

河川総合研究所報告

Vol.
25

2020
令和2年10月発行



1. 河川財団が取り組んできた堤防植生に関する調査研究成果の系統的整理
2. ヤギを活用した堤防植生管理の効果
3. 三次元データを活用した河川管理の効率化・高度化の現状と展望
4. 河川管理レポートを効果的に周知するための編集方針改善の取り組み
5. 出水時における河川管理や水防活動等のあり方について

はじめに

気候変動により気象現象とりわけ降雨現象は、新たな次元に入っています。

河川管理においても、現在そして将来、どのような外力そしてこの外力による被害を科学的に想定するかは、喫緊の課題となっています。これまで進めてきた研究や技術開発の展開を進めるにあたり、従来の枠組みに加え、新たな外力に対応するためのシステムの構築を視野に入れた研究の進展が求められているとともに、従来のシステムの内挿・外挿にとどまることなく、パラダイムシフトが求められています。

パラダイムシフトが求められている今日において、河川財団としては、さらなる専門性・技術力の進展・展開への取り組みとして、「俯瞰的・総合的な河川維持管理の強化」を調査・研究の大きな柱として進めています。本報告において、河川管理に関する最新、現在継続して取り組んでいる以下の事項を報告します。

- (1) 堤防植生管理に関する体系化
- (2) 堤防植生管理の新たな可能性
- (3) 新技術（三次元データ）の河川管理への活用
- (4) 地域住民への河川管理の効果的な情報発信
- (5) 出水時における河川管理や水防活動のあり方

本報告は、上記の調査研究の成果を広く関係の方々にお知らせし、現場における技術的課題の解決に役立てていただくものとして、「河川総合研究所報告 第25号」としてとりまとめたものです。

第25号の発行にあたり、国土交通省をはじめ関係各位のご指導、ご支援に感謝し、ここに厚く御礼申し上げます。

今後も、わが国の河川の現状と国民のニーズを把握し、社会の要請に的確に応えるために一層の努力をして参る所存です。関係各位の暖かいご指導、ご支援をお願い申し上げます。

令和2年10月

公益財団法人 河川財団
理事長 関 克己

第25号 河川総合研究所報告

目次



河川財団が取り組んできた堤防植生に関する調査研究成果の系統的整理

～堤防植生管理の体系化に向けた基盤的知見として～

1

山本嘉昭・八木裕人



ヤギを活用した堤防植生管理の効果

～BACI デザインに基づく現場除草実験・結果分析から～

21

井上勇樹・宝藤勝彦



三次元データを活用した河川管理の効率化・高度化の現状と展望

35

塩谷優太・田中敬也・尾松智



河川管理レポートを効果的に周知するための編集方針改善の取り組み

51

軍司江美子・鈴木克尚

出水時における河川管理や水防活動等のあり方について

61

水害研究会 座長 山崎篤男

河川財団が取り組んできた堤防植生に関する 調査研究成果の系統的整理

～堤防植生管理の体系化に向けた基盤的知見として～

Systematic Organization of Research Results

About Levee Vegetation that the River Foundation has Undertaken

- As Basic Knowledge for Systematization of Levee Vegetation Management -

山本 嘉昭*・八木 裕人**

In river maintenance, problems occur with regards to levee vegetation, such as the flood control function of levees diminishing due to the invasion and proliferation of nonnative plants, and reduced visibility during river inspections.

With such a background, this paper organizes the main research results about levee vegetation that the River Foundation has undertaken until now, and shows the direction for systemizing levee vegetation management by reaffirming important knowledge and approaches for future levee vegetation management.

Key Words: *Levee management, The type classified survey method of embankment vegetation, Alien plants, Technique for controlling embankment vegetation*

1. はじめに

長大な河川管理施設であり土から出来ている堤防は、洪水時における浸透・侵食に対する治水機能を保持することが重要である。その堤防を被覆する堤防植生は、洪水や降雨による堤防法面の侵食を防ぐ機能を有している。一方で、各河川では堤防植生を起因とする問題が見られ、解決に向けた取り組みが行われているが残されている課題も多い。

河川財団では、これら堤防植生に関する課題に対し長年にわたり取り組んできており、植生管理の技術や幅広い知見を蓄積してきている。

本研究は、堤防植生管理に関する知見・技術の体系化に向けて、これら蓄積された堤防植生管理の主な技術や知見を整理したものである。これにより、各河川が抱える個々の問題に対する個別での対応ではなく、より合理的かつ包括的な管理方針のもと、新たな技術も的確に組み込んで系統立てた堤防植生管理ができるようにするための基盤づくりに貢献することを目的とした。

このため、本稿の構成は、これまでの河川財団における堤防植生に関する取り組みを概括し、そこから得られた主な成果の全体像を示す(2章)とともに、その成果を導き出した技術・知見を説明する(3章)。それらを基盤として堤防植生管理の体系化を進める際の方向性を示し、体系化に向けて考慮すべき項目を抽出・整理(4章)している。

2. 堤防植生管理に関する河川財団の取り組みの概要

本章では、直轄河川における堤防除草工の変遷を述べつつ、これまでの河川財団における堤防植生に関する取り組みについて、時系列で概要を説明し、得られた成果の全体像を示した。

2.1 直轄河川における堤防除草工の変遷

表2・1に示すとおり、直轄河川(国土交通省管理の一級河川)の堤防除草工事では、芝堤を維持するために、刈取り(年2~3回)と併せて農薬が使用さ

* (公財)河川財団 河川総合研究所 上席研究員

** (公財)河川財団 河川総合研究所 副所長

れていた。しかし、ゴルフ場における農薬の薬害問題が注目されるようになり、平成2年に国土交通省より「農薬の使用に関する河川の維持管理について」の事務連絡が発出され、原則的に上水道取水口の上流区域で農薬を使用することが取り止めとなった。

その後、3～5回の除草と野焼き(平成4年に禁止)により、芝堤の維持に努めてきた。しかし、平成22年度の維持管理費における地方負担金の廃止によって年2回の除草(集草1回)となった。この頃から、全国の直轄河川の堤防植生は、植生の種類によって堤防の弱体化や河川巡視時の目視確認への支障など、様々な問題が顕在化した。これは、芝から堤防の維持管理に最適ではない植生へと遷移したこと起因していると考えられ、河川管理者は、このような問題に対応しているが、現時点においても検討すべ

き課題は多く残されている状況にある。

2.2 河川財団における堤防植生管理検討の経緯

河川財団(旧 河川環境管理財団)は、昭和50年度から平成8年度までの22年間にわたり、首都圏の河川敷公園の管理と併せて、堤防の除草工事を実施していた。この経験から堤防除草に関するノウハウを蓄積しており、これらを活かす形で堤防植生管理に関する検討業務を関東地方整備局の河川事務所から受託するようになった。

堤防植生管理に関する初めての検討は、平成4年度の京浜河川事務所の業務である。これは、平成2～3年度に河川空間の管理に関する実態調査を行った結果、堤防植生に関する苦情が多いことを契機としたものであった。また、平成2年に農薬使用禁止の事務連絡が出されたことから、農薬を使用しない場合の適切な除草管理について確立された管理手法がなかったことも要因と考えられる。

これ以降、河川財団は、各河川事務所における堤防植生に関する問題に積極的に取り組み、課題解決に向けた検討を行ってきた。図2・1に、これまで河川財団が取り組んできた堤防植生に関する検討について、時系列で整理した。

表2・1 社会的動向に伴う堤防植生管理の変化

| 年代 | 除草工事の内容 | 社会的動向 |
|--------|---------------------|---|
| ～H2 | 除草2～3回 +農薬(+野焼き) | H2.3 農薬の使用禁止 (事務連絡) H4.7 野焼きの禁止 (廃掃法の改正) |
| H3～H4 | 除草3～5回 (+野焼き) | |
| H5～H21 | 除草3～5回 | |
| H22～ | 除草2回(集草1回) | H22.3 維持管理費の 地方負担の廃止 |

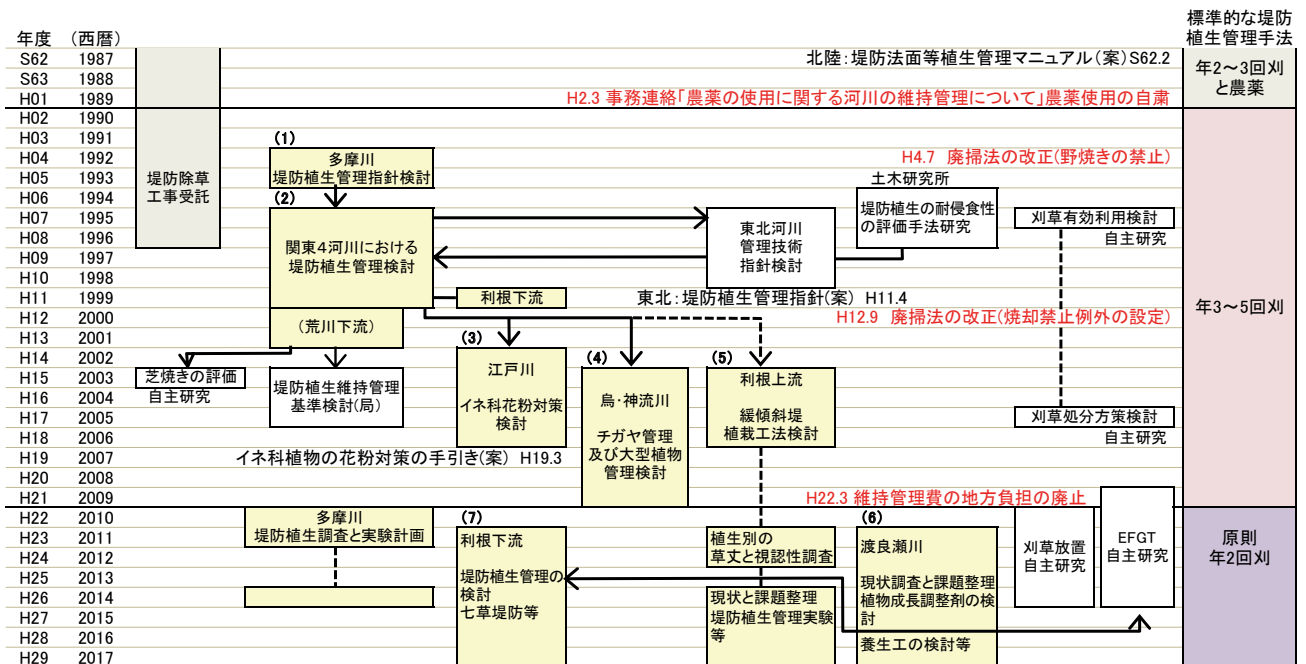


図2・1 河川財団における堤防植生管理検討の経緯 (※カッコ内数字は、2.3の各項目を示す)

2.3 堤防植生に関する取り組みの概要

本項では、各検討で得られた成果の概要を述べる。

(1) 堤防植生タイプの考え方の導入

芝等の堤防植生を適正に管理しようとした場合、生態が異なる植生を一括で取り扱うことは困難である。このため、堤防の植生管理において、現状の植生を把握することは重要な課題となる。

この課題に対し、京浜河川事務所の堤防植生管理検討(H4~5)において、初めて堤防を対象とする植生調査が実施された。

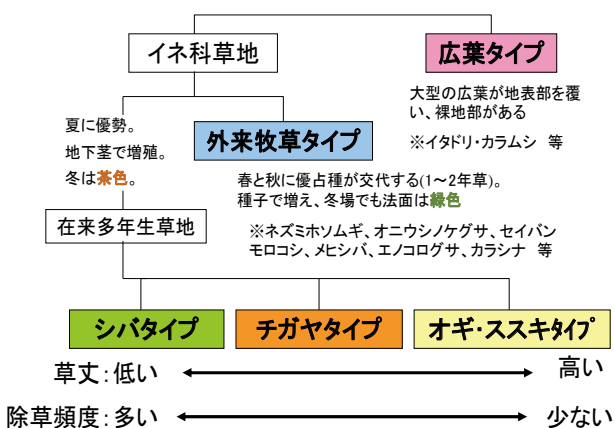
調査結果より、以下の内容が明らかとなった。

- ① 堤防植生は定期的な除草という条件下において、草地という特殊な環境を形成している
- ② 堤防上の植生は、季節毎に優占する植生種が変化する
- ③ 築堤時に植栽したシバが、ほとんど残存していない
- ④ 除草回数と堤防植生のタイプに相関性がある

この堤防植生調査は故佐々木寧氏（埼玉大学名誉教授）の指導のもとで行われたものであり、この時にシバタイプ、チガヤタイプ、外来牧草タイプを中心とする「堤防植生タイプ」の考え方が導入された。

図 2・2 は、さらなる検討の上、改良された堤防植生タイプである。

同時に、堤防植生の治水的機能、環境的機能（利用、景観、自然保護、花粉症抑制）の諸課題への対応も検討された。さらに、堤防植生管理においては、堤防植生タイプ毎に草丈の伸長が異なることに着目した除草回数の設定等が提案されている。



(2) 堤防植生タイプ及び標準的な根毛量の知見

都市部を流れる 4 河川（多摩川、江戸川、荒川下流、荒川上流）を対象に、平成 7 年度より 5 年間、堤防植生調査を実施しており、新たな堤防植生管理手法の提案を行っている。

堤防植生調査では、堤防植生タイプおよび季節毎（春季・秋季）の植物相調査を実施することで、堤防植生の実態を精緻に把握した。また、除草回数を 3~5 回とした区間において代表的な地区にコドラート（5m×5m）を設置し、植物組成（年 3 回）、根系強度・土壌硬度（年 3 回）、根毛量（年 1 回）の各調査を継続的に実施した。

これらの調査により、堤防植生タイプ毎の根系強度や根毛量のデータが蓄積され、堤防植生タイプ毎の標準的な根毛量の値を得た。

(3) イネ科花粉症への対策

江戸川の都市区間では、イネ科花粉症に対する苦情が多い一方で、イネ科花粉症に対する実証的な知見がほとんどなかった。

このことから、江戸川をフィールドとしたイネ科花粉飛散の実態や、花粉症の主原因であるネズミホソムギを抑制する管理手法の検討を行うために、「堤防植生花粉対策調査検討委員会」（H15-17）を設立した。

外来牧草タイプの主構成種として確認されたネズミホソムギについては、現地調査により除草後の再成長の速度等が解明された。この結果、ネズミホソムギの種子生産や発芽を抑制することで、効果的に外来牧草タイプの植生をチガヤ等へ遷移させる技術を確認することが出来た。特に、チガヤと混生するネズミホソムギは 2 年程度でほぼ根絶できることが確認された。

この知見から、堤防植生管理は、単に除草回数で直接的なダメージを加えるだけでは不十分であり、対象となる植生種の生態を知りタイミングを計って除草を行うことが、効果的な堤防植生管理に必要であることが分かった。

(4) 年 2 回刈取りによるチガヤ管理への対応

烏・神流川では、年 2 回の刈取りにより堤防植生管理を実施していたことから、この刈取り回数内で適切な植生を維持することを検討テーマとしている。

堤防植生管理においては、堤防点検等に最低限必要な除草は年間2回が基本となっているため、年間4～5回の刈取りが必要なシバの維持は困難な状況である。シバに代わる堤防植生管理手法に関する既往の検討結果より、少ない除草回数で成立する植生としては、チガヤが最も要件を満たしており好ましいと考えられる。

烏・神流川の堤防植生タイプ区分調査により、堤防植生の大部分をチガヤタイプが占めていることが明らかとなった。したがって、良好なチガヤ草地として堤防管理をする実験を行い、2 回刈りを前提としたチガヤの管理手法、及び外来牧草をチガヤに遷移させる手法を提案した。

(5) 緩傾斜堤における堤防植生管理と植栽工法

利根川及び江戸川では、堤防強化のための緩傾斜堤（首都圏氾濫区域堤防強化対策事業）の工事が盛んに行われており、多数の長大な法面が整備される。この緩傾斜堤防において、これまでと同様の堤防植生管理を行った場合、堤防除草費用の増大が見込まれる。

このため、平成 15 年度からシバの吹付けや植生マットの使用など、新しい植栽工法の試験施工が実施されるとともに、平成 15～16 年度には現状の植生の評価や、試験施工箇所の植生及び雨水侵食の有無等から植栽工法の評価が行われた。

平成 17 年度からは学識者等から構成する「利根川上流植生管理検討会」が設置され、緩傾斜堤防における導入種のあり方を中心とした協議が行われた。

利根川上流管内の優占する堤防植生タイプ、および 3 つの選定基準（治水機能、コスト面、外来種の取扱い）による評価から、望ましい堤防植生タイプとしてチガヤタイプが選定されたことから、最終的な堤防の目標植生をチガヤに設定した。

また、チガヤが生育するまでの初期緑化となるシバの吹付けや、チガヤの株植え工法、表土敷き均し

等の手法を候補として、その試験施工計画を立案した。

(6) 植物成長調整剤等を使用した効率的な堤防植生管理

現状の維持管理費内で、河川巡視で必要となる視認性の確保や、シバやチガヤなどを維持するためには、年 2 回の除草では限界があるとの認識から植物成長調整剤等の導入による堤防植生管理を主な検討課題とした。

平成 26 年度より河川区域外の実験フィールドにおいて検証試験を実施しており、この結果から植物成長調整剤等を用いた堤防植生管理により、出水期間中の河川巡視における視認性への支障が解消できること、肥大化したカラシナの根による堤防機能の弱体化を防げること、耐侵食性に優れたシバ・チガヤタイプの堤防植生が保持できることが検証された。

同時に、植物成長調整剤等の降雨による流出や土壌等への固定分解状況について実験した結果、流出による有効成分は検出されず、概ね 3 週間で固定分解されたことを確認した。

(7) 堤防植生タイプ区分調査の提案

堤体の耐侵食機能の確保、堤体の状態（変状の有無）を把握しやすい草丈の維持及び良好な自然環境の維持・保全等の堤防植生に求められる機能を保持することを目的とした望ましい植生管理手法の検討が必要となっている。この検討にあたっては、各河川における堤防植生の現状を把握することが、特に重要である。

このため、河川管理の観点から現状の堤防植生の課題を明らかにするとともに、現状把握に資する堤防植生タイプ区分を設定し、堤防植生に求められる機能に関する既往研究を整理した。特に、課題解決に向けて、堤防植生の現状把握を目的とした堤防植生タイプ区分の具体的な調査手法及び結果の整理方法について提案を行った。

3. 堤防植生に関する個別の技術及び知見

本章では、2章で述べた財団における堤防植生に関する取り組みの成果について、個別の技術及び知見を説明する。

これらの技術及び知見は、過去の河川総合研究所報告（旧 河川環境総合研究所報告）（以下、「所報」という）を再編集及び一部追記したものである。詳細な内容については、各項目に示した所報の掲載号を参考とされたい。

3.1 堤防植生タイプ(所報 第6号, pp. 70-71)¹⁾

(1) 堤防植生を把握する観点

堤防植生をどのように把握するかは、重要な課題である。既往の調査事例ではシバ以外の植物をすべて「雑草」として扱うものや、目につくいくつかの植物種で代表させるもの等が通常であった。堤防全てをシバ堤で管理する前提であれば問題ないが、いわゆる雑草を適正にコントロールしようとした場合、それぞれ固有の特性を持つ植生を一括で取り扱うことは困難であると考えられる。

また、堤防を代表的な植物種（例えば、チガヤ、セイタカアワダチソウ、スギナ、ギンギシ、クローバー等）で分類する方法は、堤防上に生育する種が300種を越える（表3-1）なかで、代表させる植物種に基準がないこと、優占種は季節により異なること、これら分類パターンが多くなり過ぎること等から、その種の代表のさせ方に検討が必要である。

表3-1 堤防に出現する植物種数

| 河川名 | 調査延長 | 確認種数 | 合計 724種 |
|------|-------|------|------------|
| 多摩川 | 約80km | 547種 | |
| 江戸川 | 約40km | 312種 | |
| 荒川下流 | 約39km | 398種 | |
| 荒川上流 | 約36km | 335種 | |

※平成7～8年度 植物相調査結果(2回)
平成7～11年度 植物組成調査結果

(2) 現地調査に基づいた分類方法

堤防植生調査は、堤防の植生管理を合理的に行うことが目的であるため、その堤防植生の把握方法は

次の条件を備えている必要がある。

- ・分類方法が容易で、一般の河川技術者でも判断できること。
- ・季節や植生の遷移に左右されない植生を指標として用いること。
- ・法面保護機能や草丈、花粉症の問題など、植生管理上の要求事項と合致するものであること。

これらの課題を踏まえ、関東の都市河川の堤防を主なフィールドとして、3河川（多摩川、江戸川、荒川）・延長約195km（2季節）の植物分布調査を行い、堤防植生管理において有用な堤防植生の分類方法について検討を行った。

(3) 堤防植生タイプの設定

調査の結果、堤防に出現する様々な植生には、あるまとまりのある数タイプに分類できることが分かり、この植生のまとまりを「植生タイプ」と呼称することとした。

堤防の植生タイプは大きく7つのタイプに分類できた（表3-2）。その中の「広葉タイプ」「オギ・ススキ」「アズマネザサ」「ツルマンネングサ」については堤防で広く分布するタイプではないため、この4タイプを除いた「シバ」「チガヤ」「外来牧草」タイプを主とした。この3つの植生タイプを基準とすることにより、植生の現状把握や、植生管理の目標設定を行うことが可能である。

表3-2 各植生タイプの特性

| 植生タイプ | 特性 | | |
|----------|-------------|-------------------------------------|----------------------|
| | 優占種 | 生活形等 | |
| シバタイプ | シバ、シロメクサ等 | 在来イネ科多年草 | |
| チガヤタイプ | チガヤ | 在来中型イネ科多年草 | |
| 外来牧草タイプ | | | |
| 主要な植生タイプ | ネズミホソムギタイプ | 春:ネズミホソムギ 秋:ヒシバ、エノコグサ類 | 外来イネ科越年草 在来イネ科一年草 |
| | オニウシノケグサタイプ | オニウシノケグサ、イヌキ等 | 外来イネ科多年草 |
| | セイヨウカラシナタイプ | 春:セイヨウカラシナ、セイヨウアブラナ 秋:ヒシバ、エノコグサ類 | アブラナ科越年草 在来イネ科一年草 |
| | 広葉タイプ | イカリ、カラムシ、クコ | 多年草 |
| その他 | オギ・ススキタイプ | オギ、ススキ | 在来大型イネ科多年草 |
| | アズマネザサタイプ | アズマネザサ | イネ科多年草 |
| | ツルマンネングサタイプ | ツルマンネングサ | 多年草 |

この「植生タイプ」とは、法面保護機能、草丈の伸長度合（時期）、花粉症に特に着目し、堤防植生の管理面からキーとなる植物グループ（主に生活型に

着目) を基に設定したものである。そのため、この植生単位は、一般的に使用されている組成調査に基づく植物社会学的な植生単位である「群集」の概念とは異なるものである。

3.2 植生タイプ毎の標準的な根毛量の知見

(所報 第6号, pp. 75-76)¹⁾

(1) 植生による耐侵食力の効果

堤防は、治水上の機能が最重要視される。堤体表面に植生がある場合は、裸地と比較すると流水による堤防侵食に対して、はるかに大きな耐侵食性を有することが経験的に知られていた。

建設省土木研究所や各地方建設局において多くの調査・実験が行われ、これらの成果を集大成した土木研究所の報告²⁾により、植生の耐侵食力は主に根や地下茎からなる地中部分より発揮され、特に表層3cmの平均根毛量が植生の耐侵食力として効果的であることが明らかになった。

(2) 植生タイプと耐侵食力の関係

この土木研究所の成果を踏まえ、実河川において多くのデータを採取し、「植生タイプ」と治水機能(耐侵食力)の指標である平均根毛量の関係について明らかにする。調査にあたり、堤防植生の平均根

毛量は植生タイプと相関性があるという仮説を立て、具体的なサンプルを収集した。

根毛量調査は、表層3cmの土壌のコアを1調査地点当たり2サンプル採取した。コアを水洗い後、根毛の新鮮重量を計測し、1cm³当たりの重量に換算した後、2サンプルの平均を求め算出している。なお、洗い出した根系中には、対象とする植生以外の塊根や塊茎が多く混入している場合はサンプルとして不適当であるので除外している。

(3) 植生タイプ毎の平均根毛量

調査の結果、各植生タイプの平均根毛量は図3・1に示した範囲にあることが分かった。これによれば、平均根毛量はシバタイプとその他の植生タイプにおいて有意な差があること、シバタイプの平均根毛量の上限值は0.080g/cm³程度であることが読みとれる。

図3・1では直接耐侵食力を発揮する表層3cmの平均根毛量を整理した。そのため、チガヤタイプと外来牧草タイプの平均根毛量は、全平均を見ると概ね同程度という結果になっている。しかし、外来牧草タイプの根毛量は全体的に分散傾向が見られ、個体差が大きく、空間的な一様性が低いと言える。また、実際の堤防では、表層が侵食されても堤防内に深く

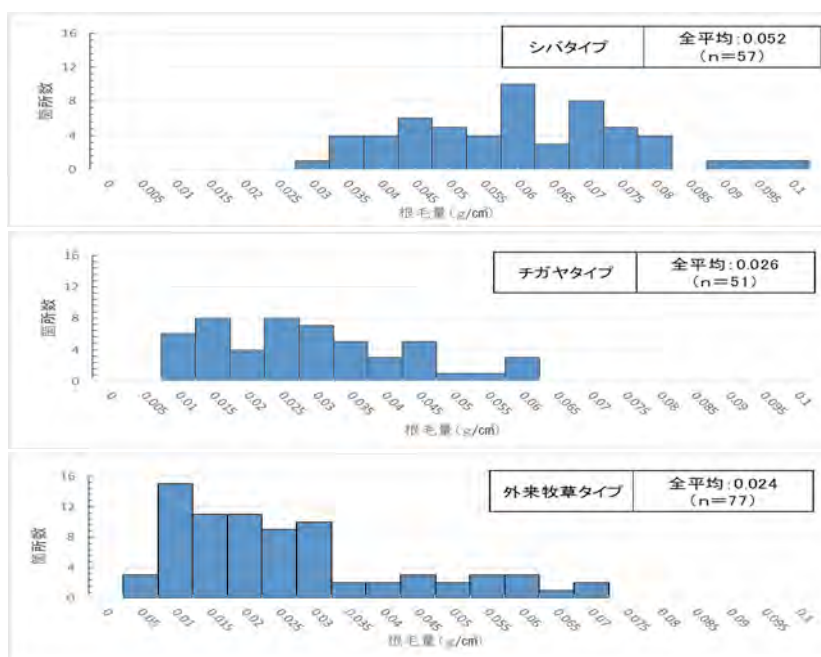


図3・1 植生タイプ別の平均根毛量 (表層3cm)

伸長した根が堤防法面の壊滅的破壊を防止するという側面があることが知られている³⁾。その観点から、チガヤタイプと外来牧草タイプの表層から20cm深の平均根毛量を比較すると図3・2のとおりである。

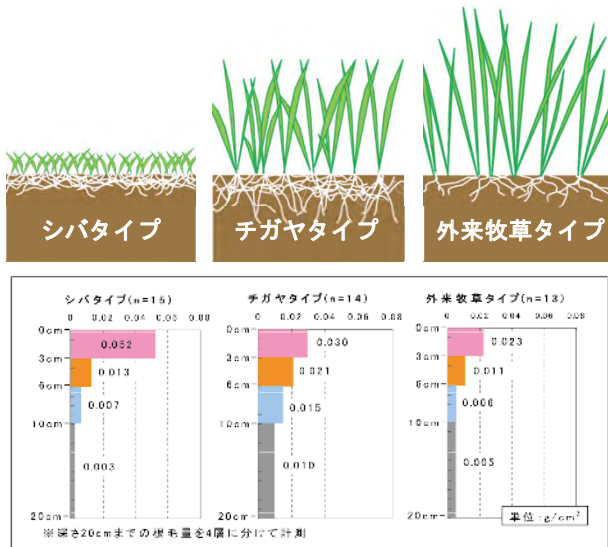


図3・2 表層20cmの平均根毛量の分布 (H8, 9, 10 : n=42)

図3・2で分かるとおり、チガヤタイプの根毛量は表層から深さ3cmの範囲に多く、さらに3cmより深い部分に半分以上が存在する。これらの事実を勘案すれば、チガヤタイプは外来牧草タイプに比べて、より高い治水機能が期待できる。

3.3 堤防植生の環境機能(所報 第6号, pp. 79-84)¹⁾

河川堤防は、水と緑の貴重なオープンスペースとして多くの人々に親しまれており、多様な要請もなされている。

このため、堤防植生の環境機能について必要な調査を実施し、植生タイプや草丈と植生の環境機能との関係を明らかにした。

(1) 利用と植生タイプ・草丈の関係

1) 利用における人数と場所の把握

実際の堤防において植生タイプと利用者数の関係、法面の利用状況と草丈の関係、堤外地の土地利用状況と利用者数の関係を調査することによって、利用面等からどのような植生の状態に管理することが望

まれるか、どのような場所で堤防利用者数が多いのかを検討した。

調査は関東地建管内の都市河川(多摩川, 江戸川, 荒川(荒川上流, 荒川下流))を対象に、平成9年度の春・夏の2回現地調査を行った。

2) 低い草丈における積極的な利用

調査の結果、植生タイプと利用者数の関係では、シバタイプと外来牧草タイプにおける利用者数が多く、チガヤタイプの堤防では利用者はあまり見られなかった。また植生がない護岸箇所等の利用が目立った。

草丈と堤防法面の利用者数との関係について整理した表3・3、図3・3を示す。

表3・3 草丈別利用者数

| | 10cm程度 | 20~30cm | 40~50cm | 60cm以上 |
|-----|--------|---------|---------|--------|
| 寝る | 118 | 28 | 4 | 8 |
| 座る | 306 | 78 | 47 | 23 |
| 歩く | 167 | 72 | 12 | 36 |
| 立つ | 47 | 11 | 0 | 3 |
| 遊ぶ | 102 | 19 | 7 | 12 |
| その他 | 22 | 13 | 1 | 6 |
| 総計 | 762 | 221 | 71 | 88 |

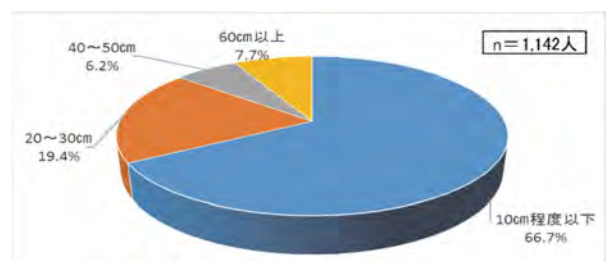


図3・3 草丈別利用者の割合

この結果から、堤防の利用状況は草丈と高い相関があり、草丈10cm程度の箇所に利用者(特に寝ころんだり、座ったりする利用)が集中していることが分かった。つまり、堤防植生管理にあたって、堤防利用を積極的に行えるようにするためには10cm程度に、法面を歩く程度ならば30cm以下に管理する必要がありと考えられる。

また、堤防利用者数と堤外地（高水敷）土地利用の関係性を調査した結果、グラウンドとして整備されている箇所には隣接する堤防が最も利用者数が多く、次に公園が整備されている箇所には隣接する堤防の利用者数が多かった。

(2) 景観と植生タイプ・草丈の関係

1) 利用者への意識調査

様々な堤防植生の状態を撮影した写真を用意し、堤防の利用者へのアンケートを実施することによって、どのような植生タイプ・草丈であれば、景観上望ましいかを調査した。

調査は関東地建管内の都市河川（多摩川、江戸川、荒川上流、荒川下流）を対象に平成9年度にアンケート調査（1回）を実施した。具体的な方法としては、各河川100名・計400名の河川敷利用者に様々な状態（植生タイプ・草丈、均一度）の堤防植生の景観写真約100枚を無作為に並べた状態で見せ、「良い、普通、悪い」の3段階に区分してもらった。

2) 景観として好まれる植生タイプ

調査結果（表3-4）より、利用者として景観上好ましい植生タイプはシバ・チガヤタイプであり、草丈は70cm以下が望まれていることが推定された。

また、堤防の景観評価には、植生の均一度が影響しており、多少草丈が高くても均一度が揃っていれば景観上好まれることが分かった。

表3-4 景観写真の平均得点

| 植生タイプ | 均一度 | 15cm以下 | 30cm以下 | 50cm以下 | 70cm以下 | 100cm以下 |
|----------------------|-----|--------|--------|--------|--------|---------|
| シバタイプ | 群生 | 3.95 | 3.56 | — | — | — |
| | 混成美 | 3.97 | 3.70 | 3.60 | — | — |
| | 混成荒 | 2.60 | 1.85 | 1.32 | 1.01 | — |
| シバタイプ、チガヤタイプ | 群生 | 4.21 | 4.13 | 3.62 | 3.30 | — |
| | 混成美 | 4.03 | 3.64 | 3.19 | 3.04 | — |
| | 混成荒 | 2.84 | 1.85 | 1.29 | 0.91 | — |
| シバタイプ、チガヤタイプ、外来牧草タイプ | 群生 | 3.16 | 3.39 | 2.90 | 2.23 | 1.99 |
| | 混成美 | 2.72 | 2.93 | 2.47 | 2.00 | 1.84 |
| | 混成荒 | 1.82 | 1.52 | 1.09 | 0.56 | 0.27 |

※太字数値：景観的に評価が良い（平均点が3点以上）

※均一度の凡例（植物の繁茂状況）

群生：単一植物が広く優占する純然たる植生

混成美：植生が見た目が美しい状況で混生している

混成荒：植生が見た目が荒れた状況で混生している

(3) 堤防上の野草保全

堤防上の植物の中には、レッドリスト掲載種などの貴重種、美しい花を咲かせる、食用になる等で人々から保全の要望がある植物（野草）もある。また、堤防の利用者が多く、周辺に自然があまり残されていない都市部においては、堤防上の野草も貴重な自然環境といえる。

そのため、植物相調査ならびに植物組成調査等の結果をもとに、学術的貴重種の生育状況、工事事務所に寄せられた保全の要望等のある植物について整理を行い、維持が可能な植物（群落）に対しては保全を図る方向で管理方法の検討を行った。

1) レッドリストに掲載されている貴重種

環境庁等のレッドリスト掲載種に代表される、いわゆる貴重種に関しては、多摩川、江戸川、荒川の堤防で実施した植物相調査から表3-5に示す10種が確認された。

表3-5 確認された絶滅のおそれのある植物種

| 科名 | 種名 | カテゴリー | 確認河川 |
|--------|----------|-------|-------|
| アブラナ | コイヌガラシ | 準絶滅危惧 | 荒下 |
| ユキバタ | タコノアシ | 危惧Ⅱ類 | 荒下 |
| トウダイグサ | ノウルシ | 危惧Ⅱ類 | 江戸・荒上 |
| セリ | ミシマサイコ | 危惧Ⅱ類 | 多摩 |
| サクラソウ | ノジトラノオ | 危惧ⅠB類 | 荒上 |
| ガガイ | スズサイコ | 危惧Ⅱ類 | 多摩 |
| ゴマノハグサ | カワジシャ | 準絶滅危惧 | 荒下 |
| キク | ウラギク | 危惧Ⅱ類 | 多摩 |
| ミクリ | ミクリ | 準絶滅危惧 | 多摩 |
| カヤツリグサ | カンエンガヤツリ | 危惧Ⅱ類 | 荒下 |

これらの植物は湿った草地に生育する種類が大部分であり、中にはミクリやカンエンガヤツリのような湿地に生育する種も含まれている。

これらの貴重種の保全に関しては、現地において個々に検討されることが望まれるが、堤防が河川管理施設であるということを前提に、治水上支障のない範囲で保全方法を検討することが望まれる。

2) 沿川住民からの保全要望のある植物

沿川住民等から事務所に身近な草花として保全が要望されている植物として、表3-6に示すような植

物が挙げられる。これらはいずれも花が美しいなど、見て楽しめる植物が多く、従来から堤防に良く生育する種がほとんどである。

そのため、これらの野草の保全については、開花期の除草を避けるなどの除草時期の調整によって保全することが望まれる。また、堤防植生管理において配慮を行う場合は、ある程度群生しており範囲等が明確なものを保全対象とすることが現実的である。

表 3・6 保全の要望等がある植物

| 科 名 | 種 名 |
|-------|----------|
| ナデシコ | カワラナデシコ |
| バラ | ワレモコウ |
| マメ | ナンテンハギ |
| マメ | レンリソウ |
| サクラソウ | オカトラノオ |
| キキョウ | ツリガネニンジン |
| ユリ | ヤブカンゾウ |
| ユリ | ノカンゾウ |
| ヒガンバナ | ヒガンバナ |

3) 草地環境における在来植物

通常、日本の気候の場合には一年草・多年草と植生が遷移し、その後は低木から高木へと樹木が生育する環境である。このような中、堤防は定期的に刈取り作業が行われており、希少な草地環境が残されている場所である。

この草地環境に生育する在来植物は貴重な存在であり、沿川住民から要望のある植物と同様に保全について考慮することが必要である。

(4) 除草と昆虫との関係

1) 昆虫と共存する堤防植生

多種多様な植物が生育する堤防草地は、植物の種類に比例して昆虫の種類も多い場所である。一般に堤防上には除草の影響によりイネ科植物を優占種とする草丈の低い草地が形成され、それら草地に依存した昆虫類の生息場として機能している。また、市民に親しまれる昆虫も多い。このような状況から、堤防上の昆虫とも共存しうる堤防植生管理が望まれている。

これらの要請に応えるため、関東の都市河川（多摩川、江戸川、荒川（荒川下流、荒川上流））を対象に、堤防除草と昆虫相の関係を明らかにするための実験を平成7-8年度に行った。実験は、各河川に年2回刈りの比較的粗放な管理とする堤防の区間（延長150m）を設置し、春の除草以後は草を伸ばしたまま放置し、秋季に昆虫調査を実施した。調査区域は150m区間の中央部を20m幅で実施し、表法・裏法・法尻高水敷の部分をそれぞれ調査した。調査手法はスweeping法、ベイトトラップ法、任意採集法を用いた。

秋の昆虫調査後に再度除草し、昆虫相が落ち蔭いたと考えられる、除草後1週間程度経過した日に同様の方法で、再び昆虫調査を実施した。

さらに、除草後の昆虫相が1年後に元の状態に戻るかどうかを比較するため、1年後の秋（除草前）に同じ方法による昆虫調査を実施した。

2) 除草による昆虫への影響

これらの昆虫調査の結果、275種、2万5千頭以上の昆虫が採集され、堤防に多くの昆虫が棲息していることが確認された。また、堤防で確認される昆虫相は、草地環境に適応しているバッタ類、カメムシ類、コウチュウ類であった。

平成7年度の除草前と除草後の調査結果を比較すると、種数は全河川ともに減少する傾向が見られた。しかし、平成8年度の除草前では、多摩川を除く河川について除草後より種数が増加する傾向が見られた。そのため、平成8年度の堤防上に生息する昆虫相は、ほぼ平成7年度の除草前の状態に回復していると判断できた。

以上より、現在の堤防上に生息している昆虫は除草という行為を前提とした昆虫相となっており、除草がすぐに堤防上の昆虫相の低下につながらないことが想定された。

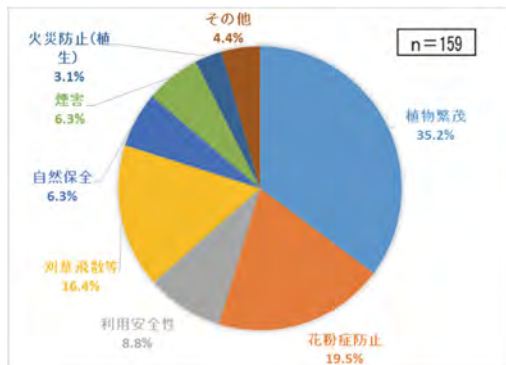
ただし、昆虫そのものが、年による個体数の増減が大きく、調査時の気象条件等にも左右されやすいという特性を持っている。このため、堤防の昆虫調査については、さらにデータを積み重ねて行かなければ、正確な影響の判断は難しいと考えられる。

3.4 花粉症原因植物（イネ科）への対応

（所報 第6号, p. 85, 所報 第11号, p63-78）¹⁾⁴⁾

(1) 花粉症の原因となる堤防植生

堤防上の植物が原因と思われる花粉症被害に関する市民からの苦情・要望等は, 図 3・4 に示すように, 第2位(19.5%)を占め, 堤防植生管理の重要な検討課題となっている。



※平成8年～10年までに多摩川, 江戸川, 荒川(荒川下流・荒川上流)に関して寄せられた堤防植生管理に関する苦情・要望を収集・整理した。

※樹木管理に関する苦情・要望に関しては除外した。

図 3・4 堤防植生管理に関する市民からの要望

これら花粉症の原因植物としては, 要望では「ブタクサ」を名指しする例が多数を占め, 多摩川などでは花粉症対策としてブタクサの除草等も実施していた。しかし, これらの苦情が寄せられる時期を調査したところ, 苦情は主に5～6月に集中して寄せられ, ブタクサなどのキク科の原因植物の開花期である秋にはほとんど苦情がなかった。この結果から, 都市河川において花粉症の原因植物はブタクサではなく, 春季に繁茂するイネ科の植物であることが推定された。

代表的な草本系の花粉症原因植物の一覧を表 3・7 に示す。これら花粉症の原因植物は多くの種類が挙げられているが, イネ科の大部分が原因植物に相当し, その中でも特に堤防の優占種となっているネズミホソムギ(越年生), オニウシノケグサ(多年生)が特に要注意種と考えられる。

(2) イネ科花粉症に関する現地実験

1) 江戸川堤防における堤防植生の把握

江戸川における原因植物の生育状況を把握するた

表 3・7 花粉症の原因植物一覧

| 科名 | 種名 | 開花期 | 備考 | |
|-----|-----------|-------|------|----|
| イネ科 | カモガヤ | 5～6月 | 特に多い | |
| | ホソムギ | 5～7月 | | |
| | ネズミムギ | 7～8月 | | |
| | ネズミホソムギ | 5～8月 | | |
| | ハルガヤ | 4～6月 | | |
| | コヌカグサ | 6～7月 | | |
| | ヒロハウシノケグサ | 5～9月 | | 多い |
| | オニウシノケグサ | 5～9月 | | |
| | オオアワガエリ | 5～8月 | | |
| | ナガハグサ | 5～6月 | | |
| | スズメノテッポウ | 5～6月 | | |
| | スズメノカタビラ | 3～5月 | | |
| キク科 | オオブタクサ | 8～10月 | | |
| | ブタクサ | 8～10月 | | |
| | ヨモギ | 7～10月 | | |
| | オトコヨモギ | 7～10月 | | |
| クワ科 | カナムグラ | 8～10月 | | |

※原因植物は斎藤(1988)等より抽出

備考欄については, 堤防上で多く見られる種のみコメントをつけた。

め, 平成7年度(秋季)及び8年度(春季)に実施された植物相(フロラ)調査結果を用いて, 河口から流山橋(27km)周辺までを対象とし, 花粉症原因植物の分布状況等について整理した。

この結果, 288種の植物が確認されている。このうち文献に記載されたイネ科花粉症原因植物(表 3・8)に該当する植物は9種であり, この中ではネズミホソムギがその分布量, 密度ともに最も高く, 次にオニウシノケグサの分布量が多かった。

表3・8 イネ科花粉症原因植物一覧

| 植物名 | 牧草名 | 花期 | 生活形 | 摘要欄 |
|-----------|--------------|-------|-------|-----------------|
| オニウシノケグサ | トールフェスク | 6-8月 | 多年草 | |
| ヒロハウシノケグサ | メドールフェスク | 6-8月 | 多年草 | 江戸川では少ない |
| ナガハグサ | ケンタッキーブルーグラス | 5-7月 | 多年草 | |
| スズメノカタビラ | | 2-11月 | 1-2年草 | 高水敷に多い |
| カモガヤ | オーチャードグラス | 7-8月 | 多年草 | 江戸川では少ない |
| ネズミムギ | イタリアライグラス | 5-7月 | 1-2年草 | |
| ホソムギ | ベレニアライグラス | 5-7月 | 多年草 | |
| ネズミホソムギ | - | 5-7月 | 1-2年草 | ネズミムギ及びホソムギの交雑型 |
| コヌカグサ | レッドトップ | 5-6月 | 多年草 | |
| ハルガヤ | スイートバーナルグラス | 5-7月 | 多年草 | |
| オオアワガエリ | チモシー | 6-8月 | 多年草 | 江戸川では少ない |
| スズメノテッポウ | | 4-5月 | 1年草 | |
| イネ | | 8-10月 | 1年草 | |
| ギョウギシバ | | 5-7月 | 多年草 | |
| ヨシ | | 8-10月 | 多年草 | |

※原因植物は, NPO花粉情報協会(2002)及び, 斎藤・井出(1984)で掲載された種を挙げた。

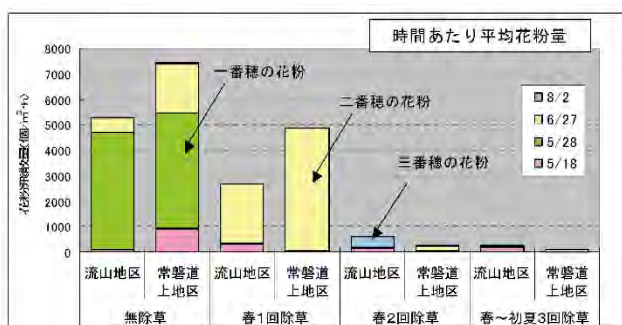
花期及び生活形は「増補日本イネ科植物図譜」に従った。

原因植物の生態は種類によって異なるため、原因植物の種類が違えば対策を変える必要がある。しかし、江戸川においてはネズミホソムギの分布量が群を抜いて多いことから、ネズミホソムギを対象に花粉症対策の検討を行うこととした。

2) ネズミホソムギの花粉特性と除草回数

江戸川堤防における花粉飛散や飛散距離の実験を実施し、現状を把握した。この結果、堤防天端では1時間当たり12~4623個/m³・hの花粉が捕集され、堤防から10m離れれば急速に減衰し、花粉の飛散が堤防周辺の狭い範囲に限られることが確認された。

また、花粉飛散の抑制には除草が有効であるが、その適切な回数を検討する必要がある。4~7月の間において、適正な除草回数を見極めるために、0~3回刈りの4種類の除草区を設けて試験を実施し、各除草が実施された数日後に堤防上の花粉量を測定した(図3・5)。



※4回の花粉飛散調査で捕集された花粉量の合計

図3・5 除草回数と花粉飛散量との関係 (平成15年度, 流山地区)

その結果、一・二番穂では4,000個/m³・h前後の大量の花粉が飛散しているが、春2回除草区における三番穂の花粉飛散量は最大でも419個/m³・hであり、それほど多くないという結果が得られた。

よって、ネズミホソムギの開花時期を見極めて適切な時期に除草を行った場合、春2回除草で大部分の花粉飛散を抑制することが可能と評価される。しかし、三番穂の花粉量でも症状を起こす人がいることも想定されるため、3回目の除草が不必要とは言えない。

花粉捕集調査により、イネ科牧草類の開花期間中

における河川堤防上及び周辺地区における花粉量(日花粉量及びピーク時の花粉量)について把握することが出来た。しかし、この結果を元に河川管理者としての対応方針を検討するためには、これらの花粉量が花粉症の発症頻度とどの程度相関しているかを把握する必要がある。

ヨーロッパのSPRING(System for Pollen Related Information Gathering:花粉関連情報収集)プロジェクトによると、イネ科花粉飛散と花粉症発症の目安は、日平均花粉量がおおむね30~50個/m³・hを越えると花粉症リスクが高くなるとされている(表3・9)。

表3・9 SPRINGプロジェクトが設定したイネ科花粉のリスク閾値

| 国 | イネ科花粉のリスク閾値(個/m ³ ・h) | | | |
|--------|----------------------------------|-------|--------|-------|
| | 低い | やや高い | 高い | 非常に高い |
| オーストリア | 1-25 | 26-50 | 51-80 | >80 |
| フランス | 1-10 | 11-35 | 36-100 | >100 |
| イタリア | 1-9 | 10-29 | 30-100 | >100 |
| スペイン | 1-25 | 26-50 | 51-100 | >100 |
| イギリス | 1-29 | 30-50 | 51-150 | >150 |

※24時間捕集した花粉の時間当たりの平均

この数値と得られた花粉飛散量を比較すると、5月下旬及び6月中旬の牧草類が繁茂している時期の堤防天端における花粉量が約600~4,600個/m³・hに達しており、花粉症被害を考慮すべきレベルといえる。また、堤内地への飛散については、距離による減衰があるが、堤防法尻から10m地点において、30~167個/m³・hが記録されている。

以上から、花粉対策を実施しない場合においては、堤防の利用者や沿川住民に花粉症が生じることが懸念される。

(3) 江戸川におけるイネ科花粉症対策

堤防の植生管理を実施している河川管理者においては、堤防除草の目的は堤防の裸地化を防止し、均質な植生で堤防表面が密に覆われるようにすること、草丈を抑制して堤防点検を容易にすることが第一目的である。除草により、花粉症対策を行う場合でも、これらの目的は確保される必要がある。また、

堤防除草のための費用についても限られた予算の中で実施していることも考慮される必要がある。そのため、花粉対策は、現状で花粉症原因植物が優占する区域に絞って実施することとした。

これらより、江戸川における堤防植生のイネ科花粉対策の基本方針としては、植生のコントロールにより、原因植物を減少させることを目標とする。

花粉対策は、原因植物が優占種となっている「外来牧草タイプ」と原因植物と在来種が競合状態にある「チガヤタイプ」で異なる手法を用いる。具体的には、「外来牧草タイプ」では、花粉飛散を特に配慮する場合は、3週間おきに春3回の除草を実施する。また、花粉大量飛散を抑える場合には、4週間おきに春2回の除草を実施する。「チガヤタイプ」では、外来牧草の開花・結実を抑止し、かつチガヤの生長を助ける時期に除草を実施するものとし、植物の生長を見ながら4週間おきに春2回の除草を実施し、最終除草時期は8月として秋季～春季までチガヤが少し伸びた状態（40cm程度）で管理する。

この花粉対策の実施にあたっては、イネ科花粉症原因植物の生態及び花粉の飛散特性と対策手法について工事発注する出張所や除草業者が正確に把握する必要があることから、「江戸川堤防に生育するイネ科植物の花粉対策の手引き」⁵⁾を作成した。

また、イネ科花粉症に関する情報を発信し、利用者・沿川住民が自ら花粉症予防行動がとれるようにリーフレットを作成した。

3.5 年2回除草によるチガヤへの移行管理

(所報 第16号, p.116-129)⁶⁾

(1) 年2回除草での堤防植生管理

シバを維持するためには、年間4回以上の除草が必要であり、除草回数が減少すると他の植物が侵入し、数年でシバは消失することが知られている。堤防除草には河川の維持管理費が充てられているが、昨今の公共事業費の削減の中で維持管理費の縮減が求められ、堤防除草の回数も減少してきた。

このような背景の中、現在は堤防点検等に最低限必要な年間2回の刈取りが基本となっているため、シバの維持は困難な状況である。こうした課題を受け

て、シバに代わる堤防植生管理の手法が検討されてきた。既往検討の結果から、少ない除草回数で成立する植生では、チガヤが最も治水機能（耐侵食性）を保持しており好ましいと考えられる。

烏川・神流川・鑓川・碓氷川の直轄区間を対象とし、植物種の生活史を考慮した除草時期の調整により、限られた除草回数の中で望ましくない植生からチガヤへの移行を図った結果を示すとともに、この成果を活用した堤防植生管理手法を提案した。

(2) 烏・神流川における堤防植生タイプ

烏・神流川の全堤防を対象に、堤防植生タイプの分布調査を実施し、堤防植生の状況を把握した。

調査の結果は図3・6に示すとおりであり、シバが残っている箇所はわずか（約3%）となっていた。シバから変化した後の植生は、チガヤタイプが大部分（約60%）であったが、次いで外来牧草タイプが多く（約30%）、局所的に広葉タイプが優占していた。なお、外来牧草タイプは、ネズミホソムギタイプが最も多く、また、チガヤの混生が見られた。

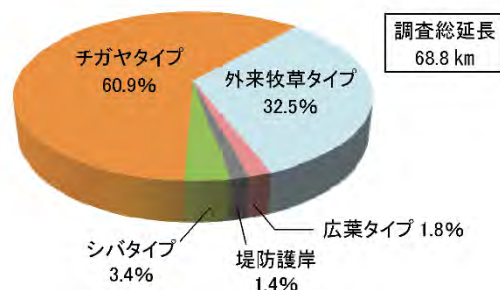


図3・6 烏・神流川における堤防植生タイプの分布割合（平成16年度）

(3) ネズミホソムギからチガヤへの移行管理

1) チガヤへの移行管理の考え方

烏・神流川の外来牧草タイプに最も多いネズミホソムギタイプを対象に、チガヤタイプへの移行を図るものとし、各植生タイプの優占種に着目した植生管理を立案した。

なお、ネズミホソムギタイプは、ネズミホソムギが枯死した夏季以降は、メシバやエノコログサ等の一年草に優占種が変化する。植生タイプの移行を図る上では、生活史の大きく異なるネズミホソムギ

とチガヤの競合関係が重要と考え、これら2種に的を絞った。

年間2回という限られた除草回数の中で、望ましい植生（チガヤタイプ）に導き、維持していくためには、ネズミホソムギにダメージを与えつつ、チガヤの生長への影響を最小化する必要がある。堤防植生に影響を及ぼす管理行為は「除草」と「集草」であるが、対象地である高崎河川国道事務所では集草を実施していなかった（実験当時）ため、除草のみ行うものとした。

実管理上は、種別に選択的な除草は行えないため、同所的に生育する群落は同時に除草を受けることになる。同時に同じ回数の除草を実施しながら、チガヤとネズミホソムギに異なる影響を与えるためには、これらの種の生活史の差異に着目して除草時期を設定する必要があると考えられる。

また、除草による影響の与え方としては、直接的にダメージを与える方法と、競合種との種間関係を変化させる間接的な方法が考えられる。

2) 植生タイプ別の優占種の生態

ネズミホソムギタイプは、前述のとおり夏季を境に優占種が変化する。しかし、チガヤが優占する状態を目標とする上では、チガヤに先立って生長するネズミホソムギとの競合関係が重要と考えられる（図3・7）。

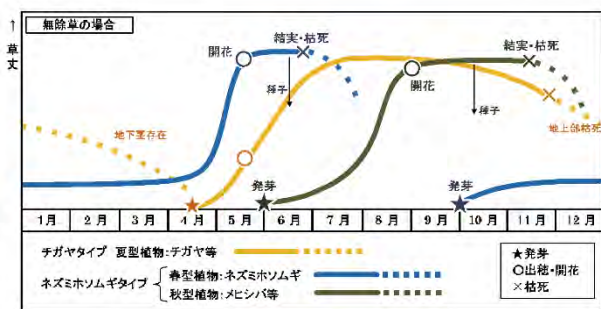


図3・7 優占種の生長イメージ

優占種の生態を踏まえた、除草による影響の与え方（直接・間接）は以下に示すとおりである。

①直接的な方法:ネズミホソムギの種子生産抑制

チガヤとネズミホソムギの生活史において最も重要な相違点は、チガヤが栄養繁殖を行う多年生草本

で、ネズミホソムギは種子繁殖のみの一年生草本ということである。

一年草のネズミホソムギは、再生産（種子繁殖）をさせないことで翌年の群落が衰退するため、ネズミホソムギの開花期（結実前）に除草を行うことが、最も大きなダメージ（直接的な影響）を与えることとなる。ただし、ネズミホソムギの特性として、開花・結実期に除草を受けると、早期に再出穂することが知られている。

②間接的な方法:ネズミホソムギの芽生えの被陰

ネズミホソムギは、秋に芽生えた後、越冬して春に開花・結実する。冬季は、多くの植物にとって生育不適期である。

ネズミホソムギはあえて越冬することで、（特に光獲得において）競争相手が少ない状況で小さい植物体のまま光合成を行い、春に開花・結実するための栄養を効率的に蓄積する生存戦略をとっていると考えられる。この冬季の光合成を阻害（被陰）した場合、ネズミホソムギは春までに満足に生長することができず（枯死個体の増加）、結果として種子生産量が減少することが予想される。

3) チガヤ移行に向けた除草時期

堤防除草には、植生遷移の制御や生育密度の増加、堤防点検や水防活動の容易化など、様々な目的・効果がある。チガヤタイプへの移行を図るために望ましい除草時期は表3・10に示すとおり5月・8月である。5月・8月の除草下のチガヤとネズミホソムギの競合イメージは図3・8に示す。

表3・10 除草時期の設定

| 除草時期 | 目的・効果 | |
|------|------------------------|---------------------------------|
| | 植生タイプの移行 | リスク低減 |
| 5月 | ネズミホソムギの種子生産の抑制 | 出水期前の堤防点検の容易化 |
| 8月 | ネズミホソムギの芽生えの被陰(光合成の阻害) | 出水期中の堤防点検の容易化 可能な範囲での冬季の草丈抑制 |

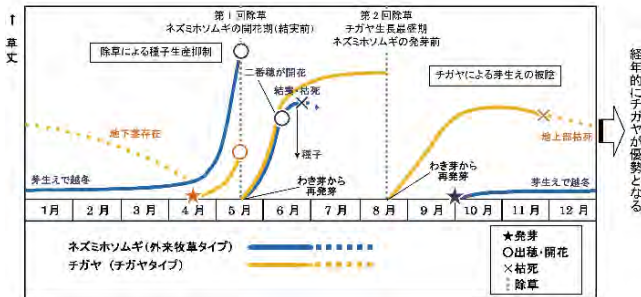


図3-8 5月・8月の除草下の競合関係イメージ

4) 堤防植生管理における実運用

鳥・神流川の堤防植生の現状把握を行うとともに、堤防に試験区を設け、年2回除草による外来牧草タイプからチガヤタイプへと移行させる適切な除草方法を見極める検証実験を行った。

実験結果より、チガヤ移行区では外来牧草の生育が抑制され、チガヤの被度が増加する傾向が確認され、外来牧草抑制除草による効果は2ヶ年程度でほぼ達成できたと評価される。しかし、草丈が季節を通じて高い（草丈80cm以上）他、大型植物が生育しているため、堤防が景観的に汚い印象を受けた。これは、チガヤ移行区の除草は外来牧草の生育阻害を目的に実施しているため、結果として第1回除草をチガヤの芽生え・生長前に、第2回除草をチガヤの生長期中に実施しており、チガヤの草丈の伸長に対する抑制効果は小さいことによるものである。

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

「5月・8月除草」の効果と留意点を踏まえ、実管理における運用は、以下に示すとおりとした。

なお、チガヤタイプに移行後にチガヤの優占状況を持続させるためには、除草時期の調整以外に、チガヤが刈りこみに弱いこと、裸地には一年草が侵入しやすいことを考慮して、除草時の刈りこみ過ぎを避ける(10cm以上を残す)ことが有効と考えられる。

■ 「5月・8月除草」の運用

- ・チガヤの優占状況によらず、年間2回の除草の第1回目は常に5月に実施する
- ・ネズミホソムギタイプの堤防に対しては、早期にチガヤタイプへの移行を図るため、第2回除草（最終除草）の時期を8月とする
- ・チガヤタイプに移行後は、冬季のチガヤの草丈抑制のため、第2回除草の時期をチガヤの草丈が適度に保たれると考えられる9月に変更する。また、9月に変更することで、チガヤの根系が効率的に生長する期間がある程度確保されると考えられる
- ・「5月・8月除草」の適用期間は、ネズミホソムギの抑制効果が適用2年目から見られることから、2年間を目途とする。ただし、2年間の適用後にチガヤの被度が不足する場合には、適用期間を1年間延長する
- ・第2回除草を9月に変更後に、再度ネズミホソムギが優占する状況になった場合は、「5月・8月除草」を再適用する

3.6 緩傾斜堤における植栽工法

(所報 第13号, p153-169)⁷⁾

(1) 緩傾斜化による堤防植生管理における課題

利根川及び江戸川における首都圏氾濫区域堤防強化対策事業によって施工される堤防の断面形状は、図3-9に示すような川表側1:5.0、川裏側1:7.0とする1枚法の緩傾斜堤防である。



図3-9 首都圏氾濫区域堤防強化対策事業の堤防断面形状

このような河川堤防の緩傾斜化により法面積が増大し、今までと同様な管理を行った場合、堤防除草費用の増加が見込まれている。よって、堤防植生として機能を果たすシバに代わる植生により、除草等の維持管理費の軽減を図ることが必要となってくる。

(2) 望ましい堤防植生タイプの選定

堤防植生としての機能を満足し、地域特性に適し

ており、さらには外来種の取扱いに配慮した、シバに代わる植生タイプの選定を行った。選定にあたっては、治水機能として堤防植生に求められる必要条件（耐侵食機能、堤防点検上支障の無い草丈）、維持管理コスト、外来種の取扱いの3点を選定基準とした。

これらの選定基準を基に、5区分の堤防植生タイプ（シバ、チガヤ、外来牧草、オギ・ススキ、広葉）毎に評価を行った。なお、3つの選定基準を1つでも満たさないものがある堤防植生タイプについては、選定から除外した。

この結果、外来牧草、オギ・ススキ、広葉は草丈、シバは維持管理コストの基準を満たさないため、チガヤタイプが選定された。

(3) チガヤタイプ堤防への試験施工計画（案）の立案

1) チガヤの施工時の課題

望ましい堤防植生タイプとしてチガヤタイプが選定されたが、チガヤを施工するとした時に以下に示す課題があげられる。

- ①チガヤを使用した植栽実績が少なく、チガヤタイプの堤防を創出可能か不確実である。
- ②チガヤ種子からの法面緑化に期間を要し、流水・雨水による初期の耐侵食機能が低い。

2) 試験施工の目的

このことから、最終的にチガヤタイプの堤防が創出可能であるかについて検証する。また、目標とするチガヤが播種後、法面を緑で覆うまでの期間が、他の植物よりも時間を要するため、初期段階において堤防法面を雨水・洪水等の侵食作用から守るために早期緑化が可能なシバやギョウギシバ等の植物と一緒に播種した場合に、それらが早期緑化の機能を十分に果たし、かつ他の植生に悪影響を及ぼさないものであるか、の2つに視点を置いて試験施工を経て明らかにすることにした。

3) 各植生・植栽工法の既往知見の整理

①各植生の特性の整理

一般的に法面緑化で使用されている植生の種子特性について、緑化種苗の取扱いがある大手4社のカタログを基に草丈、種子特性（発芽率、1g当たりの粒数等）を整理、把握した。対象とした植

生は、シバ、ギョウギシバ、チガヤ、ヨモギ、メヒシバ、アキノエノコログサである。

なお、現時点で市場流通していない種については、各図鑑等を基に整理した。

②植栽工法の整理

既往文献より堤防法面を初めとした法面緑化工法について整理した。その結果、大きく3つの植栽方法（播種工、植栽工、表土利用）に分類でき、さらにそれぞれの植栽方法の中で複数の植栽工法の実績を把握した（表3・11）。

表3・11 植栽工法一覧

| 植栽方法 | 植栽工法 |
|-------|----------|
| 播種工 | 種子散布工 |
| | 植生シート工 |
| | 植生マット工 |
| 植栽工 | 張芝工 |
| | チガヤ株植栽工 |
| 表土利用工 | 表土利用工 |
| | 表土マット移植工 |

4) 選定した試験施工工法による試験施工計画（案）の立案

前述した既存の法面緑化工法の整理結果を基に、試験施工の目的であるチガヤタイプ堤防の創出を目標とした際に考えられる試験施工工法（11種）を抽出した。

これらの試験施工工法の一次選定を行うに際し、以下に示す4つの点を評価軸とした。

- ①堤防植生に求められる必要条件
- ②外来種の取扱い
- ③種子の市場性
- ④長大法面に対する実現性

この評価軸で検討した結果、播種工（4種）、植栽工（3種）の7工法と初期導入植生種の組合せにより、9つの工法が抽出された。

この一次選定された試験施工工法を対象に、発芽実験において初期侵食防止植物の可否を検証した後、今後、試験施工を実施する。

本研究では、試験施工を実施していく上で、試験施工及びその後のモニタリングが的確に実施される

よう「堤防植生試験施工計画（案）」を作成した。

本計画には、試験施工の目的である、最終的にチガヤタイプの堤防をどのようにして創出するかを検証するために必要な項目について記述した。また、維持管理費の縮減を念頭においた養生の必要性や、今後の解析・評価に役立つモニタリング調査について明記した（図3・10）。

| 目次 | |
|--------------------------------|----|
| 1. 試験施工の基本的な考え方..... | 3 |
| 1.1. 本書作成の背景..... | 3 |
| 1.2. 試験施工の基本的な考え方..... | 4 |
| 1.3. 実施方針..... | 6 |
| 2. 前提条件の整理..... | 7 |
| 2.1. 気象条件..... | 7 |
| 3. 試験施工計画..... | 9 |
| 3.1. 実施工法..... | 9 |
| 3.2. 初期導入植生ごとの特性..... | 12 |
| 3.3. 気象条件、植生の特性から判断した施工時期..... | 13 |
| 3.4. 試験施工区の設定..... | 14 |
| 3.5. チガヤの採種..... | 15 |
| 3.6. 堤防植生試験施工計画（案）..... | 17 |
| 4. 管理..... | 43 |
| 4.1. 養生管理..... | 43 |
| 4.2. 維持管理..... | 44 |
| 5. モニタリング..... | 45 |
| 5.1. 初期土質・土壌条件の把握..... | 45 |
| 5.2. モニタリング項目..... | 46 |
| 6. 今後の課題..... | 50 |
| 6.1. チガヤの採種..... | 50 |
| 6.2. 試験施工後の維持管理..... | 50 |

図3・10 堤防植生試験施工計画（案）の構成

3.7 植物成長調整剤等を使用した効率的な堤防植生管理に向けた検討(所報 第21号, p1-14)⁸⁾

(1) 植物成長調整剤等を用いた背景

年2回の除草では、近年増加傾向にある外来植物の侵入・繁茂等の影響により、出水期間中の河川巡視・堤防点検への支障やカラシナ等による堤防機能の弱体化等の問題が生じている。

そのため、現状の維持管理予算以内で、現行の刈取りによる堤防植生管理手法に代わる効率的かつ効果的な堤防植生管理手法が求められている。

これらの課題を解決するために、堤防植生管理の一手法として「植物成長調整剤等」の使用を提案し、現地実証実験により、その有効性の検証を行った。

(2) 本検討において設定した堤防植生管理目標

堤防植生管理は、現状の維持管理コスト内で堤防機能や堤防点検等に支障のないように行うことを前提とし、この検討では図3・11に示す目標を設定した。

| 堤防植生管理の目標 | |
|---|-----------------------------------|
| 現状の維持管理コスト以内で、堤防機能の低下や堤防点検等に支障のない堤防植生管理を行う。 | |
| ① 外来牧草タイプの堤防 | カラシナ等の外来牧草を衰退させ、シバやチガヤへの植生の転換を図る。 |
| ② シバタイプの堤防 | 現状の植生を保つように管理する。 |
| ③ チガヤタイプの堤防 | 草丈管理を前提に現状の植生を保つように管理する。 |

図3・11 設定した堤防植生管理目標

(3) 検討対象とした堤防植生管理手法の概要

堤防植生管理手法は、①近年の農薬取締法改正により安全で効果があるとされ、過去に河川堤防での使用実績がある「植物成長調整剤等」の散布、②過去に行われていた伝統的な手法である「芝焼き」、③現在、行われている「刈取り」の組合せとし、現状の維持管理コスト以内で、現在の知見により効果が見込める実験ケース（12ケース）を設定した。

実験場所は、植物成長調整剤等に関わる実験は河川以外の管理された用地とし、刈取り・芝焼きの実験及び刈取り・集草処分の実験は渡良瀬川と秋山川の河川堤防とした。モニタリング調査は、平成25年5月から1年半の間、概ね月1回の実施とした。

調査項目は、堤防の目視点検時における視認性を検証するための草丈調査と、堤防植生による耐侵食性を検証するための植物相調査である。この他に、植物成長調整剤等の安全性確認実験を実施した。

(4) 草丈による視認性及び植物相の評価

実験ケースの効果検証における評価方法は、堤防の目視点検時における視認性を評価する草丈と、堤防植生による耐侵食性を評価する植物相(広葉植物とイネ科植物の種数)に区分し、3段階評価とした(表3・12)。

表3・12 効果検証における評価値

| 評価値 | 草丈 | | 植物相(種数) | |
|-----|---------|----|---------|-----------|
| | 8月 | 9月 | 広葉植物 | イネ科植物 |
| 3 | ～40cm | | 減少 | シバ・チガヤが維持 |
| 2 | 40～80cm | | 現状程度 | イネ科が増加・維持 |
| 1 | 80cm～ | | 増加 | イネ科が減少 |

草丈については、出水期間中(6月～10月)における

堤防植生の成長期である8月と9月を評価月とした。また、草丈の評価値は3または2であれば、堤防の目視点検が可能であることを実験地において確認している。

植物相(広葉植物とイネ科植物の種数)については、一般的にシバやチガヤを含むイネ科植物の方が広葉植物より耐侵食性に優れているので、その増加・減少における傾向を評価値としている。

調査結果を基に、草丈及び植物相の3段階評価値を用いて効果評価した結果を表3・13に示す。堤防植生タイプ別の各管理手法(実験ケース)について、堤防植生機能としての効果評価にコスト評価を加えた各管理手法の総合評価を行い、現行の刈取りによる堤防植生管理手法に代わる効率的かつ効果的な堤防植生管理手法の選定を行った。

表3・13 各実験ケースの効果評価結果

| 堤防植生タイプ | 実験ケース | 草丈 | | 植物相 | | コスト | 効果評価 |
|---------------------|-----------------------|----|----|-----|-----|-----------------|------|
| | | 8月 | 9月 | 広葉 | イネ科 | | |
| 木刈草タイプ (刈草機・型以外) | 1 刈草機による刈取り(型・刈草機なし) | 2 | 1 | 3 | 2 | 8 | △ |
| | 2 刈草機による刈取り(型・刈草機あり) | 3 | 2 | 3 | 2 | 10 | ○ |
| | 3 刈草機による刈取り(型・刈草機あり) | 3 | 3 | 2 | 2 | 10 [※] | △ |
| 木刈草タイプ (刈草機型) | 4 刈草機による刈取り(型・刈草機あり) | 2 | 1 | 3 | 2 | 8 | △ |
| | 5 刈草機による刈取り(型・刈草機あり) | 3 | 2 | 3 | 2 | 10 | ○ |
| シバタイプ | 6 刈草機による刈取り(型・刈草機あり) | 3 | 3 | 2 | 3 | 11 | ○ |
| | 7 刈草機による刈取り(型・刈草機あり) | 3 | 3 | 2 | 3 | 11 | ○ |
| | 8 刈草機による刈取り(型・刈草機あり) | 3 | 3 | 2 | 3 | 11 | ○ |
| チガヤタイプ | 9 刈草機による刈取り(型・刈草機あり) | 1 | 1 | 3 | 3 | 8 | △ |
| | 10 刈草機による刈取り(型・刈草機あり) | 3 | 2 | 2 | 3 | 10 | ○ |
| | 11 刈草機による刈取り(型・刈草機あり) | 3 | 3 | 2 | 3 | 11 | ○ |
| | 12 刈草機による刈取り(型・刈草機あり) | 3 | 3 | 2 | 3 | 11 [※] | △ |

効果評価：合計値が10以上を○とし、10未満は△として評価した。
※11.3には合計値が10以上を○とし、10未満は△として評価した。

(5) 散布における安全性確認実験の実施

実験で使用する植物成長調整剤等は農薬登録がされており、安全性が確保されたものである。しかし、有効成分の固定分解状況や流出の有無について一般的に懸念される面もあることから、補足的に安全性確認実験を実施した。

ここでは、土砂降り相当(気象庁基準)の降雨による植物成長調整剤等の流出の有無を確認する実験結果を示す。実験内容は、①雨量強度 30mm/h 程度の人工降雨が可能で散水装置を設計製作(図 3・12)し、②実験区に5種類の植物成長調整剤等を散布、③散布の24時間後に人工的に雨を降らせる実験を開始、

④実験開始後に、実験区内、実験区直下 0.5m, 4m, 10m の位置で表層土壌のサンプリングを実施(図 3・13)、⑤サンプルから有効成分濃度を分析して、流出の有無を確認した。



図 3・12 散水装置と実験地の状況

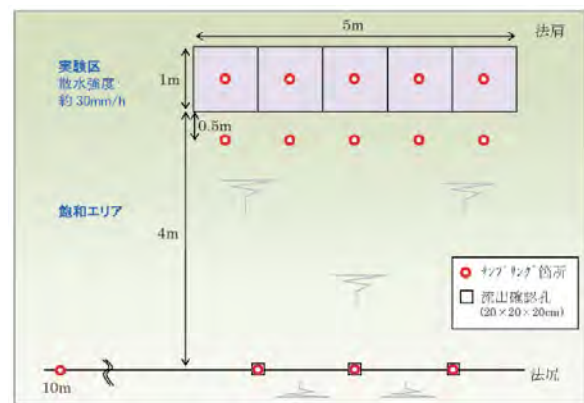


図 3・13 植物成長調整剤等流出の有無の確認実験場

なお、サンプリングのタイミングは降雨の直前、降雨開始後 20 分後、40 分後、60 分後、1 日後、1 週間後とした。結果は、植物成長調整剤等を散布した実験区の直下 0.5m、さらにその下流の全ての地点・時間帯で有効成分は全く検出されなかった。

(6) 検討結果と今後に向けての課題

今後の河川堤防での実用化に向け、植物成長調整剤等を用いた堤防植生管理手法の検証結果と今後に向けての課題を示す。

1) 堤防植生の改善・保持効果

現在の年2回除草では解決できなかった出水期間中の河川巡視・堤防点検への支障が解消できた。また、肥大化したカラシナの根による堤防機能の弱体化を防げることが明らかとなった。

さらに、年2回除草ではその維持が困難な耐侵食性に優れたシバタイプの堤防植生の保持が可能となることが示された。

2) 植物成長調整剤等の安全性の確認

植物成長調整剤等は、農薬取締法により農林水産省に登録されているものしか使用しない。その登録にあたっては、安全性を確認する試験を十分に行い、規定の使用量及び適切な散布方法を行えば、環境や生物への影響がないことが確認されている。

今回の現地確認実験を通じて、植物成長調整剤等の土壌の固定分解状況や降雨による流出で、有効成分が検出されないことを確認した。

3) 維持管理コストの縮減

今回の植物成長調整剤等を用いた管理手法では、現状の維持管理コスト単価に比べて、約25～60%のコスト縮減が見込めることが算出された。

4) 今後に向けての課題

堤防植生は、気温や降水量等の気候や生育基盤となる土質等により植生種が異なる。このため、河川維持管理に支障を与える植生の抽出と植物成長調整剤等を用いた堤防植生管理の全国での試行を実施し、得られた知見等の蓄積・共有が重要である。

また、平成28年度より渡良瀬川等の実堤防において、植物成長調整剤等を用いた堤防植生管理試験を行っていることから、現場での施工管理を含めた維持管理コストを考えることが必要である。

3.8 堤防植生タイプ区分調査の提案

(所報 第23号, p6-8)⁹⁾

堤防植生管理の実施にあたっては、堤防植生タイプによる現状把握が基本である。堤防植生タイプを情報として整理・理解することで、堤防植生による治水機能の保持及び河川管理上問題がある植生が生育している区間の把握、植生の生活史（開花期・結実期、草丈など）を考慮した適正な除草タイミングの検討など、効果的・効率的な堤防植生管理に活用できる。

このため、現状の堤防植生の概況を把握する手法である堤防植生タイプ区分調査について、具体的な調査手法と結果整理方法を提案する。

(1) 調査方法と時期

堤防植生タイプ区分調査は、調査員による目視確認を基本とする。

堤防植物は季節により優占種や種構成が変化し、春に成長のピークがある春型植物と夏～秋に成長のピークがある夏～秋型植物に分類できる。

このため、春季（4～5月）・秋季（8～9月）の除草前に調査を実施する（図3・14）。なお、カラシナ・アブラナ類の生育が問題となっている河川において

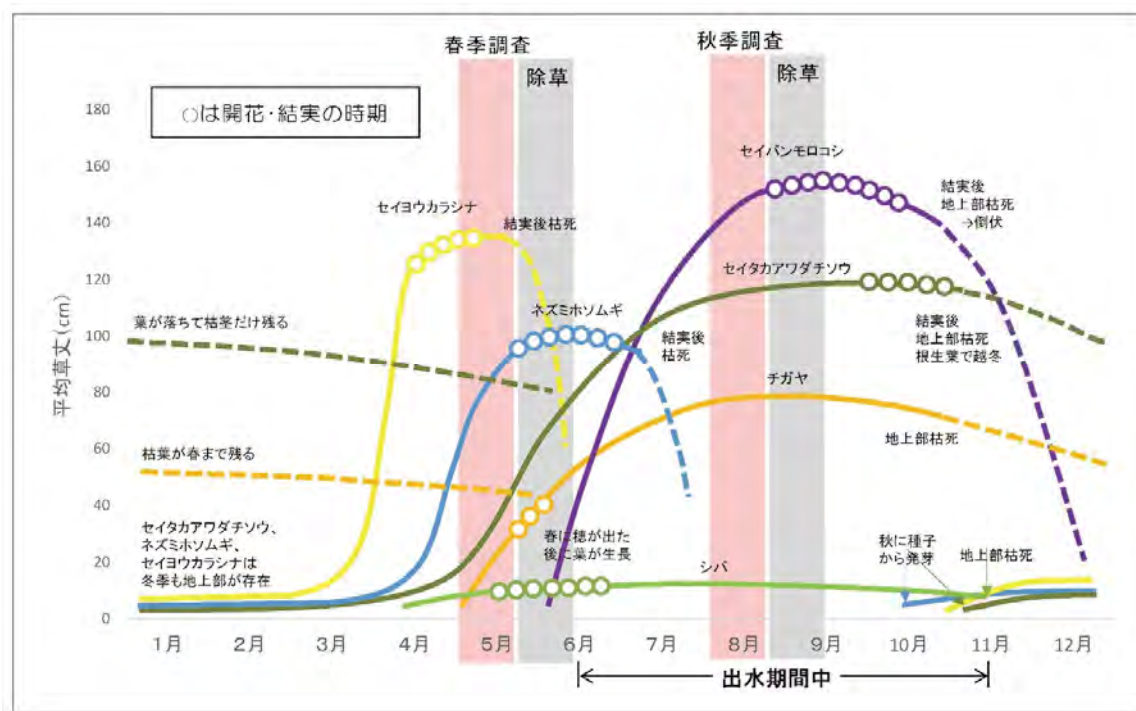


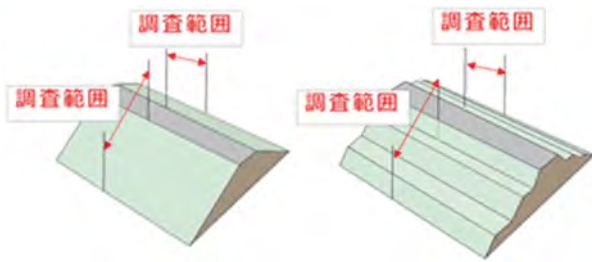
図3・14 堤防植生タイプの調査時期

は、カラシナ類の開花時期となる 3～4 月の期間内に、これらに特化した調査を行うことが望ましい。

(2) 調査対象範囲

対象範囲は、管理区域内の有堤区間の堤防法面(川表・川裏、小段含む)とする(図3・15)。

この範囲は、河川管理者が実施する維持管理作業によりコントロールが出来る区域(占用範囲を除く)である。



(一枚法面の場合) (小段を有する法面の場合)

図3・15 調査対象範囲

(3) 記録方法

調査員は、堤防天端より法面全体を概観し、堤防植生タイプを目視にて判別する。判別は概ね 50m 区間毎に行い、移動は徒歩(長距離の場合は自転車等を使用)とする。この結果は、縮尺 1/5,000 程度の平面図に記録する。

(4) 結果整理方法

各季節の現地調査が完了した時点で、各々の堤防植生タイプ区分図を作成する。堤防植生タイプ区分図は、以下の2種類(詳細図, 概要図)を作成する。

a) 詳細図

管理区間内の距離標に応じた詳細がわかるタイプ区分(図3・16)

b) 概要図

管内全域が一目でわかる500m区間毎のタイプ区分(図3・17)

また、春季・秋季の堤防植生タイプ区分図を用いて、通年の堤防植生タイプ区分図(総括図)を作成する。

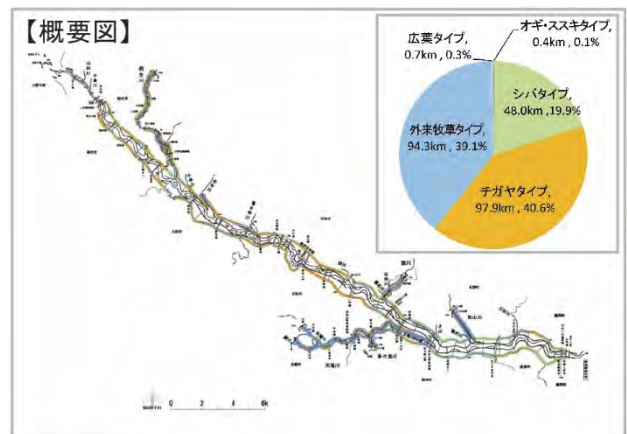


図3・17 堤防植生タイプ区分調査結果(概要図)

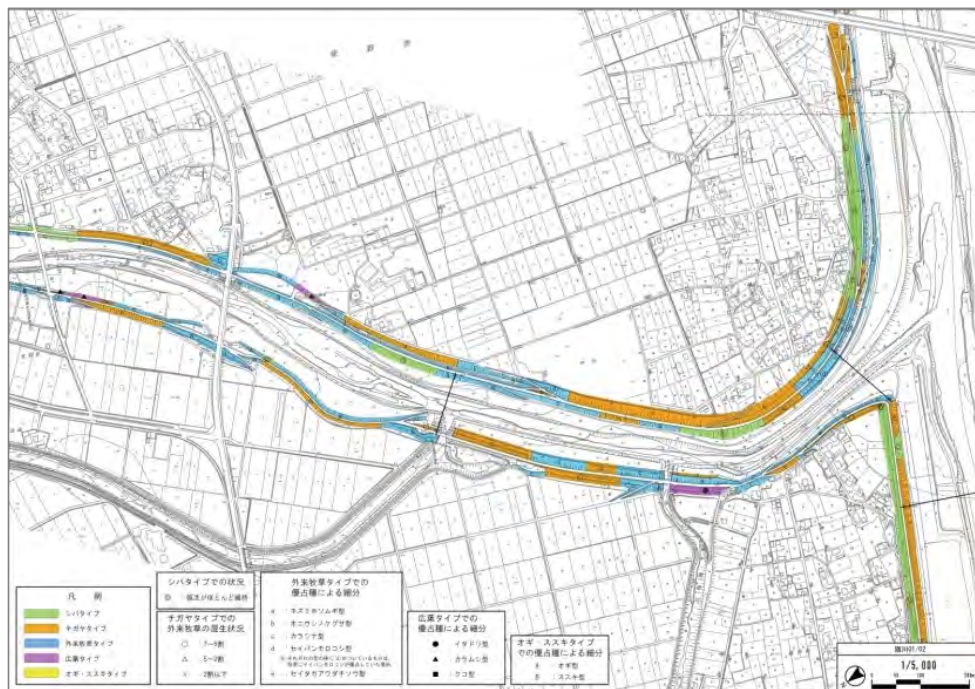


図3・16 堤防植生タイプ区分調査結果(詳細図)

4. 堤防植生管理の体系化に向けて

参考文献

4.1 堤防植生管理の体系化への方向性

本稿では、これまでの河川財団における主な研究成果について整理を行い、堤防植生管理の知識・知見をとりまとめた。これにより、堤防植生管理の基礎的知見が明確となった。

堤防植生管理については、財団における受託業務や自主研究のほか、国総研や大学等の研究機関で実施された多くの知見が存在する。このことから、これらの情報を収集・整理し、知識・知見を体系的にとりまとめるとともに、さらに必要となる堤防植生管理技術等を補完することが重要である。

4.2 体系化に向けて考慮すべき項目

(1) 堤防植生管理の項目の抽出・整理

堤防植生管理の体系化に向けて、堤防が持つべき機能や植生の役割などを明確にするるとともに、項目を抽出・整理することが必要である。

以下に、現段階で考えられる項目を列記する。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">①堤防植生の役割や機能<ul style="list-style-type: none">・降雨や洪水による流水からの堤体保護・草地や傾斜地である法面における利用・植生が生み出す河川景観・イネ科植物による花粉症・在来種や希少種等の植物・堤防点検時の変状の確認し易さ②植物の種類と機能（上記①）との関係③堤防植生の実態、空間、時系列的な変化④刈取り等の行為による植生の遷移⑤管理行為に関わるコストや労力⑥新技術の活用⑦住民や土地利用等の地域要望・地域貢献⑧堤防植生管理計画の策定 |
|--|

(2) 持続可能な堤防植生管理

堤防植生管理においては、堤防の治水機能の確保が必須である。加えて、持続可能な維持管理を目指し、管理しやすい植生種への転換等、実施する業者の労力軽減の他、堤防刈草の資源化等、持続可能性を目指した項目を考えることが必要である。

- 1) 佐々木寧，戸谷英雄，石橋祥宏，伊坂充，平田真二：堤防植生の特性と堤防植生管理計画，河川環境総合研究所報告 第6号，2000.
- 2) 建設省土木研究所河川部河川研究室：洪水流を受けた時の多自然型河岸防護工・粘性土・植生の挙動，土木研究所資料第 3489号，1997.
- 3) 北川明，宇多高明，福岡捷二，藤田光一，竹本典道，服部敦：植生によって被覆した越流堤の耐侵食性に関する現地実験，土木技術資料37(6)，1995.
- 4) 山本晃一，戸谷英雄，谷村大三郎，石橋祥宏，平田真二：イネ科花粉症対策を考慮した堤防植生管理の研究，河川環境総合研究所報告 第11号，2005.
- 5) 国土交通省 関東地方整備局 江戸川河川事務所：江戸川堤防に生育するイネ科植物の花粉対策の手引き（案），2007.
- 6) 吉田勢，竹内清文：植物の生活史に着目した合理的な堤防植生管理-チガヤ優占堤防の実現に向けた取り組み-，河川環境総合研究所報告 第16号，2010.
- 7) 戸谷英雄，瀬川淳一：外来種の取扱いを考慮した堤防の植生管理に関する研究-首都圏氾濫区域堤防強化対策事業への適用-，河川環境総合研究所報告 第13号，2007.
- 8) 大澤寛之，山田政雄，塩見真矢：植物成長調整剤等を用いた効率的・効果的な堤防植生管理手法の提案，河川環境総合研究所報告 第21号，2016.
- 9) 山本嘉昭，八木裕人，須田隼人，塩見真矢，平田真二：堤防管理からみた堤防植生の新技術-堤防植生タイプ区分調査の提案-，河川総合研究所報告 第23号，2017.

ヤギを活用した堤防植生管理の効果

—BACI デザインに基づく現場除草実験・結果分析から—

The Effect of Levee Vegetation Management that Utilizes Goats

-From on-site weeding experiments and results analysis based on BACI design-

井上 勇樹*・宝藤 勝彦**

The purpose of this paper is to examine the possibility of new levee vegetation management in order to maintain turf grass as levee vegetation that has an excellent function to resist erosion, and cogon grass that has characteristics close to turf grass. We carried out on-site weeding experiments and results analysis of levee weeding that utilized goats (hereinafter referred to as “goat weeding”). Based on the findings, we report on the applicability of goat weeding as levee vegetation management and future issues. Specifically, in order to clarify the feeding behavior of goats and the effects of goat feeding on levee vegetation, a survey was conducted of such things as the levee vegetation coverage and plant height before, during and after grazing. As a result, goats showed a strong preference for broad-leaf plants such as kudzu and tall goldenrod, followed by the behavior of feeding on large gramineous plants such as Johnson grass. On the other hand, we confirmed that the preference for turf grass and cogon grass was relatively low. Furthermore, regarding the visibility during visual inspection after goat weeding, it was confirmed that the plants reached a plant height and coverage that were generally easy to inspect about one month after grazing. From the above, it can be judged that goat weeding is useful as a levee vegetation management method. However, since the current survey period was within a single year, it is not clear whether continuous goat weeding would be effective in maintaining existing turf grass and cogon grass, and whether it would be effective to promote a transition to other turf grass and cogon grass vegetation.

Key Words: River management, animal weeding, extended summed dominance ratio

1. はじめに

堤防では、堤防点検による状態把握のための環境整備として年2回の除草が実施されている。しかし、年2回の除草では、クズ、セイタカアワダチソウ、セイバンモロコシなどの河川維持管理に支障のある植物が侵入・繁茂する傾向があり、堤防植生として耐侵食性の機能に優れる“シバ”及びシバに近い特性を有する“チガヤ”を維持することが難しい状況である。

シバ及びチガヤを維持するには、上記植物に遷移しないよう年4回以上の除草が望ましいと考えられている¹⁾。

従って、堤防植生管理においては、定期的に堤防除草を実施し、低草丈の状態を維持することが望ま

しいといえる。

堤防除草の主な実施方法は、ハンドガイド（乗用式）、及び肩掛け式などの「機械除草」である。その他に「植物成長調整剤の散布」、「動物を活用した除草」も挙げられるが、実用段階には進んでいない。このうち動物を活用した除草は、近年の作業員の不足の問題を受けて、その対策の一助を期待する取り組みである。

動物を活用した除草は、除草コストの縮減及び事業PRを主な目的とし、一部の河川で試行されている²⁾。使用されている動物は、主にヤギ・ヒツジである。ヤギは、植物全般を採食する嗜好性を有しており、クズ、セイタカアワダチソウ、セイバンモロコシ等を採食することが確認されている。一方、ヒツジは柔らかい葉の植物の嗜好性が高い動物と言わ

* (公財) 河川財団 近畿事務所 研究員

** (公財) 河川財団 近畿事務所 上席研究員

れている。堤防には多種多様な植物が生育していることから、動物を活用する堤防除草としては、ヤギの方が除草効果を期待できるといえる。

しかし、ヤギを活用した堤防除草（以下、ヤギ除草という）については、堤防植生に求められる機能（堤体の視認性・堤体の耐侵食性）の維持、及びヤギの採食による堤防植生への作用が十分に分かっていない。

本稿では、このような背景のもと、ヤギ除草に着目し、“ヤギの採食行動”、“ヤギの採食による堤防植生への作用”について現地除草実験・結果分析を行い、得られた知見をとりまとめた。また、得られた知見に基づき、ヤギ除草の堤防植生管理としての適用性及び今後の課題を検討した。

2. ヤギ除草に関する既往知見と検討課題

ヤギ除草は、除草作業員の人手不足の解消、除草労力の削減、環境負荷の低減、及びコスト削減を目的として全国の一部の河川において試行されている²⁾。

ヤギ除草を行う際は、ヤギの脱走防止や安全管理に配慮し、除草範囲を柵で囲み、柵内でヤギを放牧する方法が実施されている。また、ヤギが生活するための“小屋”、ヤギの健康を保持するための“水”と“岩塩”が設置されている。



小屋



脱走防止柵

図 2・1 ヤギ除草に必要な施設

ヤギ除草の既往知見として、放牧中はヤギの採食により継続的に除草を実施でき、集草費・運搬費・処分費が発生しないことがある。また、地域の人々がヤギ除草の現場を訪れることにより、地域との交流に役立つ効果が期待できる。

ヤギの採食に関する既往知見は、広葉植物（主にクズ、セイタカアワダチソウ）および新芽を好んで採

食すること、嗜好性の高い植物から優先的に採食すること、根を採食しないため地面を掘る動作はしないことがある。そのような中で、ヤギを活用した堤防植生管理に向けた検討課題を表 2.1 に示す。

表 2・1 ヤギを活用した堤防植生管理に向けた検討課題

| 課題 | 対応 |
|---------------------------------|---|
| ▶ ヤギの採食による堤防植生への作用及び採食行動を把握すること | ▶ ヤギが採食する植物の特徴（嗜好性・時期）を調査 ▶ 採食後の植生の状況（草丈・被度）を調査 ▶ 勾配による採食行動調査 |
| ▶ 堤体の視認性を確保できるかを把握すること | ▶ 採食後の堤体の視認性を調査 |

3. ヤギ除草の現場実験と結果分析の方法

3.1 目的と概要

本実験は、ヤギ除草が堤防植生として耐侵食性機能に優れるシバ、及びシバに近い特性を有するチガヤを維持するための新たな堤防植生管理が期待できるか把握することを目的に、必要な情報を収集できるよう、「ヤギの採食行動」、「採食による堤防植生への作用」、「採食後の堤体の視認性」を確認するための現場実験及び結果分析を実施した。

3.2 ヤギ除草実験の内容

本実験は、平成 30 年度に、図 3・1 および表 3・1 に示す通り近畿地方整備局管内の紀の川・淀川・服部川の堤防において、当整備局によりヤギ除草が試行されているフィールドを対象に実施した。



図 3・1 ヤギ除草の実施場所

表 3・1 ヤギ除草の実施状況

| 調査場所 | 紀の川 (左岸 49.0k) | 淀川 (左岸 25.4k) | 服部川 (左岸 1.0k) |
|------|---|--|---|
| 調査期間 | 1 回目: 5/25~7/13 2 回目: 9/29~12/20 | 6/1~9/27 | 5/24~1/22 |
| 放牧期間 | 1 回目: 5/26~6/30 2 回目: 10/17~12/8 | 6/11~9/11 | 5/24~1/22 |
| 頭数 | 1 回目: 4 頭 2 回目: 5 頭 | 2 頭 | 7 頭 ※11 月以降は 2 頭 |
| 面積 | 調査区: 約 1100 m ² 対照区: 約 300 m ² | 調査区: 約 800 m ² 対照区: 約 200 m ² | 調査区: 約 2500 m ² 対照区: 約 520 m ² |
| 放牧方法 | 試験区を柵で囲み、柵内でヤギを放牧 | | |

調査区には、ヤギが生活するための“小屋”，及びヤギの健康を保持するための“水”“岩塩”を設置した。また、ヤギが脱走しないよう安全に管理するため、調査区を柵で囲み、柵内でヤギを放牧する方法とした。

ヤギ除草の 3 つの実施場所において、草丈、被度等の堤防植生の変化を確認できるようヤギを放牧する範囲を“調査区”として設定した(図 3・2, 図 3・3)。また、調査区の植物の変化がヤギの採食、もしくは季節的变化によるものか確認できるよう、ヤギを放牧せず、調査区と概ね同様の植物が生育する範囲を“対照区”として設定した。なお、調査区と対照区の比較分析の方法については 3.4(2) で詳述する。

調査区の位置については、ヤギの状態を日常的に把握し、ヤギが負傷・死亡した場合に速やかに対応できるよう CCTV カメラによる遠方監視が実施可能な範囲に設定した。



【紀の川】

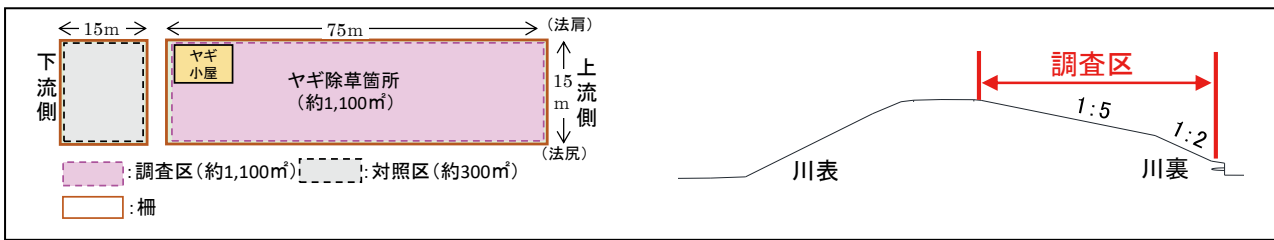


【淀川】

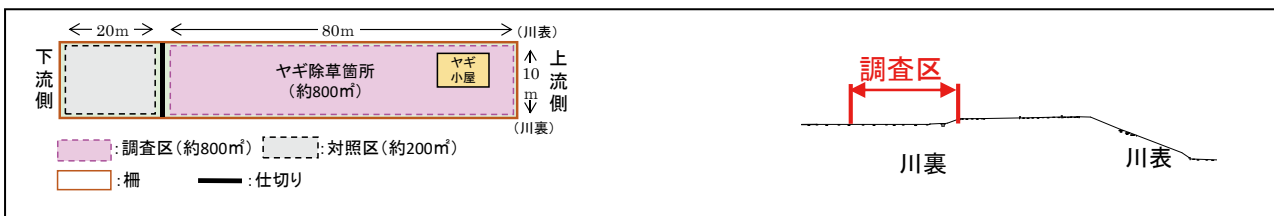


【服部川】

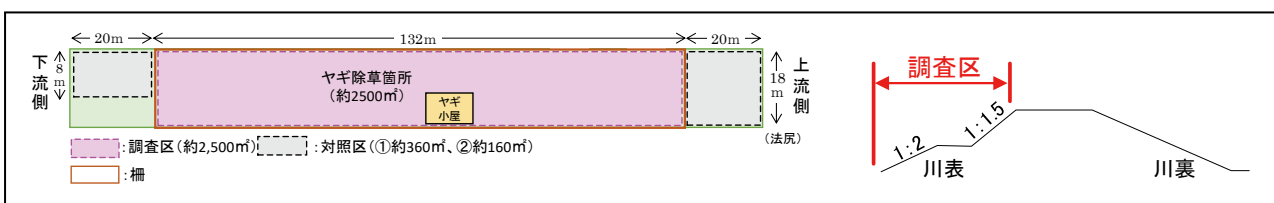
図 3・3 ヤギ除草の実施場所



【紀の川】



【淀川】



【服部川】

図 3・2 3 河川における調査区・対照区の設定

3.3 現場調査の内容

3.2 に示した現場実験の結果から有益な知見を得るための現場調査を次のように実施した。

まず調査項目としては、ヤギが採食する植物の特徴及び採食後の状況を把握するための「①各植物の平均被度」「②各植物の平均草丈」、ヤギの採食行動と勾配（法面・平場）の相関関係を把握するための「③採食状況（定点写真）」、採食後の堤体の視認性を把握するための「④堤体表面の視認性」を取り上げた。

各項目の調査方法を以下に示す。

①各植物の平均被度

各植物の平均被度は、調査区及び対照区の各植物が堤体を覆う面積の割合を確認し、記録した。

②各植物の平均草丈

各植物の平均草丈は、調査区及び対照区の各植物の代表的な草丈を計測し、記録した。

③採食状況

ヤギの採食行動を概括的に把握できるよう、図3・4に示すように、調査区において定点写真撮影を行った。すなわち定点写真撮影は、法面全体の状況を記録できるよう、各撮影位置から4方向（上下左右）に実施した。その結果の一例を図3・5に示す。

④堤体表面の視認性

ヤギの採食後、堤体表面状態を目視で点検可能かを把握できるよう、簡易的な視認性判断基準を設定した。図3・6を参照されたい。判断基準は3段階とし、調査者によるばらつきが生じないように、地面に這うようにポールを置いて、ポールを80%以上確認できる場合は“良”，ポールを50%以上確認できる場合は“可”，50%未満の場合は“否”とする方式を工夫した。

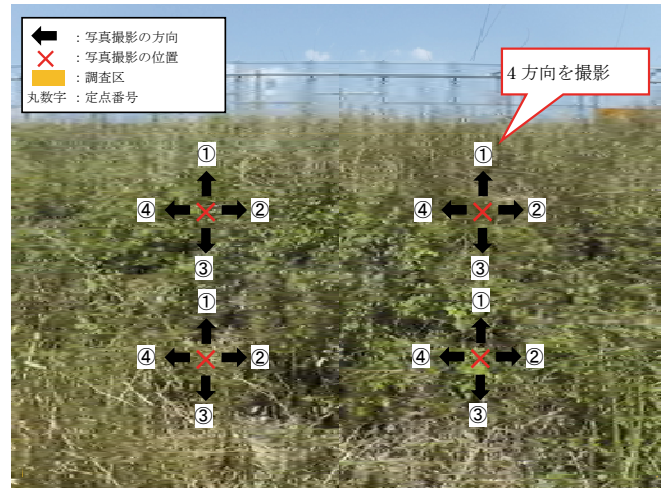


図3・4 定点写真の撮影位置と撮影方向

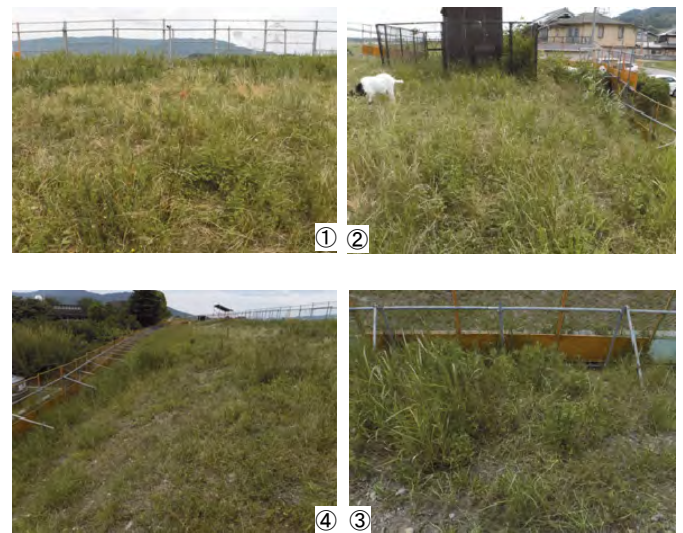


図3・5 定点写真の例

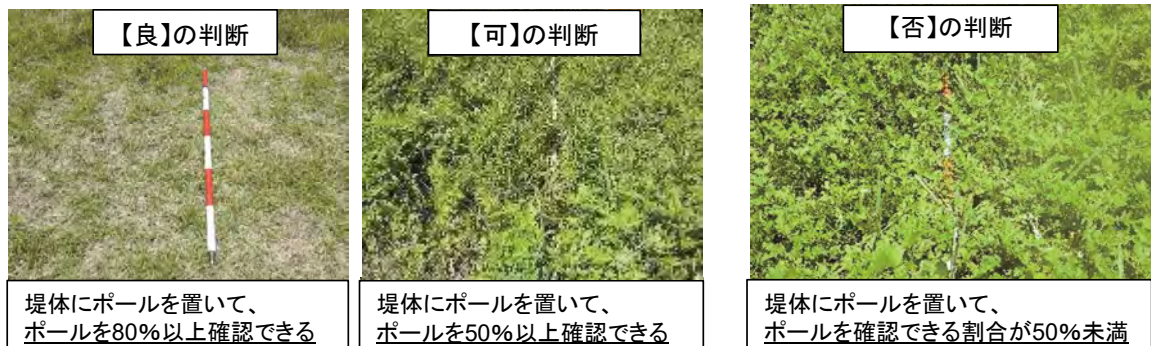


図3・6 視認性判断基準の説明

3.4 調査結果の分析方法

調査結果の分析は、ヤギ除草による堤防植生への作用を概括的に把握できるよう、被度・草丈の調査結果を用いて「拡張積算優占度³⁾」を算出し、「BACI デザイン⁴⁾」に基づいて行った。以下に、それぞれを説明する。

(1) 拡張積算優占度の算出

ヤギ除草の放牧前、放牧中、放牧完了後における堤防植生の優占度を概括的に把握し、ヤギの採食による堤防植生への作用を確認できるよう、“拡張積算優占度”を算出した。

拡張積算優占度の算出方法は以下に示すとおりである。

§ 拡張積算優占度の算出方法 §

$$\text{拡張積算優占度} = \frac{\text{被度の比数} + \text{草丈の比数}}{2}$$

比数は、すべての植物の「被度」及び「草丈」の結果における最大値をそれぞれ 100 で表し、各植物の「被度」及び「草丈」の値を 100 に対する比数で表したものである。

また、後述する拡張積算優占度の経日変化の結果を示したグラフにおいて、放牧中の植生の嗜好性順位を示せるよう、植物毎の拡張積算優占度の変化率（採食の進み率＝嗜好性の高さ）を算出した（この場合、嗜好性が高いほど負の値が大きくなる）。

(2) BACI デザインに基づく分析

ヤギ除草のインパクト及びレスポンスを堤防植生管理の観点から把握できるよう、ヤギ除草の放牧前、放牧中、放牧完了後における植生調査結果（調査区・対照区）を比較し、分析する必要がある。そこで、ヤギの採食による堤防植生への作用を客観的に整理するために“BACI デザイン”を活用した。

BACI デザインとは、調査対象に加えられたインパクト（今回はヤギ除草）と調査対象に起こった変化に因果関係がある否か、あるとすればどのような因果関係かを客観的に明らかにするための分析方法である。具体的には、①実施前と実施後で比較（BA

（Before and After）デザイン）、②影響のある場所・ない場所で比較（CI（Control and Impact）デザイン）を組み合わせる調査結果を分析する。

本稿においては、これらを次のように設定した。

§ ヤギ除草の BACI デザインの設定 §

- (B) Before : 放牧前
- (A) After : 放牧中
- (Ac) After completion : 放牧完了後
- (I) Impact : 調査区
- (C) Control : 対照区

4. 調査結果の整理・分析

4.1 採食する植物の特徴及び堤防植生への作用

(1) 紀の川（1 回目の調査）

紀の川（1 回目の調査）における拡張積算優占度を BACI デザインにしたがって図 4・1 に示す。

1) 放牧前（Before）

放牧前（B）の調査区は、イタドリ、セイタカアワダチソウ、メドハギ、ヨモギの広葉植物や大型イネ科植物のセイバンモロコシ、シバ、チガヤが優占し、最も優占度が低い植物はクズである。対照区においても、イタドリ、セイタカアワダチソウ、メドハギの広葉植物が優占している（図 4・1）。

2) 放牧中（After）

放牧後約 10 日間の採食の進み率が高い植物は、イタドリ（-1.6）、次いで、ヨモギ（-0.8）、クズ（-0.7）、セイタカアワダチソウ（-0.6）、メドハギ（-0.5）、セイバンモロコシ（-0.2）であった（図 4・1、表 4・1）。

表 4・1 ヤギの嗜好性の確認

| 植物名 | 拡張積算優占度の変化率(α) | |
|------------|----------------|-------|
| | 放牧10日目 | 放牧1ヶ月 |
| セイバンモロコシ | -0.2 | -0.8 |
| セイタカアワダチソウ | -0.6 | -0.4 |
| ヨモギ | -0.8 | 0.3 |
| イタドリ | -1.6 | -0.9 |
| メドハギ | -0.5 | -0.3 |
| クズ | -0.7 | -0.2 |
| シバ | 0.2 | 0.1 |
| チガヤ | 0.0 | 0.0 |

この結果から、放牧後約 10 日間における採食の嗜好性が最も高い植物はイタドリであることが確認できる。一方で、最も嗜好性が低い植物はセイバンモロコシであることが確認できる。これは、ヤギが広葉植物を好む習性によるものであると考えられる。

放牧後約 1 ヶ月の拡張積算優占度の数値は、ヨモギ・シバ・チガヤを除き、15 以下に減少している。

放牧 10 日間で最も嗜好性の低かったセイバンモロコシについては、放牧 10 日以降から顕著な採食 (-0.8) が見られた (表 4・1)。

この結果から、ヤギの採食する植物の優先順位は広葉植物、次いで大型イネ科植物であることが示唆された。

シバ及びチガヤについては、拡張積算優占度の数値に概ね変化が見られないことから、採食の嗜好性が相対的に低い傾向が見られる。

なお、嗜好性が高い植生でも、拡張積算優占度の数値がゼロにはなっていない。これは、ヤギが植物を地際まで採食せず、葉・茎が一部残存するからである。

3) 放牧完了後 (After completion)

放牧完了後 (Ac) の調査では、ヤギが採食していた植物の再繁茂が見られ、放牧前の状況に戻る傾向が見られる。

B: 放牧前
A: 放牧中
Ac: 放牧完了後

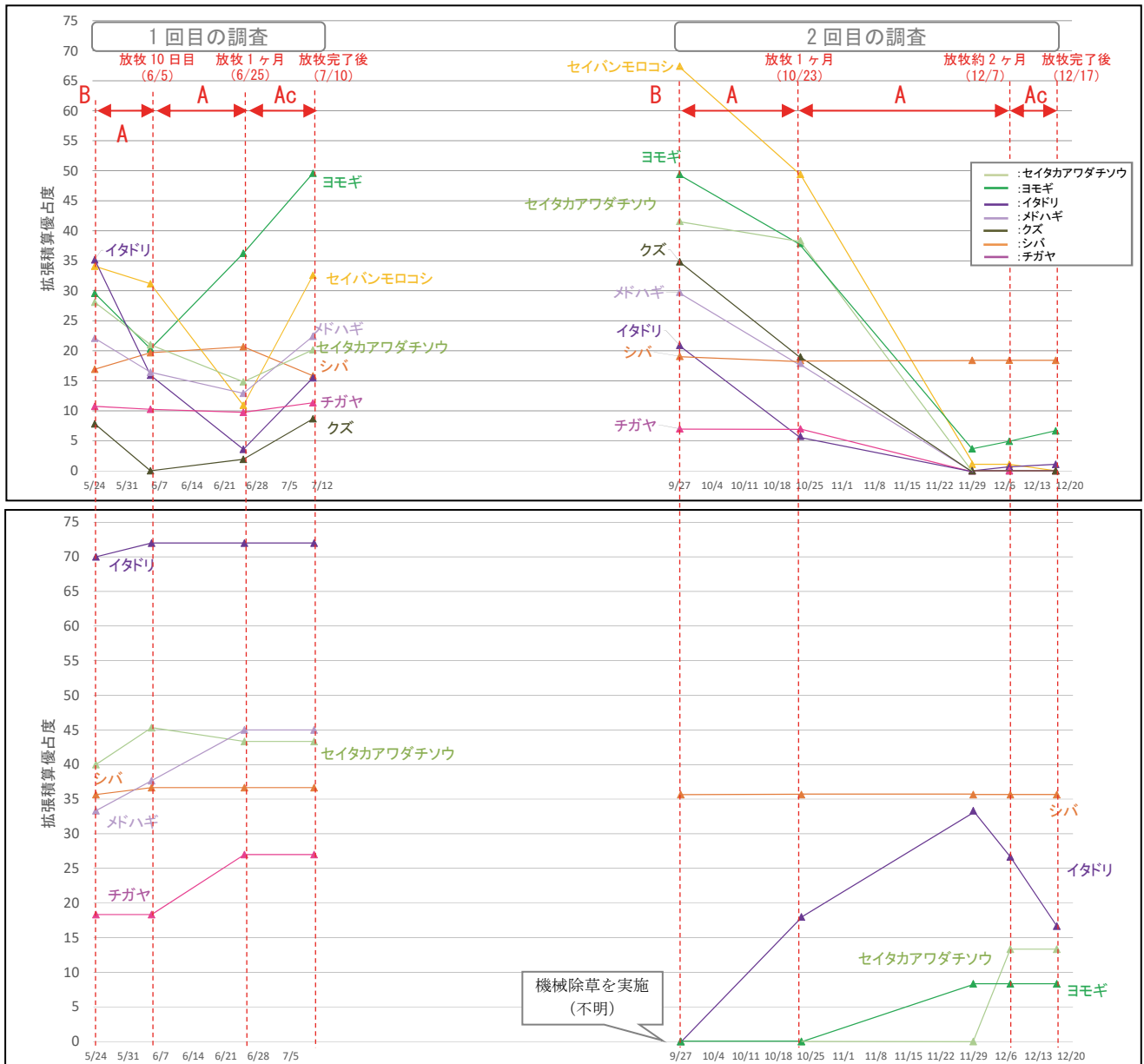


図 4・1 紀ノ川の 1 回目および 2 回目調査の拡張積算優占度 (上: 調査区 I 下: 対照区 C)

(2) 紀の川 (2 回目の調査)

図 4.1 に紀の川 (2 回目の調査) の結果を示す。対照区においては、放牧前に機械除草 (不明) が実施され、シバ以外の植物の生育は確認できない。

1) 放牧前 (Before)

調査区の放牧前 (B) の植生は、大型イネ科植物のセイバンモロコシが最も優占し、次いでヨモギ、セイタカアワダチソウ、クズ、メドハギ、イタドリ、シバ、チガヤが優占している (図 4・1)。

2) 放牧中 (After)

放牧後約 1 ヶ月の採食の進み率が高い植物は、セイバンモロコシ (-0.8)、クズ (-0.7)、イタドリ (-0.6)、メドハギ (-0.5)、次いでヨモギ (-0.5) であった (図 4・1, 表 4・2)。この結果から、2 回目の調査においても放牧後約 1 ヶ月における採食の嗜好性が高い植物はイタドリであることが確認できる。

表 4・2 ヤギの嗜好性の確認

| 植物名 | 拡張積算優占度の変化率(α) |
|------------|-------------------------|
| | 放牧1ヶ月 |
| セイバンモロコシ | -0.8 |
| セイタカアワダチソウ | -0.1 |
| ヨモギ | -0.5 |
| イタドリ | -0.6 |
| メドハギ | -0.5 |
| クズ | -0.7 |
| シバ | 0.0 |
| チガヤ | 0.0 |

この結果から、ヤギが広葉植物を好むことがいえる。

シバ及びチガヤについては、拡張積算優占度の数値に概ね変化が見られないことから、採食の嗜好性が相対的に低い傾向が見られた。

3) 放牧完了後 (After completion)

放牧完了後 (Ac) の調査区は、季節的に植物が枯死する時期であったことから、ヤギが採食していた植物の顕著な再繁茂は見られなかった。

4) 対照区の状況 (1 回目も合わせて記述)

対照区の植生は、1 回目調査及び 2 回目調査共に優占種の拡張積算優占度の数値が経時的に増加し、繁茂が見られる。この結果から、ヤギを継続的に放

牧することにより、シバ・チガヤ以外の植生の顕著な繁茂を抑制することが可能であり、後述する点検の容易性の確保につながるものと考えられる。

以上のことから、1 回目の調査結果と同様に、ヤギは広葉植物を優先的に採食する傾向が見られ、放牧後約 2 ヶ月で大型イネ科植物を含めて全体的に採食することがいえる。

(3) 淀川

図 4.2 に淀川の結果を示す。

1) 放牧前 (Before)

調査区の放牧前 (B) の植生は、セイタカアワダチソウが最も優占し、次いでヨモギ、チガヤ、シバ優占している。対照区においても、セイタカアワダチソウが最も優占し、次いでヨモギ、シバが優占している。(図 4・2)

2) 放牧中 (After)

放牧中 (A) の調査区は、放牧後約 1 ヶ月のセイタカアワダチソウ (-0.2)、及びヨモギ (-0.2) の採食の進み率が概ね同じであり、継続的に採食することが確認できる (図 4・2, 表 4・3)。

表 4・3 ヤギの嗜好性の確認

| 植物名 | 拡張積算優占度の変化率(α) |
|------------|-------------------------|
| | 放牧1ヶ月 |
| セイタカアワダチソウ | -0.2 |
| ヨモギ | -0.2 |
| シバ | 0.0 |
| チガヤ | 0.0 |

シバ及びチガヤについては、拡張積算優占度の数値に概ね変化が見られないことから、採食の嗜好性が相対的に低い傾向が見られる。

この結果から、ヤギのセイタカアワダチソウ、及びヨモギの嗜好性に明らかな違いはないものと考えられる。

3) 放牧完了後 (After completion)

放牧完了後 (Ac) の調査区は、ヤギが採食していた植物が再繁茂し、放牧前の状況に戻る傾向が見られる。

4) 対照区の状況

対照区の植生は、優占種の拡張積算優占度の数値が経時的に増加し、繁茂が見られる。この結果から、ヤギを継続的に放牧することにより、シバ・チガヤ以外の植生の顕著な繁茂を抑制することが可能であり、後述する点検の容易性の確保につながるものと考えられる。

以上のことから、ヤギは広葉植物を優先的に採食し、セイトカアワダチソウ、及びヨモギしか生育していない場合については両方とも採食する傾向が見られる。

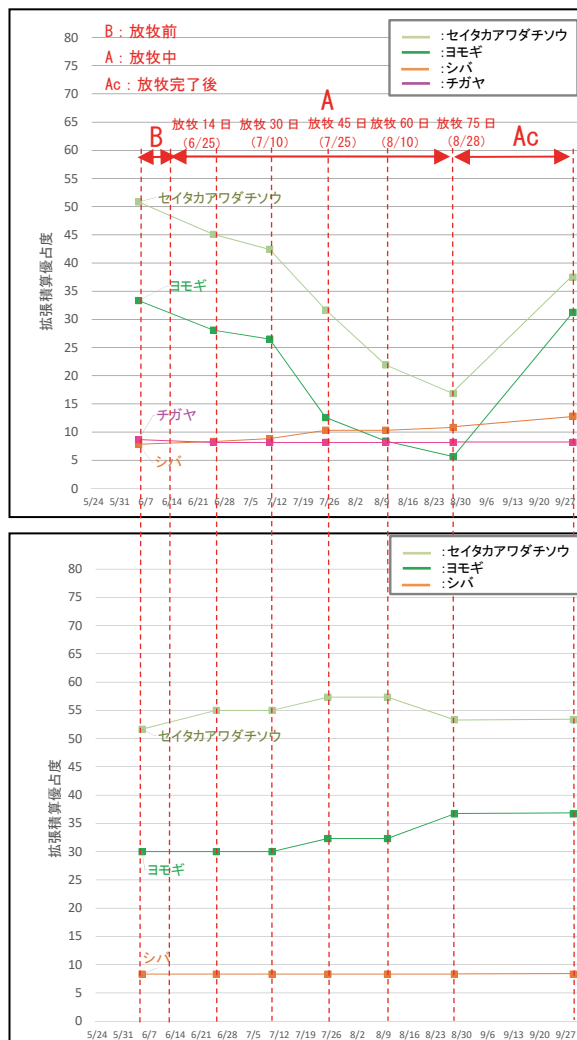


図4・2 淀川調査の拡張積算優占度 (上：調査区 I 下：対照区 C)

(4) 服部川

図4.3に服部川の結果を示す。本調査期間(5/24~1/22)は、服部川のヤギ除草が平成29年4月1日から通年実施され、2年目のヤギ除草の放牧中に該当する。

放牧中(A)の調査区は、採食の進み率が高い植物は、セイトカアワダチソウ(-0.12)、次いでヨモギ(-0.03)、クズ(-0.01)であった(図4・3、表4・4)。

表4・4 ヤギの嗜好性の確認

| 植物名 | 拡張積算優占度の変化率(α) |
|------------|-------------------------|
| | 放牧中 |
| セイトカアワダチソウ | -0.12 |
| ヨモギ | -0.03 |
| クズ | -0.01 |
| シバ | 0.00 |
| チガヤ | 0.00 |

シバ及びチガヤについては、拡張積算優占度の数値に概ね変化が見られないことから、採食の嗜好性が相対的に低い傾向が見られる。

一方、対照区は、セイトカアワダチソウ・ヨモギ・クズの拡張積算優占度の数値が経時的に増加し、繁茂が見られる。

採食を受けている状態の植生において、クズ以外の植物は拡張積算優占度の数値がゼロになっていない。これは、ヤギが植物を地際まで採食せず、葉・茎が一部残存することによるものである。(図4・3)。クズについては、被度ゼロを記録している。これは、ヤギが広葉植物を好む習性に加えて、クズの茎が柔らかいことから、葉及び茎を採食したものと考えられる。

よって、他河川と同様に、ヤギを継続的に放牧することにより、シバ・チガヤ以外の植生の顕著な繁茂を抑制することが可能であり、後述する点検の容易性の確保につながるものと考えられる。

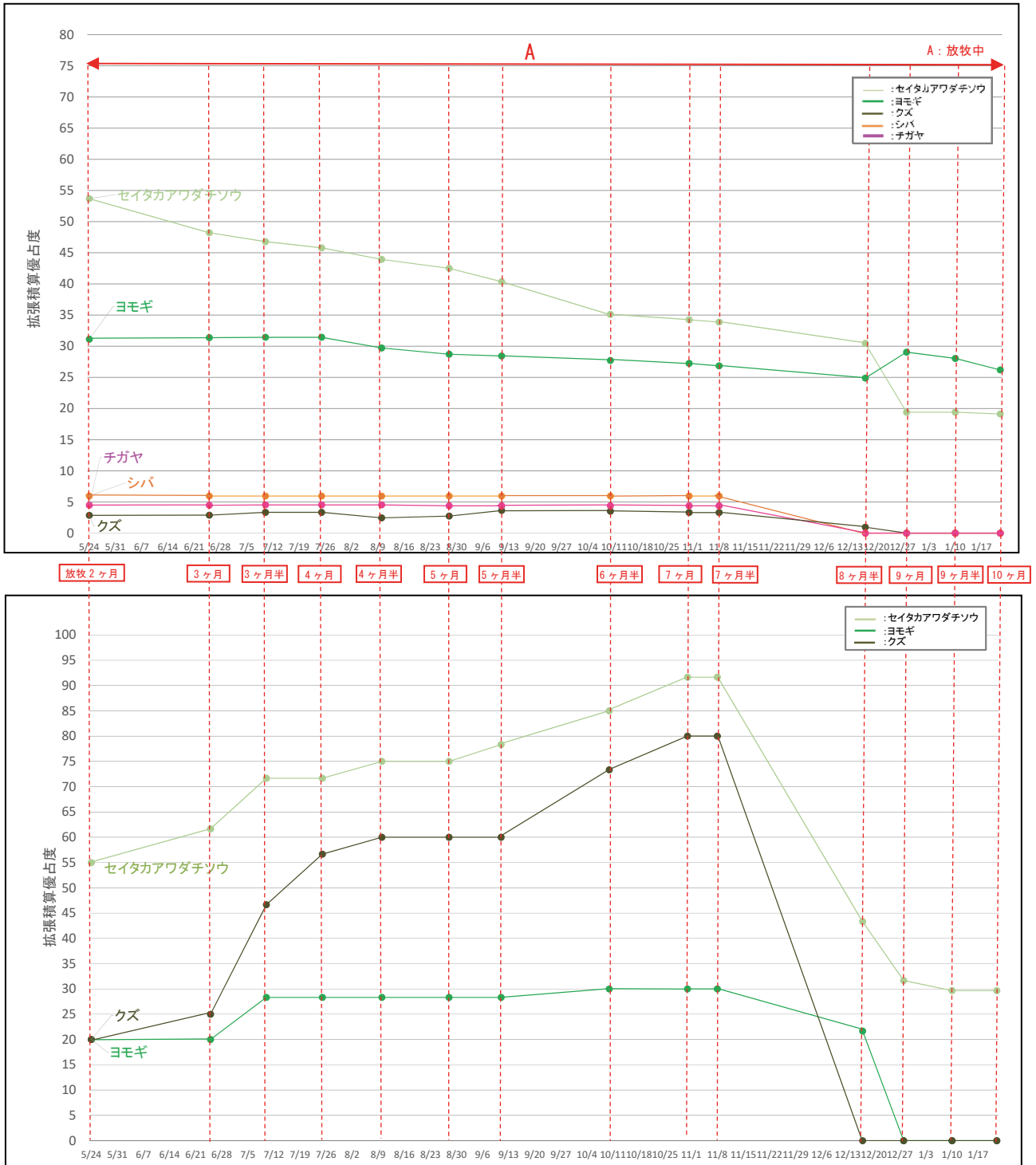


図 4・3 服部川調査の拡張積算優占度 (上：調査区 I 下：対照区 C)

4.2 採食後の堤体の状況

(1) 堤体の視認性

3つの河川において、採食後の植生の状況における視認性を調査した。紀の川の場合、図4・4に示すとおり放牧前(5/25)は、植生による視認性阻害の影響でポールをほとんど確認できないため、視認性を確保できていない状況である。放牧後約1ヶ月(6/25)は、良・可を合わせた90%の点検が可能となる状況である。

淀川の場合においても、図4・5に示すとおり放牧前(6/1)は、目視点検が困難な状態であるが、放牧後約1ヶ月(7/10)は良・可を合わせた83%の点検が可能となる状況である。

これは、ヤギが状態把握に支障を来す広葉植物(クズ、イタドリ、セイタカアワダチソウ、ヨモギ、メドハギ)、及び大型イネ科植物(セイバンモロコシ)を採食することによるものである。

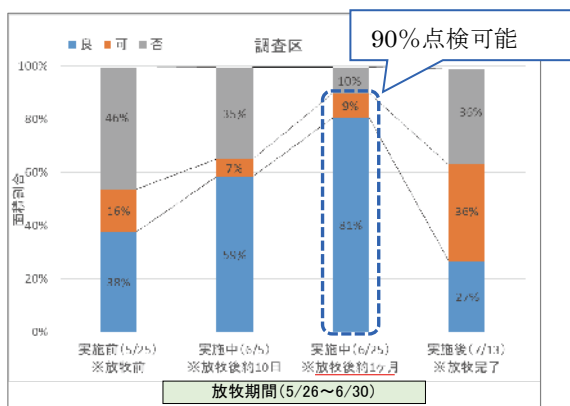
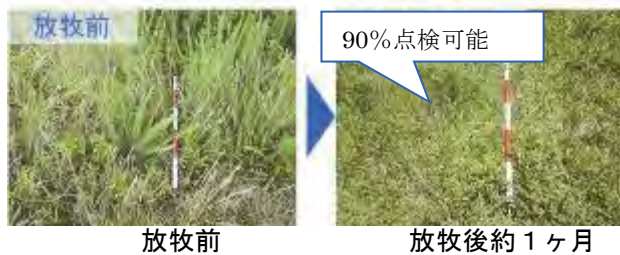


図4・4 紀の川の視認性の結果

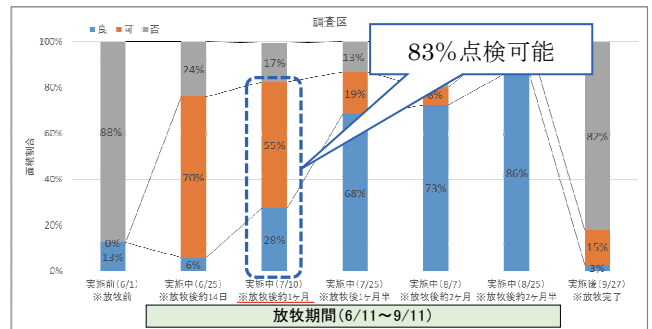
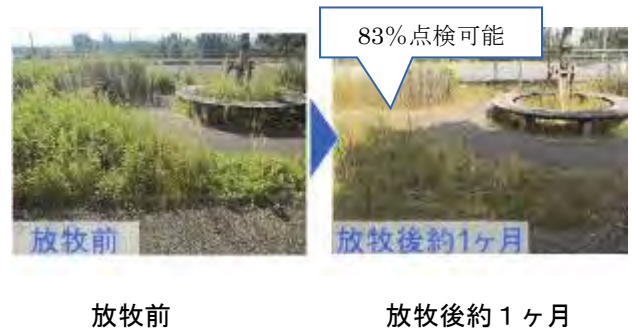


図4・5 淀川の視認性の結果

(2) ヤギが維持する草丈の高さ

点検が概ね可能となるヤギの放牧後約1ヶ月の草丈の主な高さは、約10~50cmであることが確認できる(図4・6 図4・7)。

セイバンモロコシについては、草丈が減少するのに放牧期間約1~2ヶ月を要する傾向が見られた。

シバ及びチガヤについては、嗜好性が相対的に低いことから、草丈に顕著な変化が見られなかった。

12月以降については、一部の植物の地上部が枯死するため、全体的に草丈が減少する傾向が見られた。



図4・6 放牧後の草丈の状況

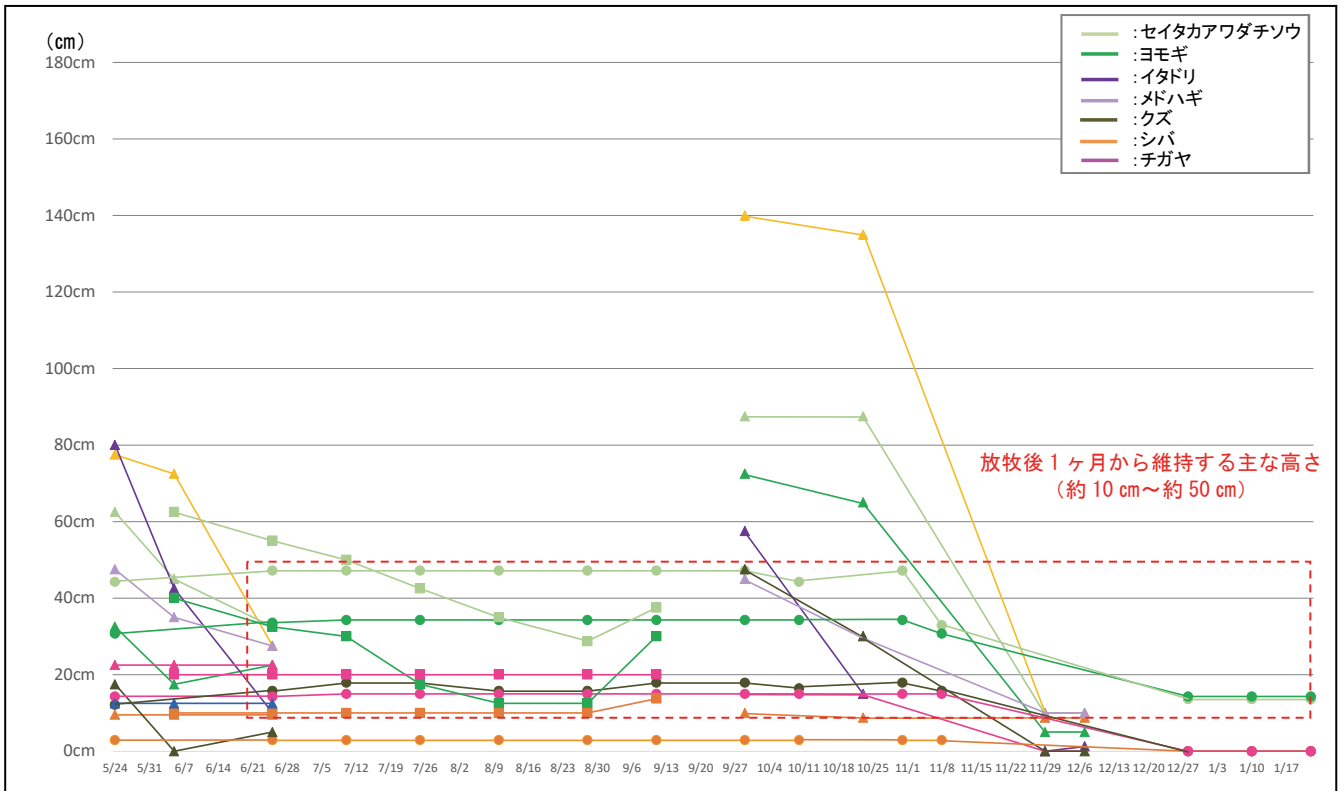


図4・7 平均草丈（調査区）

4.3 採食行動

ヤギ除草の実施場所の法面勾配（平場・法面）によって採食行動の差異が生じるか確認するため、服部川の放牧初期（5/24）及び放牧後約5ヶ月（10/31）の調査区の概況を図4・8に示す。

放牧初期の平場及び法面は、全体にセイタカアワダチソウやヨモギ等の植生の繁茂が見られた。

放牧後約5ヶ月の平場及び法面は、ヤギが上記植物を採食することにより、全体的に植生が減少している。

よって、ヤギの採食行動には、法面勾配及び場所に関係なく、全体的に採食する傾向があると判断できる。

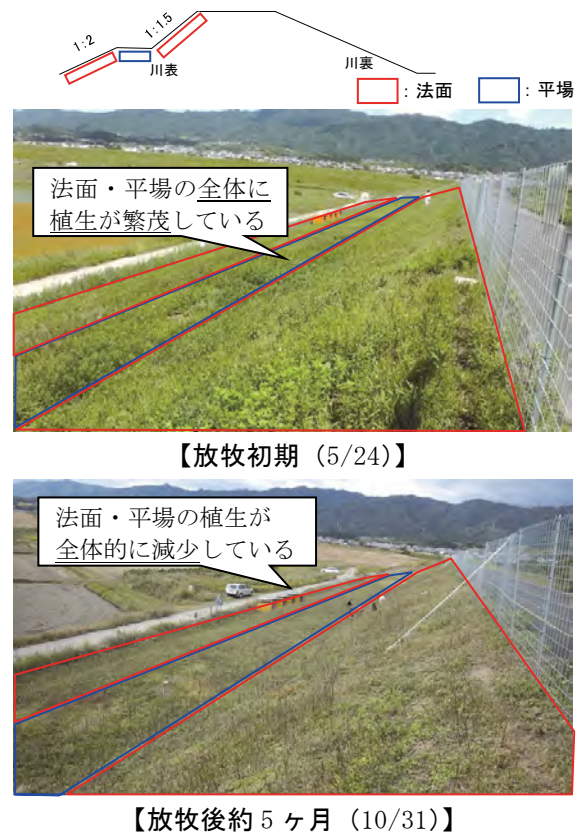


図4・8 調査区の概況（服部川）

4.4 ヤギの歩行による掘り返しの特徴

本稿では、ヤギが法面を移動することにより、法面の表層が掘れる事象を「掘り返し」と定義した。服部川では、掘り返しが1.5割勾配の箇所が発生する傾向が見られた(図4・9)。一方、2割勾配以上の箇所(紀の川・淀川)では、掘り返しが発生していない。

以上のことから、ヤギ除草の実施は掘り返しが発生しないよう2割勾配以上の法面が望ましいと考えられる。



図4・9 掘り返し(服部川)



【紀の川】



【淀川】

図4・10 放牧中の実施状況

5. ヤギ除草の堤防植生管理手法としての有用性についての総合考察

ヤギ除草の堤防植生管理手法としての有用性を、前章までに得られた知見を踏まえて、機械除草との比較、ヤギ除草の適用場所、堤体の安全管理の観点から考察する。

(1) 機械除草との比較

通常の機械除草は刈取高10cmで実施されている。一方、ヤギ除草後の草丈は約10~50cmであり、点検可能な状態(約80~90%は点検が可能)に達するのに放牧約1ヶ月の期間を要する。従って、堤防点検のための除草としてヤギを活用する場合は、点検の1ヶ月前から放牧を開始する必要がある。

(2) ヤギ除草の適用場所

ヤギ除草の適用場所は、セイバンモロコシ、クズ、セイタカアワダチソウ、イタドリ、メドハギの嗜好性が高く、これらを採食することにより、放牧後1ヶ月で点検が可能な状態になることから、上記植物が優占する堤防が考えられる。

また、ヤギは除草場所の法面勾配に関係なく、除草範囲を全体的に採食する傾向があることから、堤防除草として活用できる可能性が示唆された。

(3) 堤体の安全管理

ヤギ除草を実施する場合は、掘り返しが1.5割勾配の箇所が発生する傾向が見られたため、2割勾配以上の法面及び平場であれば堤体が掘り返しによる影響を受けにくいものと考えられる。

6. おわりに

ヤギ除草の堤防植生管理手法としての有用性は、河川管理に支障を来す広葉植物及び大型イネ科植物を採食することにより、放牧後約1ヶ月で概ね点検しやすい草丈・被度の状態に達し、堤体の視認性の確保に関する機能を期待できることが確認できた。

しかしながら、今回の調査結果は単年度調査であ

ることから、ヤギ除草においてシバ及びチガヤを経年的に維持する可能性、及び他の植生がシバ・チガヤへ遷移する可能性は明らかにできなかった。そのため、ヤギ除草の実用化に向けては、シバ・チガヤを長期的に維持する可能性及び堤体の耐侵食性機能を調査したうえで検討することが望ましいと考えられる。

謝辞

貴重なデータを提供いただいた国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所、淀川河川事務所、木津川上流河川事務所、並びに和歌山河川国道事務所に対し、ここに深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 公益財団法人河川財団：堤防植生の特性と堤防植生管理計画，河川環境総合研究所報告第 6 号，pp. 69～105，2000.
- 2) 公益財団法人 えひめ地域政策研究センター：ヤギによる除草の現状と課題，調査研究情報誌，pp. 11～20，2015.
- 3) 日本草地学会：草地植生の比較を目的とした拡張積算優占度の提案，日本草地学会誌第 41 号，pp. 37～41，1995.
- 4) 国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部，（独）土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方—下流河川の生物・生態系との関係把握に向けて—，国総研資料第 521 号／土木研究所資料第 4140 号，pp. 5-1～5-11，2009.

三次元データを活用した 河川管理の効率化・高度化の現状と展望

Present Status and Future Prospects for Efficiency and Advancement of River Management by
Utilizing 3D Data

塩谷 優太*・田中 敬也**・尾松 智***

In recent years, it has become easier to acquire three-dimensional data of rivers, etc., due to the progress of measurement technology such as Airborne Laser Bathymetry (ALB). The utilization of such three-dimensional data can be expected to make river management more efficient and advanced.

In this report, we first show the process and progress status for the standardization of each technology until the new technology becomes popular. Regarding the point group surveying using ALB that has been planned to be spread nationwide, along with the background and thinking for issues and precautions in utilizing three-dimensional data centering on the "Manual for Utilizing 3D Data for River Management (Draft)", we propose disseminating "3D district drawings" for the purpose of promoting the utilization of three-dimensional data.

Next, we will discuss Mobile Mapping System (MMS), which is expected to spread nationwide, and will report on the possibility of utilizing MMS and the results of analysis about the effects of vegetation that can be used as a reference for other methods.

Finally, as the direction for considering efficient and advanced river management in the future, we present a scenario for efficient and advanced river management in the future utilizing three-dimensional data.

1. はじめに

河川管理においては、これまで地上での測量や目視による点検・調査によって把握した堤防・河道に関する情報をもとに、各種計画の立案や維持管理を行ってきた。一方で、近年、ALB (Airborne Laser Bathymetry, 航空レーザ測深) や UAV (Unmanned Aerial Vehicle) レーザ, MMS (Mobile Mapping System, 車載写真レーザ), SfM (Structure from Motion)・MVS (Multi View Stereo) 等の計測技術の進展により河川等の三次元データの取得が容易になっている。とはいえ、これら三次元データの活用により河川管理の効率化・高度化が期待されるものの、これらの計測技術にはそれぞれ測量精度、データ密度、コスト、計測環境の制約等が存在し、

利用する目的に適した技術を選択する必要がある。

通常、新技術は幾つかの現場で先駆的・試行的に活用されてその有用性の確認や技術改善のフィードバックが行われ、その後必要に応じて国や関係機関等による手引き・マニュアル等によりその技術の一般化・全国的普及が図られるというプロセスを経る。

三次元データを活用した河川管理に関する既往研究については、ALBを河川測量に用いる研究¹⁾²⁾、UAV写真測量による流下能力の算定や樹木管理に関する研究³⁾⁴⁾⁵⁾、音響測深による河床地形の把握に関する研究⁶⁾⁷⁾、MMSによる堤防計測に関する研究⁸⁾⁹⁾等があり、河川管理の現場では、「UAVによる河川調査・管理の手引き」(東北技術事務所, 2016)や「河川管理におけるMMS利活用事例集」(関東技術事務所, 2017)といった普及のための手引きが作

* (公財) 河川財団 河川総合研究所 研究員

** 前 (公財) 河川財団 河川総合研究所 戦略的維持管理研究所 所長
(現 国土交通省 水管理・国土保全局 海岸室 室長)

*** (公財) 河川財団 河川総合研究所 戦略的維持管理研究所 所長

成されている。また、これまでに表 1-1 のようなマニュアル類が整備されてきており、ALB、UAV 写真測量、UAV レーザ、MMS、地上レーザスキャナの公共測量としての活用についてはこの数年で標準化が確立している状況である。そして、これら新技術のうち ALB については、今後の河川定期縦横断測量は原則として ALB を用いた点群測量によって実施する旨の事務連絡が国土交通省から発出された（令和元年 6 月 27 日付 水管理・国土保全局事務連絡「河川定期縦横断測量における点群測量の実施について」）。河川定期縦横断測量は河川管理、河道計画の立案等に用いられているものであり、すなわち、三次元データの取得に関する新技術については、河川管理、河道計画の立案という目的での ALB の利用について、まず全国的普及が図られることとなったのである。

表 1-1 点群測量に係る指針やマニュアル

| | |
|----------------------------------|-------------|
| 航空レーザ測量による河道及び流域の三次元電子地図作成指針（案） | 【H19 河川局】 |
| UAV を用いた公共測量マニュアル（案） | 【H29 国土地理院】 |
| 地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案） | 【H30 国土地理院】 |
| UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案） | 【H30 国土地理院】 |
| 三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル（案） | 【H31 国土地理院】 |
| 航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル（案） | 【H31 国土地理院】 |
| 車載写真レーザ測量システムを用いた三次元点群測量マニュアル（案） | 【R01 国土地理院】 |

一般的に河川管理をはじめ新たな技術の社会実装や普及は

第 1 段階（萌芽期）：現場ニーズと技術シーズが存在する。

第 2 段階（適応期）：先駆的取り組みを通じて新技術が現場で活用され、技術の現場適用性の検証と改善

がなされる。

第 3 段階（普及期）：技術基準やガイドラインの策定等による技術の標準化が行われる。さらには、当該技術の採用について安定的な予算措置がなされる環境が整う、

という過程を経るといえる。

本報告では、先述した各技術の標準化の進捗状況を踏まえつつ、まず第 2 章において普及期に達した技術である ALB を用いた点群測量について令和元年 6 月 27 日に公表され、令和 2 年 2 月に改定された「河川管理用三次元データ活用マニュアル（案）」を中心に三次元データを活用するための課題や注意点についてその背景や考え方を記す。また、三次元データはこれまではなかった新たなデータであるため、取得・管理・利用・更新の一連の流れを確立することが必要であり、そのためには、日常業務に組み込み利活用を促進することが重要との認識のもと、日常業務の幅広い場面で簡単に各種データを扱える「三次元管内図」を普及させることを提案する。

次に、第 3 章では適応期の段階の技術として、ALB に次いで全国的普及が期待される新技術の一つである MMS を取り上げる。MMS は前出「車載写真レーザ測量システムを用いた三次元点群測量マニュアル（案）」において既に標準的な測量手法が定められており、道路分野において広く利用されるようになってきている。MMS は、ALB よりも密度が高く高精度な点群データが取得でき、かつ堤防天端を車両が走行することによりデータ取得が容易に行えるという特性を有する。国土交通省では社会資本整備審議会答申「安全を持続的に確保するための今後の河川管理のあり方について」（平成 25 年 4 月）において、速やかに具体化すべき取り組みとして「堤防外観点検等に広域センシング技術開発」を挙げており、河川財団では徒歩と目視により行っている堤防等の点検を MMS 等の技術を用いて代替することについて検討を進めてきた。ここでは平成 30 年度までに行った現地堤防での MMS 計測の実証調査結果により判明した、MMS の活用可能性と他の手法にも参考となる植生の影響等に関する分析結果を報告する。

最後に、第4章では、今後の河川管理の効率化・高度化の検討の方向性として、ALB, UAV, MMS等三次元データを活用した今後の河川管理の効率化・高度化のシナリオを提示する。

2. ALBによる三次元データの取得の現状と運用に向けた課題

技術の普及期にさしかかったALBについては、令和元年6月に「河川定期縦横断測量における点群測量の実施について」(水管理・国土保全局事務連絡)、令和2年2月に「河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)」が発出されるなど、河川の地形データは、従来の河川定期縦横断測量に替わってALB等によって三次元データが取得されることとなった。ALB等による三次元データの取得・運用等は、緒についたばかりであり、取得・管理・利用・更新のサイクルが完全に確立されているわけではない。よって、取得・管理・利用・更新のサイクルの確立に向け、ALB等による三次元データの取得に関する現状について「河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)」の内容を中心に整理し、その上で三次元データの運用について活用と蓄積・保管の観点から課題を抽出し、その対応(案)の方向性を提示する。

(1) ALBによる三次元データ取得の現状

1) 現時点におけるALBによる河川定期縦横断測量の取り扱い

河川定期縦横断測量は、一級河川の直轄管理区間等の重要な河川区間において、最新の河道形状を把握するとともに長期的な河道変化を把握することを目的とし、原則5年以内のサイクルで実施することが河川定期縦横断測量業務実施要領・同解説により規定されている。平成30年4月には、実施要領・同解説の一部が改定され、航空レーザ等による点群測量が追加された。横断測量では、公共測量作業規程第4編第3章に基づく手法の他に点群測量により、点群データを生成した上で、それらを補間することにより断面形状を測定することができるものとして

いる。また、縦断測量では、堤防高に関しては、公共測量作業規程第4編第3章に基づく手法の他に、点群測量により三次元点群データを生成した上で、測線毎に表法肩付近の堤防高を読み取り堤防高とすることができるものとされている。

平成30年4月における河川定期縦横断測量実施要領・同解説の改定を踏まえ、令和元年6月27日には、国土交通省水管理・国土保全局河川環境課河川保全企画室から今後の河川定期縦横断測量は、ALBによる点群測量を標準とする旨の事務連絡が発出され、令和2年2月には「河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)」が公表された。本マニュアルでは河川定期縦横断測量について、点群測量の標準的な一連の作業方法や考え方、活用する上でのポイント等が整理されている。

2) 河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)

河川管理用三次元データ活用マニュアル(案)(以下、マニュアルとする。)は、平成30年度に試行された点群測量による河川定期縦横断測量の結果を踏まえ、発出されたものである。

マニュアルでは、はじめに三次元データが活用できる河川管理項目を示すとともに、河川管理項目ごとの目的に応じた三次元データに必要な精度が整理されている。

続いて、河川管理に活用可能と考えられる各種測量技術が紹介され、その中から今後河川定期縦横断測量の主となるALBを用いた点群測量について、計測前に必要な検討事項に始まり、三次元点群データ取得作業、データ処理、とりまとめまでの一連の作業の流れが詳述されている。

さらに、今後三次元点群データによる河川定期縦横断測量が進められることに加え、調査や工事等においても三次元データを取得する機会が増えることから、取得したデータを有効に活用するための環境構築(三次元管内図の構築)について詳述されている。

ここで、マニュアルにおいて、河川の日常管理に使用することを想定した三次元地形データは三次元管内図の操作性の観点から「グリッドデータによる

管理が基本」とされた背景と、そのデータを取り扱う上での注意点を示す。

三次元点群データは、三次元計測データを初期データとし、処理過程を経て建物や樹木を含むオリジナルデータ、オリジナルデータから地表面を抽出したグラウンドデータ、グラウンドデータから内挿補間により格子状に変換したグリッドデータの3種類が成果として得られる。これらの中で河川の日常管理に必要な三次元地形データには、地表面形状を表現するグラウンドデータもしくはグリッドデータを用いることが考えられる。

河川の日常管理には地形の再現度が最も高いランドラム点群であるグラウンドデータを使用すべきであるが、マニュアルでは三次元データの扱いやすさの観点から、グリッドデータによる管理が基本とされている。

この背景には、平成30年度に試行された河川定期縦横断測量における点群測量による横断形状の比較がある。点群測量から得られたグラウンドデータ、0.5mグリッドデータ、1.0mグリッドデータの3種類からTIN (Triangulated Irregular Network) によるサーフェスを形成し、サーフェスから内挿された3種類の横断形状と従来の河川定期縦横断測量から得られた横断形状が重ねて比較され、ALBの計測密度が高い場合、3種類の横断形状は従来の河川定期縦横断測量から得られた横断形状とほぼ同等の地形再現度であることが報告されている。この結果を受けてマニュアルではALBの計測密度は、陸部において10点/m²、水部においては1点/m²と規定され、グリッドデータの格子間隔は、1.0mを標準として規定されている。このことから直轄管理区間における河川の日常管理では1.0mグリッドデータで十分であると判断されたと言える。

なお、マニュアルで補足されているが、堤防や低水路などの規模によってはグリッドデータの格子間隔を1.0mに設定すると地形の再現度が劣化する可能性があるため、河川の規模から総合的に判断し、適切なALBの計測密度ならびにグリッドデータの格子間隔を設定することが望ましい。

最後に、三次元データを活用した今後求められる維持管理のあり方について、使用機器、点密度、要求される精度、作業方法、注意点などが例示されている。現在のマニュアルでは、三次元データの保管について、保管すべきデータの種類は示されているが、保管方法については具体的な仕組みは示されておらず、今後の検討課題となっている。

今後、マニュアルが改定され、三次元データの保管方法について示されることになるが、三次元データを有効に活用でき、定着させる方向性が示されることを期待したい。

(2) ALBによる三次元データの運用に向けた課題

1) 三次元データの活用

a) 三次元データを活用するための課題

点群測量で得られた三次元データは、データ容量が大きく扱いにくいデメリットがあり、これまで河川管理者が直接三次元データを扱うことは少なく、基本的には二次元の図面等で管理している。このため、図面化されていない部分について三次元データから得られる河川の現況等に関する情報を十分に活用することが難しい状況にある。そこで、まずは三次元データを効果的に活用するための第一歩として、河川現況の「見える化」により河川全体を視覚的に確認できるようになることが喫緊の課題であると言える。

現在、河川の日常管理は、管内図や河川現況台帳、河川カルテ、縦横断図など、紙ベースでの管理を行っている。三次元データを扱う環境が整備されていない河川事務所がほとんどであり、今後三次元データを活用するにあたり、日常的に扱える環境の整備が求められる。

b) 課題への対応事例

前項で述べた点への対応の具体例として、近畿地方整備局姫路河川国道事務所における三次元データを活用するためのシステム構築を紹介する。姫路河川国道事務所が構築したシステム（以下、三次元表示システムとする。）には、ALBおよびマルチビー

ムによる音響測深から得られた三次元地形データに加えて、デジタルオルソ画像および標高段彩図などが整備されている。三次元表示システムは、三次元地形データを鳥瞰表示することができ、Google Earthと同様、事務所職員でもマウスによる操作で直感的に視点を操作することが可能である。また、三次元表示システムは土地利用図、ハザードマップ等の主題図、地形図、空中写真等、空間上の特定の地点又は区域の位置を示す情報とそれに関連付けられた様々な事象に関する情報もしくは位置情報のみからなる情報（地理空間情報）を重ね合わせて表示できる。これにより様々な空間情報をシステム上で一元管理することが可能となり、利便性が高まる¹⁰⁾。

さらに、三次元表示システムには三次元地形データやデジタルオルソ画像のほか、河川距離標や河川管理施設等の位置情報、行政界、従来の定期縦横断測量における横断測線などの基礎情報を搭載すると良い。また、例えば重要水防箇所や水防拠点などの情報を搭載しておくことで、水防活動に役に立つ。管理に必要な基礎情報を三次元表示システムに集約し、目的に応じて使い分けることが重要である。三次元表示システムを構築し、河川現況の「見える化」によって河川全体を視覚的に確認できるようになることによって従来の二次元的な管理では把握できなかったものが把握できるようになり、河川維持管理の効率化・高度化につながる。

2) 三次元管内図を定着させるための課題

三次元表示システムは、姫路河川国道事務所の他にも既に導入済みの事務所が存在しているものの、これら三次元表示システムは、三次元データを日常業務の中で有効活用するためにシステム構築を図ったケースと、測量業者が航空レーザ測量等の成果を納品する際に、事務所職員でも簡単に三次元点群データを閲覧できるように追加提案事項として納品されたケースが考えられる。前者の場合は、当初から三次元データを有効活用することを目的として構築されているため問題ないが、後者の場合は注意が必要である。

導入したシステムが日常業務に組み込まれていない場合、意識の高い事務所職員は、追加納品された三次元表示システムを有効活用するために操作方法を学び、自ら河川現況を詳細に把握し、河川管理に役立てるであろうが、そうではない場合、職員の数は限られており、ただでさえ多忙であることから、三次元表示システムの操作方法を覚えようとはせずに、三次元表示システムは使われないまま埋もれてしまう可能性がある。また、事務所職員は、ほとんどの場合2～3年で異動してしまうため、ますます使われなくなる可能性がある。異動先において三次元表示システムが導入されていた場合でも、導入されている三次元表示システムは納品した測量業者によって異なり、種類は様々であることから、はじめから操作方法を覚えるには労力が必要となる。

これらの現状を踏まえ、三次元表示システムを定着させるためには、日常業務での活用の標準化の検討、定期的な操作演習、構築する三次元表示システムの各地方整備局単位での統一などの検討が必要である。

3) 三次元データを蓄積・保管するための課題

今後、三次元データが取得される機会が増え、また三次元データを使用した検討など使用機会も増えることが予想される。このため、河川管理者は、得られる三次元データを確実に蓄積・保管し、利用できる仕組みを構築しなければならない。

航空レーザやALBなど、公共測量として実施される点群測量から得られる三次元データは、測量法に従い、河川管理者から国土地理院へ成果の写しを提出し、国土地理院により審査され、その結果が河川管理者に通知されるとともに、国土地理院で保管され、一般の閲覧に供される。

一方で、公共測量として実施されることがほとんどないICT土工を目的としたUAVレーザや地上レーザなどによる起工測量および出来形測量などから得られる三次元データは、国土交通省や国土地理院が規定する各種作業マニュアルに準じていない場合があり、国土地理院による審査もされない。また、成果の写しも国土地理院では保管されず、河川管理

者ごとに HDD 等で保管されているのが現状である。

このような現状において、様々な機会を通じて得られる三次元データを河川管理者が確実に蓄積・保管し、利用できる仕組みを構築するためには、想定される利用方法に適した三次元データの選別手法の整理や、それに応じた保管サーバの構築が喫緊の課題である。また、保管サーバを構築する単位についても検討が必要である。

なお、公共測量以外の三次元データについては、国土交通省や国土地理院が規定する各種作業マニュアルの精度基準を満たしていない場合があるため、保管、利用する際は注意が必要である。

三次元データの保管は、利用目的に見合う三次元データを検索することができ、検索された三次元データが要求仕様を満たしているかを確認できる仕組みの構築が必要である。

3. MMS の堤防点検への活用の検討

平成 25 年に改正された河川法において年 1 回以上の頻度で堤防等の点検が河川管理者の義務として明確化された。現在、この点検は徒歩による目視を中心として行っている。

堤防計測の手段として前章で述べた ALB による計測は、今後定期的 (5 年に 1 回) に行われるため、この点群データを堤防点検に用いることができれば点検の効率化が期待できるものの、現状では、堤防の変状等の評価に活用するには点密度 (単位面積あたりの点群数) が不足している。一方で、現在の技術で最も点密度と計測精度が高いのは地上レーザである。しかしながら地上レーザは、計測範囲が設置箇所周辺に限られるため、堤防点検に利用するためには、計測機器の頻繁な移動が必要となり、直ちに実務に活用することは現実的ではない。このため、本章の検討では ALB よりも点密度が高く、堤防天端を車両が走行することによって地上レーザよりデータ取得が容易であり、さらに道路・都市等他分野で汎用的に利用され始め今後技術の普及による価格低下と技術水準の向上が期待できる MMS を堤防計

測技術として選択し、現在目視を中心として行っている堤防点検を MMS によって代替する可能性について調査・分析を行った結果を述べる。

堤防点検に三次元点群データを活用するためには、目視を中心として把握している堤体の異常を三次元点群データから抽出する必要がある、植生の影響除去が不可欠である。本研究では、MMS による堤防計測における堤防植生の影響について実測をもとに検討を行い、植生の種類や除草後の植物の成長が堤防の形状把握に与える影響の評価を行った。

(1) MMS による堤防計測方法

1) 計測機器の諸元等

今回使用した MMS は、レーザ測距装置を高所に設置した河川計測用の車両であり、レーザ測距装置 (REIGL 社製 VQ-450) の搭載位置は地表面から約 3.6m である。車両に搭載されたカメラから前方及び側方の画像撮影も行っている。

2) 現地計測の概要

a) 計測場所、計測日

計測場所は、近畿地方の一級河川淀川水系猪名川の支川である藻川で、左岸 2.2k 付近および左岸 4.2k 付近を対象とした。

計測は、左岸 2.2k 付近においては 2018 年 9 月 27 日 (除草前) から同年 12 月 7 日 (除草後 56 日目) まで計 5 回、左岸 4.2k 付近においては 2018 年 9 月 27 日 (除草前) から同年 12 月 7 日 (除草後 49 日目) まで計 4 回行った。この区間の除草日は、左岸 2.2k 付近においては 10 月 12 日、左岸 4.2k 付近においては 10 月 19 日であった (表 2-1)。

表 2-1 MMS レーザ計測日

| 計測回数 | 計測日 | |
|------|---------------|---------------|
| | 左岸 2.2k 付近 | 左岸 4.2k 付近 |
| 1 回目 | 9/27 [除草前] | 9/27 [除草前] |
| 除草日 | 10/12 [除草日] | 10/19 [除草日] |
| 2 回目 | 10/19 [7 日後] | 11/ 6 [18 日後] |
| 3 回目 | 11/ 6 [25 日後] | 11/22 [34 日後] |
| 4 回目 | 11/22 [41 日後] | 12/ 7 [49 日後] |
| 5 回目 | 12/ 7 [56 日後] | - |

分析対象とした左岸 2.2k 付近における堤防横断面と実測箇所（法面上部（地点 A）、法面中部（地点 B）、法面下部（地点 C））を図 2-1 に示す。

また、地点 Z は、距離標をコンクリートで被覆した箇所であり、植生の影響を受けない参照地点として取り上げる（図 2-2）。

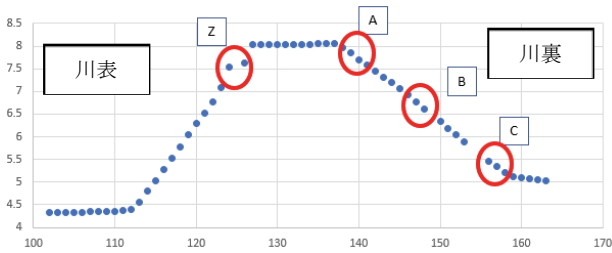


図2-1 堤防断面と点群データの分析対象範囲のイメージ



図2-2 地点Zの法面の状況
(表法肩から表法尻を撮影)

b) 計測方法及び関連調査

計測車両の速度は約 15km/h であり、上流～下流間約 2.0km を 1 往復することで堤防表法面～天端～堤防裏法面の一連の計測が完了する。MMS は、車両を天端中央沿いに走行させ、図 2-3 に示すように計測を行った。天端法肩から計測地点までの水平

距離とレーザーの入射角等は表 2-2 のとおりである。除草刈高は概ね 5cm であり、除草後に集草作業を行っているため刈草の影響はない。

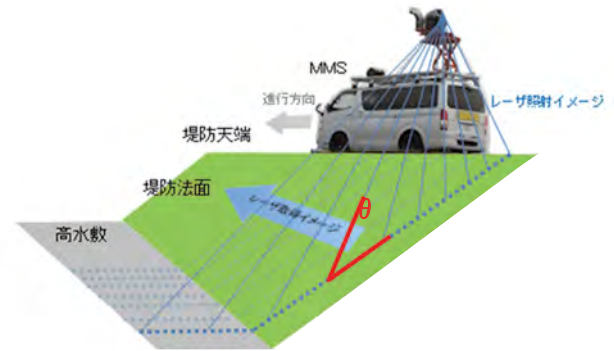


図2-3 MMS計測イメージ

表2-2 MMS計測時の状況

| | 地点 A | 地点 B | 地点 C |
|-----------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| 天端法肩から計測地点までの距離 | 約 1.5m | 約 5m | 約 10m |
| 点群密度 | 2,102 点/m ² | 1,847 点/m ² | 796 点/m ² |
| レーザー入射角 θ | 約 30° | 約 15° | 約 10° |

各計測日には、堤防上の植生の写真撮影を行うとともに、当該箇所の代表的な植生を確認し、その草丈をコンベックスで計測した（図 2-4）。また、レーザー点群による堤防の形状把握精度を検証するために、堤防横断方向の測線上を約 50cm 間隔でトータルステーションにより実測した（計測日 11 月 22 日）。実測は、草の影響を除去するため、ポールが土の中に刺さらない程度まで押し込んで測量を行った。






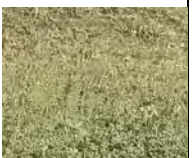



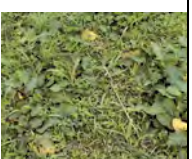

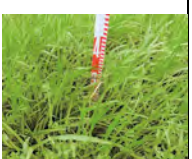
| | 地点A | 地点B | 地点C |
|------|--|--|--|
| | スイバ | ヤハズエンドウ | ネズミホソムギ |
| 7日後 |  |  |  |
| | 草丈 5cm 未満 | 草丈 5cm 未満 | 草丈 5cm 未満 |
| 25日後 |  |  |  |
| | 草丈 5cm 程度 | 草丈 5cm 程度 | 草丈 10cm 程度 |
| 41日後 |  |  |  |
| | 草丈 20cm 程度 | 草丈 15cm 程度 | 草丈 30cm 程度 |
| 56日後 |  |  |  |
| | 草丈 20cm 程度 | 草丈 20cm 程度 | 草丈 35cm 程度 |

図2-4 MMS計測時の植生の状況

(2) MMSによる堤防計測の精度評価

1) レーザ計測の精度の確認

植生が MMS の計測精度に及ぼす影響を比較・評価するための事前確認として、まずレーザの計測精度を確認するために植生のない地点 Z において、トータルステーションによる実測値とレーザ計測による計測値の標高較差を以下のように比較・評価した。

- ・トータルステーションによる実測地点を中心とした半径 10cm の円を生成
- ・上記円の中に含まれるレーザ点群を抽出
- ・抽出したレーザ点群の標高値と実測の標高値を比較・評価

その結果、全てのレーザ点において実測値との較差が 0.4cm 以内に収まり、十分な精度が確保されていることが確認できた。

2) 植物の成長がMMS計測精度に与える影響の分析

実測値と計測値（半径 10cm 内のレーザ点群）の較差のばらつきが、植物の成長に伴ってどのように変化するかを調べることで、植物の成長によるレーザ遮蔽効果が MMS 計測精度に与える影響を分析する。なお、各地点における実測値と計測値の比較・評価は、前項と同様の手順により実施した。

各地点における実測値と計測値の較差 1cm の階級毎の計測点群の個数の折れ線グラフを図 2-5A～図 2-5C に示す。この図は、レーザ点群が堤防地表面付近のどこの高さをどの程度多く測定しているかを示すものである。図の横軸は、実測値と計測値の較差 (cm) を示し、図の縦軸はその較差となったレーザ点の個数 (個) を示す。本論文では、以降この図を「点群標高特性図」と呼ぶ。前項のコンクリート面のように、植生による遮蔽効果が無い場合はレーザによりコンクリート面（地表面）の高さが明瞭に捉えられるため、実測値と計測値との較差は小さい範囲 (0cm, 1cm, 2cm など) に集中し、点群標高特性図は左側にピークがある形状となる。一方で、植生による遮蔽効果があり、レーザが地表面を捉えにくい場合は地表面からの反射に加えてレーザが植生の様々な高さで反射するため、実測値と計測値との較差はばらつきが多くなり、点群標高特性図はピークが低く横に広がる形状となる。例えば、図 2-5A を見ると、除草直後 (7 日後) は較差 0cm, 1cm に実測値と計測値との較差が集中しており、多くのレーザが地表面を捉えていると見なせるが、25 日後、41 日後、56 日後と時間の経過に伴い、グラフのピークが右に移動するとともに低くなっていき、植物の成長によりレーザが地表面を捉えずに植生を捉える割合が大きくなっていくことが分かる。41 日後以降は、較差 0cm の個数は 0 となり、レーザは地表面を捉えることができていない。

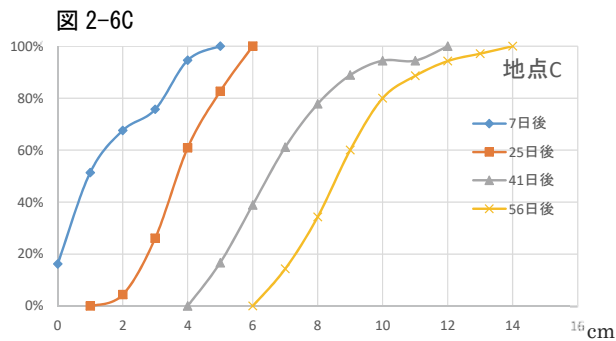
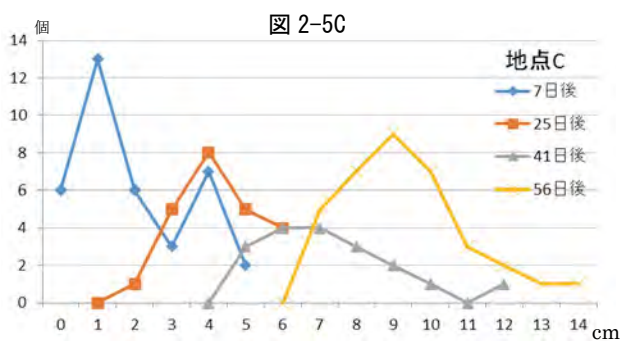
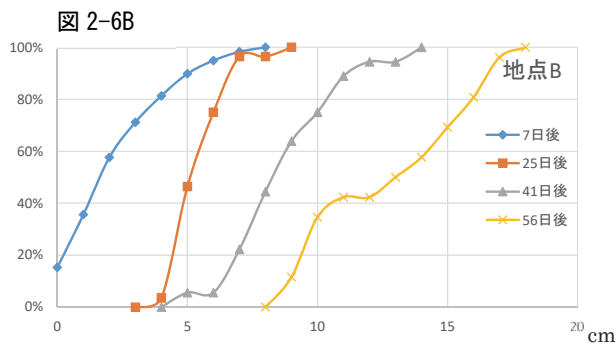
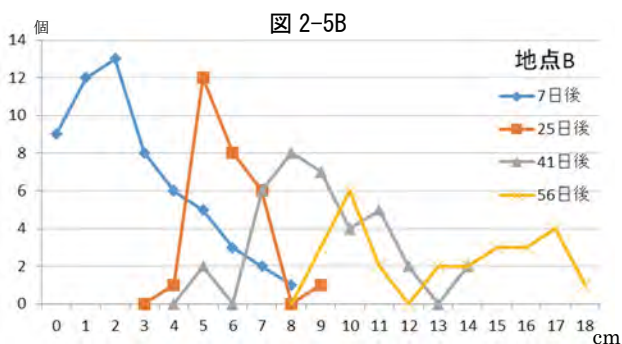
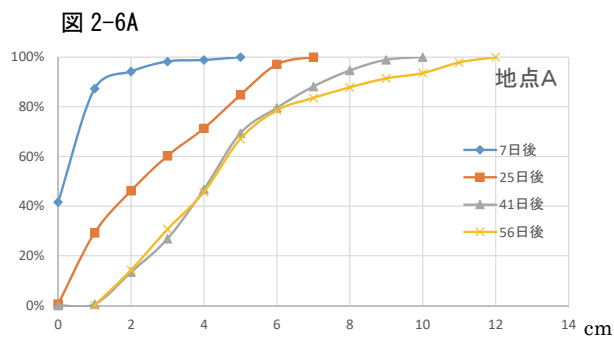
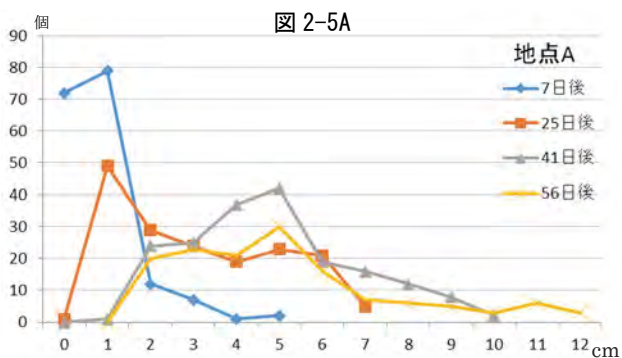


図2-5A～図2-5C 点群標高特性図

図2-6A～図2-6C 点群標高特性図の累積相対度数

次に、折れ線グラフの形状の特徴を比較するために、点群標高特性図を累積相対度数で表したものを図2-6A～図2-6Cに示す。

この図は、立ち上がりが急であるほど、同程度の高さを多くの点が捉えている（較差のばらつきが少ない）ことを表し、逆になだらかであるほど、植生の影響によりレーザが遮蔽され地表面に加えて植生を計測している（較差のばらつきが多い）ことを表している。

この図では、地点Aは除草25日後に曲線の傾きがなだらかになる傾向が出ているが、地点B、Cでは除草25日後以降も曲線の傾きは急であり、それほどその傾向に差は表れていない。また、地点Bでは除草7日後で地表面から2～3cm上に、25日後には地表面から5～6cm上に計測値が集中しており、7日後より25日後の方が急な曲線となっている。このような図の形状の違いは、植生の種類の影響が考えられ、次項で考察を行う。

3) 植物の種類がMMS計測精度に与える影響の分析

現在、全国的に堤防の植生は、芝以外に外来植生を含め多様化が進んでいる。本節では植生の違いによるレーザ遮蔽の影響を分析する。

前項で例にあげた地点Bの植生はヤハズエンドウであり、計測時の状況（25日後）は、図2-7のとおり背丈は低いものの小さな葉が堤防表面を覆い隠していたため、レーザがこの植生表面近くを多く捉えていたことが考えられる。



図2-7 地点Bの植生

植生の違いによる影響をさらに分析するため、図2-4で示したスイバ、ヤハズエンドウ、ネズミホソムギに加え、芝、セイバンモロコシ、ススキが繁茂している箇所（左岸4.2k付近）での計測結果を整理した。なお、左岸4.2k付近における計測は、左岸2.2kと同様の手法とした。図2-8は左岸2.2k付近において除草後初回の10/19に計測したレーザ標高値（左岸4.2k付近においては除草後初回の11/6に計測したレーザ標高値）と以降計測したレーザ標高値との差分を堤防の位置及び植生の種類で整理したものである。図の横軸は、堤防表法尻から裏法尻までにおいて差分を算出した箇所の整理番号を示し、図の縦軸は算出した差分値（cm）を示す。なお、差分は、堤防表法尻から裏法尻までを約50cm間隔で算出した。ここで、計測したレーザ標高値は、既往の安達らの研究で提案された地表面を捉えた点群を抽出する方法を参考に、半径10cmに含まれる点群の標高値の下位10%の平均値（半径10cmに含まれる点群のうち、標高値が低い方から10%分を抽出し

た点群の標高値の平均値）を用いることとした。以下その結果を概括的に整理する。

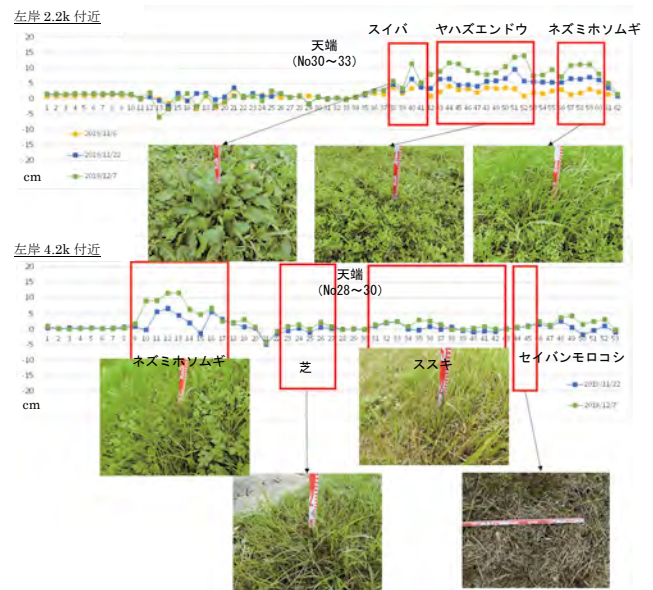


図2-8 植生毎のレーザ遮蔽状況

【芝】草丈は伸びているが、調査期間（除草後49日）では、レーザを遮蔽するまで成長はなかった。ただし、除草時からレーザが地面に到達できないほど密集していた。

【ススキ】除草後の茎から新芽が20cm程度成長しているが、垂直方向への成長のみで、葉が広がるなどはなく、レーザの遮蔽はほとんどなかった。

【ヤハズエンドウ】除草後7日までは、レーザ遮蔽の影響はなかったが、再繁茂につれ密集度も高くなり、最終的には20cm程度の草丈になり、除草後25日以降は、完全にレーザを遮蔽した。

【スイバ】除草後7日までは影響はないが、21日後、41日後、56日後では、レーザの遮蔽が認められた。しかし、水平に成長する植物であり、また、密集度も少なく、葉の間から地面にレーザが到達できるため、点群のばらつきが多くなるが、56日後でも地面を捉えたレーザ点群もあった。

【ネズミホソムギ】除草後から再繁茂により、レーザを遮蔽している。マメ科も若干まざり、除草後25日では、6割強のレーザを遮蔽し、56日後には完全にレーザを遮蔽するまでに成長した。

【セイバンモロコシ】夏場はセイバンモロコシが繁茂していたが、この時期は枯れており、調査した期間では、変化はなかった。(ほぼ裸地状態)

以上を基に全体の傾向を以下に整理する。

マメ科やイネ科(ホソムギやエノコログサ等)の草丈が低く葉の数が多く密集して繁茂する植物は、レーザ遮蔽の影響が大きいことが分かった。ススキやセイバンモロコシなど大型のイネ科は、草丈が低い時期は葉の数も少なく、除草時の茎が密集してないこともあり、レーザ遮蔽の影響は少ないことが分かった。

葉の大きなスイバは一見影響が大きいと思われるが、小さいうちは地面を覆う密集度が少なく、葉が大きくてもレーザが葉と葉の間を透過して地面に到達する可能性が高いことが分かった。

4) 天端法肩からの距離と点群密度の関係

今回の計測では堤防天端中央を走行する車両上部に設置したレーザ測距装置から堤防法面に向けて斜め方向からレーザを照射している。従ってレーザの入射角は、天端付近から堤防法尻に向けて次第に小さくなっていき、単位面積あたりの点群数は、天端付近から法尻に向けて次第に少なくなっていく(表 2-2)。

天端法肩から計測地点までの距離と点群密度の関係について、左岸 2.2k 付近における天端法肩からの距離が 0.5m, 1.5m, 5m, 10m の地点で整理すると表 2-3 となり、天端法肩から 0.5m 離れた地点に比べ、天端法肩から 10m 離れた地点(レーザ入射角 10°)では点群密度が 0.23 倍(単位面積あたり 6,624 点→1,497 点)となった。なお、レーザ入射角の違いによる点群密度の違いは理論値ではレーザ入射角 90°であった場合と比較してレーザ入射角 10°の場合では $\sin 10^\circ = 0.17$ 倍に減少する。

この密度で点群が等間隔であったと仮定した場合、天端法肩から 0.5m 離れた地点に比べ、天端法肩から 10m 離れた地点ではレーザ 2 点の間隔は 2 倍以上(1.23cm→2.58cm)になる(表 2-3)。このこと

は、天端付近と法尻付近では捉えられる変状の大きさの限界に違いがあり、本研究フィールドでは、例えば幅 2cm 程度の亀裂は、天端付近では把握できる可能性が高いが、法尻付近では点群間隔より小さいため把握できない可能性があることを示している。

表2-3 天端法肩からの距離とレーザの点群密度、平均点群間隔の関係

| 天端法肩からの距離 | m ² あたりの点数(点) | 平均点群間隔(cm) |
|-----------|--------------------------|------------|
| 0.5m | 6,624 | 1.23 |
| 1.5m | 3,949 | 1.59 |
| 5m | 2,898 | 1.86 |
| 10m | 1,497 | 2.58 |

(3) 堤防の変状把握のための評価

1) 実測との較差、点群間隔

前項同様、堤防法面を捉えているとみなせる点群を抽出する方法として、半径 10cm に含まれる点群の標高値のうち下位 10%の平均値を計測値とみなし、実測値との比較を行った。また、法面の横断面上の位置、植生の繁茂状況と、堤防法面を捉えている点群数(実測標高値とレーザ標高値との較差が 2cm 以内であれば地表面を捉えたと仮定)について、等間隔に置き換えた平均点群間隔を整理した。(図 2-9)。

この結果から、堤防法面中部(地点 B)・下部(地点 C)の 41 日後の較差は 5~6cm, 56 日後では 7~9cm を示している。除草時の刈高の指標となる 5cm 以内の精度を要求水準とすれば、除草後 25 日以内であれば MMS が利用可能であることが示唆された。ただし、今回は、植生が法面の位置で異なることから、天端からの距離、草丈、草の種類の関係性までは評価できなかった。

また、天端付近(A 地点)では、幅や長さが 5cm 程度の変状(例えば、亀裂幅が 5cm 程度)であれば、除草後 56 日程度でも点群間隔が小さく捉えることができるが、ネズミホソムギなどが生育している堤

防法面（地点 C）では、7 日後には、幅や長さが 8cm 程度の変状がわかる程度の点群間隔になり、25 日後には、10cm 程度、41 日後には 13cm 程度の変状がわかる程度の点群間隔まで拡大し、天端付近とは大きな違いが生じるようになることがわかった。

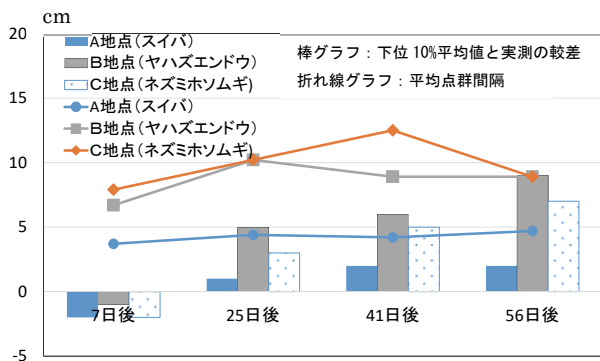


図2-9 下位10%平均値と実測の較差及び平均点群間隔

2) 亀裂等局所的な変状

前項において MMS 計測では、天端から離れた法尻へ向かってデータ密度が次第に粗となるため、天端付近と法尻付近では評価できる変状の規模が異なり、天端から離れた地点では点群間隔が大きくなるため、5cm 以下の小規模な亀裂やクラックなどの変状を定量的に評価することは困難となることを示した。

次に、コンクリートの距離標板に刻まれた河川名や距離標の文字、波のマーク（図 2-10）を、レーザ点群がどのように計測するか確認し、MMS の亀裂等の変状計測への活用可能性について考察する。

今回の MMS 計測時の走行（15km/h）では、図 2-10 のとおり、レーザの照射方向に対して直角方向の点群間隔は約 4cm の間隔となり、レーザの照射方向の点群間隔は、ばらつきがあるものの 5mm 以内の間隔で計測できた。

レーザ点群を平面図上に展開した場合、図 2-10 に赤丸で示した波のマークのように、レーザの照射方向と直角でかつ幅や長さが 5cm 程度の規模であれば、何らかの変状があることがわかる（今回は、4 点程度のレーザ点群が窪みに当たれば変状を把握できたと評価した）。また、距離標柱（高さ 10cm ×

縦 10cm × 横 10cm）も容易に確認できる。ただし、10cm 程度の矩形の範囲にある幅 2cm 程度の変状（図 2-10 に緑丸で示した文字）は、平面図上に展開してもあまり明確にならず、断面図を作成した時点でようやく何かがあることが把握できる程度である。植生のある土堤に比べて明瞭に形状変化が捉えられるコンクリート面において把握できる変状規模がこの程度であり、植生に覆われている土堤であれば同様の規模の変状の発見は困難であると考えられる。

現在、堤防等河川管理施設の点検結果評価要領には亀裂等の評価に明確な幅の基準は記載されていないものの、MMS では 10cm 程度の亀裂やモグラ等の小動物の穴の抽出は難しいと思われる。

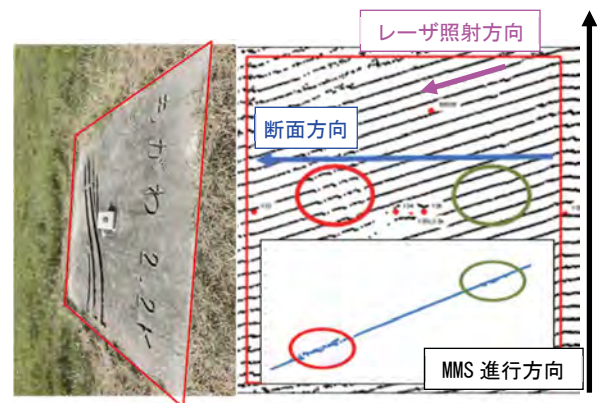


図2-10 コンクリート被覆の状況・レーザ点群と断面図（同色の円は概略的に同じ位置を示す）

(4) 考察とまとめ

今回の検討では以下のことが確認できた。

- ・堤防植生によりレーザ計測が可能な期間が決まり、大型のイネ科の堤防植生よりマメ科などの植生やイネ科のネズミホソムギなどは、除草後比較的短い期間でレーザを遮蔽する。
- ・実測標高値とレーザ点群の較差は、除草後、植物の成長により大きくなっていくが、約 3 週間後（25 日後）までは取得できたデータの下位（今回は下位 10%に含まれる）の点群データを採用することにより、植生によるレーザ遮蔽の影響を除去して堤防の形状を把握できる。
- ・その後は、植生の種類によりその成長に応じて堤防の形状把握が段階的に困難となる。

堤防植生によるレーザ遮蔽の影響を軽減するためには、除草直後に計測を行うのが最も望ましい。しかしながら、実際の河川管理の現場を想定すると、一般的に除草業務とMMS計測業務は別業務として発注されるため両業務間での工程調整が必要となり、また数日以上かけて一連区間を除草後、MMSが1日で計測することもあり、除草直後（数日以内）にMMS計測を行うことは困難である。しかしながら、本研究結果を踏まえれば、秋季であれば除草後3週間以内に計測を行えば、除草直後に計測を行う場合と同程度の精度で堤防形状を評価可能であると考えられる。

把握できる変状については、現在目視点検により確認している変状のうち、亀裂、踏み荒らしといった局所的な変状を把握することは難しいことがわかった。

また、MMS車両のレーザの照射方向に直角（堤防縦断方向）の変状は比較的把握しやすい一方、レーザの照射方向に平行方向（堤防横断方向）の変状は把握が難しいことがわかった。深さにもよるが、本研究では長さ10cm程度、幅2cm程度の変状に対しては、レーザが数点変状箇所到達するものの、その形状を把握することは難しいことが示唆された。

現時点ではMMSは亀裂や踏み荒らし等局所的な変状を把握することは難しく、ただちに、現在の堤防目視点検全てを代替することは困難であると思われるが、堤防のはらみや寺勾配といったマクロ的な変状を定量的に把握できるという点では優位性を有しており、マクロの変状の把握に活用する際には、年2回実施する除草のうち河川堤防の植生状況に応じて植物の成長の影響が少ない時期を選択して実施すべきである。

また、UAVを用いる場合、真上からの計測となるため、天端からの距離により計測精度と把握できる変状が異なるというMMSの特性がなくなるとともに、植生による遮蔽の影響も異なると考えられるものの、本研究成果における植生の違いによる影響については参考にできると思われる。

4. 河川管理の高度化に向けた三次元データの活用

第2章で述べたように、今後はALBによって全国の直轄河川において5年に1回の頻度で1mメッシュの地表面グリッドデータが公共測量成果として得られるとともに、樹木等の影響を除去する前のオリジナルデータも取得される。これらのデータを三次元管内図など三次元表示システムに集約し日常管理に活用することで、従来の二次元的な管理では把握できなかったものが把握できるなど、河川維持管理の効率化・高度化につながることを期待される。加えて、令和元年度から全国の地方整備局にグリーンレーザを搭載したUAVの配備が進められており、三次元データの取得がより容易になることで、今後の河川管理における三次元データ活用の風景を一変させる可能性を秘めている。

一方で、第3章で示したように人の目視による堤防点検と同様の水準の成果をMMSによる三次元データのみから得ることは現時点では依然困難な状況である。また、新しい技術が現場実装されることは、河川管理の責任に関する判断基準にも変化をもたらす得ることに留意する必要がある。

本章では、上記のような現状認識のもと、河川管理における三次元データの活用のシナリオを提示する。

(1) 堤防管理への三次元データの活用

今後、取得が進む三次元データにより、従来の200m間隔を標準とした定期縦横断測量に加えて測線間の情報が把握可能となる。そのため、堤防の高さに関する情報が従来よりも細密に把握可能となり、堤防が局所的に低い区間の把握や、従前の測線間における洪水位との比較による越水の危険性の把握など、より高度な河川管理が技術的に可能となる。このような堤防管理への三次元データの活用として以下のシナリオが考えられる。

1) 堤防の高さの管理

堤防の高さは、河川管理施設等構造令ならびに河川砂防技術基準（設計編）により規定されている。堤防の高さは、洪水防御において越水防止の観点から特に重要であり、確保された堤防の高さを維持することが必要である。このため、日常管理では堤防の沈下状況を把握しておくことが重要である。今後、三次元データの活用により堤防高を縦断方向により細かいピッチで把握することが可能となり、その情報は、事前の対策や、洪水時に相対的に越水しやすい箇所把握などに役に立つと期待される。

堤防の高さの把握については、通常、定期縦横断測量レベルの精度（一般的に2~5cm程度）が確保できれば十分実用的であり、直近の定期縦横断測量実施時以降でも、特定の区間において堤防の沈下等をより高い精度で把握する必要がある場合には必要に応じて UAV や MMS 等により当該区間を追加的に計測することも考えられる。

河川管理者は、そうした堤防高の変化に関する情報を、水防管理者と共有して水防上の対応を図ることや、沈下の程度や原因等に応じて河川管理上の対策をとることにつなげていくなど、必要な対応について検討を行うことが求められることになる。

2) 水害リスクラインとの連携

水害リスクラインは、概ね200m毎の水位の計算結果と堤防高との比較により、左右岸別に上流から下流まで連続的に洪水水位が堤防天端に達する切迫度を表示することが可能なシステムである。国土交通省では、令和元年9月より50水系を対象に一般向けの提供サイトの運用を開始し、令和2年3月末までに、国が管理する全109水系で運用が開始されている。また、国土交通省では従来の水位計に加えて「堤防高さや川幅などから相対的に氾濫が発生しやすい箇所」、「氾濫により行政施設・病院等の重要施設が浸水する可能性が高い箇所」、「支川合流部など既設水位計だけでは実際の水位が捉えにくい箇所」などを対象に、危機管理型水位計を全国2,842箇所に設置(国管理河川、令和元年12月末時点)しており

引き続き全国各地で設置が進められている。危機管理型水位計による水位情報は、「川の水位情報」サイトにおいてスマートフォンやパソコンなどからリアルタイムで確認できるようになっており近年の激甚な水害が頻発していることもあり、川の防災情報に対する関心とニーズは今後益々高まっていくと想定される。

今後、水害リスクラインなどによる水位情報と、ALB等により取得された縦断的に細かいピッチでの堤防高を比較し、また、それら洪水水位情報の精度等を踏まえることで、越水の危険性が迫っている箇所の把握精度を高め、水防法で定められた洪水予報の高度化や、それに伴う水防活動・避難活動の円滑化に資することが期待される。

3) 堤防法面の変状把握への活用

堤防のはらみだしは目視点検では発見しづらいのが実情であり、その監視と定量的評価については UAV や MMS による三次元計測技術が大きく寄与することが期待される。

また、現在、地震による堤防被害を受けた河川では、従前よりも洪水被害の危険性が高くなることが懸念されるため水防警報基準水位を通常より引き下げて暫定的に運用することがあるが、技術的には、どの程度の堤防変状が浸透・侵食にどのような影響を与えるかは未解明な部分もあり、今後三次元計測データと地盤工学上の知見を合わせることにより、地震後の堤防の機能を科学的に評価し水防警報基準等に反映させることも期待される。

(2) 河道管理への三次元データの活用

河道は水と土砂、樹木などの植生で形成されており、相互作用によって河道形状は常に変化している。このため、河道管理は現況の流下能力を把握し、洪水を安全に流下させるための河積を維持していくとともに、出水時の突発的な変状を普段の観測・計測結果から読み解く技術が期待されている。

このような河道管理への三次元データの活用として以下のようなシナリオが考えられる。

1) 樹木・土砂の管理

現在、樹木伐採、堆積土砂掘削は維持管理計画において計画的に実施することとされており、維持管理計画の策定にあたっては、樹木に関する情報は水辺の国勢調査等の河川環境調査、堆積土砂に関する情報は定期縦横断測量により得ることが一般的である。

第1章で述べたように、定期縦横断測量は今後ALBを標準として行われることになり、ALBによって取得可能な範囲の土砂堆積情報は今後三次元データとして取得されるため、このデータを活用した土砂堆積量の把握や掘削箇所・掘削量の検討が可能となる。一方、樹木については、ALBで取得される三次元データの中に含まれるオリジナルデータには地表面のみならず樹木も含まれており、このオリジナルデータから樹木繁茂状況を把握することが技術的に可能であるが、例えば第1章で紹介したようなマニュアルのような形で標準的な手法として確立するには至っていない。このため、樹木繁茂量については、今後河道管理に必要な要求精度とALBオリジナルデータからの解析結果の比較検討を行い標準的な手法を確立し、現場への実装を推進する必要がある。また、これまでUAVグリーンレーザは機器が高価なため研究や現場での活用事例は少なかったが、令和元年度以降各地方整備局において導入が進められており、今後は出水直後の河道の変状の把握など、5年に1回の定期縦横断測量のタイミングで取得される全川的なデータを補完するための利用が期待される。

2) 河口砂州の管理

河口砂州は、河口の閉塞状況により、流水の疎通、水質環境、塩水遡上に影響を及ぼす。このため、河口砂州の管理は、河口砂州の発達による河口の閉塞状況（河口砂州の消長発達）を定期的に把握し、管理する必要がある。河口砂州を管理する上では、まずは砂州の高さに着目することが重要である。これは、砂州の高さが、出水時に水位をそこで上昇させ、上流の洪水位を規定する出発水位の重要な決定要因

になるからである。このため、砂州高をはじめ、砂州形状を定期的に把握し、管理することが求められる。

さらに、河口砂州の状況は、海岸への土砂供給にも影響することを踏まえると、砂浜の保全を含めた総合的な土砂管理への活用にも期待できる。

河口砂州の管理は従来、航空写真等で消長発達を把握している。砂州の位置や水面より上の堆積量は、航空写真を立体視することにより把握できるが、水面下の状況は把握できていないため十分とは言えない。このため、これからはALBや音響測深機などの水中部を計測できる技術により陸部および水中部を含む連続的な三次元データを取得し、二時期の差分解析により河口砂州の消長発達を管理していくべきである。

3) 「河道管理基本シート」の高度化

河道管理における実務上の先進的取り組みとして、九州地方整備局等が国土技術政策総合研究所と協力して整理した「河道管理基本シート」¹⁾が挙げられる。

「河道管理基本シート」とは、①水位と河床高の現況、②樹木繁茂の範囲、③平均・最深河床高の経年変化、④河床最深部の平面位置、⑤河道の湾曲の5種類の基本情報を1枚の紙面上に示したもので、土砂堆積や河床低下、樹林化等の河道管理を行う上で必要となる予測・判断を補助するツールである。河道管理基本シートは定期縦横断成果等をもとに作成されているため横断方向の形状は測線毎の離散的な情報であり、これまでのデータでは測線間で生じた護岸前面の深掘れ等を的確に把握することは困難であったが、今後、三次元データが得られるようになるとこのような事象も面的・連続的に把握可能となる。また、滞筋の変化、河道の二極化といった河道の実態についても三次元データによって、より視覚的にかつ容易に捉えられるようになる。

さらに、面的に得られる土砂堆積量・洗掘量や樹木繁茂量の経年変化量と予め当該河川・河道特性を踏まえて設定した管理上の一次的閾値との比較や、

上記変化量の上下流区間との差分など計測情報について一次処理を施し視覚化することにより河道評価の支援ツールとしてさらに高度化することも可能となる。

(3) 河川管理に関わる業務プロセスの効率化・高度化のための戦略と他データシステムとの連携

現在、国土交通省ではICTの全面的な活用により建設生産システム全体の生産性向上を図る「i-Construction」の取り組みを推進している。本報告における河川管理における三次元データについても、調査－設計－施工－管理の一連の建設生産システムの中に位置づけ、三次元データにより面的かつ定量的に把握された河川の状態から捉えられる現場での維持管理の課題を上流の調査にフィードバックさせていく必要がある。

その際には、三次元情報は河川管理に関わる業務プロセスに存在する様々な情報の一部であるとの認識の下、堤防点検情報のデータシステムであるRiMaDISや堤防及び河道の管理システムであるRBCON、河川環境管理のデータシステムであるRENMA、河川カルテなど他の関連データベース等と連携していく必要がある。近年デジタルで取得される情報量が増加するとともに情報技術の進歩も著しいため、これら他のデータベースを含めた河川管理情報については、河川管理の何を目的として何のデータを取得するのか、どのようなフォーマット(仕様)で取得するのかを整理し、データの取得から運用、更新までの一連の情報管理のプロセスを再構築する必要がある。

5. 謝辞

本報告のとりまとめにあたって、貴重なデータを提供していただいた国土交通省水管理・国土保全局河川環境課及び現地フィールドを提供いただきました近畿地方整備局猪名川河川事務所に対して、ここに深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 山本一浩, ほか. グリーンレーザ (ALB) を用いた河川測量の試み. 河川技術論文集, 2017
- 2) 坂下裕明, 岡部貴之. ALBの河川縦横断測量への適用性. 河川技術論文集, 2014
- 3) 斎藤正徳, ほか. 中小河川を対象とした UAV 写真測量を用いた流下能力評価手法に関する研究. 河川技術論文集, 2019
- 4) 本田禎人, ほか. UAV 写真測量を用いた河道内樹木の管理方法について. 河川技術論文集, 2019
- 5) 斎藤正徳, ほか. UAV 及び深層学習を用いた植生の自動判別による河道維持管理手法の開発. 出版地不明: 水工学論文集, 2018
- 6) 山本晃一, 鈴木克尚, 塩見真矢. 3次元サイドスキャンソナーを用いた鬼怒川下流部における泥岩・沖積粘性土露出河床の浸食特性の検討. 河川技術論文集, 2016
- 7) 秋田麗子, 西口亮太, 野間口芳希, 佐藤隆洋. 水中の河床地形の面的計測とその活用方策について. 河川技術論文集, 2017
- 8) 小澤淳眞, 安達孝美, 吉田高樹, 関克己, 岡部貴之, 山崎崇徳. レーザ計測技術の点検実務への適用に関する検討. 河川技術論文集, 2017
- 9) 安達孝美, ほか. 堤防管理の高度化に向けた堤防地表面の点群データの活用に関する検討. 河川技術論文集, 2018
- 10) 井上恭介, ほか. 河川内の状況を把握する三次元表示システムについて. 近畿地方整備局研究発表会, 2019
- 11) 藤田光一, ほか. 現場での実践を通して河道管理技術を向上させる先駆的取り組み. 河川技術論文集, 2011

河川管理レポートを効果的に周知するための 編集方針改善の取り組み

Improvement efforts on an editorial policy for informing the river management reports effectively

軍司 江美子*・鈴木 克尚**

As the importance of river maintenance increases, it is difficult to get local residents to understand the necessity of it. In order to close that gap, we have proceeded with the preparation of river management reports as material for disseminating information to local residents. Since the river management reports were launched in 2013 as a policy of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, they were issued annually by most river offices of the ministry, and distributed to local residents along the rivers. After they were circulated, it was feared that the material was difficult to understand because the initial pamphlets frequently used technical terms, and they tended to have too much information. In order to facilitate the understanding of local residents, we have verified the effectiveness through a questionnaire about river management reports with various innovations, and as a result of that, have considered an editorial policy for effective river management reports. In addition, we have presented improvement measures and editorial methods based on the questionnaire, and by introducing “relevance” that is the key to a successful marketing strategy, we have shown the direction for further improvements.

Key Words: River Education, new educational guidelines, Active-Learning, Watershed, disaster prevention, disaster drill, river management reports, local residents effectively, web questionnaire, questionnaire analysis evaluation, relevance

1. はじめに

近年、大規模な出水が頻発し災害が生じる状況において、河川の維持管理に対する社会的注目が集まっている。河川の維持管理を円滑に進めていくためには、地域住民の理解・協力が不可欠である。

そのため、社会や地域に河川維持管理の必要性、重要性、実施状況を広く発信し、知ってもらうことが重要である。しかし、地域住民にとって、日常行われている河川維持管理行為は、わかり難いあるいは興味が及ばないものとなっていることが一般的である。

これらを背景に、平成24年（2012年）11月の国土交通省水管理・国土保全局関係各位課からの事務連絡「河川の現場における適切な管理に係る取り組みの施行拡大について」¹⁾において、河川管理レポートの作成が通達された。河川管理レポートの目的は、河川系の事務所等が実施した河川維持管理の実

施結果や地域住民との連携等を「①事務所内等で情報を共有する」とともに「②地域住民に発信し、河川の維持管理について理解してもらう」ことの2点である。特に②の地域住民に発信する目的に対して、河川管理レポートは河川維持管理の必要性、重要性、実施状況を広く発信し、地域住民への周知を図る有効なツールであると考えられる。これらの目的のために、河川管理レポートは情報が毎年更新され、事務所ホームページに公表されるとともに、事務所や出張所でパンフレットとして配布されている。

通達直後（平成25年（2013年）当時）に作成された河川管理レポートは、河川管理者の視点で作成されており、地域住民への情報発信の資料としては情報量が多く、専門用語等が多用されており、分かり難い資料となっていることが懸念されていた。

その後、当財団では上記の課題を受けて、地域住民の興味・関心を得るため、具体的には、地域住民と河川の日常を切り取ったメッセージ性の強い写真

* （公財）河川財団 河川総合研究所 研究員

** （公財）河川財団 河川総合研究所 上席研究員

を掲載することにより、河川維持管理が生活に欠かせない取り組みであることを認識してもらうための改善を行い、より訴求力のある紙面づくりの検討を行った。これらの改善策を施した河川管理レポートに対してアンケート調査により効果の確認を行うことで、更なる改善策である「自分ゴト化」について検討を進めた。

本稿では、はじめに河川管理レポートの概要を説明し、前述した課題への対応として、地域住民への理解促進のための改善案を提示する。これら改善案を反映した河川管理レポートに対して、アンケート調査による効果の確認を行い、その結果を報告する。次に、アンケート結果より見えてきた課題への対応として、抜本的な解決策として「自分ゴト化」を取り入れることとし、河川管理に「自分ゴト化」を取り込む必要性を整理するとともに「自分ゴト化」するための手法を提案する。

2. 河川管理レポートとは？

河川維持管理を効果的に地域住民に発信するための河川管理レポートの改善策の検討にあたって、河川管理レポートの概要を以下に説明する。

河川管理レポートの概要は、平成24年に提示された事務連絡の内容を示し、これに基づいて作成された内容を具体的な事例にて説明する。

2.1 河川管理レポート作成に関する指針

平成24年11月に事務連絡された「河川の現場における適切な管理に係る取り組みの試行拡大について」においては、河川管理レポート作成に関して以下のとおりに記述されている。

「事務所等の総合力を発揮して現場の諸課題を解決し、地域の要請等に的確に答えていくことを目的とする。河川維持管理計画に記述された河川維持管理の目標に加えて、事務所等の総合力を発揮することが必要な現場の諸課題について、対応目標を設定する。現場の諸課題に対し、事務所等が行った河川維持管理の実施結果、対応の効果等を河川管理レポートとして整理し、事務所等内で共有するとともに

地域（自治体、住民等）に発信する。

レポートに掲載する項目は、①現場の諸課題、②対応目標、③河川維持管理計画に基づく維持管理の実施結果、④現場の諸課題への対応の成果を基本とする。これら項目に関する具体の掲載事項は、事務所等の業務の特徴や地域の要請等を考慮して定めることができる。また、掲載方法は事務所等において工夫する。」

また、同通達においては、河川管理レポートは、現場の諸課題を踏まえた河川維持管理の実施状況や対応成果を地域に発信する貴重な説明資料であり、公表や地域への説明を外部評価の機会として捉え、地域への説明等の際に頂いた意見等は河川維持管理計画に反映させるよう記載されている。

現在、上記通達の内容に基づいて、事務所等において河川管理レポートの作成及び公表が行われている。現時点においては、定型の様式や作成にあたってのベストプラクティスが示されているわけではないため、河川管理レポートの作成にあたって、試行錯誤を行っている段階であるといえる。

2.2 河川管理レポートの内容

ここでは、前述の事務連絡通達後、数年に亘り河川管理レポートの作成を行っている関東地方のA事務所の河川管理レポートを事例として、具体的な内容を説明する。なお、A事務所の河川管理レポートの掲載内容に関しては、内容を毎年踏襲しながら、地域住民への理解促進がより図られるように、紙面構成等の改良検討が進められていた。

A事務所では、事務所等の業務の特徴や地域の要請等を考慮し、河川維持管理計画に掲載事項である「河川の状態把握」、「維持管理対策」、「環境対策・地域連携」を主な内容とし、対象河川の基本情報として河川の範囲や河川維持管理の目標を付加して作成している。

「河川の状態把握」では、事務所が実施している維持管理行為の実施時期や内容、維持管理行為を実施した施設数、河川巡視や点検の確認箇所数、維持管理対策として対応した件数等をグラフや写真を使用し、掲載している。具体的には、水理水文観測、

堤防点検・巡視，堤防除草や機械・電気施設の点検などの実施状況を掲載している。図1に河川の状態把握として，堤防点検で発見された変状の件数報告を示す。

河川維持管理の基本、パトロール

早期に異状を発見するためのパトロールは、河川維持管理の基本です。平成30年のパトロールでは、6,431件の報告がありました。

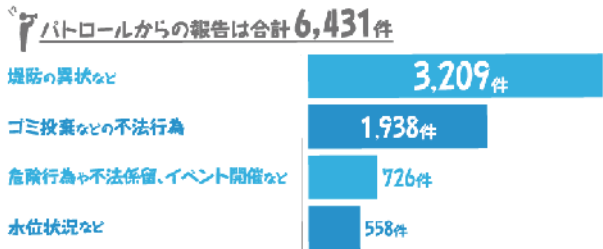


図1 「河川の状態把握」の掲載事例

「維持管理対策」は，パトロールや点検で発見した異状が降雨や洪水によって更に大きな被害にならないように適切に補修した状況を掲載している。具体的には，堤防点検で発見された小動物の穴，亀裂，陥没への補修状況，川に訪れる人が安全に利用できるための修繕事項，軽微な法面侵食の補修を掲載している。図2に維持管理対策として，堤防の補修に関する紙面の事例を示す。



図2 「維持管理対策」の掲載事例
(堤防天端に発生した亀裂の補修)

「環境対策・地域連携」は，地域住民と協力して取り組んだ活動報告を掲載している。具体的には，水質事故対応，河川敷クリーン作戦，公募伐採，ヨシ焼きなどを掲載している。図3に環境対策として，河川で発生した水質事故の掲載事例を示す。

水質事故に即座に対応

平成30年7月に●●川に油が流出し、●●県や●●市及び消防と協力のもと、●●川への流出をフェンスで防ぎ、オイルマットに油を吸着させて、処置をしました。今後も水質事故には、迅速に対応していきます。

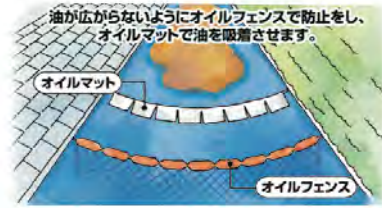


図3 「環境対策・地域連携」の掲載事例

3. 地域住民に興味を持ってもらい理解してもらおうための工夫

河川管理レポートの作成当初から，地域住民への理解促進に対する困難性が懸念されており，そのため，当財団ではその対応策として，マーケティング業界における広告編集のノウハウを活用することとした。その工夫のいくつかを以下に説明する。

広告編集においては，広告媒体の受け取り手にいかに興味を持ってもらえるかが最大のポイントとなっており，情報発信のキーコンセプトを明確にすることが重要視されている。この手法を河川管理レポートに応用し，河川維持管理に対する情報発信のキーコンセプトとして，「読んで」「学んで」「発見」を採用した。

「読んで」においては，大人・子どもなど家族で読めるわかりやすさを追求し，「学んで」において河川管理や当該河川に興味をもってもらおう紙面づくり，「発見」において知らなかったことに出会える内容を盛り込み，地域住民の興味が高いと考えられる事柄（イベント，家族目線）を意識した内容とした。

これらを基に，読み手に河川と自分との関係を想起してもらうには，図や表，メッセージ性の強い写真やイラストと文章を合わせて掲載することが興味喚起に有効であると考えた。これら手法の一例として，図4のとおり，河川管理レポートの本文に入る前のイントロとして，対象河川で実施している役割についてイラストを通して，理解を深める場を設けた。



図4 メッセージ性のあるイラストの掲載

また、河川維持管理についてテキストのみ掲載されていると、興味喚起の維持は難しいことから、読んでいて飽きない工夫が必要であると考えた。解説をイラストで表現することで、地域住民にとって身近な話題を掲載し、読む途中で飽きることなく、理解を深められる資料とした。この手法の一例として、図5のとおり、堤防点検やパトロールで発見した異状が、堤防のどの場所で影響を及ぼすのか、発見された異状の解説と併せてイラストを掲載した。



図5 堤防点検で発見された変状がどのような影響を及ぼすのかを表現したイラスト

加えて、発行年に取り上げるべき話題として、地域住民にとって興味関心が高い防災対策を選定し、工事の進捗状況や水門の役割について、写真やイラストの解説を加えながら、最新情報を取り上げた。読み手に理解促進を図る工夫として「コラム」、「トピックス」を配置した。「コラム」は、各河川で実施している内容や過去の災害等事例、用語の解説等を掲載した。「トピックス」は、当年度に実施した河川維持管理のうち特筆すべき内容として、例えば新設水門の解説等について掲載した。

4. 工夫（効果）の見える化

「3. 地域住民に興味を持ってもらい理解してもらうための工夫」で述べた河川管理レポートに対して想定した効果が得られているか、地域住民からの評価を踏まえて考察を行った。地域住民からの評価は、迅速に多くの回答数が得られ、かつ対象としている地域を限定することが可能であるWEBアンケートを活用した。WEBアンケートは工夫を施す前の河川管理レポートとこれら工夫を施した後の河川管理レポートを対象に行った。工夫を施す前の河川管理レポートは、平成25年（2013年）にA河川を対象として作成したものであり、工夫を施した後の河川管理レポートは、平成30年（2018年）にB河川を対象として作成したものである。

以下に、WEBアンケートの概要を説明し、地域住民からの評価を把握するためのアンケート内容、アンケート結果を示すとともに、アンケート結果に対する考察を行った。

4.1 WEBアンケートの概要

WEBアンケート調査は、紙媒体での印刷、郵送や返送の手間が不要となり、時間やコストが軽減できる手段として有用性が高い。さまざまな層から情報を得られるため、調査対象範囲や性別、年齢等の絞り込みも可能であり、目的や条件にあったサンプル数を設定することができる。

また、WEBアンケート結果の信頼度をアップするために、全て同じ選択肢を付けている回答や回答時間が著しく短く、明らかに設問を読んでいないと思われるものは、予め除外するなど対応が為されている。例えば、500件のサンプルを得ようとした場合、2割増しの600件抽出し、信頼性の低い回答を除去している。

4.2 WEBアンケート内容

WEBアンケートの設問等内容を以下に説明する。

設問は、河川管理レポートの認知度や評価を把握する事項として、既存レポートの閲覧の有無、理解度、表現方法（写真・イラスト、図表の効果）とし、

その他付随情報として今後掲載してほしい記事，意見・要望とした。調査対象は，A・B両河川ともに沿川市町村の500名を対象としている。

アンケート内容は，以下のとおりである。

- Q1：基本情報（性別，年齢）
- Q2：認知度
- Q3：理解度
- Q4：表現方法
- Q5：今後掲載してほしい記事
- Q6：意見・要望

これら設問に対して，Q2～Q4については「良い」から「悪い」の3～5段階評価の回答とし，Q5及びQ6については自由記述とした。

4.3 アンケート結果

「4.2 WEB アンケート内容」で示したアンケートによる回答を分析した結果を以下に示す。

(1) 基本情報

基本情報として，回答者の属性（性別）を図6に示す。また，図7には，性別の比率と10年代毎の性別の割合を示した。ただし，性別の比率はB河川のみアンケート調査を行った。

図6のとおり，A河川・B河川ともに男性が70%程度，女性が3割程度と男性の割合が多く，また図7のとおり，男女ともに各年代の回答の比率は同程度だった。

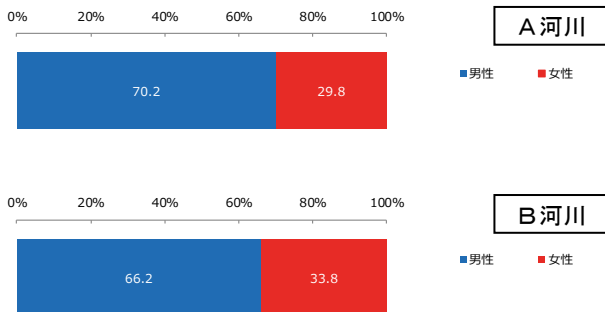


図6 性別割合

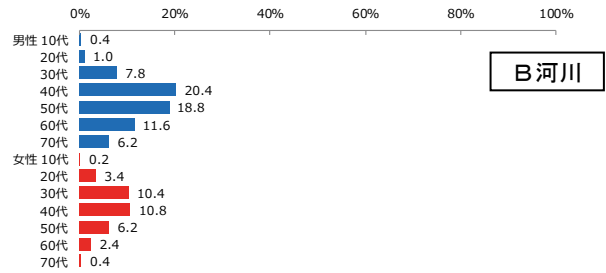


図7 性別ごとの年齢構成

(2) 認知度

図8に河川管理レポートの認知度を示す。

図8のとおり，これまでの河川管理レポートを読んだことがないという回答がA河川・B河川ともに85%以上となっており，地域住民への効果的な周知方法を検討する必要がある。

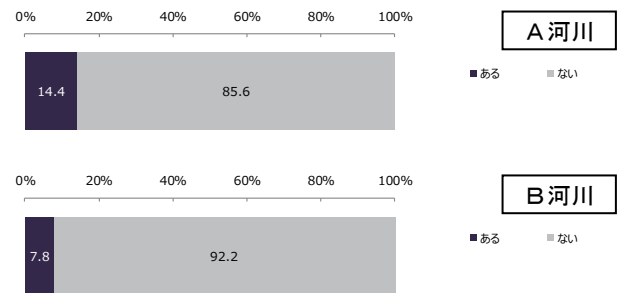


図8 河川管理レポートの認知度

(3) 理解度

理解度については，解説の分かりやすさについて問うた。図9に理解の程度として，解説の分かりやすさ，情報量の良否の割合を示す。

図9のとおり，解説の分かりやすさについては，「やや難しい」も含めた「難しい」という回答がA河川では29.4%であるのに対して，B河川では「難しい」という回答が11.4%であった。また，「やや分かりやすい」も含めた「わかりやすい」の割合は，A河川では26.8%であるの対して，B河川では42.0%であった。3章で示した工夫を施したことにより，地域住民に比較的馴染みの薄い河川維持管理を分かり易く伝えるねらいは，達成しつつあると評価できる。

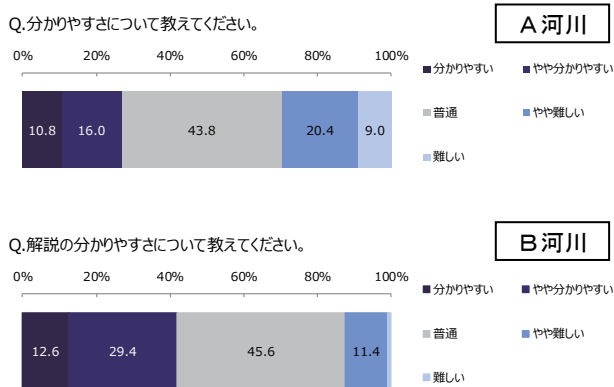


図9 理解に関する評価割合

(4) 表現方法

表現方法については、写真、イラスト、表・グラフの効果について問うた。

図10に写真、イラスト、表・グラフの効果の良否の割合を示す。

図10のとおり、写真・イラストや表・グラフの効果について、「深まった」、「やや深まった」の回答がA河川では6割程度(57.8%~63.8%)であったことに対して、B河川では5割程度(46.0%~57.4%)となっている。(3)の設問における理解度とは逆に、興味をもってもらうための工夫を施したB河川よりもA河川の評価が高い結果となった。

この要因は、B河川では地域住民にまず興味をもってもらうことを主眼に、情報量を大幅に減少させ、写真やイラストを主体として伝えるべき内容を伝達しようとしたことにより、個々のイラスト、写真、図表の意味するところの理解が弱まったものと考えられる。

よって、イラスト、写真、図表のみの伝達では限界があり、少なからずテキスト情報による補足が必要であることが示唆された。また、テキスト情報を積極的に読んでもらえるための方策が必要であることも示唆された。

なお、ページ数の評価は、図11のとおり、A河川では多いとの評価(60.0%)となっていることに対して、B河川では多いとの評価が少なく(7.4%)、B河川において興味を惹起するための狙い(手にとって見てもらう)は達成しつつあると考えられる。

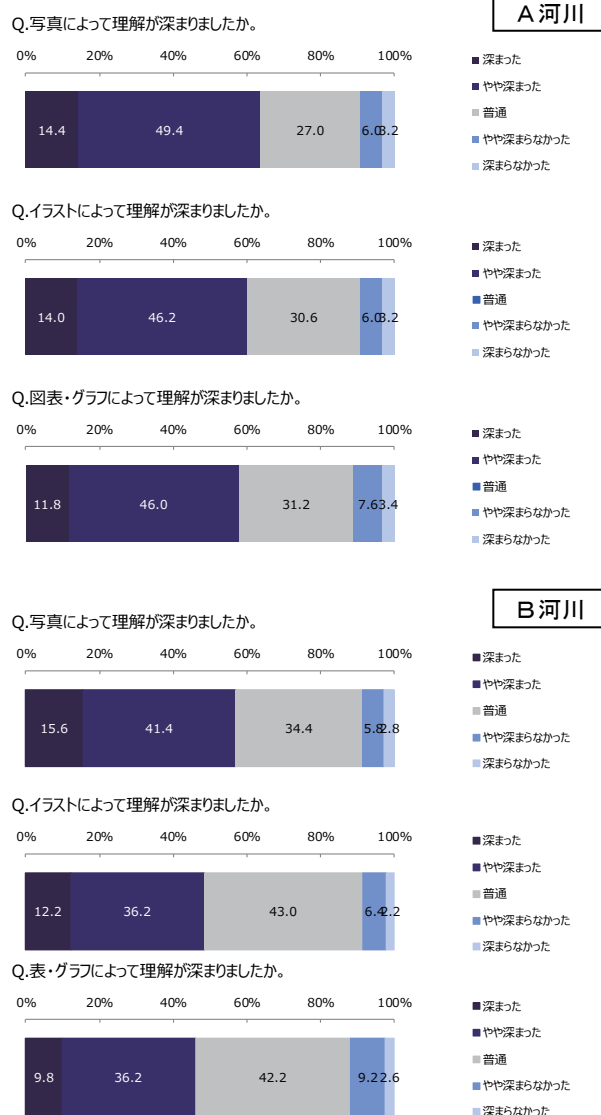


図10 表現方法に関する評価割合

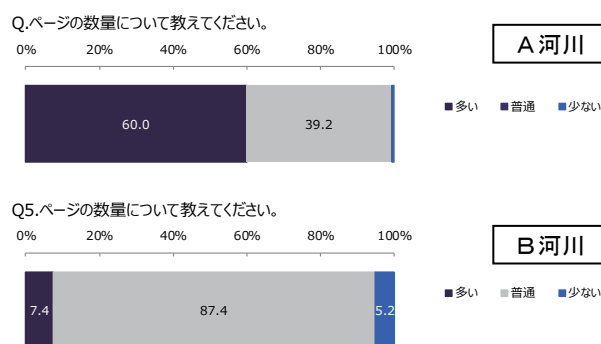


図11 ページ数に関する評価割合

(5) 今後掲載してほしい記事、意見等

今後の河川管理レポート作成のヒントとなるよう掲載してほしい記事について、自由記述による回答

を求めた。

図 12 に今後掲載してほしい記事の具体内容と件数を示す。

図 12 のとおり、今後掲載してほしい情報として A 河川・B 河川ともに「周辺沿川の危険箇所」が半数を占めたが、このことは当初予想していなかったことであり、沿川住民の危機管理に対する関心の高さが示され、WEB アンケート行ったことにより有益な情報が得られた。

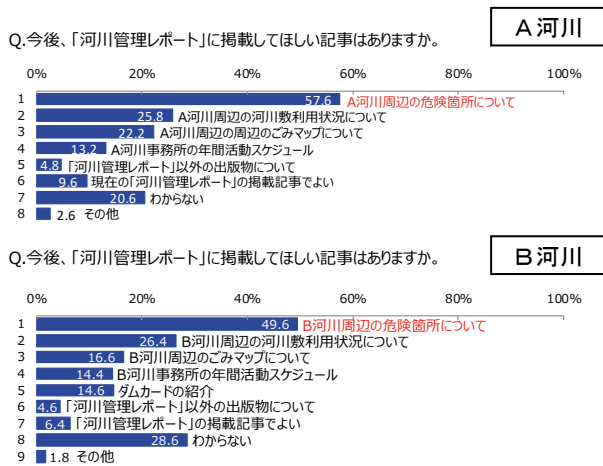


図 12 今後掲載してほしい記事の回答一覧

(6) 意見, 要望

意見, 要望等の自由意見としては、「河川管理の取り組みを広く発信してほしい」という意見が目立った。

4.4 アンケート結果から見てきた今後の課題と その対応策

アンケート結果から見てきた今後の課題とその対応策の検討に向け、「3. 地域住民に興味をもってもらい理解してもらうための工夫」の評価として、理解度に関する評価を表 1 に再整理した。

表 1 理解度に関する効果比較

| | わかりやすい ※やや分かりやすい含む | 難しい ※やや難しい含む |
|------|-----------------------|-----------------|
| A 河川 | 26.8% | 29.4% |
| B 河川 | 42.0% | 11.4% |

表 1 のとおり、工夫を施したことにより理解度は格段に進んだと評価される。

表 2 イラスト・写真・図等に関する効果比較

| | 理解が深まった ※やや深まった含む |
|------|----------------------|
| A 河川 | 57.8%~63.8% |
| B 河川 | 46.0%~57.4% |

ただし、イラスト・写真・図等の効果については、表 2 のとおり、A 河川での効果が高かった。B 河川における工夫は、興味を引いてもらう効果は少なからずあったものの、内容の理解は深まらなかったと評価される。

内容の理解を深めるための対応策として、イラスト・写真・図表などの視覚的な工夫に加えて、テキスト情報をいかに読んでもらうかの更なる工夫が必要であると考えられる。この点についても、マーケティング分野での事例を参考とした。マーケティング分野においては、情報過多の時代において、読み手に「スルー」されることなく、受け入れられる手法として「自分ゴト化」の手法の検討が進んでおり、これらを取り入れられるという着想を得た。「自分ゴト化」については第 5 章で詳述する。

また、約 9 割から既存の河川管理レポートを「読んだことがない」との回答がある中、河川管理レポートの入手方法や広報についての要望が多く、情報発信の方法について工夫が必要であると考えられる。これらへの対応として、地域住民の身近にある駅・学校・自治体等で配布することやリアルタイムに情報発信をする手段として、SNS 等の活用が挙げられる。なお、SNS 等の活用に関する検討については、ソフトウェアなどの体系的な検討の進展に期待するものとし、本稿では対象としない。

5. 更なる改善のための「自分ゴト化」の 推進の提案

河川管理レポート作成の大きな目的は、地域住民の河川管理への理解促進である。そのために必要となるのは、第一に、河川管理レポートが多く地域

住民に読まれ、その次の段階として、内容に対する理解が得られることであり、これらの要件を満たすためには、地域住民が河川に対する興味・関心が高くなければ達成できないと考える。現状において地域住民の河川に対する興味・関心を醸成していくためには、興味・関心が希薄化した要因を整理し、その要因への対応を検討していく必要がある。そのため、本稿では、「自分ゴト化」に着目し、河川管理において「自分ゴト化」とは逆に「他人ゴト化」が進んだ経緯・背景を整理し、河川管理レポートへ応用させるため「自分ゴト化」を最も取り入れているマーケティングの分野における「自分ゴト化」手法を参考に整理した。また、現状、河川分野において、「自分ゴト化」を取り入れている事例を整理し、マーケティングの分野との対比により、今後、河川分野で「自分ゴト化」を推進させるための工夫を以下に提示する。

5.1 河川管理レポートに「自分ゴト化」を取り込む意義

(1) 「他人ゴト化」が進んだ経緯、背景

近代以前より、河川の流水は地域の社会経済にとって貴重な資源であった。また、流水のみならず河川敷に繁茂する樹木から薪の採取、川砂利の採取等、河川は地域の資源採取の場でもあった。昭和 39 年に制定された河川法により、河川管理は河川管理者である国の責務とされ、河川の土地は国の責任で管理することとなった。その結果、河川敷の国有化に合わせてこれらの資源も国有化され、河川管理者の管理下に置かれることになった。昭和 40 年代の高度経済成長期以降の砂利採取規制や樹木の燃料としての需要減少などによって、河川における地域の暮らしや経済活動に関わる様々な活動は激減した。

また、昭和 40 年代は、高度経済成長期であり、河川整備、特に河川堤防の整備が進められていた。その河川堤防により物理的にも川と地域住民との関わりは分断されていった。その時期には、レジャーの多様化や水質汚染等により、地域の住民が川に親しむ機会も急減した。

以上、法制度の整備や地域経済の変化と相俟って

地域住民の川への意識の変化が進み、堤防の内側は行政、堤防より外側は民間の領域という現在の公物管理体系、国民意識が定着していったと考えられる。

これに伴い、川と地域の関わりが希薄化し、地域住民にとって、洪水やそれに伴う水害も含めて「他人ゴト」となっていったと考えられる。

(2) 河川管理において「自分ゴト化」がなぜ必要か

近年水害が多発しかつ激甚化しつつある状況において、避難指示や勧告がなされても避難しない住民が大多数であることが課題として挙げられ、その対策として災害心理学や災害情報学等の分野において様々な分析がなされている。これらの成果の一つとして、洪水やそれに伴う水害も含めて「他人ゴト」になっている社会状況において、地域住民が河川で生じている様々な事象を「自分ゴト化」として捉えられるかが有効な対策案になるための鍵として取り上げられている。

ここでの「自分ゴト化」とは、日常的なニュースを「緊急度」と「日常のか否か」から判断し、「緊急度」と「日常的」が高いと判断した場合、次に「もし自分ならどう対処するだろう」と考え、必要な行動を起こさせる認識のあり方を指している。

例えば、河川管理の現場での洪水時における避難行動の現状を考えた場合、地域住民にとって、洪水は堤防の向こうで生じている現象であり、実感することが難しい。河川管理の現場においては、現状、洪水の水理を計算し予測する技術が高まり、地域住民の住む場所が近い将来どの程度浸水するかなどの情報をリアルタイムで提供可能となりつつある。洪水時の水位情報の入手は可能であるものの、地域住民が情報入手やその後の避難行動をとるかは、情報を「自分ゴト化」して捉えられているかどうかにかかっていると考える。この場合の「自分ゴト化」に向けた方策は、堤内地の地域住民に洪水時の状況（情報）をどのように見せるかなど、危機感の醸成などを進めていくことであると考えられる。

以上から、地域住民が河川管理を行う上で生じる様々な事象を「自分ゴト」として捉えるためには、発信する情報の質や発信方法が重要であると考えられる。

そのため、「河川管理レポート」における地域住民への理解促進の課題に対しては、「自分ゴト化」の手法が有効であると考え、以降において「自分ゴト化」の手法について掘り下げて検討した。

5.2 マーケティングにおける「自分ゴト化」とは

「自分ゴト化」の手法を検討していくにあたって、ノウハウが最も蓄積されているマーケティング業界における手法論^{2) 3) 4)}を参考とした。以下に、マーケティングにおける「自分ゴト化」手法を整理した。

情報が溢れている現代において、興味のある情報だけを取り入れるようになった人々に対して、興味のない情報を届けるのは至難の業となっている。そのような現状において、消費者と広告主の間に共感性がないと一方通行になり、相互性を見出すことが困難であり、どんなに目立つ広告であっても消費者が購買行動等を起こす可能性は低くなるとされている。そのため、共感性を高めることが必要であり、共感性を高める手法の一つとして「3Bの法則」と呼ばれている手法が広く採用されている。「3Bの法則」は、動画広告やプロモーション等において、①美しい (Beauty)、②赤ちゃん (Baby)、③動物 (Beast) は、誰が見ても好感が持てる要素となるものであり、この「3Bの法則」は、マーケティング戦略によって消費者に植え付けられたものではなく、人々が生活する上で自然に身に付いた経験的な要素である。そのため、広告のコンセプトや表現に活用することで共感性が得られ、「自分ゴト化」の第一歩として共感性を高める手法に適している。

また、共感性を高めるとともに、いかにして興味を持ってもらうか、また、自分との接点を見出せるかが重要となり、これを達成させる手法が「自分ゴト化」である。ターゲットに商品情報を「自分ゴト化」してもらうには、基本的には広告メッセージの中で、「ターゲットインサイト」と呼ばれる、ターゲットが本来抱えている悩みや要望と商品情報を関連付けるということを行う。このとき「バーナム効果」を活用することにより「自分ゴト化」を一気に促進させることができるとされている。「バーナム効果」とは、人の性格に関する誰にでもあてはまるような

記述を、自分だけにあてはまるものとして捉えてしまう現象のことである。

「自分ゴト化」の河川管理レポートへの応用として、「3Bの法則」、「ターゲットインサイト」、「バーナム効果」の各手法を適宜活用していくことが有効であると考えられる。

5.3 現時点での河川管理における「自分ゴト化」に類する手法を試みた事例

これまで述べてきた意義に即して、河川管理レポートにおける「自分ゴト化」の取り込みの参考とするため、河川管理において「自分ゴト化」を取り込んだ事例を整理し、前述の広告業界の手法との対比を行い、今後の工夫を検討した。

(1) 洪水ハザードマップに関する課題

洪水ハザードマップ⁵⁾は、生活する地域が大雨によって河川が増水し、堤防が決壊したり溢れたりする氾濫が発生した場合に、浸水範囲や浸水したらどの程度なのか、避難場所はどこにあるかを示した地図である。

しかし、洪水ハザードマップ等の防災情報が十分に認知されていないため、個々の防災意識に差があることが課題として挙げられる。

洪水自体が、共感性が皆無な事象であることから、共感性に訴えることは難しい。そのため、ターゲットインサイトの応用として、洪水が起きる逼迫性に訴えかけることと、「バーナム効果」の応用として、誰にでも起こり得る事象であることに訴えかける必要があると考える。

(2) 地域まるごとハザードマップに見られる工夫

日常的に水害の危険性を実感できる「地域をまるごとハザードマップ」⁶⁾は、生活空間である“まちなか”に標識として表示するものである。

これは、被害を最小限にとどめる水防災の情報を日常的に表示する取組みと位置付けられる。

5.2で述べたターゲットインサイトの手法が活用されており、「自分ゴト化」が一定程度取り入れられると判断される。これにより、「自分ゴト化」として

命を守るための住民の主体的な避難行動が促されると期待できる。

また、現地に浸水深を示した標識が表示されることで、防災に興味がある人もない人にも日常的に浸水リスクへの意識を高めるといふある種の「バーナム効果」が活用されていると判断される。

(3) 河川管理レポートへの応用

河川管理レポートへの「自分ゴト化」を取り込みとして、洪水のみを取り扱うものではないことから、共感性を高める工夫が必要であると考えられる。その際、「3B効果」などを参考として、誰もが肯定的に捉えられる媒体を適切に活用することが有効であると考えられる。

また、「地域まるごとハザードマップ」で用いられている手法を参考として、いかに河川管理が身近であるものか、日々の生活に関連（密着）したものであるかを感じられる工夫が必要であると考えられる。

6. まとめと今後の課題

本稿においては、河川管理レポートの課題として、地域住民への河川維持管理への理解が必ずしも進んでいないという問題意識のもと、いかに地域住民の興味を惹起し、内容を理解してもらうかとの視点にたち研究を進めたものである。

上記の問題意識に対する対応案として、広告編集のノウハウとして情報発信のキーコンセプトを明確にし、メッセージ性の強いイラストや写真などを用いて視覚的な工夫を施した。

これら工夫を施す前後の河川管理レポートに対して、WEBアンケートで効果を評価した結果、理解度に対して一定の効果があったものの、イラスト・写真・図など視覚的な情報伝達では理解が深まらないという結果を得た。

そのため、地域住民がより興味を持ち、河川維持管理への理解が深まる手法として、「自分ゴト化」を取り上げ、河川管理レポートへの応用を提案した。

今後、河川管理レポートに「自分ゴト化」を取り入れることによって、河川の維持管理の内容そのもの

のが伝わりやすくなり、水害リスクを地域住民への周知するリスクコミュニケーションとして、効果的な役割を果たすことが可能となると考える。

今後の課題として、「自分ゴト化」を取り入れた河川管理レポートへの評価を行い、その効果を確認し、更なる改善を図っていく必要がある。また、アンケート結果の約9割から河川管理レポートを「読んだことがない」との回答が多く、情報発信にSNS等を活用したソフトウェアを採用するなど、体系的な検討も必要であると考えられる。

謝辞

本稿を作成するにあたり、貴重なデータを提供していただいた国土交通省関東地方整備局管内の複数の事務所に対し、深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 河川の現場における適切な管理に係る取り組みの施行拡大について 国土交通省水管理・国土保全局 [事務連絡] pp2~4
- 2) 雨宮史卓 (2020), 広告コミュニケーション, 千代田出版株式会社
- 3) ADEX SYNRI ラボ (2018), マーケティングの本質「心理」に関する「真理」, 日本経済新聞出版
- 4) 博報堂DYグループエンゲージメント研究会 (2009), 「自分ごと」だと人は動く, ダイアモンド社
- 5) 洪水浸水想定区域図・洪水ハザードマップ 国土交通省水管理・国土保全局
- 6) まるごとまちごとハザードマップ実施手引き 国土交通省水管理・国土保全局

出水時における河川管理や水防活動等のあり方について

「出水時における河川管理や水防等のあり方について」は、河川財団内に設置した「水害研究会」における議論をとりまとめたものです。その背景等について、研究会座長の山崎篤男氏が雑誌「河川」において紹介した記事とともに掲載いたします。

出水時における河川管理や水防活動等のあり方について

公益財団法人 河川財団 水害研究会報告より

The Way of River Management and Flood Fighting at The Severe Situation of Flood

水害研究会 座長 山崎篤男

(一般社団法人 全国建設業協会 専務理事)

ご案内のように河川財団は、公益財団法人として、河川を巡る各種の公益活動を支援するほか、自ら河川に関する様々な研究活動を行っている。

一昨年(平成29年)、私が国土交通大学校長をやっていたとき、その河川財団の関理事長が小平まで訪ねてこられて、後述するような問題意識を述べられ、掘り下げて勉強をしたいとの思いを語られた。関理事長には、河川局長、水管理・国土保全局長だったとき、私は水政課長、総務課長としてお仕えし、その頃も、局長から水防法と河川法との関係などについて、課題を語られることが時々あった。

そのときは、東日本大震災が起きた直後で、目前の課題に対応するのに精一杯で、局長の思いに応え、腰を据えて勉強するまではとても至らなかった(スルーしていた?)。

その関局長が、今度は河川財団の理事長になり、前々から整理しなければいけないと考えていた課題に腰を据えて取り組みたいということだった。私としても、当時からの強い思いを知っているだけに、お手伝いさせていただくのによぶさかではなかった。

ただ、通常、この手の研究会には座長に学者の方をいただくことが多い。私はこういった課題に興味を持ってくれそうな法学系の学者の名前を、その際に何人か挙げたのだが、実務的に進めようという理事長の意向か、結局、私が座長ということになった。

その問題意識というのが、この水害研究会の主要なテーマとなるものだが、それは災害の究極的な場面における河川管理を巡る利益相反、ということだ。

河川を巡る災害に対応する法律として、河川法、水防法、災対法があり、災害時には、それぞれの機能を発揮すると期待されているわけだが、極限のケースでは法律相互間でも利益相反が生じることもあり得るのに、今は何となく予定調和としてうまくいくだろうと思いついで運用している。

究極的に利益相反の状況に陥ったときにどうすべきか、それを平時から考え、議論しておくことが、本当にそうなったときに判断する大きな材料となる、そういう思いで研究会が立ち上げられた。

内容については、研究会の報告を読んでいただくとして、河川管理を巡る究極的な利益相反の事態とは、次のようなものである。

①河川管理と水防との利益相反

水防は地先の水防管理者が自らの地域を守るものであるのに対して、河川管理は河川の上下流、本支川、左右岸等の安全度のバランスを考えて行うもの。これらが矛盾なく行われるばかりではない。特に最近の水防団の弱体化に伴って国の河川事務所が実質的に水防のお手伝いをしていることがよくあるが、河川管理と水防の立場が矛盾したとき、どういう立場で、どういう判断で行動すべきなのか。

②内水排水ポンプの利益相反

内水被害を防ぐためにポンプを動かし続けるのか、下流堤防を守るためにポンプを止めるのか、という判断。今は内水防止も水防法の目的となっており、都市内水防か下流の河川管理（水防）か、という問題でもある。

③堰の操作による両河川（放水路）流域同士の安全上の利益相反

堰の操作いかんにより、どちらかの川や放水路の流量を動かすことができる時、どちらの流域の安全を優先して堰を操作すべきか。計画高水位までは決められている操作規則も、それ以上の場合を想定して決められていることはほとんどなく、万が一の事態のとき、河川管理者はどう判断すべきなのか。

④樋門等の操作と操作員の安全との利益相反

沙流川の事故に係る訴訟でも論点になった問題だ。操作員の安全のため、操作を止めて退避したことの是非が問われた。一方で東日本大震災では、操作のために水門にとどまっていた多くの操作員の方の命が失われた。このような究極の人命に関わる利益相反をどうするのか。

この水害研究会報告は、以上のようなテーマについて、河川管理に（私以外）深く関わってきた方々を中心に、現役の水管理・国土保全局職員にも意見を聞きながらまとめた研究結果だ。事務方として、資料の整理、議論のたたき台の提供、文章の起草等

まで、河川財団の藤山参事、戦略的維持管理研究所長の安達さん（途中から田中さん）らが中心になって進めていただいた。

一昨年（平成29年）8月（そのときには私はもう国土交通省を退職）から始まり、昨年（平成30年）9月まで月に1、2回のペースで計13回研究会を開催し、同年11月にまとめたものだ。

今年（平成31年）4月、この水害研究会の主要なメンバーであった青山俊行さんがガンで亡くなりました。研究会発足時から、病をおしてご出席いただき、理論的支柱として多くの示唆に富むアドバイスと実務体験に裏打ちされた解決策を提示していただきました。この報告は、ある意味青山さんの遺稿でもあります。謹んでご冥福をお祈りいたします。

この報告は利益相反のテーマを中心にまとめたものであり、直ちに国の指導方針につながるという性格のものではありませんが、国、都道府県等の多くの河川管理事務所にとって必ず考えておくべき事項でしょう。

それぞれの河川管理事務所等において、この研究会報告をお読みいただき、自らの管理する河川が利益相反に陥った事態の対応策について、改めてシュミレーションされ、さらに具体的な準備行動にまで進んでいただければ、研究会メンバーにとって大きな喜びです。

※本資料は（公社）河川協会の許諾を得て月刊誌河川（2019年6月号）より転載しているものです。

出水時における河川管理や水防活動等のあり方について

水害研究会

公益財団法人 河川財団

平成30年11月

まえがき

近年、激甚な水害が頻発しており、被害の防止・軽減が強く求められるなか、出水時の現場における河川管理や水防活動等の役割は、一層大きくなっている。特に、治水施設の整備レベルや計画規模を超えるような外力による災害に対応していくためには、河川管理、水防活動、災害対策基本法（以下「災対法」という。）に基づく対策等の多様な主体による合理的な役割分担の下での迅速な活動や対策が不可欠である。

これまで、河川法に基づく河川管理、水防法に基づく水防活動、災対法に基づく災害対策等は、予定調和ともいえる相互の役割・責任分担の下で、それぞれの主体が防災・減災の役割を果たすことを前提にしてきた。

しかし、近年、少子高齢化の進展に伴い、水防団の高齢化や団員の減少等が進み、地域の防災を担う力に懸念が生じつつある一方、地球温暖化による気候変動の影響もあり、計画規模を超えるような異常な洪水等が各地で頻発するようになってきている。

こういった中で、どのように地域や流域の水害対策を強化するかが大きな課題になっている。

さらに、計画規模を超える激甚な水害が頻発する中、洪水時の水害防止活動その他の現場対応に伴う、地域相互（河川の左右岸相互、本川・派川相互、本川の氾濫域と内水の浸水域相互等）の安全、地域と水害防止活動を担う担当者の安全に関わる利益が相反する（以下「利益相反」という）等の問題が顕在化し、さらに先鋭化することが想定される。

こういった利益相反問題を解決し、出水時の現場の状況や条件に応じた、各主体による活動・対策の位置づけや役割分担を明らかにし、連携した応急対応の強化を進めることが不可欠となっている。

これらを踏まえ、河川法、水防法及び災対法等の目的や制定の背景とともに、関連するこれまでの判例等を基に、課題解決に向けた基本的な考え方について以下のとおり整理を行うものである。

目次

| | 頁 |
|----------------------------------|----|
| 課題1 出水時の水防管理団体及び河川管理者の役割分担 _____ | 1 |
| 課題2 内水排水ポンプの運転調整に関する課題 _____ | 8 |
| 課題3 河川を分派する堰及び水門の操作の課題 _____ | 12 |
| 課題4 樋門等操作員の退避 _____ | 17 |
| 参考資料 _____ | 20 |
| あとがき _____ | 37 |
| 水害研究会メンバー _____ | 38 |

課題 1 出水時の水防管理団体及び河川管理者の役割分担

出水時に堤防等で水害を防止し、又は軽減するために実施する活動（以下「出水時水害防止活動」という。）は主に地域の水防団によって担われてきたが、河川管理者が出水時水害防止活動を行う場合も慣習的に「水防」と呼ぶなど、出水時水害防止活動における水防管理団体及び河川管理者の役割分担は必ずしも明確に認識されていない状況にある。

加えて、近年、全国各地で水災害が頻発・激甚化する中で、水防団の高齢化や人員減少が進んでおり、河川管理者の役割に対する地域からの期待も高まっている。

このような状況を踏まえ、出水時水害防止活動が機動的かつ効果的に行われるようにするため、出水時の水防管理団体及び河川管理者の役割分担を明確化しておく必要がある。

- ◎ 水防管理団体が行う出水時水害防止活動は、地先を守るために水防法に基づき水防活動の一環として実施するものである。
- ◎ 河川管理者が行う出水時水害防止活動は、河川全体を対象とした河川管理行為の一環として河川管理施設の機能の維持を図るために河川法に基づき実施するものであり、結果として「水防に資する河川管理行為」である。
- ◎ 水防管理団体及び河川管理者はそれぞれ、上記の位置付けに基づく出水時水害防止活動を行うこととなるが、「①漏水・洗掘対策」、「②越水対策」及び「③橋梁等の切り欠き部対策」毎に役割が異なるので、それぞれ大規模氾濫減災協議会等の場を通じて、予め水防管理団体、河川管理者を始め地域の関係者間で役割分担や手続等を確認しておくことが必要である。

1. 水防管理団体及び河川管理者の役割分担の考え方

出水時水害防止活動には、水防法に基づくものと河川法に基づくものがある。両者はいずれも水害被害の防止・軽減に資するが、根拠法の性格やそれぞれの歴史的な沿革等から自ずとその目的・役割は異なる（参考1及び2）。

具体的には、水防法は地域の住民自らが地先を守る自衛活動としての水防活動を行ってきたという歴史的沿革及びその実態を基に定められたものであり、水防の責任は水防管理団体である市町村又は水防事務組合若しくは水害予防組合にあるとしている（参考3及び4）。

一方、河川法は公物管理法であり、河川管理者が行う出水時水害防止活動は、河川管理施設の機能を維持するために行うものであって、結果として水防に資する行為となったとしても、水防法に基づいた水防活動とは位置付けが異なるものである（参考5及び

6) (河川法に基づき河川管理者が行う出水時水害防止活動を、以下「水防に資する河川管理行為」という。)

つまり、水防管理団体が地先を対象として自衛活動として行うのに対して、河川管理者は河川の上下流、本支川及び左右岸といった当該河川全体を対象として管理行為を行う。このような違いから、水防管理団体又は河川管理者は、それぞれの実施や優先順位に係る判断基準に基づき、出水時水害防止活動を行うこととなる。

2. 個別事例における具体的な役割分担

1. に記載した考え方を基にすれば、「①漏水・洗掘対策」、「②越水対策」及び「③橋梁等の切り欠き部対策」の3種類の事例における水防管理団体及び河川管理者が担うべき役割は、以下のように整理される。

① 漏水・洗掘対策（例：月輪工法、木流し工法）

漏水・洗掘対策は、出水時の決壊対策として、地先の水防の責任を負う水防管理団体が行う水防活動が基本となる。

一方で、漏水・洗掘等が発生した場合、その対策は現況堤防の機能維持でもあるため、河川管理者も「水防に資する河川管理行為」として担いうる。

しかし、水防管理団体が行う水防活動と水防に資する河川管理行為とはそれぞれ1. のとおり観点が異なることから、大規模氾濫減災協議会等の場を通じて、役割分担や手順等を予め水防管理団体及び河川管理者を含む関係者間で協議し、定めておく必要がある。

② 越水対策（例：積み土のう工）

越水対策である積み土のう工等についても、水防管理団体が水防活動として実施することが基本である。

一方、越水対策は、現況堤防の機能維持を上回る対応となることから、河川管理者が実施することは原則として想定されないが、例外的に堤防の高上げ等の工事実施中の区間については、河川管理者が積み土のう工等を担う場合もある。

判例上、未改修河川及び改修途上の河川の安全性は、財政的・技術的及び社会的諸制約の下で、いわば過渡的な安全性をもって足りるとした上で、「現に改修中である河川については、…当該河川の未改修部分につき水害発生の危険性が特に顕著となり、当初の計画の時期を繰り上げ、又は工事の順序を変更するなどして早期の改修工事を

施行しなければならないと認めるべき特段の事由が生じない限り、右部分につき改修がいまだ行われていないとの一事をもつて河川管理に瑕疵があるとするにはできないと解すべきである」とされている（参考8）。

この判例を踏まえれば、河川管理者は、未改修河川、改修途上の河川であっても、基本的には現況堤防の機能維持を上回る対策までの責務は負っていないと考えられる。

一方、これらの河川のうち、現に堤防の嵩上げ等を行っている工事実施区間は、上下流や左右岸のバランス等を考慮した上で設定されていることから、仮に積み土のう工等を実施したとしても他区間への影響は相対的に低い区間である。加えて、工事中であることから、一般的に資材や人員の確保がされており、積み土のう工等の実施は相対的に容易であると考えられる。

したがって、堤防の嵩上げ等の工事実施区間における越水対策として、河川管理者が（河川管理者としての責務とは別に）出水時水害防止活動を行うことはあり得ると考えられ、この場合、地先の水防管理団体との間で役割分担や手順等を、大規模氾濫減災協議会等の場を通じて、予め定めておくことが望ましい。この場合の積み土のう工等の高さ及び延長は、隣接区間の現況堤防高等を考慮して判断すべきである。

③ 橋梁等の切り欠き部対策

橋梁等の改築が進んでおらず、橋梁箇所の現況堤防高が上下流と比較して不足している橋梁等の切り欠き部の対応については、河川管理者が交通施設管理者に対して対策の必要性を予め説明し、理解を得ておくことが重要である。

その上で、橋梁等の切り欠き部において積み土のう工等を行う場合には、まず、鉄道や道路の通行の停止を、各々の法律等に基づき各々の交通施設管理者等によって実施してもらう必要がある（参考9及び10）。

鉄道や道路の通行停止後、橋梁等の切り欠き部で行われる積み土のう工等は、交通施設管理者が自らの施設を守るために行う場合、水防管理団体が水防活動として行う場合、河川管理者が河川改修の緊急性がある工事箇所として行う場合等が想定されるが、非常時における対応の実効性や積み土のう工による現況施設への影響及び災害後の復旧に関する知見の有無を考慮すれば、一般的には交通施設管理者が自ら積み土のう工を実施するのが合理的であると考えられる。

そのため、交通施設管理者が橋梁等の改築や積み土のう工等において果たす役割について、占用許可の更新時に河川管理者が条件を附す等によりその実効性を担保することが重要である。

加えて、交通施設管理者がやむを得ない事情で積み土のう工等を実施できないよう

な状況にある場合に関しては、水防管理者又は河川管理者が支援することを含め、橋梁等の切り欠き部対策は複数の主体が関わることから、鉄道や道路の通行停止や、積み土のう工等に関する役割分担や手順等を、大規模氾濫減災協議会等の場を通じて、予め関係者間で協議し、定めておく必要がある。

3. 漏水等出水時水害防止活動を行う箇所の把握

出水時水害防止活動を行う上で、漏水や越水が発生する危険性がある箇所を把握することがまず重要となる。これらについて、国が管理する河川においては、過去の洪水時の被災履歴や堤防等の調査に基づき、重要水防箇所として整理され、毎年、出水期前に水防管理団体等の関係者間で情報が共有されている。

しかしながら、堤防の内部及び堤防基盤は土質構造の不均一性が存在しており、また、堤防築造が歴史的に繰り返し行われている。加えて、洪水時の流水の流れは一定していないばかりでなく、河道中の樹木や河床の形状も逐次変化する。このような理由から、堤防又は堤防基盤を通じた漏水、洪水による堤防又は河岸の洗掘、特に水衝部の洗掘が、どの地点においてどのタイミングで発生するかを予測するのは、現在の研究・技術レベルにおいては極めて困難である。

また、堤防の縦断的な高さは測量等によって計測把握されており、これに洪水時の流量を用いたシミュレーションを行うことにより、相対的に早く越水する可能性がある地点について一定の予測は可能であるが、流域内の降雨分布の変化に伴う支川合流量や水位上昇の早さ等は降雨量と降雨分布に依存するため、予測の精度が限られる。

そのため、水防管理団体及び河川管理者は、出水時の河川の点検巡視を通じ、現場における水位上昇を確認しつつ、漏水・洗掘、越流の可能性等を発見し、速やかに出水時水害防止活動を行い、又は交通施設管理者に出水時水害防止活動を求める必要がある。

4. 災対法に基づく出水時水害防止活動の応援等又は代行

ここでは、災対法に基づく出水時水害防止活動における国土交通大臣としての係わりについて整理する。

- ① 災対法第70条第3項に基づく応急措置又は同法第74条の4に基づく災害応急対策の応援・実施の要請

災対法第70条第3項又は第74条の4に基づき、都道府県知事は指定行政機関の長（これには、国土交通大臣も含まれる。）に対し、出水時水害防止活動を含む応急措置、災害応急対策の応援・実施を求めることができることとされており、これらの要請に対しては、それぞれ「正当な理由がない限り」、当該指定行政機関の長は拒むことができないとされている。

第74条の4についての災対法解説において、「正当な理由」として「自己の所掌事務に関連しない応援の求め」が該当しうる旨記載している（第70条第3項の解説には同趣旨の解説がないが、第74条の4と同様に解されると思われる。）。

このため、都道府県から国土交通大臣に対し出水時水害防止活動の応急措置、災害応急対策の応援・実施を求められた場合に、それが国土交通大臣の所掌事務の範囲かどうか、応じるかどうかの基準の一つとなる。この国土交通大臣の所掌事務の範囲の出水時水害防止活動には、水防法による特定緊急水防活動であったり、2.の河川管理者による水防に資する河川管理行為として行うものが該当する（参考11）。

なお、災対法第70条第3項は災害が発生し、又は発生しようとしているときの規定（同条第1項）であるのに対し、同法第74条の4の規定は災害が発生した場合の規定であることから、国土交通大臣は、応急措置については災害が発生したときのみならず、災害が発生しようとするときでも対応が求められることがあるのに対し、災害応急対策の応援・実施については、地震等水害とは異なる災害が事前に発生し、又は別の河川で水害が発生し、その後当該河川での水害発生の危険性が生じた場合等の限られた場合に対応が求められることとなる。

災対法解説は、同法第74条の4の運用について、「具体的にどのような手続でどのような内容の応援を行うかについては、関係する指定行政機関、指定地方行政機関、都道府県及び市町村が、応援の必要性や組織の体制等を確認した上で、指定行政機関の防災業務計画、都道府県及び市町村の地域防災計画等において、あらかじめ具体的に定めておくことが適当である」旨記載している。第70条の3の解説には同様の記述がされていないが、これも同様であろうと解される。

この場合、所掌事務の範囲の出水時水害防止活動の要請であれば、他に正当な理由がない限り拒むことができないことから考えても、国土交通大臣は、その所掌事務や実際に対応が可能な出水時水害防止活動を明確にして、防災計画の策定に積極的に参画することが適当である。

なお、災対法第70条の3又は第74条の4の要請が都道府県知事からあった場合であっても、それが逆に他の流域被害の拡大につながる事が明らかな場合には、「正当な理由」がある場合として拒まざるを得ないことも想定される。このようなことの

ないよう、あらかじめ防災計画の策定過程において、国土交通大臣がとりうる措置とその影響についても、地域と十分な議論を進めておくべきである。

② 災対法第78条の2に基づく代行

災対法第78条の2に基づき、市町村等がその事務を行うことができなくなった場合、国土交通大臣を含む指定行政機関の長は出水時水害防止活動を含む応急措置の代行をしなくてはならないとされており、そのため、市町村等が災害の発生により事務を行うことができなくなり国土交通大臣による代行が必要となった場合に、国土交通大臣が市町村である水防管理団体が行うはずの積み土のう工等の出水時水害防止活動を直接行わなくてはならない事態が想定される（参考11）。

この場合、同条は「災害が発生した」場合に関する規定であることから、国土交通大臣が同条に基づき代行しなくてはならないのは、地震等水害とは異なる災害が事前に発生し、又は別の河川で水害が生じ、その後当該河川で水害発生の危険性が生じた場合等の限られた場合である。

また、同条に基づく代行は、他人の土地・建物等の公用使用、工作物等の除去又は人的公用負担により実施すべき応急措置に限られており、国土交通大臣が実施する可能性のある出水時水害防止活動も、本要件に該当することが必要である。

さらに、同条に基づく応急措置は、「法令又は防災計画の定めるところにより」としており、法令に明確に定められていない応急措置については、あらかじめ防災計画に定めておかなければならない。

災対法解説は、同法第78条の2の運用について、「具体的にどのような手続でどのような内容の行為を代行するかについては、関係する指定行政機関、指定地方行政機関、都道府県及び市町村が、応援の必要性や組織の体制等を確認した上で、指定行政機関の防災業務計画、都道府県及び市町村の地域防災計画等において、あらかじめ具体的に定めておくことが求められる」旨記載している。

第74条の4が「適当である」と解説しているのに対し、この条では「求められる」と解説しているように、ここでは（法令に規定がないものについては）防災計画はマストである。国土交通大臣は、その所掌事務や実際に対応が可能な出水時水害防止活動を明確にして、防災計画の策定に参画する必要がある。

この規定に基づく国土交通大臣の出水時水害防止活動は、1. で述べた役割分担を超えて、市町村である水防管理団体と同様の活動を行うものである。

5. その他の水防管理団体以外の出水時水害防止活動

① 河川法第22条に基づく「洪水時等における緊急措置」

河川法第22条に基づく「洪水時等における緊急措置」は、河川管理行為（水防に資する河川管理行為を含む。）を行うため緊急の必要がある場合に、公用負担を可能とする規定である（参考12）。想定される具体的事例は、決壊対応としての民間車両の投入、通信回線の破断の対応（河川管理施設の通信に必要な回線が破断したため、民地に災害通信車両を置く。）等である。

② 水防法第32条に基づく「特定緊急水防活動」並びに同法第47条及び第48条に基づく報告・勧告・助言

水防法第32条に基づき、国土交通大臣は、洪水等による著しく甚大な災害が発生した場合に、水防上緊急を要すると認めるときに、特定緊急水防活動を実施できるとされている（参考13）。この特定緊急水防活動は、「水防に資する河川管理行為」ではなく、水防大臣として実施する水防活動である。

また、水防法第47条及び第48条に基づき、国土交通大臣は水防管理団体に対し、水防に関し必要な報告をさせ、勧告・助言を行うことができるとされているが、ここでいう国土交通大臣は、水防法を所管する水防大臣である。

加えて、水防法第51条に基づき、地方整備局長は大臣の委任を受け、現場で上記役割を担う。（参考14）

課題2 内水排水ポンプの運転調整に関する課題

外水位の上昇に伴い本川の洪水が支川、下水道、農業用排水路等（以下「支川等」という。）に逆流し、洪水被害が発生するのを防ぐため、本川と支川等の合流部に設置された水門・樋門（以下「水門等」という。）は閉鎖される。これに伴い支川等から本川への自然流下による排水が出来なくなるため、内水排水ポンプによって人為的に本川に排水されてきた。

この内水排水ポンプによる本川への排水は、出水時に本川の水位が一定以上高くなるおそれがある場合には、本川の氾濫や決壊による激甚な外水被害の発生を防止するため、ポンプの運転を調整又は停止することとされている。

一方、近年、水害被害が激甚化する中で、内水被害軽減の取組についてもその強化が求められ、平成27年の水防法改正では内水に係る浸水想定区域制度が創設されたところである。このため、外水被害の発生防止と内水被害軽減の取組の双方をどうバランスをとって進めるか、そのための内水排水ポンプの運転調整の方法、運転調整に伴い発生する内水被害の軽減に向けた具体的な方策について、検討を進める必要がある。

- ◎ 内水排水ポンプの運転調整を行うに際しては、外水被害対策を優先することとし、原則として計画高水位においてポンプを停止すべきである。
- ◎ 内水排水の運転調整の効果及び実効性を高めるとともに、運転調整に伴う内水被害の軽減を図るため、運転調整すべき内水排水ポンプの対象の見直しや、運転調整に伴う内水被害に対応する関係者間の連携体制の強化等が必要である。

1. 外水被害対策を内水被害対策に優先することの妥当性

① 外水被害対策優先の原則

内水被害対策の一つである内水排水ポンプによる排水は、外水位の上昇による本川からの逆流による水害を防止するため、水門等を閉鎖することで支川等から本川に流下しなくなった内水を人為的に本川に排水することから、本川の流下能力に対し新たな負荷をかけることになる。外水被害軽減の観点からは、流域全体の被害を少なくするため内水排水ポンプの運転調整が必要となるが、一方、内水被害の規模が拡大する可能性は高まってしまう。つまり、本川の安全と内水排水により被害が防止・軽減される区域の安全との間には、利益相反（競合関係）が存在する。

しかし、一般的に、外水被害は、決壊した場合の破壊エネルギーや被災範囲の広さ等から、内水被害と比べ、著しく大きい被害となる。支川等が対応する降雨は、一般

的に発生確率 1/5～1/10 程度の規模であるが、本川の計画規模は 1/100～1/200 の規模の降雨に対応しており、本川が決壊した場合は内水があふれる以上に大量の外水が流出することになる。そのため、生命、財産等の被害を外水による場合と内水による場合とで比較衡量すれば、外水被害対策の方を優先すべきであると考えられる。

以上により、内水被害よりも本川の氾濫や決壊による外水被害の軽減を優先するために、一定の時点で内水排水ポンプの運転調整を実施することは社会的、科学的な観点から見て、妥当なものと言える。

2. 計画高水位でポンプを停止することの妥当性

① 計画高水位をポンプ停止の基準とすべきこと

河川管理における計画高水位については、河川管理施設等構造令において、計画高水位以下の流水の作用に対して安全な堤防構造を原則とする旨が示され（参考15）、判例においても、堤防が完成した区間における計画高水位以下の洪水に対する河川管理の責任が明らかにされている（参考16）。

このように、計画高水位は、河川の計画上及び河川管理に関する責任の限界として科学的・社会的に確立されたものであり、原則として、計画高水位を基準として内水排水ポンプを停止すべきである。

② 計画高水位を運転調整の基準とする理由

計画高水位を内水排水ポンプの運転調整の基準水位とすべき理由は、河川管理上、計画高水位を超える水位の洪水に対して堤防の安全性は担保されておらず、計画高水位を超えるおそれがある場合には、内水排水ポンプの運転調整により本川の水位を可能な限り上昇させないことにより、堤防への負荷を軽減し、本川の洪水被害を防止・軽減する必要があるためである。

なお、計画高水位と堤防天端の間に余裕高が計画上確保されており、計画高水位を超えることが直ちに越水に繋がるわけではないが、余裕高は、洪水時の風浪、うねり、跳水等の一時的な水位上昇等の現象に対応するものであり、運転調整は内水排水ポンプにより排水される地点の計画高水位を基準とすべきである。

③ 改修途上の河川に関する内水排水ポンプの運転調整の基準

②を踏まえ、改修途上の河川においては、現況の堤防高から河川管理施設等構造令で定める余裕高を差し引いた高さを内水排水ポンプの運転調整の基準とすべきである。

なお、現況堤防断面が計画堤防断面に対して不足している場合は、不足の程度に応じて運転調整の基準とする高さをさらに低くすることも検討の上、設定すべきである。

④ 観測水位の基準

洪水時における本川・支川それぞれの地点における観測水位をどのような方法を用いて、内水排水ポンプの運転調整の水位に換算するかを検討し、算定方法に関する統一的な基準を設ける必要がある。

3. 運転調整すべき内水排水ポンプの対象範囲

昭和 40～50 年代に都市水害が激甚化していく過程において、総合治水対策が展開され、その中で内水排水ポンプの運転調整については治水安全度が低く内水排水による本川への影響が大きい河川から順次進めることとされた。

「排水ポンプ場の運転調整ルール策定ガイドライン（試行案）」では、運転調整を要する内水排水ポンプを、排水による河川水位の上昇の影響が 1cm 以上の施設とされており、内水排水ポンプの運転調整がすべての施設において運用されている訳ではない（参考 17）。

しかし、1cm は相対的な数字であり、排水による河川水位の上昇の影響が 1cm 以上の施設と 1cm 未満の施設との間に、「内水排水による本川の治水安全度への影響」という点において絶対的な差異はなく、いずれも本川の治水安全度を程度によらず低下させるのであるから、基本的には全ての内水排水ポンプを運転調整の対象にすべきである。

4. 内水排水ポンプの運転調整の手続

2. の原則に則った内水排水ポンプの運転調整ルールを、拘束力あるものとして徹底するため、河川管理施設については操作規則（河川法第 14 条）、許可工作物については河川敷地の占用許可（同法第 24 条）や工作物の新築等許可（同法第 26 条）に付する許可条件（同法第 90 条）の中に定めることを基本とするべきである（参考 18）。

5. 内水排水ポンプの運転調整に伴う内水被害への対応

これまでも、内水被害に関し、ハザードマップ等の改善やホットラインの構築等により、市町村や水防管理団体に対策が講じられてきたが、上記のように、外水被害を避け

るために内水排水ポンプの運転調整を徹底する場合には、結果的に内水被害が拡大することが想定される。

このため、外水被害を避けるために内水被害が出ざるを得ないこと等について広く地域の理解を得る必要があるとともに、内水排水ポンプの運転調整に伴う浸水被害に対応し、地域の地形や浸水特性を踏まえた対策の強化が必要である。

具体的には、大規模氾濫減災協議会等において、日頃から本川が破堤した場合の水害リスクと内水被害のリスクについて、関係者間で十分共有するとともに、市町村における内水からの避難対策等の確実な実施を進めるため、河川管理者が運転調整に伴う内水被害が想定される地域に対するリスク情報を提供し、内水被害への対応体制を構築する必要がある。さらに、その結果を各水防管理団体の水防計画に位置づける等の対応が重要である。

課題3 河川を分派する堰及び水門の操作の課題

本川から放水路や派川に対する分派量を制御するために設置されている堰及び水門（以下「堰等」という。）の洪水時の操作は次の3つに分類される。①治水計画上、洪水時にゼロ分派となっている河川に対して行う「全閉操作」、②洪水時の分派を堰等により制御する「制御操作」、③堰等による制御ではなく自然分流に任せる「全開操作」である。

一般に、操作規則は、計画規模よりも流量が少ない段階から上記のいずれかの洪水時操作に移行するよう定められている。しかしながら、ほとんどの堰等では、計画高水位を超える水位を対象にした操作を具体的に定めていない。

計画高水位を超える洪水時の操作は、計画高水位以下の洪水において安全を確保する堰等の近傍及び下流の地域（下流の堤防を挟んで通常4地域、下流で再合流の場合は3地域）の相対的な水害に関する安全度のバランスに変化を与えることとなり、地域相互の利益相反をもたらす可能性がある。

一方、計画高水位を超える洪水時には、地域や関係市町村等から、堰等の操作に関する様々な提案や要請がなされるとともに、水害時の混乱や災害後の操作に対する批判等が懸念される。

このため、予め計画高水位を超える洪水時における操作の考え方を検討し、その操作とそれによって想定される事態にどのように対応すべきか検討しておく必要がある。

◎ 河川を分派する堰等については、河川管理者は、計画高水位を超える洪水となった場合の堰等の操作により、堰地点より下流の地域相互の安全度に関する利益相反が生じる可能性を踏まえ、大規模氾濫減災協議会等の場において、地域の意見を求め、下流各地域の安全度のバランスをどのように図るかを整理した上で、最終的には河川管理者として操作規則等を定めておく必要がある。

◎ 河川管理者は、大規模氾濫減災協議会等の場を通じて、計画高水位を超える洪水に対して策定された操作規則等に基づく操作に伴い想定される下流河川の水位や洪水の状況等の地域への事前の周知等を行い、出水時の避難対策等を支援する必要がある。

1. 計画高水位を超える洪水での堰等の操作規則等

河川管理は計画高水位以下の洪水を対象に安全を確保するとともに、上下流・左右岸の安全度のバランスを保持することを基本としている。一方、計画高水位を超えた場合の堰等の操作規則は、一般には定められていないが、計画高水位を超える洪水に対しても、堰

等を河川管理行為として操作することになる。このような計画高水位を超える水位に対して堰等を操作することにより、結果的に本川及び派川の安全度のバランスに影響を与える可能性がある。

このため、計画高水位を超える洪水となった場合、堰地点より下流の地域相互の安全度に関する利益相反が生じる可能性を踏まえて、下流各地域の安全度のバランスをどのように図るかを整理したうえで、操作規則等を定めておく必要がある。

河川法第14条（参考18）では、操作規則を定め、又は変更しようとするときは、個別に、あらかじめ、関係機関の長に協議し、又は関係都道府県知事、関係市町村長の意見をきくこととしているが、堰等の操作は、出水時水害防止活動や住民避難等への対処にも密接に関わることから、河川管理者は、あらかじめ大規模氾濫減災協議会等の場において、計画高水位を超える洪水が生じた場合の堰等の操作及びその操作によって想定される下流河川の状況等を提示し、これに対する意見を求めたうえで、操作規則等を定めるべきである。

この際、大規模氾濫減災協議会等で堰等の操作規則等に対する合意が得られない場合であっても、堰等の操作は河川管理行為として不可避であることから、河川管理者の責任で操作規則等を定めなければならない、水防活動や住民避難等の対応を講じる必要がある地方公共団体等大規模氾濫減災協議会等の構成メンバーには、堰等の操作に伴い想定される洪水の状況を周知しておく必要がある。

* 計画高水位を超える洪水時の操作の規定方法

現在、分派を制御する堰等の操作規則には、計画高水位を超える洪水時の操作については、通常、ただし書で、「第〇条に規定する方法以外の方法で操作する」などといった条文が記されているのみで、具体的にどのような操作を行うかは書かれていない。新たに計画高水位を超える洪水時の操作方法を設定するためには、操作規則自体を改正するほか、ただし書き操作の運用基準として操作方法を明記する、あるいは運用細則等で別途定める等の方法がある。このため、ここではこれらを含め、操作規則等としている。

2. 河川を分派する堰等での流量制御の分類

派川分派の流量制御を行う堰等は大きく以下の2つに分類される。

分派ケース1：もともと、自然分派していた河川の分派地点において、治水計画の計画規模の増大あるいは治水計画の変更による分派率の見直し等のため、分派地点において本川・

分派河川の両方に堰等がある。(例：信濃川・中ノ口川、太田川放水路・広島市内派川)

分派ケース 2：新たに放水路を開削し、洪水時に一定の比率で放水路に分派するため、放水路の流入口に堰等がある。(例：斐伊川放水路、狩野川放水路)

分派ケース 2 では、もともと洪水被害の危険性が相対的に低い地域に新たな流水を運ぶという放水路の性格から、計画高水流量を超える洪水は分派させないという考え方があり、放水路開削事業を事業化する際には、事業実施地域においてその旨を説明の上、事業の了解を得ている場合がほとんどである。このため、堰等の操作規則において、新たに洪水を受け入れることとなる放水路への最大分派量を設定している場合がある。

3. 計画高水位を超える洪水が発生した場合の堰等操作の検討

計画高水位を超える水位に対して、堰等の操作による分派が、下流の地域の水害に対する安全度のバランスに影響を与えるため、どのような安全度のバランスを基本とするのかを明らかにし、それを基に操作規則等に定める必要がある。

洪水時のゲート操作は、水位を基に操作することとなるが、時間的に絶えず変化する水位に応じて操作を行うことは難しい。このため、操作にあたっては段階的に行う等、ゲート操作をできるだけ固定することが望ましい。

もともと自然分派していた河川で洪水時に流量制御を伴う分派（分派ケース 1）の堰等の操作の検討にあたっては、本川及び派川の氾濫域の人口や資産を考慮した、どちらかの地域を優先する操作方法がありうる。しかし、このような操作方法は、地域の安全度のバランスを変えることとなるため、大規模氾濫減災協議会等の場を通じた地域のコンセンサスが不可欠である。これのないまま河川管理者が一方向的に定めるようなことは避けなければならない。地域のコンセンサスが得られず、又は得られる見込みがない場合においては、河川管理者としては、意図的に地域の安全度のバランスを変えることのないように操作を行うこと基本とするべきである。

このような操作方法として、分派後の本川及び派川が同時に計画高水位に達するように堰等のゲート開度を設定し、計画高水位に達した後、計画高水位を超える洪水に対してもそのままのゲート開度で固定する操作方法がありうる。この操作方法は、計画高水位を超える洪水に対しては堤防構造等に関する科学的な安全性評価の限界や不確実性があることから、計画高水位に到達した時点のゲート開度を継続し、計画高水位における地域の安全度のバランスをそのまま維持するという考えに基づくものである。

なお、分派後の本川及び派川が同時に計画高水位に達するように堰等のゲート開度を設

定し（ここまでは上記操作方法と同じ）、計画高水位を超えた段階で、本川及び派川の余裕高等を勘案し、堰等のゲート開度を変更して、本川、派川のどちらの河川からの越流をも少しでも遅らせ、最終的には同時越流を目指す操作方法も考えられる。この方法は理屈の上ではいずれの地域の被害発生をも最も遅らせる（場合によっては被害なしで済ませる）ことができるかもしれないが、分派点上流も含めて水位が絶えず変化し、支川流入量も変化すること、また、堤防等の全区間の各部分における漏水、侵食等の変状の把握も難しいことから、逆に被害発生を早め（あるいは被害が発生せずに終わったかもしれない出水で被害を発生させ）たり、拡大したりすることになるおそれもあることから、現実的にはこのような操作は非常に難しい。

放水路（分派ケース2）の堰等の操作規則等については、放水路建造時の経緯等を踏まえ、新たに洪水を受け入れることとなる放水路への最大分派量を設定している否かにかかわらず、本川が計画高水位を超えても放水路には計画分派量以上は分派しない操作方法を基本とするが、地域社会の状況変化に応じて、計画高水位を超える洪水を対象にした操作規則について、分派ケース1と同様の操作方法の検討を行うことも考慮すべきである。

4. 計画高水位を超える洪水に対する地域への支援

計画高水位を超える洪水への対応として、水防管理団体等における水防活動及び市町村における人命を守るための避難対策等の確実な実施を進めるため、河川管理者は大規模氾濫減災協議会等の構成メンバーといった関係者に対し、施設設置に関する経緯とともに、安全度のバランスに対する考え方、設定された堰等の操作規則等及びそれに伴い想定される洪水の状況を周知しておく必要がある。

なお、洪水時には、河床の土砂移動や支川の流入量等の影響で、各派川の水位上昇は想定通りとはならない可能性があることも予め関係者に周知しておくことが重要である。

5. 堤防の決壊等異常な状況における例外的な操作

上記のように計画高水位を超える洪水に対する操作方法等を定めていても、実際の洪水時には、例えば、本川あるいは派川の水位が計画高水位以下であっても、分派地点下流の片方の河川で堤防決壊あるいは決壊に繋がる状況が発生することもあり、その場合、決壊による氾濫被害を減じるため、もう片方の河川の流量を減らすことを目的としてゲート開度を変更するといった、操作規則等にはない例外的操作をすることも想定される。

このような例外的な操作を網羅的かつ具体的に想定することは難しいが、河川管理者としては、計画高水位を超える洪水に対する操作規則等を定める際には、大規模氾濫減災協議会等の場を通じて、関係者に対し、それでもなお想定できない異常な状況に対しては例外的操作を行うことがあり得ることを予め周知し、その場合の河川の安全確認や関係者への連絡の方法等、実施する際の手順を予め定めておくことが望ましい。

課題4 樋門等操作員の退避

東日本大震災において、津波に対応する防潮水門の操作や住民への避難呼びかけ等にあたって多くの消防団員等が犠牲になったことを考慮し、河川の水門及び樋門の操作においても、地震が発生した際の操作員（以下「樋門等操作員」という。）の安全の確保に関する議論がなされ、樋門等の操作規則の作成基準が改定された（H24.3.9 河川環境課長通達）。

この改定において樋門等操作員の退避が操作規則に明記されることとなったが、一方、樋門等操作員の退避に関する規定が「氾濫危険水位を上回る洪水・高潮時の操作方法」の条項の中に記載されていたため、氾濫危険水位に基づいて樋門等操作員が避難するものと解され、洪水時における樋門操作地点の安全の程度や状況に応じた樋門等操作が行われないうおそれがあった。

一般に、災害時に地域住民の安全を確保するための避難のタイミングと樋門等操作員の安全確保にあたっての退避のタイミングとは、その目的や条件等が異なり、それぞれの特性を踏まえた整理が必要である。このため、操作規則の作成基準が再度改定され、「氾濫危険水位」の記述が削除され、個々の施設の設置位置や操作環境等に応じ、安全を確保することを基本に、樋門等操作員を退避させる旨が示された（H30.4.24 河川環境課長通達）。

一方、人事院規則は、緊急事態に対する措置として、災害発生の危険が急迫したときに、職員の退避等の安全確保を求めている（なお、地方公務員の場合、同様の規定は条例や人事委員会規則等に定められる。）。

このため、上記通達について、これと人事院規則との関係を踏まえ、これを補足するものとして、洪水時における樋門等操作員の退避に関する安全確保の考え方を整理する。

◎ 河川管理施設である樋門等の操作を行う操作員には、十分な安全の確保が図られる必要がある。安全の確保にあたっては、各施設それぞれの設置目的、操作規則、操作環境、周辺堤防の整備状況や退避経路等を考慮して行う。

なお、水害時等に市町村長が災対法に基づき発出する避難勧告等は、地域住民等を対象に安全を確保することを目的とし、操作員の安全の確保等とは目的や特性、条件等が異なることから、避難勧告等がそのまま操作員の退避の基準あるいはタイミングとなるわけではないことに留意すべきである。

1. 退避等の措置

洪水時の樋門等操作は、地震に伴う津波の発生とは異なり、河川の水位上昇に対応する

ものであり、本来、降雨情報や水位の予測等により洪水の発生がある程度予測できる状況下で、本川から支川に洪水が逆流することを防止するための操作であることから、一般的には時間的余裕を持って操作がなされ、樋門等操作員は操作を終えて現場離脱するのが通常である。しかし、状況によっては、急激な水位上昇等により、急きょ樋門等操作員が退避せざるを得ない場合もあり、その場合にどういった基準で退避すべきか整理をするものである。

本川の水位が上昇して堤防の決壊等の危険がある場合、市町村長は市町村地域防災計画に基づき、地域住民等を対象に避難勧告等を発出する。一方、人事院規則において、「各省庁の長は、職員に対する災害発生の危険が急迫したときは、当該危険に係る場所、職員の業務の性質等を考慮して、業務の中断、職員の退避等の適切な措置を講じなければならない」とされている。

現在、樋門等操作は河川事務所からの委嘱等に基づき行われており、樋門等操作員は職員に準ずる者として操作にあたっている。このため、委嘱等の樋門等操作員についても、職員に準じて、同様の措置を講じなければならない。

2. 安全性確保の考え方

市町村長が発令する避難勧告の発令基準は、「氾濫危険水位」を目安として設定されている。氾濫危険水位は、洪水予報観測所の受け持つ洪水予報区域を範囲として、その範囲で最も危険な箇所を対象に、情報を伝達する時間と住民等が避難に要する時間を考慮して設定されるものであり、その洪水予報区域で想定される氾濫被害が及ぶ全域の住民の避難を対象とするものである。

一方、操作規則の作成基準において、樋門等操作員の退避に関しては、「施設やその操作環境、周辺堤防の整備状況や水防活動の状況等を考慮し、機側操作を安全に行えないと判断される場合には、機側操作を行っている要員（以下「機側操作員」という。）を退避させることを記載する。」としており、樋門等操作員の安全確保は、樋門等の操作に際し、個別の施設箇所ごとの状況等を勘案して退避させることとしている。

樋門等操作員の退避と市町村長が発出する避難勧告とは、安全を確保する対象者と対象となるリスクが異なるとともに、樋門等操作員は洪水時に樋門等の操作を実施することが任務であることを前提として考える必要がある。このため、操作規則の作成基準に示されている「機側操作を安全に行えないと判断される場合」とは、市町村長による避難勧告の発出時ではなく、人事院規則における「職員に災害発生の危険が急迫したとき」と基本的には同様に考えるべきである。

「機側操作を安全に行えないと判断される場合」の例として、操作規則の作成基準・操

作規則例においては「〇〇水位が△△メートルを超え、さらに上昇が見込まれるとき」「現場の状況から危険を察知した機側操作員から退避を求められたとき」が例示されている。

この「機側操作を安全に行えないと判断される場合」というのは、越水による周辺堤防の決壊や内水の急増等で、操作の安全が確保できなくなると予測される場合が想定されるが、その際には退避の時間的余裕も含めて判断する必要がある。

3. 退避場所及び経路等の検討

退避を検討するにあたっては、まず、樋門等の個所ごとに、内水の急増や堤防の決壊等によっても安全が確保できるような退避場所とその避難経路・手段を決めておく必要がある。退避場所を堤内地の一定の標高が確保できる場所とし、樋門等からそこまでの避難路の距離・手段を考慮し、当該樋門等周辺で越水や内水の急増等が生じるような状況までに安全に退避する時間を予測し、その時間的余裕の前時点で退避を開始する必要がある。また、急激な水位上昇に伴い危険が急に切迫することもあることから、迅速に避難できる場所や避難方法の確認、避難に関する明確なタイミング等を明らかにしておく必要がある。

なお、大規模な樋門等には操作室がある場合があり、津波と異なり、一定の高さの操作室は洪水が到達しない（越水してしまえばそれ以上水位は上がらない）と考えられることから、当該操作室を一次的な退避場所とすることも考えられる。また、樋門周辺の堤内地に低平地が広がり、内水が生じて避難路による避難自体が難しい場合は、堤防天端づたいに避難することも考えられる。

4. 退避時の操作に関する留意事項

樋門等操作員が退避する際の操作に関しては、「操作規則の作成基準・操作規則例」において、退避時の操作が明白な場合、機側操作員（樋門等操作員）が退避する際は、ゲートを全閉するものとしている。

一般的に樋門等操作員が退避を要するような現場状況では、本川水位が高く、逆流防止の操作が必要な状況にあると考えられることから、退避する場合はゲートを全閉することが基本となる旨を記述したものである。ここで「退避時の操作が明白な場合」と記述しているのは、この操作規則に基づき、「全閉さえすればいつでも退避してよい」という誤った解釈をされることを懸念して、逆流が生じているかについて、現地においてよく状況判断をした上で全閉し退避すべきとの趣旨を述べているものである。

参 考 資 料

(参考1) 「逐条解説 河川法解説(改訂版)」(河川法研究会) 第二十二条に関する解説
(P 1 2 2)

「一方、河川の公物としての管理体制を確立した旧河川法の制定に伴い、公物管理の立場から河川管理者も水防活動を実施することとし、本条に相当する規定が設けられ新法もこれを受け継いでいる。このようにこれら二系統の水防活動は、その目的を一とするが、存立の基礎を異にするものであって、両者相まって水防の効果を十分発揮することが期待されるものである。」

旧河川法(明治二十九年法律第七十一号)(抄)

第二十三条 洪水ノ危険切迫ナルトキハ地方行政庁又ハ其ノ委任ヲ受ケタル官吏ハ其ノ現場ニ於テ直ニ防禦ノ為ニ必要ナル土地ヲ使用シ土砂、竹木其ノ他ノ材料、車馬其ノ他ノ運搬具及び器具等ヲ使用若ハ徴収シ又ハ其ノ現場ニ在ル者ヲ使役シ又ハ家屋其ノ他ノ障害物ヲ破毀スルコトヲ得

2 (略)

3 地方行政庁ハ其ノ管内ノ下級公共団体ニ命シテ予メ洪水防禦ノ為必要ナル準備ヲナサシムルコトヲ得

(参考2) 「逐条解説 水防法(第二次改訂版)」(水防法研究会) 第七条に関する解説
(P 6 3)

「水防活動については、自らの地域を守るための地域住民による自発的な活動を起源とする水防法に基づく活動と、河川管理者の立場から流域全体の被害最小化等を図るために行われる河川法に基づく活動の二系統が並立していたが、…、水防法と河川法の両方の連携による水防活動を実施し、…、水防計画に、河川管理者の水防活動への協力を記載できることとしたものである。」

(参考3) 水防法(昭和二十四年法律第百九十三号)(抄)

(定義)

第二条 (略)

2 この法律において「水防管理団体」とは、次条の規定により水防の責任を有する市

町村（特別区を含む。以下同じ。）又は水防に関する事務を共同に処理する市町村の組合（以下「水防事務組合」という。）若しくは水害予防組合をいう。

3～8 （略）

（市町村の水防責任）

第三条 市町村は、その区域における水防を十分に果たすべき責任を有する。ただし、水防事務組合が水防を行う区域及び水害予防組合の区域については、この限りでない。

（参考4） 「逐条解説 水防法（第二次改訂版）」（水防法研究会）第一条に関する解説（P28）

「水防法において水防の定義は、本条の規定により、「水災を警戒し、防御し、及びこれによる被害を軽減する」ことであると理解される。この場合の警戒、防御、被害の軽減は、具体的行為のみでなく、それに伴う水害組織の整備その他の水防に関する事務が含まれるものである。「被害の軽減」とは、堤防が決壊し又は河川が氾濫した場合において、その被害が増大しないように応急的措置を講ずることであって、決壊口が拡大しないように障害物を投棄するとか、氾濫を軽減するために堤防上に土のうを積むなどのことをいい、将来の災害復旧工事の前提となる仮締切等の仮設工事を行うことは含まない。」

（参考5） 河川法（昭和三十九年法律第百六十七号）（抄）

（河川管理施設等の維持又は修繕）

第十五条の二 河川管理者又は許可工作物の管理者は、河川管理施設又は許可工作物を良好な状態に保つように維持し、修繕し、もつて公共の安全が保持されるように努めなければならない。

2・3 （略）

（参考6） 新湊川水害訴訟第一審（平成十六年五月十一日判決） 抜粋

「・・・水防活動に関する法的責任について、水防法3条は「市町村がその区域における水防を十分に果たすべき責任を有する。」と規定し、同法第2条1項により、市町村が「水防管理団体」と位置付けられていることからすれば、水防に関する第1次的責任

は水防管理団体たる市町村にあるものと解される。…」

「…水防に関する第1次的な責任は、水防管理団体たる神戸市にあるというべきであり、水防法等の規定からすれば、河川管理者が水防に関して法的な責任を負うのは、上記水防上留意すべき事項に関する助言・勧告のほか、河川管理者として求められる河川管理施設としての堤防からの漏水対策、護岸の洗掘や亀裂、崩壊対策など、河川管理施設の機能の維持が同時に水防活動にあたる場合に限られるべきというべきである。…」

(参考7) 「逐条解説 水防法（第二次改訂版）」（水防法研究会）水防法制定の経緯に関する解説（P14）

「…市町村が水防に関する一般的責任を有する旨を明らかにするとともに、水防事務組合が水防を行う区域及び水害予防組合の区域については、従来と同様、市町村は水防を行うべき責任を免れることといたしたのであります。…」

(参考8) 大東水害訴訟上告審（昭和五十九年一月二十六日判決）（抜粋）

「…河川の管理については、所論も指摘するように、道路その他の営造物の管理とは異なる特質及びそれに基づく諸制約が存するのであつて、河川管理の瑕疵の存否の判断にあつては、右の点を考慮すべきものといわなければならない。すなわち、河川は、本来自然発生的な公共用物であつて、管理者による公用開始のための特別の行為を要することなく自然の状態において公共の用に供される物であるから、通常は当初から人工的に安全性を備えた物として設置され管理者の公用開始行為によつて公共の用に供される道路その他の営造物とは性質を異にし、もともと洪水等の自然的原因による災害をもたらす危険性を内包しているものである。したがつて、河川の管理は、道路の管理等とは異なり、本来的にかかる災害発生危険性をはらむ河川を対象として開始されるのが通常であつて、河川の通常備えるべき安全性の確保は、管理開始後において、予想される洪水等による災害に対処すべく、堤防の安全性を高め、河道を拡幅・掘削し、流路を整え、又は放水路、ダム、遊水池を設置するなどの治水事業を行うことによつて達成されていくことが当初から予定されているものといふことができるのである。この治水事業は、もとより一朝一夕にして成るものではなく、しかも全国に多数存在する未改修河川及び改修の不十分な河川についてこれを実施するには莫大な費用を必要とするものであるから、結局、原則として、議会在国民生活上の他

の諸要求との調整を図りつつその配分を決定する予算のもとで、各河川につき過去に発生した水害の規模、頻度、発生原因、被害の性質等のほか、降雨状況、流域の自然的条件及び開発その他土地利用の状況、各河川の安全度の均衡等の諸事情を総合勘案し、それぞれの河川についての改修等の必要性・緊急性を比較しつつ、その程度の高いものから逐次これを実施していくほかはない。また、その実施にあつては、当該河川の河道及び流域全体について改修等のための調査・検討を経て計画を立て、緊急に改修を要する箇所から段階的に、また、原則として下流から上流に向けて行うことを要するなどの技術的な制約もあり、更に、流域の開発等による雨水の流出機構の変化、地盤沈下、低湿地域の宅地化及び地価の高騰等による治水用地の取得難その他の社会的制約を伴うことも看過することはできない。しかも、河川の管理においては、道路の管理における危険な区間の一時閉鎖等のような簡易、臨機的な危険回避の手段を採ることもできないのである。河川の管理には、以上のような諸制約が内在するため、すべての河川について通常予測し、かつ、回避しうるあらゆる水害を未然に防止するに足りる治水施設を完備するには、相応の期間を必要とし、未改修河川又は改修の不十分な河川の安全性としては、右諸制約のもとで一般に施行されてきた治水事業による河川の改修、整備の過程に対応するいわば過渡的な安全性をもつて足りるものとせざるをえないのであつて、当初から通常予測される災害に対応する安全性を備えたものとして設置され公用開始される道路その他の営造物の管理の場合とは、その管理の瑕疵の有無についての判断の基準もおのずから異なつたものとならざるをえないのである。この意味で、道路の管理者において災害等の防止施設の設置のための予算措置に困却するからといつてそのことにより直ちに道路の管理の瑕疵によつて生じた損害の賠償責任を免れうるものと解すべきでないとする当裁判所の判例（昭和四二年（オ）第九二一号同四五年八月二〇日第一小法廷判決・民集二四卷九号一二六八頁）も、河川管理の瑕疵については当然には妥当しないものというべきである。

以上説示したところを総合すると、我が国における治水事業の進展等により前示のような河川管理の特質に由来する財政的、技術的及び社会的諸制約が解消した段階においてはともかく、これらの諸制約によつていまだ通常予測される災害に対応する安全性を備えるに至っていない現段階においては、当該河川の管理についての瑕疵の有無は、過去に発生した水害の規模、発生の頻度、発生原因、被害の性質、降雨状況、流域の地形その他の自然的条件、土地の利用状況その他の社会的条件、改修を要する緊急性の有無及びその程度等諸般の事情を総合的に考慮し、前記諸制約のもとでの同種・同規模の河川の管理の一般水準及び社会通念に照らして是認しうる安全性を備えていると認められるかどうかを基準として判断すべきであると解するのが相当である。

そして、既に改修計画が定められ、これに基づいて現に改修中である河川については、右計画が全体として右の見地からみて格別不合理なものと認められないときは、その後の事情の変動により当該河川の未改修部分につき水害発生の危険性が特に顕著となり、当初の計画の時期を繰り上げ、又は工事の順序を変更するなどして早期の改修工事を施行しなければならないと認めるべき特段の事由が生じない限り、右部分につき改修がまだ行われていないとの一事をもつて河川管理に瑕疵があるとすることはできないと解すべきである。そして、右の理は、人口密集地域を流域とするいわゆる都市河川の管理についても、前記の特質及び諸制約が存すること自体には異なるところがないのであるから、一般的にはひとしく妥当するものというべきである。…」

(参考 9) 鉄道営業法 (明治三十三年法律第六十五号) (抄)

第六条 鉄道ハ左ノ事項ノ具備シタル場合ニ於テハ貨物ノ運送ヲ拒絶スルコトヲ得ス
一 ~ 四 略
五 天災事変其ノ他已ムヲ得サル事由ニ基因シタル運送上ノ支障ナキトキ
2 (略)

(参考 10) 道路法 (昭和二十七年法律第百八十号) (抄)

(通行の禁止又は制限)

第四十六条 道路管理者は、左の各号の一に掲げる場合においては、道路の構造を保全し、又は交通の危険を防止するため、区間を定めて、道路の通行を禁止し、又は制限することができる。
一 道路の破損、欠壊その他の事由に因り交通が危険であると認められる場合
二 道路に関する工事のためやむを得ないと認められる場合
2・3 略

(参考 11) 災害対策基本法 (昭和三十六年法律第二百二十三号) (抄)

(都道府県の応急措置)

第七十条 都道府県知事は、当該都道府県の地域に係る災害が発生し、又はまさに発生しようとしているときは、法令又は地域防災計画の定めるところにより、その所掌事務に係る応急措置をすみやかに実施しなければならない。この場合において、

都道府県知事は、その区域内の市町村の実施する応急措置が的確かつ円滑に行なわれることとなるように努めなければならない。

- 2 都道府県の委員会又は委員は、当該都道府県の地域に係る災害が発生し、又はまさに発生しようとしているときは、法令又は地域防災計画の定めるところにより、都道府県知事の所轄の下にその所掌事務に係る応急措置を実施しなければならない。
- 3 第一項の場合において、応急措置を実施するため、又はその区域内の市町村の実施する応急措置が的確かつ円滑に行われるようにするため必要があると認めるときは、都道府県知事は、指定行政機関の長若しくは指定地方行政機関の長又は当該都道府県の他の執行機関、指定公共機関若しくは指定地方公共機関に対し、応急措置の実施を要請し、又は求めることができる。この場合において、応急措置の実施を要請された指定行政機関の長又は指定地方行政機関の長は、正当な理由がない限り、応急措置の実施を拒んではならない。

(指定行政機関の長等に対する応援の要求等)

第七十四条の四 第七十条第三項に規定するもののほか、都道府県知事は、当該都道府県の地域に係る災害が発生した場合において、災害応急対策を実施するため必要があると認めるときは、指定行政機関の長又は指定地方行政機関の長に対し、応援を求め、又は災害応急対策の実施を要請することができる。この場合において、応援を求められ、又は災害応急対策の実施を要請された指定行政機関の長又は指定地方行政機関の長は、正当な理由がない限り、応援又は災害応急対策の実施を拒んではならない。

(指定行政機関の長等による応急措置の代行)

第七十八条の二 指定行政機関の長又は指定地方行政機関の長は、災害の発生により市町村及び当該市町村を包括する都道府県がその全部又は大部分の事務を行うことができなくなつたときは、法令又は防災計画の定めるところにより、当該市町村の市町村長が第六十四条第一項及び第二項並びに第六十五条第一項の規定により実施すべき応急措置の全部又は一部を当該市町村長に代わつて実施しなければならない。

2・3 (略)

(参考 1 2) 河川法 (昭和三十九年法律第百六十七号) (抄)

(洪水時における緊急措置)

第二十二条 洪水、津波、高潮等による危険が切迫した場合において、水災を防御し、又はこれによる被害を軽減する措置をとるため緊急の必要があるときは、河川管理者は、その現場において、必要な土地を使用し、土石、竹木その他の資材を使用し、若しくは収用し、車両その他の運搬具若しくは器具を使用し、又は工作物その他の障害物を処分することができる。

2～6 (略)

(参考 1 3) 水防法 (昭和二十四年法律第百九十三号) (抄)

(特定緊急水防活動)

第三十二条 国土交通大臣は、洪水、雨水出水、津波又は高潮による著しく激甚な災害が発生した場合において、水防上緊急を要すると認めるときは、次に掲げる水防活動 (以下この条及び第四十三条の二において「特定緊急水防活動」という。) を行うことができる。

一 当該災害の発生に伴い浸入した水の排除

二 高度の機械力又は高度の専門的知識及び技術を要する水防活動として政令で定めるもの

2 国土交通大臣は、前項の規定により特定緊急水防活動を行おうとするときは、あらかじめ、当該特定緊急水防活動を行おうとする場所に係る水防管理者にその旨を通知しなければならない。特定緊急水防活動を終了しようとするときも、同様とする。

3 (略)

(参考 1 4) 国土交通大臣による水防管理団体に対する勧告・助言 (水防法における地方整備局長の役割)

水防法に基づき、国土交通大臣は水防管理団体に対し、水防に関し必要な報告をさせ、勧告・助言 (水防法第四十七条及び第四十八条) を行うことができるとされているが、ここで言う国土交通大臣は、水防法を所管する水防大臣であり、また、地方整備局長は大臣の委任を受け (水防法第五十一条)、現場で上記役割を担うものである。

(報告)

第四十七条 国土交通大臣及び消防庁長官は、都道府県又は水防管理団体に対し、水防に関し必要な報告をさせることができる。

2 都道府県知事は、都道府県の区域内における水防管理団体に対し、水防に関し必要な報告をさせることができる。

(勧告及び助言)

第四十八条 国土交通大臣は都道府県又は水防管理団体に対し、都道府県知事は都道府県の区域内における水防管理団体に対し、水防に関し必要な勧告又は助言をすることができる。

(権限の委任)

第五十一条 この法律に規定する国土交通大臣の権限は、国土交通省令で定めるところにより、その一部を地方整備局長又は北海道開発局長に委任することができる。

また、国土交通省設置法 第三十一条において、水防に関することを地方整備局に分掌する旨が規定されている。

(参考 15) 河川管理施設等構造令 (昭和五十一年政令第百九十九号) (抄)

(構造の原則)

第十八条 堤防は、護岸、水制その他これらに類する施設と一体として、計画高水位 (高潮区間にあつては、計画高潮位) 以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造とするものとする。

2・3 (略)

(参考 16) 大東水害訴訟、多摩川水害訴訟及び長良川水害訴訟の判決

大東水害訴訟では改修途上の河川、多摩川水害訴訟では堤防が完成した区間における河川管理責任を明らかにしている。さらに、長良川水害訴訟では、改修がほぼ完了した堤防において計画高水位以下の流水の通常的作用に対して災害を生じさせないことが安全の基準とされた。

※ 具体的な判決文は参考 8、19 及び 20。

(参考 17) 運転調整の現況

① 「出水時における排水ポンプ場の運転調整について」(通知)

(平成13年6月：地方整備局等河川部長、都道府県土木部長宛て、治水課長通知)

「出水時における排水ポンプ場の運転調整等について」(通知)

(平成13年6月：地方整備局等局長宛て、下水道部長長通知)

東海豪雨において堤防決壊等甚大な被害を回避するための運転調整を行えなかった課題を踏まえ、排水ポンプ場の運転調整等の適切な措置が講じられるよう、許可工作物も対象に含めて通知された。

② 「排水ポンプ場の運転調整ルール策定ガイドライン(試行案)」

(平成21年6月：河川保全企画室長事務連絡)

- ・ 調整開始水位：堤防決壊等の恐れのある水位(氾濫危険水位)
- ・ 運転調整の開始：調整水位に達した場合を原則とする

水位にかかわらず、堤防決壊等を確認した場合は、河川管理者の指示により停止

(河川法26条の許可条件として、操作要領等に位置づけ)

- ・ 対象ポンプ場：河川水位の上昇の影響が1cm以上の施設
- ・ ポンプ場管理者内部における意思決定及び情報伝達の手順
- ・ 関係機関、住民等への情報提供(ルールの事前周知、調整開始前・後の情報提供)
- ・ ルール策定の検討体制、フォローアップの実施(運転調整関係者協議会)

③ 運転調整ルールの策定状況(直轄区間)(H28.8末時点 計調室資料)

- ・ 河川管理施設 : 405施設 策定済(100%)
- ・ 許可工作物 : 1125施設のうち 策定済 492(約44%)

(参考 18) 河川法(昭和三十九年法律第百六十七号)(抄)

(河川管理施設の操作規則)

第十四条 河川管理者は、その管理する河川管理施設のうち、ダム、堰、水門その他の操作を伴う施設で政令で定めるものについては、政令で定めるところにより、操作規則を定めなければならない。

- 2 河川管理者は、前項の操作規則を定め、又は変更しようとするときは、あらかじめ、政令で定めるところにより、関係行政機関の長に協議し、又は関係都道府県知事、関

係市町村長若しくは当該河川管理施設の管理に要する費用の一部を負担する者で政令で定めるものの意見をきかなければならない。

(土地の占用の許可)

第二十四条 河川区域内の土地（河川管理者以外の者がその権原に基づき管理する土地を除く。以下次条において同じ。）を占用しようとする者は、国土交通省令で定めるところにより、河川管理者の許可を受けなければならない。

(工作物の新築等の許可)

第二十六条 河川区域内の土地において工作物を新築し、改築し、又は除却しようとする者は、国土交通省令で定めるところにより、河川管理者の許可を受けなければならない。河川の河口附近の海面において河川の流水を貯留し、又は停滞させるための工作物を新築し、改築し、又は除却しようとする者も、同様とする。

2～5 (略)

(許可等の条件)

第九十条 河川管理者は、この法律又はこの法律に基づく政令若しくは都道府県の条例の規定による許可、登録又は承認には、必要な条件を付することができる。

2 前項の条件は、適正な河川の管理を確保するため必要な最小限度のものに限り、かつ、許可、登録又は承認を受けた者に対し、不当な義務を課することとなるものであってはならない。

(参考 19) 多摩川水害訴訟差戻控訴審（平成四年十二月十七日判決） 抜粋

「…四 河川管理の瑕疵

1 河川管理の瑕疵の判断基準

ところで、本件に関する上告審判決（最高裁平成二年一二月一三日第一小法廷判決・民集四四卷九号一一八六頁）は、河川管理の瑕疵についての一般的判断基準について、「国家賠償法二条一項にいう営造物の設置又は管理の瑕疵とは、営造物が通常有すべき安全性を欠き、他人に危害を及ぼす危険性のある状態をいい、このような瑕疵の存在については、当該営造物の構造、用法、場所的環境及び利用状況等諸般の事情を総合考慮して具体的、個別的に判断すべきものである。ところで、河川は、当初から通常有すべき安全性を有するものとして管理が開始されるものではなく、治水事業を経て、逐次その安全性を高めてゆくことが予定されているものであるから、河川が通常予測し、かつ、回避し得る水害を未然に防止するに足りる安全

性を備えるに至っていないとしても、直ちに河川管理に瑕疵があるとするのはできず、河川の備えるべき安全性としては、一般に施行されてきた治水事業の過程における河川の改修、整備の段階に対応する安全性をもって足りるものとせざるを得ない。そして、河川の管理についての瑕疵の有無は、過去に発生した水害の規模、発生の頻度、発生原因、被害の性質、降雨状況、流域の地形その他の自然的条件、土地の利用状況その他の社会的条件、改修を要する緊急性の有無及びその程度等諸般の事情を総合的に考慮し、河川管理における財政的、技術的及び社会的諸制約のもとでの同種・同規模の河川の管理の一般的水準及び社会通念に照らして是認し得る安全性を備えていると認められるかどうかを基準として判断すべきであると解するのが相当である。」と判示し、大東水害訴訟において先に最高裁判決が河川の管理の瑕疵について示した一般的判断基準は本件においても妥当することを明らかにしたうえ、「本件河川部分は、基本計画策定後本件災害時までの間において、基本計画に定める事項に照らして新規の改修、整備の必要がないものとされていたところから、工事実施基本計画に準拠して改修、整備がされた河川と同視できるもの」であり、このような河川の改修、整備の段階に対応する安全性とは、「同計画に定める規模の洪水における流水の通常的作用から予測される災害の発生を防止するに足りる安全性をいうものと解すべきである。けだし、前記判断基準に示された河川管理の特質から考えれば、改修、整備がされた河川は、その改修、整備がされた段階において想定された洪水から、当時の防災技術の水準に照らして通常予測し、かつ、回避し得る水害を未然に防止するに足りる安全性を備えるべきものである」と判示した。

そして、同上告審判決は、差戻前控訴審が本件河川部分の有すべき安全性についての右の観点から具体的事案に即して審理すべきであるのにこれをする事なく、本件河川管理の瑕疵を否定したことを理由に、控訴審判決を破棄し、その上で、差戻後控訴審において本件河川部分の管理の瑕疵の有無を検討するに当たっては、

- 1 本件災害時において、基本計画に定める計画高水流量規模の流水の通常的作用により本件堰及びその取付部護岸の欠陥から本件河川部分において破堤が生ずることの危険を予測することができたかどうか
- 2 右の予測可能性が肯定された場合、その予測をすることが可能となった時点はいつか
- 3 右の時点から本件災害時まで、前記判断基準に示された諸制約を考慮しても、なお、本件堰に関する監督処分権の行使又は本件堰に接続する河川管理施設の改修、整備等の各措置を適切に講じなかったことによって、本件河川部分が同種・

同規模の河川の管理の一般的水準及び社会通念に照らして是認しうる安全性を欠いていたことになるかどうか

について、本件事案に即して具体的に判断すべきであるとした。そこで、以下本件堰及び周辺河川管理施設の安全性並びに同上告審判決が説示する右三点を中心に検討することとする。…」

(参考20) 長良川水害訴訟上告審(平成六年十月二十七日判決) 抜粋

「…過去において本件堤防の堤体若しくは裏法尻に法崩れなどの変状が発見されたことはなく、同三四年九月、同三五年八月及び同三六年六月に三年連続して発生した三大洪水はいずれも従来の計画高水流量と計画高水位を大幅に上回るものであったが、本件堤防は、これらを安全に流下させており、本件災害発生当時においても、同五一年九月八日の夜半から同月一一日午後二時ころまでの間の断続的な計画高水位に迫る三波にわたる洪水にも耐え、その間は本件堤防に法崩れや漏水などの異常現象は何ら発生しなかったこと、などが明らかである。これによれば、少なくとも本件堤防の基礎地盤を除く堤体部分には、破堤原因となるような欠陥は存在せず、その築堤、改修及び整備、管理等の面において、格別不合理なものがあったとは認められない。…

以上の諸事情を総合的に考慮して判断すれば、本件堤防は、計画高水位程度の高い水位の洪水を防御し得る高さと幅を有し、工事実施基本計画に定める規模の洪水における流水の通常的作用から予測される災害の発生を十分に防止する効用を発揮し得る状態にあったものであり、河川管理の特質に由来する前記の諸制約のもとでの同種・同規模の河川の管理の一般水準及び社会通念に照らして是認し得る安全性を備えていたものということができる。…」

(参考21) 洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版)

2) 氾濫開始水位の設定

氾濫開始水位は、原則、計画高水位とするが、河川の整備状況によりそれによりがたい場合は、以下の方法によるものとする。

有堤区間における氾濫開始水位は、原則として河川整備基本方針に定められた計画堤防高と計画高水位の差を現況堤防高から引いた高さ(計画高水位以下とし、背後地盤高を下回る場合は背後地盤高)とするが、現況流下能力が計画に対し大きく下回る場合は、当該

河川の流下能力に相当する河川管理施設等構造令第20条の計画高水位に加える値を現況堤防高より引くほか、極端な断面不足等の場合については、当該箇所における堤防の高さ、浸透・漏水対策の有無、侵食対策の有無等の整備状況並びに当該箇所周辺の河道の整備状況を勘案し、適切に行うものとする。無堤区間における氾濫開始水位は、原則として背後地盤高とする。

(参考22) <人事院規則10-4(職員の保健及び安全保持)>

(緊急事態に対する措置)

第29条 各省各庁の長は、職員に対する災害発生の危険が急迫したときは、当該危険に係る場所、職員の業務の性質等を考慮して、業務の中断、職員の退避等の適切な措置を講じなければならない。

2 各省各庁の長は、前項の措置を的確かつ円滑に講ずることができるようにするため、設備等の整備、職員の訓練等の措置を怠つてはならない。

(参考23) <地方公務員の安全保持>

地方公務員法においては、公務災害補償の規定はあるが、職員の安全保持に関する規定はない。職員の安全に係る規定としては、地方公務員法(58条2項及び3項)により、地方公務員(現業及び一部の非現業)には、労働基準法及び労働安全衛生法が適用される。

国における人事院規則と同じように、自治体の首長が緊急時における職員の安全保持を定めようとする場合、条例により人事委員会規則に定めることとなる。

(参考24)

「河川管理施設の操作規則の作成基準の改正について」(H30.4.24 河川環境課長通達)

操作規則の作成基準(抜粋)

第四 警戒体制の章には、次に掲げるような事項に関する条を設け、操作の方法等の章に規定した操作を実施するためにどのような体制を整えておくべきかを明らかにしておくものとする。

(1) 警戒体制の実施

この条においては、どのような場合に警戒体制に入るかを記載する。基準となる観測所で測定した水位が一定の高さに達したとき、注意報又は警報が発せられたとき、時間雨量、

日雨量、累加雨量等を基準にして必要と認められるとき等適当な場合を記載する。

(2) 警戒体制における措置

この条においては、警戒体制において特に必要と認められる措置、例えば、要員等の確保、機械、器具等の点検整備、観測、関係機関との連絡、情報の収集等を記載する。

なお、施設やその操作環境、周辺堤防の整備状況や水防活動の状況等を勘案し、機側操作を安全に行えないと判断される場合には、機側操作を行っている要員（以下、「機側操作員」という。）を退避させることを記載する。

第五 操作の方法等の章には、次に掲げるような事項に関する条を設け、操作の基準となる観測所及びその水位、流量等を明らかにしたうえで、洪水・高潮時、津波時、平常時等の操作の方法及び操作の際にとるべき措置を定めておくものとする。また、操作の方法に関する細目について必要な場合には、別途細則を定めることができる。

(1) 洪水・高潮時の操作方法

この条においては、洪水・高潮時の水位、流量等に対応する施設の操作の方法を具体的に記載する。例えば、水門等については、開閉するゲートの名称、数、順序、開度などや操作することにより施設の上流及び下流の水位に急激な変動を生じないようにする旨をあわせて記載する。

また、水門の下流側の水位及び水門の上流側の水位の差がほとんどない状態で水位が上昇する場合、及び全閉など退避時のゲート操作方法が明らかな場合は、その対応方法を記載する。

なお、遠隔操作等の機能を有する施設の場合には、機側操作員の退避後の操作の方法を具体的に記載する。

(2) 津波のおそれがある時の操作方法

この条においては、当該河川の河口付近に津波警報（大津波、津波のいずれの場合も含む。）が発表されるなど当該施設周辺において津波による越流等のおそれがある場合には、機側操作を行わないことを記載する。ただし、最大クラスの津波が遡上する区間のうち上流部など、逆流防止のために操作が必要であり、かつ、機側操作を安全に行うことができる場合には、機側操作により逆流防止の操作を行うように規定することができる。

また、遠隔操作等の機能を有する施設の場合には、その操作の方法を具体的に記載する。

操作規則例（抜粋）

（警戒体制における措置）

第六条 所長は、警戒体制においては、次に掲げる措置をとるものとする。

- (1) 水門を適切に操作することができる要員等必要な体制を確保すること。
- (2) 水門及び水門を操作するため必要な機械、器具等の点検（予備電源設備の試運転を含む。）及び整備を行うこと。ただし、津波警報が発表されている場合には機側での作業は行わないこと。
- (3) 水門の管理上必要な気象及び水象の観測、関係機関との連絡並びに情報の収集を密にすること。
- (4) 第八条第1項の操作を行っている場合において、堤防、背後地の状況、水防活動の状況等（以下、「現場状況」という。）も踏まえて総合的に勘案し、以下のいずれかの状況において、機側操作を安全に行えないと判断される場合には、機側操作を行っている要員（以下、「機側操作員」という。）に退避を指示するものとする。
 - ・ ○○水位が△△メートルを超え、さらに上昇が見込まれるとき
 - ・ 現場状況から危険を察知した機側操作員から退避を求められたとき
- (5) 緊急を要する場合には機側操作員が所長の指示以前に退避できるものとし、退避後速やかに退避場所及び退避時の操作状況の報告をさせるものとする。
- (6) その他水門の管理上必要な措置

（洪水・高潮時の操作方法）

第八条 所長は、○○水位が○○メートル以上△△メートル以下であるときは、次の各号に定めるところにより、水門を操作するものとする。

- (1) C川からD川への逆流が始まるまでの間においては、水門のゲートを全開しておくこと。
 - (2) C川からD川への逆流が始まったときは、水門のゲートを全閉すること。
 - (3) 水門のゲートを全閉している場合において、水門の上流側の水位が水門の下流側の水位より高くなったときは、これを全開すること。
- 2 前項の場合においては、水門の上流及び下流の水位に急激な変動を生じないようにするものとする。

（以下、水門の下流側の水位と水門の上流側の水位の差がほとんどない状態で水位が上昇し逆流の確認が必要な場合）

- 3 水門の上下流側の水位差がほとんどなく、水位が上昇している状態で、かつ水門の下流

側の水位が△△メートルに達すると見込まれる場合は、C 川からD 川への逆流を確認するために水門のゲートを全閉するものとする。

(参考 25) 沙流川水害損害賠償訴訟 札幌地裁判決 (国敗訴)

第 5 争点①に対する判断 (本件退避指示の違法性)

1 洪水時の樋門操作は、外水の逆流を防いで洪水の被害を最小化する目的を持って行われるべきものであり (本件操作要領 2 条) , 樋門操作員が行う外水位と内水位の観測も樋門操作を適切に行うためのものにほかならない。したがって、樋門操作員は、洪水時にこそ、適切に樋門操作をするために、できる限り現場に留まることが期待されているというべきである。もとより、国土交通大臣は、被告の樋門操作員に対する安全配慮義務の一環として、一般職の国家公務員である樋門操作員に対する災害発生の危険が急迫したときには、樋門操作員を退避させなければならず (人事院規則 10-4 第 29) , 本件退避指示も、国土交通大臣の当該権限を、事業所長がその事務分掌の範囲内で行使したものということができる。しかし、樋門操作員が洪水時に樋門を適切に操作する役割を担っている以上、このような急迫の危険がない限り、洪水時であっても樋門操作員を現場に留まらせ、水位の観測や逆流の有無の監視に当たらせる必要がある。したがって、事業所長は、水位、流量及び雨量に関する情報、これら情報に基づく水位予測を適切かつ総合的に考慮して、洪水や破堤による急迫の危険があると判断されるときに限り、樋門操作員に対し任務から離れ退避すべきことを指示すべきなのである。

2 これを本件についてみると、本件 3 樋門付近一帯の右岸は完成堤防であったから、計画高水位 (7.06 メートル) までは外水を安全に流下することができる状態にあったといわなければならない。外水位が計画高水位より 76 センチメートルも低い危険水位に達したからといって、本件 3 樋門付近の完成堤防に破堤のおそれが生じると考える根拠はないといわなければならない。危険水位が計画高水位より低いのは、本件 3 樋門より上流に暫定堤防が残っており、計画高水位より低くてもここから河川の氾濫を生じるおそれがあったためであり、富川観測所の水位が危険水位まで上昇したとしても、本件 3 樋門付近の右岸堤防それ自体は破堤や越流の危険が迫っている状況には全くなかったのである。したがって、計画高水位まで余裕があった本件退避指示の時点 (10 日午前 1 時 5 分) で、本件 3 樋門付近の堤防に破堤のおそれが生じたとした事業所長の判断は、誤りである。

3 無論、前記認定の事実経過のとおり、実際の水位上昇は午前 0 時水位予測よりも速いものであり、実際の天候も午後 10 時雨量予測に反して雨脚が強まっていたから、危険水位を超えた後も継続して水位が上昇することは十分に予測されるころではあった。とはい

え、流域全体の降雨は午前0時以降は全体にそれまでより減少傾向にあり、このことは河川情報システムで10分単位の雨量として程なく把握されていたし、水位の上昇幅も午前1時までは10分単位で最大5センチメートルにとどまっております、ただし書き操作の影響が本件3樋門付近に及ぶのは午前2時30分ころ以降のことであった。したがって、計画高水位まで約70センチメートルも余裕があった午前1時の段階で、水位の計画高水位超過を直ちに懸念すべき状況まではなかったといわざるをえない。さらに、10日午前1時5分の段階では、本件3樋門の近隣住民にさえ避難が指示されていなかったのであり、その中で、樋門操作員を近隣住民よりも先に樋門の任務から離れさせ、退避させるだけの理由があったとは到底認めがたい。

4 にもかかわらず、事業所長は、富川観測所の水位が危険水位を上回ったことから、完成堤防である本件3樋門付近の堤防にも破堤の危険が生じるとの誤った事実認識の下、本件退避指示を発したものである。そうすると、10日午前1時5分の時点で本件退避指示を発した事業所長の判断は、上記人事院規則の「災害発生の危険が急迫したとき」との要件の認定判断を誤ってされたものであり、これにより、洪水の被害を最小化する目的で設置された樋門がその機能を発揮できない状況にしたのであるから、河川管理という公権力の行使に当たる公務員がした違法行為であるといわざるをえない。

あしがき

本報告は、洪水時の水害防止活動その他の現場対応に伴い生じる安全にかかわる、様々な地域の課題の解決に向けた基本的な方向を提案している。この報告を活用し、現場における課題に取り組み、地域あるいは流域における水害被害を少しでも減らしていくことを期待する。

こうした取組に際しては、水文・気象に関する観測技術や情報化の近年のめざましい進展等の成果を十分活かすことが求められる。

また、今後、それぞれの地域において、新たな調整や取り決めを行うにあたっては、既に各主体の調整や合意に基づいて活動してきていることもあることから、提案に係る基本的方向を参考に、地域におけるこれまでの経緯や取組等を踏まえて進める必要がある。

なお、水防災に関する用語や仕組み、治水方策の考え方等に関しては、一般的に難解であるとの指摘もあることから、各地域の治水に関する経緯や歴史、地形等の自然条件、河川の整備状況、氾濫の際に生じるであろう災害の形態や状況等について説明を行い、広範な関係者が共通の理解を得ることが重要である。

近年、治水計画の対象とする計画規模を超える洪水が頻発しているが、地球温暖化による気候変動の影響の顕在化に伴い、今後、このような異常な洪水の頻発が長期的にも継続し、又は増大することが懸念される。

本報告では、計画高水位を超える洪水等が生じた場合の現場の様々な課題について、現在の河川管理の枠組み及び判例等を前提として対応方策を整理しているが、このような異常な洪水に対して長期的な視点から抜本的な水害対策を講じるためには、今回の報告のような個別課題に対応した提案だけでなく、東日本大震災を契機に津波防災地域づくり法により構築された、いわゆるL2を対象とした津波防災の枠組みのように、河川による水害の分野においても、従来の計画高水位を前提とした治水対策を越えて、地域の安全度及び地域相互の安全のバランスの確保に関する考え方を明らかにするとともに、新たな役割・責任分担のもとでのソフト・ハード対策からなる水防災システムの枠組みを構築する必要がある。

その構築に向けて、今後、河川法、水防法、災対法等の幅広い議論と検討がさらに進められることを期待したい。

水害研究会メンバー

| | | |
|----|---|--------|
| 座長 | (公財) 建設業適正取引推進機構 専務理事 (元国土交通省国土交通大学校長) | 山崎 篤男 |
| | (公社) 日本河川協会 前専務理事 | 青山 俊行 |
| | (一社) 全国地質調査業協会連合会 技術顧問 (元国土交通省国土交通大学副校長) | 須見 徹太郎 |
| | (公財) 河川財団 理事長 | 関 克己 |
| | (公財) 河川財団 参事 | 藤山 秀章 |
| | (公財) 河川財団 前戦略的維持管理研究所長 | 安達 孝実 |
| | (公財) 河川財団 戦略的維持管理研究所長 | 田中 敬也 |
| | (公財) 河川財団 主任研究員 | 石原 正義 |

資料提供及び意見を伺った国土交通省水管理・国土保全局の方々

| | | | |
|-------|---------|------|--------|
| 水政課 | 課長 | | 甲川 壽啓 |
| | | | 松原 英憲 |
| | 水政企画官 | | 須藤 明彦 |
| | | | 柿沼 宏明 |
| | 法務調査官 | | 川田 健太郎 |
| | 企画専門官 | | 高橋 智彦 |
| 河川計画課 | 河川計画調整室 | 室長 | 森本 輝 |
| | | 課長補佐 | 池田 博明 |
| 河川環境課 | 河川保全企画室 | 室長 | 齋藤 博之 |
| | | | 笠井 雅広 |
| | 水防企画室 | 室長 | 西澤 賢太郎 |
| | | | 福渡 隆 |

本報告書は、河川行政への貢献を目的とする当財団の公益事業として、調査研究で得られた知見を河川行政の現場等に社会還元するために発行しております。

本報告書には、国土交通省をはじめとする関係機関から許諾を得て利用している内容を含んでおりますので、転載等の利用にあたっては、著作者である河川財団までご相談下さい。

河川総合研究所報告第25号

令和2年10月

編集・発行 公益財団法人 河川財団 河川総合研究所

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町11番9号

TEL 03-5847-8304 FAX 03-5847-8310

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

E-mail info@kasen.or.jp

印刷・製本 (株)サンワ 〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 2-11-8 TEL 03-3265-1816 FAX 03-3265-1847



公益財団法人

河川財団

本部

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町 11-9 住友生命日本橋小伝馬町ビル 2F

E-mail : info@kasen.or.jp

河川総合研究所 TEL : 03-5847-8305 FAX : 03-5847-8310

子どもの水辺サポートセンター TEL : 03-5847-8307 FAX : 03-5847-8314

名古屋事務所

〒463-0068 愛知県名古屋市守山区瀬古 3-710

E-mail : info-n@nagoya.kasen.or.jp TEL : 052-388-7891 FAX : 052-388-7918

近畿事務所

〒540-6591 大阪府大阪市中央区大手前 1-7-31 OMM13F

E-mail : info-o@osaka.kasen.or.jp TEL : 06-6942-2310 FAX : 06-6942-2118