

国営事業地区等フィールド調査 学生支援事業

令和4年度

当協会では協会設立50周年事業として、優れた技術者の育成・確保の観点から、大学において担当教員の指導の下に国営事業地区等をフィールド調査し卒業論文等を作成する学生に対して、旅費、宿泊費等の諸経費を支援する事業を実施しています。今回、令和4年度事業の支援学生から研究成果の報告がありましたので紹介します。

1 北海道に侵入した国内外来カエルの生息分布解明にむけた音声自動判別モデルの構築

帯広畜産大学 新海 萌香
指導教員 中島 直久 助教

2 WRFモデルを用いた八郎潟干拓による流域気象環境の変化推定

秋田県立大学 生物資源科学部 アグリビジネス学科 佐藤 友哉
(現在 東北農政局 勤務)
指導教員 増本 隆夫 教授

3 福島県の国営かんがい排水事業地区における水管理システムの実態分析

福島大学 農学群食農学類生産環境学コース水資源利用研究室 石本 帆乃
(進学先 筑波大学大学院理工情報生命学術院生命地球科学研究群生物資源科学プログラム博士前期課程)
指導教員 申 文浩 教授

4 大規模畑地灌漑地区における従量制水利費賦課方式の節水効果

筑波大学大学院生命地球環境科学研究群 生物資源科学学位プログラム 利水環境工学研究室 2年
長谷部 紫苑
指導教員 石井 敦 教授

5 水稻の低水温害抑制のための水管理法が水田の水温分布に与える影響について

東京大学農学部 生物・環境工学専修4年 白石 和也
(進学先 東京大学大学院農学生命科学研究科修士課程)
指導教員 西田 和弘 准教授

6 渡良瀬川魚道における準リアルタイム水中観測システムの構築

東京農工大学 農学部 地域生態システム学科 4年 水資源計画学研究室 小寺 俊輔
(進学先 東京農工大学大学院農学府農学専攻食農情報工学コース)
指導教員 福田 信二 教授

7 リサイクル炭素繊維の農地還元の可能性の検討

Investigation of the Possibility of Returning Recycled Carbon Fiber to Agricultural Land

東京農工大学 丸山 智也
(現在 東京都 勤務)
指導教員 加藤 亮 教授

- 8 AE法によるオゾン処理を施した稲わらの引張強度特性に関する研究
新潟大学 農学部 坪田 到馬
(進学先 新潟大学大学院自然科学研究科)
指導教員鈴木 哲也 教授
- 9 多面的機能支払交付金における活動組織の広域化の課題とその対策 ―兵庫県を対象にして―
京都大学 農学部地域環境工学科 農村計画学研究室 細川 裕未 (現在 農林水産省 勤務)
指導教員 星野 敏 教授
- 10 マクロ分散現象に及ぼすランダム不均質場の空間相関性の影響
神戸大学 農学部 竹内 佑衣
(進学先 神戸大学大学院)
指導教員 井上 一哉 教授
- 11 トレーサ試験を用いた地下ダム止水壁の損傷探査
神戸大学 農学部 牧野 桃子
(進学先 神戸大学大学院)
指導教員 井上 一哉 教授
- 12 膨張材を混和したコンクリートの拘束試験における作用力管理方法の検討
鳥取大学 農学部 生命環境農学科 篠原 佳太
(現在 内外エンジニアリング(株) 勤務)
指導教員緒方 英彦 教授
- 13 サンドブラスト式摩耗試験機の促進倍率に関する研究
島根大学 生物資源科学部 環境共生科学科 地域工学コース 山本 真生
(現在 中部地方整備局 勤務)
指導教員 上野 和広 助教
- 14 けい酸塩系表面含浸工法を用いた無機系表面被覆工法の長期耐久性評価
高知大学 農林海洋科学部 農林資源環境科学科 岩崎 司
(現在 静岡県庁 勤務)
指導教員 佐藤 周之 教授

北海道に侵入した国内外来カエルの生息分布解明にむけた 音声自動判別モデルの構築

帯広畜産大学 新海 萌香
指導教員 中島 直久 助教



1. はじめに

外来種の侵入は最大の生態系危機の一つである。北海道の水田地帯では1990年ごろに国内外来種としてトウキョウダルマガエルおよびトノサマガエルが、岩見沢市や北広島市の水田地帯に侵入し分布を拡大している。両種は北海道指定外来種に定められ、生物多様性に著しい影響を及ぼす恐れがあるとされるため拡大防止策が求められている。対象種は拡散要因として河川によって離散した地域に移動した形跡がある。岩見沢地域では現在国営かんがい排水事業として約80kmにおよぶ幹線用水路の補修を実施している。生物の移動経路が長大にわたって攪乱される場合の、拡散の影響について解明することは、今後の生態学的に重要な知見となりうる。

拡散の実態を解明するためには、広域分布を時空間的密に調査する必要がある。しかし、景観スケールでの現地調査には多大な労力を要し、隠遁性の高い対象種に関しては生息を見逃す可能性も高い。広域調査を効率的に行う手法として、カエル類の鳴き声の音声解析から種を自動で判別する技術開発が近年活発になっている。とくに音響特性を入力とし機械学習によって分類モデルを生成する手法は精度が高く評価されているが、野外の音声データから対象種の鳴き声のみを抽出・判断する難しさも指摘されている。そこで本研究では、音響特性を使用せず、学習に用いる教師ラベリングや作業の簡便化を図るため、音声スペクトログラムによる深層学習を用いた画像分類を試みることを目的とした。

2. 方法

2.1 音声データの録音方法

2022年6月末～8月上旬にかけ石狩および空知総合振興局管内の計69地点（図1左）にICレコーダ（Roland社製R07）を設置した（図1右）。サンプリング周波数は24Hz、ステレオのwav形式にて保存した。設置箇所は各地域の土地改良区および長沼町の管理施設内である。録音時刻はおおよそ18時～24時であった。音声データは帯広畜産大学農学情報基盤センターの深層学習用ワークステーション（UNIX環境）上にアップロードし、pythonプログラミングによるGPU解析を行えるデータベースを構築した。



図1 調査地および録音地点(左)と機材設置風景(右)

2.2 音声データの前処理

対象種の鳴き声は短い声の集合であるため、2～3声連続した集まりをCroakと呼び、Croakを構成する一声ずつをCallと呼ぶ。本地域ではニホンアマガエルも同居しているが、トノサマ属との鳴き声はCroakの時点で明瞭に異なるため、本解析ではCroakを識別に用いる（図2左）。

音声データの前処理にはpython3.8.10を用いた。サンプリング周波数を24Hzから16Hzに変換し、音源フレームを1秒区間に分割した。さらに短時間離散フーリエ変換から1秒区間のスペクトログラム画像を生成した。1秒区間に分割することで、1つのCroakにクローズアップすることができ、そのまま教師ラベリングに使用できる。続けて、スペクトログラムにメルフィルタバンクを適用しメルスペクトログラム画像を作成した。メル尺度によって高周波数帯が強調され、対象種の音声が環境音から判別しやすくなった（図2右）。

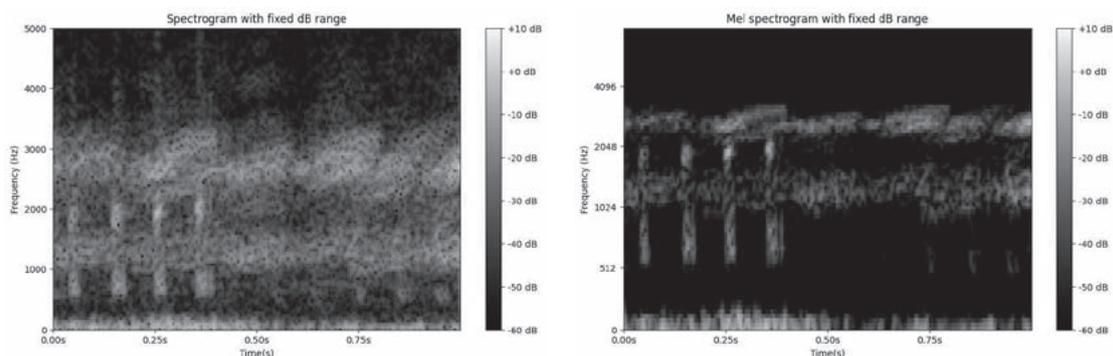


図2 1秒区間における対象種の音声スペクトログラム(左)およびメルスペクトログラム(右)。4つ連続している縦長の爪痕のようなものが対象種の1 Croakに相当する。メル尺度を用いることで明瞭化された

2.3 深層学習の構築

学習用データ数によるモデル精度や感度を明らかにするため、在データ、不在データからそれぞれ、100, 200, 300画像を選択し、教師ラベリングした。いずれもうち8割を学習用、2割を検証用データに分割した。さらに過学習防止のため、学習エポックごとに入力データの20%を棄却した場合も比較した。本研究では、入力層と2つの中間層(2次元畳み込み層)、出力層からなるニューラルネットワークを構築した。活性化関数は中間層でrelu関数、出力層でsoftmax関数、最適化にはRMSpropアルゴリズムを用いた。また構築した学習済モデルを別の日に記録された音源データ101画像に適用し、精度を評価した。

3. 結果と考察

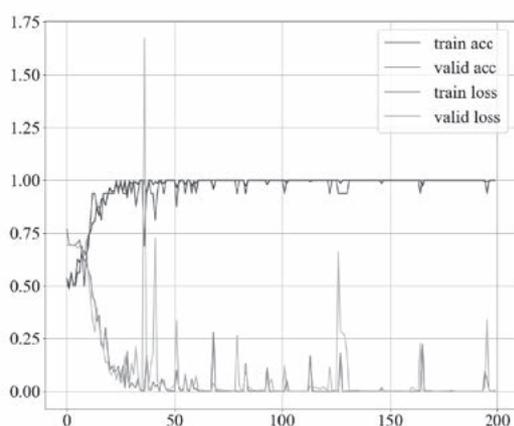
教師ラベリングが在・不在クラスでそれぞれ100画像ずつ、200画像ずつ、300画像ずつ(すなわち計200, 400, 600画像の教師データ)の学習済モデルの精度を評価した結果を表1に示す。適合率と再現率の調和平均を表すF1スコアでは、ラベリング数が200画像のものが最も高かった。次に各ラベリング数、正答率および損失関数の学習過程における推移値を図3に示す。ラベリング数が200および300画像の場合、学習用データを入れたときの損失関数は低減しているが、検証用データを入れると誤差が拡大している(図3 (b),(c))。したがって、過学習が起きていると判断された。

表1 モデルの検証結果

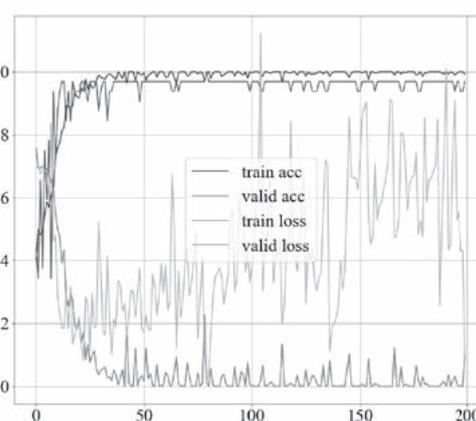
ラベリング数*	正解率	適合率	再現率	F1スコア
100・100	0.90	1.00	0.81	0.89
200・200	0.94	0.92	0.95	0.93
300・300	0.93	0.96	0.88	0.92

*ラベリング数はそれぞれ在ラベルと不在ラベルの数

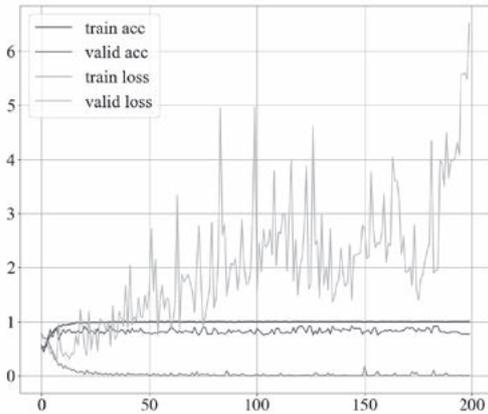
(a) ラベリング数 100



(b) ラベリング数 200



(c) ラベリング数 300



(d) ラベリング数 300 棄却率 20%

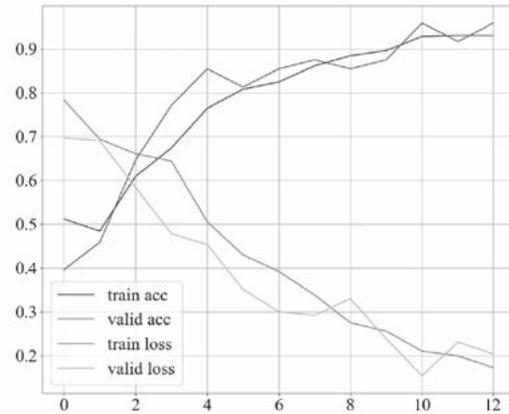


図3 学習過程における正答率と損失関数の推移。横軸は学習エポック。教師ラベリング画像数がそれぞれ100(a)、200(b)、300(c)であり、いずれも過学習を許容している。(d)は過学習防止用に棄却率20%を導入した教師ラベリング画像数300の学習過程。train acc、valid accはそれぞれ学習用および検証用データを用いた正答率、train loss、valid lossはそれぞれ学習用および検証用データを用いた損失関数の値

そこでラベリング数300画像において、過学習防止として入力データ棄却率を20%に設定した場合、正答率・適合率・再現率・F1スコアはそれぞれ0.89, 0.93, 0.85, 0.89となった。いずれの指標も過学習を許容した場合よりも低減した。しかし、損失関数は学習エポックを経るごとに減少しており(図3(d))、汎化能力の高い分類器であるといえた。

棄却率を考慮したラベリング数300画像の学習済モデルを未知音源データ(1秒区間101画像)に適用した。その結果正解率は約86%と高い値を示した。しかし予測に用いた学習済モデルは、学習エポックが12回で終了しており、学習用データでの正答率も100%まで到達しているわけではない(図3(d))。教師データの数を増やすと同時に、他の日付や他の場所における音源でも予測を試み検証する必要がある。もう一つの問題点として、外来カエルは新規定着地では生息密度が低く、鳴き声を取りづらいという欠点がある。カエル音源は最も学習しやすい鳴き声のひとつであるため、教師データの不足を他の学習済モデルから転移することで補うことを今後の課題としたい。

4. おわりに

本研究では、畳み込みニューラルネットワークによる対象種Croakのメルスペクトログラム画像分類を実施した。対象種は多くの場合1つのCroakが1秒区間に相当するため、1秒区間に区切ったメルスペクトログラムから教師ラベリングを実施するだけで、学習・評価を実施することができた。学習済モデルの精度も高く、今後の作業の簡便化が期待される。

謝辞

本研究の実施にあたり、石狩土地改良区、しのかつ中央土地改良区、新えにわ土地改良区、新えべつ土地改良区、長沼町役場、北海土地改良区、の皆様には現地機材設置の確認や見回り等、多大なご協力とご助言を賜りました。本研究は、一般社団法人土地改良建設協会「2022年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業」による支援を受けました。ここに記して感謝の意を表します。

WRFモデルを用いた八郎潟干拓による 流域気象環境の変化推定

秋田県立大学 生物資源科学部 アグリビジネス学科 佐藤 友哉
(現在 東北農政局 勤務)
指導教員 増本 隆夫 教授



1. 研究の背景と目的

食糧増産を目的に八郎潟干拓事業が完成して50余年が経つが、その事業効果は経済評価が主で、周辺環境への影響は明らかにされていない。ここでは、WRFモデル(Weather Research and Forecasting model)を使用し、八郎湖の干拓前の湖の状態、湖が陸地になり水田として利用されている現在、将来水田が畑地になったと推定した状態、すなわち、八郎湖流域での土地利用が大きく変化するときの気象や水循環の変化を検討する。具体的には、各土地利用での流域内における気温、雲の発生、降水量、流量などの環境変化をシミュレートし、干拓による気象水文への影響を評価しようとするものである。

2. 研究方法

WRFの導入にあたっては、次の段階を踏んだ。すなわち、①米国NCARが開発しているWRFのWSへの導入、②ダウンスケーリングのための領域決定、③5つの物理パラメーターの決定、④解析期間の決定、⑤ダウンスケーリングの実施、⑥土地利用条件による周辺の気象水文変化量の分析である。②については、図1のd01(解像度20km)、d02(同5km)、d03(同1km)の3つの領域を計算領域とし、その中でも八郎湖流域全域(894.3km²)を含む範囲d03をダウンスケールのための最終的な対象領域とした。③の5種のパラメーターの1つは固定し、複数のスキームが用意されている4つのパラメーターは計算条件に適する設定を2、3スキーム抽出した後、重要度順に、1つずつ観測値と比較して誤差が最小となるよう決定した。④の解析期間は、多雪かつ洪水年の2022年、大渇水年の1994年ならびに小渇水年の2019年と決定した。なお、⑥に関しては、干拓地(現在)状態、干拓前の湖の状態、水田が全て畑地化した状況を組み入れる予定であったがデータセットの準備が困難であったため、干拓地は現在の干拓地の中心、かつての湖は残留湖の中心やその周辺地域を代替させて影響評価に用いた。また、畑地化についても同様である。

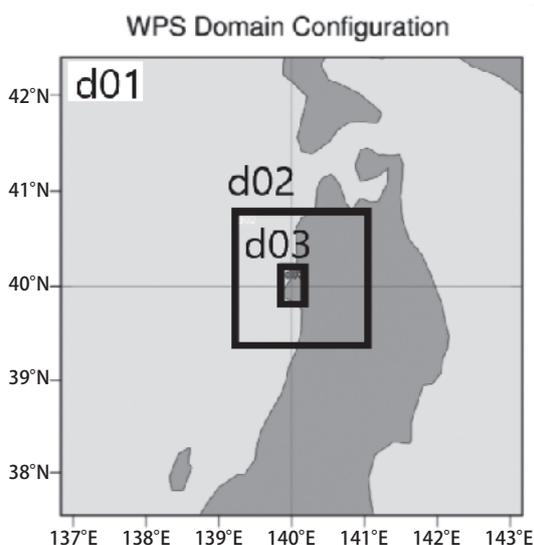
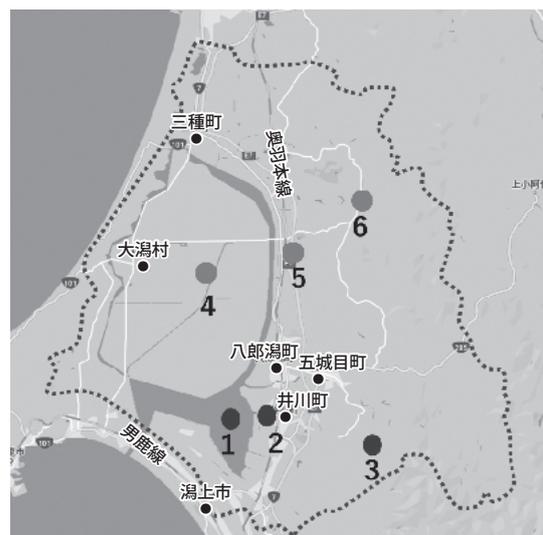


図1 WRFによるダウンスケールの過程



代替地点(湖面、干拓水田) 流域境界
● 八郎湖の選択地点：1 湖面の中心
2 湖面付近の陸地
3 豊川上流
● 干拓地の選択地点：4 干拓地の中心
5 干拓地付近の陸地
6 三種川上流

図2 対象流域における土地利用変化の代替と評価地点

3. 結果と考察

パラメーターに関して、雲微物理はWSM6、大気境界層はMYNN3、地表陸面はMNMLSM・Niu、積雲はKF・Alapaty(d03のみ適用なし)を採用した。比較対象は八郎湖流域とし、図2のように、全面湖面の代わりに番号1で示す残留湖の中心やその周辺地域、すなわち湖近傍2、周辺山間部3で代替させた。一方、干拓後の農地と干拓地近傍、周辺山間部をそれぞれ赤丸4、5、6で代替させた。次に、解析期間の中から2022年1月、2022年の8月、1994年の6月、7月を取り出して湖面の中心、干拓地の中心、湖面付近の陸地、干拓地付近の陸地、豊川上流、三種川上流の6つの代表地点の気象環境を比較した。

大雪であった2022年1月の推定結果を示したのが表1である。まず、湖面では降水量と相対湿度が干拓農地と比較して大きくなっている。これは湖面上の湿度が高く風速は小さいため、降水量が大きくなるためと考えた。一方、山間部では、干拓地中心での降水量が湖面に比べて小さくなるため、その近辺や山間部では降水量、湿度が増加し、湖の近傍や山側ではそれらが減少していることが分かる。これは、陸地の大気が温まりやすく、場の乱れとともに大きな風速により、積雲が東へ移動するため干拓地内では降水量が少なくなるためと考察した。

さらに、大雨が発生した2022年8月の結果(表2)を見ると、湖面は降水量、相対湿度が高く、陸地は気温で大差ないが風速が大きいという大雪の月と同様の傾向がみられた。降水量は湖面上で大、干拓地上で小、干拓地近傍と山間部で増加、湖面近傍と山間部で減少傾向になっている。さらに、渇水の2019年7月の結果を見ると、湖面の気温がわずかながら高く降水量は小さい。これはこの月が冷夏であり、湿度の高い気団が山側に移動してしまっただけ湖面付近に雨雲ができにくかったと推測できる。また、干拓地の降水量が湖面より多いのは、上昇気流が発生し、雨雲ができやすかったためであろうと推察した。

以上の結果から土地利用変化が起こった時の将来的な気象環境の変化について類推を行った。まず、洪水年では、低平部の湖面上の風速、気温の低下に伴って降水が発生し、山間部ではそれにより降水量が減少する。干拓後は低平部の風速、気温が上昇し降水量の減少、山間部では降水量の増加がみられると予測できる。特に冬季では積雪の増大によって水資源量の増加につながる。これが干拓による環境へのプラスの効果だと考えられる。しかし、その反面土砂崩れなどの災害増加の懸念もある。次に、渇水年では、干拓前の湖での低平部における降水量が減少、そのため山間部の降水量が増加する。干拓後の低平部は気温が上昇し、大気の上昇は発生するものの、湿度が低い場合降水量の発生は少なく、山側への大気移動が少なくなり、上昇気流によって降水量が減少する。さらに、水田の畑地化による気象環境変化に関しては、洪水年は特に変化しないと考えられるが、渇水年では、水田の場合灌漑水によって湿度上昇があるものの、畑地化の場合灌漑は少なく、陸地増加したため、気温風速の上昇、蒸発散量の減少が推測される。

表1 2022年1月(大雪)の推定結果

2022年1月	月平均 気温 (°C)	月積算 降水量 (mm)	月平均 風速 (m/s)	月平均 相対湿度 (%)	月平均風向き (16方角)
湖面の中心	0.1	305	7.1	84%	西北西
湖面付近の陸地	0.5	306	8.1	83%	西北西
豊川上流	-1.1	323	4.7	89%	西北西
干拓地の中心	1.0	250	10.7	78%	西北西
干拓地付近の陸地	0.6	301	9.3	79%	西北西
三種川上流	-2.5	425	6.1	96%	西北西

表2 2022年8月(洪水)の推定結果

2022年8月	月平均 気温 (°C)	月積算 降水量 (mm)	月平均 風速 (m/s)	月平均 相対湿度 (%)	月平均風向き (16方角)
湖面の中心	24.1	317	4.9	81%	南南西
湖面付近の陸地	24.1	323	3.4	81%	南南東
豊川上流	23.6	307	4.2	82%	南南西
干拓地の中心	24.4	287	5.4	80%	南南西
干拓地付近の陸地	24.1	276	4.7	80%	南
三種川上流	22.2	432	4.5	89%	南南西

4. 今後の課題

土地利用変化の気象環境への影響は代替法により簡易的に推定したため、現在干拓前の湖面状態(220km²全て湖)、全農地の畑地化のデータセット(ただし、畑地と水田の明確な違いを表現できるようにはなっていない)を用意してWRFの適用を行っている。その結果を利用して、前述の土地利用変化により想定できる環境変化の実証としたい。また、今後はWRFによる長期間の連続計算の実施、ならびに、WRFによる気象要素の出力データを分布型水循環モデル(DWCM-AgWU)へ入力し、地表・地下における水循環の変化の推定を行う予定である。なお、本研究にあたっては東北農政局西奥羽調査管理事務所、同局八郎潟農業水利事業所、大潟土地改良区、加えて岡山大学辻本久美子助教等の支援を受けたことをここに記して感謝の意を表す。

3

福島県の国営かんがい排水事業地区における 水管理システムの実態分析

福島大学 農学群食農学類生産環境学コース水資源利用研究室 石本 帆乃
(進学先 筑波大学大学院理工情報生命学術院生命地球科学研究群生物資源科学プログラム博士前期課程)
指導教員 申 文浩 教授



1. はじめに

近年、農業者の減少や高齢化、農作物価格の低迷等の影響による土地改良区運営基盤の脆弱化、土地改良施設の老朽化による維持管理費用の増加が懸念されており、時代に応じた農業・農村の構造変化に対応できる水管理システムの再構築が求められている。

組織規模や主たる土地改良事業など、地区毎の特徴がある土地改良区における水管理システムの再構築のためには、より多くの土地改良区での実態分析による課題の検討が必要とされる。

福島県は、2022(令和4)年3月末時点で、東北地方で最も地区数と組合員数が多く、農業従事者数(個人経営体)は全国1位、米の農業産出額は全国4位と有数の農業県である。しかし、福島県における国営かんがい排水事業地区を対象とした研究例は少なく、知見の蓄積が望まれる。本研究では、福島県の2つの国営かんがい排水事業実施した2つの土地改良区を対象に、土地改良区の沿革から現状の課題までの実態分析により、土地改良区の存続に向けた課題を検討する。

2. 研究対象地

(1) 請戸川土地改良区

福島県相馬郡南相馬市小高区、双葉郡浪江町、双葉郡双葉町の南北に跨り、2021(令和3)年5月時点の地区面積は3,859ha、組合員は4,123人である。国営かんがい排水事業「請戸川地区」で造成された土地改良施設の管理団体として、1977(昭和52)年に設立され、1997(平成7)年に近隣3土地改良区と新設合併された。福島第一原子力発電所から20kmに位置し、東日本大震災および東京電力福島第一原子力発電所事故発生後は、地区全域の一時的な避難、事務所の移転を余儀なくされた。2017(平成29)年より地区への通水が再開され、全域の通水完了に向けて復旧事業が段階的に実施されている。

(2) 会津宮川土地改良区

福島県河沼郡会津坂下町、大沼郡会津美里町、会津郡会津若松市の南北に跨り、2022(令和4)年4月時点の地区面積は4,433ha、組合員は4,123人である。国営かんがい排水事業「会津宮川地区」で造成された土地改良施設の管理団体として、1984(昭和59)年に設立され、2005(平成17)年に近隣3土地改良区と新設合併された。造成された土地改良施設の維持管理、国営・県営事業の償還義務が主な事業である。

3. 方法

- 1) 土地改良区の沿革(灌漑地区の成り立ち、国営かんがい排水事業実施の経緯、旧土地改良区の設立と合併、土地改良区の現状)を整理するため、国営事業誌および土地改良区広報誌を用いた文献調査を実施した。
- 2) 土地改良区の運営の現状を把握するため、土地改良区職員への聞き取り調査、通常総代会議案書、土地改良区広報誌を用いた文献調査を実施した。

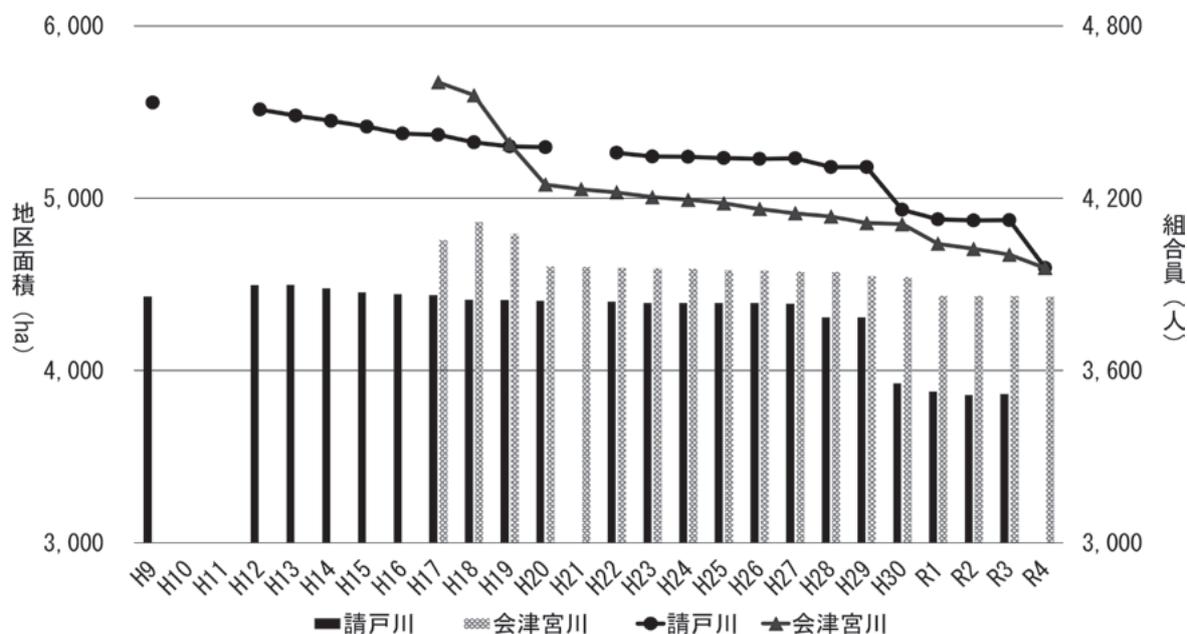


図1 両土地改良区における合併以降の地区面積と組合員の推移

3) 土地改良施設の維持管理の現状を把握するため、土地改良施設の維持管理を担う土地改良区職員と約2週間行動を共にし、維持管理作業への同行、土地改良区に関する聞き取り調査を実施した。

4. 結果と考察

1) 両土地改良区の沿革

縄文・弥生時代に稲作が伝わり、稲作中心の農業が展開されている。中世から近世にかけて堰や用水路など現在の土地改良施設の基盤が構築された。河川やため池を水源としていたが、流量が乏しく、恒常的な水不足から農業用水の安定確保が課題であった。これにより国営かんがい排水事業が申請され、県営付帯事業と合わせて農業用ダムの造成による水源確保と取水施設の統合、その他土地改良施設の整備による水利用の合理化が図られた。

2022(令和4)年、造成施設の多くが耐用年数を迎え更新事業が必要とされている。

2) 土地改良区の運営面での課題

地区面積・組合員の減少により、国営かんがい排水事業(一般型)の実施要件である3,000haを下回ることで次期事業実施、運営費の減収などが懸念されている(図1)。

請戸川土地改良区では、2011(平成23)年以降、賦課金は東京電力による損害賠償金や関係市町村の補助金による補填が必要とされている。町の復興事業による農地転用も重なり、数値上の地区面積・組合数と実情との乖離が生じている。一方で、会津宮川土地改良区では、耕作放棄地や財産放棄を要因とする未収賦課金による運営費の減収が生じている。これにより、組織規模の維持が課題となっている。

3) 土地改良施設の維持管理面での課題

土地改良施設の維持管理は、土地改良区職員による基幹的な施設の操作などの中枢的な管理と、組合員によるその他施設の日常点検、環境整備などの末端的な委託管理で実施される。しかし、組合員の高齢化、減少により委託管理が実現されず、土地改良区職員による代替的な維持管理が求められ、維持管理体制の脆弱化が懸念されている。請戸川土地改良区は、営農再開後、委託分の土地改良施設において、帰還者が少数のため職員が代替的に管理をせざるを得ない。会津宮川土地改良区では、概ね委託管理体制が成立しているが、一部で組合員からの申し出により土地改良区の直轄管理となっている地域があり、土地改良区職員への負担増加が懸念されている。これにより、少人数かつ省力的な維持管理体制の構築が課題となっている。

4) 考察

土地改良区は、地区の農業の保持と持続的な発展のために、新規・更新の土地改良事業の実施や限られた水資源の安定的な供給の役割を果たしている。また、ダムにおける地区の洪水調整機能の保持など農業に限らない役割も持ち始めており、土地改良区は地区にとって必要な存在であり、土地改良区が機能を最大限発揮するためには、使い手である組合員の協力と関係行政による支援が重要である。

稲作主体の両地区において、国内における稲作が置かれる消費量の減少、買取価格の下落などの厳しい状況による影響、農業従事者の高齢化・減少、農地転用の増加などの影響を受け、組合員の賦課金による自主財源の確保(運営面)、組合員との維持管理体制の保持(維持管理面)が喫緊の課題である。

地区面積・組合員共に減少傾向にある状況下で、土地改良区の自主財源である賦課金額の値上げは現実的ではないが、高度化に伴う土地改良施設の維持管理費の増高、土地改良区職員の維持管理上の負担軽減のため、応急対策として運営費・維持管理費への関係行政の支援の拡充が必要であると考えられる。しかし、水管理システムの再構築を検討する上では、行政による支援の拡充では十分でない。そのため、土地改良区だけでなく、関係行政との連携による構造の変革が重要である。具体的には土地改良区の自主財源の拡充、関係行政間および土地改良区との連携の強化である。

土地改良区は、主たる自主財源を賦課金としているが、未収賦課金の存在や組合員からの徴収が不可能であることから、地区の農産物を販売する機能を併設するなどの新しい自主財源を検討する必要がある。

土地改良区の組合員の多くは農業者が占め、土地改良区の存続には農業の存続が密接に関わっているが、古くから稲作主体であった両地区において、65歳以上の農業者が6割以上を占めることから、稲作主体からの農業政策に応じた生産の急転換は現実的ではなく、農業政策方針との乖離は否めないため、臨機応変な行政による対応が求められる。

また、請戸川土地改良区において、組合員(帰還者)の確保が課題となっているように、同時に、農業者は地区(関係市町村)の生活者でもあるため、関係行政は農業政策だけでなくまちづくりと並行して検討する必要がある。

5. おわりに

背景の異なる2つの土地改良区から共通する喫緊の課題として、組合員の賦課金による自主財源の確保、組合員との維持管理体制の保持がある。これらの課題は、地区面積・組合員の減少に起因し、背景には国内の農業の脆弱化が密接に関係している。水管理システムの再構築のためには、土地改良区自体が自主財源を拡充することで関係行政への少ない負担で土地改良事業を実施し、農業者(生活者)の確保のために関係行政間の連携を強化することが必要である。

謝辞

本研究は、一般社団法人土地改良建設協会「2022年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業」による支援を受けました。福島大学農学群食農学類生産環境学コースの申文浩教授にご指導頂きました。請戸川土地改良区職員、会津宮川土地改良区職員の皆様には、現地調査へのご協力、多数の資料のご提供を頂きました。ここに記して、深謝の意を表します。

4

大規模畑地灌漑地区における 従量制水利費賦課方式の節水効果

筑波大学大学院生命地球環境科学研究群 生物資源科学学位プログラム 利水環境工学研究室 2年

長谷部 紫苑

指導教員 石井 敦 教授



1. はじめに

日本の農業用水を管理する土地改良区では、ほとんどの場合、個々の組合員の灌漑受益面積に応じて水利費を賦課している。一方、ごく一部だが上水道料金のように、個々の農家やムラ等の灌漑ブロックごとに使用灌漑水量を量り、それに従って水利費を賦課する「従量制」を導入している地区もある。

従量制水利費賦課は、農家の自主的な節水強化が期待され、実際、大規模水田灌漑地区の事例で、従量制導入により平常時の節水効果があることが報告されている(長谷部ら(2022))。一方、大規模な畑地灌漑地区については、その節水効果について実証的な研究は見受けられない。畑地灌漑は用水量も少なく、もともと湿害の恐れもあり、節水効果が小さい可能性もある。

そこで本研究では、個別従量制を導入した大規模畑地灌漑地区である宮古土地改良区を対象に、従量制の節水効果の有無を明らかにし、その要因を考察することを目的とした。

2. 調査対象地区の水利施設と水利費賦課

2.1 水利施設

宮古地域では、昭和62年～平成12年の国営かんがい排水事業「宮古地区」(受益面積8160ha)で地下ダム2基(総貯水容量3000万 m^3)とファームpond(以下FP)6か所、幹線用水路が整備され、次いで平成21年度からは国営かんがい排水事業宮古伊良部地区(受益面積9516ha)で地下ダム2基とFP1か所(牧山FP)が追加され、伊良部島まで受益地が拡大された。作物の約6割はサトウキビで、個々の農家は1～2haの畑地を耕作している。

幹線用水路以下、圃場までの水利施設は、昭和60年代から始まった県営・団体営かんがい排水事業(現在まで100地区以上)により、現在まで約6割の農地で整備されている(表-1のI[スプリンクラー方式]・II型[給水栓方式])。水路はパイプラインで、給水施設の大半はスプリンクラーである。その際に積算流量計も、40a区画に1か所ずつ設置された(現在の総数約16,000か所)。

また、I・II型の末端水利施設整備までの措置として、15～20haに1か所、コイン投入式の給水施設が設置された(表-1のIII型)。ここでは農家は軽トラック等で給水タンクを持ちよって灌漑用水を得ている。

表1 灌漑タイプ別の灌漑面積の推移 (ha)

FP	2002年			2022年		
	I・II型	III型	合計	I・II型	III型	合計
仲尾峰	151	620	771	1331	288	1619
東山	1101	213	1314	1409	135	1544
野原岳	524	542	1066	1143	235	1378
ピンフ岳	389	0	389	953	101	1054
ミルク峰	143	0	143	271	0	271
来間	124	0	124	124	0	124
牧山	170	201	371	170	201	371
合計	2602	1576	4178	5401	960	6361

宮古伊良部農業水利事業所提供資料より作成

2.2 水利費賦課方式

I・II型整備済み地区では、当初から流量計はあったが、水利費は面積割り(2000円/10a)で賦課されていた。一方、III型のコイン式給水施設の給水単価は20円/ m^3 で、こちらは当初から従量制水利費賦課だった。

その後、I・II型の整備が拡大すると、地下ダム貯水枯渇の懸念と、III型地区との不公平感が問題となり、令和2年よりI・II型地区で従量料金制水利費賦課が導入された。年間10aあたり260 m^3 までは定額2000円で、それ以上は15円/ m^3 が賦課される。

3. 従量制効果の分析方法と資料

伊良部島の牧山FPを除く6か所のFPについて、長期の年間使用水量と灌漑受益面積データから各年の灌漑高を求め、FPごとに従量制導入前・後の灌漑高を比較して、従量制の節水効果を求めた。その際、もともと従量制のIII型の灌漑面積比率の減少を考慮し、III型比率の高い1期(2002～2010年)、I・II型比率の高い2期(2011～2019年)、I・II型も従量制になった3期(2020～2021年)に分けて分析した。

FPの使用水量データは宮古土地改良区から提供していただいた。灌漑受益面積の推移は、宮古伊良部農業水利事業所から提供していただいた、国営事業実施以降の末端水路整備事業地区の地区面積、事業終了年のデータを整理・集計して求めた。

4. 結果と考察

4.1 1期と2期の違い：

いずれのFP地区でも、降雨量と使用水量との間の相関があり、また、1期の使用水量の方が小さかった。特

に1期でⅢ型比率の高かった仲尾峰FPと野原岳FP(図-1)では、1期と2期の灌漑高の差がより大きかった。要因として、Ⅲ型が用水単価の高い従量料金制であること、タンクでの給水に手間がかかることが考えられる。

4.2 2期と3期の違い

3期の灌漑高を2期の降雨量～灌漑高の近似直線と比較したところ、いずれも50～100mm程度(平均年間灌漑高の2割程度)少ない結果となった。これは、従量制導入の効果と考えられる。効果があった要因として、超過

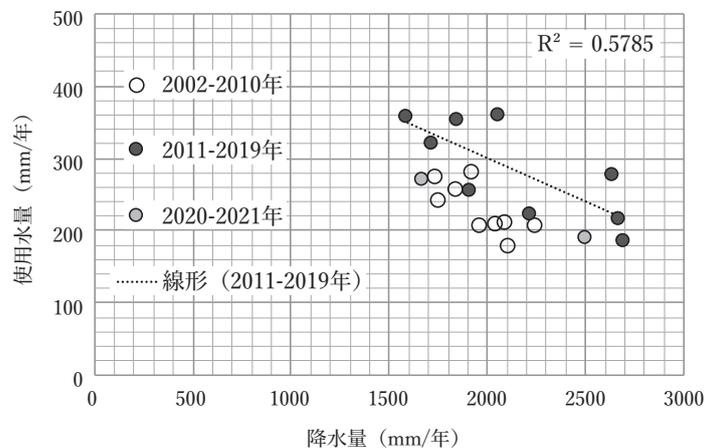


図-1 野原岳FP受益地の使用水量

料金単価(用水ポンプ電気代をもとに設定)が15円/m³と高額ということがある。この単価のため、50～100mm程度の節水でも750～1500円/10a、平均的な経営規模1haの農家では7500～15000円程度になり、農家の節水行動につながったのだろう。

4.3 従量制水利費の効果と費用

灌漑地区全体で見ると50～100mmの節水は、現在の灌漑面積5000haでも250～500万m³、計画灌漑面積約9500haでは450～900万m³となり、地下ダムの有効貯水容量約2500万m³に対して水源維持の効果はある。

問題は量水計導入・維持のコストで、設置費は1か所あたり約40万円、更新期間は20年程度、年間10aあたり約5000円になる。他地区で導入する場合は、このコストと水源保全効果等とを比較検討する必要がある。

付記：本稿の詳細については、2023年度農業農村工学会大会講演会で発表する予定です。

謝辞

本研究にあたって、土地改良建設協会、沖縄総合事務局農村振興課、宮古伊良部農業水利事業所、宮古土地改良区の皆様には、多大なご助言ご協力をいただきました。記して謝意を表します。

参考文献

長谷部紫苑, 石井敦: 水田灌漑地区における従量制賦課方式によるダム貯水量の温存効果, 農業農村工学会大会講演要旨集, 2022

水稲の低水温害抑制のための水管理法が 水田の水温分布に与える影響について

東京大学農学部 生物・環境工学専修4年 白石 和也
(進学先 東京大学大学院農学生命科学研究科修士課程)
指導教員 西田 和弘 准教授



1. 研究の背景と目的

北海道や東北など寒冷地における水稲作では、田面水が低水温になることで収量が低下するイネの低水温害が問題となっている。この対策の一つとして、夜間・早朝灌漑が推奨され、広く実施されている。この灌漑方法は、田面水と灌漑水の温度差が小さい時間帯に灌漑することで、低温の用水の流入に伴う田面水温低下を抑制する方法である。一方で、この灌漑方法は、特定の時間帯への水需要の集中によって、地域の水利利用に問題を生じさせる可能性がある。そのため、現場の水田では、利用可能な水資源(水量・水温)の制約下で収量を最大限に増加させる効果的な水管理の実施が求められる。これには、灌漑条件(強度・時間帯・頻度等)の違いが水田水温に与える影響の解明と、これに基づく効果予測が必要である。このための基礎情報の収集を目的として、本研究では、低水温害が問題となる水田を対象に現地調査と数値実験を実施し、灌漑の時間帯・頻度が水田水温分布に与える影響について調べた。

2. 研究方法

2.1 現地調査

現地調査は、福島県南会津町の水田(3枚)において実施した。この地区の水稲生育初期(5月下旬から6月中旬)の水温は10~15℃と低く、管理農家によれば低水温害がたびたび生じているとのことであった。この圃場において、生育初期の6/1から収穫直前の

9/23を対象に、用水路の水温、圃場内8ヶ所(水口から水尻)の水温、気象条件(温湿度・日射・風速)、圃場の水位を測定した(図1)。また、これらの測定値から、蒸発散量、浸透量、灌漑条件(水量・時間帯)を算出した。

2.2 数値実験

数値実験には、Nishida et al.(2020)のモデルを用いた。このモデルは、田面水—大気間と水稲—大気間の鉛直方向の熱交換を表すKondo and Watanabe(1992)のモデルに、水管理に伴う水平方向の熱移流と田面水の熱貯留を表現する項を加えたモデルである。田面水、水稲、土壌の熱収支式と田面水の水収支式を同時に解くことで、水温・稲体・地温分布が計算される。

このモデルを用いて以下の計算を行った。

まず、このモデルに、現地調査で取得した水管理条件(灌漑強度・時間帯)・圃場条件(浸透量・大きさ)・気象条件・初期条件(水温・地温・水位)を入力し、水温分布の時間変化を計算した。計算は、6/1~6/5の5日間を対象に実施した。この結果と実測値を比較することでモデルの精度を検証した。

次に、上記と同一対象期間・気象・圃場・初期条件・総灌漑水量の下で、1)灌漑時間帯、2)灌漑頻度(強度)を変えた場合の水温分布に与える影響を調べた。1)では、毎日昼間灌漑と毎日夜間灌漑の2条件、2)では、常時灌漑、毎日夜間灌漑、隔日夜間灌漑の3条件で水温変化を計算し、各条件の期間平均水温分布を比較した。

3. 結果と考察

3.1 実測と計算水温の時間変化の比較

図2に、実測水温と計算水温の経時変化を示す。実測・計算水温共に、水口に近いほど水温は低温となり、低温の用水の灌漑に伴う田面水の水温低下が見られた。実測水温と計算水温のRMSEは2.5℃であった。同一モデルを使用したNishida et al.(2020)による登熟期の水温予測精度(RMSE:0.98℃)と比べ精度は低かったが、本研

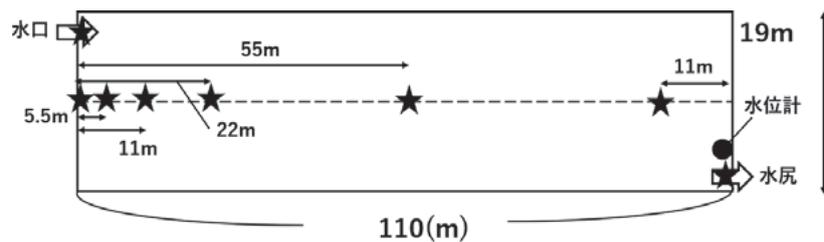


図1 圃場と測定地点の模式図(★が水温計の設置場所, ●が水位計の設置場所)

究においても水温の時間変化を概ね再現できた。

3.2 灌漑時間帯の影響

図3に、夜間灌漑時と昼間灌漑時の期間平均水温分布を示す。平均水温は、水口付近(0~20m)では夜間灌漑の方が昼間灌漑よりも高温であったが、それよりも遠方では昼間灌漑の方が夜間灌漑よりも高温であった。このように、夜間灌漑は、灌漑水の流入の影響が大きい水口付近の水温低下を防ぐ効果があること、水口より遠方では逆の効果を持つことが確認された。

3.3 灌漑頻度の影響

図4に、異なる灌漑頻度下の、平均水温分布を示す。水口付近の平均水温は、高い順に隔日・夜間灌漑、毎日夜間灌漑、常時灌漑となった。このように、灌漑頻度が少ない(灌漑強度が高い)ほど、水口付近の水温は高くなることが確認された。このことから、同一灌漑水量の下で灌漑を行うのであれば、灌漑頻度は少ない方が低水温害の抑制に効果的だと考える。

4. まとめと今後の課題

夜間灌漑の方が昼間灌漑よりも水口付近の平均水温の低下を抑える効果があること、同一灌漑水量の下では灌漑頻度が少ないほど水口付近の平均水温が高くなることが明らかになった。水田の平均水温を高くするためには、灌漑頻度を抑えて夜間に灌漑するのが効果的であると考えられる。

今後、様々な条件下の水田を対象に現地調査、数値実験を継続して実施し、水口付近の水温低下を軽減できる効果的な灌漑条件の解明に取り組む予定である。これにより、低水温害による収量低下を防止するための灌漑方法の解明に貢献したいと考えている。

謝辞

現地調査をお許しいただいた対象農家の皆様に感謝申し上げます。また、会津南部農業水利事業所において、地区の概要および業務内容についてご説明いただき、国営事業に関する知識を得ることができました。感謝申し上げます。

引用文献：

- Kondo J, Watanabe T (1992) Studies on the bulk transfer coefficients over a vegetated surface with a multilayer energy budget model. J Atmos Sci 49: 2183-2199.
 Nishida K, Yoshida S, Shiozawa S (2021) Numerical model to predict water temperature distribution in a paddy rice field. Agric Water Manag 245: 106553.

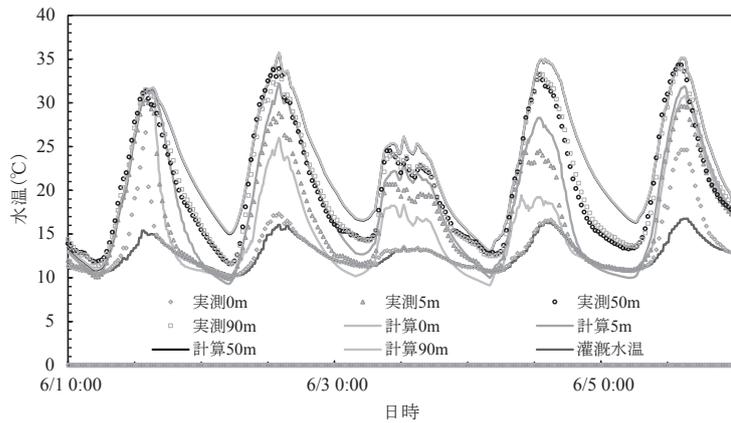


図2 実測水温と計算水温の経時変化

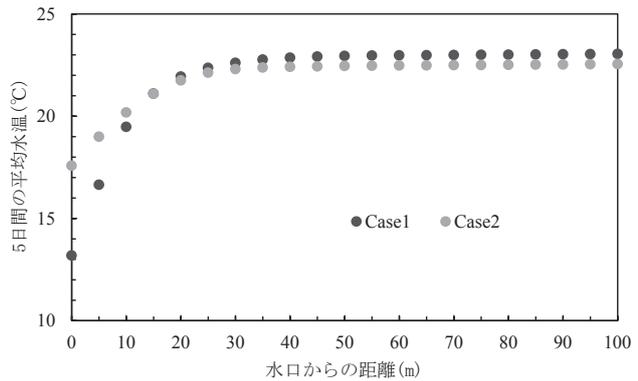


図3 昼間・夜間灌漑下の期間平均水温分布 (Case1が昼間灌漑、Case2が夜間灌漑)

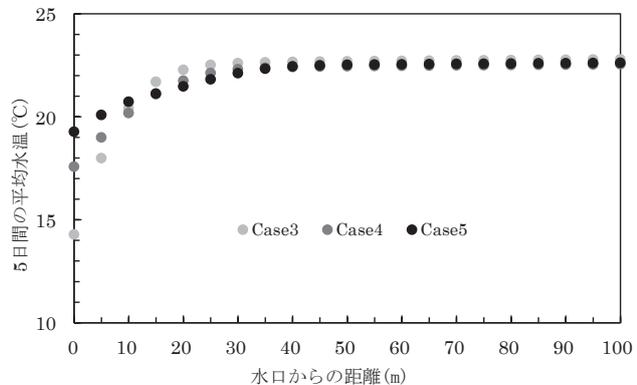


図4 異なる灌漑頻度下の期間平均水温分布 (Case3が常時灌漑、Case4が毎日夜間灌漑、Case5が隔日夜間灌漑)

渡良瀬川魚道における 準リアルタイム水中観測システムの構築

東京農工大学 農学部 地域生態システム学科 4年 水資源計画学研究室 小寺 俊輔

(進学先 東京農工大学大学院農学府農学専攻食農情報工学コース)

指導教員 福田 信二 教授



1. はじめに

河川環境の計測には、水中での計測を含めて様々な制約があり、多大な時間やコストが必要である。例えば、流量観測のための流速計測の方法として、国土交通省(2022)は、可搬式流速計や浮子による測定などを挙げている。可搬式流速計を用いた測定法では、実際に河道内で測定する必要があるため、水深の小さい区間しか測定できない。また、浮子による測定は風の影響を受けたり、観測者や観測位置などによって計測誤差が生じたりする可能性がある。これに対し、河川環境を高精度かつ自動で計測することができるようになれば、時間や労力を大幅に削減することができる。既往の研究において、巻ら(2005)は、自律型水中ロボットを作成し、浅海域において人工構造物を観測した。山上ら(2015)は、河川流速の自動計測を目標に流速計測ロボットを試作し、室内実験水路においてテストした。しかしながら、複数の物理環境変数を同時に計測する自律型ロボットは未だに開発されていない。そこで筆者は、河川環境を計測する自律型ロボットの開発の第一歩として、定点カメラによる動画撮影と魚類検出・種判別モデルによる水中観測システムの構築を試みた。具体的には、まず室内実験により基礎システムを構築し、魚類検出・種判別モデル構築用の画像データを集積した。続いて、撮影画像を用いて深層学習による基礎モデルを構築して、再現性を評価するとともに、個体数計測のための基礎アルゴリズムを作成した。そのうえで、構築した観測システムを渡良瀬川太田頭首工魚道入口に設置して実環境での適用可能性を検証した。

2. 方法

2.1 室内実験

実験室に設置したゴム製プール(300cm×200cm×75cm；図1)内の水深を約43cmに設定し、USBカメラ(ELP社製、暗視機能付)を入れたガラス水槽(15cm×15cm×25cm)を水中に固定して遊泳魚を撮影する。カメラはシングルボードコンピュータ(Raspberry Pi 4 Computer Model B 8GB RAM)を用いて操作し、1分おきに10秒間撮影した動画はDropbox API(dropbox-sdk-python)を用いて転送した。光環境を制御するために、LEDライトを6台設置し(図1)、タイマー機能により、6時から18時までを明条件、18時から翌6時を暗条件とした(明暗周期=12h:12h)。実験には、府中用水で採集した8魚種(モツゴ、ドジョウ、カマツカ、オイカワ、コイ、ムギツク、フナ、ヨシノボリ)を使用した。

撮影動画を1フレームごとの画像に分割し、LabelImgを用いてアノテーションした。その際、供試個体数が種ごとに異なることから、データ拡張ツールRoboflowを用いて学習データを増強し、表1のように分割したうえで、Ultralyticsが開発したYOLOv5sにより魚類検出・種判別モデルを構築した。魚類検出精度の評価には、Precision、Recall、mAP₅₀およびmAP₅₀₋₉₅を使用した。

2.2 野外試験

野外試験は渡良瀬川太田頭首工魚道上流端において実施した。具体的には、室内実験で使用した機材(Raspberry piおよびUSBカメラ)に、モバイルバッテリー(MOTTARIモバイルバッテリー

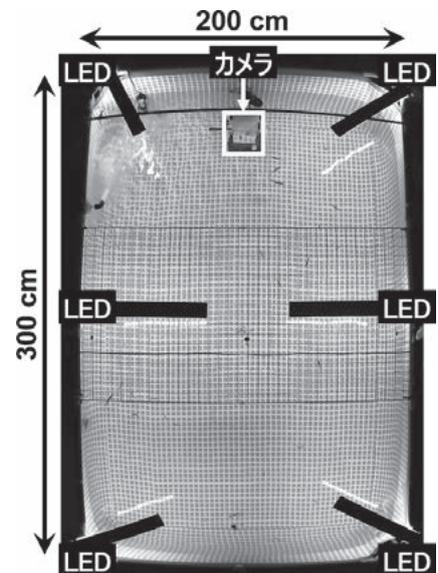


図1 室内実験風景

表1 学習・検証用の魚種別ラベル数

魚種	Training	Validation	Test	All
モツゴ	669	174	373	1216
ドジョウ	391	118	166	675
カマツカ	387	112	439	938
オイカワ	432	133	152	717
コイ	657	223	108	988
ムギツク	482	150	90	722
フナ	476	161	83	720
ヨシノボリ	654	228	93	975

61200mAh)とモバイルWiFiを挿入したアクリルケース(W15cm×D15cm×H100cm)を魚道の溝に設置した(図2)。撮影では、1分間に1回、画像を撮影し、クラウドに転送した。撮影プログラムは1分ごとに、秒数が毎分00秒になると動作するように設定した。バッテリーは1日ごとに交換した。



図2 渡良瀬川太田頭首工観測システム設置位置

3. 結果と考察

3.1 室内実験

室内実験では、撮影とデータ転送に成功した一方で、撮影間隔が1分ごとに統一できず、撮影間隔が空いてしまうことがあり、結果として1時間に45~50回の撮影になった。魚類検出・種判別モデルによる魚種判別の結果の一例を図3に、魚類検出の再現結果を表2に示す。このように、魚類検出・種判別モデルを構築することができたが、種判別の精度は魚種ごとに大きく異なり、さらなる改良の必要性が示唆された。

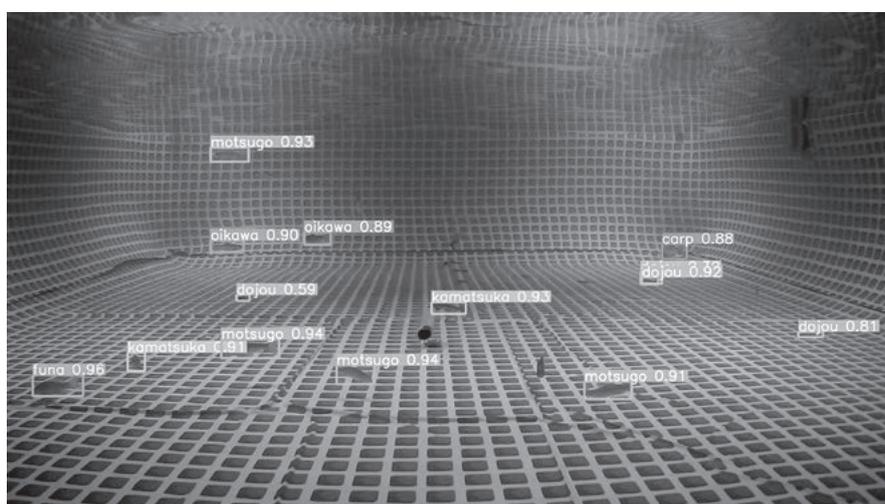


図3 魚種判別結果例

表2 魚種検出モデルの再現精度

クラス	Precision	Recall	mAP50	mAP50-95
全体	0.775	0.663	0.708	0.485
コイ	0.725	0.833	0.836	0.555
ドジョウ	0.925	0.699	0.717	0.476
フナ	0.503	0.313	0.360	0.235
カマツカ	0.923	0.380	0.549	0.386
モツゴ	0.674	0.619	0.697	0.441
ムギツク	0.815	0.744	0.828	0.577
オイカワ	0.659	0.717	0.680	0.432
ヨシノボリ	0.974	1.000	0.995	0.780

3.2 野外試験

3日間の観測結果から、野外環境下に実装した水中観測システムにより、撮影とデータ転送を実行できた。図4を見ると、時間によって光の当たり方が異なるために照度が時間と場所によって異なることが明らかになった。これは魚種解析に大きな影響を及ぼす可能性がある。また、実河川では時々刻々と環境が変化し、濁度の変動により、撮影や画像解析が困難になることが示唆された。

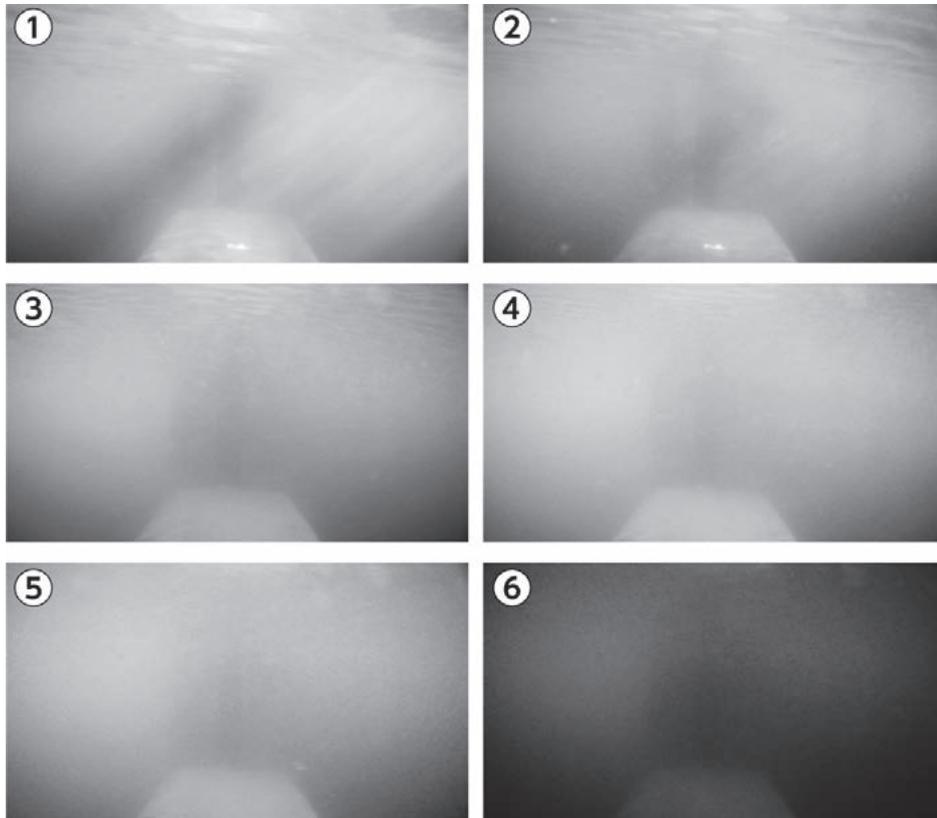


図4 野外撮影時の時間変化に伴う画像変化

(①: 2/5 16:00、②: 2/5 16:15、③: 2/5 16:30、④: 2/5 16:45、⑤: 2/5 17:00、⑥: 2/5 18:00)

4. 結論

本研究では、水域計測ロボット開発の前段階として定点での水中観測システムを構築した。市販のUSBカメラをラズベリーパイで操作し、撮影動画はWiFi経由でクラウドに転送することで準リアルタイムでの観測が可能になった。続いて、撮影画像を用いてYOLOv5sに学習させることで魚種判別モデルを構築した。渡良瀬川太田頭首工魚道最上流端における準リアルタイム撮影では魚類は撮影できなかったが、透明度が高い条件下での撮影が十分に可能であることを確認できた。一方、光環境や濁度の影響が観察されており、条件に応じた技術開発の重要性が示唆された。

謝辞

本研究の実施にあたり、一般社団法人土地改良建設協会2022年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業の支援を受けました。また、現地調査では、関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所計画課および待矢場両堰土地改良区の皆様にご協力頂きました。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 国土交通省 水管理・国土保全局(2022)河川砂防技術基準 調査編 第2章 水文・水理観測 第4節流量観測. pp.7-17
https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/chousa/pdf/kaitei_02_04.pdf
- 巻俊宏・近藤逸人・浦環・能勢義昭・坂巻隆(2005)自律型水中ロボットによる人口構造物の観測. 日本船舶海洋工学会論文集第1号. pp.17-26
- 山上路生・金子泰洗ポール・戸田圭一(2015)河川流速の自動計測を目標とする自動移動浮体ロボットの試作開発. 土木学会論文集B1(水工学), Vol. 71, No.4, pp.I_841-I_846

リサイクル炭素繊維の農地還元の可能性の検討

Investigation of the Possibility of Returning Recycled Carbon Fiber to Agricultural Land



東京農工大学 丸山 智也

(現在 東京都 勤務)

指導教員 加藤 亮 教授

1. 背景

肥料として投入された窒素やリンの分解や回収が望まれている。肥料の主成分である窒素、リン酸は、水質汚濁や湖沼の富栄養化の原因となりうる。また、肥料由来の一酸化二窒素の問題や、リン鉱石の枯渇なども懸念されている。これらの問題に対し、一度排出された農業排水から、栄養塩類を分解・回収する手段が必要となる。

そのような手段の1つとして、本研究ではリサイクル炭素繊維素材に着目した。炭素繊維素材は、様々な用途に幅広く使われる一方で、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)の工程廃材や使用済み製品の大部分が使用後に埋め立て処理される¹⁾など、リサイクルや処分が課題となっている。

炭素繊維の利用方法の1つに、水質浄化資材としての利用がある²⁾³⁾。炭素繊維による水質浄化は、炭素繊維の持つ生物親和性を利用して微生物を集め、それらの微生物が栄養塩類を分解することで行われる。

よって、炭素繊維素材を水質浄化資材として農業排水に投入したのちに、農地還元することによって、吸着した肥料成分を再び回収することが可能であれば、肥料の流出による水質悪化と、使用済み炭素繊維の処理という、2つの問題を同時に解決することが期待できる。したがって本研究では、水質浄化と肥料成分の回収の手段として、リサイクル炭素繊維素材に着目した。

以上から本研究では、農業排水路に水質浄化資材として投入したリサイクル炭素繊維素材の、農地還元の可能性を検討することを目的とする。具体的には、排水路上下流の水質の差から水質浄化効果を評価するとともに、回収した炭素繊維から肥料成分を水抽出し定量することで、植物に利用されやすい肥料として利用可能な窒素とリンの量を求める。また、肥料回収に利用するための炭素繊維量や設置、装置の条件について考察する。

2. 対象地

千葉県印旛沼の白山甚兵衛循環灌漑地区内の小排水路を対象地とした。印旛沼は水質汚濁が懸念される湖沼で、農業起源の汚濁負荷の影響が大きい。したがって、農業からの負荷を軽減するため、炭素繊維素材による域内の排水路の水質浄化と栄養塩類の回収を試みた。

3. 実験方法

使用済みの炭素繊維複合素材を焼成した炭素繊維を、吸着素材(セラミック素材)とともに成形し、板状にした炭素繊維素材を、水路壁面と底面に沿うように設置した。設置した装置を通過する前後の農業排水を採水し、分析を行うことで浄化効果の検証を行った。採取したサンプルから、全窒素、全リン、全有機炭素、溶存酸素濃度の測定をした。また、上下流それぞれに設置したロガーにより、電気伝導度の測定も行った。

また、回収した炭素繊維素材を農地に還元したときに、散水によって溶出する水溶性の窒素とリンの濃度を推定した。回収した炭素繊維素材から水溶性の窒素とリンを水抽出したのち、遠心分離機にかけ、上澄み液に含まれる H_2PO_4^- 、 NO_3^- をイオンクロマトグラフで測定した。

4. 結果・考察

まず、水質浄化実験の結果について述べる。全窒素、全リン、電気伝導度、溶存酸素量、全有機炭素すべてで、白山側および甚兵衛側ともに上下流で大きな差はみられなかった。微生物による吸着や浄化は、微生物の成長速度や栄養を吸収する速度に制限されるため、流路を通過する短時間の浄化は難しかったと考えられる。また、屋外の浄化装置であるため、流量や水温が安定しないことも影響していると考えられる。

次に、水路から回収した、微生物が付着していると考えられる炭素繊維サンプルから H_2PO_4^- と NO_3^- を水抽出した。 H_2PO_4^- は濃度の高い一部のサンプルからしか検出できなかったが、 NO_3^- はすべてのサンプルから検出できた。水抽出によって得られた NO_3^- と H_2PO_4^- の濃度は、それぞれ板状炭素繊維1kgあたりから溶出したNと肥料成分である P_2O_5 の質量に換算した(図1)。窒素について着目すると、最も値の高い甚兵衛側側の最大値でも、

炭素繊維 1 kg に付着した量は、施設栽培のコマツナの N 施肥基準⁴⁾の10分の1程度となっている(表1、2)。一方リンは、白山側側面の最大値が施設栽培のP₂O₅施肥基準⁴⁾に近い値であり、この程度の量を炭素繊維素材全体として吸着できれば、肥料として再利用できる可能性がある。

また、炭素繊維素材の配置場所による溶出量の違いについて、底部と側面の炭素繊維を比較すると、H₂PO₄⁻について、サンプルは少ないものの、甚兵衛側、白山側ともに側面の方が底部より値が高い傾向があった。これは、底部の炭素繊維が底泥を被ったことにより、排水との接触機会が減少したことが原因と考えられる。またNO₃⁻についても同様に、側面の方が底部より値が高い傾向がみられた。この要因についても、底泥の堆積により底部炭素繊維の表面が嫌氣的になり、脱窒が起きている可能性が考えられる。したがって、排水からの窒素とリンの効率的な回収には、排水との接触機会を増加させたり好氣的な状態を保ってNO₃⁻を回収したりするために、底泥を被らないような装置の設計が必要になると考えられる。

また、走査型電子顕微鏡による炭素繊維素材内部の観察では、炭素繊維への付着物が確認できた(図2)。付着物が有用微生物かどうか、どの種であるかなどについて、今後確認する必要がある。

5. 結論

実験から、今回用いた板状リサイクル炭素繊維を水質浄化資材として利用することは難しいと考えられる。一方、水質浄化資材として使用したりリサイクル炭素繊維素材の農地還元について、生物膜を広範囲に付着させることができれば、肥料として十分な量のリンを回収でき、農地還元できる可能性があることが分かった。窒素については、好氣的状態を保つため水路壁面に炭素繊維素材を配置したり、炭素繊維素材をより薄くして相対的な吸着量を高めたりするなど、装置の形状や配置、設置期間などを工夫することで、効率的に肥料成分を吸着できる可能性がある。また、炭素繊維に付着していた微生物について、種を同定し、その成長に有利な設置環境や装置の設計などを検討していきたい。

参考文献

- 加茂徹(2018)「炭素繊維強化プラスチック(CFRP)のリサイクルの現状と課題」廃棄物資源循環学会誌, 29巻, 2号, p.133-141
- 小島昭(2003)「炭素繊維による水質浄化と藻場形成の最近の進歩」繊維学会誌, 59巻, 6号, p.165-169
- 秀平敦子, 関谷雅幸, 高坂和彦「相模湖上流地域における炭素繊維を用いたリン浄化に関する検討」『神奈川県環境科学センター研究報告』平成28年版(39), 神奈川県.国立国会図書館デジタルコレクション(2023年1月23日確認)
<https://dl.ndl.go.jp/pid/11589541>
- 東京都農業振興事務所ホームページ「東京都施肥基準」(2023年1月23日確認)
https://www.agri.metro.tokyo.lg.jp/files/food/06hiryou_burokori.pdf

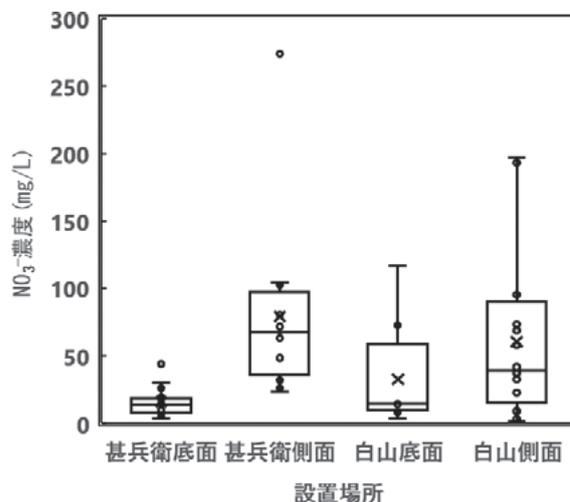


図1 水抽出されたNO₃⁻の濃度

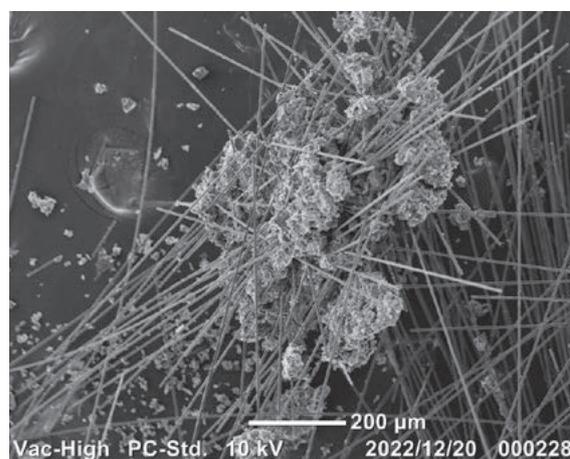


図2 炭素繊維への付着物

表1 炭素繊維 1 kg あたりの窒素とリン溶出量

	甚兵衛底面	甚兵衛側面	白山底面	白山側面
炭素 1 kg あたり N の最大値 (g)	0.139	0.799	0.339	0.576
炭素 1 kg あたり P ₂ O ₅ の最大値 (g)	0.781	3.248	0.550	6.167

表2 露地栽培コマツナの黒ボク土における基肥のNとP₂O₅施肥基準(g/m²)

コマツナ施肥基準	露地	施設
N (g/m ²)	14	7
P ₂ O ₅ (g/m ²)	16	7

出典：東京都農業振興事務所ホームページ「東京都施肥基準」⁴⁾をもとに作成

AE法によるオゾン処理を施した稲わらの引張強度特性に関する研究



新潟大学 農学部 坪田 到馬
(進学先 新潟大学大学院自然科学研究科)
指導教員 鈴木 哲也 教授

1. はじめに

コメは、小麦に次いで世界で2番目に多く生産される穀物であり、毎年3億7000万から5億2000万トンの稲わらが生成され、世界で最も豊富な農業廃棄物となっている。廃棄される稲わらをグリーンコンポジットの強化材として有効活用することが、環境との親和性の高い材料が広く利用される社会構築の実現につながっていく¹⁾。複合材料の開発において繊維と母材との相性の改善が不可欠である。オゾン処理は繊維表面の改質が期待され、母材との付着性の改善が検討されている。実験的検討では、オゾン処理時間と繊維束断面積の大きさとの関係について評価した。本論では、すべてのサンプルを破断モードA、BおよびCの3種類に区別した(図1)。オゾン処理時間および破断モードにおけるAEエネルギーの発生傾向を評価した。

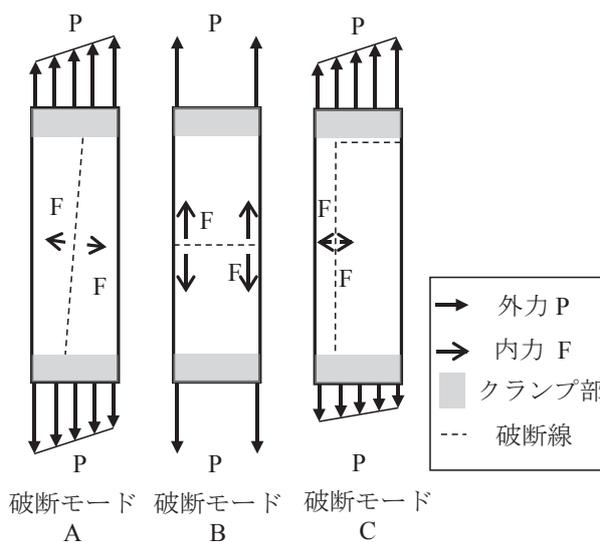


図1 破断モード別の内力と外力の模式図

2. 実験方法

本実験では、新潟県加茂市で収穫された稲わらの第3節間を供試材とした。オゾン発生器とナノバブル発生器を併用したガス溶解法により、供試材のオゾン処理を実施した。処理時間は未処理、2時間、4時間および6時間の計4ケースで区別し、各ケース60本ずつの供試体を用意した。オゾン処理前後における稲わら繊維束の断面積の変化を検討するため、供試材から長さ2mm程度の繊維束を処理前後3つずつ抜き出しそれぞれ断面積を計測した。繊維束の切断面の撮影および断面積の計測にはデジタルマイクロスコープを使用した。処理前後において抜出したそれぞれ3つの繊維束断面積の平均を断面積とした。標点距離20mm、試験速度10mm/minで、引張試験機を用いた試験片の引張強度試験を実施した。試験片は厚紙で作製した支持体の中心に接着し、接着部分を標点とした。力学特性では判別できない破断の過程を定量評価するため、AE計測を実施した。AEセンサは350kHz共振型センサM31を用いて、標点直近部に1個ずつ、計2個設置した。変位計測に使用した動ひずみ計はAE計測用PCと同期させた。試験開始前と終了後の動ひずみ計に表示された変位をそれぞれデータシートに記入して各試験における引張の移動量を算出できるようにした。

3. 結果と考察

3.1 オゾン処理と繊維束断面積の関係

オゾン処理を施した試験片27個(2,4および6時間処理において各9個)の断面積について処理前後で差異があるかT検定により検討を行った。表1はT検定の結果を示している。処理後の断面積の平均値は処理前の断面積の平均値と比較して、2時間処理は18%、4時間処理は25%、6時間処理は10%縮小した。検定の結果、処理全体では1%水準において有意差が確認された。2時間処理では10%水準において有意差が確認され、4時間処理では5%水準において有意差が確認された。6時間処理では有意差が確認さ

表1 処理前後の断面積の平均値におけるT検定の結果

ケース	p値
処理前-処理後(全体)	0.006***
2時間処理	0.054*
4時間処理	0.016**
6時間処理	0.194

* $\alpha=0.1$, ** $\alpha=0.05$, *** $\alpha=0.01$

れなかった。既往研究では、オゾン処理を施したジュート繊維を走査電子顕微鏡(SEM)で観察した結果、未処理の繊維は比較的滑らかな表面をしているが、オゾン処理後の繊維には表面に凹凸が確認された²⁾。6時間処理の結果については、サンプルサイズを大きくして再度検討する必要がある。

3.2 オゾン処理および破断モードによるAEエネルギーの評価

代表的なAEエネルギー発生頻度割合とひずみの関係を図2に示す。横軸はひずみ、縦軸はAEエネルギー発生頻度割合の累計値 $F_e(\varepsilon)$ である。1つの折れ線グラフが1つのサンプルにおけるAEエネルギー発生頻度割合とひずみの関係を示す。未処理および6時間処理では載荷後期にAEエネルギーの発生が確認された。2時間処理および4時間処理では載荷中期にAEエネルギーの発生が確認された。6時間処理のサンプルは2時間処理、4時間処理のサンプルと比較して繊維同士が均質になり、最大応力付近でより多くの繊維が破断したと考えられる。オゾン処理が繊維の均質化をもたらすことは明らかにされていない。オゾン処理の時間の違いが繊維質にどのような影響を与えるか明白にすることが今後の課題である。

破断モードA, BおよびCにおいてはAEエネルギーの発生傾向に大きな差異は確認されなかった。このことから、試験片に衝撃荷重が加わっていたと推察される。実際に、1つのサンプルにおける試験時間が4秒から10秒と比較的短時間だった。今後、静荷重下での破断モードによる引張特性およびAEパラメータの差異について検討するため、引張試験における試験速度を検討する必要がある。

引用文献

- 1) 大窪和也, 高木均, 合田公一(2006): グリーンコンポジットとその研究の新展開, 材料, 55(4), pp. 438-444.
- 2) Maqsood, HS., Bashir, U., Wiener, J., Puchalski, M., Sztajnowski, S. and Militky, J.(2017): Ozone treatment of jute fibers, *Cellulose*, 24(3), pp. 1543-1553.

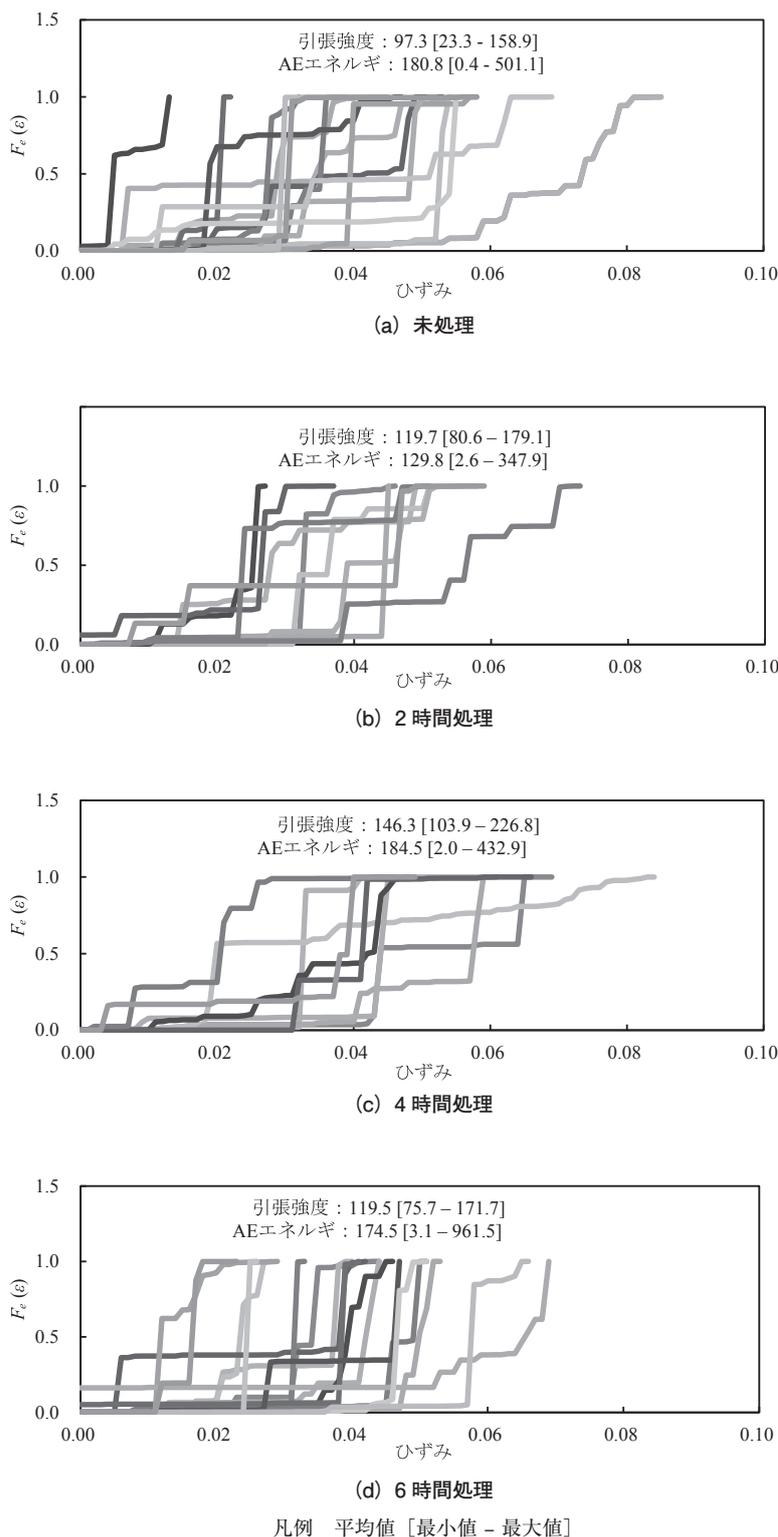


図2 AEエネルギー発生頻度割合とひずみの関係

多面的機能支払交付金における活動組織の広域化の課題と その対策 ―兵庫県を対象にして―

京都大学 農学部地域環境工学科 農村計画学研究室 細川 裕未
(現在 農林水産省 勤務)
指導教員 星野 敏 教授



1. 研究の背景

平成19年から「農地・水・環境保全向上対策」により、地域共同による農地・農業用水等の資源管理と農村環境の保全向上の取組に対し、支援が行われた。その後、平成26年から「多面的機能支払交付金」によって、農業・農村の有する多面的機能の維持・発揮を図るための地域の共同活動について支援が行われ、地域資源の適切な保全管理が推進されてきた。制度において、農業者の高齢化・減少や事務処理の負担が課題となっている。農林水産省は、こうした状況を改善する手段の一つとして、活動組織の広域化を推進してきた。同じ問題を抱える周辺の集落や活動組織が連携し、事務を集約して効率的に処理したり、各集落等がもつ人材や知識・経験を提供しあったりすることで組織力を強化し、活動を維持・発展させることが期待できる。現在、広域化のカバー率は都道府県によって大きく異なる。兵庫県の認定農用地面積のカバー率は全国でもトップクラスにあるが、対象組織の広域化はあまり進んでいない。

2. 研究の目的と方法

本研究では、兵庫県において、広域化を推進するための方策、広域化以外の活動組織の活動を継続するための方策、広域化の下でさらに活動を発展させるための方策を提案することを目的とする。

まず、兵庫県内の活動組織(広域活動組織と広域化への意向のない組織)、新潟県内の広域化の先進事例に対してヒアリングを行う。ヒアリングの結果から、広域化への意向に関係がある要因、上記の方策について考察する。ヒアリングを行なった活動組織の属性は表1の通りである。

表1 ヒアリングを行なった活動組織の属性

	広域活動組織	広域化の単位	広域化への意向	農業者個人人数(人)	農業者団体数	農業者以外個人人数(人)	農業者以外団体数	最大活動参加人数(人)	認定農用地面積(a)	農業地域類型
見附市広域協定運営委員会 (新潟県見附市)	○	市町村単位		868		0	35	881	246686	都市的地域 平地農業地域
新津郷広域協定 (新潟県新潟市)	○	土地改良区単位		847	80		216	1687	384243	都市的地域
亀田地区農地・水環境保全管理協定 (新潟県新潟市)	○	土地改良区単位		394	0	0	23	46	70712	都市的地域
神河みどり会 (兵庫県神崎郡神河町)	○	市町村単位		782	23	1051	103	215	45850	中間農業地域 山間農業地域
コウノトリ育むろっぽう (兵庫県豊岡市)	○	土地改良区単位		302	6	293	26	127	35138	平地農業地域
北野地域活動協議会 (兵庫県加東市)			参加するつもりはない	31	1	21	3	179	952	都市的地域
高田保全会 (兵庫県朝来市)			参加するつもりはない	58	2	40	3	61	1770	中間農業地域
安井農地・水・環境保全会 (兵庫県朝来市)			参加するつもりはない	22	4	61	7	11	1325	中間農業地域
南豊岡地区協議会 (兵庫県三木市)			参加するつもりはない	12	0	16	2	25	997	平地農業地域

次に、ヒアリングを行なった数カ所の活動組織に留まらず、兵庫県内全体の活動組織において、広域化への意向に関係している要因を調べるため、令和元年度に兵庫県が活動組織(活動組織の代表者)に向けて行ったアンケート調査のデータ等を用いて分析を行う。ヒアリングから考えた広域化への意向に関係がある要因をアンケート項目から抽出し、広域化への意向との関係性をクロス集計及び χ^2 検定や相関分析により確認する。

最後に、ヒアリング結果とアンケート分析結果を踏まえて、上記した方策を提案する。

3. 結果

(1) ヒアリングによる広域化への意向に関係がある要因の抽出

ヒアリングから考えられる、広域化への意向に関係がある活動組織の属性・項目、広域化への意向がある組織が抱えている課題、広域化(に参加する場合)の課題はそれぞれ表2、表3及び表4のようになった。

表2 広域化への意向に関係がある活動組織の属性

項目	理由
活動参加人数	<ul style="list-style-type: none"> 三木市役所の方は、三木市内では、世帯数が少ない集落多く、集落内のまとまりがあつて、広域化したくないという本音がそれぞれの活動組織にあるため、市全体での広域化は難しいと考えられている。活動参加人数が小さいほど、広域化への意向がないと考えられる。
認定農用地面積・農業地域類型	<ul style="list-style-type: none"> 新津郷広域協定、亀田地区農地・水環境保全管理協定では、平地で認定農用地面積が大きく、土地改良区の基盤が強く、土地改良区に事務局の設置をするメリットが大きかったことが広域化に繋がったと考えられる。 コウノトリ育むろっぽうでは、広域化ができた理由を平地で広大な水田が広がっていたからだと考えている。認定農用地面積が大きい活動組織ほど広域化意向が高いと考えられる。また、平地農業地域ほど広域化への意向が高いと考えられる。 北野地域活動協議会は、圃場の区画が不整形で農用地面積が小さく収益が低いいため、広域化が難しいと考えた。認定農用地面積が大きく、収益が大きい組織は広域化への意向があると考えられる。 南豊岡地区協議会では、認定農用地面積が少ないため、広域化後、交付金の流用について合意形成が難しいのではないかと考えている。認定農用地面積が小さい活動組織では、広域化への意向がないと考えられる。
広域化の認知度	<ul style="list-style-type: none"> 安井農地・水・環境保全会は、広域化を知らなかった。広域化の認知具合によっても、広域化への意向が変わると考えられる。なお、活動組織は広域化について市町村から説明を受けることになっており、広域化の推進は市町村の裁量によるところがある。

表3 広域化への意向がある活動組織が抱える課題

項目	理由
事務処理負担	<ul style="list-style-type: none"> 見附市広域協定運営委員会、神河みどり会では、広域化によって、活動組織も市、町も事務負担が軽減された。事務に負担を感じている活動組織は広域化への意向があると考えられる。 亀田地区農地・水環境保全管理協定では、広域化したことで活動組織の事務負担が大きく軽減された。事務に問題を抱える組織は広域化への意向が高いと考えられる。 高田保全会、南豊岡地区協議会では、事務について問題を抱えていないため、広域化の必要性はないと感じたと考えられる。そこで、事務について問題を抱えている組織ほど、広域化への意向が高いと考えられる。
農家の減少・高齢化による活動参加者の減少・作業能力の低下	<ul style="list-style-type: none"> 神河みどり会では、規模が小さくて、後継者や人材が少なく、今までと同じ事務作業を後継者ができるかどうか不安を抱えているため、将来を見据えて広域化への参加を決めた活動組織もあった。規模が小さい活動組織、後継者や人材が少ない活動組織では広域化への意向があると考えられる。
パソコンが使用できない	<ul style="list-style-type: none"> 高田保全会、南豊岡地区協議会では、パソコンを使える人材がいて、事務について問題を抱えていないため、広域化の必要性はないと感じたと考えられる。パソコンが使えず事務に問題を抱えている組織ほど、広域化への意向が高いと考えられる。

表4 広域化(に参加する場合)の課題

項目	理由
交付金から事務局経費が引かれて集落交付額が減る	<ul style="list-style-type: none"> 新津郷広域協定では、一部の活動組織には事務の委託費が発生した。 神河みどり会では、事務局経費によって交付金が減ることに対して、事務局経費を払わなくても、今までの活動組織の中で、会計や書類の作成は行えるため、事務局経費を払って広域化に参加するメリットがないのではないかと理由で、理解が得られないことがあった。
集落間の取り組み姿勢が違うので集落間の調整や合意形成に不安がある	<ul style="list-style-type: none"> 見附市広域協定運営委員会は、組織を立ち上げて統一ルールを作成するまでが大変だった、市内集落全体で合意形成を図ることも大変だったと考えている。 新津郷広域協定では、最初は活動単価のすり合わせの際に反対意見が出た。 神河みどり会では、広域化すると各集落からの代表者が年に何度か集まらなければいけない機会ができることに対して、負担が増える、今まで集落単位の時はなかったため煩わしいという理由で、初めは反対が数多くあった。また、長寿命化について、自分の集落で交付金を利用したいという理由で、集落間で調整して交付金を融通することは現段階ではできていない。 コウノトリ育むろっぽうでは、周辺の組織では棚田が多く、施設を管理していく考え方が異なっており、さらに広い範囲で広域化できなかったとしている。集落間の取り組み姿勢が違い、集落間での調整や合意形成に不安がある組織は広域化への意向が低いと考えられる。 北野地域活動協議会のように、広域化したいと思っても近隣の集落に断られる場合がある。 高田保全会のように、広域化への意向がない活動組織には、他の集落との合意形成において、考え方が違い、摩擦が起きると考える活動組織があると考えられる。 南豊岡地区協議会は、認定農用地面積が小さいこと、周辺集落との人間関係により、集落間の調整や合意形成に不安を抱えている。
集落の事務量が本当に減るのか疑問	<ul style="list-style-type: none"> 安井農地・水・環境保全会は、事務負担軽減に対して疑問を抱いていた。
計画変更時に時間がかかる	<ul style="list-style-type: none"> 南豊岡地区協議会は、今の活動組織だと小規模なため、計画の変更にも小回りが効く、融通が効くが、広域化すると計画の変更がスムーズに行えないと考えている。
事務局を誰にするのか	<ul style="list-style-type: none"> ヒアリング全体を通して、広域化された活動組織は事務局となっている方が広域化を周辺の活動組織に呼びかけていた。また、広域化されていない活動組織には、市から広域化を提案されたら広域化を検討すると考えている組織が複数あり、事務局の成り手がいないと考えられる。

(2) アンケート分析結果

(1)で抽出した項目について、広域化への意向とのか関係性をクロス集計・ χ^2 検定や相関分析を用いて分析した(詳細は割愛する)。

その結果、広域化の認知度の低さ、集落間の取り組み姿勢の違いによる集落間の調整や合意形成に対する不安、事務局のなり手に対する不安が広域化への意向を低くしていることが分かった。

4. 考察

前章での結果を踏まえて、兵庫県における活動組織の広域化にかかわる3つの方策について以下に提案する。

(1) 広域化を推進するための方策の提案

まず、広域化の認知度の低さが広域化への意向を低くしていると考えられるため、活動組織に対して広域化の周知を進める必要がある。広域化の周知は市町村に委ねられているため、市町村に広域化を活動組織に周知するように働きかける必要がある。次に、事務局のなり手に対する不安が広域化への意向を低くしているため、事務局の成りそうな組織に広域化を働きかけることが必要だと考えられる。新潟県のように、広域化の事例集を作成し、市町村など事務局になりそうな組織に配布することも検討できる。それでも広域化への意向がない組織は、広域化以外の手段で活動を継続する必要があると考えられる。

(2) 広域化以外の活動組織の活動を継続するための方策の提案

広域化への意向がない活動組織に今後の活動について何うと結果は以下の表のようになった。

表5 今後の活動について(広域化への意向がない活動組織)

北野地域活動協議会 (兵庫県加東市)	高田保全会 (兵庫県朝来市)	安井農地・水・環境保全会 (兵庫県朝来市)	南豊岡地区協議会 (兵庫県三木市)
<ul style="list-style-type: none"> 若くて馬力があって作業できる人を増やす必要がある。活動費があるかぎり非農家を増やしたい。 溜池、水路、農道は地域、地区を巻き込んで運営をしていかなければいけないのではないかと。 小規模な形で管理が回るような体制をとりたい。 協議会を地域の方にもっと発信していきたい。 15年後までは今の農業者がやっていけるがその後は先が見えない。 現状維持で精一杯で、今のところ新たにやってみたいことはない。 	<ul style="list-style-type: none"> 農会の運営も今後厳しくなりそう。高田全体で農事係を立ち上げる必要があると考える。農会と保全会を一緒にすることがいいのではないかと。 隣の地区の農業者に半分以上土地を委託している。その方の息子さんが将来の担い手になるだろう。できたらその方に土地の管理をお願いすることになるだろう。 外部から人を呼ぶより自分の区のことをしっかり考えることが大事だと思う。 	<ul style="list-style-type: none"> 活動できなくなると大規模農家に土地全体を委託する予定。 いろんな年代の方がいるものの、昔に比べると交流が少ない。集落作りの活動を盛んにしたい。 地域への移住者が増えている。新しく地域に入ってきた方が保全会に入りやすい。農地の保全会と切り離してかもしれないが、保全会以外の会を作ること検討している。若い人の中に、保全会の活動に興味を持って活動を続けたい人がいれば受け入れたい。 	<ul style="list-style-type: none"> できるだけ自分の地区の水田は自分の地区で管理したい。 耕作できなくなると地区内の人に土地を委託する事になる。 若い人(30代~40代)の次の世代はいない。それ以降は活動が続く心配である。 10年後くらいまでは地区でなんとかやっていけるが、その後は広域化しなければいけないのではないかと。

大規模農家など受け皿がない組織は、自分の地域で農業水利施設を管理していきたいと考えていた。農業者の高齢化・減少が進行する中、活動を地域で継続していくためには、非農業者の参加を拡大する必要がある。非農業者が参加しない活動組織の非農業者は、他の活動組織で非農業者も積極的に活動に参加している事例を知らない可能性がある。既往研究を応用すると、このような情報を非農業者に周知することは有効だと考えられ、周知を推進する必要がある。非農業者に参加を働きかける際、兵庫県の活動組織への自治会の参画割合は75%ほどで高いため、自治会に働きかけることや、行政が非農家の参加について働きかけることも検討できる。

(3) 広域化の下でさらに活動を発展させるための方策

ヒアリング内容から、広域化の下で活動を発展させるステップを考察した。

表6 広域化の下で活動を発展させるステップ

	内 容	具 体 例	至るまでの課題	解決策
第1段階	事務負担の軽減	<p>神河みどり会(兵庫県神崎郡神河町) (市町村単位での広域化) 広域化によって、活動組織にとっても事務局にとっても事務負担が大きく軽減された。</p> <p>亀田地区農地・水環境保全会(新潟県新潟市) (土地改良区単位での広域化) 書類の文面が難しく、書類作成に苦労していたところ、土地改良区に事務委託できることは助かったとのことで、広域化によって事務の負担が軽減された。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 広域化すると運営委員会が設置され、各集落からの代表者が年に何度か集まらなければいけない機会が増えるため、負担が増える。 事務委託費が発生する。 活動単価のすり合わせなど話し合いが必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 広域化を周知する。 広域化によるメリットについて理解を促す。

第2段階	技術・知識などの情報交換	<p>新津郷広域協定（新潟県新潟市） （土地改良区単位での広域化） 土地改良区が技術的なアドバイスや活動に対する指導を行う際に、他集落の取組を紹介し、活動組織の活動の幅や技術が向上した。</p> <p>見附市広域協定運営委員会（新潟県見附市） （市町村単位での広域化） 各活動組織の代表者が集まり、研修会や研修旅行を行う。研修旅行は200人規模で行い、活動のスケールメリットを感じてもらっている。研修会後は、懇親会を行なっている。参加者は懇親会を楽しみにしている。保単だけでなく営農についても交流が図れ、他集落に興味を持てるようになる。今までの閉鎖的な考え、人間関係の作り直しに繋がっている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 集落間で関わりを持つ必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 強制的に集まらないといけない機会を利用して、集落間で交流する機会を設ける。 事務局が集落間の橋渡しをする。
	交付金の融通、有効活用	<p>亀田地区農地・水環境保全管理協定（新潟県新潟市） （土地改良区単位での広域化） 資源向上支払の長寿化については、全集落から代表者が集まり、現場を見て回り、工事が必要な農業水利施設に優先順位をつけて、交付金を利用して工事をしている。</p> <p>見附市広域協定運営委員会（新潟県見附市） （市町村単位での広域化） 防草シート等の資材は共同購入することで安価となり経費の節減となった。輸送コストを抑えることもできて、対前年6割ほどに下がった。</p>	<ul style="list-style-type: none"> それぞれの集落は、長寿化について、予め用途を決めているなどしており、自分の集落で交付金を利用したと考えている場合がある。 資材の共同購入、機材の共同利用については、他の活動組織の活動を把握する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 長寿化について、長期的な視点で見ると、自分の集落の交付金が減るわけではないことを理解してもらう。 事務局が各活動組織の活動を把握し、資材の共同購入、機材の共同利用について検討する。 集落間で交流する機会を設ける。
第3段階	集落間での協力	<p>コウノトリ育むろっぽう（兵庫県豊岡市） （土地改良区単位での広域化） 広域化することで、市街地化、農家離れ、農会解散などで農地の管理ができていない（水路の泥上げができていない、水路の水が滞水している、農道が通れない）場所について、近隣の組織に面積は広がるがそれぞれの管理を請け負ってもらった。そして増えた面積の分、交付金増やした。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 人手不足を問題に抱える組織は多く、自分の組織の活動で精一杯だと考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> 集落間で仲間意識・信頼関係を構築する。
	広域化のスケールメリットを活かす活動	<p>見附市広域協定運営委員会（新潟県見附市） （市町村単位での広域化） 個別集落だけで行なってもあまり力が発揮できない取り組みも広域化した全ての活動組織で行うと大きな力を発揮する。「田んぼダム」の効果を持続的に発揮させるために「畔」の維持管理活動に取り組んでいる。水田の畦畔を集落の共同管理施設と位置づけ、草刈を共同活動として実施することを協定ルールとしている。 農家組合長が設定する期間内（年2回）に草刈を実施し、完了ごとに報告書を提出する。報告書に基づき、農家組合長は全箇所を確認し、適切な管理がされたものについて、水田の面積に応じた日当（1aあたり100円以内）を算出し代表者に請求する。このルールにより、田んぼダムを実施する農家へのインセンティブとなっている。また、実施率の向上にもつながり、より持続的な取り組みを実現している。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 新たな活動が増え、負担が増える。 活動のリーダーシップを取る人が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 集落間で仲間意識・信頼関係を構築する。 スケールメリットを生かした活動に取り組む組織やリーダーシップを取る人に対してインセンティブを与える。

広域化のメリットとして、まずは事務負担の軽減が考えられる。次の段階で、交付金の融通、有効活用や技術・知識などの情報交換が考えられる。この段階に移るためには、強制的に代表者が集まる機会などを利用し、集落間で交流すること、事務局が集落間の橋渡しをすることが必要だと考えられる。さらに、集落間で仲間意識や信頼関係が構築されると、次の段階で、集落間での協力やスケールメリット生かした活動ができると考えられる。

謝辞

本研究は、一般社団法人土地改良建設協会「2022年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業」による支援を受けました。また、北陸農政局農村振興部農地整備課、兵庫県農林水産部農地整備課、兵庫県土地改良事業団体連合会、(株)地域計画建築研究所、兵庫県神河町、新潟県農地部農村環境課、(一社)農村振興センターみつけ、新津郷土地改良区、亀田郷土地改良区ならびに各活動組織の皆様には、ヒアリング調査やデータ提供など、様々なご協力をいただきました。ここに記して深謝の意を表します。

マクロ分散現象に及ぼすランダム不均質場の空間相関性の影響

神戸大学 農学部 竹内 佑衣
(進学先 神戸大学大学院)
指導教員 井上 一哉 教授



1. はじめに

奄美群島に属する喜界島では農業が活発におこなわれ、特に図1のようにゴマやサトウキビの生産が盛んである。地質的には、多孔質で高透水性な琉球石灰岩で構成されているため、年間降水量は比較的多いものの、地下浸透の度合いが大きく、地表水に乏しい島である。農業活動の活性化に向けて、地中に止水壁を造成して地下水を貯水し、必要に応じてくみ上げて農業用水などに利用する地下ダムが供用されている一方で、地下水流れのせき止めによる良好な水質の維持は大きな課題といえる。

地下水汚染の対策のためには汚染物質の輸送挙動の把握が必要である。地下水中の汚染物質などの溶質は、移流分散現象によりその存在範囲を拡げる。特に、溶質の拡がりに大きく寄与するマクロ分散現象は、不均質透水場における透水係数分布に起因して生じる。地盤の透水係数に関する相関性は距離に応じて指数関数的に減少する傾向にあり、相関の減少傾向のなだらかさは空間相関長により決定される。

マクロ分散現象の程度を推定するためには、実地盤における現地トレーサ試験や、実地盤をモデル化した模擬地盤を用いた溶質輸送実験や数値シミュレーションが実施される。現地トレーサ試験は実地盤における溶質の輸送挙動の把握に有効な一方、物理的・経済的制約が多い。

そのため、実験環境を制御でき、比較的成本の小さいラボレベルの実験や数値シミュレーションは有益な手段である一方で、ランダム性を有する模擬地盤にて実施した実験的アプローチの例は乏しいのが現状である。

そこで本研究では、ランダム性を有する場にて透水係数分布の空間相関長がマクロ分散現象に与える影響について評価するため、模擬地盤を作製し溶質輸送実験を実施した。

2. 溶質輸送実験

本実験では、図3に示す幅200cm、高さ80cm、奥行き3cmの実験水槽を使用した。幅180cm、高さ60cmの空間に不均質場を形成すべく、コレスキー分解を伴う以下の方法¹⁾によりランダム性を有する透水係数分布を決定した。まず、2点*i*、*j*の重心間の距離に関する相関マトリクス*C*を座標*x*と相関長*λ*を用いて

$$C = \exp\left(-\frac{2|x_i - x_j|}{\lambda}\right) \quad (1)$$

により求め、コレスキー分解を用いて

$$S^T S = C \quad (2)$$



図1 喜界島の農業(ゴマ、サトウキビ)



図2 喜界島の透水係数分布の一例

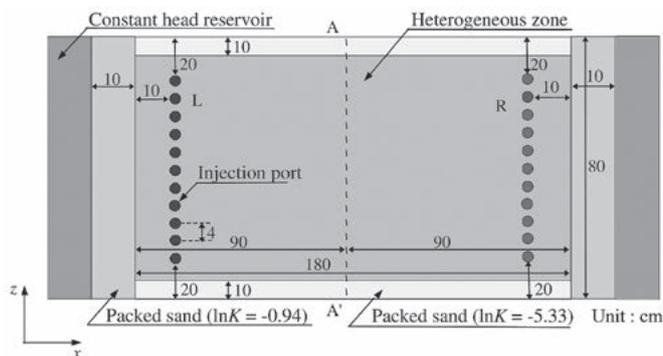


図3 実験装置の概略図

により三角行列 S を求めた。次に標準正規乱数ベクトル W を用いて

$$G = S^T W \quad (3)$$

によりランダムベクトル G を求め、対象場の透水係数の分布割合は対数正規分布に従うと仮定して、透水係数分布 K を作製した。

$$K = \exp(\mu_{\ln K} + \sigma_{\ln K} G) \quad (4)$$

ここに、 $\mu_{\ln K}$ は透水係数分布の幾何平均、 $\sigma_{\ln K}$ は幾何標準偏差である。

このとき、透水係数の相関長 λ は領域サイズを考慮して 5cm および 17cm とした。生成した透水係数分布を図 4 に示す。25 種類の土質試料を 1 辺 3cm の立方体格子状に 1200 個配置して図 2 に示す不均質場透水場を作製した。定水頭タンクを調整して動水勾配 I を 0.025 または 0.050 とした。本実験では、パターン L として図 3 の L 列にある 11 点の注入孔に初期濃度 0.2 mg/cm^3 の Brilliant Blue FCF 水溶液を 1 点あたり 20 cm^3 注入し、溶質挙動を撮影した。また、パターン R として流向を逆流させて R 列に水溶液を注入することでマクロ分散現象の相違を評価した。溶質挙動の一例を図 5 に示す。また、本実験のケース名と実験条件を表 1 に示す。

取得画像のピクセル明度から空間モーメント量 M_{ij} とマクロ縦分散長 A_L をマクロ横分散長 A_T を

$$M_{ij}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} H(x, z) B(x, z, t) x^i z^j dx dz \quad (5)$$

$$A_L = \frac{M_{20} M_{00} - M_{10}^2}{2 \xi_c M_{00}^2}, \quad A_T = \frac{M_{02} M_{00} - M_{01}^2}{2 \xi_c M_{00}^2} \quad (6)$$

により算出した。ここに、 t は時間、 H はピクセル面積、 B はピクセル明度、 i と j は空間次数、 ξ_c は溶質重心の輸送距離である。

3. 結果と考察

マクロ縦分散長の結果を図 6 に示す。マクロ縦分散長は溶質の輸送距離の増加に伴って拡大するスケール依存性²⁾が見られ、同時に相関 5cm のランダム場のパターン L とパターン R のマクロ縦分散長に差異が生じた。相関長 5cm の透水係数分布では、図 3 に示す A-A' 線より左側と右側の不均質度 σ は 0.676 と 0.749 であり、両者の差は 0.073、相関長 17cm では左右の差は 0.014 である。したがって、輸送領域の不均質度は

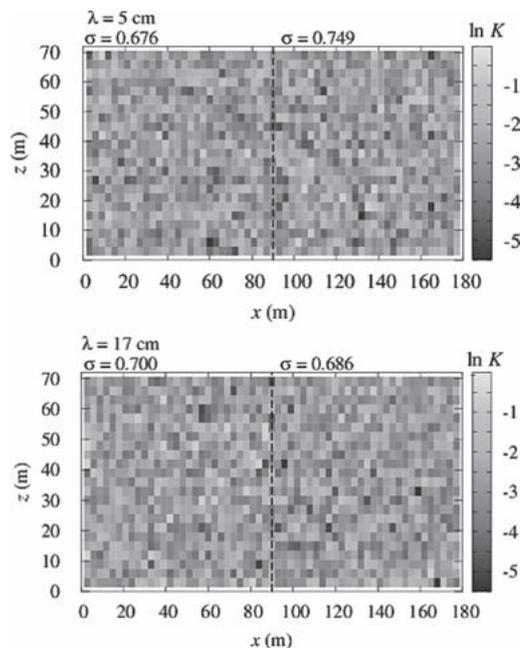


図 4 透水係数分布

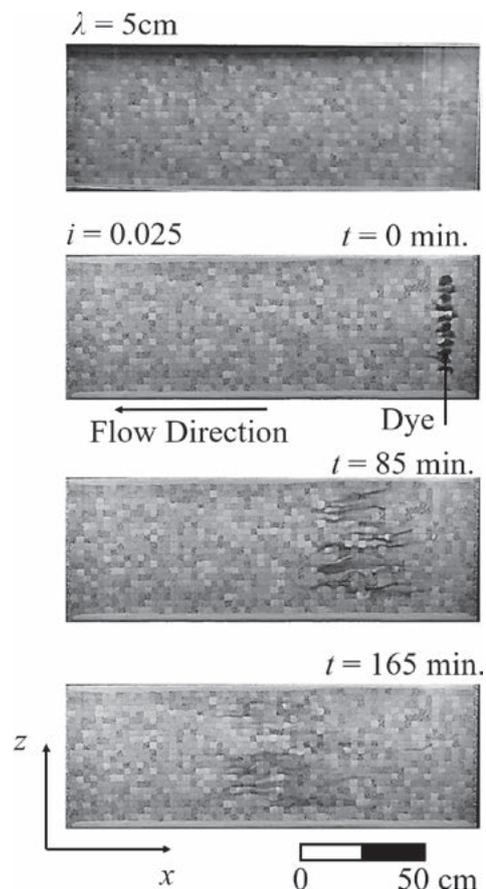


図 5 溶質輸送現象の一例

表 1 ケース名と実験条件

ケース名	相関長	動水勾配	流れ方向	ケース名	相関長	動水勾配	流れ方向
Case A1	5cm	0.025	L	Case B1	17cm	0.025	L
Case A2	5cm	0.025	R	Case B2	17cm	0.025	R
Case A3	5cm	0.050	L	Case B3	17cm	0.050	L
Case A4	5cm	0.050	R	Case B4	17cm	0.050	R

マクロ分散現象への感度の大きい因子と言える。一方、図7にはマクロ横分散長の結果を示す。マクロ横分散長は相関長 λ に依存せず、溶質の輸送距離の増加に伴って減少する。これは、z軸方向の流速成分の相対的な小ささに起因した分散性の低さが一要因である。図6、図7より動水勾配に起因するマクロ分散長の差異はいずれの実験ケースにおいても生じていない。マクロ分散現象は間隙構造と透水係数分布に依存し、動水勾配に依らない²⁾点は妥当な結果と言える。

分散長に及ぼす相関長の影響を検討するため、各相関長で得られた4つの分散長の推移を輸送距離に応じてアンサンブル平均した。相関長ごとに得られたアンサンブル平均と輸送距離の関係を図8に示す。相関長5cmと17cmのアンサンブル平均は一致しており、マクロ分散現象に及ぼす空間相関性の影響は小さいと言える。これは、本実験にて採用した透水係数分布のランダム性が高く、空間相関性の効果を弱めていることに起因すると推測される。

4. まとめ

本研究では、溶質輸送実験により透水係数分布の空間相関性とマクロ分散現象の関係を定量化した。その結果、不均質度はマクロ分散現象に強く影響する点、透水係数分布のランダム性は空間相関性の効果を弱める可能性がある点を明らかにした。

謝辞

本研究は、一般社団法人土地改良建設協会「2022年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業」による支援を受けました。また、農林水産省九州農政局喜界島農業水利事業所の皆様には、ダムサイトの調査やデータ提供など、様々なご協力をいただきました。ここに記して深謝の意を表します。

参考文献

- 1) Kasama, K. and Whittle, A. J.: Bearing capacity of spatially random cohesive soil using numerical limit analyses, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 137(11), pp.989-996. 2011.
- 2) Gelhar, L.W., Welty, C. and Rehfeldt, K.R.: A critical review of data on field-scale dispersion in aquifers, *Water Resources Research*, 28, pp.1955-1974, 1992.

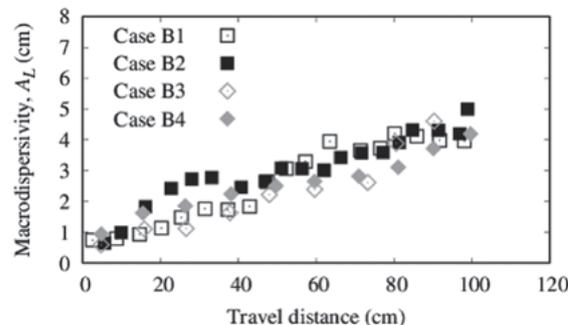
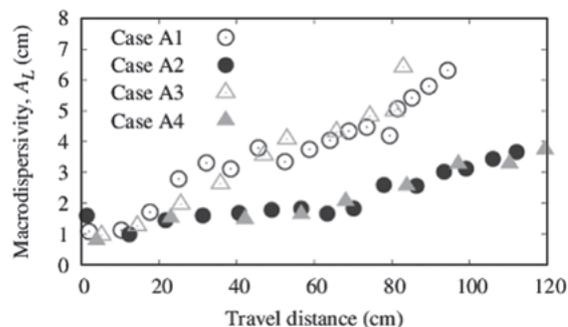


図6 マクロ縦分散長の推定結果

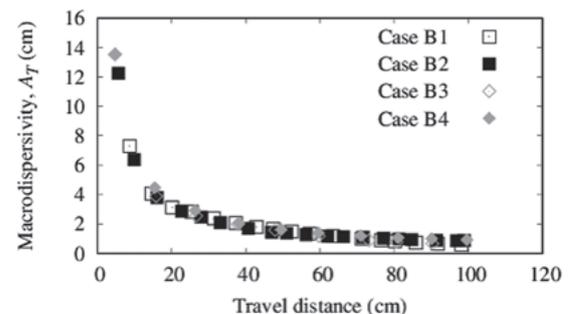
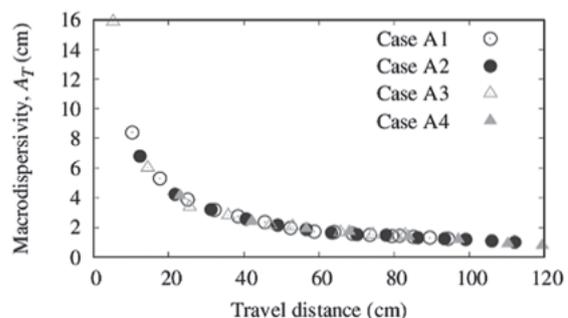


図7 マクロ横分散長の推定結果

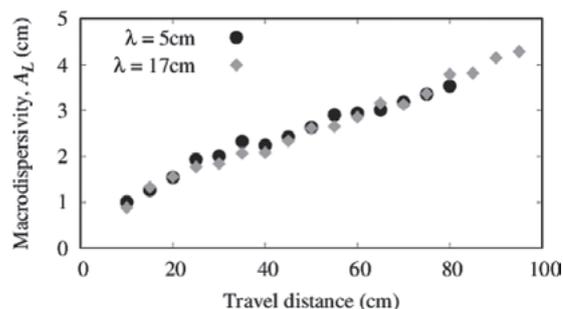


図8 アンサンブル平均結果

塩水浸入を再現するため、上下流の水位差は変えず下流側タンクを塩水で満たし、地盤内に塩水くさびを形成した実験ケースをType 2とする。下流側タンクに供給する塩水の濃度は3.5%とし、赤系水溶性色素New Coccinにて濃度0.1mg/cm³で着色した。また、Type 1の条件下において、NaCl濃度を4%、8%、12%とした塩水トレーサも実験対象とした。Case aの地盤において、Type 1の条件のもと点aにトレーサを注入したケースをCase a-1-aとし、他の注入点およびCase、Typeについても同様のケース名を与える。

溶質挙動を定量化するため、空間モーメント M_{ij} を

$$M_{ij}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} U(x, z) I(x, z, t) x^i z^j dx dz \quad (1)$$

にて求めた⁴⁾。ここに、 U は1ピクセルの面積、 I はピクセル明度、 t は時間、 i と j は各軸の空間次数である。溶質の重心を

$$x_G = M_{10}/M_{00}, \quad z_G = M_{01}/M_{00}$$

にて算出し、溶質輸送経路を定量的に評価した。

3. 結果と考察

Case a、 β 、 γ について、Type 1の条件における溶質分布の重心位置を図3に示す。凡例のアルファベットはトレーサ注入点を示す。図3より、自由水面近くに注入した溶質は止水壁弱部の影響を受けにくく、帯水層深部の溶質の輸送経路は弱部の有無や位置により大きく変化することがわかる。また、塩水浸入下のType 2における溶質分布の重心位置を図4に示す。図4より、塩水浸入下では、損傷が止水壁下部に存在するCase β では、いずれの注入点に注入した場合でも、溶質は止水壁を越流する。また、止水壁中部に損傷が存在するCase γ では、d点に注入した場合のみ溶質は損傷部を通り抜けるが、図5のように、塩水くさびが損傷部を覆い切っていないためと考えられる。そのため、Case γ における結果は、塩水浸入の状況によって変わると考えられる。以上より、塩水浸入のない貯留型地下ダムにおいては、水と比重の等しい理想トレーサを止水壁の損傷探査に用いる場合、帯水層深部に注入すると効果的であると言える。また、塩水阻止型地下ダムの場合は、トレーサ試験は弱部の損傷探査には不向きであると考えられる。

塩水トレーサを用いた場合のCase β 、 γ における溶質の重心位置をそれぞれ図6、図7に示す。凡例の数字は塩分濃度(%)を表す。両図より、トレーサに塩分を含む場合、止水壁の損傷箇所、トレーサ濃度に関わらず、溶質は注入後に下降し難透水性基

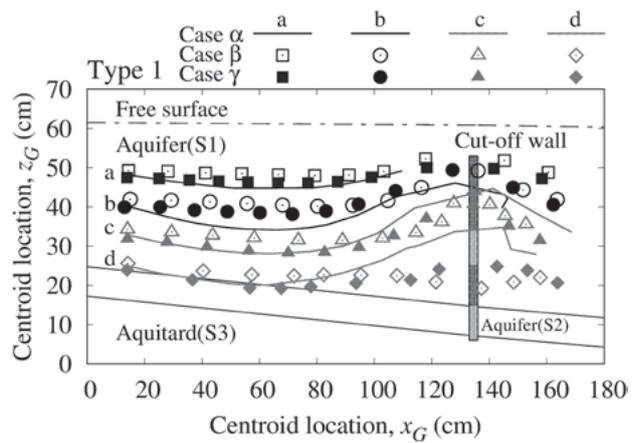


図3 溶質の重心位置 (Type 1、理想トレーサ)

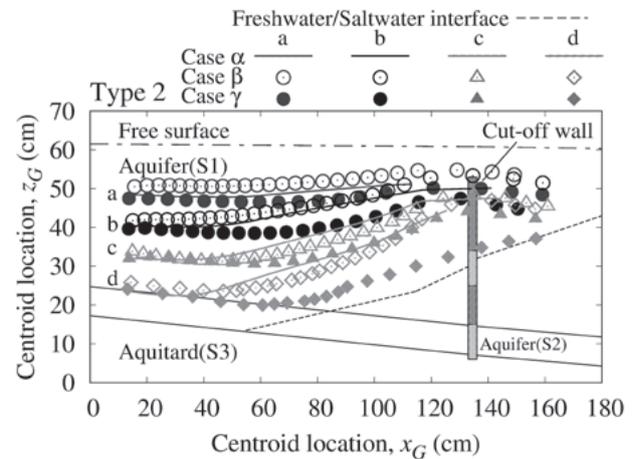


図4 溶質の重心位置 (Type 2、理想トレーサ)

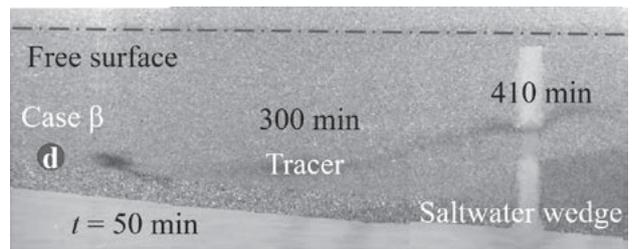


図5 実験画像 (Type 2、Case β)

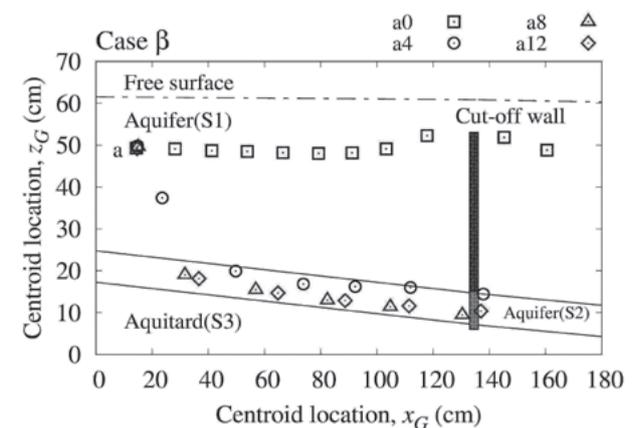


図6 溶質の重心位置 (Case β -1、理想トレーサ)

盤に沿って移動する。よって、トレーサの検出という観点では、塩水トレーサを止水壁の損傷探査に用いる場合、塩分濃度の高いトレーサを用いるのは効果的と考えられる。塩水トレーサを用いた場合の Case β, γ の実験画像を図8に表す。実サイトにて、図中に示す観測孔で鉛直濃度を計測することを想定すると、Case β では、トレーサは鉛直方向にあまり拡がらず、止水壁下部の弱部を通過することから、深部にて濃度反応が生じる。一方、Case γ では溶質は止水壁中部の弱部を含めた下部を通過することから、損傷部を含めた深部にて広く濃度反応が生じる。以上のように、損傷箇所に応じてトレーサの検出箇所、検出範囲に差が表れることから、塩水トレーサ試験により地下ダム止水壁の損傷箇所を探査できると言える。

4. まとめ

本研究では、溶質輸送試験により地下ダム止水壁の弱部が溶質輸送に与える影響を評価し、トレーサ試験による止水壁の機能診断手法について検討した。その結果、塩水侵入のない、貯留型の地下ダムでは、トレーサ試験を用いた地下ダム止水壁の損傷探査は可能である一方、塩水阻止型地下ダムの止水壁の損傷探査には、トレーサ試験は不向きであることが示された。

謝辞

本研究は、一般社団法人土地改良建設協会「2022年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業」による支援を受けました。また、農林水産省九州農政局喜界島農業水利事業所の皆様には、ダムサイトの調査やデータ提供など、様々なご協力をいただきました。ここに記して深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 九州農政局ダム技術検討委員会資料, 2019.
- 2) 緑資源機構: 地下水有効開発技術マニュアル, 297p., 2004.
- 3) Flury, M. and Flühler, H.: Brilliant Blue FCF as a Dye Tracer for Solute Transport Studies - A Toxicological Overview, *Journal of Environmental Quality*, 23(5), pp.1108-1112, 1994.
- 4) Massabó, M., Bellin, A., and Valocchi, A.J.: Spatial moments analysis of kinetically sorbing solutes in aquifer with bimodal permeability distribution, *Water Resour. Res.*, 44, W09424, 2008.

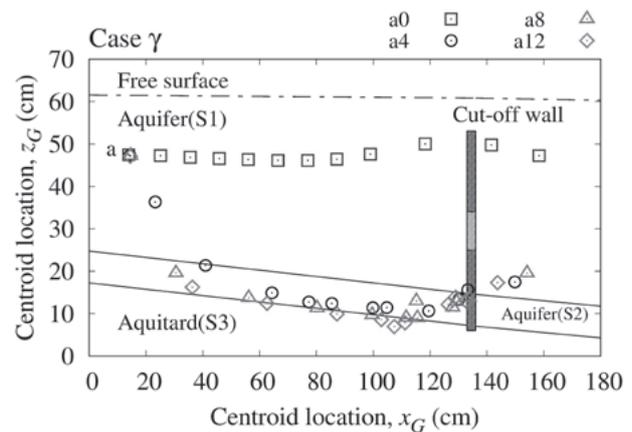


図7 溶質の重心位置 (Case γ -1、理想トレーサ)

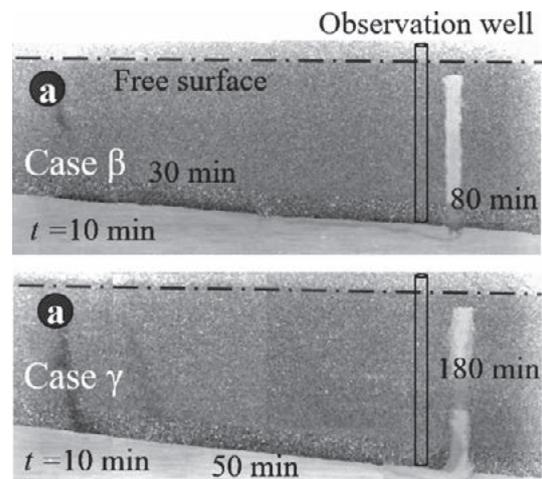


図8 実験画像 (12%塩水トレーサ、Case β, γ)

膨張材を混和したコンクリートの拘束試験における作用力管理方法の検討

鳥取大学 農学部 生命環境農学科 篠原 佳太
 (現在 内外エンジニアリング(株) 勤務)
 指導教員 緒方 英彦 教授



1. はじめに

青森県つがる市に位置する芦野頭首工の堰柱は、プレキャストコンクリート部材(以下、PCa部材)と現場打ちコンクリートにより改修が行われている。堰柱の建造にあたっては、PCa部材を連結する必要があり、各部材はPC鋼材で緊張される。また、PCa部材の中詰となる現場打ちコンクリートには、石灰系膨張材が使用されている。このように芦野頭首工の堰柱コンクリートには、PC鋼材の緊張による影響と膨張材による影響が複合して生じることになる。

当研究室では、堰柱と同じコンクリートで作製したボス供試体(900×900×900mm)(図1)を現地に設置・暴露して各種検討を行っており、本研究はその一環として膨張材を混和したコンクリートの拘束試験について検討したものである。

膨張材に関わる試験としては、JIS A 6202:2017「コンクリート用膨張材」があり、その附属書B(参考)では「膨張コンクリートの拘束膨張及び収縮試験方法」が規定されている。この試験では、コンクリート供試体の中央に拘束棒を通し、拘束端板で拘束するが、拘束棒は再利用してはならないとされており、1供試体に対して1本の拘束棒が必要になる。そこで、拘束棒をコンクリート供試体の中に通さない拘束試験のための治具を試作し、拘束する際の作用力の管理方法を検討した。

2. 拘束治具及び実験の概要

試作した拘束治具の概略図を図2に示す。拘束治具は供試体を拘束端板で挟み、上部のボルトを締めることで供試体へ作用力を加える仕組みである。本研究では、ボルトによる作用力を測定する方法として、ボルトの締め付けトルクから作用力を算出するトルク法(GEK030-R2、KTC)、ボルトの締め付け角度の管理により目標の作用力でボルトを締める角度法(分度器)、超音波ボルト作用力計により締め付け前後のボルトの長さを測定し、長さ変化量から作用力を算出する超音波法(BOLT-MAX II Ver2、ダコタ・ジャパン)、ひずみゲージによりボルトのひずみを直接測定し作用力を算出するひずみゲージ法(KFGS-10-120-C1-11 L3M2R、共和電業)の4つを検討した。

拘束治具の材質は、ボルト及びナットにステンレス、その他の部材は鉄を用いた。ここで、ボルトの弾性係数はステンレスの一般的な値である193kN/mm²とし計算に用いた。また、荷重計(LCK-A-20kN、共和電業)を供試体とともに治具で拘束し、供試体に作用する荷重を直接測定できるようにした。試験に用いたコンクリート供試体は、材齢が1年以上経過したものである。

3. 各手法による作用力の評価結果

トルク法の結果を表1に示す。表より、トルク法は算出した作用力の値が荷重計の値に対してばらつきが大きく、誤差が大きいことが分かった。これはボルトの先端やネジ部における摩擦の影響によるものと推察される。



図1 暴露中のボス供試体

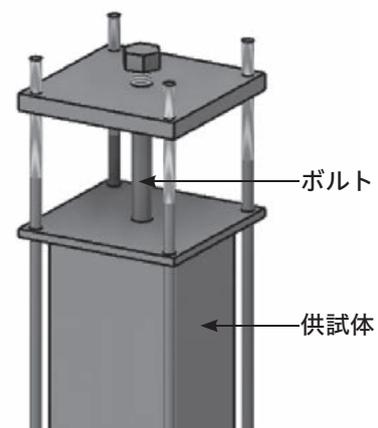


図2 試験治具(拘束部分)

角度法の結果を表2に示す。角度法における荷重計の測定値に対する誤差はおよそ6%であった。しかし、有効長(ボルトの長さのうち応力が生じる部分、本試験においては上部の拘束端板と可動板との距離)を5mm大きくした場合にばらつきが生じる結果が得られた。このことから、角度法を用いる場合は、ボルトの有効長等の条件を正確に揃えておく必要があることを確認できたが、拘束器具の有効長はナットの固定位置や供試体の長さ等に影響を受けるため、複数の治具を用いる場合などには角度法の適応が難しいことが分かった。

超音波法の結果を表3に示す。超音波法では荷重が小さい場合には誤差が大きく、荷重が大きくなるほど誤差が小さくなるという傾向が見られたが、これは荷重が小さい場合にはボルトの長さ変化も小さく、測定の誤差による影響が大きくなるためと推察される。また、超音波法では有効長を測定する必要があるが、ここでも測定時の誤差による影響を受けることが考えられる。

ひずみゲージ法の結果を図3に示す。ひずみゲージ法ではボルト軸にひずみゲージを貼り、ひずみの測定を行った。作用力の算出には、ボルトの曲げの影響を無くすため、ボルトの軸に対し対面に貼った2枚のひずみゲージの平均値を計算に用いた。ひずみゲージ法は他の方法に比べ、最も良い精度が得られた。また、ひずみゲージ法は、継続的なモニタリング測定が可能であるという特徴を持つ。

以上の結果から、作用力の管理方法としては、ひずみゲージ法が適当であることがわかった。

4. おわりに

本研究では、膨張材を混和したコンクリートに対して、拘束棒を用いない拘束試験のための治具を試作して、拘束する際の作用力の管理方法の検討を行った。4方法を検討した結果、ひずみゲージを用いる方法が適当であるという結論が得られた。

謝辞

農林水産省東北農政局津軽土地改良建設事務所十三湖農地防災事業建設所には、ボス供試体の経年調査にご協力をいただきました。この場をお借りして深く御礼申し上げます。

表1 トルク法の結果

	荷重測定値 (N)	算出した作用力 (N)	誤差 (%)
1回目	3387.1	4006.4	18.3
2回目	3108.1	3606.2	16.0
3回目	3302.4	2872.6	-13.0

表2 角度法の結果

	荷重 (N)	誤差 (%)
目標値	3008.5	
1回目	2809.3	-6.6
2回目	2804.3	-6.8
3回目	2829.2	-6.0

表3 超音波法の結果

荷重測定値 (N)	算出した作用力 (N)	誤差 (%)
2928.8	3259.2	11.3
3421.9	3580.8	4.6
4059.5	3892.3	-4.1

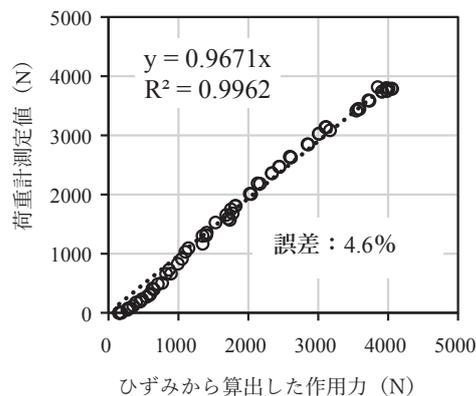


図3 ひずみゲージ法の結果

サンドブラスト式摩耗試験機の促進倍率に関する研究

島根大学 生物資源科学部 環境共生科学科 地域工学コース 山本 真生
 (現在 中部地方整備局 勤務)
 指導教員 上野 和広 助教



1. 研究の背景および目的

農業水利施設で生じる摩耗において、比較的脆弱なモルタル部分が先行して切削され、粗骨材が露出した状態になる現象は選択的摩耗¹⁾と呼ばれている。選択的摩耗は数多くの農業用排水路で確認されており、耐久性の評価をするにあたって考慮しなければならない現象である。これまでに、耐選択的摩耗性を模擬評価することを目的として、水流摩耗試験機や水砂噴流摩耗試験機などの促進試験方法が開発されてきており、近年では迅速に試験を実施可能なサンドブラストに関する研究も行われている。しかし、サンドブラスト式摩耗試験での試験時間が、実際の供用何年分に相当するのか(促進倍率)が明らかになっていないため、未だ耐摩耗性の評価手法として確立されていない状況にある。摩耗に関する将来的な状態予測や計画供用期間に応じた試験時間の決定を行うには、促進摩耗試験の促進倍率を明確にすることが必要である。本研究では、既往の研究によって設定されたサンドブラスト式摩耗試験機の試験条件^{2), 3)}において、その促進倍率について検討を行った。

2. 研究方法と調査地の概要

本研究では、実構造物から流水に曝されていない箇所(健全部)と曝されている箇所(摩耗部)のコンクリートコアを採取し、促進倍率を求めるための検討に用いた。健全部の供試体を用いたサンドブラスト式摩耗試験を実施し、その摩耗状況が摩耗部と同等になるまでの試験時間を求め、その試験時間と実際の供用年数を比較することで促進倍率を評価した。

コンクリートコアを採取した構造物は、岡山県東部に位置する吉井川樋ノ口用水路である。吉井川地区は一級河川吉井川を取水源とする広域の農業地域であり、約300年前から井堰など多くの農業水利施設が造られてきたが、施設の老朽化が著しく、近代的な施設への整備による用水の安定供給が望まれるようになった。そこで、昭和45年度から昭和63年度にかけて国営吉井川農業水利事業により基幹的な施設の整備を実施し、これと併せてため池や天水に依存していた畑作地帯へのかんがい施設整備を実施した。このことにより、国営事業で整備された新田原井堰、坂根合同堰、幹線用水路、畑地かんがい施設等により安定的な用水供給が確保され、現在、本地域では水稲をはじめ、大豆、麦、野菜、果樹等の主要な産地が形成されている。しかし近年、新田原井堰及び幹線用水路等の劣化・損傷、水管理システムの操作・制御に不具合が発生するなど、性能低下が進行しており、その対策として平成25年度から国営事業が実施されている。

吉井川樋ノ口用水路から採取したコンクリートコアは、健全部3体(SU、SC、SD)と摩耗部2体である(図1)。また、実際の供用で生じた摩耗状況を評価するため、水路側壁上部の健全部から下部の摩耗部までに至る連続した表面形状(U、D)の計測を行った。(図1)なお、水路側壁の天端から300mmの地点までを健全部、それ以下を摩耗部とした。

サンドブラストの促進倍率を求めるにあたって必要となる、実際の供用によって生じた摩耗深さは以下のように算

出した。本来、摩耗深さは建設時における初期断面からの断面減少深さとして定義されるものであるが、供試体を採取した水路では建設時の初期断面が不明であったことから真の摩耗深さを求めることが不可能である。そのため、本研究では以下の3つの方法で摩耗深さ(D1、D2、D3)を算出した。D1とD2は、既往の研究⁴⁾で用いられた頂点法によって求めた。図2に示すように、摩耗部で確認できる粗骨材頂点部からの深さには、建設時に表層部へ存在していたモルタル層の厚さが考慮されていない。このモルタル層の厚さを、健全部のサンドブラスト式摩耗試験において粗骨材が露出し始めた際の摩耗深さとする場合と、健全部のコア側面で計測した供試体表面

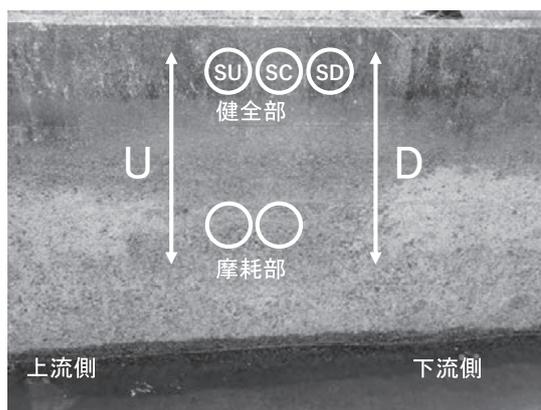


図1 計測箇所

から粗骨材頂点までの深さとする場合の2通りで求めた。それぞれの方法で求めた表層のモルタル層の厚さに粗骨材頂点からの深さを加算した値を、実際の供用によって生じた摩耗深さD1、D2とした。一方、D3は延長法によって算出した。延長法では、健全部から摩耗部までの連続した表面形状(U、D)の計測結果を用い、健全部の壁面を延長した直線から摩耗部の壁面までの距離を摩耗深さD3とした。

サンドブラスト式摩耗試験の試験条件は、既往の研究結果^{2), 3)}に基づき、圧力200kPa、ノズルから供試体までの距離50mmとした。また、研磨材には粒径425~500 μ mの溶融アルミナを用いた。

3. 結果及び考察

本研究で対象とした水路で実際の供用によって生じた摩耗深さを求めた結果、D1は3.16mm、D2は4.19mm、D3は4.99mmとなったことから、50年間の供用で3~5mm程度の摩耗が生じたと推察される。サンドブラスト式摩耗試験による摩耗深さの経時変化を図3に示す。図3にはD1~D3の値も併せて示す。また、ブラストガンのすり減りが摩耗能力へ及ぼす影響を排除するため、図3の結果を補正⁵⁾したものを図4に示す。

次に、サンドブラスト式摩耗試験での摩耗深さの増加傾向を定量的に表すため、図4の結果を式(1)の累乗関数で近似する。

$$D_a = at^b \quad \text{式(1)}$$

ここに、 D_a ：摩耗深さ(mm)、 t ：摩耗時間(min)、 a および b ：パラメータである。

各供試体の累乗関数による近似値を実測値と併せて図5に示す。

上記の近似から求めたパラメータ a と b を用い、式(1)の D_a に摩耗深さD1~D3を代入すると、実際の供用によって生じた摩耗深さへサンドブラストで到達するまでの時間が求められる。このときの t を t_{da} とし、 t_{da} と水路の供用年数から促進倍率を式(2)より算出した。

$$R_d = \frac{P}{t_{da}} \quad \text{式(2)}$$

ここに、 R_d ：促進倍率(year/min)、 P ：供用年数(year)、 t_{da} ：実際の供用によって生じた摩耗深さD1~D3へサンドブラストで到達するまでの摩耗時間(min)である。

求めた促進倍率をまとめると表1のようになり、本研究で用いたサンドブラストは約1~5年程度の供用で受ける摩耗作用を1分で模擬可能であると言える。

4. まとめ

本研究の結果、サンドブラスト式摩耗試験機は約1~5年程度の供用で受ける摩耗作用を1分で模擬可能であることが分かった。今後は、他の水路でも同様

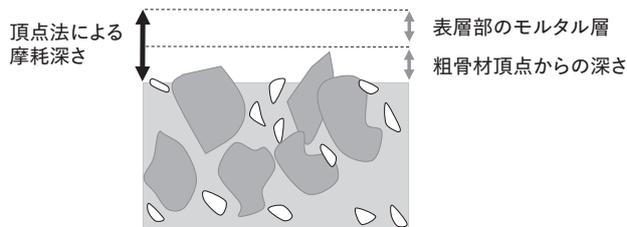


図2 頂点法による摩耗深さ

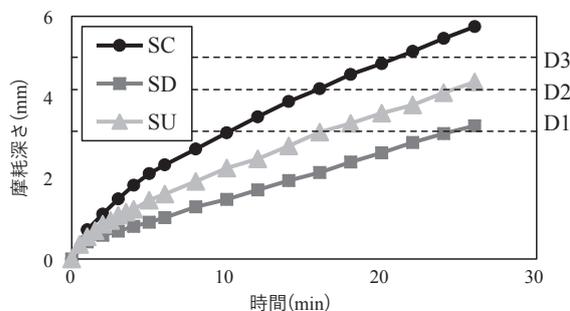


図3 摩耗試験の結果

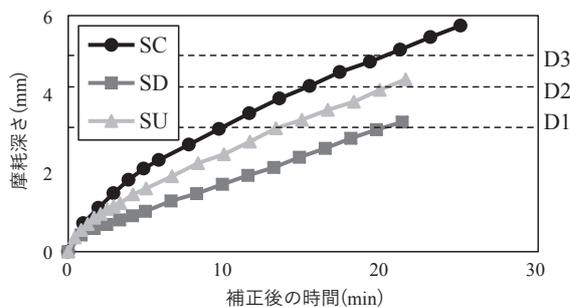


図4 摩耗試験の結果(補正後)

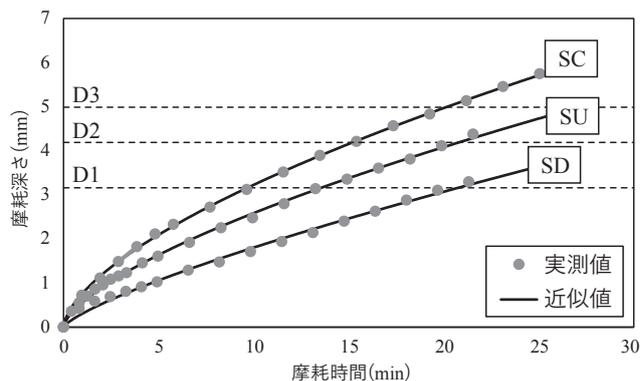


図5 累乗関数による摩耗試験結果の近似

表1 促進倍率まとめ

	R_d (year/min) (D1)	R_d (year/min) (D2)	R_d (year/min) (D3)
SC	3.70	2.40	2.49
SD	5.18	3.29	1.36
SU	2.41	1.67	1.90
平均	3.76	2.45	1.92

の手順で促進倍率を求め、供用環境と促進倍率の関係について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 渡嘉敷 勝(2013): 農業用コンクリート水路における摩耗機構および促進摩耗試験に関する研究、農村工学研究所報告、52、1-57
- 2) 山本 真生、高橋 晋、上野和広、石井将幸(2022): 流水環境下での耐摩耗性評価に適するサンドブラストの噴射条件、2022年度(第71回)農業農村工学会大会講演集、3-9.
- 3) K. Ueno, S. Takahashi, M. Yamamoto, T. Kanamori, S. Kawabe, I. Nakajima and M. Ishii (2023): Influences of test conditions of sandblasting on replicability of abrasion pattern of concrete subjected to hydrodynamic action, Case Studies in Construction Materials, 18, e01812.
- 4) 上野和広、長束 勇、石井将幸(2010): 開発した水砂噴流摩耗試験機の促進倍率、農業農村工学会論文集、266、41-47.
- 5) 上野和広、高橋 晋、山本真生、石井将幸(2022): サンドブラストによる摩耗試験結果の補正手法、2022年度(第71回)農業農村工学会大会講演集、3-8.

14

けい酸塩系表面含浸工法を用いた無機系表面被覆工法の長期耐久性評価



高知大学 農林海洋科学部 農林資源環境科学科 岩崎 司
(現在 静岡県庁 勤務)
指導教員 佐藤 周之 教授

1. はじめに

けい酸塩系表面含浸工法は、農業用水路の補修工法としての適用事例が少なく、農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】において、限定的な記載となっている。

本研究では、無機系表面被覆工法とけい酸塩系表面含浸工法の複合法工法によって補修された新潟県長岡市と栃木県那須塩原市の農業用RC開水路の2箇所を対象として目視検査および表層透気試験によって評価を行った。

2. 複合法工法の概要

無機系表面被覆工法と微細なひび割れに対して効果を発揮するけい酸塩系表面含浸工法の二つを組み合わせることで、ひび割れ幅を最小限に抑え、かつひび割れが生じた際にけい酸塩系表面含浸材の効果でひび割れ部を充填することが可能である。また、本複合法工法では速硬型ポリマーセメントモルタル(PCM)を用いており、施工時・施工後の気象条件に起因する不具合を低減する特徴を有している。

3. 複合法工法の施工概要

既設RC開水路に対し、高圧洗浄工を実施した。次に、けい酸塩系表面含浸材を噴霧し、散水養生を行い既設面の表層部の緻密化を図った。その後速硬型PCM使用し、不陸調整+3mmの厚さで無機系表面被覆工法を実施した。最後に、PCMの表層を緻密化することを目的としたけい酸塩系表面含浸材の噴霧と散水養生を行った。

本研究で調査を行った両地区の開水路は共に施工から約6年が経過しており、前回の調査から約4年が経過している。また新潟県長岡市と栃木県那須塩原市は、両地区ともに凍害を受ける寒冷地である。

4. 調査方法の概要

本研究では、補修材表面の変状の有無や種類の確認、表層品質評価のため、目視試験と表層透気試験を実施した。今回実施した表層透気試験はJSCE-K572「けい酸塩系表面含浸材の試験方法(案)」¹⁾を参考に、ダブルチャンバー方式(トレント法)の透気試験機を用いた。

表層透気試験は、補修箇所の緻密性や水密性といった特性を評価できる²⁾とされることから、本調査に適用した。

本研究では、表層透気試験の評価方法として表1に示す基準に従い評価を行った。試験結果で得られた透気係数 $kT(\times 10^{-16}m^2)$ は、その値が小さいほど表層のコンクリートが緻密で良好であることを表している。本試験では、測定位置を開水路の左壁面気中部とし、測定点数は3点とした。

表1 表層透気試験のグレーディング

表層透気係数	優	良	一般	劣	極劣
$kT(\times 10^{-16}m^2)$	0.001~0.01	0.01~0.1	0.1~1	1~10	10~

5. 試験結果

5.1 目視検査によるひび割れや変状の確認

○新潟県長岡市

目視検査によるひび割れや変状の発生は確認できなかった。

○栃木県那須塩原市

目視検査によるひび割れや変状の発生は確認できなかった。

5.2 表層透気試験の試験結果

新潟県長岡市の表層透気試験結果を図1に、栃木県那須塩原市の表層透気試験結果を図2に示す。

○新潟県長岡市

図1より、新潟県長岡市の開水路では、施工後1、2年時と比較して表層透気係数が大幅に上昇し、評価基準において「劣」と評価された。これは、凍結融解作用によって目視では確認できない程度の微細なひび割れが発生していたことによって表層透気係数が増加したと考えられる。しかし、本年度の結果のみで開水路表層部の劣化を判断することは難しく、継続的に試験を実施し、経時変化を確認していく必要があると考えられた。

○栃木県那須塩原市

図2より、栃木県那須塩原市の開水路では、施工後1、2年時に比較して表層透気係数が上昇したが、新潟県長岡市の開水路程の大幅な上昇は見られず、評価基準において「良」と評価された。この評価は、新潟県長岡市での「劣」と2段階の差があり、新潟県長岡市の開水路よりも大幅に優れた結果と言える。しかし、目視検査ではどちらの開水路もひび割れや変状が確認できず、目視による品質の差は確認できなかった。

6. おわりに

今回、寒冷地における無機系表面被覆工法とけい酸塩系表面含浸工法との複合工法の施工後6年時の追跡調査の結果を整理した。補修箇所の緻密性や水密性といった特性を評価できる表層透気試験では、両地区ともに開水路表層部の劣化が確認されたが、目視試験では両地区ともひび割れや変状の発生は確認できなかった。しかし、表層透気試験による表層品質の評価基準では両地区で大きな差が見られたため、定期的に試験を実施し、けい酸塩系表面含浸工法および無機系表面被覆工法により施工された開水路での表層透気試験の調査事例を増やしていくことで、表層透気係数による開水路の品質評価に関するデータの蓄積が必要だと考えられた。

謝辞

本研究は、土地改良建設協会の支援を受けることで、北陸農政局信濃川左岸流域農業水利事務所から国営信濃川左岸流域土地改良事業の概要や計画進行状況について丁寧な説明を受け、本事業地区内の農業水利施設での調査機会を頂きました。これらの方々の支援と御協力に心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) コンクリートライブラリー137 けい酸塩系表面含浸材の設計施工指針(案): 土木学会 (2012)
- 2) 長谷川雄基, 谷村成, 田中基博, 高橋慶吉, 佐藤周之: 無機系表面被覆材による開水路補修工事の追跡調査と性能評価 水土の知 82 (7) PP. 23-26 (2014)



写真1 表層透気試験の様子

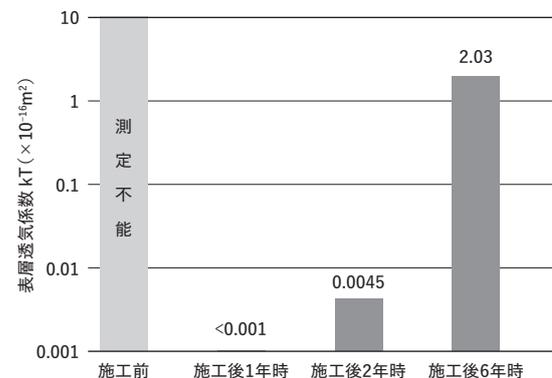


図1 新潟県長岡市の表層透気係数

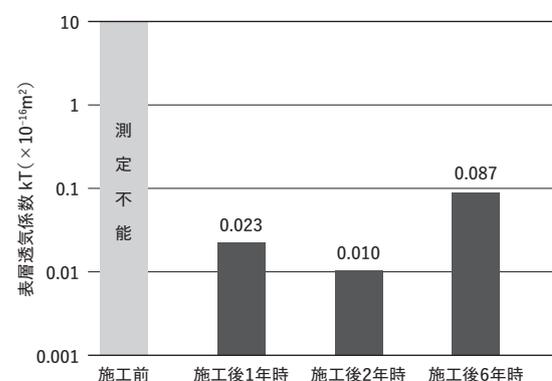


図2 栃木県長岡市の表層透気係数