ISSN 1344－2910

河川総合研究所報告
第21号

平成28年1月

(公財)河川財団
河川総合研究所

はじめに

（公財）河川財団は，前身である（財）河川環境管理財団から平成25年4月に名称を変え，河川に関する調査・研究及び環境整備並びに河川への理解を深めるための活動に対する助成並びにその実施を行うことにより，国土の利用，整備又は保全及び国民の心身の健全な発達を促進し，公共の福祉を増進することを目的とし，東京本部内の子どもの水辺サポートセンター，河川総合研究所，東京事務所のほか，北海道事務所，名古屋事務所，近畿事務所において，以下の事業を実施しています．

（1） 河川に関する活動に対する助成及びその成果の普及
（2） 河川に関する調査・研究及びその成果の普及
（3） 河川教育の推進及び河川への理解を深めるための活動
（4） 水辺環境の向上及び住民の健康増進を図るための河川健康公園の運営
（5） 河川管理者の行う河川の維持管理に関する事業の受託

調査・研究事業については，河川環境管理財団から河川財団への移行に伴い，対象を従来の河川環境の保全・整備や河川空間の適正利用などから河川全般に広げることとし，河川財団としての初年度となる平成25年度には，河川総合研究所，近畿事務所を中心にして以下の調査研究を行い，本報告はその成果をまとめたものです．

（1） 健全な河川生態系の保全・再生に関する調査・研究
（2） 災害を防止するための調査・研究

本報告は，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ことで私どもの事業を社会還元しようとするものです．今号で第21号を発行することができ，これもひとえに国土交通省をはじめ関係各位のご指導，ご支援の賜物であり，ここに厚く御礼申し上げる次第です．

当財団においては， 平成26年4月に中期戦略を策定し，中期ビジョンとして「川の安全・安心を支えます」，「河川政策のシンクタンクを目指します」を掲げて調査研究を実施しております．そのうち，特に社会的要請や河川政策において提案されているテーマに重点を置き，自主研究や調査業務の受託等を進めています．

また，戦略的維持管理に関する調査研究を推進するため，平成27年10月に河川総合研究所に戦略的維持管理研究所を設置しました．戦略的維持管理研究所においては，関係者との連携交流を図りながら，河川維持管理上の諸課題の解決にアプローチしております．

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まいる所存ですので，関係各位の暖かいご指導，ご支援をお願い申し上げる次第です．

平成28年1月

公益財団法人　河川財団
理事長　関　克己

目　　次

１．健全な河川生態系の保全・再生に関する調査・研究

１）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 1
：大澤寛之、山田政雄、塩見真矢

２）堤防植生の機能保持に向けた低草丈草種等の導入について 15
：宝藤勝彦、塩見真矢、石原宏二、河﨑和明

２．災害を防止するための調査・研究

１）泥岩・沖積粘性土層の露出河道の侵食特性について 27
：塩見真矢、小川愛子、鈴木克尚、山本晃一

２）管理面の機能確保を目的とした河道内樹木の伐採計画について 35
：井上勇樹、宝藤勝彦、鈴木克尚

３）河川の堤防点検および今後の課題について..... 45
：松本大毅、吉田高樹、昆敏之

４）河川の維持管理実務のあり方についての考察..... 53
：小澤淳眞、安原達、昆敏之、鈴木克尚

５）地域住民への効果的な周知に向けた河川管理レポートについて 62
：久保壮史、河﨑和明

６）刈草放置の堤体強度への影響に対する研究 71
：戸谷英雄、山田政雄、山本嘉昭、大澤寛之

１．健全な河川生態系の保全・再生に関する調査・研究

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

大澤　寛之*・山田　政雄**・塩見　真矢*

１．はじめに

河川堤防は，河川及び流域の治水安全度を確保する上で最も重要な河川管理施設であり，その施設延長も長大である．その維持管理は，堤防に異常がないかどうか点検するため，年 2 回の除草を基本として行っており，その費用は維持管理予算の中でも最も大きなウェート（約 4～5 割）を占めている．

しかしながら，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，渡良瀬川河川事務所管内の堤防等において，新たな堤防植生管理手法として後述する「植物成長調整剤散布」と伝統的な「芝焼き」を現行の「刈取り」と組み合わせた管理手法を提案し，現地実証実験を行い，その有効性を実証した．よって，ここに「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」を提案するものである．

２．渡良瀬川における堤防植生の現状と課題

2.1　堤防植生の現状把握

堤防植生は，一般にその優占する種によって「シバ」，「チガヤ」，「外来牧草」，「広葉」，「オギ･ススキ」の 5 種のタイプに分類することができる[1)]．この分類を基に，渡良瀬川河川事務所管内における堤防植生の現状を把握するため，平成 23 年秋季と平成 24 年春季に堤防植生タイプ区分調査を実施した．

その結果，シバタイプが約20％，チガヤタイプ及び外来牧草タイプがそれぞれ約40％を占めていた(**図2･1**)．また，外来牧草タイプのうち，堤防維持管理上特に支障となるカラシナ型が約40％確認された(**図2･1**)．

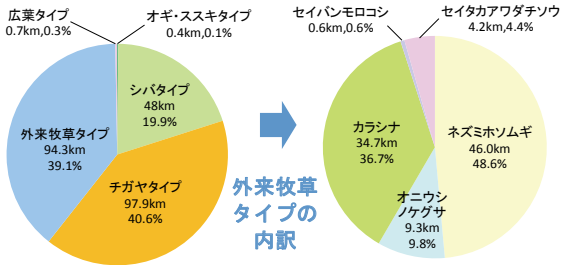


図2･1　渡良瀬川管内の堤防植生タイプの現状(延長割合)

これらの堤防植生タイプは，堤防の耐侵食機能と密接な関係[1), 2)]があり，耐侵食機能を保持するためには，根系が均一かつ密で厚くなる堤防植生タイプを維持することが重要視されている．特に，シバタイプやチガヤタイプは，外来牧草タイプより耐侵食機能が優れていることが知られている[1)]．

2.2　堤防管理面から見た現状の課題と対応の必要性

渡良瀬川における堤防管理面から見た現状の課題と対応の必要性について，以下のとおり整理した．

a) シバタイプ

シバタイプは，耐侵食性に優れているが，維持す

＊（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　主管研究員

るためには年 4 回以上の除草回数が必要であり[1), 3)]，現状の年 2 回除草では，外来牧草へ遷移してしまう傾向にある．そのため，現状のシバを維持できるような管理手法の検討が必要となる．

b) チガヤタイプ

チガヤタイプは，年2回程度の除草で維持管理可能であり，耐侵食性に優れている[1)]が，成長によっては草丈が高くなり，河川巡視・堤防点検への支障をきたすことが懸念される．そのため，チガヤの草丈管理が必要となる．

c) 外来牧草タイプ

外来牧草タイプは，耐侵食性が低く[1)]，外来植物の繁茂に伴い法面の草丈が高くなることから，河川巡視・堤防点検への支障を与えている．

特にカラシナ型は，春季に黄色い花が河川堤防を飾るが，夏季に根が肥大化した後に腐食するため，堤防の表土が軟化し，堤防表面の裸地化及び堤体の弱体化など堤防機能の低下が起きている．そのため，外来牧草を衰退させる必要がある．

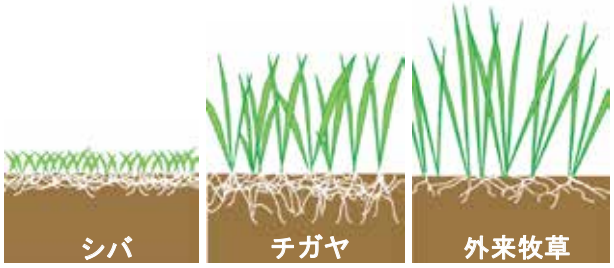


図2･1　堤防植生タイプ別の根系イメージ

シバタイプ　チガヤタイプ　外来牧草タイプ

図 2･2　主な堤防植生タイプ毎の状況

これらの課題と対応の必要性から，関連分野の研究者や専門家等からなる「渡良瀬川堤防管理技術検討会」及び，地域の関係者からなる「渡良瀬川堤防管理手法懇談会」を通じて，渡良瀬川における新たな堤防植生管理について検討することになった．

2.3　従来の管理手法(刈取り)による対応コスト比較

従来の管理手法(刈取り)を用いた場合とのコスト比は，以下のとおりとなる．

シバタイプでは，シバを維持をするためには年4回以上の刈取りが必要であり，コストは約2倍以上となる．

チガヤタイプでは，草丈を低く抑えるために年3回以上の刈取りが必要であり，コストは約1.5倍以上となる．

外来牧草タイプであればカラシナ等を抑制するために年3～4回以上の刈取りが必要であり，コストは約1.5～2倍以上となる．

以上のように，従来の管理手法(刈取り)ではコストが過大となってしまうため，新たな堤防植生管理手法の検討が必要となった．

3．新たな堤防植生管理手法の検討フロー

新たな堤防植生管理手法の検討フローを以下に示す(図3･1)．

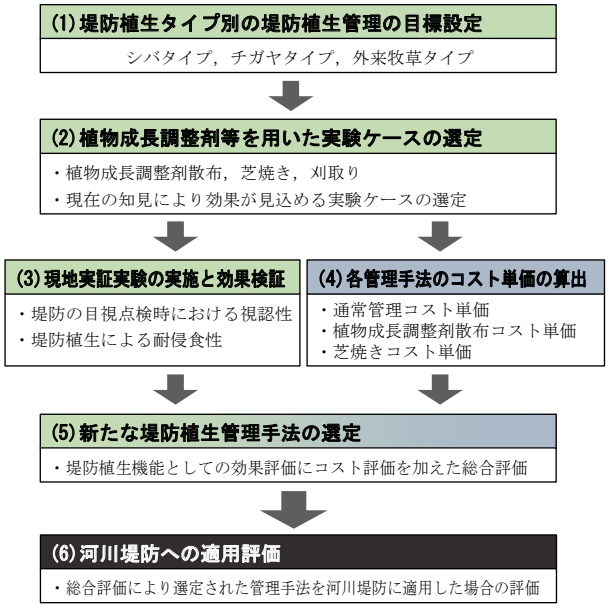


図3･1　新たな堤防植生管理手法の検討フロー

具体的には，(1)シバタイプ，チガヤタイプ，外来牧草タイプのそれぞれにおける「堤防植生タイプ別の堤防植生管理の目標設定」，(2)植物成長調整

剤散布・芝焼き・刈取りの組合せと現在の知見により効果が見込める「堤防植生管理手法・実験ケースの選定」を行い，(3)堤防の目視点検時における視認性と堤防植生による耐侵食性について「現地実証実験の実施と効果検証」を行った．(4)「各管理手法のコスト単価の算出」では通常管理コスト単価・植物成長調整剤散布コスト単価・芝焼きコスト単価を算出し，(5)堤防植生機能としての効果評価にコスト評価を加えた総合評価から「新たな堤防植生管理手法の選定」を行った．

そして，渡良瀬川河川事務所管内の堤防をケーススタディとして，(6)総合評価により選定された管理手法を河川堤防に適用した場合の「河川堤防への適用評価」を行った．

3.1　堤防植生タイプ別の堤防植生管理の目標設定

前述の現状と課題を踏まえて，堤防植生タイプ別の堤防植生管理の目標設定を行った．

堤防植生管理の目標は，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ことを前提に，①外来牧草タイプは，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シバタイプは，現状の植生を保つように管理する．③チガヤタイプは，草丈管理を前提に現状の植生を保つように管理する．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．

この目標達成に向けて，新たな堤防植生管理手法を検討し，現地実証実験を経て，その有効性について検証を行った．

3.2　植物調整剤等を用いた実験ケースの選定

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り，過去に河川堤防での使用実績がある「植物成長調整剤散布」，②過去に行われていた伝統的な手法である「芝焼き」，③現状で行われている「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を選定した．

ここで，新たな堤防植生管理手法を提案した背景を以下に述べる．

河川堤防における「植物成長調整剤」の使用は，平成2年の事務連絡(河川局河川計画課河川環境対策室長等)「農薬の使用に関する河川の維持管理について」により，原則上水道取水口の上流区域での使用が制限されている．

その後，平成14年，15年の農薬取締法の大改正によって，無登録農薬の製造禁止及び輸入の禁止，無登録農薬の使用規制，農薬の使用基準の設定，法律違反の罰則などの強化が図られた(**図3･2**)．

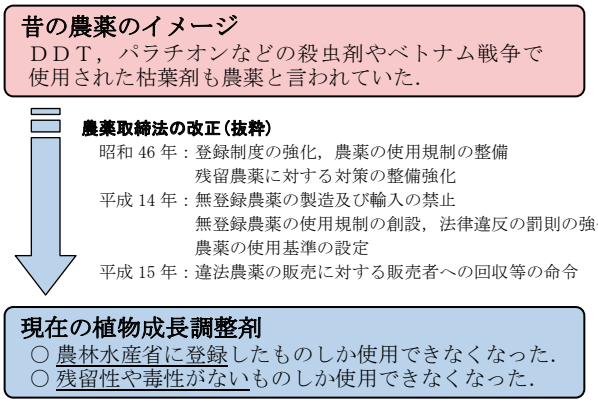


図 3･2　農薬取締法の改正による農薬の安全性の向上

今回使用した「植物成長調整剤」は，植物にしかない機能(光合成，アミノ酸の合成等による成長)に働きかけて成長を抑制する農薬であり，厳しい試験を合格し安全確認されたものしか登録・使用ができなくなっている．さらに，この「植物成長調整剤」は既に農業用に限らず，家庭菜園や園芸用などにも広く使用されている．

具体的な「植物成長調整剤」の選定にあたっては，外来牧草やチガヤの草丈抑制効果，カラシナの衰退効果，シバの維持効果といった，各堤防植生タイプ毎の管理目標に対して効果を示す植物成長調整剤を以下の５種類の中から選定し採用した(**表 3･1**, **表 3･2**).

表3･1　各植物成長調整剤の効果

登録 No	植物成長調整剤	効果
17622	フルルプリミドール	広葉やイネ科の植生が伸びるのを抑制
19644	ビスピリバックナトリウム塩	
21766	グリホサートカリウム塩	広葉やイネ科の植生が衰退
19569	MCPA イソプロピルアミン塩	芝には影響がなく，カラシナやセイタカアワダチソウ等の広葉の植生が衰退
20153	ハロスルフロンメチル	

各植物成長調整剤の使用量については，使用濃度による効果の違いを把握する目的で，各植物成長調整剤の農林水産省に登録されている規定の使用量の下限値の105%，平均値，上限値の95%の３段階に分けて実施した(**表3･2**).

表3･2　各植物成長調整剤の使用量

堤防植生タイプ	植物成長調整剤	実験散布量(㎡当り)		
		下限値	平均値	上限値
外来牧草タイプ(カラシナ型以外)	フルルプリミドール(粒材)	21.00g	30.00g	38.00g
	ビスピリバックナトリウム塩	0.53ml	0.75ml	0.95ml
外来牧草タイプ(カラシナ型)	MCPA イソプロピルアミン塩	1.05ml	1.50ml	1.90ml
	グリホサートカリウム塩	1.05ml	1.50ml	1.90ml
シバタイプ	MCPA イソプロピルアミン塩	1.05ml	1.25ml	1.43ml
	ハロスルフロンメチル	0.03g	0.04g	0.05g
チガヤタイプ	フルルプリミドール(粒材)	21.00g	30.00g	38.00g
	ビスピリバックナトリウム塩	0.53ml	0.75ml	0.95ml

現地実証実験で検証する堤防植生管理手法は，以下の 12 ケースを選定した(**表 3･3**).

表 3･3　堤防植生タイプ別の実験ケース

堤防植生タイプ		実験ケース
外来牧草タイプ(カラシナ型以外)	1	フルルプリミドール散布(11 月)＋刈取り(5 月)
	2	ビスピリバックナトリウム塩散布(4 月)＋刈取り(5 月)
	3	刈取り(5 月，8 月)＋芝焼き(6 月)
外来牧草タイプ(カラシナ型)	4	MCPA イソプロピルアミン塩散布(11 月)
	5	グリホサートカリウム塩散布(11 月)＋芝焼き(2 月)
シバタイプ	6	MCPA ｲｿﾌﾟﾛﾋﾟﾙｱﾐﾝ塩+ﾊﾛｽﾙﾌﾛﾝﾒﾁﾙ散布(11 月)
	7	MCPA ｲｿﾌﾟﾛﾋﾟﾙｱﾐﾝ塩+ﾊﾛｽﾙﾌﾛﾝﾒﾁﾙ散布(11 月)＋芝焼き(2 月)
	8	MCPA ｲｿﾌﾟﾛﾋﾟﾙｱﾐﾝ塩+ﾊﾛｽﾙﾌﾛﾝﾒﾁﾙ散布(11 月)＋刈取り(8 月)
チガヤタイプ	9	フルルプリミドール散布(11 月)＋刈取り(5 月)
	10	ビスピリバックナトリウム塩散布(4 月)＋刈取り(8 月)
	11	刈取り(5 月，8 月)＋芝焼き(6 月)
	12	刈取り(5 月，8 月)＋集草処分(5 月)

なお，過去に行われていた伝統的な手法である「芝焼き」は，市街化の進展による周辺環境に対する影響面から次第に行われなくなったが，法律的には禁じられているものではない.

「刈取り」は，前述したように植生により適切な除草回数があり，年2回除草といった定型的な対応では問題があることが指摘されている.

４．現地実証実験の実施

4.1　現地実証実験の実施概要

実験場所は，植物成長調整剤に関わる実験は河川以外の管理された用地の宇都宮大学附属農場内(1 実験ケース当りの面積:16 ㎡)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(実験ケース面積：No.3 が 150 ㎡，No.11 が 120 ㎡，No.12 が 1,000 ㎡)とした.

図 4･1　植物成長調整剤散布の実験場所（宇都宮大学附属農場）

平成 25 年 5 月から順次実験を開始し，毎月 1 回（冬季は隔月）のモニタリング調査を平成 26 年 10 月まで実施した．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を実施した.

また，これらの調査以外に，植物成長調整剤の安全性確認実験を実施した.

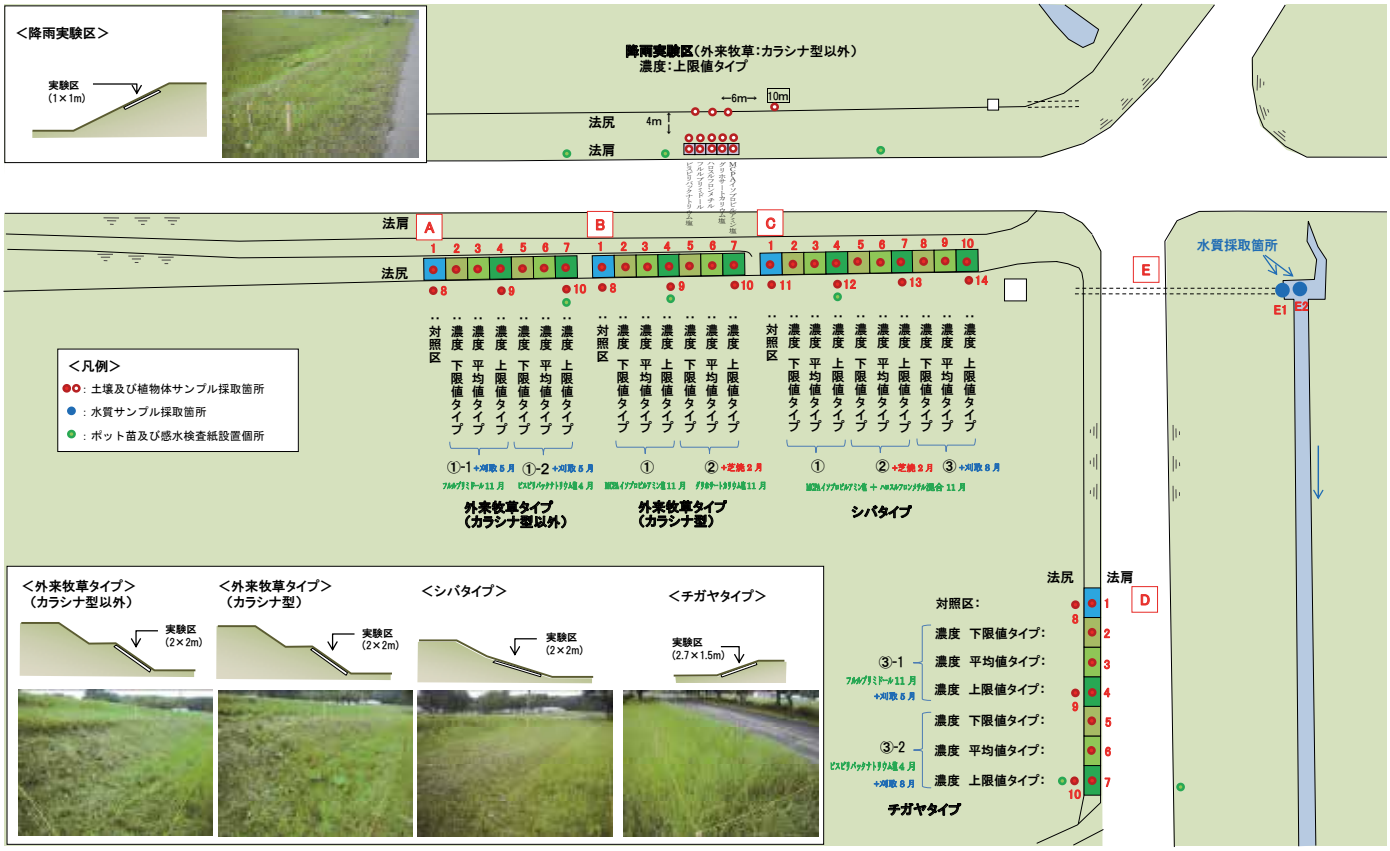


図 4.2　植物成長調整剤の実験場所詳細図

4.2　植物成長調整剤散布における安全性確認実験の実施

実験で使用する各植物成長調整剤は，安全性が確保されたものであるが，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．

a）植物成長調整剤の固定分解状況の確認実験

植物成長調整剤は，植物・土壌への吸収・吸着で固定され，光や植物体内での酵素，微生物等により分解される．その固定分解状況は，植物成長調整剤の種類や対象植物等により異なるため，本実験で確認した．

実験内容は，植物に植物成長調整剤を散布した箇所において，散布前，散布後(1 日後，1 週後(7 日)，3 週後(21 日)，10 週後(70 日)，30 週後(210 日))の植物体及び土壌を合わせてサンプリングし，個々の有効成分濃度を分析して，固定分解状況の経過を把握した．

結果は，散布後 3 週間で概ね固定分解され 10 週間で検出されなくなった(**図 4･3**)．この固定分解状況は，一般的な植物成長調整剤として妥当な結果であった．

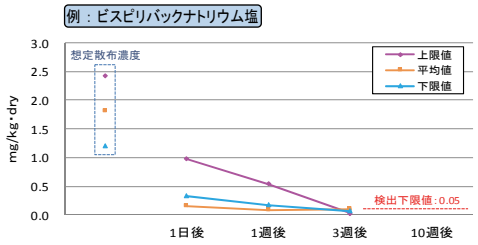


図 4･3　植物成長剤調整剤の固定分解状況(例)

b）植物成長調整剤流出の有無の確認実験

植物成長調整剤は，土砂降り相当(気象庁基準)の降雨によって，表土と共に流出することが懸念される面もあることから，流出の有無を確認する実験を実施した(**図 4･4**，**図 4･5**)．

実験内容は，①雨量強度 30㎜/h 程度の人工降雨を降らせる散水装置を設計製作，②実験区へ 5 種

類の植物成長調整剤を散布，③散布の 24 時間後に人工的な降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，実験区直下 4m，実験区直下 10m の位置で表層土壌のサンプリングを実施，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4･4　散水装置と実験地の状況

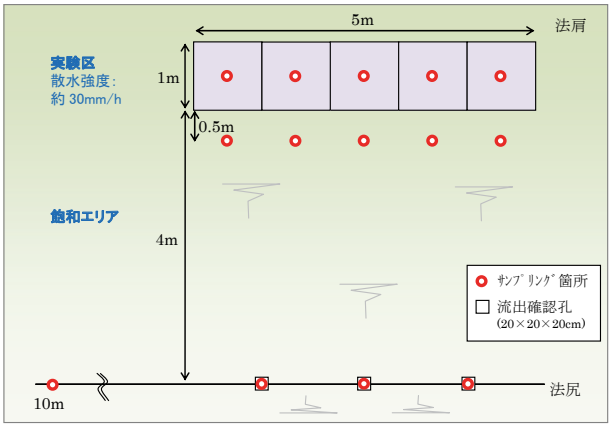


図 4･5　植物成長調整剤流出の有無の確認実験場

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，植物成長調整剤を散布した実験区の直下 0.5m，さらにその下流の全地点，及び，全ての時間帯で有効成分は全く検出されなかった(図 4･6)．

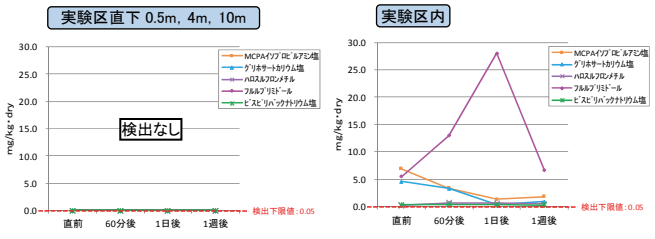


図 4･6　人工降雨による植物成長調整剤の成分検出結果

以上のように，植物成長調整剤の土壌等への固定分解状況や降雨による流出について，その安全性を確認した．

５．効果検証における評価方法及び評価結果

5.1　効果検証における評価方法

各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 5･1)．

表 5･1　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．

なお，堤防植生の成長変化による雨水等の堤体への浸透に対する影響については，各実験ケースにおいて植生(根系を含む)が実験エリア全体に確認されていることから，影響はないものと考える．

5.2　効果検証における評価結果

前述の評価方法により，堤防植生タイプ別に各実験ケースの効果評価を行った(図 5･1～5･12)．

a) 外来牧草タイプ(カラシナ型以外)の実験ケース

外来牧草タイプ(カラシナ型以外)では，ケース No.2

が堤防植生の成長期である８月と９月の評価月において目視点検が可能な草丈が維持され，植物成長調整剤散布により広葉植物の抑制効果が確認できることから(**図 5･2**)，有効な管理手法として評価できる．

b) 外来牧草タイプ(カラシナ型)の実験ケース

外来牧草タイプ(カラシナ型)では，植物成長調整剤散布後に，管理目標とするカラシナの衰退が確認されている．特に，ケース No.5 が堤防植生の成長期である 8 月と 9 月の評価月において目視点検が可能な草丈が維持され，芝焼き後は広葉植物が抑制されイネ科植物が増加していることから(**図 5･5**)，有効な管理手法として評価できる．

c) シバタイプの実験ケース

シバタイプでは，全てのケースにおいて植物成長

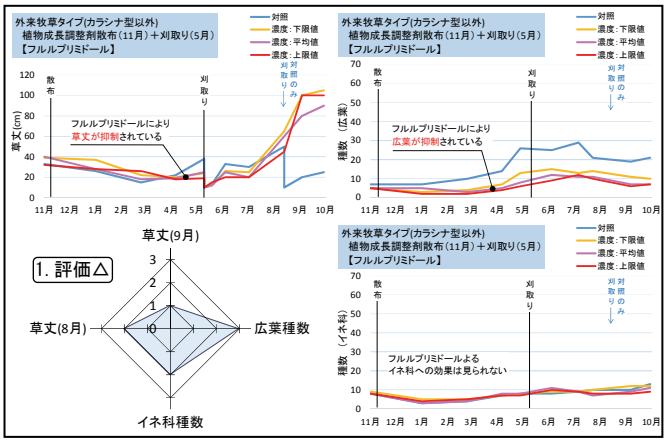


図 5･1　No1. ﾌﾙﾙﾌﾟﾘﾐﾄﾞｰﾙ散布(11 月)＋刈取り(5 月)の実験結果

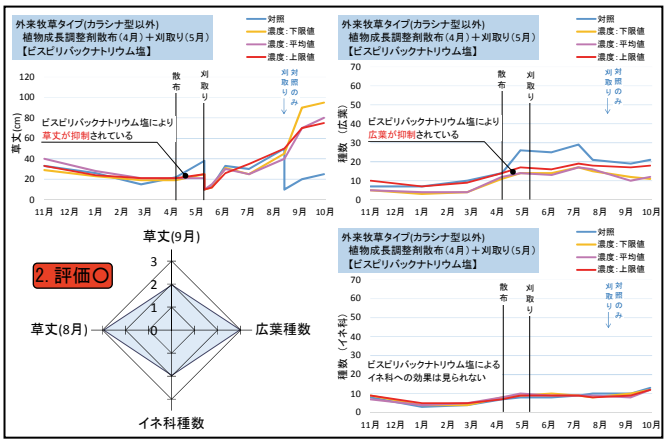


図 5･2　No2. ﾋﾞｽﾋﾟﾘﾊﾞｯｸﾅﾄﾘｳﾑ塩散布(4 月)＋刈取り(5 月)の実験結果

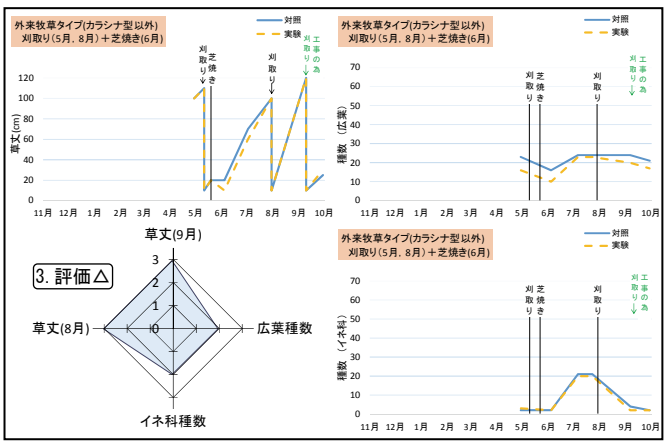


図 5･3　No3. 刈取り(5 月，8 月)＋芝焼き(6 月)の実験結果

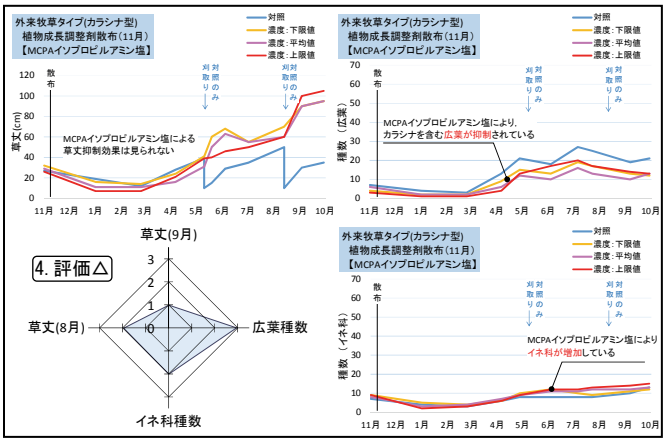


図 5･4　No4. MCPA ｲｿﾌﾟﾛﾋﾟﾙｱﾐﾝ塩散布(11 月)の実験結果

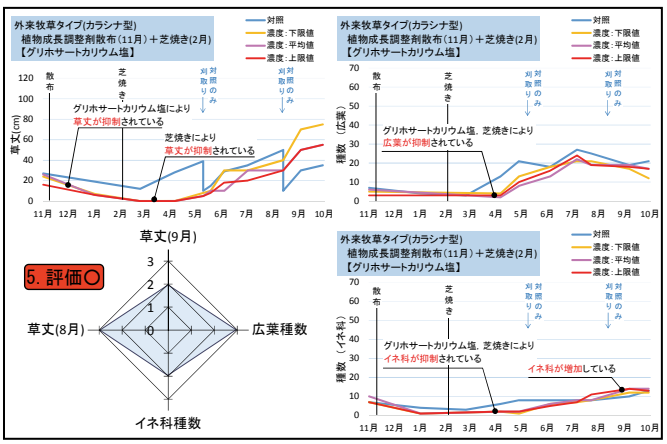


図 5･5　No5. ｸﾞﾘﾎｻｰﾄｶﾘｳﾑ塩散布(11 月)＋芝焼き(2 月)の実験結果

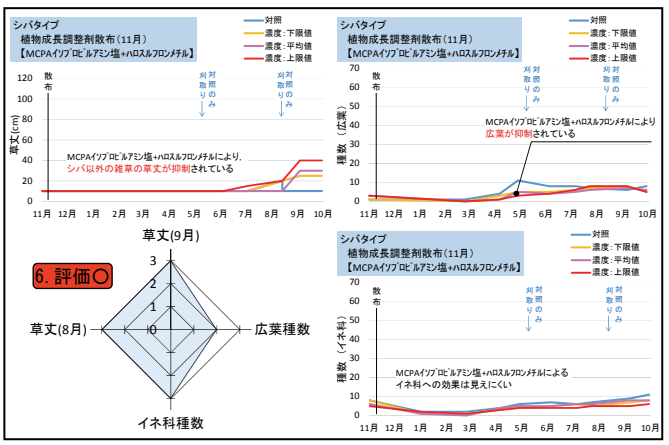


図 5･6　No6. MCPA ｲｿﾌﾟﾛﾋﾟﾙｱﾐﾝ塩+ﾊﾛｽﾙﾌﾛﾝﾒﾁﾙ散布(11 月)の実験結果

調整剤散布や芝焼きにより，広葉植物の抑制効果があり，シバが良好に維持され，年間を通じて目視点検が可能な草丈が維持されていることから(**図 5･6**, **図 5･7**, **図 5･8**)，全てのケースが有効な管理手法として評価できる．

d) チガヤタイプの実験ケース

チガヤタイプでは，ケース No.10 が堤防植生の成長期である 8 月と 9 月の評価月において目視点検が可能な草丈が維持され，チガヤの成長も良好で植物成長調整剤散布により広葉植物の抑制効果が確認できることから(**図 5･10**)，有効な管理手法として評価できる．

また，ケース No.11 が堤防植生の成長期である 8

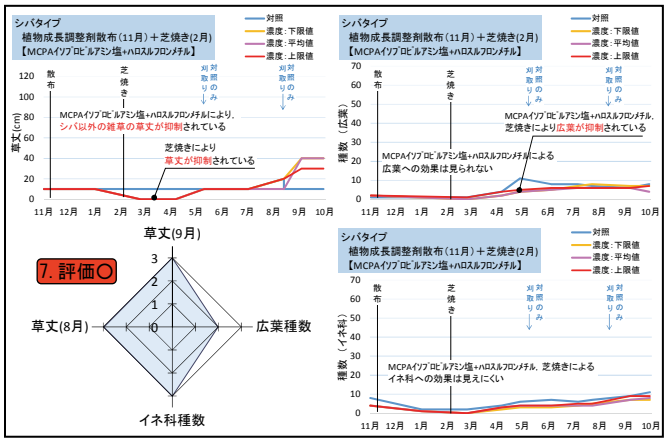


図 5･7　No7. MCPA ｲｿﾌﾟﾛﾋﾟﾙｱﾐﾝ塩+ﾊﾛｽﾙﾌﾛﾝﾒﾁﾙ散布(11 月)＋芝焼き(2 月)の実験結果

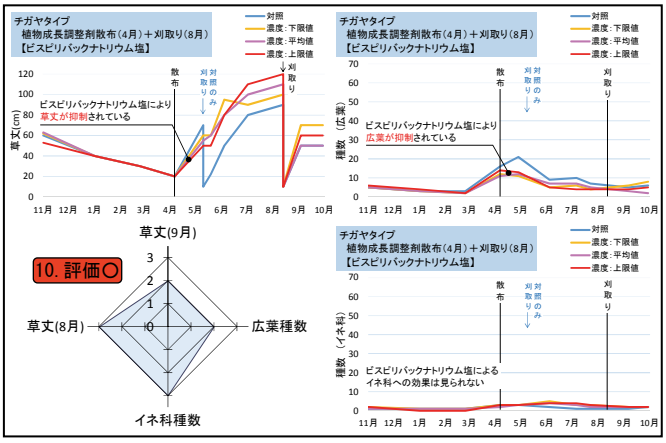


図 5･10　No10. ﾋﾞｽﾋﾟﾘﾊﾞｯｸﾅﾄﾘｳﾑ塩散布(4 月)＋刈取り(8 月)の実験結果

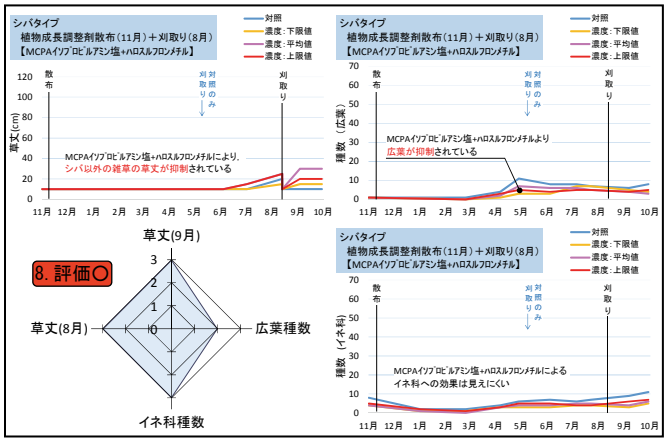


図 5･8　No8. MCPA ｲｿﾌﾟﾛﾋﾟﾙｱﾐﾝ塩+ﾊﾛｽﾙﾌﾛﾝﾒﾁﾙ散布(11 月)＋刈取り(8 月)の実験結果

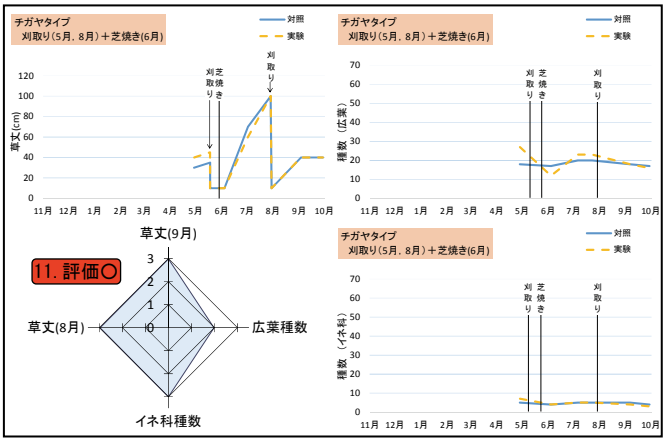


図 5･11　No11. 刈取り(5 月，8 月)＋芝焼き(6 月)の実験結果

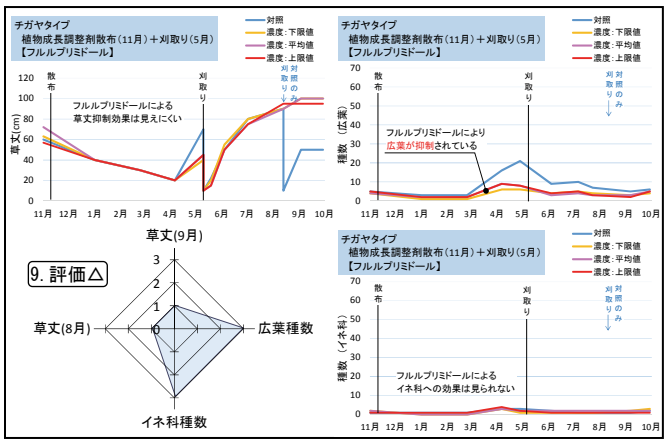


図 5･9　No9. ﾌﾙﾙﾌﾟﾘﾐﾄﾞｰﾙ散布(11 月)＋刈取り(5 月)の実験結果

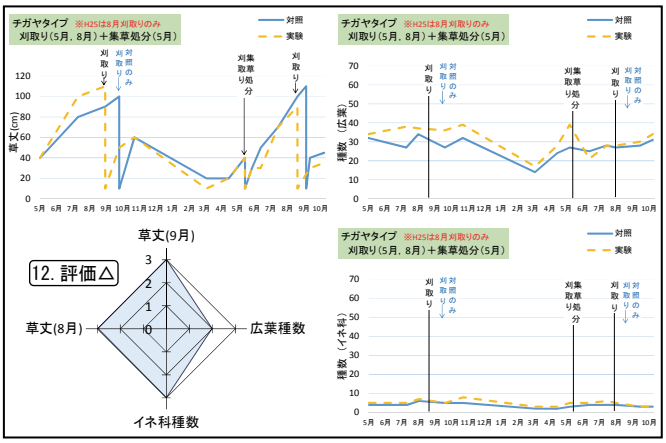


図 5･12　No12. 刈取り(5 月，8 月)＋集草処分(5 月)の実験結果

月と 9 月の評価月において目視点検が可能な草丈が維持され，チガヤの成長も良好である(**図 5･11**)．加えて，刈取り後の芝焼きにより集草・処分費が削減できることから，有効な管理手法として評価できる．

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(**表 5･1**)，効果評価した結果は以下のとおりである(**表 5･2**)．

表5･2　各実験ケース毎の効果評価結果

堤防植生タイプ		実験ケース	草丈		植物相		合計	効果評価
			8 月	9 月	広葉	イネ科		
外来牧草タイプ(カラシナ型以外)	1	フルプリミドール散布(11 月)＋刈取り(5 月)	2	1	3	2	8	△
	2	ピスピリバックナトリウム塩散布(4 月)＋刈取り(5 月)	3	2	3	2	10	○
	3	刈取り(5 月, 8 月)＋芝焼き(6 月)	3	3	2	2	10※	△
外来牧草タイプ(カラシナ型)	4	MCPA イソプロピルアミン塩散布(11 月)	2	1	3	2	8	△
	5	グリホサートカリウム塩散布(11 月)＋芝焼き(2 月)	3	2	3	2	10	○
シバタイプ	6	MCPA イソプロピルアミン+ハロスルフロンメチル散布(11 月)	3	3	2	3	11	○
	7	MCPA イソプロピルアミン+ハロスルフロンメチル散布(11 月)＋芝焼き(2 月)	3	3	2	3	11	○
	8	MCPA イソプロピルアミン+ハロスルフロンメチル散布(11 月)＋刈取り(8 月)	3	3	2	3	11	○
チガヤタイプ	9	フルプリミドール散布(11 月)＋刈取り(5 月)	1	1	3	3	8	△
	10	ピスピリバックナトリウム塩散布(4 月)＋刈取り(8 月)	3	2	2	3	10	○
	11	刈取り(5 月, 8 月)＋芝焼き(6 月)	3	3	2	3	11	○
	12	刈取り(5 月, 8 月)＋集草処分(5 月)	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
※但し 3,12 は合計が高いが対照区と比べて効果に差がないため△とした

6．コスト評価を加えた各管理手法の総合評価

6.1　各管理手法のコスト単価の算出

堤防植生タイプ別の各管理手法の効果検証結果に対する評価は，堤防植生機能としての効果評価に加えて，実際に河川堤防での維持管理作業を実施する場合のコスト(経済性)評価も含めた総合評価が必要である．

そのため，通常管理(除草年2回，集草処分年1回)および堤防植生タイプ別の各管理手法(各実験ケース)のコスト単価を算出した．

a) 通常管理コスト単価の算出

渡良瀬川における堤防植生の通常管理(除草年2回，集草処分年1回)に係るコスト単価は，渡良瀬川河川事務所管内の各出張所(桐生出張所，足利出張所，佐野河川出張所)における平成26年度維持管理工事の直接工事費(官積算)を用いて算出した．

以下に，通常管理コスト単価の算出方法および算出結果(**表6･1**)を示す．

【通常管理コスト単価の算出方法】

- 管内各出張所直接工事費より，該当する工種毎(除草，集草+積込･運搬+処分)，規格別(機械式，肩掛式，人力)を整理し算出した．
- 除草および集草は，全除草対象面積のうち，機械式面積が 9 割を占めるため，機械式の除草単価(8,013 円/千m^2×2 回=16,026 円/千 m^2)，機械式の集草単価(10,273 円/千m^2)を算出した．
- 積込･運搬は，管内各出張所直接工事費より，積込･運搬単価(5,084 円/千m^2)を算出した．
- 処分は，管内各出張所直接工事費と全集草対象面積から，処分単価(1,747 円/千m^2)を算出した．

表6･1　通常管理コスト単価の算出結果

項目	年間実施回数	コスト単価
除草	年 2 回 (春季：5～6 月，秋季 8～9 月)	16,026 円/千 m^2
集草処分 (集草＋積込･運搬＋処分)	年 1 回 (春季除草後)	17,104 円/千 m^2
合計	除草年 2 回＋集草処分年 1 回	**33,130 円/千 m^2**

b) 植物成長調整剤散布コスト単価の算出

植物成長調整剤散布コスト単価は，労務費およびトラック運転経費等を計上した「工事単価」に，メーカー希望小売価格(単価)に使用量を乗じた「材料単価」を加えて算出した．以下に，各コスト単価の算出方法および植物成長調整剤散布コスト単価の算出結果(**表 6･2**)を示す．

【工事単価の算出方法】

- 工事単価算出項目は，「平成 3 年建設工事標準歩掛(財団法人建設物価調査会)」における「堤防芝養生工 薬剤散布工」を参考とした．
- 労務単価は，「国土交通省公共工事設計労務単価(H26.2)，栃木県」を用いた．
- 作業員の歩掛は，「堤防芝養生工 薬剤散布工」を基に，作業実績のある業者へのヒアリングを通じて設定した．
- トラック運転は，「動力噴霧器およびポンプ搭載用のトラック運転」の歩掛・損料がなかったため，「ダンプトラック 2t 積級運転」と同程度であると想定して設定した．
- 諸雑費は，動力噴霧器運転およびポンプ運転の費用であり，労務費およびトラック運転経費の合計金額

に 8%を乗じた金額とした.
・なお，作業における誘導員や安全監視員の安全費は，間接工事費(共通仮設費および現場管理費)のため，含まれていない.

【材料単価の算出方法】
・各植物成長調整剤の材料単価は，各販売メーカーへのヒアリングにより設定した.
・なお，各植物成長調整剤の使用量により，上限値の 95%値，平均値，下限値の 105%値の 3 タイプの材料単価をそれぞれ算出した.

表6･2　植物成長調整剤散布コスト単価の算出結果

外来牧草タイプ（カラシナ型以外）

植物成長調整剤		コスト（円/千 m²）		
		工事単価	材料単価	合計
フルルプリミドール(粒材)	下限値	6,620	48,000	**54,620**
	平均値	6,620	72,000	**78,620**
	上限値	6,620	96,000	**102,620**
ビスピリバックナトリウム塩	下限値	6,620	6,500	**13,120**
	平均値	6,620	9,750	**16,370**
	上限値	6,620	13,000	**19,620**

外来牧草タイプ（カラシナ型）

植物成長調整剤		コスト（円/千 m²）		
		工事単価	材料単価	合計
MCPA イソプロピルアミン塩	下限値	6,620	2,400	**9,020**
	平均値	6,620	3,600	**10,220**
	上限値	6,620	4,800	**11,420**
グリホサートカリウム塩	下限値	6,620	3,600	**10,220**
	平均値	6,620	5,400	**12,020**
	上限値	6,620	7,200	**13,820**

シバタイプ

植物成長調整剤		コスト（円/千 m²）		
		工事単価	材料単価	合計
MCPA イソプロピルアミン塩＋ハロスルフロンメチル	下限値	6,620	4,800	**11,420**
	平均値	6,620	6,200	**12,820**
	上限値	6,620	7,600	**14,220**

チガヤタイプ

植物成長調整剤		コスト（円/千 m²）		
		工事単価	材料単価	合計
フルルプリミドール(粒材)	下限値	6,620	48,000	**54,620**
	平均値	6,620	72,000	**78,620**
	上限値	6,620	96,000	**102,620**
ビスピリバックナトリウム塩	下限値	6,620	6,500	**13,120**
	平均値	6,620	9,750	**16,370**
	上限値	6,620	13,000	**19,620**

c) 芝焼きコスト単価の算出

芝焼きコスト単価は，次に示す芝焼きコスト単価の算出方法より算出した．以下に，芝焼きコスト単価の算出結果(**表6･3**)を示す.

【芝焼きコスト単価の算出方法】
・工事単価算出項目は，「平成 3 年建設工事標準歩掛(財団法人建設物価調査会)」における「堤防芝養生工 芝焼工」を参考とした.
・労務単価は，「国土交通省公共工事設計労務単価(H26.2)，栃木県」を用いた.
・作業員の歩掛は，「堤防芝養生工 芝焼工」を基に，作業実績のある業者へのヒアリングを通じて設定した.
・トラック運転は，「ダンプトラック 2t 積級運転」として設定した.
・諸雑費は，労務費およびトラック運転経費の合計金額に 4%を乗じた金額とした.

表6･3　芝焼きコスト単価の算出結果

（10,000m² 当たり）

名称	単位	数量	単価	金額	適用
世話役	人	0.58	21,300	12,354	労務費
普通作業員	人	2.9	16,600	48,140	
トラック運転	H	4.8	4,098	19,670	ﾄﾗｯｸ運転経費(2ｔ積みﾄﾗｯｸ)
諸雑費	%	4		3,207	(労務費+ﾄﾗｯｸ運転経費)×0.04
計				83,371	
				8,337	1,000m² 当たり

6.2　新たな堤防植生管理手法の選定

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新たな堤防植生管理手法の選定を行った(**表6･4**).

以下に，各堤防植生タイプ別に選定された新たな堤防植生管理手法について，その詳細を述べる.

a) 外来牧草タイプ(カラシナ型以外)

実験ケースNo.2の「ビスピリバックナトリウム塩散布(4月)＋刈取り(5月)」の管理手法は，堤防植生機能としての効果評価が高く，コスト評価でも通常管理コスト単価に対して0.74倍と約25%のコスト縮減が見込める.

b) 外来牧草タイプ(カラシナ型)

実験ケースNo.5の「グリホサートカリウム塩散布(11月)＋芝焼き(2月)」の管理手法は，堤防機能の弱体化の原因となっているカラシナを確実に衰退できる等，堤防植生機能としての効果評価が高く，

表 6-4　総合評価による効率的・効果的な新たな堤防植生管理手法の選定結果

堤防植生タイプ		実験ケース	効果評価	コスト算出結果（千 m² 当たり：H26 直工単価） 植物成長調整剤	刈取り	芝焼き	集草処分	合計	コスト評価（●/通常管理）	総合評価
外来牧草タイプ（カラシナ型以外）		通常管理：刈取り(5 月，8 月)＋集草処分(5 月)			16,026 円		17,104 円	33,130 円		
	1	植物成長調整剤(11 月)＋刈取り(5 月)〔フルルプリミドール〕	[下限値]△	54,620 円	8,013 円			62,633 円	× (2.61 倍)	△
			[平均値]△	**78,620 円**	8,013 円			**86,633 円** ●		
			[上限値]△	102,620 円	8,013 円			110,633 円		
	2	植物成長調整剤(4 月)＋刈取り(5 月)〔ビスピリバックナトリウム塩〕	[下限値]△	13,120 円	8,013 円			21,133 円	○ (0.74 倍)	○
			[平均値]○	**16,370 円**	8,013 円			**24,383 円** ●		
			[上限値]○	19,620 円	8,013 円			27,633 円		
	3	刈取り(5 月，8 月)＋芝焼き(6 月)	△		16,026 円	8,337 円		**24,363 円** ●	○ (0.74 倍)	△
外来牧草タイプ（カラシナ型）		通常管理：刈取り(5 月，8 月)＋集草処分(5 月)			16,026 円		17,104 円	33,130 円		
	4	植物成長調整剤(11 月)〔MCPA イソプロピルアミン塩〕	[下限値]△	9,020 円				9,020 円	○ (0.31 倍)	△
			[平均値]△	**10,220 円**				**10,220 円** ●		
			[上限値]△	11,420 円				11,420 円		
	5	植物成長調整剤(11 月)＋芝焼き(2 月)〔グリホサートカリウム塩〕	[下限値]○	10,220 円		8,337 円		18,557 円	○ (0.61 倍)	○
			[平均値]○	**12,020 円**		8,337 円		**20,357 円** ●		
			[上限値]○	13,820 円		8,337 円		22,157 円		
シバタイプ		通常管理：刈取り(5 月，8 月)＋集草処分(5 月)			16,026 円		17,104 円	33,130 円		
	6	植物成長調整剤(11 月)〔MCPA イソプロピルアミン塩+ハロスルフロンメチル〕	[下限値]○	11,420 円				11,420 円	○ (0.39 倍)	○
			[平均値]○	**12,820 円**				**12,820 円** ●		
			[上限値]○	14,220 円				14,220 円		
	7	植物成長調整剤(11 月)＋芝焼き(2 月)〔MCPA イソプロピルアミン塩+ハロスルフロンメチル〕	[下限値]○	11,420 円		8,337 円		19,757 円	○ (0.64 倍)	○
			[平均値]○	**12,820 円**		8,337 円		**21,157 円** ●		
			[上限値]○	14,220 円		8,337 円		22,557 円		
	8	植物成長調整剤(11 月)＋刈取り(8 月)〔MCPA イソプロピルアミン塩+ハロスルフロンメチル〕	[下限値]○	11,420 円	8,013 円			19,433 円	○ (0.63 倍)	○
			[平均値]○	**12,820 円**	8,013 円			**20,833 円** ●		
			[上限値]○	14,220 円	8,013 円			22,233 円		
チガヤタイプ		通常管理：刈取り(5 月，8 月)＋集草処分(5 月)			16,026 円		17,104 円	33,130 円		
	9	植物成長調整剤(11 月)＋刈取り(5 月)〔フルルプリミドール〕	[下限値]△	54,620 円	8,013 円			62,633 円	× (2.61 倍)	△
			[平均値]△	**78,620 円**	8,013 円			**86,633 円** ●		
			[上限値]△	102,620 円	8,013 円			110,633 円		
	10	植物成長調整剤(4 月)＋刈取り(8 月)〔ビスピリバックナトリウム塩〕	[下限値]○	13,120 円	8,013 円			21,133 円	○ (0.74 倍)	○
			[平均値]○	**16,370 円**	8,013 円			**24,383 円** ●		
			[上限値]○	19,620 円	8,013 円			27,633 円		
	11	刈取り(5 月，8 月)＋芝焼き(6 月)	○		16,026 円	8,337 円		**24,363 円** ●	○ (0.74 倍)	○
	12	刈取り(5 月，8 月)＋集草処分(5 月)	△		16,026 円		17,104 円	**33,130 円** ●	○ (1.00 倍)	△

※総合評価：堤防植生機能としての効果評価にコスト評価を加えて総合評価したものを○とした.

コスト評価でも通常管理コスト単価に対して0.61倍と約40%のコスト縮減が見込める.

c) シバタイプ

全ての管理手法(実験ケース)において，シバが良好に維持できることから堤防植生機能としての効果評価が高い．コスト評価においては，実験ケースNo.6の「MCPAイソプロピルアミン塩＋ハロスルフロンメチル散布(11月)」の管理手法が通常管理コスト単価に対して0.39倍と約60%のコスト縮減が見込める．同様に，実験ケースNo.7の「MCPAイソプロピルアミン塩＋ハロスルフロンメチル散布(11月)＋芝焼き(2月)」の管理手法では0.64倍と約35 %のコスト縮減が，実験ケースNo.8の「MCPAイソプロピルアミン塩＋ハロスルフロンメチル散布(11月)＋刈取り(8月)」では0.63倍と約35%のコスト縮減が見込める.

d) チガヤタイプ

実験ケースNo.10の「ビスピリバックナトリウム塩散布(4月)＋刈取り(8月)」の管理手法は，チガヤが良好に維持され堤防植生機能としての効果評価が高く，コスト評価でも通常管理コスト単価に対して0.74倍と約25%のコスト縮減が見込める．また，実験ケースNo.11の「刈取り(5月，8月)＋芝焼き(6月)」の管理手法では，チガヤが良好に維持され堤防植生機能としての効果評価が高く，コスト評価でも刈取り後の芝焼きにより集草・処分費が削減できることから，通常管理コスト単価に対して0.74倍と約25%のコスト縮減が見込める.

以上のように，堤防植生機能としての効果評価にコスト評価を加えた総合評価により，現行の刈取りによる堤防植生管理手法に代わる新たな堤防植生管理手法として，計7手法を選定した.

7．河川堤防への適用評価

前述において総合評価により選定された新たな堤防植生管理手法について，渡良瀬川河川事務所管

内の堤防をケーススタディとして適用した場合の評価を行った.

7.1 適用する各管理手法について

適用する各管理手法については，総合評価により選定された新たな管理手法を基本とする(**表7･1**).

表7･1 適用する各管理手法

堤防植生タイプ	堤防植生管理手法 （※濃度は平均値とする）
外来牧草タイプ（カラシナ型以外）	ビスピリバックナトリウム塩散布(4月)＋刈取り(5月)
外来牧草タイプ（カラシナ型）	グリホサートカリウム塩散布(11月)＋芝焼き(2月)
	グリホサートカリウム塩散布(11月)＋刈取り(5月)
シバタイプ	MCPAイソプロピルアミン塩+ハロスルフロンメチル散布(11月)＋芝焼き(2月)
	MCPAイソプロピルアミン塩+ハロスルフロンメチル散布(11月)＋刈取り(8月)
チガヤタイプ	ビスピリバックナトリウム塩散布(4月)＋刈取り(8月)
	刈取り(5月，8月)＋芝焼き(6月)

なお，外来牧草タイプ(カラシナ型)の「グリホサートカリウム塩散布(11月)＋刈取り(5月)」は，現地実証実験による効果検証を実施していないが，堤防沿いに隣接する住宅地等の現地条件から芝焼きの実施が困難な場合の代替用として追加した管理手法である.

7.2 各管理手法の適用範囲設定にあたっての基本方針

各管理手法は，住宅地等の有無により適応可能か判断する必要がある．そこで，各管理手法の適用範囲設定にあたっての基本方針を以下のとおり設定した.

各管理手法の適用範囲設定にあたっての基本方針

・各堤防植生タイプにより，各管理手法の適用範囲を区分する.
・川裏の堤防沿いに隣接する住宅地等の有無により，各管理手法の適用範囲を区分する.

・植物成長調整剤散布 ・刈取り	堤防沿いに隣接する住宅地等の有無に関係なく適用する.
・芝焼き	堤防沿いに隣接する住宅地等が無い範囲に適用する.

上記の基本方針を基に，各管理手法を整理した結果は下表のとおりである(**表7･2**).

表7･2 各管理手法の適用範囲

堤防植生タイプ	住宅地等の有無	
	有（住宅地，公共施設，工場等）	無（田畑，果樹園，森林等）
外来牧草タイプ（カラシナ型以外）	ビスピリバックナトリウム塩散布(4月)＋刈取り(5月)	ビスピリバックナトリウム塩散布(4月)＋刈取り(5月)
外来牧草タイプ（カラシナ型）	グリホサートカリウム塩散布(11月)＋刈取り(5月)	グリホサートカリウム塩散布(11月)＋芝焼き(2月)
シバタイプ	MCPAイソプロピルアミン塩＋ハロスルフロンメチル散布(11月)＋刈取り(8月)	MCPAイソプロピルアミン塩＋ハロスルフロンメチル散布(11月)＋芝焼き(2月)
チガヤタイプ	ビスピリバックナトリウム塩散布(4月)＋刈取り(8月)	刈取り(5月,8月)＋芝焼き(6月)

7.3 堤防植生タイプ別の概算面積

各管理手法の適用範囲において堤防植生タイプ別の概算面積(対象:渡良瀬川河川事務所管内の堤防法面面積)を算出した．なお，この概算面積は，平成24年度に実施した堤防植生タイプ区分調査の結果及びその後の堤防改修による植生の変化を踏まえて算出した(**表7･3**).

表7･3 堤防植生タイプ別(住宅地等の有無別)の概算面積

堤防植生タイプ	住宅地等の有無				合計	
	有		無			
	面積(㎡)	割合	面積(㎡)	割合	面積(㎡)	割合
外来牧草タイプ(カラシナ型以外)	184,265	5.7%	331,725	10.2%	515,990	15.9%
外来牧草タイプ(カラシナ型)	50,620	1.6%	168,555	5.2%	219,175	6.8%
シバタイプ	585,545	18.1%	898,400	27.7%	1,483,945	45.8%
チガヤタイプ	542,185	16.7%	478,605	14.8%	1,020,790	31.5%
広葉タイプ	900	0.0%	2,150	0.1%	3,050	0.1%
合計	1,363,515	42.0%	1,879,435	58.0%	3,242,950	100.0%

7.4 概算コストの算出結果

以上の堤防植生タイプ別(住宅地等の有無別)の概算面積結果及び各管理手法におけるコスト単価により，概算コストの算出を行った(**表7･4**).

概算コスト(直接工事費)の結果は，約7,300万円となり，通常管理(除草年2回，集草処分年1回)の概算コスト約1億700万円と比較すると，約30％程度のコスト縮減が図られることとなる.

表 7-4　概算コストの算出結果

（直接工事費）

堤防植生タイプ	堤防植生管理手法	住宅地等　有			住宅地等　無			合計
		面積 (㎡)	単価 (円/千㎡)	概算ｺｽﾄ (円)	面積 (㎡)	単価 (円/千㎡)	概算ｺｽﾄ (円)	(円)
外来牧草タイプ（カラシナ型以外）	ビスピリバックナトリウム塩散布＋刈取り	184,265	24,383	4,492,933	331,725	24,383	8,088,451	12,581,384
外来牧草タイプ（カラシナ型）	グリホサートカリウム塩散布＋芝焼き	50,620	－	1,014,070	168,555	20,357	3,431,274	4,445,345
	グリホサートカリウム塩散布＋刈取り		20,033			－		
シバタイプ	MCPA ｲｿﾌﾟﾛﾋﾟﾙｱﾐﾝ塩+ﾊﾛｽﾙﾌﾛﾝﾒﾁﾙ散布＋芝焼き	585,545	－	12,198,659	898,400	21,157	19,007,449	31,206,108
	MCPA ｲｿﾌﾟﾛﾋﾟﾙｱﾐﾝ塩+ﾊﾛｽﾙﾌﾛﾝﾒﾁﾙ散布＋刈取り		20,833			－		
チガヤタイプ	ビスピリバックナトリウム塩散布＋刈取り	542,185	24,383	13,220,097	478,605	－	11,660,254	24,880,350
	刈取り＋芝焼き		－			24,363		
広葉タイプ	グリホサートカリウム塩散布＋芝焼き	900	－	18,030	2,150	20,357	43,768	61,797
	グリホサートカリウム塩散布＋刈取り		20,033			－		
							合計	**73,174,984**

※広葉タイプについては，現地実証実験による効果検証を実施していないが，外来牧草タイプ(カラシナ型)と同様の管理手法の適用範囲とした．

	面積	単価		
通常管理	3,242,950	33,130	合計	107,438,934

8．まとめ

以上を踏まえ，今後の河川堤防での実用化に向けて，以下に示す根拠により「渡良瀬川における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」を提案する．

(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ることが実証された．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実証された．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実証された．

(2) 植物成長調整剤の安全性

植物成長調整剤は，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できず，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，植物成長調整剤の土壌等への固定分解状況や降雨による流出について，その安全性を確認した．

(3) 維持管理コストの縮減

植物成長調整剤等を用いた管理手法は，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．

植物成長調整剤等を用いた管理手法を渡良瀬川河川事務所管内に適用した場合の概算コストは，現状の維持管理コストに比べて，約 30%程度のコスト縮減が見込めることが算出された．

9．今後の実用化に向けての課題

以上のように，植物成長調整剤等を用いた堤防植生管理手法は，現場において発生している問題に対して改善効果があり，現状の維持管理コストに比べて約 30%程度のコスト縮減が見込めることから，堤防植生管理手法として，適用が十分可能であると考える．

しかしながら，今回の現地実証実験は，河川堤防以外での実験によるデータである．今後，河川堤防で実用化を図る場合は，実際の河川堤防での現地実証実験を経て，改善効果を確認すると共に，以下のような具体的な課題を解決する必要がある．

①河川堤防スケールでの効率的な散布方法

②地域特性に配慮した施工管理

③実用化時における施工単価

なお，植物成長調整剤の使用にあたっては，かつての農薬のイメージもあることから，周辺住民や関係機関をはじめ，報道機関についても十分な情報提供を行い，理解を求めていくことが不可欠であると考える．

謝辞

本成果は，専門的知識を有する研究者や専門家等からなる「渡良瀬川堤防管理技術検討会」を通じて検討されたものであり，座長の簗瀬範彦教授(足利工業大学)をはじめ，小笠原勝教授(宇都宮大学)，佐々木寧名誉教授(埼玉大学)，清水義彦教授(群馬大学)，松本健作助教(群馬大学)から貴重なご意見等を頂きました．また，渡良瀬川河川事務所管理課(H26 当時)の小渕課長，廣瀬維持係長には，事務局として多大なご尽力を頂きました．この場を借りて，御礼申し上げます．

参考文献

1) 佐々木寧・戸谷英雄・石橋祥宏・伊坂充・平田真二：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) 服部敦・望月達也・藤田光一：年２回の草刈りを行っている堤防のり面の耐侵食性の評価，水工学論文集 第41巻，1997.
4) 大澤寛之・山田政雄・塩見真矢・小笠原勝：渡良瀬川における植物成長調整剤を用いた効率的・効果的な堤防植生管理手法の提案，河川技術論文集，第21巻，2015.
5) 大澤寛之・山田政雄・塩見真矢・簗瀬範彦：植物成長調整剤を用いた堤防植生管理手法による維持管理コスト縮減対策について，土木学会論文集F4(建設マネジメント)特集号，2015.

堤防植生の機能保持に向けた低草丈草種等の導入について

宝藤　勝彦*・塩見　真矢**・石原　宏二***・河﨑　和明****

１．はじめに

河川堤防は，河川及び流域の治水安全度を確保するうえで重要な構造物である．

河川堤防の維持管理は，河川巡視や堤防点検等により状態把握が行われ，把握された変状等を分析・評価し,必要な対策が実施されている.状態把握は,河川堤防の維持管理において特に重要であり，そのための環境整備として，年２回を基本とした除草が行われている．

堤防植生は，流水や降雨による侵食に対して植生の茎葉の繁茂や根系の発達により堤体を保護する機能を有している．

しかし，近年，維持管理費の縮減に伴い，年間の除草回数が従来よりも減少し，堤防植生は根張りが乏しい外来植物等への遷移が進み，侵食に対する堤体の安全性が低下している．

さらに，セイバンモロコシ等の外来植物は，草丈が高く一面を覆うように繁茂するため，河川巡視等への支障,兼用道路等の通行時における視認性阻害,刈草の処分費の増加といった要因にもなっている．

また，除草費は，維持管理費の中でも大きな割合を占めており，今後は河川管理施設の維持管理・更新に要する費用が増大していくことから，更なる縮減が課題となっている．

本研究は，このような背景のもと，堤防植生に求められる機能を保持し，除草費の縮減が見込まれる対応策のひとつとして，堤防植生の生長を抑制する「低草丈草種」及び「特定防除資材の散布」の導入に向けた試験を行い，得られた知見をとりまとめたものである．

２．堤防植生に求められる機能

低草丈草種等の導入試験を実施するにあたっては,堤防植生に求められる機能を把握しておく必要がある．堤防植生には，主に３つの機能が求められ,「堤体の耐侵食性の確保」,「堤体の状態把握における容易性の確保」及び「良好な植生環境の維持・保全」が求められる．

2.1　堤体の耐侵食性の確保

堤防植生は，治水機能として，洪水時の流水や降雨による侵食から法面等を保護する耐侵食機能を有することが求められる．

これは，地上部の葉や茎により，流水や降雨の法面へ与える侵食外力を緩和している効果もあるが,主に根系が表層の根の間にある土粒子を保持し，流出を防止または減少させることにある．

堤防植生の流水や降雨に対する耐侵食性は，表層における根系の密度と深さにより決まる[1)]ことが明らかになっている（**図 2-1**）.

このように,堤体の耐侵食性を確保するためには,根毛量が多く，表層深くまで根が伸長するような植生に覆われていることが求められる．

＊（公財）河川財団　近畿事務所　上席研究員
＊＊（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　研究員（現 日本工営（株） 社会システム事業部環境部）
＊＊＊＊（公財）河川財団　理事

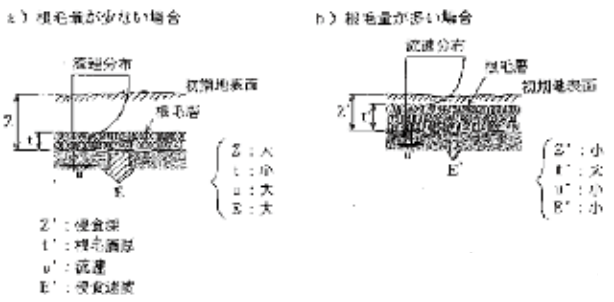


図 2･1　地表面近傍の根毛量と侵食速度の関係 [1)]

2.2　堤体の状態把握における容易性の確保

河川堤防は，ノシバによる張芝を施工することが基本とされている．また，堤体の変状や損傷の発生を点検できるよう，近年では，出水期前及び台風期に実施する年 2 回の除草を基本としている．しかし，このようなノシバを施工した堤防における年 2 回の除草では，施工後 10 年程度までに外来植物が優占する植生に遷移している事例が多い．

外来植物が優占する堤防は，耐侵食性が低いことに加え，草丈が高くなるため，河川巡視，堤防点検及び水防活動において支障を及ぼすことになる．

このように，堤体の状態を把握し易くするためには，年 2 回の除草のもとで年間を通じて草丈が低い草種で覆われていることが求められる．

写真 2･1　堤防点検の実施状況

2.3　良好な植生環境の維持・保全

河川堤防には，多くのチガヤ群落が形成されている．チガヤ群落は，一定の刈取りで群落を維持できるうえ，根系の強度もシバ群落に次ぐ強度を得られる [2)]ため，堤防植生としては良好な植生といえる．また，チガヤ群落等の草地環境は，ヒガンバナ，ワレモコウ，ヤブカンゾウ，ツリガネニンジンなどの重要な植物も生育し，草地環境に依存した昆虫類の生息環境としても優れている．

チガヤ群落等の良好な環境が成立している堤防においては，その環境を維持・保全できる植生で覆うことが望ましい．

写真 2･2　チガヤが生育する河川堤防

3．堤防植生の現状と課題

堤防植生について，求められる機能を踏まえ，河川堤防の維持管理を適切に実施していくうえでの現状と課題を，治水面，環境面及び管理面の 3 つの側面から整理した（**表 3.1**）．

表 3.1(1)　河川堤防植生の現状と課題の事例

区分	現状	課題
治水	・根張りの乏しい外来植物の繁茂 ・クズ等の広葉植物が繁茂し，下部の植生が裸地化	堤体の耐侵食性の確保
	・モグラ塚等を誘発する腐植土化を招く植物の繁茂 ・動物の掘り起こしを誘発する植物の繁茂	堤体の弱体化の防止
	・樋門ゲート等に絡みつくクズ等のつる性植物の繁茂	河川管理施設の機能確保

根張りの乏しいセイバンモロコシ

広葉植物による裸地化

イノシシによる掘り起こし

樋門ゲートに絡みつくクズ

写真 3-1　治水面で課題となる堤防植生

表 3.1(2)　河川堤防植生の現状と課題の事例

区分	現状	課題
環境	・在来植物を駆逐する外来植物の繁茂	・在来植物の保全・多様性の確保
	・オオブタクサ等の繁茂	・花粉症の防止・抑制
管理	・堤体の変状等を発見しにくく，作業が行いづらい高草丈植物の繁茂	・堤防点検・河川巡視を行いやすい状態の確保 ・水防活動を行いやすい状態の確保
	・刈草処分量が増大する高草丈植物の繁茂	・除草費の抑制
	・管理用通路等に覆い被さる高草丈植物の繁茂	・安全な利用等の確保（視認性の確保）

オオブタクサの繁茂

高草丈植物の繁茂

写真 3-2　環境面・管理面で課題となる堤防植生

4．堤防植生の課題への対応

本研究では，表 3.1 で示した課題のうち，管理面で課題となっている高草丈植物の繁茂に対する対応のひとつとして，堤防植生への「低草丈草種」及び「特定防除資材（重曹）の散布」の導入に向けた試験を実施した．

4.1　堤防植生への低草丈草種の導入

低草丈草種の導入は，草丈の低い草種で堤防法面を被覆することにより，草丈の高い草種等が侵入し難い環境を創出する技術である．

写真 4-1　低草丈草種で被覆された堤防法面

4.2　堤防植生への特定防除資材（重曹）散布の導入

特定防除資材に指定されている重曹の水溶液を堤防植生へ散布し，草丈の高い草種等の生長を抑え，ノシバ等のイネ科植生の生育を拡大させる技術である．

写真 4-2　重曹水溶液の作成及び散布の状況

4.2.1　特定防除資材

特定防除資材とは，農薬取締法において，一般的な農薬と区分して，薬効があり原材料に照らして安全性が明らかであると確認され，指定されたものである．現在，重曹，食酢，地場で生息する天敵，エチレン及び次亜塩素酸水の 5 種が指定されている．

4.2.2　重曹散布による植物の生長抑制メカニズム

当該技術は，重曹の水溶液を専用のアジャスタブルノズルガンにより，植物の種類・繁茂の状況にあわせて圧力を調整しながら高圧で散布し，植物の表面に損傷を与え（物理的ストレス），損傷部から浸透した重曹の成分により，エチレン・活性酸素が発生し（科学的ストレス），細胞破壊（ネクロシス）が生じることを利用して，植物を枯死または生長を抑制するものである．

図 4-1　重曹散布による細胞破壊の発現メカニズム

5．低草丈草種の導入試験

5.1　対象草種及び試験地

導入試験の対象とした低草丈草種は，在来種を中心として，河川堤防での使用実績があり，近畿地方の河川で導入が確認できていない草種を選定した．

表 5-1(1)　導入試験の対象草種

草種名	特徴
イワダレソウ	・在来種 ・匍匐茎の伸長によって繁殖（種子での繁殖なし） ・初夏から秋にかけて花をつける
矮性チガヤ	・チガヤの改良品種 ・草丈は 30～40cm 程度 ・地下茎の伸長によって繁殖（種子での繁殖なし）

表 5-1(2)　導入試験の対象草種

草種名	特徴
ＴＭ９（改良コウライシバ）	・在来種の改良品種 ・匍匐茎の伸長によって繁殖 ・草丈は一般的なコウライシバの半分以下
ティフブレア（改良ムカデシバ）	・外来種の改良品種（NETIS 登録） ・匍匐茎の伸長によって繁殖 ・アレロパシー*効果あり
ザッソレス（改良イヌシバ）	・外来種の改良品種（NETIS 登録） ・匍匐茎の伸長によって繁殖 ・アレロパシー*効果あり ・寒冷帯地域では生育不可

＊植物から放出される化学物質により，他の植物の生育を抑制する作用

試験地は，近畿地方の淀川水系とした．イワダレソウ・矮性チガヤは，淀川及び東高瀬川（宇治川支川）の堤防法面（川裏），TM9・ティフブレア・ザッソレスは，木津川の堤防法面（川表・川裏）とした．

写真 5-1　低草丈草種の試験地（淀川）

5.2　試験概要

5.2.1　試験目的及び調査内容

導入試験は，堤防植生に求められる機能を効率的・効果的に保持できるように，①植栽方法の違いによる雑草抑制効果の確認，②除草方法の違いによる雑草抑制効果の確認，③耐侵食性の確認を目的とした．

調査は，対象草種を植栽した堤防法面にコドラート（1m×1m）を設置し，試験目的①②対して，導入植生の草丈・植被率及び侵入植生の草種・草丈・植被率を確認した．試験目的③に対しては，ベーン式根系強度計を用いて，導入植生の根茎強度を測定し，堤防植生タイプ別の根茎強度と耐侵食機能 [2)] により確認を行った．

なお，導入植生の植被率は，他の植生が導入植生を覆っている場合には，他の植生をめくった状態で調査を行った．

5.2.2　試験ケース

(1)イワダレソウ

イワダレソウは，試験目的①に対して，株植栽，細断茎の散布及び発根させた細断茎の散布の 3 つの方法により，植栽密度を変化させたケースを組み合わせて試験を実施した（**表 5-2**）．細断茎の散布は，株植栽では導入コストが高価となるため，コスト縮減を目的として，茎を 5cm 程度の長さで裁断して散布する試験である．発根させた細断茎の散布は，初期の植被率を高めることを目的として，裁断した茎を水に浸すことで発根するイワダレソウの性質に着目した試験である．

表 5-2　イワダレソウの試験ケース

試験目的①		試験目的②
植栽方法	植栽密度	除草方法
株植栽	3 株/m^2 5 株/m^2 9 株/m^2	抜根除草 2 回/年（6，8 月） 機械除草 2 回/年（6，8 月） 除草なし
細断径の散布	100 本/m^2	機械除草 3 回/年（6，8，10 月） 機械除草 2 回/年（6，8 月） 機械除草 1 回/年（6 月） 除草なし
発根させた細断茎の散布	10 本/m^2 50 本/m^2 100 本/m^2	抜根除草 2 回/年（8，10 月） 除草なし

写真 5-2　イワダレソウ細断茎の発根状況

株植栽の植栽密度は，植栽事例や枝葉の伸長を考慮し，5 株/m^2 を標準として 3 ケースを設定した．細断径の散布は，初期の活着率を向上させるため，株植栽の高密度ケース（9 株/m^2）よりも植栽密度の高い 100 本/ m^2 とした．発根させた細断径の散布は，細断径の散布の植栽密度を踏まえ，100 本/m^2 を最大の植栽密度として 3 ケースを設定した．

試験目的②については，3 つの植栽方法の全ての植栽密度について，**表 5-2** に示す除草方法を実施して確認を行った．

施工及び調査は，株植栽及び細断径の散布が，平成 25 年 3 月に施工し，平成 25 年 6 月～平成 27 年 2 月の期間に調査した．発根させた細断径の散布は，平成 26 年 3 月に施工し，平成 26 年 6 月～平成 27 年 2 月の期間に調査した．根茎強度は全ての試験ケースについて 9 月に調査した．

(2) ＴＭ９・ティフブレア・ザッソレス

改良芝であるＴＭ９・ティフブレア・ザッソレスは張芝で施工するため，試験目的②③を確認した．除草は**表 5-3** に示す方法とし，抜根除草を行う試験区は平成 26 年 6 月～平成 27 年 2 月の期間，除草を行わない試験区は平成 25 年 6 月～平成 27 年 2 月の期間を調査した．施工は平成 25 年 3 月である．

表 5-3　ＴＭ９等の試験ケース

植栽方法	除草方法
張芝	抜根除草 2 回/年（7，9 月） 抜根除草 1 回/年（7 月） 除草なし

5.3　試験結果

試験結果は，導入効果が確認できたイワダレソウ及び概ね同様の結果が得られた改良芝を代表してＴＭ９の 2 つの草種について示す．

(1)イワダレソウ

1)株植栽

イワダレソウ株植栽の植被率は，**図 5-1** に示すとおり，施工から約 1 年後（H26.2）では 9 株/m^2 が 60%と低いものの，施工から 1 年 6 箇月後（H26.8）には植栽密度に関わらず 95%以上となっている．なお，施工から約 5 箇月後以降（H25.8～）において，植栽密度の高い 9 株/m^2 の植被率が低くなっている．これは，土壌が他の試験区よりも乾燥しやすく，平成 25 年 8 月が記録的な猛暑であったことが影響したものと考えられる．

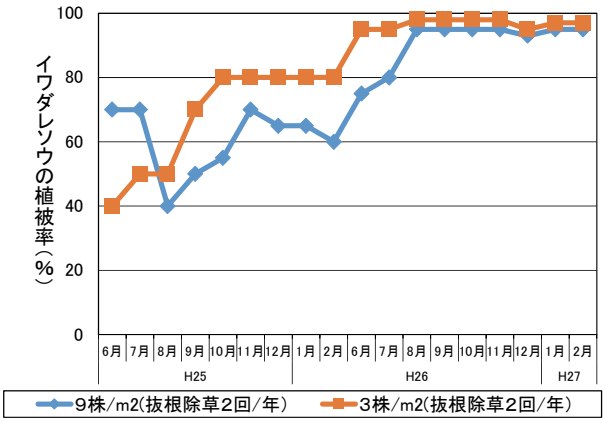


図 5-1　イワダレソウの植被率と植栽密度との関係

雑草の生育抑制効果は，**図 5-2** に示すとおり，抜根除草が機械除草よりも侵入雑草の植被率が低く，初期段階から年 2 回の抜根除草を継続することにより高まることが確認できた．

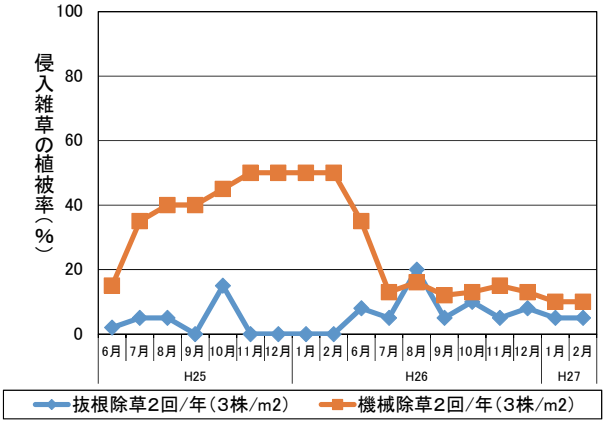


図 5-2　侵入雑草の植被率と除草方法との関係

イワダレソウ株植栽の草丈は，**図 5-3** に示すとおり，除草方法に関わらず 10cm 以下を維持できる．しかし，侵入雑草の草丈は，初期段階から年 2 回の抜根除草を継続しなければ 30cm 以下を維持できない．

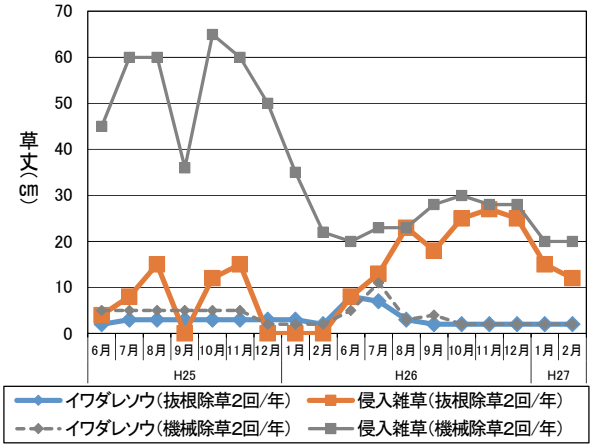


図 5-3　イワダレソウ（3 株/m²）試験区の草丈

根系強度は，施工後 6 箇月の時点（H25）で植栽密度・除草方法に関わらず 300～360kgf・cm が確認でき，チガヤタイプ(250～400kgf・cm)と同程度であった．

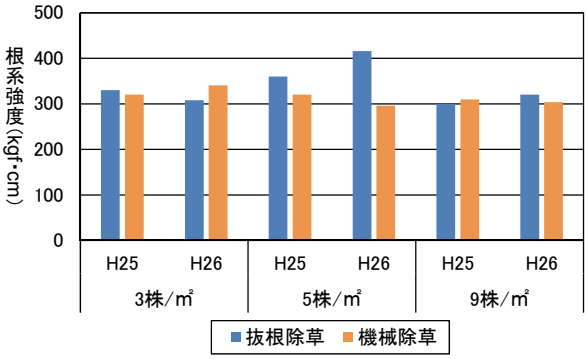


図 5-4　イワダレソウ（株植栽）の根茎強度

2）細断茎・発根させた細断茎の散布

細断茎散布の植被率は，**図 5-5** に示すとおり，施工から約 1 年後（H26.2）では 50%以下と低いものの，施工から 1 年 5 箇月後以降（H26.7～）では 75%以上となっている．なお，平成 26 年 10 月に植被率が約 20%低下し，その後 80%前後で推移している．この要因は，匍匐茎の植被率が低い状態にあって休眠期の冬枯れの影響が現れたことによるものと考えられる．

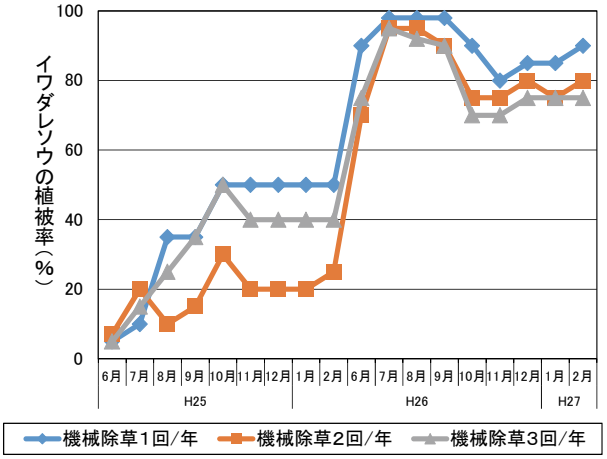


図 5-5　細断茎散布の植被率と除草回数との関係

発根させた細断茎散布の植被率は，**図 5-6** に示すとおり，散布密度・除草の有無にかかわらず施工から約 3 箇月後（H26.7）に 75%以上，施工から約 8 箇月後以降（H26.10～）では 90%以上を維持している．

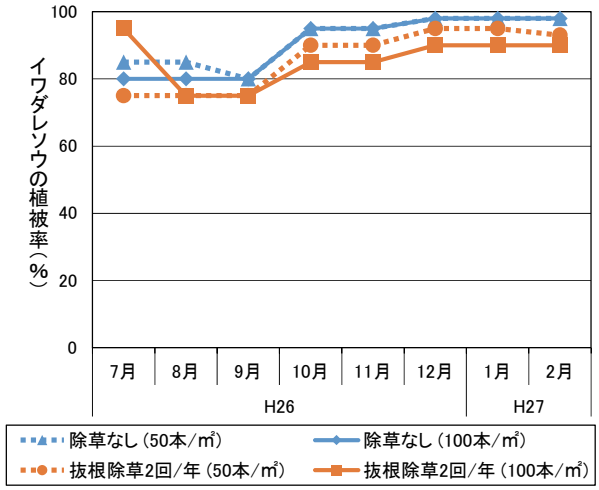


図 5-6　発根させた細断茎散布の植被率と散布密度・除草方法との関係

雑草の生育抑制効果は，**図 5-7** に示すとおり，発根させた細断茎の散布密度を 100 本/m^2 としたケースが侵入雑草の植被率が低く，初期段階から年 2 回の抜根除草を行うことで更に高まることが確認できた．

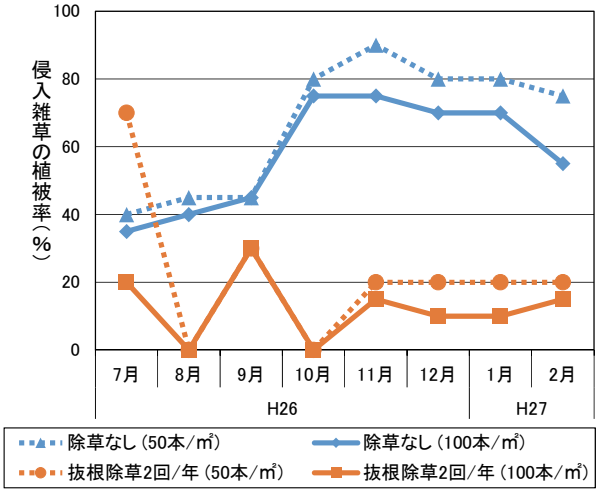


図 5-7　発根させた細断茎散布の試験区における侵入雑草の植被率

根系強度は，株植栽と同様に，施工後 6 箇月の時点（H25）で 250～330kgf･cm が確認でき，チガヤタイプ（250～400kgf･cm）と同程度であった．

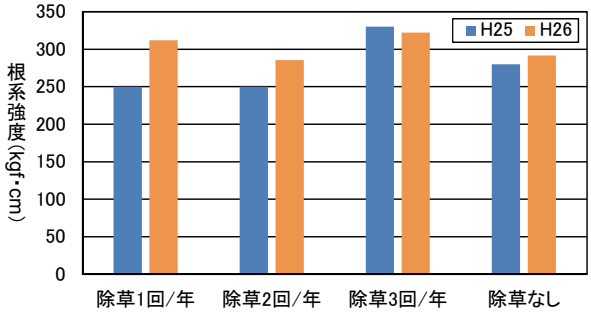


図 5-8　イワダレソウ（細断径散布）の根茎強度

(2) ＴＭ９

ＴＭ９の植被率は，**図 5-9** に示すとおり，抜根除草を実施した平成 26 年 9 月以降において，90%程度以上を維持している．また，雑草の生育抑制効果は，**図 5-10** に示すとおり，初期段階から年 2 回の抜根除草を行うことにより高まることが確認できた．

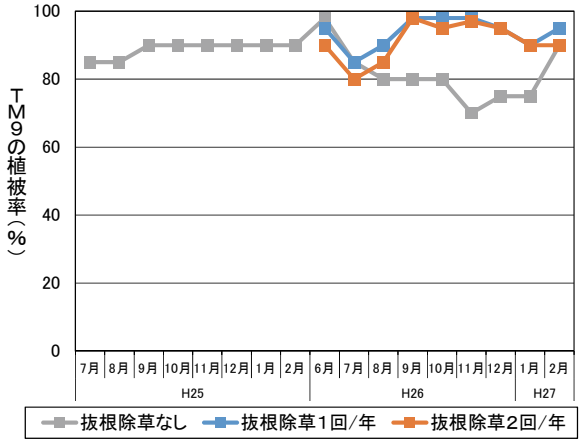


図 5-9　ＴＭ９の植被率と抜根除草との関係

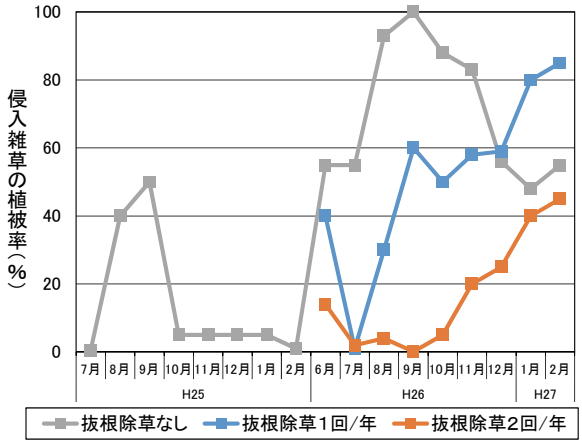


図 5-10　侵入雑草の植被率と抜根除草との関係

ＴＭ９の草丈は，**図 5-11** に示すとおり，除草方法に関わらず 5cm 程度以下を維持できる．しかし，侵入雑草の草丈は，初期段階から年 2 回の抜根除草を継続しなければ 50cm 程度以下を維持できない．

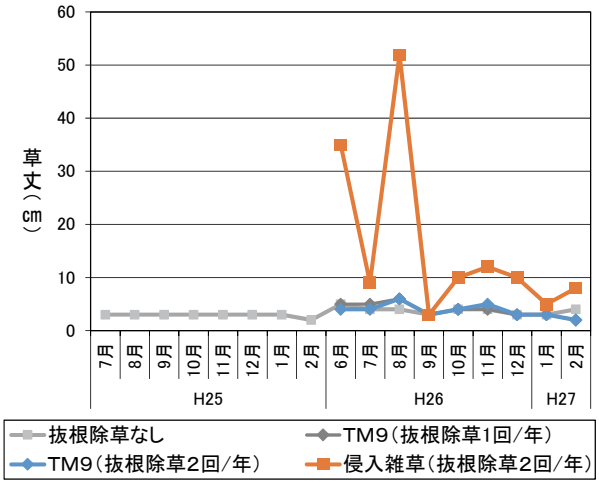


図 5･11　ＴＭ９試験区の草丈

根茎強度は，施工後 6 箇月の時点（H25）でチガヤタイプ（250～400kgf･cm）と同程度の 330kgf･cm 程度が確認でき，施工後 1 年 6 箇月の時点(H26)では，410～490kgf･cm が確認でき，シバタイプ（400～600kgf･cm）と同程度であった．

６．特定防除資材（重曹）散布の導入試験

6.1　試験概要

6.1.1　試験目的及び調査内容

導入試験は，重曹の明確な対象草種が把握されていないこと及び重曹による植物の生長抑制メカニズムを踏まえ，①生長抑制効果が期待できる草種の確認，②生長抑制の効果的な散布方法の確認の 2 つを目的とした．調査は，試験目的に応じて設定した試験区について，生育する植生の草種・草丈・植被率の変化を確認した．

6.1.2　試験ケース

試験ケースは，試験目的に基づき，**表 6.1** のとおり，重曹散布の回数・時期・方法の異なる試験区及び除草を併用する試験区を設定した．

散布の回数及び時期は，生育する植生の生活史を踏まえ，花芽をつける前後及び越冬する草種が発芽する時期を考慮して設定した．

散布方法は，**表 6.1** に示す全ての試験ケース（散布の回数・時期・機械除草を組合せた 9 ケース）について，①標準施工である重曹の高圧散布に加え，②当該技術の効果が物理的ストレスによるものか否かを確認するための水の高圧散布及び③科学的ストレスによるものか否かを確認するための重曹のジョウロ散布の 3 種類とした．

機械除草は，年間に 1 回及び 2 回の 2 ケースとし，重曹の散布前に実施した．

調査は，平成 25 年 7 月～12 月及び平成 26 年 6 月～12 月の 2 箇年（2 期）にわたって実施した．

表 6･1　重曹散布の試験ケース

散布回数	散布時期	機械除草	散布方法
3 回/年	6*1，8，10 月	2 回/年(6，9 月)	①重曹高圧散布 ②水高圧散布*2 ③重曹ジョウロ散布*2
		1 回/年(6 月)	
		無し	
2 回/年	6*1，8 月	無し	
	6*1，10 月		
	8，10 月		
1 回/年	6 月*1		
	8 月		
	10 月		

＊1：平成 25 年は 7 月に実施　＊2：平成 26 年に実施

6.2　試験結果

(1) 生長抑制効果が期待できる草種

試験地には，主に，セイタカアワダチソウ，ヨモギ，メリケンカルカヤ，チガヤが生育していた．

重曹の高圧散布によって，セイタカアワダチソウ及びヨモギの広葉植物が高い感受性（枯死・矮性化誘導効果）を示し，セイタカアワダチソウからチガヤへの植物相の転換が確認できた（**図 6･1**）．一方，メリケンカルカヤやススキ等の禾本科雑草に対しては，明確な効果が確認できなかった．

また，重曹の高圧散布は，**図 6･2** のとおり，草丈の低下が確認でき，生長の抑制効果も期待できる．

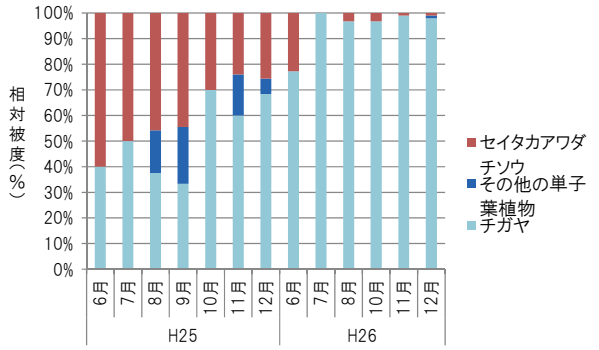


図 6･1　重曹高圧散布*による植物相の変化

（＊：3 回/年，機械除草無し）

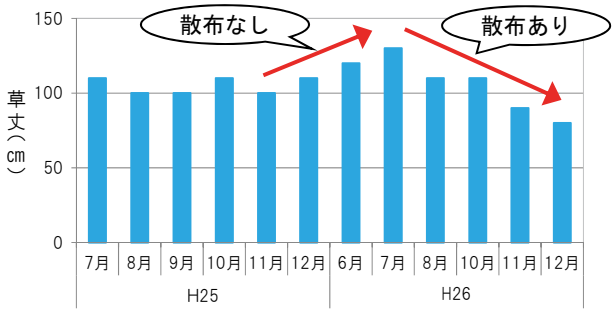


図 6･2　重曹高圧散布*による草丈の変化

（＊：3 回/年，機械除草無し）

(2) 生長抑制効果が期待できる散布の回数･時期及び除草併用による効果

生長抑制効果は，**図 6･3** に示すとおり，年間 3 回の散布が最も高く，6 月（春季）及び 8 月（夏季）の散布が有効であった．さらに，除草を併用（散布前に実施）することにより，生長抑制効果が高まり，ハマスゲといった草丈の低い草種に植物相を転換できることも確認できた（**写真 6･1**）．

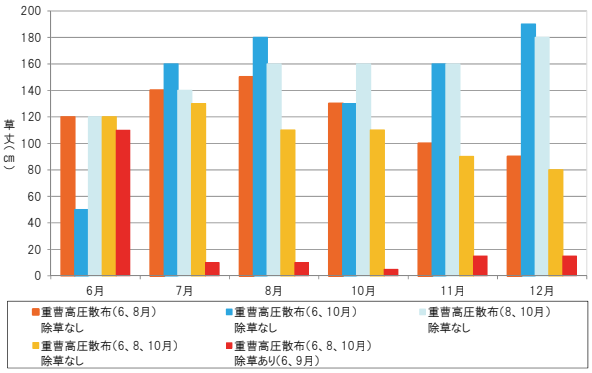
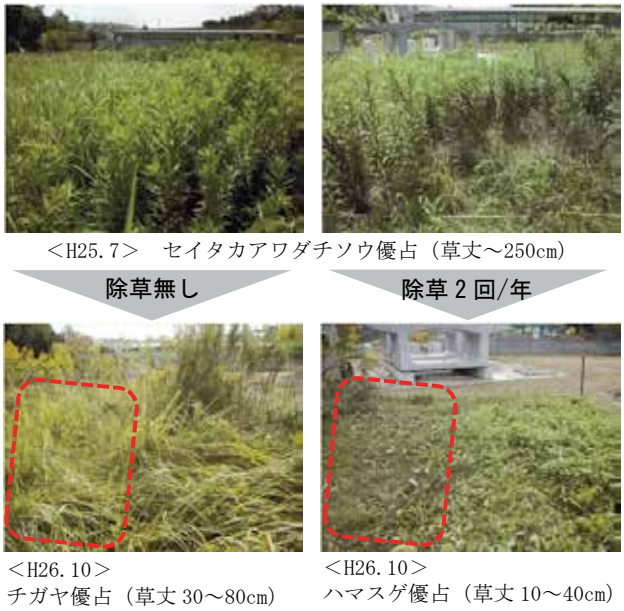


図 6･3　重曹高圧散布による草丈の変化（平成 26 年）



＜H25.7＞　セイタカアワダチソウ優占（草丈～250cm）

＜H26.10＞
チガヤ優占（草丈 30～80cm）

＜H26.10＞
ハマスゲ優占（草丈 10～40cm）

写真 6･1　除草を併用した重曹高圧散布*による植物相の変化　（＊：3 回/年）

(3) 生長抑制効果が発現する散布方法

水の高圧散布及び重曹のジョウロ散布では，セイタカアワダチソウの再繁茂等が見られ（**図 6･4**），草丈も高くなることが確認できた（**図 6･5**）．また，重曹のジョウロ散布は，葉の表面に重曹が残り，細胞破壊が確認できなかった．従って，4.2.4 で述べた重曹による植物の生長抑制メカニズムのとおり，重曹の高圧散布が有効であることが確認できた．また，重曹の高圧散布は，**図 6･5** に示すとおり，2 箇年以上の継続が生長抑制に効果的である．

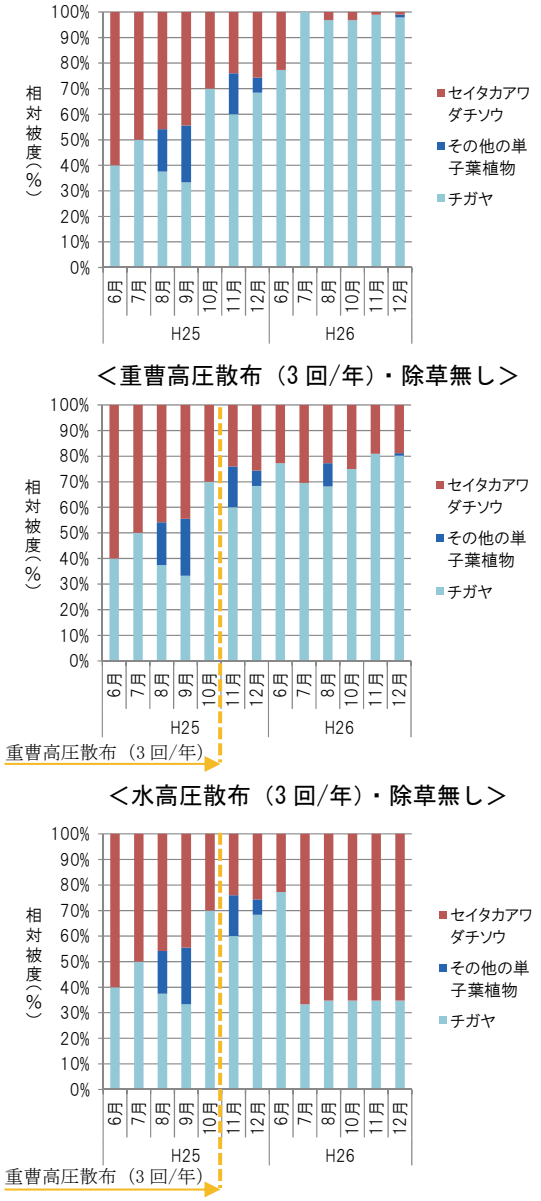


図 6-4　散布方法の違いによる植物相の変化の違い

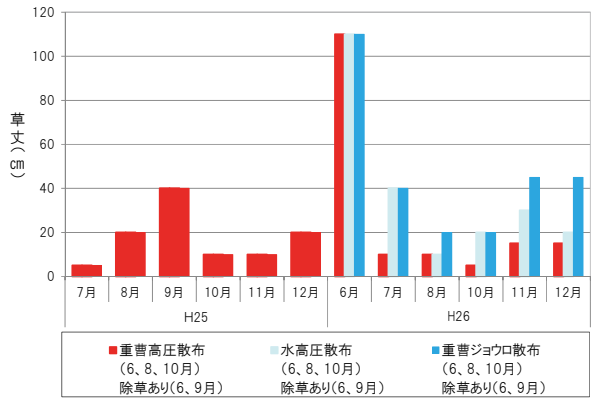


図 6-5　散布方法の違いによる草丈の変化の違い

7．コスト評価

堤防植生への「低草丈草種」及び「特定防除資材（重曹）散布」の導入コストについて，10 年間のトータルコストで評価を行った．

評価は，ノシバタイプの堤防植生に対し，現在，基本とされている年 2 回の除草（機械除草）を継続し，10 年間で 1 回の張替え（ノシバ）を行ったケースとの比較により行った．ここで，ノシバの張替えは，年 2 回の除草等では，施工後 10 年程度までに外来植物が優占する植生に遷移している事例が多いことから，堤防植生に求められる機能を維持するために考慮することとした．

低草丈草種は，施工後 3 年目までを抜根除草（2 回/年），4 年目以降を機械除草（2 回/年）としたコストとし，**図 7-1** のとおり約 20～45%のコスト縮減が期待できる．

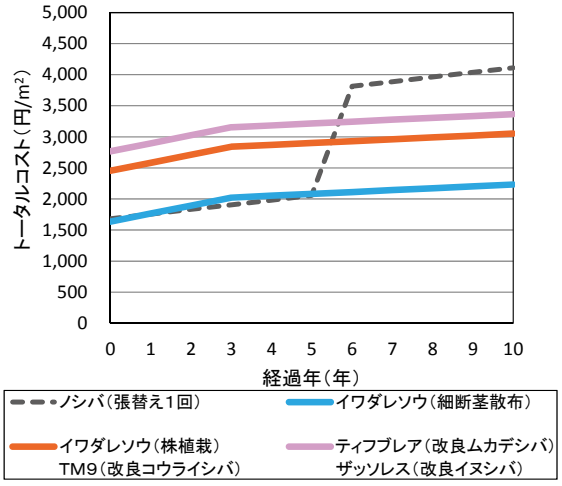


図 7-1　低草丈草種のコスト比較

特定防除資材（重曹）散布は，初期の 3 年間を機械除草（2 回/年）との併用，4 年目以降を機械除草のみとしたコストとし，**図 7-2** のとおり約 20%のコスト縮減が期待できる．

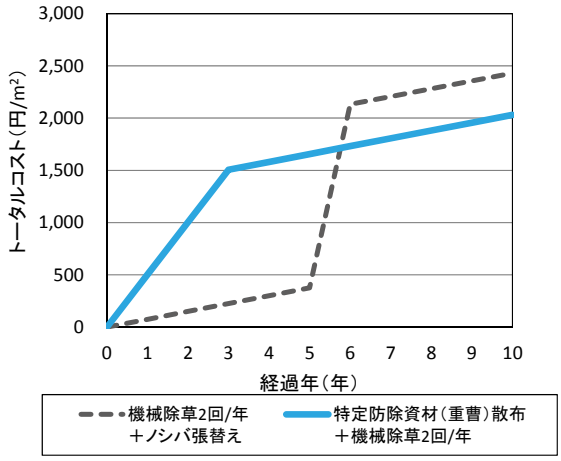


図 7-2　特定防除資材（重曹）散布のコスト比較

8．まとめ

堤防植生への「低草丈草種」及び「特定防除資材（重曹）散布」は，導入試験の結果から，以下の知見を得ることができた．

8.1　堤防植生への低草丈草種の導入

(1) イワダレソウ

イワダレソウは，チガヤタイプと同等以上の根系強度を有しており，堤体の耐侵食性を確保できることが確認できた．

さらに，草丈は，イワダレソウが 10cm 以下，侵入雑草が 30cm 以下であり，年間を通じて低い草丈を維持でき，堤体の変状等を把握しやすい状態を確保できる．

また，発根させた細断茎は，100 本/m² の密度で散布し，年 2 回の抜根除草を行うことにより，株植栽及び細断茎の散布よりも早期に雑草抑制効果が発現する．

細断茎散布を導入した際の除草費は，ノシバによる張芝の除草費に対し，10 年間で約 45%のコストが縮減できる．

以上から，イワダレソウの導入箇所は，川裏側堤防法面等の早期被覆を条件としない箇所や重要水防箇所等の状態把握に注意を要する箇所が適しているものと考えられる．

写真 8-1　イワダレソウを植栽した堤防法面
（施工後 1 年 6 箇月）

(2) ＴＭ９（改良コウライシバ）

ＴＭ９は，シバタイプと同等の根系強度を有しており，堤体の耐侵食性を確保できることが確認できた．

さらに，草丈は，ＴＭ９が 5cm 程度以下であり，初期段階から年 2 回の抜根除草を行うことにより，侵入雑草の草丈が 50cm 以下となり，年間を通じて堤体の変状等を把握しやすい状態を維持できる．

ＴＭ９の除草費は，ノシバによる張芝の除草費に対し，10 年間で約 25%のコストが縮減できる．

以上から，ＴＭ９の導入箇所は，川表側堤防法面等の早期被覆が必要な箇所等が適しているものと考えられる．

なお，ティフブレア（改良ムカデシバ）及びザッソレス（改良イヌシバ）も同様である．

写真 8-2　ＴＭ９を植栽した堤防法面
（施工後 1 年 6 箇月）

8.2　堤防植生への特定防除資材（重曹）散布の導入

重曹の散布は，セイタカアワダチソウ及びヨモギ

の広葉植物の生長を抑制し，チガヤ等の草丈の低いイネ科植物が優占する植物相への転換が図れる．

また，除草との併用が有効であり，2 箇年以上の継続した散布が生長抑制に効果的である．

散布時期は，6 月（春季）と 8 月（花期前の夏季）が有効であり，特に除草後の植生が芽吹いた時期の散布に高い効果が確認できた．

重曹の散布を併用した除草費は，ノシバによる張芝の除草費に対し，10 年間で約 20%のコストが縮減できる．

９．おわりに

本研究では，管理面で課題となっている高草丈植物の繁茂に対して，「低草丈草種」及び「特定防除資材（重曹）の散布」の導入が効果的な対策であることが確認できた．

今後の導入に向けた課題として，次の 3 点が挙げられる．

①導入効果の更なる把握

イワダレソウ及びＴＭ９等の改良芝は，良好な状態を維持するために必要となる抜根除草について，明確な継続年数を把握する必要がある．

また，本研究における低草丈草種は，淀川や木津川等で導入試験を実施したため，寒冷地等の河川堤防において導入試験を実施し，効果を確認していく必要がある．

重曹の散布は，植物の生長抑制効果が維持（向上）できる継続年数及び効果が期待できる草種の更なる把握が必要である．

また，本稿で試験結果を示さなかった矮性チガヤは，株植栽を行った今回の導入試験において有効な効果を確認することが出来なかった．しかし，チガヤは環境機能に優れるため，マット化等により，再度，導入試験を実施していくことが望ましい．

②効率的な導入方法の検討

本研究における低草丈草種の導入試験は，現況の堤防植生を表面はぎによって除去し，堤防法面の全面に施工した状態において，効果を確認できた．

今後は，現況の堤防植生に対し，部分的な低草丈草種の植栽による植生転換や市松模様等での施工など，導入コストの更なる縮減を図る効率的な導入方法を検討することが必要である．

③施工方法の実証試験

イワダレソウの細断茎散布は，本研究では人力により施工を行った．今後の導入にあたっては，大規模な面積を施工することが考えられることから，細断茎と植生基盤材を混合し，客土吹付機で吹き付ける機械施工が必要となる．

このため，同施工方法の実証試験および同施工方法で導入した場合の効果を検証する必要がある．

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に対し，ここに深く謝意を表します．

参考文献

1) 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.
2) 堤防植生管理指針（案），（財）河川環境管理財団，1999.4.

２．災害を防止するための調査・研究

泥岩・沖積粘性土層の露出河道の侵食特性について

塩見　真矢*・小川　愛子*・鈴木　克尚**・山本　晃一***

１．はじめに

近年，全国の多くの河川においては，上流からの土砂供給量の減少や砂利採取等により，河道状況が大きく変化している．その結果，河床低下の進行により，砂・砂利等の沖積層が流出し，泥岩（土丹層）・沖積粘性土層が露出している（**図 1-1**）．

泥岩・沖積粘性土層が露出した河道においては，異状な局所洗掘や河床の溝化により，護岸や構造物の不安定化，取水施設への影響等の問題が懸念されている．

鬼怒川においても，下流部セグメント 2-2（0～34 km）における砂層の砂採取や流失に伴い，河道に泥岩・沖積粘性土層が露出する区間が増加した．このような区間の一部では，通常の沖積河川では見られないような急激な河床低下（数年間で 5～6 m）が生じるといった現象が起きている．沖積粘性土層の露出河道における急激な河床低下は，木曽川でも報告[1]されており，発生要因等の分析が行われている．また，洗掘速度に関する実験[2]や横断構造物への影響に対する対応方策[3]が検討されている．さらには，これら研究成果等を踏まえてのとりまとめ資料[4]や調査マニュアル[5]などがまとめられている．ただし，泥岩・沖積粘性土層の浸食メカニズムは解明されておらず，今後，河川管理（河川管理施設の維持管理等）を適切に行っていくためにも，河床低下の形成プロセスを明らかにすることは重要である．

本研究では，鬼怒川を例として，これら土丹層や粘性土の侵食に関する研究成果を参考とし，泥岩・沖積粘性土層の露出河道における河床低下に関する実態と侵食メカニズムを明らかにすることを目的として，鬼怒川の泥岩・沖積粘性土層露出河道の実態の把握や，地質・測量等の調査結果を踏まえた泥岩・沖積粘性土層の侵食特性の検討を行ったものである．

図 1-1　泥岩・沖積粘性土層露出河道の例
（上：利根川 約 130 km，下：多摩川 約 45 km）

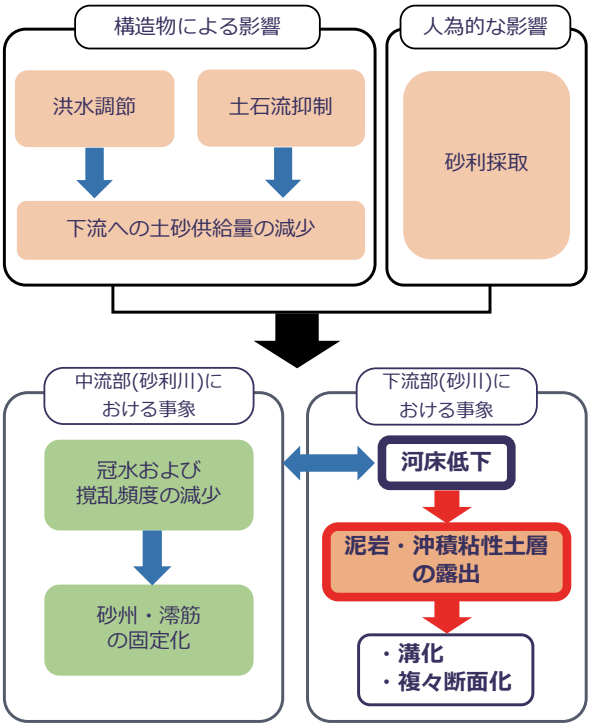
２．泥岩・沖積粘性土層の露出実態

鬼怒川における泥岩・沖積粘性土層露出河道の実態を把握するため，河床低下の概要及び泥岩・沖積粘性土層露出河道の現状を整理した．

＊（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
＊＊＊（公財）河川財団　河川総合研究所　所長

2.1　河床低下に至るインパクトと河道変化

鬼怒川においては，昭和 30 年代頃より，河床低下が進行した．河床低下の要因は，上流からの供給土砂量の減少，昭和 30 年代以降の大量の河床砂の採取が大きな要因とされ，さらにこれに伴う砂州の固定化等も要因として挙げられる．河床低下に関わるインパクトとレスポンスの関連は**図 2-1** のとおりにまとめられる．



※中流部（砂利川）：新第三紀の露出による河床平坦面の形成

図 2-1　河床低下の要因模式図

なお，砂利採取が規制された 1990 年（平成 2 年）以降，平均河床高は安定傾向にあるが，下流部（セグメント 2-2）の最深河床高については，河床低下が依然として進行している．

2.2　検討対象とする泥岩･沖積粘性土層の露出河道の現状

検討対象とする泥岩･沖積粘性土層の露出河道の土質を把握するため，現地調査[6) 7)]が実施された．現地調査結果（河道部に露出している土質の目視確認等）より，沖積粘性土層（完新統の粘性土）は，概ね下流区間（0～45 k）に分布しており，最下流端は更新統成田層群の粘性土が多く露出していることが確認された．そのため，下流部を検討対象として，河床低下に関する侵食メカニズムの検討を行った．

なお，検討で取り扱うデータについては，250 m ピッチの定期横断図及び堤防の地質縦断図から 1 km ピッチの河道下の地質構造を推定した結果を用いた．

また，特徴的な河床低下が確認できた泥岩・沖積粘性土層の露出河道である 2 地点（12.25 km，20.00 km）について，以下にその特徴を示す．これらの 2 地点については，上下流の横断測量結果及び左右岸堤防・河川内における地質調査結果を用いた．

2.2.1　12.25 km 付近（図 2-2，図 2-3）

・河床に粘性土が露出しており，H17～H20 で約 5.5 m の河床低下が生じている．

・横断方向，深さ方向において土質構造が異なり互層構造となっている．

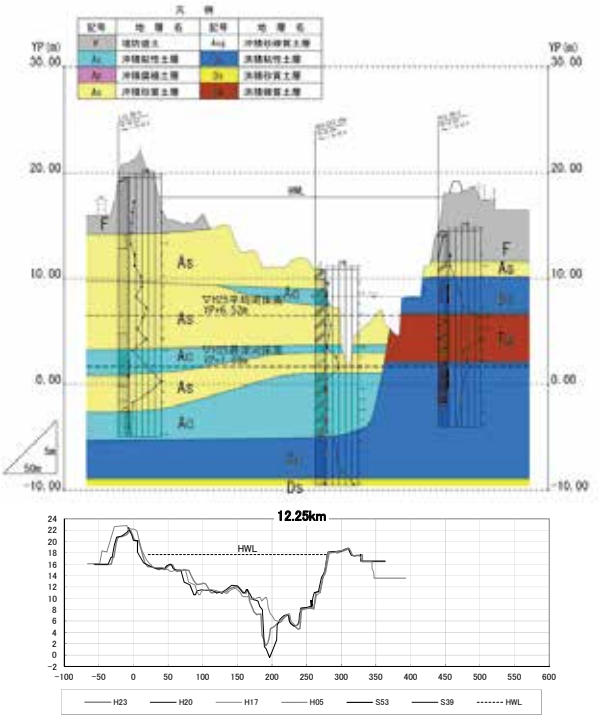


図 2-2　12.25 km 付近における層序断面図と河床の土質図（上）及び定期横断図（下）

図 2･3　12.25 km 付近の状況

2.2.2　20.00 km 付近（図 2･4，図 2･5）

・河床に沖積粘性土層が露出しており，平坦型の河床形状が形成されている．

・右岸側が一部溝状に局所洗掘されている．

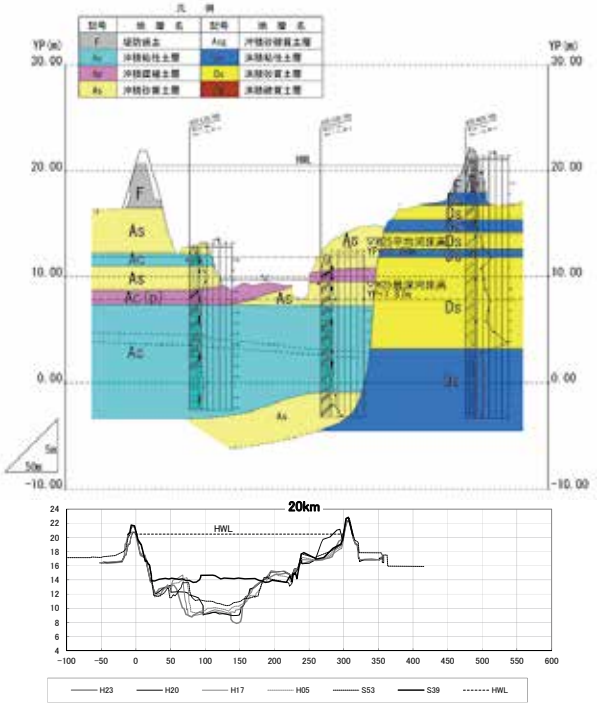


図 2･4　20.00 km 付近における層序断面図と河床の土質図（上）及び定期横断図（下）

図 2･5　20.00 km 付近の状況

3．泥岩・沖積粘性土層の侵食要因分析

泥岩・沖積粘性土層の露出河道における河床低下の現象を明らかにするため，泥岩・沖積粘性土層が露出した河道の近年の河床低下について横断形状の変化等を整理し，特徴的な点を分析した．

また，河床低下の要因分析として，泥岩・沖積粘性土層の侵食速度と地質構造，河床の侵食形態を用いて，地質と河床低下に関するデータを整理し，関連性を明らかにすることで，泥岩・沖積粘性土の侵食特性を把握した．

3.1　河床侵食形態の整理

鬼怒川下流部における泥岩・沖積粘性土層の露出区間の河床低下パターンについては，中嶋他 [8] より，以下の 4 種類に類型化されることが明らかになった．

・三角形型

・平坦型

・平坦型一部溝化

・特異な河床低下

以下に各河床低下パターンの概要を示す．

3.1.1　三角形型

通常の沖積河川湾曲部では，河床が移動床であれば三角形型断面を形成することが一般的である（水衝部による洗掘）．このような形状の侵食形態は，ほとんどが湾曲部もしくは蛇行部において，流水の影響により生じている．

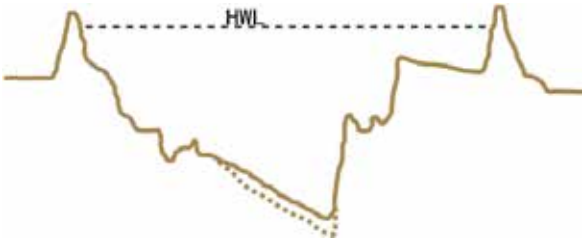


図 3･1　三角形型の河床低下模式図

3.1.2　平坦型

現在の鬼怒川においては，河床が平坦面を保ち

つつ，侵食されている区間が存在し，通常の移動床の河川ではこのような平坦型が形成されることは考えにくい．

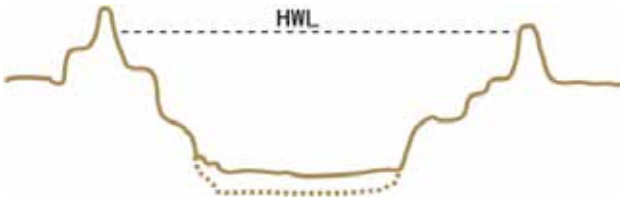


図 3･2　平坦型の河床低下模式図

3.1.3　平坦型一部溝化

平坦型が形成されている区間において，下図のような平坦型の一部が溝状に洗掘されているパターンがある．

図 3･3　平坦型一部溝化の河床低下模式図

3.1.4　特異な河床低下

一部の区間において，局所的に河床が数年で 5～6m 程度低下するといった特異な河床低下が発生している．

図 3･4　特異な河床低下模式図

3.2　泥岩・沖積粘性土層の侵食速度と地質構造・侵食形態の関連性

鬼怒川下流部では，左右岸で年代が異なる地質をもつ区間があり，このような地形・地質条件が泥岩・沖積粘性土層の侵食メカニズムを複雑化している可能性がある．

泥岩・沖積粘性土層の河床低下の要因分析として，河床の侵食速度と河床下の地質構造，侵食形態の関連性について検討した．

3.2.1　侵食速度と地質構造の関連性

侵食速度がどのような地質構造と関連性が高いか把握するため，「両岸ともに沖積層」，「両岸ともに洪積層」，「左右岸で地質年代が異なる」の 3 ケースを対象として，定期横断測量成果の河床高の差分から算出した侵食速度との相関を整理した．

平均河床高の侵食速度は，相対的に堆積年代が新しい地層である沖積層で形成されている箇所で大きく，年代が古い地層の洪積層で小さい傾向があり，沖積層のほうが侵食されやすい傾向にあることが確認できた（図 3･5）．

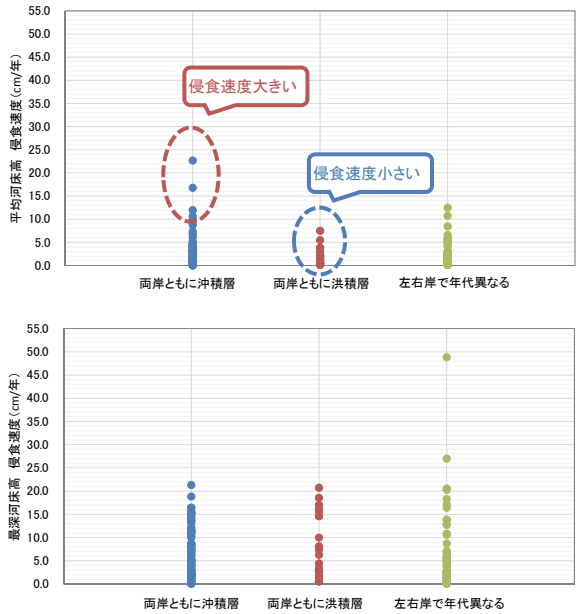


図 3･5 侵食速度と地質構造の関連性
（上：平均河床高，下：最深河床高）

3.2.2　侵食速度と侵食形態の関連性

鬼怒川下流部で特徴的な侵食形態の内，どのような侵食形態が侵食されやすい傾向にあるか把握するため，「三角形型」，「平坦型」，「平坦型一部溝化」，「特異な河床低下」の 4 ケースと侵食速度の相関を整理した．

平均河床高の侵食速度と侵食形態の関係では，「平坦型」が最も河床低下が進行していることが

分かる．「平坦型」は河床面全体が低下しており，平均河床高としての評価は大きくなる傾向にある．一方，「特異な河床低下」は河床面の一部が低下する特徴により，平均河床高としての評価は小さくなる傾向にある．

最深河床高の侵食速度と侵食形態の関係では，「特異な河床低下」においてばらつきがあり，突出して最深河床高が低下している箇所がある（**図 3･6**）．

平均河床高の侵食速度に比べ，最深河床高の侵食速度では河床面の一部が低下する特徴を表していることから，最深河床高の侵食速度の分布を整理した．

最深河床高の侵食速度分布（**図 3･7**）で，「平坦型」以外の侵食形態では，侵食速度の分布に幅があるが，「平坦型」は侵食速度が大きくなるに従って，該当する箇所数が減少している．これより，「平坦型」の侵食特性として，徐々に河床全体が低下していく傾向が分かる．また，侵食速度が大きいものは「平坦型一部溝化」へ移行する可能性が示唆される．

これに対し，「平坦型一部溝化」では，侵食速度にばらつきがあり，侵食速度が大きい箇所も多く，「特異な河床低下」に移行する可能性が示唆される．

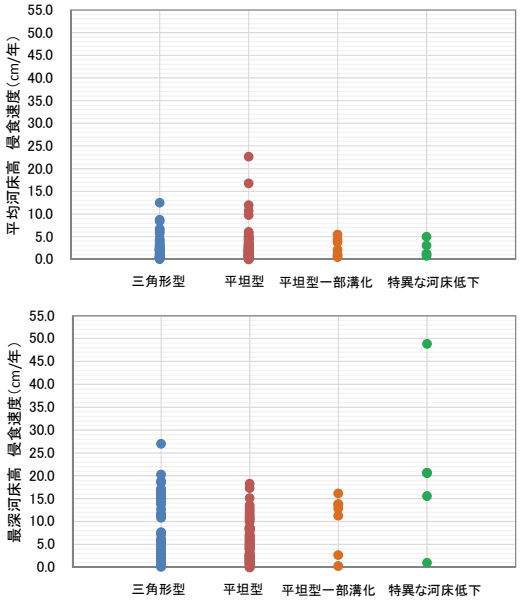


図3･6　侵食速度と侵食形態の関連性
（上：平均河床高，下：最深河床高）

3.3　平坦型・平坦型一部溝化の河床高の整理

これまでの侵食速度と地質構造や侵食形態との関連性の整理結果より，「平坦型（一部溝化）」の侵食形態の区間では，着実に河床低下が進行しており，平坦型から一部溝状に洗掘されると短期間のうちに局所洗掘が進行する可能性があることが明ら

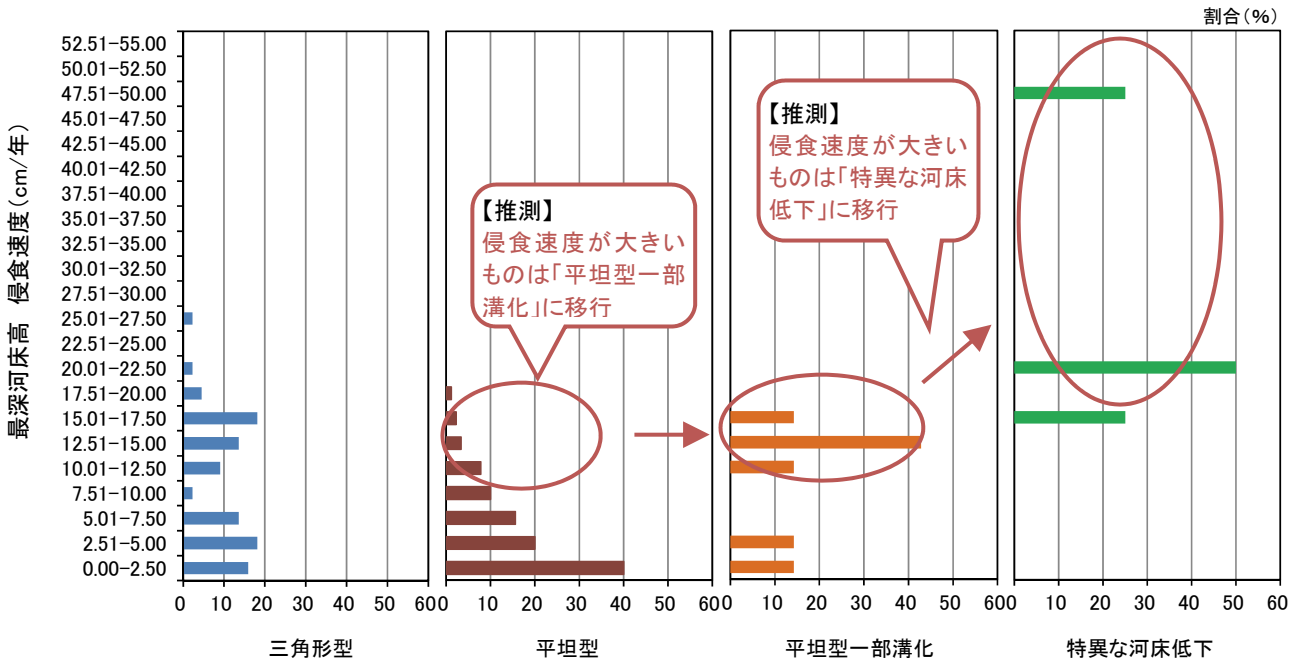


図 3･7　侵食速度と侵食形態の関連性（最深河床高 分布図）

かになった.

以上より,「平坦型」,「平坦型一部溝化」の侵食形態で，泥岩・沖積粘性土層において河床低下が進行すると,「特異な河床低下」が生じる可能性があるため，平坦型・平坦型一部溝化の侵食形態が形成されている箇所の平均河床高の縦断分布，地質縦断図及び既設横断工作物との関係を整理することにより，平坦型・平坦型一部溝化の分布状況と地質状況等の関係を明らかすることで,「平坦型（一部溝化)」の形成プロセスを検討した.

図 3-8 に平坦型（一部溝化）の侵食形態箇所の平均河床高の縦断分布，横断工作物位置及び堤防の地質縦断図を整理した.

平坦部の平均河床高を見ると，ほぼ同一の河床高の区間が一定区間で連続しており，縦断的に階段状の河床が形成され，ほぼ同一の河床高の終点では落差が発生している．この落差が生じている境界部（不連続面）に床止めが分布している箇所が多い．床止めは，河床洗掘防止等のため設置されるものであるため，境界部（不連続面）には床止めが設置されていることは，これら箇所で大きな洗掘が生じる懸念があることが示唆される.

また，落差が生じている境界部（不連続面）と地質縦断図を比較すると，境界部に比較的硬い地層の洪積層が分布している箇所が見受けられる（**図 3-8** 点線赤枠).

このような境界部（不連続面）においては，洪積層（沖積層に比べ固い）が侵食基準面となり，上流側の同程度の河床高（階段状河床）が形成された可能性がある．この境界部（不連続面）により，場の特性（水理量の急変など）がトリガーとなり，一部溝化，特異な河床低下が生じる可能性が考えられる.

4．河床低下の侵食メカニズム

これまでの検討結果により明らかとなった，鬼怒川下流部で特徴的な「特異な河床低下」や「平坦型(一部溝化)」の形成プロセスを示す(**図 4-1**).

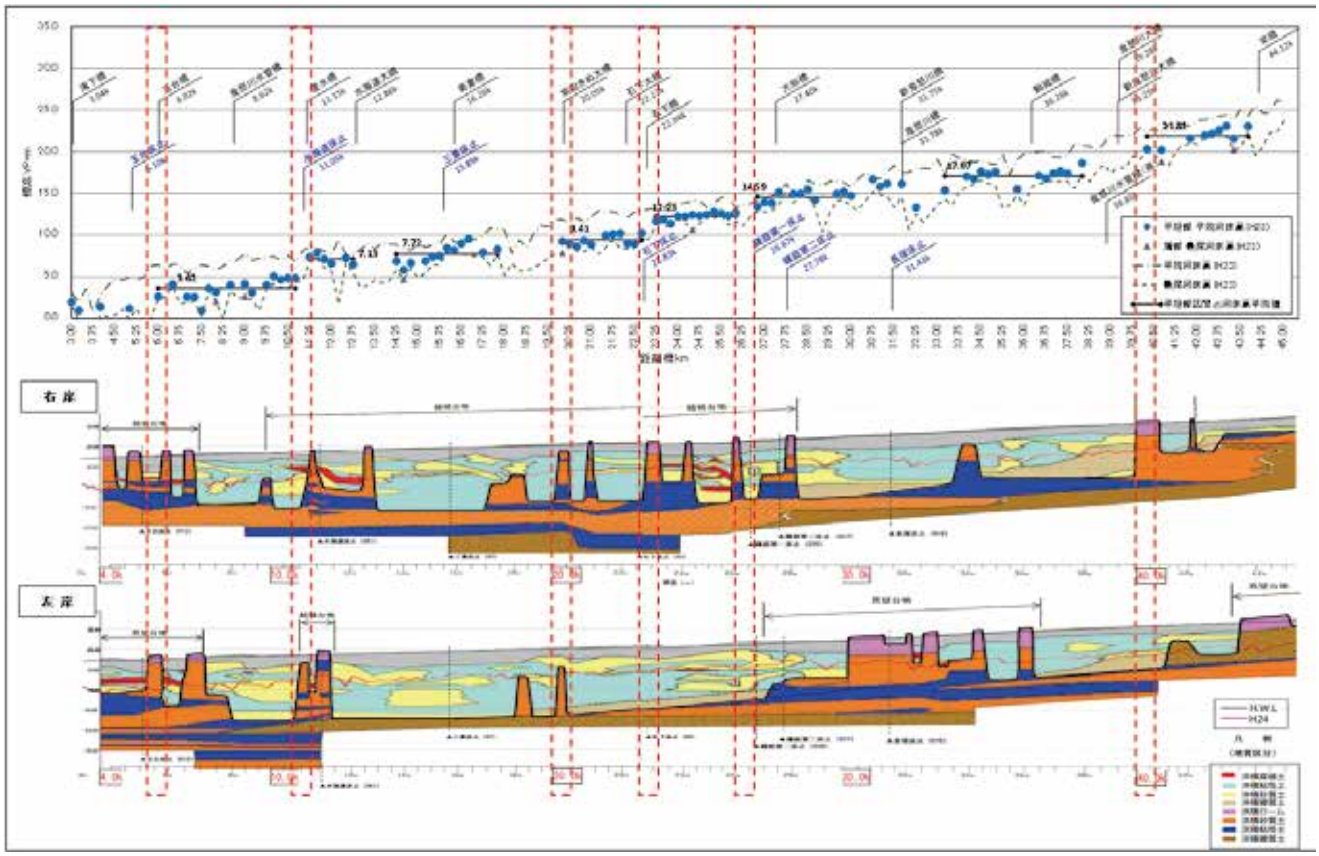
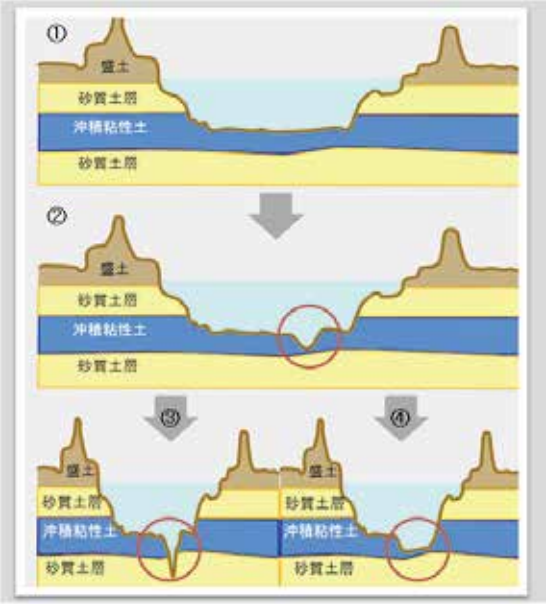


図 3-8　平坦型（一部溝化）区間の平均河床高縦断図と地質縦断図



① 表層の砂質土層が掃流
露出した沖積粘性土が侵食される

② 平坦面の侵食抵抗が弱い部分が一部溝状に洗掘される

③ 溝状に洗掘された箇所の沖積粘性土層を突き破り，下層の砂質土層が吸い出された場合，急激に河床低下する
④ 溝状に洗掘された箇所が拡大する

図 4-1　特異な河床低下の形成プロセス

まず，表層の砂質土層が掃流され，露出した沖積粘性土層が徐々に侵食される．平坦面が形成される（**図 4-1①**）．次に，平坦型に侵食された沖積粘性土層が何らかのトリガー（平坦型河床区間の落差による流況の変化，粘性土層の不均一性等）によって一部溝状に洗掘される（**図 4-1②**）．互層構造の場合は，その後，溝状に洗掘された箇所の粘性土層を突き破り，下層の砂層が短期間に吸い出されることで急激な河床低下が発生する（**図 4-1③**），あるいは溝状に洗掘された箇所が拡大する（**図 4-1④**）ことが考えられる．

特異な河床低下の形成プロセスの分析により，適切な河川管理を行っていく上で，以下のことが明らかとなった．

河床が互層構造であり，かつ，局所洗掘されるトリガーが合致した箇所において，河床低下が進行する可能性が高いため，注視が必要である．

５．まとめ

本研究においては，泥岩・沖積粘性土層の露出河道における河床の侵食形態のパターンごとの侵食速度，地質構造及び侵食形態を整理することにより，侵食特性を把握した．さらに，把握した侵食特性から鬼怒川下流部で特徴的な侵食形態の侵食プロセスを推測した．

その結果，表層の砂質土層（沖積層）が掃流された泥岩・沖積粘性土層が露出した河道においては，平坦面が形成され，場の特性（縦断面の不連続面,左右岸の土質の違い等)がトリガーとなり，一部溝化，さらには特異な河床低下が生じる可能性があることが推測された．

以上から，泥岩・沖積粘性土層が露出した河道における適切な河川管理に向けて，以下の箇所を把握していくことが重要である．

・平坦面河床の分布状況
・不連続面の位置と範囲
・左右岸で地質が異なる箇所

さらに，これら箇所においては，河床下の地質構造を把握していくことが重要である．

６．今後の課題

今後の課題としては，泥岩・沖積粘性土層の侵食メカニズムのさらなる知見の収集・把握及び河川管理（河川管理施設の機能維持等）への適用が重要である．その 2 点について，以下に示す．

①泥岩・沖積粘性土層の侵食メカニズムのさらなる知見の収集・把握

急激な河床低下を生じる可能性のある河床形態（平坦面，平坦面一部溝化）の地形構造把握のため，定期横断による線情報だけでなく，ボーリング調査の実施や探査技術（3 次元サイドスキャナーC3D-LPM 等）による面的な地形構造の把握を行い，情報の充実化を図る必要がある．

また，泥岩・沖積粘性土層の土質調査等による物性値データのさらなる蓄積を行い，泥岩・沖積粘性土層の侵食メカニズムの解明とその速度把握を行うことが重要である．

②河川管理（河川管理施設の機能維持等）への適用について

泥岩・沖積粘性土層が露出している河川では，河床形態（平坦面，平坦面一部溝化），及び平坦面河床高の境界部（不連続面）を把握し，これら区間を要監視区間として設定し，洗掘が河川管理施設に及ぼす影響を防止する観点から河床形態を監視することが必要である．

また，本研究で推測された泥岩・沖積粘性土層の侵食メカニズムについて，泥岩・沖積粘性土層が露出している全国の河川において検証し，適切な河川管理施設等への管理に向け，検討を進めていくことが重要である．

謝辞

本報告を実施するにあたり，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 下館河川事務所 調査課に対し，ここに深く謝意を表します．また，「鬼怒川・小貝川河道管理研究会」の委員の方々には，貴重なご意見・ご指導をいただきました．ここに深く謝意を表します．

参考文献

1）岩見収二，西澤諒亮，福岡達伸，福井治，河邊宏，笠井良彦，伊藤嘉，齋藤正徳（2015）木曽川大規模深掘れにおける渦構造と深掘れ拡大要因の推定，河川技術論文集，第 21 巻，pp. 137-142.

2）井上卓也，泉典洋，米元光明，旭一岳（2011）軟岩上の限界掃流力と軟岸の洗掘速度に関する実験，河川技術論文集，第 17 巻，pp. 77-82.

3）忠津哲也，鈴木研司，内田龍彦，福岡捷二（2009）洪水流による土丹河床高さの経年変化と堰周辺の砂州変形に伴う洗掘深の増大について，河川技術論文集，第 15 巻，pp. 249-254.

4）山本晃一他（2010）河道特性に及ぼす粘性土・軟岩の影響と河川技術　河川環境総合研究所資料第 29 号，財）河川環境管理財団.

5）独）寒地土木研究所 寒地水圏研究グループ 寒地河川チーム（2013）軟岸河川の侵食特性調査マニュアル（案）［第 1 報］.

6）国土交通省 関東地方整備局 下館河川事務所（2013）H24 鬼怒川・小貝川河床材料等調査業務報告書.

7）国土交通省 関東地方整備局 下館河川事務所（2014）H25 鬼怒川河道内地質調査業務報告書.

8）中嶋大次郎他（2014）鬼怒川における泥岩・沖積粘性土層の河床低下について，河川総合研究所報告，第 19 号，pp. 65-78.

管理面の機能確保を目的とした河道内樹木の伐採計画について

井上　勇樹*・宝藤　勝彦**・鈴木　克尚***

1．はじめに

現在，直轄管理河川では，流下能力の確保を目的とした河道内樹木の伐採が計画的に進められている．

河道内樹木の繁茂による管理面における影響は，流下能力に支障となる問題，河川管理施設等の機能保持に支障となる問題および巡視・点検の支障となる問題等が挙げられる．

さらに，環境面においては，周辺環境と一体的な景観を形成する樹木や生物の生息・生育環境となる樹木等がプラス面に挙げられることから，伐採を実施していくにあたり，管理面および環境面に配慮した総合的な伐採計画が必要である．

本稿は，上記の問題意識のもと，九頭竜川を例として，管理面の機能確保を目的とした河道内樹木の伐採計画について検討したものである．

2．九頭竜川の概要および河道内樹木の現状

河道内樹木の伐採計画は，樹木繁茂の要因や今後の繁茂傾向を把握することにより，伐採すべき樹木群や伐採後の留意点を明確にし，効率的・効果的な樹木管理を実現できる計画とする必要がある．このような認識のもと河道特性，樹木繁茂の現状等を整理した．

2.1　九頭竜川の河道特性

九頭竜川は，福井県と岐阜県の油坂峠にその源を発し，日野川と合流し，幹川流路延長 116km，流域面積 2,930km^2 の一級河川である（**図 2-1**）．

九頭竜川流域は，加越山地，越美山地，越前中央山地，丹生山地に囲まれ，九頭竜川本流域および日野川流域，その中間部に位置する足羽川流域からなる．

九頭竜川直轄管理区間の河道特性は，上流区間である鳴鹿大堰付近は掘り込み河道となっており，川幅は 100m～300m程度である．河床勾配は 1/290 程度，代表粒径は 73mm程度であり，セグメント 1 に属する．

中流区間である鳴鹿大堰～中角橋は，川幅は 250～600m程度であり，瀬・淵が連続しており淀みやたまりが多い．河床勾配は 1/1000～1/290 程度，代表粒径は 0.46～73mm程度であり，セグメント 2-2 および 2-1 に属する．

図 2-1　九頭竜川流域の概要

＊（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
＊＊＊（公財）河川財団　河川総合研究所　上席研究員

下流区間は中角橋から河口に至る区間であり，ほぼ全区間が感潮区間である．川幅は 250～600m程度，河床勾配は 1/6,700～1/1,000 程度，代表粒径は 0.25～0.46mm程度であり，セグメント 3 もしくは 2-2 に属する．

一方，日野川直轄管理区間は，ほぼ全区間が感潮区間である．川幅は 150～400m程度，河床勾配は 1/5,300～1/2,000 程度，代表粒径は 0.39～6.89mm 程度であり，セグメント 2-2 に属する．

2.2　河道内樹木の現状

九頭竜川・日野川における河道内樹木の繁茂域の変遷については，航空写真および河川水辺の国勢調査の結果を用いて，昭和 22 年，昭和 41 年，昭和 55 年，平成 6 年，平成 17 年および平成 22 年の樹木面積の変化を整理した（**図 2-2**）．昭和 55 年から平成 6 年の期間に急激に増加し，平成 22 年は昭和 55 年に比べ 8 倍程度の面積まで繁茂している．

その要因は，洪水流量の減少による河道内撹乱の頻度が減少し，澪筋の低下や砂州の冠水頻度の減少により，中州や寄州に植生が発達したことが挙げられる．

また，かつては，河道内の樹木や植生を燃料や肥料として使用されてきたが，昭和 30 年代後半の高度経済成長期からの化石燃料の使用への変化による，木材需要の減少による伐採行為が減少したことによる点も要因であると考えられる．

特に，九頭竜川の 18～28k 間では，全体的に樹林化が進行している．特に樹林化が顕著な箇所として，平成 17 年時点には砂州であった箇所が陸域化した 21～22ｋ間の砂州，23～24ｋ間の中州，25ｋ付近の砂州などが挙げられる（**図 2-3**）．

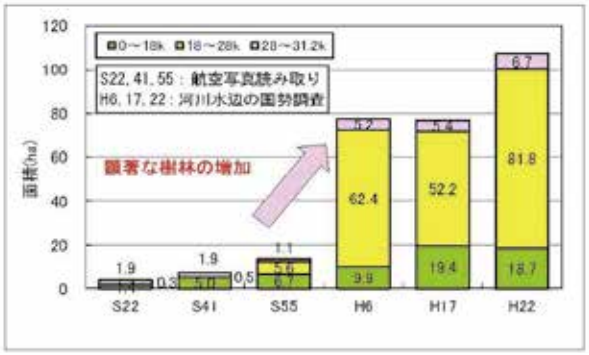
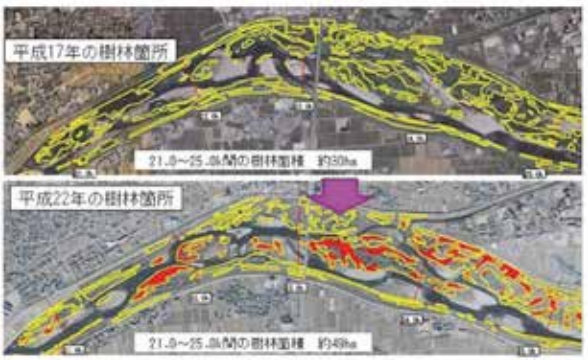


図 2-2　樹木面積の経年変化



※赤色部分は，樹林化した進行箇所である．

図 2-3　樹林化の進行箇所

3．樹木管理計画の検討方針

九頭竜川・日野川の河道内に繁茂した樹木は，流下能力や礫河原の減少等，治水面，環境面に大きな影響を与えていたことから，九頭竜川水系河川整備計画（平成 19 年 2 月）および九頭竜川自然再生計画書（平成 21 年 3 月）等に基づき，河川環境の保全に配慮した伐採が進んでいる．現在，一部の区間を除き整備計画流量の流下が可能となり，また，礫河原再生のための河道掘削（樹木伐採を含む）が進み，治水面，環境面への影響は少なくなっている．

一方，管理面からみると，河川巡視・点検や CCTV カメラ等による状態把握に影響を及ぼしている樹木等を効率的・効果的な伐採計画に基づいて管理することが重要である．そのため，**図 3-1** の検討フローのとおり，九頭竜川・日野川における伐採樹木を選定するための検討方針を設定し，管理面で課題となる樹木を明確にするとともに，それらを伐採するのか否かを判断する伐採管理基準を設定する．さ

らに，環境面に配慮が必要な樹木を整理したうえで，伐採の優先順位・年次計画を設定し，PDCA サイクルで管理する樹木伐採管理システムを構築した．

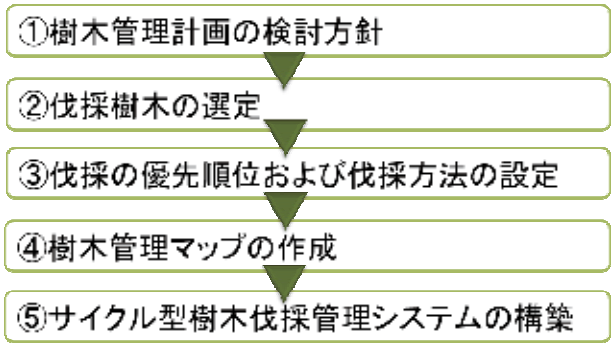


図 3-1　伐採計画の検討フロー

4．伐採樹木の選定

管理面および環境面から課題なる樹木を河川巡視日誌や河川カルテ等の資料や現地調査結果から抽出し，伐採樹木を選定した．

伐採樹木は，河川環境基図で分類された群落を基本として，数株で生育している近傍の樹木も包括したひとかたまりの樹木群として扱う．

これら樹木群に対して，堤防沿いや中州などの生育環境，優先順位および伐採年次計画の検討，伐採後の状態把握等の容易性を考慮し，単独又は複数の樹木群によるゾーン設定を行った．

4.1　管理面から課題となる樹木

管理面への影響は，河道内樹木の根系の発達や倒伏などによる河川管理施設への悪影響，河川巡視および空間監視への障害が挙げられる．

よって，これら樹木に内在する課題を把握するため，管理面における樹木伐採を選定するうえでの条件などの基本方針を設定し，既往資料（河川巡視日誌，河川カルテ，航空写真，河川環境管理基図）等の分析により，管理面で課題となる樹木を抽出・整理し，現地調査により特定した．

(1) 課題となる樹木の抽出

管理面から課題となる樹木は，既往資料の分析および現地調査により，以下の 4 タイプの樹木を抽出した．

①河川管理施設等の機能保持に影響を与える樹木（堤防，護岸，樋門，水位観測所，橋梁）
②河川維持管理の基本をなす河川巡視および空間監視に影響を与える樹木
③不法行為を誘発し，適正な河川利用に影響を与える樹木
④塵芥等の漂着物や流木化により，良好な河川環境の保全に影響を与える樹木

①については，樹木の根系が堤体へ侵入し，堤体の安全性を低下させるとともに，堤防と樹木の間が流木等で閉塞し，越水等の危険性を高める樹木である．

②については，樹木が繁茂し，CCTV による視界・視認を阻害する樹木である．

③については，樹木の繁茂によって，不法行為（廃棄物投棄，工作物の設置，事件等）を誘発する樹木である．

④については，樹木の繁茂により，塵芥等を捕捉し，洪水時に流体力や土壌浸食により，樹木が流出し，流下阻害や河川環境の悪化を招く恐れがある樹木である．

(2) 伐採管理基準および選定結果

前述で抽出した管理面の課題となる 4 タイプの樹木について，伐採の判断が容易で，伐採の必要性・優先度を第三者に説明しやすい伐採管理基準を設定した（**表 4-1**）．

伐採管理基準は，管理面の影響毎に，2 段階の判定基準を設け，影響の小さい評価を判定 1，影響の大きい評価を判定 2 とした．

表 4-1　伐採管理基準

管理面から課題となる樹木	伐採管理基準
河川管理施設等の機能保持に影響を与える樹木	判定1：樹木が法尻から20m以内に生育
	判定2：樹木が堤体に生育
河川維持管理の基本をなす河川巡視および空間監視に影響を与える樹木	判定1：ほとんど視認できない
	判定2：視認できない
不法行為を誘発し，適正な河川利用に影響を与える樹木	判定1：不法行為箇所が視認しづらい
	判定2：不法行為箇所が視認しづらくアクセスが良い
塵芥等の漂着物や流木化により，良好な河川環境の保全に影響を与える樹木	判定1：まとまって塵芥等を捕捉している
	判定1：河岸侵食が発生し，流木化の恐れがある

この伐採管理基準に基づき，既往資料の分析および現地調査から伐採対象樹木群を抽出した．

選定の結果，伐採樹木群は 82 箇所であった（**図 4-1**）．

なお，1 つの樹木群で複数の課題を有している箇所があるため，伐採判定項目に該当する樹木は計 127 箇所となる．

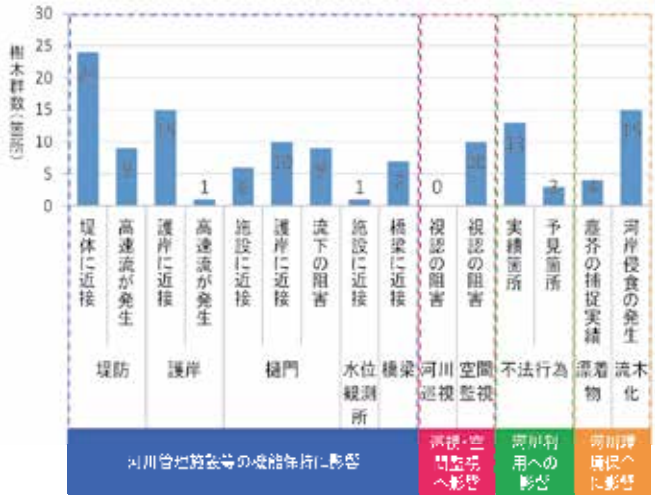


図 4-1　伐採箇所の選定結果

4.2　環境面に配慮が必要な樹木

前節で選定した管理面から課題となる伐採樹木群は，貴重な樹木・草本が生育し，鳥類をはじめ生物の生息環境となる等，環境面の価値も有している．さらに，地域住民や自然保護団体からは，伐採や保全等の要望も寄せられており，河道内樹木は地域からの関心も高い．

このような背景のもと，管理面から課題となる樹木について，環境面に配慮が必要である樹木に区分した．

環境面に配慮が必要な樹木の区分は，①親水性を阻害する樹木，②周辺環境と一体的な景観を形成する樹木，③動植物の生息・生育環境等とした．

①親水性を阻害する樹木については，今回の調査で該当する箇所がなかった．ただし，今後確認された場合は伐採対象とする．

②周辺環境と一体的な景観を形成する樹木については，桜並木を設定した（**図 4-2**）．ただし，これら樹木は，老木であり，倒木の可能性があるため管理面では伐採対象となるが，良好な自然環境（景観）の保全に対する地域ニーズが高く，伐採に際しては課題を有している．

③動植物の生息・生育環境等となる樹木については，在来植生の生育に影響を及ぼす外来種のハリエンジュが既往調査および現地調査で確認されたことから，管理面から伐採が必要となる樹木の近傍に生育しているハリエンジュを伐採および除根し，在来植生の再生を図るものとした．

また，鳥類の営巣場所および魚類の餌供給となっている樹木や貴重種の生育・生息環境等となっている樹木は，伐採を極力抑制する必要がある．

九頭竜川および日野川では，105 種（魚類 17 種，底生動物 14 種，鳥類 35 種，爬虫類 3 種，両生類 1 種，陸上昆虫類 19 種，植物 16 種）の環境省レッドリストや福井県レッドデータブックに掲載されている重要種の生育・生息が確認されている．

特に，ツクシガヤ（環境省・絶滅危惧Ⅱ類（VU），福井県レッドデータブック・県域絶滅危惧Ⅰ類（CR+EN））の生育が日野川の水湿地となっているヤナギ林で良好な状態で生育していることが確認されていることから，ツクシガヤの生育場所であるヤナギ林を保全する必要がある（**図 4-3**）．

図 4-2　五松橋の桜並木

図 4-3　ツクシガヤ生育地（日野川）

以上から，環境面に配慮が必要な樹木群は，以下のとおりに設定した．

①親水面

・該当なし

②景観面

・九頭竜川 2.4k 付近の右岸の新保橋下流側の桜並木

・九頭竜川 27.2k の左岸の五松橋上流側の桜並木

③動植物の生息・生育環境

（保全すべき重要種）

・日野川のツクシガヤの生育場所のヤナギ林

（外来種）

・ハリエンジュは伐採対象

５．伐採の優先順位および伐採方法の設定

樹木伐採を行っていく上で，より効果的な伐採計画とするために，さらには地域等の理解を得ていくためには，客観的で明確な指標（方法）に基づく，優先順位の設定が必要である．伐採管理基準に基づく判定結果（点数）に対して，必要性の高い項目を重視するための重み付け係数を設定し，環境への配慮事項を加味した上で，総合的に順位付けを行った．

また，九頭竜川および日野川において広範囲にわたって繁茂する樹木を一度に伐採することは，生物の生育・生息場や環境への影響や莫大な費用が掛かることから現実的でない．そのため，縦断的に連続している樹木を皆伐しないようにすることが望まれる．よって，環境面に配慮した伐採方法として，輪伐の検討を行った．

(1) 伐採の優先順位の設定

樹木伐採箇所の優先順位は，伐採樹木群の評価値による点数制で設定する．

評価値は，管理面の伐採判定項目ごとに，伐採管理基準に基づいて評価した値（1 点または 2 点）の合計を基礎値とし，その基礎値に伐採の必要性から設定した重み付け係数を付する．

さらに，環境面からの評価として，ハリエンジュが生育している場合は 1 点を加点し，伐採樹木群ごとに評価を行い，伐採樹木ゾーンごとに優先順位を設定した（**図 5-1**）．

また，重み付け係数は，管理面の影響ごとに，強制決定法（FD 法：機能評価手法）を用いて設定した（**表 5-1**）．

図 5-1　点数制による評価値（優先順位）の設定

表 5･1　管理面の重み付け係数の設定

伐採判定項目			①河川構造物									②河川巡視		③維持管理（不法投棄等）		④維持管理（漂流物）		計	割合	重み付け係数
			1-1 堤防		1-2 護岸		1-3 樋門			1-4水位観測所	1-5 橋梁	2-1 河川巡視	2-2 空間監視	3-1 不法行為		4-1 漂着物	4-2 流木化			
			①堤体に近接	②高速流が発生	①護岸に近接	②高速流が発生	①施設に近接	②護岸に近接	③流下の阻害	①施設に近接	①橋梁に近接	①視認の阻害	①視認の阻害	①実績箇所に生育	②予見箇所に生育	①塵芥の捕捉実績	①河岸侵食の発生			
①河川構造物	1-1 堤防	①堤体に近接	－	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	13.3%	1.133
		②高速流が発生	0	－	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	12.4%	1.124
	1-2 護岸	①護岸に近接	0	0	－	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	10	9.5%	1.095
		②高速流が発生	0	0	0	－	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9	8.6%	1.086
	1-3 樋門	①施設に近接	0	0	1	1	－	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	11.4%	1.114
		②護岸に近接	0	0	0	0	0	－	0	0	0	1	1	1	1	1	1	6	5.7%	1.057
		③流下の阻害	0	0	1	1	0	1	－	1	0	1	1	1	1	1	1	10	9.5%	1.095
	1-4 水位観測所	①施設に近接	0	0	0	0	0	1	0	－	0	1	1	1	1	1	1	7	6.7%	1.067
	1-5 橋梁	①橋梁に近接	0	0	0	0	0	1	1	1	－	1	1	1	1	1	1	9	8.6%	1.086
②河川巡視	2-1 河川巡視	①視認の阻害	0	0	0	0	0	0	0	0	0	－	1	1	1	1	0	4	3.8%	1.038
	2-2 空間監視	①視認の阻害	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	－	1	1	1	0	3	2.9%	1.029
③維持管理（不法投棄等）	3-1 不法行為	①実績箇所に生育	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	－	1	1	0	2	1.9%	1.019
		②予見箇所に生育	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	－	0	0	0	0.0%	1.000
④維持管理（漂流物）	4-1 漂着物	①塵芥の捕捉実績	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	－	0	1	1.0%	1.010
	4-2 流木化	①河岸侵食の発生	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	－	5	4.8%	1.048
																		105	100.0%	

伐採の必要性が高い方に１点を与える

設定方法は，伐採判定項目のマトリックスを作成し，全ての伐採判定項目について伐採の必要性を直接比較して，必要性が高い方に１点を与える．横方向の合計点を求め，その値を伐採判定項目の必要度とし，その割合を重み付け係数とした．

重み付けは，河川管理施設として最も重要な施設である堤防を中心として考え，堤防の機能保持を行っていく上でより堤防に近い施設，行為を必要性が高い項目と考えた．

なお，当該伐採計画は，今後，河川巡視等による状態把握を行いながら，常に更新していくことが必要であることから，煩雑な重み付け（評価）を避け，理解・扱いの容易性を重視し，全ての採判定項目を同列で重み付け（評価）することとした．

(2) 伐採方法の検討

環境面に配慮した伐採方法として，輪伐を検討した．

輪伐は，ゾーニングした伐採樹木群ごとに毎年順番に樹木を伐採し，一巡する伐採方法である．

なお，輪伐は以下の考え方に基づき実施する．

・環境面における樹木の機能の維持（影響の軽減）のため，一定範囲内の伐採樹木ゾーンは，同じ年に伐採しない．

・樹木の生長速度，伐採に関する予算等を考慮し，10 箇年で１巡するように伐採年次計画を策定し実施する（**図 5･2**）．

図 5･2　輪伐のイメージ

6．樹木管理マップ作成

樹木伐採事業を着実に進めていくためには，地域住民との合意形成が重要となる．合意形成を図る上では，伐採の必要性をわかりやすく提示し，樹木管理の見える化を行っていくことにより，樹木伐採に

対する理解を得ていくことが肝要である．そのため，樹木管理の見える化を図るツールとして，樹木管理マップを作成した（**図 6-1**）．

樹木管理マップは，樹林伐採方法のとりまとめの内容を整理しており，伐採樹木群のゾーンごとに，伐採の考え方，伐採管理手法，優先順位，伐採年次（想定），概算伐採費など，樹木管理に必要な情報を記載した．

7．サイクル型樹木伐採管理システムの構築

河道内樹木の繁茂状況は，日々変化しており，本検討において確認した繁茂状況や内在する課題も変化していく．また，河道内に繁茂している主な樹種であるヤナギ類は，伐採後の再萌芽（再繁茂）する可能性が高い．

よって，計画策定後あるいは樹木伐採実施後において，河道内の樹木繁茂状況をモニタリングしていくことが，河川管理施設の機能保持，あるいは伐採効果の保持を図っていく上で，極めて重要なこととなる．よって，樹木の繁茂状況を把握しつつ，順応的に対応を図っていくサイクル型樹木伐採管理システムの構築に向け，モニタリング手法，評価方法等の検討を行った．

ゾーンNo	⑮	伐採想定年次（期間　H27～H36）	H35（9年目）	優先順位	33 /41
伐採の考え方	樹木は、堤防防護ラインに近接して設置されている低水護岸の背面付近に生育しており、低水護岸の安全性を低下させている。また、隣接してCCTVの視界・視認を阻害する樹木が生育している。 なお、地域から伐採の要望が寄せられる範囲に位置するゾーンである。 なお、当該ゾーンは、平成18年度に伐採が行われている。				
伐採管理手法	樹木群No.25 ：管理タイプA（伐採＋除根） 樹木群No.26 ：管理タイプB（伐採＋樹皮剥皮）		概算伐採費	379 万円	

図 6-1　樹木管理マップ

7.1　モニタリング手法，評価手法の検討方針

モニタリングにおいては，樹林状態の把握のみならず，モニタリングによって得られた情報を体系的に整理編集し，これら情報を適切に解釈しそれに基づいた評価を行い，この評価に基づいた伐採等の実管理を一連のサイクルとして実施していく管理システムを明確にしておくことが特に重要となる．

さらに，上記のサイクル型の管理システムの構築にあたっては，各段階における実行内容を明確にし，その役割分担（事務所と出張所）を明確にすることも重要である．加えて，維持管理費の縮減，人員の削減等の対応として効率的・効果的かつ持続可能な管理の観点も重要となる．

モニタリング手法，評価手法の検討において留意すべき上記の観点を踏まえて，樹木伐採計画におけるモニタリング手法及び評価手法を検討するにあたっての方針を以下に示す．

(1) モニタリング内容

モニタリング内容は，河川巡視等で実施することを前提として，確認が容易な指標および方法とし，定期的な調査やデータ取得と併せて実施していく体制を検討した．

なお，巡視・点検等の現場の状態把握（情報取得）においては，全国的に平成 26 年 4 月（福井河川国道事務所においては平成 27 年 4 月）より，河川管理の効率化・高度化に向け河川維持管理 DB（RMDIS）の試行が始まっている．本システムにおいては，現場の事象をタブレット端末により入力を行うものであり，本検討においては，河川維持管理 DB(RMDIS)の使用を前提として検討した（**図 7-2**）．

図 7-2　RMDIS 種別項目

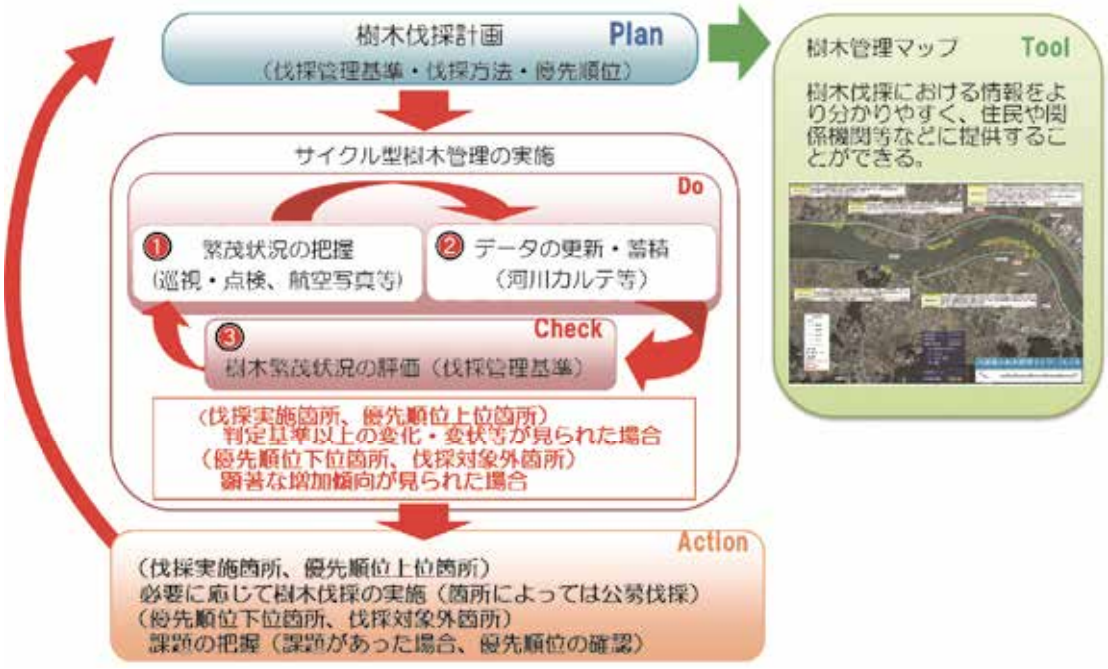


図 7-1　サイクル型樹木管理システム

(2) モニタリング情報の体系的な編集

モニタリングによって得られたデータを編集・蓄積していくための簡潔な編集方式や，情報更新が適切に行われていくための仕組みを検討した．

なお，巡視・点検結果の情報の編集においても巡視・点検等の状態把握（情報取得）同様に，河川維持管理 DB（RMDIS）の活用が始まっており，本システムにおいて，整備局に設置されたサーバーにデータを蓄積し，web システムによるデータの閲覧（検索），さらには web システムによって河川カルテに登録するものである．

本検討においては，河川維持管理 DB（RMDIS）の使用を前提として検討した．

(3) 評価

現場での一次判断基準を設定しておき，それ以上の変状が確認された場合，より詳細な調査・検討を行うようなシステムとすることが，効率的・効果的な樹林管理につながる．その際，現場で判断可能となる簡易な判断基準として，伐採管理基準を設定した．

(4) 伐採等（実管理）

サイクル型の樹林管理の仕組みを定着させるためには，実管理の段階において，評価結果に基づき伐採行為等の実管理を確実に実行していくことが重要である．

樹木管理におけるモニタリングの目的は，「伐採後の再萌芽状況の確認」，「各種課題が内在している樹林の増加傾向の把握」，「課題の顕在化しつつある（した）樹林の把握」である．

よって，これら目的に則して樹林伐採前後において，本検討で伐採対象とした樹林に対して，伐採後および伐採前，伐採対象外の項目を整理し，各項目におけるモニタリングの①視点，②内容，③頻度・時期および評価手法を検討した（**図 7-3**）．

また，上述のモニタリングおよび評価結果を容易に反映するとともに，客観的に評価し，優先順位を合理的に変更しやすい伐採年次計画を構築した（**図 7-4**）．

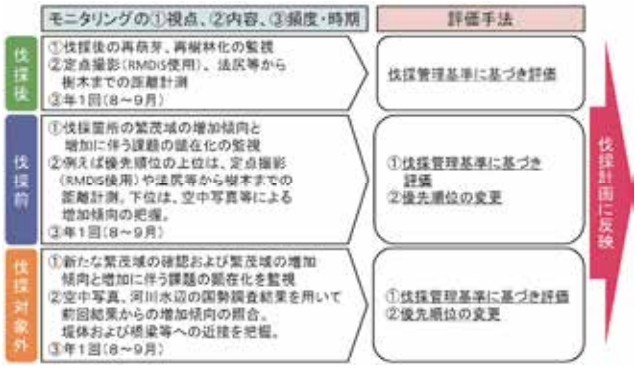


図 7-3　モニタリングおよび評価手法

図 7-4　伐採年次計画

８．まとめと今後の課題

他河川においても運用し易い，樹木管理マップおよびサイクル型樹木伐採管理システムの構築を行った．

樹木管理マップについては，河川管理者が伐採管理状況をおよび伐採内容を容易に把握することができるとともに，河川管理者が住民や関係機関等により分かりやすく，情報を提供することができ，アカウンタビリティーの向上を図ることができるものと考える．

サイクル型樹木伐採管理システムについては，伐採判定項目の結果を客観的に評価し，優先順位を合理的に変更しやすいシステムを構築したことにより，効率的・効果的な伐採年次計画を実施できると考えている．

なお，今後の課題として，以下で示すように 3 点が挙げられる．

①伐採の優先順位は，伐採の必要性に加え，樹高および密度の観点からみた伐採の緊急性も考慮して設定することが望ましい．

②樹木伐採の実施段階には，動植物の現地調査を実施し，重要種の保全等の課題が見つかった場合，学識者等の意見等を踏まえた対応策を検討する必要がある．

③本システムについて，実運用による検証を行い，適用性を確認する必要がある．

①については，CCTV カメラによる河道内の状況把握に支障の大きい樹高・密度や流木による河川管理施設等への影響が大きい樹高が考えられる．

②については，本伐採計画が平成 22 年度の河川環境基図を基本としたものであることから，樹木伐採の実施前には，重要種等について現地調査し，学識者の意見等を踏まえて対応する必要があると考えている．

③については，本システムのモニタリングおよび評価手法の結果を反映した伐採年次計画のとおり樹木伐採を実施することが効果的・効率的であるとともに，実際に本システムを河川巡視者等が利活用できることを実証することが重要と考えている．

謝辞

貴重なデータを提供していただいた国土交通省近畿地方整備局福井河川国道事務所河川管理第一課に対し，ここに深く謝意を表します．

参考文献

1) 九頭竜川河川整備計画（2007），国土交通省近畿地方整備局福井河川国道事務所．
2) 九頭竜川自然再生計画書（2009），国土交通省近畿地方整備局福井河川国道事務所．
3) 犬丸潤（2006），加古川における河道内樹木管理ガイドラインの検討，平成 18 年度国土交通省国土技術研究会．

河川の堤防点検および今後の課題について

松本　大毅*・吉田　高樹**・昆　敏之***

1．はじめに

近年，頻発する激甚な災害や笹子トンネルの崩落事故などを契機として，社会資本の維持管理への社会的な関心が強まり，維持管理の重要性が高まっている．

平成 25 年 6 月には河川法の一部が改正され，河川管理施設及び許可工作物に関して，良好な状態に保つよう維持又は修繕の義務を明確化し，管理者が順守すべき最低限の技術基準等が定められた．

一方で，管理すべきストックの増大・老朽化の進行に伴う維持管理費用の増大への対応や，河川管理者の人員不足や技術力低下を含む管理体制の弱体化への対応が課題となっている．

このような状況のなか，従来は河川管理者にて行ってきた堤防点検の一部を，平成 26 年度より“堤防等点検評価業務”として試行的に展開し，効率的・効果的な維持管理の実施を目指すための取り組みが始まった．

本稿では，関東地方整備局発注の堤防等点検評価業務における事例をもとに，堤防点検の実施体制や点検手法，点検にて発見された変状等を例示するとともに，点検にて発見された変状の評価方法，試行業務により得られた成果，試行業務としての今後の課題等について述べるものである．

2．堤防等点検評価業務について

堤防等点検評価業務の試行状況および体系を以下に示す．

2.1　堤防等点検評価業務の試行状況

堤防等点検評価業務は前述のとおり，平成 26 年度より試行的に行われており，概ね各地整 1～2 件程度発注された．また，平成 27 年度には，全国の各地整において更に 1 件程度増やして発注されている状況である．

2.2　堤防等点検業務の体系

堤防等点検評価業務は，河川状況把握等関連業務より河川巡視結果や維持工事の状況等を入手し，管内の状況を把握するとともに，堤防点検を実施し，点検にて発見された変状の健全度評価を行うものである．さらに，それらをとりまとめて所内連絡調整会議の場にて，変状の評価や対策案等の提案を行うものである．

堤防等点検評価業務の体系イメージは**図 2･1** のとおりである．

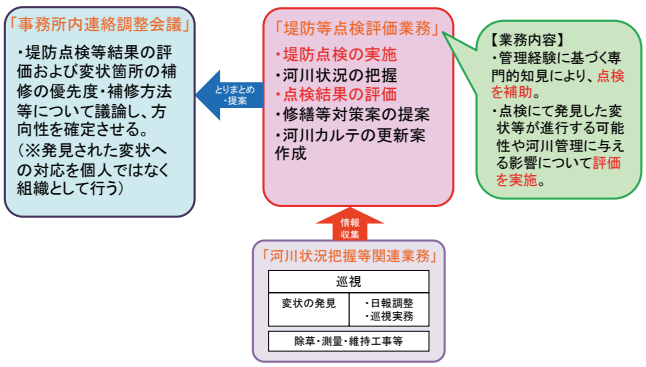


図 2･1　堤防等点検評価業務の体系イメージ

3．堤防点検の実施

堤防点検に際し，事前に準備した事項及び実際の点検体制等を以下に示す．

＊（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　副所長
＊＊＊（公財）河川財団　河川総合研究所　主管研究員

3.1　基本情報および重点点検箇所の整理

堤防は，長大構造物であり，その点検にかかる労力も大きいため，治水上及び維持管理上，特に重要となる箇所を事前に明確にし効率的に点検を行うことが重要である．

そのため，堤防点検の実施に先立ち，点検対象区間の堤防の土質や築造年代，護岸の形状等といった基本情報の整理を行った．

また，重要水防箇所や過去の被災箇所，堤防詳細点検結果，過年度の堤防点検結果等から重点点検箇所の抽出を行った．

基本情報として整理した事項は以下のとおりであり，整理事例を**図 3・1** に示す．

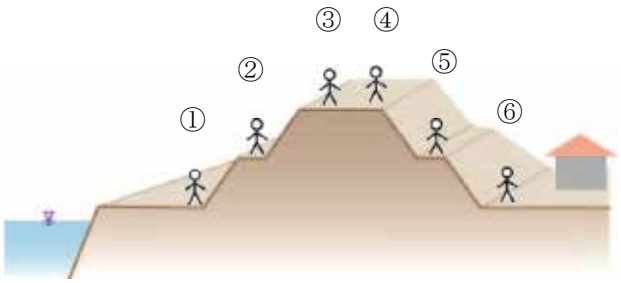
・堤防に関する情報：断面形状，土質，築造年代，被災履歴，詳細点検結果
・護岸に関する情報：設置の有無，護岸形状，被災履歴
・河道に関する情報：セグメント区分，洪水時の流速，水衝部等
・目視点検情報：過去の堤防点検結果，巡視結果
・重要水防箇所

3.2　堤防点検実施体制

堤防点検は，「堤防等河川管理施設及び河道の点検要領」に基づき，出水期前（5 月下旬～6 月下旬程度）と台風期（8 月下旬～10 月上旬程度）の年 2 回，徒歩により実施した．

各事務所・出張所が実施した上記 2 回の堤防点検に，2～4 人程度が同行し，点検・記録・計測の補助等を行った．

堤防点検時の人員の配置模式図を**図 3・2** に示す．



①川表法面及び法尻の点検
②川表法面の点検
③天端の点検および記録
④天端の点検および記録補助
⑤川裏法面の点検
⑥川裏法面および法尻（堤脚水路等）の点検

図 3・2　堤防点検模式図

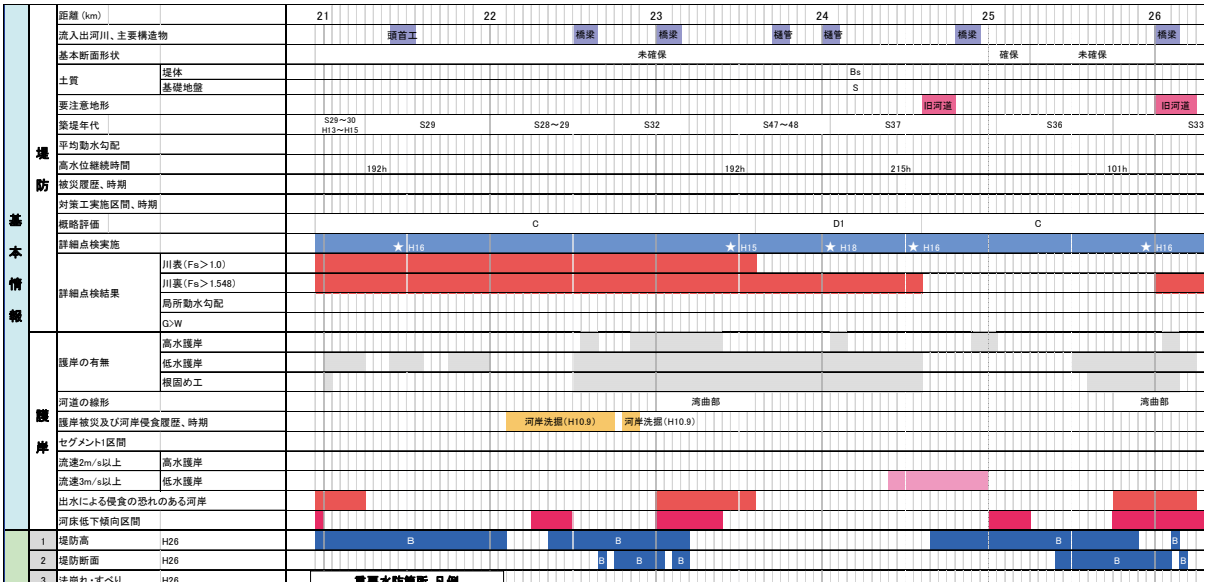


図 3・1　点検区間の基本情報整理事例

3.3　堤防点検実施内容

堤防点検における実施内容は主に以下のとおりである.

①新規変状箇所の発見
②過年度変状箇所の経過観察
③変状範囲（長さ，幅，深さ等）の計測
④変状範囲のマーキング（スプレー等）
⑤変状の写真撮影および記録

ここで，①新規変状箇所の発見は，堤防点検の主たる目的である．**図3・2**に示したように人員を配置し，各人の受け持ち範囲を中心に点検を行った.

変状を発見した際には，基本的に点検者全員が集合し,変状に関する情報を共有できるように努めた.

②過年度変状箇所の経過観察については，後述する健全度評価ランクにおいて，経過観察と分類された変状(早急に対応等は必要ないと判断された変状)が進行していないかを継続的に観察（点検）するものである.

③変状範囲の計測は，変状の健全度評価ランクの決定や次年度以降の変状の進行度合を把握することを目的に行うものである．(**写真3・1**)

このうち，護岸や堤防天端等のコンクリート部分の変状については，次回点検時において変状の発見および進行の確認が容易となるように，スプレー等で変状の範囲や計測ポイントのマーキングも併せて行った．(**写真3・2**)

写真 3・1　点検実施状況（計測）

写真 3・2　点検実施状況(マーキング)

3.4　点検結果（代表事例）

前述の体制・内容にて点検を行った結果，様々な変状が発見された.

発見された変状の一部を以下に示す.

①堤防天端のクラック（縦断）

拡幅盛土の圧密沈下や基礎地盤の沈下，地震等の外力によるものと思われる堤防天端のクラックが確認されている.

延長は長いもので数百メートル，開きは大きなもので10cm程度，深さは深いもので50cm以上のものも確認されている．(**写真3・3**)

深さが天端舗装厚よりも深い場合には，雨水の堤体内への浸透が進行し，法面が不安定化する可能性や，すべりの発生により断面が不足する可能性がある.

また，開きそのものや開きによる段差が大きなものである場合，自転車等の通行への影響がある.

写真 3・3　天端クラックの事例（深さが 50cm 以上）

②樹木の侵入

川表・川裏を問わず法尻に繁茂している樹木が多い．（**写真3・4**）

中には法面（堤体）に侵入している樹木も確認された．また，護岸等に堆積した土砂から繁茂している樹木や，護岸の目地の間に根を伸ばして繁茂している樹木も確認された．

堤体から繁茂しているものは堤体への影響があることは当然のことながら，樹木そのものは法尻に繁茂している場合であっても，枝葉による堤防植生への日照不足で裸地化が進行する可能性もある．また，護岸から繁茂している樹木は，洪水時等に樹木が流出する際に護岸を損傷してしまう可能性がある．

③護岸目地の開きや沈下

高水護岸や堤防護岸，樋管等構造物周辺の護岸において，抜け上がりや堤防部分の即時沈下，地震等の外力が原因と思われる護岸目地の開き（**写真3・5**）や，土堤部分の沈下や経年的な吸出しが原因と思われる護岸の沈下（**写真3・6**）や陥没が確認されている．

護岸目地の開きは，開きが背面まで達している場合には，出水時に背面土砂の吸出し等が進行する可能性がある．

護岸の沈下は，護岸としての拘束力が低下し，最終的には護岸が流出する可能性があると同時に，陥没箇所は護岸が欠損し，護岸機能が低下する可能性がある．

写真 3・5　護岸目地の開きの事例

写真 3・4　堤体から繁茂している樹木の事例

写真 3・6　護岸沈下の事例

４．点検結果の評価

点検にて発見した変状の評価の考え方について以下に示す.

4.1　変状の評価区分

点検にて発見した変状の評価区分については,「河川管理施設における診断・補修マニュアル（案)」の考え方を参考に,**表 4・1** に示すとおり 5 段階（A～E) +1 段階（S）評価とした.

表 4・1　変状の評価ランクの考え方

評価ランク	評価区分	評価の説明
A	目視できる変状なし	目視できる変状がなく健全な状態
B	目視できる変状が発生	目視できる変状が確認されるが，進行する可能性が低い状態
C	変状が進行しているが機能低下まで至らない，又は機能低下に至る変状が確認できる	機能低下が確認できる状態
D	変状により機能低下が進んでいる	変状が進行しており放置しておくと機能低下の拡大につながる可能性が高い状態
E	本来の機能を失っている	点検直前の出水や降雨による損傷等で必要な機能が失われている状態
S	詳細調査が必要	堤防点検のみでは変状の要因把握が困難であり，詳細調査を必要とする状態

4.2　点検結果の評価

点検結果の評価に際しては，以下の着眼点にて評価を行った.

①発見時点での必要機能の低下の有無
②変状の原因特定の有無
③想定された原因により変状が増長する可能性
④変状が進行した場合に機能が低下する可能性

そして，変状毎にその健全度の評価を行った.
以下に堤防天端クラック（縦断）の場合の評価方法を示す.

a)必要とされる機能（天端舗装）
雨水の堤体への浸透防止機能

b)推定される原因
①拡幅盛土の圧密沈下・すべり
②地震等の外力
③基礎地盤の圧密沈下
④上記事象の複合作用

c)変状進行の可能性
①の場合，施工後数年で収まる
②の場合，降雨や地震等で突発的に拡大する懸念がある.
③の場合，継続的に沈下が進行する

d)堤防機能への影響
クラックから雨水が堤体内に浸透し，堤体の飽和度が上昇して法面が不安定化する可能性，すべりの発生による法面崩壊の可能性

上記の a)～d)を勘案し，評価の視点としては以下のとおりである.

クラックの深さ　　：舗装の下まで達しているか
堤防築造年代　　：新規盛土であれば変状が進行する可能性がある
堤防及び基礎の土質：軟弱地盤であれば圧密沈下が収束していない可能性がある

以上より天端クラックの評価ランクは**表 4・2** のとおりである.

表 4・2　点検結果の評価ランク（天端クラックの事例）

評価ランク	評価の説明	点検結果	評価理由	対応(案)
A	変状は確認されない	－	－	－
B	目視できる変状が確認されるが、進行する可能性が低い状態	古い堤体 深さ＜舗装厚程度	沈下が収束し、今後の拡大傾向は小さい	経過観察
C	機能低下が確認できる状態	古い堤体 深さ≧舗装厚程度	沈下が収束し、今後の拡大傾向は小さいが、現時点で舗装の下まで開いている	予防保全の補修
		新規盛土 深さ＜舗装厚程度	沈下が継続し、今後の拡大の可能性大	
D	変状が進行しており放置しておくと機能低下の拡大につながる可能性が高い状態	新規盛土 深さ≧舗装厚程度	沈下が継続し、今後拡大の可能性大 現時点で舗装の下まで開いている	補修
E	変状により機能が損なわれている状態	すべり現象等を確認		即時の対応
S	速やかな原因調査が必要	クラックの深さが極端に深い	舗装背面の状況が不明	詳細調査

５．堤防点検の試行により得られた成果

堤防等点検評価業務を試行したことにより得られた成果は以下のとおりである.

①点検について

点検前に重点点検箇所を明確にしたことや，職員以外に経験豊富な技術者が点検に加わることで，より的確な視点で点検することができた.(変状発見数そのものにおいても過年度よりも多くの変状を発見することができた.)

②変状への対応について

発見した変状の健全度評価がより的確となったことから，補修等の対応が適切に行われるようになった.

また，従来は出張所長等の個人の判断に委ねられていた変状への対応が，連絡調整会議という場で情報を共有し，対応等が議論されるようになったことにより，組織としてより適切な判断を行うことが可能となった.

③評価について

堤防点検結果について，連絡調整会議という場で意見交換を行うことにより，変状発見状況や変状への対応についての共通認識が図られた.

写真 5・1　堤防護岸の補修事例
（上段：H26.6 時点，下段：H27.2 時点）

６．堤防点検における今後の課題と展望

堤防点検における今後の課題及び展望を整理すると以下のとおりである．

6.1　効率的・効果的な点検等データの蓄積・整理

変状規模等の点検結果をデータとして蓄積・整理した上で，その後の点検結果の評価に活用していくことが重要であると考えられる．

堤防等点検評価業務は,前述のとおり平成 26 年度より試行されている．本稿記載の変状の評価に際しても過去のデータ蓄積が十分とは言い難く，暫定的な評価となっている．今後，事象を蓄積していくことで，最終的には各評価ランクの閾値（評価基準）の精度向上を図るとともに，重点点検箇所を明確にしていくことで機能低下が起こり易い箇所の事前把握や点検の効率化を図ることが重要である．

また，変状の進行は，出水等外力変化によるものが大部分であることから，通常時の点検に加えて，出水後（時）のデータ取得も重要であると考える．

6.2　河川特性および施設特性を反映した点検結果評価方法の確立

出水の形態や変状の進行等は，地形や地質，勾配等の河川特性や施設特性によって大きく異なる．そのため，点検データ等の蓄積により事象（変状）の傾向を把握したうえで，河川の区間毎や出張所毎の事象を考慮し，点検項目や点検内容を充実していくことが重要である．

6.3　システムとしての河川の維持管理

維持管理という視点においては，各変状を個別に評価し対応していくことは重要であるものの，点検結果を堤防の一変状として評価するにとどまらず，河道形状からなる要素も含めたシステムとして捉え，総合的に評価していくことも重要であると考える．

6.4　新たな点検手法・技術の活用

近年開発が進められている MMS（モービルマッピングシステム）や ALB（航空レーザー測深）といった計測技術等を活用することにより，不可視部分の点検も含めた高精度化や効率化につながる可能性があるため，それらの技術の点検への適用性を十分検証するとともに点検に導入していくことが重要であると考える．

6.5　河川維持管理の効率化

今後，堤防等点検を効率的に実施していくためには以下の観点が重要であると考えられる．

①現在行われている各種河川管理施設の点検は，それぞれの目的をもって実施されているが，健全性を確認できる内容となっているか精査したうえで，点検内容の見直しを行っていくとともに，各種点検間での点検項目・内容の重複が生じないように確認していくことが効率的な河川管理につながるものと思われる．

②機械・電気設備点検は，設備物に関する点検内容となっているが，設備の架台等については密接に関係するため，土木施設の外観点検等も設備点検業務にて実施することで効率的な河川管理につながると考えられる．

③試行中の堤防等点検評価業務では，年 2 回の点検を同じ方法で実施しているが，出水期前点検から台風期点検の間で，出水等の大きな事象が発生しなかった場合については，2 回目の点検手法等を見直すことが効率的な点検につながると考えられる．また，小規模な堤防等については，河川巡視等にて堤防の点検を受け持つことも考えられる．

参考文献

1)国土交通省水管理・国土保全局　国土交通省　河川砂防技術基準　維持管理編（河川編）　平成 27 年 3 月

2)一般財団法人　河川技術者教育振興機構　平成 27 年度　河川維持管理技術講習会テキスト

3)国土交通省水管理・国土保全局　河川環境課　堤防等河川管理施設及び河道の点検要領　平成 24 年 5 月
4)安原達(2015)河川の機能低下と維持管理の基本的な特性についての考察　河川技術論文集　第 21 巻

河川の維持管理実務のあり方についての考察

小澤　淳眞*・安原　達**・昆　敏之***・鈴木　克尚****

１．はじめに

河川は自然公物であることや，河道や堤防など様々な構造物により全体が構成されていることなど，道路や橋梁等の一般的な土木構造物とは異なる側面をもっている．このため，河川の維持管理に関しても，河川以外の一般的な土木構造物との違いを踏まえた上で，河川独自の維持管理手法を構築していく必要がある．

河川の維持管理の特徴の１つに，河川をシステムとして捉え，機能低下の過程を把握することが挙げられる[1)]．その上で，点検結果等の情報から分析評価を行い，維持管理を実施することが重要となる．本稿は，この考えに基づき，今後の河川維持管理実務のあり方について考察を行ったものである．

本稿では第２章で，河川をシステムとして俯瞰した場合について，その機能低下を分析・把握する手法を提案し,機能低下の特性の分類を行う.さらに，構造物の設計に用いられる要求機能の概念が河川にも適用できることを示し，要求機能と機能低下の特性を考慮した維持管理の方針について検討を行う．

第３章では，維持管理に関する点検に注目し，河川をシステムとして捉えた場合の「点検」と「分析評価」の役割について説明を行う．

さらに，近年，点検に有効と思われる多くの計測技術が開発されている．そこで第４章では，点検へ適用が期待される代表的な計測技術について紹介を行う．

最後に第５章で，これらの検討結果をもとに，維持管理の実務において骨格となる，機能低下の進行特性と点検の全体像について提案を行う．

２．機能低下の進行特性に応じた点検方針

2.1　河川維持管理に求められる視点の整理

河川の維持管理を考える上で，河川管理に求められる視点として，下記の４点が挙げられる．

- ●河道や土堤を始めとする様々な構造物を要素とするシステムとして捉える
- ●河道等の状態の変化を前提とする
- ●評価や予測に不確かさがある中で維持管理を行う必要がある
- ●自然公物としての管理責任の範囲を踏まえる

維持管理についての技術体系をまとめ，河川の維持管理実務で活用していくためには，上記の４つの視点に加えて，他の一般的な土木構造物等との相違を踏まえながら，河道や構造物等についての破壊，劣化の過程等の機能低下の特性を捉えることも重要であると考えられる．技術体系の中では，これらの視点について論理的な整理を行い，共通認識や共通言語を整えていくことが必要になる．

2.2　機能低下の考え方と分析手法

河道が変化して種々の施設の安全性に影響を及ぼすことは，自然公物としての河川の管理の特性である[1)]．このため，機能低下を考える上では，河道と施設を個別の機能としてではなく，一体の河道システムとして捉えることが重要であり，河川管理の実

*（公財）河川財団　河川総合研究所　戦略的維持管理研究所 主任研究員
**（公財）河川財団　河川総合研究所　戦略的維持管理研究所長
***（公財）河川財団　河川総合研究所　主管研究員
****（公財）河川財団　河川総合研究所　上席研究員

務においては，この概念を具体化する必要がある．その 1 つの方法として FTA(Fault Tree Analysis：故障の木解析)を河川に適用する方法を提案する．

FTA は，もともと製品やシステムの故障，およびそれにより発生した事故の原因を分析する手法である．最も好ましくない事象が発生する要因とその関係を系統的かつ俯瞰的に整理し（FT 図），信頼性，安全性を高めるために利用されている．

FTA を河川へ適用するに際し，河川のシステムとしての機能のうち治水面の主要な破壊メカニズムを対象として表 2・1 のとおり整理を行った．表 2・1 では，まず，河川全体は，河道と堤防の 2 つの構造物から成り立つとし，さらに堤防は土堤本体と護岸という部材から構成されていると定義した.そして，それぞれの部材ごとに，破壊メカニズムと限界状態についてまとめたものである．

例えば，堤防の土堤本体に注目すると，破壊メカニズムには，越流水，洪水流による堤体の侵食安定性の低下，基盤材料，堤体材料の流出による堤体の安定性低下，浸潤による滑り安定性低下の 5 種類が考えられる．さらにそれぞれの破壊メカニズムにおける部材の限界状態として，侵食破壊，浸透破壊，すべり破壊を定義している．

表 2･1　主要な維持管理対象の破壊メカニズムと限界状態 [2)]

性能管理対象の施設			部材の破壊メカニズム	部材の限界状態（アンダーラインは，現状把握に用いるもの）
システム	構造物	部材		
河川	堤防	土堤本体	越水による堤体の侵食安定性低下	土堤のスロープ
			越水による堤体の浸食安定性低下	洗掘などの発生
			土堤本体における浸透流の増大	法面からの浸出
			河川水位低下時の堤内側への浸透流の増大	河川水位低下時の法面の崩壊
			洪水流による堤体の侵食安定性低下 越水による堤体の侵食安定性低下	堤防が洗掘され発生
			堤内地・台風時における堤防法面の侵食 越水による堤体の侵食安定性低下	堤防陥没
			洪水流による堤体の浸透安定性低下	
			基礎地盤の変形による堤体の安定性低下	沈下量の増大
			堤体材料の流出による堤体のすべり安定性低下	堤防陥没
			基礎地盤のすべり安定性低下 洪水流による堤体のすべり安定性低下	すべり破壊
			洪水流による堤体の安定性低下	堤体の崩壊と洪水流の侵食の進行
			基礎地盤の変形による堤体の安定性低下	
			堤体の浸透流による堤体の安定性低下	
			基礎地盤の浸透流による堤体の安定性低下	
			堤体材料の流出による堤体の安定性低下	

表 2・1 の整理結果をもとに作成した河川の機能低下に関する FT 図を図 2・1 に示す．

FT 図では，最も好ましくない事象を，「越水による被害」，「堤防破堤による被害」を考え，ツリー構造の最上位に置き，そこに至るまでの機能低下メカニズムを，発生する変状に注目してトップダウン式に整理した．

例えば，堤防破堤による被害では，その直前に侵食破壊，浸透破壊，すべり破壊の構造物の破壊が考えられ，その下位には，破壊に至るまでに発生する変状を整理してある．

そして最下層には，機能低下要因のうち，その場所の特性に依存する要因(場の特性)を示してある．

2.3　機能低下の特性

河川システムの機能低下の進行は一様ではなく，以下の通り，「進行性」，「突発性」の大きく 2 種類に分類できると考えられる．

○進行性（経年進行性・洪水進行性）
機能低下が時間や洪水とともに徐々に進行する
○突発性
健全な状態から一度の洪水で短時間のうちに破壊に至る

進行性の特性を持つ場合は，点検等で発見された変状から,その原因や今後の影響が推測できるほか，FT 図上での原因と結果の関連性から，機能低下の進行度合いを把握することができる．このため，全体の中で特に被災しやすい場所（重点監視区間）を推定することが可能である．

一方，突発性の特性を持つ場合は，短時間で破壊に至るため，前述の進行性の場合と同じ方法を適用することに困難性がある．このため，FT 図の最下層にある場の特性に注目して被災しやすい場所を特定し，洪水時に機能低下の進行を監視することが重要となる．

以上の考察から，点検を行う際には，一様な点検ではなく，機能低下の特性に応じた点検を行うことが必要となる．

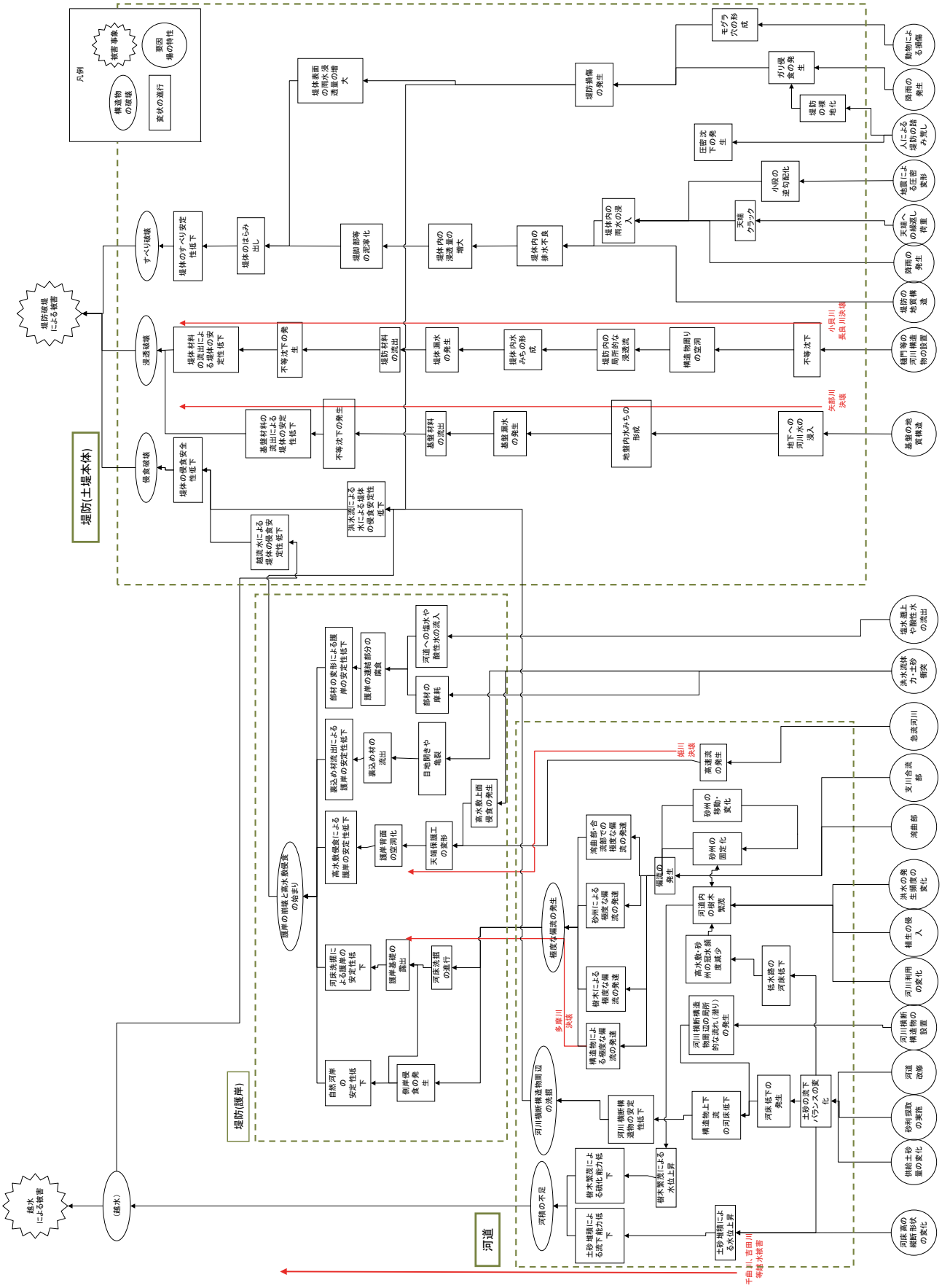


図 2-1　河川システムの機能低下に関する FT 図 [2)]

2.4　機能低下の特性に応じた点検

機能低下の特性に応じた点検を考える際に，もう1つ重要となるのが，構造物に求められている要求機能である．要求機能とは，構造物に許容される破壊の程度である．一般的な構造物においては，この要求機能を定義して設計がなされており，「土木・建築に係る設計の基本（国土交通省）」[3]では，要求機能を下記の3種類に分類している．

○安全性
想定される作用により生ずることが予測される破壊や大変形等に対して，構造物の安定性が損なわれず，その内外の人命に対する安全性等を確保しうる限界の状態．

○修復性
想定される作用により生ずることが予測される損傷に対して，適用可能な技術でかつ妥当な経費および期間の範囲で修復を行えば，構造物の継続使用を可能とすることができる限界の状態．

○使用性
想定される作用により生ずることが予測される応答に対して，構造物の設置目的を達成するための機能が確保される限界の状態．

河川の維持管理においても，この要求機能の考え方を適用することが可能であると考えられる．

例えば，構造物の破壊が大きな被害につながる堤防等については，要求機能としての安全性を担保するために維持管理を行うと整理することができる．

損傷した場合でも安全が確保でき，適切な修復期間の費用により継続的な使用が可能な護床工等については，修復性の担保を目的として維持管理を実施すると考えることができる．

さらに，破壊や変形により本来の設置目的を果たせなくなる護岸等については，使用性の担保が維持管理の目的と位置付けられる．

前項2.3で示した機能低下と，上記の要求機能の組み合わせにより，河川の維持管理の方針を表2・2のように取りまとめることができる．

表2・2　機能低下と要求機能による維持管理方針[2]

機能低下	要求機能	維持管理の方針
進行性（経年・洪水）	安全性	予防維持管理
	修復性	事後維持管理
	使用性	事後維持管理
突発性	安全性	事後維持管理
	修復性	事後維持管理

表2・2では，維持管理の方針を，予防保全をもとにした維持管理（予防維持管理）と事後保全をもとにした維持管理（事後維持管理）に区分している．

進行性の機能特性に注目すると，安全性の要求機能に関しては，予防維持管理によりなるべく破壊が小さく済む方向で維持管理を行うのが望ましい．修復性，使用性の要求機能をもつものに関しては，仮に損傷が起こったとしても安全は担保されており，さらに修復に必要な技術や経費も適切な範囲で済むことから，事後維持管理が望ましいと考えられる．

突発性の機能低下特性に関する維持管理では，予防維持管理は難しく，出水時の水防等による対応が必要になる．

以上をもとに，維持管理に関する点検の種類とその目的の整理を行ったのが，表2・3である．

出水期前の入念な点検については，進行性および突発性の機能低下特性がある場所の変状把握を目的として実施する．

平常時巡視は，定期点検の補足を目的として，概略の把握を主眼に置き実施する．

臨時点検は，出水中，出水後のタイミングで洪水進行性の変状把握を目的に入念な点検を行う．

表2・3　点検の分類と目的[2]

点検の分類	目的
定期点検(入念)【出水期前】	経年進行性の変状把握 突発性の変状把握
平常時巡視(概略)	概略把握，定期点検の補足
臨時点検(入念)【出水中・後】	洪水進行性の変状の把握

３．点検と分析評価

3.1　河川システムとしての健全度

第２章で述べた通り，河川の機能低下を評価する場合，全体をシステムとして捉える視点が重要になる．河川の健全度を評価する場合も，これと同様に，個別の変状に注目するのではなく，全体を俯瞰する視点が必要になる．

具体例として堤防の裏のりすべりに注目し，下記の２つの堤防を考える．

堤防１：浸潤線が裏のり面に達している

堤防２：ドレーン工により，浸潤線は裏のり面までは達していない．

※これ以外の条件につては全く同じとする

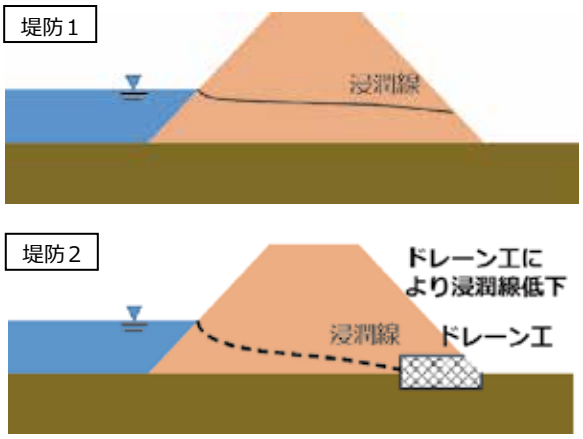


図 3･1　健全度の試行評価で想定する堤防

この状態で双方の堤防に全く同じ変状が発生したと仮定すると，健全度は堤防２のほうが，堤防１より高いと判断できる．つまり，変状から一律に健全度を評価することできず，場の特性や想定される被災に対する対策工実施の有無等でその評価は異なることになる．

3.2　点検と分析評価の定義

前項 3.1 の考察から，河川をシステムとして捉えた健全度評価は，点検で発見された変状から即座に判定を行うことは困難であり，様々な条件を考慮して評価を行う必要がある．このため，下記のとおり，点検と分析評価を明確に区別しておく必要がある．

○点検

ある一定の作業基準の下，部材の変状を正確かつ客観的に把握する．後続の分析評価では，点検毎のデータの比較を行うため，データの均質性にも留意が必要．

○分析評価

点検で得られたデータ及びそれ以外の情報から総合的な分析を行い，河川システムとしての健全度評価を行う．

４．目視以外の新たな点検方法

4.1　新たな計測技術の活用

近年の計測技術の発展により，河川の点検に適用が期待される新たな計測手法が開発されている．開発されている計測技術は，下記のとおり大きく２種類に分類することができる．

○可視域の変状計測技術（形状の変状抽出）

目視点検と併用することで，より効率的に変状把握箇所を把握することが期待できる．

航空写真撮影や，移動計測車両（MMS）による３次元計測などが代表的な技術である．

○不可視域の変状計測技術（地中や水中の変状抽出）

非破壊計測技術等により，これまで目視により変状を把握することが困難であった場所において，その状態を計測することが可能である．

地中内部の水分状態を測定する比抵抗法，水中の地形を計測できる音響測深，航空レーザ測深（ALB）が代表的な技術である．

4.2　点検に適用が期待される計測技術

点検に適用が期待される代表的な計測技術を表 4･1 に示す．表 4･1 は表 2･1 の各破壊メカニズムに対し，どのような現象に注目する必要があるのか，そして，その現象を把握するために適用が期待され

る技術についてまとめたものである.

表 4-1　河川の点検に適用が期待できる技術

維持管理対象の施設			部材の損傷メカニズム	部材の損傷状況	計目する現象	適用が期待される計測技術
システム	構造物	部材				
河川	河道		樹木繁茂による流下能力低下	河積の不足	樹木繁茂状況	航空写真
			樹木による極度な偏流の発生	極度な偏流の発生	樹木繁茂状況、河床洗掘・	航空レーザ測深（ALB）
			土砂堆積による流下能力低下	河積の不足	河床変動	航空レーザ測深（ALB）
			河川横断構造物周辺の河床安定性低下	河川横断構造物周	河床洗掘、護床工の転流	航空レーザ測深（ALB）
			堆積物による極度な偏流の発生	極度な偏流の発生	河床洗掘・高水敷侵食	航空写真、航空レーザ測深（ALB）
			他施設による極度な偏流の発生		砂州の固定化、河床洗掘	航空レーザ測深（AIR）
			合流部・合流部における極度な偏流の発生		河岸和立の洗掘・侵食	航空レーザ測深（AIR）
	堤防	土堤本体	越流水による堤体の極度な不安定化	侵食破壊	---	---
			浸水流による堤体の極度な安定性低下		---	---
			堤体材料の流出による堤体の安定性低下	浸透破壊	人為・法面の変形、湧水・	移動計測車両（MMS），光波測法
			堤体材料の流出による堤体の安定性低下		陥没、湧水・土砂流出	移動計測車両（MMS），光波測法
			浸潤による堤体のすべり安定性低下	すべり破壊	下部切れ、湿潤、湧水、堆	移動計測車両（MMS），光波測法
		護岸	自然河岸の安定性低下	護岸の劣化・高水敷の極度の喪失	河岸侵食	航空写真
			河床洗掘による護岸の安定性低下		低水護岸前面の洗掘	音響測深
			裏込め材流出による護岸の安定性低下		護岸の変状、湧水	移動計測車両（MMS），地上レーザー
			部材の変形による護岸の安定性低下		護岸の変状	移動計測車両（MMS）
			高水敷侵食による護岸の安定性低下		高水敷・堤水護岸前等の侵	航空写真

4.3　点検に適用が期待される計測技術

以下では，点検に適用が期待される 4 つの計測技術について，その概要を説明する.

4.3.1　移動計測車両(MMS:Mobile Mapping System)

自動車等の移動車両に計測機器を同時に搭載し，移動しながら周囲の地形・地物等の 3 次元情報を取得する計測方法である.

移動車両には,車両の位置を取得する GNSS 測量機,車両の傾きを計測する慣性計測装置（IMU），地形・地物の 3 次元情報を取得するレーザ測距装置および周辺を撮影するデジタルカメラなどが搭載されている[4].

MMS は可視域の変状把握に適した計測手法である.レーザ測距装置で計測される 3 次元情報から，目視では分からない微小な変状を把握することができるほか，撮影された画像からも変状を読み取ることが可能であり，特に堤防の変状検出への適用が期待されている.

図 4-1　移動計測車両の一例

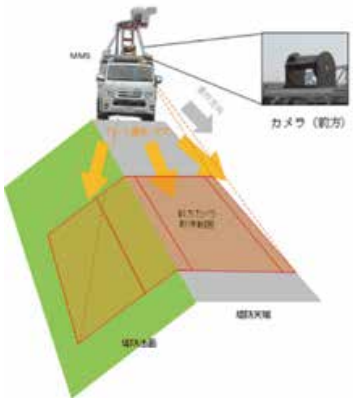


図 4-2　計測イメージ図（堤防天端）

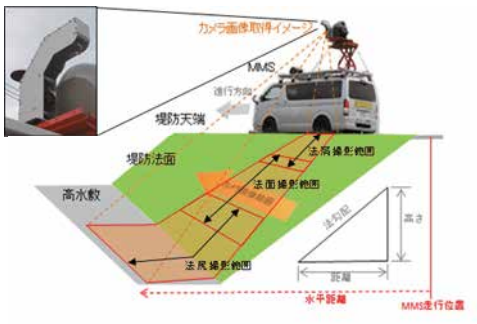


図 4-3 計測イメージ図（堤防法面）

4.3.2 航空レーザ測深（ALB:Airborne Laser Bathymetry）

航空レーザ測深では，航空機に搭載したレーザ測距装置から，水中を透過するグリーンレーザと水面で反射する近赤外レーザを同時に照射し，その計測結果から河床の 3 次元データを生成する[5]．航空機には GNSS 測量機と IMU を搭載しているため，正確な位置情報を持った面的な地形データの生成が可能である．

航空レーザ測深は水の濁度が大きい場合，グリーンレーザが河床まで届かず，データが欠測する場合もあるが，後述する音響測深に比べると，短時間で広範囲の計測が可能であり，広域の河床変動を把握する技術として期待されている．

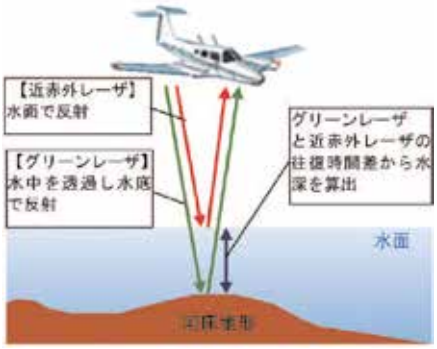


図 4-4 航空レーザ測深の計測概念[6]

図 4-5 航空レーザ測深による計測事例

4.3.3 音響測深

音響測深は，船に複数の計測機器を搭載し，水面上を移動しながら河床の地形情報を取得する計測方法である．船には位置を取得する GNSS 測量機，船の傾きを計測する動揺センサー，水底の地形情報を取得する音響測深機が搭載されている．

音響測深では，水深の数倍程度の範囲の河床地形を高密に計測することができる．また，航空レーザ測深のように水質に左右されないため，水に濁りがある場合でも河床データの取得には問題は無い．取得されたデータを解析することで，河床地形の変化を検出することが可能であり，河床の変動を把握する技術として有効である．

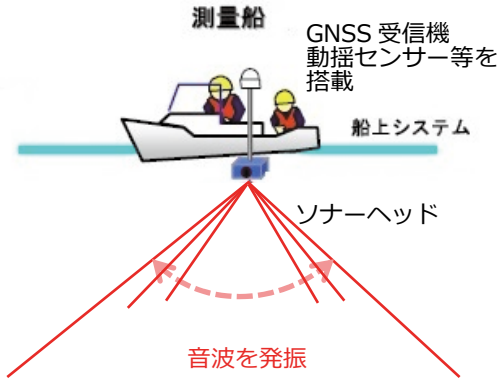


図 4-6 音響測深の計測概念図

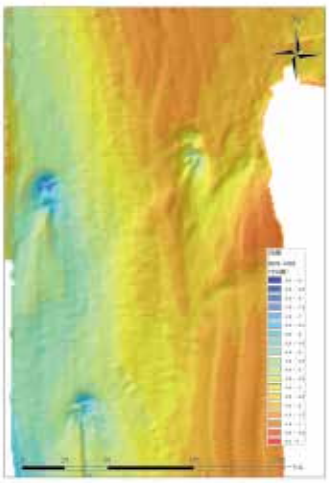


図 4-7 音響測深による河床の計測事例

4.3.4　比抵抗法

比抵抗法は，地中に電流を流し，そこから得られる抵抗値をもとに地中の物性を把握する方法である．地中には様々な岩石や粒状物質が存在し，それらの物質間の孔隙を満たす空気や水により計測される抵抗値は異なる．このため，同じ場所において，複数回にわたり比抵抗法による計測を行った場合，その結果から，地中内の水分量を推定することが可能である[7]．

この性質を利用し，比抵抗法は堤防内部の水分量の把握に有効な技術であると期待されている．

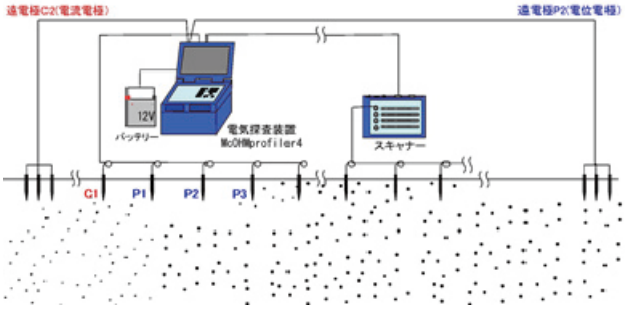


図 4-8　比抵抗法の計測模式図[8]

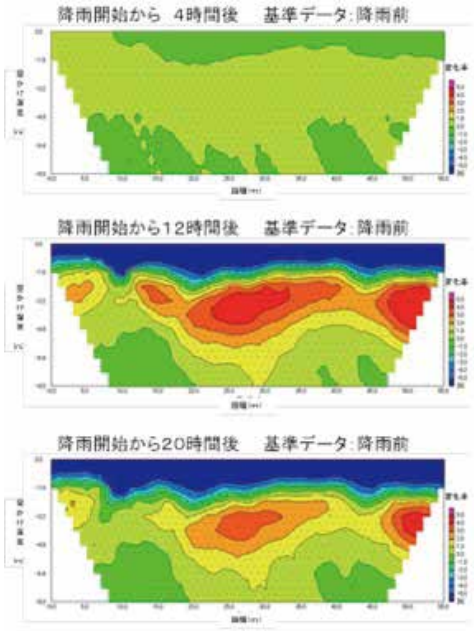


図 4-9　比抵抗法による地中の比抵抗値の変化[8]

5．機能低下の進行特性と状態把握（点検）の全体像

以上の河川の維持管理に関する検討結果をもとに，今後の河川の維持管理実務のあり方について，機能低下の進行特性と状態把握（点検）の全体像を図 5・1 に示す．

まず，維持管理計画の見直しにあわせ，5 年に 1 回程度の頻度で，対象河川の詳細な総点検を実施する（ 1 ）．

次に，総点検で得られた結果をもとに機能低下に関する分析評価を実施する（ 2 ）．分析評価では，対象範囲を機能低下特性ごとの区域に分類する．さらに，経年進行性，洪水進行性の特性を持つ区域については，FT 図等を活用することにより機能低下の進行具合，すなわち健全度を把握し，他の区域に比べ被災する危険性が高い場合には重点監視区間に設定する（ 3 ）．

機能低下特性ごとの点検方針は以下の通りとする．

経年進行性，突発性の特性を持つ区域については，出水期前の入念な定期点検を基本とする．その中で重点監視区間に設定された区域については，平常時巡視点検の実施の際に，概略的な状態把握を行う．

洪水進行性の特性を持つ区域は，出水中，出水後の入念な点検を基本とし，重点監視区間については，平常時の巡視点検の際に，概略的な状態把握を行う．

突発性の特性を持つ区域については，出水中のモニタリングを行うことで，危機管理対応を行う．

また，各点検等においては，計測技術を活用することで点検の効率化や点検結果の信頼性の向上を図る（ 4 ）．

6．まとめ

本稿で示した，河川の維持管理実務のあり方に関する考察結果を以下に述べる．

○機能低下の特性・進行度に応じた点検

全箇所を一様に点検するのではなく，河川をシス

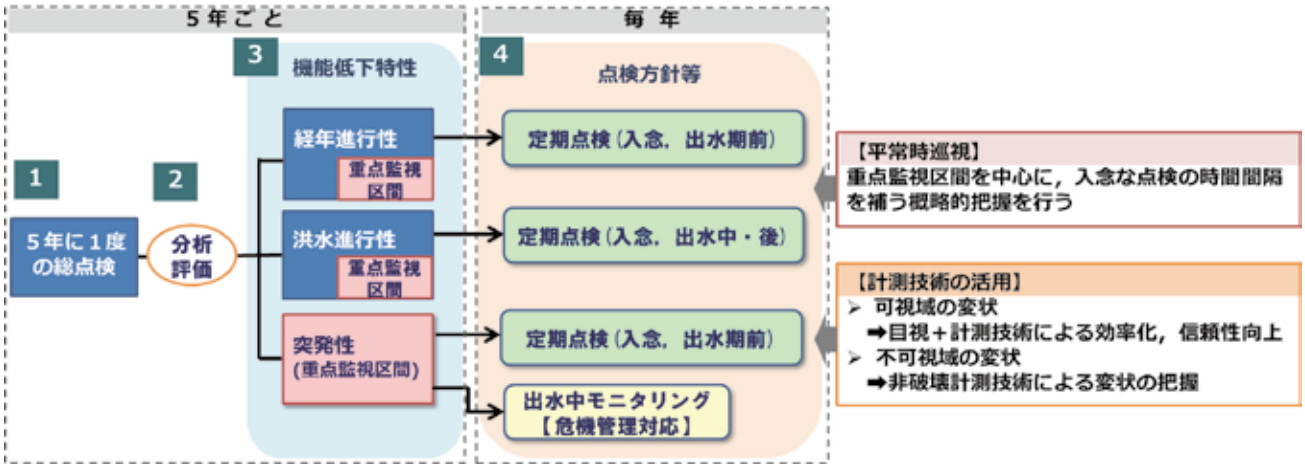


図 5-1　機能低下の進行特性と状態把握（点検）の全体像

テムとして捉えた場合の機能低下の特性や健全度の把握を行う．その上で，危険度のランク分け等により重点的な点検が必要な区間（重点監視区間）等を設定し，効率的・効果的な点検を行うことが必要である．

○点検と分析評価

点検作業では，変状を正確かつ客観的に把握することが重要である．この点検結果を使うことで，河川のシステムとしての健全度を適切に分析評価することができる．

○目視と新たな計測技術の併用

従来の目視点検と計測技術を併用することで，新たな点検方法を確立し，効率的かつ正確な状態把握を実施することが必要である．

参考文献

1) 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〔答申〕(2013)，社会資本整備審議会.
2) 安原 達，関 克己，河﨑和明，山本晃一，鈴木克尚，昆 敏之 (2015)，河川の機能低下と維持管理の基本的な特性についての考察,河川技術論文集 Vol.21 p.283-288.
3) 土木・建築に係る設計の基本 (2002)，国土交通省.
4) 移動計測車両による測量システムを用いる数値地形図データ作成マニュアル (案) (2012)，国土交通省 国土地理院.
5) 齋藤和也 他(2008),図解航空レーザ計測,p.208,(公財)日本測量調査技術協会.
6) 小澤淳眞，坂下裕明，宮作尚宏，下村博之，蒲恒太郎，川村裕，岡部貴之 (2014)，ALB (航空レーザ測深) の河川測量への適用,先端測量技術 106,pp. 72-82.
7) 図解物理探査 (1989)，p.239，物理探査学会
8) 小林 剛(2013)，地盤の水分変化モニタリング技術，応用地質技術年報 No.32 p.69-75.

地域住民への効果的な周知に向けた河川管理レポートについて

久保　壮史*・河﨑　和明**

１．はじめに

現在までの河川事業等により，河川の安全度は飛躍的に向上したが,平成 10 年を境に河川事業費は減少を続け,今後も改修等の予算の縮小が想定される．一方で，水門や堰等の河川管理施設は，高度成長期に大量に設置されており，経年劣化が進行し，老朽化の問題を抱えている．そのため，既存ストックの効果的・効率的な維持管理の重要性が高まってきている．

このような状況下において,河川の維持管理を計画的に実施する必要があることから，平成 19 年に「効果的・効率的な河川の維持管理の実施について」が河川局長通達としてなされ，河川の維持管理計画を策定することとされた．その後，平成 23 年に「河川砂防基準　維持管理編（河川編)」が策定され，これを踏まえ，各河川では河川維持管理計画が作成された．河川維持管理計画は，平成 24 年 6 月までに 109 水系の全てにおいて公表され,同計画に基づいて，河川維持管理行為が実施されている．さらに，平成 25 年に河川法が改正され，河川管理施設等を良好な状態に保つような維持･修繕が義務となった．

一方で，近年，大規模な出水が頻発し，災害が生じる状況において，既設構造物の維持管理に対する社会的注目が集まっている．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，河川管理への周知を図ることが重要である．

これらを背景に，平成 24 年 11 月の水管理・国土保全局関係各課からの事務連絡「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」において河川管理レポートの作成が通達された．河川管理レポート作成の目的は，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対応の成果等を「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．

作成されている河川管理レポートは,「事務所内の情報共有」のための資料としては有効であるが,「地域住民の情報発信」のための資料としては地域住民にとって理解しにくく，興味・関心が起こりにくい資料となっている場合がある．

そこで，本稿においては,「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」ことを重点的に考え，河川維持管理行為を地域住民へ効果的に周知し，理解を深めるための河川管理レポートの作成方針について提案する．

２．河川管理レポートにおける現状と課題

A 河川事務所における河川管理レポートは，平成 24 年度より作成され,毎年更新し,HP に公表されるとともに，事務所および各出張所にて配布されている．また，平成 25 年度には，一般向けの Web アンケートが実施されており，公表した河川管理レポートについての意見を収集し，改善の方向性を検討しており，以下の課題が抽出されている．

①記載内容の具体性が不足している
②情報量が多く，理解しにくい
③ページ数が多い

*（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　理事

④図や写真をより多く掲載した方がよい
⑤小さくて読みにくい写真・文字がある
⑥文章表現が堅く，わかりにくい用語がある
⑦河川別に作成する必要性が不明

抽出された課題には，①のように，より具体的で詳細な内容を求める意見と，②～⑥のように，地域住民にとって理解しにくいため，よりわかりやすい内容にして欲しいという意見がある．そのため，河川管理レポートは，河川の維持管理を詳細に記載した冊子とわかりやすく記載した冊子が必要であると考えられた．また，A 河川事務所管内には 3 つの河川があり，⑦の意見があるという事は，各河川の差異が不明瞭となっていると考えられ，3 河川の違いをわかりやすく説明できる内容にする必要がある．

３．河川管理レポートの作成方針

河川管理レポートは，前述の目的を網羅するとともに，Web アンケートより抽出された課題を解決する必要がある．対象とする人が「事務所内職員」と「地域住民」や，河川維持管理行為について「理解を深める資料」と「効果的に周知する資料」では，河川管理レポートに必要な情報量および読みやすさの程度は異なり，1 種類の冊子で両者を満足させることは困難であると考え，2 種類の冊子を作成することとした．

「事務所内の情報共有」を目的とし，河川維持管理行為について「理解を深める資料」は，河川維持管理行為を詳細に記載する「河川管理レポート（全体版)」(以降，全体版と略記）とした．全体版を作成することにより，課題①に対応できると考える．

「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」ことを目的とし，河川維持管理行為について「効果的に周知する資料」は，河川維持管理行為をわかりやすく記載する「河川管理レポート（概要版)」(以降，概要版と略記）とした．概要版を作成することにより，課題②～⑥に対応できると考える．

A 河川事務所管内には，複数の管理河川があり，河川特性に伴う具体的な維持管理対策が異なるため，河川毎に河川管理レポートを作成することとした．そのため，全体版および概要版にて各河川の違いが理解できるように記載することにより，課題⑦に対応できると考える．

内容の異なる冊子を作成することは，概要版を読み河川の維持管理に興味を抱いた人が詳細を知りたいと感じた時に，全体版を読むことで，河川の維持管理についてさらに理解を深めることができる．また,既に河川の維持管理に関心のある地域住民には，初めから全体版を読んでも理解しやすい内容を心がけた．

3.1　河川管理レポート（全体版）の作成

全体版は，河川維持管理計画の構成・内容に沿って，実施した河川維持管理行為について整理した結果から，維持管理行為の内容および具体的な対策件数等を詳細に記載した．

全体版の作成方針は，以下に示すとおりである．

3.1.1　河川管理レポートの記載構成

全体版は，実施した河川維持管理行為を中心に記載するため,河川維持管理計画に記載事項である「河川の状況把握」,「具体的な維持管理対策」,「地域連携等」の内容を主体とし，対象河川の基本情報として河川の範囲等や河川維持管理の目標を付加して作成した．

記載例として，A 川における構成内容を表 3･1 に示す．

3.1.2　記載内容の具体化

河川維持管理行為に関する各項目は，実施する目的，河川維持管理計画の実施内容，現地での実施内容および対応内容を,「実施の基本的な考え方」および「取り組み状況」として記載した（**図 3･1**）．

表 3-1　構成内容

はじめに

目次

1.　河川の概要

2.　河川維持管理の概要
　2.1　河川維持管理の目標
　2.2　河川管理における主な実施内容

3.　河川の状況把握
　3.1　基本データの収集
　3.2　堤防点検等のための環境整備（堤防除草）
　3.3　河川巡視（河川パトロール）
　3.4　点検

4.　具体的な維持管理対策
　4.1　堤防・護岸等の施設の維持管理対策
　4.2　樹木伐採
　4.3　不法投棄対策
　4.4　不法占用対策
　4.5　河川環境の維持管理対策
　4.6　水防等のための対策

5.　地域連携等
　5.1　河川管理者と市区等で連携して行うべき事項
　5.2　河川管理者と市区，NPO・市民団体等との連携事項

6.　平成 27 年度の取り組み計画

図 3-1　記載内容の記載例

「実施の基本的な考え方」では，点検や対策を行う目的および河川維持管理計画に記載してある実施すべき内容を記載した．

「取り組み状況」では，事務所が実施している維持管理行為の実施時期や実施した内容，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明記した．

また，河川巡視や点検結果等の内容は，経年的な状況を把握する観点から過去 3 年分を基本として掲載した．

3.1.3　対象河川の理解促進

全体版は，「事務所内の情報共有」を基本とするが，地域住民が読むことも想定した．このため，「コラム」および「トピック」という項目を設けることで，河川についてより理解を深められる資料とした（**図 3-2**）．

また，河川管理レポートは，基本的に毎年更新するため，過去の被災事例や改訂する年度に行われた特筆すべき事柄は，対象河川の特徴的な情報であり，掲載することが重要である．

「コラム」は，各河川で実施している内容や過去の災害等の事例，用語の解説等を記載した．具体的には，クリーン作戦，河川区域等における迷惑行為や違法行為ついて，日常における点検の重要性，水防予報とは，環境保全に向けた取り組みについて等を記載した．

「トピック」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を記載した．具体的には，伐採木の薪などへの利用，川の通信簿，対空標識，船舶の放置行為に罰則，不法耕作の是正等について記載した．

3.2　河川管理レポート（概要版）の作成

全体版は，河川維持管理の詳細な実施内容を網羅しているため，ページ数が多くなり，地域住民が一般の生活において使用しない河川特有の専門用語を用いているため，河川のことを知らない人にとってはわかりにくい冊子となっていると考えられる．

図 3･2　コラムの記載例

そこで，全体版に加えて，より読みやすく，わかりやすい資料を作成し，地域住民に河川維持管理を理解してもらうことを目的とし，概要版を作成した．

地域住民にとってわかりやすい資料とは，抽出された課題の②～⑦を踏まえて以下の 5 点を明確に示すことによって改善されると考えた．各方針の説明を示す．

Ⅰ　一般の人に読む気を喚起
Ⅱ　一般の人にとっての理解しやすさ
Ⅲ　一般の人の視点を心がけた表現
Ⅳ　興味関心をもった後の詳細な情報提供
Ⅴ　各河川の差異の明確化

3.2.1　一般の人に読む気を喚起

河川の維持管理をよく知らない地域住民でも，河川管理レポートに興味・関心を涌かせることが必要である．そのため，まず手に取り冊子の中身を見てもらうことや，内容を読んでいても飽きがこないように工夫することが重要である．

上記を考慮し，地域住民が読む気を喚起させる冊子とするための工夫を下記に示す．

(1) ページ数の最適化

数十ページにおよぶ冊子では，地域住民が興味を示しにくく，手に取り冊子を開いたとしても読む意欲を低下させると考えられる．そのため，作成する資料は，興味を少なからず喚起し，手に取って見てもらえると考えられる 16 ページ程度とすることとした．

(2) 表紙の記載内容

表紙は，手に取ってもらうために興味・関心を引くことが重要である．そのため，表紙には，河川をイメージしたイラストとともに，対象河川の周辺に存在する観光スポットや施設等をイラストで示し，対象河川らしさを強調することで，地域住民にとって親しみが持てるものとした．また，記載する施設等は，縮尺や場所を変えることにより，各施設等を親子や友人同士等で話題にできるようにした．さらに，河川における人の活動を示すことにより，対象河川で良い暮らしができることを感じてもらうことを狙った（**図 3･3**）．

(3) 裏表紙の記載内容

裏表紙は，各河川やその周辺で開催されるイベントのスケジュールを記載することで，地域住民の興味を引き，手に取りやすくする工夫した．また，イベントスケジュールと河川の維持管理のスケジュールを並列して記載することにより，読む人が，自身の生活スケジュールと対応させて河川の維持管理を身近に感じてもらえるようにした（**図 3･4**）．

(4) コラムの分散配置

冊子の内容が，河川の維持管理についてのみ記載されていると，興味・関心が低い読み手の場合には読む途中で飽きがくる可能性がある．そこで，全体版とは異なるコラム（地域住民にとり身近な話題）を冊子のなかに分散させることで，読む途中で飽き

図 3-3　表紙の記載例

図 3-4　裏表紙の記載例

がこないようにした．

記載例としては，河川に咲く季節の花や河川内で実施しても良いことと悪いこと等を記載した（**図 3-5**）．

図 3-5　コラムの記載例

(5) 写真やイラストを多用する

冊子には，文字数を極力減らし，写真やイラストを多く記載することで，河川管理をイメージしやすく，理解しやすい内容とした．

(6) 河川維持管理を“自分事”にする

河川維持管理を“自分事”にするにあたっては，河川管理者が的確に河川の維持管理を実施していることで，日常の安全で快適な生活が保たれていることを理解してもらうことが重要である．そこで，本冊子では，河川の維持管理が実施されない場合に，自分たちの身や生活にどのような支障をきたすかを理解してもらい，河川の維持管理を“自分事”にする内容を記載した．

記載事例としては，堤防の変状を見逃すと最悪の場合に破堤し，自らが住む生活空間まで洪水が侵入することや不法投棄の対策を実施しなければ，ゴミが堆積し悪臭を放つ河川になること等を記載した（**図 3-6**）．

図 3-6　自分事の記載例

3.2.2　一般の人にとっての理解しやすさ

本冊子では，河川の維持管理を知らない地域住民にも理解しやすい内容とすることで，読み手に理解が容易となる工夫をすることが重要である．

（1）河川維持管理の俯瞰図

河川の維持管理の内容を知らない地域住民にも理解してもらうためには，内容を文章で記載するよりも，河川の維持管理の実施内容が誰でもわかる全体が一目で把握できるようなイラストを用いることで，ひと目で理解できるようにした（**図 3-7**）．

図 3-7　河川維持管理の俯瞰図

（2）項目ごとの区別化

冊子には，「知る・調べる」や「守る」，「つながる」についての記載項目がある．これらの項目ページの下地の色を，項目ごとに分けることにより，項目の変わり目がわかりやすく読み手がとらえやすい記載方法とした．

（3）写真や文字の大きさ

写真や文字の大きさは極力大きくし，地域住民が読みやすいように記載した．

（4）記載内容

記載内容は，全体版の内容を基本とし，各項目を簡略化することで，地域住民が理解しやすい構成とした（**表 3-2**）．

表 3･2　項目の章立て

表紙

○○川のある暮らしを守る
　○○川ってどんな川？
　○○川の河川維持管理目標

知る・調べる
　データを集めています
　パトロールをしています
　点検をしています

守る
　施設を管理しています
　ルール通りの利用を推進しています
　美しい環境を作っています
　水害から暮らしを守ります

つながる
　自治体などと協力して行っている取組
　地域のみなさん参加型の取り組み

イベント/河川管理カレンダー

3.2.3　一般の人の視点を心がけた表現

本冊子は，一般の人にも理解してもらうため作成しており，河川管理者のみがわかるような専門用語は用いず，一般の人が親しみをもてる表現にすることが重要である．

そこで，一般の人がわかりやすく親しみをもてる資料とするための工夫を下記に示す．

(1) 専門用語を避け，わかりやすい文章にする

本冊子では，河川管理の業務内容に対して専門用語は極力避けるとともに，「河川の状況把握」を「知る・調べる」に，「具体的な維持管理対策」を「守る」に，「地域連携等」を「つながる」に表現方法を変えるなど，地域住民がわかりやすい題名とするとともに，文章はやわらかい表現を用いることとした．

(2) 専門用語には解説をつける

説明上避けることができない専門用語（堤防，堰水文，樋管等）を用いた場合は，地域住民がわかりやすく学べるように「学ぼう！河川維持管理ワード」として解説を入れた（**図 3･8**）．

図 3･8　専門用語の解説

3.2.4　興味・関心を持った後の詳細な情報の提供

本冊子は，一般の人にも理解してもらう構成・内容としているため，記載内容を簡略化して掲載してある．そこで，本冊子を読んだ人が河川の維持管理に興味を持ち，より詳細な内容を知りたいと感じた時に，即座に検索できるようにすることが重要である．

そこで，点検結果等の詳細なデータがある項目や裏表紙については，全体版の URL を記載するとともに，防災情報等に活用する XRAIN（X バンド MP レーダ雨量情報）や A 河川モバイルの項目には参照 URL などを記載した．

3.2.5　各河川の差異の明確化

A 河川事務所管内には，複数の河川がある．本冊子は，各河川の維持管理行為の内容を混同させないように，各河川の差異を強調することが必要である．

そこで，一般の人が各河川の差異をとらえやすいような工夫を下記に示す．

（1）各河川の河川特性の明記

河川特性を明記することは，各河川の差異を強調するために有効である．そのため，河川特性により他河川より重点的に実施されている項目には，わかりやすい印（「とくに力を入れています！」）を付けることで明確にした（**図 3･9**）．

各河川の記載例を表 3･3 に示した．

表 3･3　各河川の重点的な実施内容

河川名	記載例
A 川	ホームレスの対策，自然環境の整備，伐採した樹木の無償配布
B 川	多目的遊水地の管理，地域参加型の取り組み
C 川	不法係留船対策，土砂管理

図 3･9　河川特性の明記

（2）表紙および裏表紙

各河川の表紙には，記載する河川の周辺にある観光スポットや施設等をイラストにて掲載し，特有の景観を示した．また，裏表紙は，各河川にて行われるイベントをカレンダーにして示した．これら 2 点を実施することで，各河川の周辺施設や開催イベントの違いにより各河川の特徴を明記することが出来る．

（3）内部の色合いおよび表題のマーク

各河川の河川管理レポートでは，別河川であることを視覚的に区別するために，表紙や裏表紙，内部の色合いや，表題のマークを変えることにより，見た目においても違う河川であることを強調した．

4．まとめ

今回の河川管理レポートは，全体版と概要版を作成することにより，河川の関心度の異なる地域住民に対応することが出来るようになった．

また，概要版においては，地域住民にも知ってもらう機会ができ，より河川の維持管理を地域住民に理解してもらえると考えられる．

よって，今回の作成方針を基に作成した全体版および概要版は，地域住民に効率的・効果的に河川の維持管理を周知することが出来る資料であると考えられる．

今後の課題については，全体版および概要版は，公表後，アンケート等により，地域住民の意見を集約し，課題・問題点を整理したうえで，追記・修正を行い，より効果的な資料に改善していく事が望ましい．

また，河川管理レポートは，今後，リスクコミュニケーションのツールとしての活用を検討することも重要である．リスクコミュニケーションとは，地域住民に居住地域における水害のリスクを周知することで，災害が生じた場合に防災や避難等の早期対応が可能となるものである．

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京浜河川事務所に対し，深く謝意を表します．

参考文献

1）国土交通省（2011）国土交通省　河川砂防技術基準維持管理編（河川編）

2）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〔事務連絡〕：pp2～4

3）鈴木克尚・吉田高樹（2013）河川の維持管理行為の分析・評価及び効果的な周知方法について，河川総合研究所報告第 19 号：pp104～110

4）松本大毅・河﨑和明・吉田高樹（2014）河川管理レポートについて～適正な河川管理の実施，地域への周知・理解を図るための取り組み～，河川総合研究所報告第 20 号：pp57～63

刈草放置の堤体強度への影響に対する研究

戸谷　英雄*・山田　政雄**・山本　嘉昭***・大澤　寛之****

１．研究の背景と目的

河川管理施設の老朽化あるいは新たに維持管理に入る施設の増加により，維持管理費用は年々増加しているものの，昨今の厳しい財政事情から，その予算の確保が難しくなっている．維持管理費用の中で大きなシェアを占める堤防の植生管理（除草・集草）については，こうした背景から出水期前・台風期の２回除草，出水期前の１回集草が標準の管理手法となっており，堤防の耐侵食機能や河川巡視・堤防点検を可能とする草丈から見ると，十分な水準とは言えない現状となっている．

特に，集草は堤防点検時の堤防表面の視認性を確保するほか，日当たりを良くすることで堤防植生の生育密度を高めるとともに，刈草の分解による堤防の腐植土化の進行を防止することで，耐侵食性に優れるシバやチガヤの維持やモグラなどの侵入の減少等の効果が期待される．このため，従来は除草毎に集草が実施されていたが，現在は出水期前のみとなっている．

本研究は，除草毎に集草が実施されない場合における刈草の放置が，堤体表面や堤防植生に直接的，間接的にどのような影響を及ぼすのかを明らかにするとともに，今後の効率的・効果的な堤防植生管理手法の検討に寄与することを目的とし，現地の観察および定量的な調査を５年間（2010～2014 年度）実施した調査結果とその考察について報告するものである．

２．調査手法

2.1　試験フィールド

本研究は，現堤防を使用して堤防植生管理の試験を行うことから，試験フィールドは治水上の安全性を考慮し，高規格堤防の完成区間である利根川右岸 134.5k 付近の川表法面に設定した（図 1-1）．

当該区間の堤防川表は，2004 年以前に堤防の緩傾斜工事が実施され，勾配４割の１枚法面の堤防が整備されており，堤体には覆土護岸が施工されている．

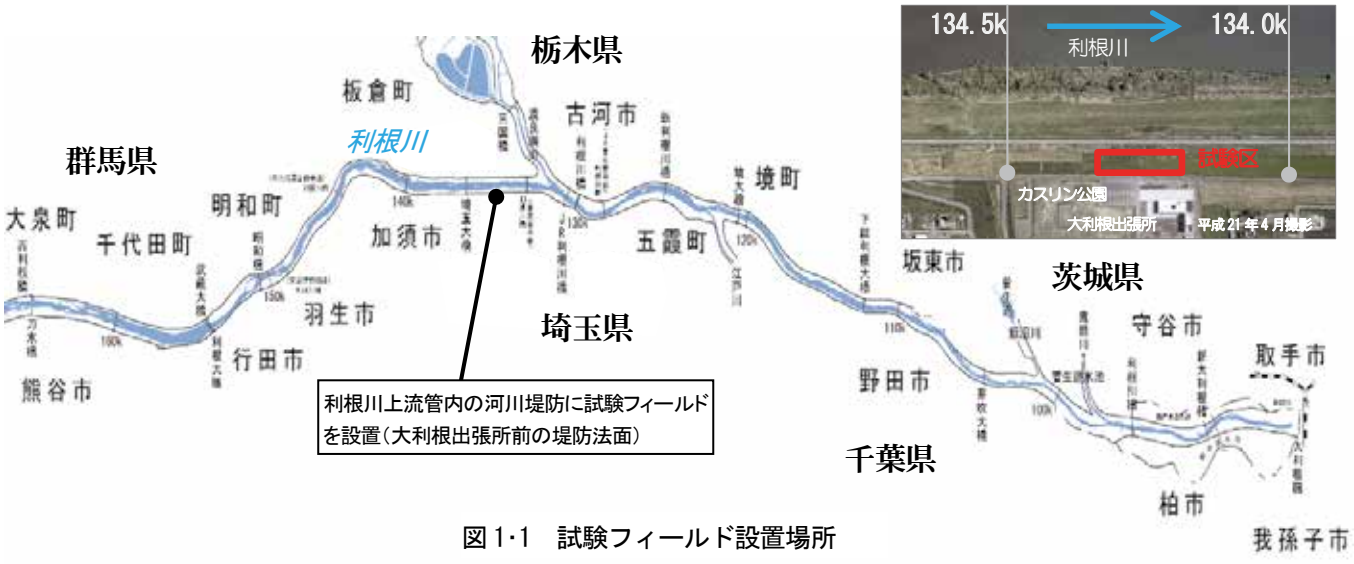


図 1-1　試験フィールド設置場所

＊（公財）河川財団　河川総合研究所　研究フェロー
＊＊（公財）河川財団　河川総合研究所　主管研究員
＊＊＊（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　研究員

2.2　試験ケースの設定

試験開始時の試験フィールドの堤防植生は，築堤時に施工したシバがほぼ消失し，ネズミホソムギ，メヒシバが優占する外来牧草タイプに判別される堤防植生タイプであった．

試験ケースは，試験フィールドの川表法面を縦断方向に 50m 毎に区切って３つの試験区を設置し，それぞれに集草回数を２回（ケース１），１回（ケース２），０回（ケース３）として設定した．試験区および試験ケースの配置を**図 2･1** に示す．

除草時期は通常の除草が行われる５月下旬と９月下旬の２回とし，集草１回の試験区では５月下旬のみ集草を行うものとした．

2.3　調査項目及び内容

調査項目は，堤防植生を立体的に分析･評価が行えるよう地上部と地下部に分けて影響が把握できる項目を設定し，さらにベースとなる堤防植生の遷移状況が把握できる項目を設定した．

具体的には，試験区の調査内容は堤防表面の刈草由来の堆積物の量（サッチ層厚）及び分布状況，法面の耐侵食力（土壌硬度，根毛量），植生生育状況（植物相，植生分布，植被率）の７項目とした．その内容は**表 2･1** に示すとおりである．

サッチ層の厚さ及び耐侵食力に関する調査は，法面全体を法上段，法中段，法下段に３分割した上で，各試験区の中央に測線を設置し，その各段の中央付近に

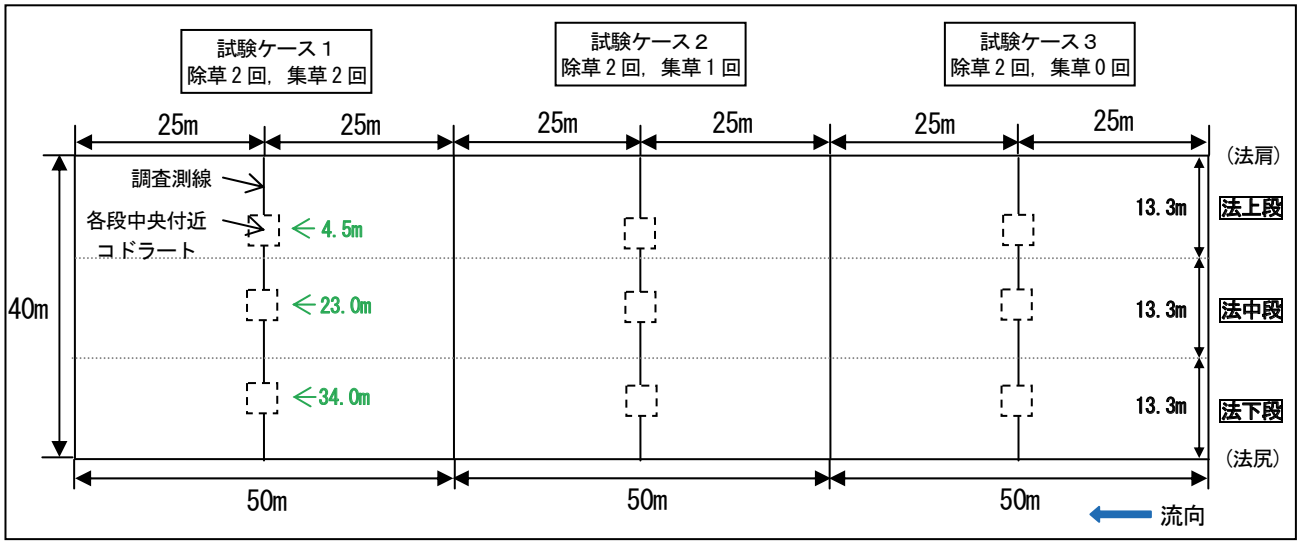


図 2･1　試験区の配置図

表 2･1　調査項目

調査目的	調査項目	調査回数	調査位置	調査内容
地上部に対する影響を把握する	(1) サッチ層厚調査	2 年目（2011 年度）より年 4 回（各除草前後）	調査測線の各段（上･中･下）中央付近	表土を採取し，スケールで厚さを計測．データは 3 回計測した平均値
	(2) サッチ層分布調査	5 年目（2014 年度）の秋期	各試験区　全面	刈草が堆積している範囲を平面図上に記録し，スケールで厚さを計測
地下部に対する影響を把握する	(3) 土壌硬度調査	2 年目（2011 年度）より年 4 回（各除草前後）	調査測線の各段（上･中･下）中央付近	山中式土壌硬度計による計測
	(4) 根毛量調査	年 1 回 秋期（隔年で実施）		コアサンプラーでφ10cm，深さ 20cm の表土を採取．表層 0-3cm，3-6cm，6-10cm，10-20cm に分けて，土と根系を分離し，湿重量を室内で測定
堤防植生の遷移状況を把握する	(5) 植物相調査	年 2 回（春期・秋期）	各試験区における上段・中段・下段	草丈と主たる構成種の分布状況の把握
	(6) 植生分布調査		各試験区　全面	優占種の平面的分布を把握
	(7) 植被率調査	4 年目（2013 年度）の夏期より各除草前後	調査測線の各段（上･中･下）中央付近	1m×1m のコドラートを対象に，植生で覆われている面積を比率で記録

調査用の固定点を設置して計測した.

植物相調査は，設置した測線上を踏査し，上・中・下段ごとに出現種を記録したほか，測線付近の草丈を記録した．また，植生分布調査では，法面全体の優占種の分布状況を面的に記録した.

3．調査結果

５年間にわたって継続的な除草管理及びモニタリング調査を実施した結果，各調査項目について以下の内容が成果として得られた.

3.1　サッチ層厚調査

刈草および枯れた植物の微細な粒子が，植生の根元に堆積したものをサッチ層といい，堆積すると通気性や通水性の阻害，遮光により，堤体の植生への影響が懸念される．さらに，厚く堆積することで，目視点検が阻害される可能性がある．堆積した刈草が分解することで，堤防の腐植土化が促進され，草丈の高い外来種等の侵入が増加する可能性も考えられる.

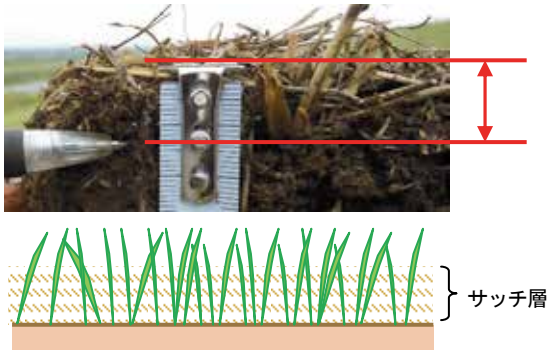


図 3･1　サッチ層のイメージ

本調査は，サッチ層を形成している範囲を各段（上・中・下）の中央付近より選定し，地表面からの堆積厚について，３地点程度を計測した後，平均値を算出した．刈草が安定することを見込み，除草前と除草１ヵ月後を目途に実施した．得られたサッチ層の厚さを**表 3･1** 及び**図 3･2** に示す.

集草を 2 回実施した試験区（ケース１）では，最初期を除けばサッチ層はおおむね５㎜以下で推移し，シバの生育に適したレベルを維持している．集草１回（ケース２）及び０回（ケース３）の試験区はサッチ層が大きく，平均すれば集草１回区では平均 12.7㎜，集草０回区では 14.2㎜ と集草回数が減るほど大きくなっている.

表 3･1　試験区（上・中・下）におけるサッチ層厚平均値

			ケース1 除草2回,集草2回			ケース2 除草2回,集草1回			ケース3 除草2回,集草0回		
年度	調査回	日付	法上段	法中段	法下段	法上段	法中段	法下段	法上段	法中段	法下段
2011	1回目除草前	5/19	10	9	10	10	10	8	15	18	12
	1回目除草後	6/23	21	21	21	28	30	23	15	8	18
2012	1回目除草前	5/14	2	2	2	14	17	18	7	10	10
	1回目除草後	7/3	30	10	0	15	10	5	15	20	10
	2回目除草前	9/4	9	0	0	15	5	15	10	15	16
	2回目除草後	10/22	0	0	0	30	32	20	30	25	20
2013	1回目除草前	5/15	8	7	6	7	13	13	4	5	9
	1回目除草後	7/12	1	2	2	11	7	9	20	16	22
	2回目除草前	9/10	1	4	3	9	5	4	15	12	20
	2回目除草後	11/8	2	2	4	2	5	5	16	13	12
2014	1回目除草前	5/13	1	3	2	12	8	4	9	10	14
	1回目除草後	7/14	8	7	8	6	12	5	6	9	19
	2回目除草前	9/2	7	7	2	10	11	12	10	20	16
	2回目除草後	10/15	8	7	8	25	15	19	18	12	17

単位 ㎜

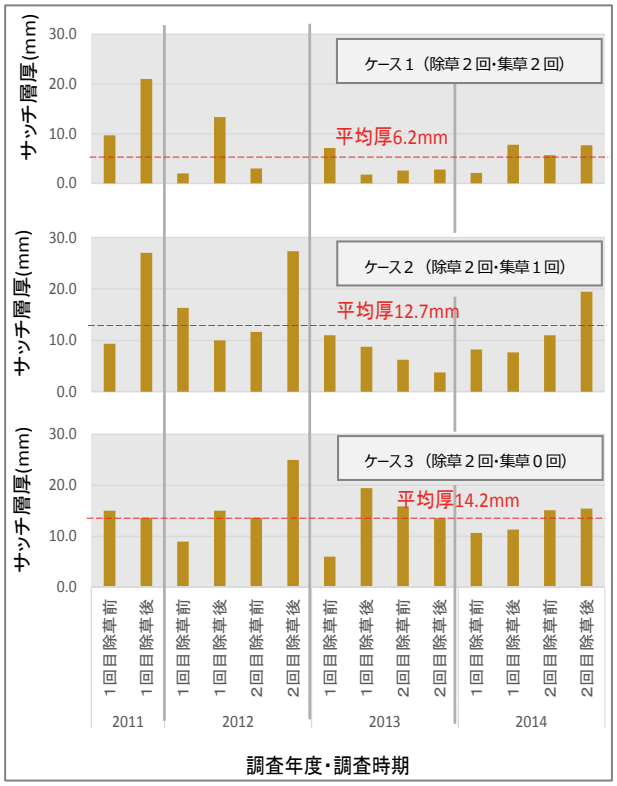


図 3･2　試験区ごとのサッチ層厚の比較
（上・中・下段の平均値）

3.2　サッチ層分布調査

法面における刈草の堆積状況は不均一であることから，最終年度（2014 年）において，形成されたサッチ層の平面分布とともに，植生との相関性について把握することを目的とした調査を実施した．

調査は５年目(2014 年)の２回目除草の後に実施し，試験地内を踏査し，刈草が面的に堆積している範囲及び堆積状況を記録した．調査結果を図 3･3 に示す．植生分布の詳細については後頁で示す．

本調査では，秋期の集草を実施しない試験区（ケース２及び３）において，多くの刈草堆積箇所が認められたが，サッチ層の厚さについては，両者に明確な差は見られなかった．調査期間中の平均値は，ケース２よりケース３の平均サッチ層が厚かったが，これは１回目除草後のサッチ層がケース３において大きいためと考えられる．よって，秋期時点においてはケース２と３の間のサッチ層の厚さに差は無いと評価される．

また，植生分布と刈草堆積箇所には，特に相関性が認められない．刈草堆積の範囲は除草施工時のムラによって生じたものであり，これは各除草時において変化するためと考えられる．そのため，植生の分布については直接的なサッチ層の厚さではなく，サッチ層が分解して土壌に還元したものとの相関性を分析することが望まれる．

3.3　土壌硬度調査

堤防表層土の土壌硬度は，植生の根付き易さの指標となる．この土壌硬度について，山中式土壌硬度計を

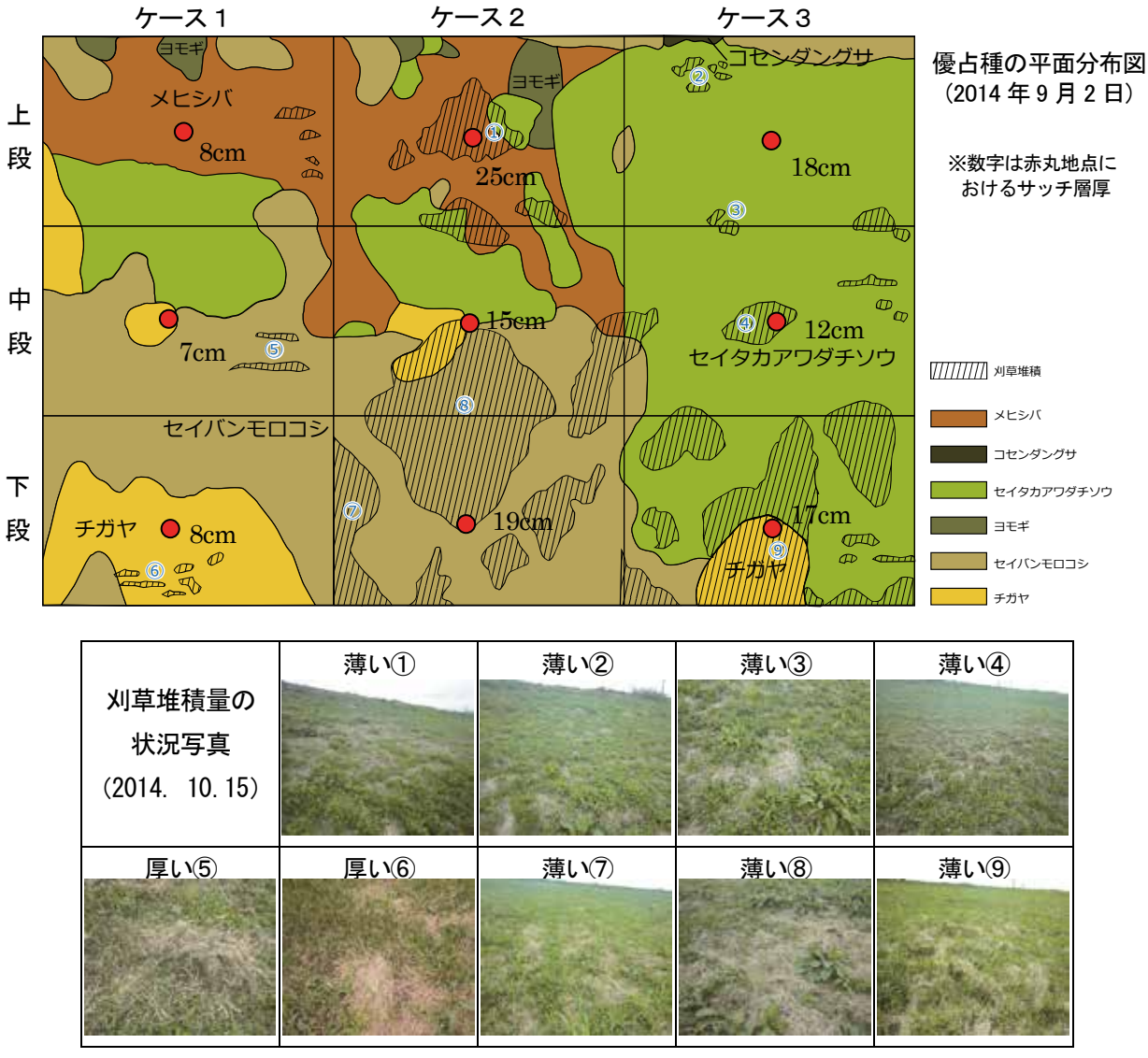


図３・３　植生分布とサッチ層（刈草堆積範囲）の平面分布

用いて計測を行った．計測値の経年変化を**図 3･4** に示す．調査は，サッチ層厚調査と同日に実施した．

土壌硬度の計測値は，いずれの試験区でも徐々に値が下がっており，地表面が柔らかくなっている．サッチ層の発達により徐々に変化している可能性がある．この場合，地表付近に根を張るシバなどには生育上不利な条件となり，深い場所に根を張るチガヤやセイタカアワダチソウなど中型～大型の草本の生育に適した土壌となっているものと考えられる．

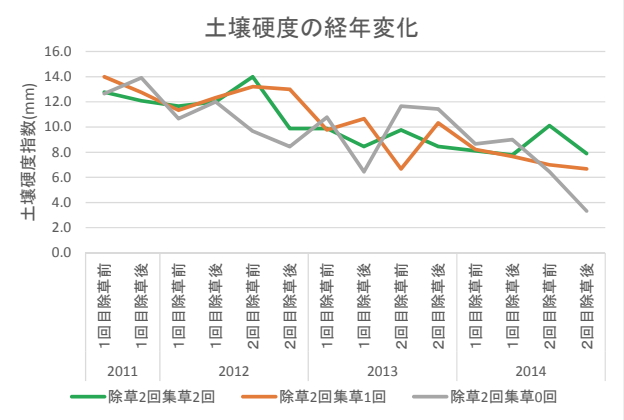


図 3･4 土壌硬度の経年変化

3.4 根毛量調査

堤防植生の平均根毛量は，イネ科を中心とする低茎～中茎草地における耐侵食力の指標として使用することが出来る[文献1)]．

各ケースの上・中・下段の中央付近の堤防表面において，コアサンプラーで根系を採取し，層別の平均根毛量を計測した．調査は隔年で実施し，調査開始年（2010 年），中間年（2012 年），調査終了年（2014 年）の３回の根毛量サンプルを得ることが出来た．この結果を**図 3･5** に示す．

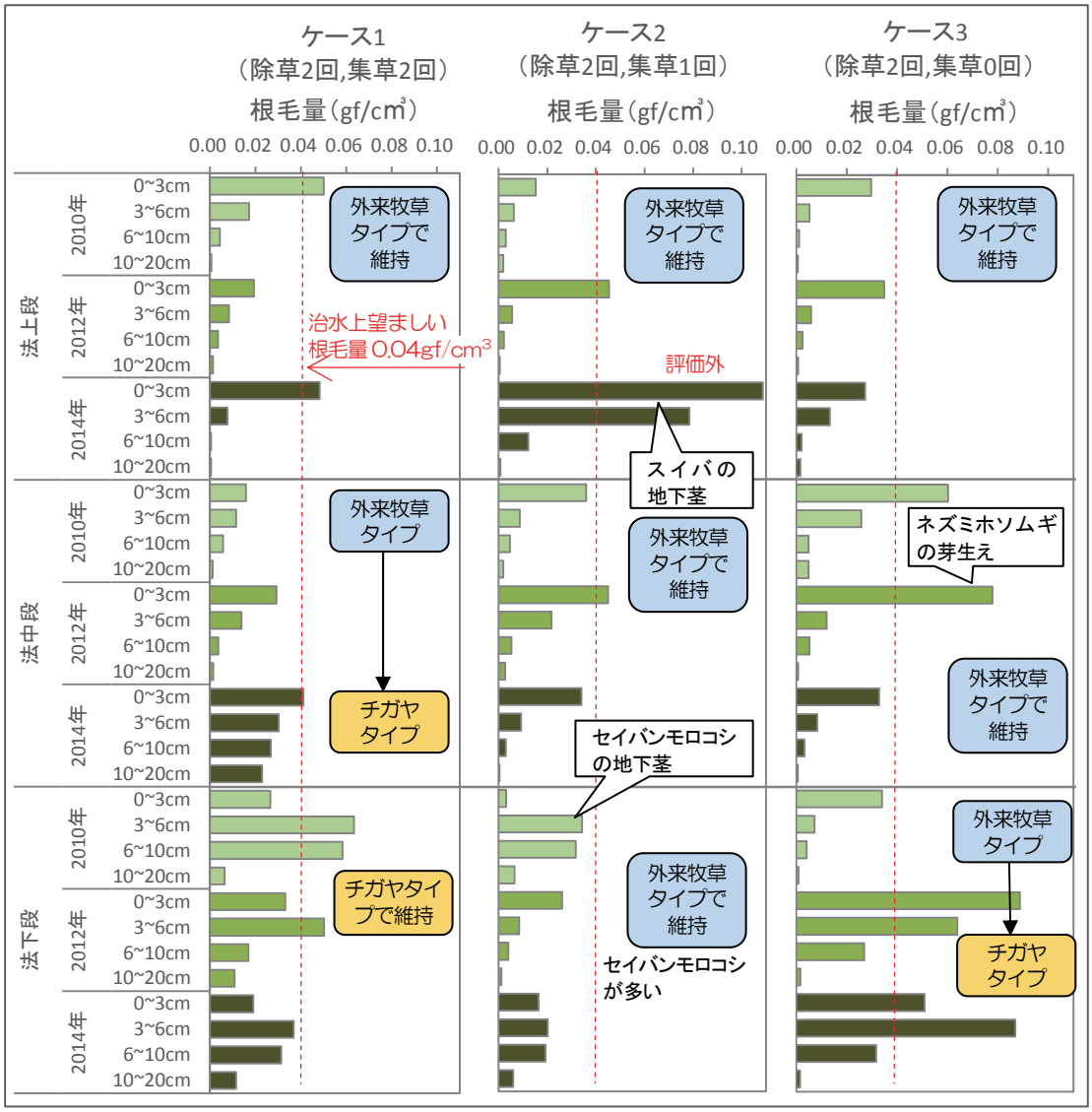


図 3･5 試験区の根毛量経年変化

平均根毛量の値は，地表面に生育する植生の種類によって異なり，関東地方の代表的な堤防植生で得られた値では，シバタイプで平均 0.052gf/cm^3，チガヤタイプで平均 0.030gf/cm^3，外来牧草タイプで平均 0.023gf/cm^3 の値が得られている[文献2)]．それぞれの根毛量には幅があるが，当該箇所にはシバが存在しないため，チガヤタイプ堤防の内，比較的根毛量が多いサンプルとして表層で 0.04gf/cm^3 程度があれば良好な根毛量を持っていると判断できる．そのため，**図 3･5** には調査時に得られた根系の形状から植生タイプを評価して追記した．外来牧草タイプの特徴は地表付近に根が集中し，深くなるに従い根が少なくなる．また，チガヤタイプは地表より深い位置まで比較的根毛量が多い．調査は 2 回目の除草が行われた後の秋期に実施しているため，外来牧草タイプでは秋期に発芽したネズミホソムギが一面に生育する状況が見られた．この結果，夏期の根毛量調査結果に比べると，地表面の根毛量が極端に大きいサンプルが見られる（特に３年目（2012 年）の調査時にネズミホソムギの生育が顕著であった）．また，スイバやギシギシのような大型の根系を持つ植物がサンプルに混じった場合も極端に大きな根毛量が出る場合がある．これらのサンプルは評価から除外する必要がある．

これらを踏まえて根毛量のデータを見ると，ケースごとの根毛量の変化にはあまり傾向がみられず，植生タイプによる根毛量の差が大きく出ている．また，３年目（2012 年）の中段のデータでは，集草を行っているケース１より，集草を行わないケース２，３の方がネズミホソムギの根毛量が大きい結果となっている．根毛量調査は，調査箇所１点で評価を行うため，堤防植生の生育状況にばらつきがある場合，正確な値を表さない可能性がある．

3.5 植物相調査

試験地区は，勾配４割の緩傾斜堤防に整備された時にシバの植栽が行われていたが，試験開始時には法肩付近に一部残存していた以外は消失し，全体としては春にネズミムギまたはネズミホソムギが優占する「外来牧草タイプ」の草地となっていた．植物相調査は各試験区の測線を踏査して出現種を記録する手法を実施した．確認された植物のリストを**表 3･2** に示す．

試験区全体の確認種は 57 種で，ネズミムギ，チガヤ，セイバンモロコシなどのイネ科植物と，セイタカアワダチソウ，ムラサキツメクサなどの広葉植物の出現頻度が高かった．確認種数は，集草２回（ケース１）で多いが，各試験区の出現種の傾向及び種数に大きな違いは見られなかった．

表 3･2 試験区内の植物確認種と出現頻度

No.	科名	種名	生活形	ケース1 除草2回 集草2回			ケース2 除草2回 集草1回			ケース3 除草2回 集草0回		
				法上段	法中段	法下段	法上段	法中段	法下段	法上段	法中段	法下段
1	トクサ科	スギナ	多年草	5	5	5	6	6	3	2		
2	タデ科	スイバ	多年草	2	3	2	3		2	2	2	4
3		ギシギシ	多年草	4	3	3	4	3	2		1	1
4		エゾノギシギシ	多年草	3	1		1	1		1	1	3
5	ナデシコ科	オランダミミナグサ	一年草		1	1			1		2	2
6	ヒユ科	ヒナタイノコズチ	多年草	1	1			1		1	1	
7	ドクダミ科	ドクダミ	多年草	1	2		1					
8	マメ科	ツルマメ	一年草					1	1			
9		ムラサキツメクサ	多年草	8	6	6	7	4	3	7	5	5
10		シロツメクサ	多年草							1		
11		ヤハズエンドウ	越年草	2		2	1	2	1	2		3
12		スズメノエンドウ	越年草	1								
13	カタバミ科	カタバミ	多年草	3		1	1	1		1	1	
14		オッタチカタバミ	多年草		1					1		
15	トウダイグサ科	エノキグサ	一年草	2							1	1
16	ブドウ科	ヤブガラシ	多年草	2			2			1		
17	ガガイモ科	ガガイモ	多年草		1					1	1	1
18	アカネ科	ヘクソカズラ	多年草	1								
19	ヒルガオ科	ヒルガオ	一年草		2							
20		アメリカネナシカズラ	一年草	1	1	1		1	1	1	2	1
21	ハマウツボ科	ヤセウツボ	一年草	2	2	1					1	
22	オミナエシ科	ノヂシャ	越年草		1	1			1			1
23	キク科	ブタクサ	一年草	1	1					1		
24		ヨモギ	多年草	9	3		6	5	2		1	
25		アメリカセンダングサ	一年草	1								
26		コセンダングサ	一年草	1			1			1		
27		オオアレチノギク	一年草	2			1					1
28		ヒメムカシヨモギ	一年草									1
29		ハルジオン	一年草	4	3	3	2	2	2			
30		オオヂシバリ	多年草			1						1
31		コウゾリナ	越年草	1								1
32		セイタカアワダチソウ	多年草	6	10	4	6	8	5	9	7	10
33		ヒメジョオン	一年草	1	1	1	1			1		
34		セイヨウタンポポ	多年草	1					1	3		
35	イネ科	アオカモジグサ	多年草	2	2		1	1				1
36		メヒシバ	一年草	4	4		4	4	2	4	1	
37		シナダレスズメガヤ	多年草		1	1			1			2
38		オニウシノケグサ	多年草	1	4	2	2	1	2	1	1	2
39		ウシノシッペイ	多年草									1
40		チガヤ	多年草	4	5	9	0	3	5	2	5	7
41		ネズミホソムギ	越年草	2	2	2	4	3	3	3	1	2
42		ネズミムギ	越年草	4	4	3	4	3	4	4	3	4
43		オギ	多年草	1	6	5		4	4		1	1
44		ススキ	多年草					1		1		
45		シマスズメノヒエ	多年草	1	1	1	1			1	1	
46		スズメノヒエ	多年草							1		
47		チカラシバ	多年草		1				1		1	1
48		ヨシ	多年草						2			1
49		イチゴツナギ	多年草			1		1	1	1	1	1
50		オオスズメノカタビラ	多年草			2		1	3	3	2	2
51		アキノエノコログサ	一年草	3	2		4	5	1		1	3
52		キンエノコロ	一年草	1				1	1			
53		セイバンモロコシ	多年草	4	4	6	1	5	6	5	2	3
54		シバ	多年草	5		1	5		1	5	2	1
55	カヤツリグサ科	アオスゲ	一年草		1	1	1					
56		ヒメクグ	一年草	1								
57		カヤツリグサ	一年草		1				1			2
小計(種)			一年草	13	11	6	7	6	8	5	6	7
			越年草	5	3	4	3	3	4	3	2	5
			多年草	20	19	16	15	16	17	21	18	19
種数合計(種)				38	33	26	25	25	29	29	26	31
				50			41			47		

※出現頻度は 5 年×2 回＝10 のうち確認された回数
※着色した種は合計の出現頻度が 30 を超えた種

3.6　植生分布調査

各試験区の面的な植物の生育状況について把握するため，除草の直前に優占種に着目した植生分布調査を実施した．調査結果を**図 3-6** に示す．

調査は１年目（2010 年）の秋期から実施している．

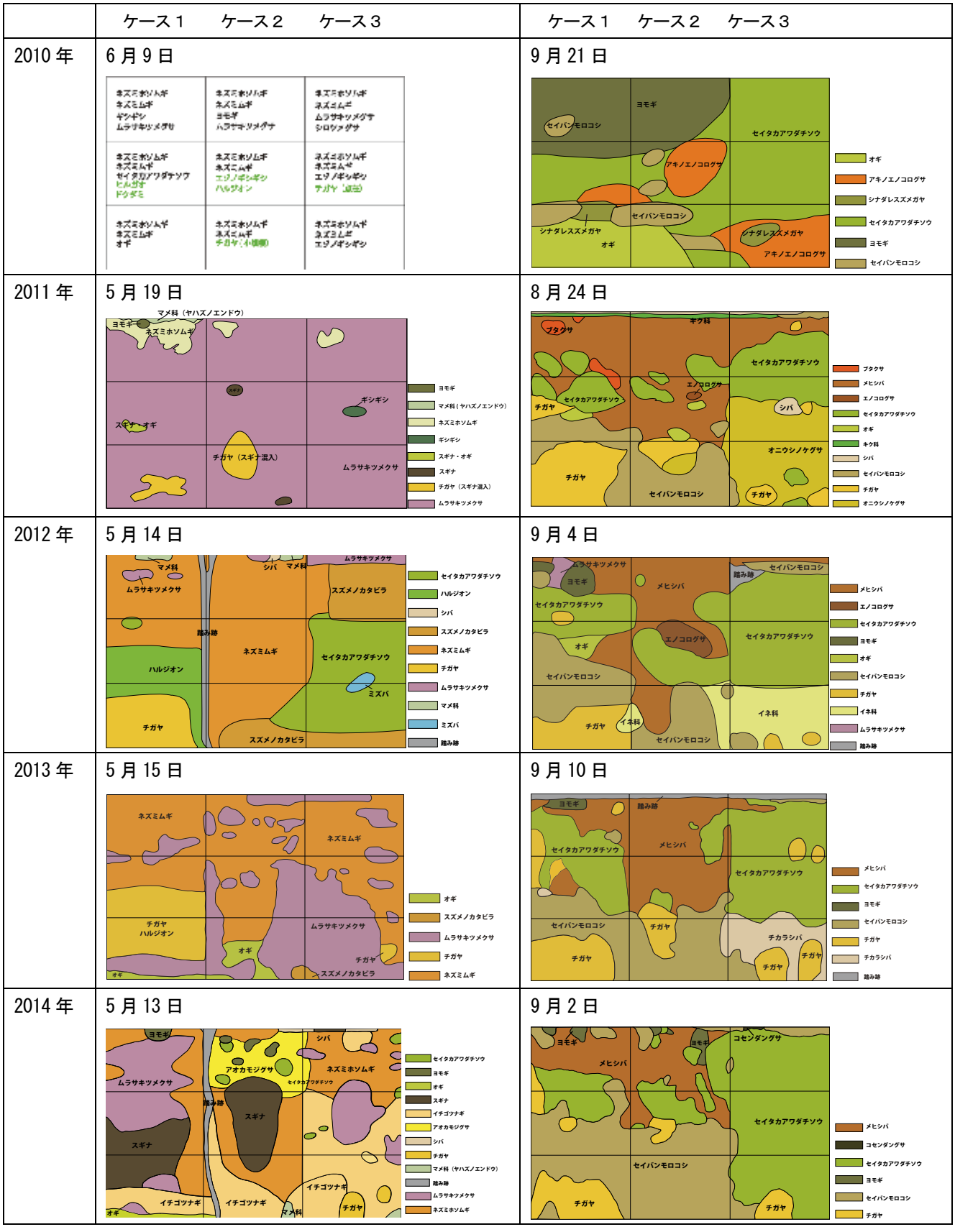


図 3-6 試験区の植生(優占種)の平面分布図

堤防植生は除草というインパクトを受けるために，通常の河川敷の植生図と異なり，優占種が調査時期によって大きく変動することが特徴である．前述したとおり当該地区は全体的には春にネズミホソムギが繁茂し，夏～秋に，その他の一年草や多年草に優占種が置き換わる「外来牧草タイプ」となっている．

試験当初における 2010 年には，春期にネズミホソムギとネズミムギが全面的に優占種となっている状況が分かる．これらの越年草は夏期には枯死するため秋季（9 月 21 日）の調査では，ヨモギ，セイタカアワダチソウ，アキノエノコログサ，オギ（次年度以降のデータからチガヤの可能性もある）が優占種となっている．全体的には外来牧草タイプの特徴を示し，法面の下段部分には高水敷から拡大したと思われるオギ（またはチガヤ）が侵入している状態である．

２年目（2011 年）の春期調査では全面的にムラサキツメクサが優占種となっているが，植物リストと写真からムラサキツメクサとネズミホソムギが混合して生育している状態であり，全体としては外来牧草タイプの特徴を示している．２年目(2011 年)から５年目(2014 年）の植生分布についても上段が外来牧草タイプ，下段はチガヤ等の多年草という特徴は継続しているが，ケース１（集草２回）については，徐々にチガヤの生育域が拡大している．ケース２（集草１回）についても，法面の中央付近にチガヤの生育範囲が存在しているが，拡大したセイバンモロコシの分布域に抑えられている．ケース３（除草０回）については，秋のセイタカアワダチソウの分布が特徴的で法下段の一部にチガヤが残るほかは，最終的には大部分がセイタカアワダチソウに覆われている．

この結果からケース１（集草２回）ではセイタカアワダチソウの拡大を抑えつつ徐々にチガヤに遷移している状況，ケース２（集草１回）では外来牧草タイプが維持されている状況，ケース３（集草０回）では外来牧草タイプで構成種のセイタカアワダチソウが増加している状況であると評価される．セイタカアワダチソウの増加は，土壌の肥料成分の増加と相関すると想定され，刈草放置の影響であると考えられる．

3.7　植被率調査

実験４年目（2013 年度）より試験区の上・中・下段の中央付近に１m×１m のコドラートを設置し，植被率，草丈，優占種の調査を行った．外来牧草タイプの特徴を維持し，種組成の違いが少ない法面上段のコドラートを例に植被率を比較したものを**図 3･7**，**表 3･3** に示す．

この調査結果からは，集草を行った試験区と集草を行わない試験区で植被率に大きな差が生じている．刈草が局所的に堆積することで裸地を形成し，植生の密度を低下させていると考えられる．

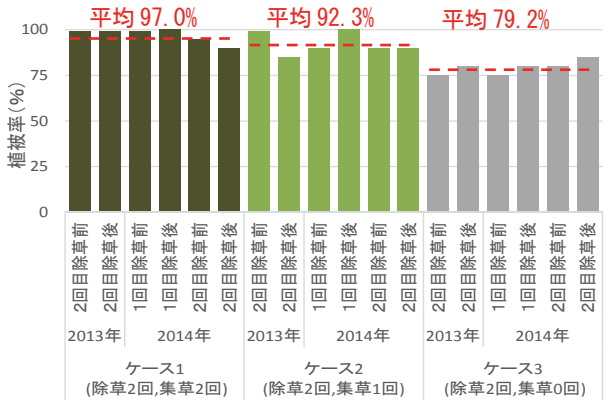


図 3･7　法面上段コドラートの植被率

表 3･3　法面上段コドラートの植被率

ケース	年度	調査回	調査日	植被率（%）	優占種
ケース1 除草2回 集草2回	2013	2回目除草前	9/10	99	メヒシバ
		2回目除草後	11/8	99	ムラサキツメクサ
	2014	1回目除草前	5/13	99	ムラサキツメクサ
		1回目除草後	7/14	100	ムラサキツメクサ
		2回目除草前	9/2	95	メヒシバ
		2回目除草後	10/15	90	メヒシバ
	合計			97.0	
ケース2 除草2回 集草1回	2013	2回目除草前	9/10	99	メヒシバ
		2回目除草後	11/8	85	ヨモギ
	2014	1回目除草前	5/13	90	ヨモギ
		1回目除草後	7/14	100	ヨモギ
		2回目除草前	9/2	90	ヨモギ
		2回目除草後	10/15	90	ヨモギ
	合計			92.3	
ケース3 除草2回 集草0回	2013	2回目除草前	9/10	75	メヒシバ
		2回目除草後	11/8	80	スイバ
	2014	1回目除草前	5/13	75	ネズミムギ
		1回目除草後	7/14	80	ギシギシ
		2回目除草前	9/2	80	メヒシバ
		2回目除草後	10/15	85	メヒシバ
	合計			79.2	

４．考察

本研究は，外来牧草タイプの草地で標準的な除草（２回）を実施している堤防を対象に，集草回数を変化させて，その影響を５年間追跡した．

集草の有無によるサッチ層の形成厚の変化は明瞭で，集草を２回行った試験区に対し，集草回数を１回（ケース２）または０回（ケース３）とした試験区では，サッチ層厚は 12㎜ 以上と厚く，平面的に刈草堆積域が広がっている状況が確認された．12㎜ を超えるサッチ層では通気性が低下し，病害虫の頻度が増すことが知られており，シバに対して通気性や病害虫の観点から問題があるレベルであった．サッチ層の形成は，経年的に蓄積されるが，一部は分解されて土壌に還元されると考えられ，サッチ層の厚さは一定の厚さで経年的に推移するとともに，腐植土化の進行により土壌硬度を低下させていることがうかがえる．また，法面の上・中・下段の比較では下段ほどサッチ層が厚いという傾向は確認されず，刈草が風などにより法面の下方に移動して堆積する傾向はないと考えられる．

次に，サッチ層または土壌の腐植土化の進行による植生への影響については，集草を２回実施した試験区（ケース１）では多年草のチガヤの拡大傾向が見られたが，集草を１回（ケース２）または０回（ケース３）とした試験区では外来牧草が優占した状態が維持された．特に，集草０回の試験区（ケース３）ではセイタカアワダチソウの拡大傾向が顕著であった．

治水上の安全性（耐侵食性）に影響する平均根毛量については，堤防法面に形成された植生の種類に依拠し，チガヤが拡大した場所では良好な値を示した．しかし，外来牧草が優占する堤防では，秋期の地表付近の値は良好であったが，深さ 6㎝ 程度でチガヤの根毛量と比較した場合は，耐侵食性が劣る状況であった．

さらに，植被率では，集草を実施しない試験区ほど値が低下（裸地が増加）する傾向を示しており，集草に治水面の効果があることが確認された．

以上の結果から，刈草の放置はサッチ層の増加及び堤防表土の腐植土化の進行に影響を与えていることが認められ，これにより堤防植生の優占種と植被率に影響を与えることで，堤防の耐侵食力の低下に繋がることが推察された．なお，サッチ層の増加等については，集草１回と０回に明瞭な差はないが，集草０回は植生遷移の状況から腐植土化の進行が早いと推察される．

５．今後の課題

以下の３点について，今後明らかにしていくことが課題として挙げられる．

⑴ 土壌成分と堤防植生の関係の解明

本研究においては，刈草放置による植生への影響を調査したが，その影響は直接的なサッチ層の形成だけでなく，サッチ層が分解されて土壌に還元されることによる腐植土化が堤防植生に影響を与えることが想定された．しかし，本研究では直接的な土壌成分に関する調査を実施していないため，それらの数値的根拠を得ていない．

今後，土壌成分と堤防植生の関係を解明することが必要である．

⑵ 堤防管理上の重要な時期に着目した観察

今回の植物相の遷移等の調査結果については，刈草放置のみに起因するものではなく，除草の時期（特に２回目）及び除草回数による影響も大きいと考えられる．さらに，地上部の草丈や植物の種類によってもサッチ層の形成や土壌還元に対する違いが生じている可能性がある．

今後，堤防の耐侵食機能が特に必要な台風期の植物相と根毛量や除草時期の関係など，堤防管理上の重要な時期に着目した観察が必要である．

⑶ 総合的な堤防植生管理手法の確立

刈草の処分は維持管理費に大きく影響するため，今回の成果を即現場へ適用するには慎重を期すべきと考えるが，堤防の重要度等に応じた植生管理手法への応用は可能と考える．

今後はバイオマスとしての有効利用等の刈草処理手法も含めて，総合的な堤防植生管理の手法を確立していくことが望まれる．

謝辞

本研究は，国土交通省利根川上流河川事務所･大利根出張所管内の堤防の一部を試験フィールドとして５年間にわたり，使用させていただき，実施したものである．研究の実施にあたり，利根川上流河川事務所及び関係者のご理解とご厚意に感謝いたします.

参考文献

1) 宇多高明ら(1997)；堤防のり面に繁茂する植生の耐侵食性の評価方法に関する研究，土木研究所資料第3489号第３編

2) 佐々木寧･戸谷英雄･石橋祥宏･伊坂充･平田真二(2000)；堤防植生の特性と堤防植生管理計画，河川環境総合研究所報告第６号，(財)河川環境管理財団

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、国交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21号　　平成28年1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 03-5847-8309
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

古紙パルプ配合率100％再生紙を使用