

# 堤防植生不良箇所の要因分析と対策案の立案に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：令和2～令和3

担当チーム：水環境保全チーム

研究担当者：巖倉啓子、野上毅、村上泰啓

## 【要旨】

河川堤防植生には雨水や流水により堤防が侵食されるのを軽減する耐侵食性の機能がある。積雪寒冷地における堤防植生不良の研究では、これまで土壌の物理性状や法面の向き、気象条件等が植生の生育に影響を与えることを明らかにしてきたが、要因分析や対策検討については十分な研究がされていない。国土交通省北海道開発局管内の堤防点検結果 (RiMaDIS データ) から植生不良箇所としてコケの確認された箇所に着目し、2020 年度は、RiMaDIS データの解析、2021 年度はコケの確認された箇所の現地調査、UAV 空撮写真の画像解析および植生劣化の考察を行い、維持管理可能で耐侵食性の機能を有する堤防植生のモニタリング方法について提案する。  
キーワード：堤防植生、堤防点検、UAV

## 1. はじめに

近年、河川の流下能力を超える洪水が頻発し、破堤や氾濫被害が相次いでいる<sup>1)2)</sup>。国土交通省は国土強靱化対策の一環として、河道掘削、河畔林伐採、河川堤防の強化、多目的ダムの整備等を進めている。またソフト対策としては、監視カメラの整備、川の防災情報等の WEB 配信、自治体・災害時の協定会社・樋門水位観測員を対象とした洪水時の訓練を行うなど、ソフト・ハード両面での防災体制の充実を図っている。

一方、河川巡視・点検は堤防等の河川管理施設や河道内の異変を把握し、河川の維持管理を適切に行うために不可欠である。2013 年からは河川巡視、各種点検で得られた情報をデータベース化する、RiMaDIS (River Management Data Intelligent System)<sup>3)</sup>が開始され、全国の点検データが本省に集積され、データの蓄積が進みつつある<sup>4)</sup>。

北海道にある 13 水系の一級河川は、管理延長、管理面積とも、全国の地方整備局中最大 (図-1、図-2) である。近年、北海道でも豪雨災害が頻発しており、特に長大な管理空間を有する北海道においては、河川巡視や堤防点検を一層迅速に行う必要性が増大している。また、河川巡視や堤防点検において堤防の耐侵食機能が低下している箇所を適切に抽出することは、洪水時の破堤被害を回避するための対策実施に不可欠である。

既往研究<sup>5)6)7)</sup>で堤防植生の根毛量が耐侵食性に重要であることは指摘されてきた。北海道では本州で使用される野芝が生育しないことから、牧草種が使用され

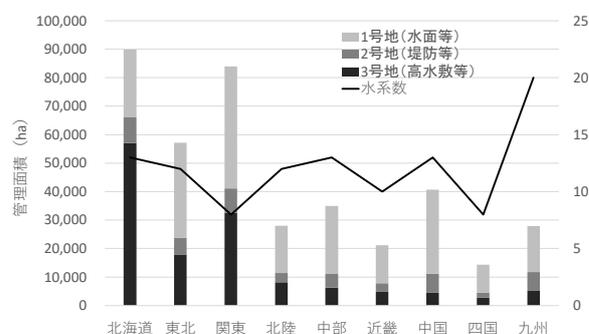


図-1 地方整備局別河川管理面積 (2019. 4. 30 現在 民有地、不明含む)

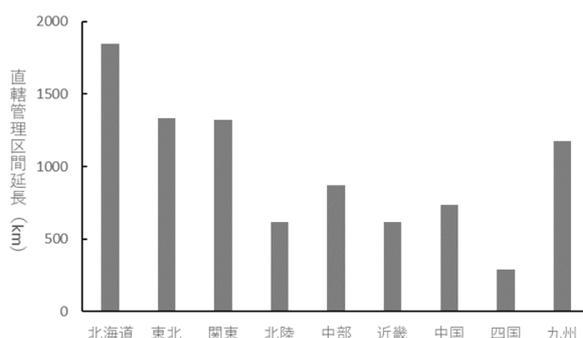


図-2 地方整備局別河川管理延長 (2021. 3 現在)<sup>8)</sup>

てきた。谷瀬ら<sup>9)</sup>は、北海道の牧草種、野生の草本種を対象に高速循環水路を使った通水実験を行い、植生の根毛度が高いほど、耐侵食性が向上すると指摘している。一方、国土交通省北海道開発局 (以降、北海道開発局) の堤防点検では、堤防の地表面にコケの発生 (以降、コケ化と呼ぶ。) が近年報告されている。コケには牧草種にある細根はなく、毛のような仮根があり、

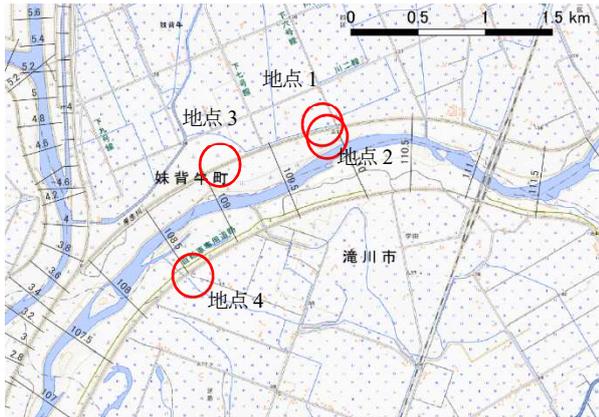


図-3 調査位置（赤丸）  
地理院タイルに KP と調査地点（赤丸）を追加



写真-3 マルチコプター型 UAV  
(AutelRobotics 社製 EVO II Pro 6K)



写真-1 植生のコケ化の事例



写真-2 コケを剥がした様子（根が無いことが確認できる）

簡単に引き抜くことができる<sup>10)</sup>。このことから、コケ化した堤防法面は耐侵食性の機能が低いと考え、堤防の耐侵食性に対する弱部となることが懸念される。

コケ化した堤防法面の耐侵食機能回復のための対策を行う上で、コケ化した範囲を把握することは重要になる。河川巡視や点検では、地上から法面の状態を観

察、記録するが、現行の目視による方法ではその範囲全体を把握するには、多くの時間と手間を要する。

そこで河川空間の植生状況を広域的に把握する手法として、リモートセンシング技術に、与えられた画像データのピクセル値から、画像を構成する各画素を農地や裸地、水域などの複数クラスに割り当てる、分類という方法がある<sup>11)</sup>。解析者がトレーニングエリアを選定する教師付き分類を行う事で、堤防植生の状態の範囲を定量的に示すことができる<sup>11)</sup>。しかし広大な管理区間を有する北海道の河川において、堤防法面の植生劣化やコケ化について検討した事例は現在のところ見当たらないのが現状である。

筆者らは、法面全体の堤防植生の状態の広がりを経率的に把握することを目的に、UAV で撮影した画像から教師付分類を行い、その面的な把握を試みた。また、植生劣化箇所の土壌調査を行い、堤防植生の劣化原因について考察を試みた<sup>12)</sup>。

## 2. 現地調査箇所

北海道開発局より提供を受けた 2019 年度の RiMADIS データベースから、石狩川中流部で植生がコケ化した箇所を抽出した。石狩川 KP108 から KP110 の区間で右岸 3 箇所、左岸 1 箇所の全 4 箇所（図-3）である。

調査地点 1 の堤防の地表面には、コケ化が確認できる（写真-1）。地表を剥がすと、細根は認められないことが観察された（写真-2）。

## 3. UAV による堤防植生の撮影と地被分類

堤防植生のコケ化の実態を把握するため、調査地点 1 において UAV による堤防周辺の撮影を 2021 年 10 月 13 日に行った。使用した UAV を写真-3、撮影コー



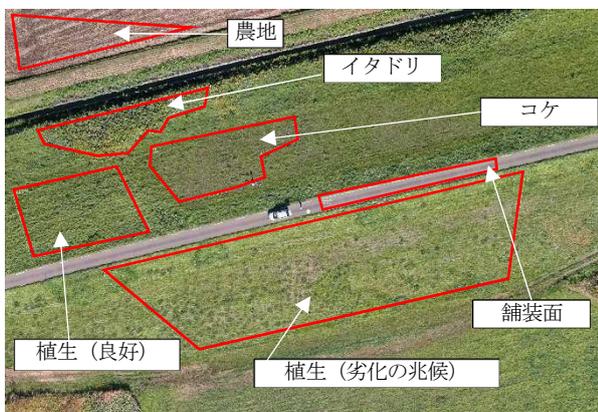
図-4 UAV 撮影コース (R3.10.13)

スと撮影条件を図-4、表-1に例示する。

撮影した画像は Metashape (Agisoft 社) でモザイク処理を行った。次に、画像の地被の教師付分類を行った。MultiSpec は、簡易な画像処理に特化したフリーソフトで、画像上で教師領域を設定することで、教師付き分類を行う事が可能になる<sup>13)</sup>。図-5左は、モザイク処理を行った画像を MultiSpec に読み込み、教師領域を設定した範囲を赤色の囲みで示したものである。RGB の3原色を利用し、分類された地被状態を描画した結果が図-5右である。農地、コケ、舗装面、植生(良好)、植生(劣化の兆候)は概ね、良好に分類されていると考えられる。特にコケ領域については、15m×80m程度の規模で表示され、2019年の RiMaDIS で得られた範囲と概ね重なっていた。今後 UAV で撮影・画像解析した地被の判別精度の向上に当たっては、コケの種類や反射特性も考慮して検討していく必要がある。

#### 4. 堤防表面の土壌調査

UAV による堤防植生の撮影日と同日に、調査地点4箇所において堤防土壌の採取を実施した。コケ化箇所



および近接の良好な植生範囲から土壌の平均含水比、pH (リトマス試験紙) を計測した。調査地点1では地表面および地表面から 10cm の深さで調査し、残りの調査地点では地表面から 10cm の深さで調査を行った。結果を表-2に示す。平均含水率は 8.36% から 25.8% を示し、良好な植生範囲、コケ化範囲それぞれの特徴的な傾向は見られなかった。pH は、いずれも 5 を示していた。コケ化箇所とコケの発生していない植生(良好)部分の土壌の pH の差は見られなかった。

表-1 UAV の撮影条件

飛行高度、速度	120m、18km/h
解像度	1.54cm
飛行時間	11分47秒
飛行面積	63266m <sup>2</sup>
撮影枚数	94
ラップ率	前後 80%

表-2 土壌調査結果

地点	土壌採取位置	平均含水比 (%)	pH
1	コケ発生地表面	23.22	未計測
	コケ発生地表面 10cm 下	13.86	5
	地表面 (植生(良好)) 10cm 下	14.23	5
2	コケ発生地表面 10cm 下	11.98	5
	地表面 (植生(良好)) 10cm 下	8.36	5
3	コケ発生地表面 10cm 下	欠測	5
	地表面 (植生(良好)) 10cm 下	16.58	5
4	コケ発生地表面 10cm 下	26.11	5
	地表面 (植生(良好)) 10cm 下	25.80	5

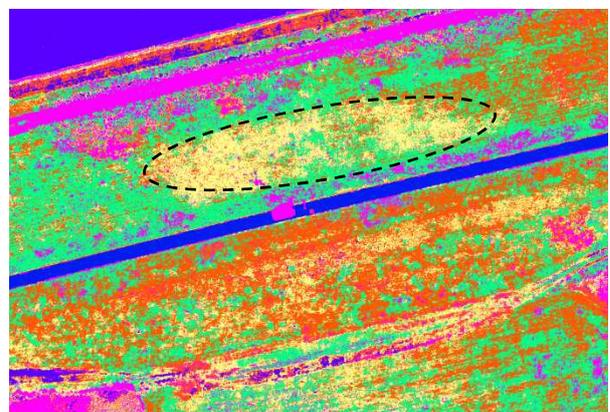


図-5 河川堤防の UAV 空撮画像 (左) と地被分類した画像 (右) (黒破線はコケ化領域と想定)

## 5. 堤防植生の劣化の考察

降雨の影響で、土壌中の塩基が流亡し、塩基の含量が減少すると、土壌の酸性化が進むことが知られている<sup>14)15)</sup>。また、土壌の pH は 5 以下になった場合は、遊離のアルミニウム (Al<sup>3+</sup>) により牧草生育の抑制の害が指摘されている<sup>16)</sup>。一方、牧草種によっては耐酸性の性質を持っているものもあり<sup>17)</sup>、堤防植生の劣化原因を単純に pH に絞ることはできない。そのため、今後は、良好な堤防植生生育に必要な土壌の栄養状態であるかについて、pH に加えて他の土壌成分についても分析を行う必要がある<sup>15)</sup>。また、堤防植生にコケが侵入している状態は、植生劣化している部分に侵入したのか、もしくはコケが侵入したことにより植生劣化につながったのかによって、対策すべき対象が異なる。適切な対策方法を選択し、堤防植生を長期間維持するためには、現行の堤防点検より多い頻度で、効率的、定量的に、堤防植生の変化を観察する必要があると考えられる。

## 6. まとめ

北海道開発局管内の堤防点検結果 (RiMaDIS データ) から植生不良箇所としてコケの確認された箇所に着目し、コケの確認された箇所の UAV 空撮写真の画像の解析、土壌調査を行った。

その結果、教師付き分類によって、堤防植生の状態を概ね分類することができることが確認できた。また、土壌調査の結果、コケ化範囲と植生が良好な範囲の pH および土壌水分の明確な特徴は見られなかった。

## 7. おわりに

堤防植生は、洪水流からの耐侵食性機能が期待されているにもかかわらず、現在、性能についての規定が無いのが実態である。水理実験、現地試験などで北海道に適合した堤防植生種とその耐侵食性機能を評価し、その上で堤防植生の性能規定を定めることが重要である。そうすることで、より具体的に堤防植生の維持管理目標・方法が設定できると考えられる。また、UAV による河川巡視・点検が浸透してきている中、画像による堤防植生の劣化箇所の抽出や診断の実用化が求められる。今後はより広範囲の領域の画像から、堤防植生の診断を定量的かつ自動的に行う方法についての検討を進める必要があるほか、土壌の化学性調査に基づく、効果的で低コストな堤防植生の維持・保全方法についても検討していく必要がある。

## 参考文献

- 1) 気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について、～あらゆる関係者が流域全体で行う持続可能な「流域治水」への転換～答申、社会資本整備審議会、[https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/shaseishin/kase-nbunkakai/shouuinkai/kikouhendou\\_suigai/pdf/03\\_honbun.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kase-nbunkakai/shouuinkai/kikouhendou_suigai/pdf/03_honbun.pdf) (2022.6.6 確認)
- 2) 前田俊一、島田友典、矢部浩規：堤防決壊の事例をもとに考察した背水区間での堤防の決壊現象について、河川技術論文集、Vol.25、2019.6
- 3) 森永泰司、鈴木且尚、沼田太郎、山口修平、長坂健、星尾日明：RiMaDIS の構築と運用および今後の展開、河川技術論文集、Vol.26、pp.551-556、2020.6
- 4) 森永泰司、鈴木且尚、八木裕人：河川維持管理データベースシステムの普及促進策の提案、河川総合研究所報告、Vol.24、pp.15-25、2019.2
- 5) 洪水流を受けた時の多自然型河岸防壁工・粘性土・植生の挙動、土木研究所資料、Vol.3489、1997.1
- 6) 福岡捷二、渡辺和足、柿沼孝治：堤防芝の流水に対する侵食抵抗、土木学会論文集、Vol. 491/II-27、pp.31-40、1994.5
- 7) 笹岡信吾、鈴木淳史、上野俊幸、諏訪義雄：河川堤防の築堤材料や管理状況等が越流時の侵食耐力に与える影響についての考察、河川技術論文集、Vol. 24、pp.601-606、2018.
- 8) 直轄河川管理施設状況、国土交通省、<https://www.mlit.go.jp/statistics/details/content/001429944.pdf> (2022.5.30 確認)
- 9) 谷瀬敦、村上泰啓、中陣実咲希、中村大、加藤一夫、サムナー圭希：寒冷地堤防植生の流水に対する耐侵食性評価実験、第 8 回河川堤防技術シンポジウム、土木学会地盤工学委員会堤防研究小委員会、2020.12
- 10) 藤井久子：知りたい会いたい特徴がよくわかるコケ図鑑、秋山弘之監修、家の光協会、pp.19-167、2021.8
- 11) 村上拓彦：分類、森林リモートセンシング第 4 版-基礎から応用まで-、加藤正人 (編)、日本林業調査会、pp.218-229、2014.10
- 12) 村上泰啓、巖倉啓子、佐藤厚子：ドローンを活用した堤防植生劣化範囲の抽出と対策について、第 65 回北海道開発技術研究発表会、2022.2
- 13) 古橋大地：リモートセンシングに役立つツール、森林リモートセンシング第 4 版-基礎から応用まで-、加藤正人 (編)、日本林業調査会、pp.38-41、2014.10
- 14) 宝示戸雅之、佐藤辰四郎、高尾欽弥：草地土壌の酸性化に伴うアルミニウム溶出と牧草生育、北海道立農業試

験場集報、Vol.50、pp43-53、ISSN04410807、1983.12

- 15) 農文協：よくわかる土と肥料のハンドブック土壌改良編、JA 全農肥料農薬部（編）、pp.86-150、2015.9
- 16) 有原丈二：pHと根、根の事典、根の事典編集委員会（編）、朝倉書店、pp.238-240、2012.1
- 17) 宝示戸雅之、西宗昭：経年的酸性化草地における牧草生育と降水量の関係、日本土壤肥料学会、pp.48-53、1990.

# STUDY ON FACTOR ANALYSIS OF POOR GROWTH OF EMBANKMENT GRASS AND PROPOSED COUNTERMEASURES

Research Period: FY2019-2021

Research Team: Watershed Environmental Engineering Research Team, Cold-Region Hydraulic and Aquatic Environment Engineering Research Group

Author: IWAKURA Keiko  
NOGAMI Takeshi  
MURAKAMI Yasuhiro

**Abstract:** River embankment has grass covering to prevent from bank erosion caused by rain and running water. The Hokkaido Regional Development Bureau's inspection in FY 2018 showed that there were more than 2,600 areas with poor grass or abnormalities in embankment caused by poor grass, and it is necessary to analyze the causes of poor grass and switch to grass that is applicable to cold regions. Therefore, we propose a method for selecting and growing grass suitable for cold-weather embankment with easy maintenance and sufficient resistance to erosion by running water, thereby contributing to flood damage reduction and the creation of a healthy river environment. The results of image analysis of UAV images taken on areas including degraded areas of bank grass suggested that it was possible to decipher moss areas using only RGB images. In the future, it is expected that including the infrared wavelength region in the image analysis will facilitate the decipherment of the mossy areas. In addition, since the acidification of embankment soils was found to be progressing, it is necessary to consider soil improvement methods, including soil chemistry, in the future.

**Keywords:** Embankment grass, Embankment inspection, UAV survey