

## 8. 太陽エネルギーを用いた流動床ろ過方式浄化実験

### 1. はじめに

琵琶湖水域は20数余りの内湖を有しており、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。植物プランクトンの過剰な増殖はアオコ発生による水質障害等を引き起こすため、できるだけ初期段階に浄化することが望ましい。そしてその浄化手法には、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する等省エネを図ることが期待される。

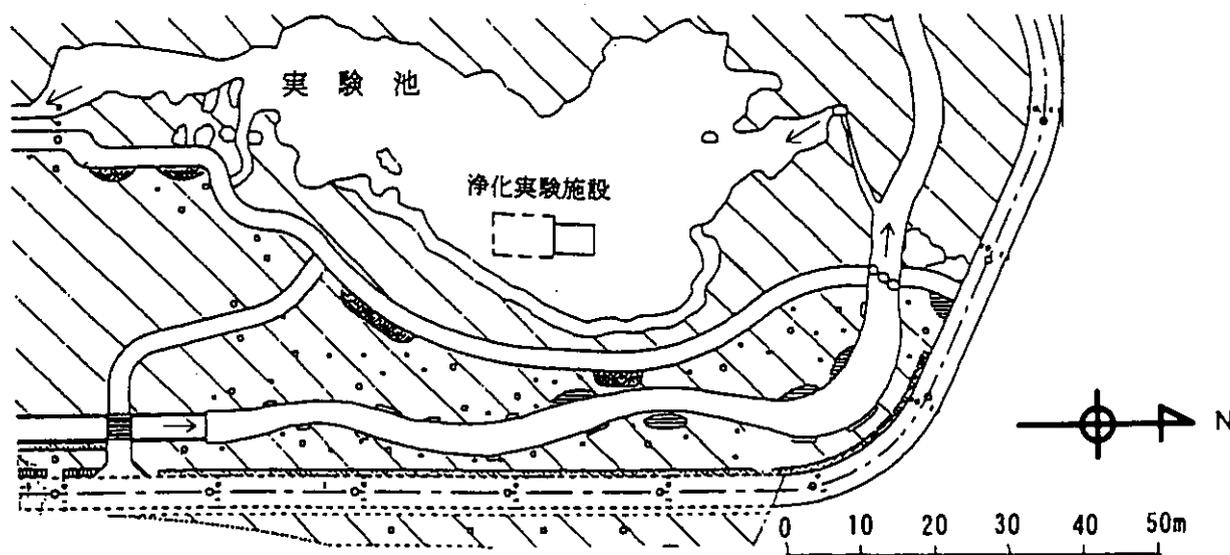
本研究の目的は、上記の背景のもとに開発した、微細なる材を選定し微生物を多く生息させ、その自然浄化力を利用し、さらにろ材を流動させて目詰まりをなくして保守性の向上を図ると同時に、ポンプ動力に太陽エネルギーを利用して経済性を図った処理量300m<sup>3</sup>/日の流動床ろ過実験施設について、その浄化性能特性について研究することである。

本報告では、1997年6月から1998年10月の2年間における試験期間で得られた実験施設の浄化特性試験結果について述べる。

### 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1,000m<sup>3</sup>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す。水は図中右側にある流入部から流入し、左端の流出部から流出する。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日である。なお、浄化特性を評価する実験施設は実験池の中央部付近に設置した。



注) 矢印は水の流れを示す

図2-1 実験池

#### 2.2 実験施設概要

写真2-1に実験施設の概要を示す。流動床ろ過槽は2列(活性炭系列、クリストバライト系列)の3段構造で、その下流側に接触式沈降槽を、施設本体の側面に活性炭槽列から分岐した重力式沈降槽を設置した。装置は水面より上の部分で高さ約4m、幅(両翼に太陽電池パネルが配置されている方向)は6.6m、長さは5.4mである。

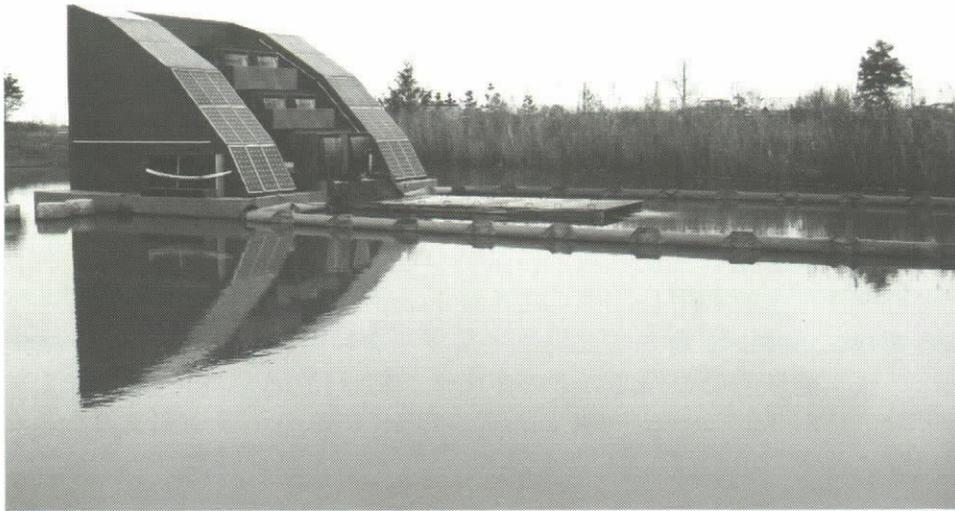


写真2-1 実験施設

図2-2に実験施設の基本システムを示す。

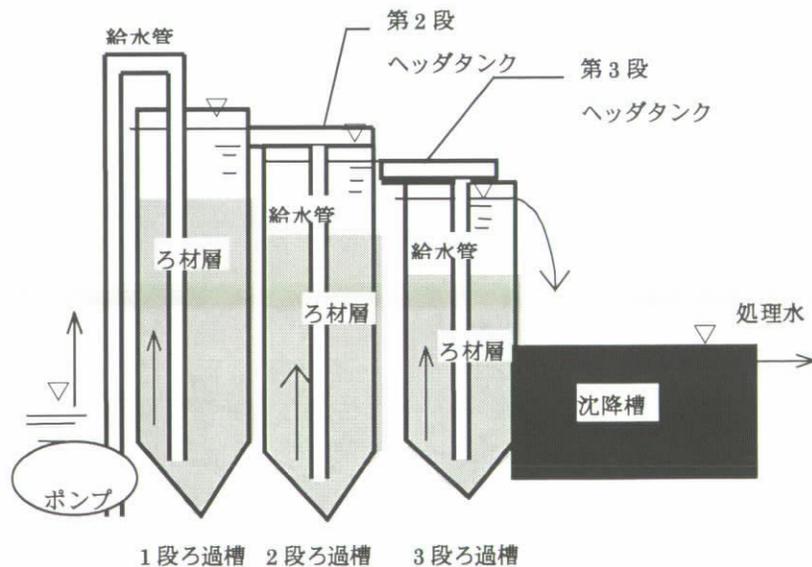


図2-2 実験施設のシステム

池水は原水ポンプ（電源は太陽エネルギーを利用）により汲み上げられ、1段ろ過槽底部から通水される。ろ過槽はろ材の比較実験のため、活性炭とクリストバライト（天然砂の一種）の2系列にした。2段目以降のろ過槽には、前段槽から越流しヘッダタンクに貯留した水が、自然流下で槽の底部より通水される。各槽共底部よりろ材中に通水した水により、粒径約0.5mmのろ材が約1.2倍に膨張・流動化し、ろ材表面に付着した微生物の浄化作用で植物プランクトン等の有機汚濁物が捕捉・分解される。捕捉された汚濁物はフロック化して流出するが、ろ材に微生物や汚濁物が過大に付着すると性能が劣化するため、各槽に接続されたブローで月1回程度洗浄する。流出したフロックは沈降槽で沈降する。実験施設全体の構造を図2-3に示す。

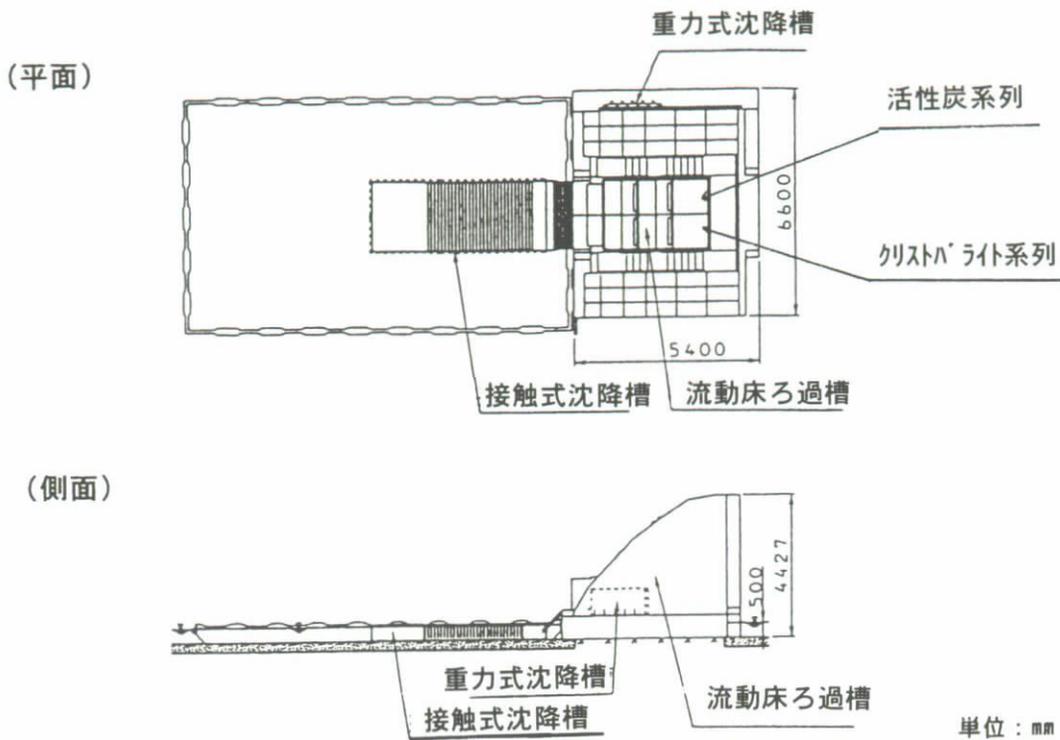


図2-3 実験施設の構造

沈降槽のひとつは活性炭側3段目槽から少水量 (0.9l/分) を分岐し、フロックの重力で沈降分離する重力式沈降槽を設けた。一方重力式では実流量 (300m<sup>3</sup>/日) に対して広面積 (74m<sup>2</sup>) を必要とするため、水面積負荷 (単位面積当たりの水量) がその約8倍のひも状繊維を接触材とした接触式沈降槽を3段目ろ過槽の下流側に設置した。1997年度はろ過槽のみの浄化実験を行ったが、1998年度は上記の2種類の沈降槽を設けて沈降槽を含めた実験施設全体としての浄化実験を行った。図2-4に沈降槽の詳細構造を示す

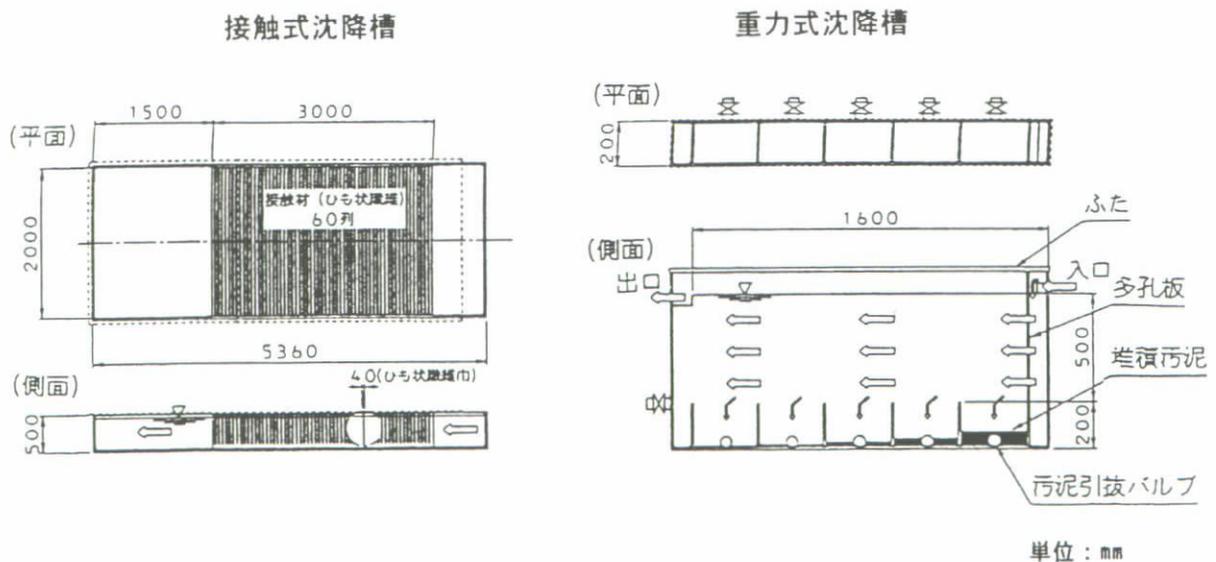


図2-4 沈降槽の構造

実験施設の流動床ろ過装置は、それぞれろ材として活性炭とクリストバライトを用いた処理量150m<sup>3</sup>/日の2系列のろ過槽で構成されている。6月半ばに接触式沈降槽を、7月上旬に重力式沈降槽を設置している。両沈降槽とも横流式であり、接触式沈降槽にはひも状繊維が接触材として配置されている。原水ポンプはろ過槽の各列への流量配分の安定化のため、実験用として1997年10月にクリストバライト系列にも同一容量の原水ポンプ1台（商用電源）を追設した。活性炭列の原水ポンプはソーラ電源で駆動され、電力の不足時は商用電源で賄われる。ポンプ流量は回転数制御で調整できるようにした。実験施設の諸元を表2-1にまとめて示す。

表2-1 実験施設の設計諸元

システム要素	ろ 過 槽		沈 降 槽	
	活性炭系	クリストバライト系	接触式	重力式
方 式	上向流式流動床 (膨張率1.24)	上向流式流動床 (膨張率1.24)	横流式	横流式
ろ 材	活性炭 1段槽2.10m <sup>3</sup> 2段槽1.45m <sup>3</sup> 3段槽0.85m <sup>3</sup> 気孔率58% 細孔容積0.54ml/g	クリストバライト  各段同左  気孔率47% 細孔容積0.39ml/g	ひも状繊維 フロン、ポリプロピレン	無し
通 水 量	150m <sup>3</sup> /日	150m <sup>3</sup> /日	300m <sup>3</sup> /日	0.9 l/分
滞留時間	52分 1段槽25分 2段槽17分 3段槽10分	52分  各段同左	22分 面積9m <sup>2</sup>	150分 面積0.32m <sup>2</sup>
沈降槽の 水面積負荷	—	—	33m <sup>3</sup> /日/m <sup>2</sup> 右記の約8倍	4m <sup>3</sup> /日/m <sup>2</sup>
原水ポンプ	0.75kW 60Hz (3600rpm) 回転数制御 (40Hz) 商用電源+ソーラ電源	0.75kW 60Hz (3600rpm) 回転数制御 (40Hz) 商用電源	—	—
洗浄プロア	1.5kW (各槽に接続) 商用電源 (月1回程度の頻度で洗浄)	商用電源	—	—
ソーラ	2.05kW (パネル36枚)	—	—	—

### 3. 実験方法

1997年6月から1998年10月まで2年度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。1997年度は、池への通水量は約1,700m<sup>3</sup>/日で、その滞留時間は水深設定の変化に応じ約8から14時間であった。1997年度は、植物プランクトンの発生が少なくクロロフィルa (Chl-a) が7μg/l以下となり、植物プランクトン（特に浮遊性）の浄化を目的とする浄化施設としては、除去性能のばらつきが大きく不安定であった。そのため、1998年度は、池の滞留時間が約20日となるように通水量を約50m<sup>3</sup>/日に絞って実験した。また池の水深は当初0.3mとしたが、1997年度夏場に池全域にアオミドロが異常繁殖したため、同年9月に水深を0.5mに深くすると同時に、底泥の巻き上げによる遮光効果を狙って魚（鯉、鮒等27匹）を入れて実験した。水質項目を表3-1、図3-1に採水点を示す。採水時刻は15時頃とした。

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 <sub>2</sub> /TEMPメータ (セントラル科学)
DO(溶存酸素濃度)	DO/DO <sub>2</sub> /TEMPメータ (セントラル科学)
Chl-a(クロロフィルa濃度)	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(全窒素濃度)	JIS K-0102. 45. 2
T-P(全リン濃度)	JIS K-0102. 46. 3
SS(浮遊物質)	昭和46年環告第59号付表6

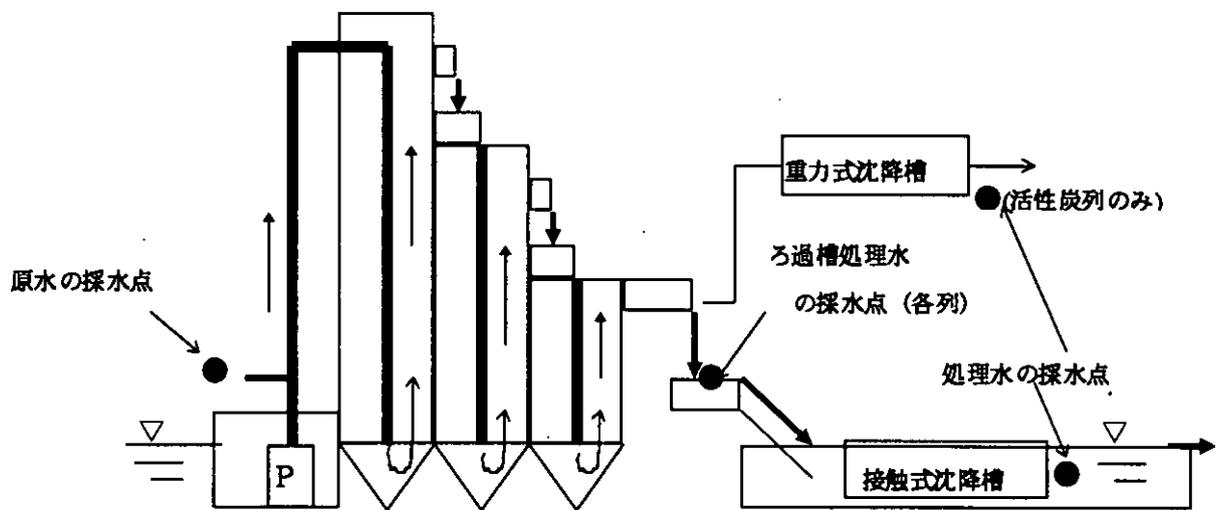


図3-1 採水場所

#### 4. 実験結果

##### 4.1 実験池の状況

2年目の1998年には、前年の対策が功を奏したのか、7月に入るとアオミドロのような底部に付着型の藻類ではなく浮遊性藻類(植物プランクトン)に優占種が遷移した。7月1日に実験池出口部で調査したところ、緑藻類の*Eudorina elegans*と*Pleodorina californica*とが

優占的であったが、その後池全面にアオコが発生し、7月9日に浄化施設原水ポンプ取水部で調査したところ藍藻類のAnabaena Spiroidesが優占的であった。図4-1に夏期の浄化装置原水ポンプ取水口で測定した池水の水温溶存酸素濃度(DO)の推移を示す。水温が25℃から35℃の間で推移しアオコが発生しやすい条件であったことがわかる。DOについては、約4mg/Lから10mg/Lの間で変化しているが、全体的な傾向としては、飽和DO値よりも低い値のことが多かった。なお、池水質の詳細は後述するが、7月前半より浄化施設を本格的に連続稼働させたところ、池内のChl-a濃度は低下し始め、約1ヶ月後にはアオコは消滅した。

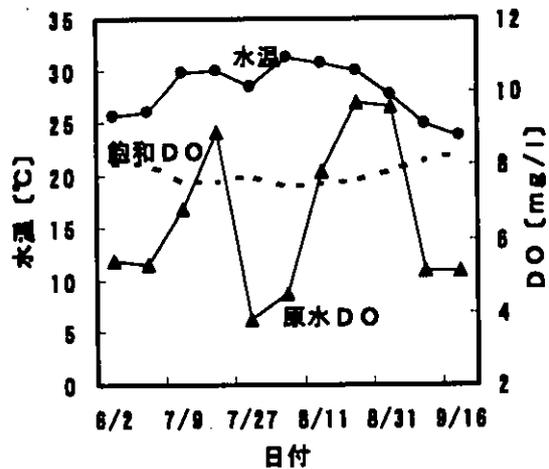


図4-1 1998年夏期の池水の水温、DOの経日変化

## 4.2 実験施設の浄化性能

### 4.2.1 水質濃度と除去率の経日変化

図4-2に原水とろ過槽の系別処理水のChl-a、COD、BOD、T-N、T-P、Sの経日変化を示す。

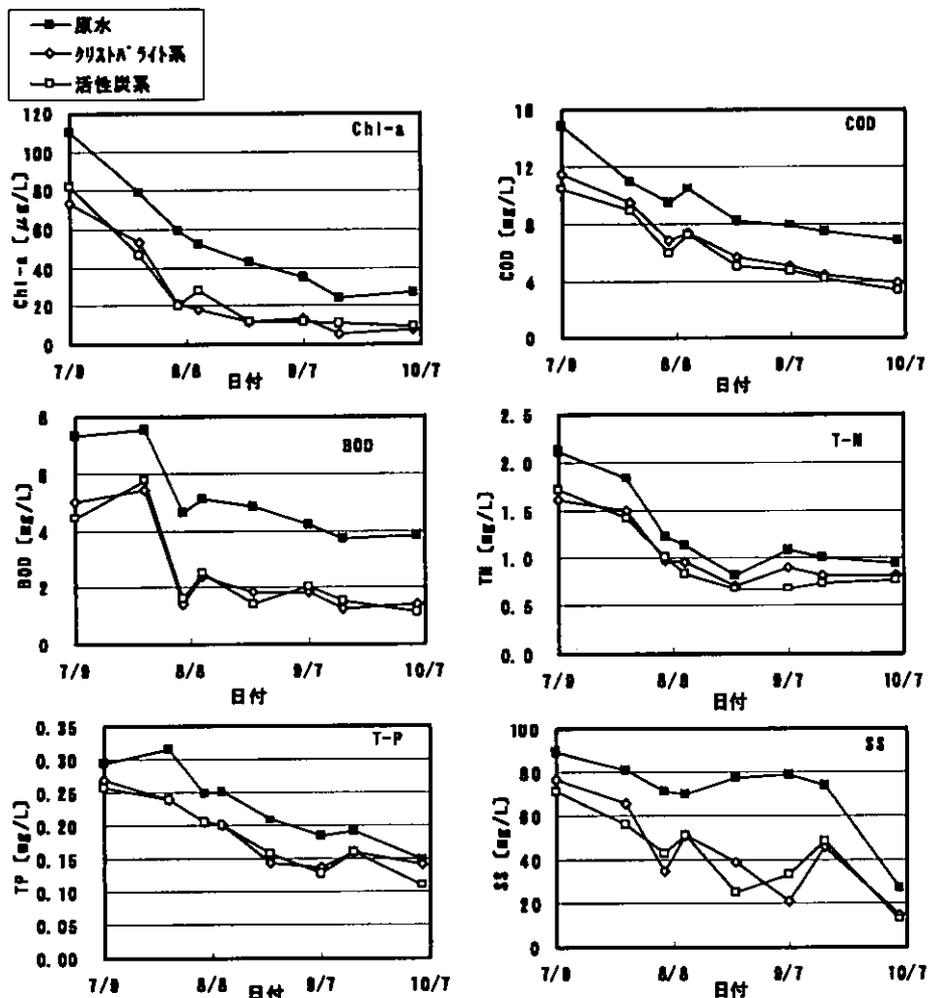


図4-2 原水とろ過槽処理水の水質濃度の経日変化

SSを除く各水質項目については、原水濃度は日とともに低下し、活性炭およびクリストパライトの両系列の処理水濃度も原水と類似した傾向で低下した。また、原水と処理水の濃度差は調査期間中はほぼ一定であった。Chl-aは原水濃度が約110 $\mu\text{g/l}$ から約20 $\mu\text{g/l}$ まで低下し、原水濃度が40 $\mu\text{g/l}$ 以上では原水と処理水の濃度差は常に30から40 $\mu\text{g/l}$ 程度であった。CODは原水濃度が約15 $\text{mg/l}$ から8 $\text{mg/l}$ まで低下し、原水と処理水の濃度差は2から4 $\text{mg/l}$ であった。BODは原水濃度が約7 $\text{mg/l}$ から4 $\text{mg/l}$ に低下し、原水と処理水の濃度差は3 $\text{mg/l}$ 程度であった。T-NとT-Pは原水濃度の低下に伴って処理水濃度が低下し、両者の差はそれぞれ0.5 $\text{mg/l}$ と0.05 $\text{mg/l}$ 程度であった。SSについては、原水濃度は7月から8月中旬にかけて低下していったが、それ以降は約80 $\text{mg/l}$ のままで推移した。一方、処理水濃度は8月以降も日とともに低下した。

図4-3にろ過槽における各水質項目の除去率の経日変化を示す。

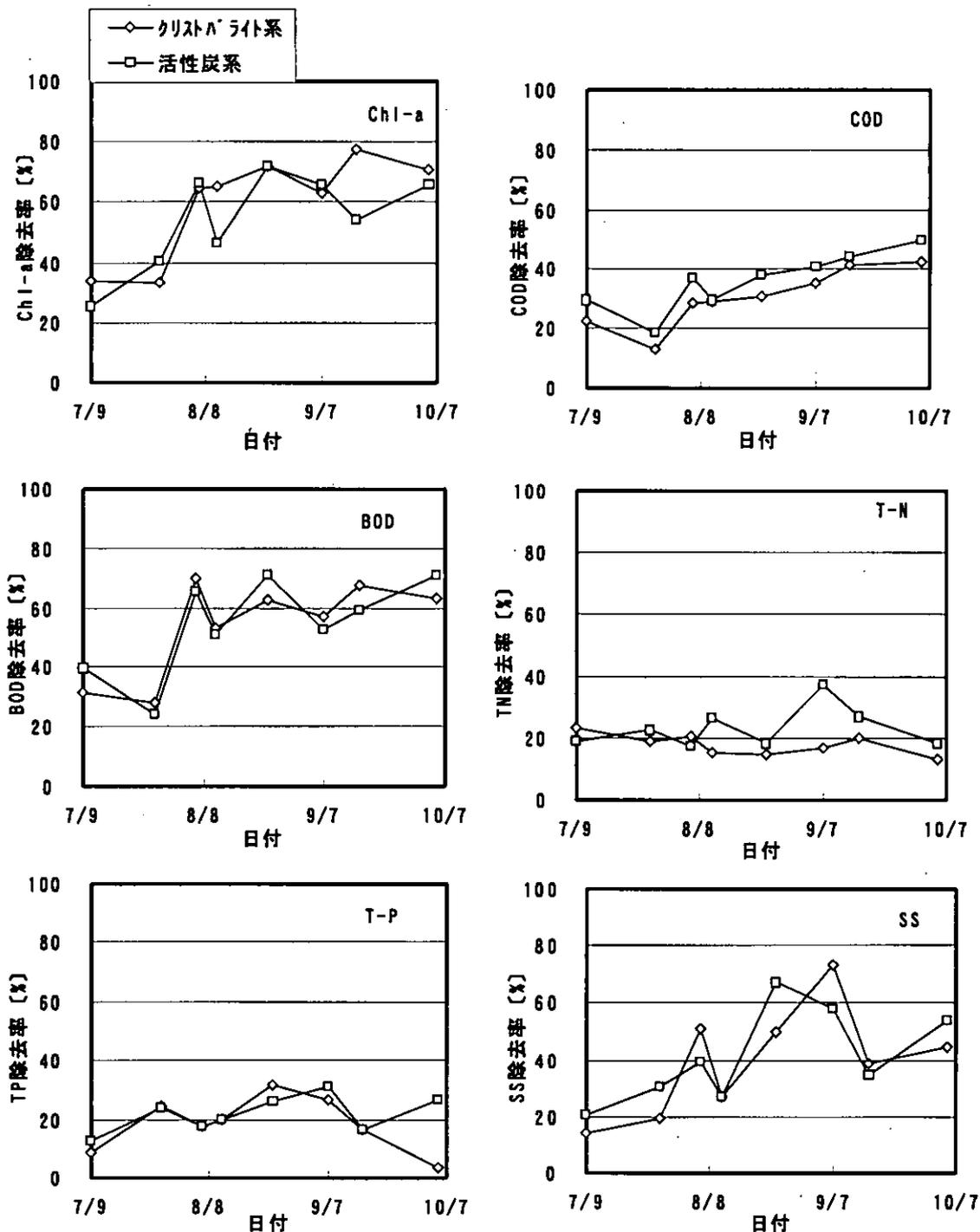


図4-3 ろ過槽処理水の除去率の経日変化

SS以外の水質項目については、原水の水質濃度が日とともに低下し、また、原水と処理水の濃度の差があまり変化しなかったことから、除去率が日とともに向上していく傾向が見られた。活性炭とクリストバライトの処理性能の差は特には見られなかった。沈降槽を含む実験施設全体の処理水の水質の経日変化を図4-4に示す。

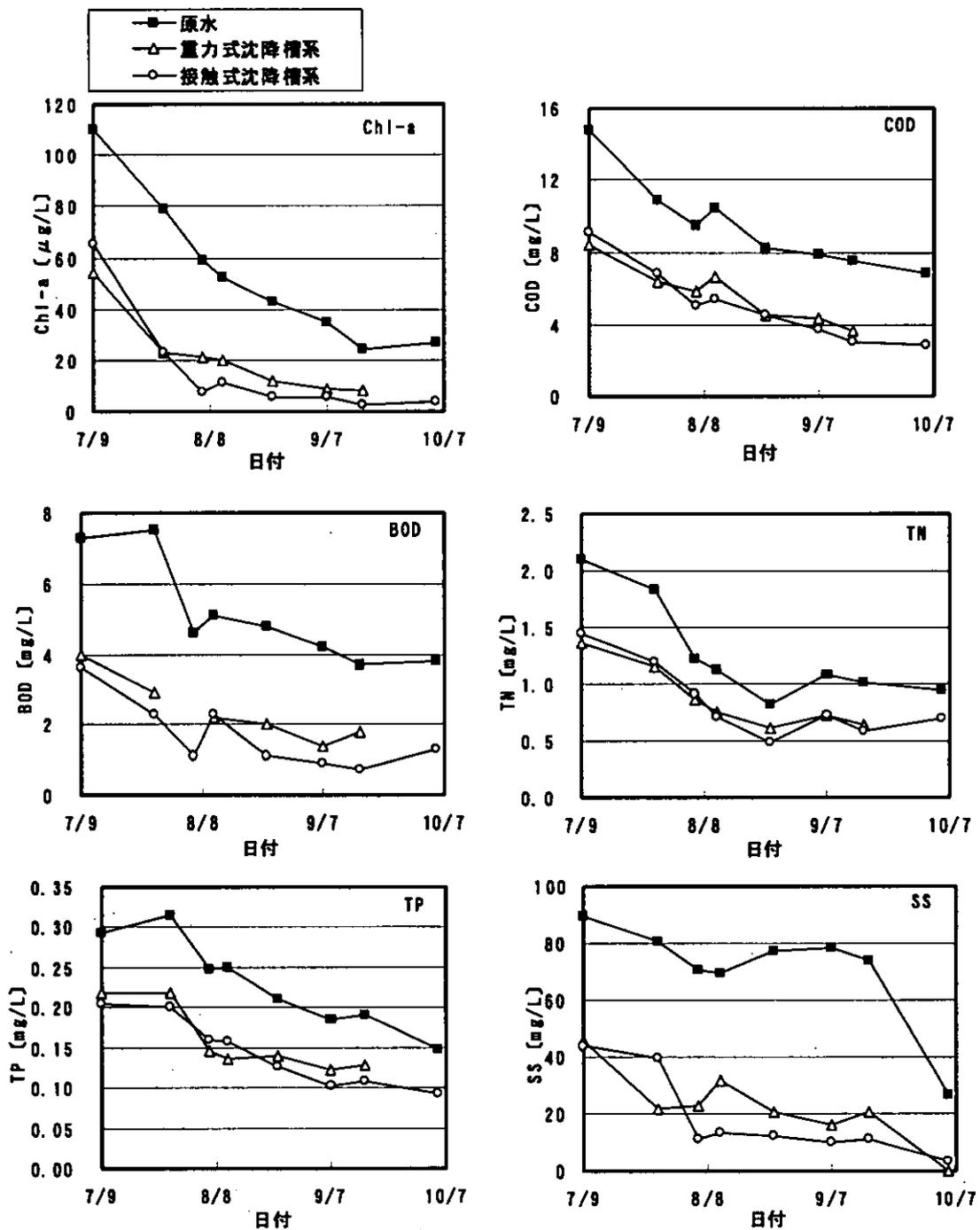


図4-4 原水と実験施設全体の処理水の水質濃度の経日変化

各水質項目において、ろ過槽処理水と同様に原水濃度の低下に伴い実験施設全体の処理水濃度は日とともに低下した。また、原水と処理水の濃度差も経日的にはほぼ一定であり、その濃度差はろ過槽処理水の場合より15~35%程度大きかった。この期間に優占していた植物プランクトンはアナベナであり、池表面にアオコを形成していたように沈降しにくい種類である。それにもかかわらず重力式の沈降槽でもChl-aをはじめとする各水質項目の濃度がろ過槽処理水よりも低下しているのは、ろ過槽で汚濁物が凝集されて沈降性が

向上したためであろうと考えられる。

実験施設全体の各水質項目の除去率の経日変化を図4-5に示す。

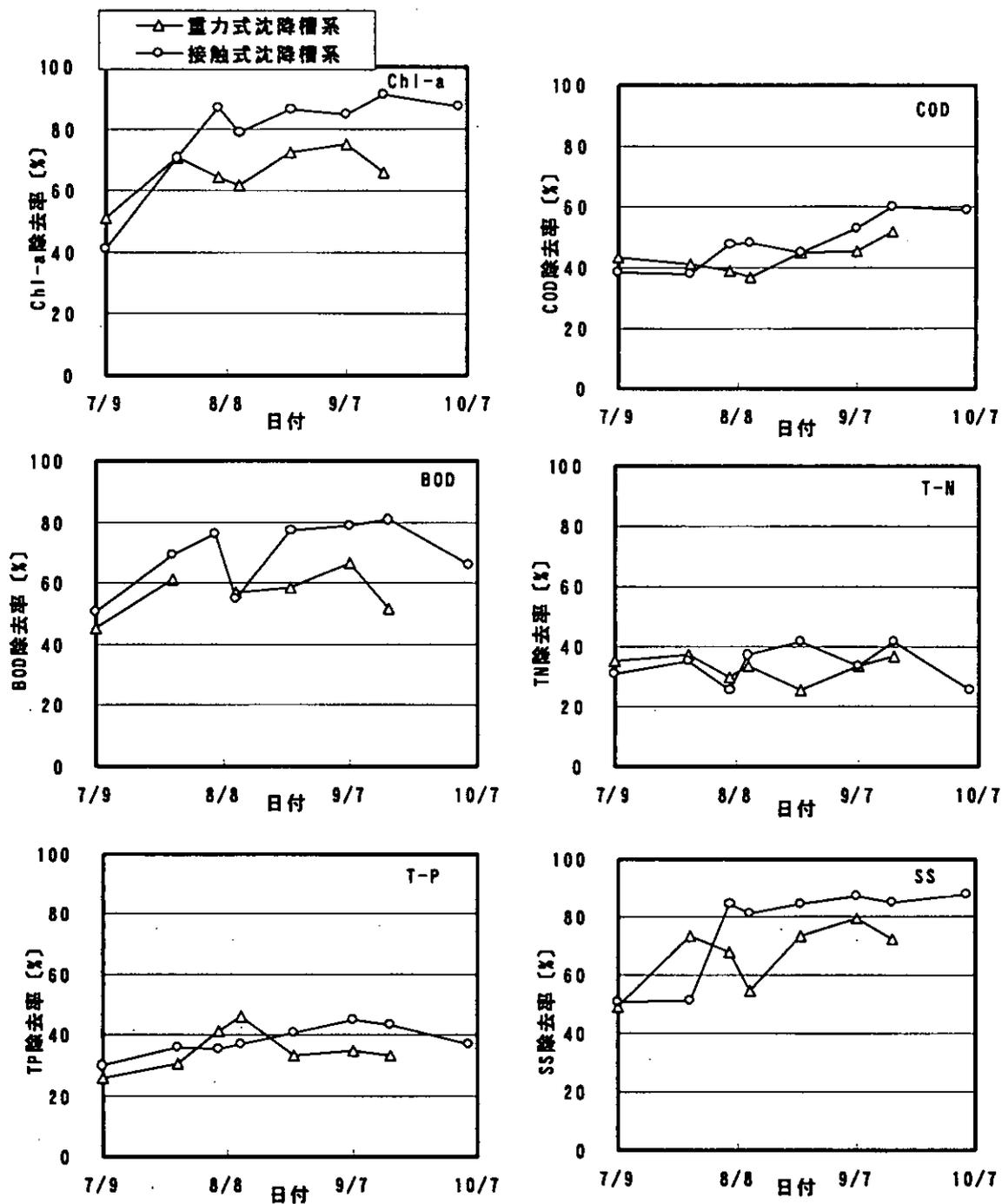


図4-5 実験施設全体の各水質項目の除去率の経日変化

重力式沈降槽と接触式沈降槽では、接触式の方が全体的に除去性能が高く、Chl-a、BODやSSでは10%以上の除去率の差が見られた。

表4-1に7月から10月までのろ過槽および実験施設全体の浄化性能を示す。なお、沈降槽系はろ過槽を含めた施設全体の浄化性能を表し、重力式沈降槽系は活性炭ろ過槽3段目からの少流量(9l/分)を分岐した性能を表す。

表4-1 1998年7月から10月までのろ過槽および実験施設全体の平均除去性能

項目		Chl-a [μg/l]	COD [mg/l]	BOD [mg/l]	T-N [mg/l]	T-P [mg/l]	SS [mg/l]
平均濃度	原水	57.4(42.6)	9.88	5.31	1.31	0.241	77.1
	活性炭系処理水	30.3(16.6)	6.65	2.73	1.01	0.189	46.7
	クリスタライト系処理水	27.9(13.9)	7.20	2.71	1.06	0.193	47.6
	重力式沈降槽系処理水	21.0(14.0)	5.66	2.70	0.870	0.160	25.5
	接触式沈降槽系処理水	17.2(6.44)	5.36	1.71	0.864	0.151	20.1
平均除去率	活性炭系処理水	53%(61%)	34%	52%	24%	22%	40%
	クリスタライト系処理水	58%(68%)	29%	53%	18%	21%	39%
	重力式沈降槽系処理水	66%(68%)	44%	57%	33%	35%	67%
	接触式沈降槽系処理水	77%(86%)	51%	70%	35%	38%	75%

Chl-aの欄の( )は8月からのデータの平均を示す。

#### 4.2.2 浄化性能の経時変化

前述した浄化性能の経日変化のデータは、いずれも15時頃に採水して測定したものである。昼夜運転時の一日の中での性能変化を見るために、8月6日から7日にかけて24時間の経時変化を調べた。その際の原水の水温、DO変化を図4-6に示す。水温は6日の午後から下がりはじめ、明け方6時頃に最低の約27℃となった。DOも6日の午後の最高値約9mg/lから低下しはじめ、明け方4時頃に最低の約3mg/lとなった。

原水、ろ過槽出口、沈降槽出口のChl-aの濃度変化を図4-7に、またろ過槽および沈降槽出口での除去率の変化を図4-8に示す。なお、沈降槽出口での測定は接触式沈降槽のみ行った。

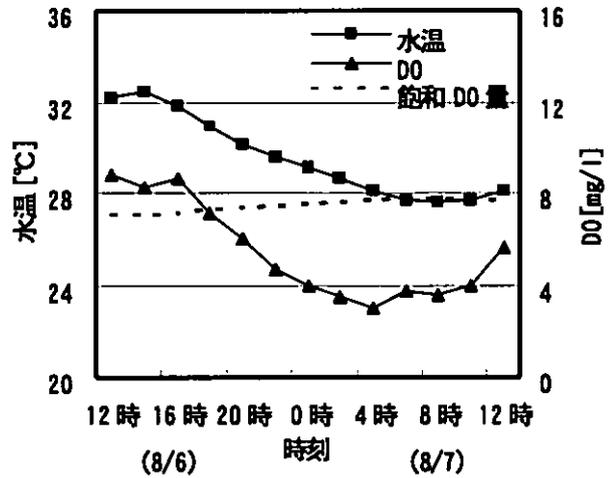


図4-6 原水の水温、DOの経時変化

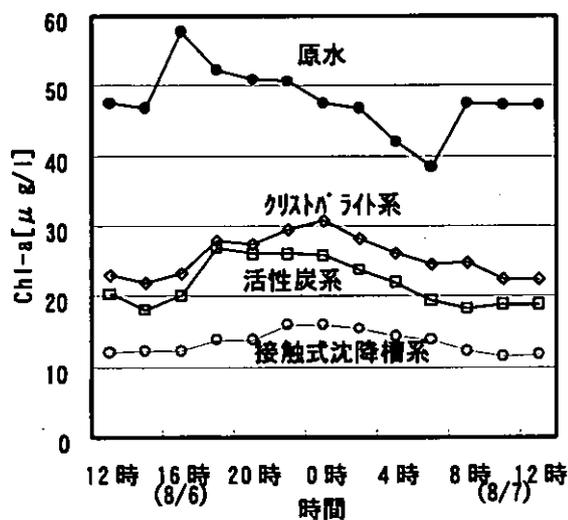


図4-7 原水と処理水のChl-aの経時変化

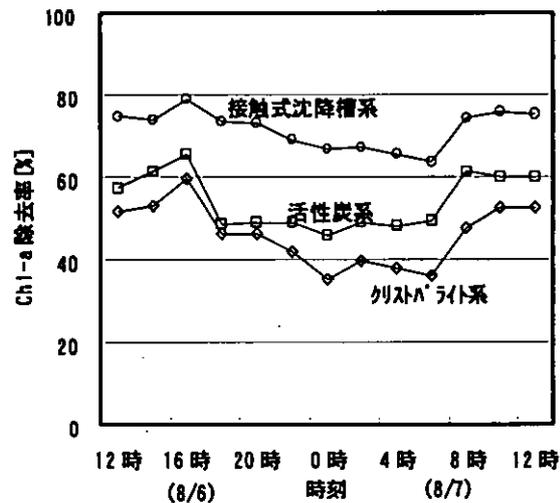


図4-8 Chl-aの除去率の経時変化

原水濃度は夕方4時頃から明け方にかけて低下傾向を示した。ろ過槽処理水濃度は夜半にかけて上昇しその後ゆっくりと低下する傾向を示した。実験施設全体の処理水濃度は夜半にかけてわずかに上昇する程度で $15\mu\text{g/l}$ 付近で殆ど一定であった。除去率は、ろ過槽の除去率、実験施設全体の除去率とも夜間に低下した。

#### 4.2.3 実験池の水質

実験池の水質変化については、池入口、池の中央（実験施設の原水の採水地点）、池出口の3ヶ所で採水し分析を行った。図4-9に1998年7月から10月までの期間のChl-a、T-N、T-Pの経日変化を示す。

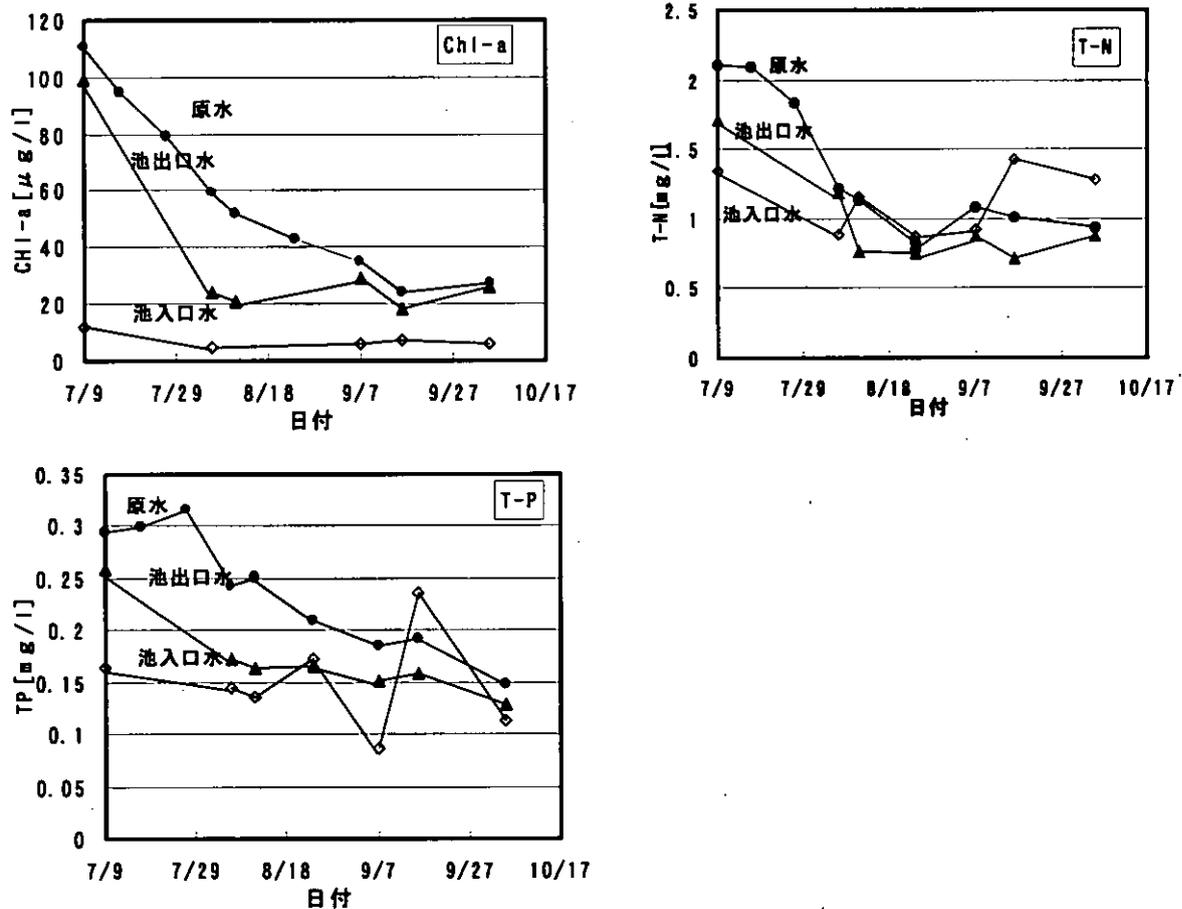


図4-9 実験池の水質の経日変化

図4-9より、7月から10月の期間に、Chl-aは池の中央部（原水）で $110\mu\text{g/l}$ から $20\mu\text{g/l}$ に連続的に低下し、池出口も同様の傾向を示したが、池入口では $5\mu\text{g/l}$ 程度でほぼ横這いであった。T-Nの原水濃度は $2\text{mg/l}$ から $1\text{mg/l}$ までの約50%に、T-Pの原水濃度は $0.3\text{mg/l}$ から $0.2\text{mg/l}$ までの約60%に連続的に低下した。

本実験池では、池水のT-NやT-Pの原水濃度が池流入水の濃度（池入口での濃度）より高い値を示した。この原因としては、本実験池の水深が浅いため夜間の気温の低下にともなう池水の鉛直循環や魚による底泥巻き上げが大きく影響したり、また、本実験池では調査期間にChl-aの濃度が非常に高くなっていたことから、植物プランクトンの増殖にともなう栄養塩摂取により栄養塩が池水中に集積するような機構が生じたのではないかと考えられる。

## 5. 考察

実験池内に十分な量の植物プランクトンが発生した1998年度の結果について考察を行う。

### 5.1 実験施設の浄化性能

#### 5.1.1 ろ過槽の性能制限因子

図5-1に各水質項目の原水濃度に対するろ過槽の除去率を示す。

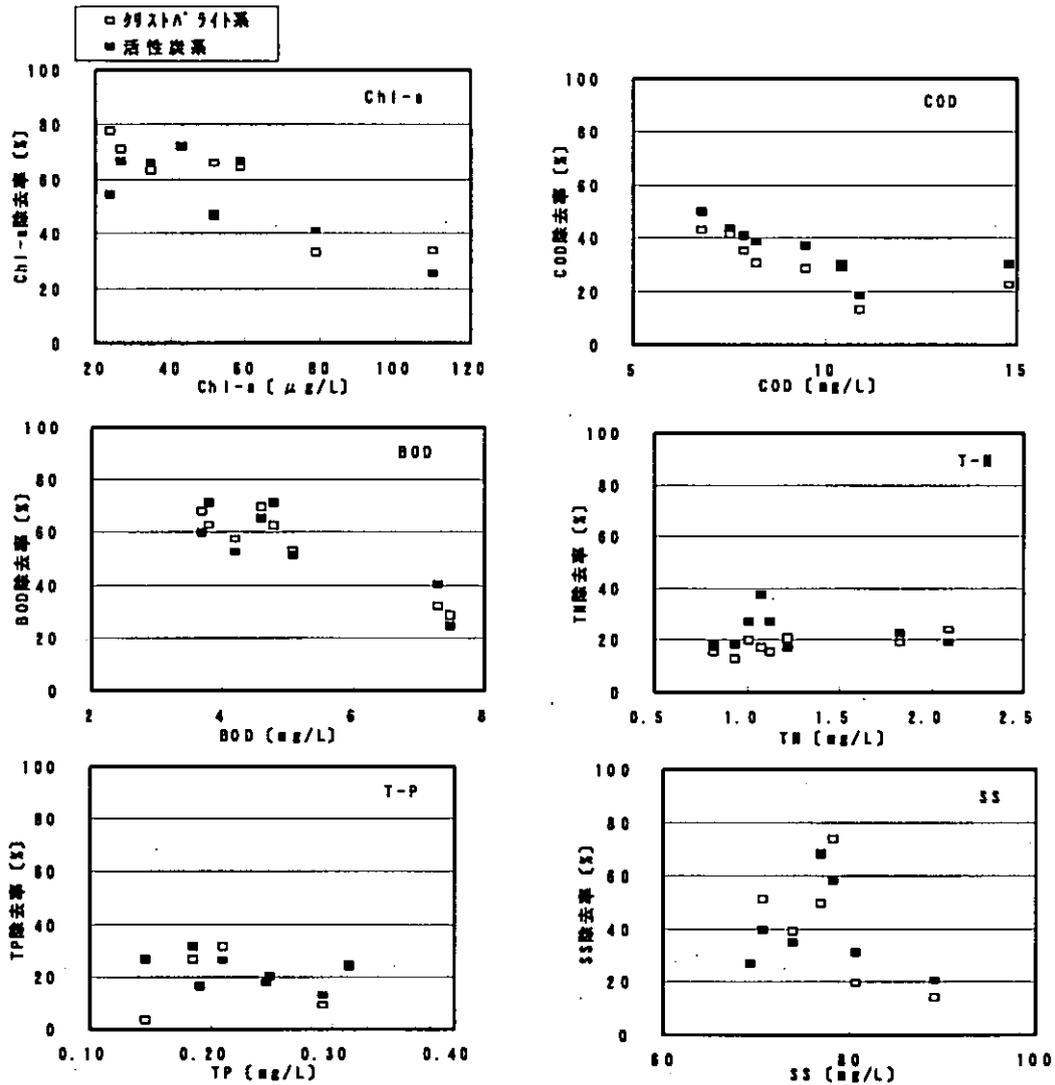


図5-1 各水質項目の原水濃度に対するろ過槽の除去率

Chl-aの除去率は、ろ材の種類によらずChl-a濃度の上昇に伴い減少した。また、他の水質項目についてもChl-aほど顕著ではないが同様の傾向が見られた。

これは図5-2で示したChl-a等で原水と処理水の差が原水濃度にかかわらずほぼ一定であったことに対応している。文献3)では本施設と同方式の浄化施設のChl-aの除去量が、消費DOに依存することが示されている。即ち、原水のDOがほぼ一定であるため、Chl-aの除去量も一定値に近くなり、そのために原水のChl-a濃度が高くなると除去率が下がると考えられる。また、Chl-a以外の水質項目についても、ろ過槽では主に植物プランクトンを除去していることから、各水質項目の植物プランクトン由来の部分が原水と処理水との差異となって現れるため、どれも同様な傾向を示すと考えられる。図4-6で示したように、原水のDO値は一日のうちで変化するため、Chl-aの除去量が原水DO濃度で規制されるとすれば、一日の中でのChl-a除去率の変化が原水DO濃度変化と相関を示すはずである。

図5-2に昼夜運転時の原水のDOに対するろ過槽のChl-aの除去率の変化を示す。

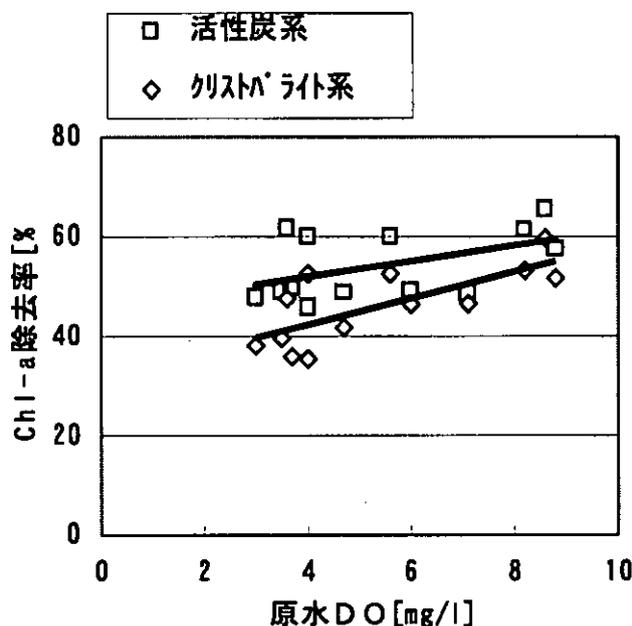


図5-2 昼夜運転時の原水DO濃度とChl-a除去率の関係

図5-2においても原水のDOの低下に伴って除去率が低下する傾向が見られた。また、原水のDOが高い時には活性炭とクリストバライトのろ材の差は小さいが、原水のDOが下がるにつれて両者の差が大きくなり、原水DOが3 mg/lの最低時にはクリストバライトの除去率は、活性炭の除去率より約10%低かった。活性炭とクリストバライトの2種類のろ材に関して、ろ過槽除去性能の経日変化では、両者の差異は顕著でなかったが、原水のDOの変化に対する性能の安定性という点では両者の間に差が見られた。この理由は定かではないが、ろ材の気孔率が58%と47%（細孔容積では0.54ml/gと0.39ml/g）で活性炭の方が高いことおよび原水のDOの最低値の時間帯が数時間程度であることに起因した現象なのかもしれない。すなわち気孔率が高いろ材はそれだけ多くのDOが内在し、それが外的DOの変化に対し緩衝作用を起こしているものと推定される。さらにろ材に付着した微生物膜厚さの影響等も考えられるが、メカニズムの詳細については今後調査する必要がある。DOの変化に対する性能の安定性の点からは活性炭の方がろ材として優れていると言える。

### 5.1.2 沈降槽の性能

沈降槽を含めた実験施設全体の浄化性能については、図4-4で示したように、ろ過槽だけの性能と比べて原水と処理水の濃度差は大きいですが、原水濃度と処理水濃度の差がほぼ一定という傾向はろ過槽だけの性能と同様であった。

重力式と接触式の2種類の沈降槽の浄化性能を比較すると、COD、T-NおよびT-Pでは両者の差は明確ではないが、Chl-a、COD、BODおよびSSでは接触式沈降槽の方が良好な性能を示した。例えば、接触式沈降槽系のChl-aの除去率は、原水のChl-a濃度が60 μg/l程度以下では80%以上の高い除去率となるが、重力式沈降槽系の方は、80%以下にとどまった。重力式は汚濁物の沈降除去のみが唯一の固液分離手段であるのに対して、接触式は汚濁物がひも状繊維に接触して付着するという、物理的捕捉効果も兼ね備えていることが両者の性能の差の原因になっていると思われる。

### 5.2 実験施設の浄化効果について

実験池のChl-a濃度やT-P、T-N濃度は、実験施設の本格的な連続運転開始後、

急激に低下した。

原水のChl-a濃度と水温の関係を図5-3に示す。7月9日から8月24日まで水温が30℃前後であり変化は見られないが、Chl-a濃度は110μg/lから40μg/l程度まで低下し続けた。

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を経て動物プランクトンに至る食物連鎖を文献4)に基づいて定式化したものである。解析の主な条件としては、浄化施設の性能として、Chl-a除去率77%、

T-P除去率38%、T-N除去率35%を設定した。また、流入条件として池への流入水量を50m<sup>3</sup>/日、流入水質のChl-a濃度は0μg/l、T-Pは0.293mg/l、T-Nは2.1mg/lとし、T-Pのうち溶存分(D-T-P)については0.088mg/l、同じくT-Nのうち溶存分(D-T-N)は1.03mg/lであるとした。図5-4にシミュレーションの結果を示す。

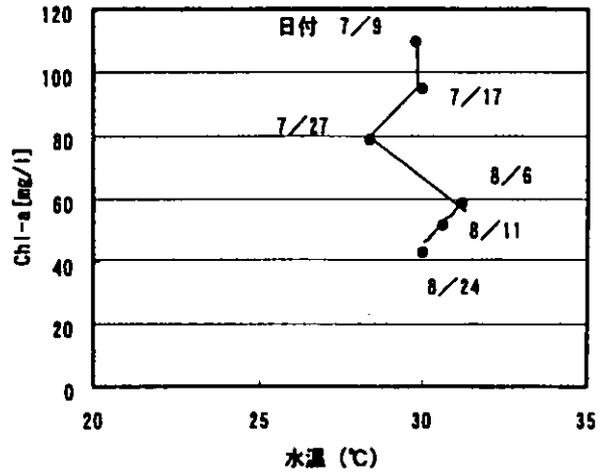


図5-3 原水水温とChl-a濃度の推移

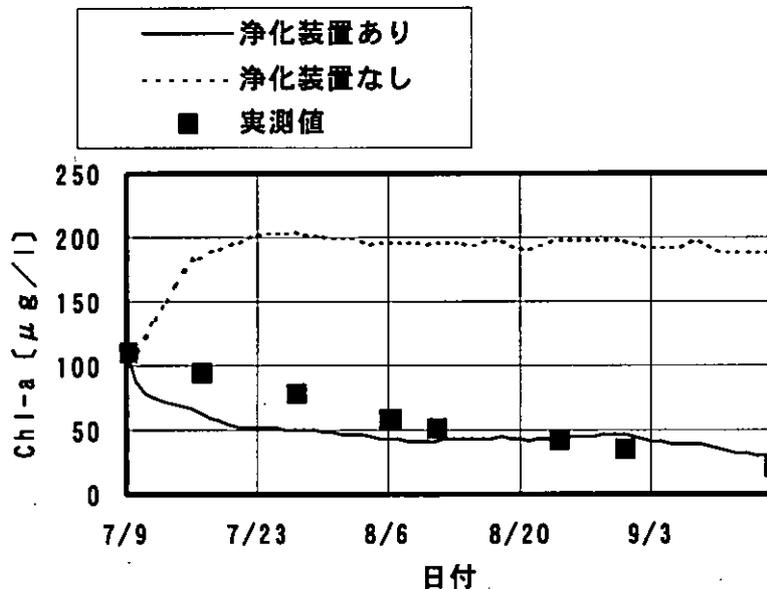


図5-4 実験施設有無の水質のシミュレーション

実験施設の有無でChl-a濃度に大きな差が生じることと実験施設がある場合のシミュレーション結果が実測値と良い一致を示していることがわかる。

また、池内への流出入量を50m<sup>3</sup>/日とし、池の中央部の実験施設で300m<sup>3</sup>/日の量で循環している状態(無風)の水流解析を行うと、図5-5に示されるように原水は実験施設周辺を広く循環している。このような流れの分布により実験施設の浄化効果が池全体に波及したと思われる。

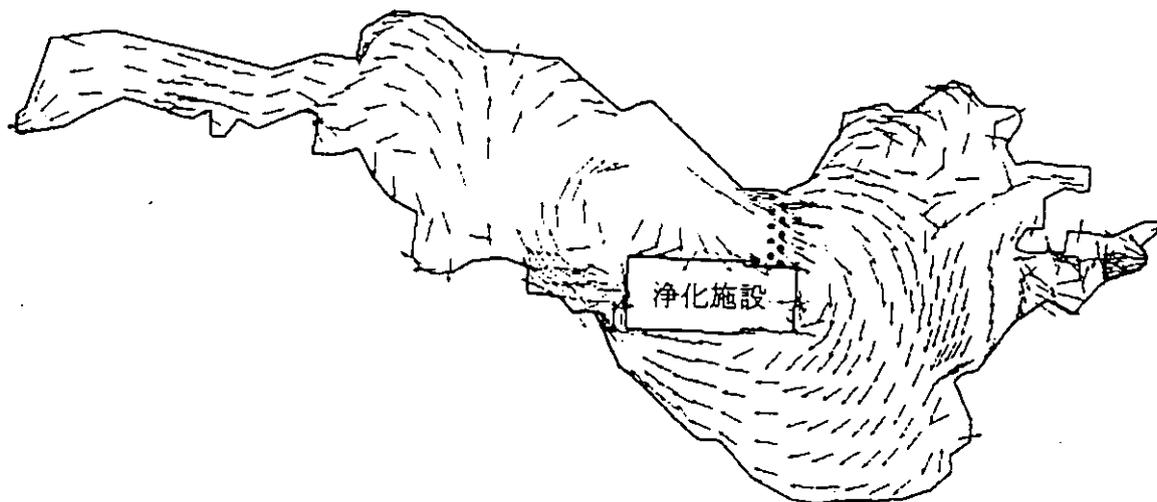


図5-5 実験池内部の水流分布の解析結果

次に、上記水質シミュレーション手法で、閉鎖水域の滞留日数をパラメータに、浄化施設の規模を閉鎖水域の貯水量を施設の1日当たりの処理量で割った循環日数で表し、閉鎖水域に導入した場合に導入前の年間平均Chl-a濃度に対してどの程度まで浄化できるかの予測シミュレーションを行った。滞留時間は長いもの、中程度のもの、短いものの3種類ということで200日、50日、10日の3ケースとした。このシミュレーションによる浄化装置導入効果の予測結果を図5-6に示す。浄化施設導入後の年間平均Chl-a濃度を導入前の年間平均Chl-a濃度で割った無次元数を縦軸に示し、浄化施設の処理量で閉鎖水域の水量を1循環するに要する循環日数を横軸に示している。

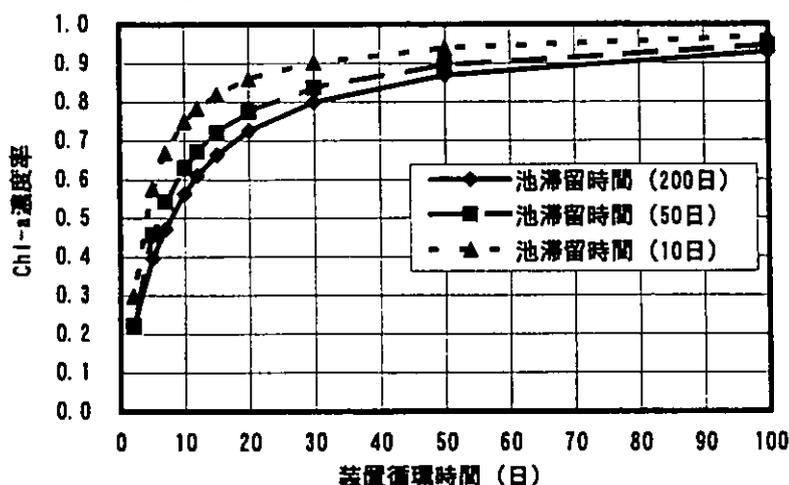


図5-6 浄化施設導入規模による浄化効果予測

シミュレーションからは、池の滞留時間が長くなる程、浄化効果が大きくなってChl-aの濃度が低下することがわかる。実験池では、Chl-a濃度が最大 $100\mu\text{g/l}$ 程度まで上昇し、 $60\mu\text{g/l}$ 程度に低下するまでアオコが観察された。シミュレーションでは、池滞留時間が50日以上であれば、装置循環日数を10日に設定することで、Chl-a濃度が60%程度まで低下できるので、実験池相当の汚濁であればアオコが解消することが期待される。

### 5.3 太陽エネルギー利用運転特性について

本実験施設は、動力源として太陽エネルギーと商用電源を併用している。年間運転での太陽エネルギー利用による省エネルギー効果は以下のように算出できる。

大阪の年間平均日射量は $4.09\text{kWh/m}^2 \cdot \text{日}$ なので、ソーラ発電による1日当たりの発電電力は次の通りとなる。

$$(\text{太陽電池面積}) \times (\text{発電効率}) \times (\text{日射量}) \times (\text{直流から交流への変換効率})$$

$$= 15.8\text{m}^2 \times 0.13 \times 4.09\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{日} \times 0.65 = 5.46\text{kWh} \quad (1)$$

従って年間では、 $5.46\text{kWh}/\text{日} \times 365\text{日} = 1993\text{kWh}/\text{年}$  となる。

一方、実験施設の必要消費電力は、

$$(\text{ポンプ動力}) \times (\text{運転時間}) = 0.75\text{kW} \times 1\text{台} \times 24\text{h} \times 365\text{日}/\text{年} = 6570\text{kWh}/\text{年} \quad (2)$$

従って省エネ効果は、 $(1) / (2) = 1993/6570 = 0.303$ 、すなわち30.3%の省エネとなる。なお、夏場に限れば日照量も $4.57\text{kWh}/\text{m}^2\text{日}$ と高くなるため、その時の省エネ効果は33.9%となる。

## 6. まとめ

貯水量約 $1,000\text{m}^3$ の実験池に原水ポンプの動力源に商用電源とソーラ電源を併用した処理量 $300\text{m}^3/\text{日}$ のろ過装置を、設置して浄化特性を把握し、湖沼、池等の閉鎖系水域への適用性を検討した。装置は目詰まりをなくすためにろ材を流動化させる流動床方式とした。ろ材としては粒径約 $0.5\text{mm}$ の活性炭とクリストバライトを比較した。また、ろ過槽の後の沈降槽には重力式とひも状繊維を用いた接触式を選定して試験を行った。試験の結果、以下の知見を得た。

- (1) 活性炭とクリストバライトのろ材比較では、処理水質の経日変化では両者の差は小さかったが、活性炭の方が原水のDO変化に対して安定した除去性能を示した。24時間の経時変化の測定では、夜明け近くに原水DOが $3\text{mg}/\text{l}$ まで低下した時に、活性炭ろ材とクリストバライトろ材の両系列でのChl-a除去率の差が10%に達した。
- (2) ひも状繊維を用いた接触式沈降槽と比重により汚泥を沈降分離する重力式沈降槽の比較では、接触式の方が少ない面積で良好な除去性能が得られた。
- (3) ろ過槽のろ材に活性炭、沈降槽に接触式を用いた系列での1998年度7月初旬から10月までの試験期間の各水質項目の平均除去率は、Chl-aが77%、CODが51%、BODが70%、T-Nが35%、T-Pが38%、SSが75%であった。
- (4) 太陽エネルギーの利用により、年平均約30%(夏場は34%)の省エネとなることが分かった。
- (5) 実験池は1998年度の7月上旬にChl-a濃度が約 $100\mu\text{g}/\text{l}$ まで増加しアオコも発生したが、その後Chl-aは $20\mu\text{g}/\text{l}$ まで下がり、また、アオコも約1ヶ月で消滅した。データ分析と解析的評価から実験施設の効果であると推測された。また上記解析手法を用いて実用機の適用規模と浄化効果を検討した結果、アオコ発生湖沼に適用する装置の処理量規模は、池滞留時間が50日以上であれば循環日数で10日程度との見通しを得た。

## 7. 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) 田中哲也・都築浩一・西嶋規世他 (1998) 好気性流動床生物濾過法による湖水中の藻類除去特性、水環境学会誌、21、217-223
- 4) 松岡謙 (1984) 霞ヶ浦の富栄養化モデル、国立環境研究所報告第54号

## 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	武井 直子
株式会社 日立製作所	機械研究所主任研究員	都築 浩一
株式会社 日立製作所	土浦工場主任技師	仲平 四郎

## 9. 赤野井湾ヨシ移植実験

### 1. 目的

本実験は、赤野井湾に流入する守山川の河川浄化事業の一環として計画されている植生浄化実験施設へのヨシの移植に対し、移植方法による発芽・活着状況を確認することを目的とし、ヨシ移植設計の参考とする。

### 2. 実験内容

#### 2.1 実験方法

##### 2.1.1 実験条件

- (1) 移植実験に使用するヨシは、赤野井湾守山川河口付近の原生種とした。
- (2) 移植方法は、次の2通りを基本とした。
  - ・株植え (ブロック植え、大株植え)
  - ・地下茎植え
- (3) 移植は1月27日から28日に実施した。
- (4) 移植地地盤高は、琵琶湖基準水位 (BSL) -20cm
- (5) 移植地の地下水位は、(4)の地盤高相当とした。

##### 2.1.2 移植方法

###### (1) 移植苗の採取

赤野井湾守山川河口付近(図2-1-1、図2-1-2参照)において、小型バックホウ(0.1m<sup>3</sup>)を用い、ヨシを大株ごと掘起こす。大株を株植えのブロック大(20×20cm)に分割して移植苗とするとともに、大株についてもそのまま移植苗とした。

また地下茎植え用として、地下茎の長さを各20cm、50cmに切断し、地上茎のあるもの、地下茎のみのものに分割して移植苗とした。

###### (2) 移植地(実験センター内の実験池)の整備

移植予定地は、図2-1-2に示した実験センター内の琵琶湖池西側の浸水域に川砂を敷き詰め、移植地の整備を行った。

###### (3) ヨシ苗の移植

各移植苗は、地下茎が地下水によって水没するように移植を行った。

なお、移植ケースは移植地の北側から下記の通りとした。

ブロック植え 移植深10cm、30cm、50cmの2区画

大株植え用苗 移植深30cm、50cmの2区画

地下茎植え用苗

地下茎20cm、地上茎なし 移植深10cm、30cm、50cmの2区画

地下茎20cm、地上茎あり 移植深10cm、30cm、50cmの2区画

地下茎50cm、地上茎なし 移植深10cm、30cm、50cmの2区画

地下茎50cm、地上茎あり 移植深10cm、30cm、50cmの2区画

### 2.1.3 発芽観察

移植後1ヶ月ごとに発芽したヨシの本数、茎高を観察するものとし移植時（1月）から毎月1回8月まで実施した。

なお、発芽観察記録のとりまとめ表を作成した。

### 2.1.4 水質調査

赤野井湾守山川河口付近並びに実験池（採取位置は図2-1-1、図2-1-2参照）の水質調査を、ヨシ苗採取時並びに発芽観察の時期に合わせて下記の項目で実施した。

#### (1) 水質調査項目

各水質調査項目及びその分析方法を以下に示す。

項目	分 析 方 法
気温	棒状温度計
水温	ペッテンコーヘル温度計
pH	JIS K0102.12.1 ガラス電極法
EC	JIS K0102.13 (L25)
DO	JIS K0102.32.1 ウィンクラーアシメトリック変法
T-N	JIS K0102.45.2 紫外線吸収法
T-P	JIS K0102.46.3 ペルキソ二硫酸カリウム分解法

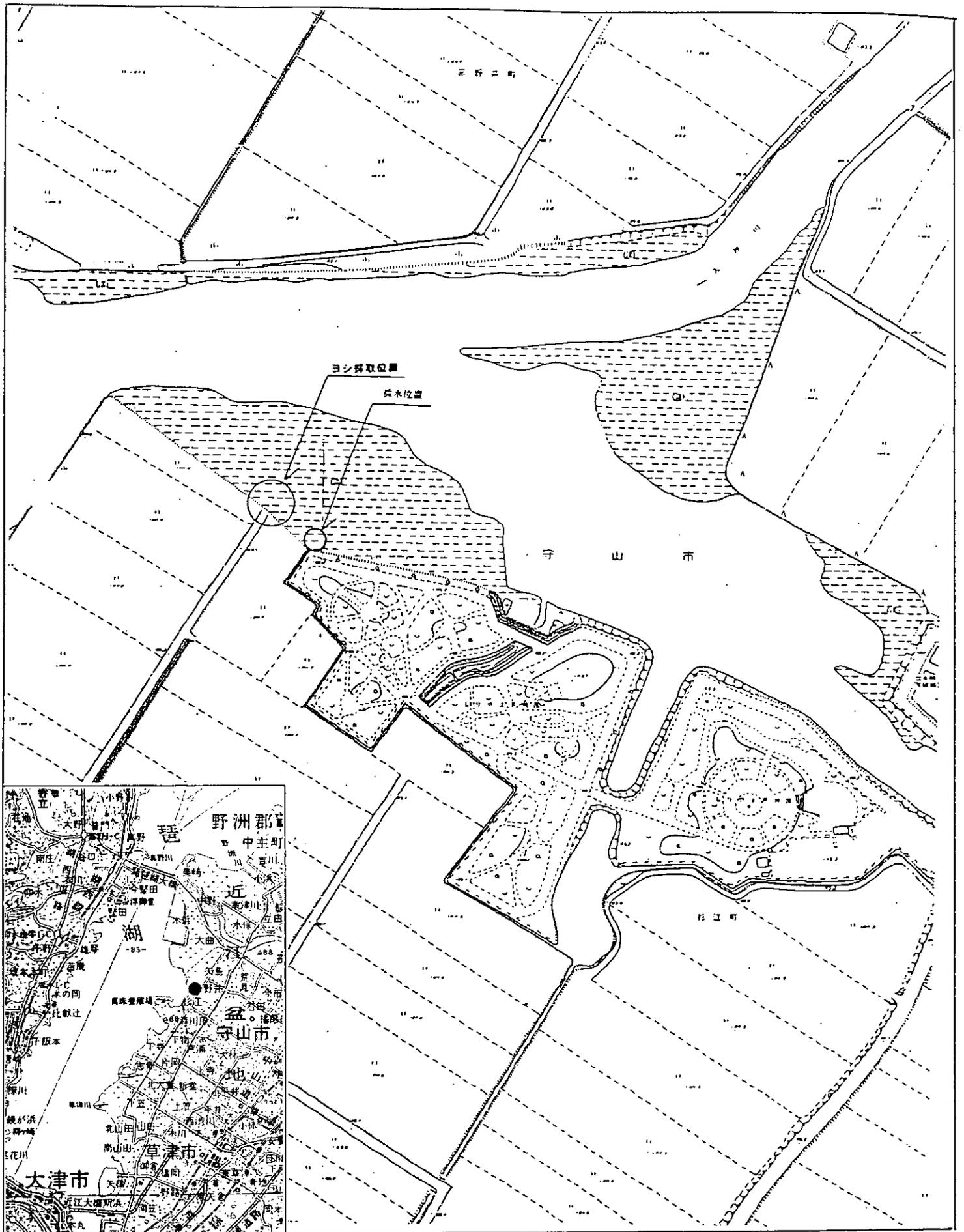


図2-1-1 赤野井湾（守山川河口部）  
ヨシ採取位置並びに採水位置図

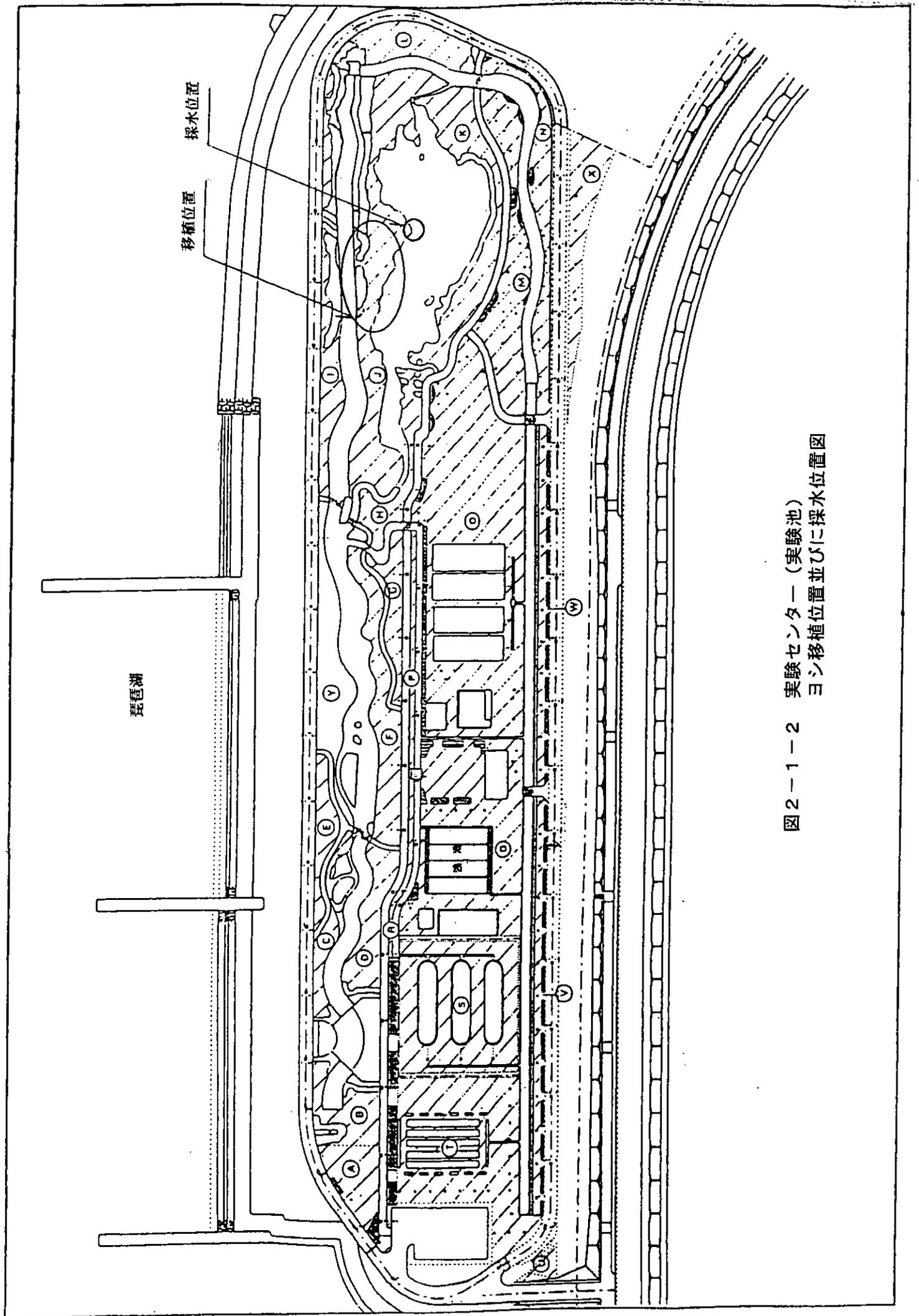


図2-1-2 実験センター（実験池）  
ヨシ移植位置並びに採水位置図

## 2.2 実験ケース

実験ケースは、表 2-2-1 に示す各移植方法の通りとした。

表 2-2-1 実験ケース

ケースⅠ-1 ブロック植え	移植深 10 cm	移植深 30 cm	移植深 50 cm
ケースⅠ-2 ブロック植え	移植深 10 cm	移植深 30 cm	移植深 50 cm
ケースⅡ-1 大株植え		移植深 30 cm	移植深 50 cm
ケースⅡ-2 大株植え		移植深 30 cm	移植深 50 cm
ケースⅢ-1 地下茎植え	移植深 10 cm 地下茎 20cm, 地上茎有	移植深 30 cm 地下茎 20cm, 地上茎有	移植深 50 cm 地下茎 20cm, 地上茎有
ケースⅢ-2 地下茎植え	移植深 10 cm 地下茎 20cm, 地上茎有	移植深 30 cm 地下茎 20cm, 地上茎有	移植深 50 cm 地下茎 20cm, 地上茎有
ケースⅣ-1 地下茎植え	移植深 10 cm 地下茎 50cm, 地上茎有	移植深 30 cm 地下茎 50cm, 地上茎有	移植深 50 cm 地下茎 50cm, 地上茎有
ケースⅣ-2 地下茎植え	移植深 10 cm 地下茎 50cm, 地上茎有	移植深 30 cm 地下茎 50cm, 地上茎有	移植深 50 cm 地下茎 50cm, 地上茎有
ケースⅤ-1 地下茎植え	移植深 10 cm 地下茎 20cm, 地上茎無	移植深 30 cm 地下茎 20cm, 地上茎無	移植深 50 cm 地下茎 20cm, 地上茎無
ケースⅤ-2 地下茎植え	移植深 10 cm 地下茎 20cm, 地上茎無	移植深 30 cm 地下茎 20cm, 地上茎無	移植深 50 cm 地下茎 20cm, 地上茎無
ケースⅥ-1 地下茎植え	移植深 10 cm 地下茎 50cm, 地上茎無	移植深 30 cm 地下茎 50cm, 地上茎無	移植深 50 cm 地下茎 50cm, 地上茎無
ケースⅥ-2 地下茎植え	移植深 10 cm 地下茎 50cm, 地上茎無	移植深 30 cm 地下茎 50cm, 地上茎無	移植深 50 cm 地下茎 50cm, 地上茎無

### 3. 調査結果

#### 3.1 発芽観察

発芽観察結果を表3-1-1及び図3-1-1～図3-1-3に示した。

実験ケースについては、前述のように移植方法によってI～VIとし、各移植方法について生育状況のばらつきを考慮するために2ラインずつ(1、2)行い、移植した深さの違いによって10cm～50cm(10、30、50)と表示した。

##### 3.1.1 ブロック植え

ヨシ帯に生育するヨシについて上部茎を長いまま残し、地下茎部分を20cm角程度に分割して、深さ各10cm、30cm、50cmに移植を行った。

その結果、移植1ヶ月後の2月には、2ケースで発芽し平均茎丈が5cm程度になった。3月には、5ケースで発芽し平均茎丈が5～20cm程度になった。4月には、5ケースで発芽し平均茎丈が40～90cm程度になった。5月には、6ケースすべてで発芽し平均茎丈が10～75cm程度になった。6月には、全ケースで発芽本数茎丈が増加し、多いケースで発芽本数が20本程度に達し、平均茎丈が60～95cm程度に達した。7月には、大部分のケースで発芽本数、平均草丈が増加したものの、一部でヨシが枯死し、発芽本数が減少したケースがでてきた。8月には、発芽本数が5～25本、平均草丈が95～150cmに達した。

ブロック植えについては、ケースによって発芽本数にばらつきはあるが、移植深に関係なく全ケースで発芽が確認できた。

##### 3.1.2 大株植え

ヨシ帯に生育するヨシを大胆に小型バックホウで掘り起こし、上部茎並びに地下茎を含んだ土の塊ごとを深さ各30cm、50cmに移植を行った。

その結果、移植2ヶ月後の3月には、2ケースで発芽し平均茎丈が5cm程度になった。4月には、4ケースすべてで発芽し平均茎丈が80～95cm程度になった。5月には、全ケースで発芽本数茎丈増加し、茎丈が45～75cm程度になった。6月には、全ケースで発芽本数茎丈が増加し、多いケースで発芽本数が20本程度に達し、平均茎丈が70～95cm程度に達した。7月には、全ケースとも発芽本数が増加し、平均草丈もすべてのケースで100cmを越えた。8月には、さらに新しい新芽が芽吹き、発芽本数が増加した。新芽が多く平均草丈が低下したケースもあるが90～175cmに達した。

大株植えについては、ケースによって発芽本数にばらつきはあるが、移植深に関係なく全ケースで発芽が確認できた。

##### 3.1.3 地下茎(20cm)地上茎有植え

ヨシ帯に生育するヨシの地上茎を数10cm残してカットし、地下茎を20cmにカットしたものを深さ各10cm、30cm、50cmに移植を行った。

その結果、移植1ヶ月後の2月には、1ケースで発芽し平均茎丈が10cm程度になった。3月には、3ケースで発芽し平均茎丈が10～20cm程度になった。4月には、5ケースで発芽本数茎丈増加し茎丈が70～115cm程度になった。5月には、5ケースで発芽本数が増加し、茎丈が80～100cm程度になった。6月には、5ケースで発芽本数が増加し、多いケースで発芽本数が8本程度に達し、平均茎丈が65～140cm程度に達した。

地下茎(20cm)地上茎有植えについては、ケースによって発芽本数にばらつきはあるが、深さ10cmにヨシを移植した1ケースを除き、5ケースで発芽が確認できた。7月には、6月と同様に1ケースを除いて、さらに新しい新芽が芽吹き、発芽本数が増加した。新芽が多く平均草丈が低下したケースもあるが、90～125cmに達した。8月は、7月と同様であり、発芽本数がさらに増加し、9本～29本になったが、新芽が多く平均草丈が低下したケースもあるが、平均草丈は85～165cmになった。

#### 3.1.4 地下茎（50cm）地上茎有植え

ヨシ帯に生育するヨシの地上茎を数10cm残してカットし、地下茎を50cmにカットしたものを深さ各10cm、30cm、50cmに移植を行った。

その結果、移植1ヶ月後の2月には、1ケースで発芽し平均茎丈が10cm程度になった。3月には、6ケースすべてで発芽し平均茎丈が5～20cm程度になった。4月には、全ケースで発芽本数茎丈が増加し、平均茎丈が50～105cm程度になった。5月には、全ケースで発芽本数が増加し、平均茎丈が45～90cm程度になった。6月には、全ケースで発芽本数茎丈が増加し、多いケースで発芽本数が9本程度に達し、平均茎丈が90～125cm程度に達した。7月には、さらに発芽本数が増加し7～17本になった。新芽が多く平均草丈が低下したケースもあるが、平均草丈は95～145cmになった。8月には、さらに発芽本数が増加し10～33本となり、移植方法の中では発芽本数が一番多かった。新芽が多く平均草丈が低下したケースもあるが、平均草丈は120～155cmになった。

地下茎（50cm）地上茎有植えについては、ケースによって発芽本数にばらつきはあるが、移植深に関係なく全ケースで発芽が確認できた。

#### 3.1.5 地下茎（20cm）地上茎無植え

ヨシ帯に生育するヨシの地下茎のみを20cmにカットしたものを深さ各10cm、30cm、50cmに移植を行った。

その結果、地下茎が水没していたことによって移植後7ヶ月後の8月まで、このケースで移植を行ったヨシについては、まったく新芽の発芽が確認されなかった。

#### 3.1.6 地下茎（50cm）地上茎無植え

ヨシ帯に生育するヨシの地下茎のみを50cmにカットしたものを深さ各10cm、30cm、50cmに移植を行った。

その結果、深さ10cmに移植したケースについては、移植の際にわずかに水没を免れた部分があったのか移植後3ヶ月後の4月に新芽の発芽が確認され、8月時点では、発芽本数は25～32本、平均草丈は105～120cmとなったが、移植後7ヶ月後の8月まで、他のケースで移植を行ったヨシについては、地下茎が水没していたことによってまったく新芽の発芽が確認されなかった。

表3-1-1 発芽観察結果

ケース	観察内容	移植時(1月)	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
I-1-10	発芽本数(本)	0	0	3	6	10	11	16	17
	平均茎丈(cm)	-	-	20	65	50	95	85	95
I-1-30	発芽本数(本)	0	4	6	8	10	13	19	20
	平均茎丈(cm)	-	5	10	40	45	80	90	100
I-1-50	発芽本数(本)	0	0	0	0	1	1	3	8
	平均茎丈(cm)	-	-	-	-	10	60	55	60
I-2-10	発芽本数(本)	0	2	6	5	7	16	14	16
	平均茎丈(cm)	-	5	10	90	45	50	100	115
I-2-30	発芽本数(本)	0	0	3	3	4	5	3	5
	平均茎丈(cm)	-	-	5	40	50	70	80	100
I-2-50	発芽本数(本)	0	0	6	8	13	21	24	25
	平均茎丈(cm)	-	-	5	75	75	95	100	150
II-1-30	発芽本数(本)	0	0	3	5	8	12	16	22
	平均茎丈(cm)	-	-	5	80	65	95	105	175
II-1-50	発芽本数(本)	0	0	0	2	3	3	7	14
	平均茎丈(cm)	-	-	-	95	75	90	115	90
II-2-30	発芽本数(本)	0	0	7	7	13	20	21	26
	平均茎丈(cm)	-	-	5	80	50	70	115	145
II-2-50	発芽本数(本)	0	0	0	1	6	8	15	14
	平均茎丈(cm)	-	-	-	90	45	80	115	100
III-1-10	発芽本数(本)	0	0	1	2	6	8	15	18
	平均茎丈(cm)	-	-	10	115	95	120	125	165
III-1-30	発芽本数(本)	0	1	1	2	2	2	11	18
	平均茎丈(cm)	-	10	20	85	100	140	95	135
III-1-50	発芽本数(本)	0	0	0	2	4	5	9	10
	平均茎丈(cm)	-	-	-	70	90	120	100	150
III-2-10	発芽本数(本)	0	0	0	0	0	0	0	0
	平均茎丈(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
III-2-30	発芽本数(本)	0	0	1	1	1	4	6	9
	平均茎丈(cm)	-	-	10	80	100	65	90	85
III-2-50	発芽本数(本)	0	0	0	1	2	3	7	29
	平均茎丈(cm)	-	-	-	80	80	105	115	105
IV-1-10	発芽本数(本)	0	0	2	5	8	8	11	18
	平均茎丈(cm)	-	-	20	75	45	95	100	155
IV-1-30	発芽本数(本)	0	0	1	4	5	6	11	18
	平均茎丈(cm)	-	-	10	50	65	100	115	120
IV-1-50	発芽本数(本)	0	0	2	2	4	7	15	25
	平均茎丈(cm)	-	-	5	105	80	85	95	120
IV-2-10	発芽本数(本)	0	0	1	2	5	7	11	17
	平均茎丈(cm)	-	-	20	105	90	100	140	130
IV-2-30	発芽本数(本)	0	0	1	2	4	4	7	10
	平均茎丈(cm)	-	-	10	75	90	125	105	155
IV-2-50	発芽本数(本)	0	2	2	3	7	9	17	33
	平均茎丈(cm)	-	10	20	75	80	90	115	120
V-1-10	発芽本数(本)	0	0	0	0	0	0	0	0
	平均茎丈(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
V-1-30	発芽本数(本)	0	0	0	0	0	0	0	0
	平均茎丈(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
V-1-50	発芽本数(本)	0	0	0	0	0	0	0	0
	平均茎丈(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
V-2-10	発芽本数(本)	0	0	0	0	0	0	0	0
	平均茎丈(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
V-2-30	発芽本数(本)	0	0	0	0	0	0	0	0
	平均茎丈(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
V-2-50	発芽本数(本)	0	0	0	0	0	0	0	0
	平均茎丈(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
VI-1-10	発芽本数(本)	0	0	0	0	2	4	12	32
	平均茎丈(cm)	-	-	-	-	50	65	90	105
VI-1-30	発芽本数(本)	0	0	0	0	0	0	0	0
	平均茎丈(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
VI-1-50	発芽本数(本)	0	0	0	0	0	0	0	0
	平均茎丈(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
VI-2-10	発芽本数(本)	0	0	0	4	4	6	15	25
	平均茎丈(cm)	-	-	-	30	40	70	85	120
VI-2-30	発芽本数(本)	0	0	0	0	0	0	0	0
	平均茎丈(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
VI-2-50	発芽本数(本)	0	0	0	0	0	0	0	0
	平均茎丈(cm)	-	-	-	-	-	-	-	-

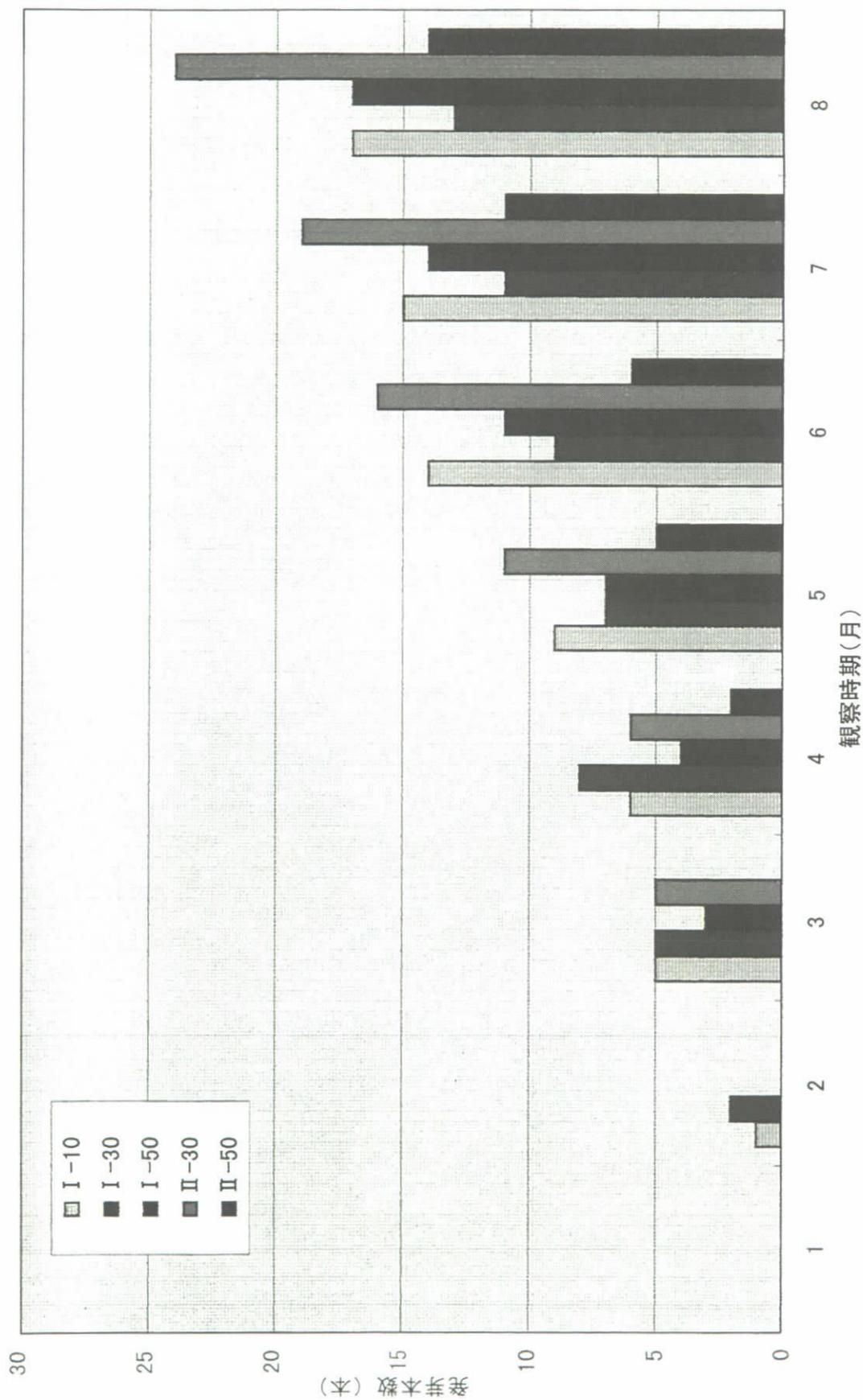


図3-1-1 発芽観察結果

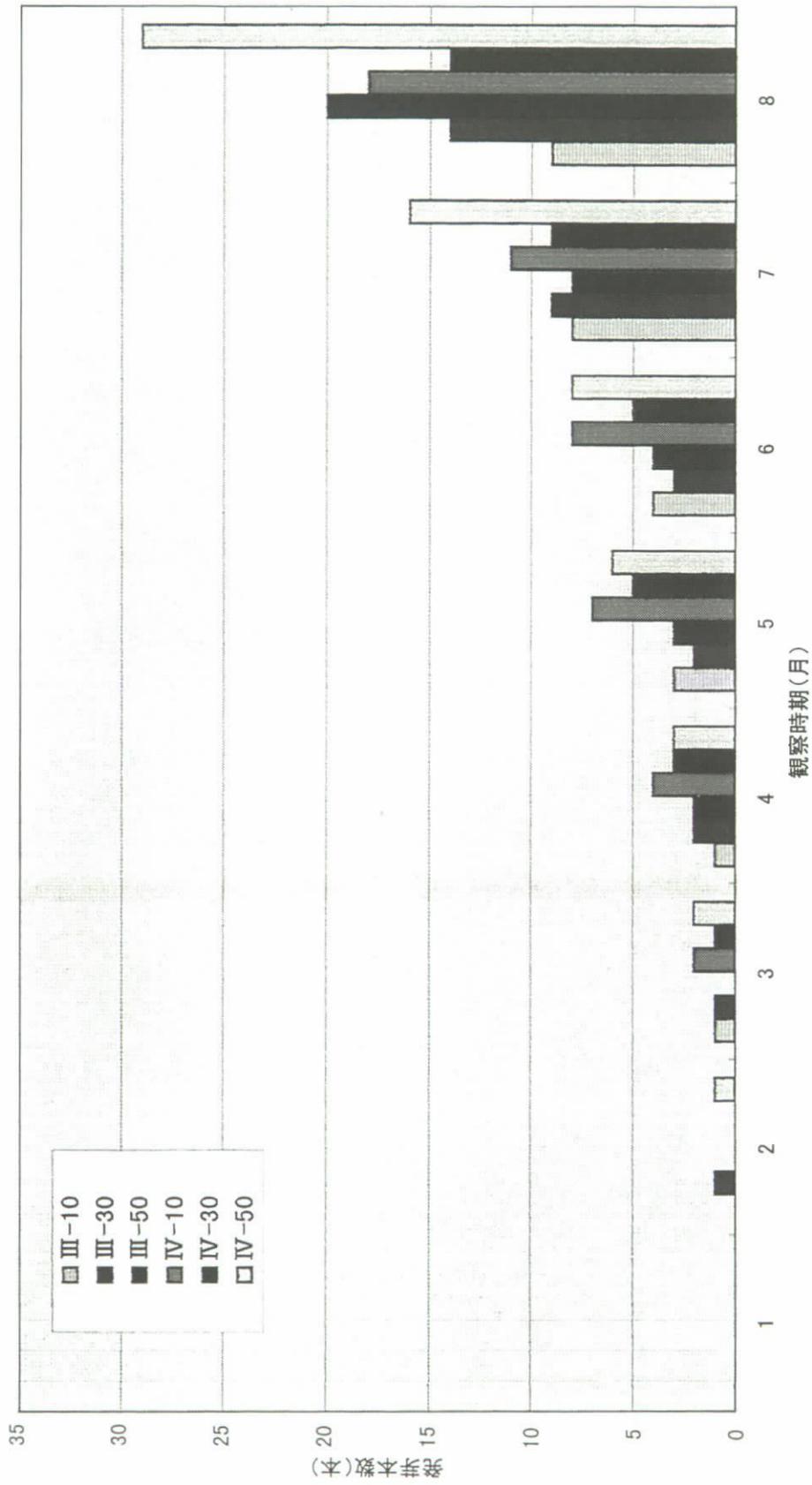


図3-1-2 発芽観察結果

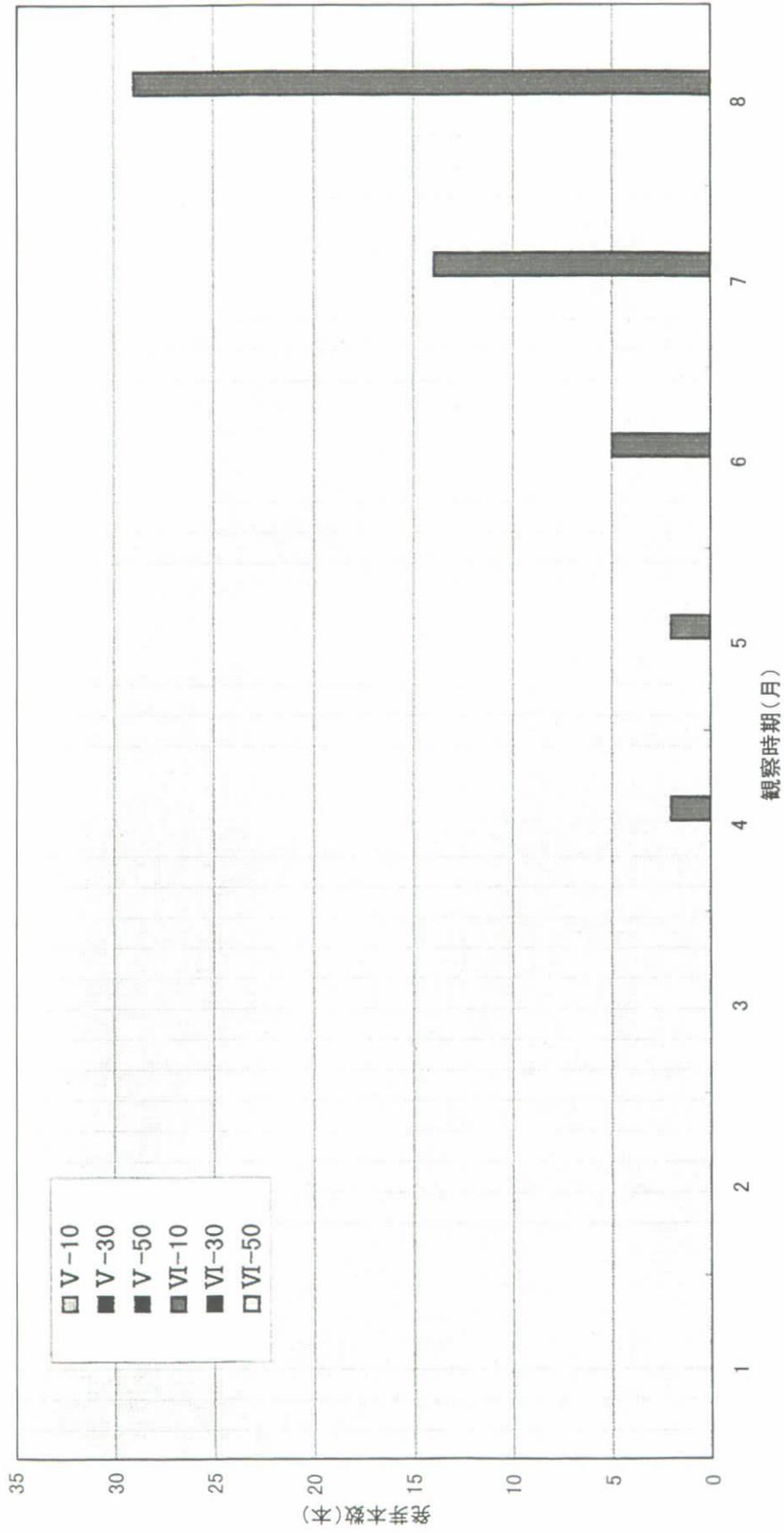


図3-1-3 発芽観察結果

### 3.2 水質調査

水質調査結果を表3-2-1に示した。

水質調査については、実験センター内の実験池、並びに赤野井湾地区の生育環境の違いを実際の移植時に考慮するために実施したものである。

#### 3.2.1 赤野井湾地区

pH、ECについては、それぞれ7前後、220 $\mu$ S前後で安定していた。DOについては、4月までは十分な値であったが、5月以降2mg/l以下に低下し、酸素欠乏になっていることが考えられる。T-N、T-Pについては、4月以降、若干変動はあるものの高い値を示しており、ヨシ帯付近の水の滞留並びに、底泥からの栄養塩の溶出に起因していると推察される。

#### 3.2.2 実験センター

pHについては、4月以降、若干の変動があるものの、実験池の中で植物性プランクトンによる光合成が行われていることから、8~9程度の値であった。ECについては、150~330 $\mu$ S程度で変動している。DOについては、期間中を通じて十分な値であった。T-Nについては、0.9~1.7mg/l程度の値であった。T-Pについては、4月までは0.1mg/l前後の値であったが、5月には0.26mg/lまで上昇し、8月まで高い傾向であった。

表3-2-1 水質調査結果

地点	調査項目	移植時(1月)	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
赤野井湾地区	気温 (°C)	4.1	9.0	17.2	25.2	23.8	27.5	28.3	29.5
	水温 (°C)	4.4	9.9	12.6	25.5	21.3	26.0	29.4	29.0
	pH	6.9	6.9	7.1	6.9	6.8	6.7	6.7	6.9
	EC ( $\mu$ S/cm)	245	202	219	230	229	229	227	250
	DO (mg/l)	11.6	9.2	13.2	9.2	2.0	0.9	0.5	1.4
	T-N (mg/l)	0.73	1.02	0.87	1.72	2.53	1.08	1.31	2.25
	T-P (mg/l)	0.066	0.147	0.119	0.375	0.680	0.335	0.483	0.779
実験センター	気温 (°C)	4.4	9.0	16.8	24.5	24.7	27.5	27.7	29.5
	水温 (°C)	4.8	10.2	13.4	24.5	22.6	27.5	31.0	29.5
	pH	7.4	7.1	7.4	9.3	7.5	8.4	9.1	8.8
	EC ( $\mu$ S/cm)	327	199	256	184	177	151	226	263
	DO (mg/l)	11.5	10.7	11.2	15.2	8.2	8.9	9.4	10.0
	T-N (mg/l)	1.57	1.74	1.71	1.29	1.38	0.94	1.83	0.9
	T-P (mg/l)	0.072	0.142	0.110	0.134	0.262	0.166	0.248	0.143

#### 4. 考 察

ブロック植えについては、ヨシを移植した深さに関わらず、全ケースで発芽確認された。これは、地上茎が存在するため、発芽部位への酸素の補給が可能であったためと考えられる。また、ブロック単位で移植を行ったため、発芽可能部位が多く存在し、ケースによっては移植7ヶ月後の8月時点で平均15本程度の発芽が確認された。

大株植えについては、ヨシを移植した深さに関わらず、全ケースで発芽確認された。これは、移植株を採取した際、数10cm程度の地上茎が存在したため、発芽部位への酸素の補給が可能であったためと考えられる。また、地下茎を含んだ土の塊ごとのヨシ苗を採取したため、発芽可能部位が多く存在し、ケースによっては移植7ヶ月後の8月時点で平均19本程度の発芽が確認された。

地下茎（20cm）地上茎有植えについては、ヨシを移植した深さに関わらず、1ケースを除き5ケースで発芽が確認された。これは、数10cm程度の地上茎が存在するため、発芽部位への酸素の補給が可能であったためと考えられる。また、地下茎が20cmと短く発芽可能部位が少なく、移植7ヶ月後の8月時点で平均14本程度の発芽が確認された。

地下茎（50cm）地上茎有植えについては、ヨシを移植した深さに関わらず、全ケースで発芽が確認された。これは、数10cm程度の地上茎が存在するため、発芽部位への酸素の補給が可能であったためと考えられる。また、地下茎が50cmであり地下茎（20cm）より若干多く、移植7ヶ月後の8月時点で平均20本程度の発芽が確認された。

地下茎（20cm）地上茎無植えについては、移植後7ヶ月後の8月まで、このケースで移植を行ったヨシについては、まったく新芽の発芽が確認されなかった。

地下茎（50cm）地上茎無植えについては、深さ10cmに移植したケースについては、移植後7ヶ月後の8月時点で平均29本程度の発芽が確認されたが、地下茎が水没していなかったため、発芽したものと考えられる。他のケースで移植を行ったヨシについては、まったく新芽の発芽が確認されなかった。

以上のことから、新芽の発芽率が良いケースは、大株植え（地下茎を含んだ泥の塊状態）と地下茎（50cm）地上茎有りであり、今回の移植条件に適した方法であると考えられる。

また、ブロック植えについても発芽率はよいが、地上茎が長いまま存在することから移植の際の作業が若干面倒であると考えられる。

地下茎（20cm）地上茎有りについては、新芽の発芽が確認されたが、発芽本数についてはブロック植え、大株植えに比べて少なく、新芽の発芽部位が少なかったためであると考えられる。

地上茎が存在しないケースについては、今回のような移植位置が水面下の場合は、地下茎が水没していたことによって空気の補給がなく、根腐れが生じ発芽しなかったものと考えられる。

---

#### 実験担当者

滋賀県草津土木事務所

滋賀県草津土木事務所

財団法人 琵琶湖・淀川水質保全機構

河川砂防課専門員

河川砂防課主任技師

実験センター主任研究員

徳島 英和

石田 圭司

堀野 善司

## 10. 実験センターにおける生物調査（水域）

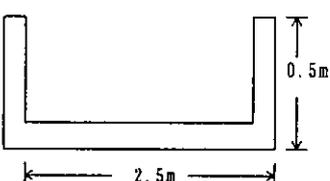
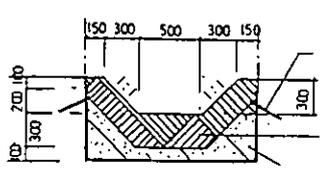
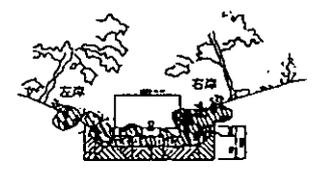
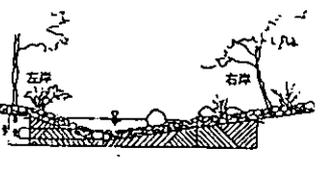
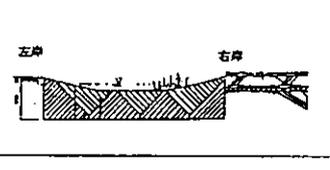
### 1. はじめに

琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター内の多様な手法を用いて整備した実験水路（コンクリート三面張水路、J字水路実験水路、多自然型水路）において、水生生物、水生植物、水質の調査を行い、河床・護岸構造や水質の違いによる動植物の生息・生育状況を把握し、河川環境と生物相との関係や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. 実験施設の概要

実験水路の概要を表2-1に、実験場所の概要を図2-1に示す。

表2-1 実験水路の概要

	断面図	延長 (面積)	護岸構造	河床構造
三面張水路		約240m	コンクリート	コンクリート
J字水路		約160m	ヤシ繊維 ロール杭 止め等	土
多自然型水路 (上流部)		約50m	自然石	自然石
(中流部)		約125m	丸太・ヤシ 繊維マット	砂利
(下流部)		約165m	土、丸太・ ヤシ繊維マット	土
琵琶湖型実験池	—	— 約2000㎡	自然石、砂利 等	土

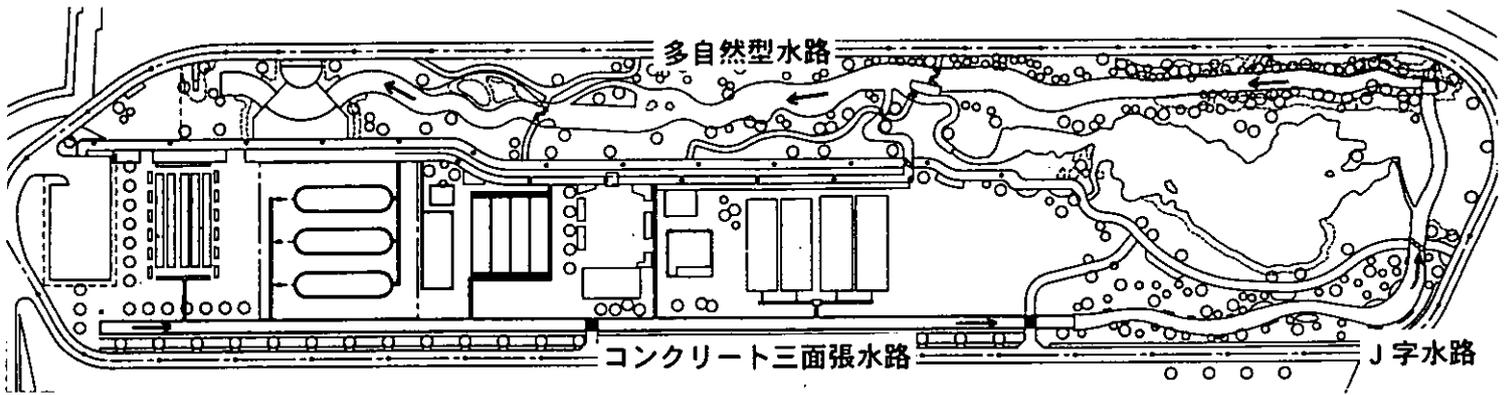


図2-1 実験場所の概要

### 3. 実験内容

#### 3.1 実験期間

1998年5月～1999年3月の間の4季（春季、夏季、秋季、冬季）、水生植物、底生動物、魚類、貝類の各現況および水質調査を行った。現地調査時期を表3-1に示す。

表3-1 現地調査時期および調査項目

項目\時期	春季	夏季	秋季	冬季
水生植物	1998年5月18, 19日	1998年8月27, 28日	1998年10月12, 13日	1999年1月13, 14日
魚類	1998年5月18, 19日	1998年8月27, 28日	1998年10月12, 13日	1999年1月13, 14日
貝類	1998年5月18, 19日	1998年8月27, 28日	1998年10月12, 13日	1999年1月13, 14日
底生動物	1998年5月18, 19日	1998年8月27, 28日	1998年10月12, 13日	1999年1月13, 14日
水質	1998年5月18, 19日	1998年8月27, 28日	1998年10月12, 13日	1999年1月13, 14日

#### 3.2 調査方法

##### 3.2.1 水生植物調査方法

###### (1) 植生分布調査

J字水路から多自然型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、優占種の分布状況として植生図を作成した。多自然型水路の上流、中流、下流（ワンド）に代表的な箇所をコドラート（50cm×50cm又は1m×1m）を設置し、コドラート内に生育する主の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、定量的に調査した。調査場所を図3-1に示す。

###### (2) 植物相調査

J字水路から多自然型水路内全域において、水路内・水際部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た。

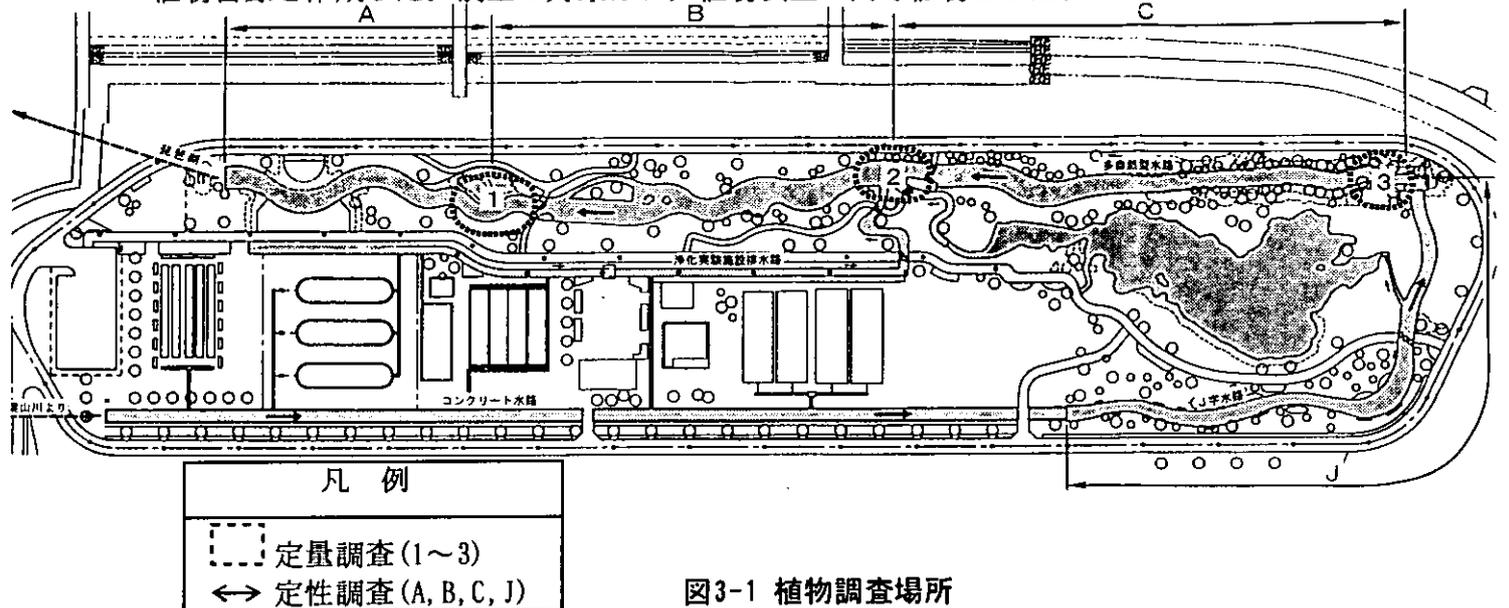


図3-1 植物調査場所

### 3.2.2 底生動物・貝類調査方法

J字水路および多自然型水路内を任意に踏査しながら、タモ網を用いて定性的な採集を行った。また、多自然型水路の上流、中流、下流（ワンド）の3カ所でサーバーネットによる定量調査を行った。採集した生物は、ホルマリン液（10%）で固定し、実験室に持ち帰り、顕微鏡で種の同定および個体数の計測を行った。調査場所を図3-2に示す。

### 3.2.3 魚類調査方法

J字水路および多自然型水路内を網類（投網、タモ網）を用いた捕獲調査を行い、生息する魚類相の把握を行った。捕獲した魚類は、現地で固定し、個体数の計数を行った後、速やかに放流した。現地で同定困難なものは、ホルマリン液（10%）で固定し、実験室に持ち帰り、顕微鏡で種の同定を行った。また、多自然型水路の上流、中流、下流（ワンド）の3カ所にセルビンを設置し定量調査を行った。調査場所を図3-2に示す。

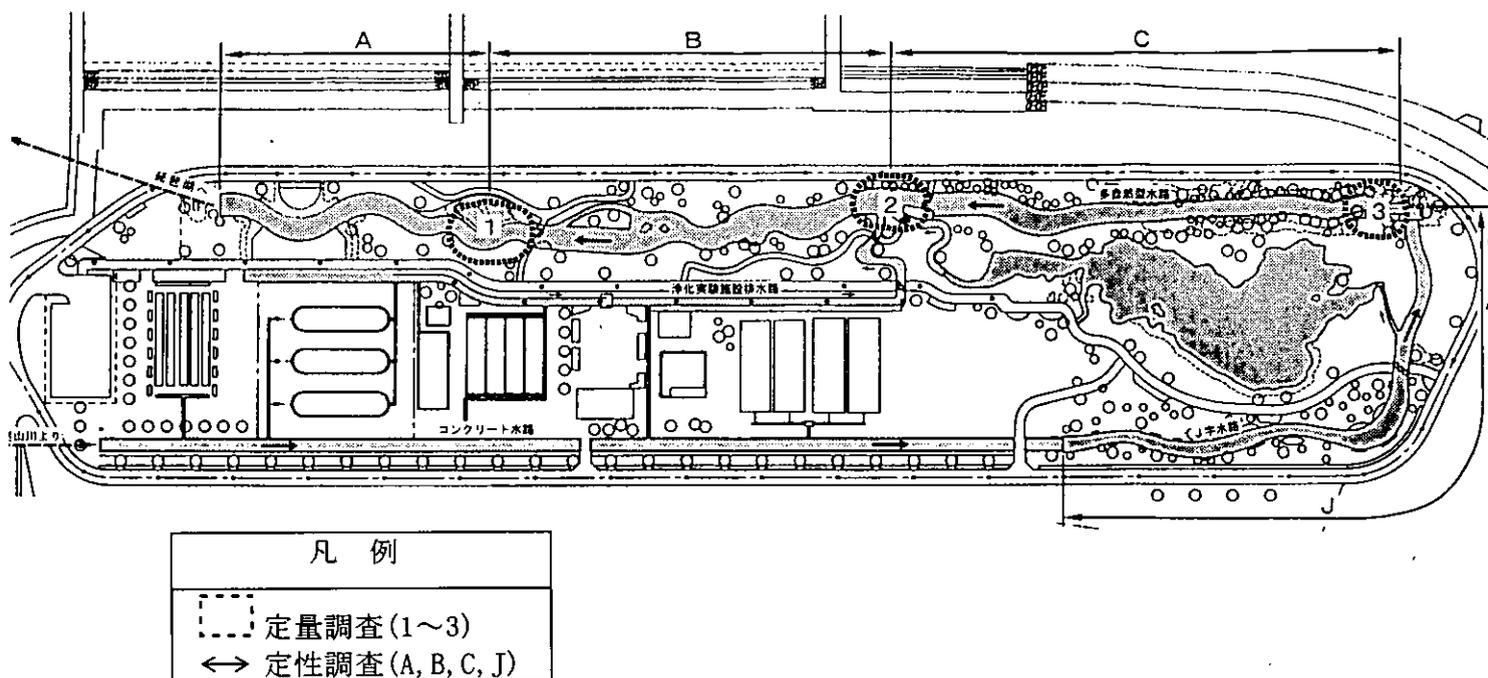
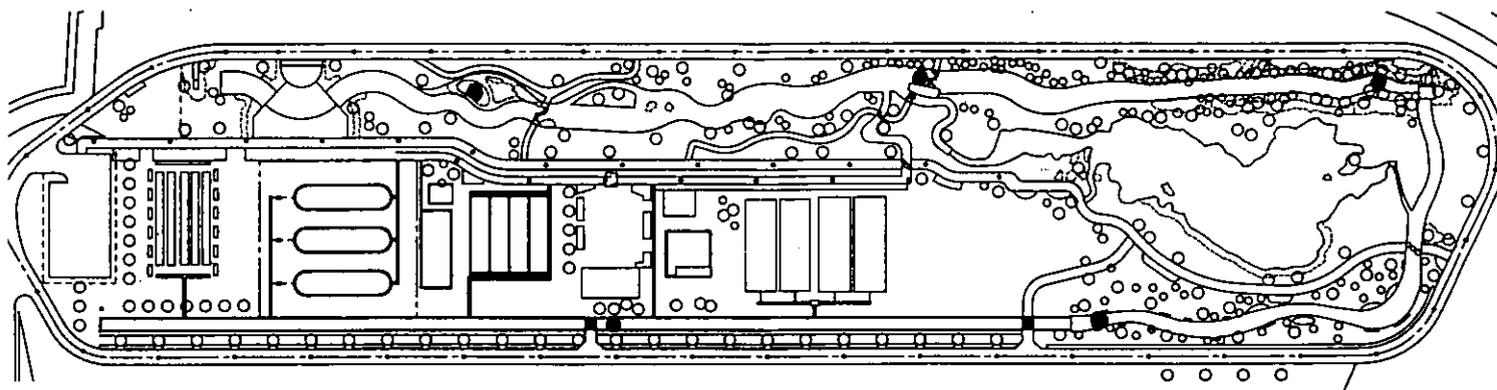


図3-2 底生動物・魚類・貝類調査場所

### 3.2.3 水質調査方法

調査場所を図3-3に示す。ヒシヤクを用いて堆積物を巻き上げないように留意しポリビンまたはガラスビンに採水した。試料は速やかに実験室に持ち帰り分析を行った。分析項目および分析方法を表3-2に示す。気温、水温、水深および透視度は現地で測定を行った。



●：採水地点

図3-3 採水場所

表3-2 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6
溶存酸素 (DO)	JIS K 0102.32.1
総窒素含有量 (T-N)	JIS K 0102.45.2
溶存性窒素含有量 (D-T-N)	JIS K 0102.45.2
総磷含有量 (T-P)	JIS K 0102.46.3
溶存性磷含有量 (D-T-P)	JIS K 0102.46.3

#### 4. 結果

##### 4.1 水生植物調査結果

##### 4.1.1 植生分布調査結果

現地調査の結果、確認された優占種の分布状況を図4-1に、コドラート調査結果を図4-2に示す。水路内の植生状況を以下にまとめた。

##### (1) J字水路

護岸は大部分が土羽で、水際部の大部分がキシウズメノヒエで被われていた。コカナダモ・イトモの一種が数ヶ所で確認された。

##### (2) 多自然型水路・上流部

護岸および河床は自然石によって被われているため、植物の生育はほとんど見られなかった。流水に耐性のあるツルヨシがわずかに生育するのみであった。

##### (3) 多自然型水路・中流部

護岸はヤシ繊維マットや蛇籠が用いられ、蛇籠の水際部には植物の生育はみられなかった。上流部に続く部分では水際部に生育する植物は少なく、淵の水際部ではキシウズメノヒエがまとまって分布していた。ツルヨシが1ヶ所植栽されているが、規模は小さかった。

コドラートはツルヨシ群落の中に設定した。当地のツルヨシは常に水に浸かっており、本来のツルヨシ群落とは生育立地が異なると言える。

##### (4) 多自然型水路・下流部

水際部にはキシウズメノヒエが最も多くみられ、植栽起源とみられるウキヤガラも見られた。流れが緩やかなことから水際部に広がる植生帯の幅は広がった。飛び石の下流側にはホザキノフサモが水中に群生していた。

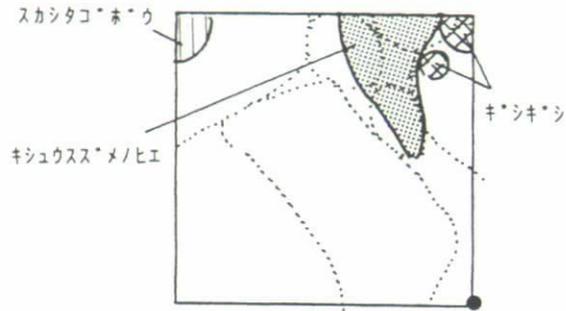
コドラートはワンドに植栽されたヨシ群落の中に設置した。また、本流にはみられない浮遊植物のアオウキクサもわずかながらみられた。ヨシは草丈が1.6mに達し、10月には出穂も確認された。



図4-1 優占種の分布状況

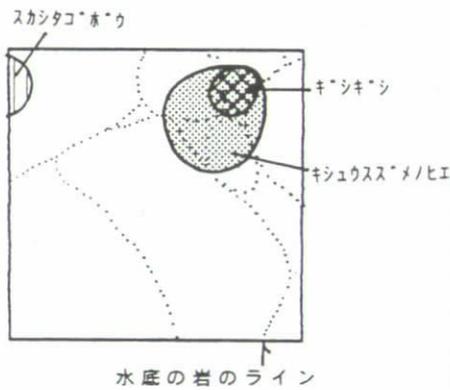
護岸：岩  
 底質：礫  
 流速：速い  
 面積：50cm×50cm

1998年 8月27日



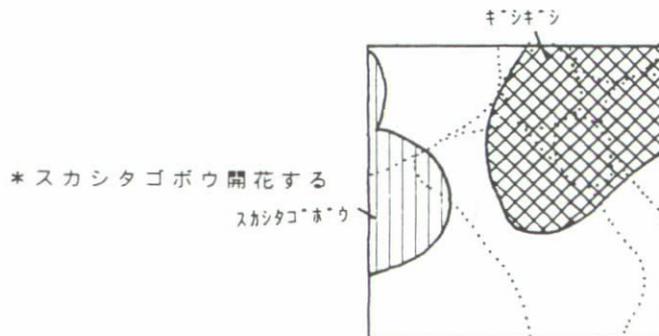
種名	平均高 cm	植被率 %
キシウススモノヒエ	44	10
キシキシ	50	4
スカタコホウ	15	1

1998年10月12日



種名	平均高 cm	植被率 %
キシウススモノヒエ	30	5
キシキシ	20	5
スカタコホウ	15	1

1999年 1月13日

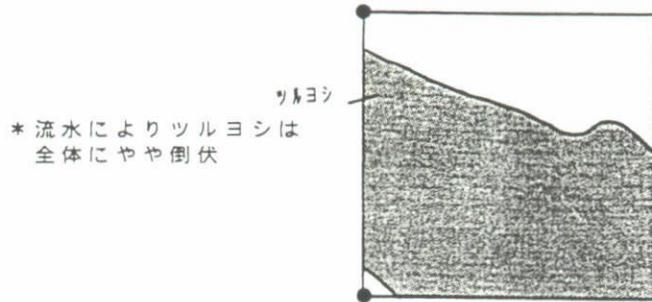


種名	平均高 cm	植被率 %
キシキシsp.	15	25
スカタコホウ	10	10

図4-2 コドラート調査結果（上流部）(1)

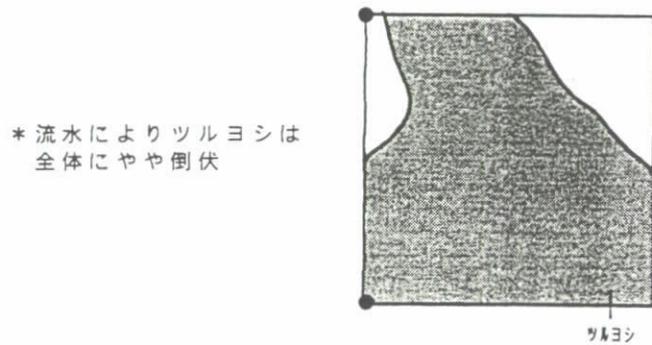
護岸：土羽  
 底質：砂泥  
 流速：遅い  
 面積：50cm×50cm

1998年 8月27日



種名	平均高 cm	植被率 %
ツルヨシ	80	80

1998年10月12日



種名	平均高 cm	植被率 %
ツルヨシ	130	80

1999年 1月13日

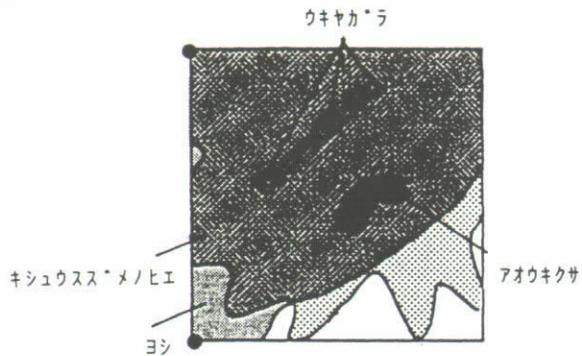


種名	平均高 cm	植被率 %
ツルヨシ(枯)	100	80

図4-2 コドラート調査結果（中流部）（2）

護岸：土羽  
 底質：泥  
 流速：なし  
 面積：100cm×100cm

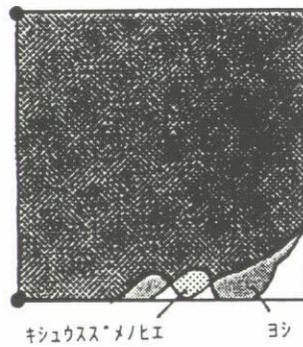
1998年 8月27日



種名	平均高 cm	植被率 %
キシュウス*メノヒエ	70	80
ヨシ	150	75
ウキカカラ	120	10
アオウキサ	0	0.1

1998年10月12日

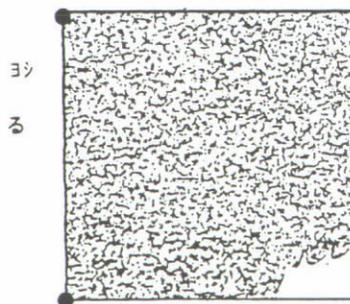
\*ウキカカラ枯れる  
 \*植物は全体的に倒伏



種名	平均高 cm	植被率 %
キシュウス*メノヒエ	110	80
ヨシ	160	80
ウキカカラ	130	2
アオウキサ	0	0.1

1999年 1月13日

\*立ち枯れ、地下部は残る



種名	平均高 cm	植被率 %
ヨシ(枯)	130	90

図4-2 コドラート調査結果（下流部：ワンド）(3)

#### 4.1.2 植生相調査結果

生嶋(1996)<sup>1)</sup>によると、琵琶湖では数十年にわたる調査により43種の沈水植物が確認された。ヒロハノエビモや琵琶湖の固有種の一つのサンネンモについては減少傾向が著しく、またかつての優占種であったネジレモも出現頻度を下げている。これとは対照的に、コカナダモやクロモ、センニンモが現在は優占種となっている。

現地調査により、J字水路及び多自然型水路において29科99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に示す。

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
被子植物	双子葉植物	離弁花類	1	24	7
		合弁花類	1	10	13
	単子葉植物		9	27	7
合計			11	61	27
比率(%)			11.2	62.3	27.3
総計			99		

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。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侵入してきたものが定着したと考えられる。これら調査範囲で確認された沈水植物はいずれも量は少なかった。ただし、オオフサモは冬季でも枯れずにそのままの姿で越冬する種で、1月調査では下流部でかなり広がっている状況が確認された。

確認種の帰化率は27.3%であった。当地の実験水路は人工的に造られたもので攪乱の程度は大きいこと、実験水路が帰化植物の生育に適した開けた明るい場所であること、施工後の経過年数が短いこと、実験センターが農耕地に隣接し帰化植物の侵入機会が高いことなどにより、帰化率が高い値を示したと考えられる。

#### 4.2 底生動物・貝類調査結果

底生動物確認科数及び種数を表4-2に、底生動物・貝類確認目録を表4-3に示す。

表4-2 底生動物・貝類確認科数・種数

目名	調査地点														全体	
	No. A		No. 1		No. B		No. 2		No. C		No. 3		No. J			
	科数	種数	科数	種数												
蛭 蛭	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	2	2
蜻 蛉	2	4	3	6	2	3	1	1	2	2	2	2	2	4	3	10
半 翅	1	1	3	3	3	4	1	2	1	2	1	1	2	2	3	6
毛 翅	2	2	3	3	1	1	3	3	4	4	3	3	1	1	4	4
鞘 翅	1	1	1	2	4	4	1	1	1	1	0	0	1	1	4	5
双 翅	2	4	1	3	1	2	2	3	1	3	2	5	2	4	4	7
三岐腸	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
原始貧毛	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	3	2	3
咽 蛭	0	0	1	2	0	0	1	1	0	0	1	2	0	0	1	2
中腹足	2	5	2	3	2	2	2	3	2	2	2	4	2	4	2	7
基 眼	2	3	2	2	2	2	1	1	2	3	2	2	2	3	2	3
翼 形	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
異 齒	2	4	2	3	2	4	2	2	2	3	2	2	2	3	2	5
等 脚	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
十 脚	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
合 計	20	31	24	33	22	27	21	25	22	27	23	0	20	29	34	59

表4-3 底生動物・貝類確認種目録

目	科	種	調査時期				調査地点						
			5月	8月	10月	1月	No. A	No. 1	No. B	No. 2	No. C	No. 3	No. J
蜉蝣	コカゲ'ロウ	コカゲ'ロウ類 Baetis spp.	*	*		*							
	ヒメカゲ'ロウ	ヒメカゲ'ロウ類 Caenis spp.		*	*	*		○		○			
蜻蛉	イトトンボ'	アジ'イトトンボ'			*			○					
		アオモンイトトンボ'	*					○					
		クロイトトンボ'	*	*				○	○				○
		セシ'イトトンボ'	*	*				○				○	○
		イトトンボ'科類 Agrionidae gen. spp.		*	*			○		○		○	
	ヤンマ	キンヤンマ				*		○					
トンボ'	シオカラン'トンボ'		*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
	ショウジ'ヨウトンボ'				*		○						
	コフキトンボ'			*				○					
	アキアガネ		*										○
半翅	アメンボ'	ヒメアメンボ'	*						○				
		アメンボ'	*	*				○			○	○	○
		ヒメアメンボ'の一種 Gerris sp.	*								○		
	タイコウチ	タイコウチ		*	*		○	○	○	○			○
ミス'カマキリ					*					○			
ミス'ムシ	コミス'ムシ類 Sigara spp.	*					○	○					
毛翅	イトヒ'ケラ	ムネカクヒ'ケラ	*	*	*	*	○	○		○	○	○	○
	シマトヒ'ケラ	コカ'シマトヒ'ケラ	*	*	*	*	○	○		○	○	○	○
	ヒメトヒ'ケラ	ヒメトヒ'ケラ類 Hydroptila spp.	*	*	*	*		○		○	○	○	○
	エケ'リトヒ'ケラ	ホタルヒ'ケラ'の一種 Nothopsyche sp.				*					○		
鞘翅	コツア'ゲ'ンコ'ロウ	コツア'ゲ'ンコ'ロウ			*				○				
	ゲ'ンコ'ロウ	マダゲ'ンコ'ロウ	*						○				
	カ'ムシ	ヒメカ'ムシ	*	*	*	*	○	○	○	○	○		○
	ゾ'ウムシ	イネシ'ゾ'ウムシ		*					○				
双翅	スカカ	スカカ科'の一種 Ceratopogonidae gen. sp.	*							○			
	カ'ガン'ボ'	カ'ガン'ボ'類 Tipula spp.	*			*						○	○
		ウスバ'ヒメカ'ガン'ボ'類 Antocha spp.	*									○	○
	ユリスカ	モユリスカ'亜科類 Tanypodinae gen. spp.	*	*		*	○	○			○	○	○
		エリスカ'亜科類 Orthoclaadiinae gen. spp.	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
	ユリスカ'亜科類 Chironominae gen. spp.	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○	
	ミス'ア'科'の一種 Stratiomyidae gen. sp.	*				*	○						
三岐腸	ブラ'ナリア	ナミク'ムシ		*								○	
原始貧毛	ミス'ミス'	ミス'ミス'科'類 Naididae gen. spp.	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
	イトミス'	イトミス'類 Branchiura spp.	*	*	*	*	○			○		○	○
		イトミス'科'類 Tubificidae gen. spp.	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
咽蛭	イン'ビ'ル	ナミシ'ビ'ル			*	*		○		○		○	
		イシ'ビ'ル科'類 Erpobdellidae gen. spp.	*	*				○				○	
中腹	カワ'ニ	カワ'ニ			*	*	○					○	
		チリ'メンカワ'ニ			*	*	○	○	○	○	○	○	○
		イ'ホ'カワ'ニ			*	*	○						
		カワ'ニ'類 Semisulcospira spp.	*	*			○	○		○			
クニシ	オ'カ'ニシ		*	*								○	○
	マル'カ'ニシ		*	*								○	○
	ヒメ'カ'ニシ		*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
基眼	サ'カ'マキ'カ'イ	サ'カ'マキ'カ'イ	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
	モ'ノ'アラ'カ'イ	ヒメ'モ'ノ'アラ'カ'イ		*			○					○	○
		モ'ノ'アラ'カ'イ	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
翼形	イ'カ'イ	カワ'ヒ'バ'リ'カ'イ	*	*	*	*	○			○	○	○	○
異歯	イシ'カ'イ	タ'テ'ホ'シ'カ'イ		*	*	*	○		○		○		○
		イシ'カ'イ	*	*	*	*	○	○	○	○	○		○
		マル'ト'フ'カ'イ	*	*	*		○	○				○	○
		ト'フ'カ'イ		*	*	*	○		○				○
	シ'シ'ミ'カ'イ	マシ'シ'ミ	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
等脚	ミス'ムシ	ミス'ムシ	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
十脚	テナ'ガ'エ'ビ'	テナ'ガ'エ'ビ'	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
	サ'リ'ガ'ニ	ア'メ'リ'ガ'サ'リ'ガ'ニ	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
15目	34科	59種	40種	37種	28種	31種	31種	33種	27種	25種	27種	30種	29種

注) \* : 種が確認された調査時期、○ : 調査時期に図3-2の調査地点で種が確認された

15目34科59種の底生動物が確認された。確認種は平地の池や沼、水田、細流等の止水域から暖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見られる種であった。確認種の構成を目別にみると、イトトンボ類・ギンヤンマ・シオカラトンボ等が確認された蜻蛉目が計10種と最も多く、確認種全体の約19%を占めた。次に、ガガンボ類・ユスリカ類が確認された双翅目、カワニナ・ヒメタニシ等が確認された中腹足目であった。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、トビゲラ類、ユスリカ類等が確認された。トンボ類の中では、イトトンボ類やギンヤンマ類が多く確認され、水路の水際に繁殖した植物の草間や暖流部や水際の泥底で主に見られた。その他に、巻貝類、二枚貝類、甲殻類等が確認された。J字水路および多自然型水路の上流部、中流部、下流部での種の違いは明確には見られなかった。

#### 4.3 魚類調査結果

現地調査結果より、魚類の確認種目録を表4-4に示す。

表4-4 魚類確認種目録

目	科	種	調査時期				調査地点 (No.)							
			5月	8月	10月	1月	A	1	B	2	C	3	J	
コイ	コイ	コイ	*		*		○	○						
		ギンブナ	*	*	*	*	○	○	○	○	○			
		フナ類(幼魚)	*				○	○	○	○				
		タイリクバラタナゴ	*	*	*	*	○	○	○	○	○			
		ハス	*			*	○	○						
		オイカワ		*	*	*	○	○	○	○	○		○	
		メダカ			*				○		○			
		スゴモロコ		*			○							
	トウヨシノボリ	トウヨシノボリ			*					○				
サケ	アユ	アユ		*	*						○			
タツ	メダカ	メダカ	*	*	*	*	○	○	○	○	○		○	
スズキ	キンフィッシュ	ブルーギル	*	*	*	*	○	○		○			○	
		ブラックバス			*		○							
	ハゼ	ウキコリ	*					○						
		トウヨシノボリ	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○	
		ヌマチチブ	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○	
4目	6科	15種	10種	9種	12種	8種	11種	10種	7種	7種	9種	2種	5種	

注) \*: 種が確認された調査時期、○: 調査時期に図3-2の調査地点で種が確認された

4種6科15種の魚類が確認された。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見られる種であった。特に、ギンブナ、タイリクバラタナゴ、オイカワ、メダカ、トウヨシノボリ、ヌマチチブは確認回数、確認地点等が多かった。設置してまもない施設としては多種が確認された。

J字水路および多自然型水路の上流部、中流部、下流部での確認種に明確な差は見られなかった。

#### 4.4 水質調査結果

実験水路内での流下過程における水質変化を図4-3に示す。コンクリート三面張水路から多自然型水路下流部まで流下することにより、8月に水温が約2度、8月と10月にpHが約0.5の上昇が見られた。BOD、T-N、T-Pについては、コンクリート三面張水路から多自然型水路下流部まで流下することによる顕著な差は見られなかった。これは、水質測定区間の距離（滞留時間）が短く、測定区間の水路内に生育する水生植物も少ないために、期待される水質浄化効果の確認に至らなかったものと考えられる。

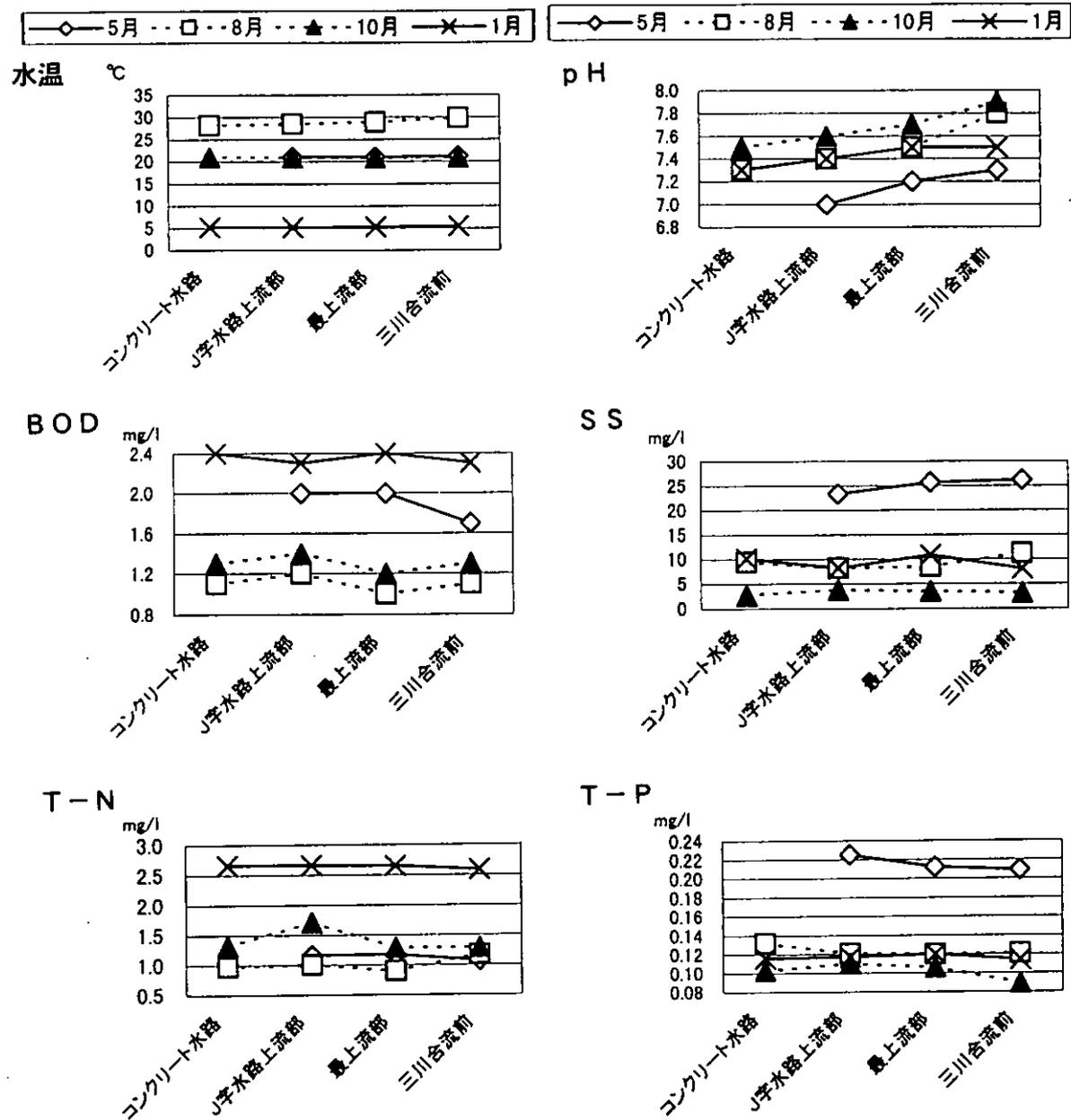


図4-3 水路流下による水質変化

## 5. 考察

### 5.1 生息環境と生物とのかかわり（水路内）

水生動物の人為的な投入を行っていない人工的な実験水路であることにもかかわらず、魚類15種、底生動物59種が確認された。平成6年度に実施された河川水辺の国勢調査<sup>2)</sup>では、魚類は琵琶湖に流入する日野川で36種、底生動物は木津川水系で113種が確認されている。実験水路は設置されて1～2年であり、かなり閉鎖的な水路としては多様な種が生息していると考えられる。水路内の一部で一次生産者である水生植物の現存量がやや少ないものの、多自然型水路の中下流部を中心に水生植物がみられるほか、葉山川河口部から導入された水によって、魚類や水生動物の餌となる水生生物（プランクトンや小型の水生動物など）が十分に供給されていると考えられる。また、水路の生物的連続性や環境から判断して、仔稚魚の時期に実験水路内に入り、その後水路内である程度生育したと判断される個体も見られ、小規模ながら一定の生息環境が形成されているものと考えられる。

### 5.2 生息環境と生物とのかかわり（水辺）

実験水路の植生は下流部ではヨシなどの植栽種を中心に比較的多様な植生が成立していたが、上流部、中流部では流域を特徴づける群落に欠ける傾向が見られた。上流部ではツルヨシがわずかに生育するのみで、自然河川によくみられる流水縁の岩隙に成立する群落（ネコヤナギ・セキシヨウ・ナルコスゲなど）が見られなかった。中流部では河原が存在せず、このような立地に生育するカワラハハコ・カワラヨモギなどの群落も見られなかった。また、植栽されたツルヨシも群落を形成しているものの、常に水に浸かる状態で、自然河川の中流域にみられるツルヨシ群落とは若干異なった様相を呈していた。

水辺の湿生植物は植栽種を除けば種数が比較的少ないほか、陸生植物の生育種も限られたものとなっていた。これは、実験水路設置後の年月と規模の違いとを考慮すれば当然ではあるが、今後さらに種数・量とも増加する余地は十分あると思われる。ただし、陸生植物については草刈りなどの管理の影響が大きく、今後の維持管理方法に検討が必要である。

湿生植物の生育種が少ない理由としては水域から陸域への移行帯（エコトーン）の不足によるものと考えられる。また、樹林環境が形成されていない理由は、実験施設の設置後まだ年月を経していないこと、土壌（表土）の形成が進んでいないことや地下水位が高いことなどによると考えられる。これらのことは、エコトーンに生育する湿生植物や水域と陸域を行き来する生物種、樹林環境を生息・生育地とする生物にとっては十分な生息・生育環境が形成されていないことを示している。

## 6. 参考文献

- 1) 生嶋功、1996、琵琶湖の水生高等植物。「びわ湖生物資源調査団中間報告」、313-341
- 2) 平成6年度河川水辺の国勢調査年鑑、建設省河川局河川環境課、(財)リバーフロント整備センター

7. 確認種目録

(1) 植物確認種目録

科名	種名 (和名/学名)	分布の起源		
		植栽	在来	帰化
タデ科	ヤキタデ <i>Persicaria hydropiper</i>		○	
	オオイタデ <i>Persicaria lapathifolia</i>		○	
	イヌタデ <i>Persicaria longiseta</i>		○	
	サテクサ <i>Persicaria maackiana</i>		○	
	ホントクダテ <i>Persicaria pubescens</i>		○	
	サナエタデ <i>Persicaria scabra</i>		○	
	アキノナキツカミ <i>Persicaria sieboldii</i>		○	
	ミヅソバ <i>Persicaria thunbergii</i>		○	
	アレンチシキシ <i>Rumex conglomeratus</i>			○
キシキシ <i>Rumex japonicus</i>		○		
ナデシコ科	ウシハコバ <i>Stellaria aquatica</i>		○	
アザミ科	シロギ <i>Chenopodium album</i>		○	
	ケアザミソウ <i>Chenopodium ambrosioides</i>			○
キンポウゲ科	ケキツネボタン <i>Ranunculus cantoniensis</i>		○	
	タカラシ <i>Ranunculus sceleratus</i>		○	
トクサミ科	ハンゲショウ <i>Saururus chinensis</i>	○		
アブラナ科	タネツケバナ <i>Cardamine flexuosa</i>		○	
	イヌカラシ <i>Rorippa indica</i>		○	
	スカシタコボウ <i>Rorippa islandica</i>		○	
ハナ科	オビイチゴ <i>Potentilla sundaica var. robusta</i>		○	
マメ科	ツマメ <i>Glycine max ssp. soja</i>		○	
	ヤハズソウ <i>Kummerowia striata</i>		○	
	コマツツメクサ <i>Trifolium dubium</i>			○
	シロツメクサ <i>Trifolium repens</i>			○
	ヤハズエントウ <i>Vicia angustifolia</i>		○	
カタハミ科	カタハミ <i>Oxalis corniculata</i>		○	
アカハナ科	ヒレタコボウ <i>Ludwigia decurrens</i>			○
	チヨウジタデ <i>Ludwigia epilobioides</i>		○	
アリノコウサ科	オオワサモ <i>Myriophyllum aquaticum</i>			○
	ホサキワサモ <i>Myriophyllum spicatum</i>		○	
セリ科	マツハセリ <i>Apium leptophyllum</i>			○
	セリ <i>Oenanthe javanica</i>		○	
ミツカシロ科	ミツカシロ <i>Menyanthes trifoliata</i>	○		
ムラサキ科	ハナイバナ <i>Bothriospermum tenellum</i>		○	
	キュウリクサ <i>Trigonotis peduncularis</i>		○	
シソ科	シソ <i>Lycopus lucidus</i>		○	
コマノハクサ科	マツハウンラン <i>Linaria canadensis</i>			○
	アゼナ <i>Lindernia procumbens</i>		○	
	オオカワヂシヤ <i>Veronica anagallis-aquatica</i>			○
	タチイヌノグサ <i>Veronica arvensis</i>			○
	ムシクサ <i>Veronica peregrina</i>		○	
キキョウ科	キキョウソウ <i>Specularia perfoliata</i>			○
キク科	アタラシクサ <i>Ambrosia artemisiifolia var. elatior</i>			○
	ヨモギ <i>Artemisia princeps</i>		○	
	ホウキク <i>Aster subulatus var. obtusifolius</i>		○	
	ヒロホウキク <i>Aster subulatus var. subulatus</i>			○
	アメリカセンダングサ <i>Bidens frondosa</i>			○
	オオアレチノギク <i>Conyza sumatrensis</i>			○
	タカサマアザミ <i>Eclipta prostrata</i>		○	
キク科	ヒメムカシヨモギ <i>Erigeron canadensis</i>			○
	ハハコクサ <i>Gnaphalium affine</i>		○	
	ウラジロチヂコクサ <i>Gnaphalium spicatum</i>			○
	セイヨウカマクラ <i>Solidago altissima</i>			○
	オニノゲシ <i>Sonchus asper</i>			○
	ノゲシ <i>Sonchus oleraceus</i>		○	
	ヒメシヨオン <i>Stenactis annuus</i>			○
トチカガミ科	コカナダモ <i>Elodea nuttallii</i>			○
	クロモ <i>Hydrilla verticillata</i>		○	

科名	種名 (和名/学名)	分布の起源		
		植栽	在来	帰化
トチカミ科	クロモ <i>Hydrilla verticillata</i>		○	
ミスアオイ科	ミスアオイ <i>Monochoria korsakowii</i>	○		
アヤメ科	ハナシヨウブ <i>Iris ensata var. spontanea</i>	○		
	ニワセキシヨウ <i>Sisyrinchium atlanticum</i>			○
イグサ科	イ <i>Juncus effusus var. decipiens</i>		○	
	コウカイキシヨウ <i>Juncus leschenaultii</i>		○	
	クサイ <i>Juncus tenuis</i>		○	
ツクシ科	ツクシ <i>Commelina communis</i>		○	
	イボクサ <i>Murdannia keissak</i>		○	
イネ科	カモシグサ <i>Agropyron tsukushiense var. transiens</i>		○	
	スメリツボウ <i>Alopecurus aequalis</i>		○	
	コフナグサ <i>Arthraxon hispidus</i>		○	
	カスノクサ <i>Beckmannia syzigachne</i>		○	
	ヒメコハツツウ <i>Briza minor</i>			○
	キヨウキシハ <i>Cyndon dactylon</i>		○	
	メヒシハ <i>Digitaria ciliaris</i>		○	
	イヌヒエ <i>Echinochloa crus-galli</i>		○	
	アシカキ <i>Leersia japonica</i>		○	
	サヤヌカグサ <i>Leersia sayanuka</i>		○	
	ホシムキ <i>Lolium multiflorum</i>			○
	ヌカキヒ <i>Panicum bisulacatum</i>		○	
	オオクサキヒ <i>Panicum dichotomiflorum</i>			○
	シマスメリヒエ <i>Paspalum dilatatum</i>			○
	キシユウスメリヒエ <i>Paspalum distichum</i>			○
	クサヨシ <i>Phalaris arundinacea</i>		○	
	ヨシ <i>Phragmites australis</i>	○		
	ツルヨシ <i>Phragmites japonica</i>	○		
	イチコフナギ <i>Poa sphondylodes</i>		○	
	ヒエカエリ <i>Polypogon fugax</i>		○	
アキエノコクサ <i>Setaria faberi</i>		○		
サトイモ科	セキシヨウ <i>Acorus gramineus</i>	○		
ウキクサ科	アウキクサ <i>Lemna oukikusa</i>		○	
	ウキクサ <i>Spirodela polyrhiza</i>		○	
ミドリ科	ミドリ <i>Sparganium erectum ssp. stoloniferum</i>	○		
	ヒメミドリ <i>Sparganium stenophyllum</i>	○		
カマ科	カマ <i>Typha latifolia</i>	○		
カヤツリグサ科	アヒナルコ <i>Carex dimorpholepis</i>		○	
	ココメカヤツリ <i>Cyperus iria</i>		○	
	カヤツリグサ <i>Cyperus microiria</i>		○	
	テツキ <i>Fimbristylis dichotoma</i>		○	
カヤツリグサ科	ヒテリコ <i>Fimbristylis miliacea</i>		○	
	ウキヤカラ <i>Scirpus yagara</i>	○		
29科	99種	11	61	27

注) 種名、学名及び種の配列は「植物目録」(環境庁、1987)に従った。

(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	
コイ目	コイ科	コイ		1						
		ギンブナ	15		8					
		フナ属類(幼魚)	1	3	2	1				
		タイリクバラタナゴ	1		1					
		ハス	1							
		オイカワ	16	5	5				2	
ダツ目	メダカ科	メダカ			1				2	
スズキ目	サソフィッシュ科	ブルーギル							2	
	ハゼ科	ウキゴリ		1						
		トウヨシノボリ	12	4	4		1	3	4	
		ヌマチチブ	1			2	1		1	
3目	4科	10種	個体数	47	14	21	3	2	3	11
			種数	6	5	5	2	2	1	5

(8月)

目	科	種	調査地点							
			No. A	No. 1	No. B	No. 2	No. C	No. 3	No. J	
コイ目	コイ科	ギンブナ	6	1	3	1				
		タイリクバラタナゴ	3		8					
		オイカワ	14		12					
		スゴモロコ	1							
サケ目	アユ科	アユ					○			
ダツ目	メダカ科	メダカ	1	6	3				1	
スズキ目	サソフィッシュ科	ブルーギル	1							
	ハゼ科	トウヨシノボリ	38	17	29	27	11	4	33	
		ヌマチチブ	4	2	3	5	3	4	13	
4目	5科	9種	個体数	68	26	58	33	14	8	47
			種数	8	4	6	3	3	2	3

(10月)

目	科	種	調査地点							
			No. A	No. 1	No. B	No. 2	No. C	No. 3	No. J	
コイ目	コイ科	コイ	1							
		ギンブナ	4	6	1		5			
		タイリクバラタナゴ		3	1	1				
		オイカワ	3		11		8			
		カマツカ			1		1			
	ドジョウ科	ドジョウ					1			
サケ目	アユ科	アユ					○			
ダツ目	メダカ科	メダカ		4	1	2				
スズキ目	サソフィッシュ科	ブルーギル		1		2				
		ブラックバス	1							
	ハゼ科	トウヨシノボリ	19	8	14	6	4	1	16	
		ヌマチチブ	7	4		3	1	1	3	
4目	6科	12種	個体数	35	26	29	14	20	2	19
			種数	6	6	6	5	7	2	2

(1月)

目	科	種	調査地点							
			No. A	No. 1	No. B	No. 2	No. C	No. 3	No. J	
コイ目	コイ科	ギンブナ	2	3	1					
		タイリクバラタナゴ	1	1	2	1	1			
		ハス	1	1						
		オイカワ	8	9	6	5				
ダツ目	メダカ科	メダカ			8	1	1		1	
スズキ目	ワケギ科	ブルーギル	1	1		5				
	ハゼ科	トウヨシノボリ	19	8	15	10	5	4	15	
		ヌマチチブ	2	4		1		1	8	
3目	4科	8種	個体数	34	27	32	23	7	5	24
			種数	7	7	5	6	3	2	3

注) \*: 調査時期に図3-2の調査地点で種が確認された

## (3) 底生動物確認種目録

目	科	種	調査時期				調査地点						
			5月	8月	10月	1月	No. A	No. 1	No. B	No. 2	No. C	No. 3	No. J
蜉蝣	コカゲ'ロウ	コカゲ'ロウ属 Baetis spp.	*	*		*					○	○	
	ヒメカゲ'ロウ	ヒメカゲ'ロウ属 Caenis spp.		*	*	*		○		○			
蜻蛉	イトトンボ	7ジ'イトトンボ			*			○					
		アオモンイトトンボ	*					○					
		クロイトトンボ	*	*				○	○				○
		セスジ'イトトンボ	*	*				○				○	○
		イトトンボ'科属 Agrionidae gen. spp.		*	*			○		○		○	
	ヤンマ	キンヤンマ				*		○					
	トンボ	シオカラトンボ	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
		ショウジ'ヨウトンボ				*	○						
		コフキトンボ		*				○					
		アキアカネ	*										○
半翅	アメンボ	ヒメアメンボ	*						○				
		アメンボ	*	*				○	○		○	○	
		ヒメアメンボ'の一属 Gerris sp.	*								○		
	タイコウチ	タイコウチ		*	*		○	○	○	○		○	
	ミス'カマキリ				*				○				
	ミス'ムシ	ミス'ムシ属 Sigara spp.	*				○	○					
毛翅	イトビ'ケラ	ムネカクトビ'ケラ	*	*	*	*	○	○		○	○	○	
	シマトビ'ケラ	コカ'クシマトビ'ケラ	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	
	ヒメトビ'ケラ	ヒメトビ'ケラ属 Hydroptila spp.	*	*		*		○		○	○		
	エグ'リトビ'ケラ	ホタルトビ'ケラ'の一属 Nothopsyche sp.				*					○		
鞘翅	コフフ'ゲンゴ'ロウ	コフフ'ゲンゴ'ロウ			*				○				
	ゲンゴ'ロウ	マメゲンゴ'ロウ	*						○				
	ガ'ムシ	ヒメガ'ムシ	*	*	*	*	○	○	○	○		○	
		ガ'ムシ'科の一属 Hydrophilidae gen. sp.		*				○					
	ゾ'ウムシ	イネミス'ゾ'ウムシ	*						○				
双翅	ヌカカ	ヌカカ'科の一属 Ceratopogonidae gen. sp.	*							○			
	ガ'カンボ	ガ'カンボ'属 Tipula spp.	*			*						○	
		ウスバ'ヒメガ'カンボ'属 Antocha spp.	*									○	
	ユスリカ	モユスリカ'科属 Tanypodinae gen. spp.	*	*		*	○	○			○	○	
		ユスリカ'科属 Orthoclaadiinae gen. spp.	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	
ユスリカ'科属 Chironominae gen. spp.		*	*	*	*	○	○	○	○	○	○		
ミス'アブ	ミス'アブ'科の一属 Stratiomyidae gen. sp.	*				○							
三岐属	ブ'ラナリア	ナミウス'ムシ		*								○	
原腸管毛	ミス'ミス'	ミス'ミス'科属 Naididae gen. spp.	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	
	イトミス'	エラミス'属 Branchiura spp.	*	*	*	*	○			○		○	
		イトミス'科属 Tubificidae gen. spp.	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	
咽蛭	イシビ'ル	ナミイシビ'ル			*	*		○		○		○	
		イシビ'ル'科属 Erpobdelliidae gen. spp.	*	*				○				○	
中腹	カワニナ	カワニナ			*	*	○					○	
		チリメンカワニナ			*	*	○	○	○	○	○	○	
		イ本'カワニナ				*	○						
		カワニナ属 Semisulcospira spp.	*	*			○	○		○			
	タニシ	オオタニシ	*	*								○	
		マルタニシ	*									○	
ヒメタニシ		*	*	*	*	○	○	○	○	○	○		
基眼	サカマキ'イ	サカマキ'イ	*	*	*	*	○	○	○		○	○	
	モノアラ'イ	ヒメモノアラ'イ		*			○			○			
		モノアラ'イ	*	*	*	*	○	○	○		○		

目	科	種	調査時期				調査地点						
			5月	8月	10月	1月	No. A	No. 1	No. B	No. 2	No. C	No. 3	No. J
翼形	イカイ	カビハカリカイ	*	*	*	*	○			○	○	○	○
異歯	イシカイ	タテホシカイ		*					○		○		
		イシカイ	*	*	*	*	○	○	○	○	○		○
		マムトフカイ	*	*	*		○	○				○	○
		トフカイ		*	*		○		○				
	シシカイ	マシシ	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
等脚	ミスムシ	ミスムシ	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
十脚	テナカエビ	テナカエビ	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
	アメリカニ	アメリカアメリカニ	*	*	*	*	○	○	○	○	○	○	○
15目	34科	59種	40種	37種	28種	31種	31種	33種	27種	25種	27種	30種	29種

注) \* : 種が確認された調査時期、○ : 調査時期に図3-2の調査地点で種が確認された

#### 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	森川 和夫
建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所	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
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

## 11. 実験センターにおける生物調査（陸域）

### 1. はじめに

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が今後どのような生態系を創造するか、琵琶湖・淀川水系の水辺環境の整備、設計等を行う上での基礎資料を得るために、琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター内において、陸生生物、陸生植物の調査を行い、当施設の琵琶湖・淀川水系における水辺環境としての役割を整理するとともに、ミチゲーション手法について検討を行った。

### 2. 実験場所の概要

琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター（滋賀県草津市志那町地先）の位置図を図2-1に示す。琵琶湖・淀川水質浄化実験センター（以下、実験センターと称す）は南湖東岸に位置し、南北約500m、東南約170mの造成地である。総面積が25,000m<sup>2</sup>で、湖岸緑地公園内（約50,000m<sup>2</sup>）に位置する。西側は琵琶湖の汀線で、センター敷地の高さは平常水位より1m以下である。東側は湖岸道路を隔て水田地帯に接し、さらにその東側には琵琶湖の内湖のひとつである平湖がある。

実験センターは、1997年8月に開設された。実験センター主要部には琵琶湖型実験池と淀川水系を模した実験水路が設けられ、瀬、淵、ワンド等の河川単位がつけられ、南端の葉山川河口より取水し、センター内の水系を循環させ、琵琶湖に排水させている。また、中央部には各種の水質浄化実験施設が設置されている。これらの間は、イブキビヤクシン（カイヅカ）、ラクウショウ、メタセコイア、シダレヤナギ等の高木やアジサイ、シモツケ、ユキヤナギ等の低木が並木状、生垣状、又は単木状に植栽されている。公園施設としての位置づけにより、植栽樹木は修景的な配置となっている。地表には定期的な管理により低茎草が広がるが、一部草刈りが中止されている場所もみられる。また、水路にはガマ、ヨシ等の抽水植物が植栽され、各所にハンゲショウ、ミズアオイ等が試験的に植栽されている。琵琶湖汀線部はほぼ全線石積み護岸であるが、中・南部に砂浜が造成されヨシ帯の復元が試みられている（湖岸フィールド実験施設）。なお、施設南端及び中央部の汀線2カ所に、造成以前より生育していたと思われるヤナギ類があり、原植生の痕跡をとどめている。



図2-1 実験場所

### 3. 実験方法

#### 3.1 実験期間

1998年8月～1999年3月の間に3季（夏季、秋季、冬季）、陸生植物（植生分布、植物相）、鳥類、は虫類、両生類、陸生昆虫類の調査を行った。現地調査時期を表3-1に示す。

表3-1 現地調査時期および調査項目

項目\時期		夏季	秋季	冬季
植 物	植生	1998年8月27、28日	1998年10月12、13日	1999年1月13日
	植物相	1998年8月27、28日	1998年10月12、13日	1999年1月13日
動 物	鳥類	1998年8月27、28日	1998年10月12、13日	1999年1月25日
	爬虫類	1998年8月27、28日	1998年10月12、13日	1999年1月25日
	両生類	1998年8月27、28日	1998年10月12、13日	1999年1月25日
	昆虫類	1998年8月27、28日	1998年10月12、13日	1999年1月25日

#### 3.2 調査方法

##### 3.2.1 陸生植物調査

###### (1) 植生分布調査

実験センター内に成立する植生の優占種をもとに群落区分を行い、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。調査はおおよそ群落高を一辺とするコードラートを設定し、コードラート内における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）を行うとともに、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。調査場所を図3-1に示す。

###### (2) 植物相調査

実験センター全域を任意に踏査し、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。

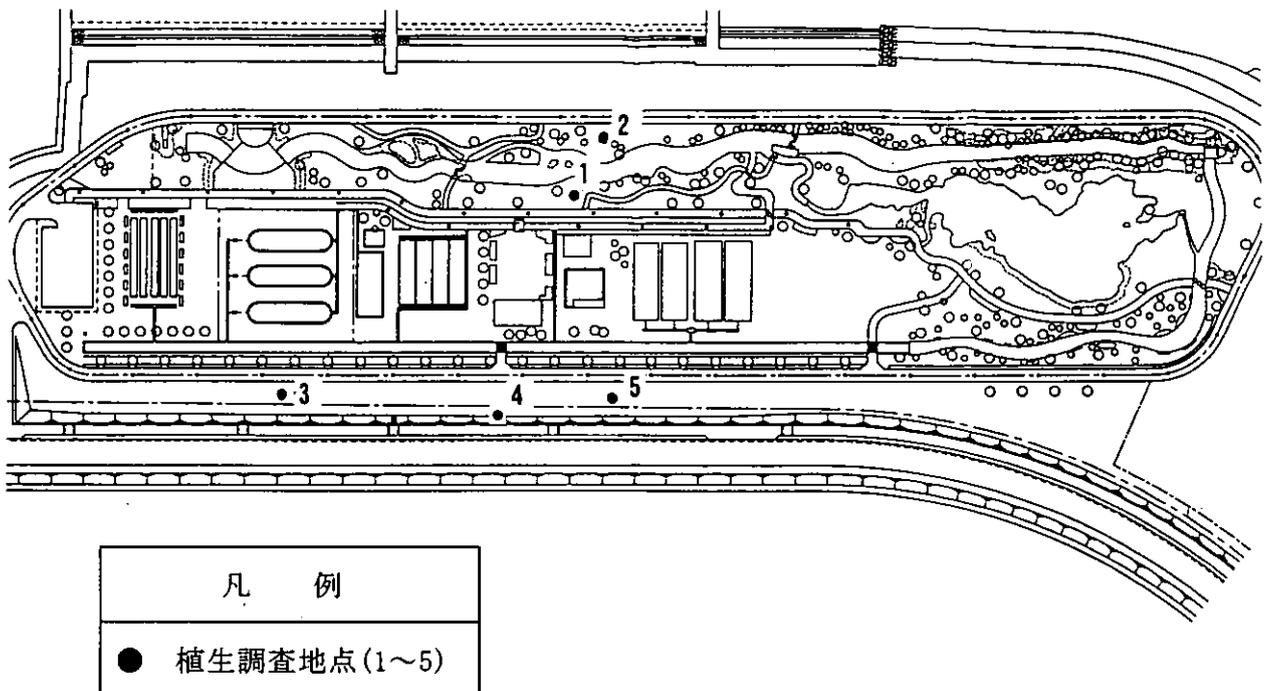


図3-1 陸生植物調査場所

##### 3.2.2 鳥類調査

実験センター及び隣接の公園地域においてラインセンサス法、定位記録法により生息種を確認した。

### (1) ラインセンサス法

調査定線を40分/km程度の早さで歩き、目撃あるいは鳴き声により識別した鳥の数を記録した。調査ルートを図3-2に示す。

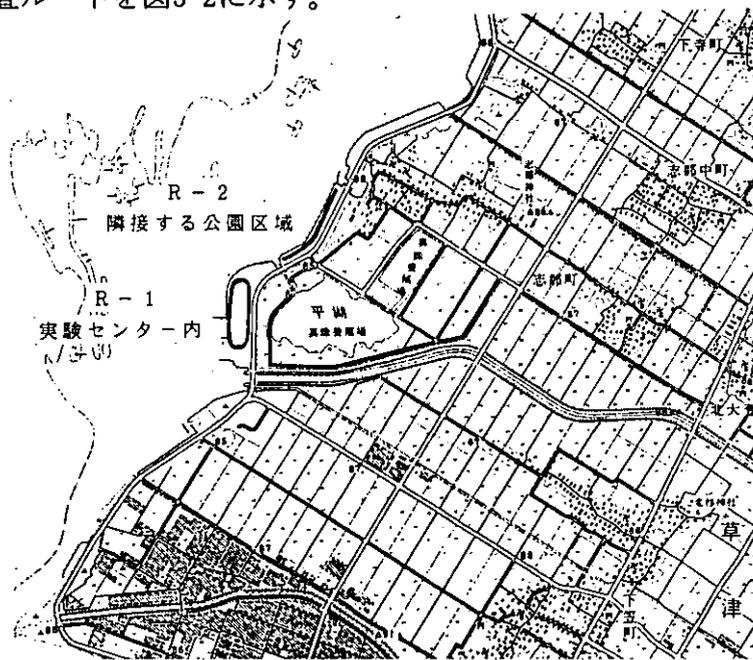


図3-2 鳥類調査場所

### (2) 定位記録法 (任意調査)

対象範囲を一望できる位置から双眼鏡や直視型望遠鏡を用いて観察し、確認した鳥の種名を記録した。

#### 3.2.3 爬虫類調査

実験センター内を踏査し、目撃・捕獲法、鳴き声や脱皮殻による確認などを併用して生息種を確認した。

#### 3.2.4 両生類調査

実験センター内を踏査し、目撃・捕獲法、鳴き声や脱皮殻による確認などを併用して生息種を確認した。

#### 3.2.5 昆虫類調査

調査範囲内において任意採集法、ベイトトラップ法、ライトトラップ法により生息種を確認した。

##### (1) 任意採集法

実験センター内及び隣接の公園地域を任意に踏査し、目視観察及びビーティング、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、一昼夜放置のうえ回収した。調査場所を図3-3に示す。

##### (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、夕刻設置して翌朝回収した。調査場所を図3-3に示す。

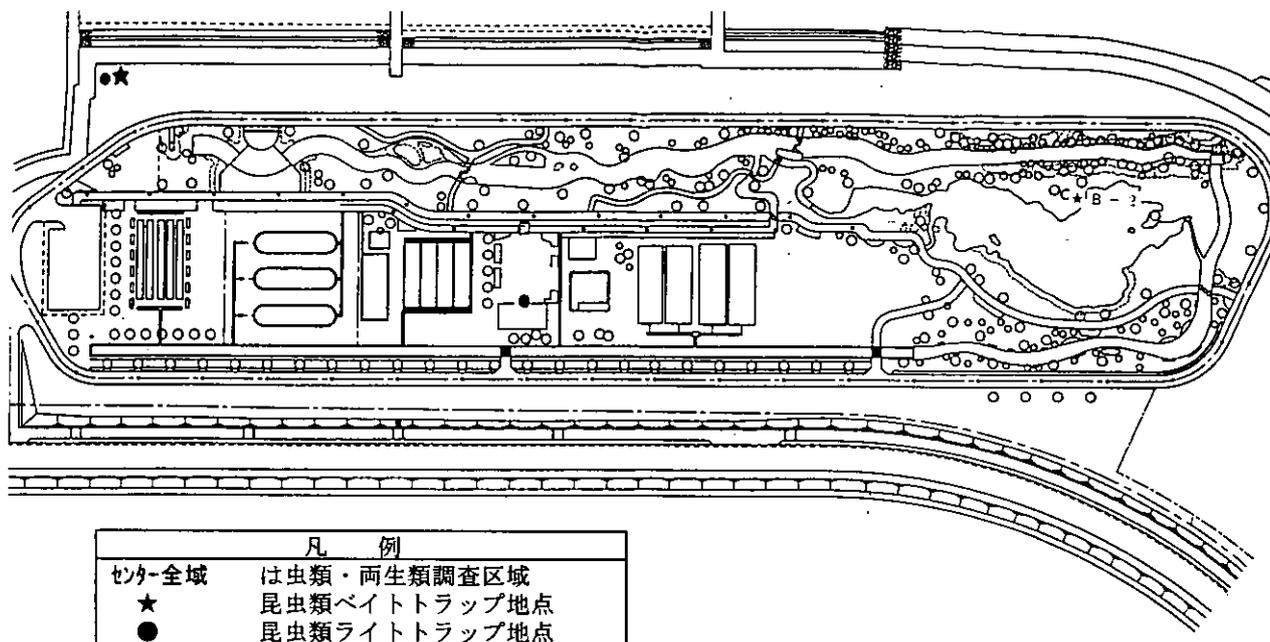


図3-3 陸生昆虫類調査場所

#### 4. 結果

##### 4.1 陸生植物調査結果

###### 4.1.1 植生分布調査結果

調査場所は、ほぼ全域が草地環境によって占められ、樹木は多数植栽されているものの単木状に配置されており、樹林と呼べるものはなかった。周辺には汀線にヤナギ類が単木で残存するのみであった。一部を除いて草刈りなどの管理が頻繁に行われており、このような人為的干渉の程度や立地条件の違いにより、植生は、シロツメクサ群落、ツルマメ群落、造成跡地雑草群落、法面雑草群落の4群落に相観的に区分された。各群落の分布状況を図4-1に示す。各群落の概要を以下にまとめた。

###### (1) シロツメクサ群落

定期的な草刈りによって成立した低茎の乾生草本群落で、調査場所の大部分を占めた。吹き付けにより導入されたシロツメクサや、イヌビエ・メヒシバ類・エノコログサ類などのイネ科草本からなり、群落高は低く、構成種数は8種と少なかった。場所によっては植被率のやや低い部分やシロツメクサの優占度が低い部分もみられる。

###### (2) ツルマメ群落

草刈りの全く行われていない場所につる植物のツルマメが一面を被っていた。ツルマメの生育は旺盛で、水路を隔てた中島にまで広がっていた。本群落では、ツルマメが一面を被うため混生植物は少なく、ヒロハホウキギク・セイタカアワダチソウ・ブタクサなどがわずかに生育するのみであった。

###### (3) 造成跡地雑草群落

東端、湾岸道路脇にセイタカアワダチソウやイネ科の一種が群生する草地が広がっていた。シロツメクサをほとんど含まないことから、シロツメクサの吹き付けなどが行われず造成後放置されたと考えられる。草刈りは行われているが、多年生草本のセイタカアワダチソウを比較的多く含むことから、シロツメクサ群落に比べて刈り取り頻度は低いものと考えられる。この草地では部分的に過湿な場所がみられ、ここでは水湿地に生育するキシウズメノヒエが群生した。群落高は50cmと、他の群落よりやや高く、ウキヤガラ・ヨシなどの湿生草本が混生していた。このような過湿部分の成立原因には、基盤の排水不良による雨水の滞水や地下水位の部分的な上昇などが考えられる。

###### (4) 法面雑草群落

本群落は湾岸道路の法面に見られた。造成跡地によくみられるメヒシバやセイタカアワダチソウが生育していた。定期的に草刈りが行われており群落高は低かった。傾斜地で乾燥しやすいため、隣接する造成跡地雑草群落よりも植被率はやや低く、乾燥地に適応したメヒシバ・セイタカアワダチソウの占める割合が高くなっていた。

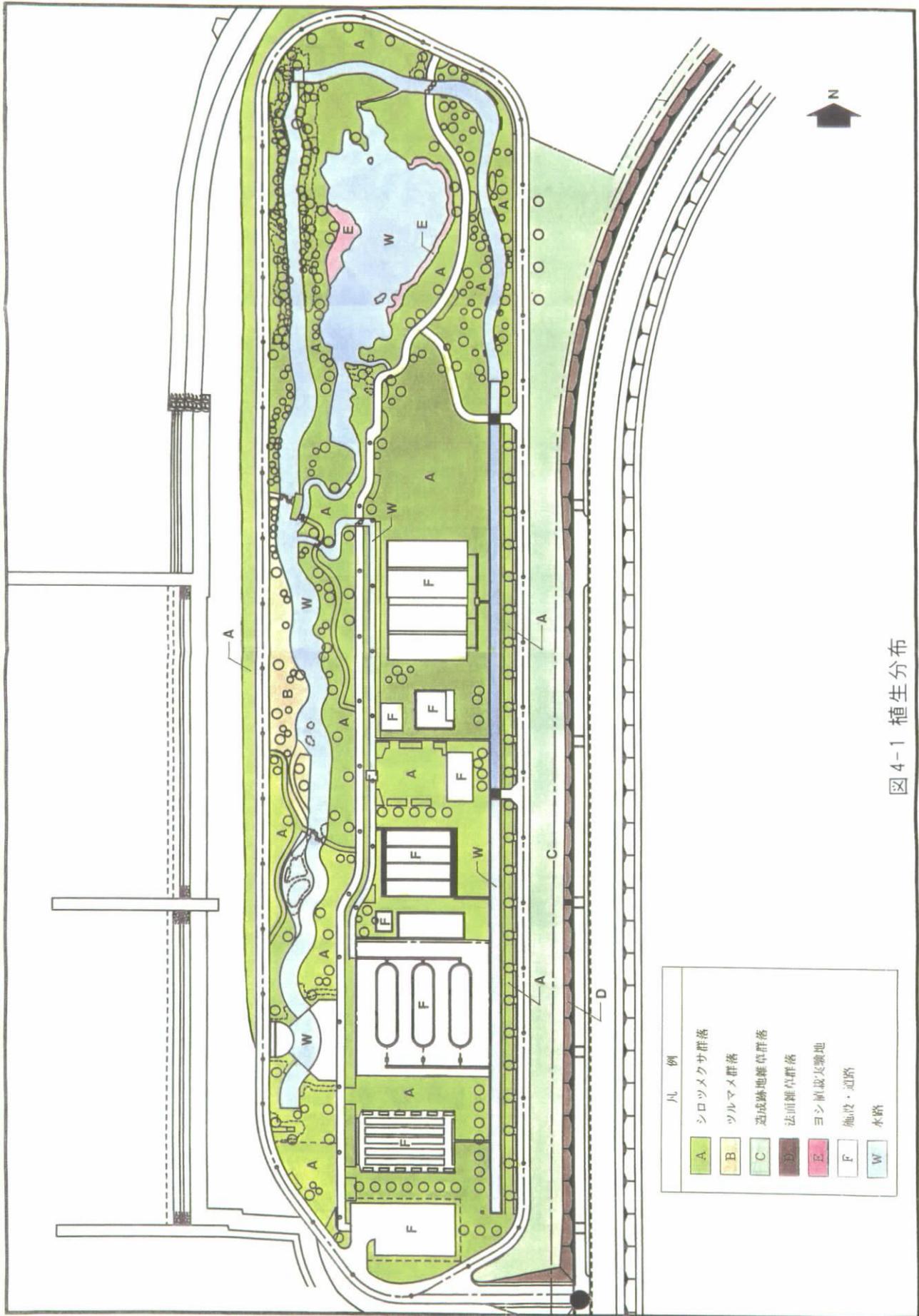


図 4-1 植生分布

凡 例	
A	シロツメクサ群落
B	ツルママ群落
C	造成跡地雑草群落
D	法面雑草群落
E	ヨシ原成実跡地
F	施設・道路
W	水路

#### 4.1.2 植物相調査結果

現地調査により、44科122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に示す。

確認種は植栽種と、造成後埋土種子から発芽した種や周辺から侵入してきた種からなる侵入種とに区分された。植栽種は大部分が木本類で、アラカシ・エゴノキなどの在来種もみられるが、ラクウショウ・メタセコイア・アジサイなどの園芸種が中心となっていた。

侵入種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みられる種であった。特にキク科植物やイネ科植物などの人里によくみられる雑草が多かった。造成後経過年数が短いこと、草刈りなどの管理が頻繁に行われていることなどから、木本類の侵入はみられなかった。また、水路周辺には、低湿な区域を含むことから、ヤナギタデ・ポントクタデ・アキノウナギツカミ・タネツケバナ・チョウジタデ・アゼナルコといった湿生植物もみられた。侵入種のうち、1/4が帰化植物であり、帰化植物の占める割合は比較的高いものと考えられる。

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
シダ植物	0	1	0
裸子植物	3	0	0
被子植物	双子葉植物	離弁花類	4
		合弁花類	14
	単子葉植物	30	5
合計	33	67	23
比率 (%)	27.0	54.9	18.9
総計	122		

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、植栽種でも逸出と判断されるものは在来種に含めた。このため比率の合計は必ずしも100にはならない。

#### 4.2 鳥類調査結果

ラインセンサス法と定位記録法による3季の調査の結果、実験センターを中心とした地域で総計9目22科56種の鳥類が観察された。このうち、センター敷地内(R-1)でみられたのは34種、隣接の公園(R-2)でみられたのは29種、また周辺地域(センター前面の湖上及び南東側の水田)で観察されたのは45種であった。出現種の生態的な区分としては、水鳥や水辺性の種の割合が極めて高く、カイツブリ、カワウ、サギ類(6種)、カモ類(13種)、チドリ・シギ・カモメ類(10種)等ですでに全出現種の過半を占めていた。また、陸鳥にもカワセミ、セキレイ類、オオヨシキリ等、多少とも水辺環境と結びついた種を含んでいた。他はほとんど草地や疎林等開けた環境を好むグループであり、現時点では森林性鳥類は全く欠如していると言える。

センター内の鳥類相とこれに連続している公園地域とを比較すると、各季とも出現種数はセンター内の方が多かった。これはセンター内の植栽樹種が多様でやや密であること、実験水路や実験池が造成され、水鳥等の休息、採餌の場としてしばしば利用されていることによる。しかし、両地域の鳥類相に大きな差はなく、森林性の種を欠くこと等、その特徴は共通している。

周辺地域の鳥類の主要なものは、センター及び隣接公園前方の湖面に滞留する各種の水鳥であり、秋～冬季には種数、個体数共に非常に多かった。これらはごく岸寄りに遊泳したり、汀線に上陸・休息しており、一部の種(ヒドリガモ等)はセンター内や隣接公園の草地で採食していたほか、コサギ、コガモ等はセンター内の実験池に滞留する個体が確認された。また、後背の水田では渡りの時期を中心にチドリ・シギ類がやや多くみられた。

#### 4.3 は虫類調査結果

爬虫類ではクサガメ、アカミミガメ、シマヘビの合計3種の生息が確認された。

クサガメは夏季に、またアカミミガメ（帰化種）は秋季に一例のみ成体が水路中部の水面で目撃された。シマヘビは春季水路際の草地で一個体（成体）が観察された。

爬虫類は確認種のほか、イシガメ、スッポンが琵琶湖本体に生息していると考えられ、進入の機会は比較的多いと推定される。しかし、施設内の閉鎖環境に生態的地位の類似した多くの種が定着することは難しいものと考えられる。ヘビ類も森林環境を欠くことや、食餌の関係から、あまり多くの種は生息し得ないと思われるが、小型の種であるカナヘビ、トカゲは地表性昆虫を捕食しており、侵入すれば定着は難しくないと考えられる。

#### 4.4 両生類調査結果

両生類ではアマガエル、ウシガエルの合計2種の生息が確認された。

アマガエルは湖岸に残存するヤナギ類の樹上や実験水路の高茎草地で夏季に少数の成体が目撃され、鳴き声も聞かれた。ウシガエルは実験池や実験水路下流部の深み等で多数の幼生（オタマジャクシ）及び少数の成体が見出された。成体は未成熟個体で、大型個体は観察されなかったが、夏季に一例成体と思われる鳴き声が聞かれた。

両生類は現在の環境から見て、他にトノサマガエル、ダルマガエル、ヌマガエル等が生息可能と推定される。これらの種が進入する経路としては琵琶湖汀線沿い、及び東側の水田地帯から想定されるが、道路等によって隔離されており、自然移入は相当困難と思われる。また、すでに生態的に上位種であるウシガエルが定着しており、これらの種の生息が許容されるかどうかは微妙と考えられる。

#### 4.5 陸生昆虫類調査結果

任意採集、ライトとラップ、ベイトトラップによる調査の結果、実験センター内及び隣接公園地域で確認された昆虫類は、総計10目91科240種であった。任意採集によって実験センター内で50科116種、隣接する公園地域で25科52種が確認された。これらのうち主要な分類群目を以下に示す。

##### 4.5.1 トンボ目

イトトンボ類、トンボ類が合計9種出現した。いずれも広分布性の種で、センター内の水系や琵琶湖本体の汀線部で発生しているものと思われる。すべて幼虫が止水に生息するグループで、流水性の種は確認されなかった。

##### 4.5.2 バッタ目

コオロギ類やバッタ類が合計22種出現した。刈り取られた草の堆積が各所にあり、畑地等に類似した環境や短茎草地が多く、これらの種数、個体数ともに多い。すべて広分布性のグループである。

##### 4.5.3 カメムシ目

草地性のウンカ、ヨコバイ、ナガカメムシ等の小型種が多数を占めており、合計22種出現した。森林性の種は欠いていた。

##### 4.5.4 コウチュウ目

水辺性のミズギワゴミムシ、ゴモクムシ類などのオサムシ科や、琵琶湖汀線部に打ち上げられたゴミや植物残等に発生したと思われるハネカクシ類が多く、合計53種出現した。畑地や河川敷等によく見られるコウチュウ類相であり、森林性の種を全く欠いていた。

##### 4.5.5 ハチ目

アリ類のほか、草地等開けた環境に生息するドロバチ類、アシナガバチ類等が出現した。いずれも極めて広域に見られる種である。

#### 4.5.6 ハエ類

琵琶湖本体やセンター内の水系に発生していると思われるユスリカ類が多く、その他シヨウジョウバエ類等、微小なハエ類が見られた。合計45種が出現した。

#### 4.5.7 チョウ目

合計59種が出現した。メイガ類が18種と最も多く、湖岸のヨシやイネ科の草本に発生するツトガ類や雑草食性の種が出現した。このほか、シャクガ科やヤガ科の種がやや多く見られたが、雑草等に依存した多食性の種が多かった。チョウ類は18種であったが、いずれもきわめて広分布性の種で、かつ開けた環境に生息するグループで、これも森林と結びついた種は欠如していた。

実験センター内（及び隣接公園）の生息種数は比較的多いが、昆虫相は、地理的には広分布性、生態的には広適応性の種によって占められ、開放的環境（草地、農耕地）に生息する種がほとんどを占め、森林性の種を欠き、特定の種（エゾイナゴ、ヤナギルリハムシ、コブノメイガ、モンシロチョウ等）が大発生する傾向があった。これらは人為的な干渉を強く受けている環境（河川敷、農耕地、都市公園等）に共通する状況であり、造成後間もない新しい環境で、現状も工事等による攪乱が続いていることから、当然の結果と考えられる。

### 5. 考察

#### 5.1 実験センターの陸生生物環境

##### 5.1.1 陸生植物

実験センター敷地のほぼ全域が低茎草本群落によって被われ、樹林地が全く存在しなかった。水路の周辺には湿生植物の生育がみられるものの、生育種の大部分は乾性草本で占められていた。これは造成後の経過時間が短いこともさることながら、定期的な草刈りなど強度の人為的干渉が継続していることによるものと考えられる。また、植栽樹木も園芸種が中心で、配置が単木状であることから、今後生長しても樹林化は難しいものと考えられた。立地環境の改善や管理頻度の調整などが適切に行われれば、植物環境は徐々に多様化するものと考えられる。しかし、樹木については自然移入・定着には長い時間を要するため、在来樹種を中心とした補植が必要と考えられる。

##### 5.1.2 動物

野生哺乳類は生息しておらず、鳥獣は比較的多数の種がみられるものの、実験センターに定常的に住み着いていると考えられる種は少なかった。また、昆虫類など他の動物群も地理的には広分布性、生態的には人工的環境に広くみられる広適応性の種によって占められていた。これは植物の場合と同様、造成後間もない人工的環境であり、管理などの人為的干渉が継続していることによるものと思われる。しかし、センター敷地は25,000㎡に及ぶ面積を有しており、その大部分が緑地であることから、野生動物の生息環境としても、高い潜在的価値があるといえる。特に琵琶湖の湖岸線が急速に改変されている現状では、人工的であっても汀線部と連結した緑地環境の形成は大きな意義があると考えられる。今後、適正な緑化と維持管理が行われ、環境が安定した時点では、多様な動物群集の成立が期待される。

### 6. 今後の課題

陸域における水辺空間の創出や樹林地の創造は各地で行われているものの、技術的なノウハウは確立されたとは言い難い。今後、調査・研究を進めていくことで、より具体的な手法を確立することが望まれる。今後検討が必要な項目を以下にあげる。

- (1) 構内緑地のゾーニングと緑化目標の設定
- (2) 目標に対応した植栽・管理方法の確立

さらに、施設の陸上生物環境を評価するうえで、汀線部と連結した緑地環境の形成の意

義は大きく、琵琶湖の湖岸線が急速に改変されている現状では、特に重要であると考えられる。今後、施設内だけではなく、汀線を含めた形での緑地環境の改善と維持管理を進めていくことが望まれる。

## 7. まとめ

- (1) 44科122種のシダ植物以上の高等植物が確認された。
- (2) 実験センターのほぼ全域が低茎草本群落に覆われていた。
- (3) 植栽樹木は園芸種が中心で配置が単木状であることから、今後生長しても樹林化は難しいと思われる。また、樹木については自然移入・定着に長い時間を要するため、在来樹種を中心とした補植が必要であると考えられる。
- (4) ライトセンサス法と定位記録法により、9目22科59種の鳥類が確認された。定常的に住み着いている種は少なかった。
- (5) 爬虫類はクサガメ、アカミミガメ、シマヘビの3種の生息が確認された。
- (6) 両生類はアマガエル、ウシガエルの2種の生息が確認された。
- (7) 任意採取、ライトトラップおよびベイトトラップ調査により、10目91科240種の昆虫類が確認された。広分布性、人工的環境に広く見られる広適応性の種が主であった。

8. 確認種目録

(1) 植物確認種目録

科名	種名 (和名/学名)	分布の起源		
		植栽	在来	帰化
アウロウ科	アメリカアウロ Geranium carolinianum			○
モチノキ科	タラヨウ Ilex latifolia	○		
	クロガネモチ Ilex rotunda	○		
ニシキギ科	マユミ Euonymus sieboldianus	○		
クロウメモドキ科	イソノキ Frangula crenata	○		
フトウ科	ヤブガラシ Cayratia japonica		○	
アカハナ科	チョウソウタデ Ludwigia epilobioides		○	
	メマツヨイクサ Oenothera biennis			○
セリ科	チトメクサ 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	○		
ヤブコウソウ科	ヤブコウソウ 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	○		
アカネ科	オオフタバムグラ Diodia teres			○
	ヘクソカスラ Paederia scandens		○	
ヒルガオ科	マメアサガオ Ipomoea lacunosa			○
クマツヅラ科	コムラサキ Callicarpa dichotoma	○		
	クサギ Clerodendrum trichotomum	○		
シソ科	トウハチ Clinopodium gracile		○	
	シロネ Lycopus lucidus		○	
	ヒメシソ Mosla dianthera		○	
コマノハクサ科	アメリカアセナ Lindernia dubia			○
	ムシクサ Veronica peregrina		○	
	オオイヌノフグリ Veronica persica			○
オオハコ科	オオハコ Plantago asiatica		○	
スイカスラ科	ハナソノツクハネウツギ Abelia grandiflora	○		
	ゴマキ Viburnum sieboldii	○		
キク科	アタクサ Ambrosia artemisiifolia var. elatior			○
	ヨモギ Artemisia princeps		○	
	ヒロハネウキキク 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			○
	タカサアロウ Eclipta prostrata		○	
	ヒメムカシヨモギ Erigeron canadensis			○
	ツワギ Farfugium japonicum	○		
	ハハコクサ Gnaphalium affine		○	
	イワニカタ Ixeris stolonifera		○	
	アキノグシ Lactuca indica var. indica		○	
	セイタカアワダチソウ Solidago altissima			○
	オニグシ Sonchus asper			○
	ノグシ Sonchus oleraceus		○	

科名	種名	(和名/学名)	分布の起源		
			植栽	在来	帰化
シダ植物					
トクサ科	スキナ	Equisetum arvense		○	
種子植物・裸子植物					
スキ科	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	○		
種子植物・被子植物・双子葉植物・離弁花類					
ヤナギ科	シタレヤナギ	Salix babylonica var. lavalleye	○		
	イヌコリヤナギ	Salix integra	○		
	ヤナギ属の一種	Salix sp.	○		
カハノキ科	ヤマハノキ	Alnus hirsuta var. sibirica	○		
ブナ科	アラカシ	Quercus glauca	○		
タデ科	ヤナギタデ	Persicaria hydropiper		○	
	オオイヌタデ	Persicaria lapathifolia		○	
	イヌタデ	Persicaria longiseta		○	
	ホントクダテ	Persicaria pubescens		○	
	アキノウナギツカミ	Persicaria sieboldii		○	
	スイハ	Rumex acetosa		○	
	キンシキシ	Rumex japonicus		○	
スベリヒユ科	スベリヒユ	Portulaca oleracea		○	
ナデシコ科	オランダミミナグサ	Cerastium glomeratum			○
	コハコバ	Stellaria media		○	
モクレン科	シテコフシ	Magnolia tomentosa	○		
クスノキ科	タフノキ	Machilus thunbergii	○		
	アブラヤシ	Parabenzoin praecox	○		
カツラ科	カツラ	Cercidiphyllum japonicum	○		
キンホウケ科	キツネノホトタシ	Ranunculus silerifolius		○	
アブラナ科	タネツクハナ	Cardamine flexuosa		○	
	イヌカハラシ	Rorippa indica		○	
ヘンケイソウ科	コモチマンネングサ	Sedum bulbiferum		○	
ユキノシタ科	アジサイ	Hydrangea macrophylla	○		
バラ科	ヤマブキ	Kerria japonica	○		
	オハビイチャコ	Potentilla sundaica var. robusta		○	
	カナメモチ	Photinia glabra	○		
	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	○		
	アレチヌスビトハギ	Desmodium paniculatum			○
	ツルマメ	Glycine max ssp. soja		○	
	ヤハスソウ	Kummerowia striata		○	
	シロツメクサ	Trifolium repens	○		
	カラスノエンドウ	Vicia angustifolia		○	
カタハミ科	カタハミ	Oxalis corniculata		○	

科名	種名 (和名/学名)	分布の起源		
		植栽	在来	帰化
キク科	ヒメジヨオン Stenactis annuus			○
	セイヨウタンポポ科 Taraxacum officinale			○
	オオナモミ Xanthium occidentale			○
種子植物・被子植物・単子葉植物				
ヒカソハナ科	ヒカソハナ Lycoris radiata		○	
アヤメ科	ニワセキショウ Sisyrinchium atlanticum			○
イクサ科	イ Juncus effusus var. decipiens		○	
ツクサ科	ツクサ Commelina communis		○	
	イホクサ Murdannia keissak		○	
イネ科	コフナクサ Arthraxon hispidus		○	
	カスノクサ Beckmannia syzigachne		○	
	キョウキシハ Cyndon dactylon		○	
	メヒシハ Digitaria ciliaris		○	
	アキメシハ Digitaria violascens		○	
	イヌビエ Echinochloa crus-galli		○	
	ケイヌビエ Echinochloa crus-galli var. echinata		○	
	カセクサ Eragrostis ferruginea		○	
	チカヤ Imperata cylindrica var. koenigii		○	
	オキ Miscanthus sacchariflorus		○	
	ヌカキビ Panicum bisulacatum		○	
	オオクサキビ Panicum dichotomiflorum			○
	シラスメノヒエ Paspalum dilatatum			○
	キシュウスメノヒエ Paspalum distichum			○
	スメノヒエ Paspalum thunbergii		○	
	タチスメノヒエ Paspalum urvillei			○
	ヨシ Phragmites australis	○	○	
	ヒイカエリ Polypogon fugax		○	
	アキノノコクサ Setaria faberi		○	
	コツブキノコノコ Setaria pallide-fusca		○	
	キノノコノコ Setaria pumilla		○	
	エノコクサ Setaria viridis		○	
	ムラサキノコノコ Setaria viridis f. misera		○	
カヤツリクサ科	アセナルコ Carex dimorpholepis		○	
	ヒメクク Cyperus brevifolius var. leioplepis		○	
	アセカヤツリ Cyperus globosus		○	
	ココメカヤツリ Cyperus iria		○	
	カララスカナ Cyperus sanguinolentus		○	
	ヒテリコ Fimbristylis miliacea		○	
	ウキヤガラ Scirpus yagara		○	
44科	122種	33	67	23

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。

「原色日本気か植物図鑑」(長田武正、1976) 「園芸植物大辞典」(塚本洋太郎総監修、1994)

(2) 昆虫確認種目録

目	科	種	調査方法および調査地点					
			ライトトラップ°		ベイトトラップ°		任意採集	
			P-1	P-2	P-1	P-2	庭内	隣公園
トビムシ	ヒメトビムシ	ヒメトビムシ科の一種 Hypogastruridae gen. sp.			○	○		
	ツチトビムシ	ツチトビムシ科の一種 Isotomidae gen. sp.				○		
	トゲトビムシ	トゲトビムシ科の一種 Tomoceridae gen. sp.			○	○		
	アヤトビムシ	アヤトビムシ科の一種 Entomobryidae gen. sp.				○		
トンボ	イトトンボ	アジイトトンボ					○	○
		アオモンイトトンボ					○	○
	ヤンマ	キンヤンマ					○	
	トンボ	ショウジョウトンボ					○	
		シオカフトンボ					○	○
		ウスハネキトンボ					○	○
		ナツアカネ					○	○
マクダテアカネ						○	○	
アキアカネ					○	○		
ハナハチ	クラ	クラ					○	
	コオロギ	ハラオカメコオロギ				○	○	○
		ミツカトコオロギ				○		
		クマコオロギ			○			
		シハスズ			○	○		
		マダラスズ				○	○	
		ヤチスズ					○	
		エンマコオロギ				○	○	○
		ツツレサセコオロギ			○	○		
	キリギリス	ツユムシ					○	○
		アシクロツユムシ					○	
		ウスイロササキリ					○	○
	ハナハチ	ショウリョウハナハチ					○	○
		クルマハナハチ					○	
		トノサマハナハチ					○	○
エゾイナゴ						○		
ツチイナゴ						○	○	
イホハナハチ						○	○	
ヒシハナハチ	トゲヒシハナハチ					○		
	ニセハネナカヒシハナハチ					○		
	ヒメヒシハナハチ					○		
	ヒシハナハチの一種 Tetrix sp.			○				
ハサミムシ	ハサミムシ	ヒゲシロハサミムシ			○			
	オオハサミムシ	オオハサミムシ			○	○		
カメムシ	ウンカ	トビイロウンカ	○					
	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					○	
	アブラムシ	アブラムシ科の一種 Aphididae gen. sp.				○		
	カタヒロアメンボ	ホルハートケシカタヒロアメンボ	○					
	アメンボ	アメンボ					○	
	ザンカメ	ヒメトビザンカメ	○					
ナカカメムシ	ヒメナカカメムシ					○		
	ヒメヒラタナカカメムシ					○		
	ヒメオオメカメムシ			○		○		

目	科	種	調査方法および調査地点						
			ライトトラップ°		バイトトラップ°		任意採集		
			P-1	P-2	P-1	P-2	森林	農圃	
カメシ	ホソハリカメシ	ホソハリカメシ					○	○	
	ハリカメシ	ホソハリカメシ					○	○	
	ヒメハリカメシ	アカヒメハリカメシ					○		
	マルカメシ	マルカメシ					○	○	
	カメシ	ウスラカメシ	ウスラカメシ					○	
		フチケカメシ	フチケカメシ					○	
		ナカメ	ナカメ					○	○
トゲシラホシカメシ		トゲシラホシカメシ					○		
シラホシカメシ		シラホシカメシ					○		
	イチモンジカメシ	イチモンジカメシ					○		
コウチュウ	オサムシ	ウスオビコミスギワコミムシ		○					
		ヨツモンコミスギワコミムシ	○						
		セアカヒラタコミムシ				○			
		オオスゲコモクムシ				○			
		ヒメケコモクムシ				○			
		ウスアカクロコモクムシ				○			
		コアトリアオコミムシ				○			
		オオトホシアオコミムシ			○	○			
		アトワアオコミムシ				○			
	ホソクビコミムシ	ミイテラコミムシ				○			
	ゲンゴロウ	チビゲンゴロウ		○					
		ホソセシゲンゴロウ			○				
	カムシ	チビヒラタカムシ	○						
	ハネカクシ	チビニセユミセミソハネカクシ	○						
		キハニセユミセミソハネカクシ	○						
		ニセユミセミソハネカクシ	○						
		ヤマトニセユミセミソハネカクシ	○						
		クロストカリハネカクシ	○						
		ハネナカ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				○			
		ヒゲアトハネカクシの一種 Aleochara sp.				○			
	スクロアカチビハネカクシ	○	○						
ハネカクシ科類 Staphylinidae gen. spp.	○								
コカネムシ	アカヒロウトコカネ			○					
	アオトウカネ	○							
	マメコカネ					○	○		
	コアオハナムケリ					○	○		
	シロテンハナムケリ					○	○		
マルトケムシ	シラフチビマルトケムシ		○		○				
コメツキムシ	マタラチビコメツキ					○			
	サビキコリ			○					
ケンキスイ	マヒラタケンキスイ		○			○			
	モンチビヒラタケンキスイ			○					
キスイムシ	ケチカセマルキスイ		○						
	マルカタクスイ	○	○						
テントウムシ	アトホシメテントウ					○			
	ナナホシテントウ					○	○		
	ナミテントウ					○	○		

目	科	種	調査方法および調査地点						
			ライトトラップ°		ヘイトトラップ°		任意採集		
			P-1	P-2	P-1	P-2	施設内	隣接公園	
コウチュウ	テントウムシ	ヒメカメコテントウ					○	○	
	アリモトギ	ケオヒアリモトギ			○		○		
	ゴミシタマシ	ヒメナゴミシタマシ			○				
	ハムシ	アオハネサルハムシ						○	
		ヨモギハムシ						○	○
		ヤナギルリハムシ						○	○
		ウリハムシ						○	○
		フタスジヒメハムシ						○	
		カミナリハムシ						○	
	ネソクチゾウムシ	ヒレハネソクチゾウムシ					○		
ゾウムシ	イネミスゾウムシ			○					
ハチ	ハバチ	ハクローハバチ					○		
	コマバチ	コマバチ科の一種 Braconidae gen. sp.	○						
	ヒメバチ	キオヒコンジトヒメバチ					○		
	コツチバチ	ハルコツチバチ					○		
	アリ	オオハリアリ				○			
		ムネホソアリ					○		
		ヒメオオアリ					○		
		アミメアリ			○		○		
		トビイロシクアリ	○		○	○	○		
		ヒラアシアリ		○					
		トビイロケアリ			○	○	○		
		アメイロアリ			○	○			
	トローバチ	キホシトツクリバチ						○	○
		オオカハフトトローバチ						○	
		チビトローバチ						○	
	スズメバチ	フタモンアシナガバチ						○	○
		キアシナガバチ						○	
	アナバチ	アメリカシナガバチ						○	
		ヒメコオロキバチ						○	
	コハナバチ	アカカネコハナバチ						○	
		ツマルコハナバチ						○	
		コハナバチ科の一種 Halictidae gen. sp.						○	
	ハエ	カカシホタマシ	ウスモンカカシホタマシ			○			
オトリカカシホタマシ			○						
カカシホ		カカシホ 亜科の一種 Tipulinae gen. sp.		○					
チョウハエ		チョウハエ科の一種 Psychodidae gen. sp.		○	○				
ヌカ		ヌカ科類 Ceratopogonidae gen. spp.	○	○					
ユスリカ		ミツヒツヤユスリカ						○	
		キソカフユユスリカ			○				
		フユユスリカ属の一種 Hydrobaenus biwaquarta			○				
		エリユスリカ属の一種 Orthocladus glabripennis			○		○		
		フセクトウクワテウス属の一種 Psectrocladius sp.						○	
		スミティア属の一種 Smittia aterrima	○				○		
		スミティア属の一種 Smittia sp.			○				
		シヤクユスリカ	○						
	オオユスリカ			○	○				
	クロユスリカ			○			○		
ハイロユスリカ						○			

目	科	種	調査方法および調査地点					
			ライトトラップ°		ヘイトトラップ°		任意採集	
			P-1	P-2	P-1	P-2	庭内	公園
ハエ	ユスリカ	ミナユスリカ		○			○	
		ヤマトハモンユスリカ		○				
		ヒクテンデイス属の一種 <i>Biwatendipes motoharui</i>	○		○			
		オヤマヒユスリカ	○					
		タニタルス属の一種 <i>Tanytarsus</i> sp.	○					
	タニタルス属類 <i>Tanytarsus</i> spp.		○					
	クロハネキノコハエ	クロハネキノコハエ科の一種 <i>Sciaridae</i> gen. sp.	○			○		
		クロハネキノコハエ科類 <i>Sciaridae</i> gen. spp.		○	○			
	ノミハエ	ノミハエ科の一種 <i>Phoridae</i> gen. sp.		○				
	ハナアブ	ヒメヒラアブ					○	○
		キタヒラアブ					○	
		キコシハナアブ					○	
		オホハナアブ					○	○
	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					○	
	ハモクリハエ	ハモクリハエ科類 <i>Agromyzidae</i> gen. spp.		○				
	ミキワハエ	ハタラミキワハエの一種 <i>Scatella</i> sp.	○					
		ミキワハエ科の一種 <i>Ephydriidae</i> gen. sp.		○				
ショウジョウバエ	ショウジョウバエ属の一種 <i>Drosophila</i> sp.			○				
	ショウジョウバエ属類 <i>Drosophila</i> spp.			○				
	ショウジョウバエ科の一種 <i>Drosophilidae</i> gen. sp.			○				
	ショウジョウバエ科類 <i>Drosophilidae</i> gen. spp.				○			
ハヤトビハエ	マキハヤトビハエの一種 <i>Copromyza</i> sp.			○				
	ハヤトビハエ科の一種 <i>Sphaeroceridae</i> gen. sp.	○	○		○			
ハナハエ	ハナハエ科の一種 <i>Anthomyiidae</i> gen. sp.			○				
イハエ	ヒメセマダラハエ					○		
クロハエ	ヒロスギハエ					○		
	キノハエ					○	○	
ニコハエ	シグレニコハエ					○		
トビケラ	ヤマトトビケラ	ヤマトトビケラ属の一種 <i>Glossosoma</i> sp.	○					
		ヤマトトビケラ属類 <i>Glossosoma</i> spp.		○				
	シマトビケラ	コカクシマトビケラ	○	○				
ヒメトビケラ	ヒメトビケラ属類 <i>Hydroptila</i> spp.			○				
	ヒメトビケラ科の一種 <i>Hydroptilidae</i> gen. sp.			○				
チョウ	ハマキガ	ウスアトハマキ	○					
		スキヒハマキ		○				
		ハマキガ科の一種 <i>Tortricidae</i> gen. sp.		○				
	ホソカ	ホソカ科の一種 <i>Gracillariidae</i> gen. sp.	○	○				
	スガ	コナガ		○				
	マルハキハガ	カレハヒメマルハキハガ	○					
	キハガ	キハガ科の一種 <i>Gelechiidae</i> gen. sp.		○				
	メイガ	ツトガ					○	○
		サツマツトガ	○					
		ヨシツトガ	○					
シロスジツトガ		○						
シバツトガ		○	○					
コフノメイガ		○	○			○	○	
マエキノメイガ		○						
シロヒノメイガ	○	○			○	○		

目	科	種	調査方法および調査地点					
			ライトトラップ°		ハイトトラップ°		任意採集	
			P-1	P-2	P-1	P-2	森林内	関係公道
チョウ	メイカ°	ワモンノメイカ°					○	
		アウノメイカ°					○	○
		マエアカスカシノメイカ°					○	○
		タテンノメイカ°	○					
		ヒメマタ°ラミス°メイカ°		○				
		イネコミス°メイカ°	○					
		アオフトメイカ°	○					
		ウスヘ°ニトカ°リメイカ°		○				
		アカマタ°ラメイカ°					○	
	トビ°スシ°マタ°ラメイカ°	○						
	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	アオシジ°アゲハ					○	○
		キアゲハ					○	
	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	ツハ°メシジミ					○	
		ハ°ニシジミ					○	○
		ヤマトシジミ					○	○
	タテハチョウ	ツマク°ロヒョウモン					○	○
		ヒメアカタテハ					○	○
		キタテハ					○	○
	ジヤノメチョウ	ヒメジヤノメ					○	○
	ジャクカ°	コウスアオジャク		○				
		ウスサカハチヒメジャク	○					
		フトジ°マナミジャク	○					
ヨモキ°エタ°ジャク		○						
ウスオエタ°ジャク						○		
スス°メカ°	オオスカシハ°					○	○	
	ヒメクロホウシ°ジャク°					○	○	
ヒトリカ°	カクモンヒトリ					○		
コフ°カ°	クロシジ°シロコフ°カ°	○						
ヤカ°	シロシタヨトウ		○					
	ヒメサヒ°スシ°ヨトウ		○					
	キンモンアカヨトウ	○						
	スジ°キリヨトウ	○						
	シロイチモンジ°ヨトウ		○					
	ハスモンヨトウ	○						
	アカマエアオリンカ°					○		
	フタオヒ°コヤカ°	○						
	ヨモキ°コヤカ°	○						
	イチジクキンウグハ°		○					
	オオンラミアツハ°							
	10目	91科	240種	53	48	30	33	116

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

(3) 両生類確認種目録

目	科	種	任意観察
カエル	アマガエル	アマガエル	○
	アマガエル	ウシガエル	○
1目	2科	2種	

(4) は虫類確認種目録

目	科	種	任意確認
カメ	イシガメ	クサガメ	○
		アカミミガメ	○
トカゲ	ヘビ	シマヘビ	○
2目	2科	3種	

## (5) 鳥類確認種目録

目	科	種	調査区域		
			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			○
ハフリカン	ウ	カワウ	○		○
コウノトリ	サキ	コイサキ		○	○
		アマサキ	○	○	○
		タイサキ	○	○	○
		チュウサキ	○	○	○
		コサキ	○	○	○
		アオサキ	○	○	○
		カモ	カモ	コハクチョウ	
マカモ					○
カルカモ	○				○
コカモ	○				○
オカヨシカモ					○
ヒトリカモ	○			○	○
オナカカモ					○
ハシビロカモ					○
ホシハシロ					○
キンクロハシロ					○
ススカモ					○
ホオシロカモ					○
ミコアイサ					○
タカ	タカ			トビ	○
チドリ	タマシキ	タマシキ			○
		チドリ			○
		ムナクワ			○
	シキ	タカフシキ			○
		イソシキ	○	○	○
		チュウシキ			○
	カモメ	ユリカモメ	○	○	○
		カモメ			○
		ウミネコ			○
	ハト	ハト	キジハト	○	○
トハト			○	○	○
フツホウソウ	カワセミ	カワセミ	○		
スズメ	ヒバリ	ヒバリ	○	○	○
		ツハメ		○	
	ツハメ	ショウトウツハメ	○	○	○

目	科	種	調査区域		
			R-1	R-2	周辺地域
スズメ	セキレイ	キセキレイ	○	○	○
		ハクセキレイ	○	○	
		セウロセキレイ	○	○	○
		タビハトリ	○	○	
	ヒヨドリ	ヒヨドリ	○	○	○
	モズ	モズ	○	○	
	ヒタキ	シヨウビタキ	○		
		ツクミ	○	○	
		オオヨシキリ	○		
		メホソムシクイ	○	○	
		セッカ	○		○
	ホオシロ	ホオシロ	○	○	
	アトリ	カラヒトリ	○	○	
	ハタオリドリ	スズメ	○	○	○
	ムクドリ	ムクドリ	○	○	○
カラス	ハシホソカラス	○	○	○	
	ハシブトカラス	○	○	○	
9目	22科	56種	34	29	45

注) 種の配列は、「日本産野生生物目録-脊椎動物編-」(環境庁、1993)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

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

## 12. 難分解性有機物削減実験

### 1. はじめに

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、環境中で分解されにくいCODの増加が示唆されている。また、この難分解性COD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CODの分解における多自然河川の土壌接触効果を調査した。

本実験は、葉山川河口部から取水した原水がコンクリート三面張水路を流下した場合と、河床構造の違うJ字水路や多自然型水路において岩、水草、瀬、よどみ等を流下した場合での難分解性有機物量・有機物組成の変化の違いについて調査し、多自然型川づくりの推進による琵琶湖の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や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などの浄化機能が考えられる土壌浄化実験施設での難分解性有機物量・有機物組成の変化も調査を行った。

### 2. 実験内容

#### 2.1 実験場所

実験場所を図2-1に、コンクリート三面張水路・J字水路・多自然型水路の施設諸元を表2-1に、浅池型植生浄化実験施設概要図を図2-2に、土壌浄化実験施設概要図を図2-3に示す。

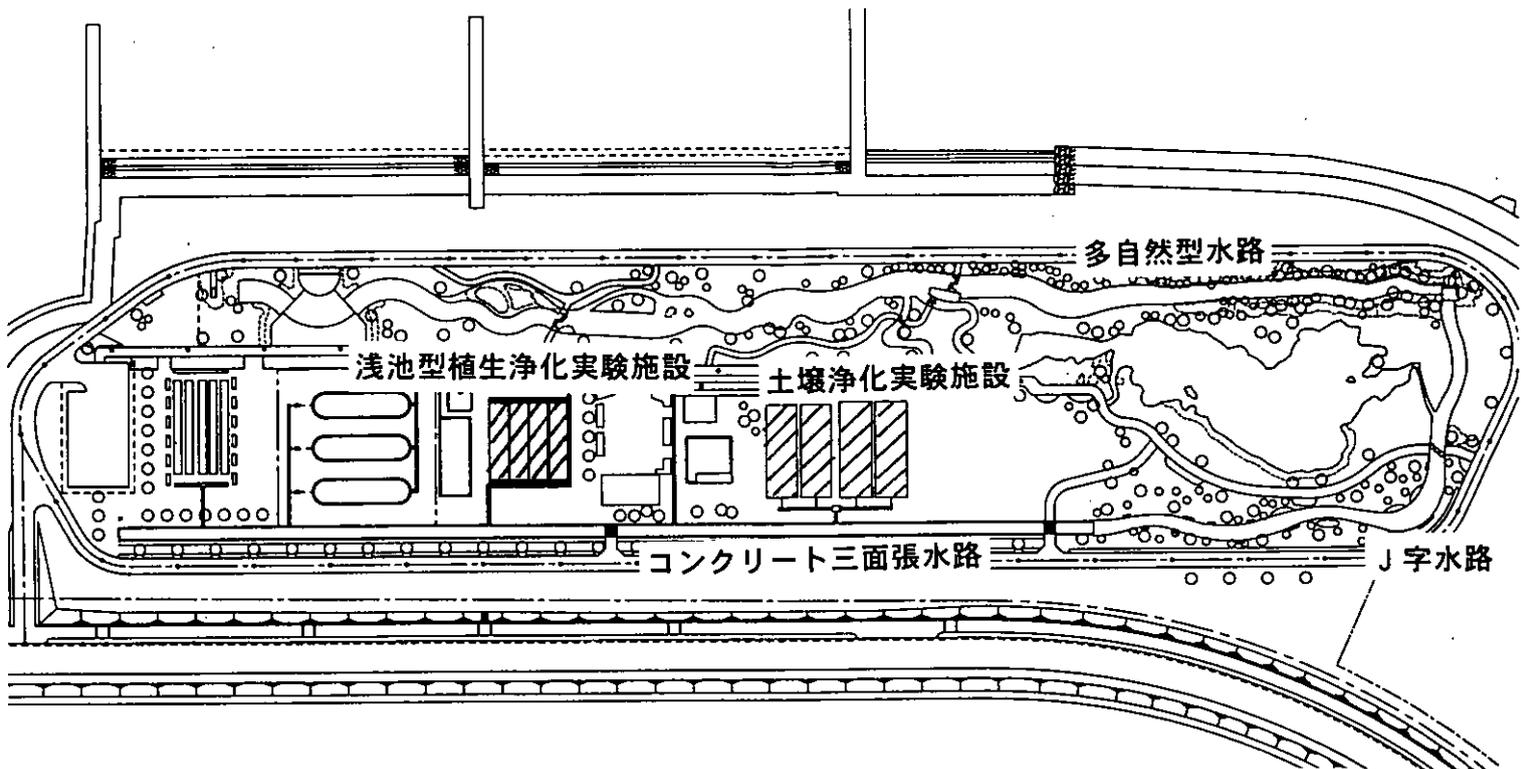
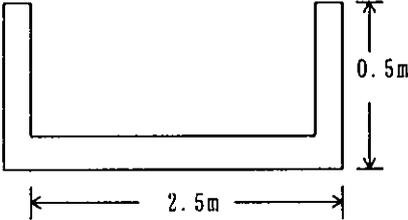
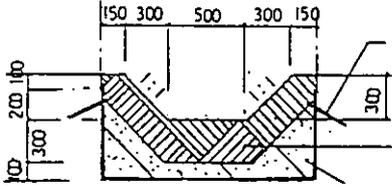
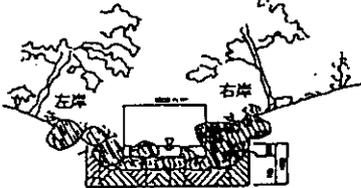
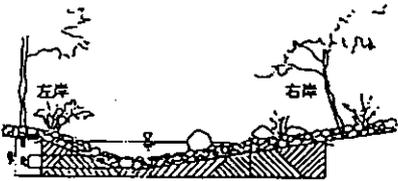


図2-1 実験場所

表2-1 コンクリート三面張水路・J字水路・多自然型水路の施設諸元

	断面図	延長 (面積)	護岸構造	河床構造
三面張水路		約240m	コンクリート	コンクリート
J字水路		約160m	ヤシ繊維 ロール杭 止め等	土
多自然型水路 (上流部)		約50m	自然石	自然石
(中流部)		約125m	丸太・ヤシ 繊維マット	砂利
(下流部)		約165m	土、丸太・ ヤシ繊維マット	土
琵琶湖型実験池	—	— 約2000㎡	自然石、砂利 等	土

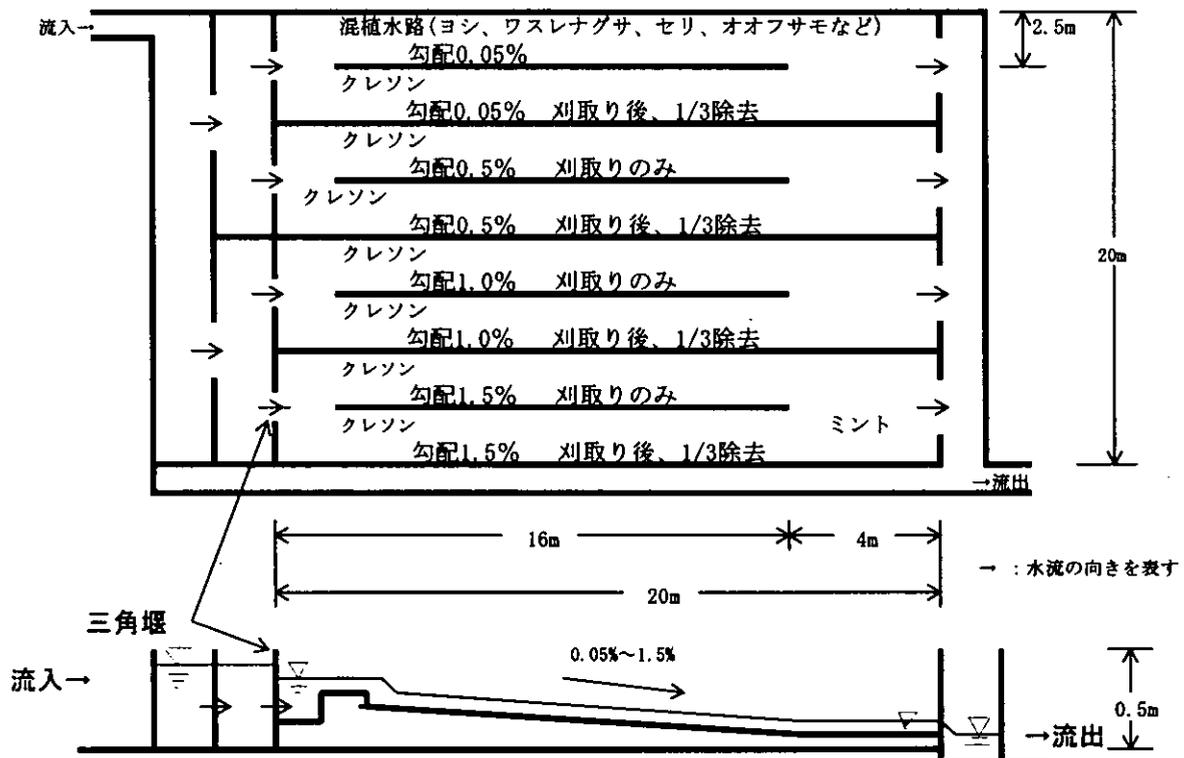


図2-2 浅池型植生浄化実験施設概要図

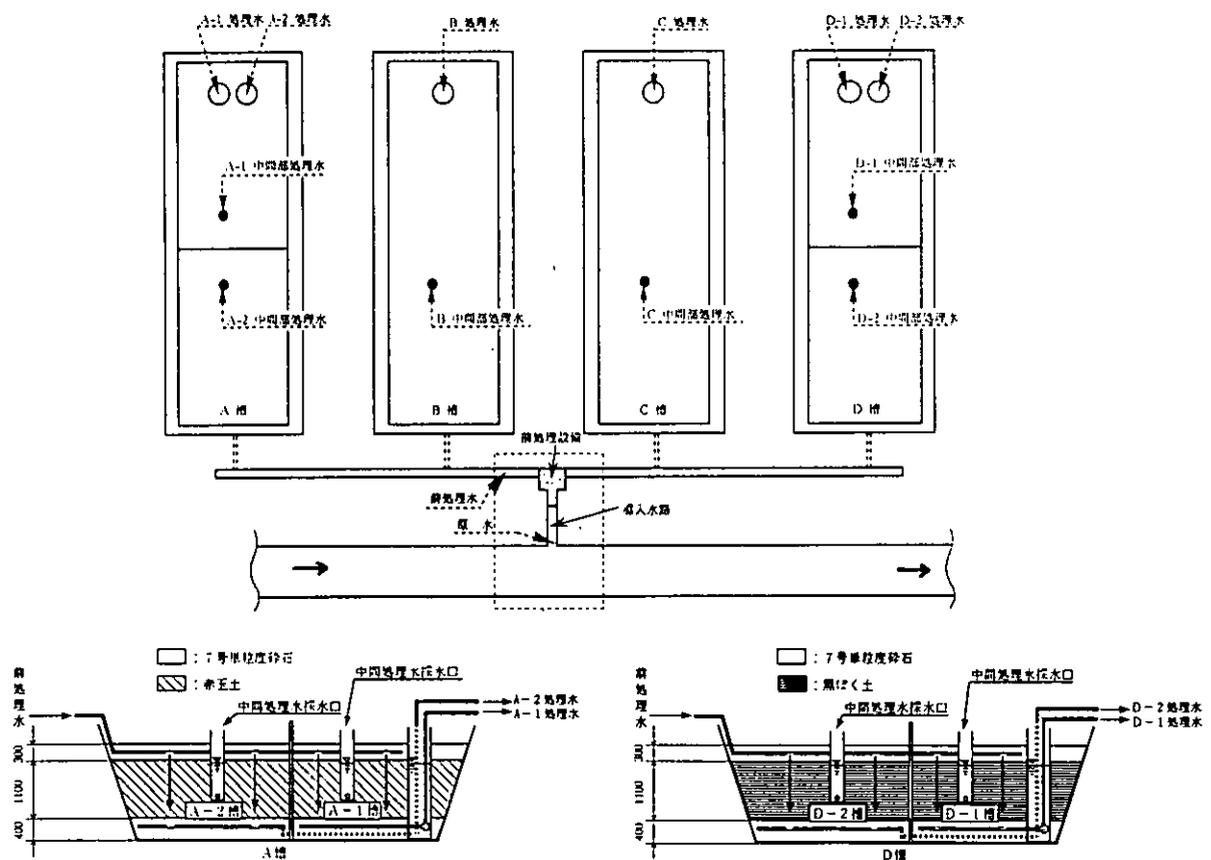


図2-3 土壌浄化実験施設概要図

## 2.2 実験方法

### 2.2.1 実験期間

1998年11月～1999年3月の間に2季（秋季、冬季）、各施設の水質調査を行った。調査頻度を表2-2に示す。

表2-2 調査頻度

実験施設	秋季		冬季	
	1回目	2回目	1回目	2回目
コンクリート三面張水路	11月16日(朝、昼、夜)	11月30日(朝、昼、夜)	1月18日(朝、昼、夜)	1月26日(朝、昼、夜)
J字水路	11月16日(朝、昼、夜)	11月30日(朝、昼、夜)	1月18日(朝、昼、夜)	1月26日(朝、昼、夜)
多自然型水路	11月16日(朝、昼、夜)	11月30日(朝、昼、夜)	1月18日(朝、昼、夜)	1月26日(朝、昼、夜)
浅池型植生実験浄化施設	11月16日(朝、昼、夜)	—	1月24日(朝、昼、夜)	—
土壌浄化実験施設	11月16日(朝、昼、夜)	—	1月25日(朝、昼、夜)	—

朝は8:00、昼は14:00、夜は20:00の調査とした。

### 2.2.2 調査方法

各水路および施設における水質調査は、上流側と同一の水塊を下流側で採取する方法とした。このため、あらかじめ各水路および施設の滞留時間を測定または算出しておき、上流側採水後、滞留時間経過後に下流側の採水を行った。また、三面張水路～多自然型水路では、様々な水理条件による水質変化を知るために、多自然型水路に導入する水量や、多自然型水路下流に堰の有無を変化させた。

#### (1) 滞留時間調査方法

##### ・水路断面の流速測定

コンクリート三面張水路において水路断面による流速を測定した。測定にはプライス式流速計（タマヤ製UC-3）を用い、10秒間の平均流速をその地点の流速とした。測定点は水路幅2m50cmの水路を25cm毎に分割し、その表層、中間層および下層とした。流速測定は調査日の昼のサンプリングの後にコンクリート三面張水路の中間地点付近で行った。

##### ・表面浮子による測定

各水質調査日の朝の採水開始1時間前に表面浮子を流し、各水路間の滞留時間を実測した。この滞留時間に基づいて、各地点における水塊到達時刻を算出し採水を行った。なお、滞留時間の測定には、風の影響による誤差や低水深部分での測定を行うため、大小合わせて3種類の表面浮子をそれぞれ4個づつ用いた。使用した浮子は、市販の表面浮子、釣魚用浮き2種（棒浮きおよび丸浮き）とした。各浮子の特徴を表2-3に示す。

表2-3 各表面浮子の特徴

浮子種類	喫水(cm)	水上(cm)	直径(cm)	備考
大:市販表面浮子	11.0	20.0	6.5	水上部分が高く風の影響を受けることがあった
小:釣魚用棒浮き	6.5	1.0	0.6	
小:釣魚用丸浮き	3.5	1.0	2.3	多自然型水路において石、草等にひっかからなかった

#### (2) 水質調査方法

試料採取は、各水路での滞留時間調査結果を元に、各調査地点での水塊到達時刻を算出し、それに基づいて採水した。流入水を採取した時刻を起点として、各採水地点に浮子が到達した時間後に試料を採取した。採水は流央においてヒシヤクを用い堆積物を巻き上げないように留意して行った。採取したサンプルはポリエチレン製容器に入れ実験室に持ち帰り、出来る限りすみやかに分析した。採水場所を図2-4に、分析項目及び分析方法を表2-4に示す。

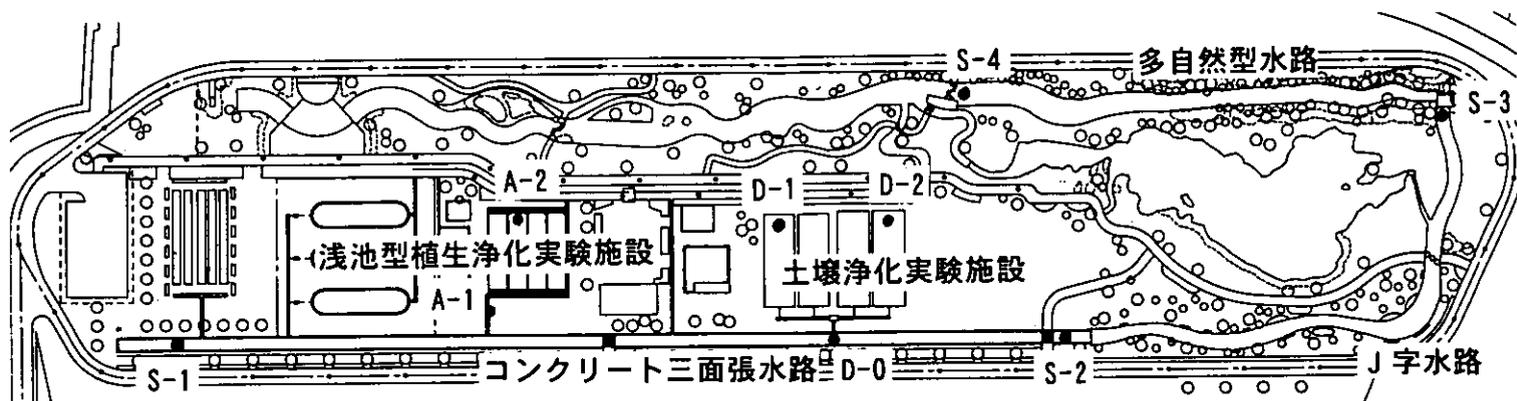


図2-4 採水場所

表2-4 分析項目および分析方法

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
Chl-a (クロロフィル a)	上水試験方法 (アセトン抽出)
BOD (生物化学的酸素要求量)	JIS K 0102 20
COD (化学的酸素要求量)	JIS K 0102 17 過マンガン酸法 (100℃、30分)
D-COD (溶解性COD)	0.45 μm ミリポアろ紙でろ過後、CODと同じ
D-TOC (溶解性TOC)	0.45 μm ミリポアろ紙でろ過後、 JIS K 0102-22.1 燃焼酸化-赤外線式TOC分析法
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 <sub>4</sub> -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 <sub>3</sub> -N (硝酸態窒素)	自動分析法 (Cd-Cuカラム還元法)
NO <sub>2</sub> -N (亜硝酸態窒素)	JIS K 0102-43.1.1 ナフチルエチ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 <sub>4</sub> -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0.45 μm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。

### 3. 実験結果

#### 3.1 滞留時間調査結果

様々な条件による水質変化を知るために、水路の流量等一部水理条件を変えて調査を行った。設定条件は3通りとし、①葉山川取水ポンプ能力が大きい場合、②取水ポンプ能力を小さくし、多自然型水路流入量を減らし、さらに、S-4下流に堰を設置した場合、③取水ポンプ能力を小さくし、多自然型水路流入量を②よりさらに減じた場合とした。水路の設定条件を表3-1に、各水路および施設の滞留時間を表3-2に示す。

表3-1 水路の設定条件

	第1回目 1998.11.16	第2回目 1998.11.30	第3回目 1999.1.18	第4回目 1999.1.25
取水ポンプ能力	10,000m <sup>3</sup> /day	6,300m <sup>3</sup> /day	6,300m <sup>3</sup> /day	6,300m <sup>3</sup> /day
多自然型水路流入量	7,630m <sup>3</sup> /day	2,005m <sup>3</sup> /day	2,005m <sup>3</sup> /day	400m <sup>3</sup> /day
多自然型水路下流堰	なし	あり	あり	なし

表3-2 滞留時間

通水量単位: m<sup>3</sup>/day

調査地点	第1回調査 1998年11月16日			第2回調査 1998年11月30日			第3回調査 1999年1月18日			第4回調査 1999年1月26日		
	区間	累計	通水量	区間	累計	通水量	区間	累計	通水量	区間	累計	通水量
S-1	0分	0分	9700	0分	0分	6000	0分	0分	6000	0分	0分	6000
S-2	18分	18分	7730	28分	28分	4030	19分	19分	4030	22分	22分	4030
S-3	6分	24分	7630	8分	36分	2005	9分	28分	2005	10分	32分	400
S-4	6分	30分	7630	23分	59分	2005	20分	48分	2005	24分	56分	400
A-1	0分	0分	158	-	-	-	-	-	-	0分	0分	23
A-2	43分	43分	158	-	-	-	-	-	-	63分	63分	23
D-0	0分	0分	180	-	-	-	-	-	-	0分	0分	180
D-1	1140分	1140分	180	-	-	-	-	-	-	1140分	1140分	180
D-2	1140分	1140分	180	-	-	-	-	-	-	1140分	1140分	180

#### 3.2 水質調査結果

##### 3.2.1 コンクリート三面張水路・J字水路・多自然型水路水質調査結果

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SS、BOD、P-COD、D-COD、P-TOC、D-TOC、T-N、T-Pの水質濃度を図3-1に示す。これによると、第4回調査の昼を除き、各季節（秋、冬）および調査時刻（朝、昼、夜）において、各水路を流下することによる水質濃度変化は僅かで、SSで数%の除去であった。第4回調査（1999年1月26日）の昼に、降雨または琵琶湖の波浪の影響で、高濃度の粒子状物質が水路に流入した時は、水路を流下するに従って粒子状物質の除去が確認された。SSおよびP-TOCが約60%の除去が見られた。

図3-2に第4回調査・昼のGPC-TCのクロマトグラフを示した。これから、水路を流下することによりGPC-TCのクロマトパターンに明確な変化は見られなかった。また他の調査においてもこれと同様に水路を流下する際のGPC-TCのクロマトパターンに明確な変化が少なく、本調査での水路運転条件では有機物組成が変化しにくいことを示唆している。

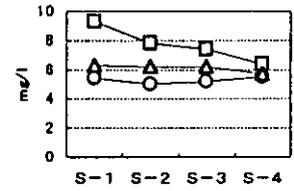
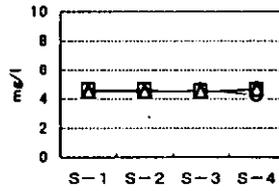
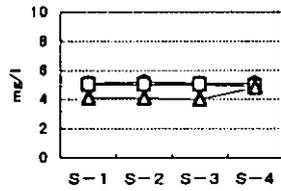
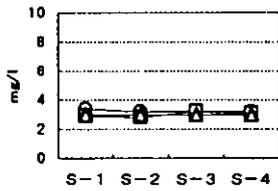
第1回目  
(1998年11月16日)

第2回目  
(1998年11月30日)

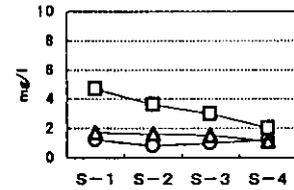
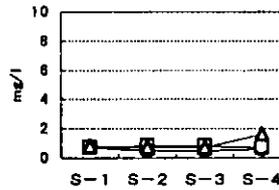
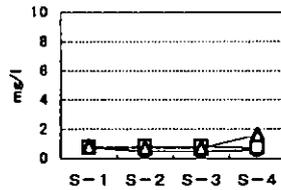
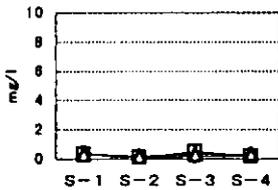
第3回目  
(1999年1月18日)

第4回目  
(1999年1月26日)

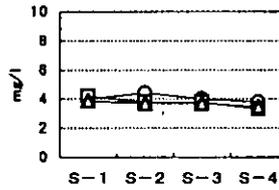
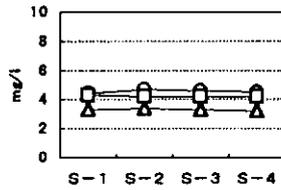
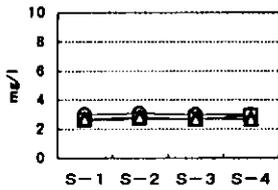
化学的酸素要求量 (COD<sub>Mn</sub>)



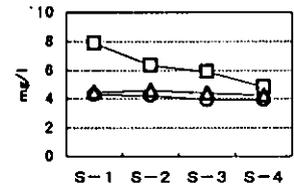
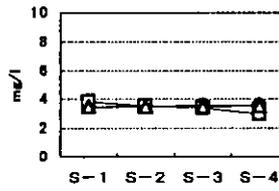
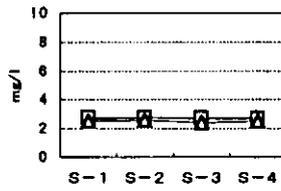
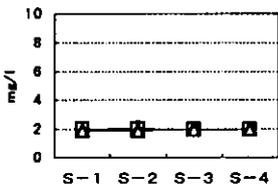
粒子状化学的酸素要求量 (P-COD<sub>Mn</sub>)



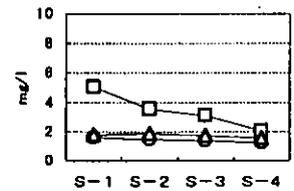
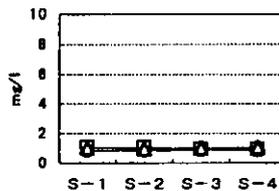
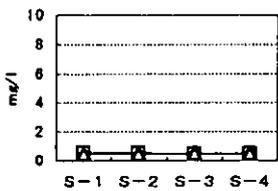
溶存化学的酸素要求量 (D-COD<sub>Mn</sub>)



全有機炭素 (TOC)



粒子状全有機炭素 (P-TOC)



溶解性全有機炭素 (D-TOC)

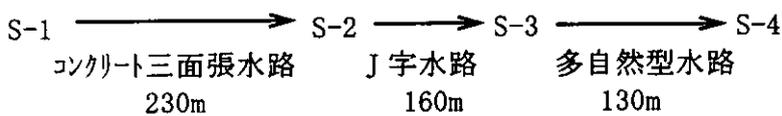
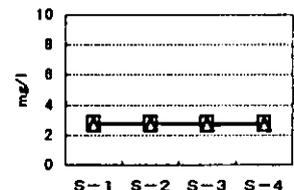
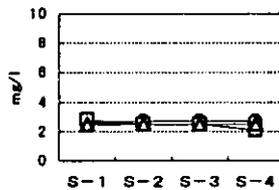
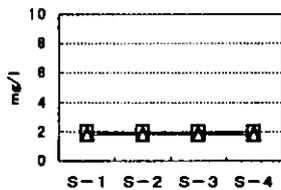
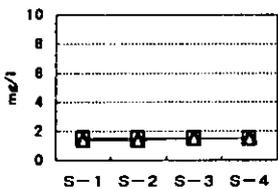


図3-1 各水路流下における水質濃度変化(1)

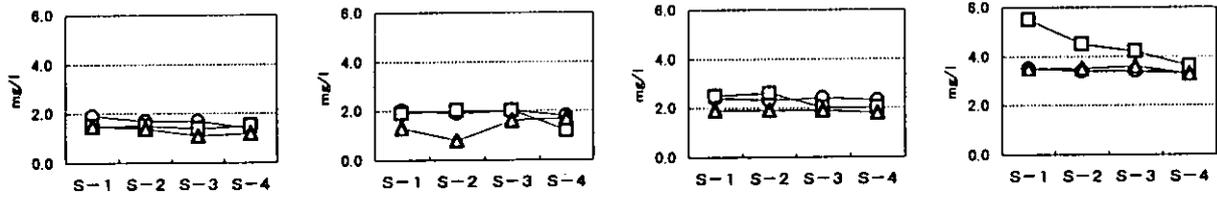
第1回目  
(1998年11月16日)

第2回目  
(1998年11月30日)

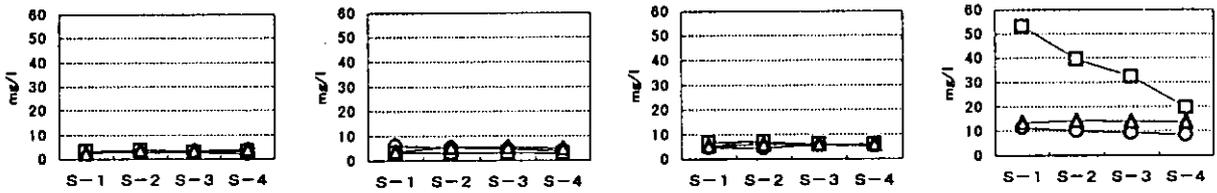
第3回目  
(1999年1月18日)

第4回目  
(1999年1月26日)

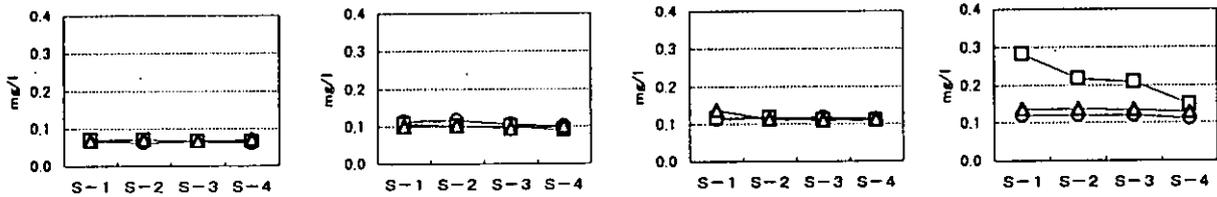
生物化学的酸素要求量 (BOD<sub>5</sub>)



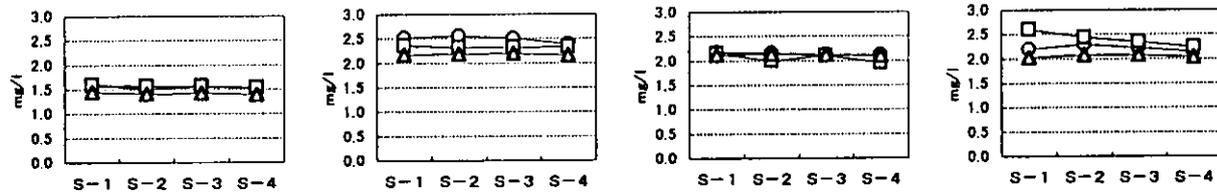
浮遊物質 (SS)



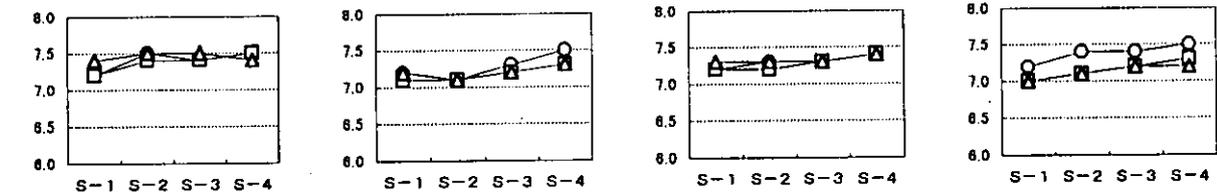
全リン (T-P)



全窒素 (T-N)



水素イオン濃度 (pH)



溶存酸素量 (DO)

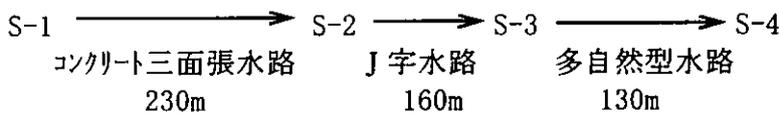
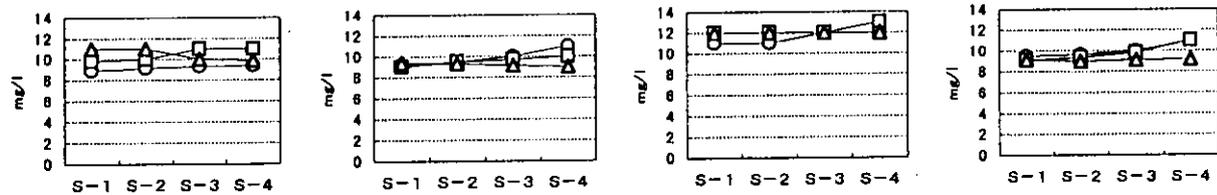


図3-1 各水路流下における水質濃度変化(2)

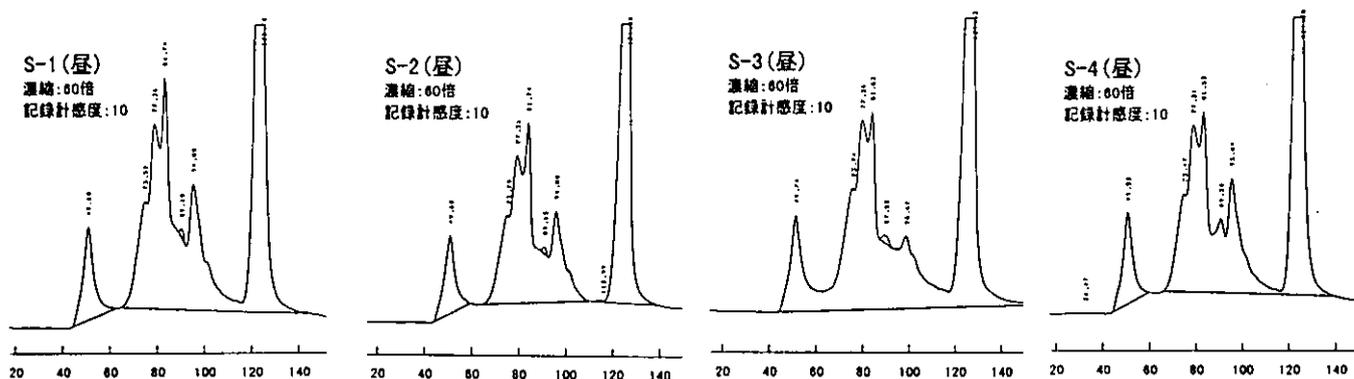


図3-2 各水路流下におけるGPC-TC結果

### 3.2.2 浅池型植生浄化実験施設水質調査結果

浅池型浄化実験施設流入水 (A-1) および処理水 (A-2) のSS、BOD、P-COD、D-COD、P-TOC、D-TOC、T-N、T-Pの水質濃度を図3-3に示す。これによると、秋季 (通常運転時) では、粒子状物質に由来する水質項目 (SS、P-TOCおよびT-P) に対して数10%の除去が見られた。また、冬季 (低流量運転時) では、朝において、処理水のSSとT-Pが流入水より高濃度であり、夜においては、処理水のD-COD、D-TOCおよびT-Nの水質濃度が流入水より高濃度であり、低流量運転時での粒子状物質の遊離や溶存有機物の流出が示された。

図3-4に冬季調査時のGPC-TCのクロマトグラフを示した。冬季調査の夜においては、処理水のD-TOCが流入水の約3.5倍であり、GPC-TCのクロマトグラフのピーク面積も処理水で大きくなっているが、出現ピークパターンは流入水と変化無くほぼ相似形であった。このとき処理水で増加したD-TOCの由来は、水路内の堆積物であると考えられているので、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。

(秋季)

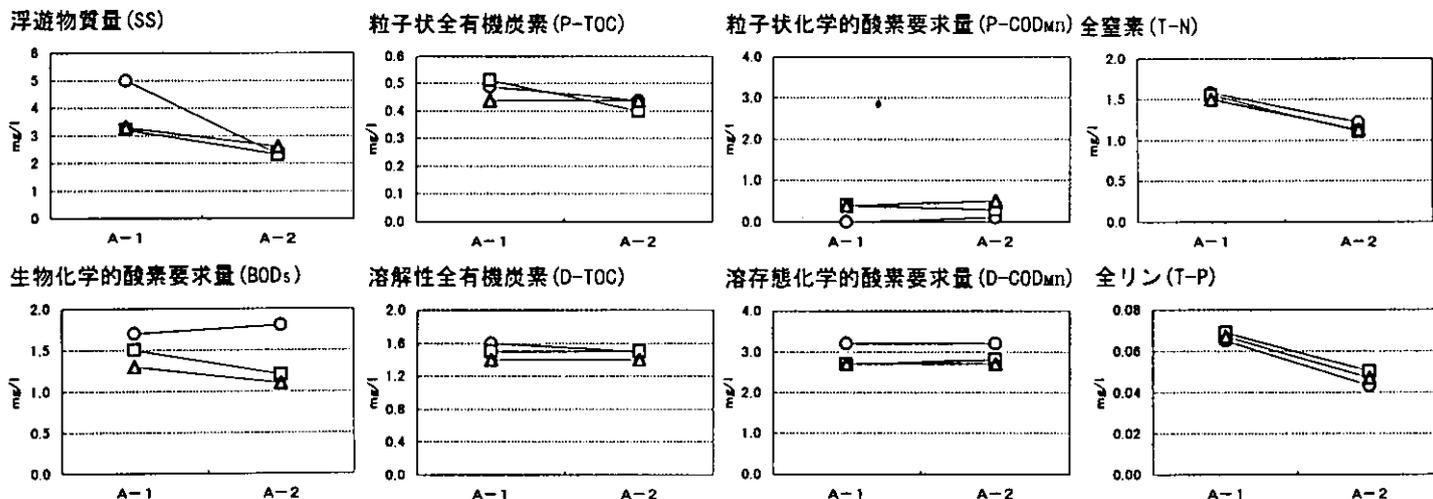


図3-3 浅池型植生浄化実験施設の水質濃度変化(1)

(冬季)

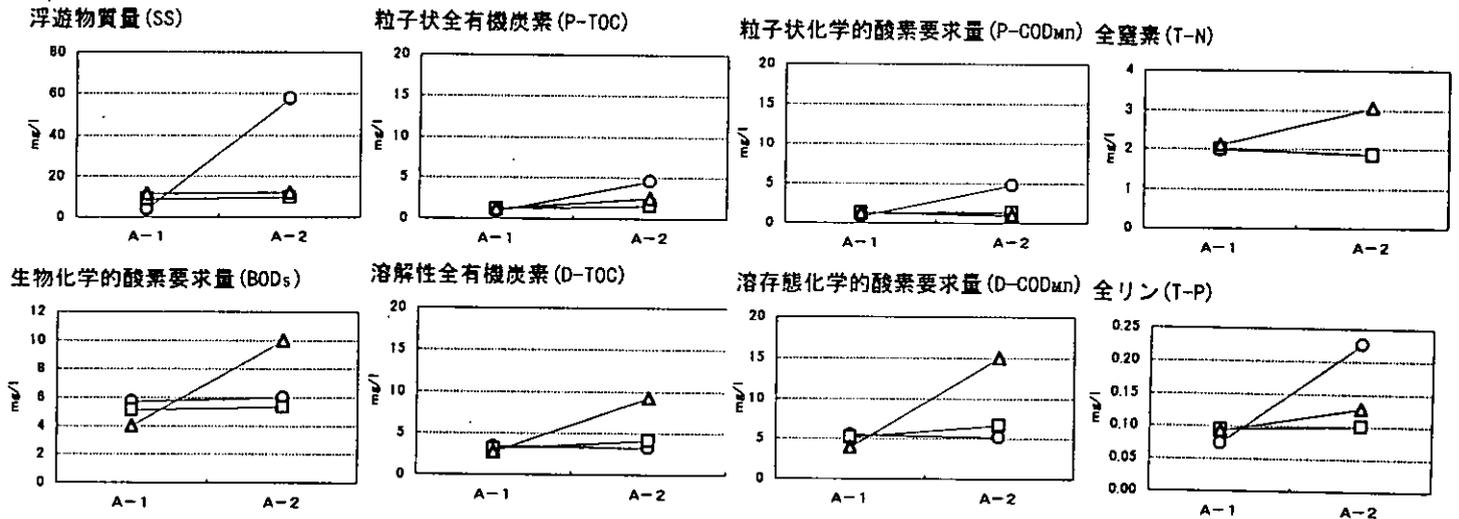


図3-3 浅池型植生浄化実験施設の水質濃度変化(2)

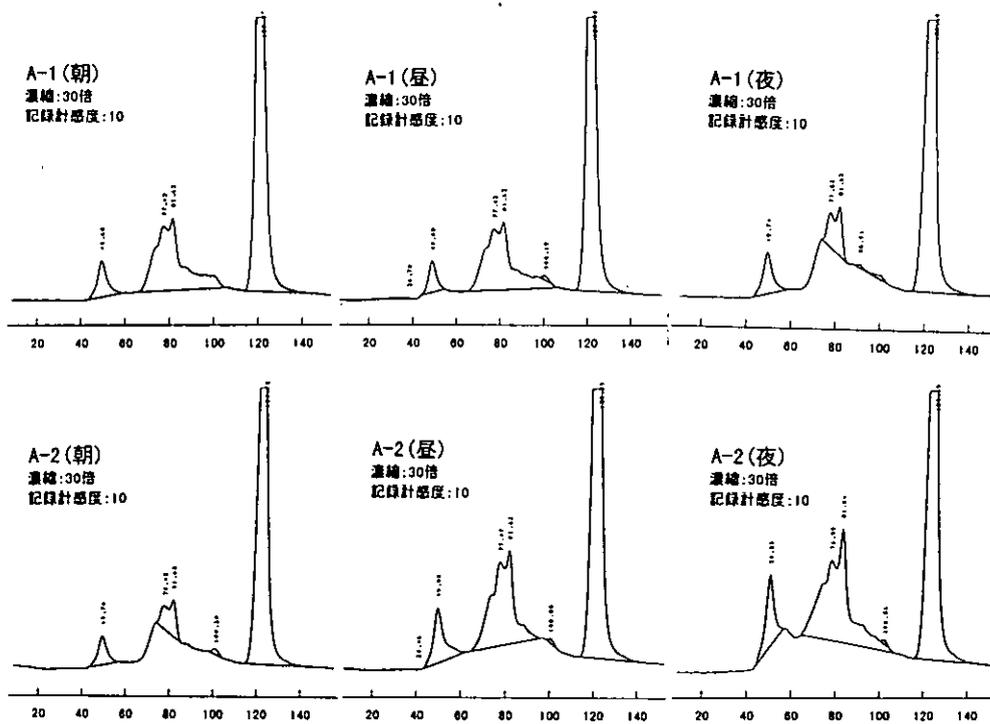


図3-4 浅池型植生浄化実験施設のGPC-TC結果

### 3.2.3 土壤浄化実験施設水質調査結果

土壤浄化施設の赤玉土(D-1)と黒ぼく土(D-2)の除去率を図3-5に、平均除去率を表3-3に示す。

表3-3 平均除去率

項目	平均除去率(%)	項目	平均除去率(%)
SS	91%	D-TOC	48%
Ch-a	79%	T-P	92%
強熱減量	15%	P04-P	87%
BOD	66%	T-N	5%
COD	58%	NH <sub>4</sub> -N	83%
D-COD	55%	Kj-N	67%
P-COD	65%	NO <sub>2</sub> -N	98%
T-TOC	58%	NO <sub>3</sub> -N	-28%
P-TOC	83%	(Kj-N)-(NH <sub>4</sub> -N)	54%

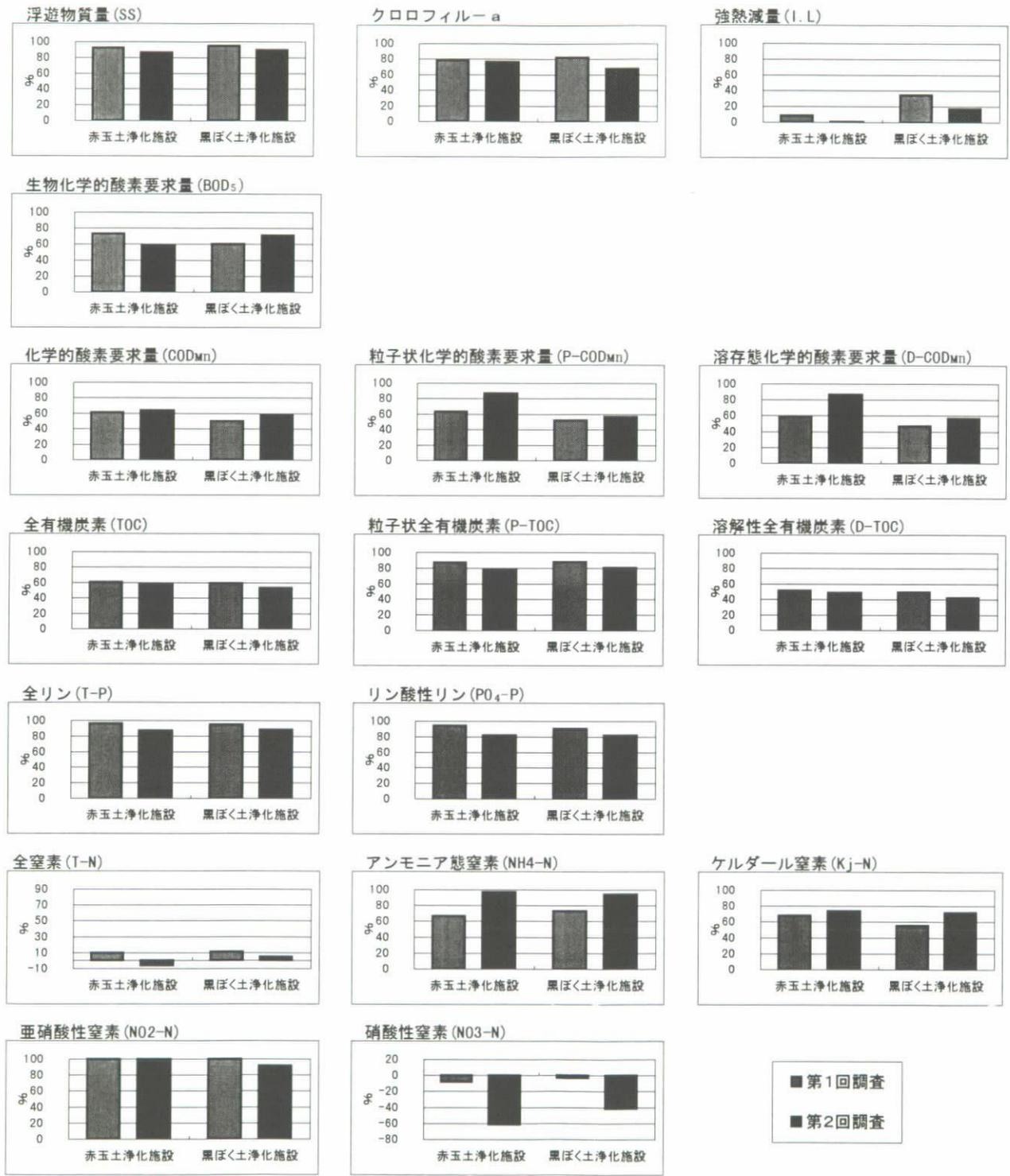


図3-5 土壌浄化実験施設の除去率

これらによると、季節および採水時刻（朝・昼・夜）による水質浄化特性の明確な差はみられず、両土壤において除去率の高かった水質項目は、SS、Chl-a、D-TOC、T-P、NO<sub>2</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N、PO<sub>4</sub>-Pであり、これらは平均除去率が75%以上であった。処理水濃度が流入水濃度より高かったのはNO<sub>3</sub>-Nのみであった。

土壤浄化施設の水質浄化機能として、粒子状物質ではろ過除去、溶存態物質では土壤への吸着あるいは分解が考えられた。特にPO<sub>4</sub>-Pでは、赤玉土および黒ぼく土にアロフェンが多く含有されていることから、アルミノけい酸塩への電気的な結合が考えられ、NH<sub>4</sub>-Nでは微生物の活動による消化作用や脱窒が考えられた。

秋季調査でのGPC-TC分析の結果を図3-6に示す。

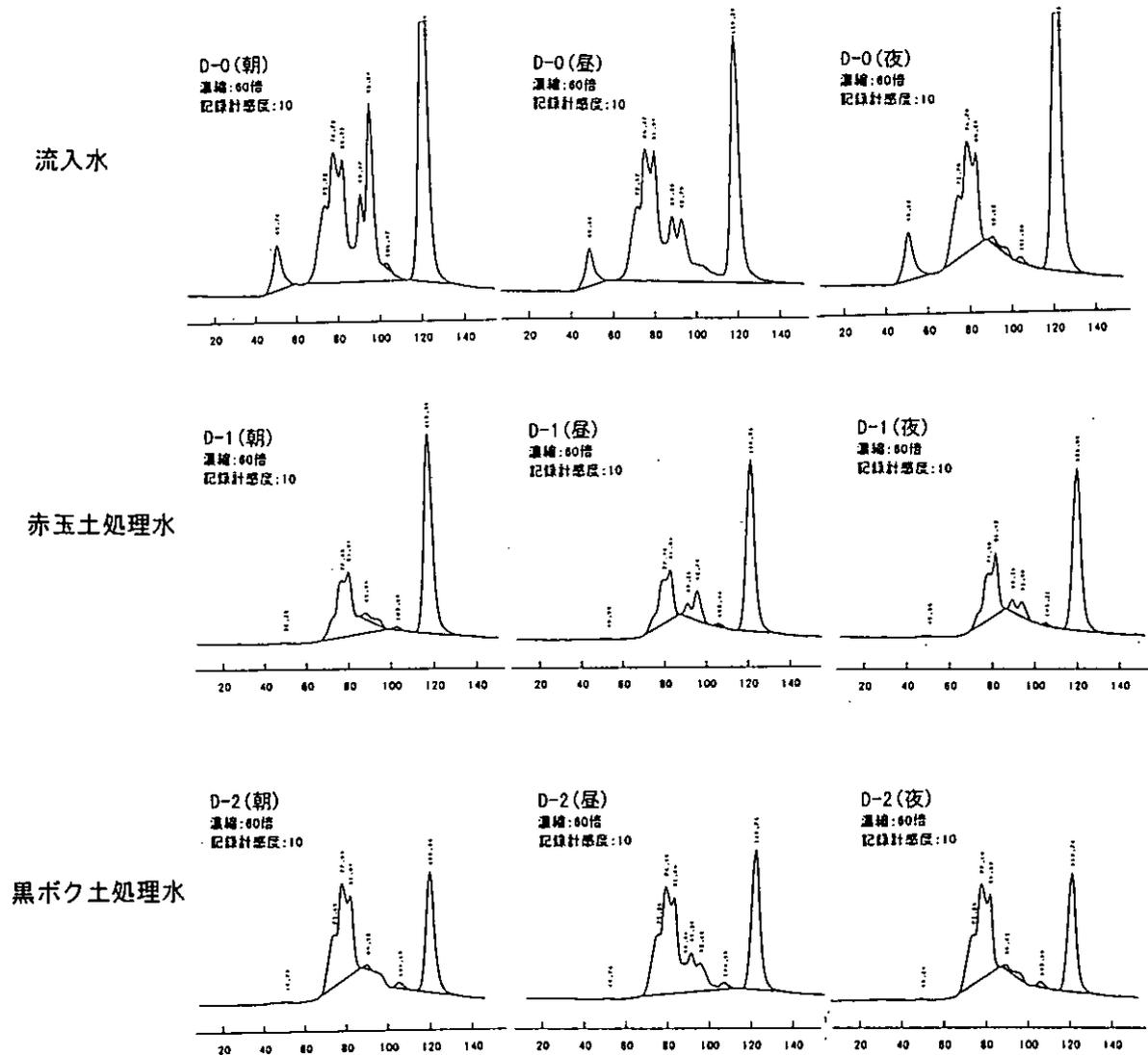


図3-6 土壤浄化実験施設のGPC-TC結果（冬季）

これによると、処理水のGPC-TCのクトマトグラムピーク面積は流入水より小さくなっておりD-TOCの低下を反映している。処理水のGPC-TCのクトマトグラムピークパターンでは保持時間50分のピークおよび、保持時間85分~95分のピーク群が弱くなっており、この部分にピークを形成する溶存有機物が分解されやすかったことが示唆された。また、赤玉土処理水より黒ぼく土処理水の方が保持時間73分と77分のピークが明瞭であったことから、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。

#### 4. まとめ

本実験結果から以下の事が確認および示唆された。

- (1) 各水路の流下による除去はすべての分析項目において僅かであった。しかし、1月26日の高濃度流入時に粒子状成分の除去が見られ、コンクリート三面張水路から多自然型水路への流下により、SS及びP-TOCが約60%の除去率が得られた。
- (2) 浅池型植生浄化施設では、粒子状物質に数10%の除去が見られたが、低流量時に処理水濃度が高濃度になる傾向が見られた。
- (3) 土壌浄化施設では、粒子状物質および溶存態物で50%以上の高除去が見られた。土壌の違いによる差は、pH以外のすべての項目において見られなかった。
- (4) GPC-TCのクロマトグラムのパターンが、流入水と処理水で明確に異なっていたのは、溶存態有機物の組成が明確に異なっていた土壌浄化施設のみであった。

本実験では、異なる特徴を持つ水処理施設（浅池型植生浄化施設、土壌浄化施設）と、護岸形態の違う水路施設（コンクリート三面張水路・J字水路・多自然水路）において水質調査を行い、上に示した現象が確認された。本実験で用いた施設は、自然河川の水質浄化機能の一部を取り出し、その水質浄化機能を強調した施設として位置づけることが出来ると考えられる。すなわち、浅池型植生浄化施設は水生植物や堆積物が多い護岸における水質浄化機能、土壌浄化施設は河床や河岸の土壌中を河川水や伏流水などが浸透通過する際の水質浄化機能、多自然型水路では岩石や河床表面との接触による浄化機能について、それぞれの水質浄化機能を強調した構造を有している。本実験の結果、土壌浄化施設において高い除去率が確認されたことにより、自然河川における土壌浸透条件によっては、高い水質浄化能力が期待できることを示している。また、多自然型水路においてSS濃度が高い水が流入した時に沈殿により粒子状物質の除去が見られた以外は浄化機能が確認されなかった。クレソンの根が張りめぐらされた中を水が流下する浅池型植生浄化施設においては、SS濃度が低い水に対して粒子状物質の植物体への接触による沈殿除去効果が見られたが、低流量条件下では堆積物からの溶出や堆積物そのものが流出したと考えられた。

本調査ではコンクリート三面張水路～J字水路～多自然型水路において、2季節（秋季と冬季）および3通りの水理条件での実験を行ったが、今後、各水路の機能を解析する上では、生物活動の活発になる春季、夏季での調査が必要であり、実験センターで観測された現象について実河川での検証することも重要である。また、溶存有機物や他の水質項目の挙動などについて、実験センターにある他の浄化施設について調査を行い、自然河川での水質浄化機能を推測できる情報を得ることも重要であると考えられる。

---

#### 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	森川 和夫
建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所	水質調査課開発調整係長	板坂 浩和
滋賀県土木部	河港課副係長	中川 元男
滋賀県琵琶湖環境部	環境政策課副参事	松居 弘吉
滋賀県琵琶湖環境部	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
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

## 13. 琵琶湖岸におけるヨシ植栽実験

### 1. 目的

ヨシ植栽を実施する地形的な条件として「わんど」と「なぎさ」を想定した実験施設において、各種工法によるヨシ人工植栽を実施し、各種植栽工法とヨシ生育環境の関係についての知見を得ることにより、今後のヨシの保全や復元の効果的な実施に資することを目的として行うものである。

### 2. 実験内容

本実験は、琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター内琵琶湖岸の、わんどをイメージした半閉鎖型実験施設（以後わんど型実験施設とする）、琵琶湖一般部をイメージした開放型実験施設（以後なぎさ型実験施設とする）において、1997年度より地形測量、わんど型実験施設においてヨシ植栽を行っている。本報告は、1997、1998年度に行われたわんど型実験施設での地形測量結果、及び1997年度10月にわんど北部に行われたヨシ植栽の観察結果（植栽1年目）を中心に述べるものである。以下に詳細を示す。

### 3. 実験施設諸元

図3-1にわんど型実験施設、図3-2になぎさ型実験施設を、施設諸元を表3-1に示す。

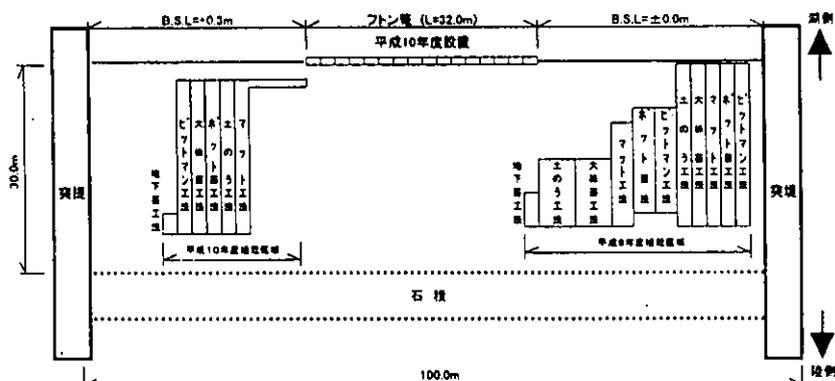


図3-1 わんど型実験施設概要図

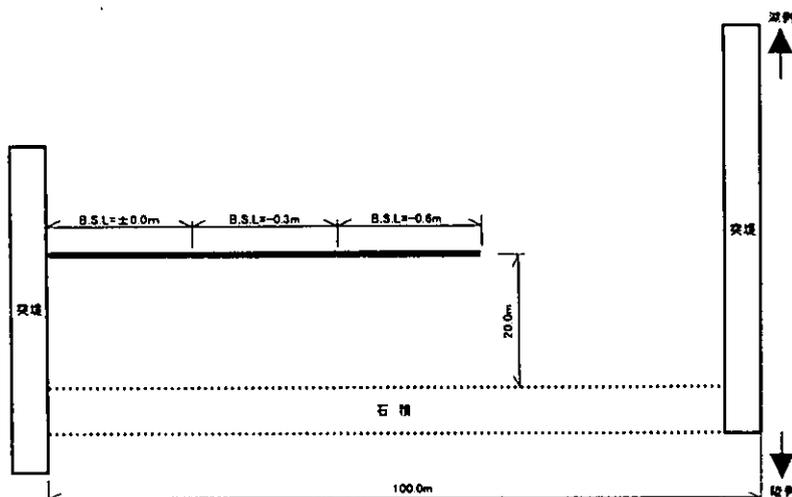


図3-2 なぎさ型実験施設概要図

表3-1 わんど・なぎさ型実験施設諸元

		わんど半閉鎖型施設	なぎさ開放型施設
面積		3,000m <sup>2</sup> (30×100)	2,000m <sup>2</sup> (20×100)
消波施設	種類	鋼矢板 U型Ⅱ L=6.5m 7.0m	コンクリート積みブロック 0.5×1.0×1.0m (H×W×L) 0.7×1.0×1.0
	高さ (B.S.L)	突堤南側：+0.3m 突堤北側：±0.0m	突堤南より ±0.0m、-0.3m、-0.6m
	長さ	突堤両端から30m	突堤南より各々20m

#### 4. 実験準備工

##### 4.1 ふとん籠の設置

わんど型実験施設の消波施設開口部に、土砂の地盤安定を目的に、1998年度にふとん籠の設置を行った。(写真4-1参照)

##### 4.1.1 設置条件

場所：消波施設開口部

距離：32m

深さ：B.S.L=-0.8m

##### 4.1.2 仕様

高さ：400mm

幅：1200mm

長さ：2000mm

数量：32組

設置方法：1段目16個とし、2段重ねで行う。



写真4-1 ふとん籠

#### 4.2 地盤整形工

ヨシの生育可能範囲を広げることを目的として植栽を行う前に基盤の整形を行った。現況地盤の形状（西側の湖矢板部約B.S.L-1.3mから東側陸部B.S.L約±0.3m）を生かし、西側の湖、矢板部付近の現地盤B.S.L-0.3m以下の範囲については、B.S.L-0.3mまで盛土を行い、限地盤B.S.L±0.0mまで地盤をすりあわせた。東側陸部に関しては、B.S.L±0.0mまで地盤を切土し、整形を行った。図4-1に代表測線の断面図を示す。

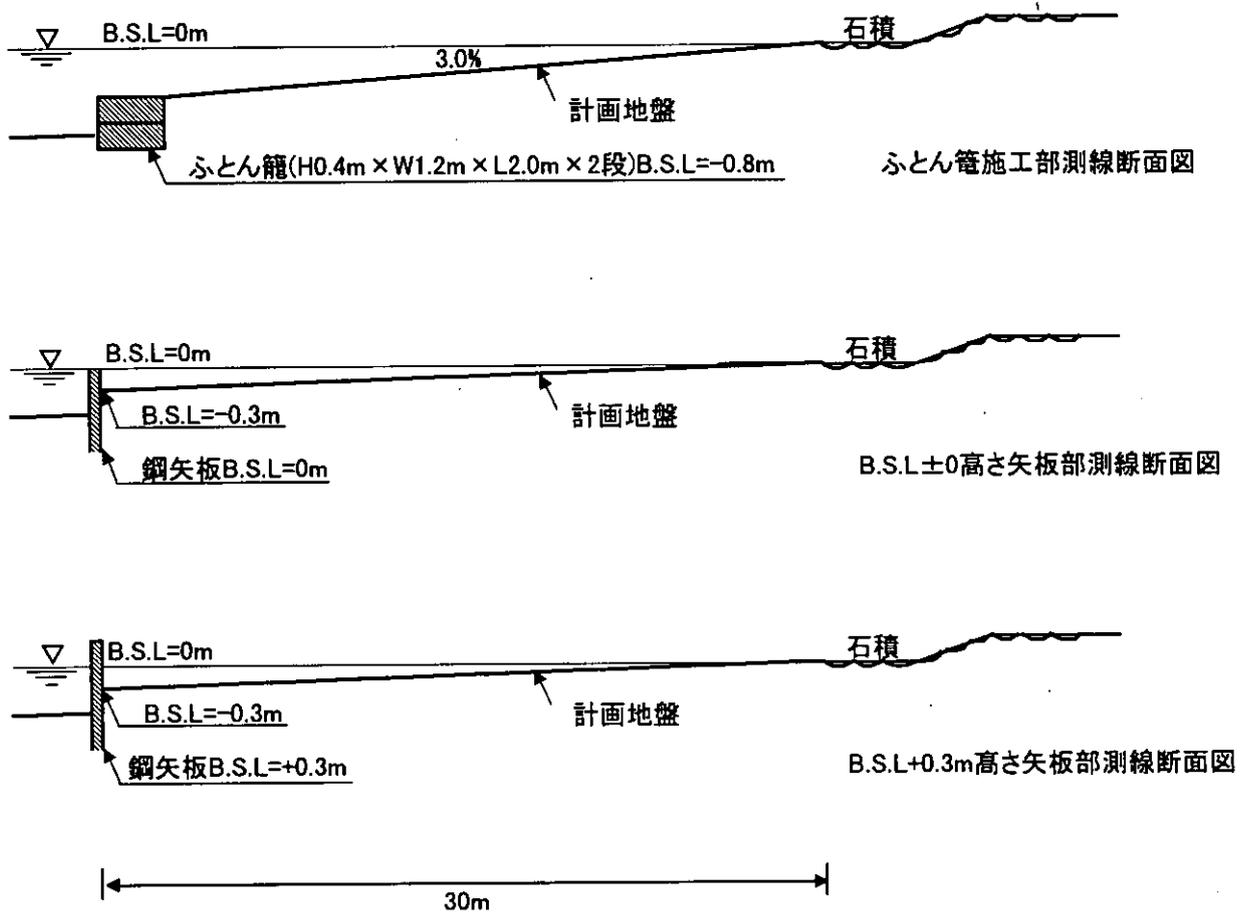


図4-1 地盤整形計画図

## 5. 実験内容

### 5.1 測量定期地盤高調査

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、わんど型実験施設において、図5-1に示す沖合方向の11測線（各測線で10以上の測点）で1997、1998年度とも地盤整形前後および翌春の3月、計3回の地形測量及び横断測量を行った。なお、図でNO.0はわんど型実験施設を意味し、それに続く+nは、その南端からn m北側の沖合方向ラインであることを示している。

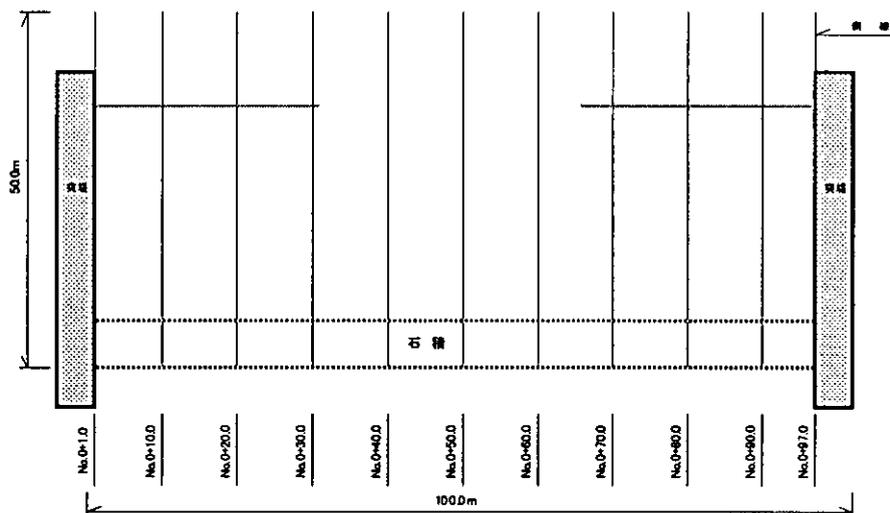


図5-1 横断測線位置図

### 5.2 土質調査

ヨシ活着に大きな要因となる土壌を知り、土砂移動を把握する目的から、粒度試験、含水率、比重の測定を行った。試験個数については、地盤整形前後の8月および3月（測量実施日と同日）にわんど型施設で9検体（3検体×3回）である。試料採取場所を図5-2に示す。

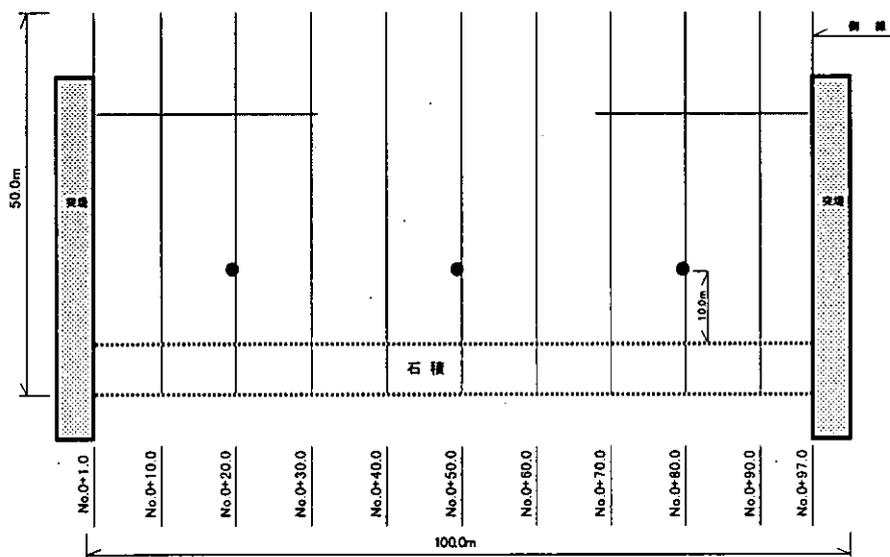


図5-2 試料採取位置図

### 5.3 ヨシ植栽

図3-1に示しているように、わんど型施設の北部矢板設置区域において1997年10月に約1,100株、南部域に1998年8月に560株のヨシ植栽を行っている。本実験で植栽を行った各工法の写真および工法毎の説明を図5-3、1997、1998年度の植栽条件を表5-1に、及び植栽配置図を図5-4、図5-5に示す。

#### 5.3.1 植栽工法

本実験地で行った各工法ごとの写真を以下に示す。



写真5-1 マット工法



写真5-4 大株工法



写真5-2 ポット苗工法



写真5-3 土のう工法

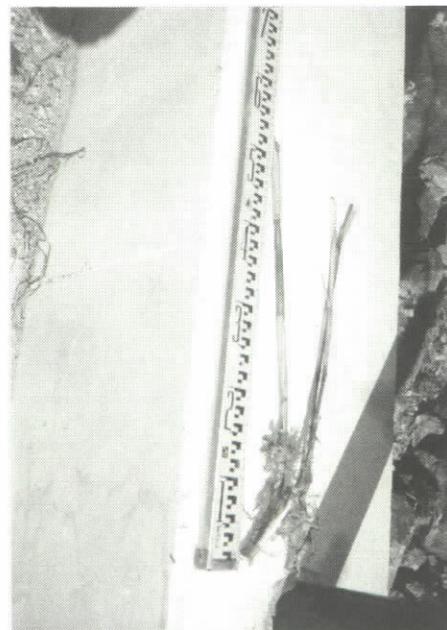


写真5-5 ビットマン工法

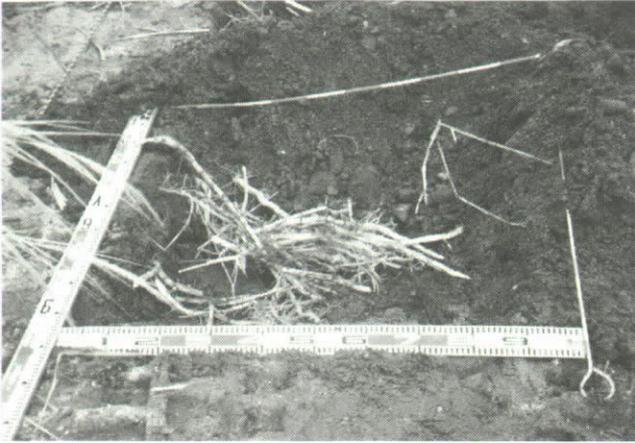
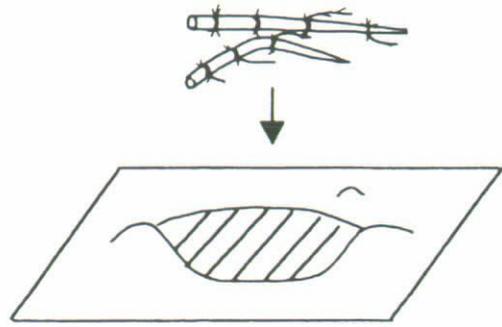
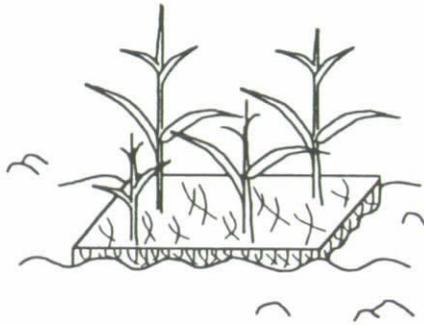


写真5-6 地下茎工法



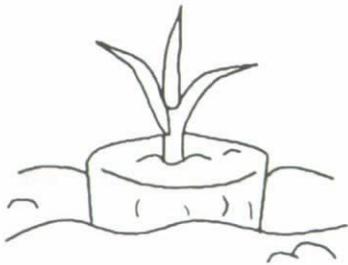
- 地下茎  
ヨシの根を採取し、土中深さ10cmのところに埋める。



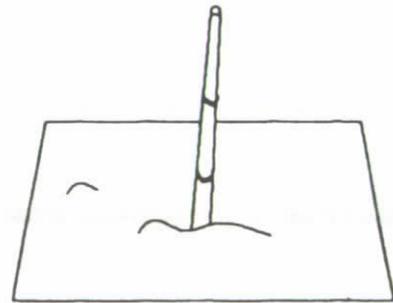
- マット  
ヤシガラマットに苗を植えつけて成長させたものをマットごと土中にうめる。



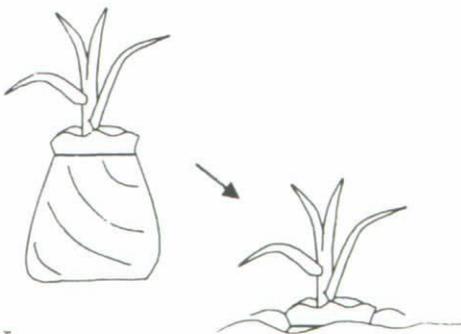
- 大株  
ヨシ帯に生育しているヨシを株ごと掘り起こして移植する。



- ポット  
ポットにヨシの苗を植え、成長させた後ポットをとって直植えする。



- ビットマン  
ヨシの地下茎を根から50cmのところまでカットし、差して植える。



- 土のう  
ポット苗に土のう袋をかぶせて袋ごと植える。

図5-3 工法別イラスト図

### 5.3.2 植栽条件

1997、1998年度に植栽を行った工法別の植栽条件を表5-1に示す。

表5-1 工法別植栽条件

植栽工法名	1997年度		1998年度	
	植栽密度	植栽面積 (m <sup>2</sup> )	植栽密度	植栽面積 (m <sup>2</sup> )
ポット苗工法	4株/m <sup>2</sup>	37.5	4株/m <sup>2</sup>	22
	2株/m <sup>2</sup>	52.5	2株/m <sup>2</sup>	22
大株苗工法	1株/m <sup>2</sup>	90	1株/m <sup>2</sup>	44
ビットマン工法	5本/m <sup>2</sup>	37.5	5本/m <sup>2</sup>	44
	4本/m <sup>2</sup>	52.5		
マット工法	1枚/2m <sup>2</sup>	90	1枚/2m <sup>2</sup>	44
土のう工法	4株/m <sup>2</sup>	49.5	4株/m <sup>2</sup>	22
	2株/m <sup>2</sup>	40.5	2株/m <sup>2</sup>	22
地下茎工法	10根/m <sup>2</sup>	10	10根/m <sup>2</sup>	10

### 5.3.3 植栽配置図

#### (1) 1997年度

わんど型北部に植栽したヨシの配置図を図5-4に示す。開口部からの距離別に、A、B、Cゾーン（地下茎）として植栽を行った。また、ビットマン、ポット、土のう工法については、表5-1で示したように、植栽密度も変えて植栽を行った。

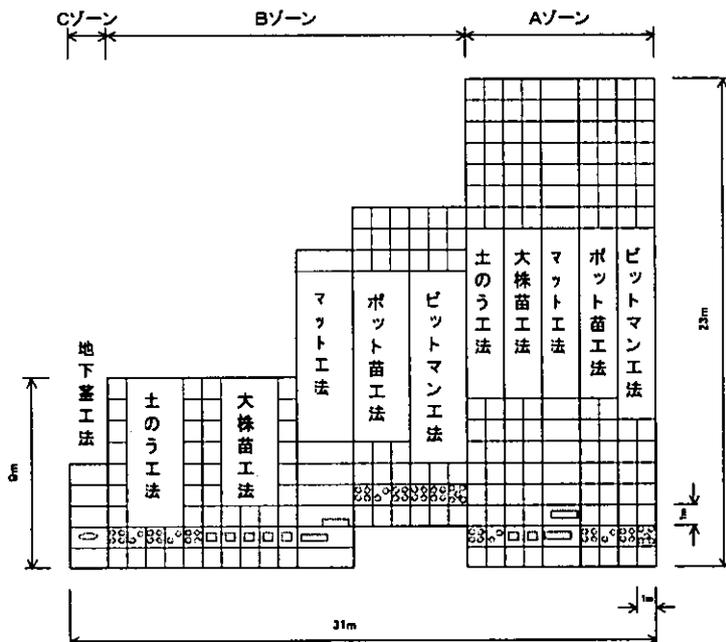


図5-4 1997年度ヨシ植栽配置図

#### (2) 1998年度

1997年度実験において活着の良かったとされる工法から、風波および土砂移動の影響を受けやすいと思われる開口部に近い位置から植栽を行った。また、マット工法についてはさらに厳しい条件下で調査を行うため、一部を矢板と平行（矢板から1mの位置）に植栽を行っている。なお、ビットマン工法に関しては、風波、土砂移動の影響を軽減するため、周りを他の工法で囲むような植栽を行った。

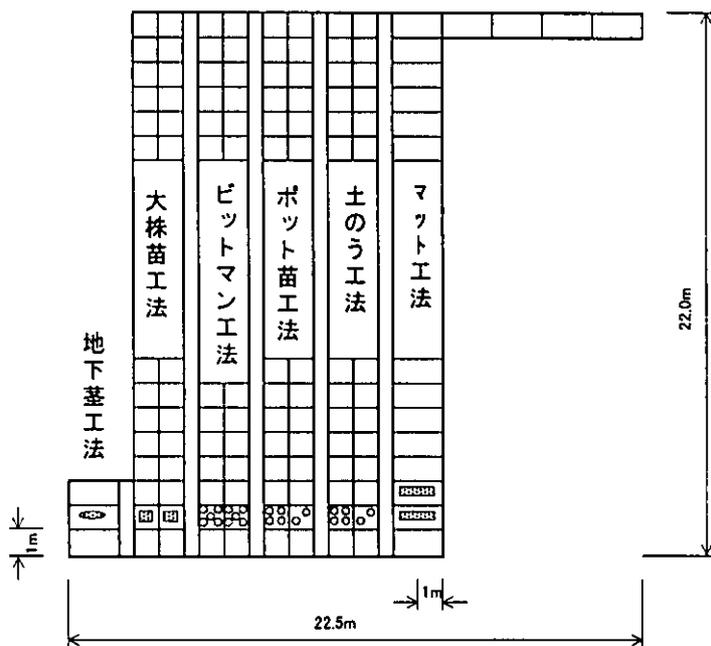


図5-5 1998年度ヨシ植栽配置図

#### 5.3.4 ヨシ生長観察

わんど型施設に植栽を行った全株を対象にして、約1年の間に月1回の頻度で新芽数、新芽高さ、また新芽を確認した際には、その時の水深の測定を行った。以下に詳細を示す。

(1) 調査回数：10回（わんど北部）

(2) 調査日：1997年12月25日

1998年 1月30日、3月2日、4月11日、4月29日、5月9日、5月26日、6月16日  
7月14日、8月29日

なお、わんど南部については98年8月の植栽により、8月以降同様の調査が現在も継続して行われている。

## 6. 結果と考察

### 6.1 地盤変化

1997年度の地盤安定度調査より、単なる土入れではヨシ生育に適した緩勾配の地形を形成させることが困難であることが分かった。したがって1998年度はわんど開口部に土砂流出を防ぐためにふとん籠の設置を行っており、以下にその効果の検討を行う。

#### 6.1.1 代表測線の地盤高経時変化

図6-1にわんど開口部にあたる+40、+50、+60ラインの地盤高変化をふとん籠設置前の1997年と1998年度の結果を比較したものである。

+40mの断面を見ると、地盤整形によってヨシ植栽可能地盤である比高-30cmまでの地盤が半年後の調査においても、維持されている。また、この図からふとん籠設置により、明らかに土砂流出が軽減されている様子がみてとれる。

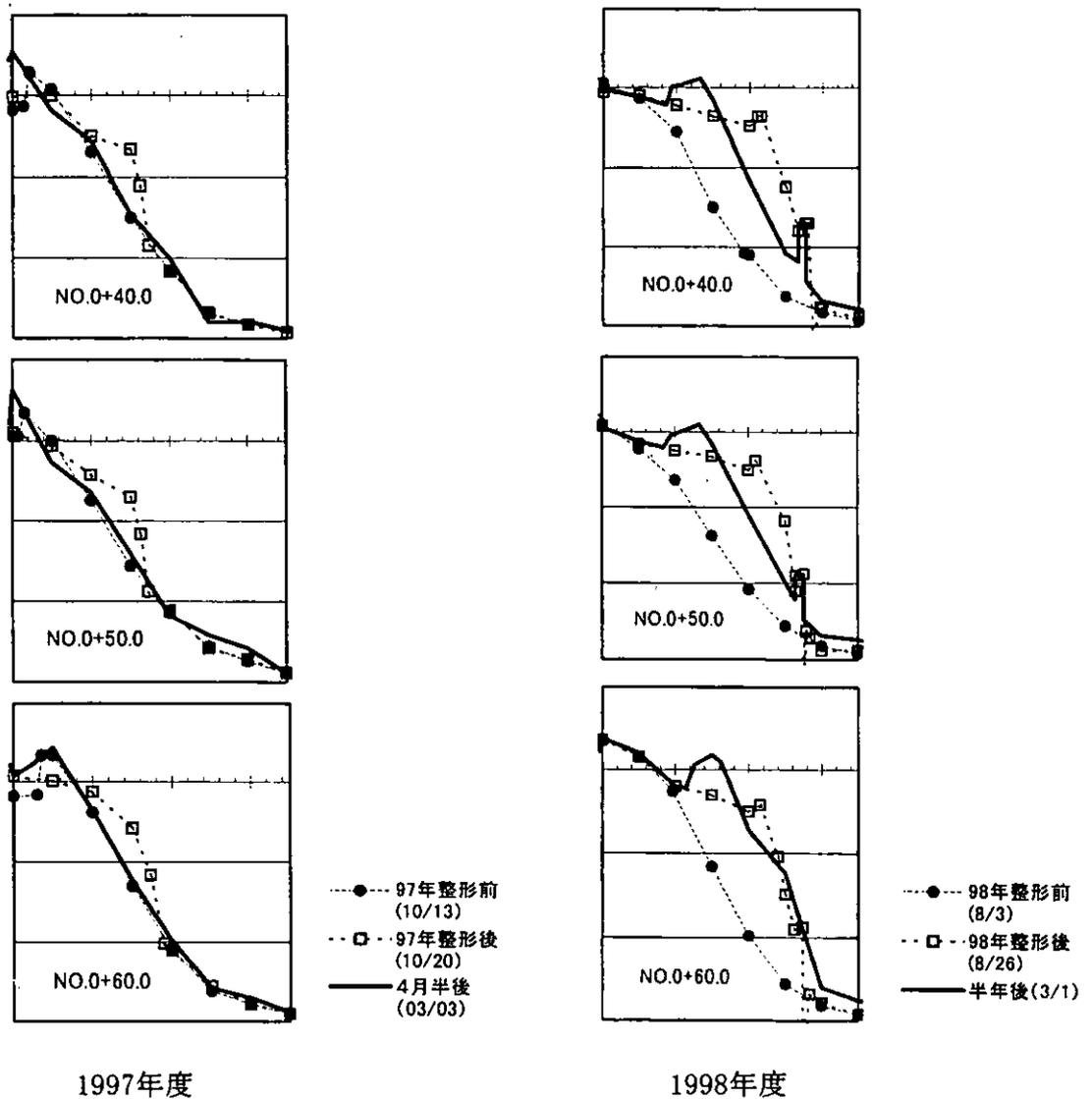


図6-1 わんど開口部における地盤変化

### 6.1.2 全体の地盤変化

次にわんど型施設全体の土砂移動の検討を行う。図6-2に1997、1998年度の整形前、後、3月時点での等高線図で地盤形状を示した図である。1997年度調査と比較すると次のような変化がみられた。

- 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ている。

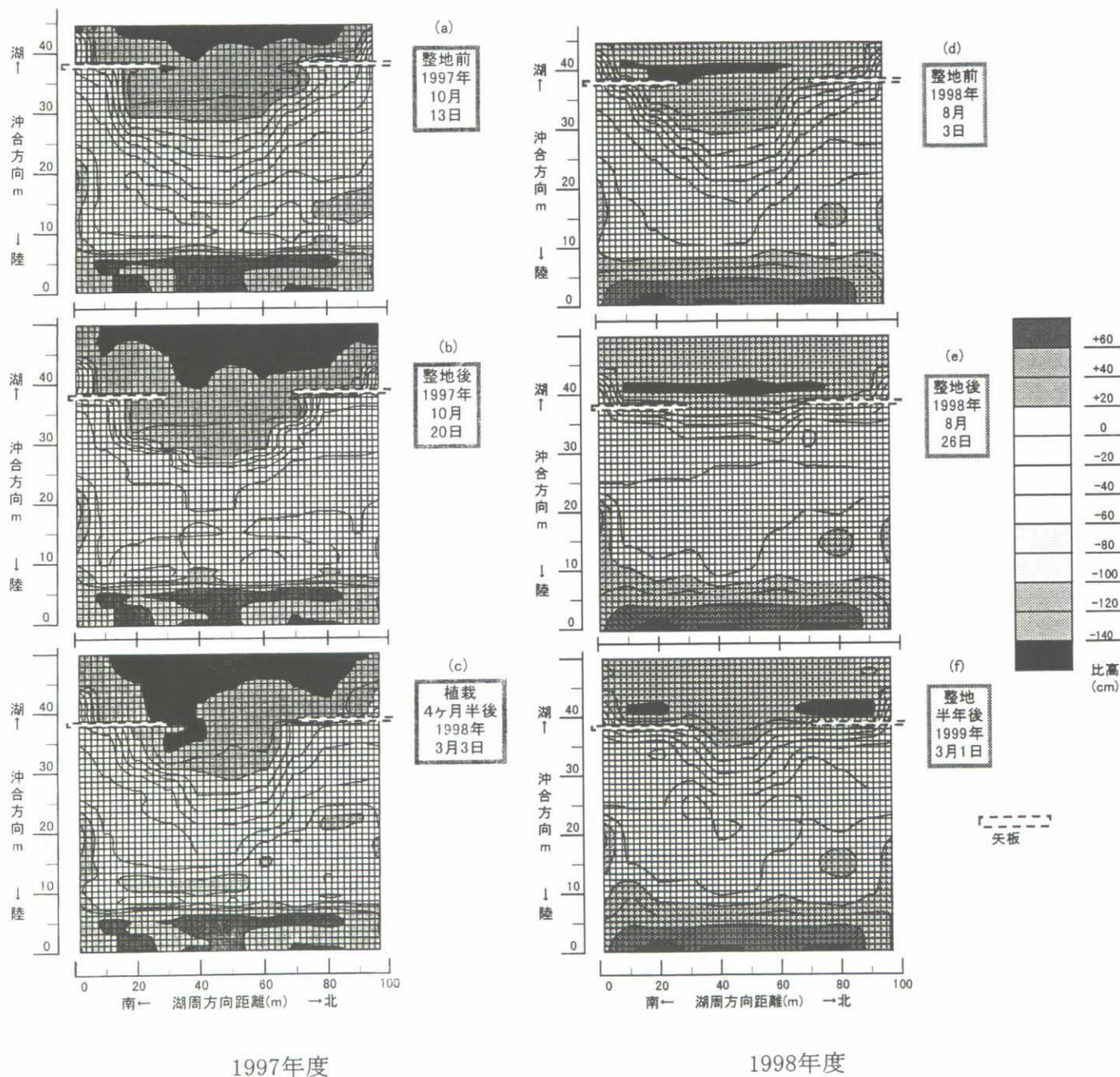
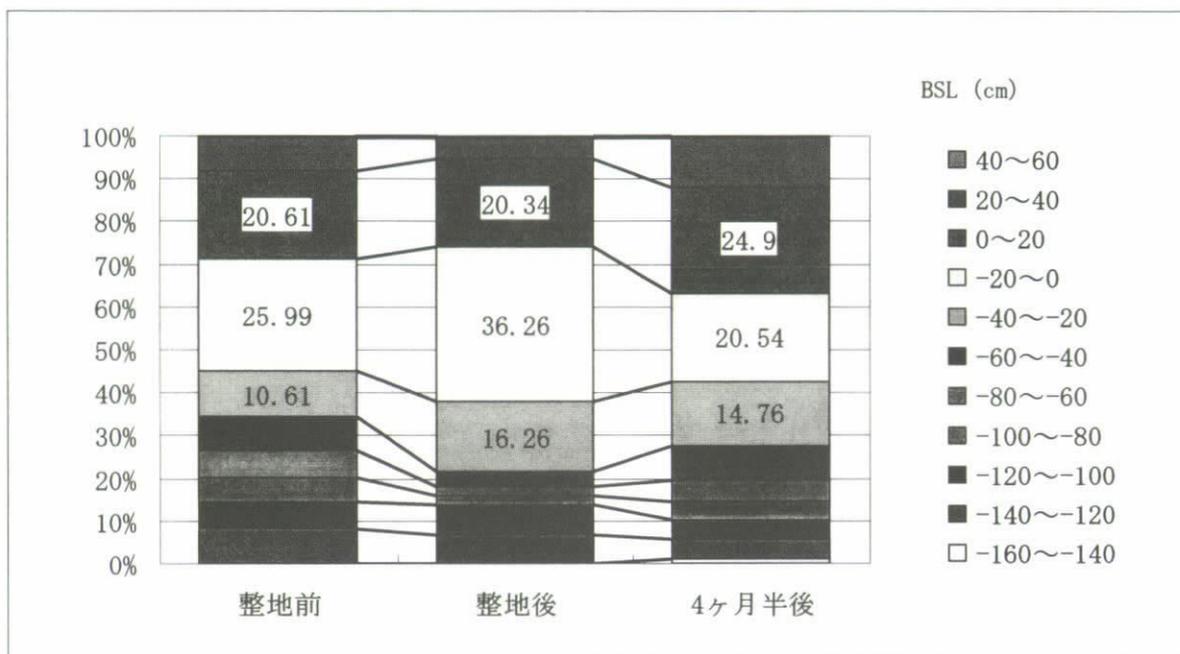


図6-2 全体の地盤変化

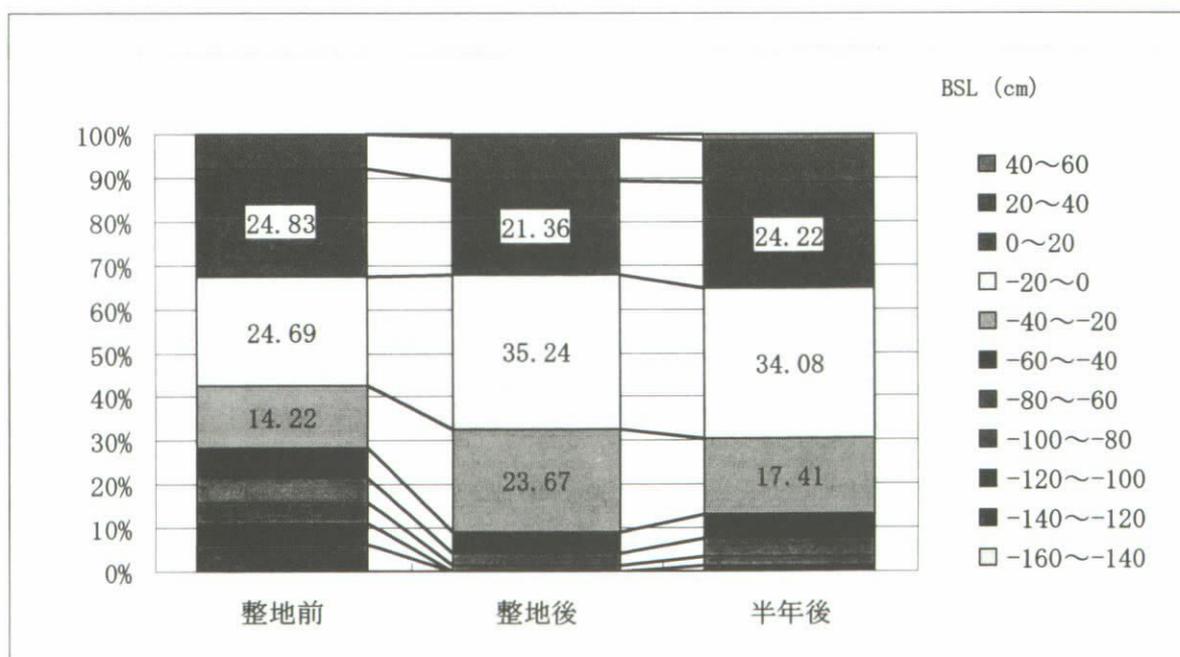
### 6.1.3 比高変化

次に1997、1998年度のわんど型施設の比高変化の考察を行う。図6-3は矢板より陸側30mの区域（湖周方向98m、総面積2,940㎡）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。1997年度調査と比較すると、次のような変化が見られた。

- ①比高-40～0cmの区域が1997年度調査では、全体の73%であったが、ふとん箆の設置によりその区域がわんど開口部付近まで増加し、その割合は全体の80%まで増加した。
- ②地盤整形後4ヶ月半後および半年後の比高-40～0cm区域面積の減少幅が、ふとん箆設置により、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。



1997年度



1998年度

図6-3 比高変化

#### 6.1.4 浸食と堆積

わんど型施設全体の土砂の変化を検討するために図6-4において、地盤整形工事後の地盤高の変化を検討した。それぞれ1998年度、1999年度3月の地盤高から、地盤整形後の地盤高を差し引くことで、その地盤の堆積、浸食を表した。両者の比較から次のような変化がみられた。

- ①1997年度結果から、ヨシを植栽したわんど北部区域と、矢板内側5m以内区域に土砂の堆積が見られ、開口部から中央部にかけて浸食が見られる。これらから、わんど内部にまで浸食が起りヨシ生育に適する地盤が浸食されたことがうかがえる。
- ②1998年度結果から、ふとん箆を設置したことで、開口部において多少の浸食が見られたが、わんど内部にはほとんど土砂の変化は見られなかった。

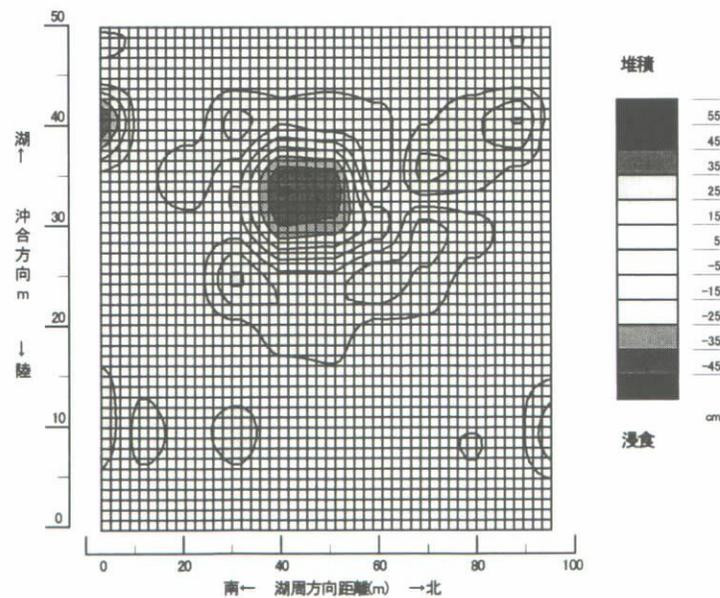
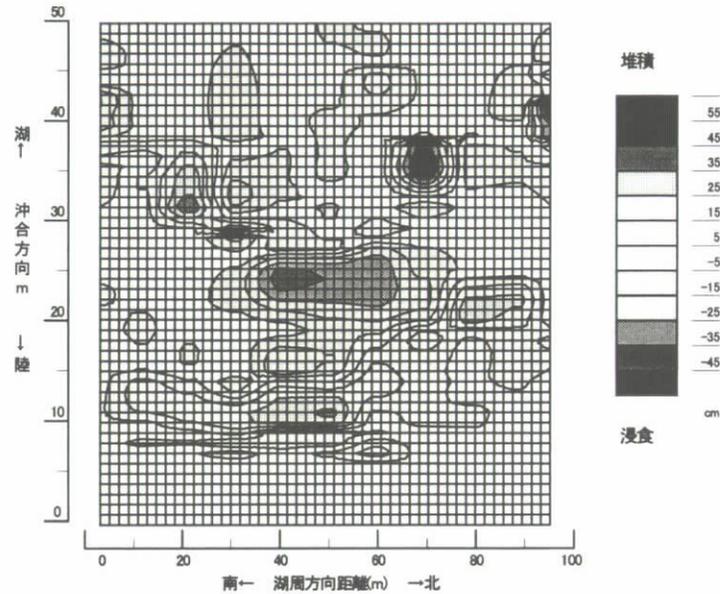


図6-4 地盤高変化

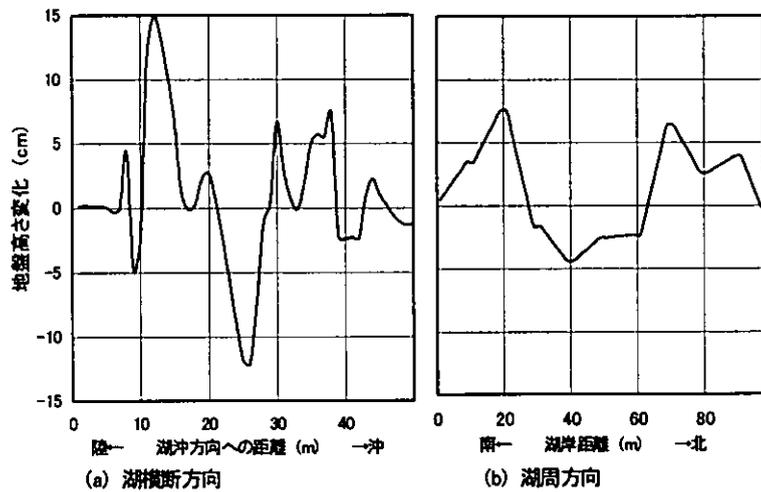
次にわんど型施設における土の増減を検討する。図6-5は図6-4のメッシュデータを(a)は湖周方向に平均し沖合方向への平均的な変化を示したもの、(b)は沖合方向0~38m(鋼矢板まで)の平均値で湖周方向への変化を示したものである。

図6-5は地盤変化の平均値を表しているが、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。湖周方向での変化では、矢板開口部の40~60mラインではマイナスとなっており、浸食及びそれに続く開口部からの流出が生じていると考えられる。一方、それに隣接する湖岸距離20及び80mラインでは逆に平均5cm程度の地盤増加となっている。

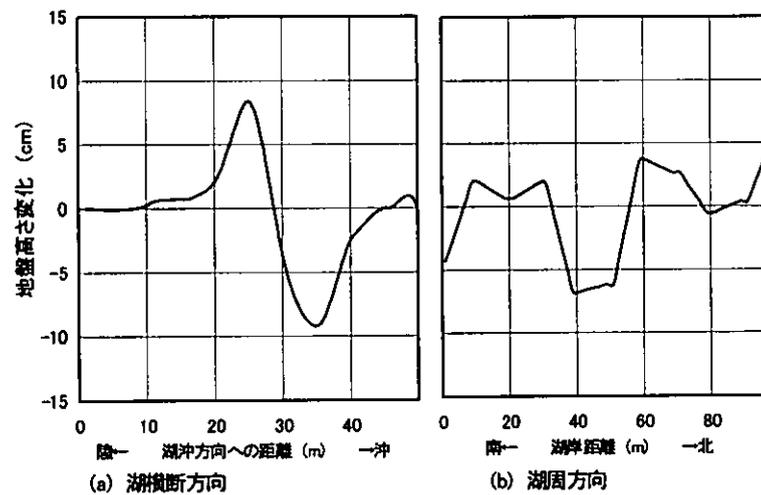
1998年度の地盤変化の平均値をみると、沖合方向の変化では、10m付近から1cm程度の増加があり、25m地点で平均8cmの増加(堆積)、また、浸食は35m付近で-9cm起きている。

1997年度調査と比較すると、次のような変化が見られた。

- ①地盤の堆積、浸食などの地盤変化平均値が27cmから17cmと小さくなった。
- ②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。
- ③湖周方向の浸食区域幅が、30mから10mと小さくなった。
- ④土砂の堆積位置が開口部中央に向かって、10mずつ移動した。



1997年度 (1997/10/20~1998/3/3の変化量)



1998年度 (1998/8/26~1999/3/1の変化量)

図6-5 地盤変化平均値

### 6.1.5 粒度分布

1997、1998年度わんど型施設の粒度分布の検討を行う。図6-6は、わんど型施設における1997、1998年度の地盤整形工事前、後、3月の時点での粒径の非超過確率（重量）変化を示している。

1997年度結果をみると、地盤整形前後の土壌の粒径は、ほとんどが0.1mm～1cmの範囲内にある。地盤整形前後では粒度分布はあまり変化していないが、その後4ヶ月半後で50m、80mラインにおける土壌の粒度が大幅に荒くなっていることが読みとれる。一方、20mラインでは粒度が少し細かくなっている。ヨシを植栽した80mラインの粒度が荒くなり、植栽を行っていない20mラインでの粒度が細かくなった要因としては、1997年度のこの地区における卓越風が、例年の北西風ではなく南西風であったことなどが挙げられる。80mラインはわんど型施設の北部に位置し、開口部がヨシ植栽の南西方向にあることから、波浪が直接この地区の細かい粒子を洗い流し、その一部が反対の20mラインに堆積したのではないかと推測される。1997年度は矢板開口部が完全に開放された状態であり、この状況では、ヨシの良好な生育のために土入れした粒径の小さな土壌が保持できない結果となった。

一方1998年度結果をみると、地盤整形後とその半年後の粒径があまり変わらないことが読みとれる。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粒径の細かい土壌となっていることが分かる。しかも、ふとん箆の設置によりわんど開口部にあたる50mラインにおいて粒径の細かい土壌が保持されている。このことから、ふとん箆設置はわんど内の地盤安定度を向上させただけでなく、ヨシの生育に必要な細かい粒子の砂をも保持する効果を持っているといえる。

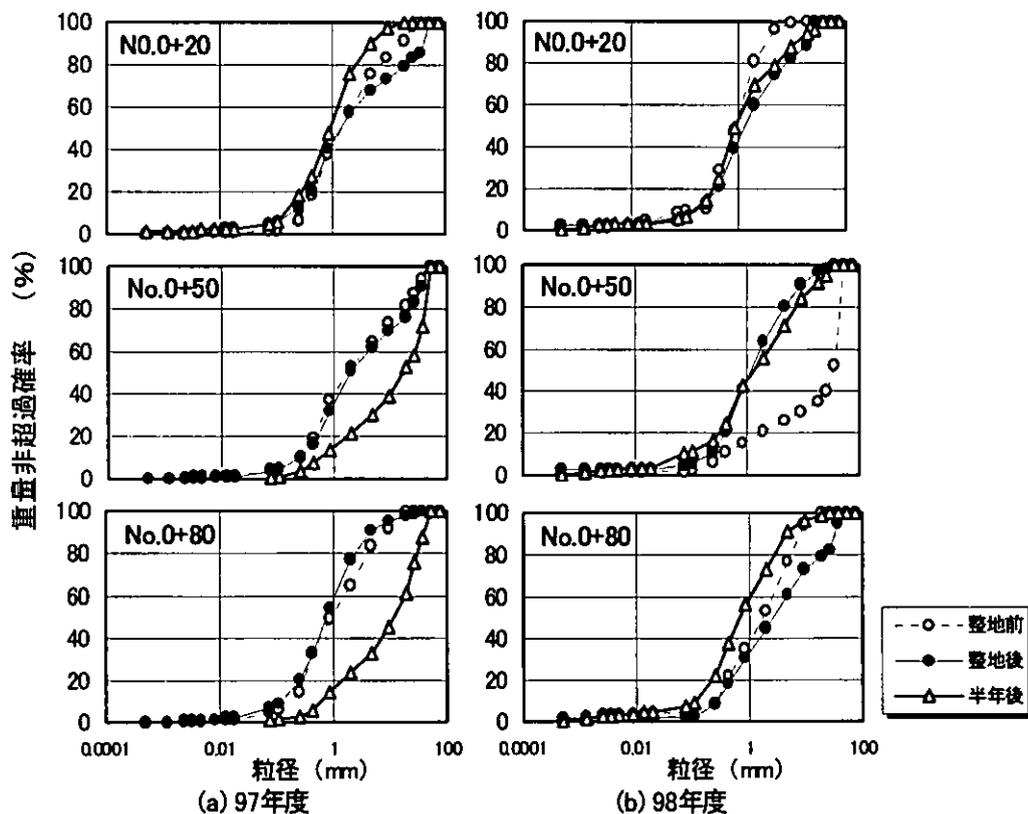


図6-6 土壌粒径非超過確率の変化

## 6.2 ヨシ植栽

### 6.2.1 気象条件

ヨシを実際に琵琶湖で植栽する上では、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。そこで、植栽後のヨシ生育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、ヨシの植栽・生育上、各季節の影響の把握、および今年度の調査結果評価の判断材料として活用する。

なお、以下の解析で用いるデータは、実験施設に最も近い観測所の、水資源開発公団湖南管理所の提供によるものである。

#### (1) 気温・日射量

気温の日最大値、日平均値、日最低値を月別に平均した値のグラフを示す。月平均のレベルでは、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、最低値も平均してみると、その差は各月とも10℃以内であり、大きくは日変動しないことがわかる。最低気温が氷点下になるのは、年間で20日程度で、平均気温でも0℃を下回る日が3日観察されるが、琵琶湖は決して結氷することはない。またヨシ帯も琵琶湖と開水面を持つ限り結氷することを考える必要はない。1997、1998年度は比較的類似した季節変動を示しているが、そのなかで1998年3月~4月にかけて平均気温が7℃上昇したことが注目する結果となった。

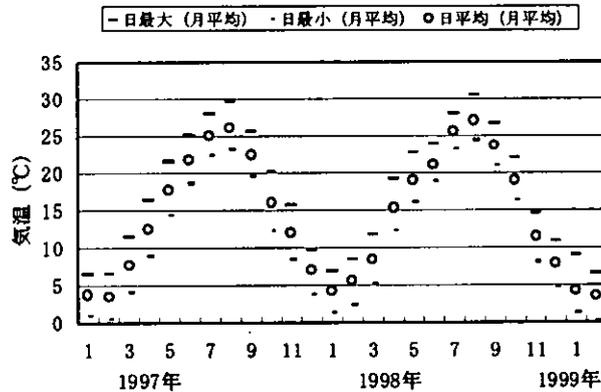


図6-7 気温の年間変動

一方、図6-8, 9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。1997年度は、4月~8月が15MJ/m<sup>2</sup>/dと日差しが強い期間となったが、1998年度は長梅雨や台風の影響により、6月の日射量が12 MJ/m<sup>2</sup>/d、日照時間が4.6時間と低い値となった。

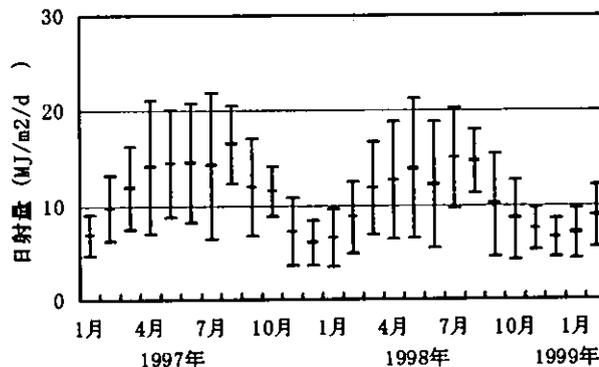


図6-8 日射量の年間変動

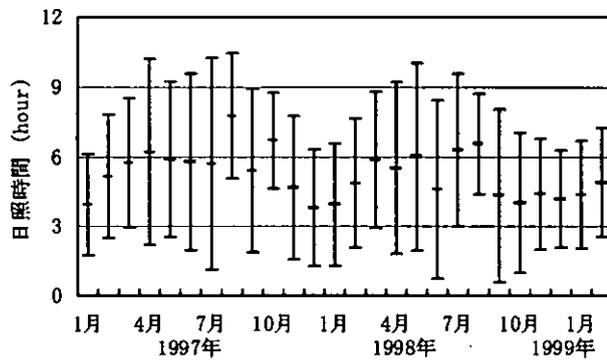


図6-9 日照時間の年間変動

(2) 風速・風向

図6-10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、そして沿岸での波浪に強く影響する。1997、1998年度と日平均は4m/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、場所によってかなり変化するが、本測定地点（湖南管理事務所）も、実験地と同じ南湖の東岸域にあり、少なくともここでの測定値が、風速を低めに測定しているとは考えがたく、この程度の強さの風が吹いていたと予想される。図6-11はそれらを年間通じての頻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を越える日もあることがわかる。

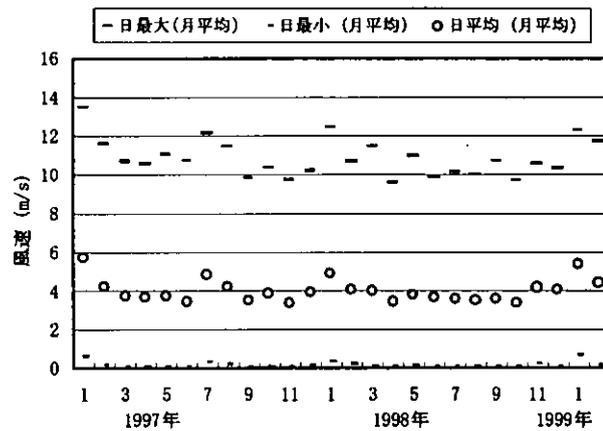


図6-10 風速の年間変動

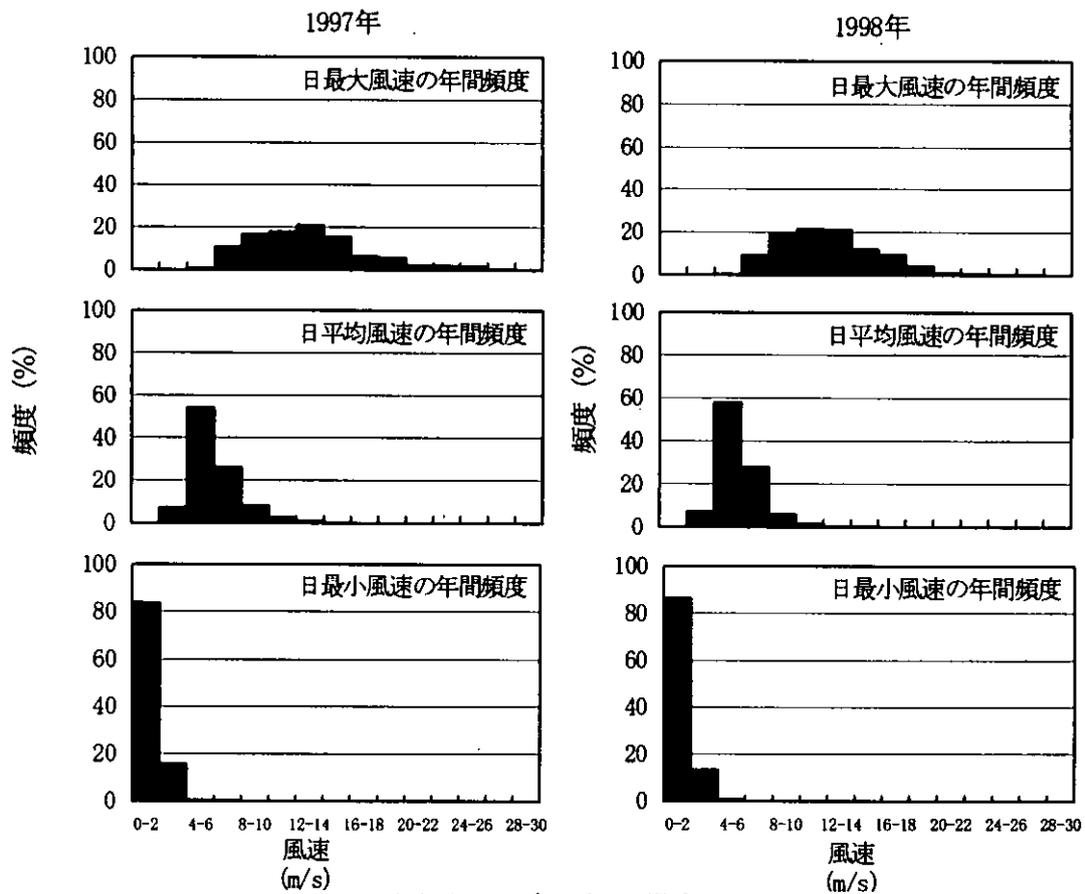


図6-11 風速の年間頻度

一方、風向については毎日の最頻風向をもとに年間を通じての頻度を図6-12に示す。年間を通じてもっとも多い風向（一日の最頻値）は97年、南西風が20%であったが、98年は北北東からの風が13%、北東の風が12%となり、南西風は10%程度となった。

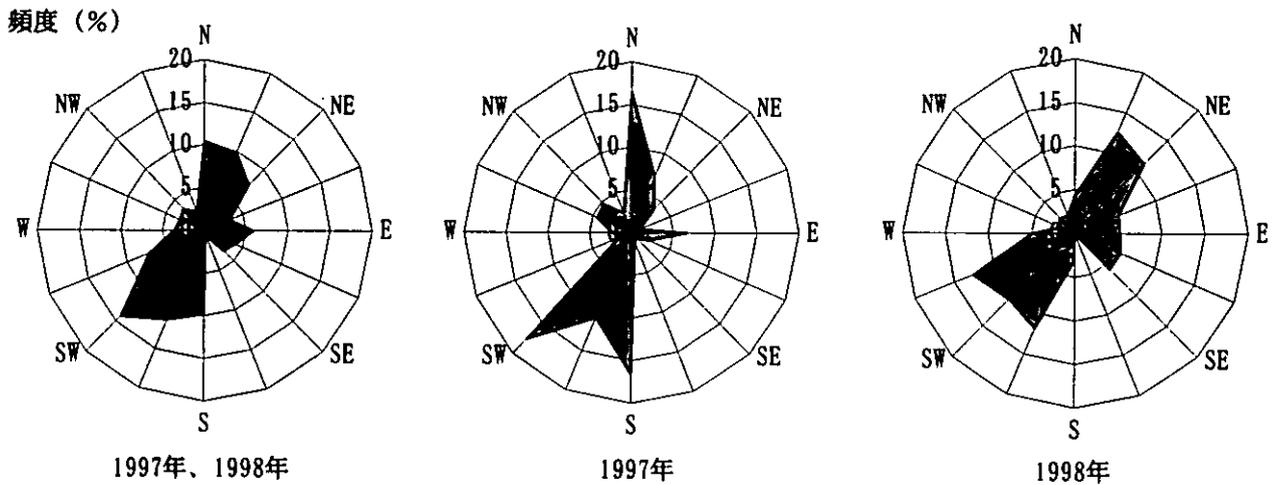


図6-12 風向の年間頻度

図6-13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年度は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、冬場、北西風が卓越するといわれるが、それに反して1997年度は南西風が卓越していた。しかし1998年は、従来通り北東風が卓越する結果となった。

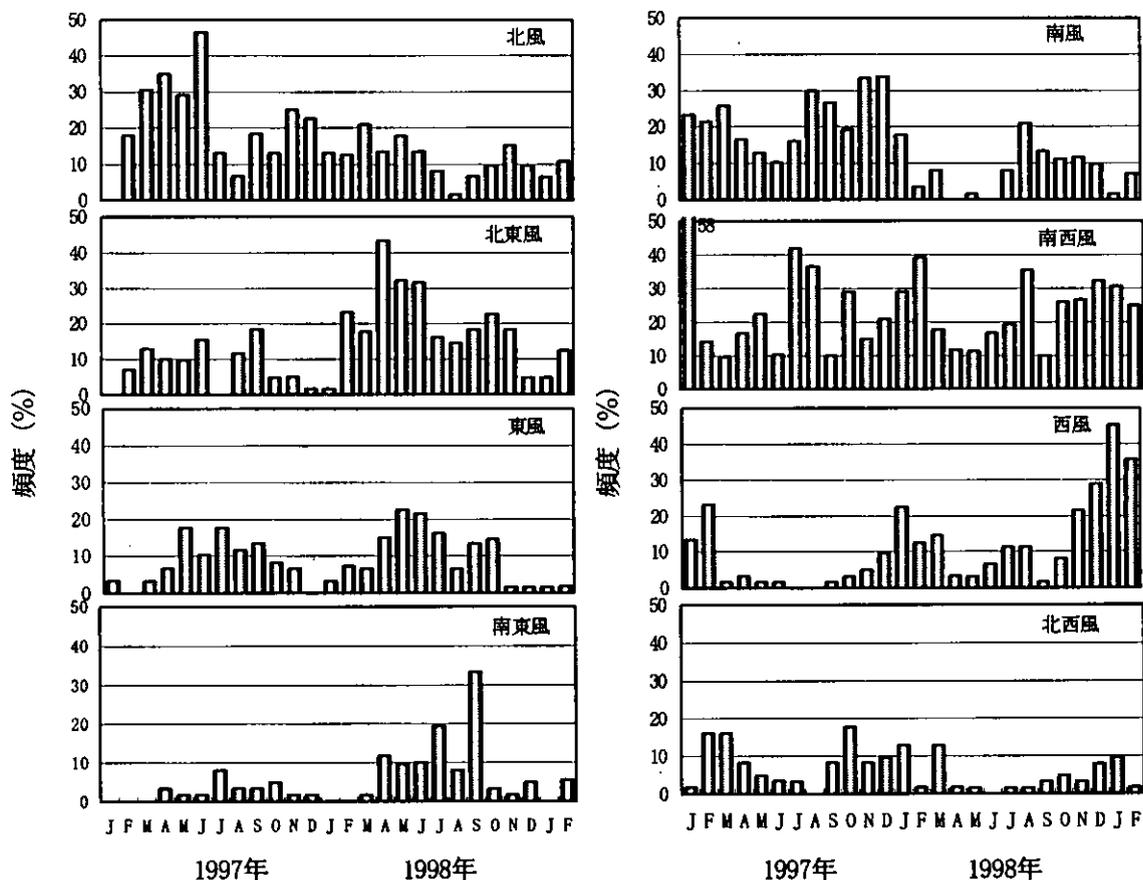


図6-13 風向の方向別頻度

### (3) 湿度・降水量・琵琶湖水位

図6-14に、降雨量、湿度、琵琶湖水位の変化を示す。

湿度は年変化もあるが70～80%でほぼ一定であった。一方、降雨量は年によって若干の差はあるが、夏期に多く冬季に少ないパターンとなっている。1998年度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。水位は瀬田川の南郷洗堰で調整されているため降水量の変化とは必ずしも対応していない。その値は年間に上下80cm前後の変動があり、例年、1～2月にかけて水位を上昇させていき、夏期を過ぎると再び水位を低下させていくパターンが一般的である。本年度は台風が多く、特に近畿地方に大きな影響を与えたため、降水量が多い1年となった。ヨシは4月がもっとも活着しやすく、通常この季節に行われるが、琵琶湖では同時期が最も水位が高くなり植栽には不適である。そこで、もっとも水位が低くなりやすい8～10月に本実験地では植栽した。

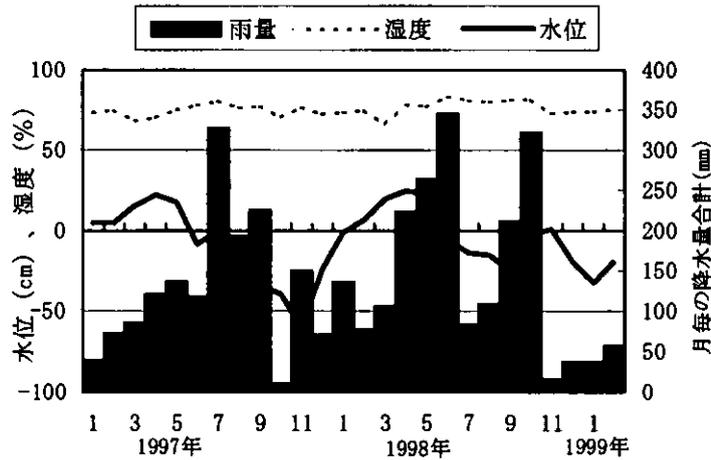


図6-14 湿度・降水量・琵琶湖水位の年間変動

一方、1997、1998年度の日降水量の頻度分布を図6-15に示す。図を見るとほとんどの降水が15mm/日以下で、全体の60%の雨が5mm/日の少雨であった。また、1998年は6月21日と10月15日に100mm/日を越える降雨を記録した。

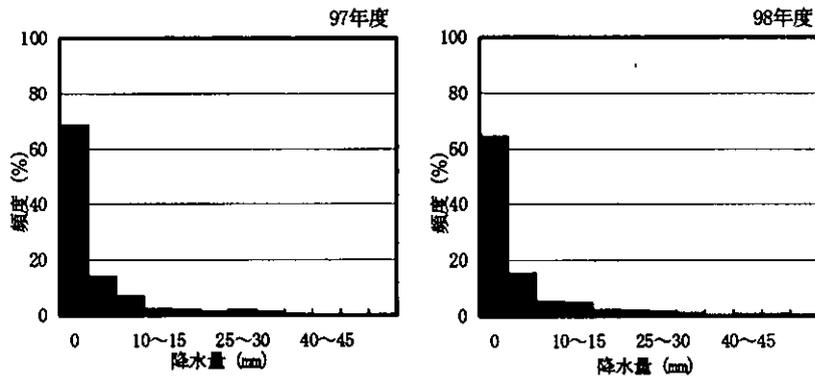


図6-15 降水量の年間頻度

最後に、過去6年間の水位変動を図6-16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程度となる変化を示す。この水位だけから判断すると、10、11月がもっとも水位の低い時期となり、植栽の作業性はよくなる。また、比較的水位変動も少ないので計画を立てやすい時期といえる。

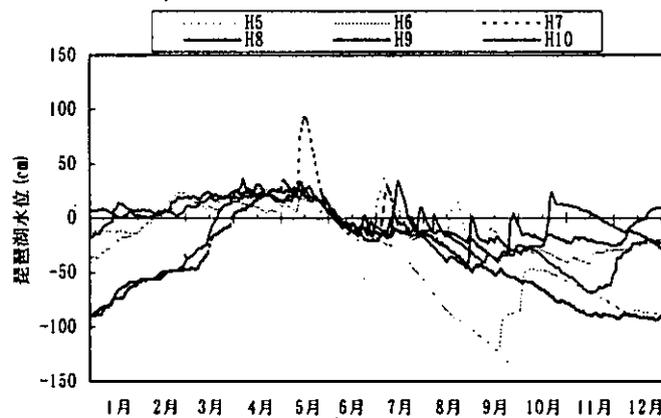


図6-16 過去6年間の琵琶湖水位の変動

### 6.2.2 植栽区画の水位変化状況

ヨシ植栽区画のうち冠水した部分の面積を算出し、各調査日ごとの冠水率を植栽面積に占める冠水地面積で定義し、その変化を見た。この結果、図6-17のように植栽時点は全株とも陸上にあったが、その後、水位が上昇し4月には+30cm近くとなると、冠水するヨシ株は増大し、5月にはヨシ植栽地のほぼ全体にあたる96%を冠水するまでに至った。そして、5月後半～6月にかけて急激に水位が低下し8月には27%が冠水するにとどまった。この変化は琵琶湖水位の変化が主要因であるが、植栽地自身が水波とともに風波により浸食され地盤高も変化する点も見逃せない。

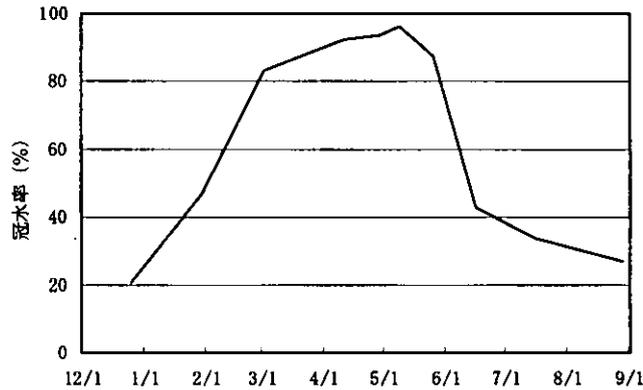


図6-17 ヨシ植栽地の冠水率経時変化

そこで、地点による冠水率の差をわん土開口部に近いBゾーンとそれより遠いがより沖に延びているAゾーンごとで比較してみる。図6-18に示すように、4月中旬から6月はじめの期間を除きAゾーンのほうが高い冠水率を示したが、5月にはAゾーンは一部陸上であるもののBゾーンは完全に水没で冠水率は逆転した。ただし6月以降では再びBゾーンの方が冠水率が低くなっている。平均ではAゾーン68.8%、Bゾーンでは56.0%となった。

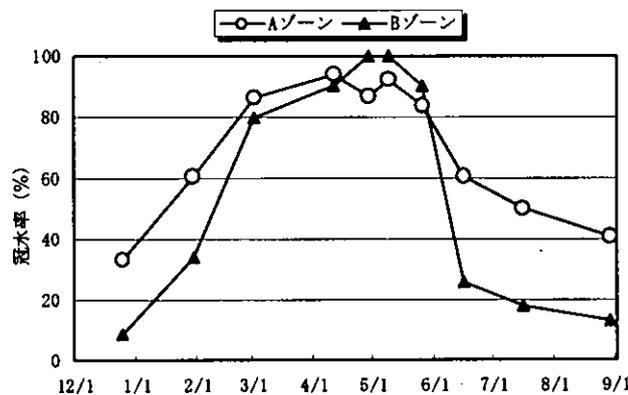


図6-18 ゾーン別冠水率の経時変化

### 6.2.3 ゾーン別集計

このように本実験地では、水位が経時的に変化するため、水位の影響を比較的強く受けるAゾーンと、比較的影響を受けにくいBゾーンに分けて、そのヨシ生育に与える影響の違いを検査することとした。まず、冠水率の違いがヨシの成長に与える影響について検討するため、1㎡あたりのヨシの生育密度をゾーン別に集計した。図6-19は、ゾーン別ヨシの生育密度の経時変化を示す。この図から、Bゾーンのヨシの密度がAゾーンの約2倍で推移

していることが分かり、8月29日時点ではBゾーンが62.1本/m<sup>2</sup>であるのに対して、Aゾーンは35.3本/m<sup>2</sup>と、Bゾーンの約57%となった。これは、Aゾーン沖側のヨシが波や漂流物の影響を受けたことなどにより、生育が阻害されたためではないかと推測される。このことから、ヨシの生育密度に対しては、水位の影響が大きく寄与することが予想された。

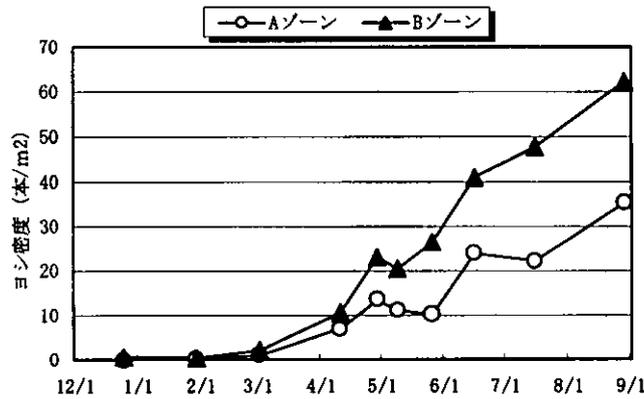


図6-19 ゾーン別ヨシ生育密度の経時変化

次にヨシの高さ方向の成長に冠水が影響するかを検査するために、同じく最長ヨシ高さのデータをゾーン別に集計したのが図6-20である。A・Bゾーンともに、4月から6月にかけて成長し、その後は210cm程度で成長が止まった。この図から、冠水の影響はヨシの最長高さの変化にはあまり現れなかったと推測される。また、8月下旬まで増加し続ける密度に対して、最長高さは6月には最大になることが分かった。ただし、最長高さの指標が株ごとに最長のヨシの高さを測定したものであることを考慮して検討しなければならない。

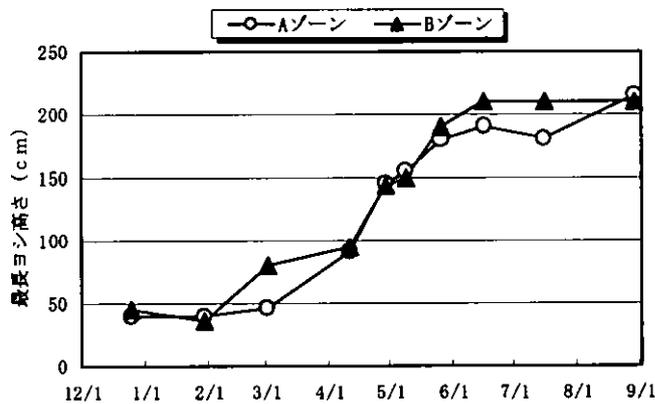


図6-20 ゾーン別最長ヨシ高さの経時変化

#### 6.2.4 植栽工法別集計

本実験では、マット・ポット・土のう・大株・ビットマン・地下茎の6工法でヨシ植栽が行われている。まず、工法別のヨシ生育密度の経時変化について検討したのが、図6-21である。

地下茎、ビットマン工法は全体を通じて0~2本/m<sup>2</sup>とほとんど生育しなかった。また、その他の工法では、4月頃から増加を始め、マット、土のう、ポット工法では8月まで増加傾向が見られた。

一方大株工法は、4月から6月にかけて緩い増加が見られ20本/m<sup>2</sup>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1㎡あたりのヨシ密度は、マット工法、ポット工法、土のう工法、大株工法の順に多くなっており、88、69、66、21本/㎡となった。

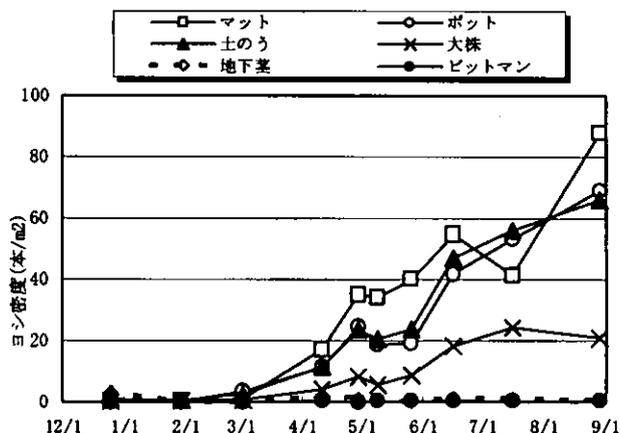


図6-21 工法別ヨシ密度の経時変化

次に最長ヨシ高さについて同じ検討を行った。図6-22は植栽工法別の最長ヨシ高さの経時変化を示している。マット・ポット・土のう・大株の4工法については、ほぼ同じ変動を示し8月29日時点では、210cm程度に成長した。また、地下茎工法については、120cm程度の成長にとどまった。これらのことから、マット・ポット・土のう工法は、生育密度、最長ヨシ高さともに同じような変動をすること、大株工法については最長高さはそれら3工法と同じであるが、生育密度に関してはあまり期待できないことが分かった。また、ピットマン・地下茎工法については、波浪や水位などの影響によりあまり良好な生育が見られなかった。

この2工法については今後水深、漂流物、波の影響の少ない条件のもとで再度実験を行う必要があると考えられる。

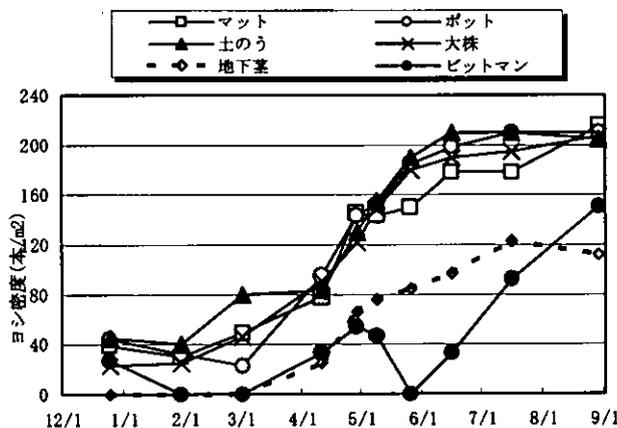


図6-22 工法別最長ヨシ高さの経時変化

### 6.2.5 植栽密度別集計

本実験では表5-1で示したように、ポット・土のう工法について異なる密度で植栽を行った。植栽密度の違いがその後の生育にどのような影響を与えるかを検討を行った。図6-23は植栽密度の違いによるヨシ生育への影響を表し、AP4/2とはAゾーンポット工法の植栽密度4株/㎡と2株/㎡のヨシ本数の比を示す。8月29日時点では、Aゾーンポット工法を除いて約2倍弱のヨシ存在比となった。このことから初期植栽密度が、植栽1年目のヨシの生育にほぼそのまま影響することが分かった。しかし、適正なヨシ植栽密度を評価するためには、

2年目以降もこの調査を続け、実際にヨシ群落として定着する3年目をめどに評価を行う必要があると考えられる。また、植栽密度の違いにも関わらず、Aゾーンポット工法のヨシ存在比が1に近くなった要因としては、沖側のヨシが波や漂流物の影響を受けたことなどにより、生育が阻害されたことなどが挙げられる。

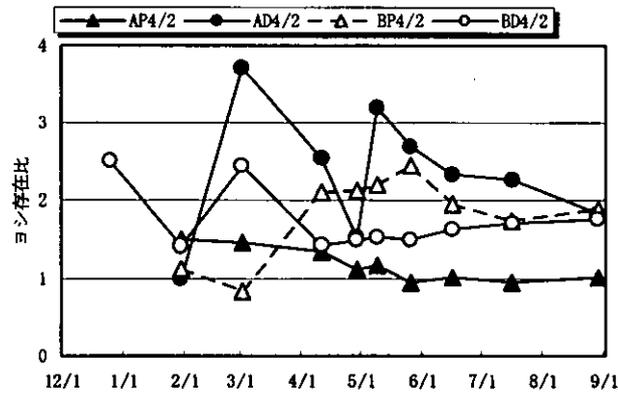


図6-23 ヨシ生育に及ぼす植栽密度の影響

図6-24は植栽密度の違いによるヨシ生長への影響を表し、AP4/2とはAゾーンポット工法の植栽密度4株/m<sup>2</sup>と2株/m<sup>2</sup>の最長ヨシ高さの比を示す。この図から、4月以降のヨシ高さの変動に植栽密度はあまり影響していないことが推測される。これらの検討から、植栽密度はヨシの密度には大きく影響するが個々のヨシの最長ヨシ高さに対しては、ほとんど影響を示さないことがうかがえた。今後はこれらの調査を継続することと、またこれらとは違う植栽密度による実験を加えることにより、ポット・土のう工法の最適な植栽密度を導き出していくことが望まれる。

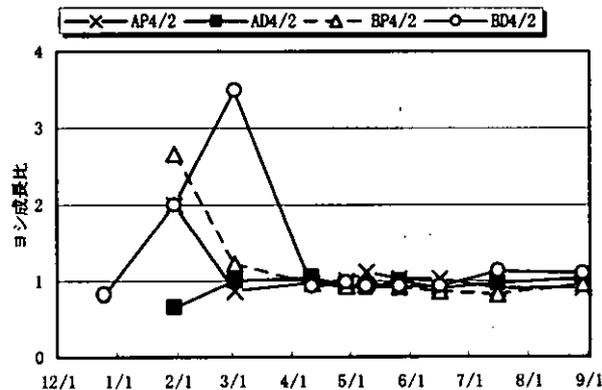


図6-24 ヨシ生長に及ぼす植栽密度の影響

### 6.2.6 植栽位置別集計

本実験施設では図5-4に示したように、湖から湖岸に向かって23mの区画に各工法別に並列にヨシが植栽されていることから、さまざまな水深にヨシが植栽された状態である。また琵琶湖水位が経時的に変化することから、それぞれのヨシの受ける水深は日々変動している。本節ではヨシ植栽区域を矢板から4mごとに6つの区画に分類して、その区画ごとのヨシ密度、最長ヨシ高さを評価することで、それぞれの水深に対する植栽工法別の特性を検討することとする。図6-25は植栽位置の成長への影響を示している。この図から植栽位置により、ヨシの密度の推移に違いがあることが読みとれる。そして、沖側のヨシの生育密度が約1ヶ月半遅れて陸側の生育密度と等しくなることがうかがえた。また、8月29日に

は矢板から4m以内の区間を除いて平均98本/m<sup>2</sup>のほぼ等しい生育密度だったが、矢板から4m以内の区間については、生育密度が51本/m<sup>2</sup>までしか成長しなかった。その後9月10日にも簡易な調査を試みたが、8月29日以降は目立った成長は認められなかった。沖帯のヨシがその他の区域のヨシに比べて密度が小さくなった要因としては、厳しい水位の影響や漂流物による押し倒しなどが考えられる。

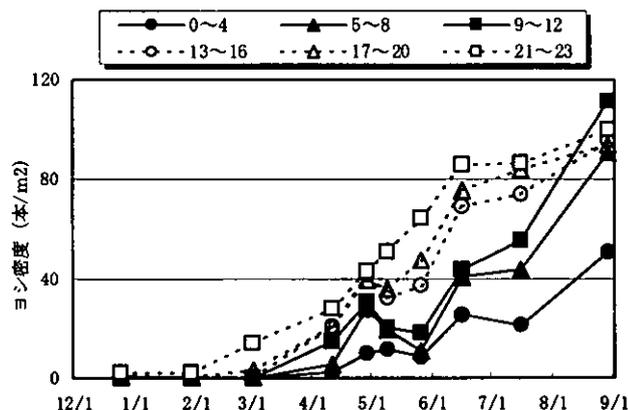


図6-25 植栽位置別ヨシ密度の経時変化

そこで、沖帯と陸域のヨシが受けた水位の影響の違いについて検討を行うこととする。ただし、平均水深算出では、陸上部は水深0cmとして計算している。図6-26は矢板からの距離別にヨシ生育と水深との関係を示している。矢板からの距離が0~4、5~8、9~12mの区画における平均水深は、49、32、24cmとなっており、矢板からの距離が遠いほど水深が浅いことがうかがえる。また、受ける水深によってヨシの成長時期がずれていることが図から読みとれる。矢板から4m以内区画では、水深が30cmを切った7月中旬から8月にかけて、ヨシ密度が顕著な伸びを示した。また、平均水深が73cmと高かった4月11日にはほとんど発芽していない状況であった。

一方、矢板から5~8mの区画では、水深が30cmを切った6月初旬から8月にかけて、ヨシ密度が顕著な伸びを示した。また、矢板から9~12mの区画では、水深が30cmを切った5月下旬から8月にかけて、ヨシ密度が顕著な伸びを示した。これらの結果から、ヨシの生育が良好になる水位条件が水深30cmであることが推測され、ヨシ密度が高くなる条件としては、季節的な影響よりも水深の影響の方が強いのではないかと考えられる。

つぎに矢板からの距離が13~16、17~20、21~23m区画のヨシ生育と水深との関係では、平均水深が、15、8、5cmとなっている。13~16mの区画では水深が32cmの4月初旬にヨシ密度が21本/m<sup>2</sup>にまで生育しているが、やはり水深が30cmを切った6月初旬から急激なヨシ密度の増加傾向が見られる。

一方、矢板から17~20mの区画では、水深が常時30cmを下回っており、4月から6月にかけての成長が目立つ結果となった。

この傾向は、最も陸側である矢板から21~23mの区画においてさらに顕著に現われている。

また、本実験地において、5月初旬に大量の藻（クラドホラ）が出現し多くのヨシを押し倒すという現象が起こったのであるが、その影響を最も受けていると思われるのは、矢板からの距離が5~12mの区画である。これらの区画のクラドホラ発生時期の水深は50~60cmであり、その時期のヨシの平均高さに近似することから、発芽し成長過程にあるヨシが水面から顔を出す頃に藻による影響を受けたことが、最も大きい被害になった要因ではないかと考えられる。

一方で、水深の浅い陸側では藻による押し倒しの影響があまり現われなかった。ヨシの生育を阻害する要因としては、藻や漂流物による押し倒しが大いなる影響を占めると

考えられる。今後は、ヨシの茎の強度を部位ごとに測定することで、漂流物などによる押し倒しに対するヨシの耐久性を求めていく必要があると考えられる。そして、それらの結果を元にして、琵琶湖におけるヨシ植栽時の漂流物除去設備の検討を行なっていくことが、ヨシ植栽面積を大きくしていく上で重要であると考えられる。

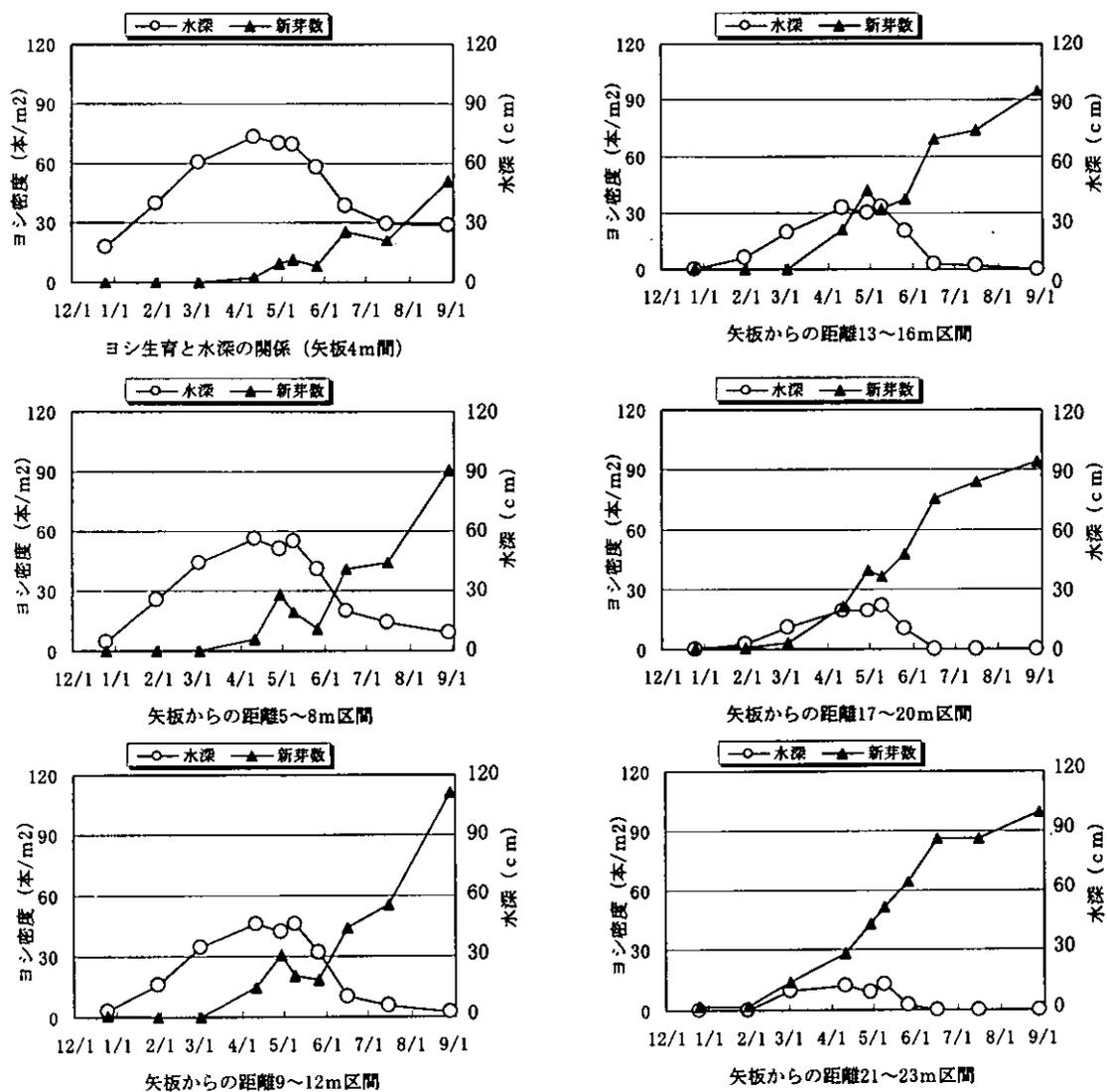


図6-26 ヨシ生育と水深との関係

### 6.2.7 植栽工法別集計

つぎに、矢板と平行に6つに分割した区画について、その区画ごとのヨシ密度、最長ヨシ高さを評価することで、それぞれの水深に対する植栽工法別の特性を検討することとする。

矢板から4m以内区画における植栽工法別のヨシ密度の経時変化から、マット工法の変動がその他の工法とは異なり、5月初旬にヨシ密度が急激に増加していることが分かる。この時期のこの区画の水深は70cmであり、マット工法の水深に対する耐久性が他の工法より高いことを示す結果となった。ポット工法、土のう工法は水深が45cmになった6月初旬に成長しており、大株工法については、水深が30cmを切った8月に成長していることが分かった。また、この水深ではビットマン工法による植栽は不適當であることがうかがえる結果となった。

矢板から5~8m区画では、マット、土のう、ポット工法は水深が55cmにおいても生育することがうかがえる。5月中旬から6月にかけてヨシ密度が減少しているが、これは6.2.6節で述べたクラドホラの影響によるものであると考えられる。

矢板から9~12、13~16、17~20、21~23m区画では、陸側でポット工法が最もヨシが多く確認され、矢板から20~23mの区画では、8月にポットが182.5株/m<sup>2</sup>、土のうが140.6株/m<sup>2</sup>、大株が57.7株/m<sup>2</sup>となった。

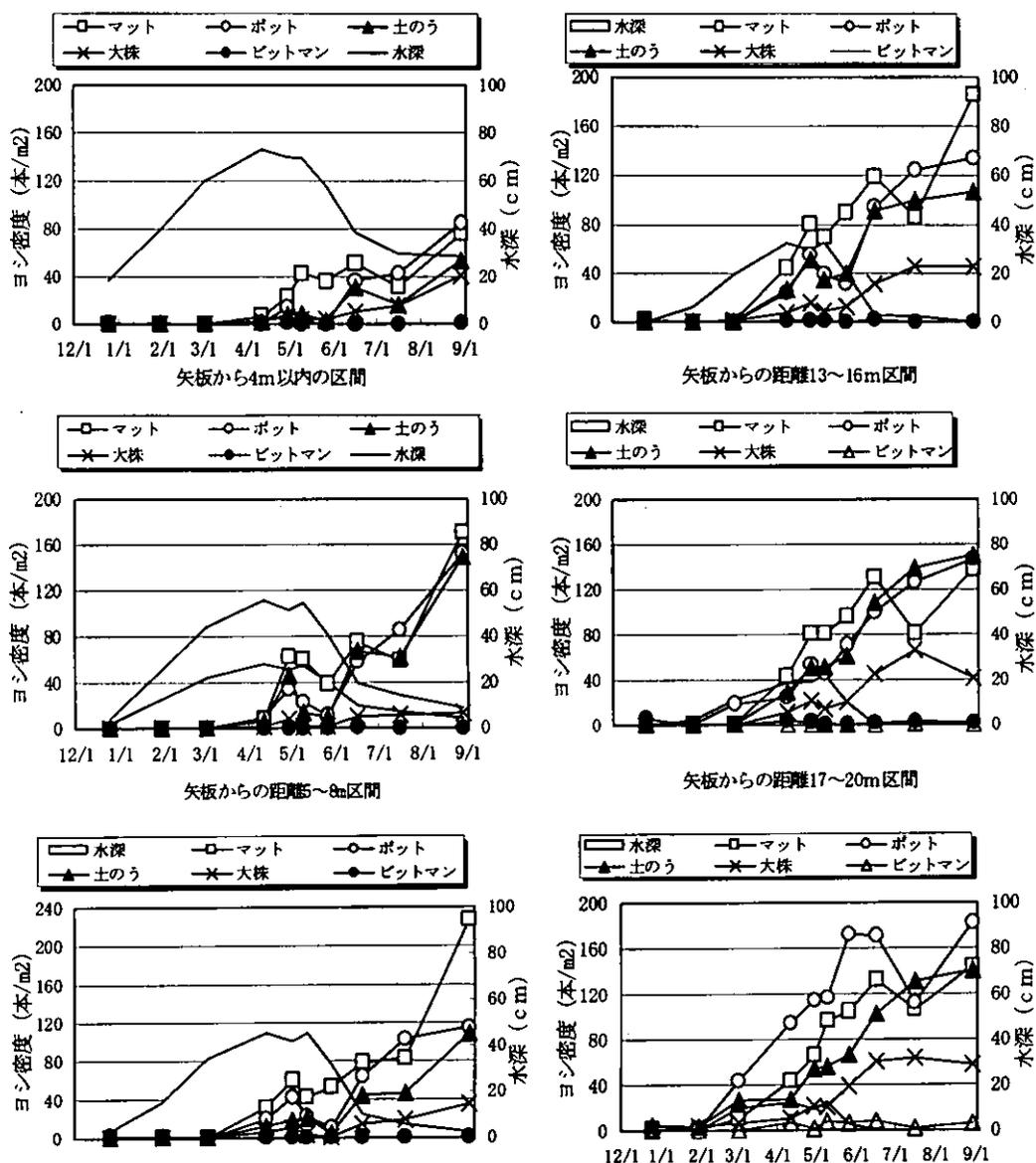


図6-27 植栽工法別の水深との関係

## 7. まとめ

### 7.1 地盤変化

わんど型施設について、1997、1998年度の測量、定期地盤高調査、粒度試験をもとに、ヨシ植栽にとって最も重要であると考えられる地盤形状のあり方について前節において検討を行った。そしてこれらの調査、解析をもとに以下の成果を得た。

土砂移動に関して、ふとん箆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土砂増減の箇所が減少し、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、10m移動した。

以上の結果からふとん箆の設置は、土砂の流出量を大幅に抑制したといえる。

土壌変化に関して、ふとん箆設置前後の粒土変化の比較から

- ①ふとん箆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の細かい土壌の大部分が保持できない結果となった。
- ②ふとん箆設置後は、地盤整形後とその半年間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。

以上の結果から、ふとん箆設置はわんど内の地盤安定度を向上させただけでなく、ヨシ生育に必要な粒子の砂をも保持する効果を持っていることが分かった。

### 7.2 ヨシ植栽

1997、1998年度の気象情報から実験地の環境状態を検討するとともに、1997年10月のヨシ植栽後の定期的観察結果を中心に、ヨシの生育状態を考察し、以下の結果を得た。

#### 7.2.1 ヨシ生長に及ぼす冠水の影響

植栽位置によるヨシ生育の違いを見るため冠水率が高くなる沖側のゾーンと冠水率が低くなる陸側のゾーンに分けて集計を行った。陸側のゾーンでは、沖側のゾーンに比べてヨシ密度がほぼ2倍の値を示し、8月29日のヨシ密度は沖側のゾーンが35本/m<sup>2</sup>、陸側のゾーンが62本/m<sup>2</sup>となった。よって冠水率が低いほどヨシの生育状況が良くなることがわかった。

#### 7.2.2 ヨシ生長に及ぼす植栽工法の影響

植栽工法によるヨシ生育の違いをみるため工法ごとの集計を行った。8月29日のヨシ密度はマット・ポット・土のう工法が高い値を示し、それぞれ88本/m<sup>2</sup>、69本/m<sup>2</sup>、66本/m<sup>2</sup>となった。大株工法はそれらに比べて低く、21本/m<sup>2</sup>となり、地下茎・ビットマン工法については、10月の植栽は適していないといえる。

#### 7.2.3 ヨシ生長に及ぼす植栽地区の影響

植栽地区ごとにヨシ生育の違いを見るため矢板から4mごとに区切った集計を行った。ヨシ密度が増加を始めるのは陸側と沖側で1~2ヶ月のずれがあり、陸側の方が早く3月頃から増加を始めた。また、陸側では12、1月にも新芽が確認されるが、沖側で新芽が確認されるのは2~4月であった。

つぎに、水深との関係を見るとヨシ密度の増加には季節だけでなく水深も関係していることが分かり、水深が約30~50cm以上ある場合は生長が遅れ、水深が約30cmをきる時期から大きく生長を始めた。また、沖側で水深の深い4~6月には他の工法にあまり生長が見られないにもかかわらず、マット工法のみ生長が見られた。

#### 7.2.4 ヨシ生長に及ぼす植栽密度の影響

植栽密度の違いがヨシ生長に及ぼす影響をみるため、ポット、土のう工法において植栽密度ごとの集計を行った。Aゾーンのポット工法を除き、植栽密度を2倍にするとヨシ密度もほぼ2倍に近い値を示した。

## 7.3 今後の課題

### 7.3.1 地盤変化

地盤変化の原因及び適切にヨシを活着させるための条件をみいだすために、波の影響を検討する必要がある。このため、平常時における流速測定を施設内多点で実施すべきである。さらに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。また、これらの調査を通じて、わんど型施設の矢板、なぎさ型施設のコンクリートブロックの消波堤の効果を、定量的に把握できるような解析方法の検討が必要である。

### 7.3.2 ヨシ植栽

本年度実施した区域での、定期的観察を継続して行うことでデータの蓄積を行い、各工法および場所の影響をさらに明確に把握する。また、今後なぎさ型実験施設にも植栽を行っていき、ヨシ植栽と生育環境との関係についてより多くの知見を得られるように努める必要がある。

## 8. 謝辞

本資料を作成するにあたり、ご協力頂いた立命館大学環境総合研究センターに対し、心より感謝の意を表します。

---

### 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

## 14. 路面排水のCOD対策実証実験

### 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に流出する現状に対して、その排水を草地浸透や自然的な池（ビオトープ）へ導くことにより、如何に面源汚濁負荷におけるCOD削減ができるかを検討した。

このため、道路に降った雨を引き込める緑地帯浸透地およびビオトープ池を施工し、1降雨における各施設の経時的な水質浄化性能を調査した。

### 2. 調査内容

#### 2.1 実験場所

実験場所は、滋賀県草津市下笠町の葉山川左岸の湖周道路沿いで、1998年9月～10月に緑地帯浸透地およびビオトープ池の実験施設の施工を行った。実験場所、実験施設の外観写真を図2-1、写真2-1に示す。



図2-1 実験場所

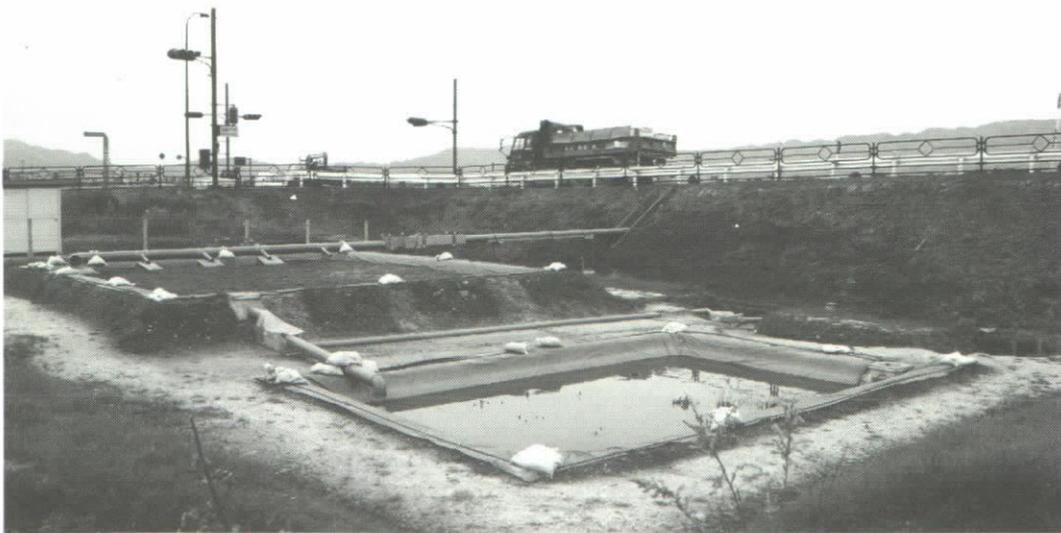


写真2-1 実験施設外観写真

## 2.2 実験施設概要

本実験施設の模式図を図2-2、実験施設の概要を表2-1に示す。本実験施設は、道路に降った雨（集水面積750m<sup>2</sup>）を水源とし、これをはじめ緑地帯浸透実験施設に導入し、緑地帯浸透地に浸透しきれない水は表面を通過し、ピオトープ池実験施設に導入する構造とした。路面から流れてくるすべての水量の配分を把握するために、各実験施設の底部に遮水シートを敷いた。

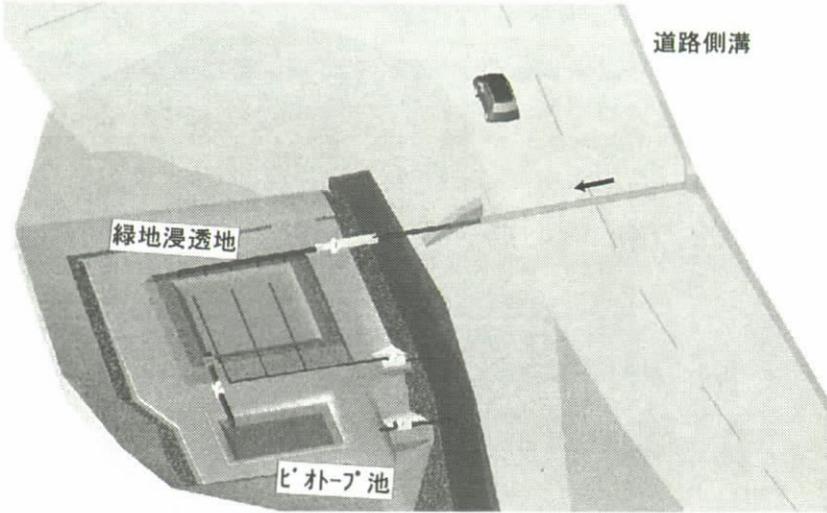


図2-2 実験施設模式図

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	50 m <sup>2</sup>	0.5 m	現地土+山砂
ピオトープ池実験施設	25 m <sup>2</sup>	0.3 m	水草

## 2.3 実験方法

1998年11月から1999年3月まで、1降雨における緑地帯浸透実験施設およびピオトープ池実験施設の経時的な水質調査および路面排水が各施設に流達する時間・流量調査を行った。調査地点を図2-3、採水間隔を表2-2、水質分析項目を表2-3に示す。

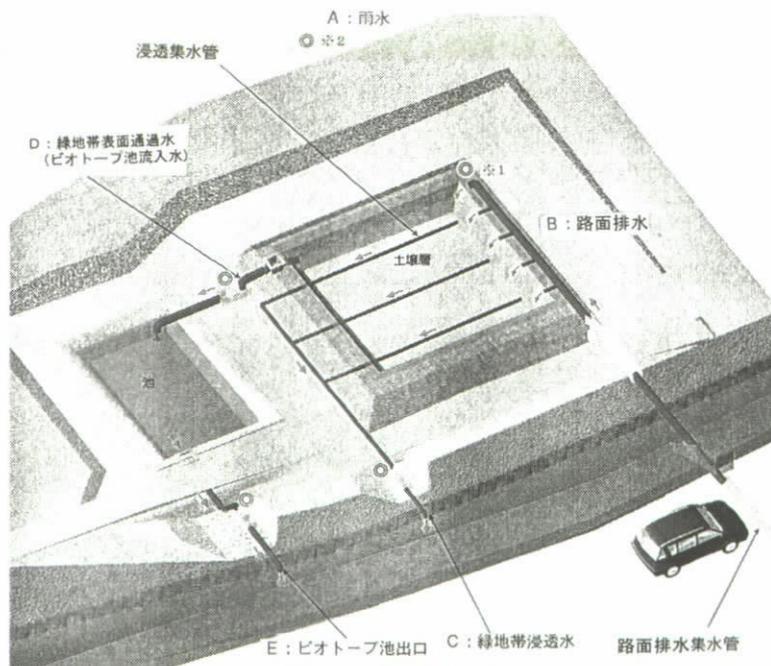


図2-3 調査地点

表2-2 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、3-5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、30分後、60分後、2時間後、4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、3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 過マンガン酸法 (100℃、30分)
D-COD (溶解性COD)	0.45 μm ミリポアろ紙でろ過後、CODと同じ(注1)
D-TOC (溶解性TOC)	0.45 μm ミリポアろ紙でろ過後、 JIS K 0102-22.1 燃焼酸化-赤外線式TOC分析法(注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 <sub>4</sub> -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 <sub>3</sub> -N (硝酸態窒素)	自動分析法 (Cd-Cuカラム還元法)
NO <sub>2</sub> -N (亜硝酸態窒素)	JIS K 0102-43.1.1 ナフチルエチ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 <sub>4</sub> -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0.45 μm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

3. 結果

3.1 流量収支

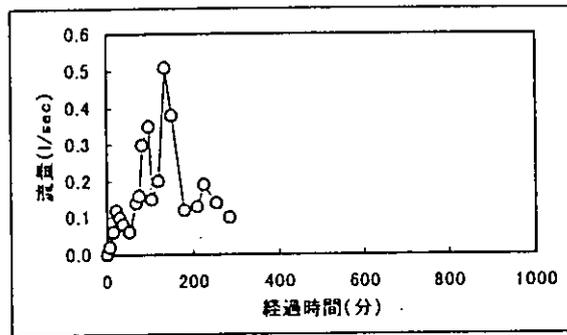
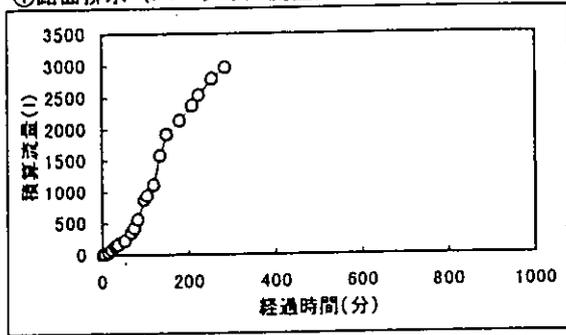
調査期間中に各地点で流量が記録できたのは、表3-1に示す3回であった。この結果、緑地浸透水にも出水が確認され、水質調査が可能であることが確認された。また、1999年1月24日には全地点で出水が確認され、採水を行った。この時の流量および流速測定結果を図3-1、流量収支を図3-2に示す。

表3-1 各地点における滞留時間

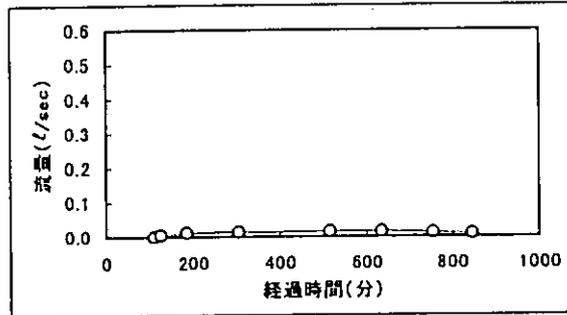
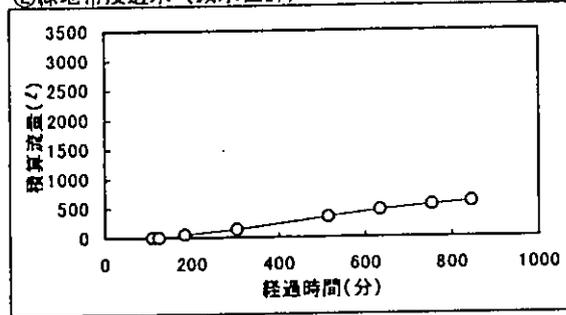
回数	調査日	滞留時間 <sup>(*)</sup> (分)				降雨量(mm)	採水
		路面排水	浸透水	池入口	池出口		
1	1998年11月17日	10	-	-	-	2.0	
2	1998年11月27日	-	110	30	-	6.5	
3	1999年1月24日	50	40	30	50	5.0	実施

(\*)滞留時間 路面排水は、降雨開始後の経過時間  
他の地点は、路面排水出水後の経過時間

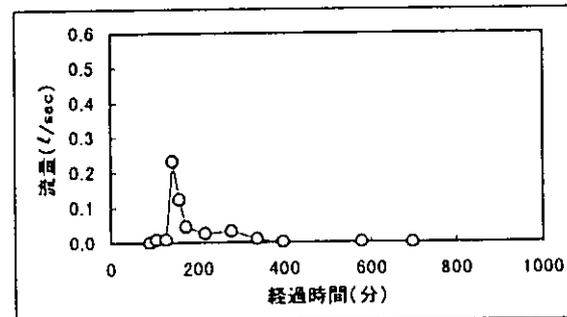
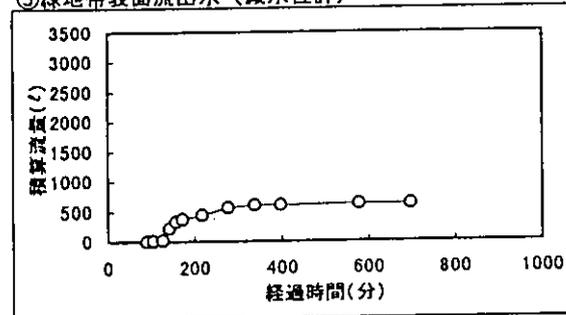
①路面排水（パーシャル流量計）



②緑地帯浸透水（減水位計）

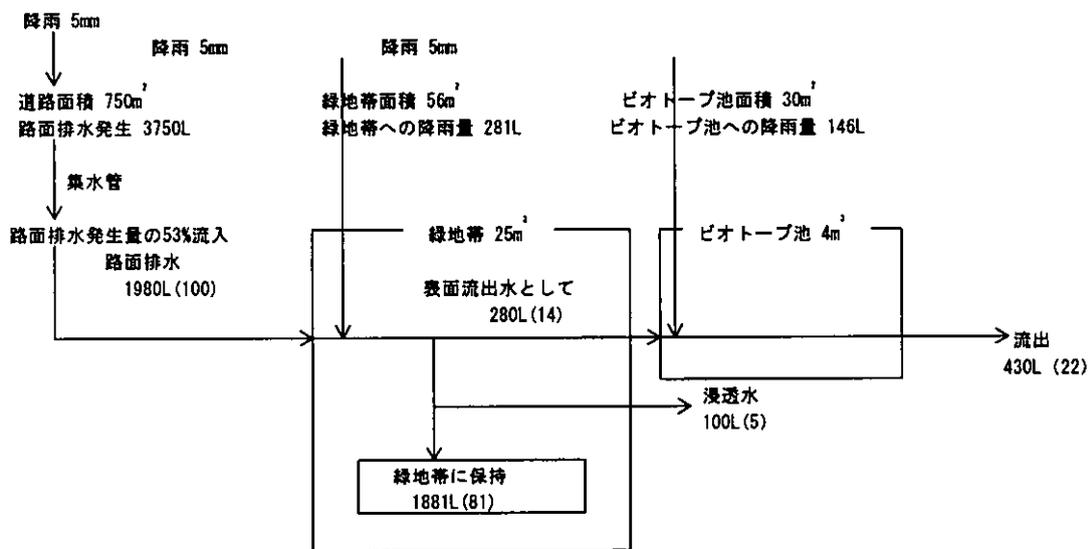


③緑地帯表面流出水（減水位計）



④ビオトープ池出口（減水位計）  
出水なし

図3-1 流量および流速測定結果



カッコ内は路面排水流入量を100としたときの相対値

図3-2 各地点における流量収支

水発生量の53%で約2.0~2.5mmの降水分は路面に残ったり蒸発したと考えられた。また、路面排水と緑地帯浸透水および緑地帯表面流出水の流量収支を見ると、路面排水(1980l)に対し、緑地帯浸透水に100l(5%)、緑地帯表面流出水に280l(14%)となり、残りの1600l(81%)が緑地帯内へ保持されたことになる。保持されたと考えられる水量(1600l)は、緑地帯容積(24500l)の約6.5%であった。

### 3.2 水質浄化性能

緑地帯浸透地およびビオトープ池における水質濃度の出水後からの経時変化を図3-3、各地点の水質一覧表を表3-2に示す。

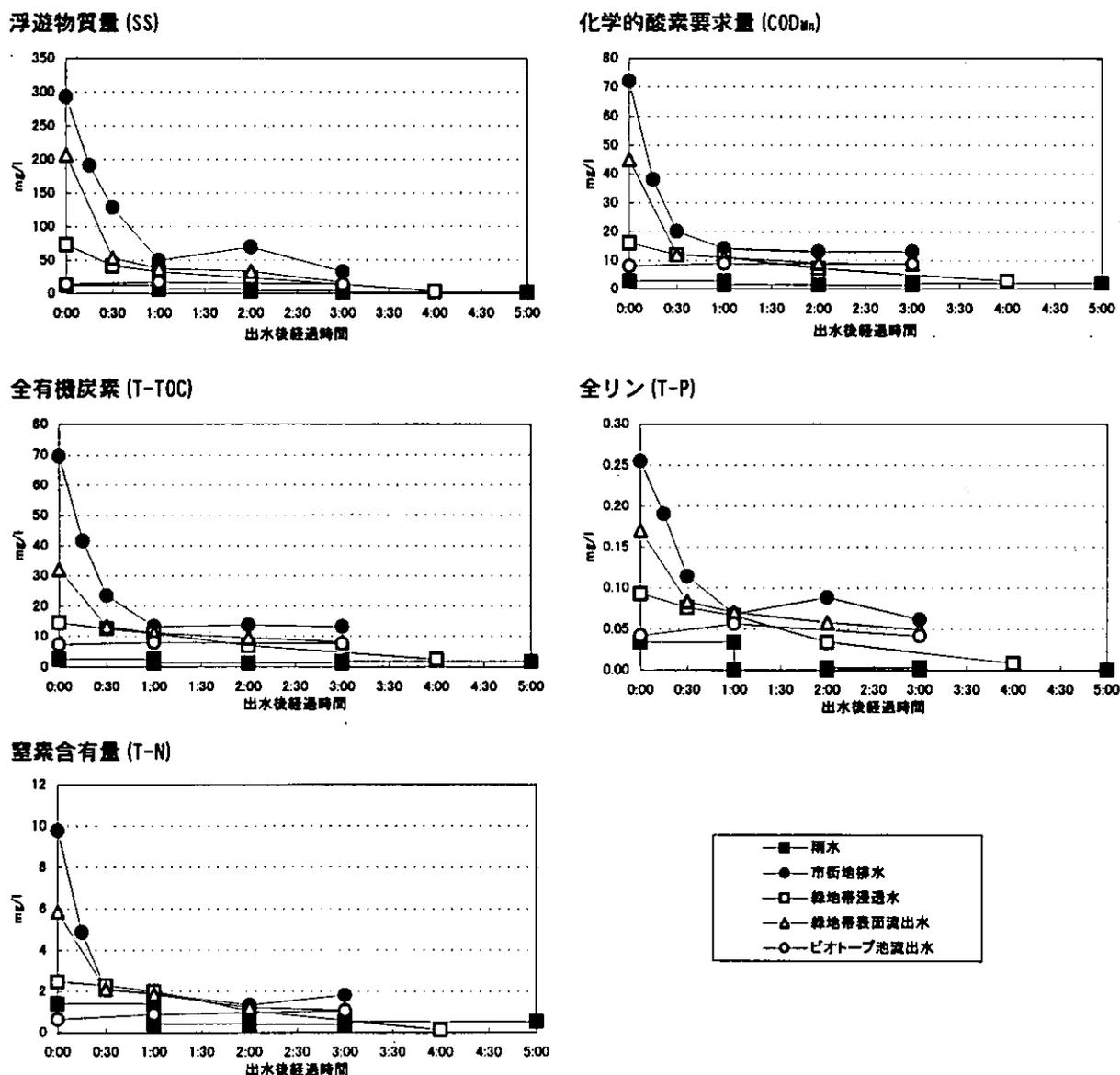


図3-3 各地点における水質濃度の出水後からの経時変化

表3-2 各地点の水質一覧表(上段：出水直後の濃度、下段：時間経過後の安定した濃度、( )：経過時間)

	雨水	路面排水	緑地浸透水	ビオトープ流入	ビオトープ流出水	南湖(*) 平均水質	葉山川(*) 平均水質
pH	4.5 -	7.2 -	6.8 -	7.1 -	7.3 -	8.0	7.1
SS mg/l	12 1.5(3h後)	293 50(1h後)	73 4(4h後)	207 50(0.5h後)	12~17	6	10
COD mg/l	2.8 1.5(1h後)	67 14(1h後)	16 2.8(4h後)	45 12(0.5h後)	8~9	3	4.6
T-TOC mg/l	2.6 1.5(1h後)	65 13(1h後)	13 4.4(4h後)	32 13(0.5h後)	7~8	-	-
T-P mg/l	0 <0.001(1h後)	0.26 0.07(1h後)	0.095 0.01(4h後)	0.17 0.08(0.5h後)	0.04~0.06	0.019	0.139
T-N mg/l	1.4 0.4(1h後)	9.8 2.0(0.5h後)	2.5 0.1(4h後)	5.8 2.1(0.5h後)	0.61~1.03	0.42	1.56

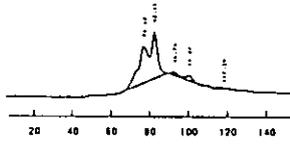
(\*)：平成9年度滋賀県環境白書(資料編)による

雨水は、浮遊物質量(SS)、全リン(T-P)および全窒素(T-N)において、降り始めに高濃度を示したが、その他の項目に関しては経時的に一定であった。pHは約4.5であり関西地方の標準的な雨水(酸性雨)のpHであった。路面排水は、リン酸態リンを除く全ての項目で明確な初期フラッシュが認められた。初期フラッシュはおおむね1時間で終了し、その後の水質濃度はほぼ一定であった。緑地帯浸透水は、リン酸態リンを除く全ての項目で初期フラッシュが見られたが、出水直後水の水質濃度は市街地排水の初期フラッシュ濃度より低く、浮遊物質量(SS)では除去率が75%であった。また、初期フラッシュ後は、出水4時間後(調査終了時)まで緩やかに濃度を下げ、出水4時間後には、琵琶湖南湖平均水質を下回る水質濃度であった。緑地帯表面流出水(ビオトープ流入水)は、リン酸態リンを除く全ての項目で初期フラッシュが見られたが、その後急速に濃度を下げ、出水30分後にはほぼ一定の濃度になった。ビオトープ流出水は、出水後~出水3時間後の水質濃度変化は少なく、各水質項目においてほぼ一定の値であった。

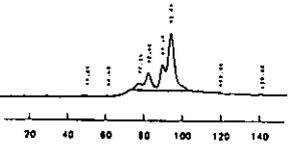
### 3.3 水質浄化性能(GPC-TC)

緑地帯浸透地およびビオトープ池におけるGPC-TCのクロマトグラムパターンの出水後からの経時変化を図3-4に示す。これから、雨水は、溶存態有機炭素濃度を反映し、GPC-TCのクロマトグラムパターンには有機物のピークは少なかった。路面排水は、溶存態有機炭素濃度の低下に伴い、GPC-TCのクロマト面積が減少しているが、GPC-TCの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。路面排水のGPC-TCのクロマトグラムパターンに見られたピークは路面由来であることが示された。緑地帯浸透水は、GPC-TCのクロマトグラムパターンに明確な変化は見られず、路面排水と同様のパターンを示した。緑地表面流出水(ビオトープ流入水)は、GPC-TCのクロマトグラムパターンに路面排水と異なる部分があり、保持時間102分に見られたピークが消失していた。このことは、路面排水が緑地表面を流下する際に何らかの溶存態有機物の組成変化があったことを示している。ビオトープ流出水は、明らかに路面排水とは異なるGPC-TCのクロマトグラムパターンを持ち保持時間50分に巨大なピークが確認された。本ピークを構成する溶存態有機物は、あらかじめビオトープ池にあった水に由来する溶存態有機物であると考えられた。

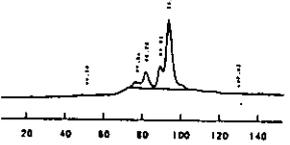
雨水 0~1時間  
 濃縮: 60倍  
 記録計感度: 10



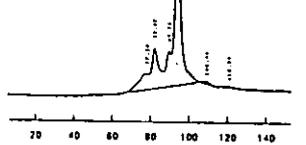
雨水 1~2時間  
 濃縮: 60倍  
 記録計感度: 10



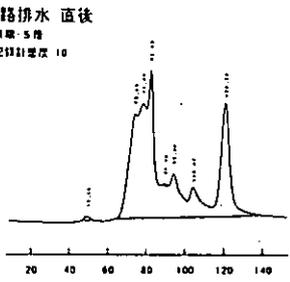
雨水 2~3時間  
 濃縮: 60倍  
 記録計感度: 10



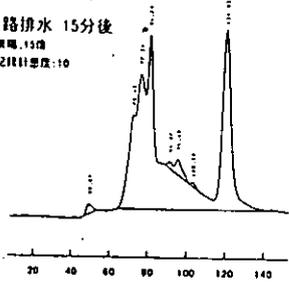
雨水 3~5時間  
 濃縮: 60倍  
 記録計感度: 10



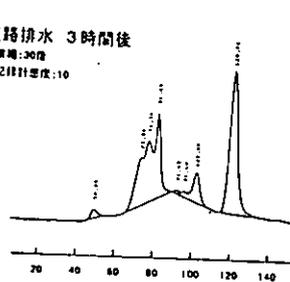
道路排水 直後  
 濃縮: 5倍  
 記録計感度: 10



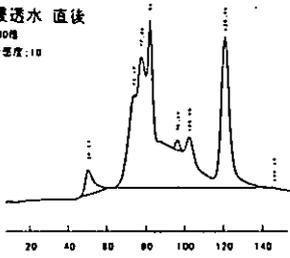
道路排水 15分後  
 濃縮: 15倍  
 記録計感度: 10



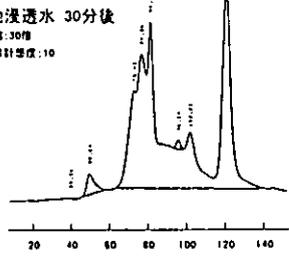
道路排水 3時間後  
 濃縮: 30倍  
 記録計感度: 10



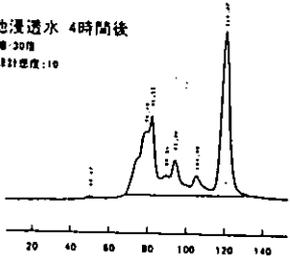
緑地浸透水 直後  
 濃縮: 30倍  
 記録計感度: 10



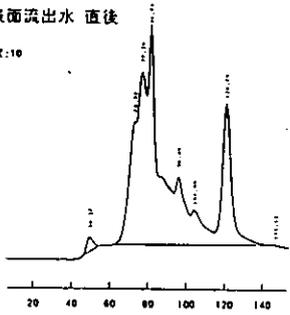
緑地浸透水 30分後  
 濃縮: 30倍  
 記録計感度: 10



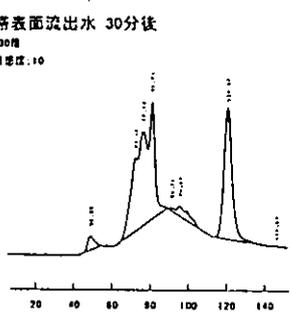
緑地浸透水 4時間後  
 濃縮: 20倍  
 記録計感度: 10



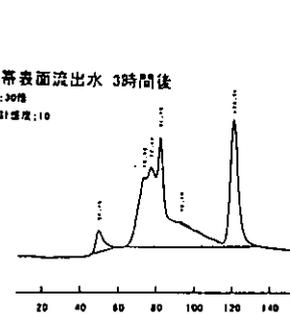
緑地帯表面流出水 直後  
 濃縮: 10倍  
 記録計感度: 10



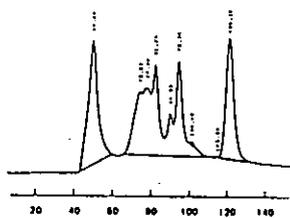
緑地帯表面流出水 30分後  
 濃縮: 30倍  
 記録計感度: 10



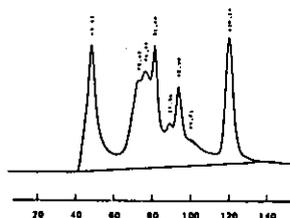
緑地帯表面流出水 3時間後  
 濃縮: 30倍  
 記録計感度: 10



ピオトープ流出水 直後  
 濃縮: 30倍  
 記録計感度: 10



ピオトープ流出水 1時間後  
 濃縮: 30倍  
 記録計感度: 10



ピオトープ流出水 3時間後  
 濃縮: 30倍  
 記録計感度: 10

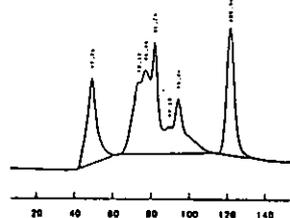


図3-4 GPC-TC調査結果

#### 4. 考察

##### 4.1 緑地帯浸透地とビオトープ池の物質収支

表4-1に、水質調査結果より算出した各調査地点での負荷量を元に、緑地帯浸透地とビオトープ池における物質収支を示した。これによると、各項目において、緑地帯土壤中に保持または分解されたと考えられる量が最も多く、路面排水の約90%を占めていた。この原因は、流量調査結果で路面排水流入量の約80%が緑地帯内に保持されたことから、汚濁物質が流水と共に緑地帯に保持されたと考えられるが、緑地帯に保持された水量割合より物質収支での割合が高かったことから、路面排水の初期フラッシュにおける高濃度排水を選択的に捕捉したことが考えられる。

表4-1 物質収支 (g)

項目	路面排水	降雨による 緑地帯負荷	土壤中に保持 または分解	緑地浸透水	表面流出水 ビオトープ池流入	降雨による ビオトープ池負荷	ビオトープ池 流出水
SS	181	1.3	163	2.1	16.7	0.7	0.2
COD	37	0.4	33	0.7	4.1	0.2	0.1
TOC	40	0.4	36	0.7	3.9	0.2	0.1
T-P	0.20	0.002	0.198	0.004	0.023	0.001	0.001
T-N	4.4	0.15	3.9	0.11	0.59	0.08	0.01

##### 4.2 路面排水の面源負荷削減効果

水質調査結果より各調査地点において出水開始直後の初期フラッシュが確認されたが、その濃度は路面排水において最も高く、緑地帯およびビオトープ池において水質浄化が確認された。また、負荷量算定の結果、路面排水の面源負荷では、降雨開始直後の初期フラッシュによる汚濁物質の寄与が高いことが示され、面源負荷対策において初期フラッシュの負荷を除去することが効果的であることが示された。また、物質収支では、多くの路面排水および物質負荷が緑地内に吸収、捕捉されることが示されており、初期フラッシュの高濃度排水を選択的に捕捉していることが考えられた。従って、本施設における面源負荷削減効果は確認され、特に、路面排水で高濃度、高負荷の初期フラッシュが生じたときに、緑地帯における選択的な負荷捕捉が効果的であると考えられた。

しかしながら、本解析は1降雨での調査結果に基づいており、本実験施設の負荷削減効果や路面排水による面源負荷について、季節的変化、降雨量など多くの未検討課題がある。

#### 実験担当者 (平成10年度担当)

滋賀県土木部	道路課専門員	青谷 藤和
滋賀県土木部	道路課技師	稲葉 実
滋賀県琵琶湖環境部	環境政策課専門員	松居 弘吉
滋賀県琵琶湖環境部	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
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

## 15. 中間水路底質調査

### 1. 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および浚渫工事による底質改善の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。

### 1.1 調査実施日

浚渫前 夏季：平成10年 8月20日

秋季：平成10年11月25日

浚渫後 平成11年 2月18日

### 1.2 調査内容

表1-1に調査内容を示す。

表1-1 調査内容

	浚渫前 (8/20)		浚渫前 (11/25)		浚渫後 (2/18)	
	浚渫区内	浚渫区外	浚渫区内	浚渫区外	浚渫区内	浚渫区外
底質分析	○	○			○	
間隙水分析	○	○	○	○	○	○
現地状況の測定	○	○	○	○	○	○

注) 分析項目、測定項目は表2-1～表2-3に示すとおりである。

### 1.3 調査地点

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（A）、浚渫区域外1地点（B）の計2地点とし、1地点につき3カ所で試料採取を行った（図1-1～図1-3参照）。

図1-2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1-3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いため、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た。

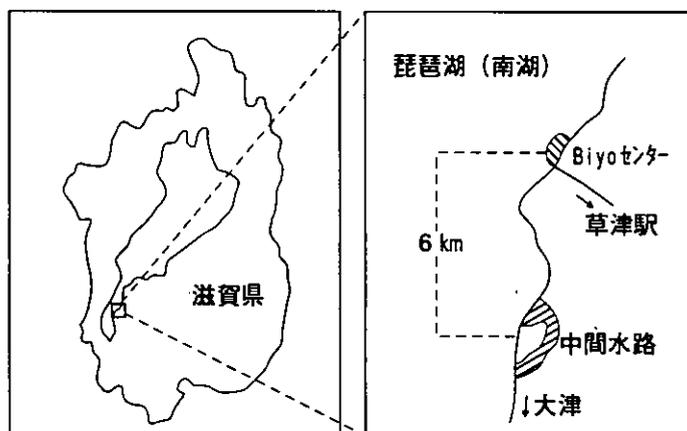


図1-1 中間水路位置図

浚渫計画平面図

東京市  
豊島区  
文島

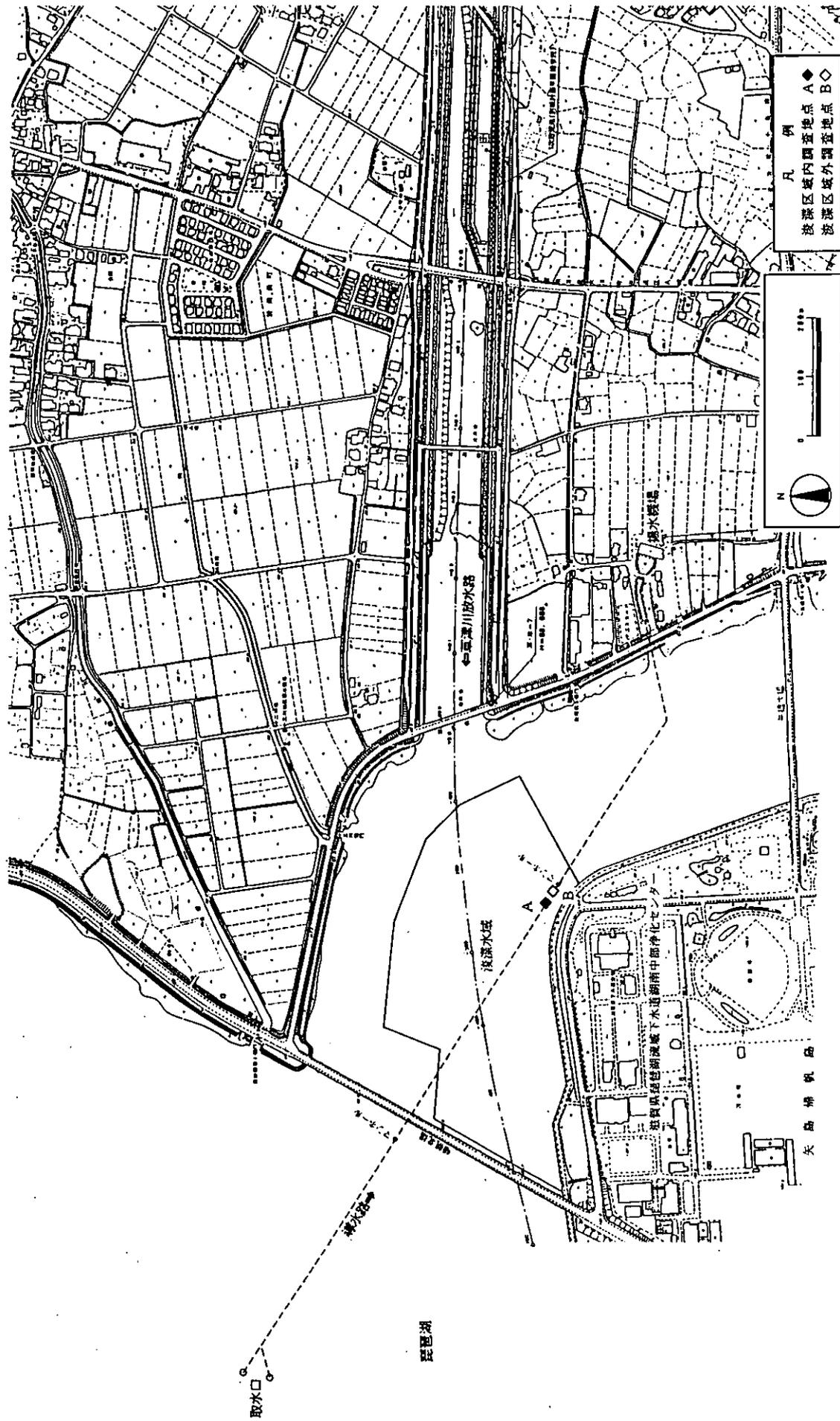
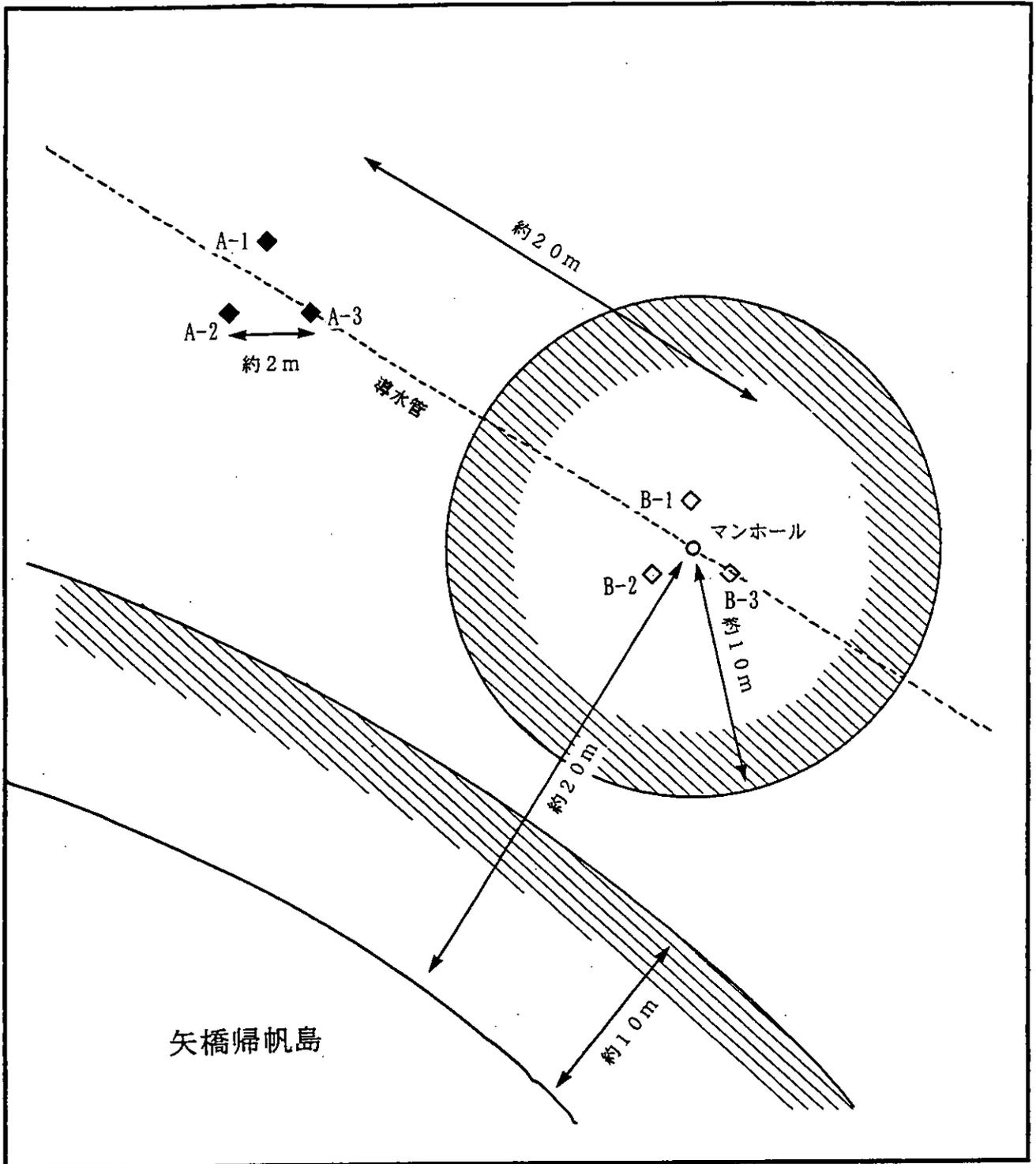


図1-2 調査地点位置図



矢橋帰帆島

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	▨

図1-3 調査地点詳細図

## 2. 調査方法

### 2.1 試料採取方法

採泥はエックマンバージ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)に満たし、中に空気を残さないように注意して密栓した。

間隙水および底質直上水の採取は、拡散チャンバー(ピーパー; 図2-1)を用いて行った。底質中の間隙水の採取には様々な手法が考案され、調査目的に応じて使い分けられている。これらの手法を大別すると、以下の4種に分類される<sup>1)</sup>。

①遠心分離法: 遠心分離器などにより、試料から間隙水を分離する。

②圧縮法: 試料を圧縮し、間隙水を分離する。

③隔膜浸透法: 浸透圧隔膜などによる濃度平衡状態により、間隙水を分離する。

④直接採取法: 潜水作業により、注射器などを用いて直接底泥から間隙水を採取する。

ピーパーは隔膜浸透法の原理を用いている。遠心分離法、圧縮法による間隙水の採取では、採泥時、遠心分離時、圧縮時などに試料が空気と接触する機会が多く、嫌気的な底質の分析において誤差を生じやすい。隔膜浸透法と直接採取法はともに外気に触れる機会が少ないが、直接採取法が採取時の瞬間値としての間隙水を対象とするのに対し、隔膜浸透法には透析器設置期間中(2週間程度)の間隙水の状況が反映される。また直接採取法と異なり、使用する透析器の形状によっては、直上水および間隙水を複数の深度ごとに同時に採取することができる。

以上のことから、今回の調査目的である浚渫の効果とその持続性の把握には、時間をかけて平衡に達する隔膜浸透法が最も適していると考えられ、この方法を選択した。

今回の調査で使用したピーパーは、プレキシガラス製の貯水部とカバーの2つの部品からなる。図2-1に示すように、貯水部には容量約30mlのセルが6つあり、ポリスルホン透析紙(Gelman HT450、孔径0.45 $\mu$ m)を挟んで、カバーをネジ止めしてある。カバーにはセルに合わせて穴が開いていて、底質中、水中の溶存態物質が、透析紙を通してイオン交換水で満たされた貯水部に拡散するようになっている。調査の対象となる試料は、底泥表面から0~5cm、6~11cmの底質間隙水、および湖底より0~5cmの直上水となり、各層で2つのセルから試料を採取することができる。

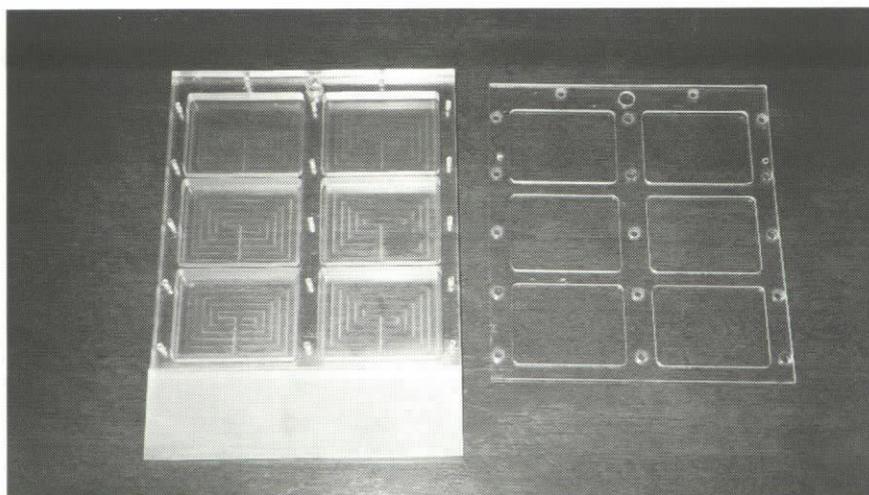


図2-1 拡散チャンバー(ピーパー)

セルの中のイオン交換水に含まれる酸素は、試料に影響を及ぼす可能性がある。このためピーパーは、あらかじめ数時間窒素ガスを吹き込んで脱酸素化したイオン交換水の中で組み立て、セル内に気泡がついていないことを確認した上で、調査地点に設置する48時間以上前から窒素でバブリングを行った。

底質の間隙水および直上水とピーパー内のイオン交換水の濃度が平衡に達するまでに2週間程度を要するため、ピーパーは回収の13日から20日前にダイバーによって設置した。

ピーパーの回収後も試料の酸化を防ぐため、空気に触れる時間ができるだけ短くなるように、注射器を用いてピーパー内の試料を取り出し、密閉容器(50ml蓋付遠沈管)に移してアイスボックスに保存した。各層の2つのセルから採取した試料は混合したのち、D・T-N測定用とD・T-P測定用に分けている。D・T-P測定用のサンプルについては、還元状態の試料が酸化されると溶存態のリンがリン酸鉄(Ⅲ)として沈殿、あるいは水酸化鉄(Ⅲ)などと共沈する可能性が高いため、試料のpHが2以下となるように、硝酸を添加して固定した。

#### ピーパー設置期間

浚渫前 夏季：平成10年 7月31日 ～ 8月20日

秋季：平成10年11月 9日 ～ 11月25日

浚渫後 冬季：平成11年 2月 5日 ～ 2月18日

なお、11月の現地調査では、ピーパーによる間隙水採取と併せて、遠心分離法による採取も行った。柱状採泥器で底泥をサンプリングしたのち、ただちに直上水を採取し、さらにピーパーの調査対象深度に相当する0～5cmおよび6～11cmの底泥を切り分けて、窒素充填した密閉式ビニール容器に入れ、内部に空気を残さないように密閉した。採泥は、浚渫区域内外2本ずつ行った。

採取した底泥は分析室に持ち帰り、すみやかに窒素雰囲気中で3000rpm×10分間遠心分離して上澄み液を採取し、さらに10分間遠心分離したのち分析試料とした。直上水も、10分間遠心分離したのち分析試料とした。遠心分離した試料についても、D・T-P測定用のサンプルは、ピーパーの試料と同様に硝酸で固定した。

試料採取時には、表層水、底層水の水温、溶存酸素を測定した。ただし8月の調査時には、鉛直方向に水温および溶存酸素の変化が大きかったため、20cmピッチで測定を行った。

## 2.2 分析項目および分析方法

### 2.2.1 底質分析

表2-1 底質分析項目

分析項目	分析方法
pH	ガラス電極法
酸化還元電位	白金電極法
乾燥減量	底質調査方法(1988) 3
強熱減量	底質調査方法(1988) 4
粒度分布	JIS A 1204
全窒素 (T-N)	底質調査方法(1988) II 18.2
全リン (T-P)	底質調査方法(1988) II 19.2

## 2.2.2 間隙水分析

表2-2 間隙水、直上水分析項目

分析項目	分析方法
溶存態全窒素 (D・T-N)	JIS-K-0102(1998)45.2
溶存態全リン (D・T-P)	JIS-K-0102(1998)46.3.1
備考	間隙水は、拡散チャンバーにより採取した。 11月調査時には遠心分離法も併用した。

## 2.2.3 試料採取時の状況

表2-3 現地状況の測定項目

分析項目	分析方法
水温	JIS-K-0102(1998)7.2
溶存酸素量	JIS-K-0102(1998)32.1

## 3. 調査結果

現地測定結果を表3-1～表3-3および図3-1、図3-2に、底質分析結果を表3-4、表3-5に、直上水・間隙水分析結果を表3-6～表3-9および図3-3、図3-4に示す。試料採取および8月調査時における水温、溶存酸素の測定は、調査地点1地点につき3カ所で行ったため、図表中では、浚渫区域内A-1、A-2、A-3、浚渫区域外B-1、B-2、B-3としてこれを区別している。また、柱状採泥器による試料は調査地点1地点につき柱状コアを2本、合計4本採取したため、これらは浚渫区域内1、2、浚渫区域外1、2として区別している。

なお、11月調査時において、浚渫区域外に設置したピーパー3基のうち2基(B-1、B-2)は横転した状態で回収された。これは、回収を容易にするためにピーパーに結んでいた紐に釣り糸とルアーが絡まっていたことから、釣り人に引き抜かれてしまったものと考えられる。

### 3.1 調査地点の状況

#### 3.1.1 浚渫前8月調査 (表3-1、図3-1、図3-2参照)

- (1) 底層水温は約29℃で、表層水と約1℃の温度差があった。水深1.6m付近に弱い温度躍層が形成され、上層水と底層水の混合が弱いことが伺われる。
- (2) 調査地点付近の湖底には浮泥の付着した水草が繁茂しており、たかだか2mの水深にも関わらず、湖底直上水の溶存酸素が0に近い地点があった。
- (3) 調査地点付近の底泥は、硫化水素臭は感じられなかったものの、表面を除いて青みがかかった暗灰色を呈し、かなり還元状態にあることを示している。

#### 3.1.2 浚渫前11月調査 (表3-2参照)

- (1) 底層水温は約11℃で、表層水との温度差はほとんどなく、溶存酸素も湖底まで飽和状態であった。

#### 3.1.3 浚渫後2月調査 (表3-3参照)

- (1) 浚渫区域内外ともに、底層水温は約7℃で、表層水との温度差はほとんど無く、溶存酸素も底まで飽和状態であった。
- (2) 浚渫区域内は、浚渫区域外に比べ約20cm深くなっていた。8月調査時と比べても、約20cm深くなっている (琵琶湖の水位は、8月調査時:-17cm、2月調査時:-19cm)。
- (3) 浚渫区域内の底泥は、8月調査時に比べてやや固い部分が多くなったような印象を受けた。

表3-1 水温・溶存酸素測定結果 (8/20)

水面からの 深度 (m)	浚渫区域内 (水深2.0m)						浚渫区域外 (水深1.9m)					
	A-1		A-2		A-3		B-1		B-2		B-3	
	水温 (°C)	DO (mg/l)	水温 °C	DO mg/l	水温 °C	DO mg/l	水温 °C	DO mg/l	水温 °C	DO mg/l	水温 °C	DO mg/l
0.2	30.1	10.2	30.0	10.5	30.0	10.6	30.8	9.7	30.5	9.5	30.5	12.1
0.4	30.1	10.4	30.0	10.5	30.0	10.6	30.7	10.5	30.4	9.3	30.5	12.4
0.6	30.1	10.3	30.0	10.5	30.0	11.1	30.6	10.7	30.3	8.7	30.3	13.0
0.8	30.1	10.5	30.0	10.8	30.0	11.2	30.3	10.9	30.2	9.4	30.1	12.7
1.0	30.1	10.7	30.0	10.9	30.0	11.4	30.1	10.4	30.1	9.1	30.0	11.2
1.2	30.0	10.8	30.0	10.9	30.0	11.3	30.0	9.2	29.9	9.3	29.9	10.3
1.4	29.9	9.0	29.9	9.2	29.8	8.5	29.7	8.6	29.7	9.5	29.7	9.3
1.6	29.7	4.1	29.8	5.4	29.6	4.5	29.5	7.2	29.5	9.7	29.5	7.3
1.8	29.4	0.4	29.4	0.8	29.4	0.9	29.4	5.5	29.4	9.9	29.3	6.3
1.9							29.3	3.9	29.3	10.0	29.4	4.5
2.0	29.0	0.1	29.0	0.2	29.0	0.3						

表3-2 水温・溶存酸素測定結果 (11/25)

水面からの 深度 (m)	浚渫区域内 (水深2.0m)		浚渫区域外 (水深2.0m)	
	水温 (°C)	DO (mg/l)	水温 (°C)	DO (mg/l)
0.2	10.5	11.0	10.7	11.2
2.0	10.4	10.8	10.7	11.2

表3-3 水温・溶存酸素測定結果 (2/18)

水面からの 深度 (m)	浚渫区域内 (水深2.2m)		浚渫区域外 (水深2.0m)	
	水温 (°C)	DO (mg/l)	水温 (°C)	DO (mg/l)
0.2	6.8	13.3	6.9	13.0
2.0			6.8	13.3
2.2	6.6	13.2		

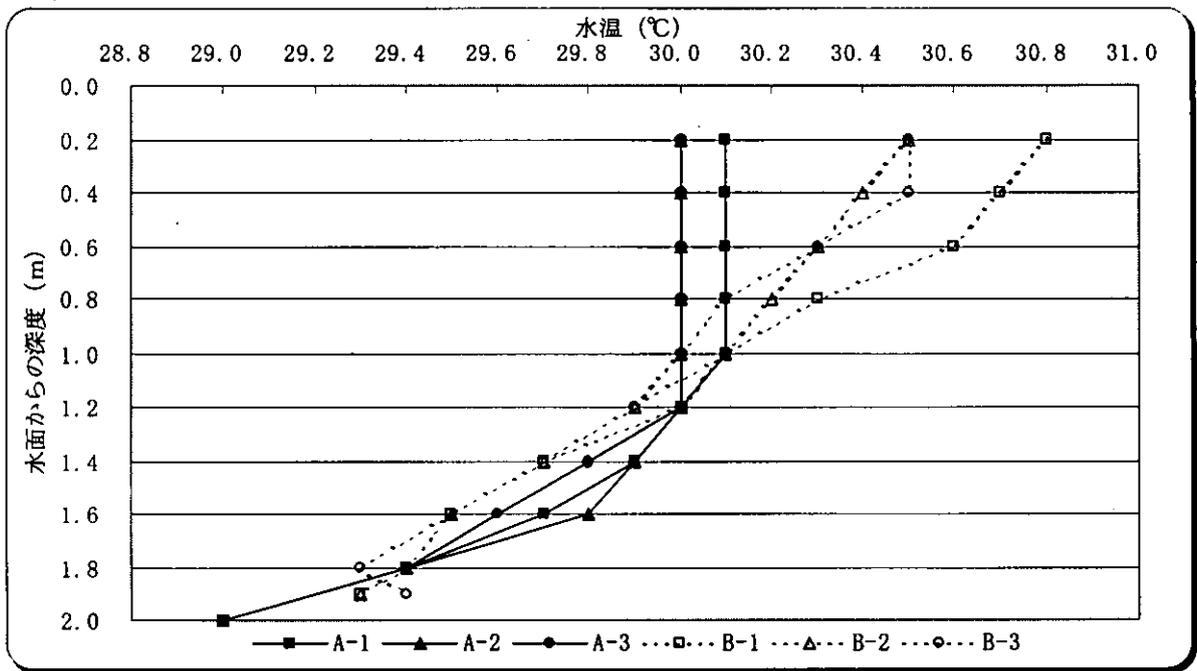


図3-1 調査時の水温 (8/20)

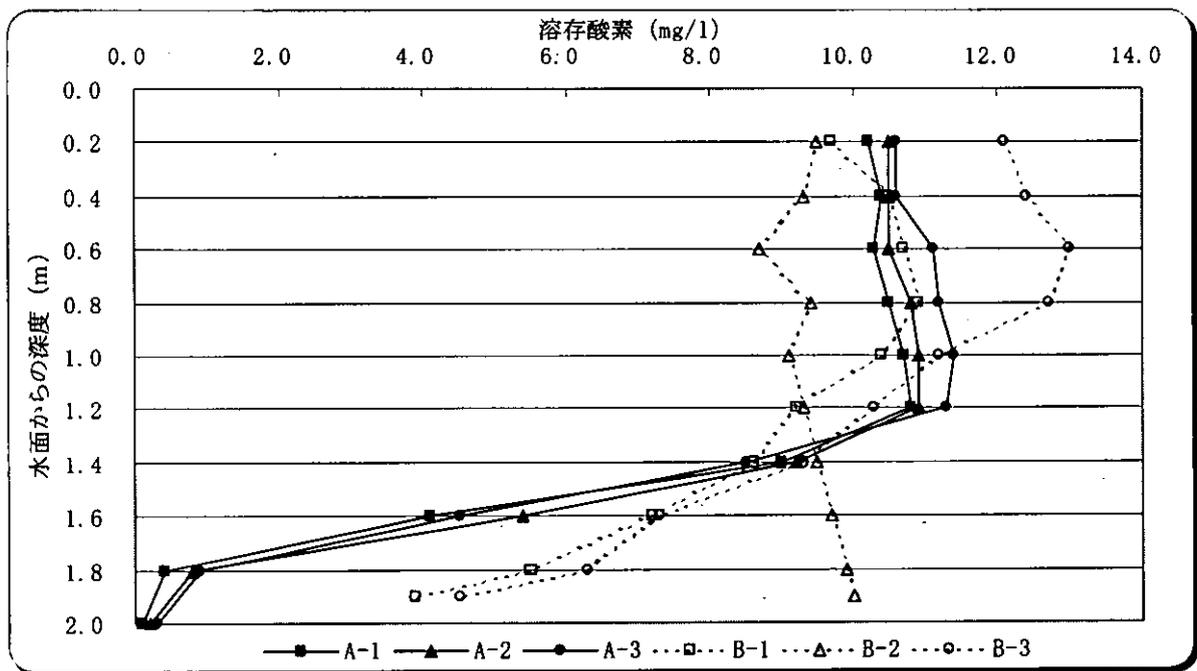


図3-2 調査時の溶存酸素 (8/20)

### 3.2 底質分析結果

#### 3.2.1 浚渫前8月調査（表3-4参照）

- (1) 粒度分析結果によると、調査地点の底質はシルト・粘土を主体とする細砂で、浚渫区域外の方がいくぶん細かい。
- (2) 乾燥減量（含水率）は59～68%、強熱減量は10～11%で、粒度と対応して浚渫区域外の方がやや高い。
- (3) 酸化還元電位（Eh）はややバラツキがあるが、標準水素電極に対して+100mVを下回り、概観と同様にかなり還元状態にあることを示している。また、浚渫区域内の方に値の低い地点が見られる。
- (4) 全窒素（T-N）は2.4～3.1mg/Dryg、全リン（T-P）は1.0～1.3mg/Drygと、いずれも栄養塩に富んだ底質であることを示していた。浚渫区域外の方が全窒素、全リンとも濃度が高い点は粒度分析や乾燥減量等と同様の結果であった。

表3-4 底質分析結果（8/20）

調査項目	浚渫区域内			浚渫区域外			
	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	
pH	6.7	6.8	6.9	6.7	6.7	6.7	
Eh (mV)	84.1	41.3	57.4	70.1	73.0	68.2	
pH、Eh測定時の温度 (°C)	29.1	30.3	30.1	32.0	29.3	30.4	
全窒素(T-N) (mg/Dryg)	2.5	2.5	2.4	3.1	3.1	3.1	
全リン(T-P) (mg/Dryg)	1.1	1.1	1.0	1.3	1.2	1.2	
乾燥減量(含水率) (%)	61.0	59.2	61.4	66.4	66.7	67.7	
強熱減量 (%)	10.9	10.5	9.7	11.6	11.5	10.4	
粒度分布	礫分 2mm～75mm (%)	0.5	1.7	1.2	0.4	0.7	1.1
	砂分 75μm～2mm (%)	6.4	5.7	5.2	5.2	6.8	5.4
	シルト分 5μm～75μm (%)	70.1	68.1	68.5	65.6	65.4	64.6
	粘土分 5μm未満 (%)	23.0	24.5	25.1	28.8	27.1	28.9

#### 3.2.2 浚渫後2月調査（表3-5参照）

- (1) 浚渫区域内の粒度分析結果をみると、調査地点の底質はシルト・粘土を主体とする細粒土であることは変わらないが、8月調査時に比べてシルト分が減少して粘土分が増加している。これは、薄層浚渫によって底泥の表層が除去され、下層の粘土分の多い層が露出したことを示すものと考えられる。
- (2) 乾燥減量（含水率）は53～55%、強熱減量は7～8%で、8月調査時と比べて有機物の多い浮泥層が減少したことを示しており、浚渫の効果が認められる。
- (3) 酸化還元電位（Eh）は+200mVを上回り、底泥が酸化状態にあることを示している。
- (4) 浚渫区域内の底質の全窒素（T-N）は1.4～1.5mg/Dryg、全リン（T-P）は0.26～0.32mg/Drygと、いずれも8月調査時に比べて大きく減少しており、浚渫の効果が認められる。

表3-5 底質分析結果 (2/18)

調査項目	浚渫区域内			
	A-1	A-2	A-3	
pH	7.2	7.1	7.0	
Eh (mV)	289	208	263	
pH、Eh測定時の温度 (°C)	6.2	6.2	6.1	
全窒素(T-N) (mg/Dryg)	1.4	1.5	1.4	
全リン(T-P) (mg/Dryg)	0.32	0.26	0.32	
乾燥減量(含水率) (%)	53.6	53.3	54.8	
強熱減量 (%)	7.1	7.0	7.6	
粒度分布	礫分 2mm~75mm (%)	0.0	1.0	0.6
	砂分 75μm~2mm (%)	2.6	8.5	5.8
	シルト分 5μm~75μm (%)	57.6	56.6	53.0
	粘土分 5μm未満 (%)	39.8	33.9	40.6

### 3.3 直上水・間隙水分析結果

#### 3.3.1 溶解性全窒素 (表3-6、表3-7、図3-3参照)

##### (1) 浚渫前8月調査

- ① 直上水(0~5cm) : 1.96~8.05(平均4.45)mg/ℓときわめて高い値を示し、地点間(ピーパー間)のバラツキが大きい。
- ② 間隙水上層(0~-5cm) : 9.74~17.0(平均12.5)mg/ℓと直上水より1桁高い。浚渫区域内の3枚はバラツキが小さいが、区域外も含めると地点間のバラツキが大きい。
- ③ 間隙水下層(-6~-11cm) : 14.6~21.8(平均17.4)mg/ℓと上層よりもさらに高い値を示した。地点間のバラツキについては上層と同様である。

##### (2) 浚渫前11月調査

- ① 直上水(0~5cm) : 0.503~0.651(平均0.571)mg/ℓにまで低下し、地点間のバラツキは小さい。
- ② 間隙水上層(0~-5cm) : 1.48~3.94(平均2.48)mg/ℓと、直上水と同様に8月より1桁低下している。直上水より1桁高い点は、1月と同様である。
- ③ 間隙水下層(-6~-11cm) : 4.06~15.5(平均8.96)mg/ℓと、平均的には直上水や間隙水上層と同様に低下傾向が見られるが、地点間のバラツキが大きく、8月と同じオーダーの値も見られる。
- ④ 遠心分離法 : 直上水が0.450~0.703(平均0.561)mg/ℓ、間隙水上層が3.18~6.62(平均4.50)mg/ℓ、間隙水下層が4.10~12.0(平均8.48)mg/ℓと、ピーパーによる分析結果とほぼ同様の値を示しているが、やはり地点間のバラツキはかなり大きい。

##### (3) 浚渫後2月調査

- ① 直上水(0~5cm) : 浚渫区域内が0.688~0.719(平均0.706)mg/ℓ、浚渫区域外が0.676~0.813(平均0.724)mg/ℓと、11月調査時と大きく変わらず、浚渫区域内外の差もほとんど認められない。
- ② 間隙水上層(0~-5cm) : 浚渫区域内が2.18~2.50(平均2.33)mg/ℓ、浚渫区域外が1.91~5.91(平均3.79)mg/ℓと、直上水と同様に11月から大きな変化はないが、各3検体のデータを見る限りは、浚渫区域内の方がバラツキが小さい結果になっている。

- ③ 間隙水下層 : 浚渫区域内が3.00~4.10(平均3.66)mg/ℓ、浚渫区域外が7.19~29.2(平均16.0)mg/ℓと、区域外Cの29.2mg/ℓを除けば、11月調査時とほぼ同じレベルの濃度である。ただし、浚渫区域内が11月調査時に比べてバラツキが小さく低濃度側に集まっている点には、浚渫の効果が現れている可能性がある。

表3-6 D・T-N直上水・間隙水分析結果 (t'-h'-)

D・T-N(mg/l)		浚渫区域内			浚渫区域外			
		A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	
浚渫前	8月	直上水	8.05	4.42	1.96	5.58	4.52	2.18
		0~5 cm	9.74	10.2	10.6	13.2	17.0	14.4
		6~11cm	14.6	15.5	14.6	18.9	21.8	19.3
	11月	直上水	0.651	0.503	0.598	(3.04)	(0.557)	0.533
		0~5 cm	3.94	1.48	2.04	(0.841)	(0.841)	2.44
		6~11cm	11.5	4.06	15.5	(0.356)	(0.296)	4.86
浚渫後	2月	直上水	0.713	0.688	0.719	0.676	0.813	0.682
		0~5 cm	2.50	2.30	2.18	1.91	3.54	5.91
		6~11cm	3.00	4.10	3.88	11.7	7.19	29.2

注) 浚渫区域外のピーパーB-1およびB-2は横転した状態で回収されたため、( ) 付きで表示した。

表3-7 D・T-N直上水・間隙水分析結果 (遠心分離法)

D・T-N(mg/l)		浚渫区域内		浚渫区域外		
		A-1	A-2	B-1	B-2	
浚渫前	11月	直上水	0.512	0.450	0.579	0.703
		0~5 cm	4.29	6.62	3.89	3.18
		6~11cm	4.10	12.0	8.65	9.16

### 3.3.2 溶解性全リン (表3-8、表3-9、図3-4参照)

#### (1) 浚渫前8月調査

- ① 直上水(0~5cm) : 0.333~2.80(平均1.12)mg/ℓと、窒素と同様にきわめて高く、地点間のバラツキも非常に大きい。
- ② 間隙水上層 : 1.49~1.82(平均1.64)mg/ℓと、平均的には直上水より高いが、窒素ほどの差はなく地点間のバラツキも比較的小さい。
- ③ 間隙水下層 : 1.16~1.69(平均1.50)mg/ℓと、上層とほぼ同じか、むしろ低い値を示した。

#### (2) 浚渫前11月調査

- ① 直上水(0~5cm) : 0.002~0.013(平均0.005)mg/ℓと、8月から一転して非常に低くなっている。
- ② 間隙水上層 : 0.168~2.52(平均1.62)mg/ℓと、平均的には8月と変わらないが、地点間のバラツキが非常に大きくなっている。
- ③ 間隙水下層 : 1.18~1.45(平均1.26)mg/ℓと、8月と同じオーダーの値になっている。

- ④ 遠心分離法 : 直上水は0.020~0.034(平均0.024)mg/ℓとピーパーによる分析結果より一桁高く、間隙水は上層が0.092~0.252(平均0.182)mg/ℓ、下層が0.067~0.134(平均0.094)mg/ℓとピーパーによる分析結果より一桁低い値になっている。やはり地点間のバラツキはかなり大きい。

(3) 浚渫後2月調査

- ① 直上水(0~5cm) : 浚渫区域内が0.009~0.012(平均0.010)mg/ℓ、浚渫区域外が<0.001~0.011(平均0.007)mg/ℓと、窒素と同様に11月調査時に引き続き低い値を示し、浚渫区域内外の差もほとんど認められない。
- ② 間隙水上層(0~-5cm) : 浚渫区域内 0.375~0.990(平均0.724)mg/ℓ、浚渫区域外0.082~0.840(平均0.446)mg/ℓとなっている。浚渫区域内は11月調査時に比べて低下傾向にあるように見えるが、11月に見られたバラツキの範囲内であり、浚渫区域外の方がむしろ低い値になっていることから、浚渫の効果とは考えにくい。
- ③ 間隙水下層(-6~-11cm) : 浚渫区域内 0.582~1.12(平均0.931)mg/ℓ、浚渫区域外0.791~1.15(平均0.925)mg/ℓとなっている。間隙水上層と同様に浚渫区域内はやや低下しているように見えるが、浚渫区域外との差は小さく、浚渫の効果ははっきりしない。

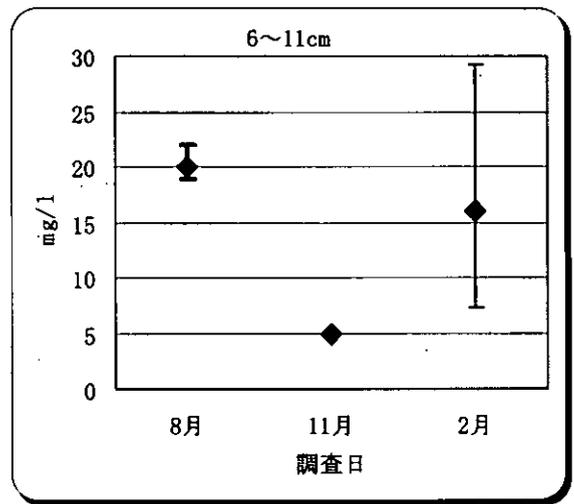
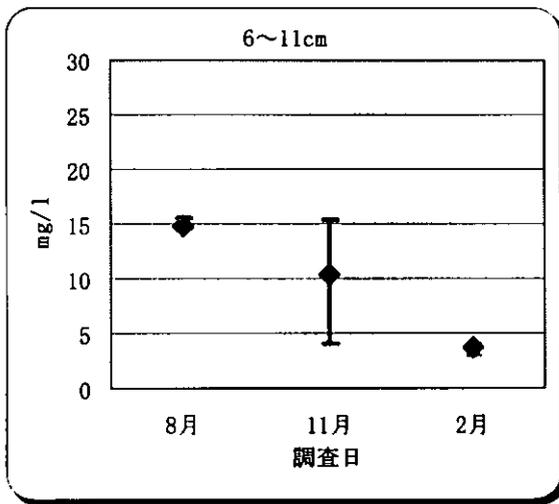
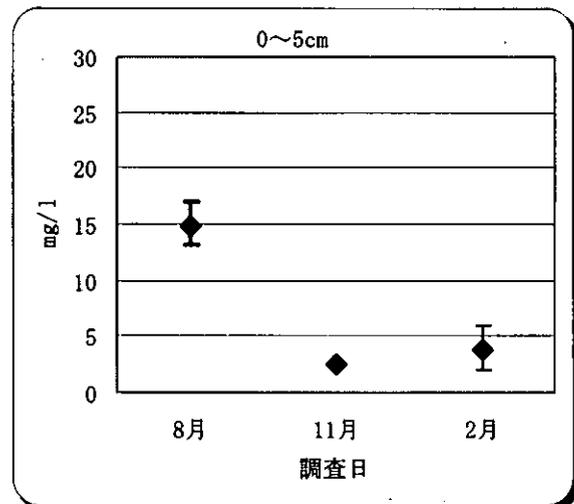
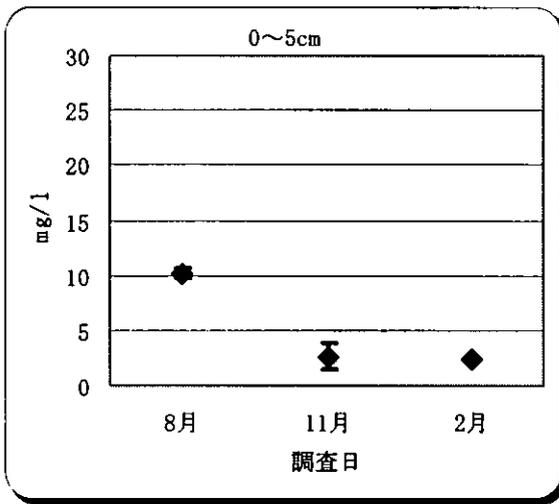
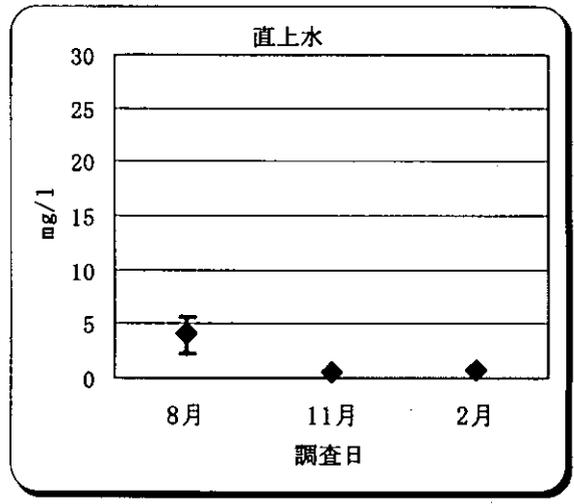
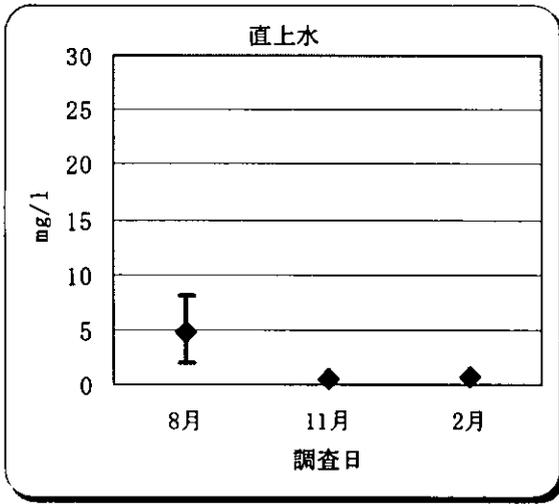
表3-8 D・T-P直上水・間隙水分析結果(ピーパー)

D・T-P (mg/l)			浚渫区域内			浚渫区域外		
			A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3
浚渫前	8月	直上水	2.80	0.828	0.333	1.09	1.06	0.597
		0~5 cm	1.49	1.51	1.82	1.63	1.82	1.56
		6~11cm	1.15	1.49	1.53	1.52	1.61	1.69
	11月	直上水	0.002	0.003	0.003	(0.028)	(0.010)	0.013
		0~5 cm	2.16	1.65	0.168	(0.178)	(0.186)	2.51
		6~11cm	1.20	1.22	1.45	(0.060)	(0.169)	1.18
浚渫後	2月	直上水	0.012	0.010	0.009	<0.001	0.009	0.011
		0~5 cm	0.990	0.375	0.896	0.082	0.415	0.840
		6~11cm	1.09	0.582	1.12	0.791	1.15	0.833

注) 浚渫区域外のピーパーB-1およびB-2は横転した状態で回収されたため、( ) 付きで表示した。

表3-9 D・T-P直上水・間隙水分析結果(11/25)(遠心分離法)

D・T-P (mg/l)			浚渫区域内		浚渫区域外	
			A-1	A-2	B-1	B-2
浚渫前	11月	直上水	0.020	0.020	0.023	0.034
		0~5 cm	0.147	0.092	0.235	0.252
		6~11cm	0.067	0.076	0.101	0.134



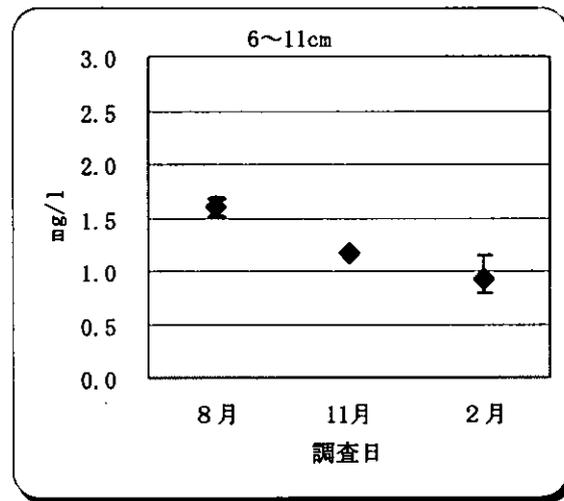
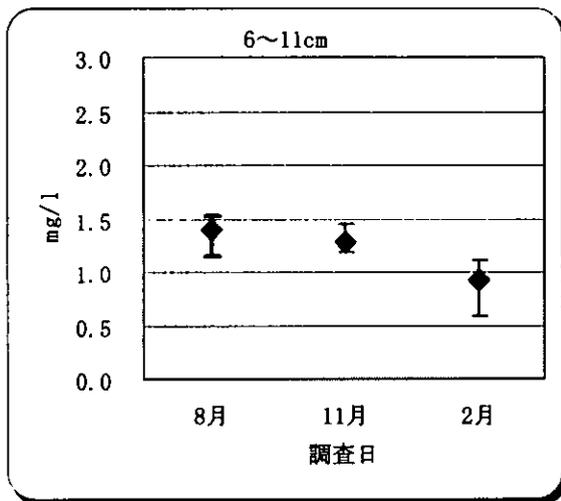
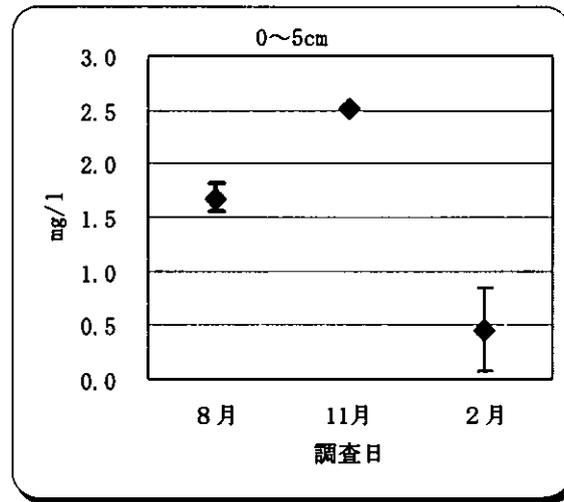
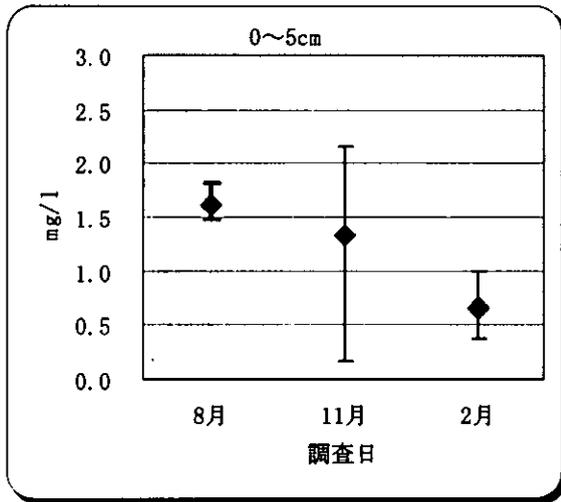
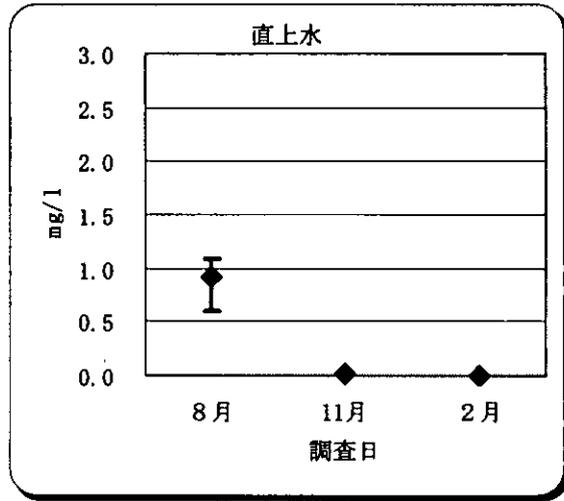
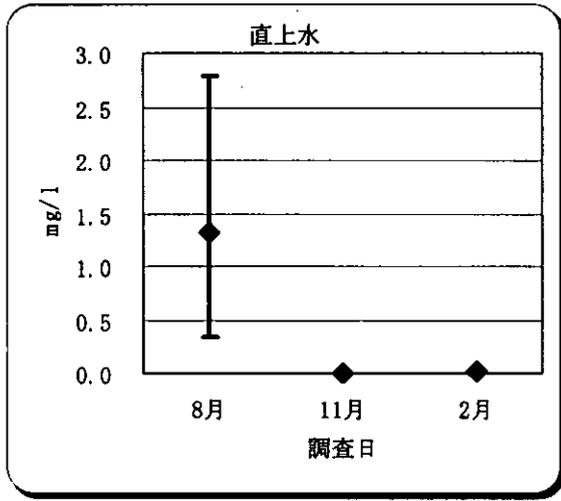
浚渫区域内

浚渫区域外

— 最大  
◆ 平均  
— 最小

(区域外の11月はB-3のみ表示)

図3-3 D・T-N (mg/l)



浚渫区域内

浚渫区域外

┘ 最大  
◆ 平均  
└ 最小

(区域外の11月はB-3のみ表示)

図3-4 D・T-P (mg/l)

#### 4. 考察および今後の課題

##### 4.1 底質分析結果について

浚渫区域内調査地点の2月（浚渫後）の調査結果をみると、浚渫区域外に比べて、また浚渫前（8月）と比較しても、水深が約20cm大きくなっており、計画どおりに浚渫が行われたことがわかる。分析結果も、pH、Ehについては季節的な変化とも考えられるが、窒素・リン含有量、乾燥減量、強熱減量、粒径分布については、いずれも薄層浚渫によって有機物や栄養塩に富んだ底泥表層が除去され、無機化の進んだ下層の底泥が露出していることを示している。

浚渫による底質改善については、（水質に最も影響する）表層の浮泥層が効果的に除去されないとしてその有効性を疑問視する意見もあるが、調査結果をみる限りは、今回の工事はその目的を達成していると考えられる。

##### 4.2 直上水、間隙水中の窒素について

底質直上水・間隙水の調査結果では、まず、8月の直上水のD・T-Nが平均4.45mg/ℓというきわめて高い値を示したことが注目される。

滋賀県などによる定期水質調査<sup>3)</sup>で報告されている琵琶湖南湖のT-Nは10<sup>-1</sup>mg/ℓのオーダーであることを考えると、この分析結果は異常ともいえる高い値である。

しかしながら、透析膜法による湖底直上水および底質間隙水の調査事例はほとんど報告されておらず、通常の水質調査では、水深別の採水が行われている場合も、底層水は湖底から1m程度の位置で採水されているため、過去の事例と比較してこの結果の当否を判断することは困難である。そのため、調査手法上の問題の可能性を考慮して、11月の調査時には遠心分離法による調査を合わせて実施したものであるが、その結果はピーパーによる調査結果と矛盾しないものであった。

また、8月の調査時点では水温が高く、局部的には酸欠状態になるなど、直上水は浮泥の付着した水草に囲まれたたまり水の状態にあったものと考えられるが、11月の調査時点では水温が低下して湖水が循環混合されており、直上水のD・T-Nも中間水路の値としてはほぼ妥当なものになっている。

したがって、調査地点の状況を考慮すると、8月の直上水の窒素濃度は、必ずしもあり得ない値ではないと考えられる。

間隙水中のD・T-Nも非常に高い値が測定された。

これについても、調査事例が乏しいため判断が難しいが、調査地点付近の栄養塩に富んだ底質の状況を考慮すると、水中の濃度よりも1~2桁高い値になることは、不自然なことではないと考えられる。ただし、8月に比べて11月、2月の値がかなり低下していることは、直上水については湖水の混合状態などから解釈が可能であるが、間隙水については考えられる変化要因が温度くらいしかないため、それだけでこの季節変動が説明できるかは疑問である。

##### 4.3 直上水・間隙水中のリンについて

D・T-Pについても、8月の直上水は平均1.12mg/ℓという高い値が得られた。

しかしリンについては、琵琶湖研究所などが赤野井湾の真珠養殖場跡地で実施した調査結果<sup>2)</sup>でも、数は少ないものの直上水のリン濃度が1mg/ℓを超えた例が報告されており、間隙水についても同じオーダーの値が報告されている。

11月の直上水は、平均0.005mg/ℓと8月から一転して低い値になり、遠心分離法による分析値（平均0.024mg/ℓ）よりも一桁低い結果となった。

これについては、柱状採泥器で採泥を行い柱状コア内で同時に得られる底泥上水を直上水として採取する際には、底泥表面をある程度乱すことが避けられないため、遠心分離法による分析値が高めの値になることは考えられる。また、懸濁成分を除いたD・T-Pであることを考慮すると、中間水路部でも10<sup>-3</sup>mg/ℓの値になることもあり得ることであり、ピーパーによる測定値の方を採用すべきと考えられる。

間隙水については、逆に遠心分離法の測定値がピーパーによる測定値を一桁下回る結果となった。これは、試料採取時や分析操作中にはできるだけ試料が空気に触れないように注意したが、主として遠心分離中に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・不溶化したためと考えられ、やはりピーパーによる分析結果の方が信頼できると考えられる。

以上の検討から、リンについても、8月の直上水でみられた高い濃度は、局所的にはあり得る値であると考えられる。

#### 4.4 浚渫の効果

浚渫後（2月）の調査結果をみると、まず直上水については、湖水がよく混合されているため浚渫区域内外の差はほとんどなく、浚渫の効果を判断することは困難であった。底質分析結果や間隙水中の窒素に浚渫の効果を伺わせるデータが得られたが、浚渫前の11月の時点で既に8月の最悪の状況は解消されており、浚渫前後（11月と2月）の差は小さいため、今回の調査結果のみから浚渫の効果を判断することは適切でないと考えられる。

また、今回は浚渫後のデータは1回しか得られていないため、浚渫効果の持続性について判断することは不可能である。

したがって、浚渫の効果を評価するためには、少なくとも来年度の夏季に再度調査を実施し、効果の持続性を評価するためには、再来年度以降にも調査を継続する必要があると考えられる。

#### 4.5 今後の課題

以上のとおり、今回の調査結果から、矢橋中間水路部の湖底直上水では、盛夏期に従来の常識を上回る栄養塩の溶出が起きている可能性があることが示唆された。もしこれが事実であるとするならば、今までの水質・底質改善施策の見直しにもつながる重大な現象であるため、同時期・同地点で再度調査を行って確認する必要がある。

さらに、浚渫の効果とその持続性を検討するという本調査の目的を達成するためには、今回観察された現象の確認にとどまらず、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。

その際に考慮すべき課題としては、以下のことが挙げられる。

##### 4.5.1 調査地点の拡大

今回の調査結果にも現れているように、底質およびその直上水、間隙水は、いずれも地点間の変動が、湖水の水質に比べてはるかに大きいため、再調査に際しては可能な限り地点数を増やすことが望ましい。

##### 4.5.2 調査頻度の拡大

今回の調査結果から明らかなように、直上水、間隙水ともに大きな季節変動がみられるため、季節的な要因を排除して浚渫の効果をみるためには、月1回程度の調査頻度とすることが望ましい（特に春季から秋季）。

##### 4.5.3 複数の調査手法の採用

既に述べたように、底質間隙水の調査手法には、今回実施した透析膜による方法と遠心分離による方法の他にも、いくつかの手法がある。いずれの手法にも一長一短があるが、再調査に際しては複数の手法による調査を並行して実施し、調査結果の信頼性を高めることが望ましい。

##### 4.5.4 沈降・堆積物の調査

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・再堆積する物質の質とその速度である。したがって、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、並行実施することが望ましい。

#### 4.5.5 水理状況調査

今回の調査で、中間水路部の湖底直上水は、夏季に流動状態が悪化して局部的に無酸素、あるいは貧酸素水塊が形成されている可能性が示唆されたが、今回は水理条件に関する測定を行っていないため、推測の域を出ない。したがって、溶存酸素、水温の測定に加えて、湖底直上水の流速・流向の調査も実施することが望ましい。

#### 4.5.6 栄養塩溶出フラックスの測定

湖底直上水まで循環・混合されている場合には、底質からの栄養塩溶出の変化を浚渫区域内外の直上水の水質の差として捉えることは困難と考えられるため、より直接的に浚渫の効果を評価する手法として、浚渫区域内外において単位面積あたりの窒素、リンの溶出速度（フラックス）を測定することが望ましい。

#### 4.5.7 底生生物調査

浚渫による底質改善の問題点の一つに、貝類などの底生生物が、底泥とともに除去されて失われてしまうことがある。湖沼の水質は、湖水と底質だけでなく、そこに生息する生物・生態系が一体となって形成されることを考えれば、浚渫が底生生物に及ぼす影響とその回復過程を、底質と同時に調査することが望ましい。

### 5. 参考文献

- 1) 寒川喜三郎、日色和夫編著「最新の底質分析と化学動態」(1996)技報堂出版
- 2) 平成9年度琵琶湖研究所委託研究報告書「底質改善予備実験」(1997)滋賀県琵琶湖研究所
- 3) たとえば、滋賀県環境白書 資料編 (各年)

---

#### 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	森川 和夫
建設省近畿地方建設局琵琶湖工事事務所	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
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