

# 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9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、大阪研究所、北海道事務所、東京事務所、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 河川整備計画策定に関する調査研究
- B 河川環境管理計画策定に関する調査研究
- C 河川環境教育に関する調査研究
- D 樹林帯整備管理に関する調査研究
- E 環境モニタリングに関する調査研究

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 環境影響等モニタリングに関する調査研究

③ 河川管理施設の維持管理に関する調査研究

- A 堤防の機能維持のための調査研究
- B 堤防の除草に関する調査研究
- C 河川巡視システムに関する調査研究
- D 河川維持管理計画の策定に関する調査研究

④ 河川生態系の保全と回復および河川伝統工法に関する調査研究

本報告は、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7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る次第です。

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、吉川秀夫、芦田和男、山本晃一、江川太郎、佐々木寧、中島秀雄、各先生の指導を得つつ、一層の努力をしてまいり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る次第です。

平成13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、下記の編集顧問からなる編集会議(2001.7.25.)を行っております。

### 編集顧問

吉川 秀夫	工学博士 (財)河川環境管理財団 河川環境総合研究所長 (河川工学)
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 大阪研究所長 (河川工学)
玉井 信行	工学博士 東京大学大学院工学系研究科教授 (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. 網走湖における塩淡境界層水深について	葛西 賢三・松澤 震介・久保添 恭之	1
2. 河川におけるダイオキシン類の分析と精度管理について	小川 信次・岡村 智則・鈴木 幹夫・本島 孝一	13

### II 河川生態系の保全と回復に関する調査研究

3. 天塩川における自然環境再生計画	稲葉 行則・鷺野巣 愛・森谷 公之・渡辺 誠	21
4. ワンドの環境改善対策に関する実験的検討	中西 史尚・綾 史郎・河合 典彦・森田 和博	30
5. 既設コンクリート護岸の多自然化についての工法検討	江川 太朗・高垣 美好・成田 良宏・石垣 勝之	41
6. 生物の生息環境に配慮した川づくりの考え方について	小川 裕・中西 史尚・濱野 達也・森田 和博・諸留 幸弘	54

### III 河川伝統工法に関する調査研究

7. 富士川水系における伝統工法の評価と活用方法について	戸谷 英雄・米山 実・古川 弘和・湊 章	67
8. 河川伝統工法の評価項目について	吉岡 紘治・川人 茂二・斎藤 聖喜・藏重 俊夫	82

### IV 河川管理施設の維持管理に関する調査研究

9. ジオテキスタイルを用いた堤防侵食防止工法による工事報告	佐々木 勝治・川人 茂二・長谷川 茂	91
--------------------------------	--------------------	----

# I 水環境改善および河川水質浄化に関する調査研究



# 1. 網走湖における塩淡境界層水深について

葛西 賢三\*・松澤 震介\*\*・久保添 恭之\*\*\*

## 要 旨

塩水と淡水の2層を持つ網走湖では、1980年代以降アオコや青潮等水質障害が頻発し、水質保全対策計画を検討中であるが、水質浄化と生態系保全の両立が課題である。その検討過程で塩淡境界層水深が焦点となった。すなわち、水質悪化は塩水層に蓄積した栄養塩類の淡水層への拡散が一因であり、水質障害抑制の面では塩水層は小さい方がよい。一方、汽水湖としての生態系維持の観点からは、塩水層が塩分の供給源であることから塩淡境界の面積が一定以上に維持されていることが望ましいと考えられる。

このため、3年間の集中的な生物調査を行い既往文献調査とあわせて解析を行った結果、汽水湖としての生態系保全の面からは、塩淡境界層水深は6~7mより深くないことが望ましいと考えられた。これに水理および水質の観点をあわせると、網走湖の塩淡境界層水深は6~7m程度で推移することが望ましいものと判断された。

ただし、本検討は平成12年度までの調査検討に基づくものであり、アオコの発生メカニズム、ヤマトシジミの卵発生と水温等との関係、塩分変化に伴う水生植物の遷移、生物相互間の影響等未解明な部分を含んだなかでの検討結果である。このため、網走湖の適正な塩淡層水深については、今後も調査検討を行う必要がある。

## 1. はじめに

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の河川を介して結ばれ、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<sup>1) 2)</sup>。淡水層は好気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)。

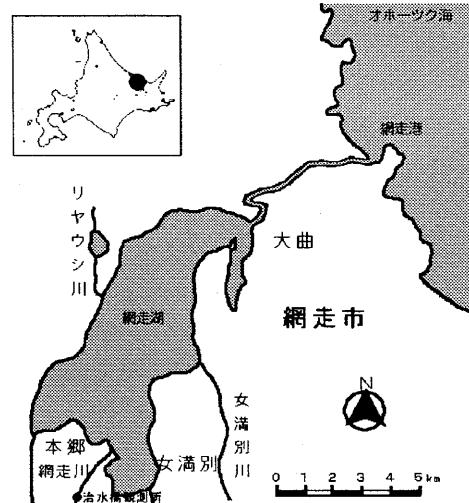
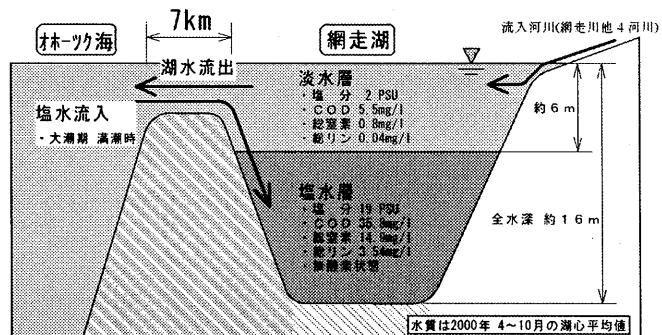


図1・1 網走湖位置図



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>3) 4) 5)</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>6) 7)</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。

網走湖における浄化対策の検討にあたっては、上記の状況から、塩淡境界層の浅深、すなわち境界層面積の広狭は、汚濁負荷収支計算の与条件であるとともに、その

\* (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 調査課長

\*\* (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 調査係長

\*\*\* 国際航業(株) 國土マネジメント事業本部

制御が富栄養化の軽減および青潮抑制の有効な一手法にもなりうると考えられる。一方、網走湖においては塩水層から淡水層へ塩分が拡散しているので、塩淡境界層水深の挙動は汽水湖としての生物生息環境の形成に深く関与している。したがって、浄化対策と生態系保存を両立するうえで、塩淡境界層水深の変化が水理、水質および生物に及ぼす影響を的確に評価することが、極めて重要である。

本報告では、網走湖の水質保全に関する既往調査結果を概観するとともに、塩淡境界層水深の変化が網走湖の水理、水質および生物に与える影響を検討し、浄化対策検討における今後の課題を述べる。

## 2. 検討経緯

網走湖においては、1980年代以降アオコおよび青潮が頻発している（表2・1）。これに伴い、網走湖では初めての青潮が1987年（昭和62年）に発生したことを機に、平成2年度には網走湖水質保全対策検討委員会が発足し、およそ以下のとおり調査、解析等を進めた。

- 昭和62年度～平成元年度（青潮の発生要因究明）
  - ・湖内流動調査および数値モデルによる水理解析
- 平成2年度～平成4年度（富栄養化の実態把握）
  - ・湖水質および流入負荷要因についての調査検討
- 平成5年度～平成9年度（浄化手法の検討）
  - ・富栄養化および青潮の対策手法策定
- 平成7年度～平成11年度（生物環境の調査解析）
  - ・魚類および水生植物等の生息状況調査
- 平成12年度（塩淡境界層水深変化に伴う影響検討）
  - ・塩淡境界層水深変化に伴う生物影響の評価検討

## 3. 検討結果

### 3.1 水理面（青潮）からみた適正な塩淡境界層水深

#### 3.1.1 塩淡境界層水深の経年変化

図3・1に、塩淡境界層水深経年変化と降雨量との関係を示す。これによると、塩淡境界層水深は1925年頃は湖底最深部付近にあったが、以降、途中若干の変動はあるものの上昇を続け、1987年の5m（年平均値）をピークに下降している。海水流入は周辺住民による河床掘削に始まるとの指摘もあるが、以降の流入量の変動は降水量の多寡に依存するところが大きいと考えられる。

表2・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）：「アオコ及び淡水赤潮研究の現状と課題」、産業公報vol.28 No.6 および網走開発建設部資料により作成

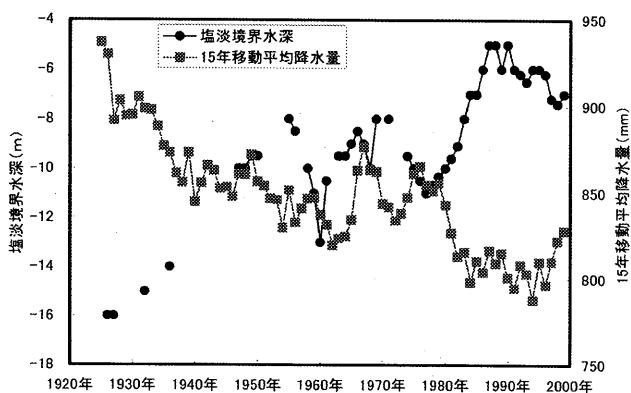


図3・1 降水量と境界層水深の推移

### 3.1.2 流動調査にもとづく数値モデルによる水理解析

昭和62年度および昭和63年度に実施した流動調査においては、次の各事項が成果として得られた。

- ①湖心を節とし湖長軸両端が逆位相となる長周期の内部セイシユおよび往復流が確認され、網走湖の流動は風による内部セイシユが主な原動力であると推定された。
- ②風況に応じて湖の南北両端での境界面の上下振動が観測され、湖岸での青潮発生に風況および内部セイシユが関係していることが推測された。
- ③内部セイシユと同様に塩分および水温にも周期性を持った上下変動が認められた。
- ④青潮は湖下層の無酸素塩水の湖岸への進入によってもたらされ、この塩水は海域からの逆流塩水の週上によって形成されていることが把握された。
- ⑤出水時の多量な河川水の流入により1.0m以上の塩淡境界の急激な低下が観測された。
- ⑥昭和40年後半にかけて上昇してきた塩淡境界水深が流量の多い年を境に低下傾向が認められること、昭和55年以降の少流量傾向時に塩淡境界が上昇していることから、河川流入量の多寡による塩淡境界の変動が推定された。

これらの結果より、強風が湖長軸方向に吹く時に内部セイシユの振幅が大きくなり、それが青潮発生に関係することが考えられたので、平成元年度には、湖内流動を数値モデル化して、風と青潮発生の関係を解析した<sup>6)</sup>。

解析の結果、青潮発生は物理現象として数値モデルでの再現が可能であり、春・秋型の湖水密度分布時に湖の

長軸方向に強風が連続して吹くと青潮が発生すること、7.0m以深であれば発生がほとんどないことが示された(図3・2)。

### 3.1.3 塩淡境界層水深と青潮発生頻度

表3・1は、近年15年間の青潮発生状況を、塩淡境界層水深を5, 6および7mの各々前後1m(±0.5mずつ)で区分し、整理したものである。青潮発生に重要な影響を与える風速についても併記した。

これによると、境界水深が5mでは該当する3年全てで青潮発生が認められ、逆に7m水深では、該当5年中1年で発生が認められる。この結果は、境界層水深が7.0m以深であれば発生がほとんどないという平成元年度の水理解析結果と、ほぼ同様のものである。

これらの結果に基づき、水理面(青潮防止の観点)からは境界水深は深い方がより望ましいと考えられる。

表3・1 境界層水深と青潮発生頻度

境界水深	年	境界層水深	風速	発生年	発生状況
5m	1987	5.0	10m/s	●	該当3年中 3年に発生
	1988	5.0	13m/s	●	
	1990	5.0	10m/s	●	
6m	1986	6.0			該当7年中 2年に発生
	1989	6.0			
	1991	5.5			
	1992	6.2	9m/s	●	
	1994	6.0			
	1995	6.0	11m/s	●	
7m	1996	6.2			該当5年中 1年に発生
	1984	7.0			
	1985	7.0			
	1993	6.5			
	1997	7.2	11m/s	●	
	1998	7.4			

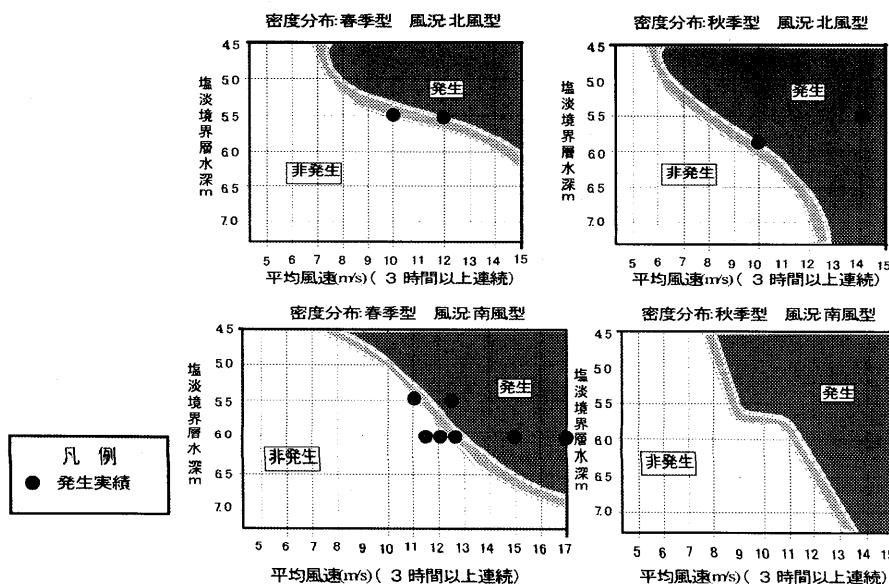


図3・2 モデル計算による青潮発生の有無の予測

### 3.2 水質面(アオコ)からみた適正な塩淡境界層水深

#### 3.2.1 汚濁負荷収支に占める塩水層拡散の割合

図3・3および表3・2は、平成11年度実施の流入出河川と湖内を合わせた汚濁負荷収支の解析結果<sup>8)</sup>から、淡水層に対する流入負荷量を整理したものである。

これにより、アオコ発生に関係が深い窒素およびリンについて、塩淡境界層を通して塩水層から淡水層に供給される負荷量が大きな割合を占めていることが示されている。

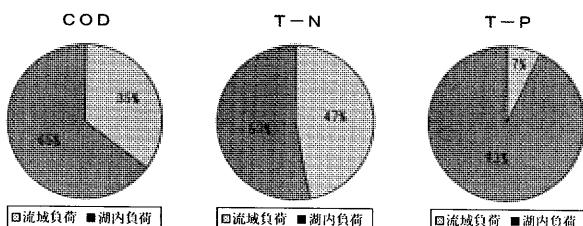


図3・3 流域および湖内から淡水層への汚濁負荷流入の割合

表3・2 湖内発生源から淡水層への負荷流入状況

湖内における負荷発生区分	C O D		T - N		T - P	
	kg/日	%	Kg/日	%	kg/日	%
塩水層拡散 <sup>注1)</sup>	789.9	10.8	1579.8	81.3	316.0	74.3
水草腐敗溶出	3988.4	54.7	96.0	4.9	14.5	3.4
底泥溶出 <sup>注1,2)</sup>	2511.9	34.5	268.6	13.8	94.8	22.3

注1) 塩淡境界層水深が7.0mの場合の値

注2) 淡水層に直接接する湖底からの溶出

#### 3.2.2 塩淡境界層水深の変化と淡水層水質の関係

1926年～1998年の調査データの整理から、淡水層の塩分濃度(年平均値)は塩淡境界層(年平均値)が浅くなると上昇することが示される(図3・4)。

その一因として、塩淡境界層水深が浅くなると風による擾乱が起こり易くなることが考えられる。図3・5は、境界層水深と擾乱の関係そのものを示すデータではないが、淡水層の塩分が風による影響を受けていることを示している。また、塩淡境界層水深が浅くなると青潮の発生頻度が高くなる状況は既に3.1.3で示したとおりである。

塩淡境界層水深の変化に伴い淡水層塩分が変化するもう一つの要因として、塩淡境界層の面積および拡散量の変化が考えられる。すなわち、塩淡境界層水深の変化は、

淡水層厚だけの変化ではなく、塩淡境界層の標高の変化を伴う。網走湖の湖盆形状は概してスリ鉢型であるため、標高の変化に応じて境界層面積も変化し、それに伴い拡散量も変化するものと考えられる。

さらに、淡水層の塩分濃度とT-NおよびT-P濃度との関係を最小自乗法により求めた結果では、正の相関がみられる。このことから、塩淡境界層水深が浅くなると、窒素およびリンについても塩分の場合と同様、塩水層から淡水層への供給量が増大するものと推測される(図3・6)。

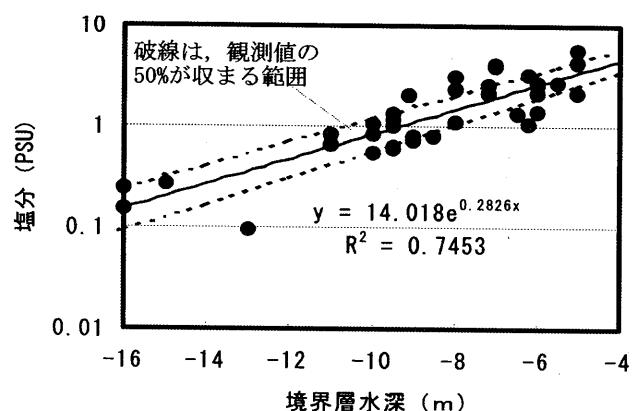


図3・4 境界層水深と淡水層塩分の関係

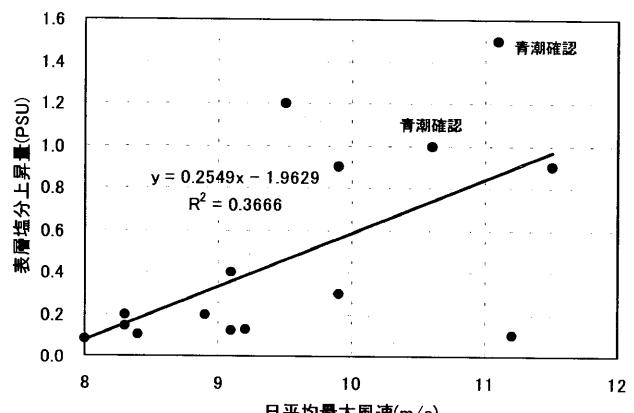


図3・5 強風時前後の表層塩分上昇量  
(湖心, 1994～1999年, 網走開発建設部調査データ)

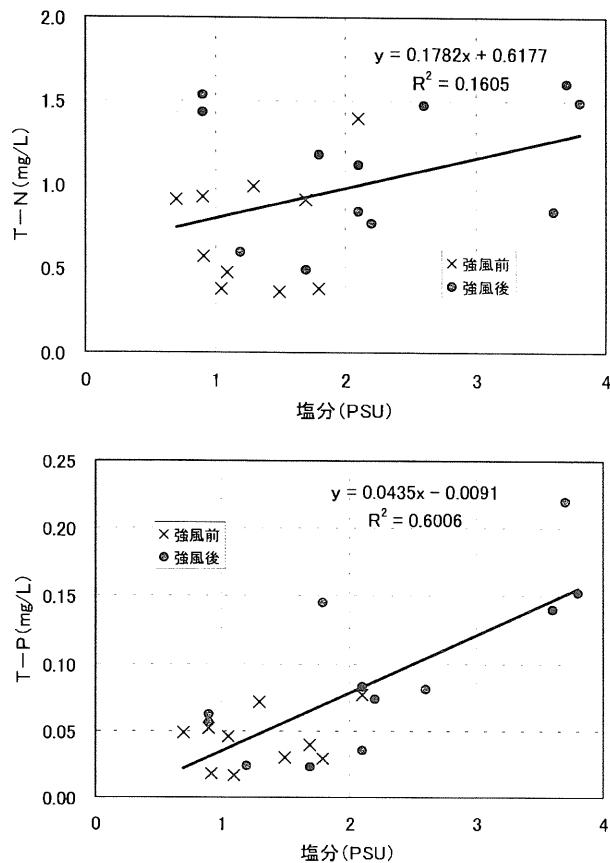


図3・6 強風前後の塩分と窒素およびリン濃度の関係  
(湖心, 5~11月)  
(網走開発建設部調査, 公共用水域水質測定結果)

### 3.2.3 青潮と淡水層水質との関係

網走湖では、強風時や青潮発生時には、無酸素塩水層から塩分や栄養塩類が多量に淡水層に供給されているのではないかとの指摘がある。

比較可能なデータが揃っている1995年11月8日の事例について、青潮発生前後の水質の変化を示す。

(青潮発生前後における水質変化の事例)

水質項目	T-N	無機N	T-P	無機P
11月7日	0.93	0.279	0.052	0.005
11月13日	1.18	0.259	0.145	0.076
湖心, 水深0.5mの測定値. 単位はいざれも mg/l				

青潮発生前後の水質を直接比較できる事例が少ないので、補足として過去18年間（1980～1997年）の湖心表層での窒素・リンの濃度（公共用水域水質測定結果、5月～11月）についてみると、測定時期によって測定値に大きなバラツキがあるとともに、概して青潮発生年で高値が出現する傾向が認められる（図3・7）。

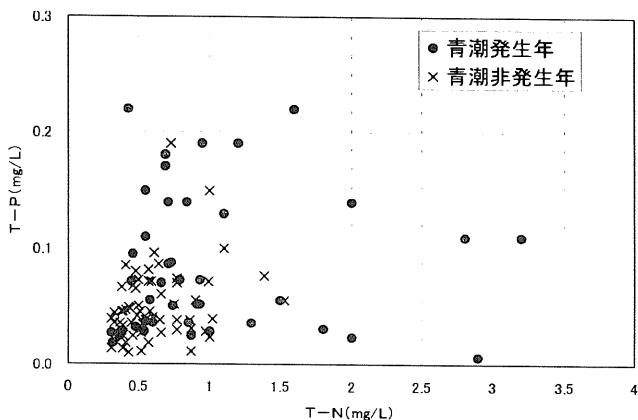


図3・7 青湖の発生と窒素およびリン濃度との関係  
(湖心, 5~11月)  
(公共用水域水質測定結果)

### 3.2.4 塩淡境界層水深とアオコの関係

表3・3に塩淡境界層水深とアオコ発生状況を示す。これによると、アオコは、現在の淡水層の水質水準では塩淡境界層水深の変動に関わらずほぼ毎年発生している。しかし、春季に青潮が発生した年にはアオコも発生している場合が多いことが、同じ表により示される。

以上、3.2.1から3.2.3に示したとおり、塩淡境界層水深が浅くなると、境界面積の増大および風による擾乱の増大に伴う拡散量の増加により、塩水層から淡水層への栄養塩類供給量が増大すると推測される。また、青潮発生頻度の増大によりアオコの発生確率も高まる可能性があると推測される。

したがって、アオコの発生抑制には、青潮が発生しにくい塩淡境界層水深が望ましいと考えられる。ただし、アオコの発生機構については未解明な部分が多く、今後の調査検討をさらに進める必要がある。

表3・3 アオコ・青湖の発生と境界層水深

区分	年	春季の青湖発生	塩淡境界層水深 (m)
アオコ発生年	1987	○	5.0
	1988	○	5.0
	1989	—	6.0
	1991	—	6.0
	1992	○	6.2
	1994	—	6.0
	1996	—	6.2
	1997	○	6.5
非発生年	1998	—	7.4
	1990	○	5.0
	1993	—	6.5
	1995	—	6.0
	1999	—	7.0

### 3.3 生物面からみた適正な塩淡境界層水深

#### 3.3.1 ヤマトシジミへの影響

網走湖における主要な水産資源であるヤマトシジミの再生産については、馬場<sup>9)</sup>(1997)の産卵誘発試験によれば、室内実験では水温22.5℃、塩分2.3PSAL以上で産卵が起こると報告されている。また、表3・4は現地におけるヤマトシジミ浮遊幼生の発生調査結果を示す。これによると浮遊幼生は塩分2.2PSAL以上で観測されており、馬場の報告と矛盾の無い結果となっている。これから、卵発生のための淡水層の塩分は2.3PSALを下回らないことが望ましいと考えられる。

表3・4 網走湖における浮遊幼生調査結果とその最高水温時における塩分濃度

年	1987	1989	1990	1994	1995	1996	1997
水温	23.3℃	26.0℃	27.9℃	27.9℃	23.6℃	23.3℃	24.7℃
塩分(PSA)	5.3	3.4	3	2.2	1.4	1.1	調査期間を通じ ほぼ3.0前後
調査結果	大量の浮遊幼生が観察された。			浮遊幼生はほとんど確認されなかった。	大量の浮遊幼生が観察された。		

注) 1: 1987~1996年までは、北海道網走水産試験場調査結果による。

注) 2: 1997年は、網走開発建設部調査結果による。

この塩分を、既出の図3・4の相関式を用いて境界層水深に換算すると、ヤマトシジミの卵発生に必要な淡水層の塩分2.3PSALを確保するためには塩淡境界層水深が6~7mより深くならないことが望ましいと考えられる(表3・5)。

#### 3.3.2 植物プランクトンへの影響

網走湖における主要な植物プランクトンの消長を表3・6に示す。これによると1950年頃(昭和20年代)までは淡水性の種が優占しているが、1964, 1965年(昭和39, 40年)には海産珪藻の *Thalassiosira pacifica*, *Chaetoceros pelagicus*等がみられ、汽水湖のプランクト

表3・5 塩淡境界層水深別の淡水層塩分濃度

塩淡境界層水深	-7 m	-6 m	-5 m
塩分濃度(PSAL) 下限~上限 (50%有意水準)	1.9 1.4~ 2.7	2.6 1.9~3.4	3.4 2.6~4.5

表3・6 網走湖の主要な植物プランクトンの消長

調査年次	境界水深(m)	塩分(PSU)	監査類		報告者等
			塩分適応	代表種	
1926 昭和元年	1.6	0.2	淡	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (基)	高安ら
1927 昭和2年	1.6	0.3			高安ら
1930 昭和5年	1.6	0.3	淡~汽	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (多) <i>Microcystis aeruginosa</i> (多)	高安ら
1948 昭和23年	1.0		淡~汽	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (基) <i>Microcystis aeruginosa</i> (多)	元田・石田
1955 昭和30年	8	1前後	淡~汽	<i>Anabaena flos-aquae</i> (基)	高安
1964 昭和39年	9.5	1.2			黒田ら
1965 昭和40年	9	0.8	淡~汽	<i>Anabaena flos-aquae</i> (少)	黒田ら
1974 昭和49年	9.5	0.6			黒田ら
1979 昭和54年	1.0	0.8	淡~汽	<i>Anabaena flos-aquae</i> (基) <i>Merismopedia tenuissima</i> (多)	網走開発建設部
1985 昭和60年	7	4.0	淡~汽	<i>Oscillatoria</i> sp. <i>Merismopedia</i> sp. <i>Anabaena flos-aquae</i> (少)	網走開発建設部
1991 平成3年	6	2.7	淡~汽	<i>Merismopedia tenuissima</i> (多) <i>Anabaena flos-aquae</i> (多) <i>Microcystis</i> sp.(多)	網走開発建設部
1992 平成4年	6	3.3	淡	<i>Merismopedia tenuissima</i> (多)	網走開発建設部
1994 平成6年	5	2.2	淡	<i>Anabaena flos-aquae</i> (多) <i>Merismopedia</i> sp.(多)	網走開発建設部
1995 平成7年	6	1.4	淡	<i>Chroococcus</i> sp.(優) <i>Merismopedia</i> sp.(優)	網走開発建設部
1996 平成8年	6	1.1	淡~汽	<i>Anabaena flos-aquae</i> (多)	網走開発建設部
1997 平成9年	7	2.6	淡~汽	<i>Anabaena flos-aquae</i> (優) <i>Merismopedia</i> sp.(優)	網走開発建設部

(注) 1. 境界水深、塩分は概ね夏季の留出層の底層の値を示す。

2. 塩分適応は代表種の主な生息域(淡水(淡)、汽水(汽)、海潮(海))を示す。

3. 代表種の( )内の記述は文献上での量的多寡の記載を示した。

(少) : 水の半成形、(多) : 多い、(優) : 優占、(少) : 少ないが特徴種

ン相が既に形成されていると推測される。

その後は現在に至るまで、藍藻では *Anabaena flos-aquae*, *Merismopedia* 属, 珪藻では海産珪藻の *Chaetoceros* 属, 淡水～汽水性の *Stephanodiscus han茨chii*, 淡水産の *Cyclotella* 属等が混生して優占種となり、汽水湖の植物プランクトン相を呈している。

一方、塩淡境界水深は、1955年（昭和30年）頃に水深が8mまで上昇し、また塩分も1926年（昭和元年）の0.2PSALから1PSALに上昇した時期であることから、この頃に汽水湖の植物プランクトン相が形成されたものと考えられる。その後、塩淡境界水深は昇降を繰り返しながら現在の6m前後となり淡水層の塩分は1～4PSALの変動を示しているが、植物プランクトン相には変化が認められない。

### 3.3.3 魚類への影響

過去の魚類調査結果（1967, 1982, 1983, 1994年）と1995～1997年の調査結果による確認種を、一覧表として表3・7に示す。

これらの調査間における塩淡境界層水深の推移は、1967年以降では年平均値で10.0m（1977）～5.0m（1987, 1988, 1990）の変化が、1994～1997年の間には6.0～7.2mの変化がみられた。

これに対し、1994～1997年調査では、顕著な魚種の変化は認められない。また、スナヤツメ、エゾウゲイ、ドジョウ、フクドジョウ、エゾホトケ、キュウリウオ、チカ、イトウ、ボラ、ゴマハゼ、チヂブ、コマイは1994年以降の調査で確認されていないが、これら淡水種は主に流入部・流出部に分布している種である。このため、過去の調査は資料が保管されていないので原典を直接確認していないが、これらの種の確認状況の違いは調査範囲の違いによるものと推測される。

また、「日本の絶滅のおそれのある野生生物」（1991, 環境庁）の危惧種であるイトウが過去に確認されているが、これは聞き取り調査によるものである。

以上のことから、塩淡境界層水深の変化による魚類への影響については、少なくとも1994～1997年の6.0～7.2mの範囲では、顕著な魚種の変化は認められない。

ただし、青潮による魚類への影響については、詳細な調査・検討はされていないが、青潮発生に伴う魚類やエビ類の斃死が過去に報告されている。また、外的環境への適応力が乏しい孵化直後の仔魚等は、青潮による無酸素水や硫化物の影響を受ける可能性がある。

なお、網走湖における主要な水産種であるワカサギおよびシラウオについては、両者とも湖域と海域を行き来

する回遊魚であるため、塩分濃度変化には比較的強いと考えられ、湖域での生活には塩分低下に伴う直接的な影響は少ないと考えられる。また、同様に水産種であるコイについても、大きな河川の中流～下流域、汽水域、湖沼が生息域とされており<sup>10)</sup>、塩分の変化には強いと考えられるため、境界層変動に伴う影響は少ないものと考えられる。

### 3.3.4 水生植物への影響

過去に行われた網走湖の水生植物調査結果（1967, 1979, 1994年）と1995～1997年の調査結果による確認種を、一覧として表3・8に示す。

これらの調査間における塩淡境界層水深の推移は、1967年以降では年平均値で10.0m（1977）～5.0m（1987, 1988, 1990）の変化が、1994～1997年の間には6.0～7.2mの変化がみられた。

これに対して、水生植物の確認種類は、調査範囲、方法等が異なるため、一律に比較することは出来ないが、浮葉植物・沈水植物・浮遊植物に限って比較すると顕著な経年変化はみられない。

ただし、調査精度の問題があり直接的な比較は困難であるが、1979年と1996年の調査結果から主な構成種の分布を比較すると、変化がみられる。（図3・8）

1996年調査で西岸に多数の分布が確認されたリュウノヒゲモは、淡水または汽水性の池沼または河川に群生する沈水性の多年草である。また、シャジクモについても、池、溝、湖沼、水田、川などの淡水域のほか潟湖や河口付近などの汽水にも生息するとされている。一方、1979年から1996年にかけては淡水層の塩分濃度に増加がみられることから、汽水性の種の生息域が広がってきた可能性が考えられる。

網走湖内に現存する水生植物について、高塩分に対する生育限界は明らかとなっていない。しかし、網走湖が昭和元年頃まで淡水湖であったことから、塩分は低い方が望ましいものと推測される。したがって、塩淡境界層水深は深い方が望ましいと考えられる。

### 3.3.5 トンボ類への影響

1995年より、呼人浦を中心にトンボ類の成虫・幼虫の生息分布状況等について調査が実施されている。そのうち成虫調査の結果を、一覧として表3・9に示す。

調査期間を通じて出現種はほぼ一定であり、トンボ類成虫の出現状況に変化はみられない。

一方、1995～2000年における塩淡境界層水深には5.6m（2000年）～7.4m（1998年）の範囲内で変動がみら

表3・7 網走湖における魚類の確認種一覧

	科	種	1967年 <sup>※1</sup>	1982年 <sup>※2</sup>	1983年 <sup>※3</sup>	1994年 <sup>※4</sup>		1995年 <sup>※5</sup>		1996年 <sup>※6</sup>			1997年 <sup>※7</sup>
						春季 6月	夏季 9月	夏季 9月	秋季 11月	春季 5月	夏季 8月	秋季 11月	春季 5月
		塩淡境界層水深(m)	-9	-9.1	-8	-6		-6		-6.2			-7.2
1	ヤツメウナギ	カワヤツメ				●				●	●		●
2		スナヤツメ	●▽	●▽	●▽								
3	ウナギ	ウナギ			●								
4	ニシン	ニシン				●							
5	コイ	コイ	●	●	●		●					●	
6		フナ類	●										
7		マルタウゲイ				●	●	●	●	●	●	●	●
8		エゾウゲイ		●▽	●▽								
9		ウゲイ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
10		ヤチウゲイ		●	●								
11		ギンブナ				●	●	●	●	●	●		
12	ドジョウ	ドジョウ		●▽	●▽								
13		フグドジョウ		●▽	●▽								
14		エゾホトケ		●▽	●▽								
15	キュウリウオ	キュウリウオ	●▽	●▽	●▽								
16		チカ		●▽	●▽								
17		ワカサギ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
18	シラウオ	シラウオ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
19	サケ	イトウ	●▽	●▽	●▽								
20		アマス	●	●	●				●				
21		サカ	●	●	●	●							
22		カラフトマス	●	●	●	●				●			
23		サクラマス	●	●	●	●							
24		シロサケ								●			
25	サヨリ	サヨリ					●	●				●	
26	トゲウオ	イヨ	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●
27		トミヨ	●			●	●			●	●	●	
28		イハラトミヨ				●	●	●	●	●	●	●	
29		トゲウオ類								●			
30	ボラ	ボラ		●▽	●▽								
31		メダガ	●	●	●					●			
32	ハセ	ウキゴリ	●	●	●	●	●	●					
33		ヒリコ		●	●								
34		ヨシノボリ											
35		ジュスカカハゼ	●1	●1	●1	●		●		●			
36		アシシロハゼ	●			●	●	●		●	●	●	
37		ゴマハゼ		●▽	●▽								
38		ルリシノボリ				●							
39		スマチフ				●	●	●	●	●	●	●	
40		チフ	●▽	●▽	●▽								
41	カレイ	スマガレイ	●2	●2	●2	●	●	●	●	●	●	●	
42		スナガレイ											
43	タラ	コマイ	●▽	●▽	●▽								
計			21	27	28	18	13	15	11	16	14	15	11
						20		17		22			

●：出現種▽：湖の流入部・流出部に主に分布する種

注) 1 クリハゼと記載 2 カワガレイと記載

(調査範囲) 1967年,1982年,1983年は、網走湖全域および河川

1994～1997年は、いずれも網走湖全域

※1 北海道立網走水産試験場（1967）：網走湖の現況について

※2 北海道開発局網走開発建設部（1982）：網走川の生物

※3 北海道開発局網走開発建設部（1983）：網走湖水質保全調査総合報告書

※4 北海道開発局網走開発建設部（1995）：平成6年度網走湖現況調査業務概要編（調査実施：春・夏）

(採捕漁具：刺網・投網・タモ網または引き網)

※5 財團法人河川環境管理財團（1996）：平成7年度網走湖浄化対策検討業務報告書（調査実施：夏・秋季）

(採捕漁具：引き網または投網・タモ網)

※6 財團法人河川環境管理財團（1997）：平成8年度網走湖浄化対策検討業務報告書（調査実施：春・夏・秋季）

(採捕漁具：引き網または投網・タモ網)

※7 財團法人河川環境管理財團（1998）：平成9年度網走湖浄化対策検討業務報告書（調査実施：春季）

(採捕漁具：引き網または投網・タモ網)

表3・8 網走湖における水生植物の確認種一覧

	科	種	1967年 <sup>※1</sup>	1983年 <sup>※2</sup>	1994年 <sup>※3</sup>		1995年 <sup>※4</sup>		1996年 <sup>※5</sup>			1997年 <sup>※6</sup>	
					夏季 9月	秋季 11月	夏季 9月	秋季 11月	春季 5月	夏季 7月	秋季 11月	春季 5月	
		塩淡境界層水深(m)	-9	-8	-6	-6	-6	-6	-6.2	-6.2	-7.2		
1	スイレン	エゾヒヅクサ <i>Nymphaea tetragona</i>	●										
2		エゾカワホネ <i>Nuphar numidum</i>	●										
3	マツモ	マツモ <i>Ceratophyllum demersum</i>		●	●	●	●	●	●	●	●	●	
4	ビシ	ビシ <i>Trapa natans</i>	●	●	●	●	●			●			
5	アリトウグサ	ホザキノサモ <i>Myriophyllum spicatum</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
6		フサモ <i>Myriophyllum verticillatum</i>			●								
7	トチカガミ	セキショウモ <i>Vallisneria asiatica</i>		●		●							
8		クロモ <i>Hydrilla verticillata</i>		●									
9	ヒルムシロ	エビモ <i>Potamogeton crispus</i>	●	●	●								
10		ヒルムシロ <i>Potamogeton destitutus</i>	●	●									
11		ヤナギモ <i>Potamogeton oxyphyllus</i>	●	●	●								
12		ヒロハ/エビモ <i>Potamogeton perfoliatus</i>			●	●	●	●	●	●	●		
13		ササエビモ <i>Potamogeton pinniflorus</i>	●										
14		リュウノヒモ <i>Potamogeton pectinatus</i>				●	●		●	●			
15		センニンモ <i>Potamogeton puerlanus</i>				●	●	●	●	●	●	●	
16		ツツイトモ <i>Potamogeton panormitanus</i>							●	●			
17		イトモ <i>Potamogeton pusillus</i>		●	●	●	●						
18		エゾヤナギモ <i>Potamogeton compressus</i>							●				
19	ウキクサ	ウキクサ <i>Spirodela polyrhiza</i>		●	●								
20	ミル	ミル <i>Codium sp.</i>					●				●		
21	シオガサ	ウキシオガサ <i>Cladophora crispsata</i>				●		●	●	●	●	●	
22	シャジクモ	シャジクモ <i>Chara braunii</i>					●			●			
		計	8	10	9	9	8	5	9	8	5		
23	トクサ	ミストクサ <i>Equisetum limosum</i>				●							
24	タデ	エゾミタコ <i>Polygonum amphibium</i>	●										
25	キンボウケ	エゾコウソウ <i>Calothamnus palustris</i>				●							
26	アフラナ	ワサビ <i>Wasabia japonica</i>				●							
27	セリ	トクセリ <i>Cicuta virosa</i>				●							
28		セリ <i>Oenanthe javanica</i>				●							
29	ミツガシワ	ミツガシワ <i>Menyanthes trifoliata</i>				●							
30	オモダカ	サンオモダカ <i>Alisma plantago</i>				●							
31	イネ	ヨシ <i>Phragmites communis</i>	●	●	●								
32		ツルヨシ <i>Phragmites japonica</i>				●							
33		マコモ <i>Zizania latifolia</i>			●	●							
34	サトイモ	ヒメイカウ <i>Calla palustris</i>				●							
35		ミスバヒコ <i>Lysichiton camtschatcensis</i>					●						
36	ガマ	ガマ <i>Typha latifolia</i>	●	●									
37	カヤツリグサ	トイ <i>Scirpus tabernaemontani</i>	●	●	●								
		計	4	4	13								
		合計	12	14	22		11		10	5			

(調査範囲は網走湖内、1967,83年調査は沿岸を含む)

No.1～22は浮葉・沈水・浮遊植物で1995～97年の調査対象となっている。

No.23～37は抽水植物であり、1995～97年調査の対象外である。

※1 北海道立網走水産試験場（1967）：網走湖の現状について

※2 北海道開発局網走開発建設部（1983）：網走湖水質保全調査総合報告書

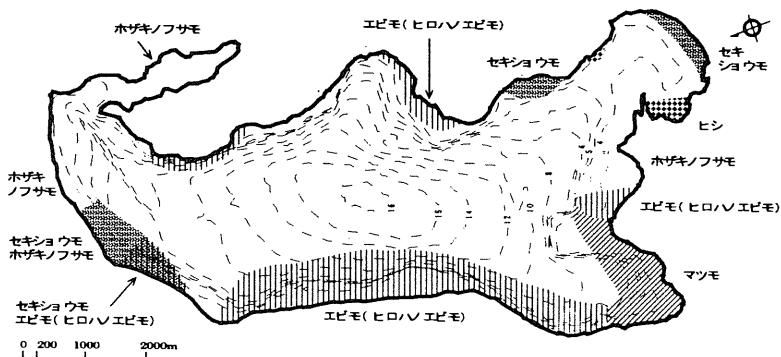
※3 北海道開発局網走開発建設部（1995）：平成6年度網走湖現況調査業務概要編

※4 財團法人河川環境管理財團（1996）：平成7年度網走湖浄化対策検討業務報告書（調査実施：夏・秋季）

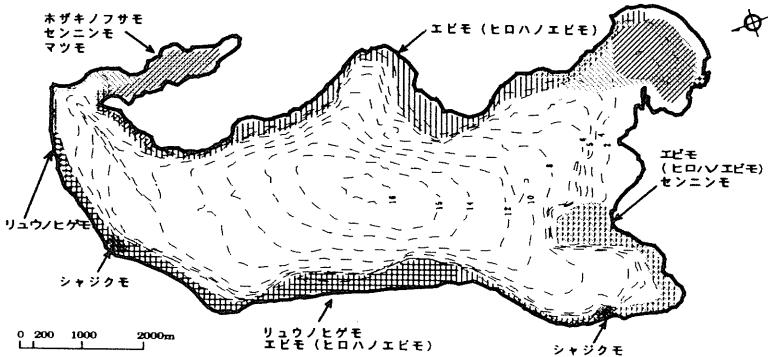
※5 財團法人河川環境管理財團（1997）：平成8年度網走湖浄化対策検討業務報告書（調査実施：春・夏・秋季）

※6 財團法人河川環境管理財團（1998）：平成9年度網走湖浄化対策検討業務報告書（調査実施：春季）

1979年9月(昭和54年度網走湖水質保全調査業務報告書より作成)



1996年10月(平成8年度網走湖浄化対策実績業務報告書より作成)



凡 例	
ホザキノサモ	マツモ
エビモ(ヒロハノエビモ)	センニンモ
リュウノヒゴモ	リュウノヒゴモ
シャジクモ	ヒシ
	セキショウモ

注1) : エビモは、1994年より大部分をヒロハノエビモとして同定されている。  
注2) : 1996年調査結果では、錦糸藻のウヂオグサの正確な分布が報告されているが、過去の水生植物調査では、調査対象としていない可能性があるため、ここでは除却した。

図3・8 網走湖における水生植物分布状況の経年変化

表3・9 呼人浦におけるトンボ成虫の確認種一覧

科	種	1995年 6~10月	1996年 6~10月	1997年 6~10月	1998年 6~10月	1999年 8~9月	2000年 7~8月
塩淡境界層水深(m)							
1 アオイトトンボ	アオイトトンボ <i>Lestes sponsa</i>	●	●	●	●	●	●
2 イトトンボ	オツネントンボ <i>Sympetrum paedicia</i>	●	●	●	●	●	●
3	アカメイトンボ <i>Erythromma humerale</i>	●	●	●	●	●	●
4	クロイトトンボ <i>Cercion calamorum calamorum</i>	●	●	●	●	●	●
5	セスジイトトンボ <i>Cercion hieroglyphicum</i>	●	●	●	●	●	●
6	エゾイトトンボ <i>Coenagrion lanceolatum Selys</i>	●	●	●	●	●	●
7	ルリイトトンボ <i>Enallagma boreale circulatum</i>	●	●	●	●	●	●
8	マンシュワイトトンボ <i>Ischnura elegans elegans</i>	●	●	●	●	●	●
9 ヤンマ	ルリボシヤンマ <i>Aeshna juncea</i>	●	●	●	●	●	●
10	オオルリボシヤンマ <i>Aeshna nigroflava</i>	●	●	●	●	●	●
11	ギンヤンマ <i>Anax parthenope julius</i>	●	●	●	●	●	●
12 サナエトンボ	コサナエ <i>Trithemis melanopus Selys</i>	●	●	●	●	●	●
13 オニヤンマ	オニヤンマ <i>Anotogaster sieboldii</i>	●	●	●	●	●	●
14 エソトンボ	エゾトンボ <i>Somatochlora viridiaenea viridiaenea</i>	●	●	●	●	●	●
15	タカネソリトンボ <i>Somatochlora uchidai</i>	●	●	●	●	●	●
16	キバネソリトンボ <i>Somatochlora graeseri aureola</i>	●	●	●	●	●	●
17	オオトラフトンボ <i>Epitheca bimaculata sibirica</i>	●	●	●	●	●	●
18 トンボ	ヨツボシトンボ <i>Libellula quadrimaculata asahinai</i>	●	●	●	●	●	●
19	シオカラトンボ <i>Orthemis albistylum speciosum</i>	●	●	●	●	●	●
20	タイリクアカネ <i>Sympetrum striolatum mitoides</i>	●	●	●	●	●	●
21	アキアカネ <i>Sympetrum frequens</i>	●	●	●	●	●	●
22	ノシメトンボ <i>Sympetrum infuscatum</i>	●	●	●	●	●	●
23	マユタケアカネ <i>Sympetrum eroticum eroticum</i>	●	●	●	●	●	●
24	キトンボ <i>Sympetrum croceolum</i>	●	●	●	●	●	●
		24種	24種	24種	23種	22種	18種

れるとともに、呼人浦の夏季塩分は0.9～2.9PSALの範囲内で変動しており、この期間において、塩淡境界層水深および塩分の変動とトンボ確認種数との間に明確な関係は認められない。

網走湖内に現存するトンボ類について、高塩分に対する生育限界は明らかとなっていない。しかし、トンボ類の産地は淡水であるため、塩分は低い方が望ましいものと推測される。したがって、塩淡境界層水深は深い方が望ましいと考えられる。

以上より、生物からみた適正な塩淡境界層水深は、ヤマトシジミの卵発生のために6～7mより深くならず、かつ水生植物およびトンボ類等保護の点から可能な限り深い方が望ましいものと考えられる。

#### 4. 望ましい塩淡境界層水深のまとめ

水理、水質および生物面から適正な塩淡境界層水深について検討を行った。水理面（青潮発生を抑制する面）からの適正な塩淡境界層水深は深い方が望ましく、水質面（アオコ発生を抑制する面）からの適正な塩淡境界層水深も深いほど望ましいと考えられる。さらに、生物面からみた適正な塩淡境界層水深は、ヤマトシジミの卵発生のために6～7mより深くならず、かつ水生植物およびトンボ類等保護の点から可能な限り深い方が望ましいものと考えられる。

以上の結果に基づき、水理、水質および生物の面から総合的に判断すると、網走湖の塩淡境界層水深は6～7m程度で推移することが望ましいものと判断される。

### 5. 今後の課題

#### 5.1 調査および解析の課題

本検討は平成12年度までの調査検討に基づくものであり、アオコの発生メカニズム等未解明な部分を含んでいるなかでの検討結果である。特に生物については、今回は主要な生物群を対象として検討したが、これ以外の種にも影響が及ぶ可能性があるほか、検討対象とした種についても、経年的に比較可能な既往調査が少なく、水生植物の遷移など不明確な部分の残るものもある。

したがって、網走湖の適正な塩淡層水深については、今後も調査検討を継続し、知見を蓄積する必要がある。

本報告で取り上げた項目毎に主要な課題を示すと、次のとおりである。

- (1) 青潮について、発生した場合の水質変化の把握
- (2) アオコについて、発生機構および発生条件の解明
- (3) 生物について、

- ・ヤマトシジミ卵発生と水温、水質等の関係

低塩分でも高水温時に発生する事例が知られており、望ましい境界層水深の下限が変わる可能性がある。

- ・植物プランクトン出現種のモニタリング

栄養塩類を直接消費する一次生産者であり、アオコの発生機構および影響解明にデータが必要である。

- ・シラウオの産卵場所の把握

湖内における産卵が指摘されており、湖内で過ごす期間が主に適応力の弱い仔魚期である可能性がある。

- ・水生植物のモニタリング

水草の生育状況は水生動物の生育にも大きく影響する。

#### 5.2 その他の課題

本稿においては、自然科学的な観点から望ましい塩淡境界層水深を検討した。このような検討を施策に活かすためには、行政による判断および関係者の合意が、別途必要である。

したがって、現状では行政機関を構成員とする網走湖環境保全対策推進協議会が存在するが、今後は地域住民の参加を含む関係者の合意形成の場を設けることが必要である。

### 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) 財団法人河川環境管理財団 (1988) : 昭和62年度網走湖流動調査報告書
- 2) 北海道開発局網走開発建設部 (1989) : 昭和63年度網走湖流動調査報告書
- 3) 北海道開発局網走開発建設部 (1991) : 平成2年度網走湖水質保全調査業務報告書

- 4) 北海道開発局網走開発建設部（1992）：平成3年度  
網走湖水質保全調査業務報告書（その2）
- 5) 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
- 6) 北海道開発局網走開発建設部（1990）：平成元年度  
網走湖流動調査報告書
- 7) 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
- 8) 財団法人河川環境管理財団（2000）：平成11年度一  
級河川網走川汚濁負荷量解析検討業務報告書
- 9) 馬場勝寿（1997）：「網走湖の環境とヤマトシジミ  
の生態について」，育てる漁業，No.295 p2-7，（社）北  
海道栽培漁業公社
- 10) 財団法人リバーフロント整備センター（1996）：川  
の生物図典

## 2. 河川におけるダイオキシン類の分析と精度管理について

小川 信次\*・岡村 智則\*\*・鈴木 幹夫\*\*\*・本島 孝一\*\*\*\*

### 1. はじめに

ダイオキシン類等の有害化学物質問題は、国民に大きな不安を与えるとともに、化学物質を使用する産業活動に抑制的な影響をもたらすなど、重大かつ緊急に解決すべき問題になっている。また、平成12年1月15日からダイオキシン類対策特別措置法が施行された。国土交通省では一級河川直轄管理区間において、平成11年度から水質・底質中のダイオキシン類濃度調査を実施している。

ダイオキシン類の測定は、環境中のダイオキシン類が非常に微量であるため、その測定には高度の技術と経験が必要とされている。このようなダイオキシン類の調査・分析の実施においては、統一的な精度管理が極めて重要であり、調査・分析を実施する機関内での精度保証・精度管理の徹底を図ることにより、データの信頼性を確保することが不可欠である。

国土交通省が実施したダイオキシン類濃度調査のとりまとめを行う上で、データの早期確定およびデータの信頼性を確保する観点から、河川環境管理財団に「ダイオキシン類精度管理委員会」を設置し、ダイオキシン類測定における精度管理手法について検討を行うとともに、測定結果の精査・確定を行った。

以下に、これまでに検討してきたダイオキシン類測定に関する精度管理方法について記述する。

### 2. 精度管理

ダイオキシン類精度管理の問題点として以下のことがあげられる。

- ①手法が未統一：JISは制定されているが、自由度が大きく、分析機関の自主性にまかされているのが実状。
- ②専門家の助言を得ないと数値が正しいものかどうか判断ができない。

③外部精度管理に時間がかかる。

従来、データの確定には、試料採取後半年から1年近くの時間を要していた。そのため、精度管理手法を統一し、効率の良い精度管理を実施するための検討を行った。

#### 2.1 精度管理方法の概要

精度管理手法の概要を図1に示す。以下に、図1の内容について概説する。

##### (1) 調査方法の統一

各調査・分析機関が統一的な手法により調査・分析を実施するよう、留意事項を定め各機関に発注者を通じて周知した。留意事項には、調査・分析機関が、調査媒体ごとに定められたJISマニュアルに従い、統一した方法で調査・分析を実施するよう調査・分析方法のほか、調査・分析の精度を保証するための二重測定やトラベルブルランク試験の実施、検出下限値、試料の保存方法等をまとめた。

##### (2) 精度管理計画書の提出

調査・分析機関に対し、自社の内部精度管理体制の見直しとともに、測定結果の信頼性を担保するため、精度管理計画書の提出を求めた。精度管理計画書には、試料採取、前処理、分析、データ整理、報告書作成等の各段階における精度管理の計画について記載を求めた。

##### (3) クロスチェックの実施

分析機関の技術レベルを把握するため、各分析機関には、(財)河川環境管理財団が配布する共通試料(土壤試料)について、実試料と同一の方法で分析し、その分析結果および測定条件等を記載した調査票の報告を求め、結果の解析を行った。

\* (財)河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第2部 次長

\*\* (財)河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第2部 主任研究員

\*\*\* 國土環境(株) 環境化学グループ 部長

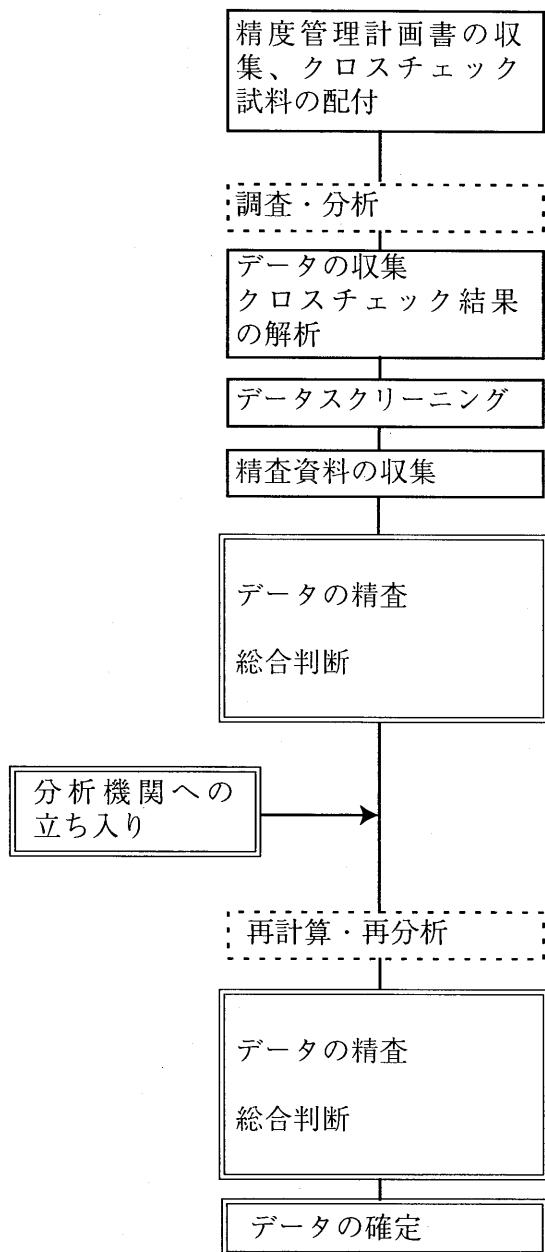
\*\*\*\* 國土環境(株) 環境化学グループ 主任研究員

#### (4) 報告書の書式を統一

報告書は各分析機関が独自のフォーマットで作成しているため、第三者が資料を見る場合非常にわかりにくく状況にあった。

そこで、資料の内容と、書式を統一し、電子データと

#### 従来の精度管理方法（日本環境衛生センター）



して報告させることにした。また、データの数値がどのように算出されたか、分析機関および第三者が容易に確認できるよう、検算シートを作成し、一部の12年度分析機関には試行的に記入、提出させた。

#### 当財団が実施した精度管理方法

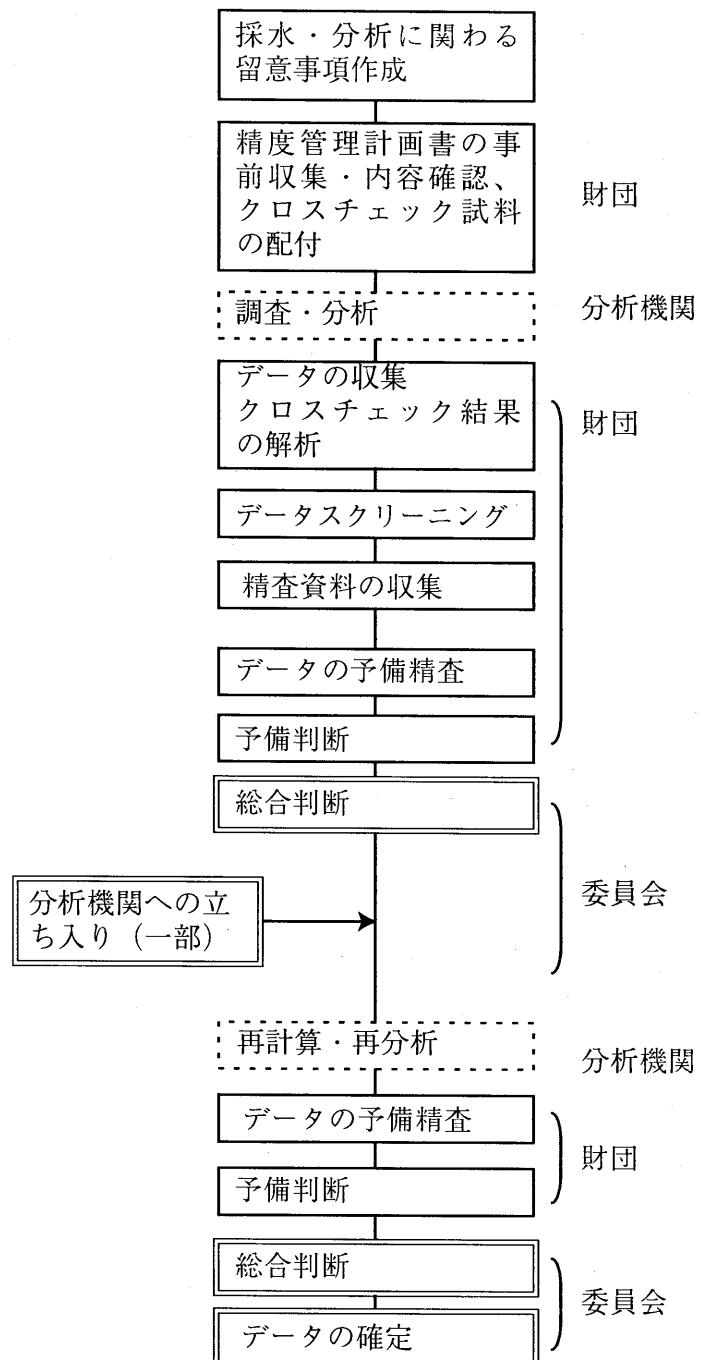


図1 精度管理手法の概要

測定データの精査・確認については、あらかじめ河川環境管理財団がデータの収集・整理・スクリーニングおよび予備精査等を実施し、問題があると判断されたデータおよび高濃度データについて、委員会が適否の判断および改善対策の指導を行う。

#### (5) 報告データのスクリーニング

環境中で検出されるダイオキシン類の平均的な異性体の比率が分かっている。試料の前処理に問題があったり、他からの汚染を受けていないか等、測定結果が十分な精度管理体制のもとで測定がされているかを確認する一つの手法として、報告された結果のなかからこれらの異性体比率から外れるものを選び出した。また、回収率がJISおよびマニュアルの規定から外れるもの、高濃度上位5%以内に入る試料および水質試料で環境基準の1pg-TEQ/Lを超えるものを選び出し、予備精査および精査・確定を行うこととした。

#### (6) 予備精査

精度確定のスピードアップを図るため、スクリーニングにより選別された測定結果の予備精査を行い、問題点を抽出し、「ダイオキシン類精度管理委員会」へ報告した。

#### (7) 精査・確定

「ダイオキシン類精度管理委員会」において、測定結果の有効性を確認し、精度管理上不備があると判断された場合は、分析機関に詳細な分析関連データの提出を求めた。また、分析結果を採用することが不適当と判断された場合には、分析機関に再分析を求めた。

測定結果に問題が無い、または、許容できる範囲内であるものについては委員会で確定とした。

事務局および委員会の委員間での連絡は、データ確定までの間、その取り扱いには注意が必要であるため、財団内にメーリングリストを設定し、これを使用した。

#### (8) 立入り・指導

精査作業において著しく測定に問題があると思われる分析機関に対し、ダイオキシン類精度管理委員会の委員、発注者、河川環境管理財団が立ち入りを行い、精度管理責任者から説明を受けるなど、データ確定に必要な聞き取り、および助言を行った。

### 2.2 内部精度管理手法の検討

ダイオキシン類の測定は極微量の測定となるため、調査から測定結果を出すまでの各段階において十分な精度管理を必要とする。

各機関の内部精度管理を徹底させ、質の高い測定結果が得られることを目的として、各調査分析受託機関および試料採取実施機関に対し、試料採取、前処理、分析、

データ整理、報告書等作成の各段階における精度管理の計画書の提出を求めた。

河川環境管理財団において、提出された計画書の内容を審査し、記載内容の不備について必要に応じて修正を求めた。

精度管理計画書に記載すべき内容は、「ダイオキシン類精度管理委員会」の助言のもとに作成した。

#### 記載内容

##### (1) 業務概要

- ①業務名
- ②業務期間
- ③発注機関名
- ④受注機関名
- ⑤採取地点等

##### (2) 精度管理概要

- ①概要
- ②精度管理の組織・体制
- ③検出下限値
- ④外注機関に対する管理体制
- ⑤作業工程管理

##### (3) 試料採取計画

- ①試料採取計画の概要
- ②試料運搬方法
- ③試料保管方法
- ④サンプリング可否判断条件
- ⑤トラベルプランク試験実施計画
- ⑥二重測定試料採取計画
- ⑦現場野帳の内容
- ⑧汚染対策

##### (4) 前処理

- ①前処理方法概要
- ②スパイク添加時期・添加量
- ③分画条件
- ④ラボコントロール試料の利用計画
- ⑤汚染対策
- ⑥前処理済測定液の保存方法
- ⑦前処理操作履歴の記録

##### (5) 分析

- ①使用機器
- ②GC-MSの点検

- ③測定条件の概要
- ④トレーサビリティの確保
- ⑤検量線
- ⑥分析の有効性に関する判断基準
- ⑦回収率
- ⑧二重測定の評価方法
- ⑨トラベルブランクの評価方法
- ⑩全操作ブランク
- ⑪汚染対策
- ⑫定量計算
- ⑬分析履歴の記録
  
- (6) 結果の報告
- ①分析結果表の構成
- ②品質管理報告書の構成

### 2.3 スクリーニング手法

各分析実施機関から提出された測定結果の信頼性を確認する一つの方法として以下のスクリーニング（選別）を行った。

ダイオキシン類の測定は、ポリ塩化ジベンゾーパラジオキシン、ポリ塩化ジベンゾーフラン、コプラナーPCBの各異性体を測定しており、環境中で検出されるダイオキシン類の平均的な異性体の比率が分かっている。スクリーニングはこれらの異性体比率から外れるものが測定において、前処理、分析操作等に精度管理上問題がある可能性があるとしてデータのチェックを行うものである。さらに回収率がJISおよびマニュアルの規定から外れるものも精度管理上問題があるとしてチェックを行った。また、高濃度が検出された試料については、測定値の信頼性を確認するためにデータの見直しを行った。

スクリーニング手法を以下に示す。

#### 1) 異性体比による判別

以下の関係から外れているものを問題がある試料とした。

- ・ 1368 – TeCDD > 1379 – TeCDD の関係があるか？
- ・ 123478 – HxCDD < 123678 – HxCDD の関係があるか？
- ・ Co – PCB の # 118 が検出されているか？
- ・ #118 > #105 > #77 > #126 > #169 の関係があるか？

上記4ケースを基本とし以下のケースも判定した。

- ・ 2378 – TeCDD が  $\Sigma$  TeCDDs の 5% 以下か？
- ・ 12378 – PeCDD が  $\Sigma$  PeCDDs の 10% 以下か？

- ・ 123478 – HxCDD が  $\Sigma$  HxCDDs の 10% 以下か？
- ・ 123678 – HxCDD が  $\Sigma$  HxCDDs の 10% 以下か？
- ・ 123789 – HxCDD が  $\Sigma$  HxCDDs の 10% 以下か？
- ・ 1234678 – HpCDD が  $\Sigma$  HpCDDs の 30 ~ 68% の範囲か？
- ・ 2378 – TeCDF が  $\Sigma$  TeCDFs の 10% 以下か？
- ・ 12378 – PeCDF が  $\Sigma$  PeCDFs の 10% 以下か？
- ・ 123478 – PeCDF が 23478 – PeCDFs の 50 ~ 200% の範囲か？
- ・ 123478 – HxCDF が  $\Sigma$  HxCDFs の 15% 以下か？
- ・ 123678 – HxCDF が  $\Sigma$  HxCDFs の 15% 以下か？
- ・ 123789 – HxCDF が  $\Sigma$  HxCDFs の 10% 以下か？
- ・ 234678 – HxCDF が  $\Sigma$  HxCDFs の 20% 以下か？
- ・ 1234789 – HpCDF が  $\Sigma$  HpCDFs の 15% 以下か？
- ・ 1234678 – HpCDF > 1234789 – HpCDFs の関係があるか？
- ・ Co – PCB で #118 が最大、#105 が 2 番目の異性体か？
- ・ #156 > #157 > #169 の関係があるか？
- ・ #126 が #77 の 25% 以下か？
- ・ #169 が #126 の 20% 以下か？
- ・ #81 が #77 の 20% 以下か？
- ・ #105 が #118 の 60% 以下か？
- ・ #123 が #105 の 20% 以下か？
- ・ #157 が #156 の 50% 以下か？
- ・ #169 が #156 の 15% 以下か？

ただし、定量下限値付近のデータについては、その大小関係が多少逆転していても許容できるとの判断から、定量下限値以上の濃度で足切りを実施している (co – PCB#118については検出されていること)。

#### 2) その他事項

- ・ クリーンアップスパイクで加えた、内標準物質の回収率が 50 ~ 120% であるか？
- ・ スパイクの添加量は適正か？
- ・ 操作ブランクにおいて異常は無いか？
- ・ トラベルブランクにおいて異常は無いか？

#### 3) 高濃度データの抽出

高濃度の値が検出された試料については、上記スクリーニング結果の結果にかかわらずデータの精査を実施した。

##### ①水質試料

全水質データの上位 5% の範囲に入るものの、上記範囲外であっても、1pg – TEQ/L 以上検出されたものはすべて精査対象とした。

##### ②底質試料

全底質データの上位 5% の範囲に入るものの、

#### 4) スクリーニング結果

平成12年度に実施した調査結果のうち、スクリーニング対象となった検体を表1に示した。対象検体数は全試料の約3割程度であり、特定の分析機関に偏る傾向があった。

表1 スクリーニング結果概要

	調査名	検体数	精査対象検体数
水質	実態把握調査	245	65
	形態把握調査	42	9
	詳細調査	40	7
	二重測定	22	7
底質	実態把握調査	244	78
	形態把握調査	38	19
	詳細調査	111	68
	二重測定	27	8

#### 2.3 精度管理報告書様式の統一

スクリーニングにより精査が必要となった試料については、精査に必要な資料（チャート等）を提出してもらうこととしたが、測定機関によっては必要資料が十分に整理されていなく、提出に時間がかかった。また、各社様式が異なり、必要資料が提出されない等の問題が生じたため、精査時間の効率化を目的として、精度管理報告書の様式を統一した。

必要資料は、

- 1) 試料の基本情報
- 2) 測定分析結果
- 3) 塩素同位対比の説明
- 4) 使用内標準物質
- 5) 回収率
- 6) 回収率の説明
- 7) 定量に用いた内標準物質
- 8) 各インジェクションの資料
- 9) インジェクションの測定対象化合物とGC-MS測定分析条件
- 10) このインジェクションのMS測定分析条件
- 11) GC-MS感度確認のクロマトグラム
- 12) RRFの記録
- 13) クロマトグラム
- 14) 檢算・回収率チェックシート

クロマトグラムおよびインジェクションリスト以外の資料は、電子ファイルとしファイル名の統一の他、入力

方法、資料の作成方法の説明を添付した。

#### 2.4 予備精査

スクリーニングにかかり精査が必要となった試料は、「ダイオキシン類精度管理委員会」において審査してもらうこととなるが、事前に精度管理報告書を提出してもらい、予備精査を実施し、それぞれの試料の問題点の抽出と予備判断を行った結果を各委員に送り、以後の精査の迅速化をはかった。以下に予備精査の実施項目を示す。

##### 1) 分析条件等

分析がJISおよびマニュアルにそって行われているか、測定上問題が無いかを確認する。

- ①GC-MSの識別
- ②GC分離カラムの情報
- ③GCオープン温度の情報
- ④MS測定条件の情報
- ⑤測定質量数
- ⑥選択イオン検出のサンプリング周期
- ⑦分析条件と結果の連鎖

##### 2) クロマトグラム

クロマトグラムにおいて測定ピークが十分分離測定されているかを確認する。

- ①ピークアサイン
- ②クロマトグラムと定量値の関係
- ③クロマトグラムピーク形状
- ④分離の悪いクロマトグラムピーク

##### 3) ロックマス

質量校正用標準物質のモニターチャンネル（ロックマスチャンネル）のクロマトグラムより、測定機器の状態が満足すべきか確認する。

- ①変動・落ち込み・ノイズ

##### 4) クリーンアップスパイク

回収率を確認し、前処理操作の妥当性を確認する。

- ①クリーンアップスパイクの添加時期
- ②使用内標準物質の種類
- ③回収率
- ④同族体間の回収率
- ⑤同族体内的回収率
- ⑥内標準物質の添加量・回収率・<sup>13</sup>Cのクロマト関係

## 5) 操作プランク結果

分析工程における汚染の状況を確認する。

- ①仕様書の検出下限値に比較して何%か
- ②クロマトグラム

## 6) トラベルプランク結果

調査から試料運搬、分析終了までの全工程における汚染の状況を確認する。

- ①仕様書の検出下限値に比較して何%か
- ②クロマトグラム

## 7) インジェクションリスト

測定試料をGC-MSに注入する順番を示すもので、GC-MS測定時における汚染の確認を行う。

- ①ハードコピーか
- ②高濃度試料の前後のチェック
- ③水質、底質試料の混在測定をチェック

## 8) 検算シート 計算方法の確認

- ①測定ピーク面積から濃度を算出する方法のチェック
- ②回収率算出のチェック

## 2.5 精査・確定

予備精査を終えた試料の精度管理報告書および予備精査結果を「ダイオキシン類精度管理委員会」の各委員に送付し、精査をお願いした。

精査・確定作業は、1つの試料につき2または3名の委員により検討され、問題が大きいと判断された試料については、委員会において検討された。各委員間の意見の交換はインターネットのメールの交換により行った。

スクリーニングにより選別された試料でも検討の結果、測定方法、測定の工程、クロマトグラフの検出状況等に問題が無い、または許容範囲内と判断された試料は、測定結果が正しいと判断され確定値とされた。また、問題があると判断された試料に対しては、委員の指摘により各分析機関に対し、

- ・測定ピークの見直し
- ・再計算
- ・再分析・再測定

の指示がなされ、再度提出された結果について精査が行われた。

## 2.6 立入り調査

精査・確定作業において、その分析機関の測定精度が悪く、また提出された精度管理報告書等の試料から見ても分析工程に問題が見られ、このまま再分析を行っても満足な結果が得られないと判断された機関に対し、立ち入り調査を実施し、聞き取り、および助言を行った。

立入り調査には、「ダイオキシン類精度管理委員会」の委員、発注者、事務局として河川環境管理財団が立ち会った。

## 2.7 クロスチェック

### 1) 概要

各調査機関に均一に調製した共通試料を配布し、報告された分析値を集計解析することにより、当該調査機関における分析値の精度保証・管理の状況を把握した。

### 2) 共通試料

試料は、(社)日本分析化学会が作成した[土壤標準物質 (JSAC 0421 森林土 (中層)) ダイオキシン分析用 (L)]を用いた。

### 3) 調査機関

クロスチェックの対象となる分析機関は12機関であった。

### 4) 試料の送付

平成12年10月(一部の機関に対しては11月)に底質共通試料を送付し、1月後に測定結果の報告を求めた。

### 5) 結果の評価 (Z得点法による結果の評価)

国際規格ISOの試験機関間の熟練度試験を規定するガイド43-1において、評価方法の1つとして提示されているZ値 (Zscore) による方法を採用した。

#### ① Z得点法の概要

##### (1) Z値の算出方法

$$Z\text{値} = (x - X) / s$$

ここで、 $x$  : 各分析機関の測定値

$X$  : 指定値 (assigned value) (注1)

$s$  : 分析結果の標準偏差 (注2)

(注1) 調査機関より報告された分析値の平均値を用いた。ただし、Grubbsの方法により、両側確率5%で棄却されるものは異常値として除外した。

(注2) Grubbsの方法により、両側確率5%で棄却されるものは異常値として除外した後の標準偏差を用いた。

## (2) 評価法

個々に求めたZ値から以下の判定基準に従って評価した。

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| $ Z  \leq 2$ : 満足できる  | ○ |
| $2 <  Z  < 3$ : 疑わしい  | △ |
| $ Z  \geq 3$ : 不満足である | × |

## ② Z得点判定の結果

12機関の15データ（3機関において2重測定を行っているため15データを対象とした）について実施したZ値による判定結果を、表2・1～2・3に示した。

Total PCDDおよびTotal co-PCBについては、全機関で満足できる結果を示した。Total PCDFについては、1機関を除き満足できる結果を示した。

表2・1 Total PCDDの判定結果

Z値	判定	土壌 (n=15)
$ Z  \leq 2$	○	15 (100%)
$2 <  Z  < 3$	△	0 (0%)
$ Z  \geq 3$	×	0 (0%)

表2・2 Total PCDFの判定結果

Z値	判定	土壌 (n=15)
$ Z  \leq 2$	○	14 (93%)
$2 <  Z  < 3$	△	1 (7%)
$ Z  \geq 3$	×	0 (0%)

表2・3 Total co-PCBの判定結果

Z値	判定	土壌 (n=13)
$ Z  \leq 2$	○	13 (100%)
$2 <  Z  < 3$	△	0 (0%)
$ Z  \geq 3$	×	0 (0%)

## ③ 認証値との比較

今回配布した共通試料は、(社)日本分析化学会製の標準試料であり、15機関による分析結果に基づいて求められた認証値が表示されている。

認証値のある異性体について、各分析機関より報告された測定値が、認証値の範囲内で報告されているか否かを判定した。すなわちZ値を算出する際に、Xとして認

証値を、sとして認証値の標準偏差を用いてZ値による判定を行った。これにより、報告値が認証値の範囲内( $|Z| \leq 2$ )であれば"○"として判定される。

認証値と比較した結果を表2・4および表2・5に示す。Total PCDDおよびTotal PCDFについては、全機関で満足できる結果を示した。なお、Total-co-PCBについては認証値が示されていない。

## 6) 結果の送付

Z得点法による評価結果および認証値との比較結果を整理し、各分析機関および発注者に送付した。

表2・4 Total PCDDの判定結果

Z値	判定	土壌 (n=15)
$ Z  \leq 2$	○	15 (100%)
$2 <  Z  < 3$	△	0 (0%)
$ Z  \geq 3$	×	0 (0%)

表2・5 Total PCDFの判定結果

Z値	判定	土壌 (n=15)
$ Z  \leq 2$	○	15 (100%)
$2 <  Z  < 3$	△	0 (0%)
$ Z  \geq 3$	×	0 (0%)

## 3. まとめ

ダイオキシン類の測定結果は極微量の測定であり、分析工程の些細なミスにおいても値に影響を与える。本来、分析機関において十分精査、検討して報告されるべきものであるが、チェックされずに報告されているケースがあり、内部精度管理の不備が見受けられた。

精度管理計画書は各社の内部精度管理に必要なものであるにもかかわらず、記載内容に不備が多い機関もあり、記載事項を示し、再度提出してもらうケースがあった。このため、ここでは、精度管理計画書の記載事項の明確化を行った。

精査を行うために必要な精度管理報告書は、各社の様式で提出されており、必要情報の不足等により再度測定機関に問い合わせ、追加資料の提出を求めるなど、時間がかかったため、精度管理報告書の様式を統一し、全試料について整理し、提出してもらうようにした。

また、予備精査を実施することによって、各委員による精査、およびデータの確定が迅速に行われるようになら。

## 4. 今後の課題

ダイオキシン類測定の精度管理方法については、平成12年度に河川環境管理財団に設置された「ダイオキシン類精度管理委員会」の助力によって、

- ①精度管理計画書記載事項
- ②精度管理報告書様式
- ③スクリーニング手法
- ④予備精査手法

について、かなり整備されてきた。

本来、内部精度管理が十分に機能していれば、外部精度管理がなくとも信頼性の高い結果が報告されるはずである。しかし、現状では、各分析機関の自主性にまかされている状況にあり、今回示したように、精度管理手法を統一することが求められる。

精度管理の問題は、分析を受注した機関の管理体制が整備され機能しているかが問題であり、より多くの機関が、ISO/IEC 17025（ガイド25）のような第三者機関が認定する試験場認定を取得して行くことが望まれる。

## II 河川生態系の保全と回復に関する調査研究



### 3. 天塩川における自然環境再生計画

稻葉 行則\*・鷺野巣 愛\*\*・森谷 公之\*\*\*・渡辺 誠\*\*\*\*

#### 要旨

過去の事業の見直し、今後の事業への反映を目的として、河川の治水・利水機能を維持すると同時に自然環境の保全・再生計画を検討することは、生態系の保全を図る上で重要である。本報告では天塩川上流域の現状を把握、評価し、自然環境再生モデル地区を選定、再生方法について検討した。

まず既往資料および現地踏査から、地理的条件や生物情報等により対象域を5区域に区分した。再生を図る上で、蛇行の直線化によって失われた自然な流れの再生や旧河道の再生、低水路・高水敷への近自然河川工法の導入、湿地・湧水の保全・再生、富栄養化の防止、ダムの弾力運用を天塩川における自然環境再生の着眼点として抽出し、各区分にあてはめ、対応する現状を整理した。

そして再生計画の実現性や優先性を検討した結果、士別～名寄間（B区間）を対象区間として選定し、モデル地区を「つくも水郷公園周辺～士別鉄道橋周辺」に選定した。モデル地区においてはその自然環境の特性と現状の課題から、河畔植生の再生および魚類・底生動物の生息環境の再生を再生方針として取り上げた。これにより、モデル地区における再生計画（案）を作成した。

#### 1. はじめに

地球の自然環境は多様な生物のハビタットとして、生態系のバランスを保ってきた。しかしそれらは人間活動により、今日、急速に減少、悪化の道をたどっている<sup>1)</sup>。河川においても例外ではなく、戦後の治水・利水整備において河川環境への配慮は少なかった<sup>2)</sup>。しかし、近年の社会経済の変化により、河川は治水、利水の役割を担うだけでなく、多様な生物の生息・生育環境として捉えられ、その個性を活かした川づくりが求められるようになった<sup>3)</sup>。

このような背景を踏まえ、平成7年に河川審議会から

「今後の河川環境のあり方について」が答申され、平成9年に河川法が改正された。これにより「治水」「利水」とともに「河川環境の整備と保全」がなされるよう河川を管理することが定められ、現在では治水対策を実施する際には自然環境に極力配慮することとしている。

しかしながら、過去に改修工事等が実施された箇所においては必要以上に自然環境を損ねている部分もあり、そうした場所においては、現地の状況に合わせて自然環境を再生させることが重要である。

そこで本報告では、天塩川における自然環境の現状を把握し、自然環境として保全・再生すべき要素を整理し、再生モデル地区と再生方針を提案、再生計画（案）を作成することを目的とした。

#### 2. 検討方法

本検討は北海道北部を流れる天塩川の上流域を対象として行った。図2・1に検討の手順を示す。まず天塩川における航空写真、河川水辺の国勢調査、流況・水質、河川環境管理基本計画等関連計画、その他既往資料を収集し、環境情報について整理した。それらをもとに対象域の自然環境の現状を把握するため、平成12年10月に現地踏査を実施した。

収集整理した既往資料および現地踏査から対象域を区分し、区間の特徴を整理した。また対象域の自然環境の特性と現状の課題について自然環境再生の観点からとりまとめ、今後自然環境の保全・再生を考えていく上の着眼点を整理した。これらを各環境区分にあてはめ、対応する現状を整理した。

以上の環境情報から実現性、優先性等の項目を検討し、自然環境再生モデル地区を1箇所選定した。選定したモデル地区において、自然環境の復元・再生が望ましい環境要素を抽出し、その再生方針を検討し、再生計画（案）を作成した。

\* (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 主幹

\*\* (財) 河川環境管理財団 北海道事務所

\*\*\* (株) 日水コン 河川事業部 課長代理

\*\*\*\* (株) 日水コン 河川事業部

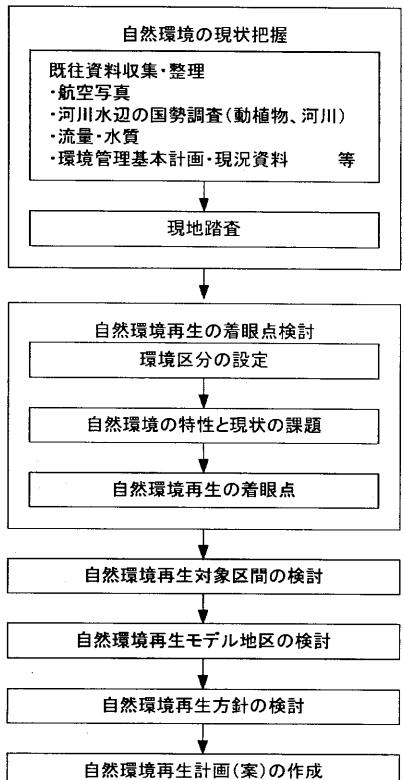


図2・1 検討の手順

### 3. 結果

#### 3.1 自然環境の現状

天塩川は北海道北部の北見山脈天塩岳（標高1,962m）に源を発し、上流に岩尾内ダムを有し、士別市において剣淵川、名寄市において名寄川と合流し、天塩町において日本海に注ぐ、幹線延長256km、流域面積5,590km<sup>2</sup>の日本最北を流れる一級河川である（図3・1）。中川町（KP55）から音威子府村（KP90）間は狭窄部であり、士別市上流（KP175）は旧川が多く存在する。

蛇行を繰り返し流れていた天塩川は、明治31年以降16回と多くの洪水による災害をもたらしたため、大規模なショートカット工事が行われた。テッシ（岩盤）の露出した箇所は急流が認められるものの、大部分は変化に乏しく、また河床勾配が一様で流れも緩やかである。高水敷はブロック整備箇所が多いものの、都市区間を除き水際付近まで河畔林が形成されている。草地や礫の河原は少ない。またKP130より上流では、湧出量は少量だが29の湧水箇所が確認されている。

流域人口は約10万人（人口密度18人/km<sup>2</sup>）、主要産業は農業であり、山地の一部では牧畜が営まれている。水質は生活系排水や畜産系排水の影響を受けているが、

平成10年BOD年平均値は上流域の朝日橋（KP179）で0.6mg/l、中流域の美深橋（KP128）で0.7mg/lと良好である。

河川水辺の国勢調査地区KP193、150、110、43付近の調査結果より、天塩川上流域における生物の生息・生育状況をまとめた。

植物は最上流部で種数が多い。全域でオオイタドリ、オオヨモギなどの代償植生が広く確認されており、木本はオノエヤナギ、エゾノキヌヤナギ、ケヤマハンノキなどが多い。またKP75～80には約70haの河畔林が形成されている。

魚類は、全体的にウグイ類が優占している。最下流部で種数が多く、汽水性のスマガレイや回遊性のウキゴリ類、サケ類が生息している。上流域にイバラトミヨ、下流域にイトウが生息しており、サケの遡上・産卵も確認されている。

底生動物は、最上流部で種数が多い。最下流部には汽水性のゴカイなどが生息している。汽水域を除く全域ではカゲロウ類、トビケラ類が大半を占め、ミズムシ、シマイシビルなど、やや汚れた水に生息する種も確認されている。

陸上昆蟲類は最上流部で最も種数が多い。草地に生息するバッタ目やチョウ目、トンボ目の種が多い。

鳥類は、アオジ、ニュウナイスズメ、ヒバリなどの草地性、疎林性の種が全域で確認されている。上流部でのみオオタカ、ヤマゲラなどの森林性鳥類が、また中流部以下でユリカモメ、ミサゴなどの海岸性鳥類が確認されている。

両生類はエゾアカガエル、アマガエルが、哺乳類はキタキツネ、イタチ類、ネズミ類が全域で確認されている。名寄市街地に近いKP150付近でのみエゾサンショウウオ、

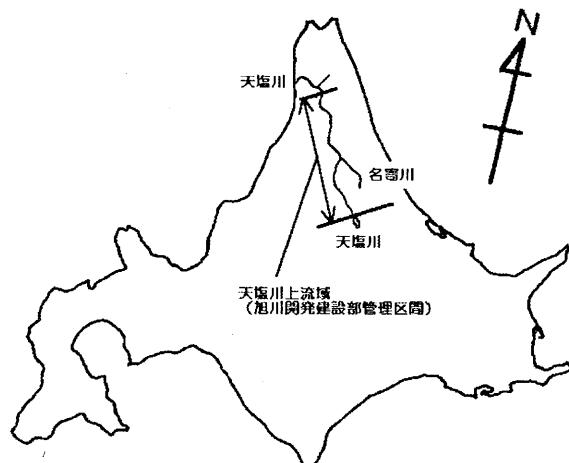


図3・1 天塩川位置図

エゾリス、エゾシカ、エゾクロテンなどの森林性動物が確認されていない。爬虫類は確認されていない。

### 3.2 自然環境再生の着眼点の検討

#### 3.2.1 環境区分

自然環境の特性と現状の課題を整理するため、既往資料および現地踏査から得られた環境情報を踏まえ、対象域をいくつかの特徴的な環境ごとに区分した。区分は以下の要素について特徴を抽出、検討することによって行った（図3・2）。

まず地理的環境である河床勾配および地形によって基本的な区分を行った。河床勾配は、環境の基本型となる河道形状（蛇行や直線）、横断構造（低水路・高水敷形状等）、流路形状（瀬・淵形態等）を規定するものであり、また地形は河川の立地形状を表すものである。この2つは自然環境の基本構造として最も大きな区分根拠となる。

次に生物の生息・生育情報と人為利用情報から基本区分を検証した。生物情報はそのハビタットとともに上下流の環境の連続性および後背地の特徴を示す。また人為利用は、現状の河川環境に最も重大な影響を及ぼす要因であり、自然再生を考える上での課題点を示す。

各要素の分布特性に基づき検討した結果、対象域を上流から下流方向にA～Eの5区域に区分した。各区分と要素の特徴を表3・1に、また環境区分図を図3・3に示す。

#### 3.2.2 自然環境の特性と現状の課題

表3・1より、天塩川の自然環境の特性と現状の課題について、自然環境再生の観点からとりまとめた。

- ①直線化により単調な環境が形成され、多様な水辺空間が消失している。
- ②河川環境が河道と高水敷に二分され、水際の移行帯環境が消失している。
- ③旧河道に畜産由来の排水が流入し、汚濁が進行している。
- ④ダム運用の影響下にあるため、流量の平滑化、土砂供給の阻害の可能性がある。

#### 3.2.3 自然環境再生の着眼点

自然環境の特性と現状の課題を踏まえ、自然環境の再生を図る上での着眼点を整理した。

- ①自然な流れの再生（蛇行の直線化によって失われた多様な河川空間の再生）

天塩川は河道が直線化され、狭い範囲に固定された流路が形成されている。直線化によって失われた瀬・

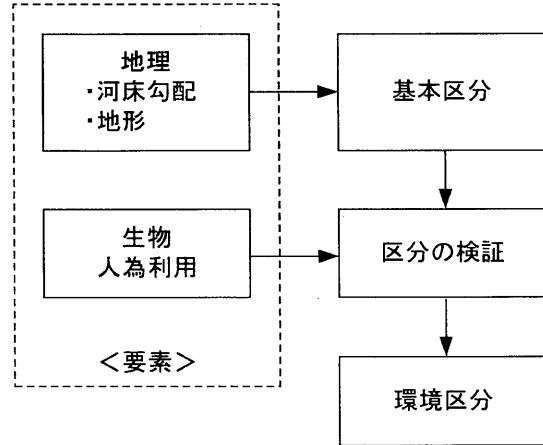


図3・2 環境区分検討フロー図

淵、ワンド、流れの分岐等の多様な河川空間を形成することは、生物多様性の向上、再生に重要であると考えられる。

- ②旧河道の再生（導水、現河道との接続による湿地等植生の再生）

旧河道は、三日月湖として多様な水辺空間を形成している。これらは乾燥化が進み将来消滅していくことが考えられることから、天塩川と連続させることにより旧川の保全が可能となり、それにより天塩川の自然環境の多様性が向上するものと考えられる。

- ③低水路・高水敷への近自然河川工法の導入

天塩川では直線化が行われた箇所を中心に低水護岸、高水敷整備が多く見られる。これらは河川の多様な環境形成の阻害要因となっている。ワンド等が少なく、水際環境が単調であるという形状はこれらに起因している可能性がある。そのため今後の河川改修時に、近自然河川工法の導入により水際の自然再生を図り、連続的な移行帯環境を再現することが望ましいと考えられる。

- ④湿地・湧水の保全・再生

天塩川の湧水は、霞堤付近に局所的に分布し、その成因は山裾からの湧水と伏流水からなると推測されている。これらの箇所はイバラトミヨやミクリなどの貴重な動植物が生息・生育する場であり、多くの魚類が越冬し、サケ、エゾサンショウウオが産卵場として利用しているほか、陸上動物、特に湿原性動物の生息場所として重要な環境である。直線化によるショートカットはこれらを減少させた可能性があり、再生を図ることが望ましいと考えられる。また、現存する箇所についても、適度な水量の供給がなければ乾燥化により植生が遷移する可能性もあり、保全することが望まし

いと考えられる。

#### ⑤富栄養化の防止

BODは低いが、畜産排水、農地から汚濁物が流入しているため、旧河道の富栄養化、河床への有機物の堆積が生じている可能性がある。これにより植物プランクトン、付着藻類等が大量に繁殖し、溶存酸素を消費しつくし、酸素欠乏のため魚介類が斃死する等、生態系に影響を及ぼす。したがって汚濁の著しい支川や樋管を対象とした浄化を図るとともに、多様な生物群集からなる沿岸帯を保全・再生することが望ましいと考えられる。

#### ⑥ダムの弾力運用

天塩川の流況はダム運用の影響下にあるため、河床の固定化や瀬・淵の縮小が推測される。ダムの弾力的な運用により改善が可能であると考えられる。

以上6項目の自然環境再生の着眼点を、3.2.1で示した環境区分にあてはめ、対応する現状を表3・2に整理した。

その結果、A区間では湧水保全とダムの弾力運用、BおよびD区間では近自然河川工法の導入、CおよびE区間では蛇行の直線化によって失われた多様な河川空間の再生および富栄養化の防止を、自然環境再生のテーマとして設定した。

### 3.3 自然環境再生対象区間の検討

天塩川における自然環境の再生を考える際の最大の課題は、蛇行した自然な流れを直線化した点にある。旧河道の再生についても本川との分断の影響が大きく、高水敷整備や低水護岸の設置に関しても前提に直線化の問題がある。これらを踏まえると、CもしくはE区間が再生対象のモデル地区としての重要性および優先順位が高いと考えられる。

一方、これらの区間を含む名寄市（KP150）より下流では流下能力が大きく不足しており、今後治水安全度の向上を重要視した整備が行われる区間と考えられる。したが

表3・1 天塩川環境区分図

環境区分	区分名		A.渓流域	B.上流域	C.中流域(平野)	D.中流域(峡谷)	E.中下流域
	区間		岩尾内ダム～士別市上	士別市内～名寄市内	名寄市下～音威子府村内	音威子府村下～安平志内川合流点	安平志内川合流点～新間寒別橋
	KP		206～180	180～148	148～91	91～67	67～46
基本区分	河床勾配		1/150	1/650	1/1,200	1/1,500	1/1,500
	地形		山地	谷底平野・扇状地平野	谷底平野・扇状地平野	峡谷	氾濫平野
環境構造	低水路	景観	河川上流域	河川上流域	河川中流域	渓谷状、下流部は開けた環境	河川中流域
		形状	白波が立つ早瀬が存在	低水護岸により範囲は狭いが、瀬・淵は認められる	直線化により瀬・淵が不明確で単調な環境	下流部で複雑・河原環境あり	直線化により瀬・淵が不明確で単調な環境
		水質	良好 環境基準*:AA	比較的良好 環境基準*:A～B	良好とは言えない 環境基準*:B	良好とは言えない 環境基準*:B	良好とは言えない 環境基準*:B
	高水敷		河畔林:42% 後背地に山林あり	河畔林:31%	河畔林:29% ・河跡湖あり	河畔林:70% ・後背地に山林あり	河畔林:27%
	生物	特徴	・水生植物あり ・植物、底生動物、陸上昆蟲類の種数が多い ・後背地に森林が多く、森林性の鳥類、山地性の哺乳類が見られる	・名寄市街付近では両生類、哺乳類の確認種が少ない ・崖地がほとんどない	・荒地には帰化植物が主に分布 ・河畔林が発達し、哺乳類の種数が多い	・後背地に森林が多く、森林性の種が生息すると予想される (参照する調査データ無く、詳細不明)	・魚類の種数、個体数が多い、汽水性・回遊性の種が生息 ・底生動物では汽水性の種が生息 ・崖地が多く、ショウドウツバメが多数営巣 ・カモメ類が飛来(KP43のデータより)
			特定種	植:ミクリ、タマミクリ、タヌキモ 魚:トヨヨ、キタノトヨ 昆:ヒメギフチョウ 両:エゾサンショウウオ 鳥:オシドリ、オオジシギ、オジロワシ、オオタカ、カワセミ 哺:エゾクロテン	植:カラフトモメンヅル 魚:キタノトヨ 鳥:オオジシギ、オジロワシ、ハイタカ、カワセミ 哺:エゾクロテン	植:エゾノカワヂシャ 昆:オオルリオサムシ、アイヌキン オサムシ、ヒメギフチョウ 両:エゾサンショウウオ	(調査データなし) 植:エゾオヤマハコベ 魚:トヨヨ、キタノトヨ、トウ 鳥:ハイタカ、カワセミ (KP43のデータより)
人為利用	構造物	護岸	少ない	連続的	局所的	国道・鉄道が接する場所を主体に設置	集落付近や橋梁部、樋門流出部に設置
		横断	管内で最も多く、魚道はあるが機能が十分か不明	2箇所あり	無し	無し	無し
	利用	局所的	市街地付近を中心に公園等の整備箇所が多い	農耕地が多い	ほとんど利用なし	農耕地が多く、集落付近は公園あり	

\*環境基準:生活環境の保全に関する環境基準(河川)

図3・3 天塩川環境区分図

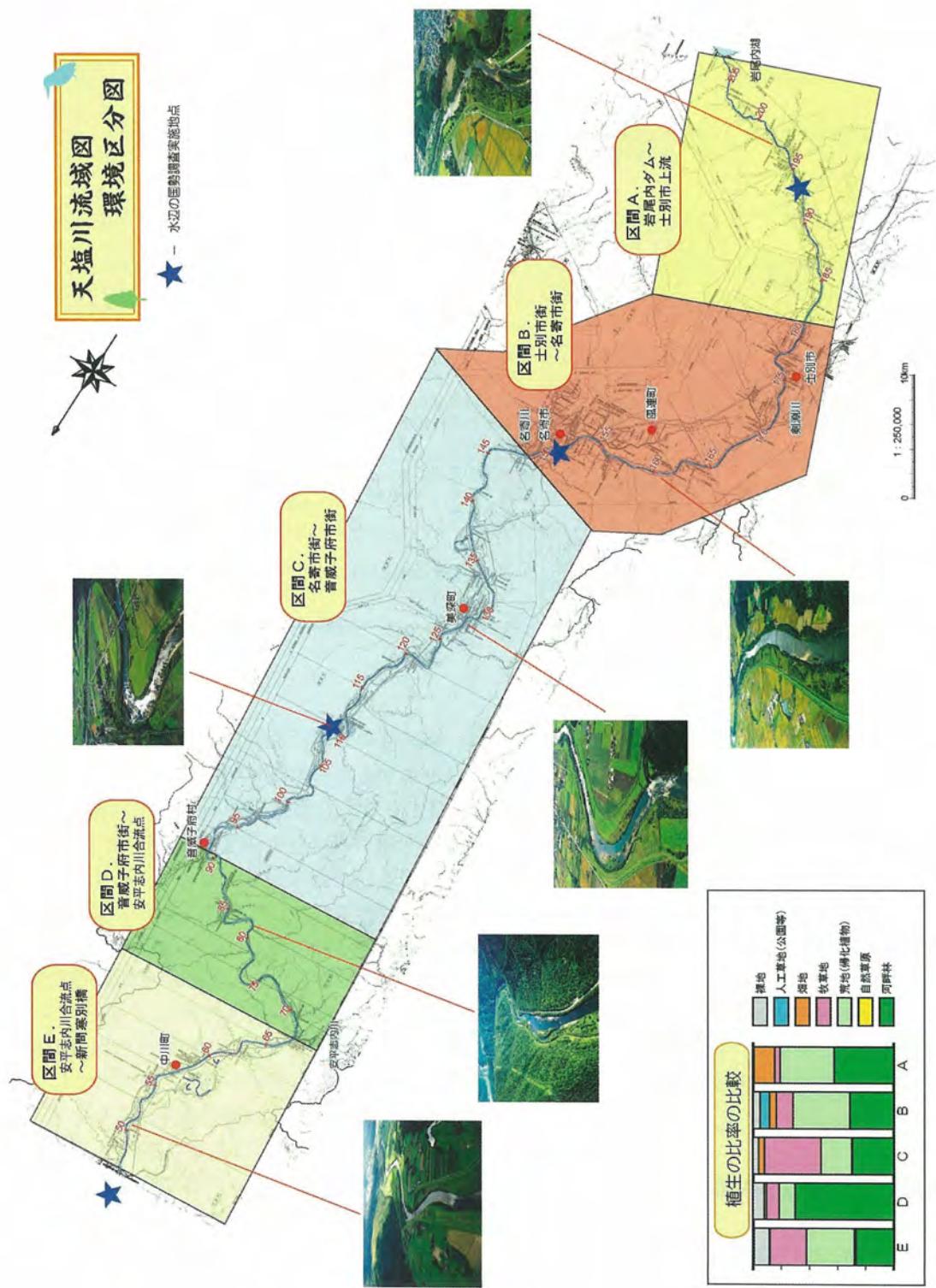


表3・2 天塩川各環境区分における自然環境再生の着眼点に対応する現状と評価

環境区分	区分名	A. 溪流域	B. 上流域	C. 中流域（平野）	D. 中流域（峡谷）	E. 中下流域
	区間	岩尾内ダム～士別市上	士別市内～名寄市内	名寄市下 ～音威子府村内	音威子府村下 ～安平志内川合流点	安平志内川合流点 ～新間寒別橋
	KP	206～180	180～148	148～91	91～67	67～46
自然環境再生の着眼点	①自然な流れ再生	— 河道の大きな改修はなく、該当箇所なし	— 河道の大きな改修はなく、該当箇所なし	○ 河道が直線化されて環境が単調であり、再生の必要性が高い、	— 河道の大きな改修はなく、該当箇所なし	○ 河道が直線化されて環境が単調であり、再生の必要性が高い、
	②旧河道再生	— 溪流域であり、該当箇所なし	— 河道の大きな改修はなく、該当箇所なし	○ 多くの河跡湖で水質悪化、乾燥化が進行している。また現河道区域内の旧河道も痕跡となっている場所が多く、再生の必要性が高い。	— 峡谷部であり、該当箇所なし	○ 多くの河跡湖で水質悪化、乾燥化が進行している。また現河道区域内の旧河道も痕跡となっている場所が多く、再生の必要性が高い。
	③近自然河川工法の導入	— 護岸設置箇所は少なく、該当箇所は少ない	○ 市街地付近で低水護岸の設置と高水敷利用が顕著であり、近自然河川工法の導入の必要性が高い	○ 護岸設置箇所は少ないが、高水敷と低水路の高低差が顕著であり、近自然河川工法の導入の必要性は高い	△ 護岸設置箇所は少ないが、強固な構造の従来型護岸を設置中であり、既設護岸の崩壊も見られるなど、近自然河川工法の導入の必要性がある	○ 護岸設置箇所は少ないが、高水敷と低水路の高低差が顕著であり、近自然河川工法の導入の必要性は高い
	④湿地・湧水保全・再生	○ 霞堤付近に集中して分布する場所があり、保全の必要性がある	— 湧水は比較的の散在しており、形成条件は少ないと推測されるため、保全の必要性は低い	○ 集中して分布する場所があり、また直線化により減少した可能性もあるため、保全の必要性がある	— (調査資料なく不明)	— (調査資料なく不明)
	⑤富栄養化防止	— 水質は比較的良好であり、必要性は低い	— 水質は比較的良好であり、必要性は低い	△ 水質が悪化し始める区间であり、再生の必要性がある	— 排出源は少なく、必要性は低い	△ 水質が悪化しており、再生の必要性がある
	⑥ダムの弾力運用	○ ダムの影響を最も強く受ける区間であり、再生の必要性がある	— 大きな支川（剣淵川）の合流点下流であり、ダムの影響は軽減されるため該当しない	— ダムの影響は軽減されており、該当しない	— ダムの影響は軽減されており、該当しない	— ダムの影響は軽減されており、該当しない

○:必要性高い、△:必要性あり、—:必要性低い及び該当なし

って自然環境への配慮は新たな整備に付随して考えるものであり、モデル地区としての今回の検討から除外した。

A, B区間のうち、A区間は河川改修による影響が比較的少なく、環境の連続性は確保されている。湧水については再生対策よりも保全対策が重要であり、またダムの弾力運用については検討中であるため、モデル地区としての今回の検討から除外した。B区間は治水・利水整備が大規模かつ広範囲に行われており、環境の連続性が阻害されている。また河川区域が広いため、治水・利水整備との調整・整合を図りやすく、技術的にも実現性が高い。以上から、自然環境の再生モデル区間としてB区間を選定した。

### 3.4 自然環境再生モデル地区の検討

再生対象区間として選定したB区分において、自然環境の面で課題があり、近自然河川工法の導入の対象となりうる箇所として「KP176つくも水郷公園周辺～士別鉄道橋周辺」「KP162瑞生橋周辺」「KP153曙橋周辺」の3箇所を抽出した。また課題内容、特に自然環境の損傷

性、連続性の分断、再生による周辺環境への波及効果から、再生するための優先順位を整理した。

「KP176つくも水郷公園周辺～士別鉄道橋周辺」は、左岸堤内地の旧河道を利用して整備された公園と連続する形で堤外地が公園化されている。それとともに低水護岸が広く設置されているため、自然環境の縦横断方向の連続性が分断されている。また低水路内には飛び石巨石が設置されており、生じた落差が魚類の移動障害となっている等、自然環境の損傷性は高い。地理的には上流域の環境区分Aや剣淵川など比較的自然環境の豊かな領域に接しており、自然環境を再生させることにより連続性が保たれ、周辺環境への波及効果も高いと考えられる。

「KP162瑞生橋周辺」は右岸にパークゴルフ場整備が進められているが、規模・内容から陸上動物の移動を完全には阻害しないと考えられる。堤内地は右岸が耕作地、左岸が山林と比較的自然環境が残っており、当該箇所の上下流においても自然植生が形成されている。そのため、再生による周辺環境への波及効果は小さいと考えられる。

「KP153曙橋周辺」は名寄市街地に接し、堤外地が公園化されている。堤内地は市街および農耕地で自然環境

は少なく、整備箇所が陸上動物の移動障害となっている。そのため再生の必要性は高いと考えられるが、周辺が都市化しているため、再生による周辺環境への波及効果が低いと考えられる。

以上から、自然環境の再生の優先順位が最も高いと考えられる「KP176つくも水郷公園周辺～士別鉄道橋周辺」を再生モデル地区として選定した（表3・3）。

### 3.5 自然環境再生方針の検討

自然環境再生のモデル地区として選定した「KP176つくも水郷公園周辺～士別鉄道橋周辺」において、再生の着眼点およびモデル地区選定根拠を踏まえて、再生対象や方法等の実施方針を検討した。選定したモデル地区における再生方針は、特に自然環境の連続性確保に注目し、河畔植生の再生および魚類・底生動物の生息環境の再生をとりあげた（表3・4）。

表3・3 自然環境再生モデル地区の選定

再生対象区分		天塩川B区分(士別市内KP180～名寄市内KP148)				
再生テーマ		近自然河川工法の導入				
候補地	距離(KP)	自然環境の 損傷性	自然環境の 連続性の分断	再生による 波及効果	再生の 優先順位	モデル地区
つくも水郷公園周辺～士別鉄道橋周辺	176	○ ・左岸堤内地の旧河道を利用して整備された公園と連続する形で堤外地が公園化されている。 ・高水敷の公園化とともに、低水護岸が広く設置されている。	○ ・高水敷の公園化、低水護岸の設置により、河川環境の縦横断方向の連続性を分断している。 ・低水路内に飛び石巨石が設置されており、生じた落差が魚類の移動障害となっている。	○ ・上下流において自然植生が形成されており、再生による周辺環境への波及効果が高いと考えられる。	1	選定
瑞生橋周辺	162	△ ・右岸にパークゴルフ場整備が進められている。 ・堤内地は右岸が耕作地、左岸が山林と比較的の自然環境が残っており、高水敷も当該箇所の上下流では比較的の自然植生が形成されている。	△ ・整備箇所は、規模・内容から見て陸上動物の移動を完全には阻害しないと考えられる。 ・下流に堰があり、魚類の移動障害となっている。	△ ・当該地区に比較的の自然環境が残っており、さらに上下流においても自然植生が形成されているため、再生による周辺環境への波及効果は小さいと考えられる。	3	—
曙橋周辺	153	○ ・名寄市街域に接し、堤外地が公園化されている。 ・堤内地は市街および農耕地で自然環境は少ない。	△ ・整備箇所が陸上動物の移動阻害となっている。 ・堰等の構造物がなく、魚類の移動障害はないと考えられる。	△ ・周辺が都市化しているため、再生による周辺環境への波及効果が低いと考えられる。	2	—

○:大、△:小

表3・4 自然環境再生モデル地区の再生方針

再生テーマ		近自然再改修
再生対象区分		天塩川B区分(士別市内KP180～名寄市内KP148)
モデル地区		つくも水郷公園周辺～士別鉄道橋周辺(176km付近)
再生方針		<p>●河畔植生の再生      ・堤内地の公園に接し高水敷の利用整備が進んでいる箇所は、州や水生植物の再生を考えられるが、公園部左岸は水衝部である上、旧川に隣接する治水上危険な箇所であるため、現状の構造を変えることはできない。そのため、低水護岸の撤去等は行わず、現在形成されているワンドの保全を行う。      ・公園箇所から約1km離れた下流右岸側は、水衝部から離れており高水敷に十分な広さがあるため低水護岸を撤去・後退させる。これにより多様な水際形状の形成を図る。      ・高水敷の利用が進んでいない箇所は、河畔林の再生を進める。</p> <p>●魚類・底生動物の生息環境の再生      ・飛び石巨石設置部の両岸に「粗石付斜路式魚道(フィッシュスロープ)」を設置し、小型魚類の遡上      ・降河を含む移動や仔魚・若魚の移動、あるいは底生動物の通過を可能にする。また比較的速い流水を好む種に生息空間を提供する。</p>

堤内地の公園に接し高水敷の利用整備が進んでいる箇所は、州や水生植物の再生を考えられるが、公園部左岸は水衝部である上、旧川に隣接する治水上危険な箇所であるため、現状の構造を変えることは好ましくない。そのため、低水護岸の撤去等は行わず、現在形成されているワンドの保全を行う。公園箇所から約1km下流右岸側は、水衝部から離れており高水敷に十分な広さがあるため、低水護岸を撤去・後退させる。これにより砂礫等が自然に堆積し自然植生が復元することが期待される。その際、水制を前面に設置して砂礫の堆積と掘り込みを促し、多様な水際形状の形成を図る。

高水敷の利用が進んでいない箇所は、この区間に欠けている河畔植生の再生を進める。河畔植生の回復には、従来からモデル地区周辺に生育していたと考えられる在来種の種や実生を、その周辺から採取し植えることにより再生を図ることが考えられる。河畔植生を再生させることにより、モデル地区周辺で連続性を断っていた自然環境が再生され、それにともない河川周辺に生息する動物の新たなハビタットとなる可能性が生まれると考えられる。

また魚類・底生動物の生息環境の再生は、飛び石巨石設置部の両岸に「粗石付斜路式魚道（フィッシュスロープ）」を設置することにより、小型魚類の遡上・降河を含む移動や仔魚・若魚の移動、あるいは底生動物の通過を可能にする。また比較的速い流水を好む種に生息空間を提供する<sup>4)</sup>。また先の低水護岸の撤去や河畔植生の再生により河川形態が変化し、水際に魚類の休息場所・産卵場所が確保され、さらに食物となる生物が生息・生育する等様々な条件がそろえば、それに対応した魚種の繁殖も可能となると考えられる。合わせて水生生物や両生類の幼生が変態上陸することが可能になると考えられる。

以上の再生方針により再生計画（案）のイメージ図を図3・4に示した。

#### 4. 今後の課題

河川を含む地球上の自然環境は人間だけのために存在し無限に利用できるものではなく、また一度失った場合復元・再生させることは極めて難しい。特に直線化された人為利用が進んだ今日の河川環境においては、治水・利

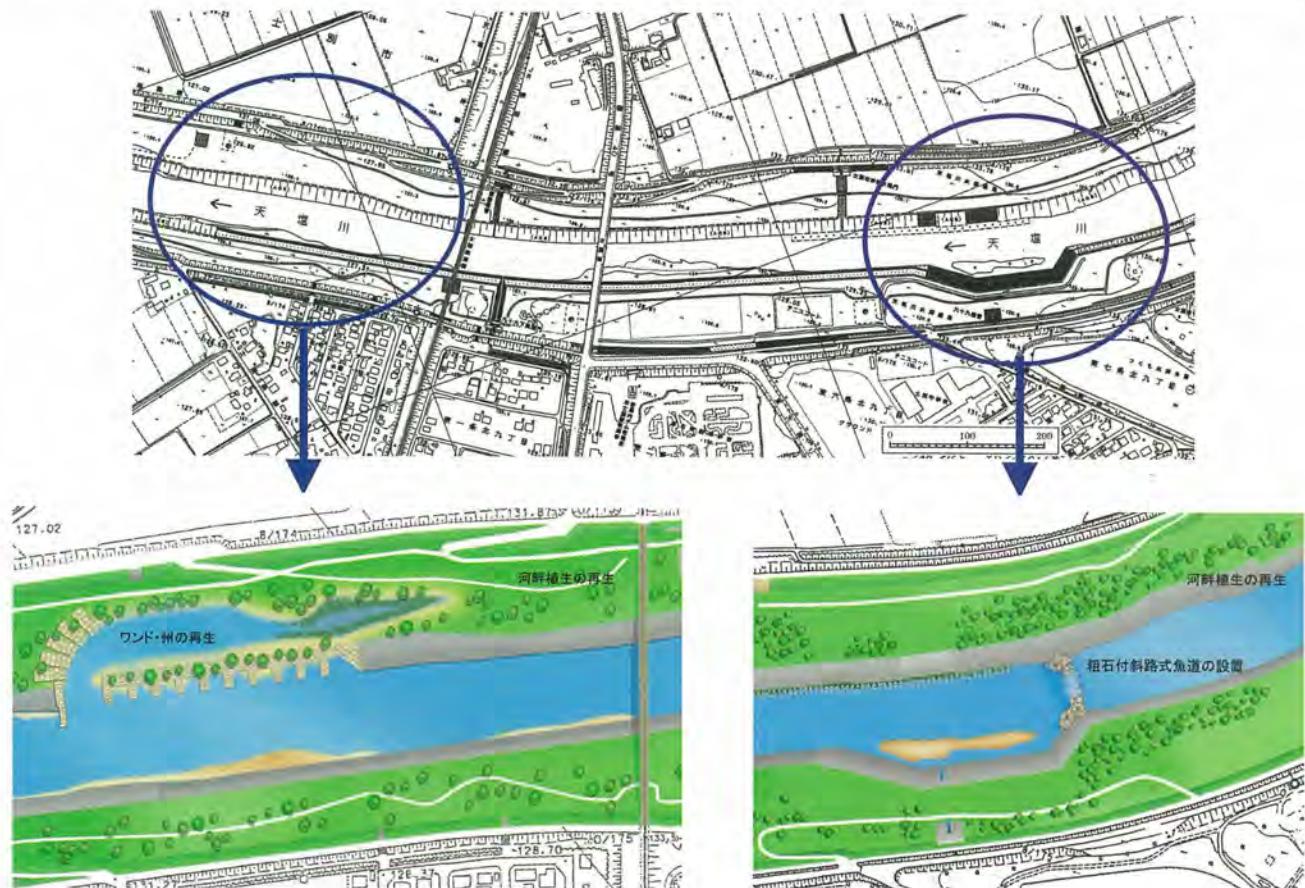


図3・4 再生計画図（案）

水機能を保つことが前提であり、多様な自然環境を維持もしくは再生させる場合は、流下能力に余裕があり改修の必要性が少ない等、対象となる箇所を見極める必要がある。

今回の検討の結果、再生対象モデル地区は区間Bの一地区とした。しかしモデル地区における生物情報がほとんどないため、より詳細なデータがなければこの選定場所や再生対象、再生方針、再生方法が現地の状況に適合しているか正確に判断するのは難しい。また、護岸撤去による河川形状の多様化は、撤去後すぐに効果が現れるとは想定できない。自然環境の再生には、その損傷の程度にもよるが、生物が競争、適応、遷移し、現在の自然が形成されてきたのと同様の長い年月が必要であり、さらに失う前に存在したものが再生されるとは限らない。

また、自然環境の再生を考える際、実際存在した自然環境が現在どの程度の損傷を受けているのか把握し、またどの年代の環境を再生させるのか目標を明確にするためにも、今までの自然環境の改変状況を把握する必要がある。さらに、今回の検討は河川環境のみに注目して行ったが、河川環境はそれだけで独立して存在するものではなく、周辺の流域環境の状況を勘案する必要がある。

本検討は、今後天塩川において河川環境管理基本計画や河川整備計画等の策定の際、自然環境の再生を検討する上での基礎資料となると思われる。しかし、計画を実施する場合は、実施前にその必要性を十分検討し、保全・再生する場所や対象を具体化し、また再生方法の効果を評価できるよう、実施後の追跡調査だけでなく実施前により詳細に自然環境の現状把握調査を行う必要がある。

## 参考文献

- 1) 樋口 広芳 (1998) : 保全生物学, 財団法人東京大学出版会, 253pp.
- 2) 災害復旧工法研究会 (1999) : 川の自然環境に配慮した環境工法の取り組み, 215pp.
- 3) 建設省河川局 (1997) : 新しい河川制度の構築, p1-2
- 4) (社) ドイツ水資源・農業土木協会, 中村俊六, (財)リバーフロント整備センター (1996) : 多自然型魚道マニュアル, p52-62

## 4. ワンドの環境改善対策に関する実験的検討

中西 史尚\*・綾 史郎\*\*・河合 典彦\*\*\*・森田 和博\*\*\*\*

### 1. はじめに

淀川では、淀川水系工事実施基本計画（1971年策定）に基づき実施された河川改修工事によって、治水、利水の効果が増した反面、出水による攪乱域の減少、安定した水位によるワンドやたまりでの沼化現象等により、河川生態環境が急変している<sup>1)</sup>。河口堰より2-3km上流に位置する淀川で最大規模のワンド群である城北ワンド群（写真1・1）においても例外ではない。



写真1・1 城北ワンド群

城北ワンド群においては、年間を通じての水位の安定化<sup>2)</sup>、および平常時の水位の上昇によるワンドの水深の増大<sup>3)</sup>、浅い水際の減少によって、ワンドの水交換や底質の攪乱がなくなり、水質や底質の悪化や、魚類や貝類の再生産の場に影響を与えていた。またさらには、外来魚のオオクチバスやブルーギルが繁殖しやすい環境<sup>4)</sup>や、ゴミがたまりやすい環境になってきている。

河川事業によるワンドの自然環境への影響を軽減するための手法の一つとして、減少した浅域部の回復により、稚魚や二枚貝の生息環境の改善が必要とされており、それを実証するため、1999年にワンド群に隣接した場所に

「実験ワンド」が造成された<sup>5)</sup>。このワンドは上流域に残っている比較的良好なたまりの構造条件を参考にし、全体的に浅く（最深部で1m程度）、水際部は緩傾斜（およそ1:20）とした。前年度の本研究所報告においては、完成してからおよそ半年間の実験ワンドの環境の変化について回復を述べている<sup>1)</sup>。

本報告では、まず昨年実施した淀川大堰の水位操作によるワンドの環境改善実験について述べ、次いで完成後1年が経過した実験ワンドの前年度報告以降の結果についての考察を行い、ワンドの環境保全・改善に関する知見を述べる。

### 2. 人工水位変動によるワンドの環境改善実験

#### 2.1 実験概要

城北ワンド群は淀川大堰（写真2・1）の上流およそ2km-3kmの左岸に位置し、堰の湛水区間となっている。



写真2・1 淀川大堰

\* (財)河川環境管理財団 大阪研究所 研究員  
\*\* 大阪工業大学 工学部 教授  
\*\*\* 大阪市立八阪中学校 教諭  
\*\*\*\* 國土交通省 近畿地方整備局 淀川工事事務所 河川環境課 課長

図2・1は淀川大堰直上流の毛馬地点の経年位況を示したものである。城北ワンド付近は、淀川大堰が1983年に完成するまでは、長柄可動堰の湛水区間となっていた<sup>6)</sup>が、低水路各部の河積が現在よりも小さかったため、水位変動が現在よりも大きかった。1970年-83年の年間の最高水位と最低水位の幅は平均およそO.P. (=大阪湾基準面) + 2.5mであったのに対し、1984年-2000年までの同幅はおよそ1mに縮小している。また、平水位はO.P.+2.5mからO.P.+3.0m程度に上昇している。年間の水位の変動は図2・2に示すように、平常時水位が高くなつたこと、年数回の大きな水位の上昇がなくなつていることがわかる。

そこで、ワンドの水位に変化を与えるため、淀川大堰のゲート操作による本川水位の急激な変化により、ワンドの水交換が行われ、ワンドの改善の可能性を探る実験

が2000年6月8日-9日の2日間にかけて行われた。今回の実験は、現在淀川大堰の水位管理の下限のO.P.+2.5mから上限のO.P.+3.3mの80cmの幅を最大限に利用してワンドの水位に変動を与え、ワンドの水が量的・質的にどのように変化するか、魚類が何らかの反応を示すのかを見るものであった。また、実験の実施時期としては、淀川の維持流量が十分かつ安定してある時期として、梅雨期をひかえ、琵琶湖の水位をコントロールするために放流が行われる時期を選んだ。

水位変動に伴って、各ワンドの水の変化、ワンド間に発生する流速の変化、水温・DOの鉛直分布の経時変化、魚類の移動などを調査した。また、生態学や土木工学の専門家がワンドの水位変動の現象を観察した。

## 2.2 調査結果

水位の変動パターンは、図2・3に示すように、はじめ、6月8日の10:00に通常水位のO.P.+2.9mから下げはじめ、同日15:00に最低水位であるO.P.+2.5mまで下げ、そのままおよそ18時間程度保ち、翌日9日10:00から上昇させ、同日19:00頃に最高水位であるO.P.+3.3mまで上げ、その後徐々に水位を下げ、10日9:00に通常水位のO.P.+3.1mに戻すものであった。写真2・2は最低水位

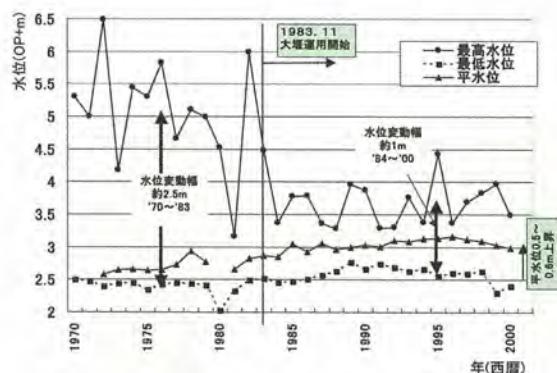


図2・1 城北ワンド付近（毛馬地点）における位況の経年変化

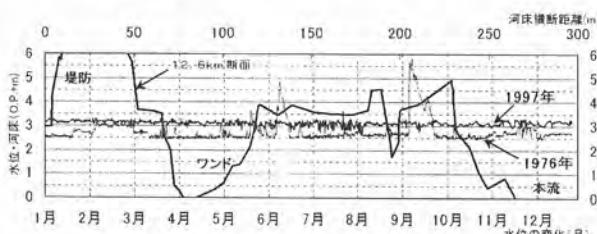


図2・2 城北ワンド付近（毛馬地点）における年間の水位の時間変化

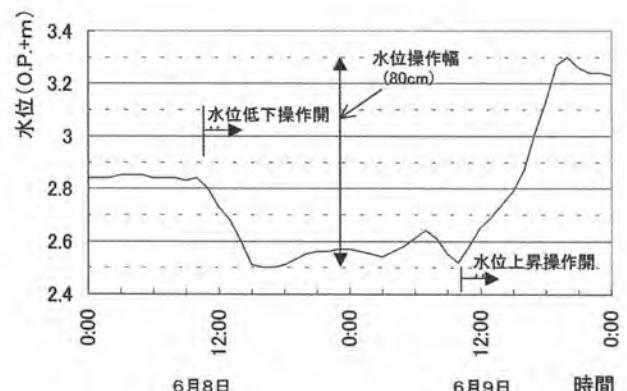


図2・3 大堰操作による水位操作パターン



写真2・2 最低水位時の城北ワンド群（2000年6月8日15時頃）

に達している時点の城北ワンド群を撮影したものを示しており、平常時は水没している水制工が露出しているのがわかる。

結果としてまず、淀川大堰の操作による本川水位の変化に連動して、ワンドの水位が変化することが確認できた。図2・4に大堰直上流の毛馬水位観測所の水位変化と本川に開口している33号とそれに隣接した34号のワンドの水位変動を示す。本川水位に連動してワンドの水位が変動したことがわかる。さらに、ワンドによって本川との開口部の有無や連接部の標高が異なるため、水位の変動速度が異なり、ワンド間で水位差が生じていることもわかる。なかには水制工で挟まれて孤立し、18時間の水位変化では本川の最低水位まで下がりきらないワンドも存在した。写真2・3のようにワンドの緩傾斜部の露出や、写真2・4のように平常時の水位では水没している水制工の露出がみられた。また、水際部では水底まで透視できるほど浅くなり、イシガイやドブガイが水上から確認できた。なかには写真2・5のようにそれらが

干出した水際を移動する光景も所々でみられた。また、写真2・6のようにワンドのコーナー部には空き缶やボリ袋などのゴミの堆積が目立った。

また、水位が変動する際に水位差がついたことにより、流れが各ワンドの連接部や本川との開口部とその周辺で



写真2・4 水位低下時の水制工の露出

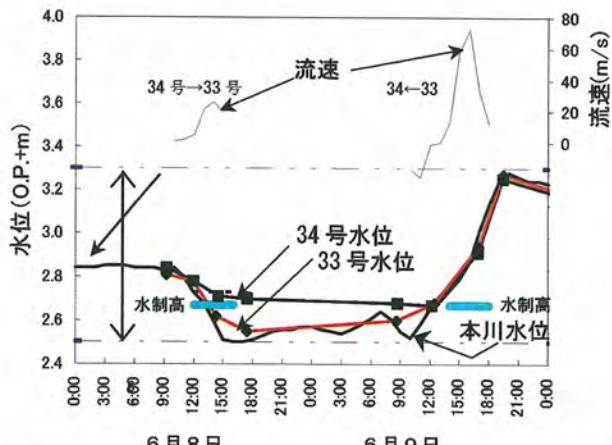


図2・4 大堰の水門操作時のワンドの水位・流速



写真2・3 水位低下時のワンドの緩傾斜部の露出



写真2・5 水位低下時の干し上がった砂地を這うイシガイ



写真2・6 ワンドのコーナー部のゴミの露出

顕著に発生した。写真2・7には水位上昇時にワンド37号から38号に向かって発生している流れを示す。図2・4に33, 34号の間の連接部上で流速を測定した結果を示す。水位の低下・上昇にともない、水制工の高さよりもやや高い位置に水位があるとき流速が顕著に発生したことがわかる。このことは、流れの強さが各連結部断面積と断面を流れる流量の関係によって決まるこことを示している。また、最大でおよそ70cm/sの流速が発生していることなどから、水位変動によって水交換が生じ、それによって連結部や開口部の底質の環境改善が期待できる。



写真2・7 水位上昇時にワンド38号から37号に向かう流れ

また、ワンドの形状をモデル化し、ワンドの水と本川の水との交換を算定した。なお、算定にあたっては完全混合を仮定している。水門操作終了後の6月9日19:30の結果を見ると、図2・5に示すように、開口部に近いほど交換率が良く、平均的にはおよそ50%が交換したことが示唆され、水位変動によってかなりの水の交換があると考えられた。

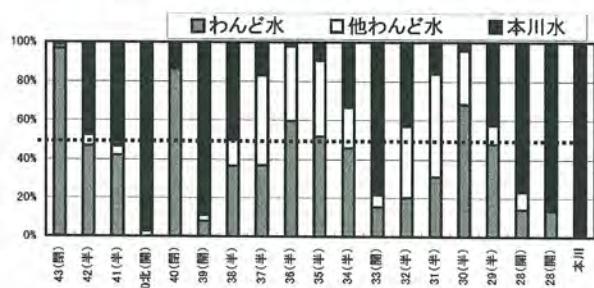


図2・5 水位上昇後のワンドの水交換割合

また、水質については各ワンドの最深部において鉛直分布や表層水の時間変化等について追跡した。調査指標の中で特に顕著に反応したものは硝酸態窒素であり、図2・6に示すように、変動前は各ワンドともに濃度が低

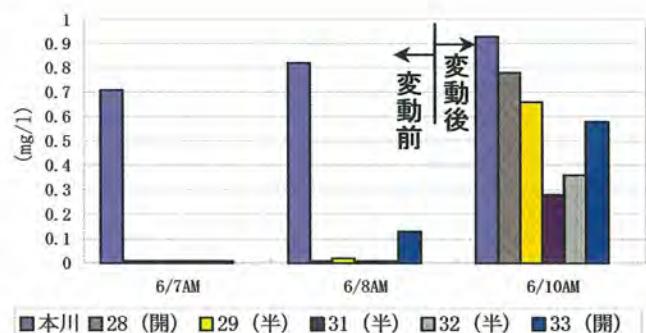


図2・6 硝酸態窒素濃度の変化

かったが、水位上昇後に開口部があるワンドを中心にいずれも濃度が上がったことを示している。また、このことからも水交換が生じたことがわかる。

DO飽和度については図2・7に示すように、操作前から水位低下中の日中にかけては表層が高く、底層が低い傾向を示している。また、その時点での底層DO飽和度は50%以下である。ところが、水位の上昇後はおよそ70%まで上昇しており、本川との水の交換がワンドの底層の水質を改善するのに効果的であると考えられる。しかしながら、6月10日前の値は再びDO飽和度は50%を下回る結果となった。この原因としては、底質の還元物質の巻き上げによる酸素消費や本流からの出水による濁水の流入などが考えられる。このことは改善効果の評価を行うにあたり、今後明らかにしていく課題である。

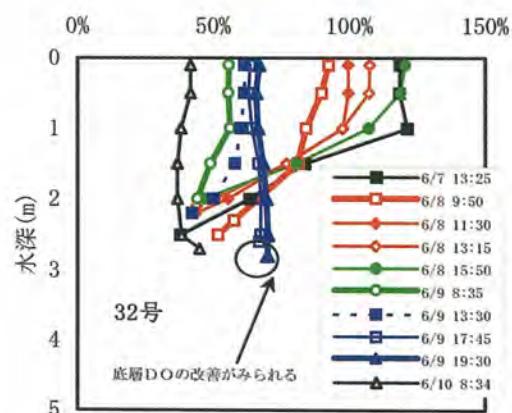


図2・7 DO飽和度の経時変化

さらに、水位上昇に伴うワンドへの魚類の進入調査が、実験ワンドで行われた。調査の内容は水位低下時と水位上昇時にそれぞれ地曳網で魚類を捕獲し、種類、個体数を調べるというものであった。図2・8に示すように上昇後に確認された魚種は18種で上昇前の11種に比べ多

く見られた。また、上昇後のみに捕獲された底生魚のゼゼラについては雌の抱卵個体が多く確認され、数週間後その稚魚が確認できていることから、水位上昇時に産卵目的で進入したものと考えられる。したがって、水位上昇に伴い魚類が活発に移動することが示唆される。さらに、干出した箇所の還元状態にあると思われる真黒な泥が短時間のうちに酸化され灰色に変化する様子も観察された。

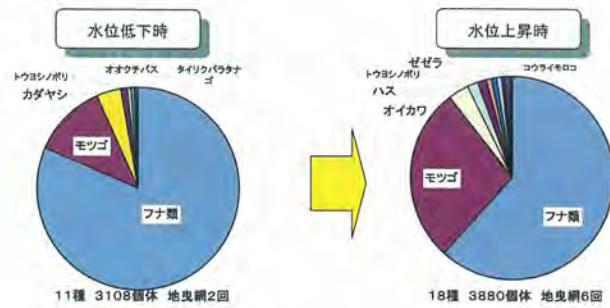


図2・8 水位変動前後の確認魚種

## 2.3 今後の展望

大堰の水門操作による水位変化が、ワンドの水の動き、水交換、水際の底質の改善に寄与し、また、水生生物の行動を活発にさせる要因にもなっていることがわかった。したがって水門操作による水位変化はワンドに住む水生生物の生息環境を改善するのに有効な手法の一つであると考えられる。また、今回の実験は一回限りの変動だけをみたものであるため、その他のパターン、例えば繰り返し変動させた場合の効果や、夏の高温時の変化などを調査する必要がある。特に夏の高温時においては水温密度流の発生の可能性が指摘されていることから<sup>7)</sup>、底層水の交換率が低下するために底層DO濃度の低下が懸念される。そのため、水位変動によってワンドよりも低水温の本川水をワンドの底層に進入させることで底層のDO濃度を回復できる可能性もある。

今回の水位低下時に、一部の取水場の取水が困難になったことが報告されている。今後は、これらの知見や経験を踏まえながら、城北ワンド群の環境改善に効果的な水位変動の規模や頻度、時期等を検討していく必要がある。またさらには、河川の堰上流の湛水域における生物にとっての水環境のあり方について有用な知見を蓄積していきたい。

## 3. 実験ワンドの環境追跡調査

実験ワンドは城北ワンド群に隣接して造成され、1999年7月に完成してから今年でちょうど2年が経つ。ワンドの理想的な形を探るために造成された実験ワンドは、水際が緩傾斜で、全体的に浅く、本川とは水路を通して開口するような形状となっている。造成からおよそ6ヶ月の間には、21種類の魚類の進入、二枚貝の稚貝の繁殖を確認した<sup>1)</sup>。また、移植二枚貝は良好な生息状態を保ち、水際部の植生は水生生物に問題にならない程の繁茂が認められた<sup>1)</sup>。

今回は、2000年度に調査した結果や11年度との比較回復状況を述べ、ワンドの造成や維持管理に関する知見を述べる。

実験ワンドは写真3・1に示すとおり、比較的深いワンドI（上流側）と浅いワンドII（下流側）、および水路部に分けて考察を行った。



写真3・1 実験ワンド

### 3.1 魚類調査

実験ワンドの魚類調査は、2000年5月、6月、9月、11月、2月に実施した。うち、6月の調査は先に述べた水位操作実験時の調査である。調査方法は、地曳網および、タモ網を用いた。写真3・2は地曳網調査時の風景である。9月および、11月調査では、ワンドIIの水深が浅く、また、水路ではボタンウキクサ（ウォーターレタス）が水面を覆っていたため、地曳網による調査が行えなかつた。

春季調査時（5月）に4目5科10種、水位変動調査時（6月）に5目8科20種、夏季調査時（9月）に4目6科13種、秋季調査時（11月）に4目6科13種、冬季調査時（2月）に3目4科9種、合計で6目9科23種の魚類を確認し

た。実験ワンドが完成してからの総合計は6目9科24種となる。図3・1にワンドIにおけるこれまでの調査期毎の地曳網1回あたりの捕獲尾数を示す。

2000年度で新たに確認された種としては、タモロコ、ナマズ、メダカ、タウナギ、ウキゴリ、イタセンパラの6種である。この中で、ナマズ、メダカ（写真3・3）、ウキゴリ（写真3・4）は城北ワンド群では確認が困難な種類の魚であり、実験ワンドで確認されたことは、特筆すべきことである。また、イタセンパラはワンド保全のシンボル的な種<sup>8)</sup>であるため、確認できたことは非常に喜ばしいことである。ただし、イタセンパラは1個体のみであり、7月の市民観察会時に確認できたものである（写真3・5）。イタセンパラが実験ワンドで孵化したかどうかについては、二枚貝がまだ幼いことから考えがたく、隣接する既存ワンドから遊泳してきた可能性が高い。イタセンパラの再生産については、今後の二枚貝の調査や、春期の稚魚調査でモニタリングしていく必要がある。

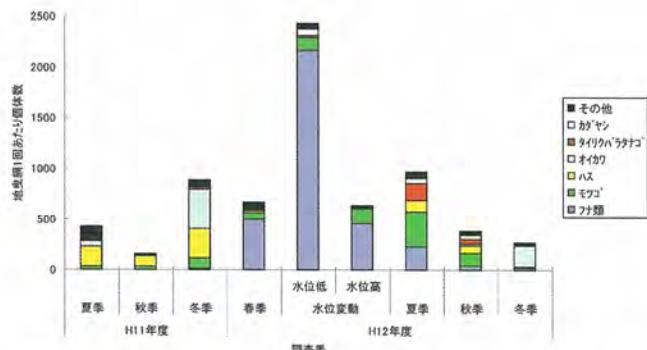


図3・1 各調査期毎のワンドIにおける確認魚種



写真3・2 地曳網での魚類調査状況



写真3・3 メダカ



写真3・4 ウキゴリ



写真3・5 イタセンパラ

季節を追ってみていくと4月の初旬にフナが実験ワンドのスズメノヒエ類等が繁茂する水際のあちこちで産卵する光景がみられ<sup>9)</sup>、稚魚の浮遊も確認できた。6月の調査の水位変動前の調査では捕獲魚類の90%がフナの幼魚であった。また、5月、6月調査時はナマズの稚魚がワンド内で、6月調査時は、抱卵したゼゼラのメスがワンド内に侵入しているのを確認した。このように、実験ワンドが種々の魚類の産卵場・稚魚の生息場として利用されていることが明らかになった。

図3・2に夏季調査時の地曳網で捕獲した魚類の種構成の経年変化を示す。1999年度および2000年度を比較すれば、1999年度の調査では、遊泳性のハス、コウライモロコがおよそ75%を占めたのに対し、2000年度は11%であった。2000年度は遊泳性の魚類に代わって止水性のフナ類、モツゴが60%を占めた。また、タイリクバラタナゴが17%と優占第3位となった。

昨年の調査より、平常時は止水性の魚類が多くみられ、水位の変動があると流水性の魚類の進入が活発になった。平常時は止水域で、出水に伴う水位変動があることで魚種が多様になることが推察され、ワンドは本川に比べ多

くの種の魚類がみられる構造であること<sup>10)</sup>を示唆するものであった。

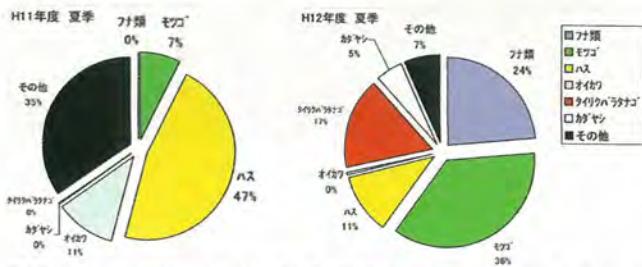


図3・2 1999, 2000年度夏季調査時の種構成の変化

### 3.2 二枚貝調査

実験ワンドに繁殖し始めた二枚貝について、その生息状況について、昨年度と同地点でコドラート調査を実施した。

表3・1に実験ワンドにおける二枚貝の確認状況を示す。いずれの区間においても主な確認種であるイシガイの個体数は、1個体/1m<sup>2</sup>を超えていた。また、魚類の地曳網調査時にも写真3・6に示すように二枚貝が多く捕獲され、実験ワンドで二枚貝が増えていることが示唆される。

今年度、新たにオグラヌマガイの幼貝が確認できた(写真3・7)。オグラヌマガイは琵琶湖固有種で<sup>11)</sup>、環境省の絶滅危惧種Ⅰ類Aに指定されている種であり、城北ワンド群でも希にしか確認されておらず、実験ワンドで確認できたことは貴重である。

2枚貝からどういうことが言えるのか。底生魚の進入

表3・1 2000年度二枚貝確認状況

	ドブガイ						トンガリササノハ						イシガイ						オグラヌマガイ						マシジミ					
	生貝	死貝	生貝	死貝	生貝	死貝	生貝	死貝	生貝	死貝	生貝	死貝	生貝	死貝	生貝	死貝	生貝	死貝	生貝	死貝	生貝	死貝	生貝	死貝						
わんどI	0.30	0.25	0.25	0.00	1.45	0.05	0.00	0.15	0.30	0.05	n=2	n=12	n=2	n=22	n=16	n=2	n=12	n=22	n=16	n=2	n=12	n=22	n=16	n=2	n=12	n=22	n=16			
わんどII	0.20	0.00	0.30	0.00	1.80	0.15	0.05	0.00	0.10	0.05																				
水路	0.08	0.17	0.08	0.00	1.08	0.08	0.00	0.00	1.08	0.83																				
合計	0.21	0.13	0.23	0.00	1.50	0.10	0.02	0.06	0.40	0.25																				



写真3・6 地曳網で捕獲された二枚貝



写真3・7 オグラヌマガイの幼貝

が非常に多く、グロキジュウムが運ばれて他のワンドに比べ、貝の生産環境がすぐれている。

図3・3に底質・水質別でのドブガイ、イシガイ確認状況を示す。なお、図中のnは採集件数を示す。

底質別の確認状況をみると、ドブガイでは、泥底、砂泥底での採集が多く、イシガイでは、それに加えて粘土質シルトでの採集も多かった。

図3・4にドブガイ、イシガイの殻長度数分布を示す。ドブガイについては殻長40–50mmの個体が最も多く、最大の個体の殻長は126.9mmであった。イシガイについては殻長30–40mmの個体が最も多く、次いで20–30mmの個体であった。今回の調査で確認された最大殻長は60.8mmであり、最小殻長は10mmであった。

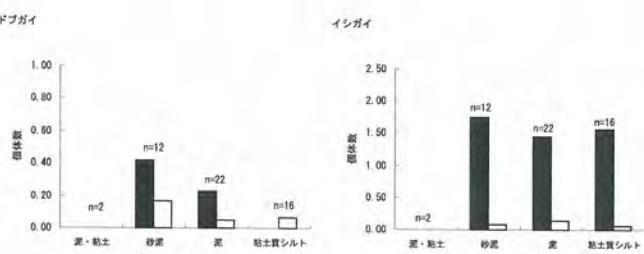


図3・3 ドブガイ・イシガイの底質別確認状況

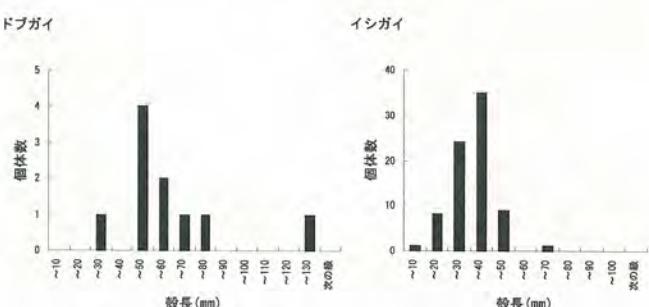


図3・4 ドブガイ・イシガイの殻長分布

ドブガイ、イシガイとともに昨年度調査時は幼貝が大部分（ドブガイで1個体のみ成貝）であったのに対し、今年度はそれらが成長したと考えられ成貝の割合が高かった（ドブガイ：50%，イシガイ：58%）。しかしながら、幼貝も多く確認されていることから、今年度新たに底生魚と共に進入もあると考えられる。

1999年度と比較すると、図3・5のように、夏場に干し上がったり、水草に覆われたりした水路部のイシガイ、ドブガイは減少したが、ワンド内の二枚貝類は若干の増加傾向を示した。

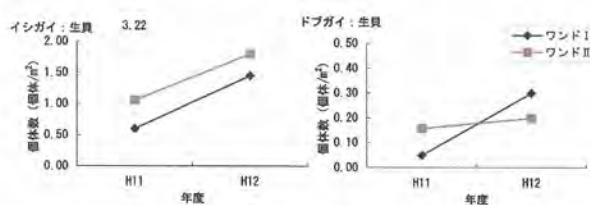


図3・5 1999, 2000年度二枚貝の個体数の変化  
(1m<sup>2</sup>あたり)

このように、実験ワンドへの二枚貝の侵入は、昨年度、今年度ともに確認されており、順調な二枚貝の成長もみられることから、実験ワンドの二枚貝の生息環境は良いと考えられる。個体数の密度がある平衡状態に達するまでは、増加傾向を示し、それを超えるようになると死貝も増加していくと考えられる。

移植したイシガイおよびドブガイの発見率および死亡率（発見個体中の死貝の数）については、図3・6に示すとおりである。ドブガイ、イシガイともに発見率は低く、ドブガイでおよそ70%，イシガイでおよそ50%であった。死亡率をみると、移植枠1, 3, 4ではほぼ100%と高い値を示した。最も死亡率の低かった枠2の状況は設置時と大きな変化はみられなかった。移植枠1, 3, 4において死亡率が高かった原因として、移植枠3においては、水位が低い日が続き、底泥が常に干出していたこと、移植枠1, 4においては、夏季調査以降、キシュウスズメノヒエ、ボタンウキクサが常に水面を覆っていたため、底層の貧酸素化や、餌となるプランクトンの減少を招いたのではないかと考えられる。

### 3.3 植生調査

実験ワンド周辺の初年度における植生は、造成前に存在したヨシ群落もしくはヨシーマコモ群落などが残存する以外はオオクサキビ、キシュウスズメノヒエ、チクゴスズメノヒエ等の外来植物が優占する草地が形成され、

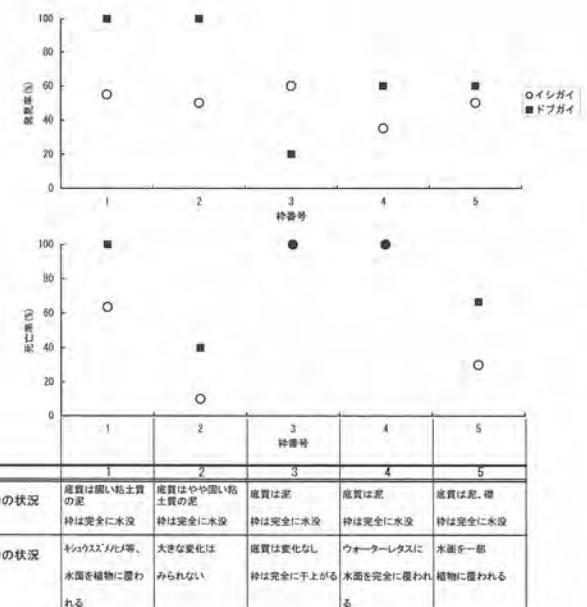


図3・6 移植二枚貝の確認状況

水際のキシュウスズメノヒエ等抽水植物の異常繁茂は特に見られなかった<sup>12)</sup>。

2000年度の実験ワンドの植生は、図3・7に示すように、まず水際にワンドを取り囲む形でチクゴスズメノヒエ群落が形成され、その後方にメリケンカヤツリ群落が形成された。チクゴスズメノヒエ群落の中には、淀川では珍しくなっている、カンガレイ、フトイ、サンカクイなどの生育が見られた<sup>13)</sup>。また、水路部の水際に淀川でほとんどみられなくなったアギナシ（写真3・8）の生息がみられるなど湿地の生態系が形成されつつある<sup>13)</sup>。写真3・9(1), (2)に初年度とおよそ1年後の2000年9月の実験ワンドの水際の植生の状況を、写真3・10(1), (2)に水路部の状況の変化を示す。いずれも、チ



写真3・8 アギナシ<sup>13)</sup>

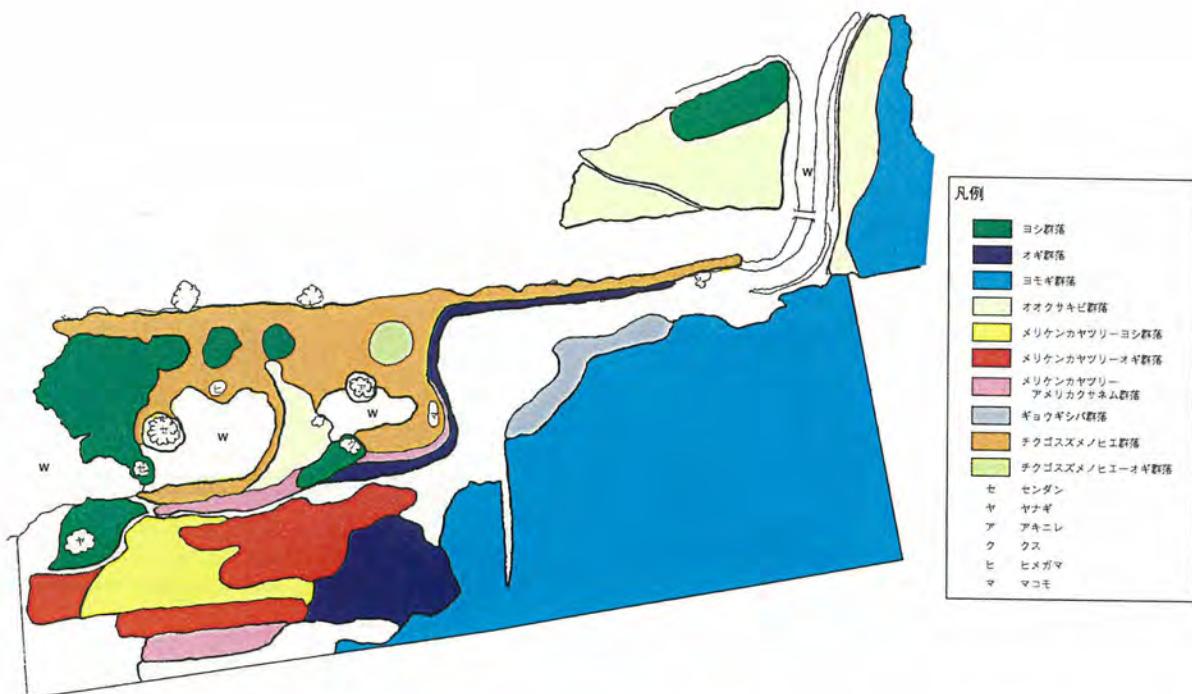


図3・7 2000年度植生図<sup>13)</sup>



写真3・9 (1) 水際植生 1999年夏



写真3・9 (2) 水際植生 2000年夏

クゴスズメノヒエ、ヒシ等の植物の繁茂が顕著となり、水路部では水面を完全に覆っている状態であった。この原因は水深が浅いことと、水の移動が十分にないことから汀線から沖側への繁茂が容易であること、さらに、夏季において水位が低い状態の日が続いたことも繁茂を助長したと考えられる。

また、夏から秋にかけて、本流よりボタンウキクサが進入しワンドで定着し、写真3・11に示すようにワンドの水面を全面覆ってしまうような状態になった。ボタンウキクサに覆われたワンドの水中は光が遮られ、貧酸素化が進み、ワンドに生息する魚貝類に影響が出ると考えられたため引き上げ作業が行われた（写真3・12）。

ボタンウキクサについては、熱帯性の植物でもあり、冬季に寒波が襲来したことで枯死しているのが確認できた。しかしながら、冬季であっても、チクゴスズメノヒエは水路をふさいだ状態のままであった。

チクゴスズメノヒエが繁茂する場所として、止水域は適地であると考えられ、その繁殖力も旺盛である。しかしながら、ある程度流れがある場所では繁茂しにくい傾向があり、スズメノヒエ類繁茂の予防策としては、常に一定量の通水を確保し、水中への進出を制限することなどが考えられる。しかしながら、いったん繁茂したスズメノヒエ類を通水等の自然の遷移に任せた状態で除去することはできないと考えられるため、人為的な除去作業が



写真3・10 (1) 水路部植生 1999年夏



写真3・10 (2) 水路部植生 2000年夏



写真3・11 水面いっぱいに広がったボタンウキクサ



写真3・12 ボタンウキクサ除去後の実験ワンド

必要となるであろう。その際、留意すべき点としては、スズメノヒエ類が魚類の移動阻害になっていると同時に産卵床としても利用されている点であり、除去は産卵期以外（冬季が望ましい）を行い、かつある程度の個体数を残しておく必要がある。

本来、河川においては常に攪乱がおこり、植生の遷移の進行は様々な状態でモザイク状に分布すると考えられるが、現在の城北地区では、湛水域となっているため、攪乱が起こらない状態となっている。そのため、植生の遷移は常に進行することになる。特定の場所を一定の状態で保存するためには、現状では監視および人為的な管理が必要であると考えられる。

#### 4. おわりに

以上のように、ワンドの改善手法について、実験ワンドでの成果および水位変動実験の成果を用い検討を行った。人工的な水位変動は平常時の水位変動と比較した。

大堰の水門操作によってワンド間や本川とワンドで水の移動が生じ、水制近傍では流れが発生することがわかった。また、底層のDOも一時的に改善し、実験ワンドの魚類も水位上昇にともなって移動が活発になるなど水位変動が城北ワンド群の改善に効果があることが示唆された。しかしながら、一時的に改善したDOも翌日には再び低下するなど今後解明すべき課題も生じてきた。今後は水位変動の時期、頻度、パターンについても検討する必要がある。

実験ワンドについては魚類・二枚貝類の確認種数は城北ワンド群の他のワンドと比較しても何ら遜色なく、二枚貝、タナゴ類、底生魚類とそれぞれの繁殖行動に密接に関係する種がそれぞれ確認されており、実験ワンド内で共生している可能性が示唆された。

また、本川や他のワンドからの移入、産卵のための侵入も確認されていることから、現時点では水生生物の生息環境として適当であると評価できる。しかしながら、今後実験ワンドの機能を維持していくためには、常に植

生の管理が必要になってくると考えられる。

水位変動実験と実験ワンド調査を総合して考えると、浅場と水位変動が城北ワンド群を改善するキーワードになるといえよう。浅場は、稚魚や稚貝が多く見られることから、水生生物の再生産の場として重要で、その場の質やその環境を維持するためには適当な水位変動や攪乱が必要となるであろう。

今後、淀川のワンドの保全・改善について、浅場の復元方法と維持管理方法のあり方、ワンドの水質・底質改善に対して効果的な水位変動の規模や時期、頻度のあり方を検討していきたい。また、淀川大堰の湛水域よりも上流においては、かつての城北ワンド付近のように水位変動幅が大きく<sup>14)</sup>、かつワンドが多くみられたが、河川改修とともに消滅している<sup>15)</sup>。淀川全体の魚貝類の生態系の保全や回復を考えると、このような上流の場所でワンドを復元するというのも重要な意味をもつと考えられ、今後検討していきたい。

### 謝辞

本研究は、国土交通省近畿地方整備局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、清風学園講師紀平肇氏、大阪府自然観察指導員有馬忠雄氏、大阪教育大学教授長田芳和氏、大阪府立北野高校教諭小川力也氏には貴重なご意見やご指導を頂きました。また、現地での調査ならびにデータ解析・整理等にあたっては、大阪工業大学工学部水圏環境研究室の方々その他多くの方にご尽力ご助言を頂きました。ここに記して深く感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 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, pp51-58.
- 2) 綾 史郎 (2001) : 河川の流量・水位の年間および経年変化と生態環境. ボテジャコ第5号, pp1-pp10, 魚類自然史研究会.
- 3) 河合 典彦 (2001) : 景観に見る城北ワンド群の変貌—水位の安定化がもたらしたもの—, ボテジャコ第5号, pp11-pp19, 魚類自然史研究会.
- 4) 山本 敏哉・遊磨 正秀 (1999) : 琵琶湖におけるコイ科仔魚の初期生態, 淡水生物の保全生態学 (森 誠一編著), pp.193-203, 信山社サイテック.

- 5) 建設省 淀川工事事務所 (1999) : 平成10年度 淀川生態環境調査検討業務報告書.
- 6) 建設省 近畿地方建設局 (1974) : 淀川百年史.
- 7) 大水 奈津子・中谷 貴史・綾 史郎 (2001) : 城北ワンド群の水理環境に関する研究, 河川技術に関する論文集, pp345-350, 第7巻.
- 8) 小川 力也・長田 芳和 (1999) : 河川氾濫原のシンボルフィッシュイタセンバラ, 淡水生物の保全生態学 (森 誠一編著), pp.9-18, 信山社サイテック.
- 9) 国土交通省 淀川工事事務所 (2001) : 平成12年度淀川生態環境調査検討業務報告書.
- 10) 矢田 敏晃 (1999) : 淀川における魚類相及び本流とワンドの生物のかかわり合い, ワンドの機能と保全・創造, PP95-103, (財) 河川環境管理財団 大阪研究所.
- 11) 紀平 肇 (1990) : 琵琶湖淀川淡水貝類, たたら書房.
- 12) 建設省 淀川工事事務所 (2000) : 平成11年度淀川生態環境調査検討業務報告書.
- 13) 有馬 忠雄 (2001) : 平成12年度淀川河川敷生態調査 (淀川城北ワンド周辺植生調査), 国土交通省 淀川工事事務所.
- 14) 綾 史郎・紀平肇・松波由佳・井田康夫 (2000) : 河川の水位・流量/経年変化と河川生態環境, 河川技術に関する論文集 第6巻, pp77-82, 土木学会水理委員会河川部会.
- 15) 綾 史郎・斎藤 あづさ・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, pp89-94, 土木学会水理委員会河川部会

## 5. 既設コンクリート護岸の多自然化についての工法検討

江川 太朗\*・高垣 美好\*\*・成田 良宏\*\*\*・石垣 勝之\*\*\*\*

### 要旨

河川環境に対する国民の関心の高まり等を背景として、平成2年に建設省より「多自然型川づくりの推進」に関する通達が出され、平成8年には「コンクリートの見えない川づくり」を目指す方針が示された。これらを受け、全国の河川で河川環境に配慮した河川整備が進められている。その実施にあたっては、当該地点の治水・利水ならびに環境特性等に配慮し、さまざまな工夫がなされている。

ここでは、地形的に水衝部と考えられ、すでに低水護岸がコンクリート張りで施工された箇所について、その後の河川特性の変化等を再検討し、多自然化を図り、施工したもののが報告を行う。

すなわち、本検討箇所はコンクリートによる護岸工がなされていた箇所であるが、放水路を建設したことにより水流が変化したと考えられることから、改めて河道全体の特性を評価し、覆土工法の適用を検討した。

なお、同工法の適用に当たり、

- ・コンクリート護岸上に覆土をする場合の滑り防止のための対策工
  - ・流水の流下特性を把握し、覆土の流出防止のためのシート材の利用
- 等についても留意して施工したので、その経過についても報告する。

### 1. 計画区間の概要

豊川は、流域面積が約700km<sup>2</sup>、流路延長約80kmの一級河川である。

検討箇所は豊川11.4k～11.6k付近の右岸約500mであり豊川放水路の分岐点下流に位置している。

本検討箇所付近の河道特性を概括する。

まず平面形状については、検討区間付近の河道（本川）

は、大きく左に湾曲（約90°）していることがあげられる。水流はその影響を受け、下流区間ではみおすじが右岸に寄っており、洪水時には水衝部となる箇所である。このため、現状では2割勾配の低水護岸がコンクリート張りで施工されている。また、本検討箇所は上流に比べて川幅（左右堤防間の距離）がかなり広がっている。

検討箇所から1km程度下ると河道が鋭角の蛇行を繰り返し、随所に狭窄部が存在する。これにより流下能力が不足するため、しばしば水害を引き起こしてきたところである。沿川には家屋が連担して河道の拡幅や流路の変更が困難なことから、検討箇所の直上流をのみ口とする放水路が昭和40年に竣工している（図1・1）。

上記放水路へは、本検討箇所の直上流における計画高水流量4,550m<sup>3</sup>/sのうち1,800m<sup>3</sup>/sが分派される計画である。これにより検討箇所の計画高水流量は2,750m<sup>3</sup>/sとされている。

さて、検討箇所より下流の平均河床勾配は、おむね1/5,000～1/7,000程度であり、この付近より上流の同河床勾配は1/1,000～2,000程度へと変化している。ただし、検討箇所付近は放水路への分流や河道の特性により、後述するように局所的に特殊な河床勾配となっている。

先にも述べたように検討箇所の直上流から検討箇所下流付近にかけては、川幅が上下流に比して広がっているため、洪水の際、流速が減少するものと考えられるが、放水路が建設されたことにより本川の流量が大幅に減少して、検討区間付近の流速がさらに減少する特性が強まったものと考えられる。

現に検討箇所の上流部分には、土砂の堆積によってできたと考えられる砂州（多年生の草本類が繁茂している）が形成されている。なお、ここから上流およそ2km区間の低水路の平均河床勾配は1/5,000程度（最深河床では逆勾配となる区間もかなりの延長で存在）となっているが、今回の検討区間にある砂州の末尾部から下流の部分は、低水路の平均河床勾配が約1/1,000、最深河床の

\* (財) 河川環境管理財団 研究顧問

\*\* (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 調査役

\*\*\*\* 玉野総合コンサルタント(株) 設計第一部 係長

勾配は、 $1/300$ にも達する特殊な急勾配区間となっており、ここでは瀬が形成されている。

環境面では、この河川が人口37万人余の都市近郊を流れ貴重な水と緑の空間を有しており、住民の水辺環境、河川環境への関心には総じて高いものがある。

検討箇所も比較的大規模で植生の豊かな高水敷が下流に広がっている。さらに上流にも草本類に被覆された中州や低水敷・高水敷が広がっているが、当該地は高水敷がほとんどなく、コンクリートで被覆された低水護岸が水面にまで及んでいる。このためこの護岸に覆土を施すことにより、水辺を移動する動物の上下流方向や横断方向への移動が容易になると考えられる。

また、放水路が分派する地点でもあるため、訪れる人

も多く、コンクリートが露出する景観を自然豊かな河川敷に改善できないかという声が強い箇所である。

さて、本検討区間を詳細にみると、既述のように、その最上流部付近の河岸前面には砂州が形成されている（砂州の位置を図1・1中に斜線で示す）。

洪水時には本川に流下する洪水と、放水路に流下する洪水との分流にかかる影響のある区間、それに続く下流部で河床勾配が急な上に洪水時には水衝部となると思慮される区間に分けられる。そこで、図1・1に記すように前者を「上流区間」、後者を「下流区間」と呼んで検討を進めることとした。

以上、検討区間の平水時の河道特性の所見をまとめると、表1・1のようになる。



図1・1 検討区間の概要図



写真1・1 平水時の上流区間



写真1・2 平水時の下流区間

表1・1 検討区間の平水時の所見

	【上流区間】	【下流区間】
平水時河道特性の所見	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリート護岸（1：2.0）が施工されている。</li> <li>その前面には、放水路に至る流れと本川に向かう流れとを分ける砂州（ほぼ平坦であるが、水面からの最高高さは1~2mで多年生草本類の繁茂が見られる）があり、上流部からの流水は護岸に直接的には及んでいない。 ただし、護岸前面の砂州と既設コンクリート護岸との間には、幅3~5mの小水路が形成されており、普段は放水路前から本川下流に向かう緩やかな流れがある。</li> <li>この区間の護岸の根入れは、砂州と護岸との間にある小水路中に没する形で設けられており、小水路の河床部にはコンクリートブロックによる根固工が設置されている。</li> <li>この区間は、上述の堆砂の影響により河床勾配は緩やかであり、平常時でも流速は緩い（当該前面の河道幅は、直上流に比較すると1.5倍程度に広がっており、平時の流速のみならず、洪水時も流速が減少するものと考えられる）。</li> <li>河岸部にコンクリート支柱（<math>h = 1.5m</math>, <math>\phi = 300mm</math>）が2m間隔で連続して設置されている。</li> <li>低水護岸を土砂で被覆すること等により法面に植生が繁茂すれば、横断的な植生の繁茂面積が飛躍的に向上し、上流（砂州）下流（高水敷）をつなぐでの植生の連続性の保持（これによる景観の向上も期待できる）、上下流方向の動物の移動等も容易になると考えられる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリート護岸（1：2.0）が施工されている。</li> <li>平常時の水面幅は、40~50m程度あり、瀬を形成した流れとなっている。 このため、低水護岸部・根固め部に対する流水の影響は平常時から比較的大きい。</li> <li>みお筋が右岸に寄っており、<math>1 \times 1m</math>および<math>1.2 \times 1.2m</math>のコンクリートブロックによる根固工が設置されている。</li> <li>水衝部表層の河床材料は5~10cm程度の砂礫となっている。</li> <li>植生は、根固めブロック上に繁茂している。コンクリート張りの護岸の法長が10m程度もあるため、植生の繁茂区域が限定的である。</li> <li>特に後述する行明水位観測所付近より上流部については既設護岸工の法尻部に土砂が堆積し、草本類が高い密度で繁茂しているが、同観測所よりさらに下流では根固めブロック上の露出面積が増え、ネコヤナギ等の低木が狭い範囲で生育している程度となる。 このため、低水部として植生の連続性が十分とは言い難く、また、高水敷上の植生との連続性もなくなっている。</li> <li>植生の生育状況等からも、この水位観測所より下流の区間が、平常時においては最も外力が大きいところであると推察される。</li> <li>低水護岸の覆土による多自然化の効果は、左記の上流区間と一体となることによって発揮される。</li> </ul>

## 2. 検討に際し考慮すべき洪水流速の検討

### 2.1 概要

護岸の設計に用いる流速は、計画高水位以下の水位のさまざまな流況条件のなかで実際に河岸に作用する流速のうち最大の値を用いるのが通例である。今回の検討箇所の工法は、既設コンクリート護岸により治水安全度が確保されているものと考えられることから、覆土に対しては最大（設計）流速下において力学的耐性を持つという条件は緩和してもよいと考えられる。

しかし、施工目的ならびに下流への影響を考慮すれば、流出しにくい構造、強度を持つことが望ましいことは言うまでもない。

このため、樹木群の影響を考慮して準二次元不等流計算を実施し、計画高水流量の流下時における低水路部および高水敷部での平均流速 $V_m$ を求め、これに対して河道の湾曲、洗掘等の要因を必要に応じて水理学的に評価し、補正係数 $\alpha$ を乗じて代表流速 $V_o$ を算定し、工法選択の参考にすることとした。

また、検討期間中に実際に生起した洪水の所見をとらえ、上記計算結果の妥当性等を可能な限り検証することとした。

### 2.2 計画高水流量流下時の流速算定

河道湾曲部では、湾曲外岸側下流端に生ずる強制渦によって流速が早くなることが知られており、また外岸の

深掘れによっても流速が早くなることが知られているので、河道湾曲部の補正係数  $\alpha$  を以下の式によって算出し補正することとした<sup>1)</sup>。

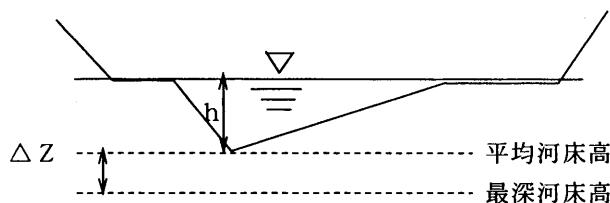
$$\alpha = 1 + B/2r + \Delta Z/2h$$

ここで  $B$  : 低水路幅 (166m)

$r$  : 曲率半径 (415m)

$h$  : 平均河床高からの水深

$\Delta Z$  : 最大洗掘深 (下図の通り)



以上のように求めた計画洪水時における本設計区間下流区間 (11.4k:No.1付近) の河岸流速は約2.0m/sである。

一方、上流区間 (11.6k) における河岸流速は、約1.6m/sとなった。

以上の状況を踏まえ、河道の特性や検討期間中に発生した洪水時の所見から上記判断の妥当性を判断するものとする。

## 2.3 洪水時流況調査

本検討区間の洪水時流下特性を把握するために、検討期間中に発生した平成11年9月22日の出水時に現地で河岸付近における流速、流向観測を行なった。

### 2.3.1 洪水時流況調査概要

#### ① 調査地点

観測した位置は、下図(図2・1)に示す4地点である。横断方向の観測地点としては、護岸付近(水際より約3m)とした。

#### ② 流速調査

流速調査は表面浮子観測にて実施した。なお、浮子の流下する区間は20mとした。

#### ③ 流向調査

浮子が流下する方向についても調査を行なった。

#### ④ 流速・流向観測時の雨量、水位状況

ちょうど本検討箇所内(下流区間の中央)に行明水位観測所があり、今回の洪水の水位データが記録されているので、その値を表2・1に示す。

すなわち、今回の洪水ではピーク水位3.54m(15時)を記録した。これは低水護岸の肩高より2m程度低い水位である。また、本調査区域の上流部にある豊川放水路のゲートが11時半頃から徐々に開放され13時前には全開されたため、13時以降は水位の上昇量は大幅に減少した。

#### ⑤ 流量

観測時のピーク流量は、当計画地点より約2km上流の当古流量観測所のH-Qカーブより約1,100m<sup>3</sup>/s(速報値)であった。この洪水の出水規模は年間第2~3位に相当するものであり、前面の砂州部分はほぼ水没し、背の高い草本類が頭を出す程度であった。

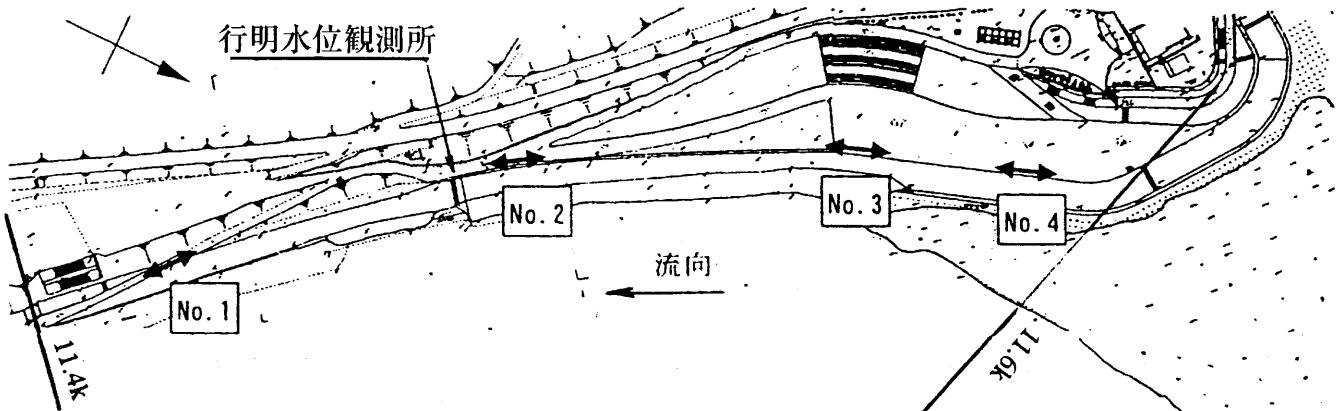


図2・1 調査位置 (平面図)

表2・1 検討箇所内にある行明水位観測所の毎正時の水位変化

(水位T.P.m)

9/22	行明地点 (11.4k)
7:00	1.38
8:00	1.64
9:00	1.87
10:00	2.09
11:00	2.68
12:00	3.18
13:00	3.23
14:00	3.40
15:00	3.54
16:00	3.47
17:00	3.23

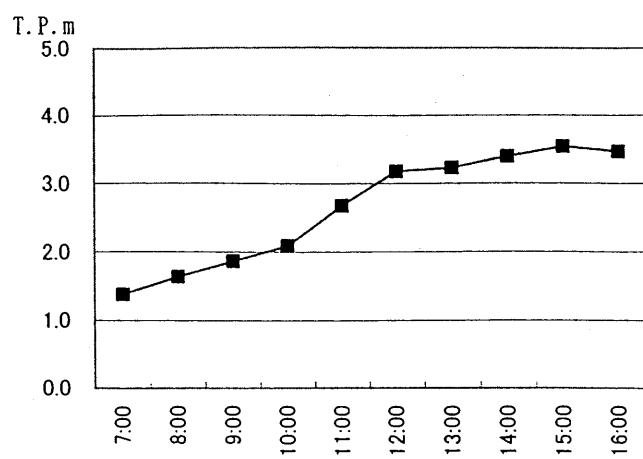


図2・2 平成11年9月22日出水状況  
(行明水位観測所)

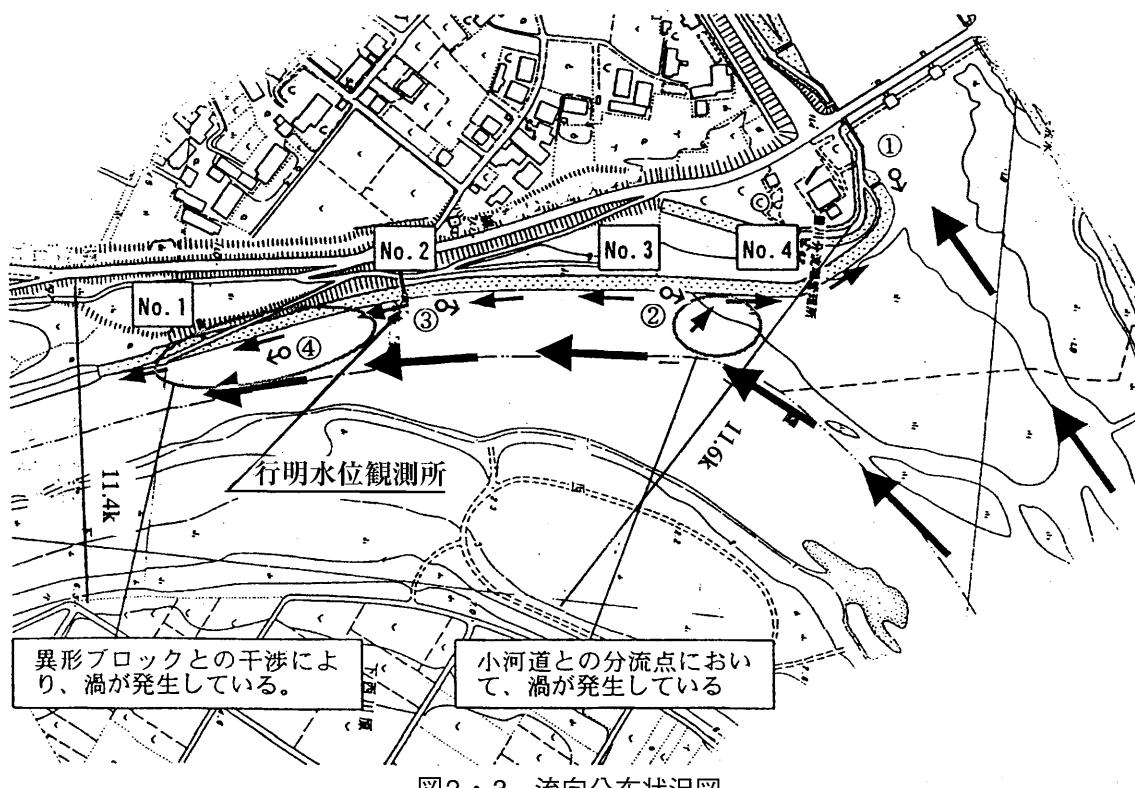


図2・3 流向分布状況図

注1) 図中の四角白抜き数字位置は、流速計測位置表示

注2) 図中の丸白抜き数字は、次ページ写真2・1の丸白抜き数字写真番号  
(♂)は撮影の向きを示す

表2・2 浮子観測による流速調査結果

計測No	No.1	No.2	No.3	No.4
1回目 (s)	11.01	13.41	12.79	16.19
2回目 (s)	10.81	12.34	12.35	19.26
3回目 (s)	12.06	13.53	13.09	15.92
平均値 (s)	11.29	13.09	12.74	17.12
平均流速値 (m/s)	1.77	1.53	1.57	1.17



①<砂州の状況>

護岸前面の砂州が冠水しており、一部の多年生草本は水面から頭を出している。



②<小水路の状況>

本川より分流した水流が小河道へ流れ込んでおり、分流点付近には渦が発生している。



③<No1の状況>

コンクリートブロック根固め工の上部あたりで、渦の発生が見られる。



④<No2の状況>

No1同様に、コンクリートブロック根固め工の上部あたりで、渦の発生が見られる。

写真2・1 平成11年9月22日の出水状況

## 2.4 設計に用いる洪水流速について

前節での計算結果によれば、計画高水流量の流下時 ( $Q = 2,750\text{m}^3/\text{s}$ ) における二次元不等流計算による河岸流速は  $11.4\text{k}$  で約  $2.0\text{m}/\text{s}$ ,  $11.6\text{k}$  で約  $1.6\text{m}/\text{s}$  であった。

これに対し、今回の洪水流況調査 ( $Q = 1,100\text{m}^3/\text{s}$  : 分流前流量) では、 $11.4\text{k}$  とおおむね同地点である No1 地点で  $1.77\text{m}/\text{s}$  である。同様に  $11.6\text{k}$  とおおむね同地点である No4 地点で  $1.17\text{m}/\text{s}$  であった。両者を比較する上で、 $11.6\text{k}$  については流況調査地点が小河道であること、ここでの流向が放水路方向へ流れている（計画高水流量流下時の計算の流向と逆向き）ことから、計算値との比較は困難である。そこで、計算および調査地点がほぼ同じである  $11.4\text{k}$ （本検討区間の最大流速の発生する箇所であると考えられる）での計算値と流況調査結果から計算値の妥当性について考察してみるととした。

計算値の特徴として、まず本検討箇所の直上流である  $12.0\text{k}$  の右岸での河岸流速は約  $2.8\text{m}/\text{s}$ 、直下流に近い  $11.0\text{k}$  でも約  $2.8\text{m}/\text{s}$  と、それぞれ  $11.4\text{k}$  地点の 3 割以上も早い流速となっていることがあげられる。

次に、 $11.4\text{k}$  での約  $2.0\text{m}/\text{s}$  は、流況観測値  $1.77\text{m}/\text{s}$  の 1.1 倍程度であり、洪水の規模が大きくなつても流速の増加は顕著でないことを示している。

前者の理由として、本検討箇所が放水路への分派地点の直下であることがあげられる。つまり分派により本川

の流量  $4,550\text{m}^3/\text{s}$  が  $2,750\text{m}^3/\text{s}$ （放水路への分派量は 40% に当たる  $1,800\text{m}^3/\text{s}$ ）へと減少し、これに加えて、冒頭にも述べたように本検討区間の河道は、その上流に当たる  $12.0\text{k}$  付近ならびに下流の  $11.0\text{k}$  のいずれもの河道幅に比べて 1.5 倍程度広がる区間であるためと考えられる。さらに河道断面が流線に対してスムーズに拡大していることからその効果が比較的顕著に出ているとみられる。

後者の、計画高水流量と今回の観測洪水の流量とに大きな差異がありながら流速の差が小さい。その理由については、流況調査時の本検討箇所での流下幅が上下流の流下幅とあまり変わらない範囲の出水規模であったため、流下幅急拡の影響が表れなかったことがあげられる。さらに、計画高水流量時に予想される流向の曲率半径に比べて低水路満杯流量ともいえる流況調査時の曲率半径の方が小さく、湾曲の影響が大きめに現れたことも考えられる。

また、施工後 30 年以上経った現地の護岸や根固め工の状況を観察しても、大きな損傷や吸い出し等は特にみられなかったことから、これまでの出水ではその外力作用に耐え、河岸防御機能の役割を充分に果たしている。

以上のことから、今回計算により算出した下流区間の河岸流速約  $2.0\text{m}/\text{s}$ 、ならびに上流区間の約  $1.6\text{m}/\text{s}$  はおおむね妥当な値であると判断した。

なお、この値は、後述のシート・マット材を用いて流出防止対策工法の検討をする際の参考にした。

表2・3 洪水時の流下特性の所見

	【上流区間】	【下流区間】
平水時 河道特性 の所見	<p>(H 11・9・22 出水の所見)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>下流区間が明確な流向を示し、流速も <math>1.5\text{m}/\text{s}</math> を越えているのに対し、全体に緩速であった。観測時には No4 の小河道では放水路への分流の影響と考えられる通常時とは逆方向（下流からゲート方向）の流れとなっていた（流速は <math>1.17\text{m}/\text{s}</math>）。</li> <li>下流に向かう流れとの分流点付近では、渦の発生も見られた。</li> </ul> <p>（計画高水程度の流れでの予測）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>放水路へ向かう流れと本川を下る流れの分岐点直下の区間である本検討区間では、分派による流速の低減効果を受けるものと考えられる。</li> <li>また、河道幅が直上下流と比較してかなり（1.5 倍程度）広がっており、流速緩和に効果を与えると考えられる。</li> </ul>	<p>(H 11・9・22 出水の所見)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>護岸付近の流速は、おおむね <math>1.5\text{m}/\text{s}</math> 前後となつておらず、最も流速が早いのは検討区間最下流部 (No1) の <math>1.77\text{m}/\text{s}</math> であった。</li> </ul> <p>（計画高水程度の流れでの予測）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>計画上、本川に分派される流量は <math>4,550\text{m}^3/\text{s}</math> のうち <math>2,750\text{m}^3/\text{s}</math> (<math>1,800\text{m}^3/\text{s}</math> (40%) は放水路へ分派) である。この流量低減により流速の低下に対し、かなりの効果があるものと考えられる。</li> <li>検討区間の河道幅は、左の上流区間でも述べたように直上流に比べて大きく広がっているため、上流部と同様の流速低減効果があるものと考えられる。</li> <li>計算によれば、計画高水流量程度の流量での <math>11.4\text{k}</math> 右岸低水護岸付近での流速は <math>2\text{m}/\text{s}</math> 程度 (<math>3\text{m}/\text{s}</math> を上回らない) と思慮される。</li> </ul>

### 3. 多自然護岸の工法選択

#### 3.1 検討区間における護岸工法選択の考え方

護岸の本来の目的は、河岸の侵食防止である。

既設護岸を弱めることがなければ従前の機能は確保される。この意味から既設コンクリート護岸箇所で最も選択しやすい多自然工法は覆土である。

既設コンクリート護岸の覆土工法についての一般的な留意事項を整理すると次のようになる（図3・1, 2）。

##### ①雨水による滑りおよび流出防止

雨水が、覆土の表面や上部の天端や小段上から浸透することにより、コンクリート面と覆土の下部面との間に水みちを作る等してなじみを悪くさせ、覆土全体を滑らせる現象を生じことがある。

その防止対策として、浸透した雨水を速やかに排除させ、また容易に滑り出さないように覆土とコンクリート面との間に流出を防止させるような抵抗力を持つ部材を挿入させ、安定性を高める工法の検討が必要である。

##### ②流水による覆土の流出防止

護岸の前面は流水に直接さらされる場所であるから、さまざまな外力が作用する。覆土法面はこれらの作用に對して充分な抵抗力を持つことが求められる。

##### ③覆土の乾燥防止

植生の生育基盤である土壌は、土量と土壌の厚さによって水分の保存能力等が変化する。一般に土量が少ないほど、降水や乾燥による影響を受けやすいため、既設コンクリート護岸の覆土の乾燥防止策として、適切な覆土厚および覆土材料の検討が重要である。

##### ④覆土による河積阻害

コンクリート護岸上への覆土は、覆土分だけ河積を狭めることになる。狭窄部や遊水効果が期待される箇所においては、水位のせき上げ、遊水効果の減少度合いの影響等を考慮する必要がある。

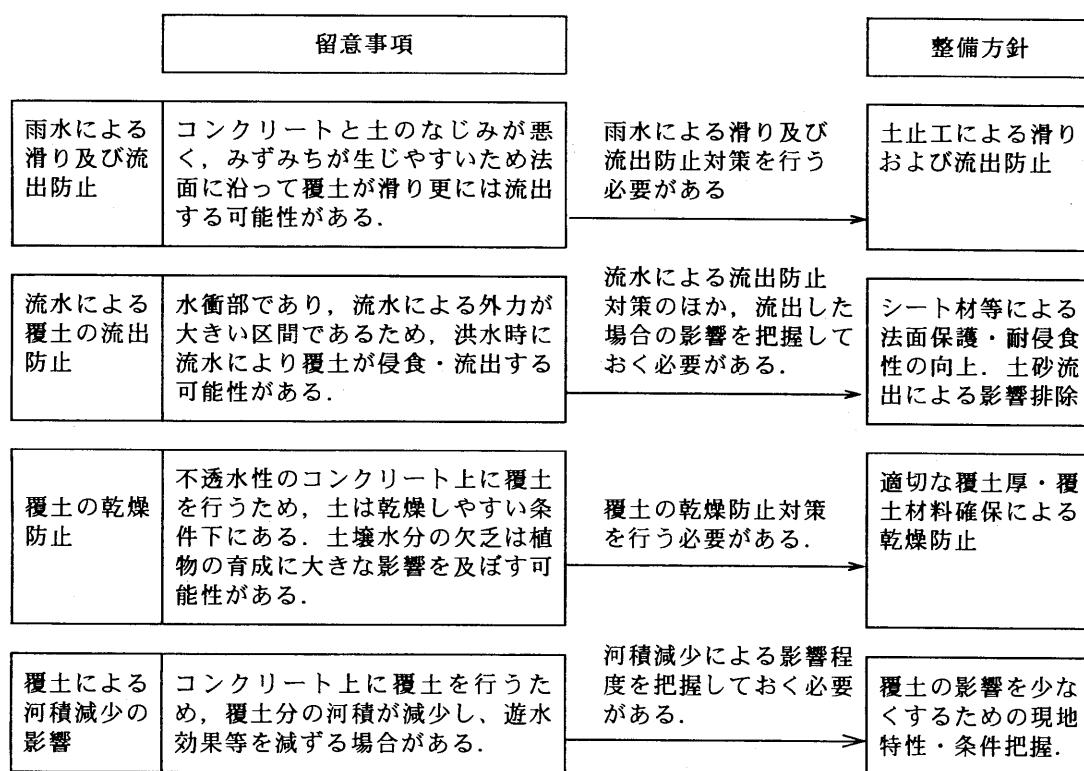


図3・1 覆土工法施工上の留意点（1）

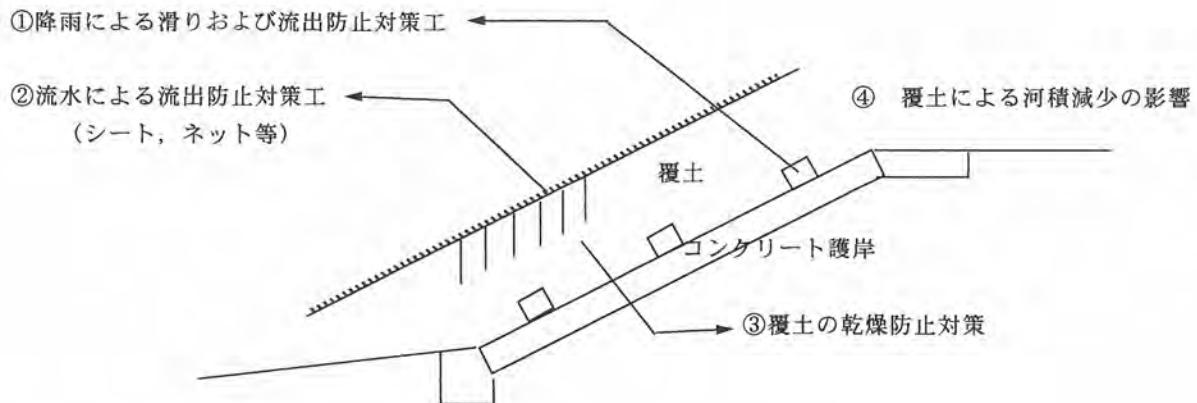


図3・2 覆土工法施工上の留意点 (2)

### 3.2 対策工法の選定

#### 3.2.1 滑りによる土砂流出防止対策工法の比較検討

滑りによる土砂流出防止対策工（土止工）として既設コンクリート護岸上に以下に示す部材を設置する6ケースの案を考えた。

1案：軽量鋼鉄製リング

2案：廃タイヤ

3案：コンクリートブロックネット

4案：丸太+鋼製ネット

5案：軽量プラスチック法枠

6案：車止めブロック

上記6案について、耐久性・強度・施工性・経済性等の面から各々の工法について比較検討を行った。

リサイクルの観点からも「廃タイヤ」を利用した土止工法について検討したが、現在のところ、タイヤ径を揃えることやタイヤの内部にまんべんなく土を入れる方法、タイヤ同士の固定方法等に確実性を求めるに経費が増大するなどの問題点をクリアできず、今回は軽量鋼鉄製リングを採用することとした（表3・3）。

表3・3 土止工法比較表

工法	1案： 軽量鋼鉄性リング	2案： 廃タイヤ	3案： コンクリートブロックネット	4案： 丸太+鋼製マット	5案： 軽量プラスチック法枠	6案： 車止めブロック（アンカー止め）
工法の概要	鋼鉄性のリングを法面上に固定。 リング径Φ=1.06m 高さは10, 15, 20cmと選べる。	半割にしたタイヤを法面上に固定 タイヤ径Φ=1.05m 高さは12.5cm程度 鋼製ネット、2×2m 高さは15, 23, 26cmと選べる				
写真						
耐久性、強度	軽量鋼鉄性であり強度上問題ない。 ○	使用済みのタイヤ（ゴム製）であるため、変形を起こす可能性がある。 覆土を慎重に行わないとタイヤの隙間に空洞が生じる可能性がある。 △	コンクリートであり強度上問題ない。 ○	木製であり腐食により強度が低下する可能性がある。 △	合成樹脂製であり強度上問題ない。 ○	コンクリートであり強度上問題ない。 ○
排水性	リングの側壁に通水穴がある。 ○	下に土砂を敷くため排水可能 ○	コンクリートブロック間に隙間を持ち排水性は高い。 ○	丸太とコンクリート法面上に隙間が生じるためある程度の排水性は期待できる。 ○	下に土砂を敷くため排水可能 ○	ブロック間に隙間を空けるため排水性は高い。 ○
施工性、手間	リング同士を連結ボルトにて結合し、コンクリート法面上に直接アンカーにて固定。（1個/m <sup>2</sup> ） ○	タイヤをボルトで連結し、コンクリート法面上にアンカーにて固定。（1個/m <sup>2</sup> ） ○	ブロックネットを連結させ、コンクリート法面上にアンカーにて固定。（0.5個/m <sup>2</sup> ） ○	鋼製ネットをコンクリート法面上にアンカーにて固定（0.5個/m <sup>2</sup> ） ○	法枠をコンクリート法面上にアンカーにて固定（1個/m <sup>2</sup> ） ○	コンクリート法面上にアンカーにて固定（3.3個/m <sup>2</sup> ） △
曲線部への施工	可 ○	可 ○	可 ○	可 ○	可 ○	可 ○
経済性						
備考		他産業の廃材（タイヤ）のリサイクルが可能。 ゴム材の変形。		木製のため、腐食による強度低下。 再生プラスチックを使用。 実績多い。		
総合評価	○	△	△	△	○	△

### 3.2.2 流水による流出防止対策

さて、流水による流出防止対策工（法面保護工）として覆土法面上に使用するシート材等については施工実施例とその効果等を勘案し次の5案を選定した。

- 1案：化繊+繊維マット
- 2案：植物繊維マット
- 3案：植物繊維シート
- 4案：化繊マット
- 5案：化繊シート

上記5案について、耐久性・強度・施工性・経済性ならびに機能性等の面から比較検討を行った結果、洪水時に護岸上に大きな外力（流速）が作用する「下流区間」については、特に根系が発達した後に強い強度が期待できる「化繊マット」を選定した。また、「下流区間」に比べてやや弱い外力（流速）が作用する「上流区間」については、植物が生育すれば耐侵食性が確保されると考え「植物繊維マット」を選定した（表3・4）。

なお、シート、マットには覆土の乾燥防止対策にも効果が期待されるものもある。

### 3.2.3 覆土厚ならびに覆土材料

覆土厚の決定には、植物にとっての良好な生育環境の確保という視点と、河道断面積の減少を極力少なくするという視点からの検討が必要となる。植物の生育に必要な土壤の厚さは、小低木では45cm以上、低木・中木では60cm以上とする文献<sup>2)</sup>もあり、本検討では法肩部において0.5m、法尻部は侵食や法面の安定性を考慮して1m厚程度とすることとした。なお、上流部においては、法尻部の覆土厚を1mとすると河岸前面の小河道の大半が埋没するため法尻部についても0.5m厚程度とし、均一の厚さに覆土することとした。

覆土の全体量は2,000m<sup>3</sup>程度であり、細粒分（山土で代表粒径0.2mm程度、現地採取土はほとんどがシルト、粘土）が大部分を占めるので洪水時に万一流出しても浮遊砂、ウォッシュロードとして流下し、河積阻害を引き起こす恐れはない判断した。

覆土材料については、早期に植生（在来種）の再生を図り、覆土面の耐侵食性を確保して行くためには雑草の種や根が多く混入し、有機質を含む表土が最適であるが、周辺より大量の残土を確保するのは困難である。

表3・4 流出防止対策比較表

工 法	1案： 化繊+植物繊維マット	2案： 植物繊維マット	3案： 植物繊維シート	4案： 化繊マット	5案： 化繊シート
工法の概要	化繊、植物繊維、人工土壤からなる厚さ約10mmの植生用マット（種子付き） (人工土壤：種子、肥料、保水材等の配合された土)	植物繊維による厚さ約10mmの植生用マット（種子付き）	植物繊維ネットに不織布を装着したもの（種子付き）	高い空隙率を持つナイロン製マット	ナイロン製のシート
写 真					
流出 防止 耐 流速 性	植生根付 くまで	厚手のマットによる流出防止 ◎	厚手のマットによる流出防止 ◎	ネットと薄手のシートによる による流出防止 ○	流出・吸い出し防止効果は他 案に比べ弱い △
	植生が根 付いた後	植物繊維が腐食するため植 生と化繊繊維による流出防 止 ○	シートが腐食するため植生 のみによる流出防 止 △	シートが腐食するため植生 のみによる流出防 止 △	植生根と土がマットと絡み 合うことによる流出防 止 ○
耐 用 年 数	約4～5年（化繊部分も紫外線 等により強度が低下する） ○	3～4年 ○	1～2年 △	半永久 ○	半永久 ○
植生回復のスピード	植物繊維の種子付き植生基 盤であり、マット自体は数年 後に腐食し、有機肥料となる。 ○	植物繊維の種子付き植生基 盤であり、マット自体は数年 後に腐食し、有機肥料となる。 ○	植物繊維の種子付き植生基 盤であり、マット自体は数年 後に腐食し、有機肥料となる。 ○	植生の種子、肥料等は含ま ない。（早期の植生の回復が求 められるため、表土の移植、種子 吹きつけ、土壌改良等を必要 とする。） ○	植生の種子、肥料等は含ま ない。（早期の植生の回復が求 められるため、表土の移植、種子 吹きつけ、土壌改良等を必要 とする。） ○
保水性、排水性	保水材による乾燥防止効果 ○	吸水性マットによる乾燥防 止効果 ○	不織布の保水材による乾 燥防 止効 果 ○	特になし	特になし
経済性、(概算工事費)	△	△	○	○	○
備 考				空隙が多く植物の窒息防 止や活動した植物の根の根茎 保護となる。	
総 合 評 価	○	○(上流区間)	○	○(下流区間)	○

したがって、山土（無機質土）により、40cm厚程度覆土し、その上部に表土を10cm厚程度敷均し、早期に緑化を図ることとした。

### 3.2.4 対策工法の配置

以上の検討を踏まえ、最終的には図3・5のように、河道特性に応じた対策工法の選定を行った。

すなわち、本計画対象区において想定される河岸流速は前述のとおり、1.5～2m/sであるが、植生がない場合に、流速が3m/s程度まではシート材で侵食量を低減できるとの実験結果があり<sup>3)</sup>、その後、シート上に雑草が根付けば耐侵食性はさらに向上すると期待される。

以上より、速い河岸流速が作用する下流、中流部区間に耐久性の高い化繊マットを使い、植物の根系と一体的に高い耐侵食性を確保し、河岸流速の遅い下流区間に

いては覆土上に植物が繁茂するまでの期間植物繊維マットで耐侵食性を確保し、植物繊維マットが腐食した後は、植物の根系が有する耐侵食機能により法面の保護を図ることとした。

なお、全体的な土量のバランス、現地採取土の有効利用という観点から、下流部のうち、上流側半分には現地にある表土を覆土として使用し、下流側半分は客土に吹きつけを行って早期の植生被覆を期待することとした。

工事中の状況を写真3・1～写真3・2に示す。

## 4. 覆土した法面の活用

本検討は、地形的に水衝部と考えられ、すでに低水護岸がコンクリート張りで施工されている箇所について河道特性を再検討し、覆土による植物生育基盤を形成する

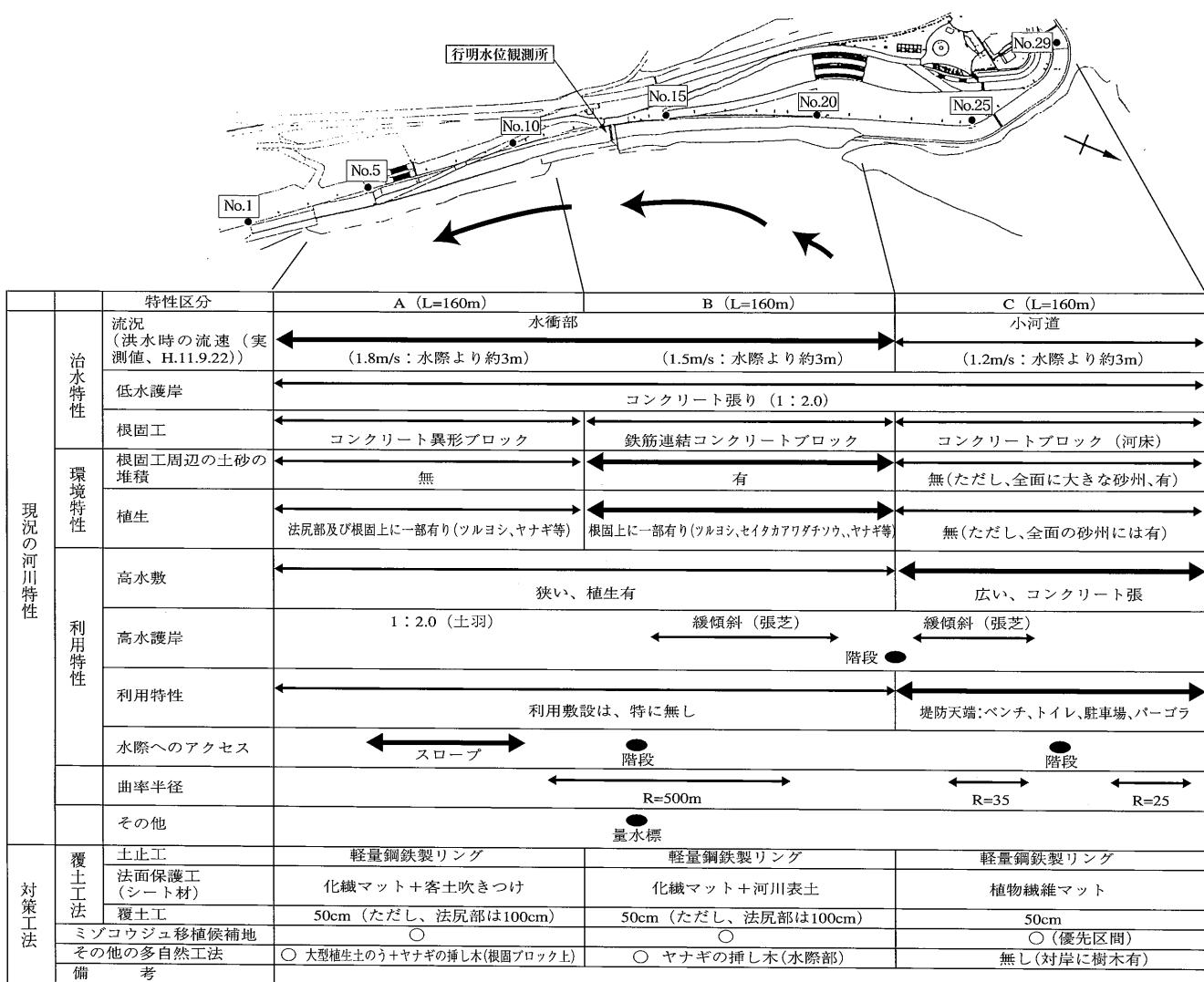


図3・5 現況の河川特性と施設（工法）配置図



写真3・1 軽量鋼鉄製リングの設置状況

(リングは、既設護岸を清掃後、コンクリート枠の高さまで山土を敷きならし、転圧した後の平面に組み立てた。)

ことをねらいとした多自然型工法の採用を検討したものである。

なお、検討箇所の下流部には、河川敷の利用の増大等により、生育の継続が危惧されている「ミゾコウジュ（アキギリ属）」の生息地があり、覆土地をその移植地として活用することや植栽地の拡大により、近辺の河岸を生息地としていることが確認されている「カワセミ」の餌場などとして利用されるようになることが期待されるところである。

これらについては、本検討に当たり、植物、鳥類の専門家から、

- ①覆土に用いる土砂は、有機質を多く含む河川敷の土砂を使うことが望ましい。その採取地は、本計画区間の上流部に形成されている砂州より採取し、その掘削跡地をワンドとして整備するとよい。
- ②カワセミの「営巣地」は周辺に多くあると考えられる。したがって、カワセミの「営巣地」を整備することより、水辺にヤナギの挿し木を行ない、カワセミの「休息地」の形成を図るとよい。
- ③ミゾコウジュの生息環境については不明なことが多いが、移植後における初期の日照条件を確保することが重要である。

その他にも多くの提案を頂いたところであり、これらについては、可能な限り工事に取り入れた。

## 5. 今後の課題

多自然型川づくりが全国的に展開されているなか、こ



写真3・2 B区間（下流部の下手）における化繊マットの敷設状況

(化繊マットは竹材を用いて番線で固定し、敷設した後、その上に客土吹きつけを行った)

こではコンクリート護岸の既施工箇所への覆土工の施工について検討した。

すでに述べたように本検討箇所は水衝部ではあるが、景観上、植生等の環境上、コンクリートの見えない多自然型護岸とすることが望まれる箇所であるため、放水路への洪水分派の効果等河道特性を検討し、上記のとおり計画案としてとりまとめた。

工事は、この計画を踏まえて実施され、平成13年3月に完成した。

法面上への軽量鋼鉄製リングの設置にあたってのコンクリート表面への固定、既設根固めブロックの間に大型土のうを設置する際に堆積している土砂の排除等に労力を要しつつも、予定どおり施工された。

今後は、以下に示す課題についてモニタリングを実施し、検証・評価を行うとともに、その成果を今後計画されている類似した多自然型川づくり計画にいかしていくことが望まれる。

- ①覆土面に植生が繁茂する前に出水を迎えた時、流水より土砂が流出されないか。

特に、本検討箇所では計算に現れない複雑な流れの発生も予想されるため、洪水の規模に応じて洪水特性と現地の状況とを引きつづきよく観察し、必要な場合はフォローを図ることが望まれる。

- ②植生の繁茂が計画どおりに進み、かつ長期的に維持できるか。
- ③シート材やネット材の有効期間に関する検証。
- ④挿し木したヤナギが活着し、水辺の緑陰が早期に形成されるか。

最後に、本計画の立案に関して指導と助言をいただいた検討会の先生方、ならびに熱心に検討に参加していた豊川を管理する国土交通省中部地方整備局豊橋工事事務所の各位に謝意を表します。

### 参考文献

- 1) (財) 国土開発技術研究センター編, 護岸の力学設計法, p45~46
- 2) 水戸唯則 (1997) : 既設コンクリート護岸の植生再生について, リバーフロント研究所報告第8号, (財)リバーフロント整備センター, p90~96
- 3) 浅利修一, 池内幸司 (1998) : シート材を用いた河岸防護法に関する研究, リバーフロント研究所報告第9号, (財)リバーフロント整備センター, p262~269

## 6. 生物の生息環境に配慮した川づくりの考え方について

小川 裕\*・中西 史尚\*\*・濱野 達也\*\*\*・森田 和博\*\*\*\*・諸留 幸弘\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

河川への人々の関心は、社会経済の成熟等により大きく変化しており、うるおいのある水辺空間や、多様な生物が生息する豊かな河川環境を求める意識が強くなっている。

こうしたことから、河川事業としても、自然豊かな水環境の形成や清流の復活を目指した「多自然型川づくり」や「清流ルネッサンス21」等の事業が展開されてきている。また、新河川法にも河川管理の目的の1つとして「河川環境の整備と保全」が明確に位置づけられ、良好な河川環境を保全・復元していく努力が進められてきている。

一方で、人々の川の機能への期待は、洪水に対して安全な川、良好な水を十分供給してくれる川、美しい景観と親水利用、水を中心として育まれてきた文化の継承発展、豊かな生態系を育む川等多面的である。

芦田<sup>1)</sup>は、これらには相互に矛盾するものもあり、これらの調和の中に解を見出していくことが川づくりであるとして、①自然のおのずからなる再生のシステムが機能していることこそが自然ととらえ、②川づくりにおいては、生態系のもつ再生のシステムを破壊しないよう保全することを基本にして、川の機能への人々の多面的なニーズを、調和させることが重要であること等を指摘している。河川の現象は個々の川で異なり、複雑で再生のシステムについてもわかつていないことが多いことから、川の自然に対する理解を深め、人と自然を共生させる手法や対策を、講じていくことが不可欠であるとの考えを述べている。

①河川における物理的な変動や生態系等を含めて、自然がどのようなシステムを持っているかを把握し、②河川工事等の人為の活動が、自然の再生システムに及ぼしている影響を評価し、③影響の程度に応じた、適切な自然の再生システムの回復手段を講じていくことが必要で

ある。

また、河道改修の考え方についても、その時代の社会の要請や財政規模、技術水準等によって多彩な経過を辿ってきた。一級河川淀川は、明治時代より、舟運の確保と流路安定を目指した低水工事や、洪水防御のための新淀川の開削、堤防の拡築等の河川改修工事が進められてきた。昭和46年には、治水安全度1/200とする淀川水系工事実施基本計画が改訂され、低水路の拡幅と掘削、高水敷の造成、淀川大堰の建設等、大規模な河川工事が実施してきた。このように、人為の影響が大きい淀川において、淀川工事事務所では、平成10年に淀川環境委員会が設立され、生物の生息環境等に関する諸々の調査や、実験等によって、現象の把握や評価、改善対策工法の検討等が行われてきている。また河川環境のあり方について、提言のとりまとめが進められており、今後の結論が期待されるところである。

一方、兵庫県西南部を流れる一級河川揖保川は、平成元年に定められた工事実施基本計画により、複断面の河道が計画され、低水路の整備も進められてきている。しかし、未改修で多様な河道の形状が維持されている区間も多く、また揖保川・林田川清流ルネッサンス21事業が実施され、下水道整備や河川環境整備等によって清流が復活する等、まだ豊かな自然が残されている河川である。

そこで、本稿は、人為の影響が大きい淀川において、昭和46年の工事実施基本計画に伴う大規模な改修工事（以後、現改修工事と称する）に伴う河道の環境変化、淀川に生息する生物の特徴や生息状況の変化、生物生息環境の評価等について、現改修工事の前後に行われてきた生物調査や、淀川環境委員会等での調査検討成果等を参考にさせて頂いて整理し、自然の再生システムへの影響についてとりまとめを行った。また、まだ多様な自然が残されている揖保川について、未改修区域と改修工事を実施した区域の、河道の環境や生物生息状況等を比較し、評価を

\* (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 研究員

\*\*\*\* 国土交通省 近畿地方整備局 淀川工事事務所 河川環境課長

\*\*\*\*\* 国土交通省 近畿地方整備局 姫路工事事務所 調査第二課長

とりまとめた。

これらより、生物の生息にとって好ましい河道の環境や、河川改修工事等の人の影響の程度に応じた、生物の生息環境に配慮した川づくりの考え方について述べたものである。

## 2. 淀川の生物生息環境の特性と評価

淀川は、流域面積約8,240km<sup>2</sup>の日本有数の河川であるが、その流域には、湛水面積約670km<sup>2</sup>、集水面積約3,200km<sup>2</sup>の日本最大の湖で、世界で最も古い湖の一つの琵琶湖を有している。また、淀川に生息する魚介類等の生物相は豊かで、固有種も多くみられる等、その生態系は特徴的である。このような淀川の生物生息環境について、現改修工事等による河道の環境変化や、生息生物の特徴、生物の生息環境の評価や改善課題等をとりまとめると、以下に示すとおりである。

### 2.1 淀川の河道の変化

#### (1) 河道形態等の変化

工実改訂に伴う河道計画<sup>2)</sup>は、洪水を安全に流下させるために低水路法線を修正し、幅120～130mの低水路を約300mに拡げるとともに、低水路の水深を約6mとする堀削工事を行い、高水敷を整備して堤防の安全を図るものとされた。

この結果、低水路の疎通能力<sup>3)</sup>は、300～400m<sup>3</sup>/sから一気に4,000m<sup>3</sup>/sとなり、新たな高水敷は数年に1回程度の冠水頻度となった。

河道平面形の変化について、綾は、1970年（昭和40年）と1996年（平成8年）頃の地形図を比較し、図2・1のように低水路の拡幅と直線化が進み、水際部が単調化したことを示している<sup>4)</sup>。ワンドやタマリの数は、昭和43年頃の航空写真では約500個<sup>5)</sup>も存在していたが、表2・1<sup>6)</sup>に示すように、昭和50年には約145個、平成



図2・1 1970年（S45年）と1995～96年（平成7～8年）頃の淀川<sup>4)</sup>



図2・2 1960年（S35年）と1997年（平成9年）の淀川航空写真<sup>7)</sup>

表2・1 淀川のワンドおよびタマリの数の変化  
(昭和50年頃と平成4年度調査)<sup>6)</sup>

区間	左岸		右岸		合計	
	S50	H4	S50	H4	S50	H4
毛馬水門 9.8 k ~						
鳥飼大橋 17.2 k	(14)	(13)	(35)	(17)	(49)	(30)
鳥飼大橋 17.2 k ~	30	27	49	18	79	45
枚方大橋 25.8 k ~	8	2	34	7	42	9
枚方大橋 25.8 k ~	12	9	12	2	24	11
枚方楠葉 33.6 k	(14)	(13)	(43)	(17)	(57)	(30)
総 計	50	38	95	27	145	65

※上段( )内の数字は自然地区に指定されている区間のワンド数

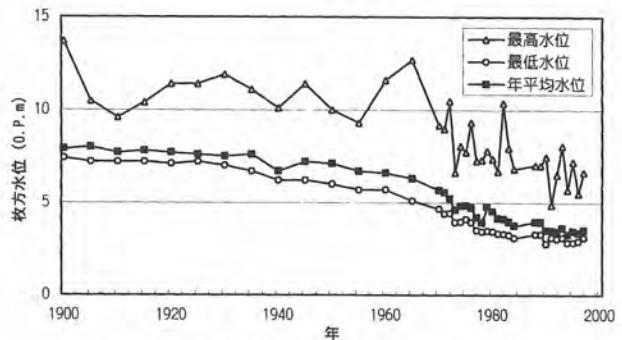


図2・3 淀川水位の経年変化（枚方）

4年には69個まで減少している。

また、鳥飼大橋付近の変化の様子を、昭和35年および平成9年の航空写真<sup>7)</sup>で比較して示すと、図2・2のとおりである。昭和35年当時の河道は、氾濫原の特徴である流砂の跡が残っており、注目される。

## （2）河川水位等の変化

淀川の河床は、明治以来の流域の砂防工事や、多量の砂利採取、低水路掘削等の河川改修工事、近年のダム建設による下流域への土砂流出の減少等により、大きく低下し河川水位も低くなっている。枚方地点の河川水位変化を示すと、図2・3のようになっている。これによると1960年（昭和35年）～1995年（平成7年）までの35年間で、平均水位は約4m程度低下している。なお、最近は安定化の傾向がみられている。

一方、昭和58年に竣工した淀川大堰は、利水の安定性等の観点から、平常時の湛水域の水位を、以前より安定的に高く維持されている。また水位変動は、低水路の拡幅や淀川大堰の水位制御等により年間を通じて小さくなっていることが報告<sup>10)</sup>されている。

## （3）流域との水路ネットワーク等の変化

本川の河床低下に伴い、芥川や天野川等の支川は、本川合流点付近で大きな落差を生じる等の変化を生じている。また、一時的水域を利用する魚類の移動や産卵行動等に必要な、支川－水路－水田を繋ぐ水路ネットワークは、流域との一体性や連続性等が失われ、変化していることが推測されている。なお、天野川では、落差の大きい本川合流点付近で、魚道の設置工事が進められている。

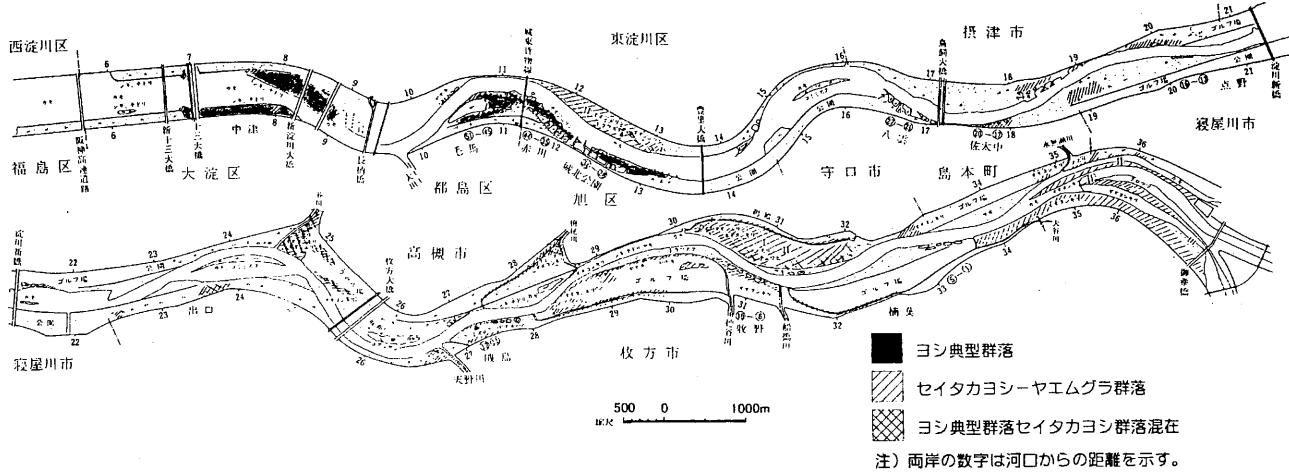


図2・4 淀川河川敷の主な植物群落（昭和48、49年）<sup>8)</sup>

## 2.2 淀川の生物生息環境の評価

### 2.2.1 淀川に生息する生物の特徴

1970年代前半頃に、淀川に生息していた生物の特徴について、淀川の河川敷における生態調査報告<sup>8)</sup>や、大阪府淡水魚試験場の調査報告<sup>5)</sup>等を基にして整理すると、以下のようなになっている。

なお、生物の生息環境は、河川の生態系として体系的に把握することが望ましいが、非常に複雑である。このため、河道の形態や冠水頻度等に適応して生育し、生態系の基礎を構成する重要な要素の1つである「植物」、および、河道を生息・避難・産卵等の場としている「魚類」を対象として、整理することとした。

#### (1) 1970年代前半の植物群落の特徴

有馬等は、1972～1973年（昭和47～48年）に淀川河川敷の植物群落について調査し、淀川河川敷の植生を8群落、21亜群落に分類している。淀川河川敷の特徴的な植物群落として、①ヨシ群落 ②セイタカヨシ・ヤエムグラ群落 ③カワヤナギツルヨシ群落 ④オギークサヨシ群落の4種を挙げている。これらの植物群落の分布を示すと、図2・4のようになっている<sup>8)</sup>。

また、現改修工事以前の、高水敷の比高（平水位と高水敷きの高度差）を示すと、図2・5のようになっている。ヨシ群落分布域の比高<sup>8)</sup>は、その群落構成によっても異なるが、少なくとも2m～3.5m以下が望ましいと述べられている。

#### (2) 1970年代前半の生息魚類の特徴

淀川流域には、日本最大の湖で、数百万年前に形成されたとされる琵琶湖や、1941年（昭和16年）迄に実施さ

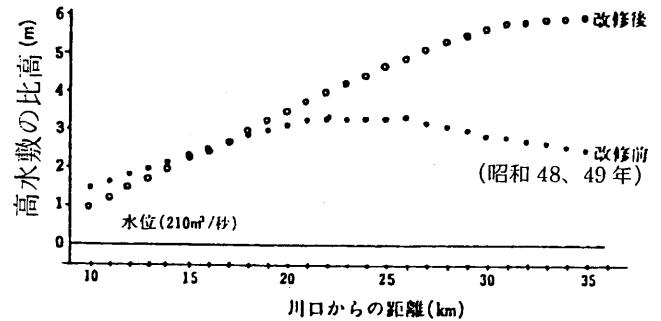


図2・5 現工実改修工事による高水敷の比高の変化<sup>8)</sup>

れた干拓事業<sup>2)</sup>により消失した、山城盆地の一大湖沼の名残の、巨椋池（周囲16km面積794ha）が存在した。

このため、淀川に生息する淡水魚類は、他の水系に比べて止水域に生息する魚類が多く、また非常に特徴的である。1971～1972年（昭和46～47年）頃の調査<sup>9)</sup>で確認された特徴として以下が挙げられている。①生息確認魚種は16科63種に及ぶ。②生息確認魚種の約80%は湖沼、池等に分布する止水性の魚類 ③コイ科魚種が非常に多く全体の50%を占める。④日本に生息するコイ科魚類48種中34種（70%）が生息する。⑤天然記念物指定魚イタセンパラやワタカ等の琵琶湖・淀川水系の固有種が生息する。

矢田<sup>9)</sup>は、このような魚類の特徴について、かつて巨椋池等に生息していた止水性の魚類と同じで、舟運を目的とした低水工事によって設置された、水制の周辺に堆積した流砂等により形成されたワンドが、偶然にこれらの魚類の生息に適した環境を形成し、干拓により巨椋池が消失した後も自然繁殖することができ、維持されてきたのであろうと述べている。

## 2.2.2 植物の生育環境の変化と改善課題

### (1) 乾燥化した高水敷の改善課題

現在の淀川河川敷には、水湿地が形成されている感潮域や、淀川大堰湛水域で高水敷が比較的低い位置にある豊里地区等で、ヨシ群落が維持されている。しかし、淀川大堰より上流の、比高が高くなった高水敷では、乾燥化が進みヨシ群落面積の減少が見られている。芥川や天野川の本川合流部等の大きな群落はなくなり、現在大きなヨシ群落が残されているのは、淀川本川では鵜殿地区のみとなっている。

この鵜殿地区の植生経年変化<sup>7)</sup>を示すと図2・6のようになっている。1966年（昭和41年）頃は、60haにも達するヨシ・オギ群落が形成されていた。その後、急速な河床低下によって冠水頻度の低下した1974年（昭和49年）には、ヨシ・オギ群落は約40ha程度まで減少し、カナムグラ優占群落の占有率が高くなっている。

良好なヨシ群落が形成されていたとみられる、1966年頃の冠水日数は、3～30日/年（1963年～65年）で、この3年間の平均値は10日/年弱となっている。また、比高

は高水敷の凹凸にもよるが、2.5～4.0m程度であった。これに対して、現在の冠水頻度は数年に1回程度に減少し、比高は6～7m程度まで増加しており、このような環境変化が、ヨシ群落面積の減少の一因と考えられている。

のことから、ヨシ群落の回復に向けての知見を得るために、鵜殿の高水敷切り下げによる、ヨシ群落再生試験が行われている。鵜殿の高水敷切り下げ実験地は図2・7に示すように、冠水日数として、年間約20日～約365日の5段階に高水敷を切り下げ、ヨシの生育が調査されている。

2年間の調査結果<sup>7)</sup>では、3～5段目で良好な生育がみられており、その冠水日数は約20日～約70日/年、比高は1～2mである。またヨシ群落の生育を阻害するツル植物のカナムグラの繁茂は抑制されている。

ヨシ群落回復の条件を明確にするために、調査が継続されているが、ヨシ群落生育地の水面からの比高を低下させ、冠水日数を増大させること等、出水時に高水敷の冠水が頻繁に生じるよう改善する事などが課題として挙げられている。

### (2) 水際の推移帶（エコトーン）の改善課題

河岸の植生群落構成<sup>7)</sup>をみると、図2・8に示すように、緩傾斜の区域程多様な群落が成立していることが観察されている。一方、現改修工事が実施される前後の、1972年と1998年の冠水幅を比較すると、図2・9のようになっており、水際の搅乱域が非常に狭くなっていること、急傾斜となっていることが示されている。

これらより、河川の搅乱域や湿地等に成立する、多様な植物群落の生育環境の改善に向けて、緩傾斜の河岸や冠水幅の回復等、水際の推移帶の多様性を回復すること等が課題として挙げられている。

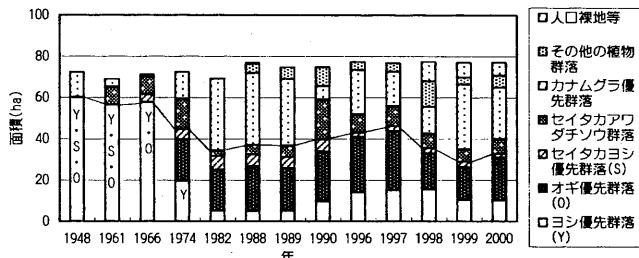


図2・6 鵜殿地区の主な植物群落面積の変化<sup>7)</sup>

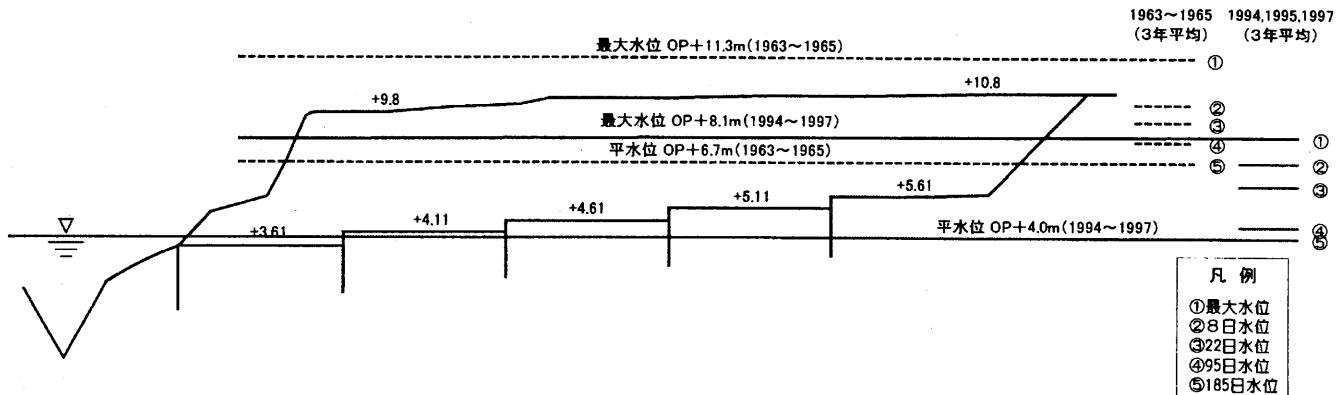


図2・7 鵜殿切り下げ実験地付近の水位状況の変化

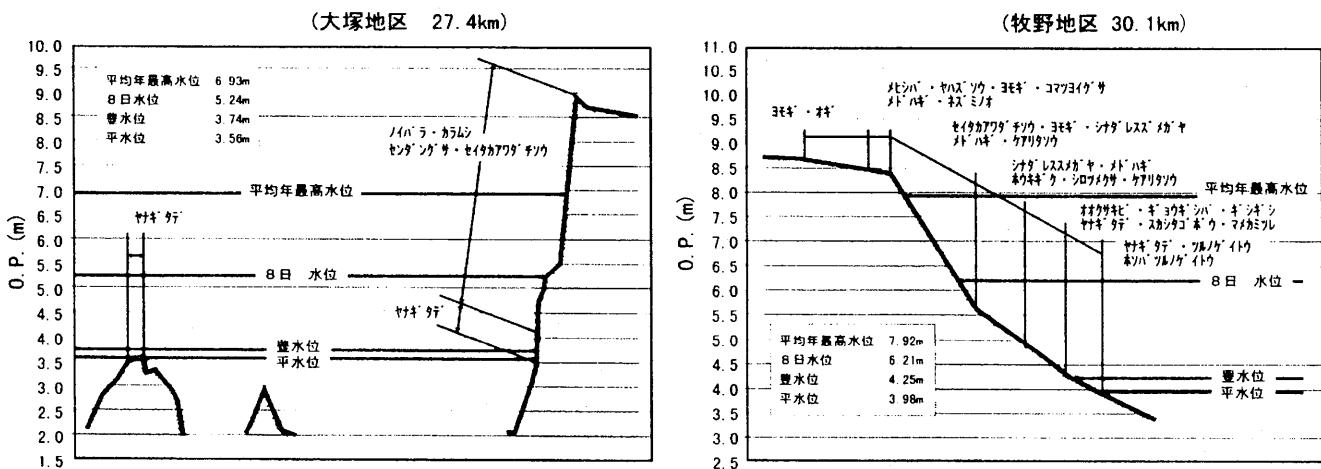


図2・8 河川の形状と冠水頻度、植生の関係<sup>7)</sup>

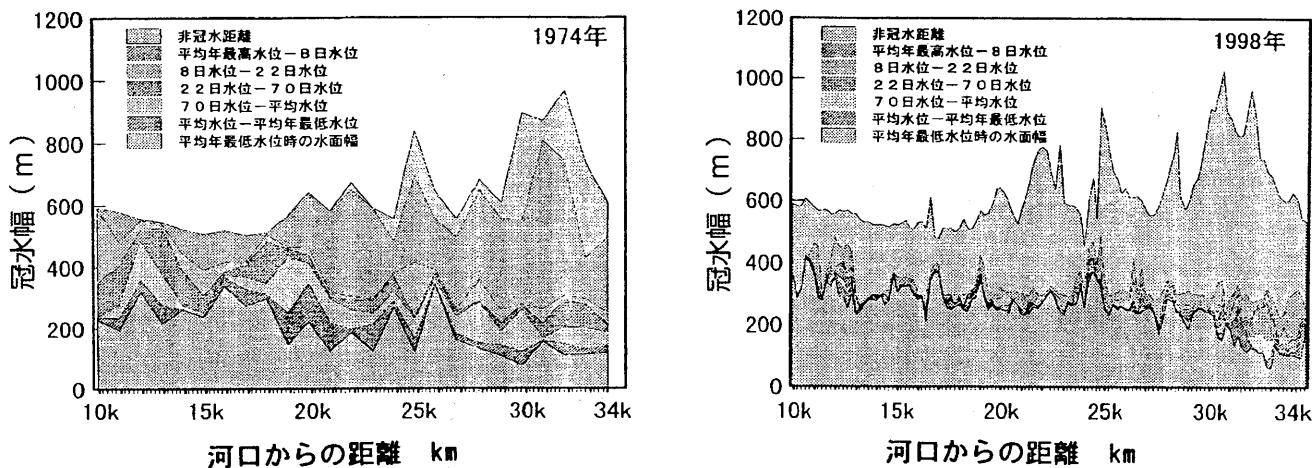


図2・9 高水敷の冠水幅の変化<sup>7)</sup> (1974年と1998年の比較)

### 2.2.3 魚類の生息環境の変化と改善課題

#### (1) 城北ワンド群の生息環境の改善

淀川に生息する淡水魚類は、他の水系に比べて止水域に生息する魚類が多く、また非常に特徴的である。過去30年間にワンドで確認された魚種は、55種にも上っており、多様な淡水魚が生息しているが、表2・2には、これらの魚種の産卵場所の特性や、生息数の増減傾向<sup>11)</sup>を示した。

これによると、近年はワンド・タマリ等に生息する二枚貝に産卵する種や、一時的水域に強く依存して繁殖すると思われる種の減少が生じていることが指摘されている。

この原因の一つに、城北ワンド群等の、止水域の魚類生息環境の悪化が挙げられており、その要因<sup>10)</sup>として以下が挙げられている。

①淀川大堰運用後の平常時水位の上昇により、二枚貝や

仔稚魚の生息域となる、浅い水域(50cm以浅)が減少したこと。

②水位変動の減少により、出水による堆積物の掃流や、水交換が減少したこと。

③外来種(オオクチバス・ブルーギル・カダヤシ)等の増加により、在来種の仔稚魚が捕食されていること等。

このため城北ワンド群については、魚介類の生息環境調査とともに、実験ワンドを造成して、好ましい生息環境の調査が続けられている<sup>7)</sup>。ワンドに浅い水域を形成する改良や、淀川大堰の平常時の水位変動操作により、ワンド内の水質や、魚介類等の生息環境に及ぼす影響の調査を実施する等、より良い河川管理の知見を得るために、試行が行われているところである。

これらの魚介類の、重要な生息場所として機能する、多様なワンド・タマリ群の改善等が課題として挙げられている。

表2・2 淀川のワンド・タマリで確認された魚類と産卵場所の分類<sup>11)</sup>

淀川工事事務所資料に加筆

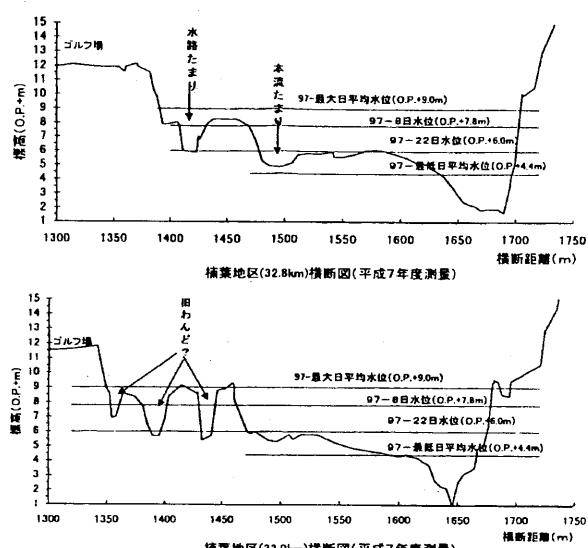
魚類 分類	植物体		二枚貝		砂泥底・砂礫底		石・礫		一時的水域		楠葉タマリ確認種 数	
	一時的 水域 ・依存度	増減 傾向	一時的 水域 ・依存度	増減 傾向	一時的 水域 ・依存度	増減 傾向	一時的 水域 ・依存度	増減 傾向	一時的 水域 ・依存度	増減 傾向		
コイ目	コイ ゲンゴロウブナ ギンブナ ワタカ カリバタモロコ ムギツク タモロコ ホンモロコ サザエ コウライモロコ	○● ○●● ○●● ○●● ○● — ○●● ○●● — ○●●	○● — — — — — — — — —	ヤリタナゴ アブラボテ シロヒレタビラ カネヒラ イチモンジタナゴ イタセンバラ タイリクハタナゴ カワヒガイ	— — ●減 ●減 — ○減 — — — —	×	バス オイカワ カワムツ ウグイ カマツカ ツチフキ ニゴイ イトモロコ スゴロコ	— — — — — — — — — —	減 × — — — — — — — —	モツゴ アユモドキ ドジョウ シマドジョウ スジシマドジョウ カラドジョウ	○● ○○● ○○● ○○● ○●●	× 減 × — —
ナマズ目									ギギ	○●	ナマズ (ヒワコオナマズ)	
サケ目										○●●	減	
ダツ目	メダカ	○●●減										
カダヤシ目	(カダヤシ)	○●●増										
スズキ目	トウヨシノボリ カワヨシノボリ カルムチ	— — —	●●						ブルーギル オオクチバス マハゼ	— — —	ドンコ ウキグリ スマチチブ	
種数	15 9		8 4		15 8		5 5		7 4			
備考	カダヤシは卵胎生、その他の確認種(ウナギ、タウナギ、ボウ、ワカサギ、デメモロコ、ズナガニゴイ)											

◎一時的水域に強く依存して繁殖すると思われるもの × 城北ワンドでみられなくなった種

○一時的水域も利用して繁殖すると思われるもの 減 ↘ 減少傾向  
—一時的水域とは無関係に繁殖すると思われるもの 増 ↗ 増加傾向  
●楠葉タマリ確認種

## (2) 多様な水際の推移帯や一時的水域の改善課題

増水時に冠水し、一時的な水域を形成する楠葉タマリにおいて、増水時の産卵行動が詳細に調べられた。この楠葉タマリで確認された種は、図2・10に示すように、3年間で32種にものぼっている。コイ類やナマズ類等の産卵行動が確認され、種類の同定は難しいが、仔稚魚が4万匹余も確認されている。



また、出水時に冠水状況が異なるタマリによって、避難や産卵場所として利用している魚類が、違っていること等も明らかになり、多様な河道形態やタマリの環境条件の重要性が示された。

このような多様な河道の環境を回復し、淀川の魚類再生産の機能を回復していくこと等が、課題として挙げられている。

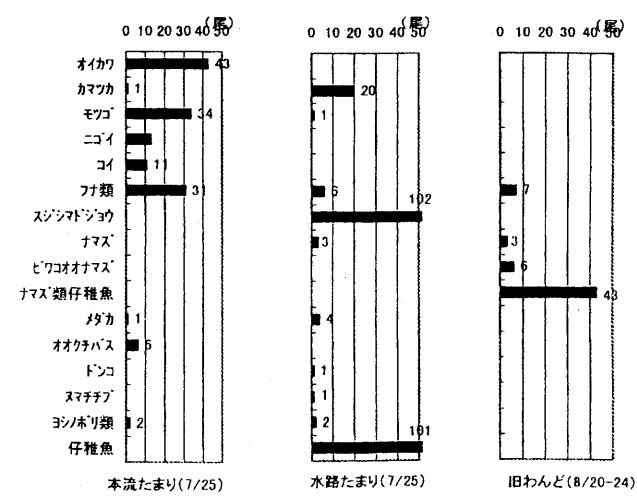


図2・10 楠葉タマリにおける出水後の確認魚種<sup>10)</sup>

## 2.3 淀川の生物生息環境の改善について

淀川環境委員会では、淀川の河川環境のあり方に関する提言がとりまとめられつつあり、今後その検討成果が期待される。このため、ここでは淀川の生物生息環境の改善について、一般論的に整理した。

### (1) 河川が有する自然の機能の復元

現改修工事に着手される以前の、1970年（昭和45年）頃の河道は、水制と流砂の堆積等によって、ワンドやタマリ等の多様な河床形態を形成し、また、起伏の小さい高水敷は、小規模の出水によっても頻繁に攪乱されていたこと等、河川の自然が機能していることが、特徴として挙げられる。

このような河道に、大規模なヨシ群落や、淀川に特徴的な止水性の魚類、二枚貝や一次的水域を産卵の場として利用する魚類等が、豊に生息していたことが、過去の調査から明らかとなっている。

好ましい生物生息環境を回復させるためには、このような、河川が有している自然の機能の復元が望ましいと考えられる。

- ①河道の蛇行に自由度を有し、洪水の流れや流砂等による自然の攪乱を受けて、多様な河床形態が形成されるような川
- ②水際の推移帶の連続性と多様性を有し、中小洪水でも幅広く冠水する氾濫原的な川

### (2) より良い河川管理施設の運用管理

淀川大堰の湛水域は、水位が高くなり、水位変動が小さいこと等から、城北ワンドの生物生息環境を悪化させる要因となっていることが指摘<sup>10)</sup>されている。このため、より良い河川管理施設の運用管理の知見を得るために、淀川大堰の水位変動操作の試行等が行われており、今後の成果が期待されるところである。

洪水の安全な流下や利水の安定性と、良好な生物生息環境の回復等の、多面的なニーズを満足できる、より良い河川管理施設の運用管理の方策を講じること等が、期待される。

### (3) 流域との水路ネットワークの回復

本川の河床低下や、流域の開発等より、本川と支川一水路一水田等を結ぶ水路ネットワークの連続性が損なわれ、流域との一体制が失われてきていることが推測されている。このため、魚類の移動や産卵行動等、円滑な生物移動経路の回復に向けて、流域との連携を図る等、改

善の方策を推進する事が望ましいと考えられる。

## 3. 揖保川・林田川の生物生息環境の特性評価

揖保川は、兵庫県西部を流れる一級河川で、流域面積は810km<sup>2</sup>（内ダム流域約64km<sup>2</sup>）流域の80%は山地である。また、林田川は、揖保川の河口から5km地点付近で合流する支川で、その流域面積は約102km<sup>2</sup>、流路延長36.6kmである。揖保川下流域の河川環境の特徴を示すと、図3・1のようになっている。

淀川に比較し、多様な河道の形態や自然が残されている揖保川について、生物生息環境の特性や評価についてとりまとめると、以下のとおりである。

### 3.1 河道の変化

#### (1) 河川工事の経緯

工事実施基本計画（平成元年）<sup>12)</sup>により、揖保川の低水河道の疎通能力を高め、また河道幅に余裕のある地点は高水敷を設けることが計画されている。高水敷の冠水頻度は2～3年に1回程度となっている。

また林田川は、流域からの工場排水の流入により著しい汚濁を受けたため、昭和53年度から、河床堆積物（ヘドロ）を除去する河川環境整備事業が実施されるとともに、河道整備が行われ低水護岸が整備された<sup>13)</sup>。

さらに、平成6年度から、水環境の改善を目的として、揖保川・林田川清流ルネッサンス21事業が推進された。  
①環境基準を下回る水質の確保 ②水生生物が棲める自然豊かな河川環境の形成 ③潤いと安らぎの有る水辺空間の形成、を基本方針とし、河川事業や下水道整備、住民活動等、流域一体となって対策が進められた。下水道の整備により工場排水が取り込まれるとともに、河川事業により、ヘドロの浚渫や多自然型河川整備等が行われ、また浚渫したヘドロは、川の外に持ち出さず固化し、再び根固めブロックとして利用する工事等が実施された。

#### (2) 河道の特徴

揖保川の下流域では、林田川合流点付近や下流の中川との分派地点の中州等が、未改修で残されている。林田川は、約6km地点の赤井頭首工付近から下流は、昭和50年代～昭和60年代前半にかけて低水護岸工事が進捗している。なお、赤井頭首工から中井橋（約7km）にかけての改修工事は未着手となっている。

河川改修工事区間の、工事着手前後の状況を航空写真で比較すると図3・2に示すとおりである。河川改修前

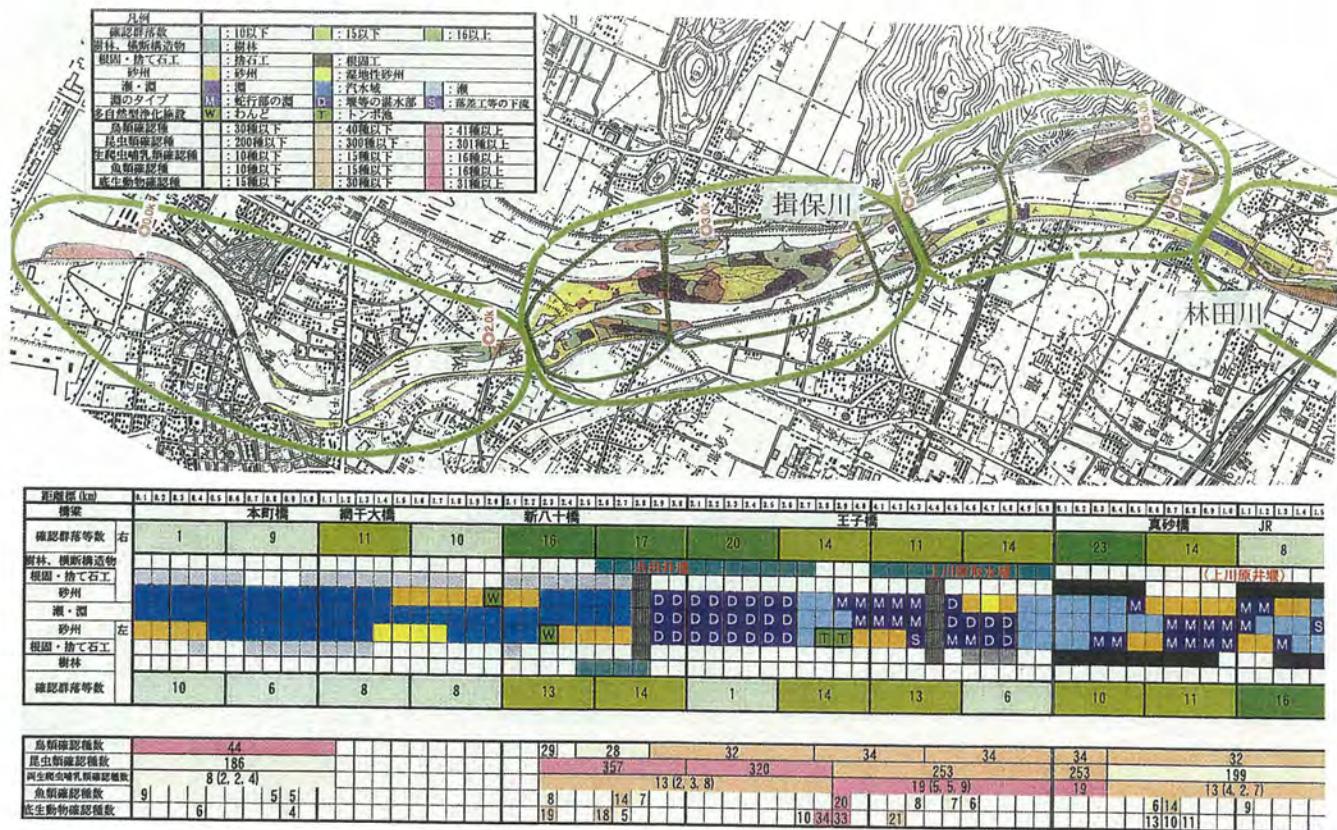


図3・1 挿保川・林田川の河川環境の特徴

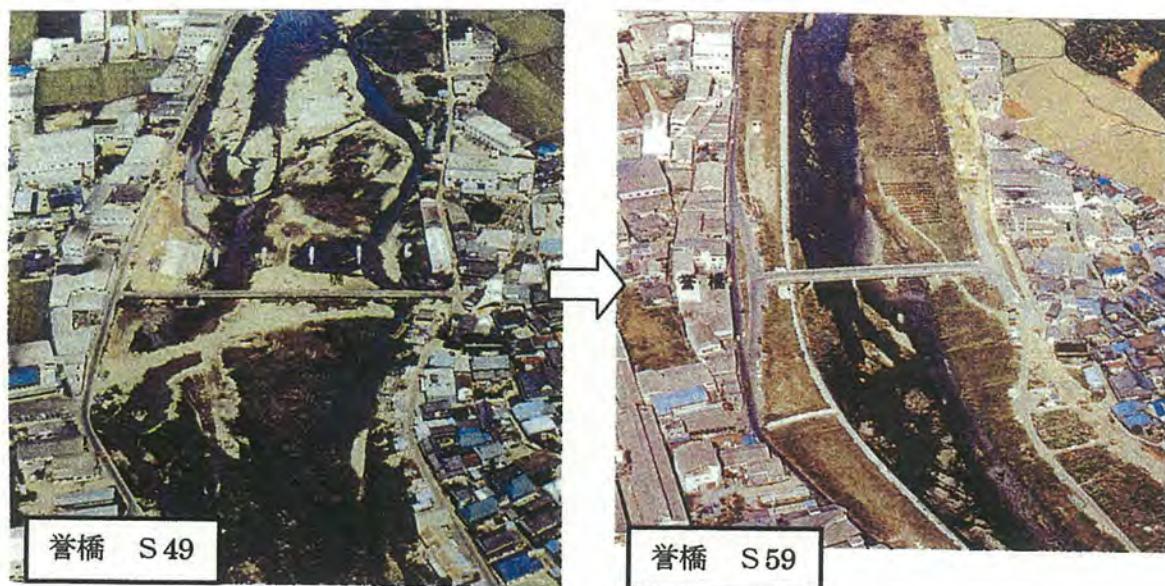


図3・2 挿保川・林田川の昭和49年と昭和59年の航空写真の比較

は複列的砂州を形成していたが、河川改修後は交互砂州の河道を形成している。また、現在の河道特性をまとめると表3・1<sup>14)</sup> のようになっている。林田川の砂州形成の特徴を、交互砂州の波長と川幅／水深の関係<sup>15)</sup> を示した図3・3にプロットすると、河川改修前は複列的砂州の領域、改修後の現状は通常の交互砂州の領域に分布し、航空写真の河床状況とよく合っている。

### 3.2 生物生息環境の評価と課題

清流ルネッサンス21事業の水環境改善効果<sup>16)</sup> や、河川改修工事や浚渫工事等の、実施箇所と未実施箇所を比較し、生物生息環境の特徴や評価、好ましい生物生息環境の改善課題等をまとめると、以下のとおりである。

表3・1 林田川の河道特性<sup>14)</sup>

項目	現況	
河川幅：B	約120m (100~150m)	
低水路幅	約60m (50~70m)	
河床勾配	1/280~/370	
年平均最大流量	約150m <sup>3</sup> /s (概ね低水路で流下)	
水深h	1.5~2m (150m <sup>3</sup> /s 流下時)	
河床材料d	60%粒径 30~50mm	
地 点	1.0km(改修済)	6.6km(未改修)
B	61m	約120m
h	1.9m	1.5m
d	(40mm)	(40mm)
B/h	32	80
h/d	48	38
蛇行波長L	約600m	—

### 3.2.1 清流ルネッサンス21事業による水環境の改善効果

#### (1) 水環境の改善効果

清流ルネッサンス21事業実施前後の河川環境の変化は、表3・2に示すように、著しい改善効果が得られた。河川水質は、揖保川本川（上川原地点）で、BOD75%値40mg/l程度もあったものが1.2mg/lに、支川林田川（構地点）では、300~400mg/lあったものが5mg/l程度に大幅に改善され、悪臭が解消された。また40数年ぶりに、遡上する天然鮎が確認され、事業実施以前にはほとんど生息していなかったヤゴや底生動物が、増加したことが確認されている。このように清流ルネッサンス21の改善目標は、概ね達成されたと評価されている。

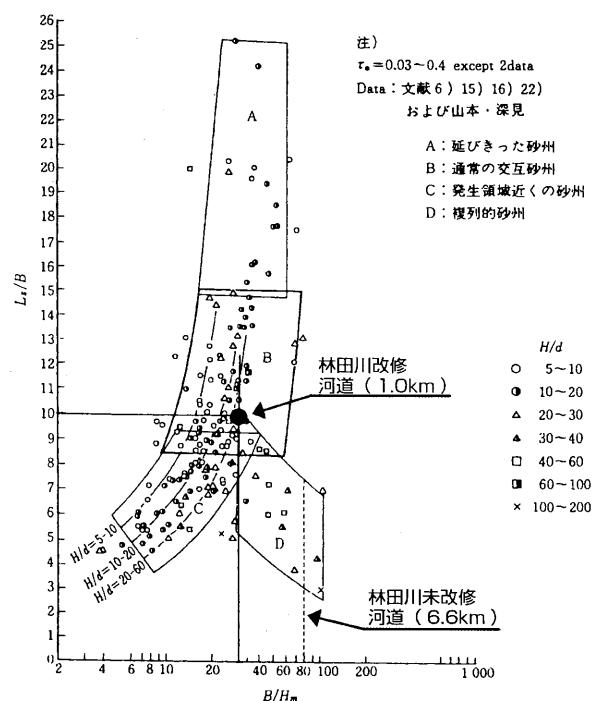


図3・3 交互砂州の波長とb/h<sub>m</sub>の関係<sup>15)</sup>

表3・2 揖保川・林田川の清流ルネッサンス21の改善目標と効果

区分	改善目標	平成4年(事業前)	平成11年現況
水質	環境基準達成(揖保川BOD3mg/l以下・林田川類型指定なし)	揖保川 42.3mg/l 林田川 387mg/l	揖保川 1.2mg/l 林田川 5.3mg/l
臭気	臭気発生等のない水環境	臭気強度 5	臭気強度 0~1
水生生物	ヤゴが生息可能な水環境	ほとんど生息せず	・ヤゴの生息確認種数 23種 ・底生動物生息確認種数 37種
備 考		淡水魚類8種	淡水魚種27種

揖保川：上川原地点、林田川：構地点

## (2) 生物生息環境の改善効果

清流ルネッサンス21事業により、本川の2～4kmに位置する浜田井堰や上川原取水堰付近に設けられた、ワンドやタマリ（通称トンボ池）には、豊かな生物が生息していることが確認された。平成11～12年にかけて事業効果を評価するために実施された、環境調査結果によると表3・3に示したようになっている。ワンドやタマリに生息する生物は、浜田井堰周辺で確認された淡水魚種20種の内17種（本川では11種）に達し、また底生動物は54種の内44種（本川では30種）にのぼっている。小さな水域にもかかわらず、本川と比較して生息種が多いことが確認され、環境の多様性を増して、生物の生息環境の改善に寄与していることが確認された。

しかし一方で、林田川の浚渫や根固ブロックの設置等による河川環境の単調化がみられ、また林田川の瀬切れが生じる等、清流ルネッサンス事業の実施による新たな問題が発生している。

表3・3 タマリ（トンボ池）付近での確認水生動物

生息生物 生息場所	淡水 魚類	底生動物	
		内トンボ目	
浜田井堰周辺	20種	54種	17種
トンボ池	17種	44種	16種
本川	11種	30種	5種

(平成11年調査結果)

### 3.2.2 生物生息環境の保全・改善の課題

#### (1) 良好的な生物生息環境の保全

揖保川の2～5km付近は、中州等や、感潮域には良好な干潟が形成されるなど、多様な河床形状や水際の連続性が残されている。この周辺には、コンクリートの低水護岸や、堤外民地の耕作地等、人為の影響もあるが、エノキ・ムクノキの大きな群落が存在し、多様な生物が生息する等、良好な生態系も残されている。

このような多様な河川環境を保全し、また復元とともに、揖保川の上下流や流域を結ぶビオトープネットワークを形成し、環境学習の場等としても活用していくこと等が検討されている。

#### (2) 生物生息環境改善の課題

林田川の下流域は、清流ルネッサンス21事業により、有害なヘドロが浚渫され、環境基準を満足できる状態に回復した。しかし、ヘドロを固化して再利用された根固ブロックが設置された河川改修区間には、表3・4に示

すように、生息する生物が未改修の区域に比べて貧弱になっていることが観察された。これは、根固ブロックの設置等による水際の単調化や、河床の平坦化、瀬・淵の減少等が影響していると考えられる。

このような単調な生物生息環境を改善することが、課題として挙げられている。また、瀬切れ問題は、流域の適切な水循環の回復を講じるべき課題となっている。

表3・4 林田川の生物生息環境の比較（平成11年）

項目	浚渫実施区間 (片吹堰上流)	浚渫未実施区間 (赤井頭首工上流)
河道の状況	低水護岸低水幅 約70m 根固ブロック 設置	川幅約120m 複雑でタマリ や中州多数
植生群落	9群落 (低水路内) ・ミゾソバ群落 ・ケイズ・エ-イズ'エ 群落	22群落 ・カム'ラ-アチャリ群落 ・ヤナギ低木林 ・ツルヨシ群落 ・ミゾソバ群落 ・アメリカン'ング'サ群落 ・フトイ群落 ・サデクサ群落
陸上昆虫	98科199種	131科292種
底生動物 (内トンボ目)	33種 (0種)	52種(7種)
魚類(参考) 両地点共堰あり、上下流移動阻害	21種 (D型淵有)	16種

### 3.3 揖保川の川づくりについて

#### (1) 生物生息環境の保全・改善

揖保川は、清流ルネッサンス21事業により河川環境が大きく改善され、改善目標は概ね達成された。しかし、事業の理念の1つに挙げる、豊かな生物が生息する河川を実現して行くためには、さらに継続的に改善を推進していくことが必要とされている。

林田川合流点付近や三川分派点等の良好な生物生息環境を保全・復元するとともに、揖保川の上下流や流域を結ぶビオトープネットワークを形成し、環境学習の場等としても機能する川づくりを推進していくことが考えられている。

また、林田川の未改修区間（6.6km～7km付近）は、複列的砂州や、タマリ等の多様な河床形態が形成されているなど、自然河川の姿が残されており、ここでは多様な生物が生息していることが確認されている。このように、河川が蛇行する自由度を有し、多様な河道形態が形

成されるような河川を回復させて行く必要が考えられる。

## (2) 河川の機能への多面的なニーズの調和に向けて

揖保川、林田川の河川環境整備について、川づくりへの参加に関する住民意識調査によると、「揖保川、林田川をより自然環境を豊かにすること」と考えている人が半数を超えており、一方で、散策路等の整備や、スポーツ等の施設整備等への多様なニーズが挙げられている。

さらに、住民意識調による揖保川流域の住民活動の特性は、子どもによる環境学習等への取り組みも盛んで、大人からも川に学ぶ機会が求められており、川づくりへの協力意識は決して低くはないが、流域NPO等の民間側の連携ネットワークが未発達で、行政からの働きかけが不可欠な地域であること等の特徴が挙げられている。

今後の揖保川の河川環境整備にあたっては、このような特性に配慮し、行政（流域の自治体、県、河川管理者）がスクラムを組み、地域の住民が川づくりの意識を高め、積極的に参画できるよう、行政レベルで協議する場が設けられることが予定されている。

- ①流域住民による多様な参画機会の用意（揖保川講座（仮称）「川を学ぶ機会」の設置等）
  - ②流域自治体による（ソフト面での）連携活動の推進
  - ③環境学習の場の提供（環境学習の拠点となる場の整備と計画づくりへの住民参加等）
  - ④広報の積極的展開（揖保川ニュースレターの発行等）
- 河川の機能への多面的なニーズを調和させ、住民と行政との協働による、地域に根ざした川づくりを進めるためには、人々の川への関心と、河川の自然の機能への理解を深めていく必要が考えられる。

## 4. 生物の生息環境に配慮した川づくりの考え方

河道の改修は、その時代の社会的要請や技術水準等によって多彩な経過を辿ってきた。従来の河道計画は、洪水を安全に流下させるために、低水路法線を直線的に修正し、高水敷を整備して堤防の安全を図るものとされた。しかし、これらによって、河川の流量の変化や、流水に伴って流過する土砂等による、多様な河道形状の形成や自然の搅乱等が抑制され、水際の多様性が失われる等、生物の生息環境が損われることにもなった。

このように、洪水を安全に流下させることと、河川の生物生息環境を保護することには、相互に矛盾する点もある。また、河川への人々の関心は、洪水に対して安全な川であるとともに、近年は、多様な生物が生息する自然豊かな河川環境を求める意識が強くなっている、多面

的である。今後の、川づくりにおいては、これらの調和のなかに解を見出していくことが必要であり、生態系のもつ再生のシステムを破壊しないよう配慮することを基本にして、洪水に対しても安全な川づくりを進めていくことが重要と考えられる。

芦田等<sup>17)～19)</sup>は、このような生物生息環境の保護と、河岸を保護する機能を持つ構造物として、我が国において古くから用いられている水制に着目し、河岸を流水の作用から守るとともに、水制周辺の局所的な洗掘や堆積や、複雑な流れをともなう多様な河岸を形成する機能が、河川における水生生物の良好な生息環境を創造する役割を担うことが期待されることを述べている。このような河岸の保護工法ならびに、生物生息環境に配慮した川づくりの基本的な考え方等を示すと以下のとおりである。

- ①河川の洪水や流砂などにより、多様な河道形状の形成や自然の搅乱等が維持されるよう、できるだけ河道の蛇行に自由度を与える。
- ②河岸は、水制等の多自然型工法により、流水の作用から保護するとともに、水制周辺には流水の作用などにより、多様な生物の生息環境の形成を図る。
- ③河岸を保護し、水衝部を守るために、護岸に働く外力を評価し、多自然型工法による護岸の法尻部の洗掘防止対策等、合理的な護岸設計を十分に検討する。
- ④多自然型工法の施工後も、水衝部の移動をたえず監視し、護岸の管理や、生物の生息環境への影響などを、十分にモニタリングし、必要に応じて適切な対策を行う。

芦田等は、湾曲部護岸設計のための外力評価や、水制の水理機能の予測手法、および合理的な水制設計について、次のように提案している。湾曲部外岸の護岸に働く外力の評価<sup>18)</sup>については、護岸の安全を確保するために、非常に重要な要素であり、またこのような護岸の設計を普及していくためにも大きな課題である。このため、単断面単湾曲河道における、外岸法尻線上の水深平均流速最大値( $v_{toe}$ )の予測手法は、種々の条件下での数値シミュレーションを行うとともに、わが国における観測値や文献による現地データの分布領域とほぼ一致すること等を確認の上、(1)式で示される簡潔な推定式が導かれている。

ここに、

$$\frac{v_{toe}}{v_{avg}} = 1.60 - 0.42 \log \left( \frac{\gamma}{B} \right) \quad (1)$$

$v_{toe}$ ：湾曲部護岸の設計流速

（＝外岸法尻部の水深平均流速の最大値）

$v_{avg}$ ：湾曲部上流直線区間の断面平均流速

$\gamma$ ：河道湾曲部の曲率半径（河道中心線）

$B$ ：河道幅

また、多自然型護岸の幅広い適用<sup>19)</sup>を図るため、河岸に作用する外力を軽減し、多様な河床を形成する水制の機能とその有効性を確認するために、水理模型実験が行われている。さらに、水制の効果として、流れに対する通水面積の減少による水剝効果、および水制周辺の渦領域におけるエネルギー散逸による抵抗効果の2つが考えられており、その効果の定量的評価の手段として、水制モデルを導入した実用的な平面二次元数値シミュレーションモデルの開発が行なわれている。

水制の周辺に局所的な洗掘や堆積を生じたり、流速や流向の変化や、渦領域等の複雑な流れをともない、多様な河岸を形成する機能をもつため、河川における水生生物の良好な生息環境を創造する役割を担うことが期待される。

このように治水対策と河川環境対策の調和を図り、河川における生態系の再生システムを破壊しないよう保全することを基本とした対策工法が実用段階にある。

## 5. おわりに

河川への人々の関心と期待は多面的であり、河道の改修も、その時代の社会的要請や技術水準等により変化してきた。近年は洪水に対して安全な川であるとともに、多様な生物が生息する、自然豊かな河川環境を求める意識が強くなっている。このような多面的なニーズを調和させた生物の生息環境に配慮した川づくりが望まれる。

本報では、河川の生物の好ましい生息環境について、洪水の流れと流砂等によって形成された起伏に富んだ河床形態や、多様で連続性を有する水際の推移帯等が望まれることを考察した。また、このような生息環境の保全・復元対策の推進にあたっては、我が国において古くから用いられている水制が、生物生息環境の保護と、河岸を保護する機能を合わせ持つ構造物として着目され、水制の水理機能の予測手法や、合理的な水制設計を行う方法が実用段階にあることを述べた。

生物の生息環境に配慮した川づくりの推進にあたっては、人為の影響の程度を的確に把握し、影響の程度に応じた、適切な回復手段を講じて行くこと等が必要である。洪水に対する安全性や生物生息環境の改善等について、人々の十分な理解のもとに、多面的なニーズを調和させた、地域に根ざした川づくりが進められることが期待される。

## 謝辞：

淀川環境委員会の先生方や揖保川・林田川清流ルネッサンス21協議会専門委員の先生方には、委員会や諸々の機会を通じて、常日頃より河川の機能や生物の生息環境等への深い知識と洞察等をご教示賜り、本稿の論旨の基礎とさせていただきました。ここに深く感謝申しあげます。

## 参考文献

- 1) 芦田和男 (1995) : 好ましい水環境, 河川環境総合研究所報告第1号
- 2) 淀川工事事務所 (1974) : 淀川百年史
- 3) 淀川工事事務所 (1978) : 河川工学百年の歩みと淀川
- 4) 綾史郎 (1999) : 淀川のワンドの形成と変遷、わんどの機能と保全・創造、(財) 河川環境管理財団、大阪研究所
- 5) 大阪府淡水魚試験場 (1975) : 大阪府淡水魚試験場研究報告第3号
- 6) 綾史郎 (1999) : 淀川ワンドの現状と物理・化学的環境、わんどの機能と保全・創造、(財) 河川環境管理財団、大阪研究所
- 7) 淀川工事事務所 (2001) : 第8回淀川環境委員会資料
- 8) 淀川工事事務所 (1974) : 淀川の河川敷における生態調査報告書
- 9) 矢田敏晃 (1999) : 豊かな「わんど」の保全創造を目指して、わんどの機能と保全・創造、(財) 河川環境管理財団、大阪研究所
- 10) 淀川工事事務所 (2000) : 第6回淀川環境委員会資料
- 11) 淀川工事事務所 (2000) : 淀川生態環境調査検討業務報告書
- 12) 姫路工事事務所 (1989) : 揖保川水系工事実施基本計画参考資料編
- 13) 姫路工事事務所 (1985) : 林田川改修事業 (写真でみる林田川改修史)
- 14) 姫路工事事務所 (1997) : 揖保川多自然型浄化川づくり検討業務報告書
- 15) 山本晃一 (1994) : 沖積河川学、(株) 山海堂
- 16) 姫路工事事務所 (2001) : 揖保川・林田川清流ルネッサンス21整備効果検討業務報告書
- 17) 芦田和男等 (1996~1997) : 多自然型護岸の実験的研究、河川環境総合研究所報告第2~3号
- 18) 芦田和男等 (1998) : 湾曲部護岸設計のための外力評価、河川環境総合研究所報告第4号
- 19) 芦田和男 (1998) : 水制を伴う流れと河床変動の数値シミュレーション、河川環境総合研究所報告第4号

### III 河川伝統工法に関する調査研究



## 7. 富士川水系における伝統工法の評価と活用方法について

戸谷 英雄\*・米山 実\*\*・古川 弘和\*\*\*・湊 章\*\*\*\*

### 1. はじめに

近世の甲府盆地には信玄堤に代表されるように地形を巧みに利用した治水施設や聖牛など地域の風土になじんだ水防工法が盛んに用いられた。

しかし、戦後このような伝統工法（伝統技術）は次第に使われなくなり、伝統工法に熟知した職人の減少、資料の散逸など伝統技術の衰退が著しい。

一方近年人々の価値観が多様化し、川とのふれあいや生物生息環境として川の機能が求められている。

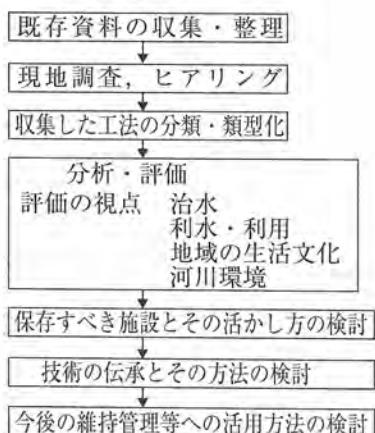
これらの要請に対応するために、これまでの先人の川との付き合い方や知恵に学ぶことが重要となってきている。

そこで、本検討は、甲州流治水技術の流れをくみ、地域的特色を持ち富士川で古くから使用されている伝統工法についての資料を収集し、それが治水、利水、河川環境、地域の生活・文化に果たした役割を評価し、伝統工法の活用・保全策について検討したものである。

なお、ここでは伝統工法としては1950年代（昭和20年代）までのものとした。

### 2. 検討のフロー

検討フローを次図に示す。



### 3. 河川伝統工法の概要

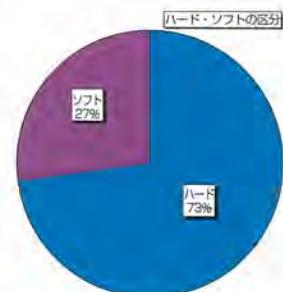
富士川に関する伝統工法について国土交通省甲府工事事務所の既往調査資料、山梨県図書館、一般市販図書等から、富士川流域の河川伝統工法に関する資料を収集し、表3・1に整理した。

#### 3.1 収集した河川伝統工法の分類

収集した伝統工法は全部で79件である。以下、その概要について整理した。

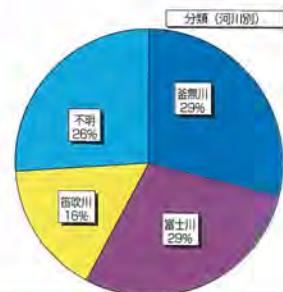
##### (1) ハード・ソフトの種別

- ・ハード58件
- ・ソフト21件



##### (2) 河川別

- ・富士川（河口から禹之瀬）18件
- ・釜無川23件
- ・笛吹川8件
- ・その他30件（特定の河川に該当せず）



\* (財) 河川環境管理財団 東京事務所長

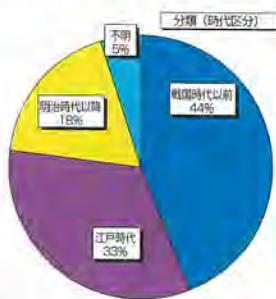
\*\* 國土交通省 関東地方整備局 甲府工事事務所 調査第一課長

\*\*\* (財) 河川環境管理財団 東京事務所 課長職

\*\*\*\* 日本建設コンサルタント(株) 技術研究所本部 技術研究課長

### (3) 時代別

- ・16世紀（戦国時代）25件
  - ・17世紀（江戸前期）19件
- 戦国から江戸期に全44件（約72%）が集中している。



- ・霞堤、水制等の基本的な河川制御技術が16世紀（戦国時代）に集中している。
- ・利水技術「堰堤」が5件あるが、これらはすべて17世紀に入ってから作られた事になっている。

## 3.2 富士川の河川伝統工法の歴史的経緯

富士川流域の開発と河川伝統工法の関係について時代区分毎に特徴をまとめると以下のようになる。

### (1) 戦国時代

#### ～扇状地の扇頂部を押さえ、甲府盆地を開発～

中世の荘園制度の崩壊、鎌倉時代を経て戦国時代となる。戦国時代は我が国の歴史を考える上でも大きな変革期であるが、国土開発の観点においても大変革期といえる。すなわち、弥生時代以降の稻作がそれまで小河川の利用にとどまっていたのに対し、戦国時代から江戸時代初期にかけてさらなる食料増産のために大河川が流れる沖積平野への開発に乗り出すようになる。

甲州においては、戦国武将で名高い武田信玄がこの地を治めた。このころに甲府盆地の西端の信玄堤や東端の万力林および近津堤が整備された。

これらがすべて信玄の計画・指示で実現したようにいわれていることに疑問視する意見もある。それ以前にも地先防御として地域農民の手により整備は行われていたものと思われる。

これらの地点は扇状地の扇頂部であり、甲府盆地の治水上の要所である。この時代に現在まで受け継がれている甲府盆地の治水思想の大きなフレームが作られ、重点的に整備されたことになる。

### (2) 江戸時代

～甲府盆地の上部、河川水が伏流し、利水が不便な地域を用水整備で開発～

#### ～米等の物資輸送手段の発達～

甲府盆地はその土地形成の過程から大きく次の3つに区分できる。

- ①山間部から流出する水が伏流する山裾、つまり、河岸段丘よりも高い利水に不便な（ドライな）土地
- ②河川の流出土砂により形成された扇状地の比較的開発しやすい土地
- ③湧水や盆地に流れ込む河川水が滞留する南側の湿地帯（ウェットな）土地

このうち②の区分については、先に説明した信玄堤、万力林の整備により戦国時代から江戸中期にかけて開発が進んだ。それが、江戸も中頃から①のドライな土地について用水を引き開発が始まるようになった（例えば、御勅使川の西側を走る徳島堰）。このような用水整備による開発手法は全国的に見ることができる。

このような比較的大規模な工事を行うようになったのは、この時代の経済力、土木技術力の向上はもちろんであるが、中世からの土地の改変に対する恐れ（神への畏怖）が大きく薄らいだことも一つの要因とも考えられている。

③のウェットな土地の開発の着手には、さらなる技術力と腕力を必要とするため現代まで待たなければならぬ。

また、江戸中期頃からは米が貨幣価値をもつようになり、全国の米が、大量輸送を可能とした舟運を用いて江戸や大阪に集められた。これにともない日本各地の特産物資が全国的に流通するようになった。

富士川では江戸時代初期に京都の角倉了以により舟運路が整備され、甲府の米が一度駿河の清水に集められてから江戸に運ばれた。また、駿河からは塩等が内陸の甲府に運ばれるようになった。

### (3) 明治時代～戦前

#### ～連続堤防化・甲府盆地南側の低平湿地開発着手～

黒船来航等に見られるように欧州先進国等の脅威が引き金となり、薩長連合に江戸幕府が倒され、明治政府が樹立する。明治政府は欧州列強の日本植民地化の脅威に対して、短期間のうちに近代国家を築く必要があった。そのため、政治、軍備等の多くの国家システムを欧州から輸入するようになる。河川整備においてもオランダ等から御雇い外国人技術者を招き大河川の整備や技術輸入が始まった（当時は舟運整備が主目的）。

欧洲から軍備等を輸入するためには多大な外貨を必要とし、外貨収入を得るための主要な手段として生糸生産が全国的に拡大した。このための桑畠が山地に造成され山地が荒廃した。時期を同じくして全国的に河川の氾濫が頻発するようになっている。生糸生産のため国土のあらゆる箇所に桑畠が広がり、国土荒廃を引き起こしたこととも十分考えられることである。この結果、河川の河床上昇が起り、全国的に河川の氾濫が頻発したのではないか。山梨県は当時全国的に有名な生糸生産地であったが、当時雇い外国人技術者であるムルデルが富士川流域を視察した際に御勅使川等の流域の山地荒廃を指摘し、このための対策として山地への植林を提案している。

このような中、明治29年に河川法が制定され、大河川の河川整備は国で行うようになった。

富士川においても信玄堤のような霞堤を連続堤にする等の整備が進められた。また、昭和初期には河川の水理解析技術、施工能力等の向上により釜無川と笛吹川の合流点を背割り堤方式で処理対策等が行われ、甲府盆地の南側の開発にも着手されるようになった。

#### (4) 戦後～現在

##### ～堤防強化・治水安全度と質の向上へ～

戦後、荒廃した国土を整備し経済基盤を整えることが急務となり全国の大河川の整備が進んだ。

我が国の伝統的河川工法として発達した水制は戦後、三基構、四基構等のコンクリート製の水制が各種開発され、耐久力の向上が図られた。

しかし、コンクリートが、さらに安価で大量に入手できるようになると、堤防や河岸をこれで防護する技術が広まり、堤防防護の確実性、洪水流下の阻害等のために水制は次第に姿を消すようになる。

現在では、水理解析技術、施工能力も向上して笛吹川のショートカット、禹ノ瀬狭窄部の拡幅等の大規模工事が行われる他、排水機場が整備され、最後となった甲府盆地南側のウエットな地域の整備がほぼ完了している。

しかし、現在においても信玄堤、万力林等が甲府盆地の治水の要であることには変わりではなく、基本的には脈々とこの地で受け継いだ各種の治水資産の質的強化、維持管理を行っているといえる。

### 3.3 河川伝統工法の特徴

富士川の河川伝統工法を現代的視点から評価をするにあたり、表3・1に伝統工法の分類・類型化を行った。ここでは、河川伝統工法を現代に活用するという観点から伝統工法を以下のように整理した。

#### (1) 川の自然の力を利用した工法

いわゆる「減勢治水」といわれるよう、力づくで川を治めるというよりも、川の持つ自然の力をうまく利用しながら川を治める工法である。

明治時代以前においては、河川の治水整備は、現在のようにコンクリートで河岸を防護した高い連続堤防で洪水を速やかに流下させることは困難であり、石や木の材料を用いて人力で施工可能な規模の工事に限られていた。このため、伝統工法は、川の特性を良く見極め、地域で調達可能な材料にて、例えば、地域の急所となる河川水衝部に効果的に水制を配置する等、川の持つ自然の力をうまく利用しながら川を治める技術であったといえる。

富士川でいえば、釜無川と御勅使川の合流地点の前で御勅使川流路を分流させ、その一方を高岩にぶつけ、洪水のエネルギーを減勢させた後に、霞堤でこれを導流する知恵、あるいは、笛吹川の扇頂部で万力林を設け、氾濫水を減勢させた後に霞堤で本川へ氾濫水を戻し、甲府盆地への壊滅的被害を避ける知恵が挙げられると考える。

なお、山梨大学砂田教授が行った模型実験では、以下の効果が確認されている。

- ・万力林での霞堤開口部位置は超過洪水対策の可能性があること。
- ・雁堤の堤防、水制配置は、死水域を広くとることにより洪水流のエネルギー減勢効果、そして、河道維持（河道内土砂の適正な流送）の可能性があること。

表3・1 (1) 富士川河川伝統技術の分類

河川伝統技術名称	分類(工法別)		分類		小表番号
信玄堤(堤防、水防林、その他)	治水	一連の治水システム	ハード的	20複合施設群	20-2
万力林	治水	一連の治水システム	ハード的	20複合施設群	20-3
雁堤	治水	一連の治水システム	ハード的	20複合施設群	20-4
富笛堤防	治水	堤防	ハード的	1堤防	1-1
近津堤	治水	堤防	ハード的	1堤防	1-2
雁堤(本堤)	治水	堤防	ハード的	1堤防	1-3
帰郷堤(雁堤の下流堤防)	治水	堤防	ハード的	1堤防	1-4
臼井阿原の霞堤	治水	堤防	ハード的	2霞堤	2-1
信玄堤の霞堤	治水	堤防	ハード的	2霞堤	2-2
万力堤の霞堤	治水	堤防	ハード的	2霞堤	2-3
万力林の雁行堤防(初期状態)	治水	堤防	ハード的	2霞堤	2-4
信玄堤の雁行堤防(初期状態)	治水	堤防	ハード的	2霞堤	2-5
90間堤防(雁堤上流の導流堤)	治水	堤防	ハード的	21その他(導流堤防)	21-1
聖牛(せいぎゅう・又はひじりうし)	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-1
コンクリート中聖牛(牛枠水制)	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-2
コンクリート三基構	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-3
備前堤・新備前堤・柳堤(土堤出し水制)雁堤の一部	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-4
杭出水制	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-5
三基コンクリート函水制	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-6
木材枠出水制	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-7
合掌枠水制	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-8
木材三基枠及コンクリート三基枠水制	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-9
鉄材三角枠	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-10
導水堤(コンクリート杭+鉄線)	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-11
鉄筋コンクリート四基構	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-12
四方連繋十字ブロック	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-13
粗朶沈床	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-14
コンクリート木材四基枠	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-15
竹筋コンクリート三角構	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-16
岩本の出し水制(1番出し、新1番出し、2番出し、3番出し)	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-17
出し水制(亀甲形)(信玄堤上流)	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-18
十六石	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-19
川中島水制	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-20
差出の水制	治水	護岸・水制	ハード的	7水制	7-21
コンクリート練石張	治水	護岸・水制	ハード的	8護岸	8-1
玉石張り護岸	治水	護岸・水制	ハード的	8護岸	8-2
寄石護岸	治水	護岸・水制	ハード的	8護岸	8-3
白根町築山の石積出し	治水	護岸・水制	ハード的	20歴史的工事	20-1
白根将棋頭	治水	護岸・水制	ハード的	21その他(分流構)	21-2
竜岡将棋頭	治水	護岸・水制	ハード的	21その他(分流構)	21-3
木材中聖牛工法	治水	護岸・水制	ソフト的	7その他(工法)	⑦-9
法覆工(石の積み方)	治水	護岸・水制	ソフト的	7その他(工法)	⑦-10
万力林	治水	水防林	ハード的	5水害防備林	5-1
信玄堤の水防林	治水	水防林	ハード的	5水害防備林	5-2
御勅使川の水防林	治水	水防林	ハード的	5水害防備林	5-3
竜王河原宿に対する免税措置	治水	普請負担	ソフト的	7その他(制度)	⑦-1

表3・1(2) 富士川河川伝統技術の分類

河川伝統技名称	分類(工法別)		分類		小表番号
差出堰(万力渠とも立河渠とも呼ばれた)	利水	用水路	ハード的	9堰堤	9-1
徳島堰	利水	用水路	ハード的	9堰堤	9-2
両村堰	利水	用水路	ハード的	9堰堤	9-3
浅尾堰(のちの朝穂堰)	利水	用水路	ハード的	9堰堤	9-4
穂坂堰(のちの朝穂堰)	利水	用水路	ハード的	9堰堤	9-5
樋無堰	利水	用水路	ハード的	9堰堤	9-6
時水制度(番水制度)	利水	システム	ソフト的	7その他(制度)	⑦-2
臼井阿原	利水	システム	ソフト的	7その他(地名の由来)	⑦-3
水をめぐる不文律	利水	システム	ソフト的	7その他(規律)	⑦-8
天神ヶ滝の大改修工事(舟運ネック部)	舟運	河道維持	ソフト的	1戦国武将等による改修計画	①-1
富士川改修工事(角倉両似の改修)	舟運	河道維持	ソフト的	1戦国武将等による改修計画	①-4
富士川橋	舟運	河岸(構造)	ハード的	17木橋	17-1
富士川船橋	舟運	河岸(構造)	ハード的	18木橋以外の橋	18-1
富士のつり橋(釜口のつり橋)	舟運	河岸(構造)	ハード的	18木橋以外の橋	18-2
船場(富士川下流富士市付近地名)	舟運	河岸(構造)	ソフト的	4渡し・舟運	④-4
笹舟(高瀬舟)	舟運	物流	ソフト的	4渡し・舟運	④-1
タテ流し	舟運	物流	ソフト的	4渡し・舟運	④-2
ヨコ渡し	舟運	物流	ソフト的	4渡し・舟運	④-3
富士水碑	その他	—	ハード的	15石碑	15-1
治水碑	その他	—	ハード的	15石碑	15-2
甲府用水碑	その他	—	ハード的	15石碑	15-3
信玄堤の三社神社	その他	—	ハード的	21その他(神社)	21-4
護所神社	その他	—	ハード的	21その他(神社)	21-5
水神社	その他	—	ハード的	21その他(神社)	21-6
水防祭り「御幸さん」	その他	—	ソフト的	5祭事・行事	⑤-1
川勧請	その他	—	ソフト的	5祭事・行事	⑤-2
川施餓鬼	その他	—	ソフト的	5祭事・行事	⑤-3
鰐沢	その他	—	ソフト的	7その他(地名の由来)	⑦-4
竜王	その他	—	ソフト的	7その他(地名の由来)	⑦-5
禹の瀬	その他	—	ソフト的	7その他(地名の由来)	⑦-6
釜無川	その他	—	ソフト的	7その他(地名の由来)	⑦-7

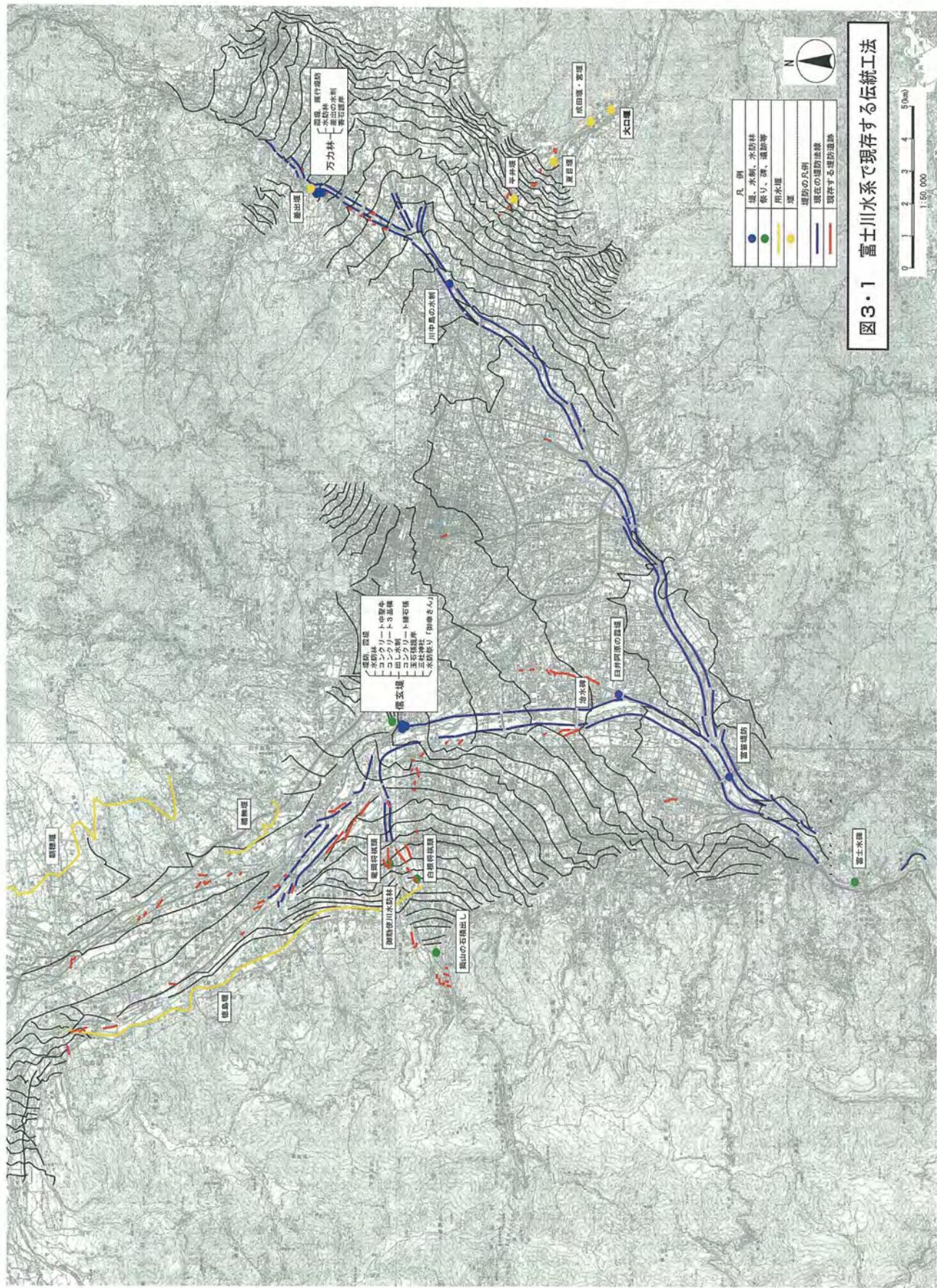


図3・1 各時代における富士山（上流部）



甲府盆地西（御勅使川合流点処理）



甲府盆地東（「万力林」水防林十霞堤  
自然を利用した洪水減勢工法

## (2) 沼澤原の中で被害を抑える技術

河川伝統技術では、洪水に対して河川の施設で全面的に対応するのではなく、沼澤原の中での対応を含めて被害を抑える技術という特徴がある。

現在のように土地利用が高度化していなかったこともあり、伝統技術（計画論）においては、自然地形を良く観察し、沼澤原の中で沼澤する地域を意識的に設定し、流域全体の沼澤被害の軽減に努める等していた。

富士川に限らず日本の急流河川でよく見られる霞堤は、洪水時に霞堤開口部から溢水した沼澤水は、さらに下流の霞堤の開口部から本川へ戻るといった技術がそれに相当する技術であろう。また、沼澤域となる地域では「流れ作」といい、大洪水時に沼澤被害を受けたらその年の収穫はあきらめるような作物を植える等の土地利用がなされる場合が多いといふ。

平成12年末に河川審議会で答申が出されたが、この答申では川はあふれるという前提に立って「洪水と共存

する治水」へ治水施策の展開が出された。河川伝統技術の再認識は、このような新しい河川整備計画策定の参考になるものと考えられる。



富士川（金無川）の左岸、甲府盆地内で最大の霞堤

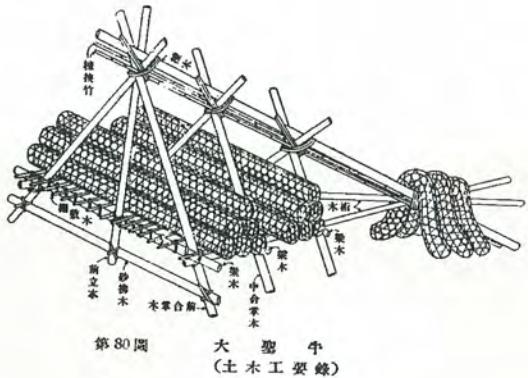
## (3) 地域の特性、川の性格に応じた工法

長年に渡る試行錯誤を経て、経験を積み重ねることにより確立されてきた工法である（いわゆる「みためし（見試し）」の工法）。従って、全国画一的なものではないことは言うまでもなく、流域の特性、川の性格を巧みに生かした工法という特徴を有する。

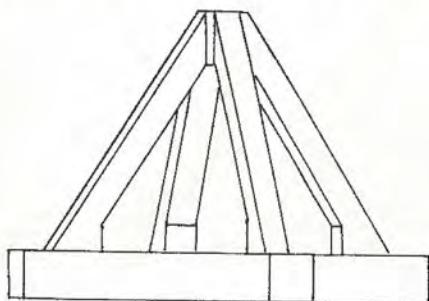
(1) で伝統工法は、川のもつ自然の力をうまく利用しながら川を治める工法であると説明したが、このためには、いろいろなことが試され、結果的にうまくいったものが最近あるいは現代まで継承されたものと考える。

このような「みためし」の工法によって造られた工法は、現在のようにマニュアル等によって造られたものとは異なり、その河川、その地域の特性に合わせて造られた個性的な技術（計画、施設）である。

富士川で言えば、聖牛類の水制工は富士川で発達したとも言われており、明治に入り多数の水制が現地で試された。有名な「信玄堤」も当初の施設が時代毎に徐々に改良された記録が残っており、静岡での蛇籠の製作技術は江戸時代から全国的に有名であった。また、富士川下流部の特異な形を有する「雁堤」も試行錯誤の結果、現在のような形になったという。



富士川のような急流河川で発達した牛類



## 牛枠から発展（四基構）



### 御勅使川分流装置「将棋頭」



試行錯誤の結果、現在の形になったと言われる「雁堤」

#### (4) 生活の中に維持管理を組み込んだ技術

河川伝統工法では、継続的な維持管理が可能となるよう、地域に生活の中に自然な形で維持・管理を組み込んだ技術という特徴がある。

「信玄堤」と一連の施設による治水システムの一つの大きな柱として信玄堤の維持補修のための免税措置、そして堤防締め固めや水防意識啓発のためと考えられる「お御幸さん」等のソフト的な施策が挙げられる。特に「お御幸さん」は、毎年出水期前に行われる行事で現在も続けられている。この行事は、甲州治水の要である信玄堤に永続的に人心の注意を集めるとともに、堤防上を練り歩くことにより堤防を締め固める効果もねらっているものとも言われている。

このように伝統工法の大きな特徴としては、地域における継続的な維持管理が可能となるよう、生活のなかに自然な形で維持・管理を組み込んだ技術ということが挙げられる。



信玄堤取り付け部の高岩に設定された治水神社



現在も続けられている伝統行事「お御幸さん」

## 4. 富士川河川伝統工法の評価

### 4.1 評価の視点

先に示した河川伝統工法の特徴を踏まえて、富士川の培われてきた河川伝統工法を今日の河川行政に照らしてどのように活かせるかという点、つまり、評価の視点は次のように考えた。

#### 富士川河川伝統工法評価の視点

- (1) 治水面からの評価
  - { 河川計画・工法面  
氾濫管理・危機管理面  
維持管理面・・・等 }
- (2) 地域の生活・文化面からの評価  
個性ある地域づくり・・・等
- (3) 環境面からの評価
  - { 流域の素材活用  
生態系保全, 景観保全・・・等 }
- (4) その他 (利水等)

### 4.2 治水システムとしての評価

富士川における複合技術、地形を活用したシステム的な河川伝統工法として、以下の3点を挙げることができる。

#### ①信玄堤

表4・1に示すように、地形条件や自然などをうまく利用し治水システムとして極めて高く評価できる。また、堤防の維持管理、水防意識の徹底、免税措置という民政的な面から伝統行事「お御幸さん」などがあり、流域の総合的治水対策として高く評価できる。

#### ②万力林

地形条件や自然などをうまく利用し洪水を軽減させる治水システムとして極めて高く評価することができる。また、山梨大学工学部で万力林の効果に関する実験が行われ河川工学的に検証された。また、水防林、霞堤の開口部のせせらぎなどがあり親水公園として整備され、「山梨県のシンボル」にもなっている。環境面からも非常に価値の高い治水施設となっている。

#### ○雁堤

長年に渡る試行錯誤を経て、経験を重ねることにより、確立された技術である。いわゆる「みためし（見試し）の技術」の代表である。歴史的な経験により河川の特性

を巧みに活かした技術でもあり、非常に高く評価することが出来る。雁堤が完成してからおよそ330年経っているが、結果として奇妙な形で現在に至っている。

これら3点のシステム的な技術は、現在のように土地利用が高度化していかなかったこともあり、計画論としての伝統技術においては、自然地形をよく観察し氾濫原の中で氾濫する地域を意識的に設定し、大局的には流域全体の氾濫被害の軽減に努める技術と言える（例えば、信玄堤の水防林と霞堤、万力林の水防林と霞堤、雁堤の遊水地効果等）。

河川伝統工法の見直しは、このような新しい河川整備計画策定の参考になるものと考えられる。

### 4.3 治水面からの評価

#### ①河川計画、工法面

現代技術はどうちらかというと、強固な堤防や護岸等を作ることにより川の自然エネルギーに力で対抗するような工法が中心となっている。この場合、例えば洗掘の進行に対して根固めを追加する等、維持管理にかなりの人的、経済的コストが必要となる。

河川伝統工法の特徴である「川の自然の力を利用した技術」によれば、例えば水制工の設置により、河岸に州がつく、水当りを軽減できる等、自然の力と調和のとれたものとなり、維持管理にかかるコストも軽減されると考えられる。

近代河川技術の課題を克服し、今後の治水計画の考え方、採用する工法、安全性の評価の仕方等について重要なヒントを与えてくれるものと考えられる。

#### ②氾濫原管理、危機管理面

河川伝統工法は、災害を河川施設だけで防御するというより、「流域を含めて被害を抑える技術」である。

例えば、洪水で氾濫した場合に、その被害をできるだけ少なくするため二線堤で守る、家屋浸水だけは避けるため輪中堤を設置する等の工夫を行っている。また、霞堤での耕作は流れ作を前提としたり、氾濫原にはできるだけ住まないようにしたり、比高地に住んだり、水屋形式の住宅を採用する等、土地利用や住まい方にも工夫を凝らしている。この考え方は、現代にも通じるものがあり、いざというときの危機管理体制、また、氾濫原の土地利用のあり方等について重要なヒントを与えてくれるものと考えられる。

表 4-1 信玄堤における伝統工法の総合的な治水評価（案）

平面図	概要・個別技術の内容	信玄堤と一連施設の総合的な評価
<p>信玄堤の概要 ・扇頭部を固定するために、御動使川の業山地区に石積み出しを設けた。一方は高岩御動使川を将棋頭により分流させ、もう一方は水流にぶつけるように流向を向け、もう一方は水流を下流へ向けるために河川の付け替えを実施した。高岩にぶつける前に十六石を水制として設置し、水流を調節し、水流を高岩に当たるようして流れ勢を緩和させた。 ・金無川本川の水勢を抑えるため、龜甲出しを設け、大規模な氾濫が生じても開口部から氾濫水が河道に戻るよう配慮した。 ・堤防の維持管理という面からは、伝統行事である「御幸さん」を出水前に行い、洪水に対する意識の徹底、堤防の踏み固めなどを実施。 ・魔王の宿場領民などは堤防の維持管理などを請け負う代わりに、免税措置が執行されていたようである。</p> <p>信玄堤のシステム的な個別技術を以下に示す。</p> <p>御動使川の流路固定 → 沿路工設置 ・石積み出し (御動使川上流) → 現存 御動使川の分流、付け替え → 南御動使川・庵川・将棋頭 → 埋没 → 収掘、調査研究中 御動使川・金無川の合流調節 ・十六石 → 埋没 → 発掘、調査研究中 御動使川・金無川合流時の水流減勢 ・高岩 → 現存 洪水時の氾濫貯留 ・信玄堤 (電堤) → 連続堤 (現在) 金無川の水流減勢 ・龜甲出し (信玄堤上流) → 現存 堤防の維持管理・水防意識の徹底、免税措置 ・御幸さん (堤防の締め固め) → 現存 ・三社神社 (水防意識の徹底) → 現存</p>	<p>信玄堤による治水システム 甲府盆地を守るという観点より、金無川と御動使川の治水を一つとして考へ、地形などの自然をうまく利用して洪水被害を最小化した。また、堤防の維持管理、水防意識の徹底などの民政においても大きな影響を与えた。</p> <p>信玄堤の概要 ・扇頭部を固定するために、御動使川の業山地区に石積み出しを設けた。一方は高岩御動使川を将棋頭により分流させ、もう一方は水流にぶつけるように流向を向け、もう一方は水流を下流へ向けるために河川の付け替えを実施した。高岩にぶつける前に十六石を水制として設置し、水流を調節し、水流を高岩に当たるようして流れ勢を緩和させた。 ・金無川本川の水勢を抑えるため、龜甲出しを設け、大規模な氾濫が生じても開口部から氾濫水が河道に戻るよう配慮した。 ・堤防の維持管理という面からは、伝統行事である「御幸さん」を出水前に行い、洪水に対する意識の徹底、堤防の踏み固めなどを実施。 ・魔王の宿場領民などは堤防の維持管理などを請け負う代わりに、免税措置が執行されていたようである。</p> <p>信玄堤のシステム的な個別技術を以下に示す。</p> <p>御動使川の流路固定 → 沿路工設置 ・石積み出し (御動使川上流) → 現存 御動使川の分流、付け替え → 南御動使川・庵川・将棋頭 → 埋没 → 収掘、調査研究中 御動使川・金無川の合流調節 ・十六石 → 埋没 → 発掘、調査研究中 御動使川・金無川合流時の水流減勢 ・高岩 → 現存 洪水時の氾濫貯留 ・信玄堤 (電堤) → 連続堤 (現在) 金無川の水流減勢 ・龜甲出し (信玄堤上流) → 現存 堤防の維持管理・水防意識の徹底、免税措置 ・御幸さん (堤防の締め固め) → 現存 ・三社神社 (水防意識の徹底) → 現存</p>	<p>信玄堤と一連施設の総合的な評価</p> <p>地形条件をうまく利用し、また巧みな治水施設を適所に配置した治水システムとして極めて高く評価できる。さらに、「御幸さん」など堤防の維持管理、水防意識の徹底などの民政においても多くの影響を与えた。</p> <p>信玄堤の個別技術の評価</p> <p>御動使川の扇頭部を固定する施設であり、地形や環境材料を巧みに活用した施設であり、評価できる。現在は流路工が建設され役目を終えたが、歴史的な治水構造物として後世に残す必要がある。</p> <p>御動使川の分流には当時としては1本で金無川と御動使川の扇頭部を固定する施設であり、今は多大の維持管理を要したとされる。また水の必要もあるったと考えられ、築造当時の治水の考え方では評価できる。現代ではその必要性は低い。</p> <p>将棋頭 ・金無川には漫水地となるエリアをおいて流れ勢を緩和させた。 ・金無川本川の水勢を抑えるため、龜甲出しを設け、大規模な氾濫が生じても開口部から氾濫水が河道に戻るよう配慮した。 ・堤防の維持管理という面からは、伝統行事である「御幸さん」を出水前に行い、洪水に対する意識の徹底、堤防の踏み固めなどを実施。 ・魔王の宿場領民などは堤防の維持管理などを請け負う代わりに、免税措置が執行されていたようである。</p> <p>十六石 ・将棋頭と同様である。歴史的な構造物として後世に伝える必要がある。</p> <p>高岩 ・金無川と御動使川に対し減勢効果あり。</p> <p>信玄堤 (電堤) ・築造当時は扇頭部固定に有効であった。現在は連続堤化されているが、機能は維持されている。</p> <p>龜甲出し (信玄堤上流) ・現在は当時とは異なる形状だが、治水機能は有しており、保存すべきである。</p> <p>伝統行事「御幸さん」 ・現在も4月15日に行われる伝統行事である。水防意識や伝統を受け継いでおり、今後も保存する必要がある。</p> <p>明治時代ノ新堤 ・信玄堤の氾濫貯留</p> <p>第94圖 信玄堤 (明治時代)</p>

### ③河川の維持管理面

河川伝統工法では、河川の維持管理が自然な形で地域の生活のなかに組み込まれるような仕組みを持っていた。例えば、信玄の時代に竜王宿では、竹林の管理や堤防の補修を行うかわりに税の減免措置を受けるなどの施策があった。戦後、川と地域の関係が疎遠になってきたところもあるが、近年、河川愛護や自然環境の保全等に関する地域の関心も高まってきつつあり、今後の地域とのパートナーシップによる河川管理の持続的運用について重要なヒントを与えてくれるものと考えられる。

## 4.4 地域の歴史・文化、個性ある地域づくりからの評価

今日、全国の各都市の表情が画一化しているという声が聞かれ、地域の活力、能力を引き出すためには個性ある地域づくりが必要であるといわれている。

例えば富士川での信玄堤のシステムの大きな柱である「霞堤」、「治水神社」、「お御幸さん」、また、現在では無くなつたが「富士川舟運」等の河川伝統工法とその文化は、「地域の特性、川の性格」に応じて生まれてきたものであり、その地域のシンボルとなり、他の地域との差異化、その地域の魅力を引き立てる要素になるものと考えられる。

また、それらが一つの生活様式、風景となり、地域の文化ともなっていくものと考えられる。

そうした点で、個性ある地域づくり、地域の活性化等の観点から、重要なヒントを与えてくれるものと考えられる。

## 4.5 環境面からの評価

河川伝統工法は、一般的にいって「地域の特性、川の性格に応じた技術」であり、使用的する材料も木や石といった流域にある天然素材が主体である。このことから、河川伝統工法による施設は生態系に大きく影響を与えることもなく、環境的にも景観的にも周囲と調和したものとなっている。河川事業による環境への影響が懸念されている今日、環境との調和を図るヒントを与えてくれるものと考えられる。

## 4.6 その他（利水面からの評価）

稻作国家である日本において、地域の農業用水、生活用水等の水利用に関して高度な技術、智恵が発達した。現在では、水道の普及、農業の停滞により、これらの

嘗々と受け継がれてきた水利用の技術が急激に衰退し、目に見えにくくなつてきている。

甲府盆地の開発においては、扇状地の扇頂部は「信玄堤」、「万力林」で有名なように治水の要であったが、同時にここは下流扇状地への用水供給の要でもあった。

また、甲府盆地西部での河岸段丘より高い富士川街道沿いの地域では、地質条件により山間部より流入する河川水が伏流するために長い間農業用水の確保が困難であったが、江戸中期に徳島堰（注：ここでいう堰とは河川取水施設と用水路を一体的にさす）が整備され、この地域一帯を潤すようになった。

現在もこの徳島用水堰と棚田、そして当時を偲ぶ古い農家の町並みは健在である。

以上のように治水だけの川という観点ではなく、川の水を利用するという用水との関わりで川と地域を見直すと地域形成の歴史と水利用のための技術、智恵が見えてくるものと考えられる。

## 5. 保存・活用方策の検討

### 5.1 基本的考え方

河川伝統工法は今日的観点からいろいろなヒントを与えてくれるものと考えられる。古くなったから、あるいは手間がかかるから、材料の入手が困難であるからといって、簡単に取り壊したり、放棄したりするのではなく、もう一度見つめ直し、その考え方を現代にどううまく取り入れられるかを考えることが重要である。

こうした観点から、以下に保存・活用にあたっての基本的考え方を示す。

#### （1）人、モノ、智恵の保存

河川伝統工法については、技能を有する「人」、道具や水屋といった「モノ」、職人に伝わる口伝、地域の伝承や祭事・行事等様々な形で残されている。

一方、それらの背景にある知識や考え方等の「智恵」も、着眼すべき重要な要素である。

「智恵」の中には記録だけによっては保存することが困難なもの、あるいは現状では「智恵」が十分くみ取れず、今後の研究に判断を委ねざるを得ないもの等がある。

「人」や「モノ」を残していくことにより、「智恵」の理解を助けることにもなる。

したがって、河川伝統工法を保存していくためには、「人」、「モノ」、「智恵」を残していくことが重要であり、それぞれの特性に応じた保存の方策を考えていくことが

必要である。

## (2) 現代の社会状況に合わせた活用

河川伝統工法については現代においても、そのまま活用できるものが多くあるが、河川伝統工法が前提としている社会的な背景や制度、規模等が変化しているため、必ずしもそのまま使えないものもある。この場合、河川伝統工法に込められた智恵や考え方を現代に合わせ、工夫していくことが重要である。また、河川伝統工法を活用する場合には、現代技術と同様に安全性、効率性(B/C)、費用負担といった課題に留意することも必要である。

## (3) 地域の主体的な参加による保存・活用

河川伝統工法は、国、県等の河川管理者の領域だけにあるのではなく、むしろ地域や住民の側に多く含まれており、両者が連携して地域の河川伝統工法となっているものもある。したがって、河川伝統工法の保存・活用にあたっては、河川管理者の手によるだけではなく、地域や住民の主体的参加と協力を得ることが重要である。

## 5.2 河川伝統工法の保存方策

### ① 河川伝統工法に関する文献資料の集約・発信

恒常に河川伝統工法の活用を図っていく観点から、河川伝統工法に関する調査結果および行政、研究機関等に保存されている文献・資料を集積する資料館を整備することが必要である。

この際、河川伝統工法においても、その種類、内容、所在、伝承している人物、集積された文献・資料が分かりやすく分類、整理されたデータベースを整備することが必要である。その際、インターネット等により一般への情報提供も検討すべきである。

#### ○(仮) 富士川河川歴史博物館の設立

○上記の資料収集結果をインターネット等で情報発信する

### ② 「富士川河川伝統工法大百科」の整備・編纂

河川伝統工法は、それぞれの時代においてまた地域毎に発展してきたものであり、同じ技術であっても多様な用語の使われ方が見られることから、理解を容易にするには、上記の資料収集整理結果をもとに例えば「富士川河川伝統工法用語辞典」等を整備しておくことが必要である。

河川伝統工法の用語は、技術の背景等も表しているため、各地の用語について、その意味、由来、時代背景等

を辞典という形で整備しておくことは、智恵の保存という意味からも重要である。

#### ○(仮) 富士川河川伝統工法辞典の編集

### ③ 「モノ」としての河川伝統工法の保存

河川伝統工法を残すために「モノ」として残していくことをする場合、分析、評価を踏まえ、その「モノ」が本来持っていた機能を、有効に活用しながら保存を図ることが最も望ましい。

また、そのまま保存することが難しい場合にあっても、地域の協力を得て河川史跡としてネットワーク化を図り散策コースにする等、現地において保存する他、資料館等において保存することも検討すべきである。

特に、日常生活に根ざした災害への備え、災害に強いまちづくりの観点から霞堤等については、地域の理解を得ながら、その重要性について意識の啓発と高揚を図り、できるだけ保存され、緊急時にはその本来の効果が発揮されるよう努めるべきである。

#### ○現在も治水的効果をもっている「雁堤」や「万力林」、他の霞堤の保存と活用

○例えば、富士川「川の歴史トレイルマップ」作成、郷土歴史家、土木技術者、大学、河川管理者を巻き込んだワークショップ開催、地域教育への組み込み等

#### ○地域の治水の歴史を学ぶ散策路などを整備

○大学の授業等で急流河川の工法の学習フィールドとして活用する。聖牛等の効果を明らかにした上で、設置フィールドを特定し、地場材料、技術、人材を保存していく。

### ④ 河川伝統技術の継承

人を介して継承されている河川伝統工法については、小規模でも、人材を確保・育成し、継続して河川伝統工法が実施されることにより、技術の継承を図ることが適当である。

このため、地域の条件、技術的評価等を考慮し可能な場合には、積極的に河川伝統工法を使用した河川改修等を実施し、実際のフィールドを継続的に確保するよう心がけるとともに、河川伝統工法に関する研修、実習等により後継者の育成に努めるべきである。

#### ○例えば、聖牛や蛇籠製作技術者の支援、活用

### ⑤ 地域における活動への支援

河川伝統工法は地域とその川に根ざした技術であり、地域にはその保存、継承に熱心に取り組んでいるグループ等が存在している。

このため、こうした地域において河川伝統技術を支えている人たちの様々な活動に対して支援していくことが重要である。

- 地域に根ざした郷土歴史家の支援
- 富士川河川伝統技術情報の郷土歴史家、教育機関への一般公開（インターネットの活用）
- 河川管理者、自治体、教育機関、NPOと連動した保全活用計画の策定と実行

### 5.3 河川伝統工法の活用方策

#### (1) 河川計画、工法や環境保全への河川伝統工法の実際の応用

##### ①自然の流れを生かした河道計画の検討

周辺の土地利用を十分踏まえる必要があるものの、直線的な河道だけではなく、場合によっては河道の特性や川の性質を十分理解した上で蛇行や瀬や淵など、自然の流れに留意した河道計画についても検討すべきである。

戦後、荒廃した国土の復興のため河川整備が急務とされ、治水上洪水を早く流下させるため、また沿川の土地を使い勝手の良いものとするため、蛇行した川を直線化するなど、一律の基準で全国の河川が整備され、治水安全度は短期間で大幅に向上了ものの、その河川特性や地域特性が十分反映された河川整備がなされなかつたことも否めない。

富士川の信玄堤に見られるような河道計画では、自然の流れを良く観察し、水の力の集中するところを重点的に守る工夫がなされている等、維持管理費用や環境面から見て今日において検討に値するところも多い。

##### ○霞堤、聖牛等の歴史的河川技術の導入

##### ②地域の素材の活用

笛吹川の石和地区において河川伝統技術の聖牛が設置されたが、このように伝統工法を導入する場合には、可能な限り河川環境保全のために、地域近傍の粗朶や間伐材等地域の素材の活用を図るべきである。

生態系、環境面に配慮し、間伐材等の地域の素材を活用することは、山林の保護、地場産業の振興にもつながるものである。

例えば、北陸地方の新潟市や新発田市では粗朶組合が組織され、粗朶山を管理し、粗朶沈床等に活用されている。ただし、活用にあたっては、経済性、河川や地域の特性に留意する必要がある。

##### ○山林管理と連動した水制、沈床整備計画を導入

##### ③水害防備林の活用

平成9年の河川法改正において、河畔林を河川管理施設として位置づけることが可能となったが、洪水の減勢効果や環境保全空間としての効果を考えると、積極的に河畔林（水害防備林）の保全、整備に取り組むべきである。また、河畔林は地域における水防資材の供給源ともなるものである。

現代では連続堤化されたため洪水に対する危険性をあまり認識せず、堤防のすぐ横まで人家や田畠に開発されているが、伝統工法においては多少の浸水は許すという考え方から、堤防脇に河畔林（水害防備林）をつくり、水の勢いをやわらげ、堤防を越水しても、流れの力で家屋が流されたり、人が流されたりするようなことを防いだり、いざというときの水防活動のための資材として活用したりしていた。

また、河畔林（水害防備林）については、洪水のない時は、鳥たちが集まるとともに、河畔に日陰をつくり、魚の生息に適した環境をつくり出す効果もある。

##### ○現在の水防林の管理状態を把握して、水防林の積極的保全に努める。治水上重要な箇所については改正河川法に基づき河川管理施設として位置づける。

##### ④水制工等の活用

河川の勾配等適用条件に十分配慮する必要はあるものの、水制工等（聖牛、杭出し等）を積極的に活用すべきである。

現代技術においては、護岸をコンクリートブロックなどにより保護し、強固なものとしているが、これにより河岸の植生や自然環境が喪失してきているとの指摘もある。これに対して、聖牛、杭出し等の昔ながらの水制は川の流れを巧く制御することにより、自然環境の保全も図りながら、河岸の保護やミオ筋の維持に役立っている。

なお、水制活用にあたっては、聖牛等の他、富士川で独自に開発された「三基構」「四基構」等の近代的水制工もプレキャスト化する等して改良を行い、工法メニューに加えることも考えられる。

##### ○笛吹川と同様、聖牛等の富士川の歴史的施設の積極的活用、その後の効果についてモニタリングの実施

#### (2) 沔濫原管理・危機管理への河川伝統工法の智恵の活用

##### ①霞堤等の活用

危機管理の観点から、霞堤等を有効に活用していくべきである。

現代技術では、堤防の中に川の流れを押し込み、堤内地における農耕地、宅地の開発面積を増やすことができ

たが、一度洪水になると経済活動に与える影響が大きくなるという状況を生みだした。

富士川のような急流河川では、霞堤で一部洪水を溢れさせ、そのあふれた洪水が下流の人家、集落に流下しないよう、下流の霞堤で水を集め、本川に戻し、大規模な破堤氾濫は防ぐといったように大災害を防ぐ技術もある。

人口増加、経済成長の時代には難しい面もあるが、人口減少傾向、経済も安定化の方向に入ることを考慮すると、連続堤防だけに頼ることなく、万一大きな洪水が発生しても、霞堤による流域の全体被害軽減も視野に入れた河川整備計画策定の可能性も考えられる。

○残存する霞堤について、その歴史、現在の超過洪水時の効果等を明らかにした資料を作成し、土地利用誘導まで踏み込んだ今後の富士川河川整備計画を行うか否かの材料とする。

## ②河川伝統工法等の記録による地域の危険度診断等への活用

河川伝統工法の資料を分析し、氾濫等の災害の記録、災害体験を地域の財産として引き継ぎ、地域の危険度診断や防災体制の充実に活用すべきである。

伝承、民話、智恵からは、現状では必ずしもよくわからない過去の災害の状況、先人の川との戦いの様子を知ることができる。これは単に技術の記録にとどまらず、地域の災害に対する潜在的危険度情報ともなり、住民自らの危機管理に対する取り組み、適正な土地利用を促すことにも役立つと考えられる。

○霞堤計画導入等にあたっては、過去の土地利用の変遷等が、洪水被害のポテンシャル把握に役立つ。このため、過去の氾濫被害履歴、土地の名前の由来（過去湿地帯であった等）の情報を公開する。

## (3) 河川の維持管理への河川伝統工法の活用

### ①地域とのパートナーシップによるきめの細かな河川管理

河川の持つ自然環境や親水空間としての機能が見直されつつあり、河川に関心のある地域・住民等の主体的な参加を支援し、地域とのパートナーシップによるきめ細かな河川管理を行ってゆくべきである。

戦後、農業から商工業中心の産業構造に変化したことや治水事業の進展により、河川に対する地域の関心が薄ってきたことから、河川へのゴミの不法投棄や災害時の対応に住民が不慣れになったというような問題が生じてきている。

河川伝統工法では、地域住民が河畔林（水害防備林）の維持管理を行ったり、堤防の上に神社を作り、お参り

する人々により、自然に堤防が締め固められるといったように、住民自らが日常から川を見守り、川を大切にし、その脅威から身を守るという工夫がなされている等、地域・住民の川への関心と日常的な河川管理への自主的な参加により、行政だけでは十分行き届かないきめ細かな河川管理を可能としていた。

このような事例として竜王町では、戦前には、村長、水防団、内務省の関係者が、出水前の春先に「高岩」に集まり、「みたで」と称してその年の聖牛設置個所等をみんなで考えていたようである。このような地域とともに河川の維持管理を行う仕組みを作っていく。

○例えば住民参加型の聖牛づくりや水防林保全活動

## (4) 個性ある地域づくりへの河川伝統工法の活用

### ①調査、記録、復元等を通じた地域活性化への活用

河川伝統工法の調査、記録さらにその復元等を通じ、地域の活性化へ活用していくべきである。

河川伝統工法の調査、記録により、その地域の川との係わり、そして現在、習慣化していることや身近なお祭り等の由来等、多くの新しい発見が期待できる。

福岡県柳川市や滋賀県の近江八幡市のように住民を中心となり水辺の歴史を生かした町づくりが進められている地域では、こうした調査活動そのものが地域活性化活動となり、住民たちの連帯感、充実感を高めている。

さらに、祭事を含め河川伝統工法の復活、復元を町づくりに反映させることができれば、観光資源ともなり、地域の振興に寄与することが期待できる。

○富士川の信玄堤、万力林、甲府市内の水路網の保全

### ②地域のシンボル・アイデンティティーとしての活用

その地域ならではの河川伝統工法の特徴を川づくりに活かすことにより、川を地域のシンボル、アイデンティティーとして活用すべきである。

富士川の舟運は現在はなくなった。

しかし、現在の富士川右岸の富士川街道沿いの町並みは当時の舟運で栄えた風景を今も色濃く残している。鰍沢町ではかつての河岸倉庫を移築して町おこしに活用を図っている。

かつての故郷の風景をみれば、故郷へ帰ってきたという気持ちになる。こうした川づくりも河川伝統工法を活用することにより可能になると考えられる。

○青柳、鰍沢、黒沢の三河岸、河口部の岩淵河岸をテーマにした町おこしの材料とする。

○富士川の信玄堤、万力林、甲府市内の水路網の保全、整備

## 6. 今後の課題

富士川における伝統技術について保全・活用方策などを示してきた。今後、富士川における伝統技術を保全・活用していくにあたっての課題を以下に示す。

### (1) 河川伝統技術の背景も含めた実態調査の継続実施

河川伝統技術について、各地域に過去から伝わっている伝統的な知識や技術がどの程度残され、どの程度の人が伝承しているかといったことがよく分からなくなってきたという問題があり、今後も本調査に引き続き実態調査を行うべきである。

その際には、残された技術だけを見るのではなく、技術が生み出された背景や本質的な智恵を読みとることが重要であり、継続的また河川関係以外にも広範囲に調査することが必要である。また、将来における活用の可能性もあることを考慮し、できるだけ多くのものを残していくことが重要である。

○継続調査の実施、分野を越えた研究、調査体制の確立

### (2) 河川伝統技術の分析・評価・研究の推進

河川伝統技術の現代における応用にあたっては、有効性、安全性について最新の知見や技術に基づき評価を行うことが必要である。このため、現在、設置されている笛吹川の聖牛十合掌枠による水制群の効果についての追跡調査等を行う等して、現代技術との比較、数値解析、水理実験、等を行い、その効果の定量的把握に努める。

○模型実験、数値計算、現地実験等による伝統技術の定量的な効果把握

○古文書などの収集（歴史を正確に把握し、付け加えるため）

## 参考文献

- 1) 小池幸男, 2000 ; 第55回（平成12年）土木学会年次講演会－研究討論会【写真展・トークショウ】写真と語る「土木の先人達」2. 古市公威の残した写真秘話の資料, 建設省甲府工事事務所
- 2) 砂田憲吾, 伊藤強, 鈴木英樹, 1988 ; 歴史的治水施設の水理学的評価－笛吹川万力林の水害防備機能について－, 山梨大学工学部研究報告別刷NO39
- 3) 砂田憲吾, 伊藤強, 川口貴弘, 1990 ; 歴史的治水施設の水理学的評価－富士川雁堤の場合－, 山梨大学工学部研究報告第41号
- 4) 口野道男, 1999 ; 武田信玄の甲州流川除法, まぼろしの石・「信玄の十六石」の地質学的研究(1), 山梨地学第41号研究論文
- 5) 山梨県教育委員会, 1998 ; 山梨県堤防・河岸遺跡分布調査報告書, 山梨県埋蔵文化財センター
- 6) 菊島信清, 1981 ; 釜無川の水害, サンニチ印刷
- 7) 龍王町, 1976 ; 龍王町史, 温古堂印刷
- 8) 白根町, 1969, 白根町史, サンニチ印刷
- 9) 白根町, 1969, 白根町史資料編, サンニチ印刷
- 10) 国土交通省関東地方整備局富士川砂防工事事務所蔵, 明治16年4月 ; 工師ムルドル山梨静岡県両県下富士川巡視復命(写)
- 11) 安芸皎一, 昭和19年 ; 河相論
- 12) 山本晃一, 1996 ; 日本の水制, 山海堂
- 13) 岩屋隆夫, 2000 ; 富士川流域・山梨県下の水害
- 14) 地方史研究協議会編, 1984 ; 甲府盆地－その歴史と地域性, 雄山閣

## 7. おわりに

以上、本文では富士川におけるこれまでの伝統工法を把握し、その保全・活用方策などを検討してきました。

本文が富士川の川づくりに活かされ、富士川流域の個性をさらに高め、地域の活性化や生活、文化の向上の一助になればなによりと考えています。

## 8. 河川伝統工法の評価項目について

吉岡 紘治\*・川人 茂二\*\*・斎藤 聖喜\*\*\*・藏重 俊夫\*\*\*\*

### 1. はじめに

平成12年には河川審議会から「川における伝統技術の活用はいかにあるべきか」が答申され、その中で、生活・文化を含めた河川伝統工法を継承し発展させることが重要であるという提言がなされ、この答申の中で、伝統工法を継承し発展される上で、河川工学的側面、環境保全との関連、治水計画での位置付け、維持管理の特性などの幅広い観点から再評価が課題であると認識された。

このような背景から、本調査では伝統的工法導入の評価方法について全国的な事例調査を実施し幅広い観点から検討を行い、今後の多自然型川づくりなどへの伝統工法導入の考え方について検討を行い、伝統工法導入ガイドライン（案）の策定を目的として検討を進めている。

本報では文献収集および国土交通省の河川関連事務所および道府県の河川課にアンケート調査を実施し、事例の収集を行うとともに、伝統工法導入に際して配慮すべき評価項目の設定と評価方法について検討を行ったので、以下に述べる。

### 2. 事例調査結果の概要

事例調査として河川伝統工法の導入に際して公表されている文献および、全国の主要河川へのアンケート調査を実施し（表2・1）、これらの結果を①導入目的別、②種類数、③セグメント別（表2・2）、④地域別に分類し、その特徴を以下に示した。

#### 2.1 目的別導入事例数

目的別の事例件数を表2・3に示す。表中伝統工法の導入目的として、治水目的はすべての工法に該当するものとして取り扱っている。導入目的の多くは多自然型川づくりの一環として実施されていることが確認できた。

その割合は概ね7割程度であり、伝統工法を導入する場合は多自然型川づくりの一つの手法として位置づけられていることがわかる。

また、今回の集計では件数が少なく集計をしていないが、大井川の聖牛に見られるような伝統技術の保存・継承を目的とする場合もあった。

#### 2.2 伝統工法該当数一覧

文献調査により全68工法を伝統工法として設定した。伝統工法に該当する件数を表2・4に示す。これより、近年導入されている事例においては、設定を行った全68工法に対して、約半分の31工法が採用されている。ここで、該当件数が0の工法は、「江戸時代の地方書」等の文献にはあるが、過去の失敗等により施工がなされていない工法（例えば、よう枠、地獄枠等、連石床）、工法としては原形に属し、その発展形が確立されているもの（例えば、牛枠、笈牛等）、強度的に弱く、施工が困難なもの（萱・粗朗羽口、土台など）、あるいは、近年施工が行われないもの（枠による水制）があげられる。

#### 2.3 セグメント別導入事例数

31工法のセグメント別の事例数を表2・5に示す。これより、「法覆工」については、「籠工」と「石積み・石張り」の強度の高い工法が幅広く適用されていることがわかる。「法柵工」の維持管理が重要な生きた柳を利用する「柳枝工」の件数がやや多くなっており、伝統工法の代表的なものとして、使われる傾向にある。「法留工」は杭柵工が幅広く使われる傾向にある。これは、施工が比較的簡単で、補強することが可能な点で採用されているものと推察される。「根固」に関しては捨石が簡単に多く使われている。また、木工沈床工は砂利河川の勾配が急なところに使用されている。

\* (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 所長

\*\* (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 業務課長

\*\*\* (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 主幹

\*\*\*\* (株) 日水コン 河川事業部 技術第二部 部長

## 2.4 地域別導入事例数

地域別に特徴のある工法をあげれば、まず、水制として「牛」を採用しているのは中部地方（大井川など）と中国地方（高津川）であり、古くから水制として「牛」が使われているところである。その他の地域では石出し、杭出しといった水制が使われている。また、沈床工も多

く使用してきた、関東、中部地方で事例が多い。伝統工法の事例は古くからその地域に導入してきた工法を採用する傾向にあるといえる。この理由としては、伝統工法が各地域の河川に適した独自の工法として発展し確立されてきたこと、また、地域の風景として溶け込んでいくことなどがあげられる。

表2・1 アンケート対象河川

地方	対象河川名	県	地方	対象河川名	県
北海道	石狩川 十勝川	北海道 北海道	近畿地方	淀川 "	滋賀県 京都府
東北地方	北上川 " 雄物川	岩手県 宮城県 秋田県		" 紀の川	大阪府 三重県 奈良県 奈良県 和歌山県
関東地方	利根川 " " " " 富士川 "	群馬県 栃木県 埼玉県 茨城県 千葉県 山梨県 静岡県	中国地方	天神川 高津川	鳥取県 島根県
北陸地方	阿賀野川 " 阿賀川	福島県 新潟県 福島県	四国地方	吉野川 " 四万十川	高知県 徳島県 高知県 愛媛県
中部地方	木曽川 " 大井川	愛知県 岐阜県 静岡県	九州地方	筑後川 " 綠川 菊地川	福岡県 大分県 熊本県 熊本県

表2・2 セグメントの分類

項目	セグメントM	セグメント1	セグメント2 2-1 2-2	セグメント3
地形分類				
	山間地	扇状地	谷底平野	自然堤防帯 デルタ
河床材料の代表粒径	さまざま	2cm以上	3cm~1cm 1cm~0.3mm	0.3mm以下
河岸構成物	河岸構成物に岩が出ていることが多い	表層に砂、シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同一物質が占む	下層は河床材料と同一、細砂、シルト、粘土の混合物	シルト・粘土
勾配の目安	さまざま	1/60~1/400	1/400~1/5000	1/5000~水平
蛇行程度	さまざま	曲りが少ない	蛇行が激しいが川幅水深比が大きい所では8字蛇行または島の発生	蛇行が大きいものもあるが、小さいものもある
河岸侵食程度	非常に激しい	非常に激しい	中。河床材料が大きい方が水路はよく動く	弱。ほとんど水路の位置は動かない
低水路の平均深さ	さまざま	0.5~3m	2~8m	3~8m

表2・3 目的別導入事例

件数 文献事例+アンケート事例

No.	機能	構造	工法分類	治水	多自然	治水のみ
1	法覆工	芝付工	芝付工	37	37	0
2		羽口工	石羽口	2	1	1
3			石羽取	1	0	1
4		法柵工	柳枝工	12	10	2
5			栗石粗朶工	3	1	2
6		投掛工		2	2	0
7		籠工	蛇籠	42	13	29
8			柳蛇籠	1	0	1
9		石積工・石張工	石積工	14	11	3
10			石張工	42	41	1
11	法留工	柵工	竹柵工	1	1	0
12			粗朶柵工	12	9	3
13		連柴柵		5	4	1
14		板柵工		2	1	1
15		丸太柵		3	2	1
16		杭柵工		25	23	2
17		枠工	杭打片枠工	2	2	0
18			片枠工	15	13	2
19			石枠	1	1	0
20	根固	捨石・寄石工	捨石	30	27	3
21			寄石工	3	3	0
22		沈床工	粗朶沈床工	11	5	6
23			粗朶单床	2	2	0
24			木工沈床	38	22	16
25			沈枠	2	0	2
26			ケレップ水制	9	0	9
27	水制工	牛類	川倉	1	0	1
28			聖牛	16	8	8
29		出し類	石出し	10	8	2
30			杭出し	9	6	3
31			籠出し	2	0	2
合計				355	253	102

件数 アンケート事例

治水	多自然	治水のみ
0	0	0
1	0	1
0	0	0
2	1	1
2	0	2
2	2	0
0	0	0
0	0	0
3	3	0
4	4	0
1	1	0
4	2	2
2	1	1
1	0	1
2	1	1
7	5	2
0	0	0
2	0	2
0	0	0
4	4	0
0	0	0
5	3	2
0	0	0
10	3	7
0	0	0
3	0	3
1	0	1
3	0	3
6	6	0
1	1	0
0	0	0
66	37	29

※ ここでは導入目的の推定が可能な工法のみを記載しているため、合計件数が全体の件数とは一致しない。

※ 伝統工法は全て治水目的があるものとした。

表2・4 文献およびアンケート調査による伝統工法該当件数一覧

No.	機能	構造	工法分類	文献 事例	アンケート 事例	合計
1	法覆工	芝付工	芝付工	37	0	37
2		羽口工	石羽口	0	0	0
3			粗朶羽口	0	0	0
4			石羽口	1	1	2
5			石羽取	1	0	1
6		法柵工	土築羽口	0	0	0
7			柳枝工	10	2	12
8			栗石粗朶工	1	2	3
9		投掛工		0	2	2
10		籠工	蛇籠	42	0	42
11			柳枝工	0	0	0
12			柳蛇籠	1	0	1
13			粗朶籠	0	0	0
14		石積工・石張工	石積工	11	3	14
15			石張工	38	4	42
16	法留工	土台	一本土台	0	0	0
17			楓子土台	0	0	0
18		柵工	竹柵工	0	1	1
19			粗朶柵工	8	4	12
20			連柴柵	3	2	5
21			板柵工	1	1	2
22			丸太柵	1	1	2
23			導管柵	0	0	0
24		杭柵工		18	7	25
25			杭打片枠工	2	0	2
26			片枠工	13	2	15
27			石枠	1	0	1
28	根固	捨石・寄石工	捨石	26	4	30
29			寄石工	3	0	3
30		沈床工	粗朶沈床工	6	5	11
31			粗朶单床	2	0	2
32			木工沈床	28	10	38
33			沈枠	2	0	2
34			連柵枠	0	0	0
35			ケレップ水制	6	3	9
	合計				73	22
					95	

No.	機能	構造	工法分類	文献 事例	アンケート 事例	合計
36	水制工	牛類	牛枠	0	0	0
37			笈牛	0	0	0
38			出雲結	0	0	0
39			猪子	0	0	0
40			瀬名牛	0	0	0
41			川倉	0	1	1
42			聖牛	13	3	16
43			魏中三叉	0	0	0
44		格類	よう桟	0	0	0
45			櫛桟	0	0	0
46	枠類	立枠	地獄枠	0	0	0
47			掘枠	0	0	0
48			築枠	0	0	0
49			鳥居枠	0	0	0
50			弁慶枠	0	0	0
51			鶴木牛	0	0	0
52			三角枠	0	0	0
53			法枠	0	0	0
54			合掌枠	0	0	0
55			左五右衛門枠	0	0	0
56	出し類	石詰左五右衛門枠	石詰出し	0	0	0
57			小石出し	0	0	0
58			土出し	0	0	0
59			石出し	4	6	10
60			杭出し	8	1	9
61			籠出し	2	0	2
62			屏風出し	0	0	0
63			敷出し	0	0	0
64			漬し出し	0	0	0
65			梁掛杭出し	0	0	0
66	合計		壁泥出し	0	0	0
67			立柱出し	0	0	0
68			総計	27	11	38
				289	66	355

アンケート対象:昭和60年以降の施工。

網掛けはサンプルが0の工法

ただし、ケレップ水制は昭和60年以前の施工、木曾川三川と旭川の事例

表2・5 セグメント別導入事例数の集計結果

件数	文献事例+アンケート事例		件数	アンケート事例											
No.	機能	構造	工法分類	セグメント	セグメント	セグメント	セグメント	セグメント	合計	セグメント	セグメント	セグメント	セグメント	セグメント	合計
			M	1	2-1	2-2	2	3		M	1	2-1	2-2	3	
1	法覆工	芝付工		2	20	11	4	0	37	0	0	0	0	0	0
2		羽口工		0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
3		石羽取		0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	法柵工	柳枝工		0	4	3	0	0	7	0	2	0	0	0	2
5		栗石粗梁工		0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	1
6		投掛け工		0	0	0	2	0	2	0	0	0	2	0	2
7	籠工	蛇籠		1	5	4	1	2	13	0	0	0	0	0	0
8		柳籠		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	石積工・石張工	石積工		0	5	2	1	0	8	0	0	0	0	0	0
10		石張工		3	16	8	3	2	32	0	0	2	2	0	4
11	法留工	竹柵工		0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
12		粗架柵工		1	4	2	1	0	8	0	2	2	0	0	4
13		連柴柵		0	1	0	1	0	2	0	0	0	1	0	1
14		板柵工		0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
15		丸太柵		0	1	1	0	0	2	0	0	1	0	0	1
16		杭柵工		1	6	7	1	1	16	0	0	0	0	1	0
17	桟工	杭打ち桟工		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
18		片桟工		0	3	3	0	3	9	0	1	0	0	0	1
19		石桟		0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
20	根固	捨石・寄石工		0	7	6	1	5	19	0	0	0	1	3	4
21		寄石工		1	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
22		沈床工		0	0	2	4	3	9	0	0	1	2	2	5
23		粗架沈床工		0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
24		粗架巣床工		0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0
25		木工沈床		1	6	7	1	4	19	0	2	2	1	3	8
26		沈桟		0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
27	水制工	ケレップ水制		0	0	1	0	3	4	0	0	0	0	3	3
28		牛類		0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
29		川倉		0	3	3	0	0	6	0	2	1	0	0	3
30		聖牛		0	3	3	0	0	6	0	0	1	0	0	1
31	出し類	石出し		0	2	5	1	0	8	0	0	4	1	0	5
		杭出し		0	3	2	1	0	6	0	0	1	0	0	1
		籠出し		0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
		合計		10	94	74	22	25	225	0	11	15	10	13	49

※ここではセグメントの推定が可能な工法のみを記載しているため、合計件数が全体の件数とは一致しない。

表2・6 参考：河床勾配別導入事例数の集計結果

件数 文 献 事例 + アンケート事例			件数 アンケート事例												
No.	機能	構造	工法分類	1/100 よ急	~1/400	~1/1000	~1/5000	1/5000 より緩	合計	1/100 よ急	~1/400	~1/1000	~1/5000	1/5000 より緩	合計
1	法 横 工	芝付工	芝付工	4	13	9	9	0	35	0	0	0	0	0	0
2		羽口工	石羽口工	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3			石羽取	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4			法 横 工	1	1	2	1	0	5	0	0	0	0	0	0
5			兼石粗杂工	0	0	1	1	0	2	0	0	1	0	0	1
6			投掛工	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2	0	2
7			籠工	蛇籠	0	2	0	4	0	6	0	0	0	0	0
8				標蛇籠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9			石横工・石張工	石横工	4	0	1	1	0	6	0	0	0	0	0
10				石張工	2	12	6	3	0	23	0	0	2	2	0
11	法 留 工		柵工	竹柵工	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
12				粗交柵工	1	2	3	1	0	7	0	0	3	0	3
13				連柵工	1	0	0	1	0	2	0	0	0	1	1
14				板柵工	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
15				丸太柵工	0	1	1	0	0	2	0	1	0	0	1
16				杭柵工	2	3	7	1	1	14	0	0	0	0	1
17			枠工	杭打片枠工	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18				片枠工	1	2	1	0	0	4	1	0	0	0	1
19				石枠	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
20	根 固		捨石・寄石工	捨石	1	3	7	3	2	16	0	0	0	3	1
21				寄石工	1	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0
22			沈床工	粗交沈床工	0	0	1	7	1	9	0	0	0	5	0
23				粗交單床工	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0
24				木工沈床	2	2	4	6	0	14	0	1	2	5	0
25				沈枠	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
26	水 制 工		ケレッップ水制	0	0	0	4	0	4	0	0	0	3	0	3
27			牛類	川倉	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
28				聖牛	0	2	2	0	0	4	0	2	1	0	3
29			出し類	石出し	2	1	3	1	0	7	0	1	3	1	0
30				杭出し	1	1	2	2	0	6	0	0	1	0	1
31				籠出し	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
合計				26	49	53	48	4	180	1	6	14	22	0	45

### 3. 評価項目の設定（案）

伝統工法導入に際して評価が必要と考えられる項目を表3・1に、また、各工法別に重要視すべき評価項目を表3・2に整理する。ここで、評価項目は大きく「多自然型川づくり」、「風土性」、「施工性」、「維持管理性」お

より「安全性」の5項目に分類して設定している。このなかで、通常の（近代的な）水制・護岸では、安全性を確保した上で費用最小化が評価の基準となるのに対して、伝統工法では「多自然型川づくり」、「風土性」をより重要視し、水制・護岸に住民のニーズに基づいた付加価値を持たせる点が特徴的である。

表3・1 評価項目および評価方法（案）

評価項目	導入の要件	評価方法(案)
多自然型川づくり	景観	地域の風景にマッチした景観であり、地域の風景を保全するものであること。
	生態系保全・創出	導入河川に適した植生となる。あるいは、保全すべき生態系にとって良好な生息環境を提供する。
	親水性	水辺へ安全に・容易に近づけるよう考慮する。
風土性	歴史・祭事性	河川に関する歴史・祭事等があれば、できるだけそれを保存する工法とする。
	地域文化伝統技術の保存・継承	保存継承すべき伝統工法があれば、そうした工法の導入を考慮する。
施工性	施工方法	施工できること。
	素材調達	素材調達が可能のこと。
	施工時の環境への配慮事項	施工時の環境への影響が小さいこと。
	コスト	工事費用が安価なこと。
維持管理性	補修の必要性	補修が容易なこと。
	コスト	維持管理費用が安価なこと。
安全性確保	力学的検討および事例検討	壊れないこと。自然の営力と調和していること。
	危機管理面の検討	壊れても、被害が拡大しないこと。
	洪水への影響評価	洪水時の水位上昇を抑えること。

表3・2(1) 工法別評価項目の一覧（法覆工・法留・根固）

機能	構造	工法分類	文献、アンケート事例による適用範囲セグメント					主な適用条件			主な評価項目										
			M	1	2-1	2-2	3	概要	法勾配	設計流速	景観	生態系保全・創出	親水性	歴史・祭事性	地域文化伝統技術の保存・継承	施工性	施工方法	施工時環境配慮事項	維持管理性	安全性確保	
法覆工	芝付工	芝付工	■	■	■	■	□	芝を張る。 平水位以下の侵食防止に寄せ石・杭打ちなどが必要。	1:2より緩やか	2m/S以下	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		羽口工	萱羽口			□	□	萱・粗朶を交互に積上げるため、高さは1m程度。	法面の安定のために3分(1:0.3)で積む	緩流河川の水当り部に適用	●	○	○	●	●	●	○	○	●	●	○
		粗朶羽口			□	□	□	粗朶を交互に積む。			●	○	○	●	●	●	○	○	●	●	○
		石羽口	■	■	■	■	■	石と芝を交互に積む。			●	○	○	●	●	●	○	○	●	●	○
		石羽取	■	□	□	□	□	玉石を積む。	1:1より急	主として応急工事に用いる。	●	○	○	●	●	●	○	○	●	●	○
		土俵羽口	応急工事に使用					土俵を積上げる。			●	○	○	●	●	●	○	○	●	●	○
	法柵工	柳枝工	■	■	■	□	□	生きた柳等を使って柵を組み土砂や砂利を積める。	1:2より緩い	芝付工と同様と推定される。	○	○	○	●	●	●	○	●	●	●	●
		栗石粗朶工	□	□	□	□	□	栗石の粗朶の関係上低水位以上0.3m~2m程度の高さの止める。			○	○	○	●	●	●	○	●	●	●	●
	籠工	投掛け工	■	■	■	■	■	籠を敷いて法面を保護する。	1:1.5より緩い。ただし急な場合は積むことがある。	5m/S以下 緩マット相当と考える。	○	○	○	●	●	●	○	○	○	○	○
		蛇籠	■	■	■	■	■	籠を敷いて法面を保護する。			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	石積工・石張工	石積工	□	■	■	■	□	自然石を積む	勾配が1:1~1:1.5 勾配が1:1より緩い	5m/S以下	○	○	○	○	●	●	○	○	○	○	○
		石張工	■	■	■	■	■	自然石を張る			○	○	○	○	●	●	○	○	○	○	○
法留工	土台	一本土台	□	□	□	□	□	法面の法先に土台を設けて法面を支持する。石積の基礎として用いられる。	地盤が強固	急流河川	○	●	●	●	○	○	●	●	●	●	○
		梯子土台	□	□	□	□	□	地盤が強固			○	●	●	●	●	●	○	●	●	●	○
	柵工	竹柵工	■	■	■	□	□	杭を打ち込み、柵を張き、その裏に柳交じり粗朶を立粗朶として土炒を満たしたもの。板丸太、帯柵等を使用する応用によって種類が異なる。	杭を打つことができる砂・砂利河川	緩流部の水深1m前後の箇所に用いる。	●	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●
		粗朶柵工	■	■	■	■	■	杭を打ち込み、柵を張き、その裏に柳交じり粗朶を立粗朶として土炒を満たしたもの。板丸太、帯柵等を使用する応用によって種類が異なる。			●	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●
		連柴柵	■	■	■	■	■	杭を打ち込み、柵を張き、その裏に柳交じり粗朶を立粗朶として土炒を満たしたもの。板丸太、帯柵等を使用する応用によって種類が異なる。			●	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●
		板柵工	■	□	□	□	□	板柵工			●	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●
		丸太柵	■	■	■	■	■	丸太柵			●	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●
	枠工	帶柵柵	■	■	■	■	■	枠工			●	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●
		杭柵工	■	■	■	■	■	杭柵工			●	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●
	鉤工	杭打片鉤工	■	■	■	□	□	杭工の杭が前方に傾倒するのを防ぐために後方に控え杭を打ち込み、杭を木や鉄線などで連結して鉤を組み補強する。片鉤工、石鉤は杭が打てない場合。	杭を打つことができる砂・砂利河川	相当な流速まで適用可	●	●	○	○	●	●	●	○	●	●	●
		片鉤工	■	■	■	□	□	杭が打てない場合。			●	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●
		石鉤	■	□	□	□	□	杭が打てない場合。			●	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●
根固	捨石・寄石工	捨石	□	■	■	■	■	護岸前面に大きな岩石や玉石を投入(捨石)	広範囲に適用可	広範囲に適用可	●	●	○	●	●	●	○	●	●	●	○
		寄石工	■	■	□	□	□	大玉石のみ両岸に引き寄せる(寄石)。川幅が広く頻繁に流路が変わるので有効。			●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	○
	沈床工	粗朶沈床工	■	■	■	■	■	粗朶等に石材を詰めて中に沈め、局所洗掘などを防ぐ。	砂・砂利河川	緩流河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		粗朶単床	■	■	■	■	■	粗朶等に石材を詰めて中に沈め、局所洗掘などを防ぐ。			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		木工沈床	■	■	■	■	■	木工の基礎としても使われる。			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		沈鉤	■	□	□	□	□	転石2個を1組として丸鉤を通したものを縦横に並べ、転石の間に大玉石を埋充する。激流河川では不良のため、施工例は少ない。			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		連石床	□	□	□	□	□	粗朶沈床に上覆工を施したもの。			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	ケレップ水工		■	■	□	■	■	砂・砂利河川	緩流河川	緩流河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
			■	□	■	■	■	粗朶沈床に上覆工を施したもの。			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

伝統工法評価項目の内容

評価項目	内 容
景観	地域の風景にマッチした景観であり、地域の風景を保全するものであること。
生態系保全・創出	導入河川に適した植生となる。あるいは、保全すべき生態系にとって良好な生息環境を提供する。
親水性	水辺へ安全に・容易に近づける。
歴史・祭事性	河川に関する歴史・祭事等の保存への貢献。
地域文化伝統技術の保存・継承	地域文化としての伝統工法の保存継承。
施工性	施工できること。 素材調達が可能であること。 施工時の環境への影響が小さいこと。 工事費用が安価であること。
維持管理性	維持が容易なこと。 維持管理費用が安価なこと。
安全性確保	力学的検討・事例検討 危機管理面の検討 壊れても、被害が拡大しない。 洪水への影響評価

表3・2 (2) 工法別評価項目の一覧 (水制)

機能	構造	工法分類	文献、アンケート事例による適用範囲セグメント					主な適用条件			主な評価項目			評価の重要性有り											
								多自然型川づくり			風土性		施工性			維持管理性		安全性確保							
			M	I	2-1	2-2	3	概要	河床材料	急流・緩流	景観	生態系保全・創出	親水性	歴史・祭事性	地域文化伝統技術の保存・継承	施工方法	素材調達	施工時環境配慮事項	コスト	補修の必要性	コスト	力学的検討・事例検討	危機管理面の検討	洪水への影響評価	
水制工	牛類	牛枠、笠牛、猪子、瀬名	□	□	□			杭打ちが困難な河川で木で枠を組み、水制として利用。 最終的な発展形として、川敷、聖牛がある。この中で聖牛が最も強い構造を有する。越中三又は猪子の富山県での発展形	砂・礫河川	急流河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		出雲結	□	□	□			砂河川	急流河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		川倉	■	■	□			砂・礫河川	急流河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		聖牛	■	■	□			砂・礫河川	急流河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		越中三又	□	□	□			砂・礫河川	急流河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	枠類	よう枠、立枠、地獄枠	□	□	□	□		枠類も牛類と同様に砂礫で構成される河床の杭打ちが困難なことに対応するために、木材で枠を組み、その中に玉石を詰めた不透水性の水制である。 近年ではあまり導入事例がない。	砂・礫河川	急流河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		縦枠、横枠、法枠	□	□	□	□		砂・礫河川	急流河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		網枠	□	□	□			砂・礫河川	急流河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		鳥居枠、弁慶枠、桐木牛、三角枠、合掌枠	□	□	□			砂・礫河川	急流河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		左右両門枠、石詰左右両門枠	□	□	□			砂・礫河川	急流河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	出し類	小石出し	□	□	□	□		杭木を打ち、その周辺に橋を立て、内部に砂利を埋め充てるもの。主に九州の河川において施工された。	砂利河川	急流河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		土出し	□	□	□	□		砂河川	緩流河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		石出し	■	■	■	□		砂利河川	急流河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		杭出し	■	■	■	□		砂・礫河川	砂利河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		籠出し	■	■	■	□		砂・礫河川	砂利河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		屏風出し	□	□	□	□		砂・礫河川	砂利河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		薮出し	□	□	□	□		砂・礫河川	砂利河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		流し出し	□	□	□	□		砂・礫河川	砂利河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		梁掛け出し	□	□	□	□		砂・礫河川	砂利河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		隙泥出し	□	□	□	□		砂・礫河川	砂利河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		立竹出し	□	□	□	□		砂・礫河川	砂利河川	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

伝統工法評価項目の内容

評価項目		内 容
多自然型川づくり		地域の風景にマッチした景観であり、地域の風景を保全するものであること。
生態系保全・創出		導入河川に適した植生となる。あるいは、保全すべき生態系にとって良好な生息環境を提供する。
親水性		水辺へ安全に・容易に近づける。
風土性		河川に関する歴史・祭事等の保存への貢献。
地域文化伝統技術の保存・継承		地域文化としての伝統工法の保存・継承。

評価項目		内 容
施工性		施工できること。 施工調整が可能のこと。 施工時の環境への影響が小さいこと。 工事費用が安価であること。
維持管理性		補修が容易であること。 維持管理費用が安価であること。
安全性確保		壊れないこと。自然壊力と調和していること。 壊れても、被害が拡大しない。 洪水時の水位上昇を抑える。

## 4. 伝統工法導入および評価の基本的考え方

### 4.1 基本的考え方

伝統工法導入の基本的考え方とフローを図4・1に示す。

### 4.2 評価体系の設定

2ステップに分けた考え方に基づき、河川伝統工法導入に関する評価の体系を図4・1に示す。

#### 【伝統工法導入目標設定】

##### ①河川伝統工法の概要把握

河川伝統工法の種類や適用性および歴史的背景を整理する。

##### ②河川伝統工法導入に際しての調査

河川伝統工法導入に必要な調査を実施する。調査内容は河川特性、歴史文化、河川環境および関連計画などである。

##### ③伝統工法導入目標の設定

河川伝統工法導入目標として必要な強度を設定とともに、伝統工法導入の動機付けとなる住民ニーズを整

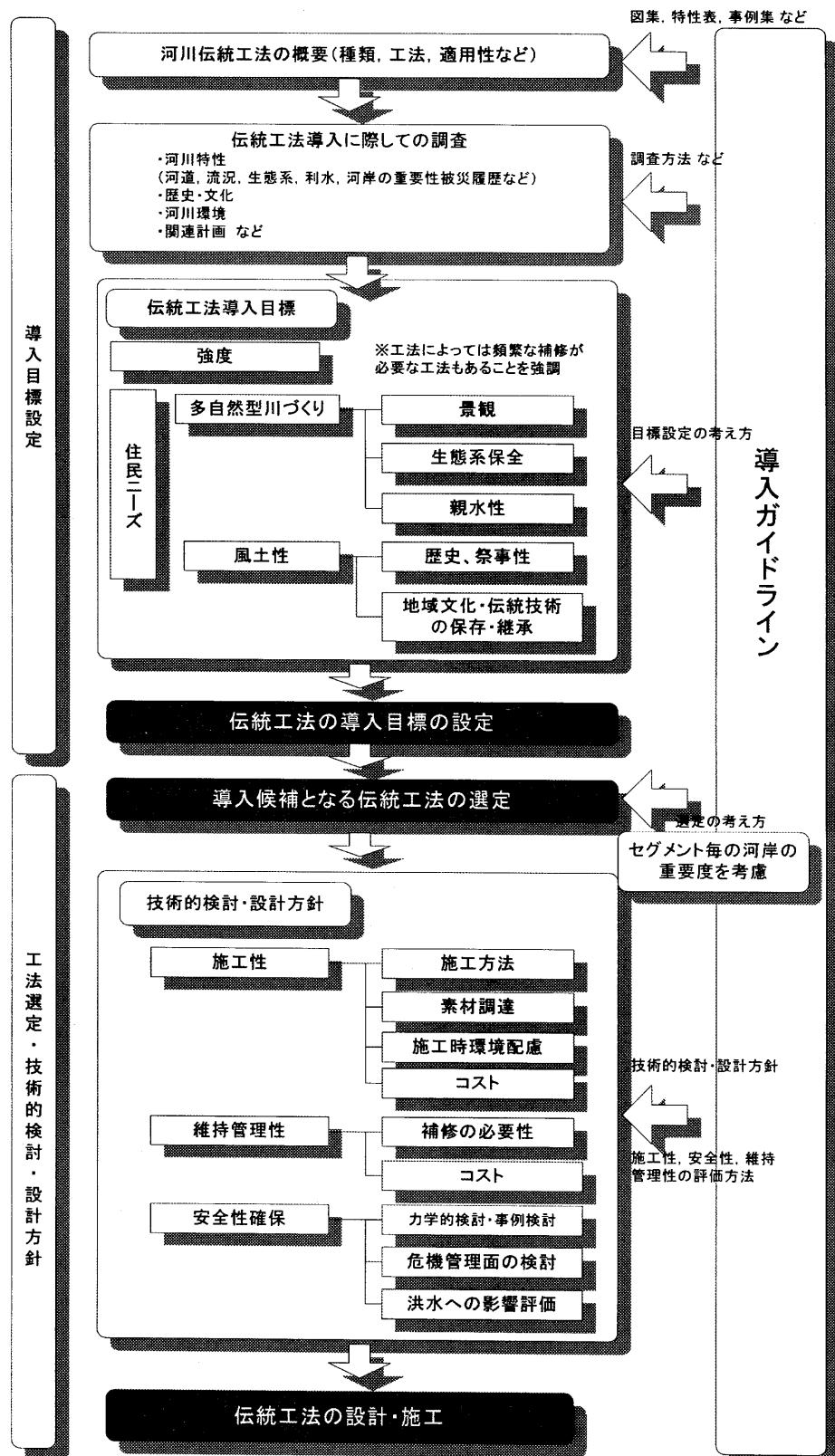


図4・1 伝統工法導入の評価の体系

理する。ここで住民ニーズとしては多自然型川づくり（景観、生態系保全、親水性）および風土性（歴史・祭事性、地域文化・伝統技術の保存継承）のいずれか、あるいはその両方とする。

#### 【伝統工法の選定・技術的検討・設計方針】

##### ①伝統工法の選定

設定した目標を満足する伝統工法の選定を行う。工法選定にあたってはセグメント毎の河岸の重要度を選定の基準とする。

##### ②技術的検討・設計方針

ついで、伝統工法の施工性、維持管理性および安全性確保の観点から技術的検討を行い、伝統工法に改良を加える設計方針を検討する。

なお、技術的検討の項目は以下のとおりである。

- 施工性として、施工方法（可能性）、素材調達、施工時の環境配慮、コストの検討を行う。
- 維持管理性として、補修頻度・必要性、コストの検討を行う。また、数年単位で維持・補修が必要な工法であれば、その維持管理システムの構築についても評価・検討を行う。
- 安全性確保として、護岸の力学的な安全性のチェック、洪水時水位への影響検討、水制であれば、洪水流への影響検討を行う。なお、安全性に関しては定量的な評価が困難な工法もあることから、そうした工法に関しては導入事例をもとに安全性を評価する。さらに、計画規模以上の外力による被害発生時の被害拡大防止性についても、定量的あるいは定性的な検討を行う。

## 5. まとめ

本稿では、河川伝統工法に関する導入の評価方法について全国的な事例調査を実施し、幅広い観点からの検討をおこない評価体系の検討を行った。

今後、アンケート対象河川に対して、既往最大外力や、景観、植生などのより詳しい状況をアンケートによる追加調査および、主要河川への現地調査を行い、導入事例に関する情報の充実を図るとともに、学識経験者から構成される委員会をとおして導入ガイドライン案の作成を行う。あわせて、ケーススタディを実施し実用性の高いガイドラインの作成を目指すこととする。

本稿の検討にあたり、ご指導、ご助言をいただいた開発局河川工事課、帯広開発建設部治水課の各担当者に感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 山本晃一（1996）：日本の水制、山海堂
- 2) 真田秀吉（1953）：日本水制工論、日刊工業新聞社
- 3) 南部長垣（佐賀藩）（1834）：疎導要書
- 4) 建設省土木研究所、島谷幸広（1992）：伝統的治水工法概説、自然環境セミナー資料
- 5) 静岡県島田土木事務所企画検査課（2000）：多自然型川づくり－その後「大井川の大聖牛」について、建設物価臨時増刊2000. 7
- 6) (財) 河川環境管理財団（1998）：伝統工法事例集

## IV 河川管理施設の維持管理に関する調査研究



## 9. ジオテキスタイルを用いた堤防侵食 防止工法による工事報告

佐々木 勝治\*・川人 茂二\*\*・長谷川 茂\*\*\*

### 1. はじめに

堤防保護工に使用される材料は、ソフトなものとして植生によるもの、ハードなものとしてコンクリートブロックによるものが一般的である。これらはその強度に大きな差があり、コンクリートブロックによるものは、景観的には議論のあるところであり、また、それほど強度を必要としない場合もある。その間を埋めるものとして最近注目されているものが、ジオテキスタイルなどである。道路土工ではジオテキスタイルを補強土工等に用いている。河川の堤防においては、まだその例はほとんどなく、北海道開発局では、開発土木研究所の石狩実験場において基礎的実験<sup>1), 2), 3), 4)</sup>が行われ一定の成果を得ている。しかしその効果は実験レベルであり、実際の堤防においてその効果を確かめるべく試験工事をおこなった。

本報告は、試験工事における工事内容、ジオテキスタイルの施工性の報告である。課題となっていたジオテキスタイルシートを用いた侵食防止工法の施工性については、設計どおりの施工ができることを確認した。

なお、ジオテキスタイルの河川堤防への効果については参考文献<sup>1), 2), 3), 4)</sup>を参照してください。

### 2. 試験区

#### 2.1 試験区の位置

試験区の施工箇所は、石狩川水系の支川である幾春別川で石狩川合流点より27.2～27.5kmの距離の位置にある(図2・1)。

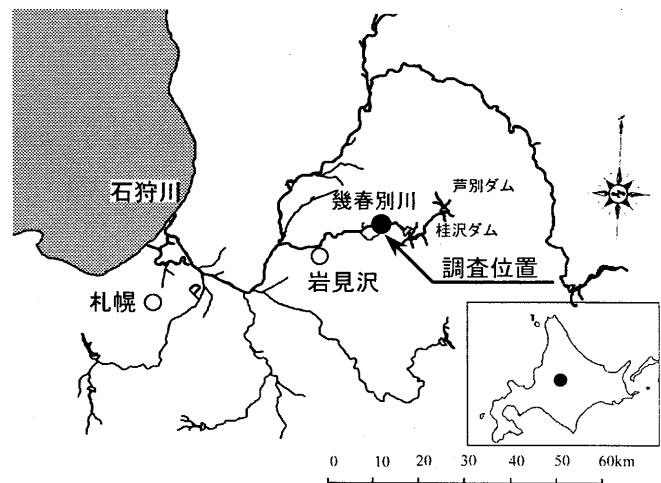


図2・1 試験施工箇所図

試験施工箇所の選定は、現地の条件が、①河道線形は直線または湾曲の内側であること、②平均流速が3m/s程度になることを満たし、水理模型実験の結果より課題となっている表2・1に示す安全性、植生、施工性等の検討事項が解明でき、河道改修工事の必要性等を考慮して、図2・2に示す施工縦断で実施することとした。

堤防法面の冠水頻度(水深)は、河床勾配が一様でないために縦断方向に冠水深が異なり、試験区SP200m地点で5年(200m<sup>3</sup>/s)に1回は堤防法面に約0.6m冠水する計算で、そのときの低水路の流速は3.1m/sと推定している(表2・1、図2・2)。

試験工事区間の河道の全体線形は、図2・3に示すように若干凹岸に湾曲し水裏となっていることから、各試験区を出来るだけ湾曲部をさけて直線部に設けた。

\* (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 次長

\*\* (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 業務課長

\*\*\* (株) 福田水文センター 技術研究室長

表2・1 試験区の河道条件

項目	現河道条件
石狩川合流点よりの距離	27.2~27.5 km
河道の線形	内角 133° 湾曲
計画高水流量 (石狩川合流点)	1,400m <sup>3</sup> /s
計画河床勾配	1/325
河床から高水敷までの高さ	約 2.1m
堤防法面冠水頻度 (sp200m 地点)	100m <sup>3</sup> /s 1/1.1 水深 0m 200m <sup>3</sup> /s 1/5 水深 0.6m

表2・2 現地性能試験検討項目 (平成12年度現在)

検討項目	水理実験 の項目	現地試験 の項目	総合評価
安全性	◎	○	○
植生	◎	□	○
施工性・経済性	□	◎	○
維持管理		○	○
河川環境		○	○
景観		○	○
施工指針			○

備考 1) ◎印は結果が良好 2) □印は現地調査での確認継続が必要 3) ○印は今後の検討課題

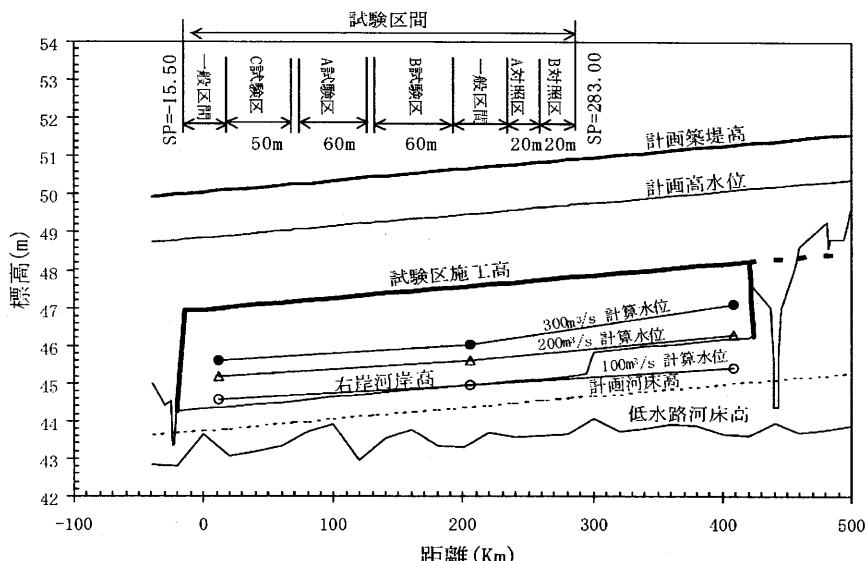


図2・2 施工縦断面図

## 2.2 現地性能試験検討項目

ジオテキスタイルシートを用いた侵食防止工法は、堤防法面をシートで被覆することによって種々の効果が期待<sup>4)</sup>されているが一方で課題もある。このため現地性能試験検討項目は、表2・2に示すように安全性、植生、施工性・経済性、維持管理等が調査検討する項目となる。

平成12年度の調査検討項目は、施工性・経済性について、現地施工により確認する。平成13年度以降は安全性の確認が出水時に重要となるので、水位、流速、水面勾配等の観測体制を準備しているところである。また、河川環境、景観等についても同様である。

## 2.3 試験区の配置および計画断面

試験区の配置は、図2・3に示すように下流から上流に向かってC試験区、A試験区、B試験区、対照区の順とした。特に、A、B、C試験区の性能を確認するために対照区を設けて比較検討ができるようにした。

試験区と試験区の間は、試験区が連続しないように、縁切りにするための一般区間を設けた。

一般区間とは堤防築造後張芝を敷設しただけの工法である。

各試験区の施工断面は、図2・4に示すように法面2割勾配、堤防盛土高さ2.6mで、法面長さ5.88m部分に侵食防止シートを敷設した。

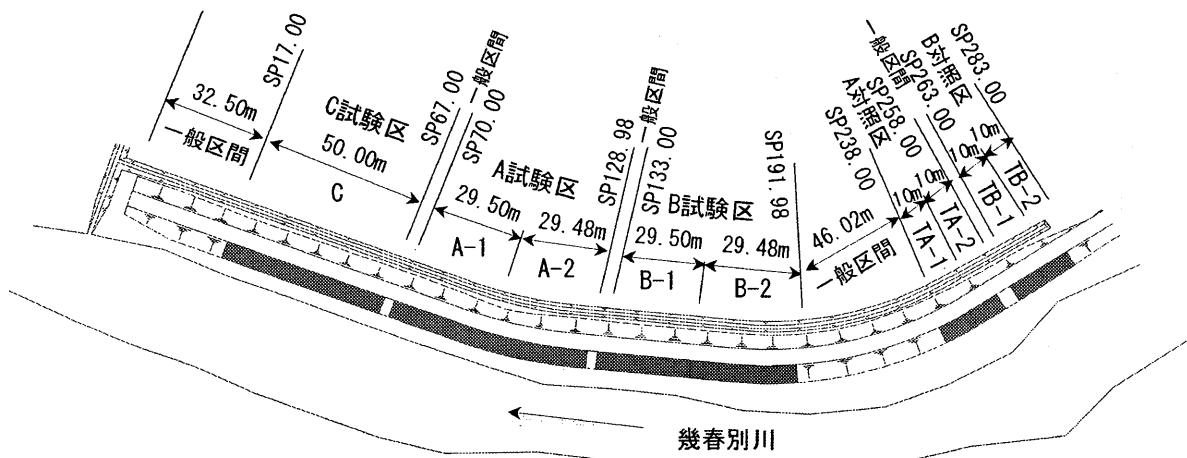


図2・3 試験施工平面図

## 2.4 A, B試験区の設計条件

### 2.4.1 ジオテキスタイルシートを用いた設計

A試験区の設計条件としては、表2・3に示すように、以下の条件とした。

- ①A-1試験区：「客土吹付け（種子を混入）3cm + ジオテキスタイルシート + 裏込砂利あり」
- ②A-2試験区：「張芝 + 覆土10cm + ジオテキスタイルシート + 裏込砂利あり」とした。

A試験区の内A-1試験区とA-2試験区とはシート上の覆土が客土吹付け厚さ3cmと覆土厚さ10cmの条件の違いだけである。

また、B試験区には、B-1, B-2の試験区を設けた。A試験区と基本的に同様としたが、A試験区との違いは裏込砂利の有無である。代表施工図として図2・5にA-1試験区施工断面図を示す。

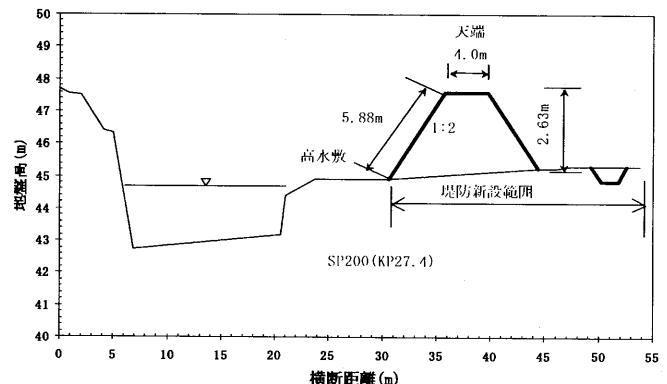


図2・4 試験設計断面図

表2・3 試験施工工法別一覧表

試験区		シート種別	芝の種別	覆土厚 (cm)	裏込砂利の有無 (cm)	試験区延長 (m)	施工面積(m <sup>2</sup> )
A 試験区	A-1	ジオテキスタイル	客土吹付	3	10	29.50	173.46
	A-2	"	張芝	10	10	29.48	173.34
B 試験区	B-1	"	客土吹付	3	無し	29.50	173.46
	B-2	"	張芝	10	"	29.48	173.34
C 試験区	C	コアシート	張芝	3	"	50.00	294.00
TA 対照区	TA-1	無し	客土吹付	3	10	10.00	58.80
	TA-2	"	張芝	10	10	10.00	58.80
TA 対照区	TB-1	"	客土吹付	3	無し	10.00	58.80
	TB-2	"	張芝	10	"	10.00	58.80

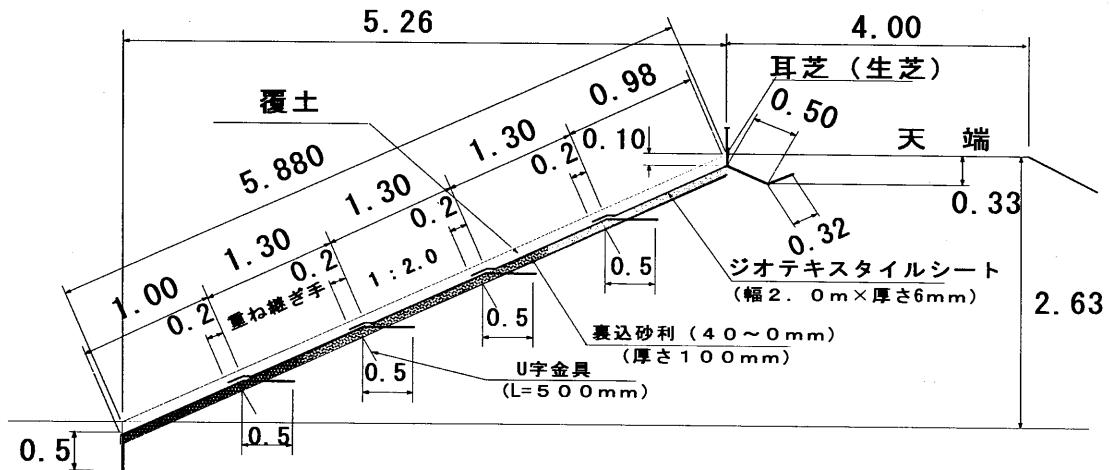


図2・5 A-1試験区施工断面

#### 2.4.2 A, B試験区の配慮事項

設計条件に配慮した事項は表2・4に示すが、その主な内容は次のとおりである。

- ①覆土厚さ10cmの施工では、機械施工が難しく人力施工となれば施工費が増大する。客土吹付け（機械吹付け）であれば軽減を図れるのではないかと想定した。また、覆土厚さが薄くなれば植生の通根性も容易となることも確認する。
- ②出水時の縦断方向のまくれ揚がりに対する安全性を確認するために、縦断方向30mに継手を設けシートの埋込長さを確認する。
- ③水理模型実験<sup>3)</sup>では、裏込砂利層を敷設した実験ケースで、シート裏の法面の侵食が小さい傾向となるために現地においても確認する。
- ④シートの端部および重ね合わせの処理を確認する。

以上のもとに設計されたものである。

表2・4 設計施工に配慮した事項

課題事項	課題の内容	設計施工に反映した内容
覆土厚さ 10cmの施工	覆土厚さ10cmは機械施工が可能か。	「覆土厚さ10cm」と「客土吹付け3cm(*)」とした2工法で施工する。
シート縦断方 向長さ	シート縦断方向長さをまくれ揚がりに対してどの程度にすべきか。	シート縦断方向30mで施工する。
シート横断的 重ね合せ	シートの横断方向の重ね合せどの程度にすべきか。	重ね合せ部分20cmで施工する。
シート端部処 理	シートの法尻、法頭及び水平埋込部の長さをどの程度にすべきか。	シートの埋込部の長さ50cmで施工する。
裏込砂利の 効果	水理実験では法面変形を最小にする効果があり、現地で施工性、植生状況を確認する。	裏込砂利厚さ10cmとする。
シートの押さ え金具	シートのまくれ揚がりの防止	1.シートの押さえはU字金具で押さえ。2.水平埋込部U字金具で押さえる(*)。3.ステップラーの押さえは下層砂利の場合に使用困難(*)

備考 1) \*印は、当初変更で対応した。

#### 2.4.3 シート端部およびU字金具の処理

水理模型実験では、シート端部およびシートの押さえ方法が課題となっていたが、つぎのように処理した。

シート端部の処理方法は、シートの重ね合せ、法尻埋込部、水平埋込部、天端埋込部が弱点となることが想定されることから、図2・6に示すように50cm埋め込みと、横断方向継ぎ手を20cm重ね合わせとする。

「U字金具」の打込み位置は、図2・7、図2・8に示すように設計した。現設計では図2・7に示すように、水平および天端埋込部分には付けない構造としていたが、シート長さ30m、幅2mの1枚ものとして取り扱うことから、U字金具を水平埋込部にも設けることによって、シートの重ね継ぎ、たるみ、湾曲部の調整作業が容易であった。今後法尻埋込部は、垂直に掘削してシート

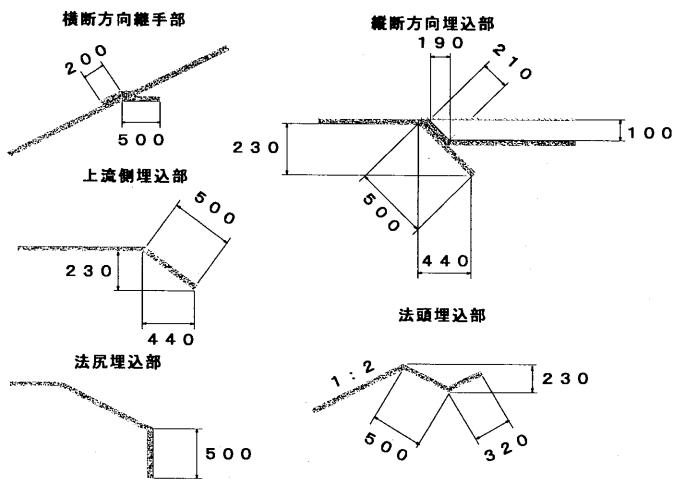


図2・6 シート端部の処理

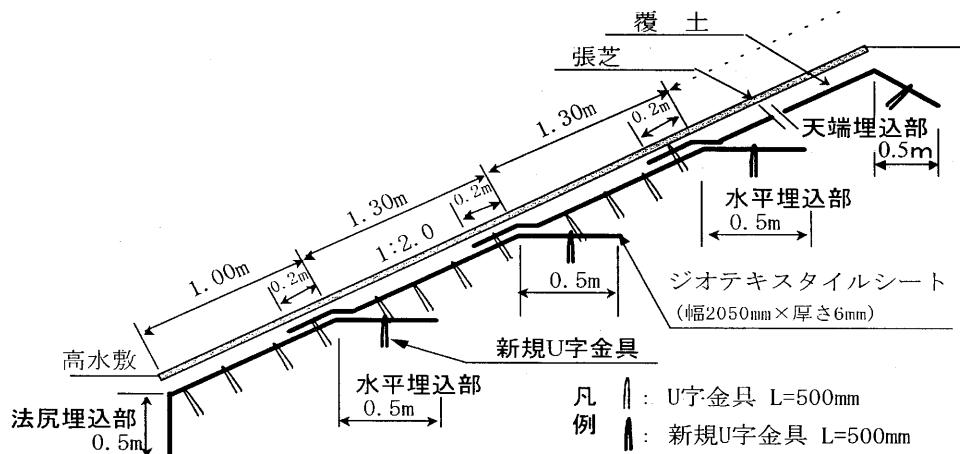


図2・7 水平・天端埋込部のU字金具の配置

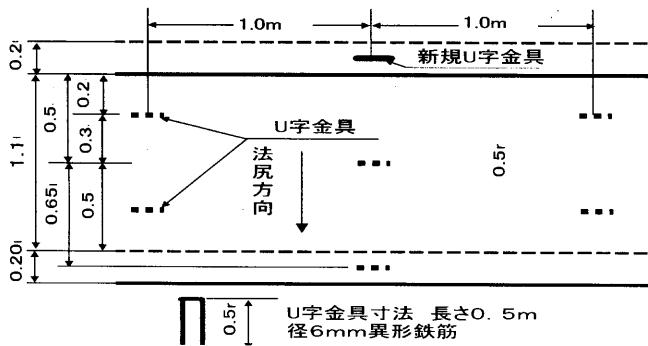


図2・8 U字金具の位置

を敷設していることから若干勾配を付けた方が容易であり、また、そこにU字金具も増設した方がよいと考えている。

この方法によれば流水に対するシートのまくれ揚がりに対する安全性の効果がより期待される。

## 2.5 シートの材質

### (1) ジオテキスタイルシートの材質

ジオテキスタイルシートは、表2・5に示す規格によるポリオレフィン系繊維で、A,B試験区ともに幅2,050mm×延長30.0mの1枚もの10枚(600m<sup>2</sup>)、合計20枚(1,200m<sup>2</sup>)を使用した。

### (2) ジオテキスタイルシートの劣化

ジオテキスタイルシートの劣化について実験した結果を表2・6に示す。石狩水理実験場において覆土厚さ10cmの土中に埋設してあったものを採集して物性試験をしたものである。

土中に埋設して3ヶ年経過した引張強度は、当初の未

表2・5 シートの物性試験

種 别	ジオテキスタイルシート	
項 目	規 格	物性試験
質量(g/m <sup>3</sup> )	250±25	255.7
厚さ(mm)	6±1	6.2
引 張 強 度 (N/5cm)	たて	≥343
	よこ	≥280
伸び率(%)	たて	≥17
	よこ	≥20
備考	1. ジオテキスタイルシート 1) 材質: ポリオレフィン系繊維 2) 2050mm幅×30m長 一巻を21巻出荷 3) 物性試験は、1巻の内初めと終 わりの端部を抜き取り3巻(2×3巻=6試料)の平均 値	

表2・6 土中埋設シート物性試験

敷設場所		石狩水理実験場	
処理方法	未使用品 シート	B実験水路に覆土 厚10cmに敷設後放 置したシート	
敷設月日	-	1997/11/15	
採取月日	-	2000/11/7	
敷設後経過日数	-	1088日(3ヶ年)	
質量(g/m <sup>2</sup> )	253	501.9	
厚さ(mm)	6.0	6.5	
引張り強さ (N/5cm幅)	たて	397	398.0
	よこ	286	332.7
伸び率 (%)	たて	19.4	17.5
	よこ	20.0	64.5
透水係数(cm/s)	0.87	0.746	

使用品より若干高い数値になっているが3試料の平均値を示しており、ほとんど変化がないことが確認された。質量は土砂が繊維の中に含まれているために重くなっている。試験方法はJIS1085による。

### 3. 試験区の施工

試験区の施工期間は、平成12年6月22日～平成12年9月21日である。

#### 3.1 A, B試験区の施工

ジオテキスタイルシートを用いた工法に使用した材料および数量を表3・1に示す。表から、法長さ5.88m×延長29.5m=173.46m<sup>2</sup>に使用したジオテキスタイルシート

面積は300m<sup>2</sup>となるから、42%が重ね合わせや埋込部に使用されている。

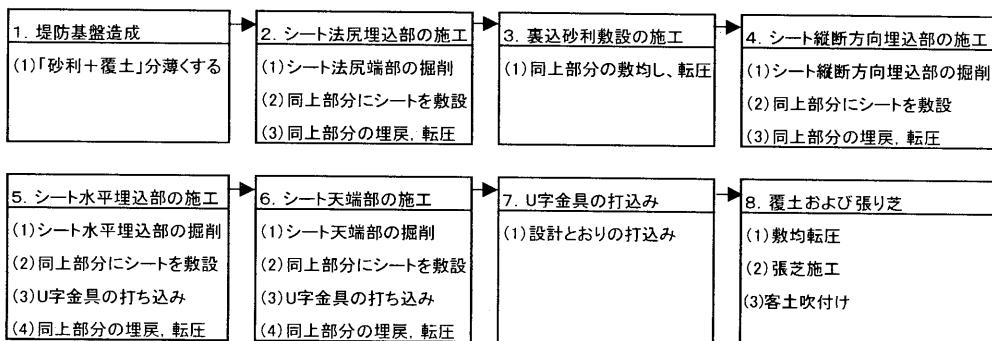
当初、上流側埋込部、法尻および天端、水平埋込部分の施工が難しいのではないかと危惧されていたが、順次法尻から天端方向に向かって敷設することによって、上述した図2・5の施工断面に示されたとおりの施工をすることができた。また、同様に覆土10cmの施工についても人力施工から機械施工が可能であった。以下に施工手順を示す(表3・2)。

- ①基盤工の施工は、設計法面から覆土厚さ10cm(客土吹付けの場合は3cm)、裏込砂利10cm、による厚さを差し引いた分だけ薄くして、堤体工の法面仕上げを油圧ショベル(機械)で行った。
- ②法尻の埋込部分は、手元の普通作業員の指示によって油圧ショベルで設計深さ50cmまで垂直に、また、縦

表3・1 侵食防止工法材料設計数量

使用材料	形状寸法	単位	試験区における設計数量				
			A-1	A-2	B-1	B-2	C
ジオテキシート	W2050mm×L30m×6mm	m <sup>2</sup>	300	300	300	300	—
コアーシート	W1000mm×L10m×30mm	m <sup>2</sup>	—	—	—	—	400
U字金具	直径6mm×L500mm	本	285	285	285	285	—
裏込砂利	厚さ10cm 0~40mm	m <sup>3</sup>	17.3	17.3	—	—	—
覆土	厚さ10cm(ジオテキ)	m <sup>3</sup>	—	17.3	—	17.3	—
覆土	厚さ3cm(コアシート)	m <sup>3</sup>	—	—	—	—	8.8
客土吹付け	厚さ3cm(ジオテキ)	m <sup>2</sup>	173	—	173	—	—
土砂充填	厚さ3cm(コアシート)	m <sup>3</sup>	—	—	—	—	9.4
張芝		m <sup>2</sup>	173	173	173	173	294
A-1、B-1試験区は、設計法面積5.88m(法長さ)×29.50m(延長)=173.46m <sup>2</sup>							
A-2、B-2試験区は、設計法面積5.88m(法長さ)×29.48m(延長)=173.34m <sup>2</sup>							
C試験区は、設計法面積5.88m(法長さ)×50m(延長)=294m <sup>2</sup>							

表3・2 シートの施工手順



断方向30mまで荒掘削する。人力によって仕上げた後、シート幅の端部50cmを敷設する。その後から順次油圧ショベルで埋戻す。局部的な箇所や仕上がりが上手く出来ない箇所は人力施工とした。

- ③シートの端部を敷設後に裏込砂利10cmを投入し敷均し、油圧ショベルで転圧した。
- ④水平埋込部分は、シート差込長さ50cmまで手元の普通作業員の指示よって油圧ショベルで水平に荒掘削し、また、シート埋込長さ50cmのところで法面とほぼ垂直に（断面をみると三角形状になる）荒掘削する。人力によって仕上げた後、シート埋込長さ50cm敷設し

てU字金具を打込みシートを押さえる。その後、重ね継手20cmになっているか確認しながら微調整を行い、三角形状の掘削土を埋戻す。局部的な箇所や仕上がりが上手く出来ない箇所は人力施工とした。

- ⑤埋め戻し後は油圧ショベルの背面で数回転圧し、順次天端方向に敷設する。
- ⑥覆土の施工は、油圧ショベルで法面に置土して敷均しながら背面で数回転圧し、法尻から順次天端まで覆土厚さ10cmになるように仕上げた。

写真3・1に施工完成状況、写真3・2～3・5に施工状況を示す



写真3・1 施工後の完成状況



写真3・2 法尻および水平埋込部掘削状況



写真3・3 法尻シート敷設後の裏込み砂利敷設状況



写真3・4 シート敷設完了状況



写真3・5 ジオテキスタイルシート幅2,050mm×長さ

## 4. 施工結果調査

当該試験区において設計どおりの施工性を確認するとともに、今後調査検討を進めるにあたって初期条件を把握するために調査を行った。

### 4.1 堤体土、覆土の土質性状

堤体土と覆土の土壤分析結果では、表4・1に示すように0.075mmふるい通過百分率でみると44%以上を示し、粘土、シルト系の土質である。乾燥すると硬く固形化し水分を含むと軟らかくなり易い性質をもっている。中山式硬度計を用いた測定結果では、堤体土18~26mm、覆土11~17mmであったが、施工直後と時間の経過したものでは土質の性質上測定結果に相違がでできている。

一般の畑地、草地等の硬度は25mm以上となると排水性が悪くなつて作物に障害を起こすことが指摘されてい

るが、堤防植生も草地と同様と考えると妥当な転圧の施工になっている。

土壤分析測定した結果は、pHが堤体土5.4~6.4、覆土5.6~6.5と基準値をほぼ満足しているが、有効態リン酸が基準値以下のところもあり、施肥による改善も考慮することを考えている。

### 4.2 法面、覆土厚調査

法面調査は、張芝施工後の芝表面が設計堤防断面に施工されていることを確認し、出水後の断面変形の初期値とするために、縦断方向5m毎に出来形測量を行った。法面調査結果は設計図書と対比して十分満足できるものであった。

同様に覆土厚さの測定を行ったが、その方法は検査棒で張芝上面からシート面に貫入する深さを測定した。結果は表4・1に示したとおり、A、B試験区にあっては、

表4・1 現地調査結果

調査分析項目	試験区名	現地調査結果									
		試験区					堤体土(下段)				
		C	A-1	A-2	B-1	B-2	TA-1	TA-2	TB-1	TB-2	
土壤分析	0.075mmふるい通過百分率	覆土	65.1	41.6	68.9	43.7	62.4	44.9	72.5	51.4	71.4
		堤体土	43.9		44.1		49		57.9		88.6
	最大粒径 (mm)	覆土	19	2	19	19	9.5	19	19	9.5	26.5
		堤体土	26.5		26.5		26.5		19		9.5
	50%粒径 (mm)	覆土	0.0530	0.1368	0.0323	0.1741	0.2780	0.1870	0.0265	0.0651	0.0108
		堤体土	0.1349		0.1351		0.0823		0.0518		0.0034
	土粒子の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	覆土	2.629	2.451	2.602	2.531	2.623	2.508	2.620	2.378	2.578
		堤体土	2.565		2.588		2.587		2.525		2.605
	土の工学的分類 (粒度試験結果より判定)	覆土	細粒土	砂質土	細粒土	砂質土	細粒土	砂質土	細粒土	細粒土	細粒土
		堤体土	砂質土		砂質土		砂質土		細粒土		細粒土
化学分析	平均硬度 (mm)	覆土	17		12		11		13		14
		堤体土	21	26	20	18	22		19		20
	覆土厚さ (cm)	設計厚さ	3	3	10	3	10				
		施工厚さ	5	3	10	3	12				
	含水比平均値 (%) [11月調査(10月調査*)]	73.6	58.7	26.5*	63.8	30.4*		41.3*			34.2*
	pH (H <sub>2</sub> O) (基準値 5.5~6.5)	覆土	6.4	6.2	6.5	5.9	6.1	6.3	6.1	6.4	5.6
		堤体土	6.3		5.4		6.4		5.9		5.4
化学分析	有効態リン酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g) (基準値 20~50)	覆土	27	0.4	33	0.6	9.0	7.8	44	11	14
		堤体土	18		8.4		17		15		17

覆土厚さ10cmの設計値に対して平均施工厚さ10～12cm、客土吹付け区間では設計値3cmに対して平均施工厚さ3cmと満足できる出来形となっている。C試験区は設計値3cmに対して平均施工厚さ5cmとなっているが性能上問題はない。

## 5.まとめ

### 5.1 ジオテキスタイルシート工法の施工性

ジオテキスタイルシートを用いた工法の試験工事は、A、B試験区の総面積693.6m<sup>2</sup>の施工を行った結果、施工性について次の項目が明らかとなった。

#### 5.1.1 シート敷設の施工性

- ・シートの敷設は、シートの端部である上流側、法尻、天端および水平埋込み部の施工が難しいのではないかと危惧されていたが、法尻埋込み部から順次天端方向に施工することによって容易に施工が可能であった。

#### 5.1.2 機械の施工性

- ・シート端部の掘削は、普通作業員が油圧ショベルのオペレーターに指示し荒掘削させ、仕上げを普通作業員が行うことによって人力作業の軽減を図ることが可能であった。また、埋戻し土についても同様であった。
- ・覆土厚10cmの施工は、人力作業を想定していたが、油圧ショベルで置土、敷均し、背面ブレードの転圧によって10cmの仕上げが可能であった。

#### 5.1.3 U字金具の配置

- ・U字金具の配置は、水平埋込み部にも配置することによって、シートの重ね合わせや湾曲部の敷設に対応することができた。また、水理実験で課題となっていたシートの押さえ方法として強度の増加が図れるものと期待される。
- ・重ね合わせ部のステップラー止めは、下層が砂利層の場合に施工が難しい。

#### 5.1.4 覆土の滑落

- ・シート上の覆土の滑落が懸念されたが、施工中や降雨による影響はなかった。
- ・張芝の場合の目串は、木製品より竹串の方がシート面を貫通させることができ、覆土の滑落の防止効果も期待される。

#### 5.1.5 客土吹付け

- ・客土吹付けは種子も混在して施工を行ったが、表面が乾燥すると亀の子状の亀裂が発生するので、施工時期、散水等に留意することが必要である。

## 6.今後の課題

- ・ジオテキスタイルシート用いた工法の施工性については、多くの地点での工事実績を持つことが望ましい。

## 7.終わりに

本稿は、北海道開発局開発土木研究所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開発土木研究所河川研究室の担当者に感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 吉川秀夫、船木淳悟、長谷川茂、竹本成行、ジオテキスタイルシートを用いた堤防侵食防止に関する実験、河川環境総合研究所報告第3号、(財)河川環境管理財団、河川環境総合研究所 (p 157～162) 1997
- 2) 吉川秀夫、馬場仁志、船木淳悟、長谷川茂、竹本成行、山口俊平、不織布による河川堤防の強化に関する実験的研究、水工学論文集、第42巻 (p 475～480) 1998
- 3) 吉川秀夫、馬場仁志、船木淳悟、長谷川茂、竹本成行、山口俊平、ジオテキスタイルシートを用いた堤防侵食防止に関する実験（第2報）、河川環境総合研究所報告第4号、(財)河川環境管理財団、河川環境総合研究所 (p 93～102) 1998
- 4) 吉川秀夫、馬場仁志、船木淳悟、長谷川茂、竹本成行、ジオテキスタイルシートを用いた堤防侵食防止に関する実験（第3報）、河川環境総合研究所報告第5号、(財)河川環境管理財団、河川環境総合研究所 (p 73～88) 1999



---

**河川環境総合研究所報告第7号**

平成13年7月編集・平成14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 西印刷(株) 〒102-0093 千代田区平河町1-4-15 TEL 03-3263-5579 FAX 03-3239-4890

---

本誌はリサイクル・ペーパーを使用しています。