

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12330

研究課題名(和文) 里地里山の管理放棄地・水域における新たな自然共生システムの構築

研究課題名(英文) Establishment of a new natural symbiosis system in abandoned agricultural land and water areas in hill-bottom valleys

研究代表者

柿野 亘 (Kakino, Wataru)

北里大学・獣医学部・准教授

研究者番号：10623936

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：管理放棄された水路・水田水域、ため池において人の介入(農作業や管理等)によって生息生物の分布がどのように影響を受けるのか、また当該水域や生息生物を自然資源活用の視点から生態管理方法を提言することを目的として、現地調査した。その結果、管理放棄された谷地形に位置する水路は、蛇行部で落葉落枝が堆積し、洪水しやすい状況であり、周辺の土壌の含水率は通年で高いことが把握された。グリーンインフラの観点からは、遊水地等として活用できることが期待され、とくに水生生物(魚類、カエル類、トンボ類)の生活環を担保できる余地があることが把握された。このことを踏まえ、環境教育や観光の資源活用、水路網保全について提言した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

谷底面で管理放棄されると幹線水路の蛇行部に落葉落枝が堆積し、洪水が生じやすくなる。このため蛇行部付近には、小規模の止水域が複数形成され、水田水域の魚類等水生生物の繁殖場、生息場になっていることが明らかになり、新たな土地利用としてグリーンインフラを踏まえた遊水地が生物生息場としての水田水域の代替地となる潜在性が高いことが判明した。遊水地の形成プロセスや草刈り等の人為的・部分的な管理が魚類等水生生物の個体数や種数に与えた影響については学術的意義がある。また、新たな土地利用に環境教育や観光に資する試行、提案を行ったことは社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：A field survey was conducted in abandoned waterways, rice paddies, and reservoirs to determine how the distribution of habitats is affected by human intervention (e.g., agricultural work and management), and to propose ecological management methods from the perspective of utilizing natural resources in these waterways and habitats. As a result, it was found that the waterway, which is located in an abandoned valley, is prone to flooding due to the accumulation of fallen leaves and branches in the meandering parts, and that the water content of the surrounding soil is high throughout the year. From the viewpoint of green infrastructure, it is expected to be utilized as a water playground, and in particular, there is room to secure a living environment for aquatic organisms (fish, frogs, dragonflies). Based on these findings, we proposed the use of the site as a resource for environmental education and tourism.

研究分野：農村生態工学

キーワード：管理放棄 谷底 グリーンインフラ 水生生物

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、生物多様性の低下が益々低下している。わが国の代表的な生物多様性を担保している里地里山において、水田水域に着目すると、農業従事者数の減少や高齢化に伴って水田や農業水路、ため池が管理放棄され、荒廃地となっている。一方で、耕作が維持されている水田水域では、開発に伴って生物生息空間が殆ど創出されない状況である。このように、生物多様性国家戦略第1の危機（開発など人間活動による危機）と第2の危機（自然に対する働きかけの縮小による危機）が存在する二極化した水田水域となっている。

このうち、後者に着目すると、荒廃地になりやすい谷底の水田地帯（水田、農業水路、ため池、河川）では、水田が耕作放棄されると遷移が進行する。水田耕作が困難な荒廃地化すると水田水域に生息する生物の多様性や種ごとの個体数がどのように変化するのか、また荒廃地の中でも生息できる場所は存在するのかは種によってはよくわかっていない。また、荒廃地の状態で小規模の介入にどのような効果があるのかは不明である。さらには、水田水域に生息する生物の生息環境を維持するための新たな活用に関する研究は極めて少ない。

2. 研究の目的

①管理放棄された谷底の水田水域における生息生物（魚類、イシガイ類、カエル類、トンボ類）の分布実態を明らかにすることを目的とする。また、洪水時に形成された水溜まりの分布や形成プロセスを考察し、対象地の遊水地としてのポテンシャル評価を行う。これを踏まえ、荒廃地での人間との接点を見出すために、②介入効果（草刈りによる開放水面の保持や杭柵の設置による魚類の生息環境保全等）の評価を行う。さらに水田稲作以外の活用方法を考慮するために、③水域の維持・活用の方法案を提示することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 荒廃地の事態

1) 魚類、カエル類、イシガイ類、トンボ類の分布と生息環境の把握

青森県七戸町寒水に位置する管理放棄された農業用排水路（以下、水路）において、蛇行部に堆積した落葉落枝を境界として、上下流方向に10m間隔で区間（以下、St.）を合計10St. 設けた。St. ごとに環境構造（カバー、えぐれ等）や流速・水深を測定し、エレクトリカルショッカーで魚類採捕調査した。また、降雨時の水路の流下能力を評価するためにQGIS及び水路の流量計算ソフトで水路寸法、粗度係数、水路勾配を用いて許容通水量、等流水深、限界水深を算出した。水路の蛇行部と直線部付近の土壌水分率を測定し、ウッズスティック法によって乾湿を評価した。また、洪水によって形成された水域（以下、水たまり）を2か所剪定し、洪水前後で採捕調査した。耕作放棄水田周辺では、畦畔に沿って8ルート（60m/ルート）を設定し、2021～2023年の飛来数計数調査を行った。イシガイ類は、荒廃後の環境に対応した生態行動変化を実験した。

2) 文献調査

近年のわが国の水田地帯が成立したと考えられる近世時代（主に1684～1871年）の47冊の農書にあたり、水田の呼称を抽出するとともに農法の多様性について考察した。

(2) 荒廃地における介入効果が生息生物の分布に与える影響の把握

1) トンボ類の季節消長および介入効果の有無

管理放棄された水路で草刈りを実施したルートと実施しなかったルートでのトンボ類の種および種ごとの個体数の比較を行った。

2) 水路内の杭柵設置有無に対する魚類の分布のちがい

水路において、直線区間に杭群（13本/群、4群を千鳥状に岸側に設置、設置間隔は250cm）を設け、2021～2023年の流況測定調査およびエレクトリカルショッカーを用いた魚類採捕調査を行った。

(3) 水田水域の生物生息場を保全するための維持管理・活用案の提示

1) 遊水地計画に資する画像評価

赤外線カメラ付きドローン空撮システムを用いて、表面の温度を測定し、乾湿の評価が可能か否か野外実験した。

2) 水路の機能・非機能要件の評価方法の開発

谷底に位置する新旧水路網（圃場整備前後）の把握および機能分析し、機能要件的評価（農業水利を主目的）および非機能要件的評価（生物環境保全など主目的以外の機能を含む）を行った。

3) 荒廃地での養蜂の可能性評価

クラウドを介したICT養蜂システムを導入した。体重計に載せた蜂箱内に温度ロガーを設置し、30分毎にそれぞれのデータが序列されるグラフを遠方から確認しながら、現地での内検および草刈りを通して荒廃地での養蜂管理が可能か否かを評価した。

4) 受益地を失った水域の保全に関わるソフト事業および環境教育活用方法の提示

①(2)2)に基づいた多面的機能支払い交付金や中山間地域直接支払制度への活用の可能性を考察した。

②水田の用水として使用されなくなったため池が重点農業用ため池に指定されたことを受けて水位を1/3に減少させた。このことが魚類およびトンボ類に及ぼす影響を調べるためにため池周辺に2つのルート(30m/ルート)を設けた。抽水植物が安定しているルートと水位低下によって抽水植物が陸に上がってしまうルートでのイトトンボ類の飛来数の比較を行った。また、M9 流況観測システムを用いて、水位分布を把握するとともに、曳網を用いて魚類採捕を複数回行い、優占魚種の標準体長の比較から当該種の成長を評価した。

4. 研究成果

(1) 谷底の荒廃地における生物の分布の実態

1) 管理放棄地における湿地形成プロセスと生物の分布

QGIS およびソフトを用いて、洪水地点から上流域の地表水の総流量および河川の最大通水量を算出したところ、前者で0.139 m³/s、後者で0.039 m³/s と総流量の方が大きいことが明らかになった。洪水地点は蛇行部であり、落葉落枝が堆積していた。護岸法肩と水深との差は洪水地点の上流側と下流側と比較すると上流側で有意に低かった(Fig. 1, 2)。これらのことから、洪水を生じやすい状態であることが把握された。少なくとも通年で2回の洪水を確認した。洪水地点および冠水しない上流側において、水路岸を始点に谷底を横断線上に乾湿を評価すると、通年で洪水地点の方で地表の土壌水分率が高いことがうかがわれた。洪水によって形成された4か所の水たまりでは、ヤマアカガエルの幼体、トミヨ、スナヤツメ北方種、アカハライモリが確認された。以上から洪水によって水路から水たまりに水や魚類が水路から供給されていることや水たまりが両生類の産卵場や生息場になっている実態が明らかになった。イシガイ類の実験では、開放水面積減少に伴う分布変化について、日陰よりも紫外線に行動が影響されていたことが明らかになった。

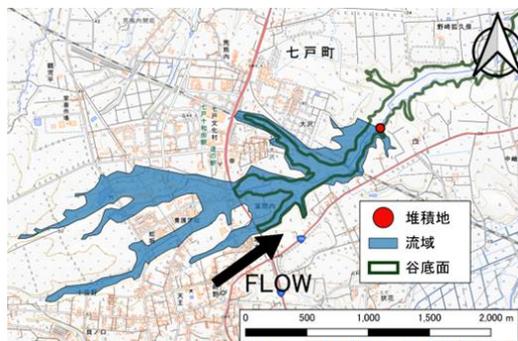


Fig.1 降雨時に水路内に流下する流域推定結果
(ベースマップに地理院地図引用)

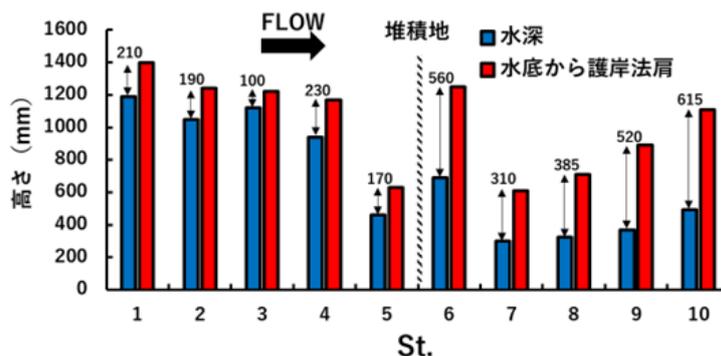


Fig.2 水深と水底から護岸法肩の高さの比較

耕作放棄された畦畔に沿って

ルートセンサスした結果、1年目で9科20属25種が、2年目で8科15属21種が、3年目で7科11属19種が確認され、種数は年々減少していることが明らかになった。とくにイトトンボ亜目では、1,2年目で8種から6種に減少した。各種が選好する景観に着目すると、開放的な止水域にはアカネ属やシオカラトンボ属が確認されたが、遷移した植生の上部で飛翔し、後者のうちシオヤトンボは僅かに存在する鬱閉した開放水面を産卵場として利用していた。カワトンボ科を除くイトトンボ亜科は多くのルートで確認されたが、植生遷移前と比較し、個体数が著しく減少したことがうかがわれた。

2) 水田および農法の多様性

水田の呼称数は169であり、この内訳は地形・土質・場所に関わるものが64、湿田系で37、乾田系で12、水質・水温・水源・水量は19、形状は23(その他14)であった。呼称に至っていない水田の説明もあり、当時の水田の多様性が明らかになった。また、それぞれの特徴に応じた農法が極めて多様に展開されており、例えば中干しや代掻き、移植苗の本数などには当該水田で健全な収穫が完了するまでの様々なトラブルや効率に応じて水田、農家、地域で期待する効果の優先順位が異なっていた可能性が考察された。すなわち、現在と比較しても極めて多様な水生生物の生態環境が展開していたことが推察された。このことは、「泥亀」が強湿田に多数泳いでいたことや魚類捕食者としてのカワウソ類の生息に関する記述が散見されていることから、当時の水田水域における種数や種ごとの個体数の多さをイメージすることができた。以上の個別成果は、今後の水田水域における生態環境の保全に関わる保全目標設定に資するものと期待される。

(2) 荒廃地における介入効果が生息生物の分布に与える影響

1) 草刈りによるトンボ類の飛来数増加に対する介入効果(草刈り、杭設置)

1年目の8月24日に草刈りを行ったところ、以降の調査から当該ルートへの複数種のトンボ類の飛来数が大きく変化した。すなわち、ナツアカネ、アキアカネ、ルリボシヤンマの3種が増

加した。しかし、ナツアカネおよびアキアカネの2種については、草刈りが行われなかったルートでも同様の傾向がみられたことから、本種らの増加は季節消長によるものと考察された。一方でルリボシヤンマは飛来数が少ないながらも草刈りに形成された空間を飛行し、草刈りを行っていないルートでは確認されなかったことから介入効果があったと考察された。

次に2年目の6月27日に草刈りを行ったところ、草刈り後にシオヤトンボの個体数が増加した。ただし、増加が確認された次の調査からは確認されなかったことから、本種の季節消長の終了時期に近かったことが考察された。ただし、残された問題として草刈りによる攪乱が対象種の消長に対応していなければ効果はみられないため、限定的な効果と考えられる。

2) 水路直線部に杭柵を設置後の水深分布の変化と魚類相の変化

1年目 10月

13日に杭群を設置した。設置前(10月9日)の採捕調査では、トウヨシノボリ1個体のみ採捕されたが設置後の10月19日にはヤマメ成魚2個体が採捕された。設置前よりも淵が形成されつつあり、介入による瀬淵構造の形成に効果がみられた。その後、2年目には上流側から3番目の杭群直上流

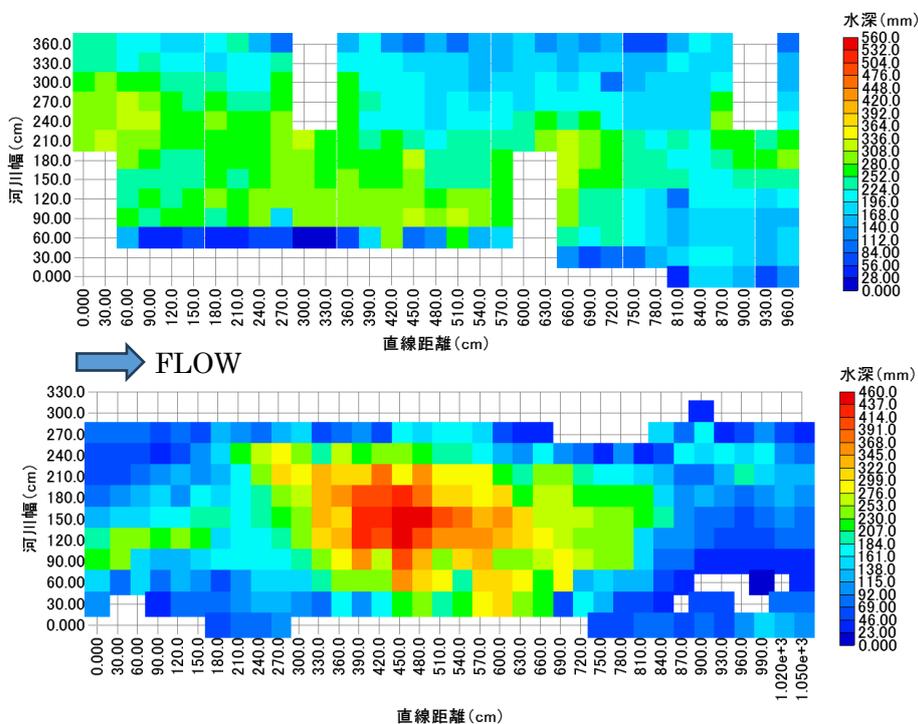


Fig.4 杭柵設置直後(上)と3年目(下)の水深分布の比較

で最深の淵が形成されたが、各杭群の流心側から欠損しはじめ、とくに2番目、3番目の杭群の劣化が進行した。このことによって、淵の位置が上流側に移動するとともに淵の深さが浅くなった。設置後から流心線の蛇行度は1.01から1.49に向上したが、その後、杭群の劣化によって1.05まで低下した。この間、ヤマメ、スナヤツメ北方種、アブラハヤが確認され、特に穴居性のアブラハヤが優占されたことから、杭群に堆積した落葉落枝が生息場形成に機能したことが明らかになった。水田水域において、残存した水域としての管理放棄水路の直線区間では管理放棄の有無によっては特段の変化は見られないことがうかがわれたが、杭群設置等、介入することにより生息場を増やせることが確かめられた。

(3) 水田水域の生物生息場を保全するための維持管理・活用案

管理放棄された水田水域で、水田耕作以外にどのような介入が可能かという課題について、次のように試行した。

1) 遊水地を創造するための計画立案に資する方法開発

Fig.5のようにドローンに装着したサーモグラフィによる画像処理(地表面の温度で色彩区分する)によって湿地を区分することができ、さらに湿潤範囲の面積を算出することが可能であった。但しドローンに装着したサーモグラフィカメラだけでは、温度の上限と下限の設定が自動になってしまうことから境界の明瞭さに欠けた。そこで、画像処理ソフトを用いて、可視光画像の階調変更処理を実施することで湿潤範囲を比較的精度高く抽出できた。このことは、管理放棄さ

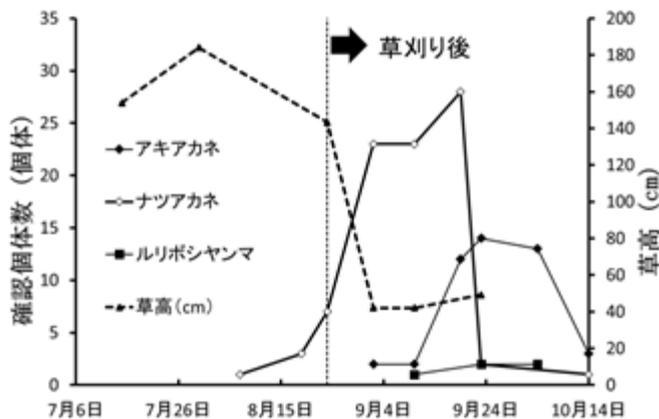
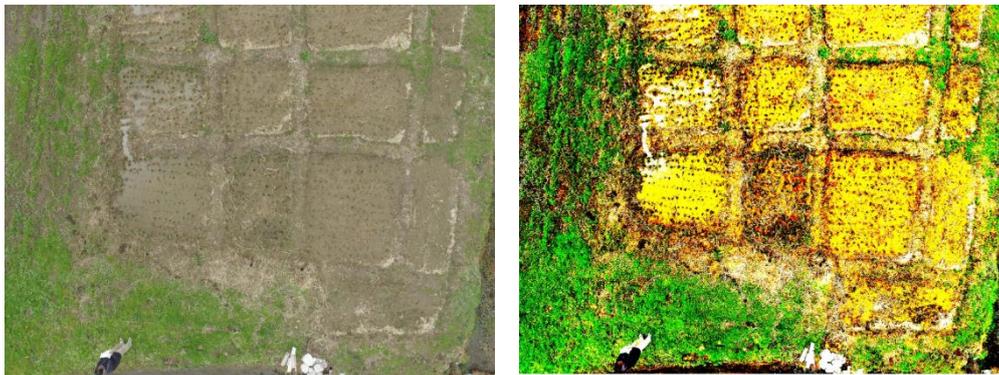


Fig.3 トンボ類個体数と草高変化との比較



処理前 処理後
Fig.5 ドローンに装着したサーモグラフィカメラによる処理前後の画像

れた谷底面において、グリーンインフラを踏まえた遊水地設定場所や規模の推定に貢献する。
2) 農業水利を踏まえた機能要件と非機能要件概念を用いた用排水システムの保存方法の開発

圃場整備前後の用排水システムを踏まえた機能分析の結果、現時点での水利上の問題は確認されなかったものの、水路構造の劣化の進行が懸念された。非機能要件に基づく、可用性、運用・保守性に特段問題は確認されなかったものの、性能・拡張性、移行性、セキュリティ、システム環境・エコロジーのそれぞれに一定の懸念する余地が考察された。特に、荒廃地では、旧用排水路系統記録を保存し、将来的な活用余地を最低限に残すことを基本としながら、非機能要件に基づいた新たな水路システムを構築するための要件活用の重要性が確かめられた。

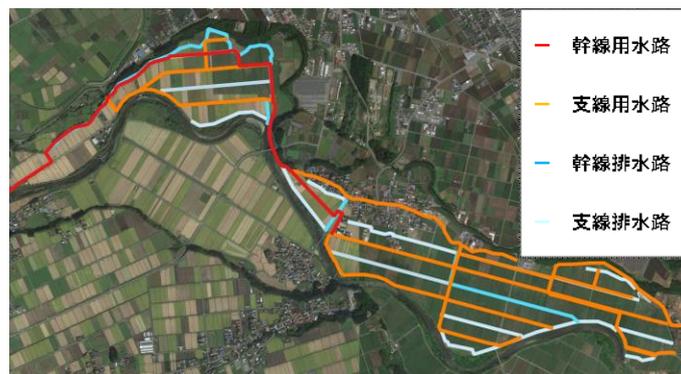


Fig.6 圃場整備後の用排水系統図

3) 荒廃地での養蜂の可能性評価

対象地では遷移によって、数年で再生可能な農地から再生困難な農地に変化する。後者になると耕作は極めて難しい。そこで荒廃地でも土地利用可能な養蜂管理に伴う作業項目が水田水域としての機能がどの程度保持できるか試行し、概ね成功した。必要最小限の管理として、ミツバチ類は荒廃地の草本類、木本類の花期に蜜源・花粉源での餌資源採取、飲水が必要のため周囲の健全な蜜源等、開放水域を草刈りして保持した。また、蜂箱を設置した場所までのアプローチ確保や ICT システムの電波障害にならないように樹木の枝を刈払いが必要であった。このことは、(2) 1) で考察したようにトンボ類の数種の飛来数増加に影響した。

4) 受益地を失った水域の保全に関わるソフト事業および環境教育活用モデルの提示

①農林水産省ソフト事業に属する中山間地域直接支払制度および多面的機能支払い交付金を用いた施設管理において、魚類等水生生物の生息場（杭群）を創出する効果および補修管理に係る知見（補修箇所の優先順位等）を得た。

②水田の用水として使用されなくなったため池が重点農業用ため池に指定され、対策として水位低下を行った。モニタリング調査の結果、魚類については現時点で優占種の再生産に特段の影響は確認されなかった。一方で、イトトンボ類は水際の抽水植物が水位低下で陸化することで飛来数が減少することが明らかになった。また、イシガイ科二枚貝の生息場である沿岸帯が頻繁に陸化することが懸念された。今後の課題として、安定した水位管理の必要性が指摘され、一連の現状および課題が環境教育の題材としてイベント等で関係者、地域住民に共有された。

まとめ：対象荒廃農地の現状として、水路蛇行部を起点として洪水が生じやすい状態になっており、増水後は一時的な水域はわずかに水たまりとして複数確認され、河川からの魚類等水生生物の供給や両生類の繁殖の場として機能していた。介入効果（草刈り）については一定の評価が得られたものの限定的であり、かつての水田水域における水田や水路の多様性には及ばないことがうかがわれたものの、将来のよりよい土地利用に向けたリフュージアとしてのポテンシャルの余地がうかがわれた。期待される水田以外の土地利用としては、遊水地、環境教育の場、養蜂等をここでは試行した。さらには、かつての用排水路網を記録、保存するとともに非機能要件を踏まえた新たな水路計画の重要性について指摘した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 柿野 巨, 竹内 基, 伊藤寿茂, 成田 勝, 中村咲蓮, 塩練元輝, 杉山真言, 岡田あゆみ, 筏井宏実, 眞家永光, 馬場光久.	4. 巻 54
2. 論文標題 イシガイ類とその生態環境の保全 - カワシンジュガイ科, イシガイ科の分類体系変更に着目して -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本動物分類学会誌	6. 最初と最後の頁 23-35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.19004/taxa.54.0_23	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 吉岡諒人, 藪崎結依, 松尾芳樹, 馬場光久, 柿野巨	4. 巻 28
2. 論文標題 一本木沢ビオトープにおけるため池の水位変動がトンボ類の生息に与える影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 青森自然研究	6. 最初と最後の頁 177-183
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 柿野巨, 田近咲, 菱伊廉, 竹内基, 馬場光久	4. 巻 92 (2)
2. 論文標題 防災重点農業用ため池での水位低下が生物の分布に及ぼす影響	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 農業農村工学会誌	6. 最初と最後の頁 27-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 本間赴実弥・永吉武志・神田啓臣・柳沼ひかり
2. 発表標題 トミヨ属淡水型の臨界遊泳速度に関する実験的研究
3. 学会等名 2022年度 (第71回) 農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本間赴実弥・永吉武志・神田啓臣・大石勝・児玉将一・大西将嵩
2. 発表標題 トミヨ属2種の臨界遊泳速度に関する実験的研究
3. 学会等名 令和4年度農業農村工学東北支部宮城大会第62回研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柿野亘, 伊藤寿茂, 筏井宏実, 杉山真言, 竹内基, 眞家永光, 馬場光久
2. 発表標題 イシガイ類の生態環境の保全
3. 学会等名 2022年度日本動物分類学会シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柿野亘, 川島沙恵, 眞家永光, 樽屋啓之
2. 発表標題 中山間地域の小河川直線区間における杭群設置後の魚類の生息環境評価
3. 学会等名 農業農村工学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 樽屋啓之
2. 発表標題 A地区農業水利システムにおける非機能要件の考察
3. 学会等名 農業農村工学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 樽屋啓之
2. 発表標題 農業水利システム機能の継承と再構築について
3. 学会等名 農業農村工学会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 大西将高, 宇積佳代, 遠藤明, 柿野亘, 井上誠, 永吉武志
2. 発表標題 タテボシガイの環境選好性に関する実験的研究
3. 学会等名 農業農村工学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	樽屋 啓之 (Taruya Hiroyuki) (00355653)	北里大学・獣医学部・教授 (32607)	
研究分担者	眞家 永光 (Maie Nagamitsu) (00453514)	北里大学・獣医学部・准教授 (32607)	
研究分担者	永吉 武志 (Nagayoshi Takesi) (50331286)	秋田県立大学・生物資源科学部・准教授 (21401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------