

論 文

1. 土壌浄化実験（その5）

1. 目的

近年、日本各地で湖沼の富栄養化が進み様々な問題を引き起こしており、琵琶湖においても、アオコや淡水赤潮の発生により水道障害などが顕在化している。このような富栄養化現象の対策として、琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センターにおいて、天然素材である土壌の吸着能力に着眼し、実証規模レベルの水質浄化実験を行うことによって、事業化のための基礎データを収集し、技術的知見をとりまとめるとともに、浄化施設の運用における浄化効果の持続性および維持管理方法等について検討することを目的とする。

2. 実験内容および施設諸元

本実験は、琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター内に設置されている「土壌浄化実験施設」、「カラム実験装置」および「浸透ろ過実験施設」を用いて行った。

2.1 前処理方法の検討（土壌浄化実験施設B槽）

土壌浄化施設の維持管理上問題となる土壌層の閉塞を防ぐため、槽に流入させる原水はできる限りSSを削減することが望ましい。そこで前処理方法について検討を行っているが、平成14年度は、沈砂池に沈殿効果とろ過効果を期待して、遮水シートおよびろ過膜を設置し、SSの除去効果の検討を行った。

2.2 土壌浄化施設の浄化持続性の検討（土壌浄化実験施設C槽）

B槽にて前処理した水を流入水として土壌浄化実験施設C槽では、平成12年度から引き続き浄化持続性およびリン吸着量の把握について実験を実施している。

2.3 赤玉土を吸着ろ材とした浄化性能の検討（カラム実験装置）

リン吸着ろ材としての赤玉土の浄化性能を評価するための基礎的データをを得ることを目的として、カラム実験を行っている。供試する原水は、河川水をUF膜処理し一定量のリン酸塩添加したものであり、次項に示す諸元に基づいて必要土壌層厚、吸着寿命、処理限界速度等について検討した。

2.4 目詰まり防止実験による槽構造の検討（浸透ろ過実験）

これまでの実験結果から、下向流方式の場合、通水方法として、土壌槽の上部に流入水を供給するための配管を埋没させると、その流入配管の給水孔付近に堆積したSS等によって目詰まりが発生することが確認された（図2.1①）。

また、配管を埋没させずに土壌槽表層面から流入させる方法では、施設が開放系であったため、土壌表層部を覆う藻類の発生により掻き取りを頻繁に行わなければならないなど維持管理上問題があった（図2.1②）。

そこで、これらの事項を勘案し、給水孔付近における目詰まりを防止し、赤玉土の閉塞時における回復を容易とする槽構造を検討するため、遮光シートで覆った浸透ろ過実験装置にろ過砂、または、7号単粒度砕石を敷き、各々散水、湛水の方法で通水したときの各槽におけるSS除去能や閉塞状況を調査した。



①流入配管給水孔付近
(7号単粒度碎石)



②土壤槽表層の藻類
(ろ過砂)

図 2.1 過年度実験における目詰まり時の状況

2.5 施設諸元

土壤浄化実験施設および各実験水槽における実験諸元を表 2.1～表 2.3 に、各施設構造の概念図および施設全体の配置図を図 2.1～図 2.3 に示す。

表 2.1 土壤浄化実験施設諸元

実験施設	B 槽	C 槽
整備内容	○前処理施設の検討 ・沈砂池を配置 (ろ過膜 3 枚) ・他の層へ送水できるよう配管を整備	○土壤浄化施設の浄化持続性の検討 ○赤玉土層の吸着寿命と吸着帯の検討 ・～平成13年度の継続実験 ・水質調査、通水性調査、リン含有量調査
規 模	幅 6 m × 長さ 20 m × 深さ 1.8 m	幅 6 m × 長さ 20 m × 深さ 1.8 m
浄化水量	510 m ³ /日	140 m ³ /日
水面積負荷	4.25 m ³ /m ² ・日	1.5 m ³ /m ² ・日
通水方法	横流方式	上向流方式
実験設定	前処理 (沈砂池、ろ過膜 3 枚 (粗、中、細目))	実施設定定型
充 填 材	ろ過膜：不織布 (通水断面全面：長さ 6 m × 幅 1.5 m) 規 格：粗目一厚さ約 50 mm、目付量 50 kg/m ³ 中目一厚さ約 20 mm、目付量 60 kg/m ³ 細目一厚さ約 5 mm、目付量 100 g/m ³	赤玉土
実験期間	平成14年 7 月 4 日 (通水開始) ～ (遮光膜設置：平成14年 7 月 20 日)	平成14年 5 月 13 日 (通水開始) ～

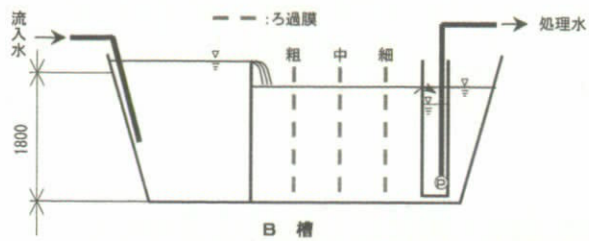
表 2.2 カラム実験装置諸元

項 目	諸 元
寸 法	内径 100 mm × 長さ 1.0 m
水面積負荷	1.5～500 m ³ /m ² ・日
通水方法	下向流、飽和流
充填土壌厚	0.25 m、0.50 m、0.75 m、1.0 m
設置数	6 カラム
実験期間	平成14年度 7 月 9 日～

表 2.3 浸透ろ過装置諸元

項 目	諸 元
施設規模	φ 1.0 m × 長さ 3.0 m × 高さ 1.2 m
槽 数	4 槽
通水方法	下向流湛水方式、下向流散水方式
水面積負荷	5.0 m ³ /m ² ・日
槽 構造	砂ろ過 0.3 m、7 号単粒度碎石 0.3 m
実験期間	平成14年度 9 月 20 日～

【B槽：前処理施設沈砂池】



【C槽】

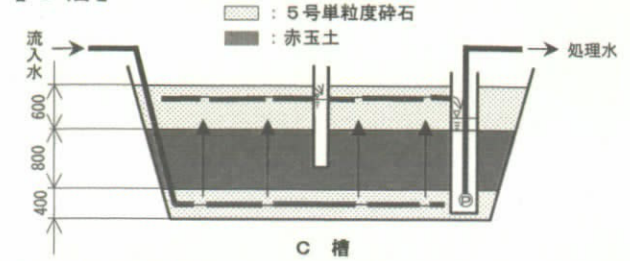


図 2.1 土壌浄化実験施設概念図

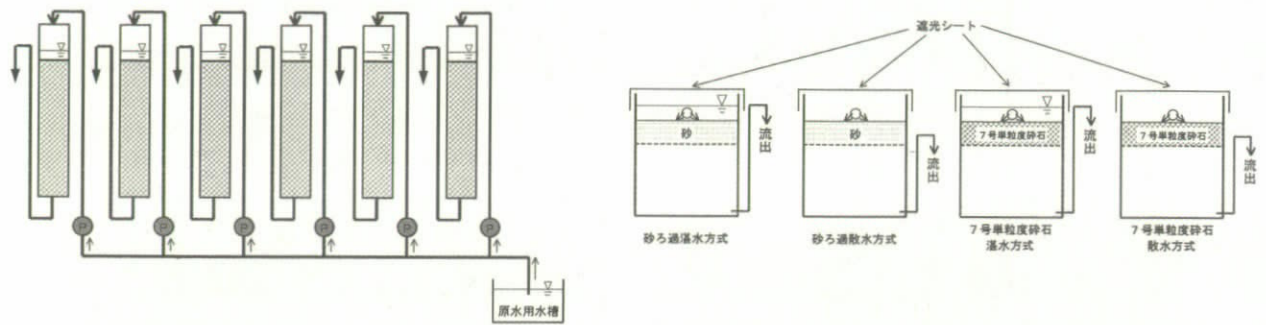


図 2.2 カラム実験装置および浸透ろ過装置の概念図

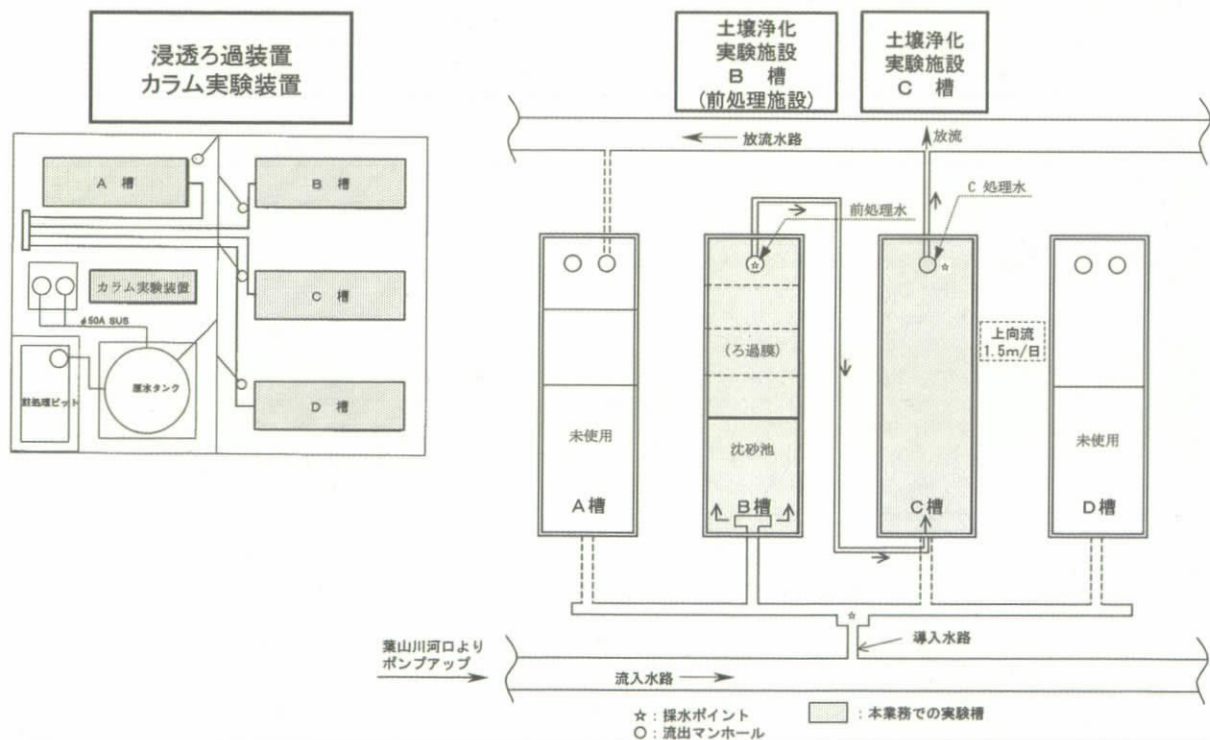


図 2.3 実験施設の配置

3. 実験結果および考察

「前処理方法の検討」および「赤玉土を吸着ろ材とした浄化性能の検討」については、実験途中のため次年度以降にとりまとめを行う。したがって、本年報では「土壌浄化施設の浄化持続性の検討」および「目詰まり防止実験による槽構造の検討」について結果を報告する。

3.1 土壤浄化施設の浄化持続性の検討

3.1.1 水質浄化効果

C槽における調査結果を表3.1.1に示す。

表 3.1.1 水質分析結果 (平均値)

項目	H14			除去率(%) [※]	
	流入水	流出水	除去率(%) [※]	H13	H12
COD (mg/L)	4.2	2.3	45.2	41.7	46.9
D-COD (mg/L)	3.3	2.0	39.4	36.7	41.9
DO (mg/L)	8.7	4.9	43.7	32.0	38.6
SS (mg/L)	10.7	1.3	87.9	81.7	87.2
T-N (mg/L)	1.24	1.01	18.5	2.0	1.0
T-P (mg/L)	0.077	0.026	66.2	56.3	77.8
D-TP (mg/L)	0.026	0.016	38.5	40.7	—
PO ₄ -P (mg/L)	0.016	0.011	31.3	27.3	64.5
濁度 (度)	9.0	1.0	88.9	84.6	91.4

※DOは変化率をあらわす。

除去率が高い項目は濁度 88.9%、SS 87.9%、T-P 66.2%、COD 45.2%であり、過年度の除去率と同様に良好な水質浄化効果が得られている。

また、SS、T-Pの経時変化を図3.1.1に示す。

両項目とも流入水の変化にかかわらず安定した流出水濃度となっており、良好な除去率であった。

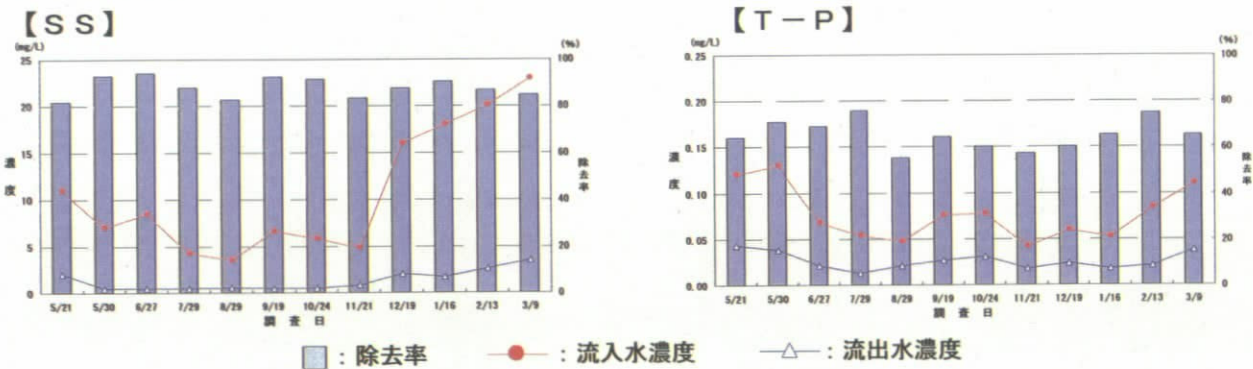


図 3.1.1 SS および T-P の経時変化

3.1.2 リンの除去特性

(1) リンの形態別構成

土壤浄化実験施設の流入水および流出水中に含まれるリンの構成を、粒子状の懸濁性リン(P-TP)と溶解性リン(D-TP)に区分し、図3.1.2に示した。

土壤浄化実験施設の流入水に占める P-TP は 66.2% であり、残り 33.8% が D-TP で構成されている。これに対して流出水は、

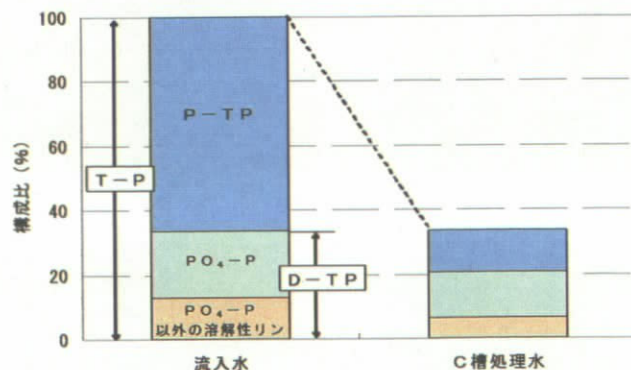


図 3.1.2 リンの構成：土壤浄化実験結果

P-TP が 38.5%、D-TP が 61.5%と D-TP の占める割合が増加していることから、主に懸濁性リンの形態でリン除去がされていると考えられる。

(2) リン除去の内訳

流入水から流出水の濃度を差し引いた除去量についてその濃度および構成比を表 3.1.2 および図 3.1.3 に示す。

表 3.1.2 リン除去の内訳 (C槽)

項目		全リン	懸濁性+溶解性		溶解性のリン	
		T-TP	P-TP	D-TP	PO ₄ -P	PO ₄ -P 以外の溶解性リン
		①	② = ① - ③	③	④	⑤ = ③ - ④
流入水	(mg/L)	0.077	0.051	0.026	0.016	0.010
処理水	(mg/L)	0.026	0.010	0.016	0.011	0.005
除去量	(mg/L)	0.051	0.041	0.010	0.005	0.005
構成比①	(%)	100	80.4	19.6	9.8	9.8
構成比②	(%)	—	—	100	50.0	50.0

注1) 構成比①はT-TPを100としたときの値を示す。

注2) 構成比②はD-TPを100としたときの値を示す。

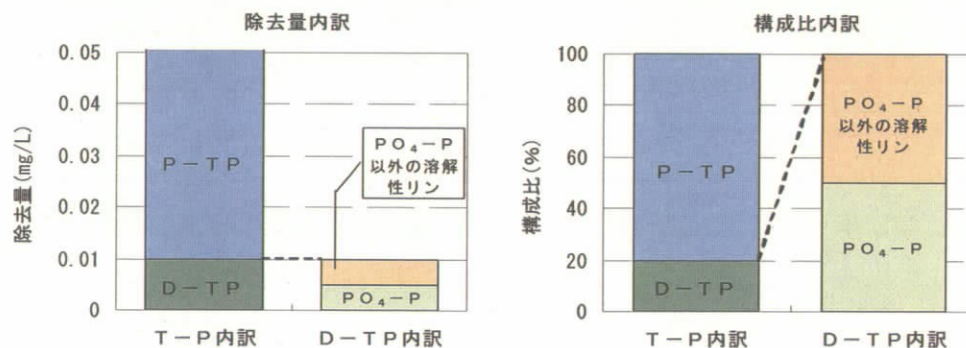


図 3.1.3 リン除去の内訳 (C槽)

C槽におけるリン除去については、懸濁成分が 80.4%を占め、溶解成分は 19.6%と小さく、リン除去は懸濁成分に対する寄与が大きい。また、除去されたリンの溶解成分のうち PO₄-P が占める割合は 50.0%であり、PO₄-P 以外の溶解性リンも同程度に除去されていた。

(3) リンの除去特性

(1)、(2)の結果より、C槽におけるリンの除去特性についてとりまとめた。

赤玉土によるリンの除去機構は、以下の3つが挙げられる。

- ① 流入水のろ過による懸濁成分の分離
- ② 流入水有機成分の微生物による分解
- ③ 赤玉土の金属成分等によるイオン交換や吸着

①については、リン除去の約 8 割を担っており、適正な通水によってこれを確保可能と考えられる。②についてはリンの有機成分が不明であり、ここでは明確な結論は得られない。また、③については、②の定量的な把握が出来ていないものの、見かけ上、金属成分による PO₄-P の吸着がリン除去に占める割合は小さいと思われる。

る。この原因としては、流入水中の PO_4-P 濃度が低かったため PO_4-P 除去量も少なかったことが挙げられる。

以上のことから、C槽の土壤浄化施設では、前処理にて処理されないSS分に吸着している懸濁性のリンが主にSSと一緒に除去されていると考えられる。したがって、ろ過による除去が優勢の場合は、除去効率の良性とともにもその結果として当然のことながら目詰まりに対する問題を懸念しなければならない。

3.1.3 赤玉土壤槽の土壤中リン含有量

平成14年度の実験終了時におけるリン含有量の鉛直分布を表3.1.3に示す。

リン含有量は概ね上層で低く、下層で高い傾向がみられた。これは、土壤槽下部から上向流方式で流入させているため、リン吸着が下部より進行しているためと考えられる。なお、上層部のリン含有量は下層部と比べて低い値となっており、未だリン吸着破過には達していないと考えられ、リン除去能力は十分残存していると判断される。

表 3.1.3 赤玉土壤槽のリン含有量

【単位：mg/kg】

土壤槽	地点No 深度	土壤槽25区画のリン含有量					リン含有量 (n=25の平均) <A>	H13実験終了時 リン含有量 (n=25の平均) 	浄化実験における リン吸着量 <A-B>
		1	2	3	4	5			
C 槽	1	340	370	330	340	370	398.4	362.4	36.0
	2	340	400	340	330	340			
	3	380	400	480	380	480			
	4	340	490	450	400	470			
	5	450	450	380	450	460			
	平均	370	422	396	380	424			

3.1.4 リン除去量の比較

赤玉土のリン含有量の変化および流入・流出水の水質濃度変化より算出したリン吸着量およびリン除去量について、C槽におけるこれまでの実験結果をもとにとりまとめたものを表3.1.4に示す。

表 3.1.4 土壤槽のリン吸着量と除去量

土壤浄化 実験施設	赤玉土壤層の リン吸着量 ① (kg)	水質のリン除去量 ②		①/②	通水水量 (m^3)	流入 リン量 (kg)	赤玉土 容積 (m^3)
		項目	(kg)				
H12	3.35	T-P	3.04	1.10	37,980	3.76	96
		PO_4-P	1.10	—			
H13	1.24	T-P	1.07	1.16	29,700	1.90	96
		D-TP	0.33	—			
		PO_4-P	0.09	—			
H14	2.67	T-P	2.96	0.90	57,960	2.29	96
		D-TP	0.58	—			
		PO_4-P	0.29	—			

備考) 通水期間：平成12年度は7/25～翌2/21の211日間
平成13年度は9/20～翌3/4の165日間
平成14年度は5/13～翌3/31の322日間

水質調査結果より算出した各年度のリン除去量は、平成 12 年度で 3.04kg、平成 13 年度で 1.07kg、平成 14 年度で 2.96kg であった。

一方、土壌含有量調査結果による各年度のリン吸着量は、平成 12 年度で 3.35kg、平成 13 年度で 1.24kg、平成 14 年度で 2.67kg であった。

いずれの結果についても平成 12 年度の値が高く示されたことは、通水期間に差異はあるものの平成 12 年度における流入リン濃度が、平成 13 年度、14 年度と比較して高く、それに伴いリン除去率も高かったことを反映している。

また、赤玉土のリン含有量より算出したリン吸着量と水質濃度より算出したリン除去量の比は 0.90~1.16 の範囲であった。平成 12 年度、13 年度では、リン吸着量の方が 10% 多く、平成 14 年度では逆に水質の除去量の方が約 10% 多くなっているものの両者は良く一致していた。

3.2 目詰まり防止実験による槽構造の検討

平成 13 年度までの実験結果より土壌浄化施設の上部構造として砂、7号単粒度碎石の2種の素材が適当であるとの結論に至り、この2種の素材を用いて各々散水、湛水方式で通水させた4構造(図 3.2.1)について、目詰まりしにくい槽構造の検討を行った。

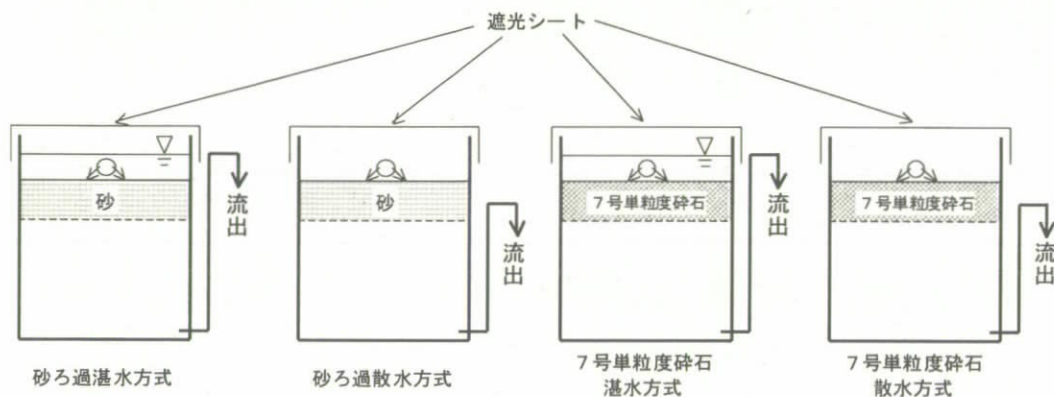


図 3.2.1 浸透ろ過実験装置図 (4 構造)

3.2.1 通水状況

実験期間中における各実験槽の通水状況を以下に示す。

(1) 砂ろ過湛水方式

砂ろ過湛水方式は、最も早く目詰まりするものと予測していたが、顕著な水位上昇はみられず、約半年後の3月末においても通水状況に大きい変化は見られなかった。この原因として、後述の結果からも推測されるようにミズミチが形成されている可能性が考えられた。

(2) 砂ろ過散水方式

砂ろ過散水方式は、9月20日の通水開始後10月中旬より徐々に目詰まりによる水溜り面積が増加し始め、11月半ばに全面湛水状態となった。その後も水位の上昇が続き11月21日の約2ヶ月後には目詰まりによる実験装置上面からのオーバーフローが生じた。閉塞時の状況を観察すると、捕捉したSS分は表面より下5cm程度の範囲で捉えられており(図 3.2.2)、砂ろ過の場合、散水方式で通水しても砂ろ過層の縦断方向全面を利用することができていないことが確認できた。

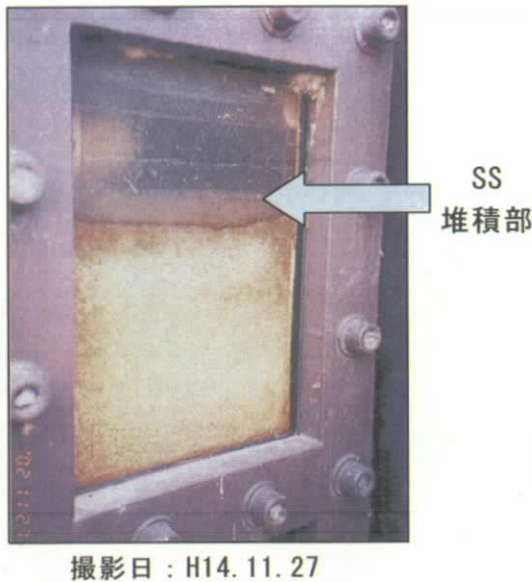


図 3.2.2 砂ろ過湛水方式 SS 捕捉状況

その後目詰まりした表面を掻き取り、1月9日より通水を再開し、通水再開後約2ヶ月半の3月27日の時点では水溜りが半分弱程度に広がっているが、通水状況に大きい変化はみられなかった(図3.2.3)。



図 3.2.3 砂ろ過散水方式通水停止後および再開直後の状況

(3) 7号単粒度碎石湛水方式

7号単粒度碎石湛水方式は、10月下旬より水位上昇が続き、砂ろ過散水とほぼ同時期の約2ヵ月後に目詰まりによって槽からのオーバーフローが生じた。

閉塞の状況は、砂ろ過散水方式と同様に SS 分の捕捉は表面から数 cm の範囲であった(図 3.2.4)。

その後同様に表面を掻き取り、1月9日より通水を再開した。しかし、通水再開した約1ヵ月後の2月13日に再び目詰まりによるオーバーフローが生じ、再度表面掻き取りを行った後、3月6日に再々度通水を開始するなど、頻繁に目詰まりが生じた。



撮影日：H14.12.5



撮影日：H14.12.5

図 3.2.4 7号単粒度砕石湛水方式SS捕捉状況

(4) 7号単粒度砕石散水方式

7号単粒度砕石散水方式は、1月下旬に水あたり部分に糸状藻類が発生したものの、水溜り面積も大きく変化せず、約半年後の3月末においても通水状況に大きい変化はみられず、良好な通水状況を維持している（図 3.2.5）。



撮影日：H14.11.27



撮影日：H15.3.27

図 3.2.5 7号単粒度砕石散水方式通水状況

3.2.2 水質浄化性能

各槽構造別のSSの濃度およびSS除去率の推移について図 3.2.6～図 3.2.7に示す。SS除去効果を見ると、砂ろ過では散水方式が平均 85.5% (9/26～11/21)、71.9% (1/16～3/27) と良好な除去率を示し、湛水方式は 39.8% (9/26～3/27) と低い値であった。

一方、7号単粒度砕石では湛水方式が平均 84.0% (9/26～11/21)、59.8% (1/16～2/13)、53.6% (3/13～3/27)、散水方式が平均 67.0%の除去率となっていた。

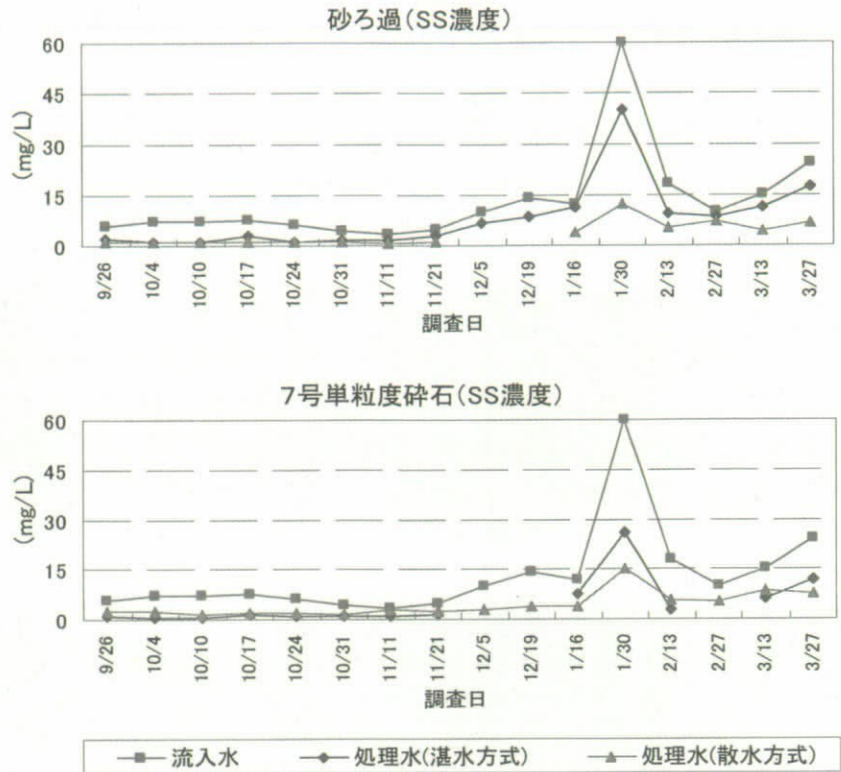


図 3.2.6 SS濃度の推移

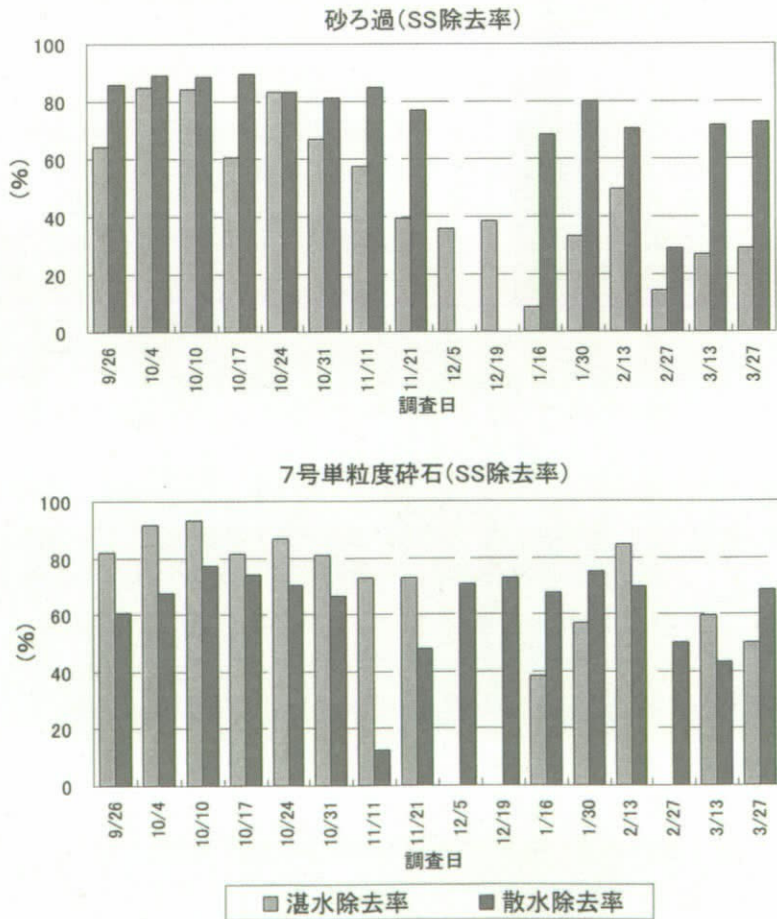


図 3.2.7 SS除去率の推移

また、流入水と流出水の SS、VSS 濃度の差より算定した除去量を表 3.1.5 に示す。有機性の懸濁物質を示す VSS においても SS と同様に砂ろ過では散水方式が良好で、7号単粒度砕石では差はみられなかった。

なお、砂ろ過散水方式は、11月21日に SS の除去率が低下し、それ以降は低い除去率で推移した。これは、砂層内にミズミチが形成され、そのために SS 除去効果が低下したと考えられる。

表 3.1.5 SS 流入量と除去量

項目		調査日																【単位：g】	
		9/26	10/4	10/10	10/17	10/24	10/31	11/11	11/21	12/5	12/19	1/16	1/30	2/13	2/27	3/13	3/27	合計	日平均 (g/m ² ・日)
SS	SS 流入量	168	284	210	266	210	147	182	240	700	980	1680	4200	1260	700	1050	1680	13957	24.7
	砂ろ過湛水除去量	108	240	177	161	175	98	105	95	252	378	140	1400	623	98	280	490	4820	8.5
	砂ろ過散水除去量	144	252	186	238	175	119	154	185			287	3360	889	203	749	1218	8159	19.6
	7号単粒度砕石 湛水除去量	138	260	195	217	182	119	132	175			161	2380	1064		312	840	6175	17.4
	7号単粒度砕石 散水除去量	102	192	162	196	147	98	22	115	497	714	1134	3150	875	350	455	1155	9364	16.6
VSS	VSS 流入量	72	100	54	140	77	105	72	100	175	238	406	840	280	182	210	378	3429	6.1
	砂ろ過湛水除去量	24	68	39	77	42	56	22	30	42	91	84	280	112	0	42	105	1114	2.0
	砂ろ過散水除去量	48	76	39	112	42	77	44	45			56	630	168	35	119	273	1764	4.2
	7号単粒度砕石 湛水除去量	42	76	39	119	49	77	22	55			32	448	147		35	175	1316	3.7
	7号単粒度砕石 散水除去量	18	48	36	84	28	56	22	30	98	147	224	546	154	84	77	259	1911	3.4

3.2.3 閉塞時の回復作業

7号単粒度砕石湛水、砂ろ過散水は通水開始約2ヶ月後の11月21日に水位上昇し、目詰まりが生じたため、11月28日に通水を停止した。

SS 捕捉層の厚さは、砂ろ過散水方式で 1.5~6cm、平均 3.7cm、7号単粒度砕石湛水方式で 2.0~5.0cm、平均 3.6cm であり、ほぼ同程度であった。

これら閉塞時における通水の回復手法として、堆積した表面の SS 部分の掻き取り方法について検討した。回復作業は、乾燥させた後の表面下数 cm をトンボを用いて掻き取ることによって表面の汚泥を除去する方法とした。

今回は、冬季時の作業であったため、乾燥させる時間が多くかかり、また、夏季に比べて十分な乾燥状態が得られないと思われるが、目詰まりした表面を乾燥させる期間を変えることにより、作業性の容易さについて検討した。

作業状況を図 3.2.8 および表 3.1.7 に示す。



撮影日：H14.12.5

図 3.2.8 トンボによる掻き取り手法

表 3.1.7 閉塞時の回復作業状況

1回目：12/5 (7日後)	砂ろ過散水、7号単粒度砕石湛水とも水分が多く、表面の汚泥が水平方向に広がる状態となり、深めに除去する必要がある。
2回目：12/24 (26日後)	砂ろ過散水、7号単粒度砕石湛水とも若干湿り気があり、表面の汚泥が砂や砕石と一緒に団子状となり、比較的除去が容易である。
3回目：1/14 (47日後)	砂ろ過散水、7号単粒度湛水とも、乾燥状態であり、汚泥のかたまりがばらばらとなり、細粒化した分が残る為、深めに除去する必要がある。 この傾向は7号単粒度砕石の方が顕著である。

その結果、湿潤状態、乾燥状態とも目詰まり部の完全な除去は困難であり、適度に湿った状態での掻き取りが比較的効率的であった。

過年度の実験における砂ろ過時の回復作業と大きく異なったことは、表面が藻類で覆われていないこと、夏季の直射日光により過度の乾燥状態でなかったことが挙げられる。このように目詰まりは発生する時期が特定できないため、その作業性が季節的な要因にも対応可能なように更なる検討を重ねることが必要である。

3.2.4 槽構造の評価

4種の異なる方法について、各々SS除去性能および目詰まり防止の観点から評価を行った。

除去特性は、砂ろ過散水方式、7号単粒度砕石湛水方式、7号単粒度砕石散水方式でSS除去効果が良好であった。しかし、砂ろ過湛水方式は、砂層におけるミズミチの形成に伴って2ヶ月経過後より除去率が30%台に低下したため、長期運用時には、土壌層内にSS成分が流入する恐れがあると推察された。

また、目詰まり状況から検討を行った結果、当然ながらSS除去効果が顕著であった砂ろ過散水方式、7号単粒度砕石湛水方式は5m/日の通水速度の場合、約2ヶ月間で目詰まりが生じた。このことから1.5m/日の速度で通水する場合でも比較的短期間(6~7ヶ月)で目詰まりが生じると推測されるため、回復作業等が頻繁に発生し、維持管理上容易ではないと思われる。一方、7号単粒度砕石散水方式では約5ヶ月後においても目詰まりによる水溜りの形成や水位上昇はみられず現在でも良好な通水状況にある。なお、7号単粒度砕石散水方式については、平成15年度も通水を継続し、モニタリングを行うこととする。

以上のことから、下向流方式において赤玉土を吸着ろ材として用いた場合の上部槽構造および通水方法は、目詰りが生じにくく、SS除去効果も良好な7号単粒度砕石散水方式が適当である。

実験担当者

国土交通省近畿地方整備局琵琶湖工事事務所	水質調査課課長	春木 二三男
	水質調査課開発調整係長	中村 超
	水質調査課国土交通技官	椿 善光
財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構	実験センター所長	柳田 英俊
	実験センター主任研究員	和田 桂子

2. 土壌浄化施設モニタリング調査

1. 目的

土壌浄化施設は、琵琶湖の富栄養化を防止するため、琵琶湖流入河川である北川の水質浄化を行い、栄養塩類負荷を削減することを目的に計画された。図 1-1 に土壌浄化施設の位置を示す。



図 1-1 位置図

本業務は土壌浄化施設の稼動・通水後の維持管理の一環として、浄化施設全体のモニタリングを行い、処理効果の把握を目的とした。

2. 施設概要

施設の諸元は表 2-1 のとおりである。

表 2-1 実験施設の諸元

項 目		諸 元
施設面積		5,645 m ²
前 処 理 施 設	規模	幅 11.1m × 長さ 17.1m × 深さ 3.7m (有効水深 2.5m) 水面積 190 m ² 、容積 337m ³
	通水量	2,160m ³ /日
	滞留時間	3.7 時間
	水面積負荷	25m ³ /m ² 日
	通水方法	横流方式
	その他	ヨシ植栽 (フローティングマット 2m × 2m × 8 基)
土 壌 浄 化 施 設	系列数	2 池
	規模	707m ² 、655m ² 深さ 1.2m
	通水量	2,160m ³ /日 (2 池)
	水面積負荷	1.6m ³ /m ² ・日
	通水方法	上向流方式
	使用ろ材	赤玉土

施設は、本施設である土壌浄化施設と、土壌浄化施設への負荷を削減し性能を維持するための前処理施設からなる。施設全体平面図を図 2-1 に示す。

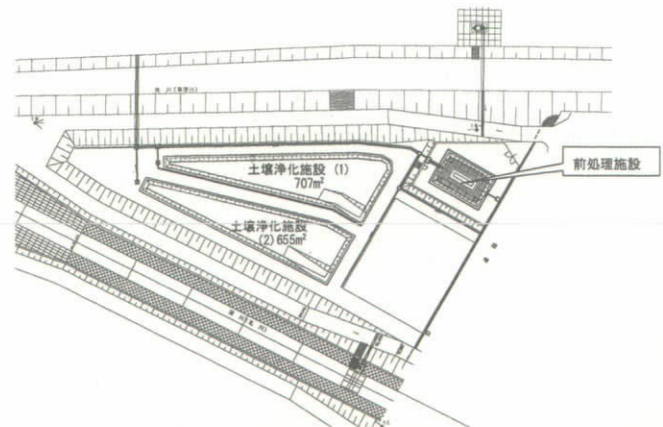


図 2-1 施設全体平面図

2.1 前処理施設

土壌浄化施設のろ過持続性を高めるためには、土壌の目詰まりを抑える必要があるため、前処理施設として主に土砂等の SS

分の除去を目的とした沈殿池を設置している。

前処理施設の平面図を図 2-2、断面図 (A) を図 2-3 に示す。

また、修景と補助的に水質浄化を期待するものとして、池にはヨシ植栽を施す。ヨシ植栽を行うフローティングマットを図 2-4 に示す。

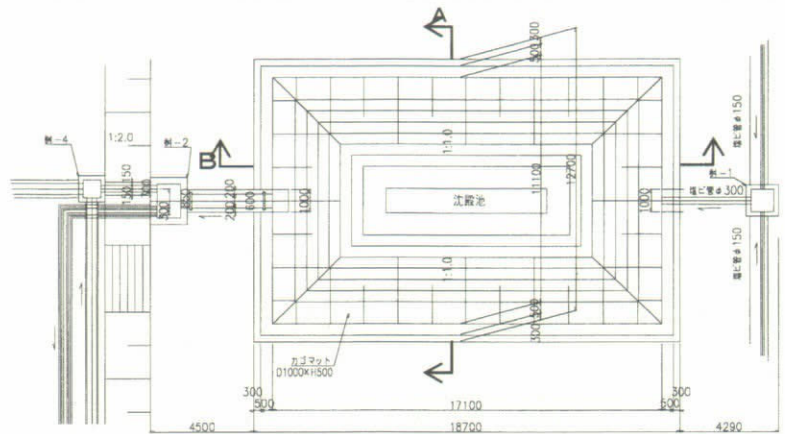


図 2-2 平面図

2.2 土壌浄化施設

本施設は主にリンの吸着除去を目的として土壌によるろ過処理を行うもので、施設底面及び側面に遮水シートを敷設し、ろ材として赤玉土を充填した施設 2 池からなる。

土壌浄化施設は表 2-2 に示すような層構造になっており、通水は槽内水位を安定させ、水質浄化を効果的に行うために上向流とした。

土壌浄化施設の断面図を図 2-5 に示す。

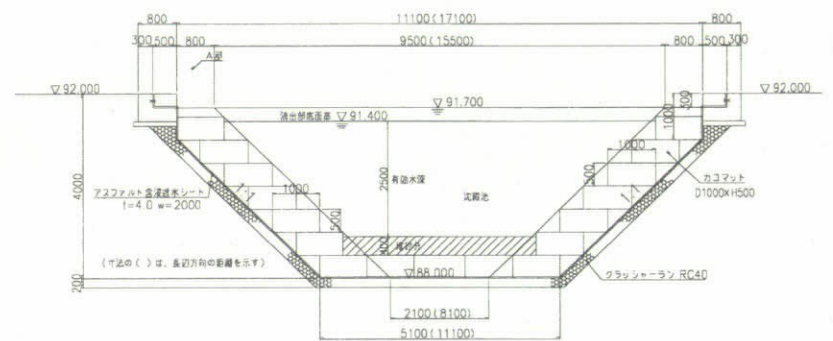


図 2-3 断面図 (A)

表 2-2 土壌層の層構造

項目	充填材
上層 (200mm)	5号単粒度碎石 (粒径13.0~20.0mm)
中層 (800mm)	赤玉土 (中粒土)
下層 (200mm)	5号単粒度碎石 (粒径13.0~20.0mm)

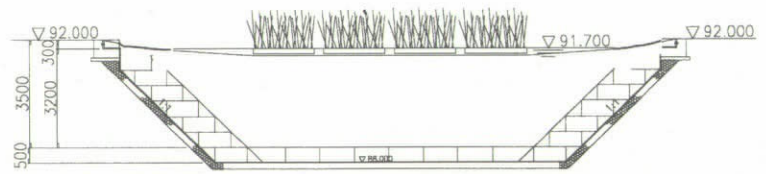


図 2-4 フローティングマット

3. 調査内容

3.1 調査概要

3.1.1 前処理施設

本施設は土壌浄化施設の浄化能力を維持するために前処理施設を設置している。土壌浄化施設の前処理施設である沈殿池は、懸濁物質を沈降させ除去するものとして水面積負荷を設定し、(目標処理水質 SS 濃度 8mg/L 以下) 土壌の濁水流入による閉塞を防ぐために設置されていることから、前処理施設の処理効果を把握するために、水質調査 (前処理流入、前処理流出) を行った。

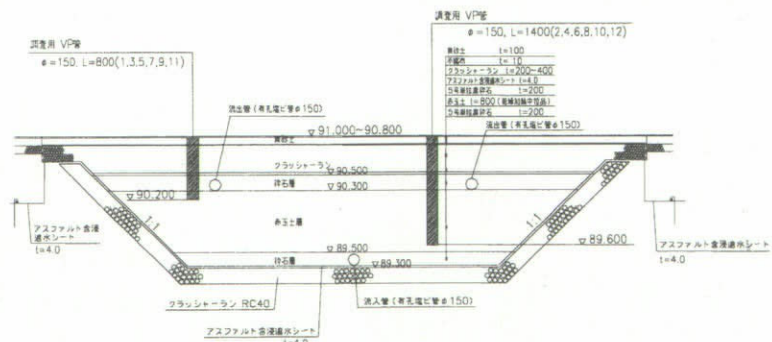


図 2-5 土壌浄化施設断面図

3.1.2 土壤浄化施設

土壤浄化施設は水中の栄養塩（有機物、りんなど）の除去を目的とした施設であることから、土壤浄化施設の浄化効果を把握するために、土壤浄化施設流入（前処理施設流出）、土壤浄化施設流出の各地点において水質調査を行った。

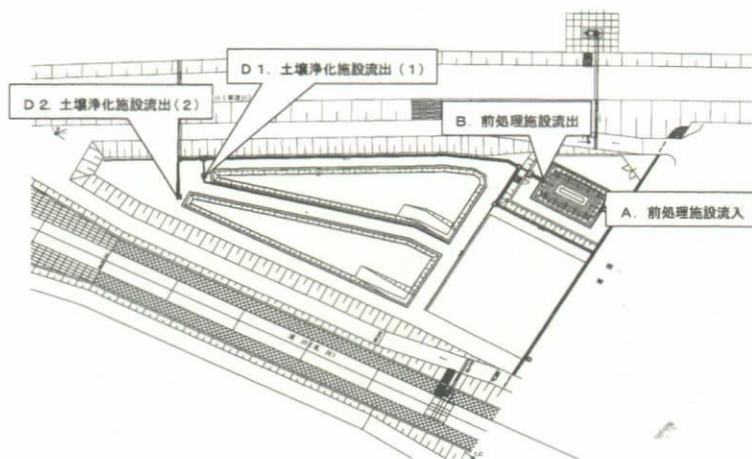


図 3-1 水質調査地点

3.2 水質調査

3.2.1 水質調査地点

水質調査地点を図 3-1 に示す。

3.2.2 水質調査項目と分析方法

水質調査項目を表 3-1 に示す。
また、分析方法を表 3-2 に示す。

表 3-1 水質調査項目

調査項目	調査地点 A. 前処理施設 流入	B. 前処理施設 流出	D 1. 土壤浄化施設 流出 (1)	D 2. 土壤浄化施設 流出 (2)
pH	△※	△	△	△
DO	△	△	△	△
EC	△	△	△	△
SS	○	○	○	○
COD	○	○	○	○
BOD	○	—	○	○
T-N	○	○	○	○
T-P	○	○	○	○
PO ₄ -P	○	○	○	○

※ △：簡易測定器による現場測定

表 3-2 分析方法

	調査項目	分析方法
水 質 調 査	水素イオン濃度 (pH)	JIS K 0102 12.1
	溶存酸素 (DO)	JIS K 0102 32.3
	電気伝導度 (EC)	JIS K 0102 13
	浮遊物質 (SS)	環境庁告示第 59 号付表 8
	化学的酸素要求量 (COD)	JIS K 0102 17
	生物化学的酸素要求量 (BOD)	JIS K 0102 21
	全窒素 (T-N)	JIS K 0102 45.4
	全リン (T-P)	JIS K 0102 46.3
	オルトリン酸態リン (PO ₄ -P)	JIS K 0102 46.1

4. 調査結果

4.1 水質調査結果

水質調査結果を図 4-1～図 4-9 に示す。

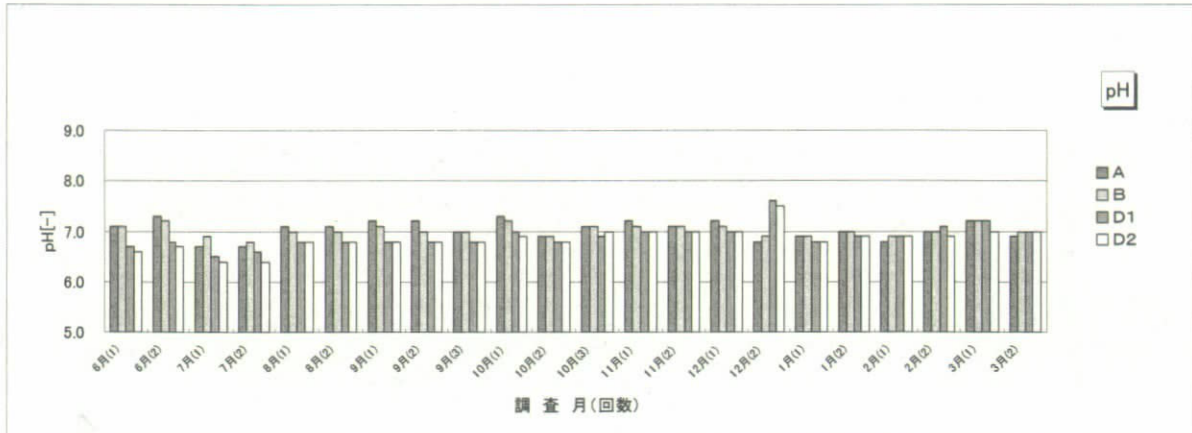


図 4-1 水質調査結果 (pH)

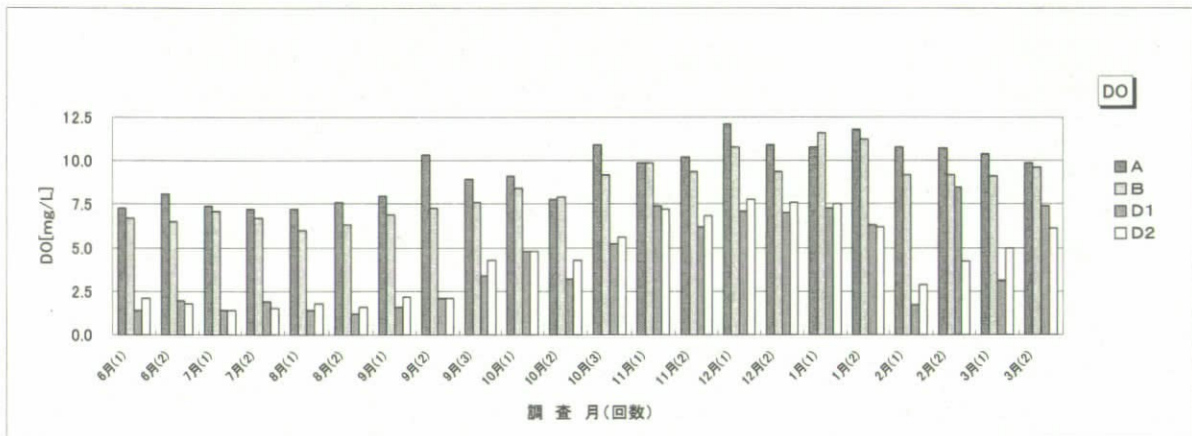


図 4-2 水質調査結果 (DO)

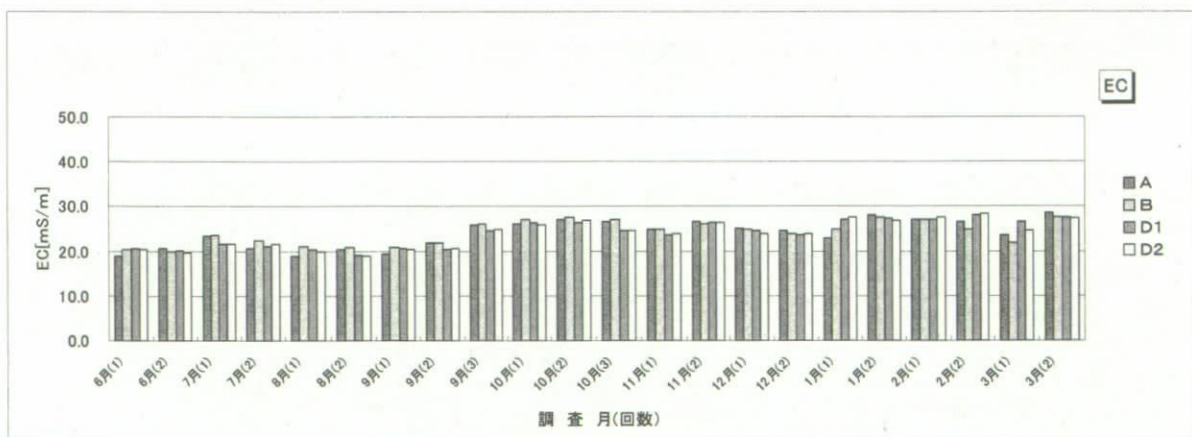


図 4-3 水質調査結果 (EC)

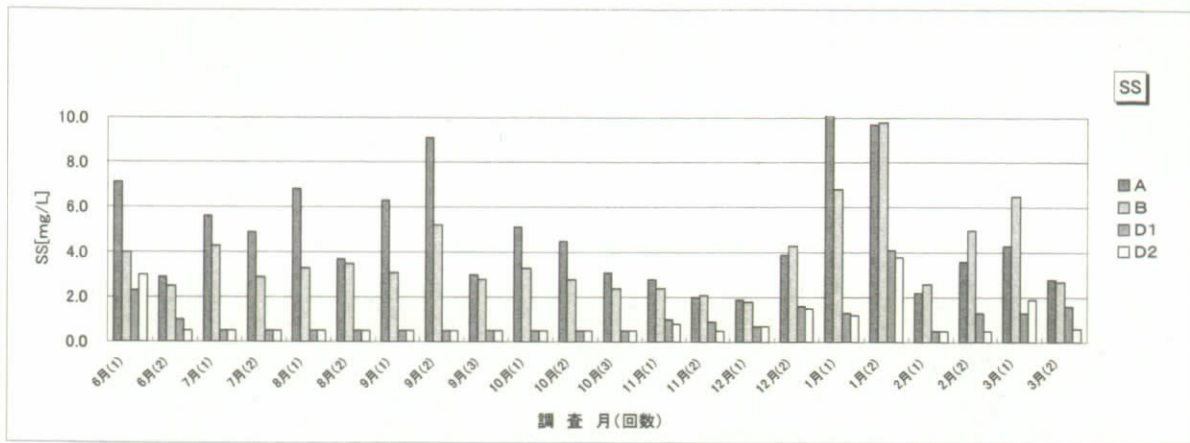


図 4-4 水質調査結果 (SS)

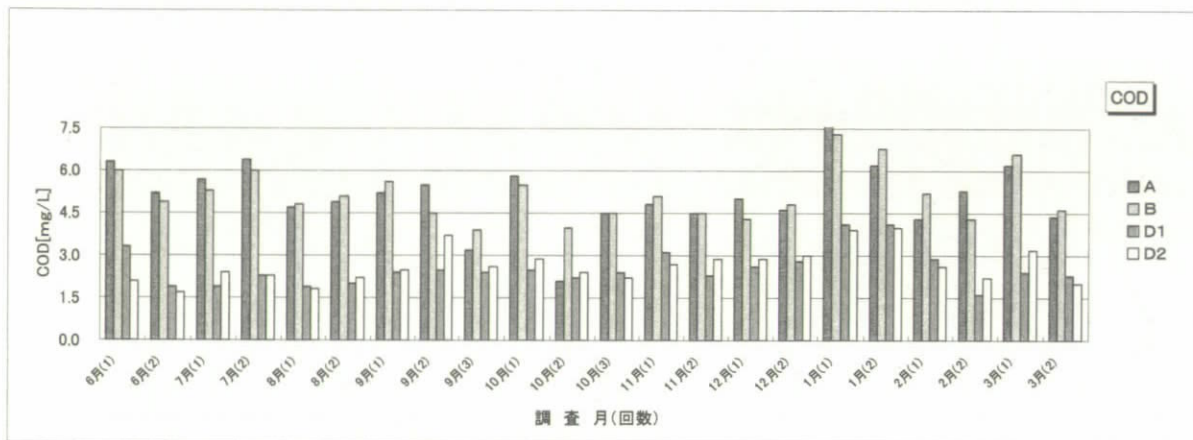


図 4-5 水質調査結果 (COD)

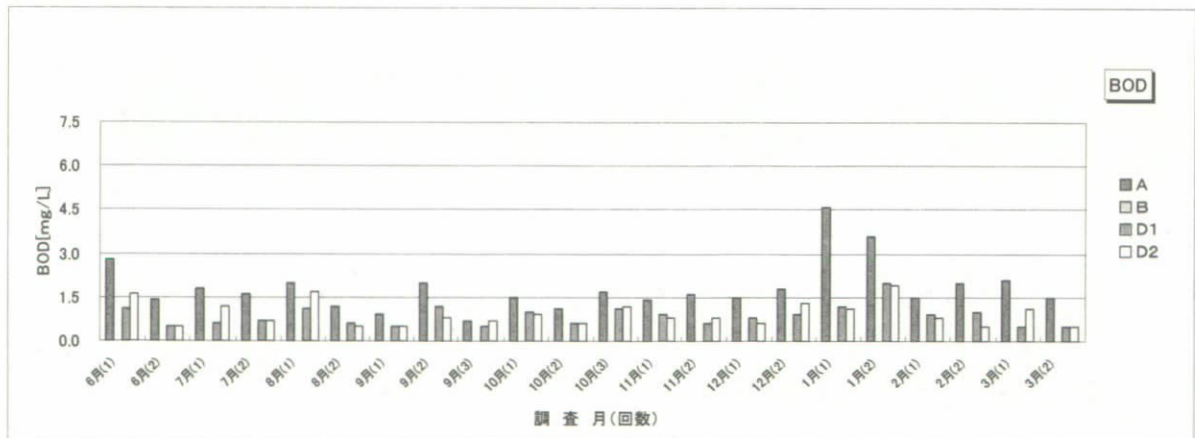


図 4-6 水質調査結果 (BOD)

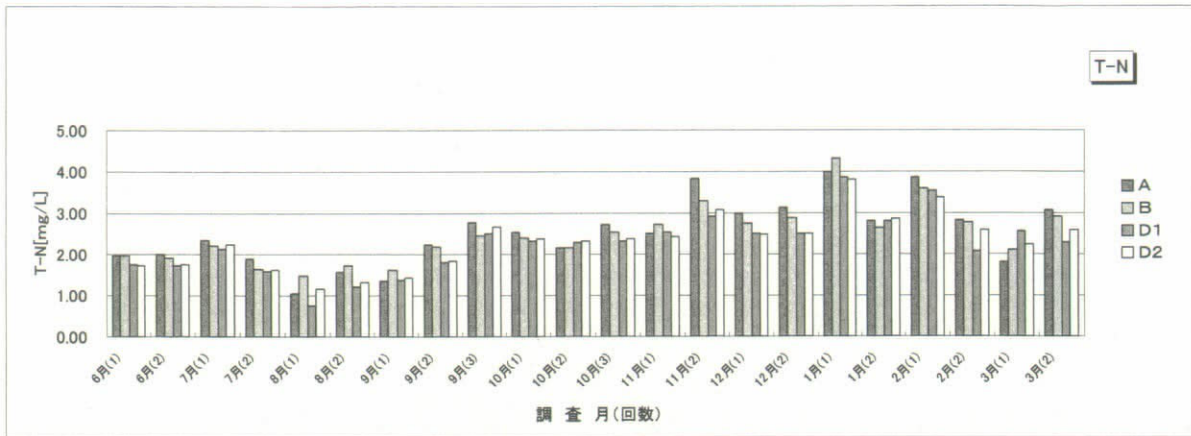


図 4-7 水質調査結果 (T-N)

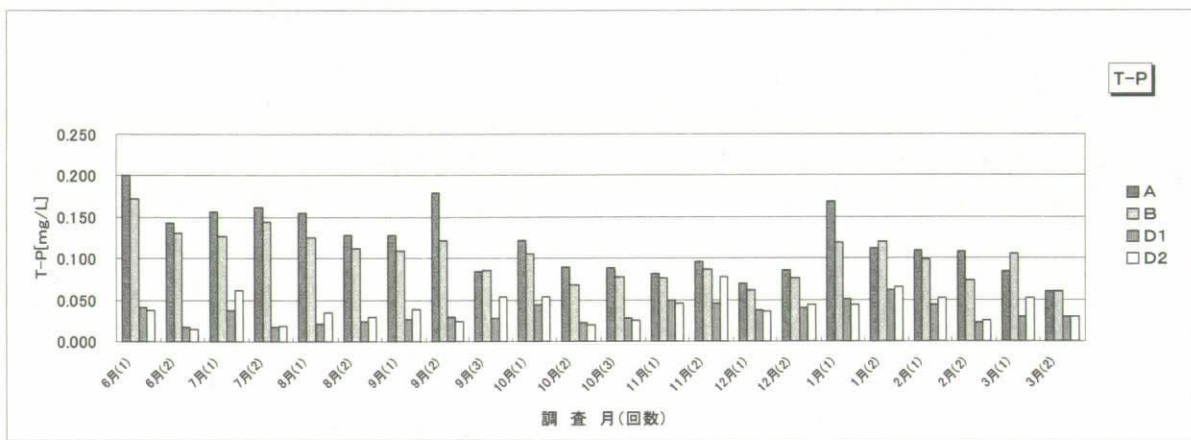


図 4-8 水質調査結果 (T-P)

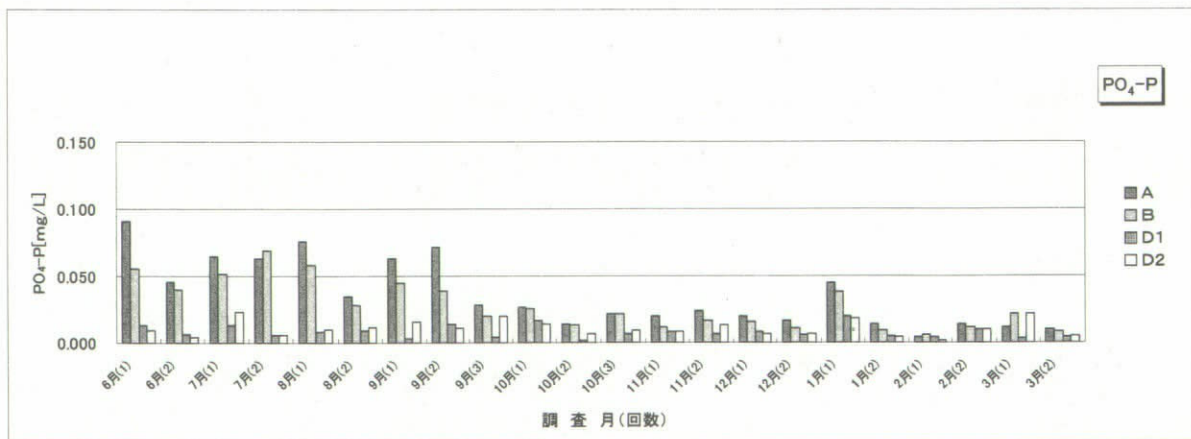


図 4-9 水質調査結果 (PO₄-P)

4.1.1 水質調査結果のまとめ

各調査地点における平均値を表 4-1 に示す。

表 4-1 各調査地点の平均値

		A	B	D 1	D 2
pH	—	7.0	7.0	6.9	6.9
BOD	mg/l	1.8	—	0.9	0.9
COD	mg/l	5.1	5.2	2.5	2.6
DO	mg/l	9.4	8.5	4.2	4.3
SS	mg/l	4.8	3.8	1.0	0.9
T-N	mg/l	2.53	2.47	2.25	2.31
T-P	mg/l	0.119	0.103	0.034	0.040
PO ₄ -P	mg/l	0.036	0.028	0.008	0.011
EC	mS/m	24.0	24.2	24.0	23.9

(1) pHについて

本施設は処理水を草津川に放流しているが、生活環境の保全に関する環境基準の河川A類型ではpH6.5~8.5と定められている。なお、土壌浄化施設流出水のpHは平均6.9程度であり、A類型の範囲内であることから特に問題はないと考えられる。

(2) SSについて

前処理施設から土壌浄化施設にかけて、大部分のSSが除去されており、前処理施設流入水では平均4.8mg/Lに対して前処理施設流出水は平均3.8mg/Lであった。また、土壌浄化施設流出水は平均1.0mg/Lであり、施設全体として非常に高い除去効果が得られている。

本施設のSSの浄化効果としては、前処理施設における自然沈降および土壌層でのろ過効果が考えられ、調査結果からもこれらの効果が十分に作用していると考えられる。

なお、平均値の算出において、定量下限値未満の値に関しては定量下限値をその値として取り扱った。

(3) DOとBOD、COD

BODとCODの結果を見ると、BODは、前処理施設流入水の平均値は1.8mg/Lであり、土壌浄化施設流出水の平均値は0.9mg/Lである。また、CODは前処理施設流入水の平均値が5.1mg/L、前処理施設流出水の平均値は5.2mg/Lであるのに対し土壌浄化施設流出水の平均値は2.6mg/Lであることから、本施設において、有機物が除去されており、特に土壌層内での有機物の除去効果が高いことが考えられ、これは主にSSの捕捉による除去効果であると推察される。

なお、生活環境の保全に関する環境基準の河川A類型ではBODは2mg/L以下と定められている。本施設処理水は0.9mg/Lであり、環境基準と比較しても良好であると言える。

DOは河川A類型として7.5mg/L以上と定められており、本施設処理水のDO平均値4.2mg/Lは明らかに低い値である。しかし、処理水の草津川放流地点でDOを測定した結果、9.0mg/L(10月25日測定)であったことから、土壌浄化施設から草津川に導水される間に、環境基準を満たすまで曝気されていると推察される。

(4) T-P、PO₄-Pについて

T-P、PO₄-Pはそれぞれが本施設において良好な除去効果が得られている。

T-Pは、河川水中では、懸濁態と溶解性に大別できる。このうち懸濁態由来のT-Pについては、前処理施設における沈降効果および、土壌浄化施設におけるろ過効

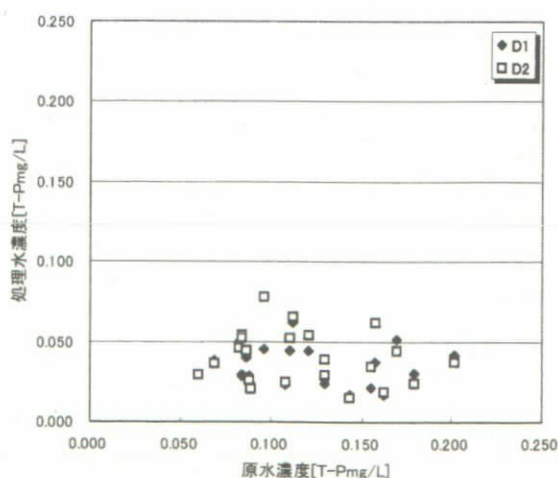


図 4-10 T-Pの原水濃度とD1、D2処理水濃度の関係

果が主な除去効果である。また、溶解性のT-P ($\text{PO}_4\text{-P}$ など) に関しては、生物化学的機構やリン酸鉄やリン酸アルミとして固定されることが考えられる。赤玉土は鉄やアルミを多く含むことから、化学的不溶化による除去効果が大きいと考えられる。

図 4-10 に T-P の原水濃度と D1、D2 処理水濃度の関係を示す。

図 4-10 から、原水の T-P 濃度のバラツキに対して、処理水のバラツキは小さいことから、土壌浄化施設では、原水の水質の影響を受けることなく、安定した水処理が行われていると推察される。

4.1.2 前処理施設の除去率について

図 4-11 に前処理施設の各月の除去率を示す。

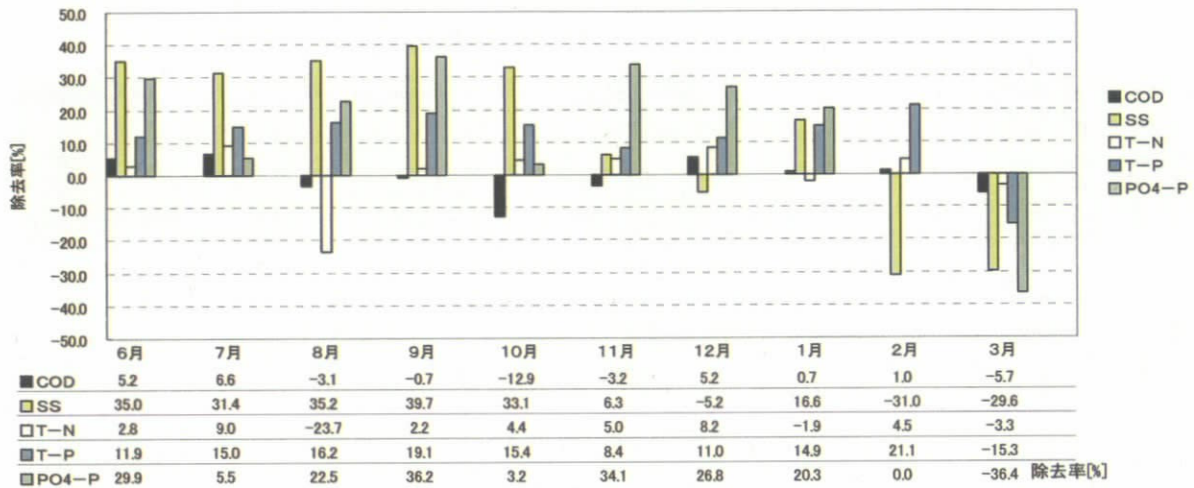


図 4-11 前処理施設の各月の除去率

図 4-11 から、前処理施設では SS、T-P、 $\text{PO}_4\text{-P}$ が除去されている。これは、SS が、除去された結果、SS 由来の T-P が除去されたためであると推察される。調査期間全体では、11 月から全体的に除去率が低下傾向にあり、特に、SS の除去率の低下が顕著である。

図 4-12 に、各月の前処理施設流入水の SS 濃度平均値と SS 除去率を示す。

図 4-12 から、前処理施設流入水の SS 濃度が低下すると、前処理施設における SS の除去率も低下する傾向があることが見受けられ、11 月以降の前処理施設における SS の除去率の低下は、河川水の SS 濃度の低下が原因であると考えられる。

図 4-13 に前処理施設流出水の SS 濃度を示す。調査期間における前処理施設流出水の SS 濃度は

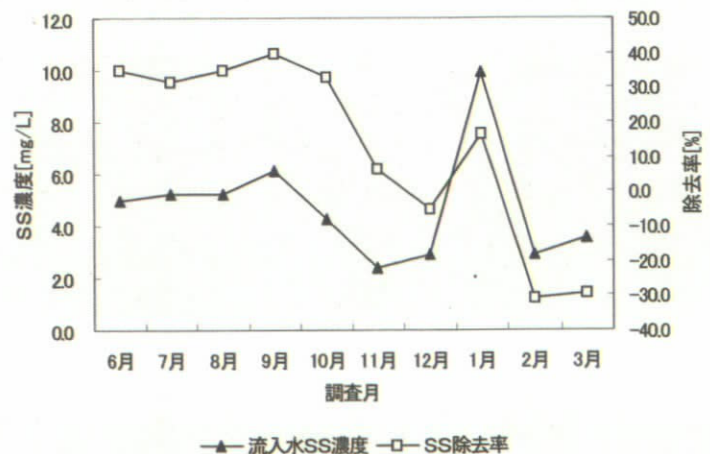


図 4-12 各月の前処理施設流入水の SS 濃度平均値と SS 除去率

最大：9.8mg/L、最小：1.8mg/L、平均：3.8mg/Lであり、概ね目標値（8mg/L）を達成している。

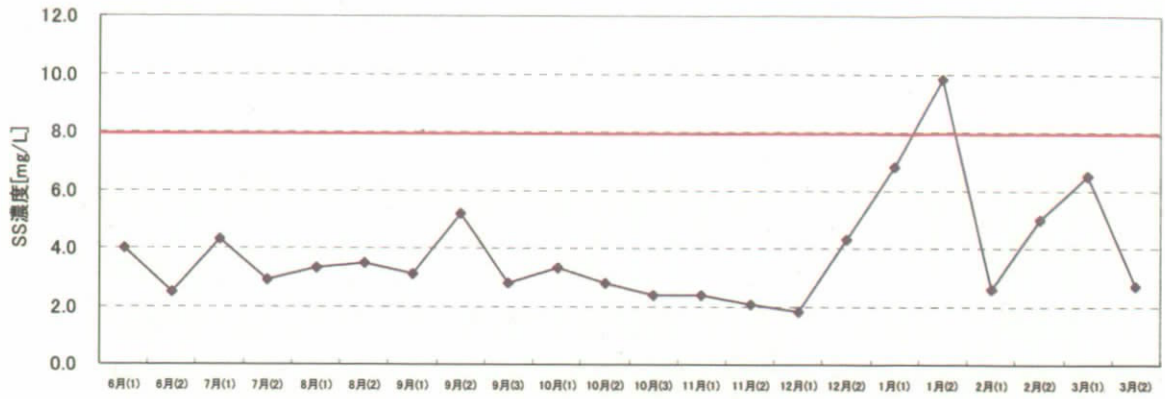


図 4-13 前処置施設流出水のSS濃度

4.1.3 土壌浄化施設の除去率について

土壌浄化施設（1）の各月の除去率を図 4-14 に、土壌浄化施設（2）の各月の除去率を図 4-15 に示す。

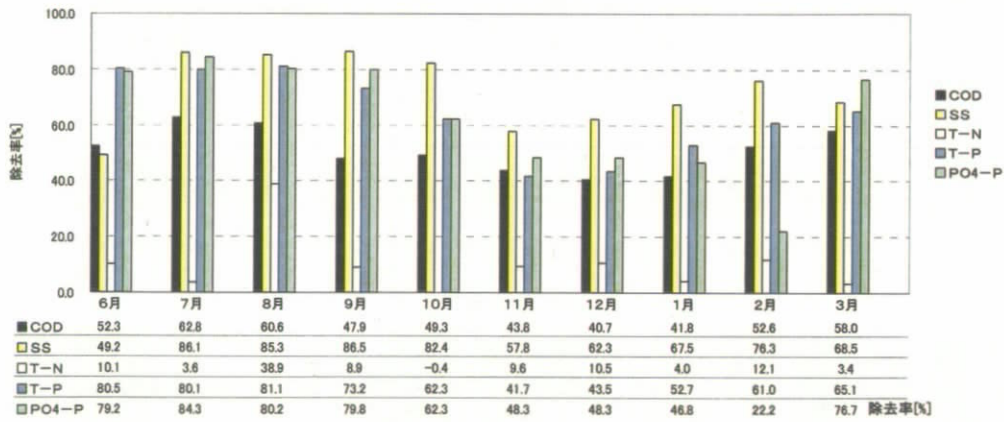


図 4-14 土壌浄化施設（1）の各月の除去率

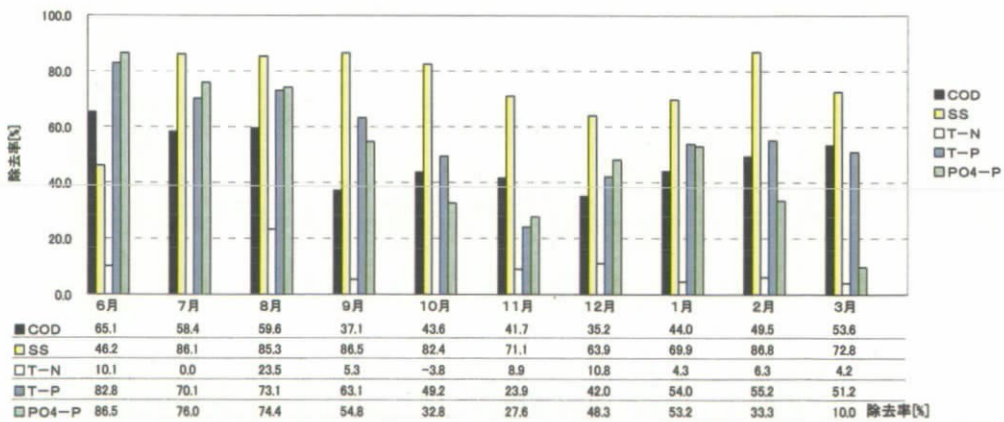


図 4-15 土壌浄化施設（2）の各月の除去率

全体的な傾向として、10月から12月にかけてT-Pの除去率が低下しており、特に、11月の除去率の低下は著しく、土壤浄化施設（2）では、20%台まで低下している。

図4-16と図4-17に土壤浄化施設（1）および（2）の各月の前処理施設流出水のT-P濃度平均値と土壤浄化施設のT-P除去率の関係を示す。

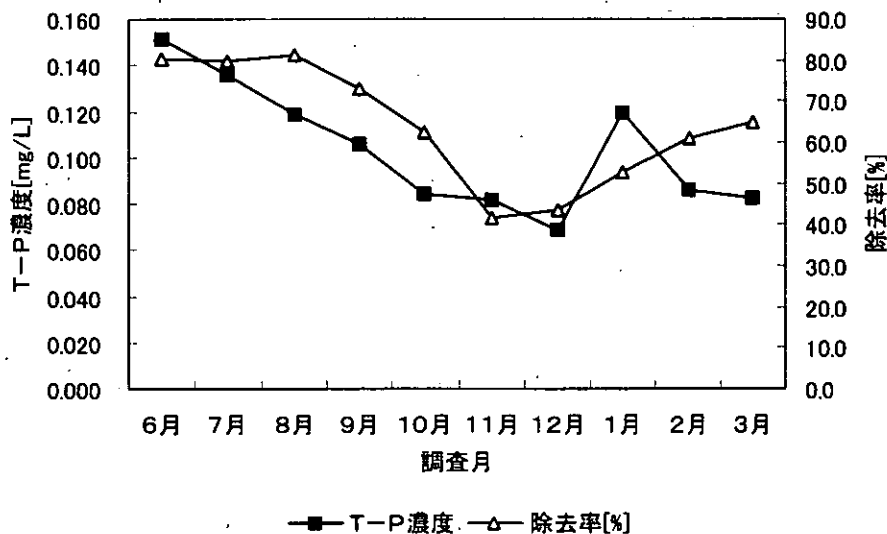


図4-16 各月の前処理施設流出水のT-P濃度平均値と土壤浄化施設のT-P除去率の関係 [土壤浄化施設（1）]

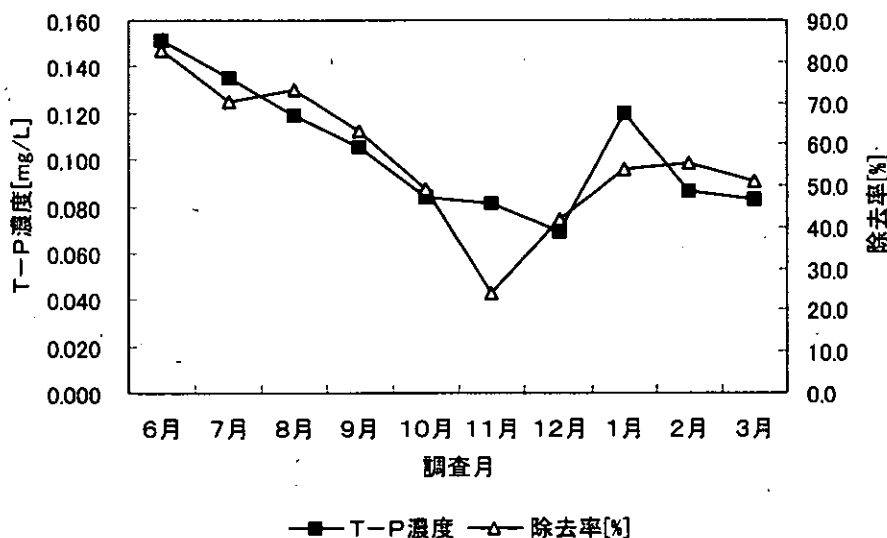


図4-17 各月の前処理施設流出水のT-P濃度平均値と土壤浄化施設のT-P除去率の関係 [土壤浄化施設（2）]

図4-16と図4-17から、前処理施設流出水のT-P濃度の低下とともに土壤浄化施設のT-P除去率が低下する傾向にあることが見受けられ、このことから、土壤浄化施設のT-P除去率の低下は、処理原水のT-P濃度が低下したことが原因であると考えられる。

調査期間における月別除去率の平均値は、土壤浄化施設（1）ではCOD：51.0%、SS：72.2%、T-P：64.1%であった。また、土壤浄化施設（2）では、COD：48.8%、SS：75.1%、T-P：56.5%、であり、概ね良好な結果であった。

4.1.4 施設全体の除去率

図 4-18 に前処理施設と土壌浄化施設を合わせた施設全体の各月の除去率を示す。

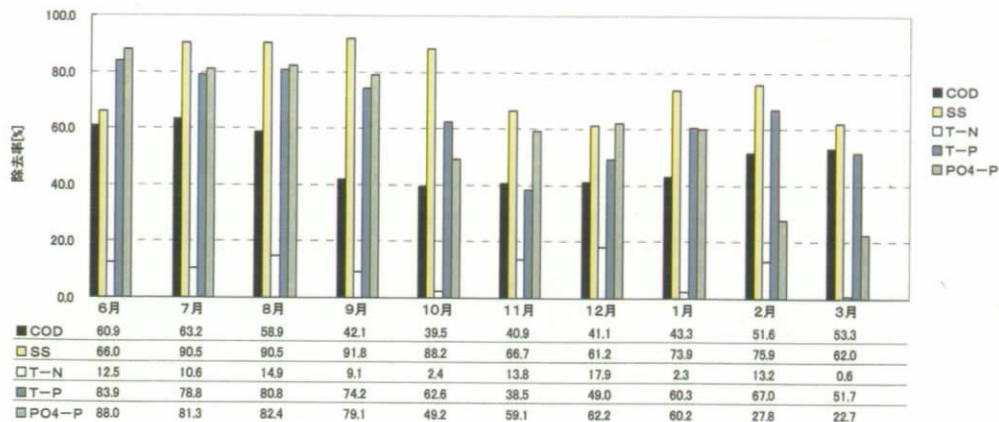


図 4-18 施設全体の各月の除去率

図 4-18 より施設全体の除去率は、SS は 61.2～91.8% で平均 76.7%、COD は 39.5～63.2% で平均 49.5%、T-P は 38.5～83.9% で平均 64.7% であった。

全体的な傾向としては、秋から冬にかけて除去率が低下する傾向があったが、これは、前述したように、北川河川水（前処理施設流入水）の汚濁負荷が低下したためであると考えられ、調査期間全体としては、本施設の目標である T-P 除去率 65% 以上を概ね達成していることから、良好な水質浄化効果が得られたと考えられる。

なお、1 年間（調査期間）の施設全体における SS、COD、T-P の負荷削減量を、出水時に人為的にポンプ停止している時以外は、連続的にポンプが作動しているという条件の下に計算した結果、SS : 1952kg/年、COD : 1368kg/年、T-P : 43.9kg/年であった。

実験担当者

国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所

財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構

水質調査課課長

水質調査課開発調整係長

技官

実験センター所長

実験センター主任研究員

実験センター研究員

春木 二三男

中村 超

椿 善光

柳田 英俊

和田 桂子

寺田 剛史

3. 実験センターにおける生物調査（水域）（その5）

1. 目的

琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター内に設置された多自然型水路及びその周囲における植物及び動物について、平成10～13年度の生息・分布の状況を取りまとめ、評価・検討を行うとともに、多自然型水路における水域の攪乱による効果を検証し、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. 実施概要

本業務では、次の2項目における検討を実施した。

1) 多自然型水路実験とりまとめ

平成10～13年度の4年間における調査結果のまとめと評価を行い、人為的に創出された水辺環境とそこに成立する生物相との係わりを知る上での基礎資料とする。

2) 人工洪水・攪乱実験

多自然型水路において人工洪水を起こし、水域の攪乱が実験河川の自浄能力の変化や水生生物の生息環境の改善に与える効果を検証し、水域管理の基礎資料とする。

3. 平成10～13年度多自然型水路実験

3.1 多自然型水路及びその周囲における生物相の変遷

3.1.1 調査概要

平成10～13年度の4年間における調査結果をまとめ、人為的に創出された水辺環境とそこに成立する生物相との係わりを知る上での基礎資料とすることを目的とする。

3.1.2 調査実施場所

調査は、琵琶湖・淀川水質浄化実験センター内の多自然型水路及びその周辺にて実施した（図3-1）。実験センターは、琵琶湖南湖への流入河川である葉山川の河口部右岸に、平成6年度から9年度にかけて、前浜（約50,000㎡）を造成し、その中の約半分（25,000㎡）に整備されたものである。この中の管理道路に沿って一周するように、取水口側から流下方向順に、コンクリート水路、J字水路、多自然型水路の各水路及び琵琶湖型池が設けられた。コンクリート水路と多自然型水路の間には、種々の水処理実験施設があり、琵琶湖型池にもH10年から13年まで実験施設が置かれていた。この水路を流れる水は、葉山川河口からポンプで取水され、コンクリート水路、J字水路を経て、多自然型水路に流入した後、琵琶湖に放流されるようになっている。琵琶湖型池へはJ字水路から分流され、多自然型水路中流部に合流するようになっている。また各水処理実験施設へはコンクリート水路から分岐され、供試された水は、平成12年度まで多自然型水路中流部に合流するようになっているが、平成13年度に流路の付け替えが行われ、下流部に変更になった。

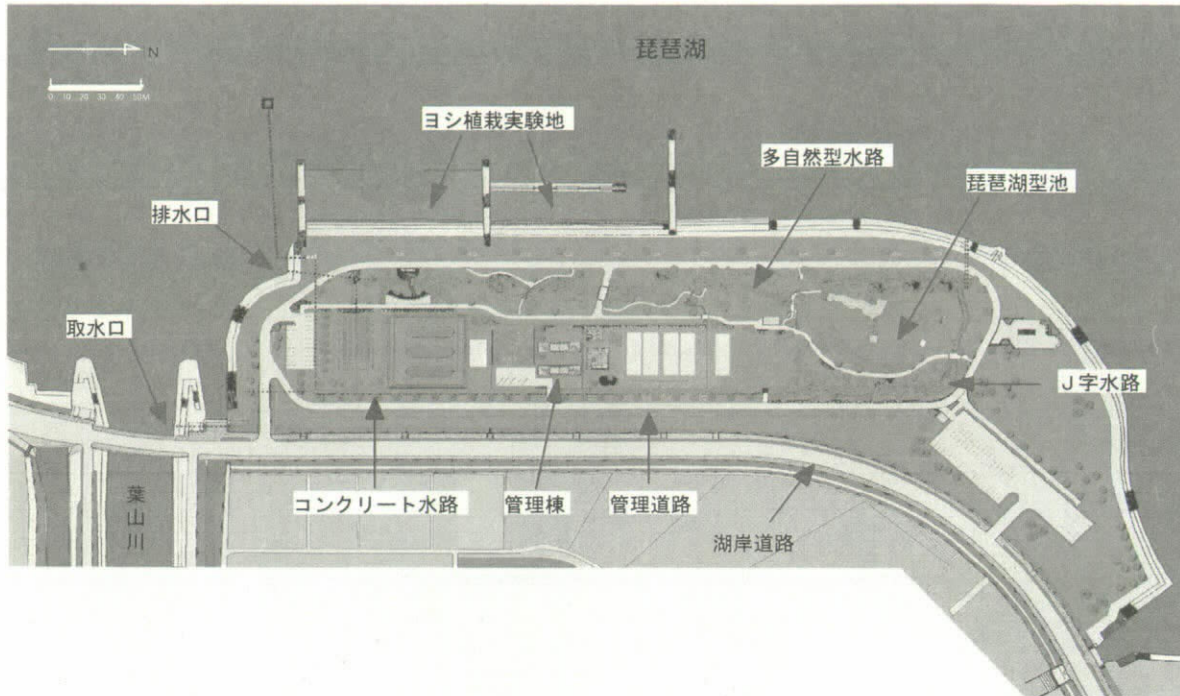


図 3-1 多自然型水路の位置

3.1.3 調査項目と調査実施時期

表 3-1 調査項目と調査実施時期

項目			年度				H10年度				H11年度				H12年度				H13年度			
			春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬				
1. 植物	水域	植生	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○					
		植物相	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○					
	陸域	植生			○				○				○				○					
		植物相		○	○		○	○	○		○	○	○		○	○	○					
2. 魚類			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
3. 底生動物			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
4. 昆虫				○	○		○	○	○		○	○	○		○	○	○					
5. 哺乳類												○	○	○		○	○	○				
6. 鳥類				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
7. 両・爬虫類				○	○		○	○	○		○	○	○		○	○	○					
8. 付着藻類							○	○	○	○			○									

3.1.4 調査結果

(1) 植物

① 種数

4年間の調査で、79科353種の植物が確認された。このうち水域では46科187種、陸域では68科309種の植物が確認された。種数は、水域では、平成10～12年にかけて漸増したが、平成12～13年に大きく減少し、平成13年は平成10

(注) () 内は植栽種を除く数

年よりも少なくなった。陸域では、平成10～11年にかけて大きく増加したが、その後、漸減傾向にあった(表3-2)。

② 帰化植物

帰化植物は、水域では、H10年から12年までの3年間、ほぼ30種が確認されていたが、H13年に10種以上減少した。帰化植物率は、初期の33%からは4年目に25%まで減少した。陸域では1年目は少なく、2年目で多くの帰化植物が出現した。その後、種数は漸減傾向を示しているが、帰化植物率は2年目から30%以上の値となっている。

③ 生活型比率

生活型では、水域では平成12年度から多年生草本の種数が多くなっているのに対し、陸域では種数が減っているもののいずれの年も一年生草本の方が多年性草本より多い。在来木本の侵入はまだ多くはない(図3-2)。

表3-2 水域・陸域別確認種数経年変化

	H10	H11	H12	H13
水	99(91)	109(101)	130(118)	86(75)
陸	121(91)	229(187)	211(156)	206(154)
合	170(133)	258(210)	246(186)	236(176)

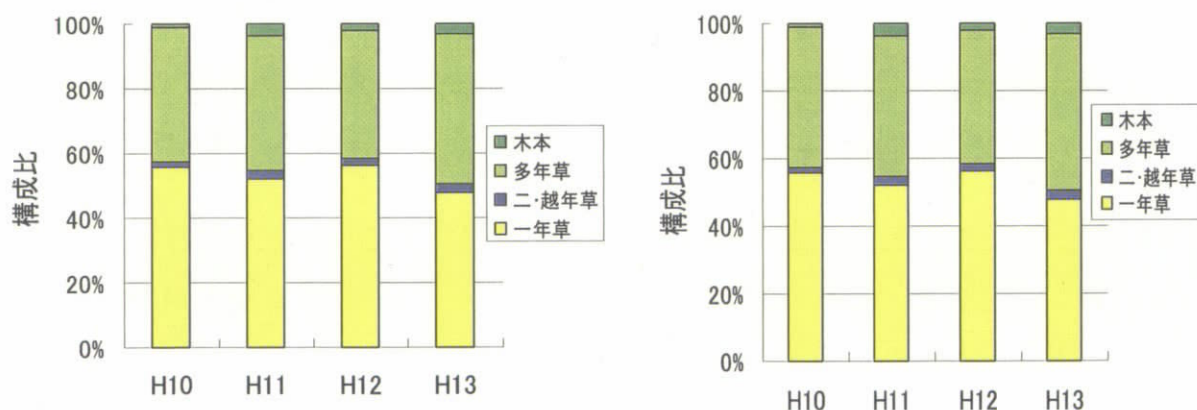


図3-2 水域と陸域における出現種の生活型比率(左:水域、右:陸域)

④ 優占種の変化

水域では、当初小規模な植物の群落が多数みられたが、経年的に幾つかの群落にまとまるような傾向がみられた。これに対し、陸域では、当初のシロツメクサ群落が経年的に分化し、多様な群落形成されているものと考えられた(図 3-3~4)。

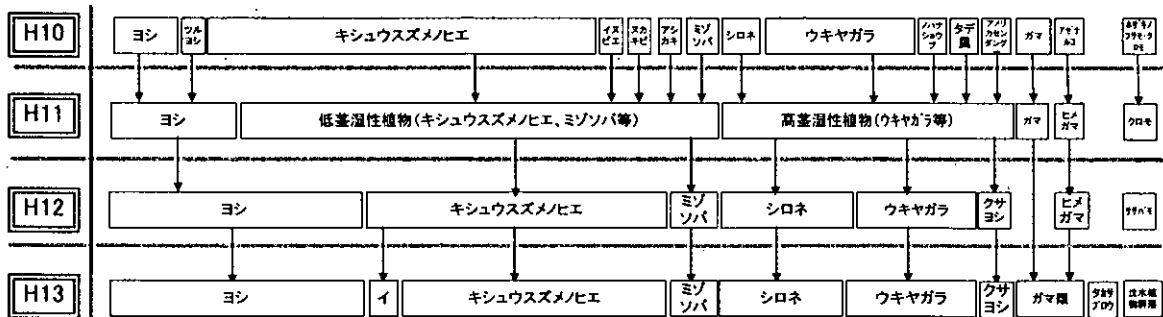


図 3-3 水域の優占種の経年変化

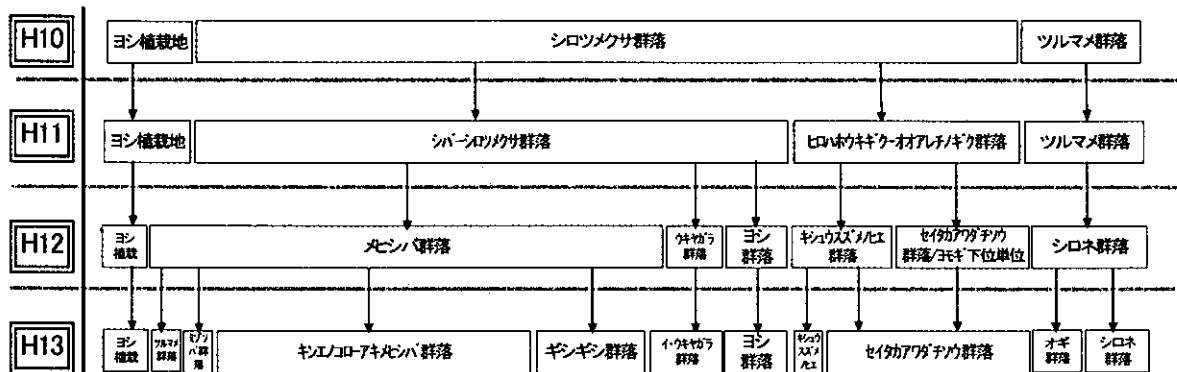


図 3-4 陸域の優占種の経年変化

(2) 魚類

魚類の調査は、多自然型水路の上流 (No. C)、中流 (No. B)、下流 (No. A)、J字型水路 (No. J)、コンクリート水路 (No. D)、及び琵琶湖型池 (No. E) の計 6 地点で実施されており、環境条件の違いにより以下の 4 タイプに類型化される。表 3-4 に類型化区分を示す。

表 3-4 環境条件の違いに基づく調査地点の類型化

類型化された環境区分	調査地点	流速	底質	護岸の状況
環境区分 1	No. A、B、J	緩い	砂泥が堆積	水際に植生が繁茂
環境区分 2	No. C	速い	礫	水際に植生が繁茂
環境区分 3	No. D	やや速い	砂泥が堆積	3面コンクリート護岸
環境区分 4	No. E	止水域	泥が堆積	玉石護岸

①確認種及び種数

各環境区分における魚類の経年確認種数の経年変化を図 3-5 に示す。

環境区分 1~4 では 4 年間でそれぞれ 18 種、18 種、19 種、17 種の魚類が確認された。しかし、3 年間以上連続で確認されている種は各地点とも 41%~58% の範囲内にあり、安定した出現がみられ、各環境区分に定着している可能性があると考えられる種は半数前後に止まっている。残りの種は不連続な出現状況となっており、一時的に侵入し等の理由で定着には至っていないものと考えられる。

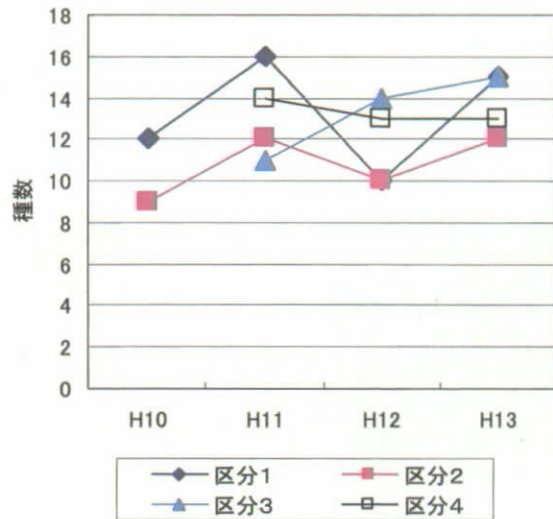


図 3-5 各区分における種数の経年変化

②帰化種（国外外来種）

国外外来種はタイリクバラタナゴ、ブルーギル、ブラックバスの 3 種であり、3 種の環境区分ごとの確認状況を記す。

●タイリクバラタナゴ

施設内では、環境区分 1 及び 3 で個体数が増加傾向にあり、特に環境区分 1 では個体数の増加が著しい。本区分では、本種の産卵床となりうるタテボシガイやドブガイ等の二枚貝の生息が確認されており、施設内で繁殖しているものと考えられる。

●ブルーギル

施設内では、流水環境である環境区分 1 及び 3 では数個体しか採集されず、環境区分 2 では採集されていない。止水環境である環境区分 4 ではまとまった数の個体が採集されていることから本種の止水域に対する選好性が伺われる。環境区分 4 (琵琶湖型池) では、採集された個体のほとんどが体長 (尾叉長) 100mm 以下であり、成熟サイズと考えられる個体が確認されなかったため、本施設内では繁殖していないものと推察される。

●ブラックバス (オオクチバス)

施設内では環境区分 1 及び 3 で確認されているが、個体数は各年度で 0~3 個体と少ないことから、定着には至っていないと考えられる。

③ 水辺環境と魚類相の関係

ここでは、各地点ごとに連続して3年間にわたり確認され、水路や池に定着している可能性があると考えられる種を対象とし、その種の環境指向性から各区分について示した(図3-6)。

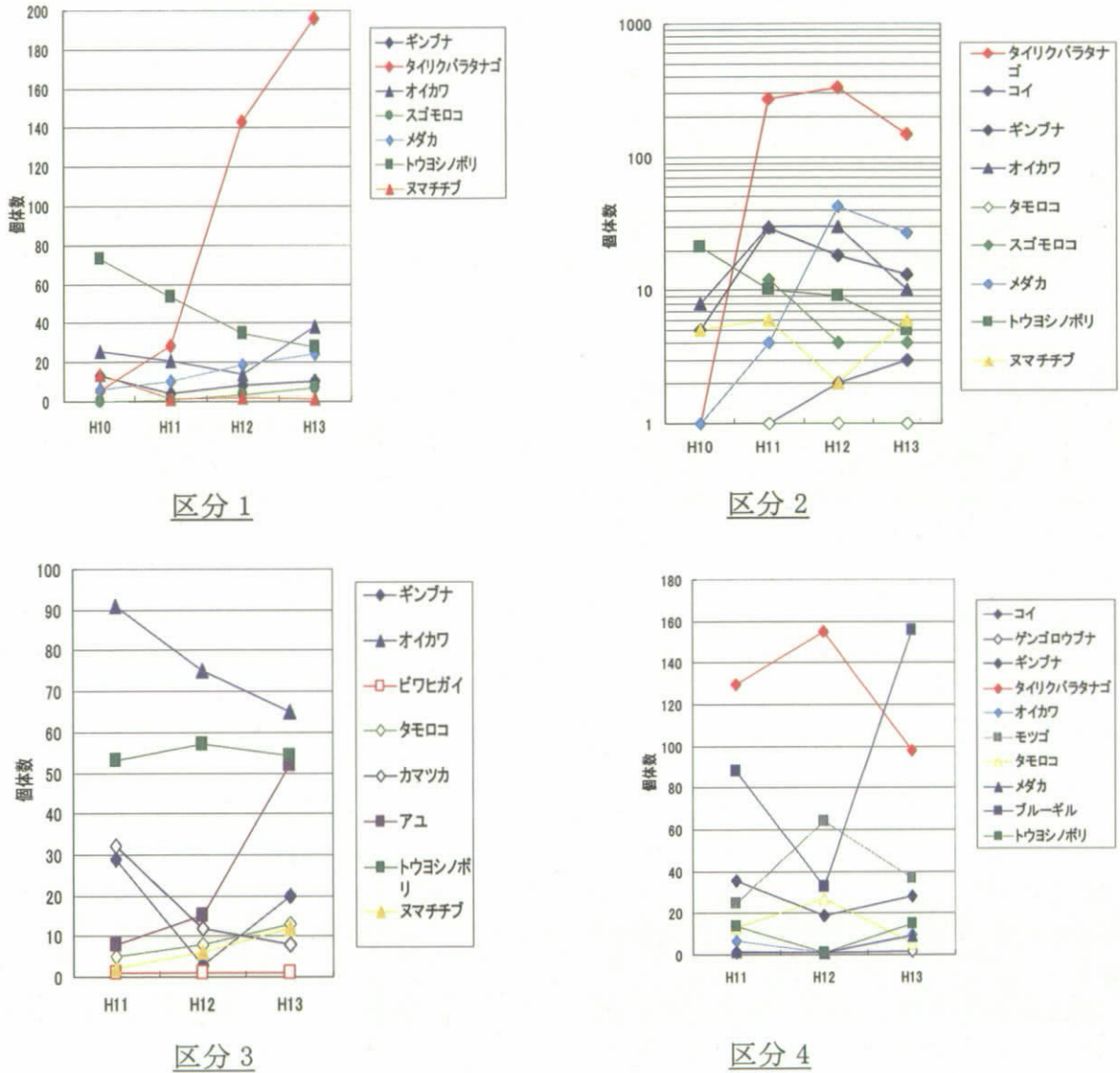


図 3-6 各区分での魚種別個体数の変化

(3) 底生動物

底生動物の調査は、魚類と同様に、多自然型水路の上流 (No. C)、中流 (No. B)、下流 (No. A)、J字型水路 (No. J)、コンクリート水路 (No. D)、及び琵琶湖型池 (No. E) の計 6 地点で実施されており、環境条件の違いにより以下の 4 タイプに類型化される (表 3-6)。水生生物は流速、底質、護岸の状況等といった環境条件の違いにより生息する種が異なるため、底生動物も魚類と同様に、データの解析、考察にあたっては類型化された環境区分ごとに行った。

表 3-6 環境条件の違いに基づく調査地点の類型化

類型化された環境区分	調査地点	流速	底質	護岸の状況
環境区分 1	No. A、B、J 1、2	緩い	砂泥が堆積	水際に植生が繁茂
環境区分 2	No. C 3	速い	礫	水際に植生が繁茂
環境区分 3	No. D	やや速い	砂泥が堆積	3面コンクリート護岸
環境区分 4	No. E	止水域	泥が堆積	玉石護岸

①種数

4年間の調査で、8網20目46科77種の底生生物が確認された。図3-7に、定性調査における各環境区分での種数の経年変化を示す。

②帰化種

各環境区分で確認された帰化種の確認状況を表3-7に示す。確認された帰化種はイネミズゾウムシ、サカマキガイ、カワヒバリガイ、アメリカザリガニの4種である。アメリカザリガニについては、ほぼすべての調査年、環境区分で確認されているほか、サカマキガイやカワヒバリガイについては、環境区分4以外(多自然型水路)を中心に確認されていたが、H13年には環境区分4(池)でも、生息が確認されるようになった。なお、イネミズゾウムシについては、平成10年に環境区分1で1度確認されたのみに留まっている。

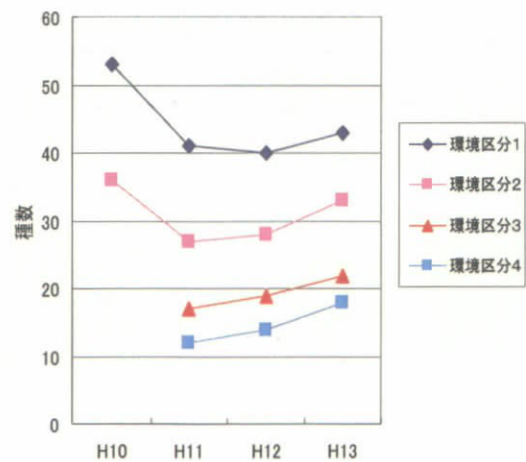


図 3-7 種数の経年変化

表 3-7 底生動物帰化種経年確認状況一覧

綱名	目名	科名	種名	環境区分1				環境区分2				環境区分3			環境区分4		
				H10	H11	H12	H13	H10	H11	H12	H13	H11	H12	H13	H11	H12	H13
昆虫	鞘翅	ゾウムシ	イネミズゾウムシ	○													
腹足	基眼	サカマキガイ	サカマキガイ	○	○	○	○	○	○	○							○
二枚貝	翼形	イガイ	カワヒバリガイ	○	○	○	○	○	○	○			○	○			○
甲殻	十脚	ザリガニ	アメリカザリガニ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○
4網	4目	4科	4種	個体数	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				種数	4	3	3	3	3	3	2	3	1	2	1	1	1

③水辺環境と底生動物相の関係

底生動物は一般に魚類ほど水中での移動能力に長けていないため、生息環境との結びつきが強く、特定の環境を指標する種が多い。このため、ここでは原則として調査で確認された底生動物を好適流速、主要な生息場所ごとにグループ分けし、そのグループ（種群）の出現状況から環境区分ごとの特徴を検討した。ここで好適流速は、止水環境を好む種、流水環境を好む種、止水・流水を問わない種の3通り、主要な生息場所は、流水環境では礫、砂泥、植物、泥・砂・礫、問わないでは砂泥、止水環境では礫、砂泥、植物、水面とし、それぞれをグループ1～9とした。生息環境タイプとグループの対応については表3-8に示す。

表 3-8 生息環境とグループ区分

好適流速	主要生息場所	グループ番号
流水環境	礫	グループ1
	砂泥	グループ2
	植物	グループ3
	泥・砂・礫	グループ4
問わない	砂泥	グループ5
止水環境	礫	グループ6
	砂泥	グループ7
	植物	グループ8
	水面	グループ9

その結果、施設内では全般的な傾向として、止水環境を好む種の出現割合が高く、施設内の水域に止水ないしは流れの緩やかな場所が多く存在することが示唆された。

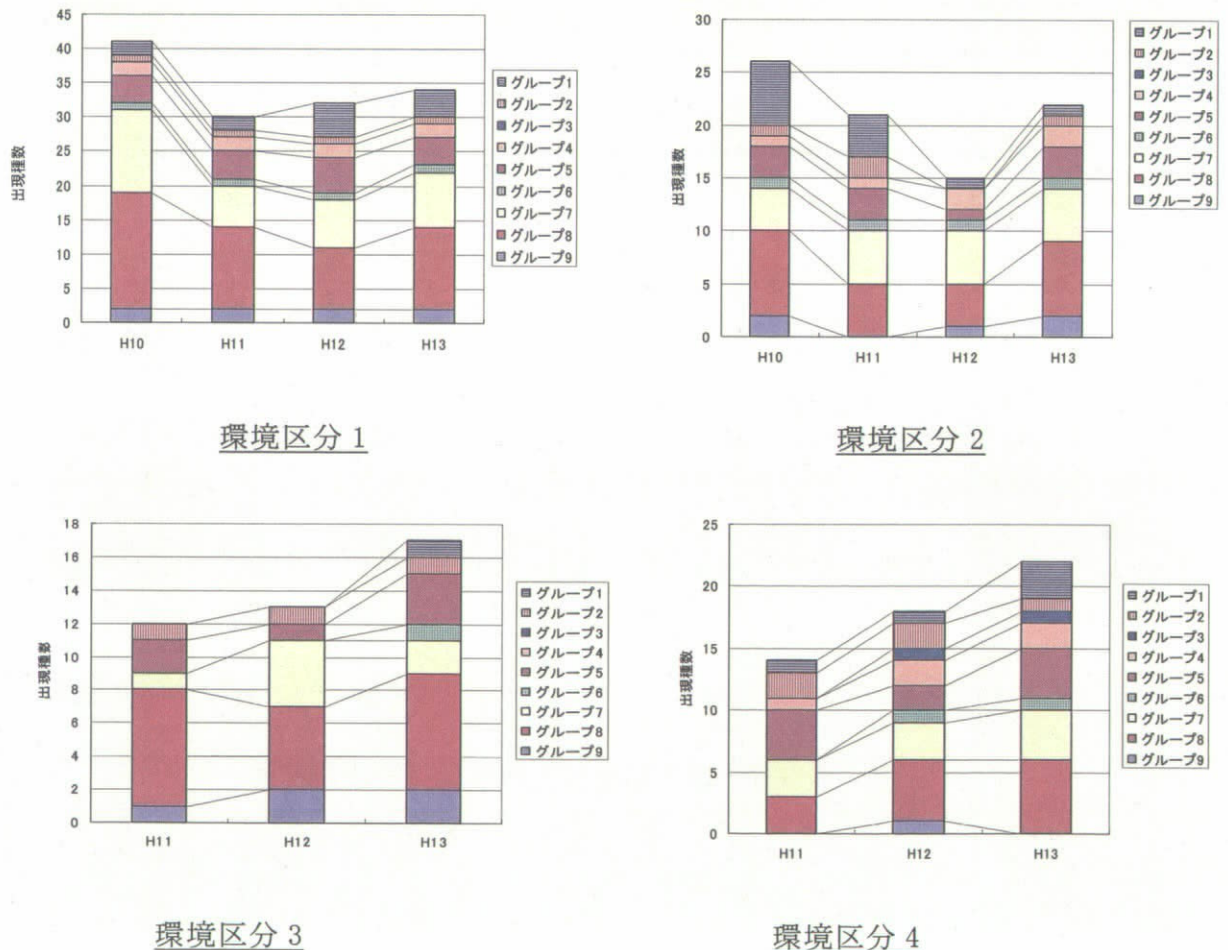


図 3-8 生活環境タイプ別確認種の経年変化

(4) 昆虫

①昆虫相

現地調査の結果、4年間で14目164科583種が確認された。目別の確認種数を表3-9に示した。出現種は、主に河原などのやや湿気のある草地に出現する種であるが、いずれも広分布、広適応性の種類が優占する傾向が継続している。

表 3-9 昆虫類の目別確認種数

調査時期	平成10年度			平成11年度			平成12年度			平成13年度		
	8月	10月	1月	5月	8月	10月	5月	8月	10月	5月	8月	10月
トビムシ目	3		3				2			2	2	1
トンボ目	4	7		2	10	9	6	5	7	4	4	3
カマキリ目								1	1		1	
ハクダ目	17	14		2	11	17	6	14	16	3	20	12
ハヤミシ目	1	2		3	3	4	2	2	2	3	2	
カメシ目	20	4	1	4	9	7	13	21	6	9	14	8
アミカゲムシ目					1		2	2	1	1	2	2
コウチュウ目	39	16		19	45	28	24	39	8	21	37	27
ハチ目	13	12	2	6	9	14	13	17	10	9	14	11
ハエ目	17	25	14	9	1	24	35	26	17	21	5	25
トビケラ目	4	2		2	1	1	5	4	1	4	2	2
チョウ目	49	19		17	24	40	26	36	15	26	26	15
合計	167	101	20	64	114	144	134	167	85	103	129	106
年度別種数	10目91科240種			10目85科234種			12目107科286種			12目91科260種		

④水生昆虫

水生昆虫類のうち、カゲロウ目、トンボ目、ハエ目、トビケラ目は、幼虫の期間を水中で過ごし、成虫になると陸に上がるグループである。経年的に連続して確認されている種は、施設内を繁殖場所として利用し、世代交代をしている可能性が高いと考えられるが、さらに水域と陸域の双方で連続して確認されている種については、その可能性がより高いといえる。これらのカゲロウ目、トンボ目、ハエ目、トビケラ目のうち、2年以上連続して確認されている種を表3-10にリストアップした。なお、表3-10に示した種のうち、特に網掛けを施した種については、水域と陸域の双方で連続して確認されていることから施設内へ定着し、世代交代している可能性が非常に高いと考えられる。

表3-10 カゲロウ目、トンボ目、ハエ目、トビケラ目の経年出現状況

目名	科名	種名	H10		H11		H12		H13	
			水域	陸域	水域	陸域	水域	陸域	水域	陸域
カゲロウ	コカゲロウ	コカゲロウの一種	○		○		○		○	
	ヒメカゲロウ	ヒメカゲロウの一種	○		○		○		○	
トンボ	イトトンボ	セズシイトトンボ	○		○		○		○	
		アシアイトトンボ	○	○	○	○	○	○	○	○
		アオモンイトトンボ	○	○	○	○	○	○	○	○
		クロイトトンボ	○		○					○
		イトトンボ科の一種	○		○					○
	カワトンボ	ハグロトンボ					○		○	
	サナエトンボ	ヤマサナエ			○		○			○
		ウチワヤンマ				○	○			
		オオサカサナエ					○			○
	ヤンマ	キンヤンマ	○	○	○	○	○	○		
トンボ	ショウショウトンボ	○	○	○	○	○	○	○		
	シオカウトンボ	○	○	○	○	○	○	○	○	
	ウスハキトンボ		○	○	○	○	○	○		
	コシアキトンボ			○	○	○	○	○	○	
	チョウトンボ				○		○			
	ナツアカネ		○		○		○		○	
	マユタテアカネ		○		○		○			
	アキアカネ	○	○	○	○	○	○	○	○	
	ノシトンボ				○		○		○	
	マイコアカネ				○		○		○	
ハエ	ガガンボ	ガガンボの一種	○		○				○	
		ウスハヒメガガンボの一種	○		○		○			
ヌカカ	ヌカカ科の一種	○		○						
ユスリカ	ヤハスユスリカ						○		○	
	ウスイロハモンユスリカ						○		○	
	ミツオビツヤユスリカ		○				○		○	
	モンユスリカ亜科の一種	○		○		○				
	エリユスリカ亜科の一種	○	○	○	○	○	○	○		
	オオユスリカ		○				○		○	
	クロユスリカ		○		○				○	
	ハイロユスリカ		○				○			
	イシガキユスリカ						○		○	
	オオヤビケユスリカ		○				○		○	
	コガタユスリカ属の一種						○		○	
	ツヤユスリカ属の一種				○		○			
	ヒゲユスリカ属の一種		○		○				○	
	ヒメユスリカ属の一種		○				○		○	
	フタスツヤユスリカ						○		○	
	マルミコブナシユスリカ						○		○	
	ヤマトハモンユスリカ		○						○	
ユスリカ亜科の一種		○		○		○		○		
トビケラ	ヒメトビケラ	ヒメトビケラの一種	○		○		○		○	
		ヒメトビケラ科類	○		○		○		○	
	イトトビケラ	ムネカクトビケラ	○	○	○	○	○	○	○	
シマトビケラ	コガタシマトビケラ	○	○	○	○	○	○	○		
4目	13科	47種	20種	19種	17種	20種	18種	28種	17種	22種

注1)水域もしくは陸域のいずれかで2年以上連続して確認されている種を抽出した。
 注2)網掛けの種は、水域、陸域の双方で確認されている種を示す。

(5) 哺乳類

①哺乳類相

哺乳類調査は、平成12年度より実施している。現地調査の結果、イタチ属の1種とカヤネズミの2種の生息が確認された。イタチ属(イタチまたはチョウセンイタチと考えられるが、特定はできなかった)の糞が確認されており、確認頻度も高いことから、生息場所の一部として利用していることが推測される。カヤネズミは2年連続して、オギ群落、ヨシ群落が発達している場所で巣が確認された。カヤネズミの侵入路などは特定できなかったが、侵入が可能であればある程度の面積の湿地性高茎植物群落で繁殖が可能であると思われる。

(6) 鳥類

①種類および種数

4年間の現地調査の結果、留鳥が31種、夏鳥が11種、冬鳥が23種、旅鳥が5種の計70種が確認された。特に、実験センター敷地内で確認された種に注目すると48種が敷地内を休息、採餌、繁殖に利用していた。確認種の内訳は、留鳥25種、夏鳥が10種、冬鳥が13種であった。また、陸鳥・水鳥の内訳は、陸鳥が29種、水鳥が18種であったが、陸鳥でも平地から低山の河川、湖沼、水田などの草地、草原を利用する水辺に依存する種が主であった。

センター内を繁殖に利用している種として、平成12年度に、スズメ、ムクドリが施設の軒下で繁殖しているのが確認された。スズメ、ムクドリは、人家の屋根や壁の隙間などに枯れ草などを用いて巣をつくる種である。また、オオヨシキリが水路沿いのヨシ帯で盛んに囀っている様子が確認されており、繁殖している可能性が高い。

平成13年度は、同じくスズメが軒下で繁殖し、オオヨシキリの繁殖行動が確認された。その他、キジバト、カルガモの繁殖が確認された。カルガモについては、水路内の植物帯が発達しブラインド的要素、餌環境が整ったことが繁殖につながったと思われる。

(7) 両生類・は虫類

①両生類・は虫類相

4年間の現地調査の結果、両生類が2科2種、爬虫類が2科4種確認された。カエル目では、ウシガエルが優占している。水辺に草の茂った止水域や餌動物となるアメリカザリガニ、昆虫類が豊富なこと、幼生越冬期間の水域安定等はウシガエルの生育に有利な条件であると考えられる。

カメ目では、イシガメ、アカミミガメ、クサガメの3種が確認された。アカミミガメはペットとして導入された移入種であり、生息環境、植生の適応範囲が広いため全国各地に定着し、在来種の生息域を脅かすことが懸念されている。カメ目は、平成12年度より調査では確認できなかったが、その後も琵琶湖型実験池で確認されていることから、平成12年度、平成13年度も継続して生息していると思われる。

3.2 水質の変遷

3.2.1 調査概要

水路における水質の変化を把握するために、コンクリート水路～多自然型水路に調査地点を設け、四季1回の水質調査を実施した。

3.2.2 調査地点

調査地点は、流下方向に、コンクリート水路、J字水路最上流部、多自然型水路最上流部、三川合流点前、多自然型水路下流域のワンド部および琵琶湖型池である。なお、H13年に浄化施設の排水路が多自然型水路下流域に付け替えられた。H13年にはその上流側に下流合流点前の調査地点を加えた。

3.2.3 調査項目と調査方法

各測定点において、気温、水温、水深、流速を計測するとともに、pH、BOD、COD、SS、T-N、T-P、Chl-aの7項目について採水分析を行った。

3.2.4 調査結果

(1) 流入水

ポンプアップによる影響等を考慮するため、取水された水と葉山川の水質を比較した結果、実験センターに取水された水は、葉山川の水質とほとんど変わらなかった。

(2) 水質の経年変化

①水温

水温は地点に関わらず、夏季にはほぼ30℃程度まで上昇し、冬季には5℃、年によってはそれ以下まで下がった。

②pH

pHは、琵琶湖型池を除いた各地点で、4年間を通じて、どの季節においてもほぼpH7～7.5の値であり、水産1級の基準値（pH6.5以上8.5以下）、「水産用水基準（2000年版）」基準値（pH6.7～7.5）を満たす値である。

③SS

SSは、H12年1月の突発的な値を除けば、ほぼ各地点で水産1級基準値および「水産用水基準（2000年版）」基準値の25mg/l以下の値である。

④BOD

BODは、多くの場合で3 mg/l以下であり、水産2級基準値および「水産用水基準（2000年版）」自然繁殖の条件の基準値を満たす値である。

⑤COD

CODは湖沼における環境基準が決められているが、水産3級（コイ・フナ等富栄養湖型の水域の水産生物用）で5 mg/l以下であり、「水産用水基準（2000年版）」では自然繁殖の条件が4 mg/l以下、生育の条件が5 mg/lである。琵琶湖型池ではH12年度から測定しているが、5 mg/lを超える場合が多く、魚類にとってよい水質とはいえない状態である。

⑥T-N

全窒素は、ほぼ1～2.5mg/lの範囲で変動した。河川においては、生態系の維持や漁業生産と全窒素、全リンとの情報が不足しているため基準値は選定されていないが、湖沼に関しては「水産用水基準（2000年版）」では、コイ、フナを対象の場合、全窒素1 mg/l以下（アユ科0.2mg/l以下）であり、琵琶湖型池ではほぼ基準値に近い値である。

⑦ T-P

全リンは、ほぼ 0.1~0.2mg/l の範囲で変動した。全リンも全窒素同様基準値は湖沼の基準値はあるが、河川では決められてはいない。

⑧ Chl-a

Chl-a は、H11年度からの測定である。クロロフィル含量は、水域においては、その量が藻類量の目安として考えられるが、流水域においては、特に夏季に顕著に増加するという傾向は見られなかった。

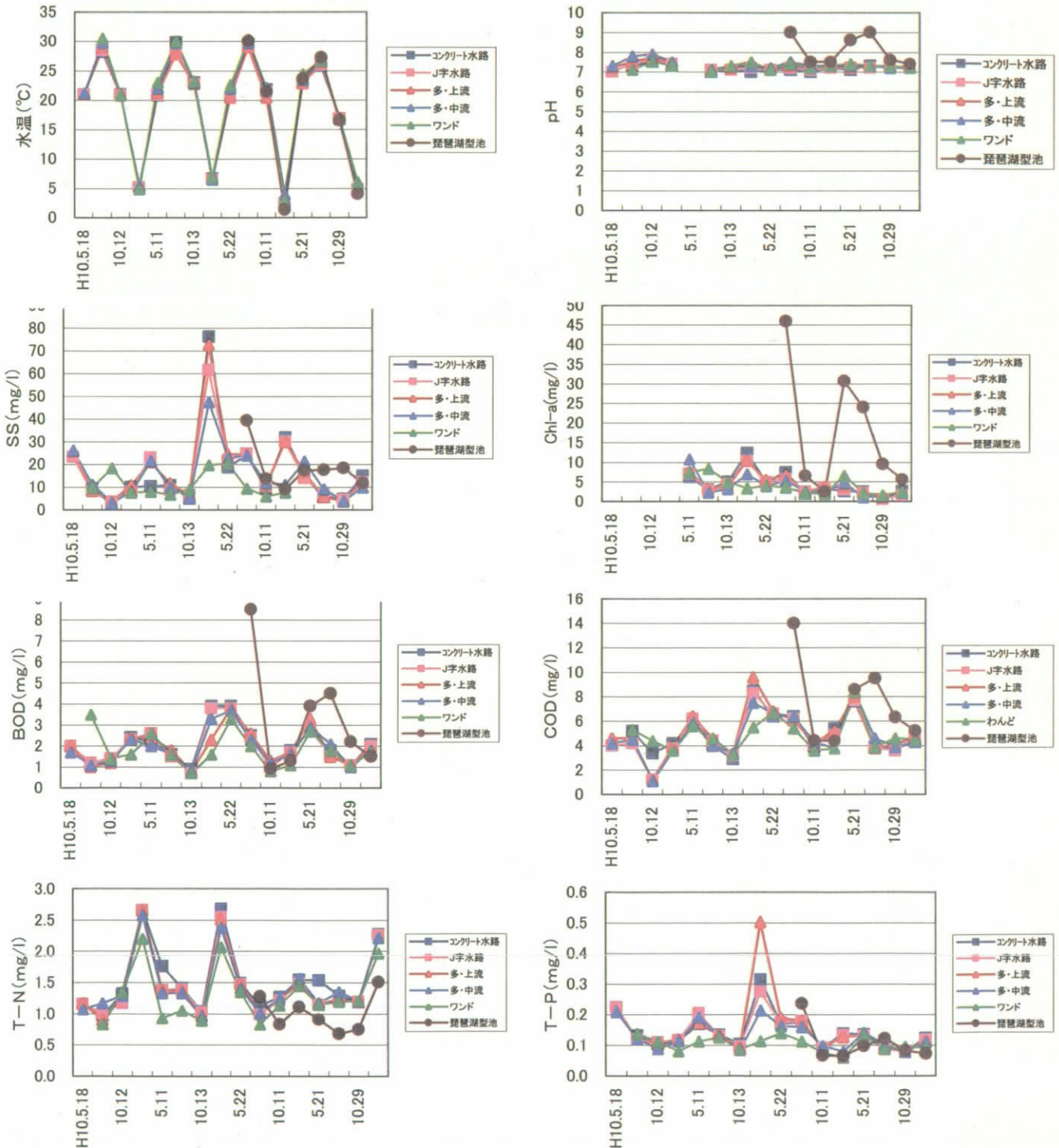


図 3-9 水質の経年変化

4. 多自然型水路における人工洪水・攪乱実験

4.1 目的

大雨や台風等の出水により、自然の河川は攪乱を受けており、そのことが水辺域を含む河川生態系の生物多様性や河川の持つ浄化機能に寄与しているといわれている。しかし実験センターに設置された多自然型水路は、自然洪水の作用を受けることはなく、またポンプの切り替えにより多少の流量の変動はあっても、河床を洗い流すような水流を起こすことはなく、ほぼ同じような流況が維持されている。そこで何らかの方法で多自然型水路の水域および水辺域を攪乱することで、どのような変化や影響が水質や生物等にあるのかを明らかにすることは、今後の多自然型水路のあり方を検討するうえで有意義な知見が得られるものと考えられた。以上のような理由により、実験センター内の多自然型水路を用いた洪水実験を行うことによって、これまでの多自然型水路実験と同様に、琵琶湖・淀川水系の水辺環境の創造、景観作りのための基礎的知見を得ることを本実験の目的とした。

4.2 実験概要

多自然型水路の水域および水辺域を攪乱することで、どのような変化や影響が水質や生物等にあるのかを明らかにするために、水域における人工洪水実験と水辺域の植生の攪乱実験を行った。人工洪水実験は、高圧水流ポンプによる河床の洗浄と底質の吸引採取を行った。その前後に水質、生物（魚類、底生生物、付着藻類、水生植物）、物理的状況（流速、水深、底泥厚）および底質分析を行った。また水際攪乱実験では、3つの攪乱パターンを想定し、水際の植栽基盤の洗浄や掘削等を行い、その後の植生の変化を調査した。

洪水実験は、H14年7月2日～4日に行い、水際攪乱実験は7月3日に行った。どちらも河川域における洪水による攪乱事象を再現したものであるが、方法および対象が異なるために、以下、それぞれの実験結果について、分けて述べる。

4.3 人工洪水実験

4.3.1 実験場所

実験は、(財)琵琶湖・淀川水質浄化実験センター内の多自然型水路で行った。図4-1に多自然型水路の位置、形状、流域区分、各測定点を示す。

4.3.2 実験方法および実験実施日

人工洪水実験は、洪水により河床が洗われ、石などの河床材料表面に堆積あるいは付着していた無機質および有機質の物質が剥離し、流されるとともに、河床に堆積していた底質も攪乱を受け、一部流出するという現象を想定した。

そこで本実験では、洪水を代替する方法として、ジェットポンプによる高圧水の噴射

による掃流とバキュームポンプによる底泥の吸引除去による方法で行った。

なお洪水による植物の流亡を想定し、水路内および下流域の中州に生育していたヨシ、シロネ、ウキヤガラ等の抽水植物の刈り取りを行った。水路内に生育していたものは、なるべく水面下に刈り口がくるように刈り取った。それぞれの実施日を以下に示す。

草刈り ; 平成 14 年 6 月 26 日～29 日

洪水実験 ; 平成 14 年 7 月 2 日～4 日

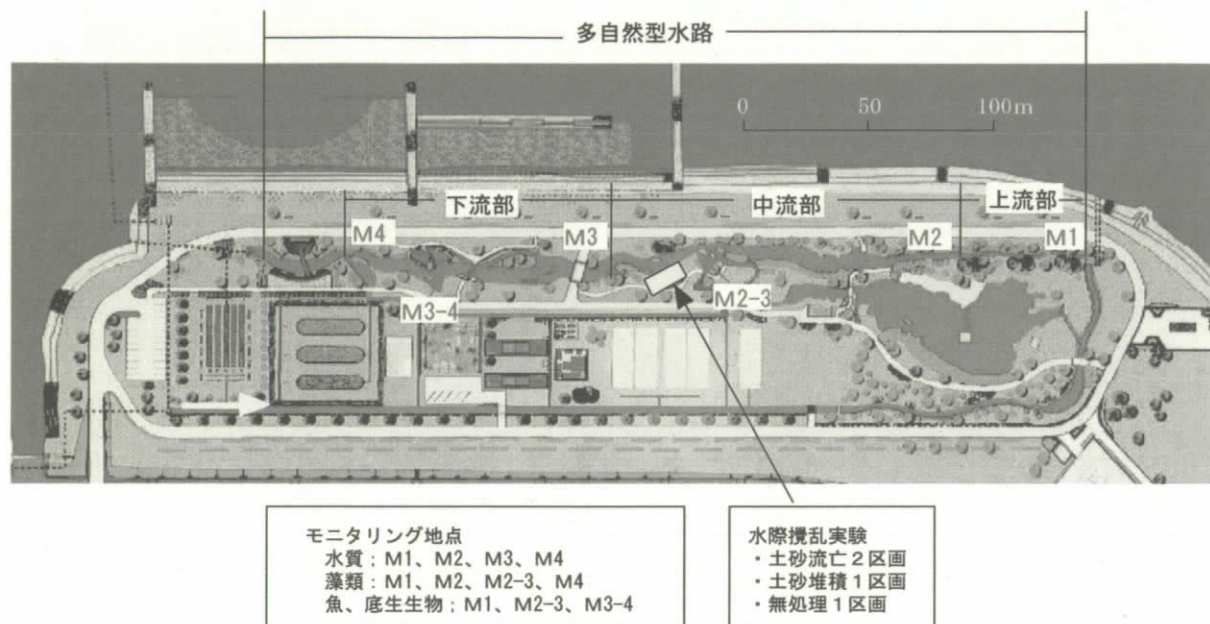


図 4-1 多自然型水路の位置、形状、流域区分、各測定点

4.3.3 調査項目と調査方法

洪水実験による水路内の変化を把握するために洪水実験前後に調査を行った。調査項目は、水質、生物（魚類、底生生物、付着藻類、水生植物）、物理的状況（水深、流速、底質）とした。

4.3.4 実験結果

(1) 人工洪水実験および除去底泥量

人工洪水実験は、H14年7月2日～4日にかけて行った。実験の様子を写真4-1に示す。実験作業は、上流から、高圧水流ポンプで水域内の石および河床を洗浄しながら、下流に向かった。上流域から中流途中までは厚い底質は存在せず、水路内に置かれた石表面の洗浄と石の間隙の堆積物の洗浄を行った。ポンプ水流により、石の表面から堆積物や被覆物は速やかに除去され、洪水による付着物の剥離という作用は十分に再現しているものと考えられた。河床が石である部分での底質の吸引除去は行わなかった。中流域中部では、8 tバキュームカーに計3台分、中流域下部では計2台分の底泥を含む泥

水を吸引した。底泥量が多いため、作業は上流域より時間を要し、1日に進む速度は80m程であった。下流域でも同様な作業を行い、8 tバキュームカーに計4台分の泥水を吸引した。作業速度は中流域とほぼ同じであった。吸引採取した各流域の底質を含む泥水の採取量および乾重量を分析した結果を表4-1に示す。



写真4-1 洪水実験の状況

除去された底泥量は、蒸発残留物換算で、
合計 $35 + 3056 + 931 = 4022$ (kg)
であった。水路幅を平均3 m、水路長を中～下流で250 mとすると、

$$\text{水路面積} = 3 \text{ m} \times 250 \text{ m} = 750 \text{ m}^2$$

となり、1 m²当たり、

$$4022 \text{ kg} / 750 \text{ m}^2 = 5.4 \text{ kg/m}^2$$

の底質が除去されたことになる。

表4-1 除去底泥量の算出

場所		中流中部	中流下部	下流
測定項目	SS(mg/L)	1,150	185,000	28,300
	蒸発残留物(mg/L)	1,480	191,000	29,100
	強熱減量 (%)	14.3	13.9	12.3
搬出量	搬出量/1台	8? × 3台	8? × 2台	8? × 4台
	×トラック台数	=24?	=16?	=32?
除去量 (蒸発残留物で計算)		1.48g/L ×24? =35kg	191g/L ×16? =3,056kg	29.1g/L ×32? =931kg

(2) 水質

①採水分析結果

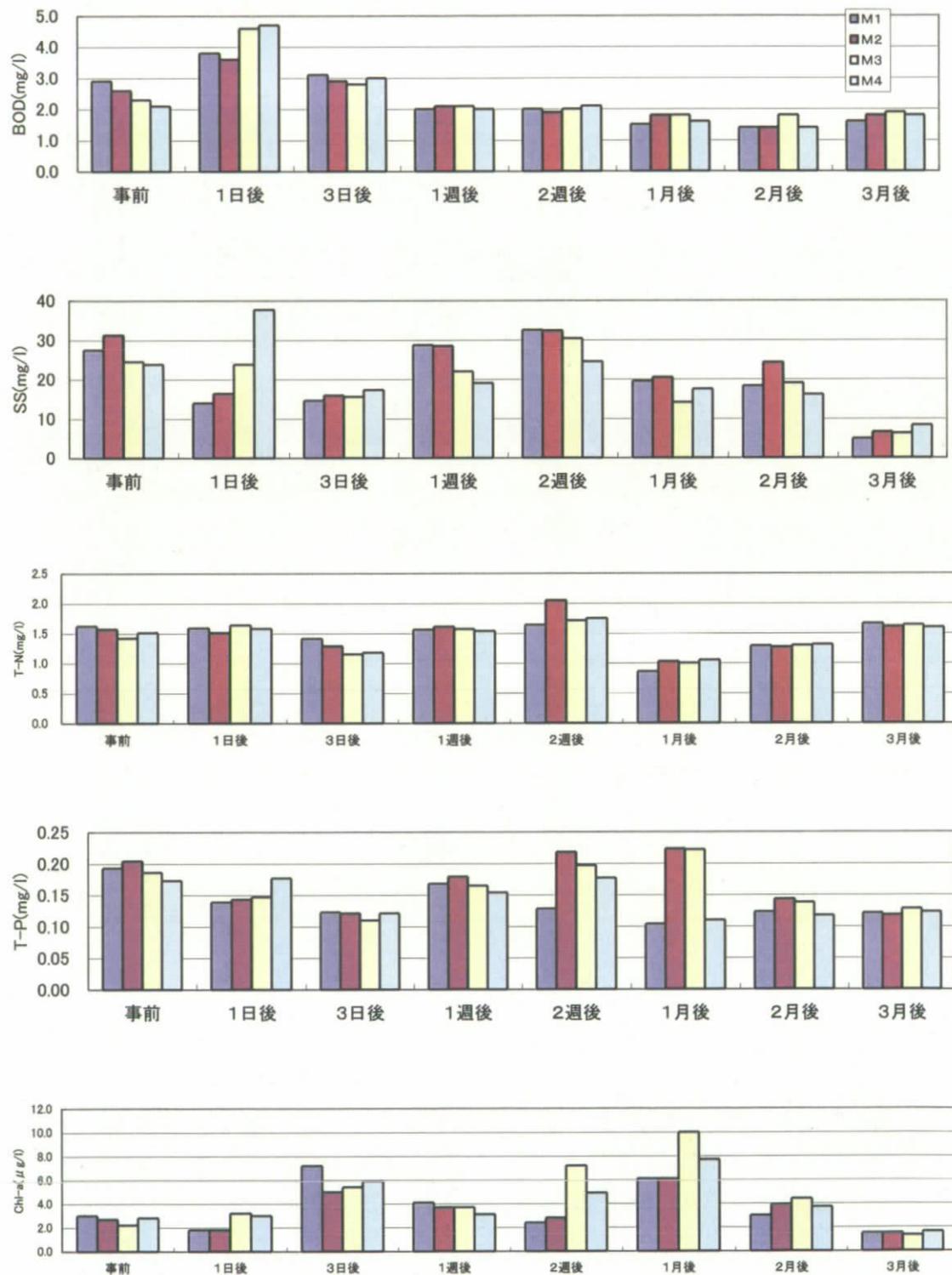


図 4-2 BOD、SS、T-N、T-P、SSの各地点における測定結果

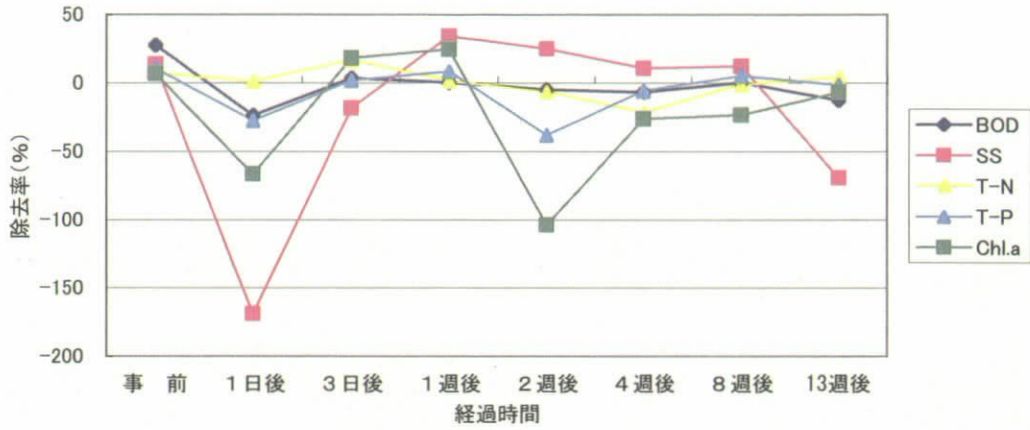


図 4-3 多自然型水路全体の除去率 (M1—M4)

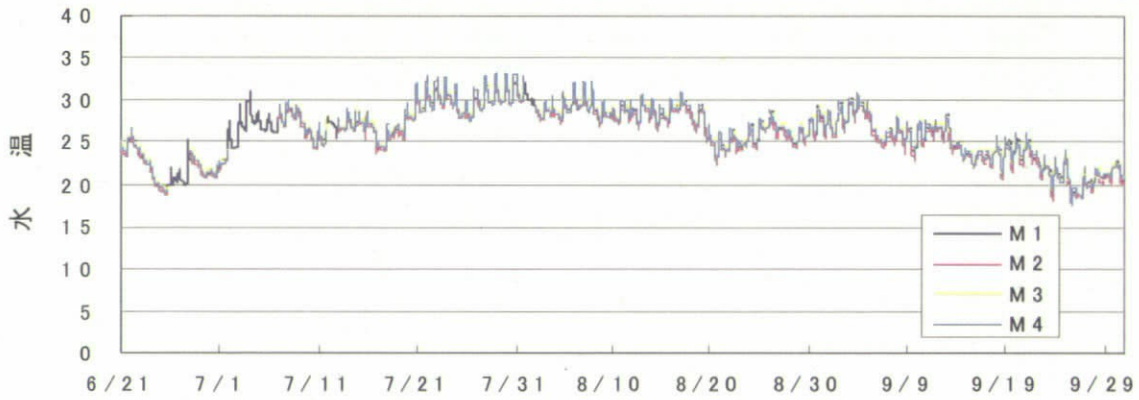


図 4-4 各地点の水温の変化

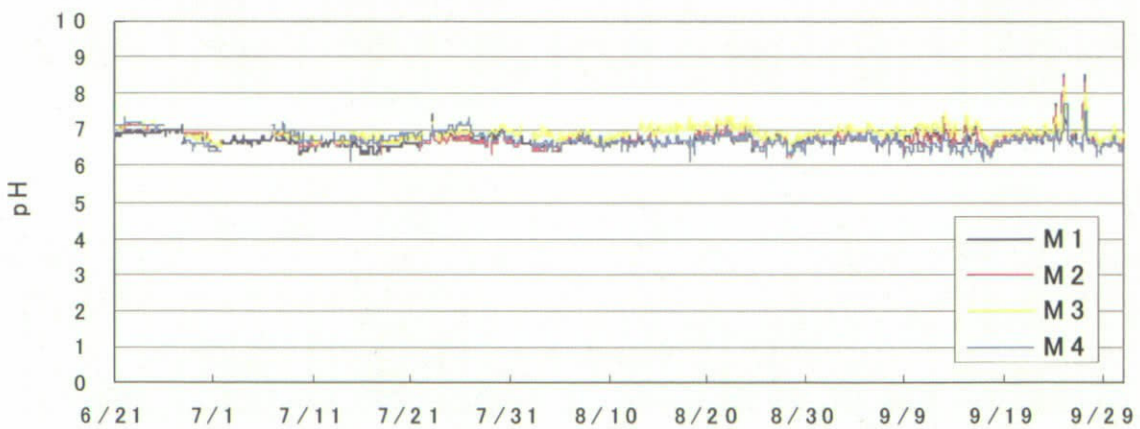


図 4-5 各地点のpHの経時変化

(2) 生物

①魚類

捕獲または目視で観察された魚類は、全部で3目4科18種でのべ捕獲数は3636尾であった。上流域で3目3科7種、中流域で3目4科18種、下流域で3目4科12種であった。魚類の調査結果では、洪水前は水路中にヨシやウキヤガラ等の抽水植物が生育していたが、洪水で流亡することを想定して刈り取りを行ったために、洪水実験の前後では、魚の捕獲し易さに差があると考えられること、もう1つは、各流域での流路長の長さが異なっており、また上流では投網による捕獲を行っていないために、流域の種数や個体数の単純な比較は出来ないことに留意する必要がある。

i. 種数、種類、個体数

種数は、洪水実験後、全体的に増加傾向を示した。個体数は洪水後に上流、下流域では増加したが、中流域では若干減少傾向が見られた。種数が増えたのは、洪水によって水路内環境がより多様となり、流入した魚類の中で定着できるものが増えたとも考えられるが、季節的な変動の影響もあり、洪水の効果を今回の実験だけでは明らかにするのは難しい。

全体および各流域での主な魚種の個体数の経時変化を図4-6に示す。水路全体でも各流域でも最も多かったのは、タイリクバラタナゴであり、全体ではほぼ80%以上、上流、下流域でも80%以上、中流域では70%以上の割合を常に占めた。特に上流、下流域では占有比が高く、90%以上を占めることもあった。他の魚種で多いのは、上流域でメダカ、中流域でメダカ、ギンブナ、オイカワ、スゴモロコ、下流域でメダカ、スゴモロコ、トウヨシノボリであり、全体ではメダカ、ギンブナ、スゴモロコ、オイカワ、トウヨシノボリであった。増減の傾向として、特に大きな減少したものはなく、中流、下流域でスゴモロコ、トウヨシノボリが経時的に増加した。底生魚であるトウヨシノボリが増加したのは底質掃流の効果があつた可能性も考えられる。

ii. 注目種の動向

魚食性の外来種であるブルーギル、ブラックバスは中流でブルーギルが1尾、下流域でブルーギル1尾、ブラックバスが目視で確認されたのみであった。

また滋賀県レッドデータブックに記載されている種の中で、絶滅危惧種のワタカ、絶滅危惧増大種のカネヒラ、メダカ、希少種のモツゴ、要注目種のゲンゴロウブナ、ギンブナ、分布上重要種としてハス、カワムツA型、スゴモロコが確認された。絶滅が危惧されているワタカやカネヒラ、メダカが継続して確認されているのは注目すべきことである。またメダカ、ギンブナ、スゴモロコは数も多く、水路内での繁殖も期待される。

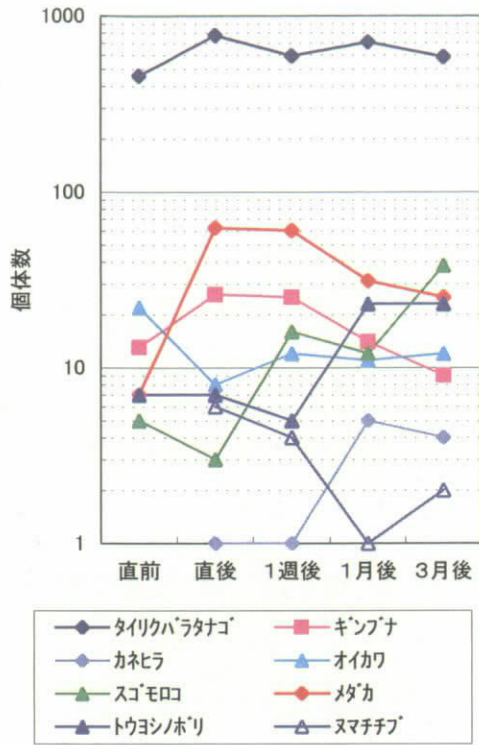


図 4-6(1) 主要な魚種の経時変化 (全体)

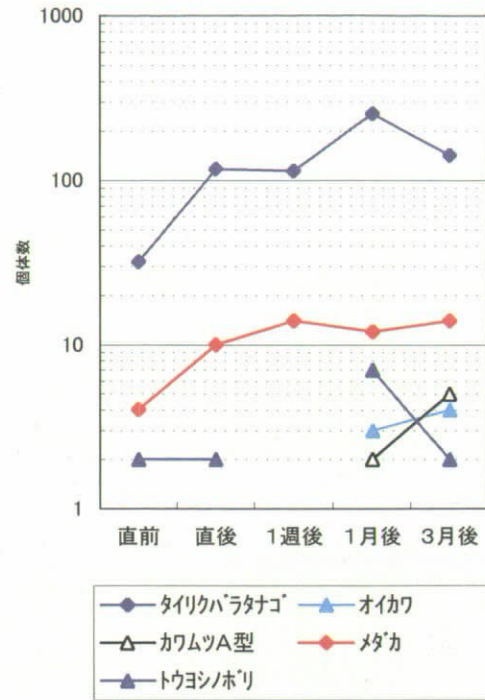


図 4-6(2) 主要な魚種の経時変化 (上流)

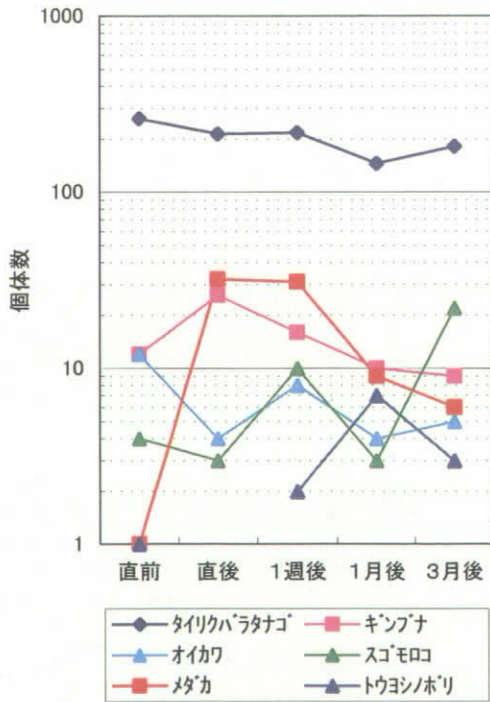


図 4-6(3) 主要な魚種の経時変化 (中流)

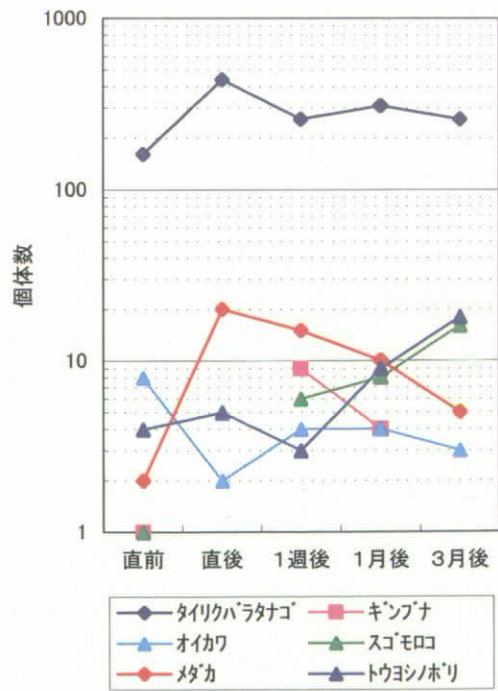


図 4-6(4) 主要な魚種の経時変化 (下流)

②底生生物

確認された底生生物の種類は、全部で16目27科37種であった。定量調査における総個体数は2553個体であった。

i. 種数、種類、個体数

全体および各流域の種数と個体数の変化を図4-7に示す。総種数は経時的に減少傾向がみられた。また総個体数も大きく変動しながら減少している傾向がみられたが、総個体数は上流の変動に追随しており、上流域では洪水前後はミズムシ、イトミミズ科の1種、1月後はコガタシマトビケラ、ヒメタニシの変動が大きく影響したものである。

表4-2 各流域別の出現種

	上	中	下
コケロウ	1		
イトトンボ		8	8
	8	8	
		8	8
サナエトンボ		8	
トンボ		8	8
		8	
		8	
アメンボ		8	8
	8	8	8
			8
タイコウチ		8	
イトビケラ	2		
シマトビケラ	330		8
ヒトビケラ	2		
カガシホ	8		
ユスリカ	1		
	30		8
	66	41	25
フラナリア	2		
ミスミス	20	66	40
イトミミズ	1	13	6
	116	80	112
ツリミス	8		
イシビル	8	8	
カワニナ			8
	1	2	1
	9	1	4
タニシ	186	113	356
サカマキガイ			8
モノアラガイ			8
オホモノアラガイ		8	
イガイ	6		
イシガイ	8	12	5
	1		
シジミガイ	61	1	1
ミスムシ	829	2	
テナガエビ		8	
	8	8	8
ザリガニ	8	8	8
27種	25	23	20
個	1664	331	558

ii. 各流域の出現種の特徴

各流域での出現種と定量調査によって計測された個体数を5回分まとめたものを表4-2に示した。

コガタシマトビケラとマシジミは上流域で多く出現しており、中流、下流域では採取されないかわずかである。またミズムシも上流域でのみ多数採取されたが、洪水直後に最も多かった。コガタシマトビケラ、マシジミは生物による水質階級の2番目「すこし汚い水」の指標生物であり、ミズムシは3番目の「きたない水」の指標である。上流域は底生生物にとって、種々の環境が混在した状況であると考えられる。中流域では上流より流れも緩やかであり、広い開水面があり抽水植物も多かったためと考えられ、トンボにとって他より住みやすい環境であると考えられる。ヒメタニシはどの流域でも多かったが、特に下流域では数量、出現比率ともに高く、下流域を指標する生物といえる。

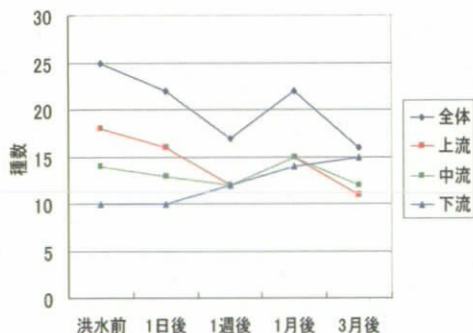


図4-7(1) 各流域別の種数変化

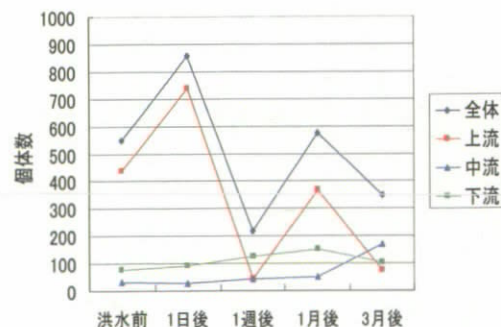


図4-7(2) 各流域別の個体数変化

③付着藻類

i. 各流域の出現種の特徴

今回の人工洪水による攪乱実験の付着藻類に及ぼす影響は、それほど大きくはなかった。付着藻類はライフサイクルが短いこともあって、付着基質があれば直ちに繁殖することが出来る。即ち付着藻類の場合、直接の影響は1日後のみで3日後からは泥の剥離した石面で再び繁殖を始め、1週間にはほぼ安定すると思われる。その後8月30日、10月1日には優占種が変わり、特にM1-2, M4では量的にも非常に少なくなったが、これは洪水以外の影響によると思われる。

ii. Chl-a、フェオフィチン、フェオフィチン率の変化

Chl-a (クロロフィルa) は、付着藻類の現存量の指標とされる。また、フェオフィチンは、Chl-a の分解産物で、藻類が死ぬとクロロフィルはフェオフィチンに変化することから、死んでいる藻類の現存量を指標とされる。従って、両者の現存量に占めるフェオフィチン、即ち死んだ藻類の現存量の比率 (フェオフィチン率) によって、付着藻類の活性を推定することが出来る。

図4-8に各地点におけるフェオフィチン率の経時変化を示す。M1におけるChl-aの量が最も多く、また大きく変動しており、次はM2の量が多く、M2-3とM4はほぼ同じで、他より少なかった。またフェオフィチン量も同様な傾向を示した。

iii. 強熱減量の変化

強熱減量は、魚類の餌としての付着藻類の指標として用いられる。強熱減量は、乾燥重量の内、有機物 (強熱減量) がどれだけ占めるかを示す数値である。図4-9に、強熱減量の各測定時における流下方向への変化を示す。水路内に生育する付着藻類の強熱減量はほとんどが50%以下であり、最も藻類現存量が高い上流域M1では全て30%以下である。従ってこの水路における付着藻類の状況は、魚類の餌資源としてはあまり良好な状態ではないといえる。

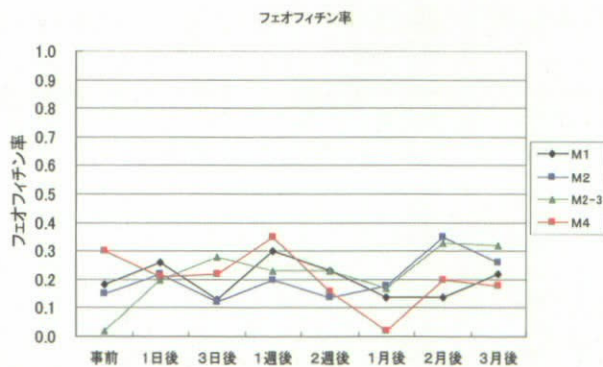


図 4-8 各地点でフェオフィチン率の経時変化

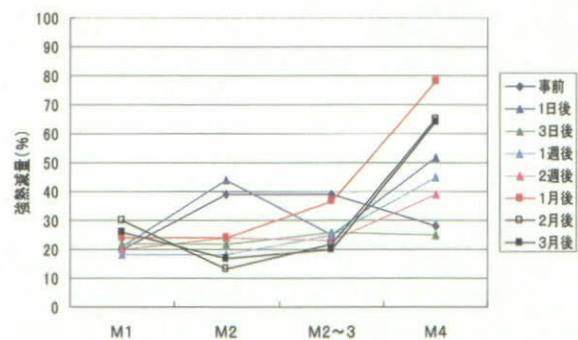


図 4-9 各地点の強熱減量の流下方向への変化

(3) 物理的状況および底質分析

①物理的状況

各流域を代表すると考えられた地点において、流下方向に5m間隔で上部、中部、下部の3断面を設定し、流速、水深、底質を調査した。調査は、事前(6月)、直後(7月)、1月後(8月)、3月後(10月)の4回行った。10月は琵琶湖の濁水のため、ポンプによる流入流量が減少しており、多自然型水路の流量も減少していた。

各箇所とも堆積が薄くなっており、洪水実験による掃流・底質の吸引により、多くの場所で底質はかなり除去されたものと考えられた。

① 底質分析

多自然型河川の中流、下流にて、洪水実験の事前、事後における底質の変化の状況を測定した。上流域では、川底が岩であり、底質の採取が困難であるため行わなかった。図4-10に粒径分布の礫分(2~75mm)、砂分(0.075~2mm)、シルト(0.005~0.075mm)、粘土(0.005mm未満)の構成割合の変化、表4-3に底質の強熱減量、T-N、T-P、硫化物の測定結果を示す。

表 4-3 洪水前後の底質の変化

項目	時期	中流	下流
強熱減量 (%)	事前	11.1	14.7
	洪水後	7.4	10.3
	3月後	6.4	9.8
T-N (mg/kg)	事前	2610	2860
	洪水後	1842	2630
	3月後	1320	3200
T-P (mg/kg)	事前	1670	1920
	洪水後	967	1790
	3月後	836	2010
硫化物 (mg/g)	事前	<0.01	0.08
	洪水後	<0.01	0.03
	3月後	0.01	0.18

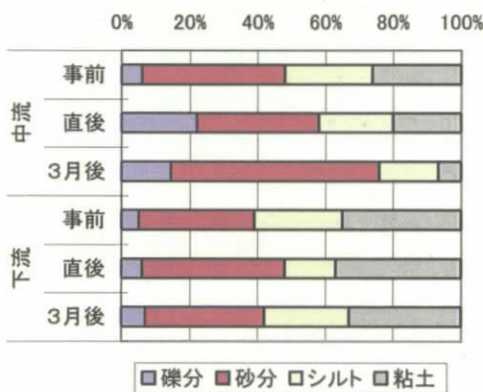


図 4-10 底質の構成比の変化

4.4 水際攪乱実験（植生攪乱実験）

4.4.1 実験場所

実験は、多自然型水路中流域の三川合流部の下流側で行った。図 4-1 にその位置を示した。

4.4.2 実験方法

表 4-4 想定内容と処理方法

処理区	土砂流亡1	土砂流亡2	土砂堆積	対象区
想定内容	比較的流れの強い洪水により植生の根圏部分が攪乱され、流亡した状態。	流れの強い洪水により、河川敷の土砂がほとんど洗い流されてしまった状態	洪水により上流から土砂が運ばれ、川岸に堆積した状態。	流況変動がなく河川敷の攪乱がない状態。
処理方法	河原および水際の一画をジェットポンプで洗浄し、土砂を洗い流し、植生の変化を見る。	ユンボで岸辺を掘り返し、5mmφ篩い分けし、戻す。不足分は良く洗った砂利で増量する。	川底の底泥を河原に盛り、植生の変化を見る。	何も処理を行わない。

4.4.3 実験結果

実験は、H 14 年 7 月 3 日に行った。調査は、攪乱 1 ヶ月後の 8 月と 3 ヶ月後の 10 月に行った。

① 被度の変化

土砂流亡の実験区ではいずれも速やかに植生が回復した。土砂堆積では、1 月後ではほとんど成長は見られなかったが、3 月後には 2 つの土砂流亡区とともに被度 100% となり、速やかな回復がみられた。

② 出現種

各実験区の 3 月後の 10 月における出現種を生活型および在来種・帰化種で分別したものを図 4-11、図 4-12 に示す。実験の結果、攪乱を受けない場所が多年草のみで占められていたのに対し、攪乱を受けた場所では、多くの 1 年草が出現したことから、攪乱を受けることによって遷移初期相の群落が還元されることが確認された。しかし土砂流亡 1 区では、攪乱の強さを根圏層が残る程度としたが、そのため実験前に生育していたオギの根が残っており、攪乱後も最も早く回復し、優占した。このことから、より初期相に近い状態へ戻すには、根圏層を取り除くことが必要であり、そのことによって多様な植生が還元できるものと考えられた。水路中の土砂を堆積させた土砂堆積区では最も多くの 20 種の生育が確認された。底泥中にも多くの植物種子が生きた状態で存在して

いることが確認された。これらの実験により、水際の攪乱が多様な植生の復元に効果があることが示唆された。ただし各区とも帰化種を含んでおり、ただ単に攪乱を行うだけでは、帰化種の繁茂を促進させる可能性があることも推察される。

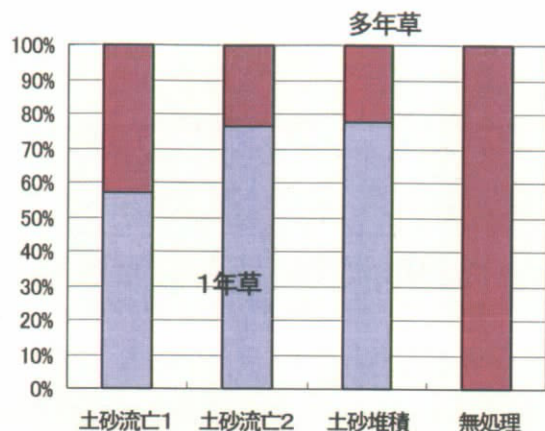


図 4-11 各区での生活型比率

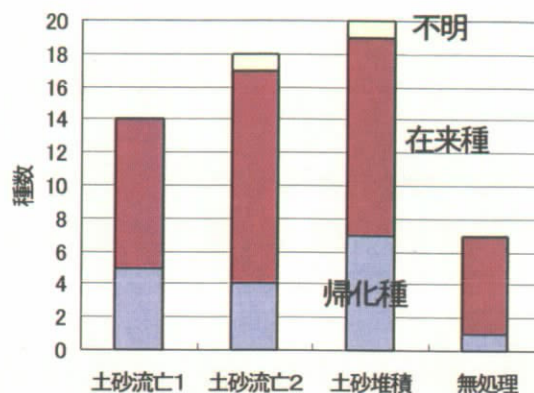


図 4-12 各区での帰化種、在来種数

5. 今後の課題

平成 10 年度から始まった多自然型水路実験は、平成 14 年度をもって過年度データのとりまとめを行った。これまでの調査は、多自然型水路における水質浄化機能の調査・研究と生物相の回復過程の調査という 2 本柱で進められてきた。

多自然型水路は、実験水路が 1 本しかないため対照区が設けられないことや、構成要素が複雑なこと、流路が短いことなどから、現有施設での水質浄化機能の検証は困難であるといえる。詳細な浄化機能の検証を行うならば、新たに比較対照用の実験水路の設置や流路の延長、藻類を増やす礫間接触装置等の設置が必要であると考えられる。本年度実施した洪水実験についても、攪乱効果の検証のためには複数回の洪水を起こすことが必要である。

また、多自然型水路を設置してから数年が経過し、水路内および周辺部には様々な動植物の侵入・定着がみられるようになった。これまで、水生生物（魚類、底生生物）、水際植生、付着藻類など様々な調査を毎年実施してきたが、植生については攪乱実験区を除いて、安定した状態に至っていることから数年おきの調査で遷移の状況を把握していくのが適当であると考えられる。水生生物については、周辺地域と比較して非常に特徴的な魚類相がみられることから、毎年の調査を継続し変化の状況を密に把握するとともに、取水ポンプや排水口からの侵入状況について調査すべきであると考えられる。

6. 参考文献

- ・(財)リバーフロント整備センター,平成9年度版河川水辺の国勢調査マニュアル河川版(生物調査編),1997
- ・(財)リバーフロント整備センター,川の生物図典,山海堂,1996
- ・(財)ダム・水源地環境整備センター,水辺の環境調査,技報堂出版,1994
- ・滋賀県,平成14年(2002年)版環境白書
- ・水野信彦・御勢久右衛門,河川の生態学,築地書館,1993
- ・玉井信行・水野信彦・中村俊六編,河川生態環境工学,東京大学出版会,1993
- ・玉井信行・奥田重俊・中村俊六編,河川生態環境評価法,東京大学出版会,2000
- ・沖野外輝夫,河川の生態学,共立出版,2002
- ・日本生態学会編(村上興正・鷺谷いづみ監修),外来種ハンドブック,地人書館,2002
- ・滋賀自然環境研究会編,滋賀の田園の生き物,サンライズ出版,2002
- ・江崎保男・田中哲夫編,水辺環境の保全―生物群集の視点から―,朝倉書店,1998
- ・独立行政法人土木研究所,平成12年度自然共生センター研究報告書,土木研究所資料 第3835号,平成13年8月
- ・杉山恵一・重松敏則編,ビオトープの管理と活用―統自然環境復元の技術―,朝倉書店,2002

実験担当者

国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所

水質調査課課長	春木 二三男
水質調査課開発調整係長	中村 超
実験センター所長	柳田 英俊
調査研究部主任研究員	和田 桂子
調査研究部研究員	尾田 昌紀

財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構

4. 実験センターにおける生物調査（陸域）（その5）

1. 目的

陸生動植物を中心に実施した実験地のモニタリング結果から、電源開発などにより改変した生態系の修復技術のうち、各修復手法と生物多様性の関係を追及し、他の場所にも適用できる汎用的な環境修復技術の開発を目指すものである。

2. 調査地

調査地 滋賀県草津市志那町

調査範囲 実験センターおよび外周部を調査範囲とした。立地条件や管理方法の違いにより、区域分けを行った。区域図を図 2-1 に示す

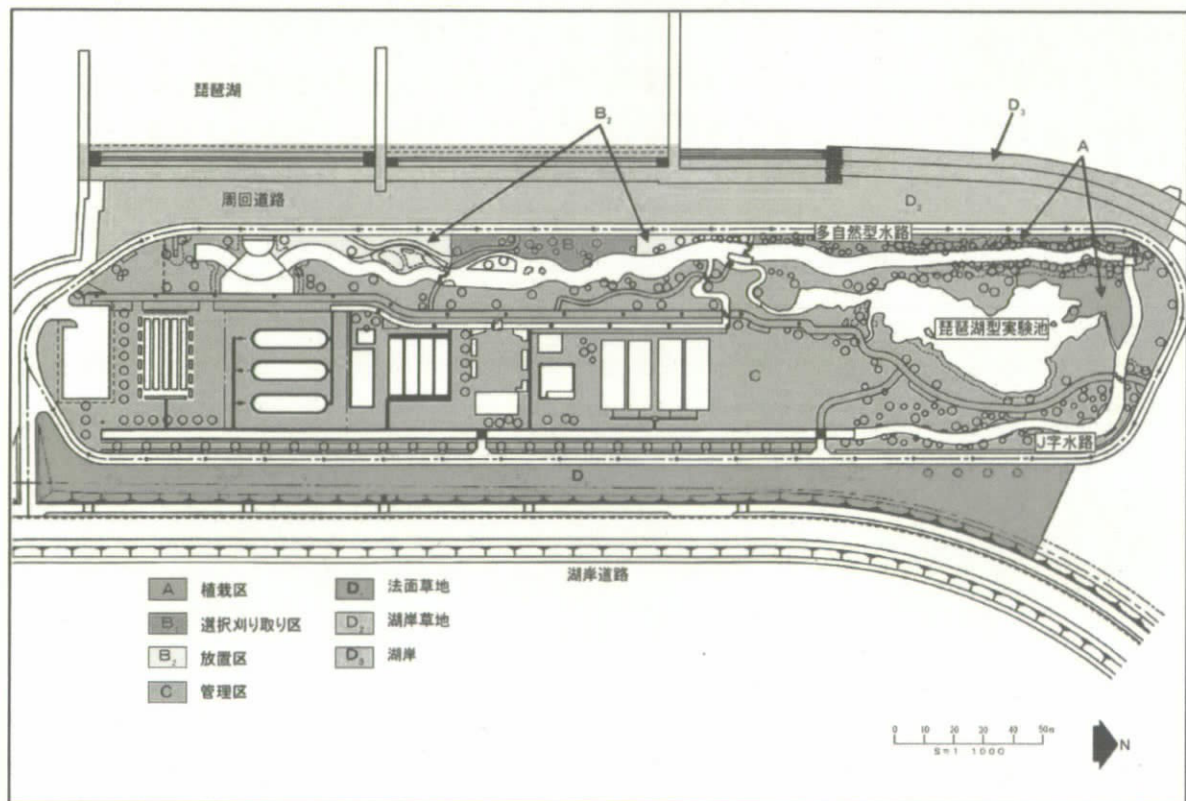


図 2-1 管理手法別区域図

3. 調査項目と調査期日

陸生生物補足調査（植生調査）	平成14年8月29日（木）
	平成14年11月7日（木）
整備・管理	平成14年9月13日（金）

4. 業務内容

4.1. 既存文献収集・過年度データの整理

これまでに収集した文献の整理を行い、これまで分断されていた水域・陸域のデータを共有化し、平成10年度から平成13年度までの調査結果をとりまとめることにより、琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センターにおける造成後の動植物相の推移および生態系を把握した。

4.2. 陸生生物補足調査

(1) 管理・整備

「4.2. 陸生生物補足調査」の調査に伴い、各区域での植生の管理・整備を実施した。

(2) 植生調査

とりまとめに不足するデータを補うため、実験センターおよび隣接公園の植生調査を行った。また、目標環境として実験センター周辺より比較的自然度が高いと考えられる水辺環境の植生調査を実施した。調査は、調査地点において、おおよそ群落高を一辺とするコドラートを設定し、コドラート内の優占種、出現種、各出現種の被度・群度を記録した。

4.3. 総合評価・とりまとめ

(1) 管理手法の検討

刈り取り頻度が異なる管理手法による植物群落の成立状況をみるために、植生調査を継続して行った。各管理手法は表4-1に示すとおりである。

表4-1 管理手法と実施年度

管理手法(頻度/年)	平成10年度	平成11年度	平成12年度	平成13年度
刈り取り(7回/年)	●			▶
刈り取り(5回/年)	●			▶
刈り取り(2回/年)	●			▶
選択的刈り取り(2回/年)		●		▶
放置(管理なし)	●			▶

(2) 整備・管理手法のマニュアル作成

これまでに得られた知見とモニタリング結果をとりまとめ、生態系修復技術マニュアルの作成を行う。

5. 調査結果

5.1. 既存文献・過年度データ

5.1.1. 既存文献

平成11年度から継続している文献調査で得られた文献の整理を行った。

5.1.2. 調査概要（平成10年度から平成13年度）

(1) 調査項目および調査年度

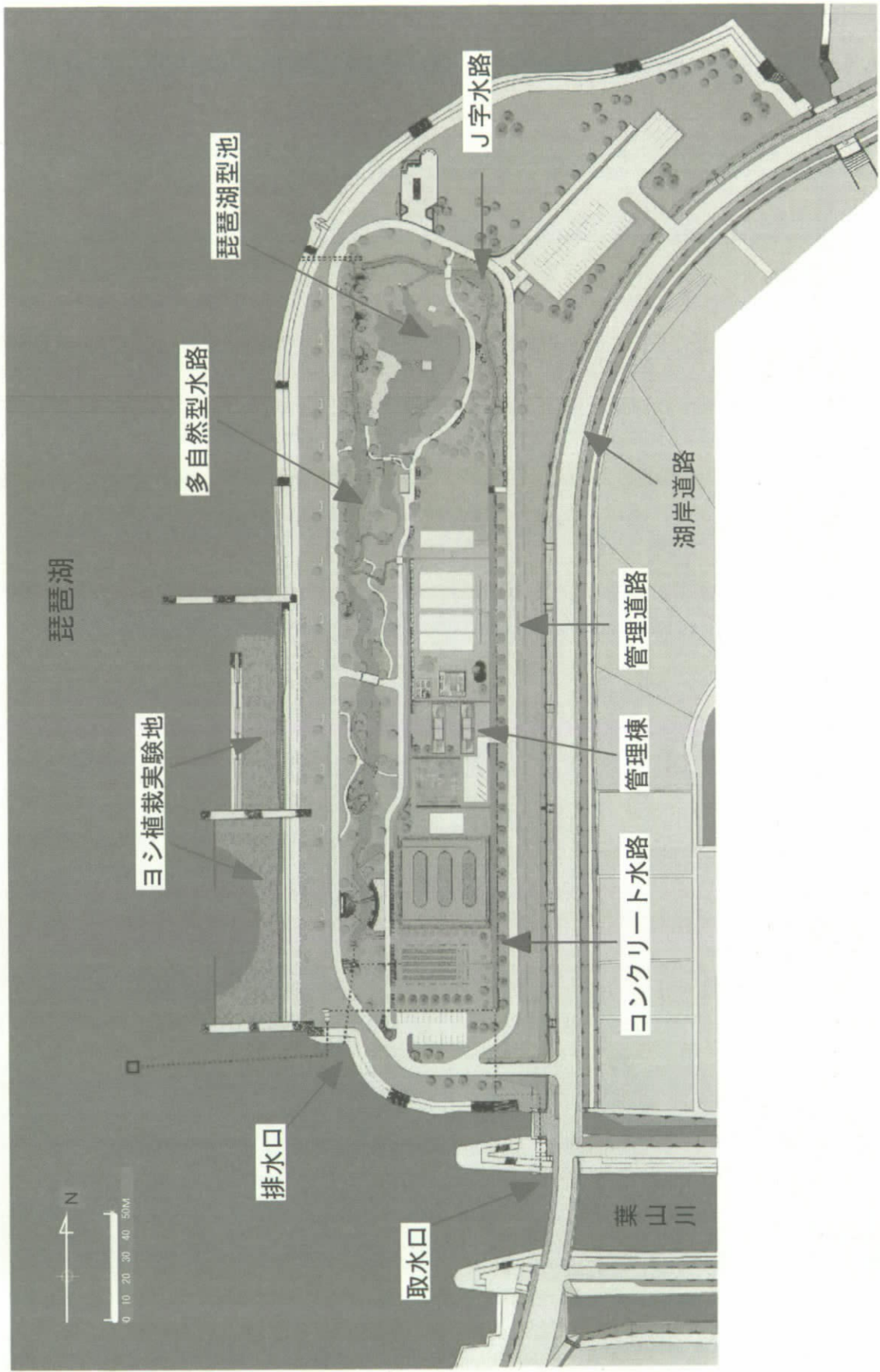
生物相の調査項目として、植物、魚類、底生生物、昆虫類、哺乳類、鳥類、両生類、爬虫類、付着藻類について調査を行った。調査項目と各々の調査実施時期について、表5-1に示す。植物、魚類、底生生物、昆虫類、鳥類、両生・爬虫類は平成10年度から行っているが、哺乳類は平成12年度から、付着藻類は平成11年度と平成12年度秋に調査を実施した。基本的に各年度において春季5月、夏季8月、秋季10月、冬季1月に実施した。

表5-1 調査項目と調査実施時期

項目			年度				H10年度				H11年度				H12年度				H13年度			
			春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬				
1. 植物	水域	植生	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○					
		植物相	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○					
	陸域	植生			○				○				○				○					
		植物相		○	○		○	○	○		○	○	○		○	○	○					
2. 魚類			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
3. 底生動物			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
4. 昆虫				○	○		○	○	○		○	○	○		○	○	○					
5. 哺乳類												○	○			○	○					
6. 鳥類				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
7. 両・爬虫類				○	○		○	○	○		○	○	○		○	○	○					
8. 付着藻類							○	○	○	○			○									

(2) 調査地点

調査は、琵琶湖・淀川水質浄化実験センター内の多自然型水路およびその周辺にて実施した。実験センターは、琵琶湖南湖への流入河川である葉山川の河口部右岸に、H6年度から9年度にかけて、前浜（約50,000㎡）を造成し、その中の約半分（25,000㎡）に整備されたものである。図5-1に実験センターの平面図を示す。この中の管理道路に沿って一周するように、取水口側から流下方向順に、コンクリート水路、J字水路、多自然型水路の各水路および琵琶湖型池が設けられた。コンクリート水路と多自然型水路の間には、種々の水処理実験施設があり、琵琶湖型池にも平成10年から平成13年まで実験施設が置かれていた。また実験センターの周囲は、南側に葉山側の河口、西、北側は琵琶湖南湖に面しており、東側には田畑が広がるがその間を湖岸道路が走っている。



4-4

図 5-1 実験センター概要図

5.1.3. 評価方法

a. 植物

植物は、水域と陸域と分けて調査を行った。

水域では、コンクリート水路～J字水路～多自然型水路および琵琶湖型池、実験装置の排水路を調査対象地とし、水域の植生調査と水域および水際から陸域1 mまでの植物相（フローラ）調査を行った。

陸域では、実験センターを含んで、湖岸道路西側から琵琶湖湖岸までの範囲を調査対象地とした。この内、管理道路より内側を「実験センター内」とし、周回道路外側の実験センター外周部は、琵琶湖に面する箇所を「湖岸」、周回道路と湖岸の間を「湖岸草地」、周回道路と湖岸道路の間を「法面草地」として区分した。また、陸域では、実験センター内を「植栽区」、「選択刈り取り区」、「放置区」、「管理区」の4区に区分し、植生管理手法試験を実施した。なお、陸域では植物相調査は春、夏、秋に行ったが、相観植生図を作成するための植生調査は秋季のみに実施した。植物相調査では水域調査が水辺域1 mまで含めて調査を行っているため、この部分に出現した種が陸域調査の出現種と重複している。従って、重複種は水域+陸域の合計では1種として計数した。

b. 哺乳類

実験センター及び外周部を任意に踏査し、哺乳類の足跡、糞等のフィールドサインを確認した。

c. 鳥類

実験センター及び外周部を任意に踏査し、目視観察による生息種の確認を行った。

d. 両生類・は虫類

実験センター及び外周部を任意に踏査し、目視観察による生息種の確認を行った。

e. 昆虫類

①任意採集

実験センター及び内周部を踏査し、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

実験センター内の4ヶ所及び外周部の1ヶ所においてベイトトラップを設置して地表徘徊性昆虫類等を採集した。（実験センター内の4地点については、モニタリング調査のSt-1～St-4の結果を反映させることとする）

トラップはプラスチックコップ（口径6 cm、深さ9 cm）を用い、ビールとカルピスの混合液を入れたものを1地点15個埋没し、一昼夜放置のうえ翌朝回収した。

③ライトトラップ法

実験センター内1ヶ所にライトトラップを設置し、蛾類等の走光性昆虫類等を採集した。トラップはボックス式を用い一晩設置して翌朝回収した。

f. 魚類

魚類の調査は、多自然型水路（上流、中流、下流）、J字水路、コンクリート水路、琵琶湖型池において実施した。多自然型水路と琵琶湖型池では定量調査と定性調査を実施し、J字水路、コンクリート水路では定性調査のみ実施した。定量調査では、目合い12mmの投網、目合い3mmのタモ網、口径45mmのセルビンを用いた。なお捕獲努力量は、河床構造等が地点間で異なり、それに応じて適正な調査道具を使用したため、地点間で統一しなかった。定性調査では、投網とタモ網を用いて、調査範囲を任意に踏査した。調査地点を図5-1に示す。表5-1に魚類調査地点及び定量調査における捕獲努力量を示す。

表5-1 魚類調査地点及び定量調査における捕獲努力量

調査地点	定性調査	定量調査	捕獲努力量
多自然型水路下流部定点 (No. 1)		○	投網 1人×3回 タモ網 2人×30分 セルビン 2個×30分
多自然型水路中流部定点 (No. 2)		○	投網 1人×3回 タモ網 2人×30分 セルビン 2個×30分
多自然型水路上流部定点 (No. 3)		○	タモ網 2人×30分 セルビン 2個×30分
多自然型水路下流域 (No. A)	○		
多自然型水路中流域 (No. B)	○		
多自然型水路上流域 (No. C)	○		
J字水路 (No. J)	○		
コンクリート水路 (No. D)	○		
琵琶湖型池 (No. E)	○	○	投網 1人×5回 タモ網 2人×30分 セルビン 2個×30分

注) 定性調査の捕獲努力量は、地点間では異なるが、各地点における調査季毎の捕獲努力量は、個体数変動を巨視的に把握するため、一定になるよう配慮した。

g. 底生動物

現地調査では定量調査と定性調査を行った。定量調査の採集は、方形枠付きサーバーネット（方形枠の大きさ25×25cm、ネットの目合い0.5mm）を用いた。開口部を上流に向けて河床に設置し、方形枠内にある石礫の表面を擦り流し、さらに下層部の細かな砂礫層を攪乱して、底生動物を浮遊、流下させ、サーバーネット内に捕集した。捕集物をバットに移し、目合い0.5mmのふるいを用いて、落ち葉やゴミなどの混入物を大まかに取り除いた。この作業を地点あたり2回行い、採集面積を25cm×25cm×2=1250cm²/地点とした。定性調査は、目合い3mmのタモ網を用いて、調査範囲の岸辺、水生植物帯、泥底、砂礫底、石の表面、水面など様々な場所で、魚類以外の水生動物（動物プランクトン、両生類を除く）を対象に行った。採集した底生動物は、ホ

ルマリン液（10%）で固定した。これを室内に持ち帰り、ルーペを使い、取りきれなかった混入物の中から、底生動物を選別し試料とした。顕微鏡下で試料の同定を行った。定量調査においては個体数の計数を加えて行った。調査地点を図 5-1、表 5-3 に示す。

表 5-3 底生動物調査地点

調査地点	定性調査	定量調査
No. 1 (多自然型水路下流部定点)	○	○
No. 2 (多自然型水路中流部定点)	○	○
No. 3 (多自然型水路上流部定点)	○	○
No. A (多自然型水路下流域)	○	
No. B (多自然型水路中流域)	○	
No. C (多自然型水路上流域)	○	
No. J (J字水路)	○	
No. J (コンクリート水路)	○	
No. E (琵琶湖型池)	○	

h. 付着藻類

平成 11 年度および平成 12 年度のみ行った。各年度の調査方法および調査実施回数は表 5-4 の通りである。採取場所は、両年度とも、多自然型水路上、中、下流部、J 字水路、コンクリート水路、琵琶湖型池で行った。ただし、平成 12 年度の調査では、葉山川、琵琶湖での調査も行った。各 5cm×5cm の方形枠で 2 個ずつ採取した。

表 5-4 付着藻類調査方法

調査年度	付着藻類採取方法	測定
H 1 1 年度	水路内の石、ブロック、木板より採取	5 月、8 月、10 月の 3 回
H 1 2 年度	煉瓦（採取 2 ヶ月前に設置）	秋季 1 回

5.1.3. 評価方法

a. 評価項目

平成 10～13 年度の 4 年間の調査結果を植物、魚類、底生生物、昆虫類、哺乳類、鳥類、両生類・爬虫類および付着藻類について、表 5-1-5 に示す評価項目の観点から検討を行った。多自然型水路およびその周辺に、どのような生物が進出し、どのような生物が生息の場として利用しているか、また時間的にどのように変化しているかを把握することによって、多自然型水路とその周辺の生物生息空間としての評価を行った。

表 5-5. 多自然型水路実験のとりまとめ評価項目

項目	概要	評価項目											
		種類	種数	稀化種の消長	生活型	種数個体の数	優占種	多様性	注目種の消長	生物指標	利用状況	周辺比較	
(1) 植物	A. 植物相	種数、種数稀化率、生活型の経年変化を把握することにより、植生環境を評価する。	○	○	○	○				○	○		○
	B. 植生	植生の遷移状況を把握する。多様性の評価にはShannonの多様性指数を用いる。					○	○	○	○	○		○
(2) 魚類	種数、個体数の増減・分布、優占種・注目種の消長等から河川環境を評価。	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	
(3) 底生生物	種数、個体数の増減・分布、優占種・注目種の消長、生物指標等から河川環境を評価。	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	
(4) 昆虫	種構成の経年変化、水域陸域の利用状況を把握する。	○	○	○					○	○	○		
(5) 哺乳類	確認種の経年変化、センター内の利用状況(繁殖、採餌など)を把握する。	○	○	○					○	○	○		
(6) 鳥類	確認種の経年変化、センター内の利用状況(繁殖、採餌など)を把握する。	○	○						○	○	○		
(7) 両生類・爬虫類	確認種の経年変化、センター内の利用状況(繁殖、採餌など)を把握する。	○	○	○					○	○	○		
(8) 付着藻類 ※H11,12年のみ	種類、種数、優占種から河川環境を評価。	○	○			○	○			○			

b. 注目種の選定基準

表 5-5 における評価項目の内、注目すべきと思われる種を表 5-6 に示す基準に従って抽出し、また、表 5-7 に示す基準に該当する種を貴重種として選定した。

表 5-6 注目種の選定基準

典型性	調査地域の生態系の機能に重要な役割をもつ種であり、植物においては優占度の高い種であり、動物においては個体数の多い種を対象とした。
特殊性	環境要素や環境条件に生息が強く規定される種を対象とした。
上位性	調査地域の生態系において栄養段階の上位に位置する種を対象とする。対象種は、生態系の攪乱や生態系の変化などに影響を受けやすいと考えられている。

表 5-7 貴重種の選定基準

貴重種	次の基準に該当する種を貴重種とする。 A : 国・県指定の天然記念物 B : 絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律(総理府 1993)、国内希少野生動植物に記載されている種(平成 4 年 法律 75 号) C : レッドリストー日本の絶滅のおそれのある野生生物の種のリスト(哺乳類、鳥類 1999)(昆虫類 2000) D : 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物ーレッドデータブックー8 植物 I (維管束植物)(環境庁 2000) E : 改訂・近畿地方の保護上重要な植物ーレッドデータブック近畿 2001ー(レッドデータブック近畿研究会 2001) F : 滋賀県で大切にすべき野生生物 2000 年版(滋賀県 2000)
-----	--

5.1.4. 動植物の遷移（平成10年度から平成13年度）

陸域・水域各々の調査結果より、表5-5に示す項目について評価を行った。

5.1.5. 生態系の把握

(1) 生息場所と生物種・群集の関係

施設内においては、地形、陸域・水域（水分条件）などの基礎環境、及びそこに成立する植生により様々な動物の生息場所が成り立っている。現地調査で得られたデータをもとに、生息環境と生物種・群集の関係について整理し表5-6に示した。

表5-6 生息環境と生物種・群集の関係

項目	水域		水際～水際				水際～陸域		陸域		改変地	
	流水域	止水域	高茎植物群落		低茎植物群落	低木群落	高茎植物群落		高茎植物群落	低茎植物群落		
群落の相観	浮葉植物群落 沈水植物群落		高茎植物群落		低茎植物群落	低木群落	高茎植物群落		高茎植物群落	低茎植物群落	裸地	
植物群落	クモ群落 コナダモ群落など		ヨシ群落	ウキヤガラ群落	ミヅハ群落	イヌコヤナギ群落	オギ群落	シロネ群落	セイケアワダチワ群落	キシキリ群落	アキヒシバ群落	
植物	クモ、コナダモ、エビモなど		ヨシ	イ、ウキヤガラ	ミゾソバ、カワヂキ	イヌコヤナギ	オギ	シロネ	ヒロハホウキ草、オオアレチノギク、ヘクソカズラ	ギシギシ、エゾノギシギシなど	アキヒシバ、シロツメクサ、キンエノコロ、シマズミ、クマシロガサ	植生なし
鳥類	カワセミ、カモ類、サギ類、カイツブリなど						オオヨシキリ		ハクセキレイ、セグロセキレイ、セッカ、ヒバリ		イソシギ、シギ類、コチドリ	
	カワウ、カモメ類	オオヨシキリ					トビ					
両生・は虫類	ウシガエル						カメ類		シマヘビ			
哺乳類							イタチ属の一種		カヤネズミ			
昆虫	アオモンイトトンボ、シオカラトンボ、アメンボ、ユスリカ類、タイコウチなど		トンボ類、ゲンゴロウ類、ガムシ類、タイコウチなど			ヤナギルリハムシ、コムラサキなど	アトモンミズギクゴミムシ、マユタテアカネ、ノシメトンボなど		バッタ類			
	シロタニガワカゲロウ、ユガタシマトビケラ	ゲンゴロウ類、ガムシ類など					オオカマキリ、カンタンなど	イチモンジセセリ、モンシロチョウ、ツトガ類				
魚類	タイリクバラタナゴ、トウヨシノボリ、オイカワ、ギンブナ		タイリクバラタナゴ、トウヨシノボリ、オイカワ、ギンブナ、モツゴ、タモロコ、メダカ、ブルーギルなど									
	タモロコ、アユ	モツゴ、ゲンゴロウ、ブルーギル、メダカ										
その他	モノアラガイ、スジエビ、テナガエビ、アメリカザリガニ、ミズムシ		貝類、エビ類など									
	カリニナ、マシジミ	ドブガイ										

赤字：注目種 青字：外来種

(2) 食物連鎖

食物連鎖図を図5-3に示した。食物連鎖は、捕食・被食などの生物相互の関係の把握や上位性に該当する種の抽出をする上で重要である。

施設内で成立する食物連鎖の状況を見ると、まず水域では浮葉・沈水植物群落、付着藻類→ベントス（底生動物）→魚類→魚食性鳥類へ至る流れが食物連鎖の主脈を成している。最高次の捕食者は平成10年度はサギ類等の魚食性鳥類であったが、平成14年度にはこれに陸域から水域までを生息域とする哺乳類の“イタチ属の一種”が加わった。

一方陸域では、高茎・低茎植物群落→陸生昆虫類→クモ類→動物食の小型鳥類→シマヘビへ至る流れが食物連鎖の主脈を成している。最高次の捕食者は平成10年度は爬

虫類のシマヘビであったが、平成14年度にはこれに陸域から水域までを生息域とする哺乳類の“イタチ属の一種”が加わった。

一般に、ある生態系内で高次捕食者の生息を維持するためには、餌資源となる多くの動植物の生息が必要となる。このようなことから、平成14年度までに高次捕食者である“イタチ属の一種”が進入したことは、施設内への動植物の進入・定着が順調に進み、高次捕食者の生息を維持できる水準にまで達したことを示唆していると考えられる。

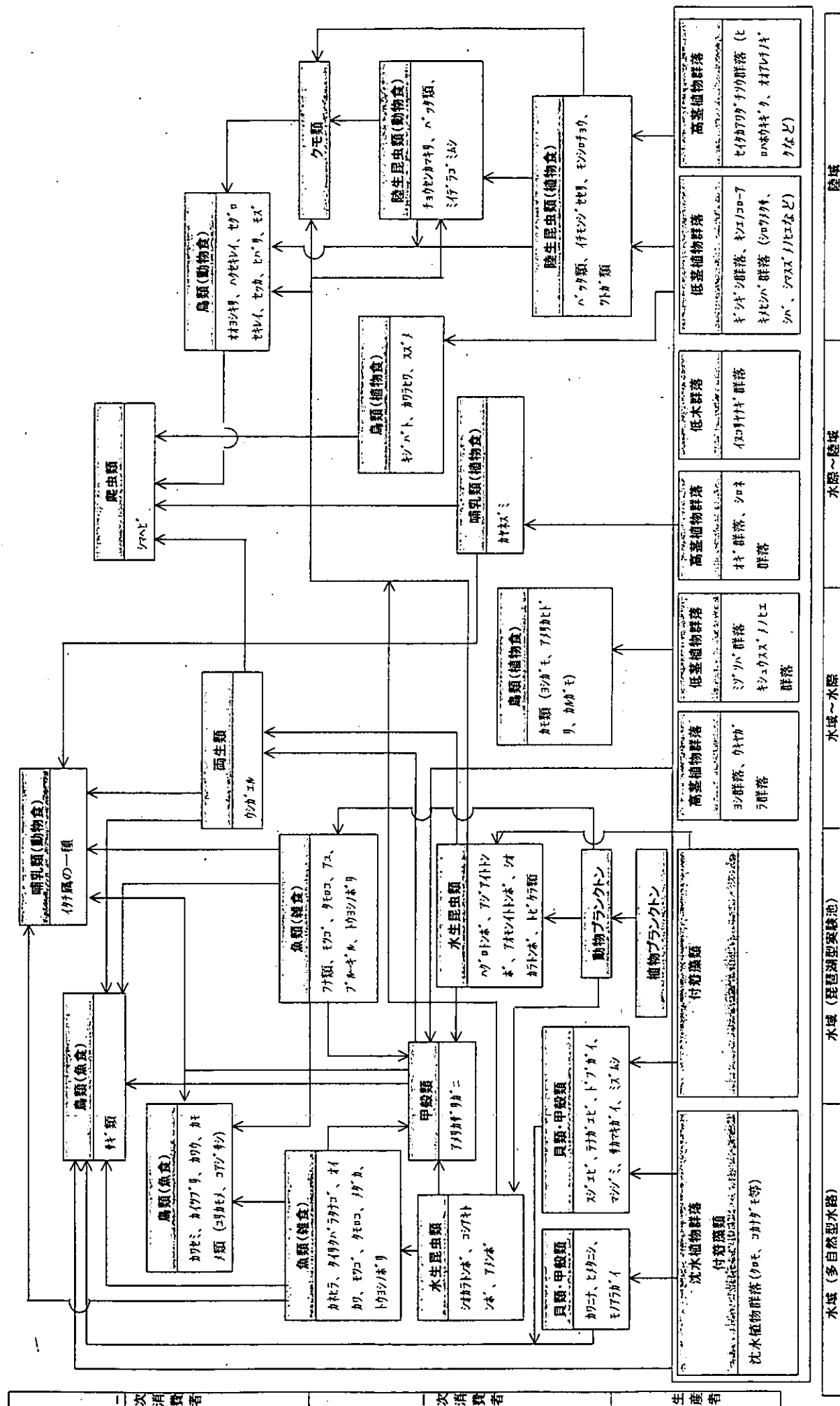


図 5-3 平成 14 年度 琵琶湖・淀川水質共同実験センターの食物連鎖図

5.2. 陸生生物補足調査

(1) 植生調査結果

今年度の調査は、とりまとめに不足するデータを補うため補足的な調査を実施した。調査実施直前に法面草地の全面刈り取りが行われたため、平成13年度の法面草地(年2回刈り取り区)の植生データが不足していた。植生管理手法の効果を検討するため、不足している法面草地の植生調査を重点的に実施し、植生の推移状況を予測した。

また、実験センターの植物群落の今後の遷移状況を予測するため、実験センター周辺から参考となる群落の調査を行った。調査地点を実験センター周辺の調査地点を図5-2-1に示し、実験センター内の調査地点を図5-2-2に示した。植生調査結果を巻末に示した。

確認された植物群落の一覧を表5-8にまとめた。

表5-8 植物群落一覧

群落名	実験センター内	実験センター周辺	周辺環境
ヨシ群落	18、19	1、5、7、10、	22、23
ウキヤガラ群落		2、3、	
メシバ群落	14	4	
チガヤ群落		6	
低湿地植生	13	8、9	
セイトカアワダチソウ群落	17	11	
キシウスズメノヒエ群落	12、15		
ツルマメ群落	16		
ヤナギ(低木)群落	20		
ヤナギ(高木)群落			21、24



図5-3 植生調査地点(実験センター周辺) 2m

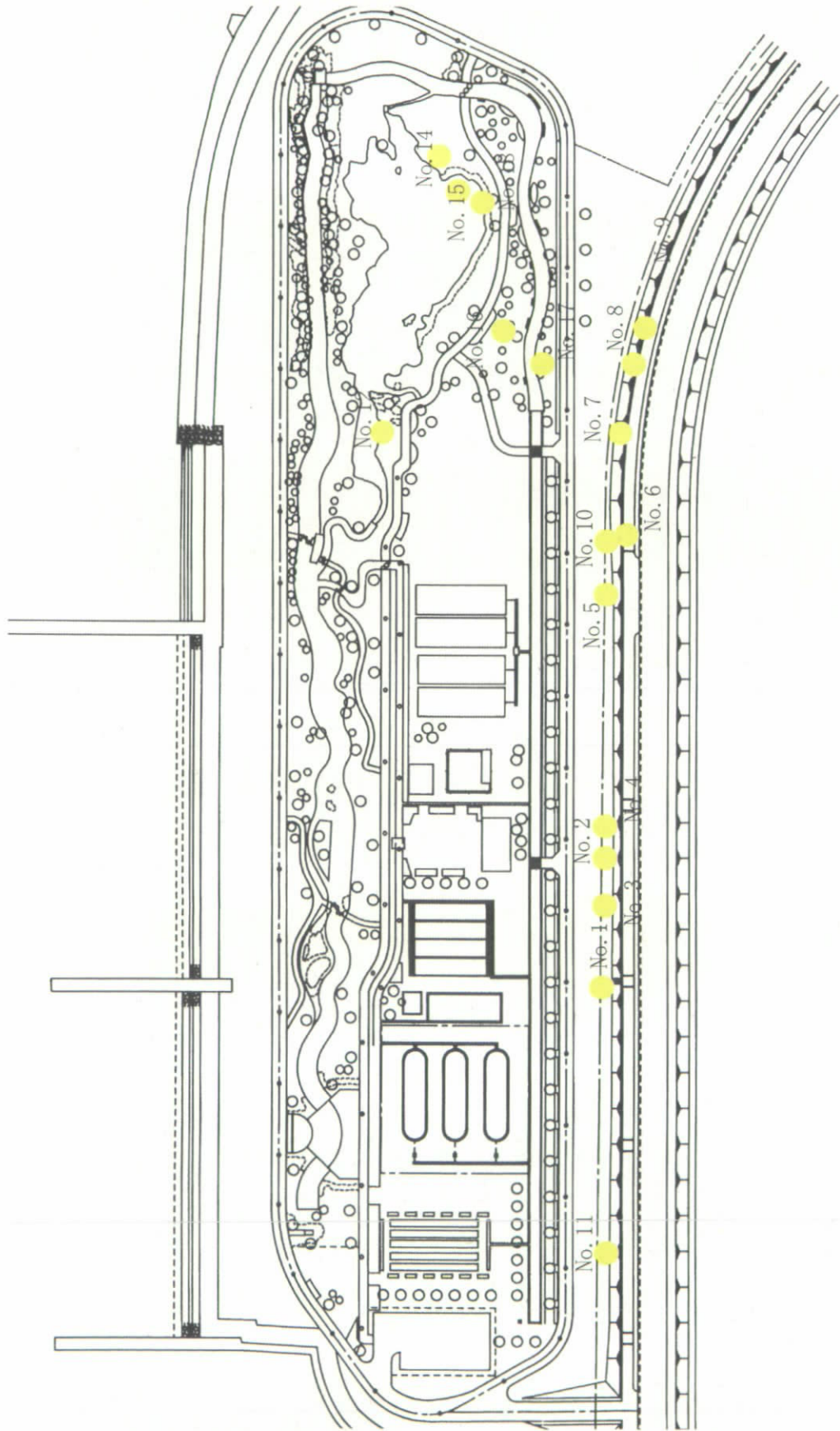


図 5-4 植生調査地点 (実験センター内)

■法面草地の推移状況

以下に平成12年度から14年度にかけての植物群落の推移を示した。

平成12年度		平成14年度
セイタカアワダチソウ- メヒシバ群落	→→→	セイタカアワダチソウ- メヒシバ群落 チガヤ群落
タチスズメノヒエ群落		ウキヤガラ-キシユウス ズメノヒエ群落
イヌビエ群落		キシユウスズメノヒエ群 落
ヨシ群落		ヨシ群落
ウキヤガラ-イ群落		ウキヤガラ-キシユウス ズメノヒエ群落

■実験センター周辺の参考群落

実験センターの参考群落として、高木性のヤナギであるアカメヤナギ群落の調査を実施した。アカメヤナギ群落は、実験センター周辺の南湖湖岸で広く発達している群落である。調査を実施したアカメヤナギ群落は、樹高10m近くあり、林床は比較的明るく、木本から一年草までの多様な生活型の植物種が確認された。また、実験センターにおいて優性である帰化植物のセイタカアワダチソウは、林床では確認されず、高木ヤナギが上層を覆うことで、セイタカアワダチソウ等の生育は抑えられていた。

実験センターで確認されている木本群落は、低木性のヤナギであるイヌコリヤナギ群落であるが、現状ではセイタカアワダチソウが優性でイヌコリヤナギ群落の規模はまだ小さい。高木性のヤナギ類では、植栽により導入したアカメヤナギ、コゴメヤナギなどが生育しているがセイタカアワダチソウ等の日陰になり生育は良好とは言えない。

5.3 総合評価・とりまとめ

5.3.1 植生管理手法の検討

(1) 植生管理手法の特徴

植生管理手法の特徴と現況の環境をまとめて、表 5-9 に示した。そのうち、外周部であるD1：法面草地、D2：湖岸草地、D3：湖岸の植生管理は、滋賀県公園課および道路公団によって管理された緑地であり、本調査に関わって実施された管理ではないが参考として調査を実施した。

表 5-9 植生管理区域の概要

区 域		現況の環境	整備・管理方法
実験センター	A 植栽区	多自然型水路上流部周辺。 湿生植物や帰化植物などの草地。	平成12年度に実験池や水路周辺にハンノキ、コナラ等の高木種や、ヤナギ類等の低木種を植栽した。
	B1 選択刈り取り区	多自然型水路右岸中・下流部周辺。 湿生植物や帰化植物などの繁茂する、草丈の高い草地。	ツルマメや帰化植物などを選択的に抜き取った。 6月上旬、9月中旬の2回実施。 対象種：セイカアワダチソウ、ヒメカシヨモギ、オアチナギク、ツルマメ、ギンギン類
	B2 放置区		草刈りなどの管理を全く行わず放置した。
	C 管理区	J字水路・実験池左岸及び施設周辺。 一年生イネ科草本などの草丈の低い草地。	定期的な草刈りを実施（5回／年程度）。
外周部	D1 法面草地	湖岸道路沿いの管理された法面及び草地。	定期的な草刈りを年2回（6月、9月）実施。
	D2 湖岸草地	公園管理された、草丈の低い草地	定期的な草刈りを実施。 繁茂期（5～10月）は月1回。 冬期に2回。
	D3 湖岸	琵琶湖岸周辺のおもに水生植物や湿生植物による草地。	管理はなし。

(2) 植生管理手法の評価

各植生管理手法区の植物相、植物群落の推移、コドラート調査の推移の整理を行った。図 5-5 に植物群落の推移の整理結果を示し、以下に植生管理手法の評価を行った。以上の植生管理手法毎の検討結果より、植生管理手法の評価を以下におこなった。

- ・草刈り回数は、年2回、年5回、年7回で比較をおこなうと、年5回刈り取りと年7回刈り取りでは、景観的には大きく違いはなかったが、種組成では年7回刈り取りがより単調であった。それに比較し、年2回刈り取りでは一年生草本から多年生草本まで多様な生活型の植物種が確認された。また、セイタカアワダチソウが優占する群落を確認されたが、優占率は比較的強く群落高も低いいため、様々な種が混生する多様性の高い群落であった。
- ・年2回刈り取りでは、群落に多様性が見られたが、ミコシガヤ、カワヂシャなどの原野植物は、年5回刈り取り区、および年7回刈り取り区でのみ確認された。
- ・選択刈り取り区と放置区の比較を行うと、選択刈り取り区ではセイタカアワダチソウのような強い繁殖力で他の種の侵入を妨げる種の抑制をすることができ、オギ群落などの望ましい群落の育成に貢献できた。オギ群落が分布を拡大することで、やがてセイタカアワダチソウ群落は縮小していくものと思われる。それに比較し、放置区ではセイタカアワダチソウの高い優占率が継続している。しかしながら、一部にオギが広がり始めているため、遅いながらも群落の転換は期待できる。
- ・植栽管理区ごとに見ると単一種が優占する単調な群落で、確認種数も少ない場合もあるが、その区でしか確認されない種も多く、多様な管理手法を実施することにより、全体として多様な環境づくりに貢献することができた。

5.3.2. 生態系の修復技術の整理および整備・管理方法のマニュアル作成

平成10年度から平成13年度までの調査より得られた情報を基にし、低地の水辺環境の造成地を修復していく際の一般的な植生修復技術についてまとめた。

なお、本調査地は造成後わずか5年ほどしか経ていないため、マニュアルに不足している知見は文献等を参考に作成した。

5.3.3. 今後の展開および課題

実験センターは平成9年度に開設され、その後平成10年度から平成13年度にかけて動植物の遷移状況についての調査を実施してきた。今年度4年間の調査データを取りまとめることにより、水辺環境を整備し、植生管理手法により高低差のある植生を成立させることで、湖岸に生育する植物だけでなく、動物にとっても繁殖、採餌を行う生息の場として重要な場所となりつつあることが評価された。

今後の展開および課題を以下に示す。

- ・植生管理手法の継続調査

植生管理手法によって成立した植生は遷移の途中であり、今後さらに変化する可能性も考えられることから、植生管理手法の確立には今後も追跡調査を実施することが望ましい。

- ・植生管理手法の追加調査

植生管理手法が同様であっても立地環境よって様々な植生が成立した。検討した植生管理手法に加えて、より立地環境に適した管理手法やコストの削減等を目的とした植生管理手法の検討することが必要だと考えられる。

- ・動植物種導入方法の検討

実験センターの動植物種の増加はやや頭打ちの傾向がみられた。周辺的环境から比較すると今後新たな種の侵入は多く期待はできないため、人為的導入も1つの方法として検討すべきである。特に、植物の導入方法としては、周辺の自然性の高い環境における埋土種子の播き出しや、種子による移入等が考えられる。しかし、人為的に移動させる場合、事前に導入の影響等について十分に検討される必要があり、既存文献による検討資料の作成も望まれる。

- ・動植物の生息環境の線的拡大

本研究で得られた整備・管理手法を琵琶湖湖岸沿いに広げることで、動植物の生息環境を線的に結ぶ試みを実施する。

実験担当者

関西電力株式会社	総合技術研究所主任研究員	大西 正紀
財団法人琵琶湖・淀川水質保全機	実験センター所長	柳田 英俊
	調査研究部主任研究員	和田 桂子
	調査研究部研究員	尾田 昌紀

5. 琵琶湖沿岸におけるヨシ植栽実験(その5)

1. 目的

本調査は琵琶湖南湖東岸にあるBiyoセンター内のわんど型実験施設およびなぎさ型実験施設において、各種工法によるヨシ人工植栽を実施し、植栽工法および消波施設の違いとヨシ生育環境と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った。

本年度はこれまでの調査結果を用いて、地盤安定度および植栽工法について検討を行った。

2. 施設概要

本実験は、琵琶湖南湖東岸に位置するBiyoセンター内の湖岸フィールド実験施設にて調査を行った。湖岸フィールド実験施設の平面図を図2-1に示す。実験施設は、南側にわんど型実験施設、北側になぎさ型実験施設を配置している。

わんど型実験施設は、北側にA、Bゾーン、南側にCゾーンがあり、消波施設として鋼矢板が設置されその中央部を開放することで外部との水交換が可能な構造となっている。

なぎさ型実験施設には、北側にEゾーン、南側にDゾーンがあり、消波施設として幅1mのコンクリートブロックが3段階の高さで設置され、北部40mは開放区域となっている。

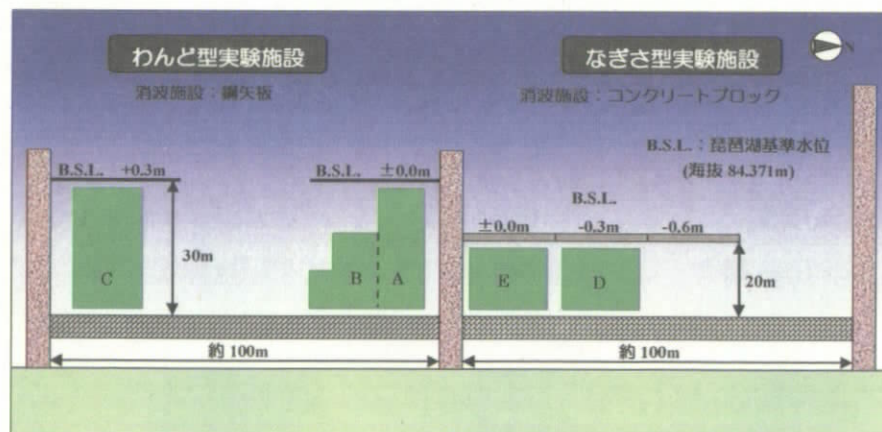


図2-1 湖岸フィールド実験施設の平面図

3. 調査結果検討

3.1 地盤安定度検討

1997年度から2001年度(昨年度)にかけて行った調査結果より、地盤高の変化には主に以下の3つの項目が影響していると考えられる。そこでこれらの項目について地盤安定度の検討を行った。

検討を行うにあたり、表3-1に示すように各施設において地盤整形時期・回数から期間を設定した。わんど型施設については1回目の地盤整形から2回目の地盤

整形までの間を1期、2回目の地盤整形以降を2期とし、なぎさ型施設については1回目の地盤整形後を1期とした。またさらに各期間内で年度ごとにわんど型施設では2-1期、2-2期、2-3期、なぎさ型施設では1-1期、1-2期、1-3期と期間を分けた。

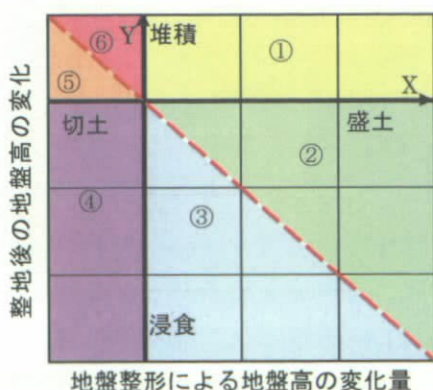
表 3-1 わんど型施設およびなぎさ型施設の地盤整形および植栽日程

わんど	なぎさ			わんど全体	わんど南部	わんど中部	わんど北部	なぎさ全体	なぎさ南部	なぎさ中部	なぎさ北部
				矢板BSL+20cm	開口部	矢板BSL0cm		ブロックBSL0cm	ブロックBSL-30cm	ブロックBSL-60cm	
1期	前期	前期	1997/10/13	地盤高調査				地盤高調査			
				地盤整形1				地盤整形1			
	後期	前期	1997/10/20	地盤高調査				地盤高調査			
				植栽(10月)							
	後期	後期	1998/3/11	地盤高調査				地盤高調査			
	1-1期	前期	後期	1998/8/3	地盤高調査						
					地盤整形2		ふとん箱設置				
	2-1期	前期	後期	1998/8/26	地盤高調査						
							植栽(8月)				
	後期	前期	後期	1999/3/14	地盤高調査						
2-2期	前期	後期	1999/8/24	地盤高調査				地盤高調査			
								植栽(8月)			
1-2期	前期	後期	2000/2/28	地盤高調査				地盤高調査			
2-3期	前期	後期	2000/8/11	地盤高調査				地盤高調査			
									植栽(8月)		
1-3期	前期	後期	2001/2/21	地盤高調査				地盤高調査			
後期	前期	後期	2001/8/28	地盤高調査				地盤高調査			

3.1.1. 地盤整形による影響

わんどおよびなぎさ型施設の整地による地盤高変化量と各期の地盤高変化量との関係を以下に示す。

グラフはX軸に整地による地盤高変化量(正:盛土、負:切土)、Y軸に整地後の地盤高変化量(正:堆積、負:浸食)をとる。グラフは6つのエリアに分かれ、それぞれにおいて整地の方法ならびにその後の地盤変化状況を表す。グラフの見方を下に示す。整地直後の各点は全てX軸上(Y=0)にあり、その後の地盤高変化に応じてY軸方向に変化する(Y軸と平衡に移動)。また - - - - は整地前の地盤の状態を示しており、線より上の場合は整地前に比べ地盤高が上昇したことを示し、下の場合は下降したことを示す。線上の場合は元の状態に戻ったことを示す。



- 【各エリアの説明】
- ①地盤整形(盛土)後、堆積が起こった。
 - ②地盤整形(盛土)後、浸食が起こったが整地前に比べ地盤高は上昇した。
 - ③地盤整形(盛土)後、浸食が起こり整地前に比べ地盤高が下降した。
 - ④地盤整形(切土)後、浸食が起こった
 - ⑤地盤整形(切土)後、堆積が起こったが整地前に比べ地盤高は下降した。
 - ⑥地盤整形(切土)後、堆積が起こり整地前に比べ地盤高が上昇した。

検討には、横断測量結果を直線補完した値について、各施設を通る測線ごとに平均し、代表値とした。

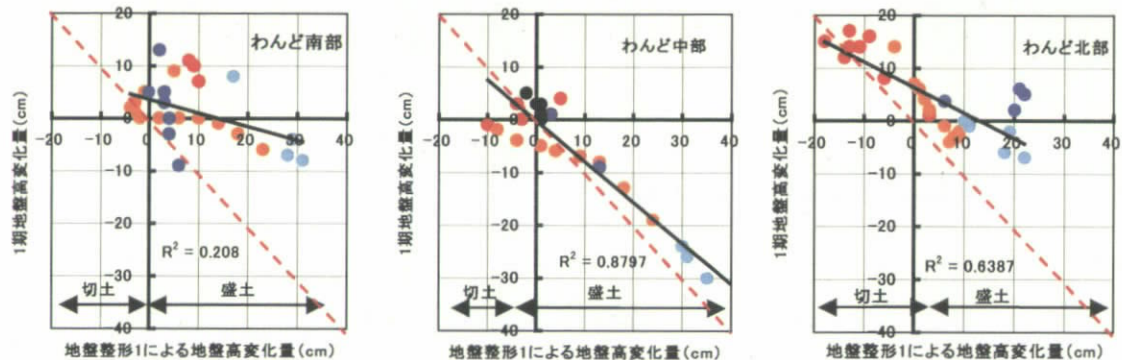
具体的には、

- わんど南部: 測線 No. 0+10~30 の平均値(鋼矢板天端高 B. S. L. +30cm)
 - わんど中部: 測線 No. 0+40~60 の平均値(布団籠天端高 B. S. L. -80cm)
 - わんど北部: 測線 No. 0+70~90 の平均値(鋼矢板天端高 B. S. L. ±0cm)
 - なぎさ南部: 測線 No. 0+0.5~20 の平均値(Cブロック天端高 B. S. L. ±0cm)
 - なぎさ中部: 測線 No. 0+30~40 の平均値(Cブロック天端高 B. S. L. -30cm)
 - なぎさ北部: 測線 No. 0+50~60 の平均値(Cブロック天端高 B. S. L. -60cm)
- と分類した。

グラフ上の各点は測量基線より 11m 地点から消波施設までの範囲内の 1m 毎の各地点における、整地による変化量とその後の各期間の地盤高変化量の関係を表したものである。

(1) わんど型施設

わんど型施設の整地による地盤高変化量と各期の地盤高変化量との関係を図 3-1 に示す。



注) 各地点のプロットの色は各期間初めの地盤高 (B. S. L. cm) を表す。赤: 0 以上、橙: 0 ~ -25、水色: -25 ~ -50、青: -50 ~ -75、紺: -75 ~ -100、黒: -100 未満

図 3-1 わんど型実験施設における地盤整形 1 の整地による地盤高変化量とその後 1 年間 (1 期) の地盤変化量の関係

1 期については図 3-1 より、全てのグラフにおいて負の比例関係が認められ、概ね盛土量が多いほど浸食量が大きくなる傾向が認められた。わんど中部の盛土による整形を行ったところでは、盛土量とその後 1 年間 (1 期) の浸食量がほぼ等しくなった。しかし、消波施設のあるわんど南部・北部では、盛土量に比べ変化量が小さく (盛土量最大 30cm 程度、変化量 -10cm 以内)、また変化量にもバラつきが見られた。これは、消波施設による土留めの影響およびわんど中部からの土砂移動等が考えられる。また、わんど北部においては、すでにヨシが植栽されており、その影響も関与しているものと示唆される。

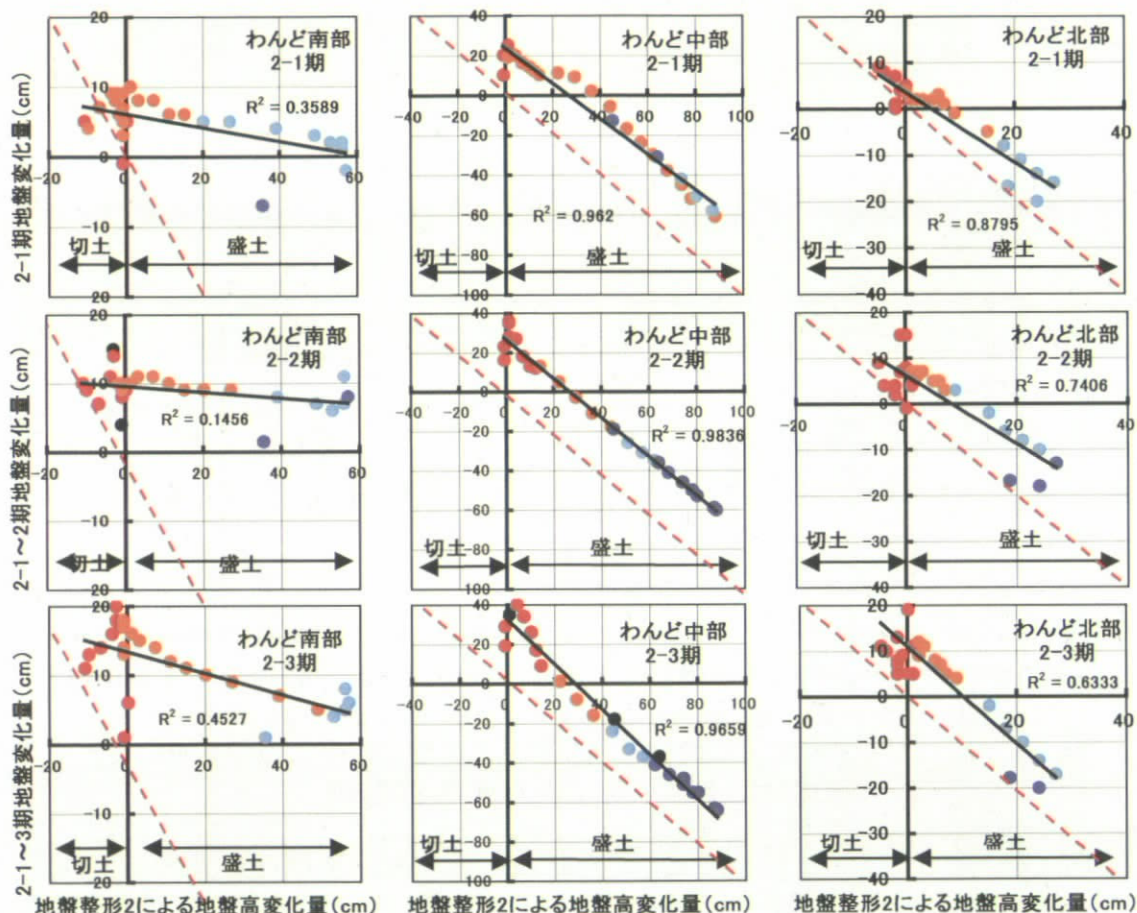
次に、わんど型実験施設における 2 回目の地盤整形による地盤高変化量とその後 3 年間 (2 期) の地盤変化量の関係を図 3-2 に示す。

2 回目の地盤整形の前に、わんど中部の開口部に布団籠 (天端高: -80cm) が設置された。2-1 期 (98 年 8 月 ~ 99 年 8 月) においてわんど中部には、1 期と同じく、盛土量と地盤高変化量に負の比例関係が認められたが、布団籠の設置により、全般に 30cm 程度嵩上げの状態を保つこととなった。わんど南部においては、最大で 60cm 程度の

盛土が行われたものの、ほとんど浸食されず、逆に堆積の傾向にあった。これは1期と同様に消波施設の影響及びわんど中部からの土砂の移動と推測される。わんど北部においては、既にヨシの植栽が行われていたこともあり、植栽箇所沖合部分に盛土が行われたが、その部分については、半分程度浸食する結果となった。

2-2期(99年8月~00年8月)については、2回目の地盤整形から1年以上経過していることもあり、全ての区域において、ほとんど変化が見られない。ただ、若干わんど中部において、浸食傾向にあり、消波施設高さの違い等の影響が示唆された。

2-3期(00年8月~01年8月)では、2回目の地盤整形から2年以上が経過し、地盤変化量は最大でも数cm程度となり、地盤が安定してきているものと推測され、この頃には整地による影響はかなり小さくなっているものと考えられる。



注) 各地点のプロットの色は各期間初めの地盤高 (B. S. L. cm) を表す。赤: 0 以上、
 橙: 0~-25、水色: -25~-50、青: -50~-75、紺: -75~-100、黒: -100 未満

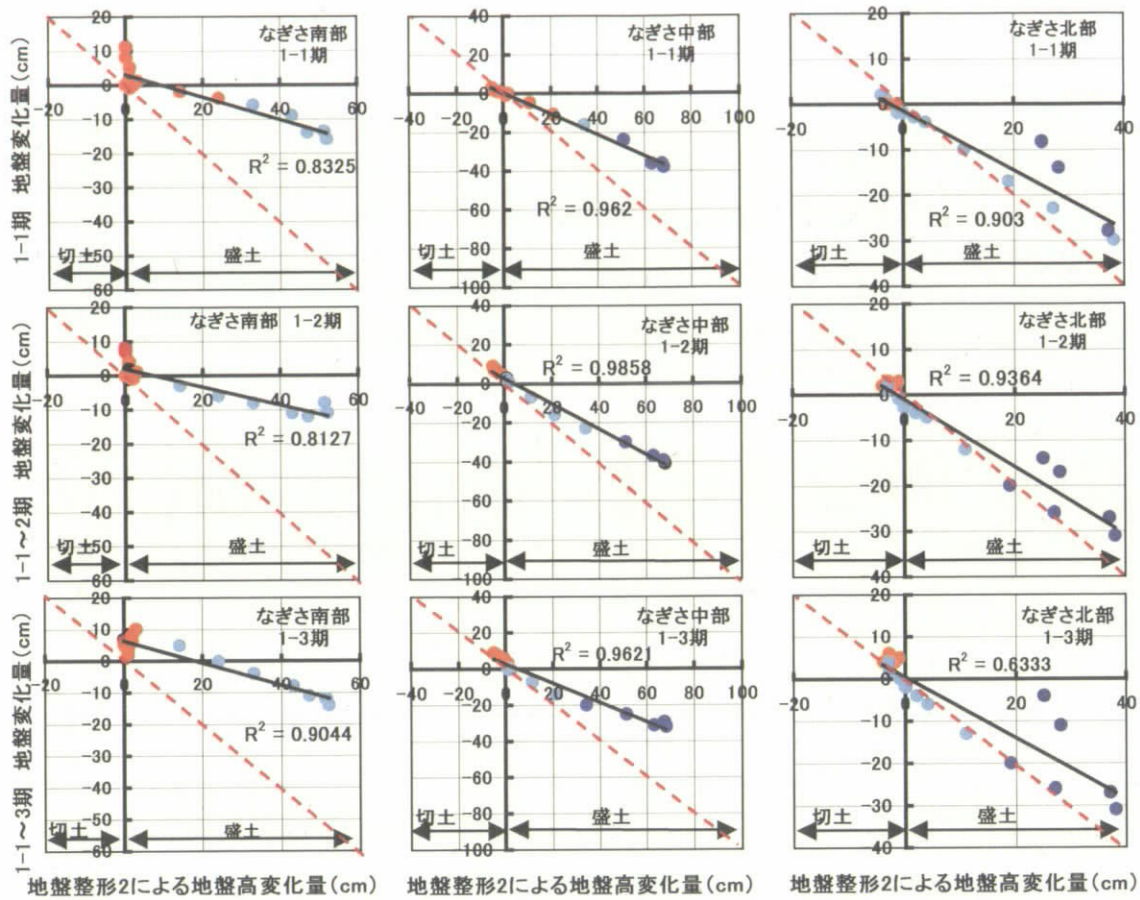
図 3-2 わんど型実験施設における地盤整形 2 の整地による地盤高変化量とその後 3 年間 (2 期) の地盤変化量の関係

(2) なぎさ型実験施設

なぎさ型施設の整地による地盤高変化量と各期の地盤高変化量との関係を図 3-3 に示す。

1-1 期(97年10月~99年8月)ではなぎさ型実験施設においても、わんど型実験施設と同じく、盛土量と地盤高変化量には負の比例関係が認められた。またその傾きは南部(-0.33) > 中部(-0.54) > 北部(-0.66) の関係にあった。この関係は、消波施設の天端高(南部: B. S. L. ±0cm > 中部: B. S. L. -30cm > 北部: B. S. L. -60cm) や開口部からの距離(南部 > 中部 > 北部) に起因している可能性が考えられる。

1-2期(99年8月~00年8月)、1-3期(00年8月~01年8月)ともに、全ての区域において、ほとんど変動は見られない。1回目の地盤整形から2年が経過し、地盤は安定したものと考えられ、変動幅は浸食・堆積共に10cm以内であり、整地による影響は小さくなっているものと考えられる。



注) 各地点のプロットの色は各期間初めの地盤高(B. S. L. cm)を表す。赤:0 以上、
 橙:0~-25、水色:-25~-50、青:-50~-75、紺:-75~-100、黒:-100 未満
 図 3-3 なぎさ型実験施設における地盤整形1の整地による地盤高変化量と
 その後(1-1~1-3期)の地盤変化量の関係

(3) 地盤整形による影響のまとめ

以上から地盤整形による影響についてまとめると、盛土により整地された部分は浸食されやすく、盛土量が多いほど浸食される量も大きくなる傾向があった。切土部分については、データが少ないものの、浸食されることは、ほとんどなかった。また1期のわんど中部のように消波施設のない場合、約1年で盛土量=浸食量となり、整形地盤を維持することが出来なかった。しかし布団籠等の土留め効果を持たせた施設の設置により、地盤の嵩上げが可能になった。

全体的に地盤整形から1~2年経過すると、整地が地盤高変化に与える影響は小さくなり、地盤は安定すると考えられる。またなぎさ型実験施設の検討結果から、消波施設の高さが整地地盤の安定に対して、影響している可能性が示唆された。

3.1.2. 水位、波等の自然現象および施設形状の違いによる影響

前項において地盤整形による変化とその後の変化量との関係について調べた結果、

整地による地盤高変化量だけでは説明できない地点があることが示唆された。そこでここでは地盤高変化量と水位・波等の諸条件との比較を行い、水位、波等の自然現象および施設形状の違いによる地盤高変化の影響について検討を行った。

検討は断面による検討と、平面的な検討の2通りについて行った。なお測線については3.1.1.地盤整形による影響のものと同様の場所とした。断面による検討では、各施設を通る測線の断面測量結果を平均したものを各施設の代表値とし、各期での各地盤断面図と、各測線の基線から沖合い11~36m地点間における1m毎の地盤高変化量、冠水日数、各区間が移動限界水深以下であった日数、地盤勾配の変化について比較した。各地点の施設内に到達する波については、風向風速データから推算した値に、昨年度の現地調査結果から得た消波率を乗じて算出した波とした。また琵琶湖湖岸の植生帯の有無は、有義波の意味から定めた平均波高25cmを限界値として区分され¹⁾、平均波高が低いほど植生の繁茂が盛んであるとしている。このことから、ここでは波高0.25m以上の波についてのみ考えることとした。なお琵琶湖平均水位が消波施設の天端高より低い場合は、波は施設内まで到達しないこととした。なお移動限界水深とは、波により土砂の移動が起こる水深のことであり、文献²⁾を参考に波高の1.7倍までを移動限界水深とした。

また平面的な検討では、わんど型施設 No. 0+10~90、およびなぎさ型施設 No. 1+0.5~90の各測線での地盤高変化、冠水日数、各地点が移動限界水深以下であった日数を、それぞれ平面的に比較した。波(移動限界水深に関連)については、断面による検討と同様に消波施設の効果を考慮した。ただし、現地波高調査を行っていないわんど中部およびわんど北部については、消波率を推算することができないので、わんど南部と同じとした。

以上の検討結果から、わんどおよびなぎさ型施設の水位、波等の自然現象および施設形状の違いによる影響についてまとめると、以下のことが言える。

- (1) わんど中部(ふとん籠:B.S.L.-80cm)、なぎさ北部(コンクリートブロック:B.S.L.-60cm)、なぎさ中部(コンクリートブロック:B.S.L.-30cm)などの消波施設の天端高が比較的低く、波等の影響を受けやすい区域では、整地した地盤の勾配は元の地盤勾配に近づくが、消波施設の分だけ地盤は高くなった状態に維持される。(図3-4参照)

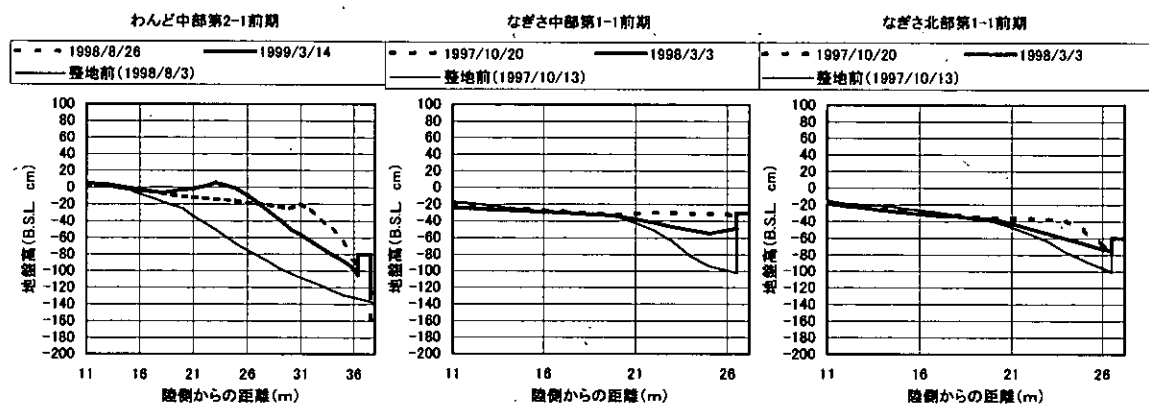


図3-4 天端高の比較的低い消波施設での地盤高変化

(2) わんど南部(矢板:B. S. L. +30cm)、わんど北部(矢板:B. S. L. ±0cm)、なぎさ南部(コンクリートブロック:B. S. L. ±0cm)などの消波施設の天端高が比較的高く、波等の影響を受けにくい区域では、整地後の地盤は、ほぼそのままの形に維持される。

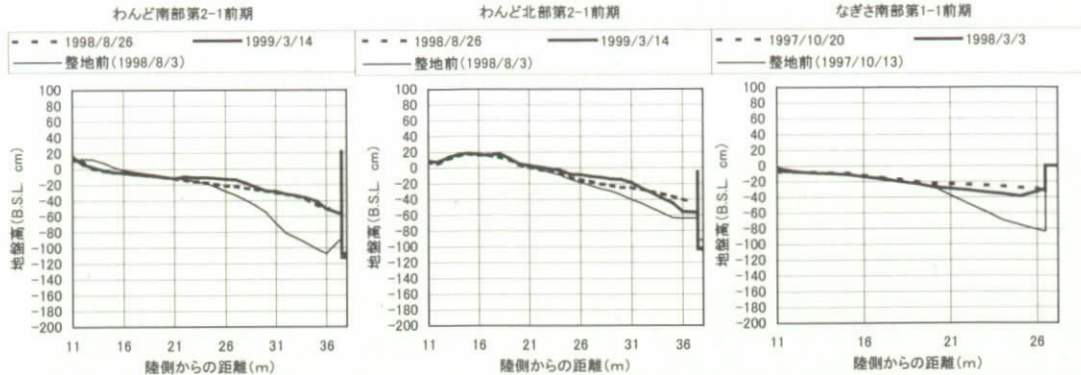


図 3-5 天端高の比較的高い消波施設での地盤高変化

(3) 全体的に盛土により整地された箇所では、かつ波及び水位の影響を受けやすい部分では、浸食が大きくなる傾向がある。(図 3-6 参照)

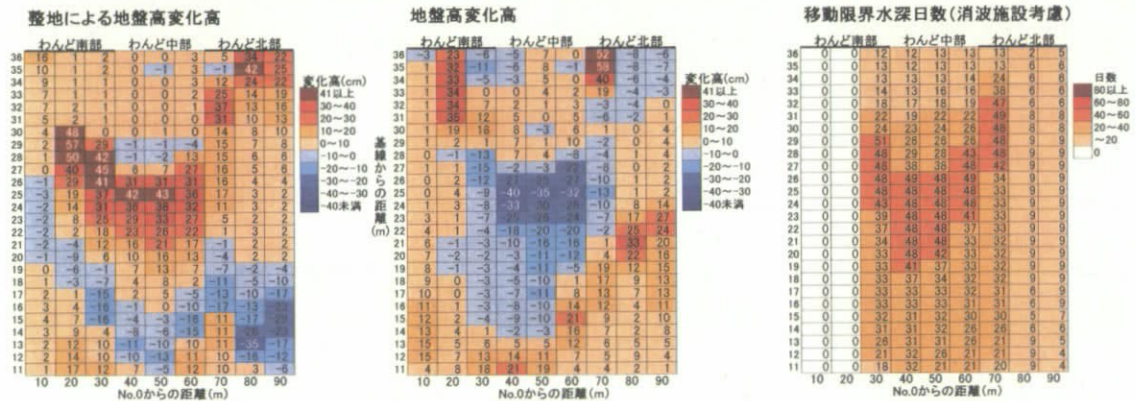


図 3-6 地盤高変化、整地による変化および移動限界水深日数の比較 (わんど 1 期前半)

3.1.3. ヨシ植栽による影響

これまでヨシ植栽のために整地された地盤が整地手法や自然的要因からどのような影響を受けるかについて検討を行ったが、本実験施設では、実験期間中に各地点でヨシの植栽が行わ

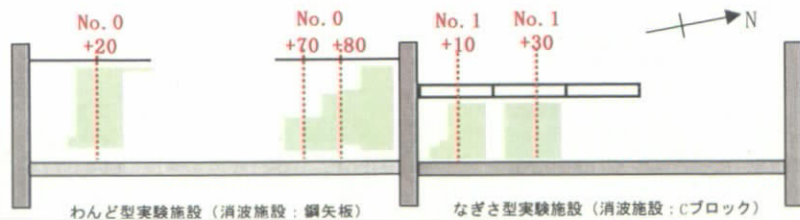


図 3-6 ヨシ植栽範囲を通る各測線

れており、これが地盤の安定度に与える影響も無視できないと考えられる。ここでは、ヨシ植栽範囲を通る各測線(わんど型実験施設:No. 0+20、No. 0+70、No. 0+80、No. 0+90、なぎさ型実験施設:No. 1+10、No. 1+30)においてヨシの植栽が地盤高変化に与える影響について検討を行った。以下に検討結果を示す。

まず、わんど型実験施設の測線である No. 0+20、+70、+80 の植栽範囲と地盤高変化の関係から、植栽範囲では堆積傾向にあるが、植栽範囲沖側では浸食傾向にあり、植栽による地盤の安定効果があることが示唆された。特に、消波施設直前まで植栽をしていない No. 0+70、+80 において顕著であった。(図 3-7、3-8、3-9 参照)

次に、なぎさ型実験施設の測線である No. 1+10 及び No. 1+30 では、植栽前には全体的に浸食傾向にあったが、植栽後は逆に堆積傾向にあることが確認できた。しかし、なぎさ型施設では地盤整形から植栽までに期間が空いており、既にある程度地盤が安定していたと考えられ、ヨシ植栽により地盤が安定し堆積傾向になったとは言えない。だが、植栽後は少なくとも浸食傾向でないことは確認できた(図 3-10、3-11 参照)。

以上のことから、ヨシ植栽を行い活着することにより、地盤浸食が抑制され、かつ堆積を促進させる可能性が示された。しかしながら整地等の人為的要因や波・水位等の自然的要因もあるため、ヨシの植栽のみが大きな影響を与えているとは考えられない。わんど北部等の結果からも、地盤整形直後の大きな変動がある場合等については、植栽範囲において浸食が確認されている。

2.1.4. 地盤安定度検討まとめ

以上、わんど型施設およびなぎさ型施設における地盤整地による影響、水位・波等自然現象および施設形状の違いによる影響、植栽による影響のそれぞれについて検討を行った。以下に検討結果について示す。

(1) わんど型施設

1) 地盤整地による影響

全体的に盛土により整地された部分は浸食されやすく、盛土量が大きいほど浸食される量も大きくなる傾向がみられ、地盤高の変動に整地の方法およ

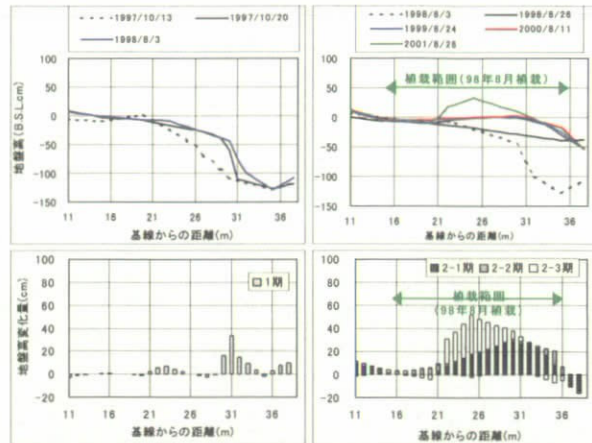


図 3-7 植栽範囲と地盤高変化の関係 (わんど南部 No. 0+20)

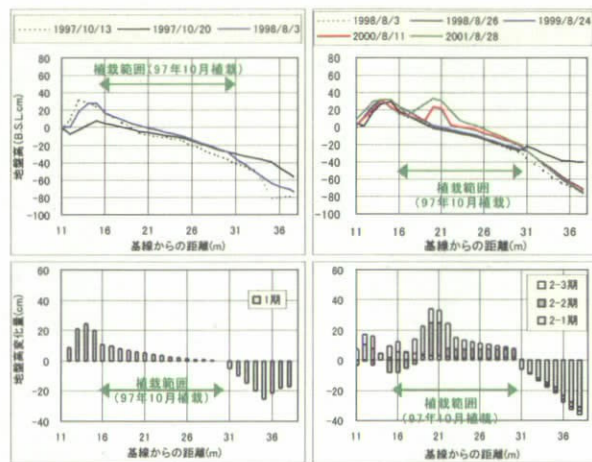


図 3-8 植栽範囲と地盤高変化の関係 (わんど北部 No. 0+20)

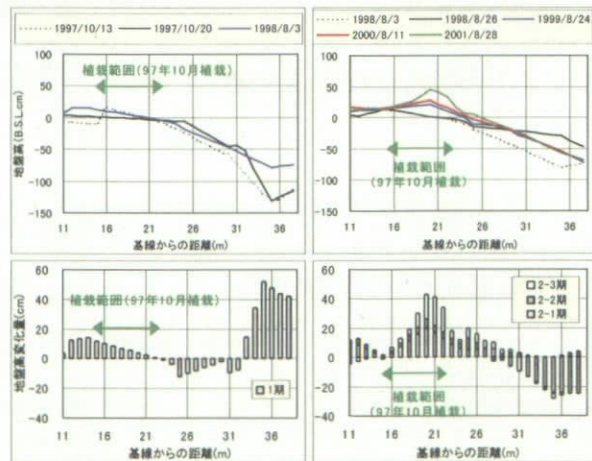


図 3-9 植栽範囲と地盤高変化の関係 (わんど北部 No. 0+70)

び量が大きく係っていることがわかった。また、消波施設のない場合、約1年で盛土量=浸食量となり、整形地盤を維持することが出来なかった。しかし、布団籠等の土留め効果を持たせた施設の設置により、地盤の嵩上げが可能になると考えられる。また、地盤整形から1~2年経過すると、整地が地盤高変化に与える影響は小さくなり、地盤は安定すると考えられる。

2) 水位、波等の自然現象および施設形状の違いによる影響

わんど中部のような消波施設がない場合、土留め施設を設置しないと波および水位の影響を受け、地盤整形後半で元の地形に戻ることが確認された。しかしふとん籠等の土留め施設を設置した場合は、勾配は元の地盤勾配に戻るものの、ふとん籠の分だけ地盤は高くなった状態に維持できており、ふとん籠等を設置することによる地盤高の維持という点では、ある程度波および水位の影響を軽減できると考えられる。

わんど北部および南部の鋼矢板のような背の高い消波施設を用いた部分では波および水位の影響は小さいことがわかった。ただし、消波施設がある区域でも、開口部に近い部分や、施設正面からではなく斜め方向からの波が卓越

しているような条件下では開口部から遠い陸側の部分でも波の影響を受けると考えられ、今回のようなわんど型施設の場合、地盤の安定には施設の方向も重要であると考えられる。また、わんど北部のB.S.L. ±0cm、南部のB.S.L. +30cmと消波施設の高さは異なるが、波および水位の影響には大きな違いは見られなかった。

3) 植栽による影響

わんど型実験施設において、植栽範囲では堆積傾向にあるが、植栽範囲沖側では浸食傾向にあった。このことから植栽による地盤の安定効果があることが示唆されたが、地盤整形直後の大きな変動がある場合等については、浸食が確認されているなど例外はあり、ヨシの植栽による影響のみではなく、水位・波・整地などの要因も考慮する必要があることが示唆された。

(2) なぎさ型施設

1) 地盤整地による影響

わんど型施設と比べると盛土量は少ないが、同様に全体的に盛土により整地された部分は浸食されやすく、盛土量が多いほど浸食される量も大きくなる傾向がみられた。地盤整形後の安定については整形から1~2年経過すると、整地が地盤高変化

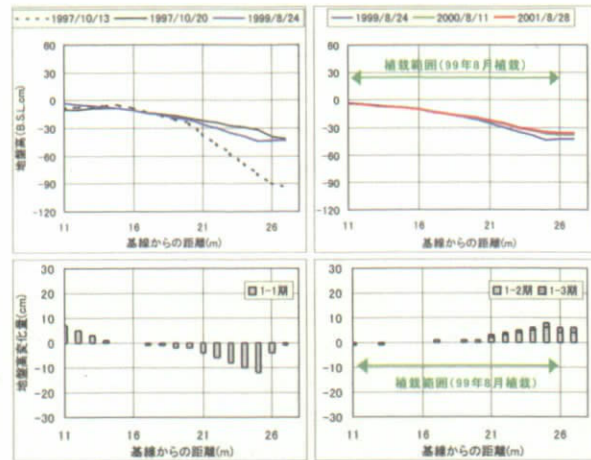


図 3-10 植栽範囲と地盤高変化の関係
(なぎさ南部 No. 1+10)

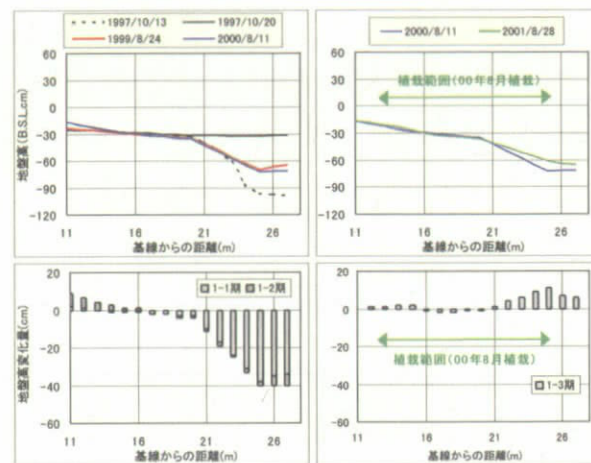


図 3-11 植栽範囲と地盤高変化の関係
(なぎさ南部 No. 1+30)

に与える影響は小さくなり、地盤は安定すると考えられる。また、コンクリートブロックでもふとん籠と同様に盛土による整地地盤はある程度保持され、それら消波施設の高さは整地地盤の安定に対して、影響している可能性が示唆された。

2) 水位、波等の自然現象および施設形状の違いによる影響

なぎさ施設についてはブロックの高さが低くなるにつれて、水位、波等の影響をより受けている可能性が示唆された。

3) 植栽による影響

植栽前には全体的に浸食傾向にあったものが、植栽後は逆に堆積傾向にあることが確認できた。しかしながら、地盤整形から植栽までに期間が空いており、既にある程度地盤が安定していたため、堆積傾向を示した理由はヨシ植栽のみによるものではないと推測される。ただ、ヨシ植栽後は少なくとも浸食傾向にはないことが確認できた。

4. ヨシ生長調査および植栽方法検討

1997年から2001年にかけて、それぞれの施設で順次ヨシを植栽し、その後の生育について調査を行った。ここではその調査結果をもとに植栽方法について検討する。

4.1 ヨシ生長調査結果

4.1.1. 植栽ヨシの活着率

ゾーン別の活着率の集計結果(表 4-1 参照)から、わんど型実験施設に比べて、なぎさ型実験施設の活着率が高い結果となった。なぎさ型実験施設では、植栽直前に土入れを行っておらず、地盤整形から時間が経過していたため、ヨシ植栽後の地盤変化が小さかったためと考えられる。

表 4-1 植栽後1年目の活着率の集計結果(ゾーン別)

施設	ゾーン	全体集計			ビットマン・地下茎を除く		
		植栽株数	活着株数	活着率	植栽株数	活着株数	活着率
わんど	A	529	290	55%	345	287	83%
	B	552	351	64%	362	341	94%
	C	535	339	63%	334	303	91%
なぎさ	D	331	320	97%	285	285	100%
	E	260	186	72%	180	176	98%

表 4-2 に示す工法別の活着率の集計結果については、マット植栽法 89%(ただし、Cゾーン開口部の特殊な環境を除けば、99%)、ポット苗移植法 94%、土のう工法 90%、大株苗移植法 96%とこれら4工法が高い活着率を示した。ビットマン工法および地下茎工法は、陸域で波浪の影響が小さい環境条件では、わずかながら活着が確認できたものの、工法別集計ではそれぞれ12%、21%の低い活着率にとどまり、琵琶湖沿岸域における本実験の状況下では、適さない結果となった。

表 4-2 植栽後 1 年目の活着率の集計結果

	植栽株数	活着株数	活着率
マット植栽法	107 株	95 株	89 %
土のう工法	598 株	540 株	90 %
ポット苗移植法	604 株	568 株	94 %
大株移植法	197 株	189 株	96 %
ビットマン工法	682 株	81 株	12 %
地下茎工法	19 株	4 株	21 %

4.1.2. 植栽後のヨシ茎個体数の変化

植栽後のヨシ茎個体数の変化を図 4-1 に示す。わんど北部 A、B ゾーンでは、植栽後 3 年目にはヨシ植栽区画外への進出が顕著になった。4 年目には、ヨシの優占する区域とそれ以外の区域ですみ分けが進み、陸域でのヨシ茎個体数が大きく減少した。(図 4-1 参照)

わんど南部 C ゾーンでは、8 月の平均茎個体数密度は 1 年目が 50.7 本/m²、2 年目が 40.6 本/m²、3 年目が 24.4 本/m² となった。A、B ゾーンが 7、8 月に茎数を減少させたのに対して、C ゾーンでは 8~10 月にかけて減少した。(図 4-2 参照)

なぎさ南部 D ゾーンでは、植栽後 1 年目と 2 年目を比較して、総ヨシ茎個体数はほとんど変化しなかったが、2 年目は早期に枯死が起こった。(図 4-3 参照)

なぎさ中部 E ゾーンでは、植栽後 1 年が経過した時点で沖域のマット植栽のヨシ茎密度が 6 月 16 日時点で大きく増加し、100 本/m² を超える箇所もいくつか見られた。また、大株、土のう、ポット苗の茎個体数は 6 月から 8 月にかけて増加傾向にあった。

4.2 植栽方法検討

4.2.1 植栽工法の違いによる生育への影響

(1) 植栽密度がヨシの生育に及ぼす影響

ポット苗移植法(P)、土のう工法(D)では、A、B 両ゾーンに 2 株/m²、4 株/m² の 2 通りの植栽密度でヨシが植栽されている。植栽密度 4 株/m²、2 株/m² の個体数密度の比による初期植栽密度とヨシ茎の個体数の関係を図 4-4 に示す。

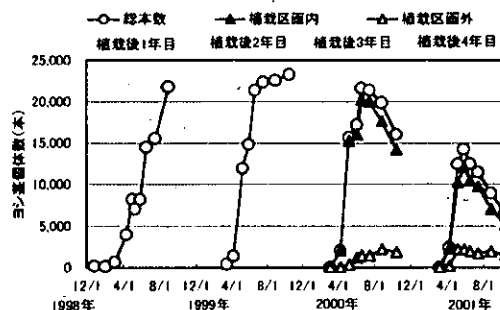


図 4-1 ヨシ茎個体数の経時変化 (A、B ゾーン)

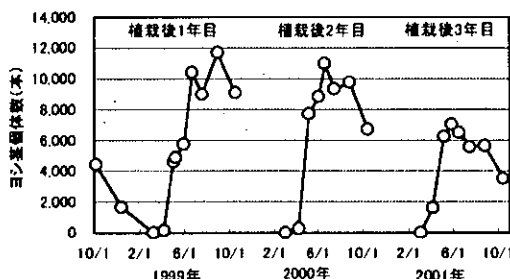


図 4-2 ヨシ茎個体数の経時変化 (C ゾーン)

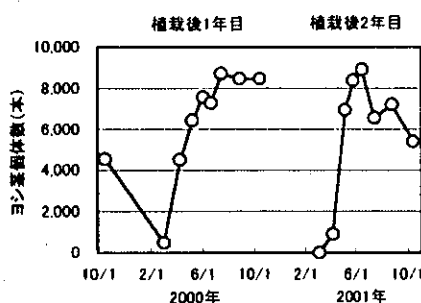


図 4-3 ヨシ茎個体数の経時変化 (D ゾーン)

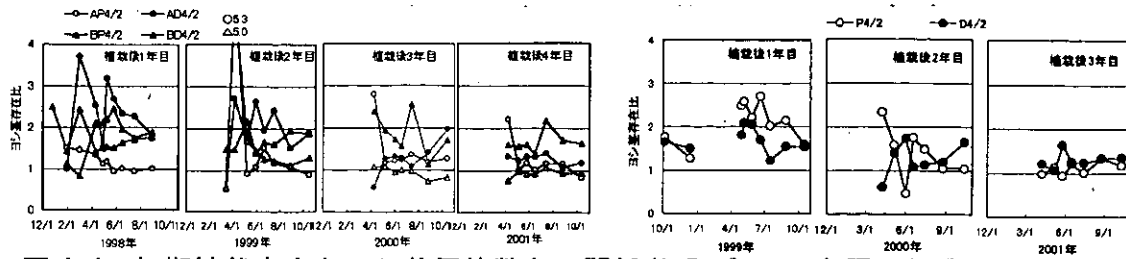


図 4-4 初期植栽密度とヨシ茎個体数との関係(A, Bゾーン:左図、Cゾーン:右図)

これによると年々植栽密度ごとのばらつきが小さくなり、特に、Bゾーンの土のう工法を除く3工法ではヨシの存在比がほぼ1前後に推移し、初期の植栽密度の差がほとんどなくなる結果となった。

Cゾーンにおいても植栽後3年目には、初期の植栽密度の差がほとんどなくなり、5月26日に土のう工法で1.6となった以外は、0.9から1.3の間にヨシ茎存在比が収まった。

植栽後4年目における地盤高別のヨシ茎存在比を表4-3に示す。地盤高B. S. L. -20cm以深でのヨシ茎存在比は1.9であり、植栽後4年目においてもこの区画においては初期植栽密度の影響が残る結果を示した。しかし、地盤が高くなるにつれて、ヨシ茎存在比は1に近づく傾向が見られた。このことから、地盤高の高い区域では、植栽後4年目では、4株植栽と2株植栽の差は小さくなり、植栽費用等を考慮すれば、2株植栽が適しているものと考えられる。

表 4-3 植栽4年目の地盤高別ヨシ茎存在比

地盤高(B. S. L.)	ヨシ存在比(植栽4年目)
-20cm以深	1.9
-20~0cm	1.4
0~20cm	1.2
20cm以高	1.3

(2) 植栽工法がヨシの生育に及ぼす影響

わんど北部A、Bゾーンの植栽後1年目から4年目における植栽工法別のヨシ茎密度平均値の経時変化を図4-5に示す。植栽後2年後は1年目と比較して植栽工法による生育状況の差がより明確になったが、植栽後3年目には植栽工法別の生育差が小さくなり、その傾向は4年目に続いた。マット植栽法の草高が植栽後1年目から4年目を通じて他の工法と比較して高かった。

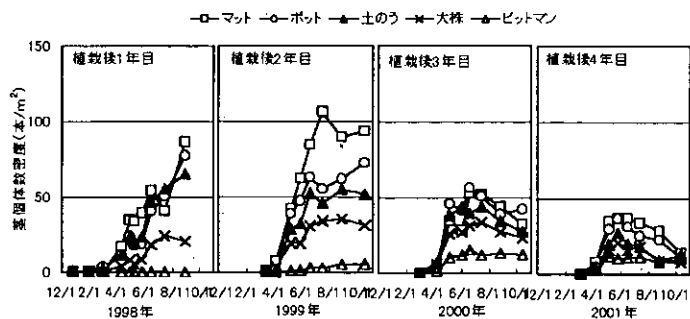


図 4-5 植栽工法別ヨシ茎個体数密度の経時変化

4.2.2 水深等による生育への影響

(1) 調査日と植栽位置(冠水)がヨシの生育に及ぼす影響

冠水の有無はヨシの成長に大きく影響すると言われる³⁾。沖側の平均地盤高-27cm、-15cm区域の茎密度は、2年目に陸域を上回る結果を示した。このことから、ある程度の冠水は2年目のヨシ生育に好影響を及ぼすことが推測された。図4-6より植栽後3年目は、沖側の平均地盤高-27cm、-15cm区域では7月15日まで茎個体数密度が増加し、その後の減少幅も陸域よりは小さくなっている。植栽後4年目は、沖側の平均地盤高-27cm、-15cm、-3cmの区域では、5から7月に高い密度となり、以降、減少する傾向を示した。

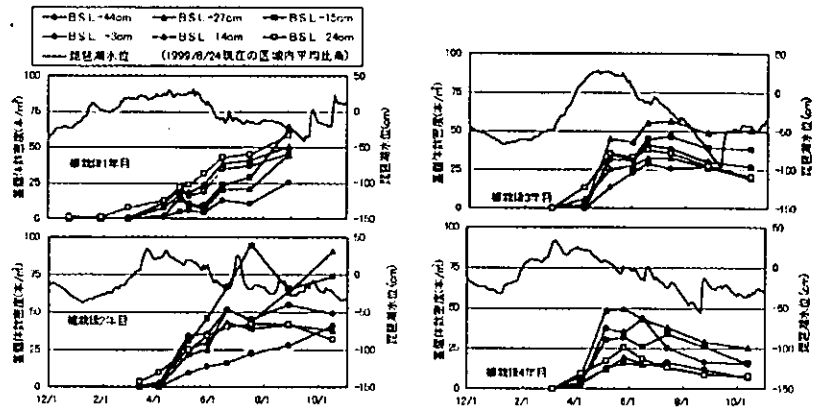


図4-6 植栽位置別茎個体数密度の経時変化

(2) 年間平均水深がヨシの生育に及ぼす影響

図4-7にそれぞれ1998年5月9日、8月29日時点の植栽株ごとのヨシ茎個体数と年間平均水深との散布図を示す。年間平均水深は2次元スプライン補正⁴⁾を行い、株ごとの地盤高を算出し、ヨシ植栽後1年間の水深の経時変化により推定した。5月9日調査時点では年間平均水深が32cm以深で、多くのヨシが無発芽状態であった。植栽後1年目の植栽ヨシは、年間平均水深が32cmを超えると無発芽株の割合が増加し、全体的に生育状況が悪くなる傾向が見られた。

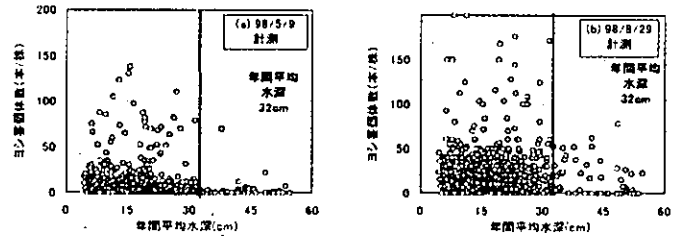


図4-7 1株あたりのヨシ茎個体数と年間平均水深

(3) ヨシ生育時の水深の影響

図4-8に茎密度の増加速度(7調査間)と、調査間の平均水深との関係を示す。この図から、植栽後1年目の特徴として、30cm未満の冠水は、無冠水よりもヨシの増加速度が大きいこと、また、水深が30cmを超えるとヨシの増加速度が大きく低下する傾向が示された。一方、植栽後2年目もこの傾向は顕著に表れるが、増加が阻害される水深が40cmと深くなること示された。

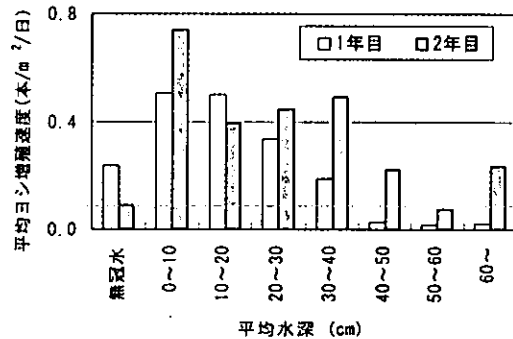


図4-8 ヨシの増殖速度と水深との関係

4.2.3 地盤高等による生育への影響

(1) 地盤高の影響

植栽後2年目のB.S.L. -30cm以高では、各工法とも大部分のヨシが活着しB.S.L. -30cm以深ではマット植栽法、大株移植法が他の工法と比べて高い活着率を示した。

地盤高B.S.L. -40cm以深での

ヨシ茎個体数密度を植栽工法別に図4-9に示す。植栽後1、2年目ともにマット植栽法の大部分は活着するが、土のう工法、ポット苗移植法では、植栽後2年目にB.S.L. -50cm以深で無発芽となる株が増加する。B.S.L. -50cm以深での植栽後2年目の活着率は、マット植栽法94%、土のう工法0%、ポット苗移植法27%、大株移植法40%であり、低地盤高でのヨシ植栽にはマット植栽法が有効であることが分かった。

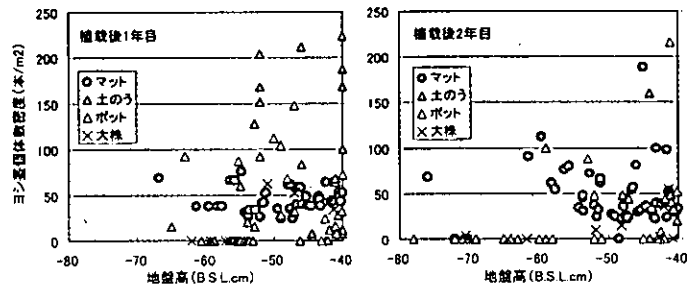


図4-9 地盤高別の平均ヨシ茎個体数密度 (A~Eゾーン:B.S.L. -40cm以深)

(2) 地盤浸食・堆積の影響

植栽後2年目のAからEゾーンの地盤の浸食・堆積量と活着率の関係を図4-10に示す。植栽後2年目は浸食厚3cmから5cmで75%、5cmから10cmで78%、10cm以上で34%の活着率となった。浸食厚が10cmを越えると半数以上のヨシが活着しない結果となった。効率的にヨシを植栽するためには、植栽後の地盤を安定させることが望ましい。また、浸食厚が20cmを越えると、マット植栽法を除く大部分のヨシは無発芽となり、マット植栽法の浸食に対する高い耐久性が示された。

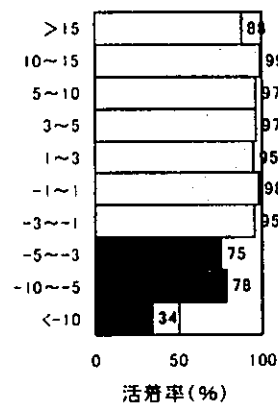


図4-10 地盤変化量別のヨシの生育状況

(ビットマン、地下茎を除く)

4.3 ヨシ生長調査結果検討まとめ

以上ヨシ生長調査結果をもとに行った検討結果について以下にまとめる。

- ・ ヨシ茎個体数密度については、調査日(季節変化)、植栽工法がヨシ生育に大きく影響していることが分かった。
- ・ 植栽株ごとのヨシ茎個体数と年間平均水深との関係から、植栽後1年目の植栽ヨシは、年間平均水深が32cmを超えると無発芽株の割合が増加し、全体的に生育状況が悪くなる傾向が示された。
- ・ 植栽後2年目における茎個体数密度は、マット植栽法>ポット苗移植法>土のう工法>大株移植法の順で、ビットマン、地下茎工法で植栽されたヨシは、ほぼすべてが無発芽または流出株であった。
- ・ 植栽後2年目のB.S.L. -30cm以高では各工法とも大部分のヨシが活着し、B.S.L. -30cm以深ではマット植栽法、大株移植法が他の工法と比べて高い活着率を示した。
- ・ 植栽後1年目で30cm、2年目で40cmを超える高水位はヨシ茎個体数の増加を抑

制するが、無冠水状態もヨシの成長には好ましくない。根圏の発達してきた植栽後2年目には、特に30cm未満の水位がヨシ茎個体数の増加を促進する。

- ・ 植栽後2年目に、マット植栽法ではB. S. L. -20cm以深で、大株移植法は地盤高の高い場所で顕著なヨシ茎数の増加傾向。土のう工法、ポット苗移植法は地盤高別の違いが比較的小さい。
- ・ ヨシ株周辺の地盤浸食の影響は植栽後2年目に大きくなり、浸食厚が10cmを越えると半数以上のヨシが活着しない結果となった。

5. まとめ

5.1 整地または植栽後の地盤の維持について

地盤安定度検討結果から、整地または植栽後の地盤を維持させるには、以下の項目を考慮して行うことが有効ではないかと考えられる。

- ① 整地から1~2年後までは、植栽をせずにそのまま放置しておき、整地による影響が小さくなった時点で植栽を行う。
- ② 緩勾配の区域においては、ふとん籠等により土留めを行い、勾配は自然勾配のまま地盤高を上昇させる。
- ③ 整地による盛土で地盤が元より急勾配になった区域や元が急勾配であったのを緩勾配にした区域では、背の高い消波施設を設置して波や水位等の影響を軽減する。
- ④ 水の循環等の関係から消波施設に開口部を設ける場合は、その場所での波浪の特性について調査し、出来るだけ施設内に入る波が少なくなるような配置を考える。

5.2 ヨシの植栽工法の選定について

従来、ヨシの人工植栽は、傾斜がなだらか(勾配3%程度)で水深60から80cm程度までが可能である⁵⁾と言われてきたが、琵琶湖のように水位変動幅の大きな湖沼沿岸帯では、その水位変動を考慮した植栽可能地盤高を想定しなければならない。ここでは年間平均水深を指標とし、水位変動を考慮した植栽可能区域の設定基準を検討した。以下に植栽工法別の効率的な植栽地盤高を提案する。なお、ここでは植栽後2年目における無発芽率が50%未満であることが、植栽可能の条件であると仮定した。

- ① マット植栽法は、Eゾーンで確認されたようにB. S. L. -70cmまで植栽可能であり、一方で陸域における植栽にはあまり適さない。
- ② ポット苗移植法はB. S. L. -50cm、土のう工法はB. S. L. -50cmまで植栽可能だが、B. S. L. -40cm以深では活着率が90%を下回る。
- ③ 大株移植法はB. S. L. -50cmまで植栽可能であり、B. S. L. 0cm以高において植栽後2年目に茎個体数密度が増加したことから、特に陸域における植栽が適する。
- ④ ビットマン工法と地下茎工法は、陸域の波浪、地盤変化等の影響が極力小さな区域に植栽に限られる。

ただし、上記の知見は琵琶湖南湖東岸にあるヨシ植栽地における調査結果からのものであり、他地域におけるヨシ植栽時には、現地の気象条件、波浪条件、水位変動などの植栽条件が本実験地周辺の条件と同程度であることが望ましいと考えられる。

5.3. 琵琶湖南湖東岸におけるヨシの植栽方法

以上の検討結果から、琵琶湖南湖東岸と同等の自然条件下における、植栽工法・消波施設・整地方法について以下に述べる。

5.3.1. 植栽工法

植栽工法については、植栽後2年目の無発芽率が50%未満であることを植栽可能条件とすると、

- ① B. S. L. -70~-50cm ではマット植栽法
- ② B. S. L. -50~-20cm ではポット苗移植法
- ③ B. S. L. -20cm 以上では大株移植法が望ましいと考えられる。

5.3.2. 消波施設

本実験では、わんど及びなぎさ型施設の植栽を行った区域の全地点において、整地時の地盤高はある程度保持されていた。これら植栽地においては植栽ヨシもほぼ活着しており、本実験施設と同様の自然条件の場所においては、わんど型およびなぎさ型施設ともにヨシ植栽には有効であると考えられる。ただし、実際ヨシ群落復元の意義が、魚類・鳥類の生育場の保証、天然護岸の整備にあることを考えると、植栽地を湖面と隔離するような方法は消波効果が高くても用いるべきではないことから、消波施設については最低限の効果がありかつ最も背（天端高）の低いものが適していると考えられる。しかしながら、最適天端高の選定については、今回の実験では不確定な要素も多く、別途実験・検討が必要である。このほか水の循環についても別途検討する必要がある。また消波施設の材質については、本実験では各材質における地盤維持に対する影響の違いはあまり見られず、設置する場所での地形・地質、設置のコスト等から最適なものを選べば良いと考えられる。今回使用した材料で考えた場合、設置コストの面から考えると、布団籠（じゃ籠）<コンクリートブロック<鋼矢板の順になり、布団籠を使用するのが経済的であると思われる。

5.3.3. 整地方法

本実験結果では盛土主体の地盤整形では整形直後の浸食が大きかった。そのため植栽場所としては可能な限り切土主体、もしくは、地盤整形を行わずに植栽可能な場所を選定するのが望ましいと考えられるが、今回実験を行った琵琶湖南湖東岸のように、湖周の道路整備等により湖岸の勾配が急峻になった箇所には、土入れによる地盤整形が必要である。検討結果からヨシ植栽地の整地方法については、消波施設を用いて土留めを行い、勾配は元のままで地盤高だけを植栽可能な位置まで高くなるように整地する方法が良いのではないかと考えられる。ただし、消波施設を挟んで沖側と陸側で急激に水深が変化しない高さに整地するよう注意が必要であると考えられる。

以上、地盤安定度およびヨシ生長調査結果から植栽方法について検討を行った。ただ、本実験は限られた条件下で行われたものであり、ヨシ群落による湖浜安定効果の能力を超えるような波高の高い沿岸においては、浸食などにより地盤勾配が急峻化し、ヨシ群落が衰退する傾向があるとの研究報告⁶⁾もあることから、本実験で得られた成果は、本実験区域と同様の自然条件下にある地点において有効であると考えられる。

〈参考文献〉

- 1) 宇多高明、赤穂俊作、今井武雄(1987) 霞ヶ浦における風波による湖浜変形の実態 土木工学論文集、No. 381/2-7、pp. 161-170
- 2) 宇多高明、小菅晋、岡本正一、伊藤正光(1997) 霞ヶ浦における風波による湖浜変形の実態 海岸工学論文集、第44巻 pp. 1116-1120
- 3) 桜井善雄；土木工事と水生植物群落-その現状と課題-、水草研究会会報、No. 33, 34, 1988.
- 4) 藤原正弘、宗宮功、津野洋、藤井滋穂；水質汚濁濃度分布パターンのスプライン法による推定と合理的測定点配置の検討、水質汚濁研究、vol. 8, No. 2, 100-109, 1985.
- 5) 岡田光正；湿地の特性とその機能、水環境学会誌、vol. 17, No. 3, 142-148, 1994.
- 6) 田中周平；ヨシの生育影響要因と植栽条件に関する研究、立命館大学大学院博士論文(2002)

実験担当者

水資源開発公団関西支社	建設部設計・環境課	藤井 幹大
水資源開発公団琵琶湖開発総合管理所	環境課長	大村 朋広
	環境課係長	大島 伸介
財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構	実験センター所長	柳田 英俊
	実験センター研究員	三井 光彦

6. ヨシ植栽地における生物等の調査

1. 目的

本調査は、これまでヨシの植栽実験を実施してきた琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター内の湖岸フィールド実験施設のワンド型実験施設において、復元したヨシ帯が有する生物の生息環境及びヨシ帯の保全のための消波施設が植物・底性動物等に与える影響についての基礎的な資料を収集することを目的として、植物、底生動物の調査を実施した。また同様にヨシの植栽を行なっている木浜地区においても同様の調査を実施した。

2. 調査概要

復元したヨシ帯が有する生物生息環境としての評価及びヨシの保全のための消波施設が植物・底性動物等に与える影響について、BIYOセンターの湖岸フィールドワンド型施設および守山市木浜地区ヨシ植栽地において参考データを取得するとともに、1999年度から2002年度までの4年間の調査結果を併せて整理した。各年度における実施調査項目概要を表2-1に示す。

表 2-1 各年度における実施調査項目概要

調査項目		1999	2000	2001	2002	備 考	木浜地区実施状況
植 物	植生	○	●変更	×	×	コドラート2箇所。2000年は1999年から若干の変更	×
	植物相	○	○	○	○	全域	○
	断面調査	×	○	●追加	●追加	2000年はヨシ区、ヨシ対照区の2基線のみ。2001以降ヨシ区北側、ヨシ区南側追加	2001年1基線、2002年3基線実施
	優占種 (相観植生)	×	×	○	○	全域	○
	ヨシ生育状況	×	×	×	△秋季	秋季のみ実施	○
底生動物	定量調査	○	×	○	○	ワンド型施設ではヨシ区、対照区、消波施設外区、木浜地区では消波施設内、消波施設外、ヨシ参考区を設定	○
	定性調査	○	○	○	○		○
魚 類	定量調査	○	○	×	×	ワンド型施設のヨシ区、対照区についてのみ実施	×
	定性調査	○	×	×	×		×
水質		×	×	×	△春季		
土質		×	×	×	○		

注 1) 木浜地区での調査は2001年、2002年についてのみ実施

注 2) ○: 夏季、秋季に実施 △: 夏季または秋季のうち1季のみ実施 ×: 実施せず

3 調査項目と調査方法

3.1 植物

(1) 植物相調査

ワンド型施設および木浜地区を踏査して、出現する植物種を目視により確認し、シダ植物以上の高等植物を記録した。

(2) 優占種調査

調査地内の植生を相観的な優占種に基づき区分し、その分布状況を平面図化した。

(3) 植生断面調査

ワンド型施設のヨシ植栽地（ヨシ区）および非植栽地（ヨシ対照区）、木浜地区のヨシ植栽地において基線を設定し、基線上に出現する植物種、高さを記録した。両地区とも基線は、陸側はヨシ帯の続く範囲とし、湖側は沈水植物が存在する範囲（最大10m）までとした。

ワンド型施設内の基線の位置を図3-1に、木浜地区の基線の位置は図3-2に示す。

(4) ヨシ生育状況調査

植生断面調査において設定した各地区3箇所において、1×1mのコドラートを設定し、コドラート内に生育するヨシについてその本数、桿径、桿高の計測を行った。図3-1にワンド型施設内、図3-2に木浜地区の各コドラート位置を示す。

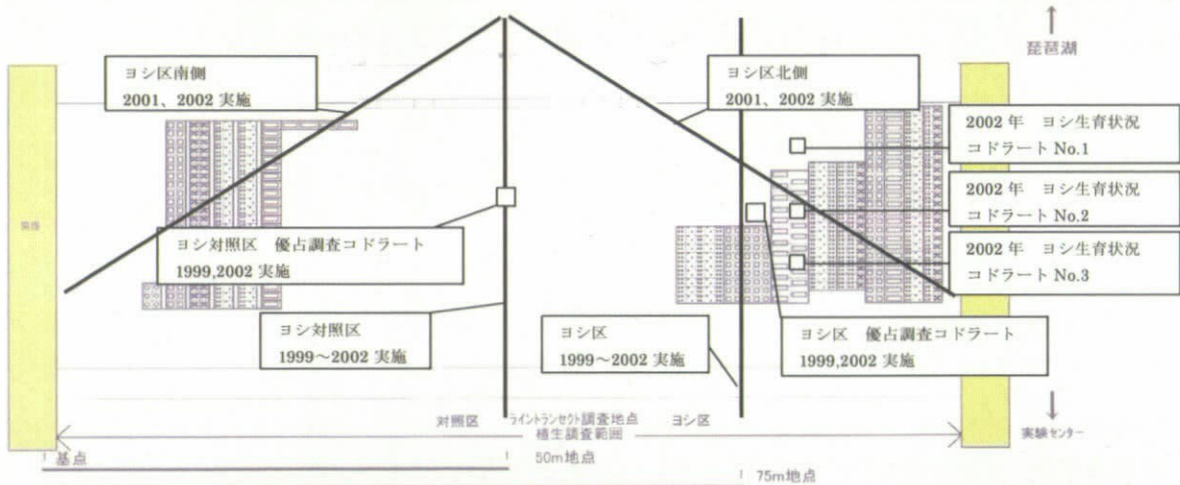


図3-1 ワンド型施設調査位置図 植物 (1999年～2002年度)

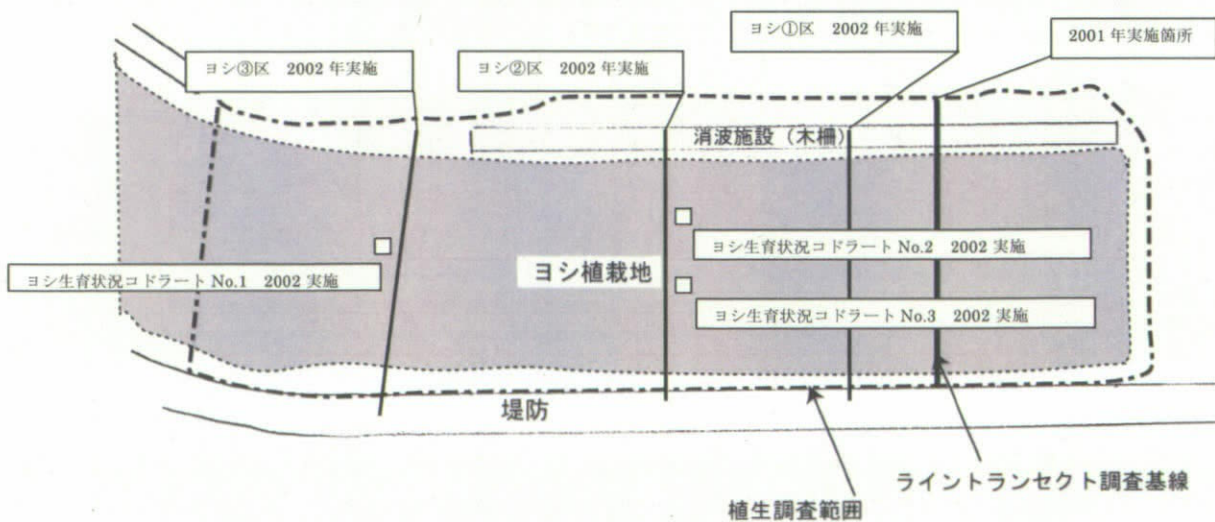


図3-2 木浜地区調査位置図 植物 (2001年～2002年度)

3.2 底生動物

3.2.1 定性調査

ワンド型施設および木浜地区において、目合い 3mm のタモ網等を用いて底生動物を採取した。

ワンド型施設では、ヨシ区（消波施設内ヨシ生育地）、対照区（ヨシの生育しない中央の開放水域）、消波施設外区（鋼矢板の湖側）の 3 区に分類し、調査を行った（図 3-3）。

また、木浜地区では、消波施設内区（消波施設内ヨシ生育地）、消波施設外区（木柵の湖側）の 2 区に分けて調査を実施した（図 3-4）。

なお、底生動物の採取努力量は、各区につき、2 人×30 分とした。採集した底生動物は、10%ホルマリン液で固定し、室内に持ち帰り、顕微鏡下で種の同定を行った。

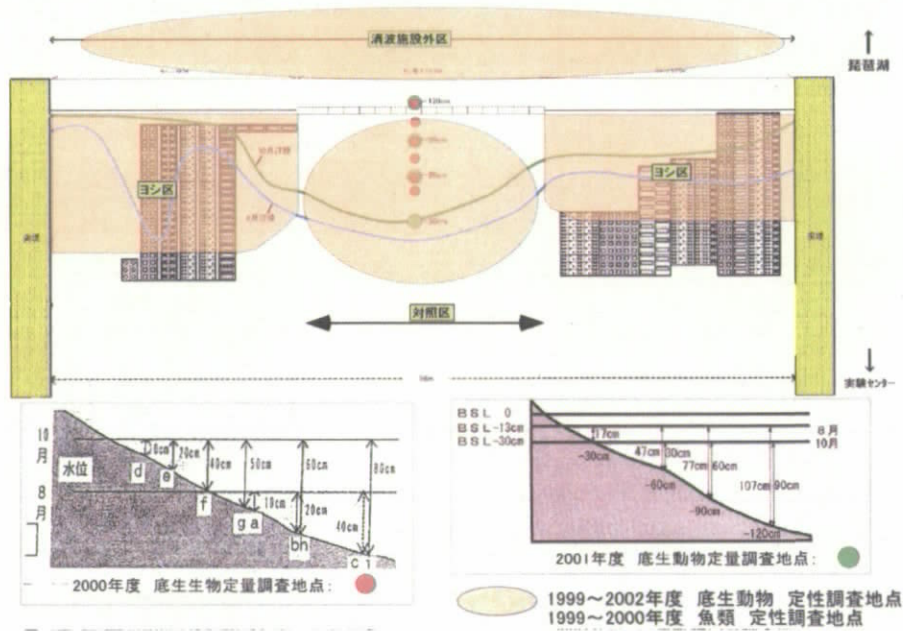


図 3-3 ワンド型施設調査位置図 底生動物・魚類 (1999 年～2002 年度)

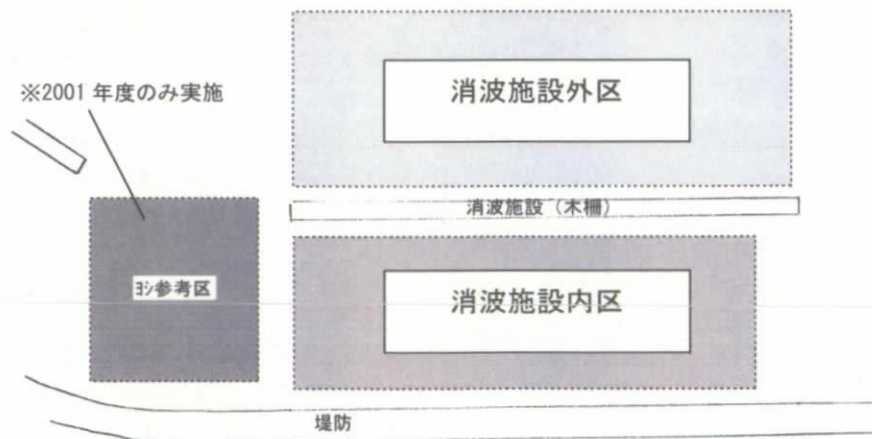


図 3-4 木浜地区調査位置図 底生動物 (2001 年～2002 年度)

3.2.2 定量調査

調査地点は定性調査と同じ地区において実施した。

採取は、25cm×25cm の方形枠が付いた目合い 0.5mm のサーバーネットを用いて行った。まずネットを水底に沈め、枠内の湖床材をネット内に集めた。次に、目合い 0.5mm のふるいを用いて、ネット内に集めた湖床材の中から底生動物を選別した。この作業を採取地点毎に 2 回行った。従って、採取面積は 25cm×25cm×2=1250 cm²/採取地点である。

採集した底生動物は、10%ホルマリン液で固定し、室内に持ち帰り、顕微鏡下で種の同定および個体数の計数を行った。

3.3 基盤環境調査

2002 年 6 月に、ヨシ帯や消波施設が水質に与える影響を把握するために水質調査を行った。11 月は、低水位のため水質調査が行えなかったため、ヨシ帯の植物や生物に大きな影響を及ぼしていると考えられる底質に関して、調査を行った。

3.3.1 水質

各地区において、ワンド型施設では、ヨシ区、対照区、消波施設外区の 3 地点、木浜地区では、ヨシ区、消波施設外区の 2 地点において、水深、pH、EC（電気伝導度）、濁度、DO（溶存酸素）、水温について計測を行った。

3.3.2 底質・植栽基盤土壌

夏季には、ワンド型施設では、ヨシ区、対照区、消波施設外区の 3 地点、木浜地区では、ヨシ区、消波施設外区の 2 地点において、底質の粒径分析と強熱減量を分析した。

秋季には、ヨシの植栽部分は干出していたが、底質（土壌）の状況をより詳細に把握するため、ワンド型施設、木浜地区で設定したヨシ生育状況調査（コドラート）地点 3 箇所、消波施設外側（湖側）1 箇所において土壌サンプルを採取し、粒径組成、pH、水温、全窒素、全リン、強熱減量、有機炭素、有効水分保持量について分析を行った。

4. 調査結果

4.1 植物の経年変化

4.1.2 ワンド型施設

(1) 植物相

ワンド型施設における経年的な植物の分類群別確認種数を表 4-1 に示す。

また、確認種を主な生活型で区分したグラフを図 4-1、生育環境の水分条件別に区分したグラフを図 4-2 に示す。

まず、種数では 1999 年に 91 種だった出現種が翌 2000 年に 156 種まで増したのち、2001 年には 92 種と減少、2002 年には 140 種と再増加している。変化が一様ではないのは、各年度における気象条件や水位変化による影響と考えられる。

出現種数の少ない 1999 年および 2001 年は、植物の主な発生期である夏季から秋季にかけて水位の低下の少ない年であり、植物生育域の水没による生育可能面積の減少が影響し

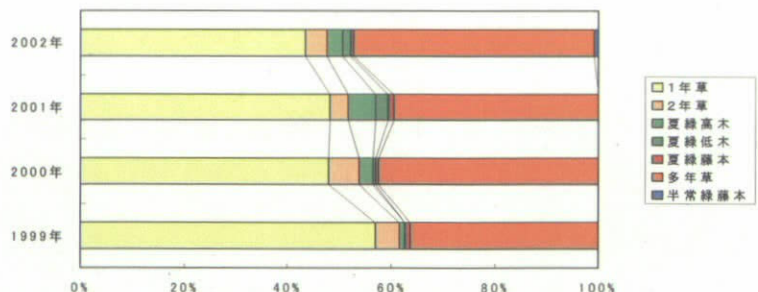


図 4-1 出現種の生活型組成の経年変化

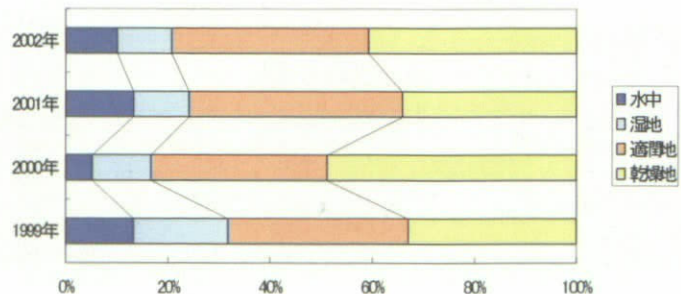


図 4-2 出現種の生育環境の経年変化

ているものと考えられる。帰化率では、調査開始時の1999年から約30%前後の高い値を維持している。

次に生活型の変化では、一年草ないし二年草が年度を経るに従って若干の減少を見せ、多年草が若干増加している。また、ヤナギ類に代表される高木、低木等が微増する傾向にある。水湿植物は年度ごとの変化が大きく、陸域の多年草である接地植物は水湿植物と組成の割合が反比例している。これは年度ごとの水位の低下状況が水湿植物もしくは接地植物のいずれかに適した状況が形成されることを示唆しているものと考えられる。また、生育環境の水分条件では、その年の水位低下状況によって組成が変化しているが、乾燥地および適潤地に生育する種の割合が大きい状態が継続的に維持されている。出現種の中では琵琶湖・淀川水系に特徴的に出現する低湿地性のいわゆる「原野の植物」(梅原・栗林, 1991)であるサデクサが2000年に、ドクゼリが2002年に出現している。

表 4-1 ワンド型施設における経年的な植物の分類群別確認種数表

分類	1999年		2000年		2001年		2002年	
	科	種	科	種	科	種	科	種
高等植物	32	91	42	156	31	92	49	140
シダ植物	0	0	1	1	0	0	2	2
種子植物	32	91	41	155	31	92	47	138
裸子植物	0	0	0	0	0	0	0	0
被子植物	32	91	41	155	31	92	47	138
双子葉植物	24	56	32	99	24	58	35	88
離弁花類	18	34	23	60	17	35	24	57
合弁花類	6	22	9	39	7	23	11	31
単子葉植物	8	35	9	56	7	34	12	50

(2) 植生断面

ワンド型施設において設定した4断面における経年的な変化を以下に示す。

a. ヨシ区

水際付近では植栽されたヨシが2000年から2001年にかけて大きく優占地域を拡大しているが、2002年には再び後退している。また、水際には2000年にはキシウスズメノヒエおよびチクゴスズメノヒエ、ウキヤガラが多かったがヨシの後退と共にウキヤガラはほとんど消失している。乾燥した陸域では、植栽されたヨシの密度がややまばらとなり、シロネ、オオオナモミといった湿性草本が2002年には見られなくなっている。また、当初から多く見られたアカメヤナギが植栽されたヨシの間隙で生長を続けている(図4-3)

b. ヨシ対照区

水際付近では秋季に水位の上昇している2000年を除き、その他の2年はフトン籠および外側の水域に水生植物群落が発達している。ただし、群落構成種のうち、フトン籠外側に成立している群落優占種は1年で大きな変化(ホザキノフサモ、コカナダモ→ネジレモ、オオカナダモ)を見せている。陸域では年度によって異なった位置に形成される水際付近にキシウスズメノヒエ(チクゴスズメノヒエ)、アメリカセンダングサ、その他路傍・水田雑草が散見される。最も陸域に成立しているヨシ群落であるが、その規模や位置にほとんど変化はない。

c. ヨシ区北側

水域では2002年の夏季を除き様々な水生植物群落が成立している。特にネジレモは過去2年間継続的に確認されている。水際付近では2001年にはキシユウスズメノヒエが優占していたのに対し、2002年では秋季にアメリカセンダングサ、オオオナモミ等の湿性一年生草本が散見された程度であった。陸域の植栽されたヨシ群落付近では、2002年秋季にヨシの密度がまばらになる傾向が認められ、チクゴスズメノヒエやシロネが増加している。

d. ヨシ区南側

水域では2002年の夏季を除き様々な水生植物群落が成立しているが、ヨシ北区と同様、ネジレモは過去2年間継続的に確認されている。水際付近ではキシユウスズメノヒエ（チクゴスズメノヒエ）の多い状況が2002年夏季まで見られるが、2002年秋季には一年生草本の点在に変化している。陸域の植生では、2001年夏季から植栽されたヨシは、一部の地域において衰退しており、キシユウスズメノヒエが一時優占した後、アカメヤナギ、オギといった植物が現在では優占した状況となっている。また、最も陸域の部分ではアカメヤナギの高木が出現している。

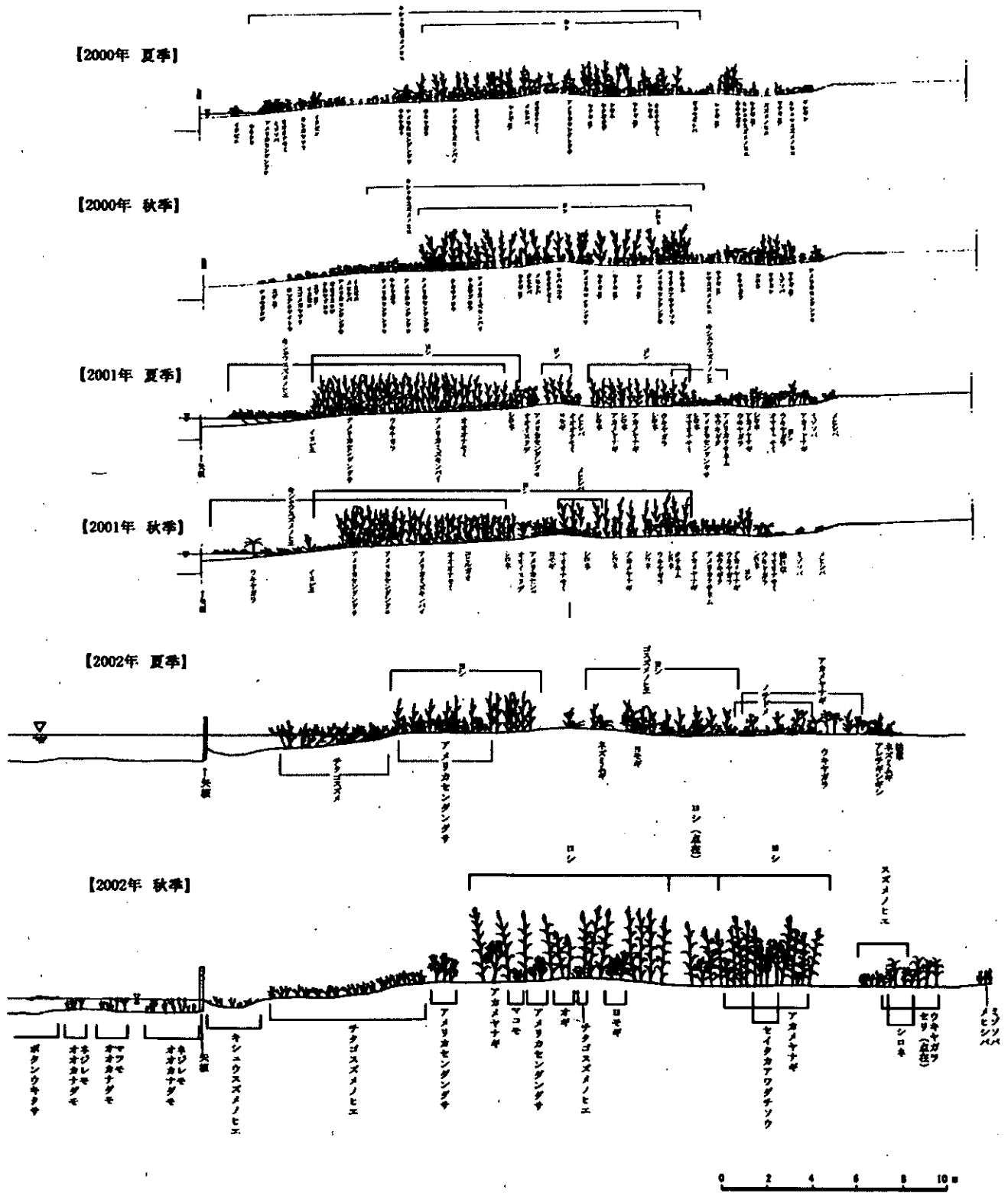


図 4-3 植生断面の経年変化〔ワンド型施設 ヨシ区 2000~2002 年度〕

(3) 優占種

2001年、2002年度調査で計4回実施された優占種調査結果について、各植生の特性等から類型区分を行った。各植生の占有割合の変化を図4-4に示す。

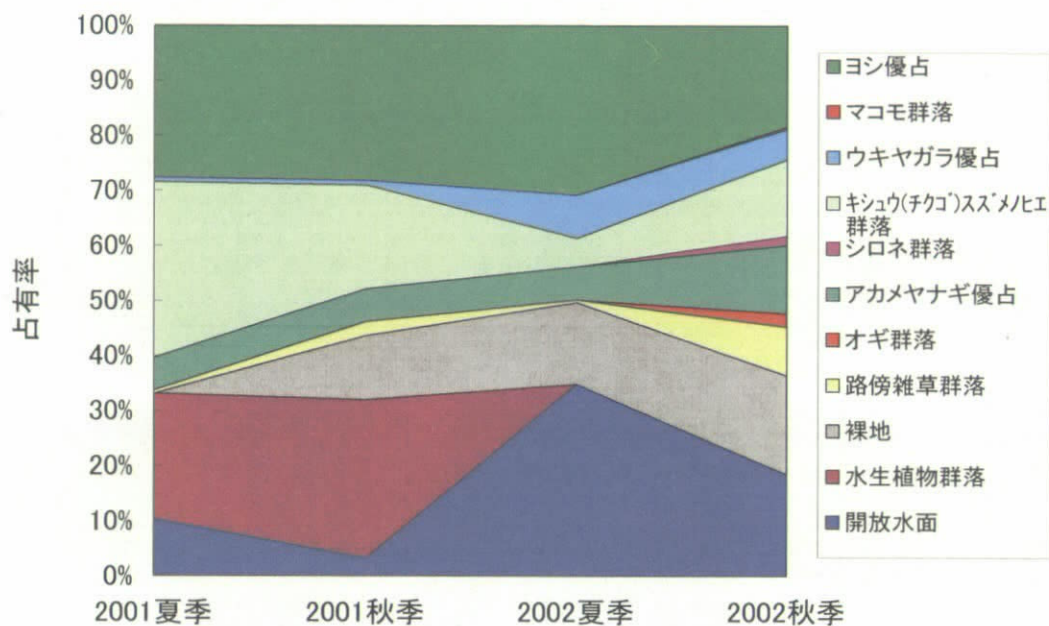


図4-4 ワンド型施設内における過去2年間の植生占有割合の変化

ワンド型施設内成立植生の大きな変化としては、以下の事項が挙げられる。

【ワンド型施設植生の変化】

- ・ 水生植物群落 が 2002 年にはほとんど消失
- ・ 若干の裸地増加
- ・ ウキヤガラ優占群落の微増
- ・ ヨシ優占群落、キシュウ（チクゴ）スズメノヒエ優占群落の減少
- ・ アカメヤナギ優占地域の増加
- ・ 優占種の細分化

2002年秋季には、湖岸に水生植物群落が確認できたものの、季節風によって漂着した植物遺体との区別が付かなかったため図示出来なかった。実際には多少の分布域は確保されているものと考えられる。

湿性湖岸を成立適地としているヨシ群落、キシュウ（チクゴ）スズメノヒエ群落は減少しており、なおかつ水際から退行している。裸地はやや増加傾向にあり、水や波による地形侵食はほとんど見られないものの、施設内は全体的に植生が水際から退行している状況であると考えられる。

また、特に北側の区域で見られる陸域の乾燥化に伴い、植栽されたヨシが衰退するとともにアカメヤナギ低木の生長、オギ群落、シロネ群落、セイタカアワダチソウ群落といった様々な優占種による群落が発生しだしており、パッチとして細分化している状況といえる。

4.1.2 木浜地区

(1) 植物相

木浜地区における経年的な植物の分類群別確認種数を表 4-2 に示す。

また、確認種を主な生活型で区分したグラフを図 4-5 に、生育環境の水分条件別に区分したグラフを図 4-6 に示す。

まず、種数では調査を実施した2年間で増加が見られた。増加した種としては、木本であるジャヤナギや、サクラタデ、ミゾソバといったタデ

類、琵琶湖沿岸に特徴的なドクゼリ、路傍雑草のメヒシバ、オオクサキビ等、マコモ、オオカナダモ、コカナダモ、ササバモ、ヒシ、ハゴロモモ等の水生植物群が挙げられる。水生植物以外の種は植栽されたヨシ群落の周辺に見られた植物である。これらから木浜地区では特に水域内の種の増加が著しく、ヨシの優占しない植栽区周辺部分における種の侵入が進んでいることが示唆される。

次に生活型の変化では、種数変化で前述したとおり、水湿植物が大きく増加しているほか、地中植物の割合が減少している。ただし、ワンド型施設で見られたような一年生・二年生草本の減少、多年生草本の増加はほとんど生じていない。また、木本類はわずかに減少している。水分条件では乾燥条件下を生育適地とする種が増加しているが、これは2002年の水位低下が著しかったことが要因であると考えられる。

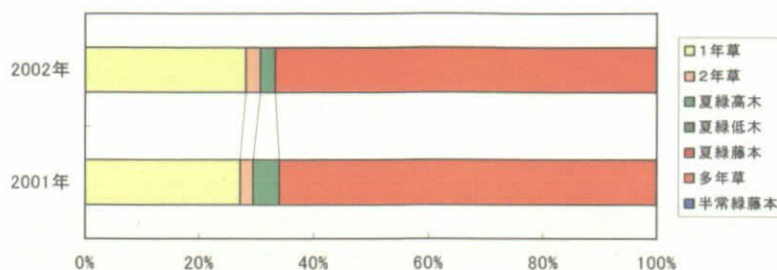


図 4-5 出現種の生活型組成の経年変化

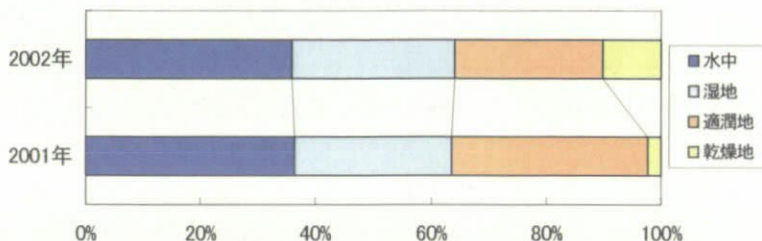


図 4-6 出現種の生育環境の経年変化

表 4-2 木浜地区における経年的な植物の分類群別確認種数表

分類	2001年		2002年	
	科	種	科	種
高等植物	20	27	25	39
シダ植物	0	0	0	0
種子植物	20	27	25	39
裸子植物	0	0	0	0
被子植物	20	27	25	39
双子葉植物	11	12	16	18
離弁花類	8	8	13	14
合弁花類	3	4	3	4
単子葉植物	9	15	9	21

(2) 優占種

2001年、2002年度調査で計4回実施された優占種調査結果について、各植生の特性等から、類型区分を行った。これに基づいて、各植生の占有割合の変化を図4-7に示す。

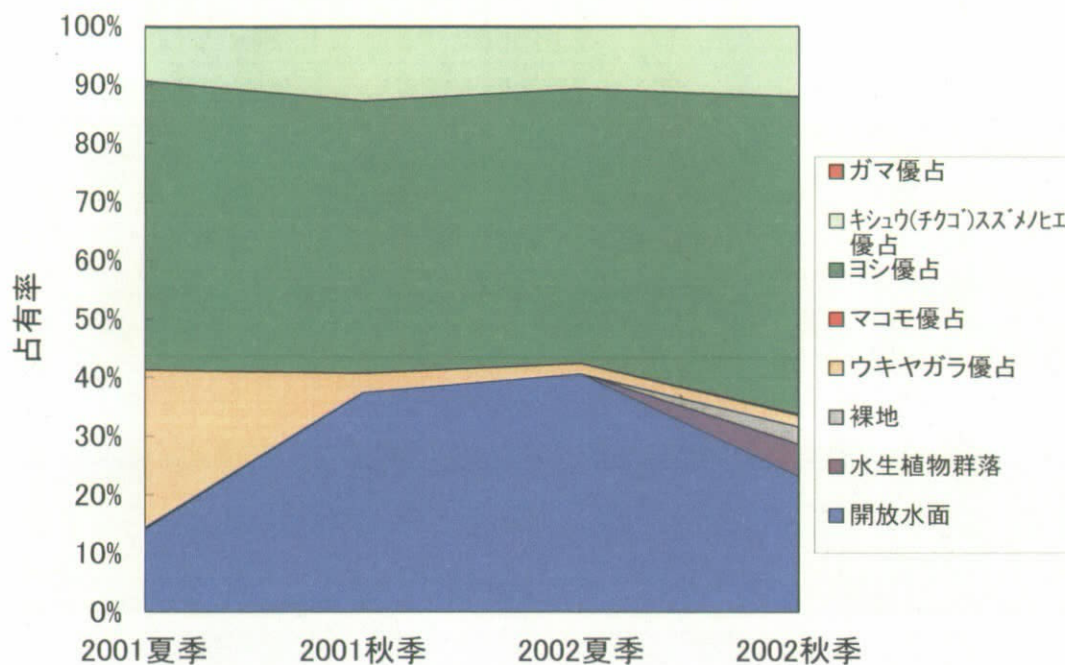


図4-7 木浜地区における過去2年間の植生占有割合の変化

木浜地区成立植生の大きな変化としては、以下の事項が挙げられる。

【木浜地区 植生の変化】

- ・ ウキヤガラ優占群落の減少
- ・ 裸地の微増
- ・ 水生植物群落の定着

木浜地区では、植栽されたヨシ群落が優占し、そのギャップにキシュウ（チクゴ）スズメノヒエ群落が分布している状況がほとんど変化無く推移している。ただし、2001年に多く見られたウキヤガラ群落についてはその分布域を大きく減少させている。この原因としては2002年の水位低下が大きく、水分を多く必要とするウキヤガラが衰退したこと、周囲のヨシがその生育域を拡大したこと等が考えられる。また、そのほかの大きな変化としては、2002年秋季に消波施設の外側で水生植物群落が確認されたことが挙げられる。

4.2 底生動物の変遷

4.2.1 ワンド型施設

(1) 定性調査

定性調査についてはヨシ区および対照区において経年的に行われているため、これらの調査結果を用いて比較を行った。

計7回の調査でヨシ区において6綱13目21科30種、対照区において6綱10目15科19種の底生動物が確認された。なお、2000年8月においては水位が低く調査可能な水域がなかったためヨシ区において調査は行わなかった。毎年確認された種としてはヒメタニシ、チリメンカワニナ、マシジミ、テナガエビ、モノアラガイ、アメリカザリガニが挙げられる。

また、定性調査にお

いて両地区で確認された種、どちらかの地区でのみ確認された種をまとめたものを表4-3に示す。共通種にはヒメタニシ、チリメンカワニナ等、毎年確認された種が多く含まれる。ヨシでのみ確認された種には昆虫類が多く含まれていた。これらの種は水際の植物帯等に生息する種が多数含まれており、ヨシ帯がこれらの種の生息環境となっていると考えられる。対照区でのみ確認された種は砂～礫底を好む種の割合がヨシ区より高かった。

次に生活型別の確認種数の比較を図4-8に示す。ヨシ区では、2000年8月において調査可能な水域がなく調査を実施できなかったが2000年10月においては約2カ月の期間で確認種数が9種まで回復していた。一般的に昆虫類は調査実施月によって種構成が変化することから季節が異なる調査結果を単純には比較できないが、種数はその後も概ね増加傾向にあると考えられる。対照区はヨシ区と比較すると確認種数に増減がみられた。しかし8月の確認種数だけをみると増加傾向にあった。

ヨシ区の生活型の構成としては匍匐型が毎回半数程度を占めている。匍匐型は湖底を徘徊して生息する種でヒメタニシ、チリメンカワニナがそれにあたり毎年経年的に確認された。遊泳型は水中を遊泳する能力のある種で水際の植物帯等を好む種が多く含まれ、イトトンボ類等がそれにあたる。遊泳型はヨシ区では安定して確認されたが、対照区では確認されない月もあったことから、ヨシ帯の存在がこれらの種の生息に有効であったと考えられる。

表4-3 ワンド型施設 ヨシ区・対照区比較表

共通種	ヨシ区でのみ確認された種	対照区でのみ確認された種
*アジイトンボ	*アモンイトンボ	*アサエ
*アメンボ	*アヤメ	*エリユスリカ亜科の一種
*イトンボ科の一種	アメリカザリガニ	カトヒラマキガイ
エラミスの一種	*アメンボ亜科の一種	シマイビル
*クロイトンボ	イガイ	タテタカワニナ
カマキガイ	イトミズ科の一種	タテホシガイ
チリメンカワニナ	カワニナ	*フタバカゲロウの一種
テナガエビ	キヤコエビ科の一種	マメタニシ
ヒメタニシ	*コフキトンボ	
マシジミ	*シカラトンボ	
モノアラガイ	*セシイトンボ	
*ユスリカ亜科の一種	*セマルカミシ	
	ナガモアラガイ	
	ナミウスミシ	
	*ハネシアメンボ	
	*ヒメアメンボ属の一種	
	*ヒメカミシ	
	ヒメモノアラガイ	
	ヒラキミズマイマイ	
	*マイコアカネ	
	ミズミズ科の一種	
	ミズミシ	

注) *は、昆虫類区

(2) 定量調査

定量調査は、ワンド型施設の対照区において 2000 年、2001 年に深さ別にコドラートを設定し調査を行った。2002 年は B. S. L.-30 cm、水深-30 cm の地点でコドラートを設定して調査を行った。これらの調査結果から経年的な比較を行った。

①地点別比較 (B. S. L. 基準)

2000 年の調査時の水位は B. S. L. 約 -40cm であった。よって、実際の底生動物の採取水深は、20cm、50cm、80cm である。この時、B. S. L. -30cm の地点は干出しており、底生動物の採取は行っていない。

B. S. L. -60cm で 13 種 910 個体、-90cm で 15 種 202 個体、-120cm で 11 種 90 個体が確認された。

2001 年の同時期における水位は B. S. L. -30cm であった。よって、実際は、水深 0cm (水際部)、30cm、60cm、90cm で採取を行った。B. S. L. -60cm で 13 種 108 個体、-90cm で 12 種 170 個体、-120cm で 17 種 277 個体が確認された。2002 年の 6 月における水位は B. S. L. 0cm で水深 30cm で採取を行った。B. S. L. -30cm で 10 種 456 個体が確認された。

2000、2001 年における確認種数は、B. S. L. -120cm で若干の違いがみられたが、顕著な差ではなかった。2002 年については 2001 年と比較すると確認種数は 19 種から 10 種に減少した (図 4-9(1))。個体数は、B. S. L. -60cm において、2000 年に 910 個体が確認されたのに対し、2001 年には 108 個体となり、大幅に減少した (図 4-9(2))。しかし、採取水深に着目すると、個体数は、最浅部で最も多く、深部に移行するにつれ急激な減少がみられるなど、2000、2001 年で同様な傾向を示した (図 4-9(2))。以上のことから、B. S. L. -60cm における個体数の年変化は、底生動物の採取水深 (2000 年が 20cm、2001 年が 30cm) の違いによるものと考えられる。

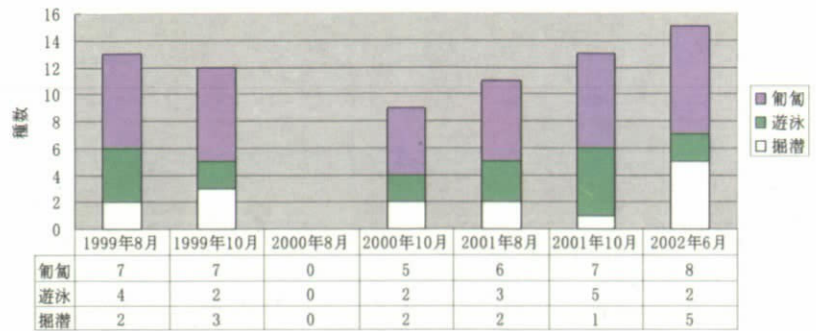


図 4-8(1) 生活型別経年変化 (ヨシ区)

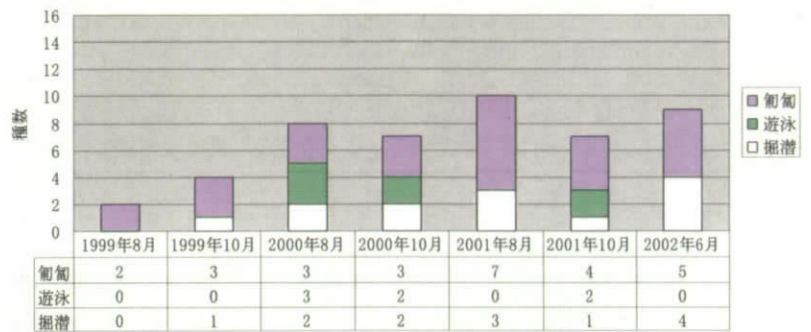


図 4-8(2) 生活型別経年変化 (対照区)

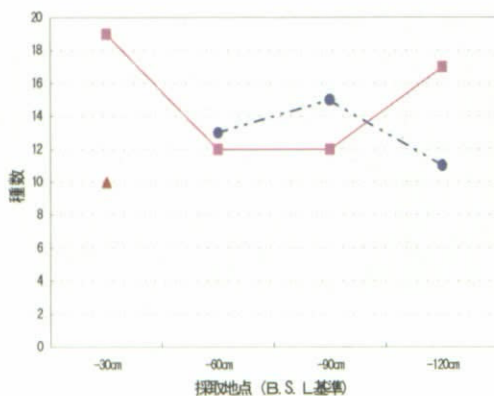


図 4-9(1) 各採取地点における種数

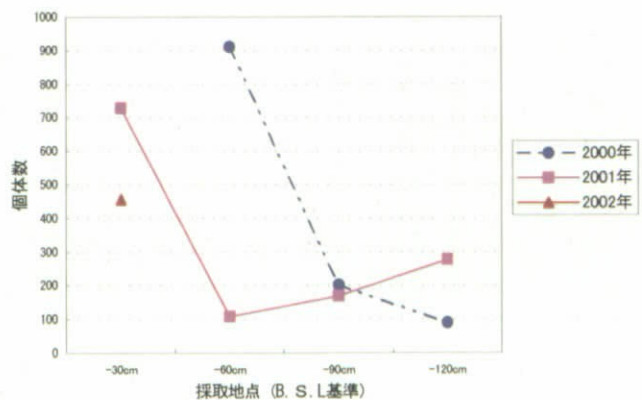


図 4-9(2) 各採取地点における個体数

②水深別比較

確認種数は、2000年においては、水深20cmで13種、50cmで15種、80cmで11種、2001年においては、0cm（水際部）で19種、30cmで12種、60cmで12種、90cmで17種、2002年は30cmで10種となり、2001年は水際部、2000年は中間部でやや多い結果となった（図4-10(1)）。

個体数は、水際部で729個体、20cmで910個体が確認されたのに対し、水深30～90cmの中間部や深部では90～456個体と少なく、3ヶ年とも、ほぼ同様な傾向が見られた（図4-10(2)）。

構成種においては、2000、2001年とも、浅部でユスリカ類やマキガイなど小型底生動物、中間部でヒメタニシ、チリメンカワニナなどの中型底生動物、深部でタテボシガイといった大型底生動物が出現しており、同様な出現傾向が見られた。

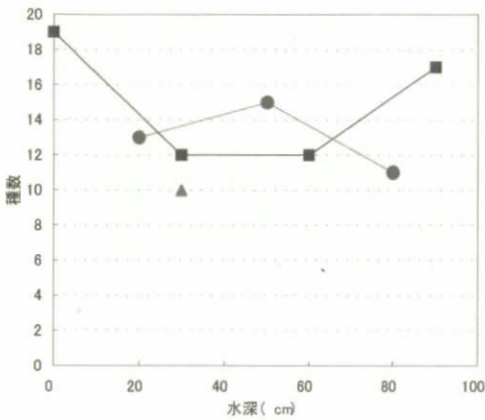


図4-10(1) 各採取地点における種数

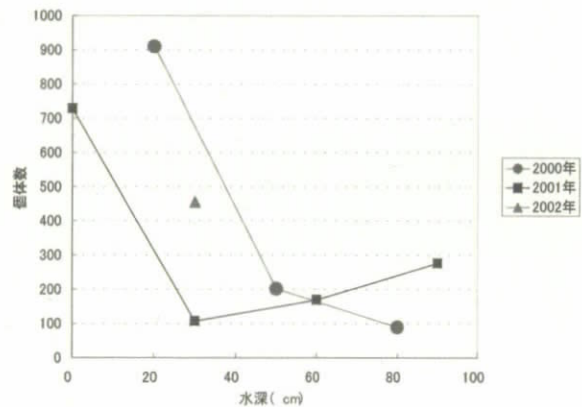


図4-10(2) 各採取地点における個体数

4.5.2 木浜地区

消波施設内区および消波施設外区では定性調査が経年的に行われているためこれらの調査結果を用いて経年的な比較を行った。

計3回の調査で消波施設内区において7綱13目18科24種、消波施設外区において5綱9目11科13種の底生動物が確認された。2001年および2002年に確認された種としてはアメリカザリガニ、テナガエビ、ミズムシ、ユスリカ亜科の一種、イトトンボ科の一種、マシジミ、イトミミズ科の一種、サカマキガイ、チリメンカワニナ、ヒメタニシが挙げられる。

また、定性調査において両地区で確認された種、どちらかの地区でのみ確認された種をまとめたものを表4-4に示す。共通種にはチリメンカワニナ、テナガエビ等、毎年確認された種が多く含まれる。消波施設内区で

表4-4 木浜地区消波施設内外の比較

共通種	消波施設内区でのみ確認された種	消波施設外区でのみ確認された種
テナガエビ	ウスムシの一種	*ユスリカ亜科の一種
キタヨコエビ科の一種	アメリカザリガニ	*ヒメタニシの一種
*ユスリカ亜科の一種	ミズムシ	タテボシガイ
*アメンボ	エリユスリカ亜科の一種	
*イトトンボ科の一種	*ハネシアメンボ	
*クロイトトンボ	*アオモンイトトンボ	
マシジミ	*アジアイトトンボ	
イトミミズ科の一種	*コフキトンボ	
サカマキガイ	*マイアアカネ	
タテボシカワニナ	イシビル科の一種	
チリメンカワニナ	エラミシの一種	
ヒメタニシ	ミスミス科の一種	
	ヒメアアラガイ	
	カガカモアラガイ	

(注) *は昆虫

のみ確認された種にはワンド型施設と同じく昆虫類が多く含まれていた。これらの種は水際の植物帯等に生息する種が多数含まれており、ヨシ帯がこれらの種の生息環境となっていると考えられる。

次に生活型別の確認種数の図を図4-11に示す。両地区ともに確認種数は調査月がそれぞれ違うことや種構成が変化するため単純には比較できないが種数は概ね増加傾向にあると考えられる。また、消波施設内区は消波施設外区と比較すると常に確認種数が多くまた、確認種数の増加率も高かった。

消波施設内区的生活型の構成としては匍匐型が毎回半数程度を占めている。掘潜型は消波施設内では種数が増加傾向であるが、消波施設外区では減少している。

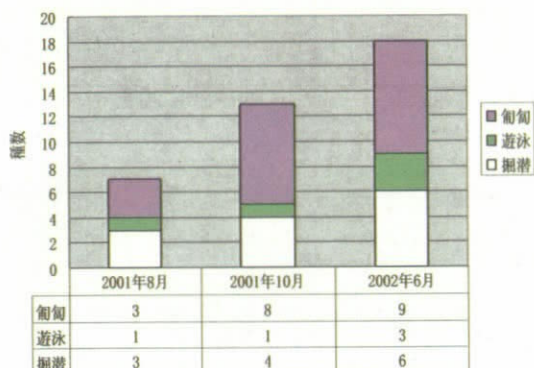


図4-11(1) 生活型別経年変化
(消波施設内区)

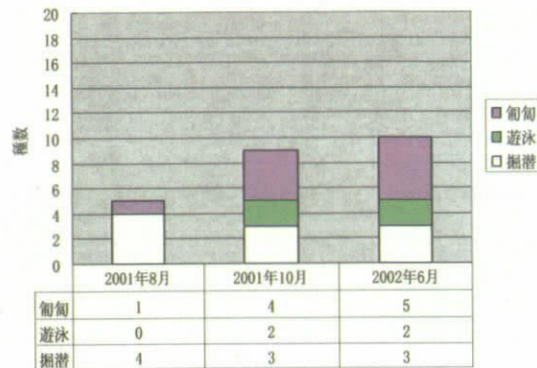


図4-11(2) 生活型別経年変化
(消波施設外区)

4.3 魚類の変遷

1999年および2000年にワンド型施設において行った現地調査によって計2目3科8種の魚類が確認された。

確認種数は1999年においてヨシ区2目3科6種、対照区2目3科7種、2000年においてヨシ区および対象区ともに1目2科2種で、1999年から2000年にかけて大幅に確認種数が減少している。これは2000年の8月が渇水によって汀線が大幅に湖側に後退しており実質調査が不可能であったことや、10月には対照区においてネジレモ、ササバモ、クロモ等の沈水植物が繁茂または漂着しており投網がほとんど使えなかったことによる調査手法の相違等が原因であると考えられる。

ヨシ区と対象区を比較すると1999年においては、確認種8種のうちヨシ区のみで確認された種はカネヒラ1種、対照区のみで確認された種はビワヒガイ、カマツカ2種で、その他の半数以上の種は両地区で確認された。これはヨシ区と対照区は隣接しており、遊泳力のある魚類はヨシ区と対照区を往来することが頻繁にあることから、地区間における明瞭な差が出なかったと考えられる。

2000年度においては両地区で遊泳魚(ブラックバス)と底生魚(トウヨシノボリとヌマチチブ)が1種ずつ確認されたが、両地区で顕著な変化はみられなかった。これは、1999年度と同じく両地区が隣接し、遊泳力のある魚類は往来することや、対照区においてはネジレモ、ササバモ、クロモ等が、ヨシ区と疑似した機能(魚類の隠れ家、餌場、波浪の緩衝等)を有し、ヨシ区と対照区の機能面における差異が明瞭でなかったこと等が考えられる。

5. まとめ

5.1 植物相の経年変化

琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター内の湖岸フィールド実験施設のワンド型施設および木浜地区において経年的に実施された植物、底生動物、魚類の経年変化を把握した結果、以下の知見が得られた。

(1) 植物

①植物相

種数では、ワンド型施設では年ごとに変動しており、木浜地区においては増加していることが把握された。ワンド型施設における種数の変動は、その年の水位変動により、植物生育域の水没による生育可能面積の減少が影響しているものと考えられる。生活型で見ると、いずれの地区も一年生もしくは二年生草本の割合の減少がみられ、多年生草本の増加が確認された。

②植生断面

いずれの地区も地形等の大きな変化は見られない。ワンド型施設ではヨシ密度の減少、群落の後退、乾燥域での衰退が確認された。木浜地区では大きな変化は見られず、ヨシの優勢な状態が継続していることが伺えた。

③優占種

ワンド型施設では以下の変化が確認された。

- ・水生植物群落が 2002 年にはほとんど消失
- ・裸地の増加
- ・ウキヤガラ優占群落の微増
- ・ヨシ優占群落、キシユウ（チクゴ）スズメノヒエ優占群落の減少
- ・アカメヤナギ優占地域の増加
- ・優占種の細分化

また、木浜地区では以下の変化が確認された。

- ・ウキヤガラ優占群落の減少
- ・裸地の微増
- ・水生植物群落の定着

④生物多様度指数

ワンド型施設のヨシ植栽域に設置したコドラートでは、キシユウスズメノヒエの優占によって他種が被圧されたため多様度指数が大きく低下していることが判明した。

(2) 底生動物

①ワンド型施設

4ヶ年、計7回の調査でヨシ区において6綱13目21科30種、対照区において6綱10目15科19種の底生動物が確認された。

毎年確認された種としてはヒメタニシ、チリメンカワニナ、マシジミ、テナガエビ、モノアラガイ、アメリカザリガニが挙げられる。

ヨシ区でのみ確認された種には昆虫類が多く含まれていた。これらの種は水際の植物帯等に生息する種が多数含まれており、ヨシがこれらの種の生息環境となっていると考えられる。対照区でのみ確認された種は砂～礫底を好む種の割合がヨシ区より高かった。

ヨシ区では一般的に昆虫類は調査実施月によって種構成が変化することから季節が異なる調査結果を単純には比較できないが、2000年8月以降、種数は概ね増加傾向にあると考えられる。対照区はヨシ区と比較すると確認種数に増減がみられた。しかし8月の確認種数だけをみると増加傾向にあった。

生活型別にみると、イトトンボ類等の遊泳型はヨシ区では安定して確認されたが、対照区では確認されない月もあったことから、ヨシの生育がこれらの種の生息に有効であった。

と考えられる。

②木浜地区

2ヶ年、計3回の調査で消波施設内区において7綱13目18科24種、消波施設外区において5項9目11科13種の底生動物が確認された。

2001年および2002年に確認された種としてはアメリカザリガニ、テナガエビ、ミズムシ、ユスリカ亜科の一種、イトトンボ科の一種、マシジミ、イトミミズ科の一種、サカマキガイ、チリメンカワニナ、ヒメタニシが挙げられる。

消波施設内区でのみ確認された種にはワンド型施設と同じく昆虫類が多く含まれていた。これらの種は水際の植物帯等に生息する種が多数含まれており、ヨシ帯がこれらの種の生息環境になっていると考えられる。

5.2 ヨシ植栽地における生物種数の変化について

植物相の経年調査の結果、ワンド型施設では4年間に91~156種の植物が観察された。また木浜地区では、2001年に27種、2002年に39種の植物が観察された。ワンド型施設では、琵琶湖・淀川水系を代表する植物であるサデクサとドクゼリが、木浜地区でもドクゼリやトチカガミが出現した。このようにヨシ帯を復元することによって、種々の植物もまた出現・生育することが確認され、植物の多様性の増加に効果が見られることが分かった。植物種は、ワンド型施設の方が多く、ヨシが優占している木浜地区では少なかったが、これはワンド型施設が湖側に傾斜しており、植栽基盤が基準水位以上から以下までであることにより、陸域から水域まで種々の植物が生育できる条件を有しているためである。これに対し、木浜地区の植栽基盤は、基準水位以下であるため、出現する種は水生植物や湿性植物がほとんどであった。

また底生動物の経年調査結果では、ヨシ植栽地とヨシが生育していない区域を比較すると植栽地の方が確認種数が多い傾向にあった。また目毎の個体数も多く、目でヨシ植栽地の方が個体数が多かった。ワンド型施設の定性調査の確認種のうち、トンボ類の4ヶ年の延べ確認種数は、ヨシ植栽地が合計8種、対照区で3種であった。このことからヨシの植栽がトンボ類の生息に有効であることが示唆された。しかし、経年的に確認された種は少なく、毎年確認種が入れ替わっていた。この原因としては、水位環境が年により安定していないこと、またワンド型施設が風等の影響を受けやすい場所に位置していることなどが考えられる。また、ヨシの植栽地では、渇水による干出後にも、水位が高くなると短期間のうち底生動物相が回復し、ヨシが生育していない場所と比較しても確認種数は多くなった。このことはヨシの生育が底生動物の回復にも有効であることを示唆しているものと考えられた。

5.3 消波施設による生物生息環境への影響

消波施設が生物生息環境へ与える影響として、消波による植生基盤とヨシの生育への影響、消波施設による返し波が沈水植物の生育に与える影響、通水状況の変化による水質や生物移動への影響等が考えられるが、今回の調査結果では以下のようなことが分かった。

① 基盤の安定とヨシの生育

ワンド施設においては、消波施設のない範囲は消波施設のある区域と比較して明らかに植物の生育状況が悪く、植物の発芽・生育する環境としては厳しいものと考えられる。また、木浜地区の方でも、木柵内は経年的に密で安定した状態を保っているのに対し、柵のない開放地域では、ヨシが徐々に消滅し、チクゴスズメノヒエに変化している傾向が見られた。

これらのことから、両植栽地とも消波施設が設置されている区域は大きく基盤が流されているようなことはなく、消波施設の有効性が確認された。ヨシの生育状況からは、木浜

地区の木柵+布団籠護岸の方が基盤の安定に効果があるものと考えられた。

② 水生植物の生育に与える影響

沈水・浮葉植物の生育が期待される消波施設外側の水域では、鋼矢板タイプのワンド施設のほうが返し波などで湖底が攪乱され、沈水植物の生育に影響することが考えられたが、ワンド施設の消波施設外では、沈水植物の生育が多く確認され、鋼矢板による返し波の影響はみられなかった。また、返し波の影響が少ないと考えられた木柵タイプの木浜地区では、年度によって沈水・浮葉植物の生育状況が変化した。

③ 水質および生物移動への影響

一般に、消波施設はその構造によって水の流れを阻害したり、生物の移動を妨げる場合がある。消波施設がヨシ生育基盤の安定には寄与しても、水質や他の生物への弊害が認められる場合には、構造や設置場所に留意しなければならない。

鋼矢板による消波施設が設置されているワンド施設では、2001年度調査においてヨシ区の奥部で底質に還元層がみられ、悪臭が認められた。ヨシ区奥部は通水性のない鋼矢板で消波施設外区と遮断されており、水交換が不十分な環境である。水質環境悪化の影響は、今回の底生動物の調査結果からは確認できなかったが、底生動物に何らかの悪影響を及ぼしていることが考えられる。一方、木浜地区に設置された木柵は通水性があり、底質や水質への影響はみられなかった。生物移動についても実際の移動状況に関する観察は行っていないが、木浜地区で用いられている木柵では目合い以下の大きさであれば可能であるため、木柵の方が望ましい形態であると言える。

実験担当者

水資源開発公団関西支社	建設部設計・環境課	藤井 幹大
水資源開発公団琵琶湖開発総合管理所	環境課長	大村 朋広
	環境課係長	大島 伸介
財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構	実験センター所長	柳田 英俊
	実験センター研究員	三井 光彦