

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。

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

1～10の報告は318号に掲載しました。

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

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。

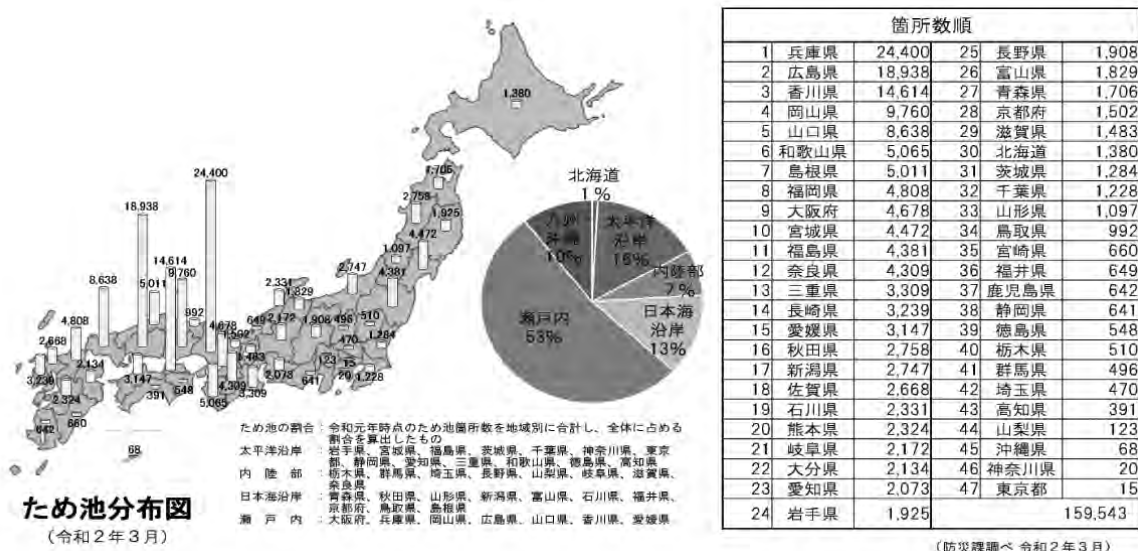


図1 全国のため池分布とその箇所数(2020年3月時点) (農林水産省ホームページより)

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、飲

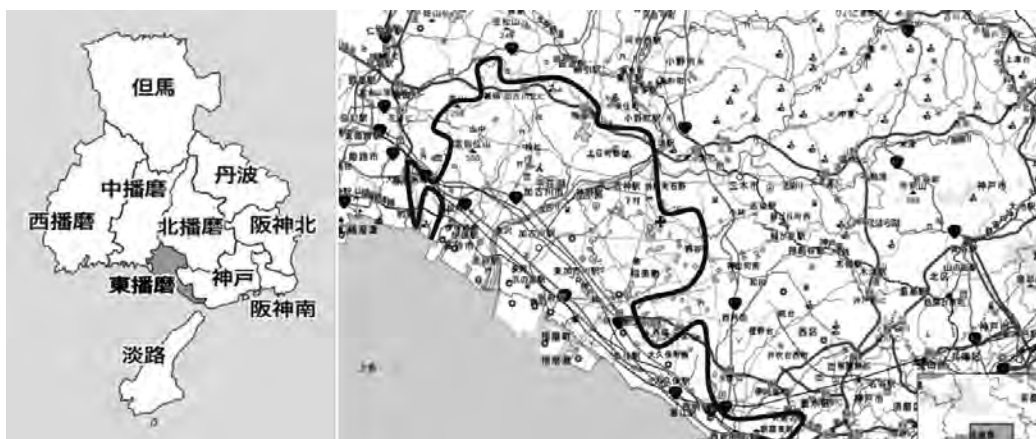


図2 兵庫県の各県民局と東播磨地域(兵庫県ホームページより)

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。

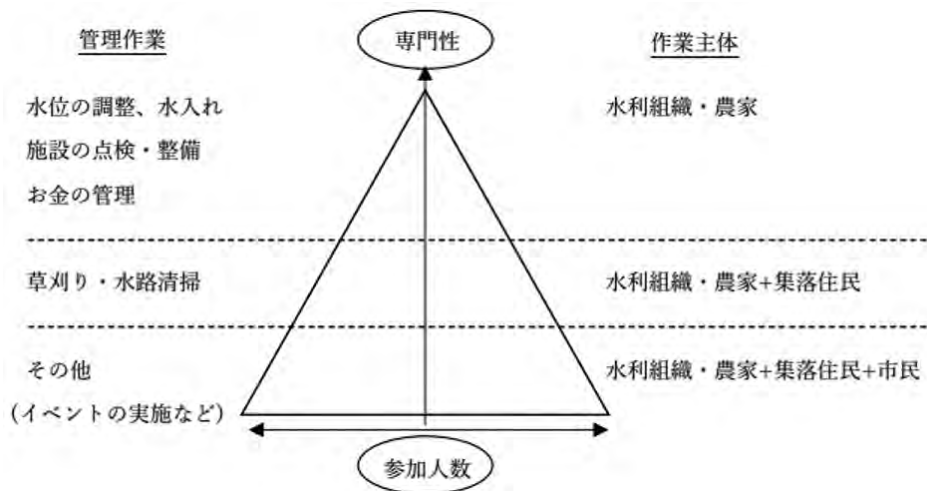


図3 ため池管理作業と管理主体

(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)	Y ₁ : 高い専門性の求められる管理作業 Y ₂ : お金の管理 Y ₃ : 共同作業(草刈りや水路清掃) Y ₄ : 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	X ₁ : 男女別コーホート人口とその割合 X ₂ : 農業従事者数(総数、男女別、男女別、割合) X ₃ : 農業就業人口増加率 X ₄ : 生産年齢人口とその割合 X ₅ : 高齢化率 X ₆ : 非農家率 X ₇ : 混住化率 X ₈ : 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	X ₉ : 寄合回数の増加率 X ₁₀ : 市街化区域面積の占める割合 X ₁₁ : 加古川の左岸か否か X ₁₂ : 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』
管農状況に関する 要因	X ₁₃ : 一農家当たりの農産物平均販売額 X ₁₄ : 稲作面積率 X ₁₅ : 販売農家数とその割合 X ₁₆ : 集落管農組織の有無 X ₁₇ : 関係土地改良区の有無 X ₁₈ : 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	X ₁₉ : 個数 X ₂₀ : 受益面積(合計、平均) X ₂₁ : 堤長(合計、平均) X ₂₂ : 堤高(合計、平均) X ₂₃ : 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

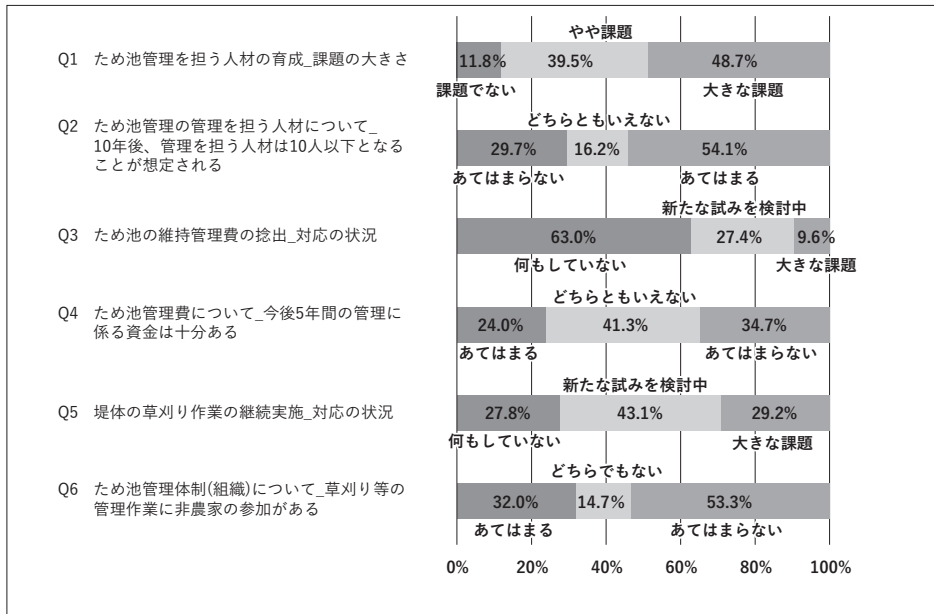
ステップワイズ法による重回帰分析(基準:p値<0.05で投入、p値>0.10で除去)を行った結果は以下の表3のとおりである。管理するため池の貯水量が多いほど維持管理費の捻出に課題を抱えていることや、混住化率が高いほど非農家の管理作業参加はなされないことなどがわかった。

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思わ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。

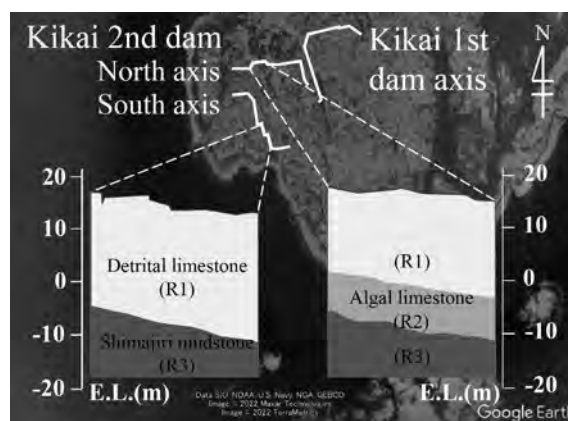


図1 喜界島の地層

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、ダム壁を試料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。

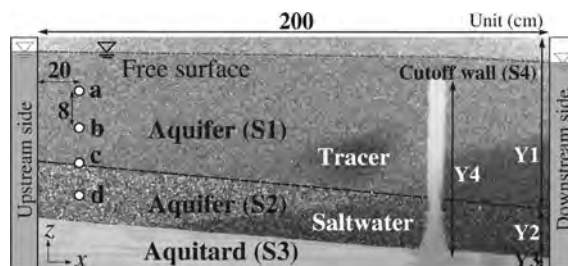


図2 実験装置の概略

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 20cm^3 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のがわかる。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、地下水表面付近の移流分散

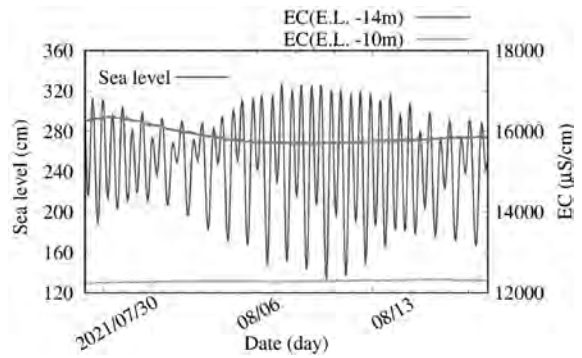


図4 電気伝導度の推移と潮汐

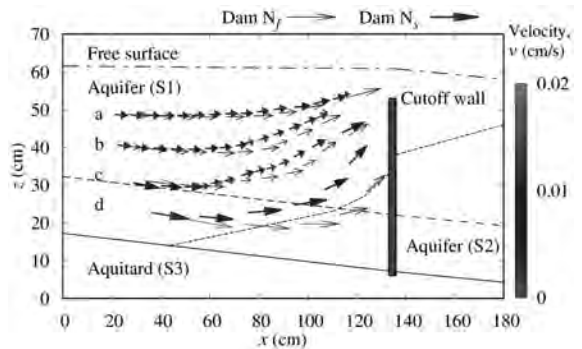


図5 Dam Nの流速ベクトル

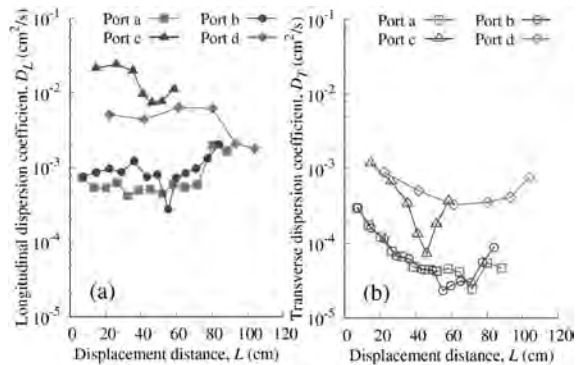


図6 Dam N_S の分散係数

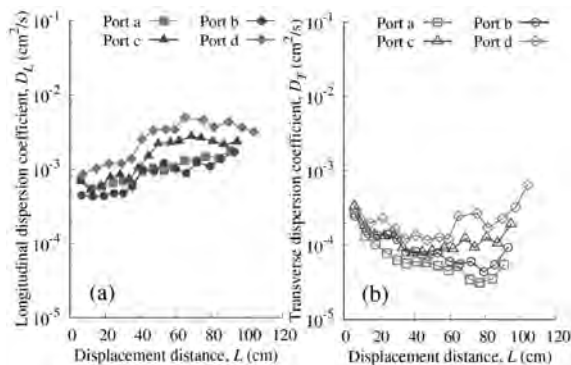


図7 : Dam S_S の分散係数

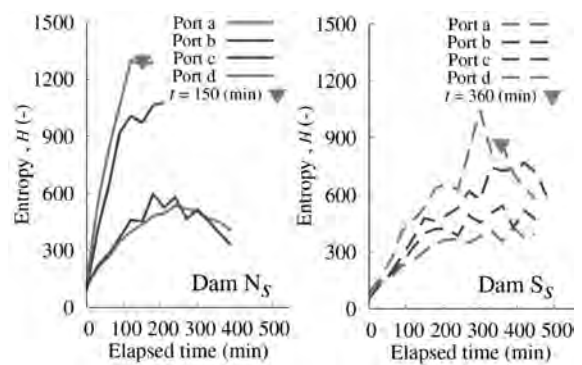


図8 エントロピーの時系列変動

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。

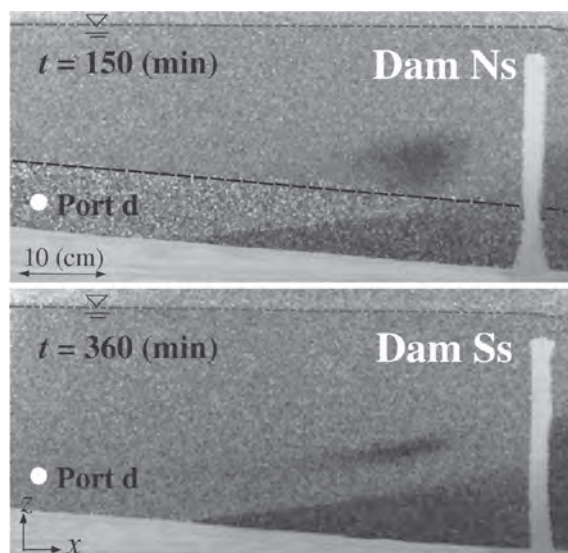


図9 点dを起点とする溶質の分布

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



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 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、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 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、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 $\text{NO}_3\text{-N}$ 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、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を予測した。抽出・加算・予測の過程を4000回繰り返し、得られた $\text{NO}_3\text{-N}$ 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 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度予測のアルゴリズムに決定した。

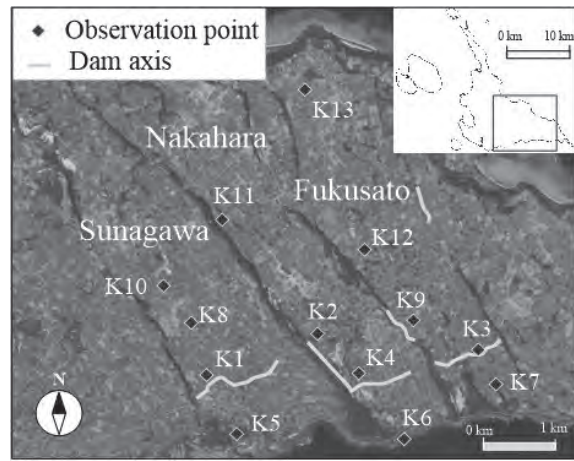


図2 宮古島の水質観測点
(国土地理院のデータより作成)

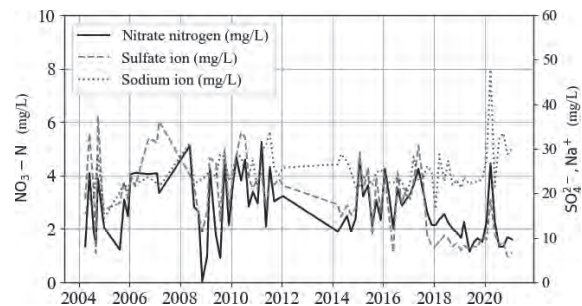


図3 観測点K2の水質項目の経時変化

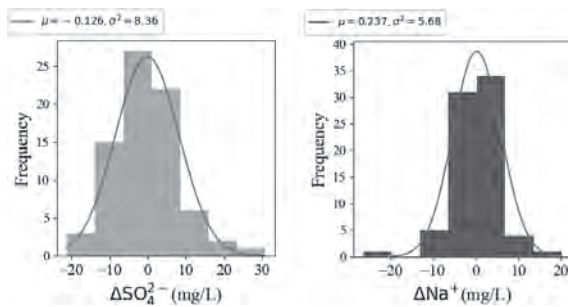


図4 観測点K2の水質の変化量と確率分布

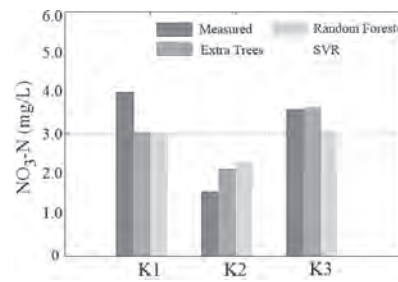


図5 観測点K3での精度比較

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 $\text{NO}_3\text{-N}$ 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 $\text{NO}_3\text{-N}$ 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 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は高い傾向にあることから、止水壁付近では $\text{NO}_3\text{-N}$ 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

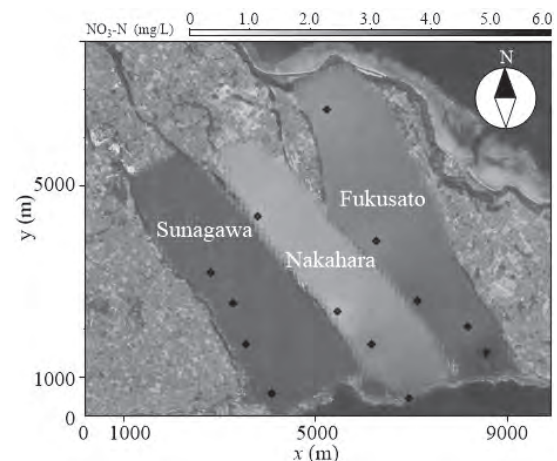


図6 2021/1/31の観測値の濃度マップ

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。

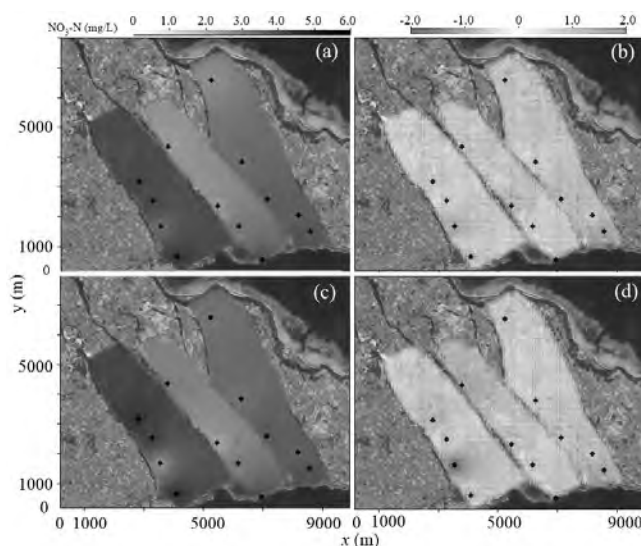


図7 (a) 68日前までのデータに基づく予測
(b) (a)と観測値の差分
(c) 186日までのデータに基づく予測
(d) (c)と観測値の差分

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。

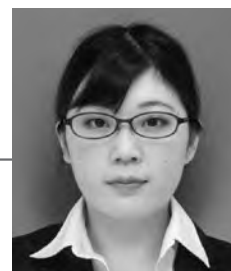
謝辞

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 、 α)、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 (%)	スランブフロー (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

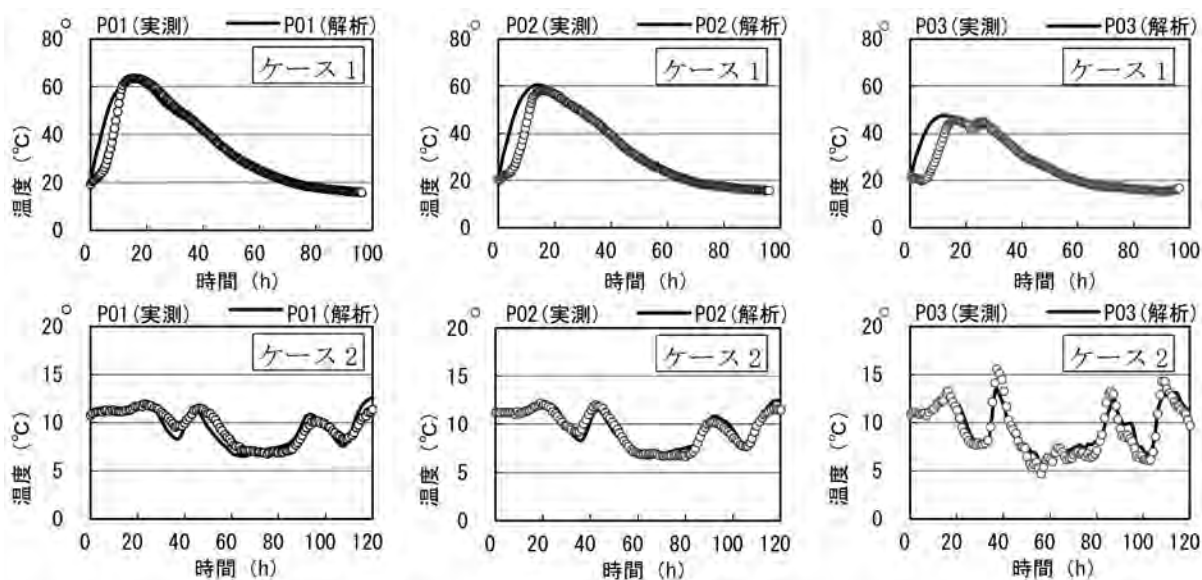


図1 解析結果(上:ケース1, 下:ケース2)

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	
		0～1	1～4	395～399	
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。水稲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した状態)、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した状態

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。

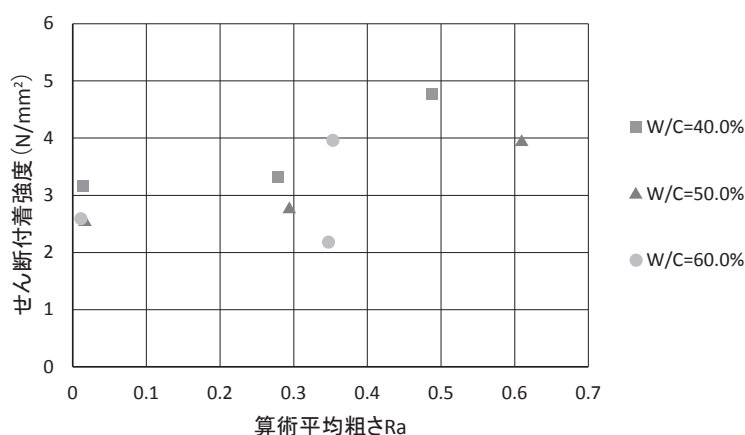


図1 せん断付着強度と母材の表面粗さとの関係

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。

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 ($\times 10^{-16} \text{m}^2$)と表面吸水速度 ($\text{ml}/\text{m}^2/\text{s}$)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
$kT(\times 10^{-16} \text{m}^2)$	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
$P_{600}(\text{ml}/\text{m}^2/\text{S})$	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。

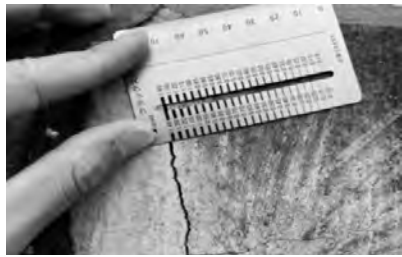


Photo 1 ひび割れ



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。

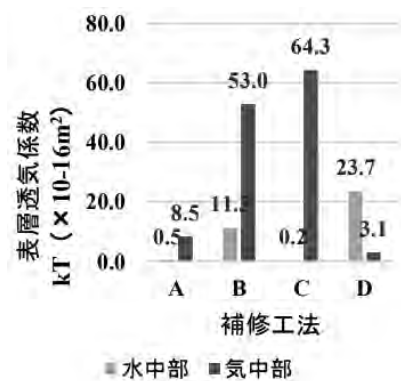


Fig. 1 表層透気係数の比較

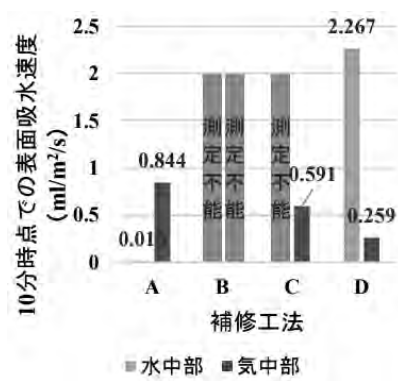


Fig. 2 表面吸水速度の比較

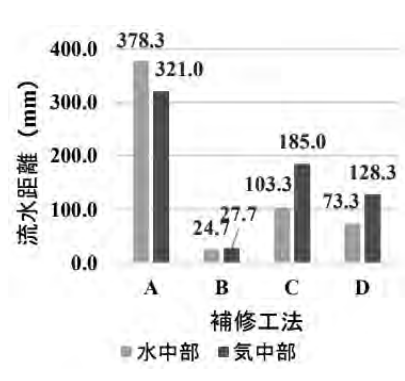


Fig. 3 表面流水距離の比較

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率の分析

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。

Table 3 各工法の変状発生率の比較

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

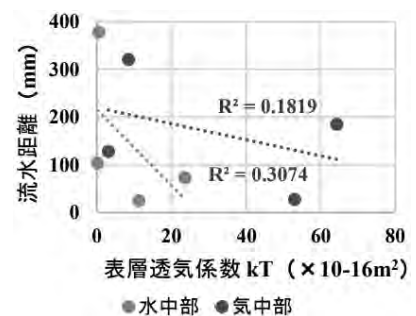


Fig. 4 水中部の表層透気係数と表面流水距離の相関性

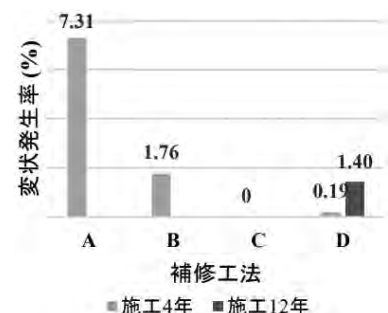


Fig. 5 各工法の変状発生率の比較

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

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

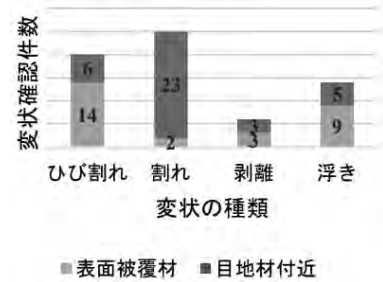


Fig. 6 発生した変状の位置と分類
※目地材の変状確認件数 34件

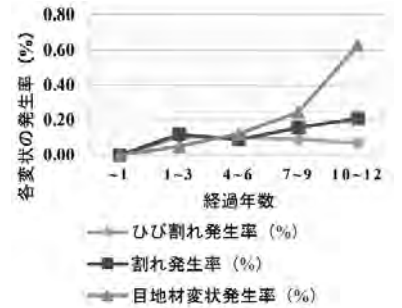
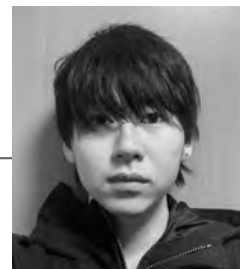


Fig. 7 発生頻度の高い各変状の発生率

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。

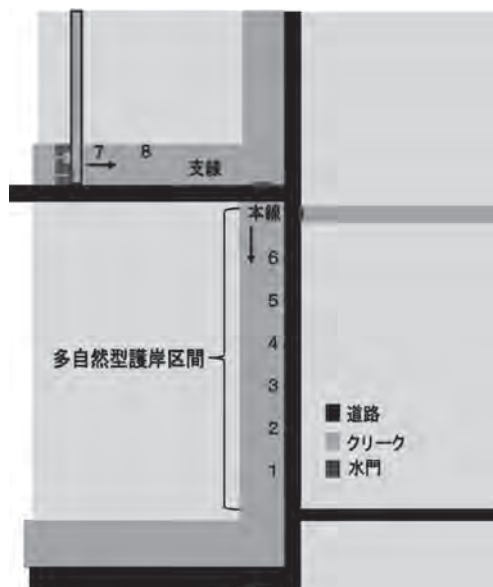


図1 調査地の概略図



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き、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



写真2 植生観察の様子

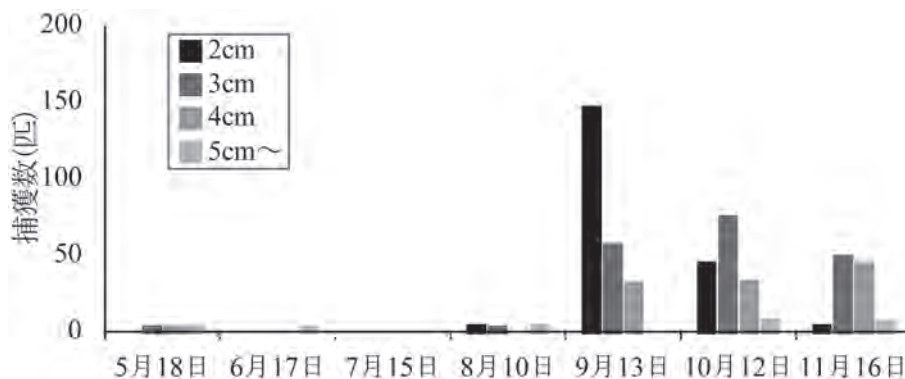


図2 タナゴ類の大きさ別捕獲数(本線合計)の変化

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

点が本線より1、2℃低かった。

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)。

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。

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月にかけて差が広がったが、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



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

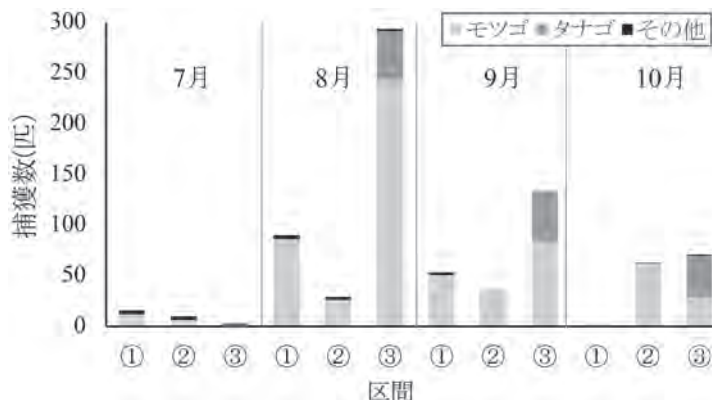


図2 小型魚類捕獲数

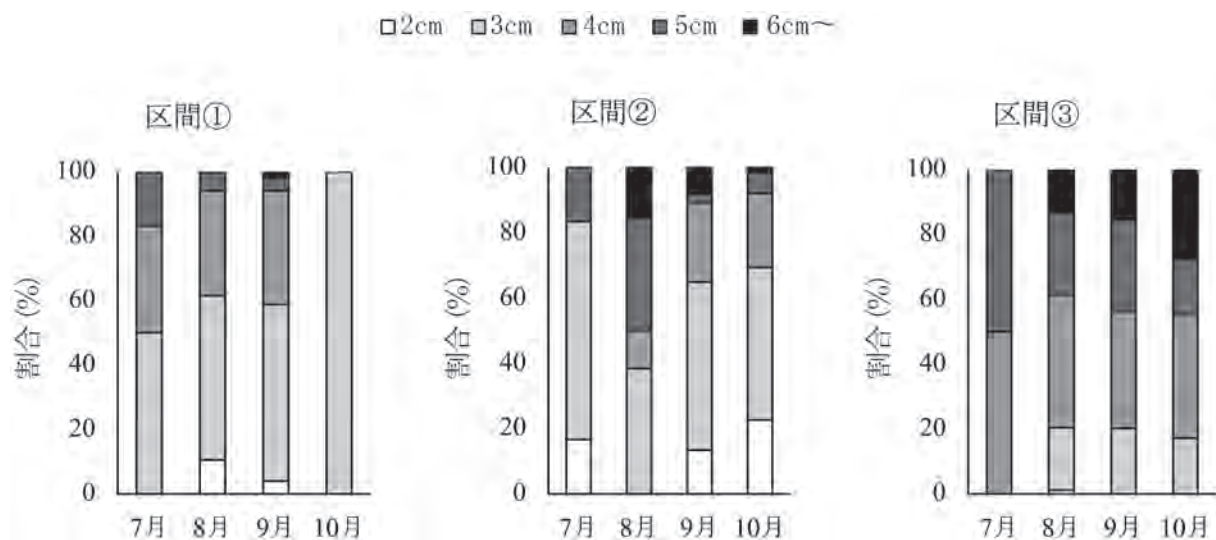


図3 各調査区間におけるモツゴの大きさ別割合の変化

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。

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。