みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち
農林水産研究の推進（委託プロジェクト研究）

農業被害をもたらす侵略的外来種の管理技術の開発

令和５年度　最終年度報告書

課題番号 （e-Radシステム課題ID）	19191148
研究実施期間	令和元年度～令和５年度（５年間）
代表機関	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 （農業環境研究部門、植物防疫研究部門、農村工学研究部門、西日本農業研究センター、九州沖縄農業研究センター）
研究開発責任者	芝池　博幸
研究開発責任者 連絡先	TEL　：029-838-8251
	FAX　：029-838-8199
	E-mail：shibaike@affrc.go.jp
共同研究機関	霞ヶ浦用水土地改良区
	独立行政法人水資源機構霞ヶ浦用水管理所
	株式会社タンゴ&ディーネンダールジャパン
	国立大学法人三重大学
	株式会社栗本鐵工所
	一般財団法人電力中央研究所
	千葉県(農林総合研究センター、農林部耕地課、印旛農業事務所)
	印旛沼土地改良区
	鹿島川土地改良区
	八千代エンジニヤリング株式会社
	公立大学法人福井県立大学
	国立大学法人信州大学
	公益財団法人日本植物調節剤研究協会
	宮城県古川農業試験場
	神奈川県農業技術センター
	静岡県畜産技術研究所
	大分県農林水産研究指導センター
	愛知県
	いであ株式会社
普及・実用化 支援組織	千葉県(農林総合研究センター、農林部耕地課、印旛農業事務所)
	宮城県古川農業試験場
	神奈川県農業技術センター
	静岡県畜産技術研究所
	大分県農林水産研究指導センター
	愛知県

＜別紙様式３＞最終年度報告書

Ｉ－１．年次計画

研究課題	研究年度					担当研究機関・研究室		研究担当者（注１）
	R1	R2	R3	R4	R5	機関	研究室	
研究開発責任者						農研機構　農業環境研究センター（～2021.3） 農研機構　農業環境研究部門(2021.4～)	生物多様性研究領域（～2021.3） 農業生態系管理研究領域(2021.4～)	前任者 小林浩幸（～2020.3） ◎　後任者 芝池博幸（2020.4～）
１　農業水利施設における外来二枚貝の駆除・低密度管理手法の開発の研究開発	○	○	○	○	○	農研機構　農業環境変動研究センター（～2021.3） 農研機構　農業環境研究部門(2021.4～)	生物多様性研究領域（～2021.3） 農業生態系管理研究領域(2021.4～)	○　伊藤健二
１－１　カワヒバリガイの分布拡大様式の解明と落水等による管理手法の開発	○	○	○	○	○	農研機構　農業環境変動研究センター（～2021.3） 農研機構　農業環境研究部門(2021.4～) 農研機構　本部 霞ヶ浦用水土地改良区 水資源機構 ダンゴ&ディーネンダール社	生物多様性研究領域（～2021.3） 農業生態系管理研究領域(2021.4～) 環境情報基盤研究領域（～2021.3） デジタル戦略部デジタル戦略室（2023.10～） 管理課 霞ヶ浦用水管理所	△　伊藤健二 大東健太郎(2020.4～) 横島友和 田中和幸（～2020.3） 岩本幹（2020.4～2022.9） 大木洋介（2022.10～） 清水良雄
１－２　水利施設内のタイワンシジミの分布様式の解明と管理手法の検討	○	○	○	○	○	三重大学大学院	生物資源学研究科	△　岡島賢治 古丸明 伯耆匠二
１－３　送水管の洗管等による定着貝の駆除技術の開発	○	○	○	○	○	農研機構　農村工学研究部門 栗本鐵工所	施設工学研究領域（～2021.3） 鉄管事業部	△　有吉充 霜村　潤 道浦吉貞

							化成品事業部	間宮聡
１－４　閉鎖系水域における薬剤等による死滅手法の開発	○	○	○	○	○	電力中央研究所	環境科学研究所	△　小林卓也 古田岳志 （～2022.3） 阿部悟 （　2022.4　～2022.10）
１－５　駆除貝の処理手法の開発	○	○	○	○	○	農研機構　農村工学研究部門 中央農業研センター 農研機構　九州沖縄農業研究センター	水利工学研究領域 （～2020.3） 施設工学研究領域 （2020.4～） 飼養管理技術研究領域 暖地畜産研究領域	山岡賢 （～2020.3） 竹村武士 （2020.4～2022.3） 小島陽一郎 （～2021.3） △　田中章浩 （2021.4～）
２　循環灌漑地帯における侵略的外来水草の駆除・低密度管理手法の開発						農研機構　農村工学研究部門 農研機構　植物防疫研究部門（2023.4～）	水利工学研究領域 （～2020.3） 施設工学研究領域 （2020.4～） 雑草防除研究領域 （2023.4～）	○　嶺田拓也
２－１　水田および畦畔におけるナガエツルノゲイトウの個体群維持機構の解明と駆除・管理技術の開発	○	○	○	○	○	農研機構　中央農業研センター （～2021.3） 農研機構　植物防疫研究部門（2021.4～） 千葉県農林総合研究センター	生産体系研究領域 （～2021.3） 雑草防除研究領域 （2021.4～） 水稲・畑地園芸研究所	小荒井晃 （～2023.3 △　井原希 松橋彩衣子 （2022.4～） 太田和也 （～2020.3） 草川知行 （～2022.3） 中村充明 （2022.4～） 鈴木聡史 （～2021.3） 望月篤 （2020.4～2022.3） 中村充明 （2022.4～） 藤代淳 （2021.4～2022.3）

								西川康之 (2022.4～ 2022.3) 山本一浩 (2023.4～)
						千葉県農林水産部		保坂信久 (2021.4～ 2022.3) 荒木田伸子 (2022.4～) 長谷川友哉 (2023.6～)
						神奈川県農業技術センター	普及指導部	藤田信行 (2023.6～) 檜垣知里 (2023.6～)
						農研機構　農村工学研究部門(～2023.3) 農研機構　植物防疫研究部門(2023.4～)	水利工学研究領域 (～2020.3) 施設工学研究領域 (2020.4～) 雑草防除研究領域 (2023.4～)	嶺田拓也
						農研機構　農業環境研究センター(～2021.3) 農研機構　農業環境研究部門(2021.4～)	生物多様性研究領域 (～2021.3) 農業生態系管理研究領域（2021.4～)	吉村泰幸 (2020.4～) 芝池博幸 (～2020.3)
２－２　農業水利系統を通じたナガエツルノゲイトウの侵入および拡散防止手法の開発	○	○	○	○	○	農研機構　農村工学研究部門(～2023.3) 農研機構　植物防疫研究部門(2023.4～)	水利工学研究領域 (～2020.3) 施設工学研究領域 (2020.4～) 雑草防除研究領域 (2023.4～)	△　嶺田拓也
						鹿島川土地改良区	耕地課	髙橋修
						印旛沼土地改良区	指導管理課 水土里整備課	鈴木健夫 (～2022.3) 藤城尉智 (2022.4～)
						千葉県農林水産部		三原千加子 (～2020.3) 綱島直之 (2020.4～) 佐々木遼 (～2020.3)

						千葉県印旛農業事務所		竹田隆幸 (～2020.3) 齊藤朋哉 (2020.4～ 石田浩一 (2021.4～ 2022.3) 佐藤信一 (2022.4～)
２－３　流域内拡散モデルに基づく低コスト管理手法の開発	○	○	○	○	○	八千代エンジニヤリング 農研機構　農村工学研究部門(～2023.3) 農研機構　植物防疫研究部門（2023.4～）	事業統括本部 水利工学研究領域 (～2020.3) 施設工学研究領域 (2020.4～2023.3) 雑草防除研究領域 (2023.4～)	△　鈴木広美 山内可奈子 吉原哲 (～2021.3) 松浦崇裕 (2021.4～) 嶺田拓也
３　農耕地における外来植物の駆除・低密度管理手法の開発						福井県立大学	生物資源学部	○　水口亜樹
３－１　農耕地およびその周辺に生育可能な外来植物を対象とした雑草リスク評価と管理優先度決定手法の開発	○	○				農研機構　農業環境変動研究センター (～2021.3) 農研機構　農業環境研究部門(2021.4～) 農研機構　中央農業研センター (～2021.3)	生物多様性研究領域 (～2021.3) 農業生態系管理研究領域(2021.4～) 生産体系研究領域(～2021.3)	△　江川知花 松橋彩衣子 (～2021.3)
３－1´　外来系統と在来系統の交雑防止のための手法開発			○	○	○	農研機構　農業環境研究部門(2021.4～) 農研機構　植物防疫研究部門	農業生態系管理研究領域(2021.4～) 雑草防除研究領域	△　吉村泰幸 (2021.4～) 江川知花 (2021.4～) 山本哲史 (2022.4～) 植田夏実 (2022.10～)

３－２　ドローン等を用いた外来植物の侵入および拡散過程の解明と適正管理手法の開発	○	○	○			福井県立大学 信州大学 農研機構　農業環境変動研究センター(～2021.3) 農研機構　農業環境研究部門(2021.4～) 北海道農業研究センター 中央農業研センター	生物資源学部 農学部 生物多様性研究領域(～2021.3) 農業生態系管理研究領域(2021.4～) 酪農研究領域 生産体系研究領域	△　水口亜樹(～2022.3) 渡邉修(～2022.3) 江川知花(～2022.3) 芝池博幸(～2020.3) 吉村泰幸(2020.4～2022.3) 小路敦(～2021.3) 松橋彩衣子(～2022.3)
３－３アレチウリの発生実態および分布拡大様式の解明と侵入レベルに応じた防除体系の構築	○	○	○	○	○	福井県立大学 信州大学 日本植物調節剤研究協会 宮城県古川農業試験場 静岡県畜産技術研究所	生物資源学部 農学部 研究所試験研究部 水田利用部 飼料環境科	△　水口亜樹 渡邉修(2022.4～) 穂坂尚美(～2020.3) 林俊行(2020.4～) 濱村謙史郎(2020.4～) 筒井芳郎(2020.4～) 滝澤浩幸 大川茂範(～2021.3) 金原昭三(2021.4～) 國嶋広達(2021.4～2022.3) 畑中篤(2022.4～) 髙野浩(～2023.3) 佐藤克昭 二俣翔(～2020.3) 川井理仁(2020.4～) 小林広人(～2020.3)

						農研機構　西日本農業研究センター 大分県農林水産研究指導センター	水田作研究領域 (～2021.3) 中山間営農研究領域 (2021.4～) 傾斜地園芸研究領域 (～2021.3) 中山間営農研究領域 (2021.4～) 水田農業グループ	松本悠希 (2023.4～) 藤川哲平 (2023.4～) 伏見昭秀 (～2022. 3) 小林慶子 河野礼紀 近乗偉夫 (～2021.3) 清田梨華 (2021.4～ 2023.3) 長島泰一 (2023.4～)
４　環境DNA分析による侵略的外来種の検知とモニタリング手法の開発						農研機構　農業環境変動研究センター (～2021.3) 農研機構　農業環境研究部門(2021.4～)	生物多様性研究領域 (～2021.3) 農業生態系管理研究領域(2021.4～)	芝池博幸 (～2020.3) ○　吉村泰幸 (2020.4～)
４－１　LAMP法を用いた侵略的外来種のオンサイト検知手法の開発	○	○	○	○	○	愛知県	環境基盤研究部	△　鈴木良地 恒川健太 (2020.4～) 河村邦生 (2021.4～) 森賢一郎 (～2022.3) 佐伯晶子 (～2022.3) 水上優子 (～2020.3) 坂紀邦 (～2020.3) 稲垣怜那 (2023.4～)
４－２　環境DNA分析による農業水路系に生息する生物相の網羅的解析手法の開発	○	○	○	○	○	農研機構　農業環境変動研究センター (～2021.3) 農研機構　農業環境研究部門(2021.4～) 農研機構　農村工学研究部門	生物多様性研究領域 (～2021.3) 農業生態系管理研究領域(2021.4～) 水利工学研究領域	芝池博幸 (～2020.3) △　吉村泰幸 (2020.4～) 伊藤健二 山本哲史 (2022.4～) 竹村武士 渡部恵司 (2023.10本部

						農研機構　農村工学研究部門 いであ株式会社	 環境創造研究所	より異動） 小出水規行 (2023.10本部より移動) 中村匡聡 白子智康

Ⅰ－２．研究目的

近年、地球温暖化や人間と自然の関わりが変化するなかで、病害虫および野生鳥獣による農業被害が深刻化している。また、一部の外来生物が異常に増殖することによる農業生産活動の阻害が顕在化している。外来生物を駆除・処理するための経費や、それらが繁茂することによる減収については、年間数十億円に達すると見積もられている。一方、生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）において合意された愛知目標には、外来種の脅威に対して侵入初期における発見と対応、定着経路を管理するための対策を推し進めることが明記されている（目標9）。外来生物の駆除等に要する経費を削減し、農業生産活動と生物多様性の保全を両立するためには、侵略性の高い外来種の生態的特性を明らかにし、それらの定着経路を断つとともに、持続可能な管理手法を開発する必要がある。（国研）農業・食品産業技術総合研究機構では、生態系や農業に被害を及ぼす恐れがあるものとして法律に基づいてその管理が厳しく規制されている外来の水生生物が農業用水路を経由して隣接する流域へ侵入し、被害が生じている事例を把握しており、これらの飼養等許可を得たうえで、貯水池や農業用水路等における対象種の駆除手法の開発に取り組んできた。また、畑圃場や牧草地における外来植物の生態解明や適正管理のための技術開発についても、除草剤メーカーや農業機械メーカー、農業者等の協力を得ながら進めてきている。

そこで本研究では、農研機構がこれまでに得た知見に加え、駆除に活用しうる高度な技術を有する民間企業・団体、大学や、実際に被害回避の取り組みを進めている農業者団体、公設試等の総力を結集して、次の研究開発に取り組む。

１．農業水利施設網における外来二枚貝の駆除・低密度管理手法の開発

２．循環灌漑地帯における外来水草の駆除・低密度管理手法の開発

３．農耕地およびその周辺における外来植物の駆除・低密度管理手法の開発

４．環境DNA分析による侵略的外来種の検知とモニタリング手法の開発

により、定着可能な環境が異なる複数の侵略的外来種について、侵入初期から蔓延に至る侵入量や定着箇所に応じた駆除または経済的被害が生じる水準以下に個体密度を管理する（以下、「低密度管理」と呼ぶ）手法を開発するとともに、防除が容易な侵入初期段階での対策を可能にするための環境DNA分析による対象種の早期検知と広域モニタリング手法を開発する。さらに、個体群動態の解析から、遮断すべき定着経路や優先的に管理すべき地区を評価する手法の開発を目指す。併せて、駆除技術の隘路となっている駆除後の残渣処理や在来種への影響評価など、生態系に対する負荷を軽減する視点からの管理手法の開発にも取り組む

その結果、

１．カワヒバリガイやタイワンシジミ、ナガエツルノゲイトウなどの水生外来生物について侵入量や定着箇所に応じた駆除・低密度管理の体系を確立

２．アレチウリや複数のイネ科植物を含む外来植物について、侵入量や定着箇所に応じた駆除・低密度管理の体系を確立

３．体系化された調査法や管理手法はマニュアルとして取りまとめ、霞ヶ浦や印旛沼を含む 3 地域以上においてその有用性を実証が期待される。

Ⅰ－３．研究方法

（１）農業水利施設網における外来二枚貝の駆除・低密度管理手法の開発

カワヒバリガイについては、茨城県内の貯水池の落水処理を行い、成貝密度や浮遊幼生密度を調査するとともに、分布拡大モデルを構築する。また、水酸化カルシウム等の薬剤を用いて二枚貝への影響を調べより効率的な低減技術を開発する。タイワンシジミについては、環境 DNA を用いた分析・調査を行い、管路内での分布や堆積場所を特定し、堆積位置を推定する数理モデルを開発する。また、二枚貝の堆肥化、燃焼による再資源化について、その安全性を確認するとともに、そのコストについても試算する。

（２）循環灌漑地帯における外来水草の駆除・低密度管理手法の開発

ナガエツルノゲイトウについて、複数の除草剤を隔離温室内で施用し、スクリーニングを行う。また、選抜された除草剤を用いて、本田内のナガエツルノゲイトウの地上部および地下部の乾物重を調査し、イネの収量への影響も調査し、防除体系を確立する。また、循環灌漑において拡散の元となる植物の断片を水田の入水口や水利施設で回収する技術についても試験を行いその効果を確認する。さらに、流域内でのナガエツルノゲイトウ個体群の分布は、ドローン等を用いてモニタリングし、シミュレーションを行うことにより、コストも加味した効率的な除草時期や回数などを検討する。

（３）農耕地およびその周辺における外来植物の駆除・低密度管理手法の開発

アレチウリについて、複数の生育地において、発芽や開花などのフェノロジーを確認し、除草剤の適時等を調査する。また、複数の除草剤を施用し、刈り払いも含めその組合せを試験し、防除体系を開発する。また、野外で繁茂するアレチウリについて、ドローンを活用した分布の観測を行い、除草すべき地域の検出とその防除効果を見える化する技術を開発する。

（４）環境 DNA 分析による侵略的外来種の検知とモニタリング手法の開発

水生の侵略的外来種、カワヒバリガイ、タイワンシジミ、ナガエツルノゲイトウ、スクミリンゴガイ、カダヤシ、ミズヒマワリについて、生育する水を採取することにより、環境DNAを、特異的に検知するプライマーを開発し、LAMP法を用いたオンサイト検知手法を開発する。また、環境DNA分析による網羅的解析手法を開発、必要に応じてプライマー等も開発し、複数の貯水池等での調査を行い、農業水路系に生息する生物相（主として貝類、魚類）を把握する技術を開発する。

Ⅰ－４．研究結果

（１）農業水利施設網における外来二枚貝の駆除・低密度管理手法の開発

環境DNAなどを用いたカワヒバリガイ検知技術と落水を中心とする駆除技術の開発・普及を進めた。防汚塗料等の付着阻止性能とコスト、ピグなどを用いた除去手法を明らかにした。カワヒバリガイ対策に利用可能な薬剤を選定すると共に、水酸化カルシウムを用いた野外実証試験で効果を検証した。タイワンシジミについて環境DNA分析によって末端部給水栓閉塞リスク把握が可能になることを示すと共に、パイプライン内の堆積位置推定プログラムを開発した。駆除貝の死滅処理について知見をとりまとめると共に、堆肥化と石灰資材化手法を開発した。

（２）循環灌漑地帯における外来水草の駆除・低密度管理手法の開発

ナガエツルノゲイトウへの防除効果が高い水田除草剤を用いた現地試験の結果を踏まえ水田と畦畔におけるナガエツルノゲイトウの管理技術マニュアルを作成した。一方、水路の法面や水路の浚渫土壌の処理方法について知見を収集するとともに検証試験を実施した。また、ナ

ガエツルノゲイトウ群落の流域内拡散モデルの精度検証を行うとともに、駆除や処分費用から、四季に１回ずつの駆除よりも春季に１回の駆除で費用対効果が高いことを示した。

（３）農耕地およびその周辺における外来植物の駆除・低密度管理手法の開発

外来植物の日本版 WRA を開発し、リスクが大きく対策の優先度が高い種を特定した。外来イネ科植物カラスムギをモデルに農耕地における有効な管理要素を明らかにした。関東を中心にクサヨシ外来系統と在来系統の分布実態を把握した。アレチウリについては、効果の高い除草剤を特定し、機械除草と組み合わせた管理場面ごとの除草体系等を作出した。また、ドローン空撮画像から群落を検出する手法や開花の予測するモデルを開発した

（４）環境 DNA 分析による侵略的外来種の検知とモニタリング手法の開発

侵略的な水生外来生物種6種について特異的性及び反応性の高いLAMPプライマーを作出した。また、ガラス繊維を用いたSGF法については、LAMP法に適用可能を確認するとともに、特許出願済である。また、農業水路系に生息する生物相（主に貝類、魚類）について、環境DNA分析による生物相の網羅的解析を開発し、実証調査を行い、I系の管理技術が生物相に与える影響を調査できることが確認された。

Ｉ－５．今後の課題

カワヒバリガイにおいては、モニタリング技術が茨城県笠間市においてすでに未発生地域の分布拡大の早期発見に活用されている。また、カワヒバリガイの落水による防除技術については、茨城県内の20か所で、土地改良区と連携し、令和5年11月に実施した。また、それらの土地改良区等との連携しマニュアルの作成を進めているところであり、迅速かつ確実に現場へ導入される。タイワンシジミにおいては、三重県の宮川用水での堆積位置推定解析プログラムを用いて、効率的な排出管理が確認されれば、他の地域での活用が見込める。ナガエツルノゲイトウでは、2021年から千葉県および令和5年から神奈川県での農家圃場において、千葉県耕地課や神奈川県農業試験場やJA厚木等と連携しながら、これまで開発した除草剤系を試験しており、また、同時にマニュアル作成も進めているところであり、その有効性が確認されれば、速やかにかつ確実に現場へ導入される。アレチウリについても、除草剤処理と草刈の組合せの管理により管理前の90％以上の削減効果をもたらす体系が得られており、宮城県、福井県、静岡県、において実証試験を行うとともに連携しながら、防除マニュアルについて作成を進めている。また、ドローン空撮写真判読により、除草地域の検出やその防除効果を見える化技術は、現在香川県での試験のみであるが、その有効性が確認され、今後、アレチウリ防除を行う県等の自治体で、その防除マニュアルとともに活用が見込まれる。

これまでに侵略的外来種カワヒバリガイ、タイワンシジミ、ナガエツルノゲイトウ、スクミリンゴガイ、カダヤシ、ミズヒマワリのLAMPプライマーが作出され、SGF法単独または、SGF法とLAMPプライマーを組み合わせキット化が進めている。また、貝類全般を対象とした網羅的解析法が開発された。今後は、侵略的外来種の早期侵入検知に対する環境DNA調査の有効性を広く知ってもらうよう広報等により普及に努める必要がある。

実行課題番号	19191148	実行課題* 研究期間	令和元年～5年度
小課題名	１　農業水利施設網における外来二枚貝の駆除・低密度管理手法の開発		
実行課題名	（１）カワヒバリガイの分布拡大様式の解明と落水等による管理手法の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構農業環境研究部門・農業生態系管理研究領域・ 伊藤健二		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構農業環境研究部門・農業生態系管理研究領域・ 伊藤健二		
共同研究機関・研究室・研究者名等	農研機構農業環境研究部門・土壌環境管理研究領域・大東健太郎、霞ヶ浦陽水土地改良区・管理課・横島友和、水資源機構・霞ヶ浦用水管理所・大木洋介、ダンゴ&ディーネンダール社・本社・清水良雄		

Ⅱ．実行課題ごとの研究目的等

１）研究目的

近年、関東地方では特定外来生物のカワヒバリガイの分布拡大と密度増加が進行し、一部の農業水利施設では通水障害などの被害が発生している。カワヒバリガイは生活史の初期を微小なプランクトン幼生として過ごし、水の流れに伴って分布を拡大する。そのため、貯水池や水路で発生したカワヒバリガイは、その施設での被害をもたらすのみならず、新たな地域への侵入や被害発生の原因となっている可能性が高い。しかし、水利施設を経由する分布拡大の実態や、幼生の流入・移出を含めた水利施設におけるカワヒバリガイの個体群動態は十分明らかになっておらず、対策へ向けた合意形成や迅速な対策実施の障害となっている。また、実際にカワヒバリガイの侵入した施設については、施設落水を中心とする被害対策が提案されているが、施設の運用上支障の少ない、効率の良い実施方法については十分明らかになっているとはいえない。

そこで、本課題ではカワヒバリガイ発生した水源を利用する水利施設と周辺地域へのカワヒバリガイの侵入・拡大の実態を、検出効率の高い環境DNAなどの手法を用いて明らかにするとともに、水利施設を経由した拡大過程のモデル化を通じた対策の重点地域の特定などを行い、効率的なモニタリング体制の構築を行う。施設の落水を中心とする対策技術については、運用上の問題点を整理し効率化を行うとともに、対策において有効と判断された新たな駆除技術の導入を検討し、カワヒバリガイの発生した水源を利用する地域における水利施設の安全な運用を実現する。

２）研究方法

霞ヶ浦用水の受益地を対象に、環境DNAを用いたカワヒバリガイの分布調査を計画・実施し、その有効性を評価すると共に、対策上重要な地域の検討を行い、自治体や土地改良区への対策の提案を行う。霞ヶ浦用水の水量(都市用水・農業用水)やカワヒバリガイの生息を整理し、分布拡大過程のモデル化を行う。貯水池の落水条件下におけるカワヒバリガイの死亡過程に

関する調査・実験を行い、落水の適切な時期・期間を明らかにすると共に、施設落水による駆除技術に関する知見のとりまとめを行う。新たな対策技術として幼生濾過技術の導入を検討する。これらの成果を小課題の成果と共にとりまとめ、対策マニュアルを作成する。

３）研究結果

(1)環境DNA等を用いた分布実態の把握と対策の提案

霞ヶ浦周辺地域の農業用貯水池を中心に環境DNA等の検知技術を用いてカワヒバリガイの分布調査を行った。生息情報の少なかった笠間市周辺で、霞ヶ浦から取水する貯水池(23カ所)と地元の水源を利用している貯水池(21箇所)を対象に調査を実施した(図1)。その結果、過去に生息記録のない５地点を含む9地点からカワヒバリガイ由来のDNAが検出され、その全てが霞ヶ浦から取水している貯水池であることが示された。

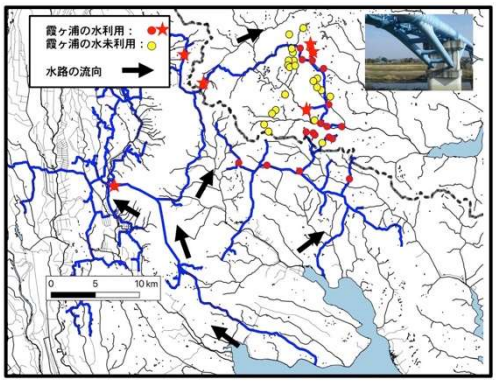


図1. 環境DNAによる調査地。霞ヶ浦から取水している貯水池(赤丸)は、水路(青線)を経由して霞ヶ浦の水を利用している。★は目視調査でカワヒバリガイの生息が確認された貯水池(全て霞ヶ浦から取水する貯水池)

カワヒバリガイのDNAが検出された貯水池で駆除対策を目的とする落水を実施したところ、その全ての貯水池からカワヒバリガイの生息が確認され、環境DNAを用いた調査の有効性が示された。これらの貯水池から水が流出する河川・湖沼を対象に環境DNA調査を行ったところ、これらの貯水池から河川を経由した分布拡大が進行しつつあることが示された。これらの結果を取りまとめ、地元自治体や土地改良区を対象に、落水を中心とする駆除対策(後述)の提案を行った。

(2)水利施設を経由した拡大過程のモデル化

霞ヶ浦を水源とする霞ヶ浦用水を対象に、水量と水路長、カワヒバリガイの生息の有無(35地点、2005-2021年)に関する情報を整理し、霞ヶ浦から取水する貯水池等の34地点への分布拡大過程を、動的サイト占有モデルを用いてモデル化した(図2)。その結果、利用する水量と幼生密度の増加に伴い侵入確率が増加し、2016年頃には全ての地点への侵入が生じたと推定された。特別な対策を実施しない条件では隣接する貯水池間でおよそ2年に1度程度の侵入が生じていると推定された。

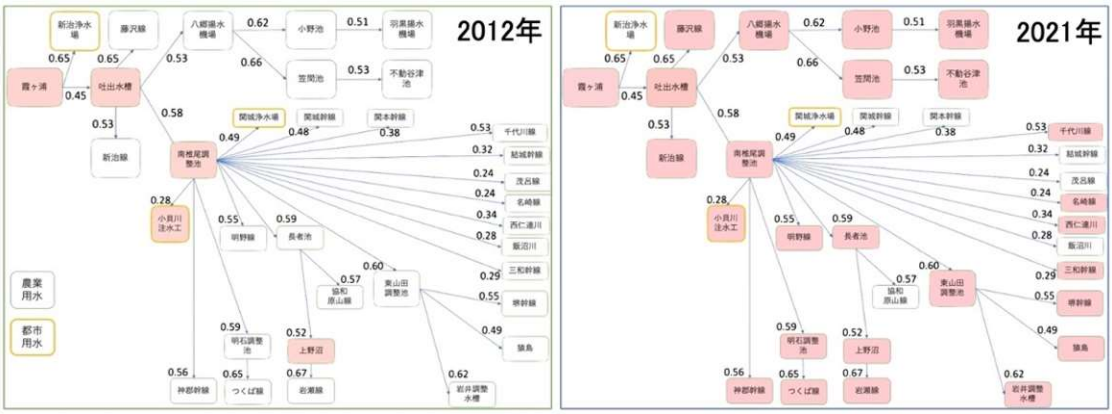


図2. 霞ヶ浦用水におけるカワヒバリガイの生息確認地点(2012年と2021年のみを図示。図中□部分)と、モデルから推定された移行確率(水路を表す矢印上に示された数値)。霞ヶ浦から34地点の生息地(貯水池など)に水路を通じて分布が広がる状況がモデル化されている。

(3)落水を中心とするカワヒバリガイ駆除技術の開発

茨城県南部の貯水池を対象に落水試験を実施し、貯水地内の岩表面に付着したカワヒバリガイの乾燥条件下での生存時間を調査した。カワヒバリガイの繁殖期が終わる11月から1月の非灌漑期、約15日以上の落水の実施でカワヒバリガイを死滅できることが示された。11月から翌年の繁殖期までの期間は、非灌漑期でもあり比較的営農への影響が少なく、年内に繁殖した集団をまとめて駆除することが可能となる。この時期を選び、15日以上の落水を実施することで、効率の良い駆除が実施できると考えられた(図3)。これらの知見を元に貯水池を対象とする落水の現地実証試験を行い、付着密度や幼生密度の低下や分布拡大の抑制などの成果が得られた。

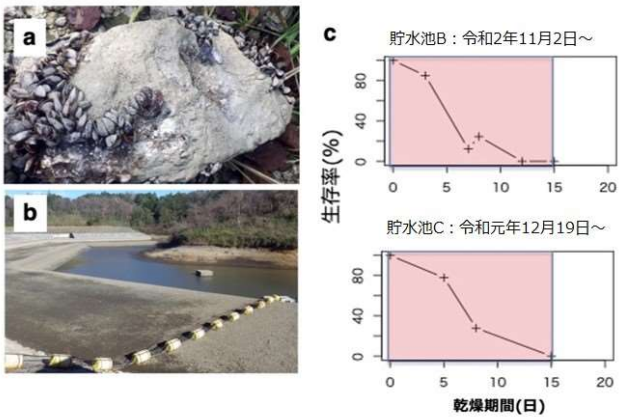


図3. 落水(乾燥)条件下におけるカワヒバリガイの生存時間。a 現地試験の様子。b: 落水を実施している貯水池の様子、c: 11月から1月までの落水(乾燥)期間と生存率の関係。約15日間の乾燥で死滅する。

ヨーロッパでカワホトトギスガイの浮遊幼生駆除に実績を持つ幼生ろ過装置(Mussel Stop System, DDS社)を用い、幼生濾過による付着量低減効果と幼生密度低減効果の検証を行った(図4)。その結果、カワヒバリガイの付着が最大で1%以下に減少する効果が得られたものの、通水への負荷が大きく、また幼生通過を完全に抑制するには至らなかった。

図4.南椎尾調整池に設置された幼生ろ過試験プラント。ろ過フィルター(矢印)を介した水と貯水池の水の2系統を試験配管に通過させ、稚貝の付着量を比較する。

落水を中心とするカワヒバリガイ駆除対策の欠点は、施設の構造上、落水が十分に実施出来ない貯水池が多いことである(図3b)。この問題を解消するために、水の残ったコンクリート枡などに石灰を投入し、水中で生存しているカワヒバリガイを駆除する試みを課題I(4)と連携して進めた(I(4)課題参照)

４）成果活用における留意点

本研究成果は主に関東地方の霞ヶ浦周辺地域を対象に実施した試験によって得られている。国内の他の地域での活用においては気象条件の違い等に応じた調整が必要になると考えられる。また、カワヒバリガイは移動や飼育の制限される特定外来生物であり、駆除した貝の扱いなどにおいてはこれらの法律に則った対応が求められる。

５）今後の課題

環境DNAを用いた高感度検知技術は検出感度が高いものの、土地改良区職員が単独で環境DNA

を分析することは難しい。これらの問題は当面は環境アセスメント業者などへの発注などを通じて解消していく必要があり、将来的にはⅣ(2)課題で開発が進められているオンサイト検知手法の普及によって解消される可能性がある。幼生除去技術について十分な結果が得られなかったが、今後はろ過以外の別の技術(紫外線など)との併用を通じて改良を進めていけるかもしれない。

今回開発された検知手法と落水を中心とする駆除技術の組み合わせは、すでにマニュアル(例：農研機構SOP「カワヒバリガイ対策を目的とした貯水池の侵入検知及び落水標準作業手順書」)などを通じて公開され技術普及の段階にあるが、特に侵入初期の、まだ被害の起きていない段階での自治体や土地改良区の関心は高くないことが課題となっている。これらの解消には(1)分布と被害状況の可視化と(2)対策の普及(マニュアル等のさらなる整備)を、同時に進めていくことが有効であると考えている。

実行課題番号	19191148	実行課題 研究期間	令和元年～5年度
小課題名	１　農業水利施設網における外来二枚貝の駆除・低密度管理手法の開発（例）		
実行課題名	（２）水利施設内のタイワンシジミの分布様式の解明と管理手法の検討		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構農業環境研究部門・農業生態系管理研究領域・伊藤健二		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	三重大学大学院生物資源学研究科・環境施設工学研究室・岡島賢治		
共同研究機関・研究室・研究者名等	三重大学大学院生物資源学研究科水圏資源生物学研究室・古丸明、伯耆匠二		

Ⅱ．実行課題ごとの研究目的等

１）研究目的

2014年から宮川用水のパイプライン末端給水栓での詰まりによって、水田に水が出ないというような被害事例が報告されている課題に対し、開水路・パイプライン等の農業水利施設内でのタイワンシジミの分布・拡大状況を把握することで、分布様式と侵入・拡大経路を解明する。水路系内外の環境DNAによる通年の分析調査を通じ、水路内外におけるタイワンシジミの移動を明らかにする。また、パイプラインの管内調査および調圧水槽の点検などを利用し、タイワンシジミのパイプライン内での生息状況を解明する。パイプライン内で繁殖しているタイワンシジミに対し、発生量や被害の大きさを左右する水質等の要因解明に取り組む。そして、パイプライン内のタイワンシジミの効率的な駆除方法の提案を目標として、パイプラインの水理解析をベースに、各要素内の流速と管径、管勾配からタイワンシジミの移動有無を判定し、移動する場合は掃流砂の式から移動量を計算しながらタイワンシジミの堆積位置を推定できる解析手法の開発を行った。また、パイプライン内のタイワンシジミの効率的な駆除方法を検討する。

２）研究方法

1）環境DNAに基づくタイワンシジミの生息状況および侵入機構の解明

環境DNAに基づくパイプライン内のタイワンシジミの分布推定をするために、以下の研究を行った。

・タイワンシジミからの環境DNA検出時間の確認

・用水路途中にある池から取水される用水中の幼生密度と親貝の稚貝保育率調査

・分布および侵入経路把握のための上流から下流までの定点での周年環境DNA計測

2）堆積地点を推定する水理解析手法の開発

堆積地点を推定する水理解析手法の開発のために以下の研究を行った。

・逆勾配のあるパイプライン内でのタイワンシジミの堆積位置推定プログラムの開発

・堆積位置推定プログラムの適用のための第三者による利用

3）タイワンシジミの被害管理に向けた対策マニュアルの作成

・土地改良区職員が使用可能なできる対策マニュアルの作成

３）研究結果

1）環境DNAに基づくタイワンシジミの生息状況および侵入機構の解明

・タイワンシジミからの環境DNA検出時間の確認

28℃と10℃のカルキ抜きした水道水中に、室重量2.0kgのタイワンシジミを入れた水槽を3試験区ずつ作成し、シジミを入れてから0, 1, 2, 6, 12, 24, 48時間後に100mLを採水し、環境DNAを計測することでタイワンシジミの浸漬時間と環境DNAの検出時間を計測した。また、48時間後に水槽からタイワンシジミを取り除き、1, 2, 6, 12, 48, 72時間後に100mLを採水して、環境DNAが分解するまでの時間を計測した。

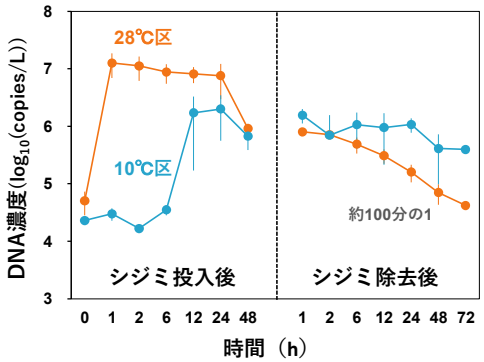


図1タイワンシジミの環境DNA検出時間の検討

実験結果より、投入直後からある程度のDNAが検出され、28℃区では浸漬時間1時間後から10℃区では12時間後から高いDNA量が検出された。タイワンシジミを水槽から除去した後、環境DNAの検出量は徐々に小さくなり、28℃区では27時間後に投入直後程度まで低くなった。一方、10℃区では検出量の減少速度は28℃区より低くなった。

・用水路途中にある池から取水される用水中の幼生密度と親貝の稚貝保育率調査

タイワンシジミの被害報告のある三重県宮川用水には、幹線水路に斎宮調整池と押野池という2つの池が存在している。タイワンシジミの被害報告はこれらの池の下流側のパイプラインで報告されている。このため、それぞれの池の取水部付近で令和3年6月～9月に計6回の幼生密度調査を行った。幼生密度調査は取水部付近にエンジン式揚水ポンプを設置し、くみ上げた池の環境水200Lを目合い40μmのプランクトンネットで濾過し、得られた資料を99%エタノールで固定し実験室で幼生を観察して個体数を計測した。また、同時に環境水1Lを採水し、環境DNAを計測した。また、幼生密度調査の同日、宮川用水のパイプライン内から排出されるタイワンシジミの成貝を採集し、実験室内で解剖して稚貝を保育している成貝の割合を計測した。

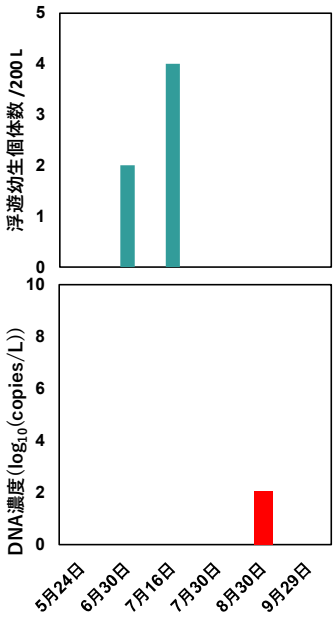


図2　押野池の幼生密度調査（上）と環境DNA調査（下）

幼生密度調査より、斎宮調整池からは幼生も環境DNAも検出されなかった。また、図2に示すように押野池からは6回の調査中2回の調査で浮遊幼生が観察された。しかし、浮遊幼

生が観察された日の環境水からは環境DNAは検出されず、別の1回の調査日の環境水からDNAが検出された。観測された個体数は少なかったが、取水量を3t/m³と仮定すると1日当たり250～500万個体が池から下流パイプラインに流入している試算となった。また、環境DNAでは幼生の流入リスクを検出できない場合があることも明らかとなった。

図3に成貝の稚貝保育率のグラフをまとめた。繁殖期である6月をピークに8月まで稚貝を保育する成貝が確認された。これより、タイワンシジミがパイプライン内でも繁殖していることが明らかとなった。

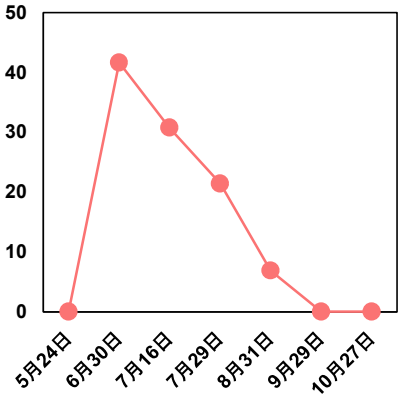


図3　パイプライン内の成貝の稚貝保有率

・分布および侵入経路把握のための上流から下流までの定点での周年環境DNA計測

宮川用水におけるタイワンシジミの侵入および分布状況を明らかにするために、上流から下流まで定点での周年環境DNA調査を行った。環境DNAは途中に枡を経ずにパイプライン内の水を直接取水できる地点を選定し環境水１Lを採水し、DNA分解抑制剤として終濃度0.1%塩化ベンザルコニウムを添加し、実験室内で環境DNA調査・実験マニュアルに従って分析した。プライマーは本事業Ⅳ系で愛知農試が提案しているND3プライマーを使用した。採水は令和3年4月～令和4年3月に月1回の頻度で採水した。

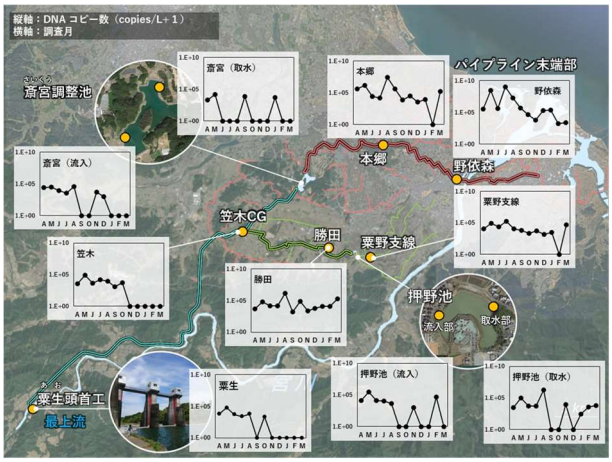


図4　パイプライン内の成貝の稚貝保有率

環境DNAの分析結果を図4に示す。タイワンシジミは最上流の栗生頭首工から4月から10月に流入している可能性があることが分かった。また、下流のパイプライン内では周年でタイワンシジミの環境DNAが検出されたことから、パイプライン内に周年存在していることがわかった。また、末端のパイプラインでは5月から8月の繁殖期に環境DNA濃度が高濃度になることからパイプライン内で繁殖している可能性が環境DNAからも推察された。

また、タイワンシジミによる給水栓詰まりの閉塞確率が50%となる環境DNA濃度は$10^{9.288}$となることが分かった。

2）堆積地点を推定する水理解析手法の開発

堆積位置を推定する水理解析には、掃流砂式の中でも芦田・道上(1972)式を基にした。この式は砂、開水路を対象としているため、砂をタイワンシジミ、開水路をパイプラインとして考えるために式を改良した。砂をタイワンシジミとして考えるために比重をタイワンシジミのものに変更した。生物であるタイワンシジミの成長にはSousa et al.(2008)が

示している季節変動を含む成長曲線を使用した。

解析手法の検証には、宮川用水において平成30年に明星1号排泥工において調査された排出量調査の結果と比較することで行った。

図5に解析値と排出量の関係を比較したグラフを示す。明星1号排泥工からの排出量は黒の棒グラフで表してあるが4月から6月まで増加し、その後一時少なくなり、7月以降再度増加している。解析値は赤い実線で示してあるが、4月から6月までの排出量の増加傾向を良く表現しており、7月の初めの排出量の増加も表すことができている。7月以降の排出量については十分表現できていないが全体として排出量の傾向を表す解析手法が開発できたといえる。

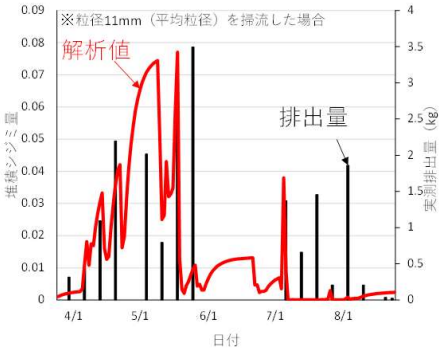


図5　解析値と排出量の比較

開発したプログラムについて、農林水産省の事業において実務で活用できる機会を得たことから、環境コンサルタントに使用してもらいながら、堆積位置推定水理解析プログラムの改良を行った。改良することで、複数年度にまたぐ長期の解析での解析の安定性の向上、異常堆積の抑制を実現することができ、安定して解析できるプログラムとなった。また、実際に土地改良区職員に使用してもらった結果、開発したプログラムは初期条件の設定には開発者や環境コンサルタントのアドバイスが必要であるが、日常的な解析は簡易な操作で改良区職員でも十分利用可能なプログラムと確認できた。

3）タイワンシジミの被害管理に向けた対策マニュアルの作成

タイワンシジミの被害管理に向けた対策マニュアルとして、土地改良区職員が使用可能なできる対策マニュアルの作成を行った。今回作成した対策マニュアルが土地改良区などのユーザーが直接使用できる技術に限定したものであった。このため、特殊な技術を前提とする成果はマニュアルの対象外となったことにより、環境DNAに基づくタイワンシジミの生息状況および侵入機構の解明に用いた環境DNAによるモニタリング技術と堆積位置解析プログラムについては、対策マニュアルに反映させることができなかった。しかしながら、タイワンシジミの水利施設における通水阻害の現状と環境DNAによる分布実態の調査方法のコラム、被害の軽減に向けた実務的に対処方法について記載することで、土地改良区職員が使用可能な対策を記載することができた。

4）成果活用における留意点

1）環境DNAに基づくパイプライン内のタイワンシジミの分布推定

・タイワンシジミの環境DNA検出においては、タイワンシジミが存在していれば投入直後の浸漬時間でもある程度検出できる。このため、流速等を考えても比較的採水地点付近の環境を反映した結果を得ることができる。一方、温度が高いと分解時間も比較的早いので採水時にはDNA分解抑制剤を添加することが望まれる。

・分布および侵入経路を把握するためには、月1回程度で周年採水した環境水の環境DNAを調査する必要がある。

・環境DNAの調査頻度が低い場合は、タイワンシジミの環境DNAが検出されやすい4月～8月のタイワンシジミの繁殖期に採水して調査することが望まれる。

・タイワンシジミのパイプライン内での繁殖や越冬の可能性を調査したい場合は、9月～3

月の非かんがい期に2回以上調査することが望まれる。

2) 堆積地点を推定する水理解析手法の開発

・解析に当たっては、水路施設管理図などにより管屈曲度、追加距離、管種、管径、分水工位置の入力が必要となる。また流量データとして、分水工での日分水量が必要となる。

・初期堆積量は未確認の場合が多いので、仮の値を用いて解析を開始することから、計算された堆積量の絶対量には大きな意味は無く、計算結果は堆積位置と相対的な堆積量の目安とする。

3) タイワンシジミの被害管理に向けた対策マニュアルの作成

・タイワンシジミの被害を根本的に取り除くには、侵入源である河川のタイワンシジミの駆除まで考慮することになり現実的ではない。

・パイプラインに侵入したタイワンシジミを効率的に排出する駆除方法による継続的な被害管理が求められる。

５）今後の課題

本事業の成果は、タイワンシジミ被害が出ている地区において環境コンサルタントがタイワンシジミの分布と侵入経路の把握および、排出駆除するための適切な位置選定のために使用されることが考えられる。堆積位置推定プログラムについては、環境コンサルタントがタイワンシジミの被害になやむ土地改良区職員に対して、導入を提案し、初期設定を行うことで土地改良区職員が日常的に使用できるプログラムとなった。マニュアルについては、今回作成した対策マニュアルが土地改良区などのユーザーが直接使用できる技術に限定したものであった。このため、特殊な技術を前提とする成果はマニュアルの対象外となったことにより、環境DNAを用いたモニタリング手法と堆積位置解析プログラムについては、対策マニュアルに反映させることができなかった。

今後の研究課題としては、実際の現場で求められるタイワンシジミの賦存量や侵入量、繁殖量といった絶対量の把握が挙げられる。また、一度パイプライン内に侵入したタイワンシジミを死滅させることは現在困難であるため、死滅させる手法についても今後の研究が期待される。

実行課題番号	19191148	実行課題* 研究期間	令和元年～5年度
小課題名	１　農業水利施設網における外来二枚貝の駆除・低密度管理手法の開発		
実行課題名	（１）送水管の洗管等による定着貝の駆除技術の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構農業環境変動研究センター・生物多様性研究領域・伊藤健二		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構農村工学研究部門・施設工学研究領域・有吉充		
共同研究機関・研究室・研究者名等	（株）栗本鐵工所　パイプシステム事業部・道浦吉貞、化成品事業部・霜村潤、間宮聡		

Ⅱ．実行課題ごとの研究目的等

１）研究目的

近年、外来種で淡水棲付着性二枚貝のカワヒバリガイが農業用水利施設に侵入し、給水栓やバルブの閉塞、スクリーンの通水性能低下、カワヒバリガイの腐敗による汚臭などの問題が生じている。また、カワヒバリガイの除去作業は、人力で行うことが一般的で、多大な労力と費用を要している。そのため、カワヒバリガイの水利施設への付着状況を調査し、管や開水路に付着したカワヒバリガイを効率的に除去する方法や、付着しにくい付着防止部材を開発する。現場や模型実験で技術を検証し、マニュアルを作成する。カワヒバリガイを効率的に除去する方法を開発することで、農業用水利施設の維持管理作業の負担軽減を図る。

２）研究方法

農業用パイプには複数の管材が使用されており、各管材に対するカワヒバリガイの付着特性を調べる。具体的には、農業用パイプとして利用されている主なパイプ（塩ビ管、強化プラスチック複合管、ポリエチレン管、ダクタイル鉄管（内面モルタル塗装）、ALW形ダクタイル鉄管（内面シリカエポキシ樹脂塗装）を調整池に浸漬し、定期的に引き上げて、カワヒバリガイの付着状況を目視で確認する。

また、カワヒバリガイの水路への付着を抑制するため、付着防止部材に関する現地試験を行う。具体的には、調整池や開水路で、防汚塗料、含浸材等の付着防止部材を塗布したパネルやモルタル片を浸漬したり、水路側壁に塗布したりして、カワヒバリガイの付着状況を目視で観察する。さらに、除去作業の省力化を評価するため、カワヒバリガイが付着した場合には、剥離させるのに必要な力を調査する。

管内に付着したカワヒバリガイの除去性能を検証するため、カワヒバリガイを剥離するための力を調査するとともに、スポンジボールや砲弾型ピグの洗管工法の除去性能を、カワヒバリガイを模擬した模型管路や、カワヒバリガイが付着した管で検証する。

これらの研究結果を整理し、本プロジェクトで作成する農業利水における外来貝類被害や対策に関するマニュアルの一部に反映する。

３）研究結果

流速が遅い状況では、全ての管に、カワヒバリガイが付着することを確認した。最初は継手の凹部に付着し、徐々に管全面に付着した。

現地試験から、海生生物の付着防止材として利用されている防汚塗料は、カワヒバリガイに対しても付着防止性能があることを確認した（図1）。また、農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル（開水路編）に則ったキセノンランプ耐候性試験の結果から、これらの塗料は、太陽光を約10年受けた場合でも、性能を発揮できる可能性があることが分かった。

含浸材については、含浸被覆系にカワヒバリガイの付着抑制効果があり、付着した場合でも剥離力を低下できることが分かった（図2）。含浸被覆系のモルタル片に付着したカワヒバリガイは、無塗布や他の含浸材のモルタル片の約1/4～1/5の力で剥離した。なお、シラン系含浸材およびケイ酸塩系含浸材には、付着抑制効果はなかった。

カワヒバリガイの付着した管路を用いた実験により、砲弾型ピグでカワヒバリガイを剥離できることが分かった（図3）。管への負荷を軽減するため、徐々に口径を大きくし、段階的にカワヒバリガイを除去することが推奨される。なお、スポンジボールでは、カワヒバリガイを十分に除去することはできなかった。

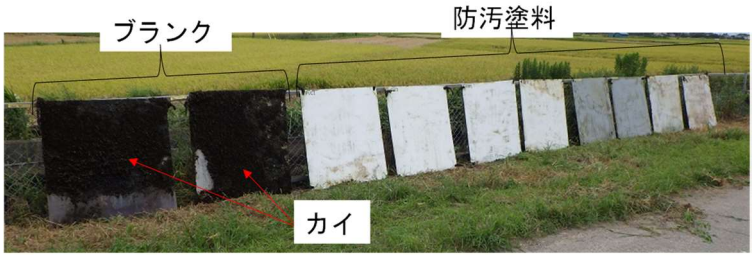


図1　通水後に引き上げたパネル（塗料を塗布していないブランクにはカワヒバリガイが全面に付着し、防汚塗料を塗布したパネルにはカワヒバリガイが付着していない）

図2　含浸材を塗布した箇所のカワヒバリガイの付着状況
（色の濃い箇所がカワヒバリガイの付着した箇所）

砲弾型ピグの設置状況　　管内面（ピグ通過前）管内面（ピグ通過後）
（蓋をした後に水圧をかけてピグを動かす）

図3　ピグによるカワヒバリガイの除去性能の検証

また、検証試験を行った開水路では、9月から4月上旬までは水がなく、4月下旬から8月下旬が通水期間であるが、目視でカワヒバリガイを確認したのは7月下旬以降であり、約1か月の短期間で多くのカワヒバリガイが侵入していることが分かった。

これらの研究結果を整理して、本プロジェクトで作成している農業利水における外来貝類被害や対策に関するマニュアルの一部に反映した。

４）成果活用における留意点

カワヒバリガイは水路表面の凹部に付着しやすいため、防汚塗料や含浸材を水路に塗布する場合には、塗布前に、水路表面の凹凸をなくす事前処理を行うことが推奨される。また、防汚塗料について、紫外線に対する耐候性は確認したが、水流に対する摩耗に対しては十分に評価されていないため、定期的にモニタリングを行い、再塗布の時期を検討する必要がある。

洗管工法によるカワヒバリガイの除去技術は、圃場周りの小口径のパイプで、生きたカワヒバリガイを対象として想定している。ピグの挿入、排出部、水の処理等については、現場条件に応じて、施設管理者と洗管業者等が協議して決める必要がある。

５）今後の課題

ピグ洗浄の基礎的な性能は実験により検証されたが、今後、実証試験を通してさらなる性能の検証や現場適用における課題抽出などが課題としてあげられる。含浸材についても実証試験等を行い、耐久性の評価や性能向上などを図ることが課題である。こうした技術は、土地改良区や水資源機構などの施設管理者が、農業農村整備事業等を活用し、メーカーや洗管業者に依頼して利用されることが想定される。

実行課題番号	19191148	実行課題 研究期間	令和元年～5年度
小課題名	１　農業水利施設網における外来二枚貝の駆除・低密度管理手法の開発		
実行課題名	（４）閉鎖系水域における薬剤等による死滅手法の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構農業環境研究部門・農業生態系管理研究領域・ 伊藤健二		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	一般財団法人電力中央研究所・サステナブルシステム研究本部・生物・環境化学研究部門・小林卓也		
共同研究機関・研究室・研究者名等			

Ⅱ．実行課題ごとの研究目的等

１）研究目的

貯水池における効果的な対策として、落水（水抜き）による干出があげられる。しかし、完全な水抜きが出来ない場合も多く、このような場合には、生存個体が残存し、旺盛な繁殖力により急速な生息個体数の回復をもたらすことになる。生残個体を除去するための方法としては、薬剤の利用が有望と考えられる。淡水性の付着性二枚貝に対する薬剤利用に関する検討は、国際的に広く実施されており、効果の面でも十分機能することが想定される。しかしながら、我が国では淡水域に生息する在来の付着性二枚貝が存在しないため、薬剤適用に関する知見は極めて乏しい。そのため、本実行課題では、貯水池等の止水域におけるカワヒバリガイ対策として、落水による防除との組み合わせによる薬剤等の有効性検討、環境への影響評価、現場への適用性の検証に基づき、薬剤による防除手法の開発を目指す。

２）研究方法

実験室環境における飼育実験により、各種薬剤の効果およびカワヒバリガイ斃死濃度を解明するとともに、小規模屋外実験との組み合わせにより、各種薬剤を適用する際の成分の残留性および副次的な生成物の発生について評価し、実用的な薬剤を選出する。実用的と判断された薬剤について、実際の適用環境を考慮した施用方法について実験的な検討を行う。さらに、水温等の物理的環境制御や複数種の薬剤の組み合わせなど、薬剤による故殺効果を向上させる技術を開発する。これらの知見を総合し、実際の貯水池環境において実証的に薬剤の効果を検証し、落水との組み合わせによる貯水池管理に位置付ける上での薬剤によるカワヒバリガイ対策の体系化を図る。

３）研究結果

室内実験による基礎的な検討で得られた知見に基づき、実環境での実証試験を実施し、以下の結果を得た。

a. 適用可能な薬剤の選出

フィールドで採取したカワヒバリガイ個体を用いて、文献調査等に基づき抽出した12種類の薬剤への暴露処理による防除効果を室内実験により評価した。その結果、水酸化カルシウム（以下、$Ca(OH)_2$と記載）、カルシウムシアミナド（以下、$CaCN_2$と記載）、次亜塩素酸ナトリウム、過酸化水素がカワヒバリガイの防除に有効であることが明らかになった。

効果の確認された薬剤の中で、農業水利施設への適用の観点から、汎用性が高く農業資材としての屋外利用に関する既存知見が豊富な$Ca(OH)_2$および$CaCN_2$を中心に、カワヒバリガイの致死濃度や効果の変動要因等に関して室内実験による検討を進めた。$Ca(OH)_2$に関して、施用量を決定する際に参考となる急性的な致死濃度を評価したところ、半数致死濃度(LC_{50})は約2,000 mg/L、90%致死濃度(LC_{90})が13,000 mg/Lであることを確認した（図1: $Ca(OH)_2$の溶解度を超える添加濃度であり、適用の目安となる濃度として便宜的に致死濃度として表現）。また、薬剤添加による長期的な効果について検討した結果、3日間の暴露後清浄な水質で約2週間飼育した条件において、LC_{50}に相当する$Ca(OH)_2$添加量でほぼ全数が死亡することから、2,000 mg/Lが$Ca(OH)_2$の適用上の基準になると判断した。また、有効成分の水中濃度の指標としてpHが有効であり、pHを概ね12以上に維持することで半数致死以上の効果を発揮することが確認された。一方、$CaCN_2$に関しては、必ずしも濃度の増加にともない死亡率が上昇する関係が見出されておらず、低濃度域と高濃度域とで作用メカニズムに差異がある可能性が示唆された。また、室内実験環境ではあるが、両薬剤とも、土壌等が存在する環境でも機能することを確認した。

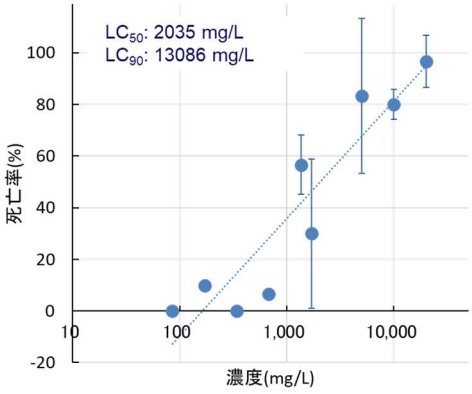


図1 $Ca(OH)_2$における濃度-死亡率反応

b. 現地試験に基づく$Ca(OH)_2$適用効果の検証

室内実験から得られた知見に基づき、東山田調整池（茨城県古川市）や明石揚水機場（茨城県つくば市）等の農業水利施設をモデル地点として、$Ca(OH)_2$の適用試験を実施した。なお、現地試験に際しては、$Ca(OH)_2$として農業用肥料・土壌改良剤である市販の消石灰を用いた。

東山田調整池では落水により水位を低下させた状態において、周縁斜面の水面下に設置した枠内にカワヒバリガイが付着した石を付着面が上方に位置するように沈設した上で、120、240、480 g/m^2の割合で消石灰を直接散布した。薬剤の効果は、全付着個体数に対する死亡個体数の割合として評価したが、実験直後およびその後に飼育期間を通したカワヒバリガイの死亡率に消石灰の適用による変化は認められなかった。薬剤効果が認められなかった原因として、強い波浪による消石灰の枠外への流出や環境中の反応性物質の影響等により、有効成分濃度が低下した影響が考えられるが、いずれにしても水の流動が存在する環境への消石灰の直接散布により効果を得ることが困難であることが明らかになった。そこで、これらの薬剤効果の低減につながる濃度低下の影響を抑制する方法として、透過性を有する袋に封入した消石灰をカワヒバリガイ直上に保持ことによる効果の向上について検討した。袋内の消石灰からの溶出により、カワヒバリガイ周辺の有効成分濃度を高い状

態で維持することが可能になる。親水性の不織布製袋に封入した消石灰をカワヒバリガイが着生している法面ブロック上に配置し、死亡率を調査した結果、直接散布ではほとんど死亡個体が生じない状況であったのに対し、100～200 g/400 cm^2の消石灰を不織布製袋に封入した状態で7～14日間設置した場合に、付着個体の10～42%の死亡が認められた。現時点において環境影響や費用の面で貯水池全面への薬剤散布は現実的ではないが、集中的な防除が必要とされる箇所において水流等の影響が予想される場合に有効な技術と考える。

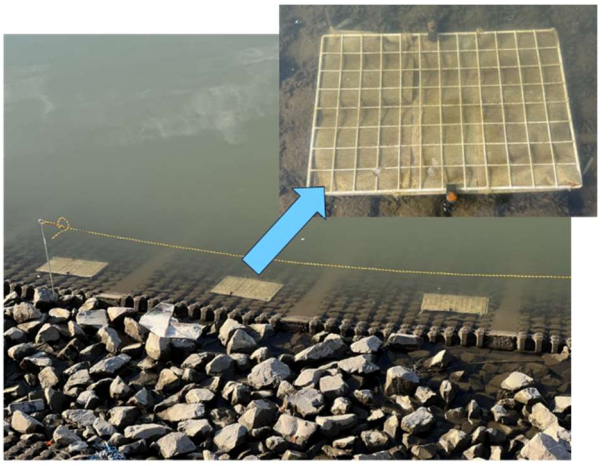


図2 不織布製の袋に封入した消石灰の適用状況

明石揚水機場ではコンクリート製枡等、落水後に水の流出入がほとんどない環境への消石灰の適用効果について検討した。明石揚水機場では抜水後も吸水槽内に水が残るためカワヒバリガイが生残することから、3カ所の吸水槽（残水量約10m^3）を対象に、0kg（対照）、10 kg、20 kgの消石灰を適用し、吸水槽内に残存するカワヒバリガイに対する効果について調査した。消石灰適用後6日目に給水槽内の水を汲みだし壁面の状態を確認した結果、適用量が多くなると壁面に残存・付着する個体数が少なくなる傾向が認められた。消石灰適用量20 kgにおいて平滑面に付着する個体数は0kgの1割未満であった（画像から推定）。さらに、明石揚水機場において、不織布製の袋に充填した粒状消石灰を0kg（対照）、10 kg、20kg適用し、槽内に残存するカワヒバリガイの防除効果について調査した。ただし、消石灰適用後の吸水槽内の水のpHを測定した結果、カワヒバリガイの駆除に必要なpHに達していないことが明らかになったため、最初の適用量と同量の消石灰を水面から直接散布により追加した。事前調査のため槽内に立ち入った際に底質を撹拌したことや室内実験において通常土壌の存在下では$Ca(OH)_2$の効果に変化が見られなかったこと等から、還元状態にあった底質の影響により消石灰が中和された可能性が考えられる。つまり、機械的にLC_{50}等の基準量を適用するのではなく、対象地点の環境を考慮して$Ca(OH)_2$の量を調整することが必要である。調整の要否やその程度については、消石灰適用後のpHの上昇量が指標になる。

なお、明石揚水機場吸水槽の排水先である大池の生物相に関して、課題Ⅳ-2のeDNA調査における魚類・貝類のメタバーコーディング分析により、落水+消石灰適用前後で貝類・魚類の種数はほとんど変化しなかったことを確認しており、消石灰の影響は軽微と判断した。

c. 現地試験に基づく$CaCN_2$適用効果の検証

東山田調整池（茨城県古川市）をモデル地点として、$CaCN_2$の適用試験を実施した。$CaCN_2$については環境水中での挙動が必ずしも明らかになっていないことから、親水性の不織布製袋に封入した薬剤をカワヒバリガイが着生している法面ブロック上に配置する方法を採用した。$CaCN_2$として農業用肥料・土壌消毒剤である市販の石灰窒素を用いた。50g/400cm^2の$CaCN_2$を7～14日間設置した場合に、付着個体の約80 %の死亡が認められた。$Ca(OH)_2$の2倍程度の死亡率を達成しており、実環境においても高い効果を有することが確認された。$CaCN_2$については肥料として土壌中での挙動は明らかにされているが、環境水中における中間生成物の生物影響が必ずしも明らかにされていない。そのため、実規模での適用に先立

ち、水域環境に直接適用した場合の安全性に関する知見を蓄積する必要がある。

d. 塩素系薬剤の適用可能性に関する検討

次亜塩素酸ナトリウムが有効であることが確認されたことから、市販の塩素系タブレット剤の有効性について検討した。その結果、浄水環境では、ジクロロイソシアヌル酸ナトリウム錠剤（以下、Clタブレット）および二酸化塩素錠剤（以下、ClO_2タブレット）は、水量1L当たり数gの添加により、短期的に50%以上の死亡率を達成できることを確認した。さらに、Clタブレットでは処理後の残留塩素が長時間にわたり高濃度で維持されたのに対して、ClO_2タブレットについては、結合塩素を含む全残留塩素濃度が添加後24時間で約30mg/Lから約1 mg/Lにまで減衰したことから、ClO_2タブレットにおいては対策後の塩素処理（残留塩素の除去・中和処理）がほぼ必要ないことを確認した。さらにClタブレットについて、真壁調整水槽（茨城県桜川市）のフロートバルブ室内の残留水に適用し、実環境における濃度変化を調査した結果、有効濃度を実現できることが確認された。これらの薬剤に関しては、対策範囲が狭く水量の少ない場所への適用を想定するとともに、適宜、施設内部材の腐食・劣化の可能性や還元剤を用いた中和等の事後処理の要否についても事前に検討・準備することが必要である。

４）成果活用における留意点

薬剤の環境中での挙動は、適用する環境によって変化することから、本成果を活用して薬剤を用いた駆除を効果的かつ持続的に推進するためには、対象とする水域の特性を理解するとともに、地域における利用形態や対象環境を取り巻く社会・経済的な状況を把握した上で、計画的に事業を展開することが重要である。水域での薬剤利用は、下流への影響を懸念する声が上がることも多く、対象とするカワヒバリガイ以外の水生生物種が少なからず影響を受けることから、環境面で配慮するのみならず、事前に関係者の間で十分な合意を形成することが必要である。

５）今後の課題

$CaCN_2$については、効果が認められながらも環境水中の挙動解明が不十分であり、実用レベルの知見獲得に至らなかった。適用後の排水が周辺湖沼や河川に漏出しない環境での現地試験を積みかさね、生物毒性や分解挙動に関する知見を蓄積した上で、実務への実装を目指す必要がある。

一方、塩素系薬剤については、チオ硫酸ナトリウムを始めとする市販の中和剤が存在し適用後に無害化できることから、閉鎖された小規模施設への高濃度適用が可能と考える。現時点では、屋外環境での駆除効果についての知見が少ないため、現地試験を通した知見の蓄積が必要である。

また、本成果は、貯水池の落水との組み合わせにより効果を発するものであるが、一部地域において落水によるカワヒバリガイ防除事業が普及しつつあることから、同事業を構成する要素技術として事業者への技術提供により普及を推進する。

実行課題番号	19191148	実行課題 研究期間	令和元年～5年度
小課題名	１　農業水利施設網における外来二枚貝の駆除・低密度管理手法の開発		
実行課題名	（５）駆除貝の処理手法の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構農業環境研究部門・農業生態系管理研究領域・生物多様性保全・利用グループ・伊藤健二		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構九州沖縄農業研究センター・暖地畜産研究領域・肉用牛生産グループ・田中章浩		
共同研究機関・研究室・研究者名等			

Ⅱ．実行課題ごとの研究目的等

１）研究目的

農業水利施設においてカワヒバリガイ等の特定外来生物に起因する通水障害が発生した場合、施設からの除去、殺処分（乾燥）を経て、自治体等が定める方法により処分される。すでに処分量が年間 100t に達する地区もあり、今後、処分に関する問題が深刻化、広域化することが懸念される。駆除貝の効率的な処分条件を明らかにするとともに、資源として利用する観点から堆肥化手法を開発する。また、堆肥化の過程で発生する悪臭の発生要因を分析し、その対策手法も併せて検討する。加えて、製造した堆肥の安全性や経費などの評価に必要なデータを取りまとめる。また、駆除貝の処理量2 m^3/回未満など機械作業が想定できない規模の堆肥化では、労力・コスト等に課題がある。そこで、駆除貝の処理量が2m^3/回未満の堆肥化を補完する実用的な処理方法として、燃焼処理による駆除貝の死滅と共にアルカリ資材に係る経費等を明らかにする。

２）研究方法

1) 水切タイプフレコンバックを適用した現地試験（A地区）について、通常タイプとの比較（乾燥・死滅）を 2 カ所で実施した。1 カ所はパレット上に置いた場合、もう 1 カ所は通常作業同様に水たまり上に置いた場合とした。
2) フレコンバックを用いずに特定区間では水路脇土手上に、その他区間では水路内に残置という手段をとる B 地区で、各々の死滅を調査した。さらに B 地区を想定した悪臭対策についてコウロエンカワヒバリガイを用いた実験的検討を実施した。
3) 大利根用水地区や霞ケ浦用水地区（茨城県かすみがうら市他）で駆除されたカワヒバリカイを含む回収物について、堆肥化に向けて有機物含有量や有害重金属の含有量などの成分分析を行った。
4) 牛ふん堆肥堆肥内に埋設したナイロンバッグ中のカワヒバリガイの分解試験(ナイロン

バッグ法)によるカワヒバリガイの牛ふん堆肥中の分解性を検証した。また、牛ふん堆肥原料（牛ふんに低水分資材を混合し、水分 70%程度に調整したもの）とカワヒバリガイの混合割合を変えて実験室規模装置（容量 11L）で 11 日間の堆肥化試験を実施し、堆肥化中の原料温度や性状の変化等堆肥化特性を明らかにした。

5) カワヒバリガイと牛ふんを混合して製造した堆肥を用いて、コマツナを用いた FAMIC の試験法に準拠した植物に対する害に関する試験（植害試験）を行った。

6) カワヒバリガイと牛ふんを混合して製造した堆肥利用上問題となり得る臭気指数を分析した。

7) タイワンシジミ（湿潤状態で水分 60％以下）の性状を分析した。

8) タイワンシジミを牛ふん尿と混合し堆肥化した後に資材として農地還元する処理・利用体系を構築するために、成分の把握および堆肥化による分解程度を検討した。

9) 駆除貝の処理量毎（＜2 m^3/回、2～4 m^3/回、4～8 m^3/回、＞8 m^3/回）の堆肥化処理方法を検討した。

10) 灯油燃焼量 3～6 L h^{-1} 程度の小型バーナー（オリンピア工業、OM-ONS、価格約 10 万円）とセメントキャスタブルで耐火構造としたミキサー（アルミス、AMZ-30Y、価格約 3 万円）を用いて、カワヒバリガイの燃焼処理試験（n=5）を実施し、灯油代等のコスト評価、燃焼灰のアルカリ評価等を行った。1 回に燃焼するカワヒバリガイの重量を約 8 kgとし、燃焼に要する灯油質量（価格 112 円 L-1）を電子天秤（AND、GP-32K）で測定し、灯油の比重 0.78 kg L^{-1} から消費量を算出した。燃焼温度をソリッドパック熱電対（CHINO、1NKP227）で測定し、データロガー（GRAPHTEC、GL840）を用いて 5 秒間隔で記録した。

３）研究結果

1) A 地区においては通水停止・剥離作業からフレコンバック詰込作業迄約 2 週間を要し、水切タイプ・通常タイプとも供試した全個体の死亡が確認され、詰込以前の死滅可能性の高さが示唆された。乾燥促進における水切タイプ、パレットの使用には特段の効果はみられなかった。

2) B 地区においては土手上に陸揚げの供試個体は約 1 週間、水路内に残置の供試個体は約 2 週間経過以降全て死亡が確認され、何れの場合も約 1～2 週間のうちに死滅に至ったと考えられた。A 地区の結果と合わせれば、貯水池等における干出の場合同様に、通水停止後の死滅は一部浸出水のある箇所等を除き約 2 週間のうちに進むと考えられた。悪臭対策としては A 地区のようなフレコンバック詰込が有効で、簡易的には陸揚時無地新聞紙によるカバーも有望と考えられた。

3) 採取地により性状が大きく異なった。ただ、土が混入しているとみられる大利根用水路産試料ではやや含水率が高いものの、含水率は堆肥を阻害する程度には高くなく、pH も適正範囲内であった。また、重金属について、大利根用水路産試料中のヒ素濃度が汚泥堆肥の基準値の 1/5 程度とやや高かったものの、汚泥堆肥の基準値を調査する項目はなかった。

4) カワヒバリガイは牛ふん堆肥中で分解されることを確認した。また、カワヒバリガイと牛ふん堆肥原料の混合試験では、カワヒバリガイ混合率を 0、10、30、50%w/w と変えて堆肥化を行った結果、すべての条件で良好な温度上昇が得られたが、カワヒバリガイ率混合率 50％w/w 条件では、堆肥中に有機物分解に伴って発生する水分（排汁）が発生した。排汁発生条件では、実際の施設において堆肥化の停滞や、施設維持労力の増加など

が起こり得るため、カワヒバリガイの混合率は 30%w/w 程度までが好ましいと考えられた。また、堆肥化物について重金属は汚泥堆肥基準値に比較しても十分に低くなった。

5) コマツナを用いた FAMIC の試験法に準拠した植物に対する害に関する試験（植害試験）を行った結果、特段の害がみられなかったことから、堆肥化物が植物へ害を与える可能性は低かった。

6) 臭気を分析した結果、堆肥化前の牛ふん堆肥原料およびカワヒバリガイの臭気指数はそれぞれ 44 および 36 と強い臭気があったものが、堆肥化後には 22～27 まで、さらに風乾することで 13～17 まで低減した。悪臭防止法における敷地境界での臭気（1 号基準値）を基準とすると、堆肥化後に風乾することで基準値以下まで低減することが示された。

7) タイワンシジミ（湿潤状態で水分 60%以下）の性状を分析した結果、肥料成分濃度は全窒素 0.24%、P2O5：0.06%、K2O：0.10%、CaO：31%、C/N 比：1.0 とカルシウム濃度が高く、Ca リッチな堆肥製造ができると考えられた。また、重金属濃度は、ヒ素：1 mg/kg、カドミウム：＜0.5 mg/kg、水銀：＜0.1 mg/kg、ニッケル：15 mg/kg、クロム：49 mg/kg、鉛：2 mg/kg と、駆除貝のみの濃度でも汚泥堆肥の重金属濃度基準の 1/50～1/10（クロム）であり、堆肥化に問題となる項目は見られなかった。

8) タイワンシジミの堆肥化材料温度は、通気開始後 11.6h で 70℃以上と十分な発酵温度を維持することができた。タイワンシジミの有機物分解率は、10.6 日後に 47.2±13.6%（±S.D.）と比較的高く、有機物分解速度は平均 4.4%/日程度であった。殻の重量に比較して有機物重量が軽いことから、乾物分解率は 3.3±3.5%（±S.D.）程度であった。したがって、タイワンシジミを牛ふんと混合して堆肥化処理することで、堆肥化の 60℃以上の温度を２日以上維持する条件を容易に満たすことができ、重金属濃度等の問題がない堆肥生産が可能と考えられた。

9) 駆除貝の処理量毎（＜2 m^3/回、2～4 m^3/回、4～8 m^3/回、＞8 m^3/回）の処理方法を検討した結果、それぞれ自然堆積、除塩・乾燥、タヒロンバックによる小規模堆肥化、施設型堆肥化が適していると考えられた。また、それぞれの処理に必要な設備や機械を示した。駆除貝の処理量毎（＜2 m^3/回、2～4 m^3/回）では、駆除貝を堆積保管や除塩・乾燥して資源化する方法が考えられた。また、駆除貝の処理量 4～8 m^3/回、＞8 m^3/回では、家畜排せつ物と混合して簡易堆肥器や堆肥化設備を利用した堆肥化が考えられた。

10) 駆除後に炭酸石灰を混合し死滅させたカワヒバリガイを用いて石灰資材化のための燃焼試験を５回実施した。供試したカワヒバリガイは、水分 63.0%、VS（有機物濃度）81.4%、TS（固形物濃度）37.0%、pH（1：10）8.26 であった。また、燃焼後の灰の pH（1：10）は 12.66 と、燃焼前のカワヒバリガイに比較して 2.5 万倍アルカリ度が強くなった。

11) 平均外気温 15.4℃の条件でカワヒバリガイ（水分 63.0%）を１回当たり 8.2 kg（乾物質量 3.0 kg）、燃焼物の色が目視で白くなるまで燃焼させた。その結果、燃焼物が白くなった燃焼温度は約 810℃で、燃焼時間は 11.6 分であった。燃焼時間 11.6 分間の灯油消費量は 1.294 L であり、灯油代 112 円 L^{-1} から１回当たりの消費灯油代は 144.9 円と計算された。したがって、水分 63.0%のカワヒバリガイ 1 kg当たりの燃焼に要する灯油代は 17.4 円 kg^{-1} であった。燃焼灰の回収率は、燃焼１回当たりのカワヒバリガイ乾物質量 3.04 kg に対して回収燃焼灰が 1.64 kg であったことから、54.1%となる。未回収の燃焼物 45.9%は、回転するミキサーによる燃焼中に砕かれ、飛灰として消失した。飛灰は、煤塵や臭気の原因となり、近隣住民からの苦情となる懸念があることから、留意が必要である。

４）成果活用における留意点

特定外来生物の防除に関する件（環境省、令和4年3月改正版）のオオタナゴ等の防除に関する件において、「その場で殺処分せずに捕獲した個体については、防除実施者の責任の下、焼却、埋却、飼肥料への加工等適切に処分するものとする。」となっている。やむを得ず、生きた貝（生きている可能性がある貝）が含まれる死貝を燃焼処理まで行う場所へ輸送する場合、輸送前に袋内の貝にも石灰を振りかけるなど、輸送中も袋内の貝を殺処分する措置が必要である。また、外来生物法第17条（地方公共団体）及び第18条（国及び地方公共団体以外の者による防除）等について、計画的（期間や範囲及び主体が明確）に実施される防除については、環境省ホームページ＜外来種の防除＜防除に関する基本的な事項、等を参考に、防除の確認及び認定の手続きについて、検討する必要がある。

駆除貝と家畜排せつ物を混合した堆肥化では、カワヒバリガイを基本的移動させることができないので、産業廃棄物である家畜排せつ物を河川敷などに運搬する必要があるので留意が必要である。カワヒバリガイの石灰資材化において、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の規定により、野焼きは原則禁止となっている。カワヒバリガイの燃焼による石灰資材化が、野焼きに該当するか行政機関への確認が必要である。また、有機物が焼ける際の黒煙や砕け貝殻の飛灰に伴う臭気の発生が確認された。燃焼処理を行う際には、周辺住民などへの周知を心がける必要がある。

５）今後の課題

堆肥化に関する開発技術の社会実装に向けた取組では、畜産農家とカワヒバリガイ等の駆除を行う行政等が連携して行う必要がある。また、石灰資材化に関しては、カワヒバリガイを駆除する行政等が、資材化に伴う燃焼処理が野焼きにならないか確認を行ってから実施する必要がある。

＜引用文献＞

竹村ら（2023）：開水路における付着カワヒバリガイの駆除作業例と課題、農業農村工学、91(8)：521-524

実行課題番号	19191148	実行課題 研究期間	令和元年～5年度
小課題名	２　循環灌漑地帯における侵略的外来水草の駆除・低密度管理手法の開発		
実行課題名	（１）水田および畦畔におけるナガエツルノゲイトウの個体群維持機構の解明と駆除・管理技術の開発		
小課題　代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構植物防疫研究部門・雑草防除研究領域・嶺田拓也		
実行課題　代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構植物防疫研究部門・雑草防除研究領域・井原希		
共同研究機関・研究室・研究者名等	農研機構植物防疫研究部門・雑草防除研究領域・小荒井晃、嶺田拓也、松橋彩衣子、植田夏実、農研機構農業環境研究部門・農業生態系管理研究領域・芝池博幸、吉村泰幸、千葉県農林総合研究センター・水稲・畑地園芸研究所・太田和也、草川知行、鈴木聡史、望月篤、中村充明、藤代淳、西川康之、山本一浩、千葉県農林水産部・担い手支援課・保坂信久、荒木田伸子、神奈川県農業技術センター・普及指導部・藤田信行、檜垣知里		

Ⅱ．実行課題ごとの研究目的等

１）研究目的

ナガエツルノゲイトウは外来の水生植物で、茎や根の断片から活発に栄養繁殖する。水田や畦畔に定着したナガエツルノゲイトウは通常の除草剤処理体系では根絶できない難防除雑草で、繁茂すると水稲との競合や収穫作業の阻害要因となる。また、畦畔の草刈り管理は、茎断片の拡散を助長する側面がある。水田や畦畔におけるナガエツルノゲイトウの個体群維持機構を明らかにし、水田内において卓効な初中期剤体系を構築するとともに、収穫後の除草剤散布を含む防除体系を構築する。同時に、水田畦畔において効果的な茎葉処理型除草剤の施用法を明らかにする。

２）研究方法

ナガエツルノゲイトウの被害実態を解明するため、本種のまん延地帯である千葉県八千代市の水田畦畔および水田193筆を対象に発生程度を6段階で調査した。併せて同地区の耕作者に対し、水稲栽培期間中の雑草管理体系について聞き取り調査を行った。

本種の越冬器官である地下部の発達時期を明らかにするため、飼養許可を取得したガラス室内で1節を含むナガエツルノゲイトウの切断茎を植え付け畑水分条件で栽培し、栽培開始28、82、122日後に地下部を回収して生育量を調査した。

水田および畦畔における本種の防除技術開発のため、ガラス室内で栽培したナガエツルノゲイトウを対象に水稲用除草剤20種類と水田畦畔用除草剤7種類を処理し本種に対し有効な除草剤をスクリーニングした。次いで、本種がまん延する千葉県八千代市の現地水田で、選抜した除草剤2剤の体系処理による水稲栽培期間中の防除効果を評価した。さらに、ほ場での有効性が認められた除草剤について、千葉県の早期栽培地域では2剤、神奈川県の普通期栽培地域では3剤の体系処理による防除効果を生産者が管理する水田で実証した。

畦畔における本種の防除技術を開発するために、本種がまん延する千葉県八千代市の現地畦畔において研究期間中に有効な除草剤の体系処理を含む合計11種類の畦畔管理を試行し、ナガエツルノゲイトウ防除効果と植生への影響を評価した。

３）研究結果

発生実態調査の結果、ナガエツルノゲイトウまん延地区において、畦畔の発生量ランクが高いほど水田の発生量ランクが高い傾向が認められた（図1）。畦畔において水稲最高分げつ期にナガエツルノゲイトウの群落が認められる場合、その後畦畔から水田への分布拡大が観察された。畦畔の雑草管理体系に係る聞き取り調査から、畦畔を主に刈り払いで管理した場合は、水稲登熟期の畦畔での発生量ランクが高いが、畦畔を茎葉処理剤で管理した場合はランクが低い傾向にあった。以上から、畦畔の刈り払い管理は茎葉処理剤の管理と比べてナガエツルノゲイトウの分布拡大を助長することが示唆された。

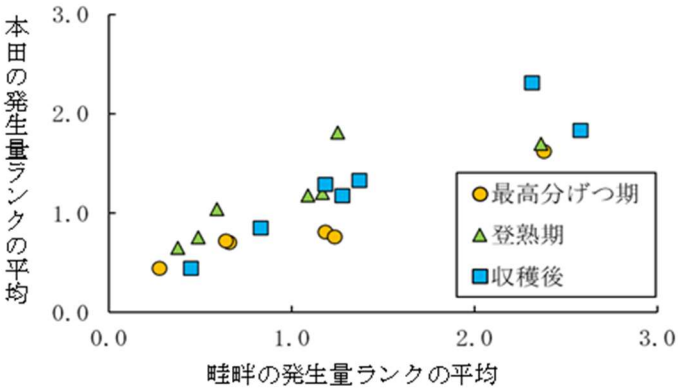


図１　管理者毎の畦畔の発生量ランク平均と本田の発生量ランク平均との関係。値が大きいほど発生量が多いことを示す。

切断茎から再生したナガエツルノゲイトウは、切断茎の植え付け82日後から発達した地下部が確認されるようになり、122日には30g/株以上の地下部が形成された（データ略）。

ガラス室内で栽培したナガエツルノゲイトウに対して水稲用、水田畦畔用除草剤を処理したところ、有効成分にピラクロニルまたはフロルピラウキシフェンベンジルを含む除草剤の防除効果が高いことが明らかとなった（図2、井原ら2020）。

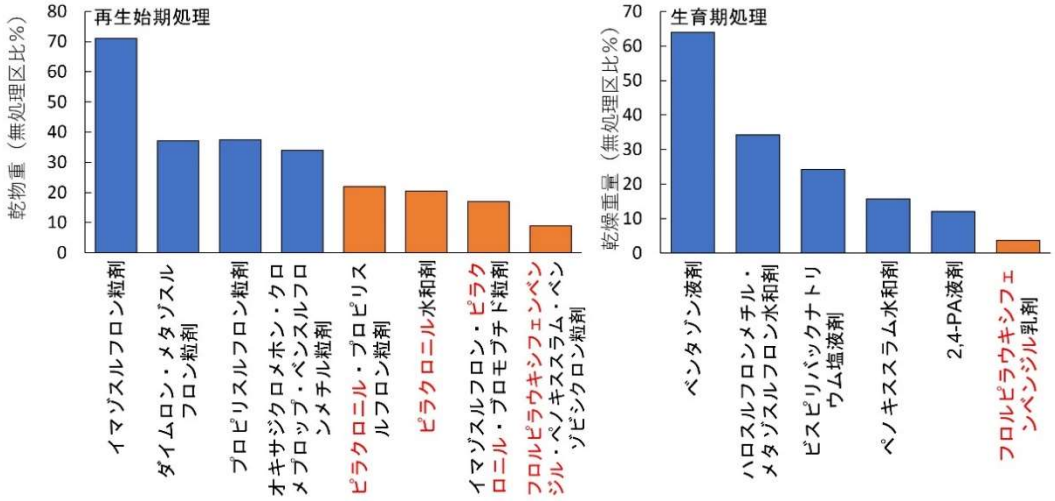


図2　ナガエツルノゲイトウに対する水稲用除草剤の防除効果。左：茎葉兼土壌処理剤をナガエツルノゲイトウの再生始期に処理した場合、右：茎葉処理剤をナガエツルノゲイトウの生育期に処理した場合。値は2回行った試験結果の平均を示す。オレンジの棒がナガエツルノゲイトウに高い防除効果が確認された除草剤。赤字は本種に対する防除効果がある有効成分。

本種がまん延する現地水田において、ピラクロニル粒剤を再生始期、フロルピラウキシフェンベンジル・ペノキススラム・ベンゾビシクロン粒剤を移植約20日後に処理する体系とイマゾスルフロン・オキサジクロメホン・ピラクロニル・ブロモブチド粒剤を再生始期、フロルピラウキシフェンベンジル乳剤を移植約40日後に処理する体系は、年次や調査対象で効果が変動することなく、切断茎からの再生個体の乾燥重量と自然発生個体の地上部と地下部の乾燥重量を、無処理区比24%以下と8%以下にそれぞれ抑制した（データ略）。

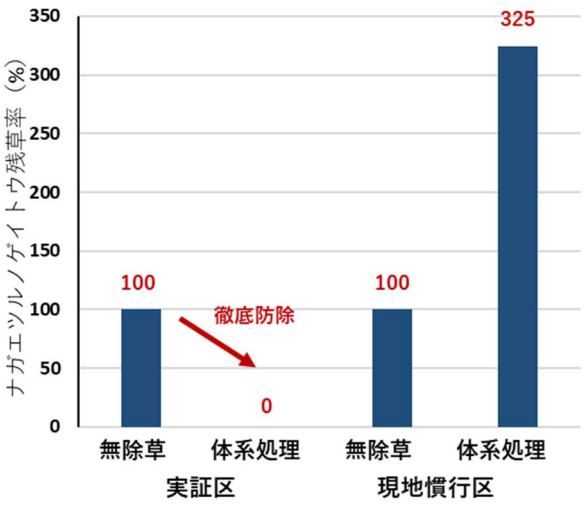


図3　移植54日後における無除草区に対する体系処理の残草率（神奈川県）
棒グラフの上にある数値は無除草区比（%）。

これらの除草剤の体系処理による防除効果を千葉県（面積30a、早期栽培、まん延ほ場）、神奈川県（面積12a、普通期栽培、水持ちが悪い、まん延前のほ場）の生産者が管理する水田で実証したところ、千葉県では有効性が認められた除草剤2剤、神奈川県では3剤の体系処理によって高い防除効果が確認された（図3）。これらの体系処理は水稲収量への影響がなかった。さらに、本種に有効な除草剤体系処理を2年連用した千葉県の現地水田で3年目に慣行管理である除草剤1回処理に移行したところ、本種の発生が認められなかった（図4）。有効体系を2年連年で処理すると3年目に慣行管理へ移行できる可能性がある。

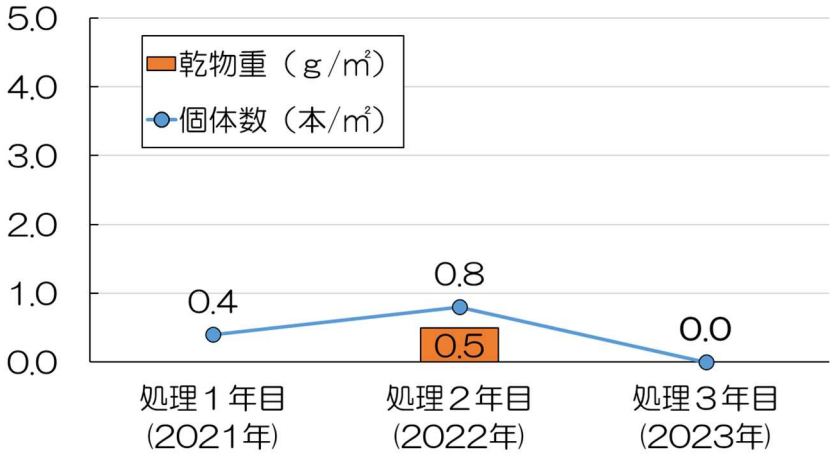


図4　本田実証試験における防除体系を連年で処理した時のナガエツルノゲイトウの残草量（千葉県）
処理１年目～２年目はピラクロニル粒剤及びフロルピラウキシフェンベンジル・ペノキススラム・ベンゾビシクロン粒剤による体系処理、処理3年目はイマゾスルフロン・オキサジクロメホン・ピラクロニル・ブロモブチド粒剤による処理。処理１年目は調査日７月５日、処理２年目は調査日７月20日、処理３年目は調査日７月13日。50×50㎝内の個体数及び地上部乾物重を調査した。折れ線グラフの上の数値は個体数（本/㎡）を示す。

畦畔における防除試験では、DBN粒剤とグリホサートカリウム塩液剤を組み合わせた処理により、異なる畦畔・年次においても地上部残草量を無処理区比で7%、慣行区比でも38%以下に抑制できると明らかになった（図5）。また、この体系処理を複数年継続することで、地下部残草量を無処理区比4%以下に抑制できると明らかになった。この体系では水稲栽培期間中に生産者が許容可能な畦畔の景観を維持できなかったが、グリホサートカリウム塩液剤、グルホシネートPナトリウム塩液剤、フロルピラウキシフェンベンジル乳剤を合計5回処理する体系へ改良することで、コストや労力は増加したものの本種の防除効果と生産者が許容できる植生の維持が両立できる可能性を見出した（データ略）。

４）成果活用における留意点

本成果は、水流や作業機械を介した侵入や畦畔などほ場周辺部からの新規の侵入が無い関東地方の早期・普通期水稲単作地域の水田および畦畔で実施した試験結果をもとにしている。また、水田における除草剤体系処理の連年施用による地下部の防除効果は早期栽培地域でのみ確認している。

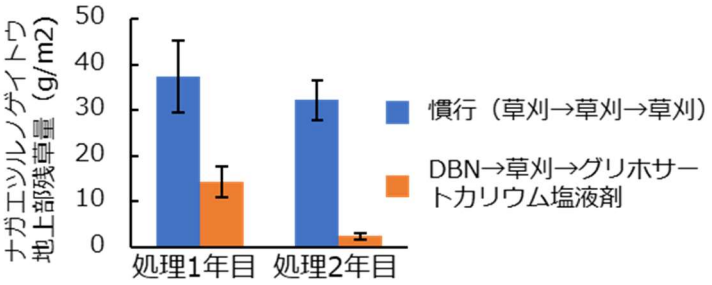


図5　除草剤を用いた体系処理による畦畔におけるナガエツルノゲイトウ防除効果

令和4年11月2日に地上部乾燥重量を調査した。

本防除技術は、使用する除草剤によってナガエツルノゲイトウに有効な処理時期や本種以外の雑草に対する防除効果が異なるため、これらの除草剤体系処理は本種の生育や本種以外の雑草の発生状況を考慮して使い分ける。

５）今後の課題

水田における防除技術については、これまで実施した実証試験ほ場の条件の違いを考慮して適用範囲を精査し、適用範囲を拡大するための技術改良の要否を検討する。また、神奈川県で実証した防除体系は、現地での慣行に比べコスト等が増加することから、より低コストな防除体系の確立が求められる。千葉県で実証した畦畔における防除体系では、ナガエツルノゲイトウ以外の雑草が優占することや管理回数が現地慣行(3～4回)より多いことから、ナガエツルノゲイトウ防除効果を維持しつつ水稲栽培期間における群落草高の抑制及び畦畔管理回数を削減した管理体系の確立が求められる。

なお、得られた研究成果は小課題２として作成するマニュアルを構成する一部として取りまとめ年度内に公表するとともに、次年度以降は県の普及担当者やJA、土地改良区関係者らと連携した研修会等を通じて生産現場への技術普及を図る。

＜引用文献＞

井原ら（2022）雑草研究、67:1-12

実行課題番号	19191148	実行課題＊ 研究期間	令和元年～5年度
小課題名	２　循環灌漑地帯における侵略的外来水草の駆除・低密度管理手法の開発		
実行課題名	（２）農業水利系を通じたナガエツルノゲイトウの侵入および拡散防止手法の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構植物防疫研究部門・雑草防除研究領域・嶺田拓也		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構植物防疫研究部門・雑草防除研究領域・嶺田拓也		
共同研究機関・研究室・研究者名等	千葉県農林水産部・耕地課事業計画室・三原千加子、綱島直之、長谷川友哉、千葉県印旛農業事務所・指導管理課・竹田隆幸、齊藤朋哉、石田浩一、佐藤信一、印旛沼土地改良区・水土里整備課・藤城尉智、鈴木健夫　鹿島川土地改良区・事務局長・高橋修		

Ⅱ．実行課題ごとの研究目的等

１）研究目的

農業用水の反復利用を行っている印旛沼地域では、特定外来生物ナガエツルノゲイトウが用排水機場に漂着し、取水・通水障害や施設管理上の問題を引き起こしている。また、農業水路網を介してナガエツルノゲイトウが流域内の農地や水路に侵入・拡散している。

そこで、ナガエツルノゲイトウ繁茂による水利施設への影響を低減させるとともに、農業水利系統を通じての拡散を防止するために、灌漑を通じたナガエツルノゲイトウの拡散経路を把握し、水利施設や水田における侵入・流出防止装置や物理的防除などナガエツルノゲイトウの侵入・拡散を抑制する効果的な対策技術を開発する。

２）研究方法

ナガエツルノゲイトウがまん延する千葉県八千代市麦丸地区において、水路内のナガエツルノゲイトウの繁茂状況を把握するために、7月から9月にかけて地区内の水路を踏査した。

また、代かきで断片化したナガエツルノゲイトウの水稲移植前の落水に伴う流出量を把握するために、ナガエツルノゲイトウが水田全体にまん延するほ場にて落水時に水田水尻にザル（2㎜メッシュ）をおき、田面から流出する茎や根の断片を補足した。

灌漑を通じ用水機場から水路に流入するナガエツルノゲイトウ断片量の把握については、ナガエツルノゲイトウまん延地区にて調圧水槽からパイプラインを介して末端用水路に給水する立ち上がり給水栓（内径75㎜およびØ50㎜）10か所に灌漑期間中（4月20日～8月3日）、給水口に収穫ネット（ポリエチレン製、35×60㎝、目合約1㎜）を取り付けた。収穫ネットはおよそ１週間ごとに回収し、ナガエツルノゲイトウの断片（茎など）を落葉落枝など他の流入物から寄り分け、断片数や各断片長を計測した。

代かき時に水田から排水路に流出する断片量の定量化については、ナガエツルノゲイトウまん延地区内の水田6筆において代かき後の落水時にたも網（幅45cm、目合3mm）を水尻に置き、田内から排水路への流出物を捕捉した。

遮光シートを水路底面に敷設することによる物理的な群落抑制効果の検証については、ナガエツルノゲイトウ群落の繁茂がみられ、灌漑水源になっている低地排水路（幅約12m）にて、ナガエツルノゲイトウ再生前の3月に遮光率100%の耐水シート（5.4m×3.6m）を水路底面に敷設した。

灌漑期間中の用水機場取水口へのダストフェンスの設置については、千葉県が管理する河川から取水している用水機場の取水口前にダストフェンス（目合4cm、ネット深さ80cm）を取り付けるための河川管理者の申請項目について整理した。

排水路から河川に流出するナガエツルノゲイトウ断片量の把握については、支線排水路から河川に排水する接続部4箇所の排水枡から河川側に流れる土管開口部に目合4mmのたも網をかぶせ、落葉落枝などのゴミに混じるナガエツルノゲイトウ断片を選別し計数した。この結果よりナガエツルノゲイトウ生育期間における水田域から河川への断片流出量を推定した。

また、開発した流入・流出防止対策や技術を現地適用する場合の課題抽出については、給水栓に取り付ける収穫ネットの課題である破れなどの破損に対して改善策を検討した。

末端の給水栓から排出されるナガエツルノゲイトウの断片を捕捉する「異物混入防止ネット」の有効性について、複数地区の検証を実施した。

また、ナガエツルノゲイトウの侵入・定着の初期地区では、農地への侵入を把握するためのモニタリングも重要であり、多面的機能支払交付金での活動を念頭に生産者だけでなく地域住民や市民も簡便に実施できる手法を検討した。

３）研究結果

灌漑を通じ用水機場から水路に流入するナガエツルノゲイトウ断片量の把握については、給水栓から水田に流入するナガエツルノゲイトウの断片数は1 給水栓あたり29.1 個で、灌漑開始から約2 週間後に流入断片数が最大となり、中干しまでに全体の90%以上の断片が流入することを明らかにした（図1）。また流入断片の長さは多くが2cm以下であった。

代かき時に水田から排水路に流出する断片量の定量化については、ナガエツルノゲイトウまん延地区内の6筆の水田から流出するナガエツルノゲイトウ断片数は、86～883で、平均は390個であった。断片径の平均は0.2mm、断片長の平均は2.61cmであり、断片の約80%が5cm以下であった（表1）。

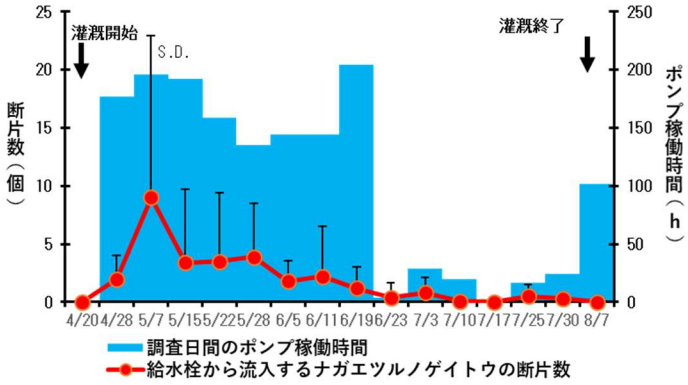


図1　揚水ポンプ稼働時間と給水栓から流入するナガエツルノゲイトウ断片数の推移

表１　水田水尻から流出されたナガエツルノゲイトウ断片の構成

ほ場	流出断片数	断片径平均（mm）	断片長平均（cm）	長さ別の断片割合 ～1cm	～5cm	～10cm	10cm～
A	147	0.23	2.48	14%	76%	10%	0%
B	289	0.18	2.15	21%	72%	7%	1%
C	86	0.24	3.60	8%	71%	19%	2%
D	883	0.19	2.45	12%	81%	7%	0%
E	351	0.18	2.52	11%	82%	6%	1%
F	581	0.18	2.48	11%	81%	7%	0%
平均	390	0.20	2.61				

遮光シートを水路底面に敷設することによる物理的な群落抑制効果の検証については、敷設前のガマやヨシなど他の植生の除去やシートの流出防止対策を含め、シート設置に3名で2時間を要した。その後、シート設置区ではナガエツルノゲイトウの再生はなかったが、ガス発生によるシートの浮き上がりが一部見られた。

用水機場取水口へのダストフェンスの設置については、ダストフェンスが河川構造物にあたるため、短期間の設置でも河川管理者の許可が必要であり、申請時に詳細な施工計画、図面、使用期間の明示、使用のタイムスケジュール、安全管理計画、監視体制、緊急時の連絡体制などを求められることを把握した。

排水路から河川に流出するナガエツルノゲイトウ断片量の把握については、河川への排水口からは灌漑期間中に多くの断片が流出することが確認され、とくに入水直後の4月下旬から5月上旬にかけての流出量が多くなり、最大で600断片以上/時間が河川に排出された。この時期は代かきや移植が集中する時期であり、耕起や代かきによって断片化されたナガエツルノゲイトウが移植前の落水によって大量に排水路に流出したためと考えられる。また、5月中旬以降も場所や時間帯によって、流出断片量が増加することがあり、畦畔や水路回りの草刈りによって一時的に断片が発生したものと考えられた。水路を流れる流量が少なくなる中干し期以降は、ほとんど流出が見られず、全流出断片の95%以上が6月中旬の中干し期前に流出していた（図2）。得られた結果から、灌漑期間中の地区内から河川へのナガエツルノゲイトウ断片の流出量は年間で約9万本と推定された。

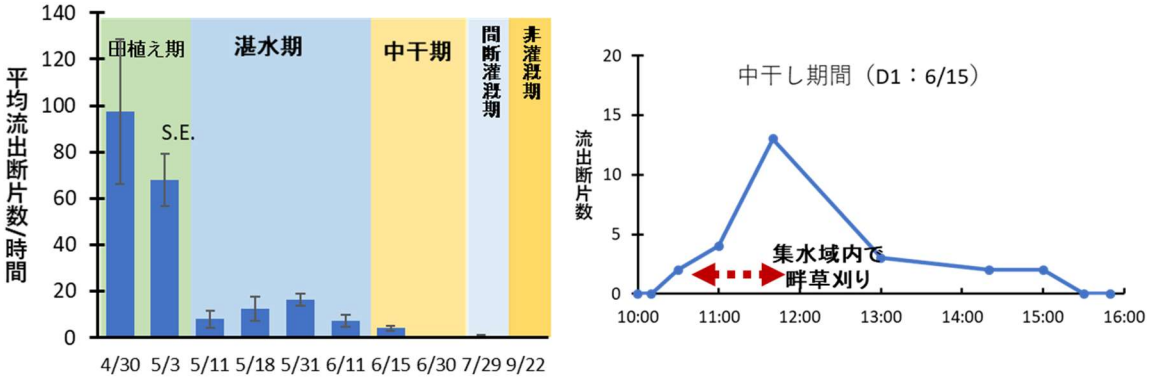


図2　排水路から河川に流出するナガエツルノゲイトウ断片数と時間当たりの流出推移

また、確実に断片を捕捉できるように収穫ネットの下半分をステンレス製の深手のザルに替え、水勢や鳥の突き等による破損が生じにくい取り付けネットを開発した（写真1）。

末端の給水栓から排出されるナガエツルノゲイトウの断片を捕捉する「異物混入防止ネット」の有効性については、ナガエツルノゲイトウまん延地区（N=5）では、灌漑期間中に5～22片（平均16.6片）が捕捉され「異物混入防止ネット」の有効性が確認された（図3）。

写真1破れにくい収穫ネットへの改造

また、侵入初期地区における多面的機能支払交付金での活動を想定したモニタリング手法の検討では、のべ5組で2日間の踏査で441枚の水田を調査し、72枚でナガエツルノゲイトウの発生を確認できた（図4）。

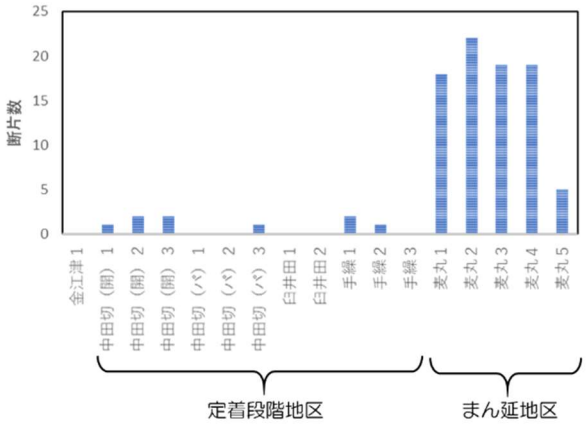


図3　「異物混入防止ネット」によるナガエツルノゲイトウ断片の捕捉

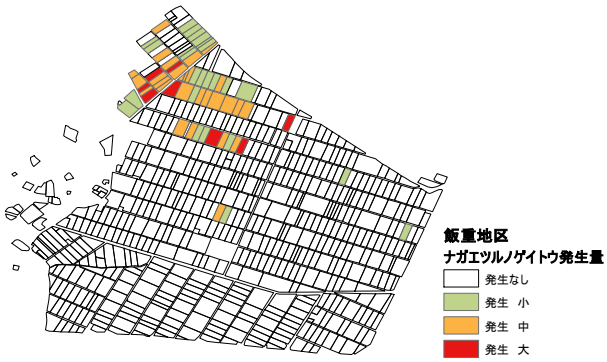


図4　ナガエツルノゲイトウ侵入初期地区におけるモニタリング手法の検討

また、得られた成果をⅡ-1やⅡ-3の成果と併せて「侵略的外来雑草ナガエツルノゲイトウの農地へのまん延を防ぐための手引き」としてまとめた。

４）成果活用における留意点

ナガエツルノゲイトウが侵入・定着している地域では、生産者や水利施設管理者だけでなく河川管理者や行政担当者も会した対策連絡協議会等の設置によって流域全体で対策に取り組む必要がある。

５）今後の課題

拡散の連鎖を断ち切るためには、重機等で対応できない末端や支線の農業用水路や排水路に繁茂するナガエツルノゲイトウの効果的な防除手法の開発が望まれる。

また、研究開発された成果の普及に向けては、行政部局が中心となってステークホルダーとの連携や対策実施に向けて調整することが望まれる。

実行課題*番号	19191148	実行課題* 研究期間	令和元年～5年度
小課題名	２．循環灌漑地帯における侵略的外来水草の駆除・低密度管理手法の開発		
実行課題名	（３）流域内拡散モデルに基づく低コスト管理手法の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構植物防疫研究部門・雑草防除研究領域・嶺田拓也		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	八千代エンジニヤリング株式会社・環境計画部・鈴木広美		
共同研究機関・研究室・研究者名等	八千代エンジニヤリング株式会社・環境計画部・山内可奈子、松浦崇裕		

Ⅱ．実行課題ごとの研究目的等

１）研究目的

出水時に農耕地等への越流を防ぐために稼働する用排水機場に漂着し、運転や管理上の支障となっているナガエツルノゲイトウの低密度管理のためには、農業水路系を含む水田域に加えて、水田域と河川・湖沼を行き来するナガエツルノゲイトウの動態を把握し、防除効果の高い時期や努力量等地点を予測する必要がある。印旛沼流域のうち、ナガエツルノゲイトウがまん延する小流域を対象に、ナガエツルノゲイトウ群落の流域内拡散モデルを構築するとともに、費用対効果の高い管理手法を開発する。低密度管理のための駆除時期や駆除努力量、対策優先箇所を予測する。

２）研究方法

①基幹排水路におけるナガエツルノゲイトウの動態解明

UAVを用いて桑納川流域の対象区間（約4km）の上空（高度50m）から確認されたナガエツルノゲイトウ群落を撮影した。その後、画像をオルソ化し、ArcGISを用いて、各群落の合計面積を算出した。

②基幹排水路におけるナガエツルノゲイトウの拡散モデルの構築と予測

個体群モデルをベースにモデルを構築し、桑納川流域の対象区間にナガエツルノゲイトウの動態に関するパラメータを推定した。モデル予測精度の検証を行ったうえで、駆除時期や駆除努力量、駆除箇所等について、パターンを設定し、個体群動態を予測した。

予測精度※は、「実測値・予測値の差分値の変動係数と正規性」をもとに判断した。

※差分値の変動係数が1以下であり、正規分布に従う場合：良好。差分値の変動係数が1以下であり、正規分布に従わない場合：普通。差分値の変動係数が1以上である場合：悪い。

また、他地域への展開のため、神崎川流域を対象としたモデル予測検証と侵入段階に応じた個体群動態を予測した。

③既往資料の整理による費用対効果の整理

既往資料の情報をもとに、本モデルの駆除パターンで予測した用排水機場の漂着量別の駆除費・処分費、駆除パターンにおける費用を比較した。

④マニュアルの作成

本研究成果の社会実装や効率的な駆除対策の検討に活用するため、モデル結果の活用方法やモニタリング方法･体制等について､わかりやすさに留意してマニュアルを作成した。

３）研究結果

①基幹排水路におけるナガエツルノゲイトウの動態解明

令和2年4月～令和5年6月における分布面積と群落数の推移を図1に示す。冬季に地上部は縮小するが根や主茎は残存し、春季に繁茂を再開して7月～8月に最も成長する。

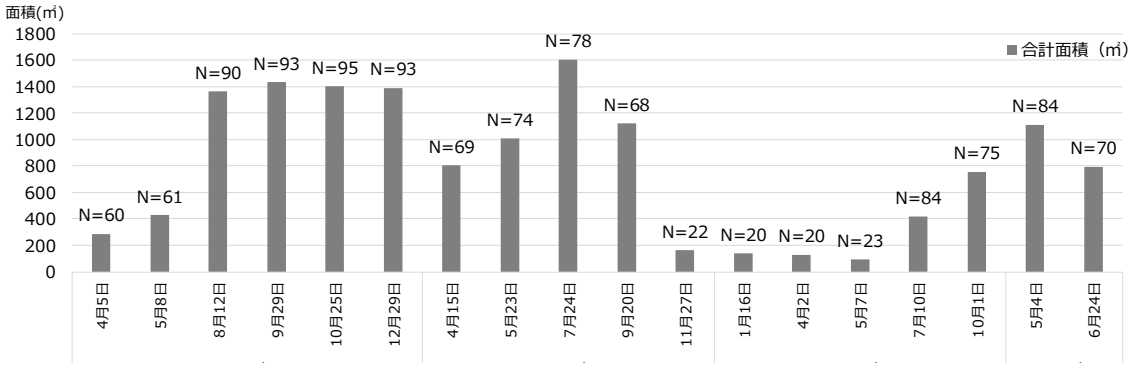


図1　ナガエツルノゲイトウの面積・群落数の推移

②基幹排水路におけるナガエツルノゲイトウの拡散モデルの構築と予測

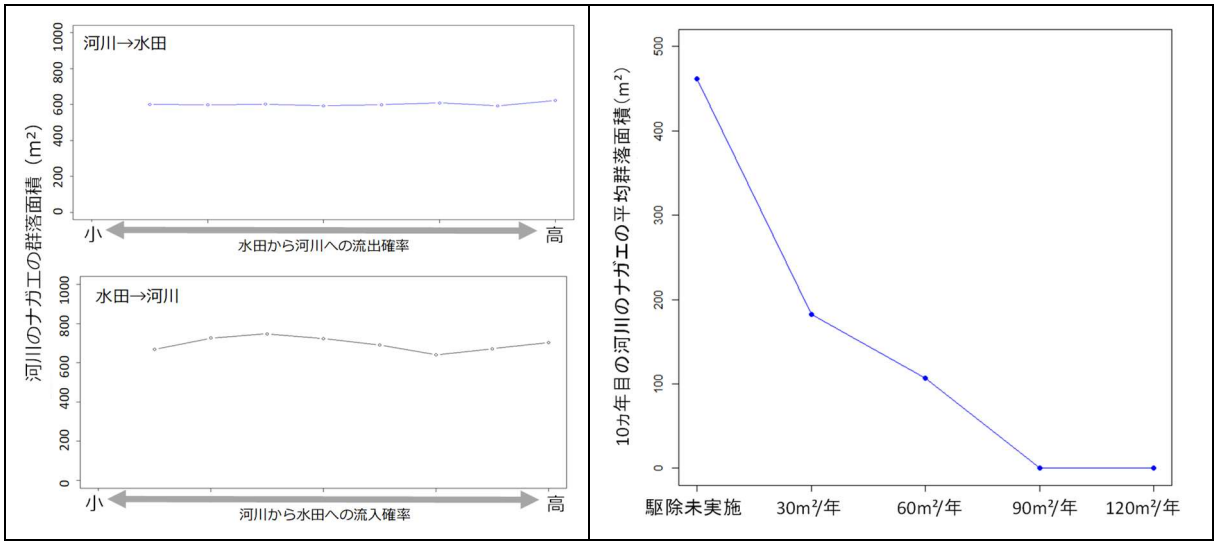
構築したモデルの予測精度の検証を行い、実測値と予測値の差分値の変動係数は1以下（0.105）であり、正規分布に従うことから（コルモゴロフ・スミルノフ検定：p値=0.909）、モデルの予測精度は、「良好」と判断した。

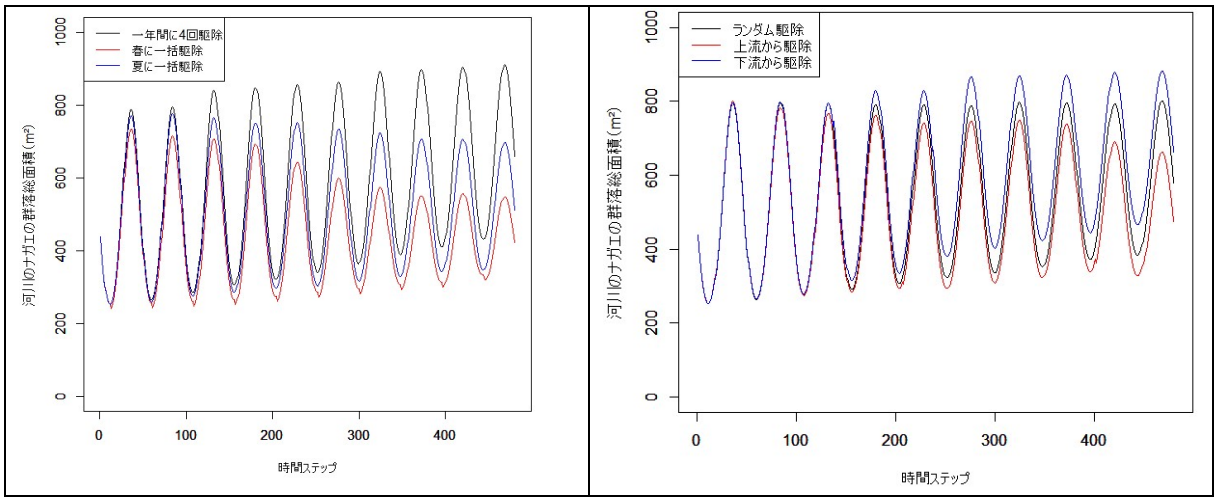
駆除時期と駆除努力量、駆除箇所別の個体群動態の予測結果を以下に示す。

水田域と河川域の断片の流出入の確率が低いことから、それぞれで駆除を実施することが望ましい。

低密度（駆除開始前群落面積の10%）とするには、春季に上流域から、90㎡/年以上を10年間継続して実施する必要があることが予測された。

今後のモニタリング体制として生長、生長率を推定するため、夏季～秋季に分布を把握し、翌年の春季に駆除できるようモニタリングと駆除体制を構築することが望ましい。





他地域へのモデルの展開のため、神崎川流域のモデル予測精度の検証を行った。実測値と予測値の変動係数は1以下（0.257）であり、正規分布に従わないことから（コルモゴロフ・スミルノフ検定：P<0.001）、「普通」と判断し、桑納川流域よりモデルの予測精度は、低かった。その理由として、データ数の少なさやデータのばらつき等が考えられた。また、侵入段階に応じた個体群動態の予測結果を図3に示す。

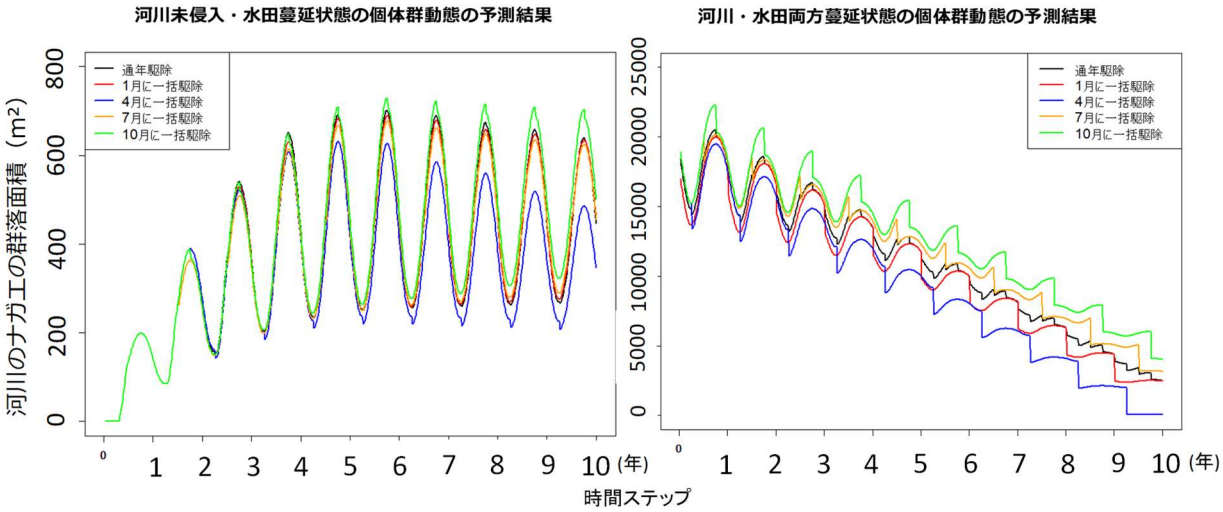


図3　侵入段階に応じた個体群動態の予測結果

③既往資料の整理による費用対効果の整理

四季に1回ずつ駆除するよりも春季に1回駆除したほうが、10年間で少なくとも約800千円が削減されると予測された。なお、用排水機場の停止や故障等による被害額は考慮されていない。

４）成果活用における留意点

本モデルの結果は、桑納川流域のデータを基に構築したモデルから、個体群動態を予測したものであり、駆除対策を検討する際の1つの判断要素として、活用できるものである。

本研究において構築したモデルは、実際にナガエツルノゲイトウがまん延している桑納川流域を対象に他河川への予測結果の精度は、データの取得状況に応じて異なる。

また、用排水機場が位置する排水機場の稼働により水の流れが変わる流域を対象としている。

そのため、用排水機場の位置や排水路の箇所、侵入状況や分布形態（例：河川域における群落が河川を塞いでしまう場合や1つの群落が上下流に長く帯状に分布する等）により、モデル予測結果に影響を及ぼすことが考えられる。

本モデルを活用する場合は、ナガエツルノゲイトウの分布データ（1サイクル）を取得し、モデルのフィッティングを確認した上で、使用することが望ましい。

５）今後の課題

①本モデルによる予測結果の現地検証

モデル予測精度検証は行っているものの、本研究では、現地検証が未実施である。

今後、印旛沼流域の小流域を対象に、駆除・モニタリング体制を構築し、モデル予測の現地検証が重要である。

②マニュアルの普及

社会実装に向けて作成したマニュアルについて、普及・啓発し、活用してもらうことが重要である。駆除対策の検討時に、マニュアルの紹介や、実施の提案等の普及を行う。

③分布データ取得や費用のデータ収集が必要

本モデルおいて、他地域での汎用性に課題がある。様々な地域の分布データの取得や駆除・処分費、ナガエツルノゲイトウによる被害額などの整理が重要である。

実行課題番号	19191148	実行課題＊ 研究期間	令和元年～2年度
小課題名	３　農耕地における外来植物の駆除・低密度管理手法の開発		
実行課題名	農耕地およびその周辺に生育可能な外来植物を対象とした雑草リスク評価と管理優先度決定手法の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	福井県立大学・生物資源学部・水口亜樹		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構農業環境変動研究センター・生物多様性研究領域・江川知花		
共同研究機関・研究室・研究者名等	農研機構中央農業研究センター・生産体系研究領域・松橋彩衣子		

Ⅱ．実行課題ごとの研究目的等

１）研究目的

現在日本には、2000種近くの外来植物が定着している。そのうち、農耕地やその周辺で蔓延して農業や生物多様性への被害を顕在化させている（＝雑草化している）種は100種以上にのぼり、潜在的に雑草化する可能性のある種はさらに多くいると考えられる。限られた資源で効率的に対策を行うためには、これらの種の中から特にリスクの高い種を特定し、予算や労力を重点的に配分することが重要である。そこで、本研究では、国内に定着済みの様々な外来植物に対して適用可能な雑草リスク評価(Post-border weed risk assessment: 以下WRA)を開発し、各種が備えるリスクを数値化して優先的に対策すべき種を特定した。

２）研究方法

令和元年度は、WRAを実施すべき外来植物種を選定し、評価に必要な情報を集積し、アセスメントシートを作成した。リスク評価の対象種（学習用データ）として、「生態系被害防止外来種リスト」の中から、雑草リスクが高く対策の優先度が高いと考えられる「緊急対策外来種」および「重点対策外来種」、雑草リスクが比較的低いと考えられる「その他の総合対策外来種」をランダムに計21種選定した。次に、オーストラリア・ビクトリア州で外来植物の管理優先度決定に用いられているWRA手法（Weiss & McLaren 2002）に倣い、上記で選定した対象種それぞれについて、生態的特性や引き起こしている被害の状況に関する情報を論文やデータベース等から収集し、侵略的特性を備えているかどうか、生物多様性や農業生産等におよぼす被害の程度はどの程度かに関する計41個の質問にL, ML, MH, Hの4択で回答を行った。質問への回答を数値に変換し（L = 0, ML = 0.33, MH = 0.66, H = 1.0）、すべての質問回答を合算した値をリスクスコアとした。また、日本でのWRAに特に有用と考えられる質問項目を抽出し、それらの質問への回答を合算し、新たにリスクスコアを算出するとともに、質問への回答を説明変数、雑草リスクの程度と相関がある「緊急対策外来種」「重点対策外来種」「その他の総合対策外来種」の3つのカテゴリーを応答変数とする判別モデルを構築し

た。本モデルを用いて学習データについて判別を行い、誤判定率から作成した判別モデルの有効性を評価した。

令和2年度は、リスクの大きさが不明である外来イネ科植物13種をテストデータとして選定し、それぞれの種の生態特性や被害状況に関する情報を収集して、昨年度作成したアセスメントシートの設問に回答することで各種のリスクを数値化した。算出されたリスク値に基づいて種を序列化するとともに、昨年度学習用データを用いて構築した判別モデルを用いて、各種のリスクの大きさが緊急対策外来種相当か、重点対策外来種相当か、その他の総合対策外来種相当かを識別した。

３）研究結果

学習用データとして「生態系被害防止外来種リスト」からランダム抽出した21種それぞれについて、ビクトリア州版WRAの質問全41項目に回答した結果、リスクスコアは緊急対策外来種および重点対策外来種でその他の総合対策外来種よりも高くなり（Tukey HSD Test, $P < 0.05$）、本WRA手法が日本でも適用可能であることが確認された。41の質問項目に対する答えを精査したところ、85%以上の種（18 / 21種）で同一の回答となる質問や、情報不足により4つの選択肢のどれに当てはまるかが判断不可である質問、日本の状況に照らすと重要度が低いと考えられる質問等が27個あり、これらを取り除くと、侵略的特性に関する質問9、被害の程度に関する質問4の計13の質問項目が残された。残された13の質問から算出し直したリスクスコアは、緊急対策外来種および重点対策外来種でその他の総合対策外来種よりも明瞭に高く（Tukey HSD Test, $P < 0.001$）、41個すべての質問を用いた場合よりもグループ間の差が顕著となった。このことから、13個の質問は、日本における高リスク種の選定基準と合致しており、これらの質問から算出されたリスクスコアから対象種の脅威を序列化することができると考えられた。13個の質問への回答を説明変数として組み込んだ判別モデルを用い、学習データについて判別を実施した結果、緊急対策外来種1種が重点対策外来種に誤判定されたものの、残りの20種は全て正しいグループに区分された。このことから、本判別モデルを用いて対象種の雑草リスクが緊急対策外来種相当か、重点対策外来種相当か、その他の総合対策外来種相当かの判断が可能であることが示唆された。以上の結果を踏まえ、次年度実施するテストデータの評価にはこの13個の質問を用いることとし、質問を記載したアセスメントシートを作成した。

テストデータとして抽出した外来イネ科植物13種のリスク評価を実施したところ、スコアは緊急対策外来種、重点対策外来種のものとおおむね同程度であったが、これらよりもスコアの高い種（リードカナリーグラス：11.35）および低い種（カラスムギ：5.17）も確認された（図1a）。判別分析の結果、対象とした13種のうち、11種が重点対策外来種相当のリスクを備えていると判別された（表1）。一方、リードカナリーグラスが備えるリスクは、緊急対策外来種相当、カラスムギはその他の総合対策外来種相当と識別された。昨年度の解析により、河川や水田を多く有する日本では、水域で繁茂し水流を阻害する外来種が緊急対策外来種に指定されるケースが多いことが明らかとなっている。リードカナリーグラスも水生植物の特性を備えており、実際に河川における通水障害等の被害事例を引き起こしていることから、本モデルにより緊急対策外来種相当と判別されたことは妥当と考えられた。重点対策外来種相当と判別された11種のイネ科草本は、いずれも種子生産数が多いなど容易に拡散する特性をもっており、この点が判別結果に反映されたと考えられた（図1b）。これらの種の中には「産業管理外来種」が含まれており、産業管理外来種と重点対策外来種のリスクはほぼ

同等程度であることが示唆された。その他の総合対策外来種相当と識別されたカラスムギは、生活史がコムギと同調しており麦作に侵入すると甚大な被害を及ぼす一方、種子生産量や環境ストレス耐性が他の種と比べて必ずしも優れるというエビデンスはなく、その他の総合対策相当という評価は妥当と判断した。以上から、対象とした外来イネ科植物の中では、リードカナリーグラスの対策優先度が最も高いと考えられた。

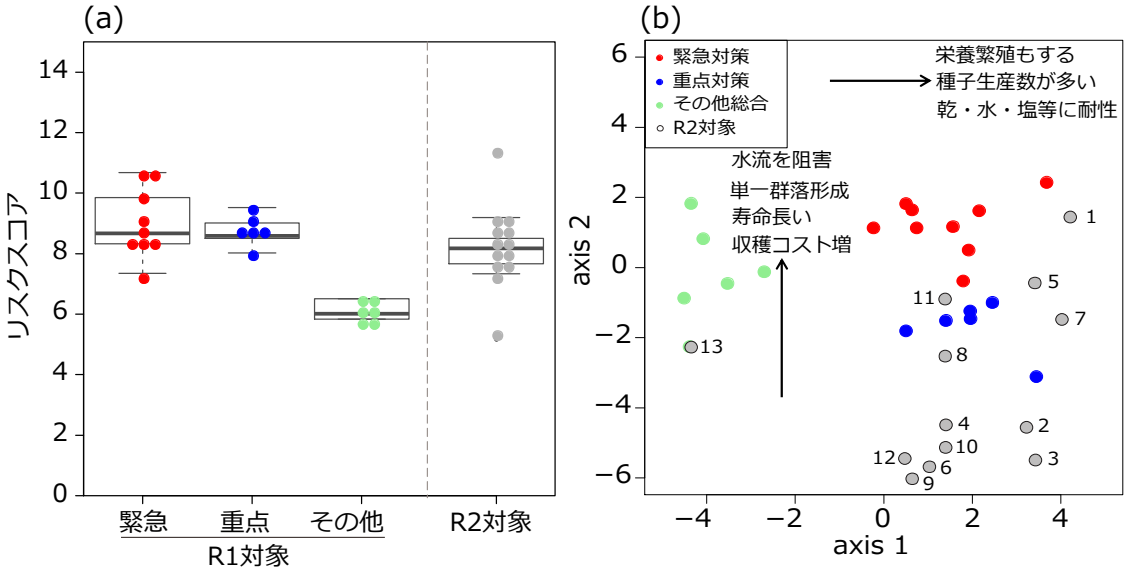


図1. 日本版WRAによるリスク推定結果。(a) 13設問のスコアを合算した各種の総リスクスコア、(b) 13設問の答えをもとに判別分析を行った結果。図中の番号（1～13）は表1に示した各種の順位と対応。緊急：緊急対策外来種、重点：重点対策外来種、その他：その他の総合対策外来種。

表１．リスクスコアをもとに対象種を序列化した結果。

緊急対策外来種相当（１）	重点対策外来種相当（11）	その他の総合対策相当（1）
1.リードカナリーグラス（11.35）	2.オニウシノケグサ（9.19）	13.カラスムギ（5.17）
	3.オオアワガエリ（9.01）	
	4.カモガヤ（8.51）	
	5.コヌカグサ（8.51）	
	6.コスズメノチャヒキ（8.17）	
	7.ギニアキビ（8.17）	
	8.ナガハグサ（8.01）	
	9.ネズミムギ（8.01）	
	10.ホソムギ（7.66）	
	11.アフリカヒゲシバ（7.51）	
	12.ヒロハウシノケグサ（7.33）	

４）成果活用における留意点

本研究は、課題実施期間終了後、学習用データを45種に増やすとともに、高リスク種と低リスク種の判別に用いる統計解析手法を判別分析からReceiver Operating Characteristic (ROC)カーブ分析に変更して、再検討を実施した。その結果、オーストラリア・ビクトリア版のWRAで用いられている41個の質問項目すべて（うち5項目は日本用に改変）を用いてリスクスコアを算出した場合、スコア19.6点を基準として高リスク種である「緊急対策外来種」と「重点対策外来種」を96％の精度で判別できることが明らかとなった（Egawa & Matsuhashi 2022）。

外来イネ科植物のリスク評価についても、Egawa & Matshashi (2022)で示された方法によって再実施した。その結果、リードカナリーグラスに加え、オオアワガエリ、オニウシノケグサ、カモガヤ、ナガハグサが侵略性特性と被害の程度の両面において「緊急対策外来種」および「重点対策外来種」相当のリスクを有することが示された（江川・松橋 2023）。

本研究の成果の活用に当たっては、以上の論文に発表されている方法を採用されたい。

５）今後の課題

本研究により、日本に定着済みの外来植物に対して適用可能なWRAが開発され、これを用いてこれまでリスクの不明であった外来イネ科植物の中で特にリスクが大きく対策の優先度が高いと考えられる種が特定された。本研究で開発されたリスク評価手法は、外来植物の管理を行おうとする個人・行政担当者・研究者などが、定着済み外来植物の対策優先度を知りたい場合に活用可能である。

＜引用文献＞

Egawa C., Matsuhashi S. (2022) Interpreting expert-judged priorities of invasive alien plant species by ex post weed risk scoring: A study in Japan. Global Ecology and Conservation 37: e02170

江川 知花, 松橋彩衣子 (2023) 豪ビクトリア州の導入後雑草リスク評価システムを活用した外来牧草のリスク評価. 日本緑化工学会誌 48: 609-612.

Weiss J., McKaren D. (2002) Victoria’s pest plant prioritization process. In: Spafford-Jabob H., Dodd J., Moore J.H. (Eds.) Proceedings of the 13th Australian Weeds Conference. Plant Protection Society of Western Australia, pp. 509-512.

実行課題番号	19191148	実行課題 研究期間	令和元年～5年度
小課題名	３　農耕地における外来植物の駆除・低密度管理手法の開発		
実行課題名	（１）’外来系統と在来系統の交雑防止のための手法開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	福井県立大学・生物資源学部・雑草学研究室・水口亜樹		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構農業環境研究部門・農業生態系管理研究領域・ 吉村泰幸・江川知花		
共同研究機関・研究室・研究者名等	農研機構農業環境研究部門 農業生態系管理研究領域 山本哲史、植物防疫研究部門 雑草防除研究領域 植田夏実		

Ⅱ．実行課題ごとの研究目的等

１）研究目的

明治期に海外から導入された寒地型牧草であるリードカナリーグラス（RCG）は、令和2年度までに課題３-1で行われた日本版雑草リスク評価（WRA）により「緊急対策外来種」相当の高リスク種と判定され、実際に河川における通水障害等の被害事例を引き起こしている。さらに、本種は、日本の河川敷等に分布する在来系統のクサヨシとの交雑による遺伝子攪乱も懸念されている。そこで、RCGとクサヨシの野外での分布実態を把握するとともに、両系統を野外で識別する手法を開発し、両者の交雑を防止する手法を構築する。また、意図的あるいは非意図的に国内の農業生態系に持ち込まれた外来系統のうち、リスクが高くそれぞれの在来系統との交雑が懸念される種について、交雑防止の基礎となる情報を整備する。

２）研究方法

［圃場特性調査］ジーンバンク等から提供された外来系統24系統及び在来系統10系統を野外圃場において栽培し、令和4年及び5年の4月～8月に、出穂数および開花数をカウントした。R4年は、穂数、百粒重、群落面積、穂長の測定、葉表面および茎の細毛の量、護頴の光沢等の形態を観察し、両系統の識別が可能かを検討した。令和5年は、直径1㎜前後の根（3本/系統）をサンプリングし、簡易スライサー式の卓上ハンドミクロトーム（ケニス株式会社）を用いて切片を作成し、顕微鏡（Nikon社製EclipseE600）で観察するとともにNikon社製ソフトウェア（NIS-ElementsD）を用いて切断面の面積、破生通気組織の面積を算出した。また、R4年採取した種子の採取直後および、10か月後に各系統50粒、4反復を浸水し、発芽までに日数を測定した。

［野外分布調査と解析］令和3～5年の5月から8月にかけて、茨城県、埼玉を中心に関東地域、福島県及び新潟県の湖畔や河川敷、路傍等に自生する*Phalaris arundinacea* L.をサンプリングし、採取地点の緯度経度をGPSで記録するともに群落の草丈、生育面積、開花ステージ、穂の密度、水辺からの距離を測定し、同所に生育する植物種名を記録した。後日、採取個体の葉、茎等から、葉緑体のDNAを抽出後、DNA分析を行い、外来/在来型葉緑体のどちらを持つかを決定した（芝池ら2019）。採取した野外個体とともにジーンバンク等から北海道など32地点で採取された種子を入手し、計134系統のゲノムワイドDNA分析（RAD-seq法）により得られたSNP情報

をもとに、遺伝的集団構造解析（アドミクスチャー解析）を行った。

［文献調査]WRAにおいてリスクが高いことが判明したイネ科牧草や産業管理外来種および特定外来生物（植物）を対象として、文献等の調査からその在来系統の有無、同所性、開花の同調性等、交雑の可能性を検討する上で不足している情報を取得し整理した。

３）研究結果

［圃場特性調査]ほ場で栽培した外来24系統、在来10系統の地上部（穂、茎、葉、種子等）における形態等を観測、比較したが、両系統を外観によって識別できなかった。しかしながら、両系統間に、穂数/株、出穂・開花時期、根の破生通気組織の割合、発芽特性には有意な差が認められた。

［野外分布調査と解析］各地で採取した各個体の遺伝的集団構造解析の結果、遺伝的クラスターAとCが対極的に位置し、その中間に遺伝的クラスターBが位置した（図1）。北海道および青森県、秋田県において採取された個体群においては、遺伝的クラスターAを99％以上含む個体が多く、RCGの3品種（Komon, Vantage, Palaton）が含まれていたことから、これらは、RCGの外来系統であり、北海道の広い範囲において、牧草地から、逸出、野生化していると考えられた（図2）。茨城県、特に霞ヶ浦周辺では遺伝的クラスターCを高い確率で含む個体が多く、福島県では遺伝的クラスターBを高い確率で含む個体が多く分布した。福島県では、近年までRCGが飼料作物奨励品種として使用されており、一方、茨城県では、ほとんど栽培されていないことから、遺伝的クラスターCを高い確率で含む個体は、在来系統であり、遺伝的クラスターBを高い確率で含む個体は、在来系統と外来系統RCGとの雑種後代である可能性が示唆された（図3）。令和5年の分布調査においても、葉緑体DNA解析により、RCG需給量の多い新潟県では、外来系統の割合が36.4%、需給量の少ない埼玉県では、22.2％であり、令和3，4年に得られた結果と同様、RCGの需給量及び放牧地面積が大きい道県で外来系統の割合が多かった。

［文献調査］WRAによりリスクが高いと判断されたイネ科牧草や産業管理外来種および特定外来生物（植物）を対象として、文献や標本の調査から在来系統の有無、同所性、開花の同調性等が整理したところ（表1、2）、レッドトップ（コヌカグサ）、オオカワヂシャ、オオバナミズキンバイ、アゾルラ・クリスタタについて、それらの在来種と交雑する可能性が高いことが示された。在来種ミズキンバイは、絶滅危惧II類で、自生する県で保護されているが、他の３種については、保護対象となっていない。特に、西日本では、オオカワヂシャとカワヂシャは、同じ地域に生育するケースも多く、雑種のホナガカワヂシャ（V.× Myriantha）も散見され（志賀2008）、カワヂシャの保護や交雑を防止する取り組みが急務と考えられた。

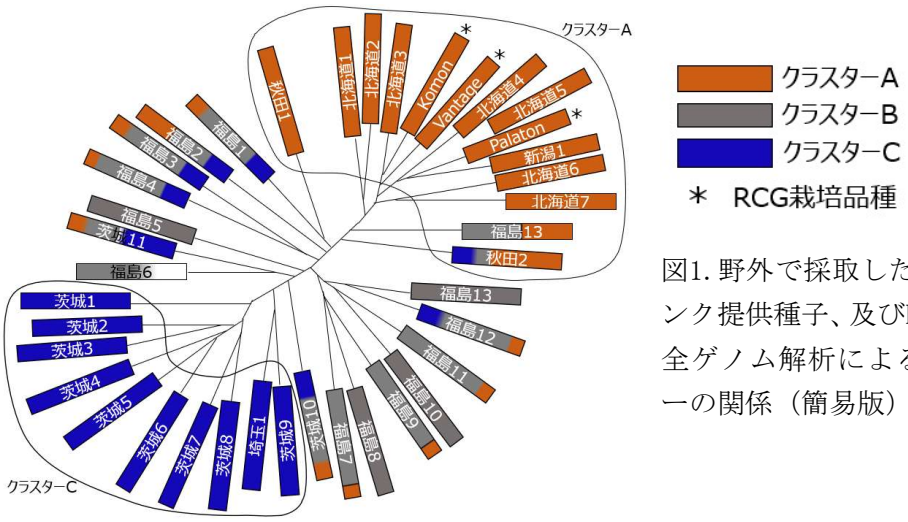


図1. 野外で採取した個体、ジーンバンク提供種子、及びRCGの栽培品種の全ゲノム解析による3つのクラスターの関係（簡易版）

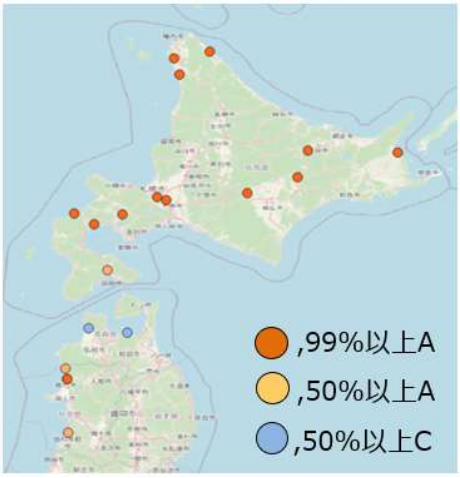


図2. 北海道における外来・在来系統（ジーンバンク提供）の分布

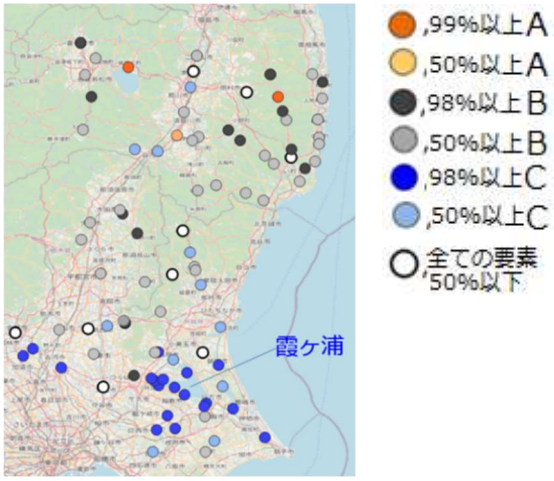


図3. 茨城県における外来・在来系統の分布

表1. 高リスクイネ科草種および産業管理外来種と交雑する可能性のある在来系統等一覧

科	草種の和名	利用状況	交雑する可能性のある在来系統	同所性	開花同期性	稔性	交雑する可能性
イネ科	リードカナリーグラス	過去に飼料用	クサヨシ	○	○	○	○
	レッドトップ（コヌカグサ）	飼料用、特に放牧用	絶滅危惧種のヌカボ属	○	○	○	◎
	カモガヤ	飼料用、特に採草用	なし	-	-	-	×
	オニウシノケグサ	飼料用、特に放牧用	オオトボシガラ、ヤマトボシガラ等	ウシノケグサ等と同所	○	不明	交雑種の報告なし
	ドクムギ類	飼料用、特に採草用	なし	-	-	-	×
	オオアワガエリ	飼料用、特に採草用	ミヤマアワガエリ、アワガエリ	○	○	○	○
	モウソウチク等	食用、包み用	有性生殖しない	-	-	-	×
	ナギナタガヤ	カバークロップ	なし	-	-	-	×
	ギネアキビ	暖地型(永年性)牧草	ハイシバ	○	○	×	×
	アメリカスズメノヒエ	飼料用、特に放牧用	スズメノコビエ、スズメノヒエ等	○	○	不明	交雑種の報告なし
	ナピアグラス	暖地型(永年性)牧草	チカラシバ、シマチカラシバ	シマチカラシバと同所	○	ほぼ不稔	△
マタタビ科	キウイフルーツ	食用、近年栽培面積増加	サルナシ、マタタビ等	○	○	○	○
バラ科	ビワ	食用	なし	-	-	-	×
マメ科	ハリエンジュ	庭木、街路樹等	なし	-	-	-	×
	外来クサフジ類	カバークロップ	クサフジ	○	○	不明	交雑種の報告なし

交雑する可能性の◎、○は我が国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト、付加情報を参照した

表2．特定外来生物（植物）と交雑する可能性のある在来系統等一覧

科	草種の和名	交雑する可能性のある在来系統	同所性	開花同期性	稔性	交雑する可能性
キク科	オオキンケイギク	Coreopsis属に在来種なし	-	-	-	×
	ミズヒマワリ	Gymnocoronis属に在来種なし	-	-	-	×
	ツルヒヨドリ	Mikania属に在来種なし	-	-	-	×
	オオハンゴンソウ	Rudbeckia属に在来種なし	-	-	-	×
	ナルトサワギク	Senecio属に在来種10種程度	在来種は山地自生	○	不明	交雑種の報告なし
ゴマノハグサ科	オオカワヂシャ	Veronica属に在来種多数、在来種カワヂシャとの雑種あり	○	○	○	◎
ヒユ科	ナガエツルノゲイトウ	Alternanthera属に在来種なし	-	-	-	×
セリ科	ブラジルチドメグサ	Hydrocotyle属に在来種10種程度	分布が限定的	不明	不明	△
ウリ科	アレチウリ	Sicyos属に在来種なし	-	-	-	×
モウセンゴケ科	ナガエモウセンゴケ	Drosera属に在来種5種程度	分布が限定的	不明	不明	△
アリノトウグサ科	オオフサモ	Myriophyllum属に在来種4種あり	○	○	不明	交雑種の報告なし
アカバナ科	オオバナミズキンバイ	Ludwigia属に在来種2種、絶滅危惧ミズキンバイ	○	○	○	◎
イネ科	ビーチグラス	Ammophila属に在来種なし	-	-	-	×
	スパルティナ・アングリカ	Spartina属7種あるが、在来種なし	分布が限定的	-	-	×
サトイモ科	ボタンウキクサ	Pistia属に在来種なし	-	-	-	×
アカウキクサ科	アゾルラ・クリスタタ	Azolla属に在来種2、3種、絶滅危惧種	○	○(胞子)	○	◎

４）成果活用における留意点

本研究により、RCGと在来系統クサヨシのさらなる交雑を防止するためには、在来系統が分布する地域でRCGの栽培をできる限り控えることが重要と考えられたが、RCGがクサヨシと同種であるため、外来系統のRCGが在来の植物として使用される可能性がある。両系統が異なる系統であることを周知し、RCGの種子には適切なラベリングを施す必要があると考えられる。

５）今後の課題

遺伝的集団構造解析から、RCGの牧草利用が多い地域では、外来系統RCGと在来系統クサヨシとの相互交配が発生していると考えられ、遺伝的攪乱を防ぎ、クサヨシの遺伝的独自性を保全するためには、RCGの栽培地域を限定する等、RCGを適正に管理して使用することが必要であり、本成果を論文等で公表し、RCGを使用する可能性のある牧草関係者や地方自治体に広めていくことが必要である。

＜引用文献＞

志賀隆(2008)Bulletin of the Osaka Museum of Natural History, No.62 p. 65-74

実行課題番号	19191148	実行課題＊ 研究期間	令和元年～3年度
小課題名	３　農耕地における外来植物の駆除・低密度管理手法の開発		
実行課題名	２）外来植物の動態解明と管理のための要素技術の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	福井県立大学・生物資源学部・水口亜樹		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	福井県立大学・生物資源学部・水口亜樹		
共同研究機関・研究室・研究者名等	農研機構農業環境変動研究センター・芝池博幸、同左・江川知花、農研機構北海道農業研究センター・酪農研究領域・小路　敦、農研機構中央農業研究センター・松橋彩衣子		

Ⅱ．実行課題ごとの研究目的等

１）研究目的

農地内で蔓延して甚大な経済的被害をもたらし、農地周辺で繁茂して在来種の生育地を奪う等の生態的被害を引き起こす外来植物種の侵入を早期に発見し、未然に被害を防ぐためには、外来植物種の生態特性に応じた管理体制の構築が必要である。本課題では水散布型植物であるアレチウリと風散布型植物である外来イネ科植物を材料に、農地やその周辺における拡散プロセスを明らかにし、侵入レベルに応じて駆除あるいは防除、封じ込めをするために、必要な防除法を確立するとともに、人的つながりを含めた管理体制を構築することを目的とした。

①特定外来生物アレチウリは、飼料畑や大豆畑等の農地に侵入すると、数年のうちに農地内で蔓延し、作物が収穫不能になる等、壊滅的な経済的被害を既に各地でもたらしている。また農地周辺の緑地、特に河川堤防や河川敷等で繁茂し、各地で在来種を駆逐していることが明らかとなっている。それにも関わらず、今のところ本種に効果的な防除方法は確立されていない。そこで、まず緑地場面で本種に有効な化学的防除法等を開発する。そして、衛星画像を用いてアレチウリ群落を検出し、農業水路網の配置から集落単位での拡散プロセスを予測することで、優先的に防除する地点を把握することで効率的な管理を可能にする。

②外来イネ科植物には、麦畑等で甚大な被害をもたらすだけでなく、花粉症の原因となったり、自然生態系で繁茂して在来種の生育地を奪ったり等の問題も引き起こしているものがある。本研究では、複数種の外来イネ科植物について種子散布距離を定量化し、その拡散プロセスを明らかにする。また、外来イネ科植物のうち、麦畑で問題となっているカラスムギの拡散を抑えるために既定着箇所において管理すべき要因を特定し、新たな場所への侵入や蔓延を事前に防ぐための管理要素を解明することを目指した。カラスムギは日本に

おいて史前帰化種とされているが、輸入穀物における種子混入が確認され、近年における新規侵入の可能性も疑われている。本種は一度侵入すると長期にわたって発生することがわかっており、侵入・蔓延防止管理が求められている。

２）研究方法

令和元年度は、複数の外来イネ科植物の種子散布距離の推定を実施した。イネ科植物8種（カラスムギ、ハルガヤ、レッドトップ、ケンタッキーブルーグラス、リードカナリーグラス、チモシー、オーチャードグラス、イタリアンライグラス）を対象に、種子重および植物高のデータを図鑑やデータベース等から収集し、一般化線形混合モデル（dispeRsal; Tamme et al. 2014）により種子散布距離を推定した。カラスムギとイタリアンライグラスを除く6種については、既存シードトラップ試験で得られたデータに確率密度関数を当てはめ、種子の到達確率が1%以下となる距離（99パーセンタイル値、しばしば種子の最大到達距離の代替に用いられる）の推定も実施した。

令和2、3年度は麦畑に定着したカラスムギの発生消長を複数の管理シナリオでシミュレートし、管理効果とカラスムギ発生抑制のための必要継続年数を明らかにした。1997年から2009年に茨城県計41圃場においてカラスムギの発生程度を4段階（無・小・中・大）で記録したデータを用い、「土地利用（コムギ・オオムギ・水稲・野菜等・休耕）」、「夏期湛水」などの管理オプションが、前年のカラスムギの発生状態にどれくらい影響を与えるかについて、順序ロジスティック回帰を用いた推移行列モデルにより評価した。さらに、特定の作物の栽培・管理を一定期間続けた場合にカラスムギの発生リスクがどう変化するのかをシミュレーションによって検証した。

３）研究結果

外来イネ科植物の種子散布距離は種によって異なり、種子重と植物高に基づくモデル推定値はレッドトップにおいて最も長く、カラスムギにおいて最も短かった（表1）。対象種7種の平均では3.6 mであった。一方、イタリアンライグラス、カラスムギ以外の種について、シードトラップ試験で得られた実測値から算出した99パーセンタイル値（最大種子散布距離の代替値）は、6種中5種で前述のモデルにより予測された95%信頼区間内の値をとったが、ケンタッキーブルーグラスでは、モデル予測上限値を上回る値（31.47 m）が算出された（表1）。

推移行列モデルを用いて、前年のカラスムギの発生程度の推移確率を推定したところ、コムギ作条件下では、前年は発生無の圃場でも50%以上の確率で新規に侵入しうることが示唆された（図1）。発生の程度は小・大の2状態で安定しやすく、前年に発生大の圃場は、65%が翌年も大となることが示唆された。また、前年に発生無の圃場が翌年発生大になる可能性はあるが、前年発生大の圃場が発生無になる可能性はないことが示された。オオムギ作条件下においてもコムギ作とほぼ同じ傾向が示された。一方で、水稲作・野菜作・休耕条件下では、前年の発生程度に関わらず発生無に収束しやすいことが示された。また、コムギ作条件下においても、夏期に湛水条件にした場合は発生程度が抑えられ、発生無・小に安定しやすいことが示された。これらの結果により、カラスムギがすでに蔓延した地域におけるムギの連作は発生リスクをより高める一方で、夏期湛水（夏作水稲）や単年の作目変更・休耕はリスクを大幅に低減することが明らかとなった。

さらに、各管理シナリオを20年間継続した場合をシミュレートした結果、管理の効果は早くて1年、遅くとも3年以内に顕著に表れ、10年以内に収束することが示された（図2）。本研

究で対象とした茨城県の蔓延地域のデータを使った結果では、コムギを連作した場合、5年程度でカラスムギの発生度が中・大になる確率が約50%となることが示された。コムギを連作した場合でも、前の夏に湛水条件（夏作水稲）にした場合には、発生度が中・大になる確率は10%未満に抑えられた。野菜作や休耕といった発生抑制効果の強い管理条件は、単年でも顕著な抑制効果を示し、コムギ作と各年で継続すると、長期的に発生度を無・小に抑えられることが明らかとなった。これらの結果から、管理効果は、早くて1年、遅くとも3年以内に表れ、夏期湛水や単年の作目変更・休耕は長期的なカラスムギの発生抑制に効果的であることが明らかとなった。

表1　外来イネ科牧草および雑草の種子重、植物高、および種子散布距離

	モデルによって予測された種子散布距離, カッコ内は95%信頼区間	シードトラップデータから算出した99%パーセンタイル距離 (m)
チモシー	3.9 (2.0, 7.7) m	2.31 m
オーチャードグラス	3.6 (1.8, 7.2) m	6.95 m
イタリアンライグラス	2.5 (1.2, 5.2) m	-
ハルガヤ	3.2 (1.7, 6.3) m	3.35 m
レッドトップ	5.6 (2.6, 12.1) m	2.89 m
リードカナリーグラス	4.4 (2.0, 7.7) m	5.60 m
ケンタッキーブルーグラス	3.8 (1.9, 7.4) m	31.47 m
カラスムギ	1.7 (0.7, 4.1) m	-

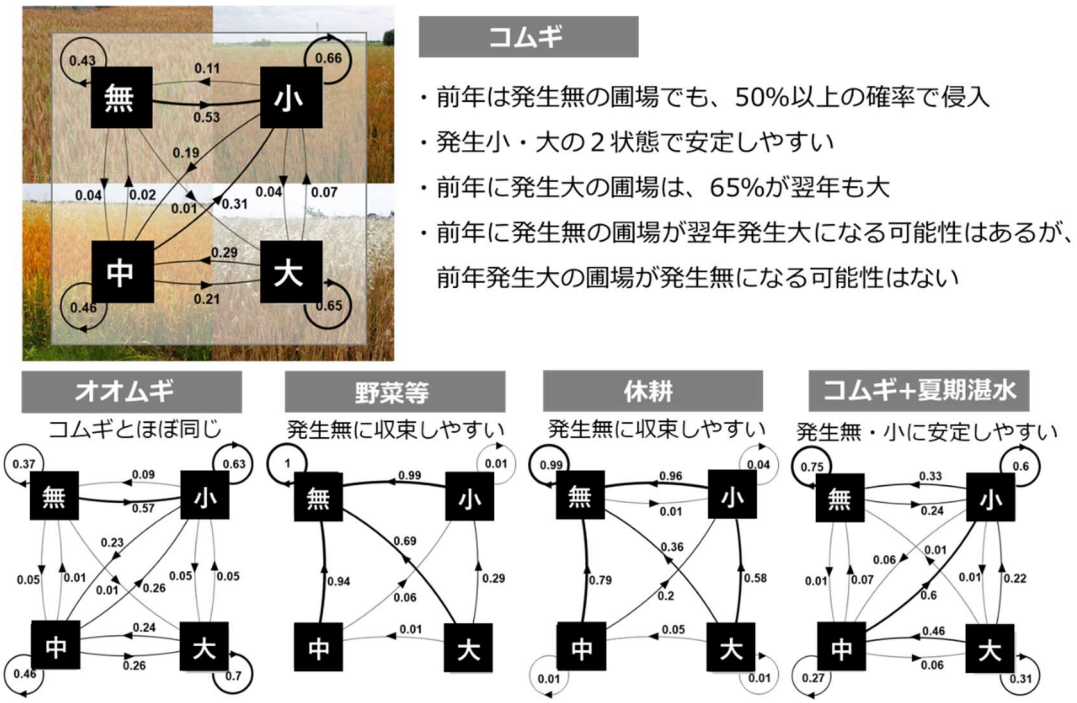


図1. 推移行列モデルによって得られたカラスムギ発生度の推移確率

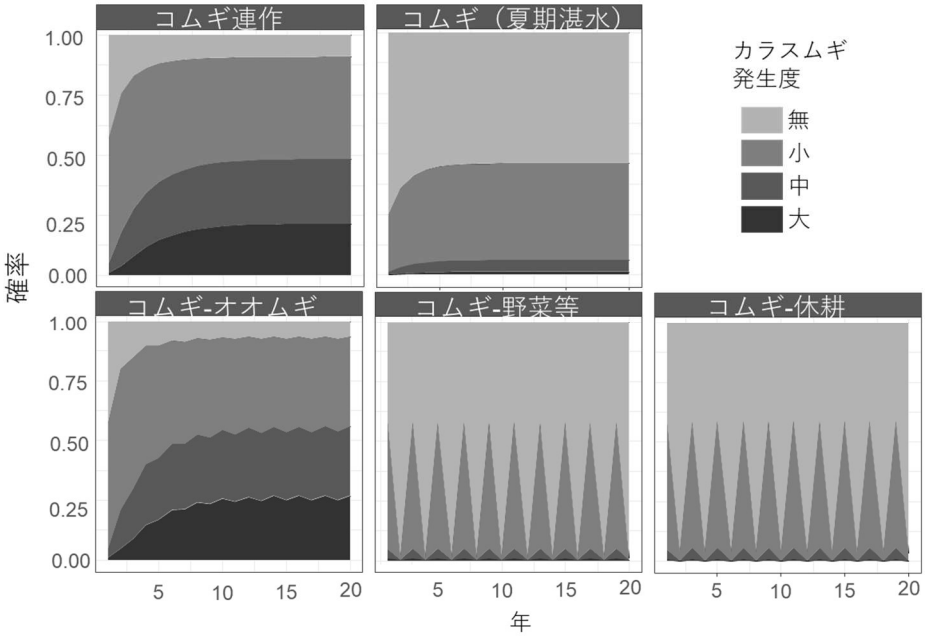


図2.　管理を繰り返したときのカラスムギ発生度の推移確率の時間的変化

４）成果活用における留意点

本研究によって明らかになった外来イネ科植物の種子散布距離は、風速や地形等の条件によって変化する可能性があることに留意する。条件次第では、より長距離に種子を散布させる可能性も考えられる。

本研究で示した推移確率(図1、図2中の数値)は、本研究で使用した茨城県南部のカラスムギ蔓延地域のデータから得られた数値であることに留意する。

５）今後の課題

本研究により、農耕地やその周辺の自然環境中で問題となる外来イネ科植物について、種子散布から蔓延までの拡散プロセスが明らかとなった。外来イネ科植物の種子散布距離に係る知見は、これらの植物の管理主体が各種の拡散スピードの予測や拡散防止管理計画のための基盤情報となることが期待される。さらに、麦畑で問題となっているカラスムギの拡散を抑えるためには、夏期湛水（夏作水稲）や単年の作目変更・休耕が有効であり、管理効果は早ければ1年、遅くとも3年以内に現れると期待できることが示された。これらの知見は、カラスムギ管理の効率化や長期的な管理計画の策定に係る生産者の意思決定に有用な情報となることが期待される。成果はすでに論文および解説文として公開済みであり、生産者がいつでもアクセスできる状態となっている。

＜引用文献＞

Tamme, R., Götzenberger, L., Zobel, M., Bullock, J.M., Hooftman, D.A.P., Kaasik, A. and Pärtel, M. (2014), Predicting species' maximum dispersal distances from simple plant traits. Ecology, 95: 505-513.

実行課題番号	19191148	実行課題 研究期間	令和元年～5年度
小課題名	３．農耕地およびその周辺における外来植物の駆除・低密度管理手法の開発		
実行課題名	（３）アレチウリの発生実態および分布拡大様式の解明と侵入レベルに応じた防除体系の構築		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	福井県立大学・雑草学研究室・水口亜樹		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	福井県立大学・雑草学研究室・水口亜樹		
共同研究機関・研究室・研究者名等	信州大・渡邉修、植調研・林　俊行、濱村謙史朗、筒井芳郎、宮城県古川農試・滝澤浩幸、金原昭三、畑中　篤、静岡県畜産技術研・松本悠希、藤川哲平、佐藤克昭、西日本農研・小林慶子、大分県農林水産センター・長島泰一		

Ⅱ．実行課題ごとの研究進捗状況等

１）研究目的

特定外来生物アレチウリは飼料畑や大豆畑等の農地に侵入すると、数年のうちに農地内で蔓延し、作物が収穫不能になる等、壊滅的な経済的被害をもたらす。それにも関わらず、今のところ本種に効果的な防除方法は確立されていない。アレチウリは輸入穀物や飼料への混入種子によって日本の飼料畑を中心に非意図的に移入され、河川や水路等の流水に従って拡散することが知られている。実際、農地内へはまだ未侵入の地域であっても周辺の河川敷や堤防に生育し、さらには農地畦畔等への緑地帯まで侵入している場合がある。この段階で発見し、駆除や封じ込めなどの対策を講ずることができれば農地内への侵入を未然に防ぐことができる。そこで、本課題ではアレチウリの河川敷・堤防から農地内までへの分布拡大を早期に発見する手法を開発するとともに、場面に応じて管理者が選択できるように機械除草と除草剤を組み合わせた複数の管理体系を構築し、これらをマニュアル化することを目的とした。

２）研究方法

①アレチウリ防除体系の現地実証試験を複数地域（茨城、宮城、静岡、長野、大分）で実施した。特に河川敷等で除草剤の全面散布ができない場面への除草剤適用の試みとして、非選択性除草剤の部分散布（宮城）や塗布試験（大分）、大型農業機械フレールモアと除草剤を組み合わせた試験（静岡）、選択性除草剤を用いてイネ科群落へ誘導する試験（長野）を実施した。

②アレチウリの生育データについて収集し、水稲の出穂時期及び成熟時期等の生育ステージを予測するモデルパラメータを推定するソフト「CroParasol（機構X-13）」を使用し、アレチウリに適用して花芽形成・開花時期の予測を試みた。

③香川県土器川、高知県四万十川の河川堤防や河川敷における３年分のドローン空撮画像からアレチウリを検出し、駆除活動の防除効果を数値化した。

土器川河川敷の昨年度9、12月にアレチウリの防除を実施した箇所に12区画の調査区画を設け、毎月発生個体にマークをして生死を記録、9、12月に全ての生存個体を抜き取り、個体サイズや花芽の有無を記録した。また昨年度モニタリングデータから、今年度の調査区画内に発生していた個体数のデータを抽出し、比較した。

④管理マニュアルおよびリーフレットを作成、普及するため、実務職員（農業分野、河川分野）向けの説明会を行い、本マニュアルについての意見収集を実施し、各地域の課題担当者と連携しながら、マニュアルの執筆を進める。

３）研究結果

①低水路法面のアレチウリが大豆ほ場へ侵入するのを防除するため、大豆ほ場と低水路法面の間の境界において、除草剤処理時期を変えた1m×5mの試験区A～D、無処理を設ける試験を行った。非選択性の除草剤として、グリホサートカリウム塩（48.0%）50倍希釈（薬量0.5ml/㎡）茎葉散布を行った。その結果、処理B,Cの境界部の被度が最大となる開花最盛期～結実初期の処理の効果が高いことが明らかとなった。

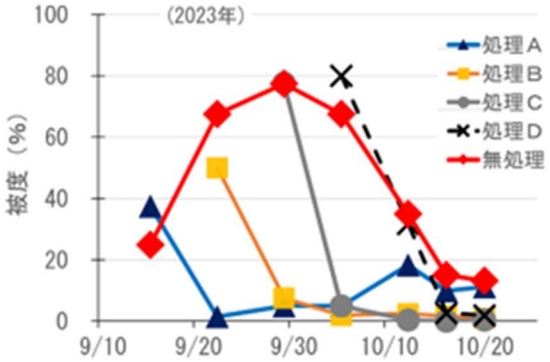


図　アレチウリ被度の推移

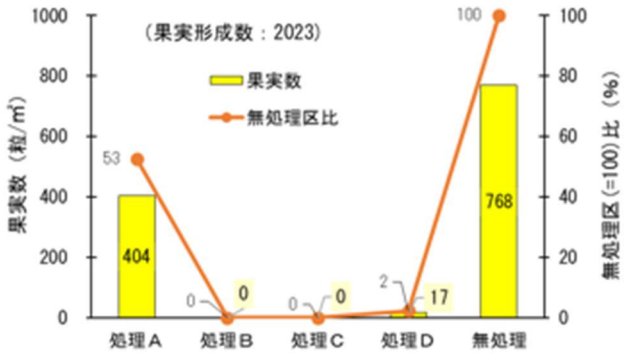


図　果実形成数(10/27調査)

②アレチウリの侵入レベルが異なる７県（宮城県、福井県、静岡県、岡山県、広島県、香川県、大分県）において、それぞれの令和元年度の分布調査の結果に応じて管理場面（農地内、農地畦畔、農地周辺緑地、河川堤防、河川敷）を想定した調査範囲を設定し、フェノロジー（発生、ツル化、着蕾、雄花開花、雌花開花、結実、成熟）調査を実施した。

県	年	生育立地	5月 上	5月 中	5月 下	6月 上	6月 中	6月 下	7月 上	7月 中	7月 下	8月 上	8月 中	8月 下	9月 上	9月 中	9月 下	10月 上	10月 中	10月 下	11月 上	11月 中	11月 下
宮城	令和元年	A 道路脇			出芽	→	→	ツル	→	→	→	→	→	開花	→	→	→	→					
		B 河川堤防			出芽	→	ツル	→	→	→	→	→	→	開花	→	→	→						
		C 農地内		出芽	→	→	→	→	→	ツル	→	→	→	→	→	開花	→	→					
		C 畦畔		出芽	→	→	→	→	→	ツル	→	→	→	→	→	開花	→	→					
		C 河川堤防		出芽	→	ツル	→	→	→	→	→	→	→	開花	→	→							
宮城	令和2年	A 道路脇			出芽	→	→	→	ツル	→	→	→	→	→	開花	結実	→	→	→	黄化	成熟		
		a 河川敷					出芽？	→	→	→	ツル	→	→	→	→	手取り							
		B 河川堤防			出芽	→	→	ツル	→	→	→	→	→	開花	結実	→	→	→	黄化	成熟			
		C 農地内		出芽	除草剤	耕起	出芽	→	→	ツル	除草剤	→	→	→	刈倒し	出芽	ツル	→	→	開花	→	除草剤	
		C 畦畔		出芽	→	→	→	ツル	刈払	出芽	→	→	→	→	開花	結実	→	→	黄化	成熟			
		C 河川堤防		出芽	→	ツル	→	→	→	→	→	→	→	→	開花	結実	→	→	黄化	成熟			
福井	令和元年	河川堤防				草刈	出芽	→	→	→	→	→	→	蕾	蕾	→	開花	結実	※新たな発生・再生個体が開花・結実				
		道路脇	出芽	→	→	→	ツル	→	→	→	→	→	→	→	→	→		結実			成熟・枯死		
		河川敷	草刈					出芽	→	→	ツル							結実	※新たな発生・再生個体が開花・結実				
福井	令和2年																						
静岡	令和元年	沈砂地							ツル					蕾	開花								
		農地周辺												蕾	開花								
静岡	令和2年	沈砂池			出芽	ツル	→	刈払	出芽	→	→	→	→	→	→	→	出芽	→	→	→	蕾	開花	結実
静岡	令和2年	農地周辺	出芽	→	→	→	→	→	→	ツル	→	→	開花	→	→	結実/収穫							
静岡	令和2年	ソルガム畑		出芽	→	→	→	→	→	→	→	→	→	開花	→	→	結実						
静岡	令和5年	農地周辺5月	出芽	→	→	→	ツル	→	→	→	→	開花	→	枯死	※病死								
		農地周辺6月					出芽	→	→	ツル	→	→	開花	→	結実	→	→	→	成熟				
		農地周辺7月								出芽	ツル	→	→	開花	→	→	結実	→	成熟				
		農地周辺8月											出芽	→	ツル	開花	結実						
		農地周辺10月																出芽	→	→	ツル	枯死	※降雨
岡山	令和2年	採用地(5月上旬採草)	出芽	→	ツル	→	→	→	→	→	→	→	→	蕾(雌花)	開花	→	肥大						
		採用地(6月上旬採草)				出芽	→	ツル	→	→	→	→	→	蕾(雌花)	開花	→	肥大						
		採用地(7月上旬採草)							出芽	→	ツル	→	→	蕾(雌花)	開花	→	肥大						
広島	令和2年	河川敷き内道路際		出芽	→	→	ツル	→	→	→	→	→	→	蕾(雌花)	開花	→	肥大						
		6月発生				出芽	→	ツル	→	→	→	→	→	蕾(雌花)	→	開花	肥大						
		7月発生							出芽	→	→	→	ツル	蕾(雌花)	→	開花	肥大						
香川	令和2年	河川敷5月発生	出芽	→	→	→	ツル	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	枯死		
		河川敷6月発生				出芽	→	→	→	ツル	→	→	→	枯死									
		河川敷7月発生							出芽	→	ツル	→	→	→	蕾	開花	結実	→	→	成熟	※12月下旬まで順次開花		

また、これらのデータを用いて開花予測モデルについて、CroParasolの計算に用いる発育速度(DeVelopmental Rate, DVR)モデルは、以下のモデル式(堀江・中川, 1990)を適用した。

$$DVR = \frac{1}{G} \times \frac{1 - exp\{B \cdot min\ (L - L_c,\ 0)\}}{1 + exp\{-A(T - T_h)\}}$$

静岡県富士宮市猪之頭地域（東経35.352、北緯138.58）で栽培した個体を調査し、155点の生育データを適用した。これらをCroParasolに入力し、移植日から花芽形成までの実測値（実際に要した日数）及び予測値（計算により推定された必要日数）を算出した。実測値及び予測値の差（推定精度）の評価は二乗平均平方根誤差（Root Mean Square Error, RMSE）を適用し、以下の式により求めた。推定された静岡県DVRモデル式に、静岡県令和4年及び令和5年、大分県令和3年及び令和4年のアレチウリの生育及び気象データを代入し、それぞれの花芽形成日数の実測値と予測値を比較した。その結果、静岡県及び大分県の別年の生育データともに、アレチウリの花芽形成日数は、約5日の誤差範囲で予測可能だった。ただし、10月中旬以降に子葉展開した個体については、実測値と予測値の差が20日以上あり、DVRモデル式からの推定は困難であった。

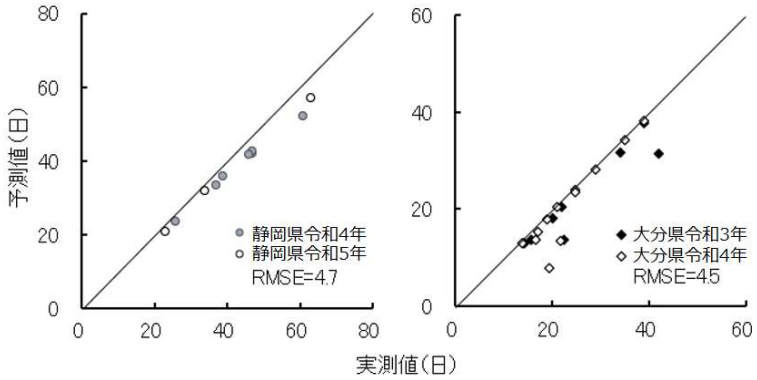
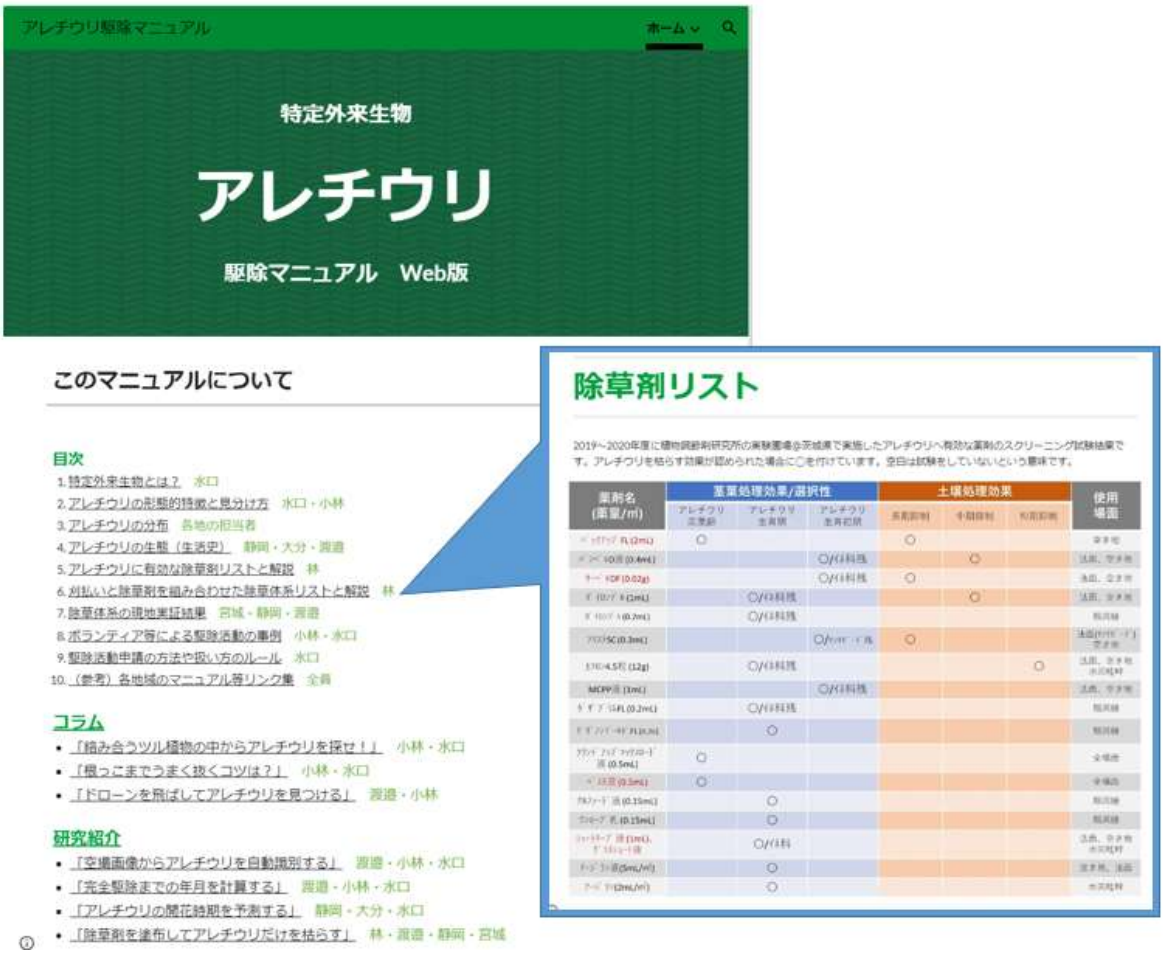


図1. 静岡県DVRモデル式から算出した子葉-花芽形成の実測値と予測値の比較
図中の直線はy=xを示す

③香川県土器川1箇所×13時期、高知県四万十川においては3箇所×4時期に空撮したRGB画像を整理し、37枚のオルソモザイク画像を生成した。これらを2mメッシュで区切りアレチウリの有無を目視にて判別した（作業中）。判別済みの香川県土器川の令和3年8月26日と令和4年9月5日の画像を図2に示す。アレチウリ在のプロット（赤の部分）は、令和3年は473/14900、令和4年は62/14900となり、昨年度の駆除活動の効果は明らかであった。

図 2. ボランティア駆除活動の成果～香川県土器川の事例～

④高知県四万十川の駆除活動などのアウトリーチ活動時など、計3回の実務職員（農業分野、河川分野）向けの説明会を行い、本マニュアルについての意見収集を実施した。また、各地域の課題担当者と連携し、Web版の形で共有し、マニュアルの作成を進めた。



図．Webで共有された作成中のアレチウリの駆除マニュアル

4）成果活用における留意点

アレチウリは、河川敷に多く分布しているが、河川敷での薬剤使用については、河川の管理者や地元の合意が進まない状況が続いており、薬剤を使用する際には、ほ場の周囲において限定的に使用されることが望まれる。

5）今後の課題

アレチウリの管理マニュアルについては、宮城県、静岡県、大分県の担当者とともに作成していることから、それぞれの地域で社会実装が進むが、それ以外の都道府県において、技術の普及ン位向けた取り組みが必要である。

実行課題番号	19191148	実行課題 研究期間	令和元年～5年度
小課題名	４　農業用水における侵略的外来種の早期検知と広域モニタリング手法の開発		
実行課題名	（１）LAMP法を用いた侵略的外来種のオンサイト検知手法の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構農業環境研究部門・農業生態系管理研究領域・ 吉村泰幸		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	愛知県農業総合試験場・環境基盤研究部・鈴木良地		
共同研究機関・研究室・研究者名等	愛知県農業総合試験場・環境基盤研究部・恒川健太（2020.4～2024.3）、河村邦生（2021.4～2024.3）、森賢一郎（2019.4～2022.3）、佐伯晶子（2019.4～2022.3）、水上優子（2019.4～2020.3）、坂紀邦（2019.4～2020.3）、稲垣怜那（2023.4～2024.3）		

Ⅱ．実行課題ごとの研究目的等

１）研究目的

特定外来生物を中心に農業被害をもたらすカワヒバリガイやスクミリンゴガイ、ナガエツルノゲイトウなどの侵略的外来生物6種について、LAMP法を利用したDNA検出技術を開発する。さらに、用水中の環境DNAを簡易に採取、抽出する方法を明らかにして、採取から検知までを現場で実施可能なLAMP法によるオンサイト検知手法を開発する。

２）研究方法

① 種特異的LAMPプライマーの設計

外来貝類のカワヒバリガイ、タイワンシジミ（シジミ類）、スクミリンゴガイ、外来魚類のカダヤシ、外来水草のミズヒマワリ、ナガエツルノゲイトウの計6種の侵略的外来種を対象として、LAMP法によりそれぞれを特異的に検出可能なプライマーを、LAMP法プライマー設計支援ソフトウェアPrimer Explorer Ver5（栄研化学)を用いて設計した。なお、タイワンシジミは、在来種のマシジミと遺伝子レベルで区別できないため、本課題ではマシジミを含むシジミ類とした。

② 簡易DNA調整法（SGF法）の開発

標準的な環境DNAのろ過抽出法（環境DNA調査・実験マニュアル）よりも簡易な方法としてSGF法（Suspended Glass Fiber Method, SGF法）を考案した（図1）。この方法は現場でろ過からDNA抽出まで実施することを想定したものであり、ガラス繊維ろ紙を砕いて水に懸濁させた懸濁態ガラス繊維（Suspended Glass Fiber）を利用して特別な機器および動力を要しないでDNAを吸着・ろ過し、簡易な試薬（例　MightyPrep Reagent for DNA（Takara））でDNA抽出することを特徴とする。なお、SGF法に関するこれらの技術は特許を出願した（特願2021-179373）。本課題では、SGFの調整法、SGFの最適添加量、ガラス繊維ろ紙（SGFの原

料）の規格差、SGFの回収用フィルターの規格、SGFの保存性などの至適条件を明らかにした。また、濁水からの環境水ろ過に対応するため、ペーパーフィルターによる前処理の効果を明らかにした。

③ SGF法のPCR増幅阻害およびメタバーコーディング解析への適用性

内部標準としてLambda DNA (Takara)を用い、SGF-eDNAのPCR増幅阻害を評価した。また、愛知県および岐阜県の4地点の河川またはため池からSGF法および標準法でそれぞれeDNAを抽出し、Mifish解析および貝類メタバーコーディング解析（IV系小課題（２）で開発）を行い、検出される魚類相および貝類相を比較した。各メタバーコーディング解析は、いであ株式会社が実施した。

④ SGF法の現場実証

カワヒバリガイ等の6種の侵略的外来種を対象として、実際の環境水を用いて、SGF法の有効性を現場実証した。カワヒバリガイについては、農業用水、河川、農業排水路の計49地点から環境水を採取し、SGF法と標準法で環境DNAを抽出し、プライマーLf8によりカワヒバリガイの在不在を判定するとともに、既報のqPCRプライマー（Xia et al, 2018）と検出精度を比較した。タイワンシジミについては、既報のqPCRプライマー(Cowart et al, 2018)の検出率が低かったことから、新たにミトコンドリアDNAのND3領域からTaqMan qPCRプライマー（CfND3）を設計し、生息が確認されている河川、および生息していないと考えられる河川源流の計14試料の抽出DNAを用いてqPCR分析を行うとともに、プライマーCf4によりLAMP分析した。スクミリンゴガイについては、愛知県内の35か所の水田田面水からSGF-eDNAを抽出し、プライマーPc7を用いてLAMP分析した。カダヤシについては、生息が確認されている農業排水路および生息が未確認の河川のSGF-eDNAについて、プライマーGa3によりLAMP分析した。ミズヒマワリについては、本種の分布が確認されている河川水から抽出したSGF-eDNAをプライマーGs2によりLAMP分析した。ナガエツルノゲイトウについては、Ⅱ系の調査フィールドの16地点の河川および水田排水から抽出したSGF-eDNAをプライマーAp2-6によりLAMP分析した。

⑤ オンサイト-LAMPの実証

カワヒバリガイおよびカダヤシを対象として、それぞれ環境DNAのオンサイト検知の実証調査を行った。自動車のバッテリーを利用して、SGF法により現場でろ過およびDNA抽出を行うとともに、屋外でLAMP法によるDNA検出を実施した。また、現場でのピペット操作を極力排除するために、1)調査日の朝に実験室においてLAMP反応液を調整して分注し、保冷運搬する、2)ピペットの代わりに歯間ブラシの先端をDNA溶液に浸した後にLAMP反応液に移す、などの工夫を加えた。

⑥ 雑草残渣からの外来水草の簡易検出

Ⅱ系小課題と連携して、農業排水中の雑草残渣に含まれるナガエツルノゲイトウの簡易検出を目的として、室内実験および野外実証調査を行った。試料は不織布パック内で殴打して得た汁液サンプルを煮沸して作成した。30分以内にLAMP増幅反応が確認された場合を陽性と判定した。室内実験では、ナガエツルノゲイトウと雑草残渣を混合し、本法の検出限界を明らかにした。また、野外実証調査では、千葉県内の6ヵ所の農業排水機場において、長期間堆積した状態のものから、完全に乾燥したものまで、様々な形態の残渣を合計11点回収してナガエツルノゲイトウの混入の有無を記録するとともに、上記のとおりDNA調整およびLAMP分析した。

３）研究結果

① 種特異的LAMPプライマーの設計

侵略的外来種6種（カワヒバリガイ、タイワンシジミ（シジミ類）、スクミリンゴガイ、カダヤシ、ミズヒマワリ、ナガエツルノゲイトウ）の特異的検出用LAMPプライマーの設計領域、配列、最適反応温度を表1に示した。

② 簡易DNA調整法（SGF法）の開発

SGFは、ガラス繊維ろ紙（GA50）と滅菌水を混合し、25Hzで15秒間ビーズ破砕して作成した。SGF添加量と環境水のろ過時間は正比例の関係にあり、GF量50mgではろ過時間を長く要した。また、添加するGF量を5mg～50mgとしたときの抽出DNA量に大きな差はなく、操作性を考慮して、最適なGF量は10mg～20mgと考えられた。また、GFの規格による抽出DNA量に差はなかった。SGF法では、標準法でろ過DNAの保存に用いられることの多い塩化ベンザルコニウムを添加することができないため、ろ過後のSGFを4℃で保冷することで3日間は保存可能であり、その場合のDNA残存率は72～84%だった。また、濁水からの環境水ろ過に対応するため、ペーパーフィルター（キムタオル）による前処理の効果を検証した結果、浮遊物質（SS）が大きく減少し、ろ過時間短縮に有効だったが、一部の試料でDNA収量が減少したことから、前処理はSSが多い濁った環境水にのみ有効と考えられた。

③ SGF法のPCR増幅阻害およびメタバーコーディング解析への適用性

SGF-eDNAでは、河川水等の環境水から抽出した85サンプル中5サンプルでPCR増幅阻害が確認され、7サンプルで増幅阻害が確認された標準法-eDNAと比べてPCR増幅阻害の程度は同等と考えられた。なお、LAMP分析では両法とも増幅阻害は確認されなかった。4地点の環境水のメタバーコーディング解析では、SGF法と標準法の検出魚類相（Mifish解析）は同等と考えられた。また、貝類相（貝類メタバーコーディング解析）においても両法の検出種数は同等であり、メタバーコーディング解析、LAMP法およびqPCR法（Ito and Shibaike, 2021）の3つ分析法の解析結果が一致した。

④ SGF法の現場実証

カワヒバリガイ環境DNAは、SGF-LAMP法により49地点中28地点から検出された（陽性率57%）。またSGF-qPCRの陽性率は61%であり、いずれも標準法-qPCR（同63%）とほぼ同等の検出精度だった。一方、標準法-LAMPは陽性率20%と低く、標準法抽出DNAはLAMP法に適さないことが示唆された。タイワンシジミについては、標準法-qPCR、SGF-qPCR、SGF-LAMPの3法の結果が一致し、調査した14地点うち本種が生息している10地点の全てからDNAが検出され、生息していない4地点からは検出されなかった。スクミリンゴガイについては、同種の生息が目視で確認できた13ヶ所の田面水のうち、SGF-LAMPにより8ヶ所からスクミリンゴガイ環境DNAが検出され、陽性率は62%だった。カダヤシについては、16地点中5地点からSGF-LAMP法で陽性反応があり、本種の生息が確認されている調査地で陽性数が多いことが確認できた。ミズヒマワリについては、群落直近の河川水からLAMP法で環境DNAが検出されたが、10m程度以上離れた地点からは検出されなかった。ナガエツルノゲイトウについては、SGF-LAMPにより水田排水や群落直近の河川水など16地点中13地点から検出された。

⑤ オンサイト-LAMPの実証

カワヒバリガイを対象とした実証調査では、LAMP反応液の調整およびDNA溶液の添加などのピペット操作において人的ミスが生じやすいことが明らかとなった。この結果を踏まえて、ピペット操作を極力省略する工夫を加え、カダヤシを対象としてオンサイト検知の実証調査を再び実施した結果、オンサイトのLAMP診断結果とラボにおけるLAMP/TaqMan qPCR

の結果、および本種の生息情報が概ね一致した。

⑥ 雑草残渣からの外来水草の簡易検出

室内実験の結果、ナガエツルノゲイトウの混合比率が0.1%でも陽性反応が確認できた。各農業排水機場から回収した状態が異なる11点の残渣からは8点でナガエツルノゲイトウのDNAが検出され、専門家による目視による確認とLAMP法による検定結果が概ね一致した。また、完全に枯死した個体および長期間堆積により腐敗が進行した個体からもDNAが検出されたことから、本法は分解過程のごく微量なナガエツルノゲイトウの混入を検知可能であり、ナガエツルノゲイトウの侵入の早期検知または、駆除対策後の効果検証に活用できると考えられた。

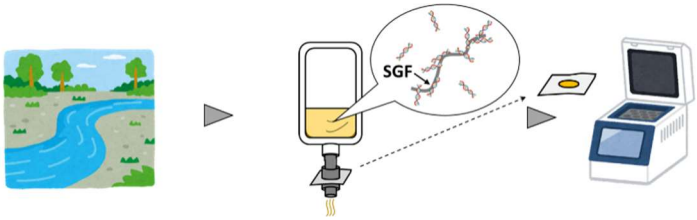


図1　SGF法の概要

表1　種特異的LAMPプライマーの配列および最適反応温度

検出対象種	設計領域	プライマー		配列　(5' - 3')	反応温度
カワヒバリガイ	mtDNA-COI	Lf8	F3	GTTGGACAGTTTATCCTCCT	65°
			B3	CTGCAAGAGACCATACAAAC	
			FIP	ACGCACCAGCTAAATGAAGAGA-TGATGCTCATAGAACCCCA	
			BIP	CGTCAATTGGCGGTTCGTTA-CCACGCATTTCTTTAACAGG	
			Floop	AGCAGCTATGTCAACTGC	
タイワンシジミ	mtDNA-COII	Cf4	F3	AGCTGATTTGAATGAGGTAGT	65°
			B3	TGCTAGCTCTTTCTCAATCC	
			FIP	TCCCATATAACCAGCCAAAGC-TTATGAAAGGAGGCGGGAT	
			BIP	TTGGTCCTGTAACAGAAGGA-CATACAAATTCATTAATCGTCACC	
			Floop	ATAACTTCTTCACCCACACT	
スクミリンゴガイ	mtDNA-COI	Pc7	F3	AGGTTTAAGTTTACTTATTCGTG	65°
			B3	TAATAATAGTAATAGAGAAGGTGGT	
			FIP	GACAAAAGCATGAGCTGTAACAAT-CTGAATTAGGTCAGCCTGGTG	
			BIP	ACCTATAATAATTGGTGGATTTGGT-ATTAAGACGCGGAAAAGCC	
			Floop	AGCTGATCATCTCCTAGTAAAG	
			Bloop	AATACTAGGAGCTCCTGACAT	
カダヤシ	mtDNA-ND2	Ga3	F3	CCTCTAACAGGATTTTTACCAA	65°
			B3	GGGAGGGTATTGTGGGAG	
			FIP	GAAAATAGGGCGGCGAGGAC-CCTTCAAGAACTGACCAAAC	
			BIP	CCTCCGACTATCATACGCAATAAC-GTTGAGTCGCCAAGGAAG	
			Floop	GGCGACTAGGGCTAGGTCTT	
			Bloop	CCGAATAACCCCGCAGGAAC	
ナガエツルノゲイ	rDNA-ITS	Ap2-6	F3	TTGTCGAAACCTGCTAGAGC	68°
			B3	AAGGGCGGGCAGACTG	
			FIP	TAGAGGAGGGACCGACAGGC-GAACAACCCGCGAACTTGTTAA	
			BIP	AGGACAGCCCCCTGGCAGA-GGTTCATGTTCCTTGGCGC	
			Floop	CAACCCCTCCCCGATCATAA	
			Bloop	ACAACAAACCCCGGCGTG	
ミズヒマワリ	rDNA-ITS	Gs2	F3	AGAATCCCGTGAACCATCGA	68°
			B3	CGTCGCTCGTAAGCAAACT	
			FIP	TTGATGTGGGCGACGTGATGCTTGCGCCTGAAGCCTTTC	
			BIP	TGGATTGTCATGAACGTGGGCGCGTATTTGGGCCAACCGC	
			Floop	GGCAGACGTGCCCTAAACC	
			Bloop	AGACTGGTCTCCTGTGCCAT	

４）成果活用における留意点

SGF法は特許出願中の技術であり、その利用にあたっては、実施許諾が必要となる場合がある。

５）今後の課題

SGF法はLAMP分析と組み合わせることで、従来よりも簡易かつ低コストで環境DNAのオンサイト検知が可能となると考えられる。今後は、本課題の対象種以外の様々な侵略的外来種についても種特異的LAMPプライマーのラインアップを充実する必要がある。さらに、本技術は外来種対策だけでなく、希少種の探索や病害虫診断など様々な分野での利用が可能と考えられる。一層の普及のためには、SGF法単独またはSGF法とLAMPプライマーを組み合わせたキット化を進めることが重要であり、現在、愛知県単独のプロジェクト（あいち農業イノベーションプロジェクト）において、開発を行っている。

＜引用文献＞

Cowart DA, Renshaw MA, Gantz CA, Umek J, Chandra S, Egan SP, Lodge DM, Larson ER (2018) Development and field validation of an environmental DNA (eDNA) assay for invasive clams of the genus *Corbicula*. Manag Biol Invasion 9: 27-37.

Ito K, Shibaike H (2021) Use of environmental DNA to survey the distribution of the invasive mussel *Limnoperna fortunei* in farm ponds. Plankton and Benthos Res 16: 100-108.

Xia Z, Zhan A, Gao Y, Zhang L, Haffner DG, MacIsaac HJ (2018) Early detection of a highly invasive bivalve based on environmental DNA (eDNA). Biol Invasions 20:437-447.

実行課題番号	19191148	実行課題 研究期間	令和元年～5年度
小課題名	４．農業用水における侵略的外来生物の早期検知と広域モニタリング手法の開発		
実行課題名	（２）環境DNA分析による農業水路系に生息する生物相の網羅的解析手法の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構農業環境研究部門・農業生態系管理研究領域・ 吉村泰幸		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者名	同上		
共同研究機関・研究室・研究者名等	農研機構農業環境研究部門・農業生態系管理研究領域・芝池博幸、伊藤健二、山本哲史、農研機構農村工学研究部門・施設工学研究領域・竹村武士、渡部恵司、農研機構農村工学研究部門・研究推進部・小出水規行、いであ株式会社・環境創造研究所・中村匡聡、白子智康		

Ⅱ．実行課題ごとの研究目的等

１）研究目的

近年、河川や湖沼、沿岸域から採水した環境水に含まれるDNA（環境DNA）を分析することにより、水生生物の生息状況（在・不在や現存量など）を把握する環境DNA調査の手法が開発され、急速に社会実装が進められている。環境DNA分析では、数百mL～数Lの水試料を現場から採取し、その中に含まれるDNAの配列情報を分析するだけであるため、目視確認や採捕による生物調査と比べて労力や効率の面でメリットが多く、多地点・多数回の調査を実施することが可能になった。また、生息密度の低い種、あるいは目視確認や採捕が困難な種も比較的容易に検知できるため、早期発見を求められる外来種対策のツールとしても有効であると考えられる。

カワヒバリガイやナガエツルノゲイトウのような侵略的外来種については（いずれも「特定外来生物」に指定されている）、それらが農業水利施設に侵入・定着することにより通水障害を誘発し、施設の用排水機能が損なわれる事例が報告されている。本プロジェクト研究では、これらの侵略的外来種を適切に管理するために有効な様々な手法（落水、薬剤処理など）が開発されるが、開発された手法の有効性を現地試験によって検証する際には、防除対象となる外来種以外の生物に対して負の影響を及ぼすことがないよう、共存種の組成や現存量についても併せて評価することが望ましい。

本研究は、農業水路や通水施設に生息する主要な生物（貝類、魚類）について、環境DNA分析による網羅的解析手法を開発し、生物多様性を保全する観点から侵略的外来種の管理手法を評価するとともに、生物多様性の維持・向上に資する管理手法の構築に寄与することを目的とする。

２）研究方法

１．貝類全般を対象とした網羅的解析法の開発（令和元年～３年）

貝類全般（腹足類及び二枚貝類）を対象とした網羅的解析（環境DNAメタバーコーディング）の手法は、確立されていない。そこで、貝類特異的な新しいユニバーサルプライマーを開発し、環境DNA調査への適用性を検討するため、軟体動物門を含む7門23綱から計77種を選び、国際塩基配列データベースからダウンロードした28SrRNA配列（長さ3000bp以上）データから、DNAメタバーコーディングに適した条件に該当する領域を探索した。

また、78種の様々な分類群に属する生物から抽出したDNAを等濃度に混合した模擬群集サンプルを作成し、開発したプライマーの貝類特異性を検証した。さらに、日本産貝類の全359科を対象として国際塩基配列データベースから28S領域を含むすべての配列を取得し、ユニバーサルプライマーの網羅性をin silicoで確認した。

国際塩基配列データベースの登録情報を整理した結果、網羅的解析における種同定の精度に大きく影響を与える参照配列の充実度が日本産貝類ではかなり低いことが判明した。そこで、このプライマーセットが増幅する28Sリボゾーム RNA遺伝子を対象に、日本産貝類（特に淡水性貝類）の参照配列の整備を並行して進めた。

２．実証調査（令和４年～５年）

実証調査1及び2の調査地点は、霞ヶ浦からの取水の有無、駆除のための水位操作の実施の有無、カワヒバリガイの確認状況等の条件を考慮し、笠間市内の貯水池など計13箇所を選定した。実証調査1では、カワヒバリガイの生息がこれまでに目視調査では確認されていない貯水池5箇所において、令和4年8月～令和5年8月の期間中に月1回の採水調査を行い、貝類を対象とした環境DNA分析（網羅的解析）を実施した。実証調査2では、上記の貯水池13か所において、令和4年8月～令和5年8月の期間中に計5回（各季節に1回）の採水調査を行い、貝類及び魚類を対象とした環境DNA分析（網羅的解析）を実施した。

３）研究結果

１．貝類全般を対象とした網羅的解析法の開発（令和元年～３年）

探索の結果、核DNAの28SリボゾームRNA遺伝子のD2領域に適した配列を発見したため、その領域に貝類（二枚貝綱・腹足綱）に特異的な塩基置換が2か所以上含まれるようにプライマーを設計した。また、模擬群集サンプルを使った検証の結果、新規プライマーで検出したリード比の97%が貝類（二枚貝綱・腹足綱）となり、残る3%のみが貝類以外の生物種であった（図１）。

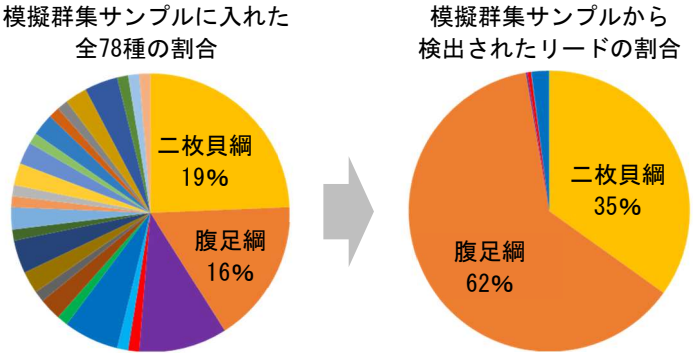


図1.　模擬群集サンプルを使ったプライマーの貝類特異性の検証

このことから、今回新規に設計したプライマーは、貝類特異的な検出が可能であると結論付けた。ユニバーサルプライマーの網羅性については、カワヒバリガイ、イタボガキ科、カワシンジュガイ科、ヒラマキガイ科等からプライマー配列上のミスマッチが見つかったため、それらを修正した改良プライマーを追加設計した。

参照配列の整備では、9目26科76種の日本産貝類標本143個体を採捕・収集し、28S領域の一部約600bpをサンガーシーケンシング法により取得し、国際塩基配列データベースに登録した。これにより、日本産汽水淡水性貝類全種（約750種）に対するカバー率が16.3%から23.1%（全属レベルでは49.2%から55.0%）に向上した。全種に対するカバー率だけを見るとまだ低いものの、取得できていない種（属）の多くは、汽水性の強い種であり、純淡水域で出現する種においては80%程度をカバーすることができた。

２．実証調査（令和4年～5年）

実証調査1では、令和3年度以前まではカワヒバリガイの個体が未確認であった貯水池5箇所のうち、地点17を含む4箇所で目視により新たに確認され、いずれの貯水池からも環境DNAが検出された（図1は地点17の結果のみを抜粋）。本研究で開発した貝類の網羅的解析法の検出感度は、目視確認調査と同等レベルと考えられ、侵略的外来種の早期侵入検知が環境DNA調査によって可能となった。また、早期侵入の検知を目的とした環境DNA調査では、カワヒバリガイの繁殖期（6～10月）を避け、かつ、貯水池の外から流入するDNAの影響がない（＝霞ヶ浦からの用水取水がほとんどない）時期（図2の黒矢印）に採水することが望ましいと考えられた。

実証調査2では、水位低下中の期間（11月、2月）と水位回復後の期間で比較すると、多くの調査地では検出される種数や取が著しく変化する傾向は認められなかったことから、落水操作が生物相（魚類・貝類）に与える影響は小さいものと考えられた。このように、網羅的解析による環境DNA調査により、駆除作業が調査地の生物相に与える影響を把握できるようになった。

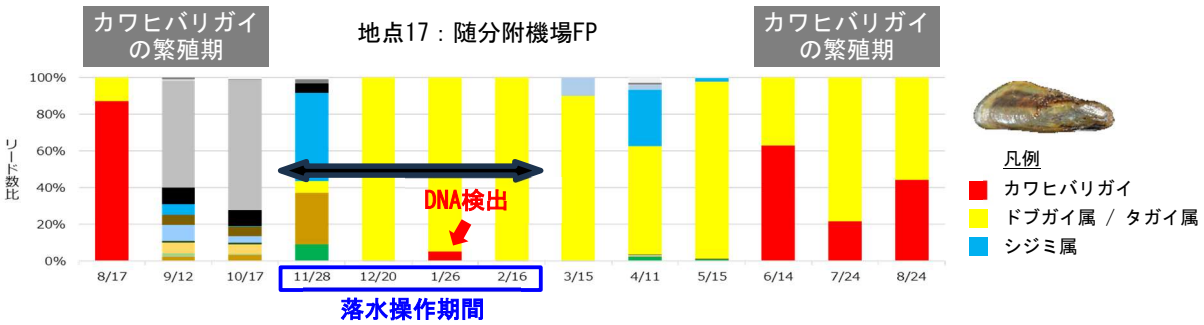


図2.　環境DNA分析（網羅的解析）による貝類の種組成の変化（実証調査1）

４）成果活用における留意点

環境DNA調査による侵略的外来種の早期侵入検知では、手法の特性上、偽陰性（個体が生息しているのに環境DNAが検出できないこと）が起きるリスクがあるため、1つの調査地に対して複数回の調査を行うことで、調査精度を確保する必要があることに留意する。

５）今後の課題

今後は、侵略的外来種の早期侵入検知に対する環境DNA調査の有効性を広く知ってもらうよう広報等により普及に努めるとともに、より多くの調査地における調査事例の積み上げにより、本技術のブラッシュアップを図っていく必要がある。

Ⅲ．研究成果一覧

「別紙様式２．研究実績報告書」の一部として提出された「別紙様式２－Ⅲ．研究成果一覧」のうち「公表可」シートについては、当該「最終年度報告書」と併せて公表する。

Ⅳ．研究成果概要

当該「研究成果概要」については、「最終年度報告書」本文と同様に公表する。

Ⅲ 研究成果一覧 【公表可】

個別課題番号　19191148

課題名　農業被害をもたらす侵略的外来種の管理技術の開発

成果等の集計数

課題番号	学術論文		学会等発表（口頭またはポスター）		出版図書	国内特許権等		国際特許権等		PCT	報道件数	普及しうる成果	発表会の主催（シンポジウム・セミナー等）	アウトリーチ活動
	和文	欧文	国内	国際		出願	取得	出願	取得	出願				
19191148	11	6	81	0	8	2	0	0	0	0	31	4	8	32

（1）学術論文

区分：①原著論文、②その他論文

整理番号	区分	タイトル	著者	機関名	掲載誌	掲載論文のDOI	発行年	発行月	巻（号）	掲載ページ
1	①	宮川用水管路内のタイワンシジミの成長と経由池の有無による水質の相違	岡島賢治, 長岡誠也, 伯耆匠二, 伊藤良栄, 近藤 雅秋	三重大学　生物資源学研究科	農業農村工学会論文集	https://doi.org/10.11408/jsidre.87.I_149	2019		87(2)	I_149-I_157
2	①	管路内のタイワンシジミの環境条件, 継手部形状, 管勾配による生息状況の違い	岡島 賢治, 長岡 誠也, 伯耆 匠二, 伊藤 良栄, 近藤 雅秋	三重大学　生物資源学研究科	農業農村工学会論文集	https://doi.org/10.11408/jsidre.87.II_99	2019		30 (2)	II_99-II_105
3	①	集団化したカワヒバリガイのせん断付着強度	有吉 充, 霜村 潤, 道浦 吉貞	農研機構農村工学研究部門, 栗本鐵工所	農業農村工学会論文集	https://doi.org/10.11408/jsidre.88.IV_11	2020	7	88(2)	IV_11-IV_12
4	①	農業被害をもたらす侵略的外来水草の対策と課題	嶺田拓也、中井克樹、林紀男、丸井英幹	農研機構・農村工学研究部門	農業農村工学会誌	なし	2020	11	88 (11)	3-8
5	①	Genetic confirmation of “egg parasitism” in androgenetic freshwater Corbicula clams by paternity testing using microsatellite DNA markers	Sano Natsumi, Houki Shouji, Kodan Ayaka, Kawamura Kouichi, Yamada Mitsuya and Komaru Akira	三重大学　生物資源学研究科	Plankton & Benthos Research.	https://doi.org/10.3800/pbr.15.58	2020		15(1)	58-62
6	①	Use of environmental DNA to survey the distribution of the invasive mussel Limnoperna fortunei in farm ponds. Plankton and Benthos Research	Kenji Ito and Shibaike Hiroyuki	農業環境変動研究センター	Plankton & Benthos Research.	https://doi.org/10.3800/pbr.16.100	2021	5	16(2)	100-108
7	①	農業水利施設を利用する水草たち	嶺田拓也	農研機構・農村工学研究部門	農業および園芸	なし	2021	1	96(1)	22-27
8	①	農業水利システムを利用して水田地帯に拡散する侵略的外来水生生物	嶺田拓也	農研機構・農村工学研究部門	用水と排水	なし	2021	7	63(7)	69-73

9	①	Estimations and projections of Avena fatua dynamics under multiple management scenarios in crop fields using simplified longitudinal monitoring.	Saeko Matsuhashi, Motoki Asai and Keita Fukasawa	農研機構・植物防疫研究部門	Plos one	https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245217	2021		16	
10	①	土器川河川敷における特定外来生物アレチウリの実生の発生と定着	小林慶子、楠本良延	農研機構・西日本農業研究センター	生態環境研究	なし	2021	6	27(1)	
11	①	特定外来生物ナガエツルノゲイトウ（Alternanthera philoxeroides (Mart.) Griseb.）に対する水稲用・水田畦畔除草剤の効果	井原希・嶺田拓也・吉村泰幸・芝池博幸・小荒井晃	農研機構・植物防疫研究部門	雑草研究	なし	2022	3	67(1)	1-12
12	①	Simple extraction and analysis of environmental DNA using glassfibers in suspension form	Ryoji Suzuki, Kunio Kawamura, Yuko Mizukami	愛知県農業総合試験場	Limnology	https://doi.org/10.1007/s10201-022-00705-2	2022	10	24(1)	25-36
13	①	Interpreting expert-judged priorities of invasive alien plant species by ex post weed risk scoring: A study in Japan	Chika Egawa, Saeko Matsuhashi	農研機構・農業環境研究部門・植物防疫研究部門	Global Ecology and Conservation	https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02170	2022	9		
14	①	豪ビクトリア州の導入後雑草リスク評価システムを活用した外来牧草のリスク評価.	江川知花・松橋彩衣子	農研機構・農業環境研究部門・植物防衛機研究部門	日本緑化工学会誌	なし	2023		48	609-612
15	①	「SGF-LAMP法によるスクミリンゴガイ環境DNAの検出」	鈴木良地・恒川健太・水上優子	愛知県農業総合試験場	愛知県農業総合試験場研究報告第55号	なし	2023	9		
16	①	「PCR and LAMP detection of environmental DNA of the invasive clam Corbicula fluminea」	Ryoji Suzuki, Shouji Houki・Kenji Ito・Hiroyuki Shibaike	愛知県農業総合試験場・農研機構農業環境研究部門	Plankton and Benthos Research	なし	2024	3		
17	①	開水路における付着カワヒバリガイの除去作業例と課題	竹村武士、浜田康治、有吉充、田中章浩	農研機構・農村工学研究部門	農業農村工学会誌	なし	2023	8	91	521-524

（2）学会等発表（口頭またはポスター）

整理番号	タイトル	発表者名	機関名	学会等名	発行年	発行月
1	「水稲栽培時および非作付け期の除草剤処理によるナガエツルノゲイトウの防除」	井原 希、芝池博幸、嶺田拓也	農研機構　中央農業総合研究センター・農業環境変動研究センター・農村工学研究部門	日本作物学会第247回講演会	2019	3
2	「侵略的外来植物オオバナミズキンバイの国内主要水域における侵入・定着および対策状況」	中井 克樹、林 紀男、横川昌史、伊藤 彩乃、嶺田 拓也、日鷹 一雅、上河原献二、野間 直彦	琵琶湖博物館，千葉県中央博物館，滋賀県立大学，茨城自然博物館，農研機構農村工学研究部門，愛媛大学	第66回日本生態学会大会	2019	3
3	「水田畦畔におけるナガエツルノゲイトウの防除体系の検討」	芝池博幸、嶺田拓也	農研機構 農業環境変動研究センター・農村工学研究部門	日本雑草学会第58回大会	2019	4
4	「水田に侵入した特定外来生物ナガエツルノゲイトウの防除体系の検討」	嶺田拓也、芝池博幸	農研機構　農村工学研究部門・農業環境変動研究センター	日本雑草学会第58回大会	2019	4
5	「滑面上に存在するタイワンシジミの移動限界摩擦速度に関する実験的検討」	岡島賢治、長岡誠也、浅野友雅	三重大学　生物資源学研究科	2019年度農業農村工学会大会	2019	9
6	「農業用水の水質におけるタイワンシジミの発生リスク指標の作成」	成川静馬、岡島賢治	三重大学　生物資源学研究科	2019年度農業農村工学会大会	2019	9
7	「特定外来生物ナガエツルノゲイトウまん延地区における茎葉処理剤を用いた駆除の試み」	嶺田拓也、芝池博幸、井原希	農研機構　農村工学研究部門・農業環境変動研究センター・中央農業総合研究センター	水草研究会	2019	9
8	「有機水稲栽培の持続性を脅かす侵略的外来雑草ナガエツルノゲイトウ」	嶺田拓也	農研機構　農村工学研究部門	有機農業研究者会議2019	2019	9
9	「外来植物による緑化におけるリスク管理」	江川知花	農研機構　農業環境変動研究センター	日本緑化工学会	2019	9
10	「外来生物対策の研究状況」	山岡　賢	農研機構　農村工学研究部門	令和元年度　農村工学研究部門・水資源機構技術情報交換会	2019	10
11	「特定外来生物カワヒバリガイの環境DNAを用いた分布調査の有効性」	伊藤 健二、芝池 博幸	農研機構 農業環境変動研究センター	第2回環境DNA学会神戸大会	2019	11
12	「農業と外来生物」	芝池博幸	農研機構 農業環境変動研究センター	農研機構農業環境技術公開セミナー in 千葉「水系を通じて拡散する侵略的外来種のリスク管理」	2019	11
13	「ナガエツルノゲイトウの管理に向けた研究開発」	嶺田拓也	農研機構　農村工学研究部門	農研機構農業環境技術公開セミナー in 千葉「水系を通じて拡散する侵略的外来種のリスク管理」	2019	11
14	「千葉県内の農業水利施設等におけるナガエツルノゲイトウの発生状況と想定されるリスク」	三原千加子	千葉県農林水産部	農研機構農業環境技術公開セミナー in 千葉「水系を通じて拡散する侵略的外来種のリスク管理」	2019	11

15	「関東に広がる特定外来生物カワヒバリガイ水利施設を経由して他の水系へ分布を拡大」	伊藤健二	農研機構　中央農業総合研究センター・農村工学研究部門・農業環境変動研究センター	農研機構農業環境技術公開セミナー in 千葉「水系を通じて拡散する侵略的外来種のリスク管理」	2019	11
16	「特定外来生物カワヒバリガイの環境DNAを用いた分布調査の有効性」	伊藤健二、芝池博幸	農研機構　中央農業総合研究センター・農村工学研究部門・農業環境変動研究センター	農研機構農業環境技術公開セミナー in 千葉「水系を通じて拡散する侵略的外来種のリスク管理」	2019	11
17	「水田畦畔におけるナガエツルノゲイトウ管理方法の検討」	井原希、嶺田拓也、芝池博幸	農研機構　中央農業総合研究センター・農村工学研究部門・農業環境変動研究センター	農研機構農業環境技術公開セミナー in 千葉「水系を通じて拡散する侵略的外来種のリスク管理」	2019	11
18	「水田に侵入する特定外来生物指定の「水生」植物：ナガエツルノゲイトウとオオバナミズキンバイ」	中井克樹、林紀男、嶺田拓也、稗田真也、野間直彦	琵琶湖博物館，千葉県中央博物館，農研機構農村工学研究部門，滋賀県立大学	琵琶湖地域の水田生物研究会	2019	12
19	「霞ヶ浦周辺における特定外来生物カワヒバリガイの 現状と被害対策」	伊藤健二	農研機構 農業環境変動研究センター	令和元年度利根川水系土地改良情報連絡会議	2020	2
20	「宮城県の農耕地周辺におけるアレチウリの生活環」（ポスター）	大川茂範、滝澤浩幸	宮城県古川農業試験場	第67回日本生態学会大会	2020	3
21	「生態系被害防止外来種リストに対応した導入済み外来植物のリスク評価システムの開発」	江川知花、松橋彩衣子	農研機構 農業環境変動研究センター 中央農業総合研究センター	第67回日本生態学会大会	2020	3
22	「大分県の高原地域におけるアレチウリの分布およびフェノロジー」	河野礼紀	大分県農林水産研究指導センター	日本雑草学会第59回大会	2020	4
23	ナガエツルノゲイトウの管理に向けた研究開発	嶺田拓也	農研機構・農村工学研究部門	千葉県農林部会作物分科会情報交換会	2020	6
24	ナガエツルノゲイトウに対する水稲用除草剤の効果~20/06~	井原希	農研機構・中央農業研究センター	千葉県農林部会作物分科会情報交換会	2020	6
25	「宮川用水におけるタイワンシジミの発生に資する水質項目の季節変動」	岡島賢治、徳富雄大、伯耆匠二	三重大学	2020年度農業農村工学会大会	2020	9
26	「駆除したカワヒバリガイ(Limnoperna fortunei)の堆肥化処理に関する基礎的検討」	小島陽一郎、山岡賢、竹村武士	農研機構中央農業研究センター	(一社)農業食料工学会生物資源部会2020年度研究発表会	2020	9
27	農業水利施設を利用する水草たち	嶺田拓也	農研機構・農村工学研究部門	日本農学会2020年度シンポジウム	2020	10
28	「特定外来生物カワヒバリガイの分布と水利用の関係:環境 DNA を用いた検証」	伊藤健二、芝池博幸	農研機構農業環境変動研究センター	環境DNA学会第3回大会 第36回個体群生態学会合同大会	2020	11
29	「LAMP法による環境DNA検出：カワヒバリガイおよびスクミリンゴガイを対象として」	鈴木良地、佐伯晶子、伊藤健二、芝池博幸	愛知県農業総合試験場	環境DNA学会第3回大会 第36回個体群生態学会合同大会	2020	11
30	循環灌漑による侵略的水田雑草ナガエツルノゲイトウの拡散	嶺田拓也	農研機構・農村工学研究部門	琵琶湖地域の水田生物研究会	2020	12

31	「農業と外来生物」	吉村泰幸	農研機構農業環境変動研究センター	農研機構農業技術公開セミナー in 茨城「水利用を経由して拡散する水生外来貝類の現状と対策」	2021	2
32	「霞ヶ浦用水事業におけるカワヒバリガイの被害状況とリスク管理」	横島友和	霞ヶ浦用水土地改良区	農研機構農業技術公開セミナー in 茨城「水利用を経由して拡散する水生外来貝類の現状と対策」	2021	2
33	「水利施設の管理でカワヒバリガイを減らす工夫：見つける・水を抜く・監視する」	伊藤健二	農研機構農業環境変動研究センター	農研機構農業技術公開セミナー in 茨城「水利用を経由して拡散する水生外来貝類の現状と対策」	2021	2
34	「除去したカワヒバリガイの干出し効率化を目指して」	竹村武士	農研機構 農村工学研究部門	農研機構農業技術公開セミナー in 茨城「水利用を経由して拡散する水生外来貝類の現状と対策」	2021	2
35	「薬剤等によるカワヒバリガイの駆除・被害抑制技術の開発」	小林卓也	電力中央研究所環境科学研究所	農研機構農業技術公開セミナー in 茨城「水利用を経由して拡散する水生外来貝類の現状と対策」	2021	2
36	環境DNAを用いた特定外来生物カワヒバリガイ調査手法の開発	伊藤健二、芝池博幸	農研機構農業環境変動研究センター	農研機構農業技術公開セミナー in 茨城「水利用を経由して拡散する水生外来貝類の現状と対策」	2021	2
37	「LAMP法による環境DNA検出：カワヒバリガイおよびスクミリンゴガイを対象として」	鈴木良地、佐伯晶子、伊藤健二、芝池博幸	愛知県農業総合試験場	農研機構農業技術公開セミナー in 茨城「水利用を経由して拡散する水生外来貝類の現状と対策」	2021	2
38	畦畔のナガエツルノゲイトウはグリホサートで抑制できるか？	井原希、嶺田拓也、芝池博幸	農研機構・中央農業研究センター，農研機構・農村工学研究部門，農研機構・農業環境変動研究センター	農研機構農業技術公開セミナー in 茨城「水利用を経由して拡散する水生外来貝類の現状と対策」	2021	2
39	新利根川流域の水田に侵入したナガエツルノゲイトウ	嶺田拓也、小荒井晃、山田祐司	農研機構・農村工学研究部門，農研機構・中央農業研究センター，協友アグリ株式会社	農研機構農業技術公開セミナー in 茨城「水利用を経由して拡散する水生外来貝類の現状と対策」	2021	2
40	「農業資材を用いたカワヒバリガイ対策に関する検討」	小林卓也	電力中央研究所環境科学研究所	付着生物学会大会	2021	3
41	「生態系被害防止外来種リストに対応した導入済み外来植物のリスク評価システムの開発」	江川　知花、松橋彩衣子	農研機構 農業環境変動研究センター 中央農業総合研究センター	第68回生態学会大会	2021	3
42	「環境DNAを用いた特定外来生物カワヒバリガイの侵入モニタリング」	伊藤健二	農研機構農業環境研究部門	日本ベントス・日本プランクトン学会合同大会	2021	9
43	外来牧草の利用にともなう生態系への影響について	江川知花	農研機構農業環境研究部門	第52回日本緑化工学会大会	2021	9
44	「環境DNAの簡易な抽出・検出法の提案」	鈴木良地、河村邦生、水上優子	愛知県農業総合試験場	環境DNA学会第4回大会ポスター発表（オンライン）	2021	11
45	農業用貯水池の落水を用いた特定外来生物カワヒバリガイの管理について報告	伊藤健二	農研機構農業環境研究部門	第69回日本生態学会大会（ESJ69）ポスター発表(オンライン)	2022	3

46	ナガエツルノゲイトウの本田と畦畔との繁茂の関係	藤代淳、鈴木聡史、井原 希、嶺田拓也、草川知行	千葉県農林総合研究センター・夷隅農業事務所・ 農研機構	日本作物学会関東支部講演会	2022	3
47	夏季の畦畔植生を維持しながらナガエツルノゲイトウを防除する管理体系の検討	井原希、嶺田拓也、吉村泰幸、小荒井晃、芝池博幸	農研機構植物防疫研究部門	日本雑草学会第61回大会	2022	3
48	ナガエツルノゲイトウの低密度管理に向けた水稲収穫後の薬剤防除の検討	嶺田拓也、芝池博幸、井原希、吉村泰幸、小荒井晃	農研機構農村工学研究部門	日本雑草学会第61回大会	2022	3
49	パイプライン内のタイワ ンシジミの堆積場所を推定する水理解析手法の開発	藤島眞樹、岡島賢治	三重大学大学院生物資源学研究科	2022年度農業農村工学会大会	2022	8
50	秋-冬季落水を実施した貯水池におけるカワヒバリガイの生存率	伊藤　健二	農研機構農業環境研究部門	日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会	2022	9
51	本田における除草剤を用いたナガエツルノゲイトウの防除体系及びナガエツルノゲイトウを低密度で管理する畦畔管理体系の実証	西川康之、藤代淳、鈴木聡志、井原希、嶺田拓也、中村充明	千葉県農林総合研究センター・夷隅農業事務所・ 農研機構	日本作物学会関東支部講演会	2022	12
52	農地におけるナガエツルノゲイトウ防除研究の現状と今後の課題	井原希	農研機構植物防疫研究部門	日本植物調節剤研究協会関東支部雑草防除研究会	2022	12
53	日本におけるアレチウリの侵入・被害の実態と防除技術の開発状況	渡邊修	信州大学農学部	特定外来生物アレチウリ防除手順説明会	2023	9
54	土器川におけるアレチウリの発生動態と防除活動の効果概要	小林慶子	農研機構西日本農業研究センター	特定外来生物アレチウリ防除手順説明会	2023	9
55	日本におけるアレチウリの侵入・被害の実態と防除技術の開発状況	渡邊修	信州大学農学部	公益財団法人高知県牧野記念財団主催の勉強会（四万十町）	2023	9
56	土器川におけるアレチウリの発生動態と防除活動の効果概要	小林慶子	農研機構西日本農研	公益財団法人高知県牧野記念財団主催の勉強会（四万十町）	2023	9
57	四万十川・仁淀川におけるアレチウリ防除活動の効果概要	水口亜樹	福井県立大学	公益財団法人高知県牧野記念財団主催の勉強会（四万十町）	2023	9
58	日本におけるアレチウリの侵入・被害の実態と防除技術の開発状況	渡邊修	信州大学農学部	公益財団法人高知県牧野記念財団主催の勉強会（牧野植物園）	2023	9
59	土器川におけるアレチウリの発生動態と防除活動の効果概要	小林慶子	農研機構西日本農研	公益財団法人高知県牧野記念財団主催の勉強会（牧野植物園）	2023	9
60	四万十川・仁淀川におけるアレチウリ防除活動の効果概要	水口亜樹	福井県立大学	公益財団法人高知県牧野記念財団主催の勉強会（牧野植物園）	2023	9
61	環境DNAを用いたカワヒバリガイの侵入実態の把握：貯水池落水による検証	伊藤健二	農研機構農業環境研究部門	日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会	2023	9
62	軟体動物門（腹足類と二枚貝類）の環境DNAメタバーコーディングのためのPCRプライマーの開発	中村匡聡、白子智康、渡部恵司、伊藤健二、竹村武士、吉村泰幸、芝池博幸、小出水規行	いであ株式会社・農研機構農業環境研究部門、農村工学研究部門	環境DNA学会第6回大会	2023	12

63	簡易eDNAろ過抽出法のメタバーコーディング解析およびオンサイト分析への適用	鈴木良地,、河村邦生、中村匡聡,伊藤健二	愛知県・いであ株式会社・農研機構農業環境研究部門	環境DNA学会第6回大会	2023	12
64	溶存酸素を調整した密閉条件下でのタイワンシジミの生存率	藤島眞樹、岡島賢治	三重大学大学院生物資源学研究科	2023年度農業農村工学会大会	2023	8
65	侵略的外来種が与える農業への影響	吉村泰幸	農研機構農業環境研究部門	公開セミナー「侵略的外来種を防除するマニュアルと今後の展望」	2024	2
66	農業利水における外来貝類被害対策マニュアルのご紹介～侵入検知から対策・駆除貝の資源化まで～	伊藤健二	農研機構農業環境研究部門	公開セミナー「侵略的外来種を防除するマニュアルと今後の展望」	2024	2
67	侵略的外来雑草ナガエツルノゲイトウの農地へのまん延を防ぐ　～流域内での拡散・定着防止に向けた総合マニュアル(手引き)の紹介～	嶺田拓也	農研機構植物防疫研究部門	公開セミナー「侵略的外来種を防除するマニュアルと今後の展望」	2024	2
68	農耕地周辺におけるアレチウリ管理マニュアルの紹介 －侵入レベルに応じた防除体系の構築－	渡邉 修	信州大学農学部	公開セミナー「侵略的外来種を防除するマニュアルと今後の展望」	2024	2
69	いる？いない？環境DNAを利用した侵略的外来種の簡易調査法	鈴木良地	愛知県農業総合試験場	公開セミナー「侵略的外来種を防除するマニュアルと今後の展望」	2024	2
70	除草剤体系処理による水田でのナガエツルノゲイトウ防除技術	井原希、嶺田拓也、吉村泰幸、松橋彩衣子、小荒井晃	農研機構植物防疫研究部門・農業環境研究部門	公開セミナー「侵略的外来種を防除するマニュアルと今後の展望」ポスター発表	2024	2
71	順序による密度観測データを、雑草の発生予測に利用する	松橋彩衣子	農研機構植物防疫研究部門	公開セミナー「侵略的外来種を防除するマニュアルと今後の展望」ポスター発表	2024	2
72	外来系統リードカナリーグラスおよびその在来系統クサヨシ（Phalaris arundinacea L.）の茨城県とその周辺における分布と遺伝的集団構造	吉村泰幸、江川知花、植田夏実・山本哲史、芝池博幸	農研機構農業環境研究部門・植物防疫研究部門	公開セミナー「侵略的外来種を防除するマニュアルと今後の展望」ポスター発表	2024	2
73	軟体動物門（腹足類と二枚貝類）の環境DNAメタバーコーディングのためのPCRプライマーの開発	中村匡聡、白子智康、渡部恵司、伊藤健二、竹村武士、吉村泰幸、芝池博幸、小出水規行	いであ株式会社・農研機構農業環境研究部門・農村工学研究部門	公開セミナー「侵略的外来種を防除するマニュアルと今後の展望」ポスター発表	2024	2
74	消石灰を用いた特定外来生物カワヒバリガイ駆除に関する検討	小林卓也、横島友和、伊藤健二	電中研・農研機構農業環境研究部門・霞ケ浦用水土地改良区	第58日本水環境学会年会	2024	3
75	環境DNA分析へのLAMP法の適用について	鈴木良地	愛知県農業総合試験場	第15回LAMP研究会	2024	3
76	水田における低密度管理体系の実証	山本一浩	千葉県農林総合研究センター	雑草学会第63回大会	2024	3
77	神奈川県の水田におけるナガエツルノゲイトウの発生と除草剤による防除方法	檜垣知里	神奈川県農業技術センター	雑草学会第63回大会	2024	3
78	静岡県朝霧地域におけるアレチウリの生態及び飼料畑周辺の防除について	松本悠希	静岡県畜産技術研究所	雑草学会第63回大会	2024	3
79	香川県土器川におけるアレチウリの発生動態と防除活動	小林慶子	農研機構西日本農業研究センター	雑草学会第63回大会	2024	3

80	移植水田で発生するナガエツルノゲイトウは有効な除草剤体系処理の2年間の連年処理で地下部まで防除できる	井原希、嶺田拓也、吉村泰幸、松橋彩衣子、小荒井晃	農研機構植物防疫研究部門	雑草学会第63回大会	2024	3
81	外来雑草ナガエツルノゲイトウの断片からの再生に光環境が及ぼす影響について基礎的研究	植田夏実、井原希、嶺田拓也	農研機構植物防疫研究部門	雑草学会第63回大会	2024	3

（3）出版図書

区分：①出版著書、②雑誌（学術論文に記載したものを除く、重複記載をしない。）、③年報、④広報誌、⑤その他

整理番号	区分	著書名（タイトル）	著者名	機関名	出版社	発行年	発行月
1	②	植調第53巻第7号「千葉県印旛沼の循環灌漑地域におけるナガエツルノゲイトウ分布の現状と防除に向けた課題」	嶺田拓也	農研機構・農村工学研究部門	日本植物調節剤協会	2019	10
2	②	農業および園芸96巻第1号（農業水利施設を利用する水草たち）	嶺田拓也	農研機構・農村工学研究部門	養賢堂	2021	1
3	②	植調第55巻第8号「順序データによる観測調査の新たな利用可能性　ー統計モデルを活用した難防除雑草カラスムギの発生予測と管理効果の評価ー」	松橋彩衣子・深澤圭太	農研機構・植物防疫研究部門	日本植物調節剤協会	2021	10
4	②	畑地農業750号「カワヒバリガイ付着に関する農業用パイプの浸漬実験及びスポンジボールによる除去の検討」	有吉充・霜村潤・道浦吉貞	農研機構・農村工学研究部門	畑地農業振興会	2021	5
5	②	特定外来生物カワヒバリガイの管理と水資源	小林卓也	電力中央研究所環境科学研究所	日本の水を守る会	2021	6
6	②	水路・貯水池のカワヒバリガイ対策−まずは水を抜いて確認を！（仮題）	伊藤健二	農研機構・農業環境研究部門	現代農業	2022	6
7	②	畑地農業767号「農業用パイプ及び防汚塗料のカワヒバリガイ付着に関する現地試験」	有吉充・霜村潤・道浦吉貞	農研機構・農村工学研究部門	畑地農業振興会	2022	10
8	②	畑地農業780号「カワヒバリガイの洗管工法による除去及び表面含浸工法による付着抑制効果の検証」	有吉充・霜村潤・道浦吉貞	農研機構・農村工学研究部門	畑地農業振興会	2023	11

（4）国内特許権等

区分：①育成者権、②特許権、③実用新案権、④意匠権、⑤回路配置利用権

整理番号	区分	特許権等の名称	発明者	権利者（出願人等）	機関名	出願番号	出願年月日	取得年月日
1	②	検体中の核酸を回収する方法	鈴木良地	愛知県	愛知県	特願2021−179373	2021/11/2	登録日2024/1/29 発行日2024/2/6
2	②	プライマーセット、リアルタイムPCR用プローブ、及びリアルタイムPCR用キット、並びにそれらの用途	芝池博幸、伊藤健二	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構	特願2021−087573	2021/5/25	審査中 開放特許情報登録日 2023/2/2

（5）国際特許権等

区分：①育成者権、②特許権、③実用新案権、④意匠権、⑤回路配置利用権

整理番号	区分	特許権等の名称	発明者	権利者（出願人等）	機関名	出願番号	出願年月日	取得年月日	出願国
1		該当なし							

（6）報道等

区分：①プレスリリース、②新聞記事、③テレビ放映、④その他

整理番号	区分	記事等の名称	機関名	掲載紙・放送社名等	掲載年月日	備　考
1	②	外来雑草のリスク共有　－農研機構と千葉県公開セミナー	農研機構・千葉県農林水産部	日本農業新聞	2019/11/28	
2	④	農業ニュース「最高で1億円の罰金？！　禁じられた花、特定外来生物の「オオキンケイギク」とは」	農研機構	マイナビ農業	2020/6/23	※Ⅲ-1 リスク評価対象種、収集した情報をもとにした解説 https://agri.mynavi.jp/2020_06_19_119057/
3	④	「アレチウリの生息域拡大に伴う農業被害とその防止技術について」	静岡県畜産技術研究所	静岡県先進的農業推進協議会において資料提供し情報を共有	2020/12/2	※静岡県先進的農業推進協議会会員：静岡県農業関係部局、静岡県農業関係試験研究機関、静岡大学農学部
4	②	田の給水を阻害、全国で警戒高まる	農研機構	日本農業新聞	2021/6/8	
5	①	水を分析するだけで 特定外来生物のカワヒバリガイを高感度に検出－貯水池などへの侵入の早期発見で、効果的な対策が可能に －	農研機構		2021/8/18	https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/niaes/143446.html
6	②	水路の厄介者 カワヒバリガイ/水検査で早期検出/農研機構がPCR技術開発	農研機構	日本農業新聞	2021/8/19	
7	④	水検査で早期検出　水路の厄介者カワヒバリガイ　農研機構がPCR技術開発	農研機構	日経バイオテクONLINE(日経BP)	2021/8/19	
8	④	水を分析するだけで　特定外来生物のカワヒバリガイを高感度に検出　ー　貯水 池などへの侵入の早期発見で、効果的な対策が可能に　ー	農研機構	NEWSつくば	2021/8/19	
9	②	特定外来生物「カワヒバリガイ」水の分析で高感度に検出　農研機構	農研機構	農業協同組合新聞	2021/8/20	https://www.jacom.or.jp/saibai/news/2021/08/210820-53368.php
10	②	カワヒバリガイ早期発見/農研機構　生息確認手法を開発	農研機構	茨城新聞	2021/8/23	
11	②	特定外来生物カワヒバリガイ早期発見技術 / 水の分析だけで高感度に検出	農研機構	農業共済新聞	2021/8/25	
12	②	水を分析するだけで「特定外来生物」カワヒバリガイ高感度検出	農研機構	科学新聞	2021/8/27	
13	②	田・貯水池、貝発生を早期発見	農研機構	日経産業新聞	2021/9/1	
14	④	環境DNA分析で農業設備を守る	農研機構	日経サイエンス	2021/9/25	

15	④	「特定外来生物アレチウリの生態解明と防除体系の構築」	静岡県畜産技術研究所	静岡県畜産技術研究所HPに掲載	2021/11月	
16	②	「アレチウリの発生実態および分布拡大様式の解明と侵入レベルに応じた防除体系の構築」	静岡県畜産技術研究所	静岡県先進的農業推進協議会において口頭発表	2021/11/22	※静岡県先進的農業推進協議会会員：静岡県農業関係部局、静岡県農業関係試験研究機関、静岡大学農学部、静岡県立農業環境専門職大学
17	②	「外来種を増やさない」	農林水産省農林水産技術会議事務局	農林水産技術ニュース	2021/11月	農林水産業の研究成果を中学、高校生向けにわかりやすく情報発信する新聞
18	②	カワヒバリガイによる水利施設の被害と対策に関する報告記事	農研機構	日本共済新聞	2021/12月	
19	②	農業被害をもたらす侵略的外来種の管理技術の開発	農研機構	農業共済新聞	2021/12/1	
20	②	水利施設を脅かす外来生物　ナガエツルノゲイトウ前編	農研機構	日本共済新聞	2021/12/8	
21	②	ナガエツルノゲイトウの侵入防止対策に関する記事 「水系全体で侵入防止を」	農研機構	日本共済新聞	2021/12月	
22	②	特定外来生物ナガエツルノゲイトウ　県内自治体、駆除に本腰	農研機構	茨城新聞	2022/1/11	
23	①	簡単で安くて迅速なDNA濃縮法（SGF法）を開発しました。	愛知県	プレスリリース	2022/1/19	https://www.pref.aichi.jp/soshiki/nogyo-keiei/sgfhou.html
24	②	茨城県内におけるナガエツルノゲイトウ対策に関する記事	農研機構	茨城新聞	2022/1月	茨城県南部の水田地帯に侵入したナガエツルノゲイトウの生態や対策へのコメントが掲載
25	②	カワヒバリガイ対策の落水と環境DNAによる調査についての記事(取材済み)	農研機構	全国農業新聞	2022/2/18	
26	②	環境DNA調査　簡単、安価に	愛知県	毎日新聞	2022/2/16	
27	②	DNA　迅速に回収	愛知県	日本農業新聞	2022/2/18	
28	②	タイトル「貯水池の落水を中心とする特定外来生物カワヒバリガイの管理手順」/カワヒバリガイ対策についての解説	農研機構	技術の窓(日本政策金融公庫)	2022/7/25	https://www.jfc.go.jp/n/finance/keiei/pdf/2572.pdf
29	①	ガラス繊維で環境DNAをキャッチ！	愛知県	プレスリリース	2022/12/23	https://www.pref.aichi.jp/press-release/2022seika.html
30	②	簡易・安価・迅速な環境DNA濃縮法を開発	愛知県	日本農業新聞	2023/6/23	「あいち技術・経営トピックス」内の記事として
31	④	土地改良施設における特定外来生物の防除対策	茨城県農村振興技術連盟	いばらきの土地改良（第33号）	2024/4月	

（7）普及に移しうる成果

区分：①普及に移されたもの・製品化して普及できるもの、②普及のめどがたったもの、製品化して普及のめどがたったもの、③主要成果として外部評価を受けたもの（複数選択可）。

整理番号	区分	成果の名称	機関名	普及（製品化）年月		主な利用場面	普及状況
1	③	環境DNAを用いた特定外来生物カワヒバリガイの調査手法	農研機構農業環境変動研究センター	2021	3	農業用貯水池	野外調査で活用されている
2	③	落水による特定外来生物カワヒバリガイ対策マニュアル	農研機構農業環境変動研究センター	2021	3	農業用貯水池	野外調査で活用されている
3	③	環境DNAを活用した落水管理による特定外来生物カワヒバリガイの駆除技術	農研機構農業環境研究部門	2022	6	農業用貯水池	農研機構重点普及成果・野外調査で活用されている
4	③	水稲作における特定外来生物ナガエツルノゲイトウの化学的防除体系	農研機構植物防疫研究部門	2023	3	水田	農研機構普及成果・野外調査で活用される予定

（8）発表会の主催（シンポジウム・セミナー等）の状況

整理番号	発表会の名称	機関名	開催場所	年月日	参加者数	備　考
1	農研機構農業環境技術公開セミナーin千葉 水利用を介して拡散する侵略的外来種のリスク管理	農研機構・千葉県	Web開催	2019/11/15	100	https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/niaes/132719.html
2	日本雑草学会202012年度シンポジウム(外来雑草の情報収集と環境変動の影響)	信州大学	信州大学農学部（Web開催）	2020/12/12	70	http://wssj.jp/conference/symposium.html
3	2021年度　日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会　自由集会	農研機構・三重大学	Web開催	2021/9/20	60	https://sites.google.com/view/benpla2021/%E5%A4%A7%E4%BC%9A%E6%97%A5%E7%A8%8B%E3%82%A4%E3%83%99%E3%83%B3%E3%83%88/%E3%82%B7%E3%83%B3%E3%83%9D%E3%82%B8%E3%82%A6%E3%83%A0%E8%87%AA%E7%94%B1%E9%9B%86%E4%BC%9A#h.ptfmudkfl2or
4	農研機構農業環境技術公開セミナーin茨城 水利用を介して拡散する水生外来生物の現状と対策	農研機構・霞ヶ浦土地改良区・三重大学・電力中央研究所	Web開催	2021/2/26	66	https://www.naro.go.jp/event/list/2021/01/137430.html
5	特定外来生物アレチウリ防除手順説明会	農研機構西日本農研・信州大学・福井県立大学	農研機構西日本農研善通寺拠点生野地区	2023/9/7	22	
6	富士開拓農業協同組合の営農全体会 飼料畑の難防除雑草アレチウリの生態及びその防除について	静岡県畜産技術研究所	富士開拓農業協同組合	2023/12/11	22	
7	公開セミナー「侵略的外来種を防除するマニュアルと今後の展望」	農研機構	農研機構農業環境研究部門＆Web開催	2024/2/29	263	https://www.naro.go.jp/event/list/2024/01/161048.html
8	雑草学会第63回大会ミニシンポジウム「侵略的な外来雑草の防除現場と今後の展望」	農研機構	宇都宮大学	2024/3/29	100	

（9）アウトリーチ活動の状況

区分：①一般市民向けのシンポジウム・講演会及び公開講座・サイエンスカフェ等、②展示会及びフェアへの出展・大学及び研究所等の一般公開への参画、③その他（子供向け出前授業、民間企業への訪問による情報提供等）

整理番号	区分	アウトリーチ活動	機関名	開催場所	年月日	参加者数	主な参加者	備　考
1	①	湖沼の外来水生植物対策に関する最新情報交換会での講演「循環かんがい地帯におけるナガエツルノゲイトウの駆除・低密度管理に向けて」	手賀沼流域フォーラム実行委員会	手賀沼親水広場 水の館	2019/7/8	60	行政、NPO、学生、一般市民等	https://www.teganumaforum.com/doc/2019report8.pdf
2	①	農研機構 農業環境技術公開セミナー in 千葉「水系を通して拡散する侵略的外来種のリスク管理」	農研機構・千葉県農林水産部	千葉商工会議所	2019/11/15	150	行政、NPO、学生、一般市民等	https://www.naro.affrc.go.jp/event/list/2019/10/132478.html
3	①	勉強会における講演「ナガエツルノゲイトウの管理に向けた研究開発について」	印旛沼水質保全協議会・手賀沼水環境保全協議会	千葉県東葛飾合同庁舎	2020/1/28	76	行政、NPO、学生、一般市民等	http://www.tesuikyo.jp/?page_id=4348
4	③	霞ヶ浦農業用水推進協議会笠間支部視察研修	農研機構 農業環境変動研究センター、一般財団法人電力中央研究所	霞ヶ浦用水管理所(茨城県かすみがうら市)	2020/2/25	30	土地改良区	
5	③	ピラクロニル技術交流会でのナガエツルノゲイトウに関する講演	農研機構・農村工学研究部門、農研機構・中央農業研究センター	ホテルマークワンつくば研究学園	2020/7/15	30	除草剤メーカー研究開発担当者	
6	①	あわら市生き活きライフセミナー「お庭の雑草管理」	福井県立大学	あわら市中央公民館	2020/11/17	27	一般市民	http://www.manabi.pref.fukui.jp/manabi/koza_gyoji/36042.html
7	③	JA稲敷西部地区担い手農業研究会での水田地帯におけるナガエツルノゲイトウの拡散や防除に関する講演	農研機構・農村工学研究部門、農研機構・中央農業研究センター	JA稲敷西部支店	2021/1/13		生産者、JA関係者	
8	①	農研機構 農業環境技術公開セミナー in 茨城「水利用を介して拡散する水生外来生物の現状と対策」	農研機構・茨城県	オンライン	2021/2/26	150（予定）	行政、NPO、学生、一般市民等	https://www.naro.affrc.go.jp/event/list/2021/01/137430.html
9	①	令和3年度第2回稲敷市環境審議会にて話題提供「侵略的外来種ナガエツルノゲイトウの実態と水田地帯への拡散」	農研機構・農村工学研究部門	稲敷市役所	2021/10/12		生産者、JA関係者	
10	③	茨城県農業普及員研修会にて「ナガエツルノゲイトウの現状と課題について」「ナガエツルノゲイトウのまん延を防ぐために～再生・越冬能力から見る管理のポイント～」	農研機構・農村工学研究部門、農研機構・中央農業研究センター	茨城県	2021/11/22		茨城県農業普及員	

11	②	SATテクノロジー・ショーケース 2022 関東地方における特定外来生物カワヒバリガイの分布拡大の現状と、環境DNA分析による早期対策の可能性	つくばサイエンスアカデミー	つくば国際会議場orオンライン	2022/1/27		一般市民	https://www.science-academy.jp/showcase2022.shtml
12	③	豊川用水環境学習会	愛知県	水資源機構豊川用水総合事業部	2021/12/1	68	土地改良区、県職員	
13	②	アグリビジネス創出フェア in 東海	愛知県	AP名古屋	2022/1/20		メーカー、一般市民	http://www.biotech-tokai.jp/archives/4172
14	③	愛知用水環境学習会	愛知県	水資源機構愛知用水総合管理所	2022/1/25	20(予定)	土地改良区	
15	①	令和3年度三重県農業農村整備技術シンポジウムにて発表「タイワンシジミの堆積地点を推定する水理解析手法の開発」	三重大学	三重大学地域イノベーションホール	2021/11/2		行政，学生	
16	②	佐倉市産業大博覧会にてナガエツルノゲイトウの樹脂標本展示および解説、パンフレット配布	農研機構・農村工学研究部門、鹿島川土地改良区	佐倉草ふえの丘	2021/10/13		一般市民	
17	③	令和3年度第2回県南地域ナガエツルノゲイトウ等対策連絡会議にて話題提供「「ナガエツルノゲイトウの現状と課題について」	農研機構・農村工学研究部門	阿見町本郷ふれあいセンター	2022/1/19		行政，土地改良区	
18	③	農林水産省農村振興局鳥獣対策・農村環境課生物多様性保全班が主催したナガエツルノゲイトウに係る全国会議への資料および動画提供	農研機構・農業環境研究部門、農研機構・農村工学研究部門、農研機構・植物防疫研究部門	オンライン	2021/10/15 2021/10/18 2021/10/20 2021/10/21 2021/10/26		行政，土地改良区	ナガエツルノゲイトウ駆除マニュアル https://www.maff.go.jp/j/nousin/kankyo/kankyo_hozen/attach/pdf/nagae-14.pdf
19	①	ナガエツルノゲイトウ現地まん延圃場研修会での現地視察対応	農研機構植物防疫研究部門・農村工学県っ級部門・農業環境研究部門	千葉県八千代市農家圃場	2022/8/3		生産者、JA担当者、除草剤メーカー担当者	
20	①	農用地でのナガエツルノゲイトウの生態ととの防除対策について	農研機構植物防疫研究部門・農村工学究部門	滋賀県農業技術振興センター主催の研究セミナー	2022/8/4		生産者、JA担当者、除草剤メーカー担当者	
21	①	農地におけるナガエツルノゲイトウ侵入・定着防止に向けた取組の紹介と見えてきたいくつかの課題	農研機構 農村工学究部門	滋賀県立大学環境科学部水陸両生外来植物管理研究会主催のワークショップ	2022/8/5		生産者、JA担当者、除草剤メーカー担当者	
22	①	アグリビジネス創出フェア 農業用水の生物情報を 環境DNA で診断－特定外来生物 カワヒバリガイ の対策に貢献－	農研機構 農業環境研究部門	東京ビックサイト	2022/10/5		生産者、JA担当者、除草剤メーカー担当者	

23	②	アグリクロス・メッセ名古屋2022	愛知県	ポートメッセなごや	2022/11/16-18		生産者、メーカー担当者	https://www.messenagoya.jp/special
24	②	愛知県農業総合試験場公開デーを開催します～農業には“すごい”がいっぱい！場公開デー～	愛知県	愛知県農業総合試験場	2022/11/3	530	一般市民	
25	①	農業用水の生物情報を 環境DNA で診断ー特定外来生物 カワヒバリガイ の対策に貢献ー	農研機構 農業環境研究部門	農業技術革新・連携フォーラム2022	2023/1/10		生産者、JA担当者、除草剤メーカー担当者	
26	①	農業利水施設におけるカワヒバリガイ拡散防止策	電力中央研究所環境科学研究所	特別展「ぐんまの自然の『いま』を伝える」特別展および報告会	2023/1/21		一般市民	
27	②	ナガエツルノゲイトウに対する除草剤による防除の現地実証試験の紹介	神奈川県農業技術センター	Twitter	2023/7/12		メーカー、一般市民	
28	①	特定外来生物ナガエツルノゲイトウの特徴と侵入初期段階での対策技術ー特に効果的な除草剤の使い方ー	農研機構植物防疫研究部門・農村工学究部門	神奈川県厚木市土地改良区の研修会	2022/8/2		神奈川県厚木市の土地改良区の組合員	
29	①	公益財団法人高知県牧野記念財団主催の勉強会	農研機構西日本農研・信州大学・福井県立大学	四万十町ふるさと未来館	2023/9/8	16	一般市民	
30	①	公益財団法人高知県牧野記念財団主催の勉強会	農研機構西日本農研・信州大学・福井県立大学	高知県立牧野植物園	2023/9/9	24	一般市民	
31	③	北海道の雑草防除を考える会主催　雑草防除セミナー ムギ作難防除雑草の発生予測と北海道での管理に関する講演	農研機構植物防疫研究部門	北海道大学学術交流会館	2023/10/27	50	公設試、除草剤メーカー、研究機関、教育機関	
32	②	アグリビジネス創出フェア 農業用水の生物情報を 環境DNA で診断ー特定外来生物 カワヒバリガイ の対策に貢献ー	農研機構 農業環境研究部門	東京ビックサイト	2023/11/20		生産者、JA担当者、除草剤メーカー担当者	