

河川環境総合研究所報告

第14号

平成20年12月

(財)河川環境管理財団
河川環境総合研究所

はじめに

(財)河川環境管理財団は昭和50年に設立され、河川環境の整備・保全に関する総合的な調査研究、研究成果の活用も踏まえた各種啓発活動、河川公園等の管理、河川整備基金の運営などを実施し、これらの事業並びに事業成果の社会還元をもって、国民から求められる河川環境の質の向上の確保に努めていくとともに、国民の生活環境の向上に寄与することを目的として事業を行っています。

この目的達成と調査研究部門の一層の充実を図るために、平成4年に(財)河川環境管理財団に河川環境総合研究所が創設されて16年が経過しました。現在は、各地域のニーズに対応するため、研究第1部～第4部(東京本部)、研究第5部(大阪研究所)、北海道事務所、名古屋事務所を設置して調査研究業務を行うとともに、本部と地方事務所との連携による研究体制の充実を図りつつ効果的かつ効率的な業務遂行に努めています。

また、平成18年度を初年度とした「河川環境管理財団基本計画」に基づき、社会的要請の高い課題に対して計画的に調査・研究するため、重点プロジェクト研究を実施していくこととしています。その主要なテーマは以下のとおりです。

- 1) 河川環境教育の推進に関する調査研究
- 2) 河川における市民連携の推進に関する調査研究
- 3) 河川の水環境の保全に関する調査研究
- 4) 河川環境の整備と保全及び河川利用に関する総合的な調査研究
- 5) 河川の維持管理に関する調査研究

河川環境総合研究所では、これらの重点プロジェクト研究に対する調査研究を体系的に推進しながら、事業実施における技術的課題の解決に向けた調査研究業務などを積極的に進めております。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とともに、適切に社会還元を図っていかうとするものであり、今年度で第14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、ここに厚く御礼申し上げます。次第です。

とくに、本報告は現場での活用を念頭においており、現場の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。

今後も、わが国の河川環境の現状と国民のニーズを十分把握し、社会の要請に的確に応えていくべく、一層の努力をしまる所存ですので、関係各位の暖かいご指導、ご支援をお願い申し上げます。次第です。

平成20年12月

財団法人 河川環境管理財団
理事長 鈴木 藤一郎

○ 研究所報告の編集について

本研究所報告の編集に際しましては、下記の編集委員からなる編集会議（2008.9.26）を行っております。

・編集委員（順不同）

山本 晃一	(財)河川環境管理財団	河川環境総合研究所長（：委員長）
高木 不折	(財)河川環境管理財団	研究顧問
井上 和也	(財)河川環境管理財団	研究顧問 兼大阪研究所長
長谷川和義	(財)河川環境管理財団	研究顧問
池淵 周一	(財)河川環境管理財団	研究顧問
宮尾 博一	(財)河川環境管理財団	審議役
酒井 憲司	(財)河川環境管理財団	技術参与

・事務局

(財)河川環境管理財団 企画調整部

目 次

1. 河川環境教育および河川における市民連携の推進に関する調査研究

- 1) 豊平川における水難事故の特徴 1
：宮尾 博一・渡邊 誠・池上 迅
- 2) 学校教育における水防災教育普及方策の研究 10
：宮尾 博一・清水 晃・吉川 泰司
- 3) 河川水難事故の動向と河川の安全利用に向けた取り組みに関する研究 23
：宮尾 博一・清水 晃・吉野 英夫・土井 康義

2. 河川の水環境の保全に関する調査研究

- 1) 印旛沼の水質改善を目的とした水位低下実験計画策定に関する研究 35
：久保田 一・圓谷 秀夫・本橋 健

3. 河川環境の整備と保全及び河川利用に関する総合的な調査研究

- 1) ワンド干し上げによる生物環境の変化 45
：井上 和也・青木 治男・中西 史尚
- 2) 河川環境管理における空間管理計画の課題と今後の方向 53
：山本 晃一・竹内 清文・今川 徹広
- 3) 調節池化による植生変化と早期植生回復に関する研究 62
：戸谷 英雄・山本 嘉昭

4. 河川の維持管理に関する調査研究

- 1) 霞ヶ浦湖岸植生保全対策のモニタリング・評価と順応的管理 81
：戸谷 英雄・山内 豊
- 2) 堤防植生管理における植生の計画的移行 96
：竹内 清文・柳沼 昌浩・平田 真二・宇根 大介

1. 河川環境教育および河川における市民連携の 推進に関する調査研究

1) 豊平川における水難事故の特徴

宮尾 博一*・渡邊 誠**・池上 迅***

1. はじめに

札幌市（人口約190万人）の市街地を貫流する豊平川は、普段からさまざまなイベントやスポーツ、自然観察や魚釣りなど自然とのふれあいの場として多くの人々が集まり、盛んに利用されている。一方で、豊平川は都市域にあって全国でも例がない急流河川であり、大きなエネルギーを持った流れが生じる。こうした中、現状として豊平川では水難事故が多発しており、過去にも水難事故に関する調査研究が行われている¹⁾。

本来、河川は公共の利益や他人の行動を妨げない限り、自由使用が原則であり、安全確保も利用者自らの責任において行われるものである。しかし、河川利用者の河川の危険性に対する認識が不十分なことが水難事故の要因の一つであると考えられることから、水難事故を減らすためには、利用者の意識を把握したうえで、河川の危険性について啓発していくことが重要であろう。

本研究は、豊平川における水難事故の発生を回避または軽減するための改善策の提案を目的として、過去の事象事例の収集・整理、アンケートによる利用者の意識調査等から、豊平川における水難事故の特徴を分析し、課題点を抽出したものである。

なお、本研究は北海道開発局石狩川開発建設部札幌河川事務所による「豊平川安全利用検討会」（委員長:黒木幹男北海道大学準教授）の指導のもとに調査・検討されたものである。当財団は同業務を受託したことにより、その途中成果をとりまとめ報告する。

2. 豊平川の概要

2.1 豊平川の特徴

豊平川は幹川流路延長72.5km、流域面積902km²の石狩川の一次支川であり、その源流を小漁山(1,235m)に発し、真駒内川を合流したあたりから扇状地を形成している。この扇状地は豊平川扇状地と呼ばれ、ここに発展した道都札幌の市街地を急勾配で貫流した後、雁来付近から1/1,000以下の緩勾配となり、札幌市東部を流下している月寒川、厚別川と合流して、札幌市の北部で我が国屈指の大河川である石狩川に合流する。

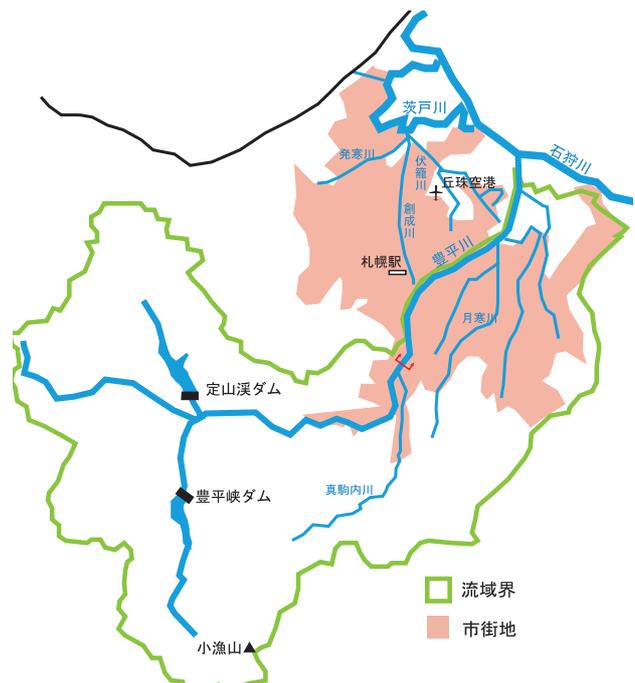


図2-1 豊平川の流域図

* (財) 河川環境管理財団 審議役

** (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 管理課長

*** (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 管理係長

①水難事故の発生箇所

図3・1に水難事故の発生箇所を示す。水難事故は豊平川の広い範囲で発生しているが、特に多発している箇所は、幌平橋周辺（6・7号床止）、3号床止、北13条大橋となっている。

②水難事故の原因

図3・2に25件の事故事例について、発生原因別に整理した結果を示す。水難事故の発生原因は河岸からの転落が最も多く44%であり、床止めやバツフルピアからの滑落等が次に多く16%であった。水遊び等で川の中や中州にいて流された12%、ボート・カヌーの転覆（床止めにおける転覆など）12%である。

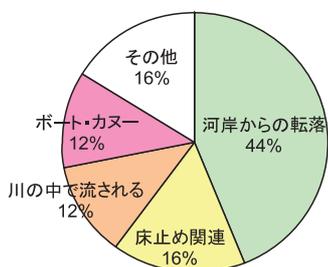
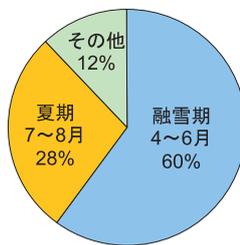


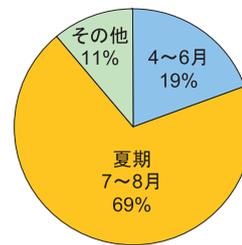
図3・2 水難事故の発生原因

③水難事故の発生時期

図3・3に豊平川および全国における水難事故の発生時期について整理した結果を示す。豊平川においては融雪出水のある4月～6月の事故が60%であり、夏期（7～8月）が28%である。一方、全国の河川についてみると、夏期（7～8月）が69%であり、4～6月は19%である。したがって、豊平川については融雪期の事故が多いという地域的な特徴がある。



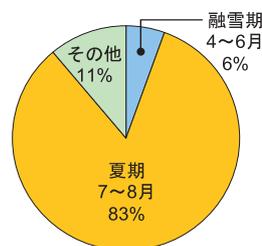
豊平川
(S62～H18)



全国の河川における
水難事故の発生状況
(H15～H18)

※「全国の河川における水難事故の発生状況」は新聞記事から河川における水難事故を調査した結果

図3・3 水難事故の発生時期



※500人の聞き取りにより抽出された18件の事例の発生時期

図3・4 豊平川におけるヒヤリ・ハットの発生時期

また、図3・4に聞き取り調査（後述する）において抽出されたヒヤリ・ハット（重大な事故には至らないものの、直結してもおかしくない一歩手前の事例）の発生時期を示す。図3・4より、ヒヤリ・ハットの発生件数では、豊平川においても夏期が大部分である。このことより、融雪期の事故は、ひとたび発生した場合に重大な事故に繋がる可能性が高いといえる。これは融雪出水により河川流量が多いことと、水温が低いことが要因であると考えられる。



図3・1 水難事故の発生箇所図

④水難事故被害者の年齢

水難事故の被害者を年齢別に整理すると20歳以下が全体の70%以上（14歳以下が48%）を占めており，若年層の事故が多い（図3・5）。

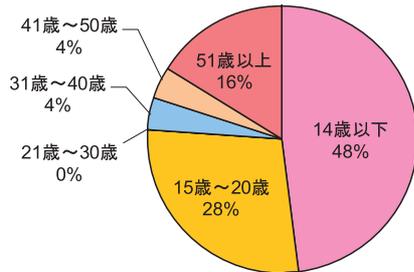


図3・5 被害者の年齢（一次被害者のみ）

⑤水難事故発生時の流況

水難事故発生時の流況を整理すると，豊水流量以上が68%であり，前述との融雪出水とも関連するが流量が多い時の事故事例が多い（図3・6）。

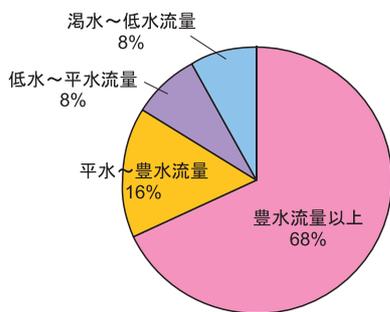


図3・6 水難事故発生時の流況

⑥水難事故の救助対応者

水難事故の救助対応者について整理すると，消防・警察による救助が76%と多く，次いで通行人・目撃者による救助となっている（図3・7）。

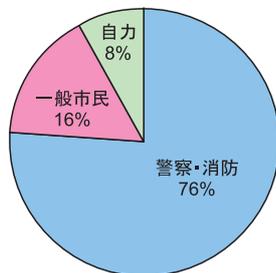


図3・7 水難事故の救助対応者（一次被害者のみ）

⑦二次被害の発生状況

付近にいた一般市民が川に入って救助にあたった5件のうち，4件において救助者の二次被害（救助者の水難）が発生している（表3・2）。一般的にも，水難事故時の二次被害の発生が多いことが指摘されており，豊平川においても同様の傾向が見られた。

表3・2 二次被害の発生状況

ID	年月	二次被害の状況
03	S63.04	河岸から転落した児童(6才)を川に入って救助した男性(44才)が痺れて動けなくなる。近くにいた作業員が救助に加わり無事。
05	S63.09	川での実習中に転落した児童(9才)を床止めで待ちかまえて救助しようとした教師(32才)が，床止めから滑落して流され死亡。
11	H07.08	河岸の岩から転落した男児(8才)を救助しようとして川に飛び込んだ男性(54才)が男児の救助後に深みにはまって死亡。
18	H11.08	友人どうし数人で水遊びしていた高校生(16才)の一人が流された。本人は自力で岸にたどりついたが，助けようとした一人がおぼれて流された（訓練中の自衛隊員に救助されて無事）。

⑧助かったケースと死亡したケースの比較

水中にいた時間と死傷別の関係を見ると，約30分後以内に自力脱出もしくは救助された場合は，死亡に到らないケースがほとんどである（表3・3）。したがって，水難事故が発生した場合には，迅速な救助，もしくは自力脱出が可能であることが重要となる。

表3・3 水中にいた時間と死傷別の関係

水中にいた時間	死傷別（件）				合計
	無事	負傷	意識不明	死亡	
約30分後以内（自力脱出を含む）	6	2	4	1	13
約1時間後				2	2
約1時間より以降	1			9	10
合計	7	2	4	12	25

3.3 豊平川における水難事故の特徴のまとめ

以上のことより，豊平川において過去に発生した水難事故の特徴をまとめると以下のとおりである。

- 1) 水難事故の発生は融雪期（4～6月）に集中しており，流量の増加や水温の低さが影響として考えられる。
- 2) 水難事故が多く発生している箇所は，北13条大橋，3号床止，幌平橋周辺（6・7号床止）とな

っている。

- 3) 水難事故の発生原因は河岸からの転落が最も多く、床止めからの滑落・転落がそれに次いでいる。
- 4) 若年層による水難事故が多発している。
- 5) 一般市民が川の中に入って救助にあたった場合に、救助者が水難するケースが多く見られる。
- 6) 30分以内に救助された場合は生存率が高い。

4. 利用実態・利用者意識の調査

豊平川の利用者が水辺空間をどのように利用しているか、また水辺についてどのような危険意識・安全意識を持っているかを把握するため、豊平川の利用者を対象とした聞き取り調査を実施した。また、同調査では、ヒヤリ・ハットに関する聞き取りもおこなった。

4.1 聞き取り調査の概要

聞き取り調査は、平成19年8月12日～19日のうち4日間に、豊平川の利用者を対象として実施した。調査では500人に聞き取りを行ったが、対象者の選定にあたっては、水際・水面利用者を優先している(表4・1)。質問内容は、「利用実態」、「利用者意識」、「水難事故経験」、「河川情報の認知」、「回答者の属性」であり(表4・2)、「水難事故経験」で水難事故経験やヒヤリ・ハットの経験があると回答した18名については、事故の発生箇所・時期・内容などの詳細についても聞き取りを実施した(表4・3)。アンケート調査票については参考として稿末に添付する。

表4・1 実施期間・実施箇所・調査方法等

項目	内容
実施期間	好天が続いたH19年8月12日～19日のうち4日間(多くの人が休暇を取得し人出が見込まれるお盆前後に実施)
サンプル数	河川利用者500人から回答を得た
実施箇所	雁来新川(KP6.1付近)から真駒内川合流点(KP21.2付近)までの全区間
調査方法	調査員による聞き取り
対象者	以下のとおり水際・水面利用者を中心に実施した。 ①低水路内を利用している人を優先 ②次いで水際を利用している人を優先 ③上記対象者がいない場合は高水敷を利用している人も対象

表4・2 質問内容

項目	内容
利用実態	・利用頻度/利用目的/利用箇所
利用者意識	・箇所別の危険認識(三択) ・安全対策に関する考え
水難事故経験	・過去の水難事故経験/ヒヤリ・ハット
河川情報の認知	・防災情報(HP)の認知度 ・河川情報掲示板の認知度
回答者属性	・年齢/性別/居住地

表4・3 質問内容(ヒヤリ・ハット)

項目	内容
事故発生時の状況	・発生時期/箇所/流況/内容
けがの状況	・けがの箇所/種類/程度

4.2 回答者の属性

聞き取り調査の回答者の属性について整理しておく。年齢構成について札幌市の構成と比較すると、概ね同様であるが、10歳未満が少なく、30歳代が多くなった。これは対象者に家族連れが多く、父親が回答したことによる(図4・1)。また、男女別では男性が62.4%と多く、回答者の大部分は札幌市内から来た利用者であった(図4・2)。

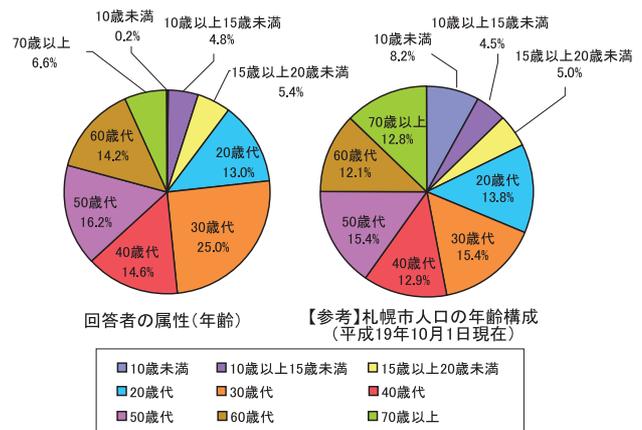


図4・1 回答者の年齢と札幌市の年齢構成

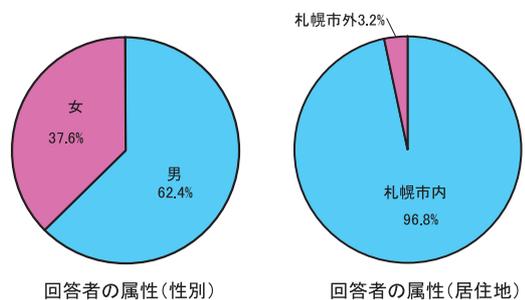


図4・2 回答者の性別と居住地

4.3 豊平川の利用実態

豊平川の利用頻度（図4-3）をみると、「ほぼ毎日」が約20%、週に1回程度が約30%であり、リピーターが多いことが伺える。

利用目的（図4-4）では、500人に聞き取りしたうち、139人が「水遊び」、71人が「釣り」と回答しており、水際・水面の利用者が多いことがわかる。ただし、前述したように、今回の聞き取り調査は水際・水面利用者を優先的に対象としたため、バイアスが掛かっていることに留意されたい。

また、利用箇所（図4-5）では、高水敷が438人と最も多いが、「階段護岸」が188人、「ブロック張り護岸」が110人と水際の利用が多く、「床止」、「根固めブロック」、「河原」、「川の中」といった低水路内の利用も多い。

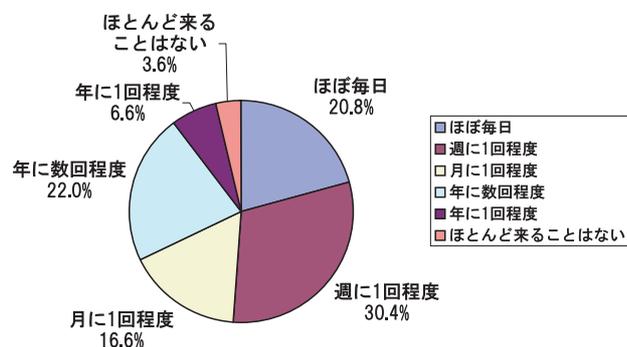


図4-3 利用頻度

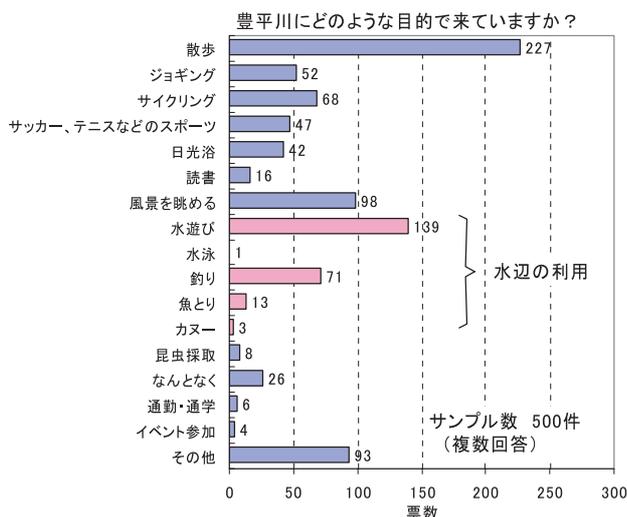


図4-4 利用目的（複数回答）

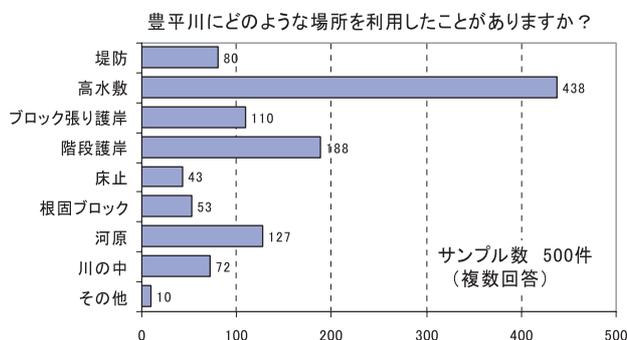


図4-5 利用箇所（複数回答）

4.4 利用者の意識

水際や水辺に対する利用者の安全・危険意識について聞き取りをおこなった。質問は、「護岸（階段・ブロック張り）」、「河原」、「根固めブロック」、「川の中」、「床止」など箇所や形態別に行き、「安全だと思う」、「やや危険だと思う」、「危険だと思う」の3段階の選択とした。なお、一般の方には、河川構造物等の用語が十分に認知されていないと考えられるため、調査員が河川横断の模式図や構造物の写真を提示して補足するようにした。

図4-6に利用者の安全・危険認識の調査結果を示す。危険性の認識については、水際から水面に近づくほど高くなっており、護岸については、「階段護岸」で78.0%、「ブロック張り護岸」で66.0%が安全だと認識しており、危険だと認識している人は少ない。しかし、前述したように豊平川における水難事故は河岸からの転落が44%と最も多く、危険性が認識されていないことがひとつの要因であると考えられる。また、「川の中」と「床止」は、危険と認識している人が比較的多いが、滑落やバックウォッシュ（落ち込み部の下流において形成される循環する逆流）の発生などで特に危険である「床止」については、「川の中」と同程度の認識である。床止周辺には、危険性を伝える注意喚起看板が設置されているが、利用者に十分伝わっていないと考えられる。



写真4-1 床止の利用状況と注意喚起看板

質問：豊平川の水辺や川の中で遊んだりするときに、安全性・危険性についてどのようにお考えですか？

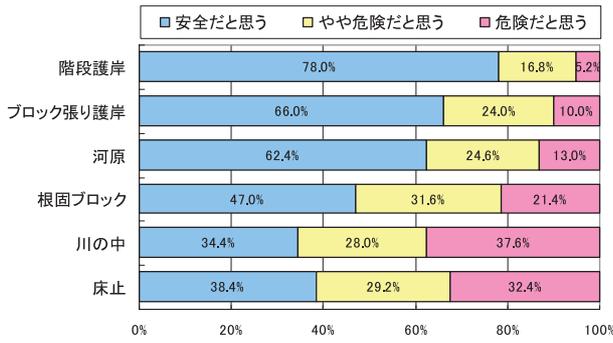


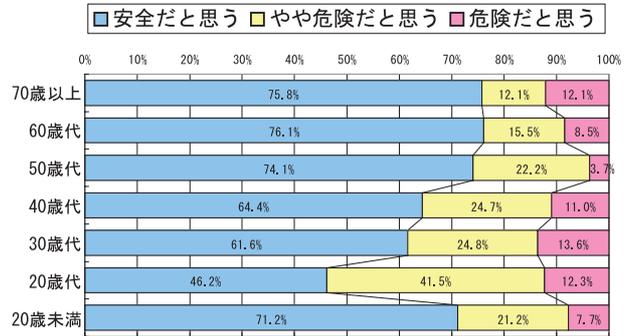
図4-6 利用者の安全・危険認識

図4-7に年齢別に利用者の安全・危険認識を整理した結果を示す。図4-7では、「ブロック張り護岸」、「床止」、「川の中」の例を示しているが、他の箇所も含めて、危険認識は20歳未満が低く、20歳代～40歳代が高く、50歳代以上が低いという傾向が見られた。実際の事件事例の年齢構成（図3-5）を見ると、20歳以下の事故が70%以上で、51歳代以上も16%と多く、21歳～50歳は比較的少ないという傾向があり、危険認識の不足が事故発生要因のひとつと考えられる。

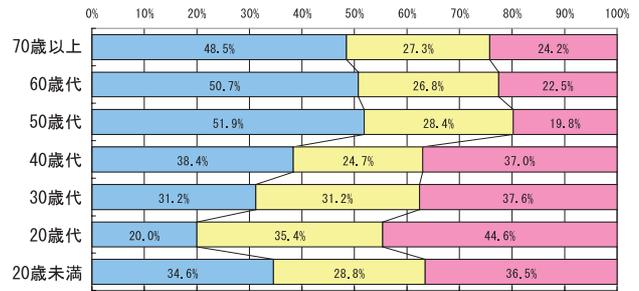
4.5 豊平川における利用者意識の特徴のまとめ

以上のことより、豊平川の利用者の安全・危険認識の特徴をまとめると以下のとおりである。

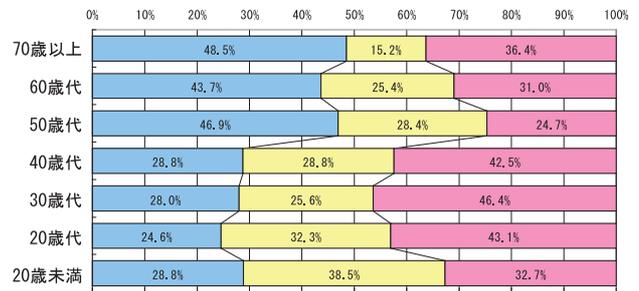
- 1) 利用者は、護岸などは比較的安全で、水の中が危険という認識を持っている。しかし、実際の水難事故は河岸からの転落が多い。
- 2) 床止は事件事例も多く危険な箇所では、注意喚起しているものの利用者の危険に対する認識は、川の中と同程度である。
- 3) 20歳未満の若年層及び高齢層の危機意識が低い。



①ブロック張り護岸



②床止



③川の中

図4-7 年齢別の利用者の安全・危険認識

5. 今後の方向性について

本研究では、豊平川で発生した水難事故の分析と利用実態・利用者の意識について聞き取り調査をおこなった。その結果、豊平川の水難事故について、いくつかの特徴・傾向が明らかとなったが、今後、それらを踏まえた対応策を検討していく必要がある。以下に今後の検討の方向性についてまとめる。

- 1) 豊平川における水難事故は河岸からの転落、床止における事故が多いが、利用者には危険性が十分に認識されていない。構造物の安全性に配慮するとともに、注意喚起等により利用者の認識を向上させる必要がある。
- 2) 豊平川では融雪期の事故が多く、救助までの時

間が短いほど被害者の生存確率が高いため、迅速な救助が重要と言える。そのため、円滑な救助ができるような対策の検討が必要である。

- 3) 豊平川における水難事故対策を進めるにあたっては、現状の看板・救助施設の設置状況、河道・構造物の状況等についても整理をおこない、効率的かつ効果的な対策を検討していく必要がある。

謝辞

本研究の検討に際しては、「豊平川安全利用検討会」（委員長：黒木幹男先生）の委員の皆様にご指導をうけたことをここに記して御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 山崎真一・大田見定・澁谷健一(2001)：豊平川における河川利用の安全性に関する調査。土木学会北海道支部年次技術研究発表会論文報告集，第57号，pp.366-369.

参考資料：利用実態・利用者意識調査の聞き取り調査票

参考資料：利用実態・利用者意識調査の聞き取り調査票

平成 19 年度 豊平川安全利用アンケート調査

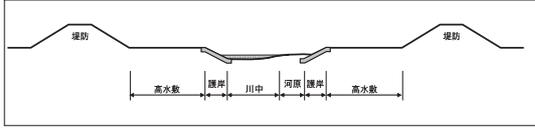
このアンケートは、豊平川の利用状況の把握と利用者の安全性に対する意識を把握することを目的として実施するものです。
目的をご理解のうえ、調査にご協力いただけますよう、お願いいたします。

1. 豊平川の利用についておたずねします。

A 豊平川にはどのくらいの頻度で来ていますか。 ひとつだけお答えください。
a ほぼ毎日 b 週に1回程度 c 月に1回程度
d 年に数回程度 e 年に1回程度 f ほとんど来ることはない

B あなたは豊平川にどのような目的で来られていますか。 該当することすべてをお答えください。
a 散歩 b ジョギング c サイクリング
d サッカー、テニスなどのスポーツ e 日光浴
f 読書 g 風景を眺める h 水遊び
i 水泳 j 釣り k 魚とり
l 昆虫採集 m カヌー n なんとなく
o 通勤・通学 p イベント参加(具体的に _____)
q その他(_____)

C あなたは豊平川でどのような場所を利用したことがありますか。 該当する場所すべてをお答えください。
a 堤防 b 高水敷 c ブロック貼り護岸
d 階段護岸 e 床止 f 根固ブロック
g 河原 h 川の中
i その他(_____)



D あなたは豊平川の水辺や川の中で遊んだりするときに、以下の場所の安全性・危険性についてどのようにお考えですか。それぞれ ひとつだけ 印をつけてください。

場所	安全だと思う	やや危険だと思う	危険だと思う
a ブロック貼り護岸	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b 階段護岸	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c 床止	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d 根固ブロック	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e 河原	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f 川の中	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

E あなたは豊平川の水際や川の流れの中で事故がないように遊んだりするためには、どのようなことが必要だとお考えですか。 該当することすべてをお答えください。
a 水辺に安全に近づくことができるように工夫する。
b 危険な場所に近づけないようにする。
c 危険な場所に柵を設置する。
d 危険な場所に看板などを設置する。
e どのような場所が危険なのか、広く市民に知らせる。
f 川の中での遊びなどを教えたり、広く市民に知らせたりする。
g 今のままでかまわない。
h その他(_____)

2. 豊平川での事故の経験についておたずねします。
あなたは豊平川で事故にあったことがありますか。 ひとつだけお答えください。
a 事故にあったことがある (別紙のアンケートにお答えください)
b 事故にあいそうになったことがある (別紙のアンケートにお答えください)
c 事故にあたり、あいそうになったりしたことはない

3. 雨や水位の情報についておたずねします。
あなたはインターネットや携帯電話等で得られる雨や水位の情報を知っていますか。それぞれ ひとつだけお答えください。

- ① 川の防災情報 (レーダー雨量、川の水位などを提供)
a 知っている
b 知らなかった
- ② 河川情報板
a 知っている
b 知らなかった



4. 最後に、あなたご自身のことをおたずねします。

A 性別
a 男 b 女

B 年齢
a 10歳未満 b 10歳以上15歳未満 c 15歳以上20歳未満
d 20歳代 e 30歳代 f 40歳代
g 50歳代 h 60歳代 i 70歳以上

C 住所
a 札幌市内 (_____ 区)
b 札幌市外 (_____)

豊平川での事故の経験に関するアンケート調査

このアンケートは豊平川で事故にあたり、あいそうになったりした方だけにおたずねします。

A いつのことでしたか。
_____ 年 _____ 月 _____ 日 頃

B どのあたりでしたか。
豊平川の _____ 付近

C どのような場所でしたか。 該当する場所すべてをお答えください。
a 低水護岸法肩付近 (柵あり 柵なし その他: _____)
b 低水護岸 (ブロック貼護岸 階段護岸 その他: _____)
c 水際 (低水護岸に接して川の流れがあった 石原があった 植物が生えていた 根固めブロックがあった その他: _____)
d 川の中 (水の中 中州 その他: _____)
e 床止付近
f 橋門・橋管などの構造物付近
g その他(_____)

D だれと川に来ていましたか。 該当することすべてをお答えください。
a ひとりで b 両親と
c 兄弟と d 祖父母と
e 友達と f その他(_____)

E 川でどんなことをしていましたか。 ひとつだけお答えください。
a 水遊び b 釣り・魚とり・虫とりなど c 散歩
d スポーツ (ジョギング サイクリング 野球 サッカー その他: _____)
e その他(_____)

F 川の流れはどんなようでしたか。 ひとつだけお答えください。
a いつもより水が多かった (深さ: おおよそ _____ くらい)
b いつもと同じくらいだった (深さ: おおよそ _____ くらい)
c いつもより水が少なかった (深さ: おおよそ _____ くらい)
d まったくわからない

深さは体の部位 (膝、腰など) でお答えいただいでけっこうです

G どのようなことが原因で事故にあたり、あいそうになったりしたのですか。 該当することすべてをお答えください。
a ころんだ b すべった
c 落ちた d 流された
e その他(_____)

H 事故にあった方だけにおたずねします。

H-1 けがをした箇所をお答えください。
a 頭・首 (具体的な箇所 _____)
b 上半身 (具体的な箇所 _____)
c 下半身 (具体的な箇所 _____)

H-2 どのようなけがでしたか。
a 骨折 (_____)
b 裂傷 (_____)
c 打撲 (_____)
d 捻挫 (_____)
e その他 (_____)

H-3 けがの程度をお答えください。
a 入院した (期間 _____) b 通院した (期間 _____)
c 自宅療養した (期間 _____) d 自然になおった (期間 _____)
e その他 (_____)

2) 学校教育における水防災教育普及方策の研究

宮尾 博一*・清水 晃**・吉川 泰司***

1. はじめに

近年、水災被害は治水事業の進展により減少傾向にあるものの、平成16年には10個の台風の上陸やこれまでの記録を上回る局所的な集中豪雨により、激甚な水害、土砂災害及び高潮災害が全国各地で発生している。

このような背景を受け、国土交通省の社会資本整備審議会河川分科会「豪雨災害対策総合政策委員会」において「総合的な豪雨災害対策の推進について（提言）」が平成17年4月に取りまとめられた。

この中で、今後の災害対策の基本的方向として、できるだけ早期に災害安全度を高めるとともに、災害が発生した場合でも被害を最小限にする「減災」を図ることが基本的命題であるとし、その具体的施策の一つとして「地域防災力の再構築」が挙げられた。

その実施手法として、緊急時に住民が主体的に行動を起こせるよう、各種災害の性格とその危険性を知り、災害時にとるべき行動を知識として身につけるため、河川管理者は学校教育での防災教育について、出前講座の活用や教材などの開発・提供などの支援を実施することが謳われている。

本稿では、教育現場等で実施されている防災教育の現状動向を整理分析するとともに、防災教育の実施手法及び広く普及するための方策について報告し、今後の洪水をテーマとした水防災教育への支援の方向性を示す。

2. 教育現場での水防災教育の現状

2.1 水防災教育を積極的に実施している小中学校に関する結果

各地方整備局に対し、管内において水防災教育を積極的に実施している小中学校について、実施内容等の把握のためのアンケート調査を行い、41事例の回答を得た（複数回答あり）。回答事例の地方整備局別の割合を図2・1に示す。関東地方整備局の割合が40%と一番多く、次いで東北地方整備局が15%、近畿地方整備局は7%となっている。

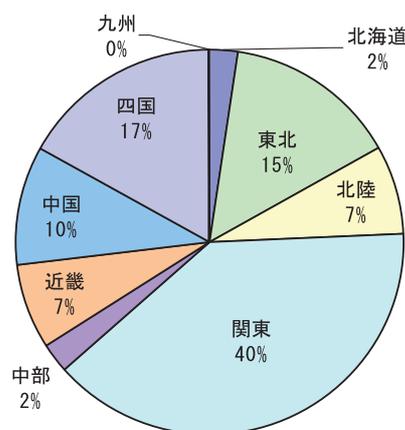


図2・1 実施事例の地方別の割合

上記41事例における水防災教育の位置付けは以下のとおりであった。

- ・水防災教育をメインとしている 20事例
 - ・河川教育の一部として実施している 21事例
- 水防災教育の主な実施内容は大きく4つに分類され

* (財) 河川環境管理財団 審議役兼子どもの水辺サポートセンター長

** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所研究 第一部長兼子どもの水辺サポートセンター次長

*** (株) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所研究 第一部長兼子どもの水辺サポートセンター研究員

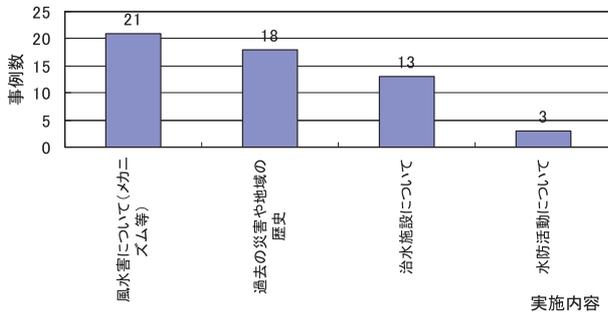


図2-2 水防災教育の実施内容

(重複あり), 図2-2のとおりの内訳である。

水防災教育に取り組んでいる学校について, ホームページなどから過去の水害の有無を確認した。過去の水害は内水被害も含め, 対象とする学校がある市内での水害有無で区別した。整理にあたっては, 過去10年以内とそれ以前に分けた。(図2-3)

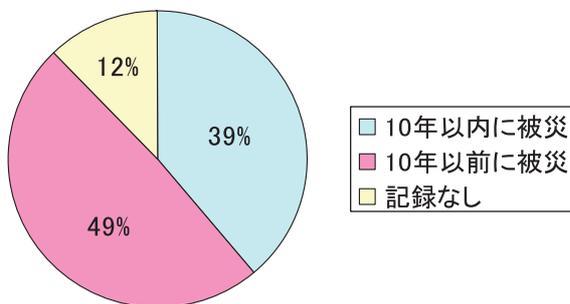


図2-3 水防災教育実施校の被災履歴の有無

2.2 小中学校を対象に実施した出前講座に関する結果

各地方整備局に小中学校を対象に実施した出前講座の実態把握のためにアンケートを行い, 78事例の回答を得た(複数回答あり)。回答事例の地方整備局別の割合を図2-4に示す。関東地方整備局の割合が32%と一番多く, 次の東北地方整備局が23%, 近畿地方整備局は12%となっている。

また, 78事例で実施されている出前講座の主な実施学年は小学校高学年(4~6年生)となっており, 全体の75%を占めている。(図2-5)

78事例で実施されている出前講座の実施時間を, 1時限を概ね45分として区分した。主な実施時間は, 45分以上90分まで, 90分以上135分までが多く, 時限数にすると主に45分(1時限)から135分(3時限)

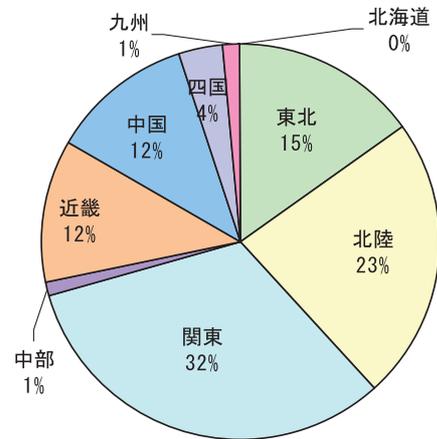


図2-4 地方整備局別の出前講座実施割合

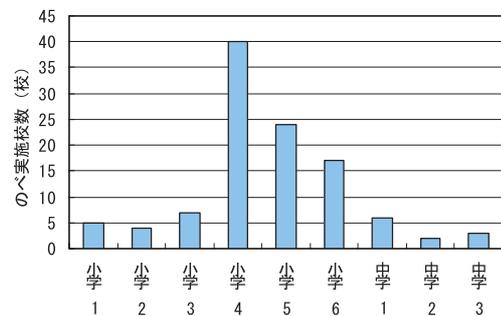


図2-5 出前講座実施学年の分布

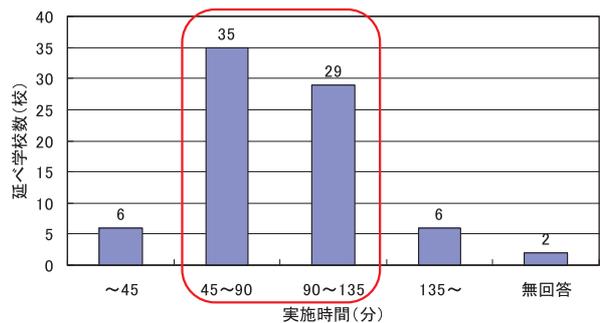


図2-6 出前講座の実施時間の分布

までとなっている。(図2-6)

また, 出前講座の際に使用している教材についてはパワーポイントが一番多いが, 他にパンフレットや映像資料(ビデオやDVD等)を教材として使用しているケースが目立った。

2.3 水防災教育実施にあたっての課題

2.1及び2.2における事例調査結果より小中学校における水防災教育実施に関わる主な結果を整理し, 問題点及び課題を以下の通り抽出した。

(主な調査結果)

- ① 小中学校における治水や水害を対象とした学習事例は確認できたものの、ごく一部の学校でのみ実施されているに過ぎないものであった。
- ② アンケート結果より、水防災教育を積極的に実施している学校について、各地方整備局が把握している事例数は41事例（複数回答あり）である。また、手法の種類としては、外部講師を招いての講話等、現地見学が大部分を占めている。
- ③ 市民団体等との連携による水防災教育の実施事例数が少ない。河川管理者からの支援としてHP等で募集している出前講座については、募集している数に比べて、実施数が少ない。
- ④ 水防災教育の主な実施時間は「総合的な学習の時間」である。
- ⑤ 出前講座の教材は、パワーポイントを使用するなど独自に作成する例が多くあった。

(問題点)

- ① 小学校指導者が容易に入手できる水防災教育に関する知識・情報等が限られており、実施したくてもできない状況にある。
- ② 実施手法の種類が限られており、地域や学校の状態に応じた学習手法が実施されていない。
- ③ 市民団体等との連携が少ないことから、小学校指導者の負担が重くなっている。
- ④ 「総合的な学習の時間」は、例えば国際理解、情報、環境、福祉・健康など従来の教科をまたがるような課題に関する学習を行えるような設けられたものであるが、近年は英語学習やパソコンによる情報処理、教科時間の補講等により、治水や水害を対象とした学習に「総合的な学習の時間」を割り当てることができない。
また、平成20年3月に公示された新しい学習指導要領では「総合的な学習の時間」を現行の3分の2にすることが挙げられている。
- ⑤ 出前講座の教材として、水防災に関する小中学生向けの基礎となるツールが無い状態であることが考えられる。このことから、小学校指導者においても同様に教材が不足している。

以上問題点として、学校の教諭は防災教育の必要性を感じながらも、実施手法が分からないことや、準備に負担がかかる、時間を確保できないといった理由から実施に至らないとの現状が明らかになった。

(課題)

- ① 水害や治水等を題材とした水防災教育の普及を図る必要がある。
- ② 水防災教育に関する知識・情報、容易に活用可能な教材等を小学校指導者へ提供するとともに、得やすい環境づくりを行う必要がある。
- ③ 小学校指導者の負担を軽減するために、河川管理者及び市民団体等が連携して支援することが重要である。また、連携しやすいしくみづくりをおこなう必要がある。
- ④ 「総合的な学習の時間」以外の時間に実施可能な学習の普及を図る必要がある。

3. 水防災教育実施手法の検討

これまでの検討結果より、「総合的な学習の時間」以外の教科学習の中で実施できるよう考慮した指導手法に関する教材を作成することにより、教育現場において水防災教育が広く普及するものと考えられる。

以下に教材の作成について、記述する。

3.1 「防災学習マニュアル」の作成

3.1.1 「防災学習マニュアル」の作成方針

「防災学習マニュアル」を作成する上での基本的な考え方を防災教育の事例やヒアリング結果等を参考に整理した。水防災教育の普及には、教育現場に「導入しやすいこと」、「容易に実施できること」、「継続できること」が重要であることから、以下の視点について整理を行った。

■ 導入しやすいこと：環境教育の一部としての位置づけ

現時点では、小学校における水防災教育の実施例は少ない状況であることから、まずは水防災教育を導入することが必要であり、そのきっかけをどのよ

うに与えるかが重要である。ヒアリング事例では、モデル校の指定や被災経験が導入のきっかけとなっていたが、全国的な展開を図るには、現実的ではないと考えられる。

現在、河川環境教育は、「総合的な学習の時間」を活用して多く実施されており、全国的にも普及が進んでいる。

そこで、水防災教育の対象である自然災害（自然現象）も、自然環境の一部であることから、河川環境教育の一部として水防災教育を位置づけることで、比較的容易に水防災教育をはじめることができるものとする。

■ 容易に実施できること：教師用指導資料や水防災教育教材の充実

教育現場において水防災教育を実施するためには、何をどのように進めればよいか計画しなければならない。

このような中、防災に関して必ずしも専門家ではない教員等が、実施内容や進め方を整理することはかなりの負担であり、限られた時間の中で試行錯誤をすることも難しいのが現状である。

したがって、水防災教育を普及させるためには、実施内容や進め方に関する基本的な事項を整理した教師用指導資料や水防災教育教材を整え、容易に実施できることが重要である。

■ 継続できること：地域の支援体制の確立

水防災教育は、身近に起こり得る自然災害を対象としており、一度学習すれば良い内容ではなく、日常の中で継続的に実施することが重要である。

したがって、教員をはじめとして指導者への過度な負担とならないような支援体制が必要となる。保護者やボランティアを含め、地域関係者が連携するなどの人的な支援とともに、地域の特徴を反映した水防災教育教材の提供等の支援も重要である。

地域が連携することにより、子どもたちには共助

の重要性、地域にとっては、地域防災力の向上につながるなどの効果も期待できる。

これまでの検討事項を踏まえ、具体的な水防災教育の実施手法として、洪水ハザードマップを活用して、生徒自らがマイハザードマップづくりを行うことを柱とした内容とすることとした。全国で実施されている防災教育事例をみても、水防災教育におけるマイハザードマップづくりは多くの学校で取り入れられている手法である。

マイハザードマップづくりは比較的容易に実施できる内容であること、全国的に洪水ハザードマップ作成が進められている中で、平成20年6月30日現在で全国の790市町村で洪水ハザードマップが作成・公表されていること等、浸水想定区域図や浸水実績図等を含め、基礎的なデータの確保が可能なことから、特に水害に関しては、洪水ハザードマップを活用したマイハザードマップづくりを取り入れた水防災教育手法が有効であると考えられる。

3.1.2 「防災学習マニュアル」の作成内容の検討

水防災教育を実施していく際には、単に水防災の知識やスキルを与えるだけではなく、子どもたちが主体的に活動しながら、災害のメカニズムや身のまわりの危険等について気づき、具体的な対処方法について考える内容とすることが重要である。

「マイハザードマップ」作成は、水防災や身のまわり（まち）について興味を持つきっかけをつくるとともに、マップに掲載する内容を考えることによって、災害に関する様々な情報に接したり、災害が発生した際の避難経路の確認や自分が行うべき行動を知るなど、水防災のための活動に結びつくものである。

一方、水防災教育内容を具体的に検討する際には、水防災教育を実施する時の指導のねらいと達成目標を明らかにする必要がある。

「マイハザードマップ」を作成することを通じて、水防災意識の向上等を図る際の、水防災教育を実施する時の指導のねらいと達成目標を表3・1に示す。

表3-1 防災教育に関する指導のねらいと達成目標

指導のねらい	達成目標
身のまわりに災害の危険性があることに気づかせる	<ul style="list-style-type: none"> ・災害としてどのようなものがあるか気づかせる ・災害がどのように発生するか気づかせる ・災害時にどのような危険があるか気づかせる ・地域で過去にどのような災害があったか気づかせる ・地域の現在危険なところを気づかせる
自分を災害から守る意識を高めさせる (自助)	<ul style="list-style-type: none"> ・災害が発生したときに、どのようにすれば安全か考えようとさせる ・災害時のために、日常から備えられることがあることに気づかせ、これを実践する意識を高める
洪水などの大規模な災害から人々を守る仕組みが地域で整えられていることに気づかせる	<ul style="list-style-type: none"> ・災害を防ぐためにどのような施設があるか気づかせる ・災害を防ぐために地域で水防活動等の活動が行われていることに気づかせる ・災害を防ぐ施設・活動にも限界があり、自ら行動することの重要性に気づかせる
自ら災害から人を助けようとする意識を高めさせる (共助)	<ul style="list-style-type: none"> ・災害時にどのような手助けができるかについて考えさせる ・災害時にどのような手助けが必要か気づかせる

「マイハザードマップ」は、子どもたちがマップづくりの目的や具体的に掲載する内容について話し合い、マップの目的に応じた調査、作業を通して作成するものである。

表3-2に想定される記入情報と記入情報を整理するための主な方法を示す。

「マイハザードマップ」を作成するためには、事前に対象とする災害の発生状況や用語、危険性等の基本的な知識を習得しておく必要がある。子どもたち

に身近な災害記録等を示すことにより、自分が住んでいるまちの現状を知り、防災の重要性について気づかせることが重要である。

災害の記録や災害発生メカニズムは、写真や図解、アニメを用いて解説する等、視覚的に分かりやすい資料を用いることにより、理解が深まるものと考えられる。

しかしながら、このような具体的な事前学習用の教材が普及しているとは言いがたい状況にある。

一方、国土交通省では、防災教育支援策のひとつとして、防災に関する出前講座、各種ビデオ等の映像資料（DVD等）を提供（貸し出し）している。各地方整備局毎にその地域の災害記録等を含めた資料

表3-2 マイハザードマップ記入情報及び方法（例）

記入情報	記入情報を整理するための主な方法
マップ情報 <ul style="list-style-type: none"> ・避難所 ・避難経路 ・危険箇所 ・浸水深 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・地図情報等を見る（白地図、洪水ハザードマップ等） ・講話を聞く（出前講座等） ・インタビューをおこなう ・まちを歩いて防災に関わる場所を見つける
地域の特徴 <ul style="list-style-type: none"> ・地形の状況 ・土地利用の状況 ・被災状況 ・被災経験 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・地図情報等を見る（白地図、洪水ハザードマップ等） ・講話を聞く（出前講座等） ・まちを歩いて防災に関わる場所を見つける
防災情報 <ul style="list-style-type: none"> ・災害の知識 ・必要な情報と入手方法 ・避難の際の留意点 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・映像資料を見る（映像資料、パンフレット等） ・講話を聞く（出前講座等） ・インタビューをおこなう
その他 <ul style="list-style-type: none"> ・その他気づいたこと 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・映像資料を見る（映像資料、パンフレット等） ・講話を聞く（出前講座等） ・まち歩き等の記録



図3-1 マイハザードマップづくりパンフレット（副教材）

があり、地域の状況に応じた内容となっている。

防災教育の実施にあたっては、これら既存資料を活用することも有効である。

また、学校関係者だけではなく、市民団体等、地域の関係者との連携により、実施内容や対象地域が広がるだけでなく、子どもたちにとっては、地域社会の一員であることを自覚し、共助を学ぶきっかけとなること、地域にとっては、地域防災の再認識の場となることが重要な視点である。

■ 市民団体等との連携による活用法

- ・ 講話を聞く、インタビューをおこなう

専門知識を必要とする災害のメカニズムや防災体制等について、専門家と連携することにより、より具体的なデータや事例等を踏まえた分かりやすい内容となることが期待される。その中で、近年の自助、共助の重要性や、社会における自助、共助に対する再認識の状況、具体的な自助、共助の体制とその事例等を紹介することにより、自助及び共助の精神を知るきっかけとなることも考えられる。

また、地域の人の被災経験等の話を聞くことにより、より身近な災害の危険性に気づき、主体的に考え、活動する動機付けになる。被災状況の中で、近所や各関係者による助け合いの体験談に触れ、自助、共助、公助の役割を認識することも期待される。

- ・ まちを歩いて防災に関わる場所を見つける

まち歩きを行う際には、子どもたちの安全性から引率するスタッフが必要になる。保護者をはじめ、地域住民と連携することにより、子どもたちの安全を確保するとともに、大人たちが地域を見直すきっかけになることが期待される。

3.1.3 「防災学習マニュアル」の学習メニュー

「防災学習マニュアル」では、既存カリキュラムや限られている時間の中で、水防災学習が負担にならず実施できるよう、実施内容毎にメニュー化した。各メニューは概ね1～6時限の間で実施できるように内容をコンパクトにまとめ、学校や地域の状況に併せて選択できるよう整理を行った。

表3-3 防災学習マニュアルの学習メニュー

学習目的	学習メニュー
調べる 【気付き】	A：映像資料を見る B：地図を見る C：ハザードマップを見る D：講話を聞く E：インタビューをおこなう F：まちを歩いて防災に関わる場所を見つける
まとめる 【考える】	G：マイハザードマップをつくる H：自分ができることについて話し合う
発表する 【定着させる】	I：これまでの結果を発表する

表3-4 教科書の単元と学習メニューとの関係

学年	教科書	学習内容	関連する学習メニュー
5年	社会	我が国の通商などの産業 <ハザードマップによる情報提供、災害時の情報収集・提供の方法、各種情報等の意味>	C D G
	理科	我が国の国土の自然などの様子 <災害の起こりやすい地形、気候等>	A C
		天気の変化 <台風による被害、洪水のメカニズム>	A C D E F G H
	国語	流れる水の働き <川の上・中・下流の様子と水の働き、洪水時の川の様子と水の働き、洪水を防ぐ工夫>	B C D F
		質問の手紙を書こう	D
		自分の意見を人に伝えるスピーチをしよう	I
6年	敬語を適切に使う	D E F	
	社会	我が国の政治の動き <災害に備えるしくみ>	A C D F
	理科	大地のつくりと変化 <洪水・地震>	A B D E F
	家庭	地域へふれあいを広げる <消防団、水防団等の地域の防災に関わるつながり>	D E F H
国語	依頼の手紙を書く	D I	

学習メニューを表3-3に示す。

「防災学習マニュアル」では、地域の情報を地図を使って把握する内容を含んでいることから、地図の読み込みができる5年生及び6年生を対象とした。水防災教育の内容や学習時間等の状況にあわせてメニューを選択し、組み合わせて実施することが可能である。

なお、全ての学習メニューを実施するには20～30時限程度を要する。

3.2 「水防災教育素材集」の作成

3.2.1 「水防災教育素材集」の作成方針

前節で検討した「防災学習マニュアル」では全ての学習メニューを実施するには20～30時限程度を要することもあり、水防災教育に非常に熱心な学校や教諭向きである。

学校教育現場において、水防災教育を幅広く普及していくためには、「総合的な学習の時間」で水防災教育に時間を確保できない学校のニーズに対応するため、「教科学習の時間」において比較的短時間に実施できることが必要である。

このことから、「水防災教育素材集」の作成方針は以下のとおりとした。

- ・水防災教育の裾野を広げる視点から、「教科学習の時間」に短時間で実施可能な学習手法を検討する。
- ・学習手法の検討にあたっては、実際の授業との関連を明確にするため、教科書に掲載されている学習内容を参考にする。
- ・水防災教育に関する基礎的な知識、出前講座、活用可能なツール、ウェブサイト等の情報を掲載するなど、水防災教育に関する知識・情報を容易に入手できるよう配慮する。

3.2.2 「水防災教育素材集」の作成内容の検討

小学校教諭向けの指導手法に関する資料づくりの方針として、「教科学習の時間」に実施可能な学習手法を検討することとしたことから、「教科学習の時間」における水防災教育に利用可能な内容を、教科の具体的な学習内容や教科書掲載内容、さらには出前講座等で使用されている資料を整理して、分析を行った。

「教科学習の時間」における学習内容については、教育課程の基準となる「学習指導要領」（文部大臣公示）において具体的な学習内容が定められている。このため、学習指導要領に定められている主な学習内容を示し、水防災教育に利用可能な単元として社会、理科、生活科、家庭科から11単元の抽出を行った。（表3・5）

「教科学習の時間」に対応するため、現行の教科書を分析して水防災教育が関連する単元に沿った学習内容・手法の検討を行った。

検討は学習指導要領から抽出した実施可能な単元（表3・5の11単元）を対象に、図3・2の通り、単元の目標を学習指導要領から整理し、学校で利用されている教科書から学習内容及び学習の流れ・表現手法を整理した。

表3・5(1) 取り込み可能な教科書の単元と内容

・社会（小学3・4年）

No	水防災教育に取り込み可能な教科書の単元	水防災教育に取り込み可能な内容
1	○身近な地域：場所によって違いがある ・特色ある地形、土地利用の様子、公共施設の場所と働き、交通の様子など	・身近な地域の災害にかかわる地形 ・土地利用の様子
2	○災害や事故から安全を守る工夫 ・関係機関の働きと従事者の工夫や努力 ・関係諸機関が相互に連絡を合いながら緊急に対処する体制をとっている	・洪水時の関係機関の働き ・洪水への対策
3	○人々の生活の変化、先人の働きや苦心 ・古くから残る暮らしに関わる道具 ・地域に残る文化財や年中行事 ・地域の発展に尽くした先人の具体事例	・洪水に備えた道具、住まい方 ・洪水に関わる年中行事 ・洪水に携わった先人の働き
4	○県内の様子を白地図にまとめる ・県内における自分達の市の地理的位置 ・県全体の地形や主な産業、交通網など ・県内の特色ある地域の人々の生活 ・人々の生活や産業と国内他地域や外国とのかかわり	・県の特徴的な地形と水害の関わり
5	○我が国の国土の自然などの様子 ・国土の位置、地形や気候、気候条件 ・公害から国民の健康や生活環境を守る ・国土保全や水資源涵養の為の森林資源	・洪水の起こりやすい地形、気候

・社会（小学6年）

No	水防災教育に取り込み可能な教科書の単元	水防災教育に取り込み可能な内容
6	○我が国の歴史上の主な事象 ・大和朝廷による国土の統一の様子 ・天皇を中心とした政治の確立や日本風の文化 ・武士による政治の始まりや室町文化・戦国の世の統一 ・武士による政治の安定や新しい学問 ・欧米の文化を取り入れた近代化 ・我が国の国際的地位が向上 ・戦後の民主的な国家としての出発、国民生活の向上と国際社会での役割	・歴史上の有名な河川事業 ・治水に携わった先人の働き

表3-5(2) 取り込み可能な教科書の単元と内容

・理科 (小学4年)

No	学習指導要領による学習内容	水防災教育に取り込み可能な内容
7	○温度と水の変化との関係 ・水は温度によって、水蒸気や氷に変化する ・水は地表から蒸発し、水蒸気から結露して水になって表れる	・(発展) 水の循環

・理科 (小学5年)

No	学習指導要領による学習内容	水防災教育に取り込み可能な内容
8	○天気の変化 ・一日の天気の様子の観測 ・気象情報を用いた気象予測	・大雨の際の降雨の様子 ・雨量観測方法 ・洪水のメカニズム ・地域の台風による被害 ・台風と人々の生活
9	○流れる水の働きと土地の変化 ・流れる水の土地を削る、石や土を流す・積もらせる働き ・雨の降り方による流れる水の違い(速さ、量)、増水による土地の様子の変化	・洪水時の川の様子、水のはたらき ・災害を防ぐ工夫

・生活科 (小学1・2年)

No	学習指導要領による学習内容	水防災教育に取り込み可能な内容
10	○公共物や公共施設 ・公共物や公共施設はみんなのものであり、それを支えている人々がいる	・堤防、河川敷などの洪水を防ぐ施設とそれを守る人

・家庭科 (小学5・6年)

No	学習指導要領による学習内容	水防災教育に取り込み可能な内容
11	○近隣の人々とのつながり、家庭生活を工夫する	・水防団、地域の水防にかかるつながり

3.2.3 「水防災教育素材集」の学習メニュー

水防災教育を実施していない小学校が本素材集を活用することで、スムーズに水防災教育が実施され、全国的に広く水防災教育の普及を図ることを目的とするため、「教科学習の時間」に対応することで、教科書に掲載されるような素材内容を検討し、12個の単元内容を抽出した。(表3-6)

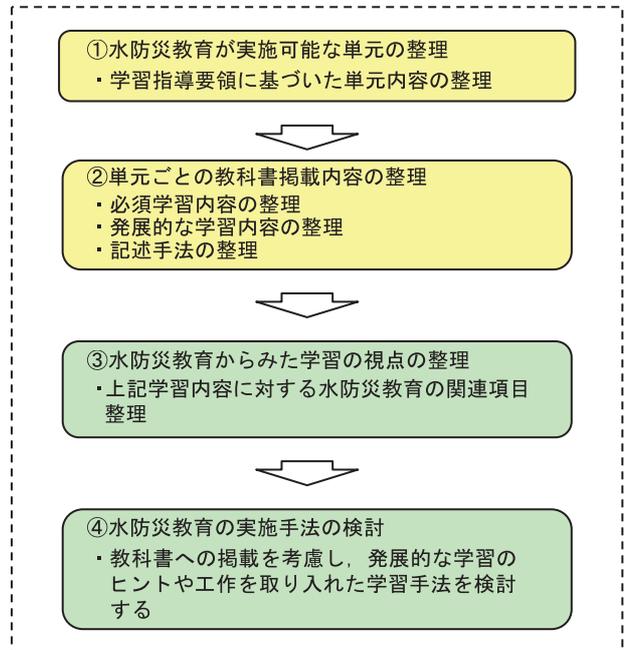


図3-2 水防災教育内容の検討フロー

表3-6 水防災教育素材集で対象とする単元

教科	学年	学習指導要領に基づく単元の内容
社会	3・4	身近な地域や市、場所によって違いがある
		災害や事故から安全を守る工夫
		人々の生活の変化、先人の働きや苦心
		県内の様子を白地図にまとめる
理科	5	我が国の国土の自然などの様子
	6	我が国の歴史上の主な事象
	4	水のすがたとゆくえ
	5	天気の変化
		台風と天気の変化
生活	1・2	公共物や公共施設
家庭	5・6	近隣の人々とのつながり、家庭生活を工夫する

それぞれのメニューの実施に必要な時間数は1~3時間程度とし、内容は、基本的な手法のみを記載するにとどめ、使用者がアレンジしやすいものを示すものとした。

また、「水防災教育素材集」が対象とする学年は主に小学4~6年生だが、メニューにより1~3年生においても実施可能である。

4. モデル授業の実施等による課題把握

作成した「防災学習マニュアル(2次案)」や「水防災教育素材集(2次案)」を実効性のあるものにするためには、教育現場で使用する教諭から意見聴取することに加え、教育現場で実際に活用し、問題点

や課題等を明らかにした上で更新することにより、更に使いやすく、充実した内容にする必要がある。

そこで、本マニュアル等を用いて、試行的に授業を実施できる小学校（防災教育モデル校）を選定し、モデル授業の実施等を通して、課題の把握等を行った。（図4・1）

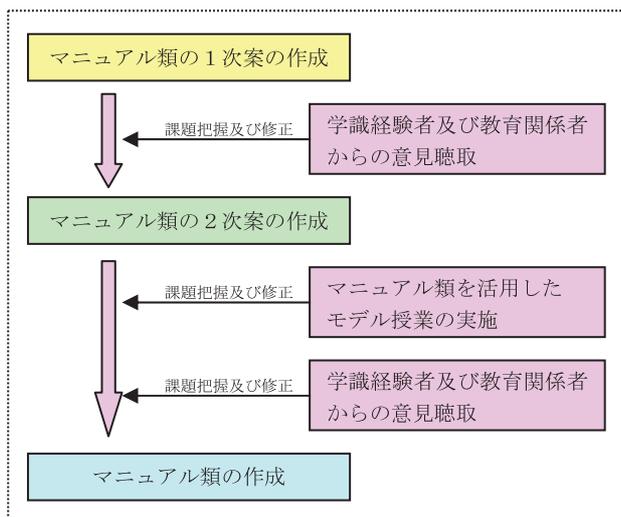


図4・1 マニュアル類作成フロー

4.1 水防災教育モデル校の選定

試行的に授業を実施できる小学校（防災教育モデル校）を選定するため、以下の観点から候補となる小学校を整理した。

- ・ マップづくり等、防災教育を実施している小学校
- ・ 水害による被災経験から潜在的な防災教育のニーズがある小学校
- ・ 流域において防災対策を実施しており、防災教育に関心が高い小学校

候補となる小学校から2校をモデル校として選定した。モデル校の概要は以下に示す。

1) 高知市立大津小学校

「98年高知豪雨」で大津小学校の1階部分はほとんど水没し、復興までに長い苦労があった。大津小学校児童の家の多くは水没し、恐怖の体験・復興の苦労を経験している。子どもたちには水害の記憶が今も残っており、水害のトラウマは多くの子どもたち



写真4・1 「98年高知豪雨」による大津小被災状況（高知新聞HPより）

にまだ残っていた。また、最近では「南海地震」がマスコミでも多く取り上げられている地域である。そこで災害を恐れるだけではなく、災害に立ち向かっていける正しい知識・自助・共助の「防災力」を子どもたちにつけることをゴールとして、防災教育を継続的に実施しており、授業も基本的に組み立てて進めることができる先進校として選定した。

2) 豊岡市立小坂小学校

平成16年の台風23号による水害で、校舎の1階部分が水没する被害に見舞われ、それを機に学校防災体制の整備や防災教育の推進に取り組み始めたところである。これまで、災害記録の作成や被災日をメモリアルデーとして地域発信を行ってきており、今後具体的に防災教育を展開していく予定の小学校として選定した。



写真4・2 「台風23号」による小坂小被災状況（小坂小学校HPより）

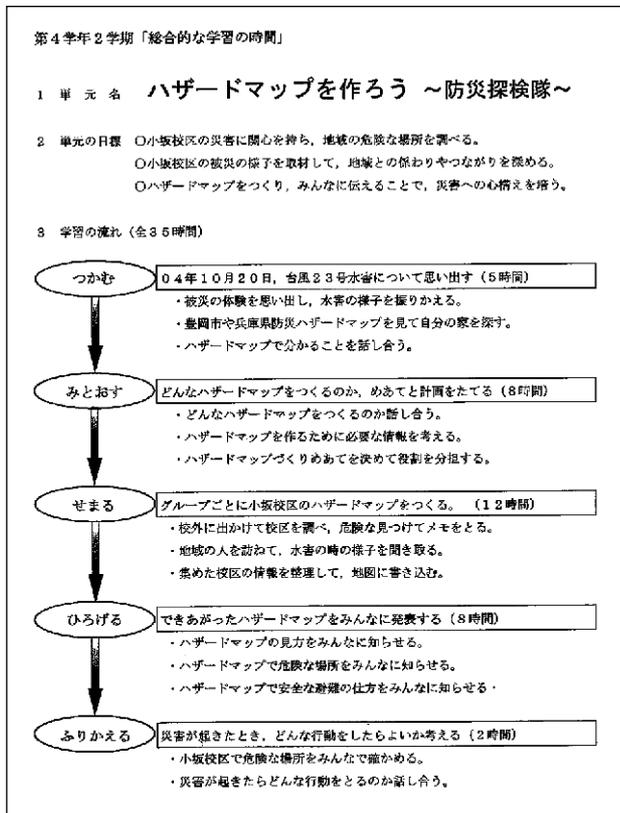


図4・2 小坂小学校防災教育計画（4年生）

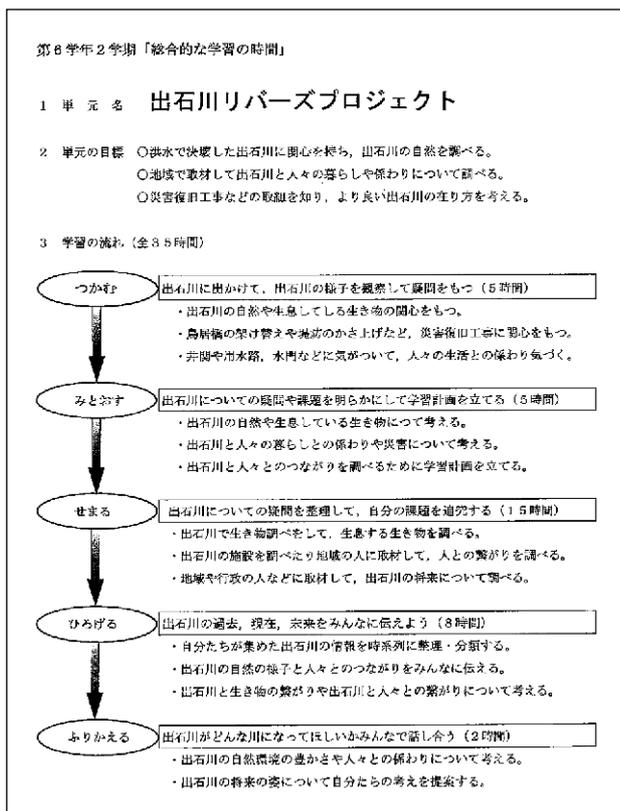


図4・3 小坂小学校防災教育計画（6年生）

4.2 モデル授業実施状況

4.2.1 講話を聞く・出前講座

昔にあった地域の災害の話を書くことを通じて、身のまわりにも災害の危険性があることを気付かせ、防災・減災に向けた取組について河川管理者や地域の消防団から講話をしていただいた。

学校のニーズにあった授業とするため、活動の目的や講話の趣旨について、事前に講師と打合せを行うことが必要である。



写真4・3 講話の様子

（左：豊岡河川国道事務所による出前講座，
右：大津小の地域の方による講話）

4.2.2 まち歩き学習

昔の災害場所を見つけることにより、昔の災害について実感させることを目的に、過去の破堤箇所の確認を行った。また、堤防等の洪水対策施設や宅盤嵩上げによる災害対策を見学し、地域に災害を防ぐための施設があることを気付かせた。さらに、避難の際に危険な箇所の確認を行い、避難時に危険箇所があることを気付かせた。



写真4・4 まち歩き学習の様子

（左上：洪水対策施設の確認，右上：危険箇所の確認，
左下：宅盤嵩上げの確認，右下：破堤箇所の確認）

4.2.3 インタビューを行う

過去の洪水について、地域の被災経験者に洪水の様子や避難の際の注意事項等をインタビューを行い、身近に災害の危険性があることに気付かせた。

事前にインタビューする内容などを話し合い、内容を決めておくとスムーズに行うことができる。



写真4・5 インタビューの様子

(左：事前に児童同士でリハーサル、右：本番)

4.2.4 マイハザードマップづくり

これまでの学習を基にマイハザードマップを作成し、災害が発生したときの安全な場所や対処方法を考えさせた。マイハザードマップの目的や使い方を考えさせることにより、災害時に必要となる助け合いについても考えさせた。

作成にあたっては、地区別に行うと土地勘がありスムーズに実施できる。



写真4・6 マップづくりの様子

4.2.5 成果の発表

地区毎に作成したマイハザードマップの発表を行った。これまでに学習してきたことを発表・評価することにより、これまでの情報・成果を共有することができ、各地区の発表を通じて水防災の考え方を共有し、自分たちができる活動に発展することができる。

また、他の学年に対してや保護者会等で発表を行った。他者への発表は水防災意識の啓発に有効である。

今回のモデル授業の中には、作成したマイハザードマップを地域に各戸配布したのものもあり、地域へ



写真4・7 成果の発表の様子



写真4・8 モデル授業作成されたマップ

の水防災意識の啓発も行った。

4.3 モデル授業の実施結果

モデル授業実施状況把握結果より、個々の活動内容に対する防災学習の課題の把握を行った。主な課題として、大きく以下の4点が考えられる。

- ・まち歩き及びインタビューでは、特に実施に係る計画・準備が重要である。より良い計画策定のために、方法例・準備に必要なものを示し、指導者の負担を軽減する必要がある。
 - ・外部講師（行政職員、消防署員、地域住民等）の活用が重要である。
 - ・児童の校外における活動での安全管理が重要である。
 - ・発表やアクティビティは、水防災学習の理解を深めるとともに他の人へ知らせるために重要である。
- また、水防災教育のモデル授業を行ったことにより、児童や地域にどのような効果があったかを、学校教諭に確認を行った。主な意見は以下のとおりであった。
- ・生徒が家庭に持ち帰り、親から意見をもらうよ

うにしたことから、保護者に関心を持ってもらうことができた。

- ・自分で防災のことにについて考えることにより、防災に対する意識が高くなった。
- ・自分と水害の関係を考えるだけでなく、お年寄りなど、地域に住む方のことを考えられるようになった。
- ・普段、防災のことを観念に自分達が住んでいる地区を歩くことが無いため、今回のマップづくりで自分たちの地区のことを調べることができた。

5. 今後の展開について

5.1 水防災教育普及の仕組みづくり

「防災学習マニュアル」及び「水防災教育素材集」を積極的に現場（小学校、地域等）で活用し、使用者からの意見等を聴取するフォローアップを行いながら今後も更新を続けていくことが重要である。そのため、国土交通省の組織力（各地方整備局及び事務所等）を活かし、これまで培った各地域との連携により、確実に水防災教育を普及させていくことで防災まちづくりの活性化と地域防災力の再構築が図られるものと考えられる。

今回検討を行った水防災教育手法は学校教育現場（小学校児童）を対象としているが、最終的には、地域防災力の向上に寄与することをねらいとしている。

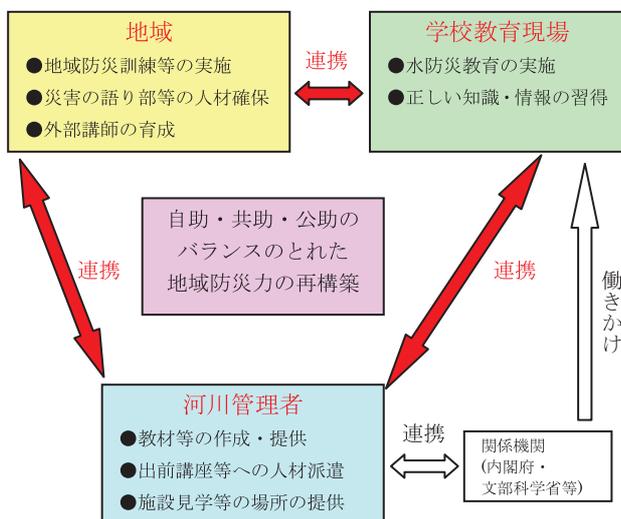


図5-1 水防災教育の普及の仕組みづくり

したがって、各関係機関との連携構築も視野に入れ、各主体の防災教育への働きかけや情報交換等を積極的に行い、地域防災力の再構築を目指すことが重要である。連携のあり方を含めた防災教育の継続的な普及のための仕組みを図5-1に示す。

5.2 流域版教材の作成

「防災学習マニュアル」及び「水防災教育素材集」は全国で幅広く活用できるよう作成したものである。

比較的近年に洪水により被災した地域（H16年の台風23号で被災した兵庫県の円山川流域やH18年豪雨により被災した鹿児島県の川内川流域等）や過去には甚大な水害が多発していたが、治水事業の進捗等により近年、大きな水害も無く、流域住民の水害に対する意識の低下が懸念されている地域では、水防災教育の必要性の高い地域であり、地域防災力の再構築が急務と考えられる。

このような地域では、教育関係者に「防災学習マニュアル」及び「水防災教育素材集」の周知を図るとともに、それぞれの流域特性や過去の水害等について詳しく記載した「流域版教材」を作成することにより、水防災教育がより広く普及していくものと考えられる。



写真5-1 平成18年豪雨被災状況(鹿児島県さつま町)
(平成18年水害レポート2006より)

謝辞

本研究は、国土交通省河川局防災課の委託業務の一環として実施したものである。なお、本研究を実施するにあたり、矢田部龍一愛媛大学教授、豊岡市立小坂小学校、高知市立大津小学校、燕市立大関小学校、豊田市立畝部小学校の方々に、貴重なご意見、ご指導を頂きました。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会河川分科会 豪雨災害対策総合政策委員会：総合的な豪雨災害対策の推進について（提言），2005.4
- 2) 豊岡市立小坂小学校ホームページ
<http://www2.city.toyooka.hyogo.jp/edu/school/osaka-es/index.htm>
- 3) (社)日本河川協会：水害レポート2006，2006.11
- 4) (社)日本河川協会：水害レポート2004，2005.3
- 5) 文部省：小学校学習指導要領，1998.10
- 6) 文部科学省：新学習指導要領，2008.3

3) 河川水難事故の動向と河川の安全利用 に向けた取り組みに関する研究

宮尾 博一*・清水 晃**・吉野 英夫***・土井 康義****

1. はじめに

平成20年7月は、神戸市の都賀川において急な増水で5名が亡くなるなど、例年になく痛ましい水難事故が発生した。川は最も優れた環境教育の場であり、河川学習や人格形成の場でもある。そのような川の魅力を認識し「川に学ぶ社会」の構築を目指して取り組んでいるところであるが、水難事故については大きな課題である。

本稿では、水難事故の低減に向けて、過去の河川水難事故の発生動向を分析するとともに、注目すべき事象について詳細分析を行った。さらに現状の水難事故防止対策の取り組み状況と比較することで課題を整理し、今後の方向性について整理した。

2. 河川における水難事故防止施策経緯

わが国の河川行政は、古くから治水、利水に取り組み、その結果、洪水や渇水についてはある程度の改善がみられてきた。しかし一方で、川の構造改変、水質汚濁及び「川は危険だ」という意識の拡がりなどから、人間の川離れを誘発してきた。本来、川は人間の生活から最も近い自然空間であり、様々な資質や能力を育成させることのできる優れた学びの空間であったが、そのような川の多面的な価値が活かされてこなかったと言える。

そこで国土交通省では、平成9年の河川法改正を契機として、平成10年6月に「『川に学ぶ』社会をめざして」の報告を出し、人間を再び川に呼び戻し、

流域ごとに特徴ある川と人間社会の関係の再構築に取り組んできた。しかし一方で、平成11年8月の玄倉川での事故に代表されるように多くの水難事故が発生した。そのため、平成12年10月に「恐さを知って川と親しむために」の提言を出し、大きく4本の柱をたてて安全な河川利用に向けて取り組んできた。

～「恐さを知って川と親しむために」提言～

- 1) 河川利用者等を対象とした情報提供の充実
- 2) 学校教育や社会教育における安全意識の啓発
- 3) 流域における関係機関の連携の充実
- 4) 緊急時を想定した体制等の構築

それでも、河川水難事故は依然として全国各地で発生しており、特に平成18年8月には、河川の急な増水による水難事故が連続して発生した。同省では、その後ただちに検討会を設置して、平成19年6月に「急な増水による河川水難事故防止アクションプラン」を公表し、河川水難事故の防止に取り組んできた。

平成20年7月には、冒頭に記した都賀川において、10分間に1m以上も水位上昇するほどの急な増水による水難事故が発生した。これは、避難時間がほとんど確保できないという新しい事象であるが、近年のゲリラ豪雨の多発状況に鑑みると、今後も各地で発生する可能性がある。そこで同省では、河川特性も考慮しつつ、「中小河川における水難事故防止策の検討」を進めている。

* (財) 河川環境管理財団 審議役 兼 子どもの水辺サポートセンター長

** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第一部長 兼 子どもの水辺サポートセンター次長

*** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第一部長 兼 子どもの水辺サポートセンター次長

**** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第一部長 兼 子どもの水辺サポートセンター研究員

表2-1 急な増水による河川水難事故防止
アクションプラン

<p>I. 国土交通省河川局が緊急に取り組む事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・きめ細かいレーダー雨量情報の提供 ・急な増水の危険性を啓発するリーフレットの作成 ・安全な河川利用に係る取り組み事例集の作成 ・河川水難事故の救助等に関する省庁間連携 ・「子どもの水辺」に関する省庁間連携
<p>II. 河川管理者（地方整備局、都道府県等）が関係機関や地域の方々と連携するなどして取り組む事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・河川情報入手先の現地での周知 ・コンビニ等を活用した安全な河川利用に関する情報提供 ・河川管理者による啓発活動の強化 ・各地域における関係機関の連携強化 ・急な増水の危険性を周知する啓発看板の設置 ・急な増水時の多様な注意喚起方法の検討
<p>III. 河川管理者（地方整備局、都道府県等）が関係機関や地域の方々に呼びかける事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・川の安全講座等の促進 ・気象情報等のメール配信サービス活用の促進

3. 水難事故の動向分析

3.1 データ収集

水難事故のデータについては、毎年警察庁から提供されている「水難事故概況資料」と、新聞やインターネット等で取り上げられた報道資料の2つのデータを用いた。それぞれのデータには一長一短があったため、お互いを補完しあう形で用いることとした。

3.1.1 警察庁の水難事故概況資料

本データは、警察より毎年発表されているものである。事故調書に基づいて作成されており、事故件数は実態に近いものとなっている。しかしながら、提供される情報は事故件数や場所別、年齢別の水死者数など、限定的な内容となっている。そのため、全体的な推移を把握するには適しているが、詳細分析には不適なデータとなっている。

本稿では、平成11年から平成18年の過去8年分のデータを対象とした。

3.1.2 新聞、インターネット報道資料

本データは、新聞やインターネット等で報道され

た記事をその都度収集してきたものである。このデータは報道されたもののみが対象となるため、実態よりも件数が少ない可能性がある。しかし、一事例あたりの情報量は詳細な内容まで含まれており、事故の詳細分析には適している。

このデータについては、平成15年から平成19年までの過去5年間分を対象とし、合計477件のデータを収集した。

3.2 水難事故の動向分析結果

3.2.1 水難事故件数、水死者数の推移

水難事故の発生件数と水死者の推移を図3-1に示す。

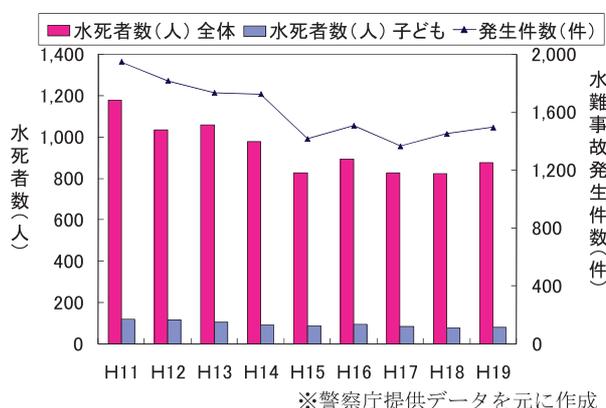


図3-1 水難事故件数、水死者数の推移

事故発生件数は平成15年頃までは減少傾向を示していたが、ここ5年は横ばいで推移している。また、水死者全体数についても同様の傾向を示している。一方、子どもの水死者数については、平成11年以降ほとんど変化していない状況となっている。

このうち水死者数について、場所別、年齢別の推移を図3-2に示す。

海の全体数を見ると、図3-1の発生件数のグラフと同じように、減少傾向を示したあと、ここ5年くらいは横ばい傾向を示している。一方、河川の方では平成11年以降、ほぼ横ばいとなっていることがわかる。

以上のことから、河川においては、平成11年から現在まで水死者数がほとんど減っていないと言える。また子どもの水死者数をみると海よりも河川の方が

多くなっており、特に平成19年には子どもの水死者数が急増している状況が見て取れる。すなわち、河川において、特に子どもの水難事故は改善されていない状況にあると考えられる。河川管理者としても、まずこの現状を認識しておくことが必要である。

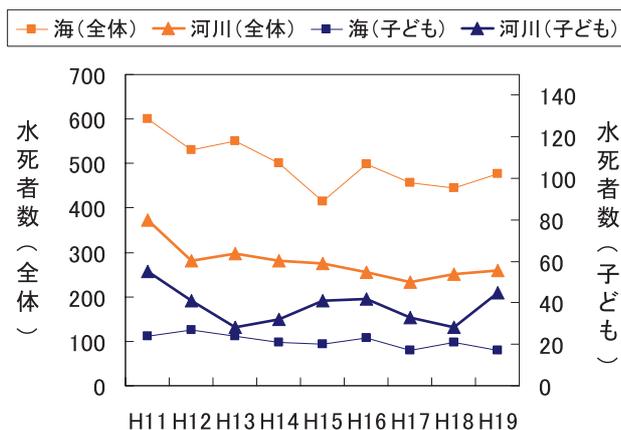


図3-2 水難事故件数，水死者数の推移

3.2.3 水難事故の発生時間帯

水難事故の発生時間帯の状況を図3-4に示す。

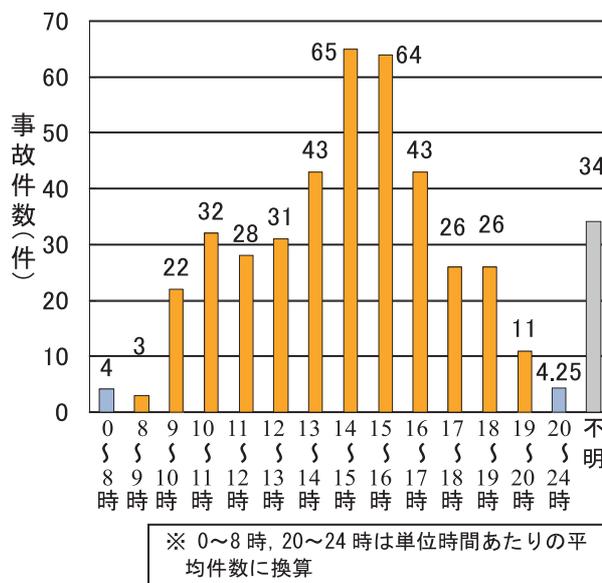


図3-4 水難事故発生時間帯

3.2.2 水難事故の発生シーズン

前節までの結果を踏まえ、本節以降では、河川における水難事故について、新聞報道データを用いて詳しく分析する。

水難事故の発生シーズン（月）の状況を図3-3に示す。

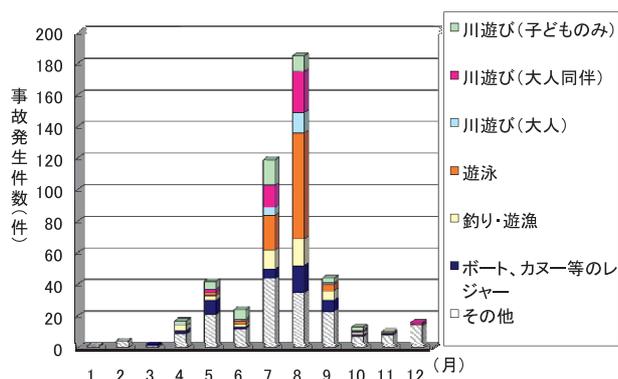


図3-3 水難事故発生シーズン（月）

発生月は概ね5～9月が多く、特に7～8月が多くなっている。また、行動内容についても各月で傾向が見られ、7～8月は遊泳や大人同伴での川遊びによる事故が多く、5、9月はカヌー等による事故の割合が多くなっている。

発生時間帯については、13～17時が多く、特に14～16時が多くなっている。この時間帯は、一般に集中力の切れる危険な時間帯であると言われているが、今回の分析結果からもそれが裏付けられている。利用者が多い時間帯でもあるが、その点を考慮しても注意すべき時間帯であると言えるだろう。

3.2.4 水系別の水難事故発生状況

水系別の水難事故発生状況を図3-5に示す。

水系別に見ると、淀川水系や長良川水系（長良川とその支川は、河川管理上は木曾川に属しているが、本稿では別の水系として取り扱った。）など、事故が多発している水系が存在していることがわかる。

次いで多摩川水系や利根川水系、紀の川水系、木曾川水系などで多くなっている。これらは、共通点として大都市を流域内に擁するか、あるいは流域が大都市圏に近接して位置していることがあげられる。大都市圏は人口が多いことから、川遊びやレジャーで訪れる利用者も多いと考えられ、そのような水系は特に注意が必要である。

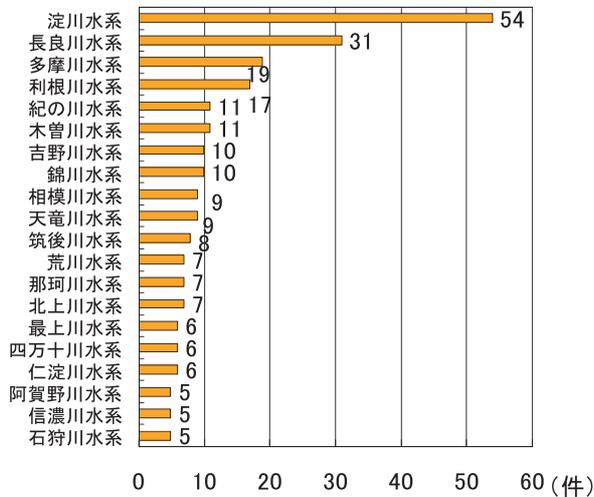
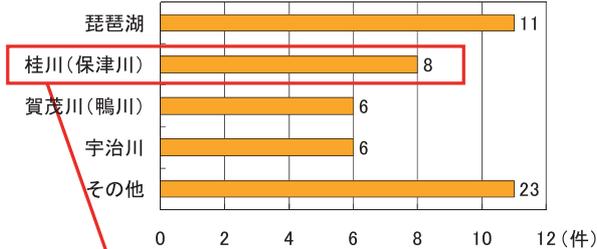


図3-5 水系別水難事故発生状況

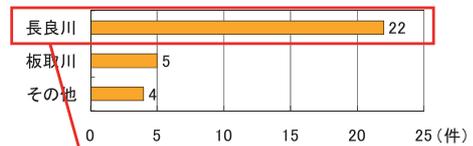
ここで、特に発生件数の多い2水系（淀川、長良川水系）について詳細をみると、淀川水系（図3-6）では、琵琶湖で11件、保津川で8件、加茂川、宇治川で6件ずつとなっており、同じ河川で頻発している状況が伺える。特に保津川においては、保津峡付近で一年間に5件もの水難事故が発生するような事故多発地点が存在している。



No.	発生場所	H15	H16	H17	H18	H19	合計
1	京都市 保津峡付近	5	1				6

図3-6 淀川水系の詳細な事故発生状況

長良川水系（図3-7）においても、事故の頻発する河川が存在しており、長良川だけで22件の水難事故が発生している。長良川の事故地点を見ると、大きく分けて4つの地点に集中していることがわかる。特にNo.4の千鳥橋付近は、昔から事故多発地点として知られていた場所であり、そのような場所で平成19年に改めて2件発生したケースである。



No.	発生場所	H15	H16	H17	H18	H19	合計
1	美濃市 美濃橋付近				3	2	5
2	関市 池尻地先の急湾曲部				3		3
3	岐阜市／関市 今川分派点～合流点付近	1			2		3
4	岐阜市 千鳥橋付近					2	2

図3-7 長良川水系の詳細な事故発生状況

3.2.5 行動区別の水難事故発生状況

事故時の行動区別の事故発生状況を図3-8に示す。

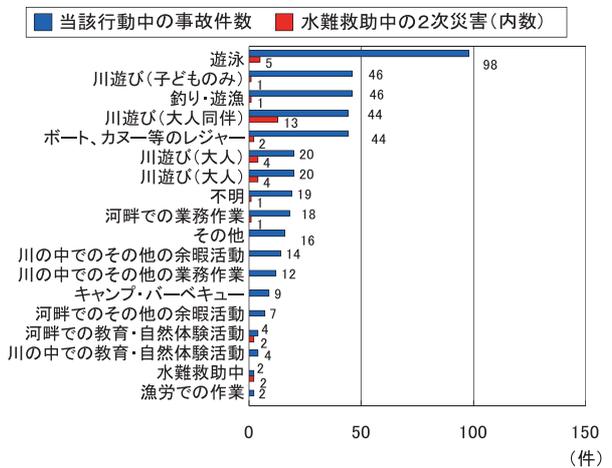


図3-8 行動区別の事故発生状況

行動区別の事故発生状況をみると、「遊泳」が最も多く、次いで「子どもの川遊び」や「釣り・遊漁」「大人同伴での川遊び」,「ボート、カヌー等のレジャー」が多くなっている。

また、全件について事故発生形態を見てみると、「水にのまれる」が最も多く、次いで「岸から転落」,「水路に転落」,「ボート転覆」,「釣り」といったキーワードが多くみられる。

中には冒頭に例示した都賀川の事故のように、「急な増水」や「鉄砲水」によるものも複数発生していることがわかる。

なお、ここで最も注目すべきことは、「大人同伴の川遊び」において、44件中13件で二次災害が発生しているということである。大人がついていても、

表3-1 事故発生形態別の件数

事故発生形態	件数	事故発生形態	件数
水にのまれる	198	飛び込み	3
岸から転落	74	ダム水抜き	2
水路に転落	31	橋から飛び込み	2
ボート転覆	28	安全装備の知識不足	1
釣り	23	堰の不備	1
その他	18	堰堤から転落	1
急な増水	13	堰堤から飛び込み	1
水上バイク操作ミス	11	岸から飛び込み	1
ボートから転落	10	潜水訓練	1
橋から転落	10	装備の危険	1
滝つぼ	10	側溝に転落	1
不明	10	沢のぼり	1
堰堤	6	堤防から転落	1
ホームレス	4	土砂崩れ	1
街中洪水	4	浮き袋から転落	1
浅瀬での転倒	4	路肩不備	1
鉄砲水	3	合計	477

いざ子どもが溺れたときには、救助に入り逆に自分が被害に遭ってしまうケースが3割発生している。なお、5年間の二次被害者総数は46人となっており、死亡率は74%にもものぼっている（図3-9）。

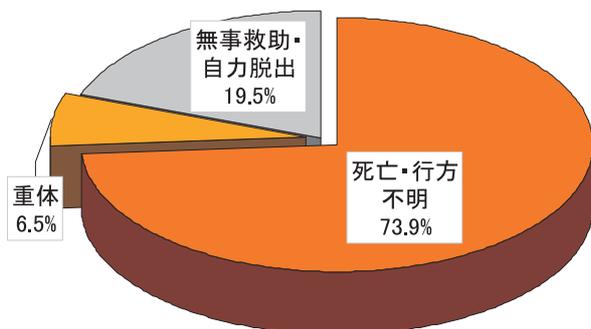


図3-9 二次被害者の状況

3.2.6 河川構造物との関連について

河川構造物との関連に図3-10に示す。

河川構造物との関連では、取水堰・頭首工に絡んだ事故が多発している。堰周辺では、その存在によって複雑な流れが発生することが多く、それが水難事故の要因となっている可能性が考えられる。

3.3 動向分析結果からの教訓

以上、水難事故の動向について整理してきた。このような見方をすると、水難事故の多発する時期や時間帯、行動内容などに幾つか傾向を見出すことができ、また事故多発地点の存在や河川構造物との関

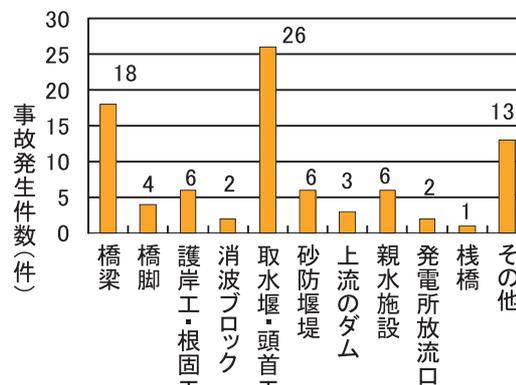


図3-10 河川構造物と水難事故との関連

連性を捉えることができる。

今後はこれらの結果を踏まえて、例えば適切な時期に適切な行動に対する注意喚起をしていくこと、あるいはパトロールや警報発令などの、注意喚起の際に時間帯が関係する場合には、事故の多発する時間帯の存在に留意して取り組んでいくことが求められる。また、多発地点の事故については、詳細な分析を行えば危険予測及び回避が可能であると考えられ、分析に裏付けされた効果的な取り組みを実施していくことが求められる。二次災害が多発している件も、例えば、河川利用者に対して水難救助の難しさを含めて川のリスクマネジメントについての知識を幅広く指導していくことが必要である。

4. 注目すべき水難事故事例分析

本章では、前章で整理した事例の中から、同じ地点で繰り返し事故が発生している「事故多発地点」と「河川構造物（ローヘッドダム）」に関する事故を取り上げ、詳細分析を行った。そこには、注目すべき複雑な流れが存在しており、河川利用者の安全に向けた啓発活動において、是非把握しておくべき内容が含まれている。

4.1 事故多発地点の事例1（長良川の事例）

長良川の4か所の事故多発地点の中から、複雑な流れに起因していると考えられる千鳥橋付近の事例について取り上げる。



写真4・1 長良川・千鳥橋付近の写真

写真4・1は現場の空中写真である。

この地点は昔から事故多発地点として知られているところであり、これまでも看板の設置など、水難事故防止に向けた取り組みが行われてきたところである。そのような取り組みの成果が得られたかと思われた矢先に平成19年の事故が発生した。

川は写真の右から左方向に流れており、左岸に張り出した岩盤に突き当たって大きく右へと湾曲している。本地点には右岸側に大きな河原があり、バーベキュー等の利用客で賑わっている。ここでの事故の多くは、そのような利用客が川に立ち入って溺れてしまったものである。

本地点は、右岸側の河原からみると写真4・2のように見え、一見するととても穏やかな流れであると受け取れる。利用者はこの雰囲気により、軽い気持ちで川に入り、対岸の岩盤まで泳ごうとして溺れた、また飲酒による判断ミスや体力低下が原因となって溺れた可能性が考えられる。

この現場を左岸の遊歩道から見下ろすと、写真4・3のようである。

この写真を見てもわかるとおり、乱雑な波紋や円形の渦が入り乱れた複雑な流れとなっている。

この現場に潜った経験のある水中カメラマンに水面下の様子をヒアリングしたところ、以下のような興味深い証言が得られた。

- ・水衝部にあたる岩盤は、水面下でえぐられており、アンダーカットされた状態になっている。



写真4・2 右岸側から見た事故現場



写真4・3 左岸側から見下した事故現場

- ・そのアンダーカット部に向かって勢いよく向かう流れが生じている。その流れに呑まれると強く引き込まれる力を受ける。
- ・岩盤前の淵は水深20m近くあり、底面方向へ引き込む流れや、湧水で湧き上がる流れが入り乱れている。
- ・材木の破片が浮いた場合、渦に吸い込まれて見えなくなり、しばらくすると下流に浮いてくるという現象が見られる。

この付近では右岸の浅場から左岸の岩盤前に形成された淵に向けて急に落ち込み、また淵には流れの変化によって生じた川底方向、および岩盤のポケットへと強く引き込む渦が発生している（図4・1）。利用者は浅場から深みに立ち入って溺れ、その後、渦に巻かれた可能性が考えられる。

本地点での事故に対する取り組みとしては、まず上述した複雑な流れの特性をしっかりと解明し、危

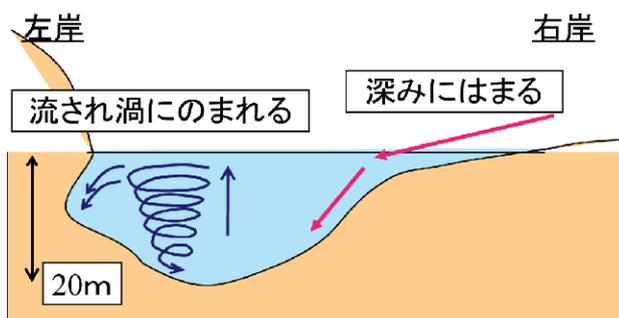


図4-1 千鳥橋付近の地形や流れのイメージ図

険内容を具体的に利用者へ知らせることが必要である。また、夏場などの利用者の集中する時期には、巡視を行うとともに日頃から川の安全な利用に関する指導の実施と指導者の育成が求められる。

4.2 事故多発地点の事例2（保津川の事例）

京都の保津川の事例は、平成15年の1年で5件もの事故が相次いで発生した地点である。

現場付近の河道は、峡谷を左右に蛇行しながら流れており、保津峡駅付近では、南から北に流れてきた保津川が、駅北側の左岸にある『壁岩』と呼ばれる大岩壁にぶつかり、右に急湾曲して東方向へ直角に流向を変えている（図4-2）。屈曲点の右岸側には州浜が形成されており、平安時代にこの付近で清和天皇が鶴飼をして川遊びを楽しんだという伝承もあり、「鶴飼が浜」、「うこうの浜」と呼ばれている。

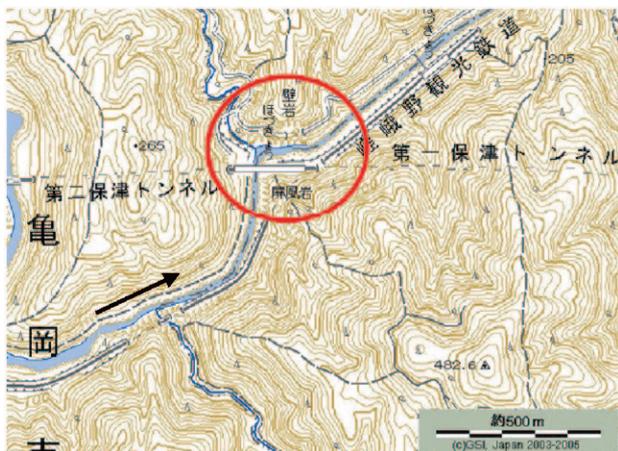


図4-2 保津峡付近の地形図

この地点は、京都市内の中心部からJR山陰本線を利用すれば約30分で訪れることができ、夏場のシ



写真4-4 水衝付近の写真

ーズンを中心に、バーベキューや川遊びに訪れる利用者が多い。

写真4-5は事故発生地点を左岸側からみた状況であるが、ここでの事故の多くは、流れの幅の狭い早瀬の瀬尻付近（黄色点線）を対岸に向けて渡ろうとして、瀬の流圧を受けて壁岩手前の淵方向（黄色破線矢印）に流されて、溺れたものと考えられる。



写真4-5 事故発生地点の写真

本地点について、事故原因の詳細を解明するために現地視察を行ったところ、以下のような不思議な現象を確認した。

- ・表面流をみると、瀬から壁岩までは流れを確認したが、ぶつかったあとの下流方向への流れは確認できなかった。

これは推測になるが、おそらく千鳥橋の事例と同じように、水面下で、壁岩がアンダーカットされており、表面流はそのような下層に流れ込んで流下しているものと考えられる（図4-3）。

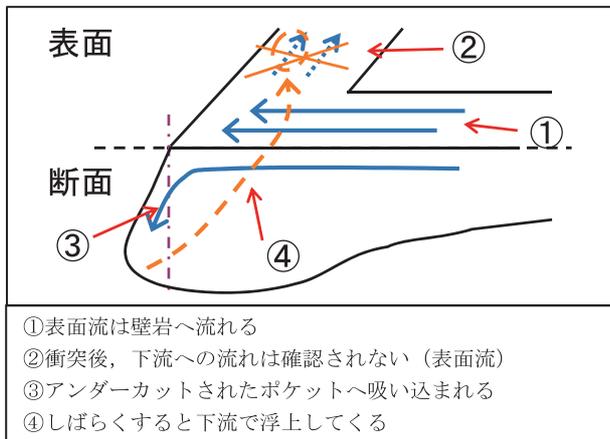


図4・3 保津峡付近の流れのイメージ図

このように、保津峡の事故多発地点においても、長良川と同じように、一見穏やかに見えるが、水面化では複雑な流れが形成されており、利用者はその流れに引き込まれて溺れた可能性がある。水難事故防止の観点からの水理的な流れの解明は、一般的に今まではなされていないが、今後はこのような視点での調査・研究も必要である。

本地点での事故に対する取り組みとしては、まず現地測量や潜水観察を行なうことによって水面下の地形を調査するとともに、その結果を踏まえて水理実験等を行ない、流れの特性を把握することが必要である。そして、その情報を元に具体的な危険内容を利用者に知らせる取り組みが必要である。その際、流れの特性をわかりやすく伝えるための教材作りも求められる。

4.3 河川構造物に起因する事故事例

河川構造物に起因する事故事例としてローヘッドダムを取り上げる（写真4・6）。

これはローヘッドダムでよく見られる光景であるが、注目したいポイントは堰直下の白く泡立っているところである。

ここの水面下では、図4・4に示すとおり、オーバーフローしてきた水が堰直下で落ち込み、その流れが湧き上がることを繰り返す循環流が形成されている。この渦は、リサーキュレーションと呼ばれている。

このような場所では、下流へ流れていくことがで



写真4・6 河川構造物（ローヘッドダム）

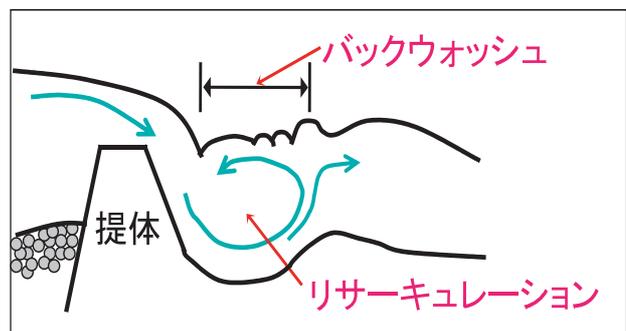


図4・4 ローヘッドダムの流れのイメージ図

きず、運よく抜け出せない限りその場に捕獲されたままとなる。仮にPFD（Personal Floating Device：個人用浮力具のこと。救命胴衣など）を装着していた場合であっても、泡（ホワイトウォーター）の存在により必要な浮力が確保できず、水面下に捕獲される可能性もある。また、このようなローヘッドダムは、横断方向に一様に築かれており、通常、循環流（リサーキュレーション）も横断方向に均一に形成されている。そのため、横断方向へ逃げることもできず、このことが脱出をさらに困難にさせる要因にもなっている。

このようなローヘッドダムに起因する事故に対する取り組みとしては、堰直下に形成されている複雑な流れの存在を河川利用者に対して具体的に周知することが必要である。また、ローヘッドダムが横断方向に一様に形成されていることが循環流からの脱出をさらに困難にさせていることから、河川構造物の設計方法についても検討していくことが求められる。

5. 水難事故防止に向けた取り組み事例

5.1 河川管理者の取り組み状況と具体事例

5.1.1 河川管理者の取り組み概況

冒頭に示したとおり、河川管理者は「恐さを知って川と親しむために」の提言を受けて以来、様々な取り組みを実施してきている。図5・1は、平成18年に全国の197事務所に対して取り組み状況のフォローアップアンケートを行った結果であり、全34項目について取り組んでいる。

中でも、以下の4項目が多く取り組まれていることがわかる。

- ・インターネット等を活用した河川に関するきめ細かい情報提供
- ・関係機関との連絡体制の確認
- ・看板を用いた現地での危険情報提供
- ・出前講座等による教育における啓発

5.1.2 取り組み事例

水難事故防止に向けた取り組み事例として、平成20年度時点で具体的に行なわれている事例を幾つか例示する。

1) きめ細かいレーダー雨量情報の提供

国土交通省河川局では、「川の防災情報」で1kmメッシュのレーダー雨量情報を携帯電話等でも受信できるように提供している。

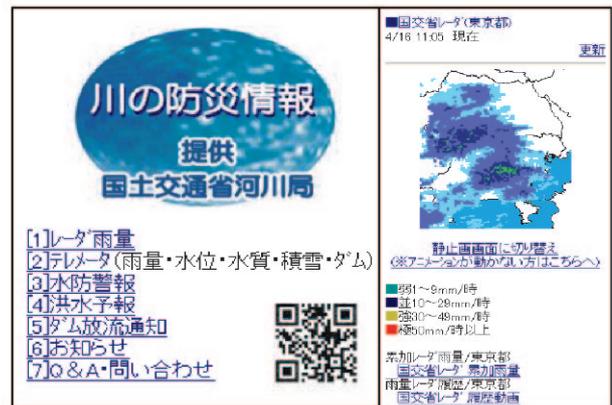


図5-2 川の防災情報イメージ図

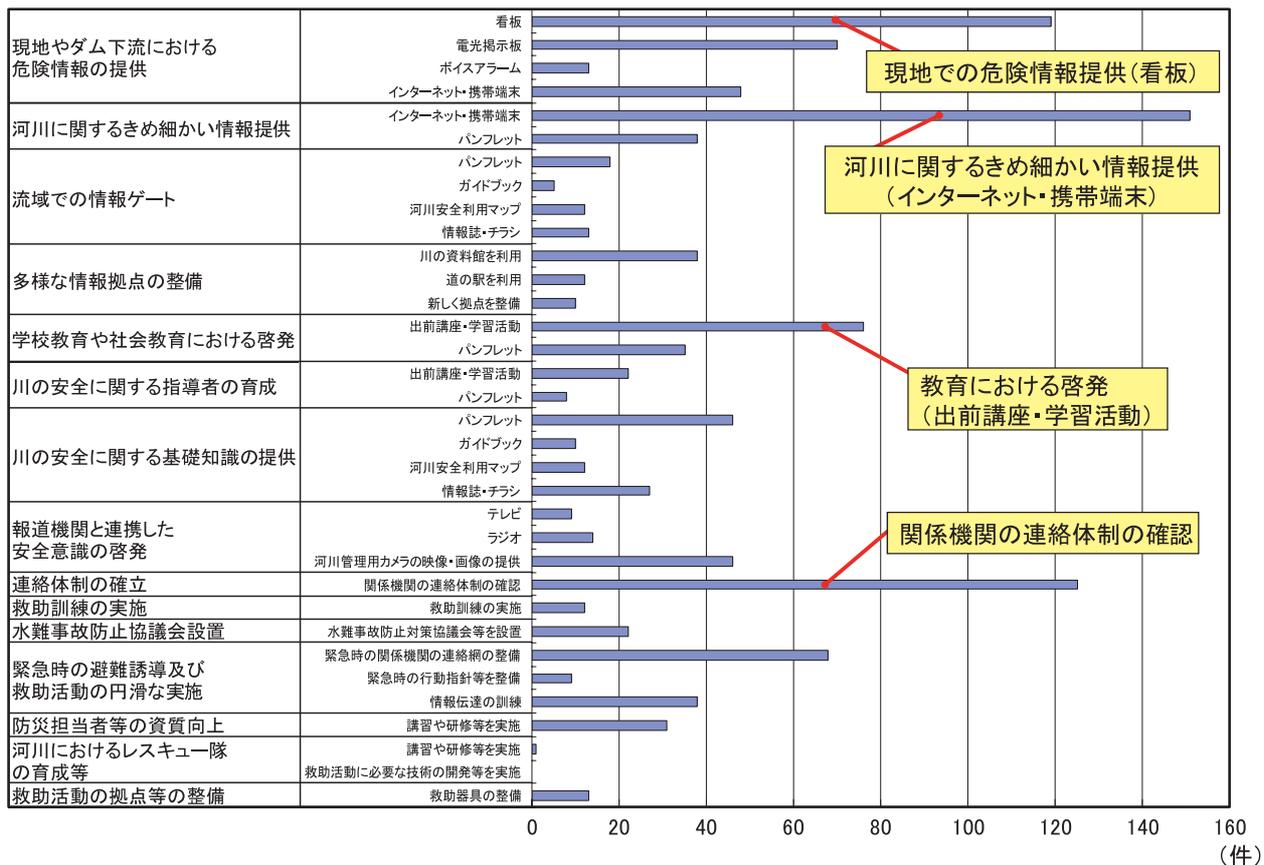


図5-1 河川管理者の取り組み状況 (H18年度調査)

2) 危険性を啓発するリーフレットの作成・配布

特に急な増水の危険性について利用者の理解と関心を高めるために取り組まれたものであり、平成19年度に全国の関係機関に配布するとともに、コンビニ等の河川利用者が手にしやすい場所に常備している。(図5・3, 図5・4)



図5-3 啓発リーフレット（表面）



図5-4 啓発リーフレット（裏面）

3) 看板等による多様な注意・喚起

河川名標識を用いて注意喚起を行っている事例であり、平常時は河川名を表示しているが、ダム放流時には増水に注意する内容に切り替えている。(図5・5)



図5-5 河川標識を用いた注意看板

4) 川の安全講座の促進

川の安全講座等の促進として、川での指導方法やレスキュー方法、心肺蘇生法などの講習会を開催している。(写真5・1, 写真5・2) スローロープの使い方や人工呼吸の仕方等について、実習も行なっている。



写真5-1 安全対策実習風景



写真5-2 救命救急実習風景

5.2 取り組み事例の課題検討

現地やダム下流における危険情報の提供については、看板を用いた事例が数多く取り組まれているところであるが、中には効果的な啓発になっていない事例がある。ここでは、そのような事例について、特に4章で取り上げた保津川と長良川を例にとって、課題を検討し、今後の看板設置のあり方について提案する。

5.2.1 保津川の事例

保津川（保津峡）地点は、保津峡駅からアクセスしやすい地点となっており、駅のホームから右岸の河岸に通じる通路に危険告知看板が設置されている(写真5・3)。

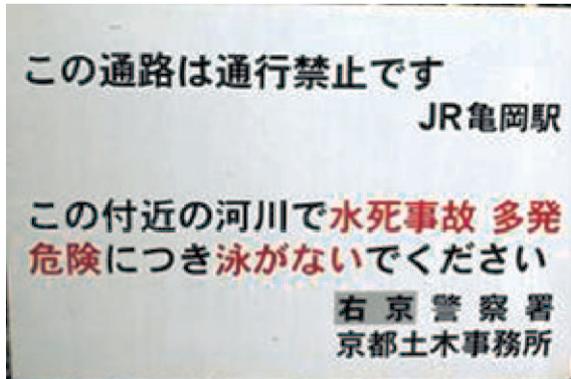


写真5・3 保津峡付近に設置された看板

この看板は、具体的な危険内容が不明であり、河川利用者が何を注意すればよいのか効果的に伝わっていないと考えられる。流れの特性を解明し、どの場所がどのような理由で危険なのかを写真やイラスト等を用いながら明記することによって、より効果があがるものと考えられる。

5.2.2 長良川（千鳥橋）の事例

千鳥橋付近では、右岸の河原に車でアクセスできるように進入路が設けられており、看板はその入り口に設置されている。

記載内容は写真5・4のとおりである。



写真5・4 千鳥橋付近に設置された看板

この看板は、内容は具体的に示されており、利用者にも注意すべき事項が伝わるものとなっている。しかしながら、設置場所が、車の進入路入口（事故現場から離れた場所）となっており、看板自体の存在が利用者に認識されていない可能性がある。より危険個所に近い場所に設置するなど、設置場所を再検討することによりさらに効果が上がるものと考えられる（写真5・5）。



写真5・5 千鳥橋付近の設置看板の位置

6. 今後の取り組みについて

6.1 今後の取り組み概要

以上、水難事故の動向を整理するとともに、注目すべき水難事故の留意点、現状の取り組みの課題について整理してきた。事故の中には、複雑な流れに起因していると考えられる事例も挙げられたが、一方で、そのような流れの特性がどの程度の危険性を有するかが明確になっていないという課題も浮き彫りになった。

今後、効果的な取り組みを実施していくためには、まず不明確なままとされている複雑な流れの特性を分析し、原因究明を行うことが必要である。また、その情報を踏まえて、河川利用者に具体の危険情報を伝えるための教育教材を作成すること、日頃から川の指導者育成に取り組むことも必要である。さらに、今後、河川構造物のあり方についても必要に応じて検討していくことが求められる。

6.2 具体的な取り組み内容

具体的な取り組み内容を以下に示す。

●流れの特性や事故原因の究明

- ・現地測量あるいは潜水観察により、水面下の地形を把握するとともに、水理実験を実施し、流れの特性を解明する。

●河川管理者、利用者への教育（教材作成）

- ・イメージしづらいような複雑な流れを現地、ある

いは模型実験により撮影し、可視化した学習教材を作成する。

●川の指導者育成

・川の指導者資格「川に学ぶ体験活動協議会(通称：RAC)」の取得を推進する。

●河川構造物のあり方検討、改修での安全改善

- ・川の安全利用に関する知識を習得し、その情報を踏まえて設計を検討する。
- ・北海道の豊平川では、老朽化した河川構造物の改修時に安全に配慮した設計を行なうなど安全利用について検討している。

謝辞

本研究の実施に際しては、特に河川管理者の取り組み事例の部分で国土交通省河川局河川環境課からの委託業務よりデータを提供いただきました。担当の皆様に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 建設省河川局河川環境課(1998)：「川に学ぶ」社会をめざして、河川審議会川に学ぶ小委員会概要
- 2) 建設省河川局河川環境課(2000)：恐さを知って川と親しむために：危険が内在する河川の自然性を踏まえた河川利用及び安全確保のあり方に関する研究会
- 3) 国土交通省ホームページ：急な増水による河川水難事故防止アクションプラン～夏の水遊びの時期を迎えて～：

http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/05/050703_2_.html

2. 河川の水環境の保全に関する調査研究

1) 印旛沼の水質改善を目的とした 水位低下実験計画策定に関する研究

久保田 一*・圓谷 秀夫**・本橋 健***

1. はじめに

わが国の湖沼は河川と比較して水質改善が遅れており、下水道整備等の流域対策や流入河川浄化、浚渫などが鋭意進められているが、多くの湖沼では有機汚濁の指標であるCOD（化学的酸素要求量）値が横ばいという状況である。このため、従来の汚濁負荷削減対策だけでなく、湖沼が本来有する自然浄化機能をうまく活用する対策も必要となっている。その一つの取り組みとして、自然湖沼では我が国初とも言える水質改善を主目的とした本格的な水位低下実験について、利根川水系印旛沼における計画策定経緯をとりまとめた。この取り組みは、水位低下により沈水植物等の水際の植生が再生し、ひいては水質改善が図られるというメカニズムを想定して進められている。

本実験は、千葉県が主体となり、「印旛沼水質改善技術検討会」（座長：虫明功臣福島大学教授）及びその下部組織である「水位・水質・植生合同ワーキンググループ」の指導を受けて実施するものである。当財団は、上記検討会の事務局を務めたことから、本実験の実施に至るまでの経緯をとりまとめたものである。

本研究では、まず、印旛沼の開発の経緯を踏まえた上で、現在の印旛沼における水位変動の特徴を整理した。次に、水位低下により生じると想定される影響を抽出することで、因果関係図を作成し、実験のシナリオを策定した。これをもとに実験の目標を設定する一方で、水位低下期間を設定するための要

因を選定し、水位低下期間を設定した。さらに、水位低下によって影響を受ける要因に関するモニタリング計画を作成した。

印旛沼における第1回の水位低下実験は、この計画に基づいて平成20年3月3日～4月8日まで実施され、実験結果は現在評価中であるため、実験結果については速報のみを報告する。

2. 湖沼の水位低下に係わる既往の知見

湖沼における水位低下に関する既往の取り組みとして、渡良瀬貯水池の干し上げ¹⁾があげられる。同貯水池では最近数年間にわたって干し上げが継続実施されており、カビ臭が軽減されるなどの効果が見られている。

また、Schefferら²⁾などによると、図2-1のように、浅い湖沼では2つの安定した状態が存在する。

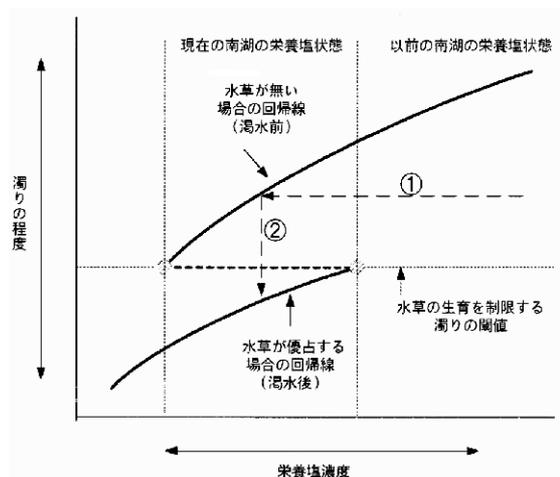


図2-1 浅い湖沼の2つの安定状態
(Schefferらの成果²⁾を浜端³⁾が紹介)

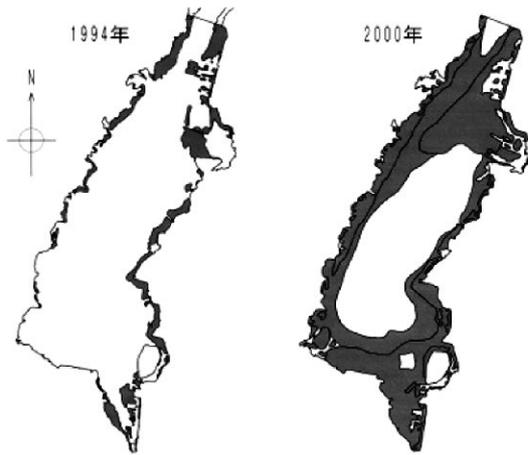
* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第二部長

** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第二部 次長

*** (株) 日水コン 河川事業部 技術第二部 (前河川環境総合研究所 研究第二部 主任研究員)

一つはアオコが発生し透明度が低い状態、もう一つは沈水植物が繁茂し透明度が高い状態である。前者から後者の状態へは何らかのきっかけで急速に変化することがあると言われている。

図2・2に示すように、平成6（1994）年渇水による水位低下というきっかけの後の琵琶湖南湖における沈水植物の大繁茂及び水質改善³⁾は、この仮説を実証した一つの事例であると考えられる。



※1994年→2000年の南湖南部の平均水質変化
 ・透明度 : 1~2m → 1.5~2.5m
 ・クロロフィルa : 10~15 μg/L → 5~10 μg/L

図2・2 琵琶湖南湖における沈水植物帯の増加と水質改善³⁾

3. 印旛沼の現状の水位

図3・1のように、印旛沼では、昭和38（1963）～44（1969）年にかけて「印旛沼開発事業」（水資源開発公団）として干拓と水資源開発が本格的に実施され、湖岸の緩勾配部分が埋められるとともに、築堤・揚排水機場設置により一定の高い水位で管理されるようになった。流域の開発等により水質が悪化したこと（2006年度COD年平均値8.6mg/Lで全国湖沼のワースト4位）とあいまって植生帯が喪失していった。特に沼内の沈水植物（ササバモ、インバモ等）は、図3・2のように昭和30年代に延べ22種あったものが今世紀に入り消失した。



図3・1 印旛沼の水面積の変化

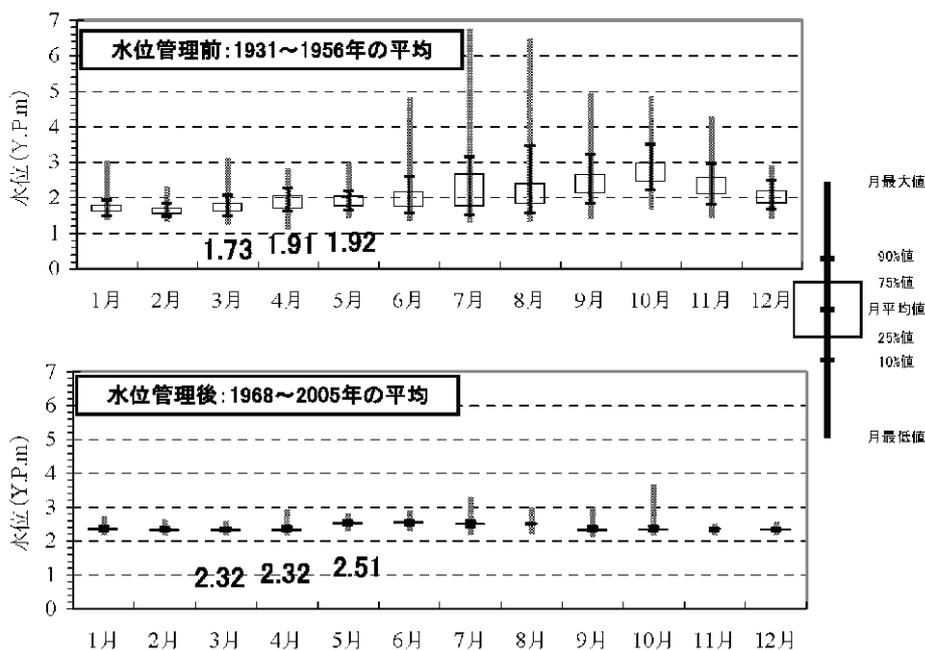


図3・3 水位管理前後の印旛沼月平均水位の比較

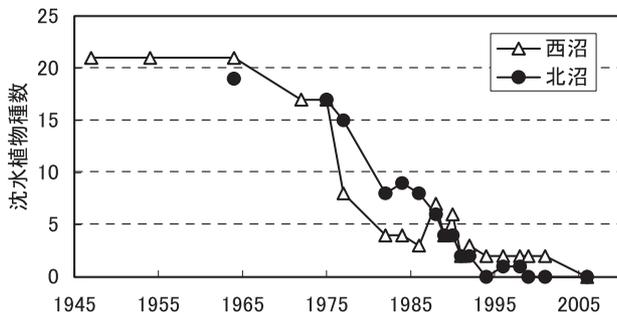


図3-2 印旛沼における沈水植物種数の変遷

印旛沼では、昭和43（1968）年から現在の水位管理が開始されたが、水位管理前と水位管理後の印旛沼の水位を比較すると、図3-3のように水位管理後は変動が小さくなった上に、水生植物の発芽にとって重要と考えられる春季には平均で60cm程度高くなっている。現在の水位管理とは、5月1日～8月31日までのかんがい期がY.P.2.5m、9月1日～翌年の4月30日までの非かんがい期がY.P.2.3mを常時満水位とするものである。

4. 水位低下実験計画

4.1 植生帯を再生するための2つの方法

現在の印旛沼は、人間活動にかかわる種々の目的で高度に利用されている。農業（干拓）や水利用（上水、工水、農水）といった活動を維持しつつ植生帯を再生する方法としては、図4-1のイメージ図に示すように、(1)水辺付近の沼底地盤を高くして植生帯を整備するか、(2)水生植物の発芽期に水位を低下させて沼底で休眠している埋土種子からの発芽・生育を促すか、のいずれかの手法が考えられる。実際、近年においては印旛沼や霞ヶ浦などをフィールドとしたこれらの研究例⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾が多く行われている。印旛沼では前者の植生帯整備、後者の水位低下実験ともに試みている段階である⁹⁾が、本研究では水位低下実験計画の策定について記述する。

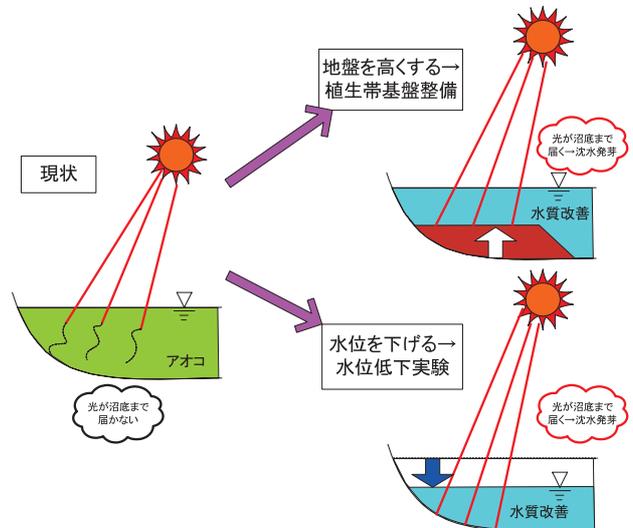


図4-1 植生帯を再生する2つの方法（イメージ図）

4.2 水位低下による効果と影響

図4-2に示すように、水位低下実験の実施によって生じると想定されるあらゆる好影響、悪影響を抽出することにより因果関係図を作成し、実験のシナリオを策定した。

水位低下させることにより、沼底への光の量が増加し、沈水植物の発芽を促すというシナリオがメインであるが、その他にも沼底水圧の減少により湧水が増加する、あるいは、風波の影響等により表層ヘドロが消失し、底質ひいては水質が改善される。また、水位変動の増加により水際部エコトーンの拡大、水際部植生の拡大・多様化が生じ、水質改善につながるなどが想定される。

これらをもとに、まず実験の目標を設定した。

- ・目標1：「水際部エコトーンと植生の拡大・多様化」
 - ・目標2：「沼底からの湧水の増加」
 - ・目標3：「沈水植物群落の再生」
- そしてこれらの達成により実現する
- ・目標4：「印旛沼の水質改善」とした。

4.3 水位運用計画

次に、因果関係図（図4-2）から水位低下期間を設定するための要因として、利水の期間、魚類・鳥

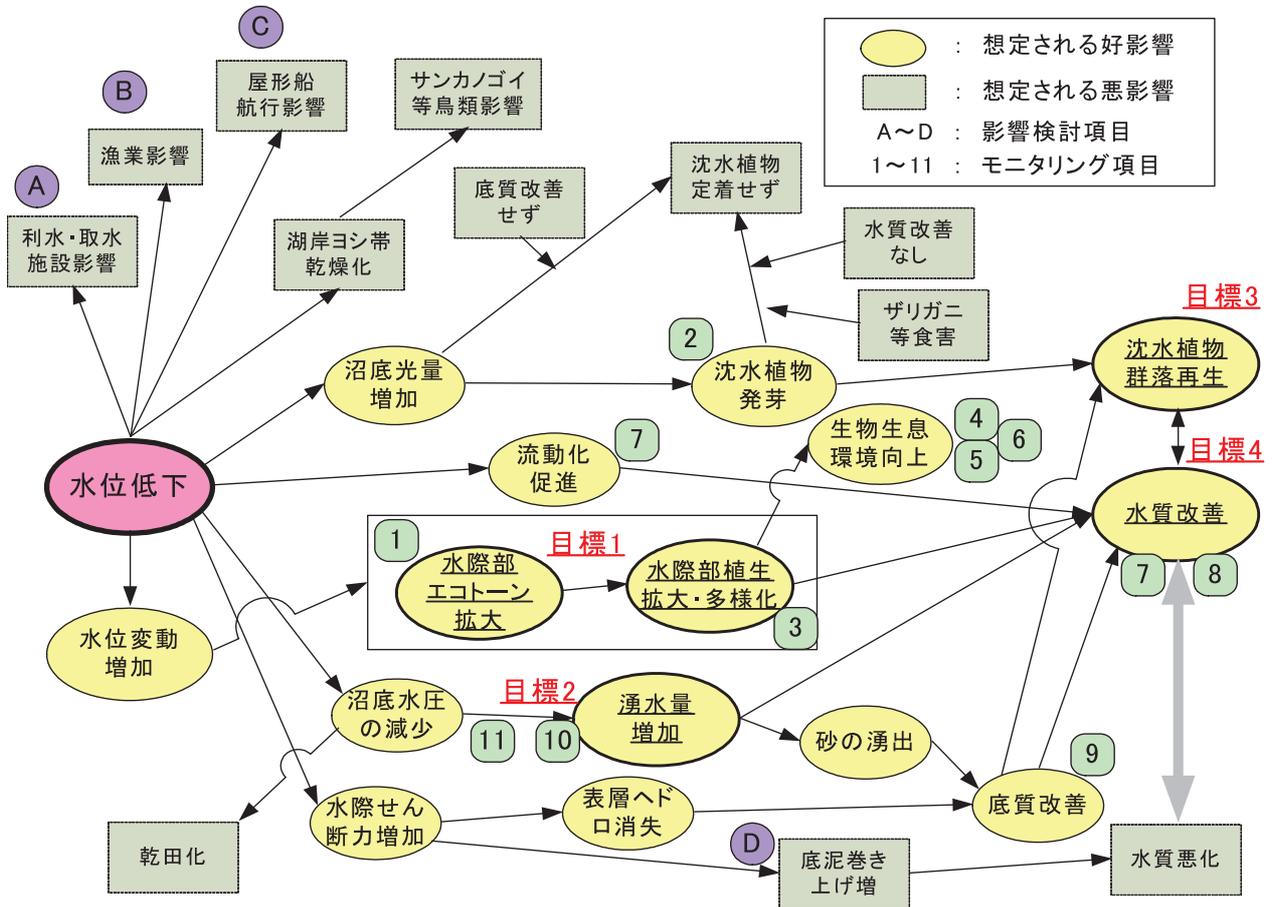


図4-2 水位低下に係わる因果関係図（シナリオ）

類等の生育条件，沈水植物の発芽時期に影響する期間を選定し，図4-3のとおり各要因からみて可能もしくは望ましい水位低下時期を総合することにより，実験期間を春季の3ヶ月弱と設定した。

また，実験開始時の水位低下速度と終了時の水位上昇速度は，現況の平均的な水位低下・上昇速度を参考に2.5cm/日と設定した。水位低下実験期間中に出水があった場合の水位低下速度は，水位管理前の時代の自然条件下における水位低下速度を参考に，試行的に4cm/日という緩やかな速度を設定した。これは，実験がコイ・フナの産卵期にあたるため，出水後に産みつけられた魚卵が干上がるのを防止するという観点によるものである。

水位低下実験期間中における維持水位は，図4-4に示す既往の最低水位などから判断してY.P.2.0m（30cm低下）とした。結果として設定された水位運用計画を図4-5に示す。

観点	項目	水位低下が可能or不可能な時期(月)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
利水	上水・工業用水	通年にわたって利水影響の回避が必要だが、水位低下は可能。											
	農業用水	かんがい期の利水影響の回避が必要だが、水位低下は可能。											
生態系	魚類の産卵	産卵時期に産卵場所が減少するのを避ける必要があるが、洪水後の水位低減を緩やかにすれば4月にかけてもよい。											
	鳥類(サンカノゴイ)の営巣	3~7月頃まで営巣する。5月になると巣が流失しないように急激な水位上昇を避ける必要あり。											
沈水植物の発芽にとって望ましい水位低下時期		発芽時期に低下させたい 風波による微地形変化で底質改善も期待											
水位低下実験計画		1/21~4/15として計画											

□ : 水位低下が可能な時期 ■ : 条件付きで水位低下が可能な時期

図4-3 水位低下期間の設定

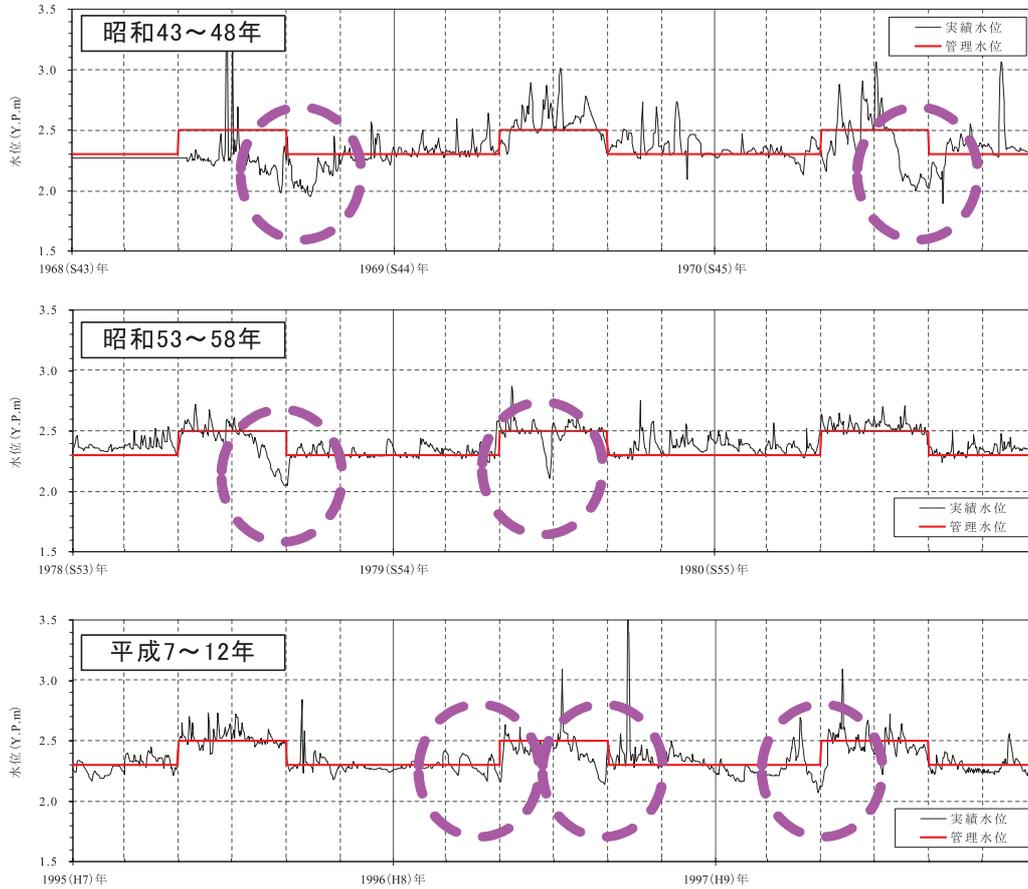


図4-4 既往の実績水位（丸囲み箇所は主な水位低下時期）

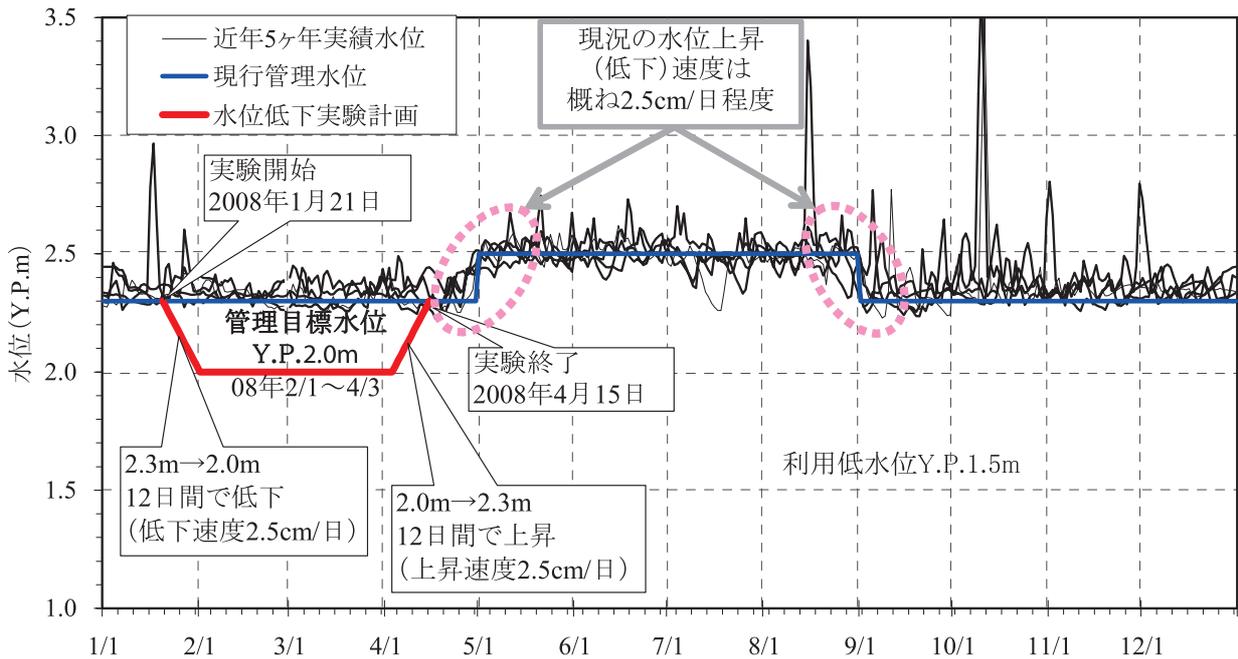


図4-5 水位運用計画

4.4 水位低下実験の影響検討

前出の因果関係図（図4・2）に示したように、想定される悪影響の中から具体的に影響を検討する項目（図中A～D）を抽出した。

水位低下実験により利水にただちに影響が出ると判断される場合は実験を中止することとしたが、事前に利水安全度をチェックしておくため、過去19年間の実績流量データ（取水量についても水利権量ではなく実績取水量）を用いて、水位低下実験を実施した場合の利水計算を行い、19年間で利水に支障をきたすことは一度もないことを確認した。

水位低下により取水に影響が出ると想定される取水口や航行が困難となる舟溜り・航路を深淺測量結果から例えば図4・6のように抽出し、事前に浚渫によって取水や航行を可能とした。

4.5 モニタリング計画

さらに、前出の因果関係図（図4・2）に併示したように、水位低下によって影響を受ける可能性のあ

る要因を抽出し、実験前後におけるモニタリング計画を策定した。計画の概要を表4・1に示す。重点モニタリング地点については、あらかじめ沼全体の深淺測量を実施し、沼底標高のコンター図を作成することにより、水位低下による露出面積が大きいと想定される2箇所（西印旛沼の一本松、甚兵衛沼の平賀）を選定した。

表4・1 水位低下実験モニタリング計画の概要

調査項目		概要
1	水際部の微地形調査	水際部底質改善状況を把握するため、深淺測量、浮泥厚調査等を実施。
2	水生植物発芽・定着状況調査	沈水植物などの発芽状況を確認。
3	水際部の植生分布調査	植物相の変化を把握。
4	底生動物調査	植生、底質等の変化に伴う底生動物相の変化を把握。
5	サンカノゴイ営巣箇所調査	営巣標高などの把握。
6	鳥類調査	水際部の露出等による鳥類分布の変化把握。
7	流動・濁度連続観測調査	流動状況、水質の変化を把握。
8	水質定期調査	沼の主要点で水質変化を把握。
9	底質調査	水際部の底質変化を把握。
10	湧水調査	かつて湧水があったと言われる箇所での水温、EC等を測定。
11	地下水調査	掘削した井戸及び陸上の湧水地点で地下水の変化を把握。

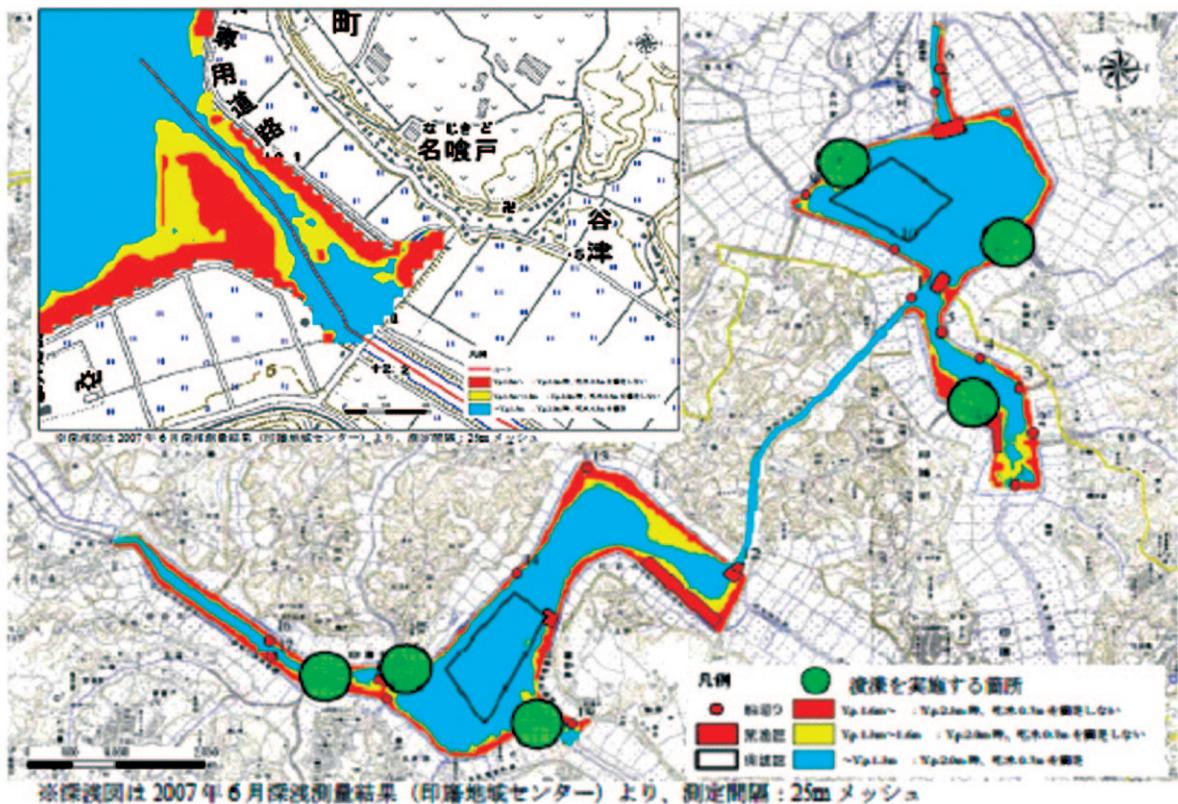


図4・6 船溜まり浚渫箇所位置図及び観光船航路影響検討図の例（左上）

5. 水位低下実験結果の速報

5.1 水位低下実験期間の実績水位

水位低下実験は2008年1月下旬から開始する予定であったが、漁船の船溜まりの浚渫作業とその協議に時間を要し、3月3日からの開始となった。図5・1に実績水位を示す。写真5・1には、水資源機構舟戸自動観測所の実験前・実験中写真比較を示す。実験中写真では、観測所の中水構造物が水面上に露出している様子がわかる。

5.2 水位低下実験実施に伴う影響

図5・1には、実験後に生じた様々な現象を併記した。実験開始直後の長門川（印旛沼からの流出河川）の濁度上昇（最大84度）は、長門川の上水取水への影響として今後の課題となった。また、この時期に

毎年生じている現象（藻類の増殖など）が水位低下実験の影響ではないかとの風評もあり、事前の正確な情報の周知が重要であることも再認識された。実験後モニタリングと実験結果の評価は継続実施中であるが、泥質であった水際が砂質に変わっている様子（写真5・2）が観察されるなど、先述の図4・2のシナリオが一部検証された。

5.3 モニタリングに関する課題

実験の本来の目的である水質改善面等での効果はモニタリング結果を解析し今後評価される予定であるが、評価のもととなるモニタリング計画の検討が不十分であったことが課題としてあげられる。具体的には、モニタリング地点を深浅測量結果と現地確認により設定したが、理想的な緩勾配の箇所が選定できなかった。今後はモニタリング箇所をあらかじめ造成しておくことも一手法として考えられる。

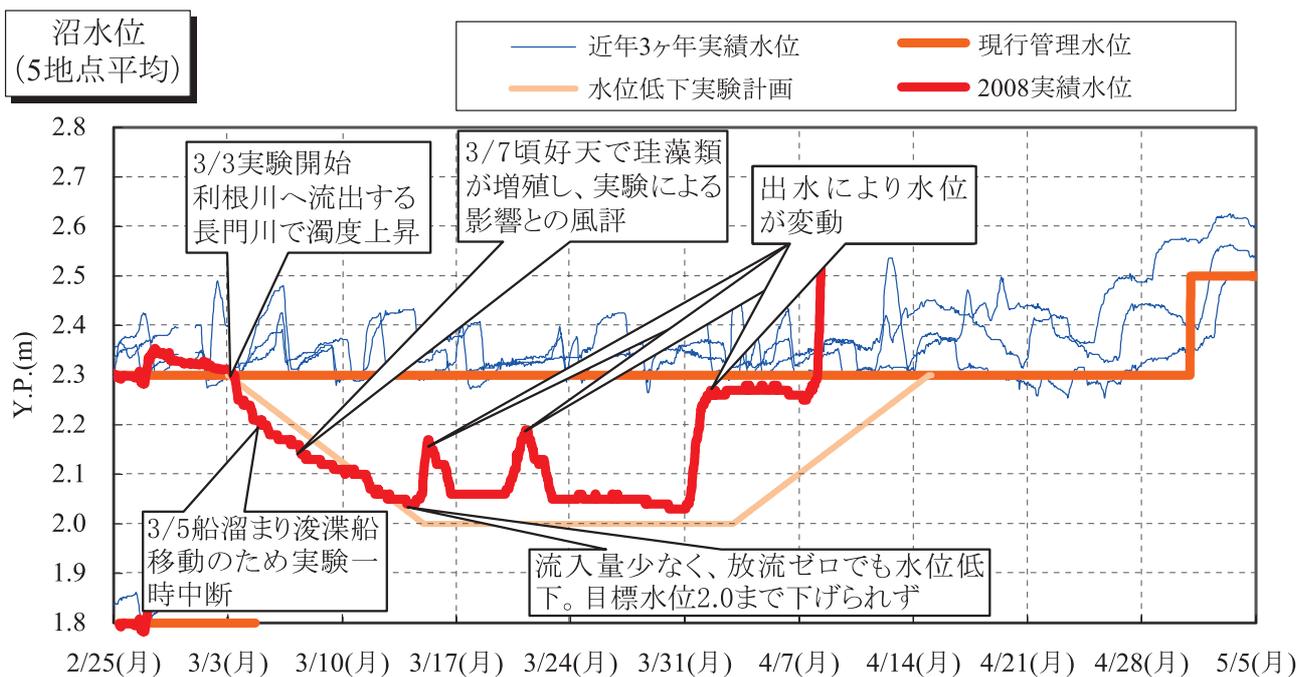


図5・1 水位低下実験期間における実績水位と生じた現象

実験前：2003年5月27日（水位Y.P.2.48m）



実験中：2008年3月24日（水位Y.P.2.06m）



写真5・1 水位低下実験前と実験中の現地写真比較



写真5・2 実験中（H20.3.24）に水際で確認された砂澱（左），（右）

6. おわりに

今回の水位低下実験の試みでは、想定していなかった様々な現象も生じ、多くの課題が明らかとなった。しかし、これまでほとんど例のない試みであり、関係者が協力し、大規模な実験を実現させたことには“社会実験的な意義”があったと評価できる。本実験の計画策定過程は、他の湖沼などで同様の取り組みを実施する際には、貴重な参考資料になるものと考えらる。

今後は、第1回実験の評価結果を踏まえて、実験の継続も含めた印旛沼の水位低下・水位変動に関する方向性を研究していくことが必要である。

謝辞

本研究の実施に際しては、「印旛沼水質改善技術検討会」（座長：虫明功臣福島大学教授）及びその下部組織である「水位・水質・植生合同ワーキンググループ」の委員の皆様にご指導を賜りました。ここに厚く御礼を申し上げます。また、この取り組みは、千葉県県土整備部河川環境課の皆様をはじめとする上記検討会事務局の努力と関係者の理解なしには実現できませんでした。担当の皆様には深く感謝の意を表します。

なお、本研究で“水位低下実験”と称したこの実験は、上記検討会では“水位変動実験”と呼称しています。これは文字通り、今後は、かつての印旛沼の水位変動を再現させるような実験の方向性も考えられることから、そのように称しているものです。

参考文献

- 1) 谷中湖（渡良瀬貯水池）水位低下・干し上げについて、利根川上流河川事務所記者発表資料,2008.1.25.
- 2) Scheffer,M.,Carpenter,S.,Foley,J.A.,Folke,C.and Walker,B.: Catastrophic shifts in ecosystem.,Nature,413,591-596,2001.
- 3) 浜端悦治：琵琶湖における夏の渇水と湖岸植生面積の変化-2000年の渇水調査から-,琵琶湖研究所所報第20号,2001.
- 4) 天野邦彦：湖沼における水質・生態系保全の評価手法に関する研究，土木技術資料49-6，2007.
- 5) 天野邦彦・時岡利和：沈水植物群落の再生による湖沼環境改善手法の提案，土木技術資料，49-6，2007.
- 6) 高村典子：水辺移行帯修復・再生技術の開発ー霞ヶ浦での植生帯復元の取り組みから，生活と環境,50,5,24-30,2005.
- 7) 西廣淳：土を撒いて湿地植生を再生する,河川,2007.2.
- 8) 中村圭吾：湖沼沿岸帯の自然再生技術，水環境学会誌，Vol.30，No.4，2007.
- 9) Yuasa,T.,Furukawa,I.,Masuoka,Y.and Mushiake,K.: Integrated action plan for Lake Inba-numa watershed management,CHES Annual Conference,2007

3. 河川環境の整備と保全及び河川利用に関する 総合的な調査研究

1) ワンド干し上げによる生物環境の変化

井上 和也*・青木 治男**・中西 史尚***

1. はじめに

淀川では淀川大堰建設による水位調節やその後の河床掘削によって湛水区間が10数kmに及ぶようになった。堰による湛水の結果、城北ワンド群では水位の変動幅や流速が小さくなり、また水の入れ替わりも低下した。生物の生息場として重要であったワンドでは、外来魚のオオクチバスやブルーギルの優占化が進む一方、在来魚の減少が著しく、ワンドの環境劣化が深刻な問題となっている。

前報（第13号）では、ワンドの環境改善策を探るために行われたワンドの干し上げ実験に関して、その実施状況や干し上げ時に得られたワンドの物理・生物環境を報告した。本報は、同じワンドについて、干し上げが環境改善にどのように寄与したかの観点から、その後の現地調査の結果をまとめ、1年にわたる経過観察とするものである。



図1・1 淀川本川と城北ワンド群

2. 干し上げ実験の目的と実験の流れ

大小約20個のワンドが連なっている城北ワンド群においては、近年、在来魚が減少し、外来魚（オオクチバス、ブルーギル）が優占化するなど淀川のワンドの生態環境の悪化が顕著に進んでいる。特に、淀川のシンボルフィッシュであるイタセンパラ（タナゴの一種）が、2006年調査には代表的な生息地である城北地区から姿を消した。そこで、ワンドの改善対策を探るために、一つのワンドを一定期間干し上げて、ワンドの実情を把握し、外来魚駆除や浅場造成などの改善対策を行ってワンド環境回復のための基礎的な資料を得ることとした。

干し上げは、ため池などでは各地で行われている事例はあるが、河川内にある城北ワンドにおいては初めての試みであった。まず、対象ワンドの選定には、ワンドの物理条件や生物の生息条件、工事や実験の機動性など種々の条件を考慮し、比較的規模が小さい31号ワンドを干し上げの対象とした。

干し上げは、2006年10月から準備工を行い、事前の環境調査と併せて実施した。図2・1に工事及び環境調査の工程を示す。干し上げる31号ワンドにおいては、周囲からの表面流の進入がないように遮水シートと土のうによって仕切り、排水ポンプ（大型0.5m³/sを2台、小型0.033m³/sを2台）をワンドの最深部に設置し排水を行った。ポンプ稼働は、11月16日から12月9日の延べ24日間行った。水位の低下状況が順調であったため、大型ポンプは最初の2日間だけ使用した。

*（財）河川環境管理財団 研究顧問

**（財）河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第5部長

***（財）河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第5部 研究員

排水前には陸上植生、貝類、ゴミの調査を実施し、排水期間中においては、植生、貝類、魚類、ゴミ、水質、底質の調査を実施した。また水位回復後は、干し上げの翌年の2007年10月まで魚類、貝類、水質、底質水草、プランクトンの調査を実施した。排水時の魚類調査は地曳網、投網、タモ網、引き網を用い全量採取を試み、特定外来生物は駆除し、それ以外の種については一時的に保護池で保護し、水位の回復後に再放流を行うこととした(図2・1)。

さらに、干し上げに伴って作業が可能となる改善対策として、外来水草の除去、水中に沈んでいる様々なゴミの除去に加えて、土砂投入による浅場の造成を実施した。

以下に、干し上げ実験の経緯に関する要点について記す。

- ① 2006年11月16日～12月9日にかけてワンドを干し上げ、ワンド内の動植物などの現状調査を行った。
- ② 水位回復には表面流の直接的な流入はないようにし、周辺のワンドおよび本川からの浸透流のみで行った。
- ③ 外来魚・外来水生植物は駆除し、在来魚および二枚貝は保護し、水位回復後に再放流した。
- ④ 稚魚の生息場および二枚貝の繁殖場として浅場が必要との見解により、ワンド中央部と水際の一部に、マウンド状の浅場を新規に造成した。
- ⑤ 干し上げ後、約1年にわたって隣接ワンドを含めて経過観察の調査を行った。

	2006年			2007年									
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
工事		27-15	干し上げ										
排水工		16-8											
浅場形成			4-8										
片付け工			11-21										
ワンド		27-	15-										
水位		9,13	15			21			6	14		4	
水質		2			2				6	14		4	
底質													
魚類		22,25	22						9			5	
環境調査		27-30	10,17-23								15-17		
貝類			15,21										
水生植物(調査・除去)	24,28-30	20-22							9	14		3	
プランクトン									6			4	
ゴミ(調査・除去)	29-30	●	●										

図2・1 干し上げ作業に伴う工事及び調査の流れ

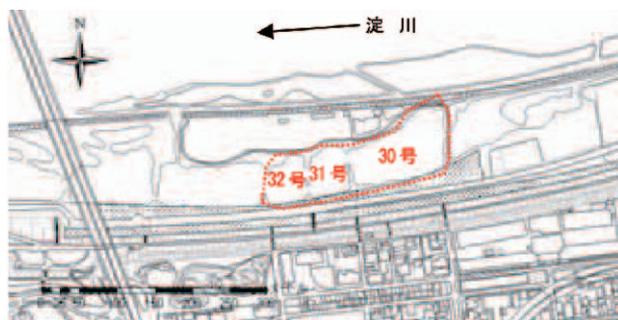


図2・2 対象ワンド位置図

3. 実験結果

3.1 概要

31号ワンドおよびと干し上げ中の状況を図3・1に示す。また、ポンプ排水を実施してから終了するまでの31号、隣接ワンドおよび本川水位を図3・2に示す。図3・1(下)のように干し上がった状態を11月25日～12月7日の約13日間維持した。干し上げた状態で、ワンドの水位は通常よりも2m程度低下し、最深部付近を除き、ほぼ全域が干し上がった。

干し上げ終了後のおよそ10ヶ月間の本川水位の変化は、図3・3に示した状況となっている。ワンドの水位は、本川毛馬地点の水位とほぼ連動して変化していて、ワンドの周りの水制天端であるO.P.+3.1mを超過する本川水位が20回以上発生していることがわかる。水制天端を越えると土のうの隙間から表面流によって隣接ワンドの水が入るので、それに伴い稚魚等の進入がありうる。



図3・1 31号の平常時(上)と干上時(下)の状況

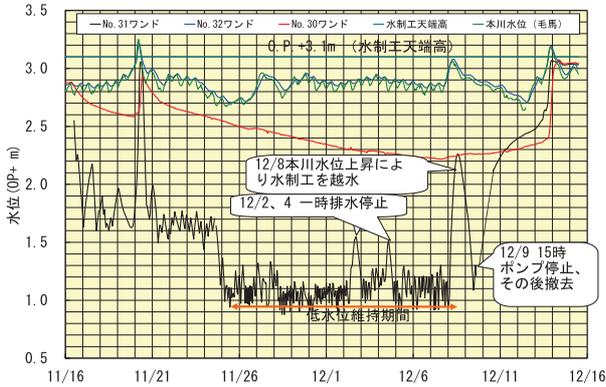


図3-2 干し上げ期間中の対象ワンド、隣接ワンドおよび本川水位

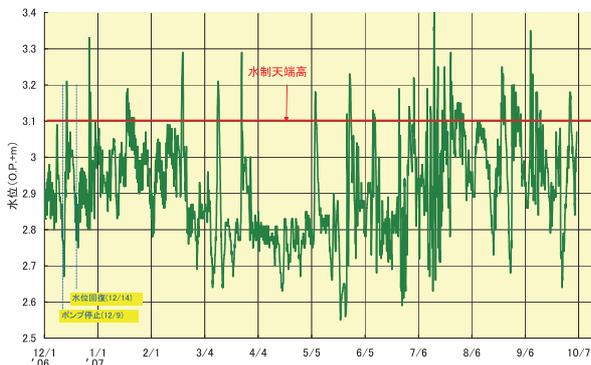


図3-3 干し上げ後の本川(毛馬)水位



図3-4 干し上げ時に造成された浅場

3.2 魚類の変化

干し上げた31号ワンドの魚類相を把握するために、水位が下がった時に地曳網、投網、タモ網を用い全量採取を試みた。採取した魚類のうち、外来魚は駆除、在来魚は一時的にある場所で保護し、水位回復後に再放流した。それら作業時の魚類内訳を表3-1、図3-5に示す。干し上げ時に捕獲した魚類のうち、外来魚であるカダヤシ、オオクチバス、ブルーギルは上記のように駆除している。在来魚類につい

ては、保護中に各種数個体は死亡したもののほぼ捕獲時のまま再放流できた。そのうちには、タナゴ類で唯一確認されたシロヒレタビラの1個体も含まれている。また、図3-5には水位が回復した後の2007年7月(干し上げ終了後7ヶ月)および2007年10月(同10ヶ月)に地曳網およびタモ網によって捕獲した魚類相も加えている。

表3-1 干し上げ時に保護し再放流した魚類

科名	種名	保護した数	再放流数	割合
コイ	コイ	2	2	100%
	フナ属	178	177	99%
	シロヒレタビラ	1	1	100%
	ハス	53	51	96%
	オイカワ	3	2	67%
	モツゴ	5	5	100%
	カワヒガイ	3	2	67%
	タモロコ	4	4	100%
	ニゴイ属	21	19	90%
	コウライモロコ	38	31	82%
ウナギ	ウナギ	1	0	0%
ギギ	ギギ	2	2	100%
ハゼ	トウヨシノボリ	36	31	86%
	ヌマチチブ	27	25	93%
全体		374	352	94%

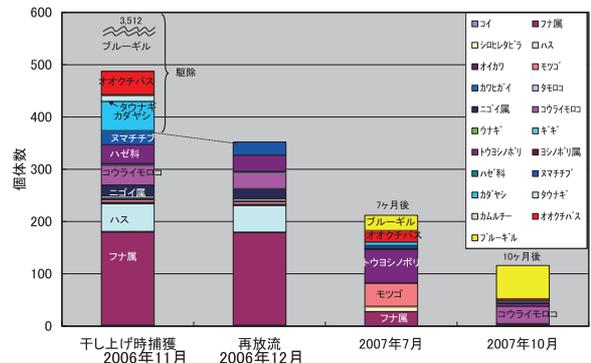


図3-5 干し上げ実験後の捕獲魚類

干し上げ後の魚類相については、隣接ワンドについても同様の調査を行い、比較した(図3-6)。

7ヶ月後には4科12種の魚類が捕獲された。漁法別で隣接ワンドと比較した図3-6に示されるように、タモ網調査および地曳網において、それぞれトウヨシノボリ、モツゴが隣接ワンドと比べて顕著に多く確認されており特徴的であった。また、駆除を行ったにもかかわらずオオクチバス、ブルーギル、カダヤシがそれぞれ22個体、29個体、7個体確認された。さらに10月調査においては、ブルーギルが64個体、オオクチバスが4個体と捕獲魚類全体の約60%を占め、目立つ状況となった。

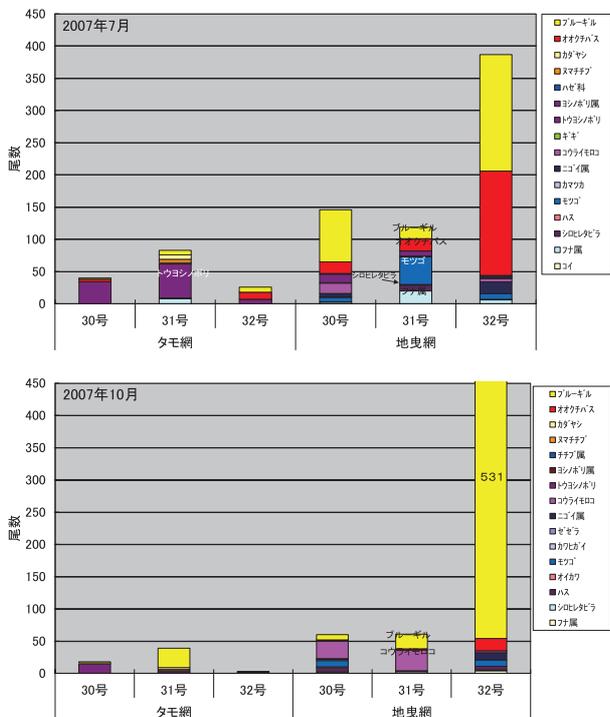


図3-6 干し上げ後の隣接ワンド間の魚類相の比較

一方、種別でみてみると、例えば図3-7に示すようにフナ類は、隣接ワンドと比べて10mmから30mmの体長の稚魚が多く確認できた。ブルーギルは、隣接ワンドでは成魚の個体数が多いのに対して、干し上げた31号ワンドではほとんど見られなかったことから、駆除の効果があることが伺える。しかしながら、31号ワンドではサイズの小さい当歳魚とみられるブルーギルは多く見られたことから、外来魚の抑制は相当な努力をして駆除をしたとしてもかなり難しいことを物語っている。

3.3 貝類の変化

貝類については、干し上げた際に二枚貝網および巻貝網の分布を把握した。干し上げ時に捕獲した貝類の種と個体数を表3-2に示す。二枚貝ではイシガイが特に多く7千個体余りが確認された。分布密度は2.5個体/m²~20個体/m²である。その他の二枚貝としてはドブガイ、トンガリササノハガイが比較的多く見られた。また、特筆できるのは、干し上げを実施したことにより、淀川ではほとんど見られなくなっているメンカラスガイやマツカサガイといった二枚

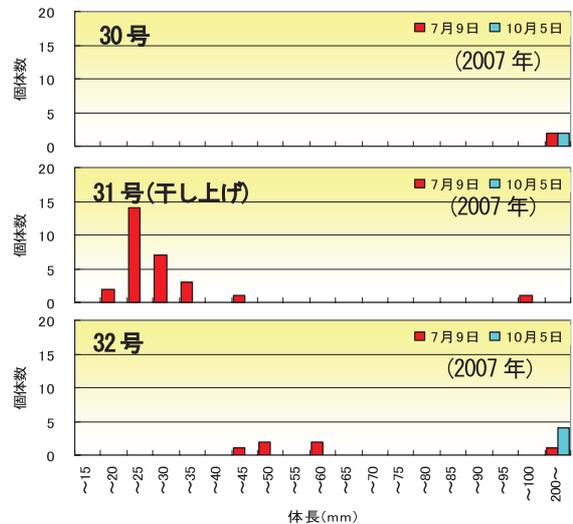


図3-7 干し上げ後に捕獲したフナ類の体長組成比較

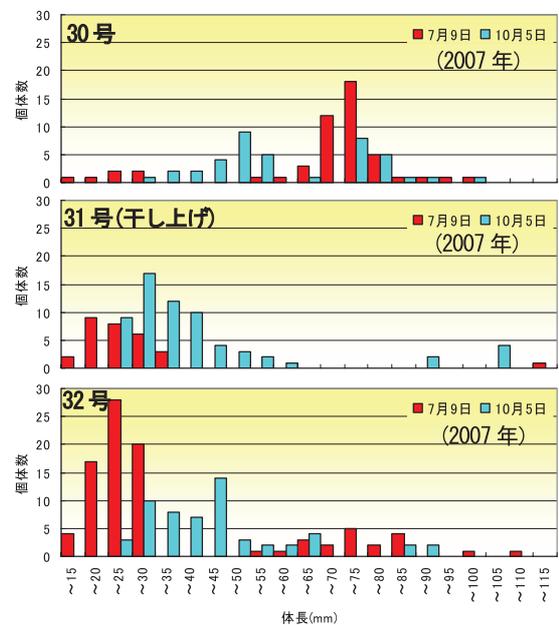


図3-8 ブルーギルの体長組成比較 (干し上げ後)

貝が確認できたことである。40年余り淀川の調査をされている紀平肇氏によればマツカサガイの確認は淀川本川では3例目という希有なものである。一方、問題なのはこれらイシガイ科の二枚貝のほとんどが成貝であり、稚貝や幼貝といった幼齢個体がほとんど確認できなかったことであり、ワンド内の再生産がうまく機能していないと考えざるを得ない。

カワニナ類では、イボカワニナが700個体余りとやや多いものの、チリメンカワニナ、ハベカワニナが500個体余りでこれらの3種がほぼ同程度に生息していることが確認された。

表3・2 干し上げ時に捕獲した貝類

科名	種名	個体数	注目種等
イシガイ科	イシガイ	7,275	大阪府・要注目
	ドブガイ	554	大阪府・要注目
	マツカサガイ	9	環境省・準絶滅危惧種
	オグラヌマガイ	52	環境省・絶滅危惧Ⅰ類
			大阪府・絶滅危惧Ⅰ類
	トンガリササノハガイ	325	大阪府・要注目
	ササノハガイ	45	大阪府・絶滅危惧Ⅱ類
	メンカラスガイ	1	大阪府・準絶滅危惧
シジミ科	シジミ類	100	在来種と外来種混在
イガイ科	カワヒバリガイ	17	外来種
カワニナ科	ハベカワニナ	501	大阪府・要注目種
	チリメンカワニナ	599	大阪府・要注目種
	イボカワニナ	790	環境省・準絶滅危惧
リンゴガイ科	スクミリンゴガイ	1	外来種

先に述べたように、稚魚の生息場や二枚貝の繁殖場とするために、干し上げた31号ワンド内に3種の浅場を造成することになった。その際の土砂は約1km下流の赤川地区の河床掘削土で1年以上陸上に仮置きされているものを用いた。イシガイ科二枚貝については魚類同様に一時的に保護した後、再放流を行っている。浅場は図3・9に示すように、当該ワンドの中央部に円形のマウンド状に土も盛って整形しており、その形状から中央付近の造成浅場を「円マウンド」、当該ワンドの堤防に近い方の辺に沿って、波上の凹凸を持ったマウンド（波状の谷線、峰線はそれぞれワンドの辺に直角）を岸からワンド内部に向かって傾斜をもって造成したもので、「線マウンド」と呼ぶことにする。当該ワンドの右下角部を水中に向かう傾きの緩いコーナー部を「コーナーマウンド」と呼ぶこととし以下に結果を述べる。イシガイの再放流は、造成した浅場を重点的に実施した。

干し上げ時及び干し上げ後8ヶ月後の2007年8月のイシガイの確認状況を表3・3に示す。確認のための測線およびマウンドにおいて調査面積が異なるため

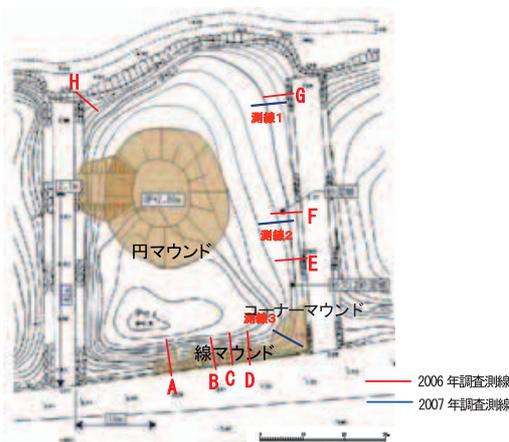


図3・9 ワンドに造成された浅場の位置図

に個体数単純比較はできないが、コーナーマウンドにおいて34.4個体/m²が確認され、これが確認されたうちの最大密度であった。また、円マウンドでは、230個体のイシガイのうち、213個体が稚貝および幼貝であった。造成したマウンドでは稚貝・幼貝の出現率が80%以上となった。円マウンド部において捕獲された二枚貝の状況を図3・10に示す。また、隣接ワンド30号および32号との比較を図3・11に示す。8ヶ月後の状況を見ると、線マウンドやコーナーマウンドで30個体/m²程度と非常に多くのイシガイが確認された。さらに、その内訳をみるとイシガイやドブガイの成貝に混じり稚貝、幼貝が多く確認されている状況が分かる。二枚貝の殻長の大きさによって稚貝、幼貝、成貝を区分してみると、稚貝の捕獲率が非常に高い状況であることがわかる。さらに、浅場を造成していない場所においても事前には確認されなかった稚貝がわずかに確認された。

これまで城北ワンドでは稚貝はほとんど確認されることはなく、新たにワンドを設けた際にのみやや多く確認されていた程度であり、既存ワンドで稚貝がこれほどに確認されることは初めてである。図3・12に示すようにワンド間を比較しても、特に干し上げを行いつつ浅場を造成した31号ワンドで稚貝が多く確認されたことが分かる。

表3・3 31号ワンドにおけるイシガイの確認個体数

	イシガイ個体数	イシガイ密度	稚・幼貝個体数	稚・幼貝出現率
測線1	11	2.8	6	55%
測線2	20	5.0	7	35%
測線3 (コーナーマウンド)	43	34.4	41	95%
円マウンド	230	5.4	213	93%
線マウンド	72	28.8	59	82%



図3・10 浅場で確認されたイシガイなどの二枚貝（点線内の茶色のものがイシガイ、ドブガイの稚貝、外側の殻が黒い個体はイシガイの成貝）

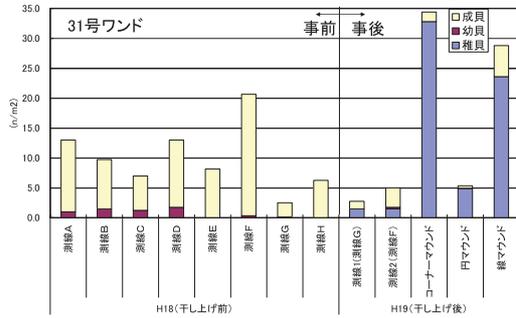


図3-11 干し上げ前後のイシガイの確認状況

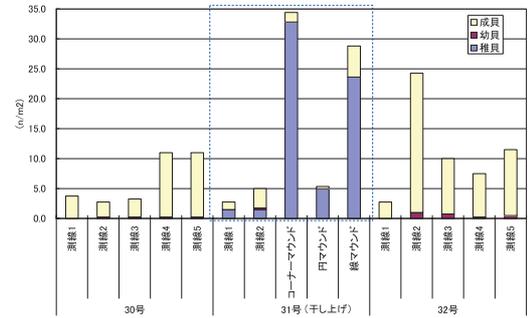


図3-12 隣接ワンド間のイシガイの確認状況

3.4 水質・底質の変化

干し上げた31号および隣接の30号と32号ワンドにおいて2007年7月、8月および10月の3回にわたって水質を測定している。調査項目は水温、pH、DO、SS、COD、T-N、T-Pおよびクロロフィルaの8項目で、それぞれワンドの水際部の表層および最深部の表層・底層において測定した(図3-13)。

水質結果をみると、図3-14に示すように、各ワンドによってやや違う傾向を示した。下流側に隣接する32号では、pH、DO、SS、CODが比較的低い値を示し

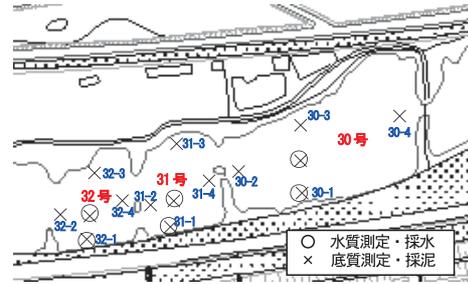


図3-13 左岸側から見下した事故現場

た。これは、本川に開口している33号ワンドの隣接ワンドであるため、比較的本川水の影響があるためと考えられる。干し上げを行った31号では、8月に最

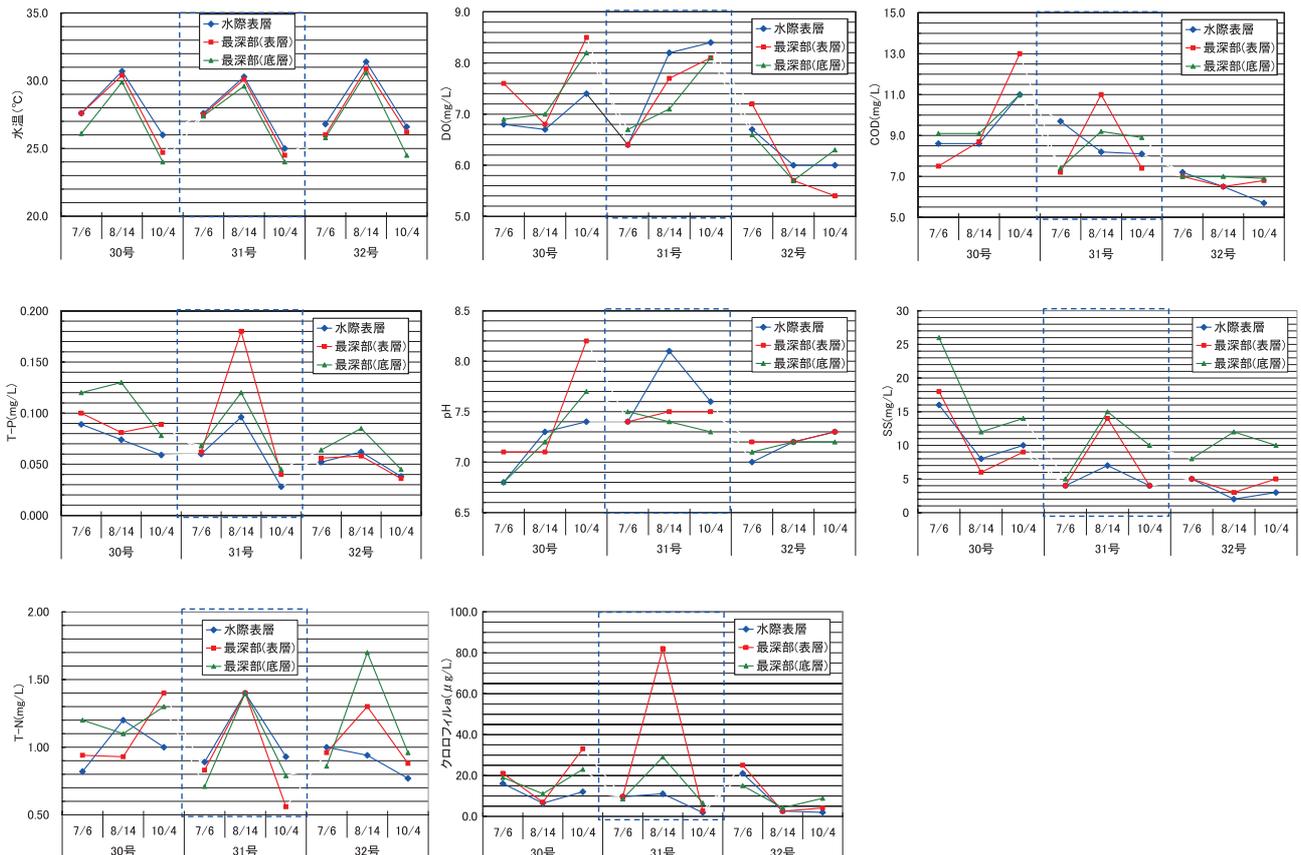


図3-14

深部表層のクロロフィルaが高い値を示した。また、その他にCOD,SS,T-N,T-P値も高くなっている。これは、夏季に植物プランクトンの発生が活発化していた可能性が考えられる。

底質に関しては水質と同様に3つのワンドで水際部4箇所および最深部の5箇所におけるサンプリングを行った(図3・13)。測定項目は強熱減量、粒度組成、泥温、泥色、臭気、性状、混入物、ORP、pHである。また各サンプリング地点で測定棒を貫入させることにより堆積泥厚を記録した。

粒度組成をみると、図3・15に示すように、各ワンドにおいて最深部では粘土分、シルト分が80%以上を占めているが、水際部では干し上げた31号は砂分が多くなっている。これは、31-1,31-2地点に新たな土砂投入を行っているからである。強熱減量は各ワンドともに最深部では高い値を示した(図3・16)。干し上げを行った31号ワンドの31-3、31-4地点などでは8%以上の最深部なみの値を示しており、この点からみる限りでは干し上げの顕著な効果は現れていないと考えられる。

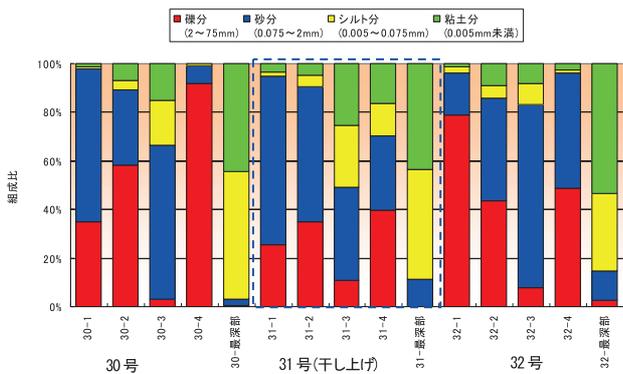


図3-15 干し上げ後の隣接ワンド間の粒度組成の比較

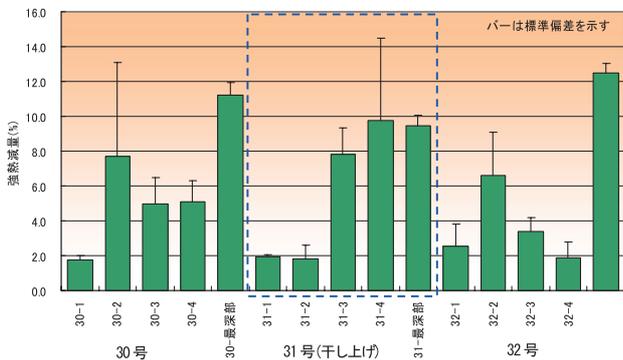


図3-16 干し上げ後の隣接ワンド間の強熱減量の比較

酸化還元電位では図3・17に示すように、強熱減量が高い31号ワンドの31-3、31-4地点などでは還元電位は低くなっており、嫌気状態が強いといえる。このことは強熱減量が高いことと対応している。

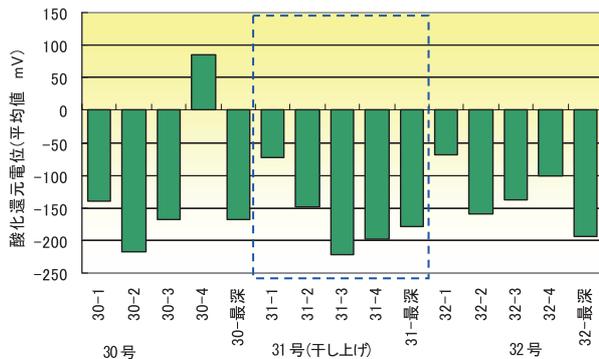


図3-17 干し上げ後の隣接ワンド間の酸化還元電位

4. まとめ

ワンドを干し上げることにより、現状の環境と、その後の応答が把握できる。これらの結果は、今後の城北ワンド改善に向けた基礎資料となると考えている。以下にまとめて列記する。

- ・干し上げたことにより、ワンドの動植物の現状の詳細な把握ができた。特に魚類では外来魚が優占している環境が確認できるとともに、在来魚にとって危機的な状況であることが分かった。
- ・貝類では二枚貝、巻貝ともに分布状況は良好であるが、現状のままでは再生産に関しては問題があることが示唆された。
- ・干し上げ後フナ類の稚魚が比較的多く確認されるなど、外来魚の駆除が、在来魚率の増加に一定の寄与をすることが示唆された。
- ・外来魚の侵入防止対策については、土のうで仕切るだけでは効果が無いことが分かった。
- ・浅場造成は、二枚貝(特にイシガイ科)の繁殖のきっかけを与えることが示唆された。
- ・干し上げても、水質・底質については他ワンドと比較して顕著な差は生じないようである。

5. 今後の課題

今回の干し上げ実験によって、ワンドの実態が明らかになった。城北地区の生物環境の復元に対しては外来生物の対策が重要であり、それらをいかに減らしていくか、また、良好な状態を維持するかが課題である。城北地区では2006年から今回の実験とは別のワンドにおいてブルーギルの駆除対策実験も併せて実施されており、現在その方法についても検討されている。浅場造成は二枚貝の再生産については良い結果を与えていることが示唆された。今後監視を続けることによって、浅場の維持と二枚貝の持続的な再生産の環境管理に関しての方策について確立していく必要がある。

城北ワンド群の環境改善対策には、湛水域において水の流れや水位変動の生起機会を増加させ外的攪乱を与えて底質の改善などを図ることが必要であるといわれているので、今後このような物理的な対策についても検討を進めていく予定である。

謝辞

本研究は、国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所委託業務の一環として実施されたものであり、環境調査データ及び工事データについては提供を頂いた。また、本実験をまとめるにあたり、淀川環境委員会委員の皆様にご指導・ご助言いただいた。ここに記し深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 井上和也ほか：ワンド干し上げによる生物環境の調査及び改善に向けた実験的対策について、河川環境総合研究所報告第13号，pp.92-112，2007.
- 2) 財団法人河川環境管理財団：流水・土砂の管理と河川環境の保全・復元に関する研究(改訂版)，河川整備基金事業,2005.11.
- 3) 綾 史郎：淀川ワンドの形成と変遷，ワンドの機能と保全・創造-豊かな河川環境を目指して，(財)河川環境管理財団大阪研究所，pp.41-78，1999.
- 4) 河合典彦：景観にみる城北ワンド群の変貌,水位の安定化がもたらしたものー，ポテジャコ，魚類自然史研究会，5，pp.11-19,2001.
- 5) 河合典彦：大規模河川改修が淀川の水環境にもたらした功罪，淀川下流の城北ワンド群を中心に，海洋と生物，149 (vol.25 no.6)，pp. 467-475.2003.
- 6) 紀平 肇：淀川に生息する淡水貝類の昔と今，日本産淡水貝類図鑑，①琵琶湖・淀川産の淡水貝類，ピーシーズ，pp.136-137,2003.
- 7) 建設省近畿地方建設局：淀川百年史，(近畿建設協会，1822pp,1974.
- 8) 日本生態学会：外来種ハンドブック，2002.9
- 9) 淀川環境委員会：自然豊かな淀川をめざして，ー資料編ー，国土交通省近畿地方整備局淀川工事事務所，2002

2) 河川環境管理における 空間管理計画の課題と今後の方向

山本 晃一*・竹内 清文**・今川 徹広***

1. はじめに

河川環境管理に関する課題が河川行政の中で重要なものとなってきたのは昭和50年代に遡る。この時代は折しも経済の高度成長期にあり、特に都市部において急速な人口集中をもたらした。従来、洪水や高潮に対して危険であると考えられた地域にまで生活圏が拡大し、水害危険区域への資産集中が加速した。流域の都市化は流出増など流出機構を大きく変化させ、治水安全度低下の懸念があった。また、水需要は経済発展と生活水準向上とにより、特に都市用水としての需要が増大し、それに伴う水資源の枯渇、家庭排水を中心とする都市排水の増大による河川の水質悪化は大きな社会問題となった。さらに、都市化による流域のオープンスペースの減少から河川敷の公園的利用に対する要請や公有地不足による堤防敷の道路利用、過密した市街地における震災時や火災時の避難道路・避難場所等の必要性という河川敷の利用要請が高まってきた。一方で、河川は都市環境の中の唯一広大で、貴重な空間であり、自然に身近に触れる場としての要望も生まれてきた。

このように河川及び流域の変化によりもたらされた河川環境の問題は地域住民の生活環境にとって極めて複雑多岐にわたり、河川環境を適切に管理していくための基本的理念を確立する必要性が生じてきた。

これらの背景のもと、昭和56年12月18日に「河川環境管理のあり方について」の答申がなされた。河川環境管理基本計画はこの答申を受けて全国109水系で策定されることとなった。

その後、平成4年の「アジェンダ21」のリオ宣言に前後して、自然愛護思想や地球環境問題への関心が高まり、河川環境の重要性は強く認識される様になった。平成9年には「河川法」を改正して法の目的に「治水」、「利水」に「河川環境の整備と保全」が加えられ、これまでの工事実施基本計画に代わり、河川整備に関して住民意見を聴取した河川整備計画の策定が位置づけられた。

平成18年7月の提言「安全・安心が持続可能な河川管理のあり方について」では、自然環境変化を踏まえた、より充実したもの、つまり実効性のある計画への見直しが求められている。

こうした社会趨勢や施策の流れを踏まえて、河川環境管理における空間管理計画の課題と今後の方向について検討した結果を報告する。

2. 既往計画の策定状況とその利活用

2.1 河川環境管理基本計画と河川空間管理計画

河川環境管理基本計画の記載事項は昭和56年12月の「河川環境管理のあり方について」の答申に明記されており、表2.1に示す構成計画の基本的事項について定めることとなっている。なお、河川環境管理基本計画は法定計画とはなっていない。

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 所長

** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第三部長

*** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第三部主任研究員

表2-1 河川環境管理基本計画の基本的事項

構成計画	基本的事項
水環境管理計画	水量及び水質の総合的管理に関する基本構想
	水量及び水質の監視
	ダム、導水路等河川管理施設の管理
	取排水施設等許可工作物の管理並びに水環境の改善のための事業の実施に関する計画
	流域における下水道整備
河川空間管理計画	排水規制等水環境に関連ある施策との調整
	河川空間の適正な保全と利用に関する基本構想
	河川空間の整備のための事業実施に関する計画
	河川工事及び許可工作物設置に当たって河川空間の管理上配慮すべき事項
	都市計画等周辺地域における河川空間に関連のある各種施策との調整に関する方針等河川空間の管理に関する基本的事項

河川環境管理基本計画と河川空間管理計画の関係や河川空間管理計画の目次構成等は昭和60年3月30日の河川環境対策官通知「河川環境管理基本計画の策定の推進について」ではじめて体系的に示された(図2-1, 表2-2参照)。水環境管理計画の目次構成については示されていない。

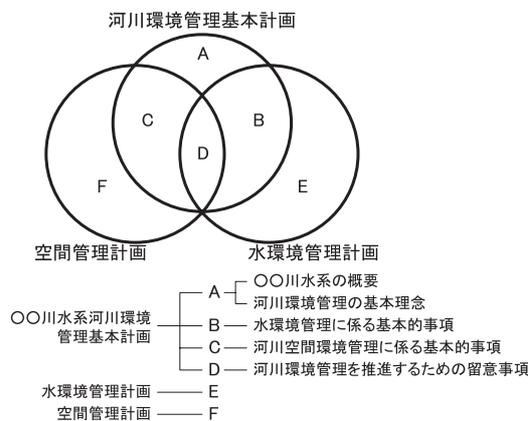


図2-1 河川環境管理基本計画に関わる諸計画

表2-2 河川空間管理計画における目次構成

河川環境管理基本計画	河川空間管理計画
<p>まえがき</p> <p>I. 水系の概要</p> <p>I-1. 流域の概要</p> <p>I-2. 治水及び利水事業の概要</p> <p>I-3. 河川環境の概要</p> <p>1. 水環境の現状</p> <p>2. 河川空間環境の現状</p> <p>II. 河川空間の適正な保全と利用に関する基本構想</p> <p>II-1. 河川環境管理の基本理念</p> <p>II-2. 河川環境管理の基本方針</p> <p>II-3. 計画の策定方針</p> <p>II-4. 計画を定める区域</p> <p>II-5. ブロック計画</p> <p>II-6. 河川空間管理計画の策定</p> <p>1. 空間配置計画</p> <p>2. 施設整備計画</p> <p>III. 河川空間整備のための事業実施に関する基本構想</p> <p>IV. 河川工事及び占用許可等に当たって配慮すべき事項</p> <p>V. 河川周辺地域における河川空間に関連する各種施策と調整に関する方針</p> <p>VI. その他</p>	<p>まえがき</p> <p>I. 空間配置計画</p> <p>I-1. 計画を定める区域</p> <p>I-2. 空間区分</p> <p>I-3. 空間配置</p> <p>II. 施設整備計画</p> <p>II-1. 空間整備計画</p> <p>II-2. 拠点地区整備計画</p> <p>II-3. 水辺のネットワーク整備計画</p> <p>III. 維持運営組織に関する事項</p>

2.2 既往計画の策定状況

平成20年9月現在、河川環境管理基本計画は、直轄河川109水系、全てにおいて策定済みである。図2-2は河川環境管理基本計画の策定水系数の累計の年度変化を示したものである。昭和63年から平成2年にほとんどが策定された。

しかし、昭和58年6月28日の局長通達「河川環境管理基本計画の策定について」において「当分の間、水環境に係る基本的事項又は河川空間管理に係る基本的事項のうちいずれか一方の事項を定めること、又は基本事項の一部を定めることができる」とされたこと、オープンスペースとしての河川空間の保全と利用が当時注目されていたこと等から河川空間管理計画が優先的に策定されるに至ったと考えられる。

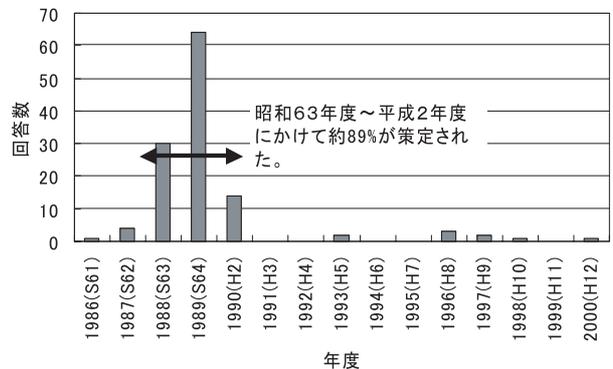
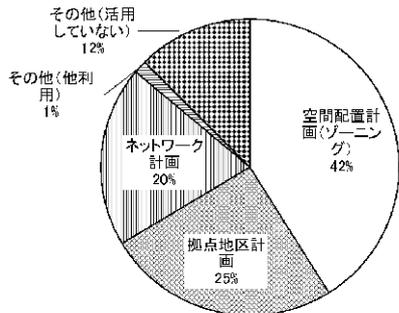


図2.2 河川環境管理基本計画の策定水系数の経年変化

2.3 河川空間管理計画の利活用

平成19年度新たな河川環境管理計画に関する検討業務で全国の直轄河川事務所に対して「河川空間管理計画」の構成要素である空間配置計画、拠点地区計画、ネットワーク計画等のどの情報を河川環境管理行為に使用したかを見るための実態調査を行った。結果は図2-3に示すとおりで、空間配置計画が多く使用されていることがわかった。さらに空間配置計画の活用状況を調査したところ図2-4に示すとおりとなり、空間配置計画(ゾーニング)によって、許認可事務や市町村からの公園整備等の要望に対しての確認に活用されていると共に、改修・災害対応・環境事業の河川整備事業の計画・実施の際に利

用されているようである。空間配置計画の策定の背景には、当時の施設整備に関しての市町村要望が強く、その調整に視点があったと考えられ、自然環境の保全の視点での策定・利活用に至ることはなかったと考えられる。



回答条件:「その他(活用していない)」以外は複数回答有り
 回答数:217
 母数:122 [全回答数]

図2-3 河川空間管理計画の活用状況

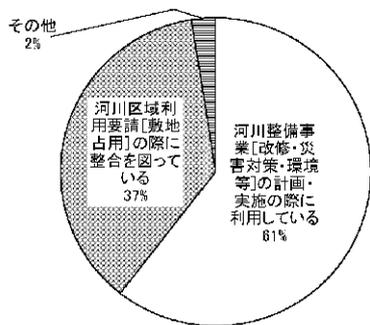


図2-4 空間配置計画の活用状況

3. 河川管理者が抱えている河川環境管理上の課題

全国の直轄河川事務所の河川管理者が河川環境管理上で課題としていることを把握するために、平成18年度新たな河川環境管理のあり方の検討業務でアンケート及びヒヤリング調査した。環境上の課題の提示のあった86事務所の回答をカテゴリー分類すると、図3-1に示すとおり、生物の多様な生育・生息環境の確保、高水敷や水面における不法・迷惑・危険な利用、次いで不法投棄や流下ゴミ、景観に分類できる。生物の多様な生息・生育環境の確保が注視される。

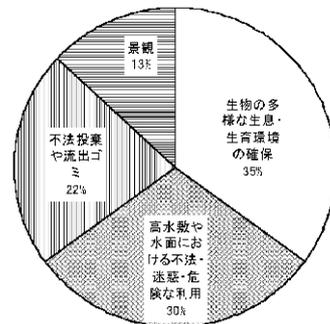


図3-1 河川環境管理上での課題

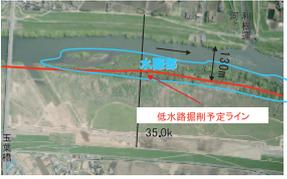
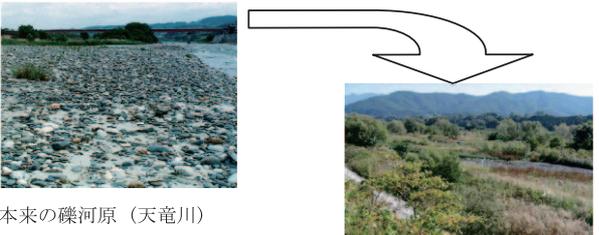
課題総括として表3-1にまとめたところ、「生物の生息・生育・繁殖環境」、「人と河川との豊かなふれあい(関係)」、「河川景観」という河川空間管理上のキーワードが抽出できた。

なお、河川空間上の課題の実例について表3-2に示す。

表3-1 河川空間管理上での課題

区分	課題の細分	
生物の生息・生育・繁殖環境	環境上保持すべき区域に対する立ち入り→生物の生息・生育環境への悪影響に対する懸念	
	冠水頻度の減少による河道内の樹林化 →洪水による攪乱の低下に伴う川らしさの喪失の懸念	
	外来種・貴重種への対応 →外来種の駆除、貴重種保全方法が不明確、維持管理方法が不明	
川と地域との関係	高水敷	堤外民地のゾーニング(白地) →堤外民地も河川景観の重要な一部であるが、その取り扱いには所有者との協議が必要
		ホームレスへの対応 →環境保全区域(立ち入り禁止区域)への居住、河川景観への懸念
		河川敷グラウンド等の新設要望と環境面からの保全要望の調整 →河川管理者による保全と利用の要望調整
	水面	不法係留への対応 →不法係留船等による景観の阻害、水質の悪化、ゴミ問題の発生
		危険・迷惑行為
	ゴミ	河川敷への廃棄物等の不法投棄 →河川景観の悪化、河川空間の衛生上の問題、モラルの低下
流下ゴミの問題 →上流からの流下ゴミにより景観がそこなわれている地域		
河川景観	河川風景の保全 →沿川(河川区域外)との一体的保全が困難	

表3-2 河川環境管理における課題の事例

<p>例1 治水整備と河川環境保全のバランス</p>	<p>例5 堤外耕作地の放棄</p>
<ul style="list-style-type: none"> 水際部や中州・寄州に、多様な環境が見られる。 低水路の拡幅により、河岸が単調化すると共に、水際のみ存在する自然環境が消失してしまう。 	<ul style="list-style-type: none"> 農地として利用されて来た堤外民地に、耕作放棄地が目立つようになった。 耕作放棄地は、土地が富栄養化しており、河道内樹木の繁茂が著しい。 関係機関との調整が必要である。
 <p>中水敷の自然環境保全（江戸川運河合流点对岸地区 35Km 付近）※現在、治水機能と環境保全の両面から検討調整中である。</p>	 <p>耕作放棄後樹木が繁茂（豊川）</p>
<p>例2 貴重生物の保全</p>	<p>例6 迷惑・危険行為</p>
<ul style="list-style-type: none"> 貴重種の生息・生育空間を保持するために人の立ち入りを規制することが困難であり、貴重種の保全技術の向上も望まれる。水際部や中州・寄州に、多様な環境が見られる。 	<ul style="list-style-type: none"> ゴルフ、ラジコン等他の河川敷利用者に対して危険な行為が横行している。 水面において危険運転等による事故の発生や騒音等の問題が発生している。 自由使用の原則はあるが、モラルの向上、ルールの設定、場合によって法令等による規制も必要となっている。
 <p>注意喚起の看板(信濃川)</p>	 <p>ゴルフ練習(多摩川)</p>
<p>例3 陸化・樹林化</p>	<p>例7 不法投棄・流下ごみ</p>
<ul style="list-style-type: none"> 洪水による攪乱の減少により、土砂が堆積して、陸化・樹林化している。 本来河原に生育する植物が消失するとともに河川景観が変化してしまう。 	<ul style="list-style-type: none"> 不法投棄・流下ゴミにより河川 海岸の景観・利用が阻害される。・関係機関との調整が必要である。
 <p>本来の礫河原（天竜川）</p>	 <p>家電製品の不法投棄(阿賀野川)</p>
<p>例4 外来種の繁茂</p>	<p>例8 不法係留</p>
<ul style="list-style-type: none"> 外来種が増加し、在来種を駆逐しつつあることから、的確で合理的防除が必要となっている。 特定外来生物法（平成 17 年施行）に基づく適切な処理が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 許可無く棧橋を設置し、係留している船舶が多数存在し、河川の自由使用や景観の阻害となっている。 洪水時に流出して河川管理施設に悪影響を及ぼすことがある。
 <p>「自然保持空間」で樹林化したハリエンジュ（多摩川）</p>	 <p>施設に近接して係留(阿賀野川)</p>

4. 河川空間管理の方向性

4.1 河川空間管理の視点

平成18年7月の「安全・安心が持続可能な河川管理のあり方について（提言）」に示されている「戦略的な河川環境管理の推進」では、治水・利水・環境を総合的に考え、自然環境の変化を踏まえ、より充実した（実効性のある）河川環境管理にすることとされている。

また、既往計画は策定後、15～20年近く経過しており、自然環境保全へのより積極的な対応や前述した新たな河川環境管理への課題対応、さらには地域や住民と協働した管理の実施に向けた、河川空間管理の早期の見直しが必要となっている。

4.2 ゾーニングの基本的な考え方

(1) ゾーニング

将来の河川環境の姿をもとに、地域レベルで将来目標を設定して、望ましい河川空間に向かって管理していく方針を示したものがゾーニングといえる。

ゾーニングは、現況河川が有している自然環境の質（連続性、多様性等）と量（場の大きさ等）について、現状と同時に過去の状態もしっかりと捉え、併せて、河川管理者の抱える河川環境管理上の課題や河川空間の利活用に関する地域の意見・要望等社会趨勢を踏まえた上で、基盤となる治水・利水計画との整合を図って設定することが基本となる。

(2) ゾーンタイプ

ゾーンタイプは河川空間に関わる保全や整備の方向性を示すもので、その基本的な考え方は平成元年6月20日建設省河川局河川環境対策室事務連絡の「河川環境管理基本計画策定にあたっての留意事項」に示すとおりである（表4・1参照）。保全と整備とその中間的なゾーンタイプという3区分を基本としている。既往計画では「自然ゾーン」、「自然利用ゾーン」、「整備ゾーン」の3区分としている河川が多い。

表4・1 空間区分の基本的な考え方

ゾーニングは、河川空間に関わる、環境の保全と創造、整備の方向等の管理の方針を示すものであり、**ゾーニングの名称でそのゾーンの管理方針がわかることが重要**である。従って、ゾーニングに際しては次に示すゾーニングを基本とすることとし、特に基本計画策定対象河川において、**特徴ある管理をすべき区域で、基本となるゾーニングでその管理方針を表現できない場合に限り、別のゾーンを設定することができるものとする。但し、その場合においては、基本のゾーンタイプとの違いが明確になるよう整理すること。**

しかし、多摩川等の設定事例を考慮すると、ゾーンタイプの区分数は各河川における河川環境のスケール（自然的環境・社会的環境、管理対象・管理目的等）や地域実状等を考慮して、3区分にとらわれることなく、自然指向と人工指向を極として、設定することが望ましい。

ゾーンタイプ区分の方針は、河川空間の環境評価や河川空間管理上の課題等に留意し、平成7年3月30日の河川審議会答申「今後の河川環境のあり方について」の考え方を勧告し、河川空間の適正な保全と利用に向けて、下記の事項に心がける必要がある。（図4・1参照）

- ・ 生物の生息・生育・繁殖環境
- ・ 人と河川との豊かなふれあい
- ・ 河川景観

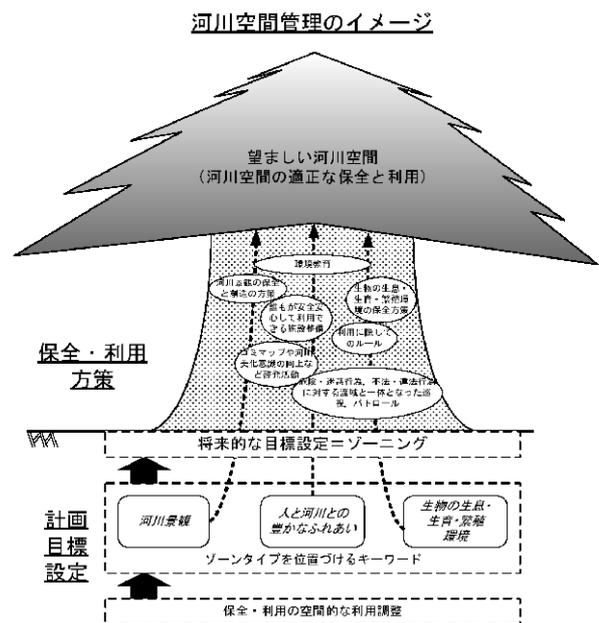


図4・1 河川空間管理のイメージ

特に保全と利用が拮抗する都市河川等ではきめ細やかな河川空間管理に考慮すべきであり、従来の「白地」の取り扱いについては、河川管理者としての管理スタンスを明らかにしたうえでゾーニングを行う必要がある。

4.3 ゾーニングの見直し方法

既往計画のゾーニングの見直し検討の流れは、概ね図4・2に示すとおりである。

ゾーニングの見直し検討で特に留意する点について

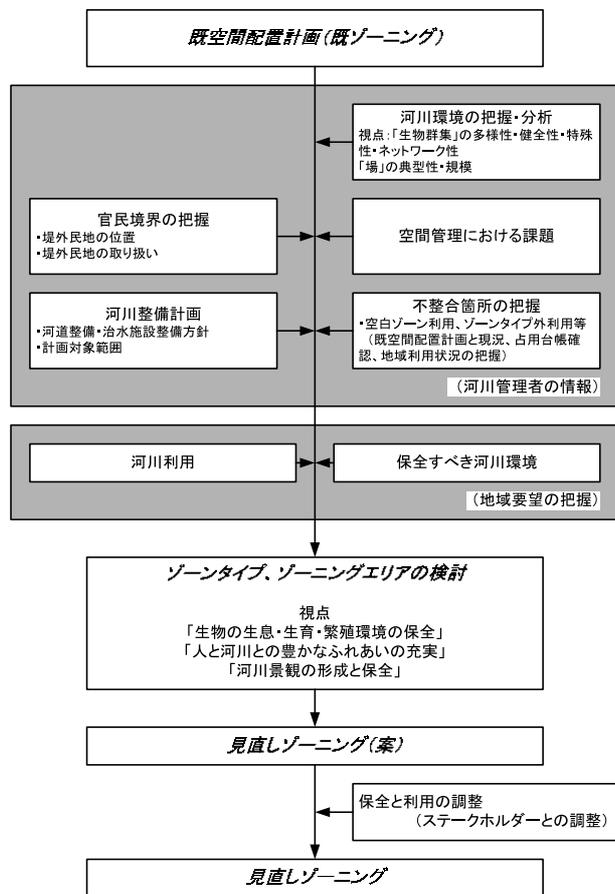


図4・2 ゾーニング見直し検討のフロー

て、以下にまとめた。

(1) 河川空間管理に関わる課題等の調査分析

近年、水辺の国勢調査や河川環境情報図といった基礎情報が蓄積され、且つ物理環境と生物群落の関連性の研究も進んできており、河川空間が有する自然環境の状況について河川毎、河川区域毎に概ね評価が可能になってきた。これらを踏まえて、現在の

河川空間が有する次のような観点で環境の評価することが必要である。

- ① 当該河川の現在に至るまでの自然的攪乱－人為的インパクト－レスポンス関係を調査
- ② 当該河川における「生物群集」の多様性・健全性・特殊性・ネットワーク性及び「場」の典型性・規模の面から貴重な自然環境特性の把握

各河川毎に課題の特性を把握して、対応の方向性を示して、ゾーニングに反映させることが必要である。特に河川空間管理の視点からは以下のものが挙げられる。

- 生態系保持空間の適正な管理
- 外来種駆除・防除
- 堤外民地等の管理手法
- 利用ルールの作成とモラルの向上方法
- 等

近年、厳しい財政状況や地域事情からの計画頓挫によって利用がなされなかった箇所や新たな利用形態の箇所等があり、現状が既計画で設定されたゾーンタイプとは異なっていることが多々ある。そのため、既往計画と現況の利用状況や占用台帳等との不整合箇所について調査把握する。また、ゾーニングしていない、いわゆる「白地」として取り扱われた堤外民地等の位置について官民境界図等から確認すると共に、現状の土地利用（耕作の有無等）把握が必要である。

(2) 河川環境目標とゾーニング設定

ゾーニング検討の基盤となる治水・利水施設の計画の確度を高めておく必要がある。既往計画では工事実施基本計画対応の河道がベースにあったが、河川法改正以降、河川整備計画の検討・策定が進む中、今後20～30年後の河川環境管理の目標や方策についても、河川整備計画で示されている河道整備や施設整備方針に基づき記載する。

(3) 河川空間の利活用の把握

公共空間である河川空間を秩序あるものとする河川管理の立場と河川空間を多様に利用しようとする地域及びステークホルダーの考えとの矛盾を解消して、

将来の河川環境の質を高めるためには、河川空間の利活用に関する現状、要望について把握することが必須であり、具体的な地域計画等の把握の意味から、まず県や市区町村を対象として聞き取りを行う。また、得られた利活用情報は、将来の河川に対するインパクト情報の一つであり、河川管理者の治水・利水計画、空間管理の課題等と合わせて、将来の河川環境、については河川空間を予測するための重要なデータでもある。

活発な活動を行っている市民団体等の考えも把握しておくことが望ましい。これは情報把握だけにとどまらず、河川環境管理の重要なパートナーとして河川環境の質を高める一つの機会である。

4.4 ゾーニングの見直し検討事例の概要

ゾーニング検討の方針やゾーニングの基本情報である河川空間の環境分析についての概要を江戸川を例に紹介する。

(1) ゾーニング見直しの契機

平成2年に利根川水系全体で河川空間管理計画を策定した。利根川水系の他河川との調整した上で、使用するゾーンタイプを「自然利用ゾーン」、「整備ゾーン」の2つとして設定した（表4・2参照）。

表4・2 平成2年策定ゾーンタイプ

ゾーンタイプ名	ゾーンの説明	江戸川での設定状況
自然ゾーン	利根川水系特有の自然環境や景観を保全し、原則として治水・利水目的以外の人工改変を行わず、あるがままの自然とふれあう場として利用することが望ましい空間	—
自然利用ゾーン	利根川水系特有の自然環境や景観を活かし、自然観察や野草広場、生産緑地等、準自然的な環境を保全しつつ整備し、自然指向のレクリエーション活動ができる場として利用することが望ましい空間	●
整備ゾーン	高水敷や河岸を利用し、広場、公園、階段護岸等の整備を行い、各種レクリエーション、スポーツ活動に利用することが望ましい空間	●

しかし、以下の課題が生じ、新たなゾーニング見直しを検討することとなった。

- ① 使用したゾーンタイプが2種類に過ぎないために、詳細な管理の方向性等が不明瞭になり、実管理上の支障が生じてきていること（ゾーニングは「白地」箇所があり実管理の目安がない状況だった。）

- ② 社会要請に沿ったものでは無くなってきていること
- ③ 自然環境評価の高まりや河川整備計画河道に対応した計画対象範囲の設定の視点に欠けていること

(2) ゾーニング見直し検討の前提条件とゾーニングゾーニング見直し検討の前提条件として以下のとおり設定した。

- ① ゾーンタイプは「自然利用ゾーン」、「整備ゾーン」に加え、適切な管理行為を前提とする自然環境を保全する空間「自然ゾーン」を位置づける。
- ② 河川整備計画河道（案）を前提に平面的なゾーンを設定する。
- ③ 水際部は生態系連続性の確保のために、原則自然系の空間とする。
- ④ 「白地」は現状土地利用等に配慮しつつ、自然環境保全に向けたゾーニングとする。
- ⑤ 以上のポイントで作成したゾーニング原案に基づき自治体からの意見、並びに要望を反映する。ゾーニング（案）についてはステークホルダーとの調整を踏まえて、確たる計画とすることとした。

また、独自の考え方として、計画の実効性を担保するために、とるべき対策（例えば、ワンド保全、中州保全といった水辺ミティゲーション方策・水辺保全対策）や管理していく上での方針を明確化するために、マップスケールの小さな管理区分にも配慮した。

(3) 河川空間に関する環境分析

河川空間管理の見直しにあたっては、河川空間の環境分析を行い、ゾーニングの基礎データとしている。分析はまず物理環境要素、生物的要素、人為・社会的要素のそれぞれについて、縦断的方向に整理を行い、すべての要素を串刺しにして河川の生態的環境から河川生態環境タイプ区分した。タイプ区分毎の自然的特徴を踏まえて、表4・3に示す評価視点、及び表4・4に示す自然環境に対する要請等を加えて評価を試みた。

表4-3 評価視点（自然的特徴）

評価視点	評価の基準（概要）
場の典型性（川らしさ）	河川生態環境タイプ区分で示した、当該地区の河川環境の特性をどれだけ多く有しているかを評価する。
場の規模	自然地の大きさ（面積）を評価する。
場の多様性	自然地に含まれる環境の多様性を植生図を元に、自然系群落数で評価。あるいは、河岸の人工化度合いや形状の複雑さを評価する。
場の健全性（希少種確認の有無）	レッドデータブック掲載種などの希少種の確認情報から、その自然地が健全な環境を有しているかどうかを補足的に評価する。 ※個体数が減少した動植物種が生息→「自然環境の健全性が高い」と便宜的に判断する。
場の特殊性	その場所にのみ存在し、他で代替できない特殊な環境を評価する。
場のネットワーク性	当該自然地が上・下流の自然地と連続している場合、堤内地側に河川と一体的に機能するような自然地がある場合など、周辺からの自然のネットワーク性について評価する。 ※背後の緑地など地域レベルの自然のネットワークのほか、渡り鳥の中継地などより広範なネットワークなど段階別に評価する。

表4-4 自然環境に対する要請に関する視点

<ul style="list-style-type: none"> ■ 市民から保全の要望が高い地区 ■ 行政が積極的に自然再生を実施している地区 ■ 一定区間の中で最も環境評価がすぐれた地区 <p>※環境の性質が類似している一定区間（河川生態環境タイプ区分における1区間）の中で自然環境が最も残っている場所では、その環境の性質を他の区間では担保することができないため評価する。</p>

5. より充実した河川空間管理に向けての課題

これまでに河川空間管理の方向性について示したが、実効性のある空間管理を目指して、特に今後の対応について気づいた点を以下に示す。なお、充実した河川環境管理においては水環境管理の検討も一体となって実施しておくことが望ましいと考えられる。

5.1 法的規制整備の重要性

拘束力がある対応（方策）を実施するべき事項に関しては、法的な規制整備を積極的に推進し、よりよい河川環境管理が維持・形成されるようにすることも重要で、特に下記の事項について対応を考えることが必要である。

- ① 生態系の保持空間等への立ち入り規制
- ② 危険・迷惑行為の取り締まり 等

5.2 流域の視点と協働

河川管理者は、適正な河川空間管理を実施するために、市町村の一層の参画を進めるとともに、地域住民、NPO等の多様な主体間の役割分担を明確にし、積極的に連携・協働することが肝要である。

そのために、美化活動や河川での体験活動の指導者育成や、河川における水質や自然環境に関する調査、植生管理等を通して河川環境管理について、より関心を高めることが必要である。

5.3 サイクル型管理の必要性

河川空間管理の充実を図るためには、ゾーニングに対して対策後の河川空間の有り様を達成度としてレビューしなければならない。達成度はゾーニング設定の際に位置づけたゾーンタイプに対する評価時点の状態との乖離度で把握することが出来る。結果に基づき、新たな地域要請や社会趨勢を踏まえたゾーニング見直しも視野におき、河川空間管理の新たな目標を設定していくという仕組みを継続的に行うサイクル型管理が必要である。

サイクル型管理のポイントは長期的かつ広域的視野に立って計画し、地域住民、河川行政関係者、地方自治体など関係者がそれぞれの責務を理解した上で集い、互いの情報を共有して知恵を出し合って決めていくため、確固たるパートナーシップを構築していくことが極めて重要である。

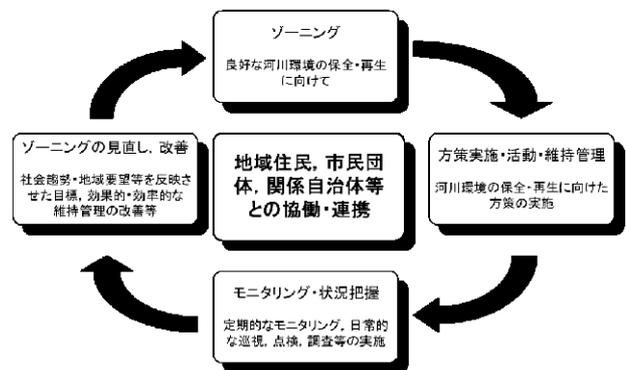


図5-1 河川空間管理におけるPDCAサイクル図

参考文献

- 1) 河川審議会答申（1980）：河川環境管理のあり方について。
- 2) 近藤徹（1982）：河川環境管理のあり方－河川審議会の答申－。雑誌 河川，No.427，pp.11-18.
- 3) 近藤徹（1982）：河川環境の現状と課題。雑誌 河川，No.427，pp.19-39.
- 4) 河川局長通達（1983）：河川環境管理基本計画の策定について。
- 5) 財団法人河川環境管理財団（1983）：解説 河川環境。
- 6) 国土交通省江戸川工事事務所（1984）：江戸川河川環境管理計画報告書（河川空間）。
- 7) 河川環境対策官通知（1985）：河川環境管理基本計画の策定の推進について。
- 8) 建設省関東地方建設局江戸川工事事務所調査課（1985）：江戸川の河川環境管理計画。雑誌 河川，No.472，pp.13-20.
- 9) 建設省河川局河川環境対策室（1989）：河川環境管理基本計画策定にあたっての留意事項。
- 10) 関東地方建設局・茨城県・埼玉県・千葉県・東京都（1990）：利根川水系河川空間管理計画【江戸川区域，中川・綾瀬川区域】。
- 11) 河川審議会答申（1995）：今後の河川環境のあり方について。
- 12) 五十嵐崇博（1995）：河川審議会答申 今後の河川環境のあり方について。雑誌 河川，No.587，pp.26-30.
- 13) 小倉紀雄・山本晃一（2005）：自然的攪乱・人為的インパクトと河川生態系。pp.77-229.
- 14) 安全・安心が持続可能な河川管理のあり方検討委員会（2006）：安全・安心が持続可能な河川管理のあり方について 提言。
- 15) 国土交通省河川局（2006）：河川景観ガイドライン 河川景観の形成と保全の考え方。
- 16) 国土交通省江戸川河川事務所（2006）：河川空間管理検討業務報告書。
- 17) 国土交通省関東地方整備局（2006）：新たな河川環境管理のあり方の検討業務報告書。
- 18) 国土交通省関東地方整備局（2007）：平成19年度新たな河川環境管理計画に関する検討業務報告書。
- 19) 国土交通省河川局河川環境課（2008）：政策レビュー 河川環境の整備・保全の取組み－河川法改正後の取組の検証と今後のあり方－。
- 20) 中村太士・辻本哲朗・天野邦彦 監修 河川環境目標検討委員会 編集（2008）：川の環境目標を考える－川の健康診断－。pp.1-79.
- 21) 財団法人河川環境管理財団 河川環境総合研究所（2008）：河川環境総合研究所資料第23号 河川環境管理計画に関する研究ノート〔I〕－平成19年度河川塾高等科活動報告－。pp.5-37.

3) 調節池化による植生変化と 早期植生回復に関する研究

戸谷 英雄*・山本 嘉昭**

1. はじめに

稲戸井調節池は、利根川と鬼怒川の合流点下流の左岸側の守谷市および取手市にまたがり位置する。鬼怒川の利根川本川への合流量を田中・菅生調節池と合わせて調節し、鬼怒川洪水による利根川本川への影響を減少させる目的で設置されるものである。田中・菅生の両調節池は暫定的に完成しており、稲戸井調節池は、現在、調節池化の工事が進められている。

平成20年度には調節池化が概成し、引き続き治水容量確保のための掘削が行われる。調節池化による池内への洪水流入頻度の減少と池内掘削によって、既存植生への影響が考えられる。

本研究は、調節池化に伴う掘削工事により大きな変化が予想される調節池内の植生環境を早期に回復させること、在来種(ヨシ・オギ)による回復を図る

ことを目標として実験区を設定し、2ヶ年の現地での植生回復実験の結果をとりまとめたものである。

2. 本研究の目的

本研究は、稲戸井調節池の掘削工事における環境配慮措置として検討されている「表土の播き出しによる早期植生回復措置」の実効性の検証、特に将来回復が見込まれる植生(優占繁茂が見込まれるヨシ・オギ等の在来の高茎抽水植物)の回復状況の確認を目的とする。

3. 実験方法

3.1 植生回復実験概要

3.1.1 実験内容

植生回復実験は、現地における実証実験を行うため、稲戸井調節池内に実験区を設置し、表3・1に挙げるヨシの定植・表土の播き出しの4ケースを実施した。

表土の播き出しは、根茎や種子を含む表土を約30～50cm剥ぎ取り、これを掘削した実験区に約20cm厚で播き出した。



図1・1 位置図

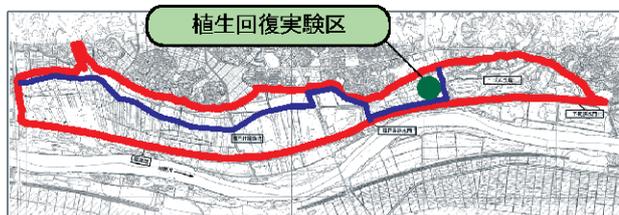


図3・1 実験場所位置図(稲戸井調節池内)

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究主幹

** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第四部研究員

表3-1 地区別整備施設一覧表

ケース	概要					
	実験趣旨	採土・採取状況	播き出し厚	表土保存期間	備考	
CASE1 (区画A)	表土の播き出し (ヨシ)	ヨシ群落の回復実験	ヨシ群落の表層から50cmの根土を採土	平均20cm	0日 (採土直後に播き出し)	ヨシの回復状況を観察
	ヨシ根茎の定植		ヨシ群落の表層からヨシ根茎を採取	-	0日 (採取直後に植え付け)	ヨシ根茎の発芽率の確認 16本/1コトラート×2箇所
CASE2 (区画B)	表土の播き出し (オギ)	表土の播き出しによる植生回復	オギ群落の表層から30cmの表土を採土	平均20cm	0日 (採土直後に播き出し)	表土保存期間の違いによる植生回復状況の観察
CASE3 (区画C)	表土の播き出し (オギ)	表土の播き出しによる植生回復	オギ群落の表層から30cmの表土を採土	平均20cm	5ヶ月	
CASE4 (区画D)	表土の播き出しなし	表土を播き出さない植生回復	施設造成時の基盤のまま放置	なし	-	CASE1~3との比較 表土の播き出しの有無による

区画Aはヨシ群落，区画B・Cはオギ群落の回復実験を行い，区画Dは表土の播き出しをしない実験区画とした。また，区画Cの表土保存期間（5ヶ月間）においては，シート等により覆うなどの温度・湿度管理はしていない。表土の播き出し後についても，刈り取り・散水等の維持管理は一切していない。

3-2に示すとおり，長浜水路沿いを選定した。1区画は幅10.0m×長さ28.0m（水路際より15.0mの平坦地，13.0mの5割勾配の斜面）とし，実験ケースに合わせて4区画を設置した。

基盤高は，低水位期における自由地下水位（YP+4.7m）で設定した。なお，表土の播き出しを平均20cm厚（区画A～C）としたため，長浜水路水位（YP+4.5m）と基盤高は0.4m（区画A～C），0.2m（区画D）の差がある。

3.1.2 実験区の位置および施設概要

実験区は，回復する植生の湿性や乾性への適応性の確認と掘削時の雨水処理のし易さを考慮して，図

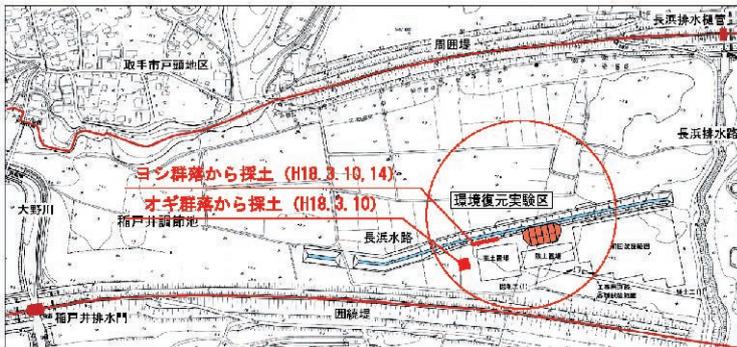


図3-2 実験区の設置位置図および採土位置

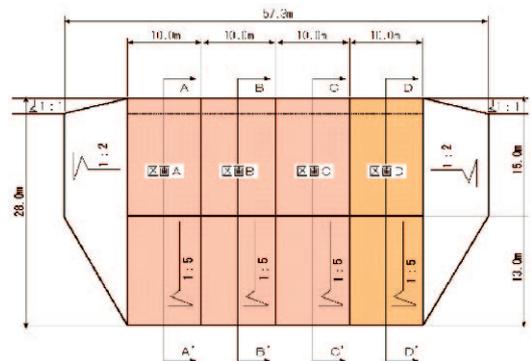


図3-3 実験施設 平面図

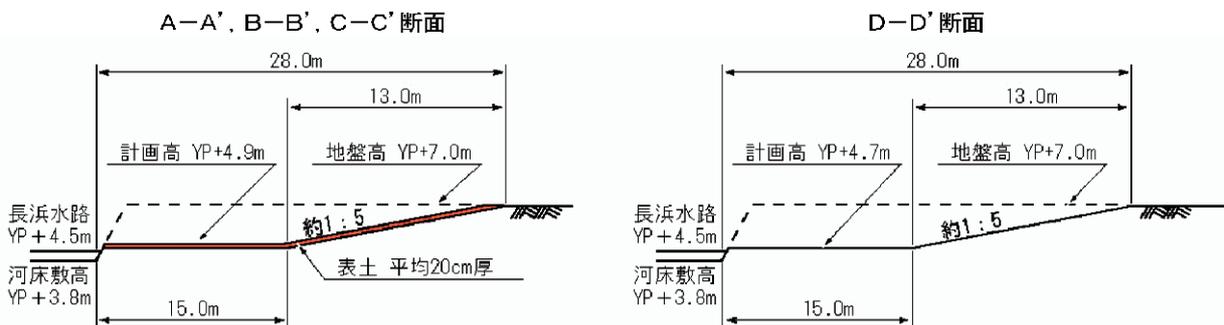


図3-4 実験施設 断面図

3.2 モニタリング調査

3.2.1 モニタリング項目と調査方法

本実験では1区画に5箇所のコドラートを設置し、植生の生育環境に影響を及ぼす自然環境および物理環境を含め、5項目をモニタリング項目として設定した。また、基礎情報として気象観測データの整理、把握を行った。

モニタリング調査は、表3・2に示す方法で実施した。

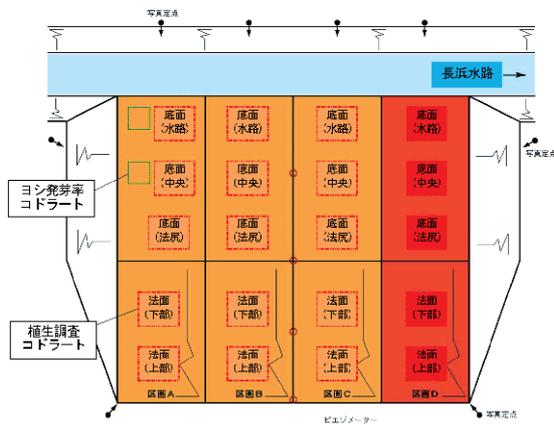


図3-5 モニタリング調査位置図

3.2.3 調査期間

実験区は平成18年2月に造成、表土の播き出しを同年3月10日および14日に行った。これより、モニタリング調査は、表3・3に示すように平成18年度の5～10月は1回/月、平成19年度は7月の1回を実施した。

4. 実験結果

4.1 気象概況

気象庁の千葉県我孫子測候所のアメダス・データ（平成18・19年）を整理した。データ採用期間は、表土の播き出しを実施した3月から植物が旺盛な生育を見せ、植生が安定する8月までとした。

気温は、平成18・19年ともに概ね平年並みである。

降水量は、各年の7月に平年値より約1.4～2.0倍も多い状況であった。

日照時間は、平成18年では4～7月に平年値を下回る状況が続き、7月は平年値の半分以下であった。平成19年は7月に平年値をやや下回ったものの、植物の芽吹きから生育初期にあたる5・6月や生育最盛

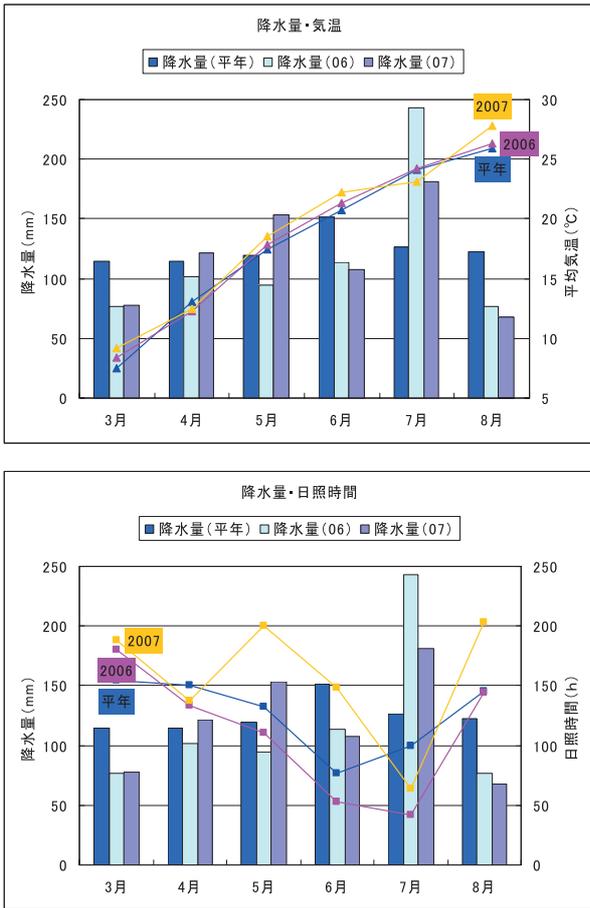
表3-2 モニタリング項目と調査方法

モニタリング項目		内容	調査方法
基礎情報	気象情報	降水量、気温、日照時間	気象庁の観測データ（千葉県我孫子市）を整理
自然環境	定点観察	植生の繁茂状況の変化	回復植生の全体および各区画の状況が把握できる場所に定点を設置し、写真による記録を実施
	植生調査	出現種 被度・群度 植生率、植生高	コドラート（2m×2m）を1区画あたり5箇所（底面3箇所、法面2箇所）を設置。コドラート内で階層ごとに出現種を記録するとともに、Braun-Blanquetの全推定法に基づいて被度・群度を記録
	ヨシ発芽率	ヨシ発芽率 ※16本/1コドラートにおける発芽の割合	区画A（ヨシ根茎を含む表土を播き出した区画）に、コドラート（2m×2m）を底面2箇所に設置。16本/1コドラートのヨシ根茎を定植する「地下茎工法」で発芽率を確認
物理環境	土壌状態	土壌水分量	土壌水分計による現地測定を実施
	地下水位	自由地下水位	観測施設設置（自記水位計）による常時観測（平成18年度）

表3-3 調査期間および時期

年度	項目	4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月			1月			2月			3月			備考
		10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30							
平成17年度	実験区造成																																					
	播き出し																																			3月10日（区画B.C及びA法面部） 3月14日（区画A底面部、ヨシ根茎）		
平成18年度	コドラート調査				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1回/月（5月～10月） ※発芽期（5-6月のみ2回/月）			
	ヨシ発芽率																																			1回/月（5月～6月） ※発芽期（6月のみ2回/月）		
	土壌状態																																			1回/月（5月～10月）		
平成19年度	コドラート調査																																			夏季1回		
	土壌状態																																			夏季1回		

期である8月には平年値を50時間程度上回る良好な日照状況であった。



※平年値：降水量・平均気温の統計期間：1979～2000
日照時間の統計期間：1987～2000

図4-1 気象庁我孫子測候所アメダス・データ
(平成18・19年, 3～8月)

4.2 地下水位と表層土壌水分量の把握

植生基盤の状態を把握するための物理環境情報として、実験区内の自由地下水位、および表層土壌水分量(体積含水率)を測定した。表層土壌水分量の測定は、コドラートと同様の5箇所で行った。

4.2.1 自由地下水位の観測結果

図4-2に示すように、実験区内の自由地下水位は、法肩から法面までは基盤内に位置している。

区画A～Cでは、播き出し表土の法尻付近を通り、底面部の表土内を流下し、長浜水路の水位へとすりついている。

また、区画Dでは、地下水は法尻付近にて基盤面から滲み出し、底面部の基盤上を流下し、長浜水路へ流れ込んでいる状況であった。

4.2.2 表層土壌水分量の測定結果

実験区の基盤高を低水位期の自由地下水位を基準に設定していることから、全区画とも、表層土壌水分量は底面(水路)から底面(法尻)にかけて比較的高い値を示す。また、基盤高と地下水位の差が大きくなる法面(下部)から法面(上部)にかけては、表層土壌水分量が低下する。以下に区画別の特徴を示す。

1) 区画A

平成18年度(5～10月平均)は48～52%程度であったのに対し、平成19年度(7月)は底面(水路)

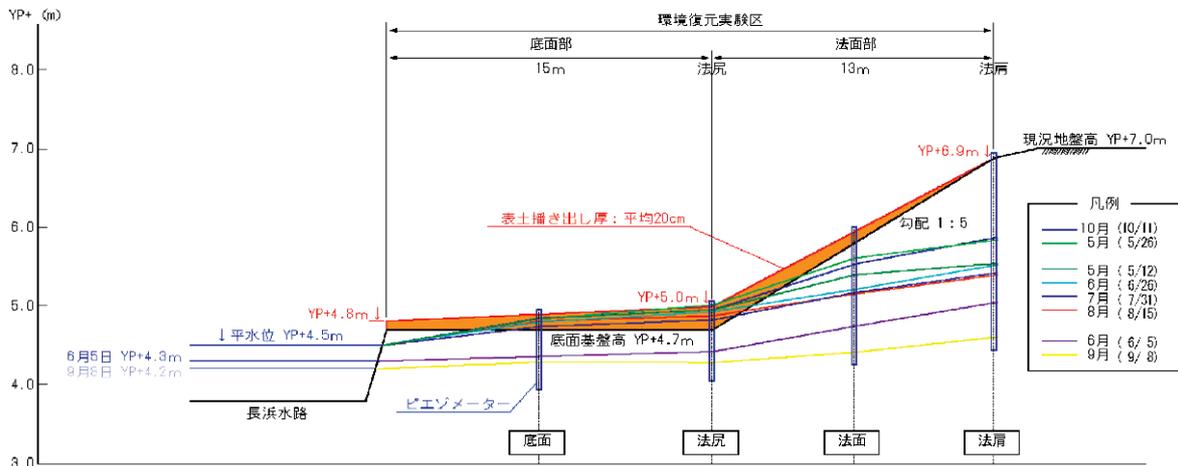


図4-2 実験区内の自由地下水位

で約3%上昇の54.4%，法面（上部）では約8%低下の40.1%だった。

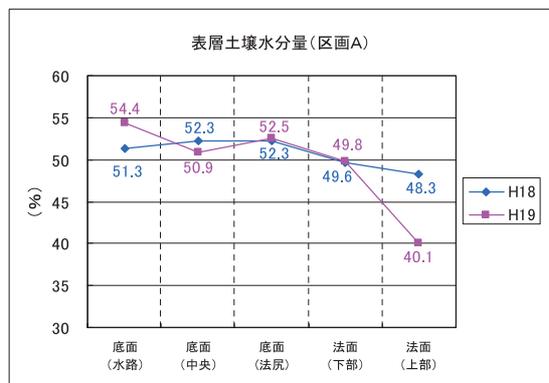


図4-3 箇所別表層土壌水分量（区画A）

2) 区画B

平成18年度は50%前後となっており，平成19年度は法面（下部）で約3%，法面（上部）で約2%低下の46.7%，46.5%となった。

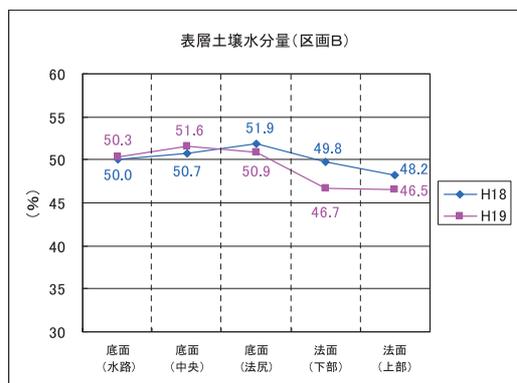


図4-4 箇所別表層土壌水分量（区画B）

3) 区画C

平成18年度は45～51%程度であったのに対し，平

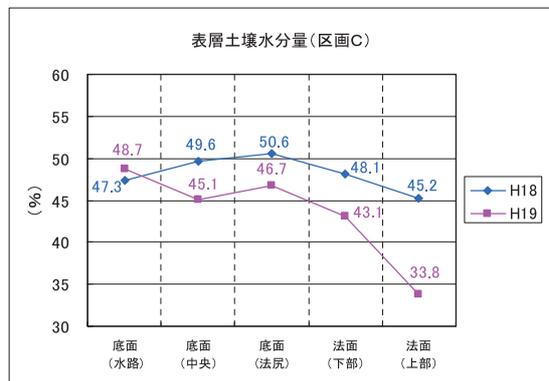


図4-5 箇所別表層土壌水分量（区画C）

成19年度は底面（中央）～法面（下部）で5%程度の低下が見られた。特に，法面（上部）では約11%低下の33.8%となった。

4) 区画D

平成18年度は，底面全体（水路・中央・法尻）で約55%と高い値を示し，法面（下部）では52.3%，法面（上部）で49.1%であった。

平成19年度は，底面全体では18年度とほぼ同様の数値であったが，法面（下部）では約3%低下の49.8%，法面（上部）では約10%低下の38.8%となった。

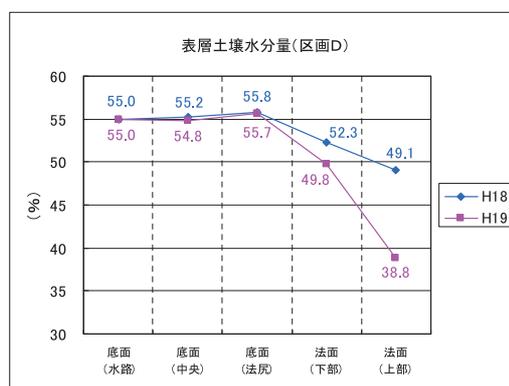


図4-6 箇所別表層土壌水分量（区画D）

4.3 植生の回復状況

4.3.1 状況把握の視点

実験区における全体概況を把握する。

概況の把握には，出現種数や出現率を用いた。出現率は，出現種の総数に対する割合である。これより，各区画の出現率は全区画の出現種の総数値を，箇所（底面，法面）別の出現率は，1区画における出現種の総数を母数とした。なお，算出には平成18年度は5～10月，平成19年度は7月の調査結果を用いた。

4.3.2 全体概況

① 平成18年度

全体的に一年生草本が優占し，底面全体（水路・中央・法尻）ではイヌビエ，法面全体（上部・下部）ではツルマメやオオブタクサが優占していた。

特に，ヨシ根土および表土を播き出した区画A～Cでは，7月以降，比較的順調な植生回復が確認され

た。表土を播き出さなかった区画Dでは8月調査時点まで植生が見られず、9月以降に底面全体で湿生植物を主とした回復が見られた。これより、表土の播き出しによる早期植生回復の効果が実証された。

② 平成19年度

オギ等の多年生草本の優占が顕著となり、平成18年度に優占していた一年生草本から多年生草本へと植生が遷移する状況が見られた。

区画A～Cでは順調な植生回復が確認され、区画Dでは湿生植物を主とした順調な植生の回復が見られた。

表4-1 平成18年度 出現科種数 (5～10月)

分類	区画A		区画B		区画C		区画D		合計	
	科	種類	科	種類	科	種類	科	種類	科	種類
高等植物	28	73	26	77	23	66	18	5	35	125
シダ植物	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
種子植物	27	72	25	76	22	65	17	58	34	124
裸子植物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
被子植物	27	72	25	76	22	65	17	58	34	124
双子葉植物	22	55	20	61	19	51	13	34	28	90
離弁花類	14	33	13	29	11	27	10	21	18	48
合弁花類	8	22	7	32	8	24	3	13	10	42
単子葉植物	5	17	5	15	3	14	4	24	6	34

表4-2 平成19年度 出現科種数 (7月)

分類	区画A		区画B		区画C		区画D		合計	
	科	種類	科	種類	科	種類	科	種類	科	種類
高等植物	16	32	18	29	15	27	13	30	25	60
シダ植物	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
種子植物	15	31	17	28	14	26	12	29	24	59
裸子植物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
被子植物	15	31	17	28	14	26	12	29	24	59
双子葉植物	12	22	13	21	12	23	8	17	19	40
離弁花類	8	13	8	11	8	13	6	10	14	23
合弁花類	4	9	5	10	4	10	2	7	5	17
単子葉植物	3	9	4	7	2	3	4	12	5	19

表4-3 植生回復状況一覧

区画	年度 出現種数 (出現率)	全体概況
区画A	H18 28科73種 (58.4%)	◆植生回復は概ね順調 ・夏季に底面では一年草のイヌビエ、法面では一年草のツルマメが優占 ・表土の播き出し実施区画の中で植生の回復が最も不良
	H19 16科32種 (53.3%)	◆植生回復は概ね順調 ・底面では一年草のツルマメ、法面では湿生多年草のオギや外来種のセイタカアワダチソウが優占
区画B	H18 26科77種 (61.6%)	◆植生回復は概ね順調 ・夏季に底面では一年草のイヌビエ、法面では一年草のツルマメが優占 ・表土の播き出し実施区画の中で植生の回復が最も良好
	H19 18科29種 (48.3%)	◆植生回復は概ね順調 ・底面では湿生多年草のオギやヨシ、法面では一年生草本のツルマメや湿生多年草のオギが優占
区画C	H18 23科66種 (52.8%)	◆植生回復は概ね順調 ・夏季に底面では一年草のイヌビエ、法面では一年草のツルマメが優占 ・区画Bより植生の回復状況は不良
	H19 15科27種 (45.0%)	◆植生回復は概ね順調 ・底面では湿生多年草のオギ、法面では一年草のツルマメが優占
区画D	H18 18科59種 (47.2%)	◆植生回復は不良 ・8月まで植生の回復は見られなかったが、9月以降に底面でカワヤナギやガマ類、法尻でカワヤナギといった湿生植物の回復が見られた
	H19 13科30種 (50.0%)	◆植生回復は概ね順調 ・底面では湿生多年草のマツカサススキやサンカクイ、法面では湿生木本のカワヤナギや湿生多年草のサンカクイが優占

【植生回復状況：平成18年7月18日】

区画A：ヨシ根土播き出し	区画B：表土播き出し(採土直後)	区画C：表土播き出し(保存5ヶ月)	区画D：表土播き出し無し
・良好な植生回復 底面では一年生草本のイヌビエ、法面ではオギ、ツルマメ、オオブタクサが優占	・良好な植生回復 底面では一年生草本のイヌビエ、法面ではオギ、ツルマメ、オオブタクサが優占	・良好な植生回復 底面では一年生草本のイヌビエ、法面ではオオブタクサが優占	・底面(法尻)等の一部が植生回復 底面にヨシ、ス 藨等の湿生植物が点在して生育

【植生回復状況：平成19年7月30日】

区画A：ヨシ根土播き出し	区画B：表土播き出し(採土直後)	区画C：表土播き出し(保存5ヶ月)	区画D：表土播き出し無し
・良好な植生回復 法面・底面ともオギが優り、セイタカアワダチソウも多い	・良好な植生回復 法面・底面ともオギが優り、他 ×区画よりヨシが多い	・良好な植生回復 法面・底面ともオギが優り、セイ タカアワダチソウも多い	・良好な植生回復 底面はサンカクイ、マツカサス スキ等の湿生植物が多い、法面 はカワヤナギ、アカメヤナギ等 の湿性木本、ツルマメ等を確認

写真4-1 内蔵粗朶流出 (鳩崎)

③ 出現種数

平成18年度は35科125種、平成19年度は25科60種が確認された。科種数の差異は、調査期間の長さによるものと考えられる。

4.3.3 区画別回復状況の把握

平成18年度は植物の芽吹き・生育初期の初夏（5月下旬）と生育最盛期である夏季（8月）を、平成19年度は夏季（7月）を選び、それぞれの植被率・植生高、および各年度における出現種数、出現率により、区画別における植生の回復状況を把握する。

1) 区画A

(1) 回復概況

① 平成18年度

初夏の植被率は10～30%、植生高0.4～1.1mで、

底面ではイネ科の一種、法面（下部）では湿生多年草のオギの回復が見られ、他にカナムグラ、オオイヌタデ、タネツケバナ、イシミカワ、外来種のおオブタクサ等が点在して生育していた。

夏季の植被率は70～95%、植生高1.5～1.9mで、底面全体では一年草のイヌビエ、法面全体では一年草のツルマメや湿生多年草のオギが優占していた。

② 平成19年度

植被率90～95%、植生高1.8～2.4mと良好であった。オギが優占する箇所が多かったが、外来種のセイタカアワダチソウも多く確認された。また、一部でツルマメが優占しており、オギや外来種のセイタカアワダチソウが被圧されていた。

(2) 出現種数

平成18年度（5～10月）は28科73種、平成19年度（7月）は16科32種が確認された。

表4-4 植生回復状況一覧（区画A）

	調査時期 (出現種数・出現率)		概況	オギ・ヨシの状況
底面(水路)	H18 20科46種 (63.0%)	初夏	主にイネ科の一種が回復	オギ・ヨシが回復
		夏季	ツルマメ・イヌビエが優占	被度・群度は小さいもののオギ・ヨシが生育
	H19 9科15種 (46.9%)	夏季	セイタカアワダチソウ・オギが優占	被度・群度は小さいもののヨシが生育
底面(中央)	H18 28科73種 (100.0%)	初夏	主にイネ科の一種が回復	オギ・ヨシが回復
		夏季	イヌビエが優占	被度・群度は小さいもののオギ・ヨシが生育
	H19 12科17種 (53.1%)	夏季	ツルマメが優占	被度・群度は小さいもののオギ・ヨシが生育
底面(法尻)	H18 16科37種 (50.7%)	初夏	主にイネ科の一種が回復	オギ・ヨシが回復
		夏季	イヌビエが優占	被度・群度は小さいもののオギ・ヨシが生育
	H19 11科18種 (56.3%)	夏季	ツルマメが優占	被度・群度は小さいもののオギ・ヨシが生育
法面(下部)	H18 17科36種 (49.3%)	初夏	主にオギが回復	ヨシが回復
		夏季	ツルマメ・オギが優占	被度・群度は小さいもののヨシが生育
	H19 8科15種 (46.9%)	夏季	セイタカアワダチソウ・オギが優占	被度・群度は小さいもののヨシが生育
法面(上部)	H18 19科42種 (57.5%)	初夏	主にオギが回復	ヨシ*が回復
		夏季	オギが優占	被度・群度は小さいもののヨシ*が生育
	H19 8科16種 (50.0%)	夏季	オギ・ヨシ*が優占	—

※法面(上部)に回復したヨシは、基盤中の生存地下茎から出芽したものであり、播き出したヨシ根土から回復したものではない。

2) 区画B

(1) 回復概況

① 平成18年度

初夏の植被率は20～50%、植生高0.7～1.2mで、ヨシおよびオギの被度が比較的高く、他にカナムグラ、オオイヌタデ、タネツケバナ、イシミカワ、外来種のおオブタクサ等が点在して生育していた。夏季の植被率は50～100%、植生高1.7～2.5mで、ヨシやオギの一時的な優占が見られたが、秋季にかけて底面全体では、一年草のイヌビエ、法面全体では一年草のツルマメが優占していた。

② 平成19年度

植被率90～95%、植生高1.8～2.7mと良好であった。底面全体でオギが優占し、ヨシも多く生育していた。また、法面（下部）ではツルマメが優占し、オギやセイタカアワダチソウが被圧されていた。

(2) 出現種数

平成18年度(5～10月)は26科77種、平成19年度(7月)は18科29種が確認された。

表4-5 植生回復状況一覧（区画B）

	調査時期 (出現種数・出現率)		概況	オギ・ヨシの状況
	調査時期	出現種数・出現率		
底面(水路)	H18	初夏	主にオオブタクサが回復	オギ・ヨシが回復
	16科43種 (55.8%)	夏季		
底面(中央)	H18	初夏	主にオギ・ヨシが回復	-
	21科43種 (55.8%)	夏季		
底面(法尻)	H18	初夏	主にオギが回復	ヨシが回復
	21科48種 (62.3%)	夏季		
法面(下部)	H18	初夏	主にオギが回復	ヨシが回復
	20科39種 (50.6%)	夏季		
法面(上部)	H18	初夏	主にヨシ [*] が回復	オギが回復
	17科34種 (44.2%)	夏季		
底面(水路)	H19	夏季	オオブタクサが優占	被度・群度は小さいもののオギ・ヨシが生育
	8科15種 (51.7%)	夏季	オギが優占	ヨシが生育
底面(中央)	H19	夏季	オギが優占	ヨシが生育
	8科13種 (44.8%)	夏季	オギが優占	ヨシが生育
底面(法尻)	H19	夏季	オギ・ヨシが優占	-
	13科19種 (65.5%)	夏季	オギ・ヨシが優占	-
法面(下部)	H19	夏季	ツルマメが優占	被度・群度は小さいもののオギ・ヨシが生育
	8科13種 (44.8%)	夏季	ツルマメが優占	オギの生育と被度・群度は小さいもののヨシが生育
法面(上部)	H19	夏季	オギ・ヨシ [*] が優占	-
	8科12種 (41.4%)	夏季	オギ・ヨシ [*] が優占	-

※法面(上部)に回復したヨシは、基盤中の生存地下茎から出芽したものであり、播き出した表土から回復したものではない。

表4-6 植生回復状況一覧（区画C）

	調査時期 (出現種数・出現率)		概況	オギ・ヨシの状況
	調査時期	出現種数・出現率		
底面(水路)	H18	初夏	主にタデ科の一種が回復	オギ・ヨシが回復
	18科42種 (63.6%)	夏季		
底面(中央)	H18	初夏	主にオオブタクサが回復	オギ・ヨシが回復
	19科46種 (69.7%)	夏季		
底面(法尻)	H18	初夏	主にタデ科の一種が回復	オギ・ヨシが回復
	16科30種 (45.5%)	夏季		
法面(下部)	H18	初夏	主にタデ科の一種が回復	オギ・ヨシが回復
	16科43種 (65.2%)	夏季		
法面(上部)	H18	初夏	主にタデ科の一種が回復	オギ・ヨシ [*] が回復
	17科33種 (50.0%)	夏季		
底面(水路)	H19	夏季	オオブタクサが優占	オギの順調な生育と被度・群度は小さいもののヨシが生育
	9科14種 (51.9%)	夏季	オギが優占	ヨシが生育
底面(中央)	H19	夏季	オギが優占	被度・群度は小さいもののオギ・ヨシが生育
	7科13種 (48.1%)	夏季	オギが優占	被度・群度は小さいもののヨシが生育
底面(法尻)	H19	夏季	オギが優占	オギ・ヨシの生育は見られない
	7科11種 (40.7%)	夏季	オギが優占	ヨシが生育
法面(下部)	H19	夏季	ツルマメが優占	オギの生育が見られるが、ヨシの生育は見られない
	7科14種 (51.9%)	夏季	ツルマメが優占	オギの生育が見られるが、ヨシの生育は見られない
法面(上部)	H19	夏季	ヨシ [*] が優占	オギが生育
	6科12種 (44.4%)	夏季	ヨシ [*] が優占	オギが生育

※法面(上部)に回復したヨシは、基盤中の生存地下茎から出芽したものであり、播き出した表土から回復したものではない。

3) 区画C

(1) 回復概況

① 平成18年度

初夏の植被率は25～80%，植生高0.4～1.1mで、オギの被度が比較的高く、他にヨシ、カナムグラ、ヨモギ、ムシクサ、外来種のオオブタクサやアレチウリ等が点在して生育していた。

夏季の植被率は60～95%，植生高1.6～2.4mで、オギの生育が見られるものの、底面全体では一年草のイヌビエやオオブタクサ、法面全体ではオオブタクサが優占し、他種を被圧する状況であった。

② 平成19年度

植被率80～100%，植生高1.7～2.4mと良好であった。

底面全体でオギが優占し、セイタカアワダチソウの生育も多い。また、法面(下部)ではツルマメが優占し、オギやセイタカアワダチソウが被圧されつつあった。

(2) 出現種数

平成18年度(5～10月)は23科66種、平成19年度(7月)は15科27種が確認された。

4) 区画D

(1) 回復概況

① 平成18年度

初夏の植被率は1～35%，植生高0.05～1.4mで、カワヂシャ、イシミカワ、タネツケバナ、ガマ類、ヨシ等の湿生植物が点在して生育する状況が見られた。

夏季の植被率は5～70%，植生高0.4～2.7mで、植生がやや回復する状況が見られ、主に湿生木本類のカワヤナギ、湿生草本のガマ類やスゲ類等が点在して生育する状況が見られた。また、重要な種であるタコノアシやカンエンガヤツリの生育が確認された。特に底面(法尻)では秋季に、ヒメガマやサン

カクイの群生が見られた。

② 平成19年度

植被率40～90%，植生高1.4～1.7mと，良好な回復が見られた。底面全体では，湿生多年草のマツカサススキが多く見られ，底面(法尻)では湿生多年草のサンカクイが群生し，外来種のセイタカアワダチソウの生育は少なかった。平成18年度はヤナギ類が点在する程度であった法面(下部)でも植生の回復が見られた。

また，重要な種も確認され，底面でカワヂシャやカンエンガヤツリが，コドラート外ではタコノアシの生育も確認された。

(2) 出現種数

平成18年度(5～10月)は18科59種，平成19年度(7月)は13科30種が確認された。

表4-7 植生回復状況一覧(区画D)

	調査時期 (出現種数・出現率)	概況	オギ・ヨシの状況
底面(水路)	H18 12科37種 (62.7%)	初夏 主にカヤツリグサ科の一種が回復 夏季 イヌビエが優占	オギ・ヨシの回復は見られない 被度・群度は小さいもののヨシが生育、オギの生育は見られない
	H19 9科16種 (53.3%)	夏季 セイタカアワダチソウ、ツルマメ、サンカクイが優占	被度・群度は小さいもののヨシが生育、オギの生育は見られない
底面(中央)	H18 6科15種 (25.4%)	初夏 主にイネ科の一種が回復 夏季 カワヤナギが優占	オギ・ヨシの回復は見られない オギ・ヨシの生育は見られない
	H19 9科16種 (53.3%)	夏季 マツカサススキが優占	オギ・ヨシの生育は見られない
底面(法尻)	H18 5科11種 (18.6%)	初夏 主にガマ類が回復 夏季 ガマ類が優占	オギ・ヨシの回復は見られない オギ・ヨシの生育は見られない
	H19 6科12種 (40.0%)	夏季 サンカクイが優占	オギ・ヨシの生育は見られない
法面(下部)	H18 7科12種 (20.3%)	初夏 僅かに双子葉類が見られる程度 夏季 カワヤナギが優占	オギ・ヨシの回復は見られない オギ・ヨシの生育は見られない
	H19 7科14種 (46.7%)	夏季 カワヤナギ、クニンジン、ツルマメ、サンカクイ、イネ科の一種等が生育	オギ・ヨシの生育は見られない
法面(上部)	H18 13科26種 (44.1%)	初夏 ヨシ*が回復 夏季 ヨシ*が優占	オギの回復は見られない オギの生育は見られない
	H19 6科8種 (26.7%)	夏季 ヨシ*が優占	オギの生育は見られない

※法面(上部)に回復したヨシは、基盤中の生存地下茎から出芽したものである。

4.3.4 ヨシ根茎の定植実験

ヨシの発芽率は，ヨシ根茎を定植する「地下茎工法」で確認した。ヨシ根土の採土箇所からヨシの根茎を採取し，区画Aの底面部に設置したヨシ発芽率コドラート(a・bの2箇所)に根茎16本/1コドラートを定植した。なお，残存するヨシ根茎からの発芽を避けるため，コドラート設置箇所を深さ1mまで掘削して基盤土壌ごとヨシ根茎を除去した後，ヨシ根茎を含まない赤土による埋め戻しを行った。

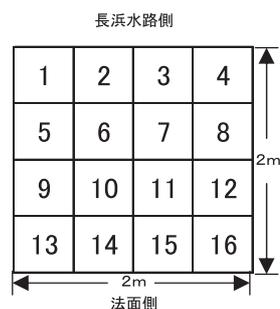


図4-7 1コドラートにおけるヨシ根茎の定植順

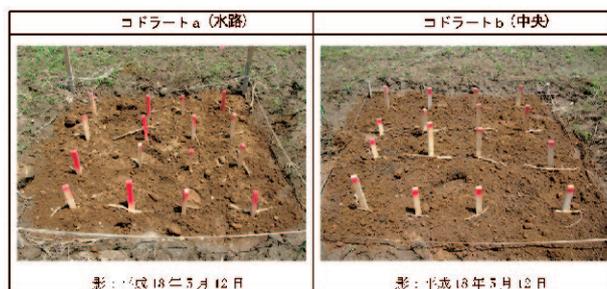


写真4-2 各コドラートの定植状況(平成18年度)



写真4-3 ヨシの発芽・生育状況(平成19年度)

実験結果より，1コドラートあたりのヨシ発芽本数は，平成18年度は平均12本(5月下旬)，平均18本(6月上旬)，平均28本(6月下旬)であり，平成19年度では平均39本(38.5本)であった。

また，1コドラートあたりのヨシ根茎の発芽率は，平成18年度は平均56.3%(5月下旬)，平均75.0%(6月上旬)，平均90.6%(6月下旬)であった。平成19

年度は平均59.4%で、枯死した根茎が多くみられた。

表4・8 ヨシの発芽本数

年度	調査日	コドラート	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	発芽本数(本)	平均(本)
H18	5月26日	a	1	0	0	1	1	0	2	0	1	0	1	0	0	1	2	1	22	10
		b	1	1	2	2	0	0	1	1	0	0	0	2	2	1	0	1	14	12
	6月9日	a	1	1	2	2	0	0	1	1	0	0	0	2	2	1	0	1	14	18
		b	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	0	2	1	1	0	1	22	22
6月29日	a	2	2	0	1	3	1	2	1	2	2	2	1	1	4	1	2	27	27	
	b	1	3	2	1	1	3	2	2	4	0	1	3	0	2			28	28	
H19	7月30日	a	4	4	0	0	5	0	3	2	5	3	0	7	0	3	0		38	38.5
		b	6	10	3	0	4	4	5	0	3	4	1	1	0	0	0		41	

注1) 網掛けは、枯死した根茎を示す
注2) aは、長浜水路側のコドラートを示す

表4・9 ヨシ根茎の発芽率

年度	調査日	コドラート	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	合計	発芽率(%)	平均(%)	
H18	5月26日	a	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	10	28	50.0	56.3
		b	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	10	10	62.5	
	6月9日	a	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	10	10	92.5	75.0
		b	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	14	14	87.5	
6月29日	a	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	15	93.8	90.6	
	b	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	14	14	87.5		
H19	7月30日	a	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	9	9	56.3	59.4
		b	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	10	10	62.5	

注1) 網掛けは、枯死した根茎を示す
注2) aは、長浜水路側のコドラートを示す

5. 考察

5.1 手法(区画)別の植生回復

平成18年度と平成19年度の調査頻度は異なるため、平成18、19年度ともに植生の回復状況が最も良好な夏季のデータを用いることにする。具体的には、平成18年8月18日(実験1年目)、平成19年7月30日(実験2年目)の結果である。

平成18年度は春季から初夏にかけて日照不足による植生の回復状況の遅れや生育不良が認められたからである。このため、平成18年度の資料として日照や気温が平年並みに戻った8月データを採用した。

5.1.1 植生の遷移状況

実験1年目は、全区画とも一年草のイヌビエやオオブタクサ等の優占が多く、区画Dでは湿生木本類が優占する箇所も見られた。

実験2年目になると、区画Aで一年草のツルマメ、多年草で外来種のセイタカアワダチソウ、湿生多年草のオギ、区画B・Cではツルマメやオギ・ヨシ、区画Dでは湿生木本類のカワヤナギ、湿生多年草のサンカクイやマツカサススキが優占している状況であった。

以上より、一年草から多年草への遷移については、区画Aは他区画よりやや遅れており、区画B・Cは順調であるものと推察できる。また、区画Dは、湛水による過湿な生育基盤であったことから、遷移段階において湿生多年草・木本類が関わる特異な状況であったことが考えられる。

表5・1 2年目の遷移状況と優占種(区画別)

区画	遷移状況	優占種
区画A	遷移が遅れ (遷移段階: 一年草~多年草)	ツルマメ(一年草) セイタカアワダチソウ(多年草) オギ・ヨシ※(湿生多年草)
区画B	遷移は最も順調 (遷移段階: 多年草)	ツルマメ(一年草) オギ・ヨシ※(湿生多年草)
区画C	遷移は順調 (遷移段階: 多年草)	ツルマメ(一年草) オギ・ヨシ※(湿生多年草)
区画D	遷移は概ね順調 (遷移段階: 多年草)	カワヤナギ(湿生木本類) サンカクイ・マツカサススキ(湿生多年草) ヨシ※(湿生多年草)

※ 法面(上部)のヨシは、実験区施工時に基盤に露出した地下茎から出芽・生育したものである

H18	区画A	区画B	区画C	区画D
底面(水路)	ツルマメ イヌビエ	オオブタク サ	オオブタク サ	イヌビエ
底面(中央)	イヌビエ ケイヌビエ	オギ ヨシ	イヌビエ	カワヤナギ
底面(法尻)	イヌビエ	イヌビエ ケイヌビエ	イヌビエ	ガマ類
法面(下部)	ツルマメ オギ	ツルマメ	オオブタ	カワヤナギ
法面(上部)	オギ	ツルマメ	オオブタ	(ヨシ)

H19	区画A	区画B	区画C	区画D
底面(水路)	セイタカ オギ	オギ	オギ	サンカクイ
底面(中央)	ツルマメ	オギ	オギ	マツカサス スキ
底面(法尻)	ツルマメ	オギ ヨシ	オギ	サンカクイ
法面(下部)	セイタカ オギ	ツルマメ	ツルマメ	サンカクイ カワヤナギ
法面(上部)	オギ (ヨシ)	オギ (ヨシ)	(ヨシ)	(ヨシ)

注1) 法面(上部)の(ヨシ)は、実験区施工時に基盤に露出した地下茎から出芽したものである
注2) セイタカの表記は、セイタカアワダチソウを示す

凡例	
	一年草
	多年草
	湿生多年草
	湿生木本

図5・1 優占種の状況

5.1.2 手法(区画)別による出現率

1) 生活型別出現率

生活型別出現率は、(各区画の生活型別出現種数/全区画の出現種総数×100)とする。

一般に植物の生活型は休眠型・生育型・繁殖型の3つの視点から区分されるが、ここでは一年草、多年草、湿生多年草、湿生木本類の4項目で分類する。

実験1年目は、全区画において一年草の割合が多いが、実験2年目になると、表土を播き出した区画A~Cでは、一年草と(多年草+湿生多年草)の出現比率が概ね同じであった。特に、区画Aでは、B・C区画と比べ湿生多年草の出現率が高く、区画Bでは、(多年草+湿生多年草)の出現率が一年草を

わずかに上回っており、区画Cでは、A・B区画と比べ多年草の出現率が高かった。また、区画Dでは、(多年草+湿生多年草)の割合が一年草より高く、特に湿生多年草の出現率が高かった。

以上のことから、区画Bの遷移が最も順調であると考えられる。区画A・Cでは、表層土壌水分量の違いにより、区画Aでは湿生多年草の出現が高く、区画Cでは多年草の出現率が高い。区画Dでは、出現率から遷移は順調であると考えられるが、湿生植物(湿生木本類や湿生多年草)の出現率が非常に高い値を示したことから、湛水が見られる過湿な生育基盤状態に起因して、特異な遷移になっているものと推察される。

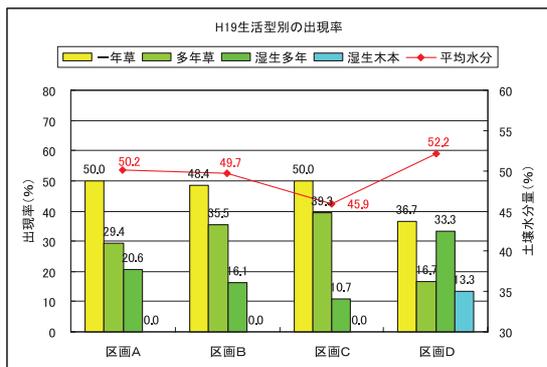
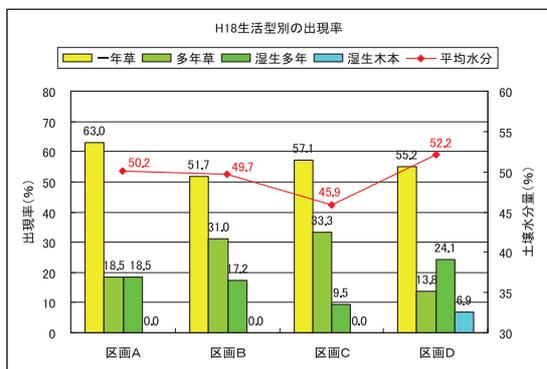


図5-2 生活型別の出現率 (区画別)

2) 外来種の出現率

外来種の区画別出現率は、(各区画の外来種出現数/外来種出現総数×100)とする。

表土を播き出した区画Aで15%、区画Bで10%、区画Cで11%であり、表土を播き出さなかった区画Dでは7%であった。

以上のことから、生育基盤の表層土壌水分量が45~50%程度あり、遷移や在来種の回復が順調な場合、

外来種の出現率は概ね10%程度になるものと推察される。

区画Aでは、ヨシ群落の表土に外来種の種子が含まれており、一年草の外来種が比較的多く出現したものと考えられ、区画Cでは、表土の保存期間を設けたことで、埋土種子や根茎の一部が劣化・枯死し、環境変化に耐性のある外来種が比較的多く出現したものと推察される。

区画Dでは、表土を播き出さなかったことで、外来種の埋土種子が元から少なかったことにより、出現率が低くなったものと推察される。

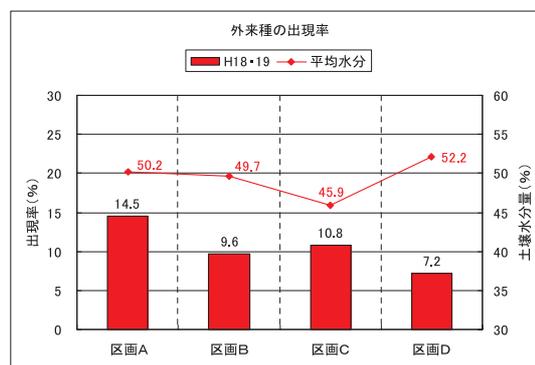


図5-3 外来種の出現率 (区画別)

5.1.3 在来種の回復状況

1) オギの優占度

植生調査で確認された箇所別のオギの被度について、Braun-Blanquetの優占度を基に百分率に換算して被度% (Braun-Blanquetの優占度 (中央値) × コドレート被度 × 100) を算出した。これより区画別優占度 [(オギの箇所別被度%の合計 / コドレート数) × 100] も算出した。なお、Braun-Blanquetの優占度は、それぞれの被度の百分率 (範囲) の中央値とした。

オギの優占状況は、実験1年目では、区画Aの法面全体、区画Bの底面 (中央)、区画Dの法面 (上部) であり、実験2年目では、区画Aの底面 (水路)、法面全体、区画Bの底面全体、法面 (上部)、区画Cの底面全体で確認され、区画Dでは実験1・2年目とも、オギの回復は見られなかった。

また、2年目におけるオギの区画別優占度 (区画におけるオギの総被度%) は、区画Aで28%、区画Bで36%、区画Cで32%であり、区画Dでは0%である。

以上より、区画Aでは、オギは順調に回復しているが、一年草を中心とした多くの種により被圧され、他の区画に比べ回復がやや遅れているものと推察される。区画B・Cでは、遷移が順調であり、当該地域の典型植生である高茎抽水植物のオギが順調に回復しているものと推察される。しかし、区画Cでは、表土の保存期間中の水分量の低下等の環境変化により、オギの根茎の一部に劣化・枯死があったと考えられ、出現率がわずかに低くなったものと推察される。

H18	区画A	区画B	区画C	区画D
底面(水路)	ツルマメ イヌビエ	オオブタクサ	オオブタクサ	イヌビエ
底面(中央)	イヌビエ ケイヌビエ	オギ ヨシ	イヌビエ	カワヤナギ
底面(法尻)	イヌビエ	イヌビエ ケイヌビエ	イヌビエ	ガマ類
法面(下部)	ツルマメ オギ	ツルマメ	オオブタ	カワヤナギ
法面(上部)	オギ	ツルマメ	オオブタ	(ヨシ)

H19	区画A	区画B	区画C	区画D
底面(水路)	セイタカ オギ	オギ	オギ	サンカクイ
底面(中央)	ツルマメ	オギ	オギ	マツカサスキ
底面(法尻)	ツルマメ	オギ ヨシ	オギ	サンカクイ
法面(下部)	セイタカ オギ	ツルマメ	ツルマメ	サンカクイ カワヤナギ
法面(上部)	オギ (ヨシ)	オギ (ヨシ)	(ヨシ)	(ヨシ)

注1) 法面(上部)の(ヨシ)は、基盤に残された地下茎から出芽・回復したもの
 注2) セイタカの表記は、セイタカアワダチソウを示す

凡例
一年草
多年草
湿生多年
湿生木本

図5-4 オギの優占状況

表5-2 オギの被度% (区画別箇所別)

H18	底面1	底面2	法尻	法面	法肩
区画A	+	+	+	3	3
	1.0	1.0	1.0	32.3	26.6
区画B	+	3	2	+	1
	0.5	34.2	17.1	1.0	5.0
区画C	3	1	-	2	2
	22.8	4.8	0.0	15.3	10.8
区画D	-	-	-	-	-
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

※オギの被度% = Braun-Blanquetの優占度(中間値) × コドラート被度 × 100

H19	底面(水路)	底面(中央)	底面(法尻)	法面(下部)	法面(上部)
区画A	3	2	2	3	3
	34.2	17.1	16.2	36.1	34.2
区画B	4	3	3	2	3
	59.9	34.2	34.2	17.1	36.1
区画C	3	4	3	2	2
	36.1	59.9	30.4	18.0	17.1
区画D	-	-	-	-	-
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

注) 網掛けの緑色は被度の増加が見られた箇所

被度	被度の百分率(%)	
	範囲	中央値
5	75~100	88
4	50~75	63
3	25~50	38
2	10~25	18
1	0~10	5
+	-	1

※被度は、Braun-Blanquetの優占度の基準に基づき、それぞれの被度の百分率(%)の中央の値で置換した。
 ※非常に低い被度(+)で出現が見られる箇所は、便宜上、被度の百分率の中央値を1%とした。

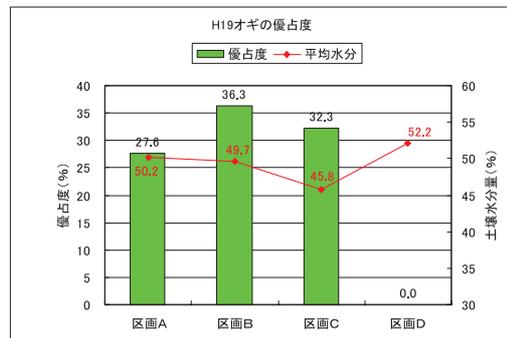
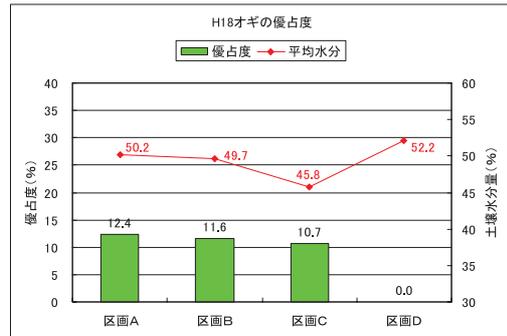


図5-5 オギの区画別優占度

区画Dでは、表土を播き出さなかったことで、回復の元となるオギの根茎自体がないことにより、回復が見られないものと推察される。

2) ヨシの優占度

オギの優占度と同様に、被度%, 区画別優占度を算出した。

ヨシの優占状況は、実験1年目では、区画Bの底面(中央)および区画Dの法面(上部)、実験2年目では、区画Bの底面(法尻)、区画A~Dの法面(上部)で確認された。また、各区画の実験2年目のヨシの区画別優占度は、区画Aで8%、区画Bで25%、区画Cで16%、区画Dで7%であった。

以上より、区画Aでは、オギと同様に一年草を中心とした多くの種により被圧され、ヨシの回復が遅れているものと推察される。区画Bでは、底面(法尻)でヨシの優占が見られるものの、出現後の成長

状態が良好なオギに被圧されているものと推察される。区画Cでは、表土の保存期間中の水分量の低下等の環境変化により、ヨシの根茎の一部に劣化・枯死があったと考えられること、出現後の成長状態が良好なオギに被圧されているものと推察される。区画Dでは、表土を播き出さなかったことで、ヨシの根茎自体がほとんどなく、回復が遅れているものと推察される。

H18	区画A	区画B	区画C	区画D
底面(水路)	ツルマメ イヌビエ	オオブタク サ	オオブタク サ	イヌビエ
底面(中央)	イヌビエ ケイヌビエ	オギ ヨシ	イヌビエ	カワヤナギ
底面(法尻)	イヌビエ	イヌビエ ケイヌビエ	イヌビエ	ガマ類
法面(下部)	ツルマメ オギ	ツルマメ	オオブタ	カワヤナギ
法面(上部)	オギ	ツルマメ	オオブタ	(ヨシ)

H19	区画A	区画B	区画C	区画D
底面(水路)	セイタカ オギ	オギ	オギ	サンカクイ
底面(中央)	ツルマメ	オギ	オギ	マツカサス スキ
底面(法尻)	ツルマメ	オギ ヨシ	オギ	サンカクイ
法面(下部)	セイタカ オギ	ツルマメ	ツルマメ	サンカクイ カワヤナギ
法面(上部)	オギ (ヨシ)	オギ (ヨシ)	(ヨシ)	(ヨシ)

注1) 法面(上部)の(ヨシ)は、基盤に残された地下茎から出芽・回復したもの
 注2) セイタカの表記は、セイタカアワダチソウを示す

凡例	
一年草	一年草
多年草	多年草
湿生多年	湿生多年
湿生木本	湿生木本

図5-6 ヨシの優占状況

表5-3 ヨシの被度% (区画別箇所別)

H18	底面(水路)	底面(中央)	底面(法尻)	法面(下部)	法面(上部)
区画A	+	+	+	+	1
	1.0	1.0	1.0	0.9	0.7
区画B	+	3	+	+	1
	0.5	34.2	1.0	1.0	1.0
区画C	+	+	-	+	2
	0.6	1.0	0.0	0.9	10.8
区画D	+	-	-	-	3
	0.7	0.0	0.0	0.0	22.8

※ヨシの被度% = Braun-Blanquetの優占度(中間値) × コドラート被度 × 100

H19	底面(水路)	底面(中央)	底面(法尻)	法面(下部)	法面(上部)
区画A	+	+	+	+	3
	0.9	1.0	0.9	1.0	34.2
区画B	3	2	3	+	3
	36.1	16.2	34.2	1.0	36.1
区画C	1	+	2	-	4
	4.8	1.0	14.4	0.0	59.9
区画D	+	-	-	-	3
	0.9	0.0	0.0	0.0	34.2

注) 網掛けの青色は被度の増加、灰色は被度の減少が見られた箇所

被度	被度の百分率(%)	
	範囲	中央値
5	75~100	88
4	50~75	63
3	25~50	38
2	10~25	18
1	0~10	5
+	-	-

※被度は、Braun-Blanquetの優占度の基準に基づき、それぞれの被度の百分率(%)の中央の値で置換した。
 ※非常に低い被度(+)で出現が見られる箇所は、便宜上、被度の百分率の中央値を1%とした。

なお、区画A~Dの法面(上部)で、ヨシの回復が顕著に見られるのは、実験区施工時に基盤に露出した地下茎から出芽・生育しているためである。

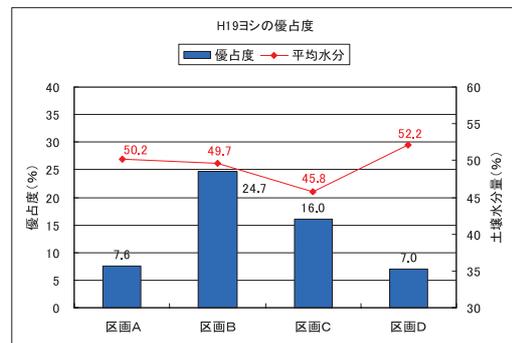
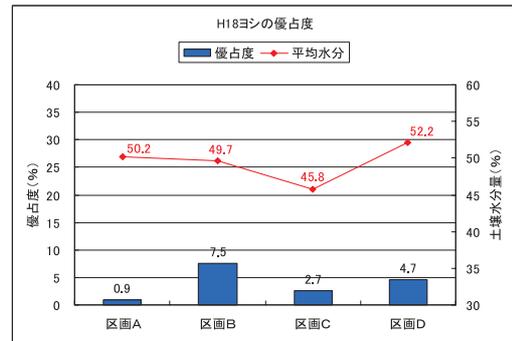


図5-7 ヨシの区画別優占度

5.2 地下茎工法によるヨシの発芽率・出芽本数

ヨシ根茎を定植したコドラートa・bは、実験2年目の植生調査時の観察では、概ねヨシが優占している状況であった。

ヨシ根茎の発芽率は、実験1年目では、順調に増加して90%程度の値を示したが、実験2年目では、60%程度に低下していた。

また、ヨシの発芽本数は、実験2年目にかけて順調に増加しており、実験2年目の生存根茎の出芽数は、両コドラートとも平均4本/1根茎であった。

このことから、定植したヨシ根茎は、実験2年目で6割程度が生存し続け、4本/1根茎程度の出芽を見せていることから、地下茎工法では、比較的早くヨシ群落が回復するものと推察される。

なお、実験2年目で枯死したヨシ根茎は、表土の播き出し側に集中していることから、定植した根茎から出芽・生育したヨシが、表土の播き出しで回復した一年生の植生により被圧され、枯死した可能性が高いものと推察される。

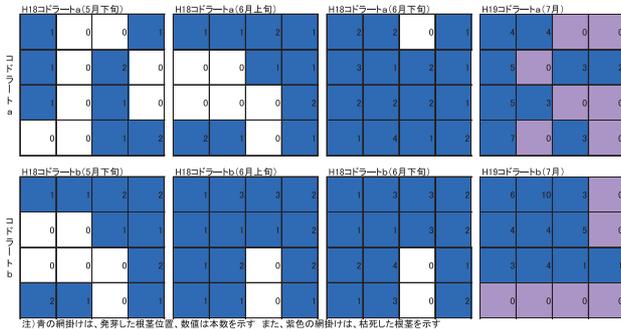


図5-8 ヨシの発芽箇所および出芽本数

5.3 表層土壌水分量と植生回復の関係

5.3.1 表層土壌水分量

平成18・19年度の平均値は、採土直後の表土を播き出した区画A・Bは50%程度、5ヶ月間保存後の表土を播き出した区画Cでは46%程度と低い値を示している。一方、表土を播き出さなかった区画Dでは、52%程度であり、底面部では湛水箇所が見られた。

また、箇所別の平均値では、区画A・Bの底面全体（水路・中央・法尻）、法面全体（上部・下部）ともに同程度の水分量であるが、区画Cは全体的に2~3%程度低い。区画Dは底面全体で55%、法面全体で48%と高い値を示している。

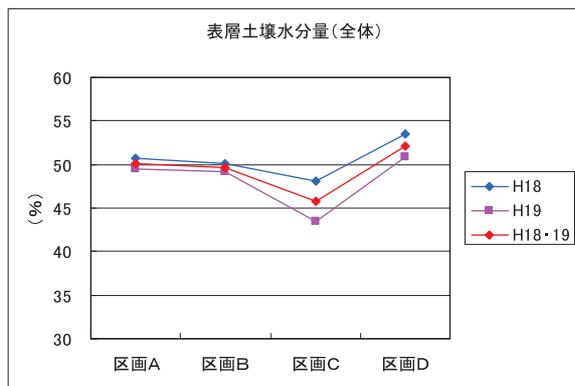


図5-9 区画別表層土壌水分量

以上のことから、区画A・Bでは、播き出した表土が基盤面から滲み出した地下水を吸水・保水し、湿潤な状態となっているものと考えられる。一方、区画Cでは、5ヶ月間の保存期間を設けた（野外での盛土放置）表土のため、土壌が乾燥・固結しており、雨水や基盤面から滲み出した地下水を十分に吸水・保水できないためと推察される。区画Dでは、

表土を播き出さなかったことで、法尻付近から滲み出した地下水が基盤上を流下し、湛水箇所を形成するなど、過湿な状態となっている。

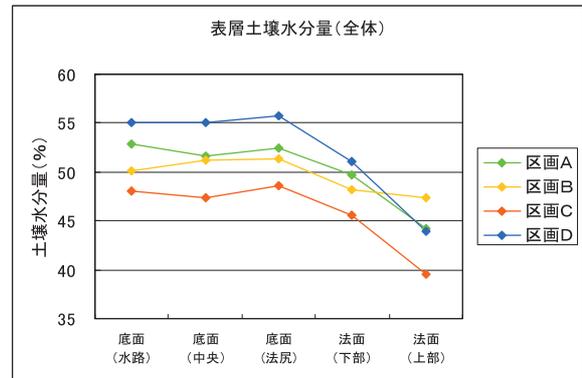


図5-10 箇所別表層土壌水分量（平均値）

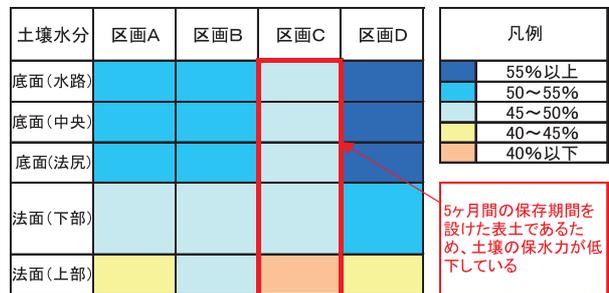


図5-11 表層土壌水分量の分布

5.3.2 植生の遷移との関係

実験2年目の区画B・Cでは、表層土壌水分量が高い底面全体において多年草が優占する状況が見られる。区画Aでは、底面全体より表層土壌水分量が低い法面全体で多年草が優占している。

表層土壌水分量と優占種の関係については、区画Dの底面全体で、過湿な環境を好む湿生多年草のサンクイやマツカサスキが優占している以外は、特に関連は見られない。

以上のことから、区画B・Cでは、表層土壌水分量が48~51%の底面全体で多年草が優占していることから、表層土壌水分量が50%程度で最も遷移が順調に進むと推察される。区画Aの底面全体では、一年草の優占がみられることから、52%と比較的高い表層土壌水分量が影響しているものと推察される。また、区画Dの底面全体では、過湿環境を好む湿生多年草が優占しており、表層土壌水分量が55%を越えるような生育基盤では、環境に適応した湿生植物

が優先して出現すると推察される。

なお、実験2年目は遷移の初期段階（一年草から多年草へ遷移）であり、安定した段階の優占種ではないことから、表層土壌水分量と箇所別の優占種の関係に関連が見られないものと推察される。

表5-4 実験2年目の区画別箇所別の優占種

箇所	表層土壌水分量	区画	優占種
底面全体	51~55%	55% 区画D	サンカクイ・マツカサススキ(湿生多年草)
		52% 区画A	ツルマメ(一年草) セイダカアワダチソウ(多年草・外来種)
	51% 区画B	オギ(湿生多年草)	
	46~50%	48% 区画C	オギ(湿生多年草)
法面全体	46~50%	48% 区画B	ツルマメ(一年草) オギ・ヨシ※(湿生多年草)
		48% 区画D	カワヤナギ(湿生木本類) サンカクイ(湿生多年草) ヨシ※(湿生多年草)
	47% 区画A	セイダカアワダチソウ(多年草・外来種) オギ・ヨシ※(湿生多年草)	
	41~45%	43% 区画C	ツルマメ(一年草)、ヨシ※(湿生多年草)

※ヨシは、実験区施工時に基盤に露出した地下茎から出芽したものである

5.3.3 出現率との関係

1) 区画別の出現率

区画別の出現率は、同時期（平成18・19年7月）における（各区画の出現種数／全区画の出現種総数×100）により算出した。

表土を播き出した区画Aは53%、区画Bで49%、区画Cで40%であり、表土を播き出さなかった区画Dは58%と高い割合を示した。また、表層土壌水分量は、区画A・Bで50%程度、区画Cで46%程度、区画Dで52%程度であり、表層土壌水分量が高い方が出現率が高くなる。

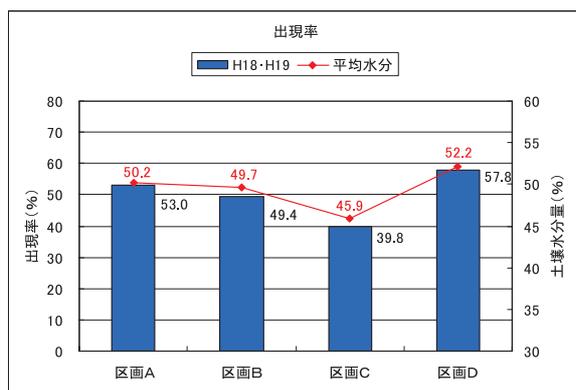


図5-12 出現率と表層土壌水分量（区画別）

以上のことから、区画A・Bでは、表土を採土直後に播き出したことで、表土に含まれる埋土種子や根茎が良好な状態であったこと、生育基盤の表層土

壌水分量が50%程度あったことから、出現率は50%を示したものと推察される。区画Cでは、表土の保存期間中の水分量の低下等の環境変化により、埋土種子や根茎が劣化・枯死があったと考えられること、生育基盤の表層土壌水分量が46%程度と比較的低い状態であったことから、出現率は40%と比較的低い値を示したものと推察される。

区画Dでは、湛水が見られる程の過湿な生育基盤のため、多くの湿生植物の埋土種子が発芽したと考えられ、現況地盤（YP+7.0m）から-2m程度（YP+4.7m）の深さの土層にも多くの埋土種子が存在しているものと推察される。

2) 生活型別出現率

実験2年目の一年草では、表層土壌水分量が50%を切ると出現率が高くなる傾向が見られ、表層土壌水分量が47%以下で出現率50%を示した。

（多年草+湿生多年草）は、底面全体・法面全体とも出現率が高い。特に、区画Bで最も高い65%を示し、表層土壌水分量が51%を越えると出現率は概ね60%以上となる。

多年草は、表層土壌水分量が概ね50%を切ると出現率が高くなる傾向がある。逆に、湿生多年草では表層土壌水分量が高くなると出現率も高くなる関係が見られ、表層土壌水分量が52%を超えると出現率が急に高くなる傾向となっている。

湿生木本類では、底面全体・法面全体とも区画Dのみで出現しており、表層土壌水分量も底面全体で55%、法面全体で48%と大きな差が見られた。

以上より、植生は生活型により適する表層土壌水分量が異なる。区画Dの植生回復に見られるように、表層土壌水分量が52%を超えると、比較的湛水箇所を好む湿生植物が急増することから基盤状態は過湿に近い。また、表層土壌水分量が47%以下となると、乾性の生育基盤を好む一年草や多年草の出現が徐々に増加することが考えられることから、当該環境では、表層土壌水分量が50%程度で最も良好な遷移が行われると推察される。

湿生木本類は、表層土壌水分量が46%以上あれば回復するものと考えられるが、出現条件は、表層土

壤水分量よりも生育基盤の状態に左右されていると考えられ、草本植物の回復が難しい固い造成基盤のような環境でも、比較的良好に回復するものと推察される。

表5-5 実験2年目の生活型別の出現率（箇所別）

箇所	表層土壌水分量	区画	出現率
底面全体	51~55%	55% 区画D	一年草：24%、湿生木本類：13% 多年草：20%+ 湿生多年草：43%=63%
		52% 区画A	一年草：41%、湿生木本類：0% 多年草：31%+ 湿生多年草：28%=59%
	46~50%	51% 区画B	一年草：35%、湿生木本類：0% 多年草：47%+ 湿生多年草：18%=65%
		48% 区画C	一年草：50%、湿生木本類：0% 多年草：31%+ 湿生多年草：19%=50%
法面全体	46~50%	48% 区画B	一年草：46%、湿生木本類：0% 多年草：36%+ 湿生多年草：18%=54%
		48% 区画D	一年草：42%、湿生木本類：13% 多年草：29%+ 湿生多年草：16%=45%
	41~45%	47% 区画A	一年草：50%、湿生木本類：0% 多年草：38%+ 湿生多年草：13%=51%
		43% 区画C	一年草：50%、湿生木本類：0% 多年草：39%+ 湿生多年草：11%=50%

※ヨシは、実験区施工時に基盤に露出した地下茎から出芽したものである

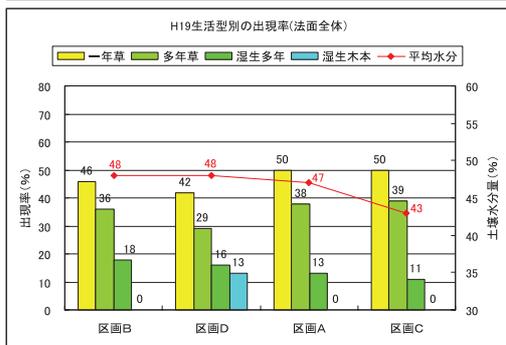
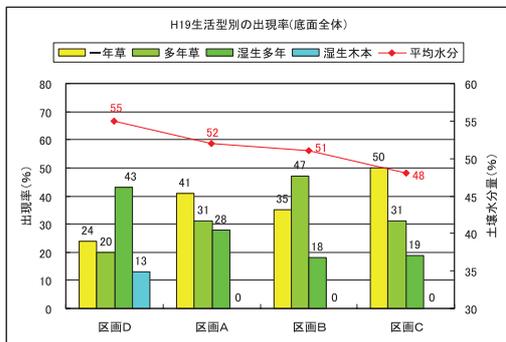


図5-13 生活型別出現率（区画別箇所別）

3) 外来種の出現率

実験2年目の外来種の出現率は、底面全体・法面全体の表層土壌水分量が46~50%で、概ね12~13%であったが、表層土壌水分量が43%と比較的低い区画Cの法面全体では、出現率が21%と高い値を示した。また、区画Dでは、底面全体・法面全体とも出現率が4~6%と低い値を示した。

このことから、表層土壌水分量が45%以上であれば、外来種の出現率は在来種により概ね12~13%程

度に抑えられ、表層土壌水分量が45%以下になると、在来種よりも比較的耐乾性のある外来種の出現が増加するものと推察される。また、区画Dでは、土壌水分量が高いことに加え、表土の播き出しを行わなかったため、外来種の出現率が低かったものと推察される。

また、表層土壌水分量は、区画A・Bで50%程度、区画Cで46%程度、区画Dで52%程度であり、表層土壌水分量と区画別の外来種の出現率には関係は見られなかった。

表5-6 実験2年目の外来種の出現率（箇所別）

箇所	表層土壌水分量	区画	外来種の出現率
底面全体	51~55%	55% 区画D	4%
		52% 区画A	13%
	46~50%	51% 区画B	14%
		48% 区画C	13%
法面全体	46~50%	48% 区画B	11%
		48% 区画D	6%
	41~45%	47% 区画A	13%
		43% 区画C	21%

5.3.4 在来種との関係

1) オギの優占度

実験2年目のオギの優占度は、区画B・Cの底面全体で約42%、区画A・Bの法面全体で35.2%、26.6%と高い値を示した。この時の表層土壌水分量は、区画B・Cで48~51%、区画A・Bで47~48%であった。

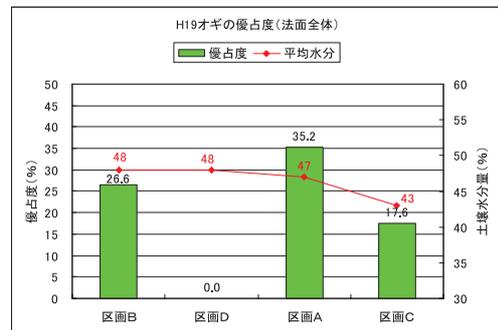
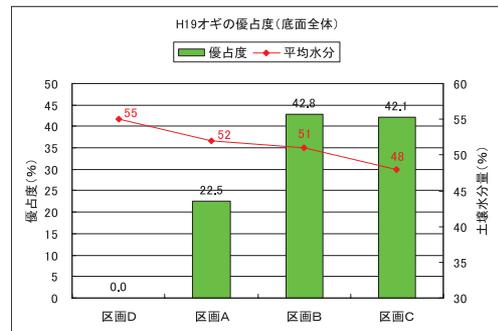


図5-14 オギの優占度（区画別箇所別）

また、区画Aでは、底面全体より法面全体で高い優占度を示し、表層土壌水分量が43%と低い区画Cの法面全体では、優占度も低い値であった。区画Dではオギの出現は見られなかった。

表5-7 オギの優占度 (実験2年目)

箇所	表層土壌水分量	区画	オギの優占度	
底面全体	51~55%	55%	区画D	0%
		52%	区画A	22.5%
		51%	区画B	42.8%
	46~50%	48%	区画C	42.1%
法面全体	46~50%	48%	区画B	26.6%
		48%	区画D	0%
		47%	区画A	35.2%
	41~45%	43%	区画C	17.6%

このことから、オギは、表層土壌水分量が概ね48~50%程度で最も良好な回復を見せ、表層土壌水分量が52%以上または45%以下になると回復への影響が出るものと推察される。また、区画Dでは、表土の播き出しによるオギの根茎がほとんどなかったことで出現しなかったと推察される。

2) ヨシの優占度

実験2年目の底面全体における表層土壌水分量と優占度は、区画Aで55%、1%程度、区画Bで51%、29%程度、区画Cで48%、7%程度、区画Dで55%、0.3%を示している。

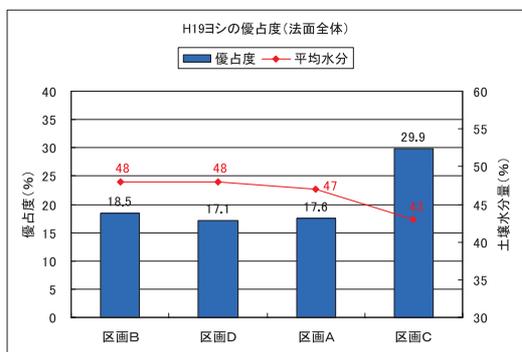
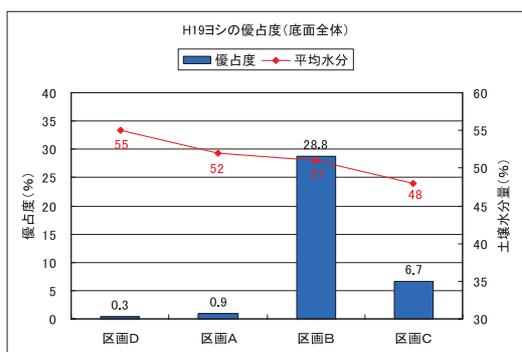


図5-15 ヨシの優占度 (区画別箇所別)

表5-8 ヨシの優占度 (実験2年目)

箇所	表層土壌水分量	区画	ヨシの優占度	
底面全体	51~55%	55%	区画D	0.3%
		52%	区画A	0.9%
		51%	区画B	28.8%
	46~50%	48%	区画C	6.7%
法面全体	46~50%	48%	区画B	18.5%
		48%	区画D	17.1%
		47%	区画A	17.6%
	41~45%	43%	区画C	29.9%

また、法面全体は底面全体より高い値を示しているが、法面（上部）のヨシは、実験区施工時に基盤面に露出した地下茎から出芽したものであり、実験手法によって回復したものではない。

以上より、底面全体におけるヨシ優占度が低い要因として、区画Aでは一年草の優占による被圧、区画Cは表土の保存による根茎の劣化・枯死、区画Dは表土を播き出さなかったことによりヨシの根茎がほとんどなかったことが考えられる。一方、区画Bでは、これらの要因による影響が少なく、土壌水分量50%程度で高い優占度を示したと推察される。

6. 植生回復実験のまとめ

植生回復実験の考察結果を下記に整理する。

- 植生の早期回復には、「表土の播き出し」が効果的である
 - ・回復期間は、「表土の播き出し」で4ヶ月程度、「表土の播き出しなし」では約半年である。
 - ・実験2年目は、各実験区ともに植生が繁茂しており、特に「保存期間が短い表土の播き出し」（区画B）では良好な植生回復、遷移段階が見られた。
- ヨシ根茎の定植は、ヨシ群落の回復手法として期待できる
 - ・ヨシ根茎の定植とともにヨシ群落から採土した表土の播き出しも回復手法として期待できる。
 - ・しかしながら、現段階では実験2年目であることから、ヨシ群落の回復を判断するには継続的なモニタリングが必要である。
- オギ群落の回復手法には、「表土の播き出し」の実効性が高い
 - ・オギ群落から採土した表土の播き出しは、オギ

群落の回復は十分に期待でき、回復手法として実効性も十分にありと評価できる。

・ただし、表土の保存期間により差が生じる。

○ **過湿（湛水）状態による高い外来種抑制効果**

・外来種の出現率を抑制する効果が「表層土壌水分量の高い箇所」で見られた。

・表土の播き出しなし（区画D）は、底面全体でより高い外来種抑制効果が得られた。過湿(湛水)状態が保たれたこと、表土の播き出しがないために外来種の埋土種子が少なかったことが要因と考えられる。

○ **オギ・ヨシの回復には、50%程度の土壌水分量が適する**

・表層土壌水分量が50%程度で、オギ・ヨシの回復が進むと推察される。

7. あとがき

表土の播き出しでは、早期の植生回復が実証でき、また、ヨシ群落から採土した表土の播き出し等、ヨシ群落の回復を期待した実験区画では、実験2年目で、一年草から多年草への遷移段階にあり、表土を播き出さずに植生回復を図った実験区画でも、しっかりとした植生回復と遷移が見られた。

したがって、平成18・19年度の植生回復実験では、植生回復手法について概ね目的に沿った示唆が得られたと判断できる。

しかしながら、期待される植生回復を判断するには、もう少し遷移段階が進行した時点での追跡調査が必要であると考えられる。

よって、将来、回復が期待される植生が最終的に成立するかどうかについては、長期間におけるモニタリング調査を行い、植生の回復状況についてのデータを収集・蓄積してから判断する必要があると考えられる。

加えて、今後の調節池内の具体的な状況に合わせて、本研究の成果を適用することが肝要である。

謝辞

本実験は、国土交通省関東地方整備局利根川上流河川事務所委託業務の一環として実施されたものである。

なお、本実験の実施にあたり、桜井善雄氏には植生回復実験について丁寧なご指導をいただくとともに、利根川上流河川事務所の方々には貴重なご意見、ご指導をいただいた。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 河川環境と水辺植物 ―植生の保全と管理― (1996)：奥田重俊・佐々木寧編，ソフトサイエンス社

4. 河川の維持管理に関する調査研究

1) 霞ヶ浦湖岸植生保全対策の モニタリング・評価と順応的管理

戸谷 英雄*・山内 豊**

1. はじめに

霞ヶ浦は、茨城県南東部の平地に位置し、湖面積222km²と全国第二位の広さを有し、平均水深4mと浅い海跡湖である(図1・1)。霞ヶ浦では、昭和13年・16年に2つの大きな洪水が発生し水害が発生したことから、治水、利水を目的とした常陸川水門、湖岸堤を築造した。しかしながら、昭和40年代半ばから人口増加や流域の生産活動の活発化に伴って、流入河川からの負荷等の原因で水質が悪化した。富栄養化の進行等により、植物プランクトンの増加、底質の悪化等の原因で湖岸植生も減退したことから、湖岸植生の保全・再生の要望が高まってきた。そこで、湖岸植生の保全再生を検討する委員会が組織され、議論が行われてきた。

その検討結果に基づき、平成13年度に11地区で植



図1・1 霞ヶ浦流域図

生保全対策工が整備され、その効果を把握するために、平成14年度よりモニタリング調査が実施されている。

湖岸植生保全・再生の基本的な考え方は、まず湖岸植生が減退してきた要因分析を行い、その要因に対応した対策を行えば再生した湖岸植生も保全されるという仮説に基づき事業を実施し、そのモニタリング調査を通して得られた結果から対策工の維持管理にフィードバックをかける、いわゆる順応的管理を実施していくというものである。

本研究では、図1・2に示すフローに従い検討を行った。

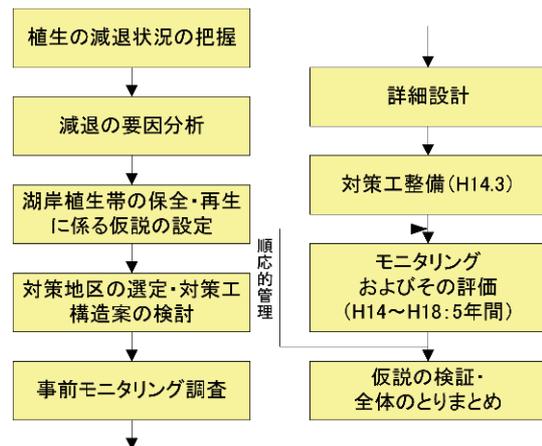


図1・2 検討フロー

2. 湖岸植生の減退状況の把握

2.1 昭和30年代の湖岸植生の姿(イメージ)

霞ヶ浦における大規模な堤防工事が行われる前の昭和30年代の湖岸植生をイメージしたものを図2・1

* (財) 河川環境管理財団 研究主幹

** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所研究第四部研究員

に示す。

湖岸がなだらかな傾斜で湖底となっていく。自然の湖岸では、陸側から、抽水植物群落、浮葉植物群落、沈水植物群落の順で、湖岸線と平行に带状に配列するが多い。霞ヶ浦を代表する水生植物の優占種は、抽水植物ではヨシ、マコモ、ヒメガマ、浮葉植物ではヒシ類とアサザ、沈水植物ではササバモ、オザキノフサモ、リュウノヒゲモ、エビモ、ヒロハノエビモ、セキシヨウモ、およびササエビモ等である。



図2-1 霞ヶ浦の昭和30年代の湖岸植生の姿

2.2 湖岸植生の減退

霞ヶ浦（西浦・北浦）においては、昭和40年代後半に湖岸植生（抽水・浮葉・沈水植物）の面積の調査が始まった。それ以来、現在までの間に、どの程度植生が変化したかを図2-2に示す。

昭和47年から平成14年までの30年間で、浮葉植物は約30%、抽水植物は約50%までに減少している。沈水植物は、ほぼ消滅した状態である。

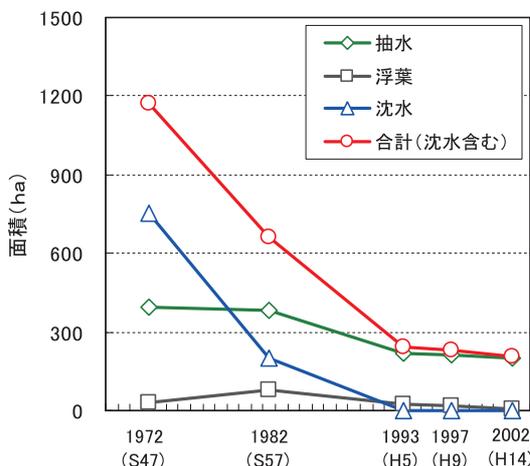


図2-2 抽水・浮葉・沈水植物の植生面積の推移

3. 湖岸植生の減退要因

湖岸植生帯の減退要因には、水質、波浪、水位、底質、地下水、湖岸堤築造（地下水の遮断、湖岸流変化、波浪の変化を含む）、湖底からの砂利採取などの物理的要因と富栄養化の進行、ゴミのドリフトなどの要因が考えられた（図3-1）。

例えば、流入負荷量が増加し、富栄養化が進行した場合には、植物プランクトンが増加し、透明度の低下が考えられる。その結果、沈水植物が消失してしまう。

これらの要因が複雑に複合的に作用し、湖岸植生が減退していったものと考えられるが、減退要因の究明は未だ不明な点が多く、今後も検討が必要である。

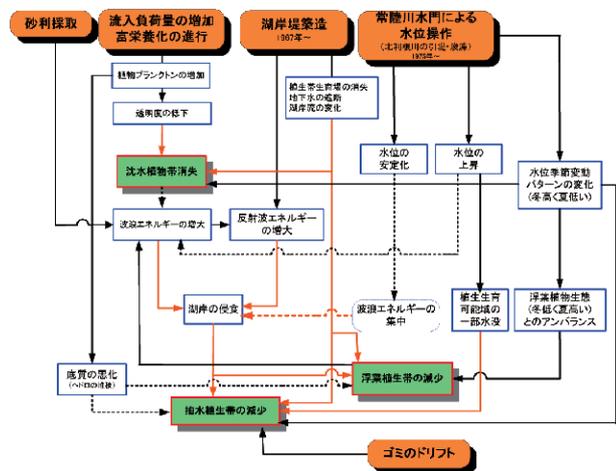


図3-1 湖岸植生の減退要因

4. 湖岸植生の保全・再生に係る考え方、仮説の設定、および整備タイプ

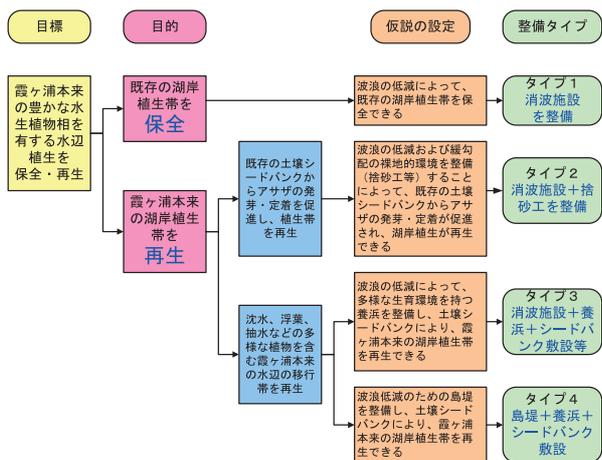
4.1 湖岸植生の保全・再生に係る考え方および仮説の設定

湖岸植生の保全・再生に係る考え方は、図3-1に示す減退要因を消去するよう対策すれば、植生の回復が可能となるという仮説をたて、それを基本にする（図4-1）。

湖岸植生の保全・再生では、「霞ヶ浦本来の豊かな水生植物相を有する水辺植生を保全・再生する」という目標を設定する。

その目標に対して、既存の湖岸植生帯を守る「保全」と、霞ヶ浦本来の湖岸植生帯を再生させる「再生」に分ける。

その目的に対して、保全について1つの仮説、再生について3つの仮説を設定した。仮説は図4-1に示す通りである。



※「第2回 霞ヶ浦湖岸植生帯の緊急保全対策評価検討会 資料」を加筆修正

図4-1 湖岸植生の保全・再生に係る仮説の設定

4.2 整備タイプ

具体的な構造タイプは、上記の仮説に対応して図4-2~4-5に示す4タイプとする。

- タイプ1：現存するアサザ等既存植生を保全する対策工、主に粗朶消波工を整備
- タイプ2：アサザの実生定着、生育促進を目指す対策工、主に粗朶消波工、板柵盛土工を整備
- タイプ3：新しい生育場を創出する対策工、主に消波工、養浜工を整備

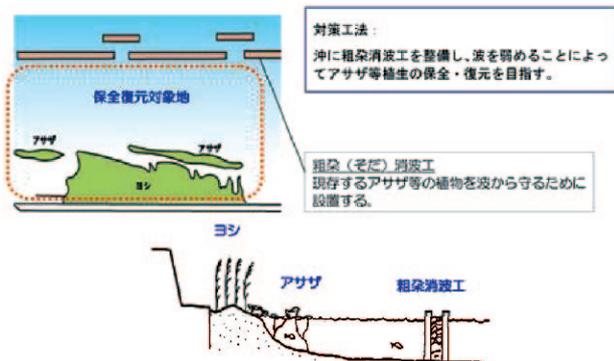


図4-2 タイプ1：現存するアサザ等既存植生を保全する対策工

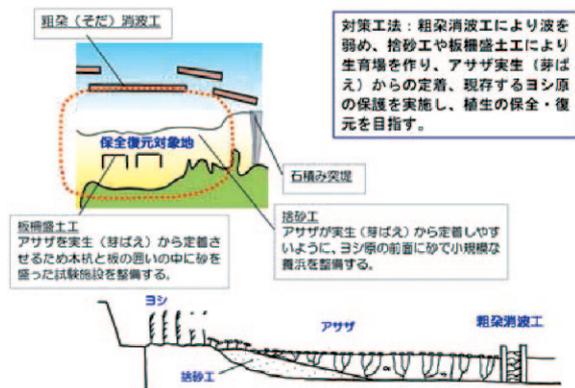


図4-3 タイプ2：アサザの実生定着、生育促進を目指す対策工

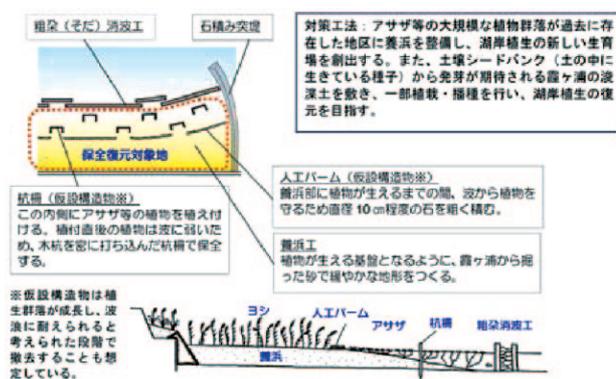


図4-4 タイプ3：新しい生育場を創出する対策工

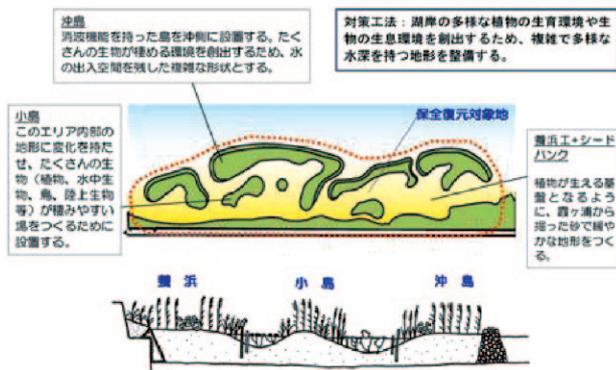


図4-5 タイプ4：新しい多様な湖岸水辺環境を創出する対策工

タイプ4：新しい多様な湖岸水辺環境を創出する対策工、主に島堤、養浜工を整備

4.3 植生保全対策工の模式図

前述の整備タイプ3を例にとった植生保全対策工の標準断面図、平面模式図を図4-6に示す。土砂の

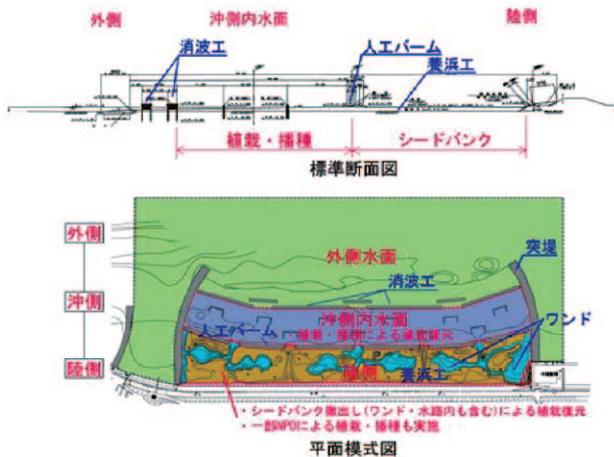


図4-6 植生保全対策工の模式図

流出を止めるために突堤，波浪を軽減するために消波工を設置し，緩勾配の養浜工を整備する．その養浜工の上に，土壌シードバンクを敷設する．土壌シードバンクとは，土壌中に存在する種子の集団のことであり，霞ヶ浦では湖底の土砂中に消失した植物を含めて多様な植物の種子や胞子が存在することが確認されている．

なお，この植生保全対策工では，消波工より沖側を沖側水面，消波工と養浜部の間を沖側内水面と呼ぶこととする．

5. 対策地区の選定・対策工の構造

5.1 対策地区の選定

対策地区は，浮葉植物のアサザを含む植生の有無，

表5-1 整備地区 (11箇所)

地区番号	地区名	河川	整備位置 [km]
1	境島	西浦	右岸 0.25
2	古渡		右岸21.25
3	鳩崎・余郷入		右岸24.75 ・25.00
4	石田		中岸 4.25
5	根田		中岸11.50
6	石川		中岸35.00
7	永山		左岸 0.50
8	麻生	北浦	左岸 2.00
9	大船津		左岸 0.75
10	爪木		左岸 3.50
11	梶山		左岸22.00



図5-1 整備地区位置図 (11箇所)

消波施設の有無等を総合的に勘案して，11地区（西浦8箇所，北浦3箇所）を選定した．表5-1に整備地区，整備位置，図5-1に整備地区位置図を示す．

5.2 対策工の構造

植生減退の要因分析から，抽水，浮葉植物の減退には，波浪による湖岸の侵食や湖岸堤築造による生育場の減少，湖水の富栄養化によるもの等が大きく影響しており，また，沈水植物の減退には植物プランクトン増加による透明度の低下が大きく影響していると想定される．この減退要因に対して有効な対策案は以下の2つが考えられる．

対策1：波浪の低減

粗朶消波工，石積み工，群杭工，人工リーフ，島堤等の消波施設を整備することにより波浪を低減し，湖岸の侵食を抑制する．

対策2：生育場の整備および植生の再生

築堤や水位の上昇による生育場の減少に対して，緩傾斜養浜工や捨砂工により抽水，浮葉植物の生育場を整備する．また，養浜工内に静水域として引き込み水路型ワンド等を整備することにより，透明度の高い沈水植物の生育に適した場を整備する．消波工と養浜工の間の沖側内水面では浮葉植物，沈水植物の生育場を整備する．さらに，植生再生のためシードバンクの敷設および植栽，播種を行う．また，植生の活着を促進させる施設として植生活着補助施設（人工

表5-2 地区別整備施設一覧表

●は採用した工法を示す

整備の目標		地区名と工区分		採用工法の一覧															
				消波工						養浜工						植生活荷補助施設工			
考え方	目的	地区名	工区分	粗朶消波工	群植工	異型ブロック式消波工	島堤(消波遊歩)	人工リーフ	砂堤	捨砂工	養浜工	ワンド	突堤 石積み式突堤	矢板式突堤	シートバンク	植栽 播種	杭柵工	板柵盛土工	人工バーム
保全	既存の湖岸植生帯を保全する	古渡(下流)	粗朶工	●															
		石田	粗朶工	●															
		根田(下流)	粗朶工	●															
		麻生	異型ブロック式消波工		●														
		爪木	群植工		●														
		横山	捨砂・粗朶工		●						●								
再生	湖岸の土壌シートバンクより発芽するアサギ実生からの定着を促進し、植生帯を再生する	鳩崎・余郷入	捨砂・板柵・盛土・粗朶工	●						●							●		
		古渡(上流)	捨砂工							●									
		境島	上流	捨砂工							●			●					
			下流	養浜工	●							●	●						
		根田(上流)	鳥堀工				●				●	●							
		石川	粗朶・人工バーム工	●								●	●						
			粗朶・砂堤工	●							●								
			人工バーム工									●							
			砂堤工								●								
		永山	養浜・人工リーフ工							●		●	●						
			大船津	上流	養浜工							●	●						
				下流	養浜工	●							●						
	下流	粗朶・捨砂工	●						●										
採用工区数				10	1	1	1	1	2	5	9	3	5	6	9	16	8	1	6
採用地区数				8	1	1	1	1	1	5	5	3	4	2	5	10	4	1	4

*1: 境島(下流)、永山のワンドは、引込み水陸型ワンド
*2: 根田(上流)のワンドは、鳥堀により創出されたワンド

バーム、杭柵工、板柵盛土工)を整備する。
表5-2に地区別整備施設一覧表を示す。

5.3 対策工の代表的な構造物

対策工の代表的な構造物の写真を写真5-1~5-3に示す。



写真5-3 養浜工



写真5-1 粗朶消波工



写真5-2 人工バーム工

6. モニタリング調査

湖岸植生の減退要因は明確に検証されたものではなく、また、湖岸植生の生態も十分に把握されていないことから、保全対策の効果は不確実性の残るものである。

この不確実性に対応するため、「順応的管理(アダプティブマネジメント)」の考え方を実施していく。その手段として、モニタリング調査を行い、その効果、検証結果を得ることとした。

整備あるいは保全した生育場と生物の生息・生育状況の対応関係の把握ができるよう、調査項目は、大きく環境調査、施設調査、および生物調査の3つに分けた(図6-1)。

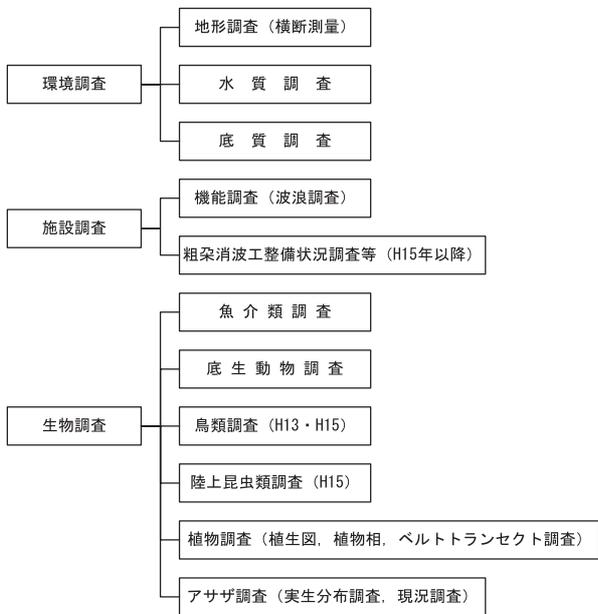


図6-1 モニタリング調査

モニタリング調査は、整備前（平成13年）から整備後（平成20年現在）まで継続されている。

7. モニタリングの調査から得られた検証結果と評価

7.1 仮説に対する検証

これらのモニタリング結果を基に、仮説に対する検証の概説を図7-1に示す。

例えば、既存の湖岸植生帯を保全するという目標に対して、波浪の低減によって、既存の湖岸植生帯を保全するという目標に対して、波浪の低減によって、既存の湖岸植生帯を保全する

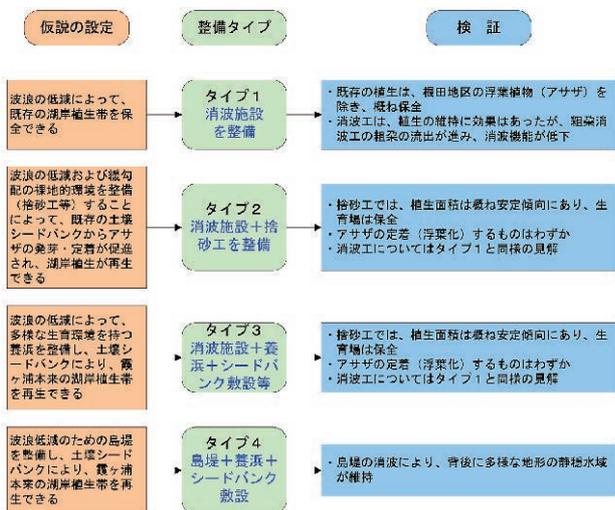


図7-1 仮説に対する検証の概説

を保全できるという仮説では、既存の植生は積田地区の浮葉植物を除き、保全しており、波の弱い箇所では透過性に富む粗朶消波工を設置し、植生回復が順調に進むことによって、基盤浸食は低減されるというものである。

7.2 評価の視点

湖岸植生の保全・再生に係る評価を行うための視点を図7-2に整理した。

整理の視点としては、各工法の検証を行うとともに、各工区の再生目標に対する効果をとらえ、最終的にはそれらを総括するものとした。

地区名と工区区分				
地区名	工区名 <タイプ>	再生目標		
保 全	古 渡 (下流)	粗朶工 <タイプ1>	アサザ群落の復元、ヨシ原と島地形の保全	
	石 田	粗朶工 <タイプ1>	アサザ群落の復元	
	根 田 (下流)	粗朶工 <タイプ1>	アサザ群落の保全と拡大	
	麻 生	異型ブロック式消波工 <タイプ1>	アサザ群落の保全、波浪対策への対応	
	爪 木	群杭工 <タイプ1>	既存するアサザ群落の保全	
再 生	根 山	捨砂・粗朶工 <タイプ1>	アサザ群落の保全、ヨシ群落の保全	
	鳩崎・余郷入	捨砂・板橋・盛土・粗朶工 <タイプ2>	アサザ群落の復元	
	古 渡 (上流)	捨砂工 <タイプ2>	アサザ群落の復元、ヨシ原と島地形の保全	
	境 島	上流	捨砂工 <タイプ3>	水辺の移行帯を再生、アサザの再生
		下流	養浜工 <タイプ3>	水辺の移行帯を再生、アサザの再生
	根 田 (上流)	島堤工 <タイプ4>	多様な平面構造を持った抽水植物帯の復元	
		粗朶人工バーム工 <タイプ3>	抽水植物帯の復元、沖側に浮葉植物群落の復元	
	石 川	粗朶・砂堤工 <タイプ3>	〃、〃	
		人工バーム工 <タイプ3>	〃、〃	
		砂堤工 <タイプ3>	〃、〃	
永 山	養浜・人工リーフ工 <タイプ3>	アサザ群落のモニタリング・管理、抽水植物の復元		
	上流	養浜工 <タイプ3>	アサザと抽水植物帯の復元	
大船津	中流	養浜工 <タイプ3>	〃	
	下流	粗朶・捨砂工 <タイプ3>	〃	

各工区の目標に対する検証結果 (Verification results for each work area target)

各工法の検証結果 (Verification results for each work method)

総 括 (Summary)

図7-2 評価の視点

7.3 検証結果と評価

各工法の検証結果を、生育場に関する検証、生物の生息・生育状況に関する検証に分けて整理した。それら検証結果と評価として以下に示す。

7.3.1 生育場に関する検証結果

(1) 消波工

消波工のうち、粗朶消波工および島堤について、事前の想定と検証結果を、それぞれ表7-1、7-2に示す。

表7-1 粗朶消波工に対する検証結果

工法	粗朶消波工
事前の想定	粗朶消波工の消波により、背後地形が維持できる。 当初は、粗朶消波工が朽ちる前に、植生が繁茂し、それにより波浪低減効果が見込めると想定。
検証結果	消波工の一定の効果はあった。 整備後5年で管理水面より上の粗朶はほぼ流出した。 流出粗朶は、景観や漁網、河川管理構造物へ大きな影響を与える。



写真7-1 内蔵粗朶流出（鳩崎）

表7-2 島堤に対する検証結果

工法	島堤（根田）
事前の想定	沖側の石積み消波護岸（島堤）の消波により、内側の静穏水域に多様な形状を持つ生育場が維持できる。
検証結果	島堤により背後に多様な地形をした静穏水域と浅瀬が維持できた。



写真7-2 島堤（根田地区,H17.8撮影）

(2) 養浜工

養浜工のうち、緩傾斜養浜、引込み水路型ワンド、沖側内水面、突堤のそれぞれについて、事前の想定と検証結果を表7-3～7-6に示す。

表7-3 緩傾斜養浜に対する検証結果

工法	緩傾斜養浜
事前の想定	湖岸植生の生育場となる連続的な浅場再生を目指し、緩傾斜養浜を整備する。 緩傾斜勾配の養浜により様々な水位に対応できる生育場を想定する。
検証結果	養浜工地形の変動傾向は地区によって異なる。当初施工の様な緩傾斜地形を維持することは難しく、局所的な変動傾向も異なる。

表7-4 引込み水路型ワンドに対する検証結果

工法	引込み水路型ワンド
事前の想定	引込み水路部ワンドの整備によって、陸側養浜部内に湿地環境を創出する。
検証結果	ワンドでは、沈水植物群落が再生するなど、湿地環境の創出に一時的には寄与できる。しかし、その後の植生の遷移やリターの再生によりワンドが浅くなる。



写真7-3 境島地区のワンドの変化
高茎抽水植物に覆われ、水面が見えない

表7-5 沖側内水面に対する検証結果

工法	沖側内水面
事前の想定	消波工により静穏水域を創出し、養浜の浅場に浮葉植物、沈水植物の生育場を整備する。
検証結果	突堤や消波工、養浜工によって創出された静穏な浅場は、浮葉植物の生育には適したが、沈水植物の生育場としては十分ではない。

表7-6 突堤に対する検証結果

工法	突堤
事前の想定	突堤により沿岸方向の砂の移動を抑制して、生育場地形を維持する。
検証結果	突堤による沿岸方向の砂の移動の抑制だけでは、養浜地形の維持に十分ではない場所があった。

(3) 植生活着補助施設

植生活着補助施設の中で、人工バーム、板柵盛土工における事前の想定および検証結果を表7-7～7-8に示す。

表7-7 人工バームに対する検証結果

工法	人工バーム
事前の想定	小規模な石積み施設による水際線の保護で抽水植物の生育場を保全する
検証結果	人工バームで水際地形の維持ができ、数年でバーム上に植生が生育した



写真7-4 人工バーム上に植生が繁茂

表7-8 板柵盛土工に対する検証結果

工法	板柵盛土工
事前の想定	消波された裸地的環境を創出し、湖岸土壌シードバンクからアサザの発芽、実生からの定着を促進する。
検証結果	板柵盛土工で創出した静穏な裸地的環境では、アサザの実生からの定着が認められた。

7.3.2 生物の生息・生育状況に関する検証結果

(1) 植生帯の再生

植生帯の再生に関する検証結果を表7-9、図7-1に示す。

表7-9 植生帯の再生に対する検証結果

視点	植生帯の再生
事前の想定	陸側養浜部にシードバンク含有土壌の敷設、移植を行うことにより植生帯を再生できる。
検証結果	施工したシードバンク含有土壌内に、植生帯の再生に必要な種子が存在していることが確認された。養浜工の上に10cm程度の厚さでシードバンクを撒き出す工法は、植生の早期回復および多様な植生の再生に有効である。

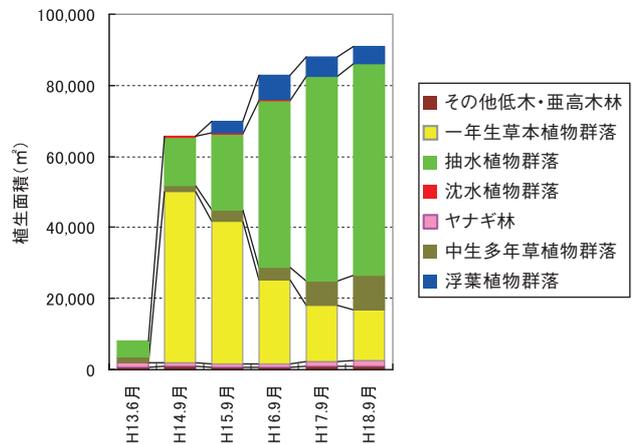


図7-1 植生面積の変化 (養浜地区の合計)

(2) アサザ生育環境の創造/アサザ群落の保全

アサザ生育環境の創造およびアサザ群落の保全に関する検証結果を表7・10, 図7・2, 7・3に示す。

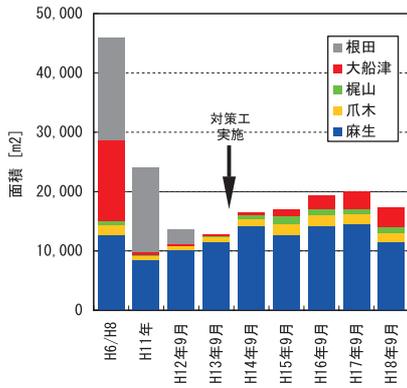


図7-2 既存のアサザ群落面積の変化

表7-10 アサザに関する検証結果

視点	アサザ
事前の想定	消波等により新たなアサザの生育環境を創造できる。あるいは現存するアサザ群落を保全できる。
検証結果	消波等の対策は現存するアサザ群落の保全に有効であるが、新たな生育環境の創造に対しては効果にばらつきがある。 種子生産能力のある群落は少なく、新たな種子の供給源は限定されており、種子からの発芽は主にシードバンクによると考えられる。

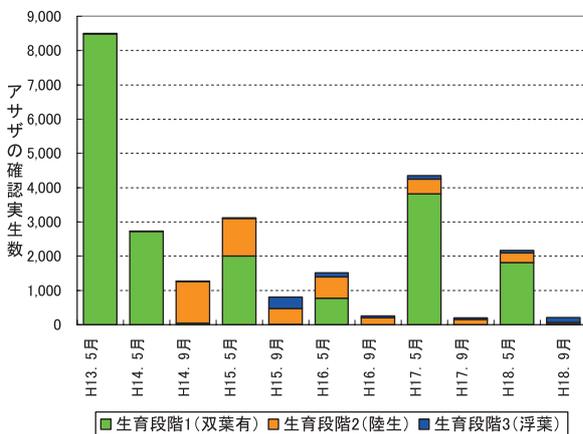


図7-3 アサザ実生数の変化 (全地区合計)

(3) 沈水・浮葉植物群落

沈水・浮葉植物 (アサザを除く) に関する検証結果を表7・11, 図7・4~7・6に示す。

表7-11 沈水・浮葉植物群落に関する検証結果

視点	沈水・浮葉植物群落
事前の想定	消波された沖側内水面で沈水・浮葉植物の再生を期待する。
検証結果	消波された沖側内水面では浮葉植物の生育は可能であるが、沈水植物は再生しない。 ワンドでは抽水植物により被陰されるまでは沈水、浮葉植物の生育が可能で、沖側内水面に比べ透視度が高い水質環境になる。

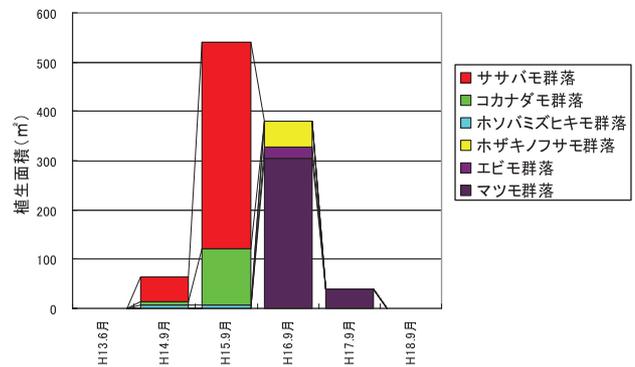


図7-4 沈水植物群落の面積変化 (11地区合計)

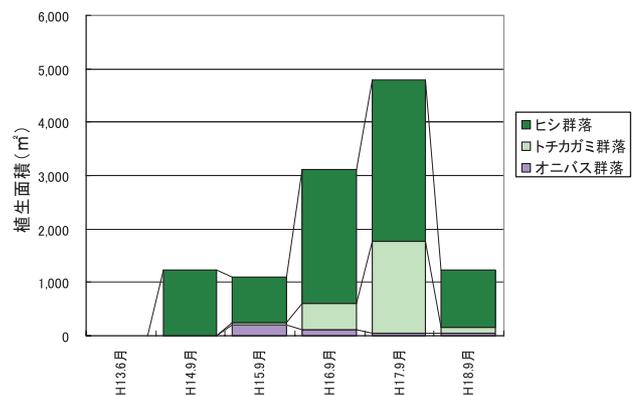


図7-5 浮葉植物群落 (アサザ以外) の面積変化 (11地区合計)

① 全11地区の植生面積は、整備前の約7haから整備後5年間で約16haに増加（図7・7）し、種数において沈水植物を除き1970年代と同程度再生している（図7・8）。

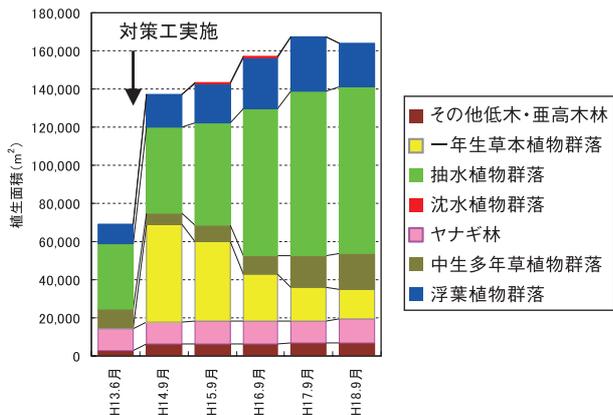


図7・7 植生面積の変化 (11地区全体)

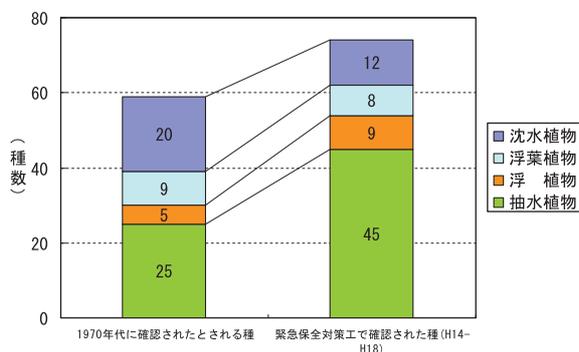


図7・8 1970年代と植生保全対策地区における水生植物の確認種数

特に、抽水植物をみると、1970年代に25種であったものが、植生保全対策実施5年後には45種に増加している。

② アサザの再生は限定的であったが、既存のアサザ群落は、保全対象地区において概ね目標を達成した（図7・9）。

③ 沈水植物は、ワンドで一時再生をみたものの抽水植物に被陰され減退した。また、消波工により静穏水域とした沖側内水面でも、再生はできなかった。

図7・10に境島地区の植生図の変化を示す。整備2年後には、マツモ、エビモ群落等の沈水植物

群落を確認されていたが、整備4年後にはヒメガマ群落等の抽水植物群落に遷移している。また、図7・11に境島地区の植生断面の変化を示す。整備

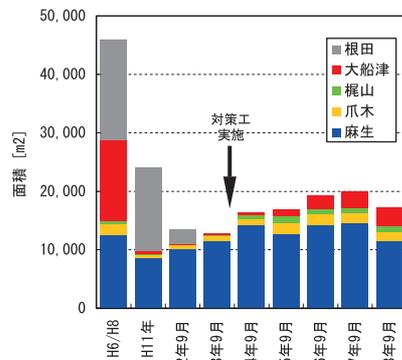


図7・9 既存のアサザ群落面積の変化

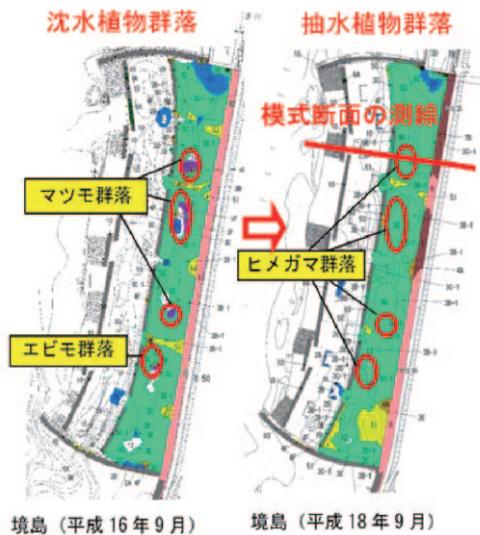


図7・10 境島の植生図

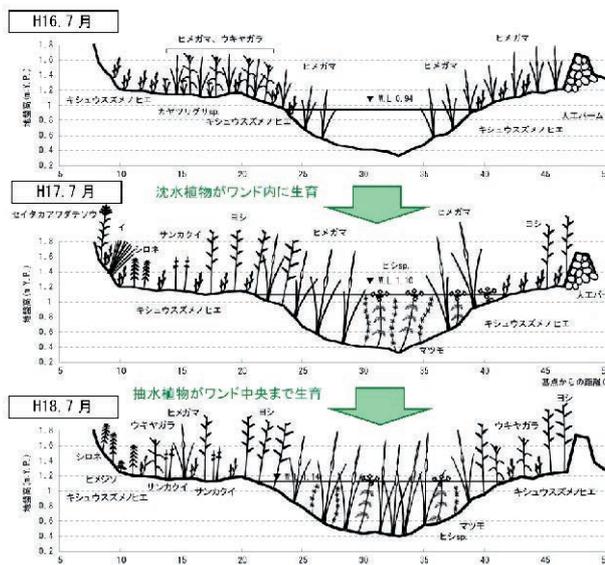


図7・11 境島地区の植生断面の変化模式図

備3年後（平成17年7月）までは沈水植物がワンド内で生育していたが、整備4年後（平成18年7月）には抽水植物がワンド内に拡大している様子がわかる。

- ④ 土壌シードバンク含有土壌の敷設により，早期に植生が再生した。確認種数は施工直後および一年後で大きく増加している。

図7・12に再生地区における植生面積の変化を示す。整備1年後は一年生草本植物群落が増加していたが、その後、中生多年草植物群落、抽水植物群落が増加していることがわかる。

図7・13に再生地区における植物相の変化を示す。植物の確認種数は、整備前に178種であったものが、整備1年後には318種に増加していることが分かる。

再生地区の一地区である境島地区の植生再生パターン（図7・14）においても整備5年後にはヨ

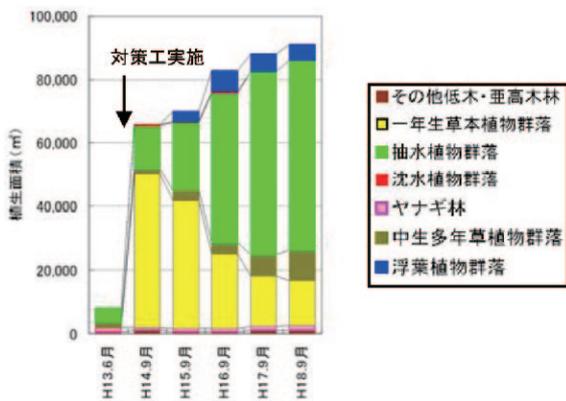


図7・12 植生面積の変化（再生地区の合計）

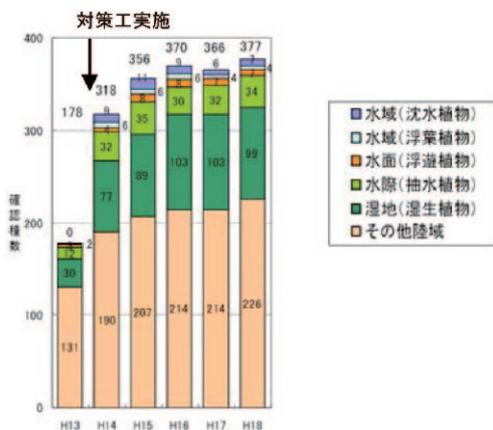


図7・13 植物相の変化（再生地区の合計）

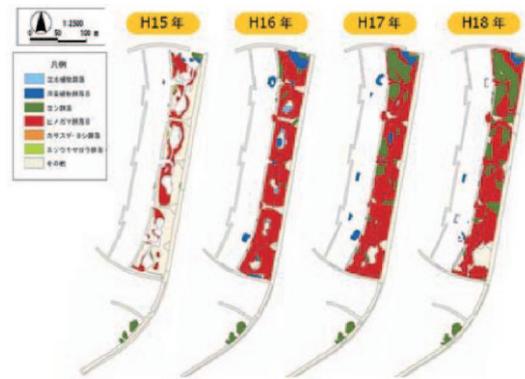


図7・14 植生再生パターン（境島地区）

シヤヒメガマ等の抽水植物群落が増加している様子がわかる。

- ⑤ 整備した生育場では、局所的な地形変動はあるものの、著しい土砂流出等の大きな地形変化はなく、比較的安定傾向である。

図7・15に示すように、境島地区の消波工の沖側では侵食、堆積を繰り返しているが、地形は概ね安定している。

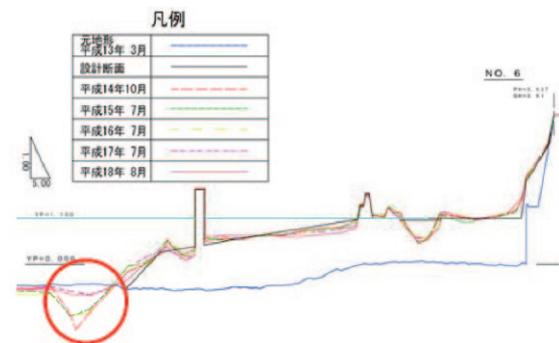


図7・15 境島下流（養浜工部）における横断図

図7・16は、境島地区における平成14年と平成17年の標高変化量を示している。図7・15の横断図と同様に、消波工の沖側で少し侵食傾向にあるが、全体的には安定している。

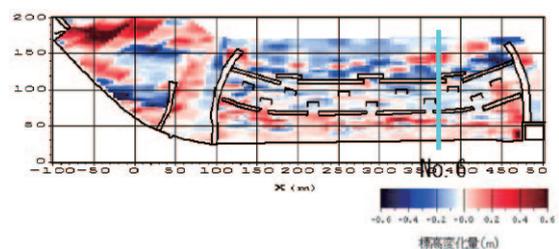


図7・16 境島における標高変化量（H14とH17）

図7-17に示すように、根田下流（島堤工）の陸側部で小堤（バーム）が自然にでき、侵食、堆積を繰り返している。

図7-18は根田地区における平成14年と平成17年の標高変化量を示している。島堤の開口部で地形変動が大きいが、島堤の内側では比較的地形は安定していることが分かる。

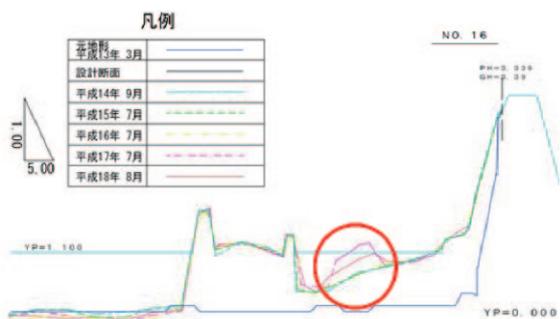


図7-17 根田下流（島堤工）における横断面図

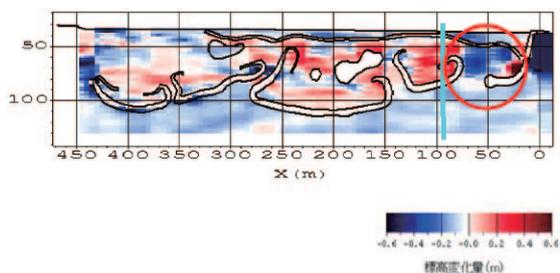


図7-18 根田における標高変化量（H14とH17）

8. 順応的管理

順応的管理（アダプティブマネジメント）とは、自然の環境変動により当初では想定していなかった事態に陥ることや社会的背景が変動すること等をあらかじめ管理システムに組み込んでおき、それらに基づき目標を設定し、計画がその目標を達成しているかをモニタリングにより検証しながら、柔軟に管理することをいう。

霞ヶ浦の湖岸植生保全対策においても順応的管理を官・学・NPO等が協力して実施しており、その事例を以下に紹介する。

① 境島地区において整備したワンドでは、一時的に沈水植物が再生したが、次第に抽水植物に被陰され減退した。また一方で抽水植物のリターの堆積とともにワンド自体が浅くなる傾向があ



写真8-1 ワンド陸化・掘削後（境島地区）

り、ますます沈水植物の生育場として適さない環境となりつつある。

そこで、境島において整備したワンドを、平成19年3～5月により深く掘削し再整備を行った（写真8-1）。

② 消波工では、内蔵粗朶の流出等や杭の損傷により、消波機能が低下したため、構造杭を必要に応じて更新するとともに、粗朶消波工に割栗石を投入した（写真8-2）。



写真8-2 消波工の改良（境島地区）

- ③ 湖岸植生保全対策地区には、様々な外来種が進入してきている。この中には、放置すると優占種となって在来植物の再生を妨げる恐れのある侵略的外来種も含まれている。これらへの対応として、効果的な管理方法について検討しながら外来植物を選択的に除去している（写真8・3）。



写真8・3 外来種除去の状況

- ④ モニタリング調査により、すでに植生再生の目的を果たしていると考えられる植生活着補助施設を実験的に撤去する。

その試行として、アサザ株が年々増加している地区では、柵外へ展開させるため、試行的に杭柵工の撤去を実施している（写真8・4）。



写真8・4 杭柵撤去（大船津地区）

9. 今後の課題

今回の研究で得られた結果を整理し、今後、霞ヶ浦において実施していく湖岸植生の保全・再生の整備に反映し、「霞ヶ浦湖岸植生再生技術指針（案、仮称）」の作成を目指す。得られた評価の中から成功したもの、今後課題が残るもの等を整理・分析し、設計の基本的な考え方、留意点等を示すものとしたと考えている。なお、本稿における評価の中で主要な課題となったものを次に示す。

- ① 消波が必要とされる場合においては、素材の特性や維持管理面を踏まえ、必要な機能を満たすような構造を検討する。
- ② 既存の消波工については、現地の波浪状況や植生の保全・再生状況等を総合的に判断して、補修や撤去等の検討を実施し対応する。
- ③ 沈水植物等については、ワンドで一時再生をみたものの、抽水植物に被陰され減退した。また、沈水植物の再生には水質、透明度等の影響も考えられることから別途調査研究を行う。

10. あとがき

霞ヶ浦湖岸植生の保全対策工の整備により、植生面積は整備前の約7haから整備後5年で約16haに増加し、種数においても沈水植物を除き、1970年代と同程度以上の再生をみた。また、整備した植生生育場も多少の地形変動はあるが、概ね安定するなど、一定の成果が得られた。

かつての霞ヶ浦には、抽水植物よりも沖側の深い箇所にも沈水植物が多く繁茂していた。沈水植物は、対策工で整備したワンド内で一時的に再生したが、抽水植物により被陰され減退し、かつてのような沖側での沈水植物の再生は達成できなかった。このモニタリングを評価して、ご意見を頂いている検討会の委員からは、沖側で再生しなかった理由の一つとして透明度の向上等、湖内の水質浄化が重要であるとの意見も頂いた。

謝辞

本研究は、国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所委託業務の一環として実施されたものである。なお、本研究を実施するにあたり、「霞ヶ浦湖岸植生帯の緊急保全対策評価検討会」委員、オブザーバの方々、霞ヶ浦河川事務所の方々には、貴重なご意見、御指導を頂きました。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 国土交通省霞ヶ浦河川事務所（平成19年10月）：霞ヶ浦湖岸植生帯の緊急保全対策評価検討会 中間評価
- 2) 桜井善雄・国土交通省霞ヶ浦河川事務所（2004）：霞ヶ浦の水生植物1972～1993. 変遷の記録.信山社サイテック, pp11～pp12, pp15
- 3) 宮脇成生, 西廣淳, 中村圭吾, 藤原宣夫「霞ヶ浦湖岸植生の変遷とその要因」2001.9応用生態工学研究会 第5回研究発表会講演集
- 4) 国土交通省霞ヶ浦河川事務所（平成19年3月）：霞ヶ浦湖岸植生の緊急保全対策工周辺生物等モニタリング調査業務

2) 堤防植生管理における植生の計画的移行

竹内 清文*・柳沼 昌浩**・平田 真二***・宇根 大介****

1. はじめに

河川堤防の法面は、法面保護目的で植栽が行われている。築堤時においては、植生の種類として、ノシバが植栽されているが、その後、周辺から様々な植物が侵入することや、堤防点検を主眼とした除草により、徐々に植生が遷移し、シバの維持が現状の維持管理の中で困難となっている。この課題を受けて、多様な植生による適切な堤防植生管理の手法が検討され、現在では、堤防植生は治水・環境機能に応じてタイプ区分され、かつ、適正な維持管理手法(除草)により堤防植生タイプがコントロール可能であることが分かってきた。

堤防除草には河川の維持管理費が費やされており、公共事業費の削減が叫ばれる昨今、除草手法の合理化・適正化による管理費の縮減が望まれている。

そのため、本研究では、烏・神流川をモデルケースとし、法面保護機能の確保を目的に、限られた除草回数の中で、適正な植生の維持管理手法を見極める実験を実堤防にて検証し、烏・神流川に適した維持管理手法について提案するものである。

なお、堤防植生維持管理手法の検討の方向性、及び、管理手法の是非等の検証については、事務所内に設置された「烏・神流川堤防植生管理手法検討会(講師：本財団理事 佐々木寧)」にて行った。

2. 烏・神流川における堤防植生の基本的考え方

当財団では、これまでの多くの堤防除草工事の実施、堤防植生管理の合理化に関する様々な研究を行ってきた。

以下にこれまでの主要な検討成果を示す。

2.1 植物生態を考慮した堤防植生管理の知見

平成7～11年度には、多摩川、江戸川、荒川下流、荒川上流の4河川の都市区間を対象に、植物生態を考慮した堤防植生管理の検討¹⁾が行われた。これにより、以前はシバ以外の植物は全て「雑草」と括られていた堤防植生について、以下の知見が得られた。

- ① 関東地方の堤防が概ね5つの基本植生に区分できること
【シバタイプ、チガヤタイプ、外来牧草タイプ(イネ科)、広葉タイプ、オギ・ススキタイプの5タイプに分類】
- ② 上記植生タイプと治水機能・環境機能が高い相関関係にあること
【例】法面保護機能：シバタイプ>チガヤタイプ>外来牧草タイプ】
- ③ 除草回数・時期の工夫により、草丈や堤防植生タイプをコントロール(他の植生タイプに誘導)できること

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第三部長

** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第三部主任研究員

*** (株) エコー 河川・環境部課長

**** (株) エコー 河川・環境部主任

2.2 イネ科花粉症対策を考慮した堤防植生管理の 既往研究

平成14～17年度には江戸川を対象に、イネ科花粉症対策を中心とした除草の検討²⁾が行われ、主に健康被害の原因となる外来牧草タイプの堤防植生について、以下の知見が得られた。

- ① 開花・結実・発芽など生理面を考慮した除草による外来牧草の生育量減少方法
- ② 在来種のチガヤ等と競合させることにより、外来イネ科牧草そのものを減少させる除草方法

上記既往の検討成果により、堤防植生や治水・環境要請に応じた適正な植生管理の技術的手法を確立することができた。しかし、いずれの維持管理手法においても年3回除草以上を念頭に植生管理手法であり、平成12年度より年2回に除草回数が縮減された烏・神流川にそのまま適用することはできない。また、植生タイプに応じた維持管理手法を管理区間全川に適用した事例は少なく、全川に適用した場合の植生遷移効果や限られた施工体制における施工可否等が課題とされていた。

2.3 堤防植生の基本的考え方

外来牧草タイプをチガヤタイプに移行させる手法は、以下の植物生態学の知見に基づくものである。

外来牧草（ここでは、優占種のネズミホソムギを対象とする）は越年性の1～2年草であり、10～11月に芽生え、草丈の低い状態で越冬し、春先の4月頃から急伸し、5月に開花・結実するという生活サイクル

を持っている。外来牧草が枯死した夏季以降は、秋型の一年草であるメヒシバ等が優占種となる。すなわち、外来牧草タイプ堤防においては、春季に外来牧草類が、秋季にメヒシバ等が優占種となり、生長のピークが年間を通じて2回見られる。

一方チガヤは夏型の多年草であり、5月頃に芽生え・生長し、夏～秋季に優勢となり、冬季は地上部が枯死する（地下茎は健在）。

外来牧草堤防、及び、チガヤタイプ堤防の異なる生活サイクルに着目し、チガヤ移行区での除草は、

第1回を外来牧草の開花・種子形成を防ぐ目的で5月に、第2回をチガヤで法面表面を覆い、外来牧草の芽生えを防ぐ目的で、ネズミホソムギの発芽期前の8月に実施することとした。

なお、現行の除草方法では、出水期前後の堤防点検が容易になる利点があるものの、第1回除草は外来牧草の開花・結実後、また、第2回は外来牧草の芽生え期に地表面を覆う植物を除去することとなり、期せずして外来牧草の生長を促す除草方法となっていたと考えられる。

本研究において、外来牧草タイプ植生をチガヤタイプの植生に移行させようとする理由は以下の通りである。

- ① 外来種は、周辺への拡大力が強い。
- ② 根毛量（ヒゲ根状）が少なく、かつ、地下茎が連結されていないため、耐侵食力が弱い。
- ③ 生長が早いので、堤防点検に支障がある他、刈草量が多い。夏に一旦枯死し、秋に芽生え生え替わる。その後、メヒシバ等の一年草に生え替わる。

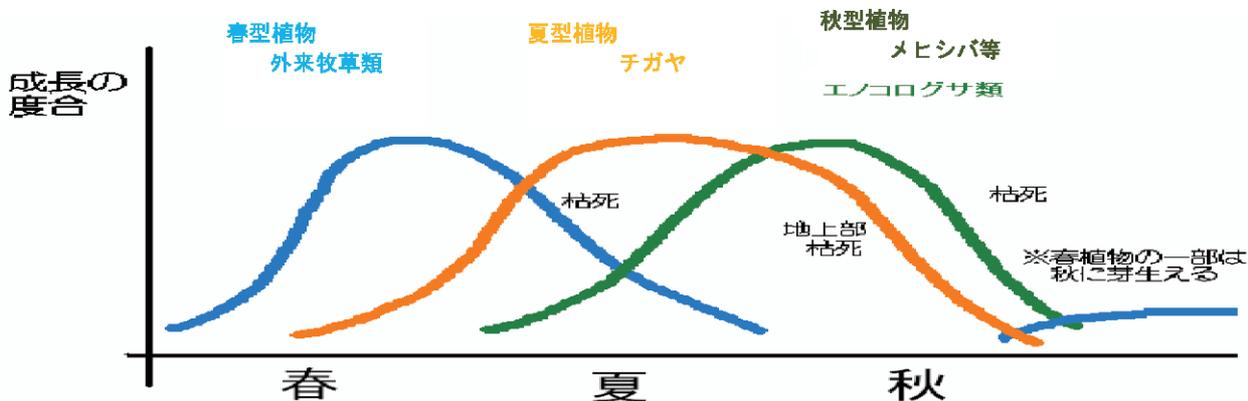


図2.1 各植物の生活サイクル

- ④ イネ科花粉症の原因植物であり，堤防周辺での健康被害の苦情が多い。
- ⑤ チガヤタイプは，年2回の除草で維持される可能性が高く，維持管理費用が安い。

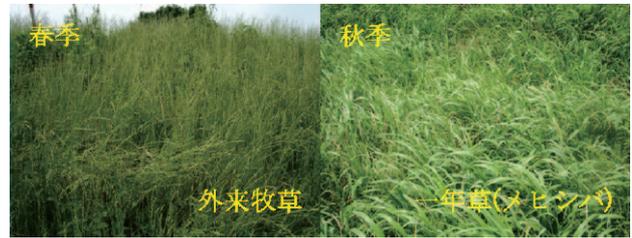


写真3-1 外来牧草堤防の季節変化

3. 調査計画と実験方法

本研究では，烏・神流川の堤防植生の現状把握すると共に，堤防に試験区を設け，年2回除草による外来牧草タイプ堤防からチガヤタイプ堤防へと移行させる適切な除草方法を見極める検証実験を行った。

実験は，上記堤防に除草時期を工夫した下記試験区を各200m区間×2箇所を設置し，チガヤの生長期間である5～11月を対象に，毎月1回，草丈と優占種の被度を計測した。

3.1 堤防植生の現状把握

管理区間におけるマクロ的な堤防植生の状況を把握することを目的に，河川の堤防を踏査し，堤防の各区間にどの植生タイプが生育しているかを秋季に1回調査した。

また，出現する植物の面的な分布を把握する事を目的に，対象区域において植生図を春と秋の年2回作成した。

チガヤ地区

目的：チガヤの生長への影響を最小化しつつ，外来牧草の生長にダメージを与え，遷移を促進する。

調査は，現地にて，堤防天端上と小段を移動し，相観と優占種によって植生タイプを区分し，図面化を行った。

考え方：外来牧草の開花・種子形成を防ぐため，一番穂の出穂状況を見極めて除草を行う。かつ，秋にチガヤのカバーを形成させ，外来牧草（ネズミホソムギ）の芽生え・生長を阻害する。

3.2 堤防管理試験

除草時期：5月中旬，8月に除草

烏・神流川の一部区間において分布する外来牧草タイプ堤防からチガヤタイプ堤防へと移行させる適切な除草方法を見極める事を目的に，外来牧草が混じるチガヤ堤防にて除草実験を行った。

集草：集草なし

比較区

目的：通常除草を実施し，チガヤ移行区との比較区とする。

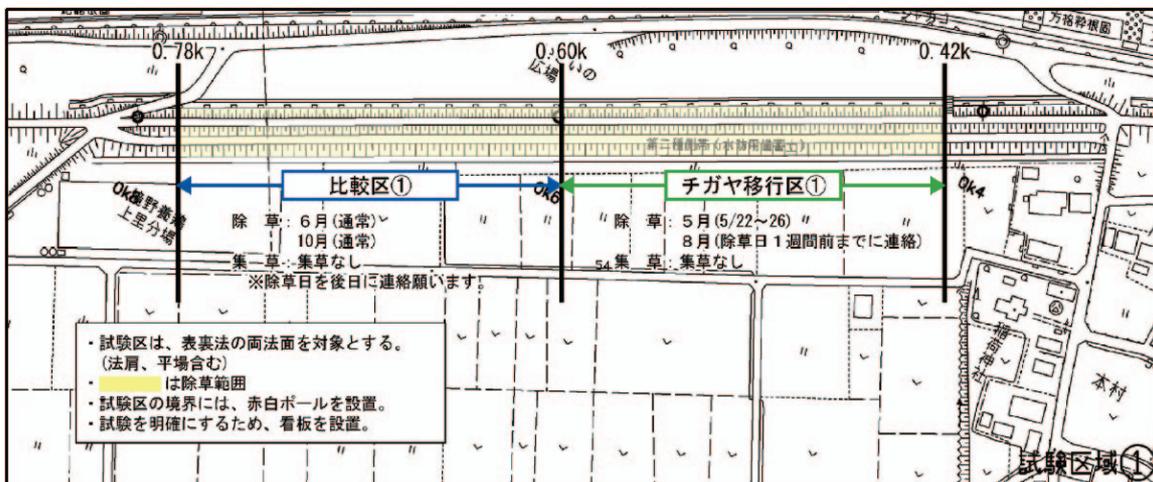


図3-1 堤防管理試験位置

考え方：現行の除草時期を踏襲。出水期前後の堤防点検を容易にする。

除草時期：6月，9～10月に除草

集草：集草なし（烏・神流川での通常的手法）

・根毛量が多いが，根が浅い。



4. 調査結果

4.1 堤防植生の現状把握

堤防植生の現状把握調査により得られた結果を図4・1及び4・2に示した。

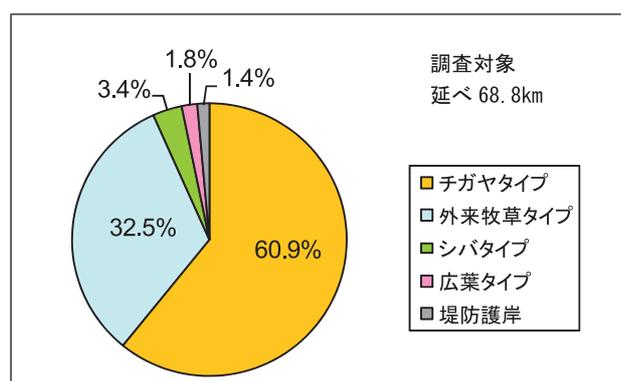


図4・1 烏・神流川における堤防植生タイプ分布の割合（平成16年度）

平成16年度の秋季の堤防植生調査により，シバが残っている箇所は僅か（約3%）で，大部分の堤防でチガヤが主体（約60%）となっていることが分かった。

また，一部堤防ではネズミホソムギを優占種とする外来牧草タイプ（約30%）が優勢となっていた。しかし，烏・神流川では，外来牧草が優占する堤防であっても，チガヤが下草として生育し，外来牧草とチガヤが混生している状況であった。

さらに，局所的ではあるが，烏・神流川ではヤマグワやカラムシ等を主体とする広葉タイプの堤防が存在した。

次記に烏・神流川に見られる植生タイプの特徴について示す。

【シバタイプ】

- ・ 植栽された多年草のシバが密生。
- ・ シバは地表面にほふ茎を持ち，地表をマット状に覆う。

【チガヤタイプ】

- ・ チガヤ，トダシバ等の中型のイネ科多年草(暖地型)が優占。5月に芽生え，秋まで生育を続ける。
- ・ 根系で繁殖するため，刈取りに強く，地下茎が発達する。



【外来牧草タイプ】

- ・ ネズミホソムギ，オニウシノケグサ，イヌムギ等の寒地型の外来牧草が優占種。
- ・ 特に春季の成長が早く，草丈も高くなる。
- ・ 越年生種が優占する場合は，夏季以降一年草に優占種が交代する。
- ・ 優占種は種子で繁殖し，地下茎は小さい。



【広葉タイプ】

- ・ヤマグワ、カラムシ等の優占種が葉を広げ、地表面への光を遮蔽する。
- ・地表面は裸地化傾向にある。
- ・優占面積は局所的である。

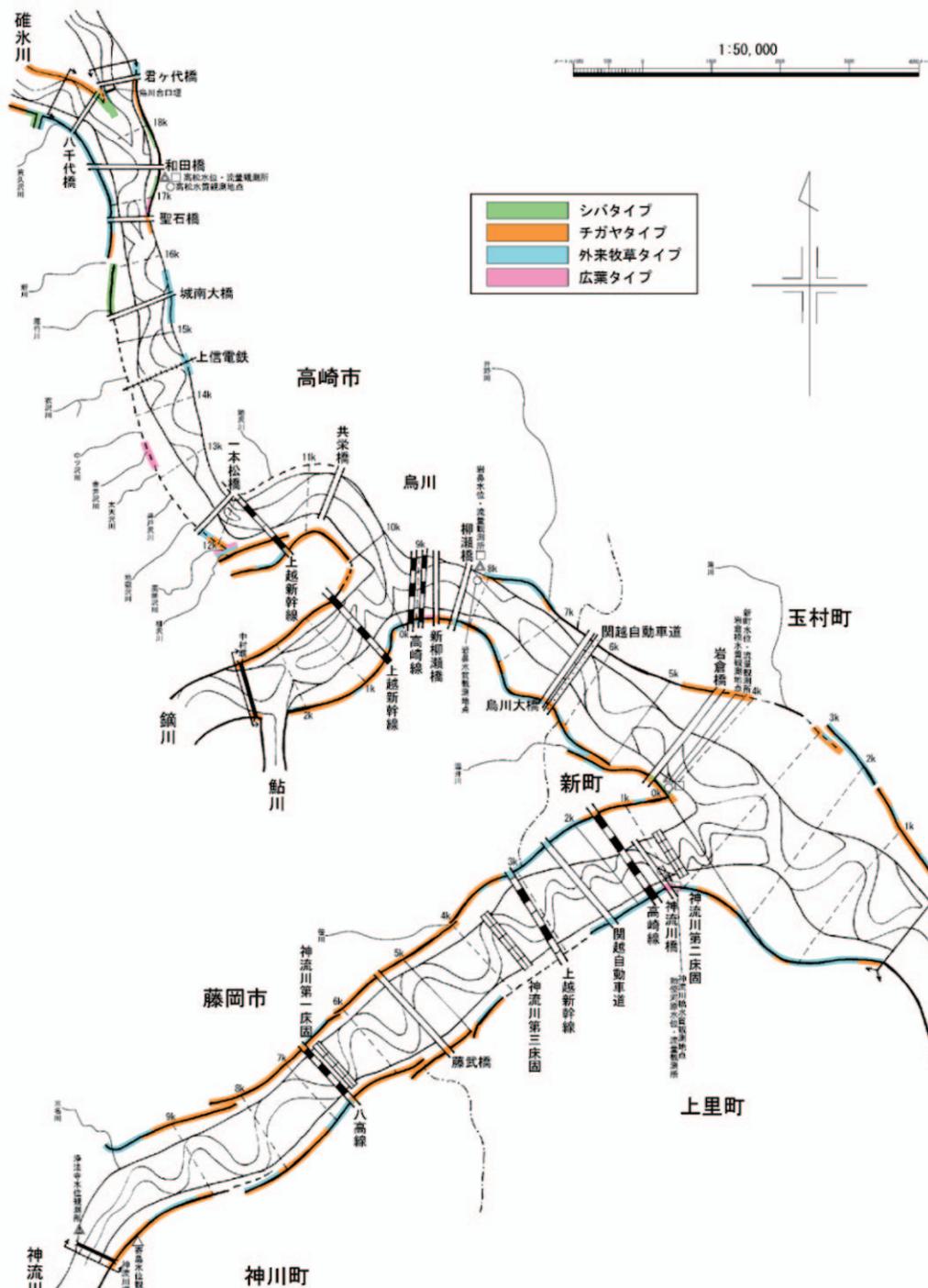


図4・2 烏・神流川における堤防植生タイプ分布図（平成 16年度）

4.2 堤防除草試験

4.2.1 被度

被度調査により得られた結果を図4・3に示す。

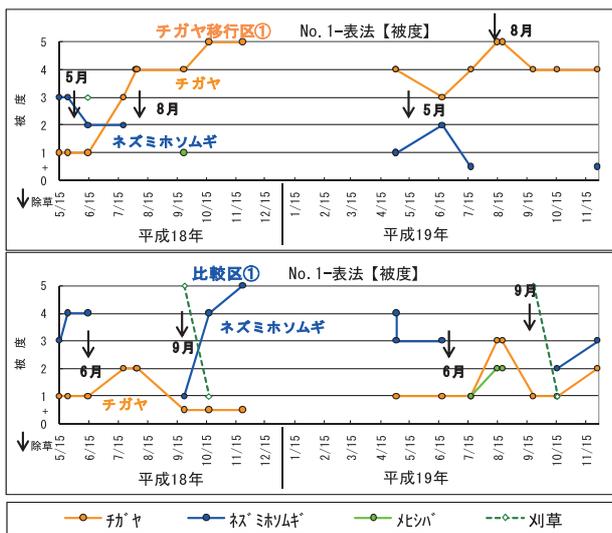


図4・3 試験区別の被度の経年変化

実験開始当初（平成18年度）の春季は、両区共に外来牧草であるネズミホソムギが優占種となっている。しかし、チガヤ移行区においては、外来牧草の結実抑制を目的に実施した5月除草後にはチガヤが優占し始めた。また、10～11月の外来牧草の芽生えを抑制することを目的に実施した8月除草により、夏季以降はチガヤが優占し、外来牧草の芽生えは確認されなかった。

2年目（平成19年度）には、チガヤ移行区の春季に、初年度よりも外来牧草の被度が低く、外来牧草の生育が抑制されていることが確認された。

4.2.2 草丈

草丈調査により得られた結果を図4・4に示す。

チガヤ移行区では、ネズミホソムギの草丈が抑制されているものの、総じて比較区より草丈が高い結果であった。

また、チガヤ移行区ではチガヤの他に、ヤマグワ、カラムシ等の大型植物がパッチ状分布し、法面が不均一な植生となっており、堤防が汚い印象を受けた。

一般的にチガヤは、地下茎に栄養を蓄え成長することから、葉の短い時期に除草しても、ダメージが

ほとんどない。チガヤ移行区において、第1回目の除草（5月）については、生長した時期に行われていないため、チガヤのダメージがほとんどなく、実質8月の1回刈りと同じであるため、チガヤが大きく生長したものと推定される。

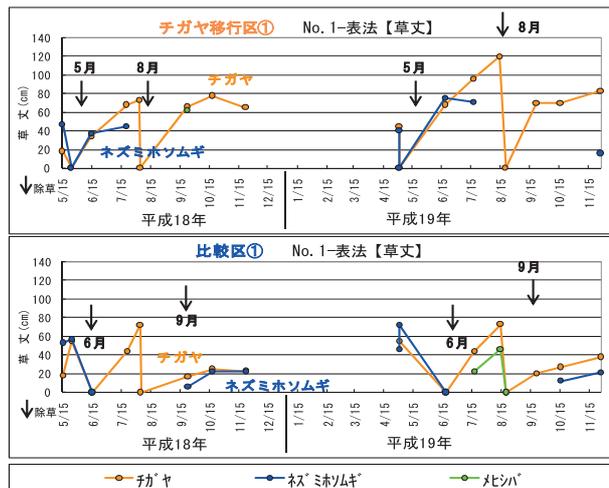


図4・4 試験区別の草丈の比較（2年度：H19）

4.2.3 植生図

植生図調査により得られた結果を図4・5に示す。

実験開始当初（平成18年度）の春季は、両区共に表法にネズミホソムギが、裏法にセイヨウアブラナが優占していた。しかし、2年目（平成19年度）には比較区では1年目と同様の傾向であるが、チガヤ移行区では、春先に優勢となるネズミホソムギ、セイヨウアブラナの生育が抑制され、チガヤの優占面積が増加している事が分かる。

5. 結論

以上の調査結果より、チガヤ移行区では、外来牧草の生育が抑制され、チガヤの被度が増加する傾向が確認され、外来牧草抑制除草による効果は2ヶ年程度ではほぼ達成できたと評価される。

しかし、チガヤ移行区では草丈が季節を通じて高い（草丈80cm以上）他、大型植物が生育しているため、堤防が景観的に汚い印象を受けた。これは、チガヤ移行区の除草は外来牧草の生育阻害を目的に実施しているため、結果として第1回除草をチガヤ

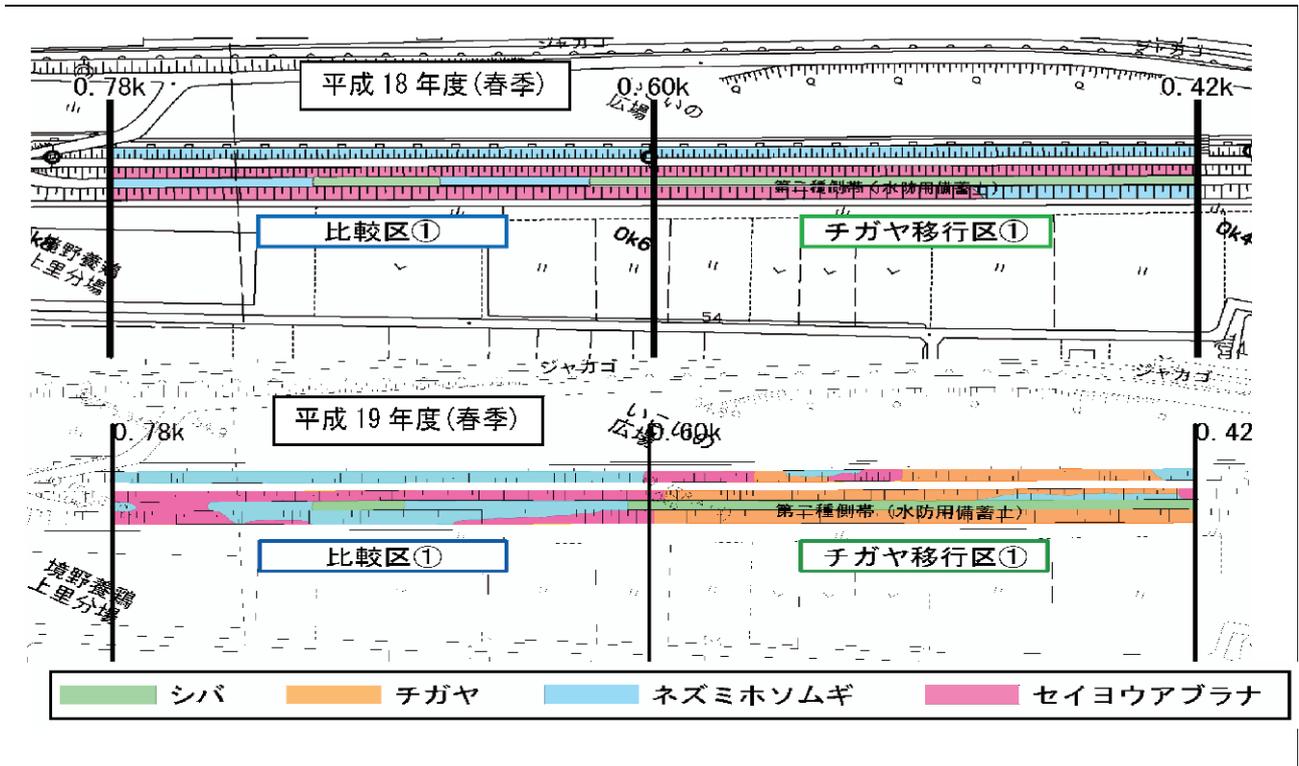


図4-5 経年的な植生図の比較

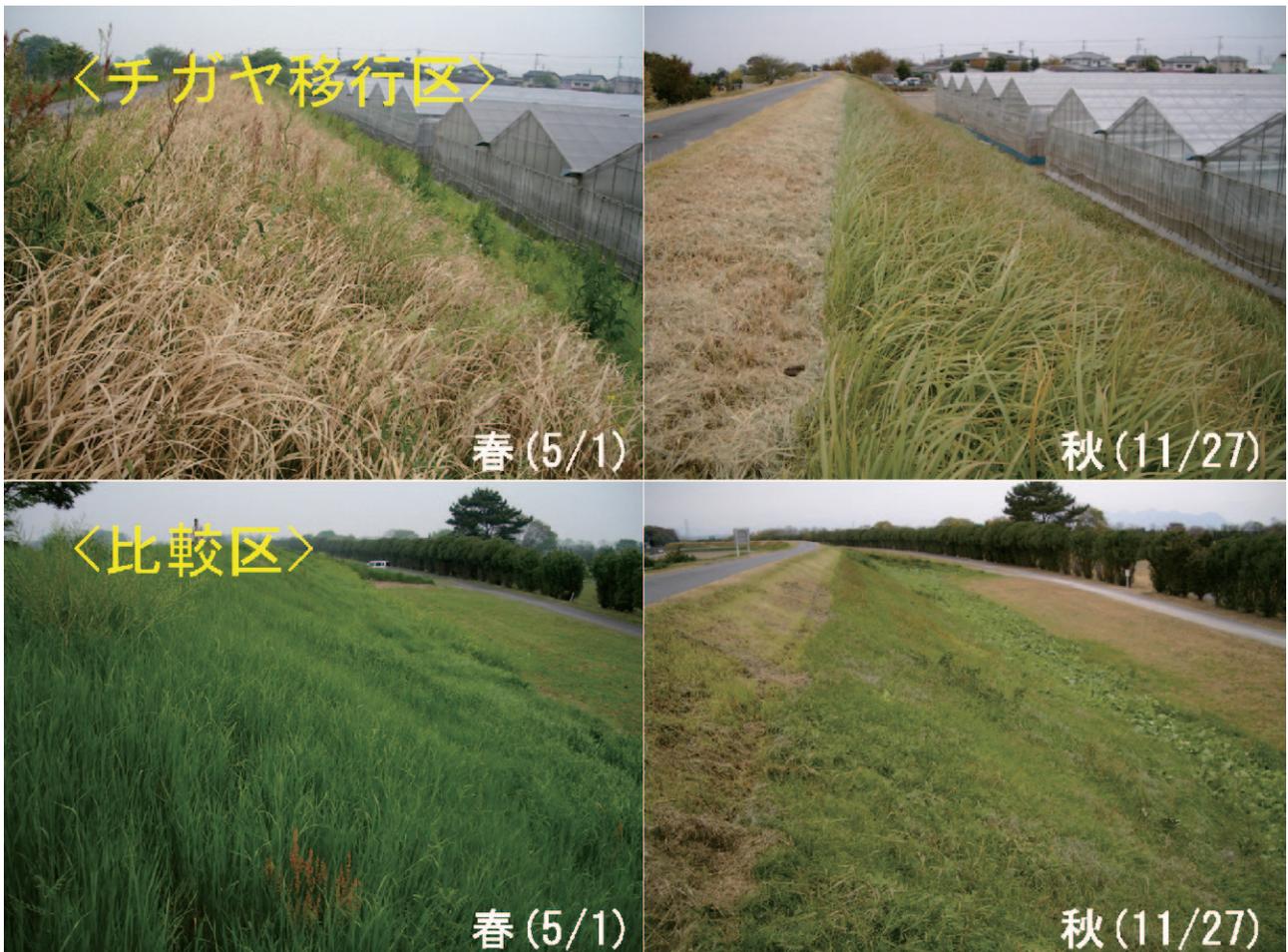


図4-6 試験区別の経年的な植生の比較

の芽生え・生長前に、第2回除草をチガヤの生長期中に実施しており、チガヤの草丈の伸長に対する抑制効果は小さいことによるものである。

よって、草丈管理面から、このチガヤ移行手法には課題があり、外来牧草抑制除草によりチガヤに移行した後は、チガヤの生成後に刈り込みを行う通常除草に戻すのが望ましい。

6. 河川管理への適用

上記検討により設定された外来牧草抑制除草を平成19年度より実堤防に適用し、その施工可否、及び、抑制除草効果について検証を行っている。

平成19年度には、外来牧草タイプ堤防の広い範囲で2工区（延長：約9km）を設定し、試験的な対策除草の施工を行った。その結果、現在の除草機材等の体制そのまま、指定した期間内に除草が実施できた。また、モニタリングの結果、期待された外来牧草抑制効果が得られた。よって、平成20年度には適用範囲をさらに拡大させ、計4工区（延長：約16.5km）にて外来牧草抑制除草を実施している。

今後は、草丈管理面から、外来牧草抑制除草により、2ヶ年でチガヤに移行した区間は、通常除草に

戻すと共に、期せずして外来牧草が優占した堤防においては、適宜、外来牧草抑制除草を実施する。そうすることで、本検討により烏・神流川では、施工量を現状のまま維持しながら、年2回除草による適正な堤防植生管理が可能となる。

外来牧草抑制除草の効果、及び、通常除草後に戻した後の堤防植生の遷移を把握するためにモニタリング調査を実施するのが必要である。モニタリングは、現地の植生状況を表す代表地点に定点を設定して実施し、その内容は以下の通り。

- ・ 定点における定期的な写真撮影
- ・ 平均及び最高草丈の計測・被度（1m×1mコドラート内）の測定

また、分布調査では、烏・神流川の堤防には、ヤマグワやカラムシ等の大型植物が局所的に生育している事が示された。外来牧草抑制除草下では、その生育域が拡大傾向にある。これら大型植物は、堤防の裸地化による耐侵食力の低下、根系が堤体まで伸長し、堤体に直接損傷を与える等の問題がある。よって、早急な大型植物対策除草を検討する必要がある。平成19年度より、大型植物の生態把握、及び、その対策除草の提案を行い、現在、試験区にて大型植物対策除草を実施中である。



写真5・1 8月における大型植物の生育状況

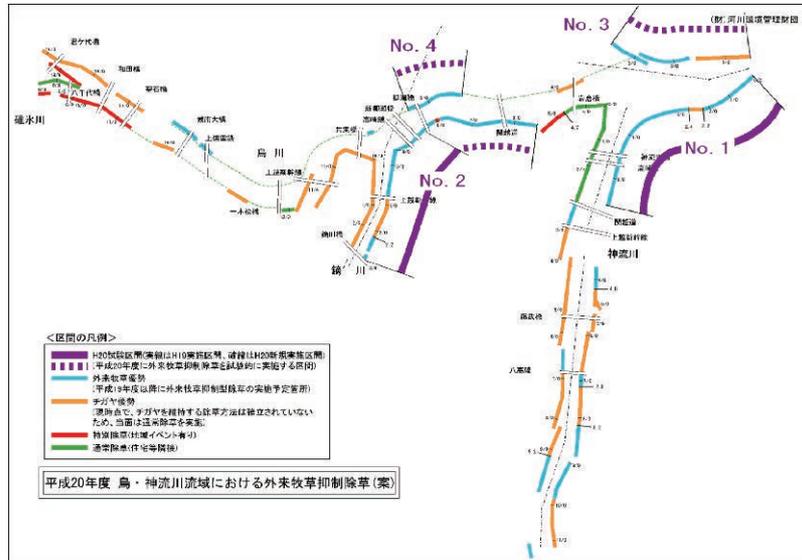


図5-1 平成20年度 外来牧草抑制除草試験区

平成19年度には、上記一連の検討を体系的に取りまとめ、河川管理者及び維持業者を対象に、年2回除草による適正な堤防植生管理手法を整理した「烏・神流川における堤防植生管理手法の手引き(案)」を作成し、出張所及び維持業者へ周知した。この手引き(案)は、モニタリング結果をフィードバックして随時更新予定である。

また、平成20年度の春季には、作成した手引き(案)について、事務所・出張所・維持業者に対する説明会を開催し、堤防植生に関する基本的な知識の共有、外来牧草抑制除草手法の手解きを図り、今後手引き(案)の有効的な活用を行っていく予定である。

謝辞

本研究にあたり、業務内の烏・神流川堤防植生管理手法検討会にて講師をして頂いた埼玉大学佐々木寧教授にご指導ご協力を頂いた。ここに記して深く感謝の意を表します。

また、本研究の機会を与えて下さった国土交通省高崎河川国道事務所の皆様にも厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 佐々木寧,戸谷英雄,石橋祥宏,伊坂 充,平田真二(2000): 堤防植生の特性と堤防植生管理計画.河川環境総合研究所報告資料,第6号.
- 2) 山本晃一,戸谷英雄,谷村大三郎,石橋祥宏,平田真二(2005): イネ科花粉対策を考慮した堤防植生管理の研究.河川環境総合研究所報告資料,第11号.

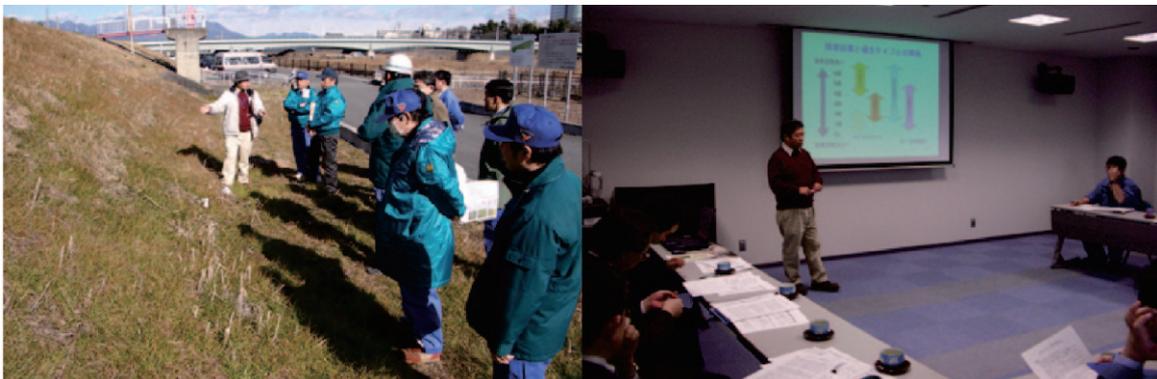


写真5-2 烏・神流川堤防植生管理手法検討会

河川環境総合研究所報告第14号

平成20年12月発行

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

〒103-0001 東京都中央区小伝馬町11番9号 TEL 03-5847-8302 FAX 03-5847-8308

<http://www.kasen.or.jp/>

E-mail info@kasen.or.jp

印刷・製本 (株)大應 〒101-0047 千代田区内神田1-7-5 TEL 03-3292-1488 FAX 03-3292-1485
