

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 SUDA, 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はなく、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、1回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3割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 ³⁾ 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（ネズミホソムギ、セイバンモロコシ等）や堤防周辺からの雑草（セイヨウカラシナ、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 ⁴⁾ 、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、除草工事費が掛かるタイプ。	カラシナ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。

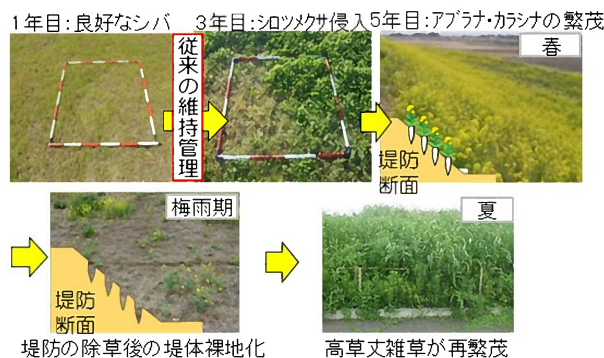


図-2 セイヨウアブラナ・カラシナによる堤体の弱体化と高草丈の雑草が繁茂した堤防における河川巡視への支障

(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択した理由は、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駆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上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。

- | |
|---|
| <p>① 農薬の使用者に対する安全性
急性的な中毒の可能性</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> |
|---|

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、堤防の除草工事において農薬を使用する目的は、芝堤を維持することにあった。しかしながら、今回、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と、除草工事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。

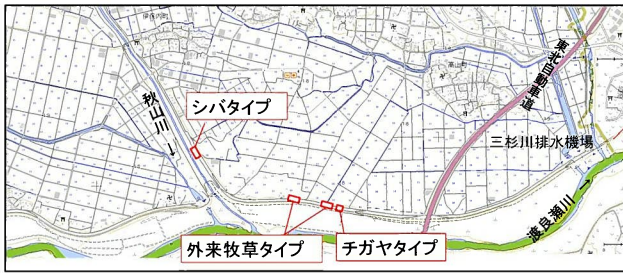


図-3 実験実施場所

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事における除草と及び刈草の焼却を組合せ、効果とコスト縮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ックナトリウム塩）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と、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(ビスピリバックナトリウム塩)
	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
	集	集草・処分
	焼	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
ビスピリバックナトリウム塩 (3.0%, 普通物)	ピリミジルオキシ系除草剤で葉茎部より吸収され、アミノ酸の生合成を阻害、細胞分裂を阻害することで生育を抑制する。 オオキンケイギク、シロソメクサ等の <u>広葉雑草</u> 、エノコログサ、メケンカルカヤ、チガヤ、セイバンモロコシ等 <u>イネ科雑草の草丈を抑制</u> 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、茎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。 茎葉散布により <u>広葉、イネ科ほとんどの雑草に効果</u> 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 以下の時に実施。 ・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	・除草後の草を法尻もし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に置き、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,数年程度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.

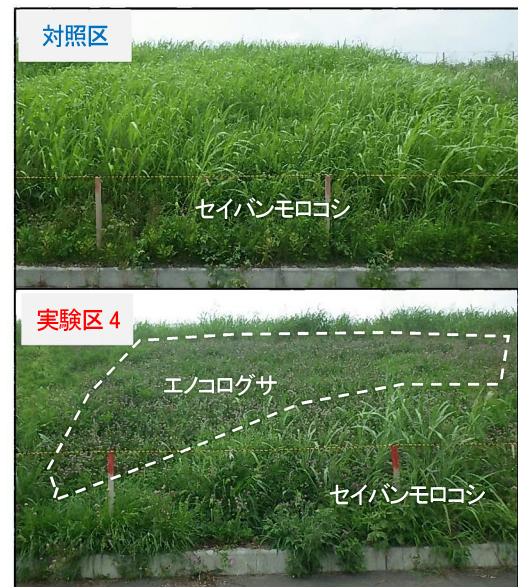


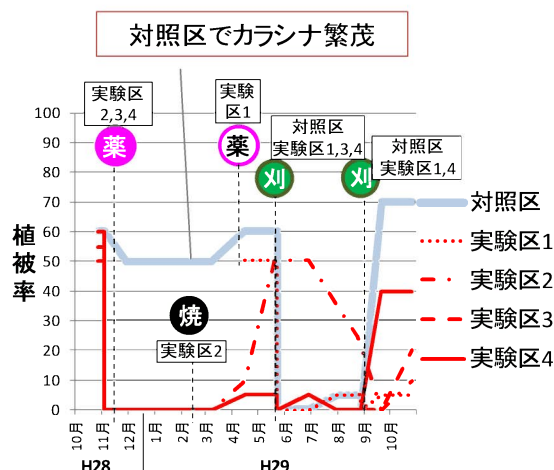
図-5 雑草再繁茂期の対照区と実験区4の比較 (H29.7)



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・カラシナが結実しており,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・カラシナが結実する前に,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,最低限の視認性は確保した. ・対照区と比較して,刈草量は少なかった.



枯草焼区を実施した実験区2で早春よりカラシナの復活したが、その他はカラシナの繁茂が抑制された

図-7 各実験区のカラシナの植被率の推移

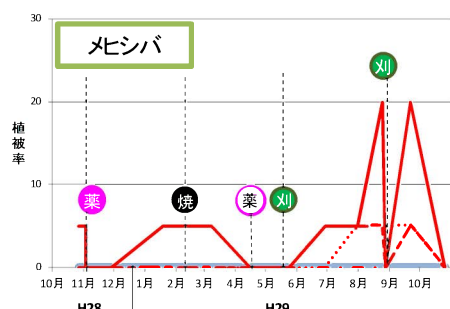
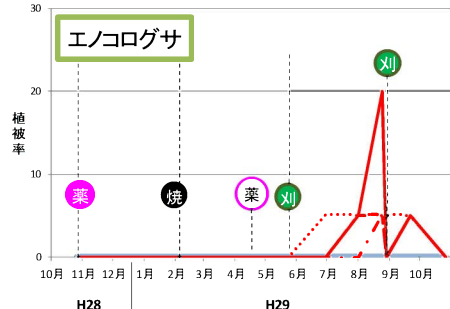
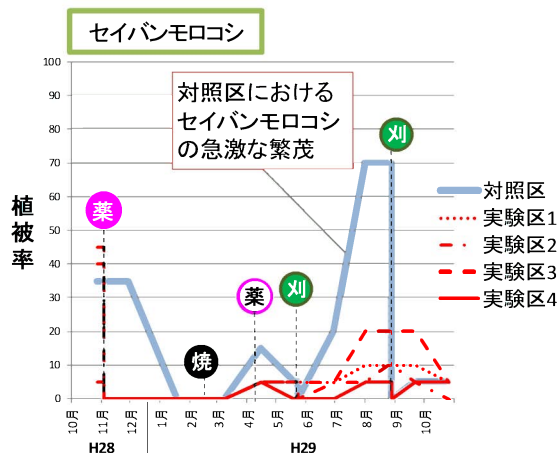


図-8 セイバンモロコシ（多年生雑草）と、1年生イネ科雑草（エノコグサ、メシバ）の植被率の推移

(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% のコスト縮減が見込めた。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植調剤を散布する場合、芝堤を想定した 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、カラシ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。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(総括図) 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)