

堤防植生の効率的な機能保持に向けた 低草丈草種等の導入について

INTRODUCTION OF LOW-HEIGHT GRASS SPECIES TO MAINTAIN THE FUNCTION OF LEVEE VEGETATION EFFICIENTLY

宝藤勝彦¹・塩見真矢²・伊藤一之³・石原宏二⁴・河崎和明⁵

Katsuhiko TAKARAFUJI, Shinya SHIOMI, Kazuyuki ITOH,
Kouji ISHIHARA and Kazuaki KAWASAKI

¹正会員 (公財) 河川財団 近畿事務所 (〒540-6591 大阪市中央区大手前1-7-31)

²非会員 (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)

³非会員 日本工営(株) 大阪支店 技術第二部 環境グループ (〒530-0047 大阪市北区西天満1-2-5)

⁴非会員 日本工営(株) 社会システム事業部 環境部 (〒102-0083 東京都千代田区麹町4-2)

⁵非会員 (公財) 河川財団 理事 (〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町11-9)

Due to decrease of maintenance budget, the annual times of weeding have been reduced. As the result, transition of vegetation to adventive plant with weak root and high height has happened. It causes many problems such as reduction of erosion resistance, inhibition of monitoring of levee etc.

Based on this backdrop, experiment was conducted to introduce measures to keep necessary function and reduce cost of weeding on levee vegetation.

Focusing on height restraint of vegetation, this report summaries the finding of our experiment to introduce “low-height grass species” and “spraying of specific herbicide”.

Key Words : maintenance of function of levee vegetation, low-height grass species, baking soda spraying, confirmation of effect, reduction of maintenance cost

1. はじめに

河川堤防は、河川及び流域の治水安全度を確保するうえで重要な構造物である。

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

堤防植生は、このような堤体の状態把握を行いやすい環境を維持できるとともに、流水や降雨による侵食に対して植生の茎葉の繁茂や根系の発達により堤体を保護する機能を有している。

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

さらに、セイバンモロコシ等の外来植物は、草丈が高

く一面を覆うように繁茂するため、河川巡視等の状態把握への支障、兼用道路等の通行時における視認性阻害、刈草の処分費の増加といった要因にもなっている。

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

本報告は、このような背景のもと、堤防植生に求められる機能を保持し、除草費の縮減が見込まれる対応策について、堤防植生への導入に向けた試験を行い、得られた知見をとりまとめたものである。



図-1 堤防点検及び根張りの乏しいセイバンモロコシの状況

2. 導入試験を実施した対応策の概要

堤防植生について、河川堤防が保有すべき機能を適切に維持管理していくうえでの現状と課題は、治水面、環境面及び管理面の3つの側面から整理すると、表-1のとおりとなる。

本導入試験は、表-1で示した課題のうち、管理面で課題となっている高草丈植物の繁茂に対する対応策のひとつとして、堤防植生の草丈を抑制する「低草丈草種」及び「特定防除資材（重曹）の散布」を対象とした。

表-1 堤防植生の現状と課題

区分	現状	課題
治水	・根張りの乏しい外来植物の繁茂 ・クズ等の広葉植物が繁茂し、下部の植生が衰退（裸地化）	・堤体の耐侵食性の確保
	・モグラ塚等を誘発する腐植土化を招く植物の繁茂 ・動物の掘り起こしを誘発する植物の繁茂	・堤体の弱体化の防止
	・樋門ゲート等に絡みつくクズ等のつる性植物の繁茂	・河川管理施設の機能確保
環境	・在来植物を駆逐する外来植物の繁茂	・在来植物の保全、多様性の確保
	・オオバタクサ等の繁茂	・花粉症の防止・抑制
管理	・堤体の変状等を発見し難く、作業が行いづらい高草丈植物の繁茂	・堤防点検・河川巡視を行いやすい状態の確保 ・水防活動を行いやすい状態の確保
	・刈草処分量が増大する高草丈植物の繁茂	・除草費の抑制
	・管理用通路等に覆い被さる高草丈植物の繁茂	・安全な利用等の確保（視認性の確保）

「低草丈草種」及び「特定防除資材（重曹）の散布」の技術概要は、以下のとおりである。

(1) 低草丈草種の導入

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

(2) 特定防除資材（重曹）散布の導入

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

特定防除資材とは、農薬取締法において、一般的な農薬と区分して、薬効があり原材料に照らして安全性が明らかであると確認され、指定されたものである。現在、重曹、食酢、天敵、エチレン及び次亜塩素酸水の5種が指定されている。なお、天敵は、農作物等の病害虫を防除するために使用する昆虫綱及びクモ綱に属する動物であり、使用場所と同一の都道府県内で採取されたものとされている。

本技術は、重曹の水溶液を専用のアジャスタブルノ

ズルガンにより、植物の種類・繁茂の状況にあわせて圧力を調整しながら高圧で散布し、植物の表面に損傷を与え（物理的ストレス）、損傷部から浸透した重曹の成分により、エチレン・活性酸素が発生し（化学的ストレス）、細胞破壊（ネクロシス）が生じることを利用して、植物を枯死または生長を抑制するものである（図-2）。



図-2 重曹散布による細胞破壊の発現メカニズム

3. 低草丈草種の導入試験

(1) 対象草種及び試験地

導入試験の対象とした低草丈草種は、在来種を中心として、河川堤防での使用実績があり、近畿地方の河川で導入が確認できていない草種を選定した（表-2）。

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

表-2 導入試験の対象草種

草種名	特徴
イワダレソウ	・在来種 ・匍匐茎の伸長によって繁殖（種子での繁殖なし） ・初夏に花をつける
矮性チガヤ	・チガヤの改良品種 ・草丈は30～40cm程度 ・地下茎の伸長によって繁殖（種子での繁殖なし）
TM9 (改良コウライシバ)	・在来種の改良品種 ・匍匐茎の伸長によって繁殖 ・草丈は一般的なコウライシバの半分以下
ティフブレア (改良ムカデシバ)	・外来種の改良品種（NETIS登録） ・匍匐茎の伸長によって繁殖 ・アレロパシー効果あり
ザッソレス (改良イヌシバ)	・外来種の改良品種（NETIS登録） ・匍匐茎の伸長によって繁殖 ・アレロパシー効果あり ・寒冷地帯域では生育不可

(2) 試験目的及び調査内容

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

調査は、対象草種を植栽した堤防法面にコドラート（1m×1m）を設置し、試験目的①②対して、導入植生

の草丈・植被率及び侵入雑草の草種・草丈・植被率を確認した。試験目的③に対しては、ペーン式根系強度計を用いて、導入植生の根系強度を測定し、堤防植生タイプ別の根系強度と耐侵食機能¹⁾により確認を行った。

なお、導入植生の植被率は、侵入雑草が導入植生を覆っている場合には、侵入雑草を上方へ引き上げた状態で調査を行った。

(3) 試験ケース

試験ケースは、導入試験を実施した草種のうち、イワダレソウについて示す。

試験目的①に対しては、株植栽、細断茎の散布及び発根させた細断茎の散布の3つの方法により、植栽密度を変化させたケースを組み合わせて試験を実施した(表-3)。細断茎の散布は、株植栽では導入コストが高価となるため、コスト縮減を目的として、茎を5cm程度の長さで裁断して散布する試験である。発根させた細断茎の散布は、初期の植被率を高めることを目的として、裁断した茎を水に浸すことで発根するイワダレソウの性質に着目した試験である(図-3、図-4)。

表-3 イワダレソウの試験ケース

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

*：植栽密度ごとに記載の全ての除草方法を実施



図-3 細断茎の浸水状況



図-4 細断茎の発根状況

株植栽の植栽密度は、植栽事例や枝葉の伸長を考慮し、5 株/m² を標準として 3 ケースを設定した。細断茎の散布は、初期の活着率を向上させるため、株植栽の高密度ケース (9 株/m²) よりも高い植栽密度となる 100 本/m² とした。発根させた細断茎の散布は、細断茎の散布の植栽密度を踏まえ、100 本/m² を最大の植栽密度として 3 ケースを設定した。

試験目的②に対しては、3 つの植栽方法の全ての植栽密度について、表-3 に示す全ての除草方法を実施して確認を行った。

施工及び調査は、株植栽及び細断茎の散布を平成 25 年 3 月に施工し、平成 25 年 6 月～平成 27 年 2 月の期間

に調査した。発根させた細断茎の散布は、平成 26 年 3 月に施工し、平成 26 年 6 月～平成 27 年 2 月の期間に調査した。根茎強度は全ての試験ケースについて 9 月に調査した。

(4) 試験結果

試験結果は、導入効果が確認できた草種のうち、複数の導入方法に関する知見が得られたイワダレソウについて示す。

a) 株植栽

イワダレソウ株植栽の植被率は、図-5 に示すとおり、施工から約 1 年後 (H26.2) では 9 株/m² が 60% と低いものの、施工から 1 年 6 箇月後 (H26.8) には植栽密度に関わらず 95% 以上となっている。なお、施工から約 5 箇月後以降 (H25.8～) において、植栽密度の高い 9 株/m² の植被率が低くなっている。これは、土壤が他の試験区よりも乾燥しやすく、平成 25 年 8 月が記録的な猛暑であったことが影響したものと考えられる。

雑草抑制効果は、抜根除草が機械除草よりも侵入雑草の植被率が低く、初期段階から年 2 回の抜根除草を継続することにより高まることが確認できた (図-5)。

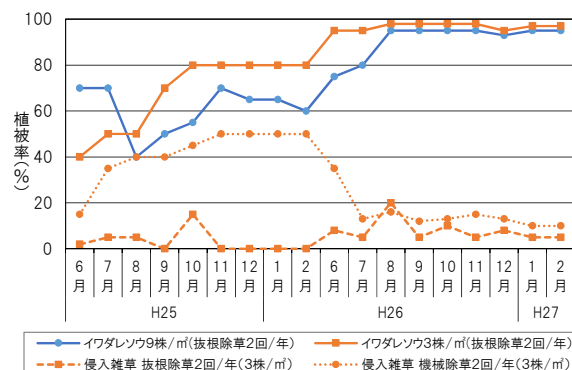


図-5 イワダレソウ株植栽の植被率と植栽密度及び侵入雑草の植被率と除草方法との関係

イワダレソウ株植栽の草丈は、図-6 に示すとおり、除草方法に関わらず 10cm 以下を維持できる。しかし、侵入雑草の草丈は、初期段階から年 2 回の抜根除草を継続しなければ 30cm 以下を維持できない。

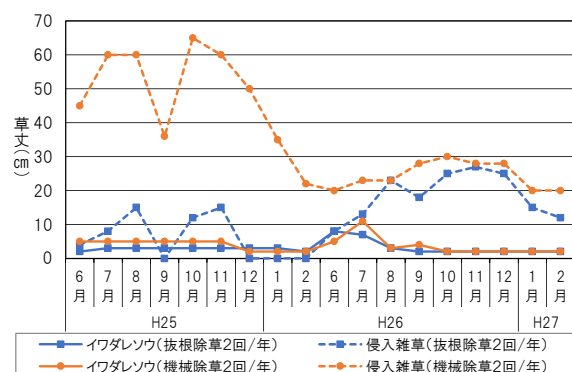


図-6 イワダレソウ株植栽 (3 株/m²) 試験区の草丈と除草方法との関係

根系強度は、施工後 6 箇月の時点（H25.9）で植栽密度・除草方法に関わらず 300～360kgf・cm が確認でき、チガヤタイプ（250～400kgf・cm）と同程度であった。

b) 細断茎及び発根させた細断茎の散布

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

発根させた細断茎散布の植被率は、図-7 に示すとおり、散布密度・除草の有無にかかわらず施工から約 3 箇月後（H26.7）に 75%以上、施工から約 8 箇月以降（H26.12～）では 90%以上を維持している。

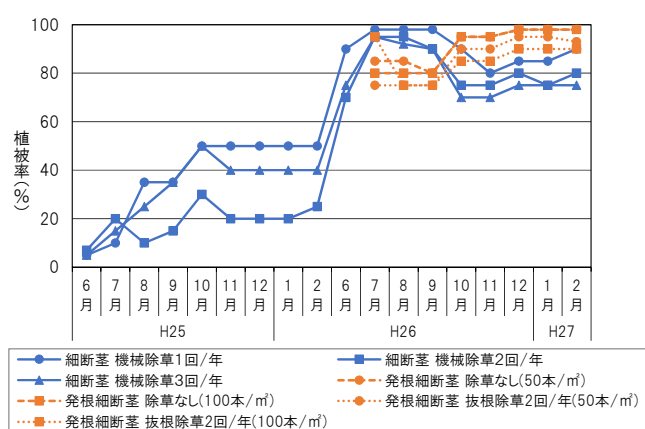


図-7 細断茎及び発根させた細断茎の散布の植被率と除草方法との関係

雑草抑制効果は、図-8 に示すとおり、発根させた細断茎の散布密度を 100 本/m² としたケースが侵入雑草の植被率が低く、初期段階から年 2 回の抜根除草を行うことで更に高まることが確認できた。

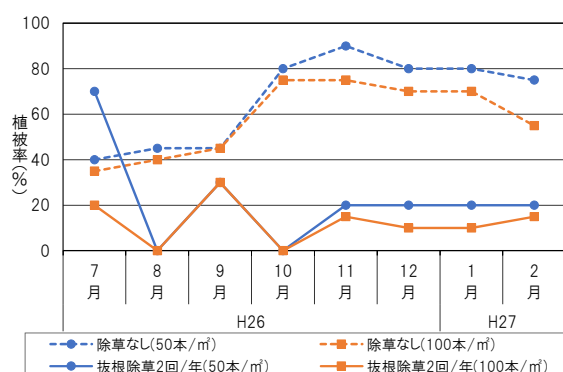


図-8 発根させた細断茎の散布の試験区における侵入雑草の植被率と除草方法との関係

細断茎及び発根させた細断茎散布の根系強度は、株植栽と同様に、施工後 6 箇月の時点で 250～330kgf・cm が確認でき、チガヤタイプと同程度であった。

4. 特定防除資材（重曹）散布の導入試験

(1) 試験目的及び調査内容

導入試験は、重曹の明確な対象草種が把握されていないこと及び重曹による植物の生長抑制メカニズムを踏まえ、①生長抑制効果が期待できる草種の確認、②生長抑制の効果的な散布方法の確認の2つを目的とした。

調査は、試験目的に応じて設定した試験区について、生育する植生の草種・草丈・植被率の変化を確認した。

なお、導入試験は、国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所構内の盛土斜面等で実施した。

(2) 試験ケース

試験ケースは、試験目的に基づき、表-4 のとおり、重曹散布の回数・時期・方法の異なる試験区及び除草を併用する試験区を設定した。

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

散布方法は、表-4 に示す全ての試験ケース（散布の回数・時期・機械除草を組合せた 9 ケース）について、①標準施工である重曹の高圧散布に加え、②本技術の効果が物理的ストレスによるものか否かを確認するための水の高圧散布及び③科学的ストレスによるものか否かを確認するための重曹のジョウロ散布の 3 種類とした。

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

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

表-4 重曹散布の試験ケース

散布回数	散布時期	機械除草	散布方法
3 回/年	6 ^{*1} , 8, 10 月	2 回/年(6, 9 月)	①重曹の高圧散布 ②水の高圧散布 ^{*2} ③重曹のジョウロ散布 ^{*2}
		1 回/年(6 月)	
		無し	
2 回/年	6 ^{*1} , 8 月 6 ^{*1} , 10 月 8, 10 月	無し	①重曹の高圧散布 ②水の高圧散布 ^{*2} ③重曹のジョウロ散布 ^{*2}
1 回/年	6 月 ^{*1} 8 月 10 月	無し	①重曹の高圧散布 ②水の高圧散布 ^{*2} ③重曹のジョウロ散布 ^{*2}

*1：平成 25 年は 7 月に実施 *2：平成 26 年に実施

(3) 試験結果

a) 生長抑制効果が期待できる草種

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

重曹の高圧散布によって、セイタカアワダチソウ及びヨモギの広葉植物が高い感受性（枯死・矮性化誘導効果）を示し、セイタカアワダチソウからチガヤへの植物相の転換が確認できた（図-9）。一方、メリケンカルカヤやススキ等の禾本科雑草に対しては、明確な効果が確

認できなかった。

また、重曹の高圧散布は、生育する植生の草丈が低下しており、生長抑制効果を期待できる（図-9）。

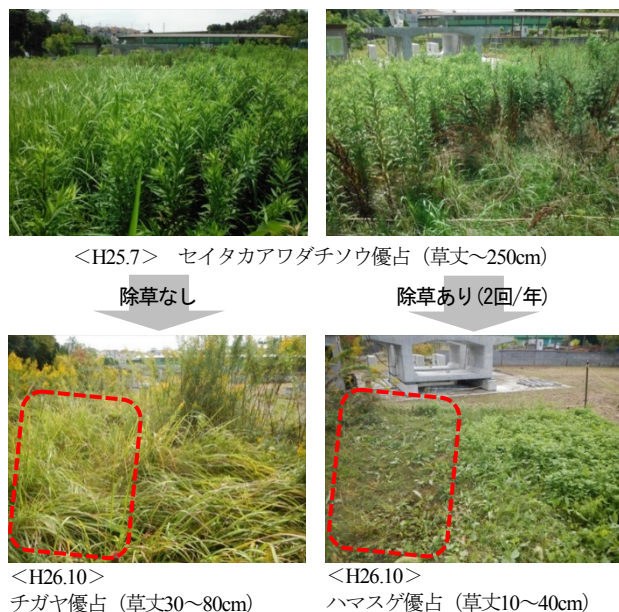


図-9 重曹の高圧散布（3回/年）による植物相の転換

b) 生長抑制効果が期待できる散布の回数・時期及び除草併用による効果

生長抑制効果は、図-10 に示すとおり、年間3回の散布が最も高く、6月（春季）及び8月（夏季）の散布が有効であった。さらに、除草を併用（散布前に実施）することにより、生長抑制効果が高まり、ハマスゲといった草丈の低い草種に植物相を転換できることも確認できた（図-9）。

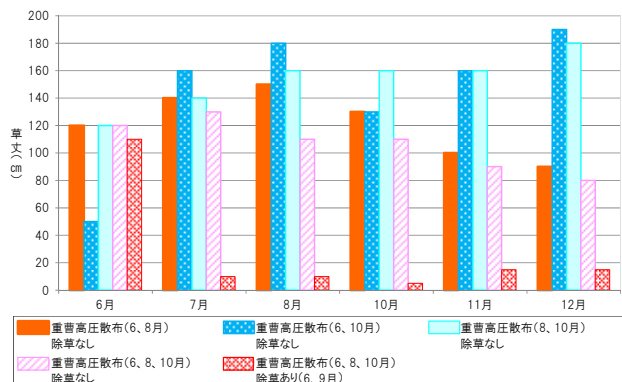


図-10 重曹の高圧散布による草丈の変化（平成26年）

c) 生長抑制効果が発現する散布方法

水の高圧散布及び重曹のジョウロ散布では、セイタカアワダチソウの再繁茂等が見られ、草丈も高くなることが確認できた。また、重曹のジョウロ散布は、葉の表面に重曹が残り、細胞破壊が確認できなかった。従って、重曹による植物の生長抑制メカニズムのとおり、重曹の

高圧散布が有効であることが確認できた。また、重曹の高圧散布は、2 箇年以上の継続が生長抑制に効果的であることが確認できた。

5. コスト評価

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

評価は、現在、基本とされている年2回の除草（機械除草）により堤防植生に求められる機能を保持する条件でノシバによる張芝との比較により行った。なお、ノシバは年2回の除草のみでは、施工後10年程度までに外来植物が優占する植生に遷移し、堤防植生に求められる機能を保持できていない事例が多いことから、1回の張替えを考慮した。

低草丈草種は、施工後3年目までを抜根除草（2回/年）、4年目以降を機械除草（2回/年）としたコストとし、図-11 のとおりノシバに対して約20～45%のコスト縮減が期待できる。

特定防除資材（重曹）散布は、初期の3年間で機械除草（2回/年）との併用、4年目以降を機械除草のみとしたコストとし、図-11 のとおり機械除草を行うノシバに対して約10%のコスト縮減が期待できる。

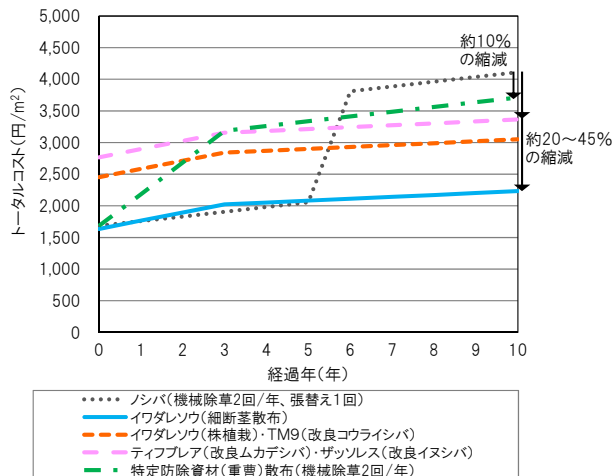


図-11 低草丈草種・特定防除資材（重曹）散布のコスト比較

6. まとめ

(1) 堤防植生への低草丈草種の導入

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

さらに、草丈は、イワダレソウが10cm以下、侵入雑草が30cm以下であり、年間を通じて低い草丈を維持で

き、堤体の変状等を把握しやすい状態を確保できる。

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

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

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

また、本報告では試験結果を示していないが、TM9（改良コウライシバ）、ティフブレア（改良ムカデシバ）及びザッソレス（改良イヌシバ）についても、植栽の初期段階で年2回の抜根除草を行うことにより、年間を通じて5cm～25cm程度の低い草丈を維持し、チガヤタイプと同等以上の根系強度を確認できた。これらの改良芝は、張芝での施工となることから、イワダレソウと同様の導入箇所に加え、川表側堤防法面等の早期被覆が必要な箇所への導入が適しているものと考えられる。



図-12 イワダレソウ（細断茎の散布）で被覆した川裏側堤防法面

(2) 堤防植生への特定防除資材（重曹）散布の導入

重曹の散布は、セイタカアワダチソウ及びヨモギの広葉植物の生長を抑制し、チガヤ等の草丈の低いイネ科植物が優占する植物相への転換が図れる。

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

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

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

7. おわりに

本報告では、管理面で課題となっている高草丈植物の繁茂に対して、「低草丈草種」及び「特定防除資材

（重曹）の散布」の導入が効果的な対応策であることが確認できた。

今後の導入に向けた課題としては、次の3点が挙げられる。

(1) 導入効果の更なる把握

イワダレソウ及び TM9 等の改良芝は、良好な状態を維持するために必要となる抜根除草について、明確な継続年数を把握する必要がある。また、本報告における導入試験は、淀川や木津川等での結果であり、幅広い地域での適応性を確認するため、寒冷地等の河川堤防でも導入試験を実施していく必要がある。

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

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

(2) 効率的な導入方法の検討

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

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

(3) 施工方法の実証試験

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

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

謝辞：本成果は、国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所から貴重なデータを提供いただいた。ここに深く謝意を表します。

参考文献

1) 堤防植生管理指針（案），（財）河川環境管理財団，1999.4.

(2016. 4. 4受付)