

国営事業地区等フィールド調査 学生支援事業

令和3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3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 開削工法によるため池の廃止工事例

弘前大学大学院 農学生命科学研究科 地域環境工学コース 水利造構学研究室 一戸 栄美
指導教員 森 洋 教授

2 広域大区画圃場のパイプライン化に伴う余剰排水量の変化と維持管理コストの低減方策

秋田県立大学 生物資源科学部 アグリビジネス学科 地域環境水文学研究室 伊藤 禎恵（現在 東北農政局 勤務）
指導教員 増本 隆夫 教授

3 子吉川流域における両極端現象に伴う農業水利用への影響評価と流域管理

秋田県立大学 生物資源科学部 アグリビジネス学科 地域環境水文学研究室 三浦 瑚夏（現在 農業自営 勤務）
指導教員 増本 隆夫 教授

4 水田灌漑地区におけるムラ内の配水調整と大規模稲作経営体の対応

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 生物資源科学学位プログラム 丹野 ちぐさ
指導教員 石井 敦 教授

5 国営総合農地防災事業「筑後川下流右岸地区」視察

東京大学 農学部 生物・環境工学専修 農地環境工学研究室 山田 達也（現在 株式会社JERA 勤務）
指導教員 吉田 修一郎 教授

6 印旛沼循環灌漑地域における水質及び水収支解析を通じた水利用の実態について

Evaluation of Actual Water Use through Water Quality and Balance Analysis in Circulation Irrigation Scheme in Inbanuma Area

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 吉川 日向子（現在 農村振興局 勤務）
指導教員 加藤 亮 教授

7 圧縮応力場のAEエネルギーを指標としたコンクリート損傷度評価法の開発

新潟大学 農学部 農学科 流域環境学プログラム 柴野 一真（現在：新潟大学大学院自然科学研究科）
指導教員 鈴木 哲也 教授

8 サトウキビの作付け形態が赤土流出量の年変動に与える影響

岐阜大学 応用生物科学部 浅田 要（現在 東京大学大学院理学系研究科）
指導教員 乃田 啓吾 准教授

9 球磨川流域における田んぼダムの効果と土壌の浸透性が与える影響

京都大学 農学部 地域環境工学科 水環境工学研究室 山口 莉歩（現在 京都大学大学院 農学研究科 在学）
指導教員 中村 公人 教授、濱 武英 准教授

- 10** 落差工のある農業水路におけるアユの遡上シミュレーション
 京都大学 農学部 地域環境工学科 水資源利用工学分野 渡辺 佳成
 指導教員 藤原 正幸 教授
- 11** 兵庫県東播磨地域におけるため池管理水準の実態とそれに影響する要因の分析
 京都大学 農学部地域環境工学科 波多野 功哉
 指導教員 星野 敏 教授、柴崎 浩平 (4月1日より兵庫県立大学助教)
- 12** 喜界第2地下ダム湖の移流分散現象
 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 稲口 知花
 指導教員 井上 一哉 教授
- 13** 機械学習を用いた宮古島地下ダム流域における硝酸性窒素濃度のアンサンブル予測
 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 武氣 祐璃子 (現在 関西電力株式会社 勤務)
 指導教員 井上 一哉 教授
- 14** 自然環境下のマスコンクリートの温度解析パラメータに関する一考察
 鳥取大学大学院 持続性社会創生科学研究科 国際乾燥地科学専攻 筏津 春花
 指導教員 緒方 英彦 教授
- 15** 無機系補修材料の付着強度に影響を及ぼす母材コンクリートの条件に関する研究
 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 吉田 美里
 指導教員 上野 和広 助教
- 16** 無機系表面被覆工法の補修材に発生する変状の特性評価に関する研究
 高知大学 農林海洋科学部 木村 海秀
 指導教員 佐藤 周之 教授
- 17** クリークにおける多自然型護岸施工による小型魚類生息への影響
 佐賀大学 農学部 生物環境科学科 海浜環境情報学研究室 高山 昇真 (現在 佐賀大学大学院農学研究科 在学)
 指導教員 原口 智和 准教授
- 18** 筑後川下流右岸地区におけるクリークの護岸状況と小型魚類の生息の関係
 佐賀大学 農学部 生物環境科学科 海浜環境情報学研究室 横町 新奈 (現在 佐賀県土地改良事業団体連合会 勤務)
 指導教員 原口 智和 准教授

開削工法によるため池の廃止工事例

弘前大学大学院 農学生命科学研究科 地域環境工学コース 水利造構学研究室 一戸 栄美



指導教員 森 洋 教授

1. はじめに

現在、全国には約16万箇所のため池が存在しているが¹⁾、適切な管理がされていないため池や、不要となったため池も多く存在している。さらに、近年の地震や豪雨等の影響により、ため池堤体が崩壊し、下流側の農地や家屋に被害が生じている。このようなため池の被災を受けて、「農業用ため池の管理及び保全に関する法律(平成31年法律第17号)²⁾」が施行され、農業用ため池の管理体制を整えるきっかけとなった。その後、「防災重点農業用ため池に係る防災工事等の推進に関する特別措置法(令和2年法律第56号)³⁾」が施行され、農業用ため池の改修だけでなく、廃止に関しても国の援助を受けることが可能となり、今後、さらにはため池の廃止工事が増加すると予測される。

本報告では、図1に示した2021年度に調査を行った56箇所の開削工法によって廃止したため池のうち、A~Gの特徴的な7箇所の廃止ため池について、その特徴と考察を報告する。



図1 位置図

2. ため池の廃止工法

ため池の廃止には主に3種類の工法があり、堤体をV字に開削して開水路を設置する開削工法、堤体を道路等として使用するために堤体を一度開削した後に開削底部に埋設管を設置して埋め戻す埋設管工法、ため池であった土地利用の用途を変えてしまう埋立工法である。各廃止工法の主な問題点として、開削工法では土砂流出が、埋設管工法では埋設管の閉塞が、埋立工法では排水処理が挙げられる。本報告では、簡易的で費用が比較的安価であることから、最も多く採用されている開削工法に焦点を当てて考察する。

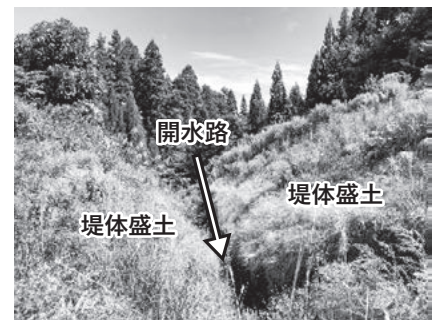


図2 素掘りでの開水路事例(廃止ため池A)



図3a 土砂流出抑制と維持管理施設事例①(廃止ため池B)

3. 各廃止ため池の特徴例

図2は、素掘りでの開水路事例(廃止ため池A)であり、開削斜面が土羽状態であるため、開削部から堤体下流側への土砂流出が懸念される。

図3は、土砂流出抑制と維持管理施設事例(廃止ため池B、廃止ため池C)を示している。

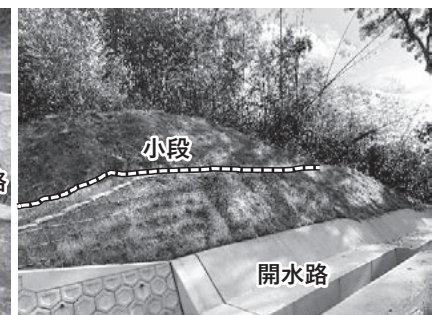
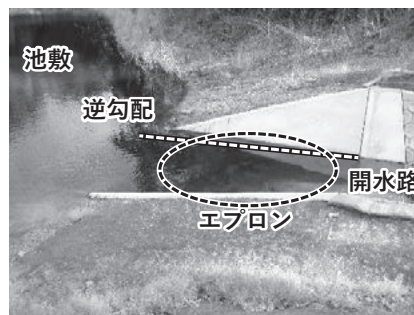


図3b 土砂流出抑制と維持管理施設事例②(廃止ため池C)

廃止ため池Bは、上流側から流れる土砂流入を抑制するため、池敷内の開水路上流側取入れ口前面に沈砂池を設けているとともに、廃止後の維持管理が容易になるよう、開削斜面に作業用階段を設置している。廃止ため池Cは、開水路上流側取入れ口エプロンの下流側が高い逆勾配になっており、出来るだけ土砂を池敷内に留めさせておくような構造になっている。また、維持管理を容易にするため、開削斜面中腹部に小段を設置している。

図4は、環境保護事例(廃止ため池D、廃止ため池E)を示している。廃止ため池Dは、廃止工事前に実施された環境影響調査により発見された県のレッドリストであるトウホクサンショウウオを保護するため、開水路上流側取入れ口を高い位置に設置することで、池敷内の水辺空間を確保したものである。廃止ため池Eは、コンクリートによる開水路ではなく、カゴマットによる開水路を設置しており、通水性のあるカゴマット内部での生物生息が可能となる。また、カゴマットを構成する碎石空間内に土砂が入り込むことで、一定程度の土砂流出抑制機能も有していると考えられるが、透水性地盤での排水の影響等、今後、検討する必要がある。

図5は、廃止後も人の往来を可能にするため、開水路をまたぐ人道橋設置事例(廃止ため池F)を示している。既存の堤体天端を利用するための工法として、埋設管工法があるが、通行対象が人間のみであれば、人道橋を架けることで工事費を抑えることが可能となる。

図6は、開削工事で発生した開削残土を池敷内で処理している開削残土処理事例(廃止ため池G)であり、上流側の既存堤体盛土に腹付けすることによる堤体盛土自体の安全性の向上と、残土移動費の削減が可能となる。

4. まとめ

ため池の廃止後は、開削斜面の草刈りや開水路内土砂の浚渫等、定期的な維持管理作業が必要であるため、土砂流出抑制や維持管理作業施設等を有した設計が求められる。現在、全国で実施されている廃止ため池工事に関わる設計指針等は無く、各自治体が独自に取り組んでいるという状況であるが、廃止後でのため池堤体の安全性確保や維持管理方法が不明であるため、本報告が今後の廃止ため池設計を検討するための一助になればと考える。

謝辞

本調査を実施するにあたり、ご支援していただいた一般社団法人土地改良建設協会および、九州農政局、ご協力いただいた各自治体の担当者の皆様に心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局整備部防災課：ため池(2021)、(参照2022年3月17日)
https://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike/.
- 2) 農業用ため池の管理及び保全に関する法律(平成31年法律第17号、令和元年7月1日施行)。
- 3) 防災重点農業用ため池に係る防災工事等の推進に関する特別措置法(令和2年法律第56号、令和2年10月1日施行)。

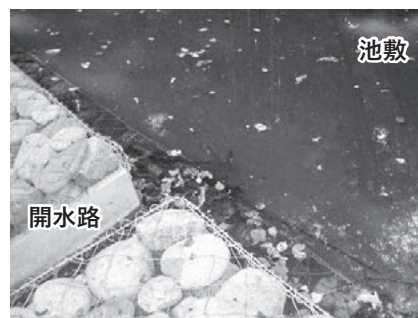


図4a 環境保護事例①(廃止ため池D)



図4b 環境保護事例②(廃止ため池E)



図5 人道橋設置事例(廃止ため池F)

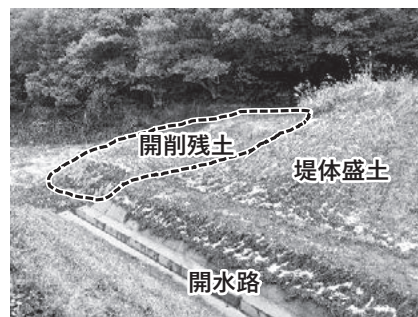


図6 開削残土処理事例(廃止ため池G)

広域大区画圃場のパイプライン化に伴う余剰排水量の変化と維持管理コストの低減方策

秋田県立大学 生物資源科学部 アグリビジネス学科 地域環境水文学研究室 伊藤 禎恵
 (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

八郎潟地区は余剰水によって排水電力量が増加し、それに伴って排水電力料金のコストがかかっている。しかし、令和3年度から始まったパイプライン化事業によって、余剰水の縮減による維持管理のコストや労力の軽減が期待できる。そこで、八郎湖流域の水収支を推定するために分布型水循環モデルを低平地に適用できるものに改良し、モデルを適用する対象範囲を大潟村八郎潟残存湖、さらに八郎湖に流入する全河川の流域とし、改良したモデルを適用して現時点での地区内の余剰水量とパイプライン更新事業後の余剰水量を明確にする。次に、これに基づいて最終的な余剰水量の縮減による経済効果がどれほどのものであるか明らかにする。

2. 研究方法

始めに余剰水に関わる水管理のコストや労力、令和3年度から開始されたパイプライン化事業の詳しい事業内容について、大潟土地改良区や東北農政局西奥羽調査管理事務所ならびに同局八郎潟農業水利事業所においてヒアリング調査を行った。次に、八郎湖流域内の農業水利用の組み込みを行い、干拓地内の大潟土地改良区含め20余りの土地改良区による19の取水口からの灌漑を含む、計37箇所の灌漑地区の灌漑過程の導入を実施した。さらに、実測値との比較によってモデルの精度を検証するため、三種川の新佐渡橋地点(流域面積:139km²)において新たに水位・流速計を設置して、流量の算出を行った。こうして算出した流量とモデルによる計算流量を比較して、モデルの精度の検証を行った。さらに、モデルを利用してパイプライン化事業の更新前後の八郎潟地区の排水量の変化(2001年~2020年の降水量を利用)を比較し、それに伴う排水量の縮減による経済効果を推定した。

3. 結果と考察

灌漑地区は、水土里情報システムと日本水土図鑑上での流域内の20余りの土地改良区受益地とし、大潟村土地改良区内は19の取水地点(サイフォン式、水門式)毎に区分して合計37箇所の灌漑地区に分け流域内の灌漑データを作成した。さらに、流域内に存在する水利施設の位置、規模、水利権等は水土里情報システムと秋田県農林水産部からの情報を流域モデルに入れ込んだ。また、灌漑地区内の配水順序は、取水施設に近い順に上流優先で、同点から等距離の場合用水路が存在するメッシュ優先、用水路の無いメッシュでは標高の高い順に配水されるとした。この作業を八郎湖流域全体で行い、合計449メッシュ(449km²)になる大規模な灌漑地区がモデルに組み込まれた(例えば、干拓地内は図1)。

観測した流量と灌漑地区を考慮したモデ

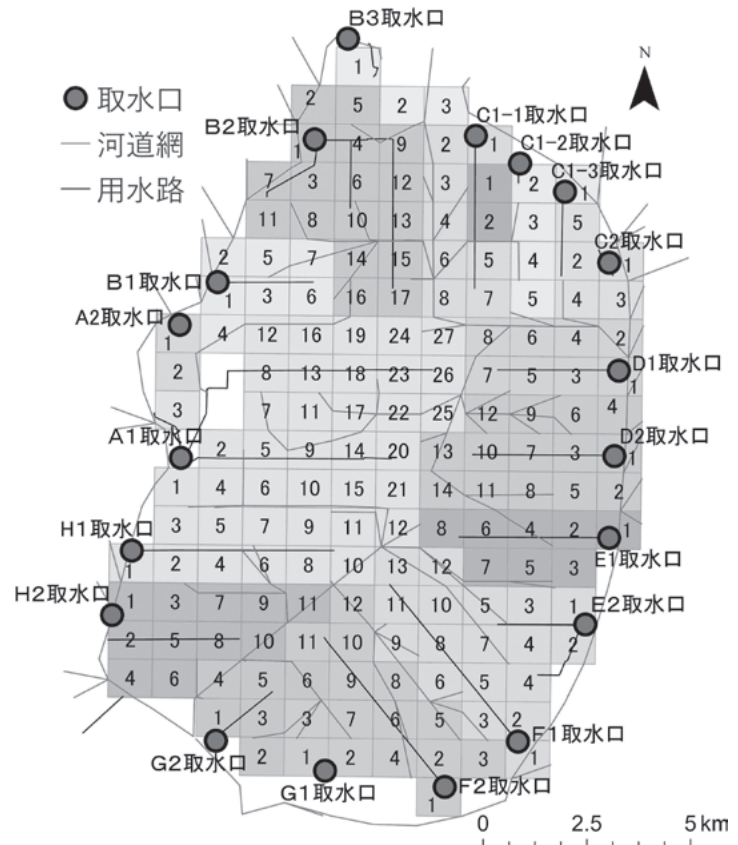


図1 八郎潟干拓地内における農業水利用のモデル化

ルを利用して算出した流量を比較したものが図2である。計算流量と比較したところ、降水量の増加の時期と観測流量、計算流量の増加の時期は一致している期間があった。しかし、観測流量と計算流量が不一致な期間が多く、洪水ピーク時の流量には大きな違いがあった。このような結果になった要因は、観測機器の特徴として、流速が0.2m/s以下になると機器の反応が鈍くなることがあり、さらには洪水時の流速測定も不十分であったと考えられる。また、観測地点の河道断面測量の不備も影響したのかもしれない。モデル精度の検証のためには、より精密な観測を行って、観測機器や観測地点などの特徴を把握し、観測精度向上に務めたい。

次に、パイプライン化事業後の余剰水の縮減率を30%に設定し、モデルを利用して北部排水機場と南部排水機場の排水量の縮減率を求めた。さらに、排水量の縮減率から更新事業後の電力料金を求めたところ、北部排水機場では年間で約760万～1,200万円程、南部排水機場では年間で約1,600万円～2,500万円程度のコスト削減が見込めることが推定できた(例えば、表1)。

しかし、取水量の30%削減にも拘わらず、排水量は10～20%近くしか削減されないことがうかがえた。これは、大雨による排水量の増加といった、天候の影響等が考えられる。一方、維持管理コストとして、幹線用水路と小用水路の維持管理に関わるコスト(例えば、令和元年度で約1億1,600万円の費用)が、開水路からパイプラインに更新されることで、開水路の維持管理に関わっていた周辺の草刈り、余剰水の巡視、人件費、機械費、燃料費といった費用が削減できるため、その金額の削減効果が期待できる。これらの比較を通じて、余剰水量の推定のためには、今後も分布型水循環モデルの活用と、モデルの精度の検証を行って詳細な八郎潟地区の水収支の推定が必要不可欠であることが明らかになった。

4. 今後の課題

モデル適用に関しては、観測流量が観測機器の不具合や観測地点(三種川の新佐渡橋地点)の灌漑期の水利用といった環境条件などに左右されたことが考えられる。それらを十分に吟味した上で、観測機器の精度の向上とモデルの適用比較が必要である。維持管理コストの推定では、今回は排水電力料金に焦点を絞ってパイプライン化事業後の維持管理に関わるコストとして算出した。しかし、実際には排水電力料金のみならず、八郎潟地区の幹線用水路、小用水路の草刈りや余剰水の巡視による水量調整などの維持管理費もかかっていることから、こうした維持管理費の縮減も含めることでさらなるコストの低減が可能となり、最終的に農家が負担する賦課金の軽減への効果も期待できる。そのためにも、今後も継続的な分布型水循環モデルの活用と、モデルの精度検証を行って詳細な八郎潟地区の水収支の推定が必要不可欠である。

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、大潟土地改良区等の支援を受けたことをここに記して感謝の意を表す。

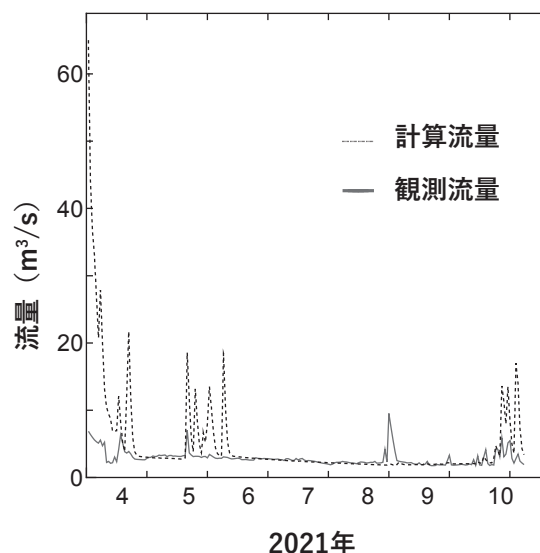


図2 新佐渡橋地点(三種川)における実測流量と計算流量の比較

表1 南部排水機場の排水量と縮減コスト

	南部排水機場の排水量 (×10 ⁶ m ³)	縮減後の排水量 (×10 ⁶ m ³)	差額 (万円)	排水電力料金の縮減率 (%)
H27	206	162	1,672	16.59
H28	202	158	1,620	16.62
H29	217	174	1,742	16.52
H30	220	176	2,439	20.77
R01	204	160	2,001	17.20

子吉川流域における両極端現象に伴う 農業水利用への影響評価と流域管理

秋田県立大学 生物資源科学部 アグリビジネス学科 地域環境水文学研究室 三浦 瑚夏
(現在 農業自営 勤務)
指導教員 増本 隆夫 教授



1. 研究の背景と目的

子吉川流域は秋田県で第3の流域面積を持ち、その主要部分是由利本荘市からなっているが、水稻を中心にした農業が盛んである。しかし、当地域は将来の慢性的な渇水と洪水が心配され、例えば2019年の冬の小雪時による翌年の渇水や、2017年の農地浸水が発生したが、由利本荘市土地改良区含め流域内には中小の土地改良区が存在し、しかもそれらの連携が弱いことから各地域の被災状況等に関する情報共有ができていない状況であった。そこで本研究では、第一に流域内の土地改良区同士の連携が弱い理由を各地域の土地改良区から聞き出し、内情を把握する。第二に、県内でも大区画圃場整備が進展している同流域を対象に分布型水循環モデルを適用し、極端現象における農業水利用への影響評価と将来予測を行い、その結果に基づいた本流域の水循環を健全な状態に保つための管理方法を導き出す。最後にこれらを踏まえ、地域特性を考慮した気候変動対策とどのように土地改良区同士が連携し合いこれからの子吉川流域管理を行っていくべきかの姿を提言する。

2. 研究方法

土地改良区の通常時・災害発生時の連携と水管理の状況を把握するため、子吉川流域内で6カ所と隣接するにかほ市で1カ所の計7カ所の土地改良区と、合併を終えた2カ所の土地改良区(米代川流域と雄物川流域から各1カ所)にてヒアリング調査を行い、合併に対する意向や合併後の運営状況とその利点を調べた。さらに、気候変動による河川の流量を平常時に把握可能にするツールとして分布型水循環モデルの適用を検討した。最後に、地域特性を考慮した気候変動対策とどのように土地改良区同士が連携し合いこれからの子吉川流域管理を行っていくべきかを検討し、将来のための提言を行った。

3. 結果と考察

まず、子吉川流域(図1)の流域モデルの作成を行い、分布型水循環モデルに用いる流路網の整備を行った。さらに、モデル適用の期間を2001年から2020年の20年間として、その間の降水量と気象要素(最低・最高・平均気温、風速、日射量、湿度等)の基礎データを準備した。計算の単位時間は1日で、モデルを子吉川流域に適用させ、国土交通省観測の河川流量の実測値と算出値を比較した。その結果、誤差は27%(2017年)~56%(2012年)と年で変動しているが、例えば図2に示す2013年の比較例(誤差36%)では比較的精度よく流域の水循環が推定できたと判断できる。ただし、融雪時期の流量推定の精度が悪いこと、さらには、灌漑時期の低水量の推定が十分でないこと等も分かった。その後、精度改善とともに将来的な気候変動に対応したモデルとなるよう改良を重ね、子吉川流域にて平常時・災害時に備えた河川堤防の見直しや被害への迅速な対応を検討するツールとして活用してもらえよう提案した。ここで、当モデルを用いた将来予測と農業水利用への影響に関し

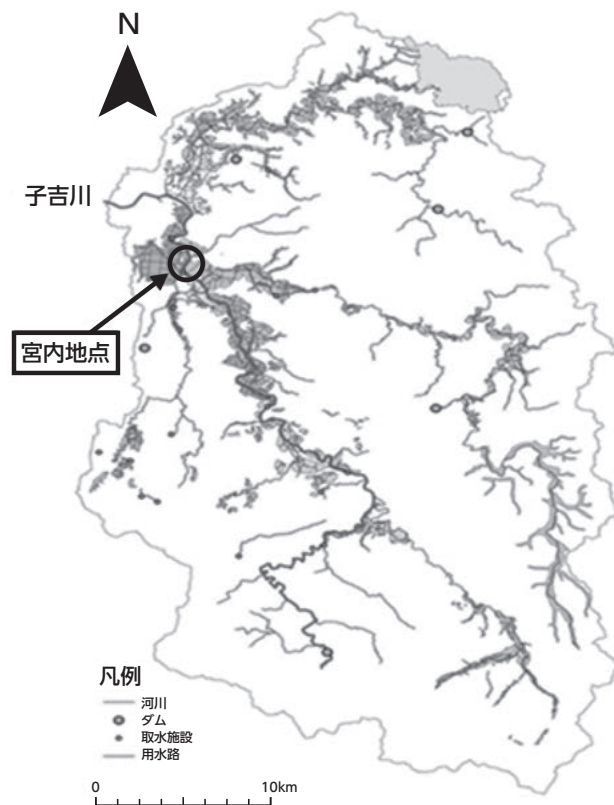


図1 子吉川流域の概要

では、工藤ら(Kudo etc., 2017)を参考にすれば、東北日本海側において、将来は気候変動により、冬季の降雪が降雨となることや融雪時期の早期化により代かき時期の農業用水量の不足、極端現象(渇水、洪水)の増大などがみられ、農業水利用に大きな影響があることが明らかになっている。

次に、現地調査を行った結果、市町村民と共同で行うクリーンアップイベントの他に特に土地改良区間で連携して事業や水管理を行うことは無いと分かった。しかし、一貫して農家の減少が土地改良区の存続と維持管理のコスト面で大きな原因の一つであり、解決策として新たな取り組み(高収益作物の導入や法人化等の少人数で効率的な農業、共同での水管理)を推進し、農家の収益向上や離農率の低下と安定した賦課金回収、さらには水管理の合理化が可能であることも明らかになった。そこで、上記の様々な背景から、由利本荘市内計6か所の土地改良区の合併(図3)と水管理や流域管理に関する技術者の専門性向上を提案した。前述の分布型水循環モデルを利用した気候変動影響の検討、さらには極端現象に対応した適応策の評価などを通じて、水管理の専門家の養成や専門性の向上は、中小の土地改良区を合併することで実現可能となると考えられる。さらに、国や県、農家と共同で行う事業の円滑な進行と人件費、諸活動の外注面でのコストの削減を実現できる。

4. 今後の課題

モデルの適用にあたっては、灌漑などの人為的な農業水利用過程のデータが組み込まれていない、山地部の入力降水量の情報不足、それに伴う洪水推定量が小さいこと等の改善点が存在する。また、現在極端現象に伴う影響を軽減するための具体的な適応策やその効果の評価などを進めている。

なお、本研究を推進するにあたっては、東北農政局西奥羽土地改良調査管理事務所の支援を受けた。ここに記して感謝の意を表す。

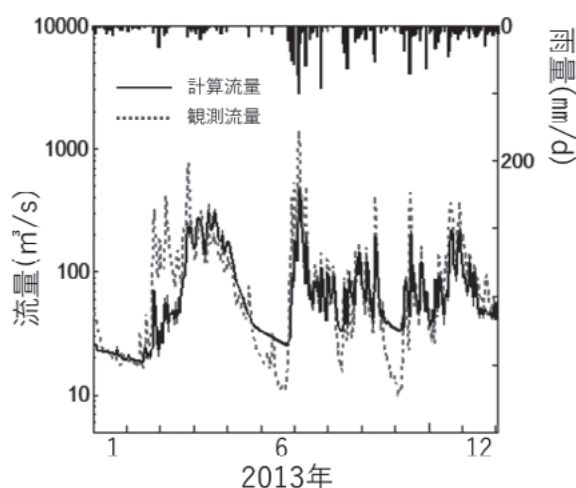


図2 分布型水循環モデルによる流量推定結果(宮内地点)

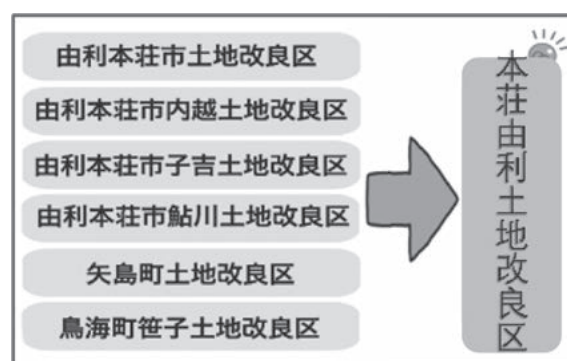


図3 子吉川流域内の土地改良区の合併への提案

水田灌漑地区におけるムラ内の配水調整と大規模稲作経営体の対応

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 生物資源科学学位プログラム

丹野 ちぐさ
指導教員 石井 敦 教授



1. はじめに

日本の平野部で受益面積が数千ヘクタールを超える大規模な水田灌漑地区は、古くからムラをベースとした重層的な水利組織によって、河川からの灌漑用水の取水、各ムラおよび個々の水田への送水・配水を行ってきた。戦後、土地改良法上では土地改良区が灌漑施設の管理主体とされ、実際、大規模な水利施設は土地改良区が管理・操作しているが、ムラに用水が届けられた後の個々の水田への配水管理・操作は、今でもムラにまかされている¹⁾。

一方、近年、水田灌漑地域では、担い手農家への農地集積が進展しており、経営規模が100haを超える大規模な稲作経営体も珍しくなくなってきた。そうした大規模稲作経営体は、従来のムラ在村の零細稲作農家とは経営

規模が異なるから、その用水管理方法が異なり、また、ムラの範囲を超える外からの入り作者となるためムラの配水ルールを熟知しておらず、結果、ムラとの間で水利用を巡るトラブルが増加するおそれがある。

従来のムラの配水管理については、これまでムラに配水管理の機能があることの指摘はされているものの、それがムラのどのような用水状況で、どのような場所・範囲で生じ、どのようにムラが対応しているかというように、具体的にその配水調整の実態を求めた研究は見受けられない。そのため、大規模経営体とムラの用水管理との間に生じる問題についても、具体的な分析は十分になされていない。

本研究では、大規模水田灌漑地区におけるムラの配水管理の事例研究を行い、ムラの配水管理の方法を用水需給の逼迫度と関連付けて明らかにすることを目的とした。また、その上で、ムラを超える経営規模をもつ大規模稲作経営体がムラとの間で行っている配水調整の実態を明らかにし、課題について検討した。

2. 研究の方法

事例研究地区として、三重県平野部の大規模水田灌漑地区である宮川用水地区(水田面積約4000ha)を選定した。当地区は、1) 渇水調整が数年に1度の頻度で行われ、2) 集落によって担い手農家の集積率が数%~90%程度と様々であるという特徴がある。また、3) 国営農業水利事業(2期事業)で幹線水路のパイプライン化にともなって支線水路(灌漑面積数百ha)への分水工ごとに流量計が設置されており、宮川用水土地改良区が2013年より継続して6分ごとに流量を計測し、データを保管している。

この地区において、大規模稲作経営体の耕作地が少ない集落(灌漑水田面積約150ha)を対象に、1日の用水使用ピーク継続時間の有無・長さによって用水需給の逼迫度とその日数を求めた。そして、逼迫度ごとに集落が行っている配水調整を集落の用水管理者に聞き取り調査によって求め、これを従来のムラの用水管理の実態とした。用水使用ピークの評価には、3)の土地改良区保有の流量データ(2013~2018年の6年分)を用いた。流量計以下の対象集落を含む灌漑エリアは約300haで、他の集落の営農状況や大規模稲作経営体の耕作状況は当該集落と大差はない。また、流量計以下の水路はすべてパイプライン化され、配水管理用水はほぼゼロであるため、流量データの変動は、当該集落の個々の農家の水田への用水供給量(需要量)の変動と見なせる。

また、宮川用水地区内で水田約300haを経営するX農産を対象に事例調査を行い、ムラとの配水調整を求めた。X農産の耕作地は31集落にまたがっており、集落ごとに耕作地の集積率が異なる。そこで、集積率の違いによってX農産のムラへの対応がどのように異なるかを、X農産の経営者および用水管理を担当する社員、集落の用水管理担当者への聞き取り調査から求めた。集落ごとのX農産の集積率は、土地改良区の耕作地データベースよりX農産の耕作地を、jSTAT-MAPより集落ごとの境界を求めて地図上に示し、地図上で図測して算出した。

3. 結果

3.1 ムラ内の配水調整

ピーク流量に達する時間の長さに応じて、灌漑期間の130日を4つの用水需給の逼迫レベルに分けた(例: 図1~4)。レベル1は、降雨が十分あるか中干し等でピークが無い日で、灌漑期間130日のうち6年平均で64日が該当した。レベル2は、朝8時から3~6時間ピークを形成する日で、130日中31日が該当した。レベル3は、朝8時から6時間以上ピークを形成する日で、130日中32日が該当した。レベル4は、番水が行われる異常渇水期間で、2013年のみ42日が該当した。ここから、平常時であるものの、ピーク流量に達するために調整が必要になるレベル2・3が、灌漑期間130日のうち6年平均で63日と、約40%を占めるほど多いことが明らかになった。

また、逼迫レベルが低い段階では、同一小水路から取水する水田10~20枚で構成されるブロック内で、農家間の直接交渉によって配水調整が行われていた。しかし、用水需給の逼迫度が高まるにつれ、ブロック間、ブロック群間へと調整の規模が大きくなり、耕作者個人間の調整から水利組織のルールによる調整に変化することが明らかになった²⁾。

3.2 大規模経営体の対応

X農産の各集落内の集積率の多くは30%未満にとどまっており、分散している(図5)。

X農産が大規模化を目指し始めた2006年当時、経営面積は25haで、社員が毎日耕作地を巡回し用水管理を行っていた。しかし、2012年に経営規模が100haを超えた際、水管理への苦情が増加し、圃場の用水管理を各集落の農家へ委託する方式に切り替えた。現在は、さらに耕作地のある地理的に近い数集落を1つのエリアとしてまとめ、それぞれのエリアに1~数名の用水担当者を置いている。そして、用水担当者は、各エリア内の集積率が20~40%程度の集落から選んでいることが明らかになった³⁾。

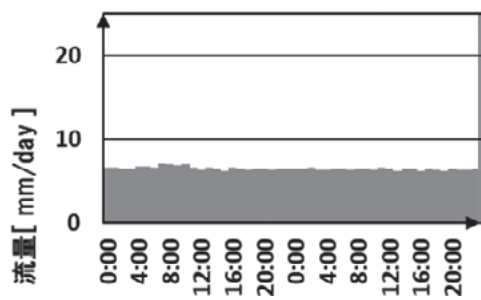


図1 逼迫レベル1 (2015/7/4~7/5)

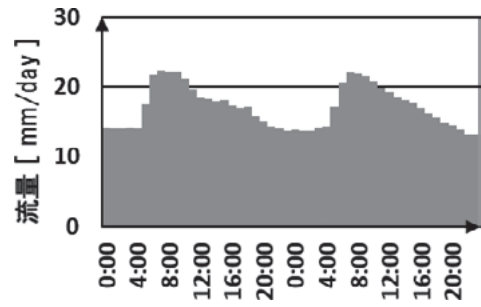


図2 逼迫レベル2 (2013/5/2~5/3)

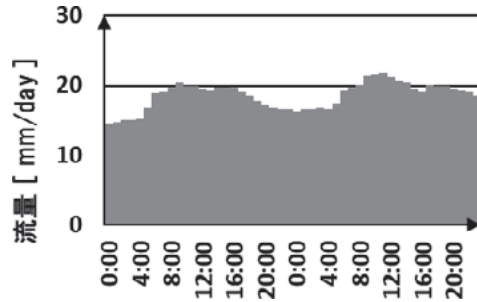


図3 逼迫レベル3の流量データ(2018/7/22~7/23)

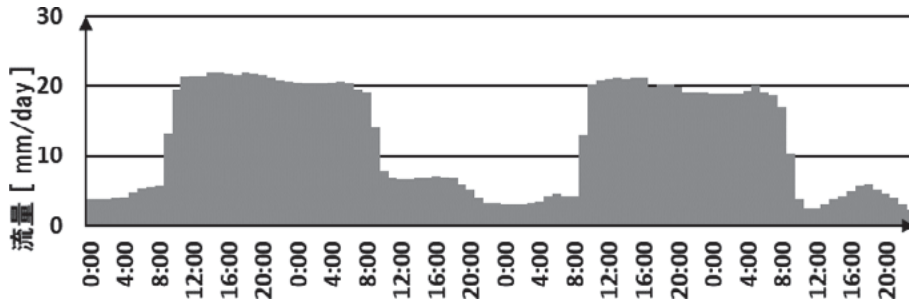


図4 逼迫レベル4の流量データ(2013/8/3~8/6)

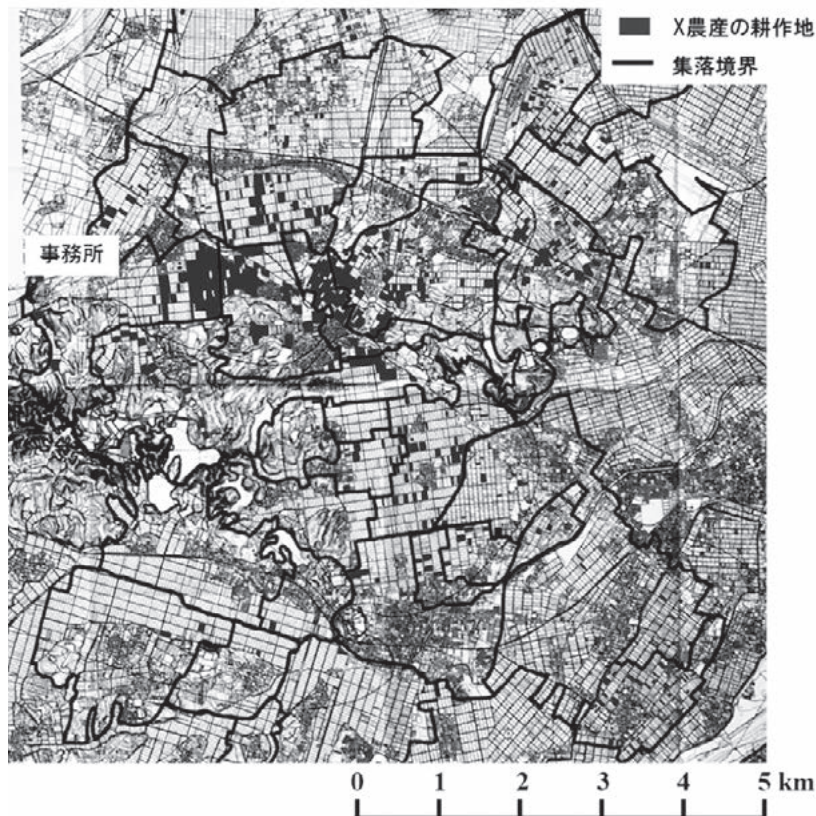


図5 X農産の耕作地分布

4. 考察

ムラ内の配水調整について、平常時のルール化されにくい調整が必要になる日数が多く、これが担い手の配水管理を困難化していると考えられる。特に、集積率が20-40%程度の集落では、ムラ内で耕作地が分散するために集落ルールとの矛盾が生じやすく、配水の交渉を行う相手が増え、集落農家への委託の必要性が最も高まると考えられる。X農産は、集積率が20-40%の集落の農家に配水管理を委託することで、ムラとの矛盾を回避していた。この委託方法は合理的であるが、用水担当者への報酬が経営体社員と比べ高コストという課題がある。

経営体社員による配水管理を行うためには、圃場整備を行って経営体の耕作地を集約することが望ましい。ムラ内の配水調整の基本単位である小用水路ブロック内の集積率を高めることで、平常時の個人農家間の配水調整が少なくなり、経営体社員による配水管理が容易になる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、宮川用水土地改良区の奥山伊助理事長をはじめ、森豊基事務局長、森圭司総務課長、大西肇管理課長、岡山充主事ほか職員の皆様には、現地調査に大変なご協力をいただきました。また、東海農政局木曾川水系土地改良技術事務所の岩永昌宏企画課長、宮川支所の外山幸男支所長には、宮川用水地区の水利および国営事業の概要をご教示いただきました。また調査を遂行するにあたり土地改良建設協会のご支援を賜りました。心から感謝申し上げます。

引用・参考文献

- 1) 岩田敏靖・岡本雅美, 日本の重層的農民水利組織の構造と機能, 農村計画学会誌, 19, p.181-186, 2000
- 2) 丹野ちぐさ, 石井敦, 大規模水田灌漑地区におけるムラの用水需要と配水調整, 令和2年農業農村工学会大会講演会要旨集, 2020
- 3) 丹野ちぐさ, 石井敦, 佐藤政良: 水田灌漑地区におけるムラの配水調整と大規模稲作経営体の対応, 令和3年農業農村工学会大会講演会要旨集, 2021

5

国営総合農地防災事業「筑後川下流右岸地区」視察

東京大学 農学部 生物・環境工学専修 農地環境工学研究室 山田 達也
(現在 株式会社JERA 勤務)
指導教員 吉田 修一郎 教授



全長173.4kmにもわたる「クリーク」を対象とした、国営総合農地防災事業「筑後川下流右岸地区」の視察と、佐賀平野のクリークの歴史とクリークが持つ利水・治水効果のお話を聞かせていただいた。

実際の作業現場の視察をさせていただいた中で、強く印象として残っていることは地域の生態系や環境の保全にかなり注意を払っていたことである。土工の工程の中で掘削された未改良土を再利用したり、ブロックマットが敷設された法面にイワダレソウ改良種を植えることで雑草の発生を防いだりと地域のことを第一に考えられていた。さらに、親水・学習空間まで整備されている部分もあり、クリークが佐賀平野において文化の1つとなっていることを感じられた。

これまでクリークという言葉は何度も耳にしたことがある言葉だったが、営農面だけでなく防災面でも非常に大きな役割を果たしていることを知ることができた。実際に、平成2年と令和元年の湛水状況の比較のデータについても説明いただき、これまでの事業で行われたクリークの整備や排水機場の整備が住宅被害の減少や湛水時間の短縮に大きく寄与していることが分かった。

一方で、地域の花卉栽培農家の方から、昨年そして今年と近年では毎年のように湛水被害が発生しているという話もお聞きし、近年の気候変動の影響が、以前の予想を大きく上回るものとなっている。事前放流の難しさや水利権などまだまだ課題があり、自然に喰らいついていくことの難しさを実感した。

私自身は、逆流防止弁ともいわれるフラップゲートと加速度センサを利用した簡易な暗渠排水流量計測装置の開発の可能性を研究した。フラップゲートの開き角度 θ と排水管を流れる流量とに何らかの関係があるのではと考え室内に実験用の管水路を作成し実験を行った。開き角度 θ はゲート真横の水平の位置にビデオカメラを設置



し映像によって計測した。ビデオカメラで撮影された映像によって得られた各流量に対する開き角度 θ は図1のようになった。流量の増加に対して、映像によって計測される開き角度 θ の増加を確認することが出来た。

しかし、実際の現場では排水口が水中に潜ったり、カメラに泥や水がかかったりすることが容易に想像できるため、開き角度 θ をカメラで撮影する方法は難しい。そこでフラップゲートの開き角度を計測するために加速度センサをフラップゲートの弁体に装着し、加速度センサの性質を利用してフラップゲートの開き角度 θ を計測する。先のビデオカメラを用いた実験と同様の流量を流し、加速度センサによる開き角度 θ と流量の結果は図2のようになった。

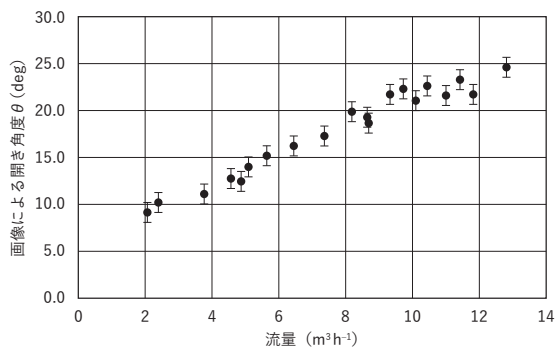


図1 映像による開き角度 θ

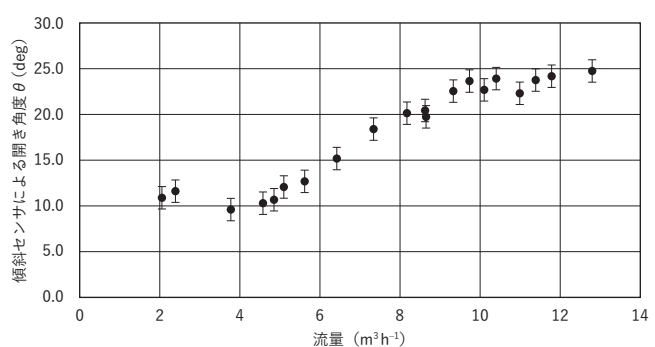


図2 各流量における傾斜センサによって得られた開き角度 θ の平均値

図1、2より、映像による開き角度 θ を真値に近いものだとすると、傾斜センサによる開き角度 θ は、流量 $6.43\text{m}^3\text{h}^{-1}$ 以上の流量に対して一定の精度をもっていることが言える。しかし、流量 $2.06\sim 4.86\text{m}^3\text{h}^{-1}$ の範囲に関しては角度の大きさに違いが出ていることから、このような低い流量に関しては精度が保証されないことが考えられる。傾斜センサによる開き角度 θ を用いて十分な精度で計測できる流量範囲は、管径75mmのフラップゲートの場合、 $6.43\sim 9.73\text{m}^3\text{h}^{-1}$ あたりであることがわかった。この流量範囲は標準的な面積30aの圃場における暗渠排水量に換算すると $2.14\sim 3.24\text{mmh}^{-1}$ となり、暗渠排水のピーク排水量と近い流量となることが分かった。よって、この流量範囲に含まれる大きさに排水されているかどうかを本研究での簡易流量計測装置で判断することができ、本研究で提案する流量計が十分に暗渠の機能診断に利用できる可能性を持っていることを示すことが出来た。しかしながら、流量が小さい場合には十分に精度が保証されていなかったが、管径ごとの測定可能な流量範囲を求めていくことで小さい流量に対してもフラップゲートと傾斜センサを利用して流量を計測できることを今後確認していく必要がある。一定の結果は得られたものの、本研究の目的を成し遂げるためにはまだまだ様々な切り口から議論していく必要がある。

まだまだ課題がある研究だが、この流量計測装置を各農家の排水口に設置でき、各圃場からの排水量を計測することが出来るようになれば、今回の視察させていただいたような各圃場の湛水被害の程度をより詳しく調査することが可能となるかもしれない。今後のこの研究の進捗を楽しみにしたい。

印旛沼循環灌漑地域における水質及び水収支解析を通じた 水利用の実態について

Evaluation of Actual Water Use through Water Quality and Balance Analysis in
Circulation Irrigation Scheme in Inbanuma Area

東京農工大学 農学部 地域生態システム学科 水環境保全学研究室 吉川 日向子
(現在 農村振興局 勤務)
指導教員 加藤 亮 教授



1. はじめに

千葉県北西部の印旛沼では周辺地域からの排水を原因とする水質の悪化が問題視されており、平成22年から開始された国営印旛沼第二期農業水利事業では、施設の老朽化・洪水への対策および水質改善をねらいとする改良事業が実施された。その一つとして当該地区では、農地からの排水を低地排水路へ集めた後ポンプにより揚水し、再び灌漑用水として供給する循環灌漑が導入されている。循環灌漑では、水の再利用による節水効果に加え、排水の流出を原因とする湖沼の水質悪化を防ぐ効果が期待できる。このような環境保全型農業は生産性と持続性を兼ね備えた農業として今後推進をしていくことが求められる。

しかしながら、今回の改良事業のようなパイプラインやポンプの導入による農業水利システムの再編は配水や水の運搬において水利用効率が向上する一方で、末端の水管理は個別の農家に委ねられるため、水利用の実態について正確に把握できない部分も多い。そこで、この研究では循環灌漑を行った際の①地区レベルの水収支解析および②水質のモニタリングによる水質改善効果の評価により、現地での水利用の実態を知ることが目的とする。

2. 方法

対象地区は、北印旛沼の白山甚兵衛機場による循環灌漑地区である(図1)。同機場によって揚水された水は、機場北部の白山地区と南部の甚兵衛地区に供給される。循環地区からの排水は低地排水路に集められた後、印旛沼からの取水と共に再び揚水される。循環外地区からの排水は河川等に流出する。白山甚兵衛機場に隣接する大竹排水機場では、印旛沼への排水が行われている。

対象期間は水供給が行われる2021年4月17日から8月22日までの128日間とし、水収支式を用いた算定を行った。

機場付近の水収支は次のように示すことができる。

$$P = In + Qa + Qb - D$$

ここで、P：ポンプによる揚水量、In：印旛沼からの取水量、Qa、Qb：白山(a)甚兵衛(b)循環地区からの排水量、D：印旛沼への排水量である。

また、白山(または甚兵衛)循環地区での水収支は、沼沿いの干拓地という高い地下水位という状況を考え、浸透量を無視することで次のように示すことができる。

$$IRa(\text{または} IRb) = Qa(\text{または} Qb) + ET - R$$

ここで、IRa(b)：白山(a)甚兵衛(b)循環地区への灌漑量、Qa(b)：白山(a)甚兵衛(b)循環地区からの排水量、ET：蒸発散量、R：降雨量である。

機場のポンプデータ(印旛沼からの取水量、白山・甚兵衛それぞれのブロックへの吐出し量、大竹排水機場からの排水量)は印旛沼二期農業水利事業所から入手した。ポンプによる揚水量も同様のポンプデータが存在したが、地区への配分比率が不明であり、地区全体で面積あたりの供給量が一定として計算を行ったところ排水量に対し

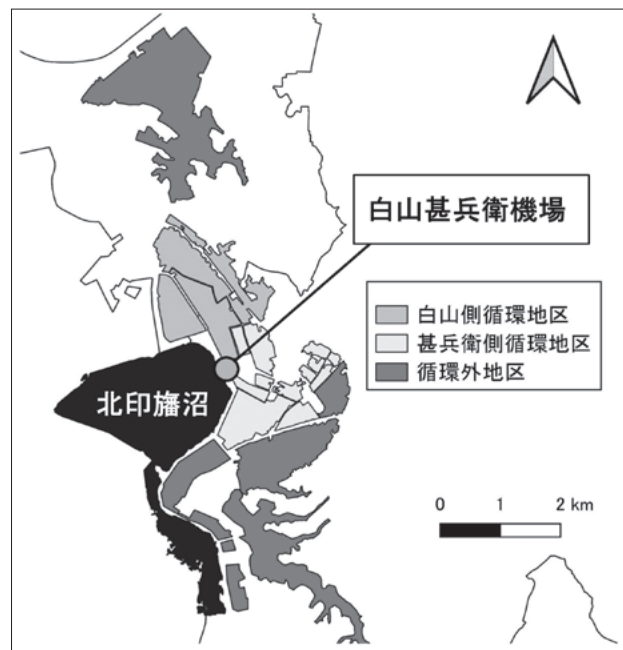


図1 対象地区

非常に値が大きいことが判明した。そのため、水収支式を用いた推定を行った。また、循環地区からの排水量、降雨量、蒸発散量を求めるため、現地調査を行った。なお、蒸発散量は現地調査で求められた気象データをもとにFAOのPenman-Monteith式を用いて算定を行った。

Qa、Qbは、機場内低地排水路の2箇所(白山側、甚兵衛側)にADCP(超音波ドップラー流速計)を設置し、流量を3時間単位で観測した。また、白山甚兵衛機場敷地内に気象観測装置を設置し、降雨量、風速、気温、相対湿度、日射量を1時間単位で計測した。

また、水質評価のため排水内の総イオン量をあらわす指標である電気伝導度の測定を行った。水収支解析と同期間、機場内低地排水路の2箇所に電気伝導度計を設置し1時間単位での計測を行った。加えて、対象期間中、月に1～2回の頻度で北印旛沼にて電気伝導度の直接測定を行った。

3. 結果と考察

機場における水収支の計算結果を図2に示す。数値は128日間の合計値である。白山甚兵衛機場によるポンプ揚水量のうち、地区からの排水が占める割合は43%であることがわかった。

次に、白山側・甚兵衛側循環地区における水収支の計算結果を図3に示す。数値は128日間の合計値で、単位面積あたりの流量を示している。なお、蒸発散量と降雨量は地区で一定とみなしている。現地調査の結果、甚兵衛側循環地区からの排水量は白山側循環地区の2倍近い値であることがわかった。その結果、算定された地区への灌漑量も同様の傾向を示した。甚兵衛側地区の用水路末端に設置されている円筒分水工が標高の高い場所(標高約10m)に位置している。この送水のためパイプラインに高い圧力がかかっており、甚兵衛側地区への過度の供給に繋がっているのではないかと考えられる。

電気伝導度の測定結果を図4に示す。白山側循環地区からの排水は甚兵衛側循環地区からの排水より電気伝導度が高い傾向にあることがわかる。水収支解析の結果より白山側循環地区の方が地区内への水の流入・流出が少なく水の滞留が起こりやすいことが原因として考えられる。

また、排水の電気伝導度は北印旛沼より高いことがわかった。ここから、水田排水の循環利用は、印旛沼への排出負荷を抑制していると考えられる。

4. 結論

印旛沼の循環灌漑地区における水収支解析および電気伝導度のモニタリングの結果、甚兵衛側循環地区では白山側循環地区と比較して灌漑供給量、排水量ともに多く、排水中の電気伝導度が低い傾向にあることがわかった。節水の観点からみると、甚兵衛側循環地区での灌漑供給量が過多ではないかと考えられる。一方で、灌漑供給量が多いことにより地区排水の電気伝導度は減少していると考えられ、水質を考慮した上で供給量の調整や循環利用率の向上を行うことが水管理に求められるといえる。

今回は2021年の灌漑期間のみを対象としたため、2022年度以降も継続してモニタリングを行い、結果を検証していく必要がある。

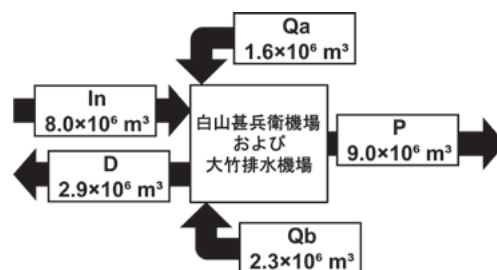


図2 機場における水収支(128日間)

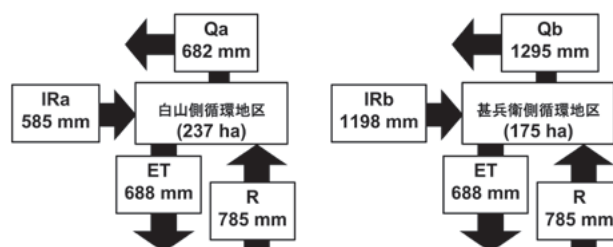


図3 循環地区における水収支(128日間)

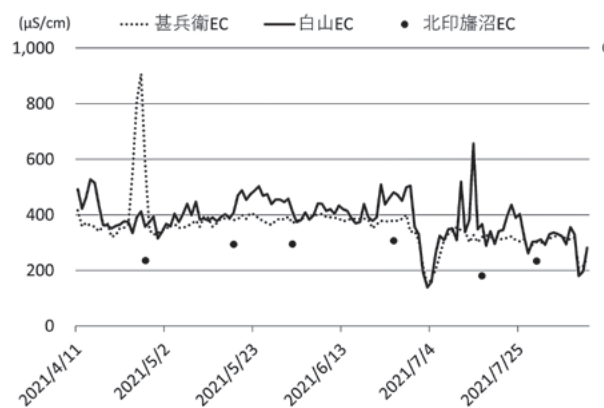


図4 電気伝導度

圧縮応力場のAEエネルギーを指標とした コンクリート損傷度評価法の開発

新潟大学 農学部 農学科 流域環境学プログラム 柴野 一真
(現在：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

コンクリート材料を用いた社会基盤や農業水利施設では、長期供用による損傷蓄積に伴う耐久性能の低下が技術課題となっている。代表的な損傷の定義は「破壊過程における微視的、メソ的ならびに巨視的過程における空隙の発達と、それに起因する力学特性の劣化」とされている¹⁾。既往研究では各種応力場において発生するアコースティック・エミッション(Acoustic Emission: AE)を指標に損傷度評価が行われている⁴⁾。

本論では、RC構造の道路擁壁部より採取したコンクリートコアを用いて、圧縮強度試験にAE計測を導入した損傷度評価を試みた。

2. 実験・解析方法

2.1 圧縮強度試験

損傷の進行した既設コンクリート道路擁壁よりコンクリートコアを8本採取した。圧縮強度試験では、力学特性評価に加えてAE計測を導入し、圧縮载荷過程に発生するAEを検出した。AE計測における検出波の増幅はメインアンプとプリアンプで合計60dBとした。検出波の周波数帯域は5～400kHz、閾値は42dB、サンプリング周波数は1MHzとした。

2.2 AE検出波による損傷度評価

検出したAEには、最大振幅値の二乗値によるエネルギー評価を試みた。式(1)に評価式を示す。

$$E_{AE} = a_{\max}^2 \quad (1)$$

ここで、 E_{AE} : 検出波のAEエネルギー(V^2)、 a_{\max} : AEパラメータの最大振幅値(V)である。

一連の圧縮载荷過程におけるAEエネルギー放出特性は、累積AEエネルギーとひずみ $0 \sim 100 \times 10^{-6}$ 区間に発生するAEエネルギーの割合である初期AEエネルギー放出率 γ により評価する。AE計測による検出波に対してウェーブレット変換による時間周波数解析を行った。

3. 結果および考察

3.1 力学特性とAE発生挙動

供試した8本のコンクリートコアの圧縮強度は道路施設の鉄筋コンクリート部材の基準である圧縮強度 $21.0N/mm^2$ をすべてのサンプルで上回っていた。初期AEエネルギー放出率とひずみエネルギーの関係を図-1に示す。図-1より、最大ひずみが $1,000 \times 10^{-6}$ を下回るサンプル5を除いて、7供試体ではひずみエネルギーの低いサンプルほど初期AEエネルギー放出率が高くなる傾向が明らかになった³⁾。相関係数は -0.769 ($p < 0.05$ で有意)である。ひずみエネルギーの低下は応力ひずみ曲線において供試体の脆性化を示す指標であり、原因の一つとしてひび割れに代表される損傷の蓄積が考えられる。

3.2 検出波のウェーブレット解析による破壊挙動評価

図-2にサンプル1のひずみエネルギー U 、AEエネルギー

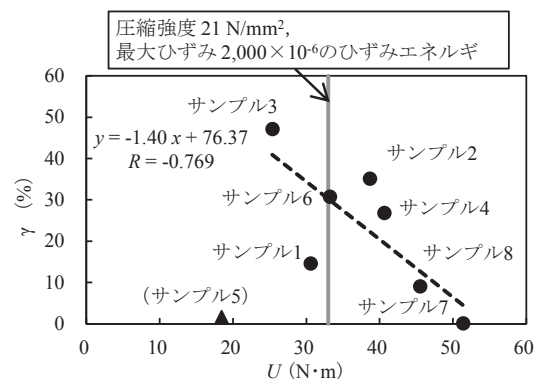


図-1 初期AEエネルギー放出率 γ とひずみエネルギー U の関係

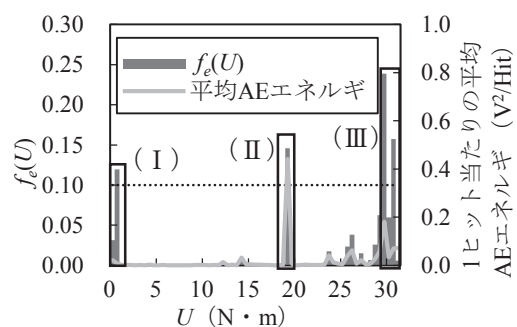


図-2 AEエネルギー発生頻度割合 $f_e(U)$ と平均AEエネルギーの関係

発生頻度割合 $fe(U)$ および 1 ヒット当たりの平均 AE エネルギーの関係を示す。本解析では $fe(U)$ が 0.1 を上回った 4 回の AE エネルギー放出点を载荷初期、中期および終期の 3 種に分類し、それぞれ (I)、(II) および (III) とした。

1 ヒット当たりの平均 AE エネルギー(図-2) より、(I) では小規模の AE が多数発生しており、(II) では、大規模な破壊が少数発生している傾向が確認された。(III) は 25.0N・m 近傍から継続して AE エネルギーが検出されたことから、(II) の大規模な破壊から派生した AE であると考えられる。図-3 に検出波の時刻歴波形図とスカログラムを示す。右のカラーバーは信号強度である。(I)、(III) では、検出波の立ち上がりが不明瞭であり、周波数帯域で連続的な信号が発生していた。(II) では、AE 波形の急激な立ち上がりが確認された。以上より、供試サンプルは圧縮強度 31.5N/mm^2 であるが、検出波のスカログラムと AE エネルギー指標からその 84% の 26.4N/mm^2 ($18.8\text{N}\cdot\text{m}$) (図-3(b)) での主破壊に代表される破壊の進行が示唆されたものと考えられる。

4. おわりに

本論では、コンクリートコアの圧縮载荷過程で発生した AE 特性を評価した。検討の結果、载荷過程に応じた AE 波の特徴から、コンクリート損傷の定量評価が可能であることが示唆された。

引用文献

- 1) Lemaitre, J. (1992): *A Course on Damage Mechanics*, Springer-Verlag, Berlin, p.11-13.
- 2) 日本道路協会 (2019): 9.2.3 コンクリートの強度, 道路橋示方書・同解説 I 共通編, 161-162.
- 3) 柴野一真, 島本由麻, 鈴木哲也, 西田浩之, 大嶋雅光, 飯塚一成, 道下翔吾: 圧縮応力場の AE を指標としたコンクリート損傷度評価, 農業農村工学会論文集(掲載決定).
- 4) Suzuki, T., Nishimura, S., Shimamoto, Y., Shiotani, T. and Ohtsu, M. (2020): Damage estimation of concrete canal due to freeze and thawed effects by acoustic emission and X-ray CT methods, *Construction and Building materials*, 245, 118343.

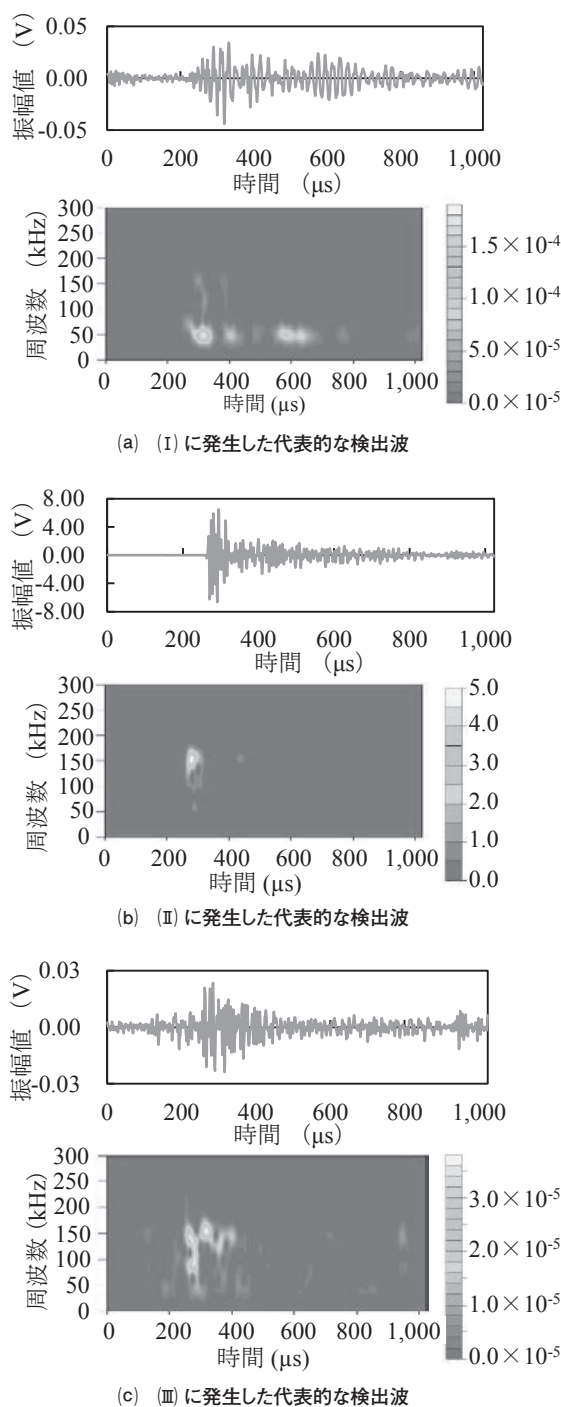


図-3 圧縮载荷過程の検出波の時刻歴波形図とスカログラム

サトウキビの作付け形態が 赤土流出量の年変動に与える影響

岐阜大学 応用生物科学部 浅田 要
(現在 東京大学大学院理学系研究科)
指導教員 乃田 啓吾 准教授



1. はじめに

日本の南西諸島では、観光開発が盛んになった1950年代以降、不適切な土地開発に伴う地表土壌の浸食・流出が頻繁に発生しており、「赤土流出」の呼称で社会問題となっている。流出した赤土は河川へ流れ込み、沖縄県に特有のサンゴ礁をはじめとする希少な水域生態系に悪影響を与えることから、赤土動態のモデル化による流出量予測は早急の問題として取り組まれている。赤土流出には多様なパラメータが複雑に関与することが知られるが、これまで開発されたモデルにおいては、土地利用形態の年変動を考慮していないことが多く、土地の利用状況が赤土流出量に与える影響について調べた研究はない。本研究では、沖縄県において最も栽培される作物であるサトウキビが複数の作付け形態を持つことに注目し、その分布の年変動が赤土流出量に与える影響について検討した。

2. 方法

解析対象地は沖縄県石垣島、解析期間は2019年～2021年の3か年とした。解析対象となるサトウキビ畑の分布は沖縄県地図情報システムから取得した。またサトウキビの作付け形態について、sentinel-2衛星データを用い、Google Earth Engine上で季節毎のNDVI値に基づいた教師付き分類による推定を行った。教師付き分類には、分岐ごとに200サンプルを取得し、これを半数ずつとなるようランダムにトレーニングデータとバリデーションデータに振り分け、前者でモデル構築、後者を精度検証に用いた。そしてこの操作を二回行い、サトウキビ畑を春植え、夏植えの1年目、夏植えの2年目の3種類に分類した(図1)。なお本研究では、作物係数の挙動が互いに類似していることを考慮し、株出し型作付けは夏植えの2年目に包含させることとした。

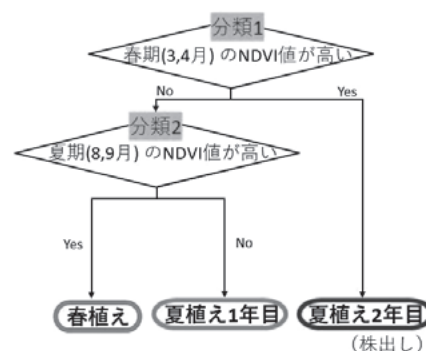


図1 分類フローチャート

赤土流出量の予測にはUSLE式 $A=R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$ を用いた。降雨係数 $R(J \cdot m \cdot h^{-1} \cdot m^{-2} \cdot yr^{-1})$ は、気象庁が公開する60分降雨量データをもとに降雨イベント毎に算出した値を用いた。土壌侵食係数 K については、石垣島全域を国頭マージ、島尻マージ、沖積土壌に区分し、比嘉ら(1995)を参考にそれぞれ $K=0.031, 0.01, 0.02(kg \cdot h \cdot J^{-1} \cdot m^{-1})$ を与えた。地形係数 LS はDEMデータおよびMoor et al.(1993)のストリームパワー理論により計算した。作物係数 C は、既往研究によって沖縄地方で整備されている月毎の値を利用した(比嘉ら, 1997)。保全係数 P は一様に1とした。上記の値によって、降雨イベント毎の経時的な赤土流出量を計算した上で、その合計値として年間赤土流出量を算定した。

そして、作付け分布の変動が赤土流出量に与えた影響を抽出するため、1971～2021年までの51年分の降雨を、解析対象とした3年分の作付け形態分布に適用し、仮想的に赤土流出量を推定した。この値を、横軸に年間累計降雨係数、縦軸に年間赤土流出量をとる散布図へプロットし、決定係数を調べた。さらに標準偏差及び変動係数を算出した。

また、作付け分布の年変動は解析スケールが大きいほど均一化され、赤土流出量動態に与える影響は弱まると考えられる。そこで、解析対象地として圃場(1m²あたり)、宮良川小流域(0.21km²)、宮良川流域(35.40km²)、石垣島全域(221.24km²)の4つのスケールを設定し、解析を行った。

3. 結果及び考察

2019年から2021年の三年間で、サトウキビの作付け形態分布が変動していることが確認された(図2、3)。また、教師付き分類モデルの精度は、分類モデル1で0.995、分類モデル2で1.000を示し、非常に高精度であった。

散布図を作成した結果、決定係数は圃場で0.17、宮良川小流域で0.59、宮良川流域で0.79、石垣島全域で0.78となり、スケールが拡大するに従って作付け形態の分布変動の影響が弱まるとする仮説を支持した(図4)。また、宮良川流域スケールと石垣島全域スケールで決定係数がほぼ等しいという結果は、宮良川小流域～宮良川流域の間で作付け形態分布が完全に均一化され、決定係数の上昇が頭打ちになったためであると解釈された。

標準偏差及び変動係数の値は、スケールが大きくなるほどそれぞれ増加、減少した(図5)。すなわち、スケールの拡張に伴って、作付け分布を考慮しなかった場合に生じる誤差の絶対量は大きくなり、総赤土流出量に対する誤差の割合は小さくなるトレードオフの関係が成立していることが確認された。

4. まとめ

本研究により、サトウキビ作付け形態は年毎に変化していること、また作付け形態分布の年変動が赤土流出量に与える影響は、解析対象スケールを変数として定量的に抽出可能であることが明らかとなった。

これまでの沖縄県における赤土流出推定モデルでは、流域以上の比較的大きなスケールにおいて作付け分布の年変動を考慮することなく構築される場合がほとんどであった。しかし、そのモデルを小流域等の小さなスケールで直接運用することは、大スケールでは無視して問題のなかった作付け分布変動の影響が考慮されないままである点で問題があると考えられる。さらに、実際に現場で施工される流出対策は、圃場から流域までの多様なスケールが想定されることから、実践的なモデル運用において解析スケールの違いがもたらす影響は無視できない。本研究では、解析対象とする面積に応じて、作物の分布変動を適切に考慮する必要性を明示的に示すことができた。

5. 謝辞

卒業論文の作成にあたり、乃田啓吾准教授にはあらゆる場面で親身にご指導を頂いた。また、国営事業地区等フィールド調査助成によってサトウキビ畑の現地視察が実現し、本研究に至る着想を得ることができた。心よりお礼申し上げます。

引用文献

比嘉榮三郎, 大見謝辰男, 花城可英, 満本裕彰(1995). 沖縄県における年間土砂流出量について. 沖縄県衛生環境研究所報(29), 83-88.
 比嘉榮三郎, 大見謝辰男, 中宗根一哉, 満本裕彰(1997). 沖縄県における各種作物の作物係数. 沖縄県衛生環境研究所(31), 147-151.
 Moor, I.D. Turner, A.K.Wilson, J.P.Jenson, S.K., and Band, L.E.,(1993). GIS and Land-Surface-Subsurface Process Modeling. Environmental Modeling with GIS. Oxford university Press, 196-230.

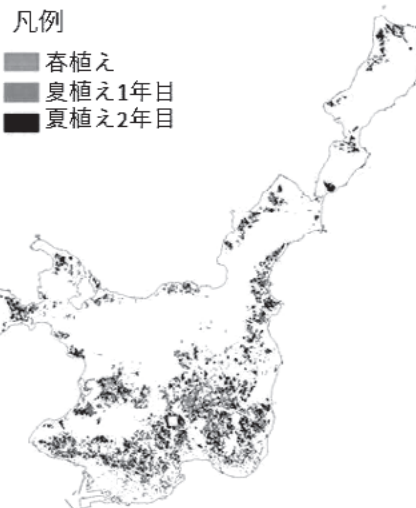


図2 2019年のサトウキビ作付け分布図

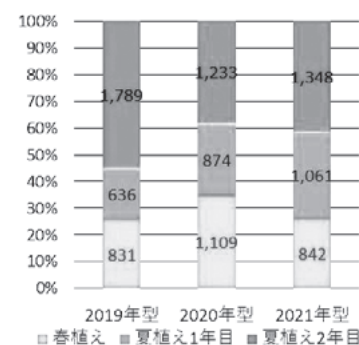


図3 各年の作付け形態割合

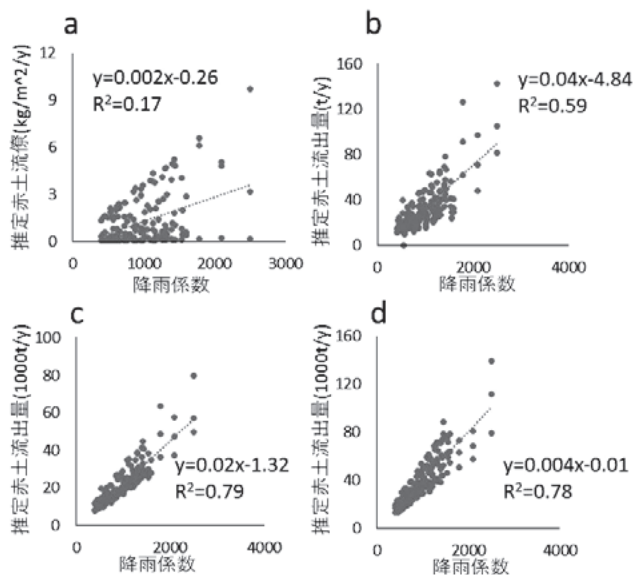


図4 51年分の降雨と赤土流出量 [a] 圃場 [b] 宮良川小流域 [c] 宮良川流域 [d] 石垣島全域.

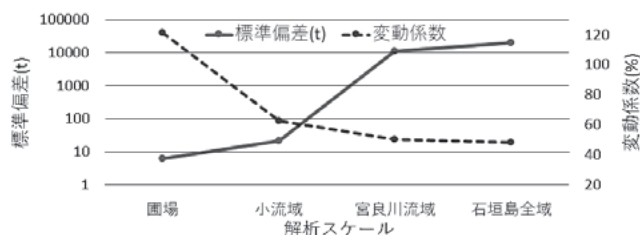


図5 標準偏差及び変動係数の挙動

球磨川流域における田んぼダムの効果と 土壌の浸透性が与える影響

京都大学 農学部 地域環境工学科 水環境工学研究室 山口 莉歩
(現在 京都大学大学院 農学研究科 在学)
指導教員 中村 公人 教授、濱 武英 准教授



1. はじめに

近年、地球規模での気候変動の影響により、日本各地で極端な降雨イベントによる洪水が頻発している。こうした災害の激甚化、頻発化に対し、河川や調整池の整備を中心とした従来の治水対策から、これらの治水対策に加えて、河川区域・集水域・氾濫域を一体として捉えた流域でのあらゆる関係者が一体となって様々な対策に取り組む、「流域治水」と呼ばれる新たな施策が推進されている。熊本県では、その一環として、水田のもつ洪水緩和機能を向上させる田んぼダムおよびスマート田んぼダムの導入が検討されている。

本研究では、水田における水収支式を基に、慣行圃場、各種田んぼダム圃場からの排水過程をモデル化し、それぞれの圃場からの排水量、湛水深を計算した。その結果から、土壌の浸透性に応じた田んぼダムによる排水量のピークカット効果、スマート田んぼダムの効果を評価した。

2. 田んぼダム

2.1 排水量調整板設置型の田んぼダム

排水量調整板は、通常の湛水深管理に用いる堰板に切欠きを設けて排水抑制機能を付与した“一体型排水量調整板”と、堰板とは別に排水柵内に設置して排水抑制をする“分離型排水量調整板”に大別される(宮津ら、2017)。

2.2 スマート田んぼダム

スマート田んぼダムとは、圃場に自動給排水栓を設置して、遠隔操作によって複数の水田の水管理を一括で行う田んぼダムの取り組みのことである。短時間気象予測に基づいて豪雨前の一斉落水、豪雨中の一斉貯留を実施することで、豪雨時の水田内への雨水貯留量を増大させ、水田からの排水を抑制することができるとされる。

3. 方法

3.1 調査地区の概要

熊本県湯前地区の圃場を対象とし、観測を行った。湯前地区では分離型田んぼダムとスマート田んぼダムに取り組んでいる(Fig.1)。また、多良木地区では、一体型田んぼダムにも取り組んでいる。一体型田んぼダム圃場では、切欠き部分を下にして排水量調整板を設置した圃場(以下、一体型田んぼダム(門型)圃場)、その上下を逆にし、切欠き部分を上にして排水量調整板を設置した圃場(以下、一体型田んぼダム(上開き)圃場)が存在する。

設置された分離型調整板は直径50mm、孔下端が板下端から50mmとなる孔が設けられていた。一体型調整板は、横幅100mm、高さ50mmとなる切欠きが設けられていた。

3.2 現地観測

熊本県球磨郡湯前町の分離型田んぼダムの排水量を観測した。排水量は圃場からの排水を三角堰で受け、堰内に設置した水位計の値を用いて水理学的に計測した。また、雨量は田んぼダム実施地区に雨量計を設置し、観測した。

3.3 圃場排水モデル

水田圃場における排水過程は、水収支式(連続式)を基本にして解析を行う。降雨イベントでは、蒸発散による

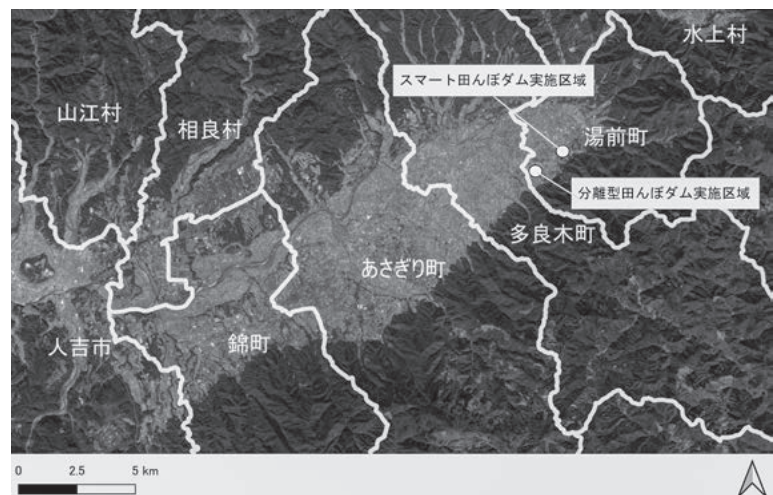


Fig.1 田んぼダム実施地区

損失は水田落水口からの表面排水に比べて小さく無視できるため、水田における水収支式は以下になる。

$$\frac{dh}{dt} = r - \frac{1}{S} (q+i)$$

ここで、 h : 湛水深(m)、 t : 時間(h)、 r : 降雨強度(m/h)、 q : 排水量(m^3/h)、 i : 浸透流量(m^3/h)、 S : 水田面積(m^2)である。

水田からの排水量は、ベルヌーイ式を用いることで、排水柵に設置された排水量調整板の種類と形状に応じて湛水深から求めることができる。

4. 結果と考察

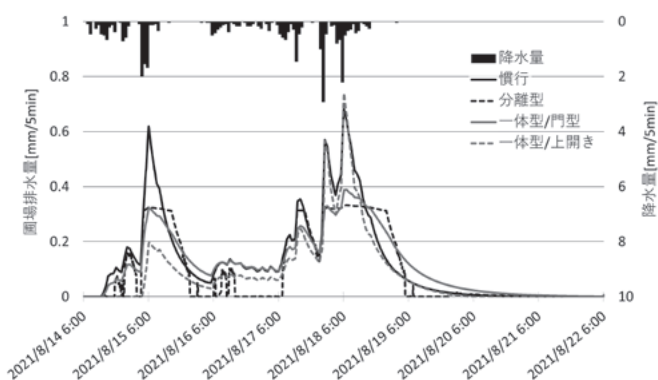
4.1 排水量調整板設置型の田んぼダム

2021年8月14日～19日の降雨イベントにおける観測排水量とモデル計算から、調査圃場の土壌は120mm/dに相当する浸透性があることが示唆された。これは、標準的な圃場比べて高い浸透性である。そこで、土壌の浸透性の違いによる田んぼダムの効果を検討するため、20mm/dに相当する浸透性を持つ圃場および120mm/dに相当する浸透性を持つ圃場それぞれにおける慣行圃場、分離型田んぼダム、一体型田んぼダム(門型)、一体型田んぼダム(上開き)からの排水量と湛水深をシミュレーションした(Fig.2)。

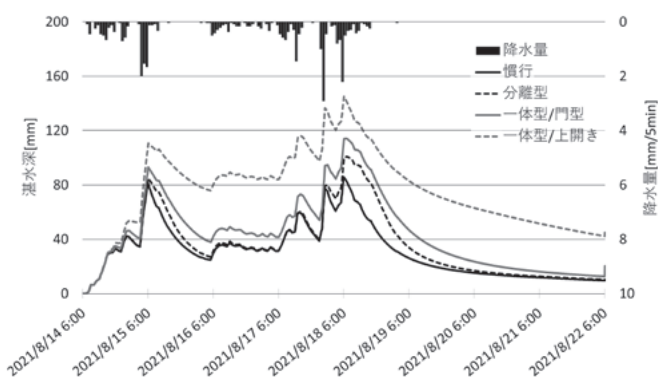
土壌の浸透性が低い場合には、分離型田んぼダムの方が一体型田んぼダムに比べて安定した排水抑制効果を示した。また、分離型田んぼダムの湛水深は一体型田んぼダムよりも低く抑えられていた。一方で、土壌の浸透性が高い場合には降雨強度が大きい降雨においても、一体型田んぼダムの方が分離型田んぼダム圃場に比べて大きな排水抑制効果を示した。しかし、土壌の浸透性に関わらず、一体型田んぼダムでは湛水深が高くなる傾向があった。特に、浸透性が低い圃場において一体型田んぼダム(上開き)では、畦畔越流の危険性が高くなる。

4.2 スマート田んぼダム

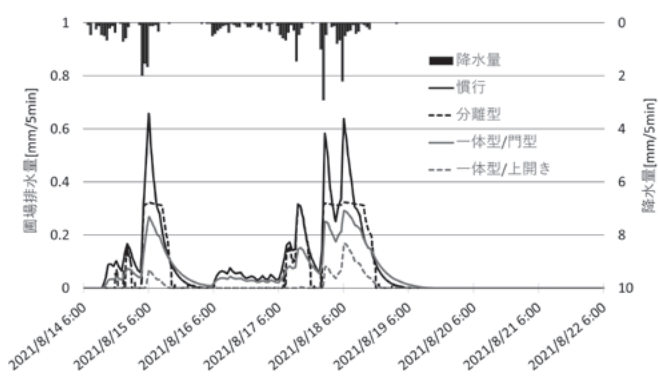
2021年8月12日～15日の降雨イベントについて慣行圃場と堰の一斉操作を実施したスマート田んぼダムの排水量と湛水深をシミュレーションした(Fig.3)。慣行圃場の堰の高さは田面から90mmで一定とし、スマート田んぼダムの堰の高さは、一斉落水前および一斉貯留時は90mm、一斉落水時および一斉落水後は0mmとした。また、土壌の浸透性は120mm/dとした。スマート田んぼダムで一斉貯留実施時、慣行圃



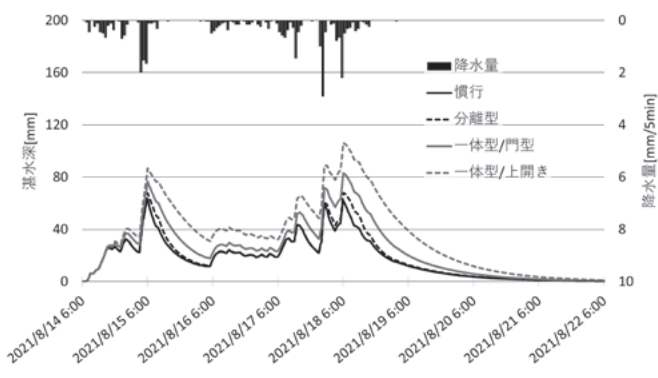
(a) 20mm/dに相当する浸透性を持つ圃場での田んぼダム実施時の排水量



(b) 20mm/dに相当する浸透性を持つ圃場での田んぼダム実施時の湛水深



(c) 120mm/dに相当する浸透性を持つ圃場での田んぼダム実施時の排水量



(d) 120mm/dに相当する浸透性を持つ圃場での田んぼダム実施時の湛水深

Fig.2 20mm/dに相当する浸透性を持つ圃場および120mm/dに相当する浸透性を持つ圃場それぞれにおける慣行圃場、分離型田んぼダム圃場、一体型田んぼダム(門型)圃場、一体型田んぼダム(上開き)圃場からの排水量と湛水深のシミュレーション結果

場では排水量が増大しているが、スマート田んぼダムでは排水開始が遅れ、排水量も減少していることが分かる。降雨ピークに対して、圃場からのピーク流出量を低下させていることは洪水緩和にいくらかの効果があると考えられる。

5. 課題

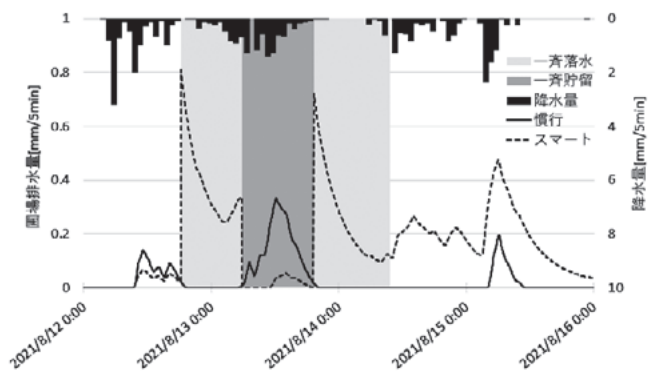
田んぼダム導入は一定の排水抑制効果があることが分かったが、慣行圃場に比べて湛水深が高くなるため、畦畔の嵩上げ工事等を行い、畦畔越流を防ぐ必要がある。また、スマート田んぼダムでは、一斉落水の時間を長く確保することで排水の遅延効果が大きくなるが、一斉落水を実施するのは豪雨が予想される場合であり、落水を行うタイミングを間違えれば、慣行圃場よりも排水量を増加させる可能性もある。スマート田んぼダムの効果をより得るためには、豪雨予測の正確性向上が求められる。

謝辞

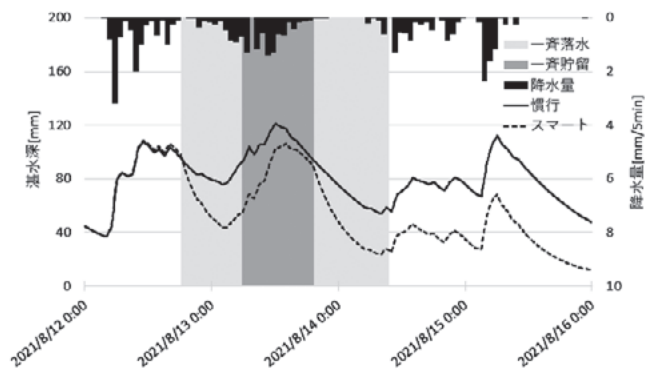
調査協力圃場の農家の方々、熊本県農林水産部農村振興局農村計画課をはじめとした関係機関、一般社団法人土地改良建設協会国営事業地区等フィールド調査学生支援事業に心から感謝申し上げます。

参考文献

宮津進, 吉川夏樹, 阿部聡(2017):フリードレーン方式の田面排水に適した機能分離型落水量調整装置の開発, 農業農村工学会論文集, 305, pp.159-167



(a) スマート田んぼダム圃場の排水量



(b) スマート田んぼダム圃場の湛水深

Fig.3 120mm/dに相当する浸透性を持つ圃場における慣行圃場、スマート田んぼダム圃場からの排水量と湛水深のシミュレーション結果

落差工のある農業水路におけるアユの遡上シミュレーション

京都大学 農学部 地域環境工学科 水資源利用工学分野 渡辺 佳成

指導教員 藤原 正幸 教授



1. はじめに

海と直接つながる農業水路では、アユなどの通し回遊魚の遡上・降河が見られるところがある。石川県白山市の白山頭首工を起点とする七ヶ用水は、その一例である。この水路で実施された調査では26種の魚類が採取され、そのうち11種が回遊性魚類であった(山本・田中, 2004)。また、七ヶ用水の一部である山島用水で行われた調査によると、7種の魚類が海から遡上していることが報告されている(一恩ら, 2013)。農業水路にはその目的上、起伏ゲートや落差工が各所に設けられ、それらは一般的に魚類の移動を妨げており、七ヶ用水もその例外ではないと考えられる。そこで、実態を把握するために、PIT(Passive Internal Transponder)タグを利用したバイオテレメトリー手法で研究が進められている。本研究は、アユの遡上に焦点を絞り、シミュレーションモデルによって遡上実態の再現を試みたものである。

2. 調査地

本研究の対象水路は用排兼用水路である山鳥用水4-2号支線の下流部3.5kmの区間である。この区間には19ヶ所の起伏ゲート・落差工(下流からd1、d2、…、d19)が設置されている(図1)。これらの落差工には段落ち式、多段式、斜路式など、魚類の移動に配慮された工夫がなされている。またd8、d10、d11、d13、d15、d17には起伏ゲート、d14には角落しが設置されており、取水あるいは排水の調整のために操作される。水路はコンクリート三面張りで水路幅は下流域で2.8m、上流域で1.4m程度である。水路床勾配は1/500~1/1000であるが、落差工を含めた水路全体の平均勾配は1/175程度となる。

3. 遡上シミュレーション

3.1 遊泳速度のモデル化

Iima(2021)と同様にアユの遡上は水路部と落差工部に分けてモデル化する。水路部においてIima(2021)のモデルは、体長に比例した巡航速度で遡上するモデルであったが、そのような取り扱いでは巡航速度を超える流速の水路はまったく遡上できなくなってしまう。現実には巡航速度以上でも突進速度以下であればある程度の時間は泳げるため、塚本・梶原(1973)を参考に遊泳速度と遊泳時間の関係を表す遊泳曲線を利用することとした(図2)。この遊泳曲線から、1.1m/sの速度では1,800秒、1.66m/sでは20秒間遊泳できることがわかる。本研究では、水路部のアユは式(1)に示すように水路流速の a 倍を期待値とし、その σ 倍を標準偏差とする正規分布に従ってそれぞれの魚の遊泳速度が決定され、その遊泳速度に基づいて遊泳曲線から求められる遊泳時間で遡上するようにモデル化した。遊泳時間を過ぎると力尽きて30秒間流され、その後再び遡上を始めるものとした。

$$V_{Cruise} = aV_{Channel} \quad (1)$$

ここで、 V_{Cruise} は魚の遊泳速度の期待値、 $V_{Channel}$ は水路流速(等流速の0.75倍を仮定)、 a は定数である。なお、水路の流速が速くなるとアユは流速の水路底・壁沿いの遅い流速の領域を遡上すると考えたため、実測に基づき水路流速を上記のように仮定した。

落差工部(起伏ゲートを含む)については、Iima(2021)のモデルと同じものを用いる。つまり、下流水面への突入流速を粒子法(Koshizuka and Oka, 1996)で求め、魚の突進速度がそれを上回れば遡上に成功し、そうでない場合は、その後1分ごとに遡上を試みるとした。(2)式で表現されるように体長の b 倍を突進速度の期待値とし、その3割を標準偏差とする正規分布に従ってそれぞれの魚の突進速度が決まるようにモデル化した。つまり、遡上を試みるごとに突進速度は正規分布に従って変化している。

$$V_{Burst} = bB_L \quad (2)$$

ここで、 V_{Burst} は突進速度の期待値、 B_L は魚の体長、 b は定数である。

3.2 計算ケースとパラメータの設定

対象水路でPITタグを取り付けたアユの体長は10cm程度であるため、 B_L は0.10mとし、流量については観測結果を参考に単位幅流量(q)として、 $0.13\text{m}^3/\text{s}$ と $0.20\text{m}^3/\text{s}$ の2パターンとした。突進速度は鬼塚ら(2009)による実験とIima(2021)による数値計算による検討結果に基づき $b=20$ を採用した。なお、 a および σ の値はパラメータとして扱う。

4. 計算結果と考察

PITタグを用いた観測により、起伏ゲートが倒れている場合、アユはd8~d11を2~4時間で遡上していることが分かっている。まず、これを再現するために、 a と σ をパラメータとし、d8の直下流に1,000匹放流してd11

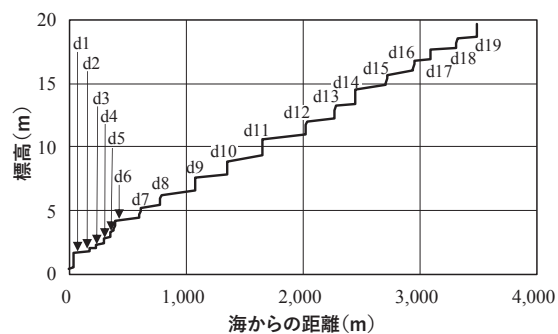


図1 水路縦断面

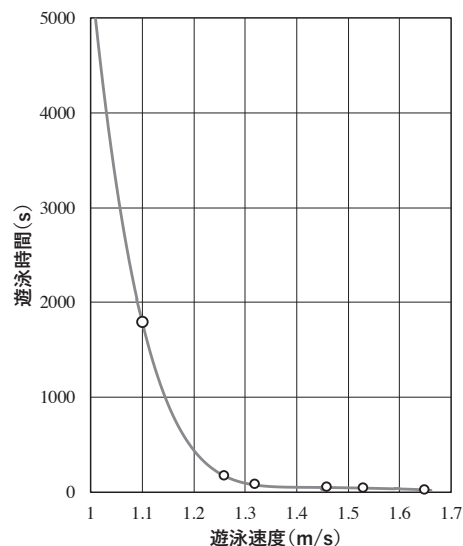


図2 遊泳曲線

直下流までの到達時間を計算した。観測時の水深から想定される流量である $q = 0.20$ を用いた。表 1 は d8 に放流されたからの各時間における d11 に到達したアユの数を示している。この結果より、パラメータは $1.1 \leq a \leq 1.3$ および $0.1 \leq \sigma \leq 0.3$ の範囲で、観測値をほぼ再現できることが分かる。

次に、前記のパラメータの範囲において、全ての起伏ゲートが転倒した状態で、d1 の直上地点に 1,000 匹のアユを放流し追跡した。表 2 に d19 までに到達するのに要した時間（平均時間と標準偏差）、落差工部で滞留していた平均時間、7 日間での到達匹数を示す。パラメータの組み合わせによつてばらつきがあるが、速いケースで半日、遅いケースで 1 日強の時間で遡上可能であることが分かる。実際は、24 時間泳いでいるわけではないので、1 日から 3 日ぐらいかかると想像される。 a が大きくなると到達時間が短くなり、 σ が大きくなると到達時間のばらつきが大きくなり、また滞留時間が長くなる傾向にある。さらには、 $q = 0.13$ のケースでは $a = 1.3$ と $\sigma = 0.3$ のケースで、 $q = 0.20$ のケースでは $\sigma = 0.1$ 以外のケースで、d19 まで遡上できないアユがでてくる。 σ が大きくなると、大きな遊泳流速で泳ぐ魚の割合が増え、その結果遊泳時間が短くなることによって水路部を上り切れず流されて下流の落差工に落ち、再度その落差工を越えることに時間を費やし、無事越えることができて同じような状況に陥る割合が高くなるためである。

また、起伏ゲートが起立している状態では d8 の下流水面への突入流速が 3m/s 以上、落差高は 80cm 以上となるので、アユの遡上は d8 までとなる。したがって、対象水路ではアユは起伏ゲートが倒れている期間のみ遡上できることになることから、遡上は起伏ゲートに支配されていると言える。

また、起伏ゲートが起立している状態では d8 の下流水面への突入流速が 3m/s 以上、落差高は 80cm 以上となるので、アユの遡上は d8 までとなる。したがって、対象水路ではアユは起伏ゲートが倒れている期間のみ遡上できることになることから、遡上は起伏ゲートに支配されていると言える。

5. おわりに

七ヶ用水の山島用水 4-2 号支線の下流部 3.5km の区域を対象としたアユの遡上シミュレーションモデルを構築し、遡上状況を検討した。水路部における遡上モデルはアユの遊泳曲線を利用し、遊泳速度と遊泳持続時間によって遡上状況を計算し、落差工部は下流水面への突入流速より突進速度が大きければ遡上に成功するようにモデル化した。シミュレーションによって、起伏ゲートがすべて倒れている状態では、1～3 日で最上流まで遡上可能と推定された。ただ、実際の遡上は水路内に複数設置されている起伏ゲートに支配されている状態と言える。

謝辞

本研究を実施するにあたり、一般社団法人土地改良建設協会国営事業地区フィールド調査学生支援事業の支援を得ました。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- Iima K. (2021): Fish Ascending Simulation in an Agricultural Channel with Hydraulic Drops, Master's thesis, 40p.
 一恩英二・能登達也・山本邦彦・長野峻介・上田哲行(2013): 海域に流入する農業水路における淡水魚類の遡上と分布について, Journal of Rainwater Catchment Systems, 19(1), 19-28.
 Koshizuka S, and Y. Oka (1996): Moving-particle semi-implicit method for fragmentation of incompressible fluid, Nuclear Science and Engineering, 123, 421-434.
 鬼東幸樹・秋山壽一郎・山本見義・渡邊拓也・脇健樹(2009): 河川に生息する数魚種の突進速度に関する研究～アユ, オイカワ, カワムツ, ギンブナを対象～, 土木学会論文集B, 65(4), 296-307.
 塚本勝巳・梶原武 (1973): 魚類の遊泳速度と遊泳力, 水産土木, 10(1), 31-36.
 山本邦彦・田中省吾(2004): 七ヶ用水の淡水魚類, 石川県農業短期大学研究報告, 33, 63-71.

表 1 d8からd11までの到達時間と遡上数

a	σ	1 時間後	2 時間後	3 時間後	4 時間後
1.1	0.1	0	0	237	793
	0.2	0	0	142	668
	0.3	0	0	63	515
1.2	0.1	0	604	819	826
	0.2	0	461	678	692
	0.3	0	296	537	548
1.3	0.1	0	764	788	817
	0.2	0	620	636	700
	0.3	0	488	520	536

表 2 d19までの到達時間(平均時間±標準偏差)と落差工部での滞留時間、および7日間での遡上数

a	σ	$q = 0.13 \text{ m}^3/\text{s}$			$q = 0.20 \text{ m}^3/\text{s}$		
		到達時間	滞留時間	遡上数	到達時間	滞留時間	遡上数
1.1	0.1	22.7±1.6	3.7	1,000	22.3±3.4	5.6	1,000
	0.2	23.0±1.8	3.8	1,000	25.7±5.9	8.6	1,000
	0.3	24.7±2.8	5.1	1,000	29.8±8.3	12.0	894
1.2	0.1	14.0±1.9	4.0	1,000	14.5±3.0	5.5	1,000
	0.2	14.2±2.2	4.0	1,000	17.7±6.1	8.3	994
	0.3	15.4±2.8	4.7	1,000	21.2±8.4	11.3	767
1.3	0.1	11.1±2.0	3.7	1,000	12.5±3.8	5.7	1,000
	0.2	11.3±2.3	3.8	1,000	16.4±7.3	9.3	872
	0.3	12.5±2.7	4.7	954	21.2±12.3	13.5	585

兵庫県東播磨地域におけるため池管理水準の実態とそれに影響する要因の分析



京都大学 農学部地域環境工学科 波多野 功哉

指導教員 星野 敏 教授、柴崎 浩平 (4月1日より兵庫県立大学助教)

1. はじめに

近年では、第二次・第三次産業の進展に伴って水田農業が衰退しており、農業の担い手が減少し、またその年齢も高齢化することにより、これまで主として農家の手によってなされてきたため池管理が、好ましく行われなくなってきている現状にある。さらには、都市化によって混住化と受益農地の減少が進み、ため池堤体の草刈り労力が不足していたり、ため池の樋門管理の知恵が世代間で継承されないまま消失したりしている地域もある。また、都市排水の流入によって生態系が破壊されてしまうなど、ため池管理はさまざまな問題に直面している。

したがって、今後ため池が持続的に管理されていくために、ため池管理の現状を的確に把握し、またその管理実態に影響を及ぼす要因を知ることが、ため池を多数抱える自治体や各ため池を管理する水利組合にとって肝要である。

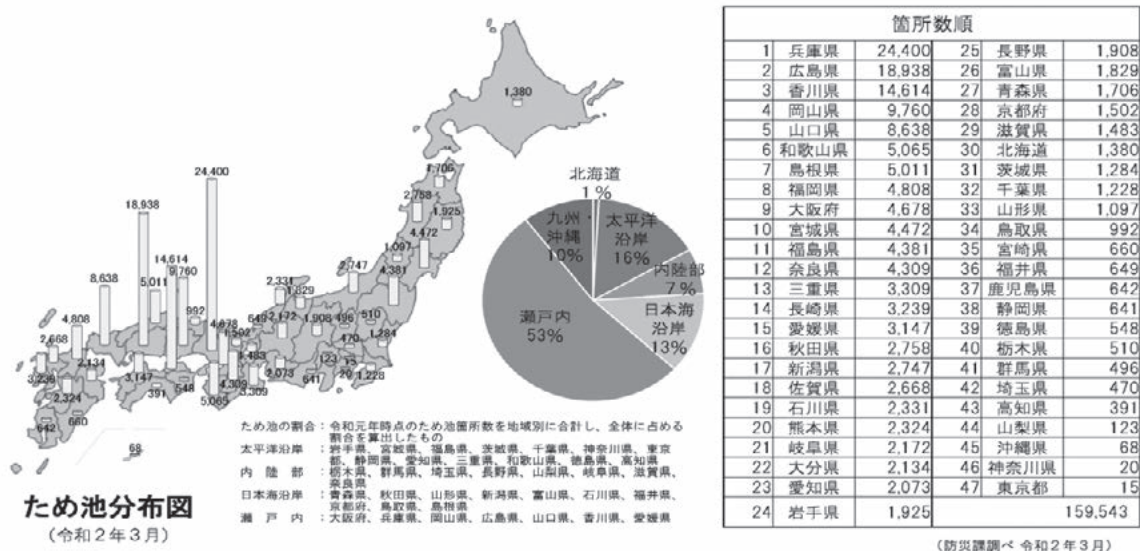


図1 全国のため池分布とその箇所数(2020年3月時点) (農林水産省ホームページより)

2. 研究対象地域

兵庫県は、ため池が集中する地域である(図1)。特に東灘明石市、加古川市、高砂市、稲美町、播磨町の3市2町からなる東播磨地域は、年間降雨量が1,200mm程度の典型的な瀬戸内気候地帯で、かんがい用水はもちろん、

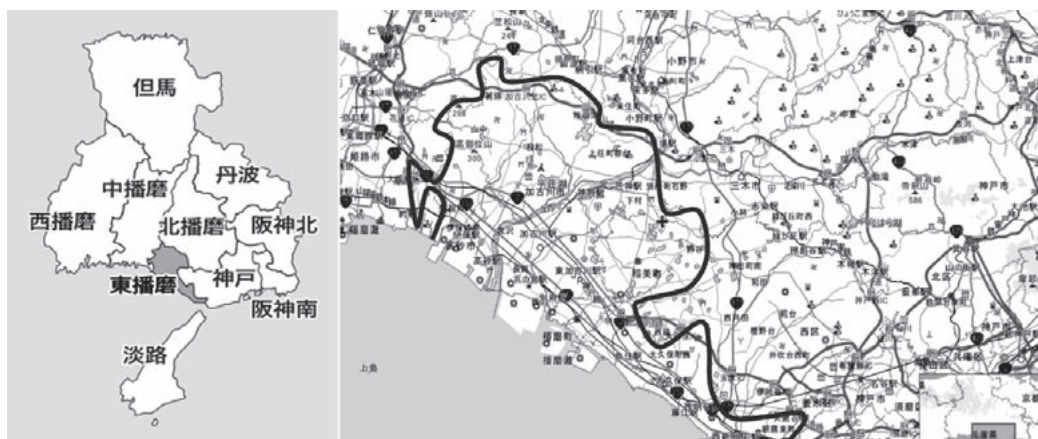


図2 兵庫県の各県民局と東播磨地域(兵庫県ホームページより)

飲用水にも不自由するほどの干ばつ常襲地帯であり、大小さまざまなため池が造られてきた。このような水不足を解決するために、東播用水が建設された。この事業は篠山川、東条川、美囊川の3河川の上流に三つのダムを築造し、導水路でつなぎあわせ、下流のため池群にかんがい水を供給する国営の広域水利開発事業である。東播用水によって水不足の事態は解消されたが、今日では地域内に多数存在するため池の管理問題が顕在化している。

3. 方法

本研究は以下に示す4つの段階に沿って実施した。

- ①ため池管理作業の把握と質問項目の抽出
- ②管理作業の水準(目的変数)と影響要因(説明変数)の設定
- ③アンケート調査によるため池管理の実態の把握
- ④重回帰分析による管理作業と説明変数との関係性の把握

ため池管理作業に関するデータは兵庫県が令和3年6月に全県ため池管理組織を対象にした「ため池管理に関するアンケート(第9回)」を用いた(東播磨地域のため池のみを抽出)。また、影響要因(管理作業の説明変数)に関するデータは、後掲表1のとおりである。なお、各種のデータを連結するため、ため池と集落の包含関係を確認の上、分析単位を集落に統一した。ため池と集落との間に整合性がとれないサンプルを除外した結果、最終的に分析の対象としたサンプル数は76であった。

4. 結果と考察

(1) ため池管理作業の把握と質問項目の抽出

ため池管理作業に関わる文献をレビューし、図3に示す柴崎によるため池管理の分類を採用した。ここで柴崎は、その作業主体に着眼してため池管理を体系化している。レビューの詳細については割愛する。

次に、ため池管理の分類とアンケート調査との対応関係を整理した。図3に示す「水位の調整」、「水入れ」、「施設の点検・整備」を一つの管理作業カテゴリー「高い専門性の求められる管理作業」として、また、残りの「お金の管理」、「共同作業(草刈りや水路清掃)」、「その他(イベントの実施など)」も同様に管理作業カテゴリーとして捉え、それに見合う質問項目を先述のアンケート(以下の表に改めて出典の詳細を示す)から抽出し、分析項目とした。

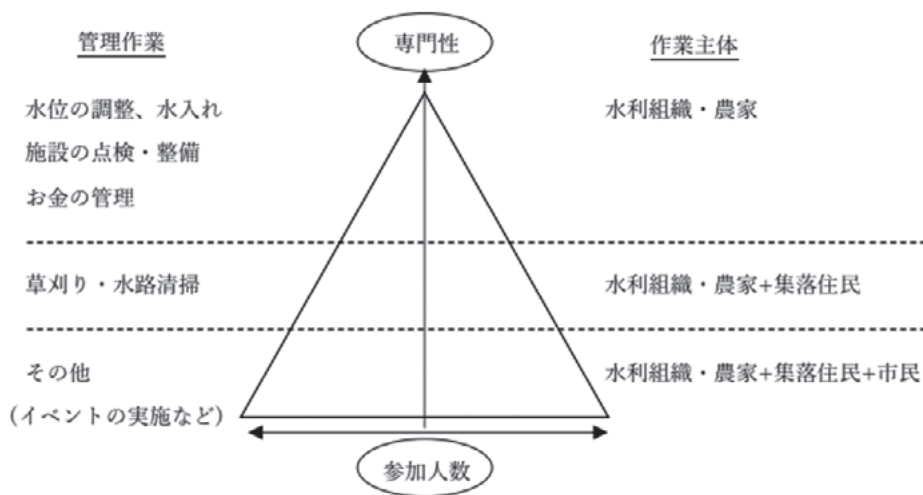


図3 ため池管理作業と管理主体
(柴崎浩平(2020): ため池の管理における市民参加の限界と展望—東播磨フィールドステーションの取り組みを事例として—、『農村計画学会誌』38巻3号、341-344. に加筆)

(2) 管理作業の水準(目的変数)と影響要因(説明変数)の設定

表1に、ため池管理作業(目的変数)と影響要因(説明変数)のそれぞれの指標およびそのデータの出典をまとめたものを示す。影響要因は人口特性、地域特性、営農状況、ため池の物理的特性の4群からなる。紙幅の都合で、ため池管理作業と影響要因に関わる仮説の詳細な説明は割愛する。

表1 管理作業または要因とその指標とデータの出典

管理作業／要因	指標	データの出典
ため池管理作業 (目的変数)	Y1: 高い専門性の求められる管理作業 Y2: お金の管理 Y3: 共同作業 (草刈りや水路清掃) Y4: その他 (イベントの実施など)	・兵庫県農政環境部農村環境室 (2021): ため池の管理に関するアンケート (第9回)、『ひょうごため池だより』第13号 (令和3年6月) 同封
人口特性に関する 要因	X1: 男女別コーホート人口とその割合 X2: 農業従事者数 (総数、男女別、男女別、割合) X3: 農業就業人口増加率 X4: 生産年齢人口とその割合 X5: 高齢化率 X6: 非農家率 X7: 混住化率 X8: 学童児童数とその割合	・農林水産省統計部 (2021): 2015農林業センサス (2020年農業集落基準)、『地域の農業を見て・知って・活かすDB～農林業センサスを中心とした総合データベース～』 ・農林水産省統計部 (2021): 2010農林業センサス (2020年農業集落基準)、『地域の農業を見て・知って・活かすDB～農林業センサスを中心とした総合データベース～』
地域特性に関する 要因	X9: 寄回数増加率 X10: 市街化区域面積の占める割合 X11: 加古川の左岸か否か X12: DIDまでの所要時間	・農林水産省統計部 (2021): 2015農林業センサス (2020年農業集落基準)、『地域の農業を見て・知って・活かすDB～農林業センサスを中心とした総合データベース～』 ・農林水産省統計部 (2021): 2010農林業センサス (2020年農業集落基準)、『地域の農業を見て・知って・活かすDB～農林業センサスを中心とした総合データベース～』 ・明石市 (2021): 市街化区域・市街化調整区域、『明石市ホームページ』 ・神戸市 (2021): 神戸市都市計画情報、『神戸市情報マップ』 ・加古川市 (2021): 都市計画情報、『加古川電子地図サービスかこナビ』 ・高砂市 (2021): 都市計画総括図、『高砂市ホームページ』 ・稲美町 (2018): 用途地域等の制限、『稲美町ホームページ』 ・播磨町 (2021): 都市計画情報提供サービス、『播磨町ホームページ』
営農状況に関する 要因	X13: 一農家当たりの農産物平均販売額 X14: 稲作面積率 X15: 販売農家数とその割合 X16: 集落営農組織の有無 X17: 関係土地改良区の有無 X18: 東播用水の受益地か否か	・農林水産省統計部 (2021): 2015農林業センサス (2020年農業集落基準)、『地域の農業を見て・知って・活かすDB～農林業センサスを中心とした総合データベース～』 ・農林水産省統計部 (2021): 2010農林業センサス (2020年農業集落基準)、『地域の農業を見て・知って・活かすDB～農林業センサスを中心とした総合データベース～』
ため池の物理特性 に関する要因	X19: 個数 X20: 受益面積 (合計、平均) X21: 堤長 (合計、平均) X22: 堤高 (合計、平均) X23: 貯水量 (合計、平均)	・兵庫県土地改良事業団体連合会 (2021): 水土緑情報システム2021、『水土緑ネット兵庫ホームページ』 ・兵庫県農政環境部農林水産局農村環境室 (2021): ため池データベース、『ひょうごため池保全県民運動』

(3) アンケート調査によるため池管理の実態の把握

まず、アンケートから抽出したため池管理に関わる質問項目の単純集計を行うと表2のようになった。Q1とQ2が「高い専門性の求められる管理作業」であるが、これらに問題点を抱えている管理組織は全体の約5割と、非常に高い割合を占めていることが確認できた。また、「お金の管理」に該当するQ3やQ4、そして「共同作業(草刈りや水路清掃)」に該当するQ5では、管理に難題を見出していない管理組織が比較的多いことがわかった。そして、「その他(イベントの実施など)」に該当するQ6からは、芳しくない現状にある管理組織が過半を占めていることが確認できた。

(4) 重回帰分析による管理作業と説明変数との関係性の把握

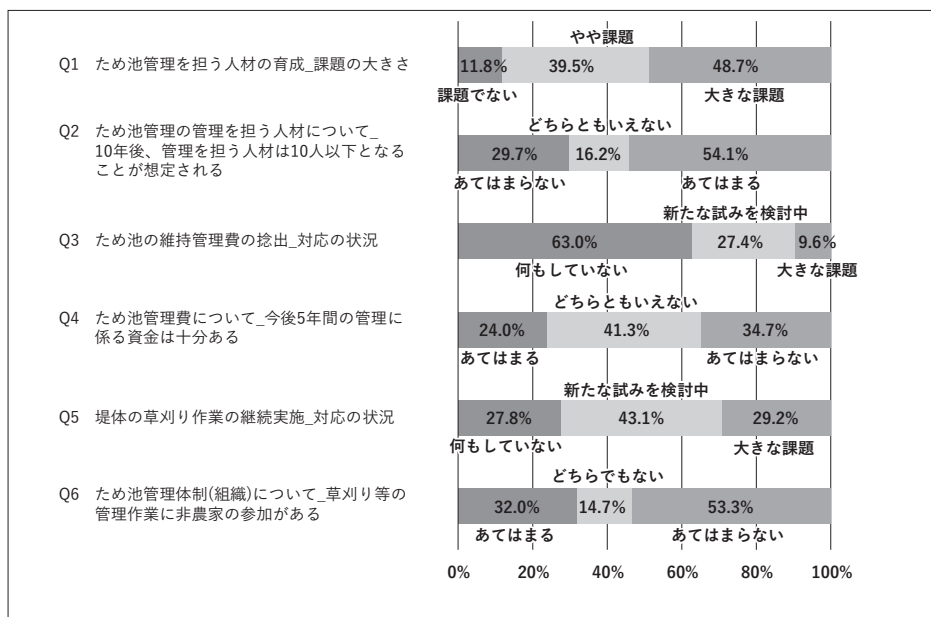
ステップワイズ法による重回帰分析(基準: p値<0.05で投入、p値>0.10で除去)を行った結果は以下の表3のとおりである。管理するため池の貯水量が多いほど維持管理費の捻出に課題を抱えていることや、混住化率が高いほど非農家の管理作業参加はなされないことなどがわかった。

具体的には、「高い専門性の求められる管理作業」については、管理するため池一つあたりの受益面積が大きければ課題の大きさは緩和される傾向にあること(Q1)や、販売農家率が高くなれば10年後のため池管理を担う人材が10人以下とはならない傾向にあること(Q2)がわかった。

また、「お金の管理」については、管理するため池の貯水量が大きければ大きいほど維持管理費の捻出への対応に課題を抱えている傾向にあること(Q3)や、そして市街化の進展する地域においては今後5年間の管理資金が十分にある傾向があること(Q4)がわかった。

そして、「共同作業(草刈りや水路清掃)」や「その他(イベントの実施など)」については、農業就業人口増加率が低ければ草刈り作業の継続実施への対応に課題を抱えている傾向にあること(Q5)、混住化率が高ければ草刈り等への管理作業に非農家の参加が乏しくなる傾向があること(Q6)がわかった。

表2 分析項目(アンケート質問項目)の単純集計



注) 割合については小数第2位で四捨五入しているため、合計が100%にならない場合がある

表3 重回帰分析後に残った変数とその標準化係数

管理作業カテゴリー	アンケート質問	分析項目(アンケート質問項目)	重相関係数R	決定係数R ²	変数の個数	残った変数(標準化係数β)			
I 高い専門性の求められる管理作業	Q1 ため池管理を担う人材の育成	課題の大きさ	0.534	0.285	4	受益面積(ha)_平均化ため池(-0.366)	男25~29歳/総人口(-0.482)	女65~69歳/総人口(-0.318)	女20~24歳/総人口(-0.213)
	Q2 ため池管理の管理を担う人材について	10年後、ため池管理を担う人材は10人以下となることが想定される	0.369	0.136	2	販売農家率(-0.342)	総数70~74歳(-0.280)	-	-
II お金の管理	Q3 ため池の維持管理費の捻出	対応の状況	0.472	0.222	2	貯水量(千m ³)_ため池すべての和(0.421)	男50~54歳/総人口(-0.212)	-	-
	Q4 ため池管理費について	今後5年間の管理に係る資金は十分ある	0.499	0.249	3	総数25~29歳/総人口(-0.399)	市街化区域度(0.424)	受益面積(ha)_平均化ため池(0.314)	-
III 共同作業(草刈りや水路清掃)	Q5 堤体の草刈り作業の継続実施	対応の状況	0.371	0.138	2	受益面積/総農業従事者数(0.320)	農業就業人口増加率(-0.222)	-	-
IV その他(イベントの実施など)	Q6 ため池管理体制(組織)について	草刈り等の管理作業に非農家の参加がある	0.235	0.055	1	混住化率(-0.235)	-	-	-

5. おわりに

ため池管理の機能水準については、受益面積や貯水量といった物理的データが、ため池管理には大きく関連することが考えられるため、そういった指標に応じた行政組織の対応が求められる。いっぽうで、都市化傾向によりため池の廃止・縮小が行われ、結果としてため池管理における問題点が少なくなるとされる地域もあることがわかった。また、ため池管理水準の将来予測には、人口シミュレーションと連動した、より精度の高い分析が必要になる。

謝辞

本研究は京都大学農学部地域環境工学の卒業論文として取り組んだものである。京都大学星野敏教授、神戸大学柴崎浩平特命助教にご指導頂いた。また兵庫県農林水産局農村環境室野村純数氏には県内のため池アンケート調査のデータを提供頂いた。水土里ネット東播用水専務理事の福田信幸氏にはため池管理のヒアリングと現地視察でお世話になった。紙面を借りて各位に御礼申し上げる。

喜界第2地下ダム湖の移流分散現象

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 稲口 知花



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、地表水に乏しい島である。このため、喜界島では農業用水を確保すべく2003年より貯留型の喜界第1地下ダムを供用している。更なる農業の発展に向けて新設される喜界第2地下ダムは塩水阻止型であり、第1ダムよりも水質管理が難しい。喜界島の帯水層は主に碎屑性石灰岩(R1)により構成され、地下ダムの難透水性基盤は島尻泥岩(R3)から成る。また、北堤付近の深部に高透水性の石灰藻球石灰岩(R2)を有することから、北堤と南堤では異なる移流分散現象が生じると想定される。本研究では喜界第2地下ダムの水質管理に資する知見の獲得を目的として、塩水浸入を伴う溶質輸送実験を実施した。

2. 溶質輸送実験

本実験で使用した実験装置の概略を図2、試料の物理特性を表1に示す。基盤を試料S3、ダム壁をS4、帯水層をS1とS2で構成し、北堤(Dam N)と南堤(Dam S)を反映した層厚に試料を充填した。北堤は塩水浸入あり(N_s)となし(N_f)を比較実験し、南堤は塩水浸入あり(S_s)の実験を実施した。いずれの実験も上流と下流の水頭差にて動水勾配0.006を与えた。2021年7月に喜界島にて実施した現地調査の様子を図3に、現地調査で計測した地下水中の電気伝導度を図4に示す。潮汐と電気伝導度の変動に明確な関係は得られないため、本実験において下流の水位は一定とした。

表1：試料の透水係数と層厚

試料	透水係数 (cm/s)	Dam N (cm)	Dam S (cm)
S1	1.9×10^{-1}	Y1=55.3	Y1=70.3
S2	4.0×10^{-1}	Y2=15.0	Y2=0.
S3	4.8×10^{-3}	Y3=9.7	Y3=9.7
S4	4.2×10^{-3}	Y4=47.5	Y4=47.5

定常流状態を確認後、点a~dの1点に20cm³のトレーサを20秒間でパルス注入した。溶質輸送挙動を可視化するため、青系水溶性色素Brilliant Blue FCFをトレーサとして使用した。実験中はLEDライトにより明るさを一定に保ち、装置から約1m離れた位置からデジタルカメラにて定点撮影した。

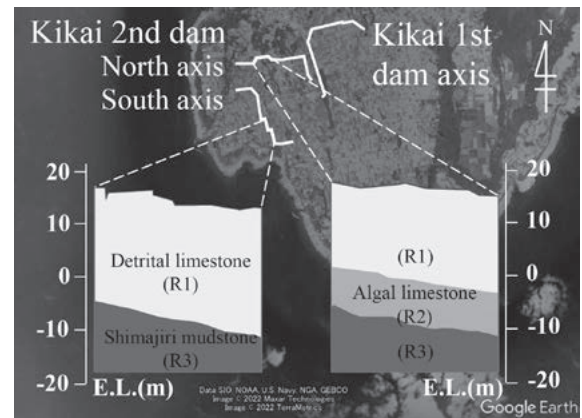


図1 喜界島の地層

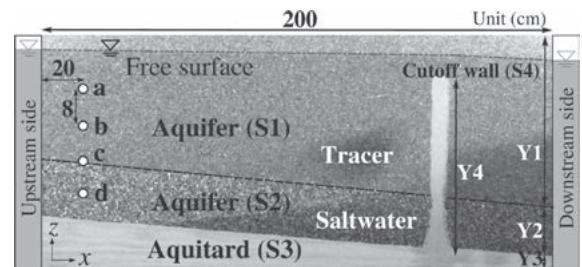


図2 実験装置の概略



図3 現地調査の様子

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。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 $x_G = M_{10}/M_{00}$ 、 $z_G = M_{01}/M_{00}$ にて算出し、注入点から重心までの距離 L を経過時間で除して流速 v を求め、縦分散係数 D_L 、横分散係数 D_T を

$$D_L = \frac{v}{2L} \left(\frac{M_{20}}{M_{00}} - x_G^2 \right), D_T = \frac{v}{2L} \left(\frac{M_{02}}{M_{00}} - z_G^2 \right) \quad (2)$$

にて導出した。

3. 結果と考察

北堤を対象として、塩水侵入の有無に応じた流速ベクトルを図5に示す。塩水が浸入する Dam N_S の溶質輸送経路は塩水くさびの影響を受けて、塩水侵入のない Dam N_f より鉛直方向に高くなる。また、高透水性の S2 層を流れる点 d の溶質の流速は他の溶質より大きくなる点に特徴がある。

北堤を再現した Dam N_S に対して、溶質の輸送距離と分散係数の関係を図6に示す。点 c、d の溶質の分散性は他の2点より高く、溶質は大きく拡がることわかる。一方、南堤を再現した Dam S_S の分散係数を示す図7を見ると、溶質の注入位置が深いほど分散性は高くなる傾向にあるものの、図6の点 c、d ほど顕著な差はない。したがって、Dam N_S の点 c、d を起点とする溶質の分散性の拡大は高透水層の存在に起因するといえる。

溶質分布全体の変化を定量化するために Shannon エントロピー H を導入する。

$$H(t) = - \sum_{k=1}^n P_k(x, z, t) \log P_k(x, z, t) \quad (3)$$

ここに、 k はピクセルの位置指標、 n は総ピクセル数、 P は初期濃度に対する正規化濃度である。エントロピーの時系列変動を図8に示す。Dam N_S 、 S_S ともに、点 a と b の変化はほぼ同じであり、地下水面付近の移流分散

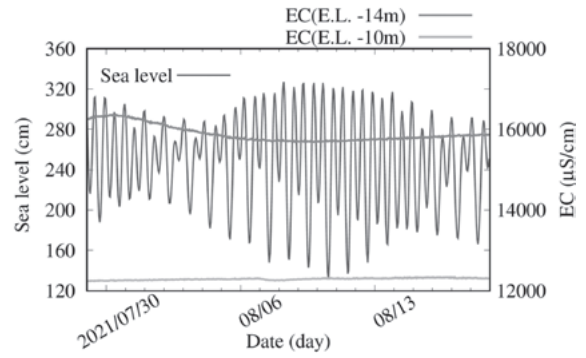


図4 電気伝導度の推移と潮汐

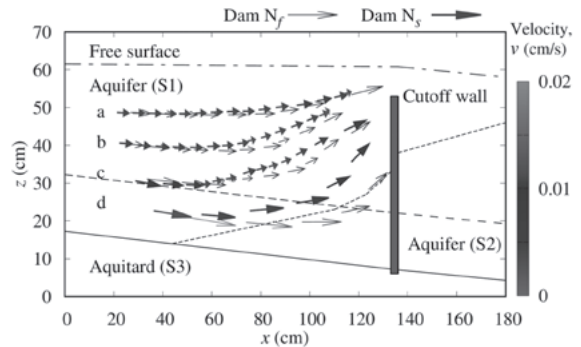


図5 Dam Nの流速ベクトル

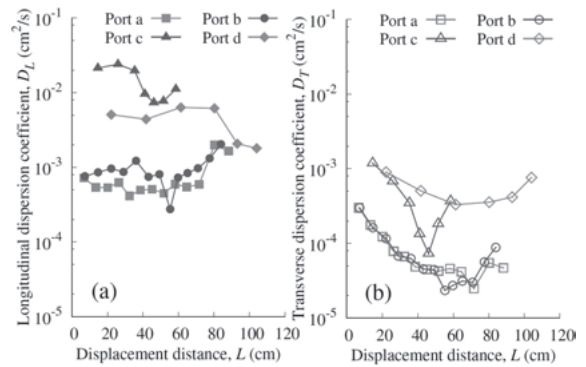


図6 Dam N_S の分散係数

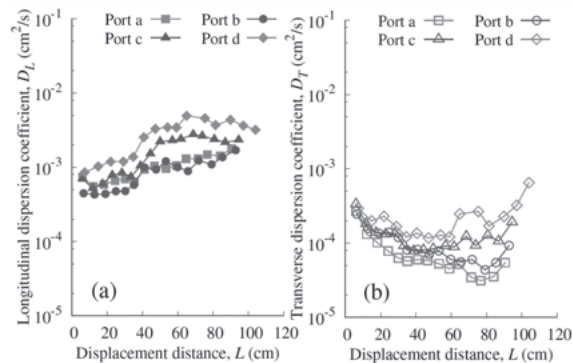


図7 : Dam S_S の分散係数

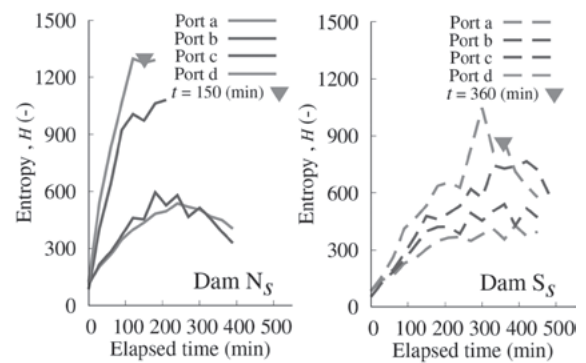


図8 エントロピーの時系列変動

現象に差はないといえる。一方、Dam Nsの点c、dに注入した溶質のエントロピーは大きく増大する。エントロピー増大は溶質分布の拡大と平均濃度の低下を意味することから、北堤帯水層の深部に流入した溶質は希釈されやすいことを表している。そこで、点dに注入した溶質分布を図9に示す。Dam NsとDam Ssの分布形状は大きく異なり、Dam Ssの溶質は希釈されにくい点とDam Ssのエントロピーは小さい点は呼応している。したがって、北堤より南堤帯水層の方が観測濃度は高くなる可能性がある。

4. まとめ

本研究では模型実験にて喜界第2地下ダム湖の移流分散現象を定量化した。喜界第2地下ダム湖における溶質輸送経路は塩水くさびの影響を受けて上昇し、北堤帯水層の高透水層は溶質分布の拡大に寄与する。また、地下水水面付近の移流分散現象は北堤と南堤で差異はなく、ダム壁建造後は、北堤より南堤の方が観測濃度は高くなる可能性がある。

謝辞

本研究は、一般社団法人土地改良建設協会「2021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。

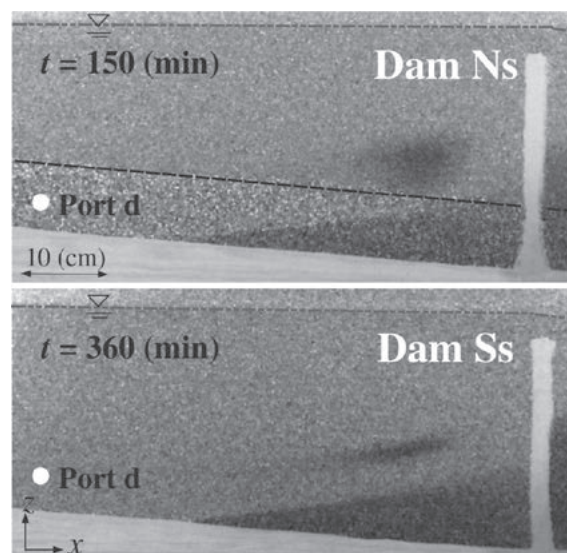


図9 点dを起点とする溶質の分布

機械学習を用いた宮古島地下ダム流域における硝酸性窒素濃度のアンサンブル予測

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 武氣 祐璃子
 (現在 関西電力株式会社 勤務)
 指導教員 井上 一哉 教授



1. はじめに

喜界島を北限とする南西諸島の島々は隆起性サンゴ礁石灰岩である琉球石灰岩から成る島である。琉球石灰岩は多孔質で高い透水性をもつため、降雨の大半は地下に浸透し、地下水となって難透水性の基盤岩である島尻層群(泥岩)との不整合面に従い傾斜方向に流動する。このため、地下ダム事業によって地下水開発が実施されている。

鹿児島県奄美大島の東方22kmに位置する喜界島においては、喜界第一地下ダムが建設されている。同様に沖縄県宮古島においては、皆福、砂川、福里、仲原地下ダムが国営事業として建設され、農業用水の安定供給に貢献している。喜界島には水質観測点が少ない一方で、宮古島においては複数の観測点にて硝酸性窒素、pH、硫酸イオンをはじめとした多くの水質項目が観測されている。地下ダムを保全管理する上で硝酸性窒素(以下、 $\text{NO}_3\text{-N}$ と記す)濃度の現状把握と変動予測は不可欠である。しかしながら、効率的に、かつ、迅速に地下ダムの $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度の変動を予測する手法は確立されていない。そこで本研究では、機械学習を用いて宮古島地下ダム流域における $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の予測と濃度分布の可視化手法を構築する。



図1 観測井戸(現地調査)

2. 機械学習の手順とアルゴリズムの選定

図2に示すように、宮古島は断層により砂川、仲原、福里の3つの流域に区分され、観測点K1~K13では2004年4月1日から60日間隔で水質を観測している。水質項目はNO₃-N、塩化物イオン、pHなど13種類であり、例として図3に観測点K2のNO₃-N、硫酸イオン、ナトリウムイオンの経時変化を示す。

機械学習では12種類の水質データと2004年4月1日からの経過日数の計13種類を説明変数とし、目的変数であるNO₃-N濃度を予測する。本研究では、2021年1月31日(以下、予測対象日と記す)の観測データを予測できる機械学習の手法を構築する。将来予測では目的変数のみならず説明変数も未知であるため、まず、水質項目ごとに観測イベント間の変化量を求めた。図4に観測点K2における硫酸イオンとナトリウムイオンの変化量のヒストグラムを示す。次に、変化量を正規分布とみなしてラテンハイパーキューブサンプリングにて各水質の変化量をランダム抽出した。最後に予測対象日の1つ前の観測日である(2020年11月24日)の観測日に加算して説明変数とし、NO₃-N濃度を予測した。抽出・加算・予測の過程を4000回繰り返して、得られたNO₃-N、濃度のアンサンブル平均を当該観測点の予測値とした。

本研究では、予測に適した機械学習のアルゴリズムを選定すべくExtra Trees, Random Forest, Support Vector Regressionの予測精度を比較した。図5に代表点K1~K3の予測結果を示す。Extra Treesは高い精度を示しており、過学習しにくい点を踏まえてNO₃-N濃度予測のアルゴリズムに決定した。

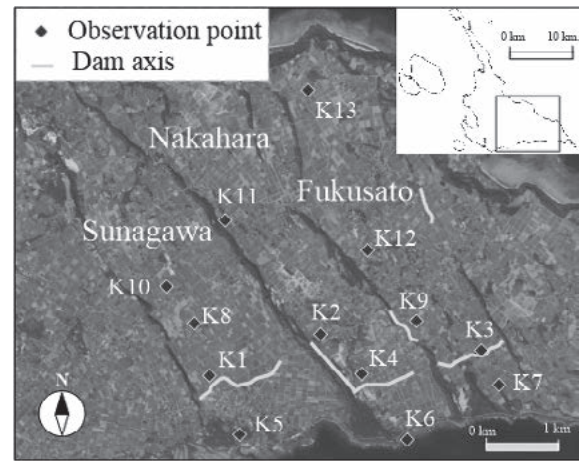


図2 宮古島の水質観測点 (国土地理院のデータより作成)

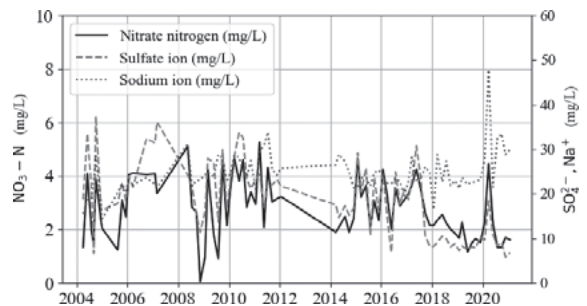


図3 観測点K2の水質項目の経時変化

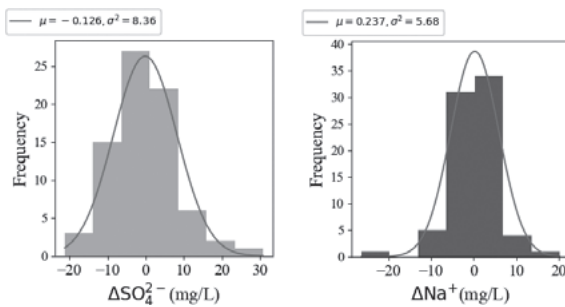


図4 観測点K2の水質の変化量と確率分布

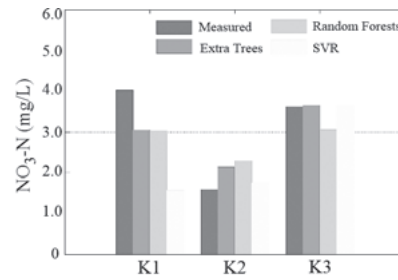


図5 観測点K3での精度比較

3. 宮古島地下ダム流域の硝酸性窒素濃度マップの提示

ダム湖の保全管理に向けて、点情報を面情報に拡張すべく、各観測点のアンサンブル予測結果に基づき、逆距離加重法にて流域ごとに濃度分布を可視化した。予測対象日の実際の観測値から作成した濃度マップを図6に示す。仲原流域におけるNO₃-N濃度は砂川、福里流域と比較すると低い傾向にある。仲原流域では地下ダムが建設中であり、止水壁を完全に締め切っていないため、南東方向の地下水流れに従って海へNO₃-Nは流出していると推測される。また、いずれの流域においても南側のNO₃-N濃度は高い傾向にあることから、止水壁付近ではNO₃-Nが滞留していると推測される。

構築した手法の予測性能を評価するため、予測対象日の

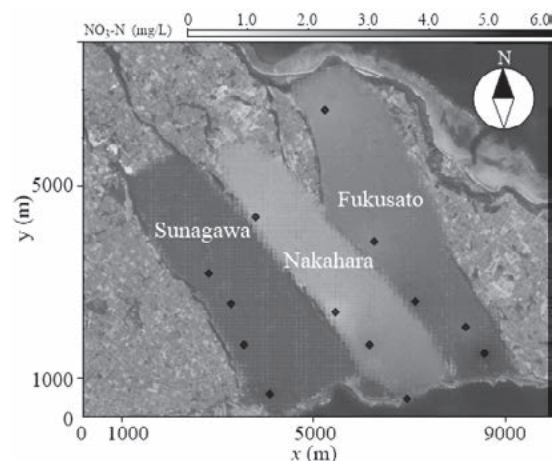


図6 2021/1/31の観測値の濃度マップ

68日前(2020年11月24日)までの水質変動の履歴からNO₃-N濃度を予測し、作成した濃度マップを図7(a)に示す。精度を評価するため、図7(b)には予測値から観測値を差し引いた差分マップを作成した。予測値と観測値の誤差の範囲は最大でも±1mg/ℓであり、良好な結果と言える。図7(c)は予測対象日の186日前(2020年7月29日)までの水質変動の履歴からNO₃-N濃度を予測し、作成した濃度マップである。図7(d)に示す差分マップと図7(b)を比較すると、予測対象日までの日数が増えると、予測値と観測値のずれは大きくなる一方、±2mg/ℓの範囲に誤差は収まっている。現状のNO₃-N濃度は3~4mg/ℓで推移していることを考慮すると、予測として十分な精度と判断される。

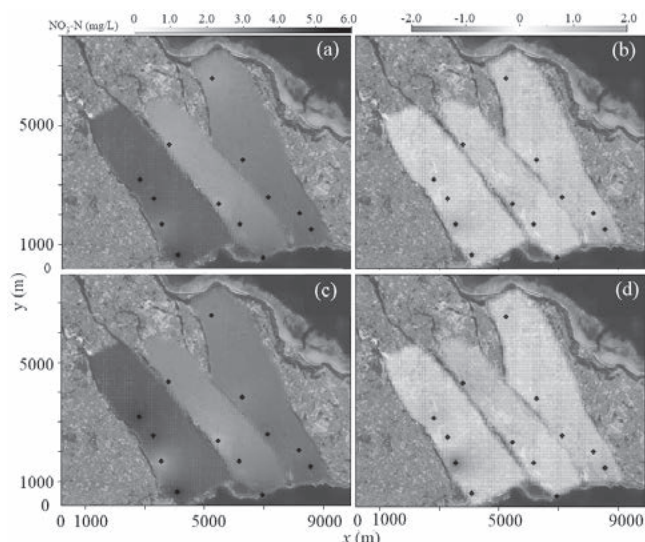


図7 (a) 68日前までのデータに基づく予測
(b) (a)と観測値の差分
(c) 186日までのデータに基づく予測
(d) (c)と観測値の差分

4. 結論

本研究では、機械学習を用いて宮古島地下ダム流域のNO₃-N濃度の予測と濃度分布の可視化手法を構築した。68日後、186日後までの予測の誤差はそれぞれ±1mg/ℓ、±2mg/ℓの範囲に収まっており精度は良好と判断される。

謝辞

本研究は、一般社団法人土地改良建設協会「2021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、農林水産省農村振興局整備部設計課、九州農政局南部九州土地改良調査管理事務所、沖縄総合事務局宮古伊良部農業水利事業所、鹿児島県喜界町役場の皆様には、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。

自然環境下のマスコンクリートの温度解析パラメータに関する一考察

鳥取大学大学院 持続性社会創生科学研究科 国際乾燥地科学専攻 筏津 春花

指導教員 緒方 英彦 教授



1. はじめに

マスコンクリートの温度解析を正確に行うためには、熱特性値である熱伝導率、比熱、断熱温度上昇特性、境界条件である熱伝達率を正確に設定することが肝要である。これらの解析パラメータはコンクリートの密度、骨材、含水状態等により変化する¹⁾。特に境界条件は環境作用の影響を顕著に受けるため、文献による情報のみでは境界条件を正確に設定することが困難である。このことから、解析パラメータは実測温度から推定することが望ましい。本報では、国営総合農地防災事業十三湖地区(十三湖農地防災事業)で改築される芦野頭首工のコンクリート堰柱における温度解析に資する検討として、水和発熱を考慮する初期材齢時および自然環境下における長期材齢時において解析パラメータをパラメータフィッティングによって求め、特に境界条件である熱伝達率の設定方法に着目して考察を加えた。

2. 供試体の作製および試験の概要

本報では、解析対象として90cm×90cm×90cmの供試体(以下、ボス供試体)を1体作製した。ボス供試体の配合条件、配合およびフレッシュ性状を表1に示す。ボス供試体は、セメントに普通ポルトランドセメント(密

度 $3.16\text{g}/\text{cm}^3$ 、混和材に膨張材としてエトリンガイト系膨張材(標準添加量 $30\text{kg}/\text{m}^3$ 、メーカー仕様)、細骨材は砕砂(絶乾密度 $2.59\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率 1.23% 、実積率 65.3)、粗骨材は碎石2005(絶乾密度 $2.62\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率 0.99% 、実積率 59.4)、混和剤に高性能減水剤としてポリカルボン酸エーテル系化合物、AE剤として変性ロジン酸化合物系陰イオン活性剤を使用した。ボス供試体は水セメント比 31.4% 、呼び強度 $50\text{N}/\text{mm}^2$ 、空気量 4.5% の高強度コンクリートである。ボス供試体は打設後、材齢1日で鋼製型枠を脱型し、以降材齢14日まで屋外にてシート養生を行った。以降は自然環境下で暴露した。温度測定期間について、ボス供試体の打設直後から連続した96時間の区間(2019年11月20日～24日)をケース1、ボス供試体を自然環境下で暴露し(2019年12月25日～)、暴露期間における連続した120時間の区間(2020年12月19日～23日)をケース2とした。コンクリート内部の温度は、打設時にボス供試体の中心軸上に設置した3点の熱電対温度計(上面からそれぞれ同軸上にPO1:45cm、PO2:22cm、PO3:3cm)で測定した。

3. 温度解析とパラメータフィッティング

温度解析には、ASTEAMACS(株式会社計算力学研究センター)を用いた。解析に使用したモデルは、一辺が90cmの立方体要素を一辺が10cmの立方体要素で分割し作成した(要素数:729)。解析は一時間刻みで行い、温度固定境界は設定しなかった。

ケース1ではPO1、PO2、PO3の3点における実測温度と解析温度の残差平方和が最小になる熱伝導率、比熱、断熱温度上昇特性(K 、 a)、熱伝達率を求めた。ケース2では、まずPO1、PO2の2点における実測温度と解析温度の残差平方和が最小になる熱伝導率、比熱を求めた。その際の熱伝達率は既往の研究より $14\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ で一定とした¹⁾。次に、求めた熱伝導率、比熱を用いてPO1、PO2、PO3の3点における実測温度と解析温度の残差平方和が最小になる熱伝達率を求めた。

表1 配合条件、配合およびフレッシュ性状

配合条件				フレッシュ性状		配合 (kg/m^3)						
Gmax (mm)	呼び強度 (N/mm^2)	W/C (%)	s/a (%)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	C	A	W	S	G	高性能減水剤	AE剤
20	50	31.4	46.0	50	4.5	525	25	165	741	886	5.12	0.157

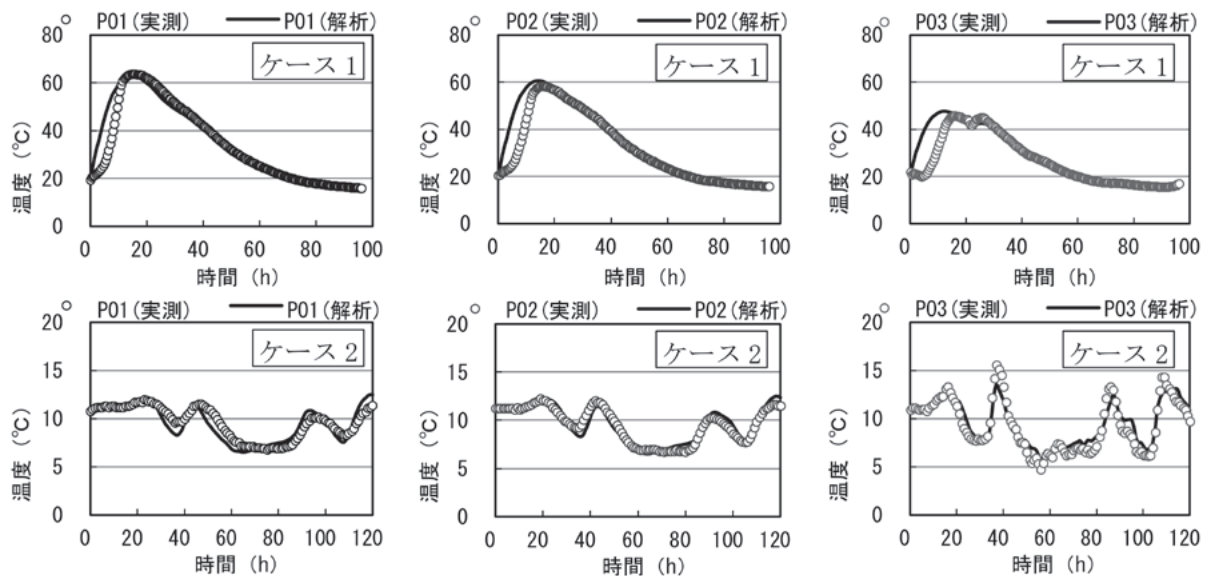


図1 解析結果(上:ケース1, 下:ケース2)

4. 結果および考察

図1に温度解析結果、表2に各フィッティングパラメータを示す。ケース1では、熱伝導率、比熱、熱伝達率の推定値は既往の文献¹⁾と同程度となった。ケース2の熱伝導率、比熱の推定値もケース1と同様の値となったが、熱伝達率は $60\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ と非常に大きな値となった。理由として、ケース1ではボス供試体は打設直後で養生が管理されており、解析期間全体でボス供試体表面が自然環境の影響を受けにくかったことに対し、ケース2ではボス供試体のすべての面が露出しており、風、日射、降雨などの局所的環境作用を受けやすい状態であったと考えられる。また、ボス供試体の面や時間の経過によって、局所的環境作用、気象作用の程度は変化することか

ら、熱伝達率にばらつきが生じ、熱伝達率の推定値が大きくなったと考えられる。

このように、温度解析における解析パラメータは、自然環境下で暴露している長期材齢時の熱伝達率だけが既往の文献より推定することが困難であることが分かった。また、自然環境下におけるマスコンクリートの温度解析では、熱伝達率のばらつきを考慮する必要があることが示唆された。

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、ボス供試体の暴露および温度測定にご協力いただきました。この場をお借りして深く御礼申し上げます。

参考文献

1) 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕，土木学会，p.44, p.326, 2018

表2：フィッティングパラメータ

	ケース1		ケース2		
	材齢 (day)	0～1	1～4	395～399	
熱伝導率 (W/m・K)	2.8		2.8		
比熱 (kJ/kg・K)	1.05		1.05		
断熱温度上昇特性	K (°C)	80	0		
	a	1.9	0		
熱伝達率 (W/m ² ・K)	型枠	8.5	全体	6.5	60.0
	打設面	10.0			

15

無機系補修材料の付着強度に影響を及ぼす母材コンクリートの条件に関する研究

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 吉田 美里

指導教員 上野 和広 助教



1. 調査対象地区の概要

島根県中東部の出雲平野に位置する宍道湖西岸地区は、斐伊川左岸流域に展開する水田農業地帯である。水稻を中心として小麦や大豆等を作付しているが、当該地域は土地の標高が低いため地下水位が常に高く、農地の排水不良により田畑が湛水する被害が発生している。また、当該地域の受益農地は大規模営農を行うには狭小な圃場区画であることに加え、排水路や排水機場といった農業用排水施設の老朽化も進行している状況にある。これより、本地区では区画整理と農業用排水施設の整備を一体的に行うことで、農業生産性の高い基盤の形成と、排水改良による湛水被害の解消を目指す農地再編整備事業が実施されている。

農業用排水施設の老朽化に伴う機能低下へ対処するには、ストックマネジメントの観点から機能診断を実施し、施設の機能・性能を評価した上で劣化状況に応じた補修・補強あるいは改修を行うことが重要となる。本地区で現地調査を行った際には、長期間流水に曝されたコンクリート製の農業用排水路や排水機場において通水表面の劣化（ひび割れや摩耗）が確認された。本地区において実施される農地再編整備事業の効果を長期間に渡り維持するには、関連施設が曝される環境条件を把握するとともに、老朽化の実態把握と進行予測を行い、適時・適切な対策を実施していく必要がある。

2. 研究の背景および目的

我が国において莫大なストックを形成する水路に対する補修を例として挙げると、表面被覆工法が補修工法として用いられることが多い。表面被覆工法の実際の施工では、水路内面にポリマーセメントモルタル（以下、PCM）を塗布あるいは吹き付けた後、表面をコテで平滑に仕上げる方法が一般的である。しかし、表面被覆工法を施工した水路において、被覆材が早期に剥離を生じる場合がある。つまり、補修材料の要求性能の一つである付着性が十分に発揮されない事例が存在する。実際の補修では、所定の付着強度を満足する補修材料が用いられることから、現地で確認される剥離の要因は、既設躯体や施工の条件に帰すると考えられる。本研究では、既設躯体の条件が補修材料との付着強度へ及ぼす影響に着目し、多様な条件で作製した母材コンクリートとPCMの間の付着強度を評価した。付着強度を評価する際には、付着界面に対する応力の方向を考慮し、せん断付着強度試験と単軸引張付着強度試験を実施した。また、得られた結果と、現場で計測可能な指標との関連性についても

検討を行った。

3. 研究方法

付着強度の評価は、既設躯体を模擬した母材コンクリートへPCMを打ち継いだ後、せん断付着強度試験と単軸引張付着強度試験を行うことによって実施した。母材コンクリートの条件は、①水セメント比3水準(40、50、60%)、②摩耗を模擬した表面凹凸3水準(表面が平滑な状態、表面の細骨材が露出する状態、表面の粗骨材が完全に浮き出た状態)、養生条件2水準(水中養生、気中養生)とした。また、母材コンクリートが模擬した劣化状態を定量的に評価するため、各種試験(強度試験、表面形状の計測、表面吸水試験¹⁾)を実施した。劣化状態を評価した後、母材コンクリートへPCMを打ち継ぎ、付着界面を有する供試体を作製した。PCMの条件は、水粉体比2水準(15、18%)である。この供試体に対し、せん断付着強度試験と単軸引張付着強度試験を行った。試験条件の一覧を表1に示す。

表1 試験条件

供試体名	母材コンクリート			PCM
	W/C (%)	表面状態	養生方法	W/P (%)
40BW-N	40.0	細骨材 ^{a)}	水中	18.0
40RW-N	40.0	粗骨材 ^{b)}	水中	18.0
40RW-S	40.0	粗骨材	水中	15.0
40FW-N	40.0	平滑	水中	18.0
40FW-S	40.0	平滑	水中	15.0
40FA-N	40.0	平滑	気中	18.0
50BW-N	50.0	細骨材	水中	18.0
50RW-N	50.0	粗骨材	水中	18.0
50RW-S	50.0	粗骨材	水中	15.0
50FW-N	50.0	平滑	水中	18.0
50FW-S	50.0	平滑	水中	15.0
50FA-N	50.0	平滑	気中	18.0
60BW-N	60.0	細骨材	水中	18.0
60RW-N	60.0	粗骨材	水中	18.0
60RW-S	60.0	粗骨材	水中	15.0
60FW-N	60.0	平滑	水中	18.0
60FW-S	60.0	平滑	水中	15.0
60FA-N	60.0	平滑	気中	18.0

a) 細骨材が露出する状態、b) 粗骨材が完全に浮き出た状態

4. 結果および考察

単軸引張付着強度試験では多くが母材で破壊したことから、付着強度を明確に求められていない。そのため、以下ではせん断付着強度について述べる。供試体の破断位置はほとんどが付着界面であり、気中養生を行ったFA-Nのみ母材コンクリートのスキン層で破断した。図1に、せん断付着強度と母材コンクリート表面の算出平均粗さRaの関係を示す。なお、図1では、せん断付着強度に対するRaの影響を明確に示すため、水中養生とW/P=18%のデータのみを記載している。

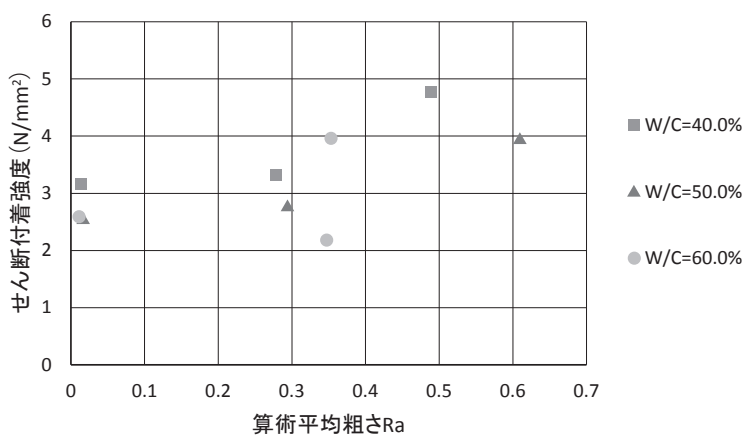


図1 せん断付着強度と母材の表面粗さとの関係

母材コンクリートの水セメント比が同一の条件では、Raが大きくなるに伴ってせん断付着強度が上昇した。これは、母材コンクリート表面の凹凸による付着面積の増加や、かみ合わせの効果が複合的に発揮されたためと考えられる。以上の結果から、付着界面のせん断付着強度の向上には、母材コンクリートの表面を粗くした方が有利であることが分かる。

次に、母材コンクリート表面の緻密性とせん断付着強度の関係を評価した。緻密性の指標には、表面吸水試験10分間での総吸水量を採用した。図2に、せん断付着強度と総吸水量の関係を示す。

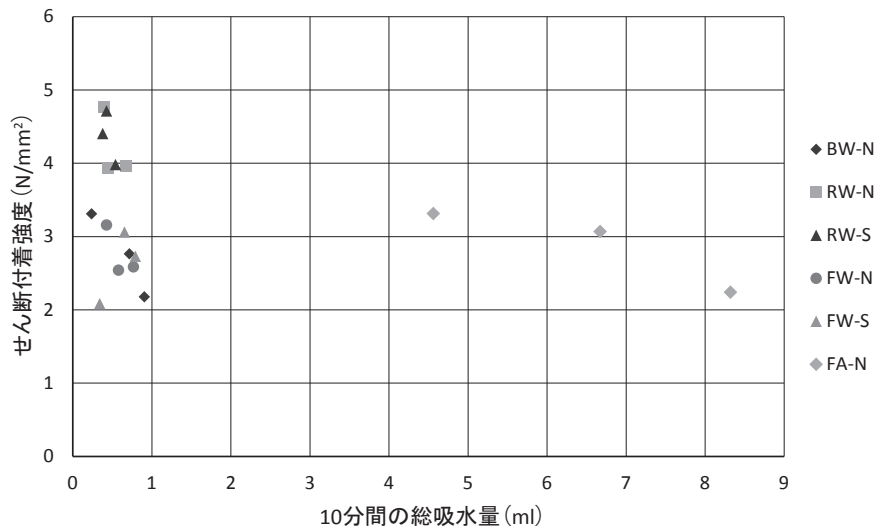


図2 セン断付着強度と10分間の総吸水量との関係

図2を見ると、気中養生を行った条件(FA-N)の総吸水量が、水中養生を行った条件の値から大きく外れたため、データ全体を対象とした場合、総吸水量とせん断付着強度の間に統一的な関係は見られなかった。一方、各条件の範囲内では、総吸水量の増加に伴うせん断付着強度の低下が確認された。この関係から、ある条件下においては総吸水量がせん断付着強度との間に相関性を有する可能性がある。ただし、同じ条件下での総吸水量の変化は母材コンクリートの水セメント比が異なることに起因し、水セメント比が異なれば母材コンクリートの強度も異なる。そのため、各条件間でのせん断付着強度の相違は母材コンクリートの強度が影響した可能性がある。せん断付着強度に対する母材コンクリートの強度の影響を明確にするため、せん断付着強度と母材コンクリートの圧縮強度の関係を整理した(図3)。

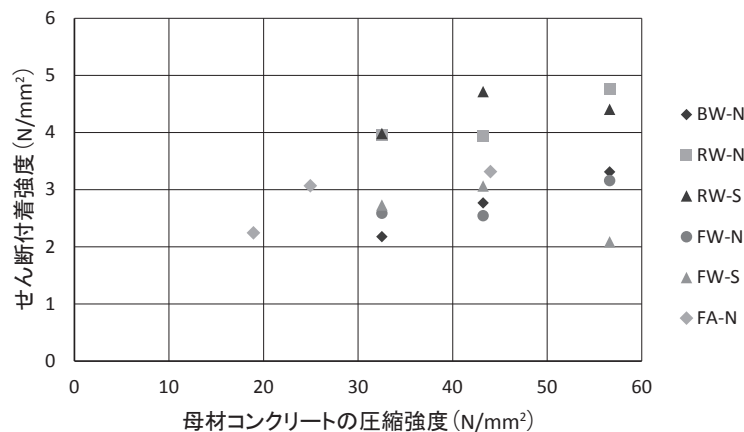


図3 セン断付着強度と母材コンクリートの圧縮強度の関係

せん断付着強度は母材コンクリートの圧縮強度が大きくなるに伴って上昇する傾向にある。また、せん断付着強度を母材コンクリートの圧縮強度との関係で整理した場合、図2のように気中養生を行った条件(FA-N)のみが大きく外れることはなかった。なお、条件FA-Nは、母材コンクリートのスキン層で破断したため、付着界面のせん断付着強度は図1～3に示した値よりも大きい値であるとみなすことができる。ここで、FW-NとFA-Nの結果を比較し、母材コンクリート表面の緻密性がせん断付着強度へ及ぼす影響を改めて見ると、母材コンクリートの圧縮強度が同様な条件下でFA-N(総吸水量が多く緻密でない母材コンクリート)はFW-N(総吸水量が少なく緻密な母材コンクリート)よりも高いせん断付着強度を発揮している。これは、PCMを打設した際、その成分が密実性の低い母材コンクリート表面へ浸透することで、母材コンクリートとPCMの一体性が高まり、付着強度が向上した可能性がある。したがって、せん断付着強度には母材コンクリートの表面凹凸、緻密性および圧縮強度が複合的に影響すると考えられる。

5. まとめ

本研究の結果、母材コンクリートとPCMの間のせん断付着強度には、母材コンクリートの表面凹凸、緻密性および圧縮強度が複合的に影響することが確認された。上記の影響因子のうち、表面凹凸を表す算術平均粗さや緻密性の指標とした総吸水量は現場で既設躯体を破壊することなく計測可能である。今後、これら指標を活用した母材コンクリートの品質評価手法や、母材コンクリートと無機系補修材料の付着性向上策などについて検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 林和彦、細田暁：コンクリート実構造物に適用できる表面吸水試験方法の開発，コンクリート工学年次論文集，Vol.33, No.1, 2011.

16

無機系表面被覆工法の補修材に発生する 変状の特性評価に関する研究

高知大学 農林海洋科学部 木村 海秀

指導教員 佐藤 周之 教授



1. はじめに

コンクリート開水路の補修工法である表面被覆工法は、施工後早期に変状が発生している。また開水路補修工法の補修・補強マニュアルの改訂が進められている。

国営事業地区内の農業水利施設で無機系表面被覆工法の追跡調査を実施した。変状の有無や種類、進行度合いを追跡調査で確認し、変状の特性分析を行った。

2. 無機系表面被覆工法の追跡調査の概要

2.1 対象工法・材料

追跡調査では4種類の工法を対象とし、補修材の構成材料に着目して分類すると以下の特徴がある。A・B・C工法では特殊繊維の含有でひび割れ抵抗性や耐久性の向上を図っているのに対し、D工法ではナトリウム系含浸材を併用し同様の効果を狙っている。

2.2 調査方法の概要

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・打音調査と表層品質試験を実施した。

補修材表層部の透気性、吸水性、流水性を表層透気試験(トレント法)、表面吸水試験(SWAT)、表面流水試験でそれぞれ測定した。

Table 1・2 に示すように、試験結果で得られた表層透気係数 kT ($\times 10^{-16}m^2$)と表面吸水速度($ml/m^2/s$)は、値が小さいほど表層が緻密で品質が良好であることを意味している。また表面流水試験においては、マイクロピペットで補修材表面に一定の水を流下させ、水の流下長さで表層部の緻密さを測定した。

Table 1 表層透気試験の測定結果に基づく品質(評価)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~

Table 2 表面吸水試験の測定結果に基づく品質(評価)のグレーディング

注水完了から10分時点での吸水速度	良	一般	劣
$P_{600}(ml/m^2/S)$	0.25以下	0.25~0.5以下	0.5以上

3. 無機系表面被覆工法の追跡調査結果

3.1 目視・打音調査の結果

A・B・C工法で確認した変状をPhoto 1・2・3に示す。A・B工法は、気中部でそれぞれひび割れと浮きが発生していた。C工法では、内包する特殊繊維が表面に露出していた。D工法では、ひび割れの自閉を確認した。ここで、ひび割れの自閉とは、微細なひび割れや空隙が反応物により充填される現象を意味する。

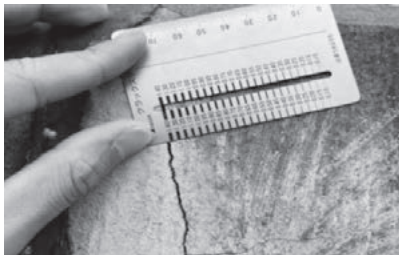


Photo 1 ひび割れ

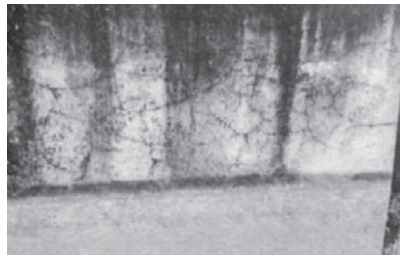


Photo 2 微細ひび割れ



Photo 3 繊維の露出

3.2 表層品質試験の結果

通常状態で常に水が接する水中部と水が接しない気中部で各表層品質試験を実施した。表層透気試験と表面流水試験は3点の測定値の平均を、表面吸水試験は2点の測定値の平均をそれぞれFig. 1・2・3に示す。

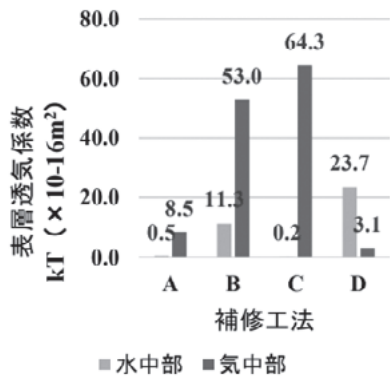


Fig. 1 表層透気係数の比較

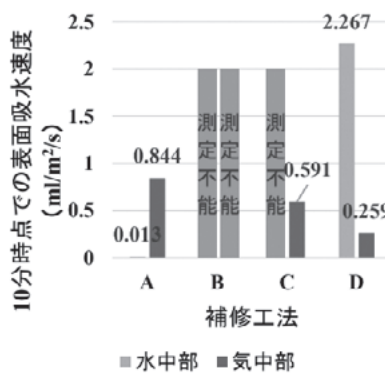


Fig. 2 表面吸水速度の比較

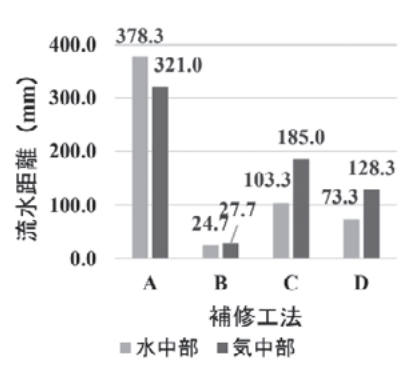


Fig. 3 表面流水距離の比較

Fig. 1より同一工法で水中部と気中部の表層透気係数を比較した場合、D工法を除いて、水中部より気中部で大きくなった。

Fig. 2より特殊繊維を含むA工法では水中部より気中部で、含浸材を併用したD工法では気中部より水中部で表面吸水速度が大きくなった。

Fig. 3より表面流水距離は、全体的に水中部よりも気中部で流水距離が長くなった。

3.3 表層品質試験の結果の相関分析

表層透気試験と表面流水試験の結果をFig. 4に示す。気中部と水中部でそれぞれ表層透気係数と表面流水距離との重相関係数が小さくなった。

3.4 無機系表面被覆工法の変状発生時の分析

本研究では、変状確認件数を施工延長で除して百分率表示した値を変状発生率と定義し、施工経過年数ごとに算出した。

$$\text{変状発生率 (\%)} = \frac{\text{変状確認件数}}{\text{施工延長 (m)}} \times 100$$

施工4年後における4種類の工法の変状発生率をTable 3とFig. 5に示す。施工4年後においてA・B工法の変状発生率は1%を超えたが、C・D工法は1%未満となった。

続いて、過去12年分のD工法の変状発生率をTable 4に示す。D工法は施工12年後も変状発生率が1%に満たなかった。

補修工法	経過年数	施工延長 (m)	変状確認件数	変状発生率 (%)
A	4	54.7	4	7.31
B	4	511.1	9	1.76
C	4	745.1	0	0
D	4	9336.2	18	0.19
D	12	1434.1	7	0.49

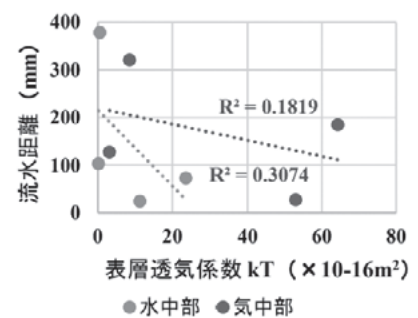


Fig. 4 水中部の表層透気係数と表面流水距離の相関性

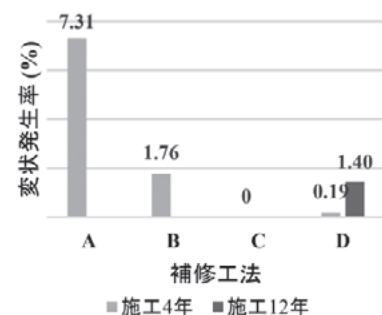


Fig. 5 各工法の変状発生率の比較

D工法の補修材に生じた変状の分類を行った結果をFig. 6に示す。発生した変状のうち、ひび割れ、割れ、目地材の変状の発生頻度が高いことがわかった。発生頻度の高い各種変状の発生率を上述と同様に整理した結果をTable 5とFig. 7に示す。

Fig. 7より、割れ発生率と目地材の変状発生率は経年的に増加したが、ひび割れ発生率は減少したことが明らかとなった。

4. おわりに

施工4年後の無機系表面被覆工法を調査した結果、工法ごとに発生する変状が異なることを確認した。

各工法の補修材の構成材料に着目し、目視・打音調査と表層透気試験の数値を比較した結果、補修材表面の物質透過性がひび割れや浮き等の変状の発生に影響していることが示唆された。また、特殊繊維か含浸材の相違が変状発生率に影響していると考えられた。

同年数で変状発生率を比較した結果、補修材の違いが変状発生率に影響していることが考えられた。また同一工法で経過年数ごとに変状発生率を算出した結果、各年数における不具合の発生頻度を確認できた。

しかし、変状発生率は施工延長に影響を受けている傾向にあった。実環境における局所的な変状の発生が考えられるため、今後は特異的な変状の発生を追跡調査で確認する必要がある。

表層透気試験と表面流水試験の間で重相関係数は小さかった。また、防水性能は表面被覆工法の要求性能に含まれないため、農業用水路の補修工法(表面被覆工法)の追跡調査においては、防水性を確認できる表面流水試験の必要性を再度吟味する必要があると考えられた。併せて、透気性や吸水性の試験結果の相関性や、表層品質試験の適用目的を明確にするため、データの蓄積が必要となる。

謝辞

土地改良建設協会、中国四国農政局の皆様には多大な御助言とご協力を賜りました。最後になりましたが、高知大学流域水工学研究室の佐藤周之教授には多大なご協力を賜りました。ここに記して深謝の意を表します。

Table 4 D工法の変状発生率

経過年数	施工延長(m)	変状確認件数	変状発生率(%)
～1	258.6	0	0
1～3	5913.7	19	0.32
4～6	9023.6	25	0.28
7～9	4469.4	14	0.31
10～12	1434.1	7	0.49

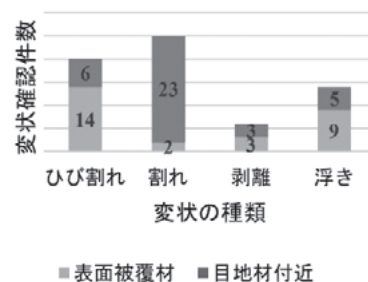


Fig. 6 発生した変状の位置と分類
※目地材の変状確認件数 34件

Table 5 発生頻度の高い各変状の発生率

経過年数	変状発生率(%)	発生頻度の高い各変状の発生率(%)		
		ひび割れ	割れ	その他
～1	0	0	0	0
1～3	0.32	0.10	0.12	0.10
4～6	0.28	0.10	0.09	0.09
7～9	0.31	0.09	0.16	0.07
10～12	0.49	0.07	0.21	0.21

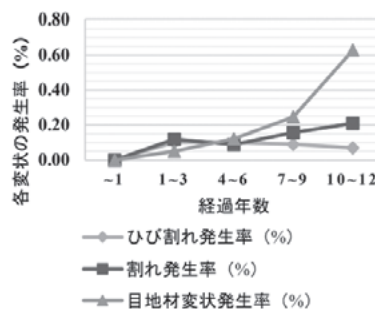


Fig. 7 発生頻度の高い各変状の発生率

クリークにおける多自然型護岸施工による小型魚類生息への影響

佐賀大学 農学部 生物環境科学科 海浜環境情報学研究室 高山 昇真
(現在 佐賀大学大学院農学研究科 在学)
指導教員 原口 智和 准教授



1. はじめに

佐賀平野には無数の農業用水路(クリーク)が張り巡らせているが、近年の豪雨で法面崩壊などが起こり、国営事業や県営事業で護岸工事が行われている。一方、クリークは多種多様な生物のすみかであり、豊かな生態系が形成されている。しかし、タイリクバラタナゴとニッポンバラタナゴの交雑や、ブルーギルやオオクチバスなどの外来種による捕食など、在来種の生態系が脅かされている。そのため、国営事業が対象とするクリークの一部

区間においては、希少な動植物の生息に配慮した多自然型護岸工を用いた施工が導入されている。

本研究では、多自然型護岸工による小型魚類への影響を調べる目的で現地調査を実施した。過去2年間の調査結果と併せて報告する。

2. 調査方法

佐賀県内クリークの国営筑後川下流右岸農地防災事業により施工された多自然型護岸区間(カワバタモロコ型)に調査地点を6か所、直ぐ上流の支線に2か所設定した(図1)。当区間は、2018年冬季に護岸工事が実施され、2019年4月に工事が完了している。多自然型護岸区間には、カワバタモロコ等の小型魚類の生息に配慮し、魚巢柵や擬木杭群が設けられたほか、大型魚の侵入を拒む一時的水域にはマコモが植え付けられている。工事完了直後は定植されたマコモがみられる程度であったが、月日を経るにつれて護岸の植生は豊かになっている(写真1)。

図1中の1、3、5は魚巢柵内、2、4、6は擬木杭群側であり、7は用水路からの流れ込み付近の地点である。これらの地点において、2021年5月から2021年12月まで月に一回、小型魚類の捕獲調査と水環境調査を行った。

捕獲調査は、かご罟を用いて行い、集魚剤として、さなぎ粉、乾燥赤虫を3:1で配合したものを使用した。8か所の調査地点にかご罟を設置し、1時間ほど経過した後に回収し、魚種ごとの捕獲数と大きさを調べた。



図1 調査地の概略図



a) 2019年8月



b) 2020年9月



c) 2021年9月

写真1 多自然型護岸区間における植生の変化

水環境調査は捕獲調査の直前に行い、メジャーポール、多項目水質計、プロペラ流速計、pH/電気伝導度計を用いて、水深、水温、溶存酸素濃度、EC、濁度、pH、流速を計測した。水質計はセンサー部を水深20cmほど沈め、値が安定するところを計測した。加えて、植生の観察も行った(写真2)。

3. 結果と考察

多自然型護岸区間のある本線とその上流にある支線では、植生の状態のほか、一部の水環境にも差異が見られた。本線では定植されたマコモ群落や、自然に着生したガマ属やスズメノヒエ属など多様な植生が形成されているのに対し、支線では植生は乏しかった。水質に関しては、5月~7月は本線で流れがほとんどなかったため支線と差異(支線に比べて濁度が高く、pHが低く、ECが高く、DOが低い)があったが、8月以降は調査地点による違いは小さかった。水温については調査期間を通じて、用水路からの流れ込みに近い支線の2地点が本線より1、2℃低かった。



写真2 植生観察の様子

小型魚類の捕獲数は5~7月では各地点で多くても10匹ほどだったが、8月以降はモツゴとタナゴ類の捕獲数

が増え、9～11月ではタナゴ類を中心に捕獲数が50匹を超える地点がみられた。多自然型護岸区間のタナゴ類に関しては、8月に産卵管が伸びたり婚姻色を呈した個体が複数捕獲され、9月に2cmほどの稚魚が150匹ほど捕獲されたのち、3cm以上の捕獲数が増えた(図2)。

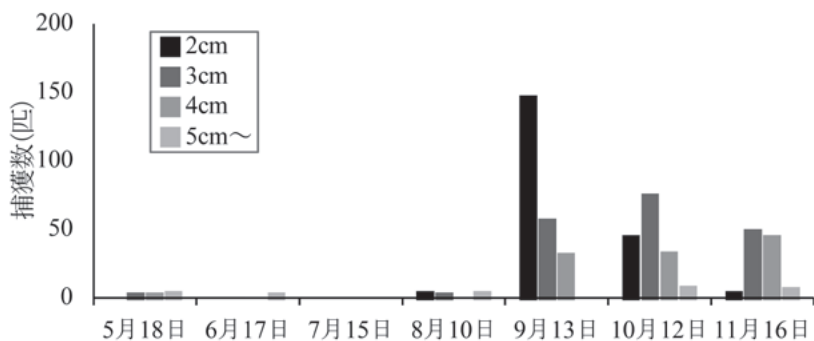


図2 タナゴ類の大きさ別捕獲数(本線合計)の変化

表1に多自然型護岸区間における、工事完了直後からの夏季・秋季のモツゴ及びタナゴ類の捕獲数の変化を示す。モツゴの捕獲数が2021年は2019年と2020年に比べて減少したのに対し、タナゴ類に関しては2021年が2019年と2020年に比べ大きく増加した。また、2019年と2020年はモツゴの捕獲数がタナゴ類より多いのに対し、2021年度は逆にタナゴ類の方が多く捕獲された。これら捕獲数や優占種の変化は、植生の変化によりもたらされたものと考えられる。

表1 多自然型護岸区間における夏季・秋季のモツゴ・タナゴ類の捕獲数

調査日	モツゴ	タナゴ類
2019年	8月1日	18
	9月2日	4
	10月2日	6
2020年	9月4日	3
	9月16日	5
	10月7日	5
2021年	8月10日	5
	9月13日	230
	10月12日	153

4. おわりに

今回の調査は護岸工事後3年目の調査であったが、捕獲数に一昨年、前年と変化が生じたり、クリーク上の植生状況も目に見えて変化が確認されるなど、多自然型護岸施工の効果が表れていることが示唆された。一方で、昨年まで確認されていなかったライギョが視認されたり、近辺にはブルーギルやオオクチバスが生息していることから、植生等の環境がさらに変化した状態での調査を継続することが必要と考えている。

筑後川下流右岸地区におけるクリークの護岸状況と小型魚類の生息の関係

佐賀大学 農学部 生物環境科学科 海浜環境情報学研究室 **横町 新奈**
(現在 佐賀県土地改良事業団体連合会 勤務)
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張り巡らされた農業用水路(クリーク)には豊かな生態系が存在し、様々な希少生物が生息している。魚類では、ニッポンバラタナゴ、カワバタモロコ等が希少種として挙げられるが、近年、環境の変化や外来生物の移入により生息が脅かされている。さらに、近年の豪雨などの自然災害によりクリークの法面崩壊も生じている。この地域においては国営事業並びに県営事業によってクリークの護岸が整備されてきたが、工法の違いや工事完了からの年月の経過に伴って、多様な環境が存在している。

本研究では、護岸状況の異なるクリークにおいて水環境と小型魚類の調査を行い、護岸状況と小型魚類の生息との関係を検討した。

2. 調査方法

佐賀市A地区のクリークにおいて、3つの調査区間を設定し、水環境の測定と小型魚類の捕獲を行った(図1)。区間①は2020年度に国営筑後川下流右岸農地防災事業による護岸工事の施工された延長約500mの直線状の水路であり、法面はブロックマットで覆われ、水面近くの植生は無い。区間②は区間①の直下流に位置する延長約

200mの直線状の土水路であり、両岸ともに法面が崩壊したり植生が繁茂したりしている。区間③は区間①と②の水路から約200m東側を流れる延長約200mの曲線状の土水路であり、両岸に植生が繁茂している。

調査は2021年7月19日、8月23日、9月21日、10月14日の計4回行った。水環境については、各区間の中心において水深、流速及び水質(水温、電気伝導度、pH、溶存酸素濃度、濁度)を計測した。また、小型魚類の生息調査については、3つの区間の上・中・下流の3地点、計9地点に1個ずつ捕獲用仕掛けを設置した(設置時間は約1時間)。

3. 結果及び考察

水温については、7月から10月にかけて約30℃、約28℃、約27℃、約26℃と季節の進行に伴って低下した。区間③の水温が他の2つの区間より高い傾向がみられ、8月の水温は区間①で27.9℃、区間②で28.2℃、区間③で28.9℃であった。電気伝導度は、区間①と③では低下していったのに対し、区間②では9月に一度上昇している。pHについては、8前後で推移した。8月にかけ差が広がったが、9月、10月においては区間による差がほぼなくなった。溶存酸素濃度については、8月に上昇し、その後は低下している。いずれも5mg/L以上で、小型魚類の生息環境として充分であった。濁度は調査日によらず、区間①<区間②<区間③の順に大きくなる傾向がみられた。

図2に捕獲調査の結果を示す。捕獲された小型魚類はモツゴ、タナゴ類、ヨシノボリ類、モロコ類、ツチフキ及びブルーギル(外来種)の6種類で、モツゴ、タナゴが優占種であった。7月の各区間における総捕獲個体数は、区間①で16匹、区間②で10匹、区間③で3匹と、護岸状況や流れが自然に近い区間③の捕獲数が少なかった。8月の各区間における総捕獲個体数は、区間①で90匹、区間②で29匹、区間③で294匹と、いずれの区間においても8月の総捕獲個体数は7月に比べ増大した。9月の総捕獲個体数は、区間①で53匹、区間②で37匹、区間③で134匹と、7月に比べて多く捕獲され、区間②においては8月と比べ増大した。10月の総捕獲個体数は、区間①で2匹、区間②で63匹、区間③で71匹と、区間②においては前月より増大している。7月に比べて8月～10月の捕獲数が大きく増えた要因としては、7月の比較的高い水温が小型魚類の活性を低下させたものと考えられる。

タナゴ類が捕獲されたのは区間③のみであった。これは、区間③の形状や抽水植物による遅い流速に加え、餌となる小型甲殻類が多かったためだと考えられる。ブルーギルについては区間①および②で捕獲されたが、区間③で在来種が多いことと関係が見られる。モツゴの大きさ別では、区間①ではいずれの月も2～3cmの割合が50%以上であり、区間③では2～3cmが20%以下、5cm以上が40%を超えている(図3)。区間①ではブロックマットがモツゴの産卵場所に適しており、区間③は生息に適した環境だと考えられる。



図1 調査地点概要図
(Google mapを改変)



写真1 捕獲魚種の同定の様子

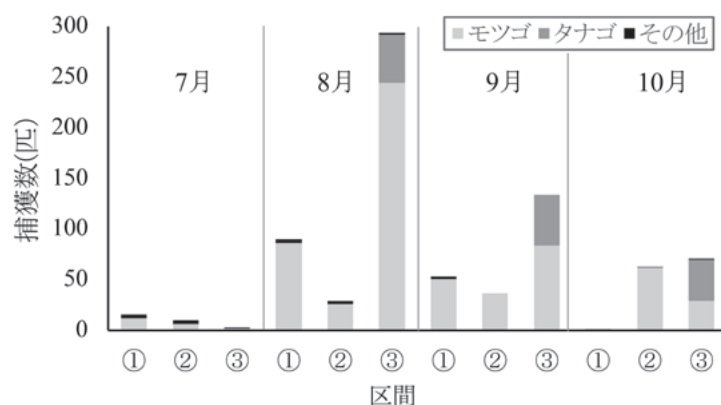


図2 小型魚類捕獲数

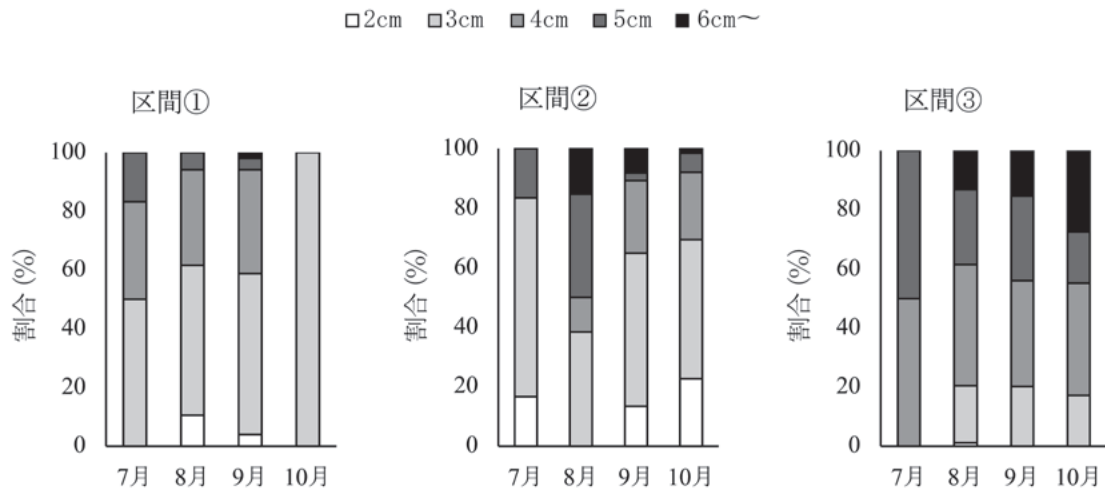


図3 各調査区間におけるモツゴの大きさ別割合の変化

4. おわりに

植生が多いほうが小型魚類は多く生息している傾向がある。施工の際には植生や隠れ場、流れの変化などを作り、小型魚類の生育しやすい環境を作らねばならない。魚の種類によって棲みやすい環境や、同種でも生育と産卵は適した環境は異なることもあるため、様々な環境を作ることが重要となる。今回調査で外来種と在来種の棲みやすい環境が異なる可能性が見られたため、外来種視点での生息環境を調査していけば、在来種が生息しやすく、外来種が生息しにくい環境を作ることができるかもしれないと考えた。