

河 川 財 団 報 告
THE RIVER FOUNDATION REPORT

2025 年 12 月発行

第 2 号

堤防の植生管理に向けた
植物成長調節剤・除草剤の試行に関する論文集



発 行 公益財団法人 河川財団
THE RIVER FOUNDATION

本資料のねらい

本報告は、河川財団においてこれまでに取組んできた、効率的・効果的な堤防の植生管理に関する調査研究の成果、とりわけ植物成長調節剤・除草剤（以下、「植調剤等」）の試行試験の成果について学会等で発表した論文をとりまとめた論文集です。

堤防の植生管理においては、平成2年までは年2～3回の刈取りや野焼きと併せて、現場によっては農薬も使用されていました。しかし、平成2年3月に事務連絡「農薬の使用に関する河川の維持管理について」が発出され、これに基づき除草剤は基本的に使用しないことになりました。平成3年以降は、年3～5回の除草（刈取り）や野焼きが行われている現場もありましたが、平成4年のダイオキシン問題により野焼きをする現場はほとんど無くなりました。さらに、平成22年の都道府県等の維持管理負担金の廃止等の流れの中で、厳しい財政状況に鑑みて、除草工についても堤防点検時における視認性を確保することを目的とした年2回の除草が標準とされたところです。

これらの除草手法の変化とともに、現在の堤防においては芝の衰退や外来植物の繁茂、これに伴う河川巡視等における視認性の悪化、堤体の弱体化やイネ科植物による花粉症の発生など、堤防及びその周辺に与える影響が大きな課題となっています。さらに、近年の少子高齢化に伴う維持工事における作業員の減少、炎天下での作業、スズメバチに刺され死傷する事故等は、堤防の植生管理における重要な課題として加わりました。

当財団では、堤防植生の維持管理をテーマとした調査研究に長年取組んで参りました。そのような状況の中で、度重なる農薬取締法の改正により農薬の安全性が高められてきたことから、農薬を適切に使用した植生管理の可能性について現地での試行を踏まえた調査研究を開始しました。調査研究を進めていく中で、農薬には光合成など植物だけが持つ機能に対して効果がある薬剤（植物成長調節剤）があること、堤防の植生管理における課題に対応可能であることなどが明らかになってきました。

堤防の植生を巡る様々な社会的な課題、維持管理に一層求められる効率化等の観点から当財団では治水、環境などの目的に応じた植生管理を堤防の植生にも適用する必要があると考え、今般「堤防植生管理ガイドブック（関東版）」を作成しました。外来種対策を含め、堤防の植生管理には多くの課題があります。堤防のみならず、樹林化などの植生管理上の課題もあります。植調剤等は植生管理の有効な手段として、今後とも検討していくべき課題と考えています。

本論文集の成果について、今後の堤防における植生管理に関する様々な取組みの参考としていただければ幸いです。また、本論文集にある調査研究には、検討会等において御指導いただいた学識者の皆様をはじめ、国土交通省の関係者の皆様、調査に御協力いただいたコンサルタントの皆様等、多くの方々に御指導、御協力をいただきました。ここに記して、改めて感謝を申し上げます。

令和7年12月

公益財団法人 河川財団 技術参与 八木裕人
同 河川総合研究所 主席研究員 山本嘉昭

目 次

本資料のねらい

1. 2015（平成 27）年度

- 1.1 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
大澤寛之・山田政雄・塩見真矢・築瀬範彦..... 1
（土木学会、論文集 F4(建設マネジメント)、Vol.71、No.4、2015）
- 1.2 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
大澤寛之・山田政雄・塩見真矢・小笠原勝..... 9
（土木学会 水工学委員会 河川部会、河川技術論文集、第 21 巻、2015 年 6 月）

2. 2016（平成 28）年度

- 2.1 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
大澤寛之・山田政雄・塩見真矢15
（公益財団法人 河川財団、河川総合研究所報告 第 21 号、平成 28 年 1 月）

3. 2017（平成 29）年度

- 3.1 堤防植生の課題に応じた新たな堤防管理のあり方の提案
山本嘉昭・塩見真矢・八木裕人・須田隼人・平田真二.....29
（土木学会 水工学委員会 河川部会、河川技術論文集、第 23 巻、2017 年 6 月）

4. 2018（平成 30）年度

- 4.1 新規堤防等における植物成長調整剤を用いた養生方法の提案
青山治彦・山本嘉昭・八木裕人・須田隼人・塩見真矢・野村利幸・中濱匡35
（土木学会 水工学委員会 河川部会、河川技術論文集、第 24 巻、2018 年 6 月）
- 4.2 渡良瀬川における植物成長調整剤を用いた堤防植生管理手法の検討
青山治彦・山本嘉昭・八木裕人・須田隼人・塩見真矢・野村利幸・中濱匡41
（土木学会 水工学委員会 河川部会、河川技術論文集、第 24 巻、2018 年 6 月）
- 4.3 河川の堤防管理における堤防植生管理の方向性
山本嘉昭47
（公益財団法人 日本植物調節剤研究協会、植調、第 52 巻 第 7 号、2018）

5. 2019（令和元）年度

- 5.1 堤防を対象とした植物成長調整剤・除草剤の2年目使用の効果と植生管理法への反映
青山治彦・山本嘉昭・八木裕人・小林裕之・中濱匡.....52
（土木学会 水工学委員会 河川部会、河川技術論文集、第25巻、2019年6月）

6. 2020（令和2）年度

- 6.1 河川財団が取り組んできた堤防植生に関する調査研究成果の系統的整理
～堤防植生管理の体系化に向けた基盤的知見として～
山本嘉昭・八木裕人58
（公益財団法人 河川財団、河川総合研究所報告 第25号、令和2年10月）

7. 2021（令和3）年度

- 7.1 渡良瀬川における植調剤等を用いた堤防植生管理の効果と課題
塚本一三・八木裕人・山本嘉昭・森永泰司59
（土木学会、全国大会 in 関東 オンライン From 東海大学）
- 7.2 植物成長調整剤・除草剤と刈取を組み合わせた堤防植生管理手法の効果検証と本格
適用に向けた課題分析
森永泰司・山本嘉昭・八木裕人・樋口淳司・萩原裕司60
（土木学会 水工学委員会 河川部会、河川技術論文集、第27巻、2021年6月）

8. 2023（令和5）年度

- 8.1 堤防法面の芝の維持に向けた基盤土からの発芽抑制手法の提案
山本嘉昭・宝藤勝彦・田口恵子61
（土木学会 水工学委員会 河川部会、河川技術論文集、第29巻、2023年6月）

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

大澤 寛之¹・山田 政雄¹・塩見 真矢¹・築瀬 範彦²

¹渡良瀬川堤防管理技術検討会事務局 (公財)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11-9)

E-mail:osawa-hi@kasen.or.jp

²足利工業大学教授 工学部 創生工学科 建築・社会基盤学系 (〒326-8558 栃木県足利市大前町268-1)

E-mail:yanase.norihiko@v90.ashitech.ac.jp

本報告は、公共事業費縮減の流れの中で河川管理におけるコスト縮減対策として、近年の農業取締法改正により使用が認められた安全で効果のある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について検討したものである。具体的には近年、現場において発生している外来植物の侵入・繁茂等の影響による河川巡視・堤防点検への支障や堤防機能の弱体化の問題を解決することを目的としている。検討結果として本報告で提案する堤防植生管理手法は、渡良瀬川河川事務所管内の河川堤防に適用した場合、堤防管理の問題に対する改善効果が検証されたこと、現状の維持管理コストに比べ約30%程度のコスト縮減が見込めること、環境面への安全性も確認できることから、今後の河川堤防における堤防植生管理手法として適用が十分可能であるものと考ええる。

Key Words : *Cost reduction, Technique for controlling embankment vegetation, Plant growth regulators, Use safety, Effect verification, Regional alliances*

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、その施設延長も膨大である。その維持管理は、堤防に異常がないかどうか点検できるようにするため、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イト(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。

本報告は、これらの課題を解決するために、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「新たな堤防植生管理手法」として提案し現地実証実験を行い、その改善効果が検証された植物成長調整剤等を用いた管理手法による維持管理コスト縮減対策について、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検討したものである。

2. 渡良瀬川における堤防植生の現状と課題

(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。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¹⁾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-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36.7%確認された(図-1)。

こ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、この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

ヤタイプについては、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⁾。

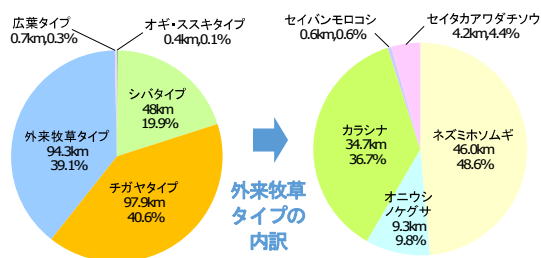


図-1 渡良瀬川管内の堤防植生タイプの現状(延長割合)

(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、維持するためには年4回以上の除草回数が必要^{1),3)}であり、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、現状のシバを維持する管理手法が必要となる。

b) チガヤタイプ

チガヤタイプは、耐侵食性に優れている¹⁾が、成長度合いによって草丈が高くなり、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。

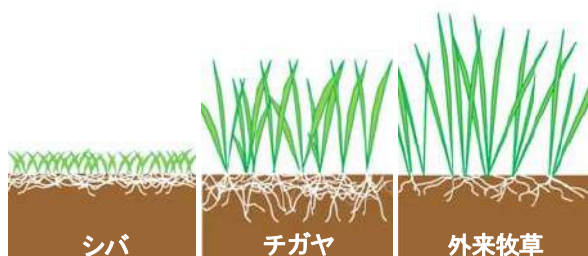


図-2 堤防植生タイプ別の根系イメージ

(3) 従来の管理手法(刈取り)による対応コスト比較

上記の課題を解決するために、従来の管理手法(刈取り)を用いて対応した場合のコストについては、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. 新たな管理手法によるコスト縮減対策の検討

新たな堤防植生管理手法による維持管理コスト縮減対策の検討フローを以下に示す(図-3)。

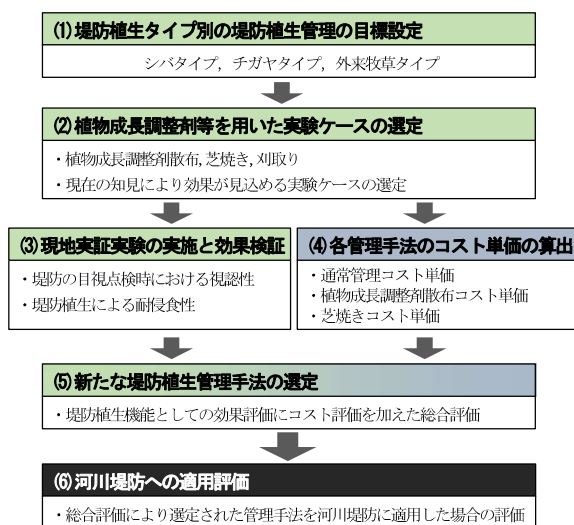


図-3 新たな管理手法によるコスト縮減対策の検討フロー

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」、(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た。(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。

(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に、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に、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整理し、現地実証実験を経て、その有効性について検証を行った。

(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で安全性や効果があり、過去に河川堤防で使用実績がある「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に、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。

「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が、その後、平成14年以降の農薬取締法の改正によって、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(補注1)図4)。また、今回使用する植物成長調整剤は、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。

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回といった定型的な対応では問題があることを指摘している。

現地実証実験で用いる「植物成長調整剤」は、あくまでも出水期間中の河川巡視や堤防点検の支障とならないようにするために、植物の成長を調整して適切な堤防植生への誘導を図ることを目的としていることから、総称名として「植物成長調整剤」とした。

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-1、表-2)。

表-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	フルルブリミドール	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	広葉やイネ科の植生が衰退
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-2)。

表-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(m ² 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)	フルルブリミドール(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	フルルブリミドール(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

(3) 現地実証実験の実施と効果検証

現地実証実験の実験場所は、植物成長調整剤に関わる実験ケースを河川以外の管理された用地(宇都宮大学附属農場内)とし、刈取り・芝焼きの実験及び刈取り・集草処分の実験は渡良瀬川と秋山川の河川堤防とした。

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)の継続的な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草丈の推移を記録する草丈調査と、堤防植生による耐侵食性を検証するため優占する植物の種類・被度を記録する植物相調査を実施した。

モニタリング調査結果を基に、評価値を設定(表-3)し、効果評価した結果は以下のとおりである(表-4)。

表-3 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

表-4 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 (カシナ型以外)	1 フルルブミシール散布(11月)+刈取り(5月)	2	1	3	2	8	△
	2 ビスリバックナリウム散布(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 (カシナ型)	4 MCPA-イノプロピルアミン散布(11月)	2	1	3	2	8	△
	5 刈草シート+カリウム散布(11月)+芝焼き(2月)	3	2	3	2	10	○
シバタイプ	6 MCPA-イノプロピルアミン散布(11月)	3	3	2	3	11	○
	7 MCPA-イノプロピルアミン散布(11月)+芝焼き(2月)	3	3	2	3	11	○
	8 MCPA-イノプロピルアミン散布(11月)+刈取り(8月)	3	3	2	3	11	○
チガヤタイプ	9 フルルブミシール散布(11月)+刈取り(5月)	1	1	3	3	8	△
	10 ビスリバックナリウム散布(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かったため△とした

(4) 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-5)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㎡×2 回=16,026 円/千㎡)、機械式の集草単価(10,273 円/千㎡)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㎡)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㎡)を算出した。

表-5 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㎡
集草処分 (集草+積込・運搬+処分)	年1回 (春季除草後)	17,104 円/千㎡
合計	除草年2回+集草処分年1回	33,130 円/千㎡

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)に使用量に乗じた「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)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 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㎡)		
		工事単価	材料単価	合計
フルルブリミドール(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㎡)		
		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㎡)		
		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㎡)		
		工事単価	材料単価	合計
フルルブリミドール(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-7)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-7 芝焼きコスト単価の算出結果

(10,000㎡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(2 t 積級トラック)
諸雑費	%	4		3,207	(労務費+トラック運転経費)×0.04
計				83,371	
				8,337	1,000㎡当たり

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-8)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-8 芝焼きコスト単価の算出結果

(10,000㎡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(2 t 積級トラック)
諸雑費	%	4		3,207	(労務費+トラック運転経費)×0.04
計				83,371	
				8,337	1,000㎡当たり

(5) 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(各実験ケース)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-9)。

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、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。

表-9 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(千円/㎡当たり・H26直工単価)				コスト評価 (●:通常管理)	総合評価	効率的・効果的な 新たな堤防植生管理手法
				植物成長調整剤	刈取り	芝焼き	集草処分			
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)				16026円		17,104円	33,130円		
	1	植物成長調整剤(11月)+刈取り(5月) [フルルフリミドール]	[下限値]△	54620円	8013円		62633円	×(261倍)	△	
			[平均値]△	76820円	8013円		86633円●			
			[上限値]△	102620円	8013円		110633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]△	13120円	8013円		21133円	○(0.74倍)	○	
			[平均値]○	16370円	8013円		24383円●			
			[上限値]○	19620円	8013円		27633円			
3	刈取り(5月8月)+芝焼き(6月)	△		16026円	8337円	24363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)				16026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]△	9020円			9020円	○(0.31倍)	△	
			[平均値]△	10220円			10220円●			
			[上限値]△	11420円			11420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]○	10220円	8337円		18557円	○(0.61倍)	○	
			[平均値]○	12020円	8337円		20357円●			
			[上限値]○	13820円	8337円		22157円			
シバタイプ	通常管理:刈取り(5月8月)+集草処分(5月)				16026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+ハロスルフロメチル]	[下限値]○	11420円			11420円	○(0.39倍)	○	
			[平均値]○	12820円			12820円●			
			[上限値]○	14220円			14220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+ハロスルフロメチル]	[下限値]○	11420円	8337円		19757円	○(0.64倍)	○	
			[平均値]○	12820円	8337円		21157円●			
			[上限値]○	14220円	8337円		22557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+ハロスルフロメチル]	[下限値]○	11420円	8013円		19433円	○(0.63倍)	○	
			[平均値]○	12820円	8013円		20833円●			
			[上限値]○	14220円	8013円		22233円			
チガヤタイプ	通常管理:刈取り(5月8月)+集草処分(5月)				16026円		17,104円	33,130円		
	9	植物成長調整剤(11月)+刈取り(5月) [フルルフリミドール]	[下限値]△	54620円	8013円		62633円	×(261倍)	△	
			[平均値]△	76820円	8013円		86633円●			
			[上限値]△	102620円	8013円		110633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]○	13120円	8013円		21133円	○(0.74倍)	○	
			[平均値]○	16370円	8013円		24383円●			
			[上限値]○	19620円	8013円		27633円			
	11	刈取り(5月8月)+芝焼き(6月)	○		16026円	8337円	24363円●	○(0.74倍)	○	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)	△		16026円		17,104円	33,130円●	○(100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。

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。

(6) 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。

a) 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-10)。

表-10 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。

b) 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-11)。

表-11 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)

c) 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-12)。

表-12 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%

d) 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より、概算コストの算出を行った(表-13)。

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%程度のコスト削減が図られることとなる。

表-13 概算コストの算出結果

表-10 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 (円)	
		面積 (㎡)	単価 (円/千㎡)	概算コスト (円)	面積 (㎡)	単価 (円/千㎡)	概算コスト (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 イソプロピルアミン塩＋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 イソプロピルアミン塩＋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

4. 検証結果と実用化に向けた課題

以上のように、本報告の成果として、植物成長調整剤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、河川堤防における維持管理コストを縮減するための管理手法として、経済面から適用が十分可能であると言える。

しかしながら、現地実証実験を実施したとはいえ、河川堤防以外での実験によるデータであるため、今後河川堤防で実用化する場合は、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。

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、小笠原教授(宇都宮大学)、佐々木名誉教授(埼玉大学)、清水教授(群馬大学)、松本助教(群馬大学)から貴重なご意見を頂きました。また、渡良瀬川河川事務所管理課(H26 当時)の小淵課長、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。

注 1)

昔の農薬のイメージ

DDT、パラチオンなどの殺虫剤やベトナム戦争で使用された枯葉剤も農薬と言われていた。

農薬取締法の改正(抜粋)

昭和 46 年：登録制度の強化、農薬の使用規制の整備
残留農薬に対する対策の整備強化
平成 14 年：無登録農薬の製造及び輸入の禁止
無登録農薬の使用規制の創設、法律違反の罰則の強化
農薬の使用基準の設定
平成 15 年：違法農薬の販売に対する販売者への取等命令

現在の植物成長調整剤

- 農林水産省に登録したものしか使用できなくなった。
- 残留性や毒性がないものしか使用できなくなった。

図4 農薬取締法の改正による農薬の安全性の向上

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。

(2015.5.18 受付)

COST REDUCTION EFFECTS YIELDED BY EMPLOYING THE TECHNIQUE FOR CONTROLLING EMBANKMENT VEGETATION WITH THE PLANT GROWTH REGULATORS

Hiroyuki OHSAWA, Masao YAMADA, Shinya SHIOMI and Norihiko YANASE

This report focuses on the safe and effective plant growth regulators, which has been improved under the revised Agricultural Chemicals Regulation Act, and discusses the technique for controlling embankment vegetation with plant growth regulators, as the cost reduction effects of river maintenance by the reduction of public-works spending. In particular, the aim of this report is to solve problems caused by alien plants, which the invasion and growth of alien plants have brought the negative effects for embankment management such as obstacles to river inspection / embankment examine works and weakening of embankment function. The technique for controlling embankment vegetation with plant growth regulators was experimented in Watarase River, and the results showed improved effect against the maintenance problems, around 30% cost reduction in comparison with the existing maintenance cost, and safe to the environment. Therefore, it is thought that the technique for controlling embankment vegetation using the plant growth regulators is applicable enough for the future river embankment management.

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

PROPOSAL FOR INTRODUCTION OF EFFICIENT AND EFFECTIVE TECHNIQUE FOR CONTROLLING EMBANKMENT VEGETATION WITH THE PLANT GROWTH REGULATORS FROM A CASE IN WATARASE RIVER

大澤寛之¹・山田政雄¹・塩見真矢¹・小笠原勝²

Hiroyuki OHSAWA, Masao YAMADA, Shinya SHIOMI and Masaru OGASAWARA

¹渡良瀬川堤防管理技術検討会事務局（公財）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11-9）

²農博 宇都宮大学教授 雑草と里山の科学教育研究センター（〒321-8505 栃木県宇都宮市峰町350）

Recent invasion and growth of alien plants has brought negative effects for embankment management, such as causing structural damages and impeding river inspection/embankment examine works.

To solve these problems caused by alien plants, this report focuses on the safe and effective plant growth regulators which has been improved under the revised Agricultural Chemicals Regulation Act. In addition, it proposes more efficient and effective technique for controlling embankment vegetation by using the plant growth regulators based on the on-site operation tests in Watarase River.

Key Words: Technique for controlling embankment vegetation, Plant growth regulators, Use safety, Effect verification, Cost reduction, Regional alliances

1. 検討の背景

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構造物である。その維持管理は、堤防表面における異常の有無を点検可能にするため、年2回の除草を基本として行っている。しかしながら、年2回の除草では外来植物の侵入・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、維持管理予算が厳しい中で、効率的・効果的な堤防植生管理手法が求められている。

関係^{1),2)}があり、この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については、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⁾。

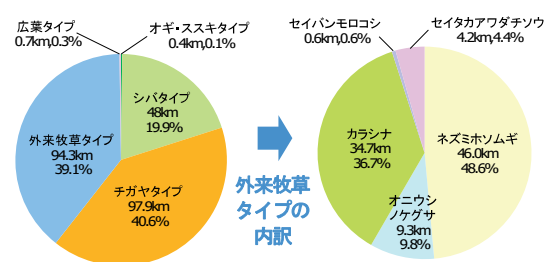


図-1 渡良瀬川管内の堤防植生タイプの現状(延長割合)

2. 渡良瀬川における堤防植生の現状と課題

(1) 堤防植生の現状把握

平成23年秋季と平成24年春季に、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、一般的に知られている堤防植生タイプ区分調査³⁾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-1)。また、外来牧草タイプのうち、堤防維持管理上支障となるカラシナ型が36.7%確認された(図-1)。

これら堤防植生タイプは、堤防の耐侵食機能と密接な

(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、維持するためには年4回以上の除草回数が必要^{1),3)}であり、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、現状のシバを維持する管理手法が必要となる。

b) チガヤタイプ

チガヤタイプは、耐侵食性に優れている¹⁾が、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⁾、外来植物の繁殖に伴い法面の草丈が高くなることから、河川巡視・堤防点検へ支障を与えている。特にカラシナ型は根が肥大化し夏場に腐食するため、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。



シバタイプ チガヤタイプ 外来牧草タイプ

図-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。

3. 堤防植生管理の目標設定と現地実証実験

(1) 堤防植生管理の目標設定

堤防植生管理の目標は、現状の維持管理コスト程度の範囲で、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。この目標達成に向けて、新たな堤防植生管理手法を整理し、現地実証実験を経て、その有効性について検証を行った。

(2) 現地実証実験

現地実証実験で検証する堤防植生管理手法は、①近年の農薬取締法改正で安全性や効果があり過去に河川堤防で使用実績がある「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程度の範囲内で、現在の知見により効果が見込める12ケースを選定した(表-1)。

なお、植物成長調整剤については、平成2年の事務連絡「農薬の使用に関する河川の維持管理について」で、原則上水道取水口の上流区域で使用が制限されていたが、近年の農薬取締法改正により、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た経緯もあり、現地実証実験の堤防植生管理手法として採用した。

表-1 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 ビスビ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イソプロピルアミン塩+ハロスルフロメチル散布(11月)
	7 MCPAイソプロピルアミン塩+ハロスルフロメチル散布(11月)+芝焼き(2月)
	8 MCPAイソプロピルアミン塩+ハロスルフロメチル散布(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 ビスビ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)

(3) 使用する植物成長調整剤

本実験で使用する植物成長調整剤は、農林水産省令や環境省令に基づき農林水産省に登録され安全性が確保されているフルルプリミドール(粒剤)、ビスビリバックナトリウム塩、グリホサートカリウム塩、MCPAイソプロピルアミン塩、ハロスルフロメチルの5種類とした。

使用量は、濃度による差を把握する目的で、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段階に分けて使用した。

4. 現地実証実験の実施

(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ケースを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。

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。

(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-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。

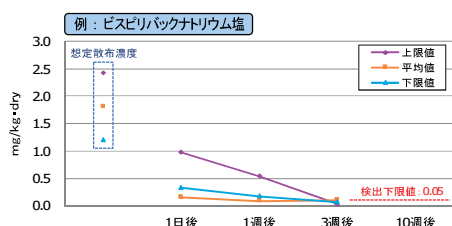


図-3 植物成長調整剤の固定分解状況(例)

b) 植物成長調整剤流出の有無の確認実験

植物成長調整剤が、土砂降り相当の降雨によって、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。

実験内容は、①雨量強度30mm/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。

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)。

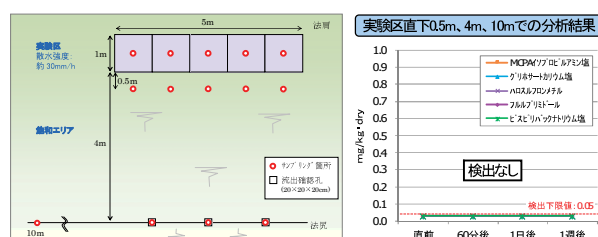


図-4 植物成長調整剤流出の有無の確認実験場と実験結果

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

(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-2)。

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、影響はないものとする。

表-2 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

(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～図-16)。

a) 外来牧草タイプ(カラシナ型以外)の実験ケース

本堤防植生タイプでは、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-6)、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

本堤防植生タイプでは、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-9)、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

本堤防植生タイプでは、全てのケースにおいて植物成長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-10、図-11、図-12)、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

本堤防植生タイプでは、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

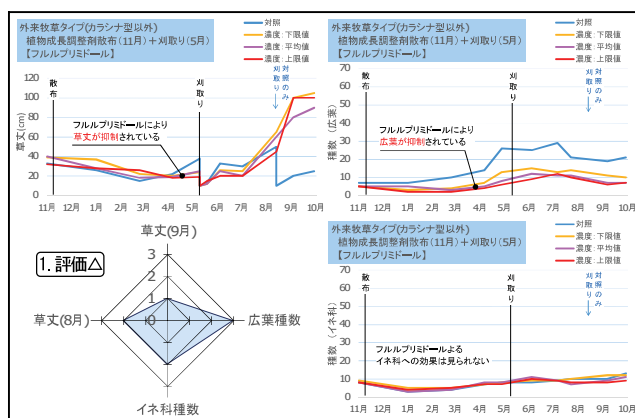


図-5 No1.フルレンオール散布(11月)+刈取り(5月)の実験結果

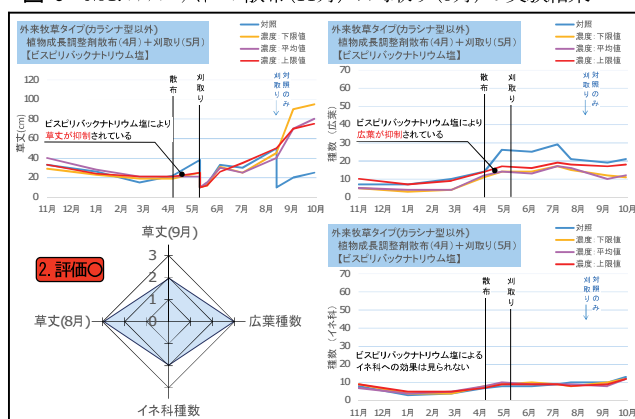


図-6 No2.ビスピリバクナトリウム塩散布(4月)+刈取り(5月)の実験結果

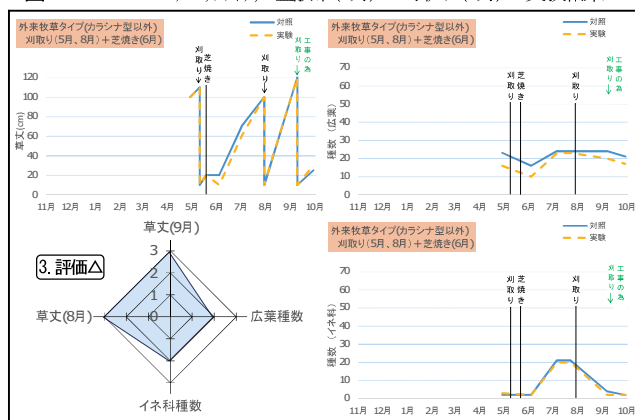


図-7 No3.刈取り(5月, 8月)+芝焼き(6月)の実験結果

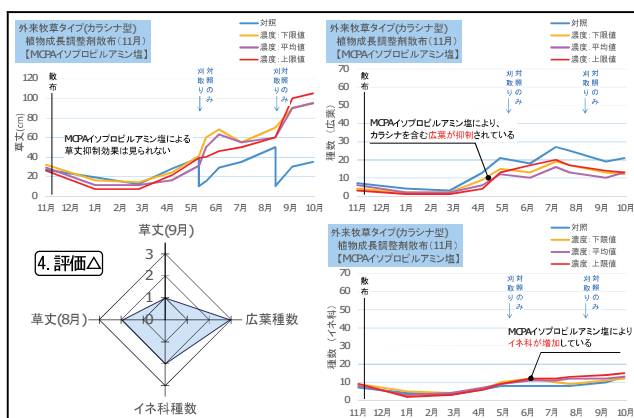


図-8 No4. MCPA triethylamine 塩散布(11月)の実験結果

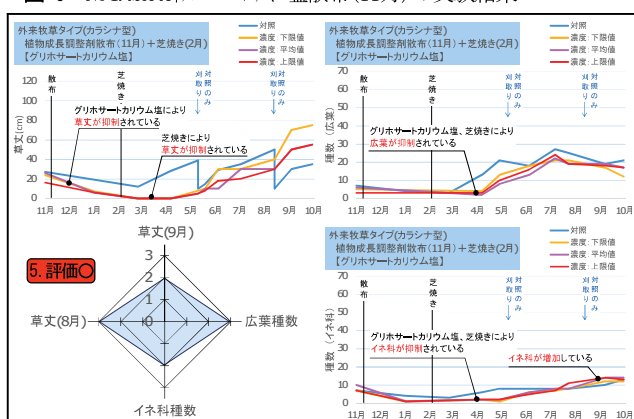


図-9 No5.グリホサートカリウム塩散布(11月)+芝焼き(2月)の実験結果

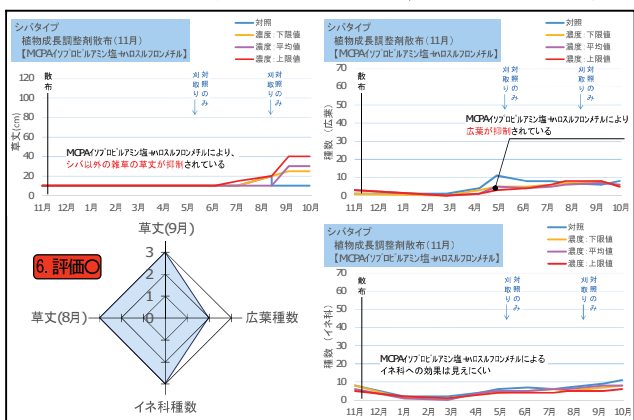


図-10 No6. MCPA triethylamine 塩+ナトリウムブロミド散布(11月)の実験結果

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-14)、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-15)。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。

6. コスト評価を加えた各管理手法の総合評価

(1) コスト単価の算出

現地実証実験の効果検証結果に対する評価は、実際に河川堤防での実用化を考慮した場合、維持管理作業におけるコスト評価も含めた総合評価が必要となる。

そこで、現地実証実験の各実験ケース及び比較するための通常管理における各コスト単価を算出した(表-3)。

各コスト単価の算出にあたっては、植物成長調整剤の散布歩掛は過去の実績歩掛を基に施工実績のある業者へのヒアリングを通じて設定し、通常管理コストは現行の積算単価とした。

(2) コスト評価を加えた各管理手法の総合評価

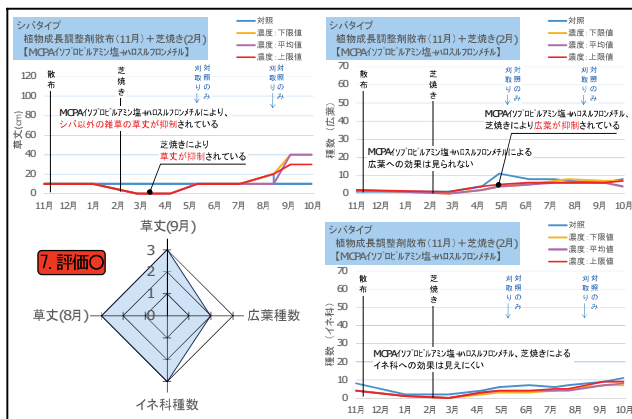


図-11 No7. MCPAタイプ + 芝焼き(2月)の実験結果

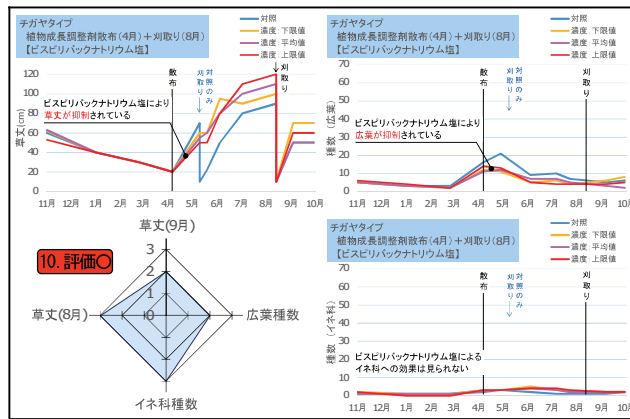


図-14 No10. ビスピリバクナトリウム塩散布(4月) +刈取り(8月)の実験結果

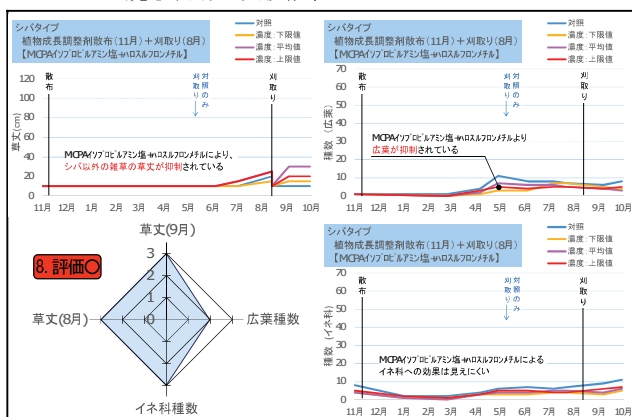


図-12 No8. MCPAタイプ + 刈取り(8月)の実験結果

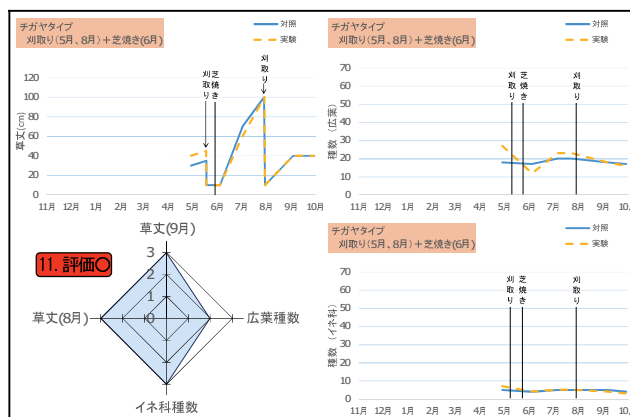


図-15 No11. 刈取り(5月, 8月) + 芝焼き(6月)の実験結果

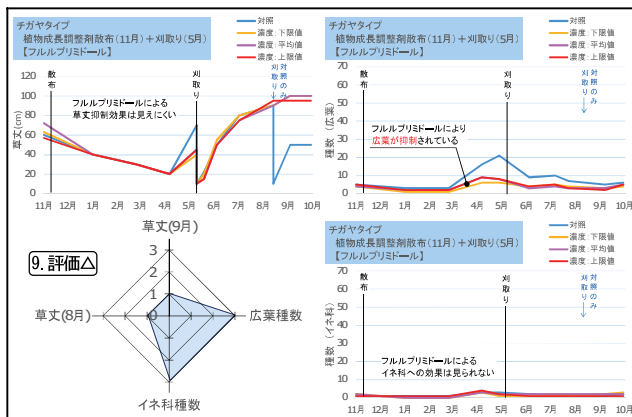


図-13 No9. フルアルプリドモール散布(11月) + 刈取り(5月)の実験結果

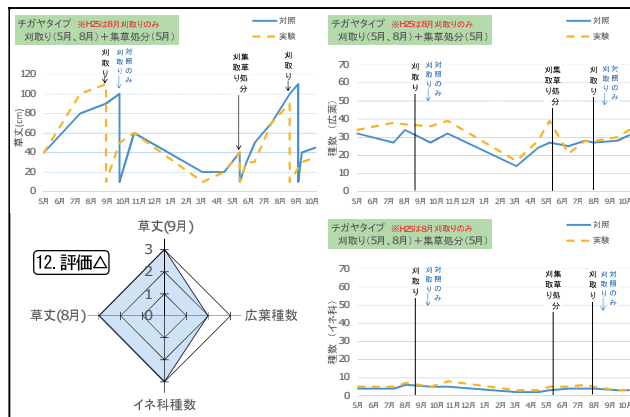


図-16 No12. 刈取り(5月, 8月) + 集草処分(5月)の実験結果

各管理手法の総合評価は、前述の効果検証における評価結果に、算出した各コスト単価をコスト評価として加えて総合的な評価を行い、効率的・効果的な堤防植生管理手法を選定した。

a) 外来牧草タイプ（カラシナ型以外）の総合評価

実験ケースNo.2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に対して0.74倍と約25%のコスト縮減が見込める(表-3)。

b) 外来牧草タイプ（カラシナ型）の総合評価

実験ケースNo.5の管理手法は、堤防弱体化の原因とな

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、コスト評価でも通常管理コストに対して0.61倍と約40%のコスト縮減が見込める(表-3)。

c) シバタイプの総合評価

全ての管理手法において、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の管理手法が通常管理コストに対して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では0.63倍と約35%の

コスト縮減が見込める(表-3)。

d) チガヤタイプの総合評価

実験ケースNo.10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に対して0.74倍と約25%のコスト縮減が見込める(表-3)。また、実験ケースNo.11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、通常管理コストに対して0.74倍と約25%のコスト縮減が見込める(表-3)。

表-3 実験ケース毎のコスト単価

堤防植生タイプ	実験ケース	コスト単価	備考
外来雑草タイプ (カラシナ型以外)	1 フルルブリミドール散布(11月)+刈取り(5月)	86,633円	2.61倍
	2 ビスビリバックナトリウム塩散布(4月)+刈取り(5月)	24,383円	0.74倍
	3 刈取り(5月、8月)+芝焼き(6月)	24,363円	0.74倍
外来雑草タイプ (カラシナ型)	4 MCPAイソプロピルアミン塩散布(11月)	10,220円	0.31倍
	5 グリホサートカリウム塩散布(11月)+芝焼き(2月)	20,357円	0.61倍
シバタイプ	6 MCPAイソプロピルアミン塩+ロスマリン酸散布(11月)	12,820円	0.39倍
	7 MCPAイソプロピルアミン塩+ロスマリン酸散布(11月)+芝焼き(2月)	21,157円	0.64倍
	8 MCPAイソプロピルアミン塩+ロスマリン酸散布(11月)+刈取り(8月)	20,833円	0.63倍
チガヤタイプ	9 フルルブリミドール散布(11月)+刈取り(5月)	86,633円	2.61倍
	10 ビスビリバックナトリウム塩散布(4月)+刈取り(8月)	24,383円	0.74倍
	11 刈取り(5月、8月)+芝焼き(6月)	24,363円	0.74倍
	12 刈取り(5月、8月)+集草処分(5月)	33,130円	1.00倍
通常管理	刈取り(5月、8月)+集草処分(5月)	33,130円	—

表-4 コスト評価を加えた各管理手法の総合評価

堤防植生タイプ	実験ケース	評価		
		効果	コスト	総合
外来雑草タイプ (カラシナ型以外)	1 フルルブリミドール散布(11月)+刈取り(5月)	△	×	△
	2 ビスビ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)	△	○	△
外来雑草タイプ (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イソプロピルアミン塩+ロスマリン酸散布(11月)	○	○	○
	7 MCPAイソプロピルアミン塩+ロスマリン酸散布(11月)+芝焼き(2月)	○	○	○
	8 MCPAイソプロピルアミン塩+ロスマリン酸散布(11月)+刈取り(8月)	○	○	○
チガヤタイプ	9 フルルブリミドール散布(11月)+刈取り(5月)	△	×	△
	10 ビスビ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)	△	○	△

以上の総合評価(表-4)により、選定された新たな堤防植生管理手法は計7手法である。このうち、植物成長調整剤を用いた管理手法は計6手法が該当しており、植物成長調整剤を用いることの有効性が実証された。

また、芝焼きによる管理手法を組み合わせた実験ケースは計3ケース該当しており、芝焼きによる管理手法の有効性も合わせて実証された。

7. 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を行い、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。

8. 今後の実用化に向けての課題

今後、河川堤防で実用化する場合の具体的な課題としては、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があげられる。

これらの課題を解決するために、河川堤防での現地実証実験を経て、実用化を目指す必要がある。

謝辞：本成果は、「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、座長の築瀬教授(足利工業大学)をはじめ、佐々木名誉教授(埼玉大学)、清水教授(群馬大学)、松本助教(群馬大学)から貴重なご意見を頂きました。また、渡良瀬川河川事務所管理課の小沢課長、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。

(2015.4.3受付)

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。

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)。

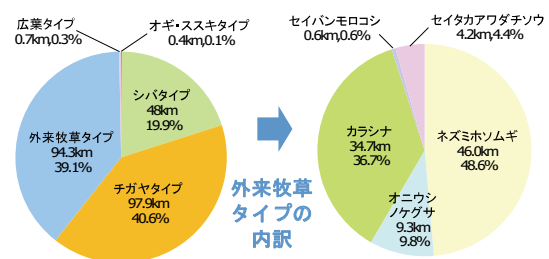


図 2・1 渡良瀬川管内の堤防植生タイプの現状(延長割合)

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. 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

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



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)。

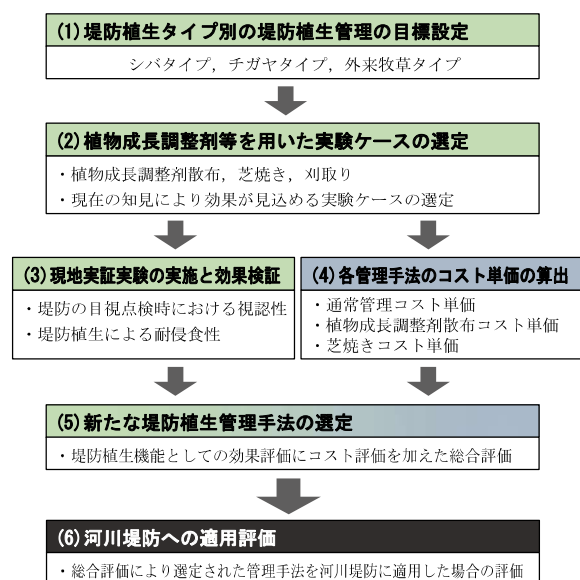


図3-1 新たな堤防植生管理手法の検討フロー

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

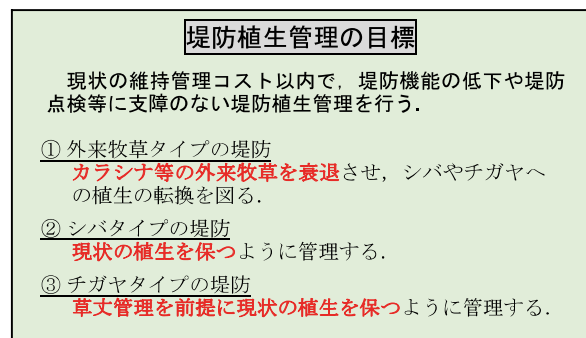
剤散布・芝焼き・刈取りの組合せと現在の知見により効果が見込める「堤防植生管理手法・実験ケースの選定」を行い、(3)堤防の目視点検時における視認性と堤防植生による耐侵食性について「現地実証実験の実施と効果検証」を行った。(4)「各管理手法のコスト単価の算出」では通常管理コスト単価・植物成長調整剤散布コスト単価・芝焼きコスト単価を算出し、(5)堤防植生機能としての効果評価にコスト評価を加えた総合評価から「新たな堤防植生管理手法の選定」を行った。

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。



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)。

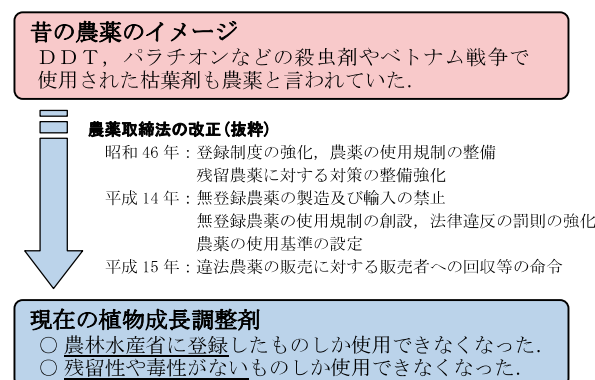


図3・2 農薬取締法の改正による農薬の安全性の向上

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(m ² 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)
	6 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)
シバタイプ	7 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)
	8 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)
	9 フルルプリミドール散布(11月)+刈取り(5月)
チガヤタイプ	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 m²)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 m², No.11が120 m², No.12が1,000 m²)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週間(7日)、3週間(21日)、10週間(70日)、30週間(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。

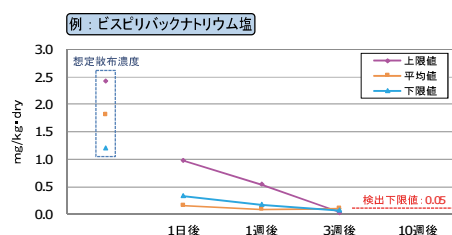


図 4・3 植物成長剤調整剤の固定分解状況(例)

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 30mm/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

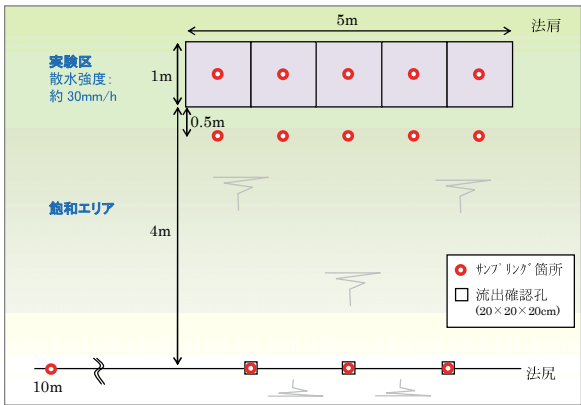


図 4・5 植物成長調整剤流出の有無の確認実験場

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)。

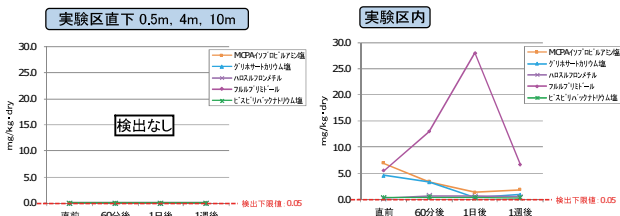


図 4・6 人工降雨による植物成長調整剤の成分検出結果

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，影響はないものとする。

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

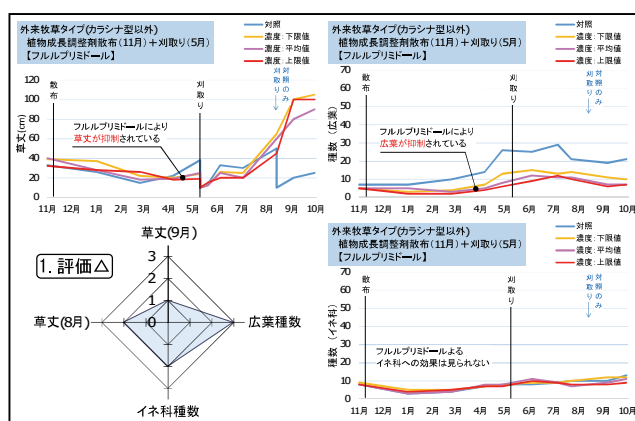


図 5・1 No1.フルフリミドール散布(11月)+刈取り(5月)の実験結果

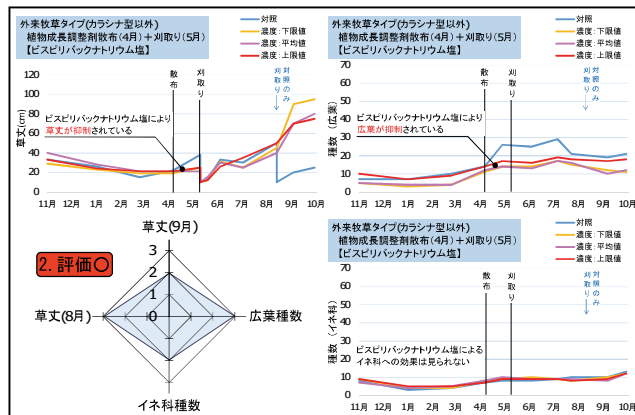


図 5・2 No2.ビスピリバクナトリウム塩散布(4月)+刈取り(5月)の実験結果

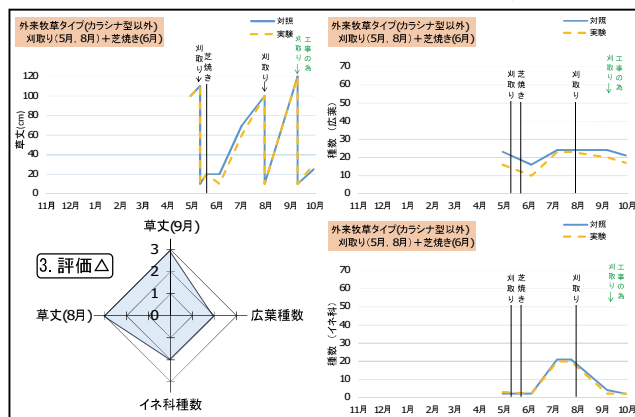


図 5・3 No3.刈取り(5月, 8月)+芝焼き(6月)の実験結果

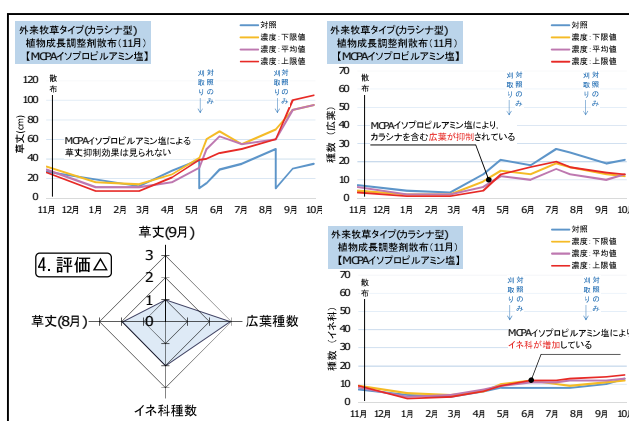


図 5・4 No4.MCPA イソプロピルアミン塩散布(11月)の実験結果

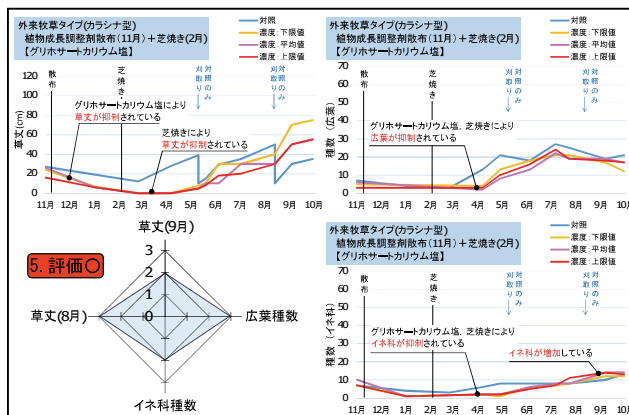


図 5・5 No5.グリホサートカリウム塩散布(11月)+芝焼き(2月)の実験結果

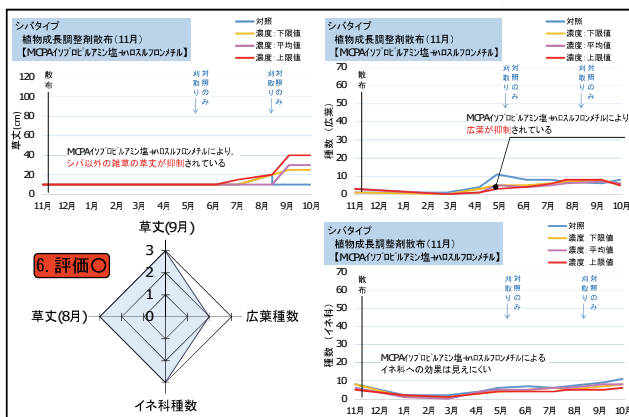


図 5・6 No6.MCPA イソプロピルアミン塩+0.5%アミノ酸散布(11月)の実験結果

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

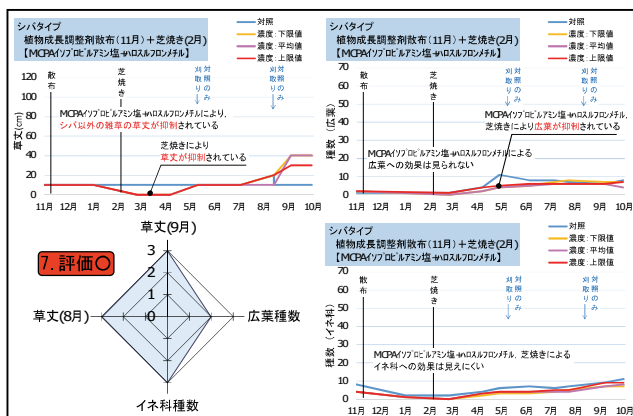


図 5・7 No7.MCPA イソプロピル塩+ハロメタリン散布(11 月) +芝焼き(2 月)の実験結果

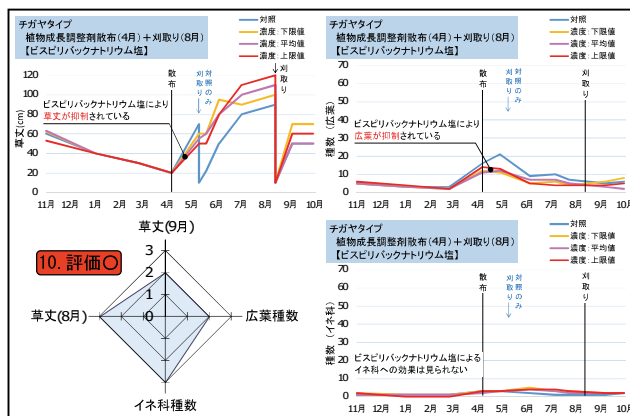


図 5・10 No10.ビスピリバクナトリウム塩散布(4 月)+刈取り(8 月)の実験結果

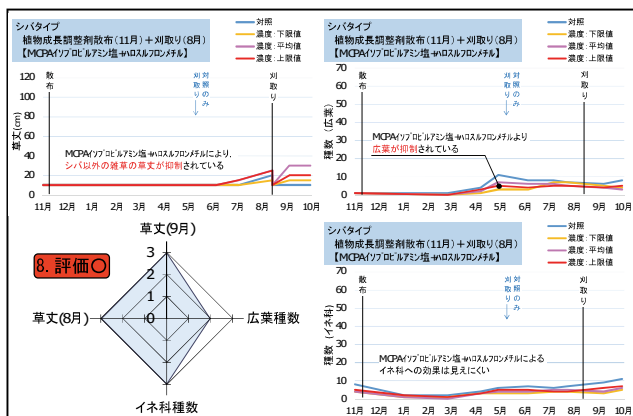


図 5・8 No8.MCPA イソプロピル塩+ハロメタリン散布(11 月) +刈取り(8 月)の実験結果

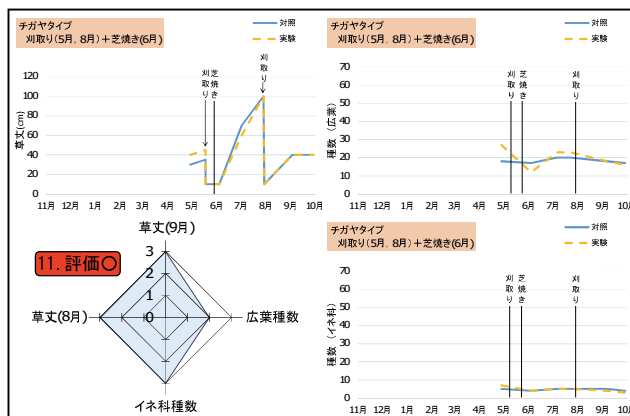


図 5・11 No11.刈取り(5 月, 8 月)+芝焼き(6 月)の実験結果

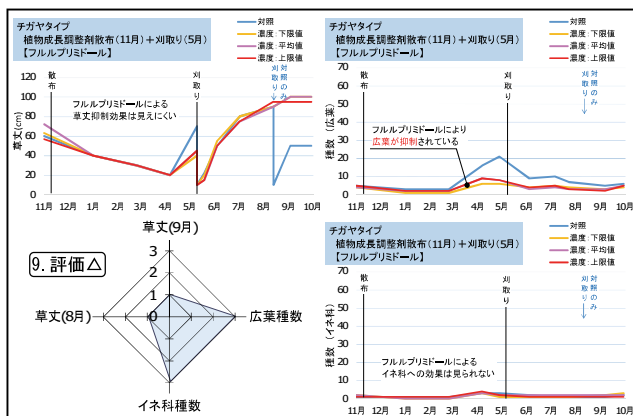


図 5・9 No9.フルプリミドール散布(11 月)+刈取り(5 月)の実験結果

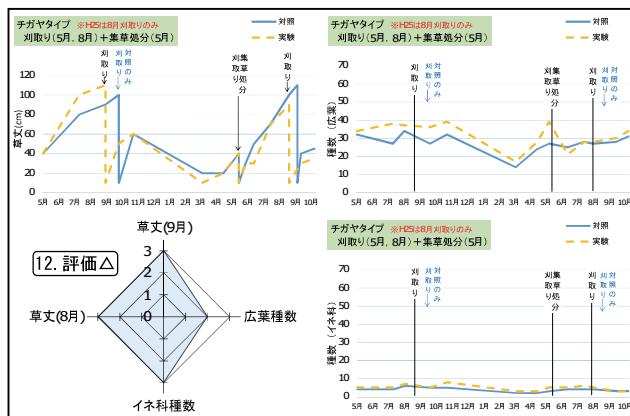


図 5・12 No12.刈取り(5 月, 8 月)+集草処分(5 月)の実験結果

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		
外束牧草タイプ (カラシナ型以外)	1 アルルアリミドリル散布(11月)+刈取り(5月)	2	1	3	2	8	△
	2 ディス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 [※]	△
外束牧草タイプ (カラシナ型)	4 MCPA イブプロブリン散布(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 イブプロブリン散布(11月)+芝焼き(2月)	3	3	2	3	11	○
	7 MCPA イブプロブリン散布(11月)+芝焼き(2月)	3	3	2	3	11	○
	8 MCPA イブプロブリン散布(11月)+刈取り(8月)	3	3	2	3	11	○
チガヤタイプ	9 アルルアリミドリル散布(11月)+刈取り(5月)	1	1	3	3	8	△
	10 ディス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m²×2回=16,026円/千m²)、機械式の集草単価(10,273円/千m²)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m²)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m²)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)に使用量に乗じた「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。

(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6-2 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 m ²)		
		工事単価	材料単価	合計
フルルブリミドール(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 m ²)		
		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 m ²)		
		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 m ²)		
		工事単価	材料単価	合計
フルルブリミドール(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

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	1,000m ² 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(千円/㎡当たり: H26 直工単価)				コスト評価 (●/通常管理)	総合評価		
			植物成長調整剤	刈取り	芝焼き	集草処分			合計	
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 (円)
		面積 (㎡)	単価 (円/千㎡)	概算コスト (円)	面積 (㎡)	単価 (円/千㎡)	概算コスト (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 イソプロピルアミン塩＋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 イソプロピルアミン塩＋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する。

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、座長の築瀬範彦教授(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)の小淵課長、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・築瀬範彦：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削減対策について，土木学会論文集F4(建設マネジメント)特集号，2015.

堤防植生の課題に応じた 新たな堤防管理のあり方の提案

PROPOSAL OF NEW WAY OF EMBANKMENT MANAGEMENT ACCORDING TO EMBANKMENT VEGETATION PROBLEM

山本嘉昭¹・塩見真矢²・八木裕人¹・須田隼人²・平田真二³
Yoshiaki YAMAMOTO, Shinya SHIOMI, Hiroto YATSUKI, Hayato SUDA and Shinji HIRATA

¹正会員 (公財) 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11-9)

² (公財) 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11-9)

³株式会社 エコー (〒110-0014 東京都台東区北上野2-6-4)

Recent invasion and growth of alien plants have adverse effects on embankment management, such as structural damages and difficulty in river inspection/embankment examine works.

To solve these problems, first, the previous research works were thoroughly reviewed, and considered the type classified survey method of embankment vegetation to understand the current state of a certain river. Using this finding, we proposed a new embankment vegetation management method depending on the vegetation type, to maintain and if needed, to shift to the desired vegetation for the embankment.

Key Words : *Technique for controlling embankment vegetation, Erosion resistance, Regional alliances, The type classified survey method of embankment vegetation*

1. 目的

河川堤防の維持管理は、堤防点検等による状態把握が行われており、そのための環境整備として、年2回（出水期前・台風期）を基本とした除草が実施されている¹⁾。しかし、年2回の除草では、築堤時に植栽されたシバが衰退し、外来植物の侵入・繁茂等の影響により堤防機能の弱体化、出水期間中の河川巡視等への支障、貴重な在来植物の減少等の様々な問題が引き起こされている。

このため、堤体の耐侵食性の確保、堤体の状態を把握しやすい草丈の維持及び良好な自然環境の維持・保全等の堤防植生に求められる機能を保持することを目的に、堤防管理上望ましい植生の維持等を行うための植生管理手法を検討することが必要となっている。また、それらの植生管理手法の検討にあたっては、各河川における堤防植生の現状を把握することが重要である。

現在、全国109水系の直轄管理区間において実施されている河川水辺の国勢調査²⁾では、左右岸の堤外側の堤防法面を対象として、河川を環境という観点からとらえた定期的、継続的、統一的な河川に関する基礎情報の収集整備を目的とした植生調査が行われている。しかしながら、堤防管理を目的とする調査ではないため、植生に

応じた堤防植生管理に適用することは困難である。

本稿は、既存の堤防植生に関する基礎研究成果を整理した上で、堤防植生の課題を明らかにし、堤防植生の現状を把握するための堤防植生タイプ区分調査手法の検討を行い、堤防植生タイプに応じた堤防管理上望ましい植生の維持等を行うための新たな植生管理手法の提案を行ったものである。

2. 堤防植生に求められる機能

(1) 堤防植生とは

堤防植生とは、「堤防法面の表面を覆う植生」を示す。土堤による新堤防（嵩上げ、拡幅等補強等を含む）の築造後の法面保護には、通常シバが用いられる。

シバは、①国内全域において、根の活着が早く、健全に生育すること、②入手及び施工上の取り扱いが容易であること、③堤防植生に求められる機能（(2)参照）に優れていることなどから、堤防管理上望ましい植生である。

(2) 堤防植生に求められる機能

堤防植生に求められる機能としては、a) 堤体の耐侵食性の確保、b) 堤体の状態を把握しやすい草丈の維持、

c) 良好な自然環境の維持・保全などが挙げられる。

以下に、これらの機能に関する基礎研究成果を整理した。

a) 堤体の耐侵食性の確保

土で構成された堤体を流水や雨水等による侵食から保護するため、根張りが良く、緊縛力の高い根系を有する耐侵食性の高い植生で覆うことが求められる。

植生の耐侵食性に関する基礎研究成果を以下に示す。

- シバやチガヤ等の草丈の低い植生の耐侵食性については、地表面付近に根毛や地下茎が密に分布しており、これが侵食に伴って地表面に洗い出されて地表を覆う層を形成することで地面近傍の流速が低減されるために発揮される³⁾ (図-1)。
- 侵食深は2 cm以上になると、法面の「破壊」現象が生じる傾向にある。これは、植物の根毛層のほとんどが地表面付近に集中し、表層3 cm以下ではその密度が激減することが要因であると推察される^{3) 4)}。
- 耐侵食性を表すパラメータとして平均根毛量（地表面から深さ3 cmまでの単位体積あたりの土中に含まれる根及び地下茎の重量）が定義され、植生の耐侵食性の評価方法が提案された³⁾ (図-2)。
- 各堤防植生タイプ³⁾ (3) 参照)の平均根毛量の分布図より、シバとチガヤの耐侵食性が優れている⁵⁾。
- 労力のかかる根毛量測定に代わる、耐侵食性を表す簡易な測定方法として、ペーン式根系強度計による法面の根系強度を測定する方法が提案され、表層の根毛量との相関性が高いことが検証されている³⁾。
- オギやヨシ等の草丈の高い植生の耐侵食性は、主に植生上部の葉・茎の抵抗によって地表面近傍の流速が低減されることにより発揮されることが知られているが、その機構を踏まえた評価手法はさらなる検討が必要である⁶⁾。

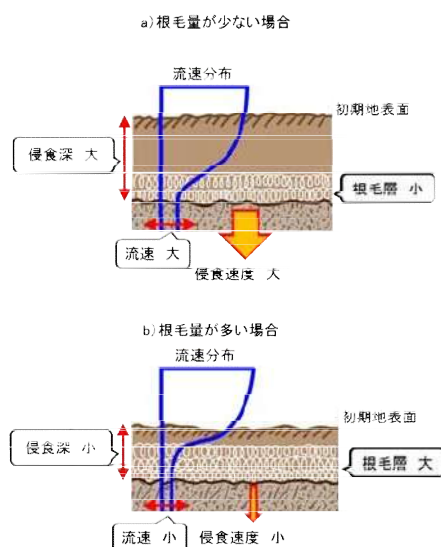


図-1 地表面近傍の根毛量と侵食速度の関係概念図³⁾

$$z = \alpha u_* \log t$$

$$= (-50 \sigma_g + 9) u_* \log t$$

z --- は侵食深さ (cm)
 α --- は耐侵食性指標
 u_* --- は摩擦速度 (m/sec)
 t --- は通水時間 (min)
 σ_g --- は表層3cmの平均根毛量 (gf/cm³)

* 上式の適用条件
 ① 植生はイネ科草地
 ② 土壌はシルト～シルト混砂
 ③ u_* は約27cm/s以下
 ④ σ_g は0.02～0.12gf/cm³以内

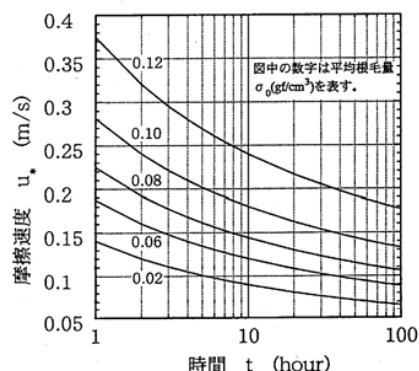


図-2 植生の耐侵食性の評価図 (摩擦速度と時間の関係)³⁾

b) 堤体の状態を把握しやすい草丈の維持

堤防点検及び河川巡視等の状態把握では、堤体の変状を発見しやすい草丈を維持できる植生で覆うことが求められる。

状態を把握しやすい草丈については、堤防点検の環境整備として位置づけられている年2回（出水期前・台風期）の除草において、草の刈取り高10 cm以下での施工が定められている⁷⁾。

なお、草丈と堤防の利用状況との関係⁵⁾では、堤防利用を積極的に行えるようにするためには草丈10 cm程度、法面を歩く程度ならば草丈30 cm以下に管理する必要がある、また、草丈と景観との関係⁹⁾では、草丈70 cm以下にすることで景観上好ましいことが示唆されている。

c) 良好な自然環境の維持・保全

河川の堤防は洪水時の流水を河道内で安全に流下させる防災構造物であるが、多くの堤防にはチガヤ群落等の草地環境が成立し、重要な植物も生育している箇所もある。また、草地環境に依存した昆虫類の生息環境ともなっている。

このような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求められる。



図-3 チガヤ群落を基盤とした堤防植生

3. 堤防植生の現状と課題

(1) 堤防管理に関わる社会的背景

1990年頃までの堤防管理では、除草2～3回に加え、農薬の使用や野焼き等が行われていた。しかし、ゴルフ場農薬の問題から、河川管理者は堤防管理における農薬の使用について自主的に規制した。また、1992年には、廃掃法の改正により野焼きが禁止となった。

このような社会的動向に伴い、堤防管理の方法が変わってきており、2009年までは3～5回の除草を実施することで堤防管理に適した植生が維持されてきた。2011年には、それまで地方と国で分担して負担してきた維持管理費の地方負担が廃止となり、維持管理費が縮減された。2011年以降は、堤防点検の環境整備として原則、年2回（出水期前・台風期）の除草を実施している¹⁾。

なお、社会資本全体の経年劣化や老朽化の進行が見込まれる中で、平成25年に河川法が一部改正され、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が明確化された。

河川管理施設等の維持又は修繕に関する技術的基準等に関わる河川法施行令では、河川管理施設等の点検は1年に1回以上の適切な頻度での実施が明記され、堤防点検及びそのための除草による状態把握の容易性の確保が重要視されている。

(2) 堤防植生の種類⁵⁾

堤防上に生育する植物の種類は300種を越えるため、代表的な堤防植生の草種を選定し、堤防植生の概況を把握する必要がある。

ここでは、代表的な堤防植生として、堤防管理上望ましい植生であること、堤防植生に求められる機能に影響を及ぼさない植生であることなどの観点から区分した（図-4）。

a) シバタイプ

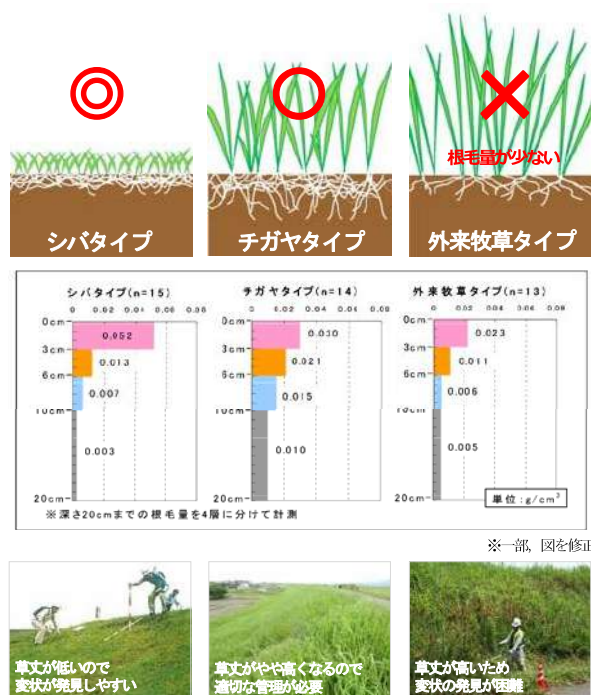
植栽されたシバが3割以上を優占するタイプである。シバタイプは、深さ3cmまでの平均根毛量が多く、耐侵食性に優れており、かつ、草丈が低いことから、堤防点検時に堤体の変状を発見しやすい。

b) チガヤタイプ

春～秋に生長する中型イネ科多年草のチガヤ等が3割以上を優占するタイプである。チガヤタイプは、シバタイプに次いで平均根毛量が多く、耐侵食性に優れている。しかし、成長度合いによって草丈が高くなり、河川巡視・堤防点検への支障となることが懸念される。

c) 外来牧草タイプ

オニウシノケグサ等の外来牧草が優占するタイプである。外来牧草タイプは、シバタイプ及びチガヤタイプに比べて平均根毛量が少ないことから、耐侵食性が低い。また、草丈が高いため、出水期間中の河川巡視等への支障となる。



※一部、図を修正

図-4 堤防植生の種類と平均根毛量(表層20 cm)の分布図⁵⁾

(3) 堤防植生の現状

築堤時に植栽されたシバは、草丈が低い植物であるため、定期的な除草を行わなければ、他の草丈の高い草種に年月とともに変化していく「遷移」と呼ばれる生態的特徴を有している。シバを維持するために必要な除草回数は年4回以上とされており、現在の年2回の除草では、養生が終わる築堤後3年目からシバが減少し、概ね10年で消失、他の草種に遷移する⁸⁾（図-5）。

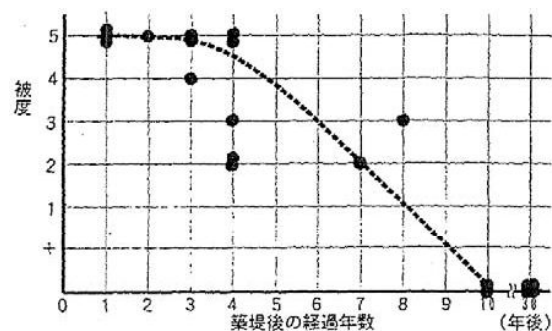


図-5 シバの経年変化⁸⁾

(4) 堤防植生管理の課題

現状における年2回の除草では、築堤時に植栽されたシバが衰退する。また、外来植物の侵入・繁茂等の影響により堤防機能の弱体化や出水期間中の河川巡視等への支障、貴重な在来植物の減少等が引き起こされている。

また、2011年以降の除草回数減少による景観や環境悪化などに対する沿川住民からの苦情も増加している。

4. 堤防植生タイプ区分調査手法の検討

堤防管理を実施するにあたっては、堤防植生の現状を把握することが重要となる。堤防植生タイプの分布を把握することは、堤防植生による治水機能の把握、河川管理上問題がある植生が生育している区間の把握、草丈が最も成長し適正な除草タイミングの把握など、効果的・効率的な堤防管理に活用できる。

このため、現状の堤防植生の概況を把握する手法として、堤防植生タイプ区分調査手法⁵⁾を検討した。

(1) 目的

堤防植生タイプ区分調査は、管理区域内の堤防の基本特性としての「堤防植生タイプ」を目視によって把握し、植生タイプ毎に区分することで、堤防管理に資することを目的とする。

(2) 調査手法

堤防植生タイプ区分調査は、目視により堤防植生タイプを把握することを基本とする。

①調査時期：

堤防上に生育する植物は、季節により優占種や種構成が変化するため、春季（4～5月）及び秋季（8～9月）とする。

堤防植生の生育状況を判別するため、堤防除草前に実施することを基本とする。

なお、カラシナ・アブラナ類の生育が問題となっている河川では、3～4月の期間に、これらに特化した調査を行うことが望ましい。

②調査対象範囲：

管理区域内の有堤区間における全ての堤防法面
（川表・川裏、小段含む）

③記録方法：

調査員は堤防天端を自転車等で走行しながら、堤防を概観し、堤防植生タイプを50m区間毎に目視判別する。この結果は、縮尺1/5,000程度の平面図に記録する。

④結果整理方法：

各季節の現地調査が完了した後に、堤防植生タイプ区分図を作成する。

堤防植生タイプ区分図は、詳細がわかる「詳細図（管理区間内の距離標に応じたタイプ区分）」、管内全域が一目でわかる「概要図（500 m区間毎のタイプ区分）」に分けて作成する（図-6）。

また、季節別の堤防植生タイプ区分図を用いて、通年の堤防植生タイプ区分図（総括図）を作成する。理由として、堤防植生は多年生草本の影響が大きいこと、堤防植生管理方針を決定するには、年間を通じた優占種の評価が適切であることが挙げられる。

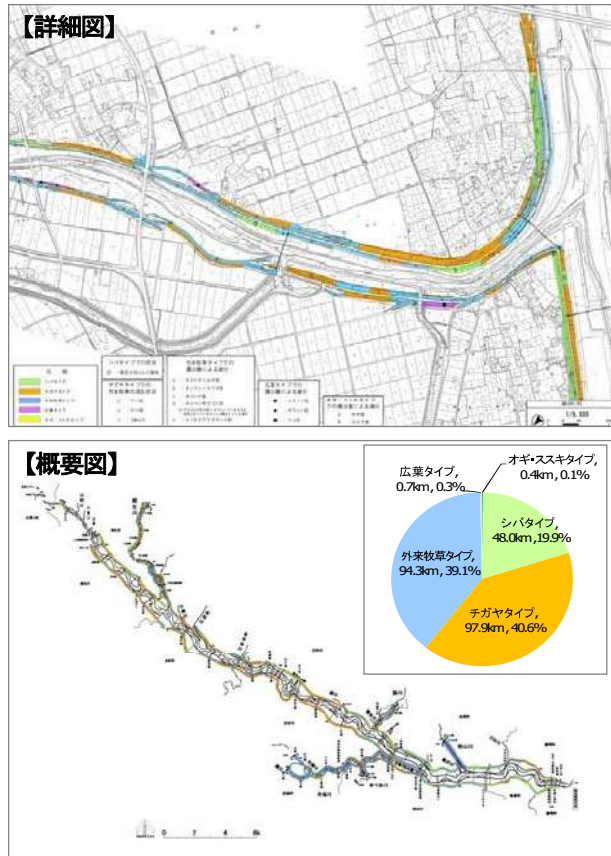


図-6 堤防植生タイプ区分調査結果（例）

5. 堤防植生に応じた植生管理手法の提案

本章では、前述の堤防植生タイプ区分図（総括図）を用い、堤防管理の観点から現状における堤防植生の課題に応じた新たな堤防管理のあり方について提案する。

(1) 堤防植生管理のあり方

堤防植生タイプ毎の課題を踏まえた堤防植生管理のあり方は、以下のとおり設定する。

①シバタイプ

望ましい堤防植生として、現状を維持する

②チガヤタイプ

草丈など適切な管理を行い、現状を維持する

③外来牧草タイプ

原則、シバやチガヤに植生転換させることが必要な植生（植生転換までは点検対応）

(2) 除草による堤防植生管理基準（案）の設定

堤防植生管理のあり方を踏まえ、シバタイプ及びチガヤタイプは堤防管理上望ましい植生として維持する管理水準（シバ：除草4回、チガヤ：除草2回）とする。

シバタイプは、年4回以上の除草により維持される。また、除草と集草の費用を比較すると1：2の比率である

ことから、高頻度の除草により刈草量が減少し、集草費用が不要となることが考えられる。これらを総合的に判断し、シバタイプの除草回数を4回と設定している。外来牧草タイプは、堤防点検に応じた管理水準（除草2回）とした。なお、通常の堤防より構造的に強化されている堤防（例：護岸の設置、断面の拡充等）については、洪水時の被災リスクが低いことを考慮して、外来牧草タイプの管理水準を下げることにした。

除草の実施時期は、堤防点検による堤防表面の変状の有無を目視可能とするため、原則年2回の除草（5月、8月）・1回の集草（5月）を設定した。

設定した除草・集草回数及びその時期を示す堤防植生管理基準（案）を（表-1）に示す。

表-1 除草による堤防植生管理基準（案）

堤防の形状		堤防植生管理基準（案）		
		シバタイプ	チガヤタイプ	外来牧草タイプ
A	通常の堤防（土堤）	除草 4回 （5・6・7・8月） 集草 0回	除草 2回 （5月・8月） 集草 1回※ （5月）	除草 2回 （5月・8月） 集草 2回 （5月・8月）
		除草 4回 （5・6・7・8月） 集草 0回	除草 2回 （5月・8月） 集草 1回※ （5月）	

※川裏の土地利用状況に応じて、除草回数を増加

（3）堤防植生管理基準（案）による堤防管理の課題

堤防植生タイプ区分図に基づき、現状の堤防植生に応じた除草を実施することで、良好な植生環境の維持が期待できる。

しかしながら、現在実施されている年2回の除草、年1回の集草と比較すると、外来牧草タイプにおいて集草回数が1回多くなり、全体的にはコスト増となる。増加したコストについては、（表-2）に示す集草におけるコスト削減を検討することが必要である。

表-2 集草におけるコスト削減策

コスト削減策（案）		概要
1	刈草の現地焼却	除草により発生した刈草を現地で焼却し、運搬・処分コストを削減
2	刈草のバイオマス発電燃料への利用	刈草をバイオマス発電の燃料として提供し、処分コストを削減
3	芝焼き・野焼きの実施	芝焼き・野焼きによるシバ植生の長期保持。これによる長期的な堤防除草コストの削減

（4）植物成長調整剤を用いた植生管理手法

上記（1）～（3）においては、除草による堤防植生管理手法について提案した。本節では、植物成長調整剤を用いた植生管理手法を提案する。

植物成長調整剤は、出水期間中の河川巡視や堤防点検の支障とならないようにするために、植物の成長を調整して適切な堤防植生への誘導を図ることを目的として使用するものである。

河川外の管理された場所を試験場とし、平成25年5月から平成26年10月まで実施した実験では、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字シした。この結果、草丈が40cm以下に抑えられるとともに、広葉植物の減少やシバ・チガヤの維持が確認された¹⁰⁾（表-3、表-4）。

これより、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等への支障が解消でき、カラシナ等の外来牧草を衰退させ、堤防機能の弱体化を防げることが確認された。

表-3 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

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）	植物成長調整剤(11月)+刈取(5月)	2	1	3	2	8	△
	植物成長調整剤(4月)+刈取(5月)	3	2	3	2	10	○
外来牧草タイプ （カラシナ型）	植物成長調整剤(11月)	2	1	3	2	8	△
	植物成長調整剤(11月)+芝焼き(2月)	3	2	3	2	10	○
シバタイプ	植物成長調整剤(11月)	3	3	2	3	11	○
	植物成長調整剤(11月)+芝焼き(2月)	3	3	2	3	11	○
	植物成長調整剤(11月)+刈取(8月)	3	3	2	3	11	○
チガヤタイプ	植物成長調整剤(11月)+刈取(5月)	1	1	3	3	8	△
	植物成長調整剤(4月)+刈取(5月)	3	2	2	3	10	○

※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
※各実験ケースでは、目的に応じた植物成長調整剤を用いたが、ここでは便宜的に「植物成長調整剤」として表記した

安全性については、一般に市販されている植物成長調整剤を用いており、降雨による流出が無いことを確認している。

さらに、植物成長調整剤を用いた植生管理手法を適用した場合の概算コストを積算すると、年2回除草・年1回集草（運搬処分を含む）の維持管理コストに比べて約30%程度のコスト削減が見込める^{9) 10)}。

今後の植物成長調整剤を用いた植生管理手法については、渡良瀬川の河川堤防における現地実証実験が2016年11月から開始しており、2017年10月までモニタリング調査を行った上で、とりまとめていく予定である¹¹⁾。

（5）生物多様性に富んだ植生管理手法

生物多様性に富んだ植生管理手法とは、堤防植生の治水機能の確保を前提に、耐侵食性の優れているチガヤを基盤植生として、日本の四季が感じられる多様性に富ん

だ堤防植生づくり及び地域との協働による堤防植生づくりを目指した手法である。

実施場所は、チガヤタイプの区間であり、地域住民の参加及び活動が容易な場所で、河川管理者からの了承を得られた場所が望ましい¹²⁾。

堤防管理の観点からは、河川に興味を持っている参加者が頻繁に植生管理を行うことにより、堤防の変状を早期に発見できることが期待される。また、導入した在来植物への配慮で除草時期が遅くなり、多少草丈が伸びていても、巡視・堤防点検と同等の堤防維持管理がなされていることとなる。

このようなことから、積極的に地域との協働による生物多様性に富んだ堤防植生づくりを行うことで、限られた範囲ではあるが堤防管理が可能となる。



図-7 地域住民との協働による堤防植生づくり

6. 得られた成果と今後の課題

(1) 得られた成果

堤体の耐侵食性の確保等の堤防植生に求められる機能に関する基礎研究成果を整理し、堤防管理上望ましい植生としてシバとチガヤの優位性を検証した。

また、各河川において堤防植生タイプ区分調査手法を用いた堤防植生の現状把握を基に、除草や植物成長調整剤等を用いて望ましい堤防植生に向けた堤防管理のあり方を示した。

さらに、堤防管理のコストを考慮し、堤防植生に応じた堤防管理の実務に寄与する手法を提案した。

(2) 今後の課題

今後の課題として、以下の3項目が挙げられる。

①簡易な堤防植生タイプ区分調査方法の確立

- ・現在、調査員による目視調査にて、堤防植生タイプを判断しているが、堤防植生の専門的な知識と経験が必要である。このため、誰もが簡易に判断できる調査手法の検討が重要である。
- ・堤防植生タイプを効率的に把握するために、UAV等による撮影、画像解析技術等を用いた調査手法の開発に取り組むことも必要である。

②植物成長調整剤の使用要領の作成

- ・植物成長調整剤については、今後、河川堤防で使用するしていくための要領、マニュアルが必要となる。
- ・このため、現時点まで蓄積された知見や経験を活かし、要領やマニュアル作成に向けた取り組みが重要である。

③生物多様性に富んだ植生管理手法の事例

- ・堤防管理の観点から生物多様性に富んだ植生管理を実施している事例は少ない。このため、実施事例を増やし、より効率的・効果的な活動の体制・あり方を検討することが重要である。

堤防植生は、地域・風土によって異なるものである。本稿は、現時点における一つの提案であり、全ての河川で適応できるものではない。それぞれの河川の特長、堤防の植生などによる課題を踏まえた上で、適切な堤防の植生管理を実施していく上で参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 国土交通省 河川砂防技術基準 維持管理編（河川編），2015.
- 2) 建設省河川局治水課：平成9年度版 河川水辺の国勢調査マニュアル(案)（生物調査編），1997.
- 3) 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.
- 4) 福岡捷二，藤田光一：堤防法面張芝の侵食限界，水工学論文集 第34巻 1990.
- 5) 佐々木寧ほか：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.
- 6) 福原直樹，森啓年，服部敦：河川堤防のり面から採取した大型供試体を用いた高茎草本植物の耐侵食性に関する実験的研究，土木学論文集B1（水工学）Vol.70, No.4, 2014.
- 7) 国土交通省 関東地方整備局 木工事共通仕様書，2015.
- 8) 北川明ほか：植生の遷移と堤防の管理，水工学論文集 第39巻 1995.
- 9) 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.
- 10) 大澤寛之，山田政雄，塩見真矢，築瀬範彦：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削減対策について，土木学会論文集F4, Vol.71, No.4, 2015.
- 11) 国土交通省 関東地方整備局 渡良瀬川河川事務所 記者発表資料：植物成長調整剤を使用した堤防維持管理の現地実証実験を渡良瀬川の堤防で行います，2016.
- 12) 七草堤防プロジェクトワーキンググループ，利根川下流河川事務所：地域との協働による多様性に富んだ堤防植生づくり手引書(案)，2015.

(2017. 4. 3受付)

新規堤防等における植物成長調整剤を用いた養生方法の提案

PROPOSAL FOR APPLICATION OF PLANT GROWTH REGULATOR TO VEGETATION MANAGEMENT OF NEW RIVER LEVEE

青山治彦¹・山本嘉昭¹・八木裕人¹・須田隼人²・塩見真矢³・野村利幸⁴・中濱匡⁴
Haruhiko AOYAMA, Yoshiaki YAMAMOTO, Hiroto YATSUKI, Hayato SUIDA, Shinya SHIOMI,
Toshiyuki NOMURA and Tadashi NAKAHAMA

¹正会員 (公財) 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11-9)

² (公財) 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11-9)

³ 日本工営株式会社 大阪支店技術第二部 (〒530-0047 大阪府大阪市北区西天満1-2-5)

⁴ 関東地方整備局 渡良瀬川河川事務所 管理課 (〒326-0822 栃木県足利市田中町661-3)

The surface of new river levee is normally covered with a lawn (*Zoysia japonica*). That lawn is cured for three years after construction, with special care, such as pulling out the weeds by hand, lawn-mowing, and fertilization. For this care, the lawn is fully revitalized on the surface of levee and its functions, such as reduction of critical flood risk and weed control, can be fully demonstrated.

However, weed pulling method is enormously expensive and has faced a manpower shortage that also has the problem of aging.

As a way to save costs and alleviate labor shortage, we propose to apply "Plant Growth Regulator (including herbicide)", which are confirmed to be safe and effective under a recent revision of the Agricultural Chemicals Control Act, for vegetation management of new river levee

Key Words : levee vegetation management, new river levee, levee maintenance, herbicide, weed control, Cost Reduction, Plant Growth Regulator, *Zoysia japonica*

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構造物で、土による築造を原則としている。その法面は、流水、雨水からの保護、維持管理の容易さといった観点から、芝を植栽し、視認性・耐侵食性を確保し、適切に維持管理を実施している。芝は、低草丈で成長するため堤防の変状を発見し易くなると共に、表層の根の密度が高いため堤防の耐侵食性が確保されるといった維持管理面から優れた特性を備え、明治以前より堤防植生として用いられている。

しかし、芝により維持管理された堤防は、洪水防御といった治水面からの役割のみならず、利水面からは人と自然の触れ合いの場の提供、ならびに環境面から良好な河川景観の創出等といった側面からも公共の福祉に多大に貢献している。

この堤防に植栽された芝は、築堤後3年間、人力による抜根、芝刈、および施肥による養生方法で適切に管理し、雑草の侵入が少ない質の高い状態を保つことで、その機能が長期に渡り発揮される。そして、このような堤防植生

を維持することで、上述した堤防としての役割を十分に満たすことが可能となる。なお、ここでの「雑草」とは、目標植生に非意図的に侵入し、治水面等に係る被害の防止、軽減、および拡大防止の処置を講じる必要がある植生と定義する。

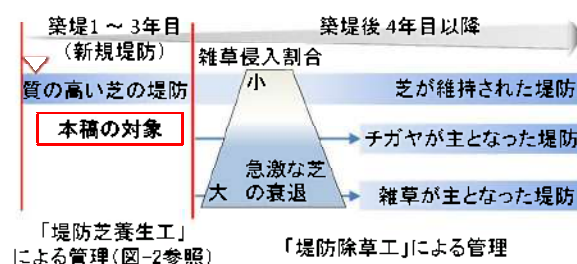


図-1 河川堤防築堤後の経過年数と植生遷移

しかしながら、近年、抜根作業など多くの人手を要する作業の実施が、人手不足などの影響により困難になってきている。

本稿では、渡良瀬川河川事務所管内の堤防において、新規堤防において、抜根作業の代わりに、これまで養生方法として使用されていなかった農薬を用いた実証実験を実

施し、その有効性について報告するものである。

2. 新規堤防植生の現状と課題

(1) 新規堤防植生の現状

H29 年現在、渡良瀬川河川事務所管内で実施している養生方法（堤防芝養生工）を図-2 に示す。

養生1年目									養生2・3年目								
4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月

図-2 渡良瀬川河川事務所管内で実施中の堤防芝養生工

養生期間 3 年間は、年 3 回抜根が実施されるが、この作業量（千㎡あたり）は、芝刈の作業量に比べて約 3 倍（標準歩掛見合）の人手が必要であり、実績で延べ約 4,800 人（積算歩掛見合、H26 年度の 1 年間）が携わっている。さらに、抜根作業員の高齢化により作業量が減少しているのみならず、しゃがみ作業等のため敬遠される作業であり、現場における人手不足が深刻化している。

また、抜根や芝刈という物理的な雑草防除手段では、芝を衰退させるシロツメクサ等の雑草進入を防除できず、4 年目以降に実施する年 2 回の除草では、芝を保てない。

(2) 新規堤防植生の課題

上述の養生方法における人手がかかる抜根作業に代わり、人手不足を軽減できる方法として、近年の農業取締法改正により安全で効果の確認されている「植物成長調整剤（その他の農業を含む、以下「植調剤」という）」および、芝刈等の機械施工に着目し、従来の養生方法に代わる効率的かつ効果的な新規堤防植生の養生方法を見つけることを課題とし、現地実証実験を行った。

3. 新規堤防における植調剤を用いた芝の養生に関する実証実験

(1) 実験の目的

張芝を施工した新規堤防（以下、新堤という）において、抜根作業を植調剤散布や芝刈りに変更し、雑草抑制、及びコスト削減効果が得られるかについて検証することを目的として実験を行った。

(2) 実験の設定条件

a) 実験場所、区画設定

実験を実施する場所は、渡良瀬川の左支川である秋山川（大岸・川原）で、平成 28 年度に張芝施工された新堤の区画とした。区画の設定は、幅 20m、法長 20m を一区画とし、図-3 のように実験区を設定した。



図-3 実験区の場所、区割り

b) 実施期間

実施期間は、通常の堤防芝養生工と同じ 3 年間のうち 1 年目にあたる平成 29 年 5 月～平成 30 年 3 月までとした。

c) ケース設定

養生開始 1 年目を対象とし、図-4 の対照区に示す抜根に代わる植調剤と芝刈による管理を実施した 4 つの実験区と対照区（通常管理抜根 3 回、施肥 1 回）を設定した。

具体的には、対照区の 3 回の抜根に代わり 3 回植調剤を用いる管理から、2 回、1 回と段階的に植調剤の使用を減らす代わりに、芝刈を 0 回、1 回、2 回と増やした実験区を設け最適なケースを設定した。

実験 ケース名	平成29年（1年目）											
	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月			
対照区 (通常管理)	抜 肥 抜			抜								
抜根・刈取・施肥による管理												
実験区1	薬			薬			薬					
	3回の抜根に代わり3回の植調剤による管理											
実験区2	薬									薬		
	雑草が繁茂する春と秋の2回の植調剤による管理											
実験区3	薬			刈 肥			薬					
	植調剤を基本としつつシバが伸びてきた夏場に刈取による管理											
実験区4	薬			刈 肥			刈					
	芝刈を基本としつつ雑草繁茂の初期の春に植調剤による管理											

* 実験区の施肥は、雑草に肥料が消費される影響が小さい芝刈直後に実施

凡例

化学的手法	薬	芝等選択性植調剤（5 月アシュラム・ハロスルフロメチル 7 月アシュラム 10・11 月 MCPA イソプロピルアミン塩）											
物理的手法	抜	抜根	刈	芝刈	その他	肥	施肥						

図-4 実験ケース

d) 使用した植調剤

使用した植調剤は、雑草の繁殖時期と種類を考慮し、基本的に芝には影響がなく、その他の植物に選択的に作用する以下の植調剤を用いた（表-1）。

表-1 実験に使用した植調剤と作用

時期	植生状況	適用した植調剤と作用
H29.5	ネズミコメギ等のイネ科雑草・シロツメクサ等の広葉雑草の生育初期	シバにほぼ影響なくイネ科雑草を抑制するアシュラムおよび広葉雑草の種子からの発芽を抑制するハロスルフロメチルを散布
H29.7	エノコログサ、セシバのイネ科雑草の生育初期、雑草一般の生育期	シバにほぼ影響なくイネ科雑草を抑制するアシュラムを散布
H29.10	ガシナ等の広葉雑草の生育初期	既に生育している広葉雑草を抑制する MCPA イソプロピルアミン塩を散布

c) 管理手法

実施した管理手法を表-2に示す。

表-2 実験で実施した管理手法

管理手法	内容
植調剤の散布	・散布日：降雨時を避け、周辺への飛散防止を考慮し平均風速 3m 以下の日実施 ・散布方法：背負式動力噴霧機
抜根	・人力にて雑草を根より除去
芝刈	・ハンドガイドを使用 ・芝刈後の集草は未実施
施肥	・普通化成肥(8-8-8)を散布機を用いて 10,000㎡あたり 300kg 散布

その他、植調剤の散布時、散布後における安全性を確認するために、周辺への飛散状況を感水試験紙で検査すると共に、植物ポット苗試験と下流における水質検査を実施した。

(3) 実験のモニタリング調査と評価方法

a) モニタリング調査

実験のモニタリング調査は、毎月 1 回(H29.11～H30.3 は隔月)、前項で設定した区画に対し、生育する全植物の種名、植被率(%),草高を調査するとともに、調査区の法尻正面より全景の写真撮影し堤防植生の変化、視認性を確認した。

なお、モニタリングを行うタイミングは、抜根、芝刈および植調剤散布を実施する直前とした(表-3)。

b) 評価方法

評価は、はじめに対照区と実験区における上述項目から判明する、芝の植被率、雑草の侵入種数、およびシロツメクサ等の特定の侵入雑草の有無を比較する。

次に、抜根に変わる植調剤や芝刈といった手段で、どの程度まで植生の維持管理が可能か判断し、最適な管理方法を評価・検証した。

さらに、本実験に係る管理コストを算出し、通常の管理方法と比較した。

表-3 モニタリング項目

目的	モニタリング項目	モニタリング方法	写真
a.芝の生育状況・植被率の把握	芝の植被率	芝の植被率(%)を記録し、推移を確認する。	
b.芝以外の種類及び混入率の把握	植物相	芝以外に生育する全植物について種名と植被率(%)について調査し、植生遷移状況を確認する。	
	視認性	赤白ポール等の目印を堤防法面に置き、目視の可否を確認する。	
	平均草高	全体の平均草高を記録し、推移を確認する。	

4. 実験結果と考察

(1) 実験結果

表-4に実験区毎の結果を示し、抜根と植調剤、もしくは芝刈による管理手法の違いによる雑草の侵入状況について特徴的な事項を記載した。

表-4 植調剤を用いた実験区毎の結果

実験ケース名	結果
実験区1	- 植調剤散布(5.7.10月)により、全ケースの中で最も芝以外の雑草を抑制した。(抜根で対応不能なシロツメクサも含まれ、図-5) - 高温時の植調剤散布(7月)により、薬効により一部の芝が黄化した(その後回復)
実験区2	- 植調剤(5.10月)により、対照区以上に芝以外の雑草を抑制した。 7月は無処理であり、その後の10月まで5月散布後に発芽した雑草が一部に侵入した。(図-5)
実験区3	- 植調剤(5.10月)により、対照区以上に芝以外の雑草を抑制した。 7月の芝刈の実施により、芝以外の雑草の生育を抑制したが、地表付近の葉茎や地中の根が残存し、シロツメクサやイネ科雑草がその後、再繁殖した。(図-5) 7月の施肥を実施したことにより、芝の生長が促進されていた。
実験区4	- 植調剤(5月)により、対照区以上に芝以外の雑草を抑制した。 7月の芝刈の実施により、芝以外の雑草の生育を抑制したが、地表付近の葉茎や地中の根が残存し、広葉雑草やイネ科雑草がその後、再繁殖した。(図-5) 7月の施肥を実施したことにより、芝の生長が促進されていた。 - 実験区3(10月に植調剤散布)と実験区4(10月に芝刈)の雑草侵入の違いが観察されていた。

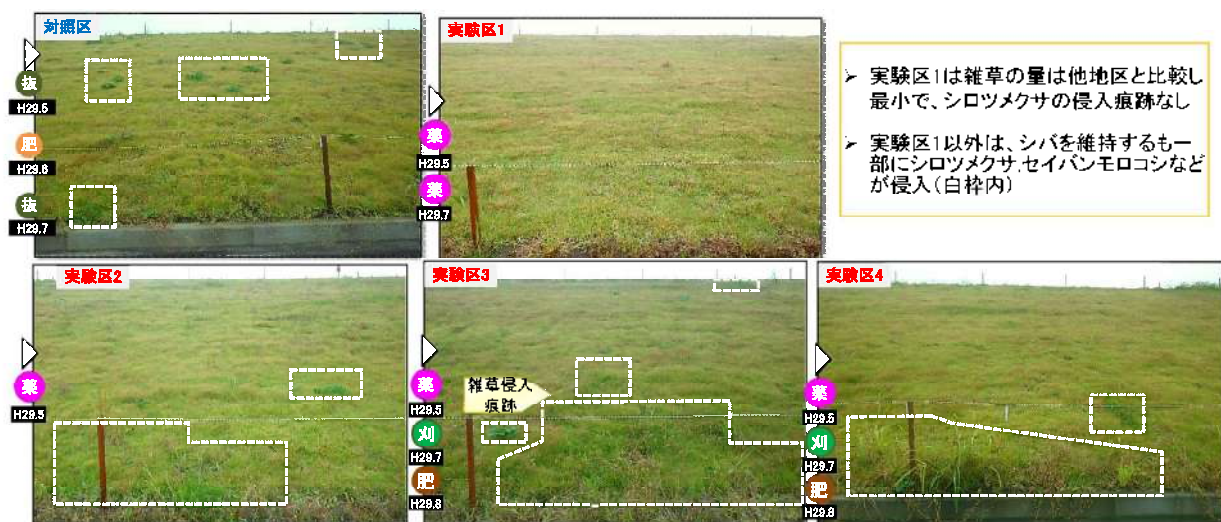


図-5 植調剤等の使用回数と雑草の侵入状況 (H29.10 管理実施前の状態)

1/2 草刈機での管理方法

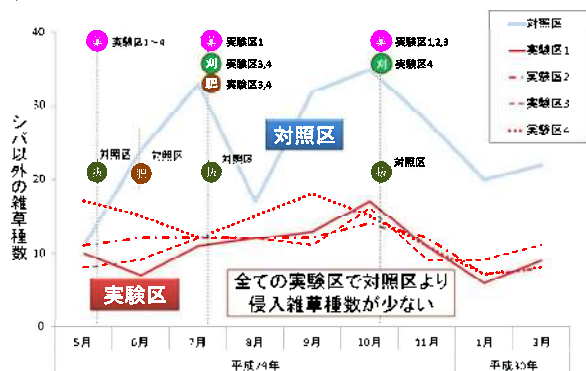


図-6 対照区と実験区の雑草侵入種数の推移



図-7 植調剤の有無による養生初期の雑草繁茂量の違い (H29.7管理実施前の状態)

(2) 考察

a) 雑草の侵入種数と繁茂量

植調剤を用いた全ての実験区において、対照区と比較して芝以外の雑草の侵入種数および繁茂量を抑制しており(図-6、図-7)、植調剤が抜根の代替手段として十分以上の効果を発揮した。

また、夏(7月)の植調剤の使用と、草刈の実施という管理の違いによる侵入雑草の種数の差は確認されなかった(図-6)。しかし、その後の秋における雑草繁茂量は、植調剤を用いた実験区1で他の実験区より圧倒的に少なかった。実験区2~4では、秋に確認された雑草が結実して種子を形成していたことから、次年度以降、これらが発芽し、拡大していく可能性も想定される(図-5)。

b) 植調剤の雑草繁茂抑制効果

春から夏にかけて新堤に繁茂してきた雑草は、多くが植生基盤上(採取土)に多数存在する埋土種子由来のものである(実験地で確認された雑草48種のうち植生基盤上の雑草が38種確認された¹⁾)。築堤直後、植生基盤上にどの程度雑草の種が入っているか把握することが難しい現状では、張芝後の最初の抜根(5月)で、そのときに繁茂している雑草を除去することは可能であるが、その後の春から夏にかけて埋土種子から生えてくる雑草を防除することは困難である。一方、植調剤は、繁茂している雑草と、埋土種子由来の雑草もある程度抑制可能であり、築堤初期における芝の維持という面からその効果は高い(図-7)。

また、夏から秋にかけて繁茂してきた雑草に関しては、7月に植調剤を散布した実験区1では、抜根では対処不能のシロツメクサを含む芝以外の雑草の生育を全体的に抑制した。しかし、その他の対照区と実験区では、地表付近の葉茎や地中の根が残存し、広葉雑草やイネ科雑草がその後、再繁茂した(図-5)。芝堤から雑草堤に植生遷移する第1段階とされる芝を覆い、土壌を肥沃にするシ

はツメクサの侵入繁殖度を植調剤により抑制したことで、その他の雑草の侵入を抑え、質の高い状態を長期に保つことが可能になると考えられる。

なお、施肥に関しては、実施した実験区のほうが、芝の生育量は良くなったが、施肥をしない実験区においても、特別な影響は確認されなかった。

また、実験区3と実験区4の植調剤と芝刈の差は観察されなかった。

c) コスト検証結果

植調剤を用いた堤防植生管理の施工単価は、通常管理（抜根3回、施肥11回）に比べて、約80～89%のコスト削減が見込めた（図-8）。

なお、施工単価は、平成3年の植調剤散布の歩掛実績を基に施工実績のある業者へのヒアリングを通じてトラック等の単価を修正したものを用い、通常管理は平成26年度の渡良瀬川河川事務所管内における直接工事費を基にした。

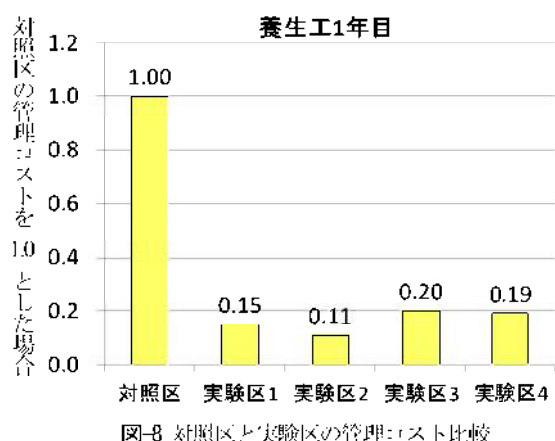


図-8 対照区と実験区の管理コスト比較

5. 実験結果のまとめと新規堤防における植調剤を用いた養生管理手法の提案

(1) 実験のまとめ

前述の実験結果を以下にまとめた。

1. 抜根に代わり植調剤を使用することにより、侵入雑草の種類と量が減少し、現状の管理より良い状態で芝を維持管理することが可能であった。
2. 抜根で対応不能なシロツメクサの侵入も防除した。
3. 概算管理コストは、通常管理に比べて、80～90%程度の削減が見込めた。

(2) 新規堤防等における植調剤を用いた養生方法の提案

堤防管理の観点から、現状における堤防植生の課題に対応した新たな堤防養生方法のあり方について以下に提案する。

現時点で最も効果が高く、また経済性評価も得られて

いる管理手法である「植物成長調整剤を用いた方法」を堤防芝養生工へ適用することを提案する。

本方法は、養生1年目に、年3回植調剤散布を実施するものとし、5月と7月は芝以外のイネ科植物、広葉植物を枯死させる植調剤を散布し、10月は芝以外の広葉植物を枯死させる植調剤を散布する（表-5）。

表-5 現時点で提案する堤防芝養生工(1年目)の管理手法

管理区分	管理手法	備考
堤防芝養生工	養生1年目は植物成長調整剤散布を3回(5,7,10月)実施する。	立地条件、周囲の環境等により除草剤散布が不能の場合には抜根・刈取による工事を実施する。

(3) 河川堤防における植調剤の使用に係る留意点

a) 植調剤が使用不可の箇所に対する対応

現時点では植調剤を含む農薬の河川での使用は原則禁止されている。このため、河川での農薬使用に関する社会情勢や沿川住民への配慮を踏まえ、養生方法の条件を定める必要がある。そのため、植調剤の実験においては、芝に無害なものを選ぶのはもちろん、周辺の住宅や農地への飛散、河川への流出等、十分に注意し、安全面を担保する必要がある。

なお、立地条件、周囲の環境等により植調剤散布ができない場合には、人力による抜根及び芝刈を行い、管理の質を保つことが必要である。

b) 適用する植調剤の種類について

本実験に使用した植調剤は、「茎葉処理剤」もしくは「茎葉兼土壌処理剤」を使用しており、これらに比べて残効が長い「土壌処理剤」は使用していない（表-6）。これは、土壌処理剤が流出した場合、周辺田畑に及ぼす影響が懸念されるためである。

表-6 植調剤の種類と除草効果の期間

種類	茎葉処理剤	土壌処理剤
使用時期	雑草の成長期	雑草発生前
効果期間	1～2ヶ月	3～4ヶ月
薬剤の作用機構	茎や葉の表面から吸収され、すでに生えている雑草を枯らす（残留は効果無）	土壌表面に膜を作り、種よりこれから生えてくる雑草を防ぐ（草丈が大きくなると効果減）
吸収経路から分類した植調剤の種類	植物の両面から吸収させる効果を兼ねる「茎葉処理剤」、土を介して吸収させる「土壌処理剤」両方の特性を併せた「茎葉兼土壌処理剤」の3種類がある。	

しかしながら、今後、法尻に排水路が整備されており、植調剤の流出の危険性が低く、周辺田畑への影響が少な

いなどの条件を満たす地区には、出芽抑制期間が長い土壌処理剤の使用し、植調剤の散布回数を減らすことを検討する余地がある。

6. 今後の課題

本実験を踏まえた、今後の主な取り組み課題は、下記の3点である。

1. 現時点における最適な手法を展開することによる、質の高い芝堤の拡大、将来の管理費の抑制
2. 植調剤散布と芝刈などの管理手法の組み合わせによる更なる最適化によるコスト抑制と、堤防植生の質の向上
3. 1年目に侵入し、種子を結実した雑草などの2年目以降の繁茂状況の影響の検証

また、今回の実験は小規模の実験区域で行われたことから、大規模な面積を管理するときに問題となる雑草の生育状況の違いによる植調剤効果のばらつき、施工性とコスト、及び隣接地から実験地への影響が判明しておらず、これらの事項も規模を拡大して実用化に向けて検証する必要がある。

このため、前年度の計画を継続しつつ、今まで成果をあげたケース設定を基本とし、規模を拡大して効果等を検

証する拡大実証実験を平成29年12月より実施中である。

具体的には、今回の実験で得られた抜根作業を植調剤散布に代替した最適ケース（養生1年目に、年3回植調剤散布を実施）を軸として、秋山川の堤防芝養生1年に実験を展開している。拡大実証実験においては、上記課題を解決し最適な養生方法を検討する予定である。

謝辞：本稿は、「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、座長の築瀬範彦教授（足利工業大学）をはじめ、小笠原勝教授（千代宮大学）、佐々木寧名吾教授（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。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省 関東地方整備局渡良瀬川河川事務所：平成29年度 渡良瀬川河川管理施設監理検討業務報告書,2017
- 2) 国土交通省：河川砂防技術基準 維持管理編（河川編）,2015.
- 3) 国土交通省 関東地方整備局 土木工事共通仕様書,2017.
- 4) 北川明ほか：植生の遷移と堤防の管理，水工学論文集第39巻,1995.

(2018.4.3 受付)

渡良瀬川における植物成長調整剤を用いた堤防 植生管理手法の検討

STUDY ON LEVEE VEGETATION MANAGEMENT USING PLANT GROWTH
REGULATOR IN WATARASE RIVER

青山治彦¹・山本嘉昭¹・八木裕人¹・須田隼人²・塩見真矢³・野村利幸⁴・中濱匡⁴
Haruhiko AOYAMA, Yoshiaki YAMAMOTO, Hiroto YATSUKI, Hayato SUIDA, Shinya SHIOMI,
Toshiyuki NOMURA and Tadashi NAKAHAMA

¹正会員 (公財) 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11-9)

² (公財) 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11-9)

³ 日本工営株式会社 大阪支店技術第二部 (〒530-0047 大阪府大阪市北区西天満1-2-5)

⁴ 関東地方整備局 渡良瀬川河川事務所 管理課 (〒326-0822 栃木県足利市田中町661-3)

In order to maintain the functions of river levee, it is necessary to perform proper patrols and inspections, and to take necessary action when finding a variant. That patrol and inspection is based on proper levee vegetation management. However, sufficient vegetation management cannot be performed under decreasing budget of government, and this is a problem for levee patrol and inspection.

Under limited budget of levee maintenance, we focused on "Plant Growth Regulator (including herbicide)", which are confirmed to be safe and effective in a recent revision of the Agricultural Chemicals Control Act, and apply it to control weed for levee vegetation management. It does not increase the cost but does help to perform the patrol and inspection of levee appropriately.

Key Words : levee maintenance, levee inspection, levee vegetation management, herbicide, weed control, Cost Reduction, Plant Growth Regulator

1. はじめに

河川の堤防は、洪水を安全に流下させるための河川管理施設として根幹をなす施設である。構造的には土で造られるため、造り易く補修し易い反面、雨水、流水などに対して被災を受けやすい一面を持つ施設である。そのため、堤防工事を行った場合、雨水や流水などによる侵食から堤防を守るため、通常、野芝（以下、芝）が植栽される。江戸時代においても芝が使用された記録があるなど、河川の堤防では古くから使用されている植生である。

堤防に芝が使用されるのは、抵抗力に優れる植生で雨水などによる侵食を防ぐだけでなく、堤防を保護する材料として入手し易く、施工し易いことが挙げられる。また、草丈が低い植生であることから、堤防巡視や堤防点検を実施していく上で、亀裂や陥没などの変状が発見し易く、堤防を維持管理する上でも望ましい植生である。

しかしながら、芝を植栽し、芝で覆われた堤防（以下、芝堤）は、除草工事の回数の減少などの理由から、芝の維持が困難な状況となり、芝堤ではなくなった堤防については多くの問題が発生している。

本稿では、渡良瀬川河川事務所管内における堤防の植

生を調査し、現在、堤防の除草工事では用いられていない植物成長調整剤を含む農薬を使った実証実験を行い農薬を用いた堤防植生管理手法について報告するものである。

2. 河川堤防植生管理の現状

(1) 困難な芝堤の維持

現状における一級河川の堤防管理は、出水期前と台風期の年2回の堤防点検前に実施する除草工事により維持管理されている。年2回の除草工事は、適切に堤防点検を行うためのものであるが、年2回の除草工事では堤防に植栽した芝を維持することが出来ないことは、現状における堤防の植生の状況から明らかである。

芝堤が維持できた除草工事が大きく変わったのは、除草工事の変遷が大きく影響している。昭和の時代、芝堤を維持するため、農薬の使用、野焼きなどと併せ、年2回以上除草工事が実施していた。しかしながら、平成2年に河川敷のゴルフ場における農薬問題により、河川管理者は除草工事において農薬の使用を自主規制した。平成4年には廃掃法の改正により野焼きが禁止となり、それまでの除草工事のあり方が制限された。それでも除草工事の回数

を増やすことで、かろうじて芝堤を維持していたが、平成23年に直轄河川における維持管理費の見直しにより、除草工事の回数は全国的に堤防点検前の年2回となり、現在に至っている。

この除草工事の回数の減少及び農薬の禁止は、堤防の植生に大きく影響し、どの河川においても芝堤が維持できず外来種などが繁茂する堤防へと変わってきている。

(2) 堤防の植生タイプ区分と植生管理方法

堤防の植生が芝だけではなく様々な植生となったことで、堤防の弱体化、堤防巡視における視認性の悪化、中川の除草工事に掛かる費用の増加など、堤防の管理については植生に応じて対応していくことが必要となる。そのため、渡良瀬川河川事務所管内における堤防の植生について調査を行うが、堤防植生の調査については、これまで河川財団が実施してきた堤防植生の実態調査から、優占する5つの植生タイプ（シバ、チガヤ、外来牧草、広葉、オギ・ススキ）に堤防植生を区分し、植生タイプ毎に堤防の植生管理方法を設定することとした。

(3) 堤防植生タイプ区分と植生管理のあり方

渡良瀬川河川事務所管内の堤防植生タイプ区分調査については、平成23年秋季と平成24年春季に実施し、その結果、渡良瀬川河川事務所管内の堤防は、シバ、チガヤ及び外来牧草タイプの3つに区分され、それぞれの割合は堤防の延長比で約20%、20%、40%であった¹⁾。表-1に各区分の内容及び堤防植生管理のあり方を示す。

表-1 堤防植生タイプ区分と植生管理のあり方

植生タイプ 区分	内容	堤防植生管理 のあり方
シバ タイプ	堤防に植栽された芝が原則以上優占している堤防。耐侵食性に優れているが、維持するためには年4回以上の除草が必要 ²⁾ であり、現状の年2回の除草では芝は衰退し、外来牧草へ遷移するタイプ。	現状の芝を維持するよう管理
チガヤ タイプ	春～秋に生長する中型イネ科多年草のチガヤ等が3割以上優占している堤防。比較的耐侵食性に優れているが、年2回の除草工事では、草丈が高くなるため河川巡視等への支障が生じるタイプ。	草丈管理を前提に現状チガヤの植生を維持するよう管理
外来牧草 タイプ	牧草や法面緑化等を目的に導入された外来イネ科草本（ネズミソウ、セイヨウモロコシ等）や堤防周辺からの雑草（セイウカラシナ、セイタカアワダチソウ等）が優占している堤防。耐侵食性が低く、成長が早く草丈が非常に高くなることから、河川巡視等への支障が生じ除草工事に費用が掛かるタイプ。	ガテンノ等の外来牧草を衰退させチガヤなどへ遷移するよう管理



図-1 渡良瀬川管内における主な堤防植生タイプ写真

なお、シバタイプの堤防は、渡良瀬川本川及び支川とも近年堤防工事が実施された箇所であり、堤防工事が近年行われていない箇所ではほとんど確認できず、チガヤタイプか外来牧草タイプとなっている。

また、外来牧草タイプのうち渡良瀬川において多く繁茂しているセイヨウアブラナ・カラシナは、成長に伴い根が肥大化し夏場に枯死して腐食すると、堤防表面の裸地化や軟化が進み、堤防の弱体化など堤防機能の低下が懸念され、変状が大きい場合、対策が必要となる植生タイプと言える(図-1、図-2)。

3. 渡良瀬川の河川堤防植生の問題と取り組み

(1) 堤防植生タイプから見た河川堤防植生の問題

渡良瀬川の堤防植生タイプ区分調査の結果、問題となるタイプは外来牧草タイプの堤防である。特に春先にセイヨウカラシナが繁茂する堤防は、春から夏にかけて図-2に示すように堤防法面の表面が裸地化するとともに、空洞ができることによる堤体の弱体化が進行する。同時にその裸地より、夏季にセイバンモロコシなどの1ヶ月で1m以上成長する強害雑草が繁茂し、河川巡視等において堤防の変状などを発見することが困難となる。

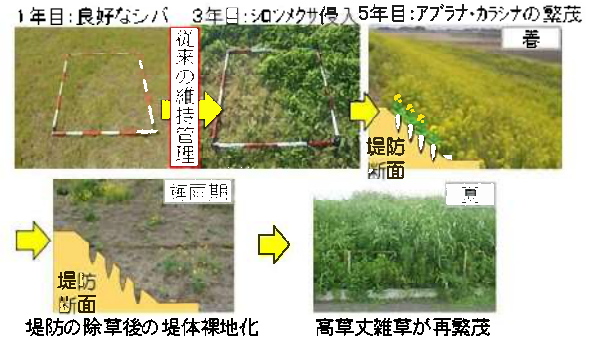


図-2 セイヨウアブラナ・カラシナによる堤体の弱体化と高草丈の雑草が繁茂した堤防における河川巡視への支障

(2) 問題に対する取り組み

渡良瀬川河川事務所では、平成23、24年の堤防植生の実態調査を踏まえ、芝堤がほとんど維持できず、外来牧草タイプとなっている堤防の維持管理について、農薬を使用した堤防植生管理手法の検討を始めることとした。農薬を使用する手法を選んだ理由は、以下のとおり。

- ① 農薬の安全性が高まったこと。
- ② 外来牧草などの植生剔除に効果的であること。
- ③ コスト的に大きな負担とならないこと。

但し、農薬を使用することについては、ゴルフ場の農薬問題により河川管理者自ら自主規制していること、河川における農薬の使用については社会的な関心が高いことなどから、実用化に向けての検討は、関連分野の研究者や専門家の方達から意見を聞くとともに、地元に対して情報発信するなど、情報公開を行いながら進めていることとした。

4. 農薬の使用と安全性について

渡良瀬川において農薬を使用した堤防植生管理手法の検討を進めることに至った最も大きな理由は、農薬の安全性が高まったことである。河川区域内における農薬の使用については、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土流区域での使用が制限されたが、農薬については、平成 14, 15 年の農薬取締法の改正によって、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。このため、平成 2 年時の農薬と比較すると、安全性は格段に高まっている。

具体的には、次の 4 つの見地から詳細な安全性評価が行われ、これらの基準を満たした農薬しか使用が認められない。

① 農薬の使用者に対する安全性
急性な中毒の可能性
② 農作物に対する安全性
作物の生長や収穫物の収量・品質に対する影響の可能性
③ 消費者に対する安全性
残留農薬による長期的暴露による、人の健康に慢性的な影響可能性
④ 環境に対する安全性
土壌、水、大気等環境への影響や、環境中の動植物への影響、又は環境中での水を通しての人への影響の可能性や分解性等

5. 堤防植生管理における農薬使用の目的と進

農薬の安全性が高くなったとは言え、渡良瀬川において農薬を使用するには、堤防植生管理する目的を明確に定め、農薬の使用にあたっての安全性を確認しつつ、農薬使用の効果を確認していくことが必要である。

(1) 堤防の植生管理に農薬を使用する目的

以前、堤防の除草工事ににおいて農薬を使用する目的は、芝を維持することにあった。しかしながら、今般、農薬を使用する目的は、シバタイプやチガヤタイプの植生を維持管理する他、外来牧草タイプの堤防において発生している課題や問題を少しでも解決することが大きな目的となる。

本稿において農薬を使用する堤防の植生管理の目的は、以下のとおりである。

- ① シバタイプ、チガヤタイプの植生の維持・増進
- ② 堤防の弱体化や視認性の悪化となる外来牧草タイプの抑制
- ③ 除草工事ににおけるコスト縮減

(2) 農薬の使用の効果

堤防植生管理における農薬使用の効果は、植生管理の3つの目的に対して、渡良瀬川河川事務所管内の堤防において実施した実証実験を基に評価する。

(3) 農薬の使用にあたっての安全性の確認

堤防において実証実験を行う場合、農薬の散布時における安全性の確認として、実験地周辺への飛散状況の確認や周辺水路への農薬の流出を確認しつつ、実証実験を進めることとする。

6. 堤防植生管理の実証実験

(1) 農薬と植物成長調整剤の名称について

渡良瀬川の堤防における実証実験にあたっては、堤防植生に対して農薬を使用して、芝などの植生は維持し、外来牧草などは侵入・繁茂を抑制することが目的である。このことから、実証実験においては農薬という名称は使わずに「植物成長調整剤(以下本稿では「植調剤」という。)」という名称を用いて、堤防植生管理手法の検討を進めることとした。これは「植調剤」が、植物の生理機能を増進又は抑制する農薬の一種であり、本稿では「堤防植生の生理機能を抑制(植物の草丈の抑制等)する農薬」と定義する。

(2) 本稿で紹介する実験ケースについて

本稿で紹介する渡良瀬川の実験ケースは、外来牧草タイプにおいて実証実験について、堤防植生管理のあり方に対して評価を中心に実験結果を示す。

(3) 実験の設定条件

a) 堤防植生管理の目標

堤防の植生タイプ別における現状と課題を踏まえ、外来牧草タイプの堤防植生管理の目標は、植調剤によりカラシナ等の外来牧草を衰退させ、チガヤなどへの植生遷移を図ること、除草工事ににおけるコスト縮減を図ることを目的とした。

b) 実験箇所及び区画設定

実証実験の箇所は、外来牧草タイプの特徴が出ている渡良瀬川左岸 19k 付近の堤防川裏法面とした。

区画は堤防の法長の違いもあり 1 区画の幅は約 15m とし、法長は 15~20m とした。



図-3 実験実施場所

c) 実施期間

実施期間は、事前の調査を含め平成28年10月から開始し、モニタリング調査が終わる平成29年10月までとした。

d) ケース設定

植調剤を用いた外来牧草タイプにおける堤防植生管理の検討を進めるにあたっては、平成25、26年度に河川の堤防ではなく宇都宮大学付属農場において実施した実験の効果、及びコスト評価により除草工程における除草と及び刈草の焼却を組合せ、効果とコスト削減が見込めるケースを選定した。

各ケースの具体的な工程は、実験区1は春におけるイネ科雑草及び広葉雑草の草丈が一定以上生長しないよう抑制することを目的に4月に植調剤（選択的除草剤で草丈の抑制効果のあるビスピリバクナトリウム塩）を散布し、その1ヶ月後の5月に繁茂してくる雑草の種子形成を抑制し、堤防点検のための除草を実施した。

実験区2-4はアブラナ・カラシナ、セイバンモロコシ等の外来牧草を一度全て枯らすことを目的に11月に植調剤（非選択的除草剤のグリホサートカリウム塩）を散布し、その後、実験区2では2月に翌春以降の雑草繁茂を抑制するために刈草の焼却を実施した。実験区3においては堤防点検のための除草を5月に実施した。実験区4では5月に除草・集草処分を実施し、併せて8月に堤防点検のための除草を実施した。

なお、実験区と比較するため、除草2回、集草・処分1回の通常の除草工事を対照区としてを設けた。（図-4）。

実験 ケース名	平成28年度					平成29年度				
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
対照区							刈集			刈
実験区1						薬	刈			
実験区2	薬			焼						
実験区3	薬						刈			
実験区4	薬						刈			刈

化学的手法	薬	植物の成長を抑制する植物成長調整剤(ビスピリバクナトリウム塩)									
	薬	非選択性で全ての植生を枯らす植物成長調整剤(グリホサートカリウム塩)									
物理的手法	刈	除草 刈集・処分 刈草焼却									

図-4 外来牧草タイプの実験ケース設定

e) 使用した植調剤

今回の実証実験に用いた植調剤の特徴・効果は、表-2のとおりである。

表-2 植調剤の特徴・効果等

使用した植調剤	特徴・効果
ビスピリバクナトリウム塩 (3.0%普通物)	ピリミジルオキシ系除草剤で葉部より吸収され、アミノ酸の生合成を阻害し細胞分裂を阻害することで生育を抑制する。 オオキنگケイギク、シロツメクサ等の 広葉雑草 、エノメダサ、リケンカルカヤ、チガヤ、セイバンモロコシ等 イネ科雑草の草丈を抑制 する。
グリホサートカリウム塩 (48%普通物)	アミノ酸系除草剤で、葉部より吸収されアミノ酸の生合成を阻害し衰退させる。 葉部散布により 広葉イネ科ほとんどの雑草に効果 を示す。

f) 管理手法

今回実施した実証実験の管理手法を表-3に示す。

また、植調剤の散布時、散布後の周辺への安全性及び影響を確認するため、感水試験紙による検査、植物ポット苗試験、および下流における水質検査を実施した。

表-3 実証実験における管理手法

管理手法	内容
植調剤	・散布日：降雨時を避け、周辺への飛散防止を考慮し平均風速3m以下の日に実施。 ・散布方法：背負式動力噴霧機を使用。
除草	・ハンドガイド式除草機により刈高10cm程度で除草の実施。
集草処分	・除草後の草を法面近くは天端に集めて処分。

(4) 実験のモニタリング調査と評価方法

a) モニタリング調査

実験のモニタリング調査は表-4に示す項目について、H28.10～H29.10の期間において、H28.11～H29.3の期間は

表-4 モニタリング項目と調査内容

モニタリング項目	内容
定点写真	調査区の法面・面より全景の写真撮影し堤防植生の変化、視認性を確認
植物相調査	前項で設定した区画に対し、生育する全植物の種名・植被率(%)・草高を調査
視認性	赤白ボール等の目印を堤防法面・面設置、目視の可否を確認

隔月、その他の期間は毎月実施した。なお、モニタリングを実施するタイミングは、除草、および植調剤散布を実施する直前とした。

b) 評価方法

実証実験における評価は、対照区と実験区においてモニタリング調査の項目から判明する雑草の植被率、侵入種数およびアブラナ・カラシナ等の特定の外来牧草の繁茂状況を基本情報として、以下の3項目に照らし合わせて各実験区毎に行った。

また、冬季に刈草の焼却を実施した実験区2においては、その後の雑草の繁茂状況も評価した。

1. 堤防点検時期（出水期の6月と9月）に点検に適した草丈となっているかどうか。
2. 植調剤はアブラナ・カラシナ等の外来牧草を衰退させているかどうか。
3. 植調剤により外来牧草などが衰退した後に、アブラナ・カラシナ以外の植物がどの程度発芽するか。

(5) 現地実証実験の結果

外来牧草タイプの結果を表-5に示す。外来牧草タイプで設定した実験区4ケースのうち、実験区4がアブラナ・カラシナの繁茂の抑制、刈草量、視認性の面から最も良好であった。但し、同区においても、チガヤなど望ましい植生に転換されなかった。実際に繁茂してきた植生は、対照区の主な雑草である、セイバンモロコシを中心とした多年生の雑草と、対照区では観察されなかったメヒシバやエノコログサといった1年生イネ科雑草であった（図-5、図-8）。また、これらの1年生イネ科雑草が生えてきたことにより、H29.9時点の刈草量は対照区84kgに対して、実験区4では67kgに減少した。

これらのことから、植調剤を使用により一年でこれらの問題雑草を根絶することは困難であるが、土壌への埋土種子の減少なども考慮すると、数年単位でこれらの雑草を衰退させることが可能であると考えられる。

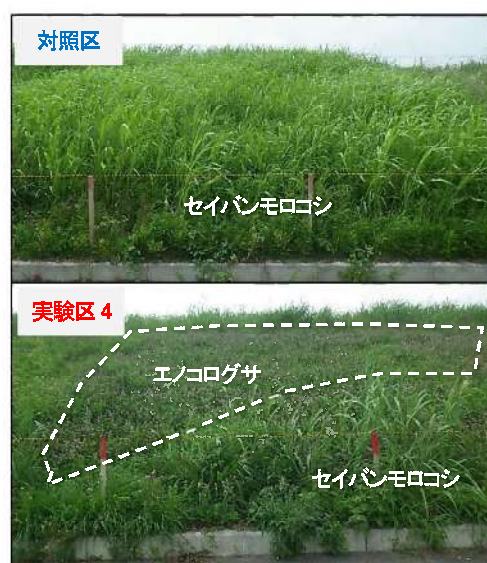


図-5 雑草再繁茂期の対照区と実験区4の比較（H29.7）



図-6 カラシナの再繁茂状況と枯草焼きの結果（H29.5.19）

表-5 外来牧草タイプの実験結果

実験ケース		評価
実験区1	植調剤散布(4月) +刈取(5月)	・平成29年4月の植調剤は既にアブラナ・カラシナが盛況しており、効果が低かった。また、6月刈取り後の、雑草発生も抑制されず、堤防点検時(台風期)に、十分に調査できる草丈は維持できなかった。
実験区2	植調剤(11月) +枯草焼き(2月)	・植調剤により植生が衰退後に、目標植生であるチガヤには遷移しなかった。繁茂した植生は、セイバンモロコシを中心とした多年生の雑草と、対照区では観察されなかったメヒシバやエノコログサといった1年生イネ科雑草であった。 ・平成29年4月までアブラナ・カラシナの繁茂を抑えた。しかし、その後、埋土種子から再繁茂した。但し、その量は対照区と比較して少なかった。また、冬季に枯草焼きにより、良好な日照条件が確保され、アブラナ・カラシナの再繁茂が促進された。(図-6、図-7) ・堤防点検時(台風期)に、十分に調査できる草丈は維持できなかった。
実験区3	植調剤(11月) +刈取(5月)	・基本的に実験区2と同様の傾向を示した。 ・4月から再繁茂しアブラナ・カラシナが盛況する前に、5月に刈取りを実施したことにより、その種子形成を阻止した。
実験区4	植調剤(11月) +刈取(5,8月)	・基本的に実験区2と同様の傾向を示した。 ・2回の刈取りにより、視認性は確保した。 ・対照区と比較して、刈草量は少なかった。

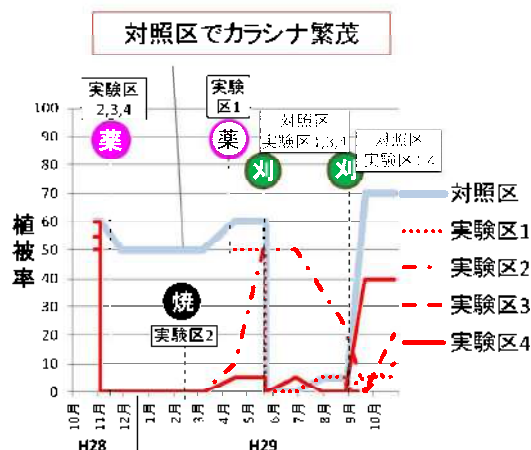


図-7 各実験区のカラスナの植被率の推移

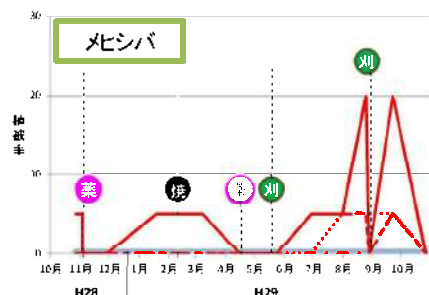
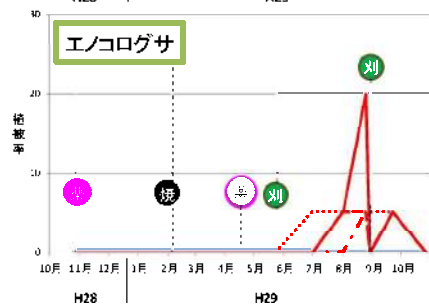
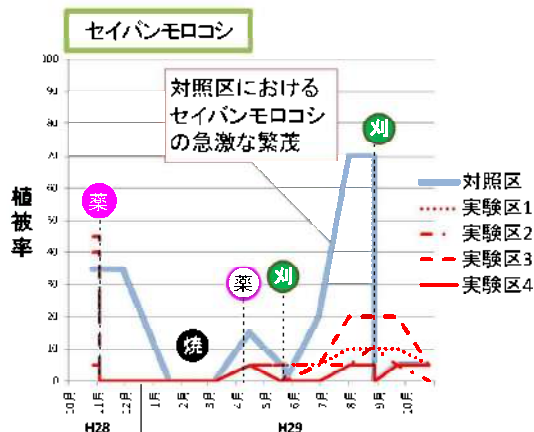


図-8 セイバンモロコシ（多年生雑草）と、1年生イネ科雑草（エノコログサ、メシバ）の植被率の推移

(6) コスト比較結果

外来牧草タイプとして最適ケースとなった実験区4の施工単価は、現状の除草工事より約15%のコスト削減が見込めた。なお、施工単価は、植調剤の散布歩掛についてはH3施工単価、除草工事は渡良瀬川河川事務所管内におけるH26直接工事費から算出した。

但し、外来牧草タイプのような雑草繁茂が旺盛な箇所では植調剤を散布する場合、芝草を想定したH3の歩掛より実作業の負荷が相当上昇することも踏まえ、今後精査・検証していく必要がある。

(7) 安全管理結果

植調剤散布後の感水試験紙、植物ポット苗試験および下流における水質検査では、全ての検査において植調剤の影響は検出されなかった。

7. 今後の課題

外来牧草タイプに対する植調剤を使用した堤防植生管理については、カラスナやセイバンモロコシ等の外来牧草を抑制し、処分量が多年生雑草より少なくすることが出来、安全性も問題なかった。しかしながら、管理が容易な一年生イネ科雑草へ遷移する傾向は観察されたものの、目的とするチガヤ等への植生への遷移は見られなかった。

今後の検討課題としては、

1. 植調剤を使用した計画的な植生の遷移
2. 安全で効率的・効果的な植調剤の使用法

について、実用化に向けて実証実験の規模を拡大して検討を進めていく予定である。

謝辞：本稿は、「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、座長の築瀬範彦教授（足利工業大学）をはじめ、小笠原勝教授（宇都宮大学）、佐々木寧名彦教授（埼玉大学）、清水義彦教授（群馬大学）、松本健作助教（群馬大学）から貴重なご意見を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省 関東地方整備局 渡良瀬川河川事務所 渡良瀬川河川事務所管内堤防植生タイプ区分図(総編図)2013
- 2) 山本嘉昭・塩見真矢・八木裕人・須田隼人・平田真二 堤防植生の課題に応じた新たな堤防管理のあり方の提案、河川技術論文集、第23巻、2017
- 3) 国土交通省 河川砂防技術基準維持管理編(河川編)2015
- 4) 国土交通省 関東地方整備局 土木工事共通仕様書2017
- 5) 佐々木寧・戸谷英雄・石橋洋宏・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
- 6) 北川明彦ほか 植生の遷移と堤防の管理、水工学論文集第39巻、1995 (2018.4.3 受付)

河川の堤防管理における 堤防植生管理の方向性

公益財団法人 河川財団
河川総合研究所
山本 嘉昭

はじめに

最近になって、河川・道路・鉄道などをはじめとした様々なインフラ施設において経年変化や老朽化が問題になっている。このような中で、平成25年に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が明確化された。河川管理施設等の維持又は修繕に関する技術的基準等

に関わる河川法施行令では、河川管理施設等の点検は1年に1回以上の適切な頻度で実施することが明記されている。

なかでも河川堤防は、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ることから、堤防における異常や変状の有無を点検可能にするために、年2回の除草・1回の集草（出水期前、台風期）を基本に実施（関東地方整備局管内、図-1）されている。

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・繁茂を防ぎきれず、出水期間中の河川巡視や堤防点検に支障をきたすようになっただけでなく、カラシナ等による堤防機能の弱体化と景観の低下が問題になってきている。さらに、国の財政難のおりから、維持管理費の縮減も強く求められている。そのため、現状の維持管理予算内での効率的・効果的な堤防植生管理が求められている。

本稿では、河川維持管理における堤防植生の現状と課題を整理し、効果的・効率的な堤防の維持管理に向けた堤防植生管理手法と今後の方向性を述べる。

1. 堤防管理の現状と課題

(1) 堤防管理に関わる社会的背景

平成2年以前の堤防植生管理では除草2～3回/年に加え、除草剤の使用や野焼き等が行われていた。しかし、平成3年からゴルフ場における農薬問題に端を発し、堤防植生管理におけ



図-1 除草工の実施時期

表-1 河川堤防植生管理方法の変遷と社会的動向

年代	堤防植生管理方法	社会的動向	堤防への影響
～H2	刈取り 2～3回＋除草剤散布（＋野焼き）	H2.3 農薬の使用禁止（事務連絡）	・イネ科花粉症の発生
H3～H4	刈取り 3～5回（＋野焼き）	H4.7 野焼きの禁止（廃掃法の改正）	
H5～H21	刈取り 3～5回		
H22～H30	刈取り 2回（集草 1回）	刈取り2回（集草1回）への移行	・年2回刈取りによるシバの衰退 ・年2回刈取りによる外来植物の繁茂 ・カラシナによる堤体の弱体化 ・河川巡視や堤防点検への支障 ・セイバンモロコシ繁茂による処分費増大 ・イノシシによる堤防法面の掘起し

[illegible]

※ セイウカラシナ:セイウアブラナを含む

図-3 セイヨウカラシナの成長に伴う堤防弱体化フロー

る農業の使用が自主規制されるようになった。加えて、平成4年には廃棄物の処理及び清掃に関する法律（略称：廃掃法）の改正により野焼きが禁止となった。このような社会的動向に伴い堤防植生管理方法は変わってきており、平成21年までは3～5回/年の刈取りにより堤防は管理されてきた。

その後、平成23年に地方と国で分担してきた維持管理費の地方負担が廃止となり、それ以降は原則、年2回の刈取りと1回の集草で堤防は管理されている状況である(表-1)。

(2) 堤防植生管理における課題

現在の堤防植生管理では、シバからセイタカアワダチソウやセイバンモロコシを含む外来牧草等の植生に急速に遷移しており、以下のような問題が顕在化している。

1) シバの衰退

堤防には、築堤後の法面保護を目的にシバが植栽され、そのシバを確実に根付かせるために3年間の抜根等によ

る養生工が行われる（図-2）。基本的には3年間の堤防養生期間中の堤防はシバで維持されているが、養生工における人材不足、抜根作業の限界等により、シバの維持が難しくなっている。

また、築堤から4年目以降は年2回刈取りにより植生管理が行われるが、刈取り回数が少ないために、シバは維持されず外来牧草に遷移する傾向にある。

2) 堤防の弱体化

外来植物が侵入・繁茂した堤防では、耐侵食性の低下による堤防表面の弱体化が問題となる。

特に、カラシナが繁茂している堤防では、春季に黄色い花が堤防を飾るが、夏季に根が腐り堤防表面が膨軟化し、堤防が弱体化する。そのため、カラシナが繁茂している堤防は、早期の対策により衰退させる必要がある(図-3)。

3) 河川巡視や堤防点検への支障

セイトカアワダチソウやセイバンモ
ロコシなどの草丈が高い外来植物が繁茂
する堤防では、天端^{てんば}からの見通しが悪く、

堤防法面における異常や変状を目視で発見することが困難となり、河川巡視や堤防点検への支障が生じている。

2. 堤防植生の捉え方

堤防植生管理を行うためには、代表的な堤防植生の草種を選定し、堤防植生の概況を把握する必要がある。

堤防植生は、優占種によってシバ、チガヤ、外来牧草、広葉、オギ・ススキの5タイプに分類することができる(図-4)。

この5タイプの中で、関東地方で一般的な堤防植生タイプは、シバタイプ、チガヤタイプと外来牧草タイプである。この3タイプの特徴は、以下のとおりである(図-5)。

①シバタイプ⁹

シバの被覆が3割以上のシバ優占植生である。深さ3cmまでの平均根毛量が多く、耐侵食性に優れており、かつ草丈が低いことから、堤防点検時に堤防の異常や変状を発見しやすい。

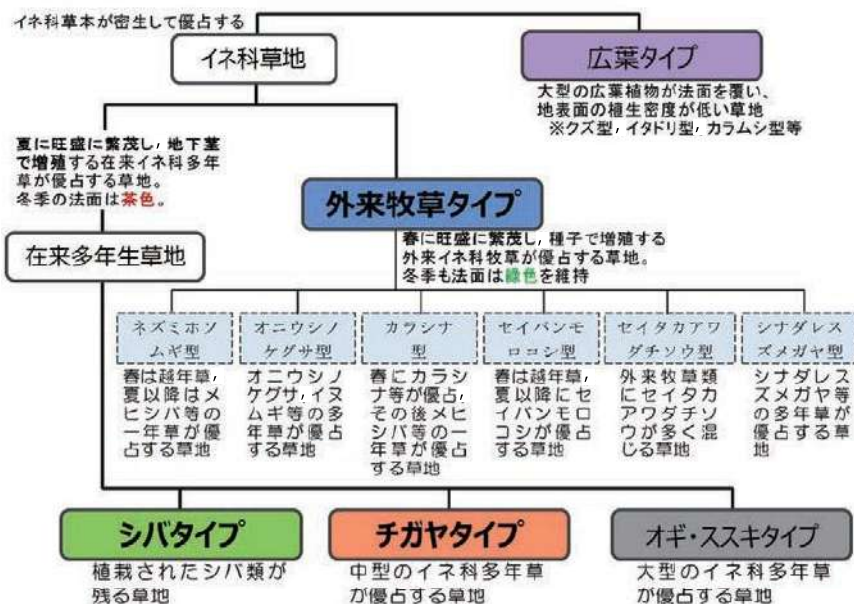


図-4 堤防管理の視点から区分した堤防植生タイプ

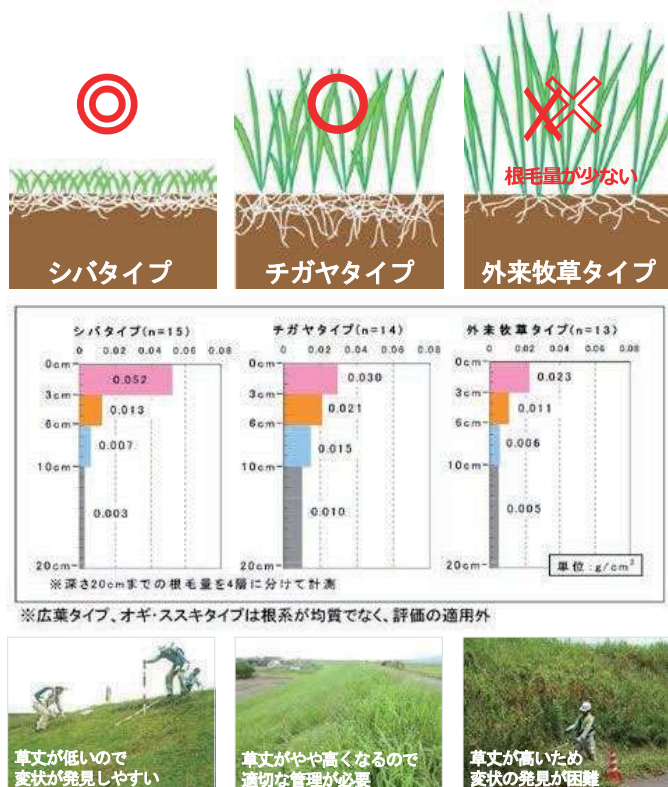


図-5 堤防植生の種類と平均根毛量（表層 20cm）の分布図

②チガヤタイプ

春～秋に成長する中型イネ科多年草のチガヤの被覆が3割以上の植生である。チガヤタイプは、シバタイプに次いで平均根毛量が多く、耐侵食性に

優れている。しかし、シバよりも大型なため、河川巡視・堤防点検への支障となる場合もある。

③外来牧草タイプ

オニウシノケグサ等の外来牧草が優

占するタイプである。外来牧草タイプは、シバタイプ及びチガヤタイプに比べて平均根毛量が少ないことから、耐侵食性に劣る。また、草丈が高いため、出水期間中の河川巡視等への支障となる。

3. 堤防植生に応じた管理手法

(1) 堤防植生管理のあり方

「1.(2) 堤防植生管理における課題」で述べたとおり、堤防植生管理は、養生工（築堤後3年間）と、除草工（築堤4年目以降）に分類される。

新規及び改修堤防は張シバが施工されるため、養生工ではシバの維持が求められる。一方、除草工を実施する既存堤防は、シバタイプ、チガヤタイプ及び外来牧草タイプと様々である。このため、堤防植生タイプ毎の課題を踏まえた堤防植生管理の目標を設定することで、効果的な堤防植生管理を図ることが可能となる（表-2）。

(2) 堤防植生に応じた植生管理手法

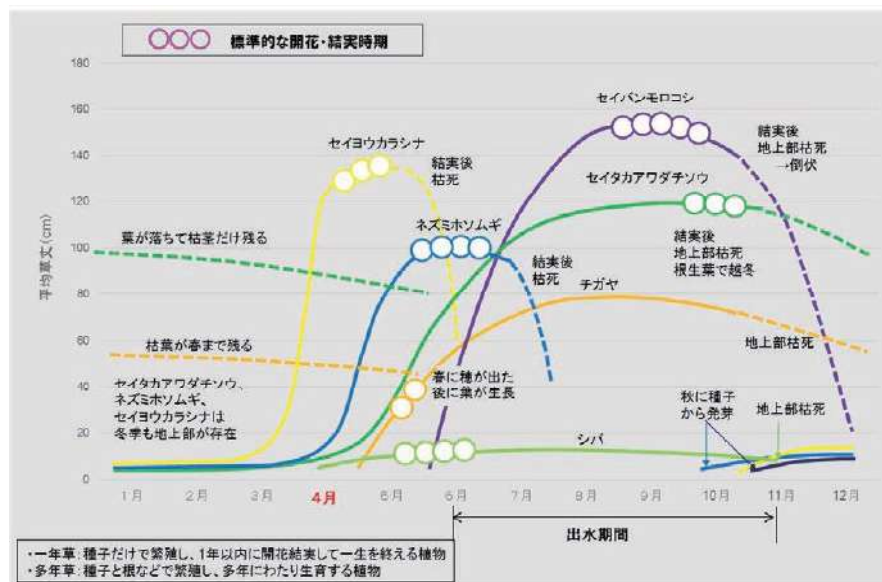
現在の堤防植生管理手法は、刈取りが基本となっている。しかしながら、シバの衰退や外来植物の侵入・繁茂等の課題に対しては、刈取りだけでは解決できないことが明らかとなっている。

1) 刈取りによる植生管理

刈取りは堤防点検（出水期前、台風期）の環境整備の一環として実施しており、回数と時期において必ずしも堤防植生の生活史を考慮した維持はされ

表-2 堤防植生管理の目標

■養生工	
①シバタイプ	・現状の植生を保つように管理する
■除草工	
①シバタイプ	・現状の植生を保つように管理する
②チガヤタイプ	・草丈管理を前提に現状の植生を保つように管理する
③外来牧草タイプ	・カラシナ等の外来牧草を衰退させ、チガヤ等への植生への転換を図る



※除草による影響を考慮しない状態での標準的な生活史として表現した。
図-6 代表的な堤防植生の生活史と草丈の年間変動

ていない。例えば、セイヨウカラシナの結実期（4～5月）に対して刈取り時期が5月以降となり、結果としてセイヨウカラシナの繁殖を助長している場合がある。

このため、堤防点検時期を踏まえ、堤防植生管理の目標に向けた刈取り時期の調整・設定が重要である（図-6）。

2) 植物成長調整剤による試行的植生管理

河川の堤防管理では、平成2年に

農薬の使用が中止となっている。しかし、現在の堤防植生における課題および作業員確保が困難な状況を踏まえ、渡良瀬川では除草剤及び植物成長調整剤（以下、植調剤）を用いた堤防植生管理について各種の実証実験が行われている。

ここでは、既存堤防において問題となる外来牧草タイプ（主に、セイヨウカラシナ、セイバンモロコシ）における実証実験及び結果を紹介する。年1

回（秋期）の除草剤あるいは植調剤の散布を2年間継続した結果、セイヨウカラシナ、セイバンモロコシが減少し、平成30年7月には1年生のイネ科植生（エノコログサ、メヒシバ）を中心とした植生に遷移した（図-7）。このことから、刈取りでは実現できなかった高草丈の植生による課題解決への道筋が明らかとなった。

4. まとめと今後の方向性

堤防植生管理では、管理目標を明確にしつつ、堤防植生の特徴・生活史、生育状況を踏まえて、管理手法を選択（順応的管理）することが重要である。特に、除草剤及び植調剤は、実証実験より外来牧草タイプの維持管理に効果的であることがわかった。次の展開として、外来牧草タイプからチガヤ等への植生転換を図ることが課題として挙げられる。

今後の堤防植生管理においては、除草剤及び植調剤の使用を視野に入れることが重要である。堤防植生管理においては、堤防点検に支障を与えないこと、出



図-7 外来牧草タイプにおける実証実験結果

水期間中は堤防法面を裸地にしないことが必須であり、これらを基本として除草剤及び植調剤を使用する際の以下のポイントを押さえることが求められる。なお、除草剤及び植調剤を適用する河川の堤防除草費用を上回らないことも重要である。

- ①堤防植生管理の目標に応じた効果的な除草剤及び植調剤を使用すること。
- ②除草剤及び植調剤は、農薬登録されているものを使用すること。
- ③除草剤及び植調剤の散布は、家屋・農地等の沿川土地利用等に配慮し、系外へのドリフトを抑えること。

おわりに

河川堤防植生は、地域および河川毎に異なる様相を呈している。除草剤や植調剤を用いた堤防植生管理手法の導入にあたっては、河川の特長や堤防の植生を踏まえるとともに、沿川の土地利用、地域住民等への十分な配慮が必要である。今後の堤防植生管理によって堤防機能の向上だけではなく、心地よい緑地空間の創出や優れた景観の提供等、多方面からの地域貢献ができれば幸いである。

参考文献

- 国土交通省 2015. 河川砂防技術基準 維持管理編（河川編）. 31-32, 35-36
- 公益財団法人 河川財団 2016. 河川財団 NEWS NO.48, 4-11
- 山本嘉昭ら 2017. 堤防植生の課題に応じた新たな堤防管理のあり方の提案. 河川技術論文集 第23巻, 351-356
- 山本嘉昭ら 2018. 河川維持管理における堤防刈草の有効活用に関する一考察. 河川技術論文集 第24巻, 629-632

田畑の草種

畦菜・あぜ菜（アゼナ）

（公財）日本植物調節剤研究協会
兵庫試験地 須藤 健一

アゼナ科アゼナ属の一年草。関東以西のやや湿り気のある畦や田にごく普通に生える。高さ10cmから15cm。葉は対生し、長さ1.5cmから3cm、幅5mmから1cm程度。6～7mmの淡紅紫色のかわいい花をつける。「畔菜」とはいうが、畦より本田に多い。筆者が学生の頃はゴマノハグサ科とされたがその後オオバコ科に移され、2009年のAPG IIIでアゼナ科として分類された。

日本在来種であるが、古人たちの目には「畦に生える菜」としてしか映らなかったようである。近世までの和歌や俳句に「あぜ菜」が詠われたものを見いだすことはできなかった。

近代に入って、北原白秋に「あぜ菜」を詠った歌があった。

つつましきひとりあるきのさみしさに

あぜ菜の香すら知りそめしかな（桐の花）

春の早朝、畦道を歩くと踏みつけられた「あぜ菜」の「香」

が鼻孔を打つ。「あぜ菜」にこんな香りがあったことを知らなかったという白秋の心象であろうか。春の早朝はすなわち「青春」。淡い壊れそうな透き通った青春の心象風景が広がる。

「あぜ菜」という名前からして食べられるのだろうか、食用として取り扱われることもない「ただの草」である。それが水田での雑草として人々の目につくようになってきたのは、水田で使われる除草剤の中のスルフォニルウレア系の成分に対して抵抗性を示すものが出現してきてからであった。抵抗性の出現で存在感を示したのも、アゼナにしてみれば想定内のことであったのかもしれないが、最近では、アメリカからの帰化種であるアメリカアゼナが幅を利かせているのも、織り込み済みのことであるのだろうか。

「畔菜」ではあるが畦より除草剤が撒かれた水田で見かけるほうが多い。今でも、白秋はあの透き通った歌を詠むだろうか。

堤防を対象とした植物成長調整剤・除草剤の 2年目使用の効果と植生管理法への反映

EFFECTS OF SECOND YEAR USE OF HERBICIDES
FOR LEVEE VEGETATION MANAGEMENT

青山治彦¹・山本嘉昭¹・八木裕人¹・小林裕之²・中濱匡²

Haruhiko AOYAMA, Yoshiaki YAMAMOTO, Hiroto YATSUKI, Hiroyuki KOBAYASHI and
Tadashi NAKAHAMA

¹正会員 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11-9)

²国土交通省 関東地方整備局 渡良瀬川河川事務所 管理課 (〒326-0822 栃木県足利市田中町661-3)

River levee, controlled by country, is covered with turf, *Zoysia Japonica*, after construction. That turf is managed by, manual root extraction, weeding, and fertilization (3, 2, 1time/year each) for first three years. After the fourth year, weeding and grass gathering is implemented (2, 1time/year each)

However, under this vegetation management, due to the lack of labor for root extraction workers and invasion of the plant which declines turf early, the levee turf cannot be maintained properly. It causes deterioration of visibility at levee patrol and inspection and increase the disposal cost of cutting grass.

In the previous report, we focused on plant growth regulators and herbicides to address these issues, and obtain certain effects conducted by one-year field experiment. In this paper, based on the results, we clarified the effect of using the herbicides over two years.

Key Words : levee vegetation management, Integrated Weed Management (IWM), herbicide, Plant Growth Regulator, Maintenance cost, Alien plants invasion, perennial plant

1. はじめに

堤防は通常、野芝等の芝類を植栽することにより法面を保護している。野芝は、低草丈で生長するため堤防の亀裂や陥没などの変状が発見し易くなると共に、表層の根の密度が高いため堤防の耐侵食性が確保されるという維持管理面から優れた特性を備えている。この野芝等の堤防植生は、適切な回数の刈り込み等の管理を継続的に実施した場合において、上記の治水機能ならびに良好な河川景観の創出、不法投棄の抑制等の環境面の機能を発揮する。

国が管理する河川堤防では、築堤後に野芝等で覆い、養生工・除草工により堤防植生の管理を行っている。養生工は、築堤後3年間、人力による抜根、芝刈、および施肥（それぞれ年3, 2, 1回）を実施する³⁾。また、除草工は、築堤後4年目以降、年2回の刈り込み（除草、芝刈）と1回の集草（通常管理）を基本として実施している（図-1参照）。

しかし、このような堤防植生管理のもと現状においては、渡良瀬川では以下のような問題が生じている。

築堤後1～3年目までの養生工においては、抜根作業の人手不足が深刻化し実施が難しくなっている。この結果、芝を早期に衰退させるシロツメクサ、ムラサキツメクサ等の植生が侵入し、その繁殖・拡大により早期に芝が衰退する問題が発生している。

築堤4年目以降の除草工においては、刈り込み回数の減少などの理由から芝が維持できず、セイヨウアブラナ・カラシナのような堤体を弱体化させる懸念のある植生、セイタカアワダチソウ、セイバンモロコシ等の高草丈の植生が侵入し、芝・チガヤ以外の植生が主となった堤防に遷移し、堤防点検時等の視認性への支障、集草・処分費の増大等の問題が発生している。（図-2参照）



図-1 築堤後の経過年数に応じた堤防植生の管理手法

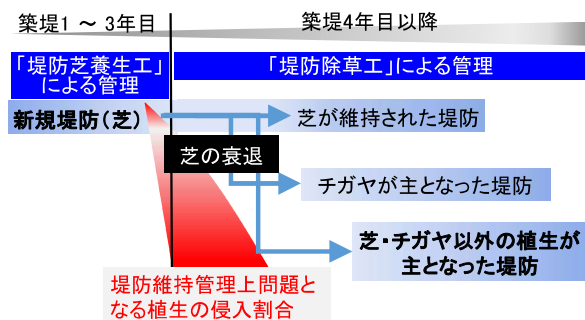


図-2 河川堤防築堤後の経過年数と植生遷移

これらの問題に対応する堤防植生管理の新たな1つのアプローチとして、著者らは、植物成長調整剤・除草剤（以下「植調剤等」という）に着目し、渡良瀬川等における現地実験を1年間行い、一定の効果を果た¹⁾。

本論文では、その成果を踏まえ、2年に渡って植調剤等を使用することで新たに明らかになった「新規堤防（芝）」「芝・チガヤ以外の植生が主となった堤防」における実験効果について報告する。

なお、堤防植生管理の植調剤等を含む農薬の使用は、国土交通省が平成2年に自主規制しているが、その後の農薬取締法改正（平成14年）をはじめ、農薬自体の毒性の低下等の様々な進展が図られている。著者らは、渡良瀬川等の沿川地域への説明、下流利水者への事前の報告などの調整を行うとともに、堤防における周辺環境への安全も考慮した上で、植調剤等を試用した。

2. 植調剤等の1年目使用で得られた効果と課題

(1) 得られた効果

a) 新規堤防（芝）の植生管理手法

人手がかかる抜根作業に代わる養生工として、植調剤等を使用した際の効果を得ることを目的に実験（養生1年目）を行った。

この結果、通常管理の抜根3回に代わり植調剤等を3回使用する手法が最も効果が高く、侵入した維持管理上問題となる植生の種類と量が減少し、通常の養生工よりも良い状態を維持することが可能であった。同時に、通常の養生工の抜根で対応不能であったシロツメクサの侵入・繁茂も抑制でき芝堤の質の向上が見られた他、概算管理コストは通常の養生工に比べて、80～90%程度の縮減が見込めた。

b) 芝・チガヤ以外が主となった堤防の植生管理手法

維持管理上問題となる植生を衰退させ、堤防植生管理が容易な植生へ転換するために、通常の除草工に加え植調剤等を秋季に年1回試用した。この結果、セイバンモロコシ、セイタカアワダチソウが被覆する割合を翌年の夏季に8割ほど減少させた。また、これらの植生に代わ

って繁茂してきた植生は、夏季の草高が50 cm～100 cmとセイバンモロコシの半分程度のイネ科1年生草本のエノコログサやメヒシバであった。

(2) 残る課題と解決方針

a) 新規堤防（芝）の植生管理手法

新規堤防の張芝直後より植調剤等を使用することで、良好な芝の状態を維持する手法の知見は得られた。

しかし、植調剤等の使用に際しては、現時点では地域からの合意、下流利水者への事前の報告などの調整が必要と考えられ、新規堤防の築堤後、直ぐに植調剤等を使用できるとは限らない。また、調整が終了し、植調剤等が使用可能となった際には、築堤後からの時間経過により、様々な植生が堤防に侵入している可能性も想定される。これらのことから、築堤後に直ぐに植調剤等が使用できず、途中から使用する場合の条件を検討しておくことが重要である。

そこで、養生工の途中から植調剤等を使用するケースを設定し、張芝直後より植調剤等を使用して良好な芝の状態を維持しているケースと植生状況を比較することにより、設定したケースの妥当性、改善点等を検討する方針とする。

b) 芝・チガヤ以外が主となった堤防の植生管理手法

前節で述べた秋季の植調剤等の使用と刈り込みによる植生管理手法は1年間のみの結果である。今回対象とした1年生植生のセイヨウアブナ・カラシナの種子は、埋土種子として残存している可能性が高く、これらの寿命は概ね4～6年程度⁴⁾であることから、植調剤等の使用を中止した場合、再繁茂してくる懸念がある。同時に、多年生植生のセイバンモロコシやセイタカアワダチソウの地下茎が残存し、一部が夏季に急激に生長してきたため、植調剤等の処理を中止した場合、これらの植生は再生し、拡大・繁茂する恐れがある。

このため、植調剤等を連用することにより、どの程度、多年生植生を抑制することが出来るか検証する必要がある。また、イネ科1年生植生のエノコログサやメヒシバの植被率は20%程度であったが、このような処理を継続した場合、どのような傾向を示すか、さらに、維持管理の面からセイバンモロコシやセイタカアワダチソウより刈草量が減少するかなどの検証も必要である。

これらのことから、1年目の実験内容を継続し、維持管理上問題となる植生の衰退度合い、それらの植生より堤防植生管理が容易なイネ科1年生植生の繁茂状況をモニタリングし、植調剤等を継続使用した場合の効果を評価する。この時、植調剤等の1年間および2年間の使用の効果の比較は、その連用の必要性や使用方法を見出すうえで重要な情報となる。

3. 植調剤等（2年目）を用いた堤防植生管理の実験方法

(1) 実験場所及び区画設定

実験場所は、図-3 に示す平成 28 年度に張芝施工（築堤 2 年目）された新堤の秋山川（渡良瀬川の左支川）左岸川裏 0.8k 付近、ならびに、芝・チガヤ以外が主となった堤防の渡良瀬川左岸川裏（H17 築堤）19k 付近とした。区画の設定は、幅 20m、法長 15～20m を一区画とした。



図-3 実験場所

(2) 実施期間

実施期間は、事前の調査を含め平成28年10月から開始し、平成30年11月までの2年間である。なお、本論文で言う2年目使用とは平成29年12月～平成30年11月までを指す。

(3) ケース設定

実験ケース設定の内容を以下に記し、図-4 にまとめ、図中の管理手法の略号と使用植調剤等は下部に記した。

a) 新規堤防（芝）の植生管理手法

（対照区）通常管理を行ったケース（養生工）

（実験区 1）養生工の初期から 2 年間にわたり植調剤等を使用するケース

（実験区 2）養生 1 年目は通常の養生工を実施、2 年目より植調剤等を 1 年だけ使用したケース

b) 芝・チガヤ以外が主となった堤防の植生管理手法

（対照区）通常管理を行ったケース（除草工）

（実験区）通常管理に加え 2 年間にわたり晩秋に植調剤等を使用するケース

本論文の対象

ケース		平成28年度										平成29年度										平成30年度																
		11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	
新規堤防 (芝)	対照区																																					
	実験区1																																					
	実験区2																																					
芝・チガヤ 以外が主 となった 堤防	対照区																																					
	実験区																																					

植調割合	5月アジウム+ハロスルフロメチル	7月アジウム	10月MCIPAイプロヒルメチン塩
	12月 MCIPAイプロヒルメチン塩+ハロスルフロメチル		
通常管理	除草	集草・処分	施肥

植調剤等	5月アシュラム+ハロスルフロメチル 7月アシュラム 10月 MCPA イソプロピルアミン塩 12月 MCPA イソプロピルアミン塩+ハロスルフロメチル
通常管理	除草 集草・処分 施肥

図-4 実験ケース設定

(4) 植生管理手法

今回実施した実証実験の植生管理手法を表-1 に示す。

なお、植調剤等は、新規堤防（芝）、芝・チガヤ以外が主となった堤防に分けて記載した。表-2, 3に今回の実証実験に用いた植調剤等の特徴・効果を示した。

表-1 実証実験における植生管理手法

管理手法	内容
抜根	・人力にて植生を根より除去
刈り込み (除草, 芝刈)	・ハンドガイド式除草機により刈高 10cm 程度で除草の実施。芝刈り後の集草は未実施
施肥	・普通化成(8-8-8)を、散布機を用いて 10,000㎡あたり 300kg 散布
集草処分	・除草後の草を法尻もしくは天端に集めて処分
植調剤等	・散布日は降雨時を避け、周辺への飛散防止を考慮し平均風速 3m 以下の時に実施。 ・散布方法は動力式噴霧機を搭載した給水車と、低ドリフトノズルを付属したハンドガイドをホースにより接続し散布

a) 新規堤防（芝）の植生管理で使用した植調剤等

植生の生育時期と種類を考慮し、基本的に芝には影響が少なく、1 年生植生および、多年生植生等に選択的に作用する植調剤等を用いた。

表-2 実験に使用した植調剤等と作用

使用時期	使用時期	植調剤等	薬量	希釈水量	植調剤等の作用と目的
新規堤防(芝)	5月, 7月	アシュラム	0.50ml /㎡	200ml /㎡	植生一般の生育期にシバには影響がなくエノコログサ、メヒシバの1年生イネ科植生を抑制
	5月, 12月	ハロスルフロメチル	0.04g /㎡	200ml /㎡	シバには影響がなく、シロツメクサ等の広葉植生の生育初期、種子からの発芽、生育初期を抑制
	10月, 12月	MCPA イソプロピルアミン塩	1.25ml /㎡	100ml /㎡	シバには影響がなく、既に生育している、シロツメクサ等の広葉植生を抑制

b) 芝・チガヤ以外が主となった堤防の植生管理で使用した植調剤等

侵入した維持管理上問題となる植生を枯殺・抑制し、新たな植生による堤防管理を目指すことを目的に、非選択抑制の植調剤等を用いた。

表-3 実験に使用した植調剤等と作用

使用時期	使用時期	植調剤等	薬量	希釈水量	植調剤等の作用と目的
芝・チガヤ以外が主となった堤防	11月, 12月	グリホサートカリウム塩	1.50ml /㎡	100ml /㎡	1年生, 多年生のイネ科広葉植生のほとんどの植生を枯殺, 抑制

(5) 安全性の確認

植調剤等の周辺への飛散状況を感水試験紙で検査すると共に、下流における水質検査を実施し、植調剤等の散布時、散布後における安全性を確認した。

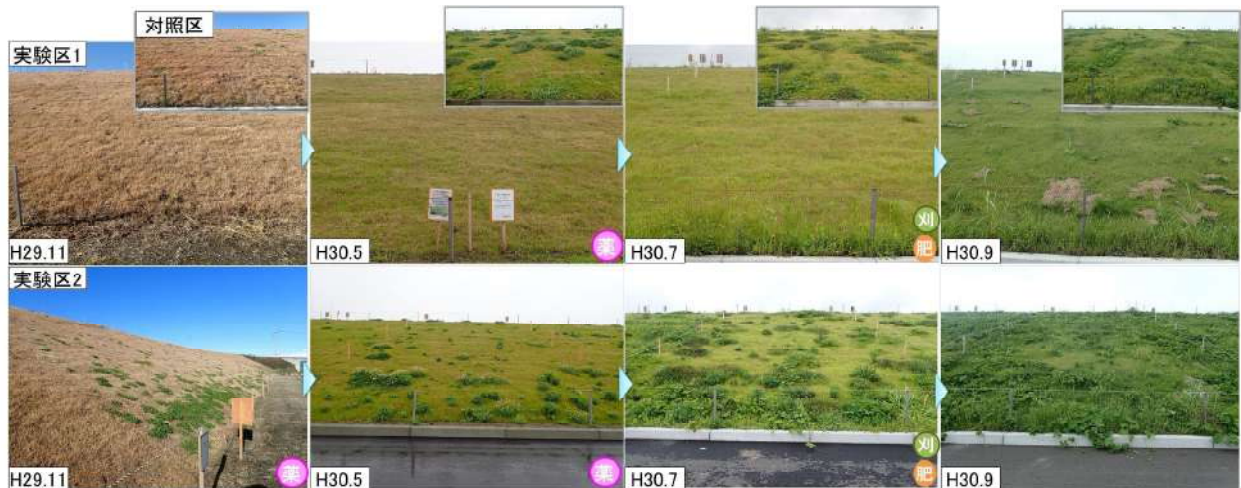


写真-1 植調剤等を初期から使用したケース（実験区1）と途中段階から使用したケース（実験区2）の比較

(6) モニタリング調査と評価方法

a) モニタリング調査

モニタリング調査は表-4 に示す項目について、平成28年11月～平成30年11月の期間において、毎月実施した。(12月～3月は隔月、刈草重量はH30.5とH30.9に計測した。)なお、モニタリングを実施するタイミングは、刈り込み、および植調剤の散布を実施する直前とした。

表-4 モニタリング項目

項目	方法、確認項目	写真
定点写真	調査区の法尻正面より全景の写真を撮影し堤防植生の変化、視認性を確認	
植物相	生育する全植物について種名と植被率(%), 草高について調査し、植生を確認	
視認性	赤白ボール等の目印を堤防法面に置き、目視の可否を確認	
刈草重量	1調査区につき代表的な箇所3箇所1m×1mを刈り取り、十分に風乾後、重量計測	

b) 評価方法

実証実験における評価は、対照区を基準とした①堤防植生の状態、②視認性、③コスト面から評価を行った。

植調剤等の散布に関するコストは、平成3年の国土交通省の歩掛実績を基とし、施工実績のある業者へのヒアリングを通じてトラック等の単価を修正したものを用いた。また、通常管理（養生工、除草工）は平成26年度の渡良瀬川河川事務所管内における直接工事費を基に算出した。

4. 実験結果

(1) 新規堤防（芝）の植生管理手法

養生工の途中段階より植調剤等を使用したケース（実

験区2）について、植調剤等を使用する直前の平成29年11月における植生状況を写真-1 に示す。この時点では、シロツメクサとムラサキツメクサ（以下「ツメクサ類」という）が植被率5%程度で侵入し草高はそれぞれ10cm, 30cmであった。一方、初期から植調剤等を使用している実験区1では、ツメクサ類の侵入を完全に抑制した状態であった。

この状態で、実験区2においてH29.12にツメクサ類の生長期に効果のある植調剤等（MCPA イソプロピルアミン塩）を使用した結果、侵入・繁茂したツメクサ類は衰退した。しかし、実験区2ではツメクサ類を枯らしきるまでに至らず、H30.3より再生し始めH30.5には、散布前のH29.11状況に戻った。なお、実験区1ではこの期間に特に処理を実施していないが、ツメクサ類は繁茂しなかった。

植生の生育期（H30.5）に、実験区1, 2共に植調剤等としてアシュラム（1年生植生を抑制）、ハロスルフロンメチル（広葉植生の生育初期、および種子からの発芽を抑制）を使用した。この時、写真-1の右から2列目（H30.7）に示すように、実験区1のツメクサ類の繁茂量が少ない箇所では抑制効果を発揮したが、実験区2のツメクサ類が残存し草高25cm程度に繁茂した状態での使用は効果が低かった。



図-5 実験区におけるツメクサ類、クズの植被率の変化

この後、実験区2ではツメクサ類と共にクズが繁茂した、この生長は、同月に実施した刈り込み処理では抑制しきれず H30.9 には写真-1 の右側に示すような状態になった。図-5 にツメクサ類とクズの被覆率を示す。これより、H30.10 月には、ツメクサ類が 45%、クズが 60%まで拡大した。この結果、実験区2の植生状況、視認性は対照区と変わらない状況となった。なお、対照区は、養生1年目に抜根3回、養生2年目に抜根3回、刈り込み2回の処理を実施したが、シロツメクサの侵入拡大を抑制することはできなかった。一方、張芝直後から植調剤等を使用した実験区1では、H30.9 時点で問題植生の侵入が少ない良好な芝堤を維持した。

また、実験区1の施工単価は、現状の養生工2年間の費用より 84%のコスト縮減が見込めた。同じように実験区2は 42%のコスト縮減が見込めている。

(2) 芝・チガヤ以外が主となった堤防の植生管理手法

a) 1年生植生の埋土種子からの発芽の抑制

写真-2 に示すように植調剤等の散布前の秋季に、1年生植生のセイヨウアブラナ・カラシナの埋土種子からの発芽が観察され、その植被率は、60% (実験開始前) であったが、その後、40% (実験開始より1年後)、20% (実験開始2年後) となっており年々減少した。但し、H28.11、H29.12 と晩秋の植調剤等の使用後は、セイヨウアブラナ・カラシナの地上部はほぼ 100%枯死した。

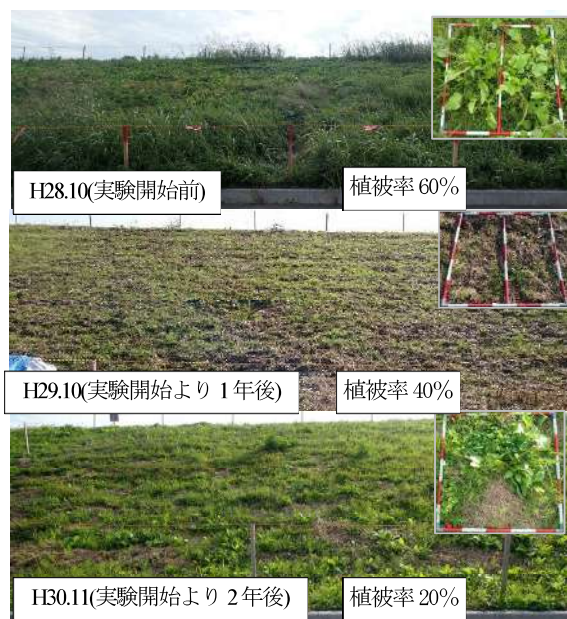


写真-2 1年生植生のセイヨウアブラナ・カラシナの埋土種子由来の発芽率の減少 (植被率の推移)

b) 多年生草本の衰退

植調剤等を2年に渡り連用することにより、セイバンモロコシは1年目の植被率20% (H29.8) から2年目には10%、セイトカアワダチソウは、1年目は植被率20%、2年目は5%程度まで抑制された (図-6 参照)。



図-6 実験区におけるセイバンモロコシ、セイトカアワダチソウの植被率の変化

c) 植調剤等の使用による植生転換

維持管理上問題となる植生が衰退後に繁茂してきた植生は、堤防植生管理が容易なメヒシバやエノコログサといった1年生イネ科植生で、写真-3 に示すように2年目に大幅にこれらの植生へ転換された。植被率の推移を図-7 に示したが、これより1年目は20%程度の植被率であったが、2年目は50~60%の植被率へ上昇した。

また、これら1年生イネ科植生に転換されたことにより、刈草量は対照区 1.11kg/m² に対して、実験区では 0.79kg/m² と対照区の約 7 割に減少した。刈草量の減少も踏まえると、実験区の維持管理コストは植調剤等を利用する分が増加するにも関わらず、2年間の総コストで対照区の 1.07 倍とほぼ同等である。

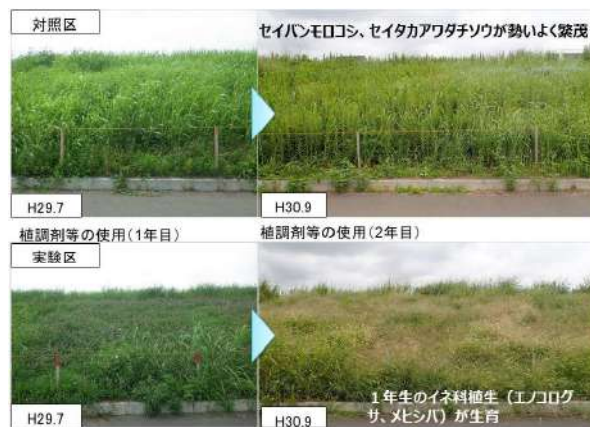


写真-3 植調剤等の連用・有無による植生の変化



図-7 実験区における1年生イネ科植生の植被率の変化

5. 考察

(1) 初期から植調剤等を使用するケースと途中段階から植調剤を使用するケースの効果の違い

今回の新規堤防における実験ケースで、初期から植調剤等を使用した植生管理手法を実施した実験区1では、管理頻度が少なく、質の高い良好な芝の状態が維持された。これは、侵入植生を初期に抑制することで、効果的に対象とする植生を抑制できたためである。一方、植調剤等を途中から使用した実験区2ではツメクサ類、クズ等が抑制しきれなかった。

この原因として植調剤等の使用濃度、植生生育期における植調剤等の使用回数、および芝等の刈り込み頻度の3点が考えられる。以下、それぞれについて考察し、今後の植生管理手法の改善する際の留意点をまとめた。

a) 植調剤等の使用濃度

植調剤等の使用濃度は、農薬取締法に定められた規定範囲の平均濃度を適用している。この濃度設定は、H25～H26の河川外の試験場で得られた結果を基に、適用範囲の平均濃度を採用している。しかし、今回の実堤防の場合、試験場より実験区全域にわたって植生の生育が旺盛であり、薬剤の効果が限定された可能性がある。

b) 植生生育期における植調剤等の使用回数

H30.5の春季にツメクサ類がある程度繁茂していた実験区2では、春季から夏季の植生生育期における植調剤等の使用は1回であり、ツメクサ類の地表面のランナーをある程度抑制するためには、使用回数が少なかったことが考えられる。H29の養生1年目の実験では、5月、7月に植調剤等を2回使用した実験区のみ、効果的にシロツメクサ等を中心とした植生の侵入を抑制した²⁾。

c) 芝等の刈り込み頻度

養生工において、密度が高い芝を作ることによって維持管理上問題となる植生の侵入を抑制することが可能となるが、このためには刈り込み回数が重要である。しかし、現時点の植調剤等を使用し、刈り込みを組み合わせた実験ケースは、年に1回の刈り込みしか組み込んでおらず、芝の育成の面からすると頻度が少ないことが考えられる。

(2) 新規堤防(芝)における途中段階から植調剤を使用する際の留意点

前項の検討結果より、ツメクサ類等の維持管理上問題となる植生の侵入がある養生工時の芝堤における植生管理手法として、以下の項目を留意し今後の植生管理手法へ反映することが考えられる。

- 1) 植調剤等の使用濃度を規定範囲内の最大濃度等、高濃度側の設定を適用すること。
- 2) 植生生育期に、生長したツメクサ類が存在する場合は、生長期を的確に捉え、効果的な植調剤等を複数回使用すること。
- 3) 芝刈りの回数を増加し、芝の生育を促進させること。

(3) 植調剤等を連用することによる効果

芝・チガヤ以外の植生が主となった堤防において、植調剤等を2年間使用することで1年生植生のセイヨウアブラナ・カラシナの埋土種子からの発芽による植被率は減少しており、継続した植調剤等の使用は有効と考えられる。但し、埋土種子の寿命は4～6年であることから、さらに2～4年程度は植調剤などの使用を継続して、種子からの発芽による拡大繁茂を抑制する必要がある。

多年草のセイバンモロコシやセイタカアワダチソウ等に関しても、植調剤等の1年間の使用のみでは、繁殖器官である地下茎を完全に枯殺するまでに至らなかった。しかし、植調剤等を2年間使用することにより、夏季に再生してきた同植生の植被率は5～10%まで減少した。但し、完全に枯殺していないので、処理を継続し、モニタリングにより経過を観察する必要がある。

上記の維持管理上問題となる植生が衰退した後に生えてくる1年生イネ科植生のメヒシバやエノコログサの植被率は2年目において一気に上昇する。これは日照条件など有利な条件が揃うためと考えられる。なお、刈草量は少なくなることから、維持管理費の抑制が見込まれた。

6. まとめ

- 1) 養生工の途中段階から植調剤等を使用する場合は、使用する薬剤の濃度、回数、種類、刈り込み回数等、様々な検討が必要となる。一方、養生工初期から植調剤等を使用することで、効果的かつ効果的に良好な芝の状態を維持可能である。このことから、養生工の初期から植調剤等を使用する予防的な使用方法が質の高い芝堤を維持するために必要である。
- 2) 除草工の段階において、維持管理上問題のある植生が侵入した場合は、植調剤等の連用が基本となる。これらの植生が衰退した後に生えてくる1年生イネ科植生の植被率は2年目において一気に上昇するが、刈草量は問題植生より小さくなる。

謝辞：本論文は、「渡良瀬川堤防管理技術検討会」で検討された内容に基づいており、座長の築瀬範彦教授(足利大学)を始め、小笠原勝教授(宇都宮大学)、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。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 青山治彦他：渡良瀬川における植物成長調整剤を用いた堤防植生管理手法の検討，河川技術論文集第24巻，2018
- 2) 青山治彦他：新規堤防等における植物成長調整剤を用いた養生方法の提案，河川技術論文集第24巻，2018
- 3) 国土交通省 関東地方整備局 土木工事共通仕様書2017.
- 4) 近藤 萬太郎：日本農林種子学 前編・総論，養賢堂，1933

(2019.4.2 受付)

河川財団が取り組んできた堤防植生に関する 調査研究成果の系統的整理

～堤防植生管理の体系化に向けた基盤的知見として～

Systematic Organization of Research Results
About Levee Vegetation that the River Foundation has Undertaken
- As Basic Knowledge for Systematization of Levee Vegetation Management -

山本 嘉昭*・八木 裕人**

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

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

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

1. はじめに

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

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

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

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

2. 堤防植生管理に関する河川財団の取り組みの概要

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

2.1 直轄河川における堤防除草工の変遷

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

* (公財)河川財団 河川総合研究所 首席研究員

** (公財)河川財団 河川総合研究所 副所長

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

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

課題は多く残されている状況にある。

2.2 河川財団における堤防植生管理検討の経緯

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

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

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

表 2・1 社会的動向に伴う堤防植生管理の変化

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

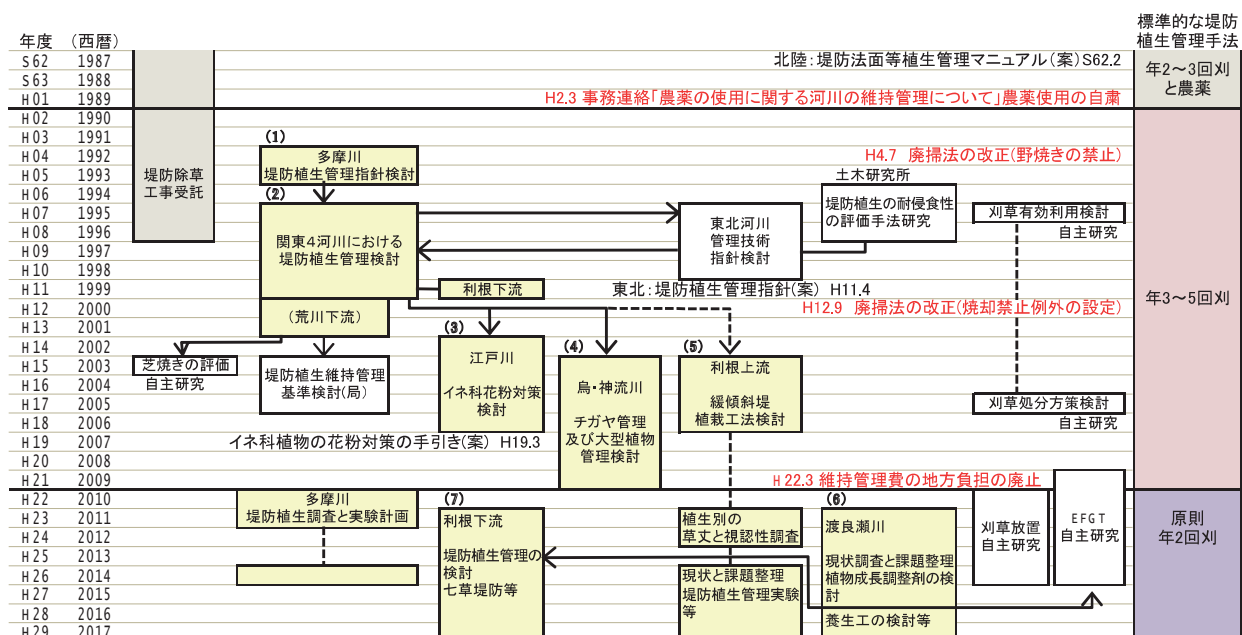


図 2・1 河川財団における堤防植生管理検討の経緯 (※カッコ内数字は、2.3の各項目を示す)

2.3 堤防植生に関する取り組みの概要

本項では、各検討で得られた成果の概要を述べる。

(1) 堤防植生タイプの考え方の導入

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

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

調査結果より、以下の内容が明らかとなった。

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

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

図2・2は、さらなる検討の上、改良された堤防植生タイプである。

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

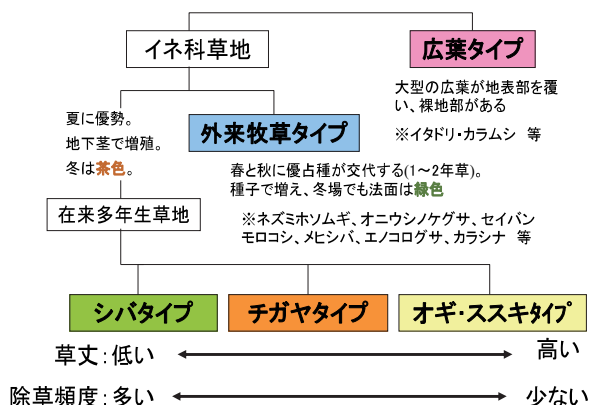


図2・2 堤防植生タイプ

(2) 堤防植生タイプ及び標準的な根毛量の知見

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

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

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

(3) イネ科花粉症への対策

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

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

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

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

(4) 年 2 回刈取りによるチガヤ管理への対応

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

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

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

(5) 緩傾斜堤における堤防植生管理と植栽工法

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

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

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

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

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

等の手法を候補として、その試験施工計画を立案した。

(6) 植物成長調整剤等を使用した効率的な堤防植生管理

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

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

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

(7) 堤防植生タイプ区分調査の提案

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

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

3. 堤防植生に関する個別の技術及び知見

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

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

3.1 堤防植生タイプ（所報 第6号, pp. 70-71）¹⁾

(1) 堤防植生を把握する観点

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

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

表3・1 堤防に出現する植物種数

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

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

(2) 現地調査に基づいた分類方法

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

次の条件を備えている必要がある。

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

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

(3) 堤防植生タイプの設定

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

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

表3・2 各植生タイプの特性

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

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

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

3.2 植生タイプ毎の標準的な根毛量の知見

(所報 第6号, pp. 75-76)¹⁾

(1) 植生による耐侵食力の効果

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

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

(2) 植生タイプと耐侵食力の関係

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

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

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

(3) 植生タイプ毎の平均根毛量

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

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

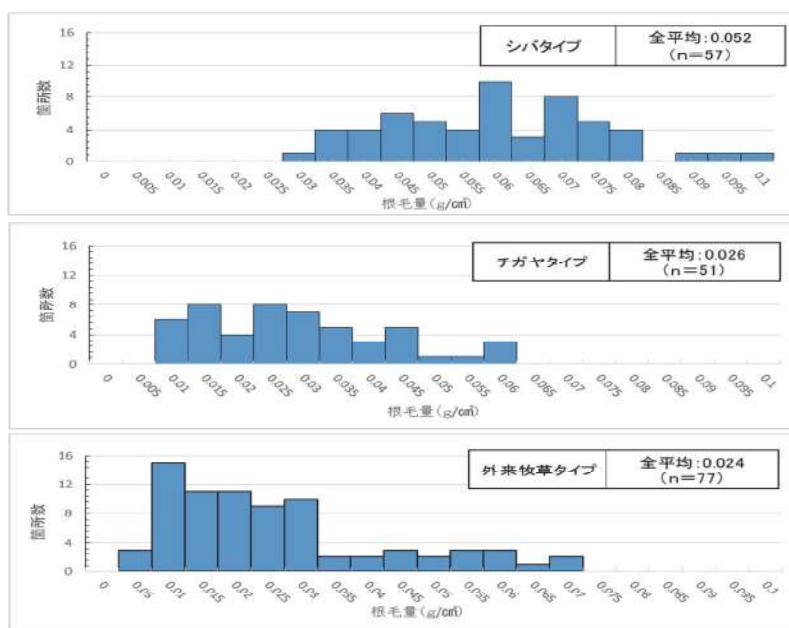


図3・1 植生タイプ別の平均根毛量 (表層3cm)

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

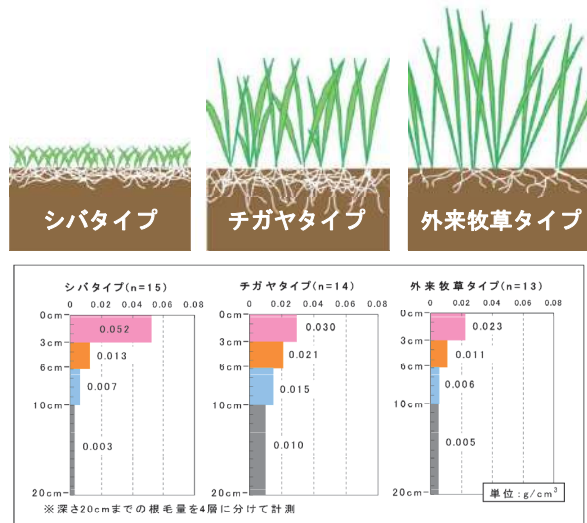


図 3・2 表層 20cm の平均根毛量の分布
(H8, 9, 10 : n=42)

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

3.3 堤防植生の環境機能(所報 第 6 号, pp. 79-84)¹⁾

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

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

(1) 利用と植生タイプ・草丈の関係

1) 利用における人数と場所の把握

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

まれるか、どのような場所で堤防利用者数が多いのかを検討した。

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

2) 低い草丈における積極的な利用

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

草丈と堤防法面の利用者数との関係について整理した表 3・3、図 3・3 を示す。

表 3・3 草丈別利用者数

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

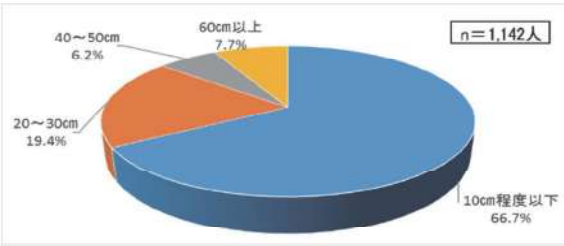


図 3・3 草丈別利用者の割合

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

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

(2) 景観と植生タイプ・草丈の関係

1) 利用者への意識調査

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

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

2) 景観として好まれる植生タイプ

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

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

表 3・4 景観写真の平均得点

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

※太字数値: 景観的に評価が良い(平均点が3点以上)

※均一度の凡例(植物の繁茂状況)

群生: 単一植物が広く優占する純然たる植生

混成美: 植生が見た目が美しい状態で混生している

混成荒: 植生が見た目が荒れた状態で混生している

(3) 堤防上の野草保全

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

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

1) レッドリストに掲載されている貴重種

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

表 3・5 確認された絶滅のおそれのある植物種

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

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

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

2) 沿川住民からの保全要望のある植物

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

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

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

表 3・6 保全の要望等がある植物

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

3) 草地環境における在来植物

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

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

(4) 除草と昆虫との関係

1) 昆虫と共存する堤防植生

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

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

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

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

2) 除草による昆虫への影響

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

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

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

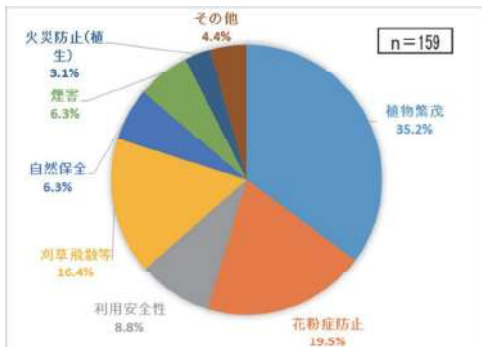
ただし、昆虫そのものが、年による個体数の増減が大きく、調査時の気象条件等にも左右されやすいという特性を持っている。このため、堤防の昆虫調査については、さらにデータを積み重ねて行かなければ、正確な影響の判断は難しいと考えられる。

3.4 花粉症原因植物（イネ科）への対応

（所報 第 6 号, p. 85, 所報 第 11 号, p63-78）¹⁾⁴⁾

(1) 花粉症の原因となる堤防植生

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



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

※樹木管理に関する苦情・要望に関しては除外した。

図 3・4 堤防植生管理に関する市民からの要望

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

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

(2) イネ科花粉症に関する現地実験

1) 江戸川堤防における堤防植生の把握

江戸川における原因植物の生育状況を把握するた

表 3・7 花粉症の原因植物一覧

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

※原因植物は斎藤（1988）等より抽出

備考欄については、堤防上で多く見られる種のみコメントをつけた。

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

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

表 3・8 イネ科花粉症原因植物一覧

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

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

花期及び生活形は「増補日本イネ科植物図譜」に従った。

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

2) ネズミホソムギの花粉特性と除草回数

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

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

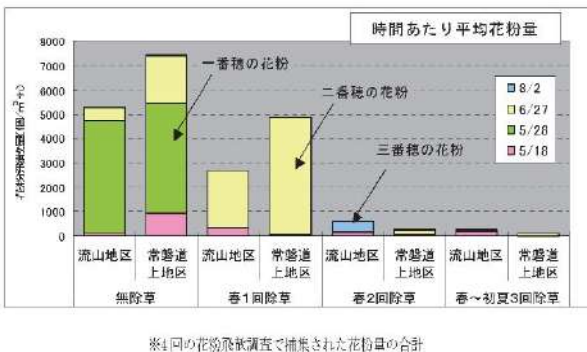


図3・5 除草回数と花粉飛散量との関係 (平成15年度、流山地区)

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

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

花粉捕集調査により、イネ科牧草類の開花期間中

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

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

表3・9 SPRINGプロジェクトが設定したイネ科花粉のリスク閾値

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

※24時間捕集した花粉の時間当たりの平均

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

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

(3) 江戸川におけるイネ科花粉症対策

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

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

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

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

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

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

3.5 年2回除草によるチガヤへの移行管理

(所報 第16号, p. 116-129)⁶⁾

(1) 年2回除草での堤防植生管理

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

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

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

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

(2) 烏・神流川における堤防植生タイプ

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

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

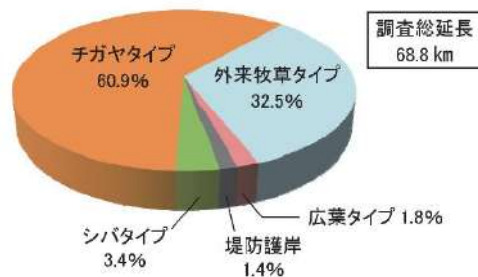


図3・6 烏・神流川における堤防植生タイプの分布割合（平成16年度）

(3) ネズミホソムギからチガヤへの移行管理

1) チガヤへの移行管理の考え方

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

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

とチガヤの競合関係が重要と考え、これら2種に的を絞った。

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

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

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

2) 植生タイプ別の優占種の生態

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

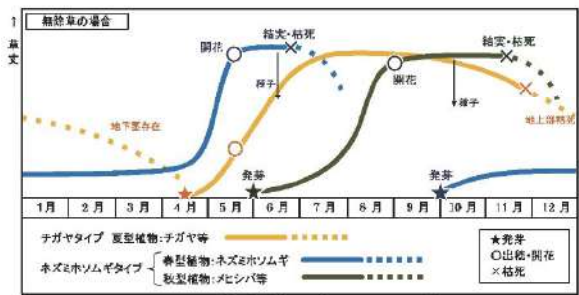


図3・7 優占種の生長イメージ

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

①直接的方法:ネズミホソムギの種子生産抑制

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

で、ネズミホソムギは種子繁殖のみの一年生草本ということである。

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

②間接的な方法:ネズミホソムギの芽生えの被陰

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

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

3) チガヤ移行に向けた除草時期

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

表3・10 除草時期の設定

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

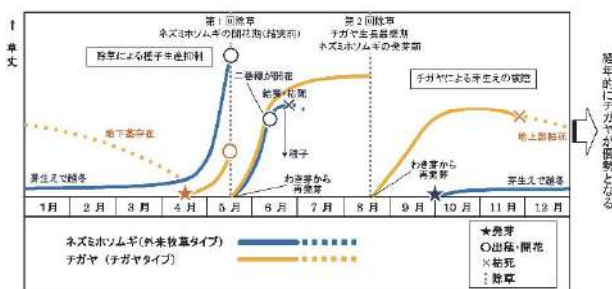


図3-8 5月・8月の除草下の競合関係イメージ

4) 堤防植生管理における実運用

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

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

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

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

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

■「5月・8月除草」の運用

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

3.6 緩傾斜堤における植栽工法

（所報 第13号, p153-169）⁷⁾

(1) 緩傾斜化による堤防植生管理における課題

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

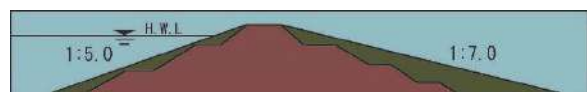


図3-9 首都圏氾濫区域堤防強化対策事業の堤防断面形状

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

(2) 望ましい堤防植生タイプの選定

堤防植生としての機能を満足し、地域特性に適し

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

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

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

(3) チガヤタイプ堤防への試験施工計画（案）の立案

1) チガヤの施工時の課題

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

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

2) 試験施工の目的

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

3) 各植生・植栽工法の既往知見の整理

①各植生の特性の整理

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

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

なお、現時点で市場流通していない種については、各図鑑等を基に整理した。

②植栽工法の整理

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

表 3・11 植栽工法一覧

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

4) 選定した試験施工工法による試験施工計画（案）の立案

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

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

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

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

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

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

よう「堤防植生試験施工計画（案）」を作成した。

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

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

図 3・10 堤防植生試験施工計画（案）の構成

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

(1) 植物成長調整剤等を用いた背景

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

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

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

(2) 本検討において設定した堤防植生管理目標

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

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

図 3・11 設定した堤防植生管理目標

(3) 検討対象とした堤防植生管理手法の概要

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

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

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

(4) 草丈による視認性及び植物相の評価

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

表 3・12 効果検証における評価値

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

草丈については、出水期間中(6月～10月)における

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

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

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

表3・13 各実験ケースの効果評価結果

堤防植生タイプ	実験ケース	草丈		植物相		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 フルルアリソール散布(11月)+刈取り(5月)	2	1	3	2	8	△
	2 ビスビバクナドリウム散布(4月)-刈取り(5月)	3	2	3	2	10	○
	3 刈取り(5月、8月)+芝蒔き(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散布(11月)+芝蒔き(2月)	3	2	3	2	10	○
シバタイプ	6 MCPA イソプロピルアミン塩散布(11月)	3	3	2	3	11	○
	7 MCPA イソプロピルアミン塩散布(11月)-芝蒔き(2月)	3	3	2	3	11	○
	8 MCPA イソプロピルアミン塩散布(11月)-刈取り(8月)	3	3	2	3	11	○
チガヤタイプ	9 フルルアリソール散布(11月)+刈取り(5月)	1	1	3	3	8	△
	10 ビスビバクナドリウム散布(4月)-刈取り(8月)	3	2	2	3	10	○
	11 刈取り(5月、8月)+芝蒔き(6月)	3	3	2	3	11	○
	12 刈取り(5月、8月)+集草処分(6月)	3	3	2	3	11*	△

*効果評価値が10以上の場合は、11と評価し、11と評価した場合は、11と評価した。

(5) 散布における安全性確認実験の実施

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

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

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



図 3・12 散水装置と実験地の状況

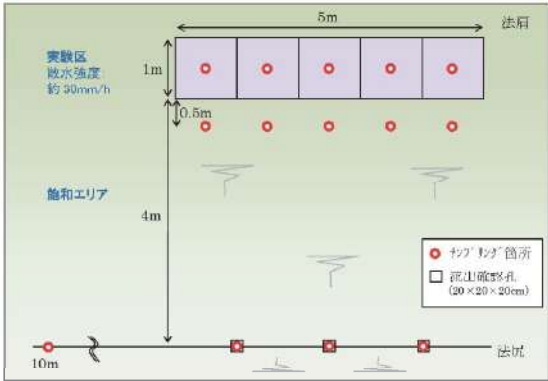


図 3・13 植物成長調整剤等流出の有無の確認実験場

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

(6) 検討結果と今後に向けての課題

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

1) 堤防植生の改善・保持効果

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

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

2) 植物成長調整剤等の安全性の確認

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

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

3) 維持管理コストの縮減

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

4) 今後に向けての課題

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

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

3.8 堤防植生タイプ区分調査の提案

(所報 第23号, p6-8)⁹⁾

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

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

(1) 調査方法と時期

堤防植生タイプ区分調査は、調査員による目視確認を基本とする。

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

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

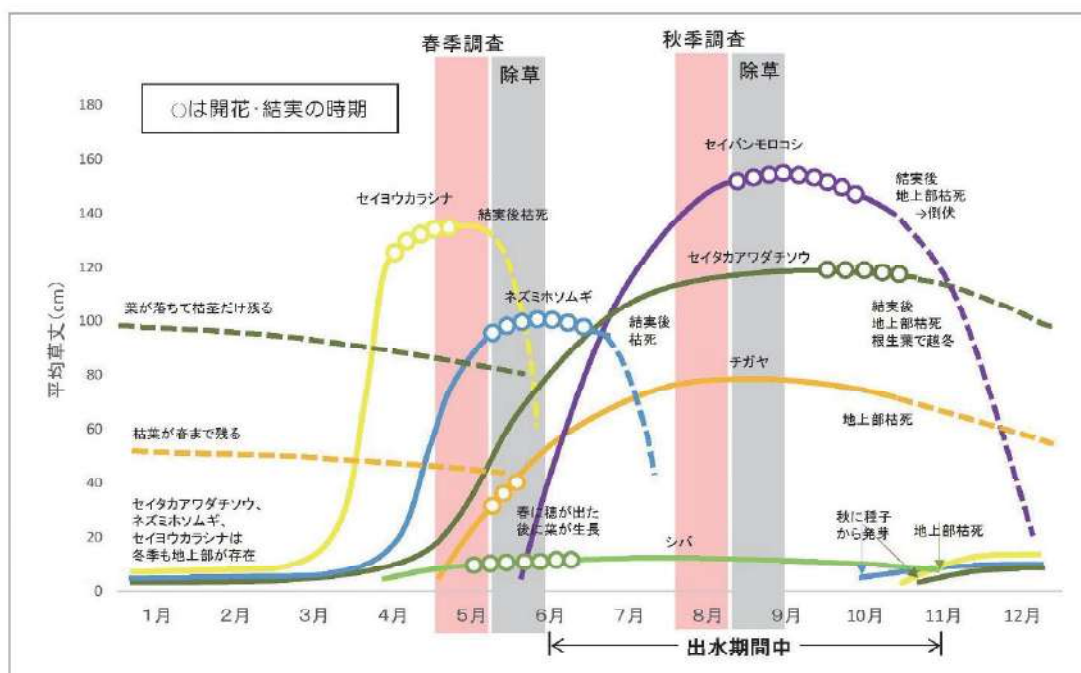


図3・14 堤防植生タイプの調査時期

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

(2) 調査対象範囲

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

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

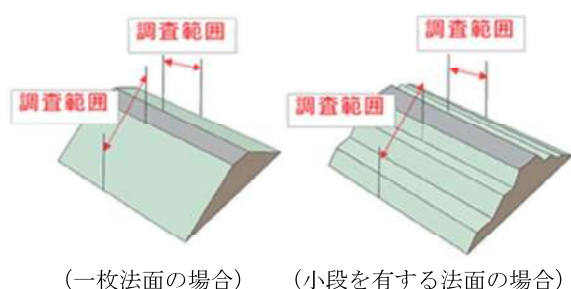


図3・15 調査対象範囲

(3) 記録方法

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

(4) 結果整理方法

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

a) 詳細図

管理区間内の距離標に応じた詳細がわかるタイプ区分(図3・16)

b) 概要図

管内全域が一目でわかる500m区間毎のタイプ区分(図3・17)

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

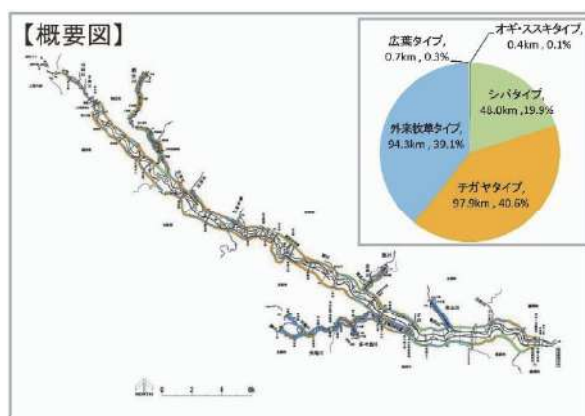


図3・17 堤防植生タイプ区分調査結果(概要図)

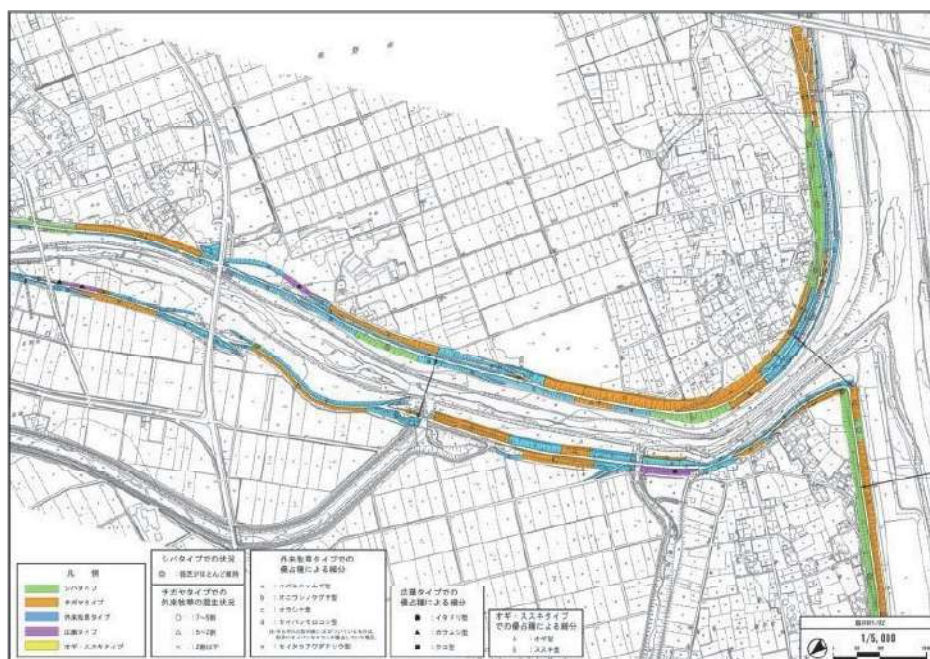


図 3・16 堤防植生タイプ区分調査結果(詳細図)

4. 堤防植生管理の体系化に向けて

4.1 堤防植生管理の体系化への方向性

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

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

4.2 体系化に向けて考慮すべき項目

(1) 堤防植生管理の項目の抽出・整理

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

以下に、現段階で考えられる項目を列記する。

①堤防植生の役割や機能

- ・降雨や洪水による流水からの堤体保護
- ・草地や傾斜地である法面における利用
- ・植生が生み出す河川景観
- ・イネ科植物による花粉症
- ・在来種や希少種等の植物
- ・堤防点検時の変状の確認し易さ

②植物の種類と機能（上記①）との関係

③堤防植生の実態、空間、時系列的な変化

④刈取り等の行為による植生の遷移

⑤管理行為に関わるコストや労力

⑥新技術の活用

⑦住民や土地利用等の地域要望・地域貢献

⑧堤防植生管理計画の策定

(2) 持続可能な堤防植生管理

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

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

渡良瀬川における植調剤等を用いた堤防植生管理の効果と課題

国土交通省関東地方整備局渡良瀬川河川事務所	正会員	○塚本	一三
公益財団法人 河川財団 河川総合研究所	正会員	八木	裕人
公益財団法人 河川財団 河川総合研究所	正会員	山本	嘉昭
公益財団法人 河川財団 河川総合研究所	正会員	森永	泰司

1. 目的

河川堤防は、洪水に対する流域の安全を確保する上で最も重要な河川管理施設である。しかしながら、現在の堤防の除草工事（刈取り 2 回・集草 1 回）では草丈の高い外来植物が侵入・繁茂等する状況となっており、セイバンモロコシ等による河川巡視や各種点検における目視確認への支障や、カラシナ等の生育による堤防機能の弱体化（堤防植生の耐侵食性の低下）等の問題が生じている。

この課題への対応として、渡良瀬川河川事務所では、植物成長調整剤・除草剤（以下、「植調剤等」という）を用いた除草工事と併せた堤防植生管理を試行的に実施し、外来植物を衰退させるとともに、耐侵食性が高いシバやチガヤの維持を図ることを目指した堤防植生管理について検討を行っている。

本稿は、渡良瀬川における植調剤等を用いた堤防植生管理の取り組みや、植調剤等による堤防植生の抑制効果についてまとめたものであり、これにより植調剤等の活用を堤防植生管理の一手法として実用化を目指すことを目的としている。

2. 渡良瀬川における堤防植生管理の現状と課題

（1）渡良瀬川の概要

渡良瀬川は、栃木県と群馬県の県境にある皇海山（標高 2,143.5m）に源を発する。上流部の栃木県日光市足尾町から群馬県みどり市大間々町までの急峻な溪谷や桐生市や足利市などの中心部を流れつつ、栃木県栃木市藤岡町で渡良瀬遊水地に入り、巴波川や思川と合流した後、茨城県古河市で利根川に合流する。幹川流路延長 111.7km、流域面積 2,621km² の一級河川である。



図1 渡良瀬川の位置

（2）堤防植生の現状と課題

渡良瀬川管内全体の堤防植生タイプ区分調査（平成 23, 24 年）によると、堤防植生の構成割合は、シバタイプ（19.9%）と、チガヤタイプ（40.6%）で約 6 割を占め、外来牧草タイプ（39.1%）も多く見られる。近年では、外来牧草タイプの中でも、セイバンモロコシが優占する区間の拡大が顕著である。

セイバンモロコシは草丈が高くなる傾向にあり、年 2 回の刈取りでは、刈取り後の伸長が著しいため、草丈を抑えることは困難である。夏季（出水期）における堤防植生の草丈調査でも、外来牧草タイプは草丈が高く（約 100～150cm 程度）なる傾向が見られ、出水期における堤防の変状発見に支障が生じることが考えられる。このため、草丈の抑制や外部からの外来牧草の侵入を防止する対策の検討が必要である。

また、渡良瀬川本川では、カラシナが優占する区間が約 2 割強を占めており、堤防を弱体化させ治水機能（耐侵食性）を低下させることが懸念されている。

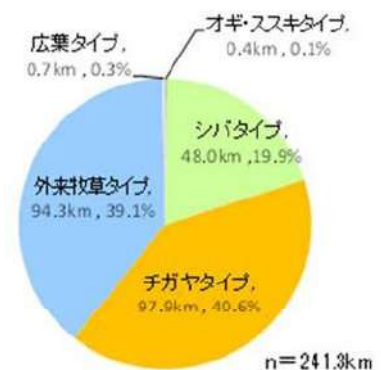


図2 渡良瀬川管内の堤防植生タイプ区分割合

キーワード 渡良瀬川, 堤防植生, シバ, 外来植物, 植物成長調整剤

連絡先 〒326-0822 栃木県足利市田中町 661-3 渡良瀬川河川事務所 TEL 0284-73-5551

3. 植調剤等を用いた堤防植生管理の取組み

(1) 植調剤等とは

農薬は、農薬取締法で下記のとおり定義される。「農作物を害する菌、線虫、だに、昆虫、ねずみその他の動植物又はウイルスの防除に用いられる殺菌剤、殺虫剤その他の薬剤及び農作物等の整理機能の増進又は抑制に用いられる植物成長調整剤、発芽抑制剤その他の薬剤をいう。」

農薬には防除対象、使用目的により様々な種類がある。植調剤等は、植物特有の合成系（光、アミノ酸、葉緑素等）に作用し、その機構を阻害するため、ヒト（動物）に対する毒性は極めて低いものである。



図3 農薬の分類

(2) 植調剤等を用いた堤防植生管理の経緯

渡良瀬川河川事務所では、植調剤等を用いた堤防植生管理に向けて、平成25～27年までの3年間、宇都宮大学附属農場において、植調剤等の現地実証実験（植調剤等の散布後の降雨流出等）を実施した。

この結果を踏まえ、本省・本局の了解を得て、平成28年から渡良瀬川及び秋山川の川裏において実証実験を開始し、令和2年度に実験結果をとりまとめた。この間、地元住民や自治体、関係機関等により構成される懇談会を開催し、地域等の理解を図りながら植調剤等を用いた植生管理に取り組んだ。



図4 植調剤等による植生管理

(3) 植調剤等を用いた効果

堤防植生の管理にあたっては、堤防植生タイプごとに管理目標を設定し、植生に応じた植調剤等を選定、散布した。

例として、令和2年度のシバタイプ（外来牧草の侵入が多い）における実証実験効果を示す。管理方法としては、5月に刈取りを行った後に、植調剤等の3回散布とした。この結果、夏期のセイバンモロコシの成長を停滞させることができ、特に夏場における草丈管理の面で非常に高い効果が見られた。また、10月末まで平均草丈40cm程度を維持したことから、視認性が継続的に確保された。

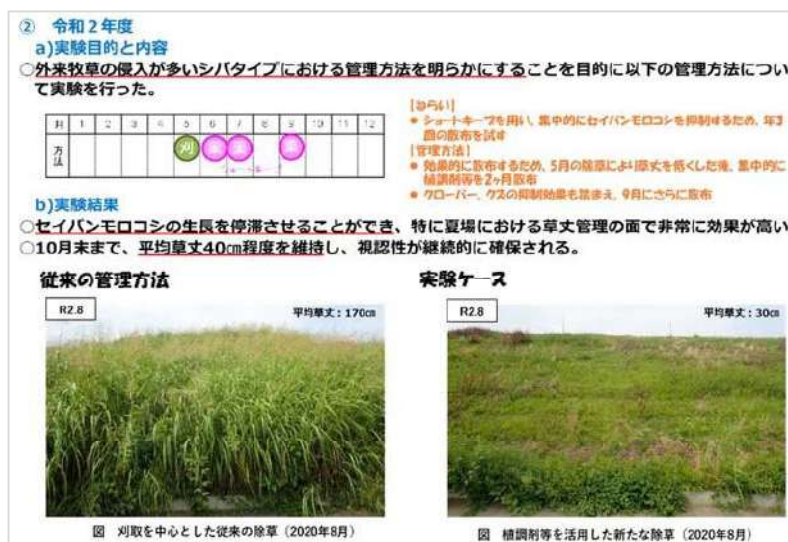


図5 植調剤等による堤防植生（シバ）の管理効果

4. 今後に向けた課題

(1) 実用化にむけた課題

- ・住宅が河川に近接する箇所において、植調剤等の散布に対する住民の理解が必要である。
- ・植調剤等の散布に対応可能な維持工事業者の育成が必要である。（特に、維持工事業者の散布技術の向上）

(2) 全国の堤防植生管理における使用

今回の渡良瀬川における植調剤等による堤防植生管理の実証実験結果により、抑制効果があることが分かった。このため、堤防植生管理の一手法として活用できるように、更に実証して参りたい。

植物成長調整剤・除草剤と刈取を組み合わせた 堤防植生管理手法の効果検証と 本格適用に向けた課題分析

ANALYSIS AND EFFECT VERIFICATION OF LEVEE VEGETATION
MANAGEMENT USING PLANT GROWTH REGULATOR AND WEEDING

森永泰司¹・山本嘉昭¹・八木裕人¹・樋口淳司²・萩原裕司²

Taiji MORINAGA, Yoshiaki YAMAMOTO, Hiroto YATSUKI,

Atsushi HIGUCHI, and Yuji HAGIWARA

¹正会員 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11-9)

²非会員 国土交通省 関東地方整備局 渡良瀬川河川事務所 (〒326-0822 栃木県足利市田中町661-3)

In this study, it verified the effects of a new method for combined levee vegetation management and weeding, based on the issues obtained from previous knowledge. In addition, it systematized to properly select of the effective methods, and it simulated on the procedure of select the effective method in Watarasegawa River as a case study.

As a result, the effective and low cost methods were clarified for each vegetation type that grows on the levee. But only, expensive methods are required for some vegetaton such as Johnson grass, Pueraria lobata and Trifolium repens. However, as a result of the simulation, it was shown that the cost reduction effect can be expected regardless of the managaement status of levee.

Key Words : levee vegetation management, Plant growth Regulator, weeding, Watarasegawa River, effective and low cost methods, Johnson grass, Pueraria lobata and Trifolium repens

1. はじめに

平成22年度の維持管理費における地方負担金の廃止以降、堤防植生は年2回の刈取(集草1回)により管理されている。しかし多くの堤防は、シバから他植生に遷移し、耐侵食性や視認性の低下といった問題が生じている。

この問題に対しては種々の検討がされており¹⁾、そのひとつのアプローチとして、植物成長調整剤・除草剤(以降、「植調剤等」という)の活用が検討されてきた。

植調剤等の堤防植生管理への活用検討は、植生の抑制効果とコスト縮減の可能性が示されて²⁾以降、植調剤等の使用時期や回数との組合せによる様々な手法が試行された^{3,4)}。この成果を踏まえ、堤防を被覆する代表的な植生(シバ、外来牧草、チガヤ)に対し、植調剤等と刈取の組合せによる効果的な管理手法について知見を得た。

しかし、これらの管理手法は、従来の維持管理費(単位面積当たり)を制約条件として検討されてきた。そのため、ツメクサ類、クズ、セイバンモロコシといっ

た堤防管理上において問題となる植生を十分に抑制できないといった課題が残されている。

本論文では、上記の課題に対し、維持管理費の制約条件を広げ、植調剤等と刈取の組合せを工夫した実証実験により抑制効果を検証した。また、検証により効果が確認された手法について選択手順を体系化した。さらに、手法の適用性について、渡良瀬川河川事務所管内をケーススタディとして時空間的に模擬検討し、今後、本格的に実務に適用するにあたっての課題を分析した。なお、以後、本論文では、植生管理手法を手法と略称する。

2. 植調剤等と刈取を組み合わせた堤防植生管理

手法の実証実験

(1) 実験概要

実証実験は、堤防植生タイプ毎に植生管理目標の達成が期待できる手法を設定し、5月と9月に刈取(従来手

法)を行う対照区と植調剤等を使用する実験区を比較することにより実施した。

a) 堤防植生タイプ

堤防植生タイプとは、堤防管理の視点による堤防植生の分類方法³⁾であり、主に、シバタイプ、チガヤタイプ、外来牧草タイプによる植生区分である(図-1)。植生タイプ毎の植生管理目標は、表-1に示す。

b) 実施場所

実験場所は、渡良瀬川左岸川裏19k付近、並びに秋山川(渡良瀬川左支川)左岸川裏0.8k付近である(図-2)。

c) 評価方法

検証した手法の評価は、植被率、平均草高の2つの指標(表-2)を用いて評価した。

(2) 検証ケース

実験区の検証ケースは、過去に検証された手法(検証段階1)の課題を踏まえ、維持管理費の制約条件を緩和した手法(検証段階2)について以下に示す考え方により設定した(表-3)。

a) シバタイプ

問題となる植生の侵入が少ないシバ堤には、植調剤等2回、刈取1回(手法a)により質の高いシバ堤が維持できることが分かっている。一方、問題となる植生が多く生育するシバ堤は、手法aにより抑制できないという課題が残されている⁴⁾。

上記の課題を踏まえ、本検証ケースでは、植調剤等の散布回数を増やした手法eにより、問題となる植生であるツメクサ類、クズ、セイバンモロコシの抑制効果を検証した。なお、手法eは、ツメクサ類やクズが拡大する6~7月とセイバンモロコシが結実する9月に、シバに選択性を有するビスピリバックナトリウム塩液剤を散布するよう工夫した。

b) 外来牧草タイプ

植調剤等1回、刈取2回(手法b)は、セイヨウアブラナ・カラシナの地上部を単年でほぼ枯死できる。2年目には、多年生草本であるセイバンモロコシ、セイタカアワダチソウへ遷移し拡大する可能性があるが、継続した使用により、3年目の春季には1年生イネ科植生であるエノコログサやメヒシバへ転換することが分かっている。ただし、使用したグリホサートカリウム塩液剤は、シバを含めた全ての植生に対して抑制効果を持つため、維持したい植生がある場合は使用を控える必要がある。そのため、手法bは、エノコログサやメヒシバへの転換後の管理手法に課題が残されている⁴⁾。

上記の課題を踏まえ、本検証ケースでは、手法bを継続的に使用しエノコログサやメヒシバへ植生遷移した区間を対象に、刈取のみの4回刈り(手法g)へ移行し、問題となる植生であるセイバンモロコシの再繁殖防止について検証した。

c) チガヤタイプ

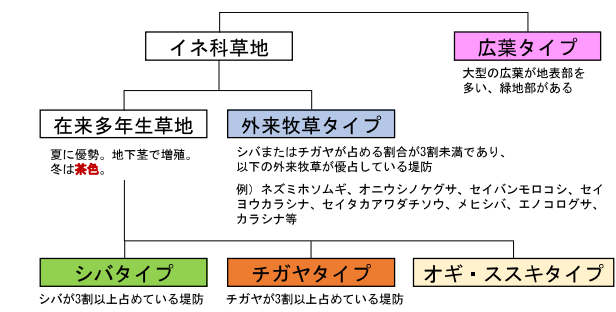


図-1 堤防植生タイプ

表-1 植生タイプ毎の堤防植生管理の目標

植生タイプ	堤防植生管理の目標
シバタイプ	現状のシバの維持
外来牧草タイプ	問題となる植生の衰退と管理し易い他の植生への遷移
チガヤタイプ	低い草丈のチガヤの維持

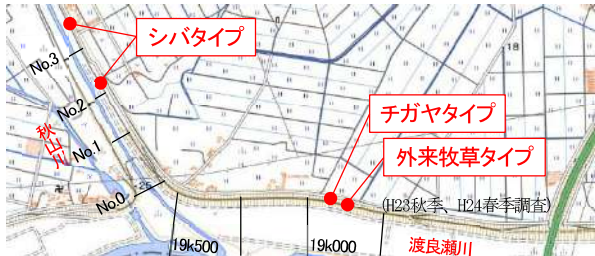


図-2 実施場所

表-2 評価指標

指標	内容	評価目安
植被率	調査区画を植生が覆う面積割合(%)を植生種毎に評価したもの。目視観察に基づく。異なる植生が混在するため、区画内に繁茂する全ての植生の植被率の合計値は100%を超える。	着目する植生の植被率の増減及び抑制(約5%以下)
草平均高	調査区画内の草高の平均値(m)。なお、草高は植物の自然の高さであり、まっすぐに伸ばした長さを測定した草丈とは異なる。	点検時の視認性におお、草高は植物の自然の高さであり、まっすぐに伸ばした長さを測定した草丈とは異なる。低い草高の維持(約40cm以下)

表-3 植調剤等と刈取を組み合わせた手法

検証段階	手法	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	対象の植生	実施単価(円/千㎡)
-	従来	刈	集			刈			-	44,890(100%)
段階1	a	薬		刈		薬			シバ	33,872(76%)
	b	刈				刈	薬		外来牧草	35,833(80%)
	c		薬			刈	刈		チガヤ	40,183(90%)
	d		刈	薬			刈		チガヤ	40,183(90%)
段階2	e	刈	薬	薬		薬			シバ	62,841(142%)
	f	刈		刈		薬			チガヤ	40,183(90%)
	g	刈	刈	刈	刈				外来牧草 チガヤ	46,166(101%)

刈：刈取 集：集草
薬₁：ハロスルフロンメチル水和剤、アシュラム液剤
薬₂：MCPA イソプロピルアミン塩液剤
薬₃：グリホサートカリウム塩液剤
薬₄：ビスピリバックナトリウム塩液剤

平成29年度から平成31年度（令和元年度）の3カ年に渡り、チガヤの結実時期（5月～6月）に合わせた植調剤等1回、刈取2回（手法c,d）の効果を検証した。この結果、チガヤの単一植生は維持できる一方、チガヤの草高を低く維持する効果が不十分であるという課題が残されている。

上記の課題を踏まえ、本検証ケースでは、チガヤの草高が最も高くなる9月における植調剤等の使用（手法f）および刈取のみの4回刈り（手法g）を実験し、チガヤの単一植生の維持に加え、草高を低く維持できるかについて効果を検証した。

(3) 検証結果(シバタイプ)

a) 植被率

図-3(a)は、実験区に植調剤等3回、刈取1回（手法e）を適用した場合の植被率の月別変化である。着目すべき植生であるツメクサ類、クズ、セイバンモロコシのうち対照区及び実験区ともに繁茂が確認されたクズ、セイバンモロコシについて比較した。

クズは、対照区において6月から8月にかけて植被率がそれぞれ30%に拡大する。一方、実験区はクズを抑制し、8月以降はほぼ消滅した。

セイバンモロコシは、対照区において5月から10月にかけて植被率が0%から50%に増加した。一方、実験区においては、5月時点で植被率50%を占めていたセイバンモロコシを20%まで抑制する効果が確認できた。

b) 平均草高

シバ及びツメクサ類やクズは、地表面に沿って拡大する種であるため、対照区と実験区の平均草高に大きな差はなく、20cm前後を維持する。一方、セイバンモロコシは、対照区で平均草高が170cmまで生長し視認性に支障を生じる。一方、実験区は期間を通じて30～40cmの草高を維持した（図-3(b)）。

c) まとめ

植調剤等3回、刈取り1回（手法e）は、クズの抑制効果を有し、セイバンモロコシに対しては、植被率を30%程度減ずる抑制効果と低い草丈を維持する効果を有する。これは対照区の植被率が逆の傾向を示していることから効果も期待できる。これらの効果は、現状のシバを維持し、さらに拡大可能となる法面環境を創出できる可能性を示唆している。

(4) 検証結果(外来牧草タイプ)

a) 植被率

図-4(a)は、植調剤等1回、刈取り2回（手法b）を適用した次年度における主要な植生の植被率である。

5月時点はスギナが優占したが、その後、青山ら⁴⁾が示した結果同様、問題となる植生に比べ管理の容易なメヒシバやエノコログサといった1年生イネ科植生への遷移を確認した。また、5月以降に刈取のみ（手法g）の管

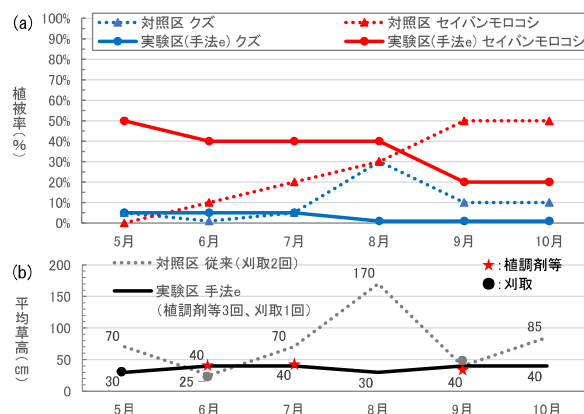


図-3 植被率の月別変化 (%) と平均草高 (シバタイプ)

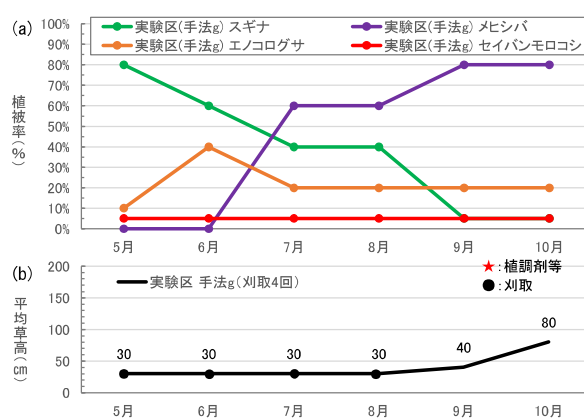


図-4 植被率の月別変化 (%) と平均草高 (外来牧草タイプ)

理に移行した結果、セイバンモロコシの植被率は5%以下を維持した。

b) 平均草高

手法gは、刈取頻度の高い5月から8月まで30cmの草高を維持したが、8月の刈取以降、40cm（9月）、80cm（10月）と草高が上昇した（図-4(b)）。

c) まとめ

外来牧草タイプの堤防については、非選択性を有するグリホサートカリウム塩液剤を用いた手法bを継続使用することにより、問題となる植生を管理の容易なメヒシバやエノコログサへ遷移できることを改めて確認した。ただし、十分な効果を得るまでには、約3年から4年程度を要する。

また、問題となる植生の抑制後に刈取のみ（手法g）の管理へ移行しても、問題となる植生の再繁茂を抑制できることが明らかになった。

(5) 検証結果(チガヤタイプ)

a) 植被率

図-5(a)は、植調剤等1回、刈取2回（手法f）及び手法gを実施した際の植被率である。手法fは8月までチガヤが優占するが、9月以降にセイバンモロコシが急激に成長

しチガヤと同程度まで拡大する。一方、手法gは、5月から10月まで植被率50%前後のチガヤ単一植生を維持する。

b) 平均草高

図-5(b)は、チガヤタイプの区画における平均草高の変化である。手法fは1ヶ月間刈取しないことにより50cmほど草高が上昇する傾向が確認され、最大で100cmに及ぶ。また、9月に実施した植調剤等の散布は、チガヤが高い草高の状態のまま枯死するため、視認性の面において十分な効果を得ることはできなかった。

手法gは、刈取頻度の高い5月から8月の期間に30～40cmの低い草高を維持できる。ただし、9月以降は刈取しないため生長が進み、最終的に90cmまで上昇した。

c) まとめ

チガヤタイプは、植調剤等の使用により低い草高を維持できる可能性は低く、刈取回数を確保する方が、草高の低いチガヤ植生を維持できる可能性が高い。そのため、現状においては、刈取頻度の高い手法gの適用が適切な手法といえる。

3. 適切な堤防植生管理手法の体系化

(1) 各手法の選択フロー

前章における実証実験の結果に基づき、現場の堤防植生タイプを見極めたうえで、適切に堤防植生管理手法を選択可能とするフローを図-6に体系的に整理した。

手法の選択手順は、はじめに堤防の植生タイプを確認し、シバタイプ、外来牧草タイプ、チガヤタイプに分類する。そのうえで、分岐条件である植生の状態による判断および政策上の判断を踏まえ手法を決定する。

シバタイプは、問題となる植生の侵入の有無を分岐条件とし、侵入が無い場合は手法a、有る場合は手法eを適用する。この分岐条件は、植被率が5%程度のツメクサ類が残存する場合、植調剤等の効果を得られず拡大することが青山ら⁴⁾により確認されていることから、植被率5%以上を侵入有りとみなす。

外来牧草タイプは、問題となる植生が優占する場合、問題の少ない1年生イネ科植生への遷移を目標に、手法bを3年程度使用することを基本とする。または、セイバンモロコシの植被率を単年度で30%程度減ずることができる手法eが、その効果発現期間の短縮化の特徴を踏まえ、河川管理者の政策上の判断によって適用候補となり得る。一方、優先する種が1年生イネ科植生といった問題の少ない種である場合は、手法gの管理により低い草高の維持に努める。

チガヤタイプは、手法gにより草高の低いチガヤ堤を維持する。

次年度以降は、前年度の手法の適用効果を踏まえ、改めて分岐条件を判断したうえで手法を決定する。

(2) フローの注意点

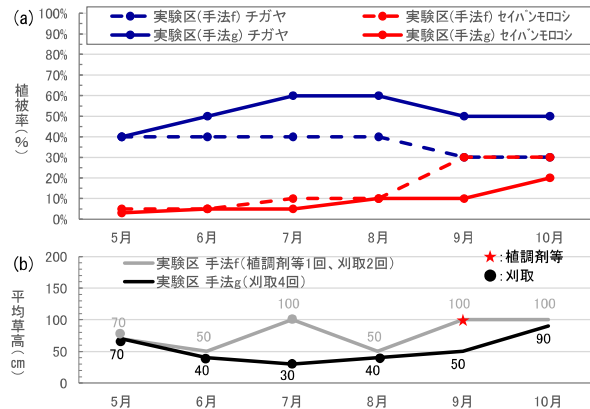


図-5 植被率の月別変化 (%) と平均草高 (チガヤタイプ)

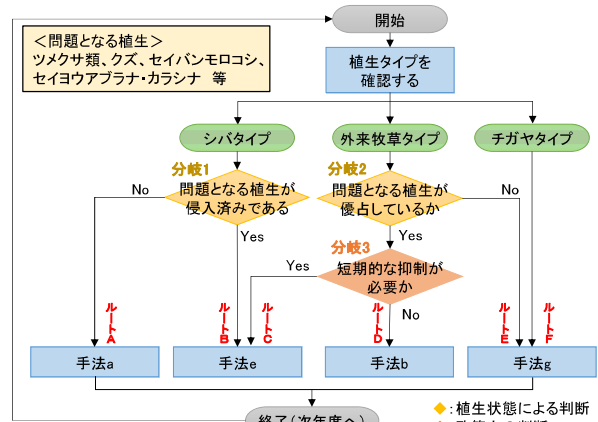


図-6 各手法の選択フロー

外来牧草タイプに用いる手法bは、グリホサートカリウム塩液剤がシバを含めた全ての植生に対して抑制効果を持つため、1年生イネ科植生への遷移後は、継続的な使用を控える必要がある。

また、手法eは植生の抑制効果と低い草高を維持する効果が高い一方で、表-3に示すとおり、従来の手法に比べて1.4倍ほど高価であるため、適用範囲や適用期間によって維持管理費を逼迫する危険性を有している。そのため、適用にあたっては、使用範囲の制限や安価な手法との組み合わせによる管内全体における費用の平準化等を検討する必要がある。

4. 渡良瀬川河川事務所管内への模擬検討

図-6を実務へ本格適用するには、手法の適用による植生状況の変化を予測し、限りある維持費の中で適切に管理できるかマネジメントする必要がある。

そこで、堤防植生管理のマネジメントサイクルに関する趣向として、渡良瀬川河川事務所管内の植生タイプを初期条件に、図-6の手法選定のフローによる模擬検討

を行った。模擬検討では、手法適用後10年目までに要する維持管理コストと植生遷移の関係性について、以下の手順により検討した。

(1) 条件設定

a) ルートの分岐率

手法適用1年目の分岐条件（表-4）は、検討I、IIの2種類を仮定した。検討I、IIは、図-6内における分岐1及び2を同条件とし、分岐3（外来牧草タイプを短期的に処理するか）が異なる。分岐3は河川管理者による政策上の判断によるものであり、検討IIが外来牧草を短期的に処理する必要があると政策上判断した場合である。

2年目以降の分岐条件（表-5）は、前年度の処理効果による植生変化を確率論的に仮定し、次年度ルートを設定した。例えば、シバタイプへ手法eを適用するルートBの場合は、区画の60%について十分な効果を発揮しルートAに進む一方、残り40%は効果が薄く、次年度もルートBの処理を繰り返すことを意味する。

b) 植生タイプの設定（初期条件）

初期条件となる植生タイプの設定は、渡良瀬川河川事務所管内の植生管理を必要とする区間を250m毎に分割した975区画について図-7のとおり分類した。

初期条件 i は、渡良瀬川河川事務所管内の堤防植生タイプを参考に、シバタイプが175区画（17.9%）、チガヤタイプと外来牧草タイプがそれぞれ400区画（41.0%）と設定した。初期条件 ii と iii は、初期条件 i をベースに、管理状況の良否を表現するため、シバタイプと外来牧草タイプをそれぞれ150区間ずつ増減させた。

(2) 模擬検討結果

a) 維持管理コスト

図-8と図-9は、体系化手法のコストについて従来手法（刈取2回、集草1回）に要するコストを基準とした差額とその累計額であり、正の値は体系化手法が安価であることを示す。

検討I（図-8）において、初期条件 i 及びシバの多い初期条件 ii は、1年目にシバへコストの高い手法eを適用することにより費用負担が生じる。しかし2年目以降は、従来手法よりコスト面で優位となる。またその効果は ii の方が大きい。一方、シバの少ない初期条件 iii は、7年目以降に従来手法に比べ負担が大きくなる。これは、最終的に、シバタイプが安価な手法a、外来牧草タイプとチガヤタイプが若干高価な手法gを適用するためである。

検討II（図-9）は、シバタイプに加え外来牧草タイプに対しても手法eを適用するため費用負担が大きく、問題となる植生を抑制するために1、2年目の負担が大きい。単年度の差額では、初期条件 i、ii において3年目以降に負担軽減へ転換するが、初期条件 iii はコスト縮減効果を得られない。なお、コスト縮減の累計額においては、費用負担を回収できるのは初期条件 i が9年目、初期条件 ii

表-4 ルートの分岐率（1年目）

	分岐1		分岐2		分岐3	
	yes	no	yes	no	yes	no
検討I	100%	0%	100%	0%	0%	100%
検討II	100%	0%	100%	0%	100%	0%
適用する手法	e	a	-	g	e	b

表-5 ルートの分岐率（2年目以降）

項目	ルート									
前年度ルート	A		B		C		D		E	F
次年度ルート	A	A	B	C	E	E	D	E	E	F
分岐率(%)	100	60	40	40	60	100	40	60	100	100
備考	-	-	-	-	-	3年目まで	4年目以降	-	-	-

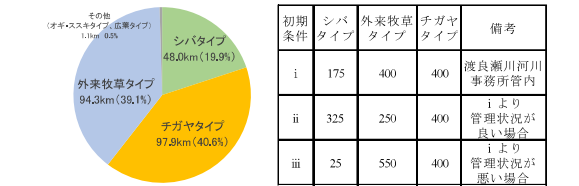


図-7 渡良瀬川河川事務所管内の堤防植生タイプと初期条件

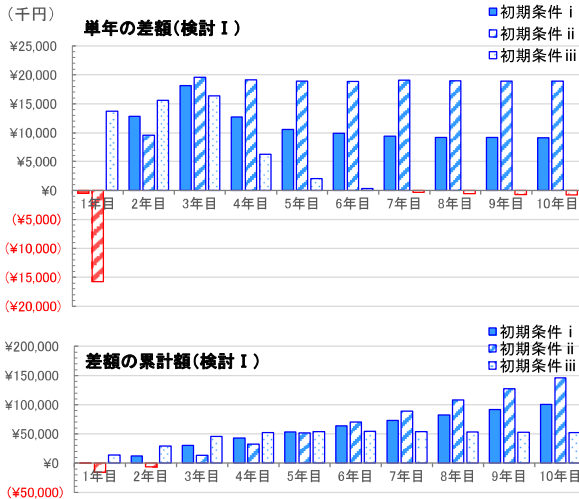


図-8 従来手法を基準とした体系化手法のコスト（検討I）

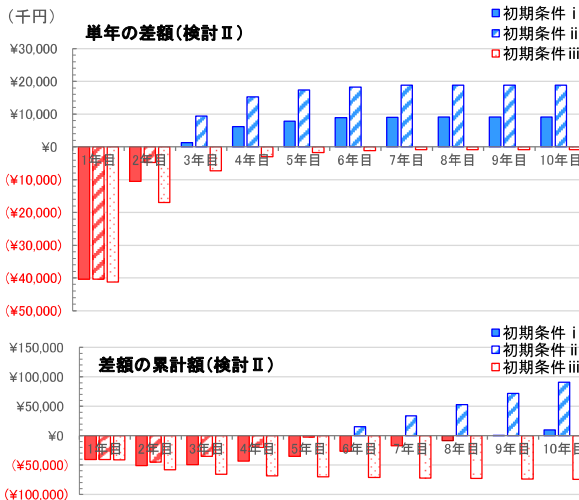


図-9 従来手法を基準とした体系化手法のコスト（検討II）

が6年目となる。

b) 植生遷移

図-10は、初期条件iにおける植生遷移の割合を示したものである。検討Iに比べ検討IIの条件の方が、問題となる植生を早期抑制でき、全体の10%未満となるまでの期間を2年程度短縮した。一方、初期条件ii, iiiについても同様の傾向を示したため、シバや外来牧草の初期状態が、その後の植生変化に影響する程度は小さいと考えられる。

c) 考察

以上の結果は、表-4.5に示す条件設定に大きく依存するが、植調剤等のような化学的な手法の導入により、手法適用後のコストと植生変化を定量的にマネジメントできる可能性を示している。

(3) 実用化にあたっての課題

a) 刈取のコスト削減策の検討

本論文で示した手法選定フローは、最終的に4回刈り（手法g）の適用区間が多くを占めることになる。渡良瀬川河川事務所管内の管理全区間に4回刈り（手法g）を適用した場合は、桐生出張所のみコスト削減効果が得られないことがわかった。これは、適用箇所条件によってコスト増となる可能性を示唆している。

コスト増の原因として、桐生出張所の肩掛け式による除草面積は、その他の出張所に比べて3～4倍と高く、これに伴い全ての除草コストに占める肩掛け式の割合も55.0%と高いことがわかった（図-11）。

今後は、刈取方法を手法選定の条件として組み込むとともに、急勾配の区間に対する刈取方法のコスト削減策の検討が課題である。

b) 集草の必要性の検討

本論文で示した植調剤等と刈取を組み合わせた手法は、低い草丈を維持できるため集草を必要としない手法である。しかし、管理状況が悪い堤防に対し本手法を適用する際は、適用初年度において草高が高く、刈草量が多くなることが想定される。今後は、本手法適用の初期段階における草高と刈草量の関係性について検討し、集草を必要とする条件を明らかにする必要がある。

5. まとめ

本論文では、植調剤等と刈取を組み合わせた堤防植生管理手法について、クズ等の抑制が困難な植生に対し、維持管理費の制約条件を緩和した手法の効果検証を行った。その結果、手法eが、クズやセイバンモロコシを十分に抑制できることを明らかにした。また、既往の知見を踏まえ、植生タイプと植生条件を分岐条件とした効果的な手法（手法a,b,c,g）の選定フローを体系化できた。

加えて、選定フローに基づく手法の本格適用に向けて、渡良瀬川河川事務所をケーススタディとして植生の初期状態等を仮定し、維持管理コストについて模擬検討

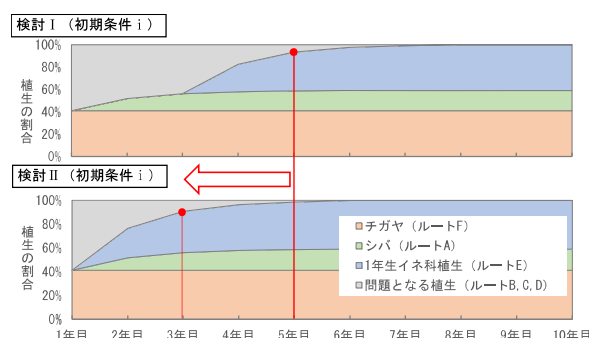


図-10 体系化手法の適用による植生の割合

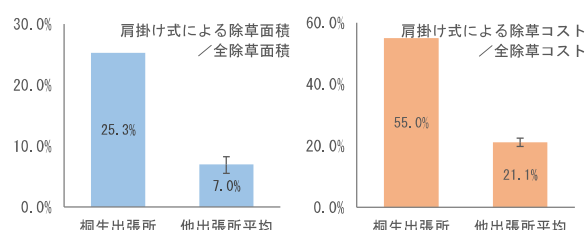


図-11 桐生出張所の肩掛け式による除草割合

した。結果、効果の高い手法eの適用による費用負担は、植生の初期状態とその後の植生変化により最短で2年目からコスト削減効果を得る一方、効果を得られない場合もあることが明らかとなり、戦略的な植生管理には植生の初期状態の把握が重要であることを示した。

謝辞：本論文の執筆にあたり、国土交通省 渡良瀬川河川事務所 管理課の皆様にはデータの提供、執筆のご協力を頂きました。ここに深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 山本嘉昭，八木裕人：河川財団が取り組んできた堤防植生に関する調査研究成果の系統的整理，河川総合研究所報告第25号，2020年
- 2) 大澤寛之，山田正雄，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年6月
- 3) 青山治彦，山本嘉昭，八木裕人，須田隼人，塩見真矢，野村利幸，中濱匡：渡良瀬川における植物成長調整剤を用いた堤防植生管理手法の検討，河川技術論文集，第24巻，2018年6月
- 4) 青山治彦，山本嘉昭，八木裕人，小林裕之，中濱匡：堤防を対象とした植物成長調整剤・除草剤の2年目使用の効果と植生管理法への反映，河川技術論文集，第25巻，2019年6月
- 5) 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年

(2021.4.2受付)

堤防法面の芝の維持に向けた 基盤土からの発芽抑制手法の提案

PROPOSAL OF METHODS TO INHIBIT EXOTIC PLANTS GERMINATION FROM BASE SOIL FOR MAINTENANCE OF TURF ON LEVEE

山本嘉昭¹・宝藤勝彦²・田口恵子³

Yoshiaki YAMAMOTO, Katsuhiko TAKARAFUJI and Keiko TAGUCHI

¹正会員 工修 公益財団法人 河川財団 河川総合研究所（〒103-0001 東京都中央区小伝馬町11-9）

²正会員 公益財団法人 河川財団 近畿事務所（〒540-6591 大阪府大阪市中央区大手前1-7-31）

³非会員 公益財団法人 河川財団 河川総合研究所（〒103-0001 東京都中央区小伝馬町11-9）

堤防の築造時等には法面保護を目的とした張芝が行われ、基本的に芝の育成を目的とした抜根等の養生工が行われる。しかしながら、高草丈の外来植物等が発芽や侵入により生育・繁茂すると、芝が被陰されて衰退する。芝の衰退や外来植物等の侵入は堤防法面の耐侵食力の低下、高草丈草本による堤防点検等の目視確認への支障等、堤防管理に影響を与えることになる。筆者らは、このような問題解決のため、芝以外の植生の侵入・生育の要因として張芝及び堤防工事で用いられる土砂に着目した。

本稿では、施工直後における張芝及び土羽土からの発芽抑制に着目し、植調剤等を用いた高草丈草本等の発芽抑制及び張芝の保護が可能となる施工及び芝養生手法を提案する。

Key Words: levee vegetation, maintenance, turf, base soil, inhibit germination

1. はじめに

築堤や補修等の際には、降雨や流水による侵食から堤防法面を保護するために張芝が行われる。その後は、基本的に芝の育成を目的とした3年間の養生工（抜根、除草、集草等）が行われる。しかし、草丈の高い草本が発芽や侵入し、生育・繁茂することで芝が被陰され、さらには衰退してしまう。この芝の衰退や高草丈草本の生育・繁茂により、堤防法面の耐侵食性の低下や堤防点検等における目視確認がし難くなる等、堤防の適切な維持管理に支障を与えている。

山本ら¹⁾は、これらの支障要因となる堤防植生を外来牧草タイプと定義し、同タイプの抑制を課題とするとともに、堤防植生として望ましい芝やチガヤが優占する堤防を含めた3区分による現状把握を行い、堤防植生に応じた管理基準を設定して植生管理する手法を提案している。さらには、植物成長調整剤・除草剤（以下「植調剤等」）を用いた植生管理手法について、実験結果に基づく有効性を示している。

また、青山ら²⁾は、新規堤防の張芝を対象とし、養生工として行う抜根作業を植調剤等（生育した植物に効く

茎葉処理剤）の散布に変更することで、シロツメクサの生育・繁茂が抑制され、張芝の質が向上することを実証している。中でも、春から夏にかけて繁茂する雑草の多くは、河道掘削等の土砂を流用した土羽土に含まれる埋土種子から発芽したものである。植調剤等（茎葉処理剤）の使用は、これらの生育・繁茂した植生を抑制し、養生初期における芝の維持という面から高い効果が得られるが、埋土種子からの発芽抑制が課題といえる。

このような背景を踏まえ、本研究は、施工直後の張芝及び土羽土からの発芽抑制に着目し、施工段階において発芽に効く植調剤等で処理することにより高草丈草本等の雑草の発芽を抑制し、張芝を保護する技術を確立して、適切な堤防植生管理につなげることを目的とした。

なお、本稿は、張芝と土羽土を対象とした2つの手法（①張芝の施工直後に植調剤等（土壌処理剤）を散布する手法、②土羽土に使用する土砂及び張芝を行う前の法面に植調剤等（茎葉・土壌処理剤）を散布する手法）による実証実験を行い、これらの結果を基に考察・総括して、堤防法面の芝の維持に向けた土羽土からの発芽抑制手法を提案したものである。

2. 張芝の施工直後に土壌処理剤を散布する手法



図-1 実験場所

表-1 実験区と芝養生

実験ケース	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
対照区			抜	肥	抜			抜	
試験区1			薬		薬			薬	
試験区2	薬				薬			薬	

表-2 芝養生工の内容

管理手法	内容
植調剤等	・降雨を避けるとともに、周辺への飛散防止を考慮し平均風速3m以下の日に散布 ・低ドリフトノズルを装着したハンドガイドと動力式噴霧機を搭載した給水車をホースにて接続し、散布
抜根	・人力にて、雑草を根より除去
施肥	・普通化成(8-8-8)を散布機により散布(10,000㎡あたり300kg)
集草処分	・抜根後の草を集めて処分

(1) 目的

張芝の施工後から養生管理実施までの期間に生育する雑草（基盤土壌内の種子から）の発芽抑制を目的とする。

(2) 実験方法

a) 実験場所

全国の河川のうち、植調剤等を用いた堤防植生管理の実用化に向けて試行している栃木県佐野市を流れる秋山川（渡良瀬川の左支川）の左岸（図-1）を実験場所とし、築堤直後の裏法面において、1区画を幅10m、法長10mで設定した。

b) 実験期間

植調剤等の散布から堤防の植生が枯れる時期となる、平成31年3月から令和元年11月までの8ヶ月間とした。

c) 実験区と芝養生工

実験区は、張芝後の養生工を想定し、通常管理（抜根3回、施肥1回）の対照区と、植調剤等（茎葉処理剤）を使用する2つの試験区を設定（表-1、表-2）した。このうち、試験区2では、発芽後に土壌に形成された処理層に触れることで枯死する土壌処理剤（カフェンストロール）を3月に使用することとした。試験区1及び試験区2で使用した植調剤等について、表-3、表-4に示した。

d) モニタリング調査

モニタリング調査は表-5に示す項目とし、平成31年5

表-3 使用した植調剤等（試験区1、試験区2に共通）

使用時期	植調剤等 (有効成分)	植調剤等の作用と目的
7月	アシュラム	雑草一般の生育期にシバには影響がなくエノコログサ、メヒシバの1年生イネ科雑草を抑制
10月	MCPAイソプロピルアミン塩	シバには影響がなく、既に生育している、シロツメグサ等の広葉雑草を抑制
-	ハロスルフロンメチル	シバには影響がなく、広葉雑草等の発芽、初期の生育を抑制

表-4 使用した植調剤等

使用時期	植調剤等 (有効成分)	植調剤等の作用と目的
5月 (試験区1)	アシュラム	雑草一般の生育期にシバには影響がなくエノコログサ、メヒシバの1年生イネ科雑草を抑制
	ハロスルフロンメチル	
3月 (試験区2)	カフェンストロール	日本芝に対し茎葉部、根部、ランナーの生育にほとんど影響がない、選択性の高い土壌処理剤
	ハロスルフロンメチル	

表-5 モニタリング項目

項目	方法及び確認項目
定点写真	コドラートを2カ所設置し、定点写真の撮影 堤防植生の変化や堤防表面の視認性を確認
植生調査	生育する全植物を対象：種名、被度(%)（植物毎のコドラートに占める面積割合）、草高
根系強度調査	ベーン式根系強度計を用いて5カ所を計測し、平均値算出（令和元年6月、9月に実施）

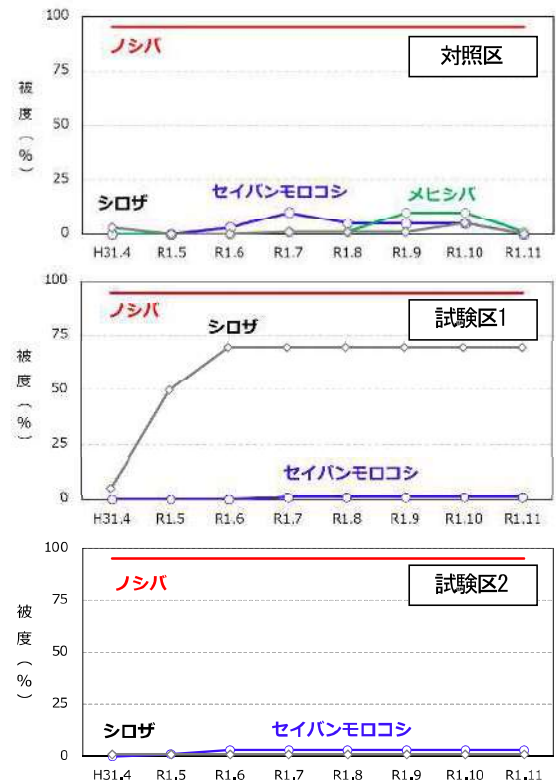


図-2 主な植生の被度の変化

月から令和元年11月において毎月行った。

なお、除草及び植調剤等の散布を実施する月は、事前に調査を行った。

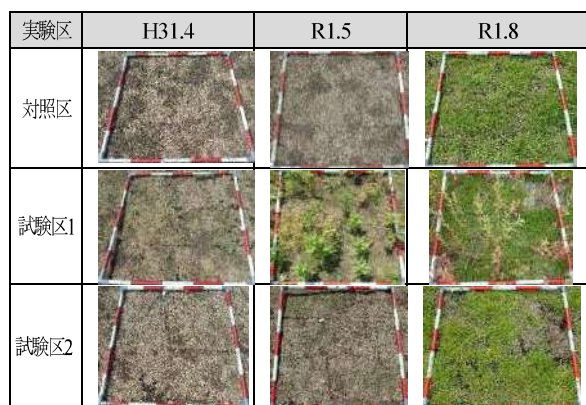


図-3 堤防表面の視認性の確認（定点写真）

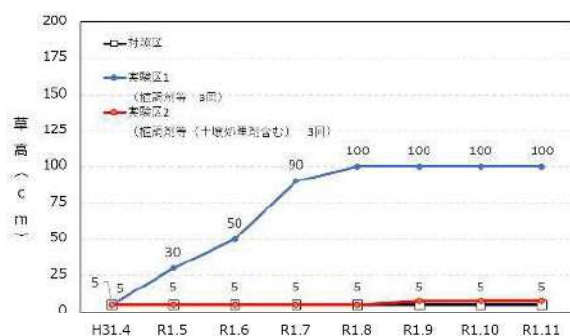


図-4 養生1年目の平均草高の月別変化

e) コスト調査

通常管理（抜根3回、施肥1回）は、平成26年度の渡良瀬川河川事務所管内における直接工事費を基に算出した。また、植調剤等の散布に関しては、平成31年の国土交通省の歩掛実績を基に、施工実績のある業者へのヒアリングを踏まえてトラック等の単価を修正したものを用いた。

(3) 実験結果

a) 植生変化の把握

ノシバの他、主な雑草として観察されたセイバンモロコシ、シロザ、メヒシバの被度の推移を図-2に示す。

各実験区とも、ノシバの被度は95%となった。

対照区では、5月の抜根によりシロザの生育が抑えられた。ただし、セイバンモロコシやメヒシバは5月以降、被度10%程度となっている。試験区1では、シロザを抑制できず、被度70%まで繁茂した。試験区2では、実験期間を通して主な雑草の被度は約5%以下となり、土壌処理剤を含む植調剤等による抑制効果が見られた。

b) 堤防表面の視認性の確認（定点写真、平均草高）

実験期間中における主な定点写真（4月、5月、8月）を図-3に示す。

4月時点は、各実験区ともに張芝直後のため、芝は茶色のままであるが、試験区1では萌芽が見られる。

5月には対照区で抜根作業、試験区1では植調剤等を散布した。試験区1では4月に侵入した雑草が生育しているが、試験区2では雑草の繁茂は見られない。

表-6 根系強度の変化（単位：N・m）

実験区	NO	1	2	3	4	5	平均値
対照区	6月	27	18	20	19	40	25
	9月	54	69	55	63	47	58
試験区1	6月	25	29	37	43	34	34
	9月	56	57	43	67	54	54
試験区2	6月	27	26	34	38	35	32
	9月	40	41	41	53	48	45

表-7 各実験ケースにおける管理手法のコスト

実験区	管理コスト	コスト比（対照区と比較）
対照区	202,726円/千㎡	1.00
試験区1	28,860円/千㎡	0.14
試験区2	31,660円/千㎡	0.16

出水期間中の8月は、対照区は抜根作業後、試験区1及び試験区2は植調剤等の散布後である。この時期には各実験区で芝が生育しているが、試験区1では、シロザの立ち枯れが見られた。

これを平均草高の月別変化（図-4）で見ると、対照区及び試験区2では5～10cmであるが、試験区1の草高は5月より成長が見られ、8月以降は約100cmとなっている。

c) 耐侵食性の確認（根系強度）

張芝後の6月と9月の根系強度を比較すると、全ての実験区で1.5倍以上に数値が上昇している（表-6）。

9月の根系強度の平均値は45N・mを超えており、芝の根系強度の適正範囲（40～65N・m）³⁾内であることから、芝が基盤土に活着したと考えられる。

d) 養生管理費用

工種別の施工単価を用いて、各実験区におけるコストを算出した。次に、対照区の管理コストを基準として各試験区と比較（表-7）し、コスト削減効果を評価した。

この結果、植調剤等を用いた芝養生工の管理コストは、対照区に比べて0.14～0.16倍に削減された。

(4) 考察

全ての実験区において芝の被度は95%を維持しているが、対照区では張芝や基盤土からの発芽と想定されるセイバンモロコシやメヒシバが見られ、試験区1ではシロザが優占し、高草丈となった。セイバンモロコシやメヒシバは各試験区で抑制されているため植調剤等の効果と考えられる。また、シロザは隣接地での生育が確認されていることから実験区に侵入したと想定され、対照区では抜根作業、試験区2では土壌処理剤により抑制された。

以上より、張芝等からの発芽や侵入植生に対し、試験区2で使用した土壌処理剤を含む植調剤等は、芝以外の植生の発芽・生育を抑制し、芝を維持することができることが明らかとなった。

さらに養生管理コストの比較により、各試験区は約80%減（対照区比）と低コストでの管理が可能であることから、張芝の施工直後の芝養生工として、有効な手法であると結論づけられる。

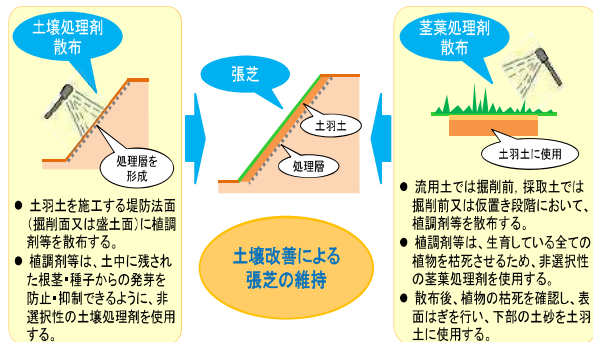


図-5 張芝土壌改善手法の概要図

3. 土羽土に使用する土砂及び張芝を行う前の法

面に植調剤等を散布する手法

(1) 手法の概要

河川堤防の法面への張芝施工は、盛土または掘削を行った法面に対して土羽土を締め固め、法面整形を行った後に行われることが標準である。土羽土は、当該工事で発生した掘削土（流用土）、他工事等で仮置きされたものを搬入した土砂（採取土）が使用されることが多い。

提案する手法（以下「張芝土壌改善手法」）は、このような張芝の施工時に、土羽土に使用する土砂及び土羽土を施工する法面に対し除草剤の散布を行い、張芝の生育基盤からの雑草の発生を抑制するものである（図-5）。

(2) 実験方法

a) 実験場所

実験場所は、国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所の屋外実験場内とした。場内には、実験に使用可能な法面が確保できなかったため、平場で実施した。

b) 実験期間

実験区は、令和3年3月8日～12日に施工した。実験期間は、芝の養生期間である施工後3年間とした。本稿では、2年目となる令和4年12月までの実験成果を報告する。

c) 実験区

実験区は、表-8に示すとおり、土壌改善手法の試験区1に加えて、より効率的な手法を確立できるように2つの試験区を設定した。対照区は、2ケースを設定した。

各実験区の規模は、モニタリング調査で必要となるコドラートの規模（5m×1m）及び周辺植生の影響抑制を考慮し、図-6に示すとおりとした。土羽土の厚さは、標準的な厚さ（30cm）及び掘削面に散布する土壌処理剤が張芝の根（深さ10cm～30cm）に影響を与えないことを考慮して30cmとした。

d) 実験区の施工

土羽土に使用する土砂は、実験区近傍の地盤を掘削して採取した。地盤への茎葉処理剤の散布は、現況植生を

表-8 検証項目と実験区の内容

実験区	検証項目	土羽土	掘削面
試験区1	土羽土に使用する土砂及び土羽土を施工する掘削面に対する植調剤等の効果	茎葉処理剤散布土	土壌処理剤散布
試験区2	土羽土を施工する掘削面に対する植調剤等の効果	流用土	土壌処理剤散布
試験区3	土羽土に使用する土砂に対する植調剤等の効果	茎葉処理剤散布土	無処理
対照区1	土羽土に掘削土（発生土）を使用した比較対照	流用土	無処理
対照区2	土羽土に購入土を使用した比較対照	購入土	無処理

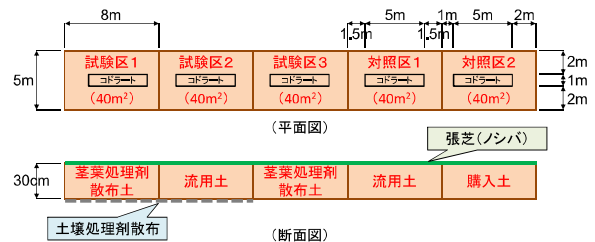


図-6 実験区の概要図

より確実に枯死させるため、約1箇月前と掘削3日前の2回とした。使用した茎葉処理剤は、根茎まで枯死させるグリホサートカリウム塩とし、薬量は、使用基準における多年生雑草の最高薬量（1.0ml/m²）、水量は散布の作業性に留意して中間水量（75ml/m²）とした。

土羽土を施工する掘削面は、掘削後速やかに土壌処理剤を散布した後、土羽土を施工した。土壌処理剤は、薬効の持続期間が長いイマザピルイソプロピルアミン塩を使用した。掘削面の土中に確実に浸透させ、処理層を安定的に形成させるため、使用基準における多年生雑草の最高薬量（1.0ml/m²）を最高水量（100ml/m²）で希釈し、散布量を増加させて、散布ムラの発生を防止した。張芝は、土羽土をハンドローラーで転圧し、土羽板で整正した上で、品質確認を行ったノシバを全面張りした。

e) 実験区の芝養生工

実験期間中の芝養生工として、6月中旬に抜根・集草、7月下旬に抜根・集草、10月上旬に機械除草・集草を実施した。なお、1年目の10月上旬は、侵入雑草が非常に少なかったため、機械除草に代えて抜根を実施した。

f) モニタリング調査

効果検証のためのモニタリング調査は、植生調査、刈草量調査及び根系強度調査等を実施した。

刈草量調査は、芝養生工を実施した際、コドラート内の刈草を集草し、乾燥後に重量を計測したものである。

(3) 実験結果

a) 刈草量

試験区1は、対照区1と比較して、実験期間中35%～60%程度の乾燥重量であった。対照区2に対しては、1年目（令和3年）が同程度、2年目（令和4年）は春から夏

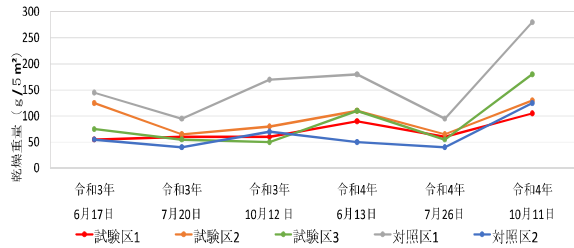


図-7 刈草量（乾燥重量）の変化



図-8 刈草量の比較 (R4.10.11)

にかけてやや増加するものの、秋は同程度の乾燥重量であった（図-7、図-8）。

また、試験区2は、令和4年10月の時点でも、試験区1及び対照区2と同程度の乾燥重量であった（図-7）。

b) 被度

シバの被度は、全ての実験区において施工後2年間、100%を維持した。侵入雑草の被度は図-9のとおりであった。侵入雑草は、1年目の9月から試験区2及び対照区1で被度が増加し始め、2年目の4月に全ての実験区で増加し、3回の芝養生を終えた11月は試験区3及び対照区1の増加が顕著となった。試験区1の侵入雑草は2年目の4月を除き、対照区2と同等の被度であった（図-10）。

c) 根系強度

各実験区の根系強度は、施工直後の4月は低く、シバが活着する7月頃までは計測値にバラツキが見られた。活着後の根系強度は、40～48N・mを推移しており、実験区に大きな違いは見られなかった（図-11）。

(4) 考察

a) 基盤土からの発芽抑制効果

土壌改善手法は、雑草の生育量（刈草量、被度）が購入土で土羽土を施工した場合と同等であった。また、流用土で土羽土を施工した場合に対し、施工後約2年半の時点で刈草量が約30%、被度が約5%まで抑制できている。雑草を抑制する高い効果が確認できた。

2年間に実施した計12回の植生調査で確認できた種について、3回以上の頻度で確認できた種及び12回の植生調査の被度が平均で1%以上の種を抽出し、生活型や繁殖形態を整理した（表-9）。

試験区1は、芝地に先駆的に見られるヤハズエンドウ等の1～2年生で種子繁殖の春雑草が多い。ヤハズエンドウの平均被度は、対照区1の約40%まで抑制できている。基盤土からの発芽が抑制できていると考えられる。試験区2は、掘削面に土壌処理剤を散布したケースであるが、

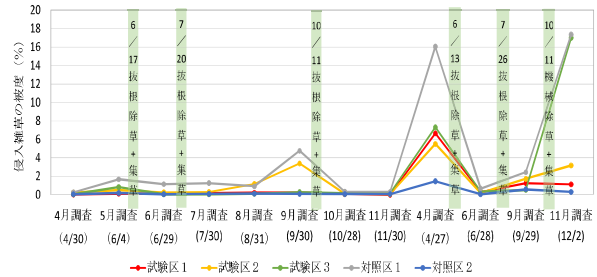


図-9 被度（侵入雑草）の変化



図-10 侵入雑草の状況 (R4.4.27)

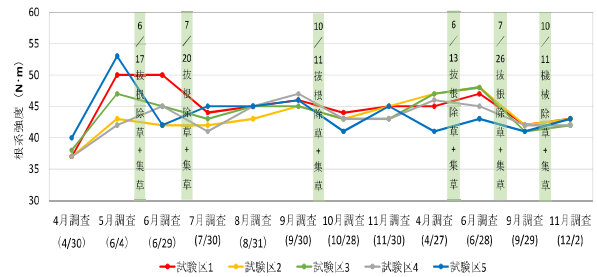


図-11 根系強度の変化

当該試験区もヤハズエンドウ等の1～2年生で種子繁殖の春雑草が多い。しかし、試験区1よりも地下茎・匍匐茎で繁殖する種が多く、多年草もやや多い。セイバンモロコシも1年目から確認できたことから、流用土を使用した土羽土から生育した可能性が考えられる。試験区3は、茎葉処理剤を散布した土砂を土羽土に使用したケースであるが、1～2年生の種子繁殖の種が生育し、試験区1と同様の傾向である。しかし、その発生量（平均被度）は多いことから、試験区1よりも発芽抑制効果は低い。

以上から、基盤土からの発芽抑制効果は、試験区1が高く、土羽土に使用する土砂及び土羽土を施工する掘削面の双方に植調剤等を散布する必要があると判断できる。

b) 芝の育成効果

芝の被度は、2年間、全ての実験区で100%を維持していた。根系は施工後4箇月程度で活着し、根系強度も全ての実験区において、芝の根系強度の適正範囲（40～65N・m）³⁾を維持していた。

試験区1及び試験区2は、掘削面に土壌処理剤を散布し、処理層が形成されるが、芝の根系強度や被度の低下は確認できず、他の実験区と同等の値を示している。処理層の上部に厚さ30cmの土羽土を施工することにより、芝の葉害を防止できるものと考えられる。

c) コスト縮減効果

各実験区について、施工費及び維持管理費として3年

表-9 各実験区の優占種の特徴

種名	雑草区分	生活型	季節区分	繁殖形態	試験区1		試験区2		試験区3		対照区1		対照区2		備考
					出現頻度	平均被度	出現頻度	平均被度	出現頻度	平均被度	出現頻度	平均被度	出現頻度	平均被度	
シロツメクサ	広葉（双子葉）	多年草	春	種子及び匍匐茎							12	1.54			
コナスビ	広葉（双子葉）	多年草	春～夏	種子			7	0.04							
アレチヌスビトハギ	広葉（双子葉）	多年草	夏	種子							3	0.53			
ノチドメ	広葉（双子葉）	多年草	夏	種子及び匍匐茎							9	0.03			
セイタカアワダチソウ	広葉（双子葉）	多年草	夏	種子及び地下茎	5	0.07	8	0.03	3	0.04			10	0.03	対照区1でも生育
ヨモギ	広葉（双子葉）	多年草	秋	種子及び地下茎							6	0.10			
ヤハズエンドウ	広葉（双子葉）	1～2年草	春	種子	1	4.00	1	5.17	1	7.31	1	10.88			対照区2でも生育
カスマグサ	広葉（双子葉）	1～2年草	春	種子	1	4.00	1	3.80							
ソラマメ属の一種	広葉（双子葉）	1～2年草	不明	種子	4	0.29	5	0.52	4	4.29	4	3.12			対照区2でも生育
イヌコモチナデシコ	広葉（双子葉）	1～2年草	春	種子	3	0.03									
コメツブウマゴヤシ	広葉（双子葉）	1～2年草	春～夏	種子	6	2.00							3	0.02	
チチヨグサモドキ	広葉（双子葉）	1～2年草	春～秋	種子	3	0.02									
マルバヤハズソウ	広葉（双子葉）	1年草	夏～秋	種子			3	1.29							
コメツブツメクサ	広葉（双子葉）	1年草	夏	種子	1	1.50	3	0.15							
ニシキソウ属の一種	広葉（単子葉）	1年草	不明	種子							3	0.18			
カタバミ属の一種	広葉（双子葉）	不明	不明	不明							7	0.06			
キク科の一種	広葉（双子葉）	不明	不明	不明			3	0.08	5	0.06			3	0.04	
カヤツリグサ科の一種	カヤツリグサ科	不明	夏	種子及び地下茎	8	0.05	6	0.05	8	0.07	4	0.06	5	0.04	
ソユクサ属の一種	不明	不明	不明	不明					3	0.02	3	0.03			
ギョウギンバ	イネ科	多年草	春～夏	匍匐茎			3	0.03			8	0.03			
セイバンモロコシ	イネ科	多年草	夏	種子及び地下茎			4	0.12			9	0.14			対照区2でも生育
イネ科の一種	イネ科	不明	不明	不明	4	0.03									

※赤字の種は全ての試験区・対照区で確認できた種を示す。

表-10 施工後5年間のトータルコスト（単位：円/m²）

実験区	施工費	芝養生費	堤防除草費	合計	コスト比
試験区1	2,530	720	250	3,500	0.997
試験区2	2,500	730	280	3,510	1.000
試験区3	2,500	730	280	3,510	1.000
対照区1	2,470	740	300	3,510	1.000
対照区2	2,800	720	240	3,760	1.071

- ・芝養生費のうち刈草処分費は、今回調査の刈草量を用い、3年目の刈草量は1年目から2年目の増加率を用いて算定した。
- ・堤防除草費のうち刈草処分費は、芝養生費で用いた刈草量の増加率により、4年目及び5年目の刈草量を仮定して算定した。

間の芝養生費及び2年間の堤防除草費を算出した。現在、多くの現場で実施されている施工方法の対照区1を基準としてコスト比較を行った（表-10）。

試験区1は、基盤土からの発芽抑制によって刈草処分費が軽減され、僅かながらコスト縮減効果が得られた。

4. 基盤土からの発芽抑制手法の提案

本研究では、張芝施工後及び土羽土や施工法面を植調剤等で処理することにより、基盤土からの発芽を抑制することを明らかにした。これらの知見より現場での植調剤等の活用を提案する。

(1) 基盤土からの発芽抑制手法の提案

a) 土羽土及び張芝への植調剤等の活用

河川工事をはじめ公共事業では、建設発生土をリサイクルする取組みが推進され、また、コスト縮減の観点から購入土の使用は限られている。

本稿で提案した植調剤等を活用した手法は、これらの課題を解決しつつ、芝以外の植物の発芽抑制が可能である。省力化、低コスト化が実現でき、維持管理費の多くを占める堤防除草費を縮減できる。また、両手法の組み合わせにより、効果の持続性も高めることが期待できる。

b) 堤防植生管理における植調剤等の使用の可能性

現在、除草剤は堤防除草での使用が原則禁止とされている。しかし、提案する両手法は植調剤等を施工時に使用するものであり、工事現場という限られた空間かつ安全管理への対応が可能な場面での使用となる。このため、散布対象範囲外への飛散防止や散布後の降雨等による水域への流出抑制等の対策が実施できる。

(2) 課題

植調剤等の使用にあたっては、対象とする植生を判断するとともに、植調剤等の特性を十分に理解した上で、適用可能な植調剤等を選択することが必要である。このため、植調剤等を用いた植生管理手法の導入にあたっては、植生に応じた植調剤等を選択する仕組みや、施工業者への植調剤等の取扱い指導等の課題が挙げられる。

さらに、芝の維持には継続的な植調剤等の使用が望ましく、堤防除草での使用を可能にすることも課題である。

謝辞：本稿の執筆にあたり、関東地方整備局 渡良瀬川河川事務所及び近畿地方整備局 近畿技術事務所から貴重なデータ提供等のご協力を頂きました。ここに深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 山本嘉昭，塩見真矢，八木裕人，須田隼人，平田真二：堤防植生の課題に応じた新たな堤防管理のあり方の提案，河川技術論文集，第23巻，2017年6月
- 2) 青山治彦，山本嘉昭，八木裕人，須田隼人，塩見真矢，野村利幸，中濱匡：新規堤防等における植物成長調整剤を用いた養生方法の提案，河川技術論文集，第24巻，2018年6月
- 3) 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年7月

(2023. 3. 24受付)

本資料の転載・複写の問い合わせは下記まで、お問い合わせください。

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町 11 番 9 号

公益財団法人 河川財団 TEL: 03-5847-8304

河川財団報告 第 2 号 令和 7 年 12 月

編集・発行 公益財団法人 河川財団



本 部 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町 11 番 9 号 住友生命日本橋小伝馬町ビル (2F)
名古屋事務所 〒460-0002 愛知県名古屋市中区丸の内 3 丁目 5 番 10 号名古屋丸の内ビル (7F)
近畿事務所 〒540-6591 大阪府大阪市中央区大手前 1-7-31 OMM (13F)



<http://www.kasen.or.jp/>
河川財団 HP へ