

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02975

研究課題名(和文) 稲作の衰退が生物多様性を減少させる：落水後のため池に特有な植物群の現状とその保全

研究課題名(英文) Conservation, taxonomy and ecology of the plants specific to reservoir environments.

研究代表者

牧 雅之(MAKI, MASAYUKI)

東北大学・学術資源研究公開センター・教授

研究者番号：60263985

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：水田耕作用途のため池は、冬期に落水されるため、短い期間、植物にとって特殊な生育環境を提供する。そのような環境に適応していると考えられる植物群が存在することは比較的近年認識されるようになってきている。本研究では、そのような特異的な植物群の保全を考えるうえでの基礎的な情報を収集することを目的とした。

ため池に特異的に見られる植物には、非ため池環境に生育する種からはっきりと分化した種とそうではない種の両方が生育しており、その多くは、表現的可塑性が大きい傾向にあり、落水後のため池という特殊な環境にうまく適応している。遺伝的にはため池型と非ため池型で分化している場合とそうでない場合が見られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

落水後のため池に特異的に見られる植物群についての研究はこれまでにほとんどなされてきていない。本研究では、そのような特殊環境に生育する植物種について、現状調査、分類学的再検討、生態的調査、分子系統学的解析を行った。

一概に落水後のため池環境に特異的に生育する植物種といっても、形態的分化や生態的分化、遺伝的分化は種群ごとにかなり異なっていることが示唆された。これらの植物群に関する保全を考えるうえでは、種ごとのさまざまな特性を考慮する必要があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Reservoirs used for rice cultivation are drained during the winter, providing a unique habitats for plants for a short period of time. The existence of plant groups that are considered to be adapted to such environments has been recognized relatively recently. The objective of this study was to collect basic information to conserve such unique flora.

The plants found specific to reservoirs include both species that are clearly differentiated from the species found in non-reservoir environments and those that are not. Those species tend to have high phenotypic plasticity and are well adapted to the special environment of post-drainage reservoirs. There found genetically differentiated and non-differentiated species among the plants specific to reservoirs environments.

研究分野：植物分類学

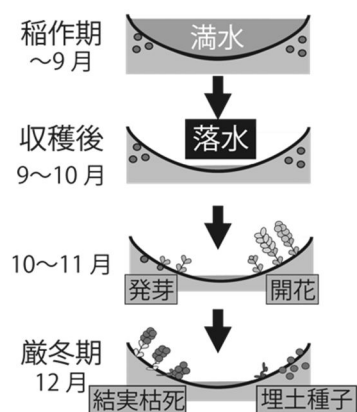
キーワード：在来種保全

1. 研究開始当初の背景

人口の減少、生活様式や人々の嗜好の変化、高齢化による農業従事者の減少により、日本の農業は衰退しつつある。さらに、営農法の近代化に伴う大規模な圃場整備化による農地環境の変化が著しい。稲作も例外ではなく、国内の耕作地の大部分を占める水田およびその周辺の環境も大きく変化しつつある。以前は普通に見られた「水田雑草」もこの半世紀間に激減し、レッドリストに記載される種も少なくない。かつての「邪魔者」である水田雑草は、生物多様性保全の観点からはあまり顧みられることなく、絶滅への道を進んでいるといえる。

国内にはおよそ 21 万カ所に灌漑ため池（以下、ため池と呼ぶ）があるとされている。水稲耕作が活発な時代には、これらのため池の多くは、米の収穫後の落水という水位管理がなされてきた。赤井（2013）は、落水後のため池底に、これまで分類学的に十分に認識されてこなかった、多数の新種を含む特異な植物群が生育することを明らかにした（以下、これらの植物群については、赤井（2013）に従い、「ため池秋植物」と呼ぶことにする）。しかしながら、近年の水稲耕作の衰退とともに、落水管理も十分に行われなくなってきており、ため池秋植物が出現する機会は激減している。

ため池秋植物は、秋の落水後から厳冬期までの非常に短い生育可能期間に生活環を完了するため（右図）、研究者に気づかれにくく、これまで見過ごされてきたものと思われる。これは、維管束植物の分類学的研究が進んでいる日本においては、非常に異例である。その特異な生活環は、梅本・藤井（2003）の提唱する「水田秋植物」に類似するが、現時点では具体的な生態的特性についてもほとんど分かっていない。そのため、現状のままでは、保全に値するかどうか検討されることなく、何の対処もされないまま絶滅してしまう可能性が高い。本研究では、現時点ではほとんど未解明なため池秋植物の生物学の実態を明らかにし、この植物群をいかにして絶滅から守るのかという保全生物学的研究を展開する。



2. 研究の目的

本研究は以下のような問題を設定し、これを解決することによって、これまで見過ごされてきた、ため池秋植物群の保全に関する基礎的な研究を進めることを目的とする。

(1) ため池秋植物に該当すると考えられる種の分類学的問題点の検討と現状の解明

生物種の保全にあたって、未解明の生物相に対しては既知の生物種との比較・検討を、第一段階として必ず行う必要がある（Hunter 1996）。赤井（2013）が指摘しているように、落水後のため池底に見られる植物種には、これまでに全く認識されてこなかったような新分類群（新種）が多数含まれている可能性がきわめて高い。本研究では、形態分類学的な調査と分子情報に基づく分子系統学的解析を行って、ため池秋植物の分類学的実態を明らかにする。また、ため池秋植物群が、国内のどこに分布し、どれくらい生育しているかは、当然のことながらほとんど未解明である。これらの植物群の保全を行うためには、その稀少性を明らかにする必要があるため、全国規模の網羅的な分布調査と生育状況の調査を行う。

(2) ため池秋植物の保全に関する基礎的な情報の収集

種の保全については、生育域内保全と生育域外保全に分けることが可能である（Primack 1993）。しかし前述したように、すでにため池を取り巻く環境は悪化の一途を辿っており、生育域内保全を行うための時間は十分に残されていない。そのため、生育域外保全が必須となる。一般に絶滅危惧種の生育域外保全として、人工管理下で栽培を行うためには、その種の生態的特性を把握しておく必要がある（Schemske et al. 1994）。本研究では、生育域外保全の実践を行う際に必要となる、ため池秋植物の生活環の実態や種子発芽特性を明らかにする。

(3) ため池秋植物における地理的な遺伝的分化

絶滅危惧種の保全にあたっては、その種の持つ遺伝子プールを可能な限り網羅的に維持すべきであるとされている（Frankham et al. 2008）。しかし、上記のように生育域外保全を行う際には、労力や収納スペースの観点から、分布域から効率よく集団を収集し、維持することが必要となる。そのためには、国内における集団の地理的な遺伝的分化を明らかにしておく必要がある。ため池秋植物は、短期間の生育期間しかなく、また花も小さいものが多いことから高い自殖性をもつと予測される。自殖性の高い植物では、一般に集団間分化が高いことが知られているため、これらの植物群では遺伝的な地域固有性が見られる可能性が高いが、現状では全く不明であり、これを明らかにする。

また、詳細な遺伝学的情報に基づく分子系統学的解析により、これまでの形態観察では認知されてこなかった隠蔽種が見出される可能性がある。特に、形態情報に乏しい種群については、新たに認知される可能性が十分にある。本研究では、隠蔽種の存在可能性も検討する。

3. 研究の方法

(1) ため池秋植物の現状に関する野外調査

東北地方から九州にかけて、落水期にため池を探索し、そこに見られる植物相の調査を行った。落水後のため池には必ずしもそこに特異的な種だけが存在するわけではない。主として、周辺の休耕期の水田における植物相と比較して、ため池に依存して生育していると思われる種について着目した。

(2) 分類学的問題の検討

I で着目した種群について、落水後のため池以外の生育地にも生育する在来種について、形態学的な観察を行い、形態的差異が見られるかどうかを検討し、現状の分類学的取り扱いと照合した。

(3) ため池秋植物の生態的情報の収集

現地における観察により、ため池秋植物の生態的特性についての情報を収集した。また、実験室内で播種実験を行い、発芽特性および成長特性についての情報を収集した。

(iv) ため池秋植物における地理的な遺伝的分化

国内の多数の地点から、ため池秋植物を収集し、そのサンプルから DNA を抽出した。遺伝学的解析手法としては、Suyama and Matsuki (2015) によって開発された MIG-seq 法により、全ゲノム領域に渡る一塩基多型を検出し、それに基づく集団遺伝学的解析を行った。

4. 研究成果

(1) ため池秋植物の現状調査

東北地方から九州にかけて、休耕期に落水された、ため池の調査を行った。近年の稲作の衰退に伴い、事前の情報収集で落水が以前は行なわれていたとされるため池の一部には、研究実施の3年間に一度も落水されなかったものが含まれた。このような落水管理が今後も継続するかどうかは、ため池秋植物の保全を考えるうえで、非常に重要な問題であると考えられる。

ため池秋植物としてほとんどのため池で生育が観察されたのは、カヤツリグサ属とテンツキ属の数種であり、それ以外の種は一部のため池に限られて生育している傾向にあった。

(2) 分類学的問題の検討

東北地方から九州までの多くのため池で生育が確認されたクロテンツキ (*Fimbristylis diphylloides* Makino) は、かつてノジテンツキ (*F. campylophylla* Tuyama) とされて、その後、クロテンツキのシノニムとされた植物と同一であることが判明した。Horiuchi (2018) によって、ノジテンツキはクロテンツキと複数の形態的形質が異なることが明らかとされたが、ため池で見られたこの種群はいずれも形態的にクロテンツキではなく、ノジテンツキに合致した。ただし、少数ながら例外が見られ、ため池でクロテンツキが見られたり、逆に休耕地でクロテンツキではなく、ノジテンツキが見られた場合もあった。

ノジテンツキほど多数ではないが、東北地方から西日本の多くのため池で確認されたサウトウガラシは、ため池で見られる集団では種子サイズが大きい傾向にあった。これらの集団は、日光の赤沼原で採取された植物に基づき記載された、変種アカヌマソウにあたるものではないかと考えられたが、ため池でみられる植物と休耕地などで見られる植物には、種子サイズ以外にははっきりとした形態的な差異が観察されなかった。

大多数のため池で、カヤツリグサ属の種が複数観察され、これらの種群は形態的特徴に乏しいため、隠蔽種が含まれている可能性があったが、分子集団遺伝学的解析（下記の4）を行った結果、オオシロガヤツリ、シロガヤツリ、ウキミガヤツリ、ヒメアオガヤツリ、アオガヤツリに該当する種が存在し、今回の調査範囲では未知の分類群の発見には至らなかった。

(3) ため池秋植物の生態的特性

今回、調査を行ったため池には、工事と思われる理由で、米の収穫後ではなく、春期もしくは前年に落水されたと考えられる地点が見られた。そのようなため池では、テンツキ属のうちのメアゼテンツキやアオテンツキやカヤツリグサ属の種で、通常の落水がなされるため池に見られる集団と比較して、はるかに体サイズが大きくなっていった。このことから、これらの種では、形態的な可塑性が非常に大きい可能性が示唆された。

実験室内で、ため池に特異的に生育するカヤツリグサ属数種の播種実験を行ったところ、発芽は速やかに起こり、休眠打破に関わる特殊な条件は存在しないことが示唆された。一方、開花については、単純な温度変化や日長変化だけでは誘導を行うことが難しく、単純な要因で決定されていない可能性がある。

(4) ため池秋植物における地理的な遺伝的分化

ノジテンツキ・クロテンツキ種群については、ノジテンツキとクロテンツキがそれぞれ一つのクラスターを形成する傾向にあり、近距離のノジテンツキ集団とクロテンツキ集団が遺伝的に近縁になる傾向は見られなかった。このことから、ノジテンツキがクロテンツキから、落水後のため池環境に適応して複数回進化した可能性は低いと考えられる。

一方、サウトウガラシについては、ため池にみられた集団とそれ以外の生育環境から得られた集団で、遺伝的分化は見られず、むしろ地理的にまとまる傾向にあった。今回の形態学的解析では、サウトウガラシのため池型に、種子サイズ以外のはっきりとした際は見られなかったが、生態的特性に関する解析が十分ではないため、ため池型が非ため池型から生態的に分化している可能性は否定できない。地理的遺伝構造を考慮した収集保存などの対策をとる必要性があるかもしれない。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Shinji Fujii, Yoshinori Tokuoka, Masayuki Maki	4. 巻 71
2. 論文標題 Leaf Morphology of <i>Saxifraga fortunei</i> var. <i>obtusocuneata</i> and var. <i>suwoensis</i> (Saxifragaceae)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Acta Phytotaxonomica et Geobotanica	6. 最初と最後の頁 231 ~ 242
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18942/apg.202001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kyan Ryuuta, Kimura Takuma, Yamashiro Tadashi, Fujii Shinji, Sakaguchi Shota, Ito Motomi, Nagano Atsushi J., Kudoh Hiroshi, Maki Masayuki	4. 巻 126
2. 論文標題 Phylogeographic and demographic modeling analyses of the multiple origins of the rheophytic goldenrod <i>Solidago yokusaiana</i> Makino	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Heredity	6. 最初と最後の頁 831 ~ 845
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41437-021-00408-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yamada Takayuki, Kokubugata Goro, Fujii Shinji, Chen Chien Fan, Asakawa Akira, Ito Takuro, Maki Masayuki	4. 巻 48
2. 論文標題 Refugia during the last glacial period and the origin of the disjunct distribution of an insular plant	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Biogeography	6. 最初と最後の頁 1460 ~ 1474
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jbi.14090	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Tadashi Yamashiro, Asuka Yamashiro, Michiyuki Maruoka, Tomiki Kobayashi, Masayuki Maki	4. 巻 72
2. 論文標題 Genetic Structure of a Rare Interspecific Hybrid of <i>Vincetoxicum atratum</i> and <i>V. pycnostelma</i> (Apocynaceae;Asclepiadoideae)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Acta Phytotaxonomica et Geobotanica	6. 最初と最後の頁 227-239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18942/apg.202104	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kikuchi Ai, Kyan Ryuta, Maki Masayuki	4. 巻 22
2. 論文標題 Population genetic diversity and conservation priority of prince 's pine <i>Chimaphila umbellata</i> populations around the south margin of their distribution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Conservation Genetics	6. 最初と最後の頁 839 ~ 853
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10592-021-01366-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shinji Fujii, Masayuki Maki	4. 巻 96
2. 論文標題 Dauciform Roots in <i>Aletris spicata</i> (Nartheciaceae)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japanese Botany	6. 最初と最後の頁 294 ~ 296
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kimura Takuma, Yamada Takayuki, Sakaguchi Shota, Ito Motomi, Maki Masayuki	4. 巻 49
2. 論文標題 Multiple colonizations and genetic differentiation in goldenrod populations on recently formed nearshore islands	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Biogeography	6. 最初と最後の頁 836 ~ 852
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jbi.14342	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Uemura Ryudo, Asakawa Akira, Fujii Shinji, Matsuo Ayumi, Suyama Yoshihisa, Maki Masayuki	4. 巻 2022
2. 論文標題 Can <i>Rumex madaio</i> (Polygonaceae) be threatened by natural hybridization with an invasive species in Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nordic Journal of Botany	6. 最初と最後の頁 e03543
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/njb.03543	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 軒原開・藤井伸二・伊東拓朗・松尾歩・陶山佳久・福岡豪・角野康郎・牧雅之
2. 発表標題 分子系統解析に基づく日本産イバラモ属の分類学的再検討
3. 学会等名 日本植物分類学会第21回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村上将希・伊東拓朗・浅川彬・山田孝幸・田金秀一郎・藤井伸二・松尾歩・陶山佳久・牧雅之
2. 発表標題 フシノハアワブキ（広義）の隔離分布形成過程の検証
3. 学会等名 日本植物分類学会第21回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 保尊大志・伊東拓朗・藤井伸二・高橋大樹・松尾歩・陶山佳久・牧雅之
2. 発表標題 ヤマハハコ（広義）における地理的分化・生態的分化に関する分子系統学的解析
3. 学会等名 日本植物分類学会第21回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 喜屋武隆太・伊東拓朗・藤井伸二・山城考・阪口翔太・伊藤元巳・牧雅之
2. 発表標題 溪流沿い植物アオヤギバナの収斂進化に関するトランスクリプトーム比較解析
3. 学会等名 日本植物分類学会第21回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 ユキノシタ科ネコノメソウ属の分子系統解析を用いた分類学的再検討
2. 発表標題 杉山由佳・伊東拓朗・柿島聡・軒原開・織田二郎・田金秀一郎・山城考・藤井伸二・牧雅之
3. 学会等名 日本植物分類学会第21回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 道本佳苗・辻田有紀・山本航平・藤井伸二・牧雅之
2. 発表標題 ソクシンラン属植物における共生菌の多様性
3. 学会等名 日本植物分類学会第21回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浅川彬・保尊大志・村上将希・伊東拓朗・松尾歩・陶山佳久・藤井伸二・牧雅之
2. 発表標題 日本産イラクサ属の分子データに基づく新分類群の発見と系統地理学的 検討
3. 学会等名 日本植物分類学会第20回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 軒原開・藤井伸二・伊東拓朗・松尾歩・陶山佳久・牧雅之
2. 発表標題 日本産イバラモ属の分子系統解析―見過ごされてきた日本新産分類群に ついての検討―
3. 学会等名 日本植物分類学会第20回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村上将希・上町達哉・藤井伸二・伊東拓朗・松尾歩・陶山佳久・牧雅之
2. 発表標題 ヤマアジサイ（広義）および近縁種ガクアジサイにおける遺伝的分化と分布変遷
3. 学会等名 日本植物分類学会第20回大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	藤井 伸二 (Fujii Shinji) (40228945)	人間環境大学・人間環境学部・准教授 (33936)	
研究分担者	山城 考 (Yamashiro Tadashi) (50380126)	徳島大学・大学院社会産業理工学研究部（生物資源産業学域）・准教授 (16101)	
研究分担者	藤井 俊夫 (Fujii Toshio) (80301810)	兵庫県立人と自然の博物館・その他部局等・研究員（移行） (84501)	
研究分担者	赤井 賢成 (Akai Kensei) (00576647)	鹿児島大学・国際島嶼教育研究センター・学外協力研究者 (17701)	削除：2021年1月18日
研究分担者	米倉 浩司 (Yonekura Koji) (00302084)	一般財団法人沖縄美ら島財団（総合研究センター）・総合研究センター 植物研究室・研究員（専門） (88003)	削除：2020年1月7日

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------