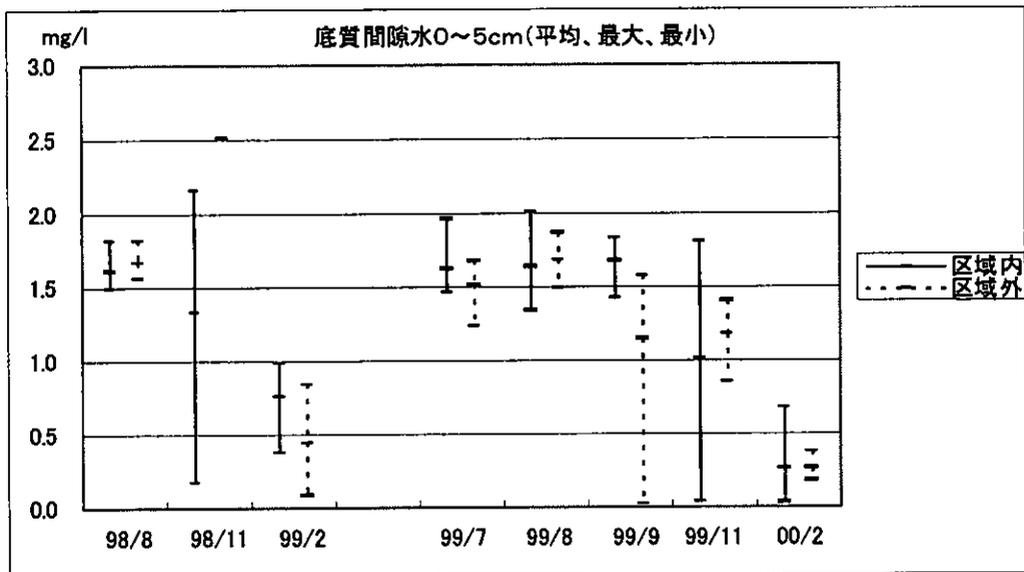
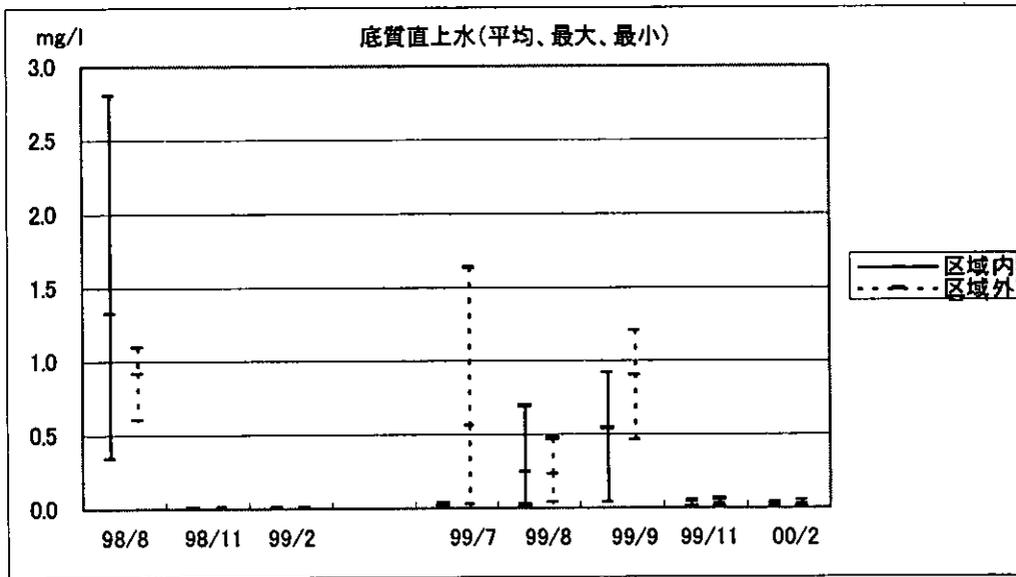


図3-4 直上水・底質間隙水中の全リン (ピーパー)

3.4 栄養塩溶出フラックス

栄養塩溶出フラックスの測定結果を表3-17、表3-18及び図3-5、図3-6に示す。①→から⑥→までは、測定した順番である。

1回目の測定については、浚渫区域内ではどちらかというとも流量が小さい（滞留時間が長い）ほどチャンバー内外の濃度差が大きく、浚渫区域外では逆に流量が大きいほど濃度差が大きくなる傾向が認められた。

2回目の測定については、濃度差がマイナス（チャンバー内で濃度が低下）になったケースが多く、明確な傾向が見られなかった。

1回目の測定について、

$$\text{栄養塩溶出フラックス} = \text{濃度差} \times \text{流量} / \text{底泥と接する面積}$$

として計算すると、フラックスは窒素については流量3cc/sec以上で浚渫区域外の方が大きい、リンについては流量に関わらず浚渫区域内の方が大きい結果となった。

表3-17 栄養塩溶出フラックス 測定値 (D・T-N)

				1回目			2回目			
	流量 cc/sec	滞留時間 min		内側 mg/l	外側 mg/l	内-外 mg/l		内側 mg/l	外側 mg/l	内-外 mg/l
浚渫区域内	0.95	60	↑	0.665	0.131	0.534	↑	0.218	0.267	-0.049
	2.86	30		0.684	0.131	0.553		0.199	0.473	-0.274
	3.70	15		0.547	0.168	0.379		0.174	0.367	-0.193
	5.00	10		①	0.528	0.168		0.360	②	0.137
浚渫区域外	0.95	60	↑	0.631	0.351	0.280	↑	0.325	0.660	-0.335
	2.86	30		0.621	0.390	0.231		0.660	0.621	0.039
	3.70	15		0.969	0.458	0.511		0.257	0.523	-0.266
	5.00	10		③	1.018	0.280		0.738	④	0.263

表3-18 栄養塩溶出フラックス 測定値 (D・T-P)

				1回目			2回目			
	流量 cc/sec	滞留時間 min		内側 mg/l	外側 mg/l	内-外 mg/l		内側 mg/l	外側 mg/l	内-外 mg/l
浚渫区域内	0.95	60	↑	0.055	0.017	0.038	↑	0.016	0.012	0.004
	2.86	30		0.035	0.014	0.021		0.034	0.015	0.019
	3.70	15		0.034	0.011	0.023		0.017	0.012	0.005
	5.00	10		①	0.042	0.011		0.031	②	0.015
浚渫区域外	0.95	60	↑	0.007	0.007	0.000	↑	0.006	0.009	-0.003
	2.86	30		0.010	0.007	0.003		0.007	0.008	-0.001
	3.70	15		0.014	0.008	0.006		0.009	0.010	-0.001
	5.00	10		③	0.016	0.007		0.009	④	0.010

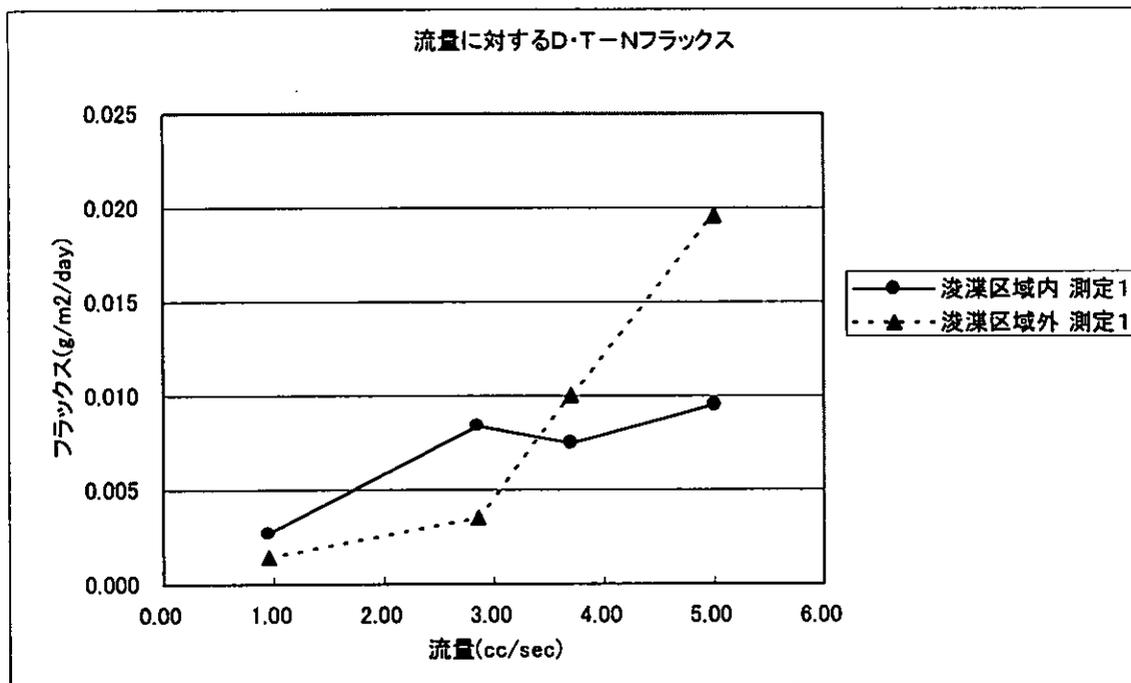


図3-5 栄養塩溶出フラックス (D・T-N)

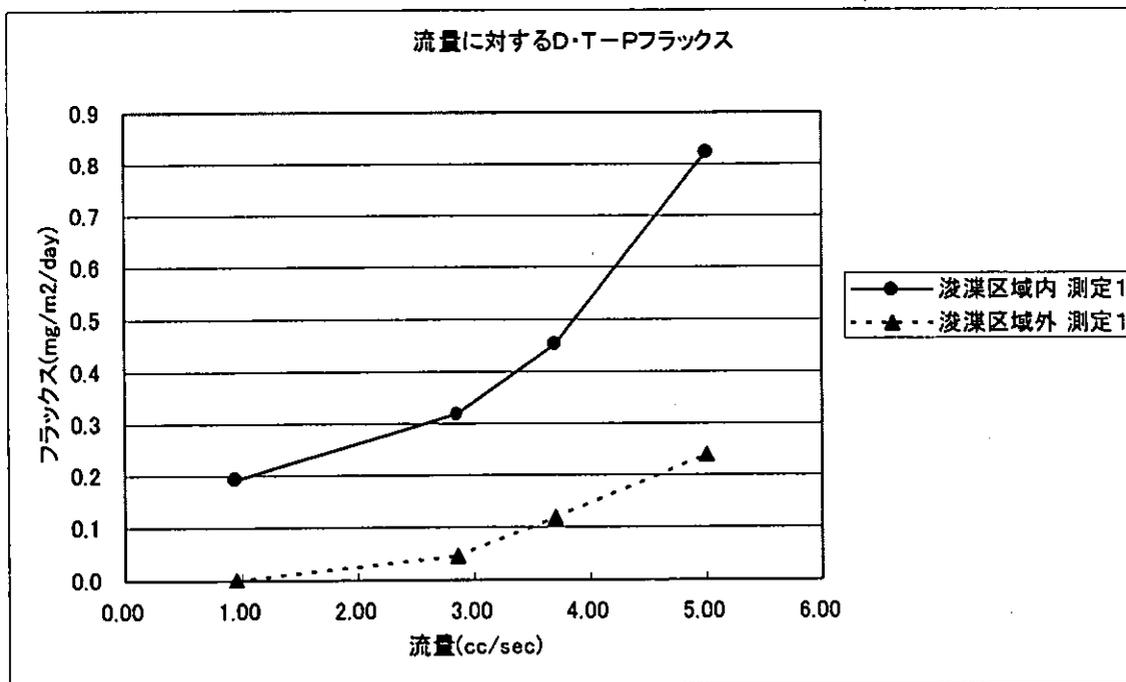


図3-6 栄養塩溶出フラックス (D・T-P)

3.5 底生動物

調査結果を表3-19に示す。平成10年8月には浚渫区域内、区域外各3カ所で調査を行っているため、それぞれA、B、Cと記している。

浚渫前の平成10年8月の底生動物は浚渫区域内（A・B・C）および浚渫区域外（A・B・C）の6試料ともほぼ同様の底生動物相であった。各試料とも個体数ではイトミミズ科が多く、次いで、エラミミズやユスリカ類が出現していた。この他、試料によっては、ヒメタニシやタテボシガイなどが出現していた。

浚渫後に行った平成11年8月および11月の調査では、浚渫区域内・外ともイトミミズ科が優占していた。平成12年2月には、浚渫区域内・外ともイトミミズ科以外にユスリカ亜科の出現量も多くみられた。このように浚渫後に行った3回の調査とも、底生動物相は浚渫区域内・外で似通っていた。ただ、いずれの調査日もヒメタニシの出現量が区域外でやや多いこと、8月の調査日にはユスリカ類の出現量が浚渫区域内で多いこと、ナミウズムシ、ドブガイ、ムネカクトビケラ的一种など浚渫区域外でのみ出現した種類が確認されたことなどの違いがみられた。

浚渫前の平成10年8月と浚渫後の平成11年8月で比較すると、出現種や優占種はほぼ同様であったが、優占種のイトミミズ科の現存量は平成11年には1オーダー大きな値を示した。これは浚渫区域内・外ともにみられた現象であることから、底生動物の年変動であるものと考えられる。

表3-19 底生動物確認種

目	科	種	1998.8.20			1998.8.20			1999.8.18		1999.11.26		2000.2.1	
			浚渫区域内			浚渫区域外			区域内	区域外	区域内	区域外	区域内	区域外
			A	B	C	A	B	C						
ウスムシ	Dugesiiidae	ナウスムシ											10	
ニナ	タニシ	ヒメタニシ			4			13	2	14	5	29	7	17
		マメタニシ		1								1		
		カワニナ												
イシガイ	イシガイ	カワハリガイ											1	
		ドブガイ							1					2
		ササハガイ			1							1		
マルスタレガイ	マシシミ	タテボシガイ	2	1							2	3		
		マシシミ							12	5	8	5	5	5
		セタシシミ										3		
ナガミミズ	イトミミズ	ビワコトシシミ										1	4	
		エラミミズ	1			4	2	3	1	7	1	4		1
		イトミミズ科	33	15	15	61	70	43	253	155	140	189	142	155
Arhynchobdellidae	イトミミズ	ヨコシスミミズ												2
		イシビル	3		4	6	5		5	2	2	2	1	10
		ユスリカ											2	
ハエ	ユスリカ	モンユスリカ亜科												
		カユスリカ属					1							
		エリユスリカ亜科	1		1							2		22
		ユスリカ亜科					1		34	7	12	6	228	100
		オオユスリカ	3		11	2	4	1	14	2			4	
ヨコエビ	クダオコエビ	セシユスリカ									3	4		2
		ビワカマコエビ									8		10	6
ビケラ	イトビケラ	ムネカクトビケラ属							1		1			
分類群数		9目14科23分類群	6	3	6	4	6	4	7	9	9	15	9	12
個体数			43	17	36	73	83	60	321	194	181	253	402	323

表中の数値は個体数/0.09m²

4. 考察及び今後の課題

4.1 底質分析結果について

底質分析を行った3回の調査を通じて、リン含有量、含水率、強熱減量については、浚渫区域内外で大きな差が見られた。窒素含有量についても8月には差が見られなかったが、11月、2月では区域外の約半分の数値であった。薄層浚渫によって有機物や栄養塩が除去され、均一化されたことを示している。

粒度分布については、11月調査で浚渫区域外のD地点とE地点の礫分が9%を越えていた。何らかの理由で底泥が攪拌されたためと考えられるが、水深2mほどの箇所であり、ま

た、船の通行も多いことから、船のスクリューに攪拌されることも多いものと考えられる。

栄養塩溶出フラックスは、浚渫区域内外での1回目の測定の結果では、窒素については流量3cc/sec以上で浚渫区域外の方が大きく、リンについては流量にかかわらず浚渫区域内外の方が大きい結果となった。2回目の測定については明確な傾向が見られなかった。流速の設定は赤野井湾で過去に行った実験で比較的良好な結果が得られた条件を踏襲したが、今回の結果をみると、栄養塩の溶出による濃度変化を捉えるためには、もっと滞留時間を長く設定する必要があるのかもしれない。また、底質からの溶出は1日の中でも時間帯によって変化すると考えられるため、その点も考慮が必要である。

4.2 直上水・間隙水中の窒素について

平成10年度の調査で、8月の直上水のD・T-Nが平均4.45mg/lという極めて高い値を示した。今年度の調査では、他の月に比べて濃度の高かった8月でも、平均2.60mg/lであった。平成10年8月の調査時には弱い水温躍層が形成されていて、また、水草が密生していたため水の動きがほとんどなくなり、たかだか2mの水深にもかかわらず、底泥の直上水の溶存酸素が0に近い地点もあった。ところが今年度では、広範囲に渡って水草が減り、水の流れが良くなったものと考えられる。

間隙水中の窒素については、特に7月から9月の調査で浚渫区域外で高く、また、ばらついた分析結果となった。区域内では低濃度でばらつきも小さく、底泥中の栄養塩や有機物が浚渫によって除去された効果を現すものと考えられる。

遠心分離法、直接採取法での分析結果については、ピーパーの値を裏付けるものであり、特に間隙水については非常によく一致していた。

4.3 直上水・間隙水中のリンについて

リンについても平成10年度の調査で、8月の直上水のD・T-Pが平均1.12mg/lという極めて高い値を示していた。今年度調査では8月よりもむしろ7月、9月の方がリン濃度が高く、浚渫区域外では1mg/lを越える地点があった。

間隙水についてはばらつきが大きく、全体の傾向をつかむことが困難であるが、浚渫区域外の方がやや低い値を示す傾向にあった。間隙水上層の平均値については、7月から9月は1.5mg/l前後を推移し、その後11月、2月と減少し、前年度調査と同じ傾向が見られた。

4.4 サンプルング方法の比較について

遠心分離法、直接採取法での分析結果とピーパーの分析結果の比較では、窒素の直上水、リンでは間隙水中でピーパーの方が1桁高い数値を示していた。遠心分離法については、試料採取時や分析操作時に試料が空気に触れる機会を完全にはなくすることが出来ないため、試料が酸化されて溶解性のリンが鉄と結合するなどして沈殿・不溶化すると考えられる。このため、試料がサンプルが酸素と接触する機会の少ない直接採取法を採用したが、結果的に注射器内に多くの底泥が入ってしまったため、これを遠心分離をした上澄み液について分析を行っている。この方法の適用例は琵琶湖北湖の砂質の湖底で報告されているが、中間水路地点のようなシルト質の底質にはあまり適さないものと考えられる。

4.5 底生生物への影響について

浚渫から8ヶ月後の平成11年8月調査時で、浚渫区域内の底生動物は個体数では区域外を上回っていた。分類群数でも区域外の9に対し区域内は7であり、出現種や優占種もほぼ同様であることから、浚渫による影響は見られなかった。

4.6 浚渫の効果

底質分析結果では、平成11年8月調査の窒素については浚渫区域内外で差が見られなかったが、その後11月、平成12年2月の調査では区域外に比べ、区域内は約半分の値を示していた。リンについては、8月、11月、2月調査を通じて、区域内は区域外の約40%~60%の数値を示している。全体としては浚渫によって、底質中の栄養塩は減少し、かつ、ばら

つきが小さくなっていると言える。

底質間隙水中の窒素については、ばらつきの大きかった浚渫区域外に比べ、区域内では分析値、ばらつきともに小さかった。一方、底質間隙水中のリンについては、7月から9月では区域内の方が高い結果となった。どの月も最大値については区域内外で同程度の分析結果であるが、区域外の方がばらつきが低濃度側に大きく、平均値を下げている。

栄養塩溶出フラックスでは、窒素では浚渫区域内外で明確な傾向は見られなかったが、測定1の結果を見る限りでは、浚渫区域内の方がリンのフラックスが高くなっていて、間隙水中のリンの分析結果と符合している。

平成10年8月に見られた底質直上水の無酸素化、窒素・リンの高濃度化が、今年度には解消されていた。このことには浚渫によって藻類が除去され、水の循環が促されたことも要因の1つになっているものと考えられる。

今回の調査結果から、薄層浚渫の効果として、底質中の栄養塩が減少し、ばらつきが小さくなっていることがいえる。また、間隙水中の窒素については減少しているが、間隙水中のリンについてはほとんど効果が見られず、調査時期によっては浚渫によって逆に増加していた。

浚渫の底質への効果の持続性については、浚渫後丸1年が経過した平成12年2月の底質中の栄養塩濃度についてまでは、少なくとも浚渫の効果が認められる。底質が間隙水や湖水に及ぼす影響については、窒素濃度の減少について効果の持続性を評価するため、及び、リン濃度についての再評価のために、来年度以降も調査を継続する必要があると考えられる。

4.7 今後の課題

浚渫の効果とその持続性を検討するためには、計画的、継続的な調査を来年度以降に実施することが必要であると考えられる。

浚渫効果の持続性に最も大きく影響する要因は、浚渫区域内に沈降・再堆積する物質の量とその速度である。平成11年春に堆積板を設置しているが、約6ヶ月後の11月調査時に既に数cm浮泥が堆積していた。したがって、出来るだけ早い時期に、セディメントトラップ（沈降物捕集装置）等を用いた堆積調査を開始することが望ましい。

実験担当者

建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所	水質調査課課長	春木 二三男
	水質調査課開発調整係長	板坂 浩和
財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構	実験センター所長	中山 繁
	実験センター研究員	出倉 正人

15. 赤野井湾におけるヨシ群落保全調査

1. はじめに

平成9、10年度の2カ年にわたる滋賀県の調査結果によれば、赤野井湾奥北浦水域では、沖側に広がるハス群落が近年急速に分布域を拡大しつつあるのとは対照的に、湖岸側に成立するヨシ群落の減少傾向が認められている。

ヨシ群落の衰退の要因は水質の著しい富栄養化、底質悪化・微細粒子化、琵琶湖水位の人為管理によるヨシの立地の常時湛水化傾向、他植物との種間関係等、種々の要因の複合的影響によるものと考えられ、特定の要因に限定できるものではないが、さらに遡れば、これら種々の要因には当該水域の著しい水の停滞が少なからず関係しているものと推察される。

そこで、本調査は、ヨシ群落内におけるこのような著しい水の停滞を人工的水流創出によって解消した場合、それが群落内の植生及びその生育環境にもたらす影響（変化）の有無及び程度を実験により調査・確認し、今後の琵琶湖のヨシ群落保全に係る基礎資料・科学的知見を得ることを目的として実施したものである。

2. 実験施設の製作・設置

2. 1. 1 業務内容

実験施設の製作・設置、運転・メンテナンスに関する業務内容は次のとおりである。

(1) 計画準備

実験施設の製作・設置、運転・メンテナンスに関する実施計画を策定する。

(2) 実施施設の製作・設置

各施設に係わる機材・資材の事前加工を行い、現地に設置する。

(3) ポンプ運転・メンテナンス

施設の完成、運転テスト調整後、ポンプの運転稼動によるヨシ等生育期間における通水を行う。運転期間中は定期的（2回/週）に施設の異常チェック、安全点検を行う。なお、ポンプ能力4m³/分に対し、河川法による水利使用日最大取水量2,500m³/日以下に抑える必要があることから、タイマーにより1日10時間の運転（揚水量4m³/分×60分×10時間=2,400m³/日）に調整した。

運転時間（タイマー設定時間）は、通水期間の前半は日中運転、後半は夜間運転とした。

8月4日～8月31日 : 日中運転 AM8時～PM6時

9月1日～10月18日 : 夜間運転 PM22時～AM8時

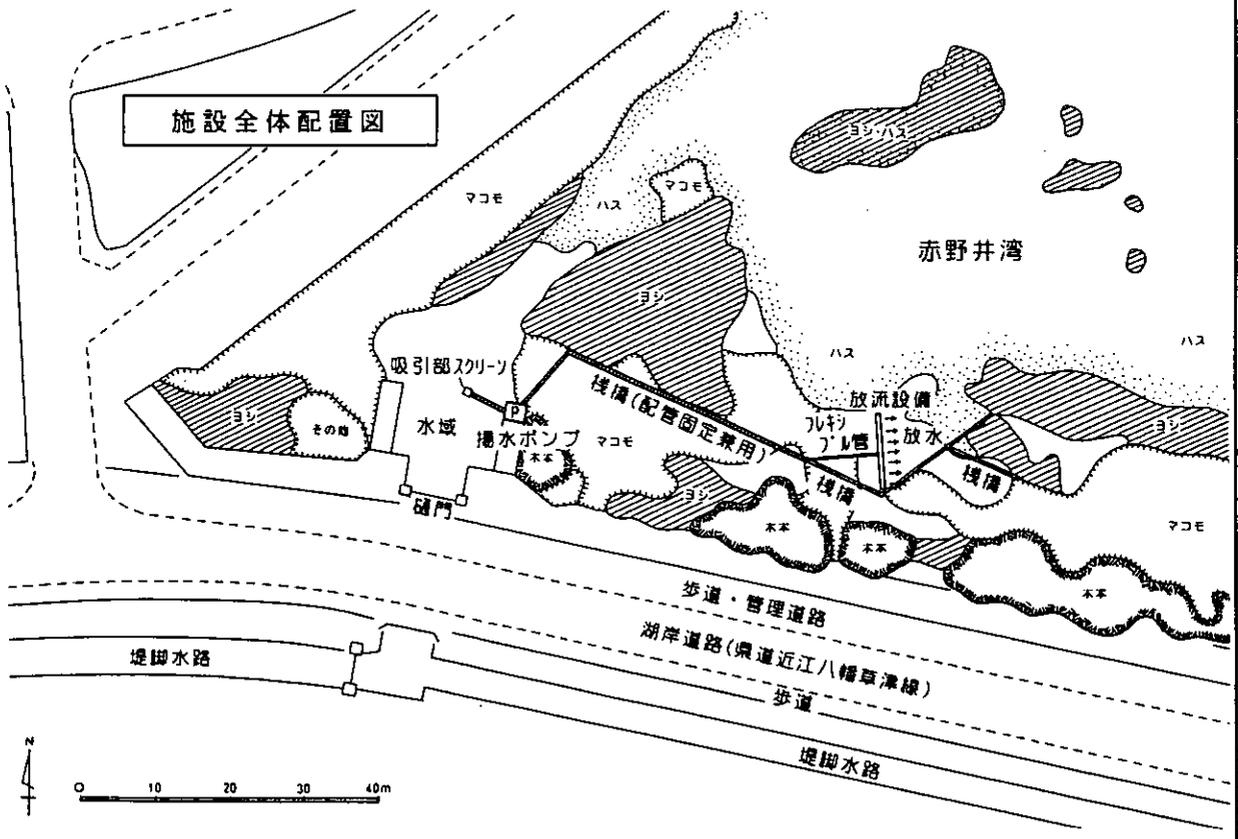
2. 1. 2 実験施設の概要

実験施設の概要は、図-1に示す。ポンプ設備は、赤野井湾北浦南西端の烏丸樋門近くの水域にスクリーンで囲った吸引部を設け、樋門突堤の先端部に設置するポンプにより揚水（0.067m³/秒=4m³/分）を行う。揚水期間は、夏季2.5カ月

ヨシ群落内に流れを創出する湖水の揚水・放流実験施設である。

施設諸元	施設	揚水ポンプ	配管・フルキプル管	放流設備	モニタリング栈橋
	規模等		4 m ³ /分	延長約60m	放水バルブ付円筒管約10m

施設構造図



施設構造概要図

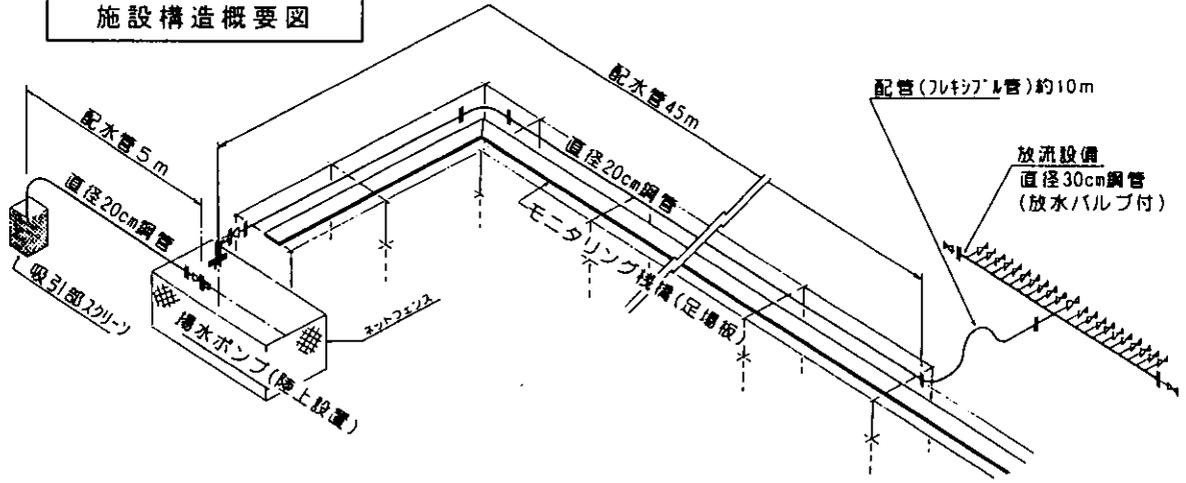


図-1 実験施設の概要

とし、1日10時間以内のポンプ稼動とする（日揚水量を2,500m³以内）。

揚水した湖水は、配水管を通して放流設備に導き、そこから放水を行って表層部に2cm/秒程度の緩やかな水流を創出する。放流設備はφ300mm直径の鋼管に放水バルブ20個及び水圧・水流調整用のバルブ3個を取り付け、フロートにより水面に浮かせる構造とする。

2. 1. 3 施工工程

表-1に施工工程を示す。

表-1 施工工程

期 間	施 工 内 容
7月1日～11日	機材調達、工場内製作・加工
7月12日	主要機材現地搬入（ポンプ、ポンプ架台、配管、杭、道板他） ポンプ架台基礎工事（基礎フレームの組立・設置）
7月13日	ポンプ架台設置工事、ポンプ設置工事、架台基礎コンクリート注入
7月14日～19日	栈橋設置工事（杭打ち・道板設置）
7月19日	25tクレーン使用による放流設備設置工事・配管の搬入
7月20日～22日	配管設置工事（フランジ継ぎ・溶接継ぎ・固定）
7月23日	吸引部渡り栈橋設置工事、吸引部配管工事、ポンプ周り雑工事
7月24日	吸引部周り栈橋設置工事、電気工事（受電電柱、制御盤）
7月26日～28日	雑工事（侵入防止柵、塗装、鍵取付、後片づけ）
7月29日	看板設置、関西電力給電側電柱設置、電気接続
8月2日	第1回通水試験、不良箇所確認
8月3日	吸引部フート弁取付、配管補修工事
8月4日	第2回通水試験（県、水資源公団現地立ち会い） 本格通水（運転）開始

3. モニタリング調査

施設設置完了後、観測用足場沿い及びその周辺において、植生調査及び水質・底質等生育環境条件調査を実施し、今後の変化に係るモニタリングのための初期値を取得した。

3. 1. 1 抽水植物群落植生調査

(1) 調査内容及び方法

赤野井湾におけるヨシ群落、ハス群落等の抽水植物群落の分布状況の把握及び水流創出等に伴う今後の群落分布変化に係るモニタリングの初期植生調査として、モニタリング栈橋（観測用足場）沿い等でヨシ群落・ハス群落がその他の植物群落や水域と接する境界部に固定コドラートを設置し、植物密度・サイズの計測を行った。また、他の地点を含め、湾内の各種抽水植物群落に係る種組成調査を実施し、その結果に基づき湾内現存植生図を作成した。

なお、現地調査を実施するに際し、事前に対象水域の航空写真撮影を実施した。植生調査実施状況を表-2に、調査地点位置図を図-2に示す。

表-2 植生調査実施状況

航空写真撮影	撮影日	平成11年(1999年)7月26日(月)
	撮影縮尺等	5,000分の1, カラー
	天気・水位	晴れ・琵琶湖水位BSL-15cm(9:00)
コドラート設置	設置日	平成11年(1999年)8月6日(金)
	設置数 大きさ	<p>◆正規固定コドラート 全12カ所 No. 1 : 1m×1m, No. 2 : 1m×2m, No. 3 : 1m×1m, No. 4 : 1m×1m, No. 5 : 1m×2m, No. 6 : 0.5m×2m, No. 7 : 1m×2m, No. 8 : 1m×1m, No. 9 : 1m×1m, No. 10 : 1m×2m, No. 11 : 1m×1m, No. 12 : 2m×2m (×2個)</p> <p>◆簡易コドラート(補足地点) 全7カ所 No. ① : 1m×2m, No. ② : 2m×2m, No. ③ : 2m×2m, No. ④ : 2m×2m, No. ⑤ : 1m×1m, No. ⑥ : 2.6m×0.8m, No. ⑦ : 棧橋両側0.5m幅×長さ12m</p>
現地実測調査	現地調査日	平成11年(1999年) 8月10日…正規固定コドラート計測, 種組成調査 8月11日…簡易コドラート計測, 種組成調査 8月18日…種組成調査
	天気・水位	8月10日: 晴れ・琵琶湖水位BSL-27cm(9:00) 8月11日: 晴れ・琵琶湖水位BSL-26cm(9:00) 8月18日: 晴れ・琵琶湖水位BSL-7cm(9:00)

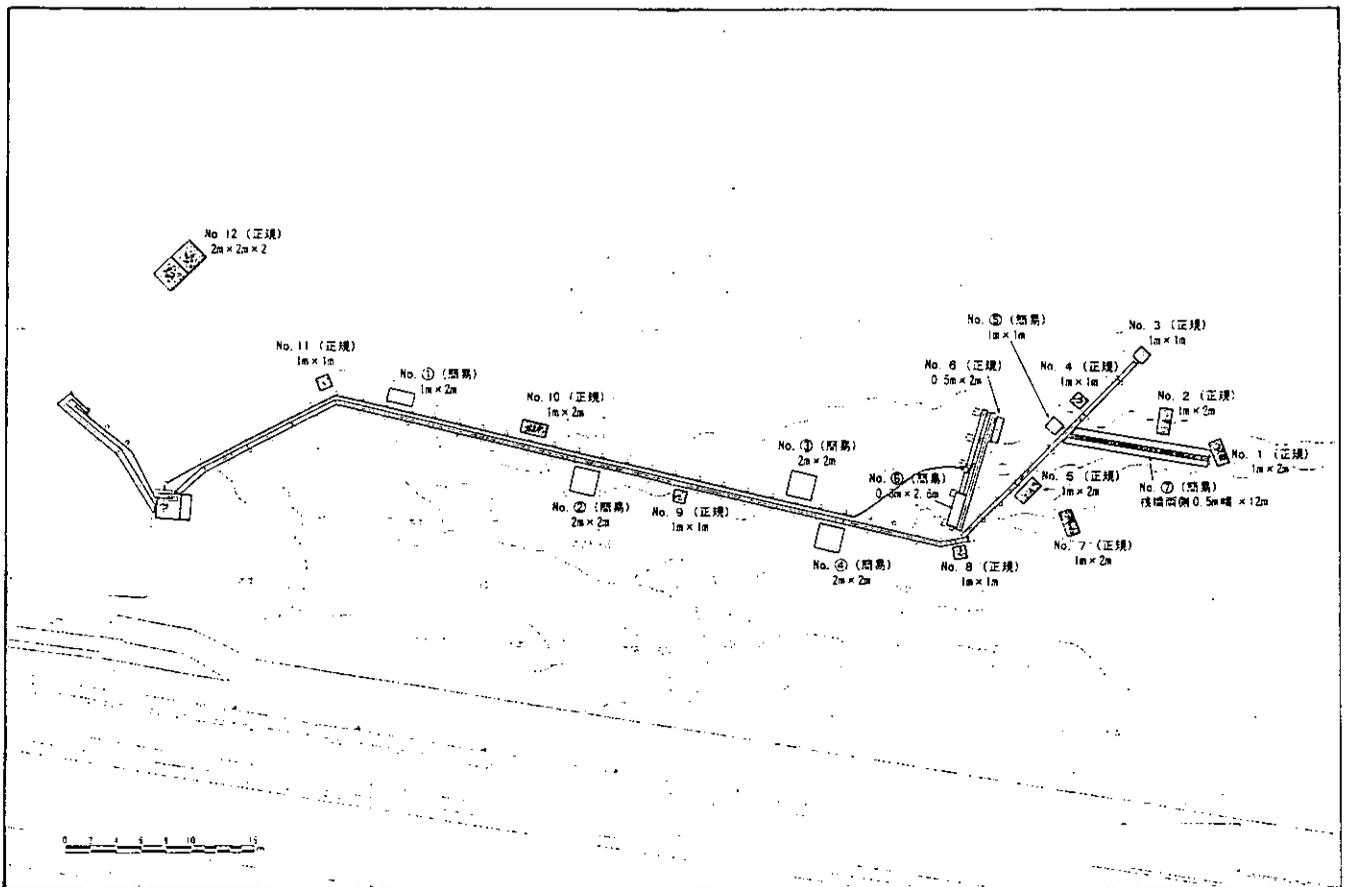


図-2 植生調査地点

(2) 植生調査結果

① 群落区分及びその分布

航空写真の判読及び現地植生調査（種組成調査）により作成した今年度（平成11年8月時点）の植生図を、滋賀県調査による平成10年度の植生図とともに図-3～図-4に示す。植生図に見られるように、湾の岸側から沖に向かい、木本植生、ヨシ群落、ハス群落と大きく3つの群落 distributes、ヨシ群落の境界部を中心に、マコモ、ウキヤガラ、その他の水生植物群落が優占する群落やこれらとヨシ、ハスの混生する群落が見られる。

また、滋賀県の平成10年度調査において、ヨシの稈上半分が枯れた状態の個体が約70%以上を占める区域が多く認められたが、平成11年度におけるこれらの状況は以下のとおりであった。

- ・ハス群落沖側北西端では、ハス群落が半島部に沿うようにして拡がりつつある。また、陸側では、西部水門近くと平成10年度に水域であった場所、及び中西部のヨシ群落に切れ込む水路沿いにハスが進入している。
- ・陸側西部では、平成10年度にハス群落であった区域のうち、ヨシが混生しハスが約50%以上を占めていた区域において、ヨシ稈数の増加が見られ、平成11年度はヨシ-ハス群落に区分される群落となった区域がある。また、木本植生の間隙に存在したヨシ群落の面積の拡大も見られた。
- ・沖側中央のヨシ、ハス境界部では、マコモ-ヨシ-ハス群落の多くの部分がハス群落になった。
- ・中部～東部にかけて平成10年度にヨシ群落に置き換わった場所がさらに拡大した。
- ・ヨシ群落内でのウキヤガラ群落の存在が顕著になった。

② 群落分布面積の経年変化

今年度の植生図に基づき、各群落の面積を縮尺2,500分の1の図上でプランメータ計測した。また、これと滋賀県の平成10年度「ヨシ群落生態調査報告書」に掲載される過去昭和34年から平成10年度にかけての赤野井湾内群落分布面積の経年値から、今年度を加えた経年変化を把握した。図-5に赤野井湾現況湾岸地形線内（湖側）を対象とした各年の群落面積を示す。

ハス群落は年々拡大の傾向があるものの、その方向は主として沖合方向であり、ハスの分布が定かでない昭和34年（1959年）頃からハスが優勢となった今日までのどの時点においても、植生図上の基本的なヨシ群落の占有区域の外郭ラインは概ね一定に保たれてきたように見受けられる。これは、長期にわたり、両者がその境界付近で競合しつつ大略の棲み分けが成立してきたことを示唆すると考えられる。そして、この生育環境要因としては、水深（水位変動）・水質・底質・その他の水生植物群落の分布が大きく関わっていることが推測される。

(3) コドラート調査結果

観測用足場沿いを主体に12カ所の固定のコドラートを設定し、ヨシ、ハスの数、サイズを計測した。なお、上記正規の固定コドラートのほかに、補足的に7カ所

1:2,500
0 50m 100m

凡 例	
	ヨシ群落 (枯れ進行区域)
	ハス群落
	マコモ群落
	ウキヤガラ群落
	マコモ-ハス群落
	ヨシ-ハス群落
	マコモ-ヨシ-ハス群落
	その他の水生植物群落
	木本植生
	水域



図-3 平成10年度 植生図

の簡易コドラートを設定し、ヨシ、ハスの数等、簡略的な記録を行った。

なお、今年度は次年度以降のコドラート内の植生の優占状況（ヨシ・ハス等の生育密度）やサイズがどのように変化するかモニタリング初期値の取得を目的として調査を実施したものであるため、データの比較や分析を行える段階ではない。ここでは、図-6に示すように各計測値をグラフ化するまでにとどめる。

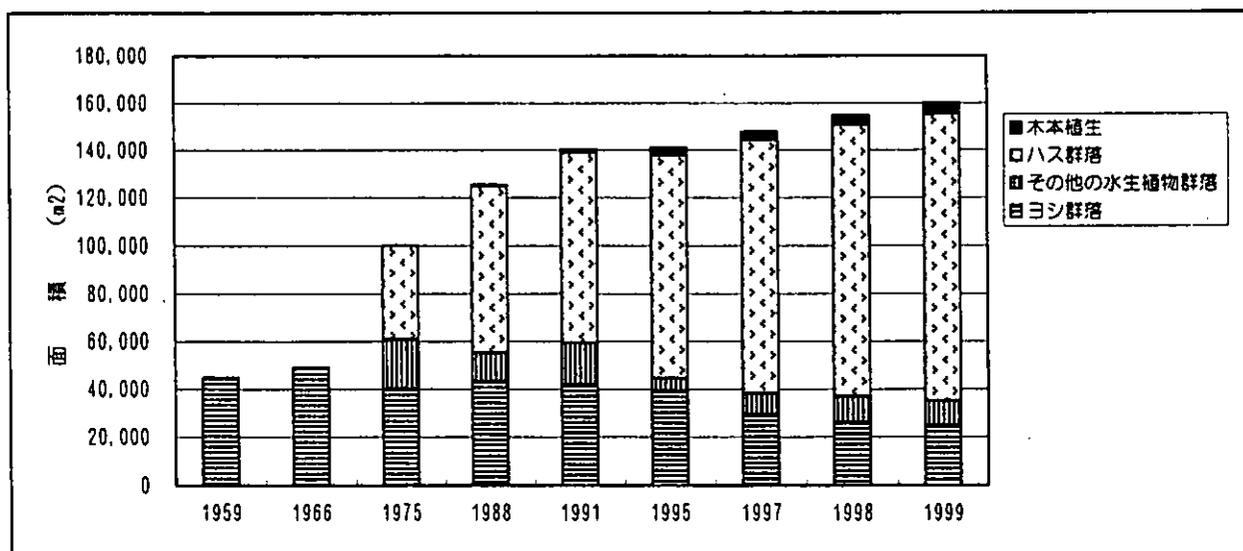


図-5 赤野井湾群落分布面積の経年変化

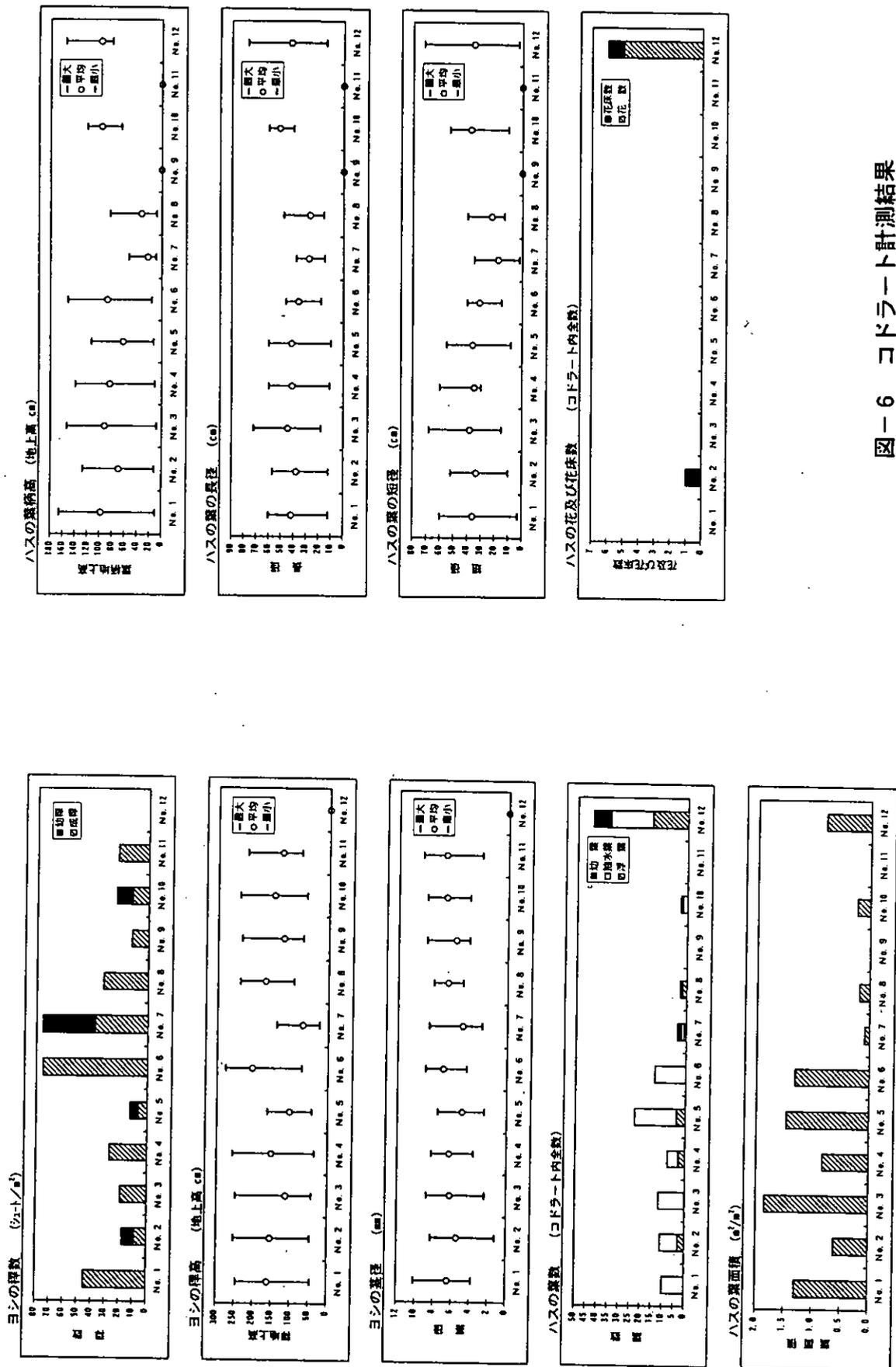


図-6 コドラート計測結果

3. 1. 2 水質・底質・流速等調査

(1) 調査内容及び方法

通水開始後1週間に当たる8月10日に、水質・底質の調査を放水箇所付近の3地点で、また流速等の調査を放水箇所及びその周辺水域の任意の地点（仕様24地点以上）で実施した。調査項目・方法等を一覧にして表-3に、調査地点位置図を図-7に示す。

表-3 (1) 水質・底質・流速等調査実施状況（水質・底質）

調査日		平成11年(1999年)8月10日(火)	
調査地点		水流創出実験区域の3地点 地点A:放水箇所前方(東)約15m 地点B:放水箇所前横方(北東)約10m 地点C:放水箇所直前方(東)約5m	
天気・水位		晴れ・琵琶湖水位BSL-27cm(9:00)	
水質	調査項目及び調査方法	採水	各地点の表層の水を柄杓で採取した。
		分析	◇pH(水素イオン濃度) : JIS K-0102 12.1 ◇DO(溶存酸素量) : JIS K-0102 32 ◇COD(化学的酸素要求量) : JIS K-0102 17 ◇T-N(総窒素) : 上水試験法(総和法) 亜硝酸態NO ₂ -N, 硝酸態NO ₃ -N, ケルダールKj-Nの和 ◇NH ₄ -N(アンモニア態窒素) : ◇T-P(総リン) : 環境庁告示 第59号 付表11 ◇PO ₄ -P(リン酸態リン) : ◇その他: 気温, 水温
底質	調査項目及び調査方法	採水	深さ50cm程度の表層底泥コアサンプルを各地点より3本ずつ採取した。
		分析	採取したコアサンプルの表層浮泥を避け、地表下10cm~15cmの部分を分析に供した。 酸化還元電位は、同一地点で採取した3本のコアについてそれぞれ測定し、その平均値を用いた。 他の分析項目は、3本のコアサンプルを混合して測定した。 ◇灼熱減量 : 環境庁「底質調査法」 ◇酸化還元電位 : ORP計法 ◇pH(水素イオン濃度) : JIS K-0102 12.1 ◇T-N(総窒素) : ◇T-P(総リン) : 環境庁「底質調査法」

表-3 (2) 水質・底質・流速等調査実施状況（流速等）

流速	調査日	平成11年(1999年)8月10日(火)
	調査地点	水流創出実験区域及びその周辺の任意地点(結果的に計79地点)
	天気・水位	晴れ・琵琶湖水位BSL-27cm(9:00)
	調査項目	流速, 流向, 水深
	調査方法	ブライス式流向・流速計を用い、表層付近を測定した。 流速については、同一地点で3回の測定を行い、その平均値を算定した。 流向については、北向きを0度として、流れていく方向の右回りの概略の角度を目視により記録した。

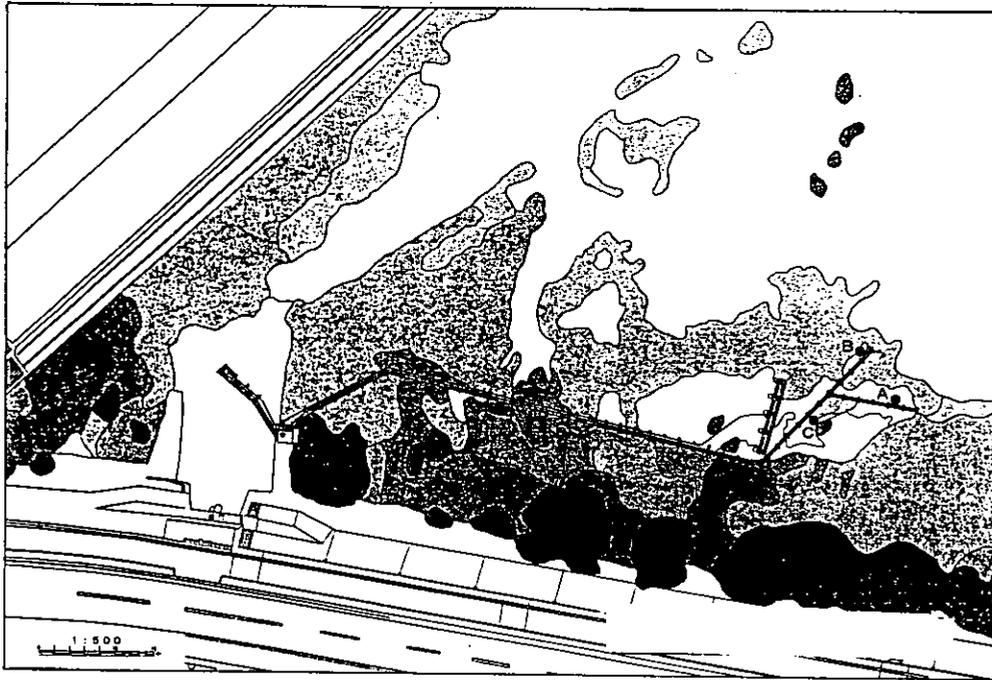


図-7 水質・底質調査地点位置図

(2) 水質・底質・流速等調査結果

① 水質定期調査結果

水質の調査結果を表-4に示す。なお、表中には、参考として平成9年8月に滋賀県が赤野井湾のヨシ群落内、ハス群落内及び沖合で調査した水質の結果も併せて示した。

表-4 水質定期調査結果（平成11年8月10日）

調査項目	単位	実験対象区域の今回調査結果			《参考》赤野井湾平成9年8月（滋賀県調査）		
		地点A	地点B	地点C	ヨシ群落	ハス群落	沖合
気温	℃	30.5	35.0	32.0	27.7~32.0	28.5~33.9	28.8
水温	℃	27.0	28.0	26.5	28.0~29.0	25.0~26.8	24.9
pH	-	7.0	7.0	7.1	6.2~6.9	6.9~7.2	7.2
DO	mg/l	6.3	5.9	6.4	0.5~4.0	1.3~3.6	4.5
COD	mg/l	4.8	4.5	4.8	7.0~75.0	4.4~14.0	4.7
T-N	mg/l	0.82	0.70	0.70	0.95~7.68	0.92~1.53	1.47
NO ₂ -N	mg/l	0.007	0.009	0.007	<0.001~0.012	0.004~0.030	0.021
NO ₃ -N	mg/l	0.068	0.068	0.068	<0.01~0.01	<0.01~0.51	0.55
NH ₄ -N	mg/l	0.11	0.11	0.11	0.08~2.20	0.15~0.30	0.32
T-P	mg/l	0.142	0.150	0.146	0.744~3.060	0.163~1.010	0.200
PO ₄ -P	mg/l	0.018	0.025	0.018	0.08~1.33	0.04~0.11	0.04

pHに関しては、平成9年度の滋賀県の調査によれば、全般にヨシ群落内の値はハス群落内や群落外沖合と比較して低く、弱酸性が示されていたが、今回の実

験対象区域ではいずれの地点ともほぼ中性に近い値を示した。

DO値は、平成9年度の滋賀県の調査では群落外沖合の地点でも4.5mg/l、ヨシ群落内では最大でも4.0mg/l、最低は0.5mg/lとほぼ無酸素に近い状態が示されていたが、今回の実験対象区域では、最低の地点Bにおいても5.9mg/lと、平成9年度の調査結果よりも相対的にかなり高い値を示した。

CODについてみると、平成9年度の滋賀県の調査値はヨシ群落内で17.0~75.0mg/lと異常に高い値であったが、今回の実験対象区域の値は4.5~4.8mg/lと、ほぼ平成9年度の群落外沖合の値と同じであった。

窒素については、T-Nにおいて平成9年度の滋賀県の調査ではヨシ群落内の値が高く最大では7.68mg/lと著しく高濃度を示したのに対し、今回の実験対象区域では、各地点とも平成9年度のヨシ群落内、ハス群落内、群落外沖合のどの地点よりも低く、0.70~0.82mg/lであった。しかし、NO₂-Nの値は平成9年度のヨシ群落内の平均に近い値、NO₃-Nの値は平成9年度のヨシ群落内よりもかなり高い値であり、相対的に好気性の硝化が進行していることを示すと考えられる。ただし、NH₄-Nの濃度も相対的に高いことから、T-Nに占める無機態窒素(NO₂-N, NO₃-N, NH₄-Nの合計)の割合は25%前後であり、平成9年度のヨシ群落内の約26%とほとんど変わらない。

T-Pに関しては、平成9年度の滋賀県の調査ではヨシ群落内で著しく高く、ハス群落内、群落外沖合へと低下する傾向が認められていたが、今回の実験対象区域では、各地点とも、平成9年度の群落外沖合の地点よりもさらに低い値を示した。また、PO₄-Pの値も平成9年度と比べ低いことから、T-Pに占めるPO₄-Pの割合は平均約14%であり、平成9年度の約20%と比べて低く、底泥からの溶出が相対的に少ないことがうかがえる。

② 底質定期調査結果

底質の調査結果を表-5に示す。なお、表中には、参考として平成9年10月に滋賀県が赤野井湾のヨシ群落内、ハス群落内及び沖合で調査した底質の結果も併せて示した。

表-5 底質定期調査結果 (平成11年8月10日)

調査項目	単位	実験対象区域の今回調査結果			《参考》赤野井湾平成9年10月(滋賀県調査)		
		地点A	地点B	地点C	ヨシ群落	ハス群落	沖合
灼熱減量	%	10.7	12.2	13.3	9.2~14.3	5.4~13.6	5.3
酸化還元電位	mV	-198	-237	-168	-127~116	-214~-134	-185
	試料1	-218	-266	-172			
	試料2	-178	-225	-141	-	-	-
	試料3	-198	-220	-192			
pH	-	5.9	5.5	5.5	5.3~5.6	6.5~7.0	7.0
T-N	%・dry	0.27	0.37	0.38	0.26~0.49	0.06~0.40	0.06
T-P	%・dry	0.041	0.062	0.054	0.047~0.24	0.029~0.23	0.028

また、底質の粒度分布測定結果より、土質区分別粒径比率を表-6に示す。

これによると、実験対象区域の底質は、3地点のいずれも砂、礫分を全く含まない粘土及びシルトにより構成されており、この傾向は平成9、10年度の滋賀県の調査結果により指摘された赤野井湾のヨシ、ハス群落における底泥の微細粒子化の傾向と一致する結果であった。むしろ、全体的により微細な粘土分の含有率が高めの傾向が見られる。

表-6 底質の粒度分布測定結果（平成11年8月）

		地点A	地点B	地点C
粘土	コロイド（～0.001mm）	10.0	8.5	8.0
	粘土（0.001～0.005mm）	52.0	47.0	45.5
シルト（0.005～0.074mm）		38.0	44.5	46.5
細砂（0.074～0.42mm）		0.0	0.0	0.0
粗砂（0.042～2mm）		0.0	0.0	0.0
細礫（2～4.76mm）		0.0	0.0	0.0
計		100.0	100.0	100.0

③ 流速等調査結果

流速の測定結果を図-8に示す。

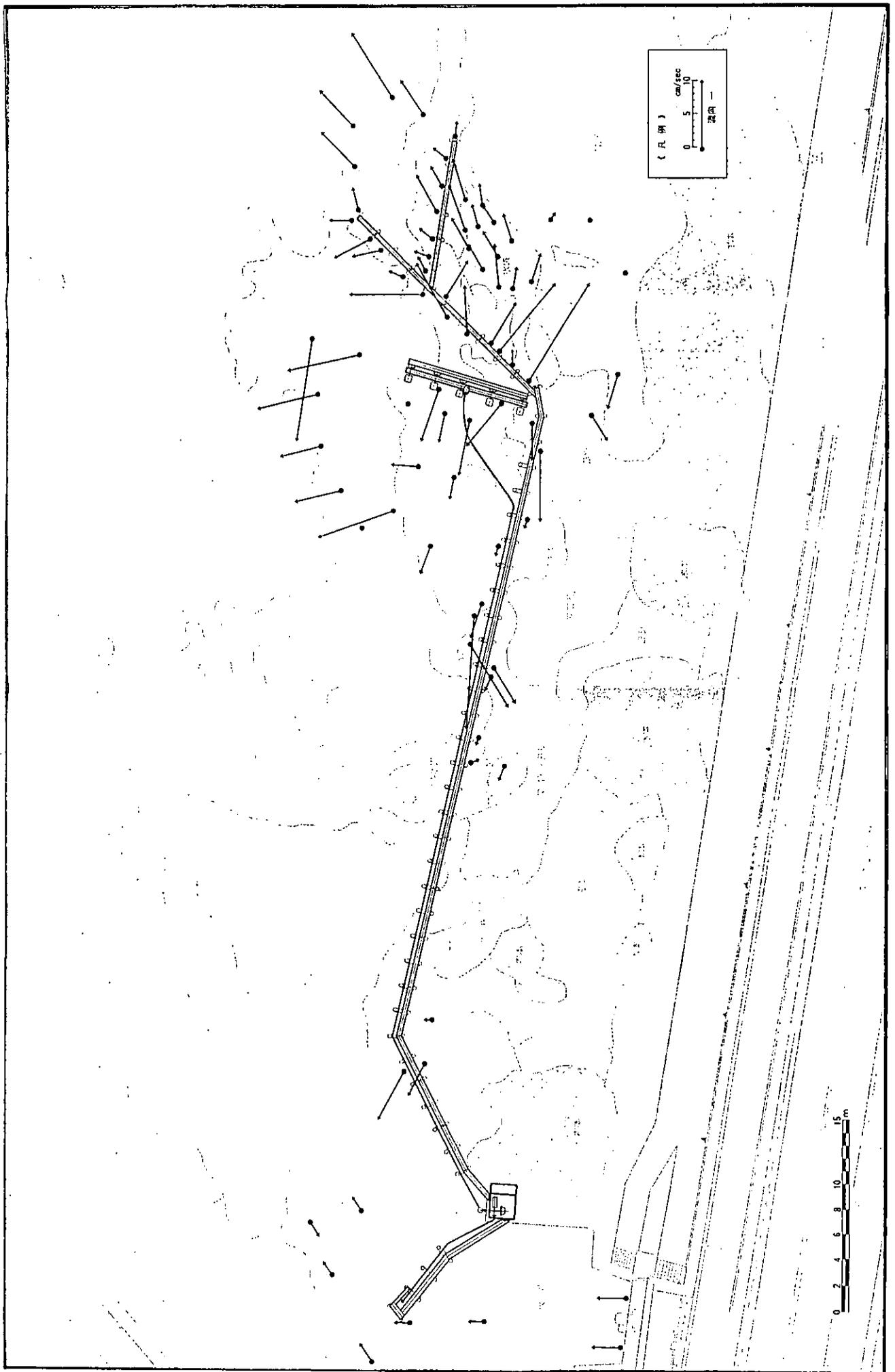
実験放水施設の前面水域では、局所的に10cm/sec以上、最大17cm/secの流れが見られたものの、平均的には5cm/sec前後の流速となっている。

実験放水計画によれば、放水量 $2,400\text{m}^3/10\text{h} = 4\text{m}^3/\text{min} = 0.067\text{m}^3/\text{sec}$ により、約15mの放水幅、水深平均20cmとして、

$$0.067\text{m}^3/\text{sec} \div (15\text{m} \times 0.2\text{m}) = 0.045\text{m} \approx \text{約 } 2\text{cm}/\text{sec}$$

の水流創出が予定されていたことから、やや大きめの流速と言える。放水施設周辺の水深が全般的にやや浅め（10数cm）であったことによると考えられる。

なお、今回の流速調査により明らかになった点として、創出した流れは、実験放水施設の前方のみでなく、その背面の西方向や、側面の北方向にも生じており、場所によっては10cm/secを超える流れも見られる。しかしながら、栈橋の南側はヨシやマコモが密に生育しているためか南方向の流れは比較的少ない。測定地点が少ないせいもあるが、一部栈橋に沿う西向きの流れが見られる程度であった。



图一八 流速·流向测定结果

実験担当者

滋賀県琵琶湖環境部エコライフ推進課	副参事	山崎 久二
	専門員	高岡 典夫
水資源開発公団関西支社建設部調査課	課長補佐	水野 義之
水資源開発公団琵琶湖開発総合管理所	第三管理課課長	村尾 浩太
	第三管理課係長	福士富之信
財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構	実験センター所長	中山 繁
	技術開発部主任研究員	倉田 隆喜