

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

11～18の報告は次号（319号）に掲載します。

令和4年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業

フィールド調査を実施して卒業論文等を作成する学生を支援します

（一社）土地改良建設協会においては、農林水産省及び（公社）農業農村工学会等の協力を得て、学生が参画した国営事業地区等を対象とした学術研究を奨励するため、農業農村工学系の学科、講座の担当教員の指導を得て、学生が国営事業地区等のフィールド調査を行う場合に、旅費等の必要な諸経費を支援しています。

また、円滑なフィールド調査が実施できるよう現地の案内、必要となる資料の提供等の協力を農林水産省及び地方農政局等（北海道開発局、沖縄総合事務局を含む）に対して協会から要請しています。

- 交通費、宿泊費に加えて物品や消耗品も支援対象
- 初めに学生一人に10万円を支給し、余った分を返金
- 卒業論文等の内容は、学会誌等で発表し、会誌「土地改良」にも掲載

1大学あたり最大20万円まで土地改良建設協会が支援

応募方法

土地改良建設協会及び農業農村工学会のHPに掲載した応募様式に基づき、指導担当教員を通じて申し込んでください。

第1次応募

2022年4月18日(月)から5月27日(金)まで

第2次応募

2022年4月18日(月)から7月29日(金)まで
 両応募期間を通じて全体で20名の学生を支援対象とします。

土地改良建設協会HP：

dokaikyo.or.jp/（お知らせ）

農業農村工学会HP：

www.jsidre.or.jp/（公募・イベント情報）

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。

●2021年度調査ため池



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。

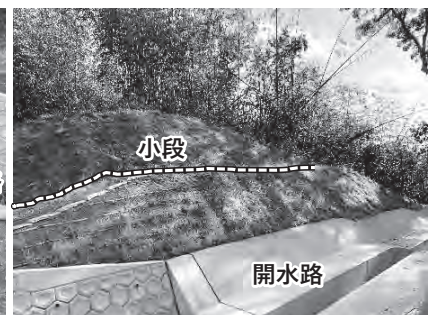
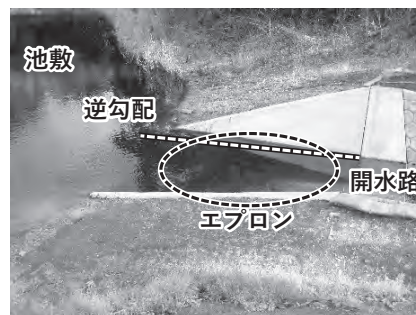


図3b 土砂流出抑制と維持管理施設事例②(廃止ため池C)

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)。

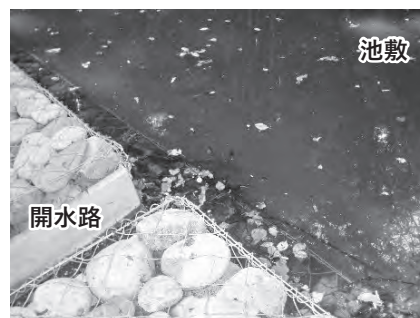


図4a 環境保護事例①(廃止ため池D)



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)

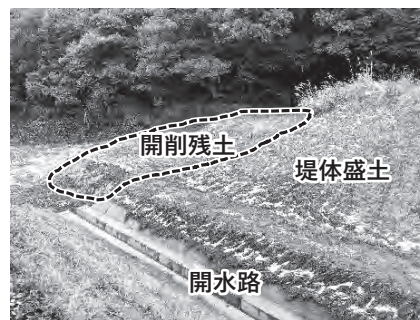


図6 開削残土処理事例(廃止ため池G)

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たとした。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

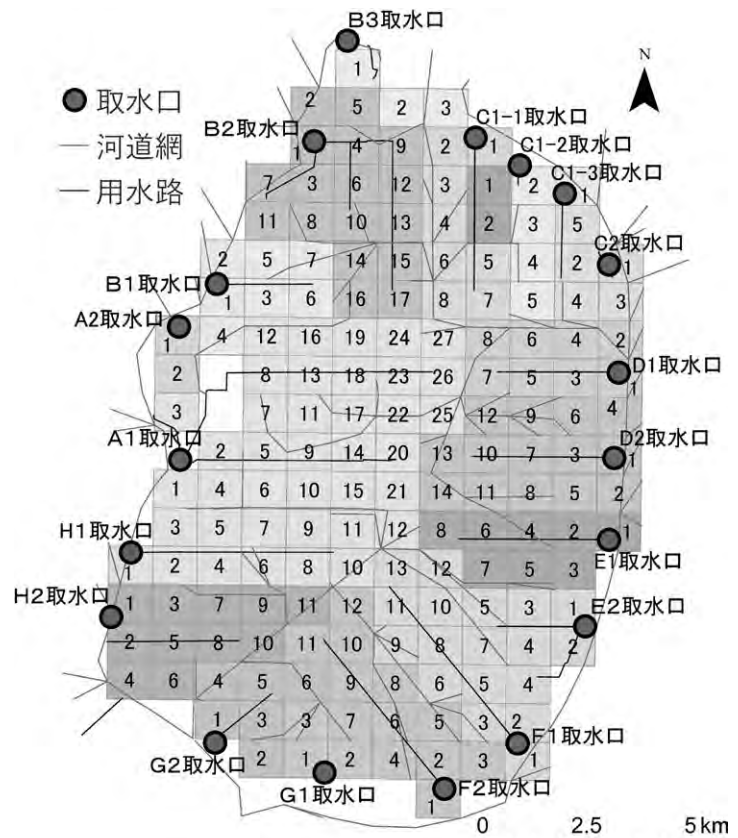


図1 八郎潟干拓地内における農業水利用のモデル化

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。

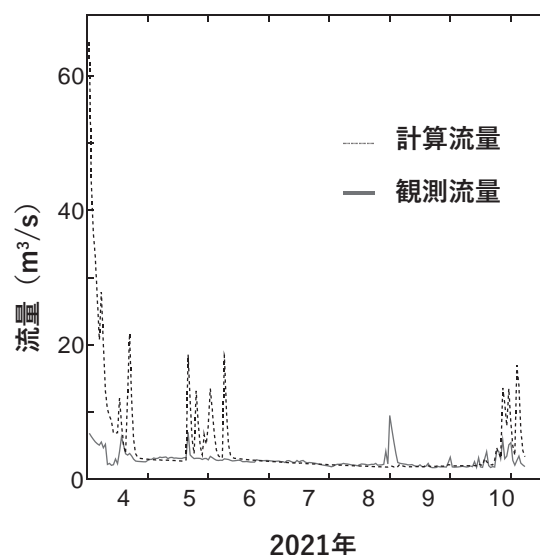


図2 新佐渡橋地点(三種川)における実測流量と計算流量の比較

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

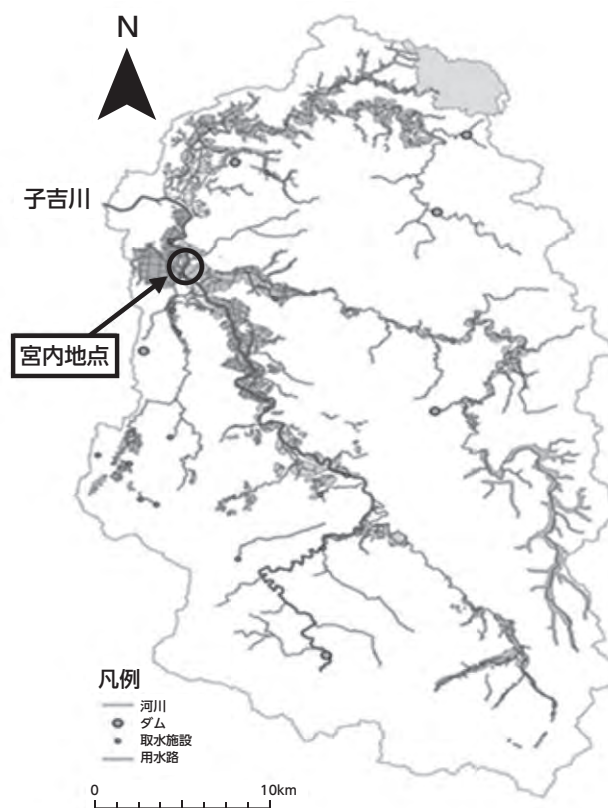


図1 子吉川流域の概要

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。

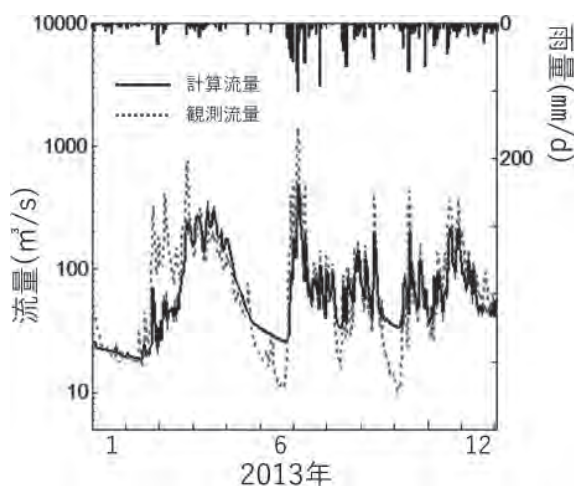


図2 分布型水循環モデルによる流量推定結果(宮内地点)

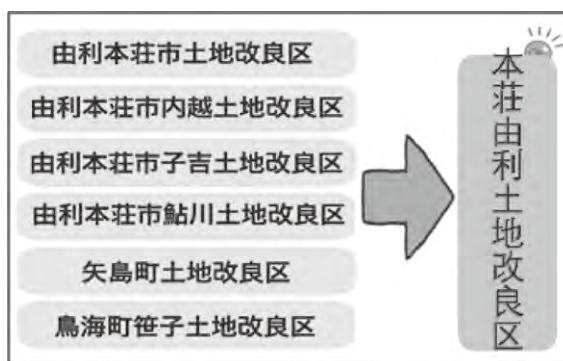


図3 子吉川流域内の土地改良区の合併への提案

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。

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



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)への分土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を営営する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、同一小用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⁾。

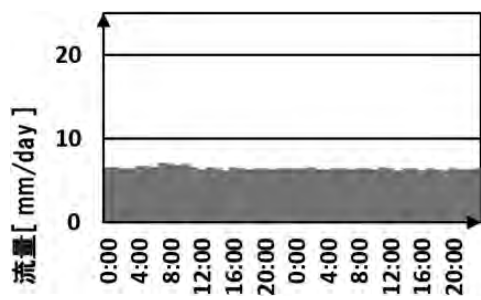


図1 逼迫レベル1 (2015/7/4~7/5)

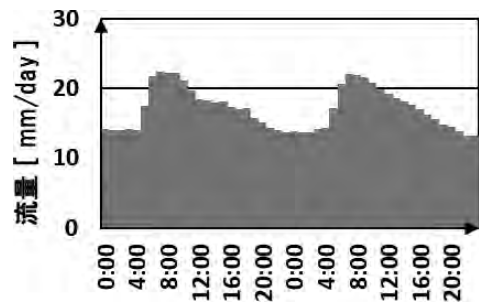


図2 逼迫レベル2 (2013/5/2~5/3)

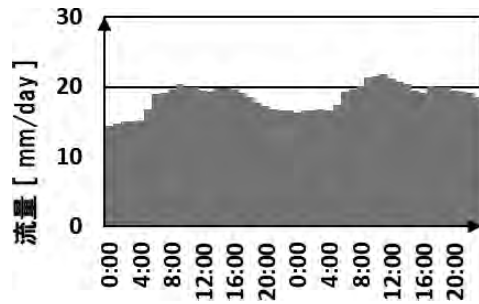


図3 逼迫レベル3の流量データ(2018/7/22~7/23)

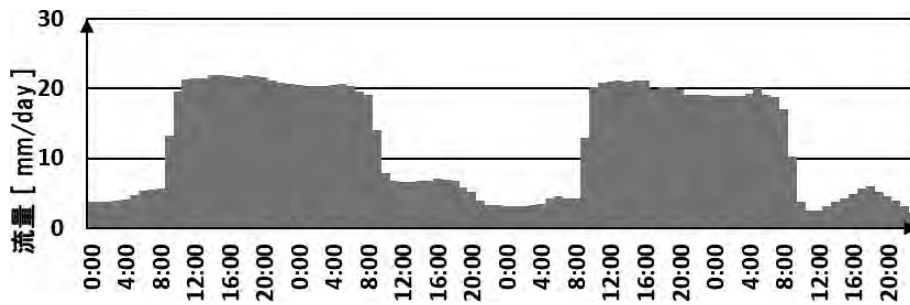


図4 逼迫レベル4の流量データ(2013/8/3~8/6)

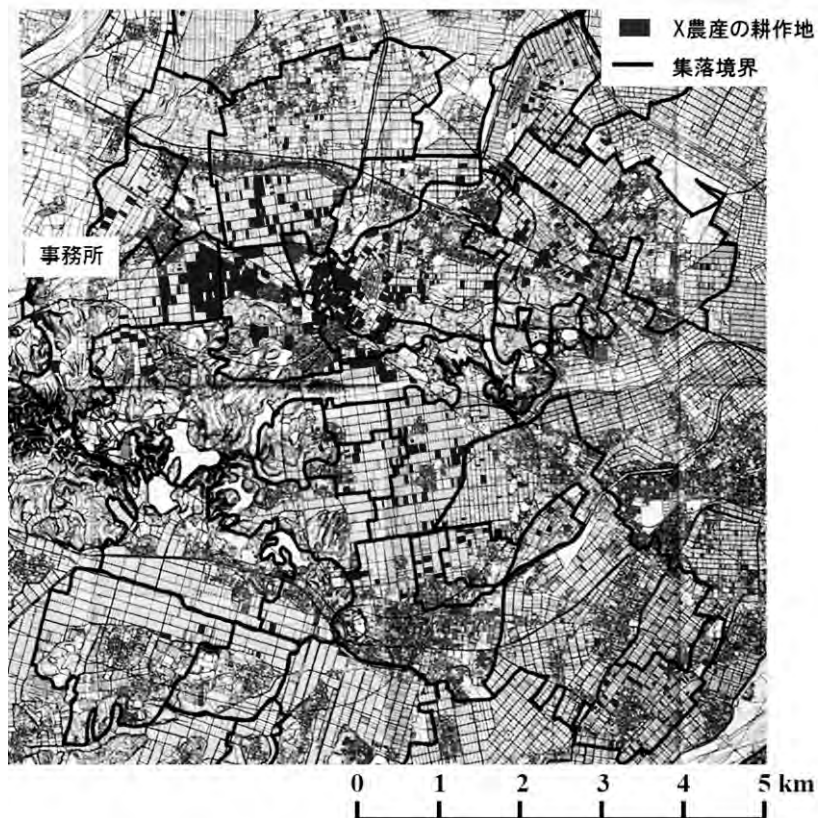


図5 X農産の耕作地分布

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化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。

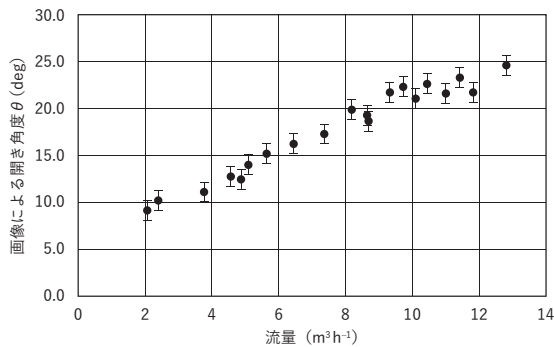


図1 映像による開き角度 θ

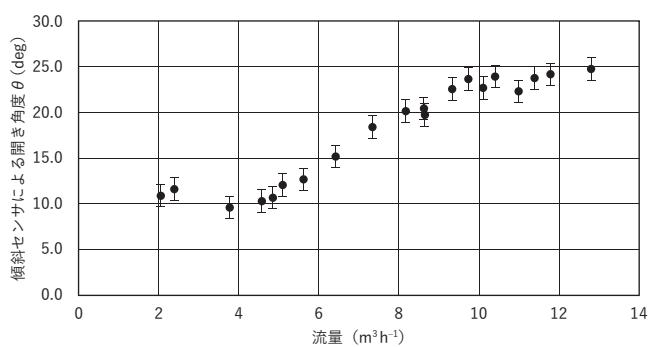


図2 各流量における傾斜センサによって得られた開き角度 θ の平均値

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ることが考えられる。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で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、流量が小さい場合で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



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。

$$P = I_n + Q_a + Q_b - D$$

ここで、P：ポンプによる揚水量、 I_n ：印旛沼からの取水量、 Q_a 、 Q_b ：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。

$$IR_a(\text{または} IR_b) = Q_a(\text{または} Q_b) + ET - R$$

ここで、 $IR_a(b)$ ：白山(a)甚兵衛(b)循環地区への灌漑量、 $Q_a(b)$ ：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

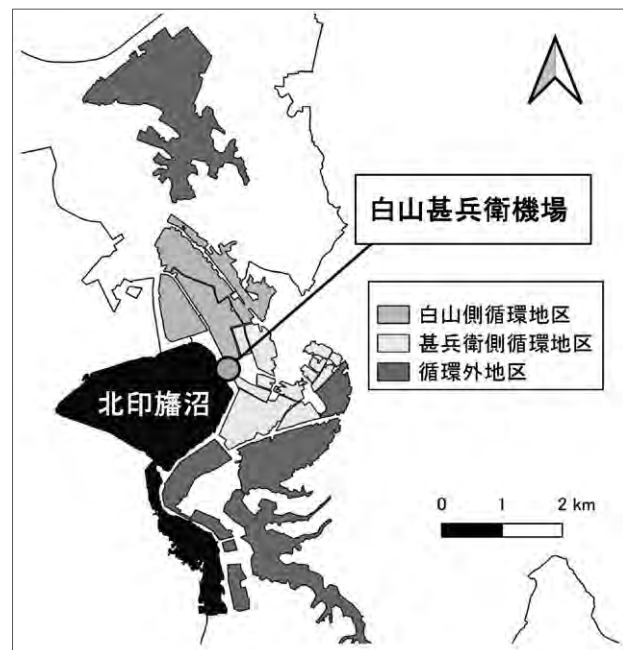


図1 対象地区

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。

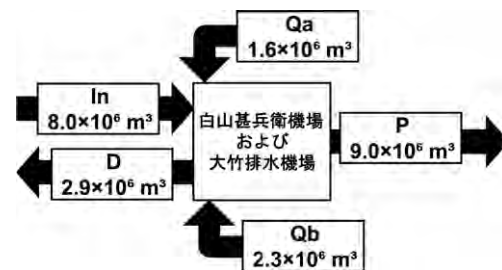


図2 機場における水収支(128日間)

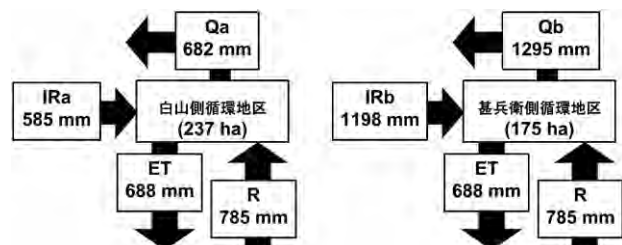


図3 循環地区における水収支(128日間)

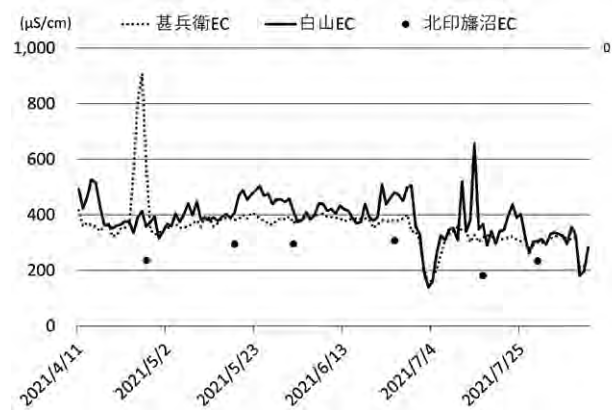


図4 電気伝導度

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、圧縮荷重過程に発生する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。

一連の圧縮荷重過程における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 $21.0N/mm^2$ 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

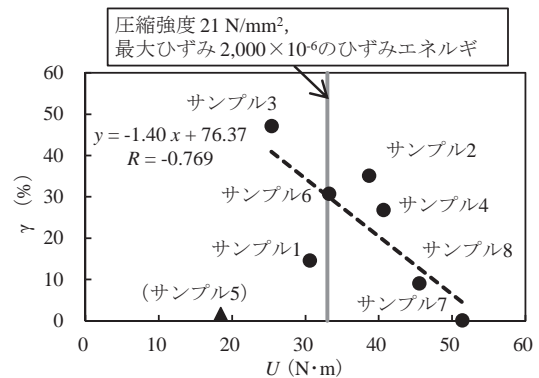


図-1 初期AEエネルギー放出率 γ とひずみエネルギー U の関係

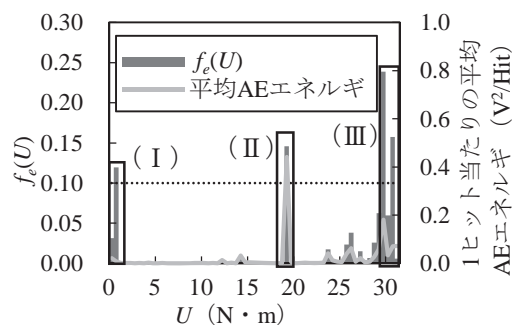


図-2 AEエネルギー発生頻度割合 $f_e(U)$ と平均AEエネルギーの関係

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/mm²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/mm²(18.8N・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.

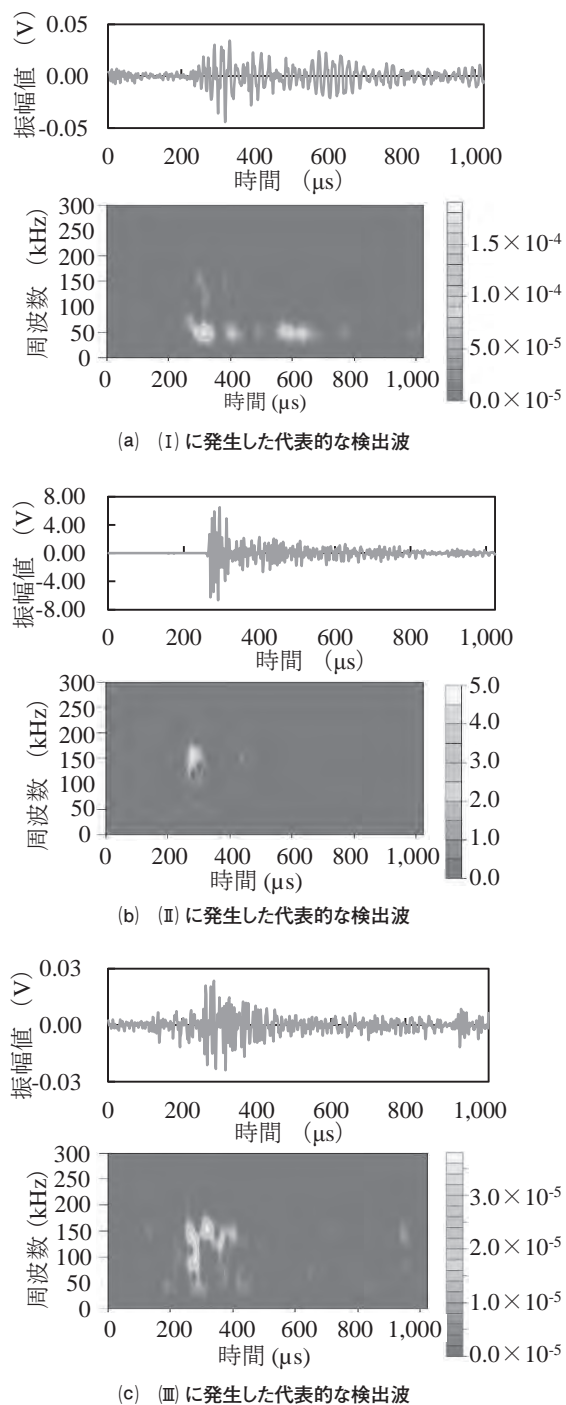


図-3 圧縮载荷過程の検出波の時刻歴波形図とスカログラム

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。

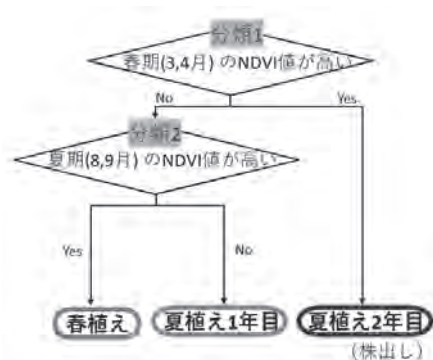


図1 分類フローチャート

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、国营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.

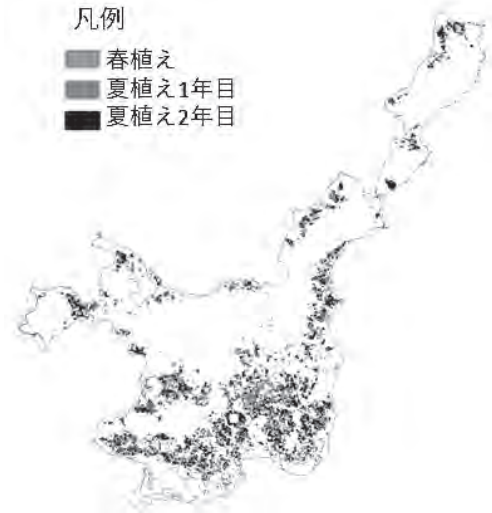


図2 2019年のサトウキビ作付け分布図

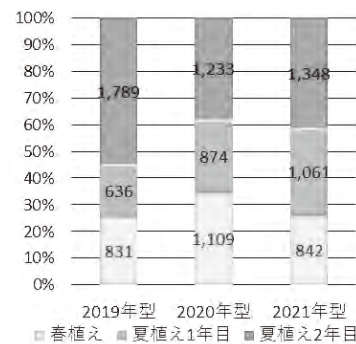


図3 各年の作付け形態割合

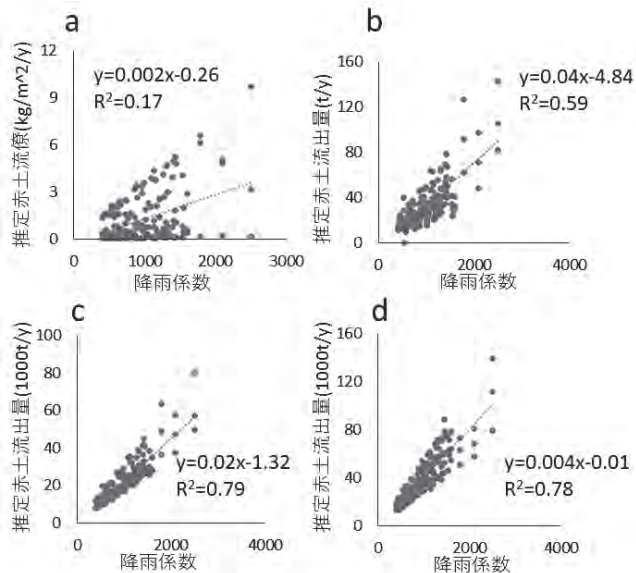


図4 51年分の降雨と赤土流出量 [a] 圃場 [b] 宮良川小流域 [c] 宮良川流域 [d] 石垣島全域

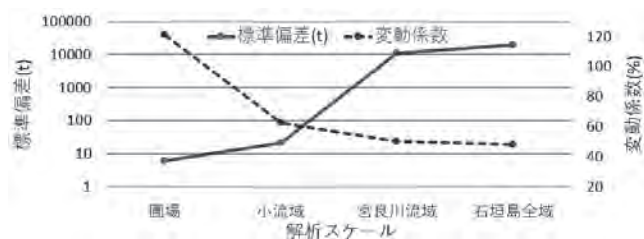


図5 標準偏差及び変動係数の挙動

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、排水樋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

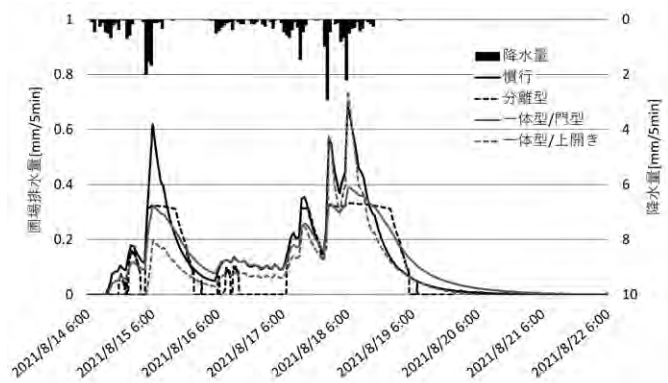
4.1 排水量調整板設置型の田んぼダム

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)。

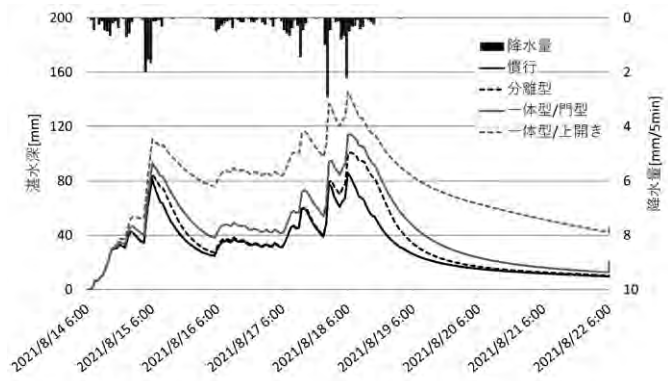
土壌の浸透性が低い場合には、分離型田んぼダムの方が一体型田んぼダムに比べて安定した排水抑制効果を示した。また、分離型田んぼダムの湛水深は一体型田んぼダムよりも低く抑えられていた。一方で、土壌の浸透性が高い場合には降雨強度が大きい降雨においても、一体型田んぼダムの方が分離型田んぼダム圃場に比べて大きな排水抑制効果を示した。しかし、土壌の浸透性に関わらず、一体型田んぼダムでは湛水深が高くなる傾向があった。特に、浸透性が低い圃場において一体型田んぼダム(上開き)では、畦畔越流の危険性が高くなる。

4.2 スマート田んぼダム

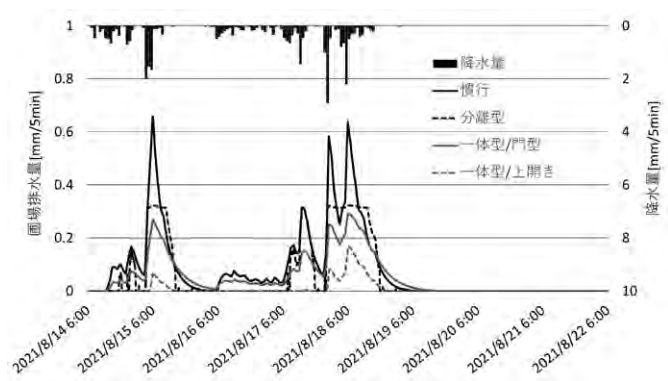
2021年8月12日～15日の降雨イベントについて慣行圃場と堰の一斉操作を実施したスマート田んぼダムの排水量と湛水深をシミュレーションした(Fig.3)。慣行圃場の堰の高さは田面から90mmで一定とし、スマート田んぼダムの堰の高さは、一斉落水前および一斉貯留時は90mm、一斉落水時および一斉落水後は0mmとした。また、土壌の浸透性は120mm/dとした。スマート田んぼダムで一斉貯留実施時、慣行圃



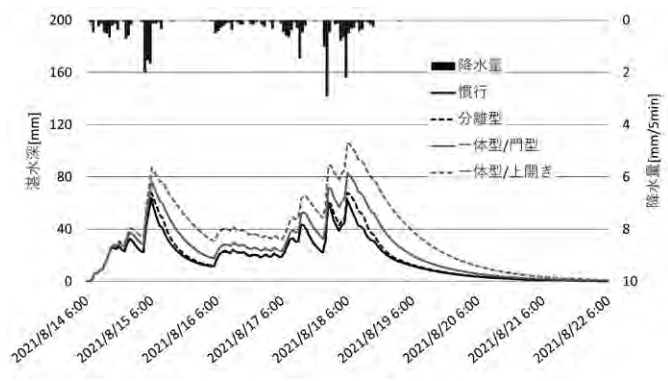
(a) 20mm/dに相当する浸透性を持つ圃場での田んぼダム実施時の排水量



(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

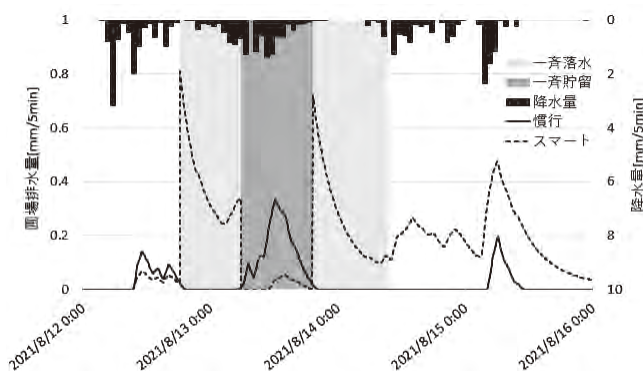
田んぼダム導入は一定の排水抑制効果があることが分かったが、慣行圃場に比べて湛水深が高くなるため、畦畔の嵩上げ工事等を行い、畦畔越流を防ぐ必要がある。また、スマート田んぼダムでは、一斉落水の時間を長く確保することで排水の遅延効果が大きくなるが、一斉落水を実施するのは豪雨が予想される場合であり、落水を行うタイミングを間違えれば、慣行圃場よりも排水量を増加させる可能性もある。スマート田んぼダムの効果をより得るためには、豪雨予測の正確性向上が求められる。

謝辞

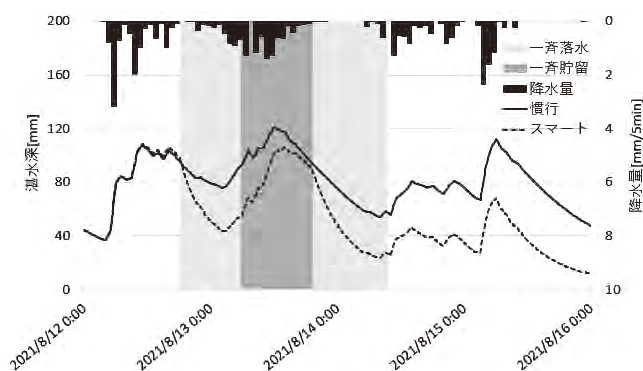
調査協力圃場の農家の方々、熊本県農林水産部農村振興局農村計画課をはじめとした関係機関、一般社団法人土地改良建設協会国営事業地区等フィールド調査学生支援事業に心から感謝申し上げます。

参考文献

宮津進, 吉川夏樹, 阿部聡 (2017): フリードレイ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島用水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1/500~1/1,000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するようになっている。

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

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

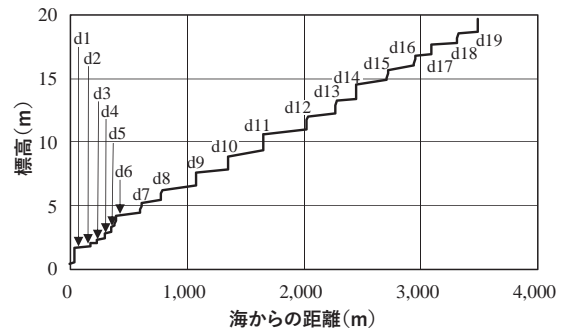


図1 水路縦断面

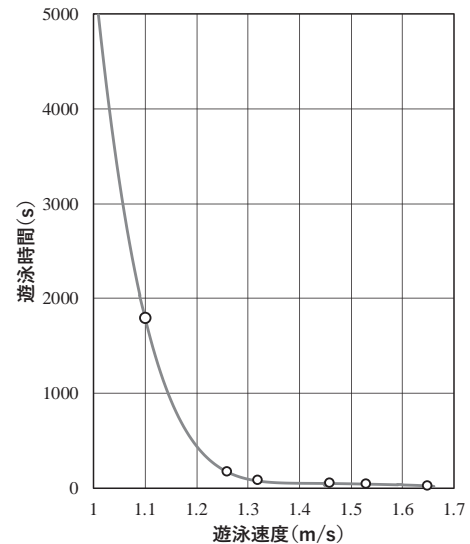


図2 遊泳曲線

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 に放流されて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っ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 が大きくなるにつれ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も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。

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.
 鬼束幸樹・秋山壽一郎・山本晃義・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・田中吾吾(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 |