

# 河川環境総合研究所報告

## 第 8 号

平成 14 年 7 月

(財) 河川環境管理財団  
河川環境総合研究所

## はじめに

(財)河川環境管理財団に河川環境総合研究所を開設して10年が経過しました。現在、各地域のニーズに対応するため、研究第1部、2部、3部、4部、大阪研究所、北海道研究所、名古屋事務所において調査研究業務を行っており、目下、取組んでいる調査研究の主なテーマは以下の通りであります。

- ① 水系一環の視点に立った河川環境の総合的な計画に関する調査研究
  - A 河川整備計画に関する調査研究
  - B 河川環境管理計画に関する調査研究
  - C 河川の自然再生に関する調査研究
  - D 湖沼の整備に関する調査研究
  - E 樹林帯の整備・管理に関する調査研究
  
- ② 水環境改善および河川水質浄化に関する調査研究
  - A 河川の新たな水質問題に関する調査研究
  - B 河川の水質浄化技術に関する調査研究
  - C 河川水水質浄化計画の策定に関する調査研究
  - D 下水処理水のなじみやすい放流等に関する調査研究
  - E モニタリング等に関する調査研究
  
- ③ 河川管理施設の維持管理に関する調査研究
  - A 河川維持管理計画の策定に関する調査研究
  - B 堤防の機能維持のための調査研究
  - C 河道の質的安全性の評価に関する調査研究
  - D 河川巡視・点検システムに関する調査研究
  - E 堤防の植生管理に関する調査研究
  
- ④ 河川環境教育、流域の連携・交流に関する調査研究

本報告では、このような調査研究の成果を広く関係の方々に活用していただくため発行しており、今年で第8号を発行することができました。これもひとえに国土交通省をはじめ関係各位のご指導、ご支援の賜物であり、ここに厚くお礼申し上げます次第です。

また、本報告は現場での活用を念頭に置いており、現場第一線における河川環境への取り組みに資することができれば幸いです。

当研究所では、河川環境に対する取り組みを拡充し、社会の要請に的確に応えていくべく、芦田和男、吉川秀夫、山本晃一、江川太郎、佐々木寧、山口甲、中島秀雄、各先生の指導を得つつ、一層の努力をしまいる所存でありますので、今後とも関係各位の温かいご指導、ご支援をお願い申し上げます次第です。

平成14年7月

財団法人 河川環境管理財団  
理事長 和里田 義雄

## 研究所報告の編集について

本研究所報告の編集に際しましては、下記の編集委員からなる編集会議(2002. 7. 24)を行っております。

### 編集委員

芦田 和男	工学博士	(財)河川環境管理財団	河川環境総合研究所長 兼大阪研究所長 (河川工学)
吉川 秀夫	工学博士	(財)河川環境管理財団	研究顧問 前河川環境総合研究所長 (河川工学)
玉井 信行	工学博士	金沢大学工学部土木建設工学科教授	(河川工学)
佐々木 寧	理学博士	埼玉大学工学部建設工学科教授	(植物学)
大垣眞一郎	工学博士	東京大学大学院工学系研究科教授	(水環境工学)
山本 晃一	工学博士	(財)河川環境管理財団	河川環境総合研究所 研究総括職 (河川工学)

### 事務局

(財)河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第1部

# 目 次

## I 水環境改善および河川水質浄化に関する調査研究

1. 網走湖におけるアオコ発生要因の解析について…………… 1  
大場 昭・松澤震介・久保添恭之
2. ウトナイ湖の湖底堆積速度検討…………… 8  
川人茂二・松澤震介・大西明夫
3. 山王川における植生浄化の長期実験結果…………… 13  
佐藤和明・岸田弘之・千葉知由・田仲成男

## II 河川の自然再生に関する調査研究

4. 霞ヶ浦における湖岸植生回復の検討について…………… 34  
山本晃一・戸谷英雄・福田健一・坂口喜久二
5. 淀川の生物環境の回復・保全に関する現地実験…………… 52  
川野育夫・中西史尚・辻山正甫
6. 環境型コンクリートブロックの生物生息環境に対する機能と効果…………… 64  
辻山正甫・和泉征仁・石田孝之・田中義人

## III 河川管理施設の維持管理に関する調査研究

7. 河道の質的安全性評価手法に関する研究…………… 73  
山本晃一・戸谷英雄・高島和夫・古川弘和

## IV 河川環境教育、流域の連携・交流に関する調査研究

8. 子どもの水辺復活のための課題と新たな取り組みについて…………… 82  
小川信次
9. 地域との連携の展開～木曾三川下流域における交流会議の意義と課題～…………… 87  
三日市吉朗・高垣美好・加藤真雄・加藤俊夫

# I 水環境改善および河川水質浄化に関する調査研究

# 1. 網走湖におけるアオコ発生要因の解析について

大場 昭\* 松澤 震介\*\* 久保添 恭之\*\*\*

## はじめに

網走湖では、1980年代以降にはアオコが多量に発生するとともに80年代後半には青潮も発生するようになり、水質保全対策計画を検討中である。これに関して所報7号では、平成12年度までの成果として、水理・水質・生物の全般からみた望ましい塩淡水境界層水深についての一考察を報告した<sup>1)</sup>。

平成13年度には、計画検討の一環としてアオコ発生状況と水質条件等との関係を整理したので、本報では、アオコ発生の要因に焦点を当てた報告を行う。

## 要旨

アオコ発生状況と水質条件等との関係を整理した結果、春先の無機態リンの有無がアオコの発生に影響していること、その無機態リンの存在状況は、網走湖においては青潮を含めて塩水層からの拡散により影響を受けていることが示唆された。

## 1. 網走湖における水質問題

北海道の東部に位置する網走湖は、面積約32.3km<sup>2</sup>、最大水深16.1mの湖盆に約2億3千万m<sup>3</sup>の水量を有する汽水湖である(図1・1)。

海域とは約7kmの網走川を介して結ばれ、干満の差により海水が湖内に流入し、塩水と淡水の強固な密度成層が形成されている。淡水層は好氣的条件下で富栄養の状

態となっているのに対し、塩水層は無酸素状態であり濃度比で淡水層の10倍を越える多量の窒素・リン類が蓄積されている(図1・2)。

このような条件下で、網走湖では塩水層から淡水層へ塩淡水境界層を通じて多量の栄養塩(窒素・リン)が供給されて淡水層の富栄養化を促進し<sup>2)</sup>、アオコに代表される水質障害が生じている。また、強風時には無酸素塩水層水が淡水層へ急激に供給され、淡水層が部分的に無酸素化する青潮現象が発生している<sup>3)</sup>。特に1980年代以降はアオコおよび青潮発生が頻発するようになり、早急な網走湖の水質浄化対策が必要となっている(表1・1)。

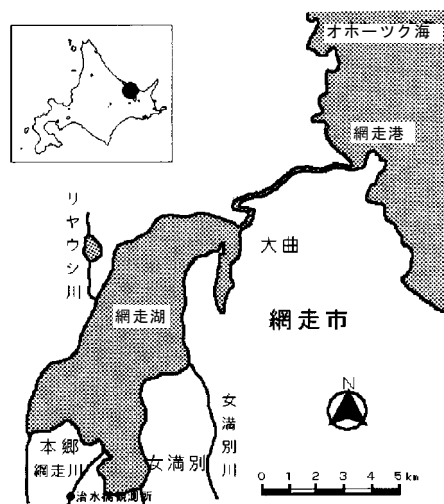


図1・1 網走湖位置図

\* (財)河川環境管理財団 北海道事務所

\*\* 国際航業(株)国土マネジメント技術本部 (前(財)河川環境管理財団 北海道事務所)

\*\*\* 国際航業(株)国土マネジメント技術本部

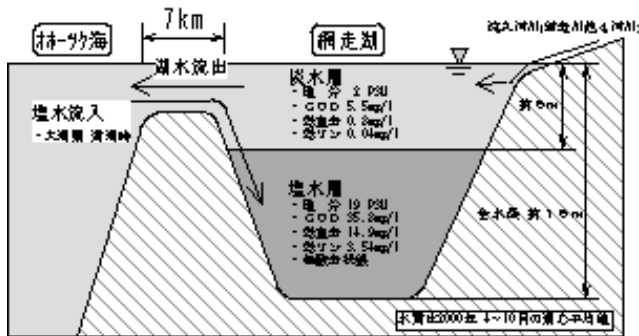


図1・2 網走湖の2重構造

表1・1 網走湖における水質障害発生記録

発生年・月	発生状況
1937	浮遊性藍藻類が黄褐色に水の華を形成。
1955. 5	アオコ大量発生。網走川へ流入。
1964. 7	アオコ大量発生。網走川へ流入。
1970. 5-6	網走川でサケ等の稚魚大量死。
1972. 5	網走川でサケの稚魚大量斃死。
1976. 7	網走湖口でアオコ大量発生。
1977. 7	網走湖および網走川でアオコ発生。魚類が大量死。
1982. 8-9	アオコ大量発生。
1983. 6-8	アオコ発生。7月には湖全域拡大。
1984. 8-9	アオコ発生。
1985. 6-9	アオコ発生。
1986. 7-9	アオコ発生。
1987. 4-5	青潮発生。5度にわたり魚介類などが大量死。
1987. 7-9	アオコ発生。
1988. 4-10	3度にわたり青潮発生。
1988. 7-9	アオコ大量発生。打上げられた大量のアオコ除去。
1989. 6-9	アオコ大量発生。打上げられた大量のアオコ除去。
1990. 4	網走湖の女満別湾でアオコ発生。
1991. 7	網走湖の女満別湾でアオコ発生。
1992. 4-5	網走湖の女満別湾で青潮3回発生。魚類等が斃死。
1992. 7	アオコ発生。
1994. 7-8	アオコ発生。
1995. 11	青潮発生。魚類等（主にエビ）が大量死。
1996. 7-8	アオコ発生。
1997. 5	青潮発生。
1997. 6-9	アオコ発生。湖北部半分程度に広がる。
1998. 7-9	アオコ発生。
2000. 10	アオコ発生。

日野修次(1992)：「アオコおよび淡水赤潮研究の現状と課題」, 産業公害 vol.28 No.6 および網走開発建設部資料により作成

## 2. 網走湖でのアオコおよび水質の状況

### 2.1 アオコの観測条件等

網走湖におけるアオコの発生は、古いものでは1930年代の記録などもあるが、継続的に観測が行われるようになったのは1990年代以降のことで、北海道開発局網走開発建設部による定期水質調査の一項目として定点調査が実施されている。短期的には植物プランクトンの日周運動など集中的な観測例もあるが<sup>4)</sup>、本稿では主として網走開発建設部による定期調査データを用いて検討を進めるので、その観測条件等について若干触れておく。

網走開発建設部の定期水質調査ではアオコの発生期間および範囲の判定に関する限りでは目視観測が基本であり、定期水質調査時に同時測定しているクロロフィル a 濃度およびアオコ発生時に行う藻類種の同定記録は、今後の解析に向けてデータを蓄積しているところである。網走湖における水質調査位置を図2・1に示す。

アオコ発生状態の目視判定基準については、1995年以前には統一的なものが無かったが、1996～97年は網走開発建設部独自の3分類（なし／線状／面状）で記録するようになった。さらに、1998年以降は「見た目アオコ指標」（国立環境研究所）に準じて観測が実施されている。

観測手段については、1993年以前は陸からの観察を基本とし、漁業関係者等からの情報や発生確認後の出船により補足していたが、1994年以降は調査船が就航して湖面上からの観測を開始した。また、頻度については2001年度以降は1回／週、それ以前は1回／月である。

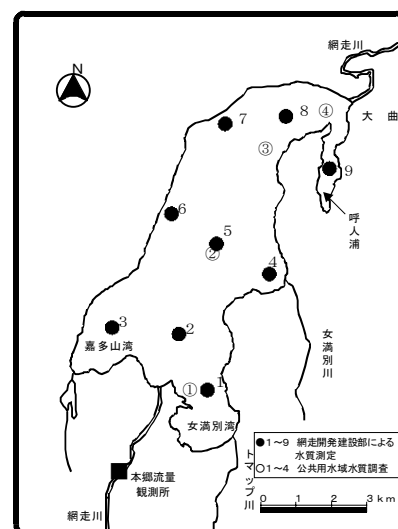


図2・1 水質調査等位置図

## 2.2 アオコ発生時の湖表層の水質

### (1) 水温、塩分

近年の湖心表層（水面下0.5m）における水温および塩分の経時変化を図2・2に、水温と塩分の分布を図2・3に示す。これらによると、アオコ発生時の水温は、約18℃以上に集中していることがわかる。一方、塩分は、近年では1995年5月の青潮発生直後を最高に約1～5PSU<sup>注</sup>の範囲で推移しており、この範囲では、塩分とアオコ発生状況・水温との特定の関係はみられない。

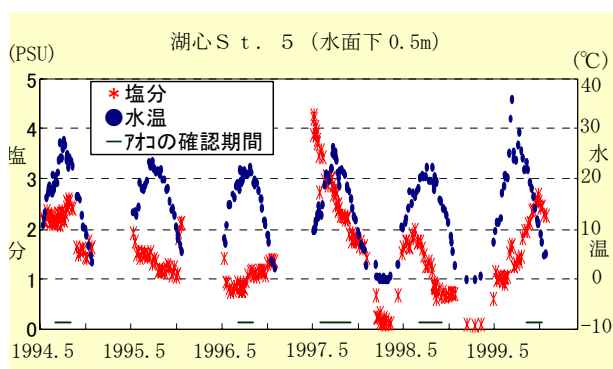


図2・2 湖心における水温・塩分の経時変化

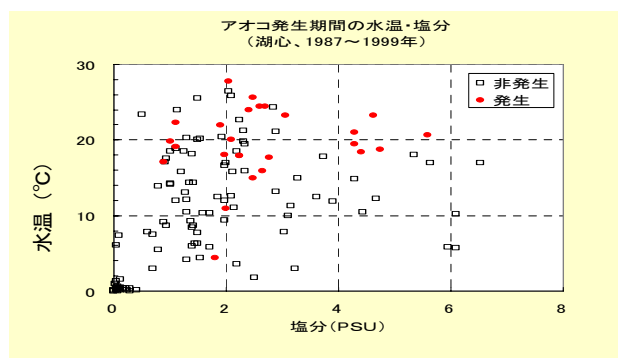


図2・3 アオコ発生報告の有無と水温・塩分の関係

### (2) クロロフィルa

近年の湖心、呼人浦、女満別湾におけるアオコの発生報告状況とクロロフィルa濃度、水温の経年変化を、図2・4に示す。ここで、湖心は網走湖の中央部かつほぼ最深部の地点であり、湖全体の平均的な水質を代表している。女満別湾は湖の流入部に近く、河川水の影響を比較的受けやすい位置であり、呼人浦は閉鎖性水域として

注) PSU とは「実用塩分」のことで、ほぼ‰と同じ値を示す。海水の塩分は約32PSU。

湖内の他地点とは異なる水質の挙動を示すことが多い地点である（図2・1参照）。

クロロフィルa濃度は、春は珪藻の急激な増殖、夏はアオコ発生による影響を受けて変動しており、春～夏季にかけて高くなる傾向がみられる。1998年のような例外もあるが、アオコ発生が確認されている時期にはクロロフィルa濃度は比較的高いことがわかる。

図2・4の観測結果を用いてクロロフィルa濃度区分別にアオコ発生報告の有無を整理した結果を表2・1に示す。

表2・1は水温の区分をしない全データをまとめたものであり、アオコの発生報告割合は、クロロフィルa濃度が60μg/l以上の時に約50%と高くなっているものの、両者の間に明確な関係はみられない。これは、春先の比較的低温下での珪藻類の急激な増殖により、クロロ

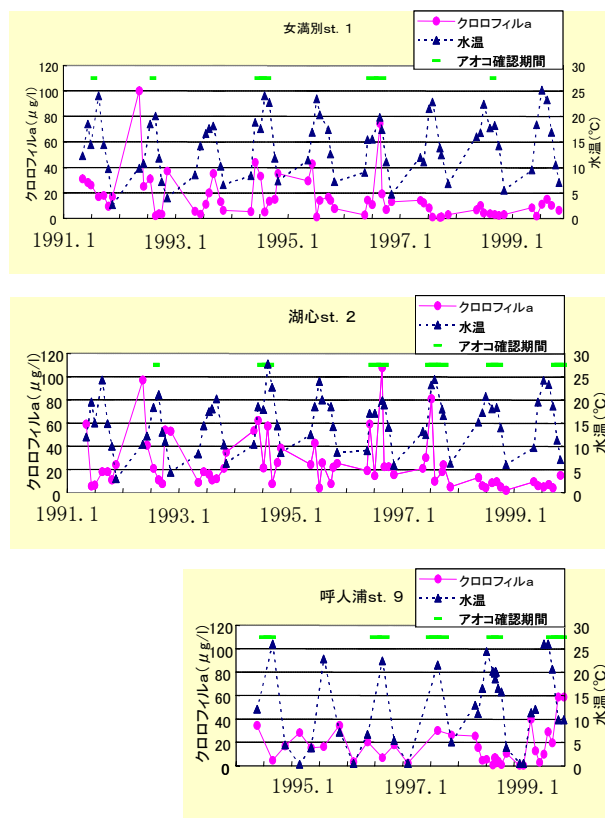


図2・4 湖心・女満別湾・呼人浦におけるクロロフィルa濃度、水温の経時変化

(湖心、女満別：公共用水域水質調査，呼人浦：網走開発建設部調査)



フィルaは高濃度になるが、可視状態にはならず、アオコ現象に該当しない状況を反映している。

そこで、前項の整理結果を踏まえて、水温18℃以上に絞って整理すると、20μg/l以上ではほとんどの場合で発生報告があることがわかる（図2・5）。

表2・1 クロロフィルa濃度別のアオコの発生報告割合

クロロフィルa μg/l	観測回数 (発生+非発生)	観測回数のうち 発生回数	アオコ発生割合 (%)
0～10	70	15	21
10～20	45	6	13
20～30	23	3	13
30～40	13	4	31
40～50	4	0	0
50～60	8	2	25
60～	6	3	50

(調査年：1991～1999年， 調査地点：湖心，呼人浦，女満別湾)

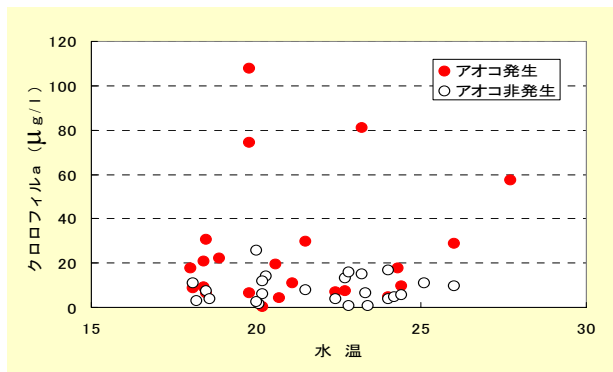


図2・5 アオコ発生報告の有無とクロロフィルa濃度および水温との関係（水温18℃以上）

(調査年：1991～1999年（7～9月），調査地点：湖心，呼人浦，女満別湾)

### (3) 窒素，リン

湖心の窒素，リン濃度の経時変化は、図2・6に示すとおりであり、年によって調査頻度が異なるので明確ではないが、いずれの年においても非常に大きな変動を示している。

特に無機態の窒素（I-N），リン（PO<sub>4</sub>-P）は、アオコ等の藻類に栄養源として吸収されることが知られており、その変動は藻類の消長に密接な関係を有していると考えられる。図2・6においても、アオコ確認期間中は無機態の窒素，リンが減少し、特に終盤には枯渇する様子がみられる。

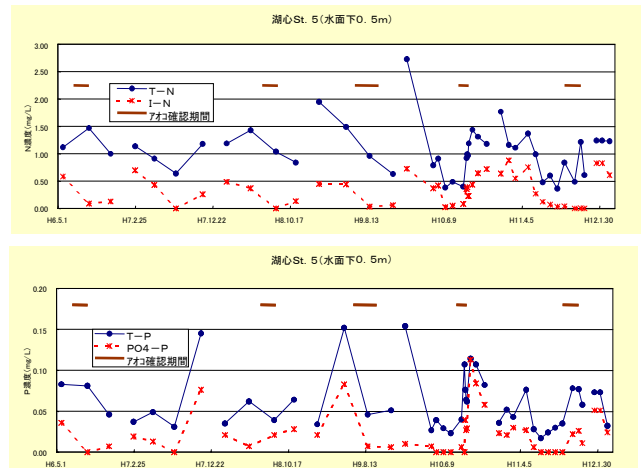


図2・6 湖心におけるN・Pの経時変化とアオコ発生

### 2.3 アオコ発生に係わる汚濁負荷の状況

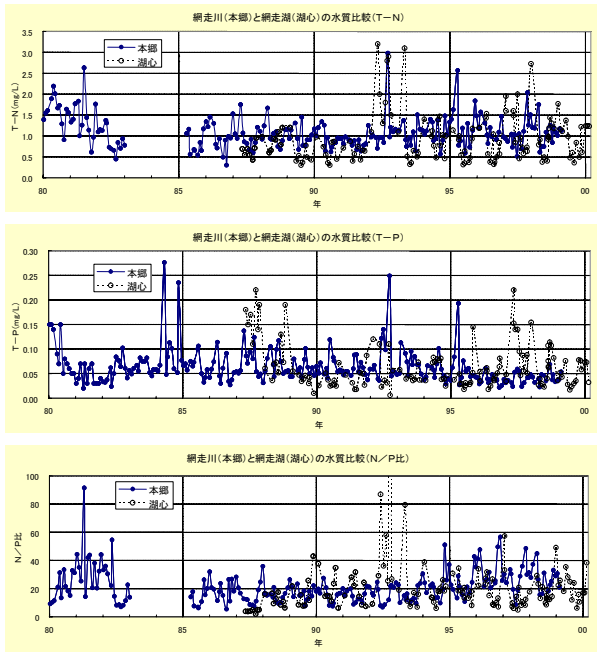
一般に植物プランクトンの増殖には、水中の窒素，リンの存在が不可欠であることが知られている。しかし網走湖でのアオコ発生時の優占種である*Anabaena*属は、窒素を空気中から固定し、体内に取り込むことができ、リンが過剰で窒素が欠乏する環境下（N/P比=7.5程度）においては、窒素を固定できない他の植物プランクトンよりも有利に増殖できるとされている。

この点に関して、網走川および網走湖心における窒素，リン濃度およびN/P比は、図2・7に示すようになる。網走川は流入するT・P・T-Nの、各々約77%を運んでいる。また、湖心は湖内の水質を代表する地点である。

リンについては網走川に比べて湖心での変動がやや大きいことが特徴となっている。

N/P比については、全期間平均で網走川が約21，湖心が約17となっており、いずれも窒素過剰の状況であるが、湖心では網走川に比べてリン濃度がやや高い傾向があり、塩水層を含め湖内でのリン供給を示唆している。

なお、窒素については湖内の方が流入河川水よりも低濃度となっているが、この原因としては細菌類の働きによる脱窒の可能性が考えられる。



期間・場所	N/P比平均	T-N平均	T-P平均	備考
全期間 (1987-1998)	20.60	1.06	0.06	
湖心	16.87	0.93	0.07	異常年1992年除く
最近5年 (1994-1998)	28.93	1.13	0.05	
湖心	17.69	0.95	0.06	

※1 N/P比平均は、個別のN/P比について平均している。

※2 1992年には、網走川における既往最大流量の洪水が発生

図2・7 網走川（本郷）と網走湖（湖心）のN、P濃度およびN/P比の変化

### 3. 網走湖でのアオコ発生条件と要因の検討

#### 3.1 水温

水温の上昇はアオコ発生の必要条件と考えられ、現地での発生報告は水温18℃以上に集中する（既出図2・3）。

網走湖でのアオコ発生時に優占的な藻類である*Anabaena*属について、水温に関する増殖特性が室内実験により明らかとなっている。図3・1には室内実験での*Anabaena*属の出現量（細胞数）と水温との関係を示す。水温18℃以上から増殖は盛んとなり、現地観測結果を支持している。

#### 3.2 クロロフィルa

アオコの発生報告は、前述のとおり、水温18℃以上で集中しているので、この水温以上でクロロフィルa濃度区分別に発生報告状況を整理した（表3・1、図3・2）。

水温18℃以上の場合、クロロフィルa 20μg/l以上では90%の割合で発生報告があることがわかる。

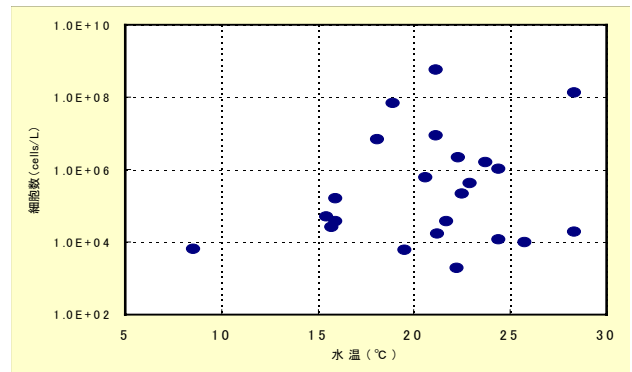


図3・1 *Anabaena* 属の出現量と水温との関係（室内実験）

表3・1 クロロフィルa濃度別のアオコ発生報告割合（水温18℃以上）

クロロフィルa (μg/l)	観測回数 (発生+非発生)	観測回数のうち発生回数	アオコ発生報告の割合 (%)
0~10	24	9	38
10~20	13	5	38
20以上	10	9	90
内 20~30	4	3	75
誤 30以上	6	6	100

（調査年：1991～1999年（7～9月），調査地点：湖心，呼人浦，女満別湾）

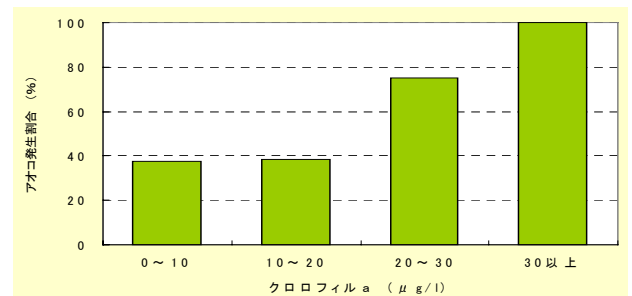


図3・2 クロロフィルa濃度別のアオコ発生報告割合（水温18℃以上）

#### 3.3 窒素，リン

アオコ現象を引き起こす藻類の増殖には窒素，リンが不可欠であることは前述したとおりであり、特にアオコ発生時にリン濃度が低下して、枯渇するような状況が認められている。また、網走湖の湖水はN/P比≒17であり、通常、窒素過剰になっているので、アオコの発生においてはリン濃度が最も影響を与えていると考えられる。

網走湖のアオコは、水温18℃を越える7月頃から発生を開始することから、その発生を支えている6～7月の無機態窒素 (I-N) および無機態リン (PO<sub>4</sub>-P) の濃度とアオコ発生の有無の関係を整理すると、表3・2に示すとおりとなる。

表3・2 アオコと無機態リン・窒素濃度、  
青潮発生の関係

区分	年 (発生月)	6~7月の 無機態Pの 存在状況*	6~7月の 無機態Nの 存在状況*	4~5月の 青潮の 発生状況	5~11月の 塩淡境界層 平均水深(m)
アオコの 発生年	1987 (7~9月)	○ (0.140)	○ (0.321)	○	5.0
	1988 (7~9月)	○ (0.044)	○ (0.560)	○	5.0
	1989 (6~9月)	×	○ (0.690)	×	6.0
	1991 (7月)	○ (0.016)	○ (0.399)	×	5.5
	1992 (7月)	○ (0.040)	△ (0.349)	○	6.2
	1994 (7~8月)	×	○ (0.121)	×	6.0
	1996 (7~8月)	○ (0.017)	○ (0.487)	×	6.2
	1997 (6~9月)	○ (0.066)	○ (0.818)	○	6.5
	1998 (7~9月)	○ (0.035)	○ (0.040)	×	7.2
	1999 (9~11月)	○ (0.175)	○ (0.240)	×	7.0
非 発生年	1990	×	△ (0.231)	○	5.0
	1993	△ (0.020)	○ (0.650)	×	6.5
	1995	△ (0.033)	○ (0.760)	×	6.0

\* ( ) 内の値は、6~7月における無機態P・Nの最大値。 単位：mg/l

\* 公共用水域水質測定（湖内4地点）データに基づき、6~7月の無機態N・Pの存在状況を以下のとおり整理

- ：6月・7月ともに、1地点以上で測定限界以上の濃度を観測
- △：6月・7月のいずれかが、全地点で測定限界未満の濃度(欠乏)
- ×：6月・7月ともに、全地点で測定限界未満の濃度(枯渇)

アオコの発生年においては、湖水中に無機態リンが存在している年が多く、反対に非発生年においては無機態リンが欠乏または枯渇している年が多いことが認められる。無機態窒素については、枯渇している年にアオコ発生が見られたり、また、豊富に存在している年にアオコの発生が見られない年もあることから、アオコ発生と無機態窒素濃度には明瞭な関係は認められない。

また、春期に青潮が発生している年は、ほとんどアオコも発生する傾向が認められる。

これらの関係を整理すると、表3・3のとおりである。

表3・3 アオコ発生に関わる諸条件と発生報告状況

アオコ発生に関わる諸条件	アオコ発生 /該当年	アオコ発生 報告の割合
・春期（6~7月）に無機態リンが存在している	8年/10年	80%
・春期（6~7月）に無機態リンが枯渇、欠乏している	0年/3年	0%
・春期（4~5月）に青潮が発生している	4年/5年	80%

### 3.4 塩淡境界層水深

網走湖では干満の差により海水が湖内に流入し、塩水と淡水の強固な密度成層が形成されている。この塩分の躍層を塩淡境界層と呼び、網走湖では便宜的に塩分10PSUの水深を塩淡境界層水深としている。

網走湖の年平均塩淡境界層水深は、網走地方気象台の年平均降水量や網走川の年平均流入水量が多くなるほど下降する傾向が、既往論文等で指摘されており、図3・3に示すとおり、1987年以降についても、同様な傾向が維持されている。

この期間でアオコの発生と塩淡境界層水深との関係を見ると、アオコ発生年の塩淡境界層水深は約5~7mの間で変化しており、いずれの深さでもアオコの発生が報告されていることから、塩淡境界層水深とアオコ発生との直接的な関係は認められない。

ただし、前項のとおり、塩淡境界層水深は青潮の発生を介してアオコの発生に影響を与えていると考えられる。

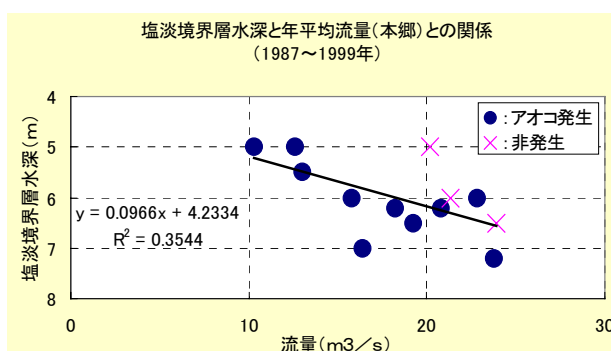


図3・3 年平均境界層水深および年平均河川流量とアオコ発生状況

### 3.5 まとめ

- 1) 網走湖におけるアオコの発生は、水温18℃以上で、かつクロロフィルa濃度が20μg/l以上の場合に、90%の割合で報告されている。
- 2) アオコの発生期間中には湖内の代表地点としての湖

心で無機態の窒素・リンの減少が見られる。

- 3) 湖内の無機態リンは、網走川流入水に比較して濃度が高く、塩水層からの移流拡散による淡水層への供給が示唆される。その結果、湖内のN/P比は低くなり、窒素固定が可能な*Anabaena*属にとって比較的有利な状況を形成していると考えられる。
- 4) アオコの発生は、春期の無機態リンの存在により大きく影響されている。
- 5) 春期に青潮が発生した年のうち80%の年でアオコの発生が報告されている。これら4)5)を併せて、網走湖におけるアオコの発生については、塩水層からの移流拡散による無機態リンの有無の影響が大きいと考えられる。

## 4. 今後の課題

### 4.1 クロロフィル a 低濃度時のアオコ発生と栄養塩類の関係解析

本稿の解析に用いたデータは、目視観測基準が経年的に統一されていない。また、目視観測と対比させた水質データも、アオコの発生時期および範囲に可能な限り近い測定時期・位置のものを採用したが、必ずしもジャストポイントでないデータも含んでいる。

しかし、本文で触れたとおり、網走湖におけるアオコ観測は、目視判定の基準の更新や調査手段および頻度を改善しつつデータを蓄積しているのが現状である。これにより、今後は、時間的にも空間的にもほぼジャストポイントのデータが得られ、目視観測結果と水質データを時系列的に並べて直接的かつ詳細な比較検討が可能となるものと思われる。

このような、より良質のデータが揃った段階で再整理を行うことにより、単純に同一項目の精度向上だけではなく、本稿では詰めきれなかったクロロフィルa低濃度時のアオコ発生と栄養塩類の関係を掘り下げて検討することが期待される。

### 4.2 モデル解析への適用

湖沼管理では、一般的に現地観測とモデルによる予測の2つを立脚点として対策の検討を行う。本稿では現地観測の結果から、アオコの発生条件を検討した。

今後は、本稿で示されたクロロフィルa濃度とアオコ発生報告の割合との関係を用いて、アオコの数値モデル

によるクロロフィルa濃度計算結果の検証を行うことが可能と考えられる。

なお、アオコ発生の数値計算モデルに関する既往の研究では網走川上流からのリンの負荷量を削減することでクロロフィルa濃度のピークを低下できるとの報告があり<sup>5)</sup>、今後の水質保全対策計画を検討するうえで示唆に富む指摘といえよう。

## 謝辞

本稿は、北海道開発局網走開発建設部による検討業務の一部をとりまとめたものである。検討にあたり、ご指導、ご助言をいただいた網走開発建設部治水課の担当者に感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 葛西ほか (2001) : 「網走湖における塩淡水境界層水深について」、河川環境管理財団、河川環境総合研究所報告第7号
- 2) 田村ほか (1995) : 「網走湖における富栄養化現象」、第6回世界湖沼会議霞ヶ浦'95論文集, p893-896
- 3) 久保添ほか (1995) : 「網走湖における青潮現象のモデル化と発生条件の解析」、第6回世界湖沼会議霞ヶ浦'95論文集, p953-956
- 4) 三沢大輔ほか (1997) : 「網走湖における植物プランクトンの日周期運動とアオコの発生に関する研究」、第24回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, II-95, p290-291
- 5) 三沢大輔ほか (1997) : 「網走湖におけるアオコの発生に関する研究」、第52回土木学会年次学術講演会講演概要集, II-384, p768-769

## 2. ウトナイ湖の湖底堆積速度検討

川人 茂二\* 松澤 震介\*\* 大西 明夫\*\*\*

### 1. はじめに

ウトナイ湖は、北海道の南西部、樽前山の東麓に位置する周囲17km、面積2.1km<sup>2</sup>、平均水深0.6m、湖面標高約2mの海跡湖である。湖の周辺には、原野や湿原が広がり、豊かな自然が残され、春と秋にはガン・カモ類やハクチョウが多数飛来し、壮観な景観が見られる北海道でも屈指の水鳥の楽園・湿原動植物の宝庫となっており、1981年、日本最初のバードサンクチュアリに、また1991年、国内4番目のラムサール条約登録湿地に指定された。

一方、1981年(S.56)の大水害後、市街地を横断する勇払川をウトナイ湖に流入させ、洪水時の調整池として機能させるとともに、ウトナイ湖の水位低下の抑制を目的とした河川改修工事が計画された。河川改修工事に先立ち、様々な項目についてのアセスメントが行われたのち、平成11年1月に河川の切り替えが実施された。

河川切り替え後は、継続的に流入出土砂・水質・地下水水位変動等の水理、動植物など生態系への影響を検討するための各種調査検討が実施されている。

本稿では、河川改修工事によるウトナイ湖の流入出土砂変動を評価する基礎資料を得ることを目的として堆積速度の検討を行なったので報告する。

### 2. 調査方法

#### 2.1 湖床測量調査

1995年(H.7)と1998年(H.10)から2001年(H.13)までの毎年、測線を50mピッチで設定し、測線上10m間隔で湖床測量を実施した。なお、底質状況は強固な火山灰上に泥が堆積しているため、基盤高、泥高および湿地高と区分し計測している。基盤高はアルミ製標尺に体重をかけても沈まない地点、泥高はアルミ製標尺が十分のる固さがあり、アルミ製標尺の重さでとまる点、湿地高は湿地(葦原地帯)の上面として区分した。

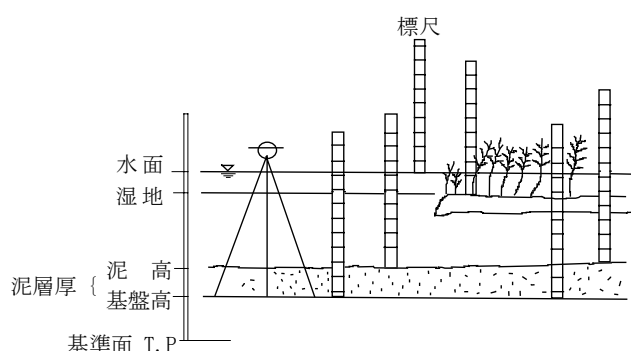


図2・1 湖床測量概念図

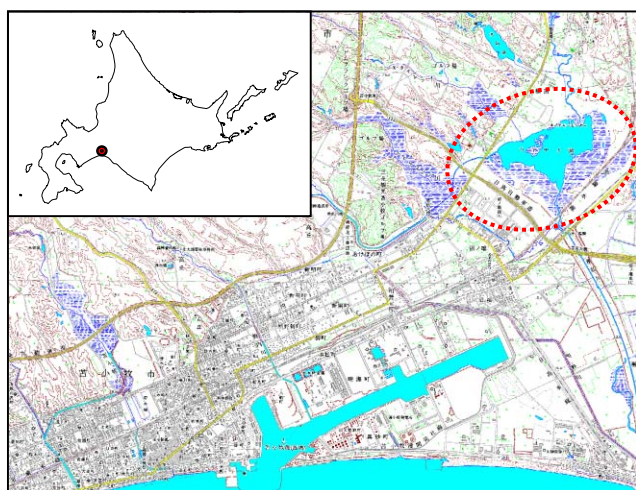


図1・1 ウトナイ湖位置図

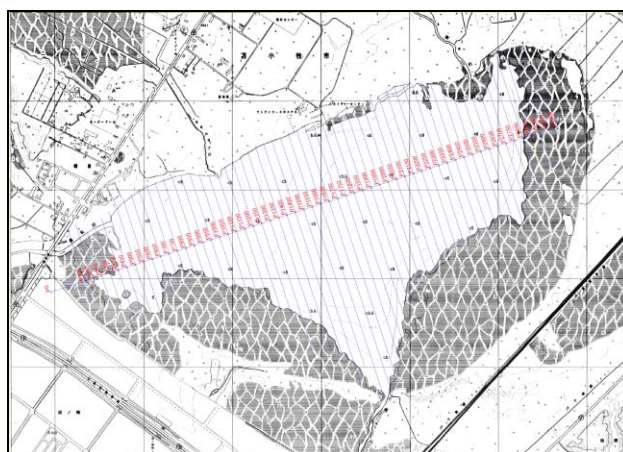


図2・2 湖床測量測線図

\* (財)河川環境管理財団 北海道事務所  
\*\* 国際航業(株)国土マネジメント事業本部 (前(財)河川環境管理財団 北海道事務所)  
\*\*\* 国際航業(株)国土マネジメント事業本部

湖床測量結果より算出される堆積速度の信頼性を確保するために、鉛210法による年代測定を実施した。鉛210法による年代測定は次のような原理である<sup>1)</sup>。

地殻中に含まれるウラン-238 (238U) から放射壊変で生成されるラドン-222 (222Rn) は、気体であるため大気中に逃散する。大気中の222Rnの大部分は壊変して鉛-210 (210Pb) となり、エアロゾルとして降水に取り込まれて、再び地表に戻ってくる。降水となり湖水や海水に導入された210Pbは、水中のラジウム-226 (226Ra) から生成してくる210Pbとともに、水中の懸濁粒子に吸着され、水中の懸濁粒子は、雪のように水底につぎつぎに積っていく。210Pbおよび堆積粒子の底泥表面への沈積速度が一定で、かつ堆積後再移動しなければ、底泥表面とある深さでの底泥中の210Pb濃度、および210Pbの半減期22.2年からその底泥が表面にあった時期を求め、平均堆積速度を算出することができる。

鉛210法による年代測定の試料採取地点として、河川改修工事により切り替えが行われた勇払川流入部の1地点について、柱状採泥器により試料を採取し、表層から深さ20~30cmで火山灰（基盤）になることから、表層より0~2, 2~4, 4~6, 6~8, 14~16cmの5層を分析した。



図2・3 試料採取地点



図2・4 サンプルング状況

### 3. 調査結果

#### 3.1 湖床測量調査による調査結果

2001年 (H.13) の基盤高の等深線図および泥層厚分布図を図3・1に示す。1995年 (H.7) から2001年 (H.13) にかけて基盤高の大きな変動は見られなかった。基盤高は湖の北東部で低く、基盤高の低い地点で泥層厚が高い傾向が見られた。風浪に起因する湖流により堆積物が巻上げられ移動し、より風浪の影響が少ない基盤高の低い場所に集まっていると推測された。北岸では泥層厚が100cm以上の箇所があり、水生植物の腐植物が夏季に卓越する南風により北岸に押し流され堆積したものが大量に存在するためである。

湖内における各測線の10m間隔の値を用い比較した基盤高は1995年 (H.7) と1998年 (H.10) で3.0cmの変化があるものの、それ以降はほとんど変化が見られなかった。比較的密度の大きな火山灰 (2.5g/cm<sup>3</sup>以上) である基盤高が変動することは考えにくく、1995年とそれ以降の湖床測量で測線密度および泥高測定密度の違いによるものと推定される。なお、泥層厚は増減の範囲が広く、最大で約90.0cmの変動箇所が見られた。これは主に北岸の測点であり、先に述べた腐植物の影響である。

堆積速度を求めるために重要な泥層厚の平均値は1995年から1998年の3年間で3.0cm、それ以降は1年あたり約1.0cm程度で増加していた。

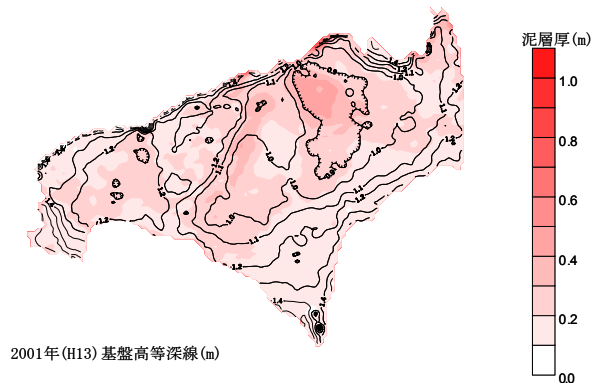


図3・1 基盤高の等深線図・泥層厚分布図

表3・1 基盤高・泥高・泥層厚の変化量

		1995年(H7) ~1998年(H10)	1998年(H10) ~1999年(H11)	1999年(H11) ~2000年(H12)	2000年(H12) ~2001年(H13)
基盤高 (cm)	平均	-3.1	-0.3	0.0	0.1
	最大	75.0	29.0	32.0	13.0
	最小	-64.0	-20.0	-61.0	-14.0
泥高 (cm)	平均	0.4	0.4	0.9	0.6
	最大	33.0	33.0	75.0	44.0
	最小	-25.0	-25.0	-19.0	-20.0
泥層厚 (cm)	平均	3.1	0.7	1.0	0.6
	最大	50.0	31.0	92.0	45.0
	最小	-90.0	-27.0	-32.0	-20.0

※1995年(H7)~1998年(H10)は3年間の変化量を示す。

### 3.2 鉛210法による堆積速度調査結果

分析した各層の含水率、土粒子密度、および鉛210濃度を表3・2、積算重量深度(g/cm<sup>2</sup>)に対する含水率および鉛210濃度のグラフを図3・2に示す。ここで、それぞれの深度における堆積速度(cm/年)は圧密の影響で深くなると減少する。圧密の影響を削除するために、単位面積あたりの堆積重量(積算重量深度)を用いて堆積速度を求める。各層の鉛210濃度からバックグラウンド値を差し引いた値をPb210exとして表3・2の右欄に示した。また、積算重量深度に対するPb210exのグラフを図3・3に示した。図3・3で得られた式から平均重量堆積速度(g/cm<sup>2</sup>/年)を求めた結果、0.028(g/cm<sup>2</sup>/年)であった。また、この値を0-2cm層の条件下において高さで示すと、0.189(cm/年)であった。さらに各層に年代をあてはめ表3・3に示した。

ただし、鉛210を用いた年代測定は、堆積物の性状および堆積速度が一定であり、かつ堆積したものが移動しないことが前提であるが、土粒子密度の結果をみると、0~2cm層で2.183(g/cm<sup>3</sup>)、2~4cm層で2.539(g/cm<sup>3</sup>)、4~6cm層で2.520(g/cm<sup>3</sup>)、6~8cm層で2.743(g/cm<sup>3</sup>)という値である。このことは各層における堆積物の性状の違いを示しており、過去に大きな洪水等、堆積状況が変化する時期があったと推定でき、鉛210による年代測定に不向きな試料であるといえた。この原因の一因として、強風時に基盤である火山灰層の堆積物までが表層に巻上げられていることが推定できる。

表3・2 各層の含水率、土粒子密度、および鉛210濃度結果

地点	深さ (cm)	含水率 (%)	泥の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )	間隙率 (%)	積算重量深度 (g/cm <sup>2</sup> )	鉛-210 (dpm/g)	Pb210ex (dpm/g)
0-2	1	86.1	2.183	1.081	93.1	0.15	9.66 ± 0.011	8.43 ± 0.012
2-4	3	66.6	2.359	1.238	82.5	0.71	5.36 ± 0.008	4.12 ± 0.010
4-6	5	43.1	2.520	1.523	65.6	1.99	2.33 ± 0.006	1.09 ± 0.008
6-8	7	25.2	2.743	1.906	48.0	4.29	1.24 ± 0.006	- - -
8-10	9	28.3	2.679	1.816	51.4	7.01	- - -	- - -
10-12	11	36.0	2.557	1.639	59.0	9.36	- - -	- - -
12-14	13	36.3	2.685	1.666	60.5	11.47	- - -	- - -
14-16	15	36.8	2.564	1.627	59.9	13.56	1.69 ± 0.006	- - -
16-18	17	33.9	2.564	1.676	56.8	15.70	- - -	- - -
18-20	19	29.9	2.604	1.760	52.6	18.04	- - -	- - -
20-22	21	25.6	2.754	1.901	48.7	20.69	- - -	- - -
22-24	23	23.4	2.799	1.970	46.1	23.61	- - -	- - -
24-26	25	21.6	2.687	1.969	42.5	26.67	- - -	- - -
26-28	27	23.1	2.717	1.945	44.9	29.71	- - -	- - -
28-30	29	24.8	2.646	1.879	46.6	32.61	- - -	- - -
30-32	31	25.7	2.664	1.866	48.0	35.41	- - -	- - -
32-34	33	24.3	2.640	1.888	45.9	38.23	- - -	- - -
34-36	35	26.4	2.655	1.848	48.8	41.02	- - -	- - -
36-38	37	24.1	2.558	1.860	44.8	43.79	- - -	- - -
38-40	39	25.1	2.614	1.860	46.7	46.59	- - -	- - -

\*Pb210exとは各層の鉛-210濃度からバックグラウンド値を差し引いた値

バックグラウンド値 1.24 ± 0.006

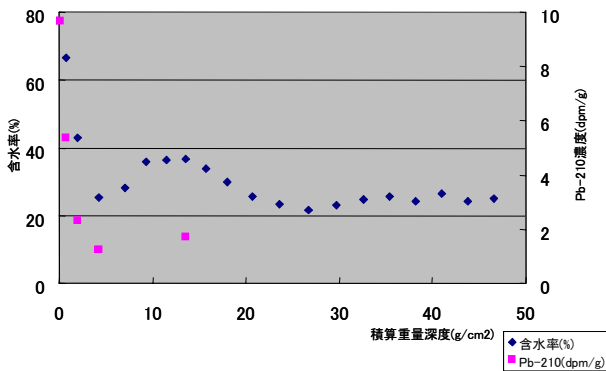


図3・2 積算重量深度に対する含水率，鉛210濃度

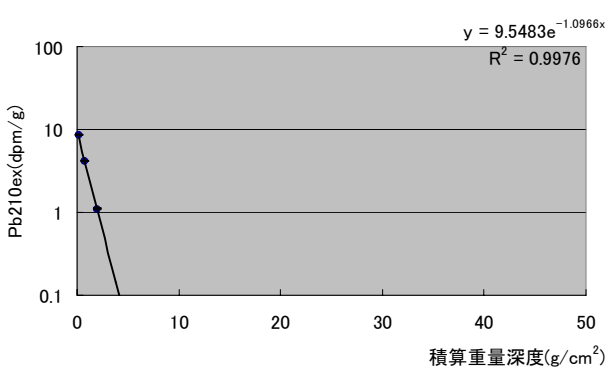


図3・3 積算重量深度に対するPb210ex

表3・3 各層の年代(年)

層	深さ	堆積年数	西暦
0-2	1	5.3	1995.7
2-4	3	25.1	1975.9
4-6	5	70.1	1930.9
6-8	7	150.6	1850.4
8-10	9	-	-
10-12	11	-	-
12-14	13	-	-
14-16	15	-	-
16-18	17	-	-
18-20	19	-	-
20-22	21	-	-
22-24	23	-	-
24-26	25	-	-
26-28	27	-	-
28-30	29	-	-
30-32	31	-	-
32-34	33	-	-
34-36	35	-	-
36-38	37	-	-
38-40	39	-	-

## 4. 解析および考察

### 4.1 調査結果の解析および考察

湖床測量結果からは1995年(H.7)から2001年(H.13)まで測線間隔，測量点数の差異はあるものの，堆積速度は変わらず約1 (cm/年)であった。測点は6000点近く，北岸での浮泥の堆積状況等，局所的な堆積・侵食傾向を把握することができたものの，底質表層の重量に換算すると3000 (ton/年)の堆積重量になり，湖内全体の収支からみて過大な堆積速度であった。

鉛210法による堆積年代算定法は，堆積物の性状および堆積速度が一定であり，かつ堆積したものが移動しないことが前提である。巻き上げにより底質上層にまで火山灰が含まれ，良好な結果が得られなかったが，堆積速度1.9 (mm/年)が得られた。

### 4.2 火山編年法による検討

ウトナイ湖周辺に火山灰の基盤が堆積したのは，樽前山の噴火による約330年前である<sup>2,3)</sup>。現在の湖内堆積物は，この火山灰(基盤)上に堆積しているため，火山灰からの堆積層厚を現在から大規模な噴火までの時間で割ることで堆積平均速度を求めることができる。

2001年(H.13)底質調査資料<sup>4)</sup>での全地点における平均泥高(基盤から泥層までの厚さ)は20cmであり，330年で堆積したとすると，平均堆積速度は0.6 (mm/年)となる。

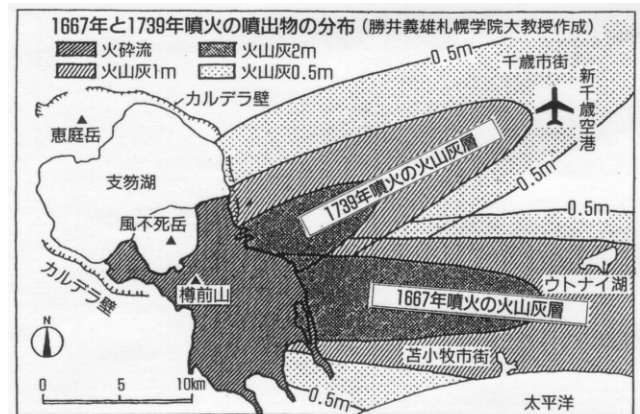


図4・1 近年の樽前山噴火の噴出物分布<sup>3)</sup>



### 4.3 堆積速度の検討

湖床測量結果から求めた堆積速度は約1 (cm/年), 鉛210法による堆積年代測定法より求めた堆積速度は約1.9 (mm/年) となった。また, 火山の噴火履歴と基盤上の堆積厚から求めた堆積速度は, 約0.6 (mm/年) であった。これらの値から堆積速度を検討するには, 各手法の対象となるデータの時間的なスパンを考慮する必要がある。湖床測量による値は, 最も古いものでも1997年以降のデータを数年の短期間で経年比較して算出した値である。すなわち, 圧密の考慮されていない比較的新鮮な堆積物を対象としたものであり, 長期的には約1 (cm/年) より小さな値に落ち着くものと考えられる。一方, 鉛210法から求めた値は, 同位体の半減期から数年~数十年を解析対象とする手法である。また, 解析手法としては圧密が考慮されている。ただし, 本事例の場合は試料数が少なくかつ攪乱(巻き上げ)の影響を受けている。したがって, 1980年代以降に本格的な改修工事が行われていた期間の平均的な堆積速度の概数を表しているものと考えられる。

また, 火山の噴火履歴から得た値は, 基準とした降灰以後現在にいたる約330年間の平均的な堆積速度を表しており, 圧密, 巻き上げ, および洪水にともなう土砂流入出のすべてを含んだ値である。

以上のことから, ウトナイ湖においては, 比較的新鮮な堆積物を数年スパンで見ると1cm/年程度の速度で堆積し, これが巻き上げや圧密等を経て最近十数年では数mm/年のオーダーで堆積したものと考えられる。さらに, 出水等による土砂流出等の結果, 最近330年では, 約0.6 (mm/年) 程度の速度で堆積してきたものと考えられる。

## 5. まとめ

ウトナイ湖の堆積速度について, 湖床測量, 鉛210法による堆積年代測定法, 火山の噴火履歴と基盤上の堆積厚から, それぞれ約1 (cm/年), 約1.9 (mm/年), 約0.6 (mm/年) の値を得た。これらは, 各々圧密を考慮しない最近数年の堆積速度, 巻き上げや圧密等を経た最近十数年の堆積速度, 出水による土砂流出等も含む数百年の堆積速度の, 概数をあらわすものと考えられる。

### 参考文献

- 1) 沿岸海洋調査マニュアル (1994) : 日本海洋学会
- 2) 高橋正樹・小林哲夫(1998) : 北海道の火山, 築地書館
- 3) 小池省二(1995) : 北の火の山, 朝日ソノラマ
- 4) 平成13年度勇払川底質調査報告書 (2001) : 北海道室蘭土木現業所

### 3. 山王川における植生浄化の長期実験結果

佐藤和明\*・岸田弘之\*\*・千葉知由\*\*\*・田仲成男\*\*\*\*

#### 1. はじめに

植生浄化の中でも湿地浄化法は、欧米では、主に下水処理水を対象にナチュラルシステムの一つとして比較的多く用いられ、設計諸元なども得られている浄化方法である。しかし、その施設には広大な面積を必要とし、十分な土地が確保できない日本では従来は適用例が少なかった。

しかし、最近、湿地浄化法は、水質浄化に加え生態的機能や環境負荷の少ない技術として注目され、日本においても、主に汚濁した河川水を対象に種々の実験が実施される<sup>1)</sup>とともに、実施も建設されてきている<sup>2), 3)</sup>。日本では、欧米と異なり浄化対象水として汚濁した河川水を用いる場合が多い。河川水の特徴は、下水処理水に比べSSが高い特徴があることから、これらの条件に適した施設諸元や維持管理方法を確立する必要がある。

そこで、国土交通省霞ヶ浦工事事務所では、平成8年度に霞ヶ浦流入河川の山王川に設置された9槽の植生浄化実験槽において、平成9年度から13年度までの5年間の長期実験を行った。本報告は、この長期実験結果について報告するものである。

なお、本実験については、河川環境総合研究所報告第6号の「植生浄化の事例と浄化効果について」<sup>4)</sup>において3年目までの結果を報告済みである。前報では、抽水植物のヨシ、マコモ、オオフサモを実験植物として表面流れ方式による水質浄化効果の実態を把握した結果を報告し

た。その主な点を列挙すると、以下のとおりである。

①本方式の植生浄化では沈殿、土壌への吸着、ならびに底泥、植物体表面における硝化脱窒素によるN、P除去が卓越しており、植物体自体による除去は限られたものであった。②しかしながら、オオフサモにおいては比較的大きな植物成長により、N、P流入負荷量の最大10%程度が植物体により除去された。③3年目の実験結果ではPの除去率が低下した。実験槽の嫌気化などが影響しているものと考えられ、長期的な除去効果の挙動把握、及び浄化効果の継続維持についての対策検討が課題として認識された。

今回の報告は、こうした浄化効果の長期的継続を確認するとともに、除去効果の維持向上を目的とした植物の刈り取り及び実験槽の干し上げによる対策の効果を検証するために、さらに2年間実験を継続した結果を示すものである。

#### 2. 実験の目的と期間

本植生浄化実験は、今後の霞ヶ浦の水質保全のために植生浄化法の浄化機構を明確にし浄化効果の評価を行い、植生浄化施設の設計・管理等について検討を行うことを目的とした。

実験施設は、平成8年10月より通水を始め、平成9年6月より調査を開始し、平成14年3月まで5年間の長期実験を行った。

\* (財)河川環境管理財団 技術参与

\*\* (財)河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第二部長

\*\*\* (財)河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第二部 主任研究員

\*\*\*\* 共和技術(株) 技術部 第四課長

表 2・1 山王川植生浄化実験長期計画

年度 (本実験経過年)		H8	H9 1年	H10 2年	H11 3年	H12 4年	H13 5年
植生浄化実験施設の設計施工		○					
馴致期間		○					
浄 化	1. 植生の浄化効果の比較						
	①季別変化		○	○	○	○	○
	②長期的変化			○	○	○	○
	2. 浄化機構の理論的な整理						
	①自然沈降の効果		○	○	○	○	
②植生の効果		○	○	○	○		
③土壌の効果		○	○	○	○		
④系からの回帰		△	○	○	○	○	
⑤栄養塩の負荷量収支		○	○	○	○	○	
実 験	3. 施設諸元の検討						
	①流下距離の検討			○			
	②流速の検討		△	△	○	○	○
③水深の検討				○	○	○	
	4. 維持管理性の検討						
	①間引き・刈取りの効果		○	○	△	△	△
	②長期的な浄化効果の維持方法			△	○	○	○
	③浸透流出水の効果的利用方法				○	○	

○：主に検討した項目，△：一部検討した項目

### 3. 実験施設と実験方法の概要

#### 3.1 実験施設

植生浄化実験施設は、表面流れ方式の実験槽を9槽設置した。設置地点の全体図を図3・1、実験施設の平面図を図3・2に示した。

実験槽の規模は、L30m×w3mである。処理水量は、各槽0.6l/sを基本として0.3～4.8l/s、各層の水深は10cmを基本として10～40cm、滞留時間は4時間を基本として1～8時間の実験条件である。

#### 3.2 流入原水の状況

表3・1に流入原水の平均水質、図3・3に流入原水の月別水質を示す。

BODは平均4.7mg/L、T-Nは平均3.26mg/L、T-Pは平均0.409mg/Lで、冬期に高く夏期に低い傾向にあった。また、栄養塩は溶解性物質の割合が高く、T-Nに占めるD-T-Nの割合は9割前後、T-Pに占めるD-T-Pの割合は平均7割以上であった。また、5カ年の実験期間中、BOD、T-Nはほぼ全体の平均値に近いところでの変動を示していたが、T-Pについては、若干減少する傾向が認められた。

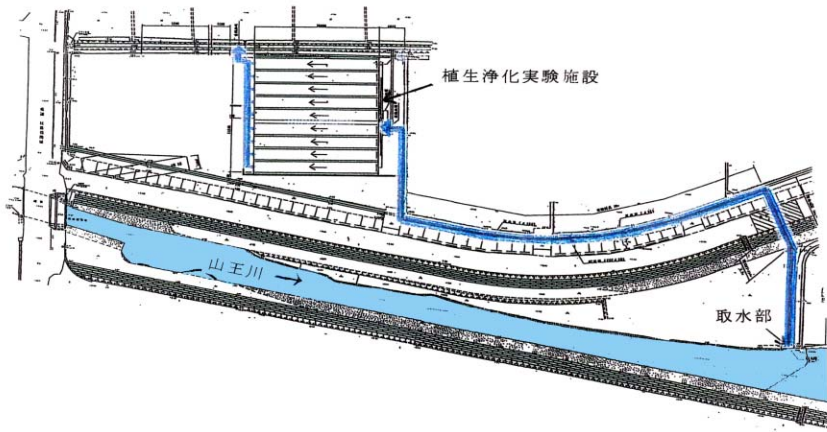


図3・1 設置地点の全体図

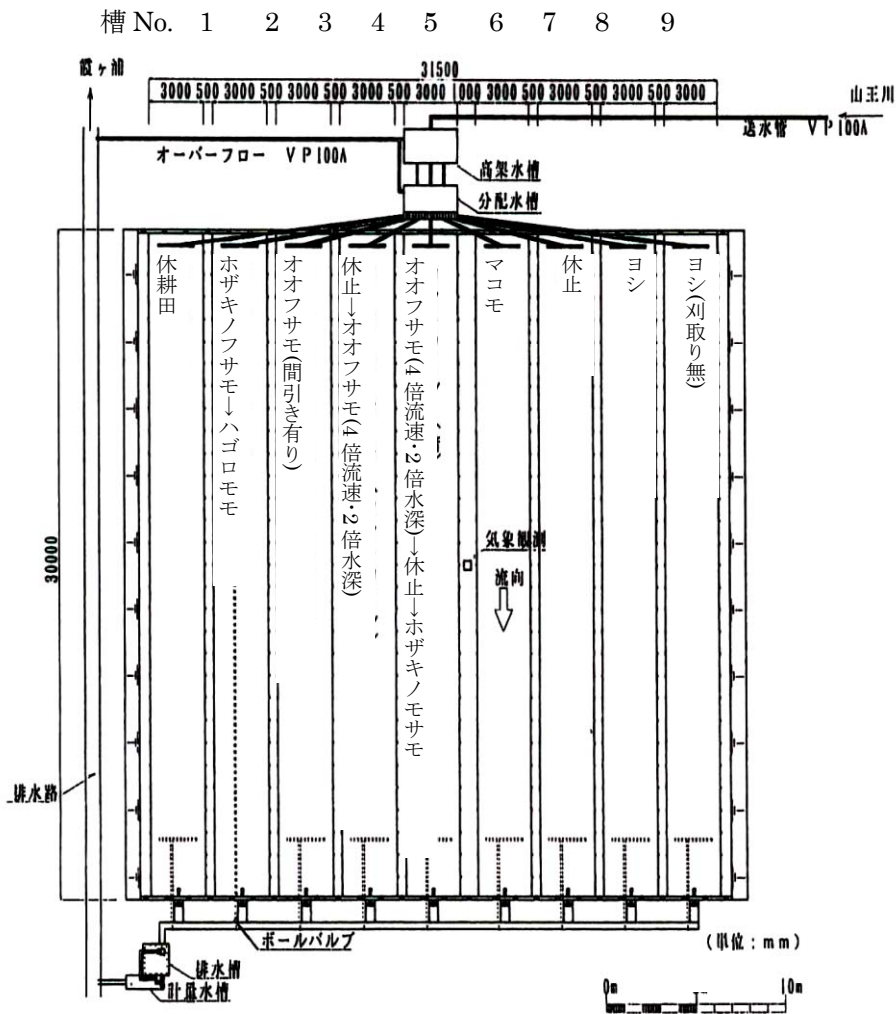


図3・2 実験施設の平面図(平成13年度条件)

表3・1 流入原水の平均水質

単位は mg/L

項目	全期間		H9年度 平均	H10年度 平均	H11年度 平均	H12年度 平均	H13年度 平均
	範囲	平均					
BOD	1.1 ~ 10.6	4.7	5.7	3.6	5.8	4.6	4.0
COD	3.9 ~ 13.4	7.9	8.5	7.0	9.3	7.8	6.7
SS	4.0 ~ 47.4	12.7	14.6	9.0	13.6	13.1	12.6
T-N	1.06 ~ 6.03	3.26 (91%)	3.11	3.43 (90%)	3.13 (88%)	2.93 (92%)	3.70(93%)
T-P	0.096 ~ 1.004	0.409 (70%)	0.593	0.430 (76%)	0.485 (72%)	0.282 (67%)	0.312(65%)

( )内は溶解性の割合, 計算期間 H9.4.26~H14.3.11

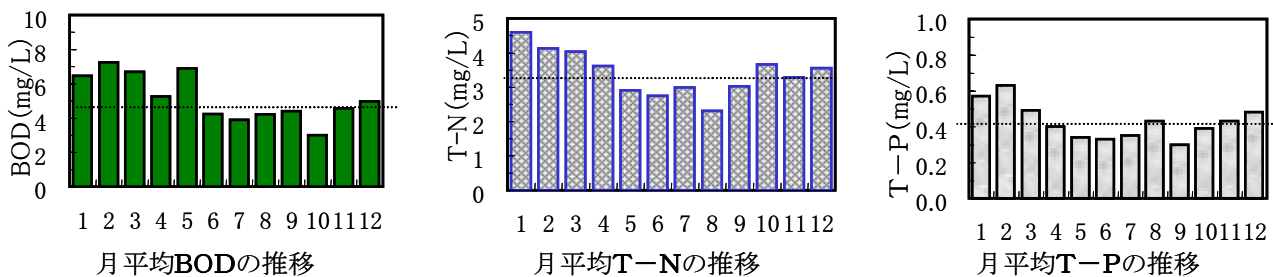


図3・3 流入原水の月別水質 (計算期間 H9.4.26~H14.3.11)

### 3.3 実験ケース

12, 13年度, 本実験で用いた植物は, オオフサモ, ヨシ, マコモであるが, 13年度には沈水植物のホザキノフサモ等も用いた.

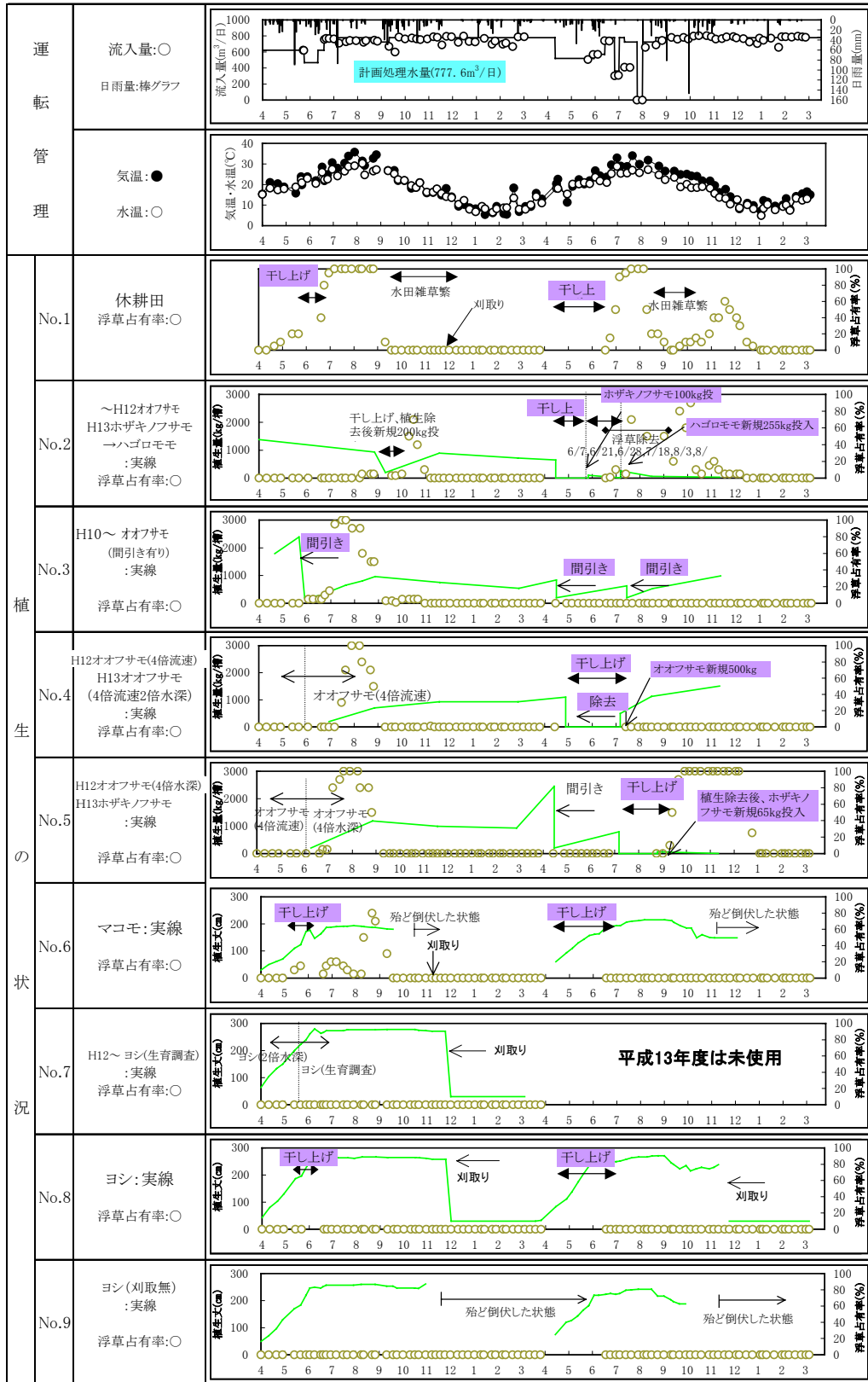
オオフサモについては, 間引きなしのケース(No.2槽H12), 間引きありのケース(No.3槽), 流速を増すことにより流量負荷を増したケース(No.4槽H12), 水深を増すことにより流入負荷を増やしたケース(No.5槽H12), 流速及び水深を増すことにより流量負荷を増したケース(No.4槽H13)を実施した. なお, オオフサモの初期の植生条件は, 0.1~2.2kg/m<sup>2</sup>の成体を投入している.

マコモについては, 実験開始当初4株/m<sup>2</sup>の密度で槽当たり360株の植栽初期条件であった. 平成12, 13年度は干し上げ, 刈り取りについては平成12年度は実施, 13年度は実施しないで実験を継続した. (No.6槽)

ヨシについては, 実験開始当初4株/m<sup>2</sup>の密度で槽当たり360株植栽して, 実験の初期条件としている. 12年, 13年度の実験では, 干し上げ, 刈り取りを行った槽(No.8槽)と, これらを行わないで放置した槽(No.9槽)の比較検討を主として行った.

実験ケースとしては, これらの他対照として休耕田槽(No.1槽)を設けた.

以上の実験ケースの概要と各ケースの植生の状況を図3・4に示す.



H12

H13

H14

計画処理水量  
 維持管理上の要点

図3・4 山王川植生浄化施設の運転管理及び植生の状況

### 3.4 定期調査

定期調査として、水質分析、底泥分析と量の把握及び植生分析と量の把握を行った。

水質分析は、滞留時間を考慮したコンポジットサンプルとし、夏期は月2回、冬期は月1回を基本として行った。底泥分析と量の把握及び植生分析と量の把握は植生の動向に着目し、新芽の出る春、植生が最も繁茂する夏、植生が枯死しだす秋の年3回実施した。また、平成13年度は5年間の負荷量収支を把握するため土壌まで含めた詳細な調査を実施した。

### 3.5 植物の生育調査

植物の生長特性を把握するために、平成12年度は年3回の定期的な植生調査に加え、ヨシとオオフサモについて4月から月1回程度の頻度で詳細な生育調査を行った。調査方法を表3・2に示す。

## 4. 調査結果

### 4.1 植物の生育調査結果

12年度に実施した生育調査の結果を図4・1に示す。ヨシの単位面積当たりの乾重量、茎長、茎重量は7月に最大となり、その後一定または減少傾向にあった。N、Pの含有量は、春に高くその後減少し7月でほぼ一定となった。また、単位面積当たりの栄養塩の現存量は、N、Pともに5～10月までほぼ一定の傾向があった。

桜井<sup>5)</sup>によれば、ヨシの生長は、4月末に始まり、7月末まで続き、それ以降10月まで開花と結実ならびに地下茎の新芽形成が行われ、このような過程を通じてヨシは栄養塩を吸収するが、その含有率は4月下旬の萌芽直後がN、Pとも最も高く、5月末までに急激に低下し、7月以降にほぼ一定となるとしている。今回こうしたヨシの生長に伴う栄養塩含有量を確認するとともに、単位面積当たりのN、P現存量の年間推移の状況を把握することができた。

表3・2 植物の生育調査の調査方法

	槽当たりの現存量把握 (5, 15, 25mの3地点の 測定値から換算)	形状把握 (各地点任意に n=5, 合計 n=15)			槽当たりの本数
		長さ	茎径	1本当たりの重量	
ヨシ	30×30cmを根までスコップで掘り起こし、洗って土を落とし、水切り後茎部と根部に分けて重量測定	水面(水深10cm)から出ている部分の茎長	水面部の茎径をノギスで測定	茎の1本当たりの重量	茎部の全重量を茎の1本当たりの重量で割って本数を算出
オオフサモ	60×60cmのコドラートを使用し、その範囲のオオフサモを全量採取し(写真3・1)、重量測定	分枝の長さで、葉部と根部に分けて測定	葉部と根部の境の茎径をノギスで測定(写真3・2)	1本当たりの分枝重量を葉部と根部に分けて測定	



写真3・1 コドラートでのオオフサモの採取



写真3・2 オオフサモの茎径の測定

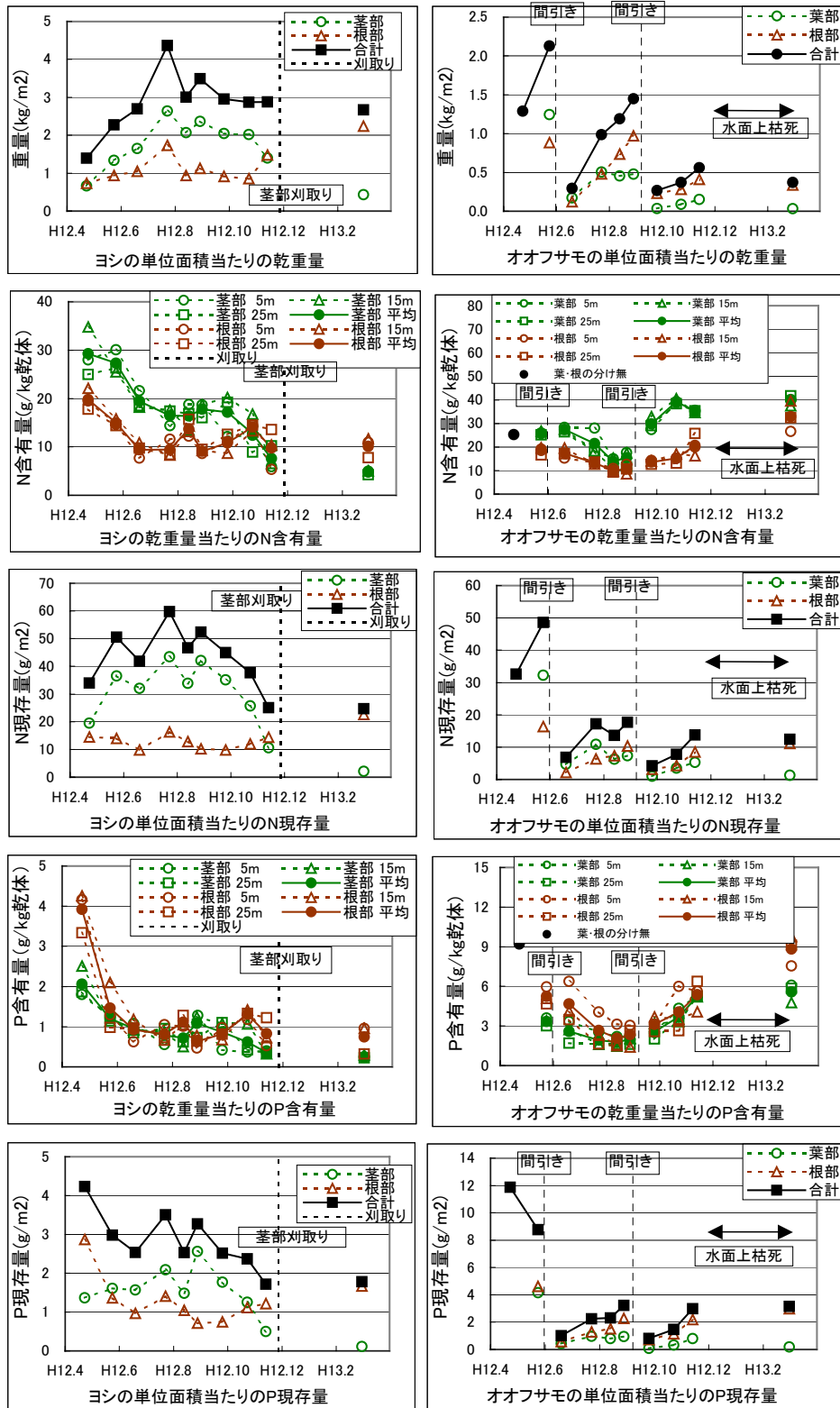


図4・1 ヨシ、オオフサモの生育調査結果



オオフサモの単位面積当たりの乾重量は間引き後、経過日数に比例的に増加する。その生長速度は、春>夏>秋の順である。分枝長や1本あたりの分枝乾重量も、春と夏は間引き後の経過日数に比例的に増加した。N、Pの含有量及び含水率は、春に高くその後減少し秋に再度増加し、翌春まで高い傾向にあった。また、単位面積当たりの栄養塩の現存量は、春に多く、間引き後は経過日数に比例し増加する傾向にあった。

なお、植生槽の対照とした休耕田槽については、年間を通じてウキクサに覆われていることが多かった。発生するウキクサは主にアオウキクサであるが、平成10年夏季にはミジンコウキクサが大発生した。これらウキクサについては特に除去などの維持管理はしなかった。また、年を経るに従いクログワイなどの水田雑草も発生したが、平成11年度までは土壌による効果の評価を目的としたため、適宜除去し繁茂を防いだ。除去を行わなかった平成12年夏季はケイヌビエやクログワイが繁茂し、秋季には枯死したため全量除去した。平成13年夏季もケイヌビエが全面繁茂し秋季には枯死したが、枯死体放置の影響を把握するため除去は行わなかった。

## 4.2 植生槽の浄化効果

### (1) 長期実験ケースの概況

長期的な変化を把握するため休耕田槽(No.1)、オオフサモ槽(No.2)、マコモ槽(No.6)、ヨシ槽(No.8)は平成8年10月の通水開始当初から同条件で行っている槽である。これらの4槽について、1年を3期(春夏期:4月~8月、秋期:9月~10月、冬期:11月~3月)に分けて浄化効果の変化を期別平均除去率として図4・2に示した。

各槽で大きく浄化効果が低下し除去率がマイナスとなったのは、原因が明確なケースが多かった。たとえば、休耕田槽のミジンコウキクサ発生期(H10年9月)、オオフサモの枯死溶出時(H11、H12夏季)、マコモ槽のごま葉枯れ病時(H10年9月)などである。このようなアクシデント時以外では、BODの除去率は20~80%、SSの除去率は40~90%、T-Nの除去率は10~50%程度であった。植生別では特にオオフサモの浄化効果が高かった。

マコモとヨシについてみると、各水質項目に対する除去特性はかなり類似している。すなわちBODでは30%程度、窒素では20%程度の除去が継続するようにみられるが、リンでは当初の30%程度の除去が3年目からかなり低下する傾向が認められる。また、対照とした休耕田の

水質除去結果とあまり変わらない結果となったが、これは休耕田においても自然発生した植生の効果等により高率のSSの除去が行われたためと考えられる。

季節的な変化は、夏季は(4~10月)は植生の枯死等により、BODやT-P等で浄化効果が低下し、T-Nで上昇する事があった。このような異常時を除けばマコモ、ヨシ及び休耕田では明確な季別変化はなかった。オオフサモについては、T-Nで冬季より夏季に浄化効果が高い傾向にあった。

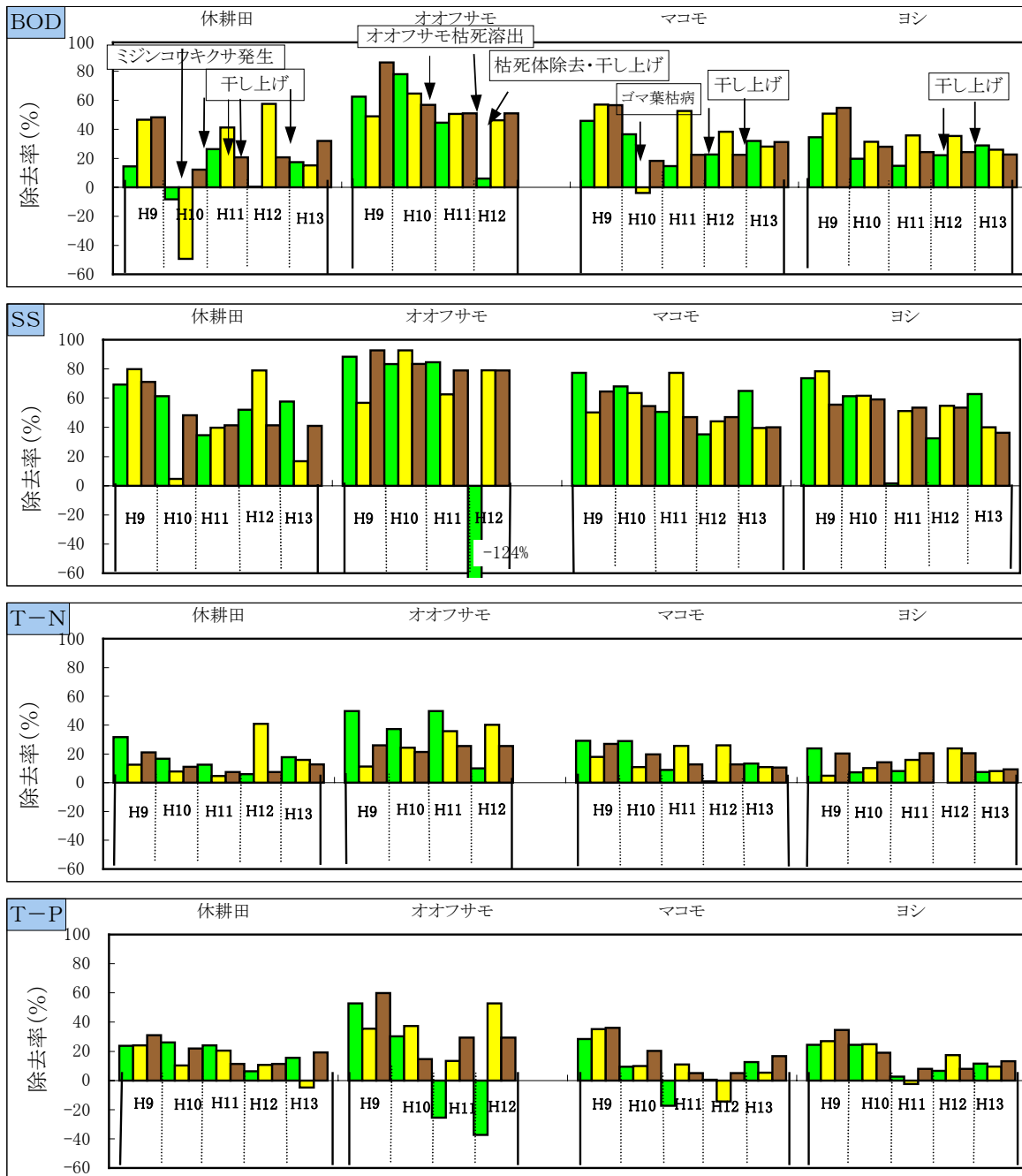
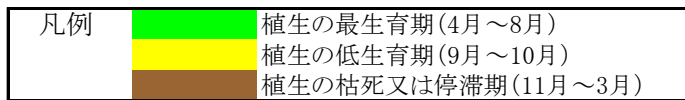
ただし、長期的には各槽とも通水2年前後でT-PやCODの浄化効果が低下する傾向にあり、特に夏季が顕著であった。こうしたことから、マコモ、ヨシのケースについては、12年度、13年度当初に槽の干し上げを行って実験を継続した。この効果については後段で詳述する。

### (2) 負荷速度と浄化効果の検討(オオフサモについて)

ヨシの負荷速度と浄化効果の検討結果については前報で報告した。ここでは、オオフサモについて負荷速度と浄化効果の検討結果について述べる。実験検討は以下に示す表4・1の条件で行った。流速を基準の2mm/sの他、4mm/s、8mm/s、水深を基準の10cmの他、20cm、40cmのケース、及びその組み合わせの条件で検討した。その結果、検討した滞留時間は1~4時間、処理水量は0.6~4.8L/sであった。

滞留時間と除去率は比例的、流速、水深、水面積負荷と除去率は反比例的な関係にあった。すなわち処理水量とともに除去率が低下する傾向にあった。

種々条件の検討を単位面積あたりの浄化効果で比較するため、図4・3に負荷速度と浄化速度の関係を示す。T-Nは浄化速度が1.5g/m<sup>2</sup>/日、CODは5g/m<sup>2</sup>/日ではほぼ頭打ちとなったが、BODは負荷速度17.7g/m<sup>2</sup>/日に対し浄化速度7.4g/m<sup>2</sup>/日、T-Pは負荷速度1.4g/m<sup>2</sup>/日に対し浄化速度0.25g/m<sup>2</sup>/日、SSは負荷速度50.3g/m<sup>2</sup>/日に対し浄化速度27.2g/m<sup>2</sup>/日でも頭打ちとならなかった。これは、オオフサモが根茎によるろ過効果が高く懸濁成分が、ほとんど除去されるためである。すなわち、T-Nは溶解成分が9割(懸濁成分は1割)前後あり、浄化のためにはこの溶解成分が脱窒等で減少する必要がある、この効果が単位面積当たりでは限界があるものと考えられた。一方、T-Pは溶解成分が7割、懸濁成分が3割であり、負荷速度が大きくなっても懸濁成分はほぼ除去されるため、浄化速度も比例して大きくなったと考えられる。また、CODは溶解成分が多く、BODは懸濁成分が多いものと考えられた。



※ただし、休耕日のH10年9月9日のデータは、浮草の腐敗でSSの除去率が-976.3%のため、全項目の計算から除去した

図4・2 浄化効果の長期比較 (表面流出水)

表4・1 オオフサモの実験検討条件

槽 No.	滞留時間 (h r)	処理水量 (L/s)	流速 (mm/s)	水深 (cm)	実験年度	植生密度 (kg/m <sup>2</sup> )
No.2	4	0.6	2	10	9年度	2~25
No.4	2	1.2	4	10	11年度	2~15
No.5	4	1.2	2	20	11年度	2~15
No.4	1	2.4	8	10	12年度	2~12
No.5	4	2.4	2	40	12年度	2~12
No.4	1	4.8	8	20	13年度	5~16

よって、T-NとCODを除き、さらに負荷速度を上げた場合より浄化速度が大きくなることが考えられたが、現実には、H13年度に実施した4倍流速・2倍水深の8倍処理水量では、槽の上流部への局所的な汚泥の蓄積により、水頭差を生じ溢水し易く、さらに負荷を大きくした場合には、頻繁な植生の除去や汚泥の引き抜き等の作業を頻繁に行う必要が生じるものと考えられた。

### (3) オオフサモの代替植物の検討

オオフサモは外来種であるため、平成13年度に、代替植物として霞ヶ浦の固有種である沈水植物のホザキノフサモの浄化実験を行った。また、この時の誤った移植により生育した、外来種ではあるが霞ヶ浦近辺に生育する沈水植物のハゴロモモについても合わせて浄化実験を行った。

ホザキノフサモは常緑の沈水植物で、全国の湖沼等に生育する。

平成13年8月29日に65kg投入した。活着を促すため根ごと採取し根を植え込んだ。その後、一旦活着したが、9月下旬よりウキクサの発生が多く週1回のウキクサ除去を実施した。しかし、なおかつ槽全体がウキクサで覆われ、ホザキノフサモは11月頃には、ほとんど認められない状況となった。

ハゴロモモは多年生の沈水植物で、湖沼などで生育する外来種である。

平成13年7月11日に、ホザキノフサモが数10kg生育している槽に255kg投入した。その後、一旦活着したが、ウキクサやアオミドロが水面を覆うため週1回のウキクサ等の除去を実施した。しかし、ホザキノフサモと同様

にハゴロモモも12月頃には、ほとんど認められない状況となった。

表4・2にオオフサモ、ホザキノフサモ、ハゴロモモの同じ水理条件での除去率の比較を示す。ホザキノフサモとハゴロモモは活着が難しく、ホザキノフサモは11月、ハゴロモモは12月にほぼ植生は消失したが、消失前後での浄化効果に大きな差がないため、全期間の平均で示す。ホザキノフサモとハゴロモモの植生密度は充分でなく、SS以外の除去率はオオフサモに比べかなり低かった。除去率は概ねオオフサモ>ハゴロモモ>ホザキノフサモの順であり、ハゴロモモはBOD以外、ホザキノフサモは全項目で参考にした休耕田槽と同等以下の浄化効果であった。以上の結果より、ホザキノフサモとハゴロモモは浄化槽での活着が難しく、また浄化効果も低いため、オオフサモの代替植物として適さなかった。

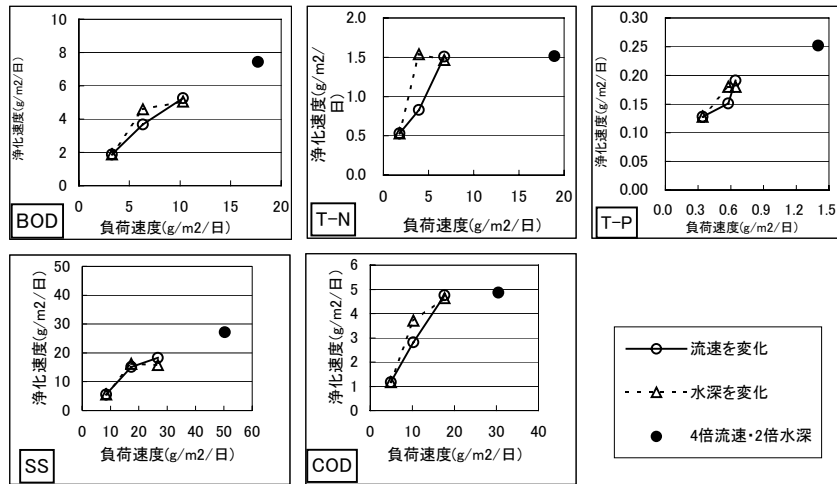


図4・3 オオフサモの負荷速度と浄化速度の関係



写真4・4 ホザキノフサモ(下)とハゴロモモ(上)

表4・2 オオフサモ, ホザキノフサモ, ハゴロモモの除去率比較

	オオフサモ	ホザキノフサモ	ハゴロモモ	(参考: H9年度の休耕田)
植生密度 (kg/m <sup>2</sup> )	2~25	0~1.1	0~2.8	—
BOD 除去率 (%)	68	20	47	37
COD 除去率 (%)	23	-1	7	7
SS 除去率 (%)	82	58	67	73
T-N 除去率 (%)	30	11	17	22
T-P 除去率 (%)	51	14	11	27

各植生とも, 水深 10cm, 流速 2mm/s, 処理水量 0.6l/s の同条件

### 4.3 植生の維持管理と浄化効果

#### (1) ヨシを長期間刈り取りしない場合の影響

ヨシ(刈取り無)槽(No.7槽)は、平成9年7月以後刈り取りを実施しなかった槽である。毎春発芽し、冬季に枯死倒伏した植物体も腐敗せずに堆積していた。ただし、植生密度は徐々に低下し、平成13年の夏季は年1回刈り取りのNo.8槽と比較し1/2程度であった。図4・4に、年1回刈り取りのNo.8槽との期別の除去率の比較を示す。

長期的には、刈取りの有無による大きな浄化効果の相違は見られなかったが、両槽とも経年的に各項目の除去率は低下した。特に、刈取りなし槽で、平成12年及び13年の夏季の除去率の低下が顕著であった。しかし、刈取り槽は同時期に干し上げを実施しており、厳密な比較はできなかった。

#### (2) オオフサモの間引き

オオフサモ(間引き有り)槽(No.3槽)は、植生密度を2~10kg/m<sup>2</sup>程度に維持するように、年1回~2回程度間引きを行った槽で、平成10年6月より実験を開始した槽である。図4・5に、原則間引きをせず4年間実験したNo.2槽(ただし、4年目のH12年9月に腐敗のため植生をいったん除去後に再投入)との、4年間の期別の除去率の比較を示す。

間引きをしなかったオオフサモ槽は、経年的に夏季に浄化効果が低下し、特にT・Pの低下が顕著であった。これに対し、オオフサモ(間引き有り)槽は通水後4年目まで、比較的安定した浄化効果が得られた。冬季に枯死した場合には、新芽の出る3月頃に一度枯死体を除去し、再投入したほうがよいと思われた。

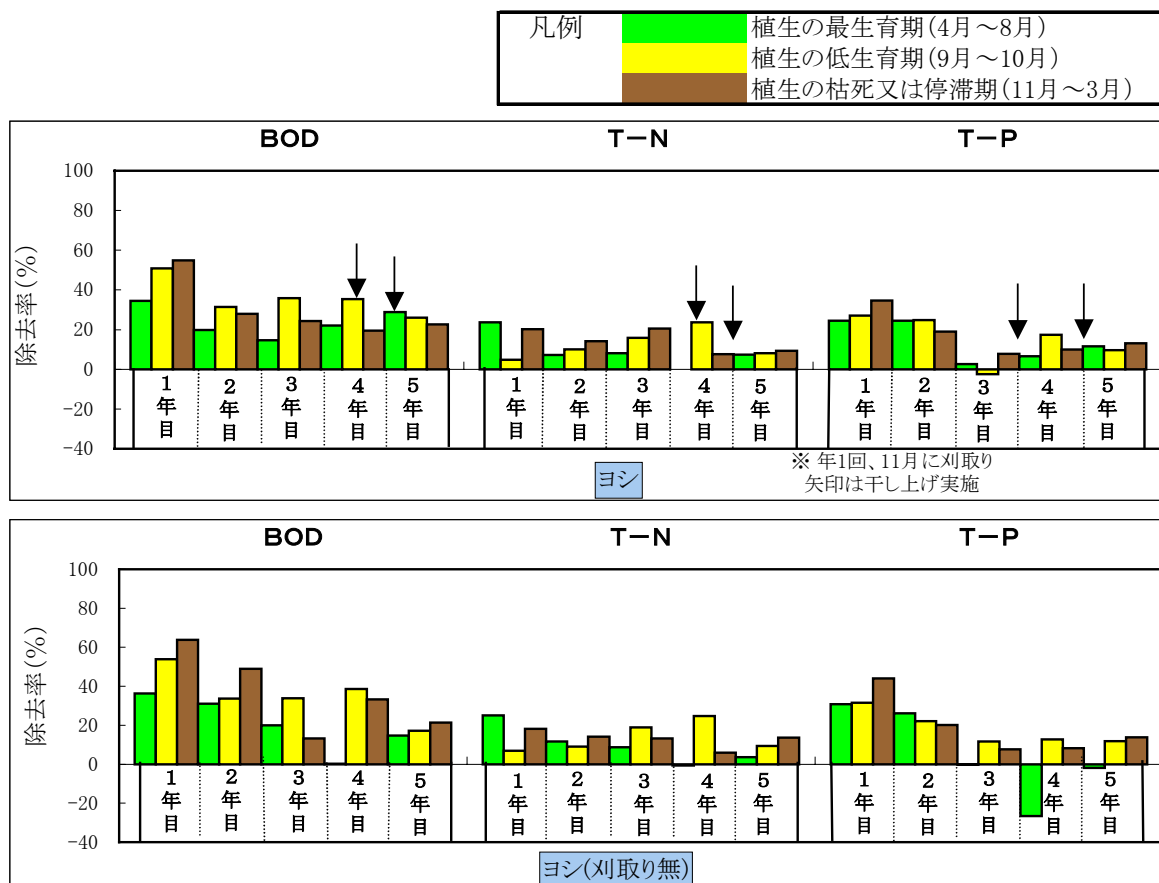


図4・4 ヨシの刈取り有無の除去率の長期比較

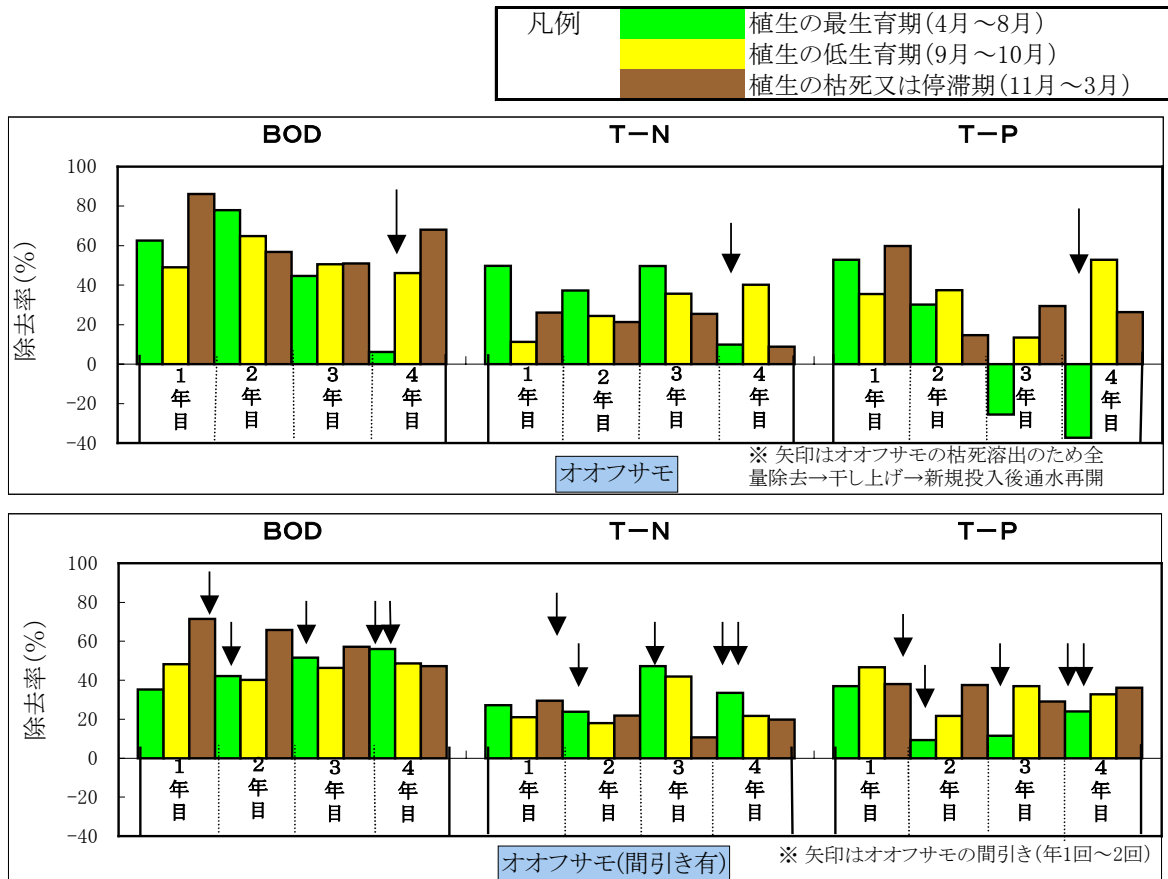


図4・5 オオフサモの間引き有無の除去率の長期比較

#### 4.4 泥の維持管理と浄化効果

##### (1) 底泥・土壌の酸化還元状態

長期の実験で、植生浄化においては底泥・土壌の酸化還元状態が浄化効果に大きく影響していることが予想され、平成13年度に干し上げ過程と通水再開後の底泥・土壌のORP変化、及び底泥・土壌のORPの季節変化の把握を目的にORP調査を実施した。このとき、底泥・土壌のORPを直接測定することは困難なので、現地で湿泥を蒸留水に懸濁（湿重量にして約10%）し測定した。

代表例としてヨシ槽(No.8)の流下方向15m地点の底泥・土壌の深さ別のORP経時変化を図4・6に示す。図から概ね以下のことがいえると考えられた。

干し上げ開始前は、槽及び深度等によりばらつくが、ORPは約100～200mVの範囲にあった。また深度方向では干し上げ経過とともに表層(青色)からORPが上昇し、徐々に酸化状態となった。干し上げ2ヵ月後の通水再開直前のORPは、休耕田は最大約500mV、ヨシとマコモは最大600mV程度であった。ヨシとマコモの土壌中への酸素の移送効果のためと思われた。

通水再開後は、干し上げ時に最大のORPが比較的低い休耕田は比較の早く還元状態に戻り、ヨシとマコモは比較の酸化状態で維持した。ヨシ及びマコモで、通水再開後2ヶ月では、干し上げ前よりORPが高い地点があったが、3ヶ月ではほぼ干し上げ前と同程度のORPとなった。また各槽ともに10月に約100mVの最低のORPを示した後、冬季間は土壌の深度の深い方でORPが上昇することがあった。

##### (2) 干し上げの効果

浄化効果に対する、干し上げの効果には以下のような効果が考えられる。

- ①土壌を酸化状態とし、PO<sub>4</sub>-P等の溶出を抑える効果
- ②土壌を締め固め、浮遊成分を固定する効果、及び槽の容量を確保する効果

表4・3に本実験で実施した干し上げ実験について整理した。表の最後の欄の平均T・P減少濃度とは、該当の干し上げから次の干し上げ直前までのT・Pの減少濃度（流入水質－流出水質）の平均である。

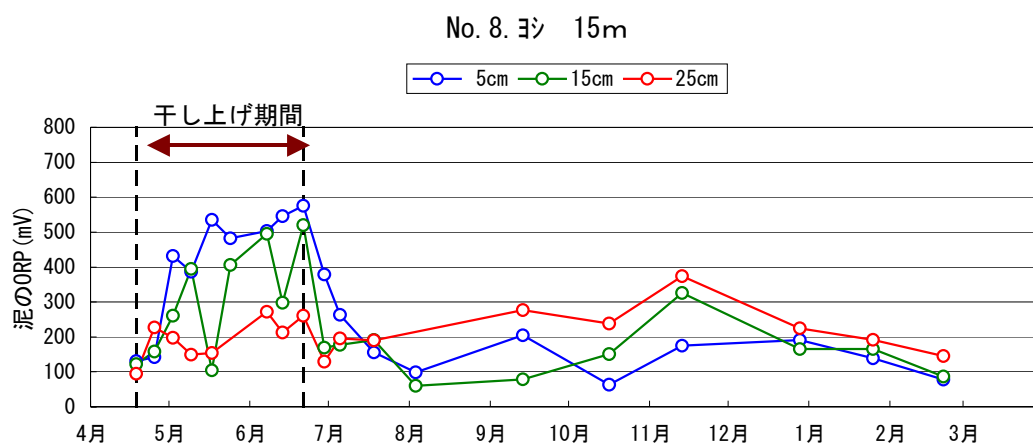


図4・6 底泥・土壌の深度別の ORP 経時変化図 (No.8 ヨシ槽)

表4・3 本実験で実施した干し上げの概況

対象槽	期間	日数	目視による状態	酸化還元電位の概要	干し上げ後の平均 T-P 減少濃度 (mg/L)
①休耕田	H11.4-5	41	乾燥	—	0.082
②休耕田	H11.12-H13.1	28	やや湿潤	6cm まで 350mV	他の槽と変わらず
③休耕田	H12.5-H12.6	27	やや湿潤	10cm まで 250mV	0.019
④マコモ	〃	〃	やや湿潤	30cm まで 350mV	-0.004
⑤ヨシ	〃	〃	やや湿潤	25cm まで 300mV	0.022
⑥オオフサモ	H12.8-9	14	ほぼ乾燥	表面のみ 450mV	0.088
⑦休耕田	H13.4-H13.6	62	ほぼ乾燥	10cm まで 400mV	0.072
⑧マコモ	〃	62	ほぼ乾燥	10cm まで 500mV	0.072
⑨ヨシ	〃	62	ほぼ乾燥	10cm まで 500mV	0.061

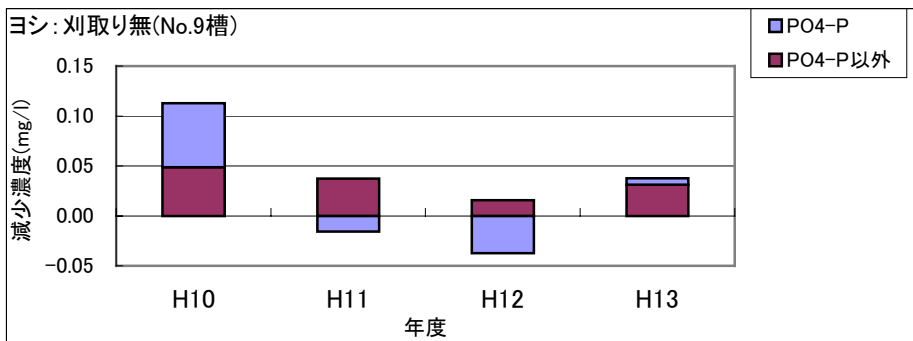
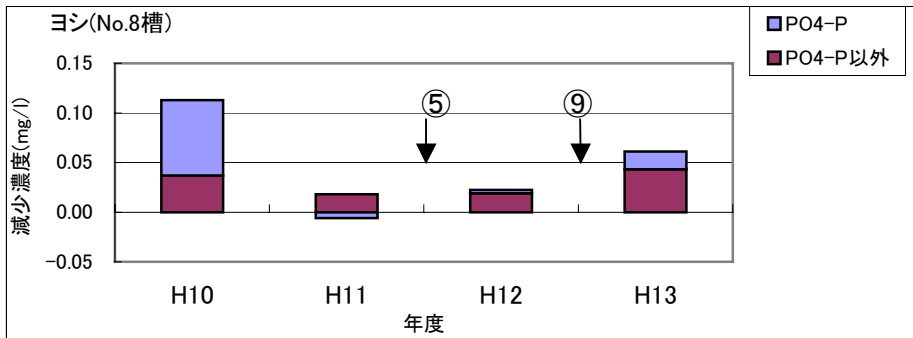
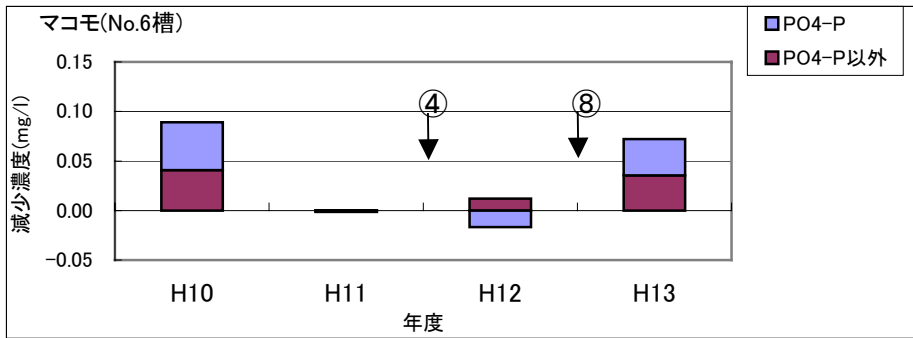
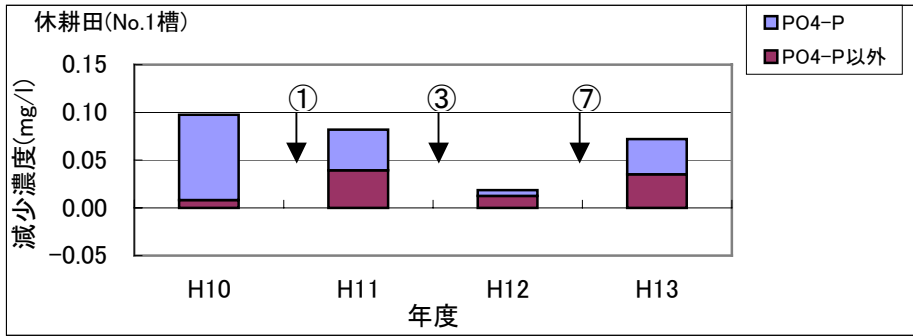
表から、T・Pの浄化効果が比較的回復したのは、①の平成11年度の休耕田の干し上げ、⑥の平成12年度のオオフサモの干し上げ、及び⑦～⑨の平成13年度の休耕田、マコモ、ヨシの干し上げであった。逆に浄化効果の回復が小さいのは③～⑤の平成12年度の休耕田、マコモ、ヨシの干し上げであった。また、②の冬季の休耕田の干し上げの結果から、冬季はもともとT・Pの浄化効果は高く、干し上げする必要がないといえた。

以上の結果から、T・Pの浄化効果を回復するためには、土壌はほぼ乾燥状態まで干し上げ、ORPは10cm程度まで400mV以上となるまで干し上げる必要があると考えられる。日数は天候に左右されるので、降雨の少ない時期に行った方が効率的と考えられた。

次に、リンの浄化効果の内容について考察する。リンの浄化機構は植物による吸収を除外すれば、土壌によるPO<sub>4</sub>-Pの吸着(還元状態の場合は溶出)と懸濁質の沈殿に

よると考えられる。図4・7にリンの成分別の減少濃度の年度比較を示す。平成11年度当初に干し上げを実施した休耕田槽以外は、平成11年度からPO<sub>4</sub>-Pの溶出が発生したが、干し上げを実施した休耕田槽はPO<sub>4</sub>-Pが減少し吸着されている。平成12年度当初の干し上げは前述したように不完全であり、浄化効果の改善効果は小さいが、平成13年度当初の干し上げはPO<sub>4</sub>-P及びPO<sub>4</sub>-P以外の懸濁質についても十分な改善効果が見られた。また、何も対策をとっていないヨシ(刈取り無)槽は、平成13年度は、わずかに浄化効果は上向いたが、経年的に浄化効果は低下傾向にあった。

以上のことから、干し上げの実施はPO<sub>4</sub>-Pの溶出を抑え吸着効果を引き出し、また、懸濁質の流出を抑えることからSSや、懸濁質が多いBODに対しても浄化効果を改善する結果となった。



※図中の番号は、表4・3の対応した干し上げを示す。

図4・7 リンの成分別の減少濃度の年度比較



(3) 土壌の流下及び深さ方向の含有量

本実験槽の構造は、図4・8に示すように、山砂40cmの上に、現地土(休耕田の土)20cmを埋め戻した構造で、この土壌に植生を植栽・通水し浄化実験を実施した。

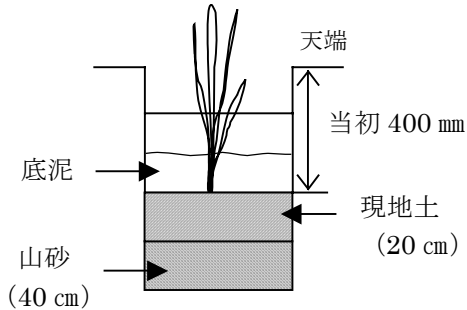


図4・8 実験槽の土壌条件

土壌(現地土+山砂)については、定期的な含有量の把握はしていなかったが、通水開始5年後の平成13年11月に槽全体に蓄積した栄養塩等を、流下方向9地点、深さ方向8深度の土壌を採取し24検体のコンポジットサンプルとし、測定した。

結果を図4・9に示す。

T-N, T-P, COD<sub>Cr</sub>の汚濁成分は、休耕田槽は比較的土壌深度の浅い所に蓄積する傾向にあるが、他の植生槽は相対的に深い深度まで高濃度になっていた。また、T-N, T-Pの栄養塩は、特にヨシ、マコモ槽で深くまで高濃度となっていた。これは、含水率もヨシ、マコモ>オオフサモ>休耕田の順で高いことから、根が地中深く入り込み栄養塩を吸収するために、表層の栄養塩が地中深くまで浸透するものと考えられた。高濃度の範囲は、概ね休耕田槽で10cm、植生槽で20cm程度であり、仮に維持管理で高濃度の土壌を除去する場合の目安になると思われる。

流下方向では、オオフサモ槽と休耕田槽は流入付近に高濃度に蓄積する傾向があった。ただし、ヨシ槽やマコモ槽でも通水後3年目位までは、流入部分に汚泥が多くかつ高濃度であることが確認されており、汚泥の蓄積過剰による下流方向への移流等の可能性が高いと考えられた。

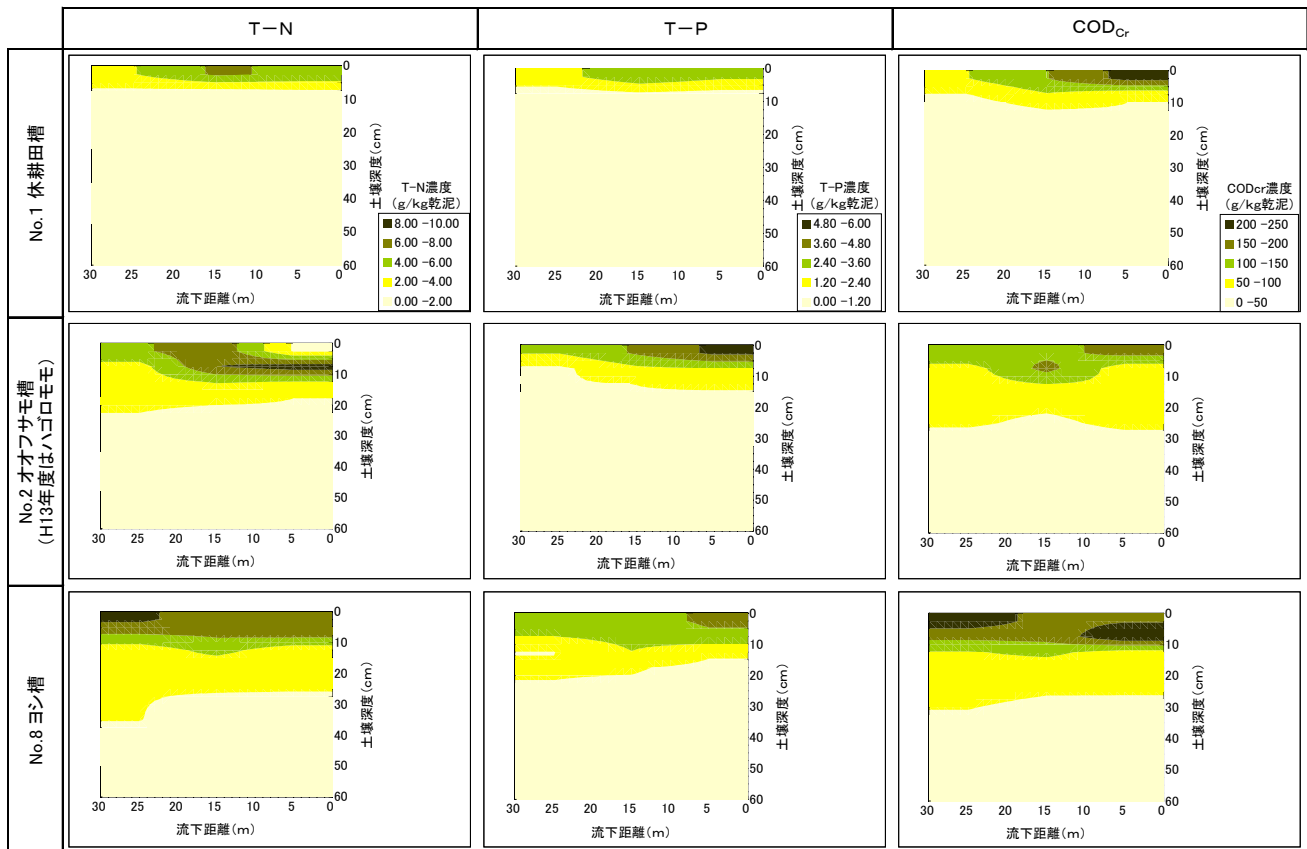


図4・9 土壌の流下距離及び深度方向の栄養塩等蓄積グラフ

#### 4.5 5年間の負荷量収支

負荷量収支は本来、流入負荷から流出負荷を差し引き、この差を系による除去量として系内の諸量と収支計算するのが通常である。本実験施設の例では、収支をとる期間の流入負荷から(表面流出負荷+浸透流出負荷)を差し引き、この差分と図4・8に示した植生、底泥、現地土、山砂中の当該期間の変化分が計算対象となる。

そこで、通水開始5年後の平成13年11月に槽全体に蓄積した栄養塩等を、流下方向9地点、深さ方向8深度の土壤を採取し測定した。これをもとに、底泥を含む土壤全体に含まれる栄養塩等を算出した。これら土壤などを考慮した各槽の5年間の物質収支を図4・10に示す。

窒素は、土壤本来が53kgだったのに対し、5年後の土壤残存量はあまり大きな変化はなく、一番浄化効果が高かったNo.2槽で65kgであった。また、休耕田槽では、窒素は蓄積せず、かえって減る結果となった。これは、脱窒によるものと思われた。図4・10における損失量はほぼ脱窒量に相当するものと考えられ6~10%程度であった。

リンは、土壤本来が24.9kgだったのに対し、4~9kg土壤中の残存量のほうが多かった。これは、流入負荷に対し7~15%に相当した。リンは蓄積性の物質であり、整合のとれる結果である。

また、COD<sub>Cr</sub>については収支をとることはできなかったが、土壤残存量はNo.2槽>No.6槽>No.8槽>No.1槽の順であり、浄化効果の高い順と同じであった。

植生の吸収に関しては、本実験では維持管理を極力おさえる観点から、長期の実験槽については枯死や腐敗時には間引きや刈り取りを行ったが、栄養塩を吸収した植生を積極的に除去することは行わなかった。このような条件下で、植生の吸収による窒素やリンの浄化効果は、オオフサモで5~10%、ヨシやマコモでは5%以下であった。ただし、積極的に除去した場合でも、窒素では脱窒効果、リンでは土壤の蓄積の方が多いと考えられた。

一方、土壤の負荷量まで考慮した場合、最初に槽に入れた現地土と山砂の負荷量が大きすぎるため、短期間での負荷量収支では精度が劣る。そこで、流入負荷から流出負荷と植生吸収量を差し引いた部分を、窒素については底質部分と脱窒、リンについては吸着を含む底質部分と考え短期間の負荷量収支を算出した。なお、脱窒については窒素の溶解成分の減少量と考えた。対象とした期間は、浄化効果が比較的安定していた2年目の平成10年度(図4・11、図4・12)と、浄化効果が低下した4年

目の平成12年度(図4・13、図4・14)である。

ここで試算された窒素の脱窒量は平成10年度が多少大きかったが平均的には10%前後であった。また、底泥・土壤への蓄積量も平成12年度で減少した。

リンの底泥・土壤への蓄積量は平成10年度で22~29%と高かったが、平成12年度は0~18%と低下した。平均的には10~20%程度であった。

2つの異なったの負荷量収支の結果は、特に窒素の脱窒量やリンの底泥・土壤への蓄積量でかなり整合のとれるものであった。

なお、平成12年度に休耕田槽で植生の吸収による浄化効果があるのは、繁茂したケイヌビエ等を除去したことによるものである。

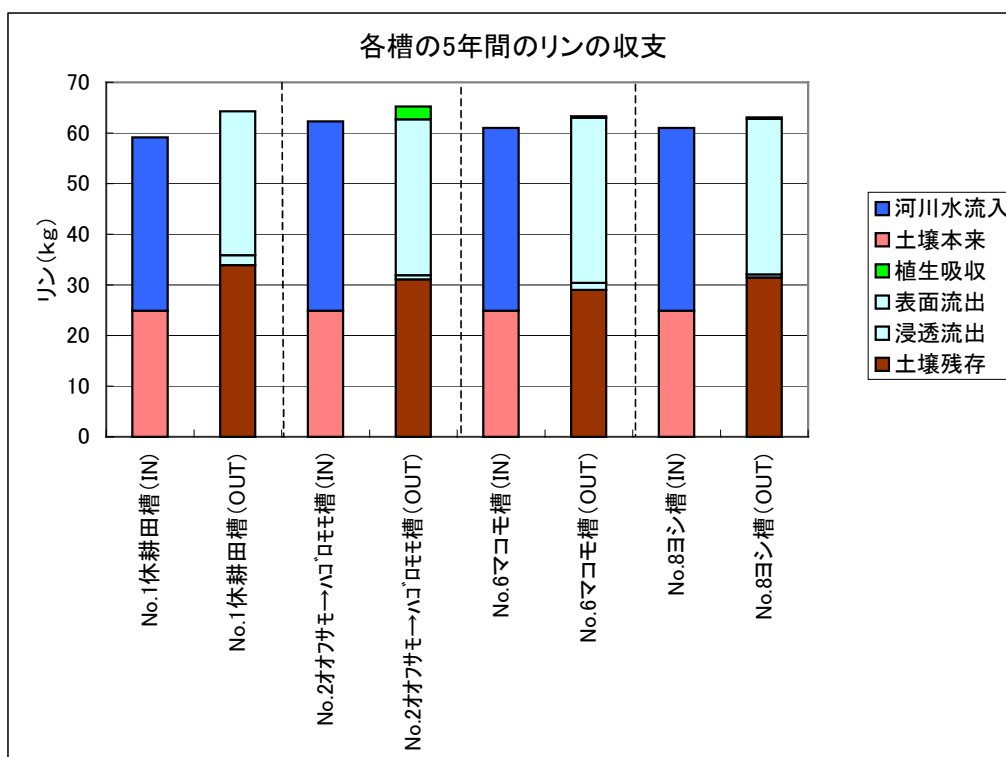
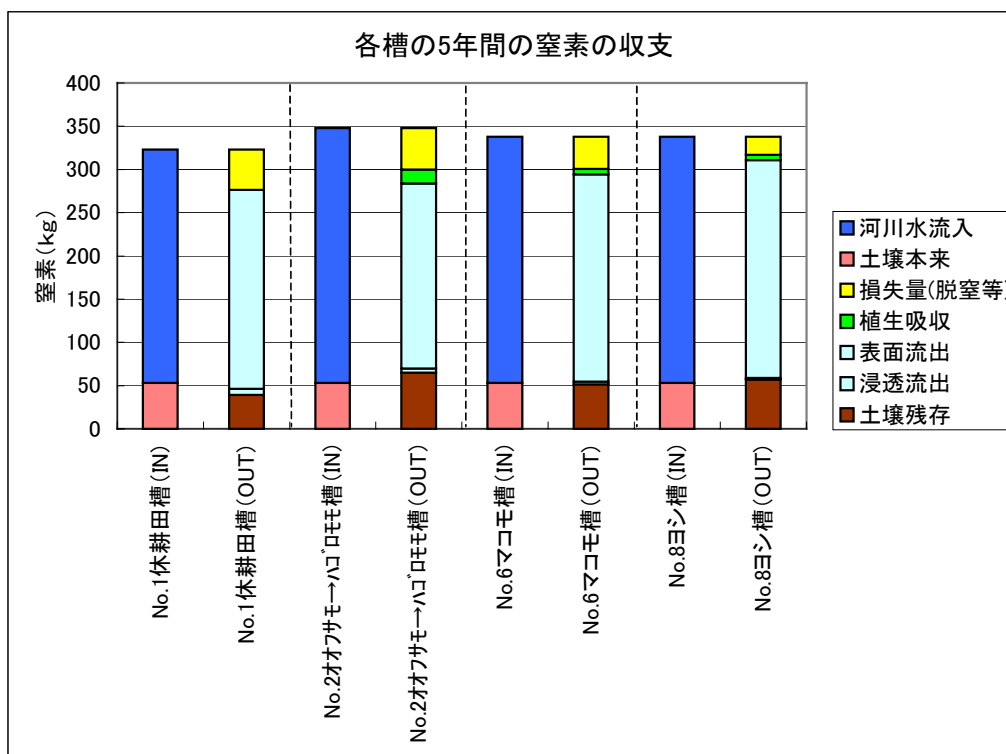


図4・10 各槽の5年間の物質収支

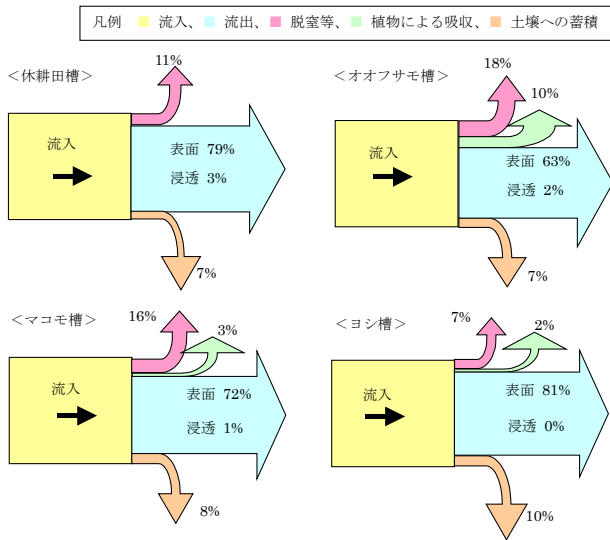


図 4・11 窒素の負荷収支図(H10.4～H11.3)

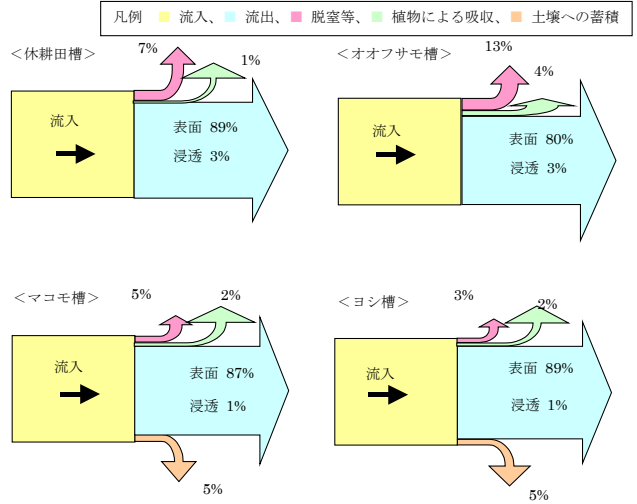


図 4・13 窒素の負荷収支図(H12.4～H13.3)

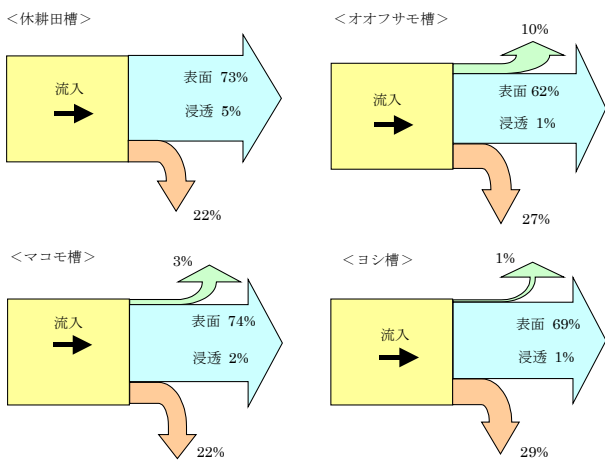


図 4・12 リンの負荷収支図(H10.4～H11.3)

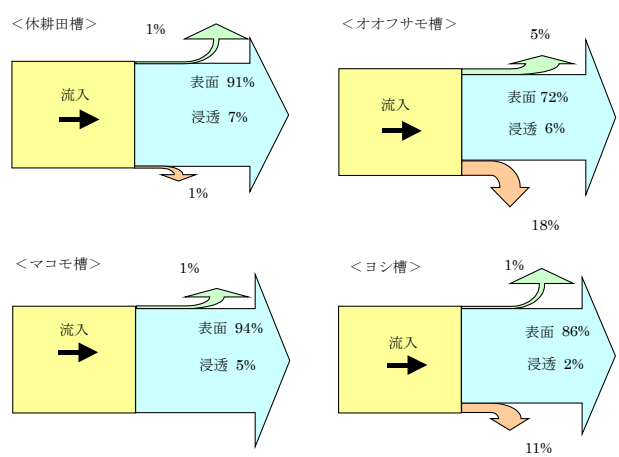


図 4・14 リンの負荷収支図(H12.4～H13.3)

## 5. まとめ

山王川の植生浄化実験で分かったことについて整理する。

### ①植物の生長特性

- ・ヨシの単位面積当たりの乾重量は7月に最大となり、また、N、Pの含有量は、春に高くその後減少し7月ではほぼ一定となり、単位面積当たりのN、Pの現存量は5～10月までほぼ一定の傾向があった。
- ・オオフサモの単位面積当たりの乾重量は間引き後の経過日数に比例した。その生長速度は、春>夏>秋の順であり、栄養塩含有量も春が高かった。

### ②長期間の浄化効果

- ・各槽とも通水2年前後でT・Pの浄化効果が低下する傾向であった。特に夏季が顕著であった。
- ・オオフサモは最も浄化効果が高かったが、冬期に枯死した場合は春以降腐敗しT・Pの浄化効果が低下することがあった。
- ・マコモとヨシは各項目の浄化効果は年を経るに従い徐々に低下し、特にT・Pで顕著であった。

### ③オオフサモの浄化速度

- ・T・Nは浄化速度が1.5g/m<sup>2</sup>/日、CODは5g/m<sup>2</sup>/日ではほぼ頭打ちとなったが、BODは負荷速度17.7g/m<sup>2</sup>/日に対し浄化速度7.4g/m<sup>2</sup>/日、T・Pは負荷速度1.4g/m<sup>2</sup>/日に対し浄化速度0.25g/m<sup>2</sup>/日、SSは負荷速度50.3g/m<sup>2</sup>/日に対し浄化速度27.2g/m<sup>2</sup>/日でも頭打ちとならなかった。全項目でヨシ<sup>1)</sup>より大きい浄化速度であった。
- ・BOD、T・P、SSは、さらに負荷速度を上げた場合より浄化速度が大きくなることが考えられたが、維持管理面で困難と考えられた。

### ④植生の維持管理と浄化効果

- ・ヨシの刈取りの有無による大きな浄化効果の相違は見られなかったが、刈取りなし槽で、4年目以降の夏季の浄化効果の低下が顕著であった。
- ・オオフサモは、冬季に枯死した場合には新芽の出る3月頃に一度枯死体を除去し、再投入したほうがよいと考えられた。

### ⑤泥の維持管理と浄化効果

- ・干し上げの実施は、土壌のORPを高めPO<sub>4</sub>-Pの溶出を抑え吸着効果を引き出し、また、土壌を締め固めることにより懸濁質の流出を抑え、浄化効果を改善することが分かった。
- ・5年間通水した植生槽の栄養塩等の高濃度の範囲は、概ね休耕田槽で10cm、植生槽で20cm程度で、高濃度の土壌を除去する場合の目安になると考えられた。

### ⑥負荷量収支

- ・本実験における5年間の負荷量収支で、窒素における損失量はほぼ脱窒量に相当するものと考えられ、流入負荷に対し6～10%程度であった。
- ・リンにおける5年間の土壌への蓄積量は、流入負荷に対し7～15%に相当した。
- ・植生の枯死や腐敗時には間引きや刈り取りを行った条件下で、植生の吸収による窒素やリンの浄化効果は、オオフサモで5～10%、ヨシやマコモでは5%以下であった。

以上、5年間にわたる山王川での植生浄化実験の結果、汚濁した河川水を対象とした表面流れ方式の人工湿地法の植生浄化機構の大意が明らかになったと考えられる。

栄養塩除去に注目した場合、植生浄化法における除去機構は植物自体の吸収によるものより、土壌における分解、吸着の寄与がより大きいものであることが明らかとなった。そして植生を配したケースで栄養塩の吸着、分解が行われる土壌の領域がかなり大きくなることが示された。

今回の実験では負荷速度がかなり高い領域で実験を行ったため、このような植生浄化の本来の特性が、水質除去率に明確に反映される結果を示し得なかった。

しかし、植生と土壌の相互作用に根ざす植生浄化機能の維持強化が植生浄化技術の命題であると考えられる。今回の実験で検討した干し上げ等の対策についてその効果をなお検証するとともに、植生と土壌の相互浄化作用を促進する浸透流れ方式に関する植生浄化技術<sup>6)</sup>についても検討を深める必要があるものと考えられる。

霞ヶ浦工事事務所と河川環境管理財団では、これまで山王川の実験と平行して霞ヶ浦湖岸に造成した清明川植生浄化施設において植生浄化の維持管理面に焦点を当てた調査を実施しており、現在も継続中である。また、全国の植生浄化施設に関するアンケート調査も実施しており報告書としてまとめている<sup>7)</sup>。

植生浄化法を代表する人工湿地法は、河川や湖沼に流入する汚濁負荷を軽減するとともに河川や湖沼の自然の保全という観点からも格好の緩衝帯を提供するという機能を有している。

このような植生浄化法の機能がわが国の河川事業に一層活用されることを念頭におき、植生浄化法の浄化能力の改善と、施設の計画、設計を確立するための調査研究をさらに進めていく予定である。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦工事事務所水質保全課長森田靖則氏、「霞ヶ浦流入河川植生浄化技術検討委員会」の東京農工大学教授細見正明委員長、各委員をはじめ多くの方々のご指導、ご助言を頂いた。ここに記して深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 中村栄一・森田弘昭 (1987) : 低湿地浄化に関する調査, 土木研究所資料, 第 2480 号
- 2) 細見正明 (1992) : ヨシ湿地による水質浄化, 水, Vol.34, No.12, pp.61~68
- 3) 竹倉新吉 (1991) : 霞ヶ浦の水質浄化対策, 河川, No. 539, pp.37~44
- 4) 宮下明雄, 涌井仁, 田仲成男 (2000) : 植生浄化の事例と浄化効果について, 河川環境総合研究所報告第 6 号, pp.11~26, 河川環境管理財団
- 5) 桜井善雄 (1998) : 水辺の緑化による水質浄化, 公害と対策, Vol.24, No.9, pp.899~909
- 6) 細見正明 (1994) : 内陸湿地における自然浄化のメカニズムと浄化機能の積極的利用, 水環境学会誌 Vol.17, No.3, pp.9~13
- 7) 河川環境管理財団 (2000) : 植生浄化施設の現状と事例, 河川環境総合研究所資料第 3 号
- 8) 河川環境管理財団 (2002) : 植生浄化施設計画の技術資料, 河川環境総合研究所資料第 5 号

## Ⅱ 河川の自然再生に関する調査研究

# 4. 霞ヶ浦における湖岸植生回復の検討について

山本晃一\*・戸谷英雄\*\*・福田健一\*\*\*・坂口喜久二\*\*\*\*

## 1. はじめに

霞ヶ浦では、これまで湖岸植生帯の保全に関して、ヨシの植栽や波浪対策等の対策がなされてきた。しかし、ここ数年の湖岸植生帯の減退は著しく、特に絶滅危惧種であるアサザを含む浮葉植物等の減少が確認されている。

アサザを含む湖岸植生の減少に対しては、学識経験者および市民からも保全の要望があり、霞ヶ浦のアサザを含む湖岸植生の減退原因究明と保全対策を検討する目的で、国土交通省、有識者、NPO から構成された「霞ヶ浦の湖岸植生帯の保全に係る検討会」を平成12年度に設立し、平成14年度まで5回の検討会を公開制で開催してきた。

その検討結果に基づいて、平成13年度には、11地区で緊急対策工の整備事業が実施され、その効果を調査するため、平成14年度にはモニタリング調査が実施されている。

本報告では、図1・1に示す検討会のフローにしたがって審議された各項目（湖岸植生の現状把握、対策地区の選定、減退要因の検討、緊急対策方針の検討、緊急対策工の整備計画、湖岸植生復元手法の検討、対策工・湖岸植生の維持管理の検討、モニタリング調査計画の検討）について、



図1・2 霞ヶ浦の地形

検討された結果とともに得られた知見を述べ、最後に実際に施工された対策地区の植生回復状況を報告する。

## 2. 湖岸植生の現状把握

### 2.1 湖岸植生の現状

霞ヶ浦湖岸植生の面積は、図2・1に示すとおり、西浦では、1972年から1997年の25年間で、沈水植物はほぼ絶滅、浮葉植物および抽水植物は約40%に減少している。

北浦では、1982年から1997年の15年間で、沈水植物はほぼ絶滅、浮葉植物は約40%に減少、抽水植物は約25%に減少している。

このように、霞ヶ浦の湖岸植生は激減している状況下であり、早急な湖岸植生の保全対策が望まれている。

### 2.2 アサザの現状

アサザはミツガシワ科の多年生浮葉植物で、絶滅危惧Ⅱ種に指定されている。過去には、夏季に霞ヶ浦湖面を黄色に彩る普通に見られる植物であったが、近年は激減している。

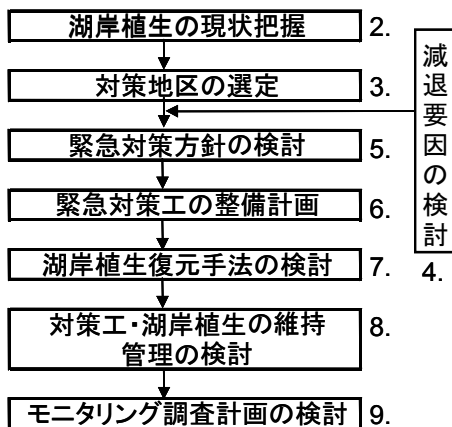


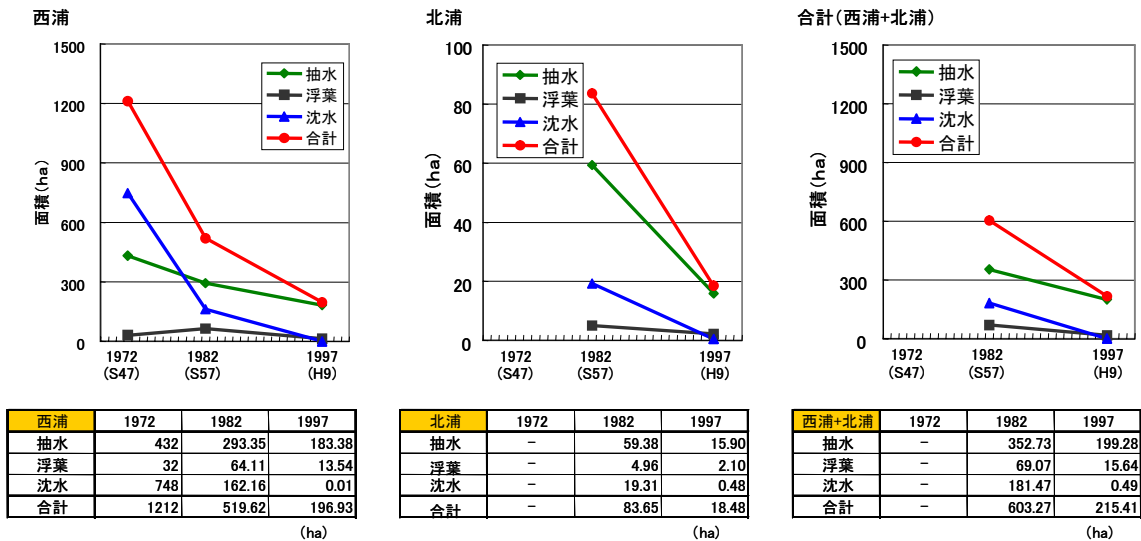
図1・1 検討会の検討フロー

\* (財)河川環境管理財団 研究総括職  
\*\* (財)河川環境管理財団 研究第四部部長  
\*\*\* (財)河川環境管理財団 研究第四部主任研究員  
\*\*\*\* (株)建設環境研究所 環境計画部部長代理



アサザの占有面積は、図2・2のとおり、1994年・1996年の調査では、1,000 m<sup>2</sup>を越える群落が14地区、10,000 m<sup>2</sup>を越える群落が5地区存在していた

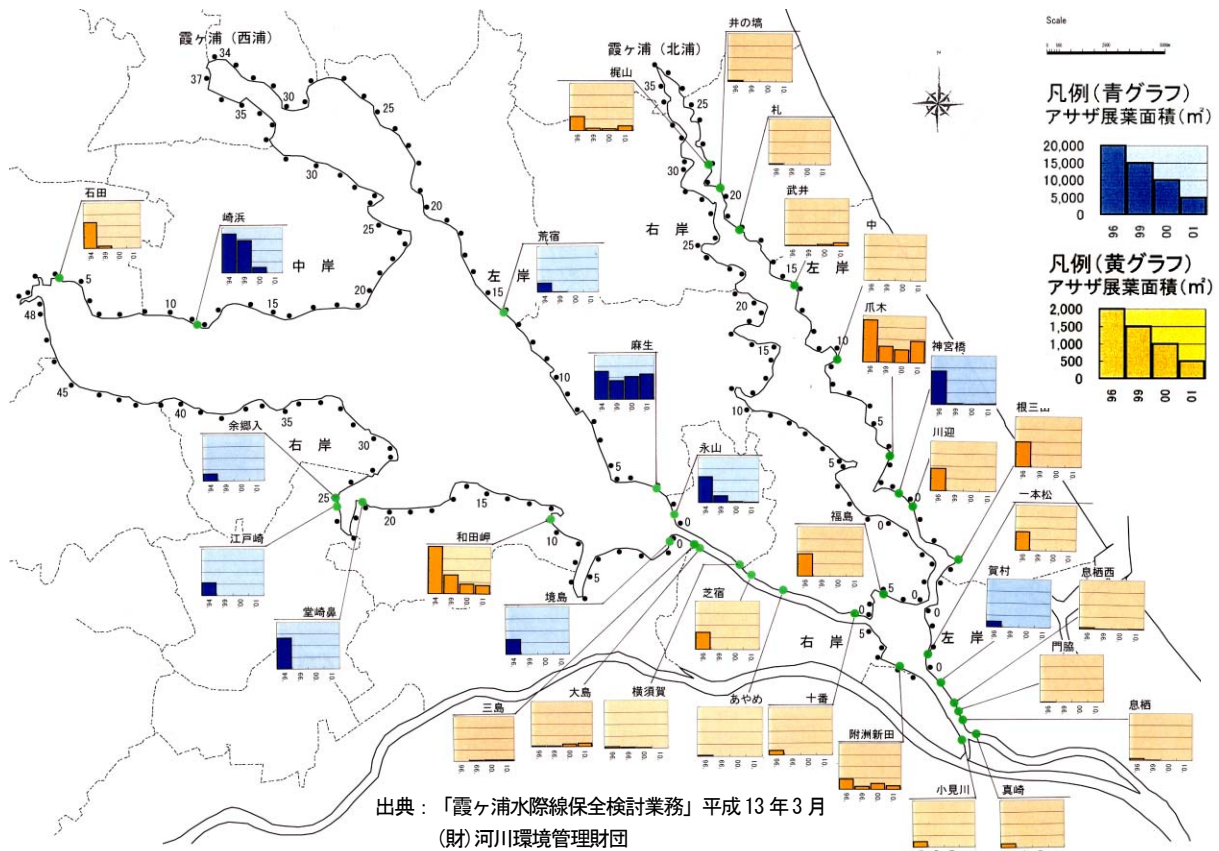
が(青グラフ)、2000年では、1,000 m<sup>2</sup>を越える群落がわずか2地区のみとなってしまった(黄グラフ)。また、実生の発生地区も極端に減少してきている。



出典：1) 桜井善雄、林一六、渡辺義人、天白精子、大橋通(1972)水生植物・霞ヶ浦生物調査報告  
建設省霞ヶ浦工事事務所・水資源開発公団霞ヶ浦開発建設所  
2) 水資源開発公団霞ヶ浦開発事業建設部(1993)霞ヶ浦水際線保全計画検討業務報告書  
3) 建設省霞ヶ浦工事事務所(1998)霞ヶ浦植物等調査報告書

※築堤前の堤内地側の  
植生面積はカウント  
されていない。

図2・1 霞ヶ浦湖岸植生面積の推移



出典：「霞ヶ浦水際線保全検討業務」平成13年3月  
(財)河川環境管理財団  
「霞ヶ浦水際線保全検討(その2)業務」  
平成14年3月(財)河川環境管理財団

図2・2 アサザ占有面積の推移

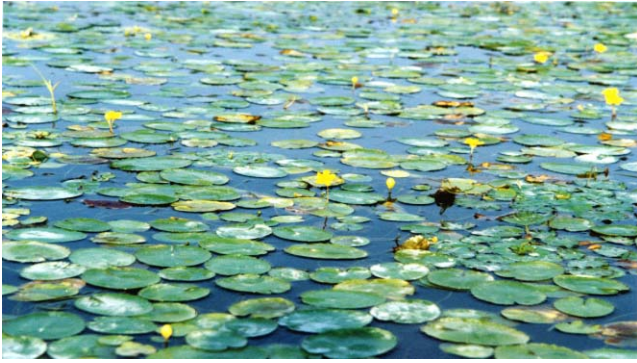


図 2・3 アサザの開花

### 3. 対策地区の選定

将来的に浮葉植物のアサザおよび抽水植物を含む湖岸植生の復元の可能性が大きい地区であり、かつ、図 2・2 に示した近年アサザが確認されている 34 地区から、緊急対策地区を、以下の条件で選定した。

1. 現存アサザが生育している地区
2. 現在アサザの生育が確認されていないが、比較的波浪が小さく、湖棚が広いなどの生育条件が整っている地区の内、過去にアサザが生育していた地区および過去に生産された種子の発芽・定着が期待できる地区

図 3・1 示す 18 地区が緊急対策地区として選定された。



図 3・1 緊急対策地区

### 4. 湖岸植生の減退要因の検討

湖岸植生の減退要因としては、様々な項目が想定される。検討会では、現地での実現象からの推定、各要因の定量的な分析および植生情報との対応関係、波浪、地形などの物理的現象からの推定などの多面的な検討により、以下の点に注目して、物理的な減退要因を想定した。

1. 植物性プランクトン増加による透明度の低下  
→水中到達光量の低下による沈水植物の減少 (図 4・1, 表 4・1)
2. 湖岸堤築造による湖岸植生生育場の喪失  
→抽水植物の減少 (図 4・2, 表 4・2)
3. 水位季節変動パターンの変化  
→浮葉植物の生態とのアンバランスによる浮葉植物の減少 (図 4・3, 表 4・3)  
※ 平成 8 年から管理水位 (夏季 YP+1.1m, 冬季 YP+1.3m)  
※ 以前は夏季高く冬季低い自然水位であり、浮葉植物の生態に適していた。  
※ 平成 13 年冬季の水位は YP+1.1m に試験的に下げた。
4. 直立堤の反射波、水位上昇による波浪の増大および水位安定化による局所の侵食  
→波浪による湖岸植生生育場の侵食
5. この他、地下水の遮断、湖岸流変化、砂利採取、ゴミのドリフトなどの影響も考えられる

以上の物理的な減退要因に直接的あるいは間接的に影響を与え、結果的に霞ヶ浦湖岸植生に様々な作用を及ぼしてきた主な人為的影響要因としては、以下の 3 点が指摘された。

1. 流入負荷量の増加・富栄養化の進行
2. 湖岸堤の築造事業
3. 常陸川水門による水位操作

以上の減退要因相互の関係を図 4・4 に示す。

なお、減退要因の関係については、今後もより多くの知見により、検証していく必要がある。

この減退要因から、湖岸植生を保全する緊急対策として有効と想定される方策は、湖岸植生生育水域の波浪の低減化と喪失した湖岸植生生育場の創出であり、具体的には、消波施設の整備と侵食されてしまった湖岸に代わる連続的な緩勾配形状を持つ湖岸植生生育場の整備であると考えられた。

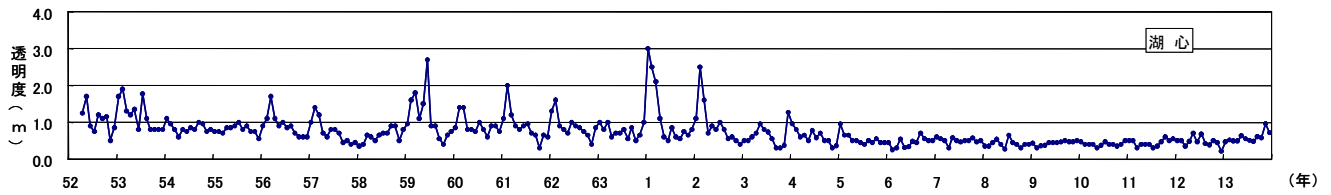


図4・1 霞ヶ浦湖心の透明度の推移



図4・2 湖岸堤整備位置と湖岸植生との関係  
(北浦右岸1~3 km, 左岸1~3.5 km地点)

— : 平成12年現在の湖岸線

出典：霞ヶ浦沿岸 昭和24年航空写真+平成12年作成地形図。  
平成14年3月，国土交通省国土技術政策総合研究所

表4・1 透明度と沈水植物面積の関係

	1971~1989 (S46~H1)	1990~ (H2~)
透明度(湖心)	1.0m以上	1.0m未満
沈水植物面積(西浦)	748ha(1972)	0.01ha(1997)

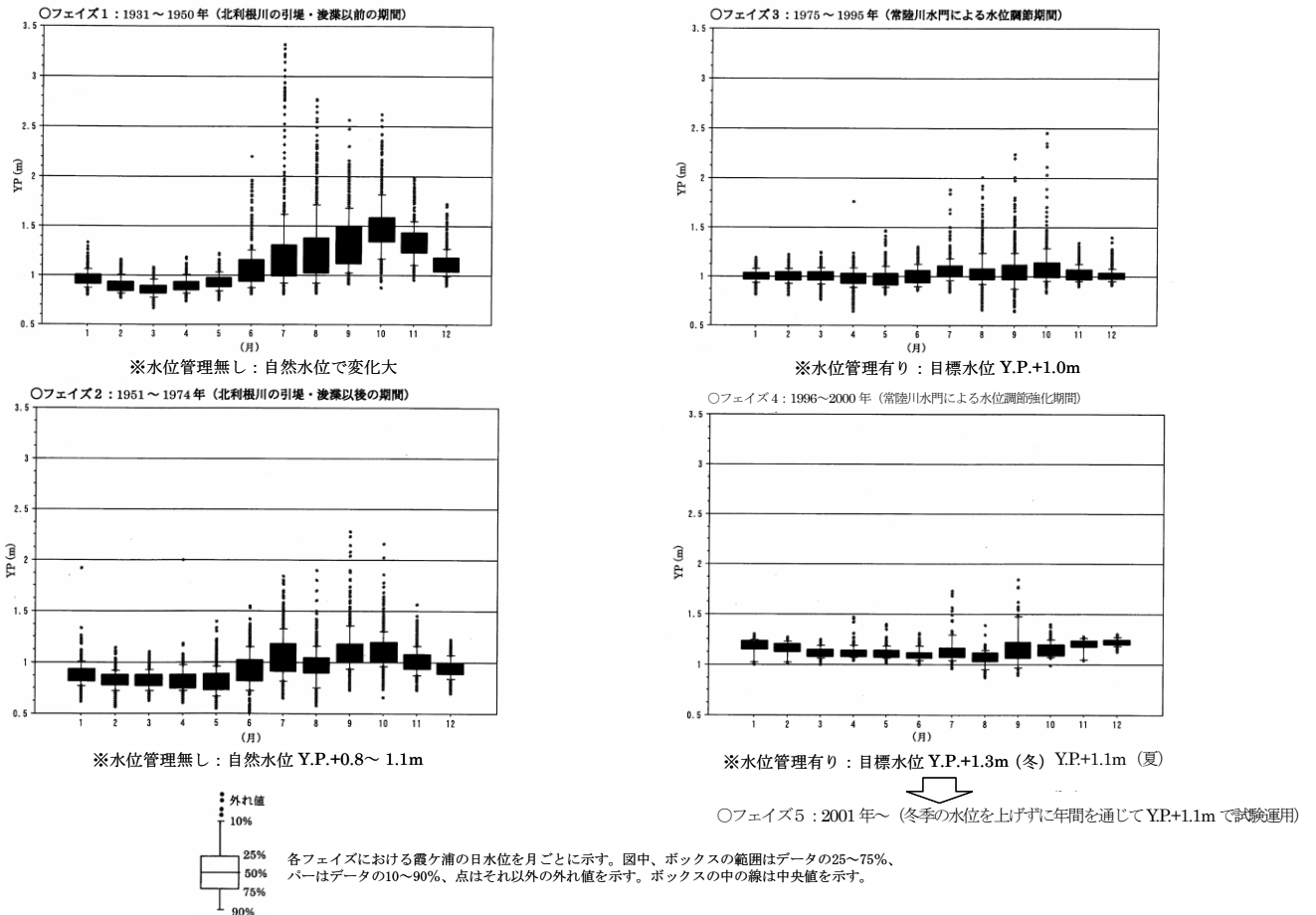
表4・2 西浦の湖岸堤築造と湖岸植生面積の推移

	1971~1975	1981~1985	1996~
西浦湖岸堤進捗率	約5%	約85%	100%
西浦植生面積	1,212 (ha)	520 (ha)	197 (ha)

表4・3 浮葉植物アサザ占有面積と水位の関係 (単位m<sup>2</sup>)

年度	平成6/8年※	平成11年	平成12年	平成13年
アサザ総占有面積	100,487	28,404	14,888	14,026
管理水位	夏 Y.P+1.1m, 冬 Y.P+1.3m			夏冬 Y.P+1.1m

※平成6、8年の2回調査合計でアサザが生育する全地区をとりまとめた結果



出典：西廣淳，藤原宣夫，鷺谷いづみ（2001）応用生態工学研究会 第5回研究発表会講演集  
 湖水位の季節変動と植物の発芽セーフサイト（霞ヶ浦での研究）

図4・3 霞ヶ浦の水位季節変動パターンの変遷

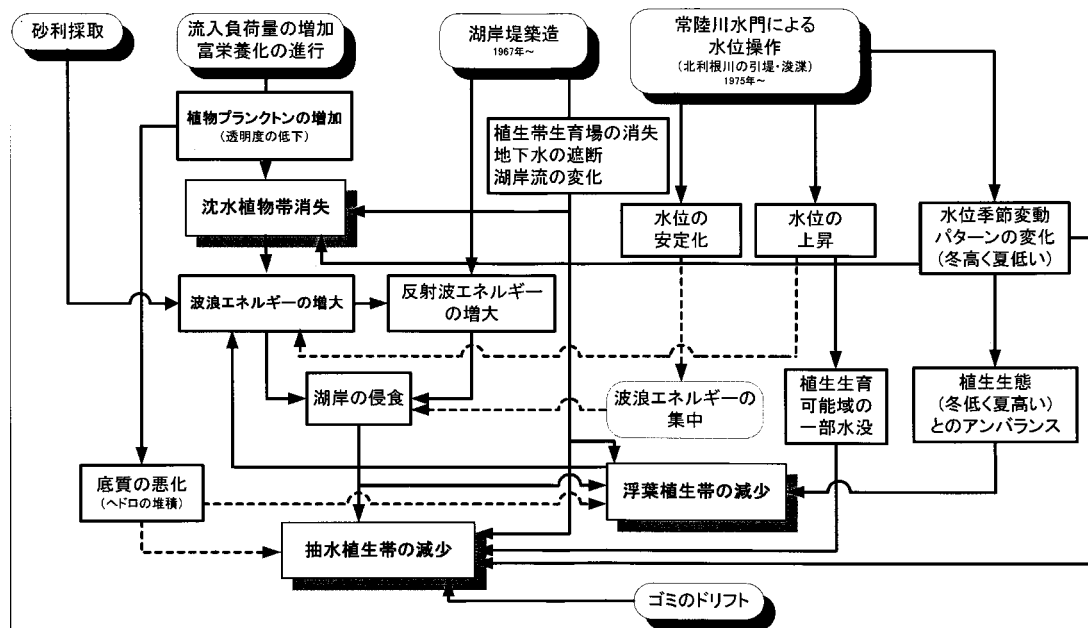


図4・4 霞ヶ浦湖岸植生の減退要因の相互関係

## 5. 緊急対策方針の検討

### 5.1 湖岸植生復元モデルの検討

緊急対策の基本方針を検討する前提として、目指すべき湖岸植生復元のモデルを設定するため、現時点で存在する定量的で分析が可能な調査資料（地形横断測量、植生断面図等）に基づいて湖岸植生復元モデルを検討した。現存する資料は、最も古いもので1983年（昭和58年）の調査結果しかないので、このモデルは湖岸堤築造がほぼ終了し、常陸川水門による水位調節期間に入った時点における湖岸植生復元モデルとなる。

この検討の結果、図5・1の復元モデルが策定された。

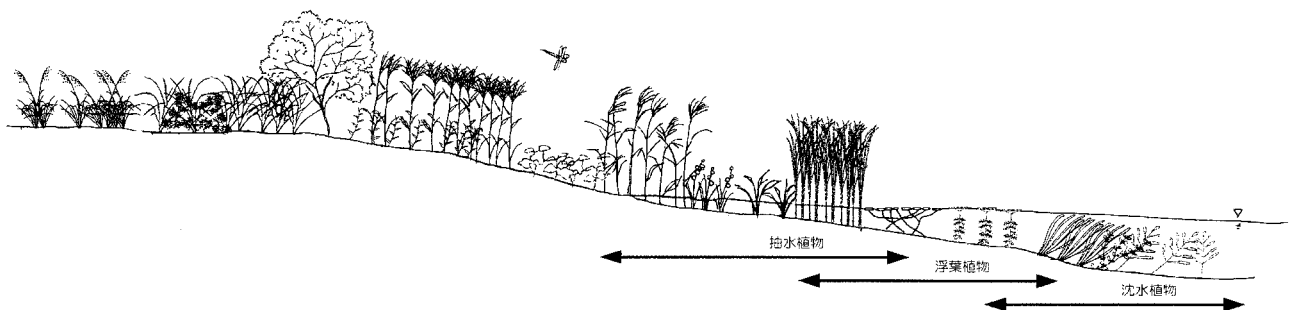


図5・1 湖岸植生復元モデル

### 5.2 緊急対策方針の検討

緊急対策の基本方針は、湖岸植生の緊急的な対策を行いつつ、「浮葉植物とともに、抽水、沈水植物群落も回復させ、長期的には霞ヶ浦本来の水辺の復元を目指す」こととした。また、各地区の対策工整備計画を検討

また、検討結果から、霞ヶ浦湖岸植生の特性として、以下の点が明らかになった。

1. 湖岸植生は、陸上植物、抽水植物、浮葉植物、沈水植物と連続的な推移帯を形成していた。
2. 特に抽水、浮葉、沈水植物は、生息する主な水深は各々あるが、総体的には混在していた。
3. 過去の湖底地形は、1/40程度のかかなり緩勾配の地形であった。
4. 抽水植物のヨシは水面下0.5m程度を中心に、0～1.3m程度まで生息していた。
5. 浮葉植物のアサザは水面下1.0m程度を中心に、0.2～1.5m程度まで生息していた。
6. 沈水植物は水面下0.8m程度を中心に、0.6～1.2m程度まで生息していた。

するに当たっては、当該地区の過去の地形・植生分布状況を十分検討して行うことを原則とした。

緊急対策方針に基づいた対策工の基本的な考え方は、表5・1に示すとおり、アサザが現在あるかどうか、消波して保全するか、新たな生育場として養浜を整備するかという視点で、緊急対策工の採用の考え方を整理した。

表5・1 緊急対策工の基本方針

地区	目的	保全・創出される環境	対策工法	具体的な工法
現在アサザが生育している地区	1. 現存するアサザ群落を保全する 2. アサザの実生発生が見られる地区では、実生の定着、成長を可能とする対策を行う	1. ある程度静穏な水域（波浪の低減化） 2. 実生成長の生育場（段差の解消）	1. 消波工 1) 粗朶消波工 2) 石積み消波工 2. 捨て砂工	1. 粗朶消波工を基本とし、波浪の強い地区は、石積み式とする
過去にアサザが生育していた地区	1. 湖岸植生の新たな生育場を創出する	1. 植生生育場となる緩傾斜地形 2. ある程度静穏な水域（波浪の低減化） 3. 水域から陸域に至る植生帯の生育場 4. 多様な湖岸水辺環境となる生物の生育場	1. 養浜工 1) 石積み突堤 2) 緩傾斜養浜 2. 消波工 1) 粗朶消波工 2) 石積み消波工 3. 既設護岸部の覆土 4. 島堤	1. 浚渫土を養浜の上に敷き、埋土種子（シードバンク）からの発芽を期待する 2. 粗朶消波工を基本とし、波浪の強い地区は、石積み式とする

以上の考え方で、各地区ごとの過去の植生状況、地形等を分析し、その特性に対応した緊急対策工法を表5・2に示すように選定した。

また、表5・1に示した各工法の内、主要な工法タイプを図5・2から図5・5に示した。

表5・2 各地区の緊急対策工法

No.	地区No及び地区名		湖/河川	保全・創出すべき環境		対策工法	
	No.	地区名		目的	必要な機能	方針	工法
①	1	境島	西浦	・新たなアサザの生育環境を創出する ・波浪対策	・連続的な緩斜面 ・ある程度の静穏域	・安定した砂浜の創出 ・消波施設の設置	・突堤（石積み） ・養浜 ・消波工（粗朶）
②	3	古渡		・アサザの実生定着を期待できる場を創出する	・小規模な緩斜面 ・ある程度の静穏域 ・アサザの実生と相性の良いマコモ群落を配置	・実生育場の整備 ・消波施設の設置 ・マコモ群落の移植	・砂捨て工 ・消波工（粗朶）
③	4	鳩崎・余細入		・アサザの実生定着を期待できる場を創出する	・小規模な緩斜面 ・ある程度の静穏域 ・アサザの実生と相性の良いマコモ群落を配置	・実生育場の整備 ・消波施設の設置 ・マコモ群落の移植	・突堤（石積み） ・砂捨て工 ・木柵盛り土 ・消波工（粗朶）
④	5	石田		・小面積の良好なアサザを新たに生育し、そのアサザの活力を利用した復元を目指す（試験）	・十分な静穏域	・全方位囲まれた静穏箇所 の創出	・アサザ植付場の設置 ・消波工（粗朶）
⑤	6	根田		・新たなアサザの生育環境を創出する ・現存するアサザを保全、育成する	・小規模な緩斜面 ・大規模なアサザの生育場 ・ある程度の静穏域	・安定した砂浜の創出 ・安定した島堤の創出 ・消波施設の設置	・養浜 ・消波工（環境、景観に配慮した島堤） ・消波工（粗朶）
⑥	7	石川		・アサザやオニバス等のシードバンクを活用し、新たなアサザの生育環境を創出する	・連続的な緩斜面 ・ある程度の静穏域	・安定した砂浜の創出	・突堤（石積み） ・養浜 ・消波工（粗朶）
⑦	8	永山		・新たなアサザの生育環境を創出する ・波浪対策	・連続的な緩斜面 ・ある程度の静穏域	・安定した砂浜の創出 ・消波施設の設置	・突堤（石積み） ・養浜
⑧	9	麻生		・波浪対策及びアサザの保全	・連続的な緩斜面 ・ある程度の静穏域	・消波施設の設置	・消波工（石積み）
⑨	11	大船津		北浦	・新たなアサザの生育環境を創出する	・連続的な緩斜面 ・ある程度の静穏域	・安定した砂浜の創出 ・消波施設の設置
⑩	12	爪木	・現存するアサザを保全、育成する		・ある程度の静穏域	・消波施設の設置	・消波工（粗朶）
⑪	17	梶山	・現存するアサザを保全、育成する		・ある程度の静穏域	・消波施設の設置	・消波工（粗朶） ・砂捨て工
⑫	10	荒宿	西浦	(波浪対策検討)			
⑬	18	大島	北利根川	・現存するアサザを保全、育成する	・ある程度の静穏域	・消波施設の設置 ・ボートによる走行波の低減	・消波工（杭） ・速度制限などの標識の設置
⑭	19	三島					
⑮	23	横須賀					
⑯	26	附洲新田	外浪逆浦	・現存するアサザを保全、育成する	・ある程度の静穏域	・消波施設の設置 ・ボートによる走行波の低減	・消波工（杭） ・速度制限などの標識の設置
⑰	31	息栖	常陸利根川	・現存するアサザを保全、育成する	・ある程度の静穏域	・消波工（杭）	・消波工（杭）
⑱	33	息栖西				・速度制限などの標識の設置	・速度制限などの標識の設置

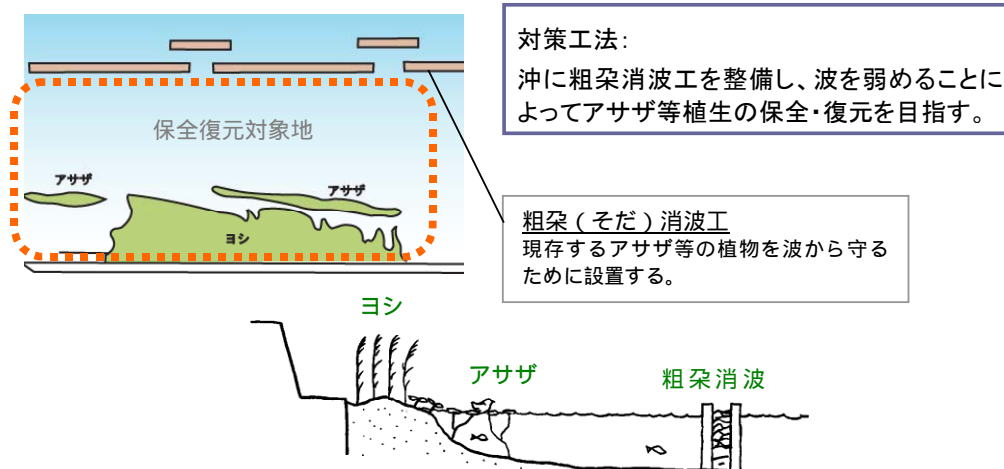


図5・2 現存するアサザ等植生を保全する対策工法（根田上流、麻生、大船津下流、爪木、梶山地区）

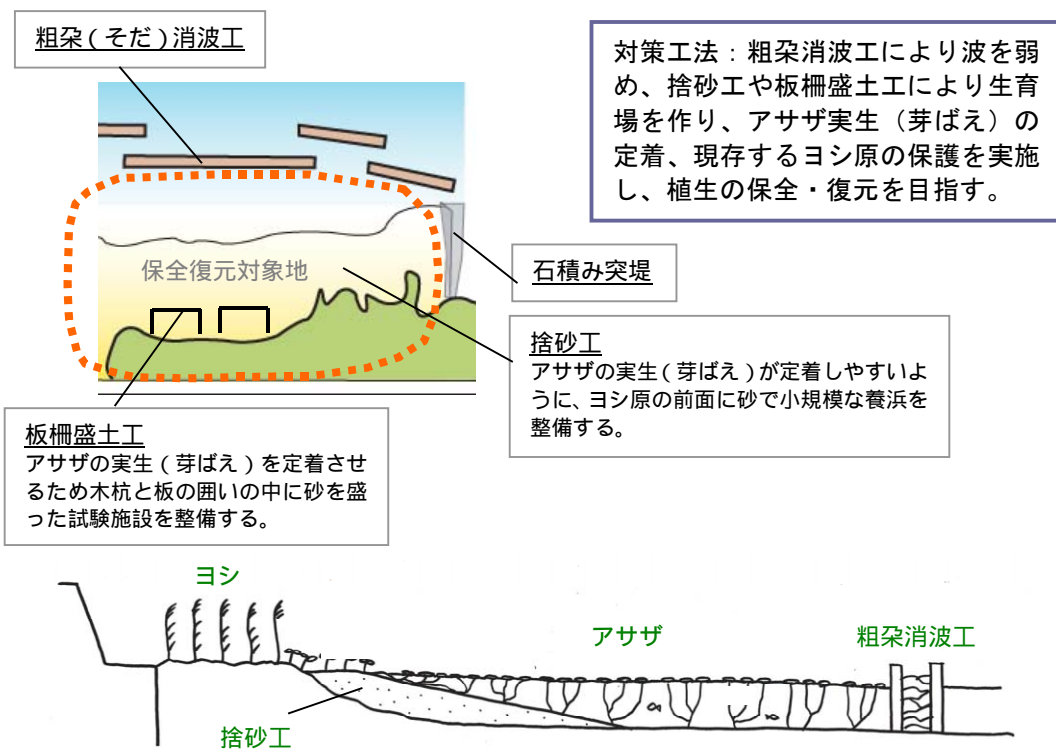
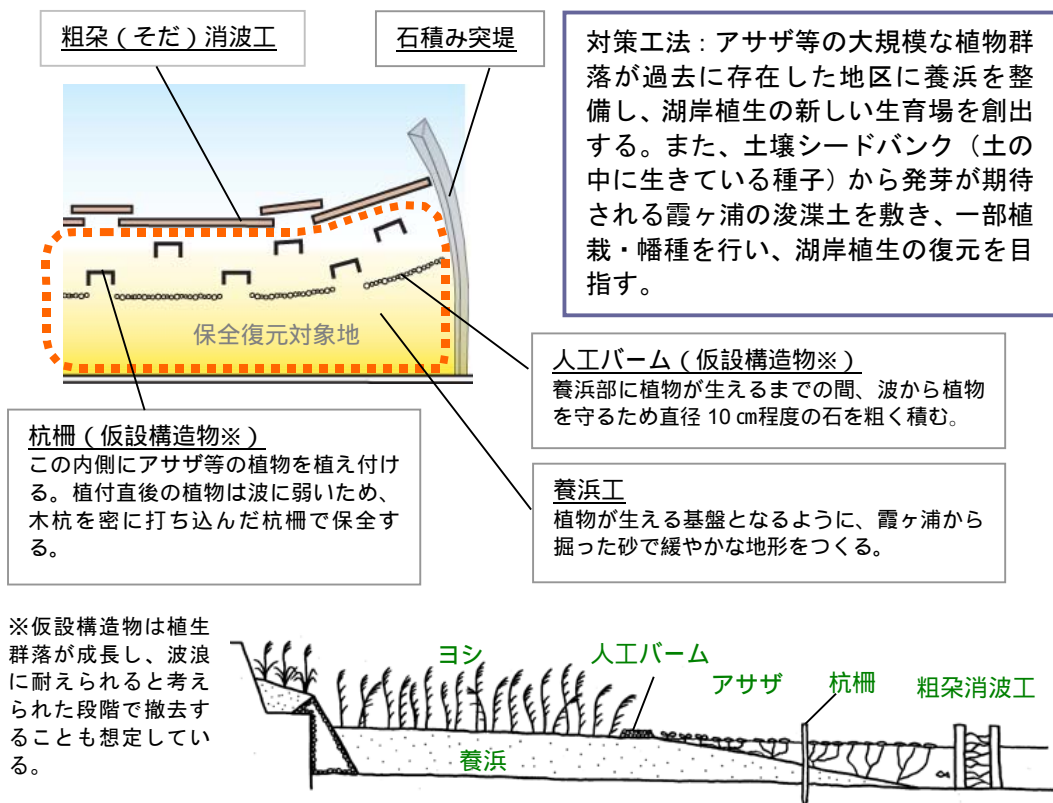


図5・3 アサザの実生定着、ヨシ原保護を目指す対策工法(古渡、鳩崎・余郷入地区)



※仮設構造物は植生群落が成長し、波浪に耐えられると考えられた段階で撤去することも想定している。

図5・4 新しい生育場を創出する対策工法(境島、石田、石川、永山、大船津上流地区)

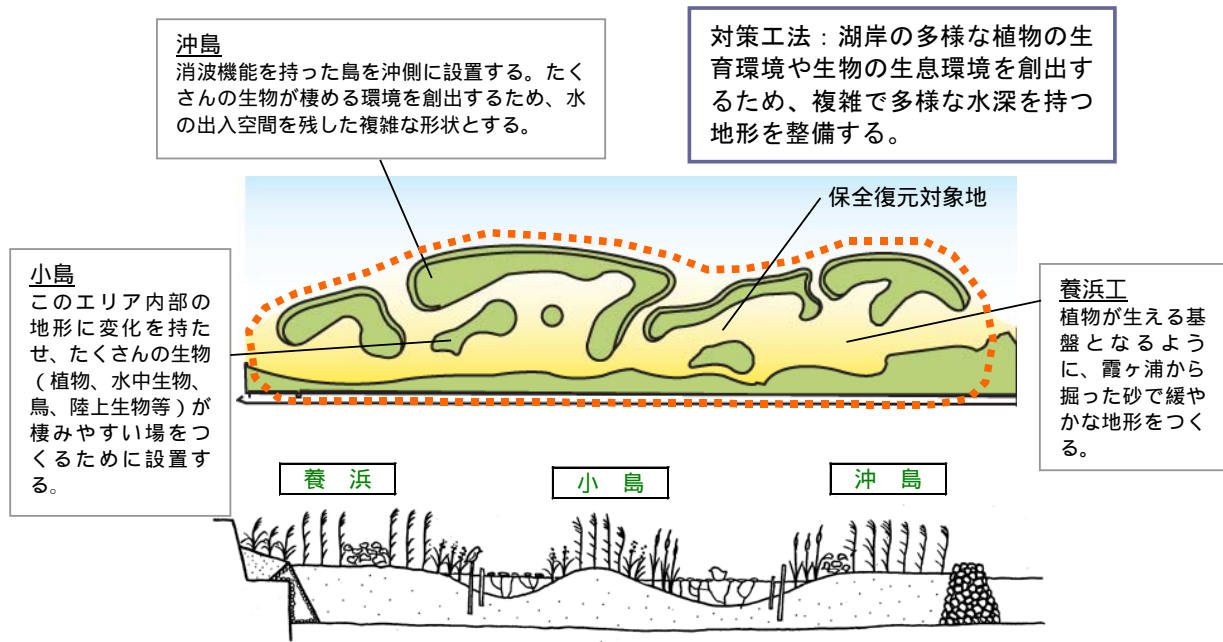


図5・5 新しい多様な湖岸水辺環境を創出する対策工法（島堤）（根田下流地区）

## 6. 緊急対策工の整備計画

各地区の具体的な緊急対策工の整備計画に際しては、対象地区 18 地区の内、北利根川の河道部（7 地区）は西

浦、北浦より相対的に緊急性が低いとの認識から、対策工整備地区は、養浜工が 4 地区、島堤工が 1 地区、粗朶消波工およびその他が 6 地区、以上 11 地区とした（図 6・1）。この内、養浜工の詳細設計平面図を図 6・2 に示す。

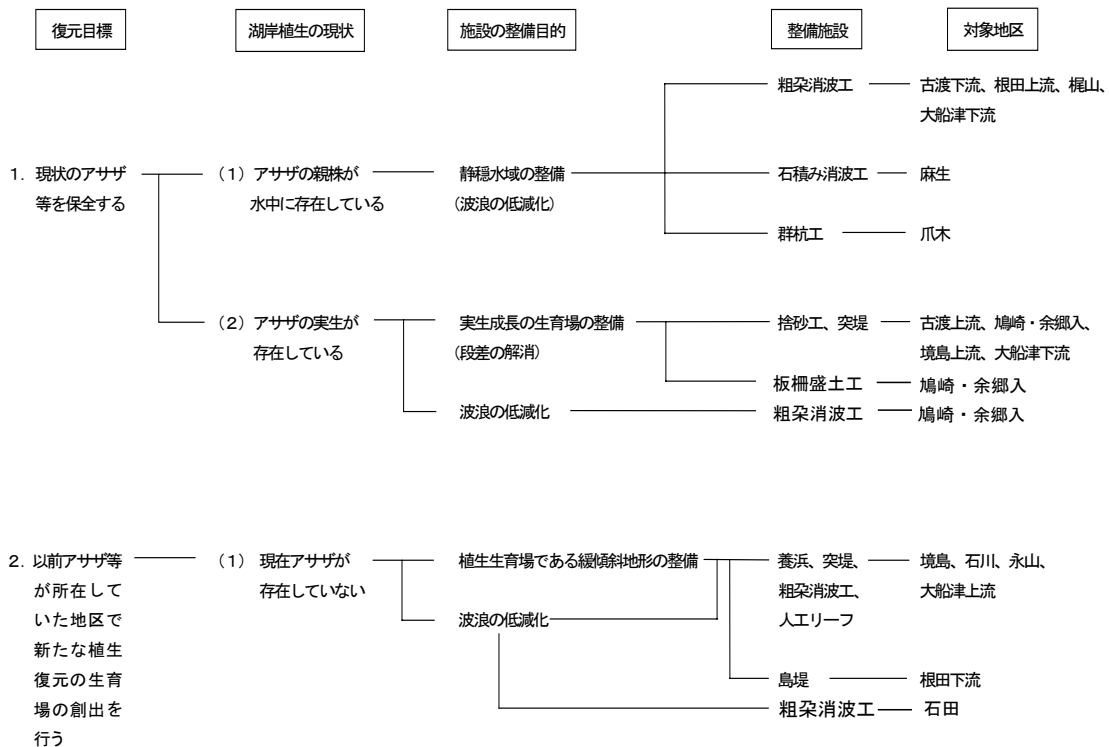


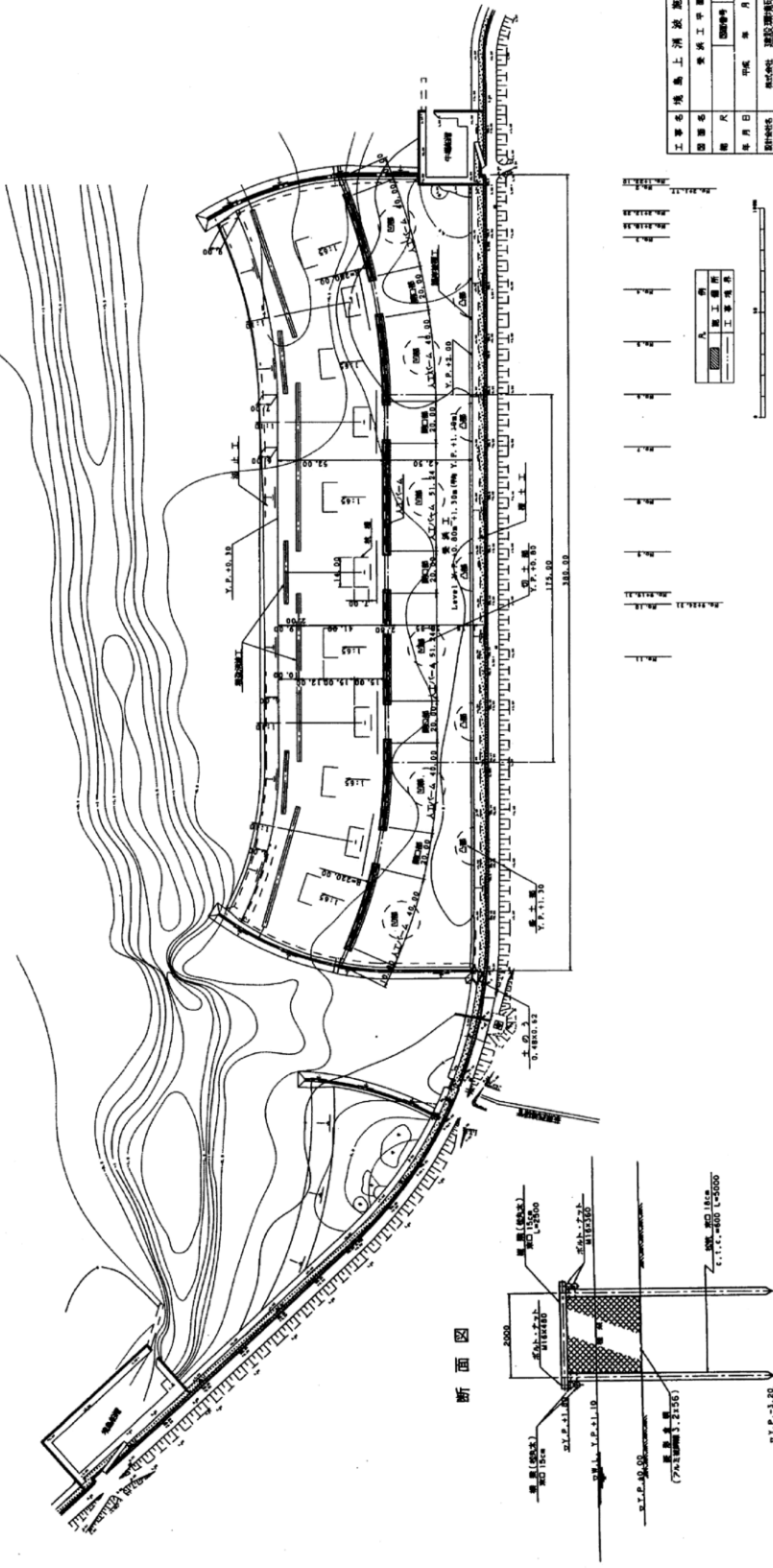
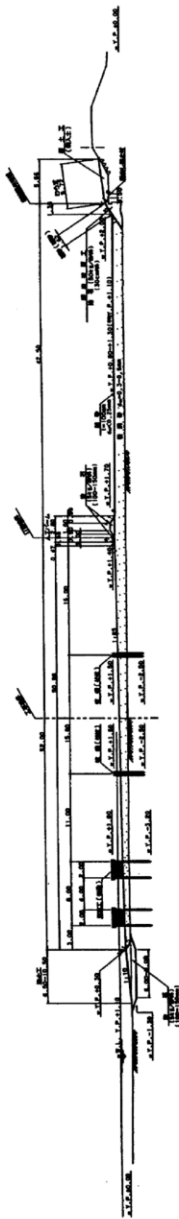
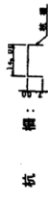
図6・1 緊急対策工の整備計画



平面図  
(境島地区)

養浜標準断面図

※杭欄、人工バームは挿え付けられ  
た株を波濤から守る植生活着補  
助施設であり、今後の植生回復状  
況に応じて、撤去可能な仮施設構  
造物である。



工事名	境島上州波濤施設工事
図名	養浜標準断面図
種別	図面中の
年月日	平成 年 月 日
作成者	建設部研究開発所
承認者	国土交通省港湾工務部

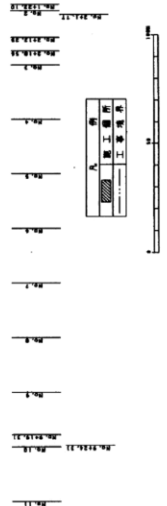


図 6・2 養浜工の例 (境島地区)

## 7. 湖岸植生復元手法の検討

6.でその概要を記述した緊急対策工の整備計画とともに、整備された植生基盤を活用した有効な湖岸植生復元手法を検討した。

湖岸植生の復元に係る基本方針は、復元行為を通して沿岸地域と霞ヶ浦の関係を回復するという視点、持続的な植生復元を目指すという視点、復元に係る知見が現時点で十分でないとの視点などから、検討の結果、以下の4項目を掲げた。

1. 湖岸植生復元の実施には、その全てのプロセスで地元住民およびNPOの参画を原則とする。
2. 湖岸植生復元は自然の復元力に期待することを大原則とする。現存植生からの回復が望みにくい地区では、地元住民とNPOが主体となって一部植栽を実施する。
3. 1980年代以前の各地区植生情報を、世代間交流を目指した地元小学生の聞き取り調査で補足し、地域特性のある湖岸植生復元目標を関係者の協議により策定する。
4. モニタリング調査結果に基づいた植生復元応答の把握によって復元手法を順応的に見直し、現地環境条件に調和した植生管理を推進する。

以上の原則にしたがって、実現性の高い植生復元手法について検討した結果、表7・1に示すように4つの復元手法が提案された。

- A. 現存植生の保全・拡大による植生復元
- B. 自然の復元力を活用した植生復元  
(現存するシードバンクや周辺からの種子散布)
- C. 霞ヶ浦の浚渫土利用(表面に敷く)による植生復元(浚渫土シードバンクに期待する)

### D. 播種や苗の移植による植生復元

この内、手法A, Bは、現在ある植生を保全・育成する手法であり、緊急対策工の整備を実施して、自然の復元力に期待するものである。この手法は、植生・実生発芽が現存する地区でかつ環境の改善によって自然の回復が期待される地区に適している。具体的には、粗朶消波工地区および捨て砂工地区が該当する。

手法C, Dは新しく湖岸植生を創出する手法であり、緊急対策工の整備に加えて、浚渫土利用および植栽を人為的に行うものである。この手法は、過去に群落が存在したが現在はほとんどない地区で、自然の復元力だけでは植生の回復が望みにくく、一部人為的復元を必要とする地区に適している。具体的には、新たな植生の生育場を創出させる養浜地区、島堤地区が該当する。

このなかで、養浜地区については、前述の霞ヶ浦湖岸植生復元モデルに基づいて検討した結果、岸沖方向(断面方向)で養浜を護岸部、養浜平場部(護岸～汀線: YP+1.1m)、養浜緩傾斜部(汀線: YP+1.1m～湖底)の3地区に分け、それぞれの環境に適した陸上植生帯、抽水植生帯、浮葉・沈水植生帯を復元していくものとした。具体的には、護岸部は手法D、養浜平場部は手法CとDの併用、養浜緩傾斜部は手法Dを採用する。(図7・1, 表7・3)

なお、浚渫土利用および一部植栽をする養浜部は、苗植付けおよび実生発生の段階では、苗、実生を波浪から守る必要があるため、植生活着補助施設として、抽水植物: 人工バーム(小規模な石積み堤)、浮葉・沈水植物: 杭柵(松杭)を仮設構造物として整備し、群落が成長した段階で撤去できるものとした。

このような基本的な考え方で、各地区の特性を把握し、各地区に適した植生復元手法を検討した結果を表7・2に示す。また、代表的なC, D適用事例を図7・2に示す。

表7・1 植生復元手法

植生復元手法	内容	適用条件
A 現存植生の保全・拡大による植生復元	アサザ等の水性植物群落が発現する場所で、その沖に消波工を整備し波を弱めることにより、現存群落を保全するあるいは生育地を拡大する。	現存している水性植物群落がある場所
B 自然の復元力を活用した植生復元 (現存するシードバンクや周辺からの種子散布)	対象とする植生の生育基盤を消波工、捨て砂工、板柵工により整え、現存するシードバンクを守り、周辺からの種子散布などの自然復元力を活用して植生を復元する。	現存するシードバンクからの実生生育や周辺からの種子散布などの自然の復元力が期待できる場所
C 浚渫土利用による植生復元 (浚渫土シードバンク)	養浜や島堤を整備し、埋土種子が含まれることが期待される浚渫土を覆土利用することにより植生を復元する	現存している水性植物群落がなく、自然の復元力が期待できない場所で、かつ広い範囲の復元を行う場所(抽水植物帯)
D 播種や苗の移植による植生復元	養浜や島堤を整備し、復元目標とする植物を播種あるいは植栽することにより植生を復元する	現存している水性植物がなく、自然の復元力や浚渫土利用による方法も期待できない場所(浮葉・沈水植物帯)

表 7・2 地区毎の植生復元手法の選択

復元原理による区分	湖岸の現存植生状況		主な対策工法			植生復元手法				地区	備考
	アサザ等	抽水植物群落	突堤	消波工	養浜等	A	B	C	D		
自然の復元力にまかせる地区	現存する群落がある	抽水植物群落は幅広く残存する場所と僅かに残存する場所がある		○		○				⑤根田（上流） ⑧麻生 ⑨大船津（下流） ⑩爪木 ⑪梶山	
	現存する群落はないが実生が多くみらる	抽水植物群落は幅広く残存する		○			○			②古渡（下流） ②古渡（上流）	弱い保護
			○	○	○	捨砂工 捨砂工 板柵盛土				③鳩崎・余郷入	強い保護
自然の復元力に加えて、一部植栽などの人為的な復元を行う地区	過去に群落は存在したが現在はほとんどない	抽水植物群落の状況は地区によって様々である	○	△	○		○	○	○	①境島 ⑤根田（下流） ⑥石川 ⑦永山 ⑨大船津（上流）	
		抽水植物群落は幅広く残存する		○			○		○	④石田	消波工で植栽地を取り囲む

A：現存植生の保全・拡大による植生復元  
 B：自然の復元力を活用した植生復元（現存するシドバンクや周辺からの種子散布）  
 C：浚渫土利用による植生復元（浚渫土シドバンク）  
 D：播種や苗の植栽による植生復元

○：対策工法および植生復元手法実施  
 △：地区や場所によって対策方法を実施する  
 ⑨大船津（下流）・⑪梶山では捨て砂工が行われるが、アサザの自生地点では行われないため、表中では示していない

表 7・3 一部植栽を行う地区（主に養浜）の復元植生帯に対応した植生復元方法

各エリア	平面位置	対策工法	復元植生帯	主な植栽対象植物	植生復元手法
護岸部	護岸部近傍	養浜の陸側護岸を山土で覆土する	陸上植生帯	オギ、ススキなど	一部播種・植栽
養浜平場部	護岸～汀線(YP+1.1m)	汀線高さの養浜平場部に浚渫土を覆土し、その前面を人工バーム等で保護する	抽水植生帯	ミクリ、ヨシ、マコモ、ヒメガマなど	浚渫土利用、一部播種・植栽
養浜緩傾斜部	汀線(YP+1.1m)～湖底	養浜の緩傾斜部とその上に一部設置した杭柵保護エリアを整備する	浮葉・沈水植生帯	アサザ、オニバス（浮葉植物）、ササバモ、マツモ（沈水植物）など	一部播種・植栽

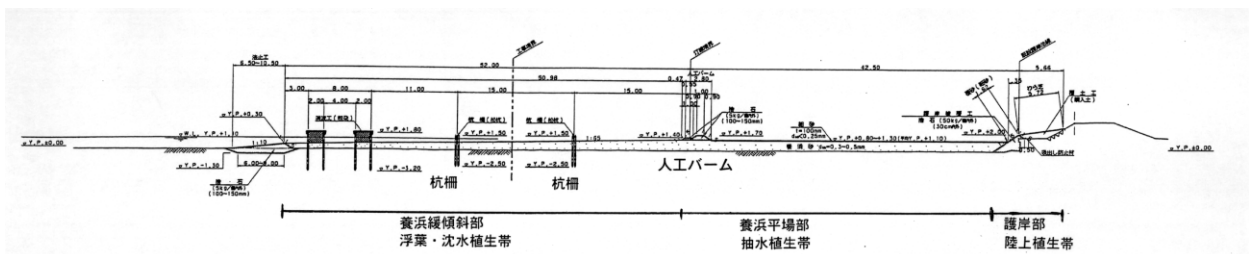


図 7・1 養浜工植栽手法

平面図

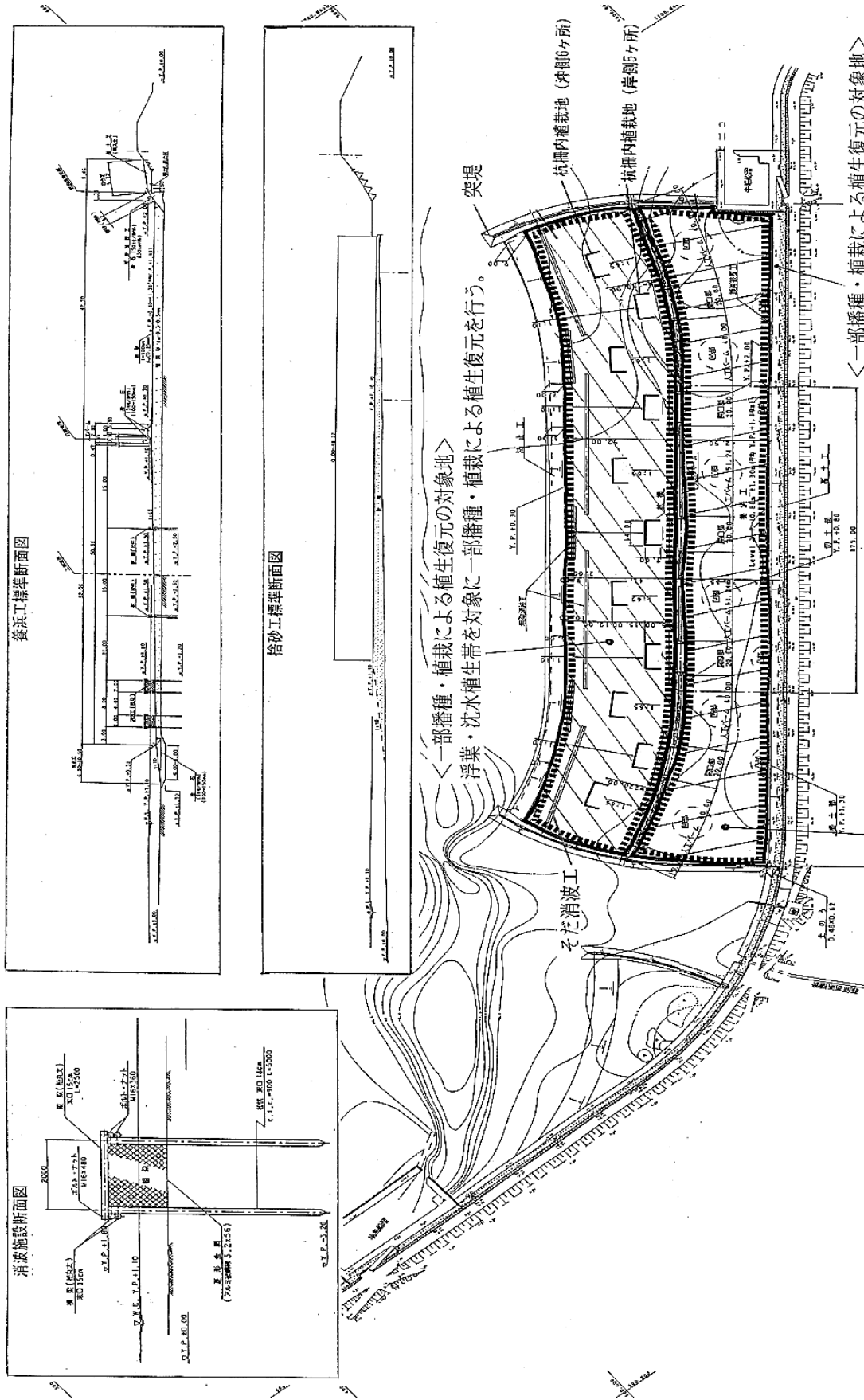


図7・2 C. 浚渫土利用手法およびD. 播種や苗の移植による植生復元手法の例

## 8. 対策工・湖岸植生の維持管理の検討

緊急対策工の整備事業は、既存の湖岸植生を保全するとともに、新しい植生生育場の創出も目指している。植生の復元は数年度で達成できるものでなく、対策工・湖岸植生の維持管理は長期的に対応できる体制を構築することが重要である。

また、実施者として公共側だけで長期に維持管理することは難しく、霞ヶ浦と地元住民の関係の再構築という視点からも、地元住民、NPO の積極的な参画が不可欠である。

このような視点から、検討会でも、行政、研究者、地元住民、NPO の立場の異なる主体のそれぞれの特性を活かして、対策工・湖岸植生の維持管理に係る役割分担および実施体制について検討した（表 8・1）。

表 8・1 湖岸植生復元に係わる検討および作業の役割分担

検討・作業項目	内容	行政	研究者	地元住民・NPO	備考
計画検討	植生復元目標、植栽基盤整備や植栽等の方法検討	●	●	●	研究者を含めた検討委員会開催
植栽基盤整備	消波や地形復元等の植栽基盤の整備	●	○	○	行政が中心で研究者が支援
植栽材料の育成	アサザ等の植栽材料の育成	○	○	●	住民が中心で行政・研究者が支援
植栽材料の植え付け	アサザ等の植栽材料の植え付け	○	○	●	住民が中心で行政・研究者が支援
モニタリング調査	植生復元状況調査	●	●	○	行政・研究者が中心で住民が支援
維持管理	植生、施設の維持管理	○	○	●	住民が中心で行政・研究者が支援

●が主體的に実施、○は協働作業者

## 9. モニタリング調査計画の検討

湖岸植生復元のモニタリング調査は、対策工の機能、植生生育環境、湖岸植生の復元状況などを把握し、新しい知見の取得、対策工施設・植生生育環境の改善検討などを行い、湖岸植生の順応的管理を目指すものである。検討会では、この視点に基づいて、モニタリング調査の全体方針を検討し、以下のとおり設定した（図 9・1）。

1. 対策工、植生生育環境、植生復元方法およびそれらに対する植生回復応答状況をモニタリング調査・解析し、試行錯誤に基づく順応的管理によって、霞ヶ浦湖岸植生の復元を目指す。
2. 施設調査、環境調査、植栽復元手法評価、生物調査をそれぞれの目的に沿って実施し、植生の回復状況に応じて、調査手法、調査項目、調査地区を柔軟に見直していく。
3. 植生回復とモニタリング調査結果との応答関係を解析し、新しい知見、技術、テーマ、改善案を検討していく。

この基本的考え方に基づいて、モニタリング調査計画を検討した。

緊急対策工のモニタリング調査には、11 地区の対象地があることから、経時的な調査データを効率的に取得することが求められている。そのため、検討会では、緊急対策工整備および植生復元手法実施後の各地区の植生復元状況、植生生育場環境を時間変動特性を考慮しつつ、ある程度想定して、以下の原則によってモニタリング調査計画を検討した（表 9・1）。

1. 調査基礎資料となる植生復元状況項目、生育場環境項目は、初年度から全対象地区で経時的に調査する。
2. 植生回復に起因して変化すると想定される項目については、植生復元状況が大きく変化してきたと判断される年度に、当該地区で調査する。
3. 時間的に初期変動の大きいと考えられる項目は、当該地区で初年度から変動が安定する年度まで調査する。
4. 経時的な変化が少ないと考えられる項目は、基本的な調査項目であっても、適宜、実施年度期間の間隔を空けて調査する。
5. 他資料（定期調査等）成果が活用できる項目は、現地調査を実施せずに、代用資料として採用することを検討する。

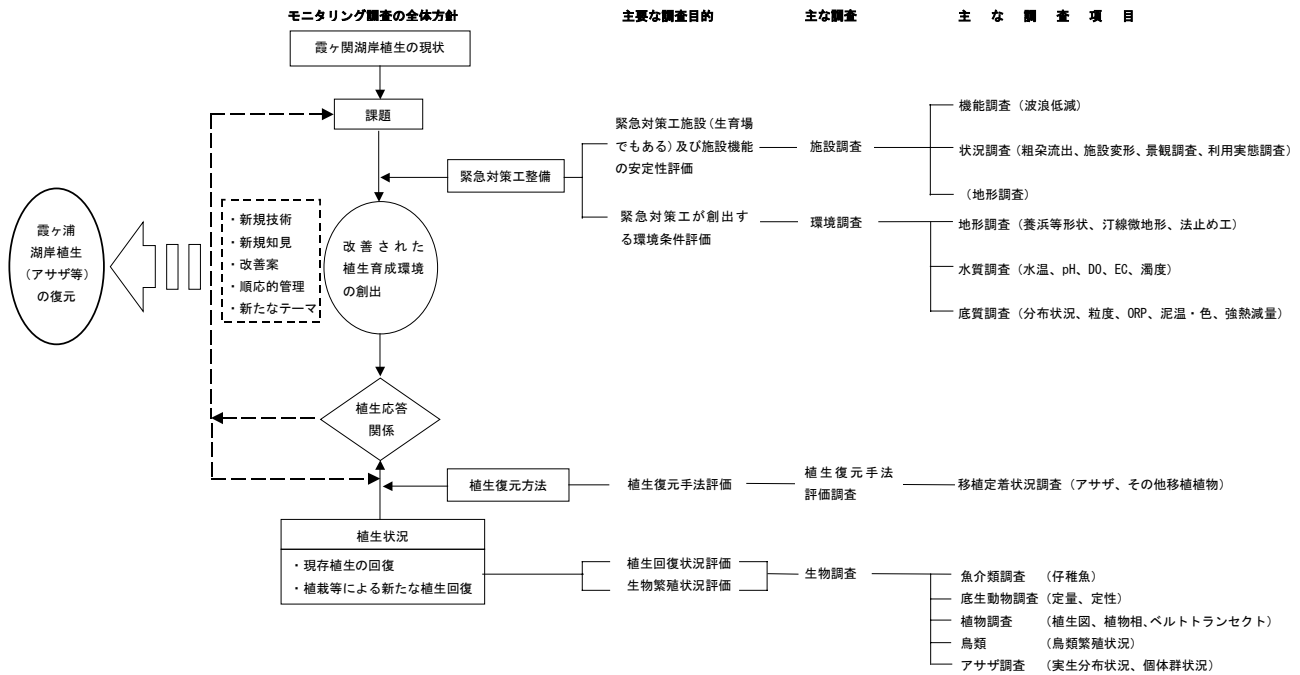


図9・1 モニタリング調査の全体方針

表9・1 モニタリング調査計画の視点

環境項目 ・調査項目	計画の視点		植生回復に影響され変化する項目	初期変動が大きいと考えられる項目	変化が少ないと考えられる項目	代用可能な項目	備考
	基本調査項目	植生回復状況項目					
	植生回復	生育場					
	状況項目	環境項目					
地形		○		○	○		
水質		○		○	○		
底質	底質分布	○		○	○		
	粒度、底質詳細		○	○	○		
魚介類			○				
底生動物	定量		○				
	定性		○				
植物	植生図	○				○	
	植物相	○			○		
	ベルトトランセクト	○					
	移植定着状況	○					地元住民NPOが主体調査を行う
鳥類	鳥類相		○				
アサザ	実生	○					
	現況	○					
施設機能	波浪		○		○		
施設状況	施設目視				○		
景観			○				
利用実態			○				

## 10. 対策工整備後の湖岸植生の復元状況

平成13年度（平成14年3月）に緊急対策工は整備され、本格的なモニタリング調査を開始している。平成14年5月には、根田島堤地区で地元NPOが中心となり、根田地区近隣の地元住民が水生植物の植付けを実施し、緊急対策工整備後の霞ヶ浦湖岸植生復元事業の展開も社会的な広がりを見せ始めている。（図10・1、図10・2）

また、植生復元は、浚渫土のシードバンクから抽水～湿性植物であるエゾウキヤガラ（アサザ）の発芽が永山地区養浜工で確認され、次第に成長してきている。（図10・3、図10・4）

平成13年度に試験運用として、霞ヶ浦の管理水位を冬季にYP+1.3mからYP+1.1mに下げ、水生植物の生態にあった環境条件に近づける努力がなされ、鳩崎・余郷入地区では、アサザの実生の成長もみられている。（図10・5）

以上のように、少しずつではあるが、霞ヶ浦湖岸植生帯緊急対策工の整備効果が現れ始めてきており、今後も注視していく必要がある。



図10・1 根田島堤地区 市民による植付け風景  
（平成14年5月4日）

2002年(平成14年)6月10日
12版 N \*\* 26

### 「自然再生型公共事業」法制化の動き カギ握る市民の実行力

#### 茨城・霞ヶ浦での試み

自然再生型公共事業の試みは、茨城県霞ヶ浦で行われている。この事業は、自然の力で湖岸を再生させることを目指している。市民の参加が鍵となる。

茨城県霞ヶ浦市、水戸市、石岡市、土浦市、宇都宮市、栃木市、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、静岡県、愛知県、岐阜県、長野県、山梨県、富山県、石川県、福井県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、福岡県、佐賀県、長門県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県。

#### NPO主導で浅瀬再現 国と市民「対等」に分業

##### 植え付けに児童も一役

霞ヶ浦の植生再生事業（アサザプロジェクト）の資料から、ヨシ、マコモなど、アサザ、コンクリート、コンクリート。

神谷にソダ消波堤を設置し、波の穏やかな部分にアサザなどかつてあった植物を植える。約10年で、うち寄せられた砂がたまり、穏やかな浅瀬ができて、アサザ群落や多様な水生帯が再生する。ソダ消波堤は自然に崩れ、最終的に消滅する。

#### 欧米で先進的取り組み 「事業確保の手段 懸念も」

欧米では、自然再生型公共事業の取り組みが盛んである。特に、市民の参加が重要な役割を果たしている。しかし、事業の持続可能性や資金確保の面で懸念も存在する。

環境・安全 kankyo@

仕事・職場 shigoto@

水曜日 支え合うしくみ sasaaau@

木曜日 医療・現場から iryo@

金曜日 少年と社会 shoushi@

休職、児童、産後を支援してください。

〒104-8011 朝日新聞社 暮らし編集部 (ファクス) 03-3549-0813 (eメール) アドレスはホームページの下部に @以下はいずれも ed.asahi.com 添付ファイルはご遠慮ください。

カット・和田誠

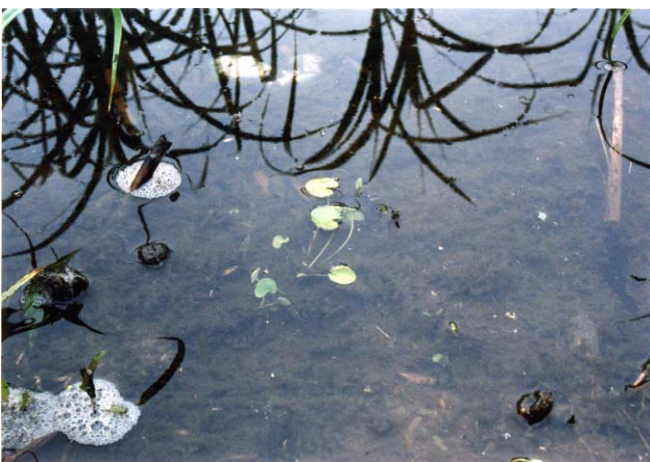
図10・2 地元NPO活動の新聞記事



図 10・3 養浜工の植生復元状態（平成 14 年 6 月）  
 （浚渫土シードバンクからエゾウキヤガラが発芽している）



図 10・4 養浜工の植生成長状態（平成 14 年 7 月）  
 （エゾウキヤガラ群落に成長した）



アサザの実生(平成 13 年 5 月)



アサザの実生が多数の葉を展開し成長している(平成 13 年 10 月)

図 10・5 アサザの成長（鳩崎・余郷入地区）



## 11. 今後の課題

平成 14 年 6 月現在、11 地区の緊急対策工は、整備された直後であり、本格的なモニタリング調査も開始された状況である。その成果の評価は、第 1 年目である平成 14 年度末に行われることとなるが、今後、順応的な管理を実施していくには、以下の点について検討していく必要がある。

1. 行政、研究者、地元住民・NPO のそれぞれの取り組み情報を正確に記録し、湖岸植生の成長および遷移状況が何に起因するのかを突き止めるため、各主体の植栽等活動の明確な情報管理が重要である。
2. 平成 14 年度のモニタリング調査結果を評価し、植生復元状況から判断した緊急対策工施設の改善案、植生生育環境の改善、植栽等人為的行為の改善などについて検討、分析し、順応的な管理を実践することが肝要である。
3. また、このモニタリング調査で得られた新しい知見について、情報を十分整理し、新しい環境技術として公開していくことが必要である。
4. 地元住民・NPO の環境教育面での取り組みに対しても、情報提供、活動支援など協働を目指した長期的な取り組みが不可欠である。

## 謝辞

本研究は、国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦工事事務所委託業務の調査研究の一環として実施されたものである。なお、本研究を実施するにあたり、霞ヶ浦の湖岸植生帯の保全に係る検討会の先生方や国土交通省霞ヶ浦工事事務所には、貴重なご意見、ご指導を頂きました。ここに記して深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 宮脇成生，西廣淳，中村圭吾，藤原宣夫「霞ヶ浦湖岸植生の変遷とその要因」2001.9 応用生態工学研究会 第 5 回研究発表会講演集
- 2) 西廣淳，藤原宣夫，鷺谷いづみ「湖水位の季節変動と植物の発芽セーフサイト～霞ヶ浦での研究～」2001.9 応用生態工学研究会 第 5 回研究発表会講演集
- 3) 高川晋一，西廣淳，鷺谷いづみ「緊急保全対策の効果～霞ヶ浦におけるアサザの実生定着について」2001.9 応用生態工学研究会 第 5 回研究発表会講演集
- 4) 中村圭吾，米澤康雄，尾澤卓思「霞ヶ浦における湖岸植生帯の侵食過程に関するモデル的検討」2001.9 応用生態工学研究会 第 5 回研究発表会講演集
- 5) 「霞ヶ浦湖岸植生の緊急保全対策工詳細設計業務」平成 14 年 3 月，国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦工事事務所
- 6) 「霞ヶ浦水際線保全検討業務」平成 13 年 3 月，(財)河川環境管理財団
- 7) 「霞ヶ浦水際線保全検討（その 2）業務」平成 14 年 3 月，(財)河川環境管理財団

## 5. 淀川の生物環境の回復・保全に関する現地実験

川野 育夫\*・中西 史尚\*\*・辻山 正甫\*\*\*

### 1. はじめに

淀川では、時代の要請のもと、S.46年に治水安全度を1/200とする淀川水系工事実施基本計画が策定され、低水路の拡幅、河床の掘削、低水護岸整備、河口堰の改築、床止め・ダムとの整備、高水敷の国営淀川河川公園事業整備等が実施されてきた。これらによって、山地からの土砂供給の減少、堰操作による出水時のピーク水位の低下および水位変動幅の縮小、また高水敷の比高の増大や高水敷の洪水による冠水攪乱が減少し、水辺環境が大きく変化するに至った。

本報告では、淀川における現状の河川環境について説明し、次に河川水辺の環境を回復し自然再生へむけて実施されてきた淀川大堰の水位変動実験、鶴殿のヨシ保全のための高水敷の切下げ実験、および、その他の生物現況調査、環境の評価を示す。

### 2. 淀川の河川環境の現状について

#### 2.1 河道や水位状況の変遷<sup>3) 4)</sup>

淀川本川直轄区間は河口から約37kmの長さがある。河道測点10k地点には淀川大堰が存在し、約26k付近までが大堰の背水影響区間となっている。S.46年の淀川水系工事実施基本計画の改訂に基づく河道整備により、以下のような物理的な変化が生じた。

- ①低水路が約130mから約300m幅に拡大
- ②河床の掘削による河床低下（最大部で4m程度）
- ③低水路護岸法線の直線化、単調化（図2・1参照）
- ④高水敷の比高（平水位と高水敷地盤面との標高差）の増大（改修前との比較では最大約4m）<sup>6)</sup>
- ⑤河口堰である淀川大堰上流部の水位変動幅の縮小および水位の安定化（図2・4参照）

- ⑥淀川大堰の上流部平均水位の上昇（図2・4参照）
- ⑦汽水域の干潟の減少（1951年約180ha, 1972年約70ha, 1998年約50ha存在し、1951年から1998年で130haの減少）
- ⑧明治時代の水制築造に起因したわんどやたまりの減少
- ⑨変化に富んだ水際の消滅（図2・1参照）
- ⑩浅い水域面積の減少（城北わんど群についての説明；図2・5参照）

図2・1の17k～22k付近の航空写真に明らかなように、1960年に存在していた水制工、わんど、濬筋部の湾曲、河原の砂州及び砂州内のたまりが1997年には消滅している。

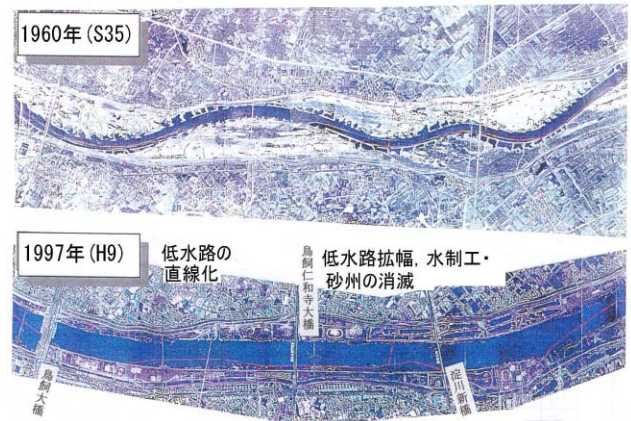


図2・1 1960年と1997年の河道状況

最深河床高は最大箇所でも4m程度低下している（図2・2参照）。湾曲箇所の局所洗掘も存在するが、概ね全体的に河床低下が見られる。低水路部の断面積が増大するに伴い、経年的に河道水位が低下する傾向にある。後述する高浜地点の代表例（図2・7）に示すとおり。

\* (財) 河川環境管理財団 大阪研究所 主任研究員  
\*\* (財) 河川環境管理財団 大阪研究所 研究員  
\*\*\* (財) 河川環境管理財団 大阪研究所 次長

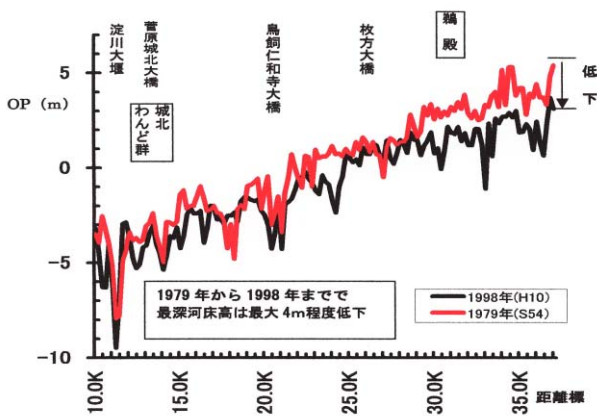


図 2・2 最深河床高の変化

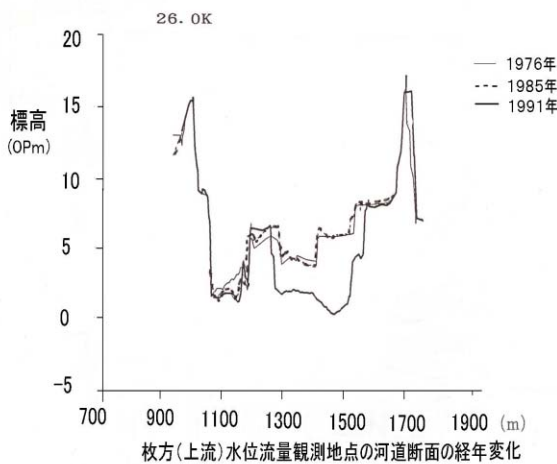


図 2・3 低水路の変化 (26k 枚方付近)

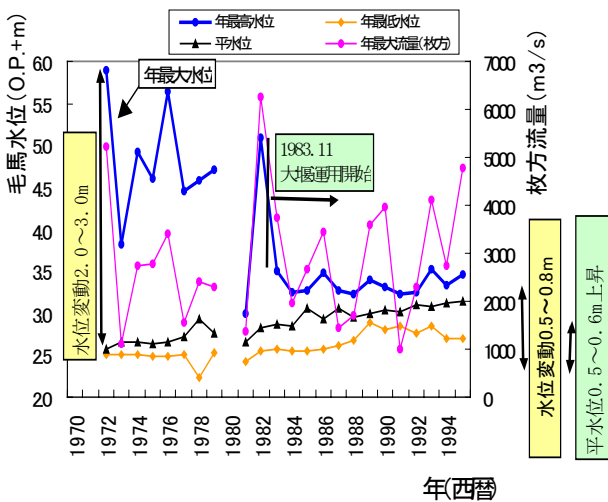


図 2・4 淀川大堰直上流部の水位変動経年変化

淀川大堰運用開始S.58年以前は、淀川大堰直上流に位置する城北わんど付近の水位変動幅は約2.0~3.0mであった。また、平水位も、現在と比較し、0.5から0.8m低い状態であったが、堰の運用開始後は、水位変動幅が約0.8mとなり、水位管理のため、年間ほとんど水位が一定化している。(図2・4参照)

城北わんどでは、標高O.P.+2.5m付近から低い箇所は比較的緩勾配で、高い箇所は急勾配の斜面である(図2・5参照)。このため、大堰の運用で管理水位が大堰建造前より上昇し、大堰運用前の平水位O.P.+2.5mと現在の平水位約O.P.+3.0mの条件では、水際水深50cmまでの浅い水域面積を比較すると、大堰運用前が14,000m<sup>2</sup>、現在が9,000m<sup>2</sup>であり、大堰運用前と比べ約5,000m<sup>2</sup>減少している。

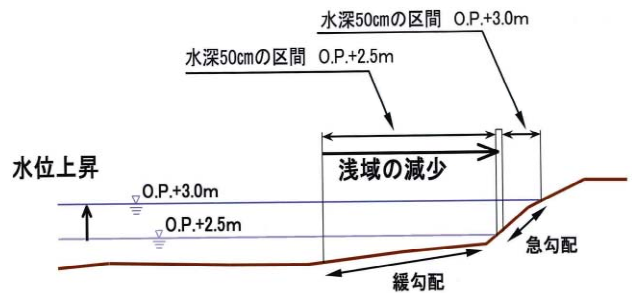


図 2・5 城北わんど群の断面の概要説明図

## 2.2 淀川の生物環境の変化

### (1) 魚類・貝類

淀川大堰から淀川三川合流点までの区間の魚・貝類については、最近30年間に魚類が67種、貝類が36種確認されており、そのうち、わんどでは魚類が58種、貝類が35種確認されている。

城北わんどでは、1970年から1999年までの約30年間の確認魚種が減少し、魚類相が大きく変化している(図2・6参照)。1970年以降にスジシマドジョウ、ナマズ、ドンコ、ツチフキ、イチモンジタナゴ、ムギツク、メダカ、アユモドキなどが確認されなくなった。一方、カダヤシ、ブルーギル、オオクチバスなどの外来種が確認されるようになった。

城北わんどでは、1973年以降に29種の貝類が確認されている。巻き貝では、ナカセコカワニナ、クロダカワニナ、マメタニシなど11種が確認されなくなり、二枚貝では、ササノハガイ、マツカサガイ、セタシジミが確認さ

れなくなった。一方外来種であるスクミリンゴガイ、カワヒバリガイが確認されるようになった。

魚種の減少は、河道やわんどの環境変化、沼・池、支川や水田域との水路のネットワークの低下等が原因していると考えられる。

なお、淀川では、現在、城北わんど群付近には、国の天然記念物（絶滅危惧IA類）のイタセンパラが生息しているが、絶滅が危惧されており、保護活動が進められている。

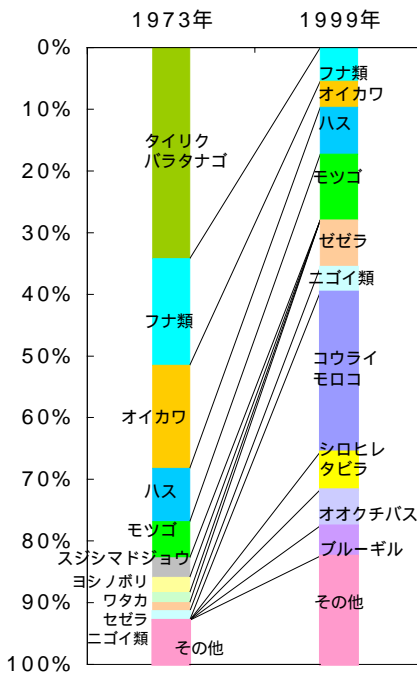


図2・6 魚類相の変化

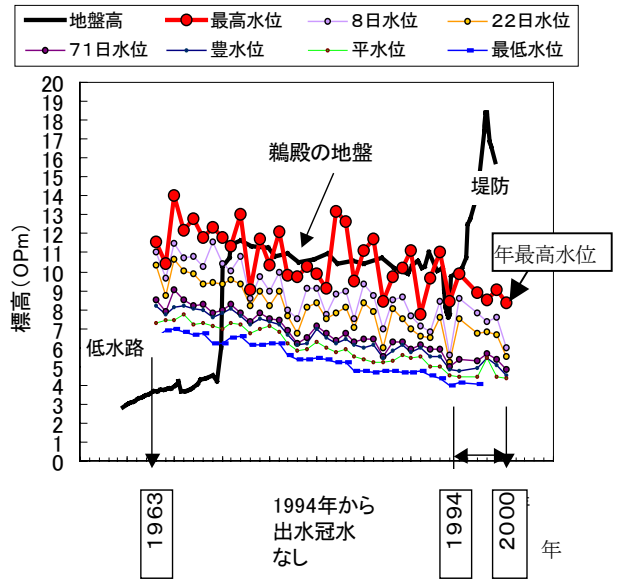


図2・7 高浜水位経年変化

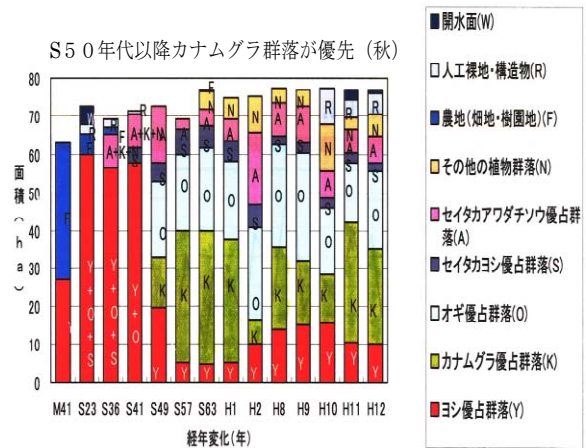


図2・8 鵜殿植物群落経年変化図

(2) 植物の変化

淀川の鵜殿(30k~32.4k付近)は高槻市に位置し、面積75haの淀川最大規模のヨシ群落地であり、このヨシ原を代表として示す。

近年、淀川の河床低下に伴う水位の低下により（図2・7参照）、高水敷と河川の平水位との比高の増大が進み、近年では出水による鵜殿の高水敷（O.P.+10m程度）への冠水の頻度が減少している。

このため、湿地性植物群落から干陸化した環境に生育する植物群落への優占種の変化が見られ、高水敷の干陸化が進んでいると見られる。S.50年代（1970年代半ば）以降になると、鵜殿の1/3程度の区域でカナムグラ群落が増加する状況が現れてきている。（図2・8参照）

3. 河川環境の回復実験について

3.1 淀川大堰の運用による環境改善実験（その1）<sup>3)</sup>

3.1.1 実験概要

淀川大堰の背水影響区間に位置する城北わんど群（11.4k~13k付近）の環境改善のための淀川大堰水位操作の効果について把握するため、水位操作が平成12年6月8日~10日に実施された<sup>1)</sup>。

城北わんど群は、約18のわんどが連続する（実験わんど及び新設わんど含む）。わんど間は比較的高い水制で仕切られているが、部分的に平水位から0.2～0.5m下がりの天端高を有する。わんど群と本川とは、最上流側と中間付近(33わんど)、下流部付近(39及び40わんど)に一部開口した形態である。43わんどは閉鎖型である。

水位変動操作は、水位をO.P.2.8m付近からO.P.2.5m付近に低下させ、約1日持続した後上昇させ平水位に復帰させるものである。水位の変動パターンは図3・2に示す。

実験において、水質変化、流れの状況、稚魚、魚類の状況について調査した。詳細は、研究所報告第7号に報告されている。ここでは、結果の特徴のみ記す。

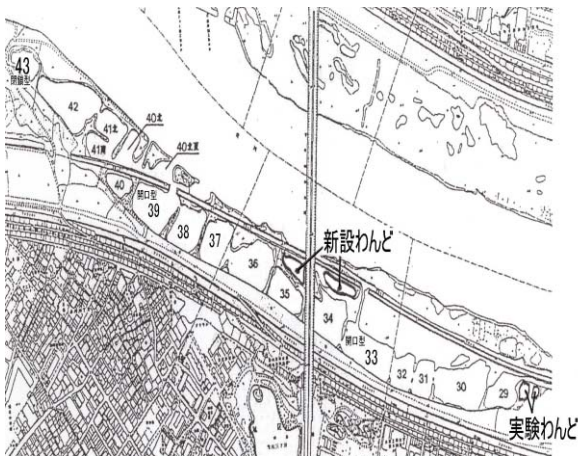


図3・1 城北わんど群平面図

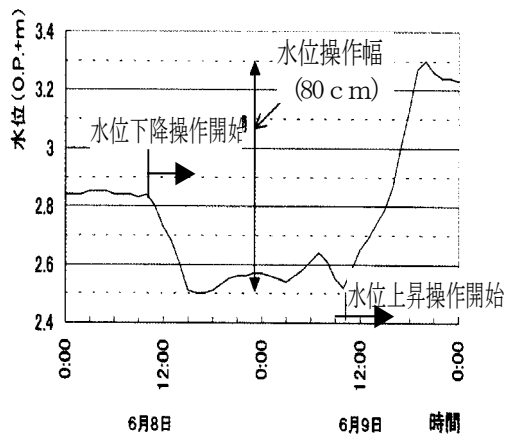


図3・2 水位変動パターン

### 3.1.2 結果

結果として、次のことが把握できた。水位低下により、水際の底部が干上がることによる還元泥が酸化する結果が得られている。本川水の流入による湛水池的なわんどの底層部のDO値が50%以下から70%程度に改善される効果が得られている。しかし、翌日には低下する結果が生じていた課題も残されている。一方、抱卵ゼゼラの進入行動が確認されている。これらのことより、水域の環境改善方策として水位変動の活用が期待される。

## 3.2 淀川大堰の運用による環境改善実験（その2）

### 3.2.1 実験概要

城北わんど群の環境改善のため、大堰の水位変動操作を活用した実験が平成13年4月～6月に実施された。これは、約2ヶ月間の長期にわたり水位を低下させた状態で維持した場合に、わんどの水質状況やタナゴ類の仔稚魚への影響等把握するために実施した実験であった。

水位変動は、水位をO.P.3.1m付近からO.P.2.7m付近まで低下させ、約2ヶ月後に上昇させ平水位程度に戻す実験であった。水位変動パターンを図3・3に示す。

なお、調査期間中に若干水位が変動する原因は、降雨によるものと見られる。

仔稚魚の調査は、タナゴ類の泳出期にあたる5月から6月に調査を実施した。

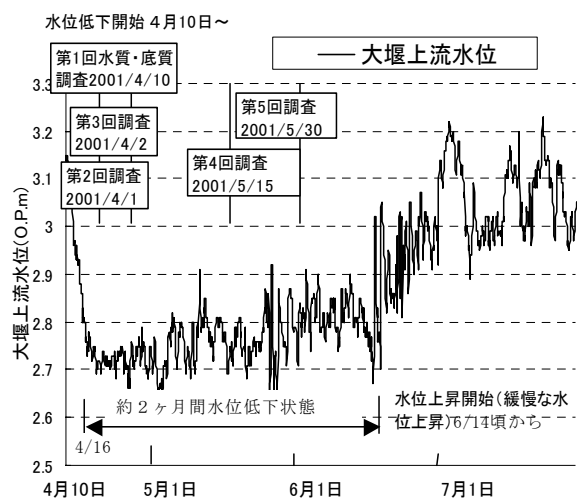


図3・3 水位変動パターン（2001年）

### 3.2.2 結果

#### (1) タナゴ類の個体数

1999年、2000年、2001年の仔稚魚の個体数を示す。タナゴ類の泳ぎ出る時期に水位を下げた状態であった2001年には、イタセンバラの個体数が多く確認された。

表3・1 タナゴ類の仔稚魚個体数

年度	1999	2000	2001
イタセンバラ稚魚個体数	149	1,939	7,839
タナゴ類稚魚個体数	—	約 12,600	約 35,000
最低水位 (O.P.+m)	—	O.P.+2.5m	O.P.+2.7m
備考	水位操作実験を実施していない	5時間で水位2.9m→2.5m, 約20時間低下状態, 10時間で→3.3m, 徐々に→3.1m	6日間で水位3.15m→2.5m, 約2ヶ月間低下状態, 6月末で→3.1m程度

注) 1999年度はイタセンバラのみ調査。全わんど同一の精度の調査でない。但し、1999～2001年の方法、作業量は同じ。

#### (2) イタセンバラ仔稚魚と平均水位の関係

各年の5月平均水位とイタセンバラ仔稚魚の個体数の関係(図3・4参照)によると、月平均水位は各年で差が認められ、2001年は低い状態であった。平均水位の低下とイタセンバラの個体数増加との因果関係はまだ解明されていないが、最近の3年間でみれば、水位変動によって浅い水域を確保することは、仔稚魚の個体数増加にとって確定的ではないが効果があったと考えられ、もう少し追跡調査を続ける必要があろう。

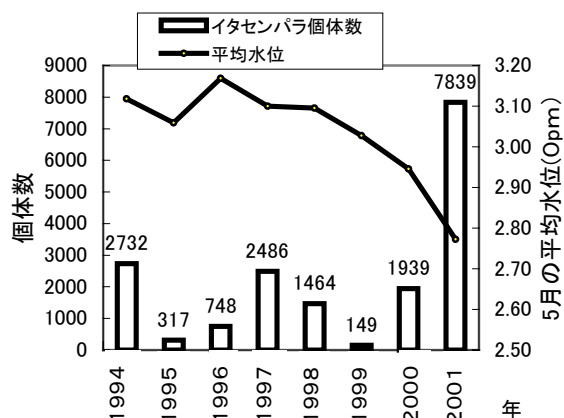


図3・4 5月平均水位とイタセンバラ仔稚魚の個体数

イタセンバラは、イシガイ科の二枚貝に産卵(9～11月)する。貝の中で孵化し、貝のえらの中で越冬し翌

4～5月に貝から泳ぎ出るので、卵を産み付けられた貝の生息が繁殖を左右する大きな要因の一つとなる。また、仔稚魚の捕食圧も大きな要素となる。仔稚魚の個体数の増加については、浅い水域の面積を拡大させることによるブラックバス類等による仔稚魚の捕食圧を減少させる効果も想定される。

#### (3) 底部のDO(容存酸素)の推移

図3・3の水位低下条件で図3・5をあわせてみると、本川に接しているわんどNO39(わんど位置は図3・1の番号に対応)では、DOは本川と同様、横這い状況を呈しているが、奥に位置するわんどでは、水位低下状況が長期化すると、生物の生息にとっては問題ない数値であるがDOが低下してくる傾向にあった(図3・5参照)。

底層部の水質改善対策としては、本川水のDOが高いので、本川水をわんどに導くことがわんどの底層改善につながると推察される。よって、適度な間隙で本川水が導入される構造や大堰操作の運用等を検討することが必要であろう。

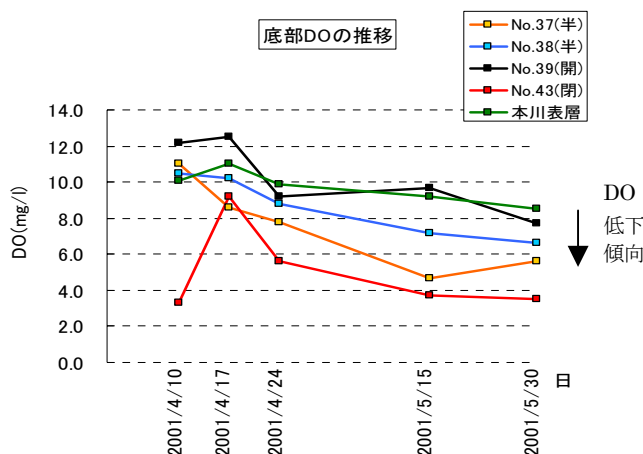


図3・5 城北わんどの水位変動時の底部DOの推移

#### (4) 水際部底部ORP(酸化還元電位)

水位低下時に底泥部の還元状況の改善について調査した。水位が0.4m程度低下した場合、水面を境にして、干上がる箇所と水面下にある箇所と比較したものである。

干上がる箇所は、還元状態から酸化状態に変化する(図3・6参照)。水面下にある箇所については、還元状態が継続し、改善の効果が及ばない傾向であった。開口型のNO.39わんどについては、4月30日にORPが少し改善された状況を呈したが、何らかの影響で急激な水位上昇・下降あるいは波が生じた等により空気に触れたものと推察されるが、明確ではない。(図3・7参照)

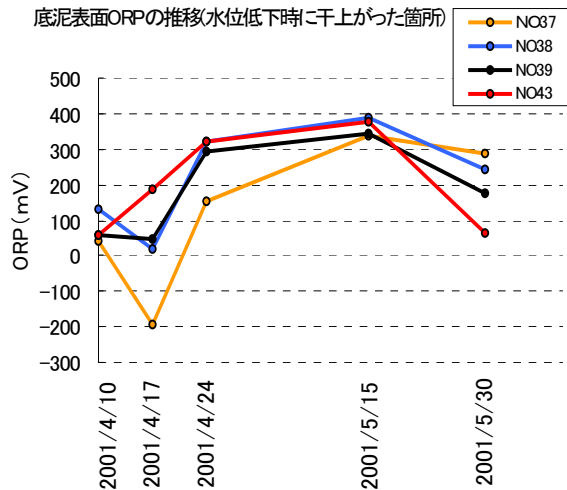


図3・6 水位低下時に干上がった箇所の底泥表面ORPの変化

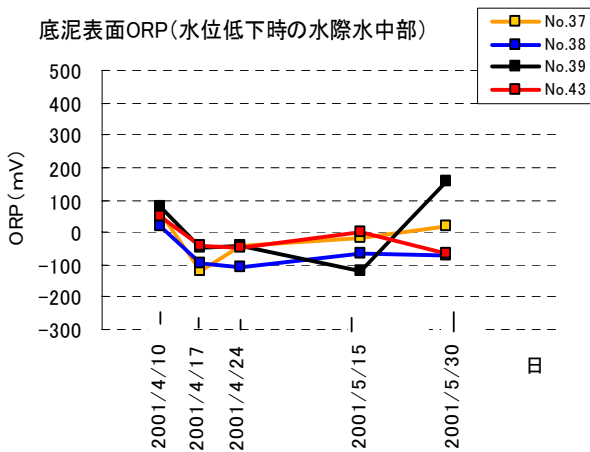


図3・7 水位低下時水際の水中部の底泥表面ORPの変化

よって、冠水と干上がりを繰り返す状況を創出し、底質の酸化による底生動物の生息環境が改善されることが望まれる。

### 3.3 鶺殿の高水敷切下げ実験

#### 3.3.1 実験概要

鶺殿は淀川での最大規模のヨシ群落地であるが、近年、高水敷の乾燥化によりヨシが衰退してきている(図3・8)。

鶺殿は、ヨシに代表される歴史と生物環境を有する地区である。鶺殿のヨシは、昔から葦簀加工や葦藁のリードとしての利用され、鶺殿は、紀貫之の土佐日記、世阿弥の謡曲、谷崎潤一郎の小説にも登場している。また、ヨシ

原はオオヨシキリ等の営巣地やツバメの埒となっている。

鶺殿のヨシの保全のあり方については、30～40年前のヨシ原の復元をめざすこととし、鶺殿地区の7割(約50ha)のヨシ原面積を回復・保全する目標が立てられている。

鶺殿では、地下水の調査や土壌の調査、ヨシ保全のためのポンプ揚水・導水路による灌水実験、高水敷の切下げ実験等が行われてきている。ここでは、高水敷の切下げ実験を報告する。

切下げ実験は、2000年から実施されており<sup>2)</sup>、詳細は研究所報告第6号に示されている。ここでは、その後のヨシの生育状況や新規に切下げ実験地を造成して調査した結果を含め報告する。

#### (1) ヨシ植栽工法

ヨシ植栽工法としては、一般的に、苗植え工法、株移植工法、地下茎工法、播種工法等ある。苗植え工法、株移植工法は、ヨシ生育の割合が高いことが知られている<sup>7)</sup>が、ここでは、機械施工で容易に、かつ大規模施工に対応できる工法を想定し、切下げ実験地盤の表土として、鶺殿のヨシ地下茎を含む表土で埋め戻す方法、ヨシ群落の表土で埋め戻す方法、切下げ地の表土で埋め戻す方法によるヨシ回復比較調査を実施した。

#### (2) 切下げ地の位置および地盤高の概要

切り下げ実験地は、2000年切下げ地(旧切下げ地)及び2001年切下げ地(新規切下げ地)の2箇所存在する。位置を図3・8に示す。

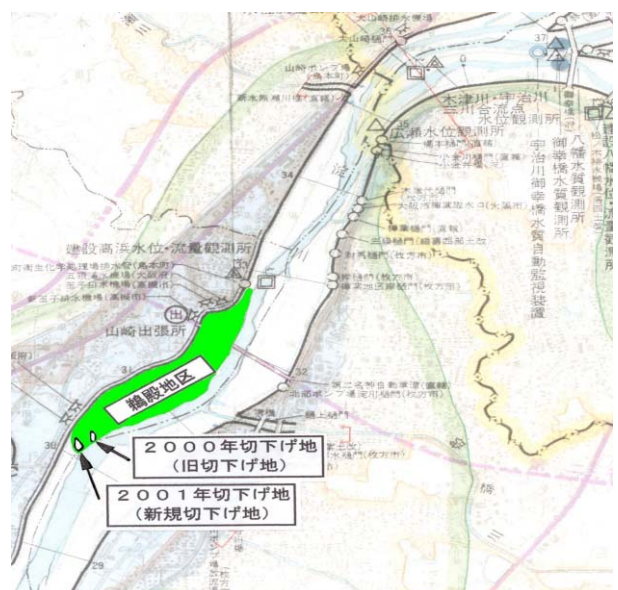


図3・8 切下げ地位置図

1) 2000年切下げ地

2000年の切下げ地は、幅20m、奥行き100mを5段に切下げ、標高約O.P.3.6m、約O.P.4.1m、約O.P.4.6m、約O.P.5.1m、約O.P.5.6mの試験地を設けた。埋め戻し表土をヨシ群落表土、ヨシ地下茎含有土、切下げ地表土の3種の条件とし50cm厚で埋戻し、植生回復調査を実施した(図3・9)。

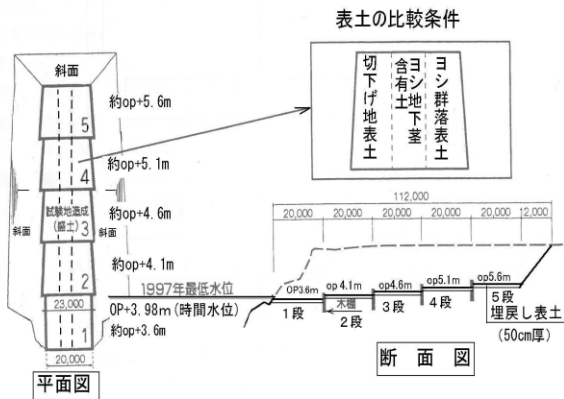


図3・9 2000年切下げ地概要

2) 2001年切下げ地

2001年切下げ地は、幅160m、奥行き100mを3段に切り下げ、標高5m、6m、7mまでの試験地を設けた。表土埋戻し条件は、切下げ地の現況表土とヨシ地下茎含有土の2種類とし表土を50cm厚で埋戻し、植生回復調査を実施した(図3・10)。

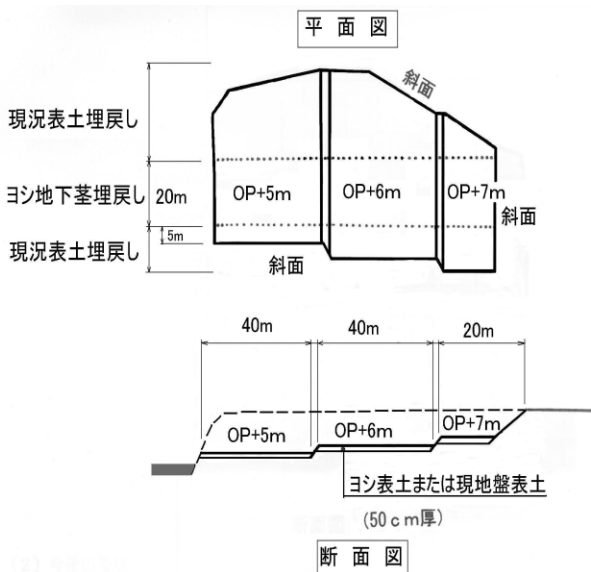


図3・10 2001年切下げ地概要

3.3.2 結果

図3・9、図3・10に示す切下げ地の埋戻し表土条件では、ヨシ地下茎を含む埋戻し以外はヨシの発芽があまり見られない。つまり、当地区では実生のヨシの生育は期待できないと想定される。ヨシの生育が良好な表土条件と地盤標高は、2000年切下げ地では、地下茎含有土のO.P.4.6m高からO.P.5.6m高であった(図3・11参照)。2001年切下げ地では、地下茎含有土のO.P.5~6m高の条件が適しており、特にO.P.5m高の生育密度が高い結果が得られた(図3・12参照)。2箇所の実験地区で、概ねヨシの生育が良好な地盤高は、1996年~2000年の平水位の平均値O.P.4.6mと同じ標高程度から1.4m程度上がりまでの標高に該当している。よって、鶺鴒の地盤切下げにより洪水冠水頻度を上げてヨシの回復を図る場合には、この地盤高の冠水あるいは水分条件が整備条件の目安のひとつと考えられる。

なお、地盤乾燥化に伴う鶺鴒でのヨシ衰退の課題となっているカナムグラ(3~11月生育)については、試験地では現在のところ発芽が見られない。

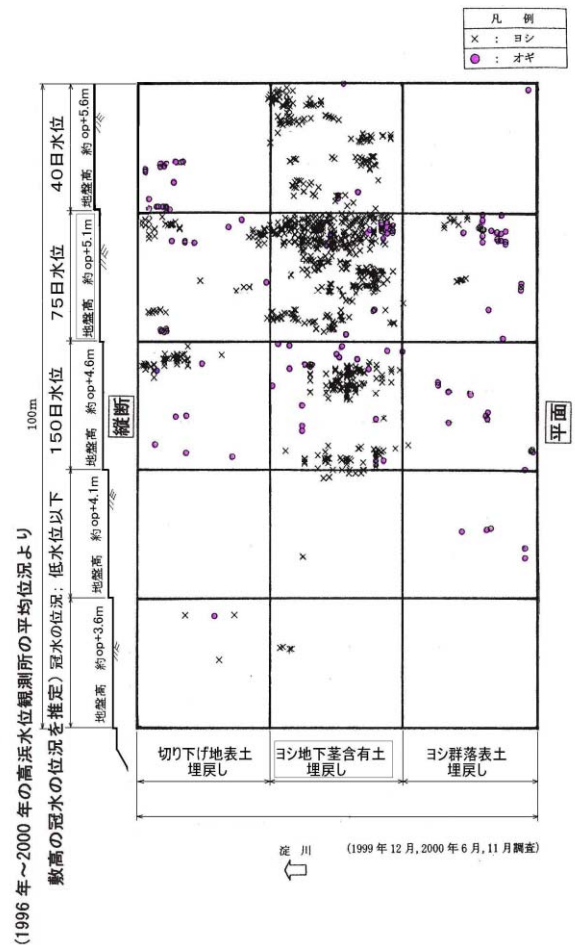


図3・11 2000年切下げ地(旧切下げ地)のヨシ・オギ発芽状況



2000年切下げ地の標高O.P.3.6m, O.P.4.1m付近では、攪乱されやすい川に生育しやすいオオイスタデ、ヤナギタデの植生が侵入した。2001年切下げ試験地における優占種の生育密度については、表3・2の評価基準とした。

なお、この切下げ地盤高において、所々疎の区域が存在するが、モトクロスの侵入による人為的な影響であった。

表3・2 生育密度の区分

疎密度	1m <sup>2</sup> あたりの本数
疎	0～40 本/m <sup>2</sup>
中	40～80 本/m <sup>2</sup>
密	80 本/m <sup>2</sup> 以上

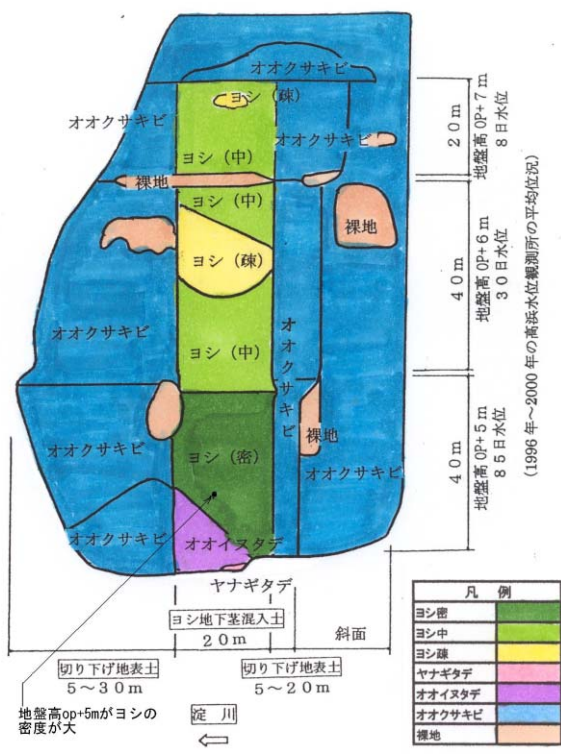


図3・12 2001年切り下げ地（新規切り下げ地）の植生状況

#### 4. 植生分布と位況からみた生息場の評価について

河川における生息場の評価として、物理的な指標を基に表現する方法が提案されている。植生分布と物理的な指標として、河川の冠水による攪乱の程度を表現する方法も試みられている。綾ら<sup>8)</sup>は、位況データを解析することにより簡単に得られる水位特性（位況）と植物等との関係をもとに、河川の冠水による領域区分を提案して

いる。

ここでは、淀川における河原や湿地性植物の生育標高を中心に、冠水特性の関係について調べた。

##### (1) 河原の植生

河原は、洪水摩擦速度が大きく、洪水攪乱が頻繁に起こり、砂礫の存在する区域には、カワラヨモギ、カワラナデシコ、カヤツリグサ、ヤナギタデに代表されるような一年生の草本や低茎多年生草本が分布する領域であり、その上の標高域には、マコモ、ヨシ、ヤナギ等に代表されるような湿地性の高茎の多年生植物や木本植物の生育環境域がみられ、これらを含めた区域は、川としての生物の多様性がみられる貴重な環境域と言われている。しかし、淀川においては、上流からの流砂の減少や河床の低下、高水敷や低水護岸の整備等による影響で、現在ではその面積が減少した。

##### (2) 淀川の植物と位況との関係

淀川の流水域で、砂州の河原の環境が残されている30k付近の牧野地区および33k付近の楠葉地区を代表として、概略の植生断面と水位の特性（位況）を示した。図4・2、表4・1、図4・3、表4・2である。



図4・1 鵜殿・楠葉・牧野付近の航空写真「淀川工事事務所 navigateより」

植生と水位の特性の関係に示す様に、淀川の流水域で、本川の流水の影響を直接受ける牧野、楠葉の河岸については、攪乱域の植物指標としてヤナギタデ等を用いて評価すると、概ね水位指標の71日水位程度を上まわる箇所には生育が少ないように捉えられ、概ね平水位と71日の範囲で生育していると見ている。

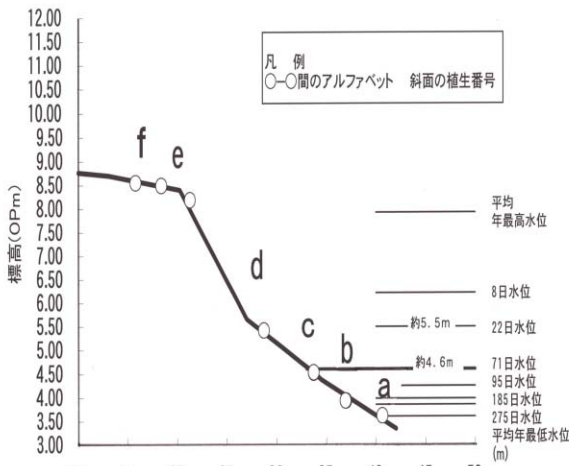


図4・2 牧野地区の植生と水位の特性

表4・1 牧野地区断面植生

斜面	牧野地区断面植生
a	ヤナギタデ, ツルノゲイトウ, ホソバツルノゲイトウ
b	オオクサキビ, ギョウギシバ, ヤナギタデ, ギシギシ
c	シナダレスズメガヤ, メドハギ, ホウキギク, シロツメグサ, ケアリタソウ
d	セイタカアワダチソウ, ヨモギ, シナダレスズメガヤ, メドハギ, ケアリタソウ
e	メヒシバ, ヤハズソウ, メドハギ, ネズミノオ
f	ヨモギ, オギ

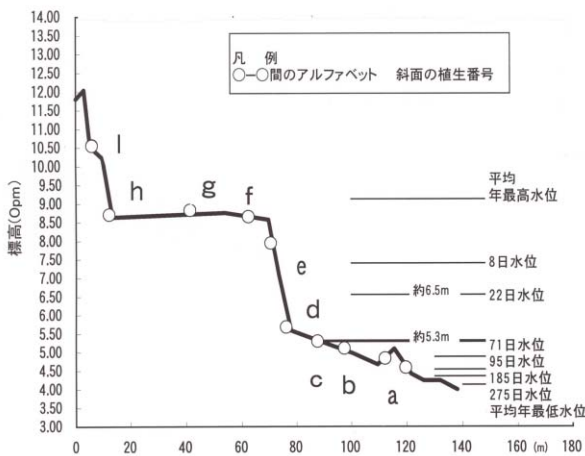


図4・3 楠葉地区の植生と水位の特性

表4・2 楠葉地区断面植生

斜面	楠葉地区断面植生
a	ヤナギタデ, アメリカミズキンバイ
b	[たまりの水面]
c	ヤナギタデ
d	クサヨシ, ホソバツルノゲイトウ, メヒシバ, ホウキギク
e	ヒナタイノコズチ, セイタカアワダチソウ, オオオナモミ, ヨモギ
f	ヤナギ, ヒナタイノコズチ, ヤマノイシ, ヨウシユヤマゴボウ
g	カナムグラ, ヤブガラシ, エゾノギシギシ, アメリカイヌホウズキ
h	セイタカヨシ, オギ, カナムグラ, ヤブガラシ
i	セイタカヨシ, カラムシ, ヨモギ, ノイバラ

湿地から乾燥域への境界付近の植物指標としては、セイタカアワダチソウ、オギ等を代表指標種に挙げ、生育の下限標高の冠水日数で評価するものとした。例えば牧野地区では概ね22日水位程度、楠葉では46日水位で、若干境界高に差があった。このため、淀川の24.8k, 25.2k, 27.4k, 29k, 29.2k, 30.1k, 33.2k, 34k地点の断面植生を調査し、代表指標種を用いて標高の下限の冠水日数の関係を整理し(図4・4)、平均的な値として乾燥域の下限を22日水位で表現することにした。洪水による攪乱を常に受ける区域については、ヤナギタデを代表指標種として攪乱域の標高の上限の冠水日数の関係を整理し(図4・5)、平均的な値として攪乱域の上限を71日水位で表現することにした。

(注) 湿润域と乾燥域の境界をセイタカアワダチソウ等を代表指標種として、地点別に生育の下限標高とその冠水日数を整理した図

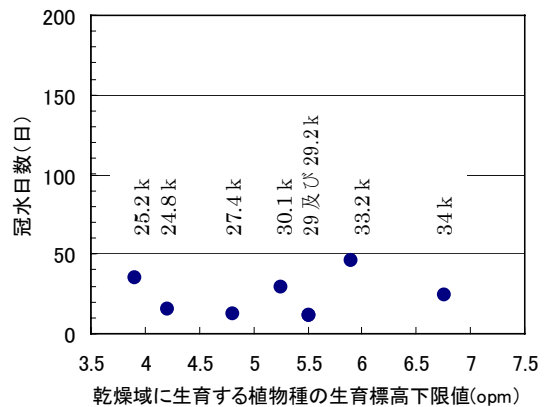


図4・4 乾燥域の下限境界標高と冠水日数

(注) 攪乱域の上限境界の標高をヤナギタデ等を代表指標種として、地点別に生育の上限標高とその冠水日数を整理した図

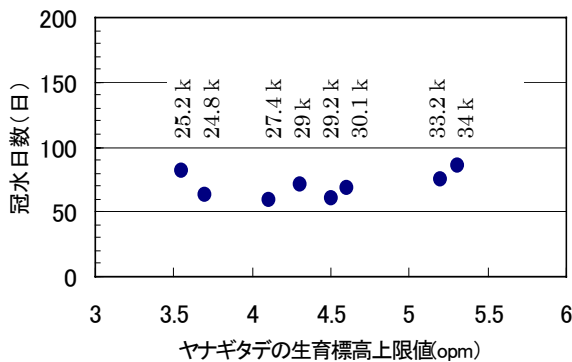


図4・5 攪乱域の上限境界標高と冠水日数

ここで、3.2.2に示した鶴殿の切り下げ実験地のヨシ生育結果に戻ると、切り下げ地のヨシの発芽状況が良好であったO.P.4.6m～6m程度の地盤高は、直上流の高浜水位観測所（33付近）での1986年～2001年の71日水位の平均約5.2m、22日水位の平均約6.2mとよく対応しており、ヨシの育成を図る場合には、この洪水冠水頻度をひとつの目安とすることができると考えられる。

今後、淀川で、目標とする湿地性の植生環境づくりを行ううえで、簡単な位況の整理と河道植生の状況を用いる方法が役立てられるであろう。

## 5. わんどの形状と魚類との関連について

淀川の城北わんど群を除く7地点、合計15わんど・たまりについて、魚類とわんどの形状特性との関係について調査した。ここでは、調査箇所の詳細は省略する。

わんどは、面積が1,000m<sup>2</sup>程度から7,500m<sup>2</sup>程度、水深約0.8mから約5.8m、本流と直接連結しているもの、間接的に連結しているもの、隔離しているものがある。

調査わんどは、底質、水質、水深、水際植生の種類等の生息環境が異なっており、魚類相が異なるわんど、種類数が少ないわんど、個体数が少ないわんどと様々であった。

生物の多様性を種の多様性のみで評価するものではないが、淀川のわんどのタイプや大きさ、魚の種類数、個体数、多様性指数との関係図に整理した。

各わんどで採取されたすべての個体数を用い、Shannon-Wienerの情報理論に基づく多様性指数を算出した。

多様性指数  $H = -\sum (ni/N) \log_2 (ni/N)$

ここに、N：総個体数

ni：全体種のi番目の種類の個体数

なお、わんどのタイプは以下のように区分した。

A型：直接（群として）本流とつながり広く開口する大きな入り江状のもの

B型：直接（群として）本流とつながるが、開口部の狭いもの

C型：池のような隔離型

結果として、わんどのタイプ別では、多様性指数は平均的にA型>B型>C型となるとしている<sup>10</sup>。今回も概ねこのような傾向を示しているが、C型のわんどで高いものも存在している。なお、図中に（大）、（小）と示しているのは、ここでの区分として、4,000m<sup>2</sup>以上が大とし、1,000m<sup>2</sup>程度の面積を小と区分し、参考に記したものである。

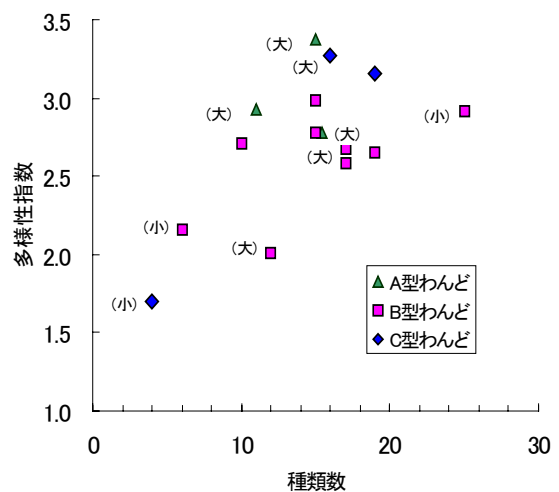


図5・1 種類数と多様性指数

今回調査したわんどに関して、同種類のわんど形態において、種類数と多様性指数との関係は特に見いだせない結果となっている。

ここでは、参考として淀川のわんどの特徴を表現する手法の一つとして多様性指数のみを示したものであるが、現在生存する多様な生物の持続性の観点から生物多様性を評価するには、生物種内の遺伝子の多様性、生物の種の多様性、生物生息環境の多様性をとらえることが必要であり、また、これらの関連した総合的な生態系や生物の食物連鎖のバランス、および上流、中流、下流の地域

の環境特性に適した固有の生物の存在という視点からとらえていくことが必要であると考えられる。

## 6. おわりに

本研究では、主として以下の内容について調査した。  
淀川の淀川大堰の背水影響区間に位置する城北わんど群を対象として、その環境改善のために、大堰水位変動操作による実験調査を実施し、その効果を調査した。

水位を2ヶ月間程度低下させ、浅い環境を創出することは、まだ確定的ではないが、稚魚にとって効果的に機能するらしいことがタナゴ類の例で推察された。

城北わんど群の底層部DO等の改善について、堰の水位操作の運用により水位を上昇させ、わんどに本川水を流入させることにより、水質改善効果が期待できることが示唆された。

春季は、フナ類、コイ類の産卵期にあたり、水草に卵を生み付ける。卵は4、5日で孵化する。孵化する前に水位が下がり干上がってしまうと死滅することになる。水位変動操作の時期と方法については、タナゴ類以外の魚類の産卵生態にもできるだけ配慮が必要となり、淀川大堰の操作の管理面で調整しながら、水位低下時にはできるだけゆっくり水位を下げ、水位上昇時にはできるだけ短期間で上昇させて、わんど間に流れを回復させる方法をとることが望ましいとされた。

鶴殿地区のヨシを中心とした湿地環境回復・保全を目的として、地盤の切り下げにより冠水頻度を高める方法をとる場合、ヨシの活着の優れた地盤高条件つまり冠水頻度の位況が把握できた。

河川に生育する植物と位況との関係について調査し、淀川での攪乱域や乾燥域の境界の目安の水位特性について調査し、これにより、河岸の攪乱域や乾燥域等に生育する植物と河川水位との間には大まかな区分が可能と推察され、淀川におけるそれらの目安の水位特性（位況）が得られた。他の河川での適用についても調査を進めていくところである。

河川の生物は、河川の物理的・化学的状況に変化が生じると、また、それに反応して変化していくことが予想される。この時良好であった河川環境の改善方法が将来的に適切に機能するかどうか、モニタリングにより確認し、知見の蓄積を行っていききたい。

また、川を本来の川の姿に回復するためには、さらに、  
・流域からの物質流入システム（流域からの土砂、栄養

塩等の流入）の回復

- ・川の攪乱システム（出水による流量・水位の変化、河岸の浸食・土砂運搬・堆積作用）の回復
- ・変化に富んだ河道の回復
- ・生物移動面での河川縦横断方向の分断の解消
- ・水質面での生物への有害物質の流入抑制等
- ・人の川の利用に対して、生物に配慮し、限度を超えた利用の抑制

等の多くの課題があり、生物の多様な環境をめざして今後検討していきたい。

## 謝辞

本研究は、国土交通省淀川工事事務所委託の淀川生態環境調査検討業務の調査検討として実施された内容の一部を活用させていただきました。

調査にあたっては、淀川環境委員会の諸先生方に貴重なご意見、ご指導を賜り、ここに深謝を申し上げます。

## 参考文献

- 1) 豊島靖・中西史尚・河合典彦・綾史郎・森田和博(2000) 淀川における良好なワンド形成に関する実験的検討、河川環境総合研究所報告 第6号
- 2) 濱野達也・小山弘道・森田和博(2000)：乾燥化した高水敷における植生の復元について、河川環境総合研究所報告 第6号
- 3) 中西史尚・綾史郎・河合典彦・森田和博(2001)：ワンドの環境改善対策に関する実験的検討、河川環境総合研究所報告 第7号
- 4) 建設省 淀川工事事務所(2001)：淀川生態調査報告書
- 5) 国土交通省 淀川工事事務所(2002)：淀川生態調査報告書
- 6) 有馬忠雄(1974)：淀川の河川敷における生態調査報告書
- 7) 国立環境研究所(2000)：国立環境研究所国立環境研究所ニュース 19(5)
- 8) 綾史郎・有馬忠雄・小山弘道・濱野達也・森田和博(2002)：淀川下流部における植生と位況に関する研究、河川技術に関する論文集 第8巻
- 9) 綾史郎・斉藤あずさ・福永康彦・西谷大輔(1998)：淀

川ワンド群の形成と変遷, 第4回河道の水理と河川環境に関するシンポジウム論文集, 土木学会水理委員会河川部会

10) 矢田敏晃・加藤喜久也(1987): 大阪府淡水魚試験場報告第9号

11) 長田芳和・細谷和海編: よみがえれ日本産淡水魚 日本希少淡水魚の現状と系統保存

## 6. 環境型コンクリートブロックの 生物生息環境に対する機能と効果

辻山正甫\*, 和泉征仁\*\*, 石田孝之\*\*\*, 田中義人\*\*\*\*

### 1. はじめに

#### 1.1 研究の目的

本研究は、護岸整備において面積的な制限のある都市河川において、環境型コンクリートブロック(従来の呼称では多自然型護岸)を適用したその後、生物の生息に適する場所となっているか、どのような生物種が生息しているかを把握することを目的にモニタリング調査を実施し、その結果に関して考察したものである。

#### 1.2 多自然型川づくりとその背景

近年、河川においては多様な自然環境や潤いのある水辺空間が、生活環境の舞台としての役割を期待されており、これにあわせ法制度も平成9年に現行の河川法が改正され、「治水・利水・環境」が柱となり、さらに住民参加による川づくりの思想が加わった。

多自然型川づくりとは、水辺の多様な生物の生息空間の核として位置づけられ、自然の川の姿を手本とし、治水上の安全性を確保したうえで、自然豊かな水辺の創造を図ろうとするものである。そのためには次のような事項に留意することが必要である。

- ①多様性の豊かな環境条件の創出
- ②自然の営みの許容
- ③水と緑のネットワークによる生態系孤立化の回避

#### 1.3 環境型コンクリートブロックの多自然型護岸

多自然型川づくりの考え方や護岸条件より導き出さ

れる「環境型コンクリート護岸の基本条件」は、以下の4条件にまとめられる。

##### (1) 環境型コンクリート護岸の条件

###### ①洪水等災害に対し安全な構造である。

- ・治水機能を確保する構造であること。
- ・残留水圧が川表の法面の背面に生じないこと。
- ・土圧、流水に対して安全な構造であること。
- ・浸潤及び吸出しで背面の細粒分流出がないこと。

###### ②空隙があり、植物や生物の生息空間として機能する。

- ・経年後も生息空間が確保できること。
- ・洪水時や渇水時にも生息空間が確保でき、異常状態後の回復が速やかに計れること。
- ・地山との連続性を有していること。または、同等の効果を有する配慮がなされていること。
- ・植物の生育に配慮された構造であること。
- ・昆虫、魚類が生息できる構造であること。
- ・水中には魚類が生息できる空間を有すること。

###### ③陸域と水域を連続的に移動できる構造である。

- ・表面での連続性も含み、水域から陸域に連続して植物が成育すること。

###### ④景観にも配慮されたものである。

- ・周辺環境に適合していること。
- ・植物の緑が活かせる構造であること。
- ・人工的(画一的、単調)でないこと。
- ・輝度、明度に配慮されていること。

###### ⑤面積的な制限下でも対応できる構造である。

- ・都市河川にも適用可能なこと。
- ・護岸の傾斜が比較的急勾配でも適用できること。
- ・急傾斜面でも植生の創造を期待できること。

\* 河川環境管理財団 大阪研究所 次長

\*\* 河川環境管理財団 大阪研究所 研究員

\*\*\* ビオトープシステム技術協会

\*\*\*\* ビオトープシステム技術協会

## (2) 環境型コンクリートブロックの特長と適用性

多自然型護岸工法といえば伝統的工法が採用されることが多く、基本的に木や石などの自然素材を使う。しかしながら護岸を適用する部位の勾配条件や水理条件が厳しい場合には、護岸の基本条件である治水安全性を確保するためにコンクリート材料を上手く使うことも視野に入れて検討を行っていく必要がある。

コンクリート材料には以下のような特長があり、この特長を活かすことによって従来、地形的に多自然型川づくりが難しかった箇所においても実現の可能性が得られていくと考える。

- ・堅固であり、品質が均一で、長期安定している。
- ・形状を自由に加工でき、施工も容易である。
- ・材料供給が安定している。

次に、この環境型コンクリートブロックの適用性について傾斜の程度で区別すると以下ようになる。

### 1) 緩傾斜護岸

ここでの緩傾斜は、勾配1:2より緩い勾配を示し、この勾配条件において、水衝部や流速の速い箇所など外力に対応できる堅固な護岸構造とする必要のある場所に対する適用性は高いといえる。しかし、その他の一般的な箇所については、護岸構造の自由度が高く、環境型ブロック以外のあらゆる工法の多自然型護岸を導入していくべきと考える。

### 2) 急傾斜～一般的法勾配の護岸

ここでの勾配は、1:0.3~1:2程度を示し、このような場所に対する適用性は高いといえる。なお、適用範囲のうち、比較的緩勾配では他の工法も採用可能である。

### 3) 垂直～急傾斜護岸

ここでの勾配は、1:0~1:0.3程度であり、都市部、集落内や道路横に位置している河川での事例が多く、安定性及び遮水性が厳しい条件となる場合が多い上、適用にあたっては形状や配置に工夫を要する。

### 4) 新たな河川空間を創造する箇所

勾配が1:0.5~である条件下では、全体または部分的に急勾配を採用することにより、平場を創出し、新たな河川空間を創造するため適用性は高いと考える。

## 2. 調査対象の環境型コンクリート護岸について

### 2.1 研究対象の河川

対象河川および対象地点の選定は、護岸工事を行う地

区情報から、地図による地形情報および周辺状況をもとに現地踏査を行う地点を抽出し、さらに現地調査によって多自然型護岸としていくのが適当であると判断できる候補地点を抽出するものとした。

施工調査対象として選定した河川は、兵庫県中央部を南下する2級河川市川の支川の恒屋川である。

図2・1に対象地点およびその流域について示す。

試験施工の対象区間長は約420m、対象区間での河幅は約10mである。河床は主に砂質で、所々に小径の礫やシルト質の泥が堆積している状態である。また、当区間の周辺は水田を主とした耕作地であり、その灌漑用水は上流から供給されている。

施工前の河川の自然環境は、周囲に小規模な樹林群が点在する状態であった。また、河川護岸に関してはコンクリート等の構造物で施工されていない自然堤防に近い状態であり、治水上から護岸整備を要する状態であった。

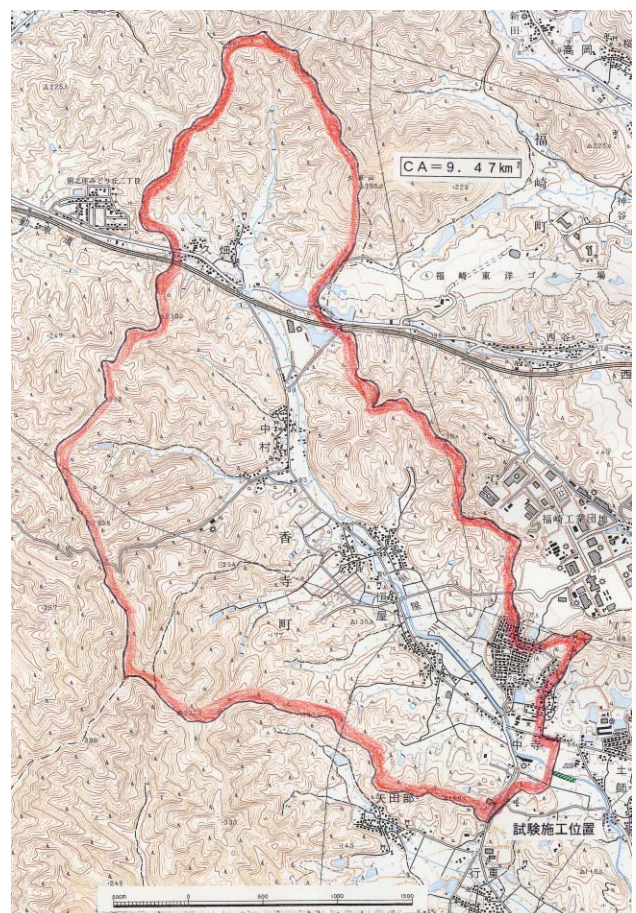


図2・1 恒屋川試験施工位置と流域

## 2.2 施工した護岸の形状

### (1) 形状の基本的な考え

施工対象地点において適切な護岸工法とすることを原則とした。特に植生については多自然型護岸の創造を目的として、本来なら自然が時間をかけて創り上げる河岸の多様性や自然景観を、施工後早期に実現させるといったことがあり、そのための工法を採用していく必要がある。これと同時に、初期景観にも配慮するとともに経年的な植生の変化において周囲と調和した景観となっていくような配慮をしていく必要がある。

### (2) 選定施工した護岸形状

#### 1) ブロックの概観と工夫点

多自然型を意識した護岸素材として、「環境型コンクリートブロック」が様々なコンクリートメーカーから開発供給されている。施工対象として選定したコンクリートブロックは、急勾配な地形に適用できるものの中から植物から見た生育に適すと考えられる形式のものを選定し、その結果、「急勾配空積み・かご型空積み」とした。なお、水際部については魚巣ブロックを配置し、魚類および水生生物の棲息場所となるように配慮した。

施工形状については図2・2に示すとおりであり、1個あたりの環境型コンクリートブロックのサイズは設置位置によって多少の差異があるが、概ね以下のようなサイズである。

横幅：1.8m 高さ：0.6m 奥行き：1m

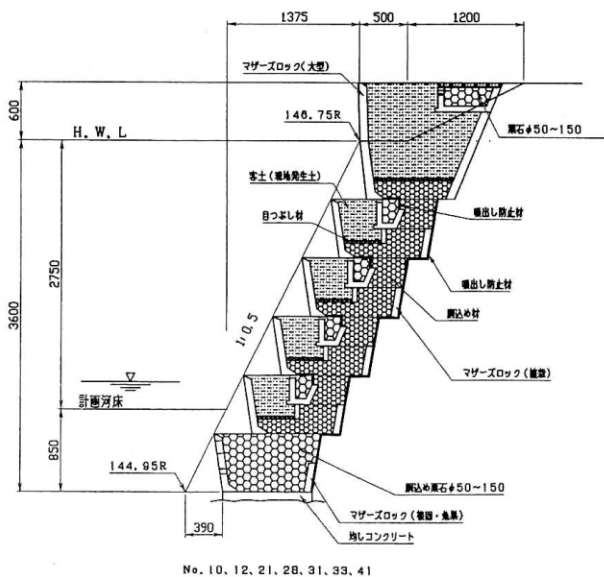


図2・2 施工形状例(断面例)

なお、注目すべき構造形状として「灌水システム」がある。図2・3にこの水の補給・貯留に関する概念を示す。

その仕組みとしては、設置するブロック中央部に給水体と呼ぶボックス構造の中に栗石を充填し、その間隙に水を貯留できる構造としている。この給水体は概ね以下のサイズである。

横幅：1.8m 高さ：0.3m 奥行き：0.3m

この給水体へ水を貯留させる仕組みは図2・3に示すように、客土の表面に降った雨水や客土に浸透した雨水を貯留するようにしているものである。

貯留した水を客土に涵養するには、麻ロープ等の水の浸透性の高いロープを給水体から客土に渡して行き、これによって水の行き渡りにくいブロック深部の客土に水分を涵養するようにしている。

この涵養システムによって植物の生育に不可欠な水分を概ね常に補給できるようにしている。

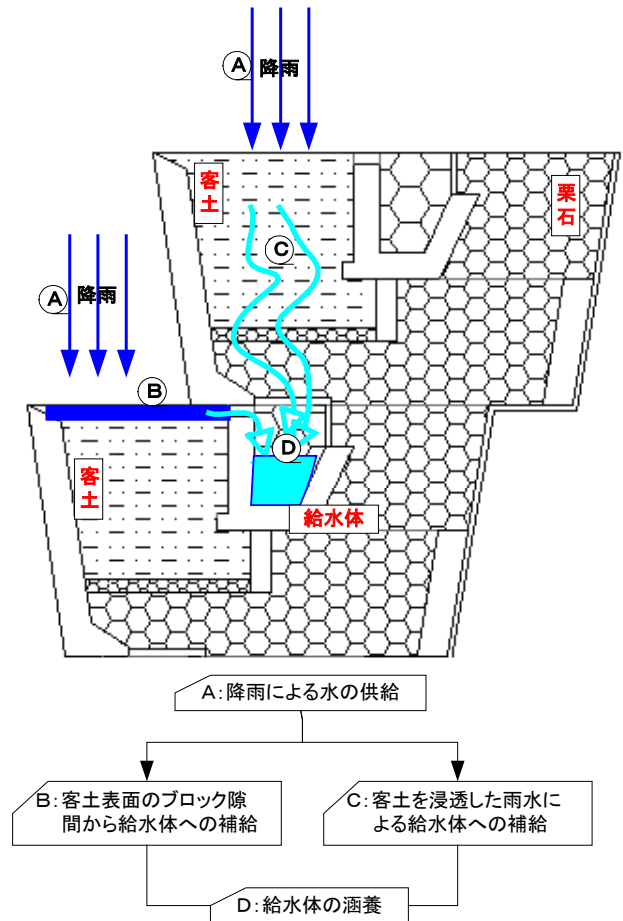


図2・3 灌水システム概念図





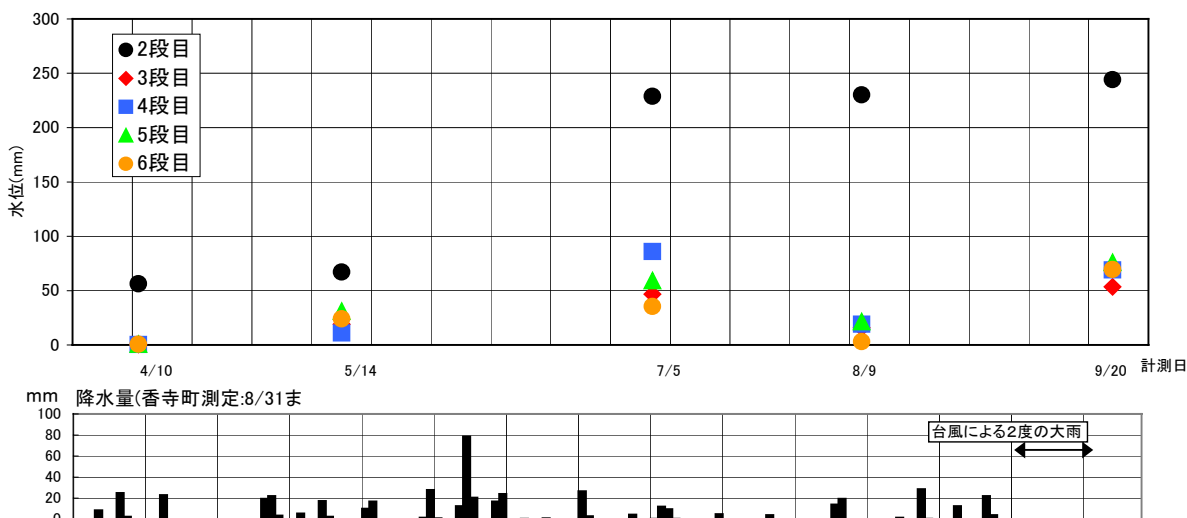


図3・1 給水体での地下水位測定結果

### 3.2 調査結果

#### (1) 灌水システムの涵養機能

給水体内の地下水位の測定サンプルは河床から数えて2, 3, 4, 5, 6段目の給水体とし、段ごとの平均値とし垂直方向での貯水量の差が生じていないかについて見るために4箇所ブロック列を抽出した。図3・1に測定結果と付近の香寺町役場で測定した雨量データを示す。

測定した最下段に相当する2段目では常に高い地下水位を維持していた。これは一つには河床に近いこと、水位変化による河川から水の供給が多かったためではないかと思われる。

3～6段目で見えた場合、多少の差があるものの、いずれの段も概ね同じ水位であり、概ね降雨の後に地下水位が上昇し、ある程度の維持をしていると判断でき、灌水システムとしての効果があることが把握できた。しかし、貯留量が少ない給水体も存在し、給水効率の向上および均一化を図っていく必要があることが判明した。

#### (2) 植物の生育状況

##### 1) 植栽した植物の生育状況

施工時に植栽を施した植物の生育状況については、図3・2に施工直後の状況を、図3・3に生育した植物の例を示す。以下に示すように概ね順調な生育であったが、部分的な改良の必要性が見受けられた。

- ①中木・低木は生育が緩やかで、日陰の形成やブッシュの形成に至っていない。また、落葉し枯死したと

考えられる個体もあった。これは、木本類にとって、植栽後の経過時間が短いと考えられるため今後の生育状況を追跡していく必要がある。

- ②表土部分の乾燥が認められ、生育状況の悪い部分が認められた。
- ③上段・下段の草本類は一定の群落形成に至るまでの順調な生育であった。
- ④下段に植栽した水生植物群の生育状況が最も顕著であった。これは、河川水に十分に窒素やリンといった栄養分が含まれているためと考えられる。

##### 2) 自然発生した植物

植栽時には、基本的には土壌表面にシートを被せ、雑草類の繁茂の抑制を図ることとしていた。しかし、シー



図3・2 施工直後の護岸状態



図3・3 モニタリング時の植生状況(セイヨウダンチク)



図3・4 間知ブロック区間の状況

トの継ぎ目などから植栽した植物種以外の生育もモニタリング調査では確認できている。これらの植物は周辺からの種子飛来による進入および現地発生土を用いた客土に含まれていた埋没種子からの発芽と考えられる。

それらの植物が他の植物種の生育を阻害しているのであれば問題であるが、植栽した植物種の生育状況も概ね良好と判断できたため、今後の繁茂・生育状況を追跡把握していく必要はあるものの、問題ではないと判断した。

調査地点における植物確認種数は、元来この場所に生育していた種を含み、植栽を行った種、自然発生した種を合わせ全体で110種であり、そのうち35種が自然発生した種で、一般に雑草類と呼ばれる種であった。このことより、現地の自然状況に即した多様性を有した植物群落が形成されつつあるのではないかと考えられる。

繁茂してきた雑草類の大半は1年生草本類であり、生育の条件としては植栽した多年生草本類等の方が、受光の面から有利と考えられる。植栽時に予期せぬ雑草類の繁茂は、護岸植生の人為的管理といった面では今後の検討も必要と考えられるが、むしろ、これら自然に繁茂した草本類を護岸の植物として位置付けていく方が、有効と考えられる。

### 3) 間知ブロック区間との比較

環境型コンクリートによる護岸区間の上流では従来から用いられている間知ブロックによる護岸区間があり、その区間においての植物・動物調査は実施していないものの、図3・4に示すように植生の繁茂は見られない。

しかし、図3・5に示す環境型ブロック護岸の区間を比較すると植生の繁茂が見られ、良好な自然環境に近い状態となっている。



図3・5 環境型ブロック区間の状況

### (3) 動物の生息状況

護岸の施工時および直後では、逃避・離散していたと考えられる各種動物の施工後の復帰状況を把握するために、施工後に動物の生息状況を定性的に調査した。動物の生息状況調査の対象としたのは、鳥類、魚類、昆虫類・両生・爬虫類、ほ乳類である。確認方法は、捕獲、目視、フィールドサインである。

動物の確認種については、図3・6のとおりであり、魚類7種、鳥類13種、陸生昆虫22種、水生昆虫10種と人為的に造成された空間としては多いと考えられる種数であった。

また、全ての動物種における水際や草地等といった地形的特徴別での確認種の差については図3・7に示すとおりであり、水域や樹林・草地での確認種が多い結果であった。なお、水域においても瀬での確認種が少なく

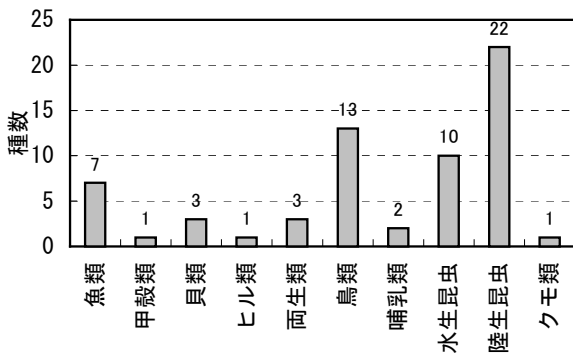


図3・6 確認種の概要

っているが、その場に生息していないのか、あるいは調査時の逃避行動によるものかについては不明である。

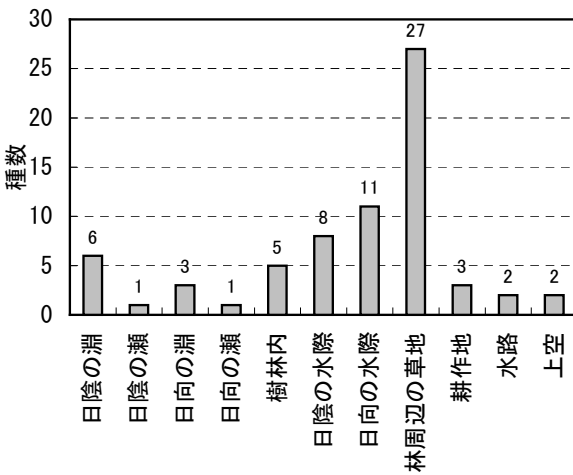


図3・7 地形特長による確認種の差異

次に、図3・7で示した動物種の種毎にどのような場所にて確認されたかについて整理した結果を表3・2に示す。

このように、動物の確認は水のある場所および樹木・草地に多い結果であり、その場所が生息の場あるいは餌場となっているものと推察できる。

また、生物の区分ごとに確認場所との関連について以下に考察する。

①魚類、甲殻類、貝類、ヒル類

この区分において共通する事項として、概ね水中で生活する生物種であるということである。

この中でも、魚類については遊泳性の強いオイカワは日向の瀬・淵で確認されている。しかし、多くの魚種はやや止水性の魚種であり、日陰の淵で確認されていることから、これらの生息場所として日陰に

なった淵が必要となっていることが推察できる。

なお、底生性のドンコも確認されており、魚巣ブロックを生息の場所として利用しているのではないかと推察され、今後の動向および魚巣ブロック内での棲息確認を行っていく必要があると考えられる。あわせて、甲殻類として確認されたアメリカザリガニも生態特徴から魚巣ブロックを利用しているものと推察できる。

このように、魚類および甲殻類が棲息していること

表3・2 確認動物種の確認地形特徴

No.	区分	種名	日陰の淵	日陰の瀬	日向の淵	日向の瀬	樹林内	日陰の水際	日向の水際	林周辺の草地	耕作地	水路	上空
1	魚類	オイカワ	●		●	●							
2	魚類	カラムシ	●	●									
3	魚類	ギンツナ	●										
4	魚類	カマツカ	●										
5	魚類	モツゴ	●										
6	魚類	ドンコ	●										
7	魚類	オオクチバス	●										
8	甲殻類	アメリカザリガニ			●							●	
9	貝類	マイマイsp			●					●			
10	貝類	サカキガイ			●					●			
11	貝類	カワナシ										●	
12	ヒル類	ハバヒロビル						●					
13	両生類	ヌマガエル					●	●					
14	両生類	トノサマガエル					●	●					
15	両生類	アマガエル								●			
16	鳥類	コサギ						●					
17	鳥類	アオサギ						●					●
18	鳥類	チュウサギ						●			●		
19	鳥類	ゴイサギ					●						
20	鳥類	キセキレイ						●					
21	鳥類	キセキレイ						●					
22	鳥類	コシアカツバメ									●		●
23	鳥類	ヒヨドリ					●						
24	鳥類	トビ									●		
25	鳥類	シショウカラ					●						
26	鳥類	メジロ					●						
27	鳥類	エナガ					●						
28	鳥類	モズ					●						
29	ほ乳類	ネズミsp								●			
30	ほ乳類	イタチsp								●			
31	水生昆虫	サナエトンボsp						●					
32	水生昆虫	オニヤンマ						●					
33	水生昆虫	コキマドンボ						●					
34	水生昆虫	マユタテアガネ						●					
35	水生昆虫	コシノメトンボ						●					
36	水生昆虫	シオカラトンボ						●					
37	水生昆虫	ギンギンマ						●					
38	水生昆虫	アオモンイトトンボ						●					
39	水生昆虫	ハクロトンボ						●					
40	水生昆虫	カワトンボsp						●					
41	陸生昆虫	モンシロチョウ								●			
42	陸生昆虫	キチョウ								●			
43	陸生昆虫	ツバメシジミ								●			
44	陸生昆虫	ヤマトシジミ								●			
45	陸生昆虫	ウラナミシジミ								●			
46	陸生昆虫	ベニシジミ								●			
47	陸生昆虫	ヒメジャノメ								●			
48	陸生昆虫	ヒメウラナミシジミ								●			
49	陸生昆虫	ヒカゲチョウ								●			
50	陸生昆虫	ツマグロヒョウモン								●			
51	陸生昆虫	コムシ								●			
52	陸生昆虫	キマダラセセリ								●			
53	陸生昆虫	チャバネセセリ								●			
54	陸生昆虫	ヒメガムシ								●			
55	陸生昆虫	カクシ								●			
56	陸生昆虫	オシロイバナ								●			
57	陸生昆虫	コバネイチゴ								●			
58	陸生昆虫	イボバッタ								●			
59	陸生昆虫	ツチナゴ								●			
60	陸生昆虫	ツツレサセコオロギ								●			
61	陸生昆虫	エンマコオロギ								●			
62	陸生昆虫	コカマキリ								●			
63	クモ類	ナガコガネグモ								●			
合計			6	1	3	1	5	8	11	27	3	2	2

から、護岸工事によって一時は棲息していなかった状態が継続していたものと推察される状態から、復活しつつあると判断でき、自然の生物生息環境として回復していると判断される。なお、今後ともモニタリングを実施して、確認種数の動向および確認種の変遷を把握していく必要がある。

貝類については、マイマイspは陸上での確認であるが、他の2種の貝類はもっと多様な場所で確認される可能性があるため、調査範囲を広げることでより多くの場所で確認できるものと推察する。

#### ②両生類

両生類として確認された3種のカエルは水際および草地にて確認されていた。カエルは元々、このような場所に生息するものであり、草地にて確認したアマガエルも水際との間を往復しているものと推察できる。なお、施工対象域の恒屋川は通常ある程度の流量があるため、これらのカエル類は産卵しても流下するため、他の止水性水域から優れた移動力を持って進入してきたものと考えられる。

#### ③鳥類

鳥類は水辺にて生息する種と、樹林・原野にて生息するが確認されており、水辺の鳥類の生息が確認できたことは、その区域が少なくとも餌場としての機能を有していることを意味すると判断できる。

また、猛禽類の確認種にトビとモズがあり、特に水辺環境等が良好となったために確認できた種ではないが、モズに関しては、当区域に“はやにえ”の材料となるカエル等が生息していることから、その形成の有無をみることによって、餌場としての縄張りを形成していることが確認できるため、今後の調査時においては、“はやにえ”の有無を調べることも、鳥類の環境の活用程度を把握する上で重要であると考えられる。

#### ④ほ乳類

ほ乳類として確認された種では、イタチspがあり、この種の餌となる小型動物の安定した生息があるものと推察できる。また、ネズミspも確認されており、これらの動物の餌場としての機能を有しているものと判断できる。なお、今回確認された陸上動物のうちこれらの種は食物連鎖の中で高次捕食者であり、マクロな生態系が形成されていることが推察できる。

なお、これらの種に関しては移動力が優れているため、他の区域から進入あるいは採餌活動のみの利用

であったかについては、今後の調査で確認をしていく必要がある。

#### ⑤昆虫類

昆虫類は、陸上昆虫と水生昆虫が確認された。このうち、陸上昆虫に関しては、概ね飛翔能力を持った種であり、この場所で産卵等の生活史を持つまでに回復しているとは言い切れないが、護岸およびその周辺の植物環境が回復していることを踏まえると、生息環境および餌場としての機能が復活しているものと推察できる。

また、水生昆虫に関する確認種は主にトンボ類であり、草地における成体の確認のほか、水中(水際)における幼虫(ヤゴ)の確認ができた。この幼虫が確認できたということは、上流部からの流下も可能性としては残るものの、おそらくは当該水域にて産卵されたものが成長したものと考えられ、確実に環境の回復に向かっているものと推察できる。また、これらの幼虫の餌は小型の魚類あるいは稚仔魚、おたまじゃくし等の両生類の幼生、他の水生生物であり、これらの生息についても回復している方向であることが推察される。また、トンボ類が幼虫から成体へと変化する際には水中から陸上へと連続した地形が必要であり、おそらくは施工した護岸がその機能を果たしているものと考えられる。

## 4. まとめと今後の課題

上記のモニタリング調査結果を元に、恒屋川での環境型コンクリート護岸が施工後に、その機能を果たしているかについて植物と動物にてまとめ、今後の課題について整理した。

### (1) 植物について

植物については、植栽によって導入した種については概ね順調に生育しており、護岸における植栽による緑化といった目的は達していると考えられるものの、さらに植物の効果的な生育を図るためにも灌水システムの貯留向上に向けた改良も必要である。

また、自然発生的に多様な草本類が確認されており、多様の・多自然的な植物環境に向かっていることが把握できた。さらには、この植物生育環境を頼って、多様な小動物類が進入していることも確認できた。

なお、本調査は単年調査であるため、今後も継続して植生の調査を実施していくことが必要と考え、今後の植

物調査では、植栽種の生育状況に加え、自然発生してきた植物種の動向についても経時的な変遷の把握を行っていくことが、多様な植物相の形成、ひいては環境型コンクリート護岸の効果検証といった視点から重要と考える。

## (2) 動物

施工後の環境型コンクリート護岸周辺において、多くの動物種が確認でき、生息環境が回復していく方向であることが確認できた。また、河川の水辺およびその周辺の植物群落に特徴的に生息する動物種も確認できており、多自然型護岸によって、河川としての自然性の回復あるいは維持が機能しているものと考えられる。

また、水中～水際～陸上といった縦方向の連続性についても、水生昆虫や両生類の確認によって確保されているものと推察できる。

なお、施工前の動物生息調査を行っていないため、施工前後での影響・効果といった面は不明である。

今後も、動物の生息状況についてのモニタリング調査を継続し、生息種の変遷および利用状況の把握を行っていき、多様な生物群が形成されていくかについて把握していくことが重要と考える。

## (3) 今後の課題

今後の課題として、以下のことがあげられる。

### ①モニタリング調査の継続

生物生息環境の定着および変遷については、短期間での把握・評価をすることはきわめて難しいため、継続的にモニタリング調査を実施していくことが必要である。

### ②護岸の植物群落としての評価が可能な調査の実施

今回の植物調査は植栽種の生育状況を確認することを主体としていたが、自然的に発生した植物種も多く確認でき、これらの種を含め、植物群落としての評価を行えるような調査を実施していくことが必要である。

### ③季節的な変動を把握するための調査の実施

動物に関しては、特に季節的な変化が大きく、季節によっては生活史の特徴のため生息確認ができない種も存在する。また、生活史の中で生息の場所を水中から陸上に移す種も存在するため、季節ごとの生息確認を行う必要がある。

### ④水中および水際に特徴的に生息する種の確認調査

護岸の整備によって、河床も直接的な影響は受けられないものの、土砂の流入等、間接的に影響を受けてい

ると考えられ、今後は水中および水際にて生息する種（水生昆虫や貝類等）の生息状況の確認を行っていくことが必要である。

### ⑤確認種を基本とした多様性の評価

調査によって確認された生物種の資料を元に、その場所の生物環境の多様性について評価し、今後の環境型コンクリートを含む多自然型護岸の施工時における基本資料としていくことが必要である。

## 謝辞

本研究は、ビオトープシステム協会の主催する「多自然型護岸研究会」において、兵庫県の管理区間である恒屋川にて試験的なご施工にご協力いただき、施工した護岸に対して植物・動物の生息状況についてモニタリング調査を実施したものである。本研究に際して、「多自然型護岸研究会」の委員各位、ビオトープシステム協会の各位、兵庫県河川課・河川環境室・同福崎土木事務所の各位に多くのご協力をいただき、ここに厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 河川環境管理財団 大阪研究所(2001):「多自然型護岸研究会」報告書(第5回・第6回)
- 2) 河川環境管理財団 大阪研究所(2002):「多自然型護岸研究会」報告書(第7回)

### Ⅲ 河川管理施設の維持管理に関する調査研究

## 7. 河道の質的安全性評価手法に関する研究

山本 晃一\* 戸谷 英雄\*\* 高島 和夫\*\*\* 古川 弘和\*\*\*\*

### 1. はじめに

これまでの河道の安全性評価は、どちらかといえば河積の確保や計画堤防断面の確保など、量的な指標による評価に重点が置かれており、洪水による洗掘、側方侵食に対する河岸や堤防の安全性、浸透による堤防の安全性など、河道の質的安全性評価は、その評価手法が確立していないこともあり、十分になされていないのが現状である。

急流河川では、量的安全性（器の大きさ）の確保もさることながら、むしろ被災履歴からも明らかのように、激しい洪水流による洗掘や側方侵食に対して堤防の安全性（器の質）を高めていくことが最重要課題である。

急流河川においては、計画的に質的安全性の確保とその向上対策を進めるために、何処でどのような現象が起こる可能性が高いのか予測し、それに基づいた対策を効率的に実施していく必要があるが、扇状地の急流河川特有の現象については、その機構の解明は十分になされていない。したがって、現段階で、どの程度の洪水で、何処に、どのような現象が発生するかを予測することは極めて難しい問題ある。

一方、近年の降雨の状況は、かつて経験したことのないような局地的豪雨に代表されるように、異常降雨がいつ何処で起こってもおかしくないような状況にある。

したがって、急流河川においても、計画規模あるいは、それを超えるような洪水がいつ発生しても、致命的な災害とならないような対策を計画的・緊急的に進めていくことが求められている。

急流河川での破堤氾濫は、その氾濫流の激しさから被害は極めて大きく、総合的な水防災対策<sup>みずぼうさい</sup>を計画的、緊急的に進めていく必要がある。扇状地の急流河川と沖積河川の破堤に至るまでの時間を比較すると、およそ1/4と極めて短く、そのために特に機械化した大規模な水防を可能ならしめること、徹底した堤防強化、正確(適切)な氾濫予測、それに基づいた避難の仕組みづくりが急がれている。

このような背景のもと、本研究は、北陸地方整備局の急流河川の既往調査資料により、急流河川特有の現象（水位偏差、水衝、砂州移動等）を把握し、次に被災機構を考察し、急流河川の質的安全性・安定性を適正に評価する手法を研究し、さらに安全性向上に向けた対策の基本的な考え方を考察したものである。なお、堤防の浸透に対する安全性評価はここでは行わない。



図1・1 堤防侵食の事例

\* (財)河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究総括職

\*\* (財)河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第4部長

\*\*\* 国土交通省北陸整備局河川部 建設専門官

\*\*\*\* (財)建設技術研究所 水理砂防部 水理室課長 (前河川環境総合研究所 研究第4部 主任研究員)



## 2. 河道の質的安全性の評価手法

本研究では、流水による河床洗掘・側方侵食に対する高水敷を含めた堤防の安全性を「河道の質的安全性」ということとする。

河道の安全性評価手法は、現在の技術レベルで得られている知見をもとに立案した。ここでは、急流河川の河道特性、被災の特徴、安全性評価の考え方と評価手法を記す。

### 2.1 急流河川の河道特性

- ① 河床勾配が 1/100～1/300 で大きい。このため洪水時の流速が大きく、最大 3m/s～6m/s 程度生じる。
- ② 勾配 1/100 程度では洪水時の摩擦速度  $u_*$  は 0.4m/s 以上になる場合があり、この場合、直径 20cm 程度の玉石を掃流する力を有し、洪水エネルギーが大きく、土砂輸送能力が高い。このため河床材料の粒径も 100mm～250mm 程度で大きい。また、河床変動も激しい。
- ③ 流域の山地は脆弱な地質である場合が多く、生産土砂量が多く、河道への土砂供給が多い。
- ④ 洪水波形がシャープであり、洪水到達時間が短い。このため、洪水の予測が難しく、万一破堤した場合の避難が難しい。
- ⑤ 過去には土砂供給が多く、河道は単断面的で、河道全幅にわたって多列・複列の砂州が形成され、みお筋は固定していない場合が多かった。
- ⑥ 近年、ダムの築造、砂防施設の整備、河床掘削等により低水路の河床低下が顕著な急流河川が多い。これらの河川では、洪水ピーク流量の減少傾向もあり、相対的に砂州が高水敷化している。
- ⑦ 洪水中に砂州が移動し、河床高が変化することにより、流れが偏流し、水衝部が生じ、左右岸水位偏差が大きいため、流れの乱れが大きい。

### 2.2 急流河川の被災の特徴と要因

- ① 砂州の移動が激しく、砂州によって流れが大きく偏流し水衝部が生じる。このため破堤は洪水流による洗掘、側方侵食破壊が主因となっている。
- ② さらに、土砂の移動が多いため、局所的に土砂が堆

積し、左右岸の水位偏差が生じ、急激な水位上昇が生じる。

- ③ これらの理由から、河道水位が計画高水位に至らなくても洗掘が進行し破堤する可能性があり、また、破堤地点の特定は難しい。
- ④ 近年では、昭和 44 年に黒部川で、平成 7 年に姫川で局所洗掘による護岸基礎の洗掘に起因すると見られる破堤氾濫が生じている。
- ⑤ 流れが河道内を偏流し、かつ流速が大きいため直進性が強く、河道が付け替わるようにして洪水が氾濫する。

### 2.3 質的安全性評価の考え方、適用条件

- ① 対象河川は、多列砂州が発達した扇状地上の直線的な急流河川とする。これは局所洗掘は砂州の前縁線で生じるものであり、局所洗掘深は砂州の規模（高さ）と相関があると考えられ、多列砂州が生じる河道で砂州規模を調べることにより洗掘を予測できると考えたためである。
- ② 砂州の移動・発達による河岸侵食、局所洗掘が堤防の安全性に大きく関与すると考える。
- ③ 堤防の被災パターンは、低水護岸基礎が洗掘被災し、高水敷を側方侵食し、堤防の侵食被災に至るパターンが多いので、縦洗掘と側方侵食を河道の質的安全性評価の指標とする。
- ④ 評価は洗掘と側方侵食の 2 つを複合評価する。
  - ⅰ) 洗掘予測高と護岸基礎および根固工で対応できる高さを比較し、評価する。
  - ⅱ) 側方侵食予測幅と現高水敷幅を比較評価する。
- ⑤ 洗掘深の予測は、砂州の前縁で生じる洗掘深さを測量結果から求める。湾曲や構造物等他の要因による洗掘は個別にその場所ごとに検討する。
- ⑥ 河床形態は概ねその河川の平均年最大流量で規定されていること、急流河川では洪水波形がシャープでありピーク時間が短いので、1 洪水では砂州は大きく変形しないこと、実河川のピーク流量規模と洗掘深との関係は有意な相関が見られないことから、平均年最大流量規模以上のピーク流量においても洗掘予測深さは変わらないと仮定した。
- ⑦ 河道特性が同一の細分セグメント内では、横断、縦断方向いずれの地点でも、これらの最大洗掘、最大

侵食は生じる可能性があるとして仮定した。

- ⑧ 洪水ピーク付近での最大洗掘深については、現地観測された事例が少なく判断が難しく、今後の課題と

するが、急流河川の模型実験によると、流量の減少速度が早く、砂州前縁部の埋め戻しは少ないので、ここでは考慮しないこととした。

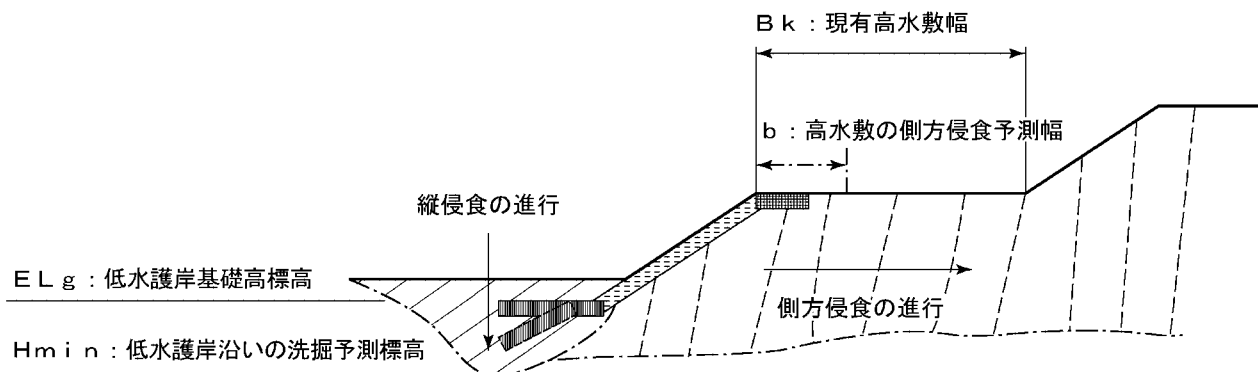


図2・1 安全性評価を行う上での被災パターン

## 2.4 河道の質的安全性評価手法

流水による洗掘・側方侵食に対する河道の安全性の評価は以下の手順で行う。

- ①細分セグメント区分を行う。

### ②洗掘深の予測方法と評価

- 1) 既往の大出水2洪水に対し、洪水後の測量横断面図より、図2・3に示すように最深河床高  $H_{min}$  を計測する。
- 2) 平均河床－最深河床 =  $H_s$   
平均年最大流量での水深 =  $H_m$  とし、細分セグメント内の  $H_s/H_m$  の最大値 =  $\beta$  を算出する。(図2・4参照) ただし、砂州要因以外の湾曲、構造物等による局所洗掘は  $\beta$  算出にあたっては除外し、別途個別に評価する。
- 3)  $H_m$  は断面ごとに変動が大きいため細分セグメントでの平均値  $H_{mmean}$  を用いて  $\beta$  を算出する。
- 4) 最新(検討対象)年度の平均水深  $H_{mmean}$  に  $\beta$  を乗じ洗掘予測深を算定する。  
$$H_s(\text{予測値}) = \beta \cdot H_{mmean} \quad (2 \cdot 1)$$
- 5) 検討対象河道に対して対象洪水中の最も低い平均河床予測高を1次元河床変動計算により求める。
- 6) 5)の平均河床予測高と4)の洗掘予測高を重ね合わせ、

図2・6に示すように洗掘予測河床高(標高)を算定する。

- 7) 6)の洗掘予測河床高と護岸基礎高または根固工がもたれても洗掘に対処できる高さを比較し、洗掘に対する護岸基礎高の安全性を abc3 段階で評価する。

### ③側方侵食幅の予測方法と評価

- 1) 洪水前後の横断面図、災害復旧資料より、側方侵食幅 =  $b$  を算定する。(図2・3参照)  
側方侵食幅は厳密には平均年最大流量における水位以上の高さを高水敷と仮定し、これより高い部分の側方侵食を算定する。
- 2) 細分セグメントでの  $b/H_{mmean}$  の最大値 =  $\alpha$  を図2・7に示すように算出する。
- 3) 検討対象年度の平均水深  $H_{mmean}$  に  $\alpha$  を乗じ側方侵食予測幅を算定する。  
$$b(\text{側方侵食予測幅}) = \alpha \cdot H_{mmean} \quad (2 \cdot 2)$$
- 4) 既存の高水敷幅と側方侵食幅を比較し、高水敷の側方侵食に対する安全性を abc3 段階で評価する。(図2・1参照)
  - a: 現有高水敷幅  $B_k$  が侵食予測幅  $b$  より大  
 $b < B_k$
  - b: 現有高水敷幅  $B_k$  が侵食予測幅  $b$  の 0.5~1.0  
 $0.5b \leq B_k \leq b$

c : 現有高水敷幅 Bk が侵食予測幅 b の 0.5 以下  
 $Bk \leq 0.5b$

5) 次の項目に該当する場合は、安全性評価を修正するのが合理的と考え、評価を 1 ランクアップまたはダウンするものとする。

i) 高水敷の表面侵食に対する耐力

$\tau_* > 0.07$  であれば表面侵食の恐れがあるため 1 ランクダウンする。(計画高水流量時の  $\tau_*$  使用)

ii) 低水護岸の機能評価

低水護岸を有する場合は 1 ランクアップする。

iii) 山付き区間の評価は a とする。

④河道の安全性評価

②, ③項の安全性を複合評価し、表 2・1 に示すように ABC3 段階程度で評価する。

表 2・1 安全性の複合評価

①護岸基礎高の評価	②高水敷幅の評価	③堤防抵抗力総合評価
a (護岸基礎高 ≤ 洗掘高)	a (高水敷幅 / 侵食幅 ≥ 1.0)	AA
	b (1.0 > 高水敷幅 / 侵食幅 ≥ 0.5)	A
	c (高水敷幅 / 侵食幅 < 0.5)	A
b (護岸基礎高 > 洗掘高 但し、根固工対策十分)	a (高水敷幅 / 侵食幅 ≥ 1.0)	A
	b (1.0 > 高水敷幅 / 侵食幅 ≥ 0.5)	B
	c (高水敷幅 / 侵食幅 < 0.5)	C
c (護岸基礎高 > 洗掘高 かつ、根固工対策不十分)	a (高水敷幅 / 侵食幅 ≥ 1.0)	B
	b (1.0 > 高水敷幅 / 侵食幅 ≥ 0.5)	C
	c (高水敷幅 / 侵食幅 < 0.5)	D

注) 護岸基礎高不明箇所の総合評価は不明とする。  
 ランクイメージ A および AA : 当面对策は不要

B : 将来的には対策が望ましい

C : 対策が必要

D : 早急に対策が必要

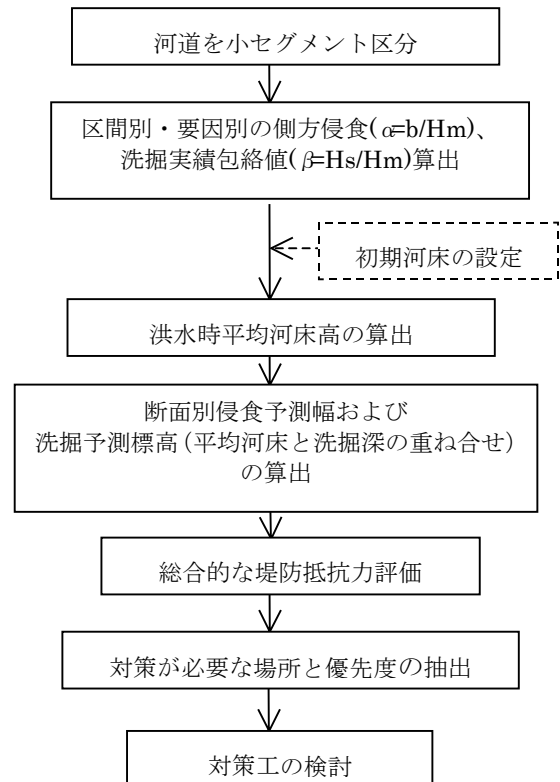
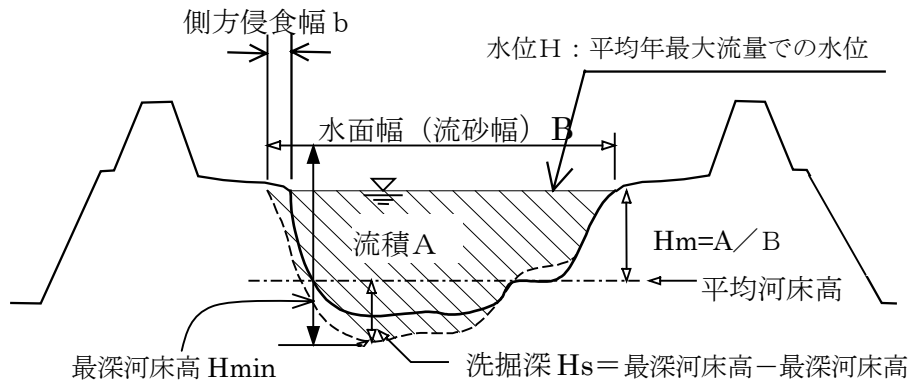


図 2・2 安全性評価のフロー



流積 A: 洪水後の流砂幅 B 内での流積

図 2・3 洗掘、侵食の記号について

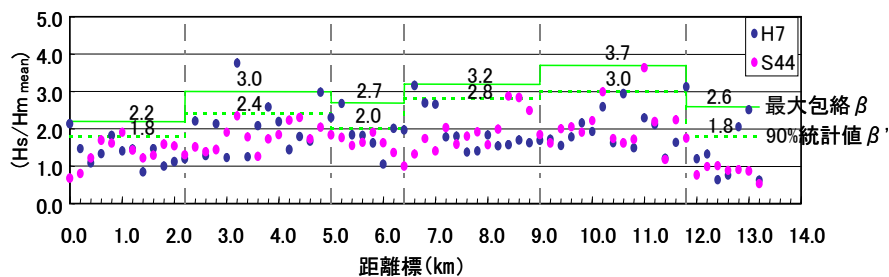


図2・4 実績洗掘深 Hs と  $\beta$  の特性

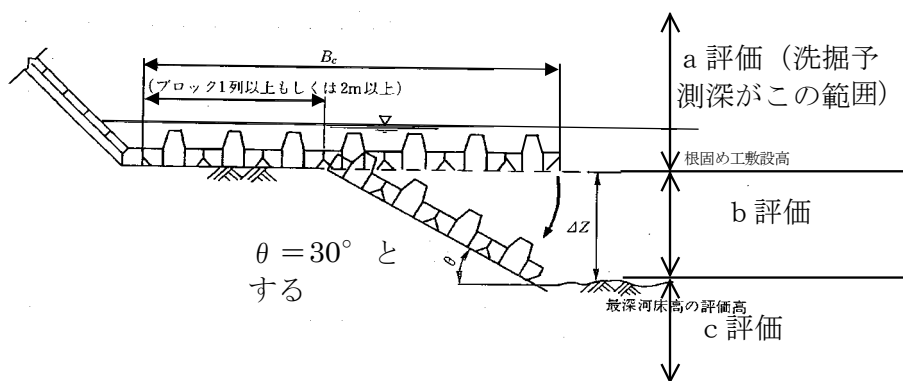


図2・5 護岸基礎、根固工のもたれと洗掘の評価図

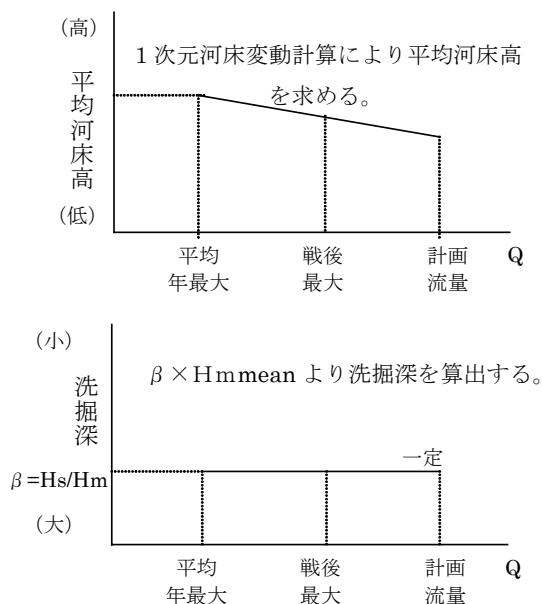


図2・6 洗掘予測高(標高)の求め方

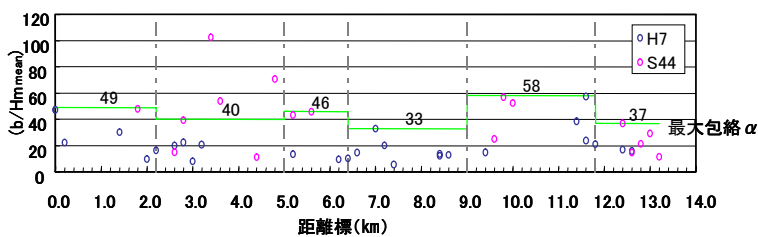


図2・7 実績側方侵食幅 b と  $\alpha$  の特性

3km~5km 付近では砂州要因ではなく支川流入による側方侵食があり  $\alpha$  算出には除外し、別途個別に評価することとした。

### 3. 急流河川における河道の安全性評価の実施例

前述の評価手法にしたがい、イ河川で行った実施例を以下に示す。

#### ① 細分セグメント区分

図3・1～3・3に示すように、平均水深 $H_{m\bar{}} \approx 1.3\text{m} \sim 2\text{m}$ 、流砂幅 $B \approx 200\text{m} \sim 600\text{m}$ の縦断変化から表3・1に示す6区分に細分セグメントを設定した。

#### ② 侵食幅水深比 $\alpha$ 、洗掘水深比 $\beta$ の算定

細分セグメント毎の平均水深 $H_{m\bar{}}$ を用いて、 $b/H_{m\bar{}}$ 、 $H_s/H_{m\bar{}}$ の包絡値(最大値)および母数の90%値を算出した。その結果を図3・4、3・5、表3・1に示す。

ここで90%値は洗掘深を最大包絡値で予測した場合過大になりすぎる懸念もあるため、参考に求めることとした。

表3・1 セグメント区分と $\alpha$ 、 $\beta$ の設定

小セグメント	細分セグメント	$B/H_{m\bar{}}$ 最大包絡値 $\alpha$	$H_s/H_{m\bar{}}$ 最大包絡値 $\beta$	$H_s/H_{m\bar{}}$ 90%値 $\beta'$
0.0k ～ 6.4k	0.0k～2.2k	49	2.2	1.8
	2.2k～5.0k	40	3.0	2.4
	5.0k～6.4k	46	2.7	2.0
6.4k ～ 13.2k	6.4k～9.0k	33	3.2	2.8
	9.0k～11.8k	58	3.7	3.0
	11.8k～13.2k	37	2.6	1.8

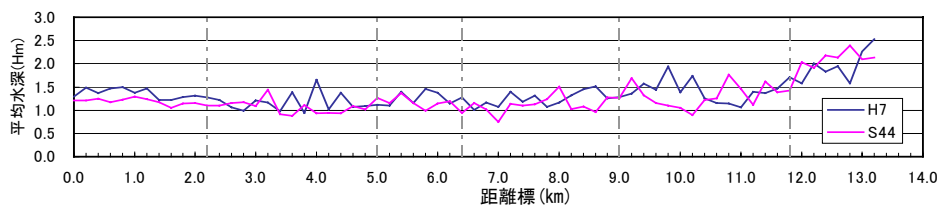


図3・1  
既往洪水における平均水深分布

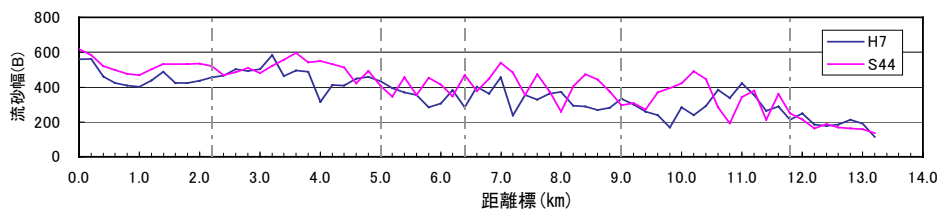


図3・2  
既往洪水における流砂幅Bの分布

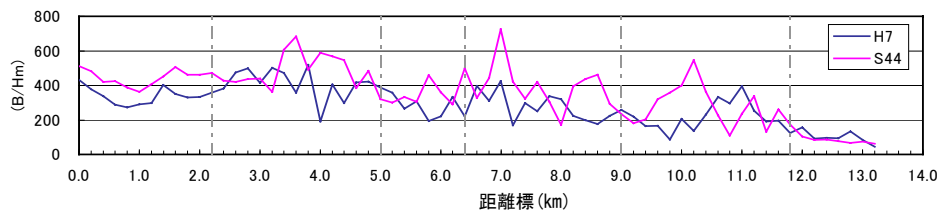


図3・3  
既往洪水におけるB/Hmの分布

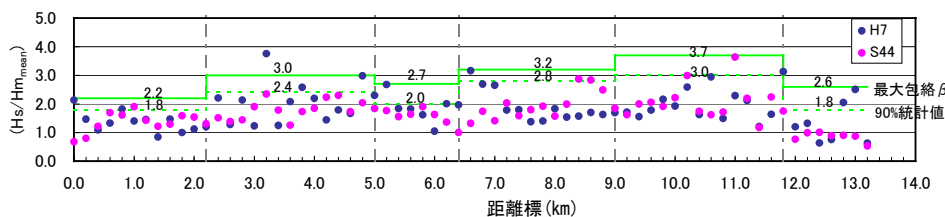


図3・4  
既往洪水における $\beta$ と $\beta'$ の分布

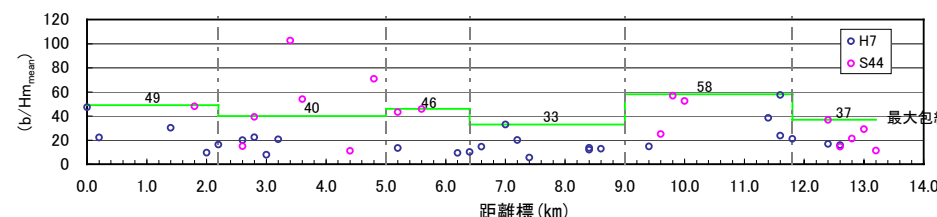


図3・5  
既往洪水における $\alpha$ の分布

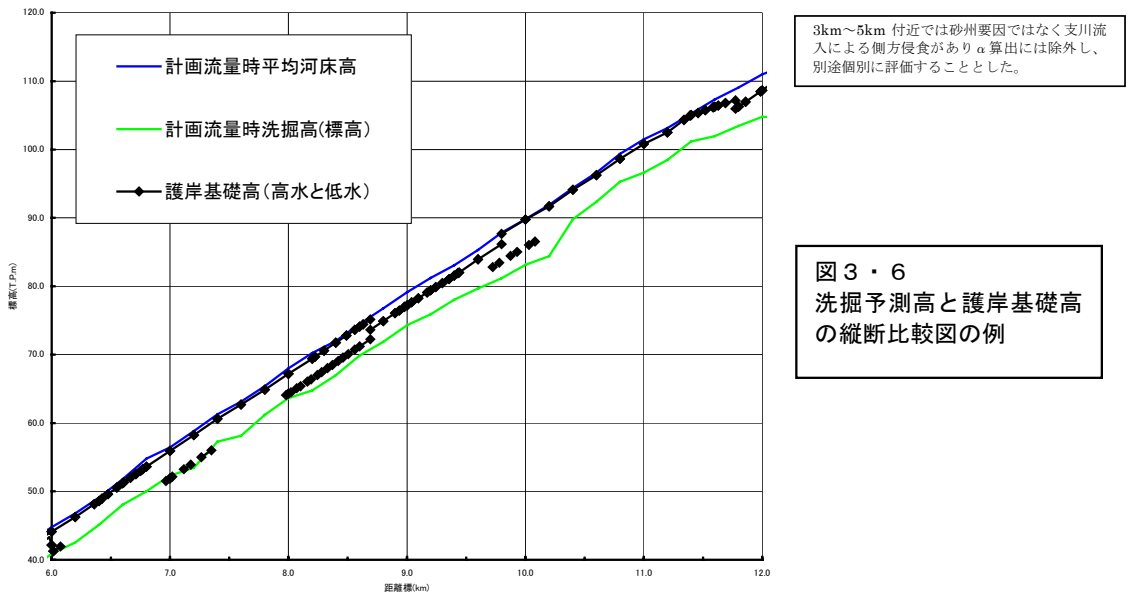


図 3・6  
洗掘予測高と護岸基礎高  
の縦断比較図の例

### ③ 河道の安全性評価結果

図 3・7 に示す事例では、最終の複合評価は D 評価がなく、B、C 評価が堤防総延長（約 28km）の約 50% 程度となった。

この評価に用いた予測河床高は図 3・6 に示したようにかかなりの区間で護岸基礎高を下回るが、根固工の幅によってカバーされている。これにより基礎高の評価のほとんどが b 評価以上となっている。

また、側方侵食予測幅は図 3・1 の  $H_m$  と図 3・5 の  $\alpha$  より 40m~70m 程度となった。現有高水敷の評価は a 評価区間が総延長の約 50% 程度となった。

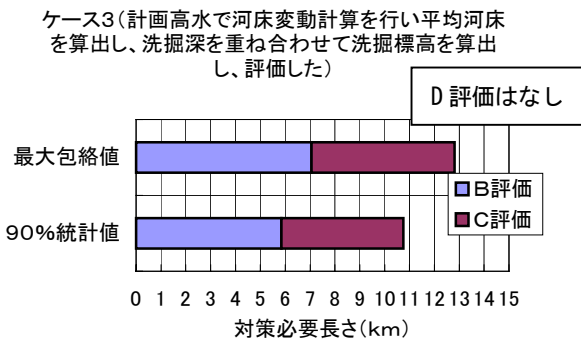


図 3・7 複合評価結果の事例

図 3・8 は複数の急流河川での実施例である。安全性に懸念があると評価した範囲は地元の意識と

同程度であり、洗掘・側方侵食に対する河道の安全性評価は妥当な結果を得たと判断した。

本評価手法は実用性があると考える。

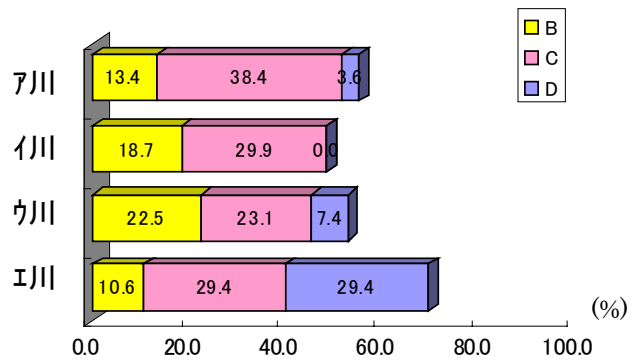


図 3・8 安全性評価の事例  
(B, C, D 評価区間の河道延長に対する割合%)

### ④ 評価手法についての考察

1) 細分セグメント区分と平均水深  $H_m$  の細分セグメント内における縦断的平均値  $H_{mmean}$  について

平均水深  $H_m$  は図 3・1 で明らかのように断面ごとに変動が大きい。洗掘深は式 2・1 に示したように  $H_m$  に  $\beta$  を乗じて算出するので、求める洗掘深も変動が大きくなる。そこで同一の河道特性と見られる細分セグメント内の平均値  $H_{mmean}$  を用いることとした。これにより洗掘深は平滑化され、得られる安全性評価には特異な地

点はなかった。

Hmの変動は水面幅、砂州幅の作用と考えられる。Hmが大きい区間はみお筋が低下し、複断面化が進行している区間である。また、Hmが小さい区間は単断面的な区間と推定され、河道特性の違いに留意する必要があると考える。

また、湾曲部における評価は、別途個別に評価することとしているが、セグメント間に湾曲部がはさまりセグメント区分を狭くしてしまう事例があり、合併するなどの考慮が必要である。

ロ) 平均河床高と洗掘深の重ね合わせについて

予測洗掘高(標高)は、図2・6に示したように、1次元河床変動計算により洪水ハイドロ中の最も低い平均河床と $\beta$ より求めた洗掘深を重ね合わせて求めた。

この時、平均河床は次の3ケースを求めて安全性を評価した。

ケース 1=現況の平均河床+洗掘深(平均年最大流量以上ではピーク流量に無関係に一定で $\beta$ から算出)

ケース 2=既往最大洪水ハイドロ中の最も低い平均河床+洗掘深(一定)

既往最大洪水ハイドロを与えて1次元河床変動計算を行い、計算時間内の最も低い河床高を平均河床とした。

ケース 3=計画高水ハイドロ中の最も低い平均河床+洗掘深(一定)

検討の結果、ケース1, 2, 3ともに評価結果は大きな差はなく、最も流量の大きなケース3で行うこととした。

ハ) 洗掘深を実績洗掘データ母数の90%値の $\beta'$ から求める方法について

予測洗掘高は、ロ)項に示したように、洗掘深を用いている。洗掘深は、図3・4に示したように、包絡値で予測した場合過大になりすぎ、これを用いて対策を施すと現地の実情と大きく異なる懸念があり、現地に配慮した工学的な考察が必要と考えた。そこで試しに細分セグメント内の $\beta$ の母数の90%値で安全性を評価してみた。

(図3・7参照)

その結果、対策が必要と評価された区間は約10%減少することがわかった。

なお、本ケースでは包絡値を用いたものは現地の実情と大きく異なっていないと判断されたので、90%値は採用しないこととした。

## 4. 急流河川における対策の考え方

安全性評価の結果、B, C, D評価となり、将来的または緊急的に対策が必要とされた区間については、何らかの対策を考える必要がある。ここではその基本的な考え方を記し、今後さらに研究する予定である。

河道、特に河川堤防の流水に対する強化対策の基本的な方式としては、大きく分けて以下の4つパターンが考えられる。

- ①堤防護岸の補強により堤防強化を図る。(アーマー型、現堤補強型)
- ②堤防に作用する外力を減衰させ、現況堤防の安全度を向上させる。(外力低減型)
- ③あらかじめ側方侵食や洗掘代を堤防前面に確保し洗掘や侵食が堤防に及ばないようにする。(大規模拡幅型、ねばりの概念)
- ④破堤した場合において、その土砂を含んだ氾濫流の減勢と土砂滞留のための河畔林の保全整備、二線堤等の活用。(減災対策)

対策の選定にあたっては、場所ごとの河道の特性や堤内側の社会環境等を加味し、できるだけ少ない事業費で最大の効果を出すべく、今後現地に即した検討を行っていくことが必要である。

## 5. 今後の課題と研究の方向性

今後の課題として、以下の点があげられる。

- ①扇状地上の急流河川特有の現象解明に向けての調査研究  
扇状地上の急流河川特有の現象について、その解明に向けて、洪水時等において、どこで何を観測、計測し、それをどう加工・編集していくべきか、その結果をどう活用するか等について調査研究を行い、知見を高めていく必要がある。

また、流量や流出土砂など、河道の変動要素によるインパクトを河道特性情報としてデータベース化し、さらに調査研究していく必要がある。

- ②土砂動態の把握と総合土砂管理に向けての基本的方向の研究

河川整備基本方針において、扇状地の急流河川については、総合的な土砂管理の問題について避けては通れない。総合的な土砂管理の理念や具体的な方針を研究する

必要がある。

## 参考文献

③扇状地急流河川の環境管理の基本的な考え方の研究  
河道管理との関わりのなかで、急流河川の河川環境について基本的な考え方を整理し、河川整備基本方針または整備計画のなかで河川環境管理の方向を示していく必要がある。

元々、河道幅いっぱいに滯筋を変えながら自由に流下していた流れ構造が、砂州の固定化、樹林化が見られるようになり、本来のその河川特有の河川環境が変化しつつあること、あるいは、そのことによる高水敷を含む河川利用・活用といった側面も出てきている。

このような河川環境をどう評価し、今後、その河川空間をどう管理していくべきか、河道の維持管理との関わりのなかで研究する必要がある。

- 1) 北陸地方整備局・河川環境管理財団，2002：第3回急流河川対策検討委員会資料
- 2) 山本晃一，高橋晃，林正男，1993：黒部川の河道特性と河道計画，土木研究所資料第3139号
- 3) 山本晃一，高橋晃，林正男，1993：常願寺川の河道特性と河岸処理，土木研究所資料第3150号
- 4) 山本晃一，高橋晃，1993：扇状地河川の河道特性と河道処理，土木研究所資料第3159号
- 5) 山本晃一，1994：沖積河川学，山海堂
- 6) 建設省北陸地方建設局黒部工事事務所，1977：黒部川のあゆみ

### ④河道維持管理システムの構築

その河川の河道特性、環境特性を正しく把握し、河道の安全性が保持されているかどうか、あるいは、その川らしさが保持されているかどうか評価し、その結果を河川管理に正しくフィードバックしていく仕組み（システム）を研究する必要がある。

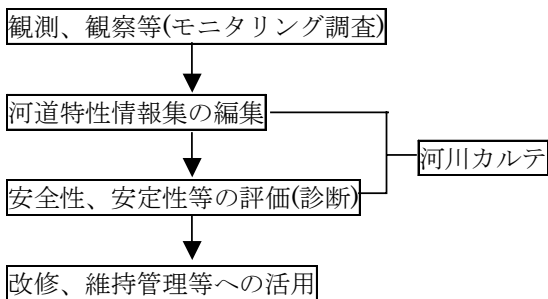


図5・1 河道の維持管理システムのイメージ

### ⑤河道の安全性評価手法の一般化

現在、砂河川や蛇行河川等の安全性評価についても調査研究を行っており、これらを含めて河道の安全性評価手法の一般化を図る必要がある。



## IV 河川環境教育, 流域の連携・交流に関する調査研究

## 8. 子どもの水辺復活のための課題と 新たな取り組みについて

小川信次\*

### 要旨

子どもの自然離れ現象が言われて久しい。とりわけ、水辺における子どもの賑わいはすっかり影を潜めてしまっている。昭和40年以降、「学校にプールがつけられるようになってから」とか日本の高度成長期に進んだ河川水質悪化だとか治水対策のための「河川整備が進んだため」とかいろいろ原因らしきものが挙げられている。この頃から、学校では子どもたちに、「川へ行ってはいけません」と指導したと聞いている。一方で子どもの生活も大きく変化してきている。学研版『小学生白書』‘99年『小学生まるごとデータ』によると、1989年と1999年の比較では、小学校4年生以上でみると、男子は4割から8割、女子は9割にまで塾・習い事が増加している。子どもたちは、大変忙しいようである。子どもたちを取り巻く環境の変化が子どもたちを水辺から遠ざけてしまったことは確かである。

しかし、ここにきて再び変化が出てきている。平成9年の河川法改正における『河川環境保全と創出への取り組み』や『希薄となった人々と川との関係の再構築の取り組み』（いわゆる川に学ぶ社会の構築）、自然体験を重視した体験学習や環境学習への取り組みなど、子どもを自然に、水辺に戻す施策が展開され始めてきている。具体的には、国土交通省では平成8年度から『水辺の楽校』、平成11年度から文部科学省、環境省との連携で『子どもの水辺再発見プロジェクト』などを進め、水辺に子どもの賑わいを戻すためのハード及びソフト整備に取り組んでいる。また、文部科学省では、平成14年度から子どもたちが自ら考え行動する『総合的な学習の時間』を創設したり、週完全5日制の実施による学校教育と地域や親が進める社会教育や家庭教育との連携による子育ての取り組みが進んでいる。

このような取り組みを通じて、水辺が持つ自然性が子どもたちの体験学習や環境教育の場として適していると

いうことが、教育関係者や水辺を活動のフィールドとしている市民団体などに見直されてきている。

河川を体験学習や環境学習の場として、河川に子どもの賑わいを復活させることは、河川を実感させることにより、河川を正しく理解し河川への関心を高めることで、良好な河川環境の保全と創出に大きく貢献するものである。特に、その日常性、継続性を考えると、河川管理者・地域の人々・教育関係者の連携が不可欠であることから、地域と一体となった河川行政の展開という点においても有意義である。

しかしながら水辺はその自然性なるがゆえに危険が内在しており、水辺の活用を妨げる一つの要因になっている。教育関係者や市民団体が安心して子どもを水辺にいざなうには、安全面だけでなく、経験豊かな指導者など活動をサポートする体制などいくつかの課題がある。

今回、子どもの水辺の復活を目指す新たな取り組みなどを報告する。

### 1. はじめに

#### 1.1 『水辺の楽校』プロジェクトの概要

河川を自然体験、自然学習の場として活用する事業のこと。国土交通省河川局が1996年から進めているもので、教育関係者や自治体、住民、NPO、ボランティア団体、河川管理者などからなる地域連携体制を構築し、横のつながりの強化を目指すものである。自然豊かで子どもたちが安全に遊べる場を創出するために整備が必要な場合は、河川管理者が整備を行なう。

それにより、ただ単に自然環境を復元、創出するだけでなく、整備された水辺をその地域で最大限に活用されるような仕組み作りをあわせて進め、水辺に子どもの賑わいを復活しようとするものである。これまでに200カ所近くの地域で登録されている。

\* (財)河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究1部 次長

## 2. 課題

### 2.1 河川整備上の課題

『水辺の楽校』プロジェクトは、身近な川を子どもたちの遊びや体験、学習の場とするための体制整備と必要な河川整備を実施するものである。

学校教育現場から河川整備が進んでないことを理由に「水辺の楽校を活用しない」という意見があるように水辺に子どもたちの賑わいを復活させるためには、河川へのアクセス、子どもたちが川を安全に体験できる何らかの整備を望まれている。しかしながら、本来、河川は、自己責任の自由使用が原則であり、そこに河川管理者の人為的な手が加わった場合、河川管理上の瑕疵も考慮しなければならない。基本的には、子どもを安全に遊ばせることが出来る場所の選定は、指導者の責任において行うべきものであり、河川整備は、教育関係者などを含め十分な議論を行い、それぞれの責任の範囲を明確にした上で最低限にとどめるべきである。河川は、自然なるがゆえに魅力的であることを忘れてはならない。

### 2.2 活動上の課題

#### ●安全の確保

安全の確保の問題は、最も重要な課題といえる。一歩間違えれば事故につながるような事態が報告されている。また、その報告の中で、現場での経験が未熟なるが故に危険に遭遇していると思われるようなこともあり、安全確保のためには、まず、経験豊かで十分な知識を有する人材の育成が急務である。

安全の確保は、安全のための装備の充実、安全のための施設の整備なども必要であるが、急変する自然を相手にすることを考えると、現場における適切な対応が不可欠である。

危険が内在する川での活動では、1人の指導者が見れる子どもの数は8名～10名が限界とされており、地域や教育関係者、PTAなどの協力が是非とも必要であり、常日頃からの協力関係を築いておく必要がある。比較的連携が図られているようであるが、責任の範囲も含め実質的な活動部分での役割分担なども決めておく必要がある。

#### ●活動の日常化と組織的な取り組み

『水辺の楽校』の利用状況をみてもわかるように、河川利用は大半が年に数回程度にとどまっており、日常的

に活用されているとはいいがたい。川までの移動の不便さなど様々な理由でこのような状況となっていると思われるが、一過性のイベントではない活動の日常化が必要であり、学校教育と社会教育の連携等も今後の課題である。また、熱心な関係者がいる間は盛んであるが、その人がいなくなると一気に活動がしぼんでしまうケースは多く見受けられており、子どもたちへの影響を考えると継続的な取り組みが望まれる。そのために取り組みを着実にするための組織づくりが必要である。

#### ●活動を支える運用上の課題

現在は、市民団体のボランティア活動で支えられている部分が多く、市民活動団体にとっても活動資金や人材の確保など課題となっている。特に、最低限の交通費などもままならない現状を考えると、何らかの形での資金支援が必要である。

#### ●その他

近年、問題になったO157や環境ホルモンなど河川の水質も川を直接体験する活動にとっては、一つの課題である。父兄のあいだから「こんな汚いところに子どもたちをいれて」と言う苦情を聞くことがある。

現在、川や湖沼での水質の環境基準は、人の健康の保護に関するもの（健康項目）と生活環境の保全に関するもの（生活環境項目）の二つからなっている。ここでいう生活環境の範囲は、『人の生活に密接な関係にある財産ならびに人の生活に密接に関係のある動植物およびその生育環境を含む』ものであり、水浴についても類型指定されている。『水辺の楽校』の場所は、漠然ときれいな水のところが選定されている。今後、全国的な川遊びと水質の関係を調べた調査結果なども考慮し、水遊びが可能な水質と環境基準の関係などを整理し、子どもたちを川にいざなう場合の水質の目安を明らかにしておくことが重要であり、定量的な基準だけではなく、定性的な目安も示すが必要である。また、その辺の情報も河川利用者に分かりやすく伝えていく仕組みが必要と思われる。

## 3. 新たな取り組み

水辺に子どもたちの賑わいを取り戻すためには、様々な課題が山積しているが、それらを一つ一つ解決しなければならない。ここで水辺に子どもたちの賑わいを取り戻すための(財)河川環境管理財団の取り組みについて紹介する。

### 3.1 子どもの水辺サポートセンター

#### (1) 目的

『子どもの水辺サポートセンター』は、子どもたちの自然離れが進む中、子どもたちの学習や自然体験の場を拡大し、地域の方々、教育関係者、河川や環境などの行政関係者が連携して、地域における子どもたちの体験活動や環境学習の充実を図る(『子どもの水辺再発見プロジェクト』)地域での活動を応援するためのセンターである。

『子どもの水辺再発見プロジェクト』は、国土交通省・文部科学省・環境省が共同で進めるプロジェクトである。このサポートセンターも、『子どもの水辺再発見プロジェクト』の推進役として、平成14年度に河川環境管理財団内に設置された。

水辺が持つ自然性が子どもたちの体験学習や環境教育の場として適しているということが、教育関係者や水辺を活動のフィールドとしている市民団体などに見直されてきているが、水辺はその自然性なるがゆえに危険が内在しており、水辺の活用を妨げる一つの要因になっている。教育関係者や市民団体が安心して子どもを水辺にいざなうには、安全面だけでなく、経験豊かな指導者など、活動をサポートする体制が必要である。

『子ども水辺サポートセンター』は、水辺に子どもの賑わいを復活する人々を様々支援していくことも大きな目的となっている。

#### (2) 開設について

- 開設日時 平成14年7月2日 16:00
- 開設場所 子どもの水辺サポートセンター(財団法人河川環境管理財団2階河川整備基金閲覧室)
- 開館 平日:10:00~17:00(土曜・日曜・祝日・年末年始:休館)

#### (3) 主な業務

- ・『子どもの水辺推進協議会』の登録受付業務
- ・『子どもの水辺』活動支援業務(資機材の提供、人材のコーディネート等)
- ・全国各地の『子どもの水辺』に関する情報等の収集
- ・ニューズレター等による情報の提供
- ・子どもの水辺の活動関係団体の紹介
- ・『子どもの水辺連絡会』・『子どもの水辺推進会議』との情報交換
- ・川を活かした環境教育に関する調査研究

- ・教材等の開発
- ・『川に学ぶ体験活動協議会』認定の『川の指導者』などの人材情報の提供等
- ・プロジェクトWETなど各種講座の開催
- ・講演会・全国交流会などの開催
- ・サロンの使用、資機材の貸し出し、教材・資料などの閲覧
- ・海外を含む『川をテーマとしたWeb交流』プログラムの運用
- ・子どもの交流組織の運営
- ・『世界子ども水フォーラム』応援(『第3回世界水フォーラム』2003年3月)

#### (4) 主な資機材

- ・ライフジャケット・ヘルメットなど安全用具(大人用30着・子供用40着)
- ・水中マイク(川の音を録音)(10個)
- ・バッジ製作機(カンバッジの製作)(3台)

#### (5) 主な閲覧用資料

- ・環境教育関係図書
- ・川をテーマとした環境教育・体験活動等に関する資料(河川整備基金成果)
- ・川に関する副読本・ビデオ

#### (6) 各種講座、研修会の開催

- ・子ども向け川の安全講座
- ・教師向け川の指導者講習会など

### 3.2 川に学ぶ体験活動協議会

#### (1) 概要

川に学ぶ体験活動協議会(RAC)は、希薄となった人々と川との関係を再構築するために、その中心的な役割を担う『川の指導者』を育成するために川で活動する経験豊かな人達で2000年9月に設立された。川への関心が高まるにつれて、川についての正しい知識と豊富な活動体験を有する『川の指導者』への期待が急速に高まってきている。設立時は、12団体が始まったこの協議会も、本年6月には約90団体が加盟する協議会に成長し、協議会の活動に対して各方面から期待が寄せられている。なお、設立及びその後の運営について、河川環境管理財団が一貫して関わってきている。

## (2) これまでの活動について

川に学ぶ体験活動協議会では、川に学ぶ社会の実現に向けて『川の指導者育成』を柱に活動を続けてきている。昨年度は、川の基礎的な知識を普及する『川に親しむための基礎講座』、身近な川で子どもたちを川へいざない活動できる能力をつけた川の初級指導者を養成する『川の初級指導者育成講座』を各地の団体の協力を得ながら進めてきた。その結果、川の初級指導者の予備軍となる基礎講座に約1,000人、初級指導者講座に約80名が受講した。受講者の反応は様々であったが、「これまで自己流で活動を行ってきたが、川での活動における事故を未然に防ぐ上で大変役に立った」という意見が多くだされた。

『川の初級指導者育成講座』は、川の文化や川の自然や指導者としての心構えなどを中心に講義8時間と救命救急法やレスキューなど、川での安全な活動のための実習13時間で構成されている。この講座を受講してさらに実際の活動に多く携わることによって経験豊かな真の『川の指導者』が育っていく。

川は、自然豊かなが故に危険が内在するが、きちんとした知識と経験がある指導者のもとではほとんど事故は発生しないと言われている。30代から40代の親や先生は、すでに川は危険・汚いという教育の中でほとんど川の経験がない世代である。そんな大人たちが講座の実習で見た顔は輝いていた。川は魅力的な場所であり、そして川の経験が少ないこれらの世代の方々を中心に川の指導者を育てることがいかに大切かを改めて認識させられた。川の原体験を持つ世代が徐々に少なくなる中で、川の指導者を育てることは急務である。

また、2つの講座以外に子ども自身が危険から身を守るための能力を養うための『子ども安全講座』や川の指導者を育てる講師陣を養成するための講座を試験的に行った。

『子どもの安全講座』は、昨年9月に北海道恵庭市を流れる漁川で行なわれた。この講座には、恵庭市の子どもたち24人と先生や父兄など大人40名が参加して行なわれた。講座は、『子どもたち自らが、総合的な学習の時間や自然体験で川に行った場合に役に立つ、危機管理の基礎知識を「セルフレスキュー」の観点から学習させる』ことを目的に行なわれた。安全は誰かに確保してもらうのではなく、各自が確保することが最も効果的である。子どもたちは、ライフジャケットをつけながら実際に川に入って専門の指導員から川での流され方や泳ぎ方やスローバッグによる安全な助け方・助かれ方などを教わっ

た。今後、突発的な事態に冷静に行動できるように着衣水泳なども含めた本格的な子ども安全講座の必要性を痛感した。

『川の指導者を育てる講師陣を養成するための講座』は、本年3月に宮崎県延岡市を流れる五ヶ瀬川で行なわれた。講習会は、3月23日から25日までの2泊3日で行なわれた。参加対象者は、原則としてすでに川での活動経験を有し、さらに専門的な知識や技術を取得して『川の初級指導者』養成に携わるにふさわしい人とした。参加者の中には、すでに10年以上の活動実績のあるベテランやガールスカウトの指導者として活躍している方々などが参加した。講座は、『川の初級指導者講座』内容をさらにレベルアップしたもので、特に指導者として川での活動を全体にマネージメントする能力の開発や安全確保のため、より高度なレスキュー技術の習得を目標にして行なわれた。特に、活動の要となる安全対策については体系的な川での安全マニュアルを有する世界的な規模で組織化された『レスキュー3』の『スイフトウォーター・ファーストレスポonder講習』を取り入れて行なった。この講座は、実際に急流を泳いで渡る訓練や浅瀬をグループで渡る訓練などが実践さながらに行なわれた。10年以上の経験を持つ指導者がなすすべもなく急流に流される姿は、改めて川の恐ろしさを知らされるとともに、改めて体系化された高度の訓練の必要性を感じた。また、マネージメント能力の開発を行なうために自らプログラムを考えグループで徹底的に討論し一つのプログラムとして仕上げていくワークショップ形式の講座が行なわれた。

これまで経験的に活動してきたものを一層確実な知識として体系的に学ぶことが出来た今回の講座は、経験豊かな指導者にとっても大変貴重なものであった。今後、この受講者が川の指導者育成の中心的な役割を果たすことを期待している。

## (3) 今後の取り組み

川に学ぶ体験活動協議会は、川に学ぶ社会の実現に向け『川の指導者育成』を柱に活動を続けてきているが、今後もこれまでの実績を踏まえ『川の指導者育成』を中心に活動を進めていく。今後の活動は、次の方針実施に向け全ての活動を集約していく。

- 講座の質的向上に向けて講座の審査・認定の実施及び川の指導者の社会的貢献の場の拡大を図るため、河川法等関連法令などをカリキュラムに追加する。

- 『川の指導者育成』の日常化を目指し、川の指導者育成拠点となる団体の発掘及び支援を行い『川の指導者育成』の日常化を確立する。
- 『川の指導者』の社会貢献の場を作り出すために、関係機関に『川の指導者』の情報提供を行なうとともに、積極的な活用を働きかける。
- 『川の指導者』の社会貢献の場として、国土交通省が進める『水辺の楽校』及び『子どもの水辺再発見』の活性化に向け、関係機関などとの連携・協力を進める。

活動方針にも定めたように、今後は『川の指導者育成』だけではなく、養成された指導者の社会的貢献の場の確保に努めていかなければならない。「川の指導者が必要である」という声はますます高まっているが、川の指導者が十分活用されているとは言いがたい状況である。原因としては、指導者の情報の不足や社会的貢献の場の不足などが考えられる。

アドプト制度の活用による市民の手による河川清掃や草刈の実施、簡単な河川管理施設の管理委託、全国に建設されている学習交流館などの管理委託など、様々なところで河川管理者と市民との連携が進んできている。市民活動もより社会的貢献度が高い分野での活動が目立ってきているが、今後、災害時の対応も含めた『市民と河川管理者の新しい関係の構築』について考えていかなければならない時期になってきているような気がする。こうした状況を受け、川の体験活動に不可欠となってきた『川の指導者』の役割をあらためて見直し、『川の指導者育成』を行なっていく必要がある。

7月2日には、文部科学省・国土交通省・環境省の連携による『水辺再発見プロジェクト』の推進役として河川環境管理財団内に『子どもの水辺サポートセンター』がオープンした。センターでは、積極的に『川の指導者』の活用を図るための情報提供なども行なう予定であり、今後、『川の指導者』の活躍の場が増大することが期待されている。

### 3.3 川を活かした総合的な学習の時間への河川整備基金による助成

河川整備基金の国民的啓発運動の助成の一環として平成14年度から新たに河川管理者と連携しながら川を活かした総合的な学習の時間への取り組みに対して、1件につき10万円の助成を行なうこととなった。講師への交通費や謝金の支払いや水質検査機材の購入費などに使用できる

ことから、全国から300件を越える申請があり、総合的な学習の時間に取り組む教育関係者に好評である。課題となっている資金問題解決の一助になる。

## 4. まとめ

川の原体験を持たない世代が急速に拡大していく中、川の原体験を持つ世代が、次代を背負う子どもたちを川にいざないの川の魅力を伝えていかなければならない。このためには、自然豊かで魅力的な川づくりが不可欠であるが、それらを支える地域での人材の発掘、育成が求められる。また、内在する川の危険にたいしても正確で迅速な情報の提供、地域で子どもたちを育てる教育力の充実など、ソフト的な対策が何よりも有効である。

## 9. 地域との連携の展開

### ～木曾三川下流域における交流会議の意義と課題～

三日市吉朗\* 高垣美好\*\* 加藤真雄\*\*\* 加藤俊夫\*\*\*\*

#### 1. 要旨

河川事業をめぐる社会や国民意識の変化を踏まえ、新しい河川管理が模索・実施されるようになった。その一つの現れが平成9年の河川法改正である。これにより河川のもつ多様な機能の重視、とりわけ河川整備の柱、目的として従来の治水・利水に環境が加えられた。また河川の長・中期的な整備の方向を示すものとして、河川整備基本方針、河川整備計画の策定が義務づけられ、住民の意見をより具体的に反映した手続きが方向づけられた。

これを踏まえ、各工事事務所では、河川整備基本方針等を検討するための流域協議会を設立するなど、新法に基づく計画策定のための手続きを進めているところである。

しかし、すべての河川で一朝にして河川整備基本方針、河川整備計画の検討や策定にまでステップをあげることは困難であることから、タイミングを見計らいながら、住民の意見を聞く場として「住民懇談会」（事務所ごとに呼び名は多少異なっているが）を開催し、地域との連携を意識した川づくりをめざす努力をしているところがみられる。

このような住民との懇談の場は、上記計画策定のためのものとして位置づけられる側面があるが、筆者らは木曾川下流工事事務所で実施されている「木曾三川下流域交流会議」の業務に携わった経験から、もっと長期的な視点でとらえる必要があると考える。

以下は、木曾川下流工事事務所で実施されている上記会議の内容と経過を概説しつつ、住民懇談会やそこでの課題を事例として、住民と河川管理者との交流のあり方について考え、とりまとめたものである。

#### 2. 河川管理とパートナーシップ

##### 2.1 河川管理についての歴史的経過

我が国の河川管理は、河川法に基づいて実施されている。河川法の制定は明治29年にさかのぼるが、この法律は、富国強兵策が国是として推進されるなか、頻発する水害に対応すべく治水整備に重点をおいた内容となっていた。

しかし戦後、行政区間を単位とした都道府県知事による河川の分断管理について、再検討の必要性が生じたこと、とりわけ社会経済の進展にともなう沿川流域の開発状況、各種用水の需要増に対応するため、従来の区間主義の河川管理体系を改め、水系を一貫した管理体系とする必要が高まったことなどを背景に、昭和39年に河川法の抜本的改正が行われた。

「河川管理」に関するこの河川法の特徴は、「一級河川の管理は建設大臣が行う」として、大河川の主要な区間は事実上「建設大臣による直轄管理」が一般的なスタイルとなったことである。

また、戦後は荒廃した国土に頻繁に大型台風が来襲し、各地に甚大な被害を及ぼしていたこと、戦後の復興期から高度成長期にかけては、いわゆる沖積平野に人口と資産が急激に増加し、河川整備が水害の拡大防止に追いつかない状態で推移したこと等もあり、各地においては洪水や渇水への早急な対応が共通の悲願となり、地域の意見を代表するかたちで、市町村長や知事等、地方自治体の首長ならびに関係議員らは、我が町、我が村の治水安全度の向上や水資源の確保に向けて努力することが通例ともいえる状況であった。

これを受けて河川管理者も、いかに早急かつ効率的

\* (財)河川環境管理財団 名古屋事務所 所長

\*\* (財)河川環境管理財団 名古屋事務所 次長

\*\*\* (財)河川環境管理財団 名古屋事務所 前調査係長

\*\*\*\* (財)河川環境管理財団 名古屋事務所 調整係長

に治水安全度の向上を図るかを目標に掲げ、事業促進に精力を注いだ。

## 2.2 河川に対する国民の視点の変化

建設省（旧）では、上述の地元要望や、国としての整備の方針である5ヶ年計画などに基づき、各河川において治水安全度の向上等を第一義的にとらえた整備を進めてきた。その成果は確実に結実し、我が国の氾濫区域の治水安全度は暫時向上してきたところである。しかし、先にも述べたように、昭和30年代、40年代における我が国の高い経済成長は、氾濫区域を国民の生活の場や資産の主要な蓄積の場とさせたが、流域の開発は洪水流出形態を変化させ、沿川の洪水に対する河川の安全度の低下や、低平地の開発は内水による被害の拡大を招くことになった。

この結果、統計的には必ずしも水害の減少は顕著なものとはならなかった。治水の安全度が向上しても、一旦浸水した場合の被害はかえって増大するような事態が生じたのである。

しかしこの間、我が国は世界第2位のGNPを有する経済大国へと発展し、国民の生活水準も確実に向上した。これを背景として、国民のもつ価値観も次第に多様化するようになり、経済的な豊かさに加えて、ゆとりや潤い、豊かさを実感できる社会の実現等が求められるようになってきた。

河川においても、「水害からの救済」という要望を第一義的にとらえる住民の視点が薄らぎ、水辺に親しむ機能、動植物の生息空間としての機能の保全や拡充が求められるようになった。そして、河川の持つ個性、特性を生かした整備に対する要望が、必ずしも治水や利水と係わりを持たない河川の利用者から広がり始めた。NPOなどの組織も生まれ、マスメディア等を通じて社会に対する発言力を増すようになった。

しかし、決して治水の安全性を高めることが要請されなくなったわけではない。税金を投入する公共事業全般についての国民の関心が、事業の必要性に対する、わかりやすい説明、関連する情報の公開等を求める声となり、河川事業の推進においても、例外なく、これらの社会的背景を的確に反映した方策のもとに推進することが求められる時代を迎えたととらえるべきであることは既に述べた通りである。

治水の安全性を例に取れば、これまであまり議論のなかった超過洪水対策や守るべき資産・生命と治水投資と

の関係を明確にする等、国民サイドの視点に立って、事業執行を進める必要が生じているととらえるべきである。

その手法の一つとして、国民、住民のさまざまな声を聞きつつ、あるいは単に聞くだけでなく参加、協働により、河川のもつ機能の多様性に配慮した河川整備を進めることや、国の厳しい経済情勢のなかで、より効率的で効果的な事業推進が求められるという時代を迎えるようになってきた。

## 2.3 国土交通省の新たな施策の展開

これらの動向を踏まえ、平成11年には「公共事業の説明責任向上行動指針」が建設省（旧）において策定され、平成12年には河川管理等への市民参加について「河川における市民団体等との連携のあり方について」とする答申が河川審議会からなされた。また、建設省（旧）の懇談会の一つとしてパートナーシップによる河川管理研究会が設けられ、「パートナーシップによる河川管理に関する提言」がなされたところである。

これらのことは、きわめて手間のかかる業務を現場（工事事務所等）に要求するものであるが、上記パートナーシップによる河川管理に関する提言のなかでは、今なぜパートナーシップなのかについて、

- ① 効率性や画一性を優先した結果、地域で育まれてきた川の個性や文化、人との係わりが失われることが多かった。

この反省を踏まえ、今後は、地域の人々が、川に誇りと親しみを持つことができるよう、河川特性、地域の歴史・文化を踏まえた河川管理を行い、川と地域の人々との係わりについての再構築をはかる。

- ② 多様化する川への係わり、ニーズに対し、充分に対応できなかったことから、市民と行政との対立が生じるような例もあることから、これからの河川管理に当たっては、それぞれの河川、地域の状況をきめ細かく把握し、情報を適切に公開し、対話とそれによる合意形成を含め、さまざまなニーズに柔軟、かつ機敏に対応することが重要である。

等の理由付けがなされている。

すなわち、河川管理者は、見えやすいかたちで地域との対話・交流の門戸を開いておく必要のある時代を迎えたととらえるべきものであると考える。



### 3. 住民との交流の場づくり

#### 3.1 住民参加の方法

河川管理者と住民との交流や連携、また住民の河川管理への参加はこれまで全くなかったわけではない。

ポピュラーな事例としては、河川清掃を行う河川愛護団体などを顕彰したり、ラブリバー制度を認定して愛護活動に報いる例や、市民参加による河川巡視などがあつた。

また、河川環境管理計画の策定等において、地域住民の意見を聞いたり、代表者を策定委員に招いた例もある。

しかし、一般的には、自治体や首長などから得られる要望や情報が住民意見を代表しているものとしてとらえ、これを事業に反映してきたところである。

住民団体との連携や協働による河川整備に関する計画づくりなどが一部都市地域を流れる河川などで行われた例もあるが、全国的には、まれな例であつたといえよう。

#### 3.2 交流会議の立ち上げ

筆者らが交流会議の立ち上げを担当した木曾川下流工事事務所での住民との情報交流は、先にも述べた河川愛護月間における団体の顕彰などがあり、また、工事事務所が行う事業概要について、2ヶ月に1回程度の割合で沿川住民（新聞折り込みで各戸配布のほか、公共機関の窓口などに置く）に広報を行うことなどであり、基本的には、情報とは河川管理者が提供するものであつた。

このようなことから、双方向での意見交換をめざす交流会議の立ち上げは、まさにゼロからの出発であり、交流会議の開催は、まずどのような人たちに、どのようにして参加を呼びかけるかが最初の課題となつた。

他河川の事例では、市民団体への呼びかけや、プレス・リリース等によって開催を知らせ、住民に呼びかける例などがある。この場合、本事例のような「〇〇川を語る会に参加しませんか」という抽象的な開催目的でなく、「〇〇川の××に参加しませんか」（××は何らかの計画づくりであることが多い）と、目的を明確にして参加を公募している例がみられる。このような例では、比較的多くの住民が参加し、一定のステップと回数をこなして目標を達成し解散するというパターンが多い。

もっとも最近ではパートナーシップ重視の視点もあり、計画づくり終了後も何らかのかたちでこのグループが継続して係わりを持つというスタイルもみられるところである。

これに対し、この事務所では、より長期的な視点から川づくりに関して、住民との意見交換、住民同士の意見交換を図る場の設定を目的として取り組んだものである。

他事務所の例として挙げた上記の手法は、一般にPI（パブリック・インボルブメント）と呼ばれる。これに対して、この事務所で用いようとしている手法は、PU（パブリック・アンダースタANDING）と呼ばれているものに近い。PUとは、「人々に広く理解を得るために、情報提供の仕組み、場を整備して社会的学習の場を広げる段階」としてとらえられるもので、目的が明確で回を重ねるごとにステップアップが実感できるPIに比べて住民参加の呼びかけ、テーマ設定などに難しい側面を有している。

交流会議への参加の呼びかけの対象は、もちろん流域住民一般であるが、呼びかけ前に事務所が有している関係者の情報、地元自治体が有している同様の情報等から有識者72名をリストアップし、この川についての認識や、要望・意見等について事前に面接によるヒアリングを行い、参加を得るための下地づくりとした。

上記有識者とは、学識者（これまで行政に関するアドバイザーとして意見を聞いたことのある大学教授等）、郷土史研究家、小、中、高校教育関係者、自治会役員、漁業組合役員、郷土の生物研究家、水防団役員などからなり、「川の利用（漁業その他）」、「まちづくり関係」、「地元自治会・婦人会」、「自然環境」、「歴史文化」、「治水・利水」などのバランスに配慮して選定した。

その後、会議の開催通知とともに「交流便」等の資料を添付し、会議に出席できない場合の意見の聴取、資料の送付等を行っている。

詳細については後述するが、第1回から第16回までの間に、これら有識者のなかから交流会議に参加した人の数は、16名であり参加率は22%である。

また、一般の住民に対しては、自治体へのチラシ配布（役場に知ってもらうとともに、窓口において来訪者に知らせる）、公共機関の窓口（公民館、資料館等）でのお知らせ（来訪者に知らせる）、インターネットHPでのお知らせ、事務所が定期的に出している広報紙への掲載、およびメディア・リリース等を行った。ただし、メディアへのリリースは、第1回目の他は現地見学会、講演会をメインとするような場合に限った。

交流会議の開催手順を図3・2に示す。

## 木曾三川交流会議趣旨

木曾三川下流域は、地域の生活・文化を支える母なる川として親しまれてきました。しかしながら、その川の姿も時代とともに地域や人々の要請により、手が加えられ、大きく変貌してきました。

河川行政においては、近代化のなかで幾多の水害から生命と財産の安全を確保するために、治水・利水機能を優先させる施策が展開されてきたことは否定できません。その結果、人々の生活と産業の基盤は整備拡大された反面、川が日々の生活から遠い存在になってしまったことも一面にはあるかと考えます。

これからの川づくりは、木曾三川が将来にわたる地域の共有財産であること等を踏まえて、今まで以上に地域住民のみなさまといっしょに意見交換を行い、いっしょに考えていくことが大切なことと再認識しています。

そのための第一歩として、木曾三川に係わる人々が自由に意見や情報を交換できるコミュニケーションの機会を設けることが、今、必要であると考えます。

そこで、木曾三川下流域を利用する人、木曾三川下流域に意見のある人など、さまざまな方面において木曾三川下流域に関心を持つ方々にお集まりいただき、意見や情報を交換する場として「木曾三川下流域交流会議」を設立するものです。

この交流会議は、流域住民を中心に、木曾川、長良川、揖斐川の利用状況や洪水対策、自然等の現状と課題、またこの川への思いや望ましい姿などについて、自由に意見や情報の交換を行う場です。

## 「木曾三川下流域交流会議」の基本ルール（案）

交流会議は、個別の事業の是非を議論する場ではなく、参加者の木曾三川への思いについて意見交換を行う場と考えています。

### 1. 参加者主体の会議運営

会議のテーマ等は、参加者の話し合いによって決定が可能です。また、運営方法等に関しても参加者の話し合いにより、自由に設定し運営していきます。

### 2. すべての発言の尊重

参加者は、それぞれの発言を尊重し、お互いの立場を理解した上で話し合い（意見交換等）を行います。前提なしの自由な発言を保証します。

### 3. 情報の公開性

交流会議の内容などは、適宜、広報紙やインターネットを通じて公開し、交流会議で得られた情報は、地域の共有財産として活かしていきます。

また、交流会議において、必要となる河川に関するさまざまな情報は、できる限り情報提供を行います。

### 4. 自由な発言機会の確保

参加者全員が平等の立場にあり、自由に発言できます。ただし、できる限り参加者全員が発言できるようにするため、発言時間を3分に制限させていただきます。

また、別途「情報ネットワーク」を設立し、自由な発言機会を確保します。

図3・1 交流会議の趣旨と基本ルール

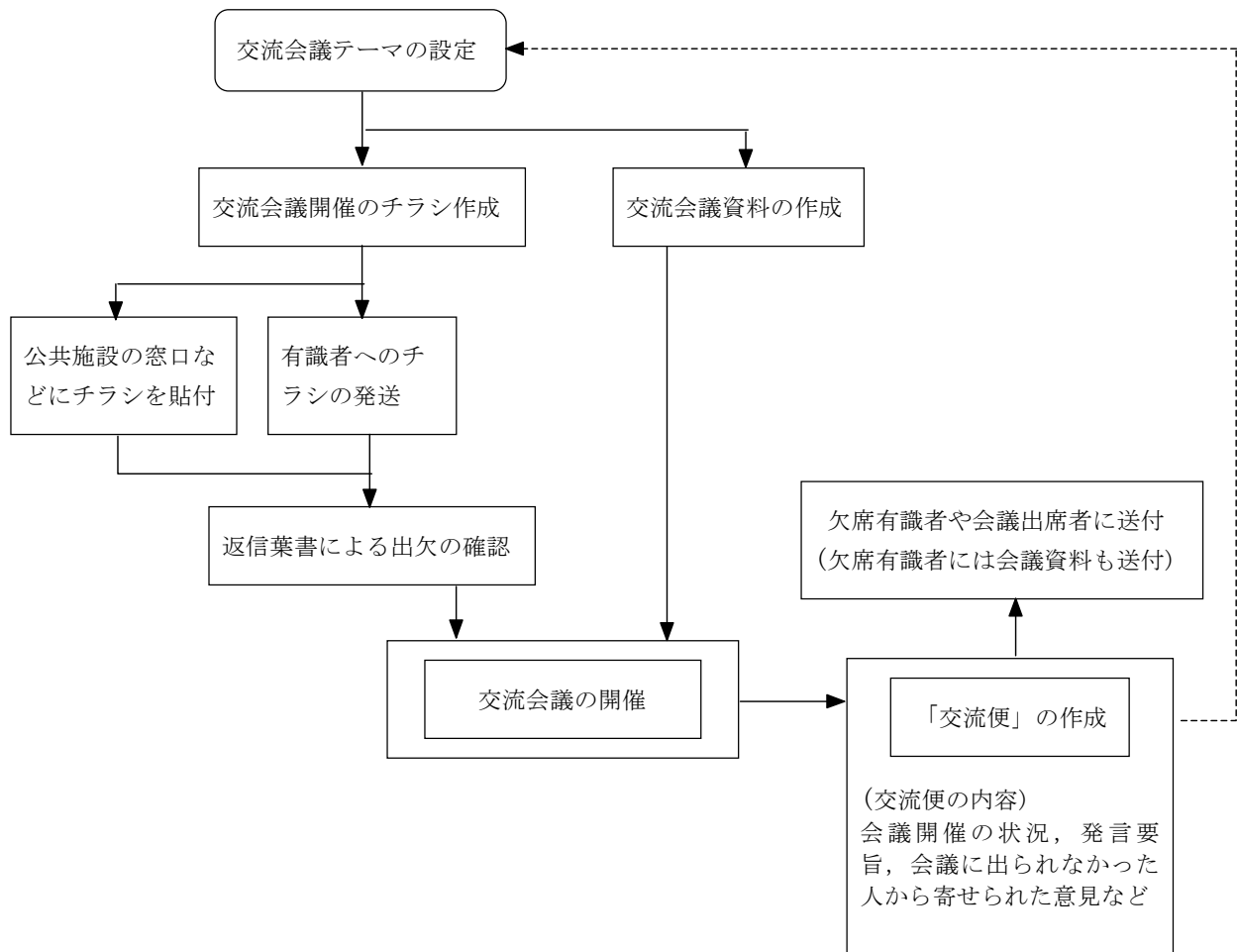


図3・2 交流会議の開催手順

### 3.3 初年度の交流会議の運営

こうして開催した第1回の参加者は次のとおりであった。

第1回の出席者：7+15 (9/17・日曜日)

ここで、前の数字はリストアップ者（有識者）、後の数字は一般参加である（以降同様）。

この会議におけるテーマは取りあえず住民の川に対する自由な意見を聞くために、

- ① 交流会議について
- ② この川への想い

であったが、もちろん開催の挨拶時にどんな内容でも発言は自由ということにした。また①は、会議のルールや趣旨を図3・1の内容で第1回目会議に提案し出席者の同意を得たところである。

第2回目会議のテーマは、「交流便」を通して募集したテーマのうち、もっとも希望の多かった項目である

「川のゴミについて」であった。しかしこの会議では議論が時間内に終了せず、第3回の会議においても引き続き同じテーマでの話し合いとなった。

第2回、第3回会議の出席者は、下記の通りであった。

第2回の出席者：3(2)+9(6) (11/26・日曜日)

第3回の出席者：6(0)+14(4) (2/4・日曜日)

( )内の数字は、初参加者数（内数）である。

初年度は、この3回の会議をもって終了した。

第2回、第3回の会議のテーマは、第1回交流会議において参加者から要望が多かった「川のゴミ」であった。

議論は、「川のゴミがなぜ多いのか」、「河川利用者のモラルが問題」等の意見も出されたが、「河川管理者がもっとモラル向上をPRすべきだ」とか、「河川管理者に通報しても動いてくれない」といった行政不満を述べるという、比較的固く緊迫した内容の論議が中心となった。

このため、必ずしも適切な意見交換会という雰囲気が醸成されたとはいえず、13年度からの会議には、会

議の運営，設営の面で改善が必要と認識される課題がいくつか浮上してきた。

### 3.4 2年目の会議の運営

#### (1) 初年度の課題の克服

初年度第1回，第2回の交流会議への参加者に対して，この会議に対する所見，感想をヒアリングしたところ，次のような意見が出された。

- ① 交流会議等への住民参加が少ない。
- ② 交流会議等の出席メンバーが固定してしまい，特定の人との対応の場になってしまっている。
- ③ 交流会議の運営が事務所主体になってしまっている。市民と協力して運営を図りたいが，なかなか適任者，適任団体が見あたらない。
- ④ 会議での意見交換が，住民が行政に不満や疑問を述べ，それに答えるという構図に流れやすい。
- ⑤ 単なる意見交換会，意見を聞く会では，生み出されるものがなく，尻すぼみになる。
- ⑥ 市町村担当部局からの参加者が少ない。などである。

#### (2) 課題克服の方策

上記の課題を克服するために，2年目としては次のような戦略で臨むこととした。

- ① 場所を一定とせず，流域内の各所で開く。  
(各地の住民の近場で開催し，参加しやすくする)
- ② 開催頻度を高める。  
(同じテーマで休日，平日の2回開催し，どちらかにしか出られない人をフォローする。)
- ③ 女性の参加が少ないので，婦人会等にも積極的に働きかけてもらうよう自治体に申し入れる。
- ④ 自治体窓口等での交流会議開催チラシの置き場所をチェックし，目立つところにおいてもらう。
- ⑤ 市町村部局にもできるだけ出してもらうよう働きかける（河川管理者と自治体と住民の連携軸）。
- ⑥ 室内での会議にとどめず，現地見学等を取り入れる（目や足から実感できる内容を盛り込む）。
- ⑦ 議題として，川の利用，治水（利水を含む），環境の3本柱をすべてフォローし，住民の関心を探る。
- ⑧ 流域懇談会は，住民の意見を幅広く聞き，官民あるいは住民同士の意見交流の場として割り切った形で進める。

上記については基本的にすべてを何らかの形でフォローするよう努め開催したが，開催頻度については具体的には，毎月1回開催とし，曜日やテーマ，開催場所等についても以下の通り，できるだけ変化を持たせて参加の動向を探ることとした。

- |        |                     |
|--------|---------------------|
| 4月（日）  | ：河川の利用<管内中央部の町>     |
| 5月（水）  | ： 同 上 <管内中央部の町>     |
| 6月（土）  | ：河川の環境<管内中央部の町>     |
| 7月（火）  | ： 同 上 <管内上流部の町>     |
| 8月（土）  | ：河川環境現地見学会<管内下流部の町> |
| 9月（月）  | ： 同 上 <管内中央部の町>     |
| 10月（日） | ：治水の歴史<管内下流部の町>     |
| 11月（日） | ：河川のゴミ投棄<管内下流部の町>   |
| 12月（日） | ：現地のみ               |

（8月，9月は，現地見学会後に意見交換会を実施。したがって12月のみ，会議形式を取らなかった。また，1月，2月，3月については12月までの状況をみて開催手法を含め種々検討の上，改めて具体的な進め方を判断することとした。）

現地見学会については，上述の通り，8月，9月に船に乗って管内にあるケレップ水制により形成されたワンド地帯を航行し，上陸して自然との触れ合いを体験できる場とした。12月については，10月に室内の会議を受けて，管内の治水に係る施設，史跡等をバスで巡る場とした。

この結果，出席者は次の通りであった。

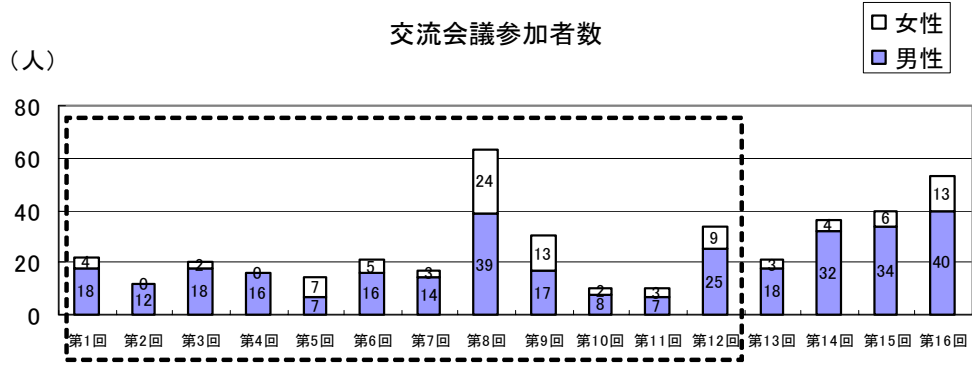
- |        |                   |
|--------|-------------------|
| 4月（日）  | ：5(3)+11(3)       |
| 5月（水）  | ：1(0)+13(9)       |
| 6月（土）  | ：4(1)+17(9)       |
| 7月（火）  | ：4(1)+13(3)       |
| 8月（土）  | ：3(1)+20(15)+8(6) |
| 9月（月）  | ：0(0)+30(21)      |
| 10月（日） | ：2(1)+8(1)        |
| 11月（日） | ：1(0)+9(2)        |
| 12月（日） | ：5(3)+30(0)       |

（8月の第3項は抽選漏れの人数）

#### (3) 参加者の特性分析

各会議毎の参加者数を表したものが図3・3である。また，交流会議の参加者を年齢別に集計し年代別に分類したものが図3・4である。

図3・3によると，第12回までの交流会議では，第8回，第9回，第12回の参加者が突出して多くなっている。



※交流会議参加者数は事務所職員を除いた。第1回～第3回は平成12年度、第4回～第15回は平成13年度、第16回は平成14年4月。また第8回、第9回の参加者数は参加希望者である。第12回まで（破線内）はあらかじめ設定したテーマによる開催。

図3・3 各回ごとの参加者数の動向

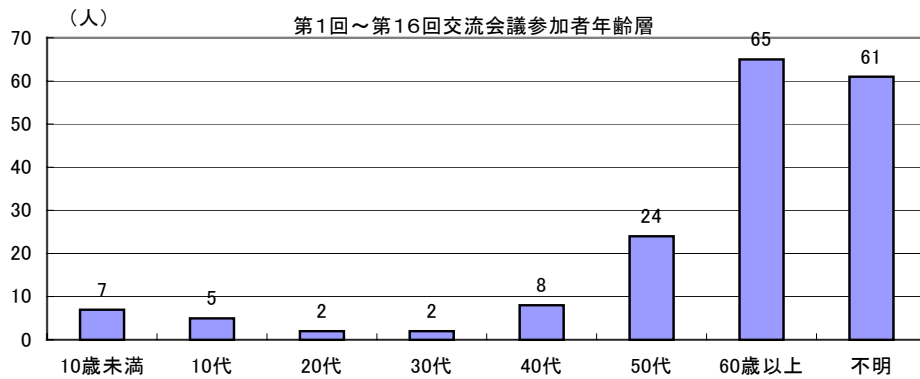


図3・4 交流会議参加者の年齢区分

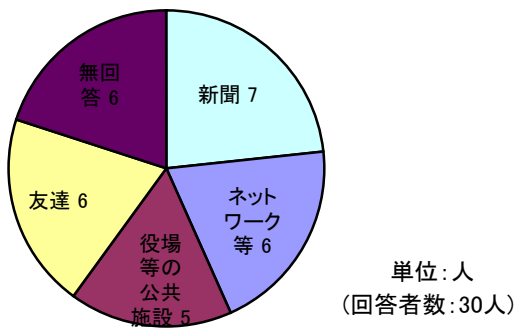


図3・5 第9回交流会議の参加者の認知手段

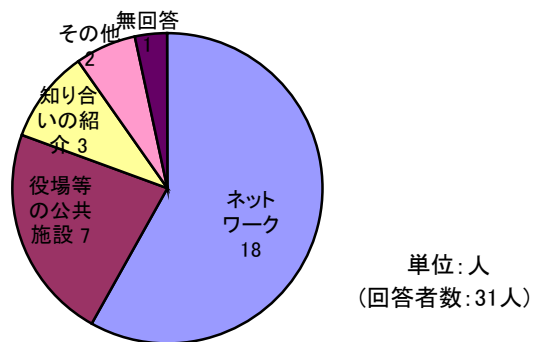


図3・6 第12回交流会議の参加者の認知手段

これらはいずれも現地見学会を主体にした会議で、第8回、第9回はメディア・リリースを行い新聞で紹介されたが、この広報の効果とみられる。なお、この第8回、第9回は船に乗って水面からこの川の環境を見る内容であり、第8回は夏休みということもあり、特に参加希望者が多くなった。このため抽選で参加者を制約している（抽選漏れ数は8人）。

一方、第12回は、メディア・リリースを行わないにもかかわらず参加者が多い。これはバスによる治水施設、史跡巡りであり、ネットワーク名簿登録者に送られた開催通知を見て参加意欲を呼び起こしたものと推認できる。

このことは、第8回、第9回の交流会議参加者（希望者を含む）の新規参加者が約70%であるのに対し、12月は10%に満たないことから好対照を示しており、上記の内容を裏付ける結果となっている。ちなみに、第9回と第12回の参加者に、交流会議の認知手段を聞いた結果が図3・5と図3・6である。

なお、第5回の交流会議は、初めて平日に開催したもので、そのねらいが休日には参加しにくい主婦層の参加を得ることにあったことから、婦人会への呼びかけを行った。参加者の半数を女性が占めているのはその効果と考えられる。しかし、その後の女性の参加傾向は、特に平日か否かの影響が認められにくくなっている。また、年代別の分析等も行ったが、日曜日に中学生の参加があったこと、休日の方が学校の先生方の参加を得やすいこと、同じテーマでも2回とも出るという恒常的な参加者が多いこと、その影響もあるためか、場所を変えても、特に出席者に地域的な変化が認められないことなどが判明した。

（注：この事務所の所管範囲は河口から約30Kmである）

以上様々な試みは、広報としてメディアを利用すること、ターゲットを絞っての広報が、新規参加者拡大に効果があること、住民の関心のある内容で開催することによりネットワーク名簿登録者の参加が増えることなど、参加者数に敏感に影響を与える要因がかなり明確になった。

## 4. 第13回以降の交流会議の進め方について

### 4.1 第12回までの交流会議を振り返って

すでに述べたように、これまでの交流会議の開催は、できるだけ多くの人の参加を求め、住民同士、あるいは

住民と河川管理者が意見交換をするということを基本的な課題として、手探り状態で進めてきたものである。

12月の会議において、テーマについても、おおむね一巡したことにより、改めて交流会議の意義付けと今後の方向性を模索する必要が生じた。

これまでの交流会議は、いろいろなテーマを設定し、住民の参加しやすいと思われる場所や日時を設定し、広く広報を行い、参加者を募り出席を促すとともに、できるだけ多くの発言を求め、それを河川管理者や同じ住民が聴取することにより、河川管理者にとっては事業展開の参考にしたり、事業の広報の場として利用することを念頭に置いて進めてきた。

これにより参加住民にとっては、自分とは違う住民のいろいろな意見、考えを聞き、あるいは自ら発言することにより、共感したり、対立したり、川への認識を新たにする部分があったものと考えられる。

しかし、これまでの参加者数の動向、参加者の意向から、このままのスタイルでの開催では、参加者数・メンバーが固定化してきており、これを広報で補い新規参加者を集めても、内容の進展には限界もあることから、さらに内容を工夫して開催することが必要であるとの認識が工事事務所関係者ならびに運営を受託している当財団担当者の共通の認識となった。

これまでの交流会議における意見交換のスタイルにおいて、もっとも多いのは、河川管理者の実施する工事や管理に関し、住民がその意義に疑問を呈したり、改善を求めるタイプのものであった。

これは、当初から予測されたことであったが、できるだけ、そのような河川事業・河川管理についての住民からの質問に、河川管理者である工事事務所職員が答えるという構図は避け、河川をテーマに河川管理者と住民とが、河川の実態や情報について認識を同じくし、可能な内容、可能な範囲での連携や協働という、この会議の本来の目的に近づけることに留意しつつ議事を進行する手法で対処した。

このため、会議で出された質問に河川管理者が即座に歯切れよく答えないことについて不満の雰囲気を感じられることもあったが、これについては「交流便」にQ&Aコーナーを設けて、ここで答えることにより対処することとした。

そのような方針で回を重ねることにより、自分たちの生活空間のなかでの身近な川というイメージの形成や、よりよい川とするため河川管理者へ要請するというのみでなく、自らの行動を掲げての協働活動を促す発言

も多くなってきたことは注目すべきことであった。

今後の交流会議については、各分野において、さまざまな面で住民が課題と考えていることや「こうしたい」と考えていることとその内容が分かる。そして、河川管理者に、こうしてほしいという内容の意見ばかりでなく、自らこうしたい、住民はこうあるべきだという意見が出され、課題の解決や願望をかなえるためには、住民自身が参加しないと、なかなか動き出しにくいことが認識され始めていることをうかがわせる意見が出されるようになった。

フリーディスカッションに近いこの会議のなかから、そのような方向付けを望み始める意見が住民のなかから出されるようになったことは、この交流会議において、これまで12回の回を重ねたことの大きな成果であったように思われ、またこれを生かして今後の会議の展開を図ることが、極めて重要なポイントとなるように思慮された。

これらのことから、交流会議のステップアップのイメージとして次のようにとらえた。

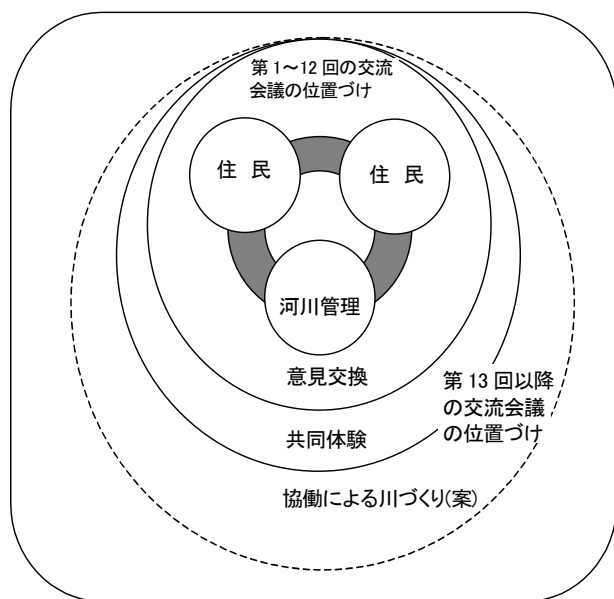


図4・1 交流会議のステップアップのイメージ

図4・1は、この交流会議が、初期の、河川管理者と住民、住民と住民とが、「お互いに意見交換、情報交換を行って共通の認識を持つ、あるいは、そのなかで河川管理者は、川についての住民の認識、視点をとらえる」、さらに住民は、「自分の意見、見解に対して、行政

が実態として、どのように対応しており、また他の住民はどのように考えているのかを理解する」という第12回までの会議から、お互いに共有した情報とそれぞれが果たしうる役割を踏まえて、住民がイメージする川の姿を具現するテーマの川づくりに参加する、共有の体験をするという次のステップに移ることをイメージしたものである。そして、さらに次のステップで、「より明確なかたちで河川管理者と住民とが、相互に補完しながら協働、連携による川づくりをめざす。」という段階的なステップアップを模式的に示したものである。

このステップの移行は、先にも述べたPUからPIへという流れではなく、PUの内部的進展として捉えられるものであると理解されるものである。

また、このような進展によって、いつでもPIへの流れへとシフトできるようにすることも念頭に置くべき重要なことである。

## 4.2 具体的なこれからの進め方

さまざまな住民の意見のなかから、多くの住民の興味のある内容であるもので、かつ、安全面、経費面、必要となる作業面等を考慮して、河川に対する興味、理解を深められるようにテーマを設定することは容易なことではない。

図4・2は、要約された意見をベースに具体的に共有体験のステージへステップアップすることを模式的に示したもので、真ん中のオレンジの部分、この工事事務所の事業・管理の具体的な内容を、外側のライトグリーン部分が、これまでの交流会議で出された意見である。そして、これらに挟まれたピンクの部分、交流会議で共有体験というステージでイメージされる会議のテーマのイメージである。

これらを踏まえ、共有体験をテーマとしての開催の第1回目となる第13回交流会議のテーマは希望者も多かった「ヨシ原づくり」とした。

具体的には、ヨシ植えの適期を4月と設定し、それに向けて共有体験という切り口をも考慮し、この河川のヨシ原の過去からの変遷、その原因等について情報を提供するとともに、ヨシの生態、特性、植え方等に関する学識者を招いての勉強会、実際にヨシ植えを行っている地域への見学会など、認識の共有と理解を深める内容の会議を企画し、次のようなスケジュールで実施した。

1月：みんながヨシへの想いを語る場  
 (この河川におけるヨシの生育実態と履歴に  
 関する情報の提供と認識の共有)

参加者：22名

2月：ヨシに関する知識を習得する場  
 (学識者を招いて、ヨシの生態特性、ヨシ植  
 えの方法等について学び、またヨシについて  
 日頃疑問に思っていることの答を見つけるこ  
 とにより、ヨシという植物についての認識を  
 共有する)

参加者：34名

(メディア・リリースを実施)

3月：ヨシ原づくりの疑似体験  
 (実際にヨシ植えを行っている琵琶湖の現場  
 へ行き、実態、方法を学び、体験に近いか  
 たちでヨシ植え方法を共有する)

参加者：40名

4月：ヨシ植えの実施  
 (住民参加のもと、それぞれが役割を担って  
 ヨシ植えを行う)

参加者：53名

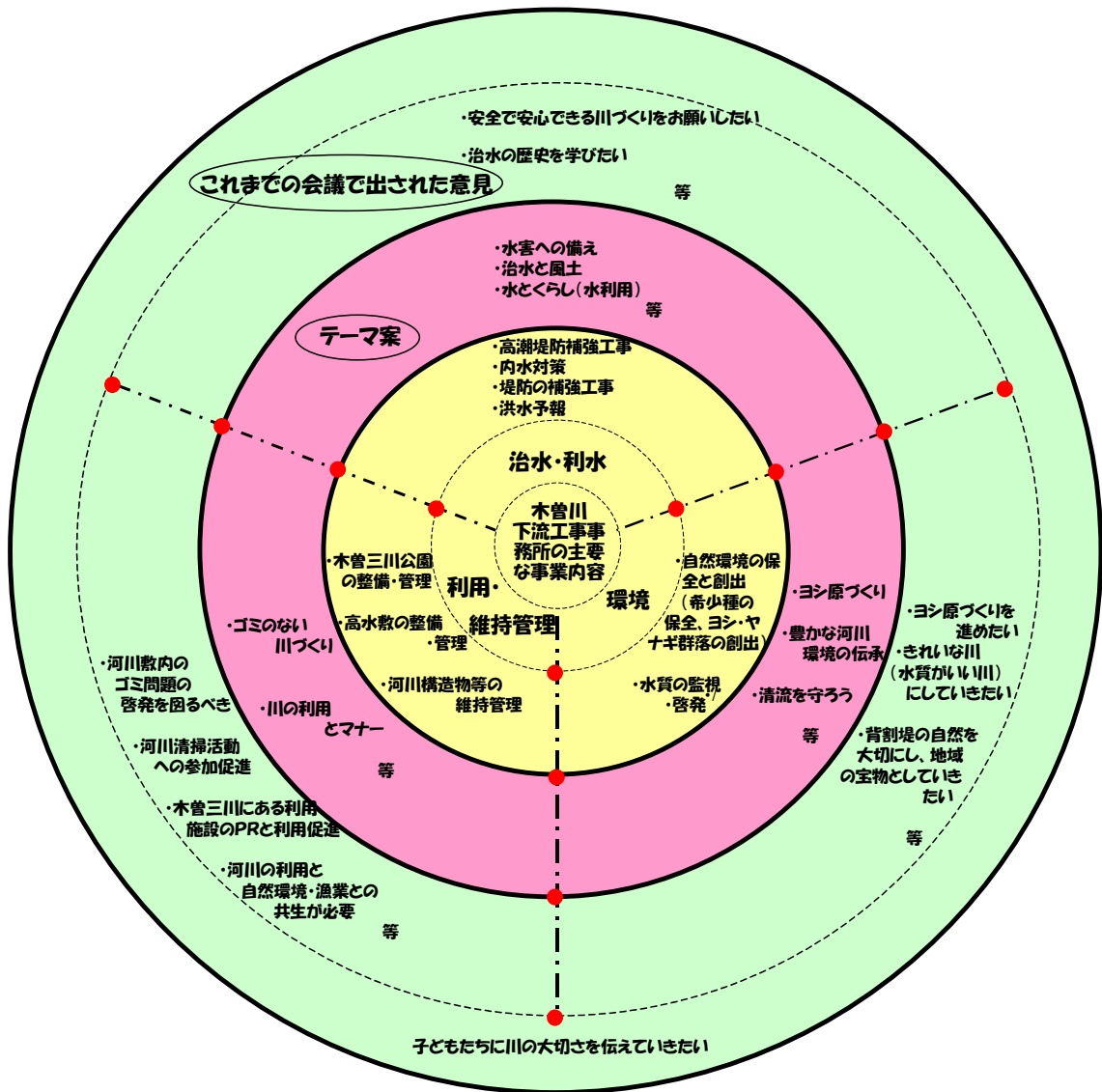


図4・2 これまでの意見に基づく共有体験の内容



### 4.3 さらになる発展形へ

第16回のヨシ原づくりをゴールとする13回～16回までの一連の共有体験方式による交流会議の運営が、「参加者を集める」、「川づくりに参加する」、「川に関する知識を得る」という点で、満足の高い内容であったと住民サイドからの反応があったこともあり、当面はこの方式で開催したいと考えている。

また、「ヨシ原づくり」についても、これで終わるのではなく、ポット苗の維持管理、茎植え先のモニタリング等、住民参加の得られるものについてはメンテナンスを含めて今後とも継続的な係わりを持つかたちで対処する仕組みづくりをしたいと考えているところである。

現在のところ、次のテーマとして「ワンド地帯の自然観察とそれを踏まえての環境との触れ合い散策マップの作成」、「ゴミマップの作成」、「郷土と川との係わりを探り、治水史マップと市民防災対応マニュアルの作成」のようなものを考えているが、これらについても単なる共有体験だけでなく、そこから始まる成果の活用（作成したマップやマニュアルのアピール）や、必要となる維持管理（ゴミマップを活用してのパトロール、自発的なゴミ拾い）への参加等を仕掛けることが必要と考えている。

さらに、情報ネットワークの充実に関しては、これまで登録名簿の管理にとどまり、「交流便」や交流会議の開催通知等の一方的な情報提供に利用している程度なので、議題や話題の提供（自らの活動報告や、「今日、川でこんなことがあったよ」というようなものでもよい）すなわち情報の双方向（住民同士、住民と河川管理者）での交流・交換の場にステップアップしていく必要があると思慮される。

また、これまで参加者については名札をつけることにより、相手方の氏名を把握することは可能なシステムになっていたが、プライベート情報の管理という面からネットワーク登録者の氏名や電話番号、住所などは公開していなかった。今後は参加者名簿の配布や会議終了後の有志による懇親・懇談会の開催なども視野に入れて対応する必要があると思慮される。

さらに、交流会議への自治体の参画ももっと促進させる必要がある。これまでのところ、開催場所の市町村の役場職員が出席したことはあるが、交流会議の趣旨を理解して継続的に参加している例はない。

「市民とともに川づくりをする」というキャッチフレーズを掲げるにしても、市民団体とパートナーシップ

を図りながら川づくりを進めるについても、重要で欠くことのできないのは自治体（首長を含む）との連携である。

川も自治体の行政区域のなかの一部であることもあり、今後は、市民、自治体、河川管理者が、日頃から十分なコミュニケーションを図り、緊密な連携・協調に努め、協力関係を築き、具体的に行動することが求められる。

## 5. あとがき

当財団においても、河川管理者が住民との連携やパートナーとしてのあり方を模索する場づくりやその運営に関する検討業務について、今後の河川管理の方向を見据えつつ積極的に関与していくことが必要と考える。

この交流会議を通じて、河川管理者、住民がそれぞれにとって有意義な知見を得たものと考えられるが、当財団にとってもまた、この会議の経過・進展はこれからの地域とのパートナーシップの構築という点から勉強させられることが多い。これらを踏まえ、よりよい河川を管理・創造するためのシンクタンクとして、クライアントのニーズにベストフィットする成果があげられるよう努力すべきであるが、複数の懇談会、交流会議を経験することにより、よりすぐれた手法の発見につながると考える。

この会議を実り多いものとするために、他の事例からの示唆を期待するとともに、これらの情報も取り入れて、適切な手法の確立という点からの整理の必要性を感じているところである。

最後になりましたが、本文の執筆にあたり、木曾川下流工事事務所の各位には、多大なご理解とご協力を得ました。ここに謝意を表する次第です。

---

---

河川環境総合研究所報告第8号 平成14年7月編集・平成15年3月発行

ISSN 1344-2910

編集・発行 財団法人 河川環境管理財団 河川環境総合研究所

〒104-0042 東京都中央区入船一丁目9番12号 TEL 03-3297-2644 FAX 03-3297-2677

ホームページ『河川環境情報ステーション』 <http://www.kasen.or.jp/>

E-mail [info@kasen.or.jp](mailto:info@kasen.or.jp)

印刷・製本 (株)サンワ 東京都千代田区飯田橋2-11-8

TEL 03-3265-1816 FAX 03-3265-1847

---

---