国営事業地区等フィールド調査学生支援事業　令和７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7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　ため池堤体での小動物等によるアンケート調査と巣穴被害調査

弘前大学農学生命科学部　地域環境工学科　水利造構学研究室　平岡　修造
（就職先　株式会社大林組）
指導教員　森　洋　教授

2　ため池の管理放棄が生態系の遷移に与える影響－いさわ南部地区を事例として－

北里大学　獣医学部　生物環境科学科　土壌環境学研究室　今峰　綾子
指導教員　森　淳　教授

3　印旛沼の循環灌漑地区における降雨時の水質流出特性

東京農工大学　農学部　地域生態システム学科　水利環境保全学研究室　4年　大場　有紗
（進学先　東京農工大学農学研究院）
指導教員　加藤　亮　教授

4　石垣島宮良川流域における流域水文・氾濫解析モデルの再現性評価

東京農工大学　農学部地域生態システム学科　水資源計画研究室　但馬　綾
（進学先　東京農工大学大学院先進学際科学府先進学際科学専攻予測情報学コース）
指導教員　福田　信二　教授

5　UAV画像と点群を用いたGSD推定による農道橋舗装部のひび割れ幅推定

新潟大学　農学部　田上　慧華
（進学先　新潟大学大学院総合学術研究科）
指導教員　鈴木　哲也　教授

6　深層学習を用いたX線CT画像におけるコンクリートコアのひび割れ検出

新潟大学　農学部　農学科　施設機能工学研究室　池田　弘毅
（進学先　新潟大学大学院）
指導教員　鈴木　哲也　教授

7　柑橘パイプラインシステムにおける用水需要型態の評価

三重大学　生物資源学研究科　水資源工学研究室　高木　涼
指導教員　藤山　宗　准教授

8　ヤマトシジミ貝の再生に向けた志原川水系調査報告

三重大学大学院　生物資源学研究科共生環境学専攻　水利施設工学研究室　関戸　智也
指導教員　岡島　賢治　教授

9　深み工における土砂の堆積を抑制できる水制工形状の解明

滋賀県立大学　環境科学部　生物資源管理学科　廣田　遊史
指導教員　皆川　明子　准教授

10 事前学習済みモデルを用いた柿の水ストレス推定モデルの開発

近畿大学　農学部　環境管理学科　国際開発環境学研究室　大西　直紀
（進学先　近畿大学大学院）
指導教員　松野　裕　教授

11 音響解析とクラスタリングを融合したリップラップの機能診断

神戸大学　農学部　食料環境システム学科　施設環境学研究室　大森　千嘉
（進学先　神戸大学大学院）
指導教員　井上　一哉　教授

12 溶質輸送実験と数値解析によるマクロ縦分散長の定量化

神戸大学　大学院　農学研究科　藤枝　花奈子
（進学先　神戸大学大学院）
指導教員　井上　一哉　教授

13 鳥取県弓浜半島における淡水レンズの持続的利用に向けた農業用水路「米川」の役割

鳥取大学　持続性社会創生科学研究科　国際乾燥地科学専攻　水圏環境科学研究室　成田　碧
（就職先　ヤンマーホールディングス株式会社）
指導教員　山崎　由理　准教授

14 農業水利施設の運用見直しによる電気使用量削減の検討　― 弓浜干拓地の事例 ―

鳥取大学大学院　野田　さゆり
（就職先：東海農政局）
指導教員　清水　克之　教授

15 市街化が進行した地域における農業水利組織の渇水対応とその成立条件

愛媛大学大学院　農学研究科　生物環境学専攻　地域環境工学コース修士1年　小梶　未鈴
指導教員　新田　将之　准教授

16 農業用RC開水路の補修工法の透気性に関する研究

高知大学　総合人間自然科学研究科　農林海洋科学専攻　SAYFULLAEVA BARCHINOYHON
（進路先　愛媛大学大学院　連合農学研究科）
指導教員　佐藤　周之　教授

17-1 クリーク水のpH上昇に及ぼす植物プランクトンの光合成の影響

［キーワード］クリーク、pH、植物プランクトン
佐賀大学　農学部　生物資源科学科　地域環境学研究室　音羽　雪南
（進学先　佐賀大学大学院農学研究科）
指導教員　原口　智和　准教授

17-2 佐賀平野クリークの多自然型護岸工区間の水環境と小型魚類の生息

［キーワード］クリーク、多自然型護岸、小型魚類
佐賀大学　農学部　生物資源科学科　地域環境学研究室　川味　樹星
（就職先：九州環境管理協会）
指導教員　原口　智和　准教授

18 竹セルロースナノファイバーを用いた土壌侵食抑制と3Dモデルを活用した定量評価

鹿児島大学　大学院　農林水産学研究科　環境フィールド科学専攻　農地工学研究室　三浦　菜名穂
（就職先　国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構　農村工学研究部門）
指導教員　平　瑞樹　助教

19 フォトグラメトリを利用した降雨による侵食状況の可視化と定量的評価の検討 ―喜界島荒木地区の事例―

鹿児島大学大学院　農林水産学研究科　環境フィールド科学専攻　農地工学研究室　岩田　知起
指導教員　平　瑞樹　助教

1～10の報告は前号（334号）に掲載しました。

11

音響解析とクラスタリングを融合したリップラップの機能診断



神戸大学　農学部　食料環境システム学科　施設環境学研究室　**大森　千嘉**
（進学先　神戸大学大学院）
指導教員　**井上　一哉　教授**

1. 緒論

大野川上流地域は、大分県竹田市および熊本県阿蘇郡産山村・阿蘇市にまたがる標高400~750mの阿蘇外輪山東麓に形成された溶岩台地と大野川の支流河川により浸食された谷間に広がる有数の農業地帯である。水の確保が困難な台地上の農地に水を供給するため大蘇ダムは建設された。

ロックフィルダムにおいてリップラップは堤体の法面保護や安定性の確保のために施工される。リップラップの健全度評価は目視での観察や打診[1)]など経験的判断に依存しており、客観的な機能診断手法の確立が求められている。そこで本研究では、打音調査により取得した音声から物理量を抽出し、クラスタリングを用いた健全度診断手法を提案した。さらに、マッピングにより空間的な劣化傾向の可視化を試みた。



図 1　リップラップと打撃箇所の一例

2. 対象サイト

熊本県阿蘇郡に位置する大蘇ダムは図 1 に示す堤高69.9m、堤頂長262.1mの中心遮水壁型ロックフィルダムである。リップラップにはホルンフェルスが用いられ、張り石工法で施工されている。本研究では、下流側法面に図 2 に示すように測線を設定し、2024年11月と2025年10月に調査を実施した。シュミットロックハンマー試験により、調査対象とした279個のリップラップのほとんどが25MPa以上の強度を示し、力学的健全性が確保されている[2)]ことを確認した。この点を前提として、打音調査により音響的指標に基づく相対的健全度を評価した。

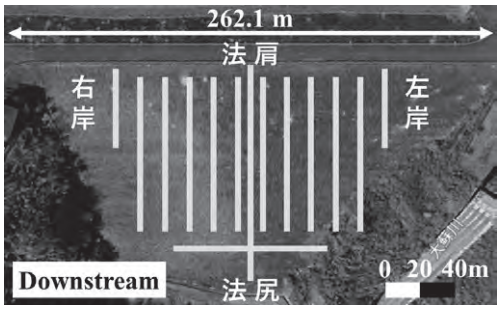


図 2　測線位置
（2024年と2025年で共通の測線でもリップラップは異なる）

3. 打音調査と音響解析

図 1 に示すように 1 つのリップラップに対して任意の 5 点を950gの鋼製鉱物ハンマーにより打撃した。ICレコーダーSONY ICD-TX660で録音した音声から雑音が含まれる200Hz以下の低周波成分を除去した後、 3 種類の音響的物理量を抽出した。減衰率は岩石のクラックの進行に伴い増加する物理量であり[3)]、音波の減衰に適合するよう次式より求めた。

$$\bar{y}(t) = \omega \times e^{\lambda t}$$

ここに、$\bar{y}(t)$は時間tにおける音波の振幅、ωは初期振幅、λは減衰率であり、図 3 に示すようにリップラップによって音波の減衰度合いは異なる。また、高速フーリエ変換を適用し、図 4 に示す周波数領域において重心周波数$\bar{f}$を次式より求めた。

$$\bar{f} = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{f_i \times {A_i}^2}{{A_s}^2}$$

ここに、f_iはi番目の周波数、A_iはi番目の振幅、nはデータ数である。さらに、スペクトルにおいて最大エネルギーの周波

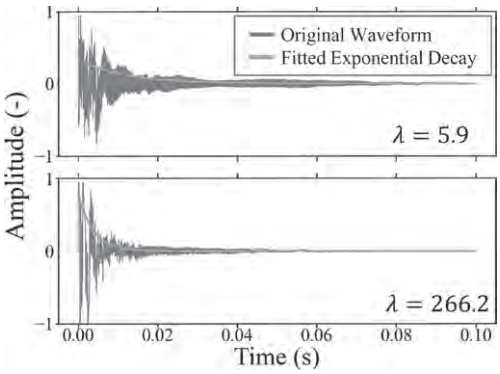


図 3　打音に対する減衰率

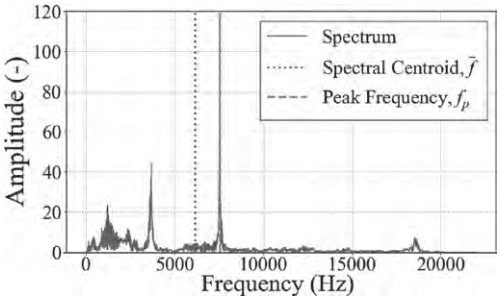


図 4　フーリエ変換後のスペクトル

数として、ピーク周波数f_pを求めた。

5. 結論

健全度に基づいてリップラップを区別するため、３つの音響的物理量を特徴量に用いてクラスタリングした。クラスタリングにはk平均法を採用し､現行の機能診断と対応させるためクラスタ数を k= 4 と設定した。データ点の分布とクラスタリングの結果を図５に示す。

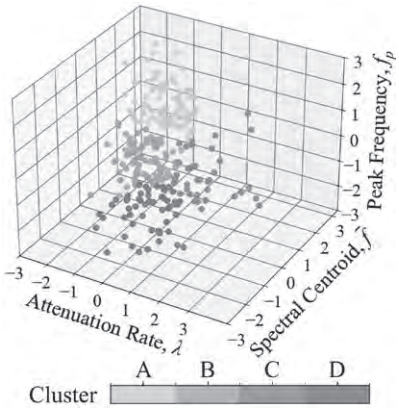


図５　クラスタリングの結果

クラスタリングの妥当性の評価にはデータ点が適切にクラスタ分けされている度合いを示すシルエット係数を用いた。全データに対するシルエット係数の平均値は0.319であり、正の値を示したことからクラスタ間の境界を確認できたものの、明確な境界を有する場合に得られるとされる１に近い値には至らなかった。リップラップは降雨等の気象条件の影響を受けて徐々に風化するため、健全度の異なるリップラップ間の音響的物理量の差異は曖昧であると推察される。また、クラスタ重心における減衰率が最小、かつ重心周波数とピーク周波数が最大のクラスタを最も健全と判断して、グループAと定義した。さらに、グループAのクラスタ重心に近い順に残りのクラスタをグループB、C、Dと称した。

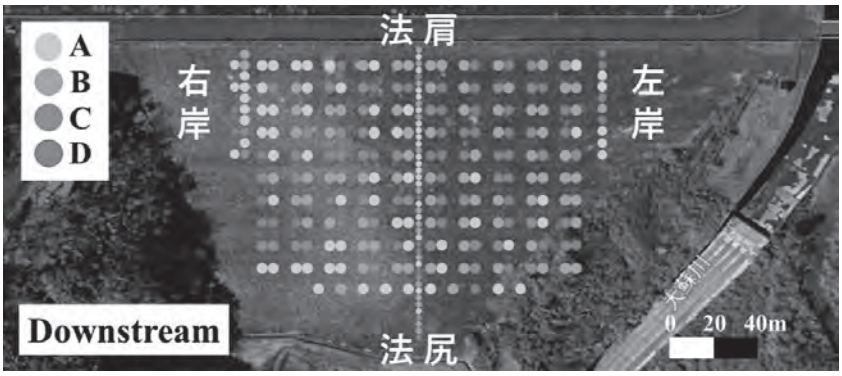


図６　健全度診断の結果（測線当たり約20個、標準断面付近は54個）

空間的な劣化傾向を把握するためクラスタリング結果をマッピングしたところ、図６のようにすべてのグループが法面全体に偏りなく分布していた。また、標準断面付近の測線に注目すると、法面中央から法尻にかけてグループCとDは集中して分布する傾向が確認された。法肩付近のリップラップの自重は下方に伝達され、法尻付近のリップラップに作用する。荷重の変動による亀裂の進展とリップラップ同士の接触による摩耗が劣化の一因であると考えられる。また、法尻付近は降雨時に表面流が収束し含水状態が高まりやすく、乾湿繰返しによる劣化作用を受けやすい。さらに、植生がなく日射を強く受けるため、表面温度の変動に伴う体積変化は繰り返し生じることから、法尻付近は力学的作用と水理的作用、熱的作用を複合的に受けて、相対的に劣化が進行しやすい領域であると推察される。

5. 結論

本研究ではリップラップに対して打音調査を実施し、クラスタリングによる相対的健全度の診断手法を提案した。減衰率と重心周波数、ピーク周波数は健全度評価の指標として有効であり、クラスタリングとマッピングを通じて劣化状況の空間分布を把握できた。

謝辞

本研究は、一般社団法人土地改良建設協会「2025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、研究を進めるにあたり、農林水産省九州農政局農村振興部の皆様には、現地調査の機会をいただくとともに、大蘇ダムや水利事業についてご説明いただき多くの知見を得ることができました。ここに記して深謝の意を表します。

参考文献

1）西山竜朗，笠松論，千原英司，長谷川高士，村上章，西村伸一：ロックフィル材料の劣化を評価するための試験法に対する検討，農業農村工学会論文集，252, pp.87-95, 2007.

2）地盤工学会：JGS3811 岩盤の工学的分類方法，地盤工学会基準(案), 12p., 2004.

3）金間強：花崗岩の縦波の減衰に及ぼすクラックおよび水の効果，北海道大学地球物理学科研究報告，36, pp.69-82, 1977.

12

溶質輸送実験と数値解析によるマクロ縦分散長の定量化



神戸大学　大学院　農学研究科　**藤枝　花奈子**
（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図１のようにサトウキビの生産が活発に行われており、農業が盛んな地域である。南西諸島に位置する本島は、年間降水量は比較的多いものの、図２に示すように、島の大部分が多孔質で高透水性な琉球石灰岩で構成されているため、地下浸透の度合いが大きく、地表水に乏しいという特徴を有する。そこで、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留し、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、地下水の良好な水質の維持は大きな課題といえる。



図１　喜界島の農業（サトウキビ）

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重要である。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、相関長の増加に伴いマクロ縦分散長は増加することが報告されている[1)]。



図２　喜界島の透水係数分布の一例

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、比較的コスト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。しかし、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[2)]。

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性がマクロ縦分散長に及ぼす影響を評価するため、模擬地盤を作製した溶質輸送実験と実験地盤を想定した数値シミュレーションを実施した。

2. 溶質輸送実験と数値解析

2.1　実験方法と画像解析

本研究では、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、透水係数は対数正規分布に従うとしてBlock Kriging[3)]により透水係数分布を決定した。このとき、透水係数の相関長λは9cmとした。25種類の土質試料を１辺3cmの立方体格子状に1200個配置することで図４に示す不均質透水場を作製した。定水頭タンクを調整して動水勾配Iを0.025または0.050に制御した。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0.2mg/cm^{3}の

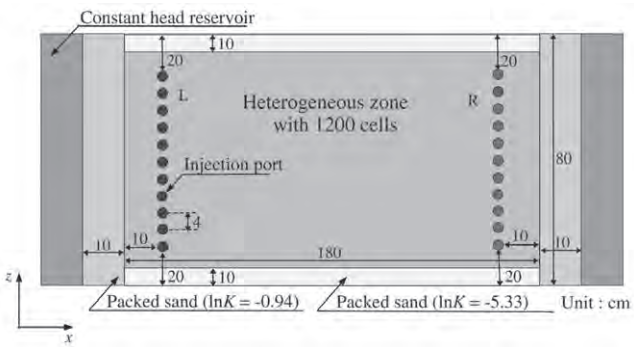


図３　実験装置の概略図

Brilliant Blue FCF水溶液を１点あたり25cm^{3}注入し、溶質輸送挙動を撮影した。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。

得られたRGB画像のピクセル値から空間モーメント量M_{ij}とマクロ縦分散長A_Lを

$$M_{ij}(t)=\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}H(x,z)B(x,z,t)x^i z^j dxdz \qquad (1)$$

$$A_L=\frac{M_{20}M_{00}-M^2{}_{10}}{2\xi_c M^2{}_{00}} \qquad (2)$$

にて求めた。ここに、tは時間、Hはピクセル面積、BはR値、iとjは空間次数、ξ_cは輸送距離である。実験から得られたRGB画像の例を図５に示す。

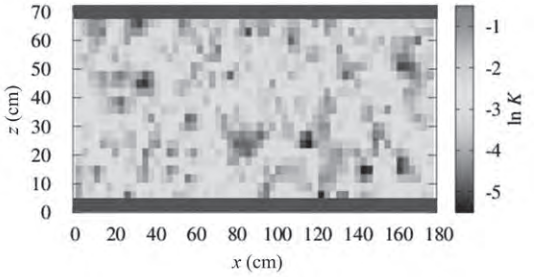


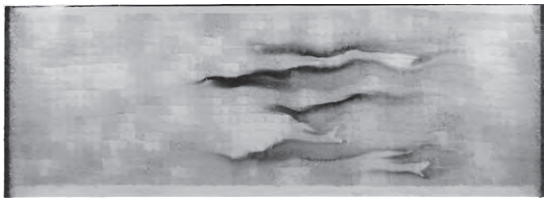
図４　透水係数分布

2.2　数値解析方法

まず、FEM解析にて浸透流方程式を求解し、流速分布を求めた。次に、ランダムウォーク粒子追跡法（以下、RWPTと記す）にて溶質輸送を再現した。解析過程の粒子の移動経路は式(3)で表される[3)]。

$$\mathbf{X}_p(t+\Delta t)=\mathbf{X}_p(t)+\frac{\mathbf{v}+\nabla\cdot\mathbf{D}}{R}\Delta t+\mathbf{B}\Xi\sqrt{\Delta t} \qquad (3)$$

ここに、$\boldsymbol{X}_p$は時刻tにおける粒子の位置ベクトル、Δtは時間変化量、**v**は流速、**D**は分散係数テンソル、Rは遅延係数、**B**は変位マトリクス、Ξは各成分が平均０、分散１の正規分布に従うベクトルである。空間モーメントS_{ij}とマクロ縦分散長A_Lは、


図５　溶質輸送挙動の一例

$$S_{ij}=\frac{1}{m(t)}\sum_{k=1}^{NP_t}\frac{m_p^k X_{p,i}^k(t)X_{p,j}^k}{R\left(\mathbf{X}_p^k(t)\right)}-X_{G,i}(t)X_{G,j}(t) \qquad (4)$$

$$A_L\left(\xi_G(t)\right)=\frac{S_{11}\left(\xi_G(t)\right)}{2\xi_G(t)} \qquad (5)$$

にて求めた。ここに、$X_{p,i}$は粒子位置成分、$X_{G,i}$は粒子群の重心位置、$m(t)$とNP_tは時刻tの粒子総質量と粒子総数を表す。

3. 結果と考察

マクロ縦分散長の実験結果と数値解析結果を図６に示す。実験値と数値解析結果は完全には一致しないものの、全体的な傾向は概ね再現している。また、実験値および数値解析結果のいずれにおいても、動水勾配の違いに起因するマクロ縦分散長の顕著な差は見られないことが図６から確認できる。これは、各立方体セル内の圧力水頭は透水係数の大小にかかわらず、ほぼ一様に変化したためであると考える。その結果、流速は一様に変化し、全体的な流速分布には変化が生じなかったことが示唆される。したがって、マクロ縦分散現象は、流速の大きさに起因しないことが確認された。

次に、透水係数の異方透水性を考慮し、セル配

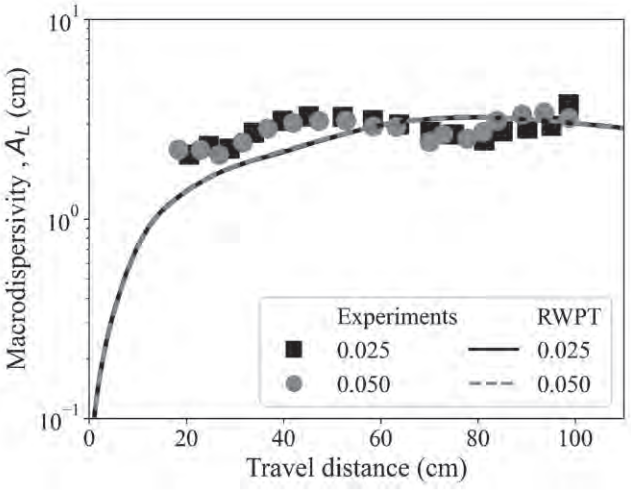


図６　実験値と数値解析結果

置は変更せず、x方向のみを拡大したモデルを作成した。z方向の相関長は変化させず、x方向の相関長λ_xのみを12cmおよび18cmとしたケースについて検討した。その結果をλ_x=9cmの結果とともに図７に示す。いずれの条件においてもマクロ縦分散長は移動距離の増加に伴い増加する傾向を示し、その傾向に大きな違いは見られなかった。一方で、x方向の相関長を増加させるにつれてマクロ縦分散長の最大値は増加し、ピーク位置も下流側へ移動する傾向が確認された。これは、相関長の増加により透水係数分布の空間的連続性がx方向に強まり、分散が発達するスケールが大きくなったためであると考える。このことから、異方透水場においても相関長がマクロ縦分散の発達スケールに影響を与えることが示唆された。

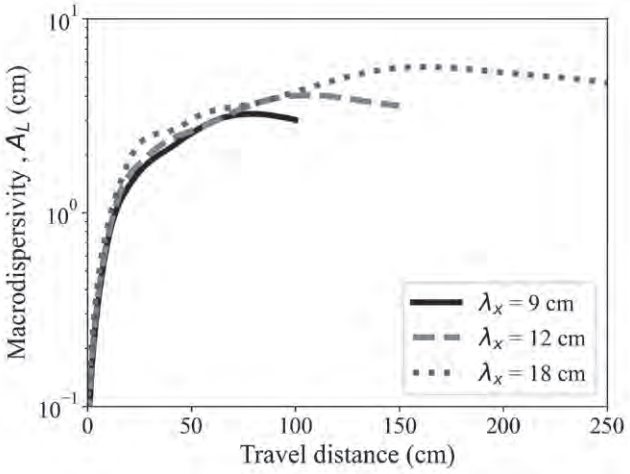


図７　λxの違いによるマクロ縦分散長の比較

4. 結論

溶質輸送実験と数値解析を通じて、ランダム性を有する異方透水場にて透水係数分布の空間相関性がマクロ縦分散長に及ぼす影響を評価した。その結果、マクロ縦分散現象は流速の大きさには依存せず、また異方透水場においても相関長がマクロ縦分散の発達スケールに影響を与えることが確認された。

参考文献

１）井上一哉,小尾泰輝,濱田莉菜子,教野真帆,田中勉：中規模溶質輸送実験を用いた溶質マクロ分散性に及ぼす相関長と不均質度の影響評価, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol. 73, No. 2(応用力学論文集 Vol. 20), I_85-I_96, 2017.
２）Marco, B. and Daniele, P.: Geological entropy and solute transport in heterogeneous porous media, *Water Resources Research*, 53, pp.4691-4708, 2017.
３）Deutsch, C. V. and Journel, A. G.: GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide, Oxford University Press, 340p., 1992.

謝辞

本研究は、一般社団法人土地改良建設協会「2025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、研究を進めるにあたって、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、ダムサイトで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。

13

鳥取県弓浜半島における淡水レンズの持続的利用に向けた農業用水路「米川」の役割



鳥取大学　持続性社会創生科学研究科　国際乾燥地科学専攻　水圏環境科学研究室　**成田　碧**
（就職先　ヤンマーホールディングス株式会社）
指導教員　**山崎　由理　准教授**

1. 背景

1.1　淡水レンズ

淡水レンズは、塩水と淡水の密度差により、地中に存在する塩水の上に浮かぶ淡水域です（**図1**）。一般に島や半島などの海に囲まれる地域において見られ、これらの地域では周囲から地中に浸透した塩水の上に雨水などの淡水が浮かぶことで形成されます。

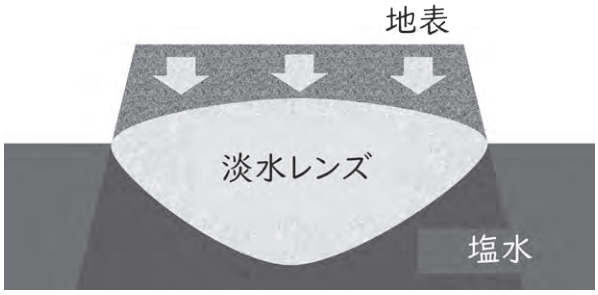


図1　淡水レンズのイメージ図

1.2　弓浜半島における灌漑用水

鳥取県西部の弓浜半島（**図2**）にも淡水レンズが存在します。本地域では、農業用水として淡水レンズの地下水のほか、農業用水路に流れる水が使われます。

弓浜半島には自然河川はありませんが、半島中央に全長約20kmのコンクリート製の農業用水路「米川」が存在し（**図3**）、上流の一級河川である日野川と法勝寺川から取水して年間を通じて通水をしています。通常の取水量は、灌漑期（4月～9月）は7.77m^3/sであり、非灌漑期（10月～3月）は0.288m^3/sです。ただし、干ばつ時や豪雨時には取水制限が実施されるため流量は変動します。特に干ばつ時には米川の水が減少し、地下水が第2の水源としての重要性を増すため、本地域で地下水資源の保全を考えていくことは重要であるといえます。

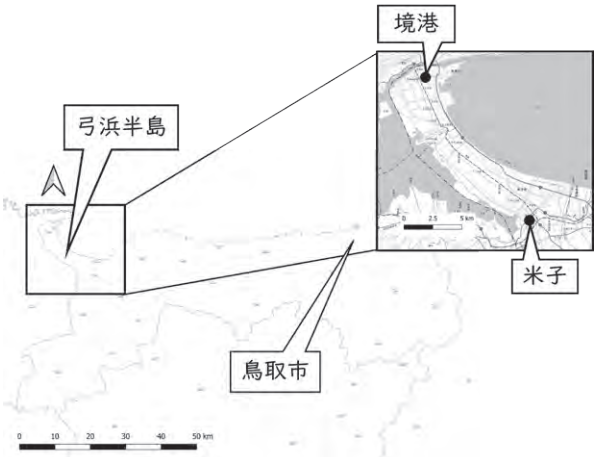


図2　弓浜半島の位置図
（地理院地図を加工して作成）

また、米川の構造的特徴としてアンダードレーンがあり、地下との水交換が可能です。これにより、①揚圧力による水路の浮上や亀裂の防止、②周辺の地下水位の維持、という効果が期待できます。アンダードレーンが正常に機能しているかを評価することは、地下水保全と水路維持の観点から重要です。

2. 課題および目的

弓浜半島において、淡水レンズを変動させる涵養プロセスは十分に明らかでありません。特に、将来の気候変動で降水パターンが不安定化することを考えれば、降水以外の涵養源の把握は重要です。本研究の目的は、地下水位変動に対する米川の影響を明らかにし、淡水レンズの持続的利用に資する知見を得ることです。

3. 手法

実施内容は2つあります。

1つ目は、地下水位と米川からの距離の関係に基

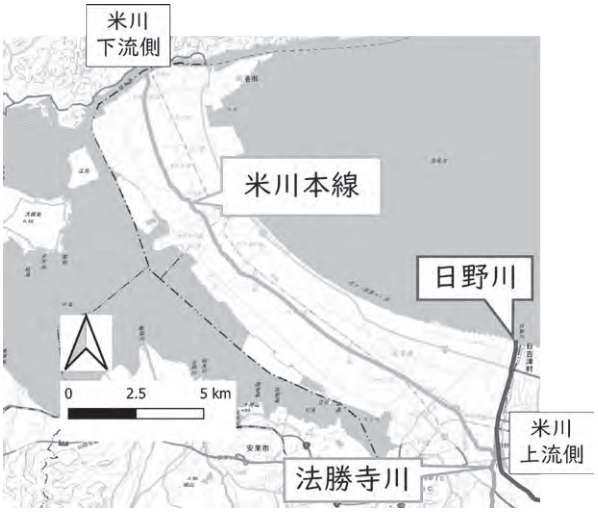


図3　米川本線の位置図
（地理院地図を加工して作成）

づいた涵養効果の考察です。弓浜半島の計15本の井戸で観測された、年間(2024年10月～2025年９月)の地下水位の中央値と米川から井戸までの距離を散布図にプロットし、その概形から米川の涵養効果を考察しました。**図４**に地下水位観測井戸の位置図を示します。図中の黒色の実線および破線は、補助的に引いた横断線です。

２つ目は、流量観測による涵養量の定量化手法の検討です。米川中流部の約1.4 kmの水路区間において、上流と下流の流量差から涵養量を算出しました。なお、支線へのゲートは一時的に閉じて、アンダードレーン以外への流出入はないものと考えました。

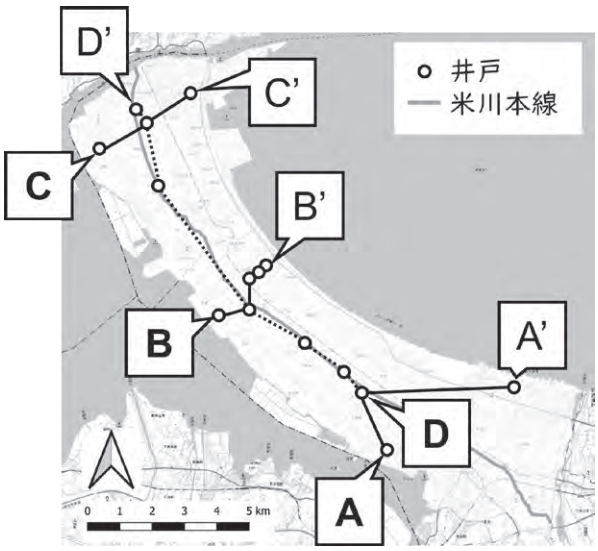


図４　地下水位観測井戸の位置図
（地理院地図を加工して作成）

4. 結果および考察

図５に年間の地下水位の中央値と米川からの距離の関係を示します。横断線A-A’とB-B’断面で山型の分布が見られ、一方でC-C’断面では地下水位に大きな差は見られませんでした。この結果から、米川に近いほど地下水位は高く、海岸線に近づくにつれて地下水位は低くなる傾向があることを把握できました。加えて、D-D’断面では、米川の上流から下流に向かって地下水位は低下しました。以上より、米川が淡水レンズの分水嶺として機能している可能性が示唆されました。

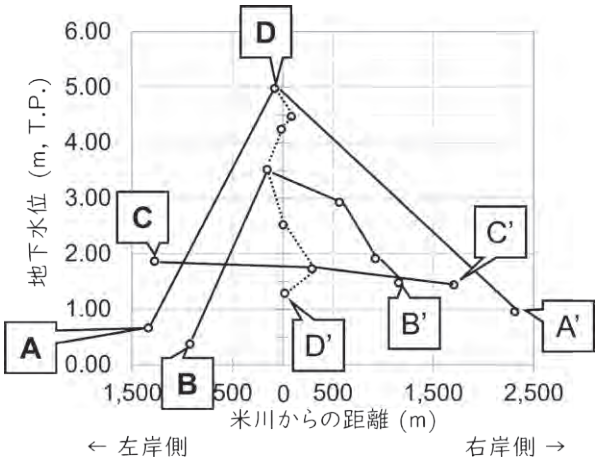


図５　地下水位と米川からの距離

流量観測による涵養量の定量化手法の検討について、計６回の流量観測によって計算された水路区間内における涵養量を示します(**表１**)。この涵養量が正の場合は米川から地下に向かって水が流れ、負の場合は地下から米川に向かって水が流れていると考えられます。特に、涵養量が最高であった2024年８月22日については前28日間に雨が降っておらず地下水位が下がり米川から地下に水が流れやすかった可能性が、一方で涵養量の最低であった2025年６月26日については観測日の前日から明朝にかけて約90mmの雨が降っていたことから地下水位が上がり地下から米川に水が流れやすかった可能性が考えられます。今後、観測された涵養量の値を水路内水位、周辺の地下水位および降水量データを比較し精査する必要がありますが、今回の結果からアンダードレーンによる水交換が機能している可能性が示唆されました。

表１　流量観測により算出された涵養量

流量観測日	水路区間における涵養量 (m^3/s)
2024/ 6 /24	－0.004
2024/ 8 /22	0.078
2025/ 6 /26	－0.094
2025/ 7 /24	0.058
2025/ 8 / 5	－0.002
2025/ 9 /24	0.066

5. おわりに

降水のみに頼らない地下水資源の能動的な保全には、米川のような人為的な涵養源の維持管理が欠かせません。例えば、冬季通水や水路清掃といった取り組みの継続は、地下水涵養の促進と水路の長寿命化の双方においては効果的であると考えられます。

出典

地理院地図（2026）：“地理院タイル一覧”，https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html, 2026年２月27日閲覧.

14

農業水利施設の運用見直しによる電気使用量削減の検討
― 弓浜干拓地の事例 ―



鳥取大学大学院　**野田　さゆり**
（就職先：東海農政局）
指導教員　**清水　克之　教授**

1. はじめに

近年、日本の農業分野においては、地球温暖化への緩和策の一つとして、作業の最適化等による燃料や資源使用量の削減が求められており、農業水利施設においても運転管理の効率化が重要な課題となっている[1)]。特に既存の農業水利施設では、新設や大規模改修だけでなく、運用方法の見直しによってエネルギー消費を抑制することが現実的かつ有効な対応策と考えられる。

鳥取県西部の弓浜半島に位置する弓浜干拓地（以下、干拓地）では、**図1**に示すように、用水機場・加圧機場・排水機場が運用され、米川の水を用いたスプリンクラー灌漑が行われている。米川で取水された用水は沈砂池を経由して調整池に送水され、加圧機場により各ほ場へ散水される。また、干拓地は中海を干拓して造成されているため、農地標高が低く、降雨流出や塩水侵入への対応として排水機場による継続的な排水が行われている。これら３施設の運用には、多大な電力を要し、令和４年度における農業水利施設の電気代は、干拓地の年間支出の約１/５（820万円）を占めた。そこで本研究では、干拓地における農業水利施設を対象として、各施設の運転実態を整理し、運用見直しによる電気使用量削減の可能性を検証した。



図１　弓浜干拓地の農業水利施設

2. 研究方法

2.1　用水機場の送水期間短縮の検討方法

調整池では、非灌漑期に水位を低下させて清掃を行うため、灌漑に利用されない水が排水されている。沈砂池から調整池への送水には用水機場の電力を要するため、送水した水は灌漑に利用されることが望ましい。そこで、調整池の貯留水のみで灌漑可能な期間を推定し、用水機場の送水期間短縮による節電可能性を検討した。シミュレーションでは、調整池の施設管理用水として40,000㎥が常時残存すると仮定し、初期貯水量を148,000㎥、期間中は無降雨条件とした。日々の貯水量の変化は、灌漑取水および調整池水面から蒸発により生じると仮定した。

2.2　排水機場の運転条件変更試験の方法

排水機場では、日常的に稼働するポンプ１台による排水を対象とし、ポンプの全揚程低減による節電可能性を検討した。排水機場の運転条件による排水量および電気使用量の違いを把握するため、2025年11月18、19日に排水機場を１時間運転し電気使用量を測定した。実証調査では、条件A（現状に近い運転）、条件B（潮位が低い時間帯の運転）、条件C（プールの管理水位を高く設定した運転）の３条件で運転を行った。

3. 結果および考察

3.1　用水機場の送水期間短縮による節電効果

調整池の貯水量が10月31日に40,000㎥になると仮定し、シミュレーションした結果を**図2**に示す。図より、９月13日に調整池の貯水量は148,000㎥を超過しており、無降雨条件下では９月14日から10月31日の期間、調整池の貯留水のみで灌漑

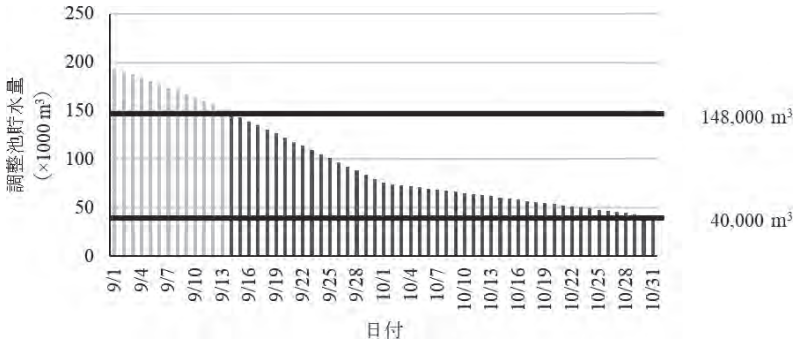


図２　調整池の水のみで灌漑可能な日数

が可能であることが示された。したがって、９月中旬以降は用水機場の運転を停止しても灌漑に支障が生じない可能性が高いと考えられる。

3.2　排水機場の運転条件変更による節電効果

2025年11月18、19日に実施した排水機場の１時間運転試験の結果を**表1**に示す。条件Cでは平均実揚程が1.20mと最小であったが、電気使用量は27.84 kWhと条件Bより大きかった。これは、条件Cでは排水量が条件Bの約1.44倍となり、実揚程の低下に加えて、流量が増加したためと考えられる（**表2**）。管理記録より、排水機場は潮位が最も低い２月でも１日あたり約８時間稼働するため、条件Cで運転すると、4,906kWh/年の年間電気使用削減量が見込まれる。

以上より、kWhあたりの排水量は条件Cが最も大きく、運転効率が高いことが明らかとなった。また、条件Bでは運転に際して潮位確認が管理作業として追加されるのに対し、条件Cは現状の管理（プール水位が一定を超えると稼働し、水位が下がると停止する）と同様の管理方法で実施可能である。そのため、新たな管理作業の増加を伴わずに電気使用量削減へつなげられる可能性が示された。

3.3　農業水利施設における電気使用量の削減

令和３年度の電気使用量を基準として、本研究で農業水利施設を対象に検討した運用見直し案を適用した場合の電気使用量を**表3**に示す。その結果、用水機場、排水機場において、それぞれ8.1%、3.6%の電気使用量の削減が見込め、新設や大規模改修を伴わず、運用改善のみでエネルギー消費削減が可能であることが示された。一方、加圧機場については現状の散水管理が気象条件と整合しており、運用変更による削減効果は限定的であると判断された。干拓地全体としては、運用見直しにより新設や大規模改修を伴わず約３%の電気使用量削減が可能であることが示された。

表１　実揚程の差による電気使用量の違い

条件	プール水位（m）		中海潮位（m）		実場程（m）	電気使用量（kWh）
	運転前	運転後	運転前	運転後		
A・現状の管理	−1.05	−1.18	0.40	0.43	1.53	29.52
B・潮位が低い	−1.08	−1.23	0.30	0.37	1.49	27.12
C・プールの水位が高い	−0.75	−0.90	0.35	0.40	1.20	27.84

表２　実揚程の差による排水量の違い

条件	プール水位（m）			排水量（㎥）		
	運転前	運転後	差	プール内分	潮廻し水路分	合計
A・現状の管理	−1.05	−1.18	0.13	628	88	716
B・潮位が低い	−1.08	−1.23	0.15	722	100	822
C・プールの水位が高い	−0.75	−0.90	0.15	744	443	1,187

表３　農業水利施設の運用見直しによる電気使用量削減の量

	R3年度 電気使用量（kWh）	運用見直しによる 電気削減量（kWh）	運用見直し後 電気使用量（kWh）	減少割合（%）
用水機場	23,452	1,905	21,547	8.1
加圧機場	92,862	0	92,862	0
排水機場	134,461	4,906	129,555	3.6

謝　辞

本調査研究は、2025年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業の助成を受けて実施した。ここに深く感謝申し上げます。

参考および引用文献

１）農林水産省、気候変動に対する農林水産省の取組、2020年11月20日、最終閲覧日2026年１月29日、
https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/GR/attach/pdf/s_win_abs-69.pdf

15

市街化が進行した地域における農業水利組織の渇水対応とその成立条件



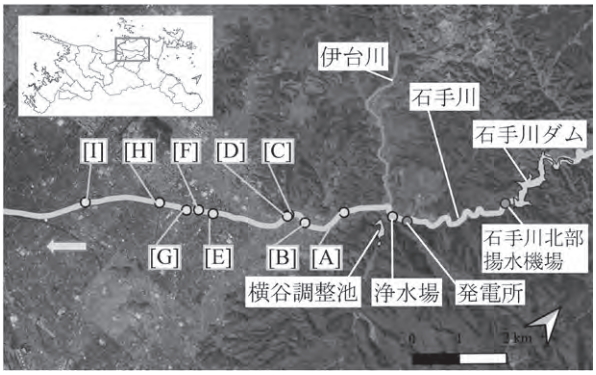
愛媛大学大学院　農学研究科　生物環境学専攻　地域環境工学コース修士１年　**小梶　未鈴**
指導教員　**新田　将之　准教授**

1. はじめに

気候変動に伴い渇水リスクが上昇する昨今の状況下、全国の水使用量の約３分の２を占める農業用水管理が果たす役割は大きい。渇水時は、水資源の供給変動に合わせた水利用調整が必要である。本研究では、愛媛県松山市を貫流する石手川の受益地区において、平成６年と令和４年に発生した渇水を例に、農業水利組織が渇水時に取った配水調整の実態を把握したうえで、渇水対応の成立要因の解明を目的とした。

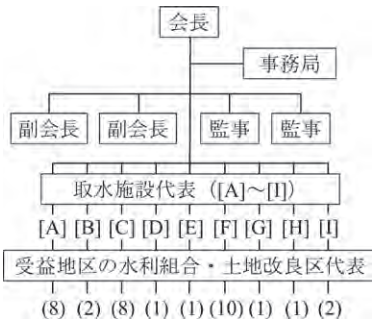
2. 方法

道前道後用水地区内の愛媛県松山市を流れる石手川（延長27km、流域面積140km²）は、瀬切れが頻繁に起こるため河川維持流量が設定されておらず、横谷調整池から面河ダム由来の水が流入している。主な利水者は、四国電力（水力発電）、松山市（上水）、石手川北部土地改良区、石手川筋分水協議会の４機関である（**図１**）。石手川筋分水協議会（以下、分水協議会）は広域的な土地改良区を前身としており、石手川ダムより下流の水を利用する34地区の農家の代表者から構成され、９取水施設を管理している（**図２**）。調査では、道後平野土地改良区、道前道後土地改良区連合、中国四国農政局道前道後用水農業水利事業所に聞取調査を行い（2025.7.23）、面河ダム由来の用水管理方法を把握した。また、分水協議会に聞取調査と半構造化インタビュー（2025.7.23、10.8、11.4、2026.1.14）を行い、渇水対応の実態を踏まえ、用水管理と水利施設の維持管理の在り方、さらに配水調整に求められる条件を構造的に把握した。



※[　] は取水施設を表す．「全国最新写真（シームレス）」提供開始平成28年12月21日（国土地理院）GRUS画像（© Axelspace），（https://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html）「国土数値情報（河川データ）」（国土交通省）（https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-W05.html）を加工して作成

図１　石手川の主な取水施設の位置



※（　）は所属地区数を示す

図２　石手川筋分水協議会の組織図

3. 結果と考察

3.1　渇水対応の実態

石手川ダムの灌漑期最低貯水率において、平成６年は０％と渇水度が大きく、令和４年は56.1％と渇水度は小さかった。平成６年に分水協議会が行った配水調整として、取水量節減、取水施設のブロック割を設定した輪番取水、間断取水、用水補給、ポンプアップ取水が確認された。このうち、取水量節減と用水補給は分水協議会内だけで行われておらず、取水量節減は石手川渇水調整協議会において他の利水者との合意に基づき決定される取水制限のもと行われていた。また、用水補給は面河ダム由来の水が補給されており、「地元の配水担当者→配水連絡員→行政の市町担当者→道後平野土地改良区→道前道後土地改良区連合→公営企業管理局」の順に連絡され、基本５日間定流で調整されていた。渇水期間中は、これらの方法を取水制限や取水状況に応じて使い分けることで対応していた。令和４年においても、同様の配水調整を組み合わせた対応が確認された。以上の対応を、事象の前後関係に着目し整理すると、事前対応（対応方法の決定→要因発生→方法の適用）と事後対応（要因の発生→対応方法の決定→方法の適用）とに大別された（**図３**）。両対応ともに渇水の要因発生から方法の適用までに要する日数が当日～１日であることから、短時間で細やかな配水調整が行われていたことが分かった。

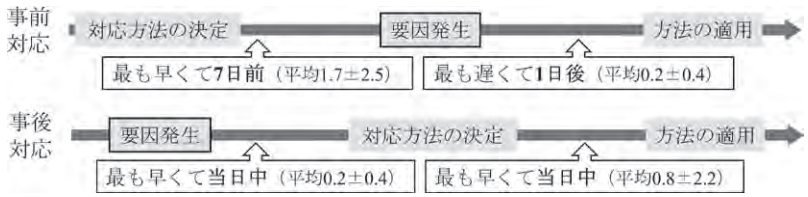


図 3　対応方法の決定・要因発生・方法適用の間隔

3.2　渇水時の配水調整の成立条件

半構造化インタビューの結果、渇水時の配水調整は、情報の集約・周知を担う「情報伝達」、対応方法の判断と実装を担う「意思決定」、ならびに水需要の調整を担う「水利慣行」という、3つの機能領域から構成される社会システムとして整理された(**図4**)。

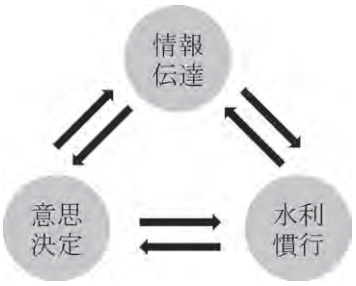


図 4　渇水時の配水調整を成立させる社会システム

情報伝達では、地域情報の集約および決定事項の伝達が階層的に行われていた(**図5**)。事務局が各地区からの要望等を取水施設代表(以下、施設代表)から集約し会長に伝達するとともに、実施予定の配水調整方法を各施設代表へ周知する役割を担っていた。取水施設を跨いだ配水調整が必要な場合は施設代表から事務局長へ連絡されていた。

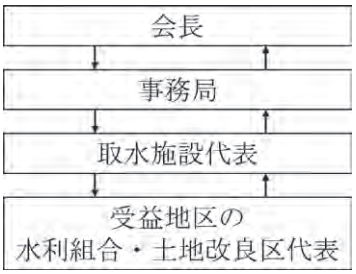


図 5　情報伝達の階層構造

意思決定では、会長は集約された情報をもとに、取水制限の程度や配水調整方法を判断していた。判断の最終決定は、施設代表が集まる配水調整委員会を開催し、合意を得ていた。開催できない場合は、事務局長が電話等を通じて合意を確認していた。急を要する場合には会長に決定権限が委任されていた。

水利慣行では、取水施設間と取水後の受益地区単位での慣行が確認された。前者では、平時から田植え前の総会で田植え時期の分散を決定し、水利用ピークの平準化という予備的対応が行われていた。また、下流側から上流側への付け届けがなされていた。後者では、品種や稲の申込み時期を統制し、稲作期全体での水使用時期に合わせた水管理が行われていた。

4. まとめ

本研究では、農業水利組織による渇水対応の実態とその成立条件を解明した。その結果、渇水対応は臨機的かつ細やかな配水調整によって達成されていた。また、この配水調整の成立条件として情報伝達、意思決定、水利慣行の3つの機能領域から構成される社会システムの存在を明らかにした。

16

農業用RC開水路の補修工法の透気性に関する研究



高知大学　総合人間自然科学研究科　農林海洋科学専攻　**SAYFULLAEVA　BARCHINOYHON**
（進路先　愛媛大学大学院　連合農学研究科）
指導教員　佐藤　周之　教授

1. はじめに

農業用RC開水路の補修工法に求められる耐用年数は、表面被覆工法（無機系補修材料）の場合、基本的に20年と設定される。しかし、実際に補修後の性能評価を追跡評価した事例は少なく、補修工法の長期耐久性が十分に明らかになったとは言えないのが現状である。

本研究では、無機系補修工法に採用されるポリマーセメントモルタル（以下PCMと記す）を対象とし、密な組織構造が粗に変化する状態が経年的に生じると仮定した。この結果、物質透過性が大きくなり、劣化因子の侵入が容易になることから、PCMの表層透気係数は変状評価のひとつになる可能性がある。本実験では、平成17～18年に岩手県雫石市内の農業用RC水路で施工された15工法を対象に、シリンダー法による簡易透気試験を適用した結果を整理・報告する。

2. 対象とした無機系補修工法と調査方法の概要

2.1　無機系補修工法

無機系表面被覆工法および複合工法を対象として試験を実施した。このうち１区画については無機系表面被覆工法とシラン系表面含浸工法を組み合わせた工法であった。本研究では複合工法を無機系表面被覆工法とけい酸塩系表面含浸工法を組み合わせた工法と定義するため、含浸工法の一種である当該区画も対象に含めた。施工概要をTable 1に示す。

2.2　調査方法

簡易透気試験は、透気シリンダー「ACROS」（株式会社マルイ）を用いたシングルチャンバー法を用いた。本法は、60秒間シリンダー内の負圧を維持した後、復圧にともないシリンダー内部に流入する空気量を測定するものである。既存のシリコーンゴム製ガスケットでは十分な密着性が得られず、測定数を確保できなかった。そこで、密着性を向上させるための低硬度ガスケットを利用して試験を行った。透気シリンダー「ACROS」の概況をFig.1に示す。

簡易透気試験の結果は、Table 2に示す渡辺らが示した透気性のグレードのイメージ図を基に設定した基準を基に評価を行った。



Fig.1　透気シリンダー「ACROS」

Table 1　RC開水路に対する補修の施工概要一覧

区画	工法	材料	
		表面被覆材	補助材料
A	無機系表面被覆工法	FRCC（短繊維入り，靭性モルタル）	—
B	複合工法	PCM	アルカリ性付与（湿潤可）
C	複合工法	表面被覆PCM	けい酸塩系含浸材
D	複合工法	断面修復PCM+表面被覆PCM	けい酸塩系含浸材
E	複合工法	表面被覆PCM（無収縮）	けい酸塩系含浸材
F	無機系表面被覆工法	PCM（高耐久性ポリマーセメントモルタル）	—
G	無機系表面被覆工法	PCM	シラン系含浸材
H	無機系表面被覆工法	PCM	耐アルカリガラス補強ネット
I	無機系表面被覆工法	高耐久性モルタル	—
J	無機系表面被覆工法	PCM	浸透性表面強化剤
K	無機系表面被覆工法	PCM（耐アルカリガラス繊維ネット入り）	—
L	複合工法	PCM（アラミド短繊維入）	けい酸塩系含浸材
M	無機系表面被覆工法	PCM	—
N	複合工法	PCM	けい酸塩系含浸材
O	無機系表面被覆工法	無機系補修材（完全）	—

Table 2　簡易透気試験の評価基準

	優	良	一般	劣	極劣
空気流入量（mL）	0 ～ 5		5 ～ 15	15 ～ 35	35 ～

空気流入量が小さいほどコンクリート表層の緻密性が高く、物質透過性が小さいことを表す。

3. 追跡調査の結果

区画AからOにおいて簡易透気試験を実施した結果をTable 3に示す。Table 3中、測定可能の可否の部分では、○は測定可能、△は測定不可だが試験面に密着可能、×は測定および密着不可を表している。なお、結果における空気流入量は、低硬度ガスケットを用いて、校正盤で測定した際の値10mLを差し引いた値を示している。

15区画のうち、測定値を得ることができたのは７区画であった。そのうち、区画Eは無収縮の表面被覆PCMとけい酸塩系含浸材を用いた複合工法を適用しており、評価基準において「一般」に該当した。一方、区画B･CおよびNは「劣」、区画D･GおよびOは「極劣」と評価された。区画A・F・H・I・J・K・LおよびMは測定が不可能であり、劣化が著しく進行していると判断された。区画Mと区画Nを比較すると、両者はいずれも表面被覆材にPCMを用いているが、けい酸塩系含浸材を併用した区画Nは測定可能であり、空気流入量も17.0mLと15区画の中で２番目に良好な値を示した。一方、区画Mは試験面への密着も不可能であり、最も劣化が進行していたと考えられる。また、測定可能であった７区画のうち、４区画はPCMとけい酸塩系含浸材を併用した複合工法であった。表面被覆材のみを用いた無機系表面被覆工法（A・F・I・K・M・O）は６区画で採用されていたが、測定が可能であったのは１区画のみであった。無機系表面被覆工法と複合工法をそれぞれ測定が可能であった率で示すと、無機系表面被覆工法は11％、複合工法は83％と大きな違いが見られた。

Table 3　簡易透気試験の結果

区画	測定可能性	空気流入量（mL）	評価
A	△	−	−
B	○	25.7	劣
C	○	29.0	劣
D	○	47.0	極劣
E	○	10.0	一般
F	△	−	−
G	○	54.7	極劣
H	△	−	−
I	△	−	−
J	△	−	−
K	△	−	−
L	△	−	−
M	×	−	−
N	○	17.0	劣
O	○	47.3	極劣

以上の結果から、無機系表面被覆材の物質透過性の観点において、けい酸塩系含浸材を併用した複合工法は、長期の緻密さの保持に有効である可能性が示唆された。区画Eを除いた14区画は、時間的には設計上の供用期間である20年を満たしているものの、評価基準から示される性能的には、要求水準を下回っていることが明らかになった。

4. おわりに

施工後概ね20年が経過した無機系表面被覆工法および複合工法を追跡調査した結果、空気流入量の測定が可能であったのは15区画のうち７区画のみであり、「劣」「極劣」の評価が主であった。８区画は測定が不可能であり、20年を経て著しく劣化が進行していることが確認された。

無機系表面被覆工法と複合工法の測定可能率はそれぞれ11％、83％であり、複合工法の方が長期供用後の性能維持という観点では、有効性が高いことが示唆された。また、空気流入量に基づく性能は、多くの区画で要求水準を下回ることが明らかとなった。

簡易透気試験による性能評価は未だ規定化もされていないが、簡便性と測定原理から現場調査に適した機材と考えられるため、引き続き評価指標としての妥当性を検証する予定である。

5. 謝辞

本研究は、土地改良建設協会の支援を受け、東北農政局岩手山麓農業水利事業所の寺尾和彦様、友田康博様より、事業の概要や計画進行状況についてご説明をいただき、調査の機会を賜りました。また、岩手県土地改良事業団体連合会所属の金平修祐様には調査へのご協力および貴重なご助言を賜りました。さらに指導教員である佐藤周之教授には、終始にわたり熱心なご指導を賜りました。加えて、研究室の中村愛里紗氏には研究の遂行にあたり多大なる協力をいただきました。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。

17–1

クリーク水のpH上昇に及ぼす植物プランクトンの光合成の影響

［キーワード］クリーク、pH、植物プランクトン



佐賀大学　農学部　生物資源科学科　地域環境学研究室　**音羽　雪南**
（進学先　佐賀大学大学院農学研究科）
指導教員　**原口　智和　准教授**

1. はじめに

佐賀平野に張り巡らされたクリークでは、一部の地区で水が高pH化し、農業や水環境への悪影響が懸念されている。クリークのpHは様々な要因で変動するが、本研究では植物プランクトンの光合成によるpH上昇に着目した。佐賀平野のクリークの多くは富栄養状態であり、流れが緩やかであるため、植物プランクトンが増殖しやすい環境となっている。植物プランクトンの光合成が行われる際、水中の二酸化炭素が消費され、水素イオン濃度が減少するためpHは上昇する。本研究では、植物プランクトンの光合成と増殖がpH上昇に及ぼす影響について評価するため、緑藻（クロレラ）の培養実験と現地調査を行った。

2. 研究方法

2.1　培養実験

3つのガラスビーカーにそれぞれ1000mLの培養液（BG-11またはクリーク水）を入れ、クロレラを適量添加し、クロレラの細胞密度の異なる3つの処理区を設けた（表1）。これらにエアーポンプで空気を十分に送り込んだ後ビーカーの口をラップで覆い、25℃に設定した室内（6000lxのLED照明、明暗12h：12h条件）に静置した。1日後に各処理区の試水を、それぞれ3つの透明プラスチック袋（容量300mL）に分け、クロレラ細胞密度、pH、二酸化炭素濃度および蛍光パラメータ（電子伝達係数ETR）を測定した（0日目）。その直後、密閉状態でシェーカーで振とうさせながら、上記の環境下で4日間培養し、2日目と4日目に0日目と同じ項目を測定した。

表1　密閉実験における0日目のクロレラ細胞密度

	処理区	細胞密度（個/mL）	培養液
1回目	1-A	$1{,}283\times10^3$	BG-11
	1-B	329×10^3	
	1-C	200×10^3	
2回目	2-A	$2{,}841\times10^3$	BG-11
	2-B	$1{,}195\times10^3$	
	2-C	312×10^3	
3回目	3-A	446×10^3	クリーク水（ろ過1μm）
	3-B	304×10^3	
	3-C	173×10^3	

上記の培養実験（以下、「密閉実験」）に加え、クロレラを添加したクリーク水を入れたガラス水槽を、密閉実験と同じ環境下に5日間設置する実験（以下、「開放実験」）を行った。開放実験では、多項目水質計を浸漬し、pH等の水質変化を10分間隔で連続計測した。

2.2　現地調査

佐賀市内のクリーク改修工事区間（2025年12月締切落水、2026年2月通水再開）の直上流、直下流、ならびに約1km下流に位置する工事完了後1年目の区間の計3地点において、2025年9月から2026年2月に月1回現地調査を行った。現地調査では、水質（水温、pH、EC、DO、クロロフィルa濃度Chl.a）を計測し、採取した水を主要イオン濃度分析に供した（写真2）。



写真1　工事区間最上流部（2026年1月23日）



写真2　採水の様子

3. 結果と考察

図1に密閉実験におけるクロレラ細胞密度とpHの関係を示す。9つの処理区について、それぞれ正比例関係がある。また、処理区によってその関係にばらつきがあるが、pHの上限は11

程度であった。ETRとpHの関係については、ETRが35 μmol m^{-2} s^{-1}以下ではpHと正の相関がみられたが、それ以上のETRではpHはほぼ一定値（10.6～11.0）となった。

図２に、開放実験におけるpHの変化を示す。LEDライトが照射されている時間帯でのpHの上昇幅は、初日の0.60から５日目の0.24と実験開始からの時間経過に伴って小さくなった。一方、照射されない時間帯でのpHの低下幅は、経過日数によらず0.3程度であった。これらのことから、クリークにおける植物プランクトンの存在がpHの経日変化に及ぼす影響は、夜間の呼吸による低下に比べ、天候等に左右される日中の光合成による上昇に大きく左右されるものと推察される。

図３に現地調査におけるpHの変化を示す。調査開始の９月26日のpHは、上流地点で7.64、工事完了区間で8.68と約１の差があったが、その後10月27日までに合計130mmの降雨があり、その差は小さくなり、11月18日にかけては全地点でpHが低下した。その後、落水され、地盤改良工が始まると、12月12日にかけて全地点でpHが大きく上昇し、ブロックマット敷設工中の１月23日には全地点でpHが９以上に達した。水路内の工事が終わり、通水が再開された後の２月20日は、地点間の差は僅少となり全地点で9.5程度であった。

11月18日から12月12日の間では合計44.5mmの降雨があり、この間のpH上昇は工事区間の上流に比べ下流の２地点のほうが大きいことから、地盤改良材の溶出成分が下流へ排水され、その影響が1km以上下流まで到達したと推察される。

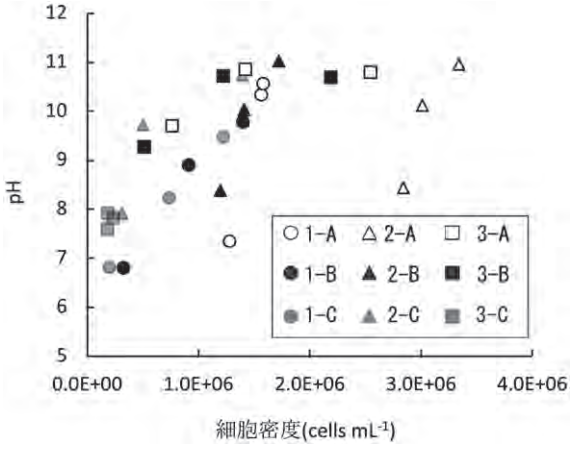


図１　密閉実験における細胞密度とpHの関係

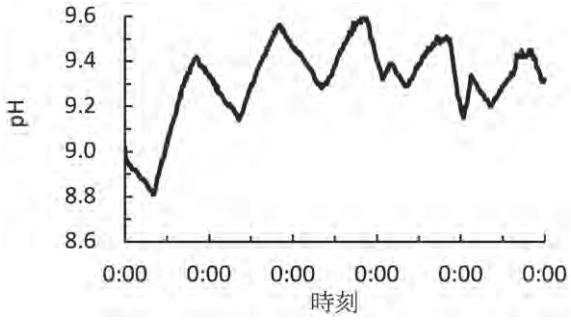


図２　開放実験におけるpHの変化

4. おわりに

現地調査でのpHの最高値9.55は、開放実験での最高値9.58に近く、密閉実験の結果に比べ１以上低いことから、水と大気が接触するクリークにおいては、二酸化炭素の取り込みによりpHの上限が9.6程度となることが示唆された。

今後、光の照射時間や強度、栄養塩濃度等の条件を変えた培養実験や現地調査を行ってクリークのpH変動機構を解明し、農業用水の安定利用や生態系保全に貢献したいと考えている。

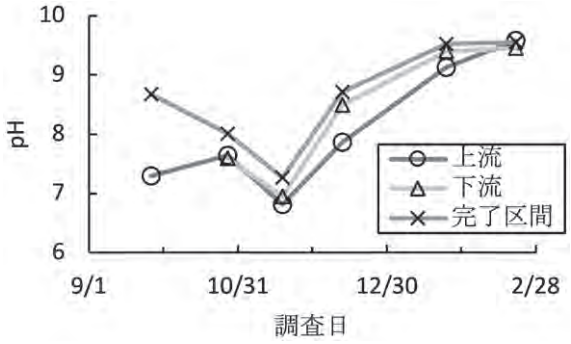


図３　現地調査におけるpHの変化

17-2

佐賀平野クリークの多自然型護岸工区間の水環境と小型魚類の生息

［キーワード］クリーク、多自然型護岸、小型魚類



佐賀大学　農学部　生物資源科学科　地域環境学研究室　**川味　樹星**
（就職先：九州環境管理協会）
指導教員　**原口　智和　准教授**

1. はじめに

筑後川下流右岸の佐賀平野に網目状に張り巡らされている農業用水路（クリーク）は、地域の農業活動だけでなく生物多様性も支える貴重な空間であり、希少な小型魚類に加え二枚貝、水生植物など様々な生物が生息している。しかし近年、水質の悪化、移入外来種による在来種の捕食、外来種と在来種の交雑等によって在来種の生息が脅かされている。一方、豪雨などの影響によって崩壊したクリーク法面護岸工事が進められているが、生物多様性を保全する多自然型護岸工を用いた施工が行われている区間もあり、持続可能な地域づくりの一環として注目されている。

本研究では、多自然型護岸工区間に生息する小型魚類が工事完了後の水環境の変化によってどのような影響を受けるかを調べることを目的とし、現地調査を行った。

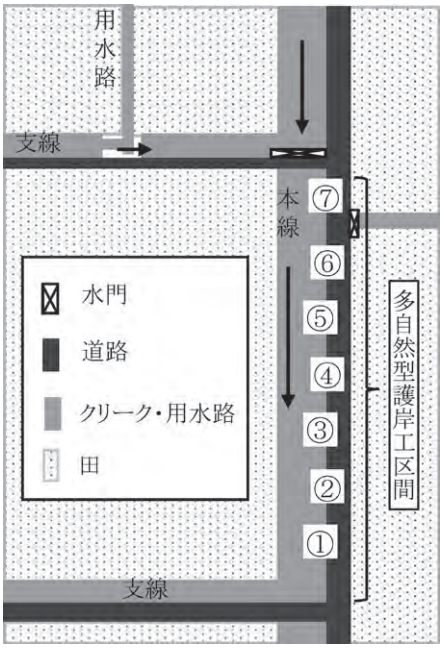


図１　調査地の概略図

2. 調査方法

佐賀市内のクリークの多自然型護岸工区間（約120m）において、2025年の春季から秋季にかけて調査を実施した（図１）。この区間は、2018年度冬季に施工され、2019年４月に工事が完了した。多自然護岸工区間内に７か所（下流から上流に向かって①～⑦）の調査地点を設定し、月一回、水環境調査と小型魚類捕獲数調査を行った。

水環境調査ではメジャーポールを用いて水深を測定し、多項目水質計を用いて、表層、中層、底層の３深度の水温、溶存酸素濃度（DO）、電気伝導度（EC）、濁度、pH、クロロフィルa濃度（Chl-a）を計測した。小型魚類の捕獲調査では、水環境調査の直後、各調査地点にかご罠を１個ずつ設置し、約１時間後に魚種、体長、捕獲数を調べた（写真１）。



写真１　小型魚類調査の様子

3. 結果と考察

3-1　2025年度の調査結果

DOは上流にいくにつれて増加する傾向を示し、魚巣枡の内側（地点②④⑥）と外側（地点①③⑤⑦）でDOを比較すると、すべての層で魚巣枡外の方が高い値を示した。水深別にDOを比較すると、全体的に表層が高く、深くなるにつれて低下する傾向が見られたが、10月、11月は他の月と異なり、水深による差が僅少であった（図２）。これは、水温低下による全層循環の影響と考えられる。Chl-aについても、DO同様に上流に向かうほど値が増加する傾向が見られた。

小型魚類の捕獲調査について、４月および６月は魚類の活性が低く、捕獲数はそれぞれ４匹、２匹と少なかった。

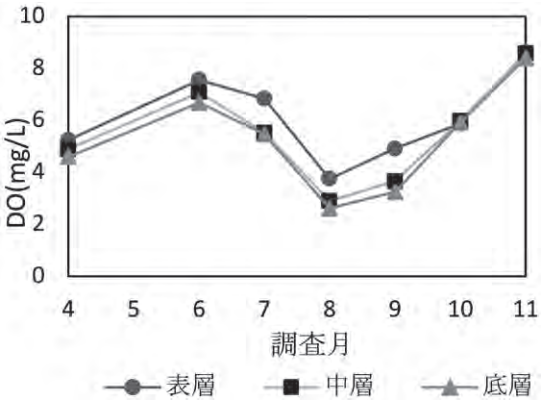


図２　水深別DOの変化（７地点平均）

７月以降は捕獲数が増加し、10月にかけて多くの個体が確認された。モツゴの捕獲数は期間を通して多かったが、タナゴ類は10月に２匹が確認されたのみで、それ以外の調査月では確認されなかった。外来種であるブルーギルは調査期間全体を通して合計11匹が捕獲された。

3-2　過年度調査との比較

小型魚類全種の捕獲量は、2021年から2022年にかけて大きく減少しており、種類別に見ると、タナゴ類の減少が著しい（図３）。2022年以降はほぼ横ばいである。

DOは2021年から2023年にかけて年々低下しており、2023年には水棲生物の生存に影響を与える目安である2.0mg/Lを下回っている地点が見られた（図４）。ドブガイなどの二枚貝類は、DOが急激に低下しても自力で酸素濃度の高いところへ避難することが困難であることから、DOが生息下限値以下となり二枚貝類の多くが死滅したと考えられる。2025年のDOは、最低値が2.8mg/Lであり、2023年に比べ若干回復傾向がみられたが、タナゴ類の捕獲数が増加していないことから、タナゴ類の繁殖に必要な二枚貝類の生息が回復してないことが原因で、タナゴ類の生息が回復していなかったものと推察される。また、二枚貝類は低酸素状態などで弱ると殻が開いてしまうが、このことによりタナゴ類の卵を保護する機能が弱まることも、タナゴ類の捕獲数が増加しない原因として考えられる。

さらに、2021年から2023年の調査では捕獲されなかったブルーギルが2024年と2025年に捕獲された（図５）。このような移入外来魚類による捕食圧の増大も小型魚類の捕獲数が回復しない一因と考えられる。

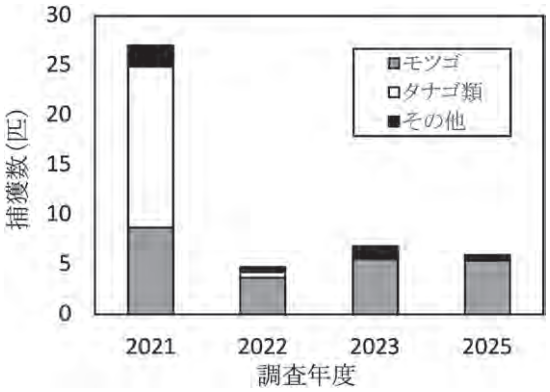


図３　各調査年における小型魚類捕獲数の変化
（７～10月、地点①～⑥の平均）

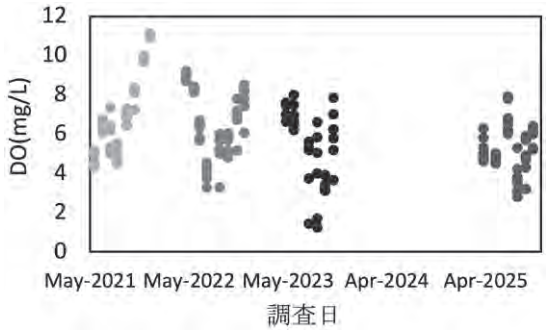


図４　各調査日における表層DOの変化

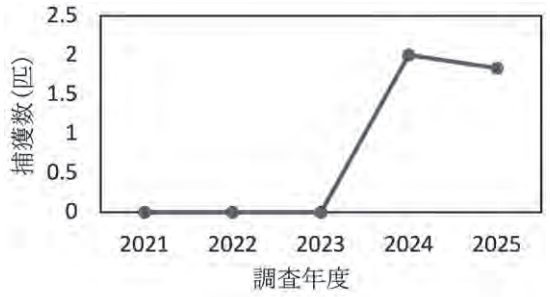


図５　１調査日あたりのブルーギル捕獲数

4. おわりに

2021年以降低下し続けたDOが2025年に改善の兆候がみられたものの、タナゴ類をはじめとする小型魚類の捕獲数の回復は認められなかったことから、本調査区間における小型魚類の生息は、二枚貝類の生息回復の遅れや移入外来魚類による捕食圧増大の影響を受けていることが示唆された。

多自然型護岸工区間においてタナゴ類を中心とする小型魚類を保全するには、溶存酸素濃度が大きく低下しないような環境づくり、および移入外来魚類の捕食から守るような管理が必要と考える。

18

竹セルロースナノファイバーを用いた土壌侵食抑制と3Dモデルを活用した定量評価



鹿児島大学　大学院　農林水産学研究科　環境フィールド科学専攻　農地工学研究室　**三浦　菜名穂**
（就職先　国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構　農村工学研究部門）
指導教員　平　瑞樹　助教

1. はじめに

近年、全国的に放置竹林の拡大が課題となっており、竹資源の有効活用に向けた取り組みが進められている。農業水利施設においても流木として竹が堆積する事例があり、御前山ダムの現地調査においても竹を含む流木の存在を確認した。このような未利用資源を新たな材料として活用することを目的として、本研究では竹セルロースナノファイバー（以下、竹CNF）に着目した。対象とする特殊土であるシラスは粒子特性により侵食を受けやすく、土壌保全が重要な課題となっている。本報告では、竹CNFによる侵食抑制効果の検討と、3Dモデルを活用した定量評価の取り組みについて述べる。



写真１　御前山ダム付近の流木

2. 研究方法

本研究では、シラスに竹CNFを混合した際の改良効果を評価するため、物理的性質の変化と侵食耐性の評価の二段階で検討を行った。試験はシラス単体（100：0）に加え、乾燥質量比でシラス：竹CNF＝95：5および90：10の配合条件を設定し、混合割合の違いによる影響を比較した。まず、混合による団粒構造の形成に着目し、耐水性団粒試験、透水試験を実施し、土壌構造の変化を評価した。次に、降雨強度50mm/hを再現した人工降雨装置を用いて９分間の降雨を４回（計36分間）実施し、侵食挙動を比較した。さらに、侵食試験と同時にフォトグラメトリ（写真測量）を実施しAgisoft Metashapeを用いて供試体表面を3Dモデル化した。得られた3DモデルからDEMデータを作成し、QGIS上で侵食形状や空間分布を可視化することで、侵食過程を面的に評価した。また、侵食抵抗性の指標化を目的として、雨滴衝突による面状侵食を評価するインターリル侵食試験および、溝状流路を流れる流水侵食を評価するリル侵食試験を実施し、侵食挙動の定量的評価を行った。

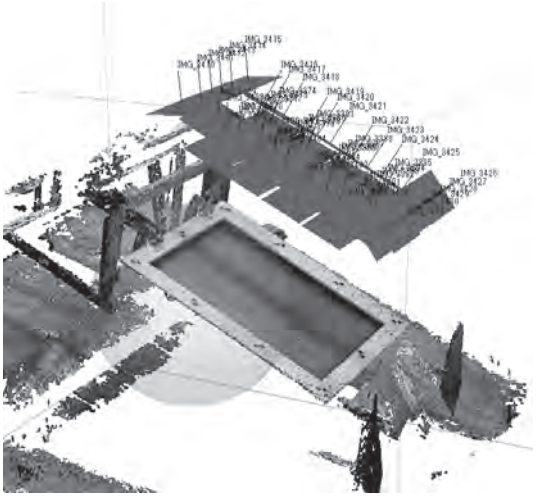


写真２　Agisoft Metashapeで構築した3Dモデル

3. 結果と考察

物理的性質の評価では、竹CNFを混合することでシラスに団粒構造の形成が確認され、混合割合の増加に伴い団粒化度および透水性が向上する傾向が見られた。透水係数はシラス単体と比較して95：５で約２倍、90：10で約３倍に増加し、団粒構造の形成によって間隙構造が変化し、水の移動経路が改善されたことが要因と考えられる。これにより表面流の発生を抑制する可能性が示唆された。人工降雨試験では、降雨時間の経過とともに侵食量は増加したものの、竹CNF混合条件では雨滴による侵食が抑制される傾向が確認され

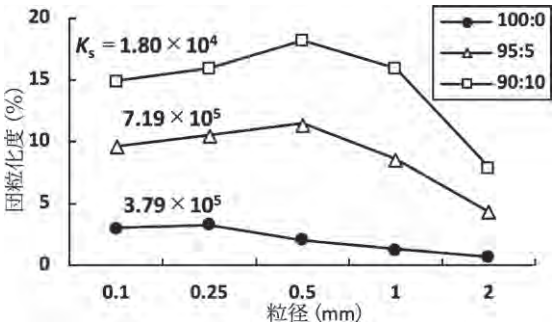


図１　団粒化度と透水係数

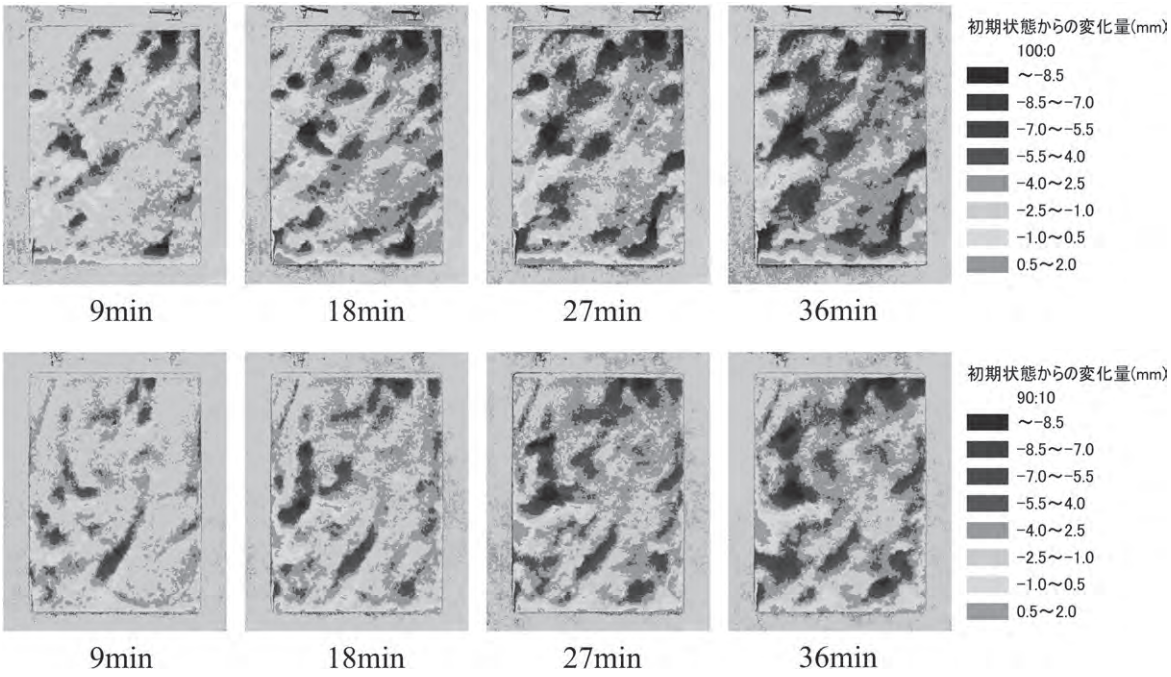


図２　侵食試験の供試体表面の標高変化量分布（初期状態との差分）

た。さらに、インターリル侵食試験の結果から受食係数が約22%低下し、竹CNF混合による侵食抵抗性の向上が定量的に示された。一方、リル侵食試験では明瞭な係数の整理が難しい結果となったが、これはシラスが流水に対して極めて侵食を受けやすく、局所的な崩壊的挙動を示したことが影響していると考えられる。また、人工降雨試験と同時に実施したフォトグラメトリ解析により、侵食量が時間経過とともに増加した要因として、侵食痕の深化および溝状侵食の発達が確認された。特に、表面流が集中することで侵食が局所的に進行する様子が3Dモデルの DEM解析から把握され、侵食量のみではなく形状や空間分布を併せて評価することの重要性が示された。未混合条件では深い侵食域が広範囲に発達するのに対し、竹CNF混合土では侵食の進行が比較的緩やかであり、フォトグラメトリによる面的評価の有効性が示唆された。これらの結果から、竹CNF混合は団粒化による土壌構造の安定化を通じて雨滴侵食に対する抵抗性を高める可能性が示された。

4. おわりに

本研究では、竹CNFを混合したシラスの物理的性質および侵食抵抗性を評価し、団粒化による土壌構造の安定化や雨滴侵食の抑制効果を定量的に示すことができた。フォトグラメトリを用いた3Dモデル解析では、侵食量のみでは把握が難しい侵食形状や空間分布を面的に評価できることが確認された。御前山ダムの現地調査においては、竹を含む流木の堆積状況を実際に観察し、これまで課題とされてきた竹資源を土壌改良材料として活用できる可能性を実感した。さらに、3Dモデルによる侵食評価手法は、農業農村分野における斜面管理や災害時の被害把握、ダム施設の点検など幅広い場面への応用が期待される。今回のフィールド調査は、研究成果を土地改良事業や現場技術へ展開していく可能性を考える契機となり、今後の研究の方向性を見つめ直す貴重な機会となった。

謝辞

農林水産省 関東農政局 那珂川沿岸農業水利事業所の皆様には、現地案内や施設説明など多大なるご協力を賜りました。また、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門の黒田清一郎氏には、研究に関する貴重なご助言および現地調査へのご協力をいただきました。侵食試験の実施にあたり、宇都宮大学の大澤和敏先生をはじめ研究室の皆様には多大なご支援とご協力をいただきました。ここに記して、深く感謝申し上げます。

19

フォトグラメトリを利用した降雨による侵食状況の可視化と定量的評価の検討 ―喜界島荒木地区の事例―



鹿児島大学大学院　農林水産学研究科　環境フィールド科学専攻　農地工学研究室　**岩田　知起**
指導教員　**平　瑞樹　助教**

1. はじめに

喜界島では、国営喜界島土地改良事業が進行中であり、喜界第２地下ダムの建設や揚水機、用水路等が造成されている。農作物の収量の増加や生産の安定、収益性の高い作物の栽培が盛んになることも期待される。一方、植え替え時には圃場が裸地状態となり降雨による土壌侵食のリスクが高まる。また、世界平均気温が産業革命以前と比べて約４℃上昇した場合、21世紀末の１時間降水量50mm以上の降雨の年間発生回数は20世紀末と比べて約2.6倍に増加すると予測されている（福岡管区気象台、2025）。そのため、強雨による貴重な土壌の侵食量増加が懸念される。本研究では適切な侵食対策を講じるうえで必要な侵食状況の把握を目的として、フォトグラメトリ技術を利用した土壌侵食形状の可視化・侵食量の推定を行った。

2. 実験材料

農林水産省九州農政局喜界島農業水利事務所の協力を得て採土した、鹿児島県喜界町荒木地区の表土を用いた。試料の物理的性質を調べるため含水比試験【JIS A 1203】、土粒子 密度試験【JIS A 1202】、粒度試験【JIS A 1204】、突き固めによる締固め試験【JIS A 1210】、変水位透水試験【JIS A 1218】を行った。実験結果を表１に示す。

表１　荒木地区表土の物理的性質

自然含水比 W_n(%)	19.2
土粒子密度 ρ_s(Mg/㎥)	2.686
最適含水比 W_{opt}(%)	16.6
最大乾燥密度 ρ_{dmax}(Mg/㎥)	1.743
透水係数 K_s(m/s)	2.89×10^{-4}

3. 実験方法

供試土を用いて傾斜15°の斜面を作成した。乾燥密度は1.0Mg/㎥となるよう突き固めたのち、人工降雨装置を用いて降雨し飽和させた。その後、斜面に装置を用いて降雨し、表面流と侵食され流出した土砂を回収した。降雨強度は、約75mm/h、25mm/h、50mm/h、100mm/h、120mm/h、210mm/hの順に設定し、それぞれ表面流と土砂を一定量回収するまで行った。また、初期状態と100mm/h、120mm/h、210mm/hの降雨が終了した段階で、スマートフォン（iPhone 12）を用いて固定器具に設置し、水平方向から28枚、斜面に対して30度の方向から32枚、写真間が80%オーバーラップするよう撮影を行った。Agisoft社Metashape Professional Editionを用いて写真から３次元モデルを構築した。その後、数値標高レベル（DEM）を出力し、QGISで、斜面中心部の断面の標高を抽出した。ラスタ計算機を使用し、侵食試験後と初期状態の標高の差を算出した。また、オープンソースであるCloud CompareのCompute 2.5D volumeを利用し、体積の変化量を算出した。推定した体積に突き固めた時の乾燥密度をかけ、侵食試験で採取した土砂の質量と比較を行った。

4. 実験結果

4.1　QGISによる侵食分布の可視化

図１は、斜面中心の断面図である。初期状態から100mm/h後ではあまり変化が見られない。一方、120mm/h後、210mm/h後は、大きく表面の地形が変化していることが読み取れる。また、図２はQGISで侵食後の標高から初期状態での標高を引いた変化量を表している。降雨強度100mm/h後では、全体的にわずかに侵食していることが読み取れる。120mm/h後では、斜面上部と中部に帯状に侵食が集中している場所が見られ、斜面下部

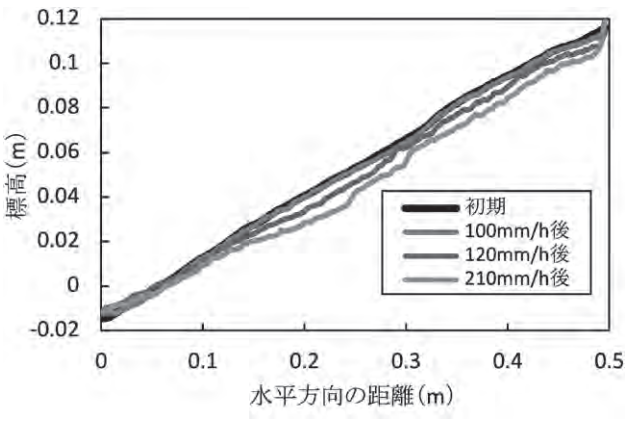


図１　斜面断面の標高

では土砂が堆積している様子がわかる。210mm/h後では、より顕著になっている。フォトグラメトリを用いて3次元モデルを構築することで、侵食状況や侵食箇所の分布について可視化することができた。

4.2 Cloud Compareによる侵食量の推定

Cloud Compareで求めた体積に乾燥密度をかけて求めた質量の推定値と侵食試験の結果を表2に示す。推定値の相対誤差は、1.27～1.88倍となった。フォトグラメトリによる推定値は、過大に評価する可能性があることが分かった。

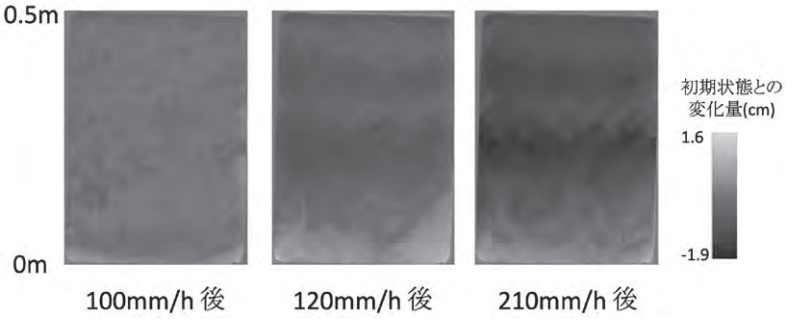


図2　初期状態との変化量

表2　Cloud Compareによる推定値と侵食試験の結果の比較

	侵食試験の結果（g）	フォトグラメトリによる推定値(g)	相対誤差（RE）
初期から100mm/h後	116.48	158.18	1.36
初期から120mm/h後	327.52	616.39	1.88
初期から210mm/h後	1097.12	1392.46	1.27

5. まとめ

フォトグラメトリの技術を活用することで、侵食状況や侵食箇所の分布について可視化することができた。一方、侵食試験の実施時には、雨滴による侵食により表面流による侵食だけでなく、土砂の斜面外への流出が確認できた。そのため、実際に流出した土砂の量は、回収できた土砂の量よりも多いことが想定され誤差は小さくなり得ると考えられる。このことから、侵食の定量的な評価方法の一つとして、フォトグラメトリも有効な選択肢の1つになり得ると考えられる。今後は、実際の圃場で侵食状況の評価を行い、UAVを活用した侵食形状、分布状況の可視化、侵食量の推定に取り組み実用性について検討を行う。

謝辞

今回の研究を行うにあたって、農林水産省九州農政局喜界島農業水利事務所のみなさまに喜界島における農業政策の説明をいただき、また試料採取のご協力をいただきました。また、侵食実験を行うにあたって、宇都宮大学農学部大澤和敏先生、また研究室のみなさまに実験を行う上で多大なるご協力をいただきました。心より感謝申し上げます。

参考文献

福岡管区気象台「奄美地方の気候変動」
https://www.data.jma.go.jp/fukuoka/kaiyo/chikyu/report/leaflet/amami.pdf［2025年9月1日　閲覧］
銀治元ら(2022)SfM(Structure from Motion)写真測量を活用した侵食試験方法の開発
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsrt/48/1/48_27/_pdf/-char/ja［2025年9月1日　閲覧］