

河川環境総合研究所報告

第12号

平成18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、河川環境の整備・保全に関する総合的な調査研究や各種啓発活動さらに河川公園等の管理や河川整備基金の運営などを実施し、その成果を社会還元することによって、国民の生活環境の向上に寄与することを目的として設置されています。

この目的達成と調査研究部門の一層の充実を図るべく、(財)河川環境管理財団内に河川環境総合研究所が創設されて14年が経過しました。現在は、各地域のニーズに対応するため、研究第1部～第4部(東京本部)、研究第5部(大阪研究所)、北海道事務所、名古屋事務所において調査研究業務を行うとともに、本部の研究各部と地方事務所との連携による研究体制の充実を図り、効果的かつ効率的な業務遂行に努めています。

また、当財団では平成18年度を初年度とした「河川環境管理財団基本計画」を定め、社会的要請の高い課題に対して計画的に調査・研究するための一環として、より重点的に業務を実施していくこととしました。この河川環境管理財団基本計画に位置づけされている重点プロジェクト研究の主要なテーマは以下のとおりです。

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

河川環境総合研究所では、これら重点プロジェクト研究に対する調査研究を体系的に推進しながら、事業実施における技術的課題の解決に向けた調査研究業務などを積極的に進めております。本報告は、このような調査研究の成果を広く関係の方々に活用していただくとともに、適切に社会還元を図っていかうとするものであり、今年度で第12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。

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

当研究所では、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、一層の努力をしてまいり所存ですので、今後とも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18年12月

財団法人 河川環境管理財団
理事長 鈴木 藤一郎

○研究所報告の編集について

本研究所報告の編集に際しましては、下記の編集委員からなる編集会議（2006.9.1）を行っております。

・編集委員

高木 不折（財）河川環境管理財団 研究顧問
井上 和也（財）河川環境管理財団 研究顧問 兼大阪研究所長
長谷川和義（財）河川環境管理財団 研究顧問
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）
宮尾 博一（財）河川環境管理財団 理事
佐藤 和明（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 河川環境総合研究所 研究第1部

目 次

I 河川環境教育の推進に関する調査研究

1. 河川環境教育の推進に関する研究 1
宮尾 博一・鎌田 照章・鈴木 茂樹・大西 伸和

II 河川の水環境の保全に関する調査研究

2. 面源負荷対策に関する研究 19
阿部 徹・斐 義光・並木 嘉男
3. 湖沼の流入負荷に関する研究 30
阿部 徹・斐 義光・後藤 崇

III 河川環境の整備と保全及び河川利用に関する総合的な調査研究

4. 多摩川における生態系保持空間の管理保全方策について 45
小林 豊・斐 義光・大手 俊治・並木 嘉男
5. 霞ヶ浦の波浪対策と湖岸堤整備 68
戸谷 英雄・玉川 勝巳・今井 聡
6. 樋管工事に伴うオニバスのミティゲーション 90
戸谷 英雄・玉川 勝巳
7. 川づくり案検討過程における住民参加に関する研究 109
鈴木 俊行・小松 俊一・谷 拓也

IV 河川の維持管理に関する調査研究

8. 那珂川河口域における維持流量に関する研究 119
小林 豊・鶴田 康幸・田井 穰二
9. 河道維持管理システムに関する検討 133
山本 晃一・戸谷 英雄・阿左美 敏和

1. 河川環境教育の推進に関する研究

宮尾 博一*・鎌田 照章**・鈴木 茂樹***・大西 伸和****

1. はじめに

近年、私たちを取り巻く社会構造は、少子高齢化の進展や地域コミュニティの衰退、人口・交通の集中、経済活動のグローバル化など、複雑かつ大きな変化が生じている。

そして、それら変化とあわせて、地球温暖化などを要因とした世界的な気候変動や野生生物の減少、水環境の悪化などの地球環境問題、キレる子どもの増加や学級崩壊などの教育問題など、様々な問題が噴出しており、これら問題に対しての早急かつ抜本的な対策が求められている。

特に、地球環境問題については、「持続可能な社会」を構築する上で全世界が総力をあげて取り組む必要があり、そのためには、まず、一人一人の自覚・意識改革を促し、行動へつなげていくための教育である「環境教育」の推進が課題となっている。

本稿では、教育の場として「河川」を活用した環境教育について、現状動向を整理分析するとともに、先進的な河川環境教育を実施している具体的な事例を報告する。

2. 河川環境教育とは

2.1 環境教育実施に向けた流れ

まず、環境教育の推進に向けた取り組みが、日本、世界でどのように進められてきたかを以下に概観す

る。

世界における流れとしては、1972年のストックホルムで開催された国連人間環境会議において「人間環境宣言」が提出され、そこで環境教育の重要性が指摘されたことに始まる。そして、1992年のリオ・サミットで採択されたアジェンダ 21において、「持続可能な開発」の達成に向けた重要な取り組みとして、環境教育が提示された。

その10年後、2002年のヨハネスブルク・サミットで、日本が「持続可能な開発のための教育の10年」という行動方針を提案したことで、2005年から10年間の教育計画がスタートしている。

日本では、昭和30年代後半からの公害問題や40年代後半からの自然保護問題、昭和50年代後半からの地球環境問題を受け、国民の環境保全への要望の高まりと国際的な流れにあわせて、1993年に環境基本法が成立し、その目的のひとつとして環境教育の推進が明記された。このような社会全体の意識の高まりを受け、河川分野においても平成9年に河川法を改正して、これまでの「治水、利水」に加えて「河川環境の整備と保全」を目的化した。さらに翌年、川を軸とした地域社会の構築を目指し、河川審議会川に学ぶ小委員会報告「川に学ぶ社会をめざして」がとりまとめられた。その後、2001年には中央環境審議会から「これからの環境教育・環境学習ー持続可能な社会をめざしてー」が答申され、また2003年には「環境保全活動・環境教育推進法」が施行された。

* (財)河川環境管理財団 理事 兼 子どもの水辺サポートセンター長

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

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

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

2.2 環境教育における3つの視点

環境教育は、その現場での取り組み内容から3つの視点のもと実施されていることが分かる。1つは自然保護や野鳥観察などの自然そのものを対象とした教育、2つめは公害問題やリサイクル、エネルギーなどの人間生活を対象とした教育、3つめは地球環境問題を対象とした教育である。これらは、単体もしくは2つの複合で行われている場合もあるが、理想的には3つのつながり・バランスを考え、共存させること、そして次世代へ引き継ぐことが求められている。これが「持続可能な社会」を構築することそのものであり、その実現のためには3つの視点を兼ね備えた、総合した形で環境教育を実施する必要がある(図2・1)。

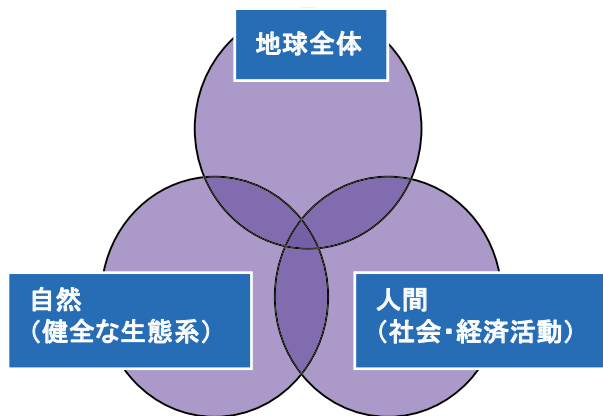


図2・1 環境教育における3つの視点

2.3 川での体験活動を通じた環境教育の有用性

近年、2005年1月の中央教育審議会 答申や2006年2月の中央教育審議会 審議経過報告などで体験活動の重要性が指摘されているが、このような環境教育を実施する上でも、まずは自ら問題を実感するために体験することが重要である。特に、自然体験活動は有望と考えられる。

それは、人間が元来、自然界で生きてきた生物であり、自然体験は他の体験活動に比べて特に人間の五感に働きかけ、様々な感情をもたらし、それが、特に子ども達の豊かな感性・人間性を育み、知的好奇心や探究心を喚起することで、その成長を促すこ

とによる。そのような効果が、自然体験活動を実践する様々なところで指摘されている。

また、自然体験と道徳観・正義感の相関を示した文部科学省の調査結果⁵⁾によると(図2・2)、近年、子どもの体験活動が減少する傾向にあるが、「チョウやトンボ・バッタなどの昆虫を捕まえた、太陽が昇るところや沈むところを見た、夜空いっぱい輝く星をゆっくり見た」等の自然体験活動の多い子どもほど、「挨拶が出来る、悪いことをやめさせる、席をゆずる」ことのできる、道徳観・正義感の高い子どもとなる傾向にある、ということが定量的に示されている。ここで、同様の調査が平成10年にも実施されているが、この傾向は近年さらに高まっている。

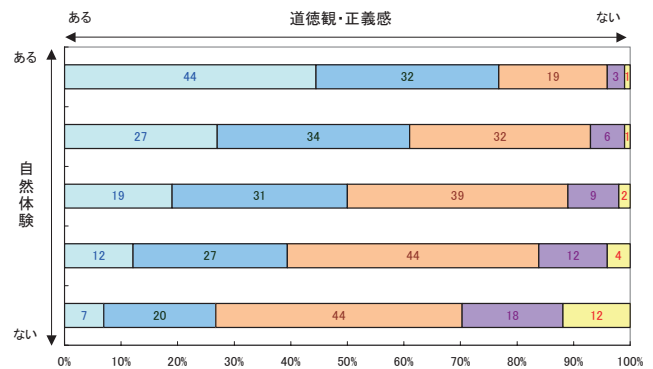


図2・2 自然体験と道徳観・正義感(平成17年)⁵⁾

(図中の色分けについて;自然体験、道徳観・正義感のありなしを評価項目毎に3段階で評価後、集計して5段階で再評価)

ここで特に、川は人間にとって最も身近な自然であり、また最も豊かな自然の一部である。そして、人が集う、人間社会の影響の現れる場所となっている。したがって川における豊かで多様な体験活動は、豊かな人間性や社会性を育み、地域の問題からひいては地球環境問題についても様々な示唆を与えてくれるなど、先に挙げた3つの視点からの環境教育の素材として非常にふさわしいと考えられる。そして、時には生きるか死ぬかの場所になることも含めて、自然と人間の多様な関わりをとおして人間を育てる場になっているといえる。

2.4 河川行政としての方向性

河川は、古来より人間の生活基盤を支えるとともに、文明や文化を育んできた。人は灌漑や移動、運

搬の手段として河川を利用し、一方、時には大規模な氾濫などにより多くの人命や財産が失われるなど、「治水」及び「利水」という点で、人々は真剣に河川と向き合ってきたといえる。

ところが、治水安全度及び利水利便性の向上と相まって、洪水や濁水が減り、人々から河川の重要性の認識が薄まっていった。また、高度成長期には河川水質の悪化、工事による河岸構造の変化等により、河川の生態系は貧弱化するとともに、川は危険な存在として認識されるようになってしまった。川は物理的にも心理的にも人々から離れた存在となってしまったのである。

このような中、20～30年前からの人々の環境への関心の高まりを受け、河川は身近な環境教育の対象として注目されるようになった。また、次世代を担う子どもたちが、これからの環境の保全を考えていくための環境教育の必要性がますます強く認識され、河川行政は今後の川と人との関係のあり方について河川審議会に諮問した。そして、平成10年7月の河川審議会「川に学ぶ」小委員会報告では、「河川」を環境教育・体験活動の題材として着目し、川と人との関係を再構築し、今後の流域管理・河川の維持管理への理解の促進を図り、河川愛護意識のより一層の啓発を図ることを目的とする、「川に学ぶ社会の実現」が必要であると提言し、それを受け、河川行政では今日まで様々な施策を展開している（図2・3）。

<4つの基本方針>

1. 人々の関心を高める**魅力ある川づくり**

2. 川に関わる**正しく広範な知識・情報**の提供

～人と環境との関わりや立場の理解、川の安全な利用のために～

3. 「川に学ぶ」**機会**の提供

～自然との共生への行動意欲、危険回避能力を身につけるために～

4. 主体的、**継続的な活動**のために

～それぞれの役割を果たすとともに、**各主体の連携**を図る～

図2・3 「川に学ぶ社会の実現」にむけた4方針

(参考；「川に学ぶ」社会をめざして 報告 平成10年6月 河川審議会 川に学ぶ小委員会)

2.5 河川環境教育とは

以上、環境教育について、また、河川環境教育についてその概要を示したが、それら内容を取りまとめると、河川環境教育とは以下のとおり定義できるものとする。

『「人と環境とのかかわりについて理解を深め、責任ある行動をとれるようにする」ために、「自然環境の最も豊かな一部」である身近な川において自然を体験し、地域と交流することで、「生命の尊さ、自然の法則や仕組みを理解する」こと』

この実践により、地域に「魅力ある川と人間社会」、つまり「川に学ぶ社会」が実現されることとなる。

これは、河川行政の視点から見れば、川への関心を高めることで、治水・利水・環境のバランスを踏まえた川への正しい理解を促進するとともに、それが、良好な河川環境の保全と創出を生み出し、また、地域と一体となった河川行政を展開することにつながるものである。

3. 河川環境教育の現状

河川環境教育は、人と河川環境との関わりについて理解を深め、責任ある行動がとれるようにすることを主な目的として、また良好な河川環境の保全・創出を目的として、そしてひいては、円滑な河川事業の推進のための啓発活動として行われるもので、全国各地で様々な取り組みが行われている。

以下に、河川管理者、学校、市民団体における河川環境学習の取り組み事例について、また、当財団の子どもの水辺サポートセンターにおける取り組みについて概要を示す。

3.1 河川管理者における取り組み

河川管理者における取り組み例としては、「子どもの水辺再発見プロジェクト」として、全国の、水辺体験活動に適した場所を「子どもの水辺」として登

録し、そこでの水辺体験活動を支援している。

また、出前講座等による、学校の「総合的な学習の時間」の支援や、世界子ども水フォーラムやそのフォローアップ大会において、子ども達の水辺活動の活性化、またネットワーク構築を支援している(写真3-1)。



写真3-1 世界子ども水フォーラム・フォローアップ in 東京

3.2 学校における取り組み

学校における取り組み例としては、総合的な学習の時間において、生き物、水質など、川をテーマとした学習を展開するとともに、教科学習では、小学校5年生の理科における単元「流れる水のはたらき」などのテーマとして川が利用されている(写真3-2)。



写真3-2-1 水生生物調査（総合的な学習の時間）



写真3-2-2 流れる水の働き（小学校5年生・理科）

ここで、「総合的な学習の時間」の本格実施前の平成13年度全国総合学習セミナー（日本教育新聞社主催；2001.7.30～31）において、小中学校の先生に対して行った「総合的な学習の時間の対象として注目しているもの」、「環境学習の対象として注目しているもの」に関するアンケート結果を図3-1に示す(国土交通省調査；標本数191)。

図より、「総合的な学習の時間」の対象として、「環境学習」に対する注目が抜きんでており、さらに、その「環境学習」の対象として「河川」が多くの注目を集めていることが分かる。

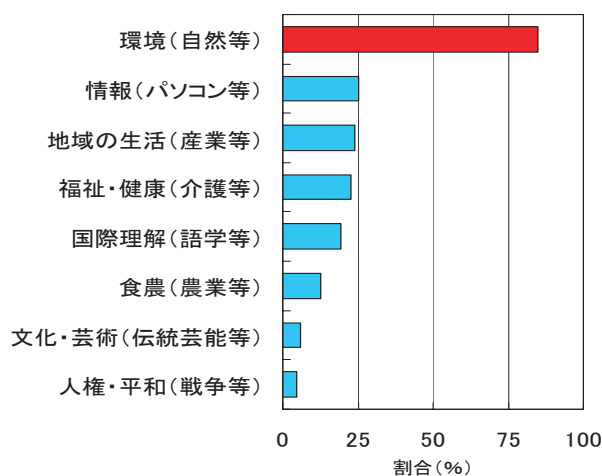


図3-1-1 「総合的な学習の時間」の対象として注目しているもの（2つまで回答）

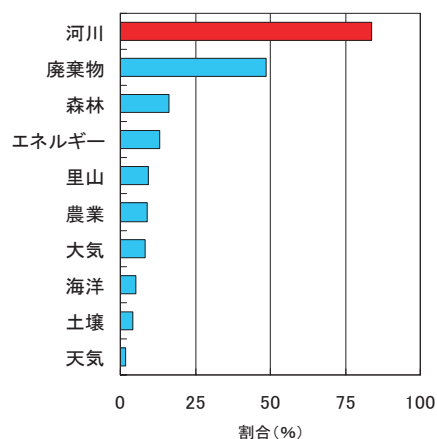


図3-1-2 「環境学習」の対象として注目しているもの（2つまで回答）

なお、「総合的な学習の時間」における取り組みについては、当財団の所管する河川整備基金でも支援を実施している(H18年度 171件採択;10万円を限度)。

3.3 市民団体等における取り組み

市民団体等における取り組み例としては、地先の清掃、流域一斉清掃等の河川清掃活動、パックテスト等を用いた水質調査、水生生物・バードウォッチング等の生き物調査、自然体験活動等、全国各地で様々な活動が展開されている（写真3・3）。



写真 3・3・1 流域一斉清掃（熊本県・緑川）



写真 3・3・2 自然体験活動（北海道江別市・夕張川）

3.4 子どもの水辺サポートセンターにおける取り組み

子どもの水辺サポートセンターは、文部科学省、国土交通省、環境省の3省連携事業「子どもの水辺再発見プロジェクト」の推進・支援組織として、平成14年7月に当財団内に設置され、以来、全国の水辺での環境学習・体験活動を支援している。

このプロジェクトは、子どもが活動するのにふさわしい水辺を「子どもの水辺」として、周辺の市町村教育委員会、河川管理者、市町村、学校・PTA、市民団体等が連携し、いずれかが事務局を担当して「子

どもの水辺協議会」を設置し、登録することで、子どもたちの水辺での活動の促進・充実を図ろうとするものである。

「子どもの水辺」の登録箇所数は、平成18年8月現在、235件となっている（図3・2）。

「子どもの水辺」については、その地域の行政、教育、市民団体が一体となって協議会を構成し、より質の高い活動を目指すところに大きな意義がある。これらの活動に対する子どもの水辺サポートセンターの支援活動としては、資機材貸出しとともに、人材や河川環境教育に関する情報提供を第一にしている。

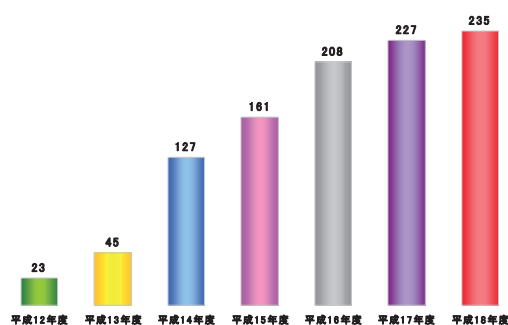


図 3・2 子どもの水辺登録箇所数（2006/8/9 現在）

また、子どもの水辺サポートセンターは子どもの水辺協議会への支援以外にも、河川環境学習や体験活動の支援として、ホームページやメールマガジンによる水辺活動情報の提供や、講習会・各種会議の開催、資機材の貸出や副読本の提供を行っている。

さらに、人材育成及び普及啓発活動として、子どもたち自身が水の性質を利用した様々なアクティビティを実践しながら「水」について学ぶ室内型プログラム「プロジェクトWET (Water Education for Teachers の略)」（写真3・4）の普及や、全国各地の川で活動するNPO法人や市民団体などで構成される「川に学ぶ体験活動協議会（通称：RAC）」との連携により、川での活動を実践できる指導者の養成なども行っている（写真3・5）。



写真 3-4 水の粘性(水の性質(凝集・凝着)を体験・学習)



写真 3-5 子どもの水辺安全講座(東京都 多摩川)

3.5 河川環境教育の実施における現状の課題

河川環境教育を進める上での様々な課題を、学校へのアンケート調査、また「子どもの水辺」へのアンケート調査で明らかにした(図3-3)。

学校へのアンケート結果では、第一に安全性の確保が上げられており、「子どもの水辺」では、資金不足やノウハウ・情報不足、指導者の不足、安全性の確保が順に上げられている。

これらの課題は複雑に絡み合っているが、これら問題の解決が河川環境教育を更に普及・促進する上で必要となっている。

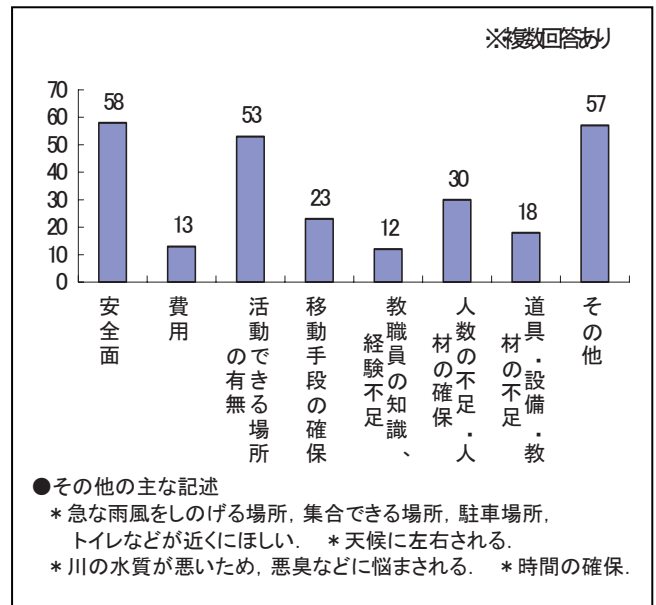


図 3-3-1 河川を用いた活動の課題(小中学校へのアンケート;平成17年度実施)

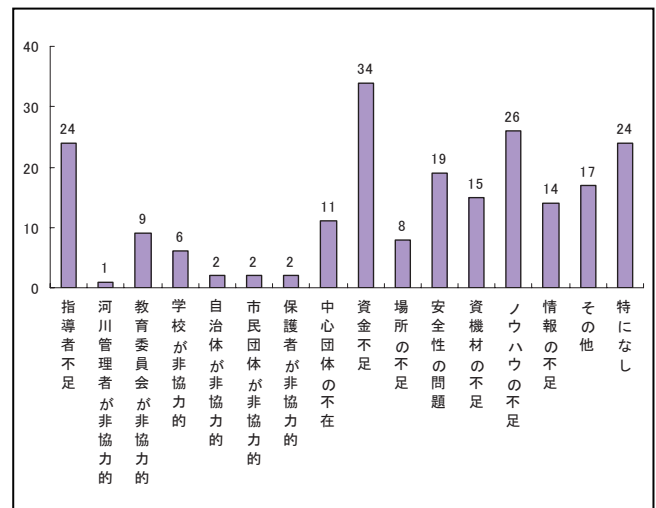


図 3-3-2 河川を用いた活動の課題(「子どもの水辺」事務局へのアンケート;平成17年度実施)

4. ケーススタディによる河川環境教育の支援検討

先進的な河川環境教育を実施している荒川下流域、また遠賀川流域における取り組みをケーススタディとして、河川環境教育の支援方策について検討した。

4.1 荒川下流における取り組み

4.1.1 現状と検討方針

1) 現状

荒川下流域では、平成14年の完全学校週5日制の実施に向け、子どもたちの体験活動の場を拡大し、また、「川に学ぶ」体験を推奨する観点から、河川空間を利用し、環境教育の実現に向けた取り組みを様々な視点から検討することを趣旨として、平成11年12月に荒川下流水辺環境教育懇談会（荒川沿川市区の教育長、自然保護団体関係者及び学識経験者等で構成；以下、懇談会と略称）が設立された（事務局；荒川下流河川事務所，河川環境管理財団）。

懇談会では、荒川下流域における自然空間と環境関連施設を様々な環境教育の実践の場として活用・提供することを検討し、平成14年8月に提言「荒川を活かした水辺環境教育の推進方策について（以下、提言と略称）」を公表した。提言では、主に荒川知水資料館における支援体制を整備するものとして、「総合的な学習の時間」における教材の提供（ワークシート）や環境学習コーディネーターの配置、様々な情報の提供（ホームページ等）を具体的な施策とした。

そして、平成14年度以降、提言に基づき、荒川を活かした「総合的な学習の時間」の支援検討を進めてきたが、それら取り組みがほぼ大詰めを迎えたことから、提言及びそれに基づくこれまでの活動実績、また利用者や教育関係者の改善要望等を踏まえ、これまでの取り組みを整理・とりまとめるとともに、更なる支援方策の検討を行うものとした。

2) 検討方針

提言における主要な具体的施策であるワークシート集、ホームページの作成・公表とこれまでの各種取り組みを整理・とりまとめ、更なる支援方策を検討する上で、以下の4つの方針のもと、検討を進めるものとした。

- ①荒川をフィールドとした総合学習に係わる研究会・WGの運営
- ②総合学習に向けたワークシート集を作成

- ③教員を対象とした研修会の開催
- ④水辺環境学習を支援する情報の提供（HP）
- ⑤荒川知水資料館(amo)での学習活動を支援
- ⑥水辺環境学習のフォローアップ

4.1.2 具体的検討内容

1) 荒川をフィールドとした総合学習に係わる研究会・WGの運営

提言内容を具体化するものとして、以下に示す研究会、ワーキングを構成した。その概要をそれぞれ示す。

平成17年度は研究会を1回、各ワーキングを2回開催し、ワークシート集、ホームページの最終取りまとめ内容について協議するとともに、今までの取組内容を取りまとめたフォローアップ報告書(案)の内容を検討した（写真4・1）。

- ①荒川をフィールドとした総合学習に係る研究会
懇談会の専門研究部会として平成12年2月に設置。北区教育委員会、学識経験者、学校関係者等の9名で構成される（平成18年2月現在）。
各ワーキングの検討方針を定めるとともに、水辺環境教育のあり方について検討。
- ②荒川教材開発グループ研究会（ワークシート部会）
研究会のワーキングとして平成14年1月に設置。北区教育委員会、学校関係者等の10名で構成される（平成18年2月現在）。
ワークシート集「荒川から総合的な学習」の制作を実施。
- ③荒川総合学習に係る情報提供のあり方ワーキング（ホームページ部会）
研究会のワーキングとして平成14年2月に設置。学校関係者、市民団体等の7名で構成される（平成18年2月現在）。
ホームページ「荒川探検わくわくネット」の制作を実施。



写真 4・1 第 1 回ワークシート部会（平成 17 年度）

2) 総合学習に向けたワークシート集の作成

荒川下流の水辺空間を利用した「総合的な学習の時間」の展開を支援するものとして、ワークシート集「荒川から総合的な学習」を制作した。

本年度はワークシート集の公表に向けて、7 月から荒川知水資料館等で試行版及びアンケート調査票を学校の先生方を主対象に配布し、その内容や活用のし易さなどについて、現場の意見を収集し、制作に反映するものとした。

以下に、ワークシート集の概要を示す。

●ワークシート集の特徴

- ・「総合的な学習の時間」に利用可能なワークシートを季節毎、テーマ毎に多数提供
- ・表面に子ども用の記入欄、裏面には解説欄を設置
- ・先生方が教材として利用しやすいよう学習展開プランを充実
- ・ワークシート集の構成分野
昆虫、植物、魚介類、水生微生物、野鳥、流水、水質、歴史・構造物、ゴミ、体験、写真・道具、汎用（計 12 分野；131 シート）

ワークシート集は、平成 18 年 4 月末に、荒川知水資料館から荒川下流沿川 2 市 7 区の小学校 441 校に配布された（図 4・1）。



【表紙】

【昆虫分野のワークシート「春の川原のこん虫」】



図 4・1 ワークシート集「荒川から総合的な学習」

3) 教員を対象とした研修会の開催

「総合的な学習の時間」の活用における最新の考え方やワークシート集の活用法について、荒川下流の小中学校の先生方を対象とした研修会を開催した。この研修会は、ワークシート部会メンバーが講師となって行うもので、平成 15 年度から年 1 回開催しているものである。

以下に、平成 17 年度の研修会概要を示す（写真 4・2）。

名称；身近な川・水・生物を題材とした環境総合学習会
 対象；教員及び教育関係者（29 名参加）
 内容；・船上観察及び水質検査実習
 ・総合的な学習のあり方に関する講演
 ・ワークシート集の活用に関する研修
 ・ワークシート集の活用方法に関する分科会（鉱物、動植物、歴史構造物、魚類）

【総合学習の
あり方講演】



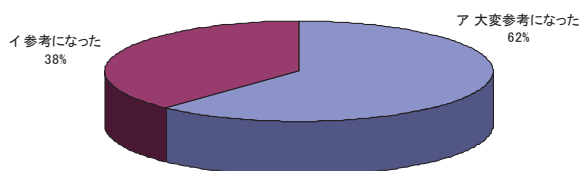
【第2分科会：
動植物調査】

写真 4・2 身近な川・水・生物を題材とした環境総合学習会

以下に、研修会終了後に参加した先生方に実施したアンケートの結果を示す（図 4・2）。

先生方からは、研修会に対して非常に高い評価を得ており、今後、ワークシート集を活用した荒川下流域における水辺環境学習の推進が図られることが期待される。

設問：今回の研修会は参考になりましたか？



設問：今後、このワークシートを使って総合的な学習を実施したいと思いますか？

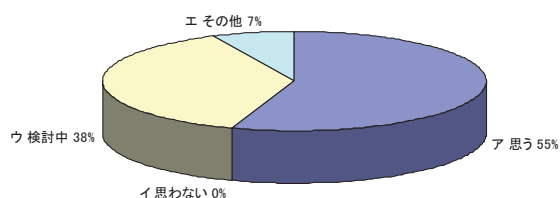


図 4・2 研修会アンケート結果

4) 水辺環境学習を支援する情報の提供（HP）

荒川下流の水辺空間を利用した「総合的な学習の時間」の展開を支援するものとして、ワークシート

集と併せて、先生を対象に、荒川下流域における学習活動を安全かつ有意義に行うための様々な情報を提供するホームページ「荒川探検わくわくネット」を制作した。

平成 17 年度はホームページの公表に向けて、7 月から試行的に公開し、ウェブ上でアンケートを実施するなど、その内容や利用のし易さなどについて多くの意見を収集し、制作に反映するものとした。

以下に、ホームページの概要を示す（図 4・3）。

○情報 1；どこにどのような施設があるかマップを用いて情報提供

荒川下流域の笹目橋から東京湾までを 14 のエリアに分けた「エリアマップ」に、そのエリアの主だった施設と、そのエリアで行う学習のヒントを掲載（学習適地マップ、学習資源マップ、利便施設マップ、白地図、古地図 等）

○情報 2；荒川下流域の学習に役立つコンテンツ各種

- ・資料を見よう；荒川学習に役立つ資料や書籍、ホームページなどを紹介
- ・あんぜんチェック；川で学習を行う際の、安全に関するチェックを行う
- ・荒川リンク集；河川関連施設及び環境学習サイトを紹介 等

【エリアマップと施設紹介】



【あんぜんチェック】



図 4-3 ホームページ「荒川探検わくわくネット」

ホームページは、平成 18 年 4 月末に公開開始している (<http://www.ara.or.jp/wakwak/>)。

5) 荒川知水資料館(amoa)における学習活動支援

提言内容を受け、荒川知水資料館 (amoa) に「総合的な学習の相談窓口」を設置して、各学校からの問合せに対応するとともに、常勤の環境学習コーディネーター1名と学習指導員・教育ボランティア約7名による通年にわたる学習支援を実施した。

平成 14 年度以降、総合的な学習を目的とした荒川知水資料館 (amoa) 来館者数は延べ 222 校、9001 人に達しており(平成 17 年度は延べ 38 校、1794 名)、荒川知水資料館 (amoa) 来館者の増加に大きく寄与している (写真 4-3)。



写真 4-3 環境学習コーディネーターと子どもの学習活動

今後は、環境学習コーディネーター等の体制の充実を図るとともに、学習支援内容を拡大することで、さらに学習支援を拡大することが望まれる。

以下に、今後の主な学習支援展開方針(案)を示す。

- ・環境学習コーディネーターのスキルアップによる支援内容の充実、拡大
- ・教科学習への学習支援拡大
- ・中学生向けワークシートの開発
- ・ジュニアコーディネーター制度の導入

6) 水辺環境学習のフォローアップ

平成 17 年度のワークシート集、ホームページの改訂をもって、提言以降の活動の節目を迎えたが、平成 14 年以降、以下に示す社会状況の大きな変化もあった。

- ・河川における環境教育施策の進展(子どもの水辺サポートセンターの設置や河川整備基金の拡充など)
- ・川の体験活動、自然体験活動の広がりと重要性に関する認識の一般化(中教審答申等)
- ・日本主導による「国連持続可能な開発のための教育の 10 年」決議及び開始など、環境教育概念の高まり
- ・学力低下問題への懸念と、その対策としての総合学習を基軸とした「確かな学力」増進への社会ニーズの高まり

そこで、提言内容及び関連する取り組みの実施状況を追跡調査することで、これまでの「取り組みの経緯と到達点、今後の課題、課題解決の視点、具体的施策(案)」を検討するものとした。

以下に、社会状況の変化も踏まえた今後の課題と課題解決の視点、具体的施策(案)等のフォローアップ概要を示す。

今後は、これまでの水辺環境教育促進のためのツール作成や仕組み構築という段階から、ツールや仕組みを活用した環境教育の拡大と質の向上を目指す新たな段階に進むことが求められる。

◆今後の課題

1. 学習を深めるための支援

ワークシート集やホームページなどの教材，環境学習コーディネーターによる学習支援の仕組みなどの支援活動を，より広範な学校に活用していただき，社会状況の変化に対応して学習の質を深めていただくことで教育上の成果をより一層大きなものにしていく。

2. 荒川河川教育ネットワークの形成

荒川知水資料館（amoa）を軸に，学習現場の第一線に立つ学校の先生のネットワークを構築し，相互の情報交換を促進するとともに国土交通省，教育委員会，市民など各主体が連携して先生に対する支援を効率的に行えるようにする。

3. 荒川知水資料館（amoa）を軸とする機能の強化

研究会活動を継続して荒川知水資料館（amoa）の活動に対する技術的サポートを強化し，荒川知水資料館（amoa）の活動を新たな社会状況にマッチさせていく。

◆課題解決の視点

- ①体験学習の積み重ねと地球環境問題とのリンク
- ②学力低下問題に対応する必要性の増大
- ③河川と河川事業の教材化の大切さ
- ④先生の情報交流ネットワーク形成
- ⑤技術的サポートの継続

◆具体的施策（案）

- ①-1 荒川知水資料館（amoa）を活用した学習支援のなかで体験学習の機会をさらに増やしていく
- ①-2 環境問題に対する気づきを促す模擬体験学習システムを導入する
- ①-3 環境総合学習会の継続開催
- ①-4 荒川知水資料館（amoa）優良活用校の活動事例集作成，荒川下流環境学習発表会の開催
- ②-1 ワークシート集と教科学習とのリンクを強化する
- ②-2 教科学習から見た荒川の教材化をすすめる（学校カリキュラムにおける河川施設の活用）

③-1 荒川の地物のワークシートを追補する

③-2 野外学習実験施設をつくる

④-3 ホームページの継続改良，メンテナンス

④-4 先生を対象とした「荒川知水資料館（amoa）友の会」をつくる

⑤-1 荒川をフィールドとした総合学習に係る研究会を継続させる

⑤-2 教科対応教材作成ワーキングを設置開催する

4.2 遠賀川における取り組み

4.2.1 現状と検討方針

1) 現状

遠賀川においては，平成13年度に小中学校の教諭，市民団体，河川管理者等で構成された「遠賀川河川環境教育研究会（以下，研究会と略称）」が設立され，遠賀川における河川環境教育の活性化について研究するとともに，学校相互で河川環境教育の協力関係の構築を図っている。平成15年度以降は，当財団も研究会活動に参加する中で，研究会において，河川環境教育を推進する上での課題及び解決策が提案され，その実施により，着実に成果が得られてきた。

しかし一方，このような活動は，授業のカリキュラムに河川学習が含まれている，また，総合的な学習の時間が義務化されている小中学校での広がりであり，今後はさらに，地域活動を支える上で即戦力となりうる高校生・大学生等の活動への支援が求められていたところである。

そのような中，遠賀川流域では近年，地域の高校生が中心となり遠賀川をフィールドとした活動が徐々に活発化している。しかし，それら高校生等の活動は個別的・限定的で，それぞれの団体は組織化されていないため，各活動グループを組織化し，流域内のネットワーク化を促すことで，遠賀川流域内の小学校～高校生等の河川環境教育活動を一貫して活性化させ，次世代の地域リーダーの継続的な育成を図ることで，川を軸とした地域の再構築及び円滑な河川事業の推進を実現することとした。

2) 検討方針

高校生等の河川学習活動の活性化，次世代の地域リーダーの継続的な育成システムの構築を推進する上で，以下の4つの方針のもと，検討を進めるものとした。

- ①水辺で活動する高校生の実態調査
- ②流域・全国活動交流会の開催
- ③体験活動，能力開発講習の開催
- ④小中学生との世代間交流

4.2.2 具体的検討内容

1) 水辺で活動する高校生の実態調査

遠賀川流域内の36高等学校，6大学を対象に，遠賀川に関連する授業・活動についてアンケートを実施した結果，自然環境・水質調査や野鳥観察などを実施する計12団体を確認することができた。また，それら団体のうち，特に活発な活動を実施している団体にヒアリングを行うことで，河川における活動を実施する上で，以下の課題を抱えていることを把握した。

- ①他団体や地域との連携不足
- ②活動の継続性
- ③新規メンバーの獲得など，移手段の不足

2) 流域活動交流会の開催

水辺活動及び流域内の活動ネットワーク形成を促進するため，また活動へのインセンティブを与えるものとして，各団体の活動発表や各種体験活動・講習会の実施，全国で活発な活動を展開している団体との交流などにより構成される，流域活動交流会を企画・開催するものとした。

ここで，企画に際しては高校生有志も参画し，また当日の運営においても高校生が司会進行等を担当した。

以下に，交流会の実施概要を示す（図4.4，写真4.4）。

名称	遠賀川流域 高校生等活動交流会
目的	遠賀川における高校生等の河川学習活動の活性化を図る
日時	(第1回) 平成17年12月23日～24日 (第2回) 平成18年3月11日
場所	遠賀川水辺館 (福岡県直方市1-1-1)
参加者	(第1回) 高校生23名，引率4名 (第2回) 高校生26名，引率1名

図4.4 流域活動交流会の開催概要



写真4.4-1 各団体の活動発表（第1回交流会）

【冬鳥観察】



【活動発表】

写真4.4-2 体験活動と成果発表（第1回交流会）

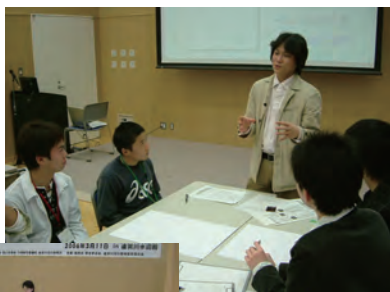
第1回活動交流会では，流域内及び全国の高校生との活動発表・交流により「同じ水辺の活動でも，地域が異なれば視点も大きく異なり，流域内外の活動報告に新鮮な感動があった。」「高校生同志の大きな水辺活動ネットワークを作っていきたい。」との

様々な意見が出た。

このように、違う活動内容・活動場所・意見を持つ同世代が情報を交換し合うことで、互いの活動への興味・刺激になり、今後の各団体の活動への意欲につながったことが確認された。

第2回活動交流会では、第1回活動交流会開催後、高校生から課題として挙がっていた「外部への情報発信及び新人の勧誘による活動の継続」、「各団体間の情報交換による活動の活性化」を踏まえ、自分達の活動を広く伝える技術の向上として「魅力あるチラシ作り講座」、プレゼンテーション技術の向上として「思いをカタチにする表現方法」を企画した(写真4-5)。

【チラシ作り講座】



【PR講座】



【成果発表】



写真 4-5 講習会と成果発表(第2回交流会)

このように、第2回活動交流会では、水辺活動に必要なが、普段の授業、部活等で体験できない講義・実習を実施することで、高校生の興味・関心を刺激しつつ、今後の活動への意欲を促すことができた。

3) 小中学生との世代間交流

流域内の世代間交流を促進するものとして、流域小中学生の水辺活動の発表会を高校生が司会・進行

する「いけいけチャレンジ! 遠賀川」発表会を企画・運営した。

以下に、開催概要を示す(図4-5, 写真4-6)。

名 称 ; 第2回

「いけいけチャレンジ! 遠賀川」発表会

日 時 ; 平成18年3月4日(土) 13:00~16:00

場 所 ; 遠賀川水辺館

発 表 ; 遠賀川流域の小中学校

(小学校6校, 中学校2校)

図 4.5 小中学生発表会の開催概要



写真 4-6 「いけいけチャレンジ! 遠賀川」発表会

高校生のはつらつとした司会・運営のもと、活発な発表会となったとともに、終了後の先生・父兄へのアンケートでも非常に好評な回答が得られた。また、発表会の開催を通して、以下の効果が確認された。

- ・小学校～高校生による世代間の交流促進
- ・高校生による次世代の育成と自身のモチベーション向上
- ・企画運営への参加による活動の質の向上, 「人に伝える技術」の習得

4.3 ケーススタディにおける今後の課題・目標

4.3.1 課題・目標の確認

ケーススタディにおける河川学習支援を通して、各ケースで、今後の更なる展開に向けた幾つかの課題が確認された。

荒川下流域における水辺環境教育では、平成 12 年から開始したこれまでの水辺環境教育支援に一区切りがついたことから、更なる展開を図る上で、以下の課題があげられる。

【荒川下流域における今後の課題・目標】

- ・ 体験活動による学習をさらに深める
(プロジェクトWET, 野外実技研修会の継続開催)
- ・ 先生との、先生間の情報交流の促進
- ・ ワークシート集のさらなる活用促進
(教科学習との関連)

遠賀川流域における河川学習活動では、流域における高校生等の活動の基礎ができたことから、今後の更なる展開を図る上で、以下の課題があげられる。

【遠賀川流域における今後の課題・目標】

- ・ 流域高校生の水辺活動の更なる活性化
(メンバーの確保, 活動グループのネットワーク化)
- ・ 指導者の支援, 育成

4.3.2 課題・目標に向けた支援方策

先に示した課題・目標を踏まえて、今後の展開に向けた以下の支援方策を検討する。

1) 先生間の情報・活動ネットワーク形成

先生間の、また先生と行政との情報・活動交流を促進するものとして、荒川下流における現在の支援体制を参考に、今後の更なる支援展開に向けた体制案を検討した。

これは、荒川知水資料館を基軸として、先生方が気軽に出入りできる緩やかなネットワークを形成するとともに、ネットワークに対して先生方の興味・関心の強さに応じて、情報提供・交流、研修会参加から河川学習プロジェクト参加など様々なサービス・活動の場を提供するものである。

このネットワークを形成することで、河川行政が荒川下流で水辺環境教育を推進する先生方の意見を効率的に収集し、適切な支援を実施することが可能

となる (図 4-6)。

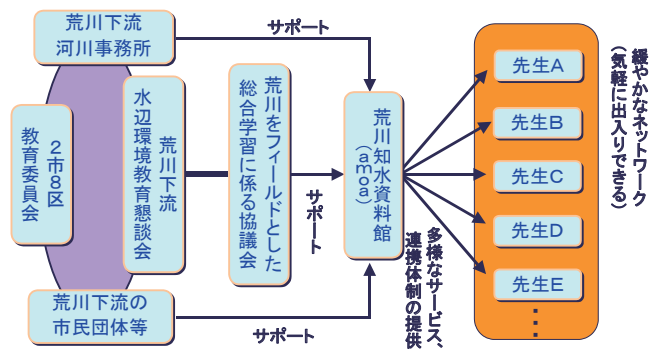


図 4-6 河川環境学習ネットワークのイメージ (案)

2) 小中学校の教科学習との関連強化

ワークシート集のさらなる活用促進を図る上で、今後、教科学習との関連を強めることが必要であることから、各教科の単元で、川を題材とした学習計画案、学習例などを提示するとともに、各流域の特性 (川の歴史、学習に適した場所、ゲストティーチャー情報など) を考慮した河川学習支援冊子を提供することが考えられる。

以下に、小学校での鶴見川を題材とした学習を支援する指導書を参考として示す。これは、「誰でもできる河川を教材とした学習」をテーマに、鶴見川流域の小学校の先生方の意見を参考として、京浜河川事務所からの委託で当財団が作成したものである。

ここでは、上流域～下流域におけるモデル授業の実施事例を紹介するとともに、活動計画の作成を支援するものとして、各学年の教科別の活動計画例、教科学習と河川との関連、鶴見川流域の市民団体等の様々なデータを提供している (図 4-7)。



図 4-7 (参考例) 鶴見川を題材とした小学校の活動のすすめ (案)

また、その全国版として、河川整備基金による「総合的な学習の時間」の助成事例等を参考に、小中学校の水辺を用いた学習事例集をとりまとめている。

ここでは、各事例について、学習のねらいや年間における活動計画、学習を行う上での注意点・工夫、安全対策等を、豊富な写真とともに解説している(図4・8)。



図 4・8 (参考例)「水辺から学ぼう No.4」 小中学校活動事例集

3) 高校生等の情報・活動ネットワーク形成

遠賀川流域における高校生等の水辺活動ネットワーク形成を支援するものとして、今後も高校生等の活動の活性化を図ることで、流域内の自立的・主体的活動ネットワーク形成を促進する。さらに、将来的には、そのような小規模ネットワークを全国各地で形成し、それら小規模ネットワークの代表で構成されるネットワークの「核」との連携を各ネットワークが行うことで、情報交換・交流が促進されるとともに、活動の質、幅、モチベーションを改善し、さらには地域への愛着を醸成することが期待されている(図4・9)。

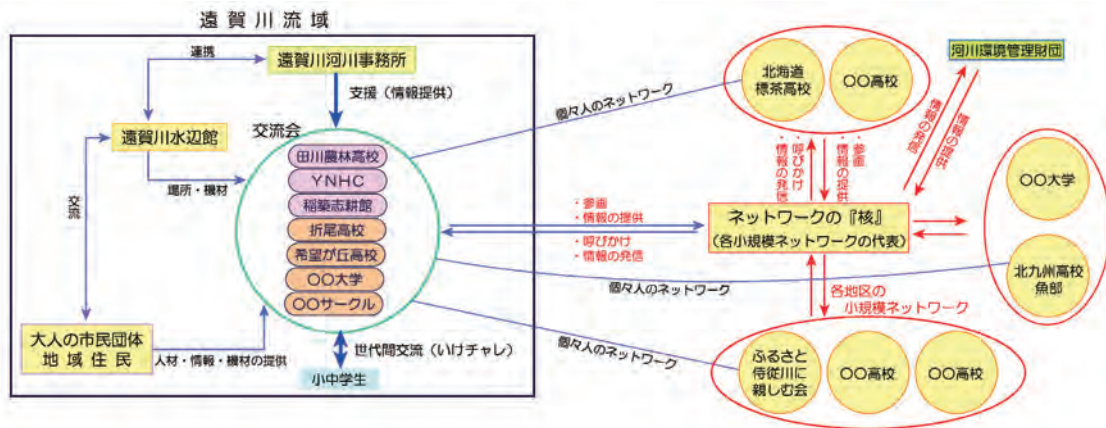


図 4・9 遠賀川流域及び全国河川活動ネットワークのイメージ(案)

5. 河川環境教育の今後の展開に向けて

水辺体験活動の現状を踏まえ、また河川環境教育の更なる展開を目指して、以下に示す施策、研究開発をさらに強力に推進するものとする。

5.1 水辺体験活動における課題と対応

先に示した学校や「子どもの水辺」における河川環境教育の課題(資金不足、情報不足、指導者不足、安全性の確保)に対する支援として、当財団及び子どもの水辺サポートセンターでは、水辺の総合情報コーディネーターとして各種情報の集積・整理・発信を行うとともに、学校教育との融合を含めた今後の河川環境教育のあり方研究、さらに全国における活動支援を充実させるものとして、支援施設のサテライト化を推進している(図5・1)。

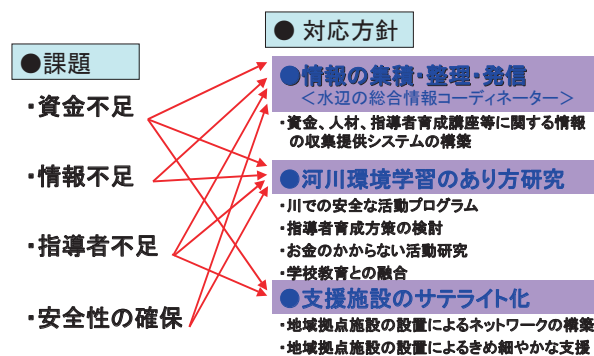


図 5・1 水辺体験活動における課題と対応

ここで、情報の集積・整理・発信については、河川環境教育を取り組む上で、河川の基礎情報、地理情報等の提供が不可欠であるとともに、河川環境教育の手法や実践例等の情報提供があることで実践しやすくなることから、それら情報の更なる充実を図るとともに、分かりやすい情報提供を目指し、子どもの水辺サポートセンターHP を改訂するなど、効率的な情報の集積・整理・発信システムの構築を進める。

また、河川環境教育のあり方研究については、まず指導者育成として、河川環境教育を実施するにあたって特に安全の確保が重要であり、取り組む者にとっての高いハードルとなっていることから、川での安全な指導ができる人材育成を行っていくことでリスクの軽減を果たすものとして、高い安全管理能力を持った指導者育成を今後も強力に進める。さらには、河川環境教育に関する専門的な知識やノウハウの習得が望まれることから、河川環境教育の理念、目的、実践例、安全管理手法、学校・地域との連携のあり方等についてまとめたガイドラインの制作を進める。

さらに、河川環境教育に係わる経費を継続的に維持していくことは難しく、また予算面が取り組みのネックになっているケースもあることから、河川環境教育を継続的に実施するにあたって必要となる情報等(資金のかからない活動事例、各種助成制度の活用方法も含む)の提供を進める。

また、「子どもの水辺サポートセンター」の地域拠点として、北海道地区における環境学習・体験活動を支援する北海道エールセンターを平成 16 年 4 月に設置した(写真 5・1)。



写真 5・1 北海道エールセンター（北海道帯広市）

5.2 水辺体験活動による教育的効果の評価

当財団では、水辺体験活動による様々な教育的効果を定量的に評価するものとして、平成 17 年度末から広島県太田川で実施されている水辺体験活動（太田川せせらぎ夢学習塾、主催；エコロジー研究会ひろしま）をモデルケースとして、広島大学教育学研究科の協力のもと、評価検討を実施している。

これは、文部科学省の教育課程において求められる資質・能力（問題発見能力、主体性、協調性など）を参考に、水辺体験活動のカリキュラム分析、実地評価を行い、水辺体験活動で育成される資質・能力及びその程度を評価するとともに、さらには、その結果をもとに、年代別に重点的に伸ばすべき段階的資質・能力を設定し、新たな水辺体験プログラムの開発を目指すものである。

以下に、体験活動で育成されると考えられる資質・能力例を示す(図 5・2)。

育成される力	具体的内容例
他者への配慮	他者に対し思いやりを持つことができる
人間関係	一緒に協力して活動することができる
主体性	自ら進んで活動に取り組むことができる
社会性	公共の物や環境を大切にできる
価値観	自然の美しさを認識できる
技能・知識	水辺に関する事象を理解できる
挑戦・向上	自ら問題を見つけ、挑戦できる

図 5・2 育成される資質・能力(例)

今後はこの成果をもとに、主に小中学校における各学年の教育課程毎に、その教育上のねらいに応じた適切な水辺体験プログラムを提供することで、学校教育との有機的な関係を構築していきたいと考える。

6. おわりに

「川は危ないから近づいてはいけない」という教育が子ども達になされはじめてから 30 年ほどたった。現在、川のもつ機能・有用性が再認識され、川や水辺での体験活動を推進していく方向に転換され

つつあるが、この間に失った資質・能力、精神的、文化的なものは大きく、これらを取り戻すには、まだ相当な時間がかかると考えられる。

河川環境教育とは、その実践をとおして、流域における「人と自然、人と人、人と地域社会」を深くつなげるものであり、それにより、河川・流域を軸とした活力ある地域社会「川に学ぶ社会」の実現を支えるものである。

まだまだ多くの解決すべき課題があるが、今後も河川環境教育の推進方策を積極的に実施することで「川に学ぶ社会」が実現され、この身近で大切な財産である豊かな水辺環境の中で、安全に、楽しく遊び・学ぶことで主体性を持った元気な子どもが増えるとともに、活力ある地域コミュニティが早期に実現されるよう、引き続き研究を進めていきたいと考える。

謝辞

最後に、本検討を進めるにあたり、国土交通省 荒川下流河川事務所、国土交通省 遠賀川河川事務所においては、貴重なデータをご提供いただいた。ここに記して深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 建設省 河川局河川環境課：「川に学ぶ」社会をめざして 河川審議会川に学ぶ小委員会概要
- 2) 山本雅史・吉野英夫・山田浩次・佐藤聖介(2004)：河川環境教育の活性化のための支援方策検討，河川環境総合研究所報告，第10号，PP. 93-103.
- 3) 山本雅史・入江靖・鈴木茂樹・中山尚(2005)：河川環境教育の活性化のための支援方策検討，河川環境総合研究書報告，第11号，PP. 79-87.
- 4) 山本雅史・入江靖・矢野克己・菅原一成(2005)：河川環境学習に関する取組み(子どもの水辺再発見プロジェクト)の推進方策に関する研究，河川環境総合研究書報告，第11号，PP. 89-97.
- 5) 文部科学省 スポーツ・青少年分科会：「青少年の自然体験活動等に関する実態調査」(平成17年度調査)
- 6) プロジェクト WET

URL ; <http://www.kasen.or.jp/wet/>

7) 川に学ぶ体験活動協議会

URL ; <http://www.rac.gr.jp/>

2. 面源負荷対策に関する研究

阿部 徹*・裴 義光**・並木 嘉男***

1. 研究の目的

有機汚濁の代表的な水質指標である BOD または COD の環境基準の達成率を水域別にみると、図 1-1 に示す通り、河川 89.8%、湖沼 50.9%、海域 75.5%であり、とくに、湖沼、内湾、内海などの閉鎖性水域で依然として達成率が低い(平成 17 年度版 環境白書¹⁾)。

湖沼の水質汚濁の原因は工場等の産業系排水および生活系排水といった特定汚濁源(点源)からの汚濁負荷、農地や市街地等の非特定汚濁源(面源)からの汚濁負荷など多種多様であるが、点源汚濁負荷の排出がコントロールされてきたことにより、面源汚濁負荷対策が重要な課題となっている。また、湖沼の水質汚濁は、有機物の流入に由来する有機汚濁と、窒素およびリン等の栄養塩類の流入に由来する富栄養化が重なりあったものであり、高度経済成長時代以降の流域における人口・産業の集中、土地利用の変化等に伴い栄養塩類の流入が加速され、それに対して個別の対策は実施されたものの、湖沼の水質改善は顕著な効果が表れていないのが現状である。

このような状況を背景として平成 17 年 6 月、公共用水域の更なる水質改善に向け、湖沼水質保全特別措置法(通称:湖沼法)改正案が成立した。改正湖沼法では、湖沼の水質の保全を図るため、市街地や農地等からの汚濁物質が水域へと流れ出す面源汚濁負荷対策の強化、湖辺の水環境の適正な保全等のための措置等を講じることとされ

ており、湖沼の水質保全を図るために関係する行政機関が連携して面源負荷対策の更なる充実を図ることが求められている²⁾。

本研究は、河川・湖沼の水質保全を図るための汚濁負荷の削減方策検討手法の提案を行うことを目的として、農地や都市域等の面源から発生する汚濁負荷に関する調査分析を行うとともに、関係省庁による連携施策の効果の分析・評価について検討を行った。

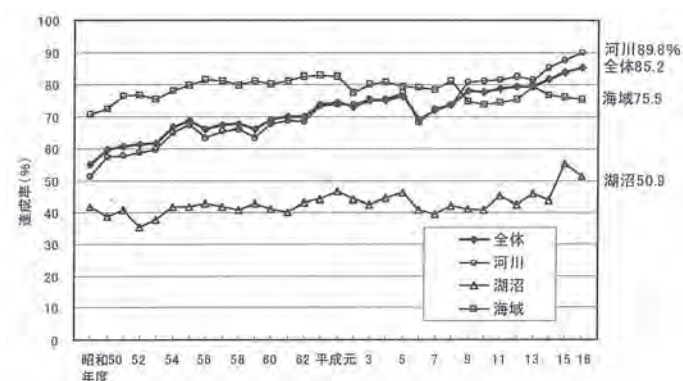


図 1-1 水質 (BOD, COD) の環境基準達成率の推移²⁾

2. 研究内容

本研究においては、湖沼法で指定されている 10 湖沼(以下、「指定湖沼」)における湖沼水質保全計画、面源負荷対策に関する既往のマニュアルおよびガイドライン、論文等の文献資料をもとに面源負荷に関する検討を行うとともに、対策効果の検討については霞ヶ浦を対象として数値シミュレーションモデルを用いてケーススタディを行った。主な検討項目は次に示す通りである。

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第二部長
** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第二部次長
*** パシフィックコンサルタンツ(株) 水工事業本部河川部(前研究第二部主任研究員)

- ① 湖沼水質に影響を与える負荷の整理
- ② 面源負荷量の算定
- ③ 面源負荷対策メニューの整理
- ④ 排出および流達負荷量の予測モデル
- ⑤ モデル地区における面源負荷対策検討

3. 面源からの負荷の考え方

3.1 湖沼水質に影響を与える負荷の整理

本研究では、図 3・1 に示す通り、湖沼水質に影響を与える負荷を外部負荷、内部負荷、直接負荷の 3 つに分け、外部負荷はさらに点源負荷と面源負荷に分けた。このうち、外部負荷は流入河川および残流域から湖沼等に流入する負荷であり本研究の対象とするものである。

面源負荷は、工場排水、生活排水等の点源からの負荷と異なり、面的な広がりを持つ市街地、農地、森林等からの負荷であり、汚濁物質の排出地点を特定することが難しい。汚濁源を点源と面源に区別する場合、土地利用にもとづいた地目分類を行うとともに、例えば、放牧における畜産ふん尿や畜産堆肥の農地還元を面源負荷として取り扱うか否か等、面源の定義および具体的な区分を明確にする必要がある。

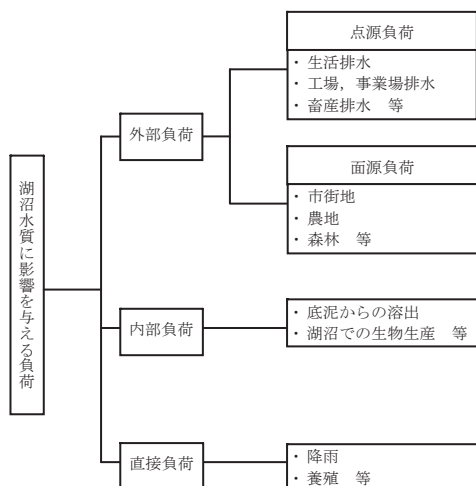


図 3・1 湖沼水質に影響を与える負荷の分類

また、負荷量を流出過程に着目して以下のように分類する。市街地、農地、森林等において主に人為活動により発生するものを発生負荷、発生負荷が降

水等に伴い水路や河川等に流出する地点での負荷を排出負荷、排出負荷が河川等を通じて保全対象水域（湖沼等）に流達する負荷を流達負荷と定義する。

排出負荷量の算定やモデルを用いた水質予測、対策評価を行うためには、より現実的で効率的な検討ができるような地目分類を行うことが重要である。本研究における面源負荷の地目分類は市街地、農地（水田および畑地）、森林（山林）、その他の地目（ゴルフ場、草原等）とした。

3.2 面源負荷量の算定

負荷量を把握する方法には、原単位法によるものと L-Q 式によるものがある。原単位法は発生負荷や排出負荷の発生源別原単位に発生源別基数を乗じることにより発生負荷量や排出負荷量を算定するものであり、地目ごとに負荷量を算出できることから、地目ごとに細かな対策を実施する場合の効果の予測、評価が可能である。

また、L-Q 式による方法は、対象流域の主要河川での流量および水質調査結果をもとに、流量と負荷量（流量×水質）の関係曲線（L-Q 図）を作成し、その曲線回帰式から負荷量を算出するものであり、調査対象流域からの全体負荷量の把握や一様な地目の流域での原単位の設定等に適用可能である。

本研究では、地目ごとの排出負荷量を算出できる「排出負荷原単位法」により負荷量を算定した。排出負荷原単位法は、汚濁物質が汚濁発生源の敷地境界または流域界から公共用水域に流出する地点（排水路等）で現地調査（水質・流量調査）を行い、直接、排出負荷量を計測することを基本とする方法である。ここでは、降雨時に 5～60 分間隔で採水した結果から求められる負荷量を一降雨について総和した量を調査時の排出負荷量とし、原単位＝調査時排出負荷量/調査時降雨量×年間降水量/365 日とした。

原単位の設定にあたっては、対策なしの原単位を基本とし、対策を実施する場合には、対策の内容に応じて対策ありの原単位を設定した。

対策ありの原単位算出は、対策実施によって削減

された単位面積当りの負荷量を対策効果と考え、対策なしの原単位に削減率等の削減係数を乗ずることにより行った。

4. 面源負荷対策の検討

4.1 面源負荷対策メニューの整理

湖沼等に流入する面源負荷対策には、発生負荷対策、排出負荷対策、流達負荷対策がある。面源負荷対策は発生負荷対策の実施が最も効果的であり、あわせて排出および流達負荷対策についても積極的に取り組む必要がある。

発生負荷対策は、市街地、農地、森林等において、主に人為活動により発生する負荷を対象とするものである。この段階では、人為活動による負荷の発生防止、各地域内で堆積した負荷物質の除去等の対策が考えられる。

排出負荷対策は、発生負荷が降水等に伴い水路や河川等に流出する負荷を対象とするものであり、雨水流出の制御、排出水の浄化等の対策がある。なお、森林からの流出は基本的に自然負荷であるが、森林の整備・保全施策は副次的に自然負荷を減らす効果があるとして、排出負荷対策に含めて取り扱った。

流達負荷対策は、排出負荷が河川等を通じて湖沼等に流達する負荷を対象とするものであり、流入河川等での浄化による流達削減対策が考えられる。この段階での水質は、実態上、市街地、農地、森林等の負荷が混在する³⁾。本研究では、排出および流達負荷対策を検討対象とした。これらの内容をとりまとめ、図4-1および表4-1に示す。

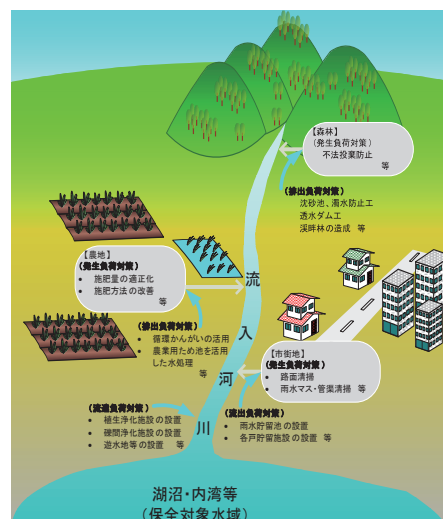


図4-1 面源負荷対策の位置づけ

表4-1 面源負荷対策のメニュー³⁾

区分	発生負荷対策	排出負荷対策	流達負荷対策
市街地	<ul style="list-style-type: none"> 雨水マス・管渠清掃 路面清掃 ゴミ等の投棄防止 樹木管理等の促進等 	<ul style="list-style-type: none"> 雨水浸透マス・トレンチ等による雨水の地下浸透の促進 雨水貯留池の設置 各戸貯留施設の設置 植生浄化施設の設置 合流式下水道における越流水量の低減等 	
農地	<ul style="list-style-type: none"> 施肥量の適正化 施肥方法の改善 肥料資材の改良 野菜作における輪作の導入 不耕起移植栽培 田植工程の改善等 	<ul style="list-style-type: none"> 循環かんがいの活用 農業用ため池を活用した水処理 農業用排水路の浚渫 浄化型農業用排水路の整備（植生浄化水路の設置等） 畦からの漏水防止 水管理の改善 土壌表面の被覆 防風対策 脱窒・リンの吸着機能の利用等 	（河川等における施策） <ul style="list-style-type: none"> 植生浄化施設の設置 縦間浄化施設の設置 薄層浄化水路の設置 遊水地等の設置 河道の浚渫 溪畔林・河畔林の整備 湿地・ワンド等の保全再生 池の活用等
森林	<ul style="list-style-type: none"> 不法投棄防止等 	<ul style="list-style-type: none"> 沈砂地、濁水防止工等の整備 透水ダム工等の整備 流木防止施設整備や流木の除去 森林等の適正管理（間伐の推進等） 溪畔林の整備等 	
その他	<ul style="list-style-type: none"> 土地利用の適正化 畜産堆肥の利用の適正化 ゴルフ場・観光施設等の負荷対策 住民等の取組の促進等 		

4.2 排出および流達負荷量の予測モデル

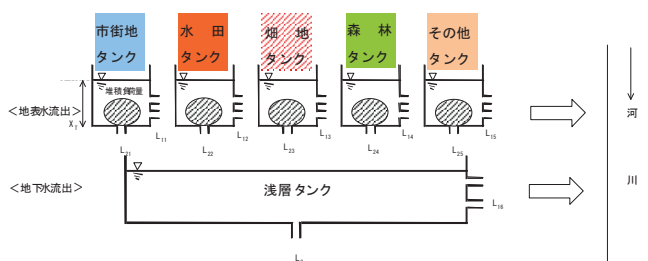
対策事業実施の効果把握や対策施設の効果的配置に関する検討を行うためには、流域の土地利用特性を反映できることに加え、水および物質の挙動を表現できるモデルが必要であり、分布型モデルや要素結合型モデルがある。本検討では、分布型モデルの簡易版とされる要素集合型モデルを用いて、排出および流達負荷量の予測・評価を行った。図4-2は要素集合型解析モデルの概要図を示しており、モデルの概要は次の通りである。

(1) シミュレーションモデルの概要

モデルは発生負荷量算出、排出負荷量計算および流達負荷量計算のサブシステムで構成される。発生負荷量は、流域をメッシュ分割し、国土数値情報のデータを基に同一の土地利用メッシュを総和することにより種別ごとに算出する。

面源からの排出負荷量は降雨と密接な関係にあることから、モデルの基本型として降雨流出解析に用いる表層タンク（5種目の土地利用）、浅層タンクからなる2段タンクとしたが、地下浸透をモデル化する場合には深層タンクを設定し、タンクを3段とするのが一般的である⁴⁾。各タンクの流出孔の高さ、流出係数、浸透係数等は再現計算を行い設定した。本モデルの特徴は次のようである。

- 1) 土地利用別に水・物質の挙動を表現できる
- 2) ブロック単位で施設の配置検討が可能である
- 3) 施設の削減方式をモデル化することができる
- 4) 地表面への汚濁物質を降雨または流量と応答させることができる
- 5) 汚濁物質の地下水への浸透や土壌内蓄積および溶脱を表現できる(堆積、掃流)
- 6) 水量、水質負荷量を時系列的に評価できる
- 7) 流域の社会環境が変化した場合でも対応できる(GIS利用)
- 8) 面源、点源を併せて評価できる



* 市街地タンク：幹線道路＋「生活道路＋宅地」に分けて計算
畑地タンク：対策効果を加味していない
その他タンク：荒地・水面等

図 4.2 モデルの概念図

流達負荷量の計算は、流れを一次元モデルとし、河道内での水質浄化は Streeter-Phelps 式を用いて行った。河道内での浄化は、水中の溶存酸素 (DO) 消費に関係する生物学的分解と、DO 消費に関係し

ない沈殿や吸着などの物理的作用とにより減少するものに分けられ、前者の減少係数は脱酸素係数と呼ばれる。この脱酸素係数は河川中の汚濁物質の性質によって定まり、0.05～0.30/日程度の範囲⁵⁾とされており、物理的作用による効果は個々の河川における調査に基づいて設定するが、調査結果が得られないことから、本検討では安全側を考慮して考慮しないこととした。

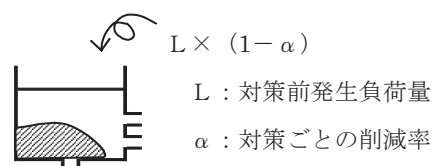
(2) 各対策のモデル化

面源負荷削減は、表 4.1 に示したように原単位そのものを削減する対策と、流下過程で負荷量を削減する対策に分類できる。削減方法の特性を考慮してパターン化を行い、モデル化を行った。本モデルにおいて設定した対策ごとの削減率は対象とする水質項目 (COD, TN, TP) ごとにそれぞれ異なる値となる。

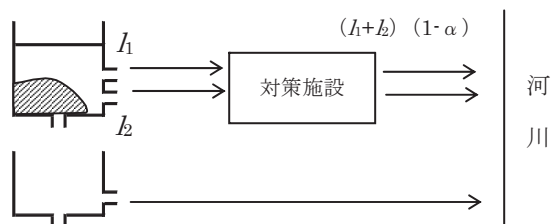
表 4.2 各対策のパターン化

対策名	パターン	対策名	パターン
市街地	雨水浸透マス・トレンチ	河川	湿地による浄化
	路面清掃		植生浄化
森林	透水ダム工		礫間接触浄化
	浄化池の設置		池による浄化
農地	植生浄化水路の設置		
	循環かんがいの利用		

① パターン 1：発生負荷原単位を減じる方法



② パターン 2：流出してきた負荷量を減じる方法



表層タンクから流出する負荷に対策ごとの削減率を乗じ、河川へ流出させる。本検討では地下水への

負荷の移動は考慮しなかったことから、深層タンク（地下水流出）を取り込んでいない。

なお、この対策は施設の特性によって処理可能な流量に上限がある場合もあることから、他事例をもとに次章で示すモデル地区を対象に表 4・3 に示す処理可能な最大流量（対象流量）を設定し、それ以上の流出量については負荷を削減させないものとした。

表 4・3 対策の処理最大流量

		対象面積 (ha)	最大流量 (m ³ /s)
森 林	透水ダム工	各流域とも 30	森林は、施設の特性から、流出量の全量を処理できるものとした。
農 地	浄化池	303	0.400
	植生浄化	299	1.266
		198	0.839
	浄化池	579	0.765

③ パターン 3：表層タンクに堆積した負荷量を除去する方法

路面清掃のように表層に堆積した負荷量を一定周期（例えば 2 週間に 1 回）で排除する方法。



④ パターン 4：河道内通過負荷量を減じる方法

河川に流出した負荷量のうちの一部を対策施設に迂回させて浄化した後に河川へ戻す。本検討では、他事例を参考に、施設で処理可能な最大流量を表 4・4 のように設定し、この流量以上については施設を通さず、そのまま下流へ流下するものとした。

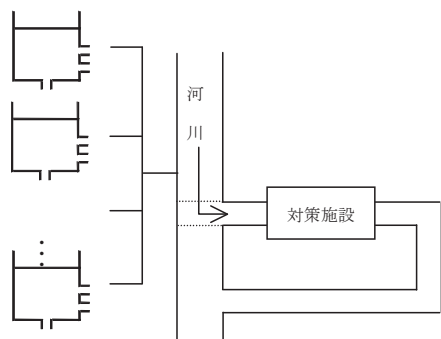


表 4・4 処理最大流量

対策名	最大流量 (m ³ /s)	対策名	対象流域	最大流量 (m ³ /s)
礫間浄化	0.700	湿地による浄化	5	0.110
池による浄化	0.055	植生浄化	5	0.055

5. モデル地区における面源負荷対策検討

5.1 原単位の設定

霞ヶ浦を対象としたケーススタディの実施にあたり、面源の排出負荷原単位は、水田、畑地、森林、その他については第 4 期霞ヶ浦水質保全計画の値とし、市街地および道路については「市街地のノンポイント対策に関する手引き 平成 14 年 3 月」⁶⁾の巻末資料に記載されている調査データの中央値とした。この結果を表 5・1 に示す。なお、点源負荷量は別途算定した。

表 5・1 面源の原単位

	小項目	単位	COD	TN	TP	備考
市街地	市街地	kg/km ² /日	12.3	3.49	0.252	「市街地のノンポイント対策に関する手引き 平成 14 年 3 月」(表 2-4)の既往調査 9 データの中央値 (霞ヶ浦流域を含む)
	道路	kg/km ² /日	37.3	3.7	0.292	「市街地のノンポイント対策に関する手引き 平成 14 年 3 月」の既往調査 7 データの中央値
水田	水稲田	kg/km ² /日	6.62	2.24	0.074	第 4 期霞ヶ浦水質保全計画の値
	転作田	kg/km ² /日	1.11	2.99	0.076	
	不作付田	kg/km ² /日	3.72	2.00	0.085	
畑地	畑地	kg/km ² /日	2.45	3.75	0.076	第 4 期霞ヶ浦水質保全計画の値
森林	森林	kg/km ² /日	3.83	1.56	0.054	第 4 期霞ヶ浦水質保全計画の値
その他		kg/km ² /日	3.83	1.56	0.054	第 4 期霞ヶ浦水質保全計画の値 (森林と同一値を適用)

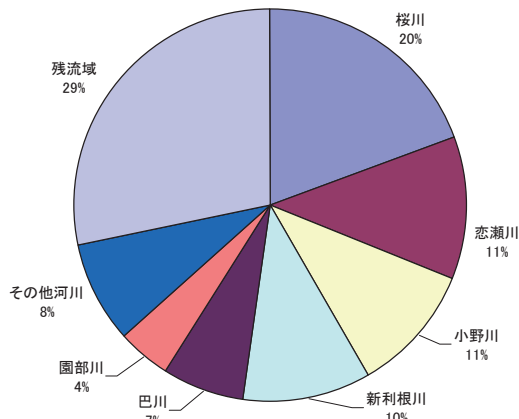
5.2 対策が必要な流域の設定

5.2.1 モデル流域（桜川）の選定

モデル流域は以下の観点を踏まえ、「桜川」を選定した。

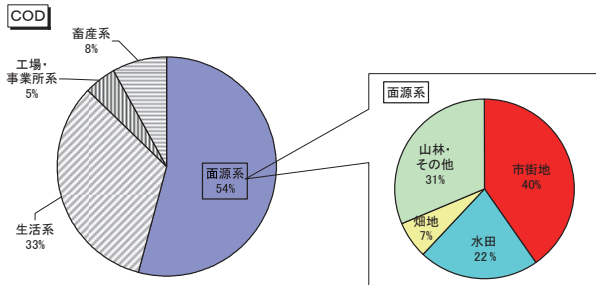
- ・霞ヶ浦への流入汚濁負荷の影響の観点から、流入河川のうち負荷量の割合が大きいこと (図 5・1)。
- ・流域における対策の評価の観点から、面源負荷における市街地、農地、森林の負荷量割合が概ね均等であること。
- ・河川の水文・水質データ（流量の自記計測、定期流量・水質調査）および既往の調査結果が活用できること。

COD



※第4期霞ヶ浦湖沼水質保全計画資料を基に作成

図 5-1 流入河川別の面源負荷比率 (平成 12 年時)



※第4期霞ヶ浦湖沼水質保全計画資料を基に作成

図 5-2 桜川の流入汚濁負荷特性 (平成 12 年時)

5.2.2 モデル流域の概要

桜川流域は、上流域に筑波山塊を有し、桜川市（旧：岩瀬町、大和村、真壁町）、筑西市の一部（旧：協和町）、つくば市および下流域の土浦市（旧新治村を含む）を流下し、霞ヶ浦へ流入する。流域面積は 350.3km²、流路延長は 63.41km であり、霞ヶ浦への流入河川で最も流域面積が大きな河川である。桜川流域では、上流部に森林地域、中流部から下流部で水田、畑の多い農業地域であり、主な市街地は、つくば市、土浦市があげられる。

5.3 対策案の検討

5.3.1 対策の選定

表 4.1 に示した面源負荷対策のメニューから、10 年程度の事業期間を前提として実施可能な面源負荷対策を選定した結果を表 5-2 に示す。

表 5-2 選定した面源負荷対策

	対策名	対策内容	実施主体	選定理由
市街地	雨水浸透マス・トレンチ等による雨水の地下浸透の促進	降雨の一部を、ますや管渠等の施設から地中に浸透させ、雨水流出量を抑制することにより流出負荷量を削減する方法。	地方自治体 個人	下水道の整備状況および住民の協力に依存するところもあるが、簡易な排水設備にも適応できる。また、段階的施工が可能であり、初期投資が小さく済む。
	路面清掃	晴天時に清掃車両等により路面を清掃し、堆積している汚濁負荷を除去することにより、雨天時の発生負荷量を削減する方法。	地方自治体	処理施設等の建設を必要とせず、下水道の整備状況にも左右されない対策である。
農地	浄化池（植生浄化・礫間浄化含む）の設置	農業用水を貯留するため池を浄化池として利用し、併せて植生浄化施設等を設置し、水質浄化を図る方法。	地方自治体	ため池や調節池を有効活用し、植生浄化施設等を設置するものであり、ため池や調節池がある地域において経済性が高く効率的である。
	植生浄化水路の設置	農業用排水路を活用して、植生浄化施設、礫間浄化施設を設置するもので、有機物と SS の削減を図る方法。	地方自治体	桜川に流入する農業用排水路に植生浄化施設や礫間浄化施設を設置するものであり、用地の制約も少なく、水路の改修も最小限に抑えることができることから、汎用性が高い。
	循環かんがいの利用	用排水をかんがい用水として循環利用することにより、公共用水域への汚濁負荷量を削減し、併せて水田の持つ浄化機能を利用し水質浄化を図る方法。	地方自治体	削減効果は大きいものの、用排水を循環させるための揚水にエネルギーを必要とする。ゆえに揚水に必要なエネルギーを最小限に抑えるよう、低平地に適用することが有効である。
森林	透水ダム工	森林内溪流に透過性鋼製自在枠ダムを設置し、溪流水を浄化する方法。	地方自治体	これらの森林地の地質は、花崗岩類である地域が多く降雨時に土砂の流出が生じやすい。また、土壌層が薄く貧弱な森林が多い。下流に住宅地があり傾斜の大きい森林内の溪流において、降雨時の土砂流出防止を主体として、透水ダム工を実施することとした。
河川	湿地による浄化	河口部河川敷に湿地を設け、湿地の有する自然浄化機能による水質浄化を図る方法。	国 地方自治体	下流部における施策として、湿地による浄化や内湖における浄化が考えられる。桜川の場合、人工内湖を設置する必要があるが、河口部には土浦の市街地が広がっており、治水上の問題等が生じる可能性がある。そのため、懸濁物質の流出対策として同等の機能を有する、堤内地の遊休地などを利用した湿地による浄化を配置することとした。
	植生浄化（ヨシ等）	河口部河川敷に植生浄化水路を設置し、水生植物による水質浄化を図る方法	国 地方自治体	溶存態の窒素、リンを効率的に除去できる植生浄化を湿地による浄化の下流に接続して配置した。これにより、湿地において懸濁物質を沈降させたのちに、溶存態を植生浄化により除去することとした。植生については、霞ヶ浦の沿岸等に生育しているヨシ等とすることを想定した。
	礫間接触酸化施設による浄化	河川敷に礫間接触酸化施設を設置し、礫表面に付着した生物膜により浄化を図る方法。	国 地方自治体	中流部における施策としては、植生浄化、礫間浄化、薄層流浄化などの施策が考えられる。上流部等から流出する有機物等を除去することが可能であり、河道内に設置することが可能な礫間浄化を選定した。
	池による浄化	河川敷の池を活用し、池の有する自然浄化機能を活用する方法。	国 地方自治体	桜川の下流部の河道内に、止水域となつて池となっている場所があることから、これを利用した湿地による浄化を想定した。河道内であることから、大規模出水時には機能できなくなる可能性はあるが、中小規模の出水に対して、懸濁物質の沈降等の効果は見込めるものと考えた。

表 5-2 に示した面源負荷対策について、各施設による汚濁負荷除去率を設定した結果を表 5-3 に示す。

表 5-3 対策実施の対象面積と対策ごとの削減率

	施策名称	削減率			除去率設定の考え方
		COD	TN	TP	
市街地	雨水浸透マス・トレンチ等による雨水の地下浸透の促進	27%	27%	27%	市街地のノンポイント対策に関する手引き(案)の年間シミュレーション計算をもとに試算した。
	路面清掃	10%	10%	10%	・和田和彦、三浦浩之「都市域ノンポイント汚染源負荷の堆積・流出挙動モデルと流出制御に関する研究、(土木学会論文集 No. 559、VII-2、pp.61-71、1997)」による ・全道路(幹線道路)面積からの発生汚濁負荷量に対して ⁷⁾
排出・流出負荷削減対策	浄化池(植生浄化・礫間浄化含む)の設置	8%(灌漑期)	1.1%(灌漑期)	24.7%(灌漑期)	既往実施計画から設定
		25%(非灌漑期)	2.5%(非灌漑期)	30.7%(非灌漑期)	
	植生浄化水路の設置	36%	34%	34%	既往実施計画から設定
	浄化池(植生浄化・礫間浄化含む)の設置	8%(灌漑期)	1.1%(灌漑期)	24.7%(灌漑期)	既往実施計画から設定
		25%(非灌漑期)	2.5%(非灌漑期)	30.7%(非灌漑期)	
循環灌漑の利用	27%(代かき期) 38%(普通期)	60%(代かき期) 62%(普通期)	43%(代かき期) 56%(普通期)	既往調査実績の平均値から設定	
透水ダム工	15%	15%	15%	既往調査実績の平均値から設定	
流達負荷削減対策	湿地による浄化	15%	40%	50%	既往調査実績から設定
		植生浄化(ヨシ等)	30%	30%	
	礫間接触酸化施設による浄化	60%	15%	15%	既往調査実績の平均値から設定
	池による浄化	—	15%	15%	既往調査実績から設定

5.3.2 モデル流域の分割

図 5-3 は桜川流域の分割図を示しており、桜川流域を水質調査地点および主要な支川合流点を考慮して、5 つの小流域に分割した。小流域における土地利用状況は表 5-4 に示す通りである。

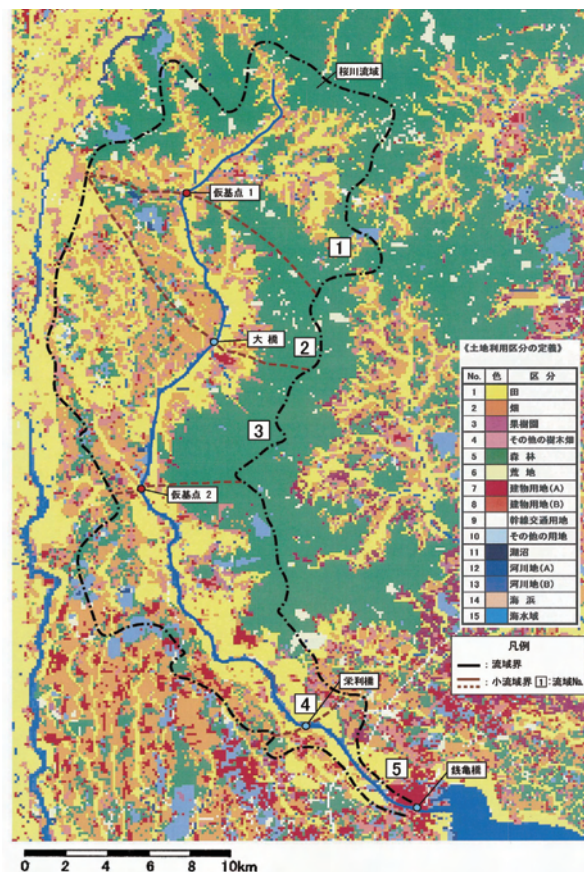


図 5-3 桜川流域の分割図

表 5-4 桜川流域の土地利用状況

小流域		上段：面積 ha					下段：(比率) %	
		市街地+道路	水田	畑地	森林	その他(荒地等)	合計	
1	上流	799	2,052	1,278	3,701	845	8,675	
		(9.2%)	(23.7%)	(14.7%)	(42.7%)	(9.7%)	(100.0%)	
2	上流	451	915	696	1,774	339	4,175	
		(10.8%)	(21.9%)	(16.7%)	(42.5%)	(8.1%)	(100.0%)	
3	中流	1,521	3,293	1,975	3,005	631	10,425	
		(14.6%)	(31.6%)	(18.9%)	(28.8%)	(6.1%)	(100.0%)	
4	中流	1,214	2,989	1,667	2,608	997	9,475	
		(12.8%)	(31.5%)	(17.6%)	(27.5%)	(10.5%)	(100.0%)	
5	下流	139	333	194	93	166	925	
		(15.0%)	(36.0%)	(21.0%)	(10.1%)	(17.9%)	(100.0%)	
合計		4,124	9,582	5,810	11,181	2,978	33,675	
		(12.2%)	(28.5%)	(17.3%)	(33.2%)	(8.8%)	(100.0%)	

5.3.3 対策の配置案

5 つの小流域の特性を考慮して、下記に示すような考え方にもとづき、対策案を配置した。配置した流域と対策内容を表 5-5 に、各対策の基本的な配置場所を図 5-4 に示した。

- ・市街地：市街地は No3 流域，No4 流域にやや集中しているが、その他の流域にも広がっており、全流域での実施が可能であるため、それぞれの市街地面積に応じて配置した。
- ・農地：農地は桜川に沿って 5 流域ともまとまって存在することから、5 流域の適所で対策

を行う。なお、対象とする場所は、農地がまとまっている区域、用排水の系統が明確となっている区域、施設の維持管理の確実性が見込める区域とし、各流域で農業用排水路が桜川あるいは支川に排水する地点とし、それぞれの地理的条件、排水状況等やそれぞれの工法の特徴を考慮し、適切な対策を流域ごとに配置した。

- ・ 森林：森林面積の少ない No5 流域以外の 4 流域に対して、同等の対象面積として配置した。
- ・ 河川：河川は中流域以降で大きな支川の合流はなく、下流に行くに従って河川数が広く、施設の設置可能な場所があること、また集水面積が大きい下流部では、対象流量が大きくなることから No3 流域～No5 流域の中下流域に配置した。

表 5.5 対策案の対象面積

	対策名	実施主体	対象地目	小流域 No.	対象面積 (ha)	
					() : 小流域面積に対する比率 (%)	
排出負荷対策	雨水浸透マス・トレンチ等による雨水の地下浸透の促進	地方自治体 個人	生活道路 宅地	1	784	(100.0)
				2	451	(100.0)
				3	1518	(100.0)
				4	1200	(100.2)
				5	127	(100.0)
	路面清掃	地方自治体	幹線道路	1	15	(100.0)
				3	3	(100.0)
				4	14	(100.0)
				5	12	(100.0)
				浄化池(植生浄化・礫間浄化含む)の設置	地方自治体	水稲田
	2	598	(65.4)			
	3	701	(21.3)			
	4	1158	(38.7)			
	5	111	(33.3)			
	浄化池(植生浄化・礫間浄化含む)の設置 循環かんがいの利用	地方自治体	水稲田	1	60	(0.8)
2				60	(1.7)	
3				60	(1.0)	
4				60	(1.2)	
5				60	(1.2)	
森林	地方自治体	森林	1	60	(0.8)	
			2	60	(1.7)	
			3	60	(1.0)	
			4	60	(1.2)	
			5	60	(1.2)	
流達負荷対策	河川	河川	1	4	※	
			2	2	※	
			3	1	※	
			4	2	※	
			5	2	※	

※施設面積

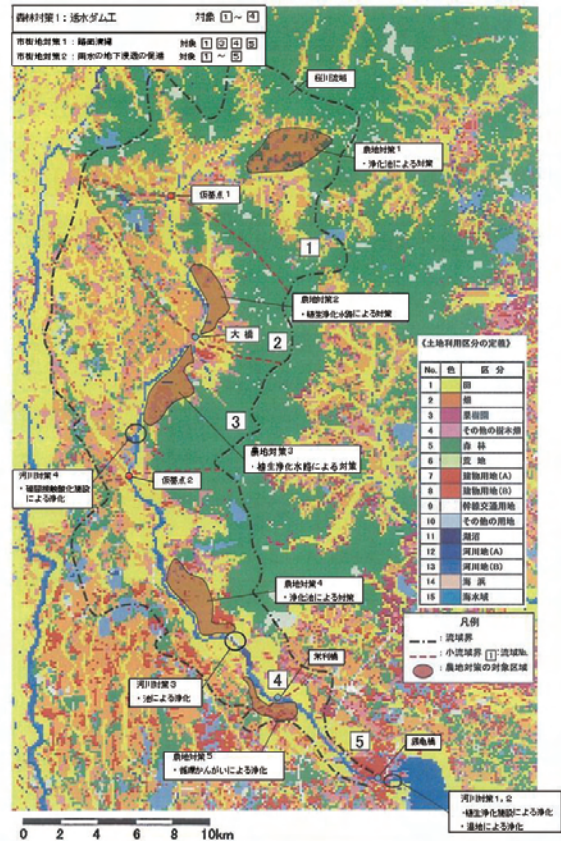


図 5.4 各対策の配置図

5.3.4 排出負荷量の予測

シミュレーションによって算定された各地目タンクからの地表排出負荷量と点源からの排出負荷量をまとめると表 5.6 の通りとなる。各面源の排出負荷量は、基本的には年間計算を行い、それを 365 日で割り戻して日平均負荷量として示した。なお、面源負荷量は表 5.1 に示す地目別原単位にメッシュごとの地目別面積⁸⁾を乗じて算出した。また、点源負荷量は第 4 期霞ヶ浦水質保全計画等の原単位と人口、産業、畜産等の点源情報⁹⁾を用いて算出した。面源負荷量と点源負荷量は同程度となるが、ここでは面源を対象として検討を行った。

表 5.6 地目別排出負荷量と点源からの排出負荷量

小流域 No.		市街地		水田	畑地	森林	その他	面源	点源	面源+点源の合計
		生活道路+宅地	幹線道路							
1	COD	63.58	2.68	139.65	64.08	81.95	35.98	387.92	445.23	833.15
	TN	26.48	0.52	48.54	37.44	42.29	18.73	174.01	162.70	336.71
	TP	1.34	0.03	2.62	1.40	1.61	0.71	7.72	16.80	24.52
2	COD	36.51	0.02	61.92	34.70	38.88	14.55	186.58	171.50	358.08
	TN	15.28	0.00	21.63	20.27	20.09	7.59	84.86	69.66	154.52
	TP	0.77	0.00	1.16	0.76	0.77	0.29	3.75	7.21	10.96
3	COD	115.06	0.49	207.09	90.20	62.03	26.28	501.15	724.05	1225.21
	TN	50.25	0.10	73.52	53.40	32.61	14.06	223.94	297.70	521.64
	TP	2.43	0.01	3.90	1.97	1.23	0.52	10.06	30.93	40.99
4	COD	75.90	1.99	167.65	65.11	42.60	32.80	386.06	327.64	713.70
	TN	31.67	0.38	57.61	38.02	21.95	17.11	166.75	145.30	312.05
	TP	1.60	0.02	3.12	1.42	0.83	0.64	7.64	16.99	24.63
5	COD	8.02	1.73	18.68	7.35	1.50	5.27	42.55	37.17	79.73
	TN	3.27	0.32	6.29	4.23	0.76	2.72	17.60	11.44	29.04
	TP	0.17	0.02	0.35	0.16	0.03	0.10	0.82	3.67	4.49

面源負荷量と点源負荷量の比率および面源負荷量の構成比は図 5-5 の通りであり、総負荷量に占める面源負荷量の割合は COD, TN で 50%弱, TP で 30%程度である。なお, TP の総負荷量に占める点源負荷量割合が 70%と大きいのは, 畜産と生活排水の負荷量割合が大きいことによるものである。また, 面源負荷量の割合は, どの水質項目においても, 水田の割合が最も高く, 次に市街地, 畑地, 森林がほぼ同じ割合となった。

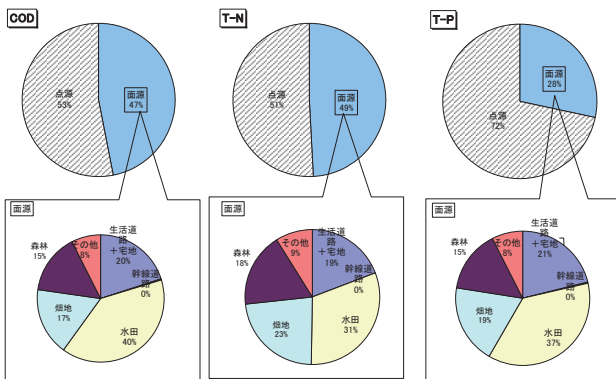


図 5-5 モデルによる排出負荷量の割合

5.4 排出負荷量削減効果の検討

(1) 流域全体での面源負荷削減効果

桜川下流端での流達負荷量について, 表 5-5 で設定した全ての対策を実施しなかった場合と全ての対策を実施した場合を比較することで流域全体の面源負荷削減効果(排出および流達負荷対策による削減効果)を評価した。

この結果を表 5-7 に示す。これより, 全ての対策を実施した場合(全ての対策あり), COD で約 10%, TN で約 11%, TP で約 13%の削減となり, 概ね流域全体での面源負荷量の 1 割強の削減となった。

表 5-7 流域全体での面源負荷削減効果

	面源負荷量		削減量	削減率
	全ての対策なし	全ての対策あり		
	kg/日	kg/日	kg/日	%
COD	1,243	1,119	124	10.0
TN	480	425.5	55	11.5
TP	16.8	14.6	2.2	13.1

削減量=面源負荷量(全ての対策なし) - 面源負荷量(全ての対策あり)
 削減率=削減量/面源負荷量(全ての対策なし) × 100

(2) 地目別の排出負荷削減効果(河川における浄化を除外)

地目別の表層タンクから表面流出する排出負荷量について表 5-5 で設定した各地目の排出負荷対策を実施しなかった場合と実施した場合を比較することで地目別の排出負荷削減効果(河川における浄化は含まず)を評価した。

この結果を表 5-8 に示す。この結果より, 各地目の合計の年間平均値において, COD で約 93kg/日, TN で約 26 kg/日, TP で約 1.5 kg/日削減される結果となった。

表 5-8 地目別の排出負荷削減効果

		排出負荷量(kg/日)		削減量(kg/日)	
		対策なし	対策あり	()書き	削減率(%)
COD	市街地	299.1	253.2	45.9	(15.3)
	幹線道路	6.9	6.3	0.6	(8.7)
	水田	595.0	549.8	45.2	(7.6)
	畑地	261.4	261.4	0.0	(0.0)
	森林	227.0	226.2	0.8	(0.4)
	その他	114.9	114.9	0.0	(0.0)
	合計	1504.3	1411.8	92.5	(6.1)
TN	市街地	127.0	112.6	14.4	(11.3)
	幹線道路	1.3	1.2	0.1	(7.7)
	水田	207.6	196.4	11.2	(5.4)
	畑地	153.4	153.4	0.0	(0.0)
	森林	117.7	117.3	0.4	(0.3)
	その他	60.2	60.2	0.0	(0.0)
	合計	667.2	641.1	26.1	(3.9)
TP	市街地	6.31	5.37	0.94	(14.9)
	幹線道路	0.07	0.07	0.00	(0.0)
	水田	11.15	10.59	0.56	(5.0)
	畑地	5.71	5.71	0.00	(0.0)
	森林	4.47	4.46	0.01	(0.2)
	その他	2.27	2.27	0.00	(0.0)
	合計	29.98	28.47	1.51	(5.0)

(備考)河川における浄化は含まない排出負荷削減効果を示している。また、畑地については、検討対象としなかったため削減量をゼロとしているが、実際は面源対策を行うことが可能である。

(3) 河川浄化による面源負荷削減効果

表 5-5 による河川浄化の面源負荷削減効果を表 5-9 に示した。この結果より, 河川浄化による面源負荷削減効果は, COD で 31.6 kg/日, TN で 28.6 kg/日, TP で 0.69 kg/日それぞれ削減される結果となった。

表 5-9 河川浄化による面源負荷削減効果

	項目	削減量(kg/日)
COD	流域全体での負荷削減量	124.1
	地目別の排出負荷削減量	92.5
	河川による削減量	31.6
TN	流域全体での負荷削減量	54.7
	地目別の排出負荷削減量	26.1
	河川による削減量	28.6
TP	流域全体での負荷削減量	2.20
	地目別の排出負荷削減量	1.51
	河川による削減量	0.69

(4) 面源負荷削減対策効果の構成

表 5・8 に示した地目別の排出負荷削減量と河川浄化による面源負荷削減量を図 5・6 に示した。ここで、削減寄与率は流域全体での面源負荷削減量に対する地目別の排出負荷削減量もしくは河川浄化の面源負荷削減量の割合とした。

この結果より、COD 削減に占める対策効果が最も高いのは市街地での対策を実施した場合であり、次に水田における対策、河川における対策による効果の順となる。

TN 削減に占める対策効果は、河川における対策実施が約 50%，次いで市街地における対策、水田における対策となっている。

TP 削減に占める対策効果は、市街地における対策が最も高く、河川、水田の順となる。

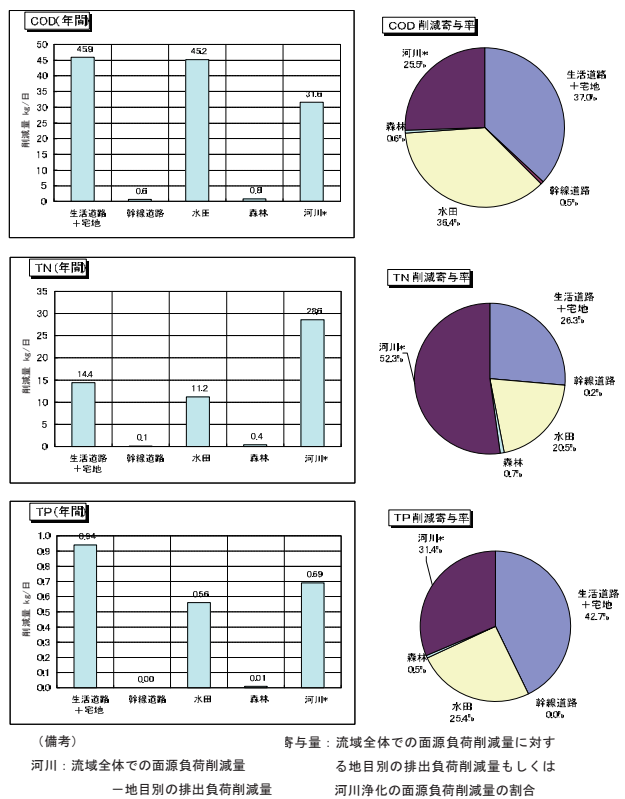


図 5・6 面源負荷削減効果の構成

(5) 森林を除いた削減量について

地目別の排出負荷には、自然負荷と人為的負荷がある。前者は、例えば適正に管理された森林からの負荷であり、後者は社会活動等による負荷である。

自然負荷は本来存在する負荷であり、削減が難しいものと考えられることから、ここでは、人為的負荷を対象として、削減目標達成案での削減量および削減率を求めた。具体的には、負荷量から自然負荷である森林分を除いて算定した。表 5・8 の各地目合計の排出負荷削減量から森林分を差し引いた結果を表 5・10 に示した。これより、森林からの負荷量を考慮しない場合の対策効果はいずれの水質項目についても 1 ポイント程度（1 割以上）高くなる。

表 5・10 森林分を除いた場合の排出負荷削減量

項目	削減量 (kg/日)	削減率 (%)	備考 (*)
COD	91.7	7.2	92.5-0.8=91.7
TN	25.7	4.7	26.1-0.4=25.7
TP	1.50	5.9	1.51-0.01=1.50

*表 5.8 の削減量の合計値より森林分を引いた

この結果に表 5・9 に示した河川浄化による面源負荷削減量を加えたものが、森林分を除いた場合の流域全体での面源負荷削減量（全ての対策あり）であり、これを対策なしの流域全体での面源負荷量で割ったものが森林分を除いた場合の流域全体での面源負荷削減率となる。

6. おわりに

今回のケーススタディでは、十分に検討がなされなかった点もあり、今後に向けての留意点を以下にまとめた。

- ①モデルの各種係数の検証や対策効果の評価等のために、種々の条件設定でシミュレーションを行うことが望ましい。
- ②今回の検討では、地目ごとの流域特性を考慮した対策を評価するため 5 つの流域分割を行った。しかし、実際の河川での検証を行っていないことから、再現計算に関しては十分とは言い切れない。したがって、地目構成を考慮した小流域の設定と適切な検証地点における負荷量調査が重要である。
- ③今回のモデルにおいては、畑地については検討の対象として含めなかった。しかしながら、畑地から

の排水に係る現地調査等を実施し、排水量を把握するとともに、対策による削減率を検証することは重要である。

④今回は霞ヶ浦流域の中の桜川流域を対象に検討を行ったが、基本的に、湖沼の総合対策を考える上では全流入河川流域を対象とした排出および流達負荷量と対策による削減効果を検証することが重要である。

⑤今回のモデルでは排出および流達負荷対策に着目して取り扱ったが、発生負荷対策を含めた総合的な評価・検討が望ましい。

⑥各地目の原単位や対策ごとの削減率は変動幅を有しているため、モデルによる検討では、入力精度やモデル自体の精度を考慮し、変動幅を持たせて結果を表現する方法もある。シミュレーションを行うにあたっては、それらの実態を把握した上で検討することが望ましい。

謝辞

検討に際しては、「湖沼水質のための流域対策検討会」（委員長：福島武彦 筑波大学大学院教授）の委員の皆様にご指導をうけたことをここに記述して御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 環境省(2005)：平成 17 年版 環境白書
- 2) 環境省 HP(改正湖沼法) <http://www.env.go.jp>
- 3) 「湖沼等の水質汚濁に関する非特定汚濁負荷対策ガイドライン」平成 12 年 12 月（環境庁を基に加筆，修正）
- 4) 国土交通省 国土技術政策総合研究所(2005)：「流域圏を対象とした水物質循環モデル」国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告第 2 号，pp.176～185
- 5) (社)日本下水道協会(1999)：「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説」平成 11 年版，pp.78～79
- 6) 国土交通省都市・地域整備局，(財)下水道新技術推進機構(2002)：「市街地のノンポイント対策に関する手引き」平成 14 年 3 月
- 7) 和田和彦，三浦浩之(1997)：「都市域ノンポイント汚染源負荷の堆積・流出挙動モデルと流出制御に関する研

究」，土木学会論文集 No.559，VII-2，pp.61-71

- 8) 国土交通省 国土技術政策総合研究所(2005)：「国土共通基盤 GIS データベースの開発」国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告第 2 号，pp.61～74

3. 湖沼の流入負荷に関する研究

阿部 徹*・斐 義光**・後藤 崇***

1. 研究の目的

湖沼は国民の生活や生産活動にとって重要な財産であり、治水機能、水資源の確保、水産資源の育み、自然環境の形成、レクリエーションの場の提供等の恵沢を国民に与えている。その一方で、閉鎖性水域となる湖沼の水理特性のため、流入した汚濁物質は蓄積しやすく、いったん水質が悪化するとその改善は容易ではないという特性を有している。

内湾や湖沼の閉鎖性水域における水質汚濁は、流域から流入する直接負荷に加え、植物プランクトンの増殖という有機物生産（内部生産）および底泥からの栄養塩類溶出という水域内部で発生する間接負荷と密接に関係する。近年、湖沼およびその周辺地域の開発、利用が一層進んでいることから、種々の汚濁物質が湖沼に流入して水質が悪化しており、放置すると湖沼の持つ自然・環境機能が失われていくことになる。

湖沼の水環境の保全に関する政策評価（総務省、H16.8.3）¹⁾において、今後の湖沼の水質保全策の推進を図るための主要課題の一つとして、各種汚濁発生源からの汚濁負荷を的確に把握するとともに、湖沼の水質汚濁機構を解明する必要があるとされている。

湖沼の水質汚濁機構を解明するためには、流域からの有機汚濁負荷および栄養塩類負荷の流出機構、内部生産による生成機構および底泥からの溶出機構を明らかにし、外部負荷と内部負荷に基づ

く物資収支を把握する必要がある。

わが国における湖沼の水質管理の現状においては、様々な水質問題への解決を図る過程で、水質汚濁機構について定量的に把握されているものの、湖沼の流動と水質の関係について十分に把握・考慮しないまま議論がなされてきた面もある。

そこで、本研究では、湖沼を管理する直轄の5河川事務所に対してヒアリングを行い、湖沼に流入する負荷量に関する調査の現状と課題をとりまとめ、湖沼の水質を適切に評価するための外部条件となる流入負荷量の精度向上に関する事項について検討を行ったものである。

主な検討項目は次に示す通りである。

- ①流域汚濁負荷量把握手法における課題
- ②流量－負荷量の特性検討
- ③流量別流入負荷量分担量に関する検討
- ④原単位法による流域負荷量把握の現状と課題

2. 流域汚濁負荷量把握手法における課題

湖沼の汚濁解析を行うにあたっては水質予測モデル等の手法を用いることになるが、流入負荷量は外部条件として必須となる、解析結果の精度を向上させるためには流入負荷量を精度良く算定することが重要である。現状では、流域汚濁負荷量は原単位法やL-Q関係を用いて推定されることが多く、流域からの汚濁負荷流出現象と現状の流入負荷量把握手法（流入負荷量＝流量×水質）を踏まえると、次のような課題がある。

* (財)河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第二部長
** (財)河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第二部次長
*** 株式会社日水コン 河川事業部技術第二部 (前研究第二部研究員)

流域内の負荷発生源は、山林・農地・市街地からの流出（面源負荷）だけでなく、家庭・畜産・産業などの人為的排出源（点源負荷）など多様である。

流域の負荷源の積み上げに基づいた負荷量把握においては、これら多様な負荷源からの負荷量をいかに精度よく評価するかが課題となる。例えば、海老瀬(1984)²⁾ は、農地での発生負荷量の推定について、田地と畑地とを分離して取り扱う必要性を指摘している。

直轄5湖沼においては、表2・1に整理した通り、社会環境や自然環境特性（分布状況、内訳等）の流域情報は概ね整備されているが、依然として負荷量を把握するためのデータは乏しい状況であり、以下のような課題がある。

- ・原単位について、流域特有の値を用いている湖沼もあるが、流域別下水道整備総合計画³⁾の一般的な値を用いている場合が多い。
- ・施肥量についてのデータが入手できていない。
- ・流域社会環境の古い年次のデータが入手できていない。
- ・水利用については水利権量で把握しているところもあり、実績値との整合性を図る必要がある。
- ・汚濁物質の排出地点が特定できる工場、事業場、家庭、下水処理場等からの点源負荷量についてはある程度把握できる。しかし、面源負荷量については、負荷状況の把握、算定精度が十分でないこと、対策ごとの効果把握が十分ではないなどの現状から、調査・監視体制の拡充などによる実態把握の精度向上が課題である^{4),5)}。

表2・1 直轄5湖沼における流域情報の整理状況

種別	項目	網走湖	小川原湖	霞ヶ浦	琵琶湖	中海・宍道湖
		情報の有無 (○又は×)	情報の有無 (○又は×)	情報の有無 (○又は×)	情報の有無 (○又は×)	情報の有無 (○又は×)
流域に関する情報	土地利用	○	○	○	○	○
	人口	○	○	○	○	○
	汚水処理形態別人口	○	○	○	○	○
	畜産頭数	○	○	○	○	○
	工業出荷額	○	○	○	○	○
	観光客 (入り込み客数)	○	○	×	○	○
	施肥量	×	×	×	×	×
	面源負荷の原単位	○	○	○	○	○
	生活系原単位	○	○	○	○	○
	畜産系原単位	○	○	○	○	○
	工業系原単位	○	○	○	○	○
	気象 (降水・風など)	○	○	○	○	○
	降水の水質	×	×	○	○	○
	地質	○	○	×	○	○
湖沼の負荷収支に関する情報	流入河川流量	○	○	○	一部○	直轄河川（斐伊川）は把握しているが、その他の河川は把握していない。
	流出河川流量	○	△	○	○	宍道湖：大瀬川 ○ 宍道湖：佐野川 ○ 中：海：堀水道 ○
	流入河川水質	○	○	○	一部○	○
	流出河川水質	○	○	○	○	○
	湖水位	○	○	○	○	○
	湖沼水質（断面分布）	○	○	×	一部○	○
水質目標に関する情報	水利用状況	○	○	○	○	○
	生物生息・生育状況	○	○	○	○	○

3. 流量—負荷量の特性検討

各湖沼から収集した水質データを基に、流量-負荷量(L-Q)関係について検討した。従来の各湖沼でのL-Q関係の整理方法は、河川流入流量および負荷量の調査結果を全て同一グラフにプロットし、最小二乗法で回帰式を作成するものがほとんどである。本検討では、精度の高いL-Q式を作成するためには、どの程度の河川流量に対する負荷量を現場で把握する必要があるかについて明らかにすることを目的とし、以下の視点からL-Q関係を分類・比較した。

- ・季節により流域状態が大きく異なる例～流域が雪により被覆されていることによる相違
- ・季節により利水状況が大きく異なる例～かんがいの有無による相違
- ・負荷物質の存在形態による相違

3.1 季節による流入負荷量特性の検討

(1) 降雪による影響

森林域からの負荷の流出経路として、大きく地

表（表面流出）と土壌内の浸透流（中間流出・基底流出）の2つがある。とくにリンについては、総リン（T-P）の大部分が溶存態である観測結果が多いが、降雨時には粒子態のリンの比率が高くなるという調査報告がある。また、有機性汚濁指標（COD）については、ダム貯水池の検討等において、出水時に懸濁物質（SS）由来のCODが増加することも報告されている。

これら出水時に増加する粒子態の成分は、降雨時に土壌表面に蓄積された粒子態の物質が洗い流され、表面流出として河川に出てくるものと考えられる。

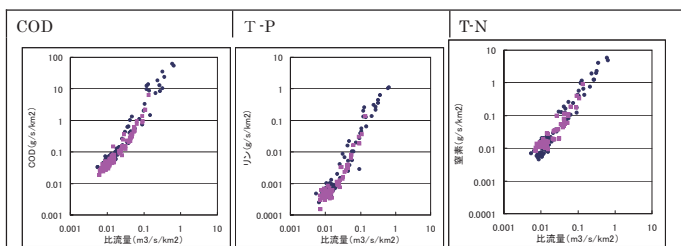
冬季に流域で積雪のある河川においては、降雨よりも雪由来の流出が多くなる場合があると考えられる。土壌表面が雪に覆われている場合には、降雨時と異なり、土壌表面の物質はフラッシュされることはなく、むしろ土壌中に浸透して流出する成分が多くなる場合や融雪出水により粒子態成分が流出する可能性があることから、L-Q 関係に及ぼす積雪の有無の影響について検討した。検討対象は、雪のある季節について回答が得られた3湖沼とした。

表 3-1 各湖沼の積雪（+融雪）期間

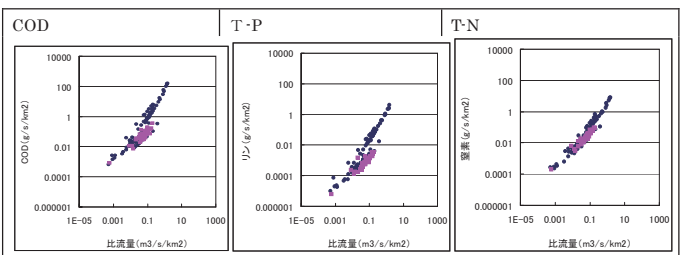
検討対象湖沼名	積雪・融雪期間
網走湖	12～5月（融雪期：4～5月）
小川原湖	12～3月（融雪期：4月）
琵琶湖	12～3月（融雪期：4月）

表 3-1 に示す積雪・融雪期間について、L-Q 関係を分けて整理した結果を図 3-1 に示す。これより、全体的には雪の有無による L-Q 特性の違いは必ずしも明瞭ではない。この理由の1つとして、積雪・融雪期における河川流量の大きい時のデータが計測されていないことが考えられる。

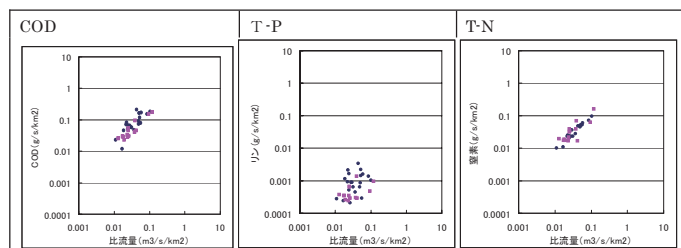
七戸川の例を用いて示すと、雪のある期間のデータが相対的に負荷量が小さい傾向が見られる。雪の有無による違いは T-N よりも COD や T-P の方が比較的明瞭に表れている。以上のことより、L-Q 関係の整理にあたり、雪の有無に応じてデータを分類することにより、負荷量推定の精度を向上できる場合がある。



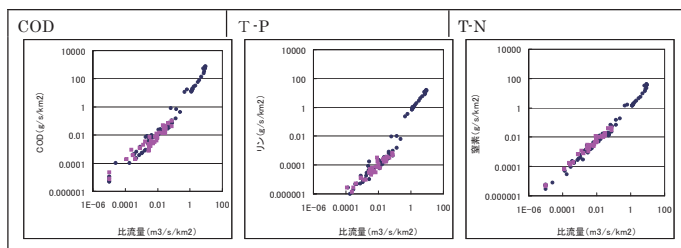
(1) 網走湖 網走川



(2) 小川原湖 七戸川・上野



(3) 琵琶湖 愛知川



(4) 琵琶湖 安曇川

凡例 ●：雪ありの季節 ●：雪なしの季節

図 3-1 雪の有無による L-Q 関係の違い

(2) かんがいによる影響

農耕地での負荷源は、降雨、大気からの降下物、施肥、土壌、作物が挙げられる。このうち、土壌や作物は栄養塩の取り込み（吸収、一次生産、分解、吸着）を行うことから、負荷減となり、また浄化機能も持ち合わせている。しかし、代掻きや田植えの期間には施肥量が多いので一時的に排出負荷量が増加する。

以上のように、かんがい期には非かんがい期にはない施肥等の負荷源や経路（水田）があるため、

河川の L-Q 特性も異なる可能性がある。

そこで、かんがいの有無による L-Q 関係の違いが生じているかどうかについて検討した。なお、代掻き期には人為的に水田からの濁質負荷が増加することが報告されていることから、かんがい期間内でも代掻き期のデータを区分して整理した。

かんがい期間における L-Q 式はいずれの湖沼においても検討されているため、全 5 湖沼を対象として整理した。

表 3-2 かんがい期間（直轄 5 湖沼）

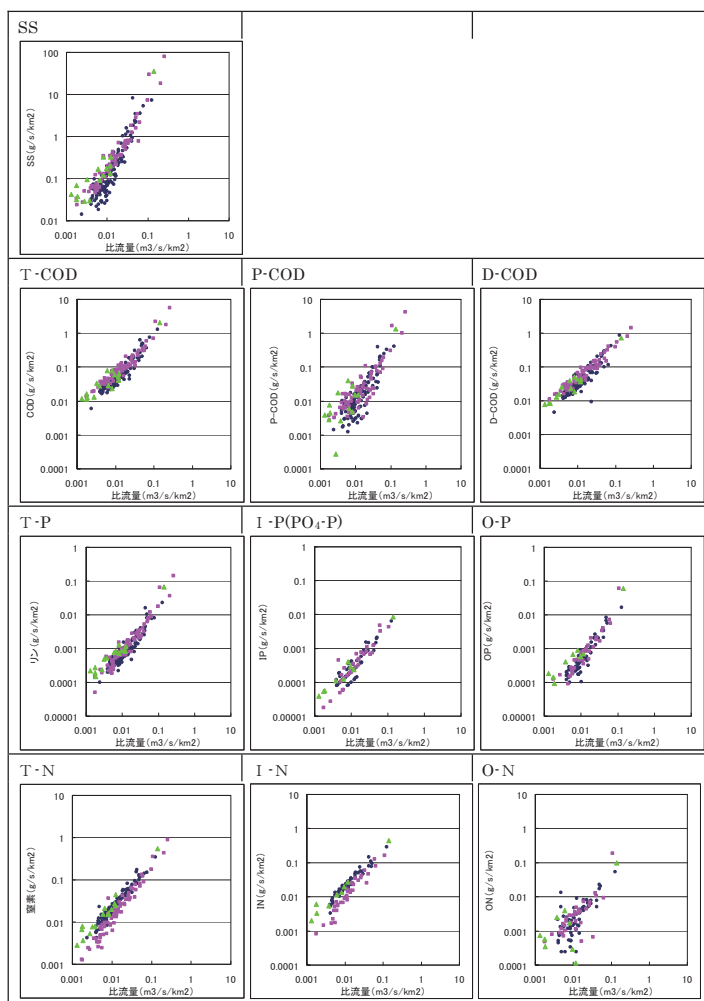
湖沼名	かんがい期間
網走湖	5/1~9/10（代掻き期 5月）
小川原湖	5~9月（代掻き期 5月）
霞ヶ浦	4~8月（代掻き期 4月）
琵琶湖	4~9月（代掻き期 4月）
中海・宍道湖	5~8月（代掻き期 5月）

霞ヶ浦のデータはかんがい期に霞ヶ浦の水が供給されることがあることも含めて、かんがいの有無による L-Q 関係の違いが見られる事例を図 3-2(1), (2)に示す。

- かんがい期においては、同じ比流量に対する SS の負荷量が増加する。とくに代掻き期の負荷は大きい。ただし、比流量の増加とともにかんがい期による違いは明瞭でなくなる。
- T-N については、かんがい期の方が非かんがい期に比べて、同じ比流量に対する負荷量は小さい傾向となる。ただし、比流量が多い場合、両者の関係は近づく。
- かんがい期における T-N の減少は主に無機態窒素 (I-N) の減少によるものである。
- 代掻き期の T-N は同じかんがい期のデータの中では比較的負荷量が大きくなっている。この傾向は主に I-N については同様であるが、有機態窒素 (O-N) については明瞭ではない。
- COD については、かんがい期の方が負荷量が増加する傾向が見られる。ただし、その差異は T-N ほど明瞭ではない。
- かんがい期における COD の増加は主に溶存態有機物 (D-COD) の増加によるものである。
- COD, T-P, T-N についても、代掻き期にお

いては、SS と同様に、同じ比流量に対して負荷量が増加する傾向がある。

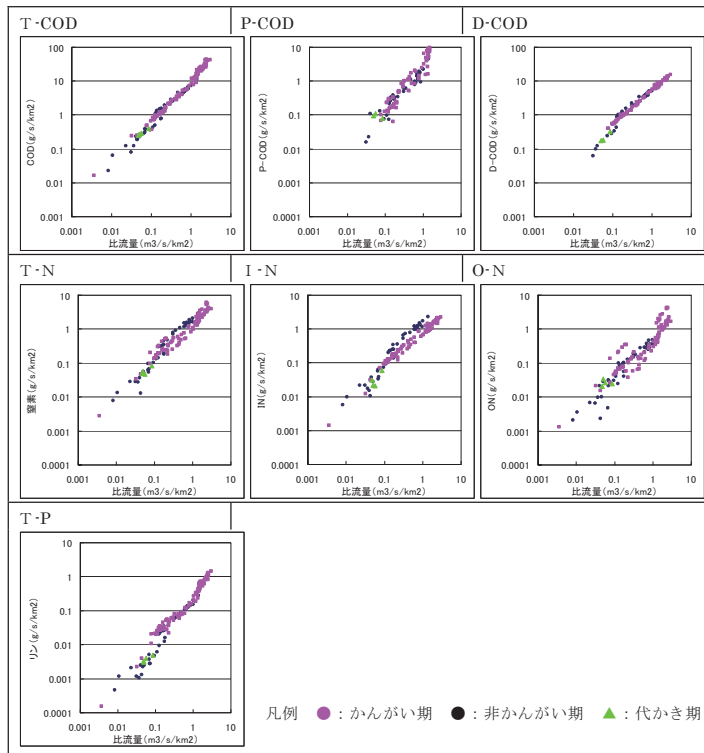
図 3-2 (2) に示す宍道湖の船川の例のように、COD や T-P については桜川と同様の傾向が明瞭に見られないが、T-N、とくに I-N については、かんがい期の方が非かんがい期に比べて、同じ比流量に対する負荷量は小さい傾向が見られた。



(1) 霞ヶ浦 桜川

凡例 ● : かんがい期 ● : 非かんがい期 ▲ : 代かき期

図 3-2(1) かんがいの有無による L-Q 関係の違い



(2) 宍道湖 船川

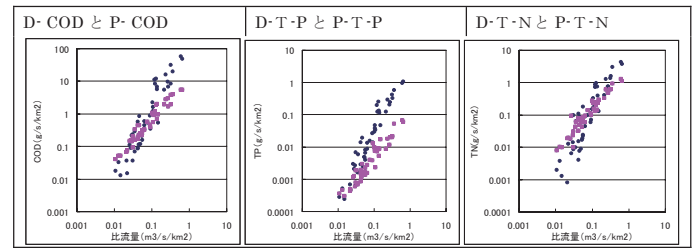
図 3-2(2) かんがいの有無による L-Q 関係の違い

3.2 存在形態による特性の違い

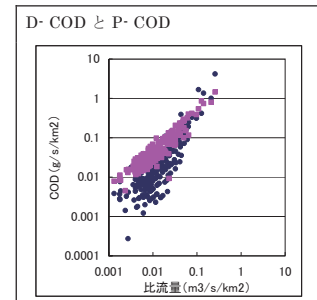
降雨時には粒子態のリンや COD の負荷量が増加することは前述のとおりであるが、これは溶存態と粒子態で負荷源や流出経路が異なるためと考えられる。本検討では、負荷物質の存在形態（溶存態・粒子態）による L-Q 関係の特性について検討した。溶存態と粒子態による L-Q 関係の違いが現れている事例を図 3-3 に示す。この図より次のことが読み取れる。

- ・流量増分に伴う負荷量増分は、溶存態物質は小さく、粒子態物質は大きいことが L-Q 関係の勾配の大小によりわかる。
- ・流量が少ない範囲では、粒子態の負荷量は溶存態の負荷量に比べて小さい。流量増加とともに両者の差は小さくなり、大小関係が逆転する場合もある。

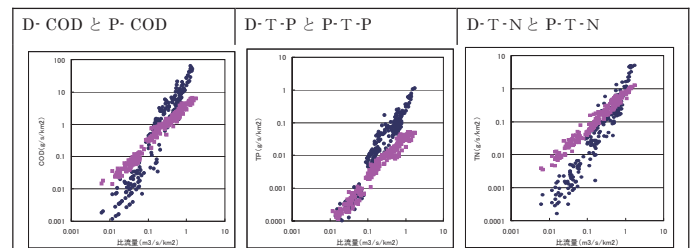
一般の L-Q 関係線が途中で折れるように見えるのは、流量増加に伴って流出機構が変化し、汚濁負荷が溶存態から粒子態に変化することによると考えられる。



(1) 網走湖 治水橋



(2) 霞ヶ浦 桜川

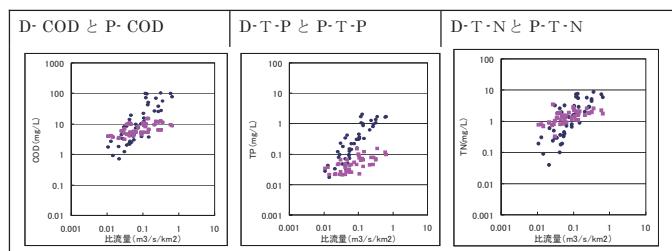


(3) 中海・宍道湖 斐伊川・大津

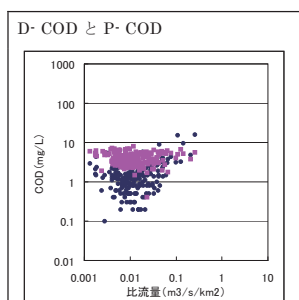
凡例 ●：溶存態 ●：粒子態

図 3-3 存在形態による L-Q 関係の比較

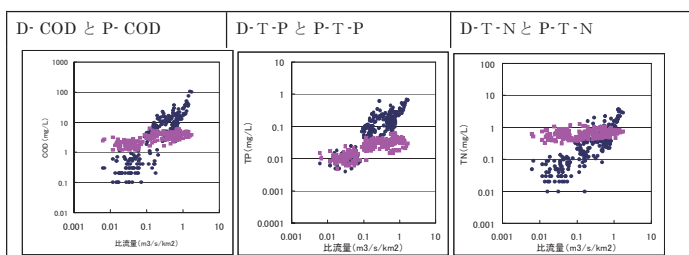
C-Q 関係を溶存態と粒子態に分けて整理した結果を図 3-4 に示す。両形態の違いは L-Q 関係より明確に表れており、粒子態は流量増加に伴い濃度が増加するのに対して、溶存態は流量による変化は非常に小さい。



(1) 網走湖 治水橋



(2) 霞ヶ浦 桜川



(3) 中海・宍道湖 斐伊川・大津

凡例 ●：溶存態 ●：粒子態

図 3-4 存在形態による C-Q 関係の比較

3.3 L-Q 関係の特性について

前項までの検討内容を踏まえ、L-Q 関係の整理にあたっては、以下の点を考慮することが望ましいと考えられる。

- ・流域の状況や水利用の変化を考慮したデータごとに L-Q 関係を整理することにより、L-Q 式の精度向上を図ることができる。
- ・L-Q 関係が途中で折れ曲がることについては、溶存態と粒子態の流量増加に伴う負荷量増分の違いに関連すると考えられる。粒子態そのものである SS の L-Q 関係も途中で折れ曲がることがある。流量増加により、流出機構が変化し、流出形態が溶存態主体の形態から粒子態主体の形態へと変化すると考えられるの

で、流入負荷を精度よく把握するためには折れ曲がり点を把握し、L-Q 式を変えることが望ましい。

4. 流量別流入負荷量分担量に関する検討

ここでは、どのような流量規模での負荷量が湖沼の水質に影響を及ぼすかについて検討した。

検討対象河川（地点）は、表 4-1 に示すように、流量が把握されている河川のうち、大きな流域面積を有する河川の流末地点とした。

表 4-1 検討対象河川のデータ期間

湖沼名	河川名	流量データ	水質データ
網走湖	網走川（治水橋）	H5～16年	H10～15年
小川原湖	七戸川（上野）	H7～13年	H14～16年
霞ヶ浦	桜川（藤沢新田）	H7～16年	H5～10年
琵琶湖	野洲川（服部大橋）	H6～15年	H3～15年
中海・宍道湖	斐伊川（大津）	H8～15年	H1～13年

4.1 流量別の負荷量分担量の算出

閉鎖性水域である湖沼の水質は、河川の場合と異なり、負荷量の蓄積に強く影響されるものであることから、平水時および出水時を含めた負荷量を把握する必要がある。

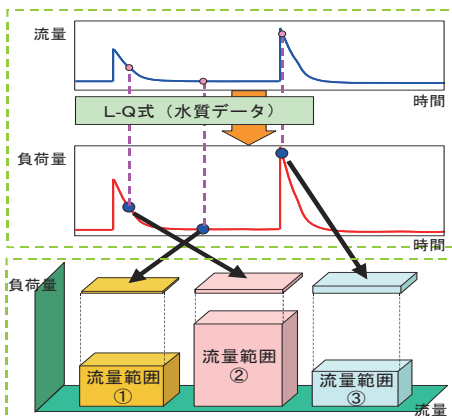
「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説（平成 11 年 10 月）」³⁾においては、原則的には年間の負荷量を用いて汚濁解析を行うこととされている。本検討では、以下の手順により、流量規模別の負荷量を積算し、湖沼ごとの特性および水質項目ごとの特性を整理した。

[1] 流量規模別流量分担率

流量規模別の流量分担率を各河川について算出した。本検討で対象とした流量規模は比流量（ $m^3/s/k m^2$ ）で各河川 0.001～1.0 とした。算出方法を模式図で示すと次の通りとなる。

計算方法：

①流量データからL-Q式を用いて毎時の負荷量を算定



②流量規模別に負荷量を積算

③ヒストグラム化

流量規模別に流入負荷量を算出した結果、豊水流量流下時に流入する負荷量の割合は表 4・2 に示す通りである。この結果より、流入負荷量の概ね 2～3 割が豊水流量以下の流量流下時に入っており、負荷量としては 7～8 割が豊水流量以上の出水時に流入することが確認できた。

表 4・2 豊水流量以下の流量時に流入する負荷量の割合

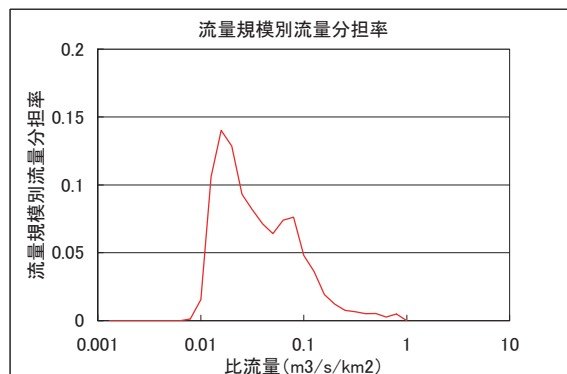
河川名	COD	リン	窒素
網走川（網走湖）	35%	27%	24%
七戸川（小川原湖）	27%	30%	35%
桜川（霞ヶ浦）	20%	12%	30%
野洲川（琵琶湖）	6%	5%	9%
斐伊川（中海・宍道湖）	23%	20%	30%

※野洲川（琵琶湖）は、伏流水や農業用水取水の影響で平水時の流量・負荷量が低下している可能性がある。

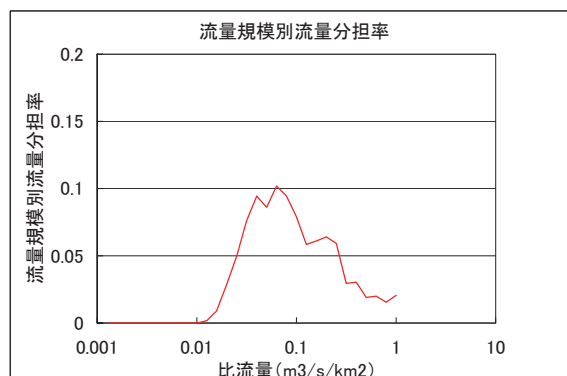
検討対象河川の流量規模別流量分担率を図 4・1 に示す。この結果より読み取れることは次の通りである。

- ほとんどの河川では比流量 0.01～0.1 の範囲に分布のピークが見られる。これは平水時における発生頻度の高い流量規模に相当する。また、これよりも大きな流量規模においてピークが見られるが、ピークの位置は月 1 回出水規模相当かそれ以上となっており、出水時に対応する。
- 野洲川（琵琶湖）では、比流量 0.01～1.0 まで比較的一様な分布を示す。また、比流量 1.0 以上の流量規模が占める割合も高くなってお

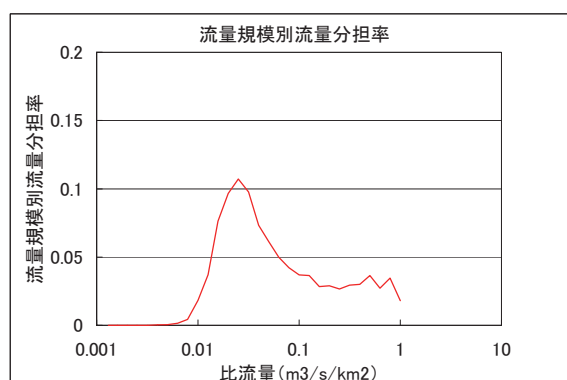
り、これらの点で他の河川と特性が異なる。これは改修前の野洲川は天井川であったことから、現在も河川流量のうち伏流水として地下に浸透していることに加えて、農業用水取水の影響の可能性があると考えられる。



網走川（網走湖）

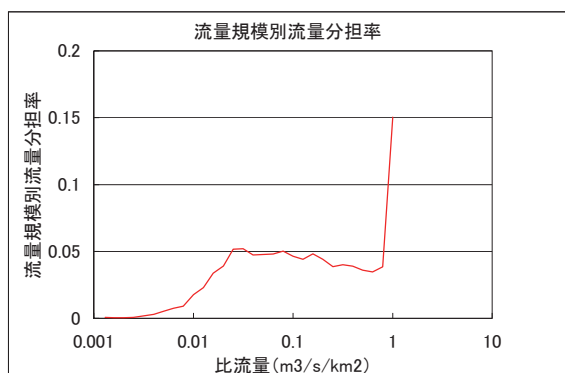


七戸川（小川原湖）

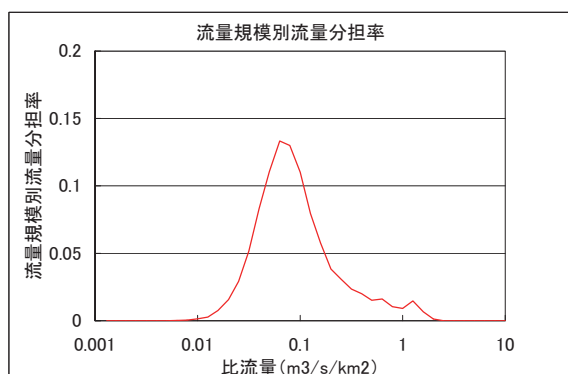


桜川（霞ヶ浦）

図 4・1 (1) 検討対象河川の流量規模別流量分担率



野洲川（琵琶湖）



斐伊川（中海・宍道湖）

図 4-1 (2) 検討対象河川の流量規模別流量分担率

[2] 流量別負荷量分担率

SS, COD, リン (T-P), 窒素 (T-N) の計測データと、比流量に対する各々のデータを最小二乗法で近似した 2 本の直線からなる L-Q 式に基づいて検討した結果を以下に示す。

(1) 網走川（網走湖） 図 4-2 (1)

COD, リン, 窒素は 3 つのピークが見られる。このうち、比流量 1.0 で見られるピークは発生することの希な大規模出水によるものである。その他のピークは平水～豊水流量, 月 1 回出水程度の流量規模に相当するが、これらは流量規模別の流量分担率に見られるピーク (図 4-1) と対応している。流量による負荷量増加が大きい SS については、3 つのピークのうち、流量の大きな 2 つのピークが顕著である。

(2) 七戸川（小川原湖） 図 4-2 (2)

- ①七戸川では、出水時調査が実施されておらず、出水時の負荷量は明確ではない。
- ②一般には SS, リン, COD, 窒素の順で負荷量増分が大きいと考えられているが、COD や リン・窒素は、豊水流量～月 1 回出水規模相当流量でピークが見られる。流量に対する負荷量増分が大きい SS は、回帰式の冪乗数が 2 程度となることから、より大きな流量規模での負荷量分担率が大きくなる。

(3) (霞ヶ浦) 図 4-2 (3)

- ①SS, COD, リンについては、年 1 回出水規模より大きい流量でピークが現れており、出水時の負荷量分担率が大きくなる。
- ②窒素については、他の水質項目に比べ、小さい流量規模での負荷量分担率が大きくなる。

(4) 野洲川（琵琶湖） 図 4-2 (4)

- ①いずれの水質項目についても、月 1 回出水規模以上の流量でピークが現れており、出水時の負荷量分担率が大きくなっている。流量規模別流量分担の特性（平常時の流量分担が小さい）が負荷量分担の分布特性にも反映されていると考えられる。

(5) 斐伊川（中海・宍道湖） 図 4-2 (5)

- ①各水質項目ともふた山のピークが現れる。豊水流量（比流量 0.1）程度のピークは流量規模別流量分担率の特性に対応して表れていると考えられる。また、年 1 回出水規模（比流量 1.0）程度のピークは、発生頻度は少なくとも出水ごとの負荷量が大きいために生じるものと考えられる。
- ②SS, COD, リンは出水時の寄与が大きい、窒素については他の水質項目に比べると出水時の寄与が小さい。

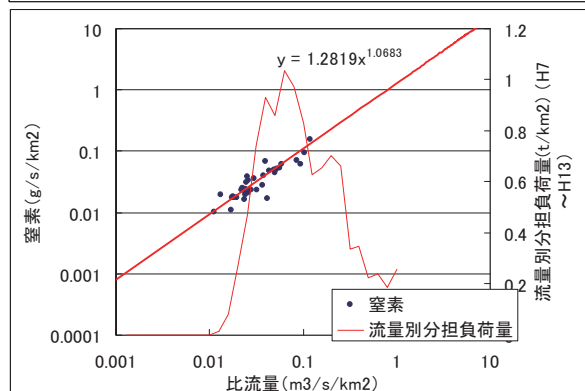
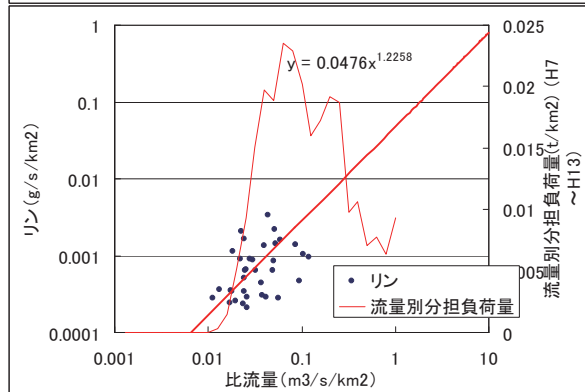
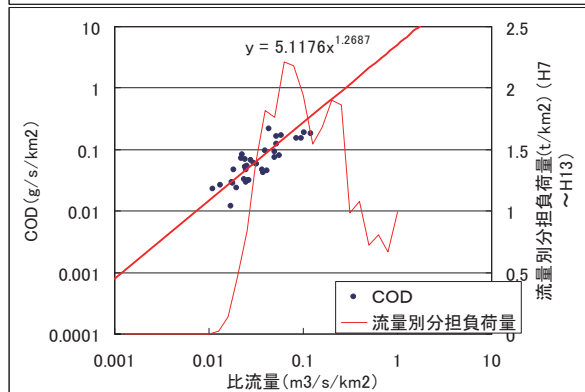
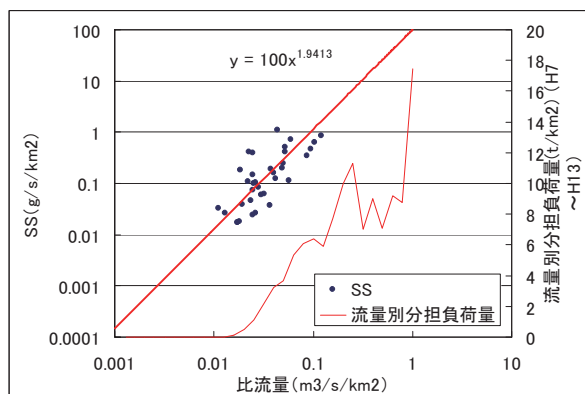
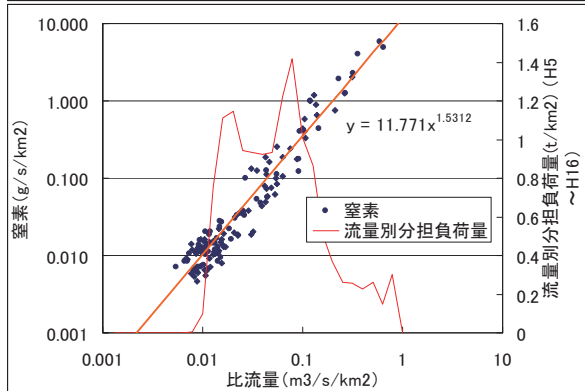
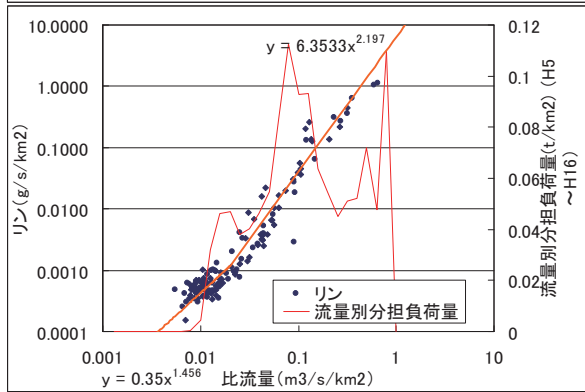
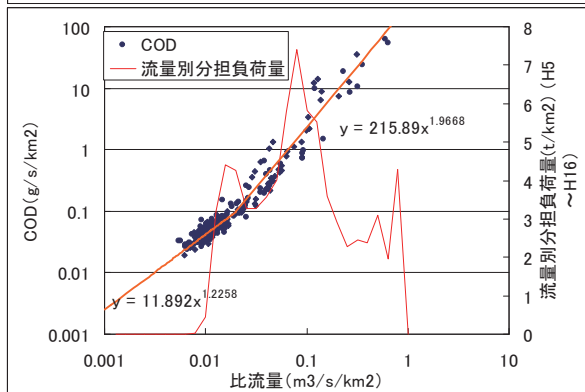
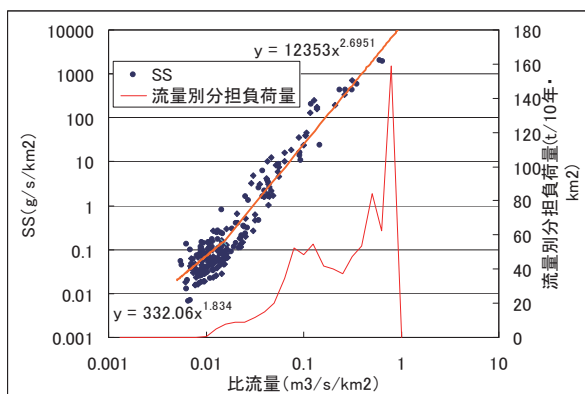


図 4-2 (1) 流量別負荷量分担図 (網走川)

図 4-2 (2) 流量別負荷量分担図 (七戸川)

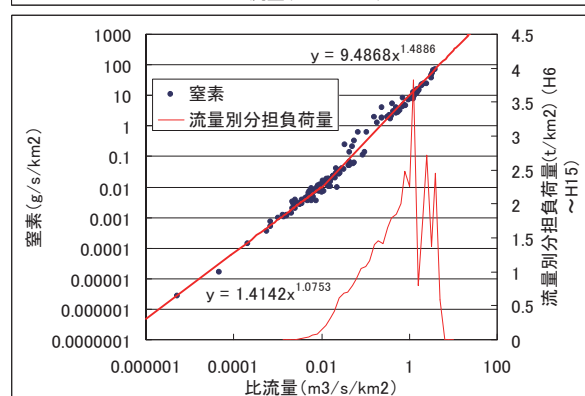
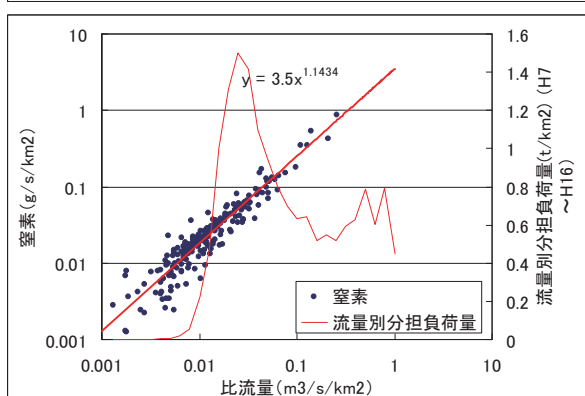
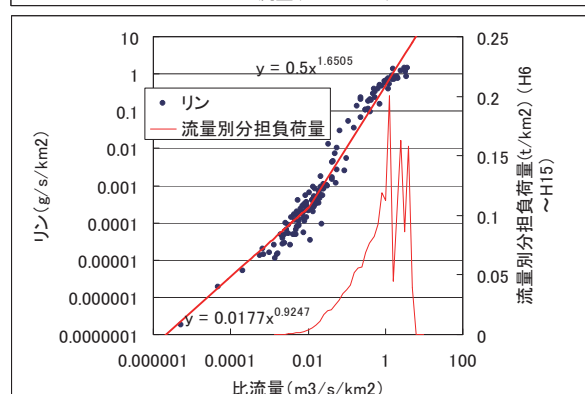
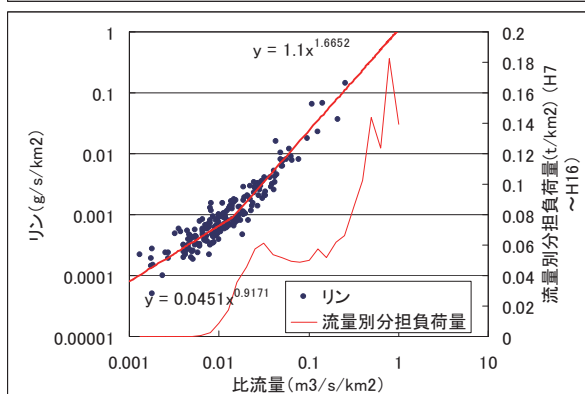
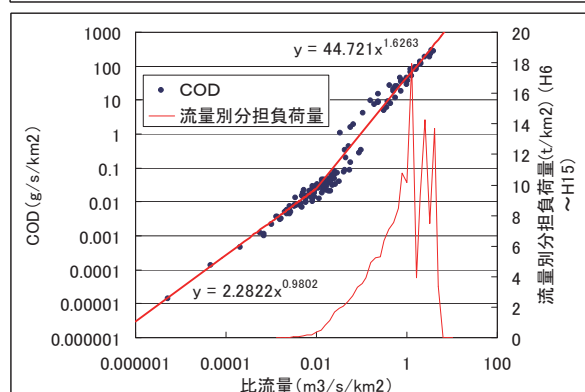
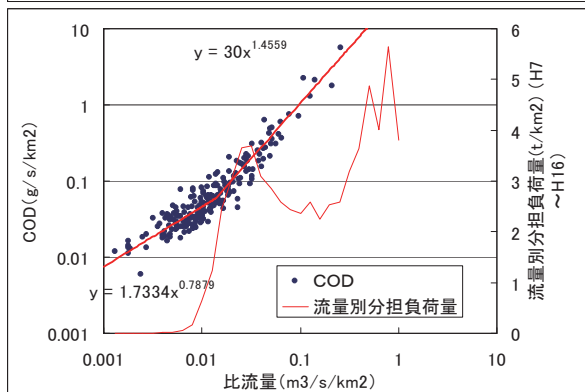
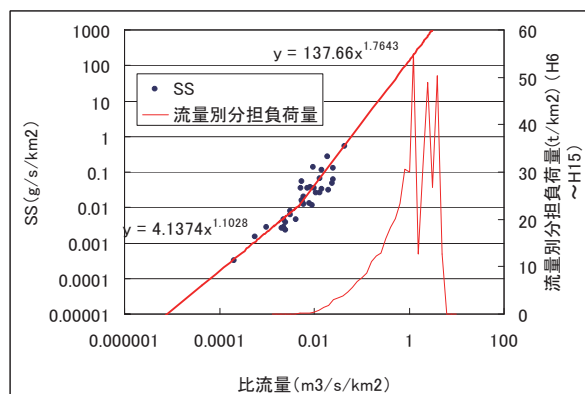
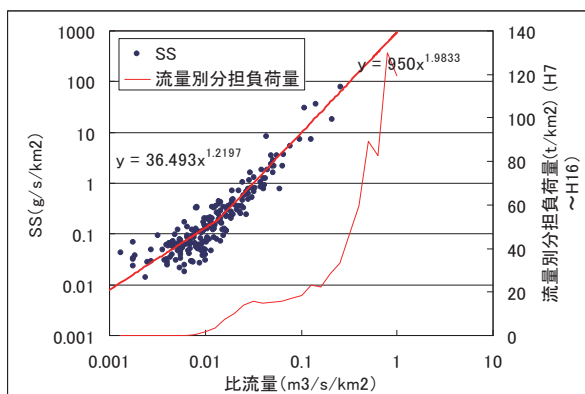


図 4-2 (3) 流量別負荷量分担図 (桜川)

図 4-2 (4) 流量別負荷量分担図 (野州川)

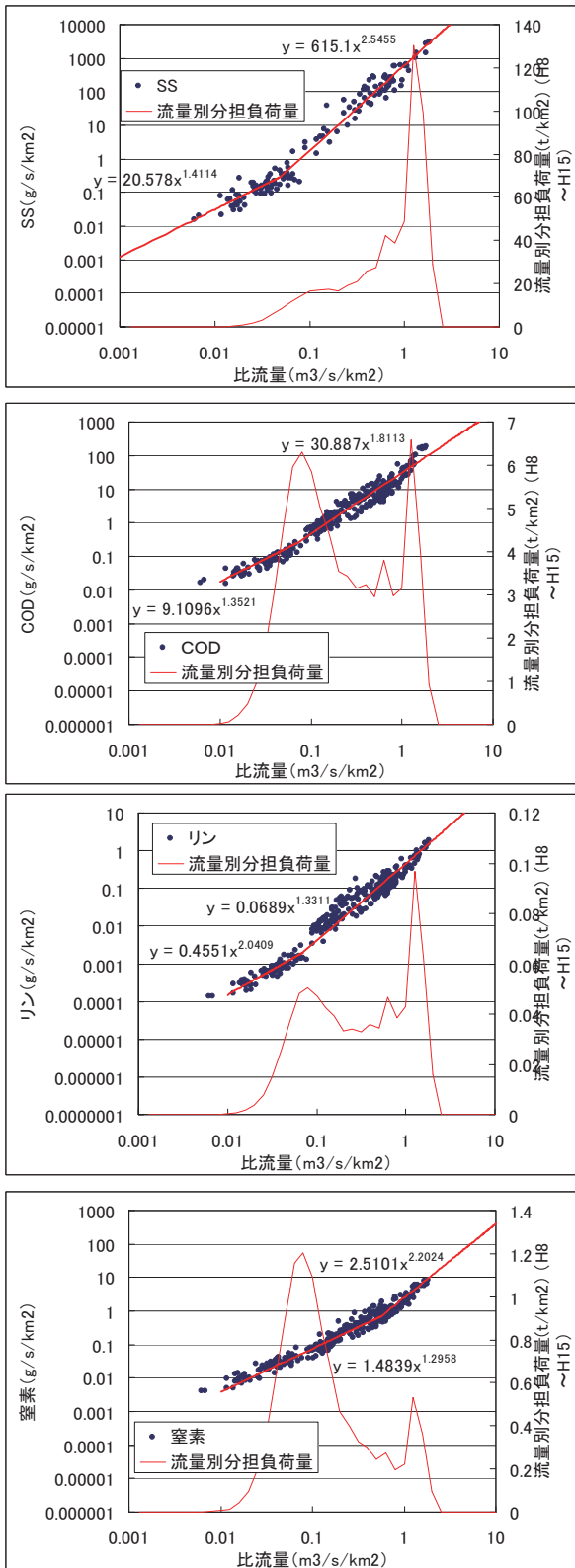


図 4-2 (5) 流量別負荷量分担図 (斐伊川)

4.2 形態別の特性比較

同じ水質項目であっても、溶存態と粒子態とでは L-Q 関係の特性は異なると考えられることから、形態別に流量別負荷量分担量を求め、その特性に

ついて検討した。COD, T-P, T-N について整理した結果のうち、網走川および斐伊川の事例を図 4-3 に示す。これより次のことがわかる。

- ①COD と T-N については、溶存態は平水時にピークが表れる。また、流量の小さい範囲においては溶存態の負荷量が粒子態を上回るが、流量が大きくなると粒子態の負荷量が溶存態を上回る。
- ②T-P については、網走川 (網走湖) の場合、粒子態の負荷量は全体的に溶存態を上回る。

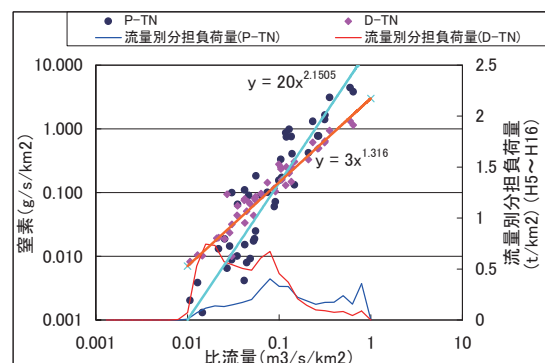
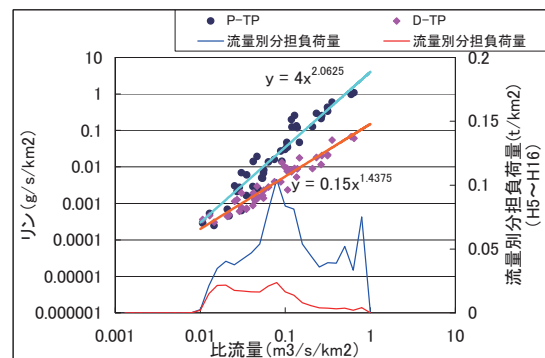
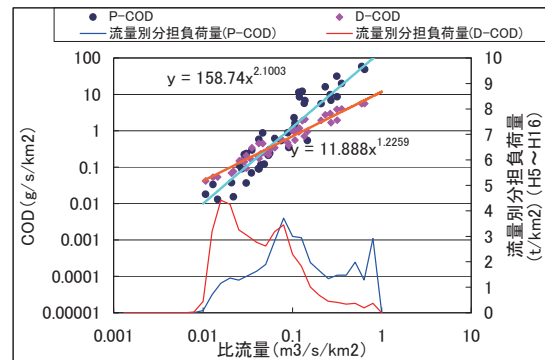


図 4-3 (1) 流量別負荷量分担図
(形態別の比較：網走川)

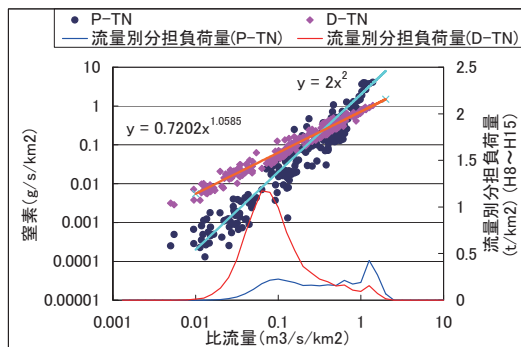
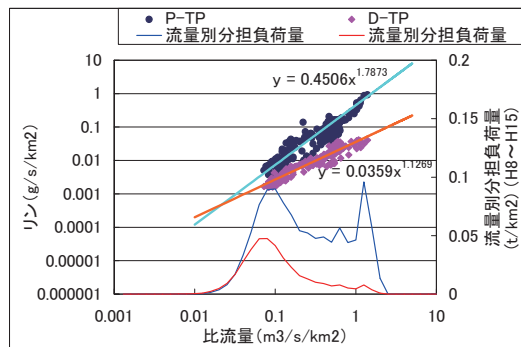
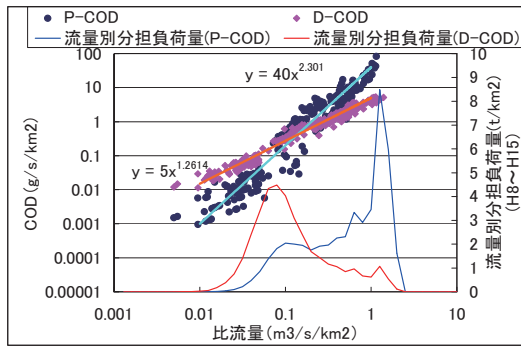


図 4-3 (2) 流量別負荷量分担図
(形態別の比較：斐伊川)

5. 原単位法による流域負荷量把握の現状と課題

L-Q 式により流入負荷量を把握する場合に、現状を把握するにあたっては便利であるが、流域の土地利用形態が変化した将来の負荷量を推定することはできない。将来の負荷量推定にあたっては、従来、原単位の積み上げによる方法（以下、原単位法と呼称）が用いられている。本検討では、これら原単位法の現状を整理し、原単位法の課題に

ついて考察した。

5.1 原単位の設定方法（直轄 5 湖沼）

使用する原単位の設定をどのように行っているかについて直轄 5 湖沼にヒアリングを行った結果を表 5-1 に示す。これより、いずれの湖沼においても文献値による原単位と現地調査により設定した原単位の両方を使用している。

表 5-1 原単位の設定方法の概要（直轄 5 湖沼）

項目	面源系	網走湖	小川原湖	霞ヶ浦	琵琶湖	中海・宍道湖	
面源負荷	耕地	田	文献値	独自調査	独自調査	独自調査	
		ハス田	-	-	独自調査	-	
		畑	文献値	独自調査	独自調査	独自調査	
	市街地	日	文献値	独自調査	文献値	(不明)	
	山林		独自調査	-	独自調査	独自調査	
	ゴルフ場		-	-	山荘の排水処理施設 (山の排水処理施設)	-	
	降雨		-	-	-	独自調査	
	その他		-	独自調査	-	-	
	点源負荷	生活系	し尿計画収集	文献値	独自調査	独自調査	文献値 (積み上げ) ^{※1}
			下水道	文献値	-	独自調査	独自調査
		下水道(雑排水のみ)	文献値	-	0 ^{※1}	文献値	
		合併浄化槽	-	独自調査	文献値	独自調査	
		単独浄化槽	文献値	独自調査	文献値	文献値	
		自家処理	文献値	(不明)	-	-	
		農業集落排水	-	文献値	独自調査	独自調査	
		農地還元	-	-	-	独自調査	
		未処理(雑排水)	文献値	-	-	-	
家畜系		牛	文献値	独自調査	文献値	文献値 (不明)	
		豚	文献値	独自調査	文献値	文献値 (不明)	
		鶏	文献値	-	-	文献値	
水産系		こい養殖	-	-	独自調査	-	
工業系		文献値	独自調査	独自調査	(積み上げ) ^{※2} 文献値 (不明)		
事業系	事業所	文献値	独自調査	独自調査	(積み上げ) ^{※2}		
その他	観光客	文献値	文献値	-	-		
	地下水	-	-	-	独自調査		

※1) 事業場からの負荷量で見込む。
※2) 各施設の積み上げによる。(事業所ごと放流水質と放流量から負荷量を算出。)

5.2 流達率の算定方法

原単位法を用いて流域からの負荷量を把握する手法に流達率の概念がある。流出負荷量に対して湖沼に入る負荷量の比率を計算するものであるが、直轄 5 湖沼における状況を表 5-2 に示す。流達率を計算するに当たって、L-Q 式から求めた日平均負荷量を原単位で求めた負荷量で除した値を流達率としている（小川原湖、霞ヶ浦、中海・宍道湖）。網走湖は少し異なり、L-Q 式から求めた年平均流量時負荷量を原単位法で求めた負荷量で除した値を流達率としている。したがって、4 カ所で行っている算出方法による負荷量は年によって変わってくる。豊水年であれば L-Q 式から求めた負荷量が大きくなることから、流達率は大きくなるが、網走湖の方法によると年平均流量ということで規定していることから、年平均流量が変わらない限

り流達率は一定値となり、いずれの方法にも一長一短ある。琵琶湖については流域別に、汚濁源別、水質項目別の流出量を設定しており、かなり詳細な検討を行っている。

表 5-2 流達率の算定方法の概要

	流達率の設定方法の概要	事 例
流達率を算定	流達負荷量と流出負荷量の比率を流達率とする.	L-Q 式から求めた年平均流量時の負荷量を原単位法で求めた負荷量で除した値 (網走湖) L-Q 式から求めた日平均負荷量を原単位で求めた負荷量で除した値 (小川原湖、霞ヶ浦、中海・宍道湖)
流達率を原単位の中に見込む	既往の調査結果, 研究成果等を参考として汚濁源別・水質項目別に流達率を設定する.	(琵琶湖)

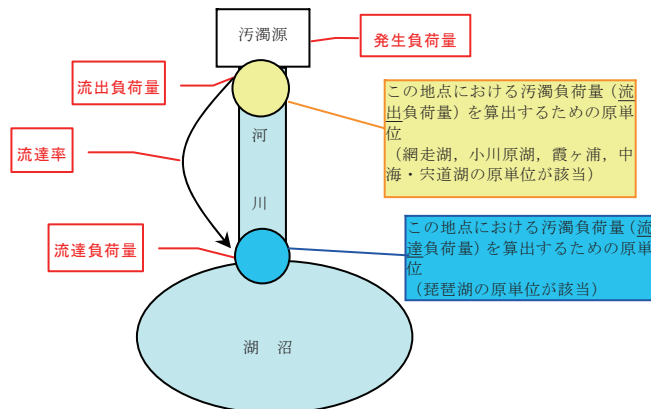


図 5-1 流域負荷流出の概念図

5.3 原単位と流達率の扱い

原単位法により負荷量を算出する場合、一般に、すべての発生源に対して原単位とそのフレームを求め、発生負荷量を算出した後、処理率、除去率を考慮して流出負荷量を求めた後に流達率を乗ずる方法が用いられる。原単位と流達率の設定方法について各湖沼にヒアリングを実施した結果、汚濁負荷量の算出方法は大きく表 5-3 に示す 2 通りの方法に区分され、概念図を図 5-1 に示す。

表 5-3 原単位と流達率の扱い

原単位が表すもの	流達率の扱い	流達負荷量の求め方	備考
フレームあたりの流出負荷量	流域ごとに新たに設定する	$(\Sigma \text{原単位} \times \text{フレーム値}) \times \text{流達率}$	網走湖 小川原湖 霞ヶ浦 中海・宍道湖
フレームあたりの流達負荷量	原単位に含まれているため考慮しない	$\Sigma \text{原単位} \times \text{フレーム値}$	琵琶湖

5.4 原単位による流達負荷量算出の課題 (直轄 5 湖沼)

(1) 降雨量の考慮について

流域からの負荷量は、年間ベースで見ると出水時のシェアは大きい。しかしながら、従来より用いられている原単位法における負荷量の流出負荷量は降雨による負荷量の変化を取り込んでいない。

(2) 流達率について

表 5-2 に示した原単位法による負荷量算定方法の概要より、流達率に関する現状の手法の課題は次の通りである。

- ① 流達率を流達負荷量と流出負荷量の比率とする場合、流達率は原単位法により求めた流出負荷量と L-Q 式により求めた流達負荷量により計算されるため単純な計算値となり、土地利用や流出経路によらず同一の値となる。
- ② 原単位の中に流達率を見込む場合、土地利用ごとにその流達率を異なる値で与えるため、土地利用や流出経路による流達率の違いを考慮でき、流達負荷量をより実際に近い値で表現できる可能性がある。現状では、原単位の中に流達率を見込む場合であっても、その設定根拠となる調査データは少ない。

6. おわりに

L-Q 式による方法は現象に応じた負荷量の変化を追うことができる。本検討により、面源から流出する粒子形態の負荷、点源から流出する溶存形態の負荷は流出特性が異なることがわかったことから、総負荷量に対する面源および点源の負荷量の割合を L-Q 式の中にうまく取り込むことにより、原単位法と組み合わせることで精度良く負荷量を推定することが可能となる。

謝辞

検討に際しては、官学共同の「湖沼技術研究会」（委員長：福岡捷二（当時）広島大学大学院教授）の委員の皆様にご指導をうけたことをここに記述して御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 総務省 HP (2006) :
http://www.soumu.go.jp/hyouka/kekatou_f.htm
- 2) 海老瀬潜一 (1984) : 流域内土地利用形態別流出負荷量原単位の解析, 国立公害研究所研究報告 第 50 号
- 3) (社)日本下水道協会 : 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説 平成 11 年版
- 4) 環境省 HP (2006) : 平成 16 年度湖沼対策検討会 (第 5 回) 配布資料-4 「湖沼環境保全施策の基本的あり方について」(案)
- 5) 国土交通省・農林水産省・環境省 (2006) : 湖沼水質のための流域対策の基本的考え方, 平成 18 年 3 月

4. 多摩川における生態系保持空間の管理保全方策について

小林 豊*・裊 義光**・大手 俊治***・並木 嘉男****

1. はじめに

「多摩川河川環境管理計画」は1980年（昭和55）に全国初の河川環境計画として策定された。その後、2001年（平成13）3月に機能空間配置の見直し等に伴い、下流部については、水面・水際部を対象とした管理区分の設定などの改訂を実施した。

2004年（平成16）6月には「特定外来生物による生態系等に係わる被害の防止に関する法律（外来生物法）」が公布され、外来種の生態系への影響や対応が問題になった。多摩川においては、最近の調査によりオオブタクサやハリエンジュといった侵略的外来種が、自然系保持空間で拡大していることが明らかとなった。さらに、かつて中流域に見られた礫河原の減少や河口域におけるヨシ原の生育環境の変化やヨシ原の劣化が課題となった。

すなわち、人為的な影響を極力排除した「生態系保持空間（⑧空間）」における侵略的外来種の増加とそれに伴い、在来植生の減少を招いている。このことは、今後の河川環境管理の管理方針（特に⑧空間）を見直す必要性を示している。

本検討は、多摩川河川環境管理計画の見直し検討の一環として多摩川における現状植生状況評価と自然系保持空間の管理手法を検討したものである。

ここでは、多摩川中流域の⑧空間（セグメント1区間）における植生の立地条件の評価手法と植生の保全対策と、河口域の⑧空間で、夏枯れ等の問題を抱えているヨシ原の保全方策について報告する。

2. セグメント1における植生立地条件の検討

2.1 立地条件検討内容

河道内の植生環境は、土壌、比高などの基盤環境の状態や、洪水などによる基盤条件の変化・攪乱により変動変化するものである。動植物が生息生育する場の環境を規定する重要な物理環境の特性を示すと考えられる指標のうち、日常の河川管理（定期縦横断測量・水位観測・流量観測等）により把握することのできる以下の4つの指標を用いて植生の立地環境を評価した。

- ・比高（平水位からの高さ）
- ・水際線からの距離（平水時の水際からの距離）
- ・冠水頻度（過去10年の日流量に対して冠水日数）
- ・摩擦速度（過去5ヶ年の最大流量）

横断地形と生育する植生の関係を解析するための指標のイメージは、図2-1のとおりである。

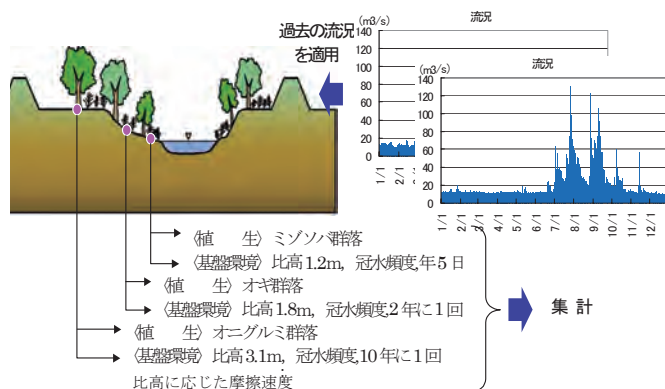


図2-1 解析イメージ

*（財）河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第三部長
**（財）河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第二部次長
***（財）河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第三部主任研究員
**** パシフィックコンサルタンツ（株）河川部（前 河川環境総合研究所 研究第二部主任研究員）

解析フロー図は図 2・2 のとおりである。

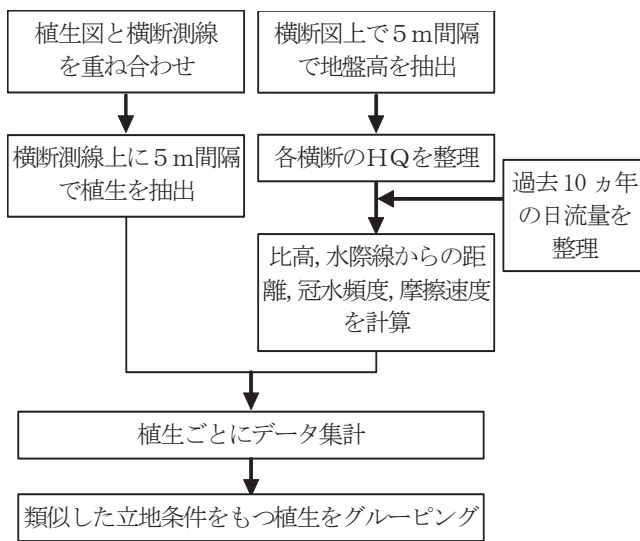


図 2・2 解析フロー

2.1.1 GIS を用いた情報抽出

植生のもつ、生育場の環境を抽出することを目的に GIS 化した植生図を用い、横断図と重ねあわせることで情報を抽出した。具体的には、定期横断測線上に 5m 間隔で情報抽出地点を設定し、各地点の植生情報と基盤環境情報（比高、冠水頻度）を横断図、不等流計算結果、植生図等から整理した。

（図 2・3 のイメージ図参照）

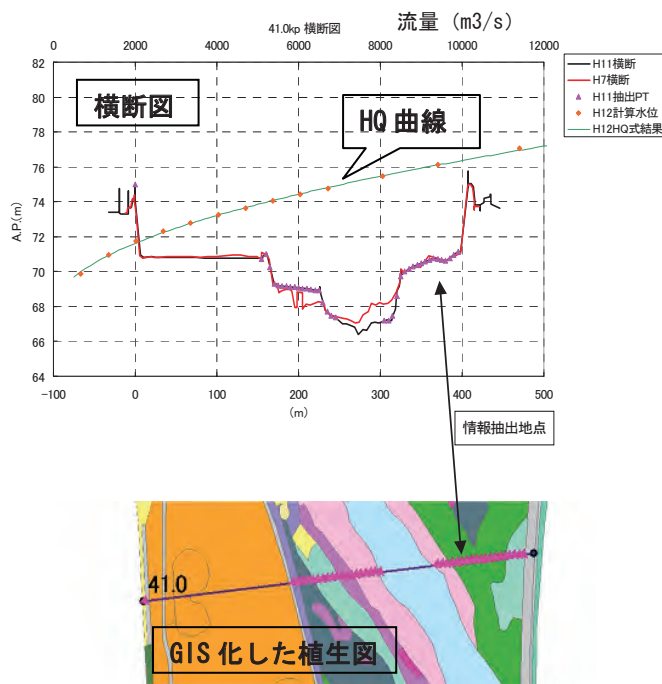


図 2・3 情報抽出地点の設定イメージ

2.1.2 物理環境を示す指標の算出方法

- 1) 比高: 水分条件を表す指標の一つとして整理する。平水位からの高さを地下水からの比高と仮定して算出した。
- 2) 水際線からの距離: 水分条件を示す指標の一つとして整理する。比高と同じ平水流量時の水域と陸域の境界地点を基準に水平方向の距離を算出した。
- 3) 冠水頻度: 洪水による攪乱条件の一つとして整理する。情報抽出地点の地盤高と過去 10 年の日流量より、その地点が 10 年間で冠水した日数を計算し 1 年間当りの冠水頻度（日/年）を算出した（植生図の調査間隔がほぼ 10 年であることから過去 10 年の日流量を採用した）。
- 4) 摩擦速度: 洪水による攪乱条件の一つとして整理した。植生調査の実施年より過去 5 年の最大流量が流下した際に、情報抽出地点にかかる摩擦速度を算出した。

摩擦速度 U^* は、以下の式を用いて計算した。

$$U^* = (g \times H \times I)^{0.5}$$

g : 9.8 m/s^2 , H : 情報抽出地点の水深 (m), I : 水面勾配 (前後の断面の水位差と区間距離より算定)

なお、対象とする流量では冠水していない地点の摩擦速度は 0.0 m/s として整理した。

2.2 植生と物理環境の関係整理

2.2.1 植生と物理環境の関係

S51 年・H6 年・H11 年の植生図を対象に、セグメント 1 (32.4km~61.8km) の植生と物理環境の関係を整理した。

以下に整理結果の例として、1976 年 (昭和 51) および 1994 年 (平成 6) 及び 1999 年 (平成 11) の、セグメント 1 区間に関する比高の整理結果 (上下位 15% のデータを除去した 70% レンジ, 中央値, 平均値) を示す。

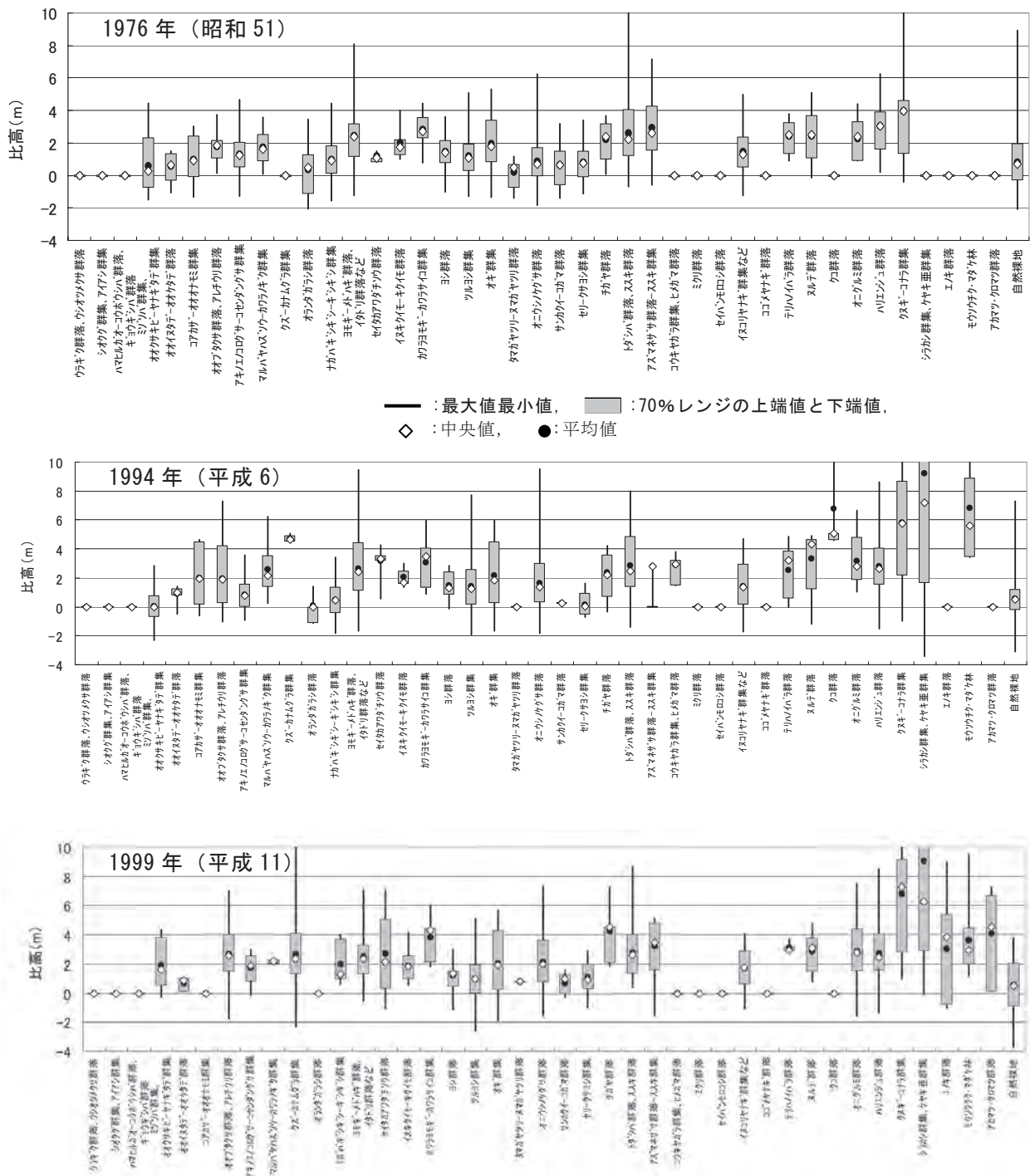


図 2.4 植生と物理環境（比高）の関係

図 2.4 から比高と植生分布状況を見ると以下のことが読み取れる。

1) 1976 年（昭和 51）植生

- ・カララヨモギーカララサイコ群集は、比高が概ね 2m 以上の箇所には生育している。
- ・オギ群集は、比高が約 2 m 前後の箇所に生育している。水際線からの距離は、約 25m～約 200m の範囲となっており、広い範囲に生育している。

- ・ヨシ群落やオオクサキビヤナギタデ群集など水辺に生育する種は、概ね比高の中央値が約 2 m 以下となっていることが多い。

2) 1994 年（平成 6）植生

- ・セグメント 1 区間に多く見られるハリエンジュ群落は、同じ木本類であるオニグルミと比較して、比高はほぼ同じであるが、別途検討した摩擦速度と植生の関係を見ると、摩擦速度が大きい箇所に

ハリエンジュ群落が生育している傾向がある。

- ・ヨシ群落やオオクサキビーヤナギタデ群集など水辺に生育する種は、概ね比高の中央値が約 2m 以下となっている場合が多い。

3) 1999 年 (平成 11) 植生

- ・自然裸地、オギ群落、ハリエンジュ群落、オオブタクサ群落、アレチウリ群落、ツルヨシ群落の出現頻度が高くなっている。
- ・草本類が、平成 6 年と比較してやや冠水頻度の低いところに存在する傾向が見られる。
これは、H11.8 洪水によって水際の植生等が破壊されたことによる影響と考えられる。
- ・セグメント 1 区間の水際から生育している草本類の水際線の距離が、50m 前後に集中化されている傾向にある。これは、H11.8 洪水によって、水際部の草本が破壊されたことによる考えられる。
- ・ハリエンジュ群落やオギ群落の生育地の状況は、平成 6 年と大きく変化していない。

2.2.2 植生の類型化

前述された、植生と物理環境の整理したものを用い、人為改変等の影響を受けていない、河川域に生育する植生を対象として、植生を類型化する。類型化には、目的変数に植生をとり、比高及び摩擦速度の中央値、70%レンジ上端値、70%レンジ下端値を説明変数としたクラスター分析を用いて、類以した物理環境上の立地条件をもつ植生をグルーピングした。グルーピング (類型化) した植生は、植生類型区分と称し、水際に近く、比高も低いグループをグループ 1、水際より遠く比高が高くなるにつれ、グループ 2、グループ 3・・・と定義した。なお、グループ 4 は物理環境の変化が少なく、植生は樹木群が主体となり安定した状態を保っている。

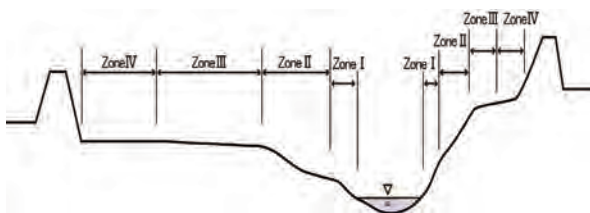


図 2-5 ゾーニングのイメージ図

整理結果の例として、図 2-6 にクラスタ分析の整理結果 (デントログラム) を示す。

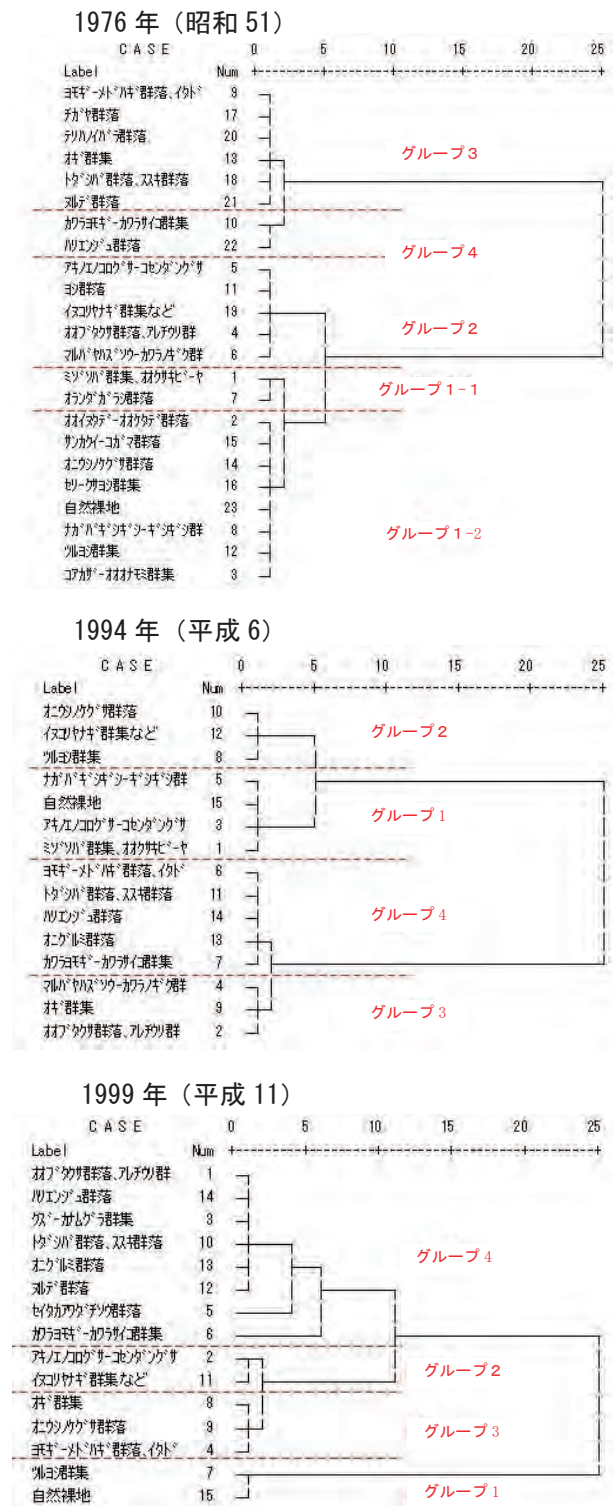


図 2-6 クラスタ分析による整理結果

図 2-6 をみると、1976 年 (昭和 51) は 4 つのゾーンに分類することができた。最も水際に近いグループ 1 が、ミゾゾバ群集、オオクサキビーヤナギタデ群集

を中心とするグループ1-1と自然裸地を中心とするグループ1-2に分類された。

1994年(平成6)は、1976年(昭和51)と同様に4つのグループに分類することができる。最も水際に近いグループ1は、自然裸地やナガバギシギシギシ群集等から構成される。グループ2はツルヨシ群集とオニウシノケグサ群落のみみられる。グループ3は、オギ群集が圧倒的に占めている。グループ4は、昭和51年と比較して生育種数も多くなりハリエンジュ群落等から構成される。

1999年(平成11)の、グループ1は自然裸地とツルヨシ群集のみであった。グループ2は、イヌコリヤナギ群集などの他はアキノエノコログサコセンダングサ群集しか見られない。グループ3は、オギ群集がほとんどを占めている。グループ4は細分化されたが、他年度との整合からグループ4としてまとめた。

2.2.3 植生立地環境の経年変化

表2-1に類型化した各ゾーンの各年植生変化を示す。

グループ1は、自然裸地を主体とし、ナガバギシギシギシ群集、ミゾソバ群集、オオクサキビ-オオイヌタデ群落が見られ、1999(平成11)の出水後にはツルヨシ群落が見られる。グループ2は、出水などの影響によって群落構成が異なるが、3カ年を通してイヌコリヤナギなどがみられる。グループ3は、オギ群集が主体となる。さらに比高が高い箇所グループ4が位置しており、ハリエンジュ群落などの樹木群を中心とした構成となっている。樹木群は、近年生育範囲を拡大しており、かつハリエンジュ群落の占める割合が高くなっている。

1976年(昭和51)と1994年(平成6)、1999年(平成11)を比較すると、1976年(昭和51)植生は、自然裸地タイプ(ミゾソバタイプ含む)～オギタイプの植生群落数が多い状態であった。1994年(平成6)及び出水による影響が大きい1999年(平成11)の両年において、グループ1における群落数の減少が見られ、水際部植生の単調化が伺える。また、1976年(昭和51)では、グループ2にマルバヤハズソウ-カラノギク群集がみられたが、1994年(平成6)にはグ

表2-1 セグメント1の立地環境と植生の経年比較

S51年植生		H6年植生		H11年植生	
	データ数		データ数		データ数
グループ1-1	119	グループ1	1238	グループ1	1907
比高:0.88m~1.46m、摩擦速度:0.244m/s~0.603m/s		比高:0.27m~1.35m、摩擦速度:0.187m/s~0.350m/s		比高:0.25m~1.72m、摩擦速度:0.156m/s~0.337m/s	
ミゾソバ群集、オオクサキビ-ヤナギタデ群集	87	ナガバギシギシ群集	339	ツルヨシ群集	528
オランダガラシ群落	32	自然裸地	412	自然裸地	1379
グループ1-2	2470	アキノエノコログサコセンダングサ群集	358		
比高:0.15m~1.88m、摩擦速度:0.222m/s~0.412m/s		ミゾソバ群集、オオクサキビ-ヤナギタデ群集	129		
オオイヌタデ-オオクサキ群集	86				
サンカウイコガマ群落	71				
オニウシノケグサ群落	223				
セリクサ群集	125				
自然裸地	1190				
ナガバギシギシ群集	343				
ツルヨシ群集	380				
コアカサ-オオナミ群集	52				
グループ2	1136	グループ2	1501	グループ2	281
比高:0.60m~2.21m、摩擦速度:0.204m/s~0.408m/s		比高:0.19m~2.76m、摩擦速度:0.101m/s~0.308m/s		比高:0.69m~2.69m、摩擦速度:0.000m/s~0.263m/s	
アキノエノコログサコセンダングサ群集	681	オニウシノケグサ群落	509	アキノエノコログサコセンダングサ群集	93
ヨシ群落	60	イヌコリヤナギ群集など	282	イヌコリヤナギ群集など	188
イヌコリヤナギ群集など	213	ツルヨシ群集	710		
オオバクサ群落、アレチウリ群落	34				
マルバヤハズソウ-カラノギク群集	148				
グループ3	2152	グループ3	2490	グループ3	1874
比高:0.97m~3.61m、摩擦速度:0.058m/s~0.319m/s		比高:0.98m~3.87m、摩擦速度:0.000m/s~0.240m/s		比高:0.82m~3.66m、摩擦速度:0.000m/s~0.233m/s	
ヨモギ-トハキ群落、イナバ群落など	244	マルバヤハズソウ-カラノギク群集	51	オギ群集	1534
チガヤ群落	33	オギ群集	2339	オニウシノケグサ群落	148
テリハノハ群落	44	オオバクサ群落、アレチウリ群落	100	ヨモギ-トハキ群落、イナバ群落など	192
オギ群集	1152				
トシバ群落、ススキ群落	642				
スルテ群落	37				
グループ4	208	グループ4	1300	グループ4	2219
比高:2.092m~3.725m、摩擦速度:0.000m/s~0.257m/s		比高:1.41m~4.28m、摩擦速度:0.000m/s~0.212m/s		比高:1.51m~4.16m、摩擦速度:0.000m/s~0.186m/s	
カラヨモギ-カラサイコ群集	120	ヨモギ-トハキ群落、イナバ群落など	327	オオバクサ群落、アレチウリ群落	731
ハリエンジュ群落	88	トシバ群落、ススキ群落	240	ハリエンジュ群落	762
		ハリエンジュ群落	634	クス-カナムグラ群落	375
		オニグルミ群落	49	トシバ群落、ススキ群落	130
		カラヨモギ-カラサイコ群集	50	オニグルミ群落	81
				スルテ群落	48
				セイヤクサ群落	58
				カラヨモギ-カラサイコ群集	34

グループ3の構成群落となっている。これは、河道が安定した時期に礫河原等にオニオシノケグサなど様々な植が侵入し、それらが細粒土砂をトラップして細粒土層が形成されたため、より比高の高い群落に置換されたと推測される。

最も比高が高く安定した箇所に生育するグループ4は、さまざまな群落を確認され、年々植生群落数が増加している傾向にある。

植生立地環境図を植生類型区分図と植生図を基に作成すると図2・7のとおりである。多摩川41km～44kmの1976年(昭和51)年と1999年(平成11)を比較すると、水際部グループ1の面積が減少し1976年(昭和51)年のグループ3の区分の大半が、グループ4に変化している。

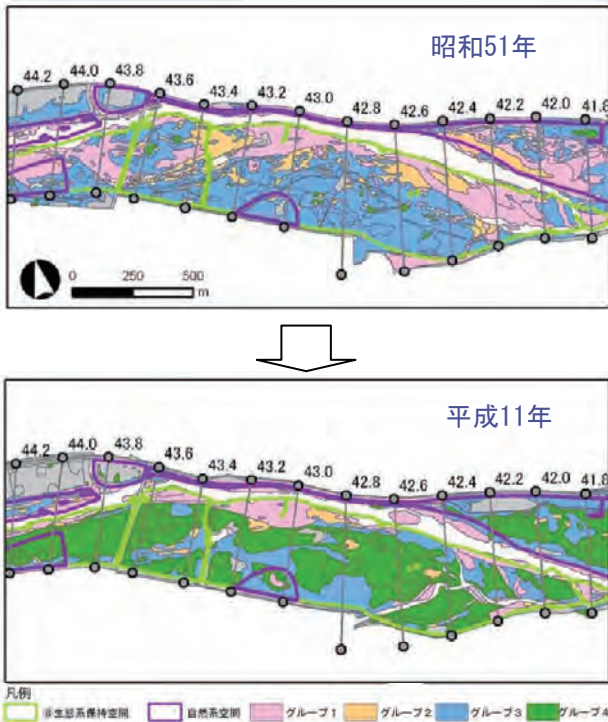


図2・7 植生立地環境図の変化の例 (昭和51年→平成11年)

2.2.4 植生の自然度評価

「多摩川河川敷自然環境評価報告書 昭和53年11月」における表2・2の植物保全度評価基準に基づき自然度の評価を行った。当時のハリエンジュ群落は「Ⅲ残されることが好ましい群落」(表2・3参照)となっていたが、外来種に対する社会的位置づけの変化や占有面積の変化等を鑑み「Ⅰ望ましくない群落」

に変更した。

表2・2 河辺植生の保全度評価基準

群落名	a	b	c	d	群落名	a	b	c	d
デリハノイバラ群落	◎	◎	◎	◎	ハマビルガオーコウボウシバ群落	×	○	○	◎
ツルヨシ群落	◎	◎	◎	◎	ギョウギシバ群落	×	○	○	◎
ネコヤナギ群落	◎	◎	◎	○	カズノコグサーカワジシヤ群落	◎	×	×	◎
コゴメヤナギ群落	◎	◎	◎	○	オオクサキビヤナギタデ群落	◎	×	×	◎
マルバヤハズリウーカワラノギタ群落	◎	◎	◎	◎	ウラギク群落	◎	×	×	◎
カワラヨモギーカワラサイコ群落	◎	◎	◎	◎	ミゾソバ群落	○	×	×	◎
シオタデ群落	◎	◎	◎	◎	ヌマガヤツリータマガヤツリ群落	○	×	×	◎
アイアシ群落	◎	◎	◎	◎	オオイスダヂーオオケタデ群落	◎	×	×	◎
オギ群落	○	○	○	○	コアカザーオオオナミ群落	○	×	×	◎
イヌロイヤナギ群落	○	○	○	○	ウシオツメクサ群落	○	×	×	◎
タチヤナギ群落	○	○	○	○	セリーグサヨシ群落	○	○	×	◎
オニグルミ群落	○	○	○	◎	オニウシノケグサ群落	×	○	×	◎
オランダガラシ群落	○	○	○	◎	イタドリ群落	×	○	×	◎
チガヤ群落	○	○	○	◎	ナガバシギシーギンギン群落	×	×	×	◎
サンカクイ・コガマ群落	○	○	○	◎	シナダレスズメノギヤ群落	×	×	×	◎
ヨシ群落	×	◎	◎	◎	メドハギーヨモギ群落	×	×	×	◎
アキノノモコグサーコセンダングサ群落	○	×	○	○	キクイモーイヌキクイモ群落	×	×	×	◎
ススキ・トダシバ群落	×	○	○	◎	セイタカアワダチソク群落	×	×	○	×
ニセアカシア群落	×	○	○	◎	オオバタカサ・アレチウリ群落	×	×	×	◎
スルダ群落	×	○	○	◎					

(注) a: 希 疎 度 ◎特有の群落 ○主に河川で生育する群落 ×他に本種がある群落
 b: 土壌の保全度 ◎高い ○高いとはいえない ×低い
 c: 復元の難易度 ◎復元には相当の時間を要す ○比較的短時間で復元する ×すぐに復元する
 d: 人間の影響度 ◎ほとんどない ○起こり得るがその影響は極めて軽い ×ときに悪影響を及ぼす

セグメント1区間では自然系空間、⑧生態系保持空間が広く指定されている。昭和51年は、自然度Ⅰの群落はあまり見られていないが、2005年(平成17)には、自然系空間、⑧生態系保持空間のいずれにおいても、自然度Ⅰが増加している傾向にある。

表2・3 自然度評価区分の凡例

自然度凡例	
V	特に保存の配慮を要する群落
IV	出来る限り保存の配慮を要する群落
III	残されることが好ましい群落
II	比較的速やかに復元するためそれ程の配慮を必要としない群落
I	望ましくない群落
	その他

図2・8に自然度評価図及び図2・9に自然度面積の変化を示す。

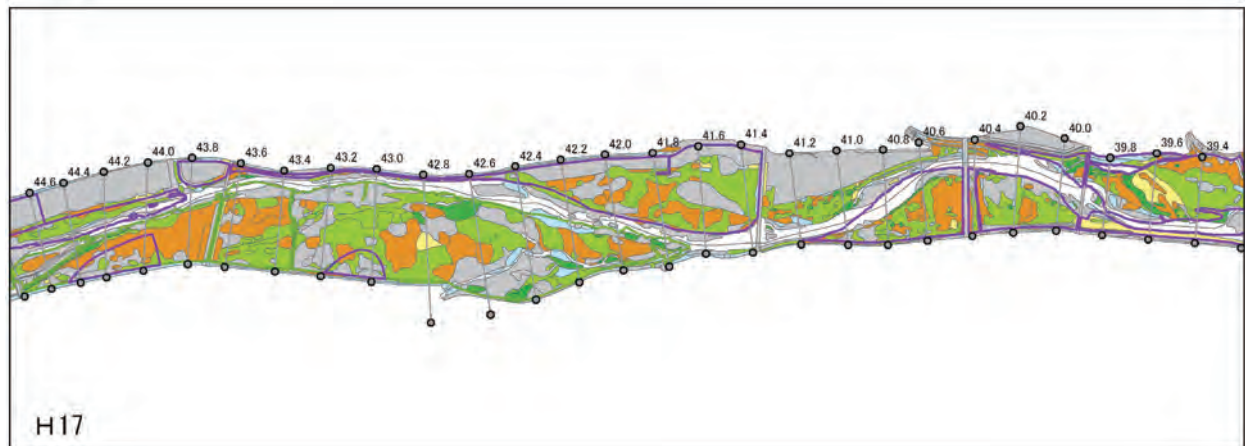
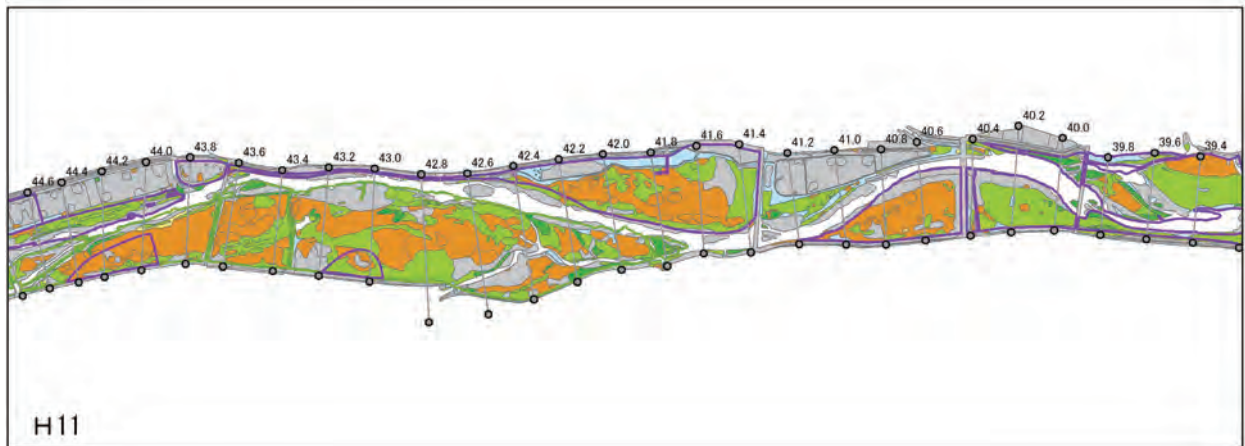
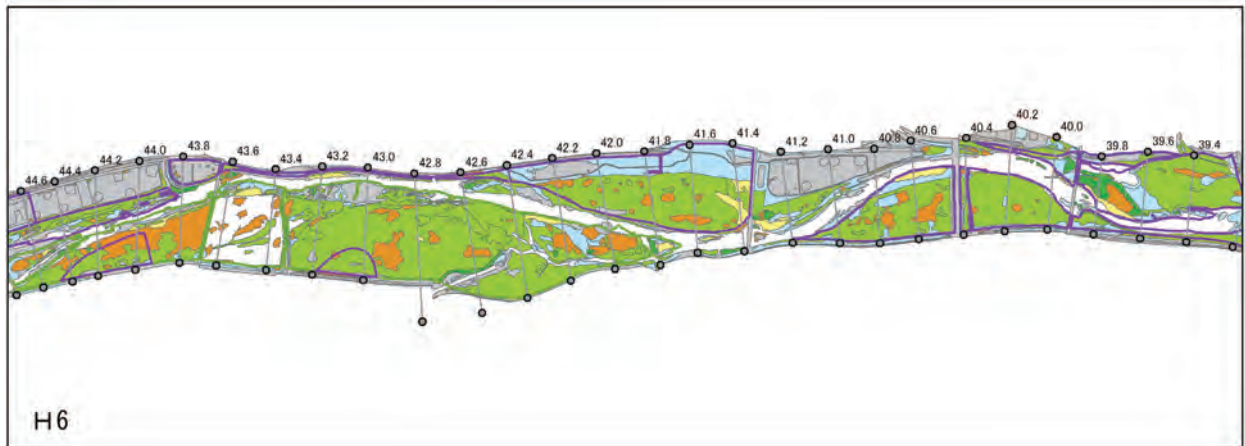
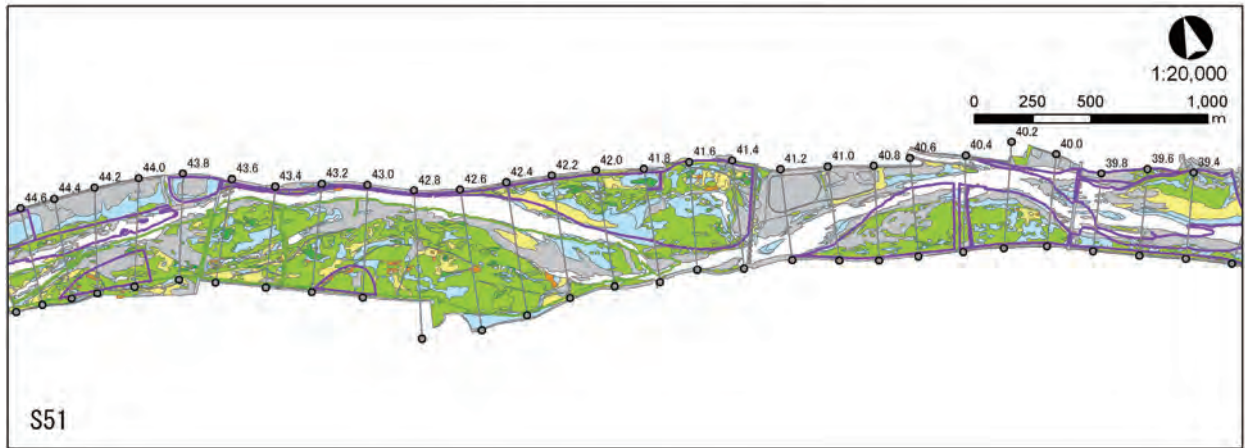


図 2・8 自然度評価図(S51, H6, H11, H17)の整理結果(例)

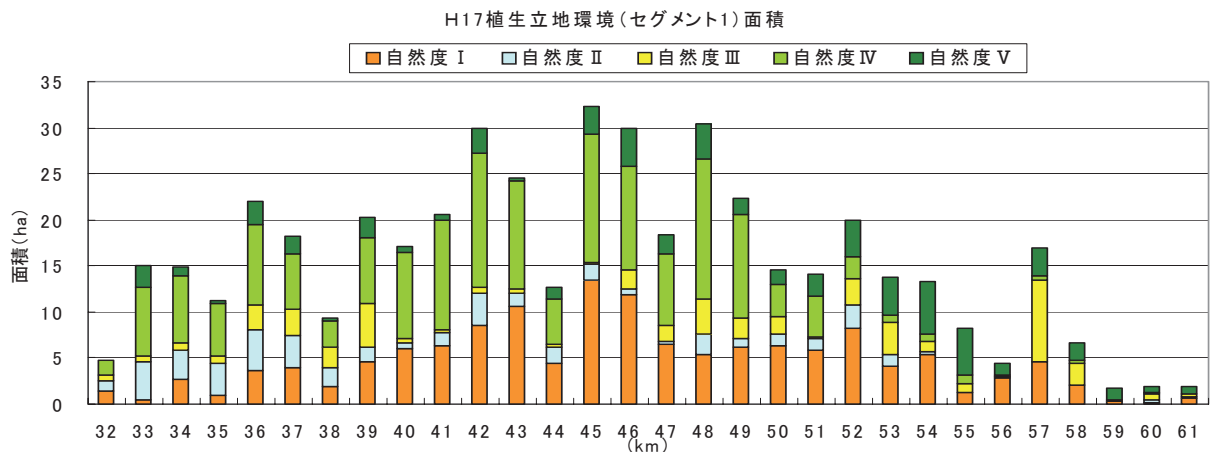
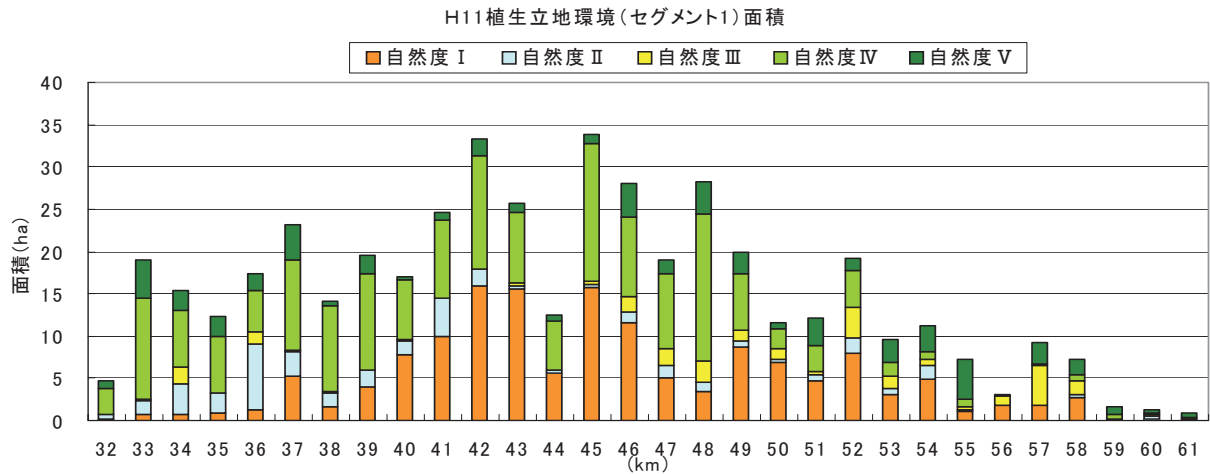
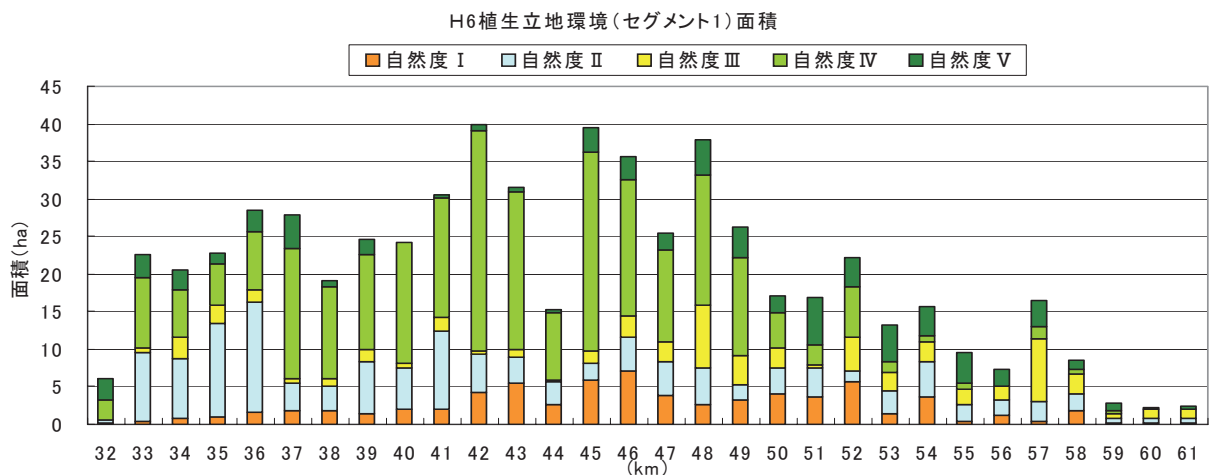
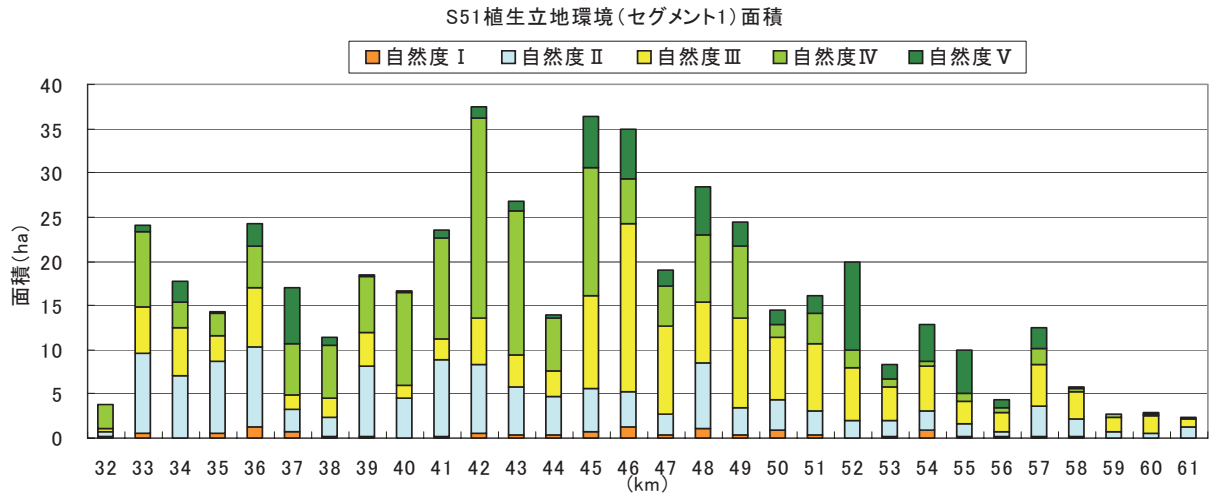


図 2・9 自然度面積の変化グラフ図(S51, H6, H11, H17)

図2・8と図2・9から、1976年(昭和51)の植生は、自然度Ⅰの「望ましくない群落」がほとんど見られない。46kmより下流は、オギ群集が広く分布しており自然度Ⅳの「出来る限り保存の配慮を要する群落」が多い。一方46kmより上流は、ツルヨシ群集やカワラヨモギ・カワラサイコ群集、マルバヤハズソウ・カワラノギク群集が多く生育することにより、自然度Ⅴの「特に保存の配慮を要する群落」が多い傾向となる。

1994年(平成6)以降、自然度Ⅰが多くみられるようになり、特に1999年(平成11)と2005年(平成17)には多くなる。原因としては、1999年(平成11)は、オオブタクサ群落、アレチウリ群落とハリエンジュ群落に起因しており、2005年(平成17)は、ハリエンジュ群落の拡大が影響している。

2.3 変化の著しい箇所の抽出とその要因

多摩川全体で、植生と自然度の変化図を見るとセグメント1の区間の変化が著しいことが確認され、セグメント1の中でも次の4区間が特に変化の著しい区間として抽出された。

40.0km～44.0km, 45.0km～46.0km, 49.0km～50.0km, 52.0km～53.0km



写2・1 多摩川43km付近の状況(セグメント1)
ハリエンジュ群落を中心とした樹林帯を形成

各区間の変化要因を以下に示す。

◆40.0km～44.0km

この区間の変化要因としては、永田地区で検証された河道の二極化(攪乱の減少により、礫河原が樹林

に変化する過程)があげられる。

◆45.0km～46.0km

この区間の変化要因は、45.2kmにある日野用水堰のため、土砂が堆積しやすい傾向にあったと思われる。加えて、平成3年3月の拝島橋竣工により滞筋が固定化される傾向になり、河道の二極化が進行したのではないかと推察される。

◆49.0km～50.0km

この区間の変化要因としては、グラウンドの存在等により滞筋が固定され、グラウンド周辺が安定化しグループ4の範囲が拡大したものと考えられる。

◆52.0km～53.0km

この区間の変化要因としては、羽村堰下流の河床の深掘れが進んだため、水位が低下しそれにより相対的に高水敷の比高が上がったため、高水敷の乾燥化が進み樹林化を助長したと考えられる。

2.4 植生変化のとりまとめ

自然度Ⅰ「望ましくない群落」の面積変化から抽出される植生環境の劣化箇所は、前述した4カ所である。

劣化箇所を含むセグメント1は、図2・10に示すとおり比高の上昇傾向が見られる。これは、近年においても継続している。特に、43～44kmと52～53km付近は、水位低下によって大きく比高が上がった。また、河道の複断面化も見られ水際の地盤高も上昇する傾向にある。昭和51年と平成11年の比高別の植生立地環境の形成割合を比較すると、昭和51年当時は、グループ4の占める面積が狭く、比高が2.5mであっても攪乱を受ける範囲が広いから、グループ3がグループ4となる割合は非常に小さい。それに対し、平成11年では、比高が2.5mとなると半数以上がグループ4の安定した植生帯となっている。これは、河道全体がハリエンジュ群落や外来植生のグループ4の植生にとって生育しやすい環境に変化していると考えられる。現在、グループ4は外来植生を中心とした植生群落で構成され、将来、外来種群落の占める面積が多くなることが想定される。

3. セグメント1における保全方策について

3.1 保全対策の必要性

多摩川の⑧生態系保持空間等では、できる限り人為的な改変等をしないように保全されてきた。しかし、流況の変化（河川の攪乱の減少）や河床低下（水位低下）、細粒土砂の堆積などにより、⑧生態系保持空間をとりまく外的要因は変化している。本来、⑧生態系保持空間に求められる機能を保持するためには、⑧生態系保持空間に作用する攪乱要因を維持していくことが重要である。特に、⑧生態系保持空間が配置されている区間は、セグメント1にあたり、出水による攪乱など時系列的な変動が絶えず起こっている環境であった区間であり、攪乱頻度および規模を維持していく必要がある。

これまでの検討の結果、セグメント1における植生基盤の比高が上昇し続けており、攪乱状態が維持されていない。このままでは、ますます比高の上昇およびそれに伴う河道の安定化が加速するのではないかとと思われる。

既に、昭和51年と比較して同じ比高であっても、グループ2やグループ3が安定した植生立地環境であるグループ4に変化する確率が高くなっている。これは、既に根付いたハリエンジュ群落やオオボタクサ群落がグループ4拡大の要因（細粒土砂の堆積）として機能し、土壌等の条件がグループ4の群落にとって生育に適している環境に変化することが予想される。また、⑧生態系保持空間の管理方法は、今までは「人為を排する」ことを主眼に置いていたためにかえって外来種が繁茂してしまったという結果を招いている。

従って、今後の⑧空間の管理方法として「外来種駆除等の適度な管理の手をいれること」を提案する。そのために、市民に理解や協力を得るために、⑧空間を広く紹介する取り組みも行うべきである。例えば、ネイチャートレイルのコースを設定したり、自然観察を兼ねた自然環境の管理を行うことなどが考えられる。

今回の検討では、植生と生育する物理環境の関係

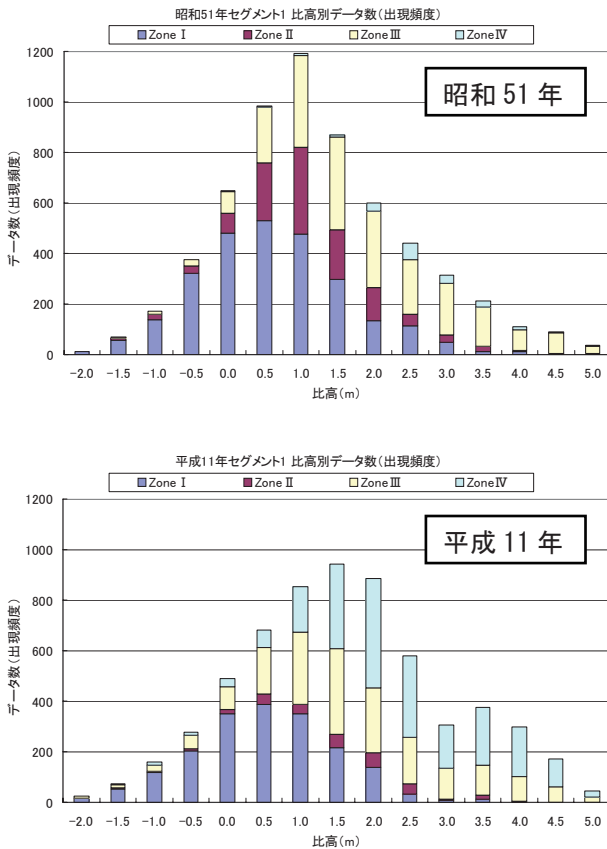


図2-10 比高別データ出現頻度（セグメント1）

また、図2-11は昭和51年と平成11年の平水位を比較したものである。堰の上流域の平水位は変化が小さいが、全体的に低下傾向にあり、43km～45km付近、52km～53.5km付近の低下が著しい。

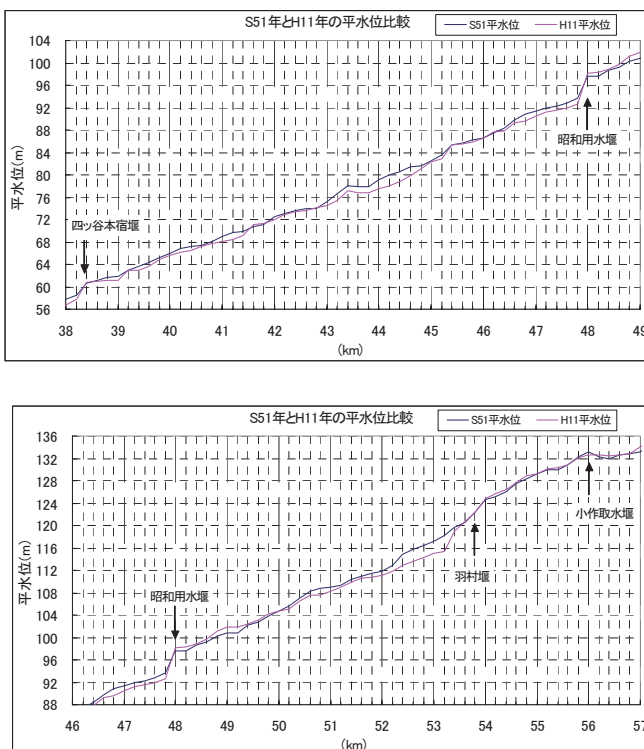


図2-11 平水位の比較（セグメント1）

から⑧生態系保持空間の過去からの植生変化の度合いを捉えることができた。しかし、植生が変化した具体的な要因と課程については、前述の各グループ毎に攪乱を受けてからの時間を考慮した変化過程の検討、モニタリングが必要と思われ、今後の課題と考える。

3.2 具体的保全対策の実施方法

具体的な対策として、以下の2つの方法があげられる。

- 河道整正により、高水敷の掘削と深掘れした低水路の埋め戻しを行い、動的平衡状態の河道に戻す。
- ZoneIVに繁茂しているハリエンジュ等の外来種を駆除する。

⑧生態系保持空間での課題は侵略的外来種が拡大し、在来植生が減少していることがあげられる。河道整正等は、治水事業として行うことが考えられるが、外来種（主にハリエンジュ）の駆除を環境整備事業として行うための、現実的な方法を以下に示す。なお、ハリエンジュの伐採の際には、1 個体全体（群落ごと）を刈る必要がある。

表 3・1 の 1, 2, 3 は比較的簡単に出きる方法であり、これらを市民参加によって実施することも考えられる。

◆ハリエンジュの駆除方法について

文献等によると、萌芽力、繁殖力の高いハリエンジュ等を駆除する場合として以下の表の方法が考えられる。それらの方法の長所・短所を整理した。ハリエンジュの駆除方法として薬剤を用いた方法が多く論文等にあるが、河道内で薬剤を用いることは水質汚染の可能性があり、採用しにくい。また、重機により地表を攪乱した後に輪立ちに沿ってハリエンジュの萌芽が発生した事例があるため、伐採方法は“チェーンソーによる伐採”, “伐採後萌芽刈取り”, “巻き枯らし” が有効と考えられる（表中に網かけで表示）。



写 3・1 ハリエンジュ群落の状況

表 3・1 ハリエンジュ管理（駆除）方法一覧

番号	方法名	内容	長所	短所
1	伐採	チェーンソーもしくは人力による伐採	作業が一般的であり、簡単である	萌芽などが再生し、早期に樹林が回復する可能性がある。
2	伐採後萌芽刈取り	伐採後、根元などに発生した萌芽を刈り取る	作業が簡単である。単なる伐採より樹林の回復を遅くする効果がある。	定期的な管理が必要になる可能性がある。
3	巻き枯らし	地上 1m 程度のところで切り目を入れ、樹皮を巻くように 1 周する。次に幅 10cm 程度の帯状にして根元まで引き剥がす。これを繰り返し、根元から 1m 程度まで樹皮がないようにする。	枯死を促すことが可能であり、そのまま放置することも可能である。	枯死木が突然倒れる可能性があり、人家周辺では危険となる。また、枯死木が出水により流出する可能性がある。
4	薬剤による衰退を促す	除草剤など薬剤をまく、または注入することによる生育を阻害する。	簡単な作業で衰退を促すことができる。	水質汚染などの可能性があり、河川付近での使用は避けた方がよい。
5	重機による伐根	重機により立地ごと伐根を行う。	伐根をすることで、個体をほぼ完全に除去できる。	大掛かりであり、費用もかかる。

4. ヨシ原の保全方策

⑧生態系保持空間である河口域（0km～6km 付近）のヨシ原を対象としてヨシ原の保全方策を検討した。検討の流れは図 4・1 のようであり、まずヨシ原の生育基盤の変遷を整理し、ヨシ原の変化を考察検証した。つぎに、多摩川河口のヨシ原のもつ人や生物への寄与効果を把握し、ヨシ原の保全対策の必要性和ヨシ原保全方策について検討した。

※ヨシ原：多摩川河口でのヨシ原とは、ヨシ群落、塩性湿地群落（ウラギク群落、シオクグ群落）、干潟等からなる河口域の多様な草地環境として定義する。

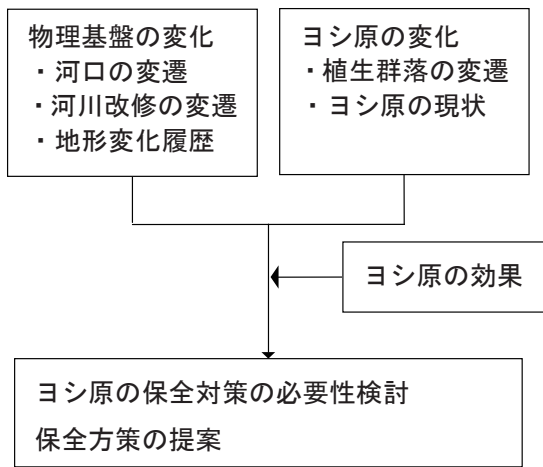


図 4・1 検討のフロー図

4.1 保全対策の必要性について

4.1.1 物理的基盤の変化

1) 多摩川河口の変遷

明治期の多摩川河口部は複数に分派しており、堤外地は果樹園(梨)・畑などの耕作されている部分が低水路のそばまで広がり、湾曲内岸部にヨシ原が広く見られるものの、河道内には干潟は殆どない状況である。また、沿岸部分には広い前浜干潟が形成されている（図 4・2 参照）。

その後大正期に入り多摩川下流改修工事が始まり、連続堤防が整備されると共に、低水路の拡幅が行われ、河道内に広い干潟が形成されるようになった。

戦後から高度成長期までは、多摩川維持工事による第二次浚渫、低水路の大幅な拡幅により、河道内の干潟面積が増加する一方、川崎側の埋め立て、羽

田空港の拡張等の影響により前浜干潟はほとんど消失した（写 4・1 参照）。

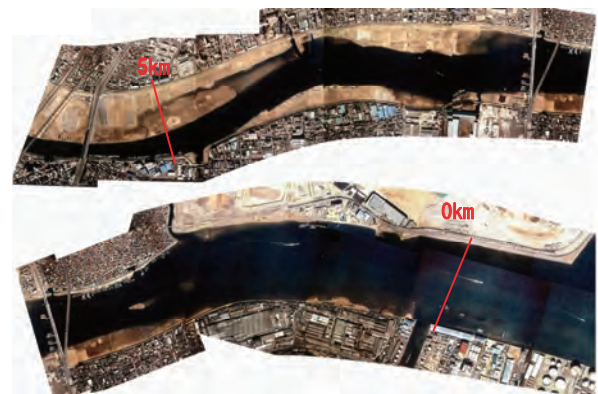
河道内においては、昭和 40 年代以降、干潟に植生域が発達し始め、現在はヨシ原の面積が拡大・単調化する傾向にある（写 4・2 参照）。



図 4・2 明治 14 年(自然河川期)の土地利用



写 4・1 昭和 22 年空中写真



写 4・2 平成 11 年空中写真

2) 河川改修の変遷

多摩川河口域は浚渫や埋立工事による河道拡幅や低水護岸工事等が行われている（図 4・3 参照）。

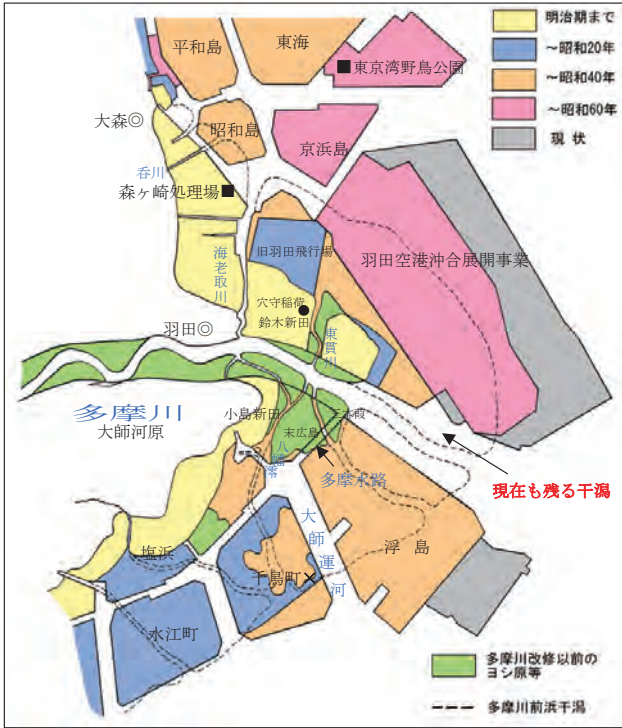


図 4-3 河口部の干潟・埋立変遷図

3) 地形変化履歴

近年の河口部の土砂侵食・堆積状況を、河口域の横断図（昭和 50 年，平成 11 年）を重ね合わせにより整理した。河口域全体としては、河道浚渫の影響を強く受けているが、河道の滞筋は固定しており安定傾向にある。長期的にみると 1.6km より下流は航路維持のための河積の増加傾向，上流は堆積傾向にある。ヨシ原の分布域は大きな変化は無いが，地盤は若干の堆積傾向にある（図 4-4 参照）。

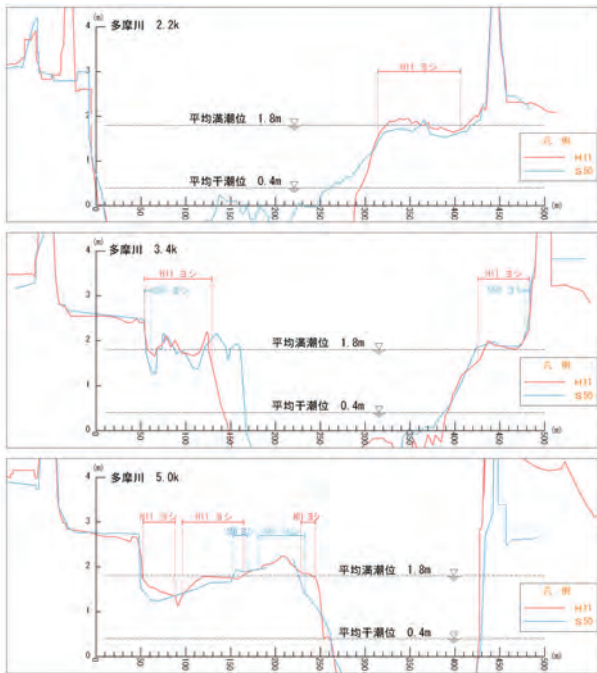


図 4-4 河口部横断の重ねあわせ図

表 4-1 に、河口域の変遷について時代毎に整理する。

表 4-1 河口地形の変遷状況

年代	河川改修関係	河川環境関係	沿川土地利用関係
自然河川期 明治期	・自然堤防上に在来堤が整備されている。	・河道は蛇行し、河口部で複数に分派する。 ・堤外地は畑と粟畑が主。 ・酒曲内岸部と河口に広いヨシ原が広がる。	・大部分が水田。東海道沿いと羽田に大規模な集落 ・河口部の三角州に輪中堤が築かれ、農地開発が行われる。
河道拡張期 大正期	・大正7年から多摩川下流改修工事始まる。 ・低水路に沿って護岸・水制が整備され、高水敷は全面的に掘削され、地盤高が下げられる。	・六郷橋下流の高水敷は大部分が掘削され、干潟が広く広がる。 ・河口部のヨシ原は農地放棄により、拡大。	・三角州上の農地は大部分が放棄される。穴守稲荷や川崎大師の門前町が発達。
河道拡張期 昭和戦前期 ～昭和20年	・昭和8年に多摩川下流改修が竣工。河口部の派川は整理される。	・高水敷の大部分は干潟でヨシ原域は少ない。	・全体に都市化がすすみ、特に右岸側に工場が進出するようになる。
河道拡張期 昭和戦後期 昭和20～35年	・多摩川維持工事にて、第二次の浚渫が進められる。低水路が大幅に拡張される。	・安定した高水敷は農地に利用され、低い場所の大部分は干潟である。その河道内の干潟も浚渫により、眼前より面積が減少している。	・米軍の遺跡により羽田空港が拡張され、海老取川以東が空港用地となる。
高度成長期① 昭和35～45年	・低水路の工事は完了し羽田地区及び中瀬地区の堤防前出しが実施される。	・現在の低水路形状が固定。干潟の中に土砂が堆積して植生帯が形成されるようになった。	・羽田空港の拡張（C滑走路）。多摩川右岸の埋立（末広・浮島町）により、河口干潟（特に多摩川より南側）が著しく縮小。
ヨシ原拡大期 高度成長期② 昭和45年～	・羽田地区の高瀬工事が進められる。	・高水敷の農地は多摩川開放計画により、公園・グラウンド等へ転用。 ・植生帯は徐々に拡大し、多様な塩性湿地群帯が形成される（観音橋定時）。	・羽田の神倉農園工事が進められ、多摩川北側の干潟の大半が消失。
現在 平成元年～	・改修工事は概成し、部分的に高規格堤防工事始まる。 ・六郷橋・大師橋の架け替えが行われる。	・高水敷は現状まま。植生帯は拡大傾向にあるが、ヨシとアイアシが大部分を占めるようになり、草刈の傾向にある。	・新たな埋立等なし。 ・産業構造の変化により、マンション群の増加、工場の撤退等がはじまる。

出典：『多摩川河口域環境調査 報告書』H15.2

4.1.2 ヨシ原の変化

1) ヨシ原の生態的特性等の整理

(1) ヨシ原の生育基盤

一般的に、ヨシ原の生育基盤は砂質地盤がよいとされている。しかし、図 4-5 に示すとおり多摩川のヨシ原はシルト質基盤上に生育している。また、土壌の pH 及び塩化物含有量を見るとヨシは強酸性の土壌・塩分濃度の高い土壌に対応可能であることを示唆している。

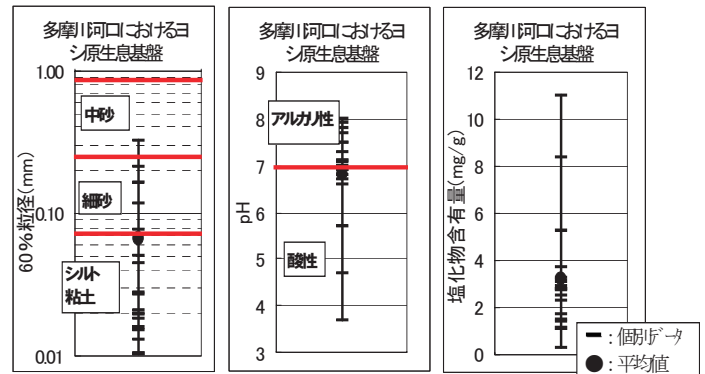


図 4-5 ヨシ原の生育基盤の状況

(2) ヨシの地下茎

図 4-6 に示すようにヨシの地下茎は、地盤高との相関性が強く平均満潮位以下 1.0m の範囲に集中している。特に AP+1.1m~1.6m の間に集中している。

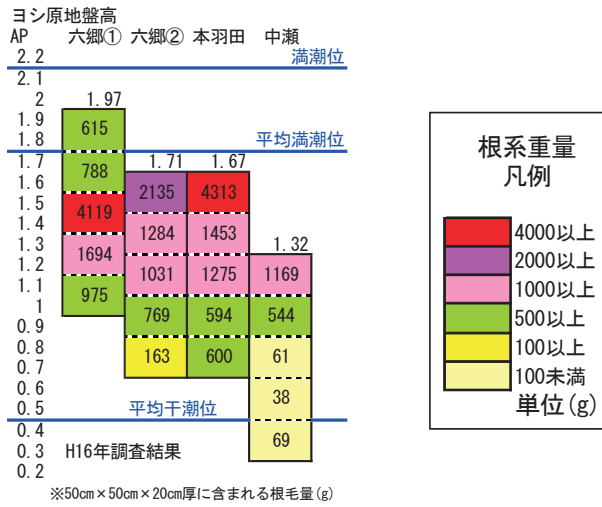


図 4-6 根茎重量と地盤高の関係

(3) 河口部の植生域の変化

昭和 30 年頃の空中写真をみると、河道浚渫の影響で、河口部のヨシ原を中心とする植物帯はほとんど見られず、植物帯の面積は 10ha に満たなかったが、昭和 40 年以降は拡大傾向にある (図 4-7 参照)。

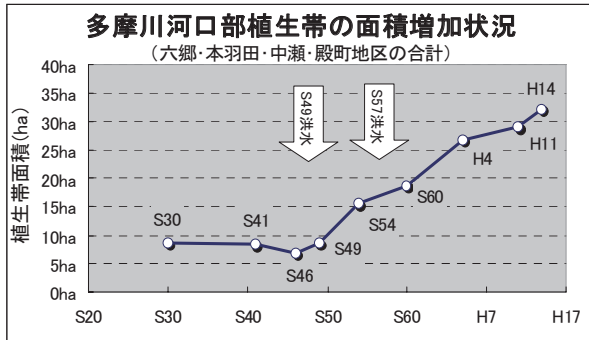


図 4-7 多摩川河口部の植生帯面積の推移状況

(4) 植生の変遷

昭和 51 年(1976)の植生図には干潟に塩性湿地植生 (ウラギク・シオクグ群落等) やヨシがバランス良く生育し多様性が高かった。現在では塩性湿地植生がほぼ消滅し、ヨシが卓越した単調な環境となっている。

以下に河口域の植生の変遷と図 4-8 に殿町地区と図 4-9 に六郷地区の植生変遷図を示す。

◆変遷

- 干潟上の土砂の堆積 (昭和 30 年後半)
- 先駆植生のウラギク群落やシオクグ群落の侵入
- 上記植生の背後地にヨシ原が侵入 (1976 植生図)

- 植生等で囲まれたワンドなどにウラギク群落が拡大

昭和 57・58 年出水

- 土砂堆積によるヨシ原の拡大+ウラギク群落の衰退
- 六郷地区ワンド部分へのヒメガマ群落の侵入・拡大

(1984 植生図)

- ヨシ原拡大+干潟やシオクグ群落、ヒメガマ群落の縮小
- ヨシ原のうち比高が高い部分へのアイアシ群落の侵入

平成 10 年出水

(1994 植生図)

- ヨシ原中央部におけるアイアシ群落の拡大

(1999 植生図) (2002 植生図)

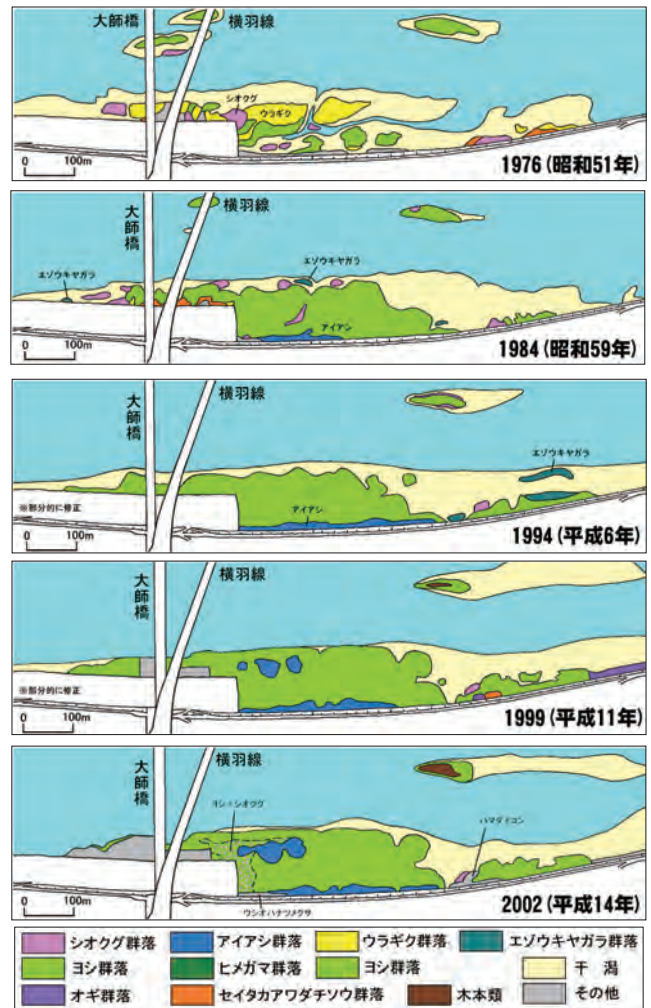


図 4-8 殿町地区の植生の変遷

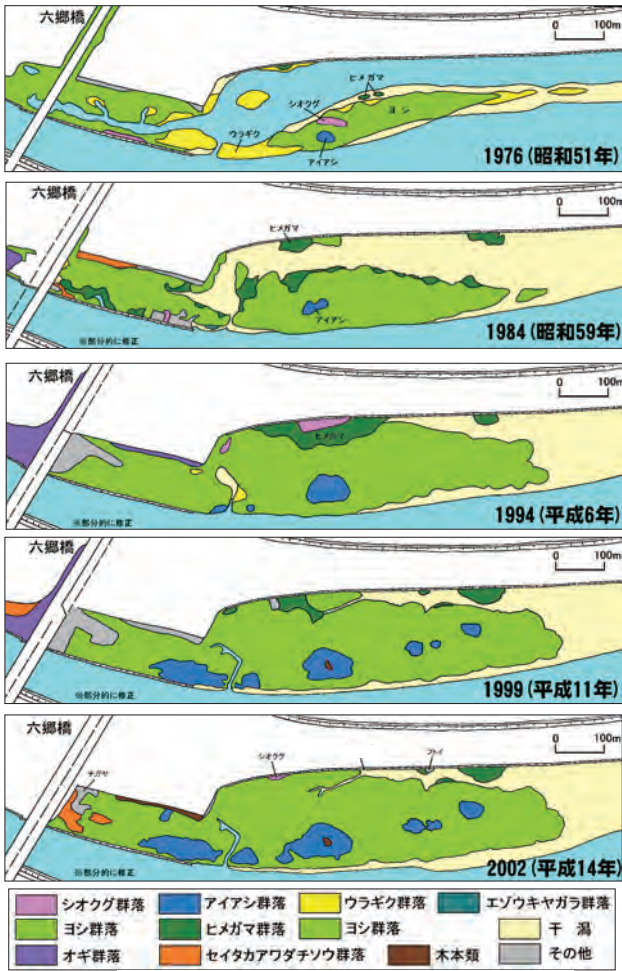


図 4-9 六郷地区の植生の変遷

六郷地区においても殿町地区と同様な植生変化を示している。昭和 51 年度から堆積傾向にありワンドや水路の消失が生じ、ヨシ原が拡大している。

2) ヨシ原の現状評価

(1) ヨシ原周辺の生物の生息状況

①魚類：汽水性魚類が多い。抽水性のヨシとの周辺は、マハゼ等のハゼ類の幼稚魚が生息場として利用している。泥干潟では、近年多摩川において確認されたトビハゼが生息している。

②底生動物：泥干潟ではゴカイ類が、砂干潟ではヤマトシジミ等の貝類が生息している。また、ヨシ原と干潟を利用する種として、アシハラガニ等のカニ類が生息している。

③植物：河口域で最大の占有面積を占めヨシ群落をはじめ、アイアシ群落は突出して拡大・増加傾向にある。

一方で、多摩川河口域で特徴的な塩生植物群落をはじめとする群落が消失あるいは減少傾向にある。

(2) ヨシの夏枯れについて

近年の多摩川河口では、ヨシが最も繁茂する夏季において、広範囲に亘ってヨシが枯死する現象が見られる。既往の調査結果では、多摩川河口のヨシ原は次のような特性を持っていると整理される。



写 4-3 多摩川河口部のヨシの夏枯れの状況

◆多摩川河口のヨシ原の特性

①ヨシの根茎が最も入っている層の酸化還元電位はいずれも -300mV 以上の高い値を示し、いずれも還元状態である。

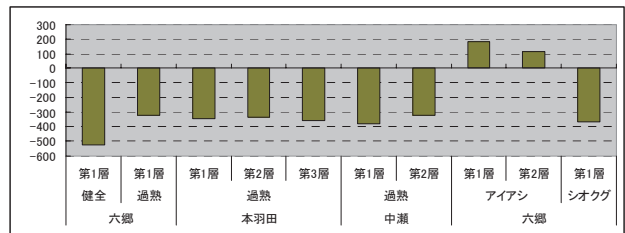


図 4-10 ヨシ生育地盤の酸化還元電位

②標高の高いアイアシの生育基盤は還元状態ではない良好な生育環境となっている。今後、土砂の堆積により、表層付近の土壌を利用するアイアシがヨシに変わって繁茂する可能性が高い。

◆夏枯れの原因

根茎がほぼ地下水面にあり、土砂粒径細かいために水交換が行われないことや、土壌に含まれる有機物が嫌氣的分解によりヨシの基盤が酸欠状態による何らかの原因で夏枯れが生じたと推測される。

(3) 多摩川河口域のヨシ原の現状

多摩川河口域では、図 4-11 に示す 5 つのヨシ原(多摩川河口・殿町・中瀬・本羽田・六郷)が存在する。過去と現在の植生図やこれまでに整理した断面形状等の変化を元に、各地区におけるヨシ原の現状を整

理すると表 4・2 のとおりとなる。

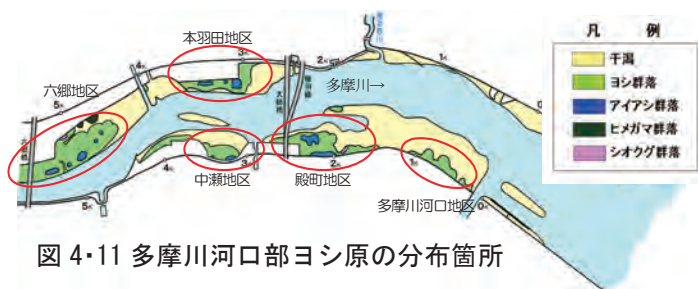


図 4・11 多摩川河口部ヨシ原の分布箇所

表 4・2 多摩川河口部ヨシ原の変化状況

地区	ヨシ原の変化
河口地区	・ヨシの拡大に伴う海浜植生等の減少
殿町地区	・土砂の堆積、植生拡大に伴う、水路・入り組み、湿地環境の消失 ・ヨシの拡大に伴う、塩性湿地植生の減少 ・ヨシの夏枯れ
中瀬地区	・土砂の堆積、植生帯の拡大に伴う、湿地環境の消失 ・ヨシの夏枯れ
本羽田地区	・土砂の堆積、植生の拡大による水路・入り組みの消失 ・流水の作用による河岸の侵食 ・ヨシの夏枯れ
六郷地区	・土砂の堆積・植生帯の拡大に伴う、水路・入り組み、湿地環境の消失 ・ヨシの拡大による塩性湿地植生の減少 ・ヨシの夏枯れ

多摩川河口域は引き続き細流土砂の堆積により、干潟部分の地盤高が高くなる傾向がある。そのため、ヨシ原群落およびアイアシ群落の広がりが予想され、多様な干潟環境（水路・入り組み）は消失すると思われる。

4.1.3 ヨシ原のもつ効果（機能）

多摩川河口域のヨシ原の持つ機能を既往文献から整理すると、以下の7項目が考えられる。

- ・ 水質浄化機能
- ・ 生物の生息場としての機能
- ・ 河岸保護機能
- ・ 景観機能
- ・ 地球温暖化に対する機能（Cの固定化）
- ・ ヒートアイランド抑制機能
- ・ ヨシの有効利用面としての機能

この機能のうち、特に多摩川河口域においては、

「他の生物への生息場としての機能」が特に重要であると推測される。しかし、多摩川河口域におけるヨシ原は将来以下の予測が考えられる。

- ・ 干潟のヨシ原群落の拡大、陸化の進行
- ・ ヨシに囲まれた入り組や水路の消失

このようなことからヨシ原の機能の課題を抽出すると、以下のとおりである。

●他の生物への生息場の機能

- ・ ヨシ群落の拡大に伴う、河口域特有の植物群落（塩性湿地群落、海浜植生）の減少
- ・ ヨシ群落の陸化、浮遊砂の堆積、刈り取り（リター除去）等を行っていないことによる、ヨシそのものの生育条件の悪化（過熟化）。また、それに伴うヨシの夏枯れの発生
- ・ ヨシ原の多様性の低下（質の単調化・水路や入り組みの消失）に伴う、河口域のヨシ原に依存する特有の生物の衰退

4.1.4 多摩川におけるヨシ原の保全方策の必要性

多摩川における河口域の位置づけを整理し、河口域において重要なハビタットであるヨシ原について、その保全方策の必要性を整理する。

- ・ 多摩川河口域は、⑧生態系保全空間として貴重な生態系を保持しようとする空間であるが、河口域のヨシ原は単調化や質的低下が起きている状態であり、⑧生態系保持空間の目的を満足していない。
- ・ 河口域のヨシ原・干潟は、河川区域で最も高い水質浄化機能が求められる地区であるが、陸化や管理が不十分なことにより、ヨシ原の過熟が進むなど、十分な浄化機能を発揮することができなくなっている。
- ・ 河口域は汽水域であるため、固有の動植物が見られると共に、多様な生物が生息する環境であるが多摩川河口域では特有の種の減少等が顕在化している。
- ・ 多摩川河口域は、多摩川八景に指定されており、多摩川らしさを代表する景勝地であるが、近年、ヨシ原の変化や周辺の土地利用、河川利用の変化などにより変貌しつつある。

以上のことから河口域のヨシ原は、⑧生態系保持空間であり、今までの管理方法は「人為を排する」ことを主眼に置いていた。しかし、河口域の環境（ヨシ原）を維持するためには、単に手をつけないで保護するだけでなく、環境保全の観点から必要な管理を行う必要がある。

4.2 ヨシ原の保全方策の検討

4.2.1 ヨシ原の保全方策の方向性

多摩川におけるヨシ原の保全方策を立案するにあたり、多摩川河口域に存在する5つのヨシ原（多摩川河口、殿町、中瀬、本羽田、六郷）を対象として、それぞれ保全方策の方向性を整理する。

1) ヨシ原を保全するための目標整理

多摩川の河口域には、健全なヨシ原が存在することが重要であり、ヨシ原の保全を実施するにあたっては、多摩川河口域においてどのようなヨシ原の姿を目標とするかを明確にしておかなければならない。

前段の検討において多摩川河口域で特に保全が必要なヨシ原の機能は

- ・多様な生物の生息・生育の場としての機能
- ・ヨシ原の水質浄化機能

の2点であることが整理されている。ここでは、それら2つの機能に関する目標値を整理しておく。

(1) 多様な生物の生息・生育の場としての機能

多摩川河口域の健全なヨシ原を保全するには、植物の多様性を確保することが重要である。

植生の多様性について、その状況が判明しているなかでは、昭和40年代～50年代が最も高かった。昭和55年策定の多摩川環境管理計画では、河口域に設定された2箇所の生態系保持空間（⑧空間）の位置づけを表4・3のように記述している。

これによれば、河口域の特性は、ヨシをはじめとしウラギク群落・アイアシ群集などの汽水帯特有の群落、ハマヒルガオなどの海浜砂丘性群落があるとともに、それらに守られた干潟の生物群集の特異性多様性に価値があると整理されている。

表 4・3 河口域の⑧空間の位置づけ（S55.2）

<p>1. 川崎市川崎区殿町(右岸 0～1.7k) 汽水帯が、ほとんど自然性の高い水際を失った多摩川において、<u>唯一の海浜砂丘性群落(ハマヒルガオ、コウボウシバなど)</u>が記録された区域である。 また、河口部にほぼ限局する鳥として、シロチドリ、メダイチドリ、キョウジョシギ、ハマシギ、アジサシ、セグロカモメなどがあげられ、特にシギ・チドリ類は採餌値を干潟面に依存しており、本区域はこれらの鳥類にとって重要な区域である。</p> <p>2. 東京都大田区南六郷(左岸中洲 3.9～5.2k) 中洲状地にヨシ群落をはじめ、<u>ウラギク群落、アイアシ群集など豊富な汽水帯特有の植物群落</u>が残された貴重な区域である。 また、ここはヨシ群落に守られて、汽水帯の動物相も豊富であり、さらにこれらの動物を餌とする野鳥類もまた多い。</p> <p>出典：多摩川河川環境管理計画報告書 S55.2 (財)河川環境管理財団</p>

昭和55年当時のヨシ原は、現在のようにまとまった塊として存在していたのではなく、河岸や干潟中に島状に点在し、水路や入り組みなどの多様なハビタットで構成されていた。

このような観点から、「多様な生物の生息・生育の場としての機能」についての環境目標を次のように設定する。



写 4・4 昭和50年代の多摩川河口部のヨシ原
シオクグ・ヨシ・アイアシといった多様な植物群落で構成されたヨシ原の様子

◆「多様な生物の生息・生育の場としての機能」確保のための目標

ヨシを中心とし、ウラギク群落、アイアシ群集、海浜砂丘植物群落など多様な植物相で構成されるヨシ原を確保し、物理環境としては、干潟と一体となり

水路や入り組み等の複雑な構造を持った状況（昭和50年代に見られたような環境）の復元を目標とする。また、それらのヨシ原において、ハゼ類などの魚類、クロベンケイガニなどの甲殻類、干潟を利用するシギ・チドリ類やヨシ原に営巣するオオヨシキリ、ヨシゴイなどの鳥類、キイロホソゴミムシやヒヌマイトトンボなど河口域の汽水環境に適応した特徴的な生物群集が健全に生息している状態を目標とする。

これらヨシ原内を利用する生物群集を確保するためには、ヨシ原を構成するヨシ及びその生育基盤が健全になっている状態を確保する必要がある。

(2) 水質浄化機能

多摩川河口域の水質は昭和30年代から40年代に著しく悪化し、ほとんど生物が生息できないような状態になったが、その後の水質規制、浄化対策等の実施により、環境基準値を満足出来る程度に回復がすすんでいる。

しかし、河口域の水質は多摩川本川や海老取川から流入する汚濁負荷により東京湾に比較すれば、十分水質が改善された状況であるとは言えない。また、大師橋地点の水質は平成7年以降やや悪化傾向を示している。

ヨシ原の水質浄化機能について、数値として目標値を設定することは困難であるが、ヨシ原の生育域が水質浄化機能として期待される区域であること、近年河口域の水質悪化傾向が見られること、ヨシ原の陸化などヨシの水質浄化機能を低下させるような

状態が確認されるようなことから、その目標を次のように設定する。

多摩川河口域では、ヨシ原の陸化や土壌の還元化などによるヨシの夏枯れが発生し、これによりヨシ原の水質浄化機能が低下している。

そこで、現在のヨシ原を健全な状態に回復させることにより、水質浄化機能を向上させることを目標とする。

2) ヨシ原の保全方策の方向性

多摩川河口域のヨシ原の現状を踏まえ以下の目標で保全方策を示す。

「多様な生物の生息・生育の場としての機能」および「水質浄化機能」を確保するためには、ヨシを中心とした多様な植物相で構成されるヨシ原を確保し、干潟と一体となった水路や入り組み等の複雑な構造を持った状況を保全・復元する。

また、ヨシ原を構成するヨシ及びその生育基盤の健全性を確保し、河口域の汽水環境に適応した特徴的な生物群集が健全に生息している状態を確保する。

また、⑧空間の管理、保全の方法であるが、多摩川中・上流域と同様に、人の手を入れなくて保護するだけではなく、環境保全の視点から人の手をいれた必要な管理を試み始める必要があると考える。

図4-12、表4-4に各地区のヨシ原保全方策の方向性を示す。

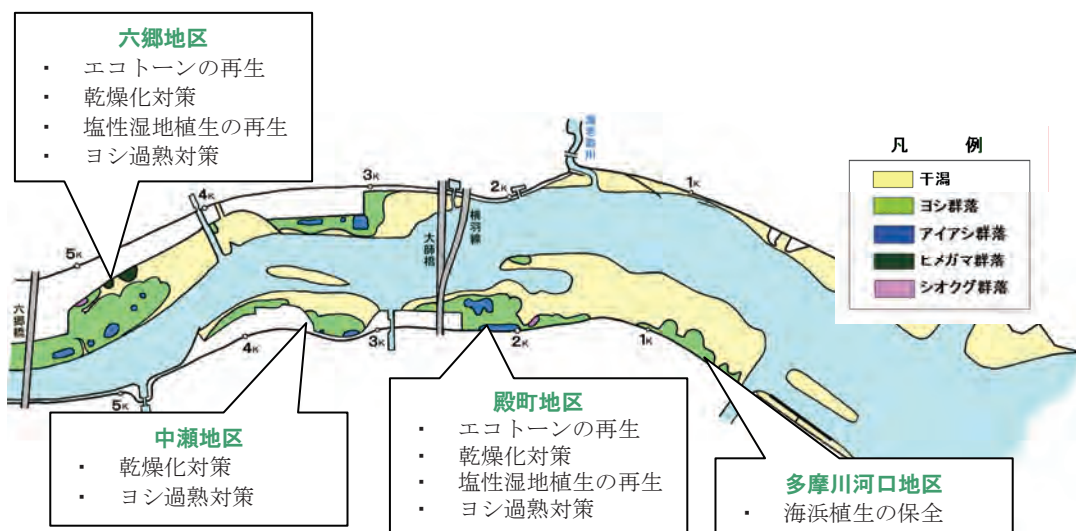


図4-10 多摩川河口部ヨシ原の保全方策の方向性

表 4-4 多摩川河口部ヨシ原の保全方策の方向性

地区	ヨシ原の現状	現状評価	ヨシ原の保全方策の方向性
多摩川河口地区	・ヨシの拡大に伴う海浜植生等の減少	・多摩川のヨシ原で唯一、海浜植生がまとまって存在する箇所であり、保全が望まれる。	・海浜植生の保全
殿町地区	・土砂の堆積、植生拡大に伴う、水路・入り組み、湿地環境の消失 ・ヨシの拡大に伴う、塩性湿地植生の減少 ・ヨシの夏枯れ	・多摩川八景に記載されているような干潟、塩性湿地植生、ヨシ、水路・入り組みがバランス良く配置されること、健全なヨシが生育することが本来の姿であり、これらを復元することが望まれる。	・エコトーンの再生 ・乾燥化対策 ・塩性湿地植生の再生 ・ヨシ過熟対策
中瀬地区	・土砂の堆積、植生帯の拡大に伴う、湿地環境の消失 ・ヨシの夏枯れ	・湿地環境が存在すること、健全なヨシが生育することが本来の姿であることから、これらを復元することが望まれる。	・乾燥化対策 ・ヨシ過熟対策
本羽田地区	・土砂の堆積、植生の拡大による水路・入り組みの消失 ・流水の作用による河岸の侵食 ・ヨシの夏枯れ	・入り組みやなだらかな水際が存在し、健全なヨシが生育することが本来の姿であることから、これらを復元することが望まれる。	・エコトーンの再生 ・ヨシ過熟対策 ・水際の再生
六郷地区	・土砂の堆積・植生帯の拡大に伴う、水路・入り組み、湿地環境の消失 ・ヨシの拡大による塩性湿地植生の減少 ・ヨシの夏枯れ	・干潟、塩性湿地植生、ヨシ、水路等の湿地環境がバランス良く配置され、ヨシが健全に生育することが本来の姿であることから、これらを復元することが望まれる。	・エコトーンの再生 ・乾燥化対策 ・塩性湿地植生の再生 ・ヨシ過熟対策
共通	・キイロホソゴミムシ、ヒヌマイトトンボ、アサクサノリ等の河口域特有の希少な動植物の生息・生育	・これらは、汽水性のヨシ原に依存する種であり、全国的にも数が少ない。また、その生態は不明瞭な点が多いことから、これらの生態について調査を実施し、その保全対策を検討することが望まれる。	・河口域特有の希少な動植物のための調査・対策

4.2.2 地区毎のヨシ原の保全方策の立案

1) 保全対策項目の抽出

多摩川河口域のヨシ原で実施すべき保全方策の方向性として、以下の7つの項目があげられる。

- ・河口域特有の希少な動植物の為の調査研究
- ・エコトーンの再生
- ・乾燥化対策
- ・ヨシの過熟対策
- ・塩性湿地植生の再生
- ・海浜植生の保全
- ・水際の再生

多摩川河口域のヨシ原を健全化するためには、最終的に、これら全てに対応することが望まれるが、

ここでは7つの対策項目の中から、特に早急に実施すべき対策項目を抽出し、試験施工・モニタリング計画の検討対象とする。

ヨシ原は、ヨシを基本とする環境であり、対策メニューの中でもヨシそのものの健全化に係わる事項を優先的に実施すべきであると考えられる。

ヨシそのものの健全化に係わる対策としては、「ヨシ過熟(夏枯れ)対策」「乾燥化対策」があげられる。乾燥化対策については、ヨシの生育基盤を盤下げることで対応可能であるが、ヨシ過熟対策については、その原因・対策手法が不明瞭であることから、早急にヨシ原の過熟の原因を究明し対策を講じる必要があると考えられる。

2) ヨシ原の保全方策に関する手法の整理

「ヨシ過熟（夏枯れ）」を中心としてヨシの保全方策に関する文献及び有識者へのヒアリングを実施した。その結果、「ヨシ過熟（夏枯れ）」に直接に関する記述は見られなかったが、保全方策について以下の参考となる知見が得られている。

参考とした事例は以下の淀川と渡良瀬川遊水地の事例が挙げられた。

【淀川（鶴殿地区）の概要】

鶴殿地区のヨシ原は、河床低下に伴う乾燥化により衰退しており、その復元・保全対策として、切下げ試験と導水路試験が行われた。

切下げ試験は、高水敷を切下げ冠水頻度を増加させることにより、乾燥化の改善を行うもので、平水位～12日水位がヨシの生育に適した地盤高であるという知見が得られている。さらに、導水路を設置することで、群落面積が拡大し、水分条件の改善により、ヨシの保全に効果があることが確認されている。

【渡良瀬遊水地の概要】

渡良瀬遊水地におけるヨシ原浄化施設の適切な管理を行うため、野焼きの有無によるヨシの生育に与える影響評価が行われた。

ヨシの生育状況は、バイオマス（乾燥重量）、ヨシの出芽によって行われた。その結果、野焼きを行った箇所のバイオマス（乾燥重量）、ヨシの出芽がいくつも多く、野焼きがヨシの良好な生育に寄与していると評価されている。

既存文献及び、学識者のヒアリング結果を基に「ヨシ過熟（夏枯れ）対策」を対象とした保全方策について整理した。

「ヨシ過熟（夏枯れ）対策」としては、以下に示す4つの手法（水路の整備、ヨシの野焼き、ヨシの刈取り、リターの除去）があげられる。これらの手法は、いずれも河口域における定量的な効果が不明瞭であるため複数の手法について試験施工を実施し、その効果を見極めることが望まれる。

(1) ヨシの生育条件

ヨシの生育限界は、塩分1.5～2%、酸化還元電位（ORP値）-150mV以上である（有識者ヒアリング）。

(2) ヨシの保全・再生手法

●水路の整備

【得られた知見】

- ・高水敷に水路を整備し、地下水の上昇させることでヨシの保全に高い効果を発揮する。（文献No.1）
- ・淀川の鶴殿地区の事例では、幅10～20m、長さ400mの導水路を設置し、ポンプによる揚水により通水を行った結果、5年の試験期間中に、ヨシ群落面積が1.6倍に増加している（文献1）。
- ・土壌の還元化や高塩分濃度化により、ヨシの健全な生育が妨げられている箇所では、水路の整備により土壌にフレッシュな水を供給することとなるため、酸化還元電位（ORP値）を高める（土壌の好気化）、塩分濃度の低下に寄与する可能性がある。ただし、水路の整備により水環境が改善される範囲は狭い範囲に限られる可能性も指摘されている（有識者ヒアリング）。
- ・平成17年度に多摩川の六郷地区を対象として実施された自然水路（水路幅5m）の横断方向の酸化還元電位を調査結果（冬季1回）では、自然水路から4mの範囲は酸化還元電位がプラスとなった（平成17年度 多摩川・相模川河口域環境調査業務報告書、京浜河川事務所）。

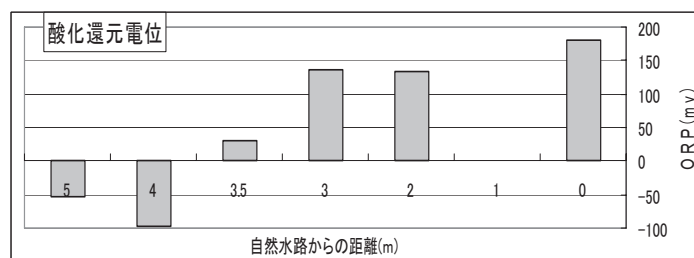


図 4-13 自然水路脇の酸化還元電位 (H18. 2. 17)

【未確認の知見】

- ・データが少ないため、水路の整備によって水分条件が改善される範囲が不明瞭な部分がある。
- ・水分条件改善のための適正な水路の規模・形状が不明瞭である。

●ヨシの野焼き

【得られた知見】

・渡良瀬遊水地の事例では、野焼きを3月に実施することでヨシの生育状況（地上茎・地下茎の乾燥重量，出芽数）が良好になり，ヨシが活性化することが確認されている（文献2）。

【未確認の知見】

・野焼きの時期によるヨシの生育状況を比較していないため，最適な野焼きの時期については不明瞭である。

●ヨシの刈取り

【得られた知見】

- ・ヨシ刈りは，ヨシ原の維持のため世界中で行われている手法である。土壌が還元化している環境では，ヨシ刈取りを行うことによりヨシの茎から土中への酸素供給されるため，有効な手法であると考えられる（有識者ヒアリング）。
- ・ヨシの刈り取り時期については，ヨシの土中への酸素供給のメカニズムから，夏季は昨年度の枯れたヨシがない状態，冬季は立ち枯れと根茎のみのヨシが半々で構成される状態にすることが望ましい（有識者ヒアリング）。

【未確認の知見】

・ヨシ原の活性化に効果的な刈取りの時期についての知見は得られていない。

●リターの除去（リター：落葉・枯死体）

【得られた知見】

・ヨシの生育基盤に堆積したリターを除去することで，ヨシの芽生えの阻害物が除去されると共に土壌が直接空気と触れるため，土壌が好気化され健全なヨシが生育可能となる（有識者ヒアリング）。

【未確認の知見】

・効果的なリターの除去の時期，についての知見は得られていない。
また，どの程度のリターの堆積厚が土壌に影響を与えるのか不明瞭である。

- ・文献1「淀川生態環境調査検討業務 報告書」（財）河川環境管理財団 2003～2005年

- ・文献2「利根川上流生態系河道計画検討業務 報告書」利根川上流河川事務所 2005年

4.3 試験施工・モニタリング計画の立案

前項の整理結果を基に，過熟（夏枯れ）対策に主眼をおいた試験施工計画及びモニタリング計画を立案する。

1) 試験施工対象箇所を検討

試験施工対象箇所については，現状でヨシの夏枯れが確認されている地区を対象とする。

試験施工においては，夏枯れの効果的な対策が明確になっていないため，様々なパターンの試験を行うことが考えられる。そこで，最も広いヨシ群落が存在する六郷地区を試験施工対象箇所とする。

2) 試験施工内容を検討

前項のヨシの夏枯れ対策については，定量的な効果について不明瞭な点があることから，試験施工では複数の手法を実施することとする。また，比較的簡易に実施でき（環境の改変度合いが少なく）且つ多摩川河口に適応可能な手法を対象とすることとする。

表 4-5 ヨシ健全化手法の試験施工への適応

手法	試験施工への適応
水路の整備	○ 施工が比較的簡易であり，環境への改変度合いは少ない。また，河口域は，干満により水位が変動するため，自然状態で連続的に水が流下する水路の整備は難しいが，冠水頻度の異なる水路を創出することが可能である。
ヨシの野焼き	× 実施に当たっては，消防車等の消火体制を取る必要があり，試験施工としても大がかりになること，周辺に住宅地等が多く，野焼きを実施した際の煙の問題等もあることから，多摩川河口において実施することは現実的でない。
ヨシの刈り取り	○ ヨシが枯れている時期に刈取りを行うことで，環境への影響も少なく，将来的には住民との協働により継続することも考えられるため，多摩川において適応可能と考えられる。
リターの除去	○ 環境の改変度合いが少なく，将来的には住民との協働により継続することも考えられるため，多摩川において適応可能と考えられる。ただし，多摩川のヨシ原は，ヨシが密生しているため，ヨシの刈り取りを実施することを前提として，リターを除去する必要がある。

各種法の試験施工への適応性については、次の通りであり、試験施工としては、「水路の整備」、「ヨシの刈取り」、「リターの除去」の3つの手法を対象とする。

(1) 水路試験区

○水路試験区の目的

水路を施工することで、ヨシの生育基盤がどのように変化するか。(地下水、酸化還元電位、塩分濃度) また、その変化はどの程度の範囲であるか。(敷高の違いによる差異) また、生育基盤(塩分濃度等)の変化により、ヨシの生育状況(草丈・密度・茎の太さ)はどのように変化するかを目的で実施する。表4・6、図4・14に試験パターンとイメージ図を示す。

表 4・6 水路試験区の試験パターン

No.	試験区パターン (水路敷高)	土中水交換量	ねらい
1	A. P. +0.0m (敷高: 水平)	多	水交換量が最も多くなるよう、水路敷高を最低干潮位とした場合のヨシの生育基盤や生育状況の変化の把握
2	A. P. +1.0m (敷高: 水平)	中	水交換量が中程度となるよう、水路敷高をヨシの根系が最も多い箇所の高さ(平均潮位)に設定した場合のヨシの生育基盤や生育状況の変化の把握
3	現状のまま (比較区)	少	水交換量が最も少なくなるよう、現状のままのヨシの生育基盤や生育状況の変化の把握
4	A. P. +0.0m ~ 現地盤 (敷高: 縦断 勾配有り)	多~少	上記、3つの試験区を補充する視点で、水路に縦断勾配をつけ、様々な冠水頻度における生育基盤やヨシの生育状況がどのように変化するか把握。

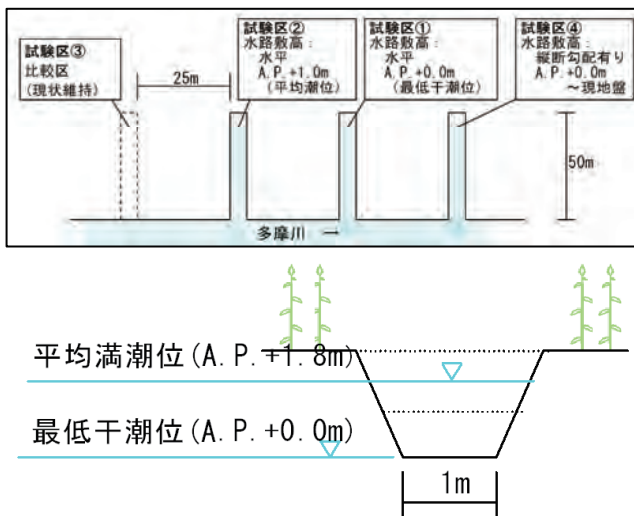


図 4・14 水路の配置イメージ

(2) ヨシ刈り試験区

○ヨシ刈り試験区の目的

ヨシ刈り、リターの除去を行うことで、ヨシの生育基盤がどのように変化するか。(酸化還元電位) また、障害物(枯死したヨシ、リター)の除去や生育基盤(酸化還元電位)の変化により、ヨシの生育状況(芽生えの状況、草丈、密度、茎の太さ)はどのように変化するかを目的で実施する。

表4・7、図4・15に試験パターンとイメージ図を示す。

表 4・7 ヨシ刈り試験区の試験パターン

試験区パターン		ねらい
刈り取り	リター除去	
●	●	刈り取りとリター除去の相乗効果を確認する
●	—	刈り取りのみの効果を確認する
—	—	比較工区

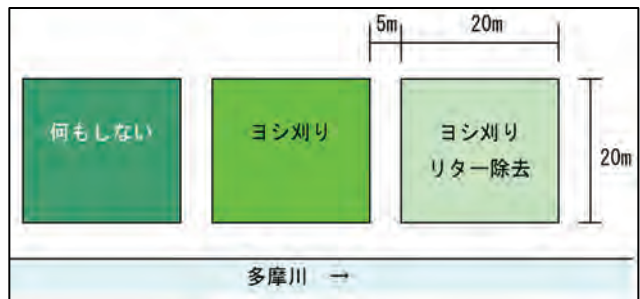


図 4・15 ヨシ刈り試験区配置イメージ

(3) モニタリング計画

モニタリング調査として表4・8及び表4・9に示す項目を提案した。なお、これらの調査実施にあたっては住民やNPOの協力を得る必要があると考える。

表 4・8 ヨシ原全域調査項目

【調査目的】				
<ul style="list-style-type: none"> 地区全体における生育基盤の状況を把握し、試験区を設定 六郷地区における夏枯れの発生状況の把握 夏枯れと生育基盤の関係把握 				
調査項目	ねらい	数量	調査期間	調査頻度
植生図作成調査	六郷地区におけるヨシの特性(下層植生の有無等)の把握	全域	1年	1回
群落組成調査	植物群落の種組成把握	群落数	1年	1回
夏枯れ発生状況調査	夏枯れの発生状況の把握	全域	3年	6-9月 月2回
平面測量調査	地盤高と植生の分布状況との関係把握	全域	1年	1回
コードラート調査	ヨシ生育状況調査	32箇所	1年+α	1回
	地下水(水位, DO, pH)調査			毎月
	酸化還元電位			
	土壌調査			
リター堆積	塩分濃度 粒度組成	1年	1回 2回	

表 4-9 ヨシ原試験区調査項目

【調査目的】 試験施工の手法別にヨシの生育基盤、生育状況の変化を把握し、ヨシ健全化のための知見を取得					
調査項目		ねらい	数量	調査期間 調査頻度	
水路試験区	水質調査 (水温、DO、BOD、塩分濃度T-P、T-N)	基礎情報として水路の水質を把握	1箇所	3年 春、秋	
	ヨシ生育状況調査	試験バタンの違いによる生育基盤(地下水、土壌環境)の変化把握 生育基盤の変化に伴うヨシの生育状況(草丈、密度、茎の太さ)の変化把握	86箇所※	1回	
	地下水(水位、DO、pH)調査		21箇所		
	土壌調査		酸化還元電位	86箇所※	3年 毎月
			塩分濃度 粒度組成	12箇所	1年 1回
ヨシ刈り試験区	ヨシ生育状況調査	試験バタンの違いによる生育基盤(地下水、土壌環境、リター堆積量)の変化把握 生育基盤の変化に伴うヨシの生育状況(草丈、密度、茎の太さ)の変化把握	15箇所※	1回	
	地下水(水位、DO、pH)調査		6箇所	3年 毎月	
	土壌調査		酸化還元電位		15箇所※
			塩分濃度 粒度組成	3箇所	1年 1回
	リター堆積	15箇所※	3年 2回		

※2年目以降は、地点数を絞って追跡することを予定する。

謝 辞

本検討は、国土交通省関東地方整備局京浜河川事務所委託業務の調査検討の一環として実施されたものである。なお、本検討を実施するにあたり佐々木寧先生、浅枝隆先生、奥田重俊先生や京浜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致します。

参考文献

- 1) 奥田重俊，佐々木寧：河川環境と水辺植物—植生の保全と管理—，ソフトサイエンス社，1996
- 2) 奥田重俊，小船聡子，畠瀬頼子：多摩川河川敷の植物群落＝「多摩川河川敷現存植生図」解説書＝，建設省関東地方建設局京浜工事事務所，1995
- 3) 藤田光一，李参熙，渡辺敏，塚原隆夫，山元晃一，望月達也：扇状地礫床河道における安定植生域消長の機構とシミュレーション，土木学会論文集 No. 747, p41-60, 2003.
- 4) 原田圭助，池内幸司：冠水頻度，土性区分と成立する河川植生との関係に関する一考察，RIVER FRONT Vol. 38, p18-23, 2000
- 5) 中西由美子，森谷公之，渡辺誠，羽田紀行，中村敏一，吉田桂治，桶川満：河川環境の形成についての一考察～北上川をモデルにして～，応用生態工学第8回研究発表会講演集，p143-146, 2004
- 6) 多摩川河川敷自然環境評価調査報告書，建設省関東地方建設局京浜工事事務所，1978
- 7) 淀川生態環境調査検討業務 報告書，(財)河川環境管理財団 2003～2005年
- 8) 利根川上流生態系河道計画検討業務 報告書，利根川上流河川事務所 2005年
- 9) 藤井滋穂：2001年環境技術展望 水環境(1)琵琶湖岸におけるヨシ群落の機能と現況，環境技術 Vol No2 p102-106, 環境技術学会
- 10) 琵琶湖のヨシ再生に向けた植栽条件に係る調査 研究報告書，財団法人 淡海環境保全財団，2002.3

5. 今後の課題

今回の検討で、通常の河川管理によって得られる指標をもとに河川環境の場の変化を確認した。その結果河川整備計画の機能区分のうち⑧空間の変化が激しく、その空間の管理を如何に実施していくかが課題となった。その為には、人を近づけない管理を実施してきた⑧空間を、環境保全の視点から手を加える管理へ移行する必要があるとした。

残された課題は以下のようなものである。

・中上流域

生態系保持空間（⑧空間）の生態系としての質をどう評価をどうするのか。また、侵略的外来種の除去方法と植生管理および河道管理の手法をどう実施するか。

・河口域

ヨシ原の夏枯れについて試験施工・モニタリング計画の立案を実施したが、対策手法の効果に関する知見は不十分であり、モニタリングを実施しながらヨシ原の環境保全計画の策定を目指す。

また、多摩川の河川環境管理を行うためには、市民の方々の協力が不可欠であり、市民と協働した河川環境管理の仕組み作りも重要な検討事項である。

今後、現在多摩川で実施している試験施工（永田地区や四谷地区の礫河原の再生）やこれから河口域で行う試験施工の評価を行い、知見の増大化を図り、さらに取り組みを行う仕組みを確保ことが重要である。

5. 霞ヶ浦の波浪対策と湖岸堤整備

戸谷 英雄* ・玉川 勝巳** ・今井 聡***

1. 研究の目的

霞ヶ浦は湖面積約 220km²であり、我が国第二位の面積を誇る湖である。通常、堤防は計画高水流量以下の流水を越流させないように設けるべきものであり、洪水時の波浪、うねり、跳水等による一時的な水位に対して、堤防の高さに余裕高をとる必要がある。一方、水面積の大きい湖沼等の計画高水流量が定められない湖沼の湖岸堤の高さについては、計画高水位に波浪や吹き寄せの影響を考慮する必要がある。

よって、本研究では、霞ヶ浦の波浪の基本的特性を整理し、各既設堤防形状別の波浪対策を考慮した湖岸堤整備計画の検討を行った。

「河川管理施設等構造令」によれば、「波浪の影響に考慮して認められる値」については、波浪による打上げ、風による吹き寄せ等について配慮する必要があるものであり、その検討にあたっては、地形による波浪の増幅又は減衰、河道又は湖沼の副振動あるいはセイシュ、波浪の方向、屈折、回折および反射、消波の効果、堤防の構造等のほか、堤内地の利用状況および許容越波量、関連他事業計画との調整等の外的環境条件についても十分配慮する必要があるとされている。

霞ヶ浦等の湖でも、湖岸堤の整備にあたっては、波浪を考慮した堤防高を検討する必要がある。そこでまず、風による水位上昇（吹き寄せ）および風浪の発生特性を把握し、波の打上げ高を評価することにより、湖岸堤の必要高の検討を行った。

波浪対策の基本検討の流れを図 2・1 に示す。

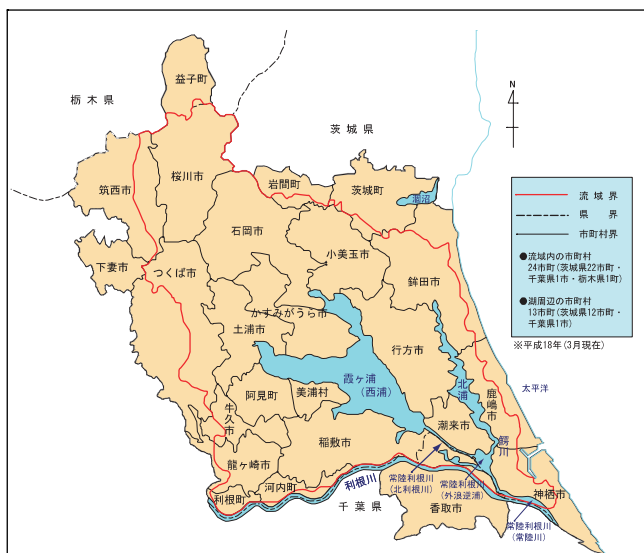


図 1・1 霞ヶ浦全体図

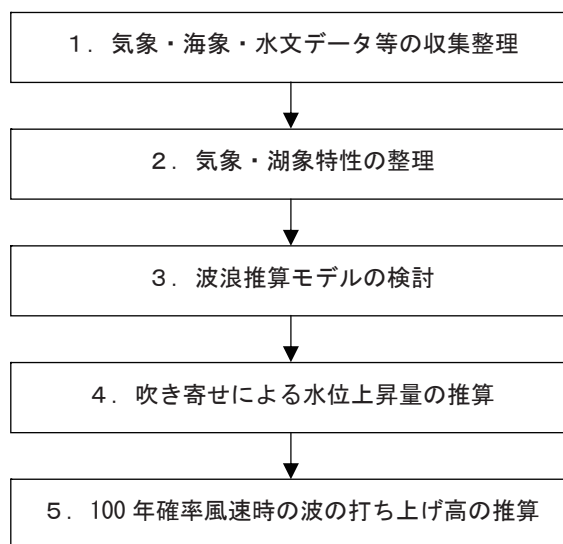


図 2・1 波浪対策の基本検討フロー

2. 波浪対策の基本検討方法

2.1 波浪対策の基本検討

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第四部長
** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第四部研究員
*** (株) 建設技術研究所 海岸海洋室 主任

2.2 気象・湖象・水文データ等の収集整理

霞ヶ浦の波浪特性を把握するために、既存の気象・海象・水文データを収集整理した。

収集整理したデータは以下のとおりである。

- ① 気象（風向・風速）データ 計 15 観測所
湖心，土浦，出島，小高，鰐川他
- ② 湖象（最大波高・周期，有義波高・周期，波向）データ 計 5 観測所
湖心，土浦，小高，出島，麻生沖
- ③ 水位データ 計 20 観測所
木原，浮島，出島，八木蒔，井上他
- ④ 地形データ
湖底の地形データ…平成 13 年度実施 霞ヶ浦広域深淺測量成果

2.3 気象・湖象特性の整理

2.3.1 風の発生特性および代表観測所の検討

1) 各地の風の相関

湖面で発達する風浪を推算する際には、一般に湖面上 10m 地点の風速を外力条件とする。この場合、湖面近くで、周辺の地形の影響を受けない地点の風速データが望ましい。湖心観測所は西浦の中心にあり、周辺の地形の影響も受けないことから、霞ヶ浦で発生する風浪を推算する上で、最も望ましい観測所であると考えられる。

本項では、湖心が霞ヶ浦全体の風況を代表する観測所であることを検証するため、「湖心観測所」と「他の観測所」の風速および風向観測値の相関関係について確認を行った。

(1) 風速の相関関係

近年 5 ヶ年の平成 12～16 年の毎正時の風速を対象に、湖心観測所と他の観測所（12 観測所）の相関を調査した。表 2・1 は、湖心観測所の各観測所に対する風速の比率とその相関係数（ R^2 値）を整理したものである。

表 2・1 湖心観測所と他の風向風速観測所の相関整理

観測所	湖心観測所風速に対する比 $y=ax$ (y :湖心風速)	相関係数 R^2 値
土浦	1.52	0.46
掛馬沖	1.08	0.61
出島	1.47	0.58
玉造	2.18	0.58
小高	1.08	0.73
東町	1.10	0.69
麻生沖	0.99	0.56
潮来	1.57	0.52
鰐川	1.04	0.34
釜谷沖	1.06	0.66
鉾田	2.69	0.13
波崎	1.02	0.41

観測所位置については、後述の図 2・15 参照

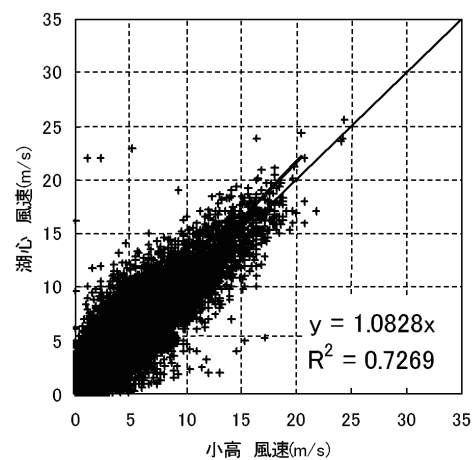


図 2・2 湖心観測所風速と他観測所との相関関係
(例：湖心－小高)

表 2・1 より比率 a は 1.0 以上となる観測所が大半であることから、湖心の風速は、他の観測所と比較して、同等もしくはやや大きめとなっている。また、相関係数（ R^2 値）は、鉾田の 0.13 を除けば、0.6 前後の値である。これより、湖心観測所の風速は、霞ヶ浦の代表値としての特性はあると判断した。

(2) 風向の相関関係

平成 12～16 年の毎正時の風向観測値を対象に、湖心観測所と他の観測所（12 観測所）とで、風向の一致状況を確認した。

風向計の観測結果は 16 方位（22.5 度刻み）の出力であることから、1 方位程度は地点による観測風向のずれはあるものとして、以下の時間数をカウン

トした. 図 2・3 に結果を示す.

- ①湖心風向と一致した時間数
- ②湖心風向と 1 方位 (±22.5°) 違い

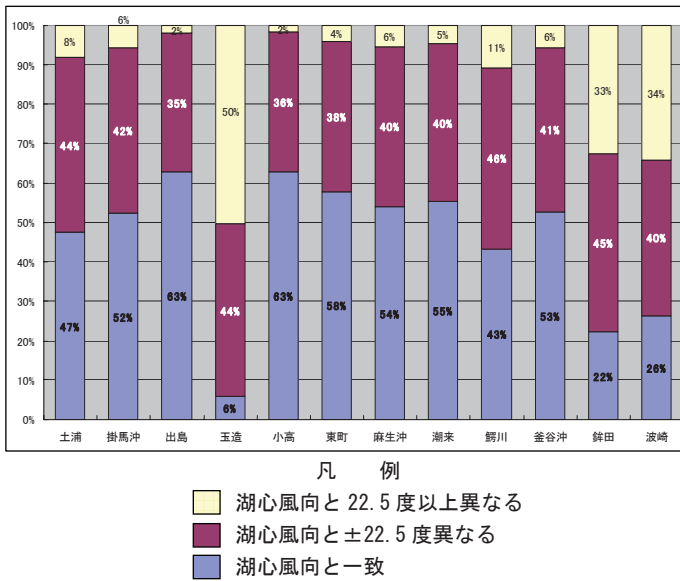


図 2・3 各地の観測所と湖心の風向一致状況 (平成 12~16 年の毎正時観測値を対象)

象に, 波向別 (16 方位) に風速と有義波高 (H1/3) との相関を整理した. 相関図の一例を図 2・4 に示す. いずれの風向においても風速と波高の相関は高く, 強風の発生時には高波浪が発生している. これより, 波の発達は風に起因するものと判断できる.

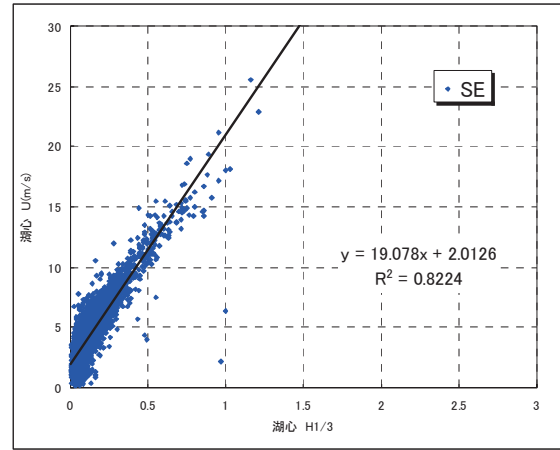


図 2・4 湖心風速と有義波高の相関関係 (例: 南東方向の風)

湖心の風向は, 玉造および鉾田, 波崎を除けば, 他の観測所と ±22.5° の範囲で概ね 90%以上一致している. これより, 湖心の値で霞ヶ浦全体の風向を代表できるものと判断した.

以上より, 湖岸堤の波浪に対する安全性検討には, 湖心での風観測値を霞ヶ浦全体の代表値として用いるものとした.

2) 風と波の発生特性

湖心の平成 13~16 年の毎正時の波高観測値を対

2.3.2 風の発生と水位ピークの発生時差の把握

波浪は風によって発生するが, 湖岸堤の波浪対策を検討する際には, 洪水等による水位の上昇量についても検討しなければならない. ここでは既往洪水を対象に, 湖心における風速と水位のピーク発生状況について, 風速と水位のハイドロ重ね合わせにより整理を行った. 一例を図 2・5 に示す.

なお, 対象洪水は湖心で風速観測が開始された昭和 50 年度以降の 20 洪水 (うち有効データ 18) とした.

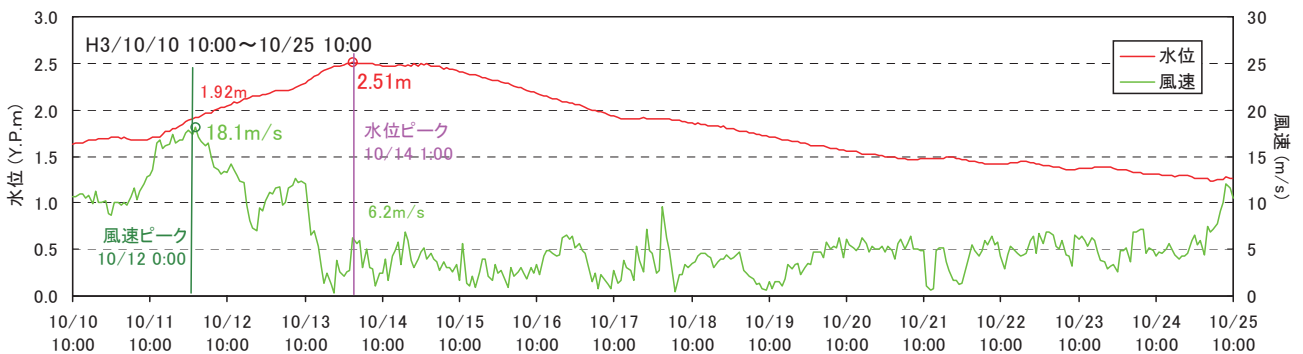


図 2・5 代表洪水時の風速と水位のハイドロ重ね合わせ (湖心) (例: 平成 3 年 10 月 10 日洪水)

1) 水位と風速のピーク発生時間差について

湖心風速と湖心水位のピーク発生時間差を整理し図 2・6 に示す。大幅に異なる平成 11 年 7 月 10 日洪水を除くと、風速のピーク発生に対して水位のピークは概ね 46 時間程度遅れる。

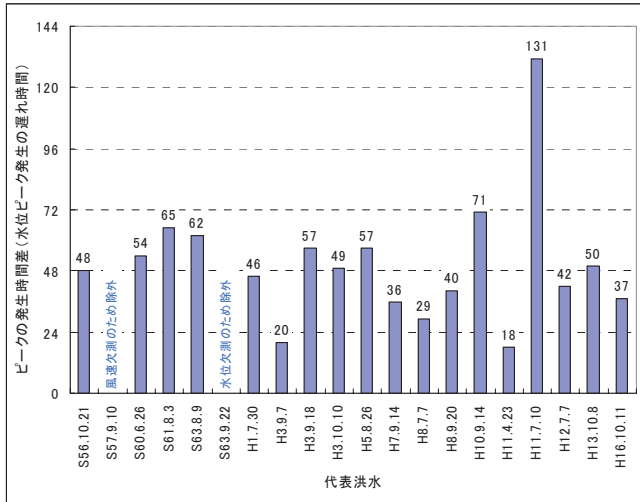


図 2・6 代表洪水毎の風速と水位のピーク発生時間差（湖心）

2) ピーク風速発生時の水位について

湖心のピーク風速とピーク風速発生時の湖心水位の関係を図 2・7 に示す。湖心水位は、Y.P. +1.0~1.5 m の範囲に集中しており、最大でも Y.P. +2.0m 以下となっている。

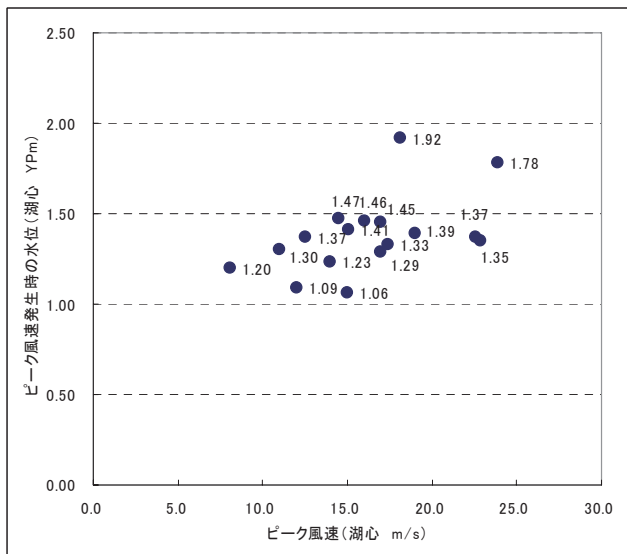


図 2・7 ピーク風速発生時の水位（湖心）

3) ピーク水位発生時の風速について

湖心のピーク水位とピーク水位発生時の湖心風速の関係を図 2・8 に示す。いずれの出水でもピーク水位発生時には風速は弱まっており、最大で 7.0m/s 程度となっている。これにより、水位がピークとなる際には、風速は既に平常時の状態まで減衰しているといえる。

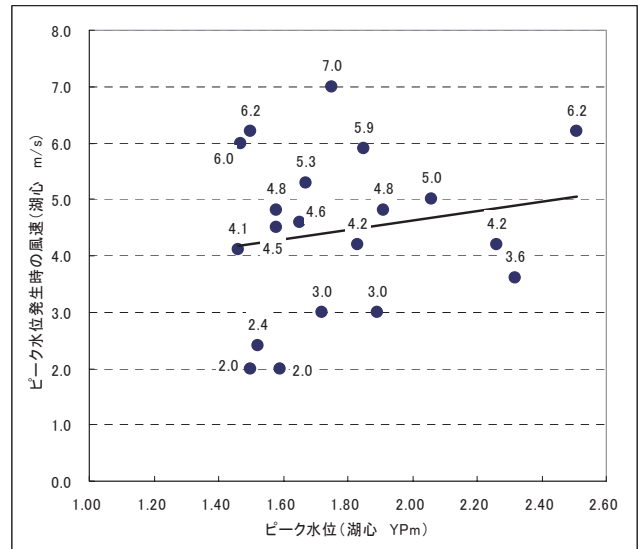


図 2・8 ピーク水位発生時の風速（湖心）

4) 風の発生と水位ピークとの関係

前述した検討結果を整理すると、以下のとおりとなる。この整理結果を模式図として図 2・9 に示す。風速および水位はいずれも湖心観測値である。

- ・出水時には、風速のピークに対して、水位のピークは 46 時間程度遅れる。
- ・風速のピーク時の水位は、最大で Y.P. +2.0m 程度である。
- ・ピーク水位発生時には、風速は平常時程度（7m/s 以下）に収まっており、波浪も減衰している。

波浪対策を行うにあたり必要な要素として、湖岸への波浪の打ち上げ高を考慮した場合、風速ピークと水位ピークが同時生起すると考えて計画することが安全であるが、これまでの整理から、風速ピーク時と水位ピークの同時生起の確率は著しく低く、この条件を設計対象外力とした場合、過大設計となり

うると考える。このため、波浪検討時に用いる設計外力については、風速ピークおよび水位ピークに発生する波浪の大きさを推算した結果、風速ピーク時の条件を用いることとした。これは、後に記す波浪推算式により水位ピーク時の風速 7.0m/s 時の波高を計算すると、吹送距離が 10km 以上あったとしても 0.5m 以下となり、湖岸堤の安全が脅かされるような状態にはならないと考えたためである。

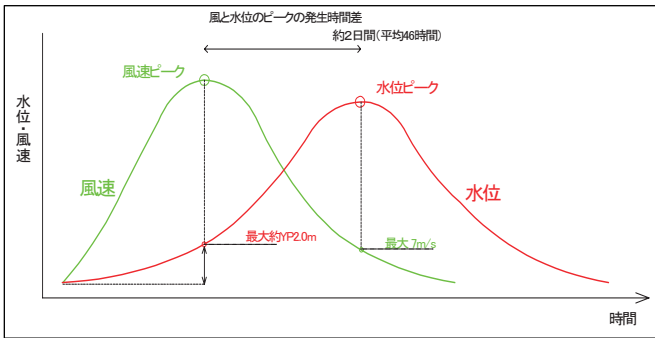


図 2-9 風速と水位の発生特性の模式図

2.3.3 確率風速の算定

1) 確率風速算定のサンプルの設定

湖心の風向風速観測記録より風向別に年最大風速を抽出し、確率風速を算定した。

まず、観測月毎の強風の発生状況について整理し、最大値の発生に季節特性がみられるかを確認した。

図 2-10 は、平成 12~16 年の湖心観測所の風速記録より、風速 10m/s 以上を強風とみなした場合の発生頻度を月別に示したものである。1~4 月に強風が発生する回数が多いことがわかる。

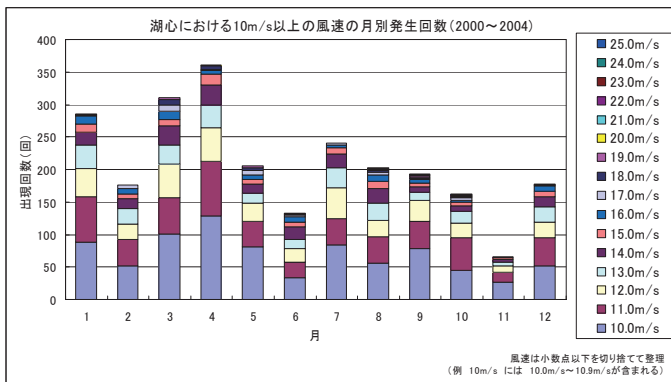


図 2-10 湖心における月別の強風の発生回数 (10m/s 以上を対象)

表 2-2 は、上記と同じく平成 12~16 年の観測結果をもとに、風向別に月別最大風速を抽出したものである。これより、風向毎の明確な特性はみられないが、概ね N~SSW 方向は、春~秋 (4~10 月頃) にかけて年間の最大風速が発生することが多い。一方、SW 方向~NNW 方向では、12 月、1 月を中心に冬季に年間の最大風速が発生することが多い。

以上のことから、霞ヶ浦では強風の発生頻度は冬季から春先にかけて多いものの、風向別にみると、発生しやすい時期は異なることがわかる。このため、確率風速は風向別に推算することとし、その際に使用する風速データは、通年の値を対象に風向別の年最大風速を抽出した。

表 2-2 風向別にみた月別最大風速の整理 (湖心, 単位: m/s) 各観測年の最大値を着色

風向	年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	風向別最大風速
N	2000	9.0	10.0	11.0	11.0	9.0	7.0	15.0	9.0	11.0	9.0	10.0	9.0	15.0
	2001	16.0	11.0	11.0	10.0	10.0	9.0	8.0	9.0	10.0	9.0	11.0	10.0	16.0
	2002	9.0	9.0	12.0	11.0	12.0	10.0	6.0	7.0	9.0	12.0	9.0	9.0	12.0
	2003	10.0	9.0	9.0	14.0	8.0	7.0	8.0	8.0	15.0	11.0	9.0	14.0	15.0
NNE	2000	9.0	9.0	9.0	11.0	11.0	9.0	12.0	11.0	12.0	10.0	9.0	7.0	12.0
	2001	16.0	11.0	10.0	11.0	12.0	10.0	13.0	13.0	11.0	12.0	11.0	7.0	16.0
	2002	9.0	7.0	9.0	11.0	12.0	9.0	8.0	10.0	11.0	16.0	9.0	9.0	16.0
	2003	8.0	12.0	10.0	15.0	10.0	6.0	10.0	10.0	13.0	10.0	10.0	13.0	15.0
NE	2000	8.0	7.0	15.0	9.0	9.0	7.0	12.0	13.0	9.0	15.0	9.0	8.0	15.0
	2001	6.0	6.0	10.0	12.0	12.0	10.0	14.0	22.0	12.0	13.0	10.0	6.0	22.0
	2002	9.0	8.0	11.0	12.0	13.0	9.0	13.0	11.0	10.0	11.0	5.0	6.0	13.0
	2003	14.0	5.0	9.0	11.0	12.0	14.0	10.0	10.0	9.0	11.0	9.0	10.0	14.0
ENE	2000	9.0	10.0	9.0	11.0	10.0	8.0	10.0	11.0	10.0	9.0	9.0	9.0	11.0
	2001	4.0	8.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	10.0	10.0	23.0	4.0	16.0	23.0
	2002	7.0	8.0	8.0	10.0	10.0	8.0	7.0	9.0	9.0	9.0	8.0	8.0	10.0
	2003	5.0	6.0	9.0	9.0	8.0	8.0	9.0	9.0	9.0	14.0	6.0	8.0	14.0
E	2000	8.0	7.0	8.0	8.0	9.0	7.0	8.0	7.0	8.0	5.0	5.0	9.0	9.0
	2001	5.0	7.0	10.0	11.0	11.0	8.0	9.0	6.0	10.0	13.0	6.0	7.0	13.0
	2002	11.0	10.0	8.0	11.0	9.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	10.0	5.0	11.0
	2003	3.0	6.0	9.0	9.0	10.0	6.0	7.0	6.0	6.0	9.0	5.0	3.0	10.0
ESE	2000	5.0	9.0	9.0	6.0	8.0	8.0	15.0	6.0	7.0	11.0	4.0	4.0	15.0
	2001	5.0	5.0	8.0	9.0	7.0	8.0	7.0	5.0	7.0	6.0	5.0	6.0	9.0
	2002	3.0	7.0	8.0	10.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.0	6.0	8.0	10.0
	2003	5.0	5.0	6.0	7.0	9.0	11.0	4.0	5.0	5.0	7.0	4.0	4.0	11.0
SE	2000	3.0	5.0	6.0	7.0	9.0	11.0	4.0	5.0	5.0	7.0	4.0	4.0	11.0
	2001	5.0	6.0	7.0	7.0	7.0	5.0	7.0	6.0	8.0	5.0	5.0	5.0	8.0
	2002	4.0	6.0	14.0	11.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	12.0	3.0	6.0	14.0
	2003	1.0	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.0	19.0	19.0	3.0	6.0	3.0	19.0
SSE	2000	16.0	7.0	9.0	7.0	9.0	9.0	14.0	9.0	8.0	25.0	4.0	3.0	25.0
	2001	3.0	6.0	7.0	7.0	13.0	6.0	5.0	5.0	6.0	5.0	3.0	3.0	13.0
	2002	4.0	5.0	7.0	9.0	6.0	7.0	9.0	8.0	6.0	5.0	2.0	9.0	9.0
	2003	4.0	4.0	19.0	14.0	13.0	8.0	5.0	10.0	7.0	10.0	7.0	4.0	19.0
S	2000	2.0	5.0	6.0	8.0	10.0	7.0	6.0	10.0	14.0	4.0	3.0	3.0	14.0
	2001	3.0	6.0	8.0	6.0	7.0	7.0	9.0	7.0	6.0	22.0	4.0	5.0	22.0
	2002	3.0	5.0	6.0	7.0	9.0	11.0	4.0	5.0	5.0	7.0	4.0	4.0	11.0
	2003	5.0	6.0	7.0	7.0	7.0	5.0	7.0	6.0	8.0	5.0	5.0	5.0	8.0
SSW	2000	4.0	6.0	14.0	11.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	12.0	3.0	6.0	14.0
	2001	1.0	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.0	19.0	19.0	3.0	6.0	3.0	19.0
	2002	16.0	7.0	9.0	7.0	9.0	9.0	14.0	9.0	8.0	25.0	4.0	3.0	25.0
	2003	3.0	6.0	7.0	7.0	13.0	6.0	5.0	5.0	6.0	5.0	3.0	3.0	13.0
SW	2000	4.0	5.0	7.0	9.0	6.0	7.0	9.0	8.0	6.0	5.0	5.0	2.0	9.0
	2001	4.0	4.0	19.0	14.0	13.0	8.0	5.0	10.0	7.0	10.0	7.0	4.0	19.0
	2002	3.0	8.0	9.0	10.0	12.0	9.0	11.0	18.0	21.0	9.0	9.0	4.0	21.0
	2003	14.0	5.0	13.0	8.0	10.0	8.0	11.0	9.0	8.0	11.0	4.0	2.0	14.0
WSW	2000	3.0	5.0	14.0	10.0	9.0	12.0	12.0	9.0	8.0	4.0	10.0	5.0	14.0
	2001	4.0	7.0	5.0	10.0	12.0	4.0	10.0	4.0	23.0	8.0	5.0	3.0	23.0
	2002	4.0	4.0	9.0	15.0	8.0	10.0	12.0	7.0	6.0	14.0	7.0	6.0	15.0
	2003	4.0	4.0	7.0	13.0	9.0	14.0	8.0	15.0	7.0	4.0	10.0	4.0	15.0
W	2000	6.0	12.0	13.0	15.0	10.0	14.0	10.0	16.0	14.0	4.0	4.0	4.0	16.0
	2001	7.0	10.0	14.0	16.0	10.0	22.0	14.0	11.0	10.0	5.0	12.0	11.0	22.0
	2002	4.0	13.0	12.0	14.0	13.0	8.0	16.0	5.0	9.0	7.0	6.0	4.0	16.0
	2003	8.0	5.0	19.0	20.0	11.0	15.0	14.0	14.0	7.0	15.0	11.0	8.0	20.0
WNW	2000	4.0	3.0	18.0	18.0	16.0	16.0	8.0	13.0	11.0	14.0	15.0	5.0	18.0
	2001	8.0	17.0	17.0	18.0	19.0	14.0	6.0	20.0	19.0	12.0	15.0	24.0	24.0
	2002	9.0	11.0	16.0	16.0	11.0	15.0	14.0	11.0	12.0	4.0	4.0	14.0	16.0
	2003	12.0	12.0	17.0	15.0	14.0	10.0	16.0	14.0	10.0	10.0	6.0	7.0	17.0
NNW	2000	9.0	11.0	16.0	16.0	11.0	15.0	14.0	11.0	12.0	4.0	4.0	14.0	16.0
	2001	12.0	12.0	17.0	15.0	14.0	16.0	8.0	21.0	6.0	6.0	6.0	7.0	21.0
	2002	10.0	10.0	13.0	15.0	13.0	13.0	15.0	13.0	7.0	23.0	12.0	4.0	23.0
	2003	11.0	2.0	18.0	16.0	15.0	16.0	5.0	12.0	12.0	11.0	13.0	7.0	18.0
N	2000	11.0	16.0	20.0	12.0	16.0	14.0	9.0	17.0	16.0	6.0	13.0	8.0	20.0
	2001	8.0	9.0	13.0	9.0	7.0	8.0	11.0	5.0	10.0	8.0	6.0	11.0	13.0
	2002	4.0	9.0	11.0	7.0	4.0	8.0	4.0	2.0	5.0	7.0	3.0	5.0	12.0
	2003	13.0	13.0	9.0	4.0	6.0	8.0	9.0	6.0	3.0	8.0	10.0	12.0	13.0
NNE	2000	12.0	4.0	7.0	8.0	4.0	5.0	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0	12.0
	2001	14.0	14.0	6.0	8.0	12.0	2.0	7.0	5.0	8.0	2.0	4.0	16.0	16.0
	2002	14.0	13.0	13.0	9.0	5.0	3.0	16.0	6.0	12.0	6.0	9.0	12.0	16.0
	2003	10.0	11.0	12.0	7.0	7.0	7.0	4.0	0.0	2.0	9.0	8.0	14.0	14.0
NE	2000	17.0	16.0	13.0	4.0	9.0	5.0	10.0	4.0	10.0	12.0	15.0	17.0	17.0
	2001	13.0	5.0	11.0	11.0	4.0	7.0	5.0	8.0	4.0	8.0	4.0	17.0	17.0
	2002	19.0	15.0	14.0	8.0	5.0	7.0	5.0	8.0	10.0	5.0	13.0	12.0	19.0
	2003	14.0	17.0	15.0	14.0	4.0	2.0	17.0	4.0	11.0	8.0	22.0	16.0	22.0
ENE	2000	13.0	13.0	15.0	8.0	3.0	3.0	7.0	0.0	4.0	8.0	7.0	12.0	15.0
	2001	13.0	12.0	13.0	5.0	7.0	4.0	13.0	10.0	5.0	9.0	14.0	16.0	16.0
	2002	16.0	5.0	15.0	15.0	10.0	6.0	6.0	3.0	11.0	4.0	11.0	16.0	16.0
	2003	15.0	17.0	14.0	11.0	4.0	2.0	4.0	4.0	4.0	14.0	13.0	17.0	17.0
E	2000	10.0	13.0	14.0	14.0	3.0	4.0	17.0	3.0	7.0	7.0	9.0	15.0	17.0
	2001	10.0	13.0	14.0	14.0	3.0	4.0	17.0	3.0	7.0	7.0	9.0	15.0	17.0
	2002	9.0	9.0	11.0	11.0	4.0	10.0	18.0	8.0	4.0	5.0	7.0	10.0	18.0
	2003	12.0	7.0	11.0	12.0	9.0	9.0	15.0	4.0	9.0	8.0	7.0	15.0	15.0
ESE	2000	7.0	15.0	12.0	7.0	8.0	1.0	7.0	4.0	8.0	8.0	8.0	11.0	15.0
	2001	9.0	14.0	14.0	4.0	6.0	8.0	10.0	8.0	10.0	8.0	10.0	11.0	14.0
	2002	16.0	10.0	12.0	7.0	10.0	12.0	7.0	10.0	10.0	10.0	10.0	13.0	16.0
	2003	7.0	8.0	10.0	13.0	9.0	9.0	1.0	16.0	9.0	11.0	9.0	9.0	16.0
ESE	2000	10.0	8.0	10.0	12.0	8.0	5.0	8.0	5.0	13.0	11.0	12.0	13.0	13.0
	2001													

2) 確率風速の算定

波浪の発生確率の母関数関数はもとより不明であるが、実際には Gumbel 分布あるいは Weibull 分布が適用される(「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」海岸保全施設技術研究会, 2004)。

波浪の発生は風に起因するのであるから、確率風速の算定にあたっては、風の発生の分布関数にも波浪と同様の分布関数を適用した。

算定には、観測開始(昭和50年)からのデータにおける、湖心観測所の風向別年最大風速を用いた。一覧を表2-3に示す。

表 2-3 確率風速算定に用いた風向別年最大風速

年	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
1975	11.0	14.0	12.0	12.2	7.2	13.0	12.5	16.0	18.0	17.0	11.5	8.5	9.0	11.5	10.0	7.5
1976	12.5	12.5	14.0	12.0	8.5	10.0	10.5	11.5	12.5	16.0	15.0	10.0	12.0	16.0	11.5	14.0
1977	9.8	9.8	9.9	9.6	9.0	8.5	8.0	9.8	9.9	9.9	9.9	9.6	9.9	9.7	9.5	9.8
1978	12.9	12.0	13.2	12.3	8.2	9.1	14.4	17.0	16.3	18.0	16.0	11.8	16.0	18.0	14.6	13.2
1979	10.8	14.8	12.3	11.2	12.2	16.0	8.8	13.0	13.5	12.6	14.2	9.0	13.8	14.4	10.9	8.9
1980	11.0	10.0	14.5	13.0	9.5	13.0	10.5	11.0	11.0	13.5	14.5	10.0	13.0	14.5	7.0	13.0
1981	10.5	13.0	15.0	13.0	20.5	15.0	19.0	13.0	9.0	14.0	15.5	10.0	15.0	12.5	12.0	10.0
1982	12.0	13.0	12.0	10.0	13.0	19.0	21.0	19.0	15.0	15.0	13.0	8.0	13.0	10.5	9.5	10.0
1983	12.5	14.5	16.5	13.5	11.0	8.5	13.0	12.0	9.5	17.0	15.5	12.0	14.0	15.0	11.0	8.5
1984	14.0	18.0	25.0	17.0	16.0	10.0	26.5	25.0	26.5	25.0	25.0	25.0	25.0	10.5	9.5	15.0
1985	12.0	16.0	16.0	13.0	13.0	18.0	22.0	22.0	12.0	21.0	22.5	9.0	15.5	15.0	15.0	12.0
1986	17.0	20.0	16.0	13.0	10.0	14.0	13.0	13.0	12.0	13.0	12.0	9.0	13.0	15.0	16.0	17.0
1987	15.0	16.0	16.0	15.0	12.0	8.0	9.0	13.0	15.0	17.0	14.0	9.0	15.0	16.0	15.0	14.0
1988	11.8	17.5	16.2	19.1	14.7	13.2	16.2	16.2	11.8	20.6	14.7	14.7	14.7	10.3	8.8	8.8
1989	13.0	16.6	14.3	13.9	13.5	10.8	11.4	15.9	15.2	16.0	16.8	17.9	12.0	18.7	15.9	13.2
1990	15.7	14.1	13.7	12.9	12.4	13.6	17.5	17.5	20.0	18.7	21.1	19.9	16.8	17.7	19.0	16.2
1991	13.8	13.2	18.1	14.0	12.4	11.8	15.0	14.2	16.2	18.6	21.8	18.3	11.8	15.7	17.3	16.5
1992	16.4	16.1	15.3	16.1	14.0	10.5	8.9	12.8	14.0	15.6	17.5	19.1	19.8	12.6	18.1	18.0
1993	14.9	12.9	14.0	16.8	13.2	14.3	17.2	11.4	13.5	12.9	14.7	18.9	14.1	17.0	17.4	15.3
1994	16.5	15.7	12.9	14.0	9.5	9.6	11.5	17.2	17.3	13.2	17.0	15.8	14.6	19.5	18.4	18.4
1995	19.0	17.6	15.2	12.6	9.9	11.5	11.8	9.0	12.7	15.9	21.5	20.9	11.3	17.2	16.6	16.8
1996	15.2	15.4	22.9	18.8	11.2	8.9	11.9	12.9	12.3	15.5	19.3	18.9	14.6	17.5	17.8	14.6
1997	15.3	12.4	11.9	12.6	11.3	9.9	11.3	16.2	19.1	15.8	21.7	18.3	12.1	16.4	17.3	18.7
1998	15.4	16.6	14.7	15.0	12.1	13.7	18.1	22.5	21.7	16.4	19.6	22.6	12.8	16.2	18.3	16.3
1999	12.0	15.0	17.0	16.0	11.0	13.0	12.0	10.0	18.0	16.0	24.0	20.0	16.0	17.0	17.0	19.0
2000	15.0	12.0	22.0	10.0	9.0	11.0	14.0	19.0	14.0	22.0	16.0	13.0	16.0	22.0	17.0	14.0
2001	16.5	16.3	13.3	14.5	10.2	14.2	19.4	21.2	23.6	16.2	21.1	12.8	14.0	15.6	13.1	16.4
2002	12.9	16.5	14.1	9.7	15.4	22.9	25.5	14.9	15.5	20.1	23.9	13.3	17.1	16.0	18.0	16.1
2003	15.3	15.7	11.9	11.0	9.4	11.2	13.7	17.7	15.5	18.3	18.3	12.8	17.2	16.5	15.3	13.6
2004	16.5	15.3	23.9	13.3	10.0	8.3	9.9	18.0	16.7	24.3	20.4	16.9	19.6	17.8	15.3	13.5

表 2-3 の風向別年最大風速を用いて算出した確率風速の算定結果を図 2-11 に示す。

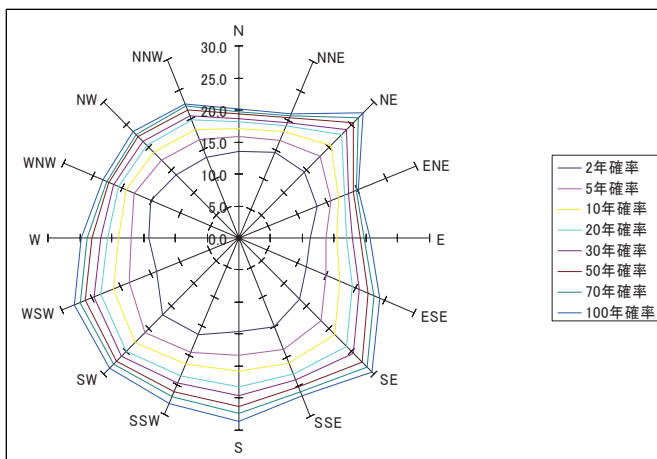


図 2-11 風向別確率風速
(湖心 1975~2004 年観測値に基づく)

2.4 波浪推算モデルの検討

本節では、波浪特性の検討により湖岸域の波高分布を推算する波浪推算モデルを検討し、構築した。

2.4.1 波浪推算式の整理

霞ヶ浦では、昭和 50 年代に検討された波浪推算式(霞ヶ浦工事事務所, 1978)があり、近年の実績データを用いて、この推算式の妥当性を検証した。その他、下記に示す既往の波浪推算式である Wilson 式も参考に比較検討を行い、妥当な波浪推算モデルを構築した。

[霞ヶ浦 波浪推算式] (霞ヶ浦工事事務所, 1978)

$$g \cdot H_{1/3} / U^2 = 2.47 \times 10^{-3} \cdot (g \cdot F / U^2)^{0.427}$$

$$g \cdot T_{1/3} / 2 \cdot \pi \cdot U = 6.98 \times 10^{-2} \cdot (g \cdot F / U^2)^{0.285}$$

ここに、U : 水面上 10m の高さにおける風速

F : 吹送距離

$H_{1/3}$: 有義波高

$T_{1/3}$: 有義波周期

[Wilson 式]

$$g \cdot H_{1/3} / U_{10}^2 = 0.30 \cdot \left[1 - \left\{ 1 + 0.004(g \cdot F / U_{10}^2)^{1/2} \right\}^{-2} \right]$$

$$g \cdot T_{1/3} / (2 \cdot \pi \cdot U_{10}) = 1.37 \cdot \left[1 - \left\{ 1 + 0.008(g \cdot F / U_{10}^2)^{1/2} \right\}^{-5} \right]$$

ここに、 U_{10} : 水面上 10m の高さにおける風速

2.4.2 波浪推算モデルの検証

霞ヶ浦は平面的に複雑な形状をしていることから、入力する吹送距離(フェッチ)には、以下の式で求める有効フェッチを用いた。検証は湖心地点で行うものとし、11.25° 間隔(32 方位)で対岸距離を計測し、16 方位毎に有効フェッチを算定した。湖心の対岸距離を図 2-12、有効フェッチを表 2-4 にそれぞれ示す。

[有効フェッチ]

$$F = \sum F_i \cdot \cos^2(\theta_i - \theta) / \sum \cos(\theta_i - \theta)$$

$$-45^\circ \leq \theta_i - \theta \leq 45^\circ$$

ここに、 θ : 主風向 (角度)
 θ_i : 算定に用いる対岸距離の方向 (角度)
 F_i : θ_i 方向の対岸距離 (km)

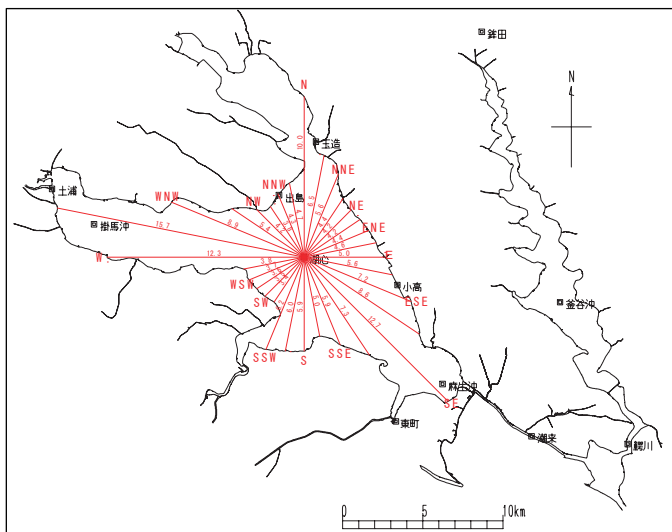


図 2-12 湖心の対岸距離

表 2-4 湖心の有効フェッチ

方位	F	方位	F
N	5.0 km	S	5.4 km
NNE	4.9 km	SSW	4.3 km
NE	4.6 km	SW	4.4 km
ENE	4.3 km	WSW	5.7 km
E	5.3 km	W	6.6 km
ESE	6.3 km	WNW	6.7 km
SE	6.6 km	NW	6.3 km
SSE	6.4 km	NNW	5.1 km

次に、湖心観測所の平成 13 年～16 年の観測風速 (U) 及び観測風向方向の湖心の対岸距離 (F) を入力条件として、霞ヶ浦波浪推算式および Wilson 式によって波浪推算を行い、実測波高および周期と比較することにより、モデルの検証を行った。一例を図 2-13 に示す。

推算結果と実測観測値と比較すると、霞ヶ浦推算式は若干低めの値を出すのに対し、Wilson 式は逆に高めの結果を示す。霞ヶ浦波浪推算式のほうが、Wilson 式に比べ波高周期とも推算結果の再現性は高く、推算モデルの妥当性を確認した。

これにより、本検討では、霞ヶ浦の推算式を用いて以後の検討を行うこととした。本推算式で算出した有義波高と有義波周期を用いて、以後の検討 (波の打ち上げ高の推算) を行うこととした。

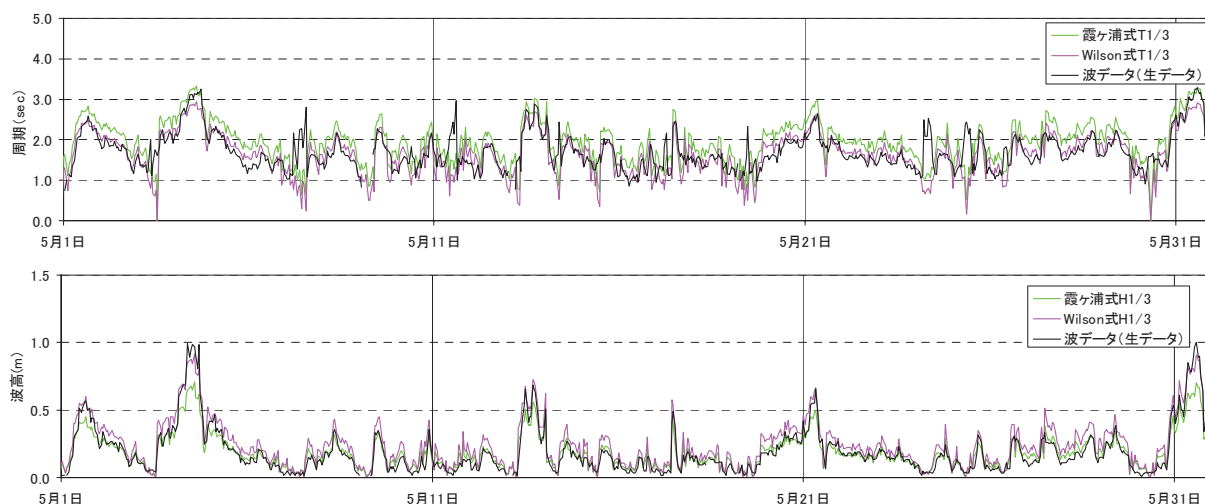


図 2-13 波浪推算式による計算波高・周期と実測波高・周期の比較の例

2.5 吹き寄せによる水位上昇量の推算

霞ヶ浦の湖岸では、風下側に風の吹き寄せによる水位上昇が発生する。波浪による打ち上げ高の推算にあたっては、この現象も考慮する必要がある。このため、本節では、吹き寄せによる水位上昇量について推算を行った。

2.5.1 水位上昇量計算モデルの構築

1) モデルの概要

平面二次元モデルにより、全域を対象とした吹き寄せによる水位上昇量の推算を行った。計算モデルは、一般に高潮シミュレーションに用いられる長波理論に基づくものとした。基礎方程式に関しては、ここでは省略する。

1) 地形モデル

地形モデルは平成 13 年度の広域深淺測量結果を用いて、霞ヶ浦全域を 200m×200mの正方メッシュで再現した。

2) モデルの検証

風による水位上昇のみを再現するために、出水を伴わない強風時を対象として再現計算を実施した。

再現期間：平成 16 年 6 月 20 日 19:00～6 月 22 日 18:00 (図 2・14)

風速値：全メッシュに湖心の実測風向，実測風速を与えた。

推算結果を図 2・15～16 に示す。南からの強風により湖面が吹き寄せられ、北側の平山，八木薪で水位が上昇し、一方で南側の浮島，麻生では水位が下降した状況が，満足すべき程度に再現されている。これより，推算モデルの妥当性が確認された。

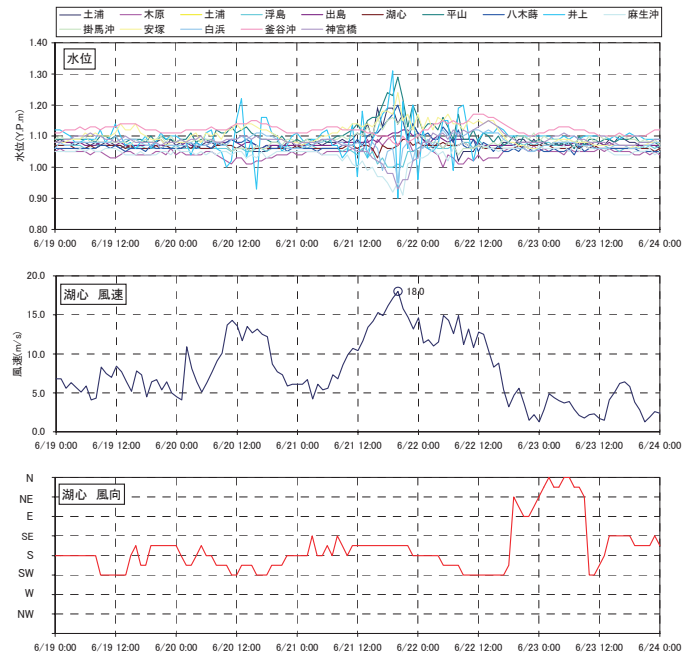


図 2・14 再現計算実施期間の水位と風向風速の時系列変化

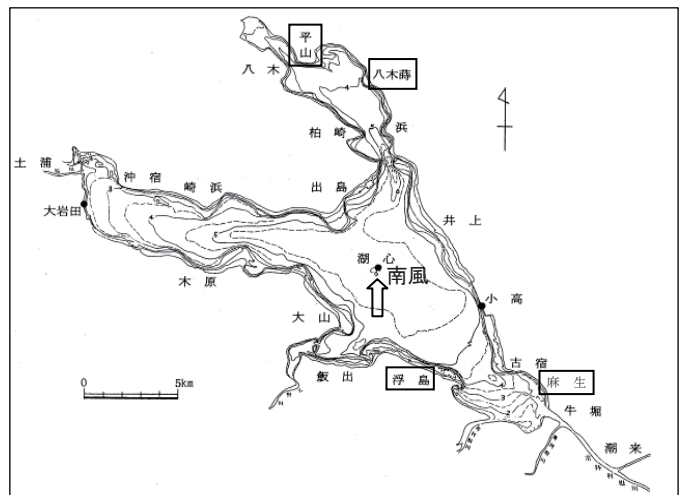


図 2・15 観測所位置図 (図 2・16 において推算結果を示した地点名を枠で囲む)

平山

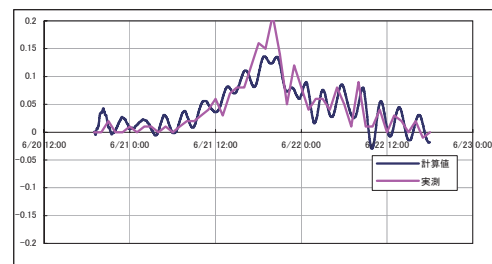
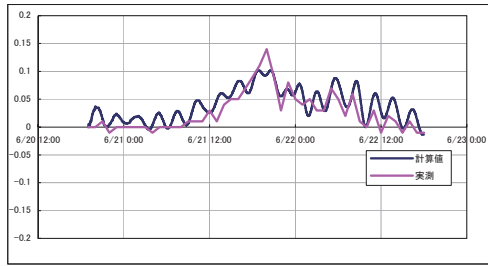
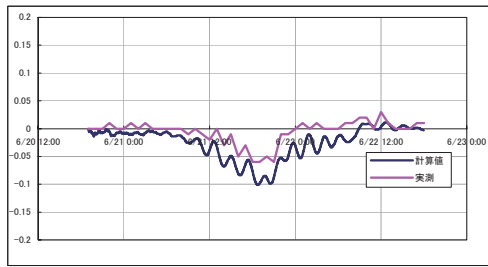


図 2・16(1) 実測値と水位上昇量推算結果との比較

八木薪



浮島



麻生沖

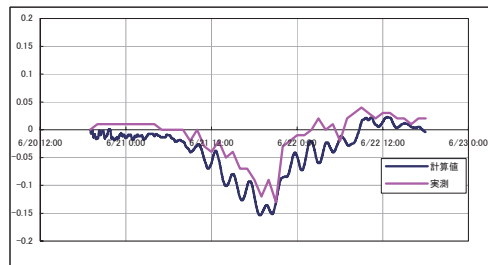


図 2-16(2) 実測値と水位上昇量推算結果との比較

2.5.2 確率風速発生時の水位上昇量の推算

確率風速発生時の水位上昇量を構築した平面二次元モデルにより推算した。

条件として、風向は一定とし、湖面全域に一様に吹かせた。風速の時系列波形は、図 2-17 に示す既往出水時の風速の重ね合わせ（仮にピークを 0 日 0:00 とし重ね合わせた）により、24 時間で対象とする確率風速に達し、24 時間で減衰するモデル波形を想定した。

ピーク風速を 100 年確率および 30 年確率風速を対象としたシミュレーション結果について、湖岸分布を図 2-18~19 に示し、平面分布を図 2-20~21 に示す。湖岸における確率規模別の水位上昇量の最大値について表 2-5 に示す。

表 2-5 確率規模別の水位上昇量の最大値

生起確率	西浦	北浦
100 年	0.64m	0.60m
30 年	0.50m	0.46m

最大の水位上昇量は上記のいずれも SE 方向風の場合に発生した。また、西浦は左岸 34km、北浦は右岸 36km 地点で発生した。

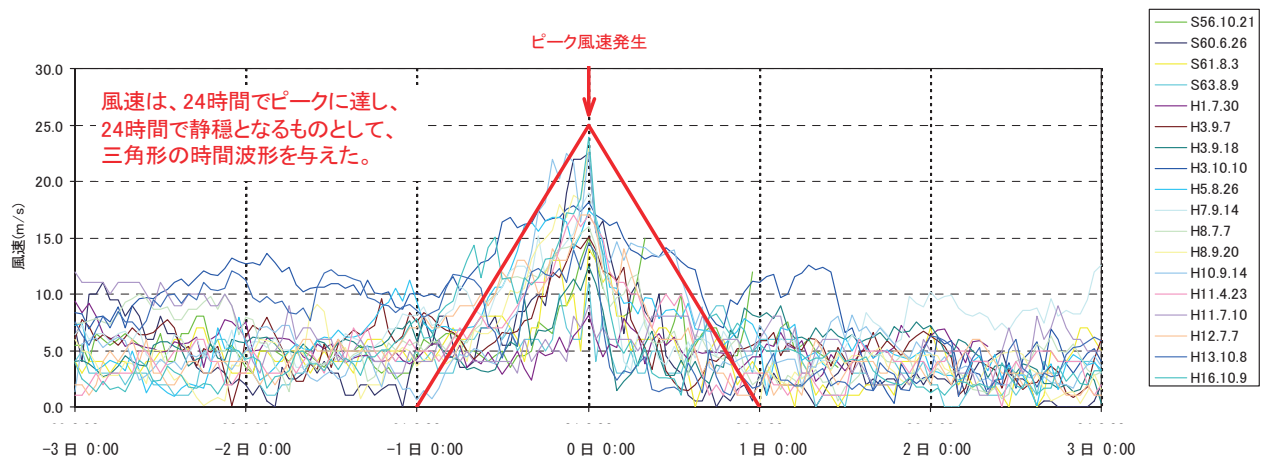


図 2-17 既往出水時の風速の時系列値重ね合わせ

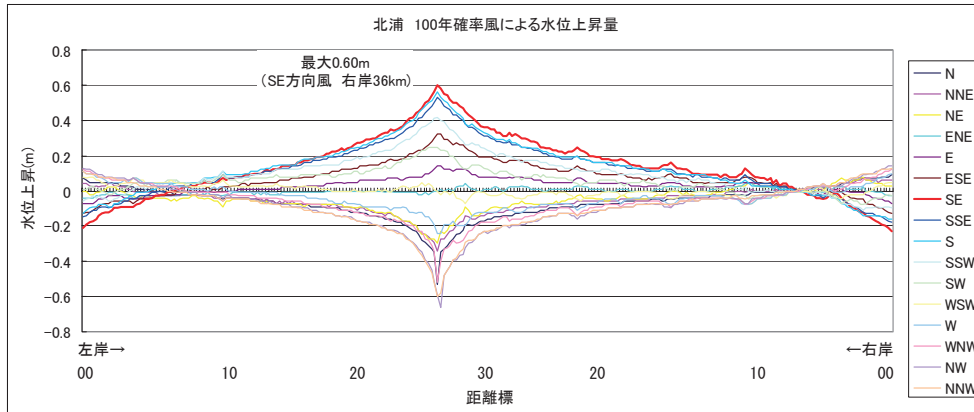
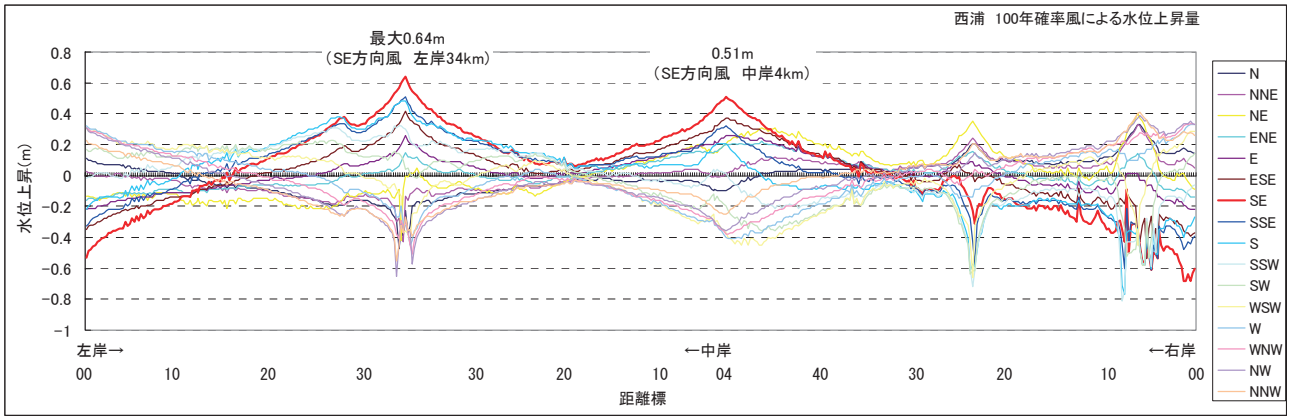


図 2・18 100 年確率風速時の水位上昇量の湖岸分布

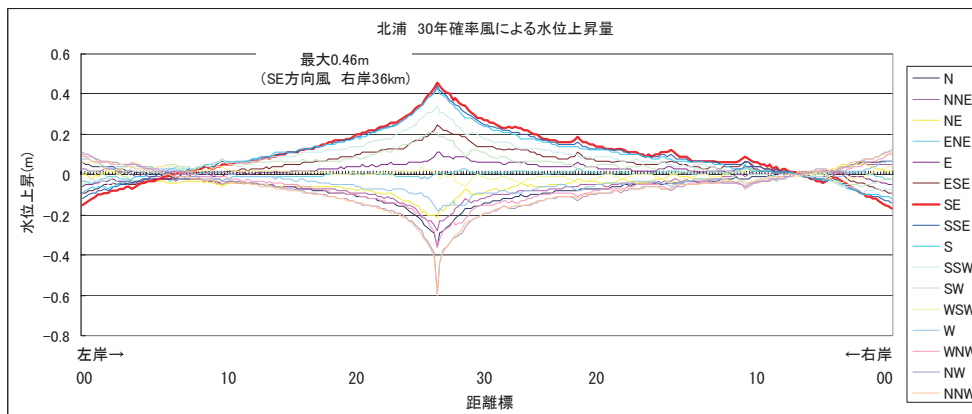
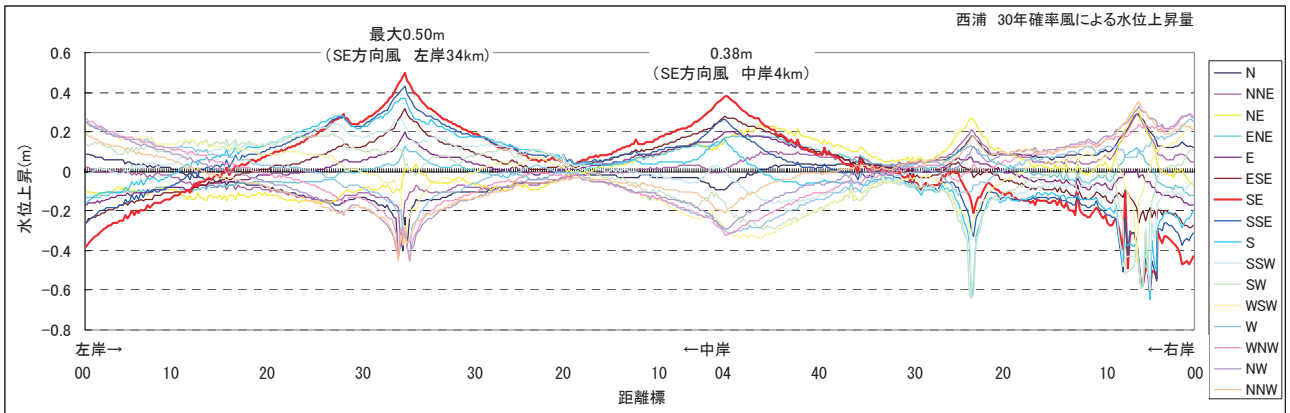


図 2・19 30 年確率風速時の水位上昇量の湖岸分布

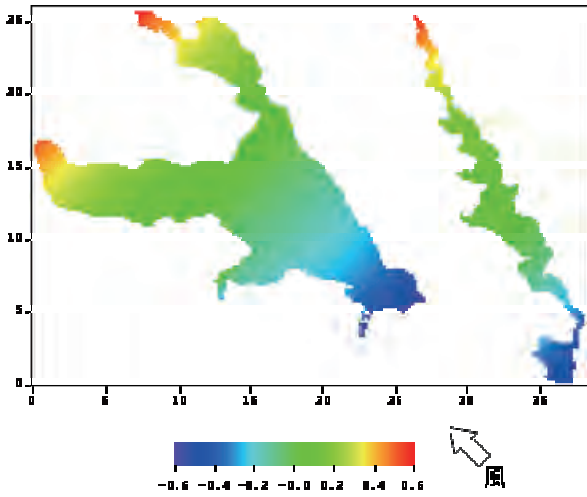


図 2-20 100 年確率風速時の水位上昇量平面分布
(風向：SE 方向)

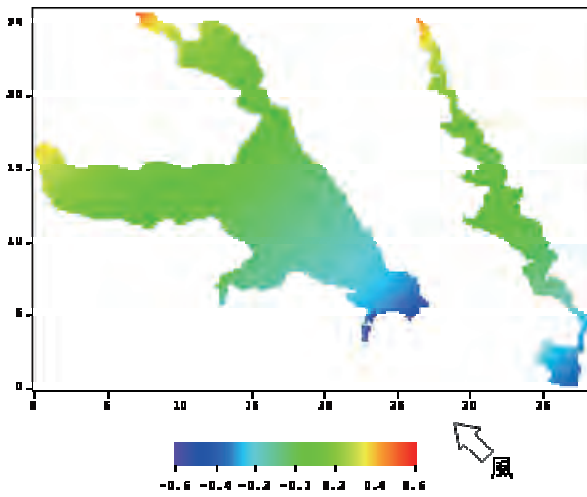


図 2-21 30 年確率風速時の水位上昇量平面分布
(風向：SE 方向)

2.6 100 年確率風速時の波の打ち上げ高の推算

前節までに検討した、風と波浪の発生特性、吹き寄せによる水位上昇量をふまえ、霞ヶ浦湖岸堤への波の打ち上げ高を推算し、打ち上げ高に対する堤防の必要天端高の評価を行った。

2.6.1 沿岸のブロック分割と代表断面の設定

波の打ち上げに対する堤防の必要天端高の評価にあたり、湖岸線の平面形状を勘案して沿岸をブロック分割し、ブロック毎の代表断面を設定した。沿岸のブロック分割は、図 2-22 に示すように設定した。

ここで、代表地点は、危険側の評価となるように地先別に水位上昇量と波高の推算値の和を算出し、これがブロック内で最大となる地先とした。波の打ち上げ高を推算する風向も、波浪の影響が大きくなる方向として、代表地点で水位上昇量と波高の推算値の和が最大となる時の風向きとした。代表断面は、平成 13 年広域深淺測量結果に基づき、風向の方向で設定した。

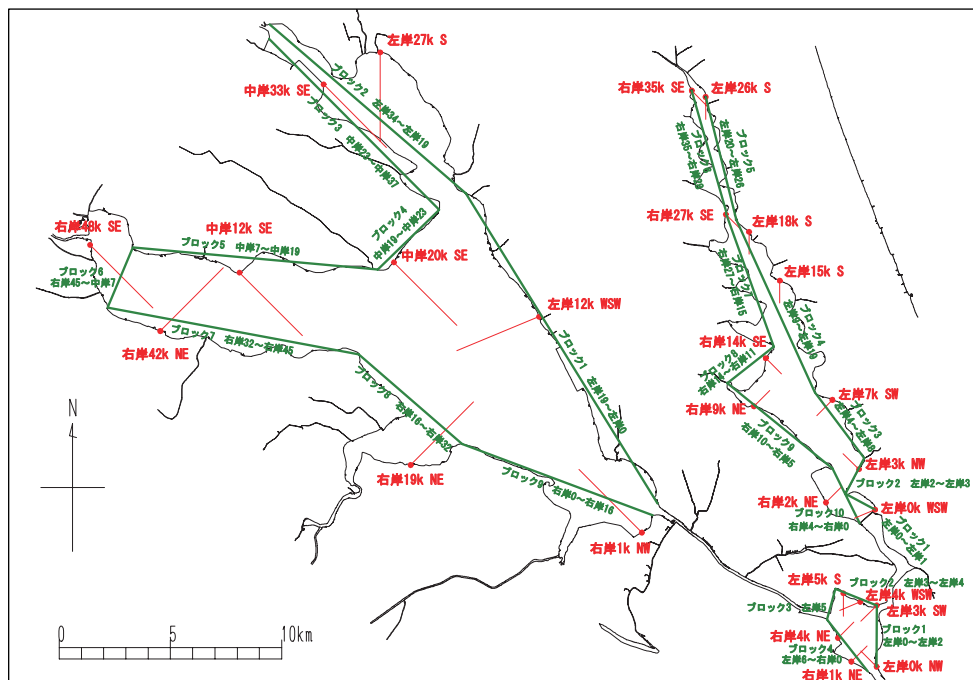


図 2-22 沿岸ブロックと代表断面の設定 (図中の赤線は、検討の対象とした風向を示す)

2.6.2 波の打ち上げ高の推算

1) 推算手法

波のうちあげ高の推算手法は、複雑な海浜断面や堤防形状を有する海岸での打ち上げ高評価に広く使用されている、改良仮想勾配法を用いた。

2) 推算条件

湖岸の波浪に対する安全度は、波浪が最も発達し、吹き寄せによる水位上昇量も最大となる風ピーク時で検討した。

風ピーク時の湖水位は、図 2・7 に整理した結果より、既往最大規模を設定して、Y.P. +2.0m とした。

対象確率は、利根川水系河川整備基本方針における対象確率である 100 年確率規模とした。

(波の打ち上げ高推算における条件)

推算地点：湖岸ブロック毎の代表地点 (図 2・22 参照)

代表断面：湖岸ブロックにおける最も危険となる方向で設定 (図 2・22 参照)

風：代表断面方向の計画風速 (100 年確率値, 図 2・22 参照)

水位：風ピーク時の水位 Y.P. +2.0m (図 2・7 参照)

吹き寄せによる水位上昇量：推算モデルにより求めた代表地点での値 (図 2・18 参照)。水位にこの上昇分を上乗せする。

3) 現況湖岸堤への波のうちあげ高の推算結果

図 2・22 で設定した湖岸ブロック毎の代表地点で波のうちあげ高を推算した。西浦、北浦、外浪逆浦の検討結果を図 2・23～25 に示す。

100 年確率風速により発生する波浪の打ち上げ高評価に用いる基準堤防高は、利根川水系河川整備基本方針における霞ヶ浦の基本高水位 (100 年確率) である Y.P. +2.85m に、堤防設計基準における余裕高 0.65m を加えた Y.P. +3.50m とした。

(1) 西浦の波の打ち上げ高検討結果

吹き寄せによる水位上昇量を考慮し、100 年確率

規模の波浪による打ち上げ高は、ブロック 6 を除くすべての地点において、計画堤防天端高 Y.P. +3.50 m を上回る結果となった。このため、堤防の高上げもしくは越波対策を施す必要があると考えられる。

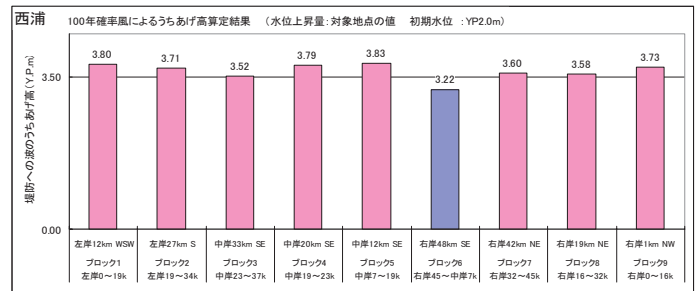


図 2・23 波の打ち上げ高推算結果 (西浦)

(2) 北浦の波の打ち上げ高検討結果

吹き寄せによる水位上昇量を考慮し、100 年確率規模の波浪による打ち上げ高は、いずれの地点でも Y.P. +3.50m を下回った。

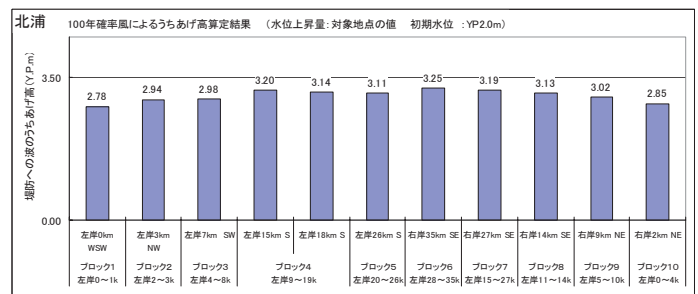


図 2・24 波の打ち上げ高推算結果 (北浦)

(3) 外浪逆浦の波の打ち上げ高検討結果

外浪逆浦と近年波による被害を受けた鰐川左岸 2km 付近を対象に打ち上げ高を推算した。

吹き寄せによる水位上昇量を考慮し、100 年確率規模の波浪による打ち上げ高は、いずれの地点でも Y.P. +3.50m を下回った。

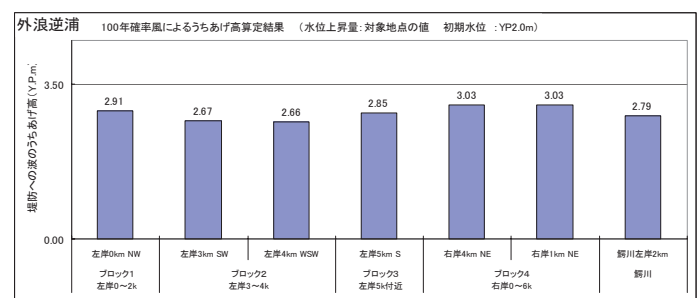


図 2・25 波の打ち上げ高推算結果 (外浪逆浦)

3. 霞ヶ浦河川整備計画における波浪に対する湖岸堤の安全性評価と対策

3.1 検討フロー

前章では、波浪に対する湖岸堤整備に向けての基本検討として、ブロック別に100年確率の波浪に対する湖岸堤の安全性評価を行ってきた。本章では、霞ヶ浦河川整備計画における波浪対策の検討のため、波浪に対する安全性評価についてより詳細に行い、波浪に応じた湖岸堤整備のパターンを検討した。検討の流れを図3-1に示す。

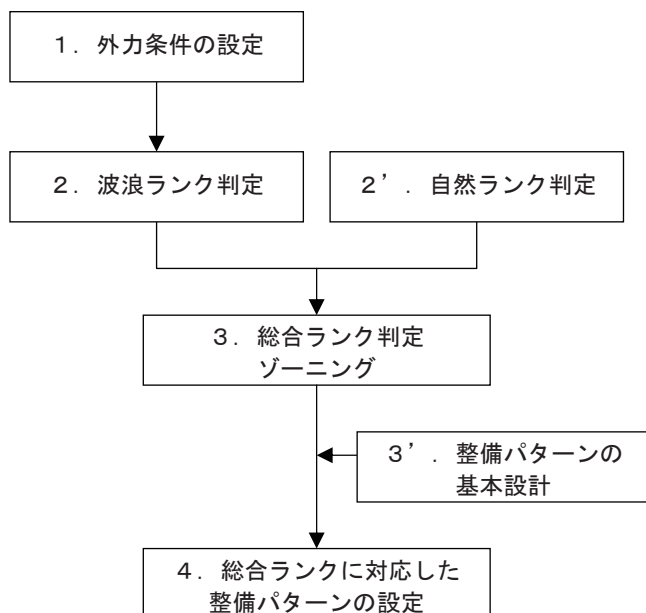


図3-1 詳細検討フロー

3.2 外力条件の設定

本節では、波浪に対する湖岸堤の安全性評価に用いる計画外力を設定した。

霞ヶ浦河川整備計画における湖岸堤の整備では、30年確率規模の計画となっており、設定する湖岸堤の天端高は、30年確率規模の水位確率 Y.P. +2.50m に余裕高+0.65mを加えた Y.P. +3.15mとした。波浪に対する整備もこれにあわせて、30年確率規模相当の施設整備を考えている。前節の基本検討では、波浪対策の外力は検討しているが、風向・風速およびそ

れに伴う波浪に、水位の条件が重なった複合的な組み合わせによる条件とした。霞ヶ浦河川整備計画では湖岸で波浪による被害をもたらした実際の洪水時の記録もあわせて、適切な外力条件について検討を行った。ここでは検討結果のみを記述する。

100年確率風速により発生する波浪の打ち上げ高評価に用いる基準堤防高は、利根川水系河川整備基本方針における霞ヶ浦の基本高水位である Y.P. +2.85m (100年確率) に、堤防設計基準における余裕高0.65mを加えた Y.P. +3.50mとした。

3.2.1 計画外力の設定

霞ヶ浦河川整備計画における湖岸の波浪対策計画時の外力は次のように設定した。

1) 風向・風速

16方位別, 30年確率 (図3-2)

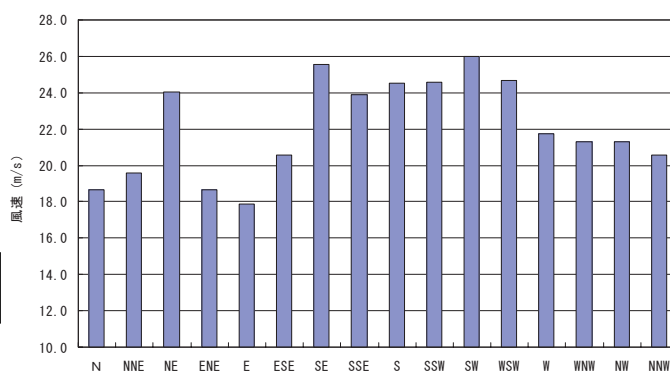


図3-2 風向別 30年確率風速

2) 水位

前章で検討した、風速ピーク時の湖心水位既往最大値である Y.P. +2.0mに加えて、風の吹き寄せによる水位上昇分を16方位別の風条件に応じて見込む。

3.3 波浪ランクの判定

本節では、全湖岸を対象として、1km毎に打ち上げ高、越波量、背後地から人家までの距離等を計算し、波浪ランクに基づき判定を行った。

3.3.1 全湖岸の打ち上げ高推算

西浦 (右岸, 左岸, 中岸), 北浦 (右岸, 左岸),

外浪逆浦（右岸，左岸）の湖岸距離標 1km 毎に，計画外力を用いて打ち上げ高の計算を行った。

計算手法は，これまでの検討と同様に示した改良仮想勾配法を用いた。

湖岸断面地形は，平成 13 年度の湖岸堤横断測量成果および既往の等深線図を参考にして与えた。

3.3.2 全湖岸の越波量推算

打ち上げ高の計算の検証も兼ねて，越波量も各湖岸にて計算した。計算は，過去に建設省土木研究所にて模型実験にて越波量推算手法を定めており（土木研究資料第 2519 号 霞ヶ浦湖岸堤越波模型実験報告書，1987），この方法を用いた。

3.3.3 背後地の人家等までの距離整理

背後の利用状況により，波浪対策の重要性も変わることから，背後の人家や公共施設までの距離を地形図等をもとに各湖岸にて整理した。

3.3.4 波浪ランクの設定

1) 打ち上げ高

現況堤防の法面は，Y.P. +2.85m までコンクリート被覆されており，それより上側の天端部分は芝張りの土堤となっている。

この土堤部分が波浪に曝されると，堤体の侵食などにより被災する可能性がある。したがって，打ち上げ高のランクは，戦後最大洪水規模の Y.P. +3.15m を目安として，次のように設定した。

表 3-1 打ち上げ高ランクの設定

ランク	打ち上げ高区分	摘要
A	Y.P. +3.15m 以上	非常に高く，被災の危険大
B	Y.P. +3.0～3.15m	高く，要注意
C	Y.P. +3.0m 未満	被災レベル以下

2) 越波量

被災レベルは，合田（1970）の提案（「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」海岸保全施設技術研究

会，2004）より，堤防天端・裏法面とも被覆工なしの場合の被災限界越波流量 $0.005\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$ を設定した。

表 3-2 越波量ランクの設定

ランク	越波量区分	摘要
A	$0.005\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$ 以上	被災限界以上
B	$0.005\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$ 未満	被災限界未満

3) 背後人家等までの距離

堤防背後に人家や公共施設などが近接してある場合には，波浪の打ち上げ，越波の影響が高いと考えられ，波浪対策整備の優先度が高いと判断できる。このことから，40m 毎に 3 段階にて背後の人家等までの距離をランク分けした。40m という値は，湖岸全体をみた場合に，湖岸に最も人家等が集中する箇所の平均より与えた。

表 3-3 越波量ランクの設定

ランク	距離区分	摘要
A	湖岸～40m 以内	湖岸に近い
B	40～80m 以内	普通
C	80m より大きい	離れている。

4) 波浪ランク

以上の 3 つの要素を組み合わせ，波浪対策整備の必要度をランク分けした。一般的には，打ち上げ高と越波量は同様のランクに設定されるが，計算手法が異なるため，例えば打ち上げ高が大きな値となっても，越波量も同様に大きな値にならない場合もあるように，まれに異なるランクとなることもある。このため，打ち上げ高を波浪の大きさの主要値としてとらえ，越波量を補助的な要素として総合的にランクを設定した。背後の人家等までの距離は，対策の優先度を示す値としてとらえ，波浪ランクの枝番として，優先順位を数字で示した。ランク設定した結果を表 3-4 に示す。波浪対策が必要になるのは，B-3 までのランクである。

表 3-4 波浪ランク設定

打上高	越波	背後	波浪ランク	摘要
A	A	A~C	A-1	打上高、越波量ともに A ランクで、背後状況にかかわらず危険性が高い。
A	B	A	A-1	打ち上げ高が高く、背後に人家等が近い。
A	B	B~C	A-2	打ち上げ高が高いが、背後に人家等がない。
B	A	A~C	B-1	打ち上げ高はあまり高くないが、越波量が A ランクである。
B	B	A	B-2	打ち上げ高はあまり高くないが、背後に人家等が近い。
B	B	B~C	C	打ち上げ高はあまり高くなく、越波量も小さく、背後に人家等もないため、対策の必要はない。
C	A	A~C	B-3	打ち上げ高は被災レベルではないが、越波量が A ランクである。
C	B	A~C	C	打ち上げ高、越波量ともに C ランクであり、対策の必要はない。

3.3.5 自然ランクの設定

湖岸整備に当っては、現状の自然環境も把握する必要がある。湖岸の自然環境状況は、湖岸前面の植生帯幅（ヨシ等の抽水植物）により代表させることとした。平成 14 年の分布状況を湖岸 250m 間隔で読み取ったところ、表 3-5 のようになった。植生がまったくない箇所が 61% と半数以上を占め、0~10m、10~20m が各々 10% 程度、20m 以上は 20% 弱であった。この結果をふまえ、ランク分けは、植生帯幅の程度としては、中間値を 20m で与え、表 3-6 のように 3 段階で設定した。

表 3-5 H14 年湖岸植生幅（抽水植物）

湖岸	植生帯幅					
	0m	0-10m	10-20m	20-30m	30-40m	40m 以上
西浦右岸	64	27	38	20	19	27
	8.1%	3.4%	4.8%	2.5%	2.4%	3.4%
西浦左岸	101	12	12	8	1	5
	12.8%	1.5%	1.5%	1.0%	0.1%	0.6%
西浦中岸	94	20	13	8	5	11
	11.9%	2.5%	1.6%	1.0%	0.6%	1.4%
北浦右岸	113	12	10	4	2	4
	14.3%	1.5%	1.3%	0.5%	0.3%	0.5%
北浦左岸	84	19	4	3	1	0
	10.6%	2.4%	0.5%	0.4%	0.1%	0.0%
外浪逆浦右岸	11	3	5	1	0	1
	1.4%	0.4%	0.6%	0.1%	0.0%	0.1%
外浪逆浦左岸	14	4	2	1	3	3
	1.8%	0.5%	0.3%	0.1%	0.4%	0.4%
合計	481	97	84	45	31	51
	61.0%	12.3%	10.6%	5.7%	3.9%	6.5%

(上段：箇所数、下段：全体に占める割合)

表 3-6 植生帯幅のランク設定

ランク	植生帯幅	摘要
A	0m	植生が全くない
B	~20m 未満	乏しい~中程度
C	20m 以上	程よくある

3.3.6 総合ランクの設定

1) 総合ランクの設定

波浪対策の工法や規模は、波浪外力の大きさと湖岸の地形、植生等の自然状況を考慮して決定することになる。そこで、対策工を各湖岸で割り振る目安として、波浪ランクと自然ランクを複合的に組み合わせた総合ランクを設定した。先に示した波浪ランクは、整備優先度で枝番を付けていたが、ここでは波浪対策の整備規模で評価するため、優先順位は考慮しないこととした。ランク設定は表 3-7 に示すとおりである。

表 3-7 総合ランクの設定

波浪ランク	自然ランク	総合ランク	摘要
A	A	A	波浪危険度が大きく、かつ植生もない。
A	B~C	B-1	波浪危険度は大きいですが、植生は残存している。
B	A	B-2	波浪危険度は中程度で、植生はない。
B	B~C	B-3	波浪危険度は中程度で、植生も残存している。
C	A	C-1	波浪の危険性はないが、植生はない。
C	B~C	C-2	波浪の危険性はなく、植生も残存している。

波浪対策実施にあたっては、現地の自然状況も考慮することとした。植生のない箇所では、波浪低減を伴い植生回復できるような配慮を行い、また、植生の残存している箇所では、現状の植生を潰さないように配慮しつつ、以前より少なくなっている箇所では植生が回復できるような配慮を行うものとした。

2) ゾーニング

総合ランク判定結果をふまえ、同一ランクの連続性、湖岸の平面地形を考慮して、湖岸をゾーン区分（ゾーニング）した。その結果、図 3・3 に示すように、A ランク、B-1 ランク、B-2 ランク、C ランクの 4 種類のゾーンとなった。

3.3.7 湖岸波浪対策の基本設計

本項では、前項で検討したランク分けで対策が必要となる A, B ランクを対象として湖岸波浪対策の基本設計を行った。

1) 基本方針

以下の基本方針に従い検討を行った。

- ・湖岸の環境や景観に配慮した工法，施設規模とする。
- ・現状の植生は極力潰さないこととする。
- ・環境整備との連携として，以前あった植生を回復させる工夫も行う。
- ・消波施設の離岸距離，養浜幅（砂浜幅）は，実施箇所の湖底地形，植生分布状況を勘案して決定する。
- ・植生の多くある箇所では，植生帯幅 50～60m であることから，湖岸前面の浅瀬（湖棚）の広い箇所では，これを環境整備上の目標とする。その場合，潜堤の離岸距離は養浜を実施するため，100m が妥当となる。
- ・植生の現存する箇所では，緩傾斜堤を設置することにより，堤防沿いの植生をつぶすことにもなる。このため，緩傾斜堤は植生に乏しく，かつ地形的に養浜が適さない箇所で行う。

- ・波浪ランク A, B 箇所をランク C（打ち上げ高 Y.P. +3.0m 未満に低減）まで引き下げる対策を行う。



図 3・3 総合ランク判定結果（ゾーニング）

2) 基本設計

西浦右岸 12km 地点をモデル地点として、A ランク箇所の基本設計手法を示した。なお、B (B-1, B-2) ランクも同様に検討を行ったが、ここでは省略した。

(1) 外力条件

計画波高 $H_0' = 1.07\text{m}$

(有効フェッチ NNW 方向の 30 年確率値)

同上周期 $T = 4.28\text{ s}$

同上波長 $L_0 = 1.56T^2 = 28.6\text{m}$

吹き寄せによる水位上昇量 $\eta = 0.13\text{m}$

計画水位 $Y.P. +2.0\text{m} + \eta = Y.P. +2.13\text{m}$

断面地形 図 3・4 参照, 平成 13 年度測量結果に基づく地形

法面 1:5 の緩傾斜堤を設置した場合の断面も設定した。緩傾斜堤の法勾配については、利用者への配慮と現況堤防が隠れることを考慮して設定している。

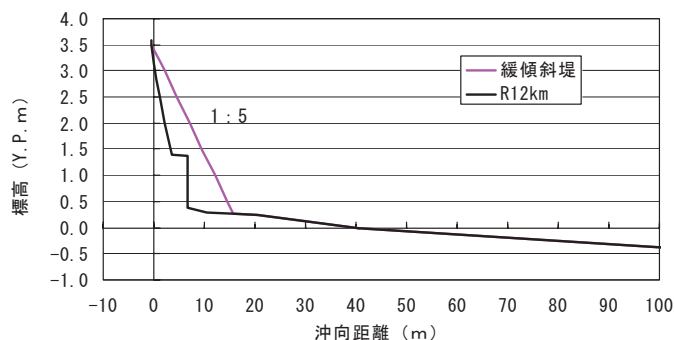


図 3・4 西浦右岸 12km 地点 湖岸断面地形

(2) 打ち上げ高の推算

消波施設にて来襲する波高を低減させることを前提にして、様々な波高にて波の打ち上げ高推算を行った。手法は、計画外力検討時に用いた改良仮想勾配法である。

計算結果を図 3・5 に示す。

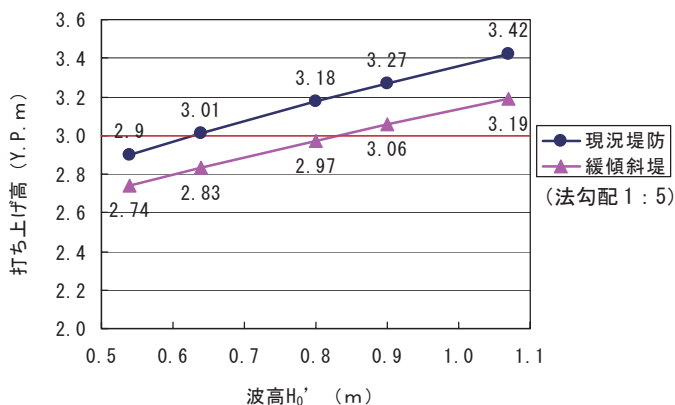


図 3・5 西浦右岸 12km 地点 打ち上げ高推算結果

図 3・5 によると、現況堤防の断面では、打ち上げ高を整備目標である Y.P. +3.0m まで下げるためには、波高を 0.55m 程度まで減衰させる必要がある。緩傾斜堤を設置した場合は、湖岸前面の水深が浅くなるため打ち上げ高が低減する効果が認められ、波高を 0.8m まで低減すれば、打ち上げ高 Y.P. +3.0m 以内を満足する。

したがって、消波施設に求められ波高伝達率 K_t の目安は、

現況堤防：

$$K_t = \text{目標波高} / \text{計画波高} = 0.55 / 1.07 \approx 0.5$$

緩傾斜堤：

$$K_t = \text{目標波高} / \text{計画波高} = 0.80 / 1.07 \approx 0.75$$

となる。

そこで、波高伝達率 K_t を満足する消波施設を設計することとした。

(3) 消波施設の基本設計

① 現況堤防断面の場合

設計の水位条件は Y.P. +2.13m であり、平常時の水位 Y.P. +1.1m 前後と比べると 1m 程度高い。このため、平常時は水面上に出た離岸堤タイプの消波施設だとしても、洪水時には水面下の潜堤タイプの消波施設となる。そこで、消波効果の検討は、潜堤として行うものとした。

天端幅と天端高は、潜堤の波高伝達率と B/L_0 の関係（「人工リーフの設計の手引き（改訂版）」全国海岸協会，2004）を用いて算出した。

目標の波高伝達率を $K_t=0.5$ とし、仮に堤体の天端幅 B を 2m とすると、

$$B/L_0=2.0/28.6=0.07$$

図 3-6 より、

$$R/H_0'=0.45$$

天端水深 $R=0.45 \times 1.07=0.48\text{m}$

したがって、天端高は、水位との差から、

$$\text{Y.P.}+2.13-0.48=\text{Y.P.}+1.65\text{m}$$

堤体の天端幅 B を 5m とすると、

$$B/L_0=5.0/28.6=0.17$$

図 3-6 より、

$$R/H_0'=0.55$$

天端水深 $R=0.55 \times 1.07=0.59\text{m}$

したがって、天端高は、水位との差から、

$$\text{Y.P.}+2.13-0.59=\text{Y.P.}+1.54\text{m}$$

以上より、天端幅 5m 程度の消波施設であれば、天端高を $\text{Y.P.}+1.6\text{m}$ 前後にする必要がある。通常時は、水位は $\text{Y.P.}+1.1\text{m}$ 程度であるから、天端が水面より出る離岸堤タイプの施設となる。常時水面下の構造とするならば、天端幅を 10m 以上にする必要がある、かなり幅広となる。

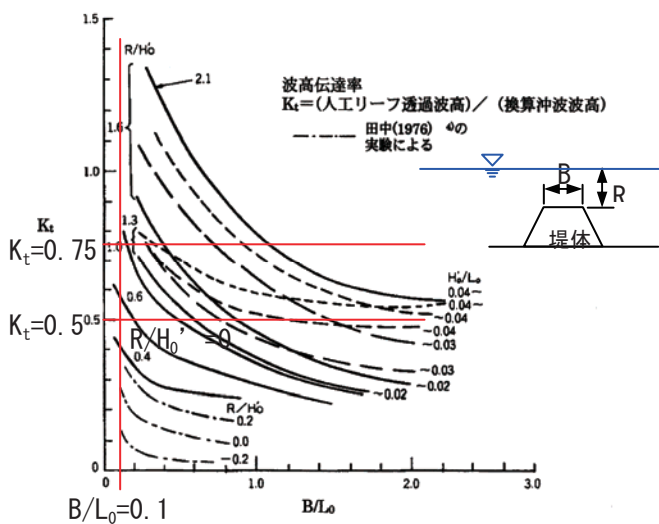


図 3-6 人工リーフ（潜堤）の波高伝達率 K_t と B/L_0 の関係

（出典：「人工リーフの設計の手引き（改訂版）」全国海岸協会，2004）

②緩傾斜堤防（法勾配 1 : 5）断面の場合

目標の波高伝達率を $K_t=0.75$ とし、仮に堤体の天端幅 B を 5m とすると、

$$B/L_0=5.0/28.6=0.17$$

図 3-6 より、

$$R/H_0'=1.0$$

天端水深 $R=1.0 \times 1.07=1.07\text{m}$

したがって、天端高は、水位との差から、

$$\text{Y.P.}+2.13-1.07=\text{Y.P.}+1.06\text{m} \approx +1.10\text{m}$$

となり、ほぼ通常時の水位と同じになり、常時水面下の潜堤タイプの施設となる。

緩傾斜堤の設置により湖岸堤前に前浜が形成され、前浜そのものの波浪低減効果が見込まれ、沖合いの消波施設は小規模でよいことになる。このため、潜堤タイプの構造でも対応が可能となる。

湖岸、湖面の景観を考慮すれば、潜堤タイプの消波施設が望ましいことから、A ランク、A ゾーン箇所の整備は、緩傾斜堤と潜堤を組み合わせた工法を適用するものとした。

以上が、A ランク箇所についての検討の一例であるが、先述したように B-1、B-2 の各ランク箇所についても同様に検討を行った。その結果として、波浪対策を考慮した湖岸堤整備計画について表 3-8 に示す。

表 3-8 波浪対策を考慮した湖岸堤整備計画一覧表

項目	総合ランク	Aランク	B-1ランク	B-2ランク
対策工諸元		緩傾斜堤 +潜堤 (+養浜)	潜堤 +養浜 +現存植生あり	潜堤 +養浜 +現存植生なし
1. 潜堤の断面諸元				
天端幅		5m	5m	5m
天端高		Y.P.+1.1m	Y.P.+1.1m	Y.P.+1.1m
2. 緩傾斜堤の断面諸元				
天端高		Y.P.+3.5m	—	—
法面勾配		1:5	—	—
法面被覆		Y.P.+1.8~2.0m 法先は被覆ブロック	—	—
基礎		鋼矢板	—	—

3.3.8 湖岸波浪対策の平面配置について

本項では、前項で検討した波浪対策断面をふまえ、湖岸整備の平面配置案を示す。

1) A ランク湖岸における湖岸波浪対策案

A ランク湖岸における潜堤の設置位置、堤長等について検討を行い、平面配置および断面図案を図3・7に示す。

A ランクの湖岸は、波浪が高い箇所であり、また植生がほとんどない特徴をもつ。しかし、Aゾーンとして囲った範囲の中では、植生にある箇所も混在している。

断面地形としては、湖岸前面から標高 Y.P. ±0m 程度にかけて、幅 100~200m の平坦面（湖棚地形）をもつところが多い。

今、Y.P. ±0m までの湖棚幅を最低規模の 100m とする。それより沖側は、急勾配で水深 5m 程度まで下っていくことから、この湖棚の部分が効率的に整備を行える範囲と考えられる。

(1) 潜堤の離岸距離

潜堤の離岸距離は 50m と設定した。これは、現状の湖岸棚は、通常時は水深 1m 程度の浅瀬であり、

高波を減衰させる効果があること、また、水生の動植物の生息箇所である可能性も高く、湖棚の半分程度はそのまま残すという考えのもと設定した。

環境面への配慮から、緩傾斜堤と潜堤の間には養浜を行い、幅 30m 程度の前浜を造成し、植生の回復もできるようにした。現在、湖岸域の植生帯の平均幅は 20~30m であり、離岸距離 50m であれば平均幅は確保できると考えた。

実際に、平面的に配置すると、現在の船溜まりも沖合い 40~50m の規模であり、船溜まりと連続的に並ぶことになる。途中、樋管、樋門があることから、それらの機能維持および養浜砂の流出防止のため、突堤状の導流堤も設置する必要がある。

(2) 潜堤の堤長、開口幅

離岸距離や既設構造物の規模との平面的な配置バランスにて堤長 100m、開口幅 25m を基本とした。

「人工リーフの設計の手引き（改訂版）」によれば、堤長を離岸距離以上にすれば背後域を静穏にする効果が高いとあり、開口幅を堤長の 1/4 以下にすれば、養浜砂を流出させる沖出しの流れも発生しにくいとあることから、これも参考にした。

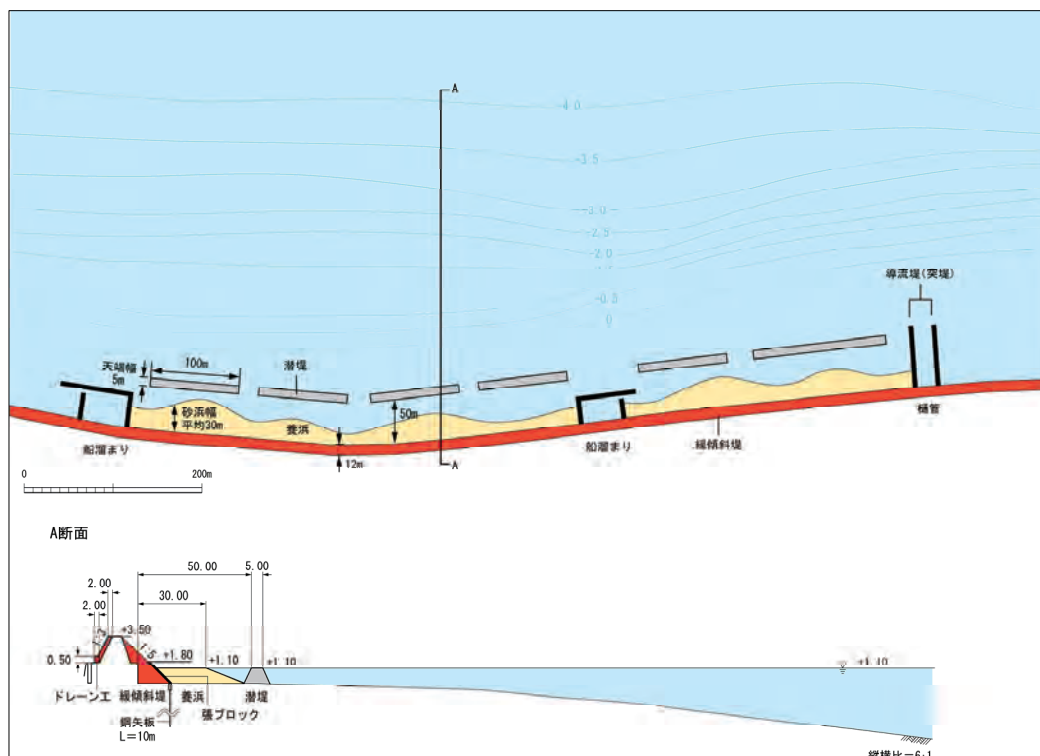


図 3・7 A ゾーン 湖岸整備の平面配置および断面図案

2) B-1 ランク湖岸における湖岸波浪対策案

B-1 ランク湖岸における潜堤の設置位置、堤長等について検討を行い、平面配置および断面図案を図3・8に示す。

B-1 ランクの湖岸は、波浪が高い箇所であるが、植生が残存している特徴をもつ。植生の多いところでは最大60m幅にもなる。

断面地形も、湖岸前面から標高 Y.P. ±0m前後にかけて、平坦面（湖棚地形）が発達しており、幅は200m以上になるところが多い。

Y.P. ±0mまでの湖棚幅については、最低規模の200mとし、それより沖側の考え方はAランクの考えと同様とする。

(1) 潜堤の離岸距離

潜堤の離岸距離は100mと設定した。これは、Aランク箇所と同様に、現状の湖岸棚は、通常時は水

深1m程度の浅瀬であり、高波を減衰させる効果があること、また、水生の動植物への配慮事項は、Aランクと同様とした。

環境面への配慮から、緩傾斜堤と潜堤の間には養浜を行い、幅60m程度の前浜を造成し、植生の回復もできるようにした。B-1 ランク箇所での植生帯の最大値は60m前後であり、離岸距離100mであれば全域に60m程度の植生を回復できると考えた。

平面的には、途中500m程度の間隔で樋管、樋門があることから、それらの機能維持および養浜砂の流出防止のため、突堤状の導流堤も設置する必要がある。

(2) 潜堤の堤長、開口幅

離岸距離や既設構造物の規模との平面的な配置バランスにて堤長150m、開口幅30mを基本とした。これは、Aランクと同様に、「人工リーフの設計の手引き（改訂版）」を参考にした。

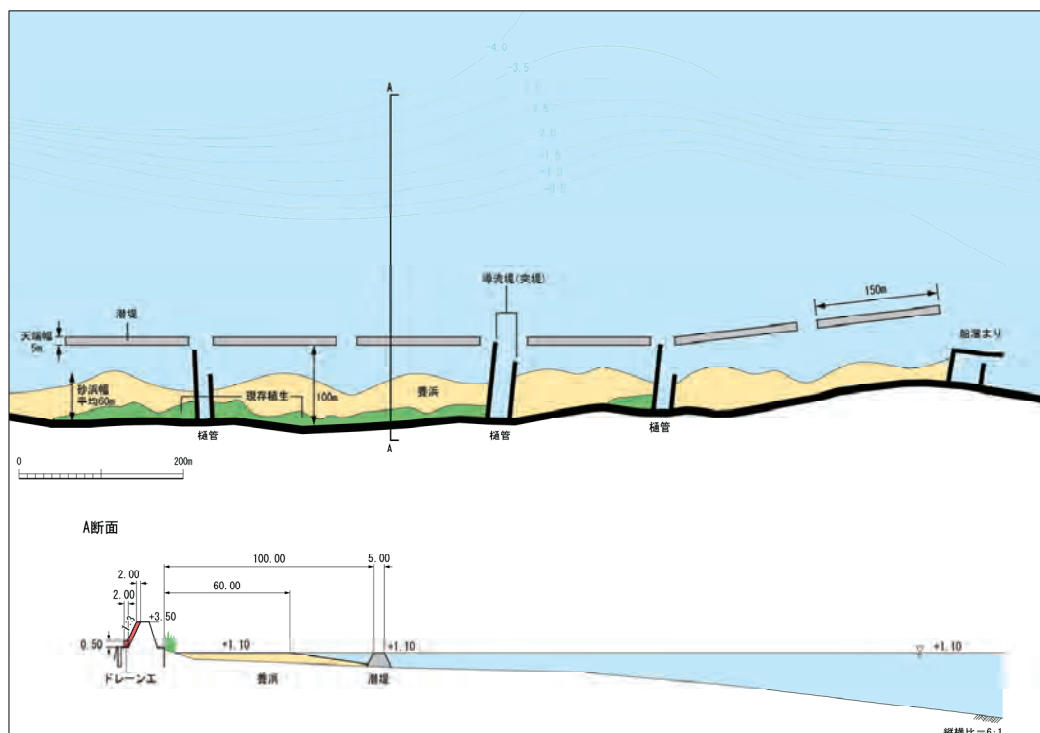


図3・8 B-1ゾーン 湖岸整備の平面配置および断面図案

3) B-2 ランク湖岸における湖岸波浪対策案

B-2 ランク湖岸における潜堤の設置位置、堤長等について検討を行い、平面配置および断面図案を図3・9に示す。

B-2 ランクの湖岸は、北浦であり、西浦ほどの波浪は発生しないが、植生がほとんどない箇所が多い。

断面地形は、湖岸前面から標高 Y.P. ±0m前後にかけての平坦面（湖棚地形）があまり発達しておらず、幅は50mであり、ほとんど平坦面がないところもある。

現在、湖棚幅はほとんどなく、水深5m程度まで、湖底勾配1/30程度で下っていくことから、養浜も考慮すると、あまり消波施設を沖出しすることは望ましくない。

(1) 潜堤の離岸距離

潜堤の離岸距離は50mと設定した。これは、植生の回復のための必要幅から決めた。

霞ヶ浦の現在の植生のある箇所の平均幅は20～30mであり、平均幅は確保することにしたためである。湖棚幅がない分、湖岸への波当たりも強いため、潜堤規模はAランクと同様なものになっている。

平面的には、途中500m程度の間隔で樋管、樋門があることから、それらの機能維持および養浜砂の流出防止のため、突堤状の導流堤も設置する必要がある。

(2) 潜堤の堤長、開口幅

Aランク箇所と同様の離岸距離であり、背後の静穏性の確保のため、堤長100m、開口幅25mを標準とする。

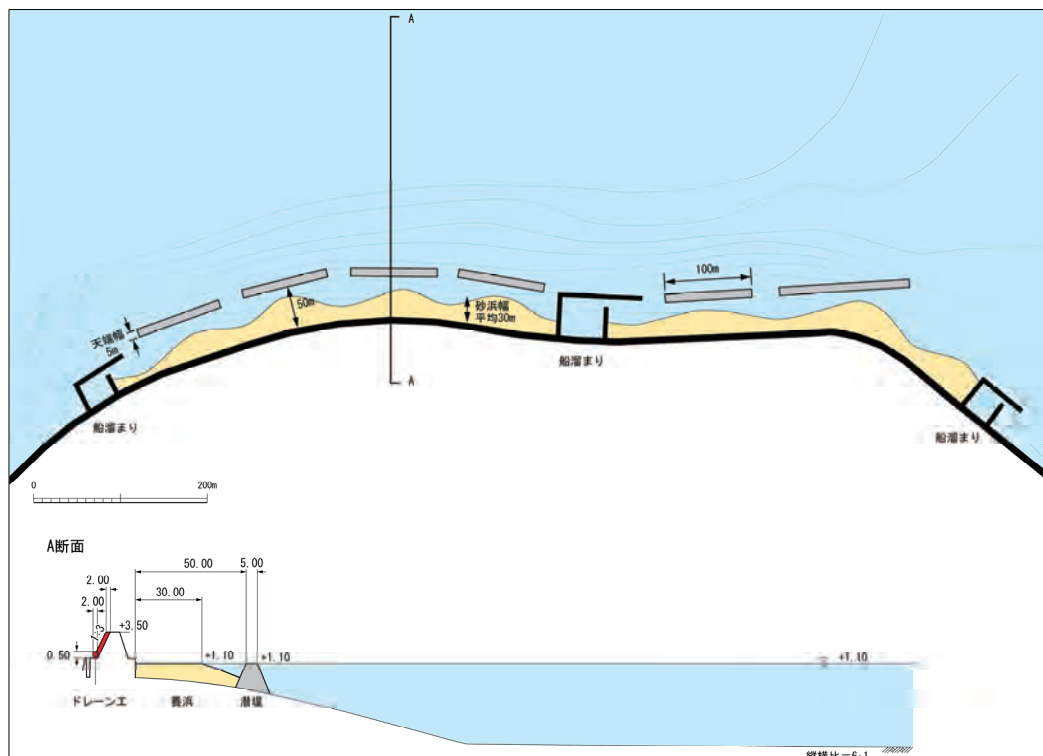


図3・9 B-2ゾーン 湖岸整備の平面配置および断面図案

4. おわりに

これまでの霞ヶ浦の湖岸堤整備の検討においては、波浪推算に係わる外力（波浪）の設定について、既往洪水の実績をあてはめ、係数を算出し用いてきた。しかし、本検討では、効率的な波浪推算が可能となるよう、既往洪水における波浪の特性の解析を行い、湖心データを代表値として検討すること、波浪に係わる風と水位との関係、吹き寄せによる水位上昇量等について検討を行った。また、湖岸堤の整備にあたっては、外力のみならず、湖岸植生帯や堤防背後の状況を考慮した整備の方向性を検討した。以上により、霞ヶ浦河川整備計画における整備方策の検討に資する結果を得ることができた。

今後の課題として、計算と実現象との整合性の向上が考えられる。

本研究における打ち上げ高の推算結果からは、北浦、外浪逆浦では越波していないという結果であったが、実際には湖岸堤背後への越波が生じている報告がある。この理由として以下が考えられる。

今回の検討では、一般に海岸の計画で使用される有義波を想定して検討を行っている。実際に湖面で発生する波は一様でなく波高、周期が不規則である。そのため、波浪推算式により求められる波よりも高い波浪が発生する可能性がある。

現在用いられている一般的な波の打ち上げ高の評価手法は、鉛直二次元を想定したものである。そのため、対象とする波向方向の水深条件を入力条件として打ち上げ高さを評価するが、実際には平面的な地形の凹凸により波の収れんが発生し、湖岸堤前面に達する波は波浪推算式で求められるものよりも大きくなる可能性がある。

また、本研究結果は、平成17年度における検討結果であり、この結果をもって霞ヶ浦の湖岸整備の方向性が決定したわけではない。前述した課題をふまえ、平成18年度も、霞ヶ浦河川整備計画における最適な整備方策の策定に資するよう、引き続き検討を重ねていくことが重要である。

謝 辞

本研究は、国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所委託業務の一環として実施されたものである。なお、本研究を実施するにあたり、「霞ヶ浦河川整備計画技術検討会」委員の方々、霞ヶ浦河川事務所には、貴重なご意見、ご指導を頂いた。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 財団法人国土開発技術研究センター（2000）：
改訂 解説・河川管理施設等構造令
- 2) 国土交通省霞ヶ浦河川事務所（2006）：平成17年度霞ヶ浦流出モデル構築検討業務報告書
- 3) 海岸保全施設技術研究会（2004）：海岸保全施設の技術上の基準・同解説
- 4) 建設省霞ヶ浦工事事務所（1978）：霞ヶ浦波浪解析業務報告書
- 5) 建設省土木研究所（1987）：土木研究資料第2519号 霞ヶ浦湖岸堤越波模型実験報告書
- 6) 社団法人全国海岸協会（2004）：人工リーフの設計の手引き（改訂版）

6. 樋管工事に伴うオニバスのミティゲーション

戸谷 英雄* ・玉川 勝巳**

1. 研究の目的

矢作樋管は、矢作川の洪水流を排水する目的で茨城県坂東市に設置されているが、老朽化に加え、矢作川の流下能力に対して樋管や機場の排水能力が不足しているため、改築が計画されている。

一方、既存樋管に隣接する計画予定地には、雨水溜まりによる湿性湿地（以下、矢作湿地とする）が形成されており、絶滅危惧種であるオニバスをはじめとする多様な湿生植物の生育が確認されている。

このため、樋管改築にあたっては、オニバスに代表される豊かな湿生植物に配慮しつつ実施する必要がある。本研究は、樋管改築に伴うオニバス等の重要な湿生植物の保全手法（ミティゲーション）について検討を行ったものである。

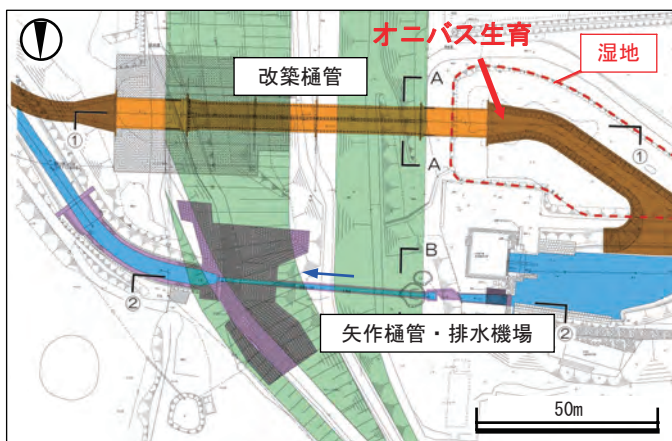


図 1-1 矢作樋管改築計画および矢作湿地位置図

2. 研究の内容

本研究では、矢作湿地の底泥を異なる湿性環境へ移植する試験によって、オニバスをはじめとする湿

生植物の発芽・生育状況の確認とオニバスの生育環境条件の把握を行い、ミティゲーションのための代償地となり得る環境条件について検討を行った。

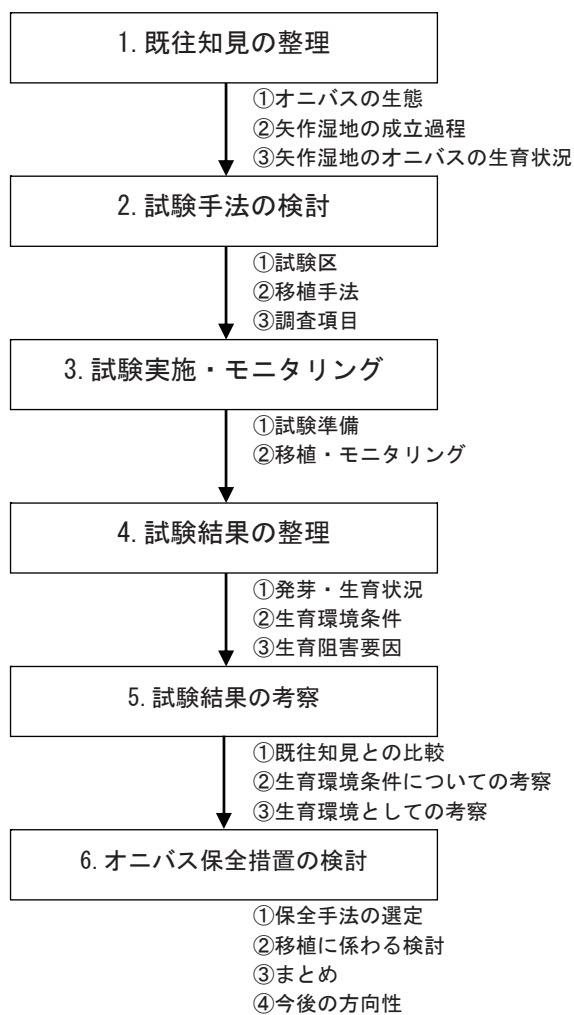


図 2-1 オニバス保全手法の検討フロー

3. 既往知見の整理

本研究を行うにあたり、オニバスの生態、矢作湿地の成立過程、矢作湿地における生育状況等について既往知見を整理、把握した。

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第四部長
 ** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第四部研究員

3.1 オニバスの生態

3.1.1 一般生態¹⁾²⁾

オニバスはスイレン科に属し、本州、四国、九州のやや富栄養化した湖沼、ため池、河川などに生育する一年生の浮葉植物である。

成長した浮葉は直径 1.0~1.5m 程度、時に 2.0m を超え、全体に鋭く堅いトゲがある。5~6月に発芽成長し、8~9月に花をつけ結実し、10月には枯死する。

本種の花は、開花せず水中で自家受粉して結実する閉鎖花と、水面上に出て開花する開放花があるが、種子の生産のほとんどが閉鎖花で行われる。種子は寒天質の仮種皮と呼ばれる膜に包まれ、直径約 1cm 程度である。種子は休眠性が高く、1 越冬後の発芽率は約 10%、2 越冬後で約 20%程度であり、埋土種子として数年~数十年間も生存することが可能である。



図 3-1 矢作湿地のオニバス (H16 年 8 月)



図 3-2 矢作湿地オニバスの種子 (H16 年 8 月)

3.1.2 分布

オニバスの北限は、太平洋側では宮城県、日本海側では新潟県であった(岡田要之助, 1935)が、宮城県では戦後絶滅が確認されており(角野康郎, 1983)、現在の分布北限は太平洋側では茨城県、日本海側では新潟県となっている。以上のことから、矢作湿地のオニバス生育地は重要な存在であるといえる(小幡和男, 2006)。



図 3-3 わが国におけるオニバスの分布

「角野康郎 (1994) : 日本水草図鑑, 文一総合出版」より引用 (一部加筆)

3.1.3 レッドデータブック選定状況⁶⁾⁷⁾

オニバスは、戦後、日本各地における農地改良によるため池の埋め立てや河川改修等により、その生育地が消失し、絶滅の危機が増大している種となっている。

このため、環境庁レッドデータブックでは絶滅危惧Ⅱ類 (VU ランク)、茨城県レッドデータブックでは絶滅危惧種 (E ランク) といったように、全国レベル、地方レベルでも絶滅危惧種として指定され、その保全・保護が求められている。

3.2 矢作湿地の成立過程

矢作湿地となった場所は、圃場整備（区画整備）の際に河川の拡幅と老朽化した樋管を改築する用地として、茨城県が水田を買収した土地であり、外周道路を一段高く造成したことにより、約 1,800m² の大きな凹地となっていた。この地に、平成 7 年 12 月、中川土地改良区の中央排水路浚渫工事が出た泥を移設した。やがて、そこに雨水が溜まり小さな池が形成され、湿地化した（小幡和男，2004）。

3.3 矢作湿地のオニバスの生育状況

3.3.1 矢作川流域におけるオニバスの生育情報

表 3・1 は、矢作川流域におけるオニバスの生育情報を年表に整理したものである。昭和 30 年代に矢作川にオニバスらしき植物が生育していたとの情報が最も古いものである（利根川上流河川事務所，2004）。その後の生育分布情報は、平成 8 年夏にオニバスとともに種々の湿生植物や水生植物が見られたというものである。オニバスが生育した理由としては、浅間沼から矢作川は、しばしばオニバスが発生するところであり、平成 7 年に移設した泥の中にオニバスの種子が埋土種子として休眠していたと考えられている（小幡和男，2004）。

平成 8 年以降は、当時の七郷中川土地改良区理事長により人為的作業が行われた（小幡和男，2004）。平成 8 年冬から平成 9 年春までは当該池の水を抜かずに溜めておき、平成 9 年春に水位調節ができる排水口を設置して一旦水を抜いた後、オニバスの種子が発芽しやすい環境をつくるため、水位 20～30cm 程度まで井戸水を汲み上げた。その結果、同年夏にオニバスは前年に遜色ない程度に発生した。平成 10 年春は、油圧ショベルにより池の攪乱を行った結果、同年夏にオニバスの発生を見ることができた。

しかし、平成 11 年以降は人為的作業を行わず、オニバスは断続的に少数を確認するのみで、ほとんど見られなくなった。平成 13 および 15 年に確認されたオニバスは、細々と世代を繋いでいたか、当時の埋土種子から何らかの要因で発芽したものと考えら

れている（小幡和男，2004）。

平成 16 年春には、土壌のかき起こし等の人為的作業が行われ、オニバスの大量発生が確認された。

また、矢作川沿いの養魚池（民地）においては、昭和初期頃からオニバスが発生・生育しており、現在も毎年多くの葉を展開させているとの情報も確認されている。

表 3・1 矢作川流域におけるオニバス生育情報

年代	樋管等に係る情報	オニバス生育情報
S35	矢作川が普通河川に指定され、土地改良事業の一環として排水河川として整備される。	矢作川にオニバスらしき植物が生育しているのを確認
S36	茨城県湛水防除事業により矢作樋管が設置される。	生育未確認
H7	中川土地改良区の中央排水路浚渫が実施され、浚渫土が当該地に持ち込まれる。	
H8 H9	—	オニバス生育を確認（以降の確認情報は矢作湿地）
H10	出水により矢作樋管から漏水が発生	オニバス生育を確認
H13	矢作樋管予備設計を実施	オニバス生育を確認
H15	—	オニバス生育を確認 浮葉 4 葉の展開を確認
H16 年	矢作樋管懇談会を設立	オニバス生育を確認 1000 を超える浮葉の展開を確認

3.3.2 既往の環境モニタリング調査結果

利根川上流河川事務所では、矢作湿地におけるオニバスの生育状況を確認するため、平成 15 年度からモニタリング調査を実施している。

平成 15 年度調査では、オニバスの浮葉 4 葉が展開しているのを確認した。当該湿地全体にヨシ、マコモ等の高茎抽水植物が繁茂しており、また、開放水面もほとんどない状況であった。

平成16年度調査では、表3・2に示すように、6月に約1400葉、8月に約400葉、9月に約300葉の浮葉が展開しているのが確認され、8月以降、最大で直径70～80cmの大きさまで成長している状況が確認された。8～9月には、果実や多くの種子が確認されたことから、16年度は、種の系統保存が順調に行われたものと考えられる。

なお、浮葉数が月を追うごとに減少しているのは、浮葉の成長に伴う開放水面の被覆により、新しく展開してきた浮葉が淘汰されたためと考えられる。

表3・2 平成16年度のオニバスの生育状況

月	6月	8月	9月
サイズ 葉数	10cm程度 ものが優占 展開。 計1422枚	10cm程度 のものや30cm 以上のもの が多く展開。 計411枚	30cm以上の ものが多く展開。 大きいもので 80cm程度。 計291枚
備考	生育良好	生育良好 実を確認	生育良好 果実を確認



図3-4 オニバスの実 (H16年8月)



図3-5 オニバスの果実 (H16年9月)

4. 試験手法の検討

4.1 試験区

試験区（移植池）は、ミュージアムパーク茨城県自然博物館内の「とんぼの池」、坂東市つくばハイテクパーク（幸田工業団地）内の防災調整池「創造の池（中池の一区画）」とした。

また、試験区としての生育環境条件の比較を行うため、自然発芽・生育する環境である「矢作湿地」を試験区の対照区とし、生育状況および生育環境状況のモニタリングを行った。

さらに、試験区とは別に、地域的な個体差のある発芽率を確認するために、コンテナ容器を用いた発芽試験も行った。

	博物館 「とんぼの池」 試験区 面積：約5m×5m
	坂東市 「創造の池」 試験区 面積：約5m×5m
	「矢作湿地」 対照区

図4-1 試験区（移植池）および対照区の状況

4.2 移植手法

試験は、矢作湿地に生育するオニバスをはじめとする湿生植物を、底泥ごと試験地へ移植する客土工法（底泥播き出し）により行った。播き出し量は、各試験区約 1m³とし、播き出し厚は約 5cm とした。

4.3 調査項目

調査項目は、オニバスの発芽生育状況、生育環境条件、生育阻害要因の 3 項目とした。

調査内容は、表 4・1 に詳細を示すように、発芽生育状況の把握としてオニバスの生育状況の相観観察や葉数・葉サイズの計数等を計測し、生育環境条件の把握として水質および底質状況について調査し、生育阻害要因の把握として競合植物や生育阻害動物による阻害状況の確認を行った。

表 4・1 調査項目および内容

調査項目		調査内容
①発芽 生育 状況	生育 状況	オニバスの葉数及び葉サイズを計測するとともに、気温、水温、水深等の環境状況についても確認する。
②生育 環境 条件	水質	pH, DO, EC, CODの水質項目を測定する。
	底質	播き出した底泥の泥質変化の確認として酸化還元電位、強熱減量、全リンの室内分析を行う。
③生育 阻害 要因	競合 植物	生育競合種であるヒシ等の水生植物の生育状況の確認を行う。
	生育 阻害 動物	生育阻害動物で、試験池に生息が確認されているアメリカザリガニの生育阻害状況の確認を行う。

4.4 コンテナでの埋土種子発芽試験

種子を除いた当該湿地の底泥を 10cm 程度敷き、そこにオニバスの生存種子のみを 36 個播いたコンテナ容器を用いて、埋土種子の発芽・生育状況を確認するとともに、地域的個体差のあるオニバス種子の発芽率を確認するものとした。

5. 試験実施・モニタリング

5.1 試験準備

5.1.1 生育維持作業

試験に先立ち、対照区である矢作湿地に生育しているオニバスの当年種子の生産を促進させ、系統保存を図るため、高茎抽水植物除去による開放水面確保と埋土種子の発芽を促す底泥の攪乱を行った。



図 5-1 生育維持作業実施前の状況 (H16)

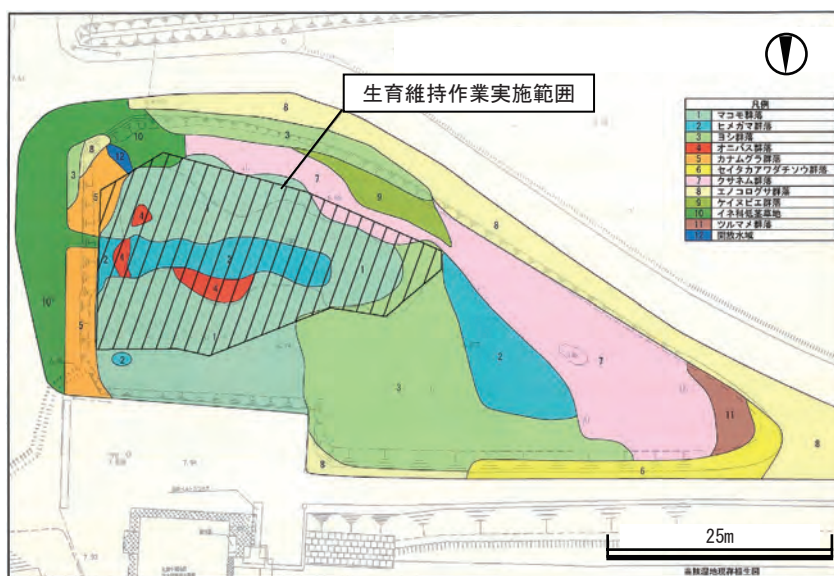


図 5-2 生育維持作業実施範囲 (H16 植生図に重ねて表示)



図 5・3 生育維持作業実施状況

5.1.2 底泥採取

攪乱させた矢作湿地の底泥より，試験用の採泥を行った．底泥は土嚢に詰め，各試験区へ搬送した．また，コンテナ試験に用いるため，底泥より生存種子のみを取り出す作業を行い，併せて種子を除いた底泥をコンテナに敷きつめた．



図 5・4 試験準備作業状況

5.2 底泥播き出し

矢作湿地より採取した埋土種子を含む底泥の，各試験区への播き出しを行った．播き出しは，水中において土嚢から底泥を取り出し，池底に 5cm 厚程度で薄く敷き均した．



図 5・5 試験区への底泥播き出し状況

5.3 モニタリング

底泥播き出し後のモニタリングは，オニバスの発芽期である 5 月から枯死期である 10 月までとし，各種調査については，毎月 1 回定期的 to 実施し，計 6 回行った．

「とんぼの池」については，茨城県自然博物館との連携によりモニタリングの間隔を密とし，状況に応じて適切な対応がとれる体制とした．

「矢作湿地」については，面積が他 2 試験区に比べ大きく，また，生育状況の比較対照区であるため，約 2m 四方の方形区を設置し，方形区内の葉数及び葉サイズを計測することとした．

6. 試験結果

6.1 発芽・生育状況

1) 「矢作湿地」対照区

「矢作湿地」では、良好な発芽・生育が確認されるとともに、夏季～秋季には順調な種子生産が行われ、オニバスの種の系統保存が成功した。

	<p>5月状況</p> <p>平成17年 5月27日</p>
<p>順調な発芽生育を確認。 →約70～100枚のオニバス・スイレン葉（4cm×2cm程度）の開放水面での展開を確認。</p>	
	<p>6月状況</p> <p>平成17年 6月15日</p>
<p>順調な発芽生育を確認。 →相観で1500枚程度のスイレン葉（10cm×4cm程度）を確認。計数用に2m×2mの方形区を設置し、154枚/方形区を確認。</p>	
	<p>7月状況</p> <p>平成17年 7月21日</p>
<p>急速な成長を確認。 →158枚/方形区の成葉（直径30cm～50cm程度）を確認。開放水面をオニバスが被覆。</p>	

	<p>8月状況</p> <p>平成17年 8月18日</p>
<p>急速な成長を確認。 →75枚/方形区の成葉（直径60cm～100cm程度）を確認。開放水面をオニバスが被覆。閉鎖花と仮種皮付きの種子を多数確認。</p>	
	<p>9月状況</p> <p>平成17年 9月29日</p>
<p>衰退状態。 →70枚/方形区の成葉（直径10cm～60cm程度）を確認。60cmを超える浮葉は枯死。新たに展開した浮葉のサイズもはじめから小さい状態である。</p>	
	<p>10月状況</p> <p>平成17年 10月25日</p>
<p>枯死状態。 →3枚/方形区の成葉（直径12～30cm程度）を確認。</p>	

図6.1 「矢作湿地」対照区における発芽・生育状況

2) 博物館「とんぼの池」試験区

博物館「とんぼの池」試験区では、試験期間を通じ、オニバスの発芽・生育は確認されなかった。

未発芽の要因推定のため、8月3日に補完試験としてオニバスのスイレン葉株とマコモを定植させてモニタリングを行った。その結果、オニバスは定着せず、マコモは定着が確認された。

	<p>5月状況</p> <p>平成17年 5月27日</p>
<p>オニバスを含む水生植物の発芽生育は未確認。 →ヤナギの散布種子（綿毛）が汚れを吸着した浮泥状のものが開放水面一面を被覆。後日除去作業を実施。</p>	
	<p>6月状況</p> <p>平成17年 6月15日</p>
<p>オニバスを含む水生植物の発芽生育は未確認。</p>	
	<p>7月状況</p> <p>平成17年 7月21日</p>
<p>オニバスを含む水生植物の発芽生育は未確認。 →本試験区に元々生育していたヒメガマやヨシの水生植物の発芽生育も未確認。一部にオオアカウキクサの生育を確認。</p>	

	<p>8月状況</p> <p>平成17年 8月18日</p>
<p>オニバスを含む水生植物の発芽生育は未確認。 →補完試験時に定植したオニバスは定着していない。 →池底に藍藻類の繁茂がみられる。</p>	
	<p>9月状況</p> <p>平成17年 9月29日</p>
<p>オニバスを含む水生植物の発芽生育は未確認。 →補完試験時に定植したマコモの生育状況が回復。</p>	
	<p>10月状況</p> <p>平成17年 10月25日</p>
<p>オニバスを含む水生植物の発芽生育は未確認。 →補完試験時に定植したマコモの生育状況が回復。</p>	

図6・2 博物館「とんぼの池」試験区における発芽・生育状況

3) 坂東市「創造の池」試験区

坂東市「創造の池」試験区では、良好な発芽・生育が確認されるとともに、夏季～秋季には順調な種子生産が行われ、オニバスの種の系統保存が成功した。

	<p>5月状況</p> <p>平成17年 5月27日</p>
<p>発芽生育は未確認。 →競合植物である浮葉植物のヒシの生育を確認。</p>	
	<p>6月状況</p> <p>平成17年 6月15日</p>
<p>発芽生育を確認。 →73枚のスイレン葉（7cm×3cm程度）を確認。</p>	
	<p>7月状況</p> <p>平成17年 7月21日</p>
<p>急速な成長を確認。 →141枚の成葉（直径30cm～50cm程度）を確認。試験区の開放水面の5割をオニバスが被覆。</p>	

	<p>8月状況</p> <p>平成17年 8月18日</p>
<p>急速な成長を確認。 →57枚の成葉（直径60cm～90cm程度）を確認。試験区の開放水面全面をオニバスが被覆。閉鎖花15個と仮種皮付きの種子を多数確認。</p>	
	<p>9月状況</p> <p>平成17年 9月29日</p>
<p>衰退状態。 →53枚の成葉（直径30cm～60cm程度）を確認。60cmを超える浮葉は枯死。果実15～18個と仮種皮付きの種子を多数確認。</p>	
	<p>10月状況</p> <p>平成17年 10月25日</p>
<p>枯死状態。 →7枚の成葉（直径15～25cm程度）を確認。8株を確認。果実6～8個/1株を確認（生産種子数14個/1果実）。</p>	

図6-3 坂東市「創造の池」試験区における発芽・生育状況

4) コンテナ試験（埋土種子発芽試験）

コンテナ試験区（4 コンテナ）では、それぞれのコンテナにおいてオニバスの発芽・生育が確認され、発芽率は約 17%であった。また、オニバスだけでなく埋土種子に由来するミズアオイ等の水生植物の発芽・生育も確認された。

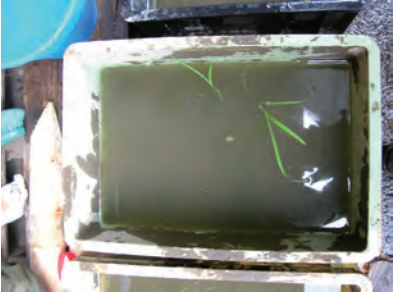
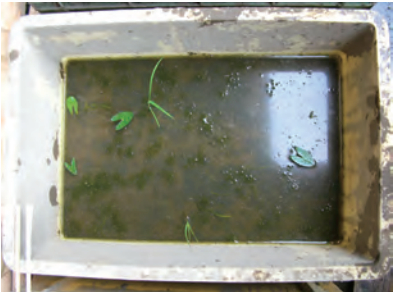


	<p>A コンテナ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・オニバス発芽はみられない ・イネ科植物の生育確認
	<p>B コンテナ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・オニバス発芽を 2 個体確認 ・スイレン葉を 3 枚、沈水葉を 1 枚確認 ・シャジクモ類が多数発芽
	<p>C コンテナ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・オニバス発芽はみられない ・シャジクモ類が多数発芽
	<p>D コンテナ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・オニバス発芽を 2 個体確認 ・スイレン葉を 4 枚確認 ・シャジクモ類が多数発芽

図 6・4 コンテナ試験区における発芽・生育状況
（平成 17 年 6 月 15 日）





	<p>A コンテナ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・オニバス ・マコモ ・ミズアオイ ・オモダカ ・イヌビエ ・シャジクモ
	<p>B コンテナ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・オニバス ・ヒメガマ ・イヌビエ ・シャジクモ
	<p>C コンテナ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・オニバス ・シャジクモ
	<p>D コンテナ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・オニバス ・シャジクモ

図 6・5 コンテナ試験区における発芽・生育状況
（平成 17 年 8 月 3 日）

本試験区では、生育阻害動物の影響を確認するため、D コンテナに 9 月初旬にアメリカザリガニを 2 匹放した。その結果、アメリカザリガニによる葉柄の切断が確認された。

6.2 生育環境条件

6.2.1 水質状況

矢作湿地は雨水によって形成される湿地であるが周辺は水田であることから、水質の検討にあたっては、まず「矢作湿地」の水質を農業用水水質基準と比較し、次に各試験区の水質を「矢作湿地」の水質と比較し、検討した。

[1] 水温

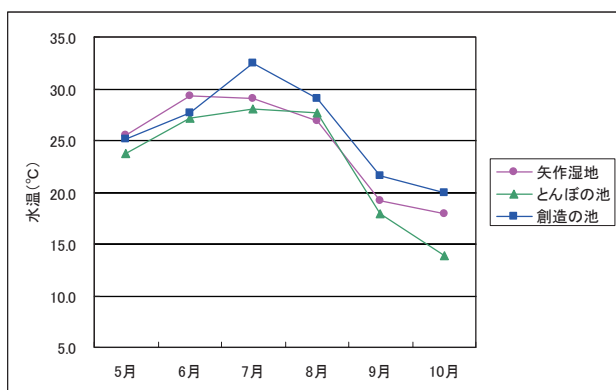


図 6-6 水温の推移 (3 地区)

1) 「矢作湿地」対照区

試験期間を通して 17.9～29.3℃の範囲で推移し、6月にピークをむかえ、その後緩やかに低下し、8～9月にかけては約 8℃低下した。

2) 「とんぼの池」試験区

試験期間を通して 13.8～28.0℃の範囲で推移し、緩やかに上昇し7月にピークをむかえ、8月は横ばい、その後8～9月にかけては約 10℃低下した。

「矢作湿地」と比較すると、8月を除いては 1～4℃程低く推移した。

3) 「創造の池」試験区

試験期間を通して 20.0～32.5℃の範囲で推移し、6～7月にかけて急激に上昇しピークをむかえ、その後8～9月にかけては約 7℃低下した。

「矢作湿地」と比較すると、7月の上昇が顕著であり、以後も 2～3℃程高めに推移した。

[2] pH

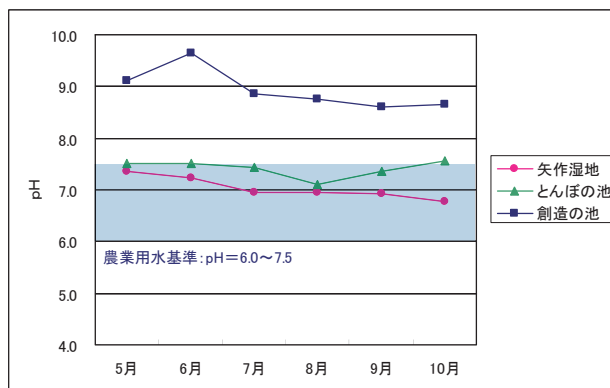


図 6-7 pH の推移 (3 地区)

1) 「矢作湿地」対照区

試験期間を通して pH 値 6.8～7.4 の範囲で推移し、農業用水の基準値の範囲内であった。

pH については、特筆すべき状況はみられない。

2) 「とんぼの池」試験区

試験期間を通して pH 値 7.1～7.6 の範囲で推移し、「矢作湿地」同様、農業用水の基準値の範囲内であった。

試験池水際部から pH 値 8.0 程度のアルカリ性を示す絞り水（地質因子によりアルカリ性を示していると推察される）が流入していることが要因であると推察される。

3) 「創造の池」試験区

試験期間を通して pH 値 8.6～9.7 の範囲で推移し、「矢作湿地」より高いアルカリ性の傾向を示す結果であった。

生活雑排水等の流入がみられ水質の富栄養化が顕著な閉鎖性水域であることから、流入物質の影響や植物プランクトンによる炭酸同化作用（光合成）による炭酸の消費により高い塩基性の傾向を示していると推察される。

[3] DO

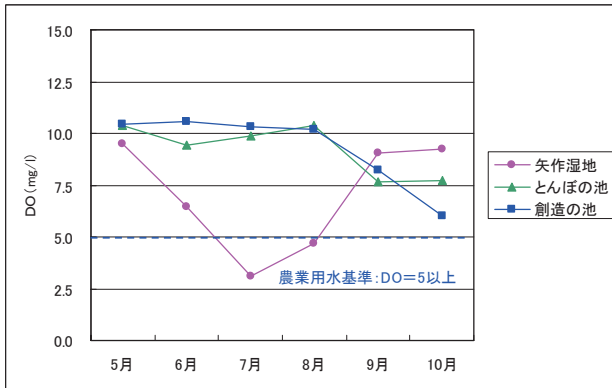


図 6-8 DO の推移 (3 地区)

1) 「矢作湿地」対照区

試験期間のうち5月-6月, 9月-10月は, DO 値 6.5 ~9.5mg/l の範囲で推移し, 農業用水の基準値の範囲内であったが, 7月-8月は農業用水の基準値を下回る結果であった。

7月-8月のDO値が低い値(飽和度40~60%の貧飽和状態)となっているのは, オニバスの急速な成長による酸素消費や浮葉による開放水面の被覆で日光が遮断され, 植物プランクトンや藻類, 沈水植物の炭酸同化作用(光合成)を抑制したことが要因であると推測される。

2) 「とんぼの池」試験区

試験期間を通してDO値7.7~10.4mg/lの範囲で推移し, 農業用水の基準値の範囲内であったが, 「矢作湿地」のように夏季にDO値が低下する傾向はみられなかった。

5月のDO値が高い値であるのは不明であるが, 7月-8月にDO値が高い値(飽和度128~133%)となっているのは, オニバスが発芽しなかった(開放水面の被覆がなかった)ことや植物プランクトン及び池内に繁茂した藍藻類の炭酸同化作用(光合成)が要因であると推察される。

3) 「創造の池」試験区

試験期間のうち5月-8月は, DO 値 10.2~10.6mg/l の範囲で推移し, 矢作湿地よりやや高い傾向がみられ, 逆に9月-10月は, 8.2~6.0mg/l と「矢作湿地」

より低くなる傾向がみられた。

5月-8月にDO値が高い値(飽和度129~142%)となっているのは, 植物プランクトンによる炭酸同化作用(光合成)が要因であると推察される。また, 9月-10月にDO値が低下しているのは, アオコの発生がみられたことやバクテリアによる有機物の分解作用が要因であると推察される。

[4] 電気伝導度 (EC)

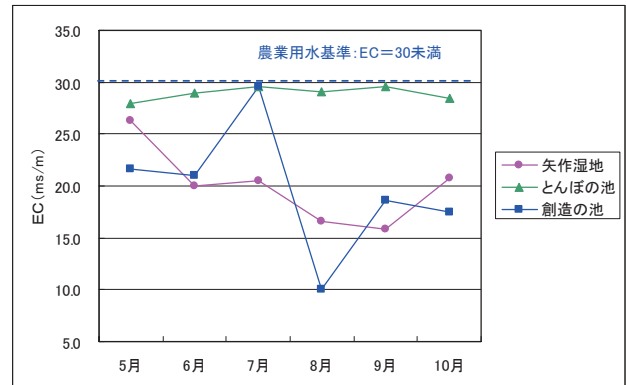


図 6-9 電気伝導度 (EC) の推移 (3 地区)

1) 「矢作湿地」対照区

試験期間を通してEC値26.3ms/m以下で, 農業用水の基準値の範囲内であった。

5月のEC値がやや高い値を示しているのは, 4月に実施した生育維持作業における底泥の掻き回しによる底質からの栄養塩の溶質の影響が残っていることによると推測される。

2) 「とんぼの池」試験区

試験期間を通して農業用水の基準値の上限であるEC値30ms/m付近を推移し, 矢作湿地より高い傾向がみられた。

試験期間を通してEC値が高い値で推移しているのは, 非常に軟性で透水性の高い底泥状態であることから底泥中の栄養塩が溶出し続けていることが要因であると推察される。

3) 「創造の池」試験区

試験期間のうち5月-6月, 9月-10月は, EC 値 21.6ms/m以下で, 矢作湿地同様, 農業用水の基準値

の範囲内であったが、7月は高く、8月は逆に低くなる傾向がみられた。

7月のEC値が高い値を示しているのは、酷暑期の水位低下に起因する濃縮作用によるものと推察される。また、8月にEC値が低い値を示しているのは、調査日の2～6日前の8/12～16に2mm～50mmの降雨を記録している（出典：気象庁坂東市アメダス）ことから、試験池への雨水流入に起因する希釈作用によるものと推察される。

[5] COD

1) 「矢作湿地」対照区

試験期間を通して7mg/l前後であり、農業用水の基準値をわずかに上回る結果であった。

2) 「とんぼの池」試験区

試験期間を通して7～8mg/l程度であり、矢作湿地とほぼ同程度の結果であった。

3) 「創造の池」試験区

試験期間を通して8mg/l以上であり、生活雑排水等の流入がみられるなど矢作湿地より水質の富栄養化が顕著であった。

6.2.2 底質状況

[1] 酸化還元電位

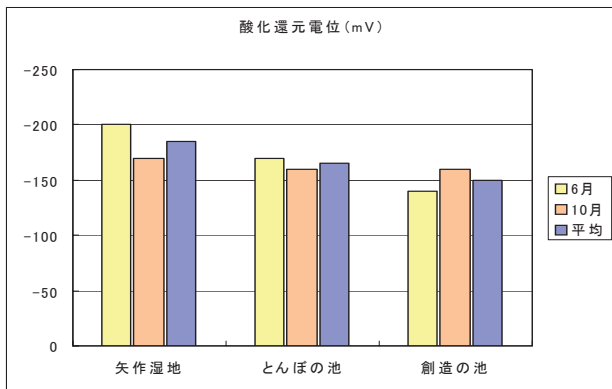


図 6・10 酸化還元電位の推移 (3地区)

酸化還元電位については、3池とも特筆すべき状況はみられない。

1) 「矢作湿地」対照区

非常に低いマイナスの値を示し、還元状態が顕著であった。

2) 博物館「とんぼの池」試験区

非常に低いマイナスの値を示し、還元状態が顕著であった。

3) 坂東市「創造の池」試験区

非常に低いマイナスの値を示し、還元状態が顕著であった。

[2] 強熱減量

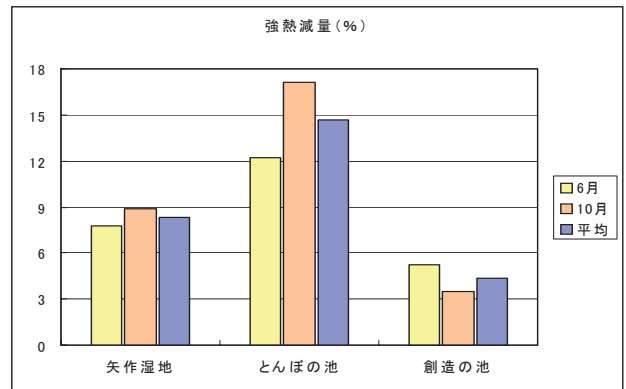


図 6・11 強熱減量の推移 (3地区)

1) 「矢作湿地」対照区

6月7.8%，10月8.9%，平均8.4%であった。

2) 博物館「とんぼの池」試験区

6月12.2%，10月17.1%，平均14.7%であり、矢作湿地の有機分含有量の約1.8倍であった。

4月26日の試験準備作業で高茎抽水植物の除去と底泥の掻き回しを実施したことにより、底泥深くに溜まっていた有機分が掘り起こされたためと推察される。

3) 坂東市「創造の池」試験区

6月5.2%，10月3.5%，平均4.4%であり、矢作湿地の有機分含有量の約0.5倍であった。

10月に有機分が低下したのは、創造の池は、造成地に造られた人工池で、池底は造成基盤が露出した

状態で有機分をほとんど含んでいないことや、投入底泥の有機分が溶出したこと、また、バクテリアによる有機物の分解が行われたためと推察される。

[3] 全リン

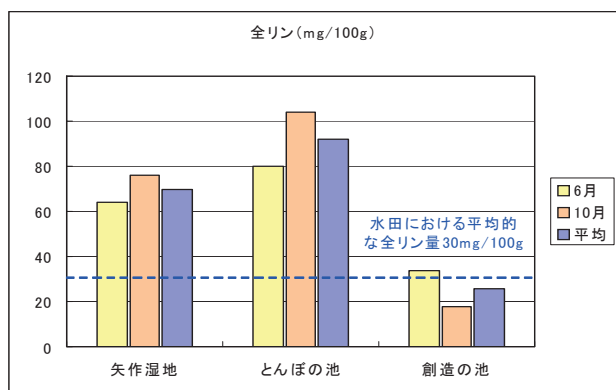


図 6-12 全リンの推移 (3地区)

1) 「矢作湿地」対照区

6月 64mg/100g, 10月 76mg/100g, 平均 70mg/100g であり、水田における平均的なリン分含有量 (30mg/100g) の約 2.3 倍であった。

矢作湿地の底泥は、肥料分を多く含んだ水田土壌の流入・堆積した矢作川の浚渫土由来であることから、水田よりも高いリン分状態を示していると推察される。

2) 博物館「とんぼの池」試験区

6月 80mg/100g, 10月 104mg/100g, 平均 92mg/100g であり、矢作湿地のリン分含有量の約 1.3 倍であり、水田における平均的な数値の約 3 倍であった。

4月 26日の試験準備作業で高茎抽水植物の除去と底泥の掻き回しを実施したことにより、底泥深くに溜まっていたリン分が掘り起こされたためと推察される。

3) 坂東市「創造の池」試験区

6月 34mg/100g, 10月 18mg/100g, 平均 26mg/100g であり、矢作湿地のリン分含有量の約 0.4 倍であり、水田における平均的な数値と同程度であった。

10月にリン分が低下したのは、創造の池は、造成地に造られた人工池で、池底は造成基盤が露出した

状態でリン分をほとんど含んでいないことや、投入底泥のリン分が溶出したこと、また、植物プランクトンによるリン分の吸収が行われたためと推察される。

6.3 生育阻害要因

6.3.1 競合植物による影響

1) 「矢作湿地」対照区

マコモやヨシ等の高茎抽水植物による生育阻害は確認されなかった。

4月 3日に実施した生育維持作業で、湿地内に生育するマコモ等の高茎抽水植物群落の一部を除去したことが要因であると推察される。

2) 博物館「とんぼの池」試験区

競合植物の生育は確認されなかった。

3) 坂東市「創造の池」試験区

オニバスと同じ一年生浮葉植物のヒシによる生育阻害は確認されなかった。

浮葉植物のヒシは、「創造の池」試験区と同じ中池の反対側の水域に分布しており、試験区付近にはほとんど生育していないことによるものと推察される。

6.3.2 生育阻害動物による影響

1) 「矢作湿地」対照区

アメリカザリガニによる生育阻害は確認されなかった。

矢作湿地にはアメリカザリガニの生息が確認されており、本種による生育阻害が生じると考えられるが、確認されなかったのは、オニバスの発芽・生育の絶対量が多く阻害の影響が表面化しないことが要因であると推察される。

2) 博物館「とんぼの池」試験区

アメリカザリガニによる葉柄切断を確認した。

8月に実施した補完試験 (生育環境確認のための

オニバス・スイレン葉株の「とんぼの池」への定植)において、スイレン葉株定植後 24 時間以内に全ての個体の茎が切断されたことを確認した。このため、アメリカザリガニを捕獲し、オニバスの発芽試験をしているコンテナ内に入れて観察を実施したところ、オニバスの葉柄を切断する行動が確認されたことから、アメリカザリガニによる切断と判明した。

3) 坂東市「創造の池」試験区

生育阻害動物の生息は確認されなかった。

7. 試験結果の考察

本試験においては、休眠している埋土種子を底泥ごと他地区に移植し、発芽・生育・種子再生産させることに成功した。

そこで本章では、今後のオニバス保全措置の検討に向けて、「矢作湿地」対照区、試験区である博物館「とんぼの池」および坂東市「創造の池」でのオニバスの発芽・生育状況、生育環境条件、生育阻害要因確認の各調査結果をもとに、矢作地区におけるオニバスの生育状況（生活史・生態）や生育環境条件等について既往知見との比較を行い、当該地区のオニバスの生育特徴と生育環境条件について考察を行った。

7.1 既往知見との比較

7.1.1 生活史・生態

生活史については、当該地区における本種の発芽時期や成長段階がやや遅いことを除いては、特に違いはみられなかった。また、生態的な特徴としては、8月の盛夏の時期においても種子が断続的に発芽し続ける状況が「矢作湿地」で確認された。

これは、発芽や成長・生育に係る環境条件が良好で種子生産に適した環境条件が整ってさえすれば、盛夏の時期であっても次々と発芽を続けることで種の系統保存を確実に図ろうとするひとつのシステムであると推察される。

7.1.2 水質・底質

水質については、富栄養化した水質状況での生育に問題はないとの知見どおりの結果であった。また、底質においても、富栄養化した底質状況での生育に問題はないが、過剰なリン分を含む底質では発芽・生育に影響を与えるとの知見どおりの結果であった。

7.1.3 生育阻害動物・植物

生育阻害動物であるアメリカザリガニの生息や競合植物であるヒシ等の水生植物の生育が確認され、博物館「とんぼの池」試験区では、知見にあるとおり本種の生育への直接的な影響が確認された。

7.2 生育環境条件についての考察

7.2.1 水質条件

1) 「矢作湿地」対照区

「矢作湿地」の水質状況は、やや富栄養化がみられるが、ほぼ農業用水と同程度の水質であった。

オニバスは、水質の富栄養化の影響に対する耐性が高い種であり、本地区ではオニバスの発芽・生育が良好であったことから、本種の生育環境条件としての水質に問題はないと考えられる。

2) 博物館「とんぼの池」試験区

「とんぼの池」試験区は、「矢作湿地」と同等の水質状況であり、オニバスの生育環境条件としての水質については、特に問題はないと考えられる。

しかし、水温においては、本試験区はオニバスの発芽期(5~6月)の水温が他地区に比べ約2℃低く、また、オニバスの発芽・生育が確認できなかったことから、本試験結果からは、発芽期の低水温が本種の生育環境条件に影響を与えている可能性が考えられる。

3) 坂東市「創造の池」試験区

「創造の池」試験区は、「矢作湿地」より富栄養化が顕著な水質状況であるが、発芽・生育が概ね良好であったことから、オニバスの生育環境条件として

の水質に特に問題はないと考えられる。

7.2.2 底質条件

1) 「矢作湿地」対照区

「矢作湿地」は、還元状態で水田よりも有機分やリン分が2倍程度高く、やや富栄養化の傾向がみられる底質状態であるが、オニバスの発芽・生育が良好であったことから、本種の生育環境条件としては特に問題はないと考えられる。

2) 博物館「とんぼの池」試験区

「とんぼの池」試験区は、還元状態で「矢作湿地」よりも有機分やリン分が過剰で富栄養化の顕著な底泥状態であり、また、オニバスの発芽・生育が確認できなかったことから、本試験結果からは、過剰なリン分が本種の生育環境条件に影響を与えていると推察される。

この推察結果についても、前述の水質条件において記した理由と同様の理由による。

3) 坂東市「創造の池」試験区

「創造の池」試験区は、還元状態で矢作湿地よりも有機分やリン分が少なく、富栄養化の傾向が小さい底質状態であったが、オニバスの発芽・生育が良好であったことから、本種の生育環境条件としては特に問題はないと考えられる。

7.2.3 生育阻害要因

1) 「矢作湿地」対照区

アメリカザリガニの生息や競合植物の生育が確認されたが、オニバスの生育絶対量に対する生育阻害の影響が小さいことから、オニバスの生育環境として特に問題はないと考えられる。

2) 博物館「とんぼの池」試験区

アメリカザリガニによる生育阻害（葉柄切断）が確認されたことから、アメリカザリガニが生息していることは、本種の生育環境として問題があると考

えられる。

3) 坂東市「創造の池」試験区

競合植物であるヒシの生育が確認されたが、生育阻害の影響が小さいことから、オニバスの生育環境として特に問題はないと考えられる。

7.2.4 各試験区における生育環境（代償地）としての考察結果

1) 「矢作湿地」対照区

水質や底質の富栄養化の程度が顕著ではなく、生育阻害動物による影響の程度も小さいことから、オニバスの生育環境として問題はないと考えられる。

2) 博物館「とんぼの池」試験区

水質に特に問題はないが、発芽期の水温が他地区に比べ約2℃低く、その後も1~4℃低く推移している低水温である点、および底質の過度の富栄養化（特に過剰リン分）の2点が発芽を阻害していると推察される。また、発芽生育したとしてもアメリカザリガニによる生育阻害が起こる可能性も高いことから、オニバスの生育環境（代償地）としては適していないと考えられる。

3) 坂東市「創造の池」試験区

水質の富栄養化が顕著であるが、底質の富栄養化の程度が小さいこと、また、生育阻害要因もほとんど無いことから、オニバスの生育環境（代償地）として特に問題はないと考えられる。

8. オニバス保全措置の検討

8.1 保全手法の選定

オニバスは、種子から発芽して当年に種子生産を行い枯死する一年生の浮葉植物であり、種子の状態です数十年もの長期にわたり休眠するなどの生態的な特徴を持っている。これは、本種が農業用ため池や堀などの閉鎖性水域を主な生育環境としており、改

変や環境質の低下に伴う顕著な環境劣化の影響から本種の絶滅を防ぐため、生産種子の発芽率を抑制するとともに長期間にわたり種子を分散発芽させ、本種の系統維持を図るシステムとなっているからである（利根川上流河川事務所，2004）。

このような生態的特徴を持つオニバスのミティゲーションとしては、休眠している埋土種子を底泥ごと別の水域へ移動させる手法がもっとも望ましいと考えられ、つまり、矢作樋管改築に伴うオニバスのミティゲーションにおいても、代償地への底泥ごとの移植が最も効果的であると考えられる。

埋土種子を含む底泥の移植では、本種だけでなく基盤土壌や他の水生植物までも同時に移植することが可能であり、工事等の改変により消失する、元々の水域環境に成立していた生態系を再生できるメリットがある。

8.2 移植に係わる検討

8.2.1 移植先の環境

オニバスの移植先の環境については、元の環境と同等もしくはより良好な環境が望ましいことは言うまでもないが、試験結果から、防災調整池のような広い開放水面が確保された人工水域でも特に問題がないことが確認された。

8.2.2 生育環境条件

1) 水質

オニバスの生育環境条件において、水質では、非常に富栄養化が進行した水質状態でも特に問題はないことが確認されたが、発芽期に日照を必要とする（香川県環境局，2000）ことから、農業用水基準程度の水質状態が望ましいと考えられる。

ただし、本試験においては、低水温であった「とんぼの池」では発芽が確認されなかったことから、オニバスの生育に問題のない水質であったとしても、本来温暖な地域に生育分布するオニバスにとっては、発芽期の水温が非常に低い状態であれば、発芽を抑制する可能性があると考えられた。以上のことから、

オニバスの移植にあたっては、発芽時期の水温状況について留意することが必要であると考えられる。

2) 底質

オニバスの生育環境条件において、底質では、既往知見によれば本種の生態から比較的栄養分の高い富栄養化した底質状態が望ましい（香川県環境局，2000）とあるが、本試験では、元々生育していた水域の底泥ごと種子を移植するのであれば、移植先の基盤が「創造の池」のような無機的な底質状態でも特に問題はないことが確認された。

一方で、既往知見によればリン分が過剰な富栄養化した底質では、オニバスの発芽・生育に影響を及ぼす可能性がある（香川県環境局，2000）ともされている。これについて本試験においては、リン分含有量が、自然発芽・生育する環境である「矢作湿地」の約1.3倍を示し、水田に対しては約3倍であった「とんぼの池」では発芽が確認されなかったことから同様の結果が得られている。

以上のことから、オニバスは元々富栄養化した底質状態に好んで生育してはいるもの、長い間放置されているような農業用ため池にみられるリン分が過剰に供給され、蓄積している懸念のある水域などの富栄養化の顕著な基盤に移植した場合、底泥の栄養分が過剰となり、底泥からの栄養塩の溶出による水質の富栄養化を引き起こすなどの環境劣化を促進させ、発芽・生育に影響を及ぼす懸念があるため、移植環境として注意が必要である。また、移植先の基盤は比較的無機的な状態でも特に問題はなく、底泥投入後に適度な栄養状態となることが望ましいと考えられる。つまり、発芽・生育に直接影響する底質状態については、最適な範囲が存在すると推察される。

なお、オニバス以外の水生植物については、比較的水質劣化に耐性が低いことから富栄養化した水域への移植はできるだけ避ける方が望ましいと考えられる。

8.2.3 生育阻害要因

生育阻害要因については、アメリカザリガニ等の

生育阻害動物やヒシ等の競合植物が生息・生育していないことが最も望ましいが、それら種の生育・生息が卓越していなければ生育阻害の影響は小さいと考えられる。

8.3 まとめ

オニバスの移植にあたっては、埋土種子を含む底泥での移植とし、移植先の環境は、水質の富栄養化が顕著で人工的な水域環境でも特に問題はないが、広い開放水面が確保され比較的水温が高く、底質の基盤においてリン分は過剰ではなく、生育阻害動物や競合植物がみられない水域環境であれば、ほぼ移植が可能であると考えられる。

よって、矢作樋管の改築に伴う矢作湿地のオニバスの移植にあたっては、先述の環境条件が確保されている水域環境であれば、移植自体は特に困難な措置ではないと考えられる。

しかしながら、オニバスの生育している主な水域は、農業用ため池など人為的な操作の関わった水域環境であり、本種の生態的特徴からも、これら人為的活動との深い関わりが認められる。よって、移植後の長期的な本種の生育維持を図っていくためには、適度な人為的管理が必要であり、これには、生育阻害動物や競合植物が卓越しない生態系を維持していくことが課題である。

8.4 今後の方向性

今後の方向性として、図 8・1 にフローを示す。

本試験結果により得られた知見について、発芽・生育阻害要因のさらなる分析等、精度向上のため、ミティゲーションの実施に向けた検討試験を継続する。また、樋管改築に向けた恒久的な代償地（移植地）を検討し、ミティゲーション実施後はモニタリングを進めていくものとする。さらに、樋管改築完了後においては、地域でのオニバス生育維持活動について検討していくものとする。

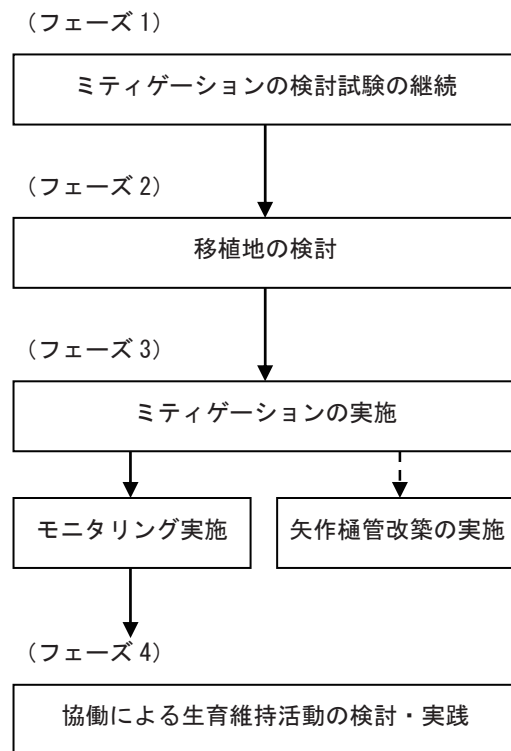


図 8・1 今後の方向性の検討フロー

8.4.1 ミティゲーション検討試験の継続（フェーズ 1）

オニバスの生態的特性として、休眠性が強く、種子の発芽率が当年生産種子よりも 2 越冬後以降の方が高いことが知られている（角野康郎，1994）。よって、本研究において把握した生育条件の确实性を高めるために、少なくとも生活史 2 サイクルの継続が望ましいと考える。

また、本研究において、博物館「とんぼの池」試験区でオニバスの発芽・生育が確認されなかった要因として、低水温および底泥の過度の富栄養化（特に過剰リン分）が影響していると推察された。このため、発芽阻害要因の検証を目的として、まず、富栄養化した底泥に対しては、客土措置による富栄養化の低減とともに低リン分の基盤条件設定を行ったうえでの移植試験を実施することが望ましいと考える。また、低水温に対しては、コンテナを用いて水温調節を行う移植試験を実施することが望ましいと考える。

さらに、アメリカザリガニによる葉柄切断を受け、その後の生育状況を確認することができなかったため、これら生育阻害動物からの隔離措置を行ったう

えでの移植試験を実施することが望ましいと考える。

8.4.2 移植地の検討 (フィースト 2)

オニバスは、ため池など閉鎖的な水域を生育環境とする種であり、地域的な遺伝的変異を持つなどの生態的特徴がある(角野康郎, 1994)ことから、矢作川流域内や当該地域付近において恒久的な代償地を検討する必要がある。

検討にあたっては、本研究における試験区も候補として含め、また、研究結果を踏まえた発芽・生育条件に十分留意することが望ましいと考える。

8.4.3 ミティゲーションの実施 (フィースト 3)

確保された地域内の恒久代償地へのミティゲーションを実施する。併せて、保全措置の不確実性を補うため、代償地におけるモニタリングを行い、その結果については、ミティゲーションの確実性を高めるため、その後地域で行われる維持管理等の取り組みへフィードバックを図るものとする。

ミティゲーションの実施後、矢作樋管の改築を実施する。

8.4.4 協働による生育維持活動の検討・実践

(フィースト 4)

オニバスはため池など農業サイクルに適応して生存してきた種であり、恒久代償地では、競合する水草の管理など生育維持管理が必要となってくる。

国レベル、地域レベル、学術レベルで重要性を持つ当該地のオニバスを保全し、将来にむけて生育維持を図っていくには、地域など多様な主体の参画と協働が重要であるため、当該地域におけるオニバスの生育維持活動などの取り組みについて検討するとともに実践を図る必要がある。

8.4.5 今後に向けた検討事例および技術の蓄積

今後、治水工事を行うにあたっては、環境への配慮はさることながら、地域との連携を実践していく必要があると考える。よって、当財団としては、「技術的・学術的な検討実績」として、今後、これら検討事例を蓄積していく必要があり、今回の移植検討

事例を「保全が必要な環境への技術的・学術的な視点での検討プロセスや地域行政との協働の事例」として生かしていく必要があると考える。

謝 辞

本研究は、国土交通省関東地方整備局利根川上流河川事務所委託業務の一環として実施されたものである。なお、本研究を実施するにあたり、「矢作樋管周辺環境調査検討懇談会」委員の方々、利根川上流河川事務所およびミュージアムパーク茨城自然博物館学芸員の方々には、貴重なご意見、ご指導を頂いた。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 角野康郎 (1994) : 日本水草図鑑, 文一総合出版
- 2) 香川県環境局 (2000) : オニバス保護管理マニュアル
- 3) 岡田要之助 (1935) : 本邦に於けるオニバス分布に就いて, 生態学会研究, 1
- 4) 角野康郎 (1983) : オニバスの自然誌, Nature Study, 29 (6)
- 5) 小幡和男 (2006) : 茨城県坂東市のオニバス群落における一考察, 日本生態学会発表資料
- 6) 環境庁 (2000) : 改定・日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック—植物 I
- 7) 茨城県 (1997) : 茨城県における絶滅のおそれのある野生生物<植物編>—茨城県版レッドデータブック—
- 8) 小幡和男 (2004) : 矢作樋管脇のオニバスの池について
- 9) 国土交通省利根川上流河川事務所 (2004) : 平成16年度利根川環境調査検討業務報告書—矢作樋管周辺水域調査—

7. 川づくり案検討過程における 住民参加に関する研究

鈴木 俊行*・小松 俊一**・谷 拓也***

1. はじめに

平成9年の新河川法成立により、河川管理の目的として「治水」、「利水」、に加え、「河川環境」（水質、景観、生態系等）の整備と保全が位置付けられ、河川整備計画は地域住民の意見を反映させながら定めていくこととなった。

このような背景の中、十勝川と札内川合流点周辺の十勝川相生中島地区の河川整備・河川空間の利用について、地域住民の意見を川づくりに活かすため、平成14年度から平成16年度の3カ年にわたり「十勝川相生中島地区川づくりワークショップ（以下WS）」で議論を重ね、「十勝川相生中島地区川づくり案（以下川づくり案）」を作成し、一定の合意形成を行うことができた（川人ほか、2004）。

本報告では、課題であったより広範な地域住民の考え方を反映した川づくり案とすることを目的として実施したアンケート調査結果について報告する。

2. 今までの経緯

2.1 十勝川相生中島地区の現況

十勝川相生中島地区は十勝川と札内川との合流点付近に位置し（写真2・1）、河川の湾曲等による流下能力不足（図2・1）のために治水対策が求められている。

一方、帯広市街地近郊において、ケショウヤナギ・ハルニレといった河畔林やショウドウツバメの営巣地をはじめとした自然環境が市街地近傍で残る地域でも

あり、これらの自然環境に配慮した川づくりが必要である。

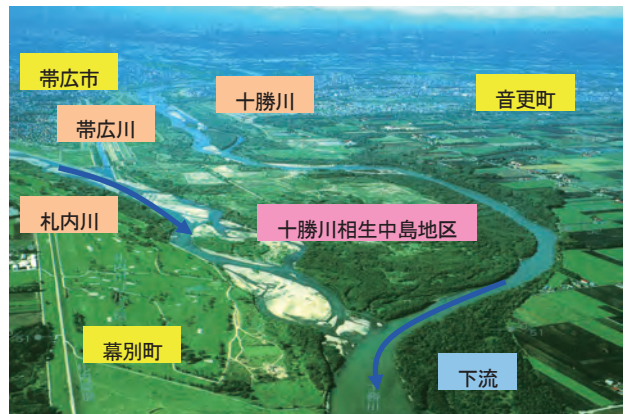


写真2・1 十勝川相生中島地区

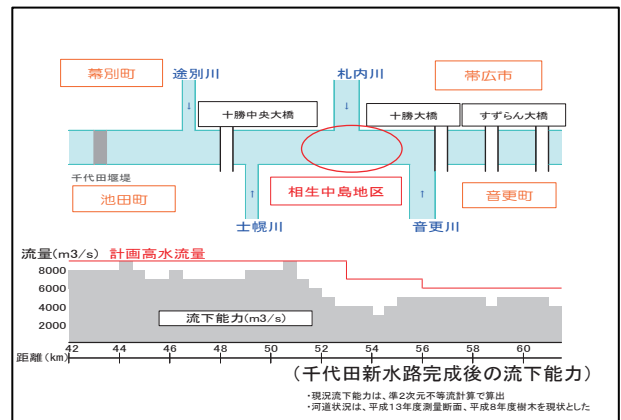


図2・1 十勝川相生中島地区周辺の流下能力模式図

2.2 十勝川相生中島地区WSと川づくり案

そこで、計画段階から住民参加を行い、河川への関心を高め、地域住民の意見を反映した川づくり案を作成するために、一般公募した地域住民20名、周辺自治体の帯広市・音更町・幕別町、学識経験者及び河川管

* (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 所長

** (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 次長

*** (財) 河川環境管理財団 北海道事務所 調査課 技術員

理者をメンバーとするWSが設けられた。平成14年度から平成16年度の3カ年にわたり議論が重ねられ、治水・環境・利用面に対する基本的な方向性が以下のようによまとめられ、川づくり案(図2・2)が作成された。

川づくり案の基本的な方向性

<治水>

- ・40年に1度の規模の洪水に耐えうる新たな水路造成による流下能力の向上。

<環境>

- ・新たな水路掘削に伴い伐採されるハルニレ等の移植なども含めた自然環境の保全。

<利用>

- ・水路内への池の造成等により、カヌー等のアウトドア活動による自然体験や自然学習の場として利用できるように活用に配慮。



図2・2 川づくり案イメージ

3. 評価手法

3.1 選択した評価手法

WSで検討された川づくり案が住民にどの程度評価されるかを把握するため、川づくり案の全体としての評価と、川づくり案の作成過程で多くの意見が出された各要因(河畔林・池・道路など)についての評価を実施することにした。川づくり案全体としての評価はCVM調査(川づくり案の総合的な便益の評価)、川づくり案構成要素の評価はコンジョイント分析調査(川づくり案で重視すべき項目の優先度の評価)を用いた。

3.2 評価手法の概要

1) CVM

CVM(Contingent Valuation Method)は仮想市場法、仮想評価法などといわれることもあり、仮想的に市場を作り、市場がない財や現存していない財を金額化して評価する手法である。調査対象者に「仮想の計画」を提示し、その実現のために支払ってもよいと考える金額(支払意志額;WTP:willingness to pay)を回答してもらうことにより価値を推計する(肥田野登, 1999)。簡単な例を下記に示す。

(問)・・・に対してあなたはいくら支払ってもよいと考えますか?

(答)・・・円

この問いによって得られた金額をもとに評価対象者の数を乗じて、総額としての環境や行政サービスの価値を推計する。

2) コンジョイント分析

コンジョイント分析(Conjoint Analysis)は、調査対象とする製品や計画案の好き嫌いを人々に尋ねることによって、その製品(あるいは計画案)が持っている特徴の中でどの項目をどの程度重視しているかを、統計的に推定する手法である。主にマーケティング・リサーチや計量心理学の分野で発展してきた手法で、環境評価には1990年代に入ってから応用が開始されたものである(肥田野登, 1999)。多数の要因によって構成される「プロファイル」(製品や計画案のスペック)を被験者に提示し、プロファイルの好ましさを採点してもらったり、好ましいプロファイルを選択してもらうことで、要因別に価値を推定する。例を下記に示す。

(問):次に示す川づくり案1~4について、0点(望ましくない)~100点(望ましい)の間で点数を付けて下さい。

要因	川づくり案 1	川づくり案 2	川づくり案 3	川づくり案 4
岸辺部の河畔林	自然重視	治水重視	自然重視	治水重視
水路部の樹木	治水重視	自然重視	自然重視	治水重視
水路部の池	活用重視	活用重視	自然重視	自然重視
岸辺部の道路	自然重視	活用重視	自然重視	活用重視
得点				

この間で回答された得点から、各要因の重要度（得点への貢献割合）及び各要因の水準（選択肢）の効用を計測する。

4. 調査内容

4.1 評価対象と調査票の内容

本調査は、これまでのWSで取りまとめられた川づくり案の事業価値（CVM調査）と川づくり案の事業方針・重点項目（コンジョイント分析調査）を把握することが目的である。調査票は、十勝川相生中島地区の現況と整備後の仮想イメージの説明、個人属性についての質問とそれぞれの目的に応じた以下の質問で構成した。

1) CVM調査

洪水時に市街地を守るため図 2・2 のように、中州の中央部に水路を新設し、かつ事業方針は治水・利水とのバランスを取って実施するという前提の元に（表 4・1）、仮想計画のシナリオ（図 4・1）を、国が財源を確保できなくなり、帯広市・音更町・幕別町の全世帯から新たに 20 年間負担金を集めて「十勝川相生中島地区川づくり事業」を実施できれば、洪水の発生頻度の抑制や被害の軽減につながるが、十分な負担金が集まらない場合は、事業が実施されないという内容にした。その上で、回答者の世帯が支払ってもよいと思う負担金額（支払意思額）を、12 種類の金額表（図 4・2）から選んで回答してもらった。

表 4・1 川づくり案の事業方針

○事業方針
この水路新設事業は以下の方針で可能な限り自然環境に配慮して行います
① 岸辺部の河畔林について 岸辺部の河畔林は、洪水時の水の流れに支障のない範囲で現状の樹林帯を維持します。特に貴重種については保全するようにします。
② 水路部の樹木について 水路部の樹木は、洪水時の水の流れに支障がないように管理します。支障のない範囲で自然に任せることも可能です。
③ 水路部内の利用について 新水路の利用については、自然環境や洪水対策に配慮しながら池や散策路を整備して、カヌーや釣りなど人が自然とふれあえる場所にします。
④ 岸辺部の道路について 岸辺部の道路については、自然環境に配慮しながら、人が歩行や自転車、自動車による移動ができるような整備を行います。

十勝川相生中島地区川づくり事業を行うために、今後 20 年間にわたり毎年負担金を集めるとしたら、あなたの世帯は賛成していただけますか。いずれか 1 つに○をつけて下さい。ただし、十分な負担金が集まらない場合は、川づくり事業は実施されません。また、お支払いされる分だけ、あなたの世帯で自由に使えるお金が減ることを忘れないで下さい。

1) 賛成 _____ 円 2) 反対 3) わからない
(下記の金額表からお選び下さい)

図 4・1 仮想計画のシナリオ

[金額表]			
0 円	100 円	200 円	300 円
500 円	1,000 円	2,000 円	3,000 円
5,000 円	10,000 円	15,000 円	20,000 円
20,000 円を超える場合は具体的な金額をご記入下さい。			

図 4・2 金額表

2) コンジョイント分析調査

洪水時に市街地を守るため、図 2・2 のように、中州の中央部に水路を新設し、川づくり案の各要因である「岸辺部の河畔林」、「水路部の樹木」、「水路部内の利用」、「岸辺部の道路」について、「自然重視」と「治水・活用重視」の 2 通りの整備方法（水準）を設定し（表 4・2）、それらを組み合わせた川づくり案それぞれに対して、0 点（望ましくない）から 100 点（望ましい）の中の任意の点数を回答者に得点を付けてもらった。

川づくり案の各要因と整備方法（水準）の組合せにより合計 16 通り作成されるが、それらを実験計画法に基づいて 8 通りの川づくり案に集約した（図 4・3）。ただし、一人の回答者に、8 通りもの川づくり案に対する得点を聞くことは負担が大きく、回答の正確性が低下するおそれがあるため、1 つの調査票では 8 通りの川づくり案の中から 4 通りについて得点を尋ねることにし、合計 6 パターンの調査票を作成し、調査対象者に無作為に配布した（表 4・3）。

表 4-2 川づくり案の事業方針と整備方法（水準）

○事業方針
この水路新設事業は、可能な限り自然環境に配慮して行いますが、地域を洪水から守る治水と、住民の川の活用と両立を図るために、以下の通り2つの考え方があります
①岸辺部の河畔林について 岸辺部の河畔林は、ハルニレ等の樹木を移植する方法（治水重視）と、洪水時の水の流れに支障のないように特に移植を行わない方法（治水重視）があります。
②水路部の樹木について 水路部の樹木は、洪水時の水の流れに支障がない範囲で残す方法（自然重視）と、地域を洪水から守ることを優先させ、全て伐採して草地にする方法（治水重視）があります。
③水路部の池について 人が釣りなどで楽しむ程度で、なるべく自然に任せる方法（自然重視）と、カヌーなど人が積極的に水面を活用できるように整備する方法（活用重視）があります。
④岸辺部の道路について 自然環境に配慮しながら散策路の整備にとどめる方法（自然重視）と、利用者がスムーズに移動できるように、車道や駐車場を整備する方法（活用重視）があります。

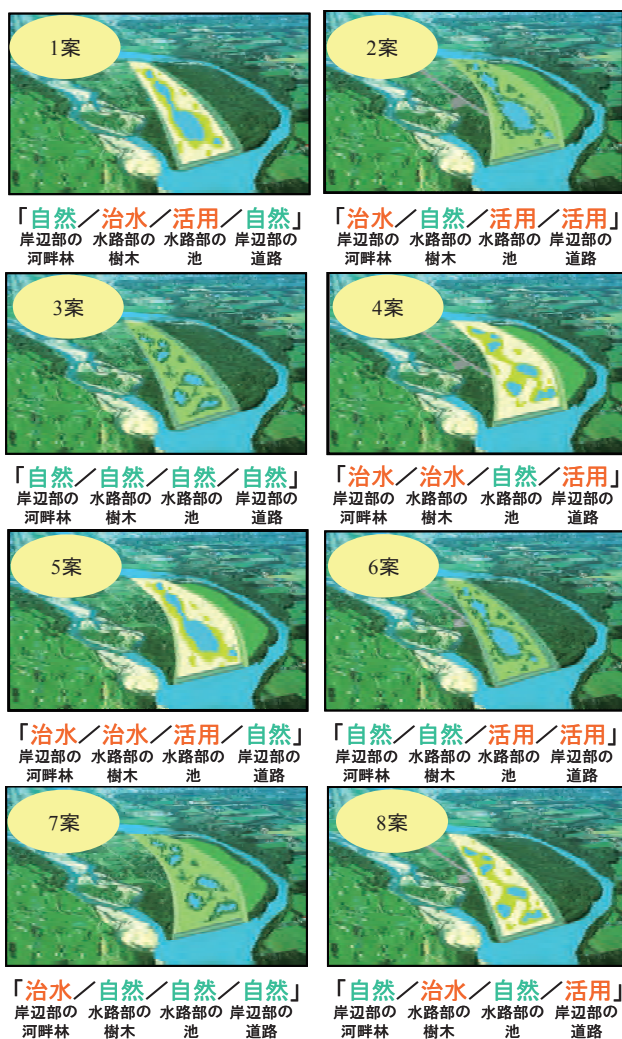


図 4-3 8通りの川づくり案

表 4-3 調査票のパターンと配布数

	案 1	案 2	案 3	案 4	案 5	案 6	案 7	案 8	配布数
調査票 1	○	○	○	○					167
調査票 2					○	○	○	○	167
調査票 3	○			○		○	○		167
調査票 4		○	○		○			○	167
調査票 5	○	○					○	○	166
調査票 6			○	○	○	○			166
計									1000

4.2 調査方法

アンケート調査における調査方法は、主なものとして面接調査法・郵送調査法・電話調査法等がある。各調査方法の特徴を表 4-4 に示す。

表 4-4 各調査方法の特徴

種類	特徴	
	長所	短所
面接	<ul style="list-style-type: none"> ●比較的調査内容が良く伝わる ●回収率が比較的高い 	<ul style="list-style-type: none"> ●調査員の面接能力が課題となる ●コストが高くなる
郵送	<ul style="list-style-type: none"> ●調査対象者に熟考する時間が与えられる ●広域調査に適している 	<ul style="list-style-type: none"> ●回収率が比較的低い
電話	<ul style="list-style-type: none"> ●調査対象者の疑問点をその場で解消できる ●回収率は比較的高い ●比較的低コストで行える 	<ul style="list-style-type: none"> ●質問数や内容に限られる ●回答者の警戒心が高い可能性あり
集団調査 その他	<ul style="list-style-type: none"> ●比較的調査内容が良く伝わる ●回収率は高い 	<ul style="list-style-type: none"> ●公募等では代表性に課題が出る ●その場の雰囲気等で回答が変わる可能性があり

参考：「河川に係わる環境整備の経済評価の手引き（試案）【別冊】」平成12年

参考：「環境と行政の経済評価」1999年、肥田野登

本調査では、以上のアンケート調査手法の信頼性、時間的・金銭的条件を考慮し、郵送調査法を採用した。

4.3 調査の実施

調査対象は、十勝川相生中島地区周辺自治体の帯広市・音更町・幕別町の1市2町とし、これを母集団とした（表 4-5）。統計的に安定した結果を得るためにはCVM調査、コンジョイント分析調査とも分析に用いる有効回答を200程度は確保する必要があるため（肥田野登，1999），予想回収率を安全に見積もり20%として、各調査について1000世帯に発送することとした。無作為抽出により各調査1000世帯、合計2000世帯を抽出し（表 4-6），アンケート調査を郵送により実施した。また、調査票の回収率を向上させるため、調査対象者全員に調査協力の御礼を兼ねた督促状を発送した。

表 4-5 調査概要

調査実施期間	平成16年8月～9月
母集団	帯広市・音更町・幕別町の全域 (104,048世帯、平成16年5月末時点)
調査方法	郵送配布郵送回収
抽出概要	抽出単位：世帯 抽出原簿：住民基本台帳 抽出方法：層化無作為抽出
回答者	20歳以上の住民

表 4-6 調査対象者数

自治体名	人口	世帯数	対象者数 (CVM)	対象者数 (コンジョイント)
帯広市	172,195	77,466	720	720
音更町	42,295	16,700	175	175
幕別町	25,558	9,882	105	105
合計	240,048	104,048	1,000	1,000

注1) 人口及び世帯数は平成16年5月末時点の住民基本台帳より

注2) 調査対象者は各市町には人口比で割り振っている

5. 調査結果

5.1 回収状況

回収状況は表 5-1 のように、CVM調査が 352、コンジョイント分析調査は 356 であった。そのうち、CVM調査においては事業に賛成する者の金額の明示がなかった回答や事業への賛否で「わからない」を選択して立場を明示しなかった回答、コンジョイント分析調査においては提示されたプロフィールの点数に漏れがあった回答など、分析に必要なデータがかけた調査票を除いた。実際に分析に用いた回答（有効回答）の数は、それぞれ 276 と 300 であった。

表 5-1 回収状況

	配布数	回収数 (回収率%)	有効回答数 (有効回答率%)
CVM調査	1,000	352 (35.2%)	276 (27.6%)
コンジョイント調査	1,000	356 (35.6%)	300 (30.0%)

5.2 個人属性

CVM調査とコンジョイント分析調査の個人属性は表 5-2 のとおりである。回答の結果、「5. 治水事業の重要性」、「6. 自然環境の重要性」では、CVM調査及びコンジョイント分析調査ともに、「非常に重要である」と「重要である」を合わせると約 9 割を占めた。これは、治水の重要性も高いが、治水事業を行う際には、自然環境に配慮したものを望んでいると考えられる。

表 5-2 個人属性

1. 性別

	CVM		コンジョイント		合計	
男	127	48.3%	144	48.5%	271	48.4%
女	136	51.7%	153	51.5%	289	51.6%
合計	263	100.0%	297	100.0%	560	100.0%
無回答	13		3		16	

2. 年代

	CVM		コンジョイント		合計	
20代	18	6.7%	34	11.6%	52	9.3%
30代	52	19.5%	63	21.4%	115	20.5%
40代	59	22.1%	59	20.1%	118	21.0%
50代	75	28.1%	74	25.2%	149	26.6%
60代	60	22.5%	64	21.8%	124	22.1%
70代以上	3	1.1%	0	0.0%	3	0.5%
合計	267	100.0%	294	100.0%	561	100.0%
無回答	9		6		12	

3. 世帯人数

	CVM		コンジョイント		合計	
1人	27	9.9%	28	9.3%	55	9.6%
2人	76	27.9%	87	29.0%	163	28.5%
3人	73	26.8%	65	21.7%	138	24.1%
4人	54	19.9%	75	25.0%	129	22.6%
5人	25	9.2%	31	10.3%	56	9.8%
6人	10	3.7%	11	3.7%	21	3.7%
7人	3	1.1%	3	1.0%	6	1.0%
8人	4	1.5%	0	0.0%	4	0.7%
合計	272	100.0%	300	100.0%	572	100.0%
無回答	4		0		4	

4. 居住地

	CVM		コンジョイント		合計	
帯広市	187	69.8%	212	71.4%	399	70.6%
音更町	48	17.9%	52	17.5%	100	17.7%
幕別町	33	12.3%	33	11.1%	66	11.7%
合計	268	100.0%	297	100.0%	565	100.0%
無回答	8		3		11	

5. 治水事業の重要性

	CVM		コンジョイント		合計	
	件数	割合	件数	割合	件数	割合
非常に重要である	113	40.9%	149	49.8%	262	45.6%
重要である	130	47.1%	130	43.5%	260	45.2%
少し重要である	20	7.2%	13	4.3%	33	5.7%
あまり重要でない	7	2.5%	5	1.7%	12	2.1%
全く重要でない	1	0.4%	0	0.0%	1	0.2%
興味がない	2	0.7%	0	0.0%	2	0.3%
その他	3	1.1%	2	0.7%	5	0.9%
合計	276	100.0%	299	100.0%	575	100.0%
無回答	0		1		1	

6. 自然環境の重要性

	CVM		コンジョイント		合計	
	件数	割合	件数	割合	件数	割合
非常に重要である	141	51.3%	150	50.0%	291	50.6%
重要である	108	39.3%	128	42.7%	236	41.0%
少し重要である	18	6.5%	17	5.7%	35	6.1%
あまり重要でない	5	1.8%	3	1.0%	8	1.4%
全く重要でない	2	0.7%	0	0.0%	2	0.3%
興味がない	1	0.4%	0	0.0%	1	0.2%
その他	0	0.0%	2	0.7%	2	0.3%
合計	275	100.0%	300	100.0%	575	100.0%
無回答	1		0		1	

7. 水害防止・支援活動の体験

	CVM		コンジョイント		合計	
	件数	割合	件数	割合	件数	割合
ある	44	16.0%	43	14.3%	87	15.1%
ない	231	84.0%	257	85.7%	488	84.9%
合計	275	100.0%	300	100.0%	575	100.0%
無回答	1		0		1	

8. 自然環境ボランティア活動の経験

	CVM		コンジョイント		合計	
	件数	割合	件数	割合	件数	割合
ある	106	38.5%	144	48.0%	250	43.4%
ない	170	61.5%	156	52.0%	326	56.6%
合計	276	100.0%	300	100.0%	576	100.0%
無回答	0		0		0	

5.3 CVM調査結果

1) 支払意思額

CVM調査において、正確な支払意思額（評価額）を計測するためには、バイアスを除去することが重要となってくる（河川に関わる環境整備の経済評価研究会、2000）。例えば、負担金を徴収しての事業の実施を「国や地方自治体が税金を使って実施すべきだから」という理由で反対している場合には、負担方法には反対しているが、事業自体には一定の評価をしている回答者も相当範囲にいることが考えられ、これらの回答者を分析時に除くことにより、より正確な支払意思額を計測することが可能となる。このようなバイアスの

かかっている回答を「バイアス回答」、有効回答からバイアス回答を除いた回答を「正常回答」と呼ぶ。本調査での正常回答・バイアス回答の分布状況を表5・3に示す。

有効回答からバイアス回答を除いた正常回答について支払意思額代表値（表5・4）を算出したところ、1世帯あたりの年間平均支払意思額は2,185円、バイアス回答も含めて平均値を算出した場合には1,386円となった。

表5・3 回答の分類

回収数	有効回答	無効回答	有効回答のうち	
			正常回答	バイアス回答
352	276	76	175	101

表5・4 支払意思額代表値

	正常回答	有効回答
1世帯あたりの年間支払意思額	2,185円	1,386円
20年間の総支払意思額（1世帯あたり）※ ¹	30,885円	19,538円
地域住民全体の20年間の総支払意思額（帯広市・音更町・幕別町）※ ²	32億1,000万円	20億300万円

※¹：1世帯あたりの年間平均支払意思額×20年（4%社会的割引率※³）

※²：1世帯あたりの年間平均支払意思額×調査対象地区全体の世帯数×20年（4%社会的割引率※³）

※³：現在と将来の価値の差を利子率で調整するもの

2) 属性による支払意思額の差異

回答者の属性により支払意思額にどのような差異があるかを、属性ごとにおおむね二分して平均値を算出し、平均値の差の検定した（表5・5）。一般に、有意水準（p値）は5%とすることが多く、これは、95%以上の確率で差がある場合に「有意の差がある」とすることを意味する。p値<0.05であれば、有意水準5%で「有意の差がある」と言える。

検定の結果、性別による差異はあまりなく①、高年齢及び少人数世帯、高収入な世帯の支払意思額は比較的高く②・③・⑦、相生中島地区及びその他河川への近接度による支払意思額が大きく変わることはなかった④・⑤・⑥。また、治水を非常に重要だと考える層や水防活動の経験者、河川に年に1度以上訪問している層はそうでない層に比べて支払意思額は高くなった⑧・⑩・⑫。一方、自然環境を非常に重要と考える層とそうでない層では差異はあまりなく（ただし「非常に重要」以外はほとんどの回答者が「重要」と回答しており、この2者の平均値の差異がほとんど

なかった.), 自然環境ボランティアの有無によってもあまり差がなかったことから, 全般に自然保護に対する住民の認識は高く, 総じて差がなかったものと考えられる.

表 5・5 属性による支払意思額の差異

①性別

	回答数	平均値
男	81	2502
女	87	1962
平均値の差の検定	z 値	1.237
	p 値	0.216

②年代

	回答数	平均値
~40代	80	1520
50代~	89	2861
平均値の差の検定	z 値	3.248
	p 値	0.001

③世帯人数

	回答数	平均値
3人以下	107	2485
4人以上	67	1664
平均値の差の検定	z 値	1.972
	p 値	0.049

④住所

	回答数	平均値
幕別町	21	3062
帯広市・音更町	151	2083
平均値の差の検定	z 値	1.181
	p 値	0.238

⑤相生中島地区からの距離

	回答数	平均値
6km以上	105	1944
6km未満	59	2637
平均値の差の検定	z 値	1.462
	p 値	0.144

⑥川からの距離

	回答数	平均値
2km未満	89	2146
2km以上	73	2284
平均値の差の検定	z 値	0.309
	p 値	0.758

⑦年収

	回答数	平均値
500万円以上	70	2754
500万円未満	100	1891
平均値の差の検定	z 値	1.911
	p 値	0.056

⑧治水の重要度

	回答数	平均値
非常に重要	74	3007
非常に重要以外	101	1583
平均値の差の検定	z 値	3.274
	p 値	0.001

⑨自然環境の重要度

	回答数	平均値
非常に重要	98	2389.8
非常に重要以外	77	1924.68
平均値の差の検定	z 値	1.115
	p 値	0.265

⑩水防活動の経験

	回答数	平均値
あり	26	3465
なし	149	1962
平均値の差の検定	z 値	2.022
	p 値	0.043

⑪自然環境ボランティアの経験

	回答数	平均値
あり	70	1866
なし	105	2398
平均値の差の検定	z 値	1.265
	p 値	0.206

⑫河川への訪問頻度

	回答数	平均値
1年に1度以上	119	2464
数年に1度以下	54	1615
平均値の差の検定	z 値	2.119
	p 値	0.034

5.4 コンジョイント分析調査結果

1) 評価の内訳, 影響の大きさ (要因分析)

各川づくり案に対する評点は, 各要因について「自然重視」をダミー変数化すると各川づくり案は表 5・6 のようになり, 各川づくり案の得点は表 5・7 のようにモデル化できる.

表 5・6 各案のダミー変数

	岸辺部の河畔林	水路部の樹木	水路部の池	岸辺部の道路
案 1	1 (自然)	0 (治水)	0 (活用)	1 (自然)
案 2	0 (治水)	1 (自然)	0 (活用)	0 (活用)
案 3	1 (自然)	1 (自然)	1 (自然)	1 (自然)
案 4	0 (治水)	0 (治水)	1 (自然)	0 (活用)
案 5	0 (治水)	0 (治水)	0 (活用)	1 (自然)
案 6	1 (自然)	1 (自然)	0 (活用)	0 (活用)
案 7	0 (治水)	1 (自然)	1 (自然)	1 (自然)
案 8	1 (自然)	0 (治水)	1 (自然)	0 (活用)

表 5-7 各川づくり案の得点のモデル化

川づくり案1の得点	$y_1 = W_1 \times 1 + W_2 \times 0 + W_3 \times 0 + W_4 \times 1 + C$
川づくり案2の得点	$y_2 = W_1 \times 0 + W_2 \times 1 + W_3 \times 0 + W_4 \times 0 + C$
川づくり案3の得点	$y_3 = W_1 \times 1 + W_2 \times 1 + W_3 \times 1 + W_4 \times 1 + C$
川づくり案4の得点	$y_4 = W_1 \times 0 + W_2 \times 0 + W_3 \times 1 + W_4 \times 0 + C$
川づくり案5の得点	$y_5 = W_1 \times 0 + W_2 \times 0 + W_3 \times 0 + W_4 \times 1 + C$
川づくり案6の得点	$y_6 = W_1 \times 1 + W_2 \times 1 + W_3 \times 0 + W_4 \times 0 + C$
川づくり案7の得点	$y_7 = W_1 \times 0 + W_2 \times 1 + W_3 \times 1 + W_4 \times 1 + C$
川づくり案8の得点	$y_8 = W_1 \times 1 + W_2 \times 0 + W_3 \times 1 + W_4 \times 0 + C$

注) $W_1 \sim W_4$ は係数(重要度), C は定数

この式に各回答者の各川づくり案に対する評点(y)を代入し,重回帰を実施した結果, W_1 (岸辺部の河畔林), W_2 (水路部の樹木), W_3 (水路部の河畔林), W_4 (岸辺部の道路)と定数 C は表 5-8 のようになり,絶対値が大きくなるほどその要因が重要と考えられていることを示す。

表 5-8 回帰結果

岸辺部の河畔林 W_1	水路部の樹木 W_2	水路部の河畔林 W_3	岸辺部の道路 W_4	定数 C
5.27	10.43	6.19	9.85	42

この重要度 $W_1 \sim W_4$ から回答者がそれぞれの水準によりどのくらい得点(効用)が変化するかを表した数値を効用値と言い,各属性で平均がゼロになるように集計される。本調査では,各要因の水準は2つであり,各要因でダミー化した水準の「自然重視」の効用値が $W_k/2$,もう一方の水準「治水/活用重視」が $-W_k/2$ となる。今回,重要度がすべて正の値となった結果,グラフ化した図 5-1 のように,ダミー化した水準の「自然重視」が正の効用値を取り,調査回答者は各要因に対して「自然重視」の傾向が見られた。また,各要因がどのくらい評点に影響を与えているかという寄与率(相対的重要度)を以下の計算式により算出した結果が図 5-2 である。寄与率は重要度を相対評価したものであり寄与率を合計すれば 100%で,各寄与率は 0~100%のいずれかの数値を取り,100%に近いほど相対的重要度が高いことになり,地域住民は「水路部の樹木」と「岸辺部の道路」を,相対的に重要視しているといえる。

$$\text{寄与率: } I_i = \frac{W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (W_i \text{は要因 } i \text{ の重要度})$$

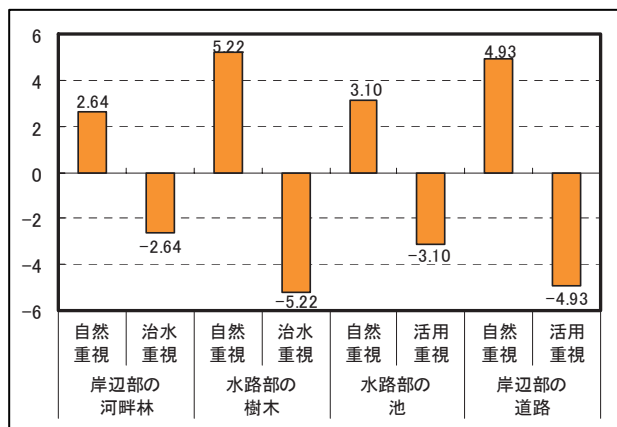


図 5-1 水準別重要度(効用値)

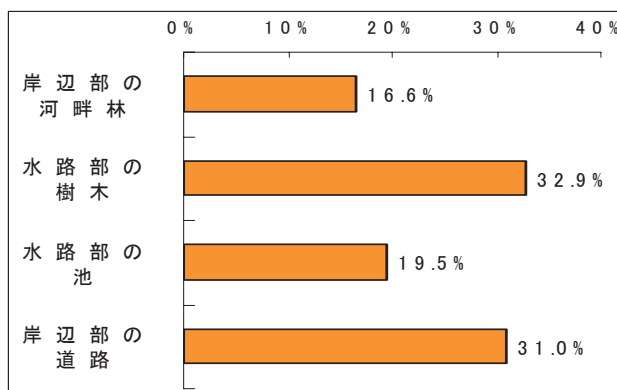


図 5-2 寄与率

2) 属性による特徴

CVM調査において支払意思額に差異のあった属性について,評価の重点がどこに置かれているかを把握するため,属性別にコンジョイント分析を実施し,重要度を算出した(表 5-9)。その結果,どの属性でも「自然」と「治水・活用」では「自然」をより評価しており,回答者全体と同様の傾向が見られた。

そのなかで治水の重要度に対する認識と水防活動経験の有無によって,全体とは異なる評価傾向が見受けられた。治水を非常に重要だと考える層と水防活動経験がある層は岸辺部にハルニレなどを移植して岸辺部の河畔林を保護することに対する評価が高かった。また,水防活動経験者は水路部の樹木に関しては自然重視ではあるものの他の属性に比べてその重要度は非常に低く,より治水重視の回答者が多くなっていた。

表 5・9 属性別の重要度

		岸辺部の 河畔林	水路部の 樹木	水路部の 池	岸辺部の 道路
年代	50代～	5.085	9.815	6.156	10.716
	～40代	4.459	10.449	5.598	7.535
世帯人数	3人以下	4.544	9.284	5.908	10.062
	4人以上	4.635	10.968	5.654	7.763
治水の重要度	非常に重要	6.592	9.64	6.432	9.979
	非常に重要以外	2.369	10.416	5.405	8.166
水防活動の経験	経験あり	10.012	5.756	7.735	16.173
	経験なし	3.506	10.692	5.698	7.844
河川への訪問頻度	1年に1度以上	5.104	10.153	6.241	9.884
	数年に1度以下	3.156	9.477	4.487	6.989
全体		4.538	9.957	5.806	9.143

6. 今後の課題

WSで作成された川づくり案は、公募により参加した特定少数の地域住民が主体となり、様々な議論を行いながら作成されたものであるが、必ずしも地域全体の意見を取り入れたものとは言えなかった。

本調査では、川づくり案検討過程において、CVM及びコンジョイント分析を用い、不特定多数の地域住民の意識を把握することができた。

CVM調査では川づくり案に対して一定の評価を得られ、コンジョイント分析調査を見ると、基本的には自然保護がより重視されているものの、治水にも相当の評価をしていることが分かった。また、地域住民は「水路部の樹木」と「岸辺部の道路」を、相対的に重要視していること把握できた。

さらに、アンケート調査を通して河川に関する関心を高め、計画段階から住民参加を行ったことにより、今後の十勝川相生中島地区の川づくりについて、地域住民の意向を反映することができる。

今後は、WSで得られた方向性ととも、これらのアンケート結果を踏まえ、新たに掘削する水路が大洪水流下時に河道を維持することが可能なのかなどの技術的な課題について検討を行う予定である。

謝辞

本報告は、国土交通省北海道開発局帯広開発建設部委託業務「河川環境整備と地域連携に関する技術開発業務」の一部をとりまとめたものである。なお、川づ

くり案の作成にあたり、「十勝川相生中島地区川づくりワークショップ」委員の皆様、アンケート調査にご協力いただきました地域住民の皆様、帯広開発建設部治水課には、貴重なご意見、ご指導を頂きました。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 川人茂二, 杉浦幸雄, 谷拓也 (2004) : 河川環境総合研究所概要報告, No.17
- 2) 肥田野登 (1999) : 環境と行政の経済評価, 剉草書房
- 3) 河川に関わる環境整備の経済評価研究会 (2000) : 河川に関わる環境整備の経済評価の手引き (試案)

8. 那珂川河口域における維持流量に関する研究

小林 豊*・鶴田 康幸**・田井 穰二***

1. はじめに

(1) 研究の目的

河口域は水位・流速、塩分濃度、懸濁態物質等が時間的に周期変動し、多様な物理・化学環境、生態系環境を形成している¹⁾。このため、生態系に係る維持流量に関して、生息・生育条件となる指標が必ずしも整理されておらず、今後の調査・研究成果が待たれる領域となっている。一方、舟運、塩害の防止などの利水面については物理条件、化学指標を満足させる流量が維持流量として設定されている。しかしこの流量においても、河口域の地形、河道特性、潮位等の外力によって複雑な水理現象が生じることから、維持流量の設定には高度な分析や塩分遡上シミュレーションが必要となる。

本研究では、水利用が盛んな感潮区間の維持流量の研究として、一級河川那珂川の河口域での塩害防止のための必要流量を、3次元モデルの塩水遡上シミュレーションにより求めた事例を紹介し、今後の河口域の動植物の生育・生息環境の保全のための必要流量の設定に向けての一步としたい。

(2) 河川の特徴

研究対象河川的那珂川は、下流部に長大な感潮区間を有し、汽水域を含む河川水域は、多様な動植物の生育・生息環境の場として重要である他、沿川地域へのかんがい、上水道、工業水道の各用水としての水利用が行われている(図1-1参照)。

渇水時には、塩水が河口から約18kmまで遡上し、赤潮の発生や、水利用にあたっては取水制限や上流からの振替え取水及び塩水濃度を監視しながらの取水(潮見運転)を余儀なくされている。

近年は渇水が頻発しており、河川流況の安定化や赤潮の発生の抑制など流水管理上、維持流量の究明と確保が課題となっている²⁾。

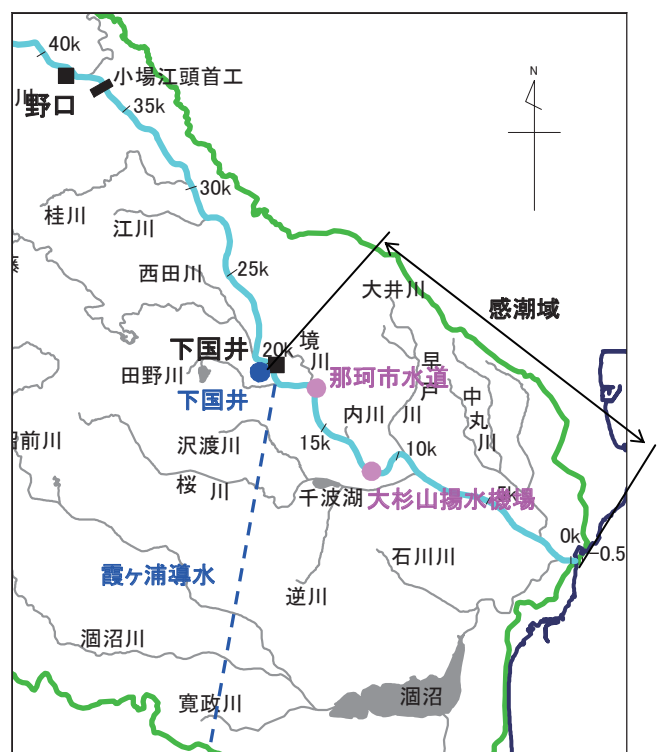


図1-1 那珂川河口部概要図

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第三部長
** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第三部主任研究員
*** (株) 東京建設コンサルタント 東京本社 建設環境部

2. 研究内容

2.1 塩分遡上の実態分析

(1) 渇水の概要

那珂川における近年の渇水の状況を表 2・1 に示す。下流部における渇水時の取水障害は、塩分遡上によるものであるが、そのほとんどが4月末から5月初めに発生している。また、渇水発生時の具体的な渇水対策は、取水制限し潮見運転や上流地点からの振替取水等で対応されている。

表 2・1 渇水の概況

期間	取水制限の状況		その他の状況
	最大制限率	期間	
S62.4~5	農水30%, 都市用水20%	5/1~ 5/26 (26日間)	千波湖 ¹⁾ 振替取水 5/2~5/14 勝田市(現:ひたちなか市)上水 振替取水 4/22~5/14
H2.8			勝田市(現:ひたちなか市)上水 15%の減圧給水 8/9~8/10
H5.4~5	農水 30%, 都市用水 20%	4/23~ 5/11 (19日間)	千波湖 ¹⁾ 取水停止 期間不明
H6.4~5	農水 15%, 都市用水 10%	4/28~ 5/17 (20日間)	千波湖 ¹⁾ 振替取水 5/3~5/5
H8.4~5	農水 15%, 都市用水 10%	4/28~ 5/10 (13日間)	千波湖 ¹⁾ 振替取水 4/27~5/3
H8.8			千波湖 ¹⁾ 振替取水 8/13~24
H9.4~5			千波湖 ¹⁾ 潮見運転 4/17~25 同上 振替取水 4/26~5/14
H13.4~5	農水15%, 工水10%	4/27~ 5/9 (13日間)	千波湖 ¹⁾ 潮見運転 4/16~23 同上 振替取水 4/24~5/8 那珂川工業用水道, 那珂町(現:那珂市)水道 振替取水 4/27~5/9

1) 千波湖土地改良区

(2) 利水上の課題

那珂川の主要な利水地点は、河口から 11.8km の大杉山揚水機場、14.7km の根本揚水機場、17.5km の那珂市水道、18.5km の水戸市水道があり、農業用取水に塩分の影響が生じる大杉山揚水機場、上水道として塩分の影響が生じる那珂市水道が塩害防止の検討対象地点となっている(図 2・1 参照)。

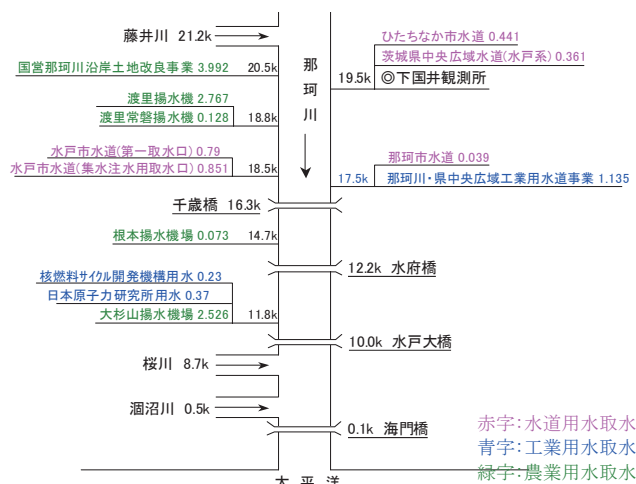


図 2・1 那珂川下流部利水模式図 (H17.3)

(3) 塩分遡上の状況

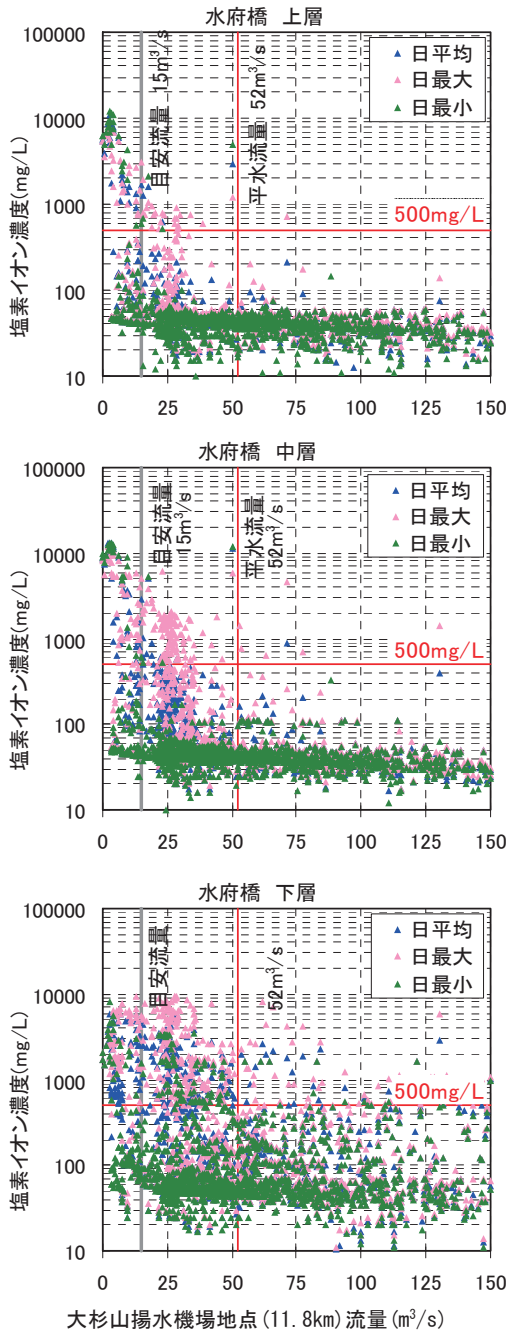
那珂川では、表 2・2 ような塩分観測が実施されている。既往渇水時において、大杉山揚水機場では取水不能(取水可能時間が 0hr)となる期間がしばしば見られ、近年では取水不能は、平成 6 年 4 月、平成 8 年 4 月、平成 9 年 4 月、平成 13 年 4 月に生じている。振替取水対応は、取水不能後直ちに実施されるわけではなく、数日遅れることになる。

表 2・2 塩分観測方法

分類	内容												
定点	海門橋、勝田橋、水府橋、万代橋の 4 地点で、定点の濃度変化を連続的に測定する。 大杉山揚水機場においては、取水口において、連続的に電気伝導度を観測しており、概略の塩素イオン濃度を換算して把握することが出来る。												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>地点</th> <th>観測項目等</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>海門橋 (0.1km)</td> <td>H13. 12. 19~ 塩分, 水温, 濁度 上, 中, 下層</td> </tr> <tr> <td>勝田橋 (8.0km)</td> <td>H12. 08. 31~ 塩分, 水温, 濁度 上, 中, 下層</td> </tr> <tr> <td>水府橋 (12.2km)</td> <td>H09. 01. 01~ 塩素イオン, 水温 上, 中, 下層</td> </tr> <tr> <td>万代橋 (13.5km)</td> <td>H09. 01. 01~ 塩素イオン, 水温 上, 中, 下層</td> </tr> <tr> <td>大杉山揚水機場取水口 (11.8km)</td> <td>電気伝導度 取水口内(右岸) 取水口敷高 T.P. -1.458m</td> </tr> </tbody> </table>	地点	観測項目等	海門橋 (0.1km)	H13. 12. 19~ 塩分, 水温, 濁度 上, 中, 下層	勝田橋 (8.0km)	H12. 08. 31~ 塩分, 水温, 濁度 上, 中, 下層	水府橋 (12.2km)	H09. 01. 01~ 塩素イオン, 水温 上, 中, 下層	万代橋 (13.5km)	H09. 01. 01~ 塩素イオン, 水温 上, 中, 下層	大杉山揚水機場取水口 (11.8km)	電気伝導度 取水口内(右岸) 取水口敷高 T.P. -1.458m
	地点	観測項目等											
	海門橋 (0.1km)	H13. 12. 19~ 塩分, 水温, 濁度 上, 中, 下層											
	勝田橋 (8.0km)	H12. 08. 31~ 塩分, 水温, 濁度 上, 中, 下層											
	水府橋 (12.2km)	H09. 01. 01~ 塩素イオン, 水温 上, 中, 下層											
万代橋 (13.5km)	H09. 01. 01~ 塩素イオン, 水温 上, 中, 下層												
大杉山揚水機場取水口 (11.8km)	電気伝導度 取水口内(右岸) 取水口敷高 T.P. -1.458m												
先端	船で移動しながら塩分遡上の先端付近の塩素イオン濃度(底層での塩素イオン濃度, 上水取水目安値 200mg/l, 農水取水目安値 500mg/l)を測定し, 先端位置や塩分分布形状を把握する。主として塩分遡上の最も延びる満潮時付近で測定する。												

(4) 流量と塩分遡上の関係

下流端の取水地点である大杉山揚水機場取水口(11.8km)における流量と直上流の水府橋(12.2km)の塩素イオン濃度の関係、平水流量時及び既塩害防止目安流量と農水取水目安塩素イオン濃度との関係を図2・2に示す。



— : 近年 10 ヲ年 (H6~H15) 平水流量 52m³/s
 — : 既塩害防止目安流量 15m³/s

図 2・2 大杉山揚水機場流量と塩分濃度の関係(水府橋地点, 上・中・下層, 日平均・日最大・日最小)

この図から、平水流量(52m³/s)時の塩素イオン濃度は、上層、中層までは概ね農水取水目安値 500mg/l 以下の領域に分布するが、底層では、500mg/l 以上の領域への分布が見られる。

また、既塩害防止目安流量 15 m³/s に対する水府橋(12.2km)における塩素イオン濃度の日平均分布については、上層では概ね農水取水目安値 500mg/l 以下に抑制できるが、中層、底層では 500mg/l を大きく超える塩素イオン濃度が見られる。底層におけるこの傾向は、流量が大きくなって見られ、原因として、大杉山揚水機場上流の水郡線マウンドによって残存される塩水塊の影響と考えられる。最高潮位に達した段階で、マウンドを越えた海水は、マウンドの上流側に塩水塊を形成する。引き潮時に塩水楔自体は下流へ移動するが、塩水塊はマウンドによって残され、塩水塊と淡水との混合が生じることが、河川水中の塩素イオン濃度と河川流量の関係を複雑なものにしている(図 2・3 参照)。

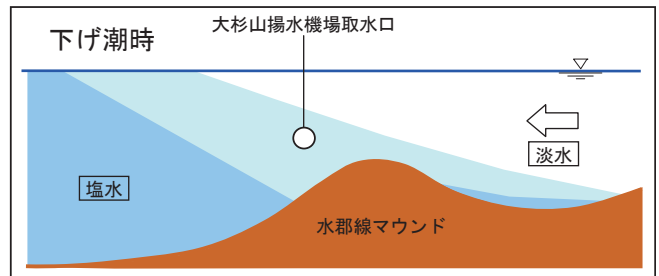


図 2・3 大杉山地点取水不能初期についての概念図

2.2 塩害防止のための目安となっている既策定流量(現況河道)

これまでの那珂川の感潮区間における塩害の防止のための目安となっている流量は 15m³/s である。根拠は以下のとおりである。

(1) 水道用水のための目安流量

上水の安定水利権として、下流端に位置する那珂市水道が取水している地点は、17.5km であるが、水

道用水の塩素イオン濃度の飲料基準（厚生労働省）である 200mg/l の底層先端での塩分遡上距離と大杉山地点流量の関係を整理すると図 2・4 のとおりである。

図に示される那珂市水道取水口地点での底層塩素イオン濃度 200mg/l の分布状況と河川流量との関係から、河川流量 15m³/s が流れていれば、塩素イオン濃度は 200mg/l 以下に抑制される。また、那珂市水道取水口敷高は T.P. -1.096m であるため、底層 (T.P. -2.5m) よりも浅く、取水水质は 200mg/l より低い濃度となる。

これより、那珂市水道取水地点までに塩分遡上を抑制するための流量は、15m³/s 程度が目安となっている。

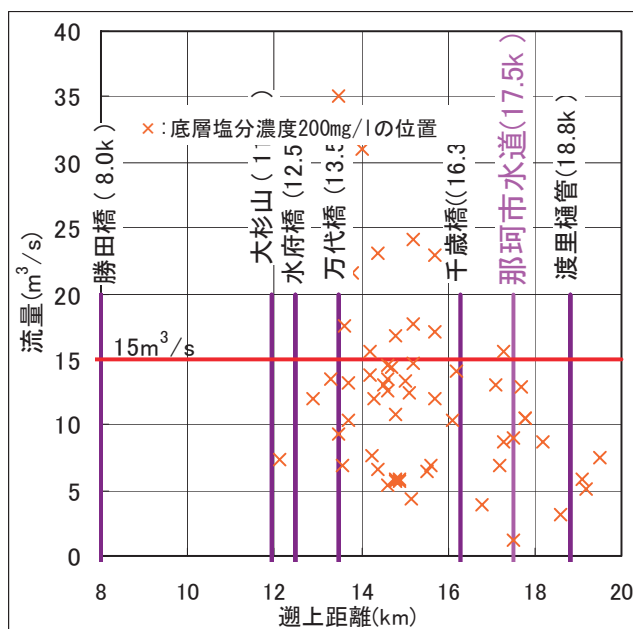


図 2・4 那珂川塩分遡上距離と流量の関係 (H6~H13)

(大杉山地点流量=野口流量から支川流入量及び取水量を考慮して算定)

(2) かんがい用水のための目安流量

下流 11.8km に位置する大杉山揚水機場は、千波湖土地改良区のほか、同機場でのかんがい用水利用の空き時間を利用して、核燃料サイクル開発機構、日本原子力研究所が取水を行っている。既往渇水で、塩分濃度が 500mg/l 以上となり、終日取水不能とな

った渇水について、「渇水初期における取水不能の生じた時の流量」を整理したものが表 2・3、図 2・5 である。図 2・5 から取水不能は渇水初期に概ね 15m³/s 以上あれば生じない。ただし、15m³/s 程度の流量であっても、取水当日前より低水流量が連続する場合には、取水不能となるケースがある。

以上から、大杉山揚水機場における塩害防止のための最小限の流量は、15m³/s を目安としている。図 2・6 には、平成 13 年の取水不能時の塩分遡上状況を示した。

表 2・3 渇水初期に取水不能の生じる時の流量

渇水	取水不能の開始日	前日と当日の平均流量(m ³ /s)	潮主分	備考
H5 春渇水	H5.5.28	11.0	中潮	—
H6 春渇水	H6.4.21	9.8	小潮	振替え
H8 春渇水	H8.4.24	6.5	中潮	振替え
H8 夏渇水	H8.8.10	12.4	中潮	振替え
H9 春渇水	H9.4.25	15.6	大潮	振替え
H13 春渇水	H13.4.19	7.2	小潮	振替え
H13 夏渇水	H13.7.12	15.2	中潮	
H14 夏渇水	H14.6.1	10.7	大潮	

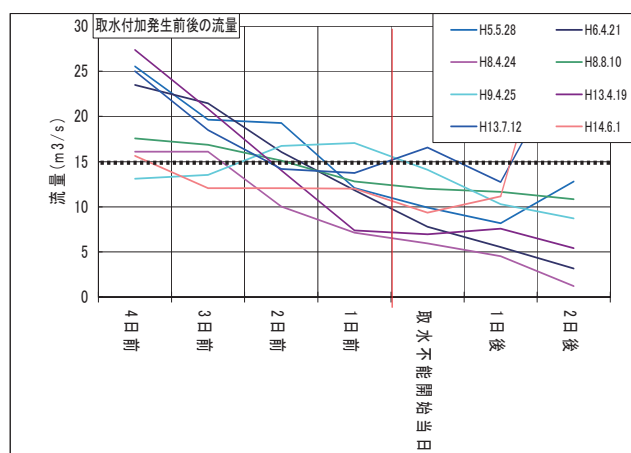
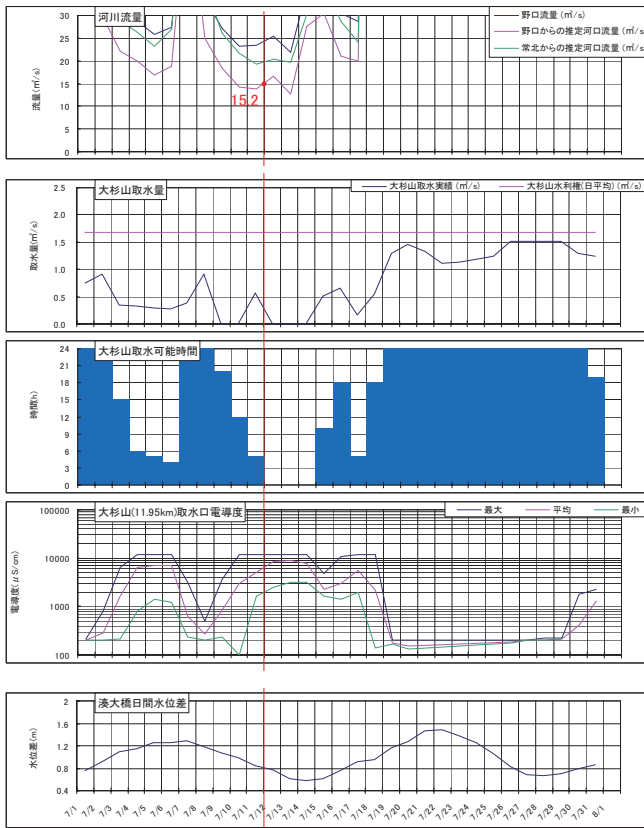


図 2・5 渇水初期の取水不能が生じた前後の河口部の流量変化



・ 湧水初期において取水不足が生じる時の河口部流量

図 2.6 主な湧水期間における取水不能時の塩分遡上状況 (H13. 7)

表 2.4 那珂川河口部の特徴とモデル化要件

特 徴	モデル化要件
感潮域であり河川水と海水の密度の異なる2つの流体が相互に関連する流れ（密度流）であり、塩水の遡上現象には、河床の地形、流速、密度、乱れによる混合などが相互に影響している。	流れの解析は、塩分濃度及び水温による密度の違いを考慮したモデルとする。
流れや物質の混合の大きさ（拡散係数）は、空間的分布を持つ（例えば、密度躍層部での拡散係数は小さいなど）。	一般に広く用いられ実績のある k-ε モデルを用いて表現する。これは、乱れエネルギー k と散逸率 ε を計算することにより、時々刻々と場所的に変化する拡散係数の分布を求めるものである。 密度成層の安定性については考慮していない。
実測からは密度逆転現象は認められない。	静水圧近似を適用可能。
那珂川では、左右岸で塩分の分布が違うという観測結果があり、河道の横断形状が塩水遡上現象へ影響していると考えられる。	横断方向での塩水濃度や流速の違いを表現できるように、三次元モデルとする。
検討対象区間は、概ね 20km 程度であり、蛇行する河道である。	一般曲線座標系により解析をおこなう。
約 1m 程度の潮位変動がある。また、潮位変動により逆流が生じる。	自由水面の変動を考慮したモデルとする。

2.3 塩分遡上シミュレーションによる検討³⁾

ここでは、現況河道で既に設定された塩害防止のための流量を $15\text{m}^3/\text{s}$ と設定し、この条件で塩分遡上シミュレーションによって取水可能性を検証するとともに、那珂川の河川整備の目標とする河川整備基本方針における河道（以下、基本方針河道という）についても同様にシミュレーションを行い、河川整備後の河道拡幅による塩水遡上への影響を検討した。

2.3.1 塩分遡上シミュレーションモデルの適用

塩分遡上シミュレーションのモデル化に当たっては、表 2.4 のように那珂川下流区間の水理的特徴を整理し、要件を満たす流況解析モデルとした。

この要件を満たすモデルとして、本検討では3次元一般曲線座標系による k-ε モデル（静水圧）を用いた（図 2.7 参照）。

3次元直交座標系における基礎式を以下に示す。

なお、実際の解析においては下記の基礎式を一般曲線座標系における基礎式に変換して算定した。

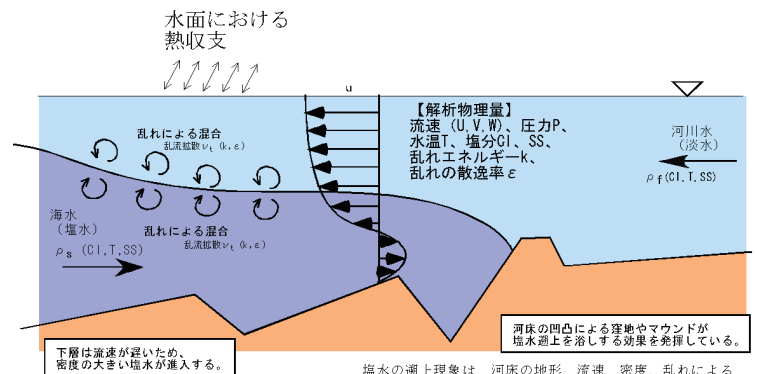


図 2.7 河口域における塩水挙動の模式図

■基礎式^{10),11)}

○連続式

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} = 0$$

○流速 u, v, w 運動方程式

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v u) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w u) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\mu_{eff} \frac{\partial u}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\mu_{eff} \frac{\partial u}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\mu_{eff} \frac{\partial u}{\partial z}\right) - \frac{\partial p}{\partial x}$$

$$\frac{\partial \rho v}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u v) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w v) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\mu_{eff} \frac{\partial v}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\mu_{eff} \frac{\partial v}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\mu_{eff} \frac{\partial v}{\partial z}\right) - \frac{\partial p}{\partial y}$$

$$\frac{\partial \rho w}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u w) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v w) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w w) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\mu_{eff} \frac{\partial w}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\mu_{eff} \frac{\partial w}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\mu_{eff} \frac{\partial w}{\partial z}\right) - \frac{\partial p}{\partial z} + \rho_0 \delta g$$

○乱れエネルギー k 輸送方程式

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u k) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v k) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w k) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\mu_{eff}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\mu_{eff}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\mu_{eff}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial z}\right) - g \frac{\mu_t}{\sigma_T} \frac{\partial \delta}{\partial z} + G - \rho \varepsilon$$

○散逸率 ε 輸送方程式

$$\frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\mu_{eff}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\mu_{eff}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\mu_{eff}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z}\right) + C_1 \frac{\varepsilon}{k} G - C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k}$$

○塩分 Cl 輸送方程式

$$\frac{\partial \rho Cl}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u Cl) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v Cl) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w Cl) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\mu_{eff}}{\sigma_{Cl}} \frac{\partial Cl}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\mu_{eff}}{\sigma_{Cl}} \frac{\partial Cl}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\mu_{eff}}{\sigma_{Cl}} \frac{\partial Cl}{\partial z}\right)$$

○状態方程式

$$\rho = f(Cl, t)$$

ここに、

$$G = \mu_t \left[2 \left\{ \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right\} + \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right]$$

$$\mu_t = \frac{C_\mu \rho k^2}{\varepsilon}, \quad \delta = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0}$$

u, v, w : 流速 k : 乱れエネルギー ε : 散逸率
 ρ : 密度 ρ_0 : 基準密度 p : 圧力
 μ : 分子粘性係数 μ_t : 乱流粘性係数 μ_{eff} : 実効粘性係数
 δ : 相対密度差 C_μ : 定数: 実験結果から算出 Cl : 塩素イオン濃度

乱れエネルギー k および散逸率 ε の計算に用いる係数の値としては、格子乱流や開水路乱流などの基礎実験データをもとに推奨されている、下記の値を用いた。

$$C_1=1.44 \quad C_2=1.92 \quad \sigma_k=1.0 \quad \sigma_\varepsilon=1.3 \quad C_\mu=0.09$$

また、状態方程式については、下式を適用した。

$$\rho_s = 1 + 10^{-3} \sigma_s$$

$$\sigma_{st} = -\frac{(t-3.98)^2}{503.570} \cdot \frac{t+283.0}{t+67.26} + (\sigma_{s0} + 0.1344) \{1 - A_t + B_t(\sigma_{s0} - 0.1324)\}$$

$$\sigma_{s0} = -0.069 + 1.4708 Cl_s - 0.001570 Cl_s^2 + 0.0000389 Cl_s^3$$

$$A_t = t(4.7869 - 0.098185t + 0.0010843t^2) \times 10^{-3} \quad B_t = t(18.030 - 0.8164t + 0.01667t^2) \times 10^{-6}$$

ρ_s : 密度 [g/cm³], σ_s : 密度指標, σ_{st} : 水温 t [°C] の σ_s , σ_{s0} : 水温 0 [°C] の σ_s , Cl_s : 塩素濃度 [%], t : 水温 [°C]

■境界条件式

○底面の条件式(壁法則を適用し, 対数領域における k, ε を剪断速度 u_τ から下式で設定)

$$k = u_\tau^2 / \sqrt{C_\mu} \quad , \quad \varepsilon = u_\tau^3 / \kappa y \quad \text{ここに, } u_\tau: \text{剪断速度}$$

○水面条件式

$$w = \frac{\partial \eta}{\partial t} \quad \text{ここに, } \eta: \text{海面高}$$

2.3.2 塩水遡上解析モデルの再現性について

(1) 塩水遡上観測結果との比較

塩素イオン濃度 200mg/l の塩水遡上端距離の時系列観測結果と計算結果を比較し, 再現性を確認した。再現計算の結果を図 2・8 に示す。

塩分遡上距離は河口 15km 以上にまで達する。

平成 8 年渇水時を再現計算では, 実観測の遡上距離とに差が認められるが, 遡上距離が 15km 以下のケースでは一致した結果となった。

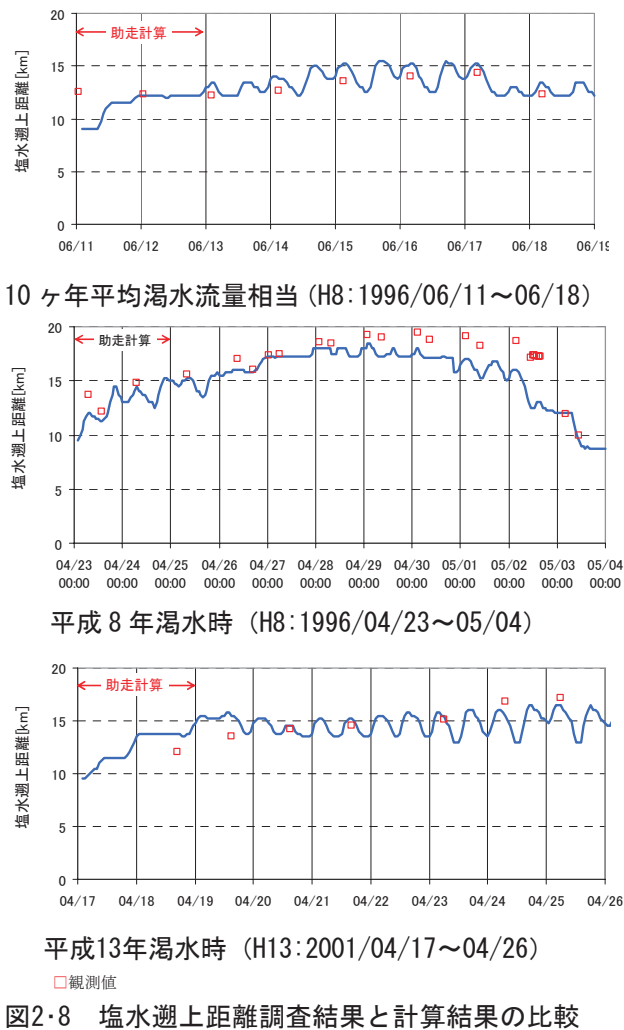


図2・8 塩水遡上距離調査結果と計算結果の比較

(2) 鉛直方向の塩分濃度分布の比較

大杉山排水機場取水口地点近傍 12km において, 平成 8 年 6 月の満潮時刻に, 渇水流量時の塩素イオン濃度を鉛直方向に測定したデータと計算結果を比較した。

図 2・9 から計算による塩素イオン濃度の鉛直分布は, ⑥ケースを除き, 緩やかな躍層とそれより深い水位で分布が立つ形状を再現し, 概ね一致性がみられる。

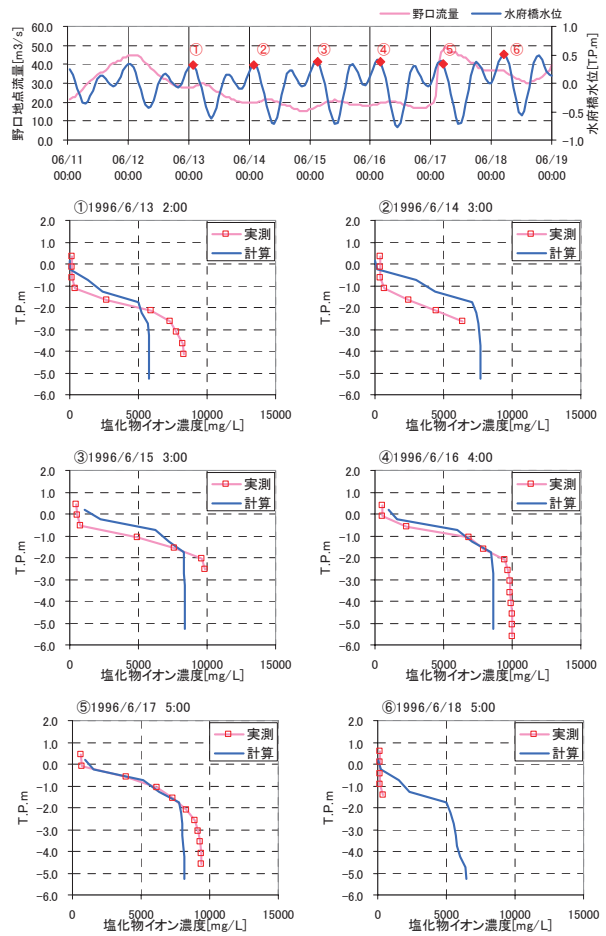


図 2・9 塩素イオン濃度鉛直分布の比較
(平成 8 年 6 月 渇水流量時)

(3) 大杉山揚水機場における取水濃度との比較

大杉山揚水機場取水口の実測の時系列塩素イオン濃度と計算結果を比較し、再現性を検証した。

図 2・10 に平成 8 年 6 月の渇水流量相当を対象とした比較結果を示す。実測の塩素イオン濃度は 5,000mg/l を越え、計算結果では高濃度のレンジでの再現性は必ずしも良くないが、農業用水取水の目安となる 500mg/l を下回る濃度レンジでは良好な再現がみられる。

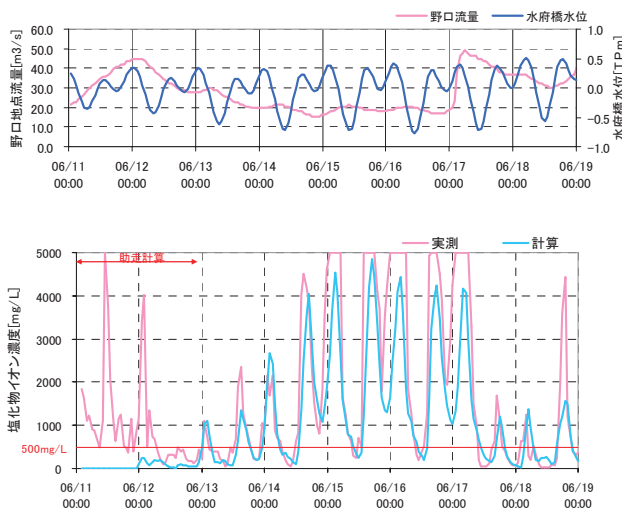


図 2・10 大杉山揚水機場における塩素イオン濃度の調査結果と計算結果の比較（平成 8 年 6 月 渇水流量時）

(4) 3次元解析の必要性について

塩水挙動の特徴を再現するうえで、3次元解析の必要性を次のように考えた。

那珂川下流部では、塩水楔が潮位変動に連動して遡上と下降を繰り返す。干潮時は塩水楔が明瞭であるが、満潮時には鉛直方向の拡散が進み、濃度分布が立つ(図 2・11 参照)。3次元解析モデルでは、横断方向の2次流の流速分布を再現し、満潮時には河道深掘れ部へ流れ込む2次流が大きくなる。これは密度の高い塩水が上げ潮により遡上し、左右岸に寄った深掘れ部に落ち込むことにより発生する(図 2・12 では、右岸側)と予想される。この2次流により鉛直方向の混合が促進されるため、満潮時には濃度分布が立つと考えられる。このような現象を再現するには

2次元モデルでは十分とはいえず、3次元モデルを用いる必要があった。

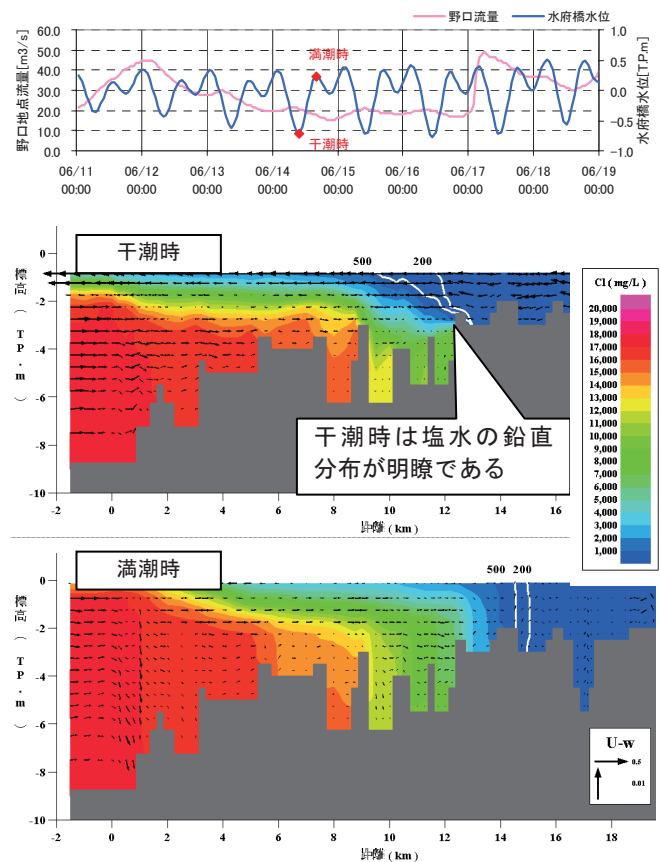


図2・11 縦断面における塩素イオン濃度と流速分布 (H8.6再現計算)

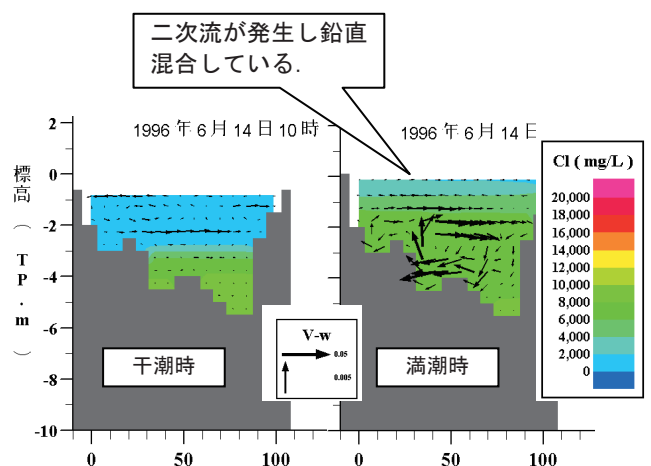


図 2・12 横断面における塩素イオン濃度と流速分布 (水郡線下流 11.75KM : H8.6 再現計算)

2.4 現況河道及び基本方針河道の必要流量の検討

ここでは、将来の河道掘削等の整備後の塩分遡上状況をシミュレーションにより予測し、塩害防止のための必要流量 $15\text{m}^3/\text{s}$ の妥当性を検討する。

(1) 計算方法・計算条件の概要

河口～下国井を対象とした塩水挙動解析は3次元乱流解析モデルを用いる。計算条件は表2・5のとおりである。

表 2・5 3次元塩水挙動解析の計算条件

項目		設定	
計算モデル		3次元乱流・密度流解析モデル	
計算対象範囲		那珂川本川 河口～20.0km (下国井)	
計算メッシュ間隔		縦断方向 500m ピッチ (ただし、湾曲部は細分した) 横断方向 6m～12m (横断方向に15分割) 鉛直方向 0.5m	
計算項目		流速 (3成分), 塩分, 乱れエネルギー, 散逸率	
上流境界条件	流量	下国井地点流量 (不定流計算で設定) ※2	
	CL-濃度	全国 225 河川の塩素イオンの平均値 5.8mg/L ※1	
下流境界条件	流量	河口地点流量 (不定流計算で設定) ※2	
	CL-濃度	海門橋下層における実測塩素イオン濃度の平均値約 31‰ (一様鉛直分布)	
横流入条件	桜川	流量	搦手橋地点流量
		CL-濃度	全国 225 河川の塩素イオンの平均値 5.8mg/L ※1
	取水量	正常流量検討における期別設定値	
	還元量	正常流量検討における期別設定値 (塩素イオン濃度は 5.8mg/L)	

※1 「水道水質事典 (日本水道新聞社)」

※2 一次元不定流計算は、本川下流を河口水位 (湊大橋地点の水位を援用)、本川上流を野口地点流量として計算した。

(2) 3次元塩水挙動解析の河道形状

3次元塩水挙動解析は水平面内について一般曲線座標系を用い、図2・15の形状条件で計算した。

基本方針河道案は、塩水遡上の先端付近である9.0kmから12.0kmについて、低水路を概ね現況のままとし、中水敷を設けることによって流下能力を確保するものとしている (中水敷高は朔望平均満潮位程度) (図2・13, 図2・14参照)。塩水遡上の先端付近における低水路の流積を現況と同程度とすることにより塩水の遡上を現況と同レベルに保つことができると想定される。

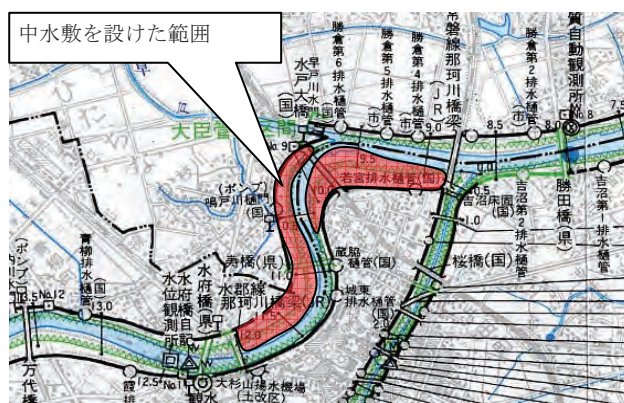


図 2-13 中水敷設定区間

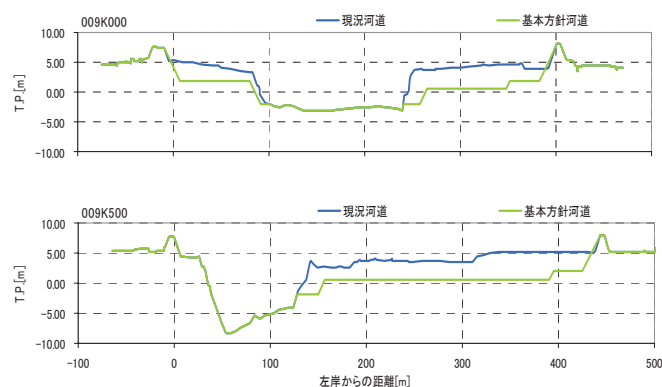


図 2-14 現況河道及び基本方針河道 (例)

(2) 大杉山揚水機場取水地点の状況予測

大杉山揚水機場は、潮汐による塩水と淡水の境界面付近にあり、満潮時には水位が約 50cm 上昇する。このため、取水施設は T.P. -1.457m から T.P. +0.55m (満潮位) の範囲で取水できる構造となっている。図 2・18(1)、図 2・18(2)には、かんがい期、非かんがい期の塩素イオン濃度縦断分布と各揚水機場取水口の位置関係を示す。次に、図 2・17 には大杉山揚水機場地点の塩素イオン濃度の鉛直分布で①下げ潮、②干潮、③上げ潮、④満潮について示した。これらの結果を整理すると以下のとおりである。

現況河道、基本方針河道とも、干潮時前後の時刻で取水が可能と判断と予測される(図 2・16(2)、図 2・17②、及び図 2・18(1)(2)参照)。

水位 T.P.-1.5m 付近、及び T.P.-4.00m 付近で鉛直分布に 2 つの勾配変化点がある。T.P.-1.5m 以下の水位で塩素イオン濃度が急激に高くなる傾向にある。現施設の取水範囲の下限を T.P.-1.457m としたことは、当該河川の塩水遡上の特性を十分に考慮したうえで設置されたものといえる。

現況河道では、②干潮、③上げ潮では取水口敷高より上層において 500mg/l を下回るため、潮見運転による時間取水が可能となる。

基本方針河道では、満潮時に取水口敷高より上層において、現況河道に比べて塩素イオン濃度が高くなるが、②干潮、③上げ潮では、現況河道と同程度の塩素イオン濃度となっており、潮見運転による時間取水が可能と考えられる。

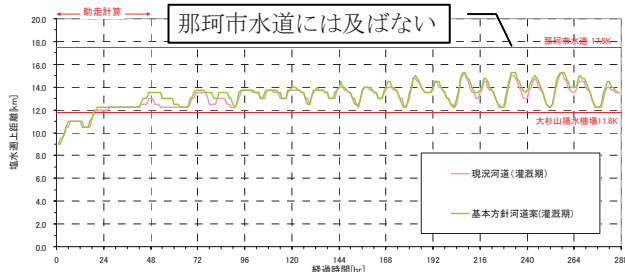


図 2・16(1) 塩水遡上距離の時系列変化

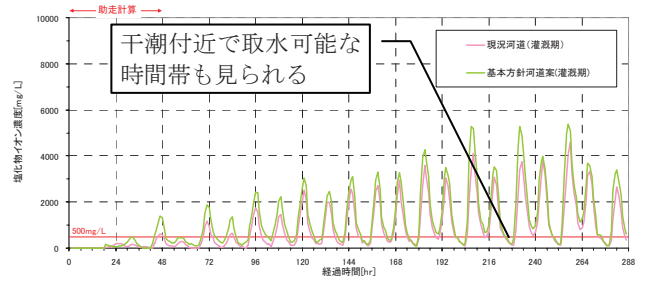


図 2・16(2) 大杉山揚水機場取水濃度の時間変化

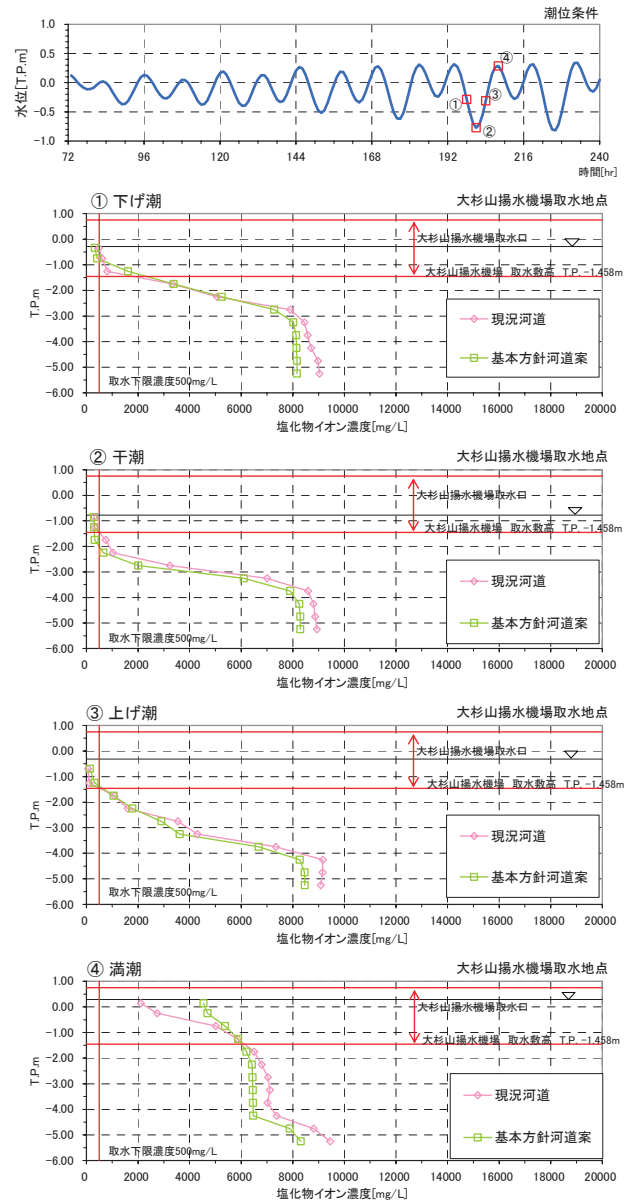


図 2・17 大杉山揚水機場地点における塩素イオン濃度の鉛直分布(かんがい期)

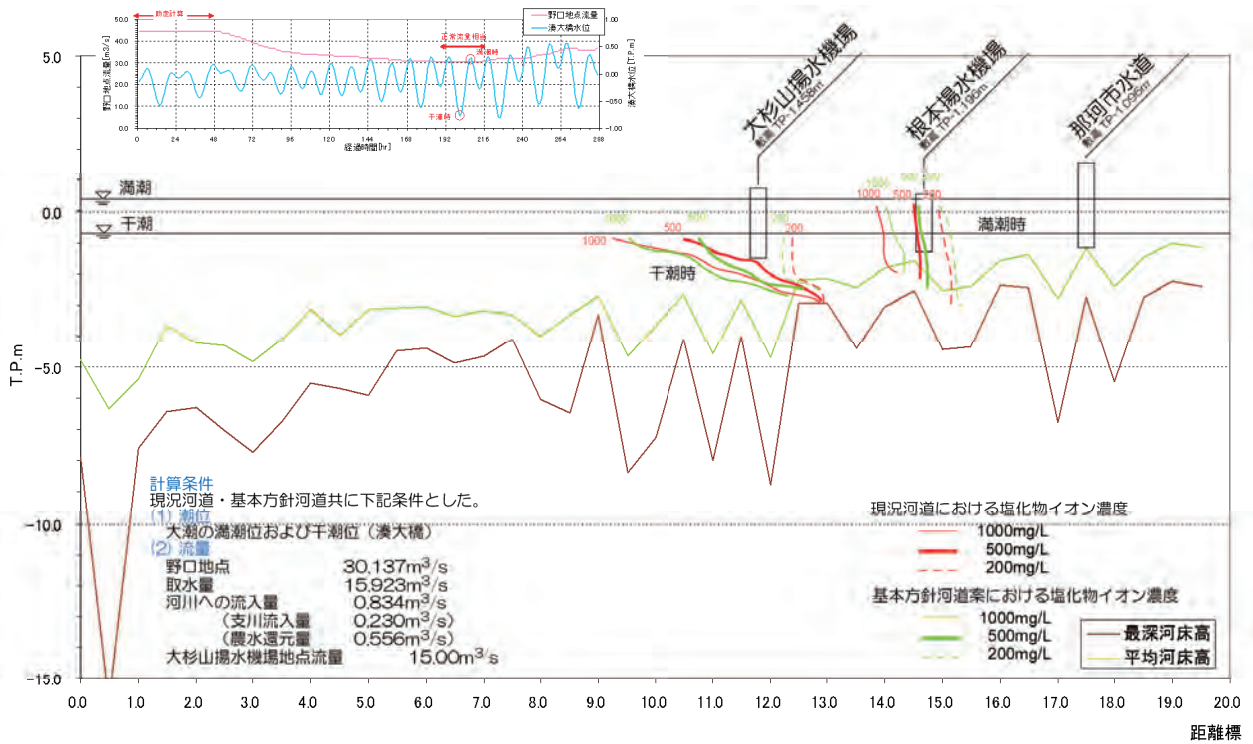


図 2-18(1) 塩素イオン濃度縦断分布図(かんがい期)

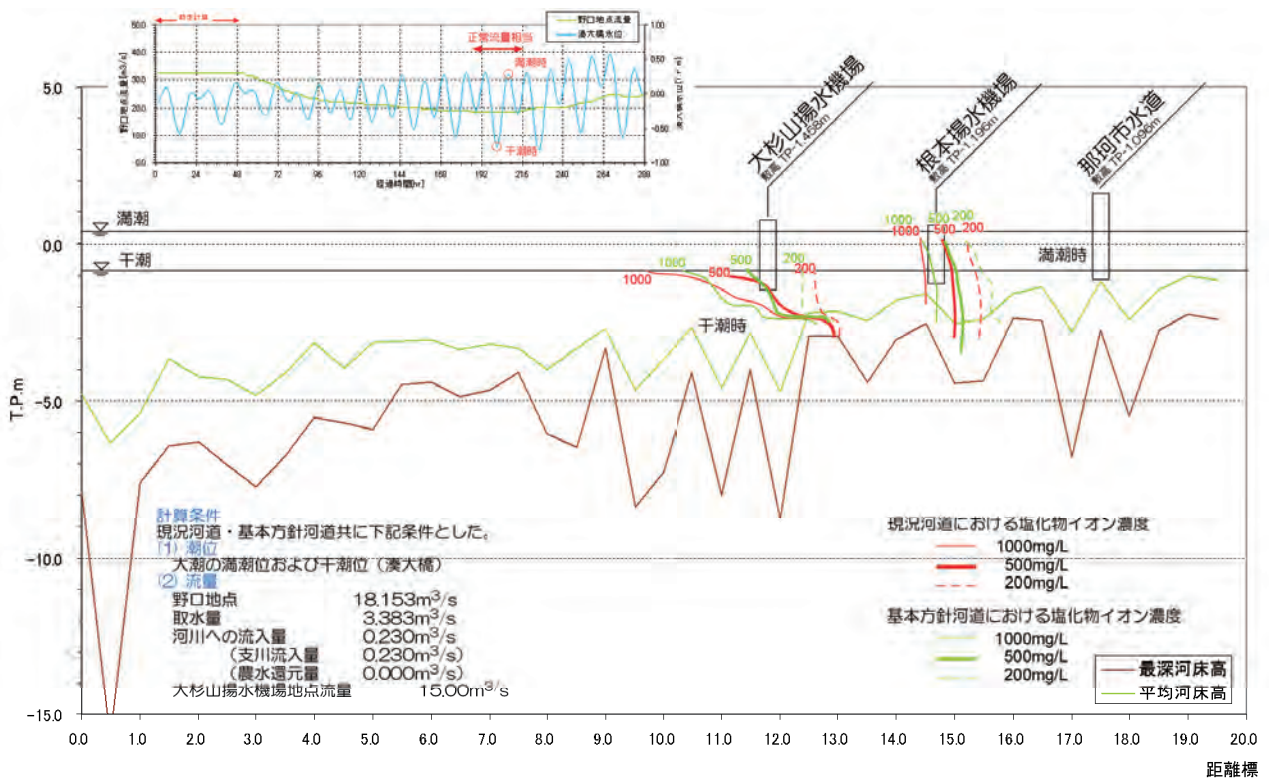


図 2-18(2) 塩素イオン濃度縦断図(非かんがい期)

2.4.3 霞ヶ浦導水供用時における塩水遡上解析

将来、那珂川下流部における渇水時の取水障害の軽減、新規用水の確保および霞ヶ浦、桜川等の水質改善を目的として、那珂川下流部、霞ヶ浦、利根川を連結する流況調整河川を主とした霞ヶ浦導水事業の実施が予定されている。

渇水障害の発生した平成8年4月を対象として、霞ヶ浦導水供用による、塩水遡上抑止効果について検討した。計算条件は表2・8に、計算結果を図2・19に示した。霞ヶ浦導水による6.8m³/sを18.8km地点に流入させることにより導水がない場合に比べ、塩水遡上距離が2~3km程度短くなることが予測される。

表2・8 霞ヶ浦導水供用時の塩水遡上解析 計算条件

項目	設定
解析モデル	3次元乱流・密度流解析モデル(湊大橋~20.0km)
対象期間	H08.04.23~H08.05.04
塩化物イオン濃度条件	上流淡水:5.8mg/L 下流海水:19000mg/L(一様鉛直分布)
上流流量条件(下国井地点)	野口地点に時間流量,河口に湊大橋時間水位を与えて,一次元不定流計算を実施し,下国井地点の流量を推定.
下流水位条件(河口潮位)	湊大橋の実績水位
取水量	実績の取水量
霞ヶ浦導水送水量	4/23~5/1に6.8m ³ /sの送水量を与えた(日間一定値)
霞ヶ浦導水送水量の設定方法	18.8kに横流入量として与える

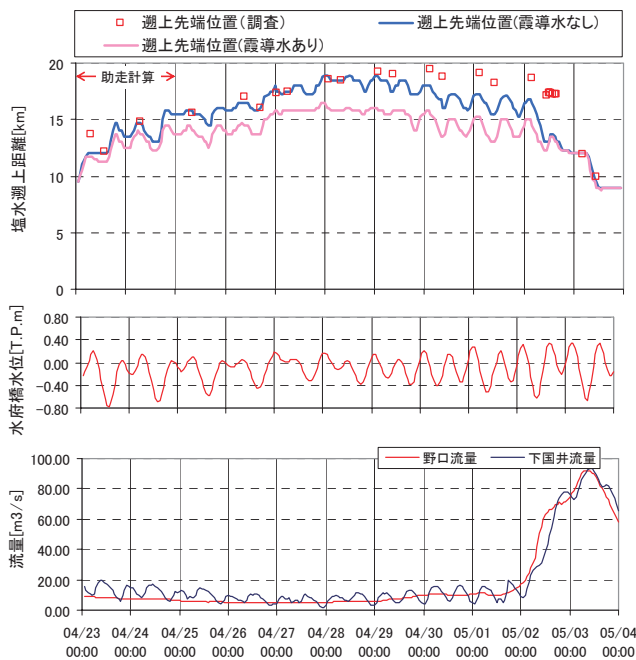


図2・19 平成8年4月渇水時の塩水遡上距離と霞ヶ浦導水による効果

3. 結論

本研究では、河口域の塩害防止のための維持流量について塩分遡上3次元ミュレーションにより、既塩害防止のための目安流量を検証するとともに、現況河道と河川整備基本方針河道の遡上性状を比較し、河道拡幅の影響を検討した。以下の本研究で得られた結論を示す。

- ・ 現況河道及び基本方針河道において、塩害の防止に必要な流量として既目安流量に等しい15m³/sが設定できる。渇水時にこの流量を流下させることで、大杉山揚水機場取水地点(11.8km)、那珂市水道取水地点(17.5km)での各水質基準を満足する取水が可能である。
- ・ 既往渇水記録、塩分測定データ等の蓄積と整理により現状の塩分遡上特性の把握が可能である。そして、現況河道での必要流量はシミュレーション結果と一致することが確認できた。
- ・ さらに、河口域における河道拡幅、あるいは本川、支川の流量変化が予定される場合、必要流量の検討には塩分遡上シミュレーションは不可欠な手法となる。
- ・ 河川整備基本方針河道では現況河道より塩水遡上先端は、1km~2km上流へ伸びることが予測される。

那珂川の塩水遡上の特徴と課題は、感潮区間が20km程度と長く、逆流現象が生じること、河道の蛇行に伴う深掘れや橋梁部マウンド等による複雑な河床形状となっていること、さらに下流部に農水・上水道の取水口があり、渇水時に取水障害が生じることなどであるが、これらの特徴は都市圏を流下する他河川においても見られるものであり、課題についても共通するものがあると考えられる。今後の課題として、以下が挙げられる。

(1) 塩分遡上シミュレーションの精度向上

河川整備計画の策定と相俟って、河川環境管理においても、水量の確保、水質の保全に係る水環

境管理のあり方が求められるが、水量・水質の目標値を確保するため、河川管理施設の総合的な運用管理に資するよう、より再現性の高い塩分遡上シミュレーションが必要になると考えられる。

本研究では3次元モデルを用いて検討したが、より精度の高いシミュレーションを行うには、大きな潮汐差分容量のある涸沼を有する涸沼川との合流点での混合や、河床マウンドの存在による極めて複雑な流れを表現できるモデルの構築が必要となる。さらに再現性の向上と合理的な判断を下すうえで、継続的な塩分観測データの蓄積も重要である。

(2) 河口域の生態系保全の観点からの維持流量検討^{6),7)}

那珂川河口域は、海水と淡水が時々刻々と複雑に混合し、多種・多様な生態系を育む場となっている。この汽水域における動植物の生息環境保全の観点から、維持流量を検討する必要がある。那珂川河口域には、魚類の他にヤマトシジミ等の底生生物が確認されている。しかし、生息実態、生息条件、環境条件が明らかになっていないことから、今後、調査を実施し生息条件特性、指標値を設定する必要がある。さらに塩素イオン濃度以外にも栄養塩類、溶存酸素濃度を輸送式に組み込んだモデルによる遡上シミュレーションを実施し、生息環境の保全に必要な流量の検討が望まれる。

謝 辞

本研究は、国土交通省関東地方整備局常陸河川国道事務所委託の業務の一環として実施されたものである。研究にあたり、貴重な資料のご提供を頂くとともに、ご指導、ご助言を頂いた常陸河川国道事務所の担当者に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 汽水域の河川環境の捉え方に関する研究会 (2004):汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書
- 2) 財団法人 河川環境管理財団 (2005):平成17年度 久慈川・那珂川河川環境整備検討業務報告書
- 3) 国土交通省関東地方整備局常陸河川事務所 (2003):那珂川下流部水質等解析調査業務
- 4) 国土交通省河川局河川環境課 (2001):正常流量検討の手引き (案)
- 5) 国土交通省 (2004):河川砂防技術基準 計画編
- 6) 国土交通省 (2005):河川砂防技術基準・同解説 計画編, 山海堂
- 7) 財団法人 河川環境管理財団 (1983):解説 河川環境, 山海堂
- 8) 有田正光編 (1998):水圏の環境, 東京電気大学出版
- 9) 西條八束・奥田節夫編 (1996):河川感潮域, 名古屋大学出版会
- 10) 荒川忠一 (1994):数値流体力学, 東京大学出版会
- 11) 香月正司・中山顕 (1990):熱流動の数値シミュレーション, 森北出版株式会社
- 12) 安達ら (2001):那珂川河口域における塩水遡上の特性について, 河川技術論文集, Vo17, P197-202, 2001

9. 河道維持管理システムに関する検討

山本 晃一*・戸谷 英雄**・阿左美 敏和***

1. はじめに

河道の安全性は、長期間継続的に実施してきた各種の治水事業により、飛躍的に向上してきた。

一方で近年、主に上流域から河口部までの土砂の移動状況、流況、流域の諸条件等の変化に起因して、治水、河川環境、河川利用等の機能が低下する問題が顕在化している。

現在、各河川で河川整備計画が検討・策定されているが、例えば河道掘削等の流下能力向上対策を実施したとしても、維持管理が実施されなければ、樹

林化等の影響によって治水機能が急速に低下する場合があります、投資効果が保たれない。

顕在化している問題点を的確に把握し洪水時の安全性等を評価するためには、経験に伴う高度な知識や複雑な分析・解析が必要となることが多く、現場を見ただけでは定量的な評価が難しい。

そのため、河道の状態や変化を日常の観察点検によりの確に把握し、現在の知見、情報をもとに河川の安全性を適正に評価し、機能の低下を適切な手当てによっていかに最小限に抑えていくか、その仕組み、方法論を確立する必要がある。ここに維持管理の本質がある。

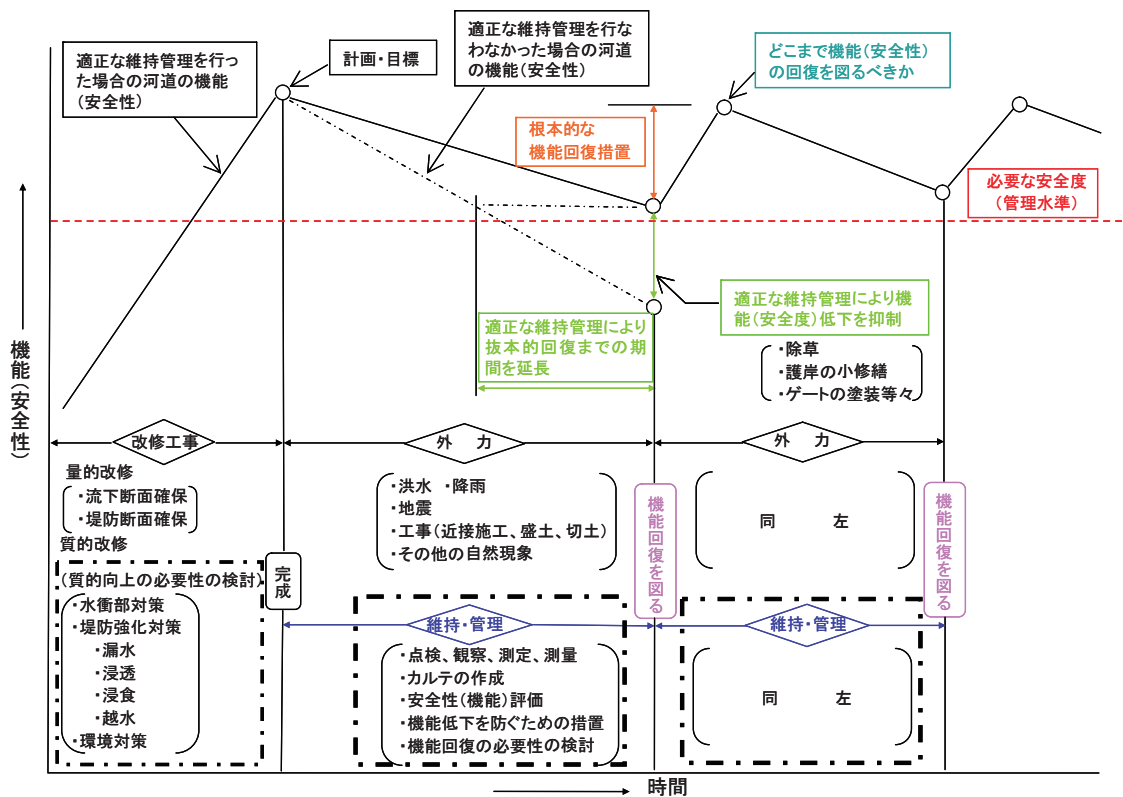


図 1-1 河道管理の意義と概念

* (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 所長
 ** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第四部長
 *** (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所 研究第四部研究員

2. 河道の維持管理システムの提案

河道管理の基本は、監視（よく川を視る）、記録（それを保存）、状態の評価、対策（評価結果の活用）、フォローアップ、記録更新の作業を定期的に繰り返し実施し、ルーチン化していくことである。この仕組みが「河道維持管理システム」である（図2・1）。

しかしながら、従来はこのような取り組みは十分に成されていない。また、現在河道内で顕在化しているさまざまな問題点に対処するためには、「河道全体の管理」をこれまで以上に重点的に、計画的に実施する必要がある。

河道の監視の段階で重要なことは、河道のどこが、なぜ危険なのかを把握した上で監視することである。河道を監視する際に、ただ「見る」のではなく、目的意識を持って積極的に川の状態を「視る」ことが求められる。

記録・保存の段階で重要なことは、河道管理に必要なさまざまな情報を的確に収集し、目的意識を持って体系的に編集した「河道特性情報集」を作成す

ることである。

評価の段階で重要なことは、「河道特性情報集」に整理された情報から河道特性を分析・解釈し、それをふまえて特に注意して監視すべき項目の危険要因を分析し、ある一定の基準を設けて評価することで、より効率的、効果的な河道管理につなげるのである。

また、監視や評価の結果は、河道管理のための重要な情報として、河道特性情報集に整理し、蓄積していくことが大切である。

そこで本検討では、河道の安全性管理を目的としたこれからの河道管理を実効あるものとしていくために、システム運用に必要な仕組み、方法論について検討し、「河道管理計画検討要領」を作成した。

この要領は、河道の安全性に関わる「河道維持管理システム」の中で特に重要な、監視、記録・保存、評価の方法論を示した、「河道の監視要領」「河道特性情報集編集要領」「河道の評価要領」の三部からなっている。

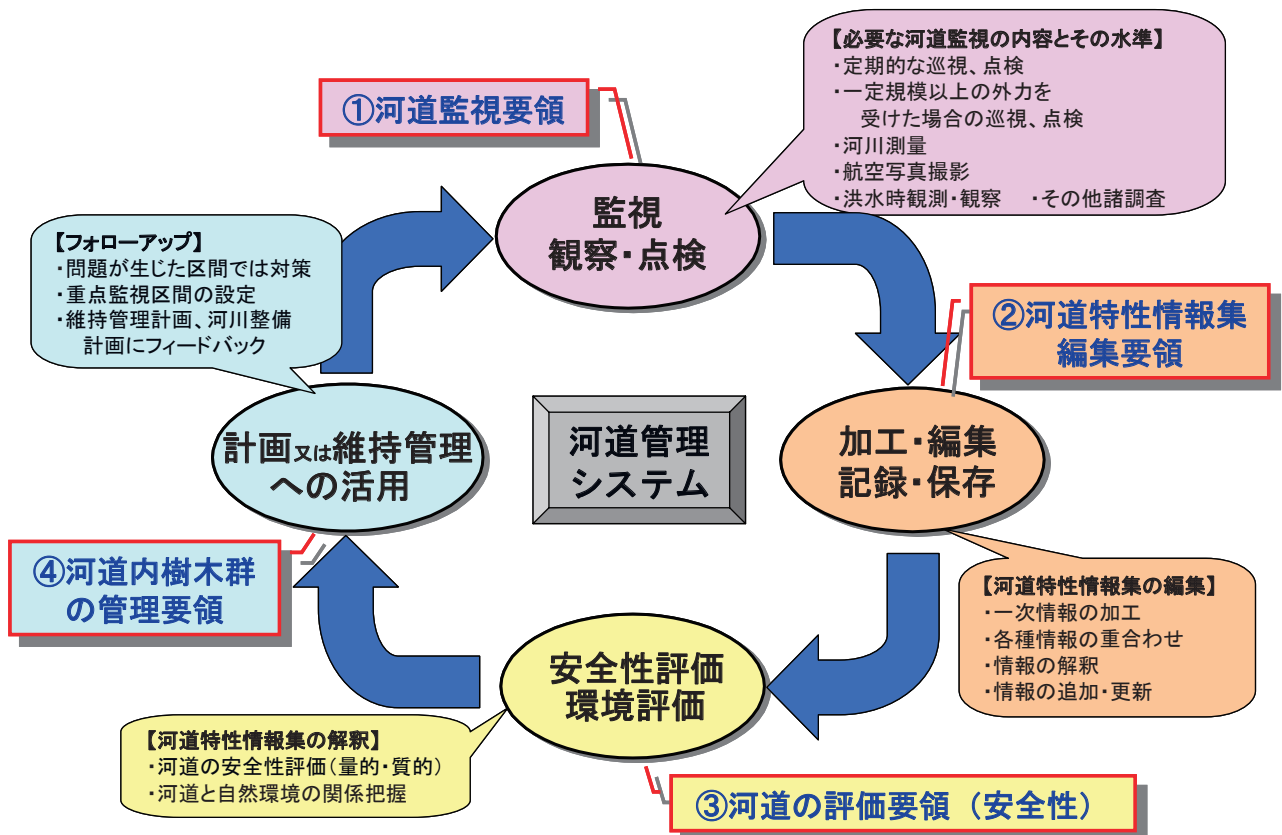


図2・1 河道維持管理システムの概念

また、本検討では、近年河道管理上の大きな問題となっている河道内の樹林化に対して、一つの管理の方向性を示した「樹木管理計画検討要領」も作成した。

3. では「河道監視要領」、4. では「河道特性情報集編集要領」、5. では「河道の評価要領」、6. では「河道内樹木群の管理要領」について詳述する。

3. 監視の方法論（河道監視要領）

3.1 河道監視の目的

河道管理の基本は、監視（よく川を視る）、記録（それを保存）、状態の評価、対策（評価結果の活用）、フォローアップ、記録更新の作業を定期的に繰り返し実施し、ルーチン化していくことである。

河道監視は、このルーチンの一つのステップであり、河道の評価を行うのに必要な情報（一次情報）を、測量や観測等の「調査」や危険箇所等の安全性を確認するための「巡視・点検」によって現場から得ることを目的とする（図 3-1）。

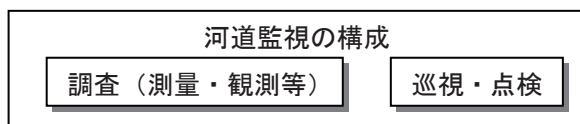


図 3-1 河道監視の構成

3.2 河道監視の対象

河道監視の対象は、「水の流れの様子」「河道形状の変化」「施設の安全性」である。

河道内の水の流れの様子については、水位、流量、流速、流向等を監視する。

河道形状の変化については、河床高の上昇・低下の傾向、河岸侵食や局所洗掘の状況、砂州の動き、河道内樹木群の生長傾向等を監視する。

施設の安全性については、堤防、護岸、根固工、水制等の機能が安全に保たれているかどうかを監視する。

なお、床止めや堰などの横断構造物の本体そのものの安全性については、本要領では対象としない。

3.3 河道監視の時期

河道監視は、平常時、洪水時、洪水直後の各時点において行う（図 3-2）。

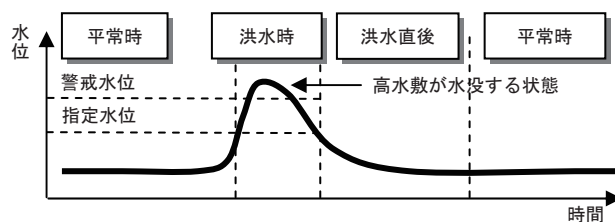


図 3-2 河道監視の時期の分類

「平常時」とは、洪水直後の監視を終えてから、次の洪水が発生するまでの期間とする。

「洪水時」とは、指定水位を超え、ピーク時に警戒水位を上回りかつ高水敷が水没する状態から、指定水位程度まで水位が下がるまでの期間とする。

ただし、場所ごとに、堤防の整備状況、被災履歴、河床変動等の実態に応じて判断する。

「洪水直後」とは、洪水が終了し、水位が指定水位以下まで下がったときとする。

3.4 河道監視を行う場所

河道監視は、従来から実施してきたように、河川管理者が管轄している区間全体を対象として実施する。

ただし、「河道の評価要領」に基づき「特に注意して監視する項目」（後述）で抽出された箇所では、安全性を損ねる要因に応じて、例えば測量の頻度や密度を増やしたり、巡視・点検の際にその項目にあった監視方法でより注意して視る等の対応が必要となる。「特に注意して監視する項目」とは、流下能力、堤防浸透、堤防直接侵食等のように、河道の治水に関わる機能が低下するといずれ破堤に至る可能性があるために、機能の確保が必要な項目のことを指す。

「特に注意して監視する項目」は、大きく分けて、流下能力と施設の機能の2種類がある。それぞれの項目には、河道の安全性を損ねる要因がある（図 3-3）。

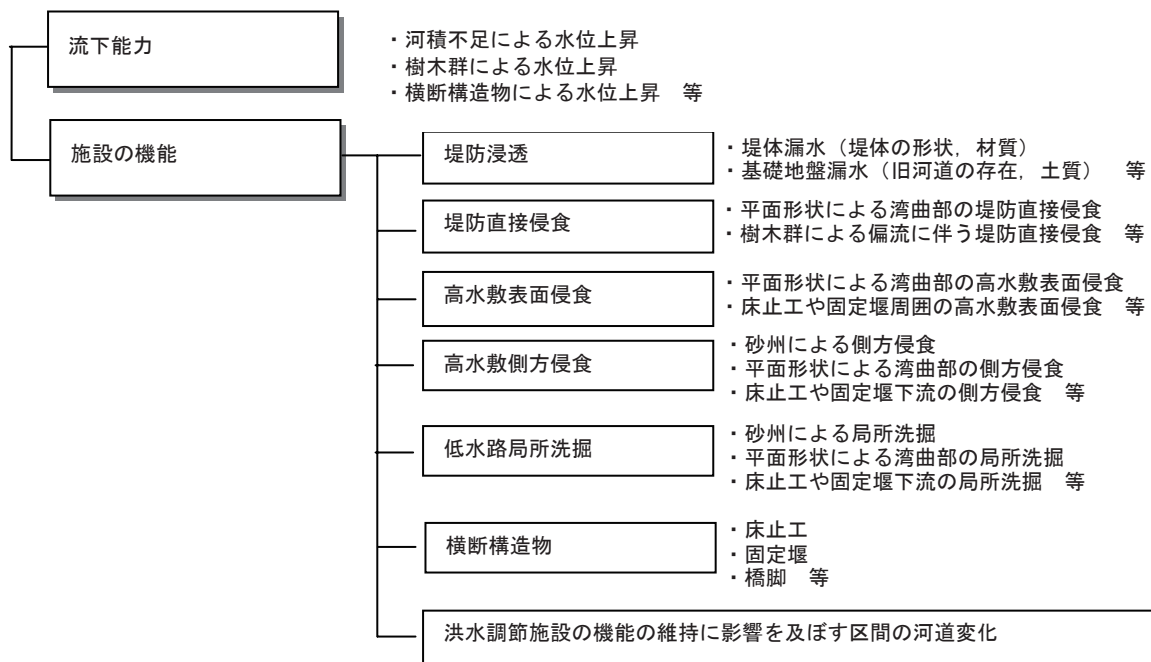


図 3・3 「特に注意して監視する項目」とその要因の例

3.5 河道監視の体制

河道監視を行う者には、河川の現場を見て、今何が起こっているのか、それはなぜか、これからどうなる可能性があるか、ということ把握できる能力、すなわち「川の現象を読む力」が必要である。

こうした能力を有した、河川工学的知見を持ち河川管理に習熟した者が現地に赴くとともに、CCTV や航測を活用して監視を行う。

また、「川を読む力」を有した技術者を育成するために、河川管理者は、河川工学的知見を持ち河川管理に習熟した者とともに現地で監視を行う経験を積む必要がある。

3.6 市民や関係機関からの情報収集

河川の近くに住んでいる市民、河川に関心がある市民、地元の関係機関等は、河道の危険箇所について、時として河川管理者が持っていない情報を持っていることがある。地先の住民は毎日川を見ており、洪水時の状態や危険箇所を把握していることもある。

必要に応じて、市民や地元の関係機関等への聞き取りを行い、河道に関する情報収集を実施することが有効である。

3.7 河道監視の内容

平常時、洪水時、洪水直後のそれぞれの時点での河道監視の内容は、表 3・1～表 3・3 のとおりである。

3.8 監視結果の河道特性情報集への記録

現地における河道の監視結果は、河道管理のための重要な情報である。全て一定のフォーマットに基づき写真等とともにその所見を記録し、河道特性情報集に保存する。

平常時

表 3-1 河道監視項目一覧（平常時）

監視の目的		監視行為	必ず実施する事項	実施することが望ましい事項
流れの様子を監視する	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	水文観測業務規程に基づく水位・流量観測	・低水流量観測 ・水位観測 (従来どおり実施)	—
	堤防に対して危険な流れが発生していないかを監視する 水防活動に際しての判断材料にする	目視による流向の監視 水位観測所以外の箇所での時系列の水位観測	—	—
河道形状の変化を監視する	洪水時の流れの実態を把握し、今後の計画・管理等の対策につなげる	航空写真撮影 CCTV 撮影	—	—
	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	樹木群内外での流況調査 洪水痕跡調査	—	—
	河道や施設の影響を及ぼし、時間とともに砂州と樹木群の変化を監視する	縦横断測量	・管轄区域全域を対象 ・「特に注意して監視する項目」(例えば床止工や堰の下流側等)で抽出された箇所では必要に応じて、距離標の間隔(200m)よりも短い間隔で測量 ・概ね5年程度に1回全川の横断測量データが揃うようなサイクルで実施 ・管轄区域全域を対象 ・5年以内に1回、秋季 ・前回撮影したときと同程度の水位の日 ・目的に応じて垂直写真と斜め写真を使い分ける	・「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所では、5年以内に1回、ラジコンヘリコプターやパワードパラグライダー等による低空写真、ビデオ撮影 ・河口砂州が問題となっている河川では、航空写真とともに河口部の深淺測量
	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	航空写真撮影	・河口砂州が問題となっている河川では、毎年出水期前(融雪がある河川は融雪出水期前)に河口部を撮影 ・「特に注意して監視する項目」(砂州による、水位上昇・堤防の直接侵食・高水敷表面侵食・高水敷側方侵食・低水路局所洗掘等)で抽出された箇所を対象 ・年1回の特定巡視 ・デジタルカメラ等で堤防上や橋梁上から定点撮影	—
施設の安全性を監視する	堤防の機能が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の必要性の判断材料とする	目視による砂州の監視 目視による樹木群の監視	・「特に注意して監視する項目」(樹木群による、水位上昇・堤防の直接侵食・高水敷表面侵食・高水敷側方侵食・低水路局所洗掘等)で抽出された箇所を対象 ・年1回の特定巡視 ・デジタルカメラで堤防上や橋梁上から定点撮影	—
	護岸、根固工等の機能が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の必要性の判断材料とする	目視による堤防の監視 目視による低水路河岸の監視	・「特に注意して監視する項目」(堤防浸透)で抽出された箇所を中心として管轄区域の堤防全期間 ・週2回の定常巡視 ・堤防横断工作物設置箇所では、年1回の特定巡視、堤防上から監視 ・「特に注意して監視する項目」(低水路局所洗掘、高水敷側方侵食)で抽出された箇所 ・年1回の特定巡視 ・地上から監視 ・必要に応じて潜水調査	・「特に注意して監視する項目」(低水路局所洗掘、高水敷側方侵食)で抽出された箇所 ・年1回の特定巡視 ・船上から監視
施設の安全性を監視する	堤防の機能が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の必要性の判断材料とする	目視による堤防の監視	—	—

洪水時

表 3-2 河道監視項目一覧（洪水時）

流れの様子を監視する	監視の目的	監視行為	必ず実施する事項	実施することが望ましい事項
河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	水文観測業務規程に基づく水位・流量観測	・高水流量観測 （従来どおり実施） ・水位観測 （従来どおり実施）	—
	堤防に対して危険な流れが発生していないかを監視する	目視による流向の監視	・特に注意して監視する項目（砂州や樹木群に伴う偏流による偏流に伴う堤防直接侵食、横断構造物周辺）で抽出された箇所 ・砂州や樹木群により流れがコントロールされ、堤防に向かう流れや堤防沿いの高速流が発生していないか ・堤防上や橋梁上から監視	・特に注意して監視する項目（砂州や樹木群に伴う偏流による偏流に伴う堤防直接侵食、横断構造物周辺）で抽出された箇所 ・デジタルビデオで流れを撮影
水防活動に際しての判断材料とする	水防活動に際しての判断材料とする	水位観測所以外の箇所での時系列の水位観測	—	・特に注意して監視する項目（河積不足・砂州・樹木群・横断構造物等による水位上昇）で抽出された箇所、及び上下流と比較して相対的に堤防高が低い区間 ・CCTVから確認できる量水標や水圧式水位計等を設置しておき、水位上昇時に計画高水位以下で流下しているかどうか水位の変動を監視 ・管轄区域全域
	洪水時の流れの把握し、今後の計画・管理等の対策につなげる	航空写真撮影	—	・洪水の流れや河道の状態を定性的に把握するための斜め写真 ・特に注意して監視する項目（堤防直接侵食、高水敷表面侵食、高水敷側方侵食、低水路局所洗掘）で抽出された箇所 ・流速ベクトル解析の資料とするための垂直写真撮影（できるだけピケック時）
河道形状の変化を監視する	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	CCTV撮影	—	・特に注意して監視する項目（堤防直接侵食、高水敷表面侵食、高水敷側方侵食、低水路局所洗掘）で抽出された箇所 ・CCTV画像の録画、及びその画像を用いた流向・流速分布の把握
	河道や施設の機能に影響を及ぼし、時間とともに変動する。砂州と樹木群の変化を監視する	樹木群内外での流況調査	—	・特に注意して監視する項目（樹木群による、水位上昇・堤防の直接侵食・高水敷表面侵食、高水敷側方侵食、低水路局所洗掘等）で抽出された箇所、樹木群の倒伏や流出が生じた箇所 ・樹木群内外の流況を把握したい区間を対象に以下の調査を実施 - 区間の流量を観測 - (樹林内) 圧力式水位計等を樹林内に配置し水位分布を観測 - (樹林外) 浮子法等により流速分布、流量を観測
施設の安全性を監視する	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	洪水直前調査	—	—
	河道や施設の機能に影響を及ぼし、時間とともに変動する。砂州と樹木群の変化を監視する	縦横断測量	—	—
施設の機能が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の必要性の判断材料とする	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	航空写真撮影	—	—
	河道や施設の機能に影響を及ぼし、時間とともに変動する。砂州と樹木群の変化を監視する	目視による砂州の監視 目視による樹木群の監視	—	—
施設の機能が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の必要性の判断材料とする	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	目視による堤防の監視	・特に注意して監視する項目（堤防浸透）で抽出された箇所 を中心として管轄区域の堤防全區間 ・堤防～堤内地の変状の有無 ・漏水対策を実施した箇所の状況 ・堤防横断工作物周辺の変状の有無	—
	堤防の機能が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の必要性の判断材料とする	目視による低水路河岸の監視	・特に注意して監視する項目（堤防侵食）で抽出された箇所 を中心として管轄区域の堤防全區間 ・堤防表裏面から護岸にかつての変状の有無 ・特に注意して監視する項目（低水路局所洗掘、高水敷側方侵食）で抽出された箇所 ・局所洗掘や侵食が発生すると考えられる箇所 ・堤防上や橋梁上から監視	・特に注意して監視する項目（低水路局所洗掘、高水敷側方侵食）で抽出された箇所 ・砂面計や洗掘センサーによる河床の変化の調査
施設の機能が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の必要性の判断材料とする	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	目視による横断構造物周辺の監視	・特に注意して監視する項目（落差のある横断構造物周囲や橋脚周り等の低水路局所洗掘・高水敷側方侵食）で抽出された箇所 ・乗り上げ流や落ち込み流等 ・橋脚周りの流れ ・堤防上や橋梁上から監視	—
	堤防の機能が安全に保たれているかどうかを監視し、水防活動等の必要性の判断材料とする	目視による横断構造物周辺の監視	—	—

洪水直後

表 3-3 河道監視項目一覧（洪水時）

監視の目的		監視行為	必ず実施する事項	実施することが望ましい事項
流れの様子を監視する	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	水文観測業務規程に基づく水位・流量観測	-	-
	堤防に対して危険な流れが発生していないかを監視する	目視による流向の監視	-	-
河道形状の変化を監視する	水防活動に際しての判断材料にする	水位観測所以外の箇所での時系列の水位観測	-	-
	洪水時の流れの実態を把握し、今後の計画・管理等の対策につなげる	航空写真撮影 CCTV撮影	-	-
	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	樹木群内外での流況調査 洪水震動調査	-	-
	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	縦横断面測量	<ul style="list-style-type: none"> 管轄区域全域 概ね警戒水位以上 水位上昇の要因となる箇所の周辺では、必要に応じて距離標の間隔(200m)よりも細かい間隔で実施 	-
施設の安全性を監視する	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	航空写真撮影	<ul style="list-style-type: none"> 「特に注意して監視する項目」(流下能力、堤防直接侵食、高水敷表面侵食、高水敷側方侵食、低水路局所洗掘、横断構造物等)で抽出された箇所、河道掘削を実施した箇所 必要に応じて、距離標の間隔(200m)よりも短い間隔で測量 条件により低水路のみの測量も可 護岸の基礎高や根固工の高さが最深河床高よりも深い位置にあるかどうかを監視 	<ul style="list-style-type: none"> 樹木伐採を実施した箇所で侵食、堆積が発生した箇所
	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	縦横断面測量	<ul style="list-style-type: none"> 管轄区域全域 目的に応じて垂直写真と斜め写真を使い分ける 	<ul style="list-style-type: none"> 「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所では、ラジコン(ヘリ)コプターやパワードヘリコプター等による低空写真、ビデオ撮影 河口砂州が問題となっている河川では河口部の深淺測量
施設の安全性を監視する	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	航空写真撮影	<ul style="list-style-type: none"> 「特に注意して監視する項目」(砂州による、水位上昇・堤防の直接侵食・高水敷表面侵食・高水敷側方侵食・低水路局所洗掘等)で抽出された箇所 デジタルカメラ等で堤防上や橋梁上から定点撮影 	-
	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	目視による砂州の監視	<ul style="list-style-type: none"> 河口砂州が問題となっている河川では河口部の航空写真 	-
施設の安全性を監視する	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	目視による樹木群の監視	<ul style="list-style-type: none"> 「特に注意して監視する項目」(樹木群による、水位上昇・堤防の直接侵食・高水敷表面侵食・高水敷側方侵食・低水路局所洗掘等)で抽出された箇所 デジタルカメラ等で堤防上や橋梁上から定点撮影 	<ul style="list-style-type: none"> 樹木が倒伏した箇所では倒伏した樹木及びその周辺で倒伏していない樹木の諸元調査
	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	目視による堤防の監視	<ul style="list-style-type: none"> 「特に注意して監視する項目」(落差のある横断構造物周囲や橋脚周り等の低水路局所洗掘・高水敷側方侵食)で抽出された箇所 床止工や固定堰等の上下流の河岸の侵食と護岸の状況 橋脚周りの侵食と護岸の状況 	<ul style="list-style-type: none"> 護岸設置箇所の上流端・下流端 侵食の有無について地上から監視
施設の安全性を監視する	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	目視による低水路河岸の監視	<ul style="list-style-type: none"> 「特に注意して監視する項目」(落差のある横断構造物周囲や橋脚周り等の低水路局所洗掘・高水敷側方侵食)で抽出された箇所 床止工や固定堰等の上下流の河岸の侵食と護岸の状況 橋脚周りの侵食と護岸の状況 	<ul style="list-style-type: none"> 護岸設置箇所の有無について地上から監視
	河川管理の基礎となるデータを継続的に取得する	目視による堤防の監視	<ul style="list-style-type: none"> 「特に注意して監視する項目」(落差のある横断構造物周囲や橋脚周り等の低水路局所洗掘・高水敷側方侵食)で抽出された箇所 床止工や固定堰等の上下流の河岸の侵食と護岸の状況 橋脚周りの侵食と護岸の状況 	<ul style="list-style-type: none"> 護岸設置箇所の有無について地上から監視

4. 記録・保存するための方法論（河道特性情報集編集要領）

4.1 河道特性情報集作成の目的

管理行為に最も必要なものは、河川管理に関わる情報を、的確に、すばやく収集し、それを意味あるものへと編集し、比較考量（判断行為）し得るシステムである。これまで分散・分断されて蓄積されてきた河川情報を一元的に集約し、これを積極的に河川管理の判断行為に取り入れていくべきである。

河道特性情報は河川横断測量のような定期調査、特定の問題に関連した随時調査等により、これまでに膨大な資料が蓄積されているが、“いざ”というときに直ぐに役立つように体系的に且つ利用しやすく整理されている例は少ない。

河道の管理のなかで河道内に生じた問題を素早く察知して適切な対策を講じる場合、当該河道の状況を過不足なく迅速に把握できる体系的な情報が必要である。この体系的に編集された情報が「河道特性情報集」であり、河道管理システムの基幹と位置づける所以である。

また、河道特性情報集を共通の基準・仕様で編集することにより、他河川との相互比較が容易になり、他河川の経験を利用したり、技術的な議論をする共通の基盤ができ、また逆に個々の河川の特殊性・個性を知ることにも繋がる。

更に、河道特性情報集の編集の経験は、河川に対する理解を深め、河道監視の視野を広げ、有効な現場情報を効率的に収集する技術を身につけることにも役立つ。

河道特性情報集を基に河道の現況を評価し、将来を予測し、必要な対策を立案することとなるため、河道特性情報集の編集作業は河道管理システムの基幹をなす重要な作業である。

また、河道特性情報集は、評価とそれに基づく対応・対策のみならず、有効に活用することで河川管理全般において活用できる有用な情報となる。

4.2 対象とする河道管理項目

河道に求められる機能は、主として治水、利水、環境である。そのための河道管理の主な目標（目的と視点）は、表 4-1 に示すとおりである。河道特性情報集はそれらの項目について現況を監視し、評価し、将来を予測し、必要な対策を立案するために資料を集約し、編集したものである。本要領はその編集の基本方針と方法論を記述するものである。

河道管理のテーマの中で重要視されるものは、流下能力、施設（堤防等）の機能、河道の変動である。本要領ではこれらのテーマに重点を置いて河道特性情報集の編集方法を示した。

表 4-1 河道管理の目的と視点

(1)流下能力
①河積等からみた流下能力
②河道の粗度管理
③堤防の高さ・幅等の断面形状
(2)施設（堤防等）の機能
④洗掘・側方侵食に対する河道の安全性
⑤浸透に対する堤防の安全性
⑥地震に対する堤防の安全性
⑦構造物周辺の変状
(3)河道の変動
⑧河床低下による河川工作物の根入れ不足
⑨河床低下や堆積による取水障害
⑩遊水地等付近の河道の位況と河床高の関係（調節効果への影響）
(4)河川環境
⑪河川環境の変遷の把握
⑫現況の河川環境の把握
⑬河道の変化が河川環境に及ぼす影響の予測
(5)河川利用
⑭高水敷利用のための管理および対応
⑮水面利用のための管理および対応（舟運・各種レクリエーション等）

4.3 河道特性情報集の編集項目

河道特性情報集は、河道の特徴が十分表現されており、河道に求められる機能に問題が生じた場合に、その問題点が明確にわかるように記録されていなければならない。また、事前・事後の評価、対策や予測にも活用できなければならない。

編集項目は、表 4-1 の管理項目を念頭に必要十分な情報を選定する。編集項目の一例を表 4-2 に示す。一つの管理の視点に対し、複数の編集項目が存在するのは、河道の変化や問題点が一つの特性のみでは記述できず、複数の情報を重ね合わせて総合的に解釈しなければ説明できないことを意味している。

ここで特に留意しなければならないことは、河道の特性や問題点は、河川毎に異なるばかりか、区間によっても異なる点である。本要領に示す情報項目のみでは、各河川の特性や問題点の明確化に対して不足することも考えられることから、当該河川の「特徴と問題点」が浮きぼりになるように、情報集の重点は変化させ、編集項目を適宜追加する必要がある。

4.4 情報の収集

各編集項目の作成に必要な基礎資料を収集する。基礎資料は、基本的には既存資料から収集可能であり、情報集の作成のために新たに測量、観測、調査する必要はないと考えられる。

将来の河道の変化を予測して適切に河道管理を行うためには、過去の資料から河道の変化を読み取ることが重要である。その精度を左右するものは、第一に長期間の資料の存在である。分析手法や分析能力が優れていても、資料がないのでは河道の変化特性を見落とししたり、分析に反映することすらできない。したがって、収集作業にあたっては、存在する過去のすべての資料を収集するためのあらゆる努力をする必要がある。

4.5 情報の階層・加工

河川横断測量結果や水文観測データ等の河川・流域に関する基礎資料は、加工することにより意味付けられ高度なものとなり、河道管理に役立つ情報となっていく。したがって、評価や対策の必要性の有無の判断、今後の河道形態の予測などの河道管理の目的・視点に合致するように加工する必要がある。

河道特性情報集を汎用性の高いものにするために、本要領では、情報のレベルを3階層に仕分けして整理・編集し、それぞれについて記載するものとした(表4-3)。

図4-1～図4-3に1次情報から3次情報の例を示す。このように、情報の加工レベルが上がると、情報は意味を持ち、より抽象度の高いものとなり、管理目的に答えられる情報となっていく。

表 4-3 情報の階層・定義

情報レベル	情報の定義
1次情報 (基礎資料)	・河川横断測量結果、水文観測データ、水質データ、環境情報データ等の基礎的データ。 ・測量、観測、調査されたままの状態の各年のデータである。
2次情報 (加工資料)	・1次レベルの情報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。3次レベル情報に引き渡すための情報。 ・流況・位況の経年変化、河床高の経年変化、それらの各情報を重ね合わせたデータ等である。
3次情報 (評価資料)	・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。 ・流下能力評価資料、洗掘や侵食・浸透に対する評価資料などである。

4.6 各種視点に沿った情報の重ね合わせ、体系的編集

河道管理に役立つ情報を編集するにあたり重要な作業は、一次情報（基礎情報）を管理目的にあった形に加工する際に、下記のような“何を知りたいのか”という情報編集の視点を意識して、各種情報を重ね合わせることである。

- ・河道の特徴と課題を知る
- ・今後の被災箇所を予測するため過去の洪水における被災特性（形態、原因等）を知る
- ・河道の変化が河川環境の変化に及ぼす影響を予測する
- ・流下能力の阻害要因を分析する
- ・洗掘、側方侵食に対する河道の安全性を評価する 等

各種情報を重ね合わせることで、河道の特性、現状と課題、河道の変遷過程、インパクトとレスポンスの関係、河道変化の将来の予測など、さまざまな新たな事実が浮かび上がり、河道管理情報としての価値が高まる。この情報の重ね合わせのテクニックの良否が河道の特徴・状態・予測の正しい理解、管理の方向性を大きく左右することになる。

情報の重ね合わせには、異なる種類のデータの重ね合わせと同じ情報の空間軸・時間軸での重ね合わせ、その複合の重ね合わせがある。河道の変化や問題が生じた原因は何か、それを表現できる情報は何か、その問題と原因はいつから始まったかという視点で重ね合わせの方法を選定することが重要である。

D-7 河道横断面図 (12/32)

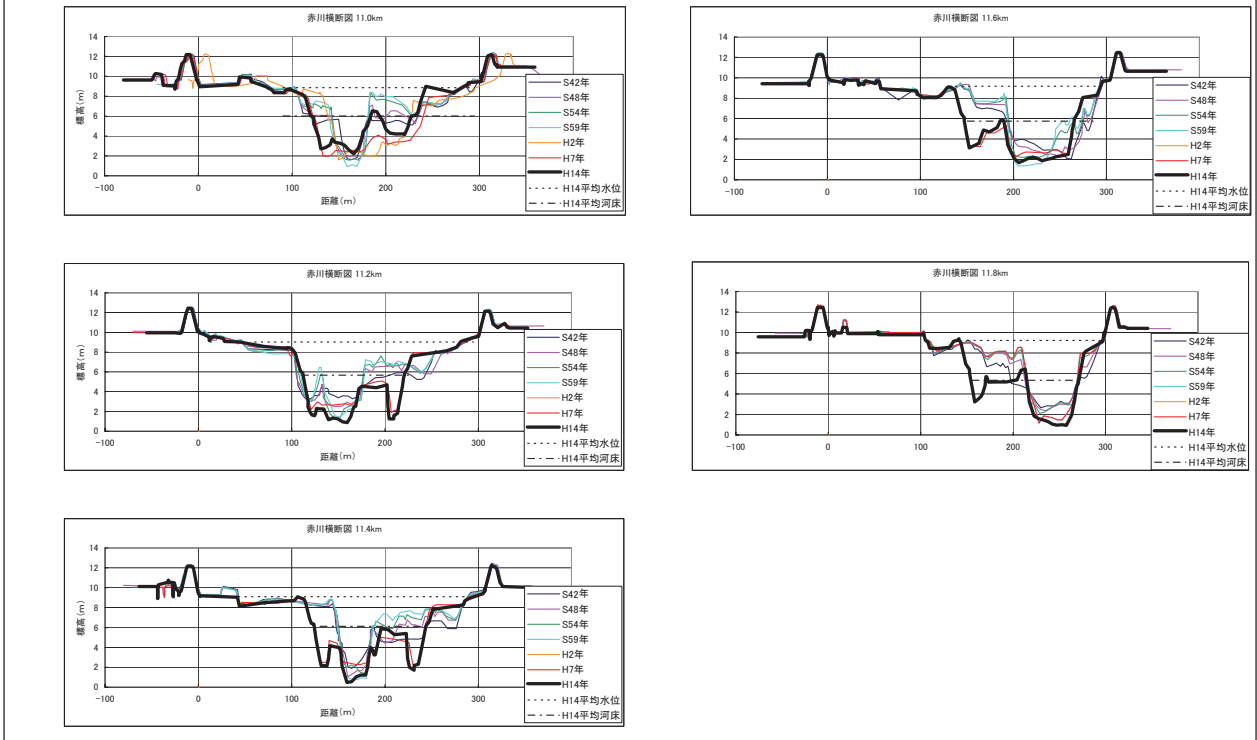


図 4-1 河道特性情報集作成例 (1次情報)

D-11 高水数上の水深、流速、 u_*^2 , τ_{*R} (計画高水流量)

- 計算条件
 - 水位：準二次元不等流計算
 - 流量：計画高水流量
 - 横断面：H14測量断面
- 高水数のある区間のうち、流速 $2m/s$ となる主な区間は約 $20k \sim 30k$ の区間となっている。

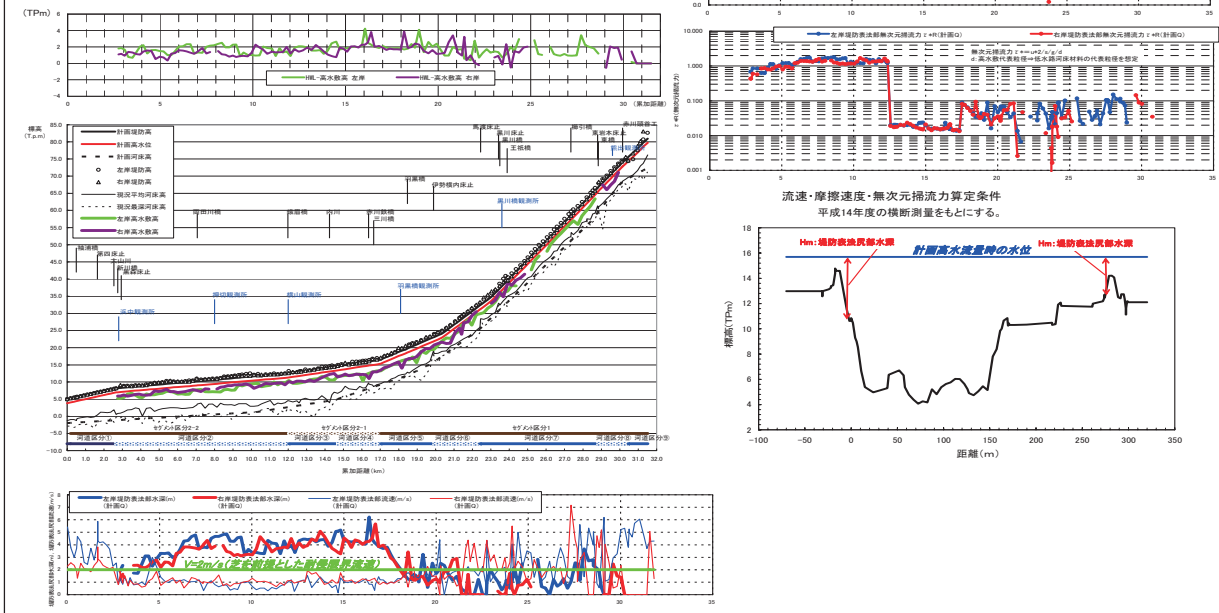


図 4-2 河道特性情報集作成例 (2次情報)

J-3 現況河道の水位上昇要因（整備計画流量流下時の要因別流下能力障害流量）（1/2）

●準二次元不等流計算により算定した整備計画流量流下時水位の要因別上昇水位（樹木、 $\Delta h1 \sim \Delta h4$ ）を流量に換算し障害要因別流量を算定した。各 Δh に対応する流量（障害要因別流量）は、下式で求めた。

$$\text{各 } \Delta h \text{ の流量} = \text{整備計画流量流下時の計算水位を現況HQ式で換算した流量} - (\text{計算水位} - \text{各 } \Delta h) \text{ を現況HQ式で換算した流量}$$

ここで、「計算水位 - 各 Δh 」はJ-3(2/2)に示す要因別水位である。

●樹木を含む Δh による流量上昇量は、5k~17kで500m³/s以上であり、その上流は断続的に500m/s以上となる区間があり、最大1200m³/s程度（25付近）となる。

●要因別に見ると、赤川の流量上昇量の大部分は樹木によるものであることがわかる。

●樹木以外では、合流 $\Delta h1$ と橋脚 $\Delta h2$ はゼロに等しく、弯曲 $\Delta h3$ は大ききても100m³/sであり、砂州 $\Delta h4$ は最下流部で150m³/s、最上流部で300m³/s程度となり、セグメント1の区間では最大の流下能力障害要因となる断面もある

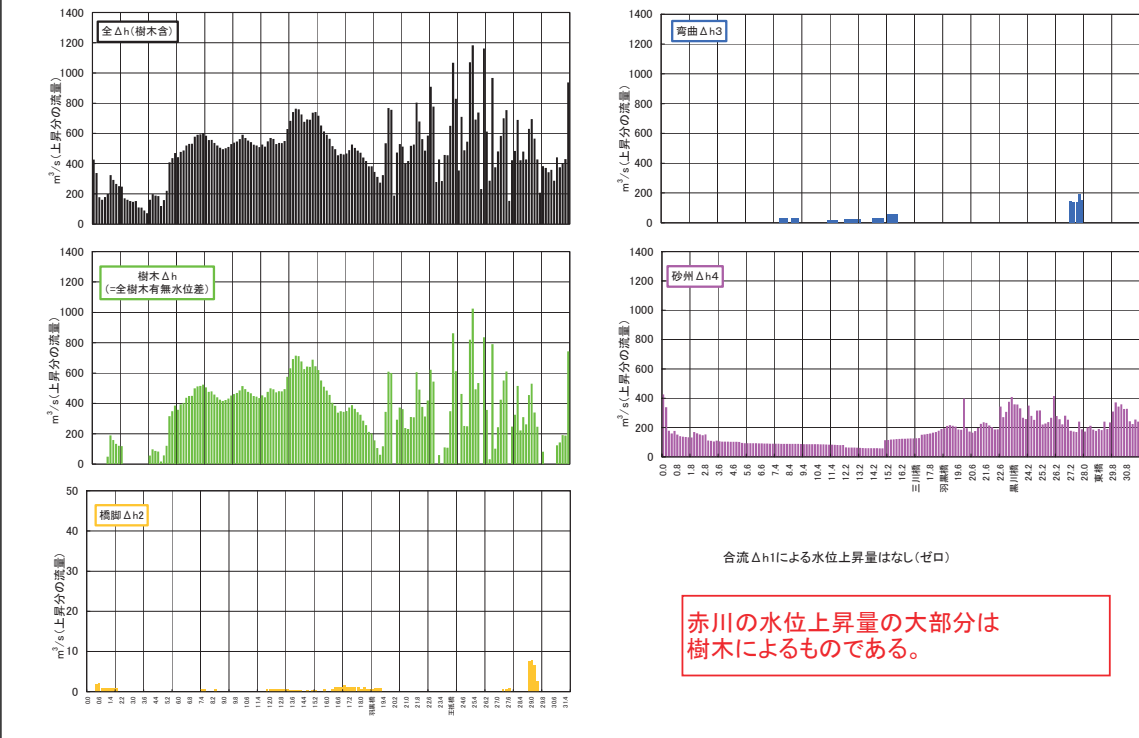


図 4-3 河道特性情報集作成例（3次情報）

4.7 追加更新時期

河道の監視要領に基づく調査、巡視・点検の実施後、その他調査の実施後に河道特性情報集を更新する（表 4-4）。

1) 5年に1回更新されるもの

一般的に縦横断測量は対象区間を概ね5等分し、5年かけて全川の測量を終了するサイクルとなっている。そのため、全川での測量が終了した年（5年に1回）で、1度関連する情報を整理し、河道特性情報集に反映する。

2) 毎年更新されるもの

水位・流量については時刻単位で観測されており、それらを集積した年データを基に年最大値や年平均値等を算定し、河道特性情報集に反映する。

3) 毎週更新されるもの

河道の監視要領に基づく巡視・点検は、平常時、洪水時、洪水直後の3時点で実施されるが、そのう

ち平常時については週2回実施される。この平常時の監視結果を監視カルテに記録する。

4) 洪水の発生や調査などが実施された後に更新されるもの

洪水後、洪水直後などに実施される調査および巡視・点検結果については、それらの実施後に河道特性情報集に反映する。そのうち河道の監視要領に基づく洪水時、洪水直後の監視については、監視カルテに記録し、洪水による影響を評価する際に測量等の調査結果と合わせて更新する。

5) その他の調査および巡視・点検を踏まえた追加更新時期

河道の監視要領以外で実施される調査や巡視・点検等が反映される項目については、基本的にそれら調査や巡視・点検が実施された後に更新する。なお、定期的な調査および巡視・点検が実施されることがない項目（例えば流域の概要など）については、5年に1回を目途に更新する。

表 4・4 河道特性情報集の追加更新時期

週2回更新	年1回更新	洪水の発生・調査等の実施後に更新		調査等の定期的な予定のないもの 決まった調査等がないため、5年に1回は見直しを行う。
		5年に1回更新	洪水後 洪水の発生に伴い実施した調査結果等をもとに更新する。	
<p>時刻データ等をもとに年間値を算定して反映する。</p> <p>C-3 各観測地点の年最大流量・流況・位況</p> <p>D-15 河道外への土砂搬出量、搬出年</p> <p>D-16 ダムの運用と土砂堆砂量</p> <p>H-3 水質の経年変化</p>	<p>このうち*の項目については、洪水の発生に伴い縦断測量や空撮等が実施されれば、その都度更新する。</p> <p>B-2* 縦断形状(頭尻堤防高、HWL、計画堤防高、平均河床高、最深河床高、堤内地盤高)</p> <p>B-4* 堤間幅、低水路幅、高水数幅</p> <p>D-3* 航空写真でみる河道の変遷(終年写真、低水路水面幅の変遷、滞筋の変遷)</p> <p>D-4* 平均河床高・最深河床高の経年変化</p> <p>D-5* 低水路の安定性(平均年最大流量時のU_c、τ_{*R})</p> <p>D-6* 低水路内の水深、流速、U_c、τ_{*R}、B/H_m、H_m/d_R(平均年最大流量、計画高水)</p> <p>D-7* 河道横断面図</p> <p>D-8* セグメント縦断区分と根拠</p> <p>D-9* 高水数高さ(低水路深さ)</p> <p>D-10 高水数地盤、植生状況</p> <p>D-11* 高水数上の水深、流速、U_c、τ_{*R}(計画高水流量)</p> <p>D-12* 砂州形態、砂州幅、砂州長さ、列数</p> <p>D-13* 滞筋経年変化と川幅水深比</p> <p>D-14 土砂収支</p> <p>H-1 河川環境の概要</p> <p>H-2 河川環境マップ</p> <p>H-4 環境模式図</p> <p>I-1 河川空間利用分布図</p> <p>J-1* 現況流下能力</p> <p>J-2* 樹木有り、無しでのHWL流下能力</p> <p>J-3* 現況河川の水位上昇要因(整備計画流量流下時の要因別流下能力阻害流量、水位上昇量)</p>	<p>監視カメラテ(洪水時)</p> <p>監視カメラテ(洪水直後)</p> <p>C-2 既往主要洪水一覧</p> <p>G-1 洪水時表面流速解析結果</p> <p>G-2 洪水時最深河床高計測結果</p> <p>K-2 洗掘侵食特性図(洗掘深h_s、侵食幅b、平均水深h_m、$b/h_m = \alpha$、$h_s/h_m = \beta$等)</p> <p>K-3 洗掘に対する評価結果</p> <p>K-4 側方侵食に対する評価結果</p> <p>K-5 堤防表面の耐侵食評価</p> <p>K-6 洗掘・側方侵食に対する安全性評価結果</p>	<p>B-1 河川管理施設位置(堰、床止)、許可工作物位置(橋梁)</p> <p>B-3 河床材料粒度分布</p> <p>C-1 水位、流量観測所</p> <p>D-18 伐採履歴</p> <p>E-1 堤防台帳</p> <p>E-2 高水護岸構造図</p> <p>E-3 低水護岸、水制構造図および護岸基礎高、根固工幅縦断面図</p> <p>E-4 河川工作物物施設台帳(河川管理施設・橋管等)</p> <p>E-5 河川工作物物施設台帳(許可工作物・揚水機場等)</p> <p>E-6 橋梁台帳(許可工作物)</p> <p>E-7 河川管理施設調査(施設位置等)</p> <p>E-8 河川カルテ</p> <p>E-9 床止工、頭首工一般平面図</p> <p>E-10 工事履歴</p> <p>F-1 被災箇所一覧表および治水地形分類図</p> <p>F-2 被災概要(既往の主要洪水概要、洪水写真)</p> <p>I-2 取水施設、取水量、取水系統図</p> <p>K-1 洗掘・側方侵食に対する河道の安全性評価方法</p> <p>L-1 堤防基礎地盤土質縦断面図</p> <p>L-2 堤防基礎地盤土質横断面図</p> <p>L-3 堤防の浸透に対する詳細・概略点検結果(堤体材料、築堤年代、旧河道、堤体動水勾配、浸透に対する評価結果)</p> <p>M-1 堤防設計指針に示す方法による概略評価</p> <p>M-2 堤防の地震に対する点検結果</p> <p>N-1 河川巡視(平常時、出水時)における変状報告書資料</p> <p>N-2 出水期前後の堤防等点検における変状報告書資料</p> <p>N-3 水閘門施設の定期点検における変状報告書資料</p> <p>N-4 樋管、樋門等の操作要領・就業規則に関する点検資料</p> <p>O-1 老朽化構造物に対する概略評価結果</p>	

5. 評価の方法論（河道の評価要領）

5.1 河道評価の目的

河道の評価は、治水に関わる巡視点検・測量等の監視、水防活動、河川改修、あるいは投資の優先順位などを行う際の基本的な情報として活用することを目的に実施するものである。

「河道の評価要領」は、そのための方法論を示したもので、河道特性情報集の各種データを活用して河道の状態を評価し、「特に注意して監視すべき項目・箇所」を特定する方法について示したものである。「河道の評価要領」に基づき検討した評価結果は、緊急的に対策する必要があるのか、あるいは「河道の監視要領」に基づき監視していくべきなのかの判断根拠となる。

何が要因となって、どこでどのような被災が生じるかということは、現場での監視だけで判断することは困難である。河道の安全性を低下させる要因を把握するためには、各河川の河道特性情報集から河道特性を分析・解釈し、過去の洪水で何が起きてきたのか、今後どのような現象が起り得るかを予測しつつ、要因を特定する必要がある。特に破堤に至るなど河道の安全性を低下させる現象は、「特に注意して監視する項目」として取り上げ、ある一定の基準を設けて河道の安全性を要因別に適切な手法で定量的・定性的に評価することが必要となる。

その一定基準値を下回った箇所は、「特に注意して監視する項目」で抽出される箇所として設定し、重点的、継続的に管理することで、効率的、効果的な河道管理が可能となる。

河道の評価は、定期的及び大規模な出水の後に適宜見直しを行う。評価や監視、対策の結果は、河道管理のための重要な情報として、河道特性情報集に整理・蓄積し、再度、河道を評価する場合の情報として活用される。

なお、評価結果を活用する際には、河川整備計画をはじめ、河川管理に関する各種の行動計画と整合を図る必要がある。

5.2 堤防破堤のメカニズム

本検討は、流域に重大な被害をもたらす堤防の破堤に関わる現象に着目して河道の安全性を評価するものである。代表的な堤防破堤要因を以下に示す。

1) 堤防越水

土質材料で構成される河川堤防は越水に対して極めて脆弱で、破堤原因の75%は越水に起因するものである。堤防の高さが確保されていても、樹林化や河床上昇による河積減少等様々な条件により流下能力が低下し、越水する可能性がある。よって、流下能力を評価することは極めて重要である。

2) 堤防浸透

堤防が整備されてくると降雨あるいは流量が増大しても上流部が破堤しなくなり、増大した流量がそのまま下流部に流下する。特に、中流部から下流部の堤防は高い水位と長い洪水継続時間により浸透破壊の危険度が増加している。よって浸透破壊に対する堤防の安全性を評価することは重要である。

3) 堤防直接侵食、高水敷表面侵食

堤防植生には雨水や流水による法面等の侵食を保護する機能がある。地上部の葉や茎は、雨水や流水が与える法面への外力を和らげる働きがある。また、根系は地表面の根の間にある土粒子を保持し、雨水や流水から土粒子の流出を防止または軽減させる働きがある。土粒子が流出し流水が作用し続けると堤体が薄くなり、天端が崩壊し堤防破堤の危険度が増加する。よって堤防表面あるいは高水敷表面の流水による侵食に対する耐力を評価する必要がある。

4) 高水敷側方侵食、低水路局所洗掘

高水敷側方侵食は、流水によって高水敷が横方向に侵食されていくことであり、やがて堤防に影響が及ぶことになる。側方侵食は、流路平面形状がわん曲して水衝部になっている外岸側で発生しやすいが、流れの直進性によりわん曲部であっても内岸側で起こることもある。河川構造物や樹木群、砂州等によ

り流向が変化するとわん曲部でなくても侵食が発生することがある。また、洪水中の水位の変化に応じて、流向が変化する場合があり、それによって水衝部も変化する。

低水路局所洗掘は、低水路護岸の脚部の河床洗掘によって護岸の根入れ不足が生じ、護岸の基礎より下方から土の流出を起こし、護岸基礎や護岸背面が緩む。そうすると、護岸が沈下、流出して破壊され、侵食に対して機能しなくなり、高水敷が側方侵食される。

高水敷側方侵食や低水路局所洗掘が生じると、堤防本体へ影響が及び、ひいては破堤する可能性がある。よって高水敷側方侵食や低水路局所洗掘に対する堤防の安全性を評価する必要がある。

5) 横断構造物の影響

河道内に構造物が設置されると、洪水流下の障害となったり、構造物周辺において流れが局所的に変化し、それに伴って河床洗掘や河岸侵食等を引き起こす。その結果、堤防破堤につながることもあるため、構造物の影響による堤防の安全性を評価する必要がある。

- ・構造物付近における水位上昇
- ・構造物周辺の流向・流速の変化
- ・構造物付近の局所流による洗掘・堆積 等

5.3 評価の対象項目と評価方法

河道は、治水・利水・環境に関わる多面的な機能を持ち合わせているが、本要領では、このうち治水面での評価を取り扱う。治水面の評価は、整備計画流量を流すための「器の大きさ（量的安全性）」と、「器の質（質的安全性）」（堤防の浸透や洗掘等）で評価する。評価にあたっては、現在の河川技術水準、計画・設計論（堤防・護岸・横断構造物）等を踏まえた安全性の判断基準値との比較を行い、河川間や区間毎の相対比較が可能なようにランク分けして河道の安全性を判断する（表 5-1）。

流下能力の評価は、堤防の断面形状、及び河積、つまり「器の大きさ」に関する問題を対象とする。

施設の機能評価は、堤防浸透・堤防直接侵食、高水敷の表面侵食・側方侵食、低水路局所洗掘等の「器の質」の問題、及び洪水調節施設等の機能の発現に関連する問題を対象とする。

表 5-1 対象とする評価項目と評価方法の概要

評価項目		評価方法	評価ランク
流下能力（量的安全性）		堤防の安全性が確保できる計画高水位以下で整備計画流量が流下できるかどうか、及び堤防の断面形状が計画どおり確保されているかどうかにより評価する。流下能力が不足する区間は、その要因を特定する。	A～Dの4ランク A：安全 C～D：重点区間
施設 （堤防等）	堤防の直接侵食	堤防法面近傍の流速と植生法面のせん断抵抗の比較によって評価する。	評価基準値以上か、未満か
	堤防の浸透	すべり破壊と基礎地盤のパイピング破壊に対する堤防の安全性を照査した堤防の浸透の詳細点検結果に基づき評価する（未実施の場合は概略点検結果を活用）。	評価基準値以上か、未満か
の機能 （質的安全性）	堤防に影響を及ぼす低水路河岸の側方侵食・局所洗掘	河道をセグメント、平面形状等の河道特性毎に区分し、各区間の過去の被災実績から予測される洗掘深、側方侵食幅と現況河道の護岸基礎高、高水敷幅との比較によって評価する。	A～Dの4ランク A, B：安全 C, D：重点区間
	横断構造物	構造・現状の状態を把握し、付帯する護床工、高水敷保護工、護岸等が構造令等の基準に対して適切に設置されているかで評価する。	構造令等の基準を満たしているか、いないか
		構造物の存在により洪水時に堤防に向かう流れ、局所洗掘、水位上昇などが生じ堤防の安全性に影響を及ぼさないかで評価する。	堤防に影響があるか、ないか
洪水調節施設等の機能に影響を及ぼす区間の河道変化		越流・分派に影響を及ぼす区間について、計画・設計時と現況の河道条件を比較し、遊水地・放水路等の洪水調節施設の機能（洪水調節量）が維持されているかを評価する。	機能が維持されているか、いないか

5.4 河道評価の検討手順

河道の評価にあたっては、基本的な情報として河道特性情報集を活用して、各種情報の加工・重ね合わせを行い、河道の変化傾向を把握・予測する。この情報を基に、河道がどのような条件・状態のときに安全性が低下するのかを要因別に分析する。

その要因がもたらす現象（流下能力の低下、施設の機能の低下）を「特に注意して監視する項目」として取りあげ、河道の安全性を定量的あるいは定性的に分析し、基準値との比較により安全性を評価し、ランク分けする。その評価結果をもとに、安全性が低い箇所を「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所として設定する。

以上の評価結果をもとに、河川管理者は、特に注意して監視する項目で抽出された箇所では緊急的な対策を必要とするのか、またはその経過を特に注意して監視していくのかの方針を決定し、対策または監視を着実に実施する。評価結果あるいは監視結果は、河道特性情報集に記録・追加していく。

評価の手順を以下に示す。

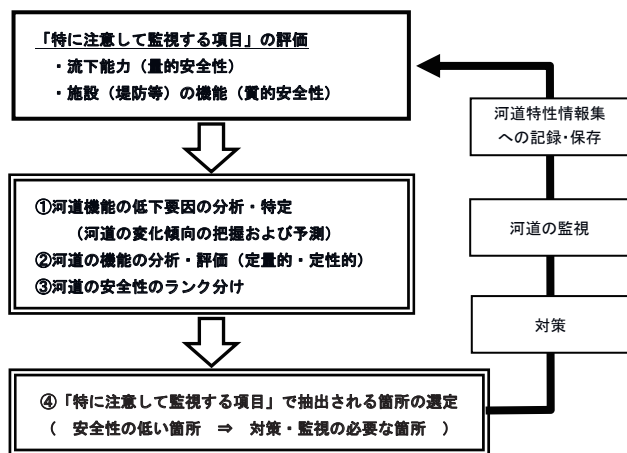


図 5-1 河道の評価手順

5.5 流下能力の評価

5.5.1 流下能力の評価方法

本検討で現況河道の流下能力を評価する目的は、

以下の2点である。

- ・流下能力向上対策の必要性を判断すること。
- ・流下能力不足区間での要因別対応方針（監視、改修等の対策）に活用すること。

流下能力の算定は、「河道計画検討の手引き」（国土技術研究センター）に基づいて行う。

流下能力の管理の目標は、堤防の基本断面形状が確保されており、かつ整備計画流量が計画高水位以下で流下できることとする。評価にあたっては、河道の器の大きさ（河積）と現況の堤防断面の形状を踏まえるものとする。

流下能力評価の判定（ランク分け）は、図 5-2、図 5-3 の通り A, B, C, D の4段階評価とする。評価結果の A ランクは現状では安全であるので通常の監視を行う。B, C, D ランクは「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所とする。評価結果は、区間毎にこのまま現状を維持・監視していけば良いのか、あるいは築堤、掘削等改修していく必要があるのか等、今後の流下能力管理の基礎情報として活用していく。

5.5.2 流下能力を低下させる要因の分析

流下能力の不足箇所では、不足要因を把握し、要因別・区間別の今後の対応方針（監視、改修等の対策）の作成に活用する。

流下能力を低下させる要因には、河積不足、河道内の樹木繁茂、支川の合流、河道内の構造物、わん曲部、砂州（中規模河床形態）等がある。それらが、河道内のどこに位置し、どの程度の障害になっているかについては、上記要因の有り無しの不等流計算等を行うことによって把握することができる。各要因が流下能力をどの程度障害しているか断面毎に把握する。

なお、河道が山付きの箇所では、かつがけ崩れや地すべり等の土砂災害が発生した場合に、土砂が河道内に直接流入すると、流下能力の障害となり、上流の有堤部で破堤に至る可能性がある。このような箇所では、「河道の監視要領」に基づき、必要な対応を行う。

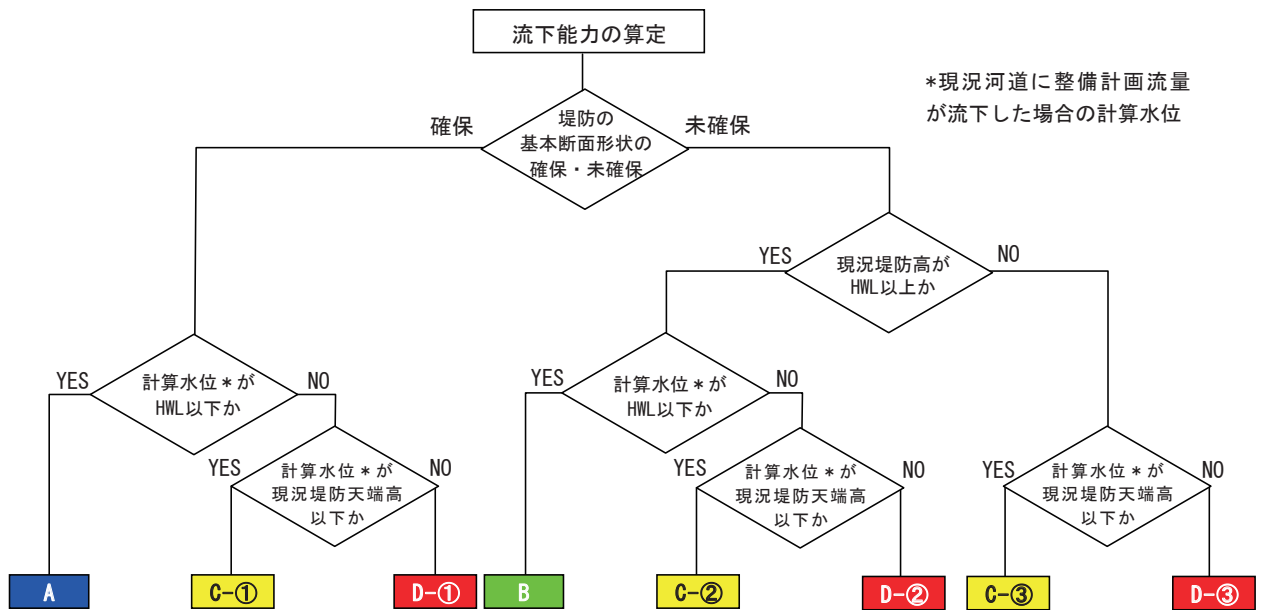
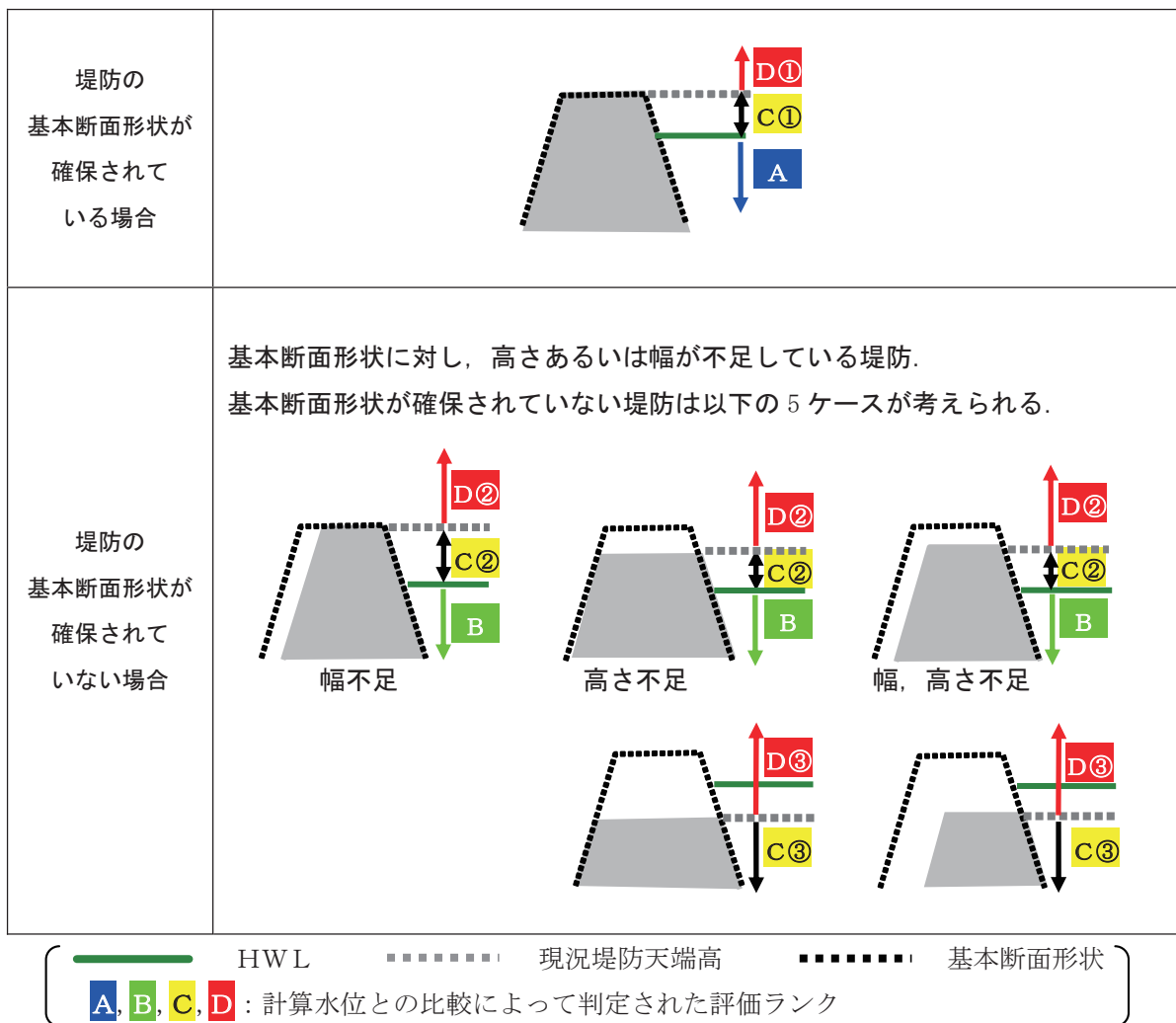


図 5・2 流下能力評価フロー



※ここでの「基本断面形状が確保された堤防」とは、これまでの完成堤における形状を満足している堤防を意味する。

図 5・3 堤防の定義

5.6 施設（堤防等）機能の評価

5.6.1 堤防浸透の評価

1) 既存の評価

現在、堤防浸透の評価として、「堤防の概略点検」と「堤防の詳細点検」が行われている。

河川堤防の浸透に対する概略点検（『河川堤防の浸透に対する安全性の概略点検について』、平成 8 年 10 月および平成 9 年 1 月付治水課事務連絡）は、主として既存の各種資料を収集整理し、堤体や基礎地盤の土質条件あるいは過去の被災履歴等をよりどころに浸透に対する堤防の安全性を概略的に評価したものである。この際に設定した安全性の概略評価ラ

ンクは、A（安全性が高い）、B（安全性がやや高い）、C（安全性がやや低い）、D（安全性が低い）の 4 段階である。

詳細点検（『河川堤防設計指針』、平成 14 年 7 月、治水課長通達）は、概略点検結果による安全性の評価を踏まえ、堤防強化の検討に向けて詳細な調査を実施したものである。評価結果は基準値を満たすか、満たさないかの判断のため、2 段階評価である。

2) 堤防浸透の評価方法

詳細点検は現時点で最良と考えられる解析手法を導入し評価を行っているため、浸透に対する堤防の安全性評価結果は「詳細点検結果」を適用する。詳細点検が未実施の区間は「堤防の概略点検結果」を

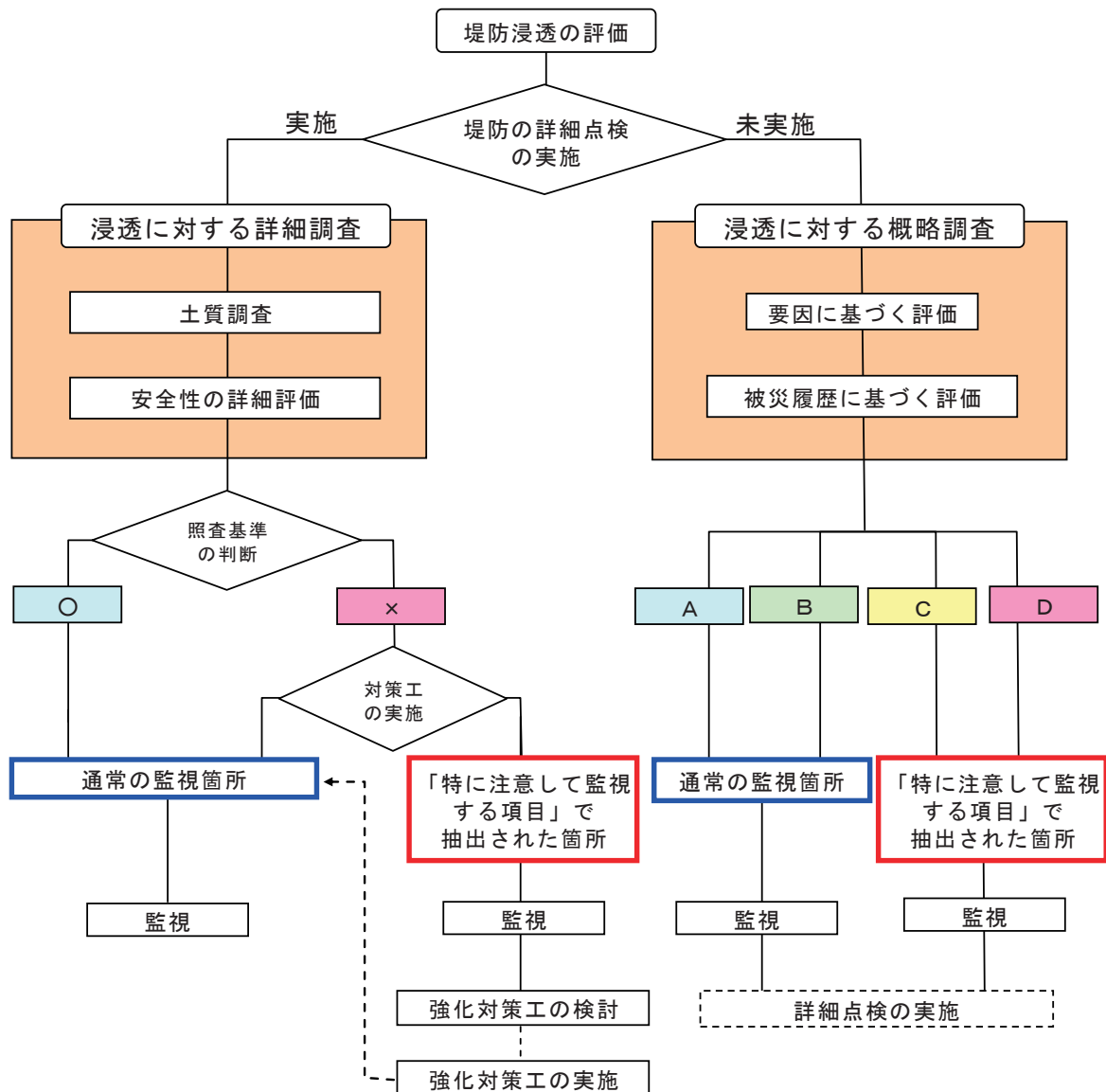


図 5.4 堤防浸透の評価フロー

図 5-5 既存の評価結果を活用した浸透評価の考え方の例

距離	10			15			20		
概略点検結果	B	C	D	C	B	C	D	C	B
既設対策工の実施				実施					
詳細点検結果				基準値以下			基準値以上		
				×			○		
詳細点検後の対策工の実施状況				実施					
最終的な評価結果	B	C	×	○	D	C	B	C	B
「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所	通常	特注	通常	特注	通常	特注	通常	特注	通常

通常：通常の監視箇所 特注：「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所

適用するものとする。

詳細点検結果により判断基準値を下回った区間を『特に注意して監視する項目』で抽出された箇所』とする。詳細点検を実施していない区間は概略点検結果の C ランク、D ランクを「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所として設定することを基本とする (図 5-4)。

ただし、詳細点検結果が基準値を満足していない箇所であっても、詳細点検後の対策工が適切に実施されている場合は、安全性が増していると考えられるため「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所として設定しない。また、概略点検結果しかなく、C, D ランクに判断されている箇所は、たとえ何らかの既設対策工が実施されていても、詳細点検が未実施のため「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所として設定する (図 5-5)。

5.6.2 堤防直接侵食、高水敷表面侵食の評価

洪水時には、堤防表法面や法尻付近に流水が直接作用して表面を被覆する植生がはがれ、堤体を構成する土砂が流出して破堤に至ることがある。

植生の流水に対する耐力を評価する指標の一つとして、流速が挙げられる。張芝の侵食限界流速は、図 5-6 に示すように 2m/s (根の層厚 10cm の場合) が目安となることから、堤防直接侵食に対する安全性評価は、現況河道での整備計画流量流下時の堤防前面流速とこの値とを比較することによって行う。堤防近傍、高水敷表面の流速として、不等流計算によって算出した平均流速を使用する場合は、「護岸の力学設計法」による平面形状による方法で補正した

流速を使用する。高水護岸が設置されている場合は堤防の直接侵食は生じないものと考え、評価は行わない。

高水敷の表面侵食に対する安全性は、堤防侵食と同様に張芝の侵食限界流速 (2m/s) と堤防近傍の高水敷流速を比較し評価する。高水敷表面が裸地の場合は無次元掃流力 τ_{*c} が 0.07 を基準とする。なお、限界掃流力は、岩垣公式では $\tau_{*c}=0.05$ 、Shields 曲線では $\tau_{*c}=0.06$ であるが、堤防の安全度を低下させない程度の高水敷の多少の乱れ・荒れは許容すると考え、 $\tau_{*c}=0.07$ とした。これらの流速や無次元掃流力による判断によりがたい場合は別途検討する。

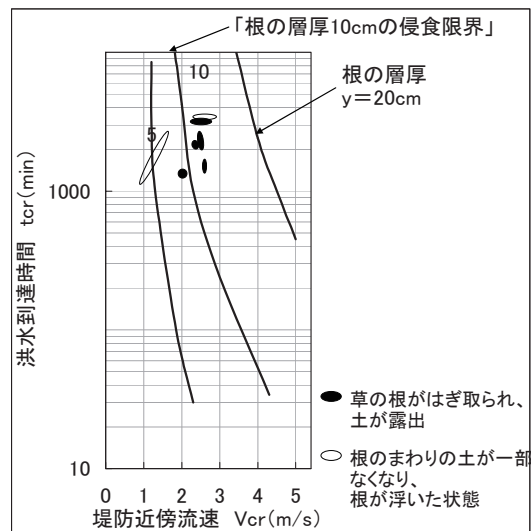


図 5-6 堤防近傍流速と張芝の侵食限界との関係

5.6.3 高水敷側方侵食、低水路局所洗掘の評価

1) 評価対象区間

高水敷側方侵食や低水路局所洗掘が生じると、堤防本体へ影響が及び、破堤が生じる可能性がある。被災が生じる箇所・区間は、河道特性の影響や横断

構造物の上下流などによるところが大きく、すべての箇所・区間で生じるとは限らないため、河道特性等を踏まえて評価手法を変える必要がある。

側方侵食・洗掘を評価する際には、侵食が生じやすい箇所が移動するか否かの観点から対象区間を緩流区間（例えばセグメント 2-2）、急流区間（例えば扇状地河川、セグメント 1, 2-1）に分け、それぞれ評価する。図 5-7 に評価フローを示す。

急流区間では、どの断面でも侵食、洗掘が生じる可能性があるとし、全区間を評価対象区間とすることを基本とするが、河道特性及び過去の被災特性等も踏まえて評価対象区間を適切に設定する。

緩流区間では、侵食や洗掘が生じる区間は平面形状等の河道特性と密接に関わっていることから、全ての区間を評価対象とせず、河道特性及び過去の被災特性等を踏まえて評価対象区間を適切に設定する。

2) 被災パターンに応じた評価手法の選定

評価対象となった区間は、護岸の設置状況に応じた評価手法を選定する。

護岸設置区間に対する評価は、「側方侵食に対する評価」と「護岸基礎高に対する評価」とを複合して評価するものとする。これは、被災パターンとして、

まず低水護岸又は堤防護岸の基礎が洗掘被災し、その後、高水敷が横方向に侵食され、堤防の侵食被災に至る、という過程が想定されるためである。

したがって、洗掘評価は護岸基礎高評価（縦方向）と高水敷側方侵食評価（横方向）を複合して評価するものとする（図 5-8）。

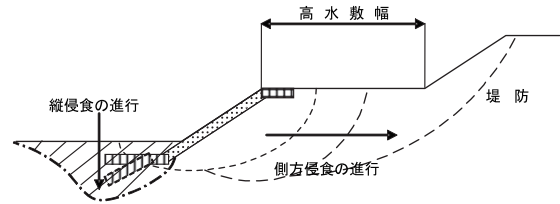


図 5-8 護岸のある断面の評価イメージ（複合評価）

低水護岸が設置されていない箇所については、側方侵食評価（横方向）のみの評価方法を用いることとする（図 5-9）。本来の正常な機能を有していない護岸は、護岸がないものとして、護岸がない場合の評価方法により検討する。

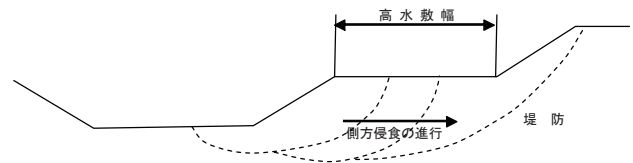


図 5-9 護岸のない断面の評価イメージ（側方侵食のみ評価）

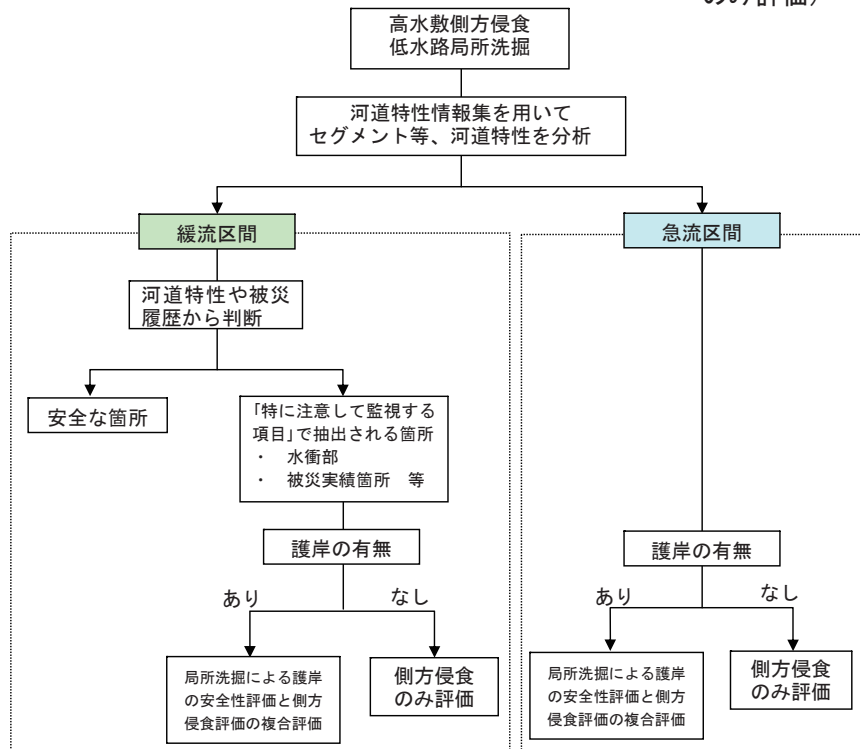


図 5-7 高水敷側方侵食・低水路局所洗掘の評価フロー

3) 緩流区間の評価

緩流区間における評価手順を図 5・10 に示す。

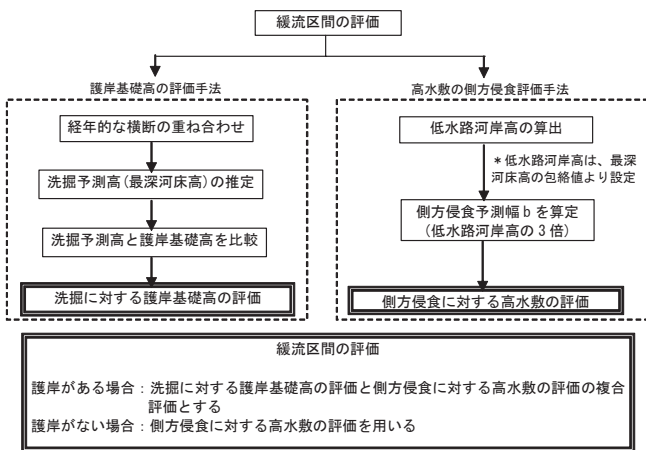


図 5・10 緩流区間の評価の手順

評価方法の詳細を以下に示す。

(1) 側方侵食の評価

① 低水路河岸高の算出

低水路河岸高は、各断面の最深河床高より設定する。

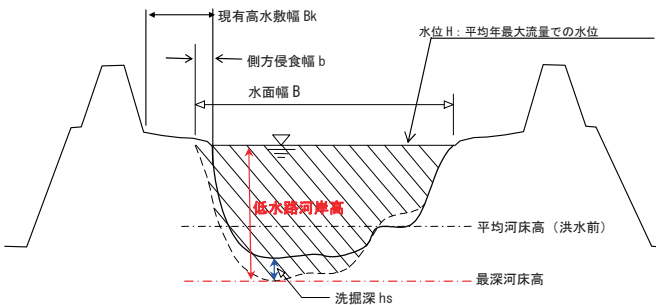


図 5・11 低水路河岸高の算出

② 側方侵食予測幅 b の算定

緩流区間における側方侵食予測幅 b は、低水路河岸高の 3 倍として設定する。なお、当該河川において既往の洪水による高水敷の侵食幅が整理されている場合には、これらの実績を踏まえることとする。

表 5・2 高水敷の側方侵食予測幅

セグメント分類	1 洪水で侵食される高水敷幅 b の目安
2-2 及び 3	側方侵食幅 $b = \text{低水路河岸高 } h \text{ の } 3 \text{ 倍}$

③ 側方侵食に対する高水敷の安全評価

既存の高水敷幅 B_k 方侵食幅 b を比較し、高水敷の

側方侵食に対する安全性を「a」「b」「c」の 3 段階で評価する (表 5・3)。

表 5・3 高水敷の側方侵食の評価

評価	内容
a	現況高水敷幅 B_k が側方侵食予測幅 b より大
b	現況高水敷幅 B_k が側方侵食予測幅 b の 0.5~1.0 倍
c	現況高水敷幅 B_k が側方侵食予測幅 b の 0.5 倍未満

※護岸がない場合は「A, B, C」と表示する。

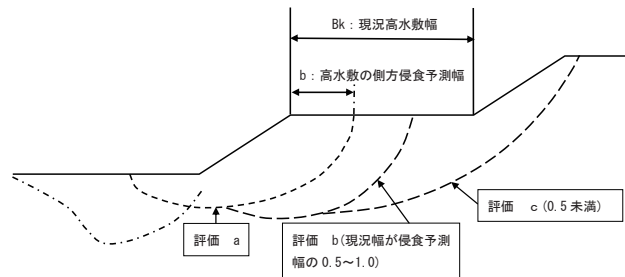


図 5・12 洗掘予測深の算出

高水敷幅の評価は厳密には侵食予測幅以上に高水敷幅があるかないかで評価するものであるが、ここでは 3 段階で評価するものとして、0.5 倍の幅を有するかどうかを区分の基準とする。

現況高水敷幅が側方侵食予測幅の 0.5 倍以下では、高水敷が多少あっても堤防保護の機能が果たせず、高水敷がないに等しいものとし、0.5 倍以上あれば堤防保護の機能がある程度期待できるものとする。

(2) 洗掘深の評価

① 洗掘予測深の算定

洗掘が生じるような既往の複数洪水について、洪水前後の横断面の重ね合わせにより断面毎・洪水毎に洗掘予測深 h_s を算出する (図 5・13)。

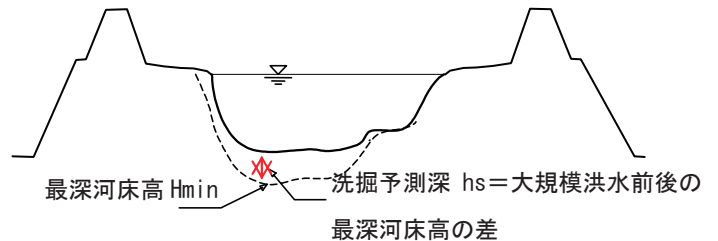


図 5・13 洗掘予測深の算出

② 洗掘予測高の予測

各洪水の洗掘予測深 h_s の最大値を現況平均河床高から引いて、洗掘予測高 (標高) を算定する。

③ 洗掘予測高（標高）と護岸基礎高等との比較

②で求めた洗掘予測高（標高）と、護岸基礎高又は根固工が屈撓しても洗掘に対処できる高さと比較する。

④ 洗掘に対する護岸基礎高等の評価

急流区間における「(3)⑧洗掘に対する護岸基礎高等の評価」と同様の評価とする。

⑤ 洗掘に対する安全性評価（複合評価）

急流区間における「(3)⑨洗掘に対する安全性評価（複合評価）」と同様の評価とする。

4) 急流区間の評価

急流区間における評価手順を図 5・14 に示す。

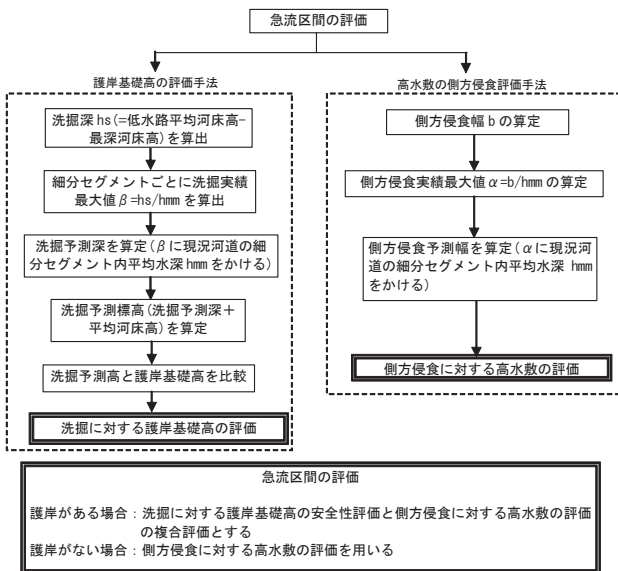


図 5・14 急流区間の評価の手順

評価方法の詳細を以下に示す。

(1) 洗掘深 h_s と側方侵食幅 b の考え方

洗掘深 h_s と側方侵食幅 b は砂州のスケールと関係がある。砂州のスケールはその川の河床材料が全面的に動く程度の流量や水位で規定されている。その流量は概ね平均年最大流量であると見られるため、平均年最大流量での水深 h_m と関連付けを行うこととする。

局所洗掘深 h_s 、側方侵食幅 b は、平均年最大流量時の平均水深 h_m との比 (h_s/h_m , b/h_m) で無次元化し、

他の急流河川やセグメントと比較、適用する。

また、 h_s/h_m , b/h_m の最大値は、河床勾配、河床材料等から区分したセグメントを水面幅、平均水深から更に細分化した「細分セグメント」ごとに一定と仮定し、砂州の移動により侵食・洗掘がいずれの地点でも発生する可能性があると考ええる。

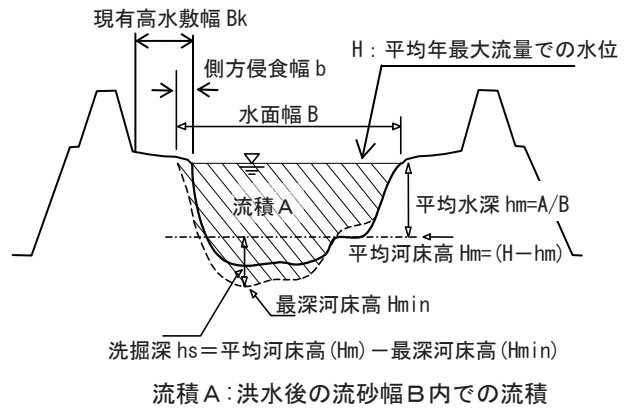


図 5・15 局所洗掘深 h_s 、平均水深 h_m 、侵食幅 b

(2) 側方侵食の評価

① 細分セグメント区分

河床勾配、河床材料、水深、水面幅をもとにセグメントを更に細分し、細分セグメント区分を行う。

また、わん曲部は流水が集中する区間が生じ、侵食の可能性および侵食量も大きくなるので、細分セグメントとは別に区間を抽出し検討する。

② 側方侵食幅 b の算定

既往の大規模な複数の洪水について、洪水前後の横断面図、災害復旧資料より側方侵食幅 b を図 5・15 のように算定する。側方侵食は平均年最大流量における水位以上の高さを高水敷と仮定し、これより高い部分において算定する。

③ 包絡値の算出

細分セグメント内の平均年最大流量での水深 h_m の区間平均を h_{mm} とし、細分セグメント内の b/h_{mm} の最大値 $= \alpha$ を図 5・16 に示すように算出する。

わん曲部については細分セグメント区分を行う際にこれを考慮して選定し、わん曲部での侵食特性を検討する。

水制，堰等の河道内に突起する構造物が原因となる側方侵食については，個別に検討する．また，砂州の形状の変化のように高水敷の侵食と見なされないものは対象外とする．

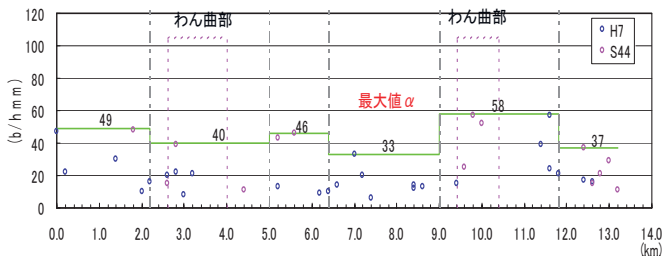


図 5-16 実績側方侵食幅 b と α の特性 (例)

④ 側方侵食予測幅の算定

最新(検討対象)年度の平均水深 hmm に細分セグメントごとの α を乗じ，側方侵食予測幅を算定する．

$$b \text{ (側方侵食予測幅)} = \alpha \cdot hmm \cdots \cdots (5 \cdot 1)$$

⑤ 側方侵食に対する安全評価

現況の高水敷幅と側方侵食予測幅を比較し，高水敷の側方侵食に対する安全性を「a」「b」「c」の3段階で評価する(表 5-3 参照)．

(3) 洗掘深の評価

① 細分セグメント区分

細分セグメント区分の考え方は前述(2)①と同様である．

② 最深河床高の算出

既往の大規模な洪水に対し，洪水前後の横断面の重ね合わせにより図 5-15 に示すように最深河床高 H_{min} を算出する．

③ 洗掘実績包絡値の算出

平均河床高-最深河床高=洗掘深 h_s と定義する．

細分セグメント内の平均年最大流量での水深 hm の区間平均を hmm とし，細分セグメント内の h_s/hmm の最大値= β を図 5-17 に示すように算出する．

ただし，砂州要因以外のわん曲については細分セグメント区分を行う際にこれを考慮して選定し，わん曲部での洗掘，侵食特性を検討するものとする．

水制等の構造物による局所洗掘は個別に検討する．構造物による局所洗掘の予測は今後の課題とするが，簡便な方法としては，構造物周辺の経年的な最深河床の最小値を基に設定する方法が考えられる．

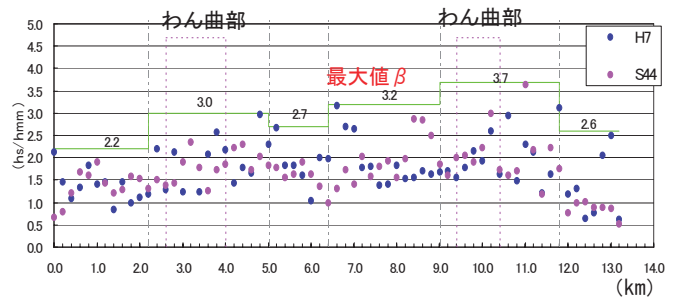


図 5-17 実績洗掘深 h_s と β の特性 (例)

④ 洗掘予測深の算定

最新(検討対象)年度の平均水深 hmm に β を乗じ，洗掘予測深 h_s を算定する．

$$h_s \text{ (洗掘予測深)} = \beta \cdot hmm \cdots \cdots (5 \cdot 2)$$

洗掘予測河床高とピーク流量との関係は図 5-18 のようにピーク流量増加とともに低下すると考えられているが，急流河川では洪水波形がシャープであり大流量が流れる時間が短く，1 洪水ハイドロでは砂州の列数は大きく変形しないこと，また実態調査によると洪水流量の差異により β に有意な差が見られことより， β は図 5-19 のように一定と仮定する．

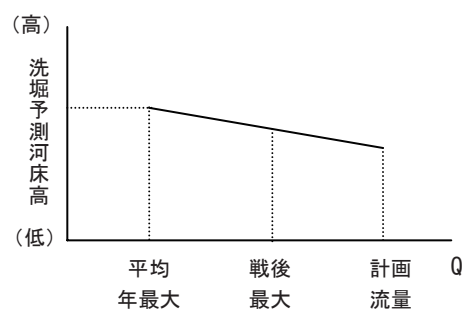


図 5-18 洗掘予測河床高とピーク流量の関係

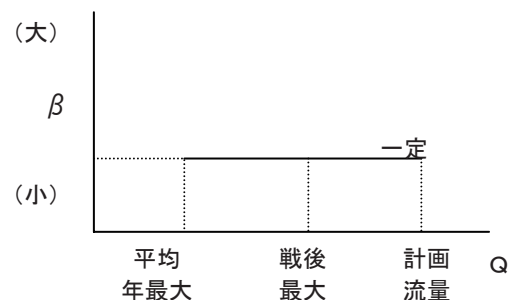


図 5-19 $\beta (=h_s/h_m)$ とピーク流量の関係

⑤ 洪水時平均河床高の算定

図 5-20 に示すように、一洪水中の河床高の変化が著しいと想定される場合は、検討対象河道に対して計画高水流量ハイドロに対する最も低い河床高を一次元河床変動計算等により求め、これを各流量における局所洗掘の基準としての平均河床高 (Hm) とすることが望ましい。

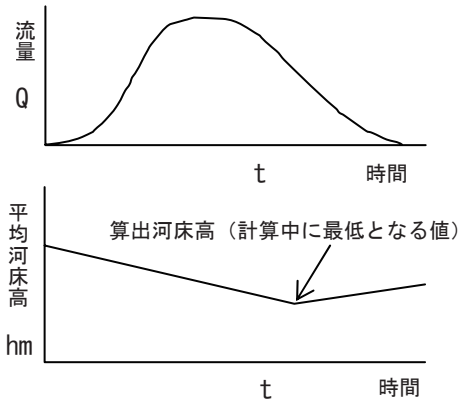


図 5-20 洪水時平均河床高 Hm 算定の概要

⑥ 洗掘深標高の予測

④で求めた洗掘予測深 h_s を平均河床高 h_m から引いて、洗掘予測河床高 (標高) を算定する。

⑦ 洗掘予測河床高 (標高) と護岸基礎高等との比較

図 5-21 に示すように⑥で求めた洗掘予測河床高 (標高) と、護岸基礎高又は根固工が屈撓しても洗掘に対処できる高さとの比較する。

⑧ 洗掘に対する護岸基礎高等の評価

⑦の結果を用いて、表 5-4 に示すように洗掘に対する護岸基礎高の安全性を「a」「b」の 2 段階で評価する。

表 5-4 洗掘に対する護岸基礎高等の評価

洗掘予測河床高の状態	評価
護岸基礎高等 ^{注)} ≤ 洗掘予測河床高 (が高い)	a (安全)
護岸基礎高等 > 洗掘予測河床高 (が低いが、 根固工が屈撓して対処可能な範囲)	
護岸基礎高等 > 洗掘予測河床高 (が低く、 根固工が屈撓しても対処できない範囲)	b

注) 護岸基礎高等とは、護岸基礎高又は根固工が屈撓しても洗掘に対処できる高さのことを指す。

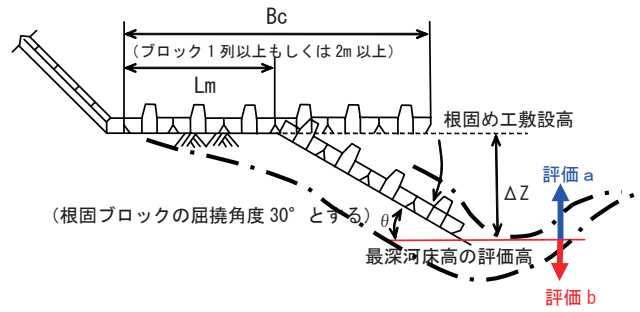


図 5-21 護岸基礎、根固め工の屈撓と洗掘評価図

根固め工周辺の河床低下や洗掘が進行すると、敷設地点の横断形状は図 5-21 のように変形する。施設幅は、護岸基礎前面の河床が低下しない幅を確保する必要がある。すなわち、護岸前面に河床低下が生じても最低 1 列もしくは 2m 程度以上の平坦幅が確保されることが必要とされる。したがって、施設幅 B_c は、根固め工施設高と最深河床高の評価高の高低差 ΔZ を用いれば幾何学的に次式となる。

$$B_c = L_n + \Delta Z / \sin \theta \dots \dots (7.3)$$

ここで、 L_n : 護岸前面の平坦幅 (ブロック 1 列もしくは 2m 程度以上) (m)、 θ : 河床洗掘時の斜面勾配 ($=30^\circ$)、 ΔZ : 根固め工施設高から最深河床高の評価高までの高低差 (m)

斜面勾配 θ は、河床材料の水中安息角程度になるが、安全を考えると一般に 30° とすればよい。以上より、基礎工天端高が設定されれば、最深河床高を評価することにより、照査の目標とする施設幅を算定できる。

⑨ 洗掘に対する安全性評価 (複合評価)

洗掘に対する安全性評価は、高水敷幅と護岸基礎高等の 2 つの評価項目を組み合わせた複合評価とする。

洗掘に対する安全性評価を複合して評価する理由は、低水護岸又は堤防護岸の基礎周辺が洗掘被災すると、その後、高水敷が横方向に侵食され、堤防の侵食被災に至る場合があるためである。

護岸基礎高等の評価が b、高水敷評価が c の場合が極めて危険であることから、評価を D とする。

表 5・5 安全性評価（複合評価）

複合評価		側方侵食（高水敷評価）		
		a	b	c
局所洗掘 (護岸基礎高等の評価)	a	A	A	B
	b	B	C	D

5.6.4 横断構造物

1) 横断構造物の評価

堰、床止工、橋梁等の横断構造物が被災すると堤防等河川管理施設に影響を及ぼす危険性がある。そのため、横断構造物の評価は、護床工、高水敷保護工、護岸等の施設が「河川管理施設等構造令」等に基づく基準に対して、適切に設置されているか、設計時の図面等により構造を確認することとする。

基準通り設置されていない構造物については、管理上注意（監視・対策）が必要な構造物として抽出する。

横断構造物等の河川管理施設の構造の安全性は、本来河川の特長や設置位置の状況に応じて判断しなければならないものである。構造令は一般的技術基準を定めるものであり、河川という公物の安全性確保のために最小限確保されなければならない基準値として設定されている。

しかし個別のケースによっては、構造令に定められている基準値以上の水準が設けられる場合もあるため、横断構造物の構造的詳細評価は別途検討することとする。

2) 横断構造物が河道に及ぼす影響の評価

横断構造物が河道に影響を及ぼす可能性がある箇所として、以下のものがあげられる。

- ・上下流で落差のある固定堰周辺
- ・横断構造物が原因となって被災したことがある箇所
- ・堰の存在により迂回流が生じ洗掘・侵食されると予想される箇所
- ・桁下の余裕高が十分に確保されていない橋梁
- ・橋脚周りの局所洗掘が予想される箇所 等

堰等の横断構造物は洪水時の流下阻害要因となり、流向が変化し迂回流となる可能性がある。迂回流は高水敷への乗り上げ流、低水路への落ち込み流となって高水敷側方侵食、低水路局所洗掘などの被害を生じさせ、堤防破堤に至る危険性がある。

また、橋梁等に流木が引っ掛かると水位上昇の原因となり、浸水被害が生じることもある。

このように横断構造物の存在によって河道に影響を及ぼすと予想される箇所は、「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所として設定する。

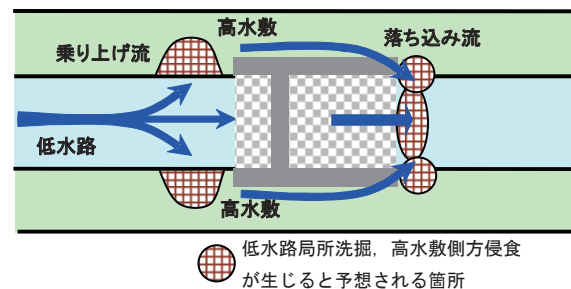


図 5・22 床止工や固定堰付近の流れによる洗掘が予想される箇所

5.6.5 洪水調節施設等の機能に影響を及ぼす区間の河道変化

1) 評価の方針

近年、河川・流域への人為的なインパクトにより河道特性が時間の経過とともに急速に変化してきている。その河道条件の変化により遊水地や放水路等の洪水調節施設、取水施設等の施設は、設計当初に比べ機能が低下しているものもある。

河道条件の変化による洪水調節施設の機能の低下（洪水調節量の低下）は、下流河道の洪水流量の負担を増加させ、下流流域の洪水氾濫に対する危険度を高めることになる。また、取水施設の機能低下（取水障害）は流域内の社会活動に支障をきたすことにつながる。

施設の機能を維持していくためには、施設の機能に影響を及ぼす区間の河道の安定性（または変化）を監視して評価していく必要があり、今後このような施設機能の維持の観点からも河道管理を行っていく必要がある。

遊水地や放水路等の洪水調節施設は、通常、将来

河道（計画河道）または設計時の現況河道の河道条件において，計画の効果量（最大効果量）が発揮されるように計画・設計される。

よって，河川管理者には，最低限，計画・設計時の河道より洪水調節機能を低下させないような河道管理が求められることになる。将来河道の完成までに大規模な掘削等の河道改修を伴う場合は，日常の河道の維持管理では困難であるため，ここでは大規模な改修的管理は対象外とし，施設設計時の現況河道条件の維持管理を対象とする。

計画・設計時の洪水調節施設等の機能が現在も維持されているかどうかを評価するためには，計画・設計時と現況の河道条件を比較して大きな差異がないかどうかで判断する。河道条件の変化が大きく，洪水調節量への影響が懸念される場合は，別途，調節計算等，河道条件の変化を考慮した詳細な検討を実施し，対応を検討する。

なお，ここでの評価は詳細検討の必要性を判断するための評価である。

2) 評価方法

洪水調節施設は，河床高の変化，河道内樹木の繁茂，高水敷の地被状態等，河積・粗度が変化することによりその機能が変化する。このため，計画・設計時と現在までの縦横断図，河積， $H-Q$ 式（図5・23）をそれぞれ経年的に重ね合わせてその変化量を把握し，施設機能に大きな影響が及んでいないか概略的に評価・判断する。

ただし，その判断基準を一般的に定めることは困難なため，各河川の状況に応じて個別に詳細検討の必要性を判断する。

評価の対象区間は，遊水地等の施設前面の河道区間だけではなく，施設前面の水位に影響を及ぼす下流区間までとする（図5・24）。現況越流開始流量は，洪水実績または計算により求める方法があるため適切な方法を選択する。

洪水調節施設等の機能に影響を及ぼす区間は「特に注意して監視する項目」で抽出される箇所として設定する（図5・24）。

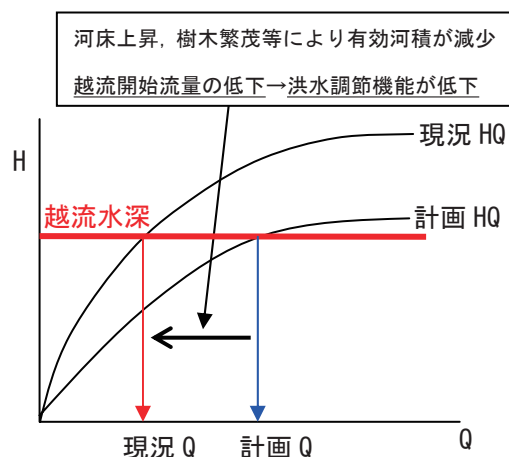


図5・23 河道変化の分析例（遊水地前面河道HQ図）

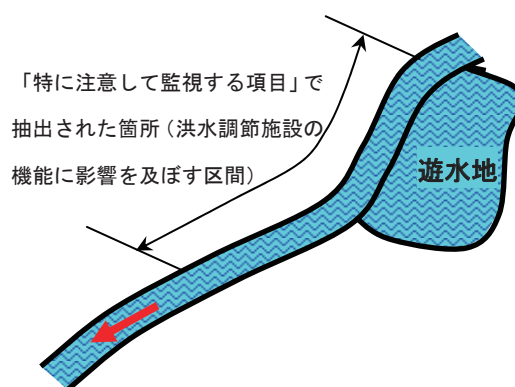


図5・24 「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所の設定例

5.7 河道機能の低下要因の分析

各項目の評価の結果，安全性が低い箇所では，その低下要因を把握し，要因別に今後の対応方針（監視，改修等の対策）に活用する。よって，安全性の低下要因を把握することは，河道管理において極めて重要な行為であることから，十分に検討する必要がある。

過去に被災している箇所は，河道の中でも質的に弱い箇所であるが，仮に被災実績が無いからといって，質的に弱い箇所が存在しないわけではない。その弱点を推測し，抽出するためには，河道特性情報集の記載情報を基に，平面形状（わん局部，水衝部），横断形状（洗掘，侵食），航空写真，高水敷幅，低水路幅，川幅水深比，治水地形分類図，被災実績，外力（流況），工事履歴，河道特性に関する水理諸量（ u_* ，

τ.)等の各種情報を重ね合わせたり、それらの経年変化を調べる必要がある。

水理緒量については、各評価で用いた判断基準値をはじめ、既往実験結果や経験からの耐侵食限界等判断基準値が存在するため、それらを目安として比較することも有効である。

堤防浸透，堤防直接侵食，高水敷側方侵食・局所洗掘等の現象が生じる要因は数多くあり，以下のようなものが挙げられる。

- ・樹林化の進行
- ・砂州の発達
- ・わん曲部，水衝部
- ・横断構造物周辺，上下流
- ・洪水流の高水敷への乗り上げ・落込み 等

なお，洪水時の水位の変化に応じて，流向が変化する場合があります，それによって危険箇所も変化するため水位変化も踏まえる必要である。

以下に要因分析の事例を示す。

1) 樹木群の影響の例

堤防前面に樹木群が列状に発達すると高速流が生じ侵食破堤に繋がる可能性がある。下図は航空写真の経年変化から近年樹木群が繁茂した区間を抽出し，堤防前面に高速流が生じる可能性がある区間を抽出した事例である。

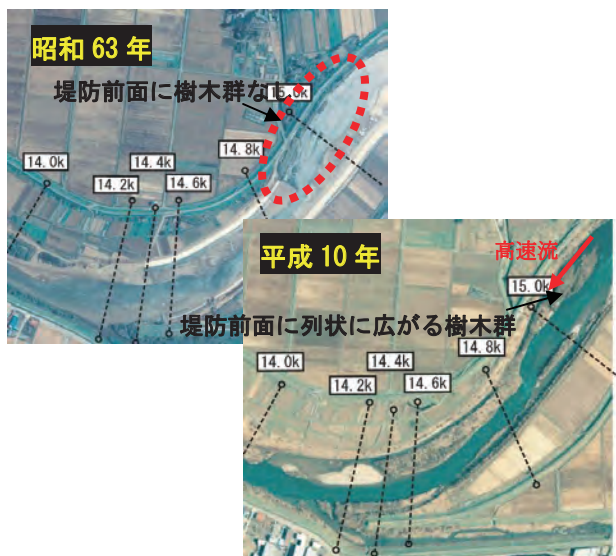


図5-25 堤防前面に高速流の発生が予測される区間

2) 砂州の影響の事例

発達した砂州は，洪水時に水衝部や高速流を発生させたり，深掘れの原因となる場合がある。滞筋が低水路河岸や堤防に接近している箇所では，最深河床が低下して護岸の根入れ深にまで達し，被災する可能性がある。図5-26は航空写真の経年変化から近年砂州が発達傾向にある箇所を抽出し，横断面の重ね合わせによって局所的な深掘れの原因，実態を把握した事例である。

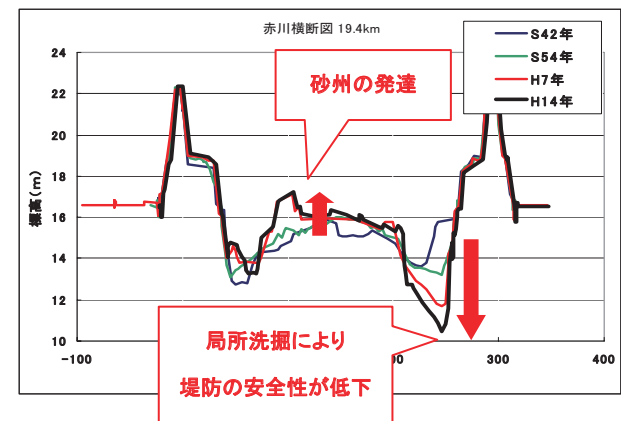


図5-26 砂州発達により局所洗掘が見られる区間

5.8 「特に注意して監視する項目と区間」の設定

本要領での評価はあくまでも工学的な見地から河道の安全性が低い箇所を把握するものである。各評価項目（「特に注意して監視する項目」）での評価結果に基づき，評価項目毎に下記を勘案して「特に注意して監視する区間」を設定するものとし，各評価項目の総合化は行わない。

- ・評価基準値を下回り，安全性が低下していると判断された箇所または影響が及ぶ範囲
- ・横断構造物とその影響の及ぶ上下流の一連区間

- ・「重要水防箇所」でAと評価されている区間
- ・上記以外で平面形状等から機能の低下が予想される箇所または区間

流下能力等の評価は、一般的に200m間隔の横断測量断面位置だけで行われるが、こうした情報は縦断的に不連続であってそれだけで河道の安全性を把握することはできないため、平面形状、河道特性等、河道の連続性を勘案して設定する。

5.9 評価結果の整理・表示（アウトプット図の作成）

各項目の評価結果は、数値あるいは評価ランクとして得られることになるが、その評価結果は迅速かつ的確に監視や対策等の河道管理に活かされなければならない。そのためには、評価結果は現地の状況や河道特性と結びつけてわかり易く整理、表示する必要がある。このため下記のように整理した総括図と各項目の2種類のアウトプット図を作成するものとする。アウトプット図の作成目的と方法を以下に示す。また、図5-27に評価結果の総括図、図5-28に堤防浸透の評価、図5-29に高水敷側方侵食・低水路局所洗掘の評価のアウトプット図の例を示す。

1) 評価結果総括図

評価結果総括図は、全ての評価結果を一覧に示したもので、作成目的は各評価結果を総合的に把握し、断面毎に監視すべきポイント（項目）を容易に把握することである。

- ・現地の状況や河道特性と評価結果が同時に理解できるように航空写真や平面図に「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所を記載する。
- ・各項目の結果（ランク）を評価断面毎に整理する。
- ・堤防の状況（堤防の基本断面形状確保・未確保）を航空写真に記載する。
- ・重要水防箇所のランクを記載し、本評価結果と相違を把握できるようにする。

2) 各項目の評価結果

各項目の評価結果は、「評価結果総括図」よりも詳細な情報を航空写真に記載することで、評価結果と

現地状況・河道特性、危険要因を関連づけて把握することを目的に作成するものである。また、評価結果や安全性を低下させている要因分析の結果から、「河道の監視要領」における監視ポイントを記述することで、箇所毎に「何を監視する必要があるのか」がはっきりし、現地での河道監視にすぐに活用できるようになる。

- ・航空写真や平面図に評価結果と評価に用いたデータ（情報）を記載する。
- ・現地の状況や河道特性がわかるように航空写真や平面図に「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所を記載する。
- ・評価結果の解説や「河道の監視要領」に基づく監視ポイントを記述する。
- ・必要に応じて、評価結果を補足するような横断図や現地写真等の情報を記載する。

5.10 評価結果の活用

1) 評価結果の活用方法

本要領に基づく流下能力、施設（堤防等）の機能評価により、河道のどの箇所の安全性がなぜ低いかが明らかとなる。その評価結果は、治水に関わる巡視・点検・測量等の監視（メリハリ）、水防活動、河川改修、あるいは投資の優先順位等の判断を行う際の基本的な情報として幅広く活用できる。

評価結果を活用する際には、河川整備計画をはじめ、河川管理に関する各種の行動計画と整合を図る必要がある。特に注意して監視する各項目で抽出された箇所では、日常の監視箇所に加えて河道監視の頻度や密度等を適宜増やし、効果的、効率的な管理を行う。

2) 河道の評価の検討時期

河道の状態は常に変化しているため、河道の評価の結果は、適切な時間間隔で更新していく必要がある。河道の評価は、原則として定期縦横横断測量（3～5年サイクル）や洪水後の横断測量後に実施する。

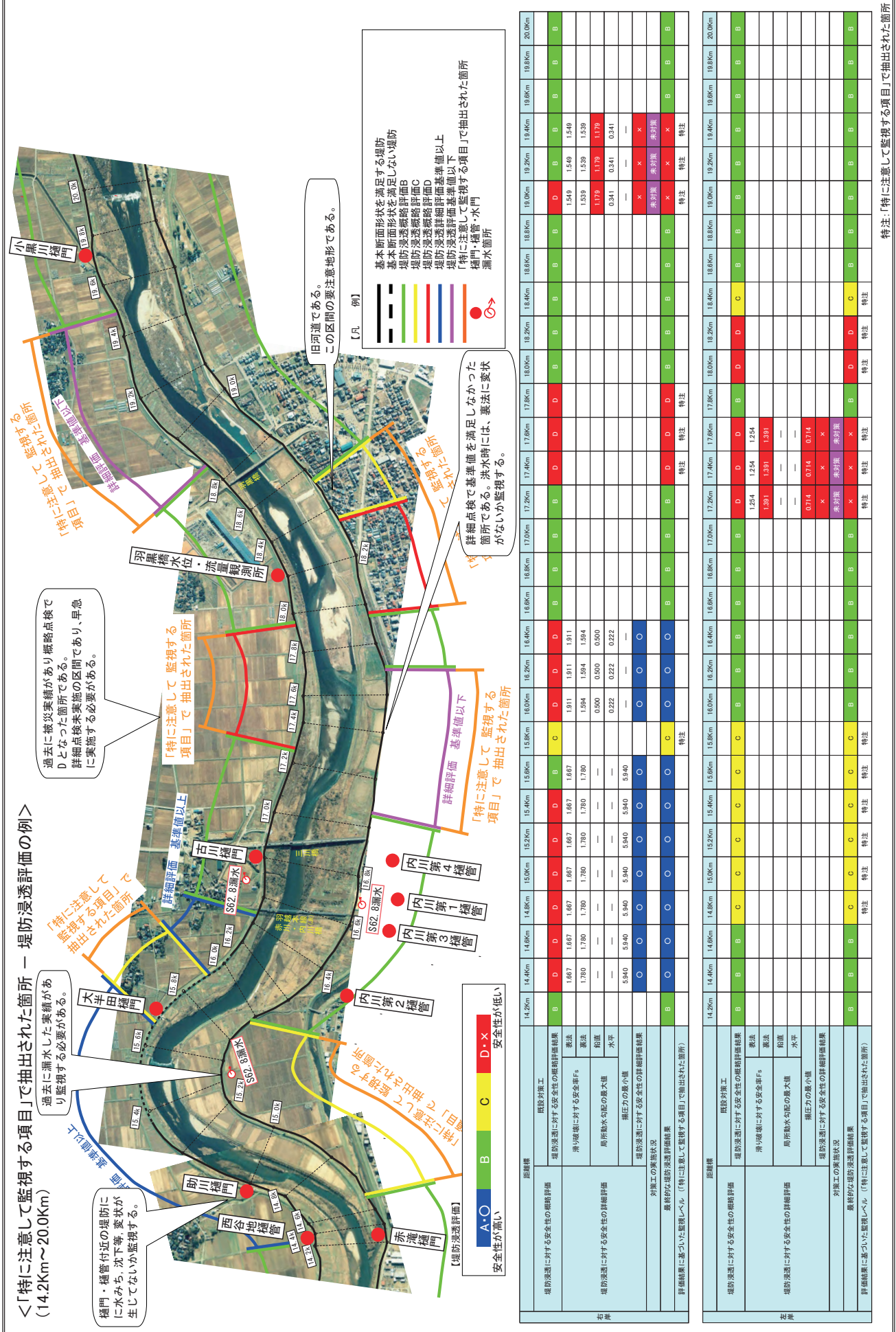


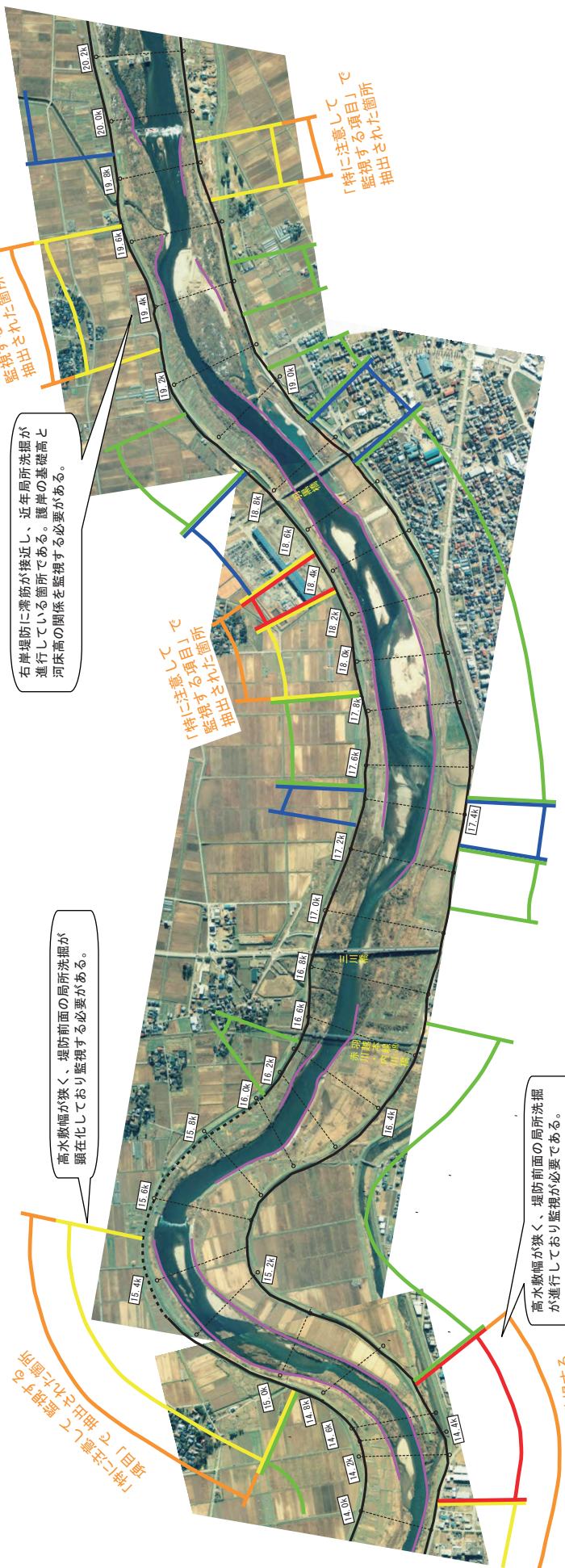
図 5・28 堤防浸透の評価結果

距離標	評価項目																									
	14.26km	14.46km	14.89km	14.89km	15.00km	15.20km	15.40km	15.66km	15.88km	16.00km	16.26km	16.46km	16.66km	16.86km	18.00km	18.26km	18.46km	18.66km	18.86km	19.00km	19.26km	19.46km	19.66km	19.86km	20.06km	
基本	堤防浸透に対する安全性の概略評価結果	B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	滑り感態に対する安全率Fs	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687	1.687
	堤防浸透に対する安全性の詳細評価結果	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	評価結果に基づいた監視レベル (特に注意して監視する項目) で抽出された箇所																									
特定	堤防浸透に対する安全性の概略評価結果	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	滑り感態に対する安全率Fs	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	堤防浸透に対する安全性の詳細評価結果	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	評価結果に基づいた監視レベル (特に注意して監視する項目) で抽出された箇所																									

特注:「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所

図 5・28 堤防浸透の評価結果

<「特に注意して監視する項目」で抽出された箇所一高水敷側方侵食・低水路局所洗掘の複合評価(低水護岸あり)の例>
(14.2km～20.0km)



【凡 例】

- 基本断面形状を満足する堤防
- 基本断面形状を満足しない堤防
- 低水護岸
- 高水敷側方侵食・低水路局所洗掘の複合評価A(低水護岸あり)
- 高水敷側方侵食・低水路局所洗掘の複合評価B(低水護岸あり)
- 高水敷側方侵食・低水路局所洗掘の複合評価C(低水護岸あり)
- 高水敷側方侵食・低水路局所洗掘の複合評価D(低水護岸あり)
- 特に注意して監視する項目」で抽出された箇所

【高水敷側方侵食評価】		【低水路局所洗掘評価】		【高水敷側方侵食評価・低水路局所洗掘評価の複合評価(低水護岸あり)】	
安全性が高い	安全性が低い	安全性が高い	安全性が低い	安全性が高い	安全性が低い
a	b	a	b	A	D
b	c	b	c	B	C
c	なし	c	なし	C	B
なし	なし	なし	なし	なし	なし

評価結果に基づいた監視レベル(特に注意して監視する項目)で抽出された箇所	【高水敷側方侵食・低水路局所洗掘の複合評価(低水護岸あり)】																													
	14.2km	14.4km	14.6km	14.8km	15.0km	15.2km	15.4km	15.6km	15.8km	16.0km	16.2km	16.4km	16.6km	16.8km	17.0km	17.2km	17.4km	17.6km	17.8km	18.0km	18.2km	18.4km	18.6km	18.8km	19.0km	19.2km	19.4km	19.6km	19.8km	20.0km
距離標																														
高水敷側方侵食評価	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
低水護岸	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
低水路局所洗掘評価	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
高水敷側方侵食・低水路局所洗掘の複合評価	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
評価結果に基づいた監視レベル(特に注意して監視する項目)で抽出された箇所																														
距離標																														
高水敷側方侵食評価	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
低水護岸	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
低水路局所洗掘評価	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
高水敷側方侵食・低水路局所洗掘の複合評価	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
評価結果に基づいた監視レベル(特に注意して監視する項目)で抽出された箇所																														

図5・29 高水敷側方侵食・低水路局所洗掘の評価結果

6. 河道内樹木群の管理要領

6.1 河道内樹木群の管理の目的

近年、河道内で繁茂している樹木群は、水位上昇（流下能力の阻害）の大きな要因となっており、放置した場合、多大な被害を及ぼす恐れがある。一方で、樹木群は、流勢の緩和による堤防の保護や良好な野生生物の生息環境の形成などの機能も有している。このように、樹木群は治水面及び環境面から様々なメリット・デメリットを有している。これら樹木群がもつ機能を評価したうえで、適切に樹木群を管理することにより、河道の安全性（健全性）を維持することが重要である。

6.2 河道内樹木群管理方針の検討手順

河道内樹木を管理するにあたっては、河道特性情報集を活用し、現況の樹木群を流下能力、洗掘・侵食、環境面、維持管理面から評価し、それぞれの視点から伐採・存置すべき樹木群を選定しつつ、総合的判断により樹木配置一次案を策定する。樹木配置一次案は、治水上の検証を行った上で樹木配置最終案として決定し、最終的に維持管理方針やモニタリング内容を整理した樹木管理計画図を作成する。

検討の流れは図 6・1 のとおりである。

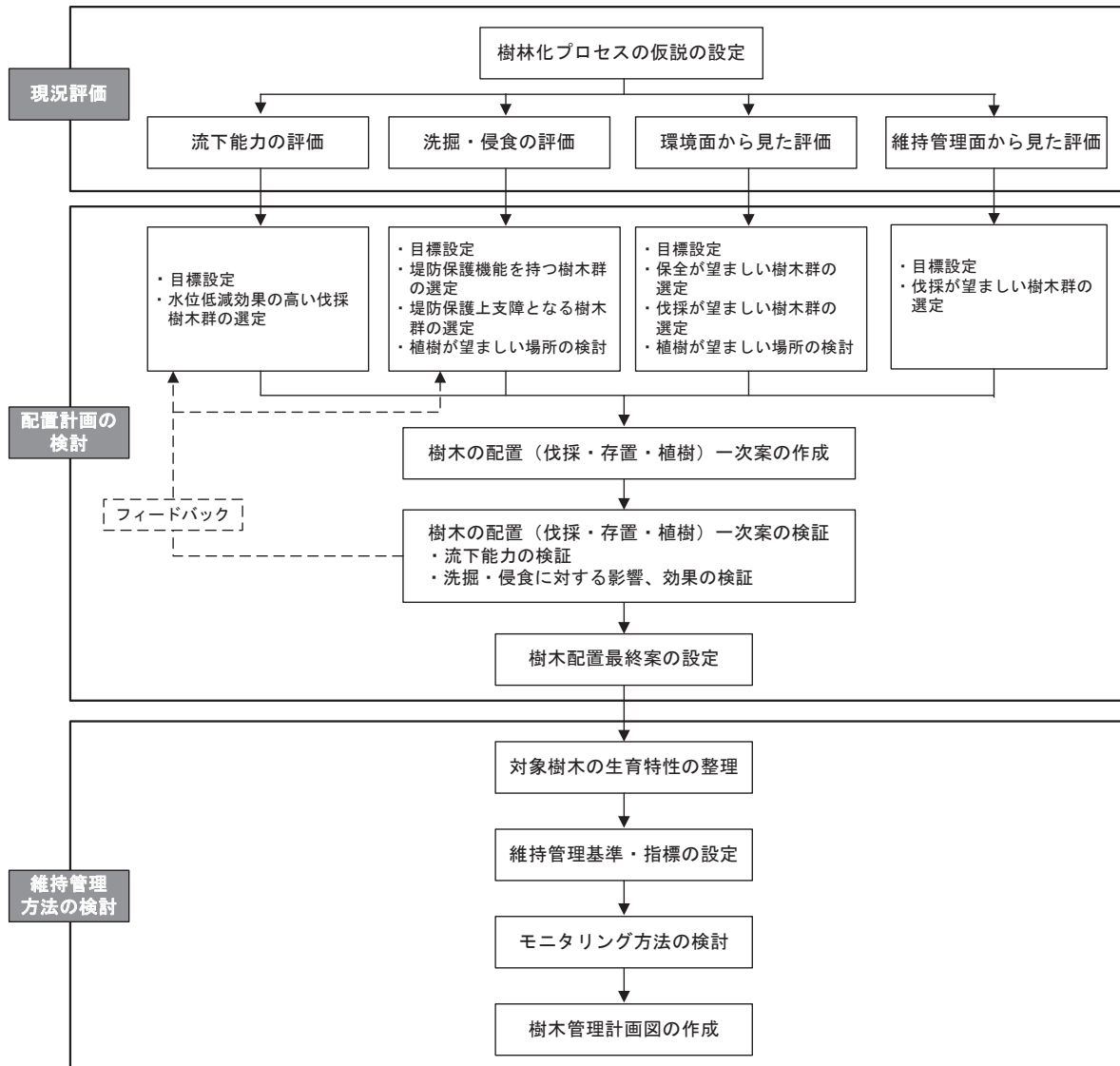


図 6・1 河道内樹木群の管理方針の検討手順

6.3 現況評価

1) 樹林化のプロセスの仮説の設定

今後の樹木管理のあり方を検討するためには、現在の樹木群がなぜ形成されてきたのかというプロセスを把握することが不可欠である。

河道特性情報集に掲載されている、航空写真の変遷、横断形状の変遷、河川事業の経緯、土砂の動態に関する資料、河川環境に関する資料等を活用して、現在の河道内樹木群がどのようなプロセスを経て形成されてきたのかという仮説を設定する。

2) 流下能力による樹木群の評価

準二次元不等流計算を用いて流下能力を算出し、樹木群の評価を行う。算出にあたっては、樹木を有する現況断面、樹木なしの断面の計算により、流下能力の縦断分布とそれに対する樹木群の影響を把握した後、主要区間毎に樹木群の有無による影響の検討・整理を行い、河川整備計画の目標流量が流下したときの水位が、樹木群による影響で計画高水位を超過する箇所の抽出・整理を行う。

樹木群により水位が計画高水位を超える箇所では、どの樹木群を伐採することにより水位を計画高水位以下に低減させることができるかの感度分析を行い、流下能力向上のために伐採が必要な樹木群を特定しておく。

3) 洗掘・侵食を視点とした樹木群の評価

洗掘・侵食を視点とした樹木群の評価は、河道特性情報集に記載されている航空写真、滲筋の変遷、河道特性、河川施設調査図、被災履歴等から、過去の被災や洪水時に推定される流れの状況と樹木群の関係を把握することにより行う。

局所的・定量的な評価が必要な場合には、樹木群周囲の水位・流向・流速等の水理諸元を把握するための詳細な観測及び解析（例えば平面二次元不等流計算）が必要である。

なお、河道内の樹木群には、洗掘・侵食に関して「河川における樹木管理の手引き」(財)リバーフロ

ント整備センター) に示されるようなメリット、デメリットがあることを考慮して評価を行う。

4) 環境面を視点とした樹木群の評価

樹木群が環境面に及ぼす影響は様々な要因があり、各河川で特性が異なるため、一律の基準で評価を行うことは難しい。

したがって、どのような環境が存在しているのか(=場の特性)、どのような生物が生育・生息しているのか(=生物の分布状況)を把握し、その川の河川環境の特性を整理したうえで、樹木群のもつ生態的機能を評価することが重要である。また、表6・1に示す河道内樹木群の環境面における一般的なメリット・デメリットも考慮し、対象河川の特性を考慮した評価を行うことが重要である。

表 6・1 樹木群の環境上のメリット・デメリット

メリットの例	デメリットの例
<ul style="list-style-type: none">生態系保全機能 (動物の生息場、餌の供給、水温調整、避難場所、移動経路等)修景機能 (緑による精神的安息・充足)保健機能 (高水敷利用に対する日陰の提供)シンボル機能 (景観)	<ul style="list-style-type: none">侵略的外来種の侵入に伴う在来植物の生息環境の減少樹林の繁茂による河川環境の単調化樹木群内の土砂堆積の進行に伴い高水敷と低水路の比高差が増大し、高水敷の河川環境が変化

なお、河川環境の特性の整理にあたっては、河道特性情報集を活用し、セグメントや周辺地形等から、類似した環境を形成するブロックに分割し、ブロックごとに総合評価を行う。

① 場の特性の把握

場の特性は、河川区域を樹林地、草地、自然裸地、耕作地等の土地被覆状態で類型区分し、過去と現況を比較することにより把握する。

図 6・2 は、高度成長期以前で航空写真が残存する昭和 22 年と、現況植生 (平成 11 年) を比較した例である。本例では、過去の対象地区にはほとんど樹林はなく、事例河川の本来的河川生態系は、自然裸地と草地が広く分布する礫河原の環境であることが

わかり、現況の樹木群は必ずしも本来の生態系ではないことがわかる。

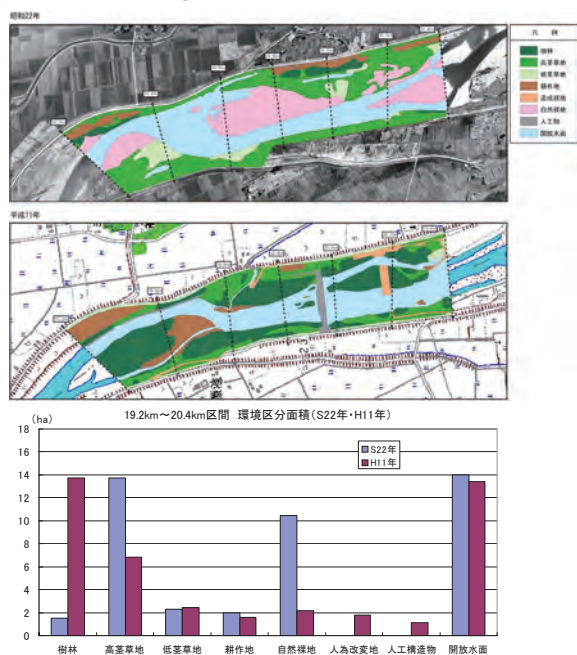


図 6-2 過去と現在の比較に用いる資料の例

② 生物の分布状況及び親水利用等の把握

生物の分布状況及び親水利用等は、「河川水辺の国勢調査」の結果、及び調査結果等から作成された「河川水辺総括資料」や「河川環境検討シート」において整理される情報を活用して把握することとする。

整理する内容及び視点を以下に示す。

- I. 集団繁殖地や産卵床など代替性の低い生息環境
- II. 希少性の高い植物・昆虫類の生育・生息地
- III. 樹林を構成している群落の特徴
- IV. 環境区分と生物相の関連性
- V. 特に重要な親水利用の状況
- VI. 地域や有識者からの要望等

③ 各ブロックの総合評価

以上の情報をもとに、セグメントや周辺地形等から類似した環境を形成するブロックに分割し、ブロックごとにそれぞれの特徴をとりまとめ、河川環境を総合的に評価する。

5) 河川の巡視・点検を視点とした樹木群の評価

河川の一般巡視は通常週 2 回、堤防を通行する車

上から実施する。「河道の評価要領」で低水路局所洗掘、高水敷側方侵食等の項目で「要注意監視箇所」と選定され、特に目視で確認すべき箇所がある場合に、高水敷に高木が繁茂して視界の妨げになっている場合は、巡視・点検の面で著しい支障となる。このような支障となる樹木群を抽出する。

6.4 配置計画の検討

現況評価をもとに、流下能力、洗掘・侵食、環境面、維持管理面それぞれの目標設定を行い、それぞれの視点から伐採・存置すべき樹木群を選定する。また、必要に応じて植樹が望ましい箇所を選定し、樹木配置一次案を作成する。この樹木配置一次案をもとに流下能力、洗掘・侵食の可能性の面から検証を行い、樹木配置最終案を設定する。

1) 流下能力の目標設定と樹木の配置計画

流下能力の目標は河川整備計画の目標流量、満たすべき水位の条件は計画高水位以下である。

「6.3 2) 流下能力による樹木群の評価」で抽出した、河川整備計画の目標流量を計画高水位以下で流下させることができるような樹木の伐採箇所を、流下能力向上のための伐採箇所として位置づける。

現況流下能力が河川整備計画の目標流量を上回っている場合は、当面は流下能力の観点からは樹木を伐採する必要はなく、目標流量は今後の維持管理のための管理水準としての位置づけとなる。

2) 洗掘・侵食を視点とした目標設定と樹木の配置計画

洗掘・侵食面の目標は、堤防や護岸を河岸侵食や河床洗掘等の災害から防護することである。

河岸防護の手法としては、護岸や水制等の工法が従来から用いられてきているが、樹木群もこれらの機能を発揮できることがある。護岸や水制等よりも樹木群による河岸防護が望ましいと考えられる場合には、そのような樹木群を保全することを検討する。

一方、洗掘・侵食の観点から悪影響を与えている樹木群があり、経済面、管理面等の観点から、護岸

や水制等よりも樹木群の伐採を行うほうが望ましいと考えられる場合には、そのような樹木群は伐採することを検討する。

また、高水敷が広く景観が単調な場所、利用者数が多いが木陰が少ない場所等においては、必要に応じて、「河川区域内における樹木の伐採・植樹基準」（平成10年6月、建設省河川局治水課）を参考に、植樹が望ましい箇所を設定する。

3) 環境面からみた目標設定と樹木の配置計画

環境面の目標は、河川整備計画等で設定されている河川全体の目標像に照らし合わせて設定することが望ましい。ただし、特に目標像が設定されていない河川では、以下の視点から、実現可能な目標を設定し、保全が望ましい樹木群、伐採が望ましい樹木群を選定する。

- ・過去の場の特性から、本来の河川の姿を踏まえて検討を行う。
- ・多様性及び連続性の観点から、良好な生物の生息環境に大きく寄与していると判断される樹林は保全することが望ましい。逆に樹林が連続して単調な生息環境を形成している樹木群の伐採にあたっては、多様な生息環境を創出するよう配慮することが望ましい。
- ・集団繁殖地や産卵床など代替性の低い環境は保全することが望ましい。
- ・希少性が高く、かつ移動能力の低い植物や昆虫類の生育・生息地は保全すること望ましい。
- ・在来の植物の生息環境を著しく脅かす侵略的外来種の樹林など、周辺の生態系に悪影響を及ぼす樹林については駆除等も検討する。
- ・多くの人が利用する場所から見える良好な景観は保全することが望ましい。逆に、地域の主要なランドスケープの眺望を阻害する樹林は伐採等も検討する。

また、河川特性によっては、植樹により、河畔林、コリドー、日陰、シンボル機能等を創出することが望ましい場合もあることから、必要に応じて植樹箇所を選定するものとする。

4) 河川の巡視・点検からみた目標設定と樹木の配置計画

河川の巡視・点検に関する樹木群の目標は、平常時に監視が必要な箇所が堤防上から確認できることである。河川の巡視・点検からの評価結果に基づき、伐採が望ましい樹木群を選定する。

5) 樹木の配置（伐採・存置・植樹）一次案の作成

流下能力、洗掘・侵食の防止、環境面、巡視・点検面の各観点からの樹木群の配置案は、場合によっては相反する結果となる場合がある。各河川の各箇所における優先度を総合的に判断して樹木配置の一次案を作成する。

環境上重要だが治水上伐採が必要となる箇所では、代替となる環境を創出するなど、ミティゲーションも検討する。

ここで作成する一次案は、次項において流下能力と流向・流速の検証を行ったうえで、必要に応じてフィードバックを行って、最終案の作成につながるものである。

6) 樹木の配置（伐採・存置・植樹）一次案の検証

前項で述べたように、樹木配置の一次案を作成するにあたり、流下能力、洗掘・侵食の防止、環境面、巡視・点検面の各要素が相反する場合は生じたときには、いずれかの要素については別途対策が必要となる。

ここでは、樹木配置の一次案について、流下能力（準二次元不等流計算等）と流向・流速（平面二次元不等流計算等）の観点から検証を行う。

検証の結果、一次案では流下能力や洗掘・侵食の目標が確保できない場合には、再度樹木群の配置にフィードバックして検討を行う。

7) 樹木配置最終案の作成

樹木配置の一次案に対して検証を行った結果としての、流下能力、洗掘・侵食の防止、環境面、巡視・点検面の各観点の調和がとれた樹木配置最終案を作成する。

6.5 維持管理方法の検討

1) 対象樹木の生育特性の整理

対象樹木の生育条件、生長速度等を整理する。ただし、これらの知見については、現時点ではあまり整理されていないため、今後、モニタリング調査等により、データを蓄積していく必要がある。

2) 流下能力を視点とした維持管理方法

河川整備計画の目標流量を維持管理水準とし、対象とする断面の河積を指標として維持管理を行う。モニタリング調査は、有効河積の変化を把握する河積調査を基本とする。

「河道の監視要領」により、縦横断測量は原則として5年以内に1回実施することとなっている。河道の流下能力の算定は、測量の成果を用いて行うことから、測量が5年に1回実施されるとすれば、流下能力の算定も5年に1回実施することとなる。

ただし、ハリエンジュやヤナギ類等の河道内樹木群の生長速度は速く、5年に1回の流下能力の定量的な評価だけでは、樹木群による流下能力の著しい低下の状態を把握することができない。

このため、測量を実施しない年においては、「河道の監視要領」に示される、毎年特定巡視で実施する平常時の樹木群の定点撮影結果を活用して、樹木群の発達状況を大まかにとらえ、流下能力の低下傾向を大まかに把握することとする。

そのために、測量結果に基づく準二次元不等流計算により求めた各断面のH-Q式と、H（水位）と断面積との関係から、予め河積と流下能力との関係を把握しておく。このときに設定した樹木群の範囲をベースとして、毎年の定点撮影からわかる樹木群の変化（それに伴う河積の減少）を用いて、流下能力の減少の程度を大まかに算定し、伐採等の対策を実施する際の判断材料とする。

3) 洗掘・侵食の防止を視点とした維持管理方法

洪水時に、樹木群が堤防や河岸の洗掘・侵食に影響を与えているかどうかの観察を行い、影響があると判断される場合には適切な維持管理方法を検討す

る。また、洪水時の樹木群内、樹木周囲の水位・流向・流速の詳細なデータを把握するために現地観測を行い、樹木群の存在による流れへの影響を把握する。

4) 環境面を視点とした維持管理方法

「環境面からみた目標設定と樹木の配置計画」で定めた環境面の目標を維持管理水準とし、植生の面積を指標として維持管理を行う。モニタリング調査は、植生の状況を把握する植生調査と土砂の堆積状況を把握する土壌調査を基本とし、目的にあわせて調査を行う。

また、河川生態系は、洪水などによる自然的攪乱がもたらす動的平衡状態において、成立しているものであり、常に同じ植生が維持し続けることは有り得ない。攪乱が大きい箇所では、冠水頻度や比高、無次元掃流力などの基盤環境の変化もあわせて把握することが望ましい。

5) 巡視・点検を視点とした維持管理方法

「巡視・点検からみた目標設定と樹木の配置計画」で定めた目標を維持管理水準とし、巡視・点検上の支障の有無を指標として維持管理を行う。支障が生じている場合には伐採等の管理を実施する。

6) 樹木管理計画図等の作成

区間毎に治水及び環境上の情報、伐採・保全対象樹木群等を記載した樹木管理計画図を作成する。樹木管理計画図は、以下に示す情報等を1/5,000～1/10,000程度の図面に記載することとする。

a) 治水に関する情報

目標流量を満足しているか否か、被災実績 等

b) 環境に関する情報

重要な生息環境、地域からの要望 等

c) 伐採計画

伐採樹木群、保全樹木群、伐採及び保全樹木群の評価結果 等

また、モニタリング内容を整理したモニタリング計画を策定する。モニタリング計画は、モニタリング調査の内容（目標や指標、注目すべき事項）、調査

頻度等を整理する。また、伐採後からの時系列的な 管理内容がわかるように記載することとする。

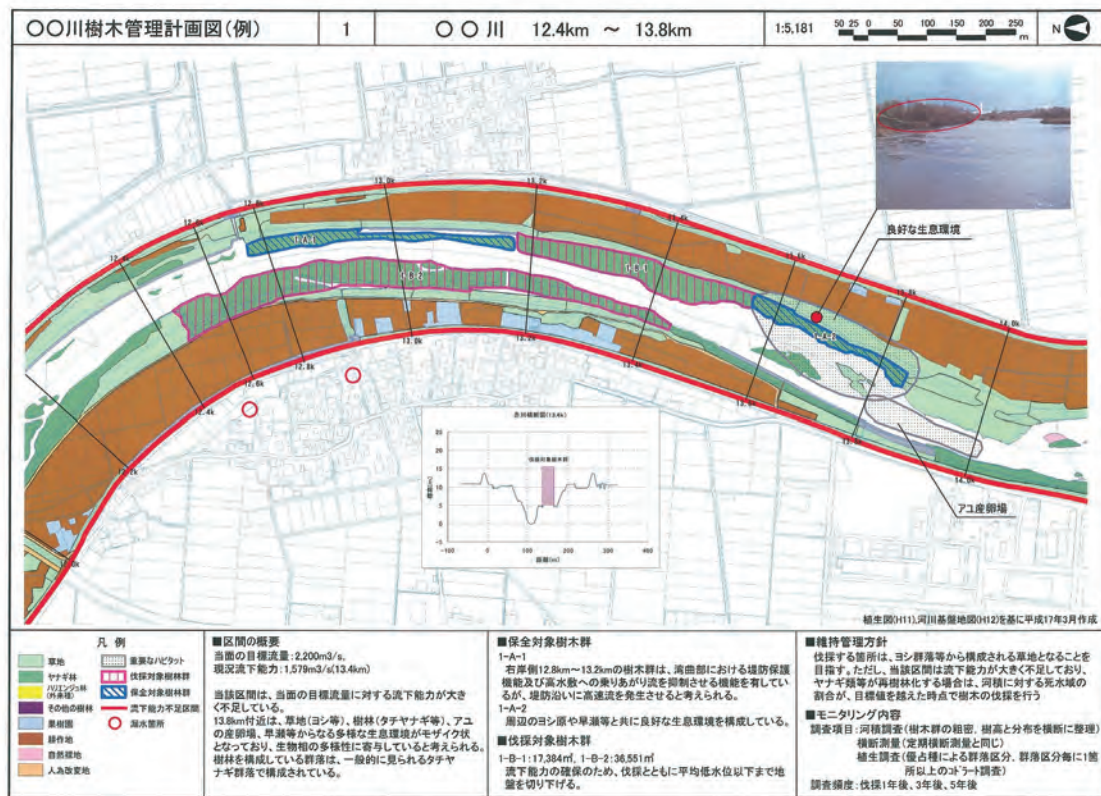


図 6-3 樹木管理計画図の作成例

あとがき

本検討は、国土交通省東北地方整備局河川部河川管理課委託業務の一環として実施されたものである。本検討を実施するにあたり、「河道の維持管理に関する検討会」の各委員や河川部河川管理課には、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

- 1) 河川堤防モニタリング委員会 (2005) 第3回河川堤防モニタリング委員会資料
- 2) (財) 国土技術研究センター (2002) 河道計画検討の手引き
- 3) 国土交通省河川局治水課 (2002) 河川堤防設計指針
- 4) (財) 国土技術研究センター (2002) 河川堤防の構造検討の手引き
- 5) 建設省河川局治水課 (1998) 河川堤防の浸透に関する安全性の概略点検について(安全性の概略評価)
- 6) 山本晃一 (2004) 構造沖積河川学, 山海堂
- 7) 福岡捷二他 (1987) 堤防法面の芝の耐侵食特性, 土木技術資料, Vol. 29, No12
- 8) (財) 国土開発技術センター (1999) 護岸の力学設計法
- 9) 北陸地方整備局河川計画課 (2003) 急流河川の洗掘・側方侵食に対する安全評価手引書
- 10) 山本晃一 (2005) 護岸・水制の計画・設計
- 11) (財) 国土開発技術研究センター (2000) 解説・河川管理施設等構造令
- 12) 建設省河川局治水課 (1998) 河川区域内における樹木の伐採・植樹基準
- 13) (財) リバーフロント整備センター (1999) 河川における樹木管理の手引き

河川環境総合研究所報告第12号

平成18年12月発行

ISSN 1344-2910

編集・発行 財団法人 河川環境管理財団 河川環境総合研究所

〒103-0001 東京都中央区小伝馬町11番9号 TEL 03-5847-8303 FAX 03-5847-8309
ホームページ『河川環境情報ステーション』 <http://www.kasen.or.jp/>

E-mail info@kasen.or.jp

印刷・製本 西印刷(株) 〒102-0093 千代田区平河町1-4-15 TEL 03-3263-5579 FAX 03-3239-4890
