

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)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、ベ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⁾。

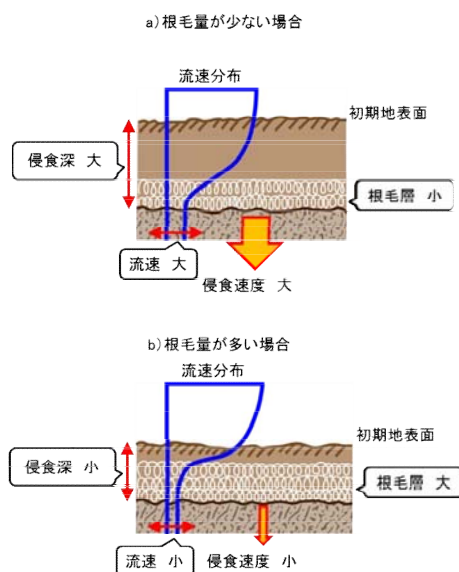


図-1 地表面近傍の根毛量と侵食速度の関係概念図³⁾

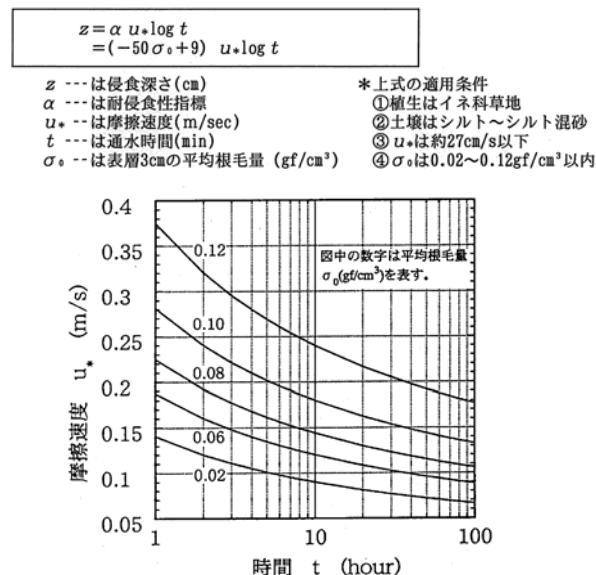


図-2 植生の耐侵食性の評価図（摩擦速度と時間の関係）³⁾

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⁵⁾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。

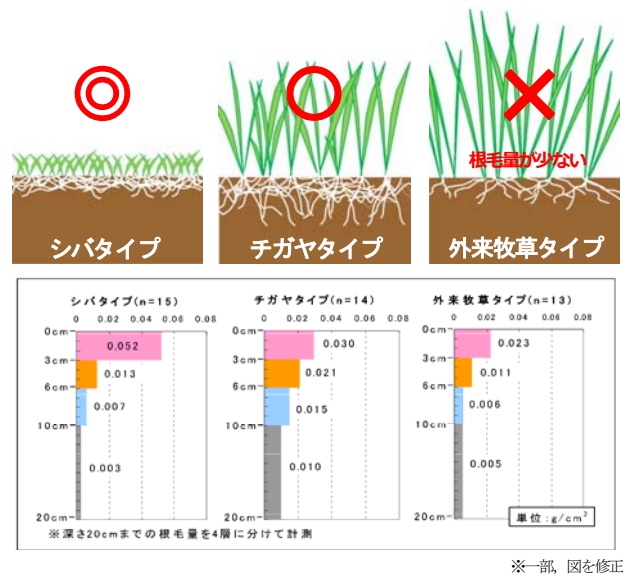


図-4 堤防植生の種類と平均根毛量(表層20 cm)の分布図⁵⁾

(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）。

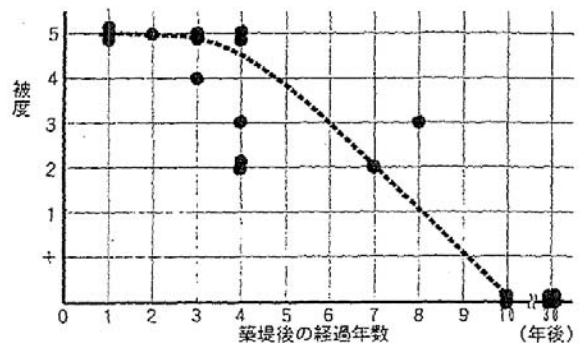


図-5 シバの経年変化⁸⁾

(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。

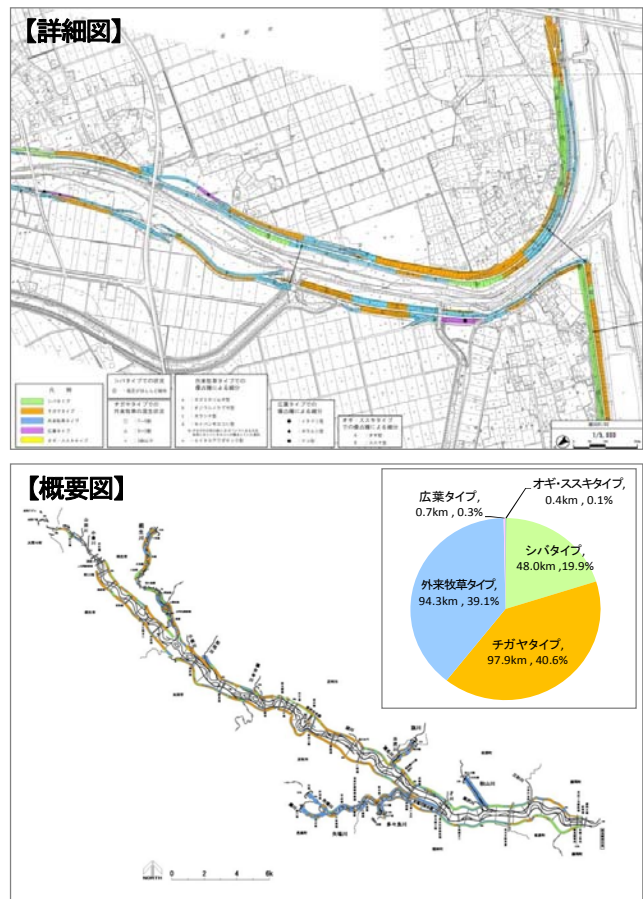


図-6 堤防植生タイプ区分調査結果（例）

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)
	通常の堤防より構造的に強化されている堤防（護岸の設置、断面の拡充等）	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に焼却し、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)+刈取り(5月)	2	1	3	2	8	△
	植物成長調整剤(4月)+刈取り(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)+刈取り(8月)	3	3	2	3	11	○
チガヤタイプ	植物成長調整剤(11月)+刈取り(5月)	1	1	3	3	8	△
	植物成長調整剤(4月)+刈取り(8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、実施事例を増やしつつ、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性、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，土木学科論文集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)