

国営事業地区等フィールド調査 学生支援事業

令和元年度

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、令和元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** 肥培灌漑施設の新設後における事後評価としての酪農流域河川の水質改善効果の検証
帯広畜産大学 畜産学部 畜産科学過程 農業環境工学ユニット 永野 雄大（現在 愛媛県庁 勤務）
- 2** 物理探査を用いた農地と水利施設の調査手法の研究
岩手大学大学院 総合科学研究科 地域創生専攻 今野 雄太
- 3** 大柿ダム堤体における電磁探査調査とコア材振動特性の研究
岩手大学大学院 総合科学研究科 地域創生専攻 高橋 郁成
- 4** 雄物川流域における分布型水循環モデルの適用と大規模灌漑地区間の水管理情報の共有化
秋田県立大学 生物資源科学研究科 地域環境水文学分野 加藤 晃成
- 5** 低平な大規模農地を内外に持つ八郎湖流域へのDWCM-AgWUモデルの適用
秋田県立大学 生物資源科学部 アグリビジネス学科 小貫 将宏（現在 内外エンジニアリング株式会社 勤務）
- 6** 新庄市泉田地区の農業用地下水について
山形大学 農学部 食料生命環境学科 竹俣 咲穂（現在 山形県庁 勤務）
- 7** 農業用パイプラインの地震時動水圧に関する力学的検討
茨城大学 農学部 地域環境科学科 農業メディア学研究室 木村 恵
- 8** 印旛沼循環灌漑地区の排水系での水および溶存物質の動態解析
東京大学 農学部 環境資源科学課程 生物・環境工学専修 玉川 怜史
- 9** 土塊径が乾燥過程における蒸発量および鉛直水分分布に及ぼす影響
東京大学 農学部 生物・環境工学専修 農地環境工学研究室 岡部 晶優（現在 農林水産省 勤務）

10 石垣島宮良川流域における魚類と物理環境の流程分布

東京農工大学 農学部 地域生態システム学科 笠原 太一

11 高解像度生態水理データに基づく物理環境の多様度と魚類の空間分布の関係性解析

東京農工大学 農学部 地域生態システム学科 田中 智大

12 鋼矢板水路における腐食実態を対象とした画像診断法の開発

新潟大学大学院 自然科学研究科 萩原 大生

13 都市化に伴う水田面積の減少が配水管理用水量に与える影響

岐阜大学 応用生物科学部 生産環境科学課程 水利環境学 小竹 翔大

14 落差工のある農業水路における秋・冬季の魚類移動

京都大学 農学部 地域環境工学科 水資源利用工学分野 桑原 智洋

15 農村における伝統産業を活用した地域ブランディングの実現に向けた課題

—京都府亀岡市保津町における京藍栽培を事例として—

京都大学 農学部 地域環境工学科 農村計画学分野 吉田 幸布

16 スマート農業の導入による農業持続性の予測

京都大学院 農学研究科 地域環境科学専攻 農村計画学分野 本田 侑也

17 地下ダム貯留域の塩水分布による止水壁の健全性評価

神戸大学大学院 農学研究科食料共生システム学専攻 施設環境学研究室 高田 大輝

18 水みちを有する地盤の非フィック輸送に関する実験的検討

神戸大学 農学研究科 施設環境学研究室 北嶋 竜也

19 Google Earth画像を用いたロックフィルダムのモニタリング手法

鳥取大学 農学部 生物資源環境学科 池上 早紀（現在 鳥取県土地改良事業団体連合会 勤務）

20 農業・農村関連施設を断水時に活用するための体制について

九州大学 生物資源環境科学府環境農学専攻 灌漑利水学研究室 和泉 晴日

21 クリークにおける多自然型護岸施工による小型魚類への影響

佐賀大学 農学部 生物環境科学科 海浜環境情報学研究室 大串 覚（現在 佐賀県庁 勤務）

22 佐賀平野クリークにおけるアサザ保護工区の水環境

佐賀大学 農学部 生物環境科学科 海浜環境情報学研究室 三谷 祐加（現在 日化エンジニアリング株式会社 勤務）

13～22の報告は次号（310号）に掲載します。

肥培灌漑施設の新設後における事後評価としての酪農流域河川の水質改善効果の検証



帯広畜産大学 畜産学部 畜産科学過程 農業環境工学ユニット 永野 雄大
(現在 愛媛県庁 勤務)

1. はじめに

北海道東部の釧路・根室地域では1960年代以降に大規模な草地造成・開発が急激に進められた。その結果、酪農流域河川からの流入水(排水)が湖沼を汚染する主な原因となり、漁業者は深刻な被害を受けるようになった。こうした背景の中で、1990年代以降には窒素を指標とした水質環境基準が追加・格上げされ、家畜ふん尿管理に関する規制も強化された。また、国営環境保全型かんがい排水事業「はまなか地区」(2001~2011年度(以降、国営事業))では浄化型排水路の整備とともに多くの酪農家で肥培灌漑施設(大型スラリータンク)が新設されるなど、農業・漁業の持続的な繁栄と水質保全の両立を目指した酪農流域河川の総合的な保全対策がとられてきた。

山崎ら¹⁾は、1993~2013年の間に北海道東部の酪農流域で平水時河川水質を調査した結果、国営事業における肥培灌漑施設の新設率の増加にともない河川水中の全窒素濃度(平均値)が低下したことを報告した。しかし、この報告は国営事業完了後・2年目(2013年)の調査結果であり、窒素濃度以外の水質指標は示されていない。いま、肥培灌漑施設の新設にともなう酪農流域河川の水質改善効果を検証するには、より長期的な視点からさらなる追加調査を含めて栄養塩類・有機物等を指標とした総合的な河川水質の評価が必要となる。

この研究では、山崎ら¹⁾が調査・報告した北海道東部の酪農流域河川において2019年に平水時の水質水文調査などを実施した結果をふまえ、国営事業完了後・8年目における事後評価としての水質改善効果を検証する。

2. 調査・分析方法

北海道釧路管内浜中町・厚岸町の林野・酪農4流域を対象として、1993~2019年の間(調査年)に月1回程度(5~11月、平水時)の河川水の採水・水質分析および流量観測を実施したほか、流域の土地利用および乳用牛飼養頭数などを調査した(表-1、表-2)。分析項目は、水素イオン濃度指数(pH)、生物化学的酸素要求量(BOD)および浮遊物質(SS)の有機物等3項目に加えて、全窒素(T-N)、硝酸態窒素(NO₃-N)、亜硝酸態窒素(NO₂-N)、アンモニア態窒素(NH₄-N)、全リン(T-P)およびリン酸態リン(PO₄-P)の栄養塩類6項目である。

3. 結果および考察

調査4流域の河川水中の有機物等(平均値)はpHで7.0~7.7、SSでは1~15mg/Lの範囲にあり、「環境基準生活項目(河川)」のAA類型(pH:6.5~8.5、SS:25mg/L以下)と評価された。BODは流域1(林野)で0.90~1.54mg/L、流域2~流域4(酪農)では0.97~2.80mg/Lの範囲にあり、AA類型(1mg/L以下)~B類型(3mg/L以下)と評価された。このように、平水時河川水中の有機物等は調査期間を通じて基準値内で推移していた。

栄養塩類(平均値)のうち、流域1(林野)のT-N濃度は0.22~0.35mg/Lと低く、「環境基準生活項目(湖沼その2)」のⅢ類型(T-N:0.4mg/L以下)と評価された(図-1(a))。流域2~流域4(酪農)のT-N濃度は2000年代以降減少傾向を示していたが、飼養頭数密度が最大の流域4ではV類型(T-N:1.0mg/L以下)を超過していた。また、流域3・流域4では乳用牛飼養頭数が2019年に増加し、T-N濃度も流域3(1.04mg/L)、流域4(1.39mg/L)

表-1 調査流域諸元¹⁾

流域	流域面積 (km ²)	土地利用 (%)		備考 土地利用 ・河川形態
		草地	林野等*	
流域1	15.1	17	83	林野・自然河川
流域2	8.7	74	15	酪農・準自然河川
流域3	10.4	79	18	酪農・改修河川
流域4	13.5	70	24	酪農・改修河川

*森林・湿地などの自然の土地利用の総和(荒地などを除く)

表-2 農家戸数・乳用牛飼養頭数(酪農3流域、1993~2019年(抜粋))

	1993年	1996年	2000年	2006年	2013年	2019年
[流域2]						
農家戸数(戸)	10	9	6	6	6	5
乳用牛飼養頭数(頭)	754	629	730	534	605	599
飼養頭数密度(頭/km ²)	117	98	113	83	94	93
[流域3]						
農家戸数(戸)	9	9	9	9	9	7
乳用牛飼養頭数(頭)	984	1,046	995	863	1,022	1,350
飼養頭数密度(頭/km ²)	120	127	121	105	124	164
[流域4]						
農家戸数(戸)	22	20	20	18	16	15
乳用牛飼養頭数(頭)	2,037	2,086	2,185	1,975	2,001	2,132
飼養頭数密度(頭/km ²)	216	221	231	209	212	226

で微増していた(図-1(a))。一方、平水時河川水中のT-P濃度は一般的に低いが、酪農3流域では2006年以降でV類型(T-P:0.1mg/L以下)を超過するなど、調査4流域で若干増加する傾向を示した(図-1(b))。

ここで、T-N濃度に河川比流量を乗じたT-N比負荷を指標とすると、酪農3流域(とくに流域3・流域4)では2006年から2019年にかけて減少傾向が認められる(図-2(a)~(c))。このように、T-N比負荷で評価した場合、肥培灌漑施設を新設した後も長期間にわたり酪農3流域から平水時に流出する窒素量が減少しており、国営事業の完了後・8年目の事後評価として水質改善効果が確認された。一方、T-P濃度に河川比流量を乗じたT-P比負荷は比較的小さいが、酪農3流域ではT-P濃度と同様に2000年代以降で若干増加する傾向を示した。今後はさらなるモニタリングを通じて、平水時河川水中のリンの増加傾向・流出要因についても考えていく必要がある。

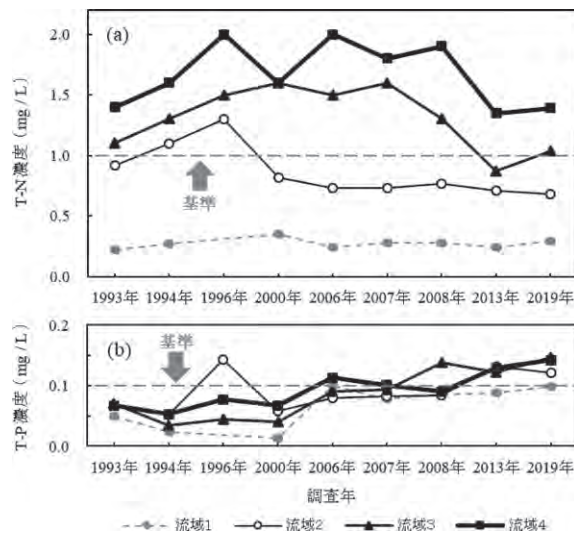


図-1 T-N・T-P濃度の経年推移(平均値、1993~2019年)

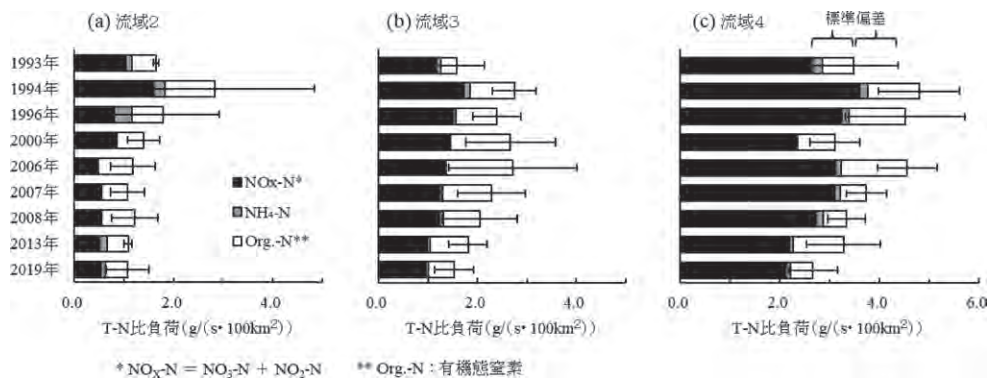


図-2 T-N比負荷の経年推移(酪農3流域、平均値・標準偏差、1993~2019年)

謝辞

この研究の実施にあたり、北海道開発局釧路開発建設部・浜中町役場には「はまなか地区」の概要説明および農家戸数・乳用牛飼養頭数の調査などにご協力をいただいた。また、(一社)土地改良建設協会には国営事業地区等フィールド調査学生支援事業を通じて助成金をいただいた。以上の関係各位に心より深謝の意を表す。

引用文献

- 1) 山崎由理・宗岡寿美・木村賢人・辻 修(2018): 肥培灌漑施設の新設と河川水中の全窒素濃度の改善効果, 農業農村工学会誌, 86(8), pp.33~36

2

物理探査を用いた農地と水利施設の調査手法の研究

岩手大学大学院 総合科学研究科 地域創生専攻 今野 雄太



1. はじめに

秋田県大潟村に位置する八郎潟地区は、総面積22,024haの日本第二位の広さを誇る汽水湖であったが、戦後の食糧不足解消のために国営事業として昭和32年から20年間をかけて造成された干拓地である。しかし農業水利施

設の多くは築造後40年以上が経過しており、老朽化や腐食により維持管理に多大な労力を要している。また、図1に示すような用排水路の不同沈下の影響により、水を流すために多くの施設管理用水が必要となり、農業用水管理に支障を来たしている。この原因は、元来の湖底のほとんどがヘドロ状の軟弱粘土の覆われており、層厚の大きい場所では50mを超えるところも存在するためである。これらの問題の解決のため、老朽化した農業水利施設の更新を行うとともに、幹線用水路の縦断勾配の修正、水管理システムの導入が必要とされている。しかし、改修の必要な用排水路の総延長は100kmを超え、各用排水路の沈下量予測にはボーリング試験やサウンディング試験等から得られたデータが用いられており、多くの労力と費用が必要になっている。



図1 八郎湯地区における不同沈下

本研究は、土壌物性と電気伝導度との関係性から農地及び水利施設における地盤調査手法を検討するものであり、本報告では現時点での調査結果について説明する。

2. 調査地

八郎湯地区用排水路において特に沈下の著しい、D1幹線用水路とF2幹線用水路を選定した。調査箇所の概要を図2及び図3に示す。用水路の改修のためにボーリング調査が実施された位置を、それぞれ点D1B、F2Bとして、これらの点の両側に幹線用水路と平行となるような測線を100mずつ伸ばし200mの測線を設定した。また、幹線用水路から離れた位置にも、点D1B' と点F2B' を設置し同様に測線を設定した。また、D1B及びF2B測線上においては、表土測定と土壌試料の採取を50m間隔で5箇所実施した。



図2 D1幹線用水路概要

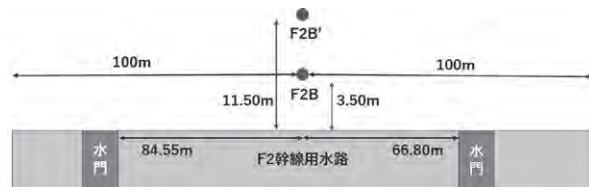


図3 F2幹線用水路概要

3. 方法

物理探査手法の一つである電磁探査により、土壌内部の比抵抗値測定を実施した。電磁探査にはGeophex社製GEM-2と(独)産業技術総合研究所による比抵抗断面分布推定1次元逆解析プログラム(gem2_inv_prof.exe (Ver.8))を用いることにより深さ方向の電気伝導度分布を算出した。また、土壌ECセンサとTDR土壌水分計を用いて、表土の電気伝導度ECと含水率を測定した。

採取した土壌試料については密度試験及び粒度試験を実施しているところである。また、1:5水浸出法により溶液を作製し、ECセンサにより電気伝導度の測定を実施した。今後、作製した溶液については、濾過した後に各種イオン測定及びpH、電気伝導度の測定を実施する予定である。また、D1、F2幹線用水路におけるボーリング調査から得られた、深さ3mでの試料についても同様の試験を実施する予定である。

4. 結果と考察

電磁探査測定結果である見かけの電気伝導度分布をコンター図として図4から図7に示す。どの測定結果においても深さ2m付近から値が大きく変わっていることから、広範囲において2mよりも深い位置において電気伝導度の高い分布が広がっていると推測される。干拓される以前、汽水湖であったことや、湖底がヘドロ状の軟弱粘土であったことから、2mより深い位置には、塩分濃度の高い土壌や、高含水率の粘土地盤があると推測される。また、幹線用水路から離れた測線であるD1B' とF2B' に比べて、幹線用水路に近い測線であるD1BとF2Bの方が電気伝導度の値が高くなった。これについては、幹線用水路がステンレス製のコルゲート水路であり、その金属の影響により用水路に近い測線の電気伝導度が高く評価された可能性があると考えられる。

表1及び表2に、D1B及びF2B測線において表土より採取した土壌試料及びボーリング調査試料から1:5水浸出法により作製した溶液の電気伝導度測定結果を示す。D1B、F2Bどちらの測線上においても表土溶液の電気

伝導度は30mS/mを下回る値であったが、ボーリング試料溶液の電気伝導度は、300mS/mを超えるような高い値であった。このことから、深さ3m地点における電気伝導度は、表土よりもはるかに高く、電磁探査結果と整合する結果となった。

表 1 D1B測線における採取溶液の電気伝導度

D1B測線	
地点	EC (mS/m)
0m	2.36
50m	8.62
100m(D1B)	17.96
150m	8.26
200m	22.10
D1 Borl : 3m	416.00

表 2 F2B測線における採取溶液の電気伝導度

F2B測線	
地点	EC (mS/m)
0m	12.79
50m	8.32
100m(F2B)	5.51
150m	15.28
200m	10.57
F2 Borl : 3m	344.00

5. まとめ

本研究では物理探査の一つである電磁探査を用いて、土壌と電気伝導度との関係性から、農地及び水利施設の調査手法を検討した。電磁探査による測定結果から、D1測線、F2測線の双方において深さ2m以上の範囲において高い電気伝導度分布が広がっている事が明らかとなった。今後、粒度分析やイオン測定を実施し、その要因についてはさらに比較検討を行う予定である。

謝辞

東北農政局西奥羽土地改良調査管理事務所の皆様におかれましては、調査において多大なるご協力を賜り、心から感謝申し上げます。また、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の支援により、今回のような貴重な機会を与えていただきました。重ねて感謝申し上げます。

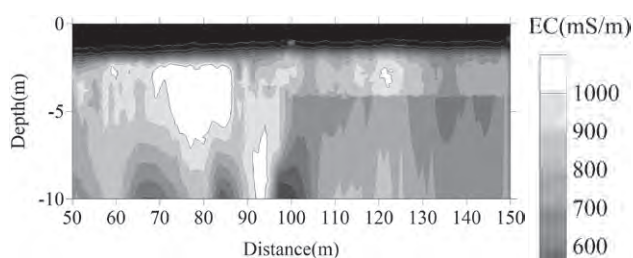


図 4 D1B測線における見かけの電気伝導度ECa

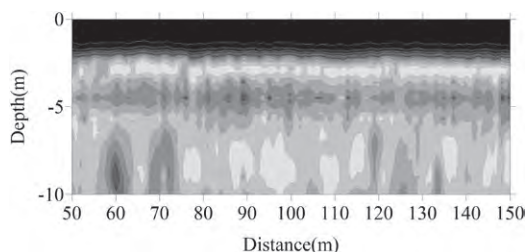


図 5 F2B測線における見かけの電気伝導度ECa

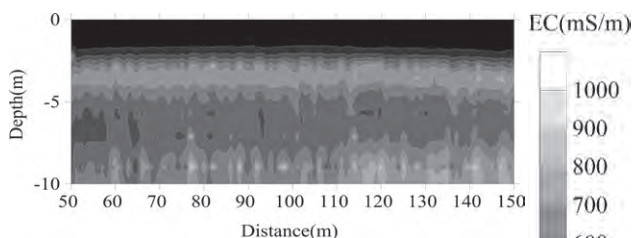


図 6: D1B' 測線における見かけの電気伝導度ECa (mS/m)

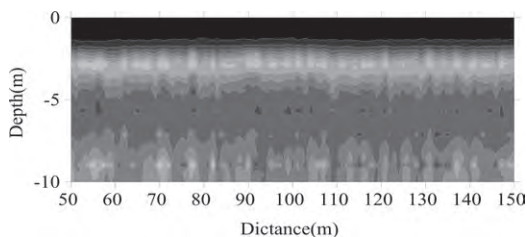


図 7: F2B' 測線における見かけの電気伝導度ECa (mS/m)

大柿ダム堤体における電磁探査調査とコア材振動特性の研究

岩手大学大学院 総合科学研究科 地域創生専攻 高橋 郁成



1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東日本大震災により、東北地方だけでなく日本各地に被害をもたらし、農業施設にも甚大な被害をもたらした。今回の調査地である大柿ダムは福島県浪江町に位置し、東日本大震災により堤体

天端でダム軸方向に開口亀裂が入り、改修工事が行われた。

本研究では、電気探査によりダム堤体内部の比抵抗測定を行い、コア材を突き固めて作製した供試体の加速度測定、電気伝導度と含水比の測定を行い、それらの結果を比較、考察し、堤体内部物性の評価手法の検討を行う。本報告は、福島県浪江町の大柿ダムの概要と現時点における調査結果である。

2. 調査地

大柿ダムは、請戸川農業水利事業の基幹水源施設として、請戸川中流に建設された中心遮水ゾーン型ロックフィルダムである。ダム軸はほぼ南北方向にあり、堤体の左岸側は薄い尾根に取り付き、その尾根のさらに左岸側は貯水池となる。大柿ダムのダム諸元を表1に、堤体天端の右岸側からの写真を写真1にそれぞれ示す。

平成23年3月11日に発生した東日本大震災により大柿ダム及び受益地内の農地と農業施設は大きな被害を受けた。それに加え、放射性物質飛散により大柿ダムを含め浪江町は警戒区域に指定され、ほぼ全域にわたって立ち入りが制限された。大柿ダムにおいて、堤体天端アスファルトにダム軸方向に開口亀裂が発生し、上下流地覆コンクリートの継目が開き、監査廊内が冠水した。特に堤体天端に発生した開口亀裂は天端から深さ最大約6.5mまで達し、復旧工事では天端から最大7.3mを掘削撤去し、再盛土を行った。再盛土のコア材は天端から約1.2mまでにおいては新規購入し、約1.2m以深においては既存のコア材を再利用した。復旧工事を経て、平成29年度に受益地に用水供給を行っている。

表1 大柿ダム諸元表

ダム諸元		貯水池諸元	
堤高	84.5m	集水面積	110.2km ²
堤頂長	262.0m	湛水面積	930,000m ²
堤体積	1,756千m ³	総貯水容量	19,500千m ³
ダム天端高	EL.173.5m	有効貯水容量	17,300千m ³
洪水吐形式	シュート式	設計洪水位	W.L.171.00m
設計洪水量	1,680m ³ /s	常時満水位	W.L.170.00m



写真1 大柿ダム堤体天端写真

3. 調査方法

本調査では物理探査手法の一つである電磁探査により、ダム堤体内部の比抵抗を測定する。電磁探査ではGeopex社製GEM-2と(独)産業技術総合研究所による比抵抗断面分布推定1次元逆解析プログラム(gem2_inv_prof.exe (Ver.8))を用いることにより深さ方向の比抵抗分布を算出する。また、大柿ダムのコア材を用いて締固め試験を行い、モールドから取り出した円柱供試体に振動を与え、加速度測定を行う。なお、コア材はボーリングにより得られたものである。加速度測定では円柱供試体に振動を与え、加速度センサを供試体頭部と振動台に設置し、加速度測定ユニットにより加速度を測定し、波形パラメータや卓越周波数、フーリエスペクトログラム等の振動特性を把握する。写真2に加速度測定の様子を示す。また、現時点では未実施だが、土壌ECセンサにより導電率(EC、電気伝導度)を測定する。電磁探査においては地盤の比抵抗の情報を収集し、加速度測定では、含水比と振動特性、比抵抗(比抵抗の逆数が導電率)の関係について検討し、電磁探査結果から含水比または振動特性が推定できるかを考察する予定である。



写真2 加速度測定の様子

4. 結果

電磁探査を堤体天端において図1に示した点線部分を測線として行った。また図中には調査結果に影響を与えられられる導電率が高いマンホールのふたの位置を示している。図2に電磁探査により得られた比抵抗分布図の一例を示す。ここで、マン

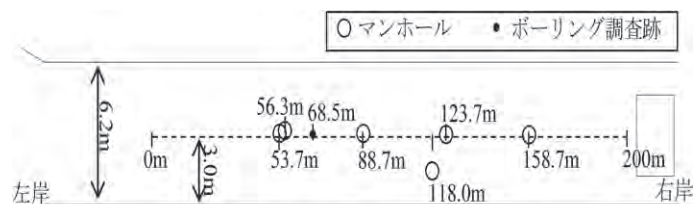


図1 電磁探査調査概要図

ホールのふた等の高い導電率の影響をできる限り取り除くために、10Ωm以下の測定データは除外している。深さ2m程度の範囲で0～160m付近においては比抵抗が高く、160～200m付近は比抵抗が低い傾向にある。加速度測定で得られたフーリエスペクトログラムの一例を図3に示す。加速度測定中は供試体の崩壊や破壊は発生しなかった。

今後は様々な含水比でコア材供試体を作製し、加速度測定と電気伝導度を測定し、コア材供試体の振動特性と電磁探査の結果を総合的に比較する予定である。

謝辞

多大なるご協力を賜りました、東北農政局南相馬地域直轄災害復旧事務所と福島県相双農林事務所の皆様、今回のような機会を与えていただきました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の支援に心から感謝申し上げます。

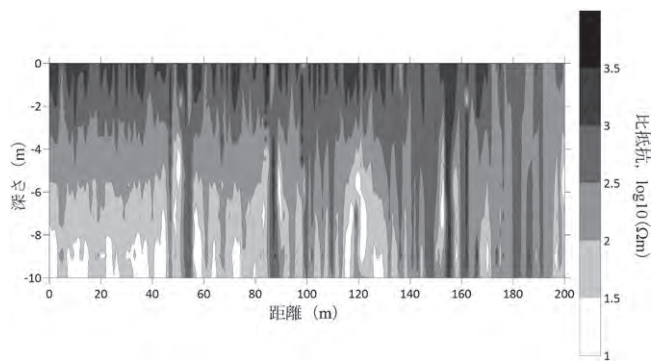
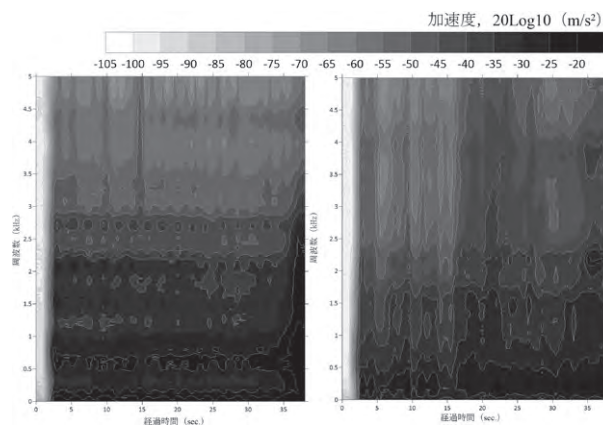


図2 電磁探査調査による比抵抗分布



(a) 振動台 (b) 供試体頭部
図3 加速度スペクトログラム

4

雄物川流域における分布型水循環モデルの適用と大規模灌漑地区間の水管理情報の共有化

秋田県立大学 生物資源科学研究科 地域環境水文学分野 加藤 晃成



1. 研究の背景と目的

研究対象とする雄物川は、秋田県内の最大の流域面積4,710km²、南北に大きく縦断する幹川の流路延長133kmを有し、これまで用水開発等の大規模国営事業が数多く実施された流域である。一方で、水田稲作主体であったこの地域でも、メガ団地構想等を旗印に高収益な畑作農業への展開が模索されている。しかし、近年の気候変動に伴う極端現象(少雨や豪雨)の増大による渇水、洪水・氾濫などの被害が、令和元年の渇水、平成29～30年の連続氾濫として、顕著に発生している。

そこで本研究では、雄物川に対して分布型水循環モデルを適用することにより、主要な水管理上の課題を検討することを目的としている。さらに、将来的に上記流域の農業水利用に関する諸処の問題を解決するための当モデルの利活用方法を模索することも目的の一つとする。

2. 研究方法

雄物川流域への分布型水循環モデル適用に際して、様々な実務者や担当機関を訪問することにより、流域の特徴、流域内管理施設の水管理上で抱える課題等の聞き取り調査を行った。そこでは、各組織における水利用のモデル化に対する理解度や期待値などを把握する一方で、流域のモデル化に必要な情報を収集するため、土地改良事業団体連合会、東北農政局西奥羽土地改良調査管理事務所、田沢二期農業水利事業所、旭川農業水利事業所、平鹿平野農業水利事業所、土地改良区、国土交通省秋田・湯沢川国道事務所、秋田県地域振興局、東北電力ダム

管理所などを訪問した。その後、1km四方に区切ったメッシュごとに降水量や気温・日照時間等の気候要素、土地利用、標高、灌漑に関わる水利施設やその管理方法、その他様々なデータを入力し、分布型水循環モデルを介してメッシュ化されたすべての地点に対して流量、作付け時期、施設の管理運用状況、水利施設での取水量、蒸発散量などを算出した。そこでは、主要な流量観測所における観測流量と計算値との比較検討を行った。さらに、新たなモデルの利活用方法として、水利施設の増強により変化する将来の農業水利用への影響などを取水可能量などの予測を行う方策を検討した。

3. 結果と考察

現地調査により、当流域はの特徴は、玉川上流部に位置する玉川ダムや皆瀬川上流部に位置する皆瀬ダムが主要な水利施設であり、その下流に大規模灌漑地区(例えば、田沢疏水、仙北平野、平鹿平野、雄物川筋)が存在していること、平鹿平野地域では慢性的な水不足や渇水が原因で地下水を取水に利用していること、それに対する抜本的解決手段として現在建設中の成瀬ダムに注目していることなどが明らかになった。一方、モデル自体やそれを活用するに当たっての有効性や利便性について各機関の実務者はあまり興味を示さず、理解さえも困難だと考えていることが分かった。また、多くの灌漑地区から情報を報告させている国や県の機関は、取水量データ自体は保有しているものの、その分析等は行われていない状況を知ることができた。

次に、モデル入力のための前述の雄物川流域の各種情報(例えば、図1のメッシュや水利施設・灌漑地区情報)を作成した。そこでは、主要ダムや灌漑地区・水路系統の取込みを行って、一連の計算を実施した。図2は椿川地点でモデルから算出した計算流量と観測流量の比較結果と雨量実測値(流域平均値)を示している。低水・高水共に不十分な計算精度の期間はあるものの、流量波形は良く一致していることが分かる(同図での2年間の相対誤差は39%)。実例として、2004年7月20日の鳥海山付近の200ミリを超える大雨に対しては観測流量の急激な増加に計算流量が追従している。また、対象期間は平成13~22年の10年間、流量比較した観測点は雄物川流域の基準流量観測点椿川その他、支川合流点下流の地点等5カ所を選択しそれぞれの計算誤差も算出している。今後のモデルの精度向上に関して、土地改良区等から入手した取水量データやダムの管理情報(流入・貯水・放流量)をモデル検証に利用することが挙げられる。

さらに、検証後の分布型水循環モデルの利用法として、水管理効果の影響についての検討例を示す。前述の平鹿平野や雄物川筋地区においては、農業水利用として慢性的な水不足に見舞われてきたが、従来から豊富な地下水利用を行っており、現在でも農業用地下水ポンプの利用は盛んである。一方、現在建設中(令和6年完成予定)の成瀬ダムの利水上の効果を検討した。その結果は図3に示すとおり、例えば平成16年の気象条件では、皆瀬頭首工地点の上流地点(岩崎橋地点)において、洪水時に流量が低下し、

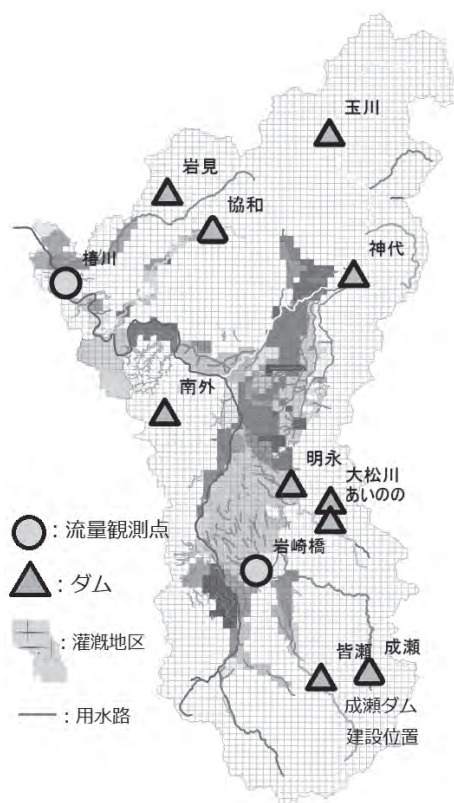


図1 雄物川流域におけるメッシュ分割、水利施設・灌漑地区

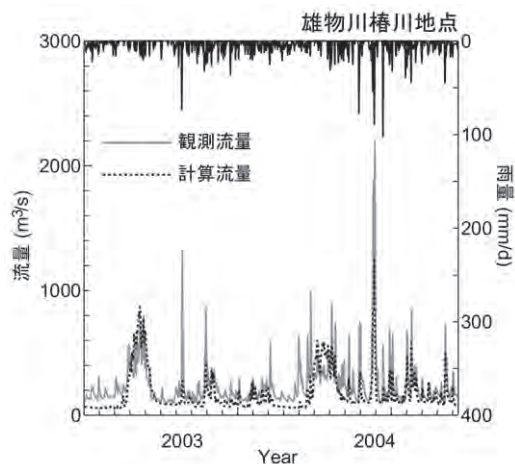


図2 代表観測点(椿川地点)における推定流量の検証例

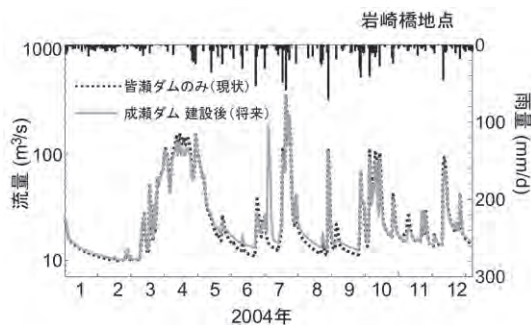


図3 成瀬ダム(建設中)の完成による農業用水への影響

5～9月のに渇水時には、農業用水として利用可能な流量の増加が見られた。

4. 今後の課題

モデル適用に関しては、当初の想定以上に良い精度の再現性が得られたが、一方で平成19～20年の流量算定精度は総じて低くその原因の究明と改善が求められる。さらに、平成23年から現在までの降水量データの整備とモデル適用も進めたい。さらに、令和元～2年の冬季に発生した暖冬による積雪不足の影響が灌漑時期にどのように発生するかの予測方法の検討等を行う必要がある。加えて、流出モデルとしての流量推定に留まっている分布型水循環モデルを氾濫にも適用できるような改良も行っていきたい。

なお、本研究にあたっては前述の東北農政局管内4つの事務所・事業所の支援を受けたことをここに記して感謝の意を表す。

5

低平な大規模農地を内外に持つ八郎湖流域へのDWCM-AgWUモデルの適用



秋田県立大学 生物資源科学部 アグリビジネス学科 小貫 将宏
(現在 内外エンジニアリング株式会社 勤務)

1. 研究の背景と目的

八郎湖を対象とした研究は、50年以上前に琵琶湖に次ぐ2番目の規模の湖の5分の4を干拓した経緯もあり、干拓地からの水質負荷や湖の水質環境に関するものがこれまで主体となっていた。一方で、八郎湖内の水収支や最終的に湖に流入してくる大小20余りの河川(表1参照)を含めた「八郎湖流域」を対象とした研究は極めて少ない状況である。そこで、現在まで検討されていない水循環や、農業用水の取水や還元的位置や量など、異なる視点から八郎湖流域を見ることは非常に重要である。本研究では、流域内の水循環がどのように形成されているかを明らかにし、湖の内外に大規模農地における農業水利用の実態を把握するために、人為的な活動を組み込んだ分布型水循環モデル(DWCM-AgWUモデル: Distributed

表1 八郎湖流域における流入河川の一覧

水域など	河川など	流域面積(km ²)
調整池	馬場目川	205.7
	井川	53.4
	飯塚川・妹川	13.1
	豊川	25.0
	馬踏川	32.9
	直接域	58.7
	湖面	31.5
	計	420.3
東部承水路	浅内川	25.4
	鶴川川	29.5
	三種川	149.8
	牡丹川・新屋敷川・糸流川	19.4
	鹿渡川	10.1
	鯉川	12.7
	夜叉袋川	17.6
	湖面	10.7
	計	275.2
西部承水路	直接域	36.1
	湖面	5.1
	計	41.2
中央干拓地	大湯村	157.7
	合計	894.3

Water Circulation Model Incorporating

Agricultural Water Use)の八郎湖流域(894km²)への適用を試みる。このモデルでは、各地点の降水量や土地利用など詳細な情報を利用し、1km²のメッシュに流域を分けることで、流域の任意の場所で各種の情報を得ることができる。さらに、モデルを適用することにより、将来的な東部・西部承水路、調整池の新しい水利用の提言を行うとともに、干拓前と干拓後の八郎湖が果たしたであろう水収支の変化を明らかにしていく。

2. 研究方法

まず、流域内における農業水利用の実態や水管理上の問題点を明らかにするために、13箇所の全土地改良区を訪問して独自の聞き取り調査を行った。次いで、八郎湖流域に対して、分布型水循環モデルの適用を行った。その適用にあたり、八郎湖流域の土地利用、地理・地形データ、降水量、気象などのデータ、流路網などを整備し、解析モデルを実行した。モデルから得られた結果の検証として、八郎湖流域で最も流域面積が大きい馬場目川の久保地点での流量観測データとの比較を行った。使用したデータは、2001年1月1日～2011年12月31日の10年間である。検証の後、モデルで得られる各種の算定値を用いて、流域水収支や干拓前後の面積が大きく変化した

湖の水収支変化や役割等を検討した。

3. 結果と考察

聞き取り調査によれば、流域内の土地改良区のうち、淡水湖化された八郎湖から用水供給を行っているいくつかの灌漑地区を除いて、馬場目川土地改良区など流域上流から八郎湖に流入する河川沿いに位置する多くの土地改良区は、夏の水不足(特に深刻)、取水ポンプの電気代負担、水利施設の老朽化等に悩まされている現状がある。また、ため池利用も多いが、その容量は比較的小さく水不足への対処策にはならないことも分かった。

図1はモデルの検証結果で、馬場目川久保水位観測地点で2006年の観測流量と計算流量を比較している。水位データは流域内で何点か観測されているが、流量観測が行われている唯一の地点である。積雪・融雪も追うことができる冬季間も含め、低水流量の再現性は高く、同時にこの年の7月2～4日まで低気圧の影響で大雨の発生に伴うピーク流量や波形について両者の大きな誤差は無い結果となった。自然流下を仮定しているため、防潮水門や北部・南部排水機場での施設管理は組み込んでいないが、低位部の北部・南部排水機場、西部・東部承水路からの合流前の流量、防潮水門地点の5地点のモデルによる計算流量をみると、水収支からみて結果に矛盾は見られず、西部承水路からの流量が非常に小さいことも推定できた。このことから、現在の西部承水路の管理水位は、東部承水路、調整池よりも低くなっているが、これは、西部承水路が大きな流量を確保することが難しいためであるといえる。

多くの土地改良区が課題として挙げた水不足問題に対しては、八郎湖は大雨の際に周囲からの洪水流入量を貯留し灌漑用に利用可能であるという特徴に着目し、短期水収支等を見ながら東部承水路、調整池の水を揚水機場を使って上流に移送し、現在の取水地点からパイプライン等で上流灌漑地区に水を配る方式を提案した。今後、適用したモデルの改良を図った上で、それを利活用して東部承水路、調整池の貯留機能等を適切に管理し、将来的にはAI技術の導入等も図りながら、実現の可能性を探ることが可能である。図2は八郎湖の干拓前後における洪水貯留量の変化をモデルで推定したものである。現在は、防潮水門で海への放流管理を行っているため、さらに貯留量の変化を小さくできるが、干拓前の湖面積が現在の5倍かつ防潮水門があったと仮定すると、水位変化はさらに小さく算定できた。

4. 今後の課題

モデルの適用にあたっては、湖は東部・西部承水路、調整池からなる1つのタンクと見なしていること、防潮水門ならびに干拓地の北部・南部排水機場の管理は組み込まず自然流下を仮定していること、両排水機は排水路でネットワーク状に繋がっているが標高の高い接続部での分岐を仮定していること、モデル検証のための観測点は1地点しか存在しないこと等の改善点が存在する。また、流域内にダムは存在しないが多くの中小ため池があること、灌漑地区内の水利用過程は未だデータとして導入途中であることなどいまだ検討途中の課題である。

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。

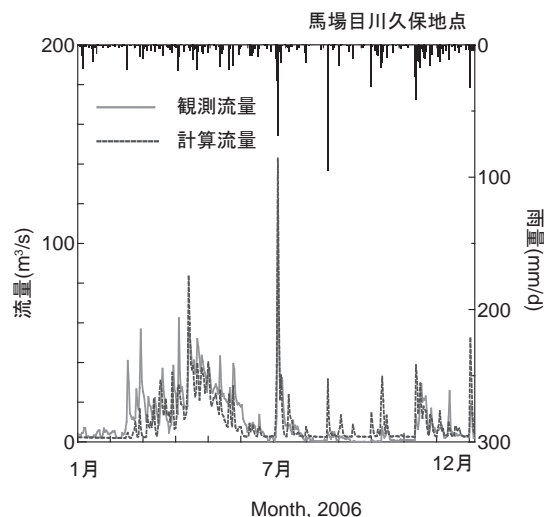


図1 馬場目川久保地点における計算流量の検証

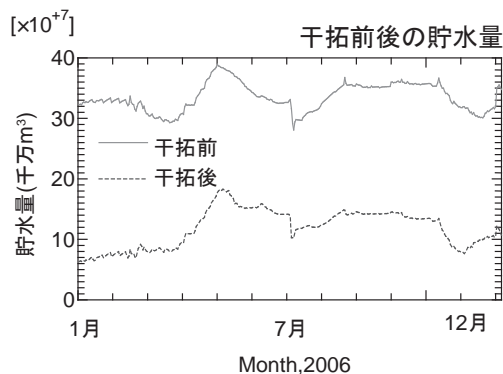


図2 干拓前後の八郎湖貯留量変化の推定 (干拓前の湖面積は仮定)

新庄市泉田地区の農業用地下水について



山形大学 農学部 食料生命環境学科 **竹俣 咲穂**
(現在 山形県庁 勤務)

1. はじめに

山形県新庄市にある泉田川はほとんどが伏流水で、通常は流量が少ない。そのため、安定的に水を引くことが出来ず長年農家は水不足に悩まされていた。1893年以降、地下水による暗渠集水が可能になったが、用水不足により収穫は不安定であった。近年になり、榊沢ダムが建設され、現在はダムの水と地下水を使って農業が行われている。現在、榊沢ダムの水と地下水だけでは水が不足していることや、地下水位が下がっていることが問題となっている。

本地域では、新庄市周辺地域地下水利用適正化調査報告(1977)(以下 調査報告とする)で工業用の地下水を中心とした調査が行われたが、農業用地下水の調査は行われていない。

本研究では、泉田地区の農業用地下水について把握することを目的に行った。

2. 調査方法

2.1 調査地概要

泉田川は神室山(標高1365m)を源流とし、最上川の支流である鮭川の支川の一つとなっている(図1)。凝灰質の砂礫が分布し、表土は主に黒ボク土である。

同地域の農業用井戸が利用する浅層地下水は、等高線群が示す勾配方向に流動していると考えられる。泉田川扇状地では、横根山を境に北西と南西に分かれている。

また、調査報告の電気探査の結果より、泉田川に沿った扇状地では下流の方が帯水層である沖積層と洪積層の厚さが増すことが分かった(図2)。

2018年は扇状地全体の農業用井戸で調査を行い、2019年は泉田川に沿った地区の農業用井戸で調査を行った。

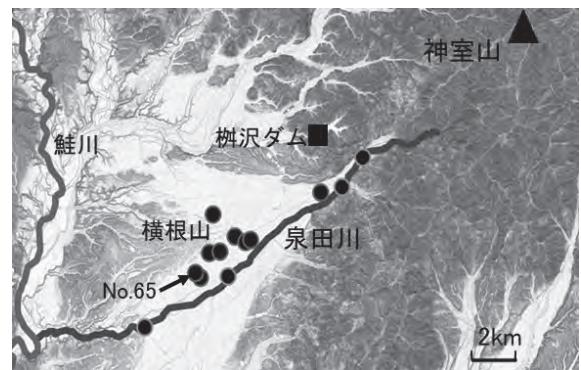


図1 調査地域(国土地理院傾斜量図) ●調査地点

2.2 調査内容

- 1) 現地調査 井戸深や電気伝導度(EC)などを井戸と河川で測定した。(2019. 8/19、12/18)
- 2) 水質分析 現地調査を行なった地点で採水し水質分析を行った。
- 3) 地下水位 井戸No.65に雨量計と水位計を設置し、2019年8月19日からの降水量、気温、地下水位、水温、ECの測定を行った。



図2 泉田地区の地下地質の概要

3. 調査結果及び考察

3.1 現地調査

井戸の深さから帯水層の深さを検討した。その結果6m前後の井戸が多く平均の深さが6.81mであるため、帯水層は地表から約6mの沖積層から取水していると考えた。

ECは地下水の方が地表水より高かった。地下水は、地下を滞留している間にイオンが溶け込むため地下水の方がECが高くなったと考えられる。また、泉田川では上流側より下流の方がECが高かった。下流側では湧出した地下水が含まれるため、ECの高い水になったと考えられる。

3.2 水質分析

水質分析の結果からトリリニアダイアグラムを作成した。トリリニアダイアグラムは、陽イオンと陰イオンのそれぞれの総当量を100%とし、各イオン濃度の割合から水質の型を分類する。2018年は全ての地下水と地表水

が中間型、2019年では中間型とCa-HCO₃型の2つに分かれた。中間型は河川水や伏流水に見られ、Ca-HCO₃型は浅層地下水に見られる型である。Ca-HCO₃型は、中間型に比べると地下を滞留した時間が長く、Ca²⁺とHCO₃⁻の割合が高い。2018年は降水量が多く、2019年より地下水の滞留時間が短くなり型に違いが出たと考えられる。そのため、泉田地区の農業用地下水は浅い層を通る地下水であることが分かった。また、地下水の方が地表水よりイオンの総当量が多かった。このことから、地下を滞留することでイオンが溶け込みECが高くなることが確認できた。

3.3 地下水位

井戸No65の水位とECでは、水位が変化した時にECも変化していた(図3)。(A)水位が低下した点でECが上昇、(B)水位とECが同時に上昇した後、水位は上昇し続けたが、ECはすぐに低下、(C)水位が上昇した点でECが低下という3つの変化が見られた。井戸内の地下水位は、地下を滞留してきた水が影響するため、降雨から時間遅れで変動すると思った。ECでは、地下水は地下を滞留する間にイオンが溶け込むため、滞留時間によって変化すると思った。井戸内の地下水のECは、流れ込む水により変化するため短い時間で変化すると思われる。

3つの変化は、(A)地下水位が低下したため滞留時間が長くなりECが上昇した(B)長時間地下を滞留していたECの高い水が、大雨などの影響によって地下で押し出され井戸内に侵入し、水位の上昇と同時に一時的にECが高くなった(C)大雨などの影響により地下水位が上昇したため滞留時間が短くなりECが低下したと考えられる。

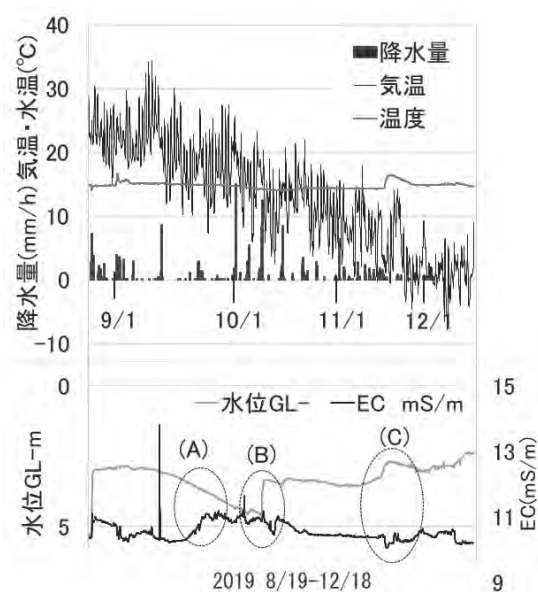


図3 降水量・気温・水温・ECの変化

4. まとめ

泉田地区の農業用地下水は地表から6m前後の沖積層から取水していた。水質は伏流水や浅層地下水の型を示した。地下水位は降雨から時間遅れで変動することが分かった。また、ECは滞留時間によって変動すると思った。地下水が流れやすく貯留量が少ないため、水不足が発生していると考えられる。

謝辞

本研究にあたりご支援いただいた東北農政局西奥羽土地改良調査管理事務所最上川支所、泉田川土地改良区、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深謝申し上げます。

参考文献

- ・ 仙台通商産業局総務部開発業務課(1977)：新庄市周辺地域地下水利用適正化調査報告
- ・ 大友義助(1982)：泉田川土地改良区史

農業用パイプラインの地震時動水圧に関する力学的検討

茨城大学 農学部 地域環境科学科 農業メディア学研究室 木村 恵



第1章 序論

近年頻発している大規模地震により農業用管路において突発的な事故が発生している。事故原因の一つに地震時に発生する動水圧による内圧の上昇が挙げられる。しかし、農業用パイプラインの設計水圧において地震時動

水圧は水撃圧でカバーできる大きさであることを前提に考慮されていない。また、中川¹⁾によって地震時動水圧の解析式が理論的に求められているが、空気弁などの付加的要素は考慮されておらず、式の適応性も明言されていない。したがって、農業用パイプラインの安全性の見直しに際して地震時動水圧の予測モデルの構築やメカニズム解明は急務であると言える。

そこで本研究では簡略化したモデルを通しての動水圧の予測モデルの構築、地震時動水圧の影響因子解明、並びに中川¹⁾の解析式の空気弁付き管路への適応性の明確化を目的とする。

第2章 現地調査

本研究では、2018年9月6日に胆振管内とその周辺の社会基盤に甚大な被害をもたらした胆振東部地震の現地調査を行った。これに伴い、Pic. 1、Pic. 2、Pic. 3のような被害を確認した。

Pic. 1は、管のジョイント間隔が許容移動範囲を大きくはずれ、強化プラスチック複合管の継手部のゴムが露出している様子である。通常強化プラスチック複合管には引張方向に10cm、圧縮方向に5cmの管の移動に対する余裕を設けているが、Pic. 1の場合、抜け方向許容値を超えた約15cmのずれを確認した。また、現場では、引張方向、圧縮方向だけでなく、ねじれ方向の移動も確認した。

Pic. 2は、復旧作業中の曲がり管である。写真中で、铸铁管と複合プラスチック複合管の接合部が確認できる。この接合により、スラスト力を相殺するため地盤の受働土圧に見合う有効長を確保している。しかし、実際に発生した動水圧は設計水圧の約4倍であると報告されている。

Pic. 3は離脱した空気弁である。国土交通省(2019)によると、破損した空気弁が設置されていた農業管路の設計動水圧は0.23MPaであったが、非定常流解析の結果、当該区間の破損空気弁設置標高の最大地震時動水圧は1.4MPaであったことが確認されている。このことから現在の農業管路の安全指標は十分でないことがわかる。



Pic. 1 継手間隔異常



Pic. 2 曲がり管



Pic. 3 空気弁の離脱

第3章 研究方法

実験では、管長2.0m、管内径5.14cmの塩化ビニル管の両端に水圧計(P1、P3)と加速度計(A1、A2)、空気バルブを設置した。管の中心にはさらに水圧形(P2)を設置した。設置した空気バルブを閉塞したときを「実験1：両端閉塞管のモデル」、P1側の空気バルブにシリコンチューブを接続し、バルブを全開、水頭差を管路内水位として0.365mから段階的に変化を与えた状態を「実験2：開放空気弁付き管のモデル」とした。それぞれの実験では振動台を用いて実験1では周期0.5秒から1.5秒まで0.25秒間隔、実験2では0.5秒から1.5秒まで0.5秒間隔で加振し、水圧と加速度を観測した。得られた実験結果と中川¹⁾の解析式をベースに算出した解析値を比較した。

第4章 結果・考察

実験1では、両端閉塞で内部を水で満たしているので、P1とP3で圧力の大きさはほぼ同じ値を示した。P2ではP1とP3より発生した圧力が合成されるので圧力の大きさは0であった。

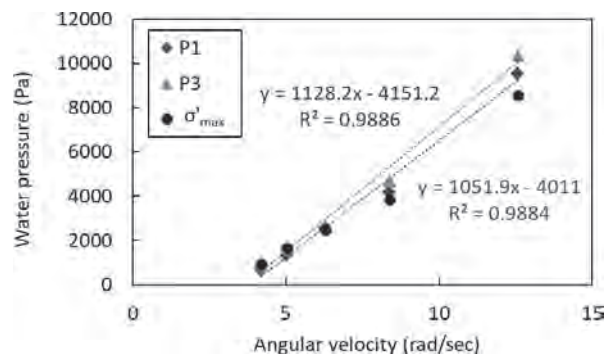


Fig. 1 実験1結果と解析値 σ'_{max}

実験2はP1側を開放端とすることで空気弁を簡易的に再現した。よって、理論上P1側で圧力発生はないはずであるが、P2で発生した圧力の1/4ほどの圧力が観測された。P2では、実験1のP2の値と比較して約2倍の圧力発生が認められた。

地震時動水圧を考慮する上で圧力伝播速度はその重要な要因の一つであるが、今回用いたモデルの管長が地震時動水圧の波長と比較して非常に短いために、発生した圧力は慣性力で観測できることが分かった。実験2の結果より、空気弁を設置することで圧力低下が確認できたが、開放端であるにも関わらず圧力が発生した。原因は、開放端とした空気バルブの口径が管の直径に対して非常に小さく2mmほどであったためであると考えられる。P1側で降圧しても管内のエネルギーは保存されるので、実験2のP2で発生する圧力は実験1のP2の値の約2倍となる。実験2において解析値と実験値は精度60-98%で整合しており、加速度に関するデータが得られれば空気弁を有した管路でも中川¹⁾の式は適応可能であることが示された。

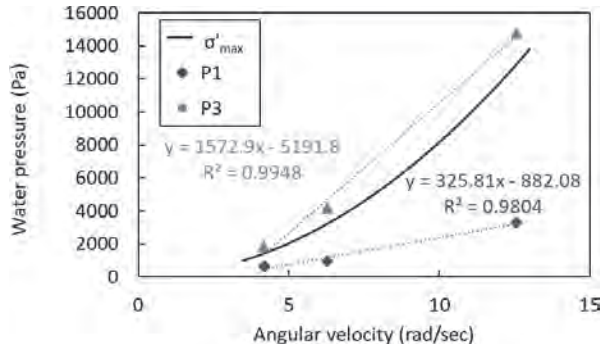


Fig. 2 実験2結果と解析値 σ' max

第5章 おわりに

本研究において、流体の圧縮性を考慮した圧力観測には至らなかったが、短い管路での振動により発生する圧力の支配因子は慣性力であることが示された。また、中川¹⁾の解析式は空気弁の有無に関係なく適応可能であり、その精度も明確にすることができた。

流体の圧縮性を考慮した実験を行うためには、実験系の改良が要される。今回実験に使用した管は閉管であったが、開水路で深さ方向に対して十分に管路長を確保すれば、圧力伝播速度は群速度で再現可能であると考えられる。また、実験の管路に作用する動水圧を予測するには数値流体力学的手法を導入する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 義徳中川, “送配水管路に於ける地震時動水圧についての理論的研究,” 水道協会雑誌, no. 416, pp. 26-35, 1969.

印旛沼循環灌漑地区の排水系での水および溶存物質の動態解析

東京大学 農学部 環境資源科学課程 生物・環境工学専修 玉川 怜史



第1章 序論

農林水産省により2010年から進められている国営印旛沼二期農業水利事業では、循環灌漑が導入された。従来、農地からの排水は直接印旛沼へ排出されていたが、循環灌漑導入後には印旛沼からだけでなく低地排水路へ集められた排水も取水し、繰り返し利用している(図1)。水田の脱窒作用などから、循環灌漑による印旛沼への窒素やリンの流出負荷量削減効果が期待されている。そこで本研究では北印旛沼東岸に新設された白山甚兵衛機場掛かり地区を対象地区とし、水および栄養塩の動態を解析した。

既往の研究として、矢田部(2019)は公共用水域水質調査よりも高頻度で水質調査を行い、水質変動を詳しく観測した。本研究の目的は対象地区における

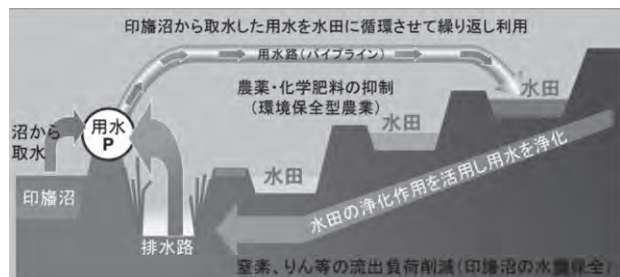


図1 循環灌漑の様子
〔(独)水資源機構千葉用水総合管理所(2020)より〕

水および物質循環の動態を把握することである。そのために、矢田部(2019)の測定を継続し、印旛沼への負荷量を評価する。また、石川(2018)による本地区の水文モデルの改善へ向けて、非灌漑期の低地排水路への基底流出特性を検討する。

第2章 方法

2.1 水質調査

白山甚兵衛機場掛りの排水系で、(1)水田からの排水が直接流出する小排水路、(2)白山甚兵衛機場内の低地排水路、(3)印旛沼から白山甚兵衛機場への取水口付近の印旛沼内、の3地点で週に2、3回の水質試料の採取を行った。また、採水地点(1)の小排水路へ排水している水田を耕作している2軒の農家へ聞き取り調査を行い、施肥の日程と内容、および水管理状況を把握した。

東京大学水利環境工学研究室で水質試料のSS、TOC、TN、 $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、TP、 $\text{PO}_4\text{-P}$ の濃度を分析した。水質データと気象条件や営農状況およびポンプの稼働記録から栄養塩負荷の変動を解析した。

2.2 低地排水路への流入水量調査

白山甚兵衛機場掛りの低地排水路内の4地点で水位計によって水圧を測定した。また、白山甚兵衛機場内で気圧を測定した。測定した水圧を静水圧分布を仮定して水位へと変換し、水位の経時変動を得た。ポンプの稼働記録から、ポンプによる揚水量、排水量の変動を把握した。

第3章 結果および考察

3.1 水質変動について

聞き取りを行った2軒の農家では、5月上旬に施肥を行っていた。低地排水路および小排水路におけるTNの濃度では、5月21日の降雨の後に上昇傾向が共通して観察され、施肥の影響と考えられた(図2)。TOC、TPについても同様の傾向が見られた。また、6月中旬と下旬には降雨に伴い大竹排水機場による低地排水路から印旛沼への排水が頻繁に行われており、同時期の印旛沼と低地排水路の濃度およびその変動の様子は似通っていた(図3)。このことから、低地排水路から排水された水の濃度が印旛沼の濃度へ影響を及ぼしていると考えられた。

矢田部(2019)と同様の方法で印旛沼への負荷量を算定した。低地排水路の濃度を C_b 、印旛沼の濃度を C_s 、印旛沼からの取水量を Q_s 、低地排水路からの取水量を Q_b 、低地排水路から印旛沼への排水量を D_b とし、日単位での印旛沼に対する取水負荷量 C_sQ_s 、排水負荷量 C_bD_b を求めた(図4)。灌漑期を通じた排水負荷量と取水負荷量との差である印旛沼への総差し引き排出負荷量を、 $\Sigma C_bD_b - \Sigma C_sQ_s$ で計算した。一方、仮に循環灌漑を行わないとし、低地排水路からの取水量を印旛沼からのものに置き換え、それに相当する水量が低地排水路から印旛沼へ排水されたと仮定した場合の、印旛沼への総差し引き排出負荷量を $\Sigma C_b(D_b+Q_b) - \Sigma C_s(Q_s+Q_b)$ で計算した。

印旛沼からの取水は灌漑期間中継続して行われるが、排水は主に降水時にのみ行われるため、取水量は排水量よりも多い。そのため、灌漑期間合計では、印旛沼からの取水負荷量が印旛沼への排水負荷量よりも多かった。循環灌漑ありとなしの場合での総負荷量の差が循環灌漑の効果を表す。算出された2019年の削減量は、SSで4307kg、TOCで5565kg、TNで970kg、TPで27kgだった。循環灌漑は印旛沼の濃度に対して低地排水路の濃度が高いときに負荷量を削減する効果があり、2018年と比較してその削減効果は同程度だった(図5)。

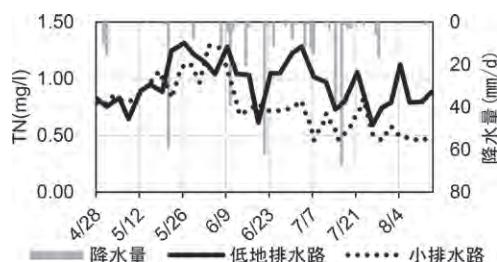


図2 小排水路と低地排水路のTN濃度の変動

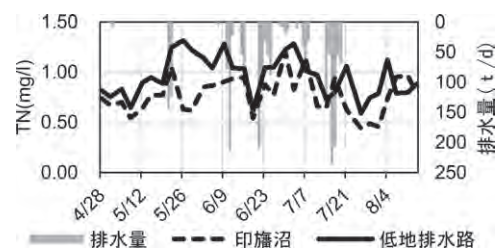


図3 低地排水路と印旛沼のTN濃度の変動

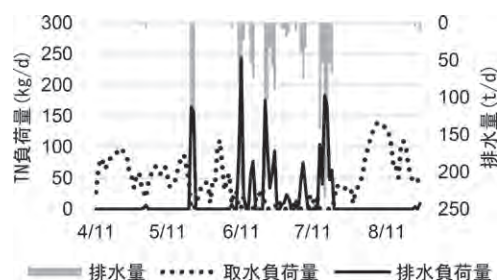


図4 循環灌漑時の印旛沼へのTN取水・排水負荷量

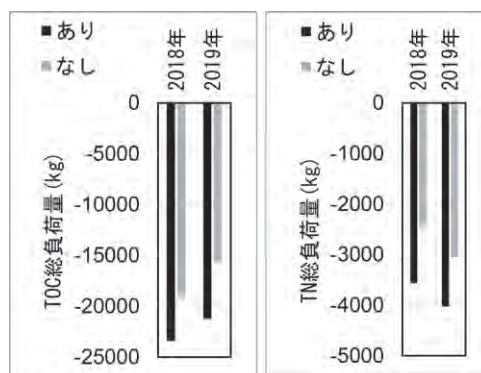


図5 循環灌漑の有無によるTOCおよびTN総負荷量の比較

3.2 低地排水路への流入量について

低地排水路内各地点の水位は同時に変動していたため、低地排水路の水面勾配は0に近いと考えられた。図6は2019年9月2日0時から9月8日0時までの期間の水位変動を表す。この期間は非灌漑期であり、降水は無いが、水位が上がりすぎないように排水が行われていた。低地排水路の水位 h は基底流入量 Q と低地排水路からの排水量 D によって増減する。水位が上昇している部分は基底流入のみだが、下降している部分は大竹排水機場による排水があり、 $Q < D$ であるため、水位が下がる。

上昇時の傾きの絶対値を Y 、下降時の傾きの絶対値を y とし低地排水路の水面面積を s とすると

$$Ys = Q$$

$$ys = D - Q$$

この期間、排水は1台のポンプで行われており、その能力は1.5(t/s)である。よって

$$D = 1.5(t/s)$$

また、 Y と y は図6より

$$Y = 0.1316(m/d), y = 3.137(m/d)$$

以上より、

$$s = 39656(m^2), Q = 0.0604(t/s)$$

となる。

水面面積 s をgoogle earthでの衛星写真から測定すると約46,000 m^2 であり、上記の計算結果はそれより小さかった。この要因としては、低地排水路の途中に植物が多く繁茂し、流れが分断されている箇所があるためと考えられた。

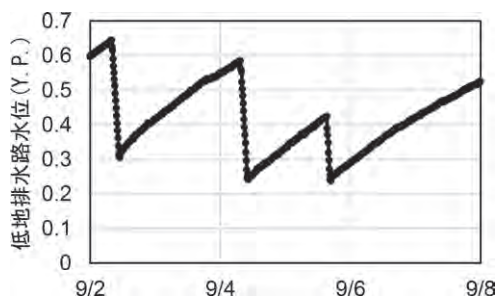


図6 非灌漑期水位変動

第4章 今後の課題

水質変動について年単位での比較を行うには2年分のデータでは少ないため、引き続き高頻度での採水と分析を行う必要がある。また、水位変動について、今後は測定期間を拡大し、様々な時期の基底流入量を算出し、その変動について調査する必要がある。

引用文献

- 1) (独)水資源機構千葉用水総合管理所(2020): いんばぬま豆知識シリーズその②, https://www.water.go.jp/kanto/chiba/backnumber/torikumi_backnumber/pdf_copy/201907_mametisiki2.pdf (2020年3月20日閲覧)
- 2) 石川貴大, 飯田俊彰, 木村匡臣, 皆川裕樹, 久保成隆(2018): 印旛沼循環灌漑地区における栄養塩類濃度変動と水移動の解析. 平成30年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, G-1-5, (2018年9月5日, 京都大学吉田キャンパス)
- 3) 矢田部沙羅, 飯田俊彰(2019): 北印旛沼循環灌漑地区における数日間隔での水質変動の解析. 2019年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, S-2-13, (2019年9月5日, 東京農工大学府中キャンパス)

9

土塊径が乾燥過程における蒸発量および鉛直水分分布に及ぼす影響

東京大学 農学部 生物・環境工学専修 農地環境工学研究室 4年 岡部 晶優
(現在 農林水産省 勤務)



1969年にコメの生産調整が始まりました。これはコメの過剰生産を抑える目的で行われ、稲の作付の休止(休耕)や稲から他の作物への転作が促進されました。転作作物の一つとしてダイズが挙げられますが、2018年には全国のダイズ作付面積のうち8割を田が占めるほどとなりました。私が調査に訪れた北陸地方でも同様に水田から畑への転換が行われており、北陸地方でのダイズ生産は、2018年には9割以上が田で行われていました。しかし、北陸地方でのダイズの収量は低位で不安定です。この理由として、北陸地方には粘土質な圃場が多いことが挙げられます。

粘土質な圃場では、排水性が悪く、畑作物はしばしば湿害に晒されてしまいます。また、碎土が難しく、耕耘の際に粒径が数cmほどの土塊が形成されます。土塊ができると、土とダイズ種子との接触が悪くなり、種子の

吸水に支障をきたします。また、作土の乾燥が進行しやすくなるのではないとも言われています。これらはダイズの出芽・苗立ちに悪影響を及ぼします。しかし、土塊の存在が、実際に作土の乾燥の進行を促進するのは十分に確認されてはいません。そこで、私はこれを確認する研究を行いました。

研究を始めるにあたり、本支援事業を活用し、関川用水農業水利事業所を訪問させていただきました。事業所の方には水田園芸導入実証試験業務の説明をしていただき、また、高野生産組合や、関川用水地区の様々な農業水利施設を案内させていただきました。さらに、農研機構中央農業研究センター北陸研究センターで調査もさせていただきました。

水田園芸導入実証試験は、生産体系に野菜等を導入することによる収益向上の実践や、粘土質の圃場でタマネギやキャベツなどの園芸作物を栽培する際に必要となる基盤整備手法の確立を目的として行われていると伺いました。ここで課題となっているのが排水対策ということで、研究の背景の一部を直接知ることができ、粘土質転換畑を対象とした研究の重要性を再認識しました。

高野生産組合ではスマート農業の実証試験を行っており、1haを超える超大区画圃場でスマート農業技術を導入し、品質・収量の向上と生産コストの削減の両立を目標としていました。スマート農業では自動で給排水を管理する機器も導入されていました。バルブ開閉の省力化を行いつつ、圃場の水分状態に応じて適切なかんがい排水を行えるというのは、過湿や過乾燥の問題を抱えている粘土質転換畑での栽培にも有効な技術であると考えました。

農研機構中央農業研究センター北陸研究センターでは、実際の粘土質転換畑での耕耘の様子を見学させていただきました。丁寧にゆっくりと碎土を行いながらトラクターを動かしていましたが、それでも大きな土塊が形成されており、粘土質転換畑での耕耘の難しさを感じるとともに、研究対象としている土塊が形成される過程を実際に学ばせていただきました。

その後の卒業研究では、室内でのカラム蒸発実験を行いました。実験では、土塊径による蒸発量や乾燥の進行の違いを明確にするため、直径3cm(以降大土塊と呼称する)と直径1cm(以降小土塊と呼称する)の人工土塊を用いました。これらをカラムに充填し、1日から4日おきに各カラムからの蒸発量と、実験開始70日目の鉛直含水比分布を測定しました。

大土塊カラムと小土塊カラムの蒸発量は、常に大土塊カラムの方が大きくなっていました。また、実験最終日には、大土塊カラムの方が小土塊カラムよりも深くまで乾燥が進んでいることが確認できました。これらの結果から、土塊径が大きい方が、蒸発が速く進み、乾燥がより深くまで及ぶことが分かりました。

このような結果となった理由を、次のように考えました。土壌の乾燥が進行すると、土壌表面付近での水分の移動は水蒸気移動が卓越します。大土塊カラムでは、粗大な間隙が多いため、水蒸気移動が促進され、内部蒸発の増加と乾燥の促進がもたらされたのではないかと考えています。

今回の研究から、土塊径が大きい方が蒸発量が大きく、乾燥が進行しやすいことが分かりました。つまり、ダイズの播種深度は、碎土率を考慮して調整する必要があると考えられます。しかし、この実験では、大きさの揃った人工土塊を用いているため、土塊径に幅のある実際の圃場の作土を用いた場合にどうなるのかについても検証し、現場に直接適用できる知見に仕上げていく必要があります。

本事業における様々なご支援並びにご協力のもと、本研究を成し遂げることができました。この場をお借りして御礼申し上げます。



耕耘の際に生じた土塊



粘土質転換畑での耕耘の様子

石垣島宮良川流域における魚類と物理環境の流程分布



東京農工大学 農学部 地域生態システム学科 4年 笠原 太一

1. はじめに

琉球列島の河川には純淡水魚類よりも周縁性魚類や通し回遊魚の方がはるかに多いという特徴的な魚類群集構造を持つことが報告されている(例えば、神田、2008)。これらの魚類が利用する汽水域を含む感潮域は、塩分濃度や温度、流速等の物理環境が潮汐に伴って大きく変動するため、その時空間変動に適応した生活形態・行動特性を有していると考えられる(井上、2016)。また、琉球列島の汽水域では、マングローブ林がみられることもあり、多様な魚類相が発達している(Bell et al., 1984)。一方で、琉球列島では、農業用水や生活用水の確保のために頭首工やダム等が建設されており、汽水域～淡水域の物理環境動態は河川構造物とその運用から影響を受けているが、物理環境と魚類の関係性について、水利施設の影響を考慮して調査した事例はない。そこで本研究では、石垣島南部の宮良湾に流入する宮良川における網羅的な魚類生息環境調査と潮汐に伴う物理環境変動に関する感潮域環境調査から、代表魚種の出現状況と物理環境の関係性について報告する。

2. 現地調査

宮良川は河川長約12kmの島内最大の河川であり、2つのダムと2つの頭首工を有する。本研究では、宮良川に計116地点の調査区(区間長約20m)を設定し、各地点で魚類生息環境調査を2019年2月、4月、10月、11月に実施した。魚類生息環境調査では、各調査区間内でタモ網や投網、刺網等を用いて採捕し、種の同定の後、全長と体長を測定して個体数を記録した。その際、調査区間内の代表的な断面において水温や塩分濃度、流速、水深、河床材料の割合を測定した。また、感潮域の物理環境に潮汐が及ぼす影響について把握するために、2月(中潮)、4月(中潮)、10月(大潮)、11月(大潮)の最干潮時と最満潮時前後に、河口から平喜名堰下(河口から約3.3km)までの区間において、CTDプロファイラ(CastAway, Xylem社製)を用いて、水温および塩分濃度の鉛直分布を約100m間隔で計測した。

3. 解析方法

全ての調査地点のうち10地点以上で確認された13種の代表魚種について出現地点の物理環境(水深、流速、塩分濃度)の関連性を調べた。その際、水域をRemane et al. (1971)らの塩分濃度(単位: pss)の区分に従い、淡水域(0~0.5)、汽水域(0.5~30)、海水域(>30)に分類した。

4. 結果と考察

4.1 感潮域環境調査

4月の塩分濃度は河口から上流約1.5kmまでは汽水域であり、1.5kmより上流は淡水域であった。一方、10月の塩分濃度は河口から上流0.5kmまでは海水域であり、0.5kmから約1.8kmまでは汽水域、約1.8kmより上流は淡水域であった(図1)。各調査時における汽水域の範囲が異なっており、同じ満潮時でも潮位の差が河川の塩分濃度の空間分布に及ぼす影響に差がみられたが、潮汐に伴う塩分濃度の動態は河川流量にも影響を受けるため、流量を考慮した評価が必要である。

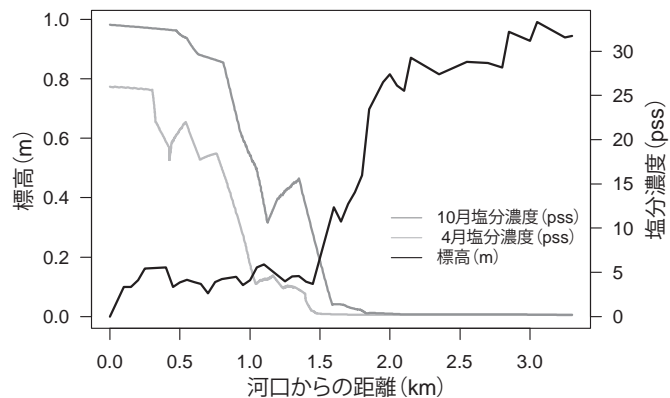


図1 宮良川流域における塩分濃度の流程分布

4.2 魚類生息環境調査

本調査結果では、71種1992個体が採捕された(図2)。本調査で確認された代表魚種のうち、クロヨシノボリは、二又堰上流からダム上流域までの区間の淡水域(塩分濃度0.5以下)で確認された。シマヨシノボリやナイルティラピア、ジルティラピア、カダヤシは、平喜名堰下流からダム上流域までの区間で確認された。シマヨシノボリを除く3種は移入種であり、人為的放流によるものと考えられる。ゴクラクハゼとユゴイは、平喜名堰下流からダム下流までの区間で確認され、テンジクカワアナゴは、平喜名堰下流から二又堰下流までの区間で確認された。上記に挙げられた魚種はいずれも感潮域である平喜名堰下流で確認されたが淡水域に生息していた。ヒナハゼは、平喜名堰下流の淡水の感潮域でのみ確認され、堰があることにより生息地の連続性が失われている可能性が示唆された。また、ヒナハゼは外湾で採捕され、産卵場所として河口域を用いることも報告されていることから、淡水域と汽水域の両方に生息し得る塩分耐性をもつことが推察された。チチブモドキとセスジタカサゴイシモチは、平喜名堰下流から二又堰下流の区間の淡水域～汽水域(塩分濃度0.16~27pss)に分布していた。ミナミトビハゼとリュウキュウドロクイは、平喜名堰下でのみ確認されており、淡水域～汽水域(塩分濃度0.16~27.6pss)に生息しており、幅広い塩分耐性を有することが示唆された(図2)。

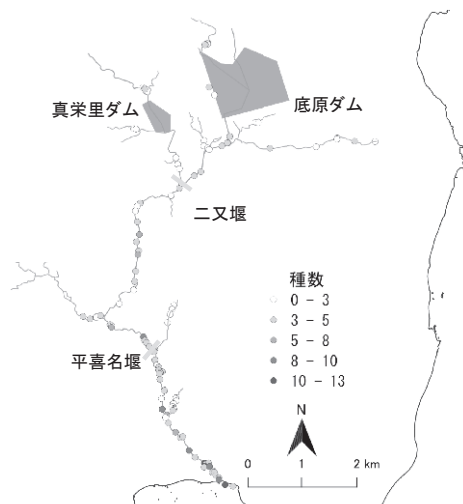


図2 宮良川流域における調査地点と魚種数

5. おわりに

本研究では、宮良川での潮汐に伴う塩分濃度の変動と魚種の流程分布について報告した。塩分濃度の流程分布から海水の汽水域への影響が明らかになった。また、代表魚種の空間分布から、塩分濃度ごとに魚類群集構造が異なることが明らかになった。しかし、特に平喜名堰の上流域では塩分濃度ではなく、流速や水深等の物理環境条件の影響が大きいと、これらの要因も考慮した解析を行っていくことが必要である。

謝辞

本研究にあたり、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の支援を得た。また、現地調査には、石垣島農業水利事業所および石垣島土地改良区の皆様にご協力頂いた。ここに記して、謝意を表す。

引用文献

- Bell, J.D., *et al.* (1984): Structure of a fish community in a temperate tidal mangrove creek in Botany Bay, New South Wales. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 35(1), 33-46.
- 井上ら(2016): 西表島網島湾ウダラ川汽水域の潮汐に伴う塩分動態および優先する分布. *土木学会論文集*, 72(2), 1087-1092.
- 神田ら(2008): 八重山諸島石垣島の陸水域魚類相. *宮崎大学農学部研究報告*, 55, 13-24.
- Remane, A., *et al.* (1971): *Biology of Brackish Water*, John Wiley & Sons

高解像度生態水理データに基づく物理環境の多様度と魚類の空間分布の関係性解析

東京農工大学 農学部 地域生態システム学科 4年 田中 智大



1. はじめに

河川や農業水路は利水や治水、親水を目的で利用されているとともに、動植物にとっても重要な生息場となっていることから、生産性や利便性と併せて、生態系に配慮して持続的な施工や維持管理を進める必要がある。日

本では、多自然川づくりの推進や魚ののほりやすい川づくりの推進に伴い、環境に配慮した農業水利施設(例えば、頭首工)の新設や改修が進められてきた。しかし、施設の経年劣化に加えて、河川の流況や河床地形等の変化により、遡上しやすい環境が維持されていない魚道も存在している(小坂・青木、2016)。そこで本研究では、まず、河川や農業用水路を対象に超音波多層流向流速計(ADCP)による空間的に連続した水理データに、魚類の空間分布データを統合し、生態水理データを構築する。続いて、物理環境の多様度指標と魚類の出現状況の関係性を定量的に評価し、これらの情報を平面図上に可視化する。

2. 方法

2.1 フィールド調査

本研究では、沖縄県石垣市に位置する平喜名堰直下流を対象に、ADCP調査を実施し、生態水理データに基づく生息環境評価を試みた。魚類相調査では、投網やタモ網を用いて、調査区間内をランダムに採捕し、魚種の同定の後に全長と体長を記録して、採捕地点周辺に放流した。ADCP調査では、断面調査区間を含む水域において調査を実施した。水深と流速は、RTK-GPSモジュール付きADCP(M9, Sontek/Xylem社製)を用いて計測し、その後、専用データ解析ソフト(HydroSurveyor, Sontek/Xylem社製)によって平面2次元の流水環境マップ(水深および流速)を作成した。

2.2 物理環境の多様度評価

各調査地域を格子状に分割し、その区間内における物理環境の多様度を定量化するために以下の2つの方法を用いた。解析の際には、5つの異なる区画法を用いて隣接する区間を統合することにより、面積や地点数の影響について評価した。まず、情報量エントロピー(Shannon and Weaver, 1963)を用いて区画内の物理環境の多様度を定量化する。

$$Entropy = -\frac{1}{\log_2 n_{cat}} \sum_{i=1}^{n_{cat}} p_i \cdot \log_2 p_i$$

ここで、 p_i は環境頻度分布であり、 n_{cat} はカテゴリー数である。物理環境は水深では0.1mごとに、水深平均流速では0.1m/sごとに階級を設定した。情報量エントロピーは、 $[0, 1]$ で定義され、この値が1のときに多様度が最大になることを意味する(Fukuda *et al.*, 2015)。本指標については、水深と流速の各要因の評価に加えて、水深と流速の両方を考慮して評価した。続いて、水文地形多様度指数(HMID; Gostner *et al.*, 2019)は、水深と流速の実測値の変動係数に基づいて多様度を評価する手法であり、次式で定義される。

$$HMID = \prod_i (1 + CV_i)^2 = (1 + \frac{\sigma_h}{\mu_h})^2 \cdot (1 + \frac{\sigma_v}{\mu_v})^2$$

ここで、 CV_i は地点*i*における水深もしくは流速の変動係数であり、 μ_h は水深の平均値、 σ_h は水深の標準偏差、 μ_v は流速の平均値、 σ_v は流速の標準偏差である。既往の研究では、 $1 < HMID < 5$ の場合は河川や水路が人為的に改変されて均一で多様度が低い状態であること、 $5 < HMID < 9$ の場合は人の手が入っておらず自然的な状態であること、 $9 < HMID$ の場合は、生態的配慮などにより人為的に多様な環境が創出されている状態であることが報告されている。本指標については、水深と流速の両方を考慮した条件のみについて評価した。

3. 結果と考察

情報量エントロピー(以下、エントロピー)およびHMIDと魚種数の関係を図1に示す。10月の水深のみのエントロピーは0.25~0.84、流速のみのエントロピーは0~0.33、水深・流速のエントロピーは0.18~0.59、HMIDは1.8~4.4であった。11月の結果では、水深のみのエントロピーは0.12~0.80、流速のみのエントロピーは0~0.15、

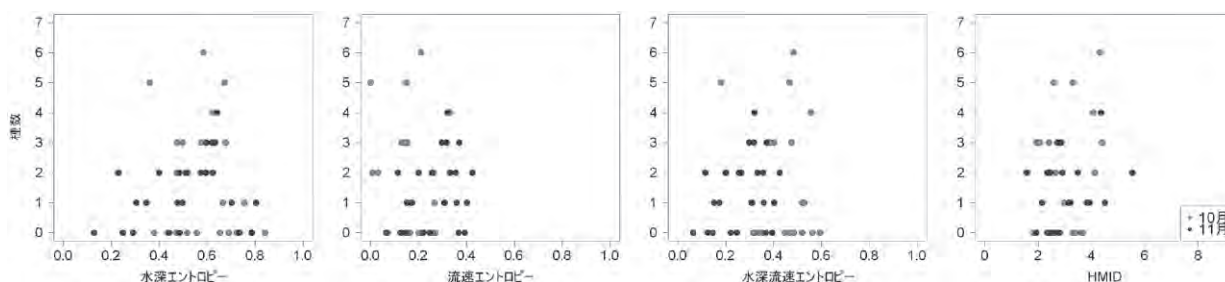


図1 情報量エントロピーおよびHMIDと魚種数の関係

水深-流速のエントロピーは0.06~0.42、HMIDは1.6~5.5であった。11月の結果では、流速のみのエントロピーの値が比較的小さくなっており、流速の分布がほぼ一様になっていたことが示唆された。HMIDは、両月において5以下になっており、河川の状態が人為的に改変されて均質化していたことを示している。魚種数との関係については、水深のみのエントロピーでは0.3~0.8付近で種数が大きく、流速のみのエントロピーでは明確な関係性がみられなかった。水深-流速のエントロピーでは0.3~0.8付近で種数が大きい地点があったが、HMIDでは明確な傾向が見られなかった。

4. おわりに

本研究では、情報量エントロピーとHMIDを用いて生息環境の多様度を評価し、魚種数との関係性について検討した。各手法とも明確な傾向はみられなかったが、流路内の特徴を定量的に評価できた。本調査では物理環境として流速と水深のみを用いており、他の物理環境については考慮されていない。そのため、より詳細な解析を行うために区画法や情報量エントロピーにおける階級の細分化、そして植生や河床材料といった他の物理環境項目についても考慮する必要がある。そして、他の河川や農業水路におけるデータの集積を行い、多様な魚類生息環境情報を統合することにより、魚類調査が困難な環境であっても、物理環境に基づいた魚類生息環境評価が可能になるものと考えられる。

謝辞

本研究にあたり、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の支援を得た。また、現地調査には、石垣島農業水利事業所および石垣島土地改良区の皆様にご協力頂いた。ここに記して、謝意を表す。

引用文献

- Fukuda, S. *et al.* (2015): Assessment of spatial habitat heterogeneity by coupling data-driven habitat suitability models with a 2D hydrodynamic model in small-scale streams, *Ecological Informatics*, 29, 147-155
- Gostner, W. *et al.* (2019): Sampling sufficiency for determining hydraulic habitat diversity, *Journal of Ecohydraulics*, 3, 130-144
- 小坂祐樹・青木宗之(2016): 呼び水式階段魚道における問題点とその対処法について. 土木学会論文集B1(水工学), 72, No.4, I_811-I_816, 2016

鋼矢板水路における腐食実態を対象とした画像診断法の開発

新潟大学大学院 自然科学研究科 萩原 大生



1. はじめに

近年、社会基盤における鋼構造物の腐食劣化が問題となっている¹⁾。特に、河川護岸や水路などで用いられる鋼矢板では、極度に腐食が進行することによる断面欠損が散見される。図1に、筆者らの調査対象地区である新潟市亀田郷に位置する山崎排水路における既設鋼矢板の断面欠損の例を示す。断面欠損を伴う腐食劣化は鋼矢板の性能を低下させ、座屈破壊を引き起こす危険性がある。筆者らは、既設鋼構造物において極度の腐食劣化が顕在化する極端現象に着目することで、実環境下における腐食実態の解明・評価に取り組んでいる²⁾。施設の維持管理の観点では、鋼矢板水路は面的な広がりや長大な水路延長を有する水利施

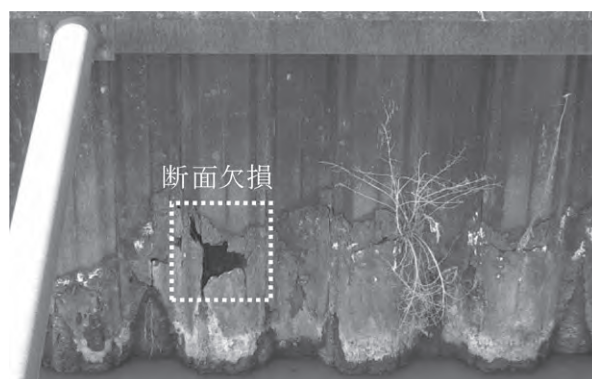


図1 既設鋼矢板における断面欠損の例

設であることから、空間的特性を考慮した非破壊・非接触による腐食実態の定量評価が不可欠と考えられる。そこで筆者らは、UAV(Unmanned Aerial Vehicle)を用いた施設の計測の有用性と、画像解析による定量評価法の開発について検討を行っている³⁾。本稿では、実環境下において進行した異なる腐食状況の鋼矢板の表面可視画像に対して画像解析による定量評価を試みた結果について報告する。

2. 計測・解析方法

2.1. 計測方法

UAV(Matrice 210, DJI社製)に搭載した可視光カメラ(Zenmuse Z30, DJI社製)により、地面に設置した軽量鋼矢板の画像を取得した。対象は、新設鋼矢板と農業用排水路より引き抜かれた既設鋼矢板とした。軽量鋼矢板の型式はLSP-3D、施工時期は1977年である。撮影条件は、カメラの俯角を90度、光学ズームを6.0倍、撮影高度を5.0mとした。

2.2. 解析方法

図2に解析画像を示す。腐食状況の異なる鋼矢板の表面可視画像を検討ケースとした。解析範囲は、512画素×512画素の領域とした。解析画像に対して、RGB空間からHSV空間への色空間変換を行い、彩度の色領域により評価した。腐食状況に応じた画像における濃淡配列の相違を評価するためにテクスチャ解析を行った。解析手法として2次元離散フーリエ変換を用いることにより画像の空間領域から周波数領域への変換を行い、特徴を抽出した。周波数領域では、原点から同心円状に距離が広がるほど高周波数となる。本稿では、任意の空間周波数におけるパワースペクトルによりテクスチャの観点から定量評価を試みた。

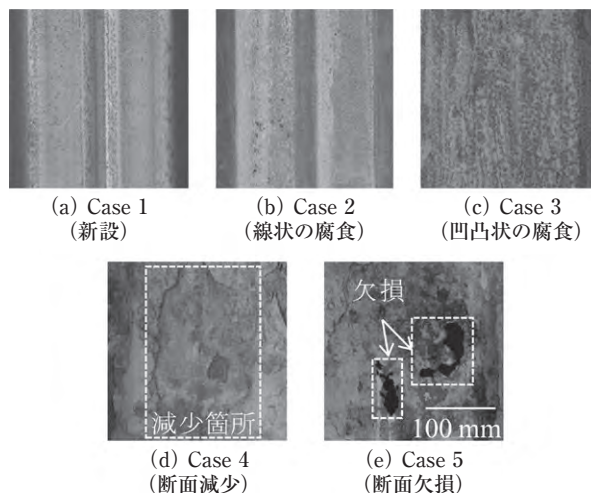


図2 解析画像

3. 結果および考察

図3に各検討ケースにおける空間周波数とパワースペクトルの関係を示す。横軸および縦軸は対数目盛である。本稿では、0.1~0.3cycles/pixelの周波数領域におけるスペクトル分布について検討する。本周波数域では、新設鋼矢板(Case 1)と比較して腐食鋼矢板(Case 2~Case 5)におけるパワースペクトルの増加が確認された。特に、断面欠損(Case 5)、断面減少(Case 4)の順でパワースペクトルの増加が確認された。腐食や断面欠損に伴う鋼矢板の表面の変色や変形により画像内の濃淡差が比較的大きくなること、腐食により濃淡分布が密でかつ複雑になることから本周波数域においてパワースペクトルが増加したと考えられる。

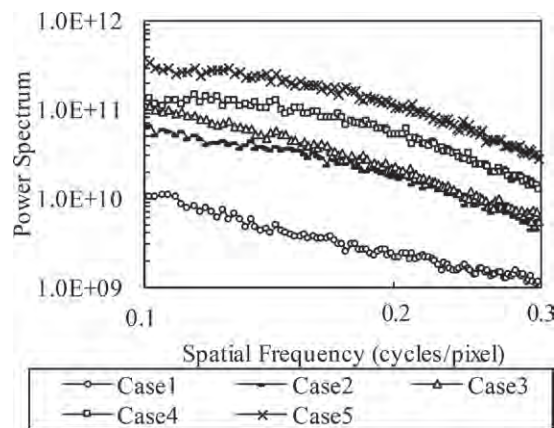


図3 検討ケースのスペクトル分布

4. おわりに

腐食鋼矢板の表面画像におけるテクスチャに着目した結果、腐食状況に応じてスペクトル分布の相違が確認された。可視画像を用いた腐食実態の評価の有用性について示唆される結果が確認された。今後は、実環境下における腐食鋼矢板の熱伝導特性に着目し、鋼矢板の内部方向の評価を検討する。

参考文献

- 1) 土木学会 鋼構造委員会 鋼構造物の防食性能の回復に関する調査研究小委員会(2019): 大気環境における鋼構造物の防食性能回復の課題と対策(鋼構造シリーズ30), 土木学会, 1-11.
- 2) 鈴木哲也, 浅野 勇, 石神暁郎(2019): 第2章 鋼矢板水路の腐食実態と地域特性, 農業用鋼矢板水路の腐食実態と長寿命化対策—補修・補強・更新への性能設計—, 養賢堂, 42-61.
- 3) 鈴木哲也, 大高範寛, 藤本雄充, 島本由麻, 浅野 勇(2019): UAVを用いた赤外線計測による腐食鋼矢板実態の検出・評価, 農業農村工学会誌, 87(8), 25-28.