

河川環境総合研究所報告

第17号

平成23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19年が経過しました。現在、研究第1部～第3部(東京本部)、北海道事務所(北海道研究所)、名古屋事務所(名古屋研究所)、近畿事務所(大阪研究所)、により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。

調査研究に関しては、財団の『基本計画』(平成22年3月改訂)に基づき、以下の3項目の研究方針の下に調査研究を進め、健全な流域環境と「川に学ぶ」社会の実現を目指していくこととしています。

- 1) 河川環境の機構解明に関する研究
- 2) 「川に学ぶ」社会の実現支援
- 3) 流域管理システムの構築

河川環境総合研究所では、これらの研究方針に関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こうとするものであり、今年度で第17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る次第です。

なお、今年度は、本報告の発行のほか、前年度の自主研究及び受託業務に係る調査研究を網羅した河川環境総合研究所報告調査研究概要集を発行しています。併せてご利用いただければ幸いです。

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、一層の努力をしまいる所存ですので、関係各位の暖かいご指導、ご支援をお願い申し上げます。

平成23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

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（2011. 9. 15）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
虫明 功臣	(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
池淵 周一	(財)河川環境管理財団	研究顧問
黒木 幹男	(財)河川環境管理財団	研究顧問
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. 河川環境の機構解明に関する研究

- 1) 印旛沼における沈水植物再生のための移植手法開発に関する研究 1
： 山崎 幸司・酒井 憲司・中村 伸也・大寫 巖・中村 彰吾
- 2) 淀川における流水域ワンドの整備とその課題 11
： 中西史尚・青木治男・綾 史郎

2. 「川に学ぶ」社会の実現支援

- 1) 小学校での河川教育に関する研究 ～久留米市におけるケーススタディ～ 21
： 鳥越 洋生・伊藤 拓生・宮尾 博一・河崎 和明・藤兼 雅和

3. 流域管理システムの構築

- 1) 一級水系における水質事故の発生状況 33
： 酒井 憲司・宮市 哲
- 2) 生物多様性の豊かな堤防植生を創出させる緑化技術開発～第一報～ 44
： 佐々木 博章, 河崎 和明, 益子 隆一, 福田 正晴, 柴田 邦善
- 3) 河道の応答を考慮した河道掘削のあり方について
～烏川セグメント 2-1 区間のケーススタディ～ 63
： 川畑 理恵・竹内 清文・山田 政雄・吉田 勢
- 4) 自然再生工事施工後の管理方策の検討
～多摩川・谷地川合流点地区生態系保持空間において～ 77
： 山田 政雄・川畑 理恵
- 5) 小貝川におけるサイクル型河道管理方策について 92
： 鈴木 克尚・吉田 高樹・山田 政雄
- 6) 吉野川における河道特性・地域特性を踏まえた樹木伐採計画について 104
： 鈴木 克尚・吉田 高樹・戸谷 英雄
- 7) 天竜川上流域における河川維持管理について～効率的な維持管理の実施に向けて～ 123
： 渡辺 昌典・平光 文男・石橋 年孝・高木 篤

1. 河川環境の機構解明に関する研究

1) 印旛沼における沈水植物再生のための 移植手法開発に関する研究

山崎 幸司*・酒井 憲司**・中村 伸也***・大瀧 巖****・中村 彰吾*****

1. はじめに

我が国の公共用水域の水質は、水質汚濁防止法の制定などにより、様々な対策が実施されることで改善されてきている。しかし、湖沼においては、その改善状況が十分ではなく、2009年度の環境基準の達成度は50.0%となっており、河川(92.3%)、海域(79.2%)と比べても低い状況である(環境省, 2010)。

閉鎖性水域である湖沼は、汚濁物質が蓄積しやすく水質汚濁が進みやすいこと、一度水質が汚濁したらその改善が容易ではないこと、などの性質を有することから、効果的に水質保全対策を実施するため1984年に湖沼水質保全特別措置法が制定された。

これまで指定湖沼として11湖沼が指定され、約20年間において湖沼水質保全計画に基づき各種取り組みが行われてきたが、上記の通り、未だに環境基準の達成度は低いままである。そのため、2006年4月には、「湖沼環境保全制度の在り方について答申(中央環境審議会, 2005)」を踏まえた、改正湖沼水質保全特別措置法(環境省, 2007)が施行された。

改正湖沼水質保全特別措置法では、それまでの水質保全対策に加えて、特定・非特定汚染源対策の推進とともに、自然浄化機能の活用を推進するものとして湖沼の水質改善に資する植物が生息する湖岸部の保護等の措置を講じることが明記されるに至っており、水質改善に対して、水生植物の重要性が示されることとなった。

本研究の対象としている印旛沼は、11の指定湖沼

の一つであり、毎年、全国湖沼水質ランキング上位(2009年平均COD8.6mg/Lでワースト5位)に位置し、利水・生態系・親水性への弊害が問題となっているため、水質改善が喫緊の課題となっている。

印旛沼を管理する千葉県においては、印旛沼とその流域が抱える水質や生物、治水、水循環などの多くの課題を解決するため、中長期的な視点から対策を検討することを目的とした「印旛沼流域水循環健全化会議」を2001年に設立し、以下に示す目標を掲げ、検討を行っている。

目標1 良質な飲み水の源 印旛沼・流域

目標2 遊び、泳げる印旛沼・流域

目標3 ふるさとの生き物をはぐくむ印旛沼・流域

目標4 大雨でも安心できる印旛沼・流域

目標5 人が集い、人と共生する印旛沼・流域

また、河川管理者(千葉県)が実施する必要がある沼内対策を検討することを目的とした「印旛沼水質改善技術検討会」が2003年に設立されている。なお、印旛沼での沼内対策は、かつてみられた水生植物の再生、水位管理変更によるかつての水位変動の再現、侵略的外来植物の防除などを想定し検討している。

当財団では、千葉県より印旛沼水質改善技術検討会に関連する業務を受託しており、その中で水生植物の再生手法について検討を行ってきた。

検討の一環として、沈水植物の移植手法の開発に取り組んだので、その効果を以下に報告する。

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第二部兼第一部研究員
** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 技術参与
*** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第二部部長
**** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第一部兼第二部主任研究員
***** (株) 日水コン 河川事業部(前河川環境総合研究所 研究第二部主任研究員)

2. 印旛沼の概要と水草再生の取り組み

2.1 印旛沼の現状

1) 印旛沼の諸元

印旛沼の諸元及び位置図を図2・1に示す。印旛沼は千葉県北部に位置しており、湖面積は11.55km²、平均水深は1.7m、最大水深は2.5mと非常に浅い湖沼である。また、流域面積は541.1km²、流域人口は約76万人であり、流域面積あたりの人口が多いことが特徴となっている。

現在の印旛沼は、「印旛沼開発事業(1969年竣工)」によって埋め立てられ、6500haの水田を造成することにより、水面積は事業前の約半分以下となり、水深は約2倍となっている。

また、築堤及び用排水機場の設置により、1969年以降、事業前に比べ水位は、変動幅が小さくほとんど一定となり、かつ高く管理がされるようになっている(久保田ほか,2009)。



図2・1 印旛沼の諸元と位置図

2) 印旛沼の水生植物

印旛沼の水生植物(沈水植物、浮葉植物、抽水植物)は、水質が比較的良かった1960~70年代においては多種に及んでおり1964年に全部で49種確認されたものが、2005年には11種まで減少した。沈水植物(ササバモ、インバモ等)に関しては1964年に

は22種だったものが、2005年には確認されず沼の中では消失してしまっている(久保田ほか,2009)。

2.2 水草再生に向けた取り組み

印旛沼においては、現在より水質が良好であった過去の沼内に沈水植物群落形成されていたことから水質改善の一環として水生植物、特に沈水植物の再生に向けた取り組みが行われている。

沈水植物の再生により、底泥の巻き上げ抑制や自浄作用の回復などによる水質改善が期待されている。

これまでの沈水植物再生のための取り組みとして「植生再生実験」と、その結果を踏まえた「植生帯整備」が行われている。

1) 植生再生実験

植生再生を検討するに当たり、実際に印旛沼で植生を再生させることが可能なのか、植生が再生することで水質浄化機能にどの程度寄与するのか等について確認するため、大規模な植生再生事業に着手する前に現地にて実験が行われている。

植生再生実験はこれまでに下記の4つの実験が実施された(久保田ほか,2009)。

- 実験1 底泥撒きだし実験
- 実験2 高水敷発芽実験
- 実験3 養殖池植生再生実験
- 実験4 沈水植物発芽・定着実験

これらの実験結果から、印旛沼における植生再生の可能性について以下のようにまとめられている。

- ① 印旛沼には沈水植物が発芽可能な埋土種子が今も存在する。
- ② 光や底泥改善など条件を整えば、沈水植物が発芽する可能性がある。
- ③ 沈水植物群落を再生することで透明度が改善するなど、一定の水質改善効果が認められる。
- ④ 沈水植物の発芽に大きく影響する透明度は、アオコの発生によって悪化し、そのアオコの発生には動物プランクトンおよびその捕食者であるスジエビなどの動物の影響が大きい。
- ⑤ 印旛沼の水を用いた実験により、現在の水質でも沈水植物の再生・生育は可能である。

これら知見を踏まえ、沈水植物による植生帯整備に取り組んでいる。

2) 植生帯整備

1)の植生再生実験から一定の条件が整えば印旛沼でも沈水植物の再生が可能であることが分かったので、沈水植物の生育に必須な条件を満たすような場(植生帯)の整備を行っている。

植生帯の整備は、現地の現状に応じて工法を検討した。2010年時点の植生帯整備は次に示す工法にて実施している。位置図を図2・2に示す。

植生帯整備の実施箇所においては、モニタリングを行い、順応的な管理を行いながら、そこで得られた知見を他の実施箇所にも反映し、沈水植物再生に向けた検討を行っている。

- 緩傾斜湖岸法(北須賀工区)
- 囲い込み水位低下法(八代1工区)
- シードバンク撒きだし法(八代2工区)
- 水たまり法(甚兵衛大橋工区)

※大竹工区及び北須賀工区の一部はヨシ原再生事業であり、将来的に水草再生の整備と連携を図るものである。

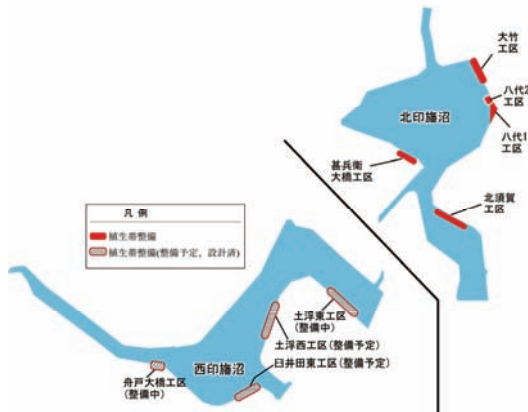


図2・2 「植生帯整備」の取り組みの実施箇所

3. 沈水植物再生のための移植手法の開発

3.1 開発の経緯と目的

過年度に実施された植生再生実験により、底泥に存在する埋土種子や散布体バンクの撒きだしによって沈水植物の再生の可能性が示されている。実際に、印旛沼内に緩傾斜湖岸法で整備した北須賀工区では、

2008年及び2009年には、撒きだした散布体バンクからの沈水植物の発芽が確認された。

しかし、その沈水植物は発芽後すぐに食害に遭い、群落形成まで維持することが困難であった。

過去、印旛沼に沈水植物が群落を形成して分布していた当時は、食害生物の天敵の存在に加え、沈水植物の生育状況が食害生物からの被食圧に耐え得る状況であったと推測されるため、まずは、沈水植物群落を初めに形成することができれば、その後は、継続して沈水植物を維持できるのではないかと考えた。

そこで、沈水植物群落を形成させるための第一段階として、沈水植物の“移植”に着目し、印旛沼に適用できる手法の開発に取り組んだ。

なお、移植手法の開発に当たっては、“印旛沼産の植物を使用すること”、“自然への負荷が少ない方法であること”を必須条件として、印旛沼に適した移植方法の開発を行った。

3.2 移植方法の開発

本検討では移植方法として、群落形成させやすく、また印旛沼への影響が少ないものとして、生分解性の素材を用いたマット及びポットを提案した。

この方法について、沈水植物の植え付け、植え付け後の養生、植生帯整備箇所への移植、を実施し、その施工性や沈水植物の生育状況などについて確認し、手法として用いるための評価を行った。

なお、ここで移植に使用した植物は、写真3・1に示す甚兵衛大橋工区にて繁茂していたインバモ、ササバモ、エビモとした。



写真3・1 移植に用いたインバモ、ササバモ等

1) 沈水植物マット

大きな面積への移植に対応する場合、マット状の苗床を用いることが容易であると考えた。

そこで、安価な麻ネット（麻繊維でできた根巻きロール）を使用した沈水植物マットを作成し、その適用性等について検討を行った。

(1) 基盤

基盤として2重構造になっている麻ネット（写真3・2）を用いて、これに沈水植物を直接植え付けた。これを沈水植物マットと呼ぶものとした。



写真3・2 (1) 麻ネット

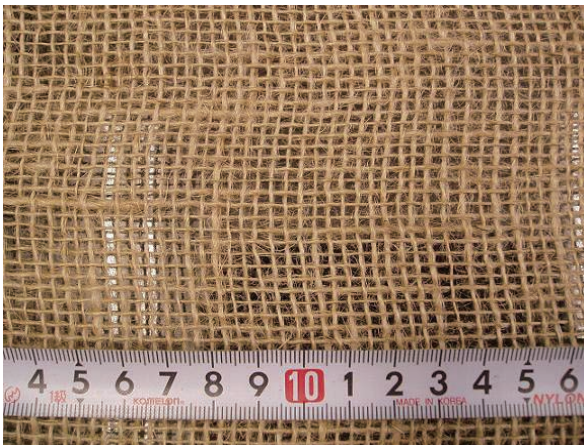


写真3・2 (2) 麻ネット（拡大）

(2) 麻ネットへの沈水植物の植え付け

麻ネットへの植え付けは、写真3・3に示すように麻糸と麻糸の間に沈水植物を固定していく方法で実施した。

なお、この作業において、麻糸と麻糸を広げて固定させるようにするため、麻ネット自体の強度が弱まることが確認された。

作業は、2010年4月末に実施（写真3・4）した。



写真3・3 麻ネットへの植え付け



写真3・4 植え付け直後の状況

(3) 沈水植物の植え付け後の養生

沈水植物の植え付け後、苗を養生させるため約2ヶ月間、水草再生実験で使用した水深30~70cmの養殖池に設置した。その際、沈水植物の根が養殖池の底泥に定着しないように、沈水植物マットの下にシートを敷いて養生した。

養生20日後には、沈水植物の根が麻ネットを貫通して、写真3・5に示すように裏側に達していた。



写真3・5 20日養生後の状況

養生2ヶ月後においては、植え付け時からあまり生育していない状況であった（写真3・6）。これは、底泥への根の定着を防ぐためシートを下に引いたため、根の生育が妨げられ、十分な養分を吸収できなかったためと考えられる。

沈水植物の生育状況が悪いことに加えて、2ヶ月の養生により麻ネットの麻糸が弱くなっている状態となっており、素材の課題点も確認された。そのため、移植作業において、沈水植物マットの破損防止のために取り扱いに注意する必要が生じていた。



写真3・6 2ヶ月養生後の状況

2) 沈水植物ポット

既往の技術である裸苗の植え付けや素焼の植木鉢を用いた移植の長所、短所を踏まえ、ポット容器を用いた移植方法の開発を検討した。

ポット容器による移植は、ポット容器に沈水植物の苗を植栽あるいは種子の播種を行い、生育後にポットごと移植箇所へ移植を行うことができるものを想定した。

(1) 基盤

使用する基盤として、ポリ乳酸（トウモロコシ等のでんぷんを主原料とした生分解性プラスチック）製のポット（写真3・7）を作成し、それを用いた。これに沈水植物を植え付けることにより沈水植物ポットと呼ぶものとした。

ポットのサイズは開口部である上径はφ10.5cm、底径φ7.3cmであり、高さ10.0cmである。

後述する移植作業には400個使用するものとなっており、歩留まり分も考慮し500個準備した。



写真3・7 ポリ乳酸製のポット

(2) ポリ乳酸製ポットへの沈水植物の植え付け

沈水植物の植え付け作業は、初めにポット内に土を充填し、その後、用意したインバモ、ササバモ、エビモを1~2株/1ポットとなるように植え付け（固定）していく方法で実施した（写真3・8）。

なお、ポットに充填した土は、沈水植物を用意した甚兵衛大橋工区の土を用いている。

作業は、2010年4月末に実施した。



写真3・8 ポットへの植え付けと植え付け後の状況

(3) 沈水植物の植え付け後の養生

苗の養生は、ポットをトレーに入れ、水深 50cm 程度の甚兵衛大橋工区で 2 ヶ月間実施した。

養生 20 日後には、写真 3・9 のようにポットを貫通して根が出てきており、生育状態は良好であった。



写真 3・9 20 日養生後の状況

養生 2 ヶ月後には、植え付けたインバモ、ササバモ、エビモの草丈は 50cm を超え、生育状態は良好であった。地下茎からの新芽も確認される状況であった(写真 3・10)。また、ポット自体は移動や移植に耐えられる強度を保持していた。



写真 3・10 2 ヶ月養生後の状況

3.3 移植の実施による沈水植物再生

現地において、前述した 2 つの手法による沈水植物の移植を行い、その後の状況について確認した。

2010 年 6 月に、北須賀工区にて移植を実施したが、アメリカザリガニの食害により全滅した。

2010 年 9 月には、前回と同様に北須賀工区において、食害防止を施したうえで移植を行った。

また、生分解性の素材を用いている沈水植物ポットの 1 年後の分解状況を確認した。

以下に、移植の実施状況とその後の沈水植物の生育状況について詳細を述べる。

なお、移植を行った北須賀工区は、緩傾斜湖岸法(図 3・1)で整備された工区である。

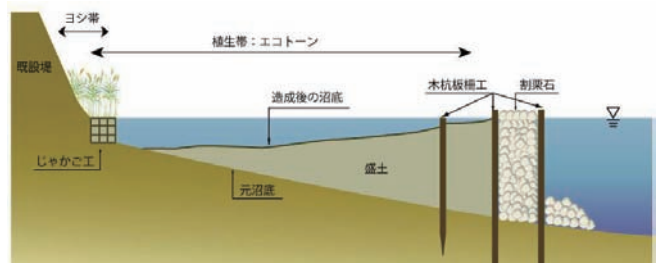


図 3・1 緩傾斜湖岸法(北須賀工区)

3.3.1 2010 年 6 月の沈水植物移植

1) 沈水植物の移植状況

(1) 沈水植物マット・ポットの配置

2010 年 6 月に沈水植物マット、ポットを使用して移植を行った。

移植は沈水植物マット、ポットともに図 3・2 に示すように 5m×5m の区画に実施した。その区画への移植に使用した沈水植物マットは 20 枚、沈水植物ポットは 400 個である。

その際、区画の周囲にはなにも置かず、水面上に鳥除けを設置したのみである。

移植後の沈水植物の生育確認は、図 3・3 に示すような 1m×1m のコドラート毎(沈水植物マット 0.8 枚分、沈水植物ポット 16 個分)の生育を確認することで実施した。

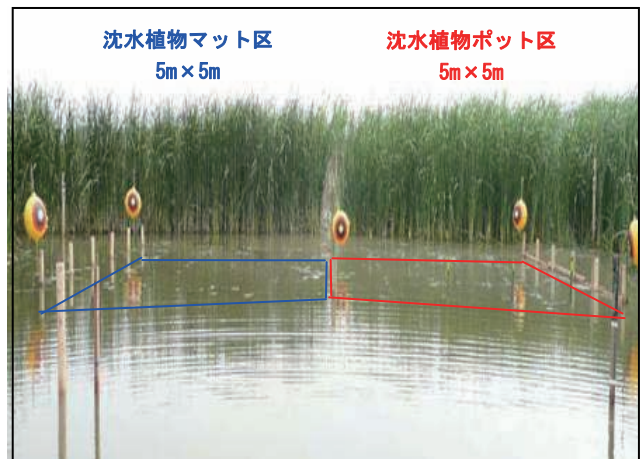


図 3・2 沈水植物マット・ポットの移植区画

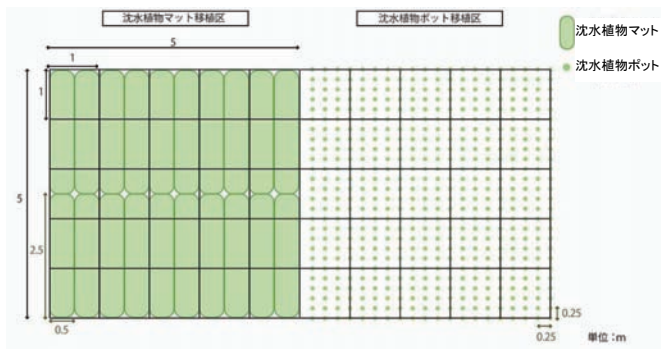


図 3-3 沈水植物マット・ポットのコードラート配置

(2) 沈水植物マットを用いた移植作業

2 ヶ月の養生後、北須賀工区へ移植するため養生池から引き上げ、写真 3-11 のように運びやすいように丸めて運搬した。

現地での移植においては、竹串を用いて沈水植物マットを沼底に固定することで移植とした。(写真 3-12)



写真 3-11 沈水植物マットの運搬



写真 3-12 沈水植物マットの移植作業

(3) 沈水植物ポットを用いた移植作業

沈水植物ポットは、写真 3-13 に示すようにトレイごと移植する場所に運搬した。

現地への移植は、一定間隔となるように一つ一つ底泥に埋め入れることで移植とした。(写真 3-14)



写真 3-13 沈水植物ポットの運搬

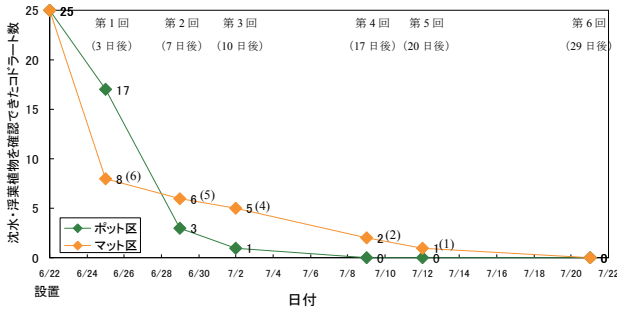


写真 3-14 沈水植物ポットの移植作業

(4) 移植後の沈水植物の状況

移植後、水生植物が確認されたコードラート数の変化を図 3-4 に示す。沈水植物マット・沈水植物ポットの種類によらず、移植後 3 日で沈水植物が確認されるコードラート数は半減し、1 週間後にはほとんど確認されず、移植した沈水植物はほぼ消滅した。

消滅の主な原因として、現場に残された切れ藻の状況などからアメリカザリガニの食害によるものと示唆され、移植を行うに当たっては、移植した沈水植物を保護するための食害防止が発芽時以外にも必要となることが確認された。



※ () 内の数値はアサザが確認されたコードラート数

図 3・4 水生植物を確認できたコードラート数の変化

3.3.2 2010 年 9 月の食害防止対策と移植

1) アメリカザリガニからの食害防止対策

2010 年 6 月の移植時の結果では、沈水植物を移植してもアメリカザリガニからの食害対策を実施しないと、沈水植物の群落形成まで継続して維持する可能性は低いことが示された。

そのため、沈水植物の移植と同時に食害防止を施し、その後の沈水植物の生育状況を確認することで、その手法の妥当性について把握するものとした。図 3・5 に食害防止と移植の実験ケースを示す。

移植は、各ケースともそれぞれ約 1m×1m の区画に沈水植物ポットを 20 個となるように実施した。

食害防止方法として、沈水植物を移植した箇所にアメリカザリガニが近づけないように目合いの細かい (4mm) ネットで取り囲むもの (B:保護区)、2cm のネットで囲った区画周辺にかご罠を設置しアメリカザリガニを制御するもの (C:かご罠区)、の 2 つについて試行し、それらの対照区としてアメリカザリガニが通過できる 2cm のネットで囲っただけのもの (A:対照区) を設置した。

各区の上部は鳥からの食害から保護するため全て 4mm の目合いのネットを設置している。

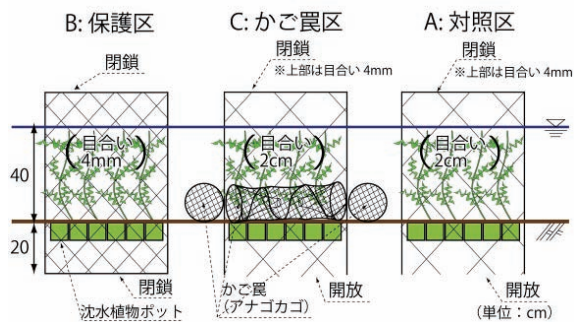


図 3・5 食害防止と沈水植物移植の実験ケース

2) 食害防止を施した沈水植物移植の成果

ネット及びかご罠による食害防止を施して沈水植物を移植した結果を図 3・6 及び写真 3・15 に示す。

細かい目合いでアメリカザリガニから保護した区では、被度が 100%となる状態が継続した。また、かご罠で保護を狙った区では約 80%の被度であった。

対照区での被度は約 60%であり、食害防止対策を実施した区より沈水植物は少なくなっていた。しかし、対照区でも全滅までには至っていないことから、この調査の開始時期がアメリカザリガニの産卵期に近く、沈水植物の被食圧が低下し食害影響が小さくなっていったことも示唆される結果であった。

9 月の結果から、食害の影響を抑制することができれば移植した沈水植物は順調に生育することが確認することができた。

ただし、今後、先の調査で全滅した時期 (6 月) での食害防止の効果を把握して年間を通じた食害防止対策の有効性を確認するとともに、アメリカザリガニの生活史等を考慮した維持管理が容易な対策を検討することが求められる。

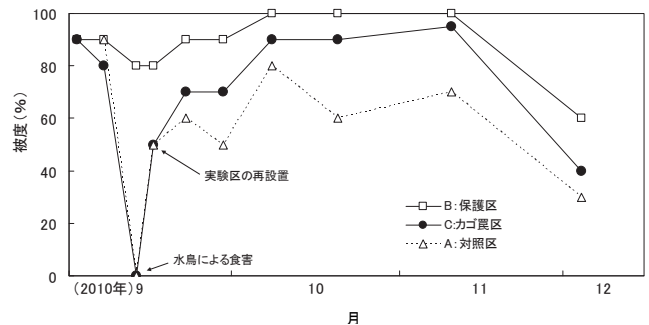


図 3・6 移植後の植生被度の状況



写真 3・15 B:保護区 移植 20 日後

3.3.3 1年後の沈水植物ポットの状況

写真3・16には植え付け約1年後の養生していた甚兵衛大橋工区に残置していた沈水植物ポットの状況を示す。

水面上に持ち上げる際には、掴んだ部分が破れるほどであり、また、持ち上げると充填した土の重さなどにより縦に切れ目が入るようであった。

このように、植え付け1年後には移植には使えないほど分解が進行している状況であり、生分解性ポットを用いることで、印旛沼内に残留物を発生させることなく、沈水植物だけを移植することができることが示された。これにより、移植の実施によって印旛沼へ他方から持ち込んだものが残留するなどの影響は小さいことが確認された。



写真3・16 約1年経過した沈水植物ポット

4. まとめ

本研究では、印旛沼における沈水植物の再生のための第一段階として、植生帯整備箇所への沈水植物の移植手法について検討を行った。

麻ネットを用いた沈水植物マットでの移植方法には、作業性や耐久性、沈水植物の生育性に課題が残る結果となった。

それに対して、生分解性ポットによる沈水植物ポットでの移植手法では、沈水植物マットで確認された課題はみられず、その施工性や沈水植物の生育性も良好であること、印旛沼への影響も小さいことなどが分かった。

以上のことから、印旛沼における沈水植物再生を図るための移植方法として、生分解性のポットを使用した手法が有効であると判断した。今後、この手法は、沈水植物の植生帯整備を行ううえで、一つの有効な手法になると考えている。

今後の課題として、アメリカザリガニによる移植した沈水植物への食害が明確となったため、移植による沈水植物の再生を検討するに当たっては、この食害から保護する方策の確立が求められる。

5. 印旛沼再生のための今後の方向性

今回検討した沈水植物の“移植”は、沈水植物群落形成のための第一段階の位置付けとしている。

次の段階として、今後、今回開発した手法を用いた移植を行い沈水植物の群落形成を図ると同時に、移植箇所における翌春の沈水植物の発芽状況を確認することや移植箇所の沈水植物密度の変化や周辺への拡大などの影響について確認することなどにより、自然状況下での再生の可能性や沈水植物群落の形成と拡大の可能性を確認することが重要となる。

そして、現在の印旛沼において沈水植物が自ら再生・拡大するために必要な条件を導き、その条件に合う場を整備するなど、現地に適用していくことが必要となる。これが印旛沼における沈水植物の再生、そして、印旛沼の再生につながるものと考えられる。

また、印旛沼の再生には、沼内における対策だけでなく、流域における各種対策も必要である。印旛沼流域水循環健全化会議では、目標年次を2030年とした「印旛沼流域水循環健全化計画」(印旛沼流域水循環健全化会議, 2010)を策定するとともに、「第1期(2009~2015年)行動計画(案)」(印旛沼流域水循環健全化会議, 2010)を策定し、様々な方面の対策により印旛沼の再生に取り組んでおり、これらの継続的で着実な実施が重要となっている。

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：虫明功臣東京大学名誉教授)及び、同検討会ワーキンググループ委員の皆様、多大なる

ご指導を賜りました.ここに厚く御礼申し上げます.

また,本研究の機会を与えていただくとともに,
データ提供などご協力いただいた千葉県県土整備部
河川環境課,千葉県印旛土木事務所及び千葉県成田
土木事務所のご担当の皆様方とともに,移植手法の
開発ための作業にご協力いただいた関係者各位に感
謝申し上げます.

参考文献

環境省 (2010):平成 21 年度公共用水域水質測定結
果

中央環境審議会 (2005):湖沼環境保全制度の在り方
について (答申)

環境省 (2007):湖沼水質保全特別措置法逐条解説

久保田ほか (2009):印旛沼水質改善にむけた沈水植
物再生の取り組み.河川環境総合研究所報告,第
15 号, pp. 1-12

印旛沼流域水循環健全化会議 (2010):印旛沼・流域
再生 恵みの沼をふたたび 印旛沼流域水循環健全
化計画

印旛沼流域水循環健全化会議 (2010):印旛沼・流域
再生 恵みの沼をふたたび印旛沼流域水循環健全
化計画 第 1 期 (2009~2015 年) 行動計画 (案)

2) 淀川における流水域ワンドの整備とその課題

中西史尚*・青木治男**・綾 史郎***

1. はじめに

近年の河川整備においては、各地で多自然川づくりや自然再生が取り組まれ、川の365日を考慮した川づくりが取り組まれている。近畿地方最大の流域面積をもつ淀川においても、ワンドやヨシ原、干潟といった生物にとって重要なハビタットの復元や保全活動が行われている。

淀川には明治時代に舟運の航路維持のために設置されたケレップ水制群によって、ワンドと呼ばれる本川に接続した複雑な止水環境が形成され、そこに琵琶湖・淀川固有の生態系が育まれた。周辺の都市化や巨椋池の干拓、そして淀川の河川改修が行われるなかで、これらのワンドの保全や再生の必要性が生じてきた。

淀川にはかつて生物の多様性を象徴するような魚類が生息していた。イタセンパラやアユモドキ、スジマドジョウなどである。イタセンパラは淀川水系、濃尾平野、富山県氷見市にしか生息していない種で、タナゴ亜科の魚類である。本種は普段は止水域に生息しているが、梅雨期や台風期などの出水期には本川を積極的に移動するという生活史を有しており、また、タナゴ類ということで、二枚貝のイシガイやドブガイの中に卵を産みつけるという習性をもっている。このように、降雨に伴う流水の自然の営みや、他種との共存関係が必要であることから、川の自然環境の豊かさを図る上で指標種の上位種と

して位置づけられている。

イタセンパラが減少しているなかで、河川の物理環境の変化との関連が分析され、この結果、1970年代以降の河川整備により河川環境が一変したことが、この種を含めて従来そこに生息していた在来生物を絶滅の危機にさらした可能性が高いことが示唆された。さらに、近年では、オオクチバス、ブルーギルなど肉食性外来魚の激増に併せるかのように在来魚類がみられなくなり、イタセンパラも2006年から姿を見せていない状況である。

淀川ではこのような背景の中、1970年頃には数十kmに及び連続のみられたワンドを一部で整備して魚貝類の生息・繁殖場を復元する取り組みが行われている。本稿では、特に流水域のワンド整備に照準をあて、整備事例とその課題について述べることにする。

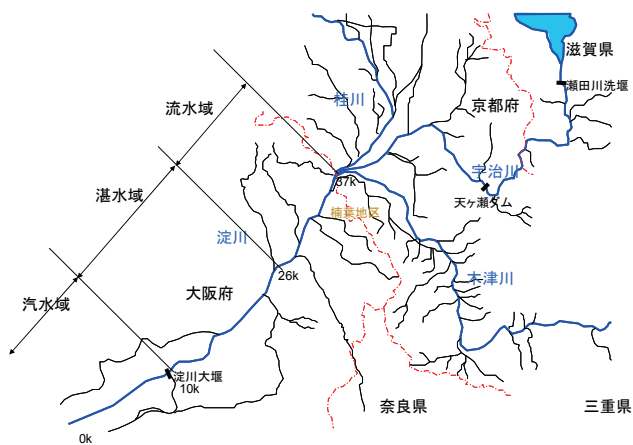


図1・1 淀川水系

* (財) 河川環境管理財団 近畿事務所 大阪研究所 研究員

** (財) 河川環境管理財団 近畿事務所 所長

*** 大阪工業大学 工学部 都市デザイン工学科 教授



(小川力也氏撮影)

図 1・2 イタセンパラの雌雄 (手前が雄)



(小川力也氏撮影)

図 1・3 ドブガイの中のイタセンパラの仔魚

2. 淀川のワンドと環境の変化

1970 年以前の淀川は低水路には舟運のためのケレップ水制が連続して設置され、蛇行していた。ワンドやたまりといわれる地形はその水制によって生じ、1960 年には大小様々併せて 400 程度も存在した。これらの環境は淀川の三川合流点直上流に存在した巨椋池（周長約 16km の池）や淀川周辺の田んぼなどの湿地との連続環境を代替するような環境であったと考えられる。

図 2・1 は淀川水系のイタセンパラの分布状況の変遷を示している。淀川大堰の 10km 地点から三川合流の約 37km 地点までの範囲で、1971 年～72 年は城北地区から上流の牧野ワンドまで確認されており、1984 年代でも同じように城北ワンド、楠葉ワンドで確認されていた。ところが 1993 年の調査において

は下流の城北ワンドと庭窪ワンドにわずかに確認されるだけとなり、2004 年には城北ワンドのわずかな個体数が確認されるだけとなった。そして、ついには、2005 年以降姿を消した。

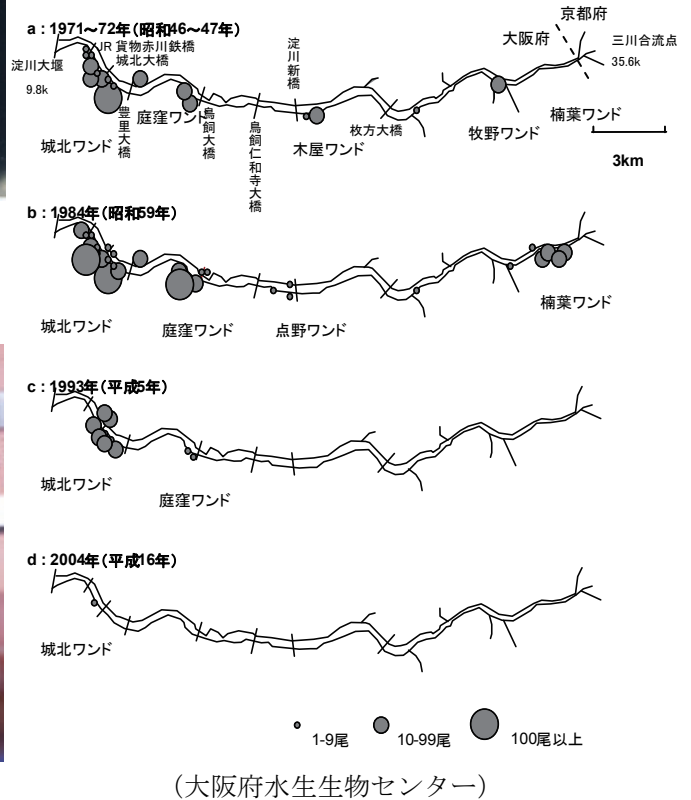


図 2・1 淀川におけるイタセンパラの生息分布の変遷

これには 1970 年代以降の、計画流量の変更に伴う改修や淀川大堰の建設によって淀川の水理環境が大きく変化したことと関連性がある。1971 年に「淀川水系工事实施基本計画」が改訂され、対象洪水の年超過確率が 1/100 から 1/200 に変更されたことで、河川高水流量が 6,950m³/s から 12,000m³/s と増大した。それを受けて淀川の河道改修は進められることになり、図 2・2 に示すように、低水路の掘削や拡幅、直線化が行われ、舟運のために設置された水制工の多くは撤去された。したがって、ほとんどのワンドはこの改修の過程で消滅することとなった。

本川上流域は低水路掘削の影響を受けて河床低下が進行し、水制が撤去されずにワンドが残った場所も 1980 年頃には干し上がった状態となった。

また、1983 年には河口堰が長柄可動堰から現在の淀川大堰に改築され、水位がより安定し、水位変動

幅が減少した。

結局、淀川に大きなワンド群として残ったのは庭窪地区(河口より17km付近)と城北地区(同12km付近)のみとなり、本川上流部においては、全く無くなってしまったワンドを復活させる必要があるということでワンドの復元計画が立てられた。



淀川河川事務所撮影

図2-2 淀川中下流部の河道の変遷

3. 淀川流水域の人工ワンドの事例

3.1 楠葉地区ワンド再生

楠葉ワンドは流水域(淀川大堰の背水区間よりも上流の水域)における初めてのワンドとして計画され、図3-1に示すように、2つの隣接した水域として整備された。2002年6月に上流側の1号が完成し、2002年10月に下流側に2号が完成した。

これらのワンドのコンセプトは以下のとおりである。

○概略形状はかつて現況地形を参考とする。

○かつて存在したワンドを再生し、水制工についても再現を図る。

○微地形は、増水時の攪乱により、自然に安定していくことを期待する。

○仔稚魚の生育場所および二枚貝類の生息・生育場所として重要な浅い水際を創出する。

○ワンドの水面標高は攪乱域植生であるヤナギタデの出現上限の水位である71日水位に設定

○2つのうち下流側のワンドには常時開口部を設けて、対比を可能とする。

ここに71日水位とは、1年を通しての日平均水位を降順に並べた71番目の水位のことで、年間70日間はそれを上回り冠水が生じる水位となる高さのことである。

3.2 再生後のワンド環境

図3-2は、楠葉ワンド群を上流(1号ワンド上流)からみたものと、下流(2号ワンド下流)からみたものである。1号ワンドでは、1年が経過した2003年では、水際の裸地が目立っている。造成4~5年目ではワンドの水際部は、低茎草で覆われている様子がうかがえる。

ワンド周辺の植生分布をみると図3-3に示すとおり最初は裸地だったが、次第に水際はヤナギタデやオオイヌタデといった、1~2年生湿地性の草本群落

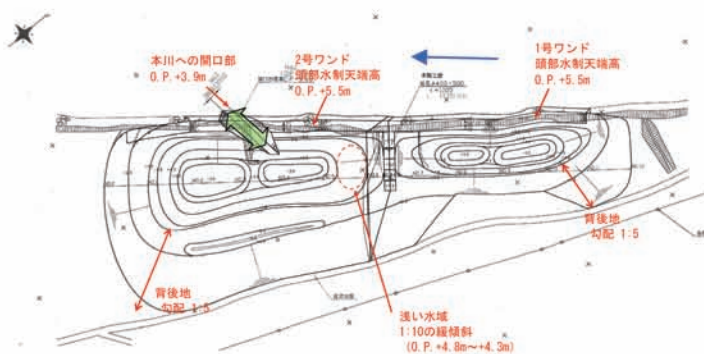


図3-1 楠葉ワンド群施工平面図

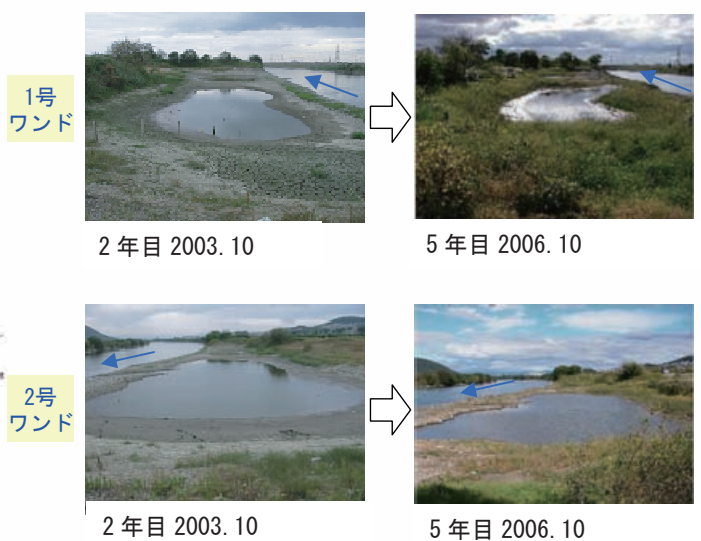


図3-2 楠葉ワンド群の景観から見た変遷

で占めるようになった。また年が経過し、ケイヌビエ、オオクサキビ等の1~2年生湿地植生に入れ替わった。1号ワンドは土砂の進入により水面形状がやや小さくなったものの、2号ワンドはほぼ同様の水域を維持している。

1, 2号ワンドの水域面積は整備の翌年である

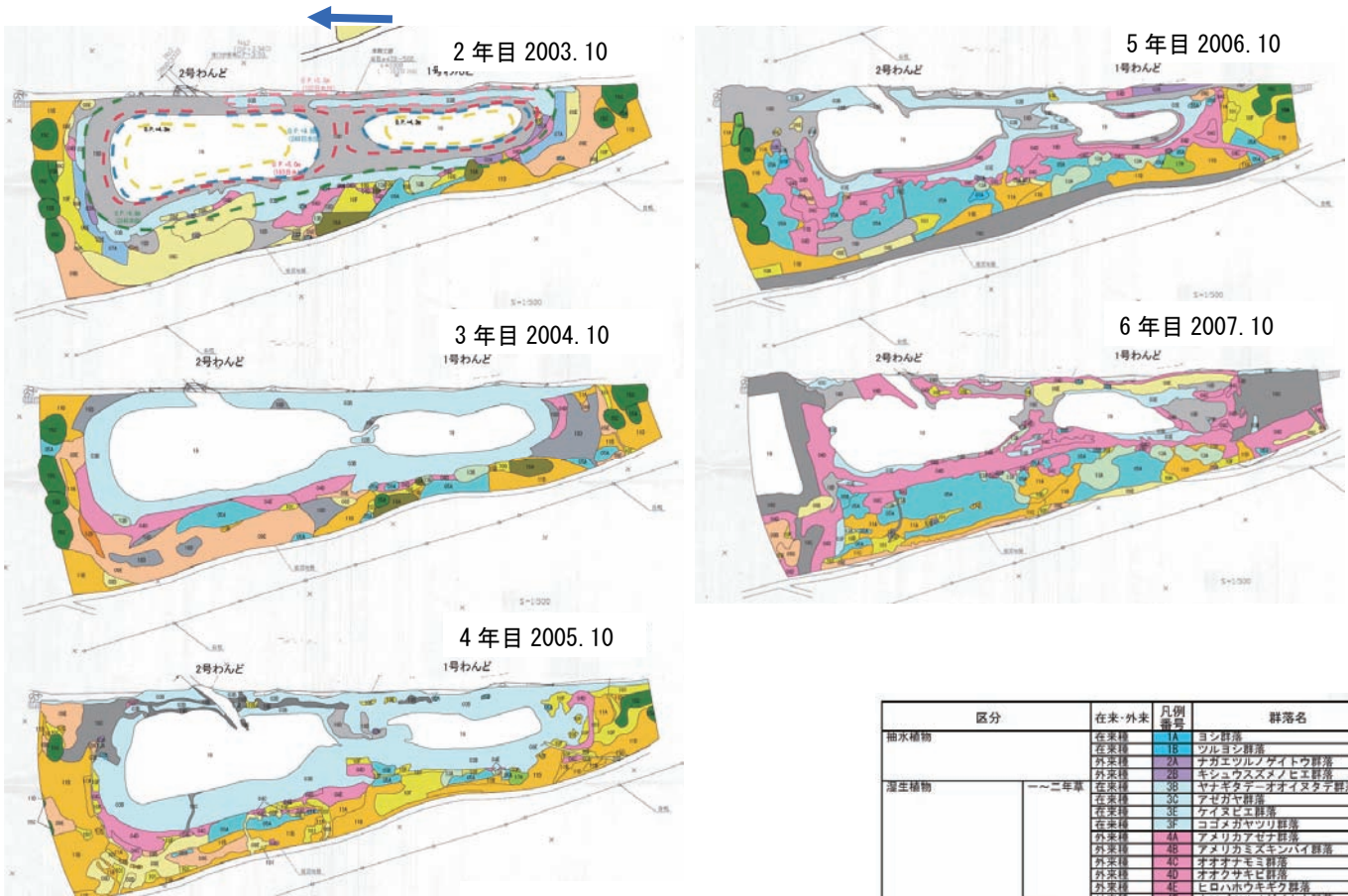


図3-3 楠葉ワンド経年植生分布

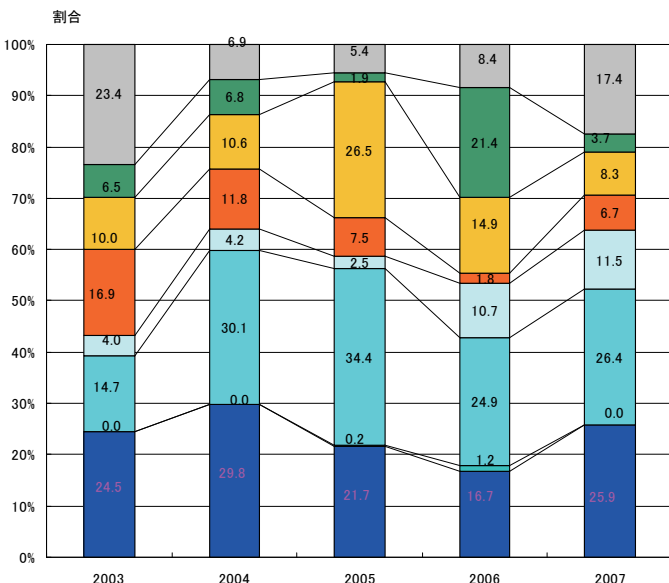


図3-4 楠葉ワンド植生生活型別面積割合の変遷

区分	在来・外来	凡例番号	群落名	
抽水植物	在来種	1A	ヨシ群落	
	在来種	1B	ツルヨシ群落	
	外来種	2A	アカエウロフグイトウ群落	
	外来種	2B	キョウチクトススズメノヒメ群落	
	在来種	3B	ヤナギタデオオイトマタテ群落	
	在来種	3C	アサガヤ群落	
	在来種	3E	ケイヌビエ群落	
	在来種	3F	ヨシメカサヤリ群落	
	外来種	4A	アメリカアサガヤ群落	
	外来種	4B	アメリカミズキンバイ群落	
湿生植物	在来種	4C	オオオナモミ群落	
	在来種	4D	オオクサキビ群落	
	在来種	4E	ヒヨドリホセキク群落	
	在来種	4F	ホソバツルノグイトウ群落	
	在来種	5A	オシロイ群落	
	在来種	5B	ウサヨシ群落	
	在来種	5C	メリアンカヤツリ群落	
	在来種	7A	多種混合群落(湿性陸生植物群)	
	在来種	8A	オシロイ群落	
	在来種	8C	シロガヤ群落	
乾生植物	在来種	8D	ツルマメ群落	
	在来種	8E	メヒシハミノコロサ群落	
	在来種	9B	オオブタクサ群落	
	在来種	9C	カタタリ群落	
	外来種	9E	ヒメムカシヨモギ群落	
	在来種	9D	ホソアサガヤ群落	
	在来種	9H	マメアサガヤ群落	
	在来種	10A	ホソバツルノグイトウ群落	
	在来種	10D	カワヨモギ群落	
	在来種	10F	ギョウキシバ群落	
木本・ヤナギ低木林(黒木も含む)	在来種	13A	ヤナギ低木林	
	在来種	13B	ヤナギ低木林	
	在来種	14A	ノイバラ群落	
	在来種	15A	アカメカサヤリ群落	
	在来種	15B	アキノシ群落	
	在来種	15C	ムクノキニギノキ群落	
	在来種	16A	クワ群落	
	在来種	17A	残存植栽群落	
	その他	—	18B	人工構造物
	その他	—	18C	人工構造物
その他	—	18D	自然群落	
開放水面	—	19	開放水面	

調査年

2003年と比較して2006年の4年目で約70%となった。

一方、湛水域（淀川大堰の背水区間の水域）に造成したワンドの場合、浅い水域は、マコモやナガエツルノゲイトウなどの抽水植物が浅場の水域を覆い、4年間で当初と比較し17%程度の水域面積しか有しなくなった。



図3-5 湛水域ワンドの景観変遷

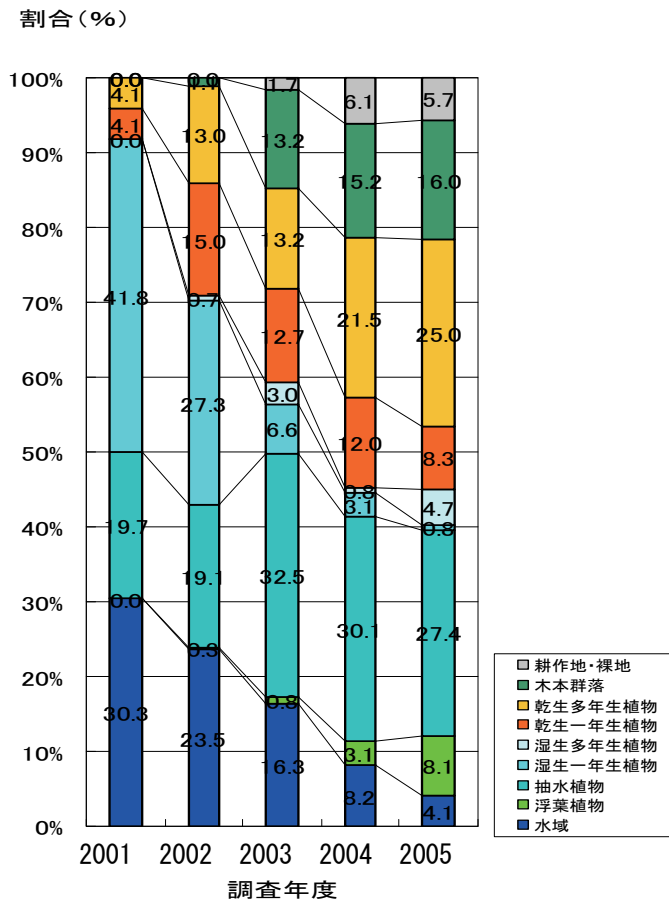
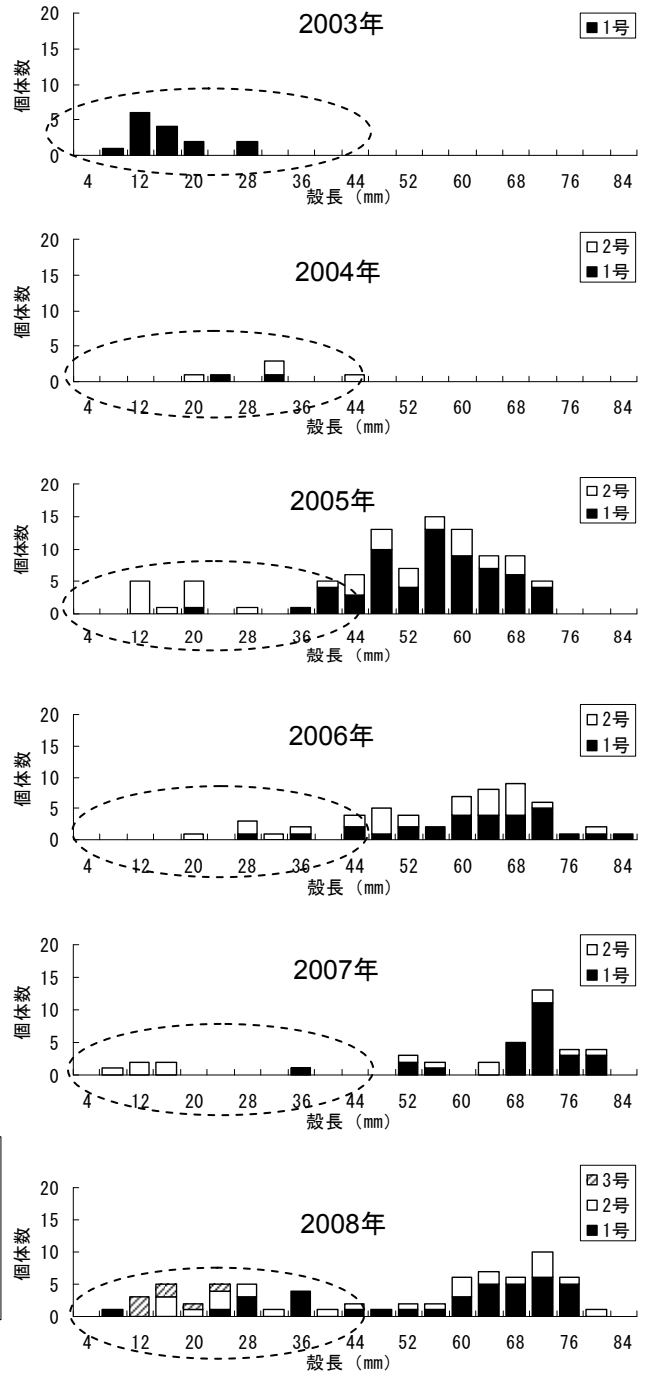


図3-6 湛水域ワンド植生生活型別面積割合の変遷

次に、流水域ワンドにおいて、二枚貝科のイシガイの殻長分布の変遷を見てみると、調査方法は違うが、当初は稚貝や幼貝サイズの4mm~45mm程度のものが確認個体数の全数を占めていたが、その後

経過年ごとに、殻長が大きい個体が多く分布するとともに、稚貝、幼貝サイズの個体も新たに確認されるようになっていく。



○ 稚貝・幼貝のサイズ(～45mm)

2004年まではコドラート調査のみ
2005年以降は周囲部の水際調査・定性調査を追加

図3-7 二枚貝の変遷

このように造成当初から二枚貝の進入があり、入った二枚貝が成長していける環境であることがわかる。また、その後も稚貝、幼貝が進入していることで、ワンドの機能が一過性のものではないと考えられる。

魚類については、図3・8および表3・1に示すようにハス、オイカワ、スゴモロコ属など流水環境に生息するような魚類が当初多く見られた。その後、経年的にはフナ、モツゴ、タイリクバラタナゴ等の止水性の魚類も比較的上位の優占種になり、魚類の多様性のある環境に変化していることが分かった。しかしながら、外来種のおオクチバス、ブルーギル、カダヤシも優占種として占める割合が増加傾向になった。

図3・9は魚類の捕獲個体の経年比較を示している。2006年以降1号ワンド、2号ワンドともに魚類個体数が減少している。

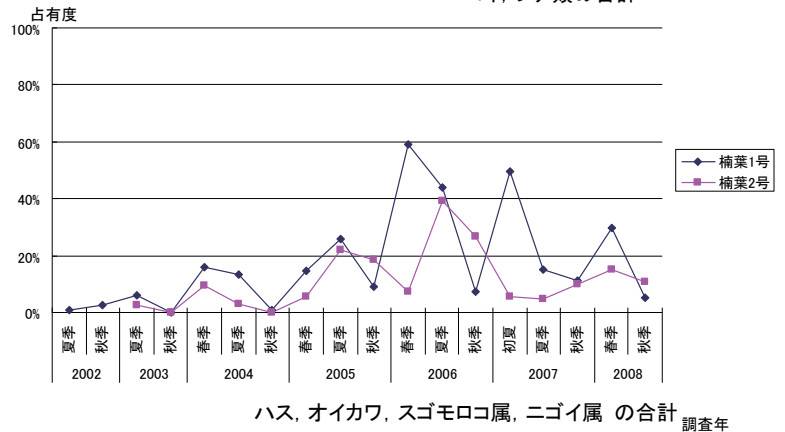
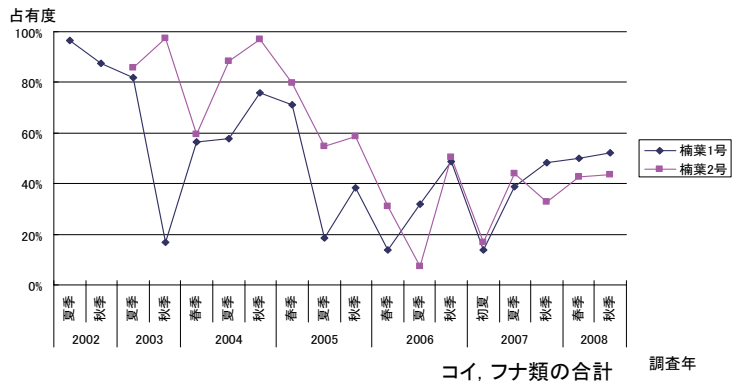


図3・8 楠葉ワンドのタイプ別魚類の占有度の変遷

表3・1 楠葉ワンドにおける魚類の優占種の変遷

生活型		種名		2002		2003		2004			2005			2006			2007			2008		
		夏季	秋季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季	初夏季	夏季	秋季	春季	秋季
		8/24	10/21	9/16	11/19	6/5	9/10	11/26	6/4	8/22	10/28	6/30	8/18	10/20	7/28	8/23	10/18	5/19	10/7			
遊泳性 (流水)	ハス							25.1		15.7						15.3						
	オイカワ	72.8	31.0	21.0	10.0			14.3	27.6												20.9	
	オイカワ属		14.3																			
	コウライモロコ	6.8	31.4	50.0			27.3	34.9														
	スゴモロコ属								33.7											42.9	26.6	45.3
遊泳性 (止水)	ギンブナ									14.6												
	フナ類					14.5								58.9	42.3		45.1	8.5	13.0	19.9		
	タイリクバラタナゴ				10.0	17.0																
	モツゴ				10.0		10.6			28.8	22.1		8.2	21.7	12.5							
	カダヤシ															15.3	14.3					
	オオクチバス				36.7							9.3		15.2		11.9						17.9
	ブルーギル				26.7							15.7										
底生性	カマツカ																					8.5
	ニゴイ類	14.8		5.7		55.7	20.8		9.9		18.6	12.6	24.7	43.4	13.4	15.3						

生活型		種名		2002		2003		2004			2005			2006			2007			2008		
		夏季	秋季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季	初夏季	夏季	秋季	春季	秋季
		—	—	9/16	11/19	6/5	9/10	11/26	6/4	8/22	10/28	6/30	8/18	10/20	7/28	8/23	10/18	5/19	10/7			
遊泳性 (流水)	ハス							12.9		45.7	29.4											
	オイカワ			61.0	40.2	22.5	20.2	18.3	68.4		19.0					12.4				22.0		
	コウライモロコ			19.7	34.2	19.7	54.0	65.7														
	スゴモロコ属											15.6		30.9		24.0				29.9	30.6	
遊泳性 (止水)	ギンブナ									17.2	12.3											
	フナ類									7.2			39.3	26.9					8.5	13.2		
	コイ科稚魚																				21.9	
	タイリクバラタナゴ							4.8														
	オオクチバス									7.2	24	17.9		21.3	19.7	8.5					11.6	
	ブルーギル										12.5	28.6	12.6						14.6		14.3	
底生性	カマツカ			6.8																		
	ニゴイ類				21.8	17.0	14.3		7.4													
	ウキゴリ																					
	トウヨシノボリ																12.4					
																					22.5	

注1) 表中の数値は各種の組成比率(%)を示し、各季ごと上位3種までを示した。
 注2) 表中の赤字は第1優占種を示した。
 注3) H17以降のスゴモロコ属は以前にコウライモロコとして同定したものを含む。

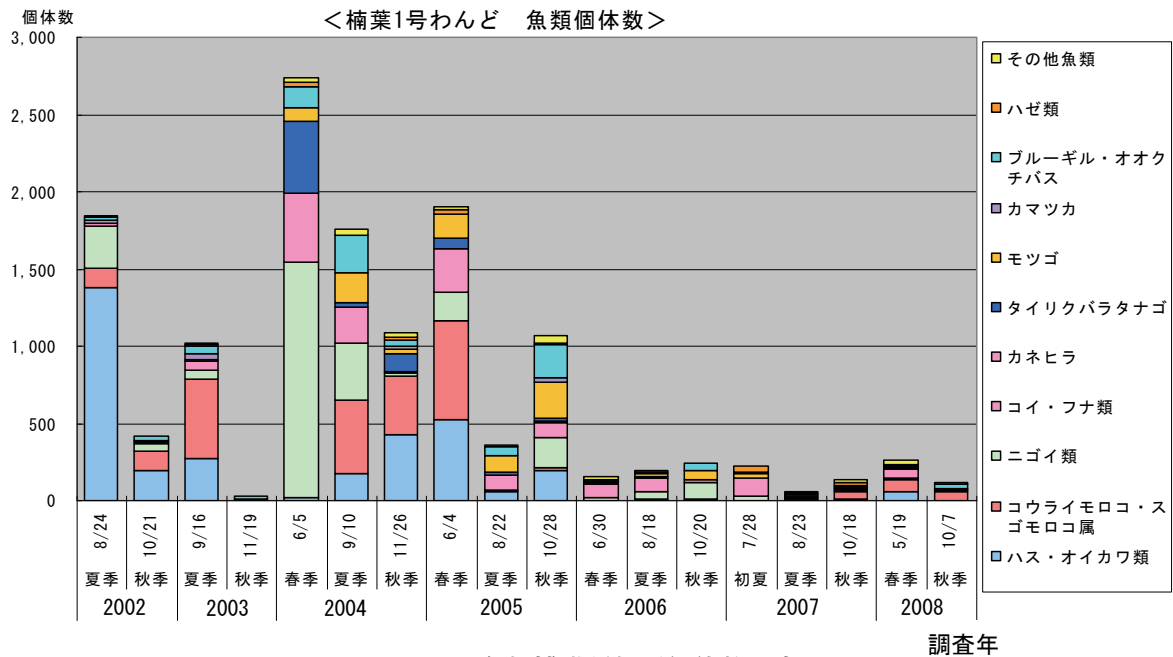


図 3-9 魚類捕獲種類別個体数の変遷

ここで、過去ワンドが存在していた頃と再生したワンドの水理環境を比較してみる。1985年に楠葉地区にあったワンドと2002年に楠葉に造成されたワンドについて、それらを含む淀川の横断を比較すると図3・10に示すように、低水路河床が低下していることが分かるがワンド部については再生のために約2m～3.5m程度掘削された。また、図3・11は楠葉ワンドの標高別の水位超過日数（冠水日数）を示している。過去ワンドが存在していた頃は、O.P.+9.0mが本川とワンドとの仕切りの天端高さであり、年平均4日程度の冠水が生じていたことがわかる。それに比べ、現在の本川とワンドの仕切り高さはO.P.+5.5mとなっており、それを超過する水位は約56日存在することになっており、攪乱の頻度が高いことを示している。

また、楠葉地区では1号、2号の下流側にさらにワンドが増設されており、2007年3月に3号ワンド、2008年3月には4、5号ワンド、2009年3月には6号～8号ワンドが完成して一連のワンド群の工事が完了した。図3・12に2009年4月に撮影された航空写真を示す。なお、その際の頭部水制の天端高さは1、2号ワンドと同じくO.P.+5.5mとされている。

図3・13、図3・14に平面二次元モデルによる流況および河床変動シミュレーションの結果を示す。シミュレーションは平成2009年9月の台風時の出水でおよそ5年に1度ぐらいの出水規模のものが1回生起したとし

て行った。図3・13が流速分布を示しており、図3・14は河床変動量を示している。1、2号ワンド付近（上流部）は水衝部となっており、流速は2m/s以上の環境となっている。例えばオイカワ（体長10cm）の遊泳速度の上限は約1.7m/sという報告もあり、これと比較すると1、2号ワンドでは非常に強い攪乱状態となっていることがわかる。また、河床の変動シミュレーション結果では、1号ワンドの上流側や3号ワンド上流側では比較的堆積環境にあることがうかがえた。

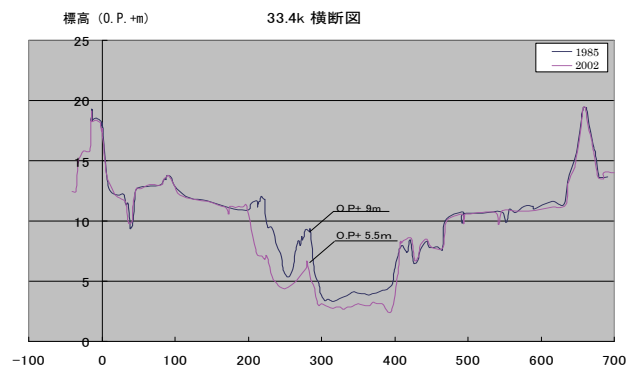


図 3-10 楠葉地区を含む淀川横断面図の比較

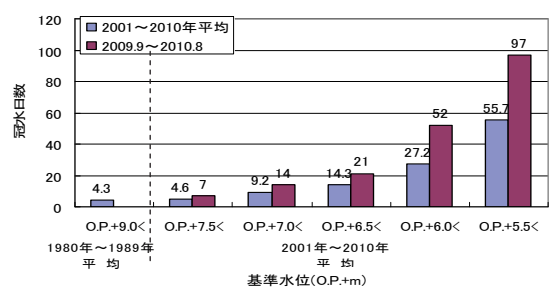


図 3-11 楠葉地区における標高別冠水日数

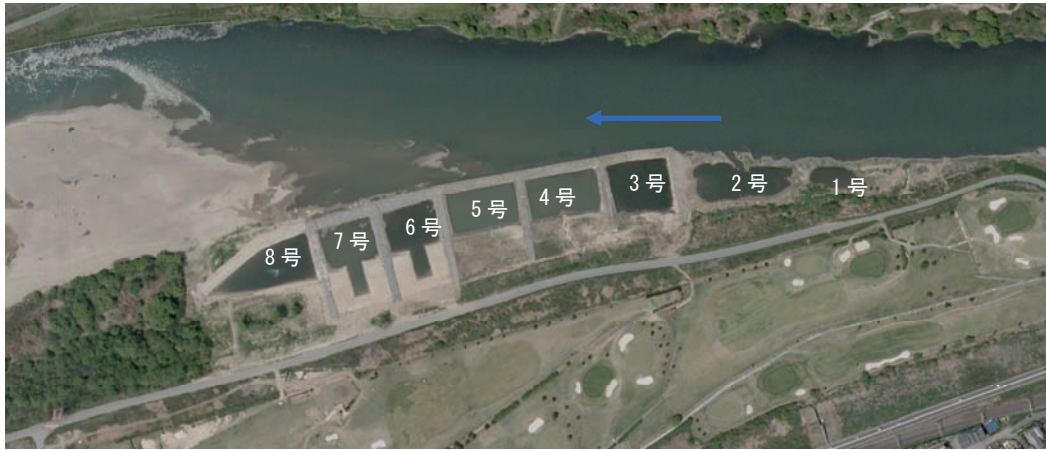


図3・12 8号ワンドまでが完成した楠葉ワンド群(2009年4月淀川河川事務所撮影)

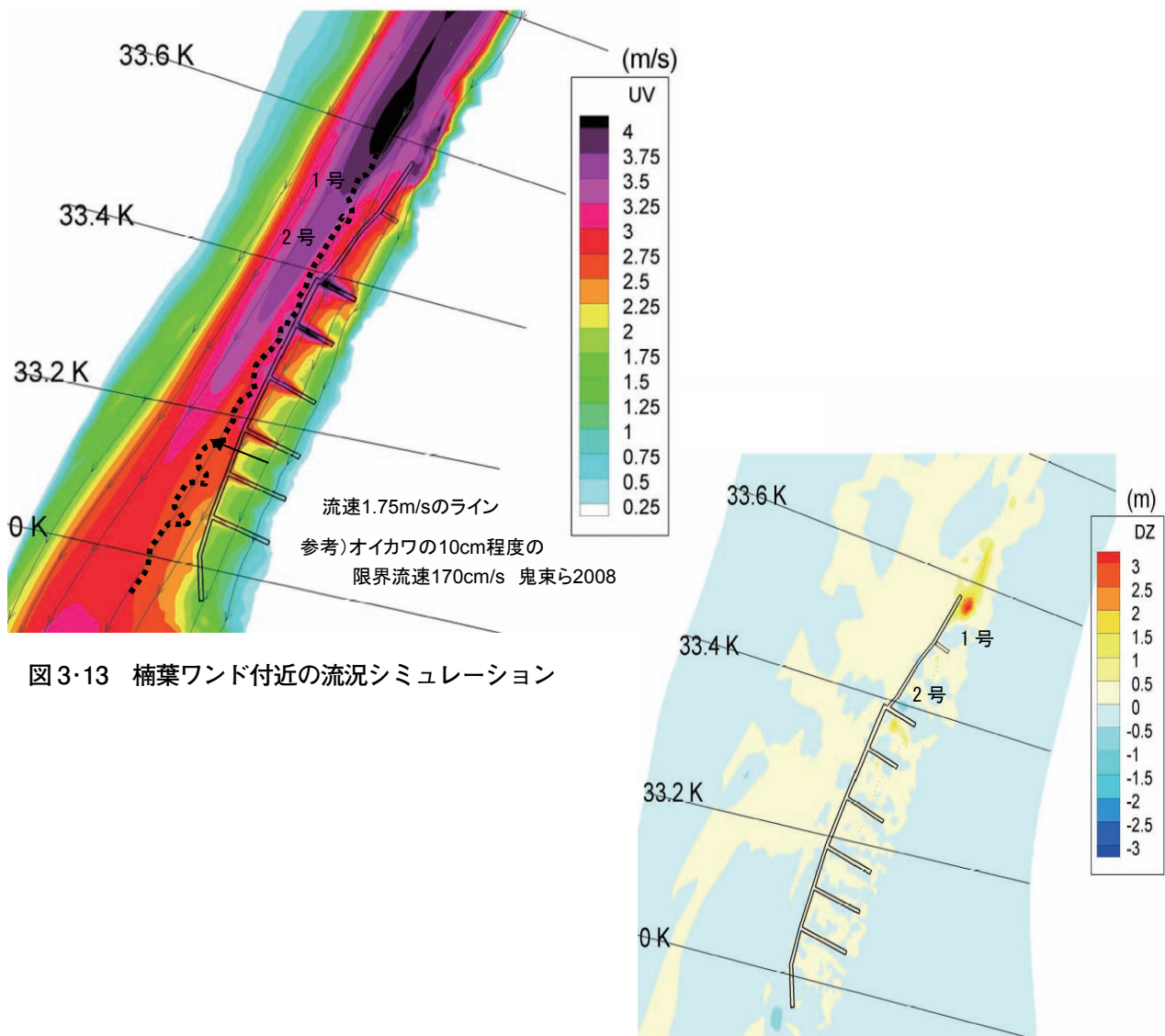


図3・13 楠葉ワンド付近の流況シミュレーション

図3・14 楠葉ワンド付近の河床変動シミュレーション

4. まとめ

河川の流れがある場所にワンドを整備した場合、以下のことがわかった。

《植生》

流水域のワンドでは、湛水域に造成したワンドのように抽水植物の一方向的な繁茂による水面の被覆はみられず、周辺にヤナギタデ、オオクサキビ等の湿性1年生草本が毎年生育し、魚類の産卵環境としても良好な周辺環境が維持されることがわかった。

《魚類》

造成直後では、オイカワ、コウライモロコ、ニゴイなど流水性の魚類の進入があり、年が経過する毎に、フナ類やタナゴ類といった止水性の魚類の増加傾向がみられた。造成すぐにはなく経年的に魚類相が豊かになっていくことがわかった。また、カネヒラやタイリクバラタナゴ等のタナゴ類も確認され、淀川のシンボルフィッシュのイタセンパラの生息も期待できると思われる。

ただし、オオクチバス、ブルーギル等の外来魚の進入もみられ、繁殖の場となることが懸念される。

《貝類》

イシガイ科の二枚貝は造成二年目から進入が確認され、それらの稚貝・幼貝も確認された。ワンドがイシガイ科二枚貝の再生産の場として機能することも確認でき、タナゴ類の安定的な繁殖場としての機能も期待できることが示唆された。

《地形》

ワンドの上流部では土砂の堆積で、水域が狭まる傾向があった。土砂移動が活発な領域では地形の変形を考慮する必要がある。

今後、淀川だけでなく、河川の流水・土砂の移動が活発な流水域にワンドを整備する場合は、保全あるいは復元すべき対象がどのような条件を必要としているかを把握した上で、その場の流水による攪乱強度や、土砂の堆積や地形の侵食等の変形も考慮するような、場所選びや高さの設定など設計段階からの水理検討が必要である。また、環境保全の対象の

出水規模はせいぜい数年に1度程度のものであるので、より大きな出水も時には起こり、地形が大きく変化することもあるため、あまり手を入れすぎず、実際の応答をみながら順応的な維持管理をしていく考え方も必要である。

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成果を一部引用させていただきました。

また、本研究をまとめるにあたっては、「淀川環境委員会」（委員長：池淵周一 京都大学名誉教授）の委員の皆様にご指導・ご助言いただいております。ここに記し深く感謝の意を表します。

参考文献

- 魚類学会自然保護委員会編（2011）絶対絶命の淡水魚イタセンバラ希少種と川の再生に向けて。
河合典彦（2003）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（25,6）：467-475。
建設省近畿地方建設局（1974）淀川百年史。
中西史尚・綾史郎・河合典彦・森田和博（2001）ワンドの環境改善対策に関する実験的検討。河川環境総合研究所報告 7：30-40。
中西史尚・青木治男（2010）淀川におけるワンドの整備とその課題。河川環境総合研究所報告 16：22-34
鬼束幸樹・秋山壽一郎・山本晃義・飯國洋平（2008）流速および体長別のオイカワの突進速度。水工学論文集52：198-204。
豊島靖・中西史尚・河合典彦・綾史郎・森田和博（2000）淀川における良好なワンド形成に関する実験的検討。河川環境総合研究所報告 6：51-58。
財団法人河川環境管理財団大阪研究所（1999）わんどの機能と保全・創造。
財団法人河川環境管理財団（2005）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)。

2. 「川に学ぶ」社会の実現支援

1) 小学校での河川教育に関する研究 ～久留米市におけるケーススタディ～

鳥越 洋生*・伊藤 拓生**・宮尾 博一***・河崎 和明****・藤兼 雅和*****

1. はじめに

本研究の目的は、人と自然とのかかわりを学ぶ場や教材として「河川」を活用した環境教育を、小学校等の学校教育に導入するためにどのようにすれば良いか、具体的な方法を示すことである。

当財団では、上記目的のもとに以前より調査・研究を重ねている。本論は、昨年に発表された研究報告「学校教育における河川環境教育の普及展開に関する研究」(菅原ほか 2010)を踏まえ、久留米市をケーススタディにして実践した事例を報告する。

なお、本論では、河川環境のみでなく河川のあらゆる機能および人とのかかわりについて学ぶことを前提として研究した意味を込めて「河川環境教育」改め「河川教育」と表現した。

2. 河川教育推進の背景と研究内容

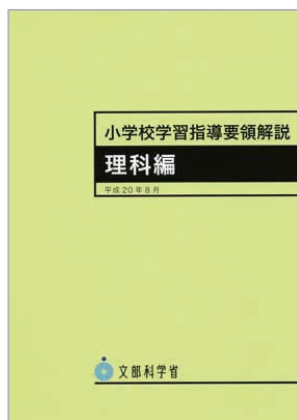
洪水時における地域防災力の向上を図るためには、平常時からの人と川との関わりが重要である。河川管理者は、人々に川に関する正しく広範な知識と情報を提供するため、また「川に学ぶ」機会を提供するために、これまでに、子どもを対象とした河川教育教材を数多く提供してきた。

当財団も「河川環境教育の推進に関する調査研究」を重点プロジェクト研究の一つとして、教育の場や教材として「河川」を活用した環境教育の普及推進を、社会的要請の高い課題として研究を進めている。

昨年の研究報告では、河川環境教育の推進、すなわち、より多くの子どもたちに川について学んでもらうためには、子どもたちの教育の場である「学校教育」で教材が活用されることが最も効果的であることが述べられている。しかし一方で、これまでに河川管理者が提供した教材は、学校教育ではあまり活用されていないことが指摘されている。

同研究報告は、その理由として、河川管理者が提供した教材が学校教育を規定する学習指導要領(参考参照)の内容と必ずしも合致しておらず、学校の教育システムに受け入れられにくいことを指摘している。またその他の課題として、学校には川に詳しい教員が少ないという教える側の知識不足のほか、立地条件として川が近くにないと河川教育ができないという先入観が持たれていることを指摘している。さらに、平成23年度の新学習指導要領からは、総合学習の時間が大幅に縮減されるため、今後は総合学習を活用した河川教育が一層困難になるとしている。

<参考：学習指導要領>



○学習指導要領とは・・・

- 学校教育では、「学習指導要領」(文部科学大臣公示)で具体的な学習内容を定めており、教員はこれに基づいて授業を展開している。
- 学習指導要領は、10年程度ごとに改訂されており、小学校では平成23年度から全面改訂となった。

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第一部 兼 子どもの水辺サポートセンター研究員
** (株) 建設技術研究所 東京本社 環境部 技師 (前研究第一部 兼 子どもの水辺サポートセンター研究員)
*** 共和コンクリート工業 (株) 副社長 (前 (財) 河川環境管理財団 専務理事)
**** (財) 河川環境管理財団 審議役
***** (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長

これらの課題解決の方向性として、同研究報告では、図2・1に示すとおり、学習指導要領と適合し、理科・社会等の教科学習で使え、教員の誰もが教えられ、教室・室内でもできること、という4つのポイントが示された。

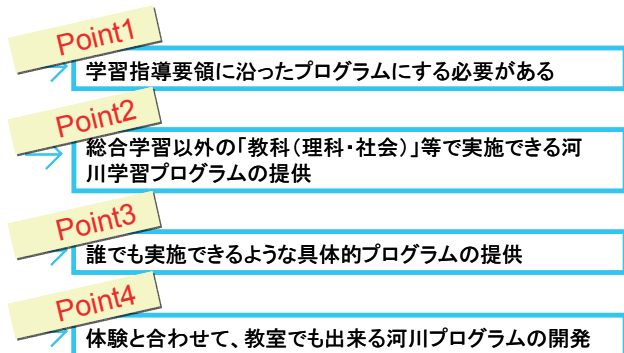


図2・1 河川教育を行うための課題解決の方向性

本研究では、川に学ぶ社会と学校教育とをつなげる観点から、上記のポイントを踏まえ、福岡県久留米市教育委員会および小学校の教員および久留米市の関係各機関等の意見を得ながら、久留米市を流れる筑後川を題材にした河川教育教材を社会科等の教科学習に導入するために必要な事項を明らかにした。

また、教科学習に導入するために必要な事項を満たし、かつ、川と人との広く深い関わりについて理解して欲しい内容を盛り込み、実際に学校教育で活用できる河川教育教材を検討して作成した。

3. 教材テーマの検討

3.1 筑後川における人と川とのつながり

本研究の対象都市である九州の福岡県久留米市は、図3・1に示すとおり筑後川の中・下流部に位置する。沿川の人々は、古くから度重なる水害に悩まされながらも、農業用水や生活用水として、また筏によって上流の材木を下流に運ぶ等、生活に欠かせない川として筑後川を様々なかたちで利用し、密接につながってきた歴史を持っている。

しかし、近年まで続いていた「良い子は川で遊ばない」等の全国的な川離れの傾向をはじめ、さらに



図3・1 筑後川とその流域

筑後川では日本住血吸虫病（参考参照）にも悩まされていたこともあり、人々が筑後川から離れていった。さらに、かつては「一夜川」（大雨が降ると一夜にして暴れ川になるため）と呼ばれ恐れられていた筑後川も近代土木技術の向上によって水害被害が減少し、また、上下水道の整備等によって生活用水の源である川が見えなくなってしまったこと、などから、人々からは筑後川への畏敬の念が薄れ、同時に関心も無くなっていった。このようなことから、筑後川と人とのつながりは希薄化してきている。

<参考：日本住血吸虫病>

筑後川沿川の一部の地域では、古くからミヤイリガイという巻貝を中間宿主とした日本住血吸虫病に悩まされてきた。その根絶のために、昭和52年からミヤイリガイの生息環境の消滅を目的とした高水敷整地などの事業が実施され、その後対策の効果により、平成12年に「撲滅宣言」が行われた。（国土交通省九州地方整備局 2006）

3.2 河川教育の現状

3.2.1 久留米市で使用している教科書・副読本

小学校の教育内容の現状を把握するため、久留米市内で使用されている学校教育資料を収集して整理した。地域で使用される教科書は、地域ごとの教育委員会で採択される。久留米市では、平成23年度は図3・2、表3・1に示した教科書が使用されていた。

また、授業では教科書に準じて補助的に副読本が用いられるが、副読本は久留米市教育委員会で推薦されたものや、小学校や教員自身で選択して使用しているものなど様々ある。副読本のなかには筑後川

を題材にしているものもあった(図3・3参照)。その一つで久留米市が作成した副読本「わがふるさと久留米(くるめ学)」には、筑後川に関連する内容が含まれており、筑後川とくらしの関わり、洪水の歴史、治水・利水、改修の歴史、筑後川大堰、水環境の保全が簡潔に整理されていた。また、副読本(くるめ学)は、教育委員会が総合学習の時間で最低1時間は使用するよう指導しているものである。



図3・2 久留米市で使用している教科書

表3・1 久留米市で使用している教科書会社

教科		教科書会社名
国語	国語	光村図書出版株式会社
	書写	光村図書出版株式会社
社会	社会	日本文教出版株式会社
	地図	株式会社帝国書院
算数		株式会社新興出版社啓林館
理科		大日本図書株式会社
生活		株式会社新興出版社啓林館
音楽		株式会社教育芸術社
図画工作		開隆堂出版株式会社
家庭		開隆堂出版株式会社
保健		東京書籍株式会社



図3・3 久留米市で使用している副読本

3.2.2 久留米市における河川教育の実施状況

次に、久留米市内の小学校における河川教育の実施状況を把握するために、市立小学校47校全てに対して、「教科書の内容以外に、筑後川やそのまわりの支川を題材にした授業を行っているか」という聞きとり調査を行った。

調査の結果、久留米市内の小学校では、図3・4に示すとおり47校のうち約半数の24校が、何らかのかたちで筑後川を題材にした授業を行っていたものの、河川を主題とした「河川教育」を積極的に実施している小学校に限ると、その数はごく僅かであった。

また、久留米市も全国的な傾向と同様に4,5年生の総合学習での実施が多く、安全面等の問題から実施場所は教室内が大半を占め、実際に川の中に入った活動はほとんど行われていない状況であった。

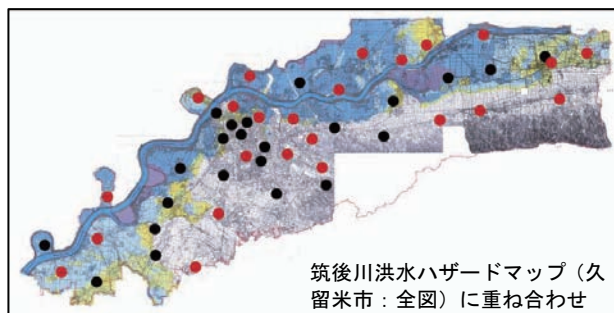


図3・4 市内47校の「河川教育」実施校位置 (●が実施校, ●が未実施校)

3.2.3 河川教育を実施する教員の現状と課題

久留米市の小学校教員等に対して河川教育の現状に関して聞きとりを行ったところ、学習指導要領への適合はもちろん、教える側の教員の現状として、時間的制約や、教員の余力、ニーズの不一致、そもそもの知識として、河川に関する知識が無いという現状など、多くの課題がみられた(表3・2参照)。

また、全国の河川教育実践校(河川整備基金の助成を受けている学校)についてみると、河川学習が活発に実施されている学校には、熱心な指導者(教員や市民団体、河川管理者等)がいる傾向がみられた。その他には、地域ぐるみのサポートを受けている事例も多くみられた。即ち、現状では、河川教育

に熱心な指導者や地域のサポート抜きにしては、活発な河川教育の実施は難しいことが読み取れる。この点からも、教員の誰もが河川教育を行えるためには、川を題材にした授業実施の準備作業量の軽減につながる情報・資料等の提供を行い、教員の苦手意識を軽減するために、河川側からのサポートが必要であることが分かった。

このような河川に関する教育素材の抽出・整理は、現状でも他の多くの河川で取り組んでいるところは多い。本研究では、さらに、これら筑後川の教育素材と、新学習指導要領や年間指導計画等の学校教育システムとの整合を行い、学校教育に一步踏み込んだ教材の作成を行った。

表 3・2 久留米市の教員等への聞きとり概要

◆ 教材の条件
・学習指導要領に適合していることが必要不可欠
◆ 小学校や先生の現状
・限られた授業時間内で、川に行くことは難しい(時間的制約)
・授業の前には指導の計画を立てることが必要だが、 独自に新たな指導計画を作成する余裕はない
・ 新学習指導要領(H23～)では防災の内容が強化 され、この新分野の教材のニーズが高い
◆ 先生方の知識
・川について子どもたちに教えられるほどの、 川に関する知識がない
・災害に係わる授業で「火事」「地震」を教えるイメージはわくが、「 風水害は教えることが分らない 」ため授業が発展しにくい
・川の防災情報システムや風水害の防止のために働く人の働き等をよく知らない
・川に係る情報や教材が、 どこでどのように手に入るか分らない
◆ その他
・教育委員会が作成する基底指導計画に記載されていない学習は実施できない

3.3 筑後川にある教育素材の整理

これらの現状を踏まえて具体的に河川教育教材を作成するにあたって、筑後川と人とのつながりを取り戻すための教育素材を収集し、表 3・3 のとおり整理した。例えば、治水では、輪中堤、水屋等の先人たちの知恵の結晶があり、利水では、日田杉に代表される林業と舟運との関係、環境では、流れる水のはたらきによる上下流の環境の違いや川の流れ方や石の種類の違い等、筑後川に存在する多くの教育素材が存在する。

表 3・3 筑後川に存在する教育素材

伝えたい内容	筑後川にある素材
治水	昭和28年災害、筑後川三大水害等 ハード対策 掘水路、ダム、放水路、輪中堤、水屋等 ソフト対策 防災情報システム(雨量レーダー、水位計、スピーカー、携帯サイト)、降雨レーダー、洪水ハザードマップ、水防団等
昔の人の知恵	水屋、上げ舟、屋敷森、荒籠・水刺、分水路群(千年分水路・原鶴分水路・大石分水路)、掘水路群、干栗堤防、安武堤防(久留米藩有馬豊氏)、導流堤(デレケ)
平常時の防災対策	道具や心構えの準備
緊急時の防災対策	自動、共助、公助
利水	広域利水(福岡都市圏等)、久留米市の飲み水、ダム(松原・下笠ダム等)、筑後大堰
利水の歴史等	五人庄屋(草野又六、高山六右衛門、秋山新左衛門、中塚清右衛門、鹿毛基右衛門)と堰
昔の人の知恵	アオ(淡水)の取水門、朝倉の三連水車等
産業との関わり	農業(農業水利)、林業(日田・小国・八女林業)、水運(舟運や開門)、家具産業(大川市の木材)
環境	生物 水生生物、魚、昆虫等(植物574種、魚類79種、底生動物190種、鳥類79種、陸上昆虫類1178種)、多くの重要種(ヒナモロコ、ニッポンバラタナゴなど)、筑後川を代表する魚エツ
上・中・下流の環境	上・中・下流の環境の違い、石の大きさや流れの違い、瀬、淵、ワンドなど多様な環境、川の水質
川で活動する楽しさ	川の流れ、水の冷たさ、自然の音、安全な河川利用、道具の用意などの心がけ
筑後川の概要等	九州一の大河川、「筑業次郎」との異名、曇れ川、下流域の干満水位差が大きい河川(最大で5m差)、洪水被害の歴史、ミヤイリガイ(中間宿主)の歴史 等
筑後川の流域	ダム、筑後川大堰、広い流域面積、上流、中流、下流の環境の違い、広域取水

3.4 新学習指導要領との関連を抽出・整理

学校教育における「教科学習の時間」において授業を展開するためには、学習内容が学習指導要領と適合していることが重要である。このため、平成 23 年度より小学校において全面改訂された新学習指導要領の内容を分析し、河川や防災に関連の深い単元の内容を抽出した。

さらに、久留米市で使用される教科書等の具体的な記載内容との関連を確認した。教科書等の記述内容から河川や防災に関する事柄を一つ一つ当てはめる作業を行い、筑後川にある教育素材を用いて実践可能と思われた単元(学習目標を満たすことのできる単元)の抽出を行った(表 3・4、表 3・5)。

表 3・4 教科書と筑後川の素材との関連①(小5)

科目	出版社	4月	5月	6月	7月	8月	9月
国語	光村	優れた叙述を味わって読む「新しい友達」	要旨をとらえて読む「サクラソウとトラマルハナバチ」	必要のある事柄を書く「仮名づかいの決まり」	適切な言葉づかいで話す「本は友達」		優れた叙述を味わって読む「未確認飛行物体」
社会	日本文教	日本ってどんなところ わたしたちのくらしをささえる食料生産	→	→	わたしたちのくらしをささえる工業生産		→
算数	啓林館	小数 整数	倍数と約数 小数の筆算	図形の合同 三角形・四角形の角 平均	単位数あたりの大きさ		小数×小数 小数÷小数
理科	大日本	生命のつながり(1)	天気と情報(1)	生命のつながり(2)	生命のつながり(3)		生命のつながり(4)
音楽	教育芸術	ふしの重なり合いを感じ取ろう	「こいのぼり」	アジアの音楽に親しもう	「子もり歌」		いろいろなひびきを味わおう
図工	開隆堂	風景のかき方	ねん土の特ちょうを生かす	曲線切りをした板	作品のてんじ		自然の美しさ
体育	東京書籍	リレー 短距離走 体づくり運動	跳び箱	走り幅跳び 体づくり運動	水泳 けがの防止		表現 フォークダンス
家庭	開隆堂	どのように生活しているかな	→	わたしにできることをやってみよう	→		布で作ってみよう

※赤字は河川教育に関連性の高い単元

表 3・5 教科書と筑後川の素材との関連② (小5)

科目	出版社	10月	11月	12月	1月	2月	3月
国語	光村	意図を考え話を聞く「人とものつき合い方」	優れた叙述を味わって読む「わらぐつの中の神様」	目的や意図に応じて書く「工夫して発信しよう」	計画的に話し合う「失敗をめぐって」	表現に工夫して書く「どんなとき、だれに」	自分の考えを明確にしながら読む「大造じいさんとガン」
社会	日本文教	→	わたしたちのくらしと情報	日本の国土のようす	→	わたしたちのくらしと環境	→
算数	啓林館	式と計算面積	分数	体積	割合	分数×整数 分数÷整数 円周と円の面積	角柱と円柱 もうすぐ6年生
理科	大日本	天気と情報(2) 流れる水のはたらき	流れる水のはたらき	電磁石の性質	もののとけ方	→	ふりこの動き
音楽	教育芸術	→	重なり合う音の美しさを味わおう	曲想を感じ取ろう「冬げしき」	日本の音楽を味わおう「スキーの歌」	心をこめて演奏しよう	→
図工	開隆堂	アルミ線で作ってつくる	でこぼこをつけた画面	ビー玉でおもちゃ	画面を組み合わせて表現音を生み出す方法	ほりと刷り	紙ひもやテープ
体育	東京書籍	体づくり運動 ハードボール 鉄棒	バスケットボール 心と健康	→	サッカー	表現 体づくり運動	マット
家庭	開隆堂	→	作っておいしく食べよう	→	身の回りを気持ちよくしよう	快適な住まい方を考えよう	家族とのふれあいを楽しもう

※赤文字は河川教育に関連性の高い単元

3.5 河川教育教材を作成する単元の絞り込み

次に、学習指導要領や教科書との関連によって抽出された単元のなかから、本研究にてモデル的に河川教育教材を作成する単元の絞り込みを行った。

作成する単元は、教育現場の視点から必要性の高い単元を絞り込む必要があったため、久留米市の学校教育の現場を担当する小学校教員や、教育課程・学習指導・その他学校教育に関する専門的事項について指導する教育委員会等の多くの教育関係者に対して聞きとりを行った。

上記の教育関係者への聞きとりを踏まえ、実際に授業で実施できると考えられるものとして「流水のはたらき」「生物調査」「防災関連」「情報システム」「下水関連」に係る、5つの単元(テーマ)が抽出された。

さらに、教育関係者への聞きとりによって、新学習指導要領では「防災関連」の記載の充実が新たに図られたが、その部分の教材がまだ不足していることがわかった。このことから、教育現場の条件に合わせてつ川と人との広く深い関わりについて子ども

たちに理解して欲しいテーマとして、表3・6に示すとおり、2つの単元について筑後川を題材とした河川教育教材を作成することとした。



図 3・5 抽出された5つの単元(テーマ)

作成することとした1つ目の単元は、新学習指導要領から5年生社会科に新しく加わった防災関連の単元「自然災害の防止」(全4時間)、2つ目の単元は、災害時の情報伝達や防災情報の入手方法を学ぶために単元「情報化した社会の様子と国民生活とのかかわり」(全5時間)である。

表 3・6 各単元の内容(文部科学省 2008)

学年等	単元名	学習指導要領での関連部分
5年生 社会科	自然災害の防止	我が国の国土では地震や津波、風水害、土砂災害、雪害などの様々な自然災害が起こりやすいこと。その被害を防止するために国や県(都、道、府)などが様々な対策や事業を進めていることなどを調べることである。自然災害の防止と国民生活とのかかわりについては、地震や津波、火山活動、台風や長雨による水害や土砂崩れ、雪害などの被害の様子、国や県などが進めてきた砂防ダムや堤防などの整備、ハザードマップの作成などの対策や事業を取り上げることが考えられる。ここでの学習を通して、自然災害が起こりやすい我が国においては、日ごろから防災に関する情報などに関心をもつなど、国民一人一人が防災意識を高めることが大切であることについても気付くように配慮することが大切である。
5年生 社会科	情報化した社会の様子と国民生活とのかかわり	情報ネットワークを有効に活用して公共サービスの向上に努めている教育、福祉、医療、防災などの事例のいずれかを取り上げ、多種多様な情報を必要に応じて瞬時に受信したり発信したりすることができる情報ネットワークの働きが公共サービスの向上のために利用され、国民生活に様々な影響を及ぼしていることを具体的に調べることである。地域の人々が参加している防災関係の取組など、児童やその家族、身近な地域の人々の日常生活との結びつきが見られるものを取り上げることが大切である。

4. 教材の構成の検討

4.1 作成する教材の種類の検討

本研究にて作成する教材は、教員の誰もが実施できる具体的な教材とする必要があった。

そのため、今回作成する教材として、各小学校の教員の意見を踏まえ、学習指導要領に合致し、教員がどのような情報・教材をもとにどのように指導目標（ねらい）を設定すべきかを示す「指導計画案」と、「指導計画案」に沿った授業で使用する「資料集やワークシート」とし、河川教育の授業を行う際に必要な教材一式をパッケージ化することとした。

ここで、指導計画案とは、教員が授業を実施するために、単元全体を通じた目標・時間割や、1時間の授業ごとの目標・展開例を示したものである。

一般的に、教員はこの指導計画案を念頭に置いて授業を展開する（図4・1参照）。

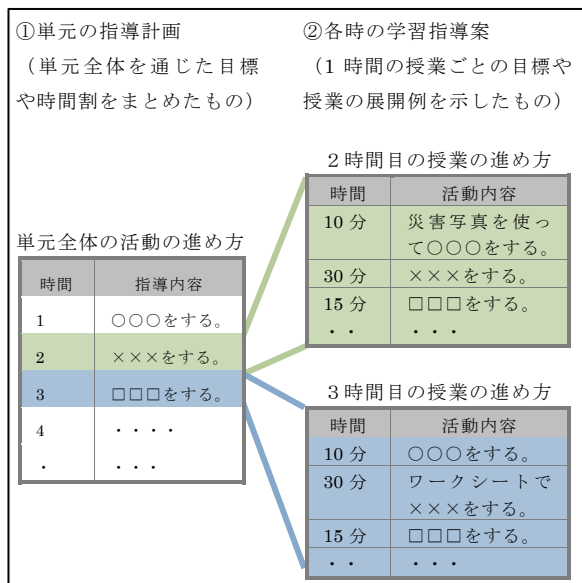


図4・1 指導計画案の内容（例）



図4・2 資料集・ワークシート（例）

また、資料集・ワークシートとは、指導計画案に

沿った実際の授業で、子どもたちに示すための教材や、各素材の意味を教員向けに示した解説書、授業で子どもたちが書き込むワークシートである（図4・2参照）。

4.2 教材の作成方法

教材等の作成にあたっては、久留米市内の関係各機関やNPO団体が構成された検討会を開催し、授業の流れや指導計画案の記載内容等に関して、実際に学校現場で授業を行う際の細かいルール等、作成の際に留意すべき意見を得ながら、作成を進めた。



図4・3 検討会の開催風景

検討会で得た、主な意見は表4・1に示すとおりである。授業の流れに関しては、既存の授業と置き換えるための工夫や授業間での話のつながり、学年ごとに学習範囲が異なり例えば5・6年生は「全国」を対象にした学習であること等の意見を得た。また、指導計画案の記載項目に関しては、学習指導要領との関連、指導計画の中には各時の授業での「めあて」と「まとめ」の提示が必要等の意見を得た。検討会でのこれらの意見を踏まえて、指導計画案の骨子を検討した。

表4・1 授業や指導計画案について検討会での意見

- ① 授業の流れに関して
- 1単元あたりの授業時間は、**教科書の時間数に合わせる**
⇒教科書と置き換えやすい
 - 単元内の各授業の**話のつながり**が大切
 - 社会科では、3年生・4年生は「地域学習」であるが、**5年生・6年生は「全国学習」**であることに留意が必要
⇒5年生では、久留米市のことだけを教えることは不可
- ② 指導計画案の記載項目に関して
- 「学習指導要領との関連」の記載が大切
 - 授業の「めあて」と「まとめ」の提示が特に必要

4.3 指導計画案の骨子の作成

4.3.1 単元「自然災害の防止」

単元「自然災害の防止」では、検討会での意見を踏まえ、教科書の授業時間数にあわせて、全4時間の流れで指導計画案の骨子を作成することとした。久留米市が採択した教科書では、単元「自然災害の防止」は、主に阪神・淡路大震災等の「地震災害」や富士山噴火ハザードマップ等の「火山」のほか、洪水災害を含む様々な災害が題材となつて簡潔に整理されていたが、この単元全ての4時間を「筑後川の風水害」を題材にした内容に振り替えることとした。

なお、5年生の授業では地域学習ではなく、全国学習が必要なため、単元の流れとして全国学習から地域について学習を進めるものとした。

具体的な振り替え内容は表4・2に示すとおり、1時間目に我が国の地形や気候とのかかわりで風水害が起こりやすいことについての学習を行い、2時間目に風水害の防止のために行っている様々な国や県の対策を学習するものとした。その後3時間目から4時間目は地域の取り組みとして、自分たちの住む筑後川地域の風水害対策のために働いている人や、風水害時に具体的に自分たちに何ができるのかを考える流れとした。

表4・2 単元「自然災害の防止」(全4時間)の骨子

時数	主な学習内容
1	○「風水害の発生状況を考えよう」 我が国で起こる自然災害について調べ、我が国は国土の地形や気候とのかかわりで風水害が起こりやすいことに気づくことができる。
2	○「風水害防止のための国や県の対策を考えよう」 風水害の防止のために、国や県などがさまざまな対策や事業を進めていることをとらえることができる。
3	○「風水害防止のために働いている人を知ろう」 風水害の防止のために従事する関係機関の活動や、風水害が発生した時の関係機関の働きや連携について捉えることができる。
4	○「風水害時にできることを考えよう」 これまでの学習を振り返り、自分たちの身の回りにも風水害が起こることを認識し、国民一人一人が日頃から防災意識を高めることが大切であることに気付く。普段から身の回りの危険を認識することが大切であることを知る。

4.3.2 単元「情報化した社会の様子と国民生活とのかかわり」

続いて、単元「情報化した社会の様子と国民生活とのかかわり」の骨子を示す。久留米市が採択した教科書では、単元「情報化した社会の様子と国民生活とのかかわり」は、香川県の「医療の情報ネットワーク」を中心に構成されており、一部分は「緊急地震速報」が地震災害と情報ネットワークの題材として取り扱われていたが、今回は、単元の前半部分を筑後川の「防災情報ネットワーク」の内容に振り替えた。

具体的な振り替え内容は表4・3に示すとおり、1時間目に身のまわりのくらしのなかの情報について学習し、2時間目に全国の風水害事例や河川事務所や気象台が中心となっている風水害から生活を守るための情報発信について学習する流れとした。そして3時間目には、子どもたち自身が風水害から身を守るために、風水害にかかわる防災情報をどのように入手すべきか、防災情報の取得方法を学習する流れとした。

なお、後半の4・5時間目は、インターネットのマナーや情報の取り扱い等を学ぶ内容となっており、風水害との関連が薄く、風水害に絡めた振り替えが不可能な学習内容であった。そのため、単元「情報化した社会の様子と国民生活とのかかわり」については、前半の1～3時間目についてのみ部分的に振り返ることとし、後半の4～5時間目については従来の学習方法で据え置くこととした。

表4・3 単元「情報化した社会の様子と国民生活とのかかわり」(全5時間)の骨子

時数	主な学習内容
1	○「情報と自分のくらしとのかかわりを調べよう」 身のまわりにある様々な情報が国民の生活に大きな影響を及ぼしていることを考える。
2	○「防災情報の役割を知ろう」 過去の災害で防災情報が活用された事例から、防災情報を活用する大切さに気付く。風水害においても私たちの生活を守るために、情報ネットワークが使われていることを知る。
3	○「風水害に係わる防災情報の入手方法を知ろう」 風水害から身を守るために、自ら得ることができる防災情報の入手方法を知り、情報を有効に活用しながら生活することが大切であることに気付く。
4	○「情報をとりまく問題」 情報化によりおこる様々な問題や被害などを調べ、情報の送り手が発信する情報に責任をもつことが大切であることを気付く。
5	○「情報をうまく利用するためには」 情報化の進展によって人々の生活の向上が図られていることを調べ、情報を有効に活用しながら生活する必要があることを考える。

※内、4・5時間(網掛け部分)は振り替え対象外

5. 作成教材

5.1 作成した教材例

以上の検討プロセスを経て、単元「自然災害の防止」(全4時間)および単元「情報化した社会の様子と国民生活とのかかわり」(全5時間)の2つの単元についての教材を作成した。

教材は、前述のとおり「指導計画面」と「資料集やワークシート」の2つの教材を作成した。

5.1.1 指導計画面

作成した教材の構成および内容について、5年生社会科の「自然災害の防止」を例に図5・1に示す。指導計画面の構成は、単元全体についての指導計画と、単元4時間のうちの1時間ごとについての指導計画との2種類の構成で作成した。

図5・1には、1時間ごとについての指導計画面の2時間目を例示し、図5・2以降には指導計画面(2時間目)の記載項目の詳細を例示した。

まず「1.授業(本時)の位置づけ」は、単元「自然災害の防止」4時間の中で、本時が「導入⇒展開⇒まとめ」のうち、どの位置にあるのかを示したものである。この2時間目の例では、単元「自然災害の防止」の「展開」部分であることを示している。

次に、「2.指導のポイント」では、「風水害」についての授業において、指導の際に教員が留意すべきポイントを示したものである(図5・2参照)。

<p>1.本時の位置づけ 5年生社会「自然災害の防止」(全4時間)の展開の時間として位置づける。</p> <p>2.指導のポイント</p> <ul style="list-style-type: none"> 風水害の発生が多い我が国では、国や県が主体となり様々な治水対策が行われている。しかし、普段治水対策を意識することは少ないと思われる。 全国では、堤防、ダム、遊水池、捷水路(しょうすいろう)、排水機場など数多くの対策が実施されている。もちろん、筑後川でも上記の典型的な治水対策が行われている。 本指導計画では、一般的な治水対策を子どもたちが学んだ上で、筑後川で行われている治水対策をパンフレットを使って調べる。 我が国では多くの治水対策が施されて安全に寄与している。しかし、久留米市のハザードマップに記載されているが、大きな洪水が発生した際に久留米市も浸水してしまう危険性があり、安心することはできない。
--

図5・2 作成した指導計画面の記載項目(1)
(1.本時の位置づけ, 2.指導のポイント)

1.授業の位置づけ

2.指導のポイント

3.学習方法の工夫

4.授業のねらい

5.必要なもの

6.教科書における振り替えページ

7.学習の過程

流れ	学習活動・内容	指導上の留意事項	資料(解説書)
導入(15分)	①風水害の防止のために国や県がどのような対策を行っているか子どもたちに問うける。 ●学習及ぶる図書 堤防、ダム、排水機場 ②日本には他にも、多くの治水対策が行われていることを伝え、めあてを伝える。		
展開(25分)	③子どもたちを組にし、解説書の「国や県で行われている治水対策」のページと、パンフレット「夢紀行筑後川」とワークシートを配布し、ワークシートに回答する。	解説書を使って、堤防やダム以外にも河川敷、引堤、捷水路等の治水対策があることに気づかせる。 川原を広げる対策(堤防、河川敷、引堤、捷水路)、水の流れる道を調節する対策(ダム、遊水池)、土壌を固くする対策(かさ上げ)、河の水を水に浸水する対策(排水機場)などいろいろな考え方の治水対策があることに気づかせる。	○解説書(p9~11) 「国や県で行われている治水対策」 ○パンフレット「夢紀行筑後川」 ○ワークシート(p13)
まとめ(15分)	④過去の筑後川で起こった災害時の写真や、筑後川治水ハザードマップを配り、復元も堤防が壊れた際に大きな被害が起る危険性があることを伝える。 ⑤筑後川における治水事業の歩み」を配り、昔から筑後川でもいろいろな治水対策が行われてきたことを伝える。 ⑥まとめを伝える。	写真を見せ、筑後川で過去に大きな災害が発生したことを伝える。 ハザードマップを見せて、まだ風水害の危険性があることに気づかせる。「色で示された部分は浸水する危険性がある」。	○写真(p13) 「久留米市で起こった過去の風水害」 ○ハザードマップ「筑後川治水ハザードマップ」 ○表3(p12) 「筑後川における治水事業の歩み」

8.板書計画

図5・1 作成した指導計画面(5年社会科・単元:自然災害の防止 2時間目)
※ 個々の項目の詳細については図5.2以降で説明

「3. 学習方法の工夫」は、「自然災害の防止」の展開の時間として、学習方法をどのように工夫するべきかを説明している。

「4. 本時のねらい」は、単元全体の目標をより細分化した、本時のなかで身につけるべき学習目標である。また、授業で使用または配付すべき必要資料は、「5. 必要な物」で説明している（図5・3参照）。

3.学習方法の工夫
調べ学習を通じて、風水害の対策を分かるようにする。

4.本時のねらい
風水害の防止のために我が国が行っている対策とその役割を知る。

5.必要な物
解説書のコピー、ワークシート、パンフレット「夢紀行筑後川」^{※1}、筑後川洪水ハザードマップ^{※2}

※1：パンフレット「夢紀行筑後川」は筑後川河川事務所（0942-33-9193）にお問い合わせ下さい。
※2：筑後川洪水ハザードマップは、久留米市のHPよりダウンロードすることができます。

図5・3 作成した指導計画案の記載項目（2）
（3.学習方法の工夫、4.本時のねらい、5.必要な物）

次に、「6. 教科書における振り替えページ」は、題材を風水害に振り替える前の、もとの教科書の該当ページを示している（日本文教出版株式会社 2011）。これは、教員自身が教科書のどこの部分を振り替えたのかを確認するためのものであり、久留米市で使用している教科書では、単元「自然災害の防止」の内容は、前述のとおり地震・火山、富士山の噴火ハザードマップ等が題材になっていた（図5・4参照）。

6.教科書（日本文教出版「小学社会」）における振替ページ



図5・4 作成した指導計画案の記載項目（3）
（6.教科書（日本文教出版「小学社会」）における振替ページ）⁶⁾

「7. 学習の過程」では、検討会での意見を踏まえ、授業の「めあて」と「まとめ」を含めた、45分の授業の流れや、指導上の留意点等を記載している。ここで、「めあて」とは、学習のきっかけとなる疑問の投げかけであり、「まとめ」とは最終的に学んでもらいたい目標のことである。また、指導計画案に連動して使用するべき資料集のページ数とタイトルを「資料（解説書）」に記載した（図5・5参照）。

7.学習の過程			
流れ	学習活動・内容	指導上の留意事項	資料（解説書）
導入 (5分)	①風水害の防止のために国や県がどのような対策を行っているか子どもたちに問いかける。 ●予想される回答 堤防、ダム、排水機場 ②日本には他にも、多くの治水対策が行われていることを伝え、めあてを伝える。 めあて：風水害の防止のために国や県はどんな対策をしているのだろう。		
展開 (25分)	③子どもたちを班にし、解説書の中の「国や県で行われている治水対策」のページと、パンフレット「夢紀行筑後川」とワークシートを配布し、ワークシートに回答する。	・解説書を使って、堤防やダム以外にも河道掘削、引堤、排水路等の治水対策があることに気づかせる。 ・川道を広げる対策（堤防、河道掘削、引堤、排水路）、水の流れる量を調節する対策（ダム、遊水地）、土地を高くする対策（かさ上げ）、町の水を外に排水する対策（排水機場）などいろいろな考え方の治水対策があることに気づかせる。	○解説書（p9～11） 「国や県で行われている治水対策」 ○パンフレット 「夢紀行筑後川」 ○ワークシート（p15） 「筑後川の治水対さく」
まとめ (15分)	④過去の筑後川で起こった災害時の写真や、筑後川洪水ハザードマップを配布し、現在も堤防が決壊した際に大きな被害が起る危険性があることを伝える。 ⑤「筑後川における治水事業の歩み」を配布し、昔から筑後川でもいろいろな治水対策が行われてきたことを伝える。 ⑥まとめを伝える。 まとめ：国や県では、堤防などのいろいろな治水対策をしている。	・写真を見せ、筑後川で過去に大きな災害が発生したことを伝える。 ・ハザードマップを見せて、まだ風水害の危険性があることに気づかせる（色が塗られた部分は浸水する危険性がある）。 ・表3を使って、筑後川も、他の地域と同様に多くの治水対策が行われていること、昔から行われていることに気づかせる。	○写真（p13） 「久留米市で起こった過去の風水害」 ○ハザードマップ 「筑後川洪水ハザードマップ」 ○表3（p12） 「筑後川における治水事業の歩み」

図5・5 作成した指導計画案の記載項目（4）
（7.学習の過程）

「8. 板書計画」では、「7. 学習の過程」に沿った授業で、教員が黒板に書いて示すべき内容をあらかじめ説明している（図5・6参照）。

8.板書計画

風水害の防止のために国や県で行われている対さくと役わりを知ろう

- 治水対さくの種類
 - ・ていぼう
 - ・ダム
 - ・遊水地
 - ・くさく
 - ・ひきてい
 - ・しょう水路
 - ・分水路
 - ・かさあげ
 - ・はい水機場
- 筑後川の治水対さく
 - ・いろいろ
 - ・昔から
 - ・まだ危険はある

日本ではいろいろな治水対さくが風水害の防止に役立っている。まだ水害の危険はある。

授業のめあて

風水害防止の対策を問いかけて、得られた回答内容

展開の中で、出てきた回答内容

授業のまとめ

図5・6 作成した指導計画案の記載項目（5）
（8.板書計画）

5.1.2 資料集およびワークシート

まとめ部分の資料集の例として、図 5・7、図 5・8 に「筑後川洪水ハザードマップ」「筑後川で起きた過去の風水害」を、ワークシートの例として図 5・9 に「筑後川の治水対策」を示す。

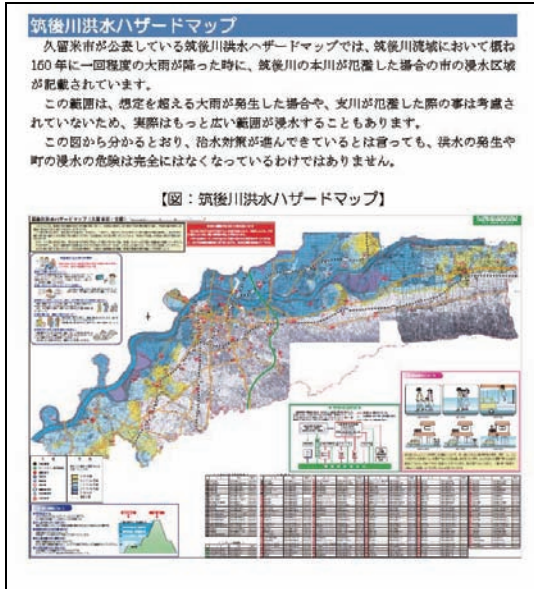


図 5・7 作成した資料集の例（1）
（筑後川洪水ハザードマップ）



図 5・8 作成した資料集の例（2）
（筑後川で起きた過去の風水害）

ワークシート：筑後川の治水対さく

年 組 名前 _____

次の治水対さくについて、それぞれの対さくで分かったことを書きましょう。また、パンフレット「夢紀行 筑後川」を見て、パンフレットにのっているものに○をつけましょう。

種類	分かったこと	パンフレットにのっているか？
ていぼう		
ダム		
造水地		
河溝くっさく		
ひきてい		
しょう水路		
分水路		
土地のかさ上げ		
はい水機橋		

治水対さくを調べて気付いたことや感想

図 5・9 作成したワークシートの例
（筑後川の治水対策）

資料集は、できるだけ誰にでも理解でき、教員が説明しやすいように、情報を絞ってイラストや写真を多用しながら紹介する等、川に詳しくない教員が使用することを想定した工夫をほどこした。

以上に示したように、作成した教材は、河川に詳しくない教員が、事前に特別な準備をしなくても、筑後川に関する授業を展開できる、フルパッケージの教材を作成した。

5.2 作成した教材の活用

久留米市教育委員会が作成する平成 23 年度の基底指導計画（参考参照）において、図 5・10 に示すとおり本指導計画および教材が紹介された。これにより、久留米市教育委員会から学校の教員に対して「河川教育」を取り入れても良い、とのメッセージとなるため、今後の利用促進が期待されている。

<参考：久留米市の基底指導計画>

久留米市教育委員会が毎年作成しており、久留米市内の小・中学校はこれを基本に授業を行う。基底指導計画には、どの単元に何時間という計画や、教科書をどう教えるかの計画が記載されている。

単元名：情報化社会を生きる		配時及び時期：5時間	2月	
単元の評価規準			評価の観点	
1	我が国の情報化した社会について関心をもち、意欲的に調べることを通して、国民生活を支える情報産業の発展や社会の情報化のよりよい進展を考えようとしている。		関心・意欲・態度	
2	我が国の情報化した社会について学習問題や予想、学習計画を考え、調べたことをもとに、情報化の進展は、国民の生活に大きな影響を及ぼしていることや情報の有効な活用が大切であることを考え、調べたことや考えたことを適切に表現している。		思考・判断・表現	
3	自分たちのくらしのなかにある情報や医療ネットワーク、情報を取りまく問題、情報利用のあり方について、インタビューや視聴覚教材、地図や統計などの各種の基礎的資料を効果的に活用して具体的に調べ、調べた過程や結果をノートや作品にまとめている。		観察・技能	
4	自分たちのくらしのなかにある情報や医療ネットワーク、情報を取りまく問題などから、情報を有効に活用しながら生活する必要があることや、情報の送り手として発信する情報に責任をもつことが大切であることに理解している。		知識・理解	
主な学習活動と内容		配時	具体的評価規準	評価の観点
1	身の回りにはどんな情報があるのかについて話し合う。 ※携帯電話の台数の移り変わりのグラフを拡大して提示し、台数が増えていることに気付かせる。 ○ 学習のめあてと進め方 私たちは、情報をどのように活用しているのだろうか。	1	☆ 身の回りにたくさんある情報について関心をもち、情報の種類や活用される場面について積極的に調べようとする。	関心・意欲・態度
2	医療に生かされる情報ネットワークについて調べる。 ○ 香川県のK-MIXについて	1	☆ 情報ネットワークの仕組みや利用している人たちの様子を調べ、ノートにまとめる。 ☆ 情報ネットワークの発展が私たちのくらしの向上に役立っていることをとらえている。	観察・技能 知識・理解
3	情報を取りまく問題について考える。 ※コンピューターの故障により社会が混乱したことを伝える新聞記事を拡大して提示し、問題に気付かせる。 ○ インターネットによる社会問題	1	☆ 社会の情報化が進展することによって様々な問題が起こっており、自分たちの生活に影響を及ぼしていることを考え、適切に表現している。	思考・判断・表現
4	学習を振り返り、単元のまとめをする。	2	☆ 情報を有効に活用して生活するために、自分たちが情報の送り手・受け手として正しい取り扱いをおこなない、責任をもつことが大切であることを考え、適切に表現している。	思考・判断・表現

※情報がくらしに及ぼす影響の身近な事例として、「筑後川防災ネットワーク（風水害）」や「筑後川で発信している防災情報」を扱うこともできます。詳しい指導計画及び資料等が必要な場合は、国土交通省筑後川河川事務所河川環境課（TEL.33-9131）へ直接お問い合わせください。

図5・10 久留米市の基底指導計画への掲載

6. まとめと今後の課題

本研究の成果としては、第一に学校教育のルールに則りつつ、久留米市の教育現場で必要とされている事項を明らかにし、必要とされている内容・構成の教材を作成したことにより、学校の教員が河川教育を行うためのハードルを下げることに寄与できたことが挙げられる。第二に、検討会やヒアリングにおいて河川管理者が教育関係者と対話を重ねたことによって、教育現場の条件に合わせて、川と人との広く深い関わりについて子どもたちに理解して欲しいことも、無理なく教材に反映できたこと、以上の2点が本研究における主な成果である。

また、本研究による副次的な効果として、検討のプロセスで学校教育者と河川管理者の双方の取り組みを知ることとなり、結果として双方の関係構築につながったことが挙げられる。さらに、これらの連携の結果、久留米市の基底指導計画で本教材が紹介さ

れ、久留米市の多くの教員の目に触れる機会を得たため、久留米市内の各教員の河川教育の導入意欲の促進にもつながった。

これらの成果および副次的効果により、今後は久留米市の多くの小学校で河川教育が活発に行われ、子どもたちが水防災や河川環境保全等について理解を深めることで、人と筑後川とがつながりを取り戻し、地域防災力が向上して安全で豊かな社会が形成されることが期待される。

今後の課題としては、河川教育教材が学校の授業で活用されるための課題として、授業の実践、まずは「モデル授業」等の実践により試行・評価・改善を繰り返すことが重要である。また、川に詳しくない方も含め、多くの教員に河川教育教材のPRを行う際には、学校に日々様々な種類の教材が送られてくる現状を踏まえ、適切なPR方法や場所を工夫していく必要がある。そのほか、発展的な課題としては、河川環境や歴史等の防災関連の単元以外の教材の作成や、筑後川流域の他の市町村への展開等が考えられる。

河川は、人と自然とのかかわりのすべてを多様にかつ端的、かつ具体的に示す場であることによって、環境教育の場として最も優れたものであると言われている（建設省河川審議会川に学ぶ小委員会 1998）。しかし、現状の学校教育においては決してメジャーなテーマではない河川教育を導入するためには、本研究で例示した、川に詳しくない教員でも実施できる教材一式の提供が必要である。

そのためには、本研究の事例を踏まえ、地域の教育機関等と連携しつつ、川の教育的価値の高さを伝え、その土地固有の教材を作り上げていく姿勢が、これからの「川に学ぶ」社会を目指すうえでは重要である。

謝辞

本研究は国土交通省九州地方整備局筑後川河川事務所からの委託業務の成果を引用しており、引用の許可を頂いたことに深く感謝いたします。

なお、本研究を進めるにあたり、久留米市教育委員会をはじめとする教育関係者の皆様、特定NPO

法人筑後川流域連携倶楽部, 防災士会久留米支部局, 福岡県久留米県土整備事務所, 久留米市河川課の方々からは, 学校教育や久留米市域に関する多くの情報をいただき, 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

- 久留米市役所 (2011) 筑後川洪水ハザードマップ (久留米市全図)
- 建設省河川審議会川に学ぶ小委員会 (1998) 『川に学ぶ』社会をめざして」報告
- 文部科学省 (2008) 小学校学習指導要領解説 社会科編
- 国土交通省 九州地方整備局 (2006) 筑後川水系河川整備計画
- 日本文教出版株式会社 (2011) : 小学社会 5 下
- 菅原一成・並木和弘・宮尾博一・河崎和明・清水晃・吉野英夫 (2010) 学校教育における河川環境教育の普及展開に関する研究。河川環境総合研究所報告第 16 号 : 59-71

3. 流域管理システムの構築

1) 一級水系における水質事故の発生状況

酒井 憲司*・宮市 哲**

1. 研究の背景と目的

河川の水質は河川に排出される汚濁物質の量と河川の水量により規定される。時として通常とは異なる種類や濃度の汚濁物質が検出されたり、魚などの生物の異状が観察されることがあり、こうした事態は水質事故と呼ばれる。

水質事故が発生した場合には河川管理者は次のような対応を取ることが求められている。

- ・事故の把握
- ・事故による影響の予測と対策の実施
- ・事故の原因と原因者の究明、場合によっては対策費用の原因者への請求
- ・上級機関への報告

水質事故への対応方法については、国土交通省水管理・国土保全局（以下、水国土局という）により「水質事故対策技術」（以下、「対策技術」という）が平成7年（以下、H7年と表記）に作成され、その後、13年と21年に改訂されている。

事故への対応の結果は、最終的に、水国土局に報告されることから、同局には、全国の一級水系で発生した水質事故の報告が集約されている。本研究は、一級水系からの水質事故報告を基に、水質事故の発生状況を明らかにし、その特徴を把握することを目的として行った。

なお、当財団では、一級水系の河川で継続的に測定されている水質項目について、毎年、これまでの測定結果のとりまとめと傾向等の把握を行う予定である。本研究は、その一環として実施した。

2. 研究の方法

まず、水質事故の報告例を表2・1に示す。報告には、発生場所、日付、事故の概要、事故原因、対応状況等が盛り込まれている。水国土局より提供されたのは、H15年～21年の報告（総数9356件）であるが、15年の報告には、二級水系のものが3件含まれていたため、これらを除いた9353件を研究の対象とした。

河川管理者から報告される水質事故の定義は、「対策技術」のH21年版によれば「人為的に発生する異常水質と定義するが、適正な河川管理のために緊急対策が必要となる自然現象による異常水質を含むものとする」とされている。なお、自然現象による異常水質に関する部分はH13年版の定義には含まれていない。全ての報告を読み返す過程で、「対策技術」に記載されている原因物質と発生原因の分類、事故の範囲などについて、不十分と判断される点が見られたため、以下のような見直しを行った。

表2・1 水質事故の報告事例

地方整備局	水系名	河川名	水質事故の種類	原因物質の量	発生年月日	事故発生場所	区分2	事故の概要	上水の取水停止	事故原因	対応策の概要	原因者の判明	原因者の施工	原因者への費用請求	原因者の負担	記者発表
A	I川	Y川	油類	約200L	〇〇年△月×日	N町	直	原因者所有の廃油タンクが転倒し、周辺の用水路に油類が流出した。	無	機械の故障	国:オイルフェンス・マットの設置 土現:オイルフェンス・マットの設置 町:オイルフェンス・マットの設置	×	無	無	無	無
A	I川	J川	油類	約300L	〇〇年▽月◇日	B市	指	原因者が誤って灯油タンクのパイプを切断、油類が河川へ流出した。直轄区間への流出は無し。	無	操作ミス	土現:オイルフェンス・マットの設置	○	無	無	無	無
A	I川	G川	化学物質	約20L	〇〇年×月▲日	S市	指	原因者が健康食品の材料(×××の原液)を道路雨水溝へ投棄した。直轄区間への流出は無し。	無	不法投棄	市:バキュームでの吸上作業	○	無	無	無	無

注:報文と関係のない部分は削除した

* (財)河川環境管理財団 河川環境総合研究所 技術参与

** 日本工営(株)(前 研究第二部研究員)

① 原因物質の区分の見直し

原因物質は、「対策技術」では、自然現象、油類、化学物質、油類・化学物質以外、その他、の5区分とされている。「油類・化学物質以外」の中で、下水、家畜糞尿、工場排水、工事現場の排水は、「排水等」として別の区分とした。また、「油類・化学物質以外」と「その他」の言葉遣いが紛らわしいので、油類、化学物質、排水等に該当しない物質によるものを「その他」とし、魚の死や赤潮などの生物の異状はみられるが、水質異常が確認されず自然現象と判断されなかったものは「不明」とした。

② 発生原因の区分の見直し

発生原因は、「対策技術」では、自然現象、不法投棄、交通事故、機械の故障、操作ミス、その他、原因不明、の7区分とされている。「その他」の中には降雪や落雷、出水などの災害によるものが含まれていることから、これらを「自然災害」として別の区分とした。また、「その他」と「原因不明」の区分が明確ではないので、「その他」は不法投棄から自然災害までの原因以外の人為的原因である場合に限定し、それ以外は「原因不明」とした。

③ 水質と生物で異常なしの事例の扱い

事故報告の中には、水質の異常と生物の異状のいずれも確認されず、事故の定義からすると対象外となるものがある。しかしながら、現場確認や水質測定など何らかの対応措置が講じられているので、これらも水質事故として扱うこととした。

上記の見直しを踏まえて、本研究で用いた水質事故の原因物質と発生原因の区分と内容を表2・2に示す。表2・2の補足として、原因物質で食品工場から原料となる物質（例えば牛乳）の流出という場合は厳密には化学物質とは言えないが、工場で扱う物質ということで化学物質とした。また沈没もしくは浸水した船舶からの油類の流出は、交通事故、操作ミス等の原因も想定されるが、そうしたことが明記されていない場合は機械の故障とした。

以上の区分を基に、水質事故の発生状況について、原因物質、発生原因、季節、水系の4つの視点から解析を行った。また事故への対応状況、事故後の記者発表などの特徴についてまとめた。

表2・2 水質事故の原因物質の分類

	区分	内容
原因物質	自然現象	人為的な原因以外による異常
	油類	燃料油、機械油、食用油など
	化学物質	染料や農薬等及びそれらの洗浄水、工場の原料物質を含む
	排水等	下水、家畜ふん尿、成分不詳の工場排水等
	その他 不明	上記以外の原因物質によるもの 水質異常は不明、自然現象でない魚の死等
発生原因	自然現象	人為的な原因以外による異常
	不法投棄	故意に投棄したとみなされるもの
	交通事故	自動車や工事車両の事故、船舶の沈没等は機械の故障とする
	機械の故障	機械や設備の故障、タンクの不具合など
	操作ミス	人為的ミスが明らかなもの
	自然災害	地震、出水、落雷、強風等による事故、火災は操作ミスとする
	その他 原因不明	上記以外の人為的な発生原因によるもの 何らかの異常はあるが原因が不明

結果の前に、一級水系が国土全体に占める割合について表2・3に示す。H12年時点の流域面積と流域内人口は国土交通省のホームページ、全国の値は総務省の資料から引用したもので、一級水系は面積と人口のいずれも全国の60%強を占めている（（国土交通省）、（総務省統計局、2011））。

表2・3 一級水系の国土に占める割合（H12年）

	単位	一級水系計	日本全体	一級水系の割合
流域面積	km ²	239972	377947	63.5%
流域内人口	万人	7806	12692.6	61.5%

注：日本全体の面積はH21.10の値

3. 結果と考察

3.1 原因物質から見た水質事故の発生状況

水質事故件数を、原因物質と発生原因別に、年度毎にまとめた総括表を表3・1に示す。

原因物質別に示した水質事故の年間件数の経年変化を図3・1に示す。最大はH18年の1587件、最小は15年の985件で、平均すると1336件となる。

水質事故の原因物質別構成比の経年変化を図3・2に示す。油類が70~80%と事故の大半を占めており、化学物質が5~7%で続いている。油類と化学物質の割合は毎年ほぼ一定である。一方、自然現象、排水等、その他は年により変化が大きい。自然現象の割合が4%と7年間で最も高いH16年は、コイヘルペスによる魚の死が多数報告されていることが原因と考えられる。

表3・1 水質事故の総括表

年	件数	区分	自然現象	不法投棄	交通事故	機械の故障	操作ミス	自然災害	その他	原因不明	合計	取水停止
H15	985	自然現象	26			--			-		26	0
		油類		27	99	166	105	16	19	337	769	15
		化学物質		10	9	15	20	0	2	8	64	1
		排水等		2	0	10	3	0	0	5	20	0
		その他		0	0	2	4	0	1	37	44	2
		不明		0	0	0	0	0	1	61	62	0
		合計	26	39	108	193	132	16	23	448	985	18
(取水停止)	0	0	4	6	3	0	0	5				
H16	1186	自然現象	48			--			-		48	1
		油類		33	103	197	159	14	11	323	840	15
		化学物質		8	7	24	34	1	1	12	87	6
		排水等		1	0	21	12	1	2	4	41	1
		その他		0	0	1	0	2	1	36	40	2
		不明		1	0	0	0	0	0	129	130	0
		合計	48	43	110	243	205	18	15	504	1186	25
(取水停止)	1	3	2	6	6	0	0	7				
H17	1292	自然現象	40			--			-		40	0
		油類		39	111	226	184	15	15	362	952	25
		化学物質		4	7	30	32	1	3	8	85	1
		排水等		1	0	24	18	0	4	0	47	2
		その他		1	0	0	6	0	0	73	80	1
		不明		0	0	0	0	0	1	87	88	0
		合計	40	45	118	280	240	16	23	530	1292	29
(取水停止)	0	0	4	11	7	1	0	6				
H18	1587	自然現象	47			--			-		47	0
		油類		58	133	268	257	47	18	457	1238	25
		化学物質		7	6	29	35	1	2	7	87	4
		排水等		2	0	17	12	0	0	1	32	2
		その他		2	0	2	12	0	2	66	84	7
		不明		0	0	0	0	1	0	98	99	0
		合計	47	69	139	316	316	49	22	629	1587	38
(取水停止)	0	2	4	5	12	1	0	14				
H19	1378	自然現象	19			--			-		19	0
		油類		62	150	226	189	8	17	450	1102	22
		化学物質		8	2	41	38	1	5	5	100	3
		排水等		0	0	13	17	2	2	3	37	2
		その他		0	0	0	4	0	0	57	61	5
		不明		2	0	0	0	0	1	56	59	0
		合計	19	72	152	280	248	11	25	571	1378	32
(取水停止)	0	1	4	10	5	1	0	11				
H20	1512	自然現象	24			--			-		24	0
		油類		60	192	260	213	10	22	453	1210	31
		化学物質		10	4	34	50	0	3	10	111	1
		排水等		0	0	24	18	1	4	1	48	0
		その他		0	0	1	2	1	2	75	81	1
		不明		2	2	0	0	0	0	34	38	0
		合計	24	72	198	319	283	12	31	573	1512	33
(取水停止)	0	0	4	7	10	0	1	11				
H21	1413	自然現象	43			--			-		43	1
		油類		58	177	232	203	9	8	414	1101	12
		化学物質		13	3	22	27	0	4	12	81	4
		排水等		2	0	23	14	2	0	1	42	3
		その他		0	0	0	6	0	3	64	73	2
		不明		0	0	0	0	0	0	73	73	0
		合計	43	73	180	277	250	11	15	564	1413	22
(取水停止)	1	1	0	8	6	1	0	5				

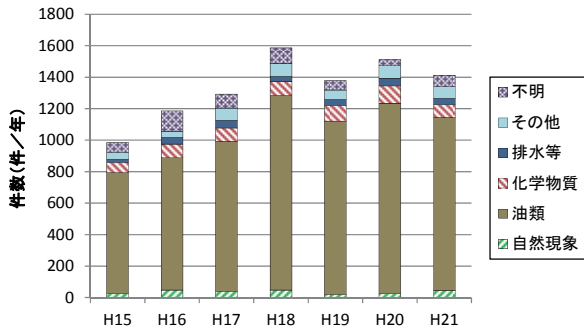


図3・1 水質事故件数の経年変化 (原因物質別)

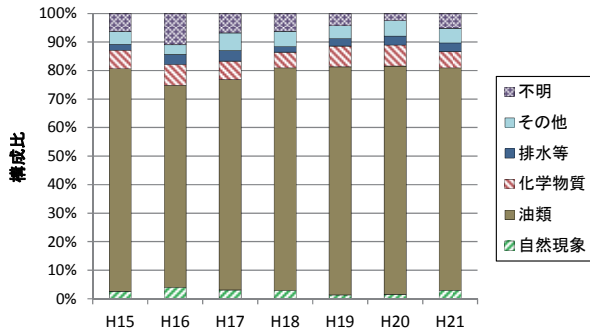


図3・2 水質事故の原因物質別構成の経年変化

原因物質が不明の割合は3~12%と変動が大きい。不明とされた事故の大半は魚の死に関するもので、原因物質が明らかではなく、自然現象と判断されなかった魚の死が、平均で事故の6%程度を占めている。

3.2 発生原因から見た水質事故の発生状況

水質事故の発生原因別構成比の経年変化を図3・3に示す。発生原因が不明とされた割合は毎年40%前後であり、原因が明らかにされたのは60%前後にとどまっている。発生原因が明らかにされた中では、機械の故障、操作ミス、交通事故が大半を占めており、割合はそれぞれ20~22%、13~20%、9~13%である。不法投棄と判断されたものは3~5%である。自然災害は

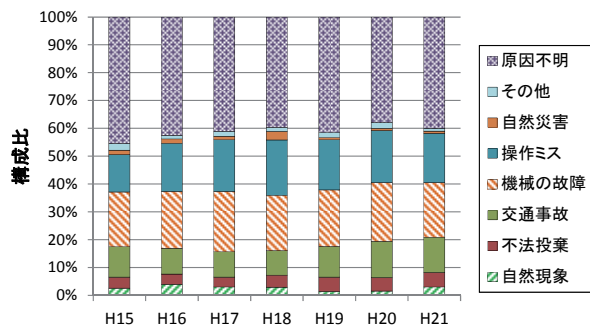


図3・3 水質事故の発生原因別構成の経年変化

0.8~3%と年によるばらつきが大きい。自然災害の割合が最も高いH18年は、降雪に伴う事故が多いことから、H18年豪雪の影響と考えられる。

3.3 季節から見た水質事故の発生状況

H15年~21年の平均値で求めた月別の水質事故件数を図3・4に示す。事故件数は6月が最も多く、1月が最も少ない。6月については7年間で最多月であった年が5回あり、残り2回も3位以内で、毎年、事故が多い。一方、1月については、最小月であった年は7年間で4回であるが、残り3回は少ない順で5位もしくは6位であり、年によりばらつきがある。

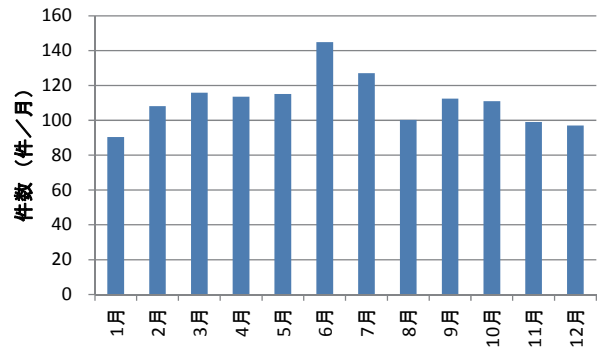


図3・4 月別の水質事故件数

各月の原因物質別構成比を図3・5に示す。油類が大半を占めているが、その割合は4月~11月が70%台であるのに対して、12月~3月は80%を上回っている。暖房等で油類を扱うことの多い時期に、油類の割合が少し増加していることがうかがえる。一方、自然現象は6月が5.8%で最も高く、2月が0.3%で最も低い。自然現象で取り上げられているのが魚の死、アオコや赤潮の発生等であることから、水温の高い夏から秋に多くなると考えられる。

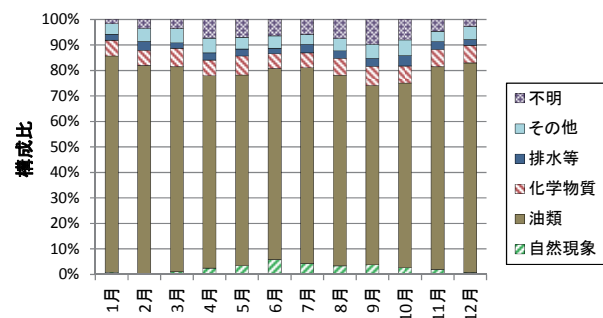


図3・5 月別の原因物質別構成比

表3・2 水系別の水質事故発生状況（その1）

地方名	水系名	事故件数								流域面積 (km ²)	流域内人口 (万人)	面積当り 発生状況 (件/千km ²)	人口当り 発生状況 (件/10万人)
		H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	平均				
北海道	天塩川水系	9	6	3	9	7	8	5	6.7	5590	9.4	1.2	7.2
	留萌川水系	5	2	2	7	0	5	2	3.3	270	1.9	12.2	17.4
	石狩川水系	46	63	75	79	60	55	47	60.7	14330	259.3	4.2	2.3
	尻別川水系	2	0	1	0	0	3	1	1.0	1640	3.7	0.6	2.7
	後志利別川水系	0	0	3	6	0	1	2	1.7	720	1.2	2.4	14.3
	鷲川水系	2	0	0	1	0	0	1	0.6	1270	1.2	0.4	4.6
	沙流川水系	3	3	1	3	1	2	3	2.3	1350	1.5	1.7	15.0
	十勝川水系	25	9	13	16	14	11	7	13.6	9010	34.0	1.5	4.0
	釧路川水系	4	9	13	9	20	14	16	12.1	2510	17.4	4.8	7.0
	網走川水系	8	8	6	5	6	6	5	6.3	1380	5.2	4.6	12.2
	常呂川水系	5	5	9	1	4	1	8	4.7	1930	14.1	2.4	3.3
	湧別川水系	0	0	2	1	0	0	1	0.6	1480	3.4	0.4	1.7
	渚滑川水系	0	1	0	1	0	1	0	0.4	1240	1.3	0.3	3.2
東北	阿武隈川水系	2	19	37	42	43	51	29	31.9	5400	138.9	5.9	2.3
	名取川水系	3	2	4	14	8	12	4	6.7	939	47.4	7.2	1.4
	鳴瀬川水系	2	2	9	7	15	2	3	5.7	1130	17.5	5.1	3.3
	北上川水系	6	17	45	65	44	61	47	40.7	10150	138.7	4.0	2.9
	馬淵川水系	1	1	3	2	5	5	6	3.3	2050	18.5	1.6	1.8
	高瀬川水系	0	1	3	1	4	9	2	2.9	866.9	7.7	3.3	3.7
	岩木川水系	0	3	8	14	4	8	14	7.3	2540	47.7	2.9	1.5
	米代川水系	0	9	13	31	17	10	26	15.1	4100	24.6	3.7	6.1
	雄物川水系	1	7	8	32	20	18	25	15.9	4710	66.8	3.4	2.4
	子吉川水系	0	0	3	5	4	7	8	3.9	1190	7.6	3.2	5.0
	最上川水系	9	35	59	111	49	63	63	55.6	7040	100.0	7.9	5.6
	赤川水系	0	0	5	12	8	17	11	7.6	857	10.9	8.8	6.9
関東	久慈川水系	0	4	3	0	2	3	6	2.6	1490	20.2	1.7	1.3
	那珂川水系	18	14	17	13	21	10	24	16.7	3270	92.3	5.1	1.8
	利根川水系	180	196	183	235	212	241	222	209.9	16840	1264.6	12.5	1.7
	荒川水系	13	40	48	40	26	47	36	35.7	2940	946.5	12.1	0.4
	多摩川水系	35	13	18	19	14	19	20	19.7	1240	361.4	15.9	0.5
	鶴見川水系	15	10	5	5	3	1	3	6.0	235	191.5	25.5	0.3
	相模川水系	38	33	42	28	39	42	34	36.6	1680	130.4	21.8	2.8
	富士川水系	11	10	10	8	5	11	8	9.0	3990	114.8	2.3	0.8
北陸	荒川水系	2	5	3	3	5	12	7	5.3	1150	4.0	4.6	13.2
	阿賀野川水系	13	22	32	40	14	16	21	22.6	7710	58.1	2.9	3.9
	信濃川水系	77	130	95	104	71	100	110	98.1	11900	296.8	8.2	3.3
	関川水系	2	30	9	24	13	12	14	14.9	1140	21.2	13.0	7.0
	姫川水系	0	4	2	2	2	3	1	2.0	722	1.8	2.8	10.9
	黒部川水系	0	0	0	0	1	0	1	0.3	682	0.2	0.4	13.7
	常願寺川水系	1	1	0	2	2	1	2	1.3	368	2.9	3.5	4.4
	神通川水系	12	10	6	5	13	8	17	10.1	2720	37.9	3.7	2.7
	庄川水系	0	4	5	4	4	11	7	5.0	1189	4.7	4.2	10.6
	小矢部川水系	3	10	11	9	30	10	6	11.3	667	27.8	16.9	4.1
	手取川水系	0	1	0	2	2	0	2	1.0	809	4.0	1.2	2.5
	梯川水系	2	2	1	3	5	8	3	3.4	271.2	11.6	12.6	3.0
	不明			1					0.1				
中部	狩野川水系	10	6	3	4	1	4	8	5.1	852	47.3	6.0	1.1
	安倍川水系	2	0	9	10	5	3	5	4.9	567	17.4	8.6	2.8
	大井川水系	0	0	0	1	0	1	2	0.6	1280	8.5	0.4	0.7
	菊川水系	4	1	0	1	1	4	1	1.7	158	7.1	10.8	2.4
	天竜川水系	18	15	11	16	15	18	17	15.7	5090	72.4	3.1	2.2
	豊川水系	15	3	7	7	6	3	1	6.0	724	21.4	8.3	2.8
	矢作川水系	16	11	18	6	3	4	8	9.4	1830	71.3	5.2	1.3
	庄内川水系	15	4	17	17	3	8	4	9.7	1010	250.4	9.6	0.4
	木曾川水系	70	13	28	34	32	44	51	38.9	9100	193.2	4.3	2.0
	鈴鹿川水系	7	7	3	8	4	4	4	5.3	323	11.8	16.4	4.5
	雲出川水系	5	5	11	1	3	2	1	4.0	550	8.5	7.3	4.7
	櫛田川水系	0	3	2	23	0	3	2	4.7	436	3.9	10.8	11.9
	宮川水系	1	6	5	7	5	2	8	4.9	920	14.2	5.3	3.4
	不明	1	21	1					3.3				

表3・2 水系別の水質事故発生状況（その2）

地方名	水系名	事故件数								流域面積 (km ²)	流域内人口 (万人)	面積当り 発生状況 (件/千km ²)	人口当り 発生状況 (件/10万人)
		H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	平均				
近畿	新宮川水系	2	4	3	1	2	0	1	1.9	2360	5.1	0.8	3.6
	紀の川水系	8	10	18	13	5	2	4	8.6	1750	68.6	4.9	1.2
	大和川水系	13	19	22	27	10	18	17	18.0	1070	214.4	16.8	0.8
	淀川水系	32	49	49	74	80	70	48	57.4	8240	1091.9	7.0	0.5
	加古川水系	3	10	6	16	5	6	6	7.4	1730	64.2	4.3	1.2
	揖保川水系	2	6	6	3	5	5	4	4.4	810	14.3	5.5	3.1
	九頭竜川水系	20	13	15	23	24	23	16	19.1	2930	65.0	6.5	2.9
	北川水系	0	3	0	2	3	2	3	1.9	210.2	2.1	8.8	8.9
中国	由良川水系	14	11	9	2	11	1	3	7.3	1880	17.3	3.9	4.2
	円山川水系	12	7	11	11	5	9	6	8.7	1300	14.7	6.7	5.9
	千代川水系	6	0	0	3	3	14	8	4.9	1190	20.3	4.1	2.4
	天神川水系	2	1	0	2	6	13	7	4.4	490	6.3	9.0	7.0
	日野川水系	1	1	1	1	2	2	8	2.3	870	6.1	2.6	3.8
	斐伊川水系	22	33	64	46	61	65	75	52.3	2070	43.8	25.3	11.9
	江の川水系	11	2	1	7	6	9	7	6.1	3900	19.4	1.6	3.2
	高津川水系	5	0	1	2	5	5	2	2.9	1090	3.6	2.6	7.9
	佐波川水系	0	4	4	0	1	2	0	1.6	460	3.0	3.4	5.3
	小瀬川水系	2	0	0	0	1	0	1	0.6	340	2.5	1.7	2.3
	太田川水系	15	2	5	4	20	24	24	13.4	1710	99.2	7.9	1.4
	芦田川水系	0	1	0	0	4	4	7	2.3	860	26.7	2.7	0.9
	高粱川水系	3	2	3	6	3	18	11	6.6	2670	27.0	2.5	2.4
	旭川水系	5	7	9	6	6	17	13	9.0	1810	33.3	5.0	2.7
	吉井川水系	2	7	5	13	6	16	13	8.9	2110	29.0	4.2	3.1
	四国	重信川水系	2	3	3	4	1	4	3	2.9	445	24.0	6.4
肱川水系		3	1	1	2	5	4	1	2.4	1210	10.9	2.0	2.2
渡川水系		3	4	3	2	0	2	1	2.1	2183.8	9.8	1.0	2.2
仁淀川水系		0	2	3	8	6	5	1	3.6	1560	10.1	2.3	3.5
物部川水系		1	0	2	3	3	0	0	1.3	508	3.9	2.5	3.3
那賀川水系		0	5	1	0	1	2	0	1.3	874	5.3	1.5	2.4
吉野川水系		2	2	12	1	2	5	5	4.1	3750	63.5	1.1	0.7
土器川水系		1	2	0	2	2	0	1	1.1	127	3.8	9.0	3.0
九州	遠賀川水系	21	30	18	32	26	18	9	22.0	1026	65.0	21.4	3.4
	松浦川水系	0	2	1	5	10	7	12	5.3	446	9.7	11.9	5.5
	本明川水系	1	1	4	3	7	5	0	3.0	87	5.6	34.5	5.3
	六角川水系	0	4	1	10	13	7	13	6.9	319.9	12.1	21.4	5.7
	嘉瀬川水系	2	3	1	4	7	4	2	3.3	353	13.0	9.3	2.5
	筑後川水系	7	15	6	15	35	30	27	19.3	2860	110.8	6.7	1.7
	矢部川水系	1	2	0	1	5	1	3	1.9	647	17.5	2.9	1.1
	菊池川水系	7	15	20	15	11	16	6	12.9	996	22.0	12.9	5.8
	白川水系	2	2	0	1	3	3	6	2.4	480	13.4	5.1	1.8
	緑川水系	2	6	5	12	7	8	14	7.7	1100	53.2	7.0	1.5
	球磨川水系	5	5	9	6	10	6	3	6.3	1880	13.1	3.3	4.8
	川内川水系	4	18	7	7	2	2	2	6.0	1600	19.2	3.8	3.1
	肝属川水系	3	6	4	3	5	3	2	3.7	505.8	11.6	7.3	3.2
	大淀川水系	9	19	17	19	34	18	12	18.3	2204.1	59.9	8.3	3.1
	小丸川水系	2	3	1	2	2	4	3	2.4	474	3.1	5.1	7.7
	五ヶ瀬川水系	5	5	4	3	3	3	1	3.4	1820	12.3	1.9	2.8
	番匠川水系	1	0	0	4	2	1	0	1.1	464	5.5	2.5	2.1
	大野川水系	2	0	3	0	4	0	4	1.9	1465	21.1	1.3	0.9
大分川水系	0	1	2	4	2	4	4	2.4	650	25.5	3.7	1.0	
山国川水系	0	2	1	2	1	0	2	1.1	540	3.4	2.1	3.4	
一級水系計	985	1186	1292	1587	1378	1512	1413	1336.1	239972	7806	5.6	1.7	

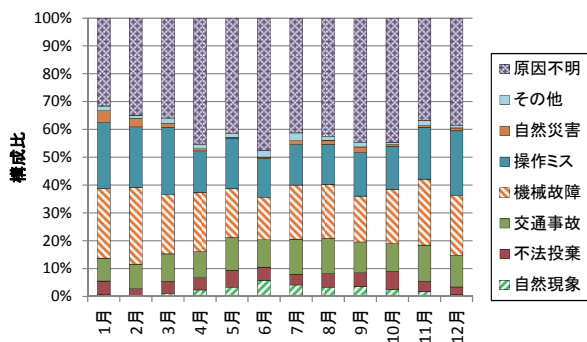


図3・6 月別の発生原因別構成比

各月の発生原因別構成比を図3・6に示す。原因不明は、夏に高く、冬に低い傾向があり、交通事故も冬に低い。操作ミスと自然災害は冬に高い。自然災害では、降雪によるものがH18年に多かったことの影響を受けており、18年を除くと季節性は明確ではない。

3.4 水系から見た水質事故の発生状況

全国の一級水系別に見たH15年～21年の水質事故件数と各水系の流域面積及び流域内人口を表3・2に示す。流域面積と流域内人口は国土交通省の資料によるもので、いずれもH12年時点の値である(国土交通省)。

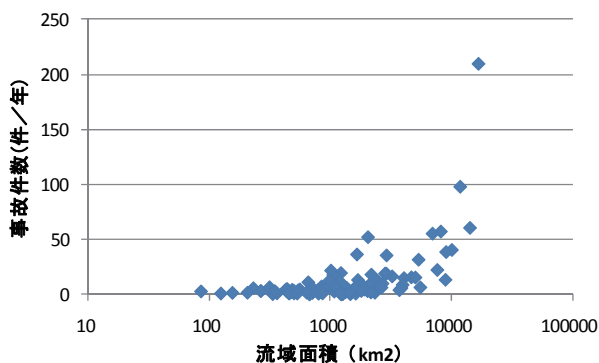


図3・7 流域面積と水質事故件数

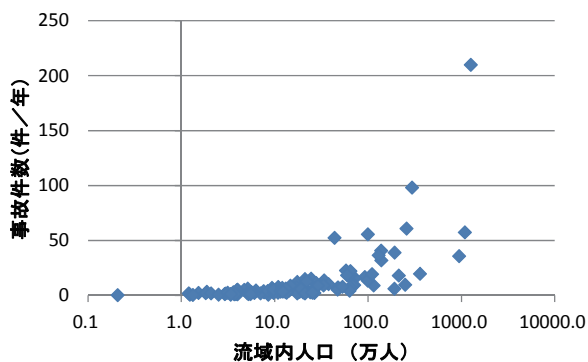


図3・8 流域内人口と水質事故件数

流域面積と水質事故件数の関係を図3・7、流域内人口と水質事故件数の関係を図3・8に示す。流域面積もしくは流域内人口が大きいほど事故件数は多くなっているが、ばらつきがかなりある。面積や人口だけでは説明のできない、水系毎の事情があると考えられる。

水質事故件数、流域面積当りおよび流域内人口当りの事故件数について、上位10水系を表3・3に示す。

事故件数は、流域面積の大きな水系が上位に並んでいる。その中で、利根川水系は全水系の16%と飛び抜けて高い。逆に、表3・2から、流域面積3500km²以上と大きいにもかかわらず、事故件数の少ない水系は、天塩川、十勝川、江の川、吉野川である。事故件数の増減について、多くの水系では明確な傾向は見られない。その中で、H19年-21年とそれ以前の比較で、19-21年で明らかに増加しているのは、太田川、松浦川、筑後川で、逆に、減少しているのは、鶴見川、紀の川である。

流域面積当りの事故件数は、本明川、鶴見川、六角川等、流域面積が500 km²以下の水系が上位にある。一方、斐伊川、相模川、大和川、多摩川という流域面積1000km²以上の水系も含まれており、これらは、都市河川もしくは大きな湖沼を有する水系である。

流域内人口当りの事故件数は、斐伊川以外は、流域内人口5万人以下の水系が並んでいる。

注目すべきは、表3・3の3項目全てでランクインしている斐伊川水系である。斐伊川水系には、宍道湖と中海が含まれており、これらの湖沼では漁業や観光等の社会活動が活発に行われていることが背景として考えられる。

表3・3 水系別の水質事故ランキング

順位	事故件数 (件/年)		流域面積当り (件/千km ² /年)		流域人口当り (件/10万人/年)	
	水系名	値	水系名	値	水系名	値
1	利根川	210	本明川	34.5	留萌川	17.4
2	信濃川	98	鶴見川	25.5	沙流川	15.0
3	石狩川	61	斐伊川	25.3	後志利別川	14.3
4	淀川	57	相模川	21.8	黒部川	13.7
5	最上川	56	遠賀川	21.4	荒川(北陸)	13.2
6	斐伊川	52	六角川	21.4	網走川	12.2
7	北上川	41	小矢部川	16.9	斐伊川	11.9
8	木曾川	39	大和川	16.8	櫛田川	11.9
9	相模川	37	鈴鹿川	16.4	姫川	10.9
10	阿武隈川	32	多摩川	15.9	庄川	10.6
	全水系計	1336	全水系平均	5.6	全水系平均	1.7

3.5 取水停止の発生状況

水質事故により水道の取水停止に至る場合がある。取水停止となった件数の経年変化を図3・9に示す。取水停止に至った事故は、年間に18～38件発生しており、事故全体に占める割合は2%前後である。

原因物質別では油類が最も多く、全体の74%を占めている。化学物質は24%と高い年もあるが平均すると10%である。自然現象はH16年と21年に1件ずつあり、油膜のようなものと珪藻類が原因と報告されている。

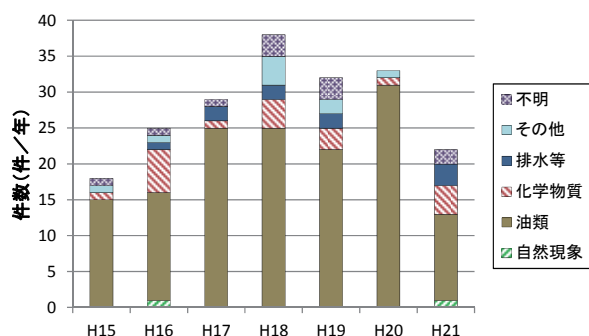


図3・9 水質事故による取水停止件数の経年変化

3.6 水質事故への対応措置の実施状況

水質事故に対しては、現場確認、情報伝達、水質測定などの緊急対応とともに、必要に応じて事故終息のために、原因物質の拡大抑制、原因物質や魚等の回収、原因物質の処理等の措置が、原因者や河川管理者、自治体（消防、警察を含む）等により実施されている。上記の対応措置の実施機関を図3・10に示す。複数の機関により対応措置が取られることがあるので、各機関の対応率の合計は100%を超える。対応率が最も高いのは国（海上保安庁を除く）、都道府県（警察と保健所を除く）、市町村（消防を除く）で、各々事故全体の

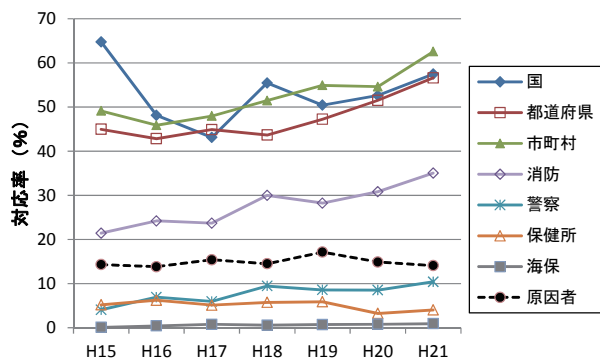


図3・10 水質事故への対応措置の実施機関

50%前後である。これらに消防、原因者、警察、保健所、海上保安庁が続く。原因者による対応は15%前後であり、水質事故への対応は国、都道府県、市町村と消防等の機関が中心となって行われている。

7年間の動向として対応率が増加しているのは都道府県、市町村、消防、警察、海上保安庁であり、減少しているのは保健所である。

水質事故の対応措置の中で、原因物質の拡大抑制等、事故終息のための措置の実施状況を原因物質別に年度毎にまとめた結果を表3・4に示す。フェンスの設置と原因物質の回収は重複して実施されることがあり、その場合には重複して計上している。

水質事故の大半を占める油類による事故における対応措置の実施状況を図3・11に示す。フェンスやマット等による拡大抑制は、事故件数の60%程度で実施されている。逆に言えば拡大抑制の措置を必要としなかった、もしくは措置が間に合わなかった事故が40%程度あることが分かる。原因物質（油類）の回収は10数%、原因物質の処理は5%前後で実施されており、対応措置の中心は拡大抑制である。

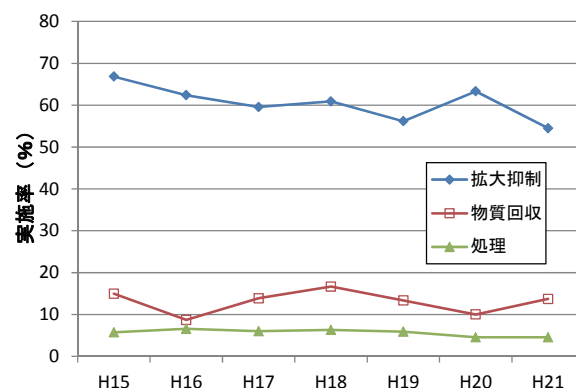


図3・11 油類の事故への対応措置の経年変化

原因物質が化学物質の場合は、7年間の平均で、拡大抑制が15%、原因物質の回収が21%、魚の回収が10%、処理が5%であり、原因物質の回収が最も多い。

原因物質が自然現象と「不明」の場合は、魚の死に関連する事故が多いため、対応措置の大半は魚の回収である。事故件数に対する魚の回収の割合は、自然現象の場合は31%に対して、「不明」の場合は53%と、差がある。これは事故件数に占める魚の死の割合が、「不明」の方が高かったためと考えられる。

表3・4 水質事故への対応措置の実施状況

年	原因物質	事故 件数	拡大抑制				原因物質等の回収			処理	
			フェンス	マット	フェンス とマット	土嚢 のみ	物質	容器・ 車等	魚	中和	その他
H15	自然現象	26	3	0	0	0	0	0	11	0	0
	油類	769	333	377	196	0	115	3	2	41	3
	化学物質	64	5	7	2	4	24	0	6	3	0
	排水等	20	4	1	1	1	5	0	2	0	1
	その他	44	7	6	3	0	2	0	5	0	0
	不明	62	1	0	0	0	0	0	38	0	0
合計	985	353	391	202	5	146	3	64	44	4	
H16	自然現象	48	2	1	1	0	0	0	25	0	0
	油類	840	304	384	164	1	73	1	5	43	12
	化学物質	87	7	4	2	2	15	0	9	2	0
	排水等	41	2	1	1	2	7	0	5	0	1
	その他	40	4	1	0	3	3	2	3	0	0
	不明	130	3	3	1	0	0	0	69	0	0
合計	1186	322	394	169	8	98	3	116	45	13	
H17	自然現象	40	0	1	0	0	0	0	12	0	0
	油類	952	361	390	184	0	132	4	1	56	1
	化学物質	85	6	7	4	2	10	0	10	3	1
	排水等	47	4	3	2	2	8	0	5	0	0
	その他	80	4	3	1	0	2	0	8	0	0
	不明	88	1	0	0	0	0	0	48	1	0
合計	1292	376	404	191	4	152	4	84	60	2	
H18	自然現象	47	2	2	1	0	1	0	10	0	0
	油類	1238	462	590	298	0	206	3	0	69	9
	化学物質	87	4	3	2	5	14	0	9	6	2
	排水等	32	2	3	1	1	4	0	0	0	0
	その他	84	10	8	2	0	4	0	4	0	1
	不明	99	4	3	3	0	0	0	57	0	0
合計	1587	484	609	307	6	229	3	80	75	12	
H19	自然現象	19	1	1	1	1	1	0	6	0	0
	油類	1102	352	476	209	0	147	7	1	57	8
	化学物質	100	9	8	3	1	20	0	16	8	2
	排水等	37	2	3	1	1	13	0	1	0	1
	その他	61	3	2	1	0	1	0	3	0	0
	不明	59	0	0	0	0	0	0	40	0	0
合計	1378	367	490	215	3	182	7	67	65	11	
H20	自然現象	24	3	3	2	0	0	0	6	0	0
	油類	1210	455	614	303	2	121	6	1	48	7
	化学物質	111	14	17	10	3	28	1	5	2	0
	排水等	48	3	4	1	3	5	0	0	0	1
	その他	81	7	3	3	2	2	0	4	0	0
	不明	38	3	0	0	0	0	0	15	0	0
合計	1512	485	641	319	10	156	7	31	50	8	
H21	自然現象	43	5	3	1	0	0	0	6	0	0
	油類	1101	346	510	256	0	151	3	0	42	8
	化学物質	81	8	5	4	0	16	0	7	4	0
	排水等	42	1	3	1	3	8	0	1	0	0
	その他	73	5	2	2	0	3	0	2	0	0
	不明	73	1	1	0	0	1	0	24	0	0
合計	1413	366	524	264	3	179	3	40	46	8	

注: 拡大抑制で、「フェンスとマット」の値はフェンス及びマットの値の内数

3.7 水質事故の原因者への対応状況

水質事故を起こした原因者が判明した割合の経年変化を図3・12に示す。原因者の判明状況は、表2・1の「原因者の判明」欄の記載を基に集計したが、原因不明や自然現象とされながら判明と記入されたものがあり、これらは誤記載とみなして、除外した。原因者の判明率は50%程度で、近年わずかながら上昇している。

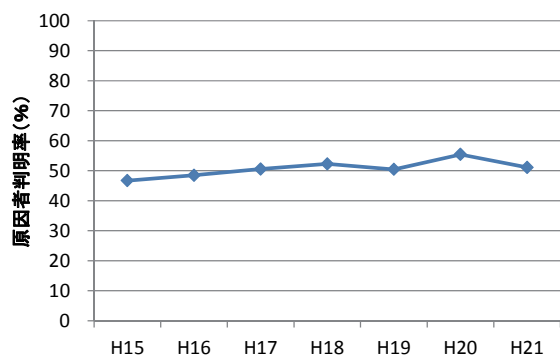


図3・12 原因者判明率の経年変化

水質事故に対する対応措置を原因者以外が実施した場合であっても、その費用は原因者が負担すべきものである。平成9年の河川法の改正により、水質事故等により必要となった河川の維持について、原因者に施行を命じ、または原因者に必要な費用を負担させることができるよう措置された、とされている（国土交通省水質連絡会、2001）。水質事故の原因者と判明した者に対して、河川管理者が実施した対応措置に関する費用を請求した割合の経年変化を図3・13に示す。請求率は概ね20～30%であるが、H21年は35%と高い。

上記の費用請求に対して、事故の原因者が全額もしくは一部の負担に応じた割合は、H19年は85%と低いが、それ以外の年では94～99%である。

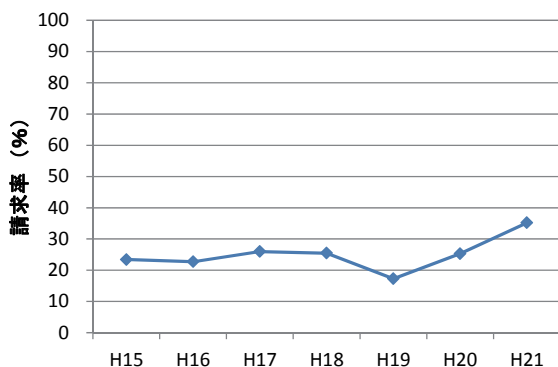


図3・13 原因者に対する費用請求率の経年変化

3.8 記者発表の状況

水質事故に関して記者発表された件数の事故総数に占める割合の経年変化を、事故全体と取水停止事故に分けて図3・14に示す。事故全体ではH15年～18年までは20%程度であったが、19年以降低下し、21年には11%となっている。一方、取水停止事故では50%前後が記者発表されており、事故の社会的影響の大きさを反映した結果と考えられる。なお、記者発表＝報道、ではないので、どの程度報道されたかはわからない。

記者発表の対象となった事故の原因物質別の構成比の経年変化を図3・15に示す。油類が70%前後で最も多いが、事故全体に占める割合と比べると若干低い。

逆に記者発表の割合が事故全体の割合より高いのは自然現象と「不明」である。自然現象ではコイヘルペスや酸欠等による魚の死、淡水赤潮等の生物の異変、土砂崩落による異変等が取り上げられている。「不明」も魚の死が多いことから、水質事故では生物の異変を伴う事故がより多く記者発表されているといえる。

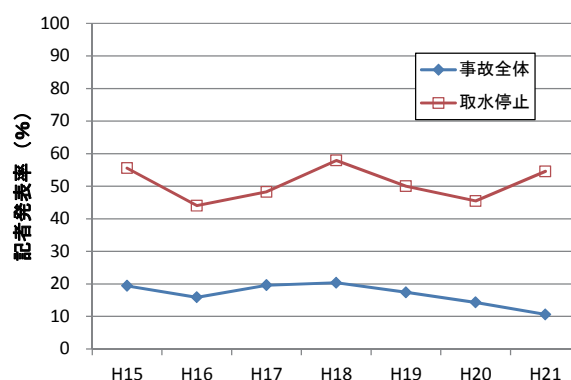


図3・14 水質事故の記者発表率の経年変化

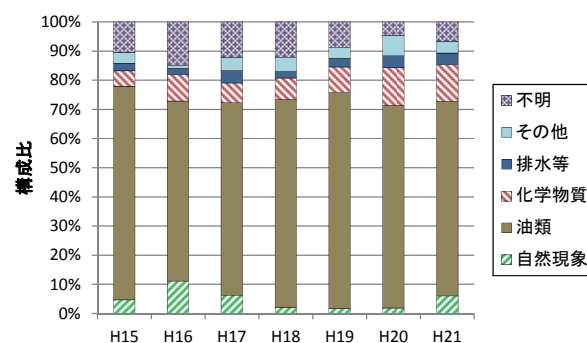


図3・15 記者発表対象事故の原因物質別構成比の経年変化

3.9 魚の異変の発生状況

水質事故と判断された、魚の死等の魚の異変の発生状況を原因物質別にまとめた結果を図3・16に示す。魚の異変は年間100～200件程度発生している。原因物質別では「不明」が最も多く、次いで自然現象となっている。年間発生件数はH16年が最も多いが、これは猛威を振るったコイヘルペスの影響と考えられる。

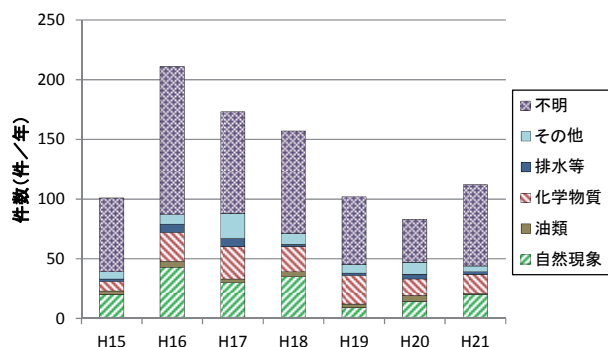


図3・16 魚の異変の経年変化 (原因物質別)

4. まとめ

H15年～21年の一級河川における水質事故の発生状況について、次のようにまとめることができる。

- ① 年間に1,300件前後の水質事故が発生している。
- ② 原因物質では、油類が最も多く全体の70～80%を占めており、次に多い化学物質は5～7%である。
- ③ 発生原因では、原因不明が40%前後あり、原因が明らかになったものの中では、機械の故障、操作ミス、交通事故が多い。
- ④ 月別では、6月が最も多く、1月が最も少ない。油類の事故の割合は、12月～3月が他の月よりやや高い。
- ⑤ 水系別では、流域面積の大きな水系ほど事故件数が多く、利根川水系は全体の16%と飛び抜けて多い。流域面積当り、流域内人口当りから見て事故件数が多いのは、斐伊川水系である。
- ⑥ 取水停止に至った事故は事故件数の約2%であり、原因物質は大半が油類である。
- ⑦ 事故への対応措置の実施は国、都道府県、市町村と消防が中心となって行われており、原因者による措

置は事故件数の15%程度である。

- ⑧ 事故終息への措置としては、油類の事故ではオイルフェンスなどによる拡大抑制が主で、他に原因物質の回収や処理が行われている。原因物質により措置の内容が異なっている。
- ⑨ 原因者の20～30%に対して対応費用の請求が行われており、大半は支払にに応じている。
- ⑩ 事故について記者発表されるのは発生件数の10～20%と低いが、取水停止を伴う事故については50%前後と高い。魚の死や赤潮等の生物の異変に関する事故は、他の事故より多く記者発表されている。
- ⑪ 魚の死等の魚の異変により水質事故と判断された件数は、年間100～200件である。半数以上は原因が不明とされている。

参考文献

国土交通省：一級水系における流域等の面積、総人口、一般資産額等について、国土交通省ホームページ（河川、基本情報、統計・調査結果）

総務省統計局：日本の統計2011

国土交通省水質連絡会：水質事故対策技術（2001年版）、2001、技報堂出版

2) 生物多様性の豊かな堤防植生を創出させる 緑化技術開発～第一報～

佐々木 博章*, 河崎 和明**, 益子 隆一***, 福田 正晴****, 柴田 邦善*****

1. はじめに

本研究における緑化技術開発は、生物多様性の豊かな堤防植生を適度な人為的な管理の下で、創出するものである。

本研究は研究期間を5年予定している。

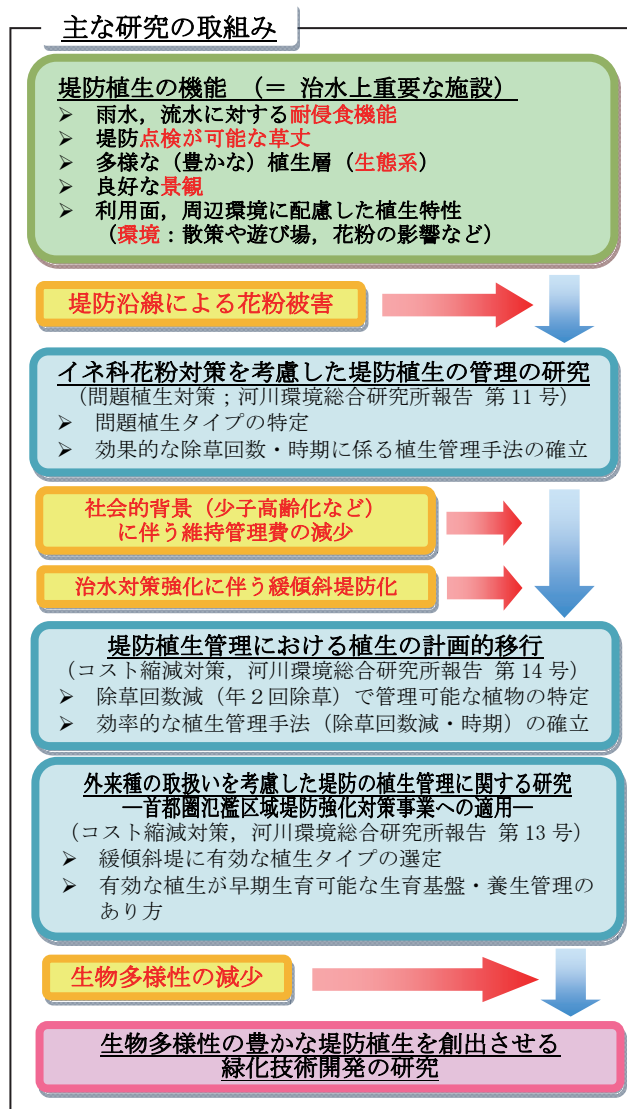
本稿では第一報として、研究までの経緯・目的・体制・内容を報告するとともに、結果が得られたチガヤと他の在来植物から構成される半自然草地（チガヤと他の在来植物が共存）とチガヤタイプ草地の土壌調査・根毛量・根茎強度の調査結果ならびに、緑化技術の植栽工法実験結果を記す。

1.1 研究の経緯

堤防植生は堤防が土で構成されていることから、耐侵食機能を確保するために、シバを用いて確保してきた。しかし、シバを維持するための維持管理コスト（年に5回程度の刈り取り（以降、除草という））が高いことや、年2回程度の除草では外来種の侵入による花粉症の発生などの諸問題が発生し、その対応が求められた。

当財団では右図に示すように、イネ科花粉症防止やコスト縮減への対応という観点から、堤防植生の主な植生タイプ別（シバ (*Zoysia japonica*), チガヤ (*I. cylindrica* (L.) Beauv.), 外来牧草（ネズミホソムギ (*Lolium × hybridum*) 他）の耐侵食特性、除草回数・時期による堤防植生の遷移特性等、堤防植生管理手法に係る研究の取組みを行ってきた。

その研究過程で、シバに代わる堤防植生として、日本古来より生育するチガヤの堤防に着目し、その導入における生育基盤や養生管理のあり方においても研究を行った。



* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第3部主任研究員
 ** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 審議役
 *** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第3部主任研究員
 **** 前河川環境総合研究所 技術参与
 ***** 前河川環境総合研究所 研究第3部研究員

その結果、チガヤは除草回数・時期を工夫することにより、堤防植生に求められる治水機能、環境機能を維持しつつ、外来牧草の生育および拡大を防除可能なことが明らかになった。

一方、生物多様性の減少を受け、「生物多様性基本法」が制定される等、生物多様性に関する要望が高まっている。そこで、適度な人為的管理（堤防除草）で維持可能な生物多様性に富んだ堤防植生を創出・保全しうる緑化技術（生態緑化技術：Eco-Friendly Green Technology）を開発することにした。

1.2 研究の目的

主な関東直轄河川における堤防植生タイプは、堤防植生の特性と堤防植生管理計画における研究により、シバ、チガヤ、外来牧草（ネズミホソムギ等）、その他植生タイプ（オギ・ススキ、広葉タイプ）の4タイプに分類された。

そのうち、年2回の除草で管理されているチガヤ堤防は、日本古来の在来植物であるノアザミ (*Cirsium japonicum*)、スミレ (*Viola mandshurica*) 等が共存している箇所（利根川 93.0k 付近右岸周囲堤）があることが明らかになった。



ノアザミ



スミレ (アリアケスミレ)

このように、日本の河川堤防に多く見られるチガヤは、先述の研究経緯に示す研究成果から、現在の堤防植生管理下（年2回除草）においても、“侵食作用から河川堤防を守る”という治水機能を維持しつつ、ネズミホソムギ等の外来牧草の生育を抑制しながら、生物多様性に富んだ緑地空間を創出・維持し得る可能性が見出された。

そこで、幅広い研究者の協力を得て、当財団のこれまでの堤防植生に関する研究成果を踏まえ、耐侵食性に優れたチガヤを優占種とし、かつ日本固有の多様な野草（在来植物）を創出させ、維持管理コス

トを軽減しつつ、洪水に強く、「日本の四季を実感できる緑空間」を効率的に創造しようとする堤防緑化技術の開発を行うものとした。

1.3 チガヤの特性

以下、本研究の対象とするチガヤの特性について記す。

チガヤは、イネ科キビ亜科に属している。種内には多様な変異が記載されており、出穂稈の節毛の有無により、有毛のチガヤ（フシゲチガヤ）と無毛のケナシチガヤに区分されている。

チガヤの形態は、草原に生育する多年草で長い根茎を横方向に伸長させる。草丈は 10~150cm で、環境による変異が大きい。葉身は平らで長さが 10~100cm、幅 7~20mm であり両端とも細くとがり、基部はしばしば葉鞘との間で柄状となる。

花期は関東地方ではケナシチガヤが 5 月、フシゲチガヤが 6 月であり重ならない。花序は長さ 10~20cm の円錐で、全体が円柱状になり、銀白色の長毛でおおわれる。平均の結実率は平均でケナシチガヤが 79%、フシゲチガヤが 32%、ケナシチガヤの方が変動が少ない、採種直後の発芽率は 70%以上と発芽条件が良い。また、実生の生育もケナシチガヤの方がフシゲチガヤに比べて 2 倍以上を示す結果が報告されている。

生息場所は、ケナシチガヤは多湿地、フシゲチガヤは排水良好な場所に多く、極めて広い土壌条件下で生育可能で、貧栄養な土壌条件下でも他の草種に対して高い競争力を示す。また、チガヤは非常に多様な立地に生育が可能であり、多くの種と共存できる。チガヤは地下の根茎に全乾物重の 40~50%を蓄積しているため、刈り取り後の再生が極めて早く、1年に数回の地上部の刈り取りにより持続的に維持されている。

種子繁殖は、成熟した種子が長毛を有する小穂ごと風によって散布されるか穂ごと地上に落下する種子は休眠性を有さず気温 25~35℃の湿潤条件下で速やかに発芽する。このため、埋土種子集団は形成されない。（富永達ほか 2007）

2. 研究の体制と内容

本研究は、堤防植生の維持管理の上で有効かつ、チガヤと共存可能な在来植物を広い地域で効率的に共存させるために、その対応が可能な研究の体制・内容とした。

2.1 研究体制

研究の実施にあたっては、(財)河川環境管理財団が事務局となって『EFGT(生態緑化技術)研究会』を組織し、東京農業大学・根本教授を始めとする以下の学識者等の参画を得ながら実施している。

◇ EFGT 研究会 委員名簿 (50 音順)

小笠原 勝 宇都宮大学 教授
 河崎 和明 (財)河川環境管理財団
 佐々木 寧 埼玉大学 教授
 根本 正之 東京農大 教授 (座 長)
 富永 達 京都大学 教授
 服部 保 兵庫県立大学 教授
 山田 晋 東京大学 助教
 (福田 正晴 前 (財)河川環境管理財団)

2.2 研究内容

緑化技術の開発に向けた研究項目は、

- ①モデル植生箇所の生態および堤防機能調査
 - ②在来植物栽培試験
 - ③現存するチガヤ堤防の種組成調査
 - ④全国の堤防植生実態調査
 - ⑤外来種の侵入・定着メカニズム解析
 - ⑥緑化技術工法の試作・実証実験
 - ⑦緑化技術の手引書の作成
- の7項目である。

2.2.1 モデル植生箇所の生態および堤防機能調査

緑化技術の目標である“生物多様性のあるチガヤと他の在来植物から構成される半自然草地”が現実

に成立している堤防法面を“モデル植生箇所”として選定し、その生態系としての機能を把握する生態系調査、小動物調査。さらに堤防機能を把握する調査を実施する。

表 2・1 モデル植生調査の詳細調査項目一覧

生態系調査	ベルトトランセクトによる植物調査 フェノロジー(開花時期)調査 生育範囲の広がり調査
小動物調査	陸上昆虫調査
堤防機能調査	築堤履歴調査 土壌調査(粒度, 含水比, NPK) 根毛量・根茎強度調査

2.2.2 在来植物栽培試験

本試験は、チガヤと共存している在来植物の植物特性として、発芽特性・生育特性および維持・保全するために必要な条件を把握する。

その試験により得られた基礎情報は、緑化技術への適用性(チガヤとの共存の可否)に加え、これらの在来植物を安定供給するため、採種から幼苗育成までの栽培システムの確立や実際の河川堤防における在来植物の環境適応性を判断する知見として整理する。

表 2・2 在来植物栽培試験の詳細調査項目一覧

発芽率・発芽特性試験
土質別生育調査 (対象土: 関西の淀川・関東の利根川の築堤材料)
耐陰性試験
耐刈り取り性試験

2.2.3 現存するチガヤ堤防の種類組成調査

チガヤ堤防において共存している在来植物の生態的特性を把握するため、種類組成や群落を調査する。

2.2.4 全国の堤防植生実態調査

全国のチガヤと多様な在来植物が生育している箇所を調査し、チガヤを中心とした在来植物の生育環境を維持・保全するために必要な条件(維持管理方法、土壌条件等)を明確にする。

2.2.5 外来種の侵入・定着メカニズム解析

多様性を有する堤防植生は、現行の除草管理の中で創出させることが必要である。ここでは、チガヤと他の在来種からなる緑地空間の創出を図るため、外来種（帰化植物）の河川堤防への侵入や拡大の現状を把握するとともに、そのメカニズムを解析する。

2.2.6 緑化技術工法等の試作・実証実験

チガヤと他の在来植物からなる堤防植生が、速やかに創出可能な緑化技術の開発のため、実験施工により各種のチガヤ植栽工の施工性・効果等を確認する。

表 2・3 試作・実証実験の詳細実験項目一覧

基盤工法・資材選定実験
多様性導入実験
実証実験

2.2.7 緑化技術の手引書の作成

緑化技術の目的と手法、留意事項が簡便に理解できる手引書を作成する。また、チガヤと共存する在来植物の生育予測が視覚的に可能となるシミュレーションモデルを開発する。

3. モデル植生箇所の堤防機能調査

3.1 調査箇所の概要と調査内容

調査箇所は、利根川上流管内における既往の植生調査結果等から、本研究が目標とする生物多様性のあるチガヤと他の在来植物から構成される半自然草地在が現実に成立している大室地先（利根川 93.0k 付近周囲堤右岸表法）の堤防法面とした。

このような植生状況となっているのは、かつて多様な在来植物が生育する茅場（茅・^{かや} 稈^{まぐさ}を採取する草刈り場）であった田中調節池内の土壌を築堤に用いたことと、築堤後も除草が継続実施されたことによるものと考えられる。

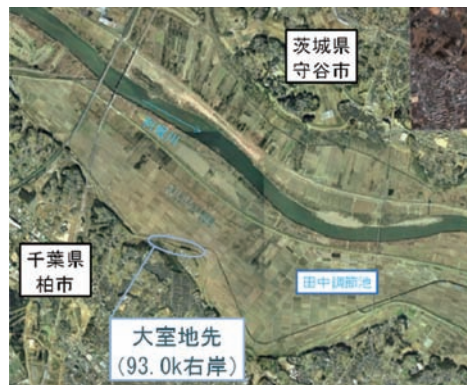


図 3・1 堤防機能調査位置図（利根川大室地先）



写真 3・1 ホットスポット全景
(黄色い花：ウマノアシガタ (Ranunculus japonicus))

このような生物多様性を有する半自然草地を目標とした緑化技術によって創出される堤防植生が、必要な治水機能（耐侵食力）を保持することを確認するために、大室地先において、半自然草地（チガヤと他の在来植物が共存）および比較対象箇所として、近傍のチガヤタイプ（在来植物の共存が少ない）箇所を対象に、堤防機能調査を実施した。測定した項目は土壌調査、根毛量、根茎強度である。

3.2 土壌調査

半自然草地とチガヤタイプ箇所において、生育に直接的に影響する土壌の物理特性（粒度組成・含水比）、化学特性（pH・全窒素・有効態リン酸・置換性カリウム）を分析した。

3.2.1 試料採取

試料は、後述する根毛量調査時のものを使用した。

3.2.2 調査結果

(1) 半自然草地の土壤調査結果

土壤の物理特性は、概観および粒径加積曲線より、砂質粘性土であることが示された。また、含水比は50～60%程度であった。

化学特性においては、pHが6.1と中性の土壤であることが示された。また、置換性カリウムの量が平均値117(法上140,法中120,法下91)と多い値を示した。

(2) チガヤタイプ箇所の土壤調査結果

土壤の物理特性は、概観および粒径加積曲線より、わずかに細礫が混ざった細礫まじりシルト質砂であり、含水比は砂質土であるため半自然草地の約半分の24.9%であった。

化学特性は、pHが6.4と中性の土壤であることが示された。また、置換性カリウムの量は、27mg/kgと半自然草地の23%であった。

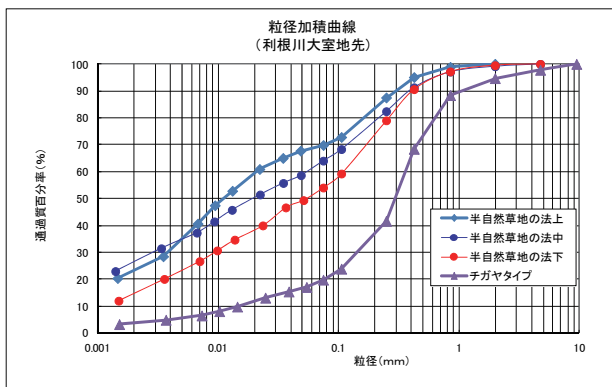


図3・2 粒径加積曲線

表3・1 土壤試験結果一覧

土壤特性項目	調査箇所			
	法上	法中	法下	チガヤタイプ
分類名	砂質粘性土			細礫まじりシルト質砂
含水比(%)	62.8	54.5	50.7	24.9
土壤硬度(mm)	13.7	13.3	13.7	12.0
pH	6.1 (22.4℃)	6.1 (22.3℃)	6.1 (22.1℃)	6.4 (22.3℃)
全窒素(mg/g)	1.1	0.98	0.85	0.73
有効態リン酸(mg/kg)	<50	<50	<50	<50
置換性カリウム(mg/kg)	140	120	91	27

(3) まとめ

半自然草地(チガヤと他の在来植物が共存)の生育基盤は、中性土壤であり、シルト分と置換性カリウムが多く含まれ、含水比が高い傾向にある。

3.3 根毛量調査

堤防植生の根系は、土堤において耐侵食機能をもたらす重要な組織である。そのため、緑化技術によって創出するチガヤと在来植物の群落においても、根系が適切に発達することで、これらの機能が確実に保持されている必要がある。

このことを確認するために、緑化技術のモデル植生箇所と位置付けている利根川大室地先において、半自然草地とチガヤタイプ箇所を対象に、根毛量調査を実施した。

3.3.1 調査方法

根毛量調査は以下の方法により実施した。

(1) 試料採取

対象箇所にて直径10cm・深さ20cmの根毛量を含んだ土壤のコアを出水期後のH22年10月18日に採取した。



写真3・2 コアサンプラーによる試料採取作業

(2) 採取箇所と採取量

半自然草地では、法肩付近と法尻付近では在来植生の生育種、生育状況が異なることから、法上・法中・法下の3箇所で採取した。採取量は1箇所につき3反復(3試料)の計9試料を採取した。

チガヤタイプ箇所(大室地先の近傍)では、反復無しの1箇所、1試料を採取した。

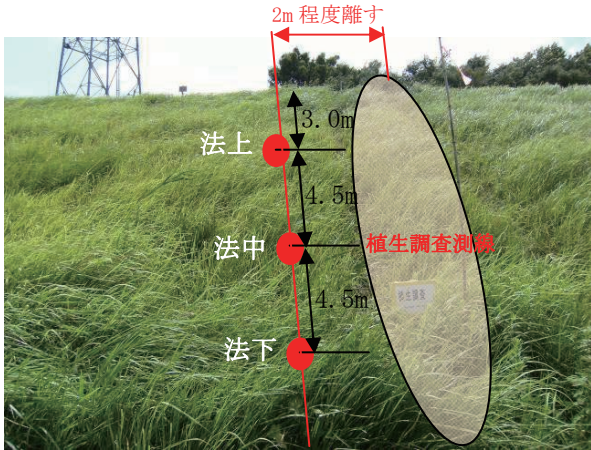


写真 3・3 半自然草地根毛量試料採取箇所



写真 3・4 チガヤタイプ箇所全景



写真 3・5 採取試料

(3) 根毛量計量手法

現地で採取した試料は、表層より深さ 0~3cm, 3~6cm, 6~10cm, 10~20cm のサンプルに分割した後に、水洗いによって根毛のみを取り出し、根毛重量を測定した。この結果を、各々のサンプルにおける単位体積 (1cm³) 当りの根毛量に換算した。



図 3・3 洗い出された根毛
(半自然草地上段, 表層下 10~20cm)

3.3.2 調査結果

根毛量の測定結果は、半自然草地とチガヤタイプ箇所の根毛量比較と根毛量の深度分布にとりまとめた。

(1) 半自然草地およびチガヤタイプ箇所の根毛量比較結果

チガヤタイプ箇所の結果は、関東管内におけるチガヤ植生堤防の調査結果が多くあることから、その結果と合わせて比較した。

根毛量の比較結果は図 3・4~3・7 に示すように、チガヤと在来種を中心とする半自然草地の方が、チガヤタイプ箇所より多くの根毛量を持っている結果が得られた。

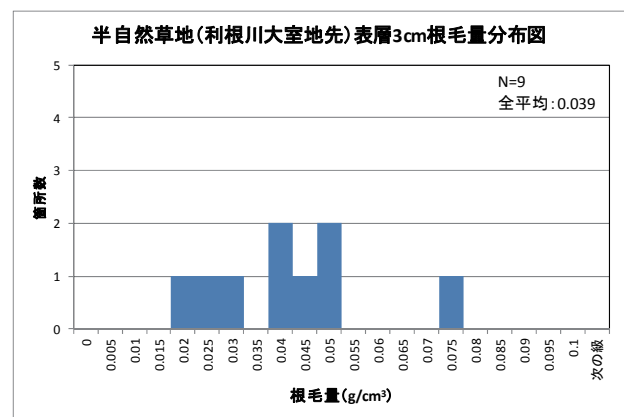


図 3・4 半自然的草地根毛量調査表層下 0~3cm 結果

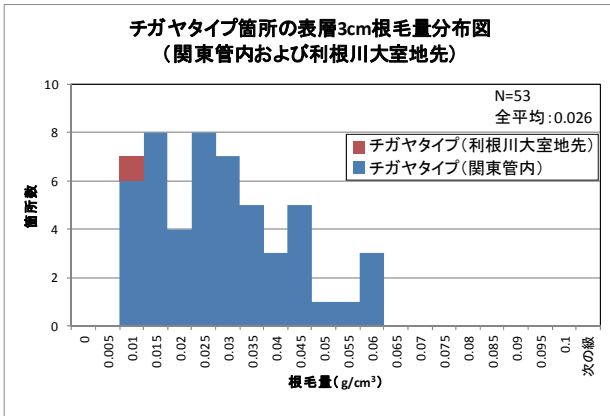


図3・5 チガヤタイプ箇所（利根川大室地先）と関東管内チガヤ堤防箇所根毛量調査表層下0～3cm結果

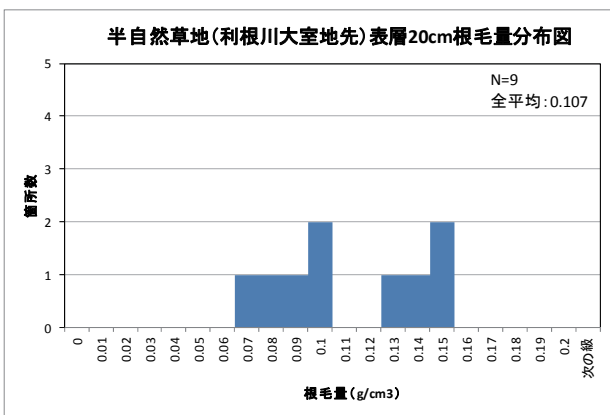


図3・6 半自然的草地根毛量調査表層下0～20cm結果

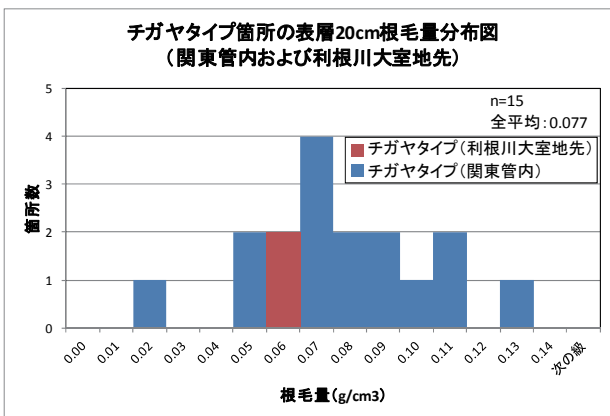


図3・7 チガヤタイプ箇所（利根川大室地先）と関東管内チガヤ堤防箇所根毛量調査表層下0～20cm結果

(2) 根毛量の深度分布結果

チガヤと在来種を中心とする半自然草地では、表層下0～3cmの範囲で最も根毛量が多く、概ね0.03g/cm³以上の値を示した。

また、その反面チガヤタイプ箇所では表層0～3cmの根毛量が少なく、さらに深い箇所においても、半自然草地と同程度かそれ以下の根毛量であった。

チガヤタイプ箇所において表層下0～3cmの根毛量が半自然草地より小さいのは、チガヤが地下茎を地中深く伸ばす種であり、他の植物種ほどには表層付近の根系が発達しないことが影響していると考えられる。

(3) まとめ

半自然草地およびチガヤタイプ箇所の根毛量比較結果では、半自然草地の方が多くの根毛量を持っていた。さらに、根毛量の震度分布結果でも、半自然草地の方が表層0～3cmにおいて根毛量が多いことから、チガヤと多様な在来植物が共存する半自然草地の堤防植生を創出することで、シバとともに土壌緊縛力が高く、侵食防止に適すると言われているチガヤタイプ植生よりも堤防表層の治水機能向上に寄与できるものと考えられる。

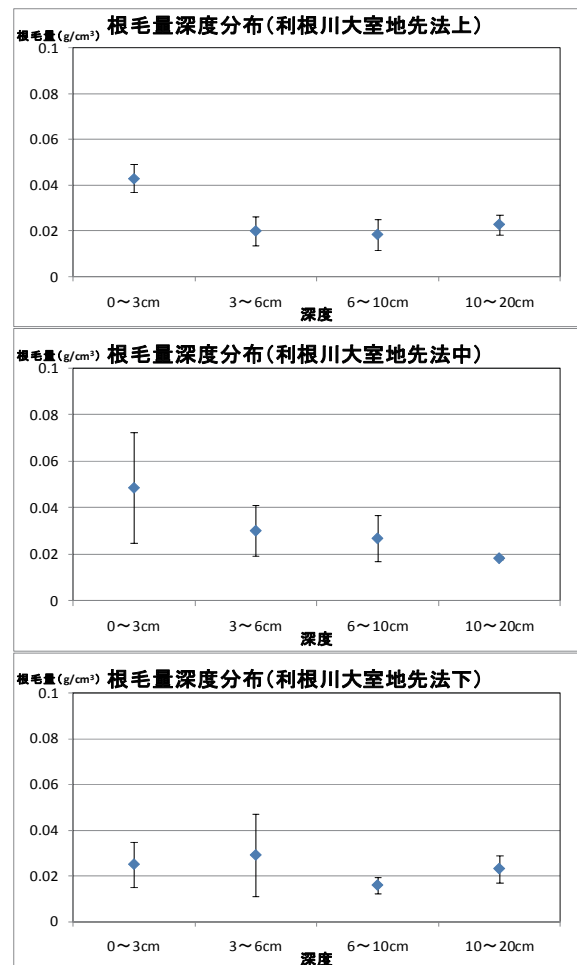


図3・8 半自然的草地 根毛量深度分布結果

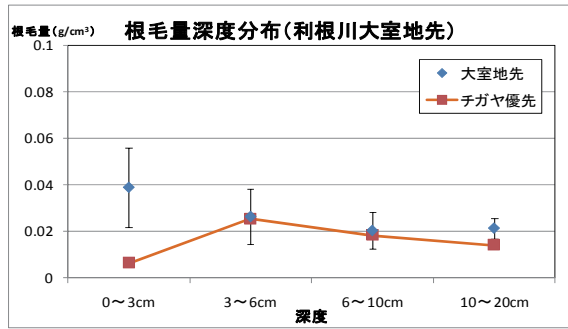


図3・9 半自然的草地（上中下平均）とチガヤタイプ箇所の根毛量深度分布結果

3.4 根茎強度調査

根茎強度調査は、簡易に堤防表層の根茎の強度を調査する手法である。

本調査では、根毛量調査地点の近くで調査を行い、根毛量調査結果との関係を調べた。

3.4.1 調査方法

ベーン式根茎強度計により表層下3cmの根系のせん断力 (kgf・cm) を測定した。また、根茎強度と土壌の関係把握するために土壌硬度を測定した。

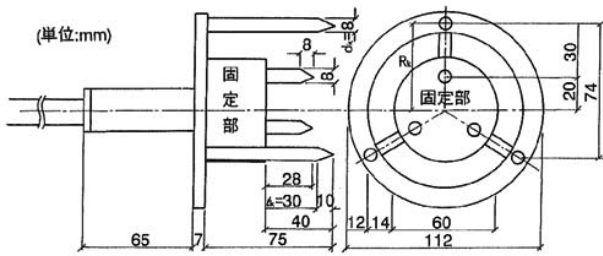


図3・10 ベーン式根茎強度計（先端部）構造図

3.4.2 調査結果

チガヤと在来種を中心とする半自然草地での根茎強度は、既往のシバ、チガヤ調査結果よりも小さい値であった。

また、一般的に根毛量と根茎強度は正の相関があると考えられているが、今回の調査結果では、根毛量に対する根茎強度は既往結果より小さい値を示し、相関性が悪い結果となった。

土壌硬度に対する根茎強度は、土壌硬度が高い値を示したことから、チガヤ以外の在来種が比較的固い地盤でも生育可能な特性を有していることが考えられる。

なお、シバの根茎強度が他の植生より高いのは、シバのほふく茎の引っ張り強度を計測しているため、ほふく茎を持たないシバ以外の植物とは根の強度が異なるためと考えられる。

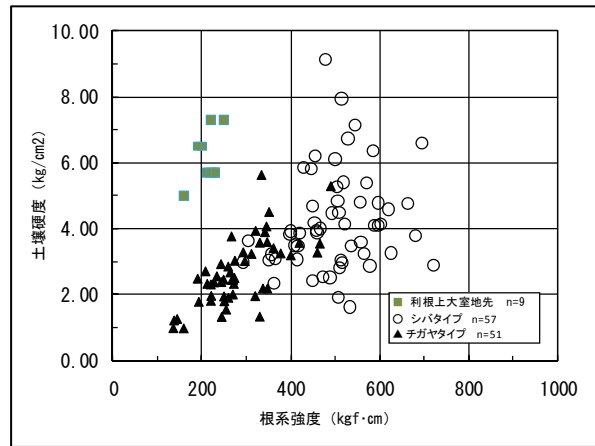


図3・11 半自然草地および関東管内調査における土壌硬度と根茎強度の関係

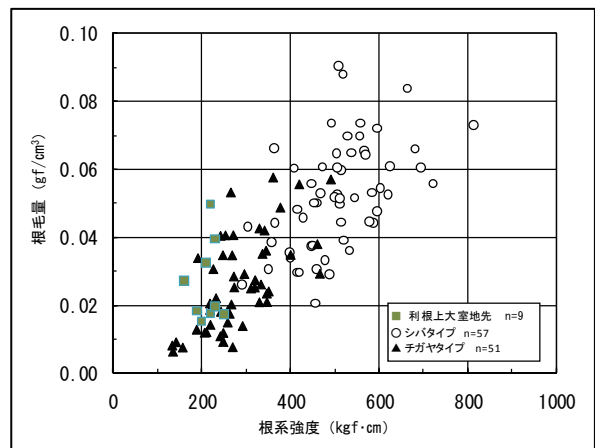


図3・12 半自然草地および関東管内調査における根毛量と根茎強度の関係

3.5 堤防機能調査結果の分析

堤防機能調査の総括として、その結果を整理した。

半自然草地（チガヤと他の在来植物が共存）が適した生育基盤は、中性土壌であり、シルト分と置換性カリウムが多く含まれ、含水比が高い傾向である。

また、治水機能は、チガヤタイプ箇所比べ、表層0～3cmにおいて根毛量が多いことから、シバとともに土壌緊縛力が高く、堤防の侵食防止機能の保持に適すると考えられたが、根毛量に対する根茎強度が比較的小さい値を示しており、根茎強度では芝と同量のほふく茎を持たないことが影響していることが考えられた。そのため、今後もデータを蓄積し分析する必要がある。

4. 緑化技術工法に係る植栽工法実験

本実験は、河川堤防において耐侵食性に優れるチガヤと在来植物を共存させる緑化技術を開発するため、その基盤技術となるチガヤ植栽に関わる各種工法から、最も有効な工法を選定するものである。

実験内容は、河川堤防の維持管理のコスト軽減を考慮しつつ、基盤技術となるチガヤ植栽に関わる各種工法とその施工時期がチガヤの生育に及ぼす影響を把握するとともに、各種植栽工法の生育特性を把握するものである。

実験地は、実際の堤防と同様の地盤材料と強度および自然環境を有している堤防に隣接した実験地を選定し、単位面積1.0m×1.0m (1m²) に余裕幅を加えた1.5m×1.5mのコドロードを比較し検証が可能となるよう各種工法を3面ずつ、ランダムに配置した。

実験に用いる植栽工法はこれまでの施工や実験の実績を考慮しつつ、経済的かつ効果的に創出することが可能と考えられる①種子吹付工、②苗吹付工、③植生マット工とした。その各植生工の施工時期は、チガヤの発芽特性およびこれまでの堤防植生施工時期を考慮し、6月、9月、3月を基本に実施した。

なお、植栽後は河川堤防と同様の年2回除草の維持管理を行っていくことで、現河川堤防の生育条件との整合を図り、チガヤの生育状況観測を約3年間する予定となっているため、第一報として、これまでに実験施工を終えている平成22年7月～平成23年6月施工の結果について報告する。



写真 4・1 基盤工法実験地全景

表 4・1 実験の実施工程等の一覧

実施目的, 時期	実施工法
H22年7月 ①記録的な猛暑のため、散水による生育の可能性を把握 ②種子吹付の適した種子量を把握 ③各工法の資材特性を把握	・種子吹付：1,000粒/m ² 5,000粒/m ² 10,000粒/m ² ・苗吹付 ・植生マット ・無施工(対照区)
H23年3月 ①休眠中の苗を使用した基盤工法の生育特性を把握 ※種子吹付は、チガヤの発芽特性である降雨・気温条件より、実施しない。	・苗吹付 ・植生マット ・無施工(対照区) ※7月施工の結果より、苗吹付資材の内容を一部変更
H23年6月 ①梅雨時期の生育特性を把握 ②施肥の有効性を確認 ※実績のある苗を使用した基盤工法は、チガヤ生育条件に適した気温・降雨のある時期のため、実施しない。	・種子吹付： 施肥無し 5,000粒/m ² 施肥有り 5,000粒/m ² ※7月施工の結果より、種子量を5,000粒に決定
H23年9月 ①秋雨時期の生育特性を把握(気温25°以上の期間を対象)	・種子吹付：5,000粒/m ² ・苗吹付 ・植生マット ・無施工(対照区)

4.1 チガヤの種子採取方法

チガヤの種子は、販売している種子が外国産であることと地域固有の遺伝子の攪乱防止に配慮し、実験地からほど近い利根川の田中調節池内部の堤防法尻に自生している箇所から採取した。

当該地の採取時期は、5月下旬晴天時の冠毛が乾いた状態の日に、風散布直前の種子を採取した。



写真 4・2 チガヤの採取状況

冠毛から種子の分離は、写真 4・3 に示す器材を用いて行った。

分離方法は、以下の①～③の手順で行った。

- ①紙の上に写真 4・3 に示す器材 b (筒に網をたるませて張る) を置いて、その網に冠毛付の種を置き器材 a でこすり、種だけを紙に落とす。
- ②器材 c (ふるい：網目 1mm) に①の種を落とし、種とゴミを分離する。
- ③②の種を紙上で種と細かいゴミを分離する。

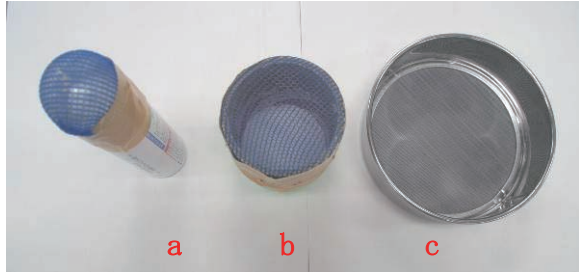


写真 4・3 チガヤ種子の分離器材

4.3 植栽工法の特徴および資材

本実験で行う植栽工法は、経済的かつ効果的に創出することが可能と考えられる以下に示す 3 工法および比較のため植生無施工を実験に加えた。

- ①種子吹付工
- ②苗吹付工
- ③植生マット工
- ④植生無施工 (雑草の侵入状況の把握)

4.3.1 種子吹付工の特徴・資材

(1) 工法の特徴

- ・材料費が比較的安価で、施工が容易。ただし、チガヤ種子の金額は、市場単価がないため考慮していない、考慮した場合は種子の量が多いため高価となる。
- ・施工条件として発芽時期は、最低気温25°程度を必要すること。また、実際の施工においては、散水養生を行わないため、適度な降雨量を必要とする。
- ・初期成長が遅いため、治水機能を有するまで6カ月程度かかると考えられている。
- ・施肥については、チガヤが貧栄養による生育に適していることおよび過去の実験結果と他の施工事例を参考に無施肥とする。

(2) 工法の資材内容

表4・1 種子吹付工資材一覧

品目	規格	使用料
チガヤ種子	軸、綿毛なし	5,000 粒/m ² ※7月分では併せて 10,000 粒/m ² 、1,000 粒/m ²
土壌安定剤	アクリル酸系樹脂 ・酢酸ビニル系樹脂	2 cc/1 コドロード
木質繊維ファイバー		405 g/1 コドロード
水		6 l/1 コドロード

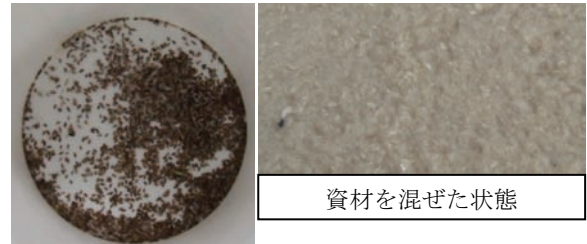


写真 4・4 種子吹付工施工時

4.3.2 苗吹付工の特徴・資材

(1) 工法の特徴

- 材料費は3工法の中では平均的な価格であり、施工が容易な工法である。ただし、チガヤ種子の金額は、市場単価がないため考慮していない、考慮した場合は種子の量が全工法の平均となるため平均価格となる。
- 苗と苗の間に隙間が生じるため、初期段階の治水機能を確保出来ない。
- 施肥はチガヤが貧栄養による生育に適していることおよび過去の実験結果と他の施工事例を参考にするとともに、苗にはある程度の栄養が必要となることを考慮し、バーク堆肥以外の施肥を使用しないこととした。

(2) 工法の資材内容

当初計画では、ピートモスを用いたが、H22年7月施工の生育状況を踏まえ、ピートモスは保水性が低下するため使用しないこととした。さらに、苗の露出度を抑えるためバーク堆肥を7.5ℓ/1コドラード、赤玉土をその2倍の15.0ℓ/1コドラード使用することとした。

表4・2 苗吹付工資材一覧

品目	規格	使用料
チガヤ苗	φ1~2cm程度	25本/m ²
バーク堆肥	細粒	7.5ℓ/1コドラード
赤玉土		15.0ℓ/1コドラード
土壤安定剤	アクリル酸系樹脂 ・酢酸ビニル系樹脂	22.5cc/1コドラード
水		7ℓ/1コドラード



写真 4・5 苗吹付工施工時

4.3.3 植生マット工の特徴・資材

(1) 工法の特徴

- 材料費が高価であり、やや施工手間を要する工法である。ただし、チガヤ種子の金額は、市場単価がないため考慮していない、考慮した場合は種子の量が最も少ないため安価となる。
- 3工法中、施工時期による影響が最も少なく、定着がしやすい。
- 目土とヤシ繊維基盤に育成されたチガヤ苗のため、初期段階から治水機能（侵食防止）を確保出来る。
- 種子の生育度合いはかならずしも一様ではないことから、均一な製品の確保が困難である。

(2) 工法の資材内容

表4・3 植生マット工資材一覧

品目	規格	使用料
チガヤマット	ヤシ繊維基盤+ ポリプロピレンネット +目土	2.25 m ²
目土		適量



写真 4・6 植生マット工施工時

4.4 散水養生

実験地は、堤防同様の締め固めを行った地盤のため土壌硬度が高い、さらに日当たりが良く、排水路をコドロードの間に設けているため排水性が良く、乾燥しやすい場所である。

散水養生は、施工コスト軽減を考慮し基本的には実施しない計画である。しかし、2010年7月施工は、記録的な猛暑が続くという異常気象のため散水を行った。

4.4.1 散水量と気象データ

散水実施期間は、気象庁の長期予報では10月頃まで猛暑が続くとのことから、9月30日まで実施した。

散水は、7月20日（火）～8月7日（土）の3週間では、毎日（日曜日を除いて）実施した。その後の8月9日（月）～9月30日（木）の期間では、週2回（3日に1度）の割合で実施した。

7月16日施工後において、異常気象対策として実施した日散水量（mm）ならびに、実験地に温度計を設置し観測した地温・気温（℃）の記録を図4・1に示す。また、実験地に最も近傍にあたる我孫子観測所の気象データとして、日雨量（mm）、最高気温（℃）、日照時間（h）の観測値を示す。

◇ 気象庁による平成22年6月～8月の状況発表

（気象庁2010年9月1日）

2010年6月～8月の日本の平均気温の平年差*は+1.64℃と、夏の気温としては統計を開始した1898年以降で、第1位の高い記録となった。

今夏における各月の日本の月平均気温の平年差は、6月が+1.24℃で第5位、7月が+1.42℃で第11位だったものの、8月は+2.25℃（第1位）の高温となった。

※平年差とは平均気温から平年値を差し引いた値（平年偏差ともいう）です。平年値としては1971～2000年の30年平均値を使用している。

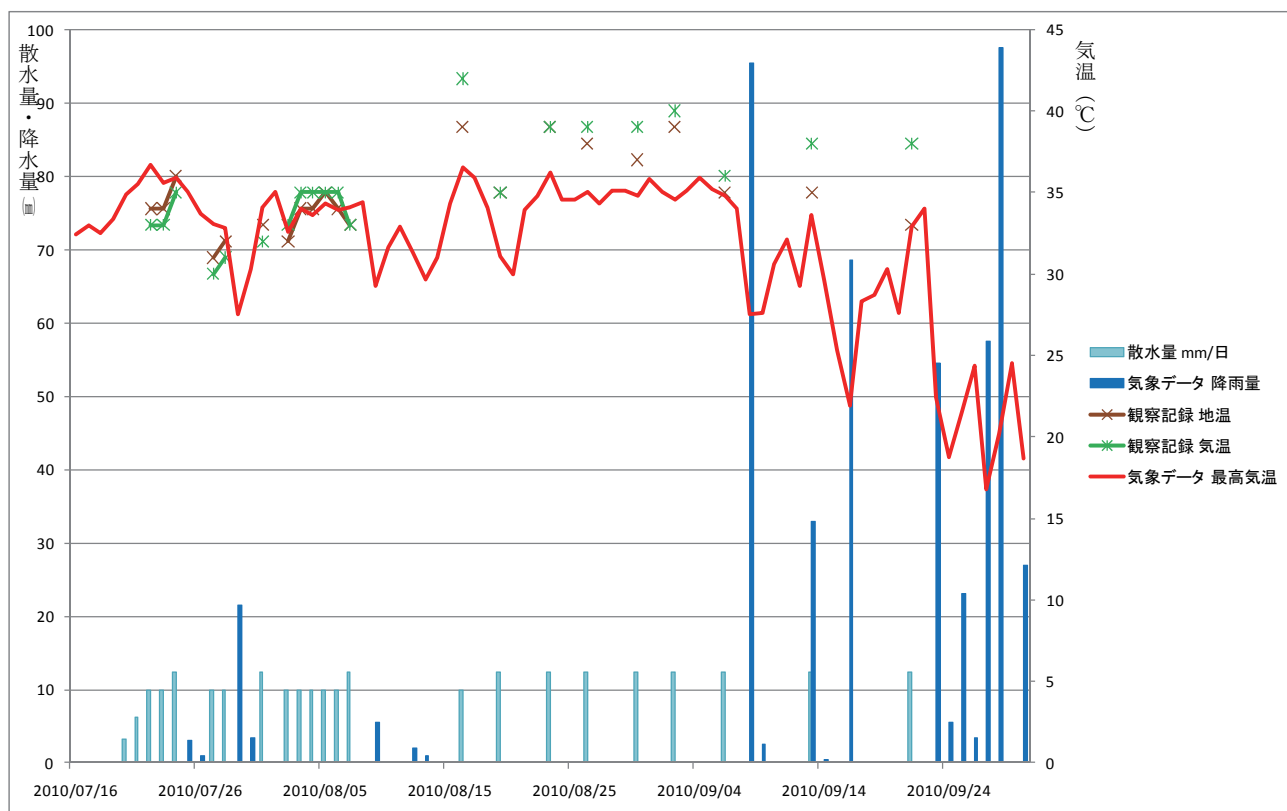


図4・1 実験地散水量・観測データおよび我孫子観測所データ一覧

4.4.2 散水養生実施結果

記録的猛暑時の散水養生による各種工法の生育状況は、写真4・7～4・12に示すように、種子吹付工と植生マット工が良好であった。さらに苗吹付工が写真4・17に示すように、資材のピートモスが水をはじいてしまう影響はあったが、発芽することができた。このことから、散水養生の効果はあったと考えられる。今後、経済的な散水量について検討する必要がある。

4.5 各種基盤工法の生育状況とまとめ

ここでは、これまでに施工を終えている各種生工の生育状況と結果をとりまとめる。

4.5.1 種子吹付工の生育状況

7月施工はチガヤの成長期（6月中旬から9月上旬）にあり、梅雨の降雨量を想定し、一定の水量を散水により供給できたことに加え、例年よりも気温が高いため、6月施工よりも生育が良好であった。

種子吹付けの発芽による被覆率は、写真4・7、4・9、4・11に示すように、吹付量に比例して、量が多いほど被覆率が高い結果となった。これより、多様な野草（在来種）を創出するため、その在来種の混生に合った発芽密度は、5,000粒/m²程度が有効と考えられた。

なお、施工1年後の状況では、写真4・8、4・10、4・12に示すように、吹付量の違いが容易に判別できないような状況にまで繁殖することが分かった。特に5,000粒/m²と10,000粒/m²の違いはほとんど判別出来ないことから、種子吹付工に適した種子量は5,000粒/m²程度が望ましいと考えられる。



写真 4・7 H22年7月施工種子吹付工(5,000粒/m²)
7週間後(草丈6～19cm)



写真 4・8 H22年7月施工種子吹付工(5,000粒/m²)
1年後(10cm程度に除草後[除草前草丈50cm])



写真 4・9 H22年7月施工種子吹付工(1,000粒/m²)



写真 4・10 H22年7月施工種子吹付工(1,000粒/m²)
1年後(10cm程度に除草後 [除草前草丈50cm])

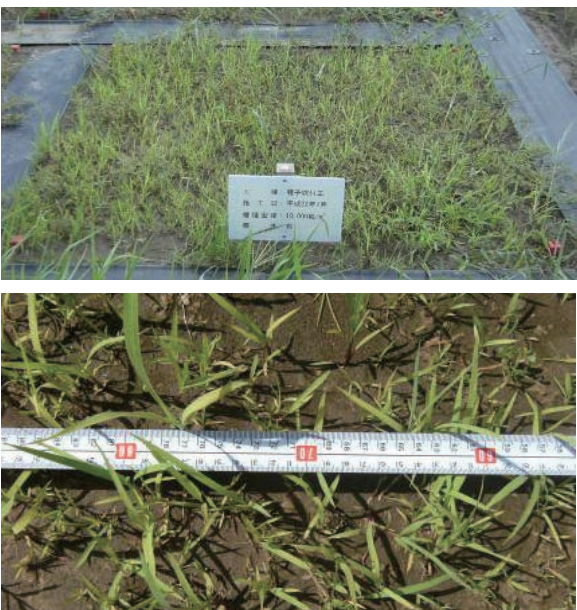


写真 4・11 H22年7月施工種子吹付工(10,000粒/m²)



写真 4・12 H22年7月施工種子吹付工(10,000粒/m²)
1年後(10cm程度に除草後 [除草前草丈50cm])

6月施工は、本実験で使用するケナシチガヤが湿性を好む。梅雨の降雨量の効果が得られたため順調に生育した。

施工後8週間の生育状況は、施肥無の草丈が最大19cm程度に対し、施肥有では草丈60cm程度と施肥無の3倍であった。これより、成長を速めるためには、肥料が有効であることが確認できた。しかし、施肥無のチガヤが順調に繁殖しているのに対し、施肥有では、雑草の繁殖がチガヤより優勢となり、発芽時期に比べてチガヤの繁殖量が少ない状況となった。



写真 4・13 H23年6月施工種子吹付(施肥無)
2週間後(草丈1.5cm)



写真 4・14 H23 年 6 月施工種子吹付（施肥無）
8 週間後（草丈 2.5～19.0cm）



写真 4・16 H23 年 6 月施工種子吹付（施肥有）
8 週間後（草丈 60.0cm, 雑草の繁殖が早い）



写真 4・15 H23 年 6 月施工種子吹付（施肥有）
2 週間後（草丈 1.5cm, 他に比べ虫が多い）

4.5.2 苗吹付工の生育状況

7月施工の生育状況は、一部の苗から発芽の確認が出来た程度であった。これは使用した資材において、ピートモスが水をはじき保水性が低下したこと。さらに、苗の保護または保水効果を有する土壤材料が少なく苗の露出度が大きかったことが影響と考えられる。

3月施工は、資材のピートモスを苗の保護または保水効果を有する土壤材料に変更したことにより、7月施工に比べて、多くの苗から発芽し順調に生育した。

なお、草丈の計測を施工後4ヶ月（H23年7月）に実施したところ60cm程度であった。



写真 4・17 H22 年 7 月施工苗吹付工
7 週間後 (草丈 25cm, 雑草に覆われている)



写真 4・19 H23 年 3 月施工苗吹付工
3 カ月後 (草丈 27cm)



写真 4・18 H22 年 7 月施工植生苗吹付工
1 年後 (10cm 程度に除草後 [除草前草丈 70cm])



写真 4・20 H23 年 3 月施工苗吹付工
4 カ月後 (10cm 程度に除草後 [除草前草丈 60cm])



4.5.3 植生マット工の生育状況

7月施工は、チガヤの成長期(6月中旬から9月上旬)にあたるため、生育が良好であった。しかし、成長が著しい時期なため、搬出の際に根を傷めやすい。また、ロール状にして保管した際に根腐れを起こしてしまったことから、この時期の取扱いに注意を要した。

3月施工の苗は、チガヤの特性から休眠中の状態である。そのため、搬出時に根を傷めることがなく、生育が良好であった。しかし、成長期までに期間があるため、7月施工時(写真4・6)と比較して、葉が枯れている部分が多い。

なお、草丈の計測を施工後4ヶ月(H23年7月)に実施したところ80cm程度であった。



写真 4・21 H22年7月施工植生マット工
7週間後(草丈43cm程度)

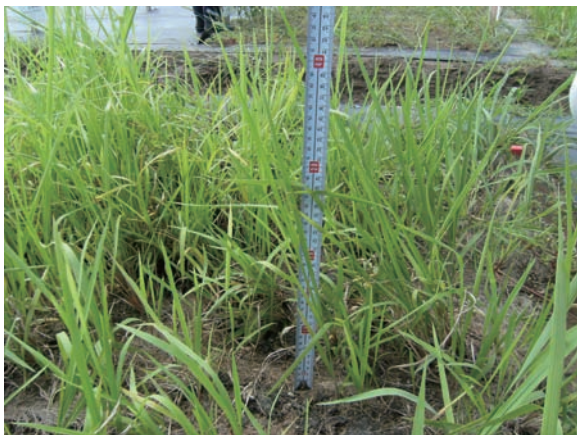


写真 4・23 H23年3月施工植生マット工
3カ月後(草丈33cm)

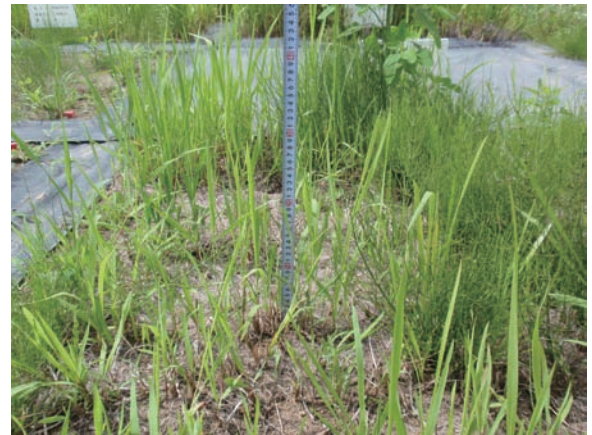


写真 4・22 H22年7月施工植生マット工
1年後(10cm程度に除草後[除草前草丈110cm])



写真 4・24 H23年3月施工植生マット工
4カ月後(10cm程度に除草後[除草前草丈80cm])

4.5.4 まとめ

(1) 各種工法の生育特性

種子吹付工は、6月施工で十分な生育が確認されたことから、植栽工法として有効である。

苗吹付工は、実験した植栽工法の中で、繁殖状況が最も悪く、植栽間隔が広いと、雑草の侵入が多くチガヤを優占させることが困難である。

植生マット工は、各施工時期ともほぼ同様の生育状況を示したことから、植栽時期に左右されない工法であることが分かった。

(2) 種子吹付工の適した種子量

使用した種子の発芽率は74%であったこと。ならびに吹付量の違うコドロードの発芽による被覆率の状況と1年後の繁殖状況から、在来種の混生を考慮した場合、5,000粒/m²程度が望ましい種子量と考える。

(3) 施肥の有効性

種子吹付工の資材における施肥の有効性については、植栽工法実験の6月施工の生育状況結果から、現段階において施肥無の方が雑草の侵入が少なく順調に生育しているため、施肥が無い資材の方がより効果的に繁殖させることが可能と考えられる。

(4) その他

植生マット工の取扱いについては、7月施工時の搬出・運搬の取扱いで根腐れが生じたこと。さらに成長期（6月中旬から9月上旬）は搬出の際に根がかかり等で根を傷め易いことから、十分な配慮が必要である。

5. 結論

本研究が目標とする“生物多様性のあるチガヤと他の在来植物から構成される半自然草地”が適した生育基盤は、中性土壌であり、シルト分と置換性カリウムが多く含まれ、含水比が高い傾向である。

半自然草地の治水機能は、チガヤタイプ箇所と比べ、表層0～3cmにおいて根毛量が多いが、根毛量に対する根茎強度が比較的小さい値を示したため、今

後もデータを蓄積し分析が必要であると考えられた。

チガヤの植栽は、他の実験・施工事例では難しいとされていた種子吹付においても、チガヤの特性に配慮された時期（5月下旬～6月施工）であれば十分可能であることが分かった。さらに、その際の適した種子量は5,000粒/m²程度で十分であると考えられた。

これより、既往の実験での成功例が少ないこと、施工事例が少ないのは、降雨・気温からなる生育条件が適切でなかったことと基盤の土質状態の影響と考えられる。

なお、最も実績を残している植生マット工においても、基盤の土質状態に応じて繁殖が困難な例がある。生育のしやすい土質状態としては、土壌調査結果から、中礫以上の礫分が含まれていないことが望ましく、特に粘性土主体の硬質でない土質が一般的に良いと考えられる。

6. 今後の課題

緑化技術の開発に向けた研究は、平成21年10月から平成26年10月まで行うことを予定している。そのため、前述の研究の体制および項目を基本として、各段階における成果に応じた研究内容の充実化を図りながら、以下に示す本研究成果の河川堤防への展開を図るべく、研究を進めていくことを考えている。

今回はまだ研究の途中段階のため第一報であったが、各学識者の協力の下、さらにまとまった段階でまた報告する。

◇ 本研究成果の河川堤防への展開

- 堤防に多様な在来種が生育することで、身近な自然として、環境学習等の活動の場として、積極的に活用されることが期待できる。
- 秋の七草に代表されるように、在来植物は日本の風物詩であり、堤防が季節を感じる場として認知されるようになれば、市民参加による堤防づくりにもつながり得る。

参考文献

- 林 弥栄 (1983) : 山溪カラー名鑑 日本の野草, 山と溪谷社
- 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第 6 号 : 69-105
- 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第 11 号 : 63-78
- 戸谷英雄・瀬川純一 (2007) 外来種の取扱いを考慮した堤防の植生管理に関する研究—首都圏氾濫区域堤防強化対策事業への適用—, 河川環境総合研究所報告第 13 号 : 153-169
- 竹内清文・柳沼昌浩・平田真二・宇根大輔 (2008) 堤防植生管理における植生の計画的移行, 河川環境総合研究所報告第 14 号 : 96-104
- 吉田勢・竹内清文 (2010) 植物の生活史に着目した合理的な堤防植生管理—チガヤタイプ堤防の実現に向けた取り組み—, 河川環境総合研究所報告第 16 号 : 116-129
- 富永達・西脇亜也・水口亜樹・江崎次夫 (2007) : 雑草モノグラフ 5. チガヤ (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.), 雑草研究, 52 : 17-27
- エスペックミック株式会社 (2010) : チガヤによる法面の緑化, チガヤマット, ルートボールミニ

3) 河道の応答を考慮した河道掘削のあり方について ～鳥川セグメント 2-1 区間のケーススタディ～

川畑 理恵*・竹内 清文**・山田 政雄***・吉田 勢****

1. はじめに

従来、河道掘削後の土砂堆積については維持浚渫や再度の掘削により対応することが多かったが、近年の財政的な状況を踏まえれば、できるだけ当初の掘削による河積拡大効果を長期に持続させることが望ましい。また、砂利河川における近年の課題のひとつに、樹林化・草地化による河原環境（砂利河原）の喪失がある。河道掘削を行う際、再堆積を抑制する形状で掘削することは、河原環境の創出と、掘削により創出した空間（河積、河原環境）の維持の長期化にもつながると考えられる。

河道掘削後の土砂の再堆積は、掘削という人為インパクトに対して生じるレスポンス（河道の応答）である。本研究では、河道掘削（インパクト）に対する河道の応答（レスポンス）を予測するため、過去のインパクト・レスポンスの関係を読み解いた。また、現況河道特性の評価結果とあわせて、再堆積を抑制するための掘削形状の基本的な考え方を示した。

なお、本研究は、H22年度に高崎河川国道事務所の委託により、掘削効果の持続可能な河道掘削のあり方を検討した結果を再整理し、報告を行うものである。

2. 対象区間

鳥川には右岸 12.4～15.4kp および左岸 11.2～12.4kp に無堤部が残存しており、特に右岸 12.4～15.4kp は堤内地盤高が低いため、治水安全度が著しく低く、無堤部の解消が急務となっている。

無堤部の河道改修に際しては、上下流の治水安全度のバランスを考慮した河積とする必要がある。築堤のみで河積を確保することも考えられるが、新たな用地買収の必要性や、上信越電鉄の既設橋梁による築堤高の制約等を考慮すると、築堤に合わせた河道掘削が必須となる区間（13.6～14.6kp）が存在する。

この区間は、後述するように沖積層の堆積厚が薄く、最深河床高は基盤に達している可能性が高く、河床を掘り下げることによる事業費の増大等が想定されるため、河床の掘り下げによる河積確保を避けたい。

以上により、築堤だけでは必要な河積を確保できない 13.6～14.6kp 区間を本研究の主な対象区間として、維持管理しやすい低水路の拡幅形状と高水敷高の切り下げ高について検討した。なお、河道の変化は、上下流から相互に影響を受けて生じるため、必要に応じて全川の特性を把握した上で、掘削区間の小セグメントを対象に重点的な検討を行った。

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第3部研究員

** 東亜建設工業 土木事業部 (前河川環境総合研究所 研究第3部部長)

*** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第3部次長

**** 株式会社オリエンタルコンサルタンツ 河川港湾部 (前河川環境総合研究所 研究第3部研究員)

3. 烏川の概要

3.1 流域及び河川の概要

烏川は群馬と長野との県境にそびえる鼻曲山に端を発し、榛名山の西と碓氷丘陵の東の傾斜地を東南の方向に流れて平野部に入り、高崎市内で右支川・碓氷川を、高崎市南部で右支川・鑄川を合わせて流下し、群馬と埼玉との県境で右支川・神流川と合流して利根川本川に注ぐ、幹川流路延長 61.8km の河川である。(図 3.1)

支川の流域は細長い羽状流域であり、最も北側を流れる烏川に向かって碓氷川、鑄川、神流川の比較的規模の大きな支川が合流する形態を持っている(以下、烏川、碓氷川、鑄川、神流川を総称して「烏・神流川」という)。

冬季の降水量(積雪量)が少なく、利根川水源地域の他流域に比べ、融雪流量が豊富でないことが特徴である。

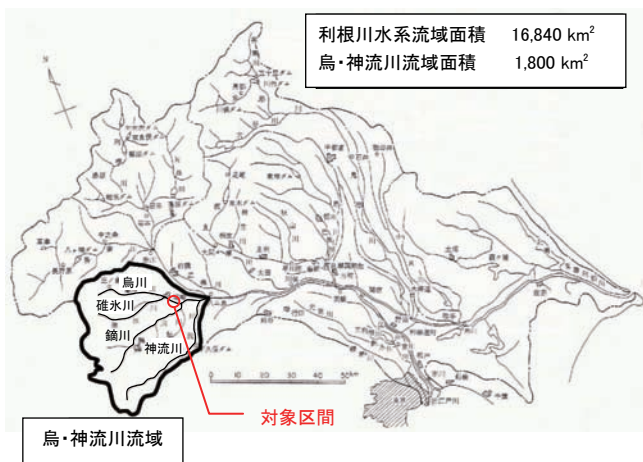


図 3.1 流域図

3.2 地形・地質特性

烏・神流川の流域の大部分は山地であり、平野部は北東側に偏って存在する。さらに、低地部も大部分が丘陵地、台地、火山山麓地となっており、氾濫原はごく限られた面積となっている。

地質的には、烏・神流川の流域は中央構造線をまたいでおり、主に神流川流域が外帯、それ以外が内

帯に属する。

内帯に属する烏川、碓氷川、鑄川周辺の地質を見ると、第三紀の堆積岩と火山噴出物が多い。一方、神流川流域の地質は、烏川および他の支川の流域とは明確に異なり、白亜紀頃に堆積した古い地質である。(図 3.2)

また、現在より 2 万 4 千年前に浅間山(現在の浅間山西に位置する黒斑山旧カルデラに相当)の山体崩壊による土石なだれが生じ、北側に流れた泥流が吾妻川を經由して烏川左岸沿いまで到達した(塚原土石なだれと呼ばれる)。これが、泥流堆積物として堆積し、利根川右岸の前橋台地及び高崎台地を形成した。(図 3.3)

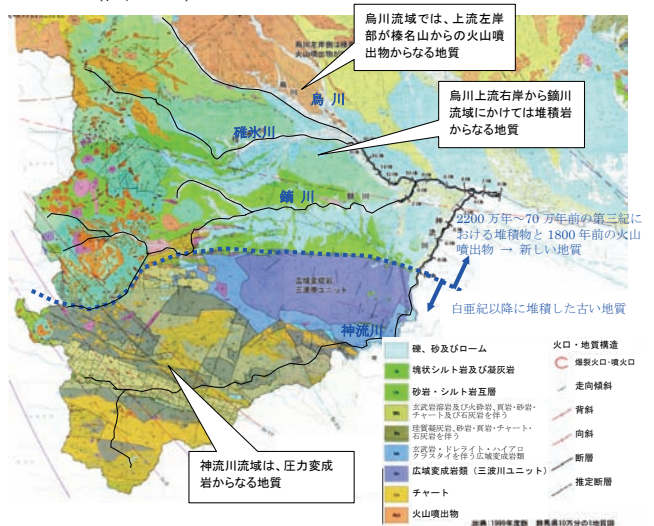


図 3.2 地質図



図 3.3 塚原土石なだれの分布範囲

烏川の地質縦断分布(図 3.4)と過去の台地形成過程を踏まえると、烏川の左岸側では、洪積層の基盤(更新世砂礫土、粘性土)の上に、更新世の泥流堆積物(2 万 4 千年前の浅間山山体崩壊による岩なだれによる堆積)が堆積(20m程度)して形成され

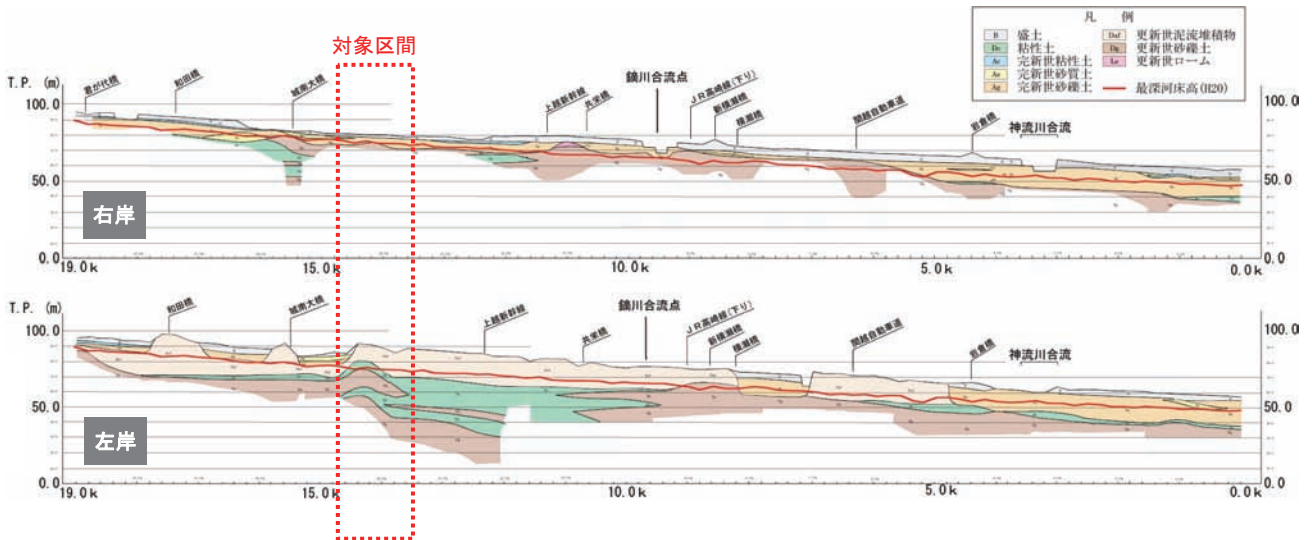


図 3.4 烏川地質縦断分布

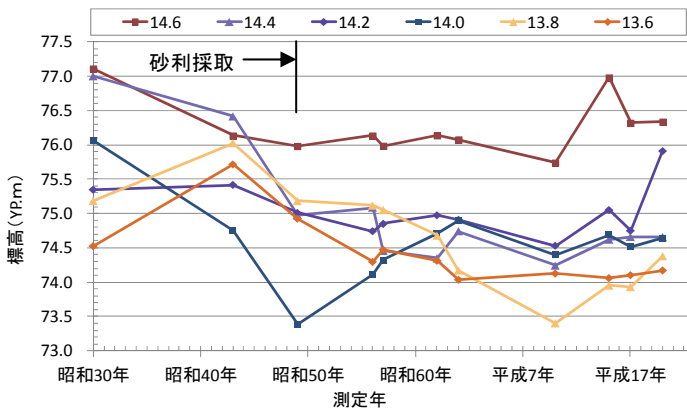


図 3.5 最深河床高の経年変化

た台地と考えられる。左岸の一部区間では、泥流堆積物の上に新しい完新世の砂質土が堆積している。右岸側では、洪積層の基盤の上に、薄く完新世の砂礫土が堆積している。

以上より、対象区間においては沖積層の堆積厚が薄いと推測される。ここで、対象区間における最深河床高の経年変化を見ると、一部の区間では最深河床高が基盤にまで達し、固結している基盤が侵食されにくいことで河床低下が抑制されていると考えられる。(図 3.5)

3.3 現況河道特性

掘削後の変化を予測する上では、掘削というインパクトを受ける現況の河道特性を把握、評価して、現在の河道が持つ変化の方向性を把握することが重

要である。

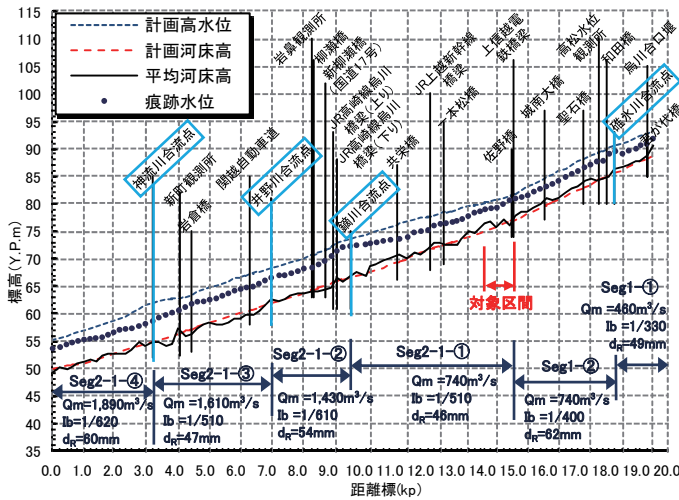
山本 (2010) は、セグメントおよびリーチスケール (蛇行長スケール) の河道特性構成要素を規定する主要因子は、河床勾配 I_b 、平均年最大流量 Q_m 、河床材料の代表粒径 d_R としている。以下に、烏川の河道特性を山本 (2010) に則って整理・解釈する。

3.3.1 河床勾配 (セグメント区分)

烏・神流川は、利根川本川に比べると流程が短く、いずれの河川も急勾配となっているが、神流川、鎮川、碓氷川は烏川に比べて河床勾配が急 ($1/200 \sim 1/350$) であり、セグメント 1 に属する。一方、烏川は上流区間の河床勾配が $1/400$ 以上でセグメント 1 に属し、中・下流区間は、河床勾配が $1/500$ 以下であり、セグメント 2-1 に属している (図 3.5)。

なお、セグメント区分は、河道特性の基本的な分析単位であり、河床勾配や後述する流量等に応じて区分されるものであるが、セグメント区分を前提とした記述が理解しやすいため、河床勾配とあわせてセグメント区分を示す。

ここで、対象区間である 13.6~14.6kp 付近は、セグメント 2-1 の最上流部に属しているが、直上流がセグメント 1 に切り替わる勾配変化点であるため、土砂の流送能力の変化に伴う土砂堆積が発生しやすい箇所である。



※青枠は支川合流（流量変化）点を示す

図 3.6 現況河道縦断面

3.3.2 平均年最大流量

対象区間の上流部には大規模なダムが存在しないため、経年変化を見る上で、洪水流量を大きく変化させる人為的な要因はないと考える。

高松観測所（碓氷川合流点直下流）における流量データの経年的な推移（図 3.7）を見ると、近年、比較的規模の大きな出水の発生頻度が増加している傾向がみられる。しかし、流量観測以前の昭和 22 年のカスリーン台風時の流量は、岩鼻観測所（神流川合流点直下流）で 1/30 確率流量に相当する流量となっており、さらに昭和 23 年と昭和 24 年の出水規模も大きくなっている。そのため、高松観測所における年最大流量の推移は、昭和 40～50 年代に出水規模の小さい時期をはさむが、カスリーン台風以降から昭和 30 年代前半までの平均年最大流量は近年と同程度と推測される。

なお、平均年最大流量は高松観測所地点で約 $740\text{m}^3/\text{s}$ であり、概ね 1/2.5 確率流量（1/2 確率と 1/3 確率流量の中間程度）に相当する。

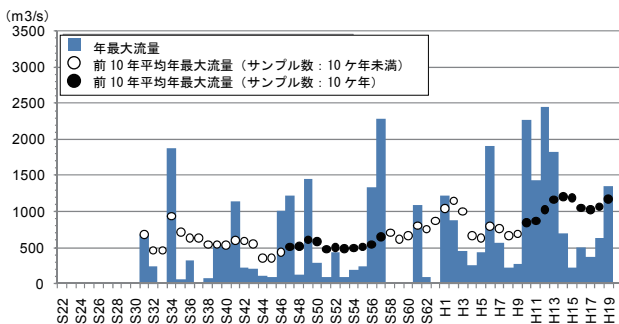


図 3.7 平均年最大流量の推移（高松観測所）

3.3.3 河床材料の代表粒径

本研究では、烏川の河床材料の代表粒径は、昭和 59 年度の河床材料調査結果に基づき、セグメント 2-1-①（9.4～14.6km）の代表粒径を 46 mm、セグメント 1-②（14.6～17.8km）の代表粒径を 62mm に設定した。

なお、代表粒径の設定に際しては、河床材料調査の粒度分布に基づき、粒径集団の区分を行い、河床の主構成材料とならない小粒径集団は除外して代表粒径の評価を行った。なお、粒径集団を区分する際には、全川的な土砂動態を把握可能なように、区分粒径は全川共通とした。

3.3.4 河道特性量の評価

対象区間の位置するセグメント 2-1-①とセグメント 1-②における河道特性量の縦断変化を図 3.8 に示す。なお、セグメント 2-1-①の評価は、鑄川合流による堰上げ影響の及ぶ範囲を考慮して、9.6～11.0kp（セグメント 2-1-① 堰上げ影響あり。以下、セグメント 2-1-①下流という）、11.2～14.4kp（セグメント 2-1-② 堰上げ影響なし。以下、セグメント 2-1-①上流という）に細区分した。

セグメント 2-1-①の 2 区間にセグメント 1-②（14.6～17.6kp）を加えた、3 区間で平均的な特性の評価を以下に示す。なお、河道特性量の整理に際しては、平成 20 年度の横断形状を基に、準二次元不等流計算により各断面における平均年最大流量時の水位を求めた。また、川幅は低水路幅を見定めた。方法は、平成 19 年度の出水前後において、横断形状に変化が認められるか（平成 17 年度と平成 20 年度の横断測量成果の比較）、植生が流失している（平成 17 年度と平成 19 年度の航空写真の比較）範囲を低水路と判断し、平均年最大流量の計算水位で冠水していても、高水敷化している範囲は除外した。

川幅水深比（以下、B/H という）をみると、セグメント 2-1-①下流は砂州の発達が十分でない領域（ $B/H < 20$ ）であるが、セグメント 2-1-①上流は単列砂州の発生する領域（ $B/H = 30 \sim 50$ ）にあると評価できる。実際に、セグメント 2-1-①下流では発達した砂州がみられないが、セグメント 2-1-①上流では

砂州が形成されている。一方、セグメント1-②のB/Hは、高水敷化した箇所（高水敷の人工的利用箇所含む）が断続するため、平均で60弱となっているが、高水敷化していない箇所のB/Hは複列的砂州を形成する領域（ $B/H > 100$ ）にあり、実際に複列的砂州が見られる。

次に、掃流力（摩擦速度の2乗： u_*^2 ）と代表粒径 d_r （セグメント2-1-①：4.6cm，セグメント1-②：6.2cm）について、既往の調査結果により導かれた関係性との整合状況（図3.9）をみる。セグメント2-1-①上流における掃流力と代表粒径は、既往の調査結果から導かれた関係性と整合している。河道掘

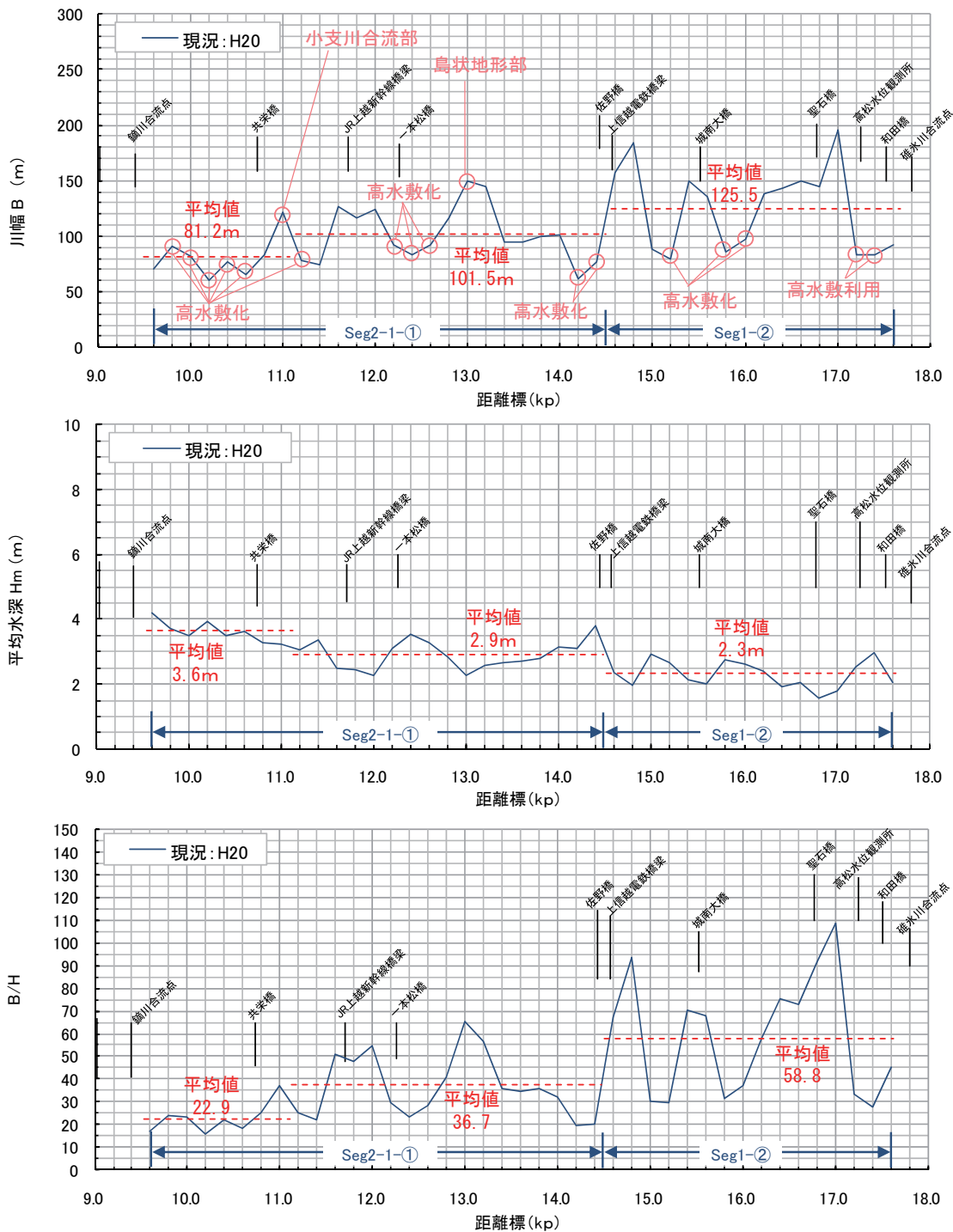
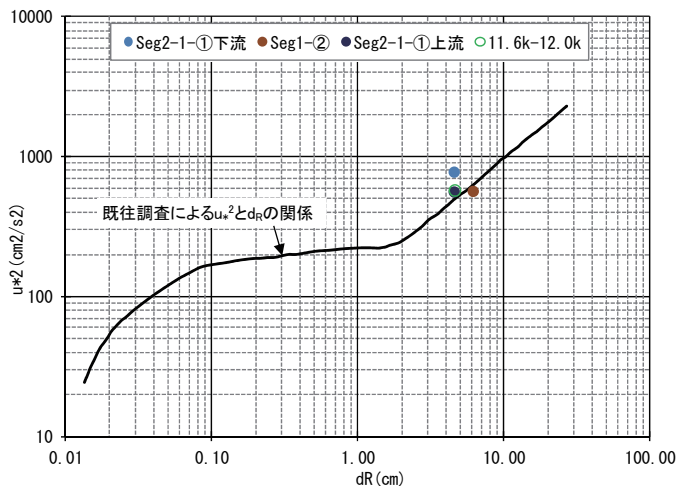


図 3.8 セグメント 2-1-①，セグメント 1-2 における河道特性量の縦断変化
（最上段：川幅，2 段目：平均水深，3 段目：川幅水深比）

削によりこの関係が大きく崩れれば、回復する方向に河道は応答することが推定できる。また、セグメント 2-1-①下流の掃流力がセグメント 2-1-①上流に比べて高く、既往の調査結果から導かれた関係性から若干外れている。しかし、出水時には鑄川の合流による堰上げが生じる（図 3.6 に H19 出水の痕跡水位を示す）ため、河床勾配により算出した掃流力が過大評価であり、実際にはセグメント 2-1-①上流と同程度以下と考える。

なお、掃流力の算出は、前述の 3 区分について、低水路の平均水深の区間平均と河床勾配（セグメント 2-1-①下流（9.6～11.0kp）： $I_b=1/455$ ，セグメント 2-1-①上流（11.2～14.4kp）： $I_b=1/505$ ，セグメント 1-②（14.6～17.6kp）： $I_b=1/395$ ）により行った。さらに、上記に加え、11.6～12.0kp（ $I_b=1/405$ ）を対象に掃流力を算出した。11.6～12.0kp は、セグメント 2-1-①において、堰上げや狭窄の影響がなく、かつ砂州が存在している連続的な区間である。また、島状地形により分岐水路の生じている箇所を除けば、セグメント 2-1-①の中で最も川幅が広い（約 116～127m）区間である。



低水路内の u_*^2 (cm^2/s^2)

- ・セグメント 2-1-①下流（9.6k～11.0k）：779.7 cm^2/s^2
- ・セグメント 2-1-①下流（11.2k～14.4k）：562.8 cm^2/s^2
- ・セグメント 1-②下流（14.6k～17.6k）：562.8 cm^2/s^2
- ・最大川幅区間（11.6k～12.0k）：583.2 cm^2/s^2

図 3.9 平均粒径と摩擦速度の関係（現況河道）

3.4 主な人為インパクトと河道の応答

3.4.1 人為インパクト

河道掘削後の河道の応答を予測する上で重要な過去のインパクト・レスポンスの関係を分析・把握する。烏川において想定される過去の人為インパクトは以下のようなものである。

1) 河川改修工事

烏・神流川は利根川源流域を構成する支川群であるが、利根川東遷に代表される大きな人為的な瀬替え等が実施されてきた利根川水系にありながら、近世以前に大規模な治水工事は行われていない。

明治以降の近代的河川改修工事は、河道の大きな変化を伴う工事は昭和 8 年～昭和 37 年までに行われ、昭和 43 年度以降では大きな変化はなかったものと考えられる。

なお、本水系には現在 5 箇所のダムが建設されているが、烏川筋には大規模ダム建設は行われておらず、大規模ダムは最下流部に流入する神流川に設置されている下久保ダムのみのため、ケーススタディ区間ではダム建設によるインパクトは小さい。

2) 砂防施設

土砂生産域における砂防ダムや床固め等の整備は、流下土砂量を減少させる可能性があり、河道の変化を予測する上ではその影響を考慮する必要がある。

烏川上流域においては、直轄砂防ダムの整備が特に進んでいる（図 3.10）。

これにより、大規模な崩壊が減少しており、礫成分の土砂の沖積地への供給量は減少したと考えられ

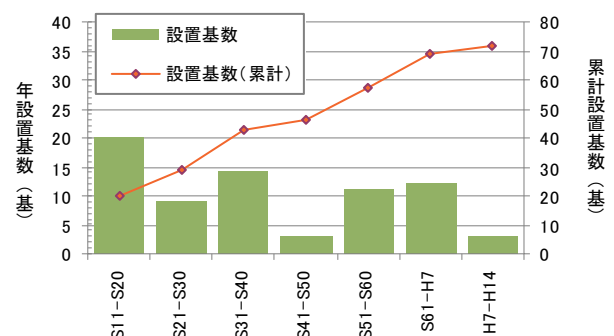


図 3.10 砂防ダム（直轄）の設置状況

る。しかし、礫成分の移動速度は遅いため、通常、砂利河川では供給量の減少の影響が顕在化するまでに長い時間を要する。後述する河床材料の状況とあわせて考えると、現在のところ対象区間への礫供給量には、それほど大きな変化はないと考える。なお、砂以下の細粒土砂の供給量は、崩壊地の減少により多少、少なくなっているものと推定される。

3) 砂利採取

鳥・神流川における砂利採取は、明治 16 年に高崎線延伸のために、神流川に砂利採取場を設けたことから始まった。それ以降、砂利採取の中心地は神流川であったが、鳥川においても昭和 30 年代から砂利採取が増加し、昭和 40 年にピークを迎えた。その後、川砂利採取が規制されたことにより昭和 48 年に完全に砂利採取事業は終了した。(図 3.11)

3.4.2 河道の応答 (レスポンス)

前項までの整理より、上流部に大規模ダムのない鳥川においては、洪水流量および土砂供給の条件を大きく変える人為インパクトはなかったと考えられる。ここで、砂利採取と河道掘削は、ともに河道の形状を変える、類似した人為インパクトである。また、鳥川においては、砂利採取が過去に河道特性を変化させた最も大きなインパクトであったと考える。

過去の砂利採取がどのように河道に影響を及ぼし、その後どのような河道の応答が生じたか、以下に整理した。

1) 低水路幅の変化

昭和 22 年～昭和 49 年の航空写真と横断図 (対象区間の代表点: 13.6kp) を見ると、砂利採取を開始した時期の河道は、カスリーン台風 (昭和 22 年) をはじめとした規模の大きな出水の影響で、一時的に低水路が広がった状態にあったものと考えられる。この広がった低水路から砂利採取が行われたことで、結果的に本来の川幅の 2 倍近くに拡幅されたものと考えられる。

砂利採取直後の昭和 49 年と平成 19 年の航空写真と横断図 (13.6kp) を見ると、砂利採取により約

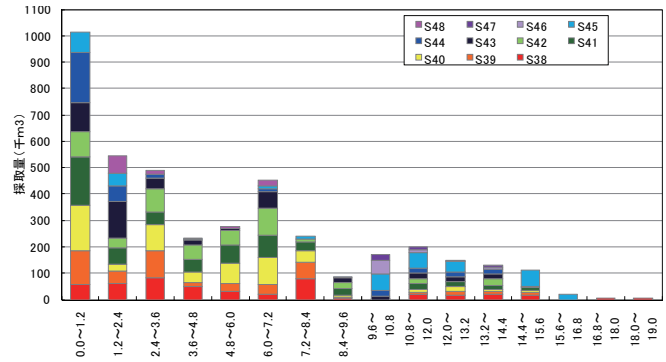
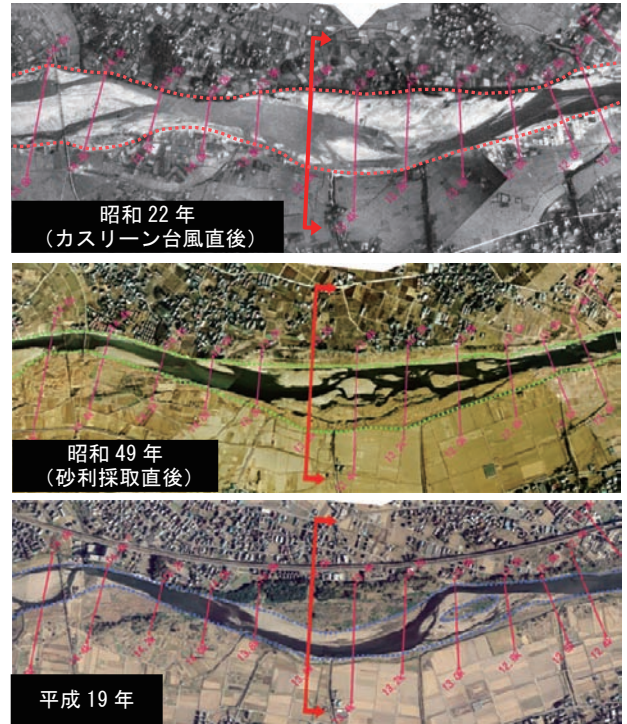
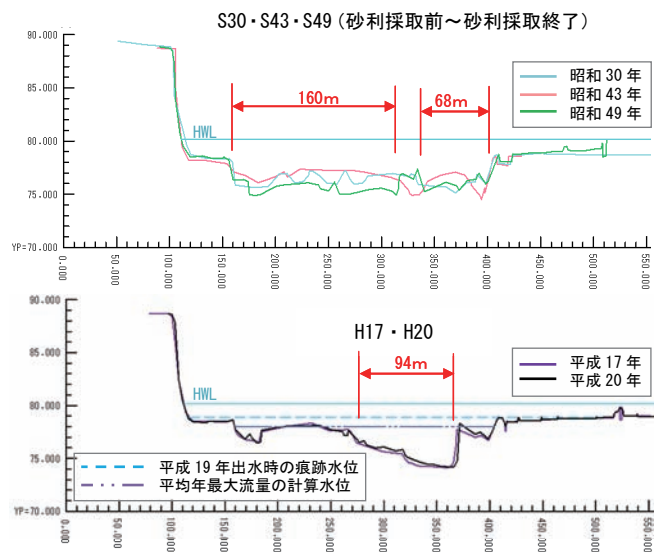


図 3.11 砂利採取許可量の推移



※図中の点線は各年代の低水路を、矢印は代表断面を示す。

図 3.12 低水路幅の縮小 (航空写真比較)



※旗揚げは昭和 49 年および平成 20 年の低水路幅を示す。

図 3.13 低水路幅の縮小 (横断図比較)

245m に拡張された低水路幅は、約 30 年間の間に土砂堆積、オギの繁茂や樹林化、島状地形化が進み、半分以下の約 94m へと縮小した。

2) 河積の変化

低水路幅の縮小に伴う HWL 以下の河積の経年的変化量を図 3.14 に示す。

一部の例外はあるものの、砂利採取期間に河積が増加し、砂利採取が規制されてからは河道が元の河積に戻ろうとする傾向が見られ、約 30 年の間に砂利採取前の状態に戻っている箇所も見られる。

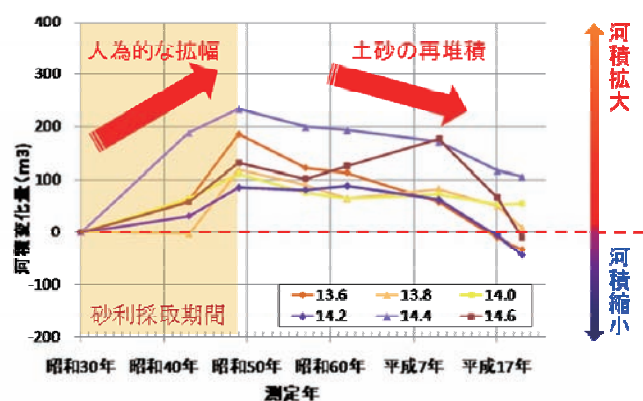


図 3.14 河積の変化

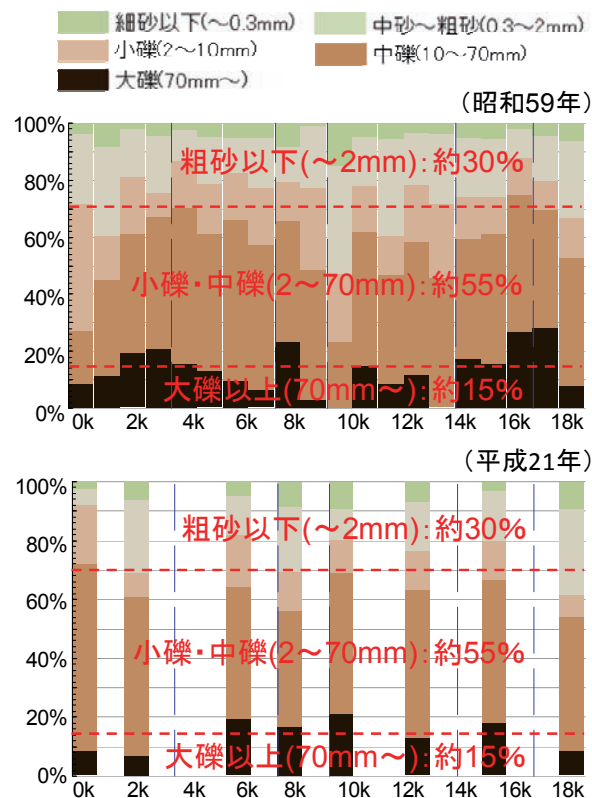
3) 河床材料の変化

河床材料調査の結果を基に、河床材料を構成する粒径集団ごとの割合の経年的・縦断的な変化を把握した結果（図 3.15）を以下に示す。

直轄管理区間においては、各年代ともに、粒径集団の構成割合の縦断方向での変化は小さく、年度間で比較してみた場合にも、粒径集団の構成割合に大きな変化はみられない。このことから、前述のとおり、砂防施設設置の影響は小さく、対象区間においては供給土砂量に大きな変化はなかったものと考えられる。

なお、平成 21 年度の河床材料調査では、表層を除去して試料を採取する「容積法」と表層の礫を測定する「線格子法」を実施している。調査法の性質から、線格子法は現在の河床状況を反映し、容積法は現在の流況や土砂供給に左右されない過去に堆積した河床材料を反映するが、本調査では両調査方法に

おける各礫集団の割合は同等もしくは容積法の結果の方が高くなっていた。このことから、粒径集団の構成に有意な変化（アーミング等）は生じていないといえる。



※青点線は、セグメントおよび小セグメントの区分を示す。

図 3.15 粒径集団別構成割合

4. 人為的に拡大した河積の縮小する要因およびプロセス

烏川における過去の河道の挙動を見ると、砂利採取という人為インパクトに対し、砂利採取停止後の河道は、砂利採取前の状態に戻ろうとして低水路幅・河積の縮小という応答を示した。

今後、烏川で河道掘削を実施するに際しては、過去の砂利採取と類似の人為インパクトを与えることになるため、再び低水路幅・河積を縮小しようとする自己調整作用が、河道に働くことは容易に想像がつく。しかし、制約条件の中で必要な河積を確保するためには河道掘削が必須である。

ここでは、土砂堆積を全く生じさせないことは困難であるが、土砂の堆積プロセスを考慮して掘削形

状を工夫することで、できる限り堆積速度を低下させ、掘削効果を長期にわたり持続させられる可能性を探る。

4.1 河積縮小を引き起こした土砂の質

河積縮小に伴い低水路が高水敷化するため、河積縮小時に再堆積した土砂の質は、低水路を対象とした河床材料調査では把握できない。

過去の河積縮小を引き起こした土砂の質を、砂利採取後に低水路幅が縮小した箇所（図 4.1）の河岸堆積物の調査（高崎河川国道事務所 2010）により把握した。

礫層上の堆積土砂測定の結果、堆積物は主に中砂～細砂で構成されており、堆積厚は約 2m 前後、最も堆積した地点では 2.6m 以上であった。これは、昭和 49 年と平成 21 年の横断面比較（図 4.2）で分かるように河道の応答で進行した堆積の厚さと一致している。

以上により、河積の縮小を引き起こした土砂は、河床の主構成材料ではない中砂・細砂・シルトである。

4.2 細粒土砂等の堆積抑制手法

4.2.1 細粒土砂等の堆積プロセス

出水後の植生群落内に細粒土砂が堆積することは一般的に知られているところであり、烏川での河積縮小も植生による細粒土砂の捕捉が関係していると考えられる。

藤田（2007）によれば、セグメント 2 における河積縮小のプロセスは、図 4.3 に示すように、①低水路拡幅後、出水により低水路内に凹凸（平水時に水面に露出する部分）が生じ、②平水位より上の箇所に植生が入植、低水路拡幅による掃流力の低下もあり、有意な攪乱の発生しない期間が続いて繁茂が進む、③植生を破壊し得ない小出水が続く間、繁茂した植生が細粒土砂を捕捉、表層土層の厚みが増して生育条件が好適化、④好適化した環境では、既存植生の密生化や細粒土層を生育基盤とする植生への遷



図 4.1 河岸堆積物調査箇所の堆積状況

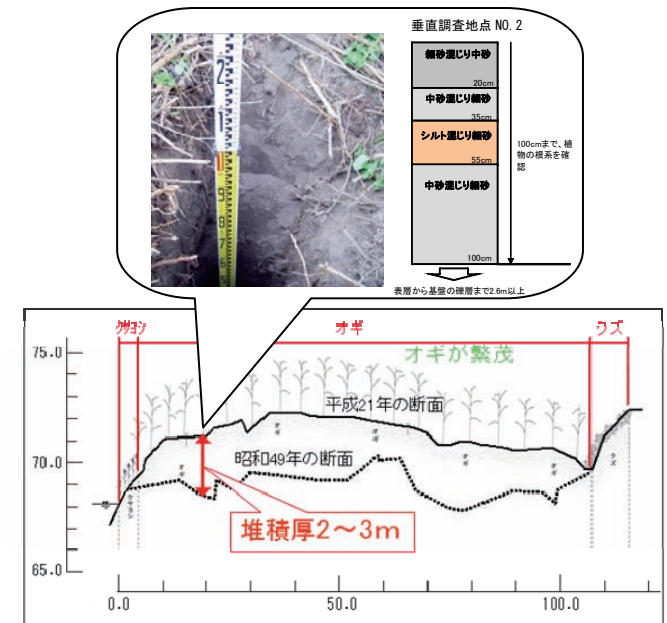


図 4.2 調査箇所の横断比較



図 4.3 川幅縮小のプロセス（藤田（2007）を基に作成）

移を起こしながら、細粒土砂の捕捉能力と出水への耐性が高まり、高水敷化が始まる、⑤高水敷化による、攪乱頻度の低下と、河床との流速差に起因する高水敷への土砂流送があいまって、高水敷化が急速に進行するというものである。

急速に河積が縮小するプロセスにおいては、植生の繁茂と地形変化が相互に影響し合って進行し、拡張された低水路内で植生が細粒土砂を捕捉することが不可欠な要因となっている。

なお、セグメント2-1においては、セグメント1よりも植生が進出しやすく、流速が遅いので、急速に細粒土砂が堆積し、河岸化が生じやすい。

4.2.2 細粒土砂等の堆積抑制手法

以上より、河積の縮小を抑制するためには、細粒土砂等が堆積する条件が整わないようにすることが必要である。河積縮小プロセスにおいて、出水があれば①の変化は不可避であること、④に至った段階では、高水敷化した箇所が河原環境へと戻る可能性が急激に低下する（非常に規模の大きな洪水でなければ、有意な攪乱が生じない）ため、植生の生育・遷移の初期段階（②または③の初期の段階）で植生に有意な攪乱が生じる必要がある。

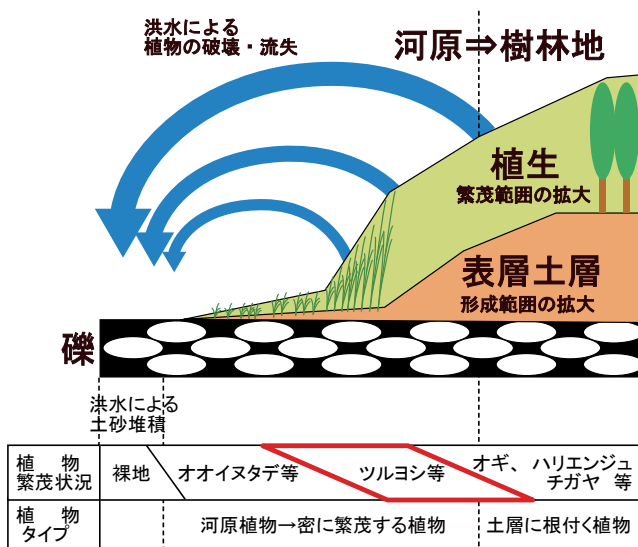


図 4.4 植生遷移と地形変化プロセス

裸地状態から高水敷化して、オギやハリエンジュ等が繁茂する状態に至るまでの植生については、表層土層と洪水インパクトに大きく左右されることが

知られている（図 4.4）。

末次ら（2004）は、植生遷移過程における植物の役割に着目してタイプ分類を行っている。分類の概要は、まず、安定的に生育せず遷移により消滅する植生をタイプⅠ、安定的に生育する植生をタイプⅡ・Ⅲとして分類。タイプⅢは、比高が大きい（1 m程度以上）場所にだけ繁茂し、洪水による破壊を受けにくく細粒土砂を貯めやすい植生タイプである。タイプⅠ・Ⅱについては、洪水直後に先駆的に侵入し拡大する植生を①、洪水後1年経過してから、裸地や他の植生群落に侵入して拡大していく植生を②に細分類している。なお、タイプⅡ-①は、比高が小さく表層細粒土層厚が薄い場所に繁茂し、タイプⅡ-②は繁茂場所が比高の大きさや表層細粒土層の厚さによらないという特性をあわせもつ。さらに、Ⅰ-①とⅡ-②においては、洪水に対して抵抗力が弱くて細粒土砂を貯めにくい植生をタイプA、逆に抵抗力が強くて土砂を貯める植生をタイプBと分類している。

さらに、これらの分類を基に、河原植物が疎らに生える環境から樹林へ進行する植生遷移の過程を明らかにし（図 4.5）、裸地からタイプⅢに至るまでには土砂堆積が必要で、その役割を果たす植物群落タイプⅡ-②-BとⅠ-①-Bであるとしている。

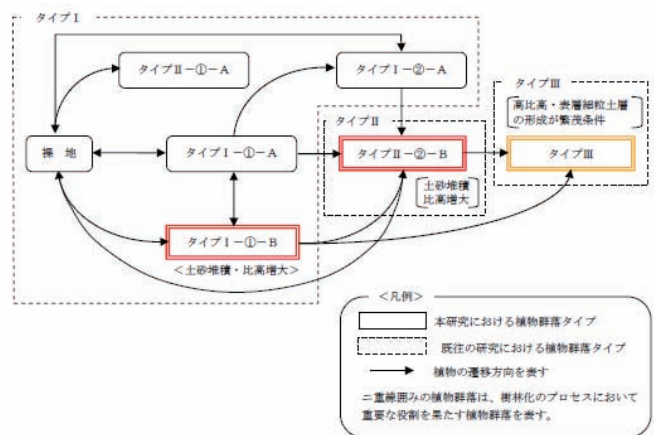


図 4.5 河原から樹林地へ変化する仕組みと植物群落タイプの役割

烏川の現植生の中では、タイプⅡ-②-Bに該当する植物としてツルヨシが挙げられる。ツルヨシは洪

水時における土砂捕捉能力、強い群落拡大能力を有するパイオニア的植生である。

以上より、本研究においては、ツルヨシ群落拡大の初期段階において有意な攪乱が生じることが、烏川における細粒土砂等の堆積抑制につながると考えられる。

洪水の規模・頻度は人為的に操作できるものではないため、ツルヨシの群落拡大速度を考慮した期間内に、高確率で生起する規模の洪水時に、ツルヨシを攪乱可能な掃流力が発生しうる河道形状とすることが、具体的な細粒土砂の堆積抑制手法となる。

5. 河道の応答を考慮した低水路掘削形状の設定

低水路内のツルヨシ群落を抑制するには、適切な頻度でツルヨシ群落を消失するために必要な掃流力を生起させる必要がある。ここでは、低水路の設計流量、必要水深（掃流力）、低水路幅の3点に着目して低水路掘削形状を設定した。

5.1 低水路の設計流量

5.1.1 攪乱頻度の設定

既往の知見では、ツルヨシの特性として以下が確認されている。

- ・入植後3～5年目にかけて拡大域・密度ともに飛躍的に増加させる。
- ・無攪乱状態が5年経過すると、土砂移動が生じない領域を拡大させる可能性がある。

このことから、ツルヨシ群落を抑制するためには、3年以内を目安に有意な攪乱を生じさせることが必要である。

5.1.2 設計流量

烏川の確率流量は表 5.1 に示すとおりであり、対象区間の平均年最大流量 $740 \text{ m}^3/\text{s}$ は、1/2 確率流量と 1/3 確率流量の間に相当する。そのため、平均年最大流量もしくは 1/3 確率流量で、有意な攪乱を生

じ得る河道形状の検討を行った。

表 5.1 確率流量

生起確率 (/年)	地点別流量 (m^3/s)		
	碓氷川合流前	碓氷川合流後	岩鼻
1/2	402	503	1003
1/3	656	930	1860
1/4	836	1232	2467
1/5	993	1544	3087
1/10	1435	2186	4400
1/20	1901	2875	5785
1/30	2137	3305	6635

※対象区間 (13.6~14.6kp 付近) は碓氷川合流後に位置する。

5.2 必要水深（掃流力）

航空写真と横断図により、平成 19 年の出水前後で植生がフラッシュされた箇所の水深を確認した結果からは、2m~2.5mの水深が閾値となっている（図 5.1）。そのため、最低限 2mの水深があれば、ある程度植生が生育する状態でも河床材料を移動し得ると考えられる。

なお、平成 19 年の出水は、碓氷川合流後（高松観測所）の流量が $1353 \text{ m}^3/\text{s}$ で、1/4~1/5 確率流量に相当する規模であった。

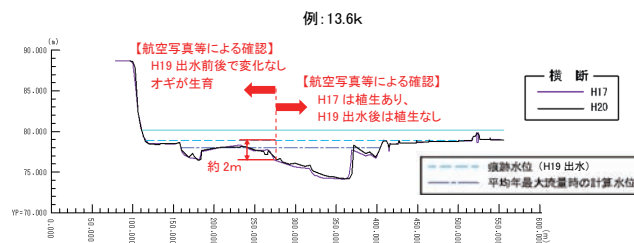


図 5.1 H19 出水による植生フラッシュ箇所

1/510 の勾配（計画河床勾配）で水深 2mと水深 2.5mの場合について、代表粒径 d_{60} を移動させる無次元掃流力となるかどうか確認した結果を表 5.2 に示す。

均一粒径であれば無次元掃流力が 0.06 以上で、混合粒径であれば 0.05 以上あれば河床材料を十分に移動し得るため、最低限 2mの水深があれば妥当な掃流力になると考えられる。以上により、有意な攪乱を生じるためには、水深 2m以上を確保する必要があり、2.5m程度あることが望ましい。

表 5.2 無次元掃流力

代表粒径 d_{60}	無次元掃流力 τ_*	
	Seg2-1-①	4.6cm

5.3 低水路幅

5.3.1 現況川幅からの設定

掘削後の川幅縮小を回避するには、流下能力確保のために低水路を拡幅する際に、動的平衡が保たれる川幅とする必要がある。現況で砂州が維持されている川幅（低水路幅）は 90～110m の地点が多い（中州や支川合流の影響のある地点を除く）が、最大で 125m の地点（11.6kp）が存在する。

しかし、現況で最大の低水路幅を示す 11.6kp 地点は、上越新幹線橋梁の直下流であり、橋梁により川幅縮小が抑制されている可能性が考えられるため、次項に示すとおり既往の知見との整合性を確認する。

5.3.2 既往知見からの確認

沖積地河川において、代表粒径 d_R が同じような値を持つ河川間では、低水路の幅 B は平均年最大流量 $Q_m \times$ 河床勾配 I_b に比例することが知られている。（図 5.2）

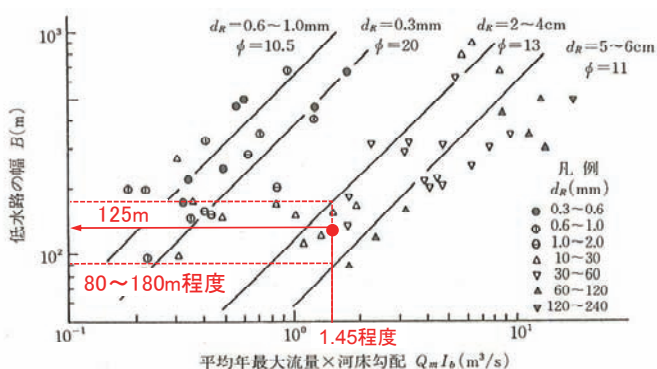


図 5.2 日本における低水路幅 B と $Q_m \times I_b$ の関係

烏川のケーススタディ区間 ($d_R=46\text{mm}$) における $Q_m \times I_b=1.45$ であり、代表粒径 40mm～50mm に対する低水路の幅 B はグラフより 80～180m であり、 $d_R=46\text{mm}$ に対する低水路の幅は 120m 程度と評価できる。

以上から、現況の最大の低水路幅である 125m は、既往の知見と大きな乖離はないものと判断し、動的平衡を保つための低水路幅は、現況の低水路の最大値である 125m 以内とする。なお、流下能力を確保できるのであれば 120m 程度がより望ましい。

6. 掘削効果の持続可能な河道掘削

6.1 河道整備断面の設定

前項までの検討より、掘削した砂州が高水敷化せず維持される低水路幅と出水時の低水路内の水深を条件として、当面の河川整備目標流量（下記検討では 1/10 確率流量とした）に応じた河積を確保するために必要な河道拡幅への適用方法を以下に示す。

低水路については、前項で定めた低水路幅（概ね 125m）まで拡幅を行う（A 掘削範囲）。拡幅する範囲については、現況の最深河床高以上であることを確認した上で、計画河床高まで掘削を行うこととした。

次に、低水路の拡幅だけでは不足する河積を、高水敷の切り下げにより確保する。高水敷の切り下げ高および切り下げ範囲は、低水路におけるツルヨシの攪乱に必要な 1/3 確率流量流下時の水深、および 1/10 確率流量に応じた河積を確保することを考慮して設定する。ここで、高水敷の切り下げ高＝低水路河岸高であり、高水敷の切り下げ高は河床高に対して、ツルヨシ攪乱の必要水深（2.0m）を加えた高さ以上とする。

なお、洪水時の水位が低水路河岸高（設定水深）を越えると、水が広く高水敷を流れるようになり、低水路の中だけで流れている場合に比べて水位が上昇しにくくなる。そのため、高水敷を一律で切り下げると、低水路水深が設定水深以上となり難くなる。本研究では、ツルヨシの攪乱に必要な掃流力の得るために最低限必要な水深を 2.0m 以上として低水路河岸高を設定しているが、2.5m 以上の水深となることが望ましいため、出来る限り洪水規模に応じて掃流力が增大するように、切り下げ範囲を区分（低

水路側よりB掘削範囲とC掘削範囲と呼ぶ)して掘削高の設定を行う。B掘削範囲は、1/3 確率流量流下時に低水路の水深が2.0~2.5mを確保できるように、低水路際から必要範囲を計画河床高+2.0mの高さまで切り下げる。C掘削範囲は、堤防防護ラインまでを切り下げ範囲の限界とし、計画河床高+2.5mの高さまで切り下げる。B掘削範囲とC掘削範囲の境界位置は1/10 確率流量に応じた河積を確保するために必要な範囲で、1/3~1/5 流量程度がC掘削範囲内で流下するように調整する。(図6.1)

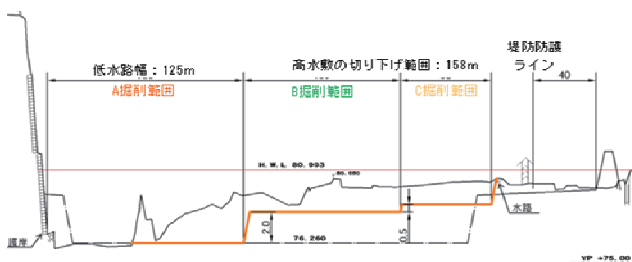


図 6.1 断面設定イメージ
(代表断面 13.6kp)

6.2 シミュレーションによる確認

前項の河道整備断面で施工した場合、低水路内でツルヨシ群落を攪乱するために必要な水深(掃流力)が確保されているか平面二次元不定流モデルにより確認を行った(図6.3)。その結果、必要な水深を確保でき、河床攪乱が期待できる結果となった。

また、流向・流速についても確認しており、概ね対象区間の全範囲において流速 2.0m/s 以上を確保できており、植生攪乱が期待できる結果であった。

なお、シミュレーション条件は表6.1の通りとし、低水路の条件としては施工直後でツルヨシ群落が繁茂していない状況を想定した。河道掘削の平面形状は図6.2に示すとおり設定した。

表 6.1 シミュレーション条件

<平面二次元不定流モデル>	
計算範囲:	10.2kp~16.0kp
地盤高:	H20 定期横断測量 H18 航空レーザ測量
粗度係数:	(低水路) $n=0.030$ (高水敷) 樹木群・草本類 土地利用により設定
境界条件:	(上流端) 1/3 確率流量 $930\text{m}^3/\text{s}$ (下流端) 10.2kp H-Q 換算水位

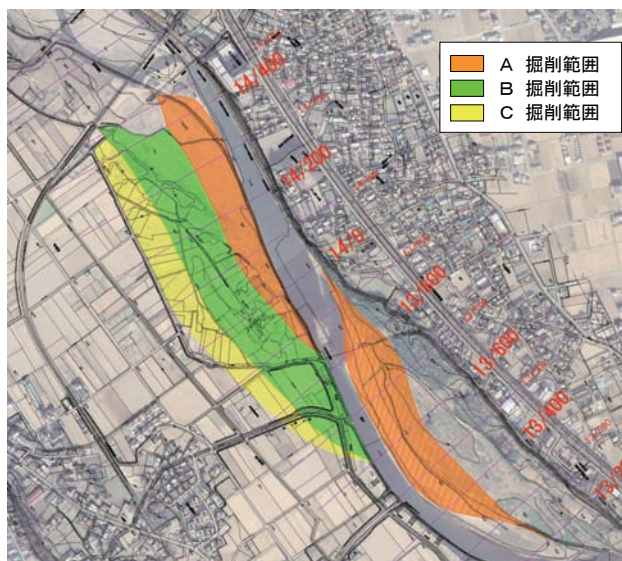
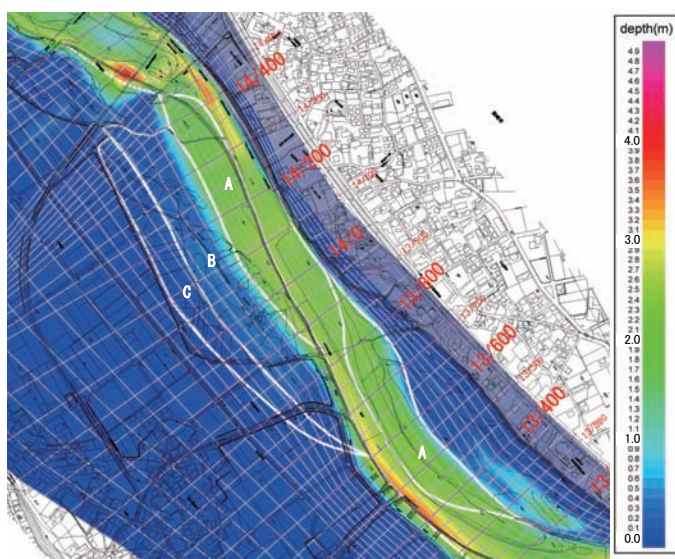


図 6.2 河道掘削イメージ



※図中の白線は、低水路拡幅および高水敷の切り下げ範囲を示す。白点線は、ベースの地形図と異なる部分の現況河岸位置を示す。

図 6.3 シミュレーション結果(水深コンター図)

7. 今後の課題

7.1 まとめ

本研究は、烏川のセグメント2-1区間を対象として、掘削効果が持続可能な河道掘削のあり方を検討した。既往の知見、および烏川における過去の砂利採取後の河道の応答の状況等から、掘削後の低水路内に繁茂した植生により細粒土砂が捕捉されることが、急速な河積縮小の主要因であることを明らかにした。その上で、河積縮小プロセスにおいてキーポイントとなる植生（ツルヨシ）の繁茂を抑制する掘削形状の条件を設定し、実際に対象区間の断面設定を行い、二次元不定流モデルを用いたシミュレーションにより所期の効果が実現可能なことを確認した。

7.2 今後の課題

7.2.1 効果の持続性を考慮した段階的な低水路掘削手法

掘削後に維持しやすい河道形状について検討を行ったが、検討したとおりの効果が発現されるためには、施工段階においても掘削による急拡・急縮が生じることのないように、すりつけを行うことが必要である。

予算等の各種制約が存在する中で河川改修を実施していくにあたり、長期的な視野でライフサイクルコスト（掘削効果の喪失、河積維持のための再掘削）を考慮すれば、上記のとおり、すりつけ等に配慮して河道掘削の工程計画を検討する必要があると考える。段階的に低水路を掘削する場合は、常に必要水深を確保し、死水域が生じないように河道形状を設定する必要がある。

7.2.2 高水敷の植生管理

本研究においては、低水路内における細粒土砂の堆積抑制を主眼に掘削形状の検討を行っており、切り下げた高水敷には植生が繁茂する。植生が遷移し、高茎草本が繁茂すると粗度が増加し、流下能力が減少することが想定される。流量規模の大きい洪水を

流下させるためには、高水敷を切り下げた箇所の植生を管理し、適度な粗度係数に保っておく必要がある。

今後、どのように高水敷の空間を望ましい状態に誘導し、どのように管理をしていくのか、具体的な検討（空間利用計画等）が必要と考える。

謝辞

本研究は、国土交通省関東地方整備局高崎河川国道事務所委託業務の一環として実施されたものである。

本研究を実施するにあたり、群馬大学の清水先生、埼玉大学の田中先生には、貴重なご助言をいただきました。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くださった、高崎河川国道事務所の皆様方に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 青木信哉・田中規夫・八木澤順治（2007）洪水攪乱影響の違いがツルヨシの形態的特徴と繁茂量・拡域に与える影響，水工学論文集第51巻
高崎河川国道事務所（2010）平成21年度鳥・神川整備方策立案業務報告書
藤田光一（2007）河道セグメント2における川幅縮小のメカニズムと予測技術～掘削後の河道応答を「もっと読もうとする」河川技術のために～，第43回水工学に関する夏期研修会講演原稿
末次忠司・藤田光一・服部敦・瀬崎智之・伊藤政彦・榎田真二（2004）礫床河川に繁茂する植生の洪水攪乱に対する応答，遷移および群落拡大の特性—多摩川と千曲川の礫河床を対象として—，国土技術政策総合研究所資料
八木澤順治・田中規夫・青木信哉（2006）ツルヨシのランナーによる群落拡大が土砂の移動限界に与える影響，水工学論文集第50巻
山本晃一（2010）沖積河川—構造と動態—，（財）河川環境管理財団・企画

4) 自然再生工事施工後の管理方策の検討 ～多摩川・谷地川合流点地区生態系保持空間において～

山田 政雄*・川畑 理恵***

1. はじめに

多摩川では、多摩川の河川環境の秩序ある保全と利用を目的に昭和55年に「多摩川河川環境管理計画」が全国に先駆けて策定された。本計画は、河川空間を機能目的別に8つの「機能空間」に機能区分している。うち、「生態系保持空間」は自然系空間の中で最も自然豊かな空間に位置付けられている。しかしながら、近年においては外来植物の侵入や礫河原の喪失などにより、機能空間設定時の環境が失われつつある。このような状況に鑑み、生態系保持空間における自然再生工事が進められている。

本検討は、自然再生工事を実施した図1・1に示す多摩川の谷地川合流点地区生態系保持空間（河口から43Km付近）において、施工後の具体的なモニタリング調査内容、維持管理内容、さらに現場での維持管理の行動フローなどの自然再生工事施工後の管理方策について、検討を行ったものである。

2. 当該地区の自然再生計画について

当該地区の自然再生計画は、多摩川流域委員会・機能空間区分検討分科会において作成され、その内容は以下に示すとおりである。

2.1 自然再生に至る背景

昭和55年の多摩川河川環境管理計画・策定当時の当該地区は、多摩川の中でも自然植生域が最も広く、土丹層（第三紀層）の露頭、その上位に何層にも乗る礫層、さらには伏流水、湧出池、小池沼などにより変化に富んだ植生が広がっていた。また、これら多様な環境に対応して鳥類や小動物も豊富であった。

しかしながら、過去の洪水による高水敷への細粒土砂の堆積に伴い草本類が定着し、さらにハリエンジュ等が樹林化し高水敷が固定化した。低水路部分は洗掘が進行し、土丹層（下部更新統）上の礫層は



図1・1 当該地区の自然再生工事施工範囲

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第3部次長
** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第3部研究員

流失してしまい、かつての礫河原環境は失われ、河原固有の生物も減少してしまった。また、礫河原と土丹層が露出する景観は、多摩川八景「多摩大橋付近の河原」に選定され、多くの市民に親しまれていた空間であった。

以上の背景から、多摩川流域委員会・機能空間区分検討分科会において、当該地区の上流にある永田地区（河口から53km付近）に続く取り組みとして、多摩川の生態系保持空間における自然再生を図ることになったものである。

2.2 自然再生計画の内容

自然再生計画における再生・保全目標は、かつての当該地区の川らしさの特徴を踏まえて、次のとおり設定された。

1) 再生・保全目標

土丹層のある景観と、その周辺に広がる複雑な地形、砂礫地、湧水池、水路、草地、樹林地等とそれに依存する生物群集を再生・保全する。

2) 自然再生計画の基本方針

自然再生計画の実施にあたっての基本方針は、次のとおりである。

- ・当該地区の特性である、土丹層の上に薄く乗る礫層、湧水池、草地、樹林地等の多様な環境を復元するため、低水路際まで密生した樹木群を除去し低水路幅を広げることで、低水路際に攪乱頻度の大きい礫地環境を復元する。
- ・草地及び樹林地の環境再生については、ハリエンジュ対策により実施する。

なお、自然再生工事における掘削にあたって、以下の留意点を挙げている。

- ・カララケツメいの群落付近は現状維持する。
- ・原則土丹層を露出させないように掘削するが、部分的な露出は許容する。
- ・現存する池は現状のままとし、多様な環境を保全する。
- ・造成した河原は平坦にせず、自然な河原の形状と

する。

2.3 自然再生計画の設計の考え方

1) 低水路の掘削幅の考え方

当該地区における低水路の掘削幅の考え方は、次のとおりである。（図2・1参照）

- ・掘削する低水路の幅は、砂利採取後、河原が自然的に復元してきた昭和49年頃の地形を参考に約160mとした。
- ・昭和50年以降に堆積傾向にある箇所を対象区として河原環境を再生することにした。
- ・特に、谷地川と本川に挟まれた高水敷は昭和49年当時は全て植生のない砂州であったため、本川と谷地川を挟む高水敷（現在はハリエンジュ繁茂）全体を切り下げることにした。
- ・現在の低水路は局所洗掘と樹林繁茂の影響により、洪水時の水深が大きくなることで、掃流力が以前より大きくなり、低水路内に砂礫がとどまりにくい状況と考えた。そこで、低水路を拡幅することで、河原の掃流力を弱めて、多様な砂礫が堆積する環境の再生を期待することにした。

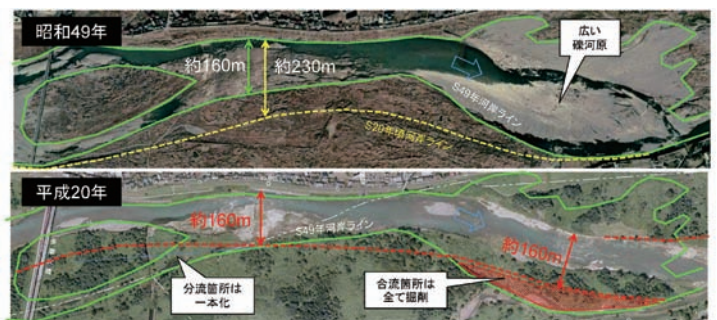


図2・1 低水路の掘削幅の考え方

2) 掘削高さの考え方

当該地区における掘削高さの考え方は、当該地区に先行して、洪水による攪乱によって礫河原を再生する試みを実施している上流の他地区の考え方が適用された。この考え方は、周辺の礫河原（砂州）とほぼ同程度の地盤高であれば、礫河原が保たれるというものである。

当該地区における掘削高さは、当該地区周辺の砂州高（水面からの比高）の平均の高さを求め、平時の水面から 1.4mの高さで現況の高水敷を切り下げる（掘削）こととした。（表 2・1、図 2・2 参照）

表 2・1 当該区間における砂州高の比高

No	計測位置	地被	水面からの比高
1	41.3左岸	礫	1.8m
2	41.6K左岸	礫	1.6m
3	42.3K右岸	礫	2.0m
4	42.5K左岸	礫	0.8m
5	43.5K右岸	礫	1.6m
6	43.8K右岸	礫	1.0m
7	44.0K左岸	礫	1.0m
8	44.2K左岸	礫	1.6m
平均			1.4m

3) 再生計画河道の水理計算による土砂の移動限界粒径の評価

当該地区の再生計画河道における河床に働く掃流力を求め、礫の敷設や河床に残留可能な粒径を評価するために、水理計算を行った。計算条件は、次のとおりである。

- ・平均年最大流量：1,153m³/s（日野）
- ・低水路幅：160m



写真 3・1 当該地区の自然再生工事後の環境イメージ

この計算により、平均年最大流量時における再生礫河原部分の移動限界粒径は 14mm～25mm、水深は 0.6～0.8m と評価した。



図 2・2 当該区間における砂州高の比高

3. 当該地区の自然再生工事の概要

当該地区の自然再生工事において、前述の自然再生計画に基づき、その再生目標環境を以下のとおりとした。

当該地区の特性である土丹層の上に薄く乗る礫層には、砂礫、ツルヨシ、カワラケツメイやカワラニガナ等の礫河原植物が再生することを目標環境とした。

また、土丹層の周辺の湧出池・水路には、ササバモやヒメガマ、ミクリ等の湿性植物およびモツゴやメダカ等の魚類が再生することを目標環境とした。

当該地区の自然再生工事後の環境イメージは、写真 3・1 の示す。

自然再生工事は、平成 21 年度から平成 22 年度の 2 カ年で実施された。その工事内容は、平成 21 年度に高水敷掘削を、平成 22 年度に低水路法肩の表土掘削と土丹層露出部への礫敷設（掘削土をスケルトンバケットで篩い分けした玉石）、造成箇所へ影響を与える範囲の樹木伐採、水路の掘削などである。

図 3・1 および図 3・2 に、当該地区の自然再生工事の実施範囲と標準断面図を示す。また、写真 3・2 に自然再生工事の工事状況を示す。



図 3・1 当該地区の自然再生工事の実施範囲

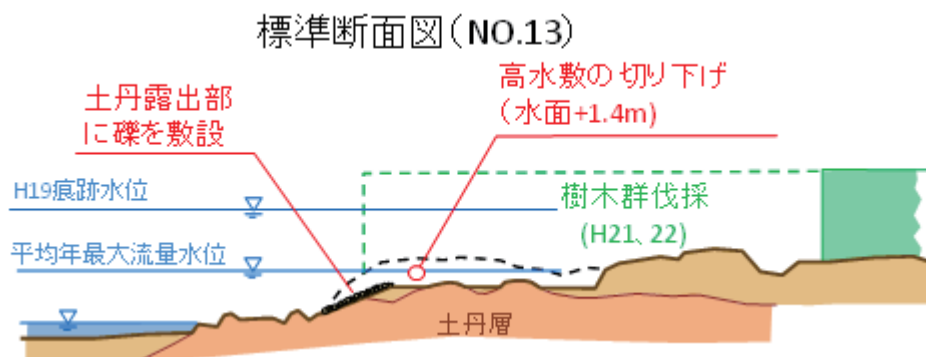


図 3・2 自然再生工事標準断面図

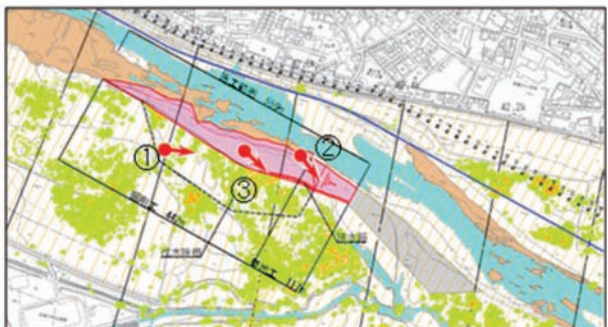
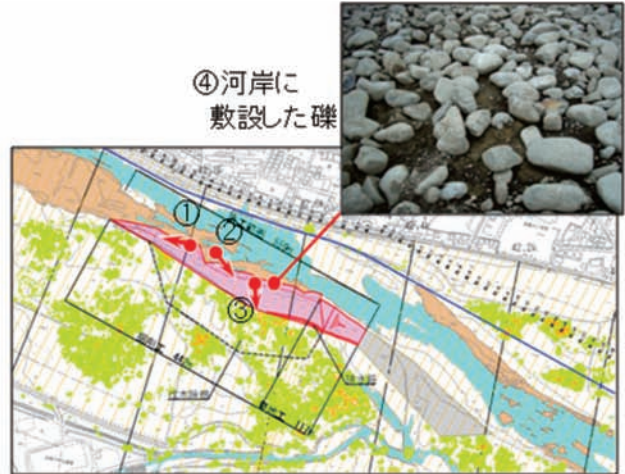


写真 3・2 自然再生工事状況写真 (平成 23 年 3 月上旬・撮影)

4. 工事施工後に想定される洪水等のインパクトに対するレスポンスの検討

当該地区において想定される洪水等のインパクトに対するレスポンスについて、物理環境と生物環境に区分して検討を行い、工事施工後の管理方策の検討に反映させるものとした。

4.1 物理環境から見たインパクトとレスポンス

当該地区の物理環境において、主たるインパクトは出水であり、これに対するレスポンスは河道形状・河床材料の変化である。

表 4・1 に物理環境から見たインパクト・レスポンスを示す。

4.2 生物環境から見たインパクトとレスポンス

当該地区における生物環境として、植生に着目することとした。これは、河川に生息する植物（植生）が植生の基盤となる土壌に依存していること、すなわち、物理環境におけるレスポンスである河道形状や河床材料の変化が、植物（植生）の生育環境の変化というインパクトとなり、植生の変化という反応（レスポンス）に現れやすい生物と言えるからである。

表 4・2 に生物環境（植生に着目）から見たインパクト・レスポンスを示す。また、写真 4・1 に想定されるレスポンス（植生の変化）のイメージ写真を示す。

表 4・1 物理環境から見たインパクト・レスポンス

インパクト		レスポンス		備考
出水 河床材料の移動 (掃流力)	河道形状・河床材料の変化	礫の堆積	・河床材料の堆積厚 ・河床材料の粒径 ・礫河原の細粒土砂の含有率 ・表層状態 など	
		細粒土砂の堆積		
		礫の更新（移動・再堆積）		
		礫層の流出		
		土丹層の変形・流出		

表 4・2 生物環境（植生に着目）から見たインパクト・レスポンス

インパクト		レスポンス		主な要因
生育環境の変化 ・河床材料の堆積厚 ・河床材料の粒径 ・礫河原の細粒土砂の含有率 ・表層状態 など	植生の変化	a.河原植物の発芽・生育	礫の堆積 礫の更新（移動・再堆積）	
		b.ハリエンジュの再萌芽～樹林化	細粒土砂の堆積 礫の堆積 礫の更新（移動・再堆積）	
		c.オオブタクサ・セイタカアワダチソウ・アレチウリ・クズ等の侵入・繁茂	細粒土砂の堆積 礫の堆積 礫の更新（移動・再堆積）	
		c.植生の消失・減少	礫層の流出 土丹層の変形・流出	



①河原植物の発芽・生育



②ハリエンジュの再萌芽～樹林化



③オオブタクサ・セイタカアワダチソウ・アレチウリ・クズ等の侵入・繁茂



④植生の消失・減少
(土丹層の全面的な露出)

写真 4・1 想定されるレスポンス (植生の変化) のイメージ

5. 維持管理方策の検討

5.1 維持管理の考え方

当該地区における自然再生工事施工後の維持管理の考え方を、図 5・1 に示す。

自然再生工事施工後における維持管理は、以下のように「Ⅰ期：再生計画に対する検証期間（造成後 3 年間程度）」と、「Ⅱ期：再生計画の監視期間（造成後 4 年目以降）」に、期間区分して、それぞれの期間に合った維持管理を行う考えとした。

1) Ⅰ期：再生計画に対する検証の維持管理

再生礫河原造成後 3 年間程度は、再生計画の適応性の検証を行うことを目的として、維持管理を行う。

この期間中のモニタリング結果に基づき、物理環境と生物環境の関連性の定量的な分析および再生計画の評価を行い、状況に応じて再生礫河原断面の修正など、具体的な維持管理を行う。

また、モニタリングを実施する出水規模は、上流の他地区における河道変化の経験から、平均年最大流量の 1/2 程度以上の出水を対象とすることにした。

2) Ⅱ期：再生計画監視の維持管理

再生礫河原造成後 4 年目以降は、再生計画に基づく自然再生の推移を監視していく期間とする。

基本的には、定期的なモニタリングを実施するのみとするが、平均年最大流量を大幅に超える出水があった場合や、予期せぬ植生生育が見られた場合に必要調査を実施し、状況に応じて再生計画の見直し等、具体的な維持管理を行う。

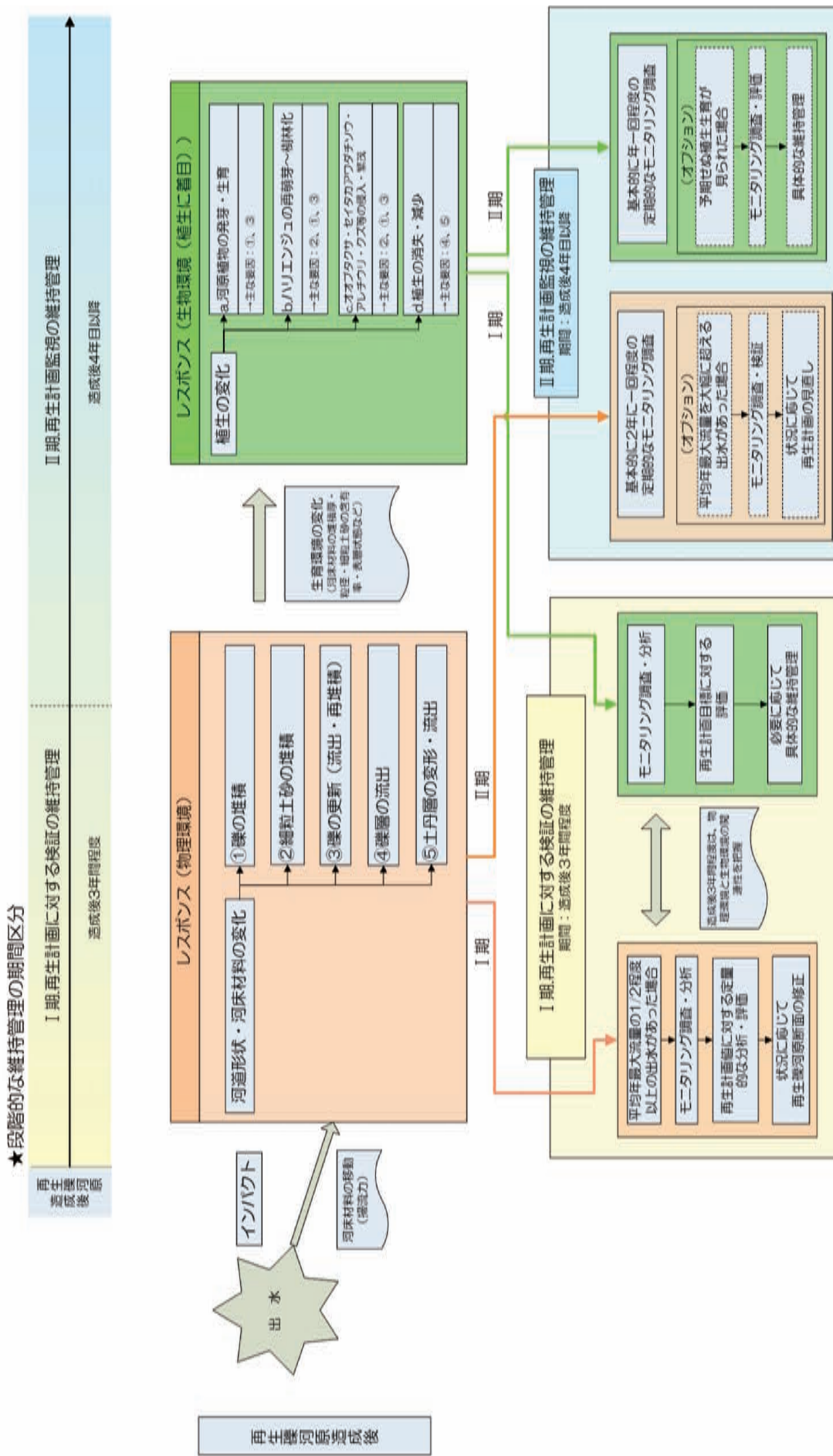


図 5.1 維持管理の考え方フロー

5.2 モニタリング調査内容の検討

モニタリング調査内容は、物理環境と生物環境に大別して、さらにはⅠ期とⅡ期に区分して、その内容を検討した。

1) Ⅰ期：再生計画に対する検証期間（造成後3年程度）のモニタリング調査内容

Ⅰ期のモニタリング調査内容は、再生計画の適応性の検証を行うことを目的とした必要調査項目とし、造成直後の初期値データを含めて、表5・1のとおりである。

2) Ⅱ期：再生計画監視期間（造成後4年目以降）のモニタリング調査内容

Ⅱ期のモニタリング調査内容は、再生計画に基づく自然再生の推移を監視していくことを目的として、表5・2および表5・3の上表に示すとおり、2年に1回の造成箇所の攪乱状況調査と、水辺の国勢調査時の定期的な調査を基本とした。その他、平均年最大流量を大幅に超える出水があった場合、予期せぬ植生が見られた場合のモニタリング調査内容は、表5・2および表5・3の下表に示すとおりである。

表5・1 Ⅰ期の物理環境および生物環境のモニタリング調査内容

管理項目		造成直後	造成後3年目	調査目的	内容
物理環境	造成後の地形測量	○	○ 平均年最大流量の半分程度以上	再生地区、湧出池の地形状況の把握	対象エリアを1/1,000でコンター図作成 定期横断箇所の横断測量、造成箇所の縦断測量
	造成箇所の礫層等	○	-	再生地区の礫河原の初期状態を把握	再生箇所の表土厚、粒径、礫分布、土丹層露頭箇所、露頭面積を調査
	冠水深	○ 水位計	○ 連続観測	再生礫河原部分の、出水時の冠水位、礫河原の掃流力の推定	再生箇所に6基の圧力式水位計を礫河原部の縦断方向に設置し、増水時の水位を計測（10分間隔で継続）
	洪水時の攪乱状況	-	○ 平均年最大流量の半分程度以上	洪水時の礫河原および河床、湧出池の攪乱状況の把握	平均年最大流量の半分程度以上の流量の洪水を対象に、再生した河原等の礫移動状況として、リング法により礫の堆積深、粒径を調査・分析するとともに、礫分布、土丹層露頭箇所、露頭面積ならびに仮水路河床の粒径および堆積状況を調査
生物環境他	植生分布	○	○ 年一回（秋）	現状の植生状況の把握（植生図作成）	再生箇所および樹木伐採箇所における植生を調査
	植物相	○	○ 年一回（秋）	自然環境の復元度を把握	再生箇所に復元した河原性の植物や希少種、特定外来生物指定種を調査
	その他の生物	○	○ 年一回（秋）	自然環境の復元度を把握	鳥類、両・ハ・哺乳類、魚類（湧出池）を対象に、任意調査や現地のフィールドサインから再生箇所の動物利用状況を把握・調査
	ハリエンジュの再生状況	-	○ 年二回	ハリエンジュの再生状況の把握	樹木伐採箇所における、ハリエンジュの再生状況（分布密度、樹高、再萌芽等）を調査
	景観（定点写真）	○ 地点設定	○ 春～冬 年四回	再生地区の景観上の経年変化を把握	見通しの良い全体を見渡せる地点から定点写真撮影

表 5・2 II 期の物理環境のモニタリング調査内容
(定期的なモニタリング調査)

管理項目	達成後 4年目 以降	調査目的	内 容
造成箇所の攪乱状況	○ 2年に一回	洪水等による礫河原および河床、湧出池の攪乱状況の把握	再生した河原等において、リング法により礫の堆積深、粒径を調査分析するとともに、礫分布、土丹層露頭箇所、露頭面積ならびに低水路河床の粒径および堆積状況を調査

(オプション：平均年最大流量を大幅に超える出水があった場合)

管理項目	調査目的	内 容
地形測量	再生地区の地形状況の把握	対象エリアを1/1,000でコンター図作成 定期横断面箇所の横断測量、造成箇所の縦断測量
洪水時の攪乱状況	洪水時の礫河原および河床、湧出池の攪乱状況の把握	リング法により礫の堆積深、粒径を調査・分析するとともに、礫分布、土丹層露頭箇所、露頭面積ならびに低水路河床の粒径および堆積状況を調査

表 5・3 II 期の生物環境（植生に着目）のモニタリング調査内容
(定期的なモニタリング調査)

モニタリング項目	完成後4年目 以降	調査目的	内 容
植生分布	○ 国調	現状の植生状況の把握（植生図作成）	再生箇所および樹木伐採箇所における植生を調査
植物相	○ 国調	自然環境の復元度を把握	再生箇所に復元した河原性の植物や希少種、特定外来生物指定種を調査
その他の生物	○ 国調	自然環境の復元度を把握	鳥類、両・ハ・哺乳類・魚類（湧出池）を対象に、任意調査や現地のフィールドサインから再生箇所の動物利用状況を把握・調査
ハリエンジュの再生状況	○ 年一回	ハリエンジュの再生状況の把握	樹木伐採箇所における、ハリエンジュの再生状況（分布密度、樹高、再萌芽等）を調査
景観 (定点写真)	○ 年四回/5年毎	再生地区の景観上の経年変化を把握	見通しの良い全体を見渡せる地点から定点写真撮影

(オプション：予期せぬ植生が見られた場合)

予期せぬ植生	モニタリング項目	調査目的	内 容
<ul style="list-style-type: none"> ハリエンジュの再生が顕著 オオバタクサ等の一年生外来植物が繁茂 セイタカアワダチソウなど多年生外来植物が繁茂 クズ、アレチウリ、カナムグラなどつる性植物が繁茂 	植生分布	現状の植生状況の把握（植生図作成）	再生箇所および樹木伐採箇所における植生を調査
	植物相	自然環境の復元度を把握	再生箇所に復元した河原性の植物や希少種、特定外来生物指定種を調査
	その他の生物	自然環境の復元度を把握	鳥類、両・ハ・哺乳類・魚類（湧出池）を対象に、任意調査や現地のフィールドサインから再生箇所の動物利用状況を把握・調査
	ハリエンジュの再生状況	ハリエンジュの再生状況の把握	樹木伐採箇所における、ハリエンジュの再生状況（分布密度、樹高、再萌芽等）を調査
	景観（定点写真）	再生地区の景観上の経年変化を把握	見通しの良い全体を見渡せる地点から定点写真撮影

5.3 維持管理の内容

維持管理の内容は、物理環境と生物環境に大別して、さらにはⅠ期とⅡ期に区分して、その内容を検討した。

1) Ⅰ期：再生計画に対する検証期間（造成後3年程度）の維持管理の内容

① 物理環境に対する維持管理の内容

維持管理の内容（物理環境）は、平均年最大流量の半分程度以上の出水があった場合に表5.4の内容を実施するものとし、そのモニタリング結果に基づく、物理環境と生物環境の関連性の定量的な分析および再生計画の評価を行い、状況に応じて再生礫河原断面の修正など、具体的な維持管理を行う。

② 生物環境（植生に着目）に対する維持管理の内容

維持管理の内容（生物環境）は、表5.5に示すように、レスポンス（植生の変化）の内容毎に、作業規模の程度を考慮して、その具体的な対応内容を選択肢方式で整理した。また、その対応選択肢毎の選択判断は、対象植生状態を指標として「判断のタイミング」とした。

実際の維持管理は、モニタリング調査に基づくレスポンス（植生の変化）の状況に応じて、「判断のタイミング」による対応選択肢から選択し、維持管理を行うことになる。なお、維持管理の実施は、物理環境と生物環境の関連性を十分に把握した後、必要に応じて実施することになる。

また、本地区における生物環境（植生に着目）の維持管理の対処スタンスとしては、ハリエンジュの樹林化などの再発予防の観点から早めの対処を行う先手型の維持管理を行うことが重要と考える。

なお、「判断のタイミング」の課題は以下のとおりである。

- ・植生の範囲、規模（面積、密生度）、混成度合などにより判断するが、定量的な基準が明確でない。
- ・当該地区におけるハリエンジュなどの再生機構に関するデータが乏しい。

従って、今後の定量的な判断材料とするために、Ⅰ期の期間中にそれらのデータ蓄積を行う。また、Ⅰ期の終了時には、モニタリングで得られた知見および学識者の助言等を踏まえて、Ⅱ期に向けた維持管理の方針を再検討する。なお、判断するための植生の範囲（面積）は、当面の判断目安として、人力による伐根または除草を1人/日当たり10㎡として30人で行える規模300㎡を仮設定した。

表5.4 Ⅰ期の維持管理の内容：物理環境
(平均年最大流量の半分程度以上の出水があった場合に実施)

レスポンス		維持管理内容	維持管理の具体的な内容	備考
河道形状・河床材料の変化	a. 礫の堆積	①. モニタリング調査・分析	Ⅰ期のモニタリング（後掲）による、造成後の地形測量、造成箇所の礫分布や冠水深、洪水時の攪乱状況（リング法等による）等を調査・分析	物理環境と生物環境の関連性を把握
	b. 細粒土砂の堆積			
	c. 礫の更新（流出・再堆積）	②. 再生計画値に対する定量的な分析・評価	Ⅰ. 当該出水における再生計画断面の考え方による計算 Ⅱ. モニタリング調査結果と、Ⅰ. の比較 Ⅲ. 再生計画値に対する定量的な分析・評価	【再生計画】 平均年最大流量： 1.153m ³ /s（日野） 低水路幅：160m (再生礫河原部分の計算値) 移動限界粒径： 14mm～25mm 水深：0.6～0.8m
	d. 礫層の流出			
	e. 土丹層の変形・流出			
	③. 状況に応じて再生礫河原断面の修正	上記の分析・評価結果に基づき、必要に応じて再生礫河原断面の修正を行う		

表 5.5 I 期の維持管理の内容：生物環境（植生に着目）
 （物理環境と生物環境の関連性を把握後、必要に応じて実施）

レスポンス	対応選択肢	対応の具体的内容	備考	判断のタイミング	
植生の変化	①河原植物の発芽・生育	a.何もしない	-		
	②ハリエンジュの再萌芽～樹林化	a.何もしない	・次期出水による再萌芽のフラッシュ的な流出を待つ	・期待される出水がない時、樹林化が進行。	ハリエンジュの幼木が切り下げ部の低い標高に侵入している状態まで
		b.人力による抜根	・NPO等との連携による人力抜根・摘枝・摘芽	・樹齢約半年以内に限定される。 ・市民連携の強化、軽作業	ハリエンジュが手で抜ける程度の状態まで
		c.小型機械による伐採・抜根	・小型機械（BF等）による伐採・抜根	・経済性（小）	ハリエンジュが手で抜けない状態まで
	③オオブタクサ・セイタカアワダチソウ・アレチウリ・クズ等の侵入・繁茂	a.何もしない	・次期出水によるフラッシュ的な流出を待つ	・期待される出水がない時繁茂が進行。	外来種等が切り下げ部の低い標高に侵入している状態まで
		b.人力による除草	・NPO等との連携による人力除草	・人力のみのため、除草規模が限定される。 ・市民連携の強化、軽作業	草丈が低い、侵入の初期など手で抜ける程度の状態まで
c.機械による除草		・人力および機械による除草	・経済性	植生が手で抜けない状態まで	
④植生の消失・減少	a.維持管理の対象外	（状況に応じて再生計画の見直し）	-	-	

2) II 期：再生計画監視期間（造成後4年目以降）
 の維持管理の内容

① 物理環境に対する維持管理の内容

維持管理の内容（物理環境）は、表 5.6 の上表に示すように、基本的に2年に1回程度の定期的なモニタリング調査を実施して、造成箇所の攪乱状況を把握するのみとする。ただし、平均年最大流量を大幅に超える出水があった場合は、表 5.6 の下表に示すように、モニタリング調査・分析を行って、再生計画に対する定量的な分析・評価を行い、状況に応じて再生計画の見直しを行う。

② 生物環境（植生に着目）に対する維持管理の内容

維持管理の内容（生物環境）は、表 5.7 の上表に示すように、基本的に年に1回程度の定期的なモニタリング調査を実施して、造成箇所の植生状況を把握するのみとする。ただし、予期せぬ植生種の生育が見られた場合は、表 5.7 の下表に示すように、モニタリング調査を実施して、状況に応じて「判断のタイミング」による対応選択肢から、維持管理を行う。

表 5.6 II 期の維持管理の内容：物理環境
 （基本管理：基本的に2年に1回程度の定期的なモニタリング調査を実施）

レスポンス	維持管理内容	維持管理の具体的内容	備考
河川形状・河床材料の変化	①礫の堆積	モニタリング調査	II期のモニタリングによる、造成箇所の攪乱状況を調査
	②細粒土砂の堆積		
	③礫の更新（流出・再堆積）		
	④礫層の流出		
	⑤土丹層の変形流出		

(オプション：平均年最大流量を大幅に超える出水があった場合に実施)

レスポンス	維持管理内容	維持管理の具体的内容	備考	
河道形状・河床材料の変化	a. 礫の堆積	①モニタリング調査・分析	Ⅱ期のモニタリング（後掲）による、造成後の地形測量、洪水時の攪乱状況（リング法等による）等を調査・分析	物理環境と生物環境の関連性を把握
	b. 細粒土砂の堆積	②再生計画値に対する定量的な分析・評価	i. 当該出水における再生計画断面の考え方による計算 ii. モニタリング調査結果と、i. の比較 iii. 再生計画値に対する定量的な分析・評価	〔再生計画〕 平均年最大流量：1,153m ³ /s 1日最大低水路幅：160m
	c. 礫の更新（流出・再堆積）			
	d. 礫層の流出	③状況に応じて再生計画の見直し	上記の分析・評価結果に基づき、必要に応じて再生計画の見直しを行う	再生礫河原部分の計画値 移動限界粒径：14mm～25mm 水深：0.6～0.8m
	e. 土丹層の変形・流出			

表 5.7 Ⅱ期の維持管理の内容：生物環境（植生に着目）

(基本管理：基本的に年1回程度の定期的なモニタリング調査)

レスポンス	対応選択肢	対応の具体的内容	備考	判断のタイミング
①河原植物の発芽・生育	-	-	-	-
②ハリエンジュの再萌芽から樹林化	a. 何もしない	・次期出水による再萌芽のフラッシュ的な流出を待つ	・期待される出水がない時、樹林化が進行。	ハリエンジュの幼木が切り下げ部の低い標高に侵入している状態まで
③オオブタクサ・セイタカアワダチソウ・アレチウリ・クズ等の侵入・繁茂	a. 何もしない	・次期出水によるフラッシュ的な流出を待つ	・期待される出水がない時繁茂が進行。	外来種等が切り下げ部の低い標高に侵入している状態まで
④植生の消失・減少	a. 維持管理の対象外	(再生計画の見直し)	-	-

(オプション：予期せぬ植生が見られた場合)

予期せぬ植生	対応選択肢	対応の具体的内容	備考	判断のタイミング
・ハリエンジュの再生が顕著	a. 人力による抜根	・NPO等との連携による人力抜根・摘枝・摘芽	・樹齢約半年以内に限定される。 ・市民連携の強化、軽作業	ハリエンジュが手で抜ける程度の状態まで
	b. 小型機械による伐採・抜根	・小型機械（BF等）による伐採・抜根	・経済性（小）	ハリエンジュが手で抜けない状態まで
	c. 大型機械による伐採・抜根	・大型機械による伐採・抜根	・経済性（大）	小型機械でハリエンジュが抜けない状態まで
・オオブタクサ等の一年生 外来植物が繁茂	a. 人力による除草	・NPO等との連携による人力除草	・人力のためのため、除草規模が限定される。 ・市民連携の強化、軽作業	草丈が低い、侵入の初期など手で抜ける程度の状態まで
・セイタカアワダチソウなど多年生 外来植物が繁茂				
・クズ、アレチウリ、カナムグラなど つる性植物が繁茂	b. 機械による除草	・人力および機械による除草	・経済性	植生が手で抜けない状態まで

5.4 現場における維持管理の行動フローの検討

ここでは、前述で検討した維持管理の内容を当該自然再生地区の現場において、どう具体的に行動していくかについて検討を行った。

検討にあたっては、特に本地区における生物環境（植生に着目）の維持管理の対処スタンスとして、ハリエンジュの樹林化などの再発予防の観点から早めの対処を行う先手型の維持管理を行うことが重要である。

また、Ⅰ期の再生計画に対する検証期間（造成後3年間程度）の終了時には、Ⅰ期で得られた知見および学識者の助言等を踏まえて、Ⅱ期に向けた維持管理の方針を検討することが必要と考える。

ここでは、当面の維持管理であるⅠ期の再生計画に対する検証期間を対象に、現場における維持管理の行動フローの検討を行った。その検討結果は、図5.2及び図5.3に示す。図5.3の生物環境に関する行動フローでは、①出張所による監視⇒②事務所への連絡⇒③現地確認調査の実施⇒④分科会委員への報告・相談⇒⑤維持管理の実施 までの行動フローを立案した。

6. あとがき

自然再生工事は、全国各地で行われるようになったが、施工後の具体的な管理方策については自然公物を相手にした取り組みであることから、その対応に苦慮している。また、再生箇所におけるインパクト・レスポンスに対応したモニタリングと維持管理は、その対応経費と労力を確保することが難しくなっている。

多摩川は、先駆的に自然環境の保全・再生に関する取り組みを行っている河川である。今回の検討は、その一環として行われたものであり、先行的に自然再生が実施されている地区で得られた知見や反省点を含む経験を踏まえて、その具体的なモニタリング調査内容および維持管理内容、現場における維持管理の行動フローについて、自然再生計画の検証と監視に目的を区分して、検討したことの意義は深いと

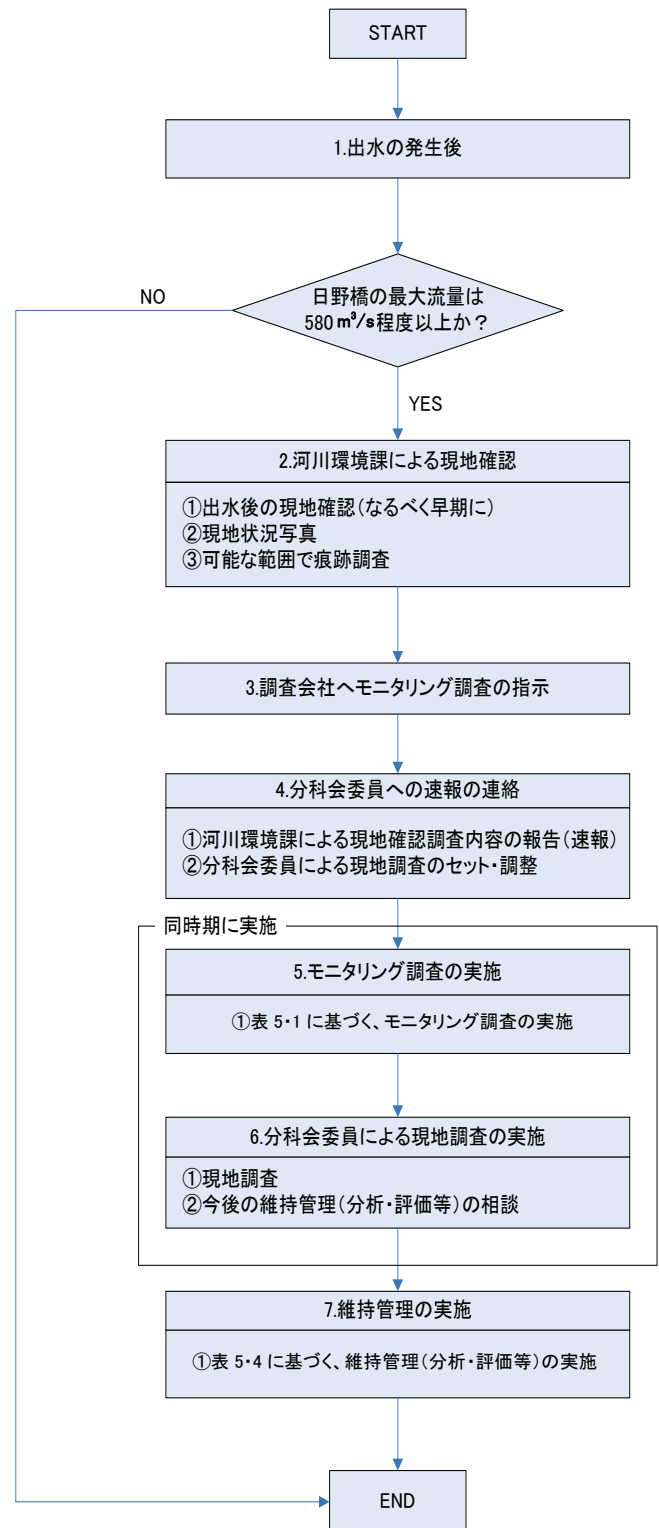


図 5.2 当該地区におけるⅠ期の維持管理の行動フロー案（物理環境）

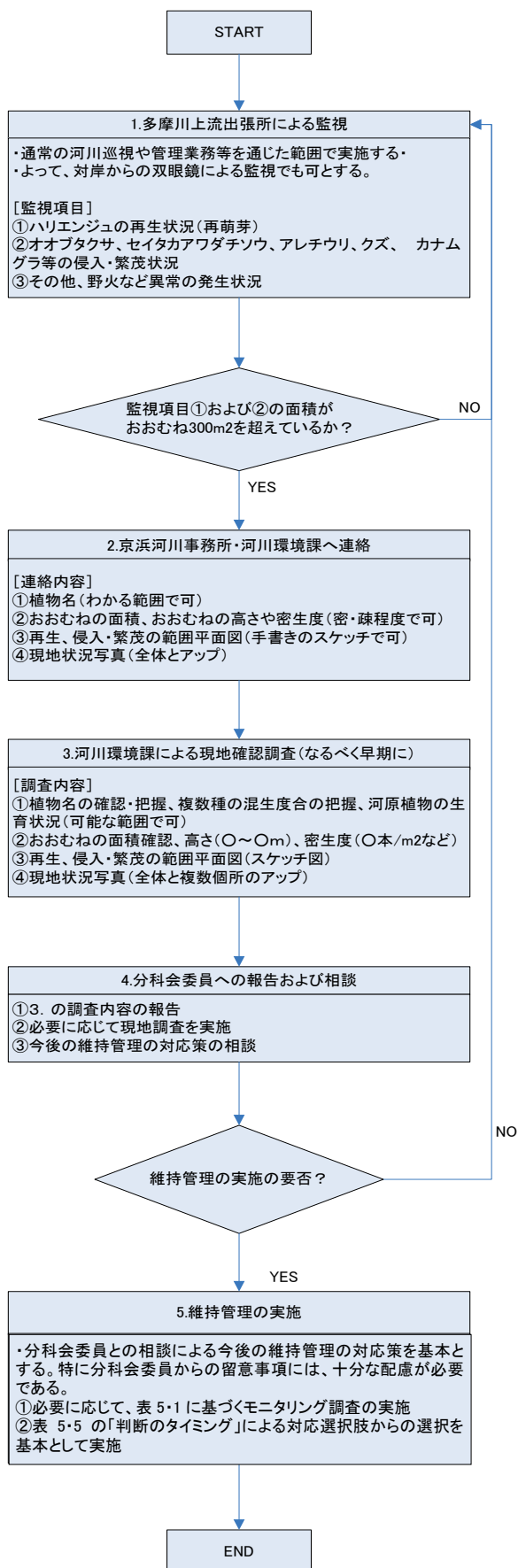


図 5・3 当該地区における I 期の維持管理の
行動フロー案 (生物環境)

考える。今後とも、「河川は流域社会の共有財産である」との基本理念のもと、流域社会の理解と協力を得ながら、河川の管理を行っていくことを望むものである。

謝 辞

本研究は、国土交通省関東地方整備局京浜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。本研究を実施するにあたり、多摩川機能空間区分検討分科会委員並びに京浜河川事務所河川環境課の皆様方には、貴重なご意見、ご指導をいただきました。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

京浜河川事務所 (2010) 平成 21 年度多摩川河川環境管理計画検討業務報告書

5) 小貝川におけるサイクル型河道管理方策について

鈴木 克尚*・吉田 高樹**・山田 政雄***

1. はじめに

河川管理の対象となる河道は流水という自然的要因と、各種の人為的要因によって、日々その姿を変えている。また、河道形態の変化により、河川の備えるべき安全性や機能、河川環境も変化している。

そのため、河道の安全性、河川環境の健全性を維持していくため、将来的な変化を的確に把握・評価し、治水・利水・環境を総合的に捉えた河道管理を実施していくことが必要である。

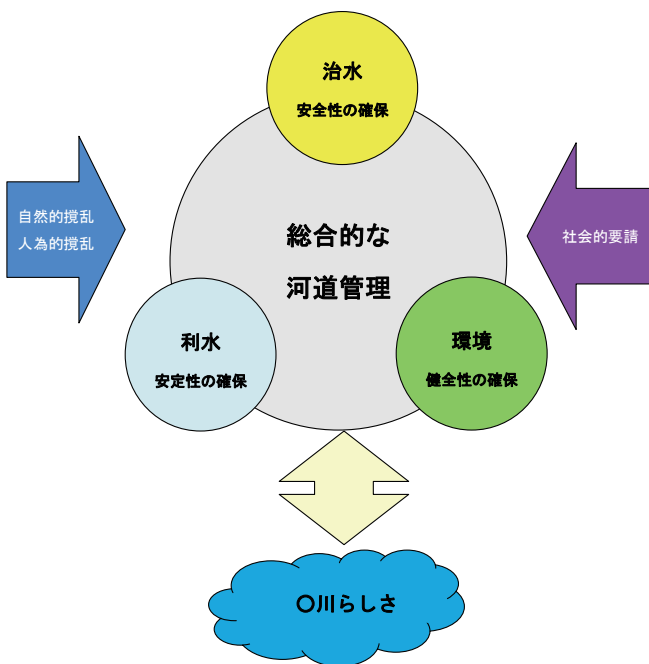


図1・1 治水・利水・環境の総合的な河道管理概念図

一方、近年、温暖化に伴う集中豪雨や局地的大雨、降雪の減少など洪水、渇水へのリスクが高まっている。

また、多くの河川管理施設が戦後、特に高度成長期以降大量に整備され、築造後 30～50 年が経過し、

施設の機能維持あるいは保全、更新などに迫られている状況にあり、河川維持管理の重要性が高まってきている。

このような状況のもと、現場の現状に則したより効率的・効果的な河川維持管理を実施していくことが求められているが、鈴木他（2010）は、河川維持管理を実施していく上での課題を以下の3点に集約した。

- ①河川維持管理計画と現場での維持管理の不整合
- ②河川維持管理を実施していくためのシステムの不備
- ③河川維持管理に関する予算・人員の減少、現場での課題に対する技術の伝承が困難

その対応方策としては、現場での巡視情報、定期的な縦横断測量などのデータの蓄積・更新、評価、対策のサイクル型の河川維持管理システム(図2・1)を確実に運用していくことが重要であるとした。

本報告は、現場の現状に則したサイクル型維持管理手法を河道管理に適用し、特に管理目標値の設定に関して、その根拠の明確化を行ったものである。

2. 現場でのサイクル型河川維持管理手法

鈴木他（2010）によって提案されている現場におけるサイクル型河川維持管理手法の概要を以下に示す。

2.1 サイクル型河川維持管理の考え方

効率的・効果的な河川維持管理（河道管理を含む）を実施する上では、各種河川維持管理項目ごとに管理目標を設定した上で、対象と施設の監視、各種巡視・

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第三部研究員
** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第三部部長
*** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第三部次長

点検によって得られる変状・変形量等の情報と、定期取得データ（定期横断測量等）等河道特性に関する情報、過去の被災形態等の情報を編集・更新・蓄積していくとともに、これらの情報を基にして施設の機能・安全性の評価を行い、その結果を対策等の実管理に活かしていく、サイクル型の維持管理の仕組みが有効であると考えられる。

各種の巡視等による監視・点検によって発見された変状等の補修・修繕等の対策の必要性の判断は、点検者・発見者が判断するのではなく、変状の程度およびその対象に関連する情報を、別途、評価の場に寄せ、機能・安全性について評価する。その後の対応は以下の3区分する。

- ①直ちに対策が必要なもの
- ②今後計画的・段階的に維持修繕が必要なもの
- ③経過を注意深く観察し、その状況に応じて対策を行うもの

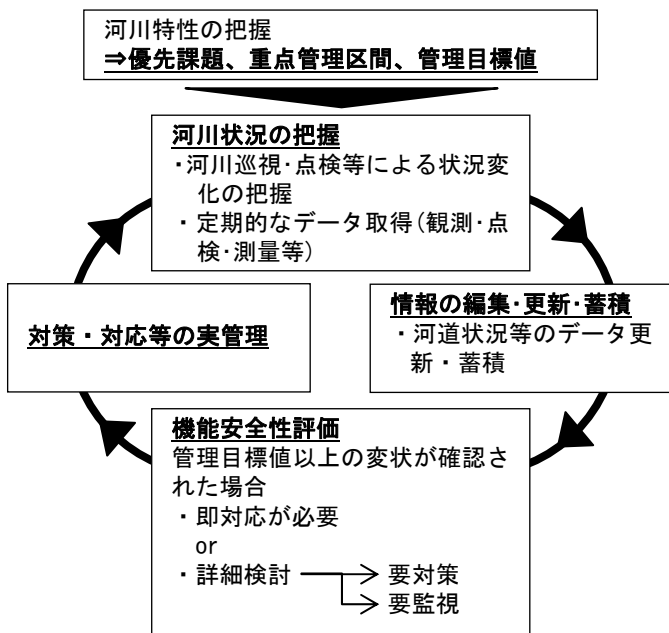


図2・1 現場におけるサイクル型河川維持管理フロー

サイクル型河川維持管理を実施していく上での各ステップにおける留意点を以下に示す。なお、本報告においては、河川状況の把握、情報の編集・更新・蓄積、機能安全性評価の各段階の考え方や検討プロセスを示すものであり、対策・対応等の実管理については、実際の個々の現場での対応となるため対象としない。

2.2 事前検討における留意点

サイクル型河川維持管理を実施する前に、優先して実施すべき維持管理項目（＝優先課題）およびその重点管理区間を定めておくことが、効率的・効果的な河川維持管理につながる。

優先課題およびその重点管理区間を設定する上では、河川特性を十分に把握しておくことが重要であり、河道特性、被災・工事履歴、堤防・河岸の安全性評価資料などを体系的にとりまとめた河道特性情報集を編集することも有効である。河道特性情報集の編集にあたっては、縦横断測量、各種水文資料などの基礎資料を評価目的に合わせて加工し、さらに評価を行っていく上で各種情報を時間軸、空間軸、その複合で重ね合わせて加工していく。

さらに、初期値として、現状における評価を行っておくことが必要である。

表2・1 情報の階層

情報レベル	情報の定義
基礎資料	測量、観測、調査されたままのデータ
加工資料	基礎資料を評価目的に合わせて意味ある形に加工編集された情報、評価するための情報
評価結果	河川管理における判断行為のために、より高度化された情報

2.3 サイクル型維持管理の実施

1) 河川状況の把握

河川状況の把握における留意点は、監視・点検内容、実施体制、頻度・時期を明確化しておく必要がある。

2) 情報の編集・更新・蓄積

情報の編集・更新・蓄積における留意点は、現場で持続的に実施可能とするためにより簡易な更新・蓄積方法とすることである。また、事務所と出張所における情報の共有化および役割分担を明確にしておくことも必要である。

3) 機能評価

事前に設定した管理目標値に基づき、現場での変状

評価を行い、管理目標値以上の変状が確認された場合には即対応あるいは詳細検討を行って、更なる判断をしていくことが重要である。

詳細検討を行い、更なる確度の高い判断を行う場合、大きく2通りの手法があると考えられる。

①評価指標を明確にし、前もって「閾値」のような数値基準を定めておく。

②損傷・変形の質や量を分析しつつ、河道の変化等の現地状況、過去の変形等の進行の状況や今後の損傷・変形拡大・進行の予測および過去の被災形態等から安全性を評価するか、または必要に応じて、例えば護岸の力学的設計法等に基づいた安全性照査を実施する等、評価のプロセスをガイドラインとして示しておく。

これら二つの手法のうち、施設の種別ごとに、どの手法を適用するかについて、決めておくことが重要である。

3. サイクル型河道管理の事例

以上までに述べた現場におけるサイクル型河川維持管理の考え方に基づいて、実際の現場での河道管理に提案した小貝川の事例を示す。

3.1 小貝川の概要

3.1.1 流域の概要

小貝川は、栃木県那須烏山市の小貝ヶ池（標高140m）を水源とし、ほぼ南北に流下し、茨城県筑西市に入り、五行川および大谷川と合流し、緩やかな蛇行を繰り返しながら茨城県北相馬郡利根町押付新田にて利根川に注ぐ、幹線流路延長112km、流域面積1,043km²の一級河川である。

その流域は、栃木県、茨城県の2県にまたがり、流域内人口は約54万人（平成7年度河川現況調査）に達している。小貝川流域の地形は、流域の約15%が山地・丘陵地で約85%は台地・扇状地・沖積地となっている。

河川の縦断的な特性は、水源から茨城県筑西市黒子付付近までは扇状地河川の様相を呈し、河床勾配は1/500と扇状地河川としては緩い勾配である。黒子付近から

は緩流河川の様相を示し、河床勾配は1/2,200～1/6,800となり（図3・2）、旧蛇行河道跡が現在もいたるところで見られる。



図3・1 小貝川流域図

小貝川流域の年降水量の地域分布をみると、平野部で1,100mm～1,500mmとなっている。山岳部で発達した雷雲は平野部で最盛期を迎えるので、短時間の降水量は平野部で多い傾向にある。

本河川の特徴は、他の一級水系に比較して平地面積率が大きく、山地の高度が低いことである。

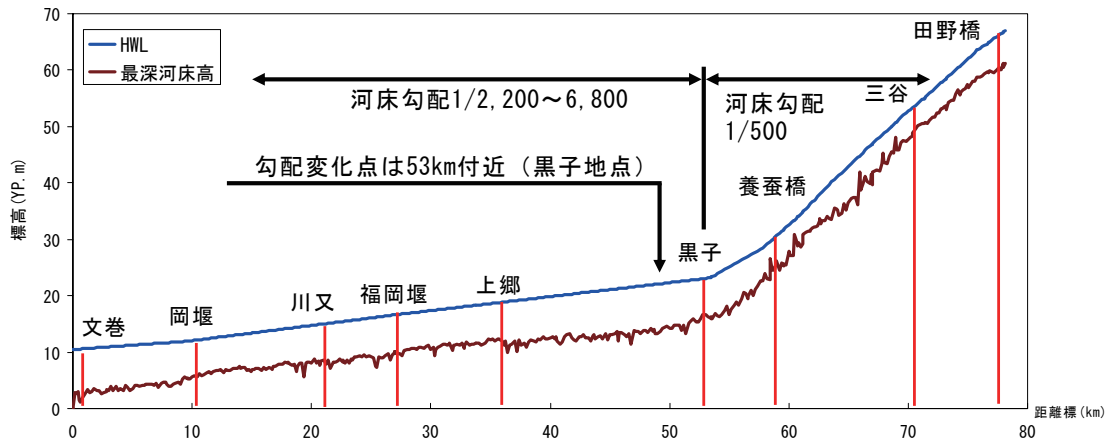


図 3・2 小貝川縦断面

3.1.2 流域の地形

小貝川の JR 常磐線から 78km 地点上流の指定区間は、なだらかな丘陵である喜連川丘陵を下刻しながら流下する。喜連川丘陵は、扇状地（八溝山地から鬼怒川低地の流下する諸河川が形成した）が離水（60～70 万年頃離水したと推定されている）して形成された段丘が、侵食されて穏やかな斜面から構成されるようになったものである。表層は厚さ 40m に達する火山性土層に覆われている（火砕流堆積物を挟む）。その下に扇状地性礫層（境林礫層 160 万年前の堆積物）が存在する。現小貝川は少ないながら、この礫層から礫の供給を受けている。

指定区間の下流部および直轄区間最上流部東側には鶏足山地が存在し、流域の最高峰である雨巻山（標高 530m）があり、砂岩、チャートを多少小貝川に供給しているが、丘陵性地形であるため山地起伏度が小さく流出土砂量は少ない。また、西側は後期更新世に形成された段丘が存在する。

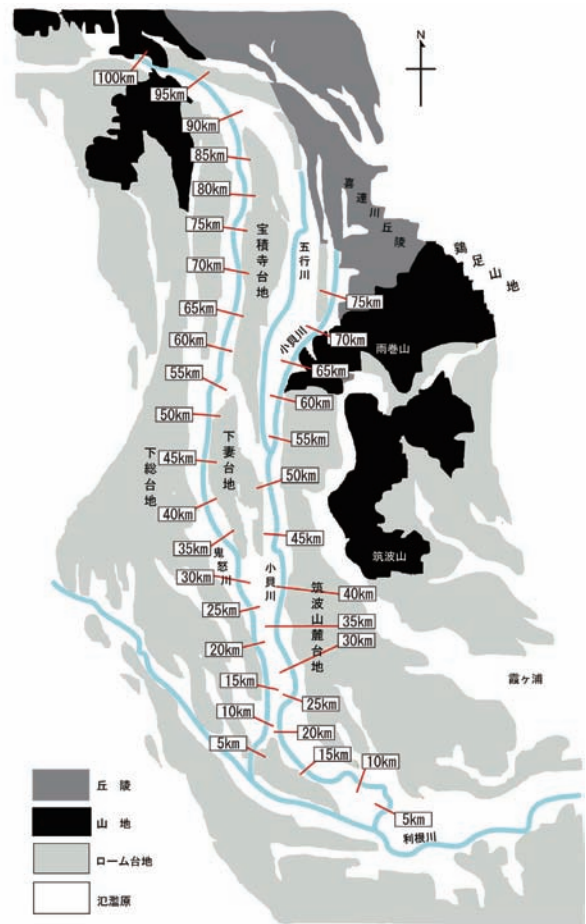


図 3・3 小貝川流域図

3.2 小貝川の河道管理の課題

小貝川の流域特性、河道特性、さらに河道の時間的・空間的変遷を踏まえて、小貝川の河道管理の課題の抽出を行った。

3.2.1 河道内樹林管理

小貝川は、その地形・地質特性から流入土砂量の少ない河川である。また、河床材料に泥分が多く（黒子より下流）、近くに鬼怒川という砂利採取効率の良

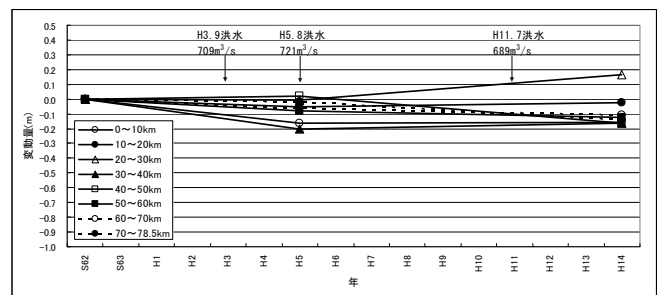


図 3・4 平均河床高の経年変化図

い河川があることから、河床掘削（砂利採取）がほとんどなされなかった。そのため、河床高の変化が少なかった（図3・4）。

さらに、五行川合流点（57.6km）下流の河道では、第一軍管区地方迅速図（1880～1884年測量）によると、図3・5に示すように近世において迂曲河道の人為的直線化がかなりの区間で実施されたことが推定される。現小貝川の23～44km区間は、現小貝川の旧蛇行帯を包絡する形で堤防が設置されている。そのため、現小貝川の五行川合流点（57.6km）下流部は、比較的堤間幅が広く、かつ勾配が緩いことから、洪水時の高水敷の流速（掃流力）は小さい。

以上から、小貝川の河道は、非常に樹林化し易い特性を持っている。現状においては、五行川合流点（57.6km）下流部は、横断内における樹林の占める面積が大きいところで60%となっており、樹林化が著しい区間が多数存在する。

河道内樹木の繁茂による河道管理上の課題は、流下能力に関する洪水疎通の問題、河床の洗掘や河岸の侵食を増長する問題、巡視・点検の支障となる問題が挙げられる一方、水衝緩和機能や良好な生息生育場や修景機能などプラス面もあり、総合的な判断のもと、伐採等を判断していく必要がある。

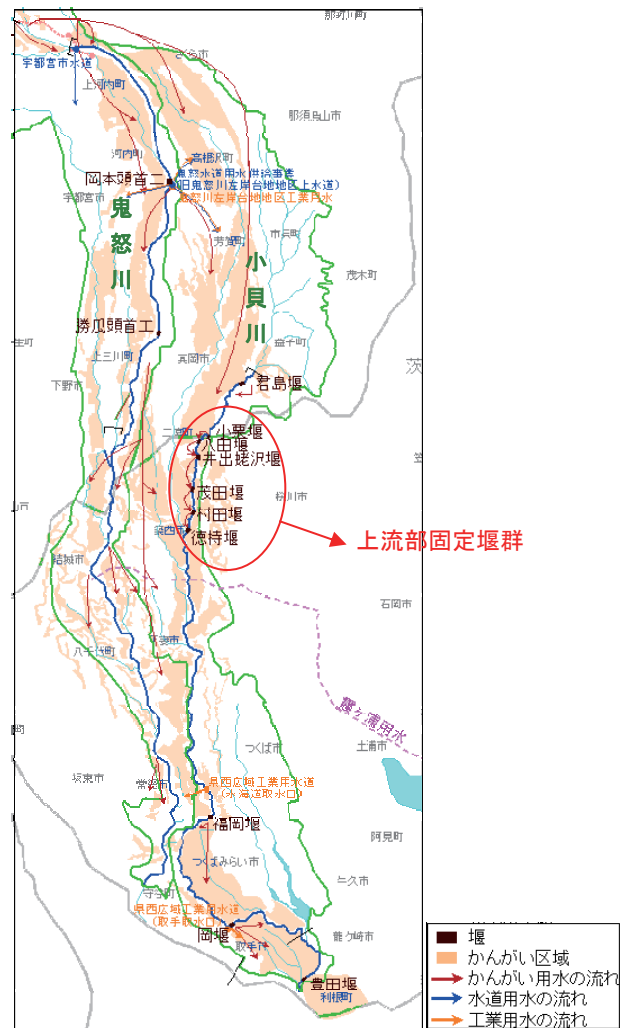


図3・6 小貝川の取水施設位置およびかんがい区域図

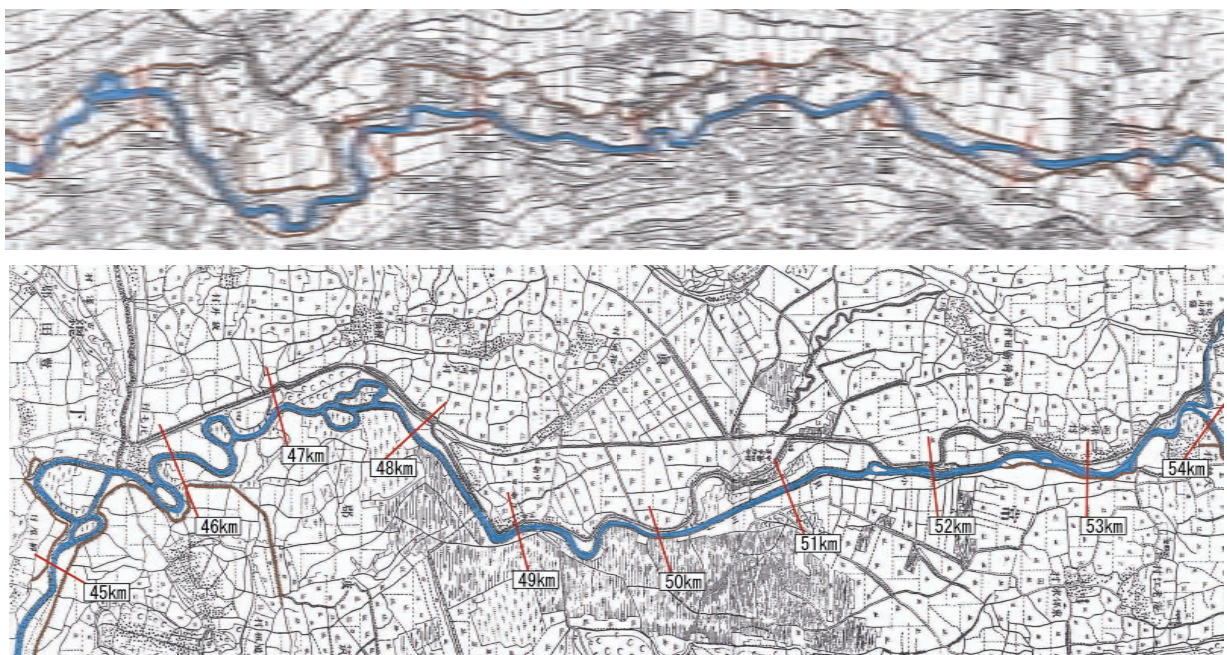


図3・5 第一軍管区地方迅速図（小貝川31～54km付近）

3.2.2 固定堰周辺の管理

小貝川流域は、小貝川、五行川等の豊富な水と肥沃な土地が広がっていたために、古くから取水堰や用排水路の整備が行われた経緯があり、現在も農業が盛んな地域である。特に、小貝川と鬼怒川に挟まれた茨城県下妻市から常総市に至る広大な水田地帯は、旧幕府時代の文政年間に江連用水の古溝が再興されて以来農業開発が進められた。

また、上流部に中小7ヶ所の堰があり、反復しながら取水する方法をとっている。また、鬼怒川から東側に取水された農業用水の一部が、かんがいを経て小貝川に流れ込んでおり、この水が再び小貝川で取水され、水田を潤している。

上述の歴史的経緯から、小貝川上流部には、農業用水の取水を目的とする固定堰が多数設置されている。固定堰がある区間（58～69km）では、流下能力は比較的大きいが、これらの固定堰は許可工作物であることから、河川管理に際しては、施設管理者に対して適切に指導し、河川管理上支障とならないよう維持管理する必要がある。

固定堰の河道管理上の課題は、洪水時の水理現象として図3・7に示すように上流側の流水による乗り上げ・洗掘や下流部での迂回流や落ち込みが挙げられ、特に上流側の護岸の安全性と下流側の落ち込みによる高水敷の侵食による堤防の安全性が問題となる。迂回流や落ち込みにより高水敷の侵食が生じる水理的な要因は、以下のとおりである。

- ・固定堰の落差により、局部的に水面形が不連続になり、流況が乱れることで、河道の洗掘・侵食や護岸等の施設の損壊が生じる。

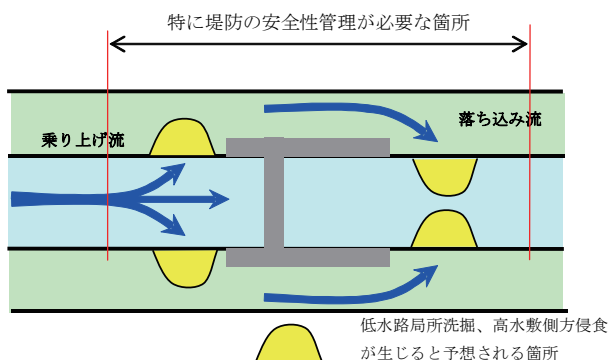


図3・7 固定堰周辺の乗り上げ・落ち込み概念図

- ・洪水時に複雑な流れが生じ、高水敷への乗り上げ流や高水敷からの落ち込み流による高水敷の侵食や河岸の洗掘の要因となる。

なお、小貝川の場合、固定堰の位置する上流部は、平成11年洪水による河川災害復旧等関連緊急事業により堤防の築堤が実施され、従前より河道内を流下する洪水流量が増加した。

そのため、従前以上に固定堰にかかる負荷が増大し、上記のような迂回流の危険性が高まっている。

落ち込みによる被災事例として、昭和49年のいわゆる多摩川水害と近年の入間川の例がある。



写真3・1 多摩川の事例（昭和49年9月洪水）



写真3・2 入間川の事例（平成10年9月洪水）

3.3 河道内樹林管理

河道内樹林管理について、サイクル型河道管理のステップごとにその内容を示す。

3.3.1 重点管理区間の設定

小貝川においては、洪水時の樹林が水位等に与える影響を把握するため、樹林内および樹林繁茂が著しい区間（36.0～50.0km）について詳細な水位観測を行っている（戸谷 他，2009）。観測結果から、以下の知見が得られている。

- ・樹林内および周辺は、縦横断方向に水位差が生じ、樹林により、水位は縦断的にも横断的にも勾配を持つ。
- ・樹林や草本の平面分布が複雑であり、高水敷上の地形や水深、草本類の種類によって抵抗（粗度）が異なる。水深が大きくなると下草は完全に倒伏する。
- ・観測水位ハイドロを縦断的に比較すると、洪水の流下に伴うピーク時刻の遅れやハイドロ形状の変化が現れており、樹林による貯留効果が大きい。

これら特徴を踏まえ、洪水時の樹林の影響を評価するモデルとして洪水流と樹木群による貯留現象を評価できる平面二次元不定流モデルを構築した。平面二次元不定流モデルの概要を表3・1に示す。

表3・1 平面二次元不定流計算モデルの概要

項目	設定内容
計算手法	一般座標系による平面二次元モデル
計算範囲	上郷観測所～黒子観測所（35.7～53.4km：約17.7km）
メッシュ分割	横断方向 25分割 右岸高水敷9分割，低水路6分割， 左岸高水敷10分割
	縦断方向 200mピッチ測線を10分割 概ね20m間隔
地盤高	H20定期横断測量およびH18航空レーザー測量より作成
低水路粗度係数	0.030（H20洪水の検証洪水）
高水敷粗度係数	樹木群：透過係数と水深に応じて設定 草本類：水深と草丈の比率より設定
境界条件	上流端：黒子観測所流量 下流端：上郷観測所水位
モデルの検証	H20.8洪水 水位計による観測水位および長峰橋付近の流向・流速の再現性を確認

上記の平面二次元不定流計算モデルを用いて、3.3.2に示す方法により樹林の拡大域を想定し、現況における最小流下能力規模の洪水流量が流下した場合の水位を算出し、HWLを超過する区間を重点管理区間とした（図3・7）。

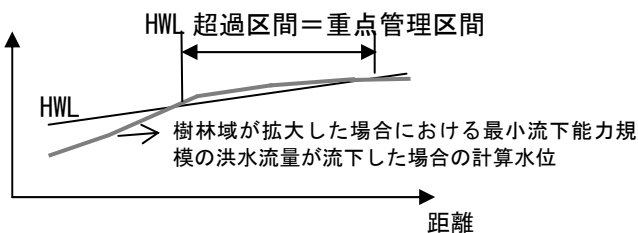


図3・7 重点管理区間設定におけるHWLと計算水位の比較

3.3.2 管理目標値の設定

現状における小貝川中流部の最小流下能力（HWL評価）が流下した場合、樹林の拡大によって水位がHWL以上となる樹林面積を樹林の管理目標値とした。

樹林の拡大域の想定は、現況で樹林が繁茂していない箇所、かつ畑などの土地利用が為されていない箇所を対象とした。

図3・8に示すとおり、小貝川中流部のヤナギ林繁茂箇所における平均年最大流量時（≒低水路満杯流量）の河床高からの水深（図3・9の左図に水深を示した）は、概ね3.5m以下に分布している。

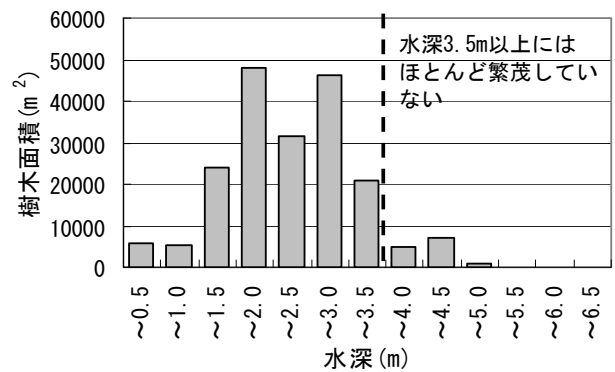


図3・8 水深別ヤナギ林の面積分布

また、樹林繁茂の条件として、上記の水深に加えて洪水による表層土砂の流出が無い箇所とした。洪水による土壌流出が無い箇所は、現況で畑などの土地利用が為されていない裸地および草本の箇所における各メッシュの平均年最大流量規模の洪水流下時の無次元層流流力 τ_* が移動限界無次元掃流力 τ_{*c} を下回る箇所とした。

なお、移動限界掃流力 τ_{*c} は岩垣式から算出し、河床における最大粒径に対して評価した。最大粒径は、対象区間の平均値として18mmとした。

流速1.5～2.0m/s以下に対応するメッシュが樹木繁茂の条件に該当する。

以上から、現況で樹林が繁茂していない箇所、かつ畑などの土地利用が為されていない裸地や草本の箇所において、水深が3.5m以下で、かつ $\tau_* < \tau_{*c}$ の箇所（図3・9の右図）にヤナギが繁茂すると想定した。

上記の考え方に基づいて樹林拡大を想定した例を図3・9に示す。

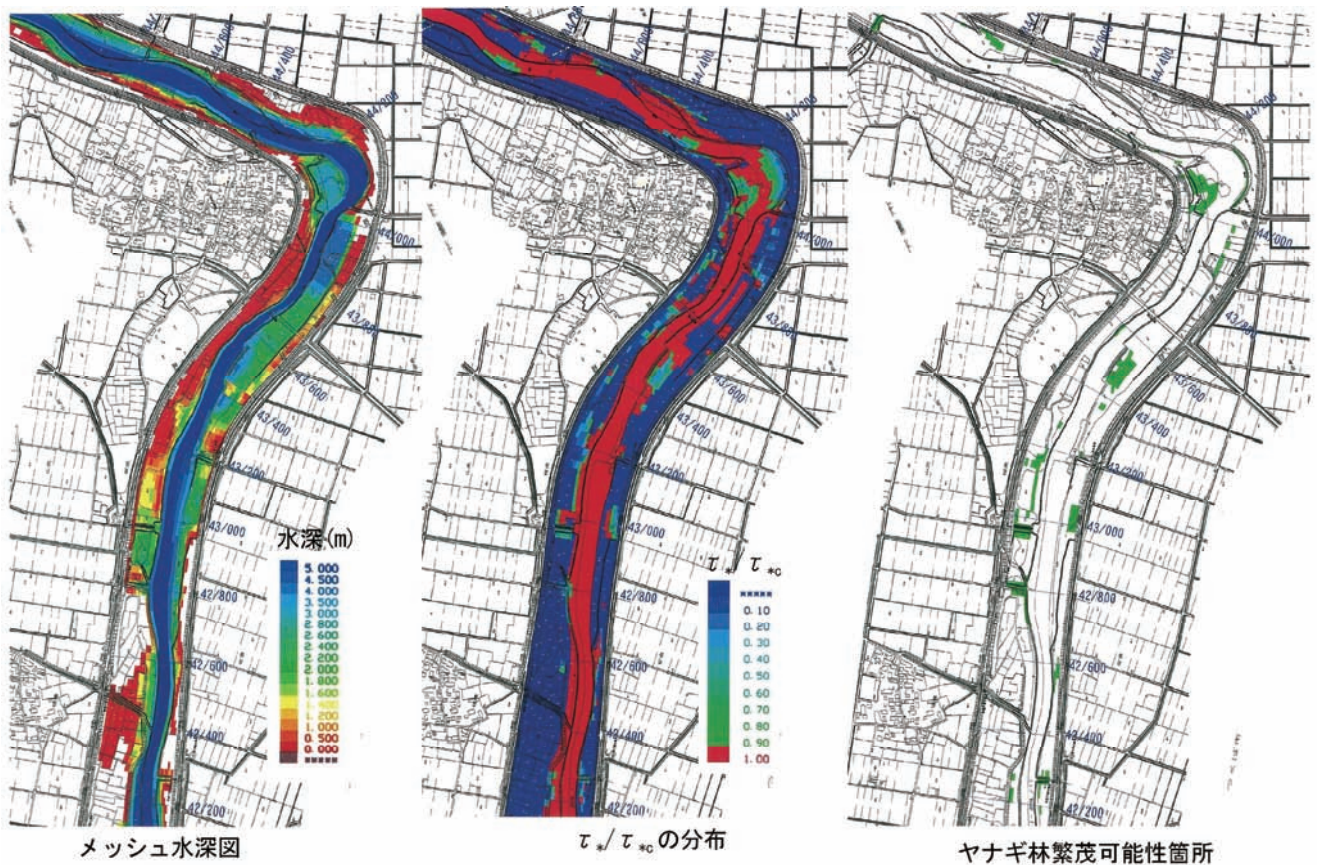


図 3・9 樹林拡大範囲想定図

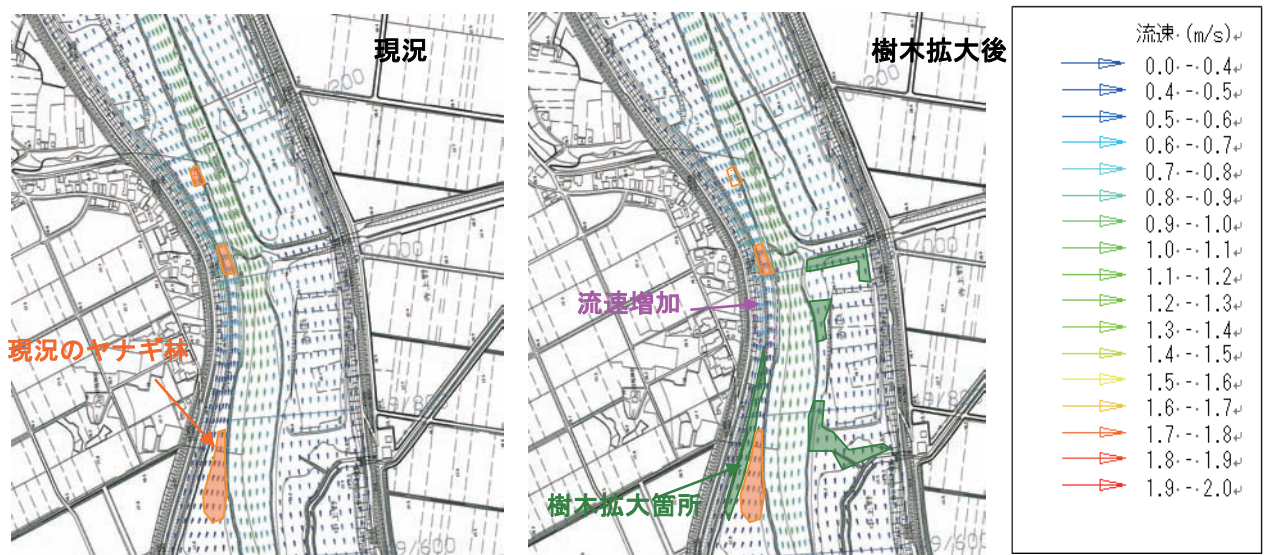


図 3・10 樹木群の拡大による流速ベクトルの変化

樹林域拡大によるHWL超過量を算定し、繁茂(拡大)面積をHWL超過量で除すことで、HWLの1cm超過をもたらす繁茂面積を区間毎に算定し、管理目標値とした。上記に示した計算過程を表3・2に示す。

また、流速の平面分布の差異を確認することで、偏流による堤防への流水の集中についても評価したが、

図3・10に示すとおり、樹木群の繁茂有無による流速ベクトルの違いは、50km右岸側の堤防際で最も大きな違いが生じるが、その差は0.2m/s程度と微小であることから、大きな問題は生じないと判断した。

以上から、管理目標値は、現況樹林面積からの拡大率として表3・3に示す値を設定した。

表3・2 管理目標値設定経過

区間	予測した 拡大面積 (m^2) ①	HWL 超過量 (m) ②	HWL1cm 超過 をもたらす 拡大面積 (m^2) ①/②×100
36～38km	5,800	0.00	-
38～40km	3,800	0.00	-
40～42km	4,500	0.02	2,250
42～44km	4,500	0.02	2,250
44～46km	5,100	0.07	730
46～48km	10,600	0.00	-
48～50km	8,700	0.00	-

表3・3 河道内樹林管理の管理目標値

区間	現況樹林 面積 (m^2) ①	HWL1cm 超過 をもたらす 拡大面積 (m^2) ②	管理目標値 ②/①
40～42km	32,400	2,250	約10% (≒7%)
42～44km	6,000	2,250	約40% (≒37.5%)
44～46km	20,600	730	約5% (≒3.5%)

3.3.3 監視内容

河道内樹木の監視・点検内容は、樹林の面的な拡大状況を定点からの写真撮影により把握することを基本とする。

また、樹木の生長度合いから航空写真の解析による樹木分布（樹種、面積等）の把握を行う。（ヤナギは年間1m前後生長し、数年で4～5mとなるとされている（建設省河川局他，1990））。

図3・11に航空写真による樹木分布図を示すが、樹種や樹高ごとに分布状況が把握でき、かつGISによる整理により、面積の把握も可能となる。

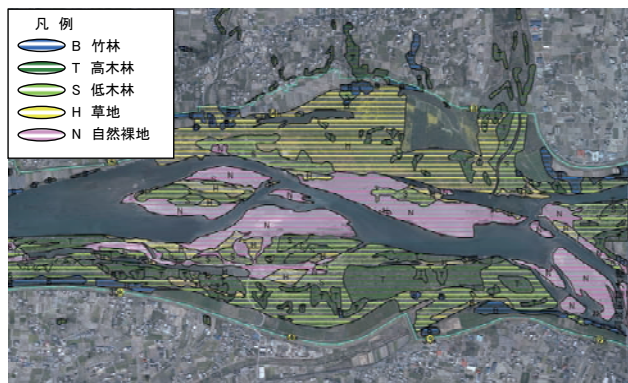


図3・11 航空写真の解析による樹木分布図例

3.3.4 実施体制、頻度・時期

河道内樹林の点検の頻度・時期は、年1回（出水期前）を原則とする。また、HWL相当の大出水時には、その後の検討を行う上で洪水痕跡調査や樹冠部の障害程度等を把握することを目的として、樹林内の塵芥等の引っかけり状況を把握する。

ただし、水辺の国勢調査と連動して、5年に1回程度は、樹種、樹高、樹木密度、枝下高、胸高直径などの詳細調査を実施することが望ましい。さらに、航空写真の解析による樹木分布（樹種、面積等）の把握も樹木の生長を考慮の上、例えば5年に1回程度行うことが望ましい。

3.3.5 変状が確認された場合の詳細な検討内容

管理目標値以上の樹林拡大が確認された場合には、樹木の成育状況の把握や樹木自体（樹高、樹種、枝下高等）を調査するとともに、当該地点の地形・横断測量を実施する。なお、当該地点のレーザープロファイラ（LP）データ（地形）や航空写真による河道内分布調査（樹種・面積）を取得できれば、樹木の分布・遷移状況を把握することができるため、LPデータ（地形）や航空写真による樹木調査を活用することも検討する。

併せて、取得したデータ等を平面二次元不定流解析等の水理解析モデルに反映させ、シミュレーションの実施により、樹木の繁茂状況および伐採状況に応じた洪水時の流向・流速、水位上昇量、流下能力の検討を行う。

上記の詳細検討結果より、伐採や監視の強化等の対策の判断を行う。

3.4 固定堰周辺の管理

固定堰周辺の管理について、サイクル型河道管理の各ステップにおける内容を以下に示す。

3.4.1 重点管理施設・区間の設定

迂回流や落ち込みにより高水敷侵食が生じる水理的要因を考慮し、落差の大きさおよび平面形状等を勘案して重点管理施設を設定した。

また、固定堰周辺の管理の場合、迂回流や落ち込み

による河岸侵食が発生する可能性のある区間を重点監視区間とするが、その区間を以下に示す水理解析モデルにより設定した。

固定堰周辺の洪水時の流況を把握するため、村田堰周辺に水位計を設置し、観測を行った。その結果を整理した図 3・12 に示すとおり、平面的に複雑な流況を呈していることが明らかになった。また、堰の上下流は流量規模によっては、落差の関係で水面形が不連続となる（図 3・13）。

以上の観測結果による固定堰周辺の流況の知見をもとに、平面二次元不定流解析を構築することとした。

落差のある区間では、通常、図 3・14 の青線に示すような水面形となるが、計算上メッシュ間の水位が連続するように擦りつけることとした。

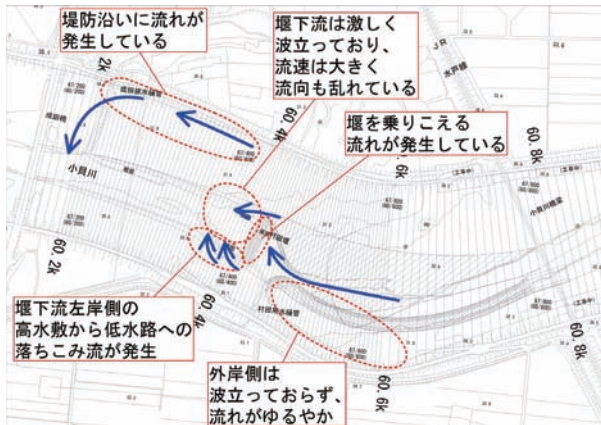


図 3・12 観測結果による固定堰周辺の流況（平成 20 年 8 月出水ピーク時）

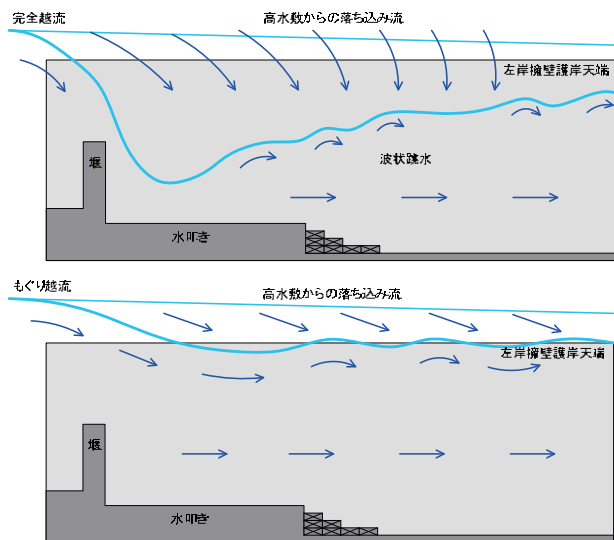


図 3・13 流量規模の違いによる固定堰下流の流れ

平面二次元不定流モデルの概要を表 3・4 に示す。

表 3・4 に示す平面二次元不定流モデルを用いて、種々の流量規模における村田堰周辺の流況を把握した。一般に、堰下流の低水路での水位と堰上流からの迂回流の水位差が最も大きくなる流量のとき、かつ、このような状況の継続時間が長い洪水で河岸侵食が発生する可能性が高い。そのため、必ずしも流量規模が大きい洪水が危険とは言えず、流量規模を複数ケース設定してシミュレーションを実施した。（H20.8 実績流量波形を用いた。）

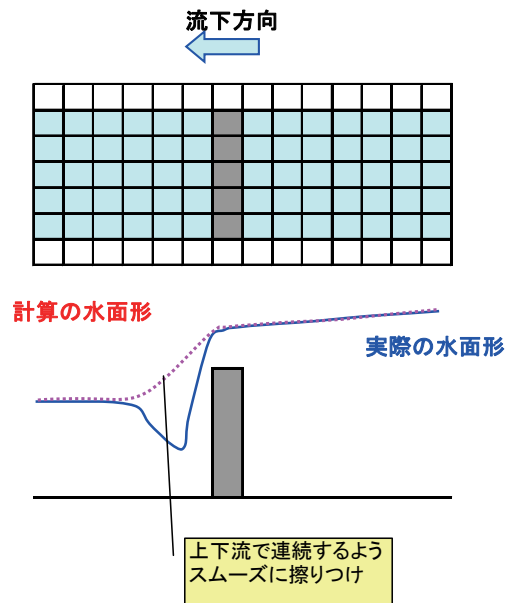


図 3・14 計算上の落差の扱いのイメージ図

表 3・4 平面二次元不定流計算モデルの概要

項目	設定内容
計算手法	一般座標系による平面二次元モデル
計算範囲	成田橋～JR 水戸線橋梁上流（60.2km～61.2km：約 1.0km）
メッシュ分割	横断方向 右岸高水敷 20 分割，低水路 10 分割，左岸高水敷 10 分割
	縦断方向 200m ピッチ測線を 20 分割 概ね 10m 間隔
地盤高	H20 定期横断測量および H18 航空レーザー測量より作成
低水路粗度係数	0.032（H20 洪水の検証洪水）
高水敷粗度係数	樹木群：透過係数と水深に応じて設定 草本類：水深と草丈の比率より設定
境界条件	上流端：下流端水位を当該地点の HQ 式で流量換算したデータ 下流端：成田橋付近観測水位
モデルの検証	H20.8 洪水 水位計による観測水位および村田堰周辺の流況の再現性を確認

重点監視区間の設定は、シミュレーション結果より、高速流発生区間、射流発生区間、迂回流発生区間を整理し、その最大包絡により設定するものとするが、他の固定堰にも適用可能とするため、堰共通の項目より指標化することとし、堰幅 B に対する倍数として表示した。結果は、表 3・5 のとおりとなった。

表 3・5 高速流, 射流, 迂回流発生状況

	堰上流	堰下流
高速流	堰地点のみ	堰地点のみ
射流	0.5B	1.5B
迂回流	2.5B	3.5B

以上から、固定堰周辺の重点監視区間は、堰上流 2.5B、堰下流 3.5B を設置した。なお、迂回流に対するシミュレーション結果を図 3・15 に示すが、流量規模 3 ケース中、中規模の流量のシミュレーション時に最大の迂回流幅となった。

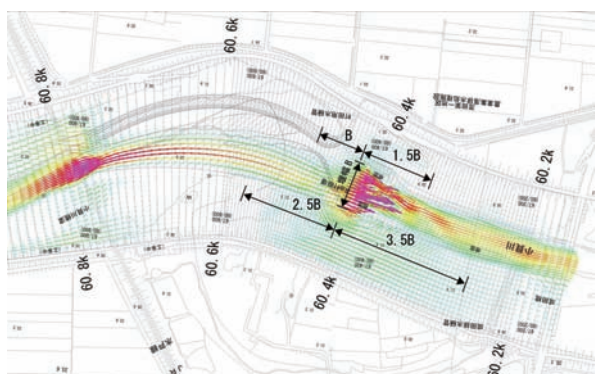


図 3・15 シミュレーション結果 (流速ベクトル図)

3.4.2 堰周辺の河川構造物等の管理目標値の設定

土木構造物、根固ブロック、取付護岸、河岸ごとに設定した。

土木構造物は、目視で十分に確認しえる破損状況を管理目標値とする。

根固ブロックは落ち込み、流出を確認した場合とする。取付護岸は、変形を確認した場合とする。例えば、張りブロックである場合、護岸厚程度の沈下を確認した場合など。

河岸は、高水敷の裸地化・侵食、河岸侵食（河岸線の変状）を確認した場合とする。

3.4.3 監視・点検内容

固定堰周辺の監視・点検内容は、土木構造物の破損状況、根固ブロックの状況、取付護岸の状況、高水敷および河岸の侵食状況を把握することである。

3.4.4 実施体制, 頻度・時期

固定堰周辺の監視・点検は、年 1 回（出水期前）、出水中（水防活動時）、出水後、および地震後に実施することとする。

対象とする出水は、低水路満杯以上の高水敷を冠水して流下する規模以上とする。

対象とする地震規模は、震度 5 弱以上とする。

3.4.5 変状が確認された場合の詳細な検討内容

堰本体の変状が確認された場合、堰本体の破損・クラック・鉄筋の露出・腐食等の状況、さらに護床ブロックの沈下・流出状況など変状範囲を調査し、補修等の対応を検討する。

河岸侵食が確認された場合には、横断測量を実施するものとするが、測量のピッチは河岸侵食の規模を捉えられる程度のものとする。また、既往の測量成果や LP データ等の活用することも検討する。

さらに、水理解析等（例えば、平面二次元不定流解析）により洪水時の流向・流速等を検討し、固定堰周辺の流況を把握するとともに、迂回流の発生状況（流向・流速等）や落ち込み流の範囲や流速を把握することにより、迂回流による河岸侵食の危険性を検討する。

4. まとめ

本報告においては、河川維持管理を実施していく上での現状の課題に対する対応方策として、サイクル型の河川維持管理システムの現場での適用として、監視・点検における管理目標値を設定し、管理目標値以上の変状となった場合、更なる検討を実施し、補修・修繕等の判断を行っていくことが重要であることを提起し、その方法を提案した。

さらに、上記の考え方に基づき、小貝川における河道内樹林管理、固定堰周辺の管理をとりあげて、特に管理目標値の設定に関して、その根拠の明確化を行っ

たものである。

以下に本報告における管理目標値の設定プロセス、根拠等をまとめた。

4.1 河道内樹林管理の管理目標

管理目標値は、樹林の現状からの拡大率を設定した。設定は、平面二次元不定流計算モデルを用いて、現状からの樹林の拡大率を想定した上で、現況における最小流下能力規模の洪水流量の洪水位が HWL を超過する樹林拡大面積を求めた。

4.2 固定堰周辺の管理

管理目標値は、構造物本体、取付護岸、河岸ごとに設定した。構造物本体、取付護岸は、目視で確認が視認できるほどの変状を設定した。河岸については、重点的に監視すべき区間を予め、平面二次元不定流計算モデルで迂回流発生範囲をシミュレーションで求め、その範囲について、高水敷の裸地化、河岸侵食の発生とした。

5. 今後の課題

本報告において、効率的・効果的に河道管理を実施するために、従来のサイクル型河川維持管理方法に加えて、現場で実施を念頭に置いた容易かつ安価な状況把握方法および管理目標を明確にしたサイクル型維持管理を検討した。

しかし、今後、より実効性の高い維持管理を実施する上で以下の事柄について更なる研究・検討が必要であると考えられる。

5.1 現場での河道管理の試行

今後、実際の現場で試行を行い、現場での適用性など問題点、課題を抽出することにより、内容のブラッシュアップを図っていくことが必要である。

5.2 管理目標値の見直し

現時点では、中小洪水（樹林については高水敷水深 3m 程度、固定堰については高水敷水深 0.5m 程度）の観測が実施でき、樹木の枝下高相当、落ち込み落差 2m 程

度までの影響を的確に反映させた管理目標値を設定できた。しかし、高水敷水深が 3m 以上となり、樹冠部の影響が卓越する領域や、高水敷水深が 1m 以上となり迂回流の落ち込み落差が数 m となるような領域の観測が実施できていない。よって、管理目標値の精度をより高まるために、これら領域の観測結果を踏まえた管理目標値の設定が必要である。

そのため、今後も観測を継続し、大出水時のデータ取得を行い、樹木群の洪水時の水位への影響把握、固定堰周辺の迂回流発生予測の精度を高めていく必要がある。また、現地での実管理における活用を踏まえ、監視内容の現場での適用性を検証し、より監視し易い指標を検討していく必要がある。

謝辞

本報告は、国土交通省関東地方整備局下館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。

本報告を実施するにあたり、下館河川事務所の方々には、貴重なご意見、ご指導をいただきました。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 建設省河川局他 (1990) 河道特性に関する研究 高水敷の機能に関する研究, 第 44 回建設省技術研究会: pp. 783 ~810.
- 鈴木克尚・吉田高樹・郡司篤 (2010) 現場における効率的・効果的な河川維持管理手法の検討, 河川環境総合研究所報告第 16 号: pp. 97~101.
- 戸谷英雄・吉田高樹・鈴木克尚 (2009) 河道内樹林中の流況観測を介した樹林管理手法の研究, 河川環境総合研究所報告第 15 号: pp. 100~109.

6) 吉野川における河道特性・地域特性を踏まえた 樹木伐採計画について

鈴木 克尚*・吉田 高樹**・戸谷 英雄***

1. はじめに

吉野川においては、近年、種々の要因により河道内樹林の繁茂が著しく進行し、河道内樹林化の進行による河川管理上の問題および課題が顕在化し、平成17年1月～平成18年2月に「吉野川河道内樹木管理手法検討委員会」において、その対応策が議論された。委員会は6回開催され、「吉野川河道内樹木の管理について」がとりまとめられ、今後の河道内樹木管理の基本方針が提言された。その成果を基に、平成21年8月に吉野川河川整備計画において、樹木管理に関する今後の方針がとりまとめられた。

上記の樹木管理においては、長期的な管理方針がとりまとめられたが、現状に則した短期的な樹木管理方策および樹木伐採計画が策定されていない状況であった。そのため、今後5年間程度における優先順位を明らかにする伐採計画が求められた。

以上の背景のもと、本稿では吉野川の現状の河道特性を踏まえた上で、樹林繁茂による河川管理施設への影響を除去するための樹木伐採計画の立案を行ったものである。

本稿では、樹木伐採計画を立案する上では、伐採後の再萌芽防止の観点から、樹林化の要因を踏まえた伐採計画とすることが重要である。そのため、吉野川の河道特性について整理を行うとともに、それらを踏まえて樹林化の要因分析を行い、その上で伐採位置、伐採方法、伐採年次計画を明らかにした樹木伐採計画を立案した。また、伐採にあたっては、昨今の維持管理費や人員の縮減に鑑み、地域との協働による伐採を実施していくことを念頭に置いた、地域連携の方策や仕組みについても検討を行った。

2. 吉野川の概要

2.1 流域の概要

吉野川は、その源を高知県吾川郡の瓶ヶ森（標高1,896m）に発し、四国山地に沿って東に流れ、敷岩において穴内川を合わせ、北に向きを変えて四国山地を横断し、銅山川、祖谷川等を合わせ、徳島県池田において再び東に向かい、岩津を経て徳島平野に出て、大小の支川を合わせながら、第十地点で旧吉野川を分派し、紀伊水道に注ぐ、幹川流路延長194km、流域面積3,750km²の一級河川である。

吉野川の池田上流では、山間を流れ、大歩危・小歩危で溪谷を形作り、河床勾配も1/400程度と急峻であり、池田から岩津間では谷底平野が形成され、河床勾配も1/800程度と緩くなる。岩津から河口は、河床勾配も1/1,100程度と一段と緩流になる。

吉野川流域は、四国4県にまたがり四国全体の約20%に相当する広さを持ち、下流域には徳島県の拠点都市である徳島市を擁し、四国における社会・経済・文化の基盤となっている。



図2・1 吉野川流域図

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第三部研究員
** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第三部部長
*** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究主幹

2.1 改修の経緯

藩政時代には、吉野川沿川に造成した水害防備林（竹林）によって洪水被害の軽減を図っていた。

本格的な治水事業が開始されたのは、明治 40 年（1907）、国による第一期改修工事以降である。

明治 40 年（1907）から約 20 年の歳月をかけ、第一期改修は昭和 2 年（1927）に竣工した。これによって、河口から岩津に至る約 40km の吉野川下流部の堤防が概成し、吉野川の河道がほぼ現在の姿となった。また、旧吉野川は、第十樋門の新設によって治水計画上、本川から分離され、沿川の洪水に対する安全性が飛躍的に向上した。第一期改修工事は、吉野川流域の今日の発展を築いた根幹的治水事業であった。

第一期改修工事が終わった昭和 2 年（1927）以降、相次ぐ大型台風に見舞われ、堤防は各所で亀裂・漏水が顕著になり、危険な状態となった。

さらに、昭和 20 年（1945）9 月の枕崎台風において発生した最大流量が当時の計画高水流量を超えるものであったため、新たな改修の機運が高まり、昭和 24 年（1949）から第二期改修工事が着手された。

第二期改修工事では、岩津下流の既設堤防の拡築、漏水対策等を実施したが、昭和 36 年（1961）9 月の第二室戸台風によって甚大な内水被害を引き起こしたため、内水排除対策も着手された。

昭和 40 年（1965）、吉野川は一級河川の指定を受け、河口～岩津間に加えて上流の岩津～池田間が直轄管理区間に編入された。以降、無堤地区の解消のため、築堤が積極的に進められることとなった。

現在、岩津上流部の無堤区間では築堤整備等を推進し、岩津下流部の堤防概成区間では漏水対策等の質的整備事業を実施している。

また、吉野川流域においては、土石流対策等の地先対策と崩壊地等からの急激な土砂流出の防止等を目的として砂防事業が実施されており、国の事業として、砂防えん堤、護岸工、溪流保全工、床固工が祖谷川流域、南小川流域、赤根川流域、吉野川上流域（汗見川流域、地蔵寺川流域、早明浦ダム上流域）に設置されているとともに、県の事業として、吉野川水系内各地で、砂防えん堤、床固工、溪流保全工、護岸工、山腹工等が設置されている。

さらに、吉野川水系では、現在までに早明浦ダム、池田ダム、新宮ダム、柳瀬ダム、富郷ダムの 5 ダムが建設され、治水、利水、発電の役割を担って、洪水被害の軽減や地域の発展に大きく寄与している。池田ダムを除く 4 ダムの集水面積は 958.8km²であり、吉野川流域の山地面積 3,270km²の約 30%に達する。これにより、少なくとも 30%の土砂はダムで捕捉されていると考えられる。

3. 吉野川の河道特性

樹木管理においては、樹林化の自然的・人為的要因と植生変化の関係を把握することが重要であるとともに、その植生の生育基盤である河道の時間的・空間的変遷と洪水・土砂環境との関係を分析することが重要である。すなわち、河道の時間的・空間的変遷を踏まえた上で、現在の河道状態を適切に評価し、さらに今後の河道変化を読み取り、樹木の変化を予測することが必要である。

上記により、樹木が現在河道に与えている影響および今後与えることが想定される影響を把握することができ、伐採すべき樹木群の抽出が可能となる。

したがって、河道特性として、特に河道の時間的・空間的な変化および今後の河道変化の視点を重視して整理した。

3.1 河道特性量の縦断変化

3.1.1 平均年最大流量の経年変化

吉野川流域においては昭和 29 年の柳瀬ダム以降、5 基のダムが設置されているが、図 3・1 に示す岩津地点（河口より 40km 付近）の年最大流量の経年変化図に示すとおり平成 16 年および平成 17 年の出水規模が大きく、ここ数年においてはダム設置前後の平均年最大流量の値に大きな変化はない。しかし、平成 16 年、平成 17 年出水が生起する以前の昭和 60 年～平成 15 年の年最大流量はそれ以前と比べ小さいことから、ダムによる洪水調節効果が確実に発揮されていると判断される。

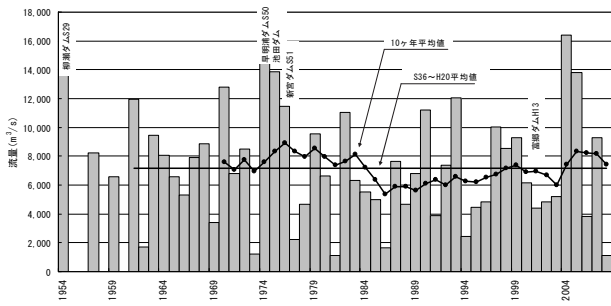


図 3・1 年最大流量の経年変化図

3.1.2 河床縦断面形と勾配

図 3・2, 図 3・3 に吉野川の平均河床高および最深河床高縦断面図を示した。

河床勾配は、河口より 10km 地点下流はほぼレベルであり砂川の特徴を有する区間である。第十堰 (14.0km 付近) までの区間は比較的勾配が緩くセグメント 2-2 と評価される。

第十堰 (14.0km 付近) 上流から、河床勾配は徐々に急となり、岩津地点 (40.0km 付近) まで約 1/850 ~ 1/1,000 でありセグメント 2-1 である。

岩津地点 (40.0km 付近) 上流については、河床勾配は、約 1/700~1/800 と変化が少ない。一部区間で河床勾配が約 1/530~1/580 と他の区間と比べて急な区間が存在し、また、69.6~71.4km 区間は狭窄部であり岩露出区間である (岩露出により、この区間の河床勾配は他の区間の傾向と異なる)。

3.1.3 河床材料

表 3・1 にセグメント区分ごとの代表粒径を示す。代表粒径は、平成 9 年度調査結果を用いた。なお、セグメント区分は、河床縦断勾配、河床材料、河道の平面形状より設定した。なお、表 3・1 において堰湛水区間は、河床材料の適切な評価が難しいため、代表粒径の設定は行わなかった。

3.1.4 水深と掃流力

図 3・4~図 3・7 に平均年最大流量時の水深 H_m 、摩擦速度の 2 乗 u_*^2 ($1\text{cm}^2/\text{s}^2$ が掃流力 $0.1\text{N}/\text{m}^2$ に相当する)、代表粒径 d_R に対する無次元掃流力を示す。水深はセグメント 2-2 の区間で 5.2m 程度、セグメント 2-1-①の区間で 6.1m 程度、セグメント 2-1 の区

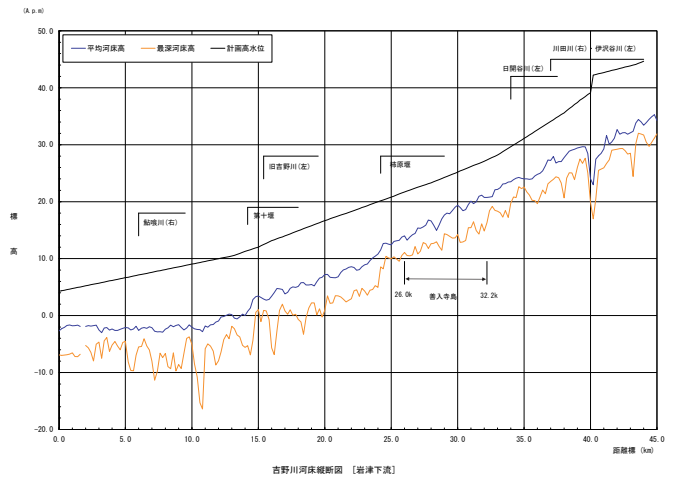


図 3・2 現況河床高縦断面図 (下流部)

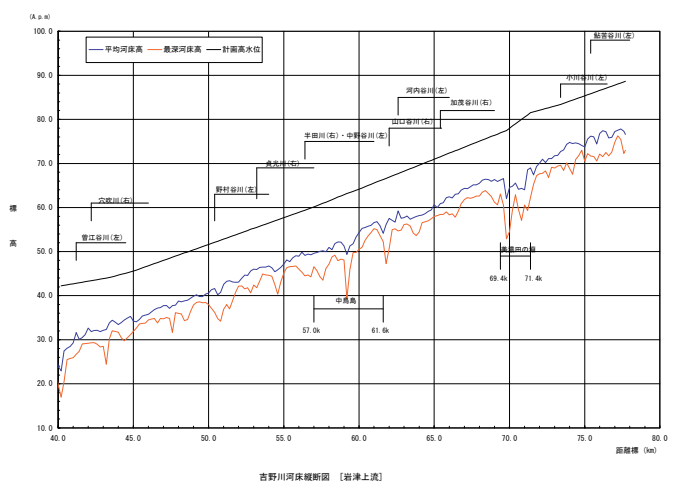


図 3・3 現況河床高縦断面図 (上流部)

表 3・1 代表粒径

セグメント	河道区分	代表粒径 (mm)
2-2	0.0~11.0km	0.4
2-1-①	11.0~14.0km	10.0
2-1-②	14.2~19.8km	(堰湛水区間)
2-1-③	20.0~24.0km	40.0
2-1-④	24.2~25.8km	40.0
2-1-⑤	26.0~32.2km	50.0
2-1-⑥	32.4~40.0km	50.0
2-1-⑦	40.2~56.8km	60.0
2-1-⑧	57.0~61.0km	80.0
2-1-⑨	61.2~69.4km	80.0
M	69.6~71.4km	(岩露出区間)
2-1-⑩	71.7~77.7km	80.0

間の岩津下流は 3.6~5.1m 程度、岩津上流は 5.7~6.0m 程度であるが、岩露出区間は 8.2m 程度となっている。

無次元掃流力は、セグメント 2-1 の区間で岩露出区間を除き、0.049~0.057 (40.0~56.2km 区間を除く) であり、移動限界掃流力を 0.06 程度とすると河

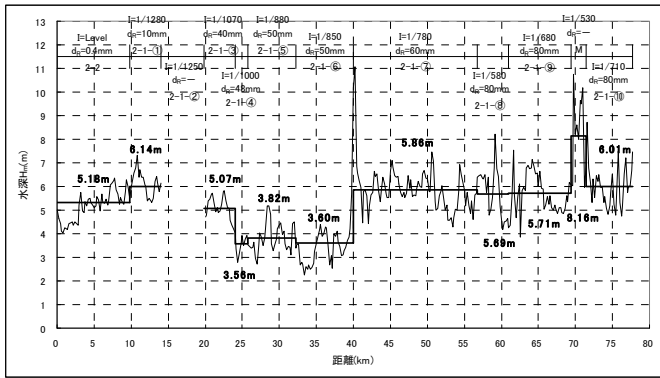


図 3.4 平均年最大流量流下時の水深

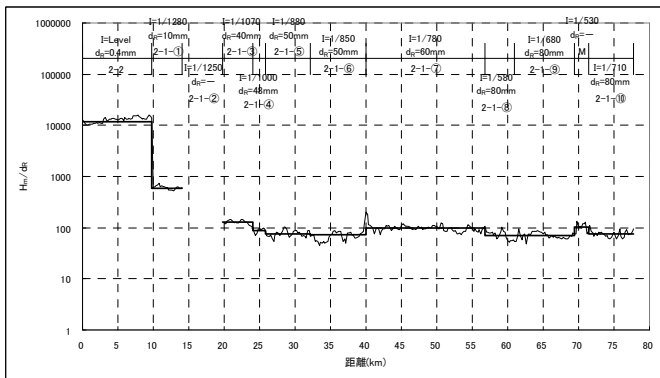


図 3.5 平均年最大流量流下時の水深粒径比

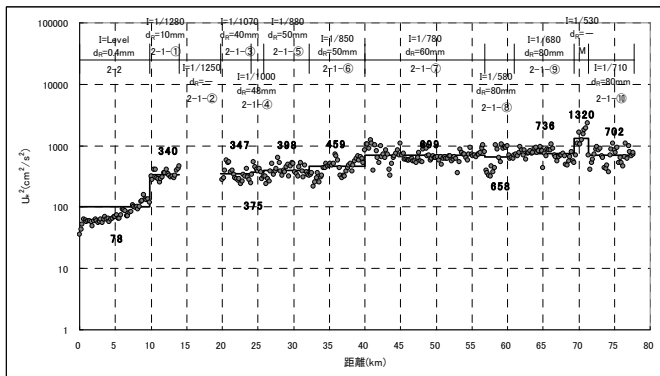


図 3.6 平均年最大流量流下時の摩擦速度

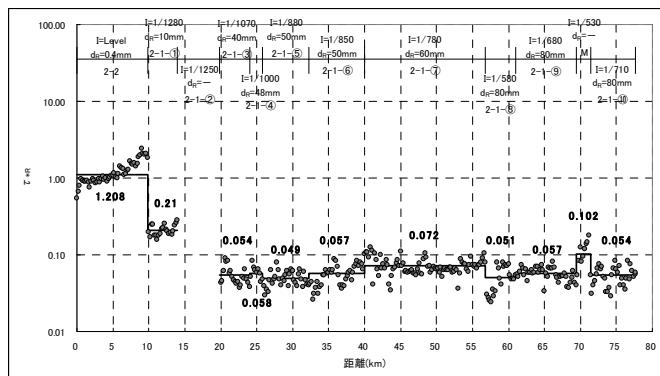


図 3.7 平均年最大流量流下時の無次元掃流力

床の動きは弱いと評価される。平均年最大流量時の河床波は発達せず、平坦河床に近い河床形態となるものと想定される。40.0~56.2kmの区間の無次元掃流力は0.072であり、他の区間よりもやや大きい。この無次元掃流力においては、河床波は砂堆を形成する領域である。なお、岩露出区間においては、沖積地河川とは異なる特徴（代表粒径で河道スケールが規定されない）を有することから、他の区間の無次元掃流力の傾向と全く異なっている。

なお、堰湛水区間では、平均年最大流量時の水位は堰の背水の影響が強く適切な水位設定とならない。そのため、水位に関する河道特性量の評価は対象外とした。

3.1.5 川幅と川幅水深比

低水路幅水深比の縦断方向変化を図 3.8 に示す。一般に、川幅水深比が 100 程度以上となると多列砂州が発生する箇所が多くなる（山本, 2010）。

岩津下流においては、川幅水深比が 100 以上あり複列砂州が形成される領域であり、複列的な砂州である。

岩津上流においては、岩露出区間を除き川幅水深比は 50~60 であり単列砂州を形成する領域である。

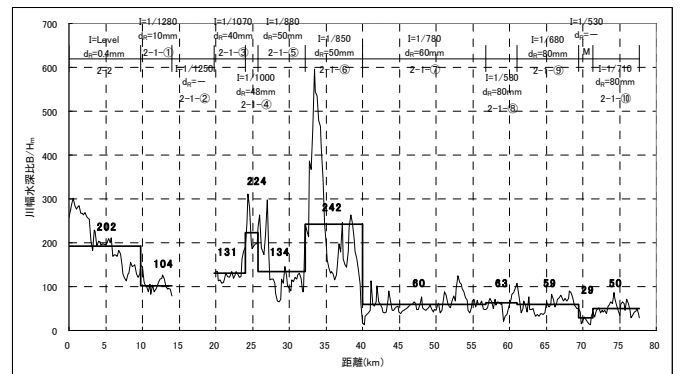


図 3.8 平均年最大流量流下時の低水路幅水深比

3.1.6 河道特性量のまとめ

日本の一級河川沖積河道区間において平均年最大流量 Q_m 時（回帰年が 2~3 年）に低水路河床に働く平均掃流力と代表粒径 d_R 河床材料のうち小粒径成分であるマトリックス材を除いた河床材料の平均粒径）の関係（山本, 2010）と吉野川の小セグメント

ごとの河床材料の代表粒径に応じた摩擦速度の2乗 u_*^2 を図 3・9 に示す。

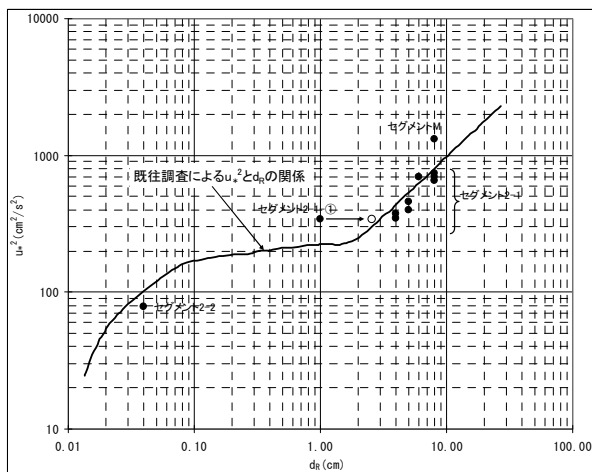


図 3・9 吉野川の河床材料代表粒径と掃流力の関係

図 3・9 のとおり、吉野川においては、セグメント 2-2 およびセグメント 2-1 の大部分の区間は、他の沖積河川と同様の値となっており、人為的なインパクトにより河道が変わりつつあるが、沖積河川の特徴を依然有しているものと考えられる。

なお、セグメント 2-1-①の区間では、他の沖積河川と比べ大きな値となっているが、河床材料の礫と中砂が半々の状態であり、礫集団を代表粒径とすると他の沖積河川と同様の値となる（図 3.9 の○印）。また、岩露出区間においては乖離が大きい、この区間においては沖積河川のように河道スケールが代表粒径（河床状況）によって説明できるわけではないことを改めて示している。（岩の耐侵食力が川幅等の河道特性を規定している）

3.2 河道形状の変化

3.2.1 縦断形状の変化

吉野川における平均河床高の縦断的な経年変化を図 3・10 に示す。

低水路の平均河床高は、昭和 40 年代において、全川の河床低下が著しく進行したが、昭和 50 年代において河床低下は緩やかになった。その後、平成年間に入り、河床は安定し、平成 10 年代以降堆積傾向となったが、特に下流部（30km 下流）での堆積が顕

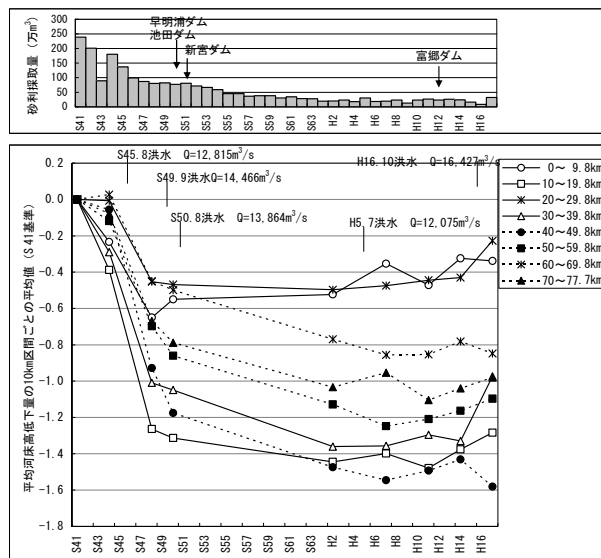


図 3・10 平均河床高の経年変化図

著である。なお、平成年間においては、大きな洪水後においては堆積傾向となっている。また、岩津上流においては、岩（緑色片岩等）が露出している区間が少なからず存在する。

河床低下が進んだ昭和 30 年代から昭和 40 年代は、前述のとおり砂利採取の最盛期だった一方、当時、支川銅山川の柳瀬ダム（昭和 29 年管理開始）のみであったことから、河床低下に対しては、砂利採取による影響が最も大きかったと推測される。

河床が比較的安定する昭和 50 年以降は、砂利採取のピークが過ぎた時期であるとともに、早明浦ダム、池田ダム、新宮ダムといったダム群が運用開始された時期でもある。その中で河床が安定してきたことは、少なくとも河床低下に対しては、ダム群による影響は顕著に現れていないということがいえる。

最深河床高の縦断的な経年変化を図 3・11 に示す。

最深河床高の変化の傾向をみると、20km 上流においては平成 10 年代に入るまで河床低下が進行していることがわかる。その後、安定していたが、平成 16 年洪水後に再度河床低下が進行した。

下流部（20km 下流）においては、他の区間と特徴が異なり、10km 下流では昭和 50 年までは河床低下であった。平成初期頃に堆積傾向となり、その後の洪水により河床低下するものの、堆積傾向である。10~20km 区間では、昭和 40 年代に河床低下が著しく進行したが、その後、緩やかになったものの局所

洗掘の進行は止まっていない。(柿原堰 (24.2km 付近) 下流の左岸側の洗掘進行, 平面形状による砂州の固定化の進行)。

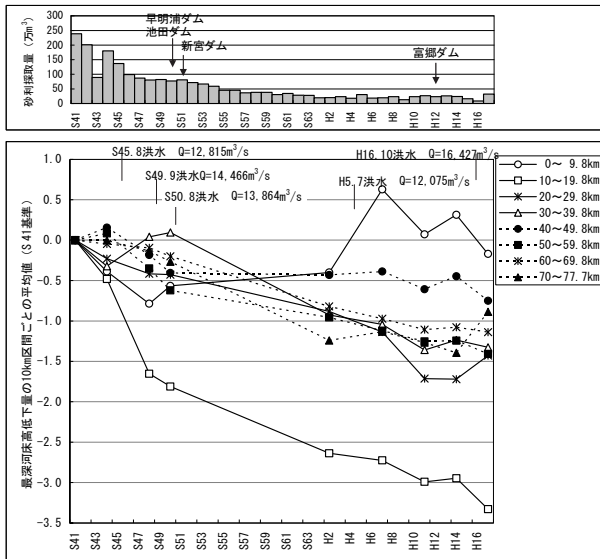


図 3・11 最深河床高の経年変化図

3.2.2 横断形状の変化

横断形状の経年変化を岩津地点の上下流で整理した。

岩津上流域においては、昭和 30 年代～昭和 50 年頃の期間は、砂利採取により砂州が平坦化され、また、昭和 40 年代より築堤が始まった。

昭和 50 年頃～平成 2 年頃の期間には、砂防事業の進展、洪水調節施設の設置に伴う土砂供給量の減少により、河床材料の粗粒化が始まる。また、砂州の冠水頻度の減少により、草本類、木本類が侵入し始めた。平成 2 年頃～平成 14 年の期間には、砂州上の樹林域が拡大した。一方で、築堤による河道内に存置された竹林の水防林としての機能の必要性が薄まり、竹林の管理が粗放化した。

平成 14 年頃～平成 17 年頃の期間には、平成 16 年洪水等により、低水路内の樹木(草本)が流出したが、その後、再樹林化傾向にある。竹林は、さらに荒廃化が進行した。

岩津下流域においては、昭和 30 年代～昭和 50 年頃の期間に大規模な砂利採取により複断面化、複列的単列砂州化が進行した。

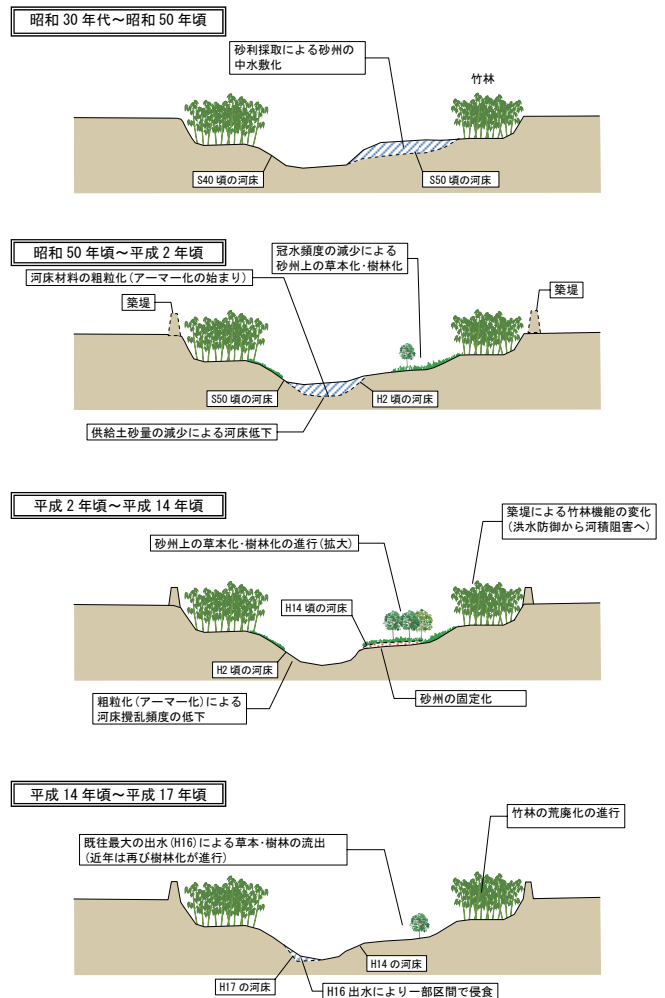


図 3・12 横断形状の経年変化図 (岩津上流部)

昭和 50 年頃～平成 2 年頃の期間には、洪水調節施設の設置や砂州の固定化に伴う平水位と砂州の高い箇所との水位差の増大により、砂州の高い箇所の冠水頻度が減少し草本類、木本類の侵入が顕著となってきた。

平成 2 年頃～平成 14 年頃の期間には、浮遊砂の砂州への堆積等により、砂州の高水敷が進行し、砂州と低水路の水位差がさらに増大した。これにより、砂州がさらに固定化され、樹林域の拡大による水衝部の水衝作用が増大することとなった。

平成 14 年頃～平成 17 年頃の期間には、岩津上流部と同様に平成 16 年洪水等により、低水路内の樹木(草本)が流出したが、その後、再樹林化傾向にある。

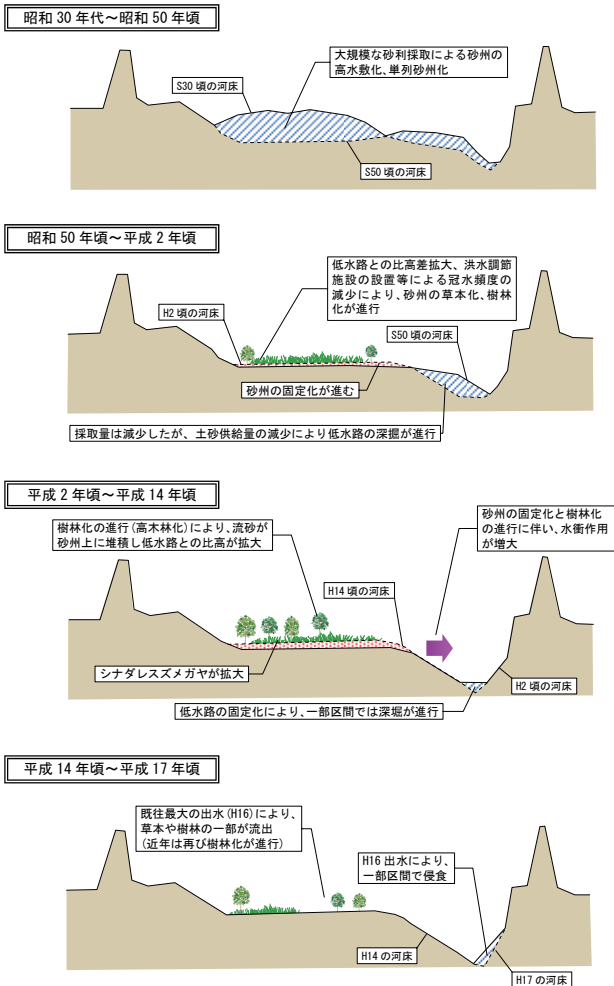


図3・13 横断形状の経年変化図（岩津下流域）

3.2.3 平面形状の変化

昭和30年代以前は、岩津上流域においては河道の平面形状が蛇行し、水衝部が固定され砂州移動は制限されていた。岩津下流域については、第一期改修等により概ね築堤整備および護岸設置による平面形状の固定化がなされた。従来の河道の平面形状を尊重した法線形としたため、蛇行が存置され、そのため、図3・14に示す砂州移動限界に関する知見（山本，2010）どおり、砂州の移動が制限されている。このことは、深掘部が固定されることを示す。

昭和30年頃～昭和50年頃の期間には、砂利採取等による複断面化が始まった。岩津下流域においては、砂州の単列化が進行した。

昭和50年頃～昭和60年頃の期間には、岩津上流域においては、無堤部の築堤がなされた。岩津上流、下流ともに、この期間においては低水路の固定化、砂州幅の減少（低水路幅の縮小）、中水敷の拡大で樹

林化が進行した。

平成14年以降は、樹林化の更なる進行により、水衝部における水衝作用の増大することとなった。

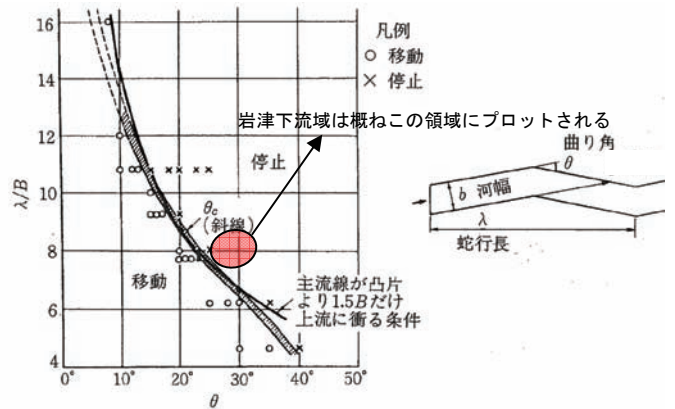


図3・14 砂州の移動停止限界（山本，2010）

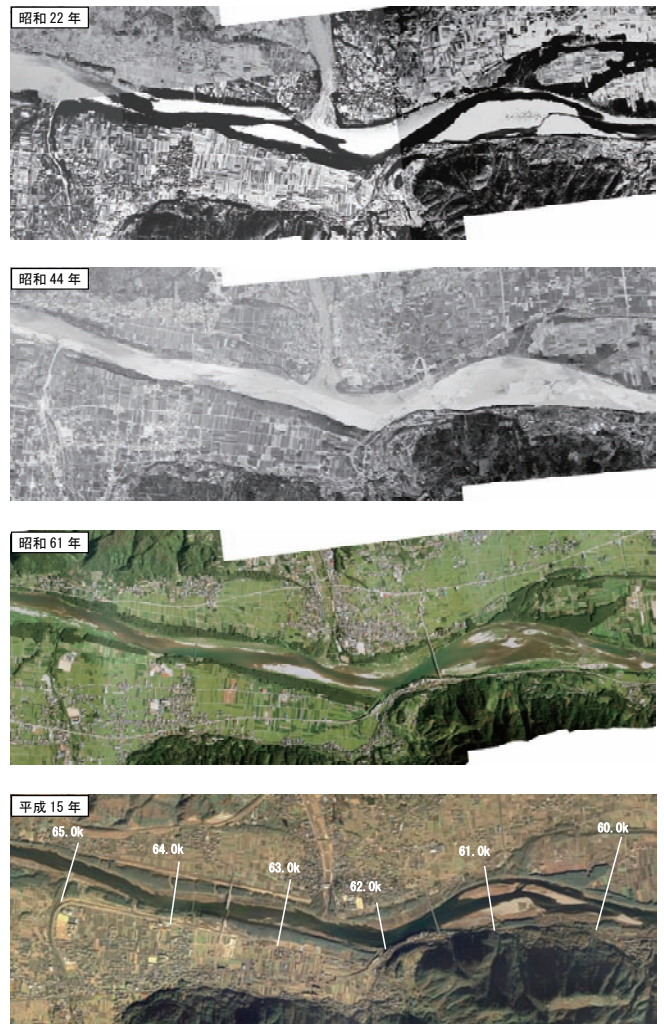


図3・15 平面形状の経年変化（岩津上流部）

3.2.4 河床高変動の主要因と土砂収支

1) 河床高変動と土砂収支

吉野川では昭和30年代から40年代にかけて砂利採取が盛んに行われていたが、昭和41年の河川砂利基本対策要綱の策定を機に砂利採取の規制・指導が始まり、以降、砂利採取量は大幅に減少した。

現在も砂利採取は続いているが、年間20万 m^3 程度であり、昭和41年の10分の1程度である。昭和40年からの累積砂利採取量でみると、2,000万 m^3 に達している。

一方、ダムによる堆砂量についてみると、流域最大のダムである早明浦ダム（昭和50年管理開始）で約1,100万 m^3 、流域で最も古い柳瀬ダム（昭和29年管理開始）で約750万 m^3 となっている。5ダム合計での堆砂量は約2,300万 m^3 であり、四国電力所管

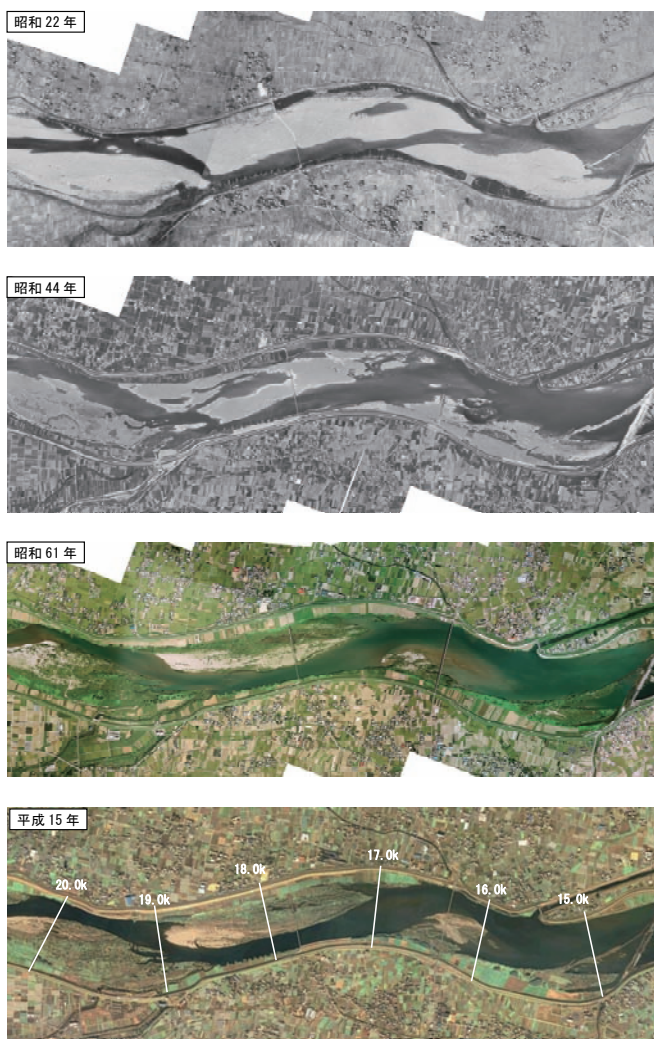


図3・16 平面形状の経年変化（岩津下流部）

のダムの堆砂量も合計すると約4,400万 m^3 である。早明浦ダム、柳瀬ダムでは想定を上回る堆砂量を記録しており、流域からの土砂生産量は比較的多い。

河床低下量の推移をみると、昭和41年～昭和53年の間では全区間にわたって河床低下が進行している。この間での全低下量は約4,200万 m^3 以上であった。砂利採取のピークが過ぎた昭和50年半ば以降は安定傾向にあり、早明浦ダム、池田ダム、新宮ダムなど、昭和50年前後に相次いで完成したダムの影響は、河床低下量に明確にはみることができない。

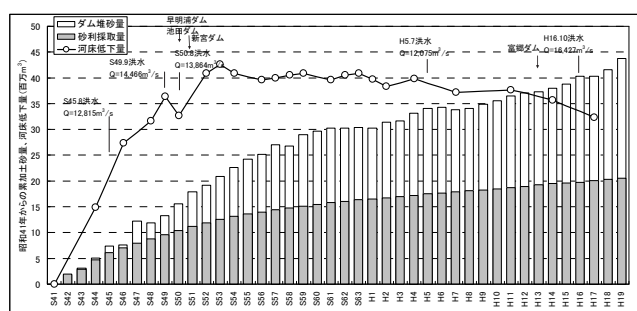


図3・17 河床低下量と砂利採取・ダム堆積量の関係

なお、図3・17に示したように、平成年間以降、累積河床低下量は減少している。このことは河床が堆積傾向にあり、砂利採取量（ダム堆砂量を含む）以上に流域からの土砂が流入していることを示している。平成元年より平成17年までの河床低下量は-6百万 m^3 であり、シルト・粘土の海域への流出分を山地からの供給土砂量の約50%程度とし、砂分の河口からの流出はほぼゼロと考え、池田ダム下流の砂利採取量3百万 m^3 を付加すると、供給された土砂量は1,500万 m^3 と評価される。この供給源として、早明浦ダムなどの主要なダムの集水域（1,053.8 km^2 ）および平地面積（480 km^2 ）を全流域面積から差し引いた2,216.2 km^2 からの土砂供給と考えると、年平均比供給土砂量は約400 $km^3/km^2/年$ となる。なお、直轄上流端（78km付近）池田ダムにおいては、そのダム形状・機能から、土砂は堆砂せずに下流に供給されるものと考えた。

なお、上記において砂利川区間（第十堰上流）の河床低下量は約-410百万 m^3 であり、砂川区間（第十堰上流）の河床低下量は約-190百万 m^3 である。通常

の河川では山地からの砂利・砂・シルト・粘土の供給比は、約0～10%、35～40%、50～60%である(山本、2010)。山地から供給された砂利と砂が吉野川河道内に全て堆積するものとした仮定に問題があることを示す。吉野川における山地からの砂分の供給量を砂利分の3倍として年平均比供給土砂量を評価すると600km³/km²/年と評価される。

この値は、流域面積とダム堆積土砂量の関係(芦田他, 1974)から概ね妥当であろう。

2) 河床材料の時空変化

吉野川においては、昭和46年度および平成9年度に全川にわたる1kmピッチの河床材料調査が行われている。試料採取は断面ごとに数地点で行われているが、ここでは断面平均の粒度分布データで縦断的な変化を比較した。

なお、本検討においては、河床材料を、12～40cmの玉石集団、1.5～12cmの砂利集団、2～15mmの小砂利集団、0.2～2mmの中・粗砂集団、0.06～0.2mmの細砂・粘土集団に分類した。

昭和46年度と平成9年度の各集団の構成割合を比較すると、岩津上流部において中・粗砂集団の減少と玉石集団の増加がみられる。一方、15kmより下流域では、細砂・粘土集団、中・粗砂集団の増加と小砂利集団の減少をみることができる。

前者については、ダムの建設に伴う細粒分の供給量の減少によるマトリックス材の減少、粗粒化(玉石集団の比率の増加)の進行が推測される。後者については、掘削による河床に働く掃流力の低下が推測される。

4. 樹木伐採計画の検討

4.1 吉野川における樹林の現状と課題

岩津上流域は、藩政時代より洪水被害軽減のため、広大な竹林が水害防備林として整備されてきた。しかし、改修等の進展により、水害防備林の意義が変化しているとともに、河道内のヤナギ類の樹林化が進行し、これら竹林および河道内樹林の適切な管理

が河川管理における大きな課題となっている。

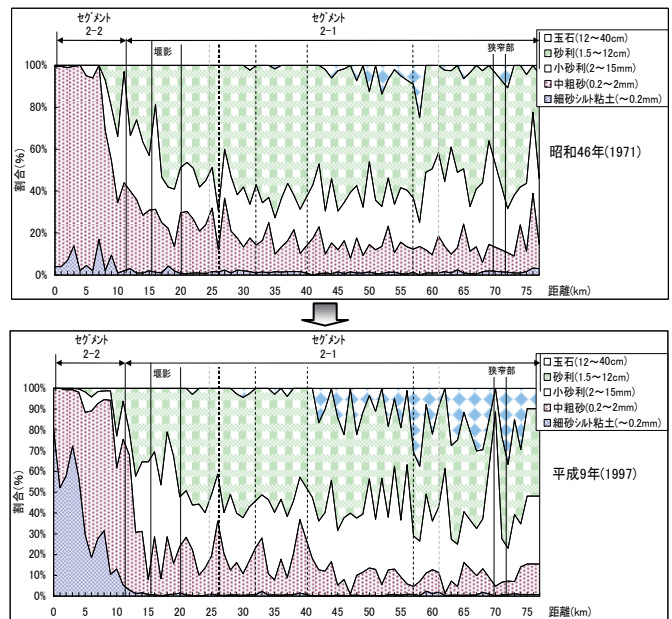


図3・18 粒径集団の割合の変化

ここでは、水害防備林としての竹林の歴史的経緯と河道内の樹林化の変遷および現状を整理し、樹林化要因と今後の樹林化傾向を分析し、これらを踏まえて樹林化の河川管理上の課題を抽出する。

4.1.1 水害防備林の歴史的経緯

藩政時代、吉野川における水害防備林、すなわち河川敷の竹林は徳島藩が管理していた。河岸の竹林は藩有藪と藩臣藪に分けられ、藪奉行は竹の伐り出し、筍奉行はタケノコの収穫に対して管理していた。

その後、藩有藪は公有に、藩臣藪は私有に払い下げられたようである。明治時代以来、竹のない沿岸に竹林が造成され、大正時代にはさらに各所に水防組合が設けられた。また、当時県は補助金を支出して竹林の造成につとめた。一方、地元において傘、ウチワ、カゴなどの加工が盛んになり、その結果、良林が維持された。

昭和の時代でも、上流の無堤地区では新たな水害防備林が整備された。上流部には現在でも無堤地区が残されている。水害防備林には、連続堤が完成するまでは水防災機能が大きく期待された。一方、第二次大戦後の食糧難や1960年から1970年にかけて県下で一斉に起こった竹の開花・枯死によって、岩

津下流の地域では多くの竹林が開墾されて畑や採草地になった。

その後、岩津上流部においては、昭和40年以降に築堤が始まるため、水害防備林としての意義と役割が変わりつつあるが、その歴史的意義を伝えるため、写真4・1に示すような看板が設置されるなど、吉野川の代表的な風景でもある川沿いの竹林をまちづくりや公園などに活用する様々な取り組みが沿川各地で始まっている。

竹林（水害防備林）の管理主体は、一般的に竹林（水害防備林）が商品生産（竹材、たけのこ）となって収益が得られた地区では、集落で管理される共有地とされた例が多い。吉野川において竹林の所有形態が確認できるのは、太刀野地区、加茂第一地区、西村・中島地区であり、土地は国（国土交通省）、竹林は民間（旧土地所有者）の所有となっており、一般的な例とは異なる。なお、築堤工事等により用地買収時に竹林の伐採補償を行う場合がある。この場合、竹林は、原則として旧土地所有者に補償される。



写真4・1 水害防備林の歴史を示す看板（舞中島, 右岸47.2km付近）

4.1.2 樹林化の現状

昭和22年、44年、61年、平成11年、21年の航空写真を用い、植生の状況を竹林、高木林、低木林、草地、自然裸地に分類し、それぞれの面積割合を整理した（国際航業株式会社, 2010）。その結果を図4・1に示す。

図4・1から、吉野川全体では昭和22年および44年には礫砂州などの自然裸地が大きな面積を占めて

いたが、昭和61年には極端に減少し代わりに草地在りが増えている。昭和22年から昭和44年までに全体面積が減少したのは、河道整正による堤外地の堤内地化によるものである。

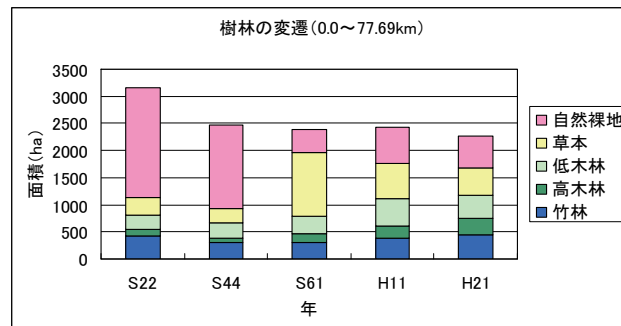


図4・1 河道内における植生の面積割合の変化（国際航業株式会社, 2010）

それ以後、平成11年では低木林（ヤナギ）が増加し、平成21年では高木林が増加していることから、昭和44年以降において、砂州などの自然裸地が草地化し、それがやがて低木林、高木林に変化してきたことが推測される。昭和61年から平成11年間に草本が減少したのは、その間の渇水や洪水（平成5年洪水）の影響であると推測される。（平成5年洪水は継続時間が比較的長かった）

昭和50年代以降は、ダム completion や土砂の採取が規制されるなど、吉野川の土砂環境が大きく変化した時期であり、またそれを境に草地や樹林の分布が増加している。

一方、区間別では、樹林面積を図4・2、図4・3に示すが、図においては横軸に縦断距離（左側が上流）、縦軸に樹木面積をとっているが、横軸の縦断距離は7kmピッチであり、1目盛間に昭和39年、昭和50年、平成2年の3年代を記述している。

昭和39年～昭和50年の間では、14～35kmの区間で樹木面積（竹林以外）は僅かに増加しているが、39～73.5kmの区間では減少している。昭和50年～平成2年の間では、全区間において増加傾向が見られ、特に岩津下流で増加している。

竹林は、第十堰付近から上流域に分布しており、岩津付近（42～56km）を除いて大きな変化はない。岩津付近の減少は、昭和39年～昭和50年の築堤工

事による竹林伐採，および築堤により分離され一部の竹林が堤内に取り込まれたため，面積計測の定義上，河道から竹林が除外されたものと考えられる。

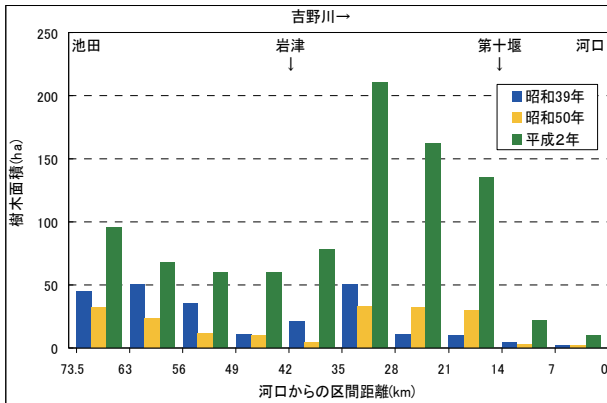


図 4・2 河道内の樹木面積（竹林以外）の分布と経年変化（鎌田他，1997）

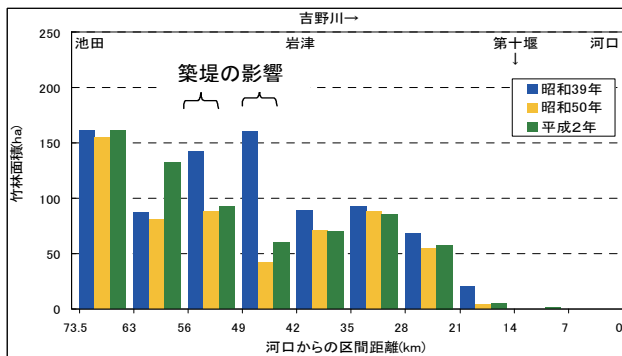


図 4・3 河道内の竹林面積の分布と経年変化（鎌田他，1997）

4.1.3 樹林化プロセスの要因分析

河道特性の変化および樹林面積の変化等より，樹林化のプロセスは以下のように推定した。

吉野川における樹林生育基盤である河道は，以下のように変遷し，その結果として樹林化に適した生育基盤が形成されたと判断される。

低水路においては，昭和 30 年以降，砂利採取等により複断面化が進行するとともに，砂防事業の進展および洪水調節施設の設置等による本川への土砂供給量の減少した状態において，低水路主流部分の河床低下が進行した。その結果，高水敷と低水路の水位差の増大，砂州の頭部の冠水頻度等の減少により，草地化，樹林化が進行した。

また，高水敷においては，築堤等による竹林機能の変化，社会情勢の変化等によりタケノコ、竹に対

する需要が減少し，竹林の荒廃が進行した。

また，今後の樹林化の傾向は，砂州上においては，規模の大きな洪水が生起しない場合（昭和 60 年～平成 15 年の平均年最大流量程度）は砂州の樹林化（特に固定化した砂州の水裏部）が進行し，規模の大きな洪水（平成 16 年洪水）が生起する場合は砂州上の攪乱（土砂移動等）により，草本，樹木の倒伏，流出により，少なからず樹林域が減少するものと想定される。

高水敷においては，竹林の荒廃化が一層進行し，竹林域の拡大（低水路側）が想定される。また，ヤナギについても拡大していくことが想定される。

4.1.4 河川管理における河道内樹林の課題

吉野川における現時点までの樹林化傾向，今後の樹林化傾向を踏まえて，河川管理，特に河川維持管理における河道内樹木群の繁茂による課題を抽出した。

1) 流下能力への影響

整備計画目標流量に対して，流下能力が不足している区間は少ない。不足している区間の要因の多くは無堤，未完成堤によるものである。なお，無堤，未完成堤区間において，樹木域が今後拡大し流下能力不足となる区間が少なからず存在する。（完成堤が概成する前での間の樹木域の拡大に対して要対策）

2) 堤防への影響

河道内樹林が堤脚に沿って発達し，洪水時にその部分に流水が集中する形状であり，かつ上流端が洪水流に対して開放された樹林形状である場合，洪水流が高速で疎通し，堤体侵食の可能性が懸念される。図 4・4 に上記の概念図を示す。

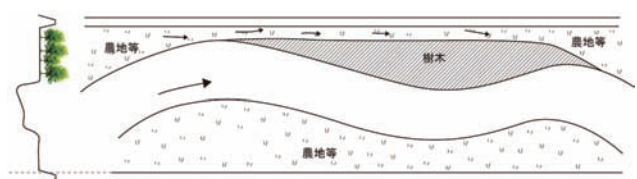


図 4・4 樹木群による堤脚への洪水流の集中構造（イメージ図）（財）河川環境管理財団，2010）

また、堤体そのものへの繁茂、堤体への根等の侵入により、堤防の弱体化が懸念される。

3) 河岸への影響

水衝部において、水衝部対岸の砂州上の樹木群の拡大により、洪水時に流水が集中し、水衝作用の増加による河岸、護岸への影響が懸念される。図4・5に上記の概念図を示す。

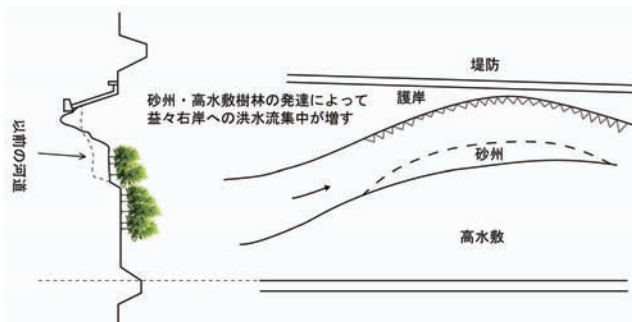


図4・5 砂州および樹木群の発達と水衝部洗掘の進行（イメージ図）（(財)河川環境管理財団，2010）

4) 河川管理施設等の点検等への影響

樹木繁茂による河川管理施設等への点検等への影響が懸念される。例えば、CCTVの視界、橋梁の点検に対する視界、流量観測時の視界、浮子流下への影響、支川・樋門排水の阻害などが挙げられる。

5) 不法投棄への影響

竹林の繁茂域が、不法投棄の要因となることが懸念される。

6) 河川巡視等への影響

堤防や河岸・水面の巡視による妨げとなることが懸念される。また、水面が見えないことにより河川景観機能（修景機能）の劣化も懸念される。

4.2 樹林伐採箇所を選定

伐採計画における樹林伐採箇所は、維持管理上の伐採判断基準を検討したうえで、障害となる箇所を選定し、現状で伐採が可能な箇所において最適な作業範囲を抽出することが重要である。

ここでは、吉野川の河道特性や樹林化要因と今後の傾向を踏まえ、河川管理の課題に対応するための伐採判断基準を設定し、河川管理の重要性に則した伐採箇所を抽出する。

4.2.1 伐採判断基準

伐採判断基準は、樹種や低水路と高水敷および有堤・無堤区間など河道特性と河川環境特性を考慮しつつ、流下能力の維持や水衝作用等の増大または緩和、堤防や河岸・水面の巡視の視点や不法投棄の抑制等の維持管理の観点から検討した。

1) 流下能力に対する評価

現況流下能力が不足（整備計画流量に対して）している区間の樹木群が対象となるが、樹木群の流下能力への影響としては、河積阻害が大きな要因となることから、密度の増加よりも面積の増加がより大きな影響を及ぼすこととなる。

ただし、本検討においては、維持管理面での伐採・伐根判断基準を設定するためであり、現状を悪化させないことが目的であることから、現況より樹木群が拡大した場合（=面積が拡大）を判断基準とした。現況より樹木群が拡大するか否かの判断は、昭和60年以降の航空写真（昭和61年、平成11年、平成21年の3年代）による樹木分布図より判断した。

2) 堤防に対する評価

堤防への影響は、樹木群の繁茂による堤脚への洪水流による侵食の可能性と堤体への根の侵入の可能性を判断基準とした。

堤脚への洪水流による侵食の可能性は、上流側の開放状況と下流側の閉塞状況を判断基準とする。

堤体への根の侵入の可能性は、1年間でのタケの地下茎の成長率が一般に3m程度とされていること（上田，1955）から、3mを判断基準とした。

3) 点検に対する評価

点検に対する影響は、樹木群による視界の妨げ程度を判断基準とし、CCTVの視界確保、橋梁への視認を判断基準とした。また、支川、樋管・樋門の堤外

水路の樹木群による閉塞状況も判断基準とした。

4) 不法投棄への影響

不法投棄への影響は、樹木群の繁茂による不法投棄が容易であるか否かを判断基準とした。不法投棄の容易性は、対象とする区域の視認性とアクセス性で判断するものとした。また、実績としての不法投棄も評価した。

5) 河岸への影響

水衝作用増大への影響は、水衝部において対岸の砂州上の樹林化程度を判断基準とした。

樹林化程度の判断基準として、樹林化状況としての草本類、木本類の進入状況や木本類の群としての繁茂状況を判断した。

4.2.2 伐採箇所の設定

伐採判断基準の評価基準に基づいて、伐採箇所の設定を行った。なお、整備計画で伐採箇所となっている樹木群は検討対象外とする。

伐採箇所の設定は、以下のフローにしたがい設定した。

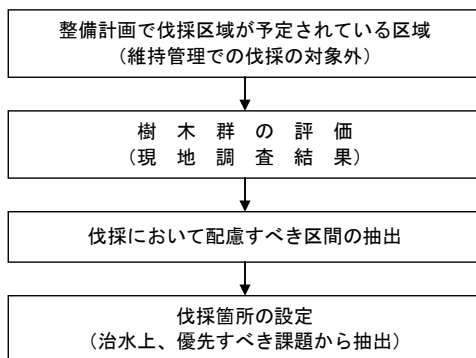


図 4・6 伐採・伐根箇所の設定フロー

1) 樹木群の評価

樹木群の評価は、現地調査により伐採判断基準に基づき、○、△、×として評価した。○、△、×の評価は、以下のとおりとした。

- ：伐採判断基準を下回っている。あるいは基準を満たしている。
- ×：伐採判断基準を上回っている。あるいは基準を満たしていない。

なお、△として評価したものは、以下のとおりである。

現況流下能力については、整備計画流量に対して河積不足による流下能力が不足している区間がほとんど無く、伐採の必要性が低いことから△とした。

堤防堤脚の直接侵食については、高水敷の等流計算や平成 19 年 7 月洪水（池田観測所約 7,700m³/s）での観測結果等より流速 2m/s 以内であること、既往最大出水であった平成 16 年 10 月洪水（池田観測所約 12,450m³/s）で堤防法崩れ等の事象がほとんど発生していないことから、直接侵食の可能性が低いことから△とした。

堤体への根の侵入については、1 年間での根の生長が 3m 程度であることから、3～5m は△とした。（1 年以上放置すると、侵入する恐れがある）

水衝部については、砂州上の樹林化までは至っていないものの、数年後に樹林化の可能性のある草本類の侵入を△とした。

2) 伐採において配慮する区間

伐採を実施する際には、伐採に際して配慮すべき区間があり、吉野川の場合、以下の区間が該当する。

- ・保安林指定、河川法施行令第 15 条の 4 第 1 項第 3 号（伐採につき許可を要する区域）
- ・堤防への水衝を緩和する機能をもつ樹木群（無堤区間では堤防機能の補完）
- ・水衝部等で耐侵食機能を発揮できる樹木群
- ・貴重種が生息生育している樹木群
- ・風土上の役割を持つ竹林

伐採箇所の選定にあたっては、予め上記区間の抽出を行った。

3) 伐採箇所の選定

樹木群の評価において、調査区間ごとに伐採の評価項目に対する判断基準により評価を行った。区間ごとに、各評価項目に対して点数評価を行い、点数上位の区間を伐採箇所に設定することが考えられるが、この方法によって伐採箇所を設定した場合、個々の樹木群の伐採の目的意識が明確とならない。そのため、二次選定として、治水上、優先すべき課題が

頭在化している箇所を伐採箇所として抽出した。

伐採箇所の設定における治水上、優先すべき課題は、以下のとおりとした。

- ・堤防に対する影響
- ・河岸・護岸に対する影響
- ・点検等（CCTVの視界、支川合流点の閉塞、樋門の堤外水路の閉塞）に対する影響

以上までの考え方にに基づき、21箇所、約72.8haを伐採箇所として設定した。

4.3 樹林伐採方法

樹林伐採計画においては、伐採箇所を明記するとともに、伐採箇所における伐採方法を示すことが重要である。また、樹林伐採後の再繁茂状況や、維持管理を見据えた伐採計画とすることが肝要である。

また、近年の社会情勢の変化による維持管理費の削減等から、河川管理者単独で伐採を実施し、かつ、再萌芽の監視や竹林の管理を行っていくのは難しい状況である。そのため、コスト縮減等の観点から、樹木伐採および伐採後の管理を実施していく上での地域との連携・協働が重要となってくる。

ここでは、樹林伐採の方法および地域との連携・協働方策の考え方を示す。

4.3.1 伐採方法

1) 目的に応じた伐採方法

河道内樹木の維持管理上の課題に応じて、目的とする効果を発現しうる最適な伐採・伐根方法は、表4・1のとおりを実施するのが望ましいと考えられる。

2) 樹種に応じた伐採・伐根方法

吉野川における河道内樹木群の主な樹種は、ヤナギ類、タケ類である。これら樹種に応じた伐採・伐根方法は、以下のとおりを実施するのが望ましいと考えられる。

① ヤナギ類

ヤナギ類は、伐採後の切り株からの旺盛な萌芽再生能力を持っていることが知られている。そのため、

単に伐採するだけの処理では、駆除または繁茂を抑制することは極めて困難である。

したがって、幹の伐採を行い、伐採後の切り株は旺盛な萌芽再生能力を持つため、切り株をバックホー等で除去する。

表4・1 河川管理上の課題に応じた伐採方法

課題	横断区分	伐採方法
流下能力	高水敷、 中水敷	高水敷は間伐（伐採）、中水敷は原則として全伐（ヤナギ類であれば伐採伐根）
堤防堤脚の直接侵食	高水敷	平面形状等により、堤防堤脚に洪水流が集中する位置に繁茂している堤体前面の樹木を伐採 もしくは、縦断方向に一定ピッチでスリット状に伐採
堤防への根等の侵入	高水敷	法尻から10m程度まで伐採（10m以内に樹木域が拡大するごとに伐採） もしくは堤防への根等の侵入に影響の無い位置に防竹シート（トタン板など）の施設
CCTVの視界	高水敷、 中水敷	視認の障害となる樹木を伐採（伐根）
橋梁等への視認	高水敷、 中水敷	視認の障害となる樹木を伐採（伐根）
支川、樋門の閉塞	低水路 （堤外水路）	原則として全伐（ヤナギ類であれば伐採伐根）
不法投棄	高水敷	間伐（伐採）による低密度化
水衝作用の増大	中水敷	原則として対岸の砂州上の樹木を全伐（伐採伐根）

② タケ類

タケ類の生育特性として、伐採しても地下茎で母竹林とつながっている場合、母竹林からの栄養供給により速やかに再生する。しかし、タケノコの生産のためには2年間程度の栄養蓄積が必要であり、竹林はタケノコを成して拡大成長していくことが知られている（(財)河川環境管理財団、2001）。

よって、2カ年の伐採でタケ類の除去が可能であると考えられる。事実以下のような報告事例がある。

- ・7～8月に地上部を全て伐採することで地下茎の伸長を防ぎ効果的の枯殺できる（鳥取市農林水産部林務水産課、2009）。
- ・成長期（8月）に伐採すると翌年のタケは細いものが多く、伐採後2年ではほぼ除去できた（香川県森林センターHP、片野田、2007）。

したがって、地上部の伐採を2カ年継続して実施する。

3) 配慮すべき区間（事項）に対する伐採方法

伐採に際して配慮すべき事項のある区間では、表4・2のとおり伐採するのが望ましいと考えられる。

表4・2 配慮すべき樹木群の伐採方法例

内 容	伐採方法
保安林指定されている樹木群	伐採の有無を別途検討の上、関係機関との協議の上、伐採伐根方法を検討する
伐採について許可を要する区域	必要最低限の伐採伐根とする
堤防への水衝を緩和する機能をもつ樹木群（無堤区間では堤防機能の補完）	伐採の有無を別途検討の上、伐採伐根方法を検討する
水衝部等で耐侵食機能を発揮できる樹木群	伐採の有無を別途検討の上、伐採伐根方法を検討する
重要生物種が確認されている樹木群	生息生育状況を確認の上、有識者、NPO 団体などの地域の意見を踏まえながら、伐採伐根方法を検討する
風土上の役割を持つ竹林	間伐等により密度の低下を図る

4.3.2 伐採における地域との連携・協働

江戸時代の治水および利水における大規模な工事は、幕府や藩が実施してきているものもあるが、地域の共同体が治水、利水に関する工事や維持管理を実施してきている場合が多い。

明治の後期に制定された河川法により、川は国や県が改修・維持管理を実施することとなり、連続堤防の構築による氾濫させない河道改修が主流となって以来河川の維持管理は国や県が行うものという意識が強くなった。また、国や県の立場としてもその予算が確保出来ていた時代は、むしろその方が都合がよいとされた時期が長く続き、さらに河川改修によって河川の洪水に対する安全度、利水に対する安全度の向上が飛躍的に進み、こうした状況のなかで、住民の河川に対する意識の程度は遠のく一方であった。

しかし、近年、河川の自然環境や美しい河川景観、河川の利活用への関心が高まり、その保全や維持管理、あるいは環境教育の場として見直され、遠のい

ていた河川に対する意識が徐々に取り戻されつつある。

一方、国や地方の財政状況は、河川の適正な治水・利水・環境の機能を維持していくための費用を確保することが難しくなっている。

こうした状況からも、今後の河道内樹木の維持管理には河川管理者と地域住民が連携・協働し、地域住民が望む河川の自然環境や美しい河川景観、或いは河川の利活用といった観点から、これらを良好な状態に維持管理していくための仕組みが必要になってきている。

河道内の樹木管理はこれらにおける課題（テーマ）の大きな一つである。

地域住民と連携した協働の河道内樹木管理の手法として考えられるのは、以下の事柄である。

- ・河道内樹木管理に必要な伐採木を材料として使用（バイオマスの有効活用）
- ・地域が求める良好な自然環境、河川景観（吉野川らしさ）、河川の利用等が河道内樹木群の適切な維持管理によって実現
- ・河道内樹木の管理によって良好な河川環境教育の場の創出

1) 河道内樹木管理に必要な伐採木を材料として使用

河川、道路、公園、農地から発生するバイオマスを単に発生現場、または最終処分場で処理するのではなく、CO₂削減（カーボンニュートラル）の観点やコスト削減の観点から、これらバイオマスの有効活用は国家的な課題である。

吉野川の河道管理によって発生する伐採木の有効利用には、地域性等から以下の利用が考えられる。

① 一般家庭のストーブ等に燃料として活用

図4・7～図4・9に示すアンケート結果によると、伐採木に対する需要は、河口より15～40km区間において比較的高いことが示されている。これらの結果は、都市部よりも郊外部において樹木伐採・伐根および伐採木に対する需要が高いことが表されている。

② 事業所等におけるバイオマス燃料対応に改良された大型ボイラー燃料として活用

今後、燃焼効率の高いボイラーを持つ事業所の存在を調査していく必要があるが、企業としてのCO₂削減等環境に対する取り組みはかなり進んでいるものと環境省では推測しており、吉野川周辺にこのような事業所が存在すれば検討する必要がある。

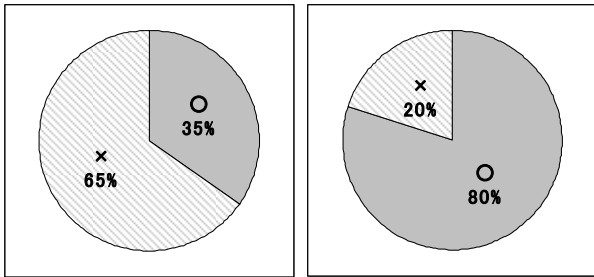


図4-7 アンケート結果（左：伐採木のチップ化の是非、右：自ら伐採することの是非）

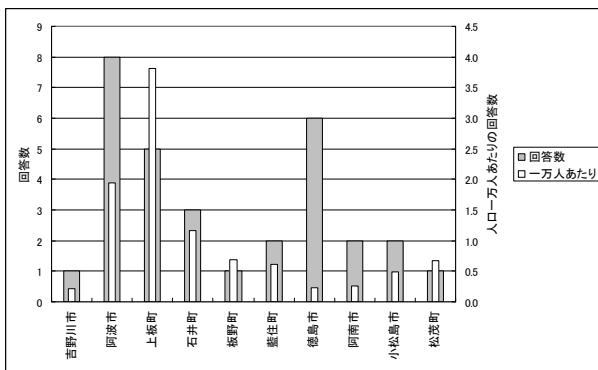


図4-8 アンケート回答者の地域分布

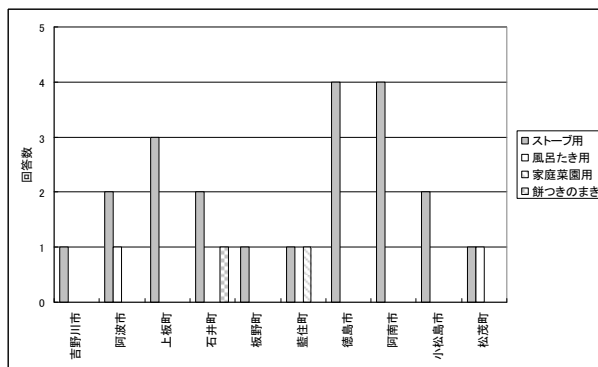


図4-9 地域ごとの伐採木の利用分布

③ 伐採木をチップ化し圧縮型木板として建築材料に活用

徳島県森林組合連合会 代表専務理事へのヒアリ

ングでは、森林組合で発生する木材は、チップ化され圧縮型合板を製造し建築材料とする仕組みが既に出来上がっている。河川で発生した伐採木をチップ工場に持ち込めば一定の価額で引き取り可能であるとの回答を得ている。

これらの需要に応えるため、当面は公募型伐採を実施していくことが想定されるが、いずれは発生源の者と利用側をコーディネートしていくNPO法人等の設立が望ましい。また、場合によっては、河川内の樹木群ということも考慮し、持ち出し、運搬が可能なような条件整備は河川管理者が行うなど、協働の行動も必要となると考えられる。

2) 地域が求める良好な自然環境、河川景観、河川の利用等が河道内樹木群の適切な維持管理によって実現

この方式は、地域の河川に対するニーズを正確に把握し、その実現のための樹木管理を含む維持管理全般についてどのようなプロセスとなるか検討するとともに、地域住民と河川管理者、場合によっては自治体等それぞれの役割分担を明確にしていく必要がある。

例えば吉野川の竹林、清澄な川の流れ、白いレキ河原これが吉野川らしさであり、この吉野川らしさを地域住民皆の共通財産として再生し維持保全していくために、地域住民が河川の維持管理に関わっていく、いわば河川の里親制度（アドプト制度）の仕組みを構築していくことになる。

しかし、この方式には、地域住民に対するインセンティブの付与が必要であり、それが何かを把握していくことがまず必要である。

① インセンティブの付与

インセンティブの付与の例を以下に示す。

- ・河川管理者の支援や役割分担の実行を担保する。
- ・美しい河川の場を使った、地域興しイベントの開催(カヌー大会やカヌー教室, ウォーキング大会, B級グルメ或いは地場産大会, 竹細工教室とコンテスト等自治体が積極的に企画し地域興しを行

う)。

- ・河川功労者表彰制度（国土交通大臣表彰等）。
- ・竹林の間引き伐採等については地域が実施するものの、河川管理者はそれに対し一定の助成を行う。
- ・河川管理者が吉野川ビューポイント選定委員会を設立し地域が作る吉野川ビューポイントの指定と広報を行う。

上記のとおり、種々考えられるが、地域の特性を見極めながら、複合的に実施していくことが望ましいと考えられる。

② 河川管理者の役割

この方式における河川管理者の役割として想定される事柄を以下に示す。

- ・潜在的に持っている地元住民の吉野川愛護の気持ちと、公共性の高いボランティア活動への参加意欲を、具体的に発揚させるための情報発信、会合等あらゆる手段を通じでのコミュニケーションが欠かせない。（河川管理者の悩み、例えば竹林の荒廃について率直に伝えていくことも重要）
- ・同様に地元自治体との河川管理に関する連携の強化のための情報交換等対話の充実が必要。（特に出張所と自治体の関係は極めて重要であり、地域と連携した維持管理の糸口となる）
- ・河川管理者が竹林の歴史的意義、治水機能、吉野川らしさについて情報発信し、荒廃した竹林の再生をまず自ら行うことによって、竹林の価値を地元を示し、それ以降の維持を地元住民が行っていくような方式が考えられる。
- ・現在地元自治体と連携した良好な竹林の維持保全に取り組む「山川バンブーパーク」と「水辺の楽校」について、現時点で事業の目的達成について評価し、良い点、悪い点それぞれを分析し今後の地域との協働の河川維持管理に活かしていくことが極めて重要である。

③ 河道内樹林の管理によって良好な河川環境教育の場の創出

良好な自然環境に子供達が触れることは、情操教育の観点からも極めて有効と言われている。次世代

を担う子供達が吉野川の自然に触れ、故郷の原風景としていつまでも心に生き続けることは、多くの大人は経験している。これが故郷を、吉野川を大切に思う気持ちに繋がっていく。

しかし、吉野川の現状は、河原や水辺に近づきたくても、荒廃した樹林や草地によって阻まれ、近づくことが難しいのが現状である。

美しい竹林や、真っ白な河原、きれいな水これが吉野川らしさであるとするれば、地元住民、PTA、学校、自治体と協働しこれらの風景を再生しそれを良好な状態で維持管理していく。

これら行動の原点は、「子供のため」、「美しい地域造り・吉野川造り」のためと言うことになる。

水辺の楽校として取り組まれているものが多いが、維持管理が不十分で当初の目標が達成されていないところもあり、この部分の仕組み作りが極めて重要である。

4.3.3 伐採計画の立案

伐採箇所に対して、伐採の優先順位をつけ、今後の事業費を念頭においた年次計画を作成した。

1) 伐採の優先順位

伐採の優先順位は、治水上の重要度の観点から以下のとおりに設定した。

1. 水衝作用の増大防止（河岸・護岸に対する影響）
2. タケ類等の根の堤体への侵入防止（堤防に対する影響）
3. 支川の合流先の閉塞防止
4. 樋門の堤外水路の閉塞防止

2) 伐採の年次計画

年次計画は、今後の事業費を念頭に設定し、至近年の樹木伐採の予算から1年間あたりの概ねの予算額程度の伐採・伐根箇所を計上した。年次計画は、伐採の実施状況、樹木群の繁茂状況、洪水等による河道変化等を踏まえて定期的に見直していくことが重要である。

3) モニタリング手法

吉野川における河道内樹木の主な樹種であるヤナギ類、タケ類は萌芽再生能力が高いことから、伐採後比較的早い段階で再度樹林化することが想定される。そのため、伐採後も適切な管理を行っていくことが好ましいが、管理を行う上での管理手法等を明確とすることが重要である。

したがって、再樹林化を監視するという観点から、モニタリング（監視）していくこととなる。また、伐採を実施した箇所以外にも、課題が顕在化する可能性のある区間の樹林化程度をモニタリングしていくことが重要である。

モニタリング（監視）を行う上では、以下の事柄を明確にする必要がある。

- ・モニタリング（監視）内容とその視点
- ・頻度および時期
- ・モニタリング（監視）結果の整理および評価

5. 今後の課題

以上のとおり、吉野川の河道特性の変化に応じた河道内樹林化や竹林の水害防備林としての意義の変化等による河川管理上の課題に対する樹木伐採計画について、伐採箇所、伐採方法、伐採年次計画、その後の維持管理の方向性を示した。

本研究において立案した伐採計画に対してより実効性のあるものとするため、今後、以下の点を検討していく必要がある。

5.1 継続的な樹木管理の実施に向け

吉野川における樹林の樹種は、大きくヤナギとタケに分類され、これらは伐採（伐開）後の再萌芽および再繁茂が比較的早いことが知られている。

したがって、樹林伐採後も樹林管理を適切に継続して実施していくことが必要となる。

樹林管理の基本は、樹林の状況をよく観ること（モニタリング）、これによって得られた情報を体系的に整理編集し、これら情報を適切に解釈しそれに基づいた評価を行い、この評価に基づいた伐採等の実管

理をサイクリックに実施していく管理システムの構築が極めて重要である。また、サイクル型の管理システムの構築にあたっては、各段階における実行内容を明確にし、その役割分担（事務所、出張所、民間）を明確にすることも重要である。

5.2 空間管理を含めた樹木保全域の検討

本研究において、河川管理上樹木伐採を実施すべき箇所の設定を行った。これとは逆に、河川管理上、あるいは土地利用状況上、保全すべき樹木群も少なからず存在する。

したがって、これら保全すべき樹木群を明確にするとともに、土地利用の保全等の空間管理計画上の樹木群を位置づけていくことが重要である。

謝辞

本研究は、国土交通省四国地方整備局徳島河川国道事務所委託業務の一環として実施されたものである。

本研究を実施するにあたり、徳島河川国道事務所の方々には、貴重なご意見、ご指導をいただきました。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 芦田和男, 奥村武信 (1974) ダム堆砂に関する研究, 京都大学防災研究所年報, 第 17 号 B : pp555~570
- 上田弘一郎 (1955) 水害防備林 : pp128~133
- (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 (2010) 堤防維持管理技術 河川堤防の現地における目視点検の視点 : pp96~98
- (財) 河川環境管理財団 (2001) 堤防に沿った樹林帯の手引き : pp152~154
- 片野田逸郎 (2007) スギ・ヒノキ人工林に侵入したモウソウチクの再生様式に対応した施業方法の検討 鹿児島県林試研報 10 : pp19~31
- 香川県森林センターHP 竹林の拡大防止に関する研究
- 鎌田磨人, 岡部健士, 小寺郁子 (1997) 吉野川河道内における樹木及び土地利用変化型の分布の変化

とそれに及ぼす流域の諸環境，環境システム研究
VOL25：pp287～294

国際航業株式会社（2010）平成 21 年度吉野川河道内
樹木調査業務：pp15～80

国土交通省 四国地方整備局 徳島河川国道事務所
（2006）吉野川河道内樹木の管理について（案）

国土交通省 四国地方整備局（2009）吉野川水系河川
整備計画－吉野川の河川整備（国管理区間）－
鳥取市 農林水産部 林務水産課（2009）放置竹林の
整備と拡大・侵入防止対策について：pp5～6

山本晃一（2010）沖積河川－構造と動態－：pp73～
77, pp114～116, pp216～218

7) 天竜川上流域における河川維持管理について ～効率的な維持管理の実施に向けて～

渡辺 昌典*・平光 文男**・石橋 年孝***・高木 篤****

1. はじめに

平成23年5月に公表された国土交通省河川砂防技術基準維持管理編(国土交通省 2011)では、「河川の維持管理は、河川管理の目的である、洪水等による災害が防止され、河川が適正に利用され、流水の正常な機能が維持され、河川環境の整備と保全がされるよう、河川及び河川の存する地域の特性を踏まえつつ、これらの流れに則って総合的に行うことを基本とする。」と述べている。

当財団にあっても、河川の維持管理についてはその重要性に着目し、これまでいろいろな形で検討をしており、その成果を公表してきた(山本ほか2007, 財団法人河川環境管理財団2010)。

「河川の維持管理」の意味するところは、維持管理目標といった本質的かつ時間的にも場所的にも大きなスケールの事柄を含むとみることもできる。しかし具体的には、前述の河川砂防技術基準維持管理編に示す河川維持管理計画では計画対象期間として概ね5年間を念頭におきつつも、日常どういった問題意識を持って河川を維持管理するか、また維持管理すべき施設の評価方法といった事柄まで、その視点ならびに対象とする事柄は多岐にわたっている。さらにこうした問題は、河川自身の変遷や動きに応じて、常に臨機な対応をしていかなければならない。

筆者らは、天竜川上流域を対象として維持管理について検討をする機会を得た。このため、天竜川上流域の特性を踏まえ、河川管理者が維持管理対象物に対して、どこに着目しどこがどう危険であるかを具体的に把握しやすくなるような、言い換えれば効率的な維持管理の実施に

資するような、特に重要と考えられる維持管理項目について、評価をするとともに、情報の整理方法について検討をした。

本研究で対象とする管理重点項目(洗掘、堆積、樹木繁茂)については、まず図面等の既存資料の整理並びに現地調査を行い、検討対象箇所を抽出した。

次に、抽出した検討対象箇所について危険か安全かの評価を行い、危険と評価した箇所については、現在の状況を把握し緊急に対策が必要であるかなど、対策の優先度あるいは緊急度に応じた危険度のランク付けを行った。

こうして抽出した危険箇所とその危険度ランクの情報を効率的な河川の維持管理につなげる方策として3つの表示方法を示した。一つ目は、危険箇所とその危険度ランクを河川並びに周辺流域を含めて広域的に示す「管理重点項目に関する危険箇所位置図」であり、二つ目は、最も危険である危険度Aランクについて、現地での個々の詳細な状況を具体的に把握するために作成した「最も危険な箇所の現地調査表」である。

河川の状況は時々刻々と変化する。そのため、河川管理者は河川の現状について、常に最新の情報を把握している必要がある。三つ目は、危険箇所とその程度を示す情報を更新するための手法として、河川巡視を取り上げ、日常的な河川巡視において、河川及び周辺の危険箇所の把握を容易とするために「目で見て分かる河川巡視の手引き」を作成した。

このような事項を一つのシステムとして組み上げることによって、天竜川上流域での河川管理をより効率的に資するように試みた。

* (財) 河川環境管理財団 名古屋事務所 業務係長
** (財) 河川環境管理財団 名古屋事務所 所長 兼名古屋研究所 所長
*** (財) 河川環境管理財団 名古屋研究所 調査課長
**** (財) 河川環境管理財団 名古屋研究所 調査係

2. 天竜川上流域の特性

河川の維持管理を扱う上では、対象とする流域や河川の自然的特性を把握することがまず重要である。

天竜川は、その源を長野県諏訪湖に発し、西に中央アルプス、東に南アルプスに挟まれた通称伊那谷を経て、山岳地帯を流下し、静岡県の遠州灘に注ぐ幹川流路延長L=213kmの一級河川である。その内この本文で扱う対象とする天竜川上流域は、横川川合流点から静岡県境までの河川区間延長L=110.6kmである。



図2-1 天竜川上流流域図
(天竜川流域委員会 2004)

2.1 我が国屈指の急流河川

日本の屋根である中央アルプス・南アルプスの標高3,000m級の山々より急峻な地形を支川が流れ下り、降雨時には水と土砂が一気に本川に流れ込む。その河床勾配は図2-2に示されるように、支川で1/40~1/100程度、本川でも1/200~1/250にも達し、我が国における代表的な急流河川である。

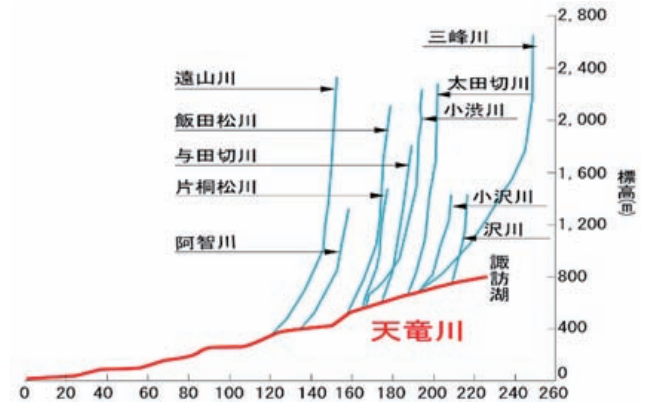


図2-2 天竜川本川と主な支川の縦断勾配図
(天竜川上流河川事務所 2008)

2.2 もろい地質構造

天竜川上流域は、図2-3に示されるように、中央構造線より西側の地帯では、風化しやすい花崗岩などが広範囲に分布している。さらに、日本列島の東北部と西南部の境目ともいべき「中央構造線」や「糸魚川-静岡構造線」などが位置しているため、複雑な地質構造を有している。これらの断層周辺部では、度重なる地震や造山運動の影響を受けて、もろい地質構造となり山の斜面では大規模な崩壊が多発している。このような地質構造に加えて、地形も極めて急峻であるため、天竜川上流域は全国有数の土砂生産の活発な地域であり、本川河道や支川には多くの土砂が堆積している。



図2-3 風化花崗岩と構造線の分布図
(天竜川上流河川事務所 HP)

2.3 全国平均より多い降水量

天竜川上流域は、標高3,000m級の山岳地帯から天竜川沿いの盆地部では降水量の地域差がある。盆地部にあ

3. 天竜川上流域の維持管理上の管理重点項目

前章で述べた天竜川上流域の特性は、ほとんどが出水時の土砂移動とそれに伴って起こる事項であるといつてよい。すなわち、出水による洗掘や大量の土砂流出に伴う土砂堆積及び堆積土上に繁茂する樹木など河道の流下能力に関する問題とその対策が重要となる。

このような観点から、本研究では天竜川の特性を踏まえた維持管理を実施するうえで重点的に管理する「管理重点項目」として、洗掘、堆積、樹木繁茂の3項目のみを取り上げることとした。

3.1 洗掘

天竜川上流域は前章のとおり急流河川であり、地質構造はもろく、さらに多雨のため、出水時には自然河岸浸食や河床の異常浸食が一洪水で発生する。このため、護岸基礎、堤防根固め、堤防本体の洗掘により堤防破壊の危険性が高い。

3.2 堆積

天竜川上流域の河道は、狭窄部と氾濫原が交互に繰り返す地形を有し、古来より狭窄部上流には伝統工法である霞堤が設けられ、氾濫水を湿地等へ一時貯留させることで氾濫による被害を軽減してきた。このことは土砂の堆積を生じさせる一方、狭窄部上流は盆地形状となり、生活の基盤の発展も図られてきた。この洪水対策、河床の土砂堆積、生活基盤の発展は、河川災害を増加させるものである。

3.3 樹木繁茂

近年、気象の変化、支川の砂防ダムや河川が整備されたことなどにより、本川の土砂供給や流量が安定したことで、河川幅の広い箇所、土砂堆積の著しい箇所では流路の固定化により、広い範囲で高木や樹林が繁茂している。

河道内樹木の繁茂は河積阻害による水位上昇や偏流による護岸洗掘が生じ、河川災害を増加させるものである。

4. 管理重点項目の検討対象箇所の抽出・危険か安全かの評価・危険度のランク付け

前章で選定した管理重点項目、①洗掘、②堆積、③樹木繁茂について、天竜川における検討対象箇所の抽出、その箇所の評価及び危険度のランク付けについては、より効率的な維持管理が可能となることを念頭に、以下の段取りで作業を進めた。

検討しなければならない対象箇所は天竜川上流域では多数存在する。そこで、まずはじめに、経年の河川測量横断面図、各年の護岸等河川工事完成図書、河川整備計画付図、空中写真図等の既存資料から検討対象箇所の洗い出しを行い、次に現地調査を重ね、災害履歴、現地ヒアリング、既存資料などにより、総合的に検討対象箇所を抽出した。

さらに、抽出した検討対象箇所に対して危険か安全であるかの評価を行い、危険と評価した箇所についてその程度に応じたランク付けを行った。

4.1 洗掘

4.1.1 洗掘検討対象箇所の抽出

天竜川上流域の標準的な堤防断面は図4・1に示すとおり単断面であり、河床異常洗掘が根固め、護岸を破壊し、堤防の弱点となる。

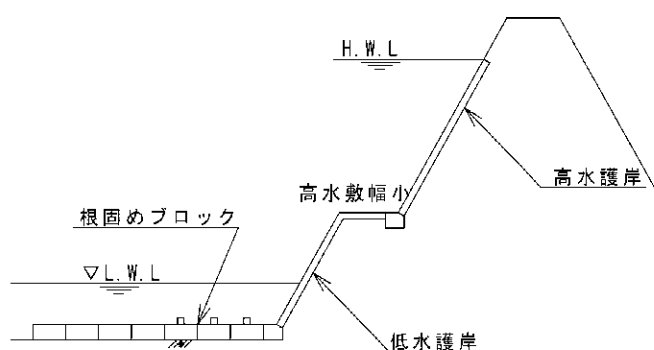


図4・1 天竜川上流域堤防護岸図

昔から天竜川は「暴れ天竜」と言われており、一洪水で河床が大きく動き、安定していると思われる砂州も大きな出水により移動する河床変動の激しい河川である。

そのために洗掘検討対象箇所は、河道線形による水衝部だけでなく、砂州の変動にも留意して検討対象箇所の抽出を行った。

洗掘検討対象箇所の抽出にあたっては、表4・1に示す抽出方法により検討した。抽出ステップ1・2の測量横断面図、河川工事完成図書の既存資料を元に、検討対象箇所の洗い出しを行い、抽出ステップ3で現地調査により抽出ステップ1・2の確認を行い、総合的な判断のうえ検討対象箇所を抽出した。

表4・1 洗掘検討対象箇所選定の抽出方法

抽出ステップ	抽出内容
ステップ1 測量横断面図の確認	<ul style="list-style-type: none"> 一次選定：測量横断面図を元に、既往洗掘最大変動範囲と護岸基礎工天端位置から判断 二次選定：濡筋の位置、水衝部などから判断
ステップ2 完成図書の確認	<ul style="list-style-type: none"> 護岸工事完成図書や護岸展開図から根固め、基礎工の高さを確認
ステップ3 現地調査	<ul style="list-style-type: none"> ステップ1、2の抽出箇所に対して、河道状況、洗掘状況、堤内地の土地利用状況を確認 ステップ1、2の抽出箇所以外で河川管理者のヒアリングによる指摘箇所や近年の工事完成箇所などについても、河道状況、洗掘状況、堤内地の土地利用状況を確認のうえ、追加 ステップ1、2の抽出箇所に対して、対策工実施の有無を確認 現地調査を踏まえ、総合的に決定

4.1.2 洗掘検討対象箇所の危険か安全かの評価

洗掘に関して抽出した検討対象箇所が危険であるか安全であるかの評価については、図4・2に示すように、護岸基礎工と既往洗掘最大変動範囲との位置関係、基礎の状態、護岸前面の状況、砂州の変動状況、護岸基礎工天端高と前面の河床高との位置関係から危険か安全かを評価した。

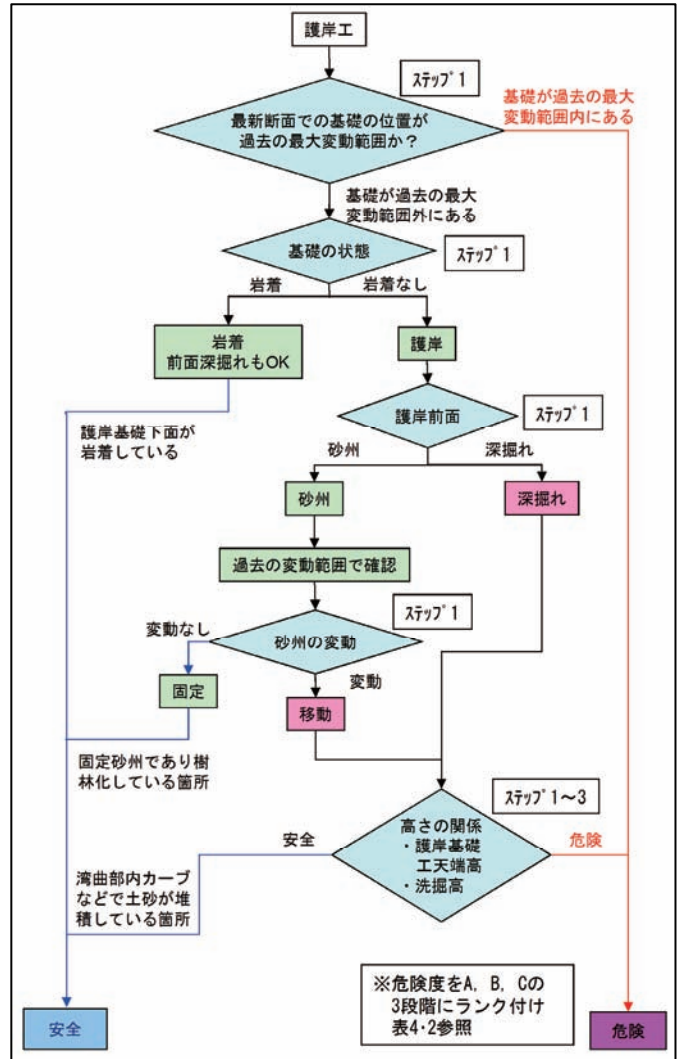


図4・2 洗掘検討対象箇所の危険か安全かの評価

4.1.3 洗掘危険箇所のランク付け

検討対象箇所に対して危険か安全であるかの評価の結果、危険と判定した洗掘危険箇所については、危険の程度や対策の優先度などを認識するために、表4・2に示す危険度のランク付けを行った。ここで、Aランクは現状でも危険であり、小出水で危険と判断される箇所である。Bランクは現在は危険ではないが、中小出水により危険になる可能性が高い箇所である。Cランクは当面は危険ではないが、大出水により危険になる可能性が高い箇所である。危険度のランク付けは護岸基礎工天端高と前面の河床高との位置関係、護岸前面の流水状況、堤内地の土地利用状況による検討結果、河川整備計画での対策必要指摘箇所を基礎資料とし、現地調査を踏まえて総合的な評価を行った。

洗掘危険箇所ランク付けの選定基準を表4・2に示す。

表 4-2 洗掘危険箇所のランク選定基準

ランク	選定基準
A	①護岸前面が水衝部であり、護岸基礎工天端高が前面の河床高よりも高い ②堤内地に人口・資産を多く抱える箇所 ③河川整備計画での対策必要指摘箇所 ※全てに該当。①もしくは③に該当。
B	護岸前面が滞筋であり、護岸基礎工天端高は前面の河床高よりも低く、堆積厚が2m以下
C	護岸基礎工天端高は前面の河床高よりも低く、護岸前面の広い砂州は樹林帯しており、堆積厚が2mよりも大

4.1.4 洗掘危険箇所のランク別結果

洗掘危険箇所のランク別結果は、Aランク 31 箇所、Bランク 38 箇所、Cランク 72 箇所となった。

以下にそのランク別評価の標準例を示す。

1) Aランクの例

図 4-3 に示すとおり天竜川距離標 186.0kp 地点は、過去の洗掘最大変動範囲（最大洗掘深）と現在（平成 18 年測量断面）の河床高がほぼ同じである。

つまり、現況河床高と護岸基礎工高が同じ高さであり、小出水でも河床洗掘により護岸基礎工が浮き上がる可能性が極めて高い。また滞筋と水衝部が接していることから、河床変動の激しい天竜川上流域では、現況の土砂堆積や植生状況などに関係なく、異常洗掘の可能性が高い。これらの総合的評価により、洗掘の危険性は最も高いAランクと判断した。

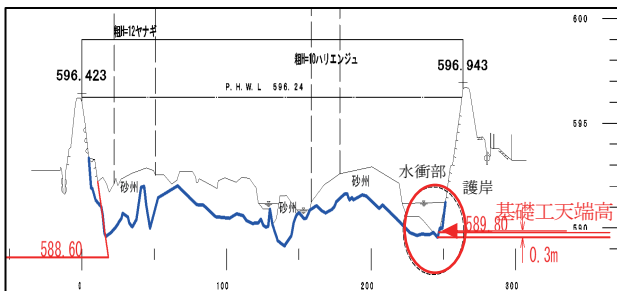


図 4-3 過去変動最深河床高断面図 186.0kp

5) Bランクの例

図 4-4 に示すとおり天竜川距離標 163.2kp 地点は、過去の洗掘最大変動範囲（最大洗掘深）の高さは護岸基礎工よりも低い、前面に堆積している安定した砂州によ

り現状では危険ではない。しかし、天竜川上流域は河床変動の大きい特性を有していることから、中小洪水で砂州が洗掘される可能性が高く、危険度が増すことが考えられるため、Bランクと判断した。

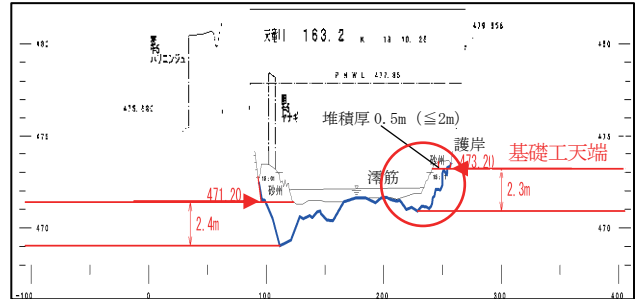


図 4-4 過去変動最深河床高断面図 163.2kp

6) Cランクの例

図 4-5 に示すとおり天竜川距離標 155.4kp 地点は、過去の洗掘最大変動範囲（最大洗掘深）の高さは護岸基礎工よりも低いが、前面に広い砂州や樹林帯があり、出水による堆積土砂の流出の可能性は少ないと判断し、Bランクよりも危険度は低いと考えられCランクと判断した。

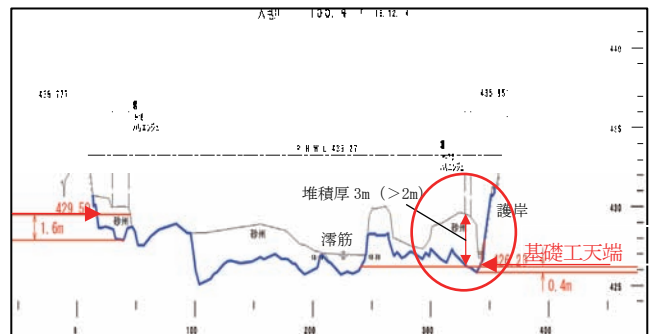


図 4-5 過去変動最深河床高断面図 155.4kp

以上で示した洗掘危険箇所のランク別標準断面は主に河床洗掘による護岸基礎工の根入れ深さから評価したものである。

なお、天竜川上流域では、護岸基礎工を守り、保持するために場所打ち工法による根固め工を設置している。その状況を写真 4-1、図 4-6 に示す。

根固工が7列設置されているが、河床洗掘により河心側の4列が沈下し、さらに河心側の3列は完全に水没している。現地調査により、このような危険箇所を確認した場合には、出水時の河床洗掘の進行による堤防破壊の危険性が高いと評価し、Aランクと判断した。



写真 4・1 天竜川 150.0k~150.3k 左岸

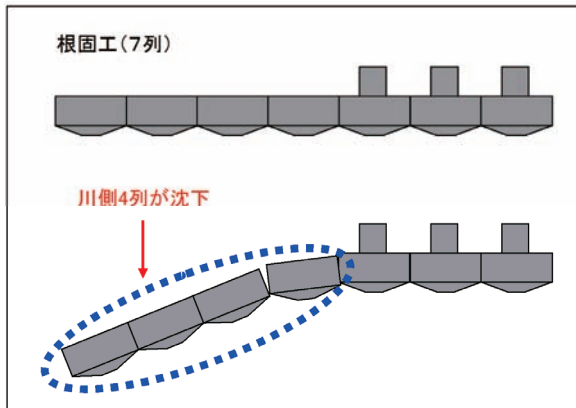


図 4・6 根固工 (7列) 沈下状況図

4.2 堆積

河道内に土砂が異常堆積すると河積が減少し、洪水時には水位が上昇し堤防決壊などの大きな河川災害が発生する恐れがある。

天竜川上流域は、狭窄部と氾濫原が交互に繰り返される地形であり、氾濫原は人口の集中、多くの資産が集積した地域である。このような状況の中、河道内に異常堆積した土砂で河積が減少し、危険な地域となっている箇所がある。

以下に天竜川上流域における土砂の異常堆積による課題を記す。

- ・河積の減少に伴う流下能力不足（特に人口集中の氾濫原）
- ・水位上昇により、計画高水位を超えることによる護岸等河川管理施設への障害
- ・河床上昇による取水施設等河川工作物の機能低下などである。

河道内の異常堆積した土砂は上記のとおり、河川管理上の課題を有しており、これらを解消し適正に管理する

ことが必要不可欠である。

4.2.1 堆積検討対象箇所の抽出

天竜川上流域の狭窄部上流、支川合流部、湾曲部内側などの箇所で土砂の異常堆積が発生しやすい地形となっている。

堆積検討対象箇所の抽出にあたっては、表 4・3 に示す抽出方法、図 4・7、図 4・8 により、抽出ステップ 1～4 で測量横断面図、河川整備計画流下能力図、空中写真図、重要水防箇所一覧表の既存資料を元に、検討対象箇所の洗い出しを行った。抽出ステップ 5 で現地調査により抽出ステップ 1～4 の確認を行い、総合的な判断のうえ検討対象箇所を抽出した。

表 4・3 堆積検討対象箇所選定の抽出方法

抽出ステップ	抽出内容
ステップ 1 河積不足箇所	・河川整備計画断面図と最新横断面図との河積の比較を行い、河積不足箇所を確認 (図 4・7 参照)
ステップ 2 現況流下能力	・河川整備計画流下能力図 (公表資料) より、現況流下能力不足箇所を確認
ステップ 3 空中写真図	・過去 3 回 (S59, H11, H18) の空中写真図から、砂州の状況変化の傾向を確認 (図 4・8 参照)
ステップ 4 堤防状況の確認	・重要水防箇所一覧表 (公表資料) より、堤防高さや堤防断面が不足している箇所を確認
ステップ 5 現地調査	・ステップ 1～4 の抽出箇所に対して、河道状況、堤内地の土地利用状況を確認 ・ステップ 1～4 の抽出箇所に対して、対策工事実施の有無を確認 ・現地調査を踏まえ、総合的に決定

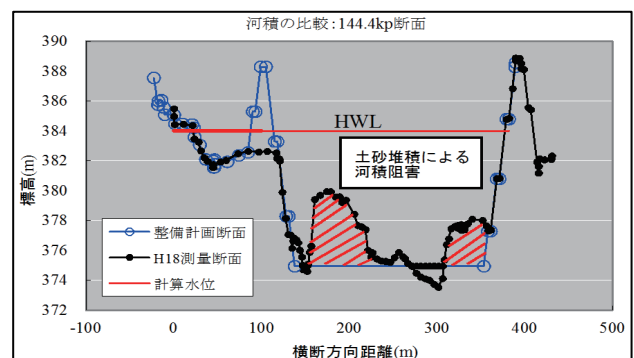


図 4・7 河積の比較図 144.4kp 断面

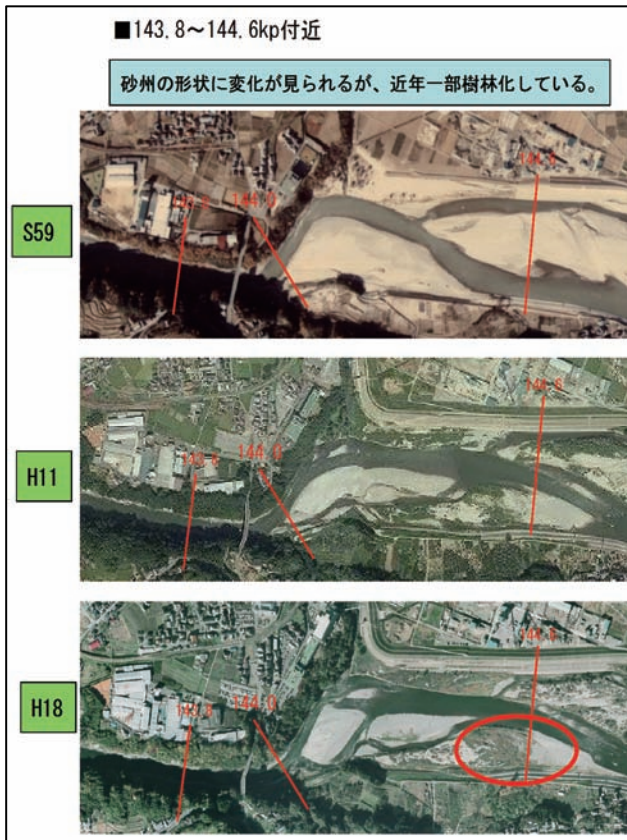


図4-8 砂州の状況変化の傾向

4.2.2 堆積検討対象箇所危険か安全かの評価及び危険箇所のランク付け

堆積に関して抽出した検討対象箇所が危険であるか安全であるかの評価を行い、危険と評価した堆積危険箇所に対して、危険の程度や対策の優先度などを認識するために危険度のランク付けを行ったが、堆積箇所は洗掘箇所と比べ、検討項目が少ないため評価とランク付けを同時に行うことにした。堆積危険箇所の危険度ランク付けは図4-9に示すように、堤防高さ・堤防断面の状況、河積状況による流下能力と堤内地の土地利用状況の既存資料による検討を事前に行い、現地調査を踏まえて総合的な評価を行った。

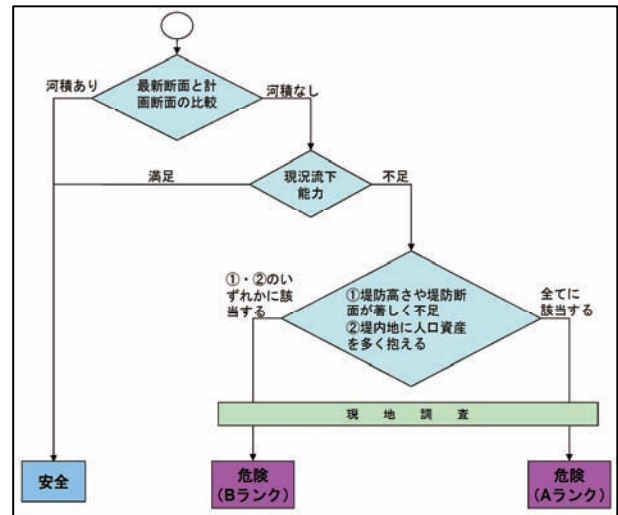


図4-9 堆積検討箇所の危険か安全かの評価及び危険度ランク付けフロー図

堆積危険箇所ランク付けの選定基準を表4-4に示す。流下能力と堤内地の土地利用状況により、ランク付けすることからA、Bの2ランクとなった。

表4-4 堆積危険箇所のランク付け

ランク	選定基準
A	①現況流下能力、堤防高さや堤防断面が著しく不足している かつ ②堤内地に人口・資産を多く抱える箇所
B	現況流下能力不足箇所（Aランク以外の箇所）

4.2.3 堆積危険箇所のランク別結果

堆積危険箇所のランク別結果はAランク7箇所、Bランク6箇所となった。

以下にそのランク別評価の標準的な例を示す。

1) Aランク（最も危険）

天竜川距離標143.8kp～144.6kp地点（図4-8参照）は狭窄部の驚流峡上流部に位置し、土砂の堆積厚は最大5m（144.4kp地点）となっている。沿川は飯田市の工場や運動公園など多くの資産が集中しており、小出水で多くの河川災害が発生することから、最も危険とされるAランクと判断した。

2) Bランク（危険）

天竜川距離標161.6kp～162.0kp地点（図4-10参照）は小渋川、片桐松川が合流する地点の上流であり、土砂が堆積しやすい状況となっている。堤内地の近傍には工場も見

られるが多くは田畑であることからBランクと判断した。



図 4-10 堆積危険箇所 B ランクの例

4.3 樹木繁茂

天竜川上流域河川は、河道内に堆積した土砂が安定した箇所があり、樹林化が進行している。樹林化が進行することにより洪水時の異常な水位上昇、堤防と樹木間の流水の乱れにより堤防決壊の恐れがある。

樹木繁茂危険箇所の課題は以下のとおりである。

- ・砂州の発達と安定化に伴う樹林化に伴う流水の阻害
- ・繁茂した樹木が洪水時に流木として河川管理施設などに与える障害
- ・河積の減少に伴う流下能力不足
- ・水位上昇に伴う護岸等河川管理施設への障害
- ・樹木の根の伸長に伴う河川管理施設などへの損傷
- ・河川巡視，CCTVなどによる河川監視の障害
- ・不法投棄などの助長

樹木繁茂箇所における河川管理では、これらを解消し適正に管理することが必要となる。

4.3.1 樹木繁茂危険箇所の抽出

天竜川上流域の狭窄部上流，支川合流部，湾曲部内側などの箇所で異常堆積が発生しやすい地形となっている。

樹木繁茂検討対象箇所の抽出にあたっては、表 4-5 に示す抽出方法（図 4-11，図 4-12 参照）により，抽出ステップ 1～4 で測量横断面図，河川整備計画流下能力図，空中写真図，重要水防箇所一覧表の既存資料を元に，検討対象箇所の洗い出しを行った。抽出ステップ 5 で現地調査により抽出ステップ 1～4 の確認を行い，総合的な判断のうえ検討対象箇所を抽出した。

表 4-5 樹木繁茂検討対象箇所選定の抽出方法

抽出ステップ	抽出内容
ステップ 1 河積不足箇所	・河川整備計画断面図と最新横断面図との河積の比較を行い，さらに樹林帯の幅と高さを反映し，河積不足箇所を確認（図 4-11 参照）
ステップ 2 現況流下能力	・河川整備計画流下能力図（公表資料）より，現況流下能力不足箇所を確認
ステップ 3 空中写真図	・過去 3 回（S59，H11，H18）の空中写真図から，樹木繁茂箇所の特定及び樹林帯の状況変化の傾向を確認（図 4-12 参照）
ステップ 4 堤防状況の確認	・重要水防箇所一覧表（公表資料）より，堤防高さや堤防断面が不足している箇所を確認
ステップ 5 現地調査	・ステップ 1～4 の抽出箇所に対して，河道状況，堤内地の土地利用状況を確認 ・ステップ 1～5 の抽出箇所に対して，対策工事実施の有無を確認 ・現地調査を踏まえ，総合的に決定

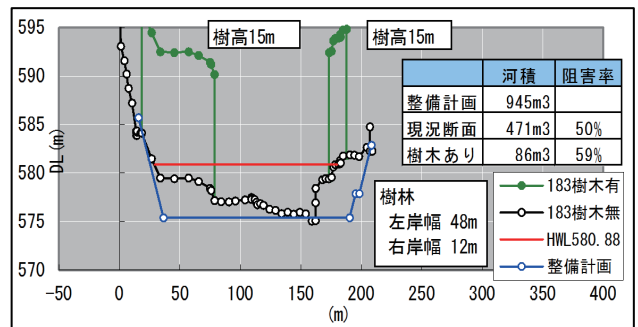


図 4-11 樹林帯を反映した河積の比較図

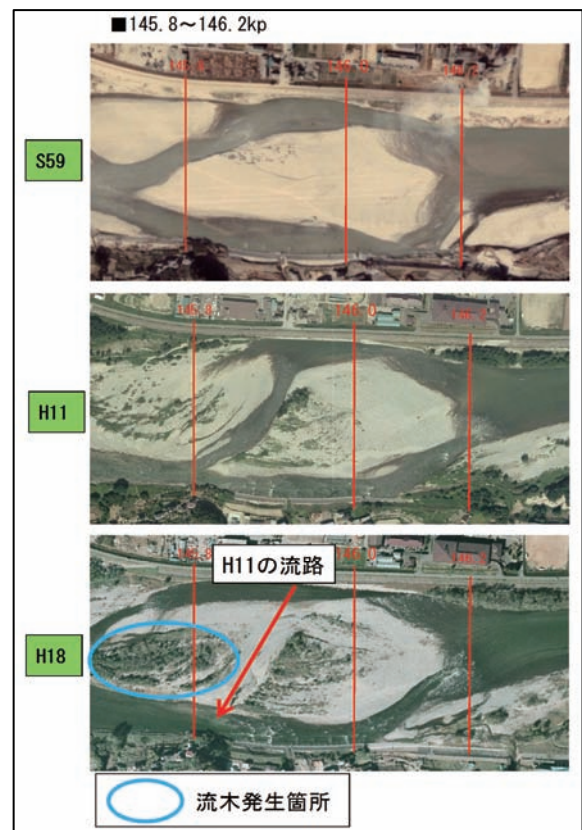


図 4-12 樹林帯の状況変化の傾向

4.3.2 樹木繁茂堆積検討対象箇所危険か安全かの評価及び危険箇所のランク付け

樹木繁茂に関して抽出した検討対象箇所が危険であるか安全であるかの評価を行い、危険と評価した樹木繁茂危険箇所に対して、危険の程度や対策の優先度などを認識するために危険度のランク付けを行ったが、樹木繁茂箇所は堆積箇所と同様に洗掘箇所に比べ、検討項目が少ないため評価とランク付けを同時に行うことにした。堆積危険箇所の危険度ランク付けは図4-13に示す。

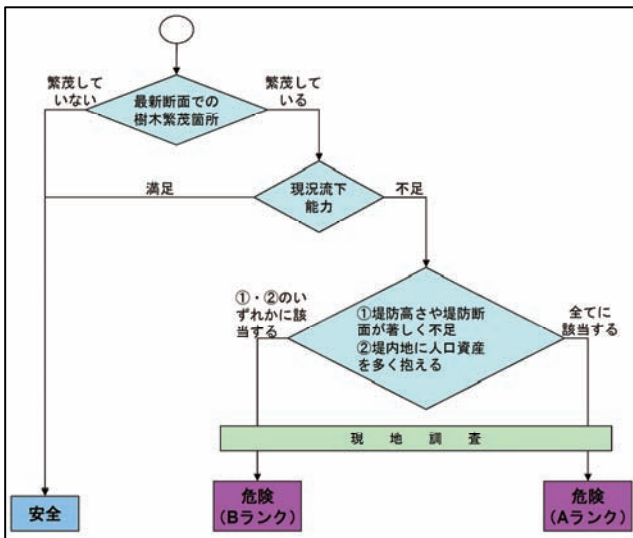


図4-13 樹木繁茂検討箇所の危険か安全かの評価及び危険度ランク付けフロー図

流下能力と堤内地の土地利用状況により、ランク付けすることからA、Bの2ランクとなった。

4.2.3 樹木繁茂危険箇所のランク別結果

樹木繁茂危険箇所のランク別結果はAランク4箇所、Bランク15箇所となった。

以下にそのランク別評価の標準的な例を示す。

1) Aランク (最も危険)

天竜川距離標145.8kp～146.2kp地点(図4-12参照)は狭窄部の驚流峡と上流部の飯田松川合流点の中間部に位置し、堆積した土砂が安定した砂州である。このため樹林が繁茂し、ハリエンジュの樹高が最大で15mとなっている。沿川は飯田市の工場や運動公園など多くの資産が集中しており、小出水で危険と判断される箇所のため、Aランクと判断した。

2) Bランク (危険)

天竜川距離標162.0kp地点(図4-14参照)は小渋川、片桐松川が合流する地点の上流であることから、土砂が堆積しやすく、堆積した土砂が安定した砂州となっているため、樹木が繁茂している。堤内地は主に田畑であることからBランクと判断した。



図4-14 樹木繁茂危険箇所Bランクの例

5. 管理重点項目に関する危険箇所位置図

前章で述べた「管理重点項目の検討対象箇所の抽出・危険か安全かの評価・危険度のランク付け」について、天竜川上流域の特性を踏まえ、河川管理者が天竜川上流域の管理重点項目に関する危険箇所の位置と、監視すべき項目を効率的かつ細部の具体的な情報を迅速に把握できることを目的に「管理重点項目に関する危険箇所位置図」と「最も危険な箇所の現地調査表」を作成した。

「管理重点項目に関する危険箇所位置図」(以下「図面」という)は空中写真図を使用し、河道、流域という大きな視野の中で、狭窄部、湾曲部、濡筋、砂州などの河道状況や「どのような所に家屋が数多くあり、人が多く住んでいるか」といった堤内地の状況などが把握でき、危険箇所を一目で見てわかりやすく示すことができるように配慮している。

図面の対象範囲は、天竜川上流河川事務所の直轄区域である横川合流点～静岡県境の延長L=110.6kmとし、図面枚数は実務的な使いやすさを考慮し、天竜川上流河川事務所管内の3出張所(飯田河川、駒ヶ根、伊那)毎に2枚の計6枚にとりまとめて作成した。

飯田河川出張所管内(2/2)を図5・1に示す。

さらに各種情報の詳細を、図中の青枠で囲った部分の拡大図として図5・2に示す。

図面の凡例を以下に示す。

○危険度ランクの表示方法

- ・洗掘危険箇所 矢印表示(Aランク:赤, Bランク:黄, Cランク:青)
- ・堆積危険箇所 対象範囲を赤破線表示(Aランク:Ⓐ, Bランク:Ⓑ)
- ・樹木繁茂危険箇所 対象範囲を緑破線表示(Aランク:Ⓐ, Bランク:Ⓑ)

図面の見方と危険箇所における考察の事例として、図5・2を対象に以下に示す。

- ・洗掘危険箇所A(144.8kp 地点)は水衝部であり、堆積土砂が安定しているため、出水時の水位上昇が大きくなり、堤防は危険な状況が考えられる。さらに堤内地は民家や工場など資産を多く抱える箇所である。

- ・堆積危険箇所A(144.0kp 地点付近)は狭窄部の上流であり、湾曲部の内側であるため、土砂が堆積しやすく河積を阻害し、流下能力を低下させている箇所である。また対岸には民家や工場が連続しており、小出水で河川災害の発生しやすい恐れがある。

- ・樹木繁茂危険箇所A(145.0kp 地点付近)は狭窄部と支川の合流部の中間に位置し、堆積した土砂が安定する箇所であるため、樹木が繁茂し河積を阻害している。また、洗掘危険箇所とも一致しているため、さらなる監視が必要と考えられる。

このような図面を作成したことで、河川管理者が各危険箇所、河道状況、堤内地状況を一目で見て把握しやすくなることに資することができた。

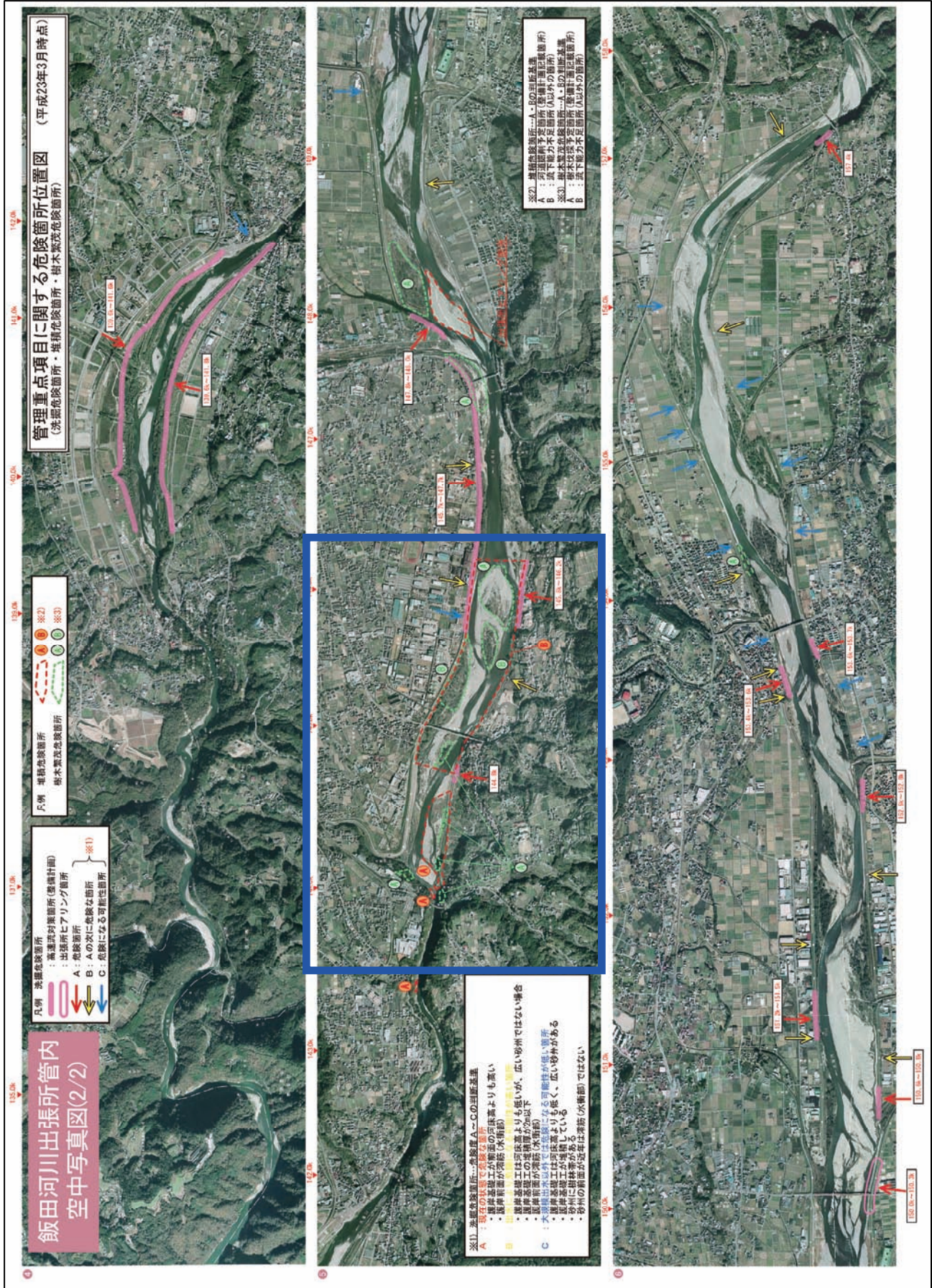


図5-1 管理重点項目に関する危険箇所位置図 (飯田河川出張所管内 2/2)

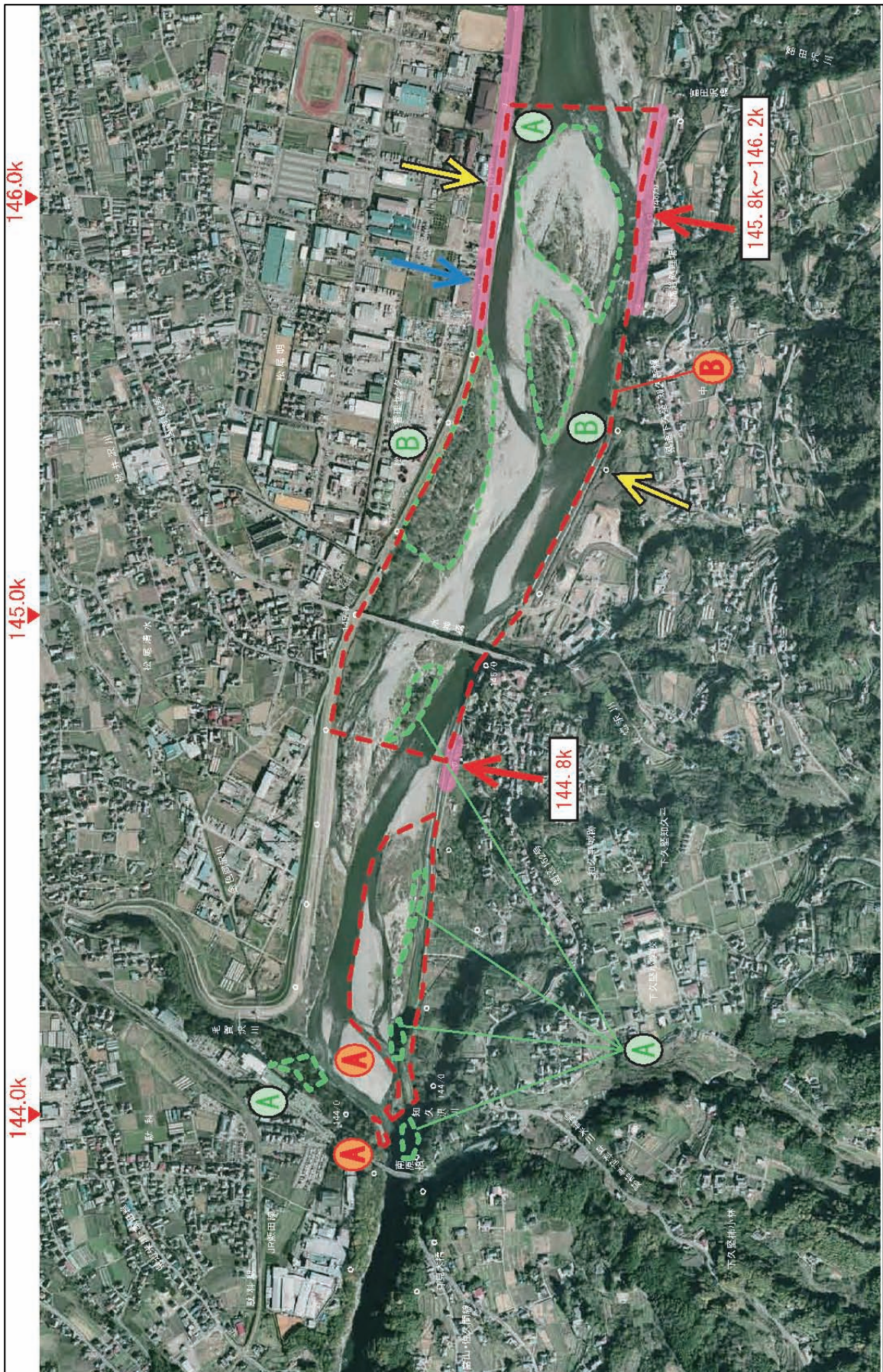


図 5.2 管理重点項目に関する危険箇所位置図 (拡大図)

6. 最も危険な箇所の現地調査表

洗掘・堆積・樹木繁茂に関する危険度Aランク箇所（最も危険な箇所）について、現地状況の詳しい把握や危険度の判断のために、「最も危険な箇所の現地調査表」（以下「現地調査表」という）を作成した。

現地調査表は最も危険な箇所について、既存資料の整理や河川管理者へのヒアリング等、さらに数回にわたる現地調査を実施し、現地の詳しい状況や情報、重要なポイントが一目でわかるように、河川巡視や河川調査時においてどこに着目しどこが危険なのかを洗掘・堆積・樹木繁茂別に具体的に把握できるようにし、また河川巡視における調査時の使いやすさを考慮して作成したものである（表6・1～6・3参照）。

以下に現地調査表の概要（様式）を示す。

6.1 現地調査表の概要（様式）

現地調査表は河川巡視または河川現況調査時において、各危険箇所の項目について、状況の変化や河川管理施設の損傷の有無、さらには堤内地の状況などを詳細に把握するとともに、維持管理方法、所見などを記述するものである。

今後様々な人が現地調査を実施することに考慮し、各危険箇所では、どこに着目しなければならないかの項目を取り上げ、現地調査をする人が現地にて項目をチェックできる様式とした。

以下に洗掘・堆積・樹木繁茂別の留意事項及び表6・1～6・3の現地調査表の記述事例を示す。

青色の文字は現地で調査した内容を記述した事項である。

6.2 洗掘危険箇所（表6・1参照）

6.2.1 基礎情報

距離標、地先名等の基礎的な情報を記述する。

6.2.2 現地状況

洗掘危険箇所を監視するうえで必要とされる河川管理施設の分類、項目、状態について既存資料を分析し、さらに現地調査により評価をした。洗掘対策で監視すべき河川管理施設の分類は、根固め、護岸、堤防を取り上

げることとし、河川管理施設の状態を表す項目は下記のとおりである。

- ・根固めに関しては根固めブロックの沈下状況、乱積みブロックの流出状況など。
- ・護岸に関してはクラックや折れの有無、空洞、沈下、基礎部の深掘れ、堤脚保護工の変形、護岸の空石張りなど。
- ・堤防に関しては亀裂の有無、しぼり水の有無、小段の逆勾配、沈下など。
- ・その他留意事項としては現地の堤内地や堤外地の状況、洪水時に留意すべき事項等を記入する。

6.2.3 維持管理方法

現地状況や留意事項等を踏まえて、根固め、護岸、堤防について、工事の必要性及びその時期や経過観察の必要性及び実施内容などを記述する。

6.2.4 工事履歴

河川改修工事、災害復旧工事、維持工事などすべての工事について、過去の工事概要を時系列に記録する。

6.2.5 所見等

現地調査時に現地周辺状況などについて、今後の維持管理方針の参考となるような事項を記述する。

6.2.6 現地の状況写真

現地調査表に記述した内容が分かる写真を添付する。

6.2.7 現地調査表記述事例

表6・1に示す記述事例では、現地状況の根固めブロック沈下について、7列の内4列が沈下している状況を記述している。また、堤防について経過観察すべき事項として、外来種の繁茂や小動物の穴があることなどの調査結果を記述している。留意事項等については堤内地に公共施設が立地していることなどを記述している。維持管理方法については根固めに関して、工事の必要性や経過観察について記述し、堤防についても経過観察の実施内容を記述している。

6.3 堆積危険箇所（表6・2参照）

6.3.1 基礎情報

距離標、地先名等の基礎的な情報を記述する。

6.3.2 現地状況

堆積危険箇所を監視するうえで必要とされる堆積状

況や河川管理施設の分類、項目、状態について既存資料を分析し、さらに現地調査により評価をした。堆積対策で監視すべき分類としては、堆積箇所の変化や状態、河川管理施設等の土砂堆積に伴う影響の状況、重要水防箇所情報を取り上げた。その分類と項目は下記のとおりである。

- ・堆積箇所については状況の変化や地形上の特性を記述する。
- ・重傍にある河川管理施設等の有無や施設名、土砂堆積による影響について記述する。
- ・重要水防箇所の対象箇所における堤防高不足や堤防断面不足などの情報を記述する。

6.3.3 河積阻害状況

必要河積と河積阻害状況の経年変化を記述できるように、河川整備計画断面と最新測量断面の重ね図を添付し、河積阻害率の欄を設けた。表6・2では調査のデータを記述した。

6.3.4 工事履歴

河床に堆積した土砂の掘削工事など直接的な工事以外にも堆積に対する護岸工事などを含め、河積に変化を与えた工事等について記述する。

6.3.5 所見等

現地調査時に現地周辺状況などについて、今後の維持管理方針の参考となるような事項を記述する。

6.3.6 現地の状況写真

現地調査表に記述した内容が分かる写真を添付する。

6.3.7 現地調査表記述事例

表6・2に示す記述事例より、現地状況では堆積箇所の特性として狭窄部上流で湾曲部内側であり、重要水防箇所の情報から堤防高さ及び堤防断面が不足している状況を記述している。河積阻害状況は土砂堆積により、河川整備計画断面に対してどの程度河積を阻害しているかを記述している。

6.4 樹木繁茂危険箇所 (表6・3参照)

6.4.1 基礎情報

距離標、地先名等の基礎的な情報を記述する。

6.4.2 現地状況

樹木繁茂危険箇所を監視するうえで必要とされる河

床の特性や樹木特性などの分類、項目、状態について既存資料を分析し、さらに現地調査により評価をした。樹木繁茂対策で監視すべき分類としては、河床の土砂堆積の安定など地形上の特性、樹木の種類や倒木の可能性などの特性、河川巡視など管理に対する支障など、維持管理の容易性を取り上げた。その分類と項目は下記のとおりである。

- ・地形上の特性については樹木の密度、高さによる断面不足、堤防と樹木の間が生じる高速流の可能性などを記述する。
- ・樹木の特性については洪水時に倒木がの可能性があるかないかの危険性、流木化の危険性、希少種の判断のための樹種などを記述する。
- ・維持管理については河川巡視などに対する視野阻害、不法投棄の懸念などを記述する。
- ・その他については洪水時の減勢機能、堤内地状況、稀少生物等の生息、利用者状況などを記述する。

6.4.3 維持管理上の着目点

樹林帯の規模（範囲、密度、樹高、樹径、本数など）を記入する。

6.4.4 維持管理方法

伐採、間引き、ゴミ対策など維持管理対策の検討を行うため、樹木の成長状況項目を示した。

樹木生育状況、稀少生物の生息、河川利用の状況、視野阻害となる樹木の剪定などを記述する欄を設けた。

6.4.5 工事履歴

伐採工事やNPO等の市民団体による伐採を含めて過去の伐採履歴等を記述する。

6.4.6 所見等

現地調査時に現地周辺状況などについて、今後の維持管理方針の参考となるような事項を記述する。

6.4.7 現地の状況写真

現地調査表に記述した内容が分かる写真を添付する。

6.4.8 現地調査表記述事例




表6・3に示す記述事例より、現地状況では流下能力不足や繁茂した樹木などが視野阻害となっていることなどを記述している。

維持管理方法については現地状況を踏まえて、その対策方法や通常管理方法をチェックまたは記述している。

表6-1 最も危険な箇所の現地調査表（洗掘危険箇所）

洗掘危険箇所		作成年月日： H23.1.28																																																																																																																																																													
基礎情報 基礎情報 飯田河川出張所 ・ 駒ヶ根出張所 ・ 伊那出張所 天竜川・三峰川 150.0km ~ 150.3km 右岸・中央・左岸 地先名： 下伊那郡喬木村阿島																																																																																																																																																															
																																																																																																																																																															
現地状況 <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">分類</th> <th rowspan="2">項目</th> <th rowspan="2">対象有無</th> <th rowspan="2">状況</th> <th colspan="3">損傷の程度</th> <th rowspan="2">点検記録 (年月日)</th> </tr> <tr> <th>高</th> <th>中</th> <th>低</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">根固め</td> <td>根固めブロック沈下</td> <td>■</td> <td>当初列数：7 沈下列数：4</td> <td>●</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>乱積みブロックの流出</td> <td>□</td> <td>乱積みブロックなし</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>経過観察すべき事項</td> <td>□</td> <td>なし</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ブロックの連結状況</td> <td>□</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="7">護岸</td> <td>その他</td> <td>□</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>クラックや折れの有無</td> <td>□</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>空洞がある</td> <td>□</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>沈下が見られる</td> <td>□</td> <td>なし</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>基礎部が深掘れしている</td> <td>□</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>堤脚保護工の変形</td> <td>□</td> <td>なし</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>高水護岸が空石張り</td> <td>□</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="7">堤防 (自然河岸を含む)</td> <td>経過観察すべき事項</td> <td>□</td> <td>なし</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>□</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>法面、天端、小段の亀裂の有無</td> <td>□</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>裏法面の表層付近の湿潤状態</td> <td>□</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>しぼり水の有無</td> <td>□</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>小段の逆勾配</td> <td>□</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>堤脚保護工の変形</td> <td>□</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">その他 (留意事項等)</td> <td>堤外地</td> <td></td> <td> ・上流部で河床勾配が急になり流速が増している。 ・護岸上流部において、分流した流水が当たり、そのまま護岸に沿って流下している。 ・根固め工の4列目までは既に沈下し、3列目までが完全に水没している。 </td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>堤内地</td> <td></td> <td> ・工場、学校、体育館、浄化センター等の公共施設が立地 </td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					分類	項目	対象有無	状況	損傷の程度			点検記録 (年月日)	高	中	低	根固め	根固めブロック沈下	■	当初列数：7 沈下列数：4	●				乱積みブロックの流出	□	乱積みブロックなし					経過観察すべき事項	□	なし					ブロックの連結状況	□						護岸	その他	□						クラックや折れの有無	□						空洞がある	□						沈下が見られる	□	なし					基礎部が深掘れしている	□						堤脚保護工の変形	□	なし					高水護岸が空石張り	□						堤防 (自然河岸を含む)	経過観察すべき事項	□	なし					その他	□						法面、天端、小段の亀裂の有無	□						裏法面の表層付近の湿潤状態	□						しぼり水の有無	□						小段の逆勾配	□						堤脚保護工の変形	□						その他 (留意事項等)	堤外地		・上流部で河床勾配が急になり流速が増している。 ・護岸上流部において、分流した流水が当たり、そのまま護岸に沿って流下している。 ・根固め工の4列目までは既に沈下し、3列目までが完全に水没している。					堤内地		・工場、学校、体育館、浄化センター等の公共施設が立地				
分類	項目	対象有無	状況	損傷の程度					点検記録 (年月日)																																																																																																																																																						
				高	中	低																																																																																																																																																									
根固め	根固めブロック沈下	■	当初列数：7 沈下列数：4	●																																																																																																																																																											
	乱積みブロックの流出	□	乱積みブロックなし																																																																																																																																																												
	経過観察すべき事項	□	なし																																																																																																																																																												
	ブロックの連結状況	□																																																																																																																																																													
護岸	その他	□																																																																																																																																																													
	クラックや折れの有無	□																																																																																																																																																													
	空洞がある	□																																																																																																																																																													
	沈下が見られる	□	なし																																																																																																																																																												
	基礎部が深掘れしている	□																																																																																																																																																													
	堤脚保護工の変形	□	なし																																																																																																																																																												
	高水護岸が空石張り	□																																																																																																																																																													
堤防 (自然河岸を含む)	経過観察すべき事項	□	なし																																																																																																																																																												
	その他	□																																																																																																																																																													
	法面、天端、小段の亀裂の有無	□																																																																																																																																																													
	裏法面の表層付近の湿潤状態	□																																																																																																																																																													
	しぼり水の有無	□																																																																																																																																																													
	小段の逆勾配	□																																																																																																																																																													
	堤脚保護工の変形	□																																																																																																																																																													
その他 (留意事項等)	堤外地		・上流部で河床勾配が急になり流速が増している。 ・護岸上流部において、分流した流水が当たり、そのまま護岸に沿って流下している。 ・根固め工の4列目までは既に沈下し、3列目までが完全に水没している。																																																																																																																																																												
	堤内地		・工場、学校、体育館、浄化センター等の公共施設が立地																																																																																																																																																												
現地状況写真等 																																																																																																																																																															
維持管理方法 <table border="1"> <thead> <tr> <th>分類</th> <th>維持管理内容</th> <th>実施内容</th> <th>点検記録 (年月日)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">根固め</td> <td>要工事</td> <td>■</td> <td>急ぎ護岸の根継ぎ等の対応検討が必要である。(上流側)</td> </tr> <tr> <td>経過観察</td> <td>■</td> <td>出水による根固めブロック先端部分の洗掘状況を監視する。(下流側)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">護岸</td> <td>要工事</td> <td>□</td> <td></td> </tr> <tr> <td>経過観察</td> <td>□</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">堤防</td> <td>要工事</td> <td>□</td> <td></td> </tr> <tr> <td>経過観察</td> <td>■</td> <td>オキクワによる堤防の裸地化、小動物による穴等を監視する。</td> </tr> </tbody> </table>					分類	維持管理内容	実施内容	点検記録 (年月日)	根固め	要工事	■	急ぎ護岸の根継ぎ等の対応検討が必要である。(上流側)	経過観察	■	出水による根固めブロック先端部分の洗掘状況を監視する。(下流側)	護岸	要工事	□		経過観察	□		堤防	要工事	□		経過観察	■	オキクワによる堤防の裸地化、小動物による穴等を監視する。																																																																																																																																		
分類	維持管理内容	実施内容	点検記録 (年月日)																																																																																																																																																												
根固め	要工事	■	急ぎ護岸の根継ぎ等の対応検討が必要である。(上流側)																																																																																																																																																												
	経過観察	■	出水による根固めブロック先端部分の洗掘状況を監視する。(下流側)																																																																																																																																																												
護岸	要工事	□																																																																																																																																																													
	経過観察	□																																																																																																																																																													
堤防	要工事	□																																																																																																																																																													
	経過観察	■	オキクワによる堤防の裸地化、小動物による穴等を監視する。																																																																																																																																																												
工事履歴 <table border="1"> <thead> <tr> <th>工事日</th> <th>工事概要</th> <th>実施者</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S42、S50</td> <td>災害復旧工事</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					工事日	工事概要	実施者	S42、S50	災害復旧工事																																																																																																																																																						
工事日	工事概要	実施者																																																																																																																																																													
S42、S50	災害復旧工事																																																																																																																																																														
所見等 ・根固め工の川側4基目が既に沈下を始めている状況である。堤内地における保全対象物（養護学校、浄化センターなど）の公共施設の存在などから総合的に判断すると急ぎ対応を検討する必要がある。																																																																																																																																																															

表 6・2 最も危険な箇所の現地調査表 (堆積危険箇所)

堆積危険箇所		作成年月日：H23.3.10			
基礎情報					
飯田河川出張所・駒ヶ根出張所・伊那出張所 天竜川 143.8km~144.6km 全体：右岸・中央・左岸/湾曲部 河川整備計画 水位低下(河道掘削)・その他					
 堆積範囲					
現地状況					
分類	項目	対象有無	状況	緊急性の目安 高 中 低	点検記録 (年月日)
堆積箇所特性	狭窄部上流	■	驚流峽	●	
	支川合流部	□			
	湾曲部	■		●	
	その他	□			
河川管理施設 その他	橋梁、取水施設、樋管、その他	□			
		□			
重要水防箇所	堤防高不足 A-2				
	堤防断面不足 A-3				
	洗掘水衝部 B-2				
河積阻害状況					
代表断面	144.2 kp	阻害面積①-②	716 m ²		
整備計画の河積①	3,497 m ²	阻害率(①-②)/①	20 %		
H18の河積②	2,781 m ²				
				河積の比較：整備計画断面とH18測量 	
工事履歴				流下能力図	
工事日	工事概要 (地点、掘削土量、処理方法、その他)		施工業者		
所見等					
・狭窄部 (驚流峽) 上流部であり、必然的に堆積する箇所である。当該箇所上流部の左岸は、重要水防箇所；堤防高さ不足、堤防断面不足共にAランクであり、水衝洗掘B箇所となっている。日常からの定点監視及び洪水後の堆積状況の変化を把握する必要がある。必要に応じて掘削等の手当を行う。					

基礎情報

現地状況

河積阻害状況

工事履歴

所見等

表6-3 最も危険な箇所の現地調査表 (樹木繁茂危険箇所)

樹木繁茂危険箇所		作成年月日: H22.12.7					
基礎情報							
飯田河川出張所 (駒ヶ根出張所) ・ 伊那出張所 天竜川・三峰川 182.8km ~ 183.0km 右岸・中央 (左岸) 河川整備計画: 伐開箇所・維持管理・その他							
現地状況							
分類	項目	対象有無	状況	緊急性の目安			点検記録 (年月日)
				高	中	低	
地形上の特性 (治水)	断面不足	■	流下能力不足	●			
	審しい層流	□	特になし				
	高速流の発生可能性 その他	□	特になし				
樹木の特性 (流木化)	流木化の危険性	□	根部分の露出等なし				
	主たる樹木種 (ハリエンジュ)	■	竹林+ハリエンジュ		●		
	その他	□					
維持管理	視野障害 (巡視)	■	視野障害となる。		●		
	視野障害 (CCTV)	□	CCTVなし				
	ゴミ等の不法投棄の懸念	□	不法投棄の危険性は低い				
その他	利用者への木陰提供	□	特になし				
	希少生物等の生育	□	特になし				
	洪水時の減勢機能	□	特になしと思われる。				
	特筆すべき堤内地状況	□					
	その他	□					
維持管理上の着目点							
樹木の特性 (大凡の値)	延長	375 m	一部区間には竹林が繁茂している。				
	幅	40 m					
	面積	8,540 m ²					
	本数	不明 本					
	密度	不明 本/100m ²					
	高さ	12 m					
	幹径	不明 m					
維持管理方法							
項目	維持管理内容	実施内容・協力者等	点検記録 (年月日)				
対策方法	樹木対策	■ 伐根、伐倒 間引き、経過観察					
	ゴミ対策	□ ゴミ撤去 不要 対策看板設置 不要					
	その他	□					
通常管理方法	樹木生育状況の観察	■ 今後の生育状況を把握する。					
	視野障害樹木の剪定	■ 視野が障害しているため剪定が必要					
	ゴミの監視	■ 河川巡視にて監視					
	その他	□					
留意事項	貴重生物の成育・生息	□ なし					
	河川利用	□ なし					
	その他	□					
工事履歴							
工事日	工事概要 (地点、面積、容積、本数、処理方法、その他)		実施者・協力者 (NPO)				
2006.3.5	不明		不明				
所見等							
<p>・ 樹木が密生・高木化している。また、一部は比較的大きな竹林が形成されている。 狭窄部であること、支川太田切川合流点上流であること等から、堆積も起こりやすいことから早急な対策が望まれる。 ただし、当該区間は「下り松の淵」として河童が住んでいたとの伝説のある場所であり、これらに配慮した対策が望まれる (景観的な配慮等)。</p>							

基礎情報

現地状況

維持管理上の着目点

維持管理方法

工事履歴

所見等

7. 目で見て分かる河川巡視の手引き

7.1 目で見て分かる河川巡視の手引きの必要性

河川の状況は時間とともに変化する。特に天竜川は狭窄部と氾濫原が全川にわたり交互に連続する地形、風化しやすい花崗岩などが広範囲に分布しているもろい地質構造に加え、河床勾配が急な河川であるため、出水により状況が刻々と変化する。

よって、その時々状況に見合った危険度ランクの更新が必要である。また、調査を繰り返すことにより新たに必要とされる項目も追加する必要がある。すなわち、河道の変化に追従し、「管理重点項目に関する危険箇所位置図」と「最も危険な箇所の現地調査表」はその見直しをとおして、常に最新の情報でより現地に適したものになっていなければならない。

そのためには河川巡視や河川調査を繰り返し行い、「現地をよく見（診）ることが大事」であり、「目で見て分かる河川巡視の手引き」（以下「河川巡視の手引き」という）を作成した。

河川巡視の手引きは、河川巡視は経験の豊富な河川巡視者が常に行うことが望ましいが現状では難しく、時には比較的経験の浅い河川巡視者が行う場合も考慮したうえで、日常的な河川巡視における河川及び周辺の危険箇所の把握を容易とすることに配慮した構成となっている。

7.2 目で見て分かる河川巡視の手引きの概要

「河川巡視の手引き」は、巡視による河川の見方が示されており、急流河川で河床変動の大きい天竜川上流域

の特性を考慮した項目を網羅したものである。「河川巡視の手引き」に関して工夫した点は以下のとおりである。

- ・河川巡視項目については巡視の時期毎に着目すべきチェックポイントを箇条書きで示し、それに対して予想される危険性を示した。
- ・イラストや写真を数多く添付することで見た目に分かりやすい編集とした。
- ・サイズは現地への持ち運びが容易なA5版とし、綴じ方は見開き方式とした。
- ・材質は雨天時に濡れても大丈夫であり、また耐久性に優れるラミネート加工とした。

「河川巡視の手引き」を写真7・1に示す。



写真7・1 河川巡視の手引き

7.3 目で見て分かる河川巡視の手引きの事例

ここでは「河川巡視の手引き」の内、管理重点項目に該当する護岸等の点検（平常時、洪水時）を抜粋し、図7・1に示す。

5 護岸等 (高水護岸、低水護岸、根固め、護床工等) の点検

●平常時

チェックポイント	予想される危険性
●護岸等 <ul style="list-style-type: none"> 護岸の亀裂や沈下が発生していないか 法留工の浮き上がりや沈下が発生していないか 根固工の流失や沈下が発生していないか 水制工の流失や沈下が発生していないか 	低水路護岸の変状は、高水敷の浸食につながり、高水敷が狭い箇所では堤防そのものの安全性にも影響を及ぼし、破堤に至る可能性がある



根固めブロックの沈下



護岸端部の沈下



堤防天端からでは見つけにくい法先の状況



護岸内の樹木繁茂

- 平常時 護岸等**
- チェックポイント
- 護岸の亀裂や沈下が発生していないか。
 - 法留工の浮き上がりや沈下が発生していないか。
 - 根固め工の流失や沈下が発生していないか。
 - 水制工の流失や沈下が発生していないか。

予想される危険性

低水路護岸の変状は、高水敷の浸食につながり、高水敷が狭い箇所では、堤防そのものの安全性にも影響を及ぼし、破堤に至る可能性がある。

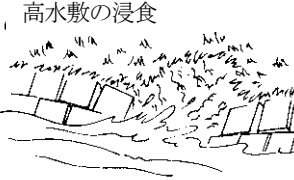
- 洪水時 護岸等**
- チェックポイント
- 主線形が左岸または右岸に偏り、堤防に向かう流れが生じているか。水衝部はどこか。
 - 主流線の方向は時間とともに変化しているか。
 - 水面から何かぶつかるような音がしていないか。
 - 周囲の護岸等に亀裂が生じ始めていないか。
 - 高水敷の浸食は進んでいないか。
 - 堤防表面に浸食が生じ始めていないか。
 - 水面に段差や渦、泡がみられていないか。

予想される危険性

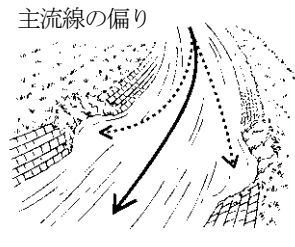
局所洗掘が発生した箇所では、護岸の基礎部よりも洗掘された河床が深くなると護岸が崩壊し、破堤に至る可能性がある。

●洪水時

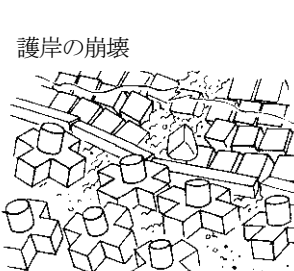
チェックポイント	予想される危険性
●護岸等 <ul style="list-style-type: none"> 主流線が左岸または右岸に偏り堤防に向かう流れが生じているか。水衝部はどこか 主流線の方向は時間とともに変化しているか 水面から何かぶつかるような音がしているか 周囲の護岸等に亀裂が生じ始めていないか 高水敷の浸食が進んでいないか 堤防表面に浸食が生じ始めていないか 水面に段差や渦、泡がみられていないか 護岸と堤防境界における浸食等の変状がみられないか 	局所洗掘が発生した箇所では、護岸の基礎部よりも洗掘された河床が深くなると護岸が崩壊し、破堤に至る可能性がある



高水敷の浸食



主流線の偏り



護岸の崩壊

- 目視による砂州の巡視**
- 洪水による砂州の変化を定点撮影により記録する。
 - 巡視は、堤防上や橋梁の上から行う。

- 目視による樹木群の巡視**
- 洪水による樹木群の変化を定点撮影により記録する。
 - 巡視は、堤防上や橋梁の上から行う。

●目視による砂州の巡視

巡視の方法

- 洪水による砂州の変化を定点撮影により記録する
- 巡視は、堤防上や橋梁の上から行う

●目視による樹木群の巡視

巡視の方法

- 洪水による樹木群の変化を定点撮影により記録する
- 巡視は、堤防上や橋梁の上から行う




図 7・1 河川巡視の手引き (抜粋)

8. まとめ

天竜川上流域において、効率的な河川の維持管理の実施に向けて現地調査を重ね、管理重点項目である洗掘、堆積、樹木繁茂を選定した。本報告ではこの管理重点項目について既存資料の分析や現地調査により、危険の検討対象箇所を抽出したうえで各箇所に対する危険か安全であるかの評価を行い、危険と評価した箇所について、危険度のランク付けを行った。

その成果として、効率的な維持管理に資するために作成した手法の一つ目が「管理重点項目に関する危険箇所位置図」である。空中写真図を元に、河川並びに周辺流域を含めて広域的に危険箇所の情報を網羅し、天竜川上流域の河川状況、堤内地の資産の状況が一目で見てわかる図面を作成した。

一方で、洗掘・堆積・樹木繁茂に関する危険度Aランク箇所（最も危険な箇所）について、現地の細部にわたる詳しい状況や情報を監視したり判断するために作成したものが、二つ目の「最も危険な箇所の現地調査表」である。維持管理上必要とされる分類や項目が網羅され、危険箇所に対して詳細な状況を把握し、対処方法を記述するものである。

河川維持管理は、現地をよく見（診）ることが基本であり、そのための河川巡視は非常に重要である。河川及び周辺のどこが、なぜ危険なのかを把握したうえで巡視を行い、目的意識を持って、積極的に河川の状態を「診る」ことが可能となるように作成したものが、三つ目の「目で見て分かる河川巡視の手引き」である。

「管理重点項目に関する危険箇所位置図」、「最も危険な箇所の現地調査表」、「目で見て分かる河川巡視の手引き」を作成したことで、天竜川上流域の管理重点項目の危険箇所に対して、広域的あるいは個々の詳細について、どこに着目しどこがどう危険であるかを具体的に把握できるようにした。このような事項を一つのシステムとし

て組み上げることによって、天竜川上流域の河川維持管理業務がより効率的に実行できるように努めた。

今後は、効率的な維持管理の実践を通して、「サイクル型維持管理のシステム化」などにつなげていく努力が必要であると考えている。

謝辞

本研究は、国土交通省中部地方整備局天竜川上流河川事務所から（財）河川環境管理財団に委託された業務の一環として実施してきたものである。

本研究を実施するにあたり、天竜川上流河川事務所から貴重な資料の提供を頂きました。ここに記して深く感謝の意を表します。

参考文献

- 国土交通省（2011）国土交通省河川砂防技術基準維持管理編（平成23年5月）
- 国土交通省中部地方整備局（2009）天竜川水系河川整備計画（平成21年7月）
- 天竜川流域委員会（2004）第2回天竜川流域委員会資料 天竜川上流部における課題とその現状について（平成16年11月2日）
- 天竜川上流河川事務所（2006）天竜川上流河川事務所管内空中写真図（平成18年11月撮影）
- 天竜川上流河川事務所（2008）河川維持管理計画（天竜川上流の特徴）課題と方針（平成20年5月作成）
- 天竜川上流河川事務所ホームページ
- 山本晃一・戸谷英雄・阿左見敏和（2006）河道維持管理システムに関する検討. 河川環境総合研究所報告第12号：133-169.
- 財団法人河川環境管理財団（2010）堤防維持管理技術河川堤防の現地における目視点検の視点（平成22年6月）

河川環境総合研究所報告第17号

平成23年12月

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)サンワ 〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 2-11-8 TEL 03-3265-1816 FAX 03-3265-1847
