

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：14602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00596

研究課題名(和文) 湿地の非侵襲調査を可能にする、泥水からの環境DNA検出技術の開発と野外への適用

研究課題名(英文) Environmental DNA methods for muddy water to develop the noninvasive investigation on organisms in the wetlands

研究代表者

片野 泉 (Katano, Izumi)

奈良女子大学・自然科学系・准教授

研究者番号：90414995

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：環境DNA技術において、現状の適用範囲は清冽な水塊に限られている。そこで私達は、野外への環境DNA技術適用を目指し「泥・有機物の豊富なサンプルからの環境DNA抽出技術の確立」を目的として本研究を行った。成果は以下の通りである。

湿地や有機物の堆積した河床間隙水域から、環境DNA抽出が可能であることを検証した。

複数回の野外調査と室内実験により、泥水の混じった水塊における環境DNAの放出量・検出精度(阻害頻度)を検証した。その結果、環境DNAの抽出・検出阻害は、これまで予測されたような泥中の無機物によるものではなく、有機物により強く阻害される可能性を指摘した。

研究成果の概要(英文)：The environmental DNA (eDNA) technologies are limited to only clean water column. We aimed to apply the eDNA technology effectively for various habitats. The objective of our study is to establish the eDNA technology for not only clear water column but also turbid water with abundant mud and organic matter. The outcomes are as follows. 1) The eDNA of salamander and insect cloud be detected from muddy wetlands and hyporheic zone in river bed, having abundant particulate organic matter. 2) By multiple field investigations and laboratory experiments, the detection of eDNA quantities (i.e., frequency of the detect of eDNA inhibition) from water with abundant mud and organic matter were tested. As results, it was pointed out that inhibition of eDNA detection is not due to the inorganic matter in the mud as suggested by the past studies, but it could be inhibited by the anonymous organic matter.

研究分野：河川生態学

キーワード：水生生物 泥 有機物 ため池 湿地 河川

1. 研究開始当初の背景

生物多様性保全の重要性が社会に浸透した昨今、保全を政策に落とし込むまでの重大な障壁となっているのが、対象生物の生息分布や個体数、生物量を把握するためにかかるコストである。従来は多大な労力と時間をかけて調査を行う必要があったが、近年では水中に懸濁する生物の体液や糞等に由来する DNA 断片を用いた環境 DNA による生物分布モニタリング手法が提案され、実際に国外では野外での生物分布調査にも適用され始めている。しかし、野外での環境 DNA 測定を試みればすぐに分かることであるが、泥の多いサンプルからの環境 DNA 抽出・検出は実際には困難であり、泥粒子によるフィルターの目詰まりや、泥中の夾雑物による環境 DNA 抽出の障害が頻繁に発生する。そのため現状では、環境 DNA の実際の適用範囲は澄んだ水塊中の生物に限られている。

清冽な水塊中に生息する生物がよく目につく一方で、泥中に生息する生物は、目立ちはないが稀少な生物が多く、保全対象種や新種記載される割合が高い。丘陵地裾野の浸みだし部(小さな湿地)や水田・用水路・ため池や河川ワンドなど、陸域と水域の境界であるエコトーンや広義の湿地生態系の保全が急務とされているのはそのためである。このような場所からのサンプルには泥が多く含まれるが、泥そのものや泥内の環境 DNA 測定が困難であるために、環境 DNA 技術が役立たない現状である。そのため、泥が多く混じるサンプルからの環境 DNA を抽出検出できるような技術開発が喫緊の課題である。

2. 研究の目的

申請者らはこれまでの研究を通して、サンプル採取時の泥の巻き上げが DNA 抽出の効率を決めていること、環境 DNA 手法を野外に適用するための障壁は泥による障害であることを明らかにしてきた。

そこで、「泥の多いサンプルからも環境 DNA を抽出する技術を確立し、実際に野外に適用する」という目的を掲げ、本研究に取り組むこととした。泥の多い場所すなわち干潟や湿地(丘陵地裾野の浸みだし部や水田生態系、陸域と水域の境界であるエコトーン含む)は、重点的に保全すべき生態系である。泥の多いサンプルから環境 DNA を抽出する技術を確立することは、環境保全学的な意義も非常に高く、応用範囲が広いと考えた。

3. 研究の方法

野外調査(1)と実験室での障害実験(2)を合わせて行なった。以下に詳細を述べる。

(1) 野外調査は複数回、泥の多い環境すなわち湿地、河床間隙水域(hyporheic zone)、ため池において行なった。各環境で、目視もしくは捕獲調査により、ヒメタイコウチ *Napa hoffmani*、ハコネサンショウウオ *Onychodactylus japonicus*、ミシシippアカ

ミミガメ *Trachemys scripta elegans*、ドブガイ *Sinanodonta* spp. の個体数を把握し、また、環境 DNA サンプルを採集した。

ミシシippアカミミガメにおいては、複数回の調査を行い、環境 DNA の検出障害に着目した解析を行なった。各調査では環境変数として、電気伝導度、水温、pH などの基本的な変数に加え、水中懸濁物質(SS)中の粒状無機物質質量(PIOM)、粒状有機物質質量(POM)、クロロフィル量(植物プランクトン量)、溶存栄養塩量として TN、TP、NO₃-N、PO₄-P、DOM(A254)を測定した。

各生物の環境 DNA 抽出は、通常プロトコルに従って DNeasy blood & tissue kit (キアゲン社)を用いて行なった。ただし、事前の予備実験において、湿地やため池底などに生息する生物の環境 DNA 抽出には、濁った泥水から抽出する DNeasy blood & tissue kit か 泥から直接抽出する Power soil kit (キアゲン社)か二つの選択肢があることが示されている。本研究では、ヒメタイコウチとドブガイがそれに当たる。そこで、生息地から採取できる水量が多く、環境 DNA が希釈されていることが予想されるドブガイについては、2種類の抽出方法を試みて結果を比較した。すなわち、泥水からは DNeasy blood & Tissue kit を、泥からは Power soil kit を用いて抽出し、それぞれの結果を比較した。

各生物について、目視・捕獲調査による実際の個体数と環境 DNA の検出コピー数をそれぞれ標準化して差分を取り、各環境における障害度を指数化した。この障害度と、測定した様々な環境変数との相関を調べた。

(2) 障害実験は、様々な条件の環境水と汲み置き水道水とでゼブラフィッシュ *Danio rerio* を飼育し、検出される環境 DNA 量を比較することで、水質と障害度の相関を調べた。水質条件・植物プランクトン量・SS 量などが異なるため池 8 面から採水し、そのままゼブラフィッシュの飼育に用いた場合(懸濁物質+溶存物質)、および濾過後にゼブラフィッシュの飼育に用いた場合(溶存物質のみ)も合わせて比較した。

4. 研究成果

(1)-1 ヒメタイコウチ

ヒメタイコウチは湿地に潜って生息する小型の水生半翅目(体長約 20mm ほど)であり、兵庫県や東海地方で絶滅危惧種に指定されている。ヒメタイコウチには、東海地方と近畿地方という隔離された個体群があり、それぞれ遺伝的クレードが異なっている。そこで、兵庫県と愛知県の合計 14 湿地において、泥内に生息するヒメタイコウチの個体数密度を測定し、合わせて湿地の表面水をできるだけ泥を含まないよう努力して採集し、実験室にて環境 DNA を抽出し、環境 DNA 量と実際の生息密度との比較を行った。環境 DNA 増幅のためのプライマーは遺伝的クレードを考慮せず 1 種類のみを作成した。

その結果、ヒメタイコウチが捕獲された 5 箇所中 4 箇所、ヒメタイコウチに特異的な DNA が検出され、環境 DNA から生息が確認できた。また捕獲調査で見つからなかった 4 箇所において環境 DNA で生息が確認できた。また、目視による生息密度と環境 DNA 量に有意な相関がみられ、兵庫県と愛知県では環境 DNA の検出率はほぼ同等であり、遺伝的クレードにより検出率に違いが出ることはなかった。また、PCR の阻害はこれらのサンプルでは見られなかった。これらの結果から環境 DNA 手法は泥水がサンプルとなる湿地域においても有用であり、捕獲調査よりも優れている可能性が指摘された。

(1)-2 ハコネサンショウウオ

ハコネサンショウウオは標高 500m 以上の源流の礫間隙（河床間隙域）に生息する小型両生類で、多くの地域で絶滅危惧種に指定されている。分布調査を行うと生息地の破壊につながるため、非破壊調査として環境 DNA 手法の活用が期待される一方、河床間隙域は大量の大型粒状有機物質（CPOM + 大きめの FPOM）・粒状無機物質を含むため、環境 DNA の阻害も起こることが予想されていた。そこで、兵庫県宍粟市の赤西川（揖保川水系）とその周辺の渓流域において野外調査を行い、礫裏の間隙に生息するハコネサンショウウオの個体数密度の測定と複数の環境要因の測定、間隙内の堆積物の採集を行ない、同時に河川流心部と礫裏間隙から採水し、両者の環境 DNA 量を比較した。環境 DNA 技術を用いたハコネ広域分布調査を行った。

その結果、目視による生息密度と環境 DNA 量に有意な相関が見られ、これまで生息報告のない支川からも環境 DNA が検出できた。また、本来の生息場である礫裏間隙からの採水よりも流心部からの採水の方がその場の生息密度をより正確に表すことが示され、採水方法の簡便化も可能であると考えられた。

また、堆積するサイズの大型粒状有機物（CPOM + 大きめの FPOM）・無機物は環境 DNA 検出には大きな影響を及ぼしていないことが新たに示され、源流域においても環境 DNA が有用であることが示された。

(1)-3 ミシシippアカミミガメ

ミシシippアカミミガメ（以下アカミミガメ）は観賞用として輸入・流通したものが遺棄されたことで全国各地に分布しており、特定外来生物への移行も検討されている程、生態系への影響が問題視されている。そこで 2 種類の調査を行なった。

1 つ目の調査として、兵庫県姫路市内のため池 100 地点において、岸からの単位時間内目視による個体数把握と環境 DNA 手法を合わせて行った。その結果、ため池 100 地点中、目視で観察され環境 DNA が検出されなかった地点もあったが、アカミミガメが目視で確認された池では、概ね環境 DNA の検出もで

きるという結果が得られた。一方、環境 DNA 量は目視数を反映するとは言い難い結果であったため、阻害度について環境変数との相関を解析した。その結果、クロロフィル量つまり植物プランクトン量が阻害要因（PCR 阻害）となっている可能性が考えられた。

2 つ目の調査として、兵庫県加古川市・稲美町・明石市・高砂市のため池 24 面において、カメラもんどりによる捕獲調査と環境 DNA 測定を行った。その結果、在不在はもとより、環境 DNA 量と生物量の関係は、ミシシippアカミミガメについては、環境 DNA 量が生物量を比較的反映している結果となった。一方、環境 DNA の PCR 阻害度（標準化した捕獲数 - 環境 DNA 量）を検討した結果、SS 中の有機物量やクロロフィル量や DOM, TOM 量が多いほど、阻害度が増加し PCR が阻害されている傾向が示された。

両調査における環境 DNA 手法と従来手法の乖離は、個体数の確認が目視と捕獲実数と異なっていたことが影響していると考えられる。また、両調査から環境 DNA の PCR 阻害要因として、植物プランクトンが大きく影響している可能性が高いことが示された。

(1)-4 ドブガイ

イシガイ類は現在、世界規模で個体数が減少しており、日本国内においてもイシガイ目 17 種のうち 13 種が絶滅危惧種に指定されている。イシガイ類の一種ドブガイ（*Sinanodonta* spp.）は近年、兵庫県播磨地域で急速に減少していることが指摘されており、保全が急務となっている。そこで兵庫県加古川市志方町および、加古郡稲美町のため池 25 面を調査地とし、各ため池において、ドブガイの徒手採捕調査と環境 DNA 量の測定を試みた。環境 DNA の抽出は水中からの DNeasy Blood & Tissue kit による抽出と泥中からの Power soil kit による抽出結果を比較したが、泥からは DNA がほとんど検出されず、泥からの DNA 抽出が難しいことが示された。一方、DNeasy を用いた泥水中からの抽出は可能であった。しかし、採捕調査からの個体数と環境 DNA との相関からは、環境 DNA による生物量推定の精度は、他の生物と比べ低いことも示された。このドブガイの結果からは、環境 DNA は非常に微量であるため、泥から直接に抽出することが困難な場合があること、また、泥中に生息する生物（水中への DNA 拡散量が少ないと予想される）であっても、阻害程度を考慮すれば、水からの抽出を試みたほうが環境 DNA 分析ができる可能性が新たに示された。

(2) ゼブラフィッシュを用いた阻害実験

兵庫県姫路市のため池 8 面から採水した環境水を用い、ゼブラフィッシュ（*Danio rerio*）を室内で飼育した。3 日間飼育後に環境 DNA 量の試水を採水し、ゼブラフィッシュを除去後 3 日目と 7 日目にも採水して環境 DNA 量

を測定し、環境 DNA の阻害度及び減衰過程について検討した。その結果、検出された環境 DNA 量は、濾過水で飼育したものの方がそのままの水を用いた場合と比較して DNA 量が多く、DNA の減衰も比較的穏やかな傾向がみられた。これは、濾過により DNA を分解する微生物が除去されたためかもしれない。また、野外調査時と同様に、SS 中の有機物やクロロフィル量が多い水ほど、同様の飼育条件であっても環境 DNA 検出量が少なくなる傾向（阻害が起こっている傾向）がみられた。また、飼育水中の DOM が高くなるにつれ環境 DNA 量が少ない傾向もあった。DOM にはフミン質や多糖類（PCR 阻害物質として知られる）が含まれている可能性があり、これらの物質による影響も否定できないことが示された。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 23 件）

- 1 浦部美佐子, 石川俊之, 片野泉, 石田裕子, 野崎健太郎, 吉富友恭. 大学生アンケートによる水質指標生物の教育効果の検討. 陸水学雑誌, 査読有, vol. 79, 2018, pp.1-18.
- 2 Chambert T, Pilliod DS, Goldberg CS, Doi H, Takahara T. An analytical framework for estimating aquatic species density from environmental DNA. Ecology and Evolution, 査読有, vol. 8, 2018, pp. 3468-3477.
- 3 Doi H, Akamatsu Y, Watanabe Y, Goto M, Inui R, Katano I, Nagano M, Takahara T, Minamoto T. Water sampling for environmental DNA surveys by using an unmanned aerial vehicle. Limnology and Oceanography Methods, 査読有, vol. 15, 2017, pp.933-944.
- 4 Doi H, Katano I, Sakata Y, Souma R, Kosuge T, Nagano M, Ikeda K, Yano K, Tojo K. Detection of and endangered aquatic heteropteran using environmental DNA in a wetland ecosystem. Royal Society Open Science, 査読有, vol. 4, 2017, 170568.
- 5 Katano I, Harada K, Doi H, Souma R, Minamoto T. Environmental DNA method for estimating salamander distribution in headwater streams, and a comparison of water sampling methods. PLOS One, 査読有, vol. 12, 2017, e0176541. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176541>
- 6 相馬理央, 片野泉. 姫路市近郊のため池 38 面の基礎的な水質. 陸水研究, vol. 4, 2017, pp.27-33.
- 7 Katano I, Mitsuhashi H, Doi H, Isobe Y, Oishi T. Distribution and drift dispersal dynamics of a caddisfly grazer in response to resource abundance and its ontogeny. Royal Society of Open Science, 査読有, vol. 4, 2017, 160732.
- 8 乾隆帝, 赤松良久, 高原輝彦, 後藤益滋, 一松晃弘. 流水中におけるカワムツの生物量と環境 DNA 量の関係性-水路実験と野外への適用-. 河川技術論文集, 査読有, vol. 23, 2017, pp. 651-656.
- 9 Minamoto T, Uchii K, Takahara T, Kitayoshi T, Tsuji S, Yamanaka H, Doi H. Nuclear internal transcribed spacer-1 as a sensitive genetic marker for environmental DNA studies in common carp *Cyprinus carpio*. Molecular Ecology Resources, 査読有, vol. 17, 2017, pp. 324-333.
- 10 Doi H, Inui R, Akamatsu Y, Kanno K, Yamanaka H, Takahara T, Minamoto T. Environmental DNA analysis for estimating the abundance and biomass of stream fish. Freshwater Biology, 査読有, vol. 62, 2017, pp. 30-39.
- 11 Doi H, Uchii K, Matsushashi S, Takahara T, Yamanaka H, Minamoto T. Isopropanol precipitation method for collecting fish environmental DNA. Limnology and Oceanography: Methods, 査読有, vol. 15, 2017, pp. 212-218.
- 12 末吉正尚, 赤坂卓美, 森照貴, 石山信雄, 川本朋慶, 竹川有哉, 井上幹生, 三橋弘宗, 河口洋一, 鬼倉徳雄, 三宅洋, 片野泉, 中村太士. 河川水辺の国勢調査を保全に活かす-データがもつ課題と研究例. 保全生態学研究, 査読有, vol. 21, No. 2, 2016, pp. 167-180.
- 13 内井喜美子, 源利文, 土居秀幸, 高原輝彦, 山中裕樹, 片野泉. 環境 DNA 分析:新しい水棲生物分布調査法. 日本生態学会誌, 査読有, vol. 66, 2016, pp. 581-582.
- 14 高原輝彦, 山中裕樹, 源利文, 土居秀幸, 内井喜美子. 環境 DNA 分析の手法開発の現状-淡水域の研究事例を中心にして-. 日本生態学会誌, 査読有, vol. 66, 2016, pp. 583-599.
- 15 山中裕樹, 源利文, 高原輝彦, 内井喜美子, 土居秀幸. 環境 DNA 分析の野外調査への展開. 日本生態学会誌, 査読有, vol. 66, 2016, pp. 601-611.

- 16 福岡有紗, 高原輝彦, 松本宗弘, 兵庫県立農業高校生物部, 丑丸敦史, 源利文. 在来希少種カワバタモロコノ環境 DNA による検出系の確立. 日本生態学会誌, 査読有, vol. 66, 2016, pp. 613-620.
- 17 源利文, 内井喜美子, 山中裕樹, 高原輝彦, 片野泉, 土居秀幸. 環境 DNA 分析のさらなる進展にむけて. 日本生態学会誌, 査読有, vol. 66, 2016, pp. 621-623.
- 18 Katano I, Doi H, Eriksson BK, Hillebrand H. A cross-system meta-analysis reveals coupled predation effects on prey biomass and diversity. *Oikos*, 査読有, vol. 124, 2016, pp. 1427-1435.
- 19 Yamanaka H, Motozawa H, Tsuji S, Miyazawa RC, Takahara T, Minamoto T. On-site filtration of water samples for environmental DNA analysis to avoid DNA degradation during transportation. *Ecological Research*, 査読有, vol. 31, 2016, pp. 963-967.
- 20 Goldberg CS, Turner CR, Deiner K, Klymus KE, Thomsen PF, Murphy MA, Spear SF, McKee A, Oyler-McCance S, Cornman RS, Laramie M, Mahon AR, Lance R, Pilliod DS, Strickler KM, Waits LP, Fremier AK, Takahara T, Herder JE, Taberlet P. Critical considerations for the application of environmental DNA methods to detect aquatic species. *Methods in Ecology and Evolution*, 査読有, vol. 7, 2016, pp. 1299-1307.
- 21 Doi H, Takahara T. Global patterns of conservation research importance in different countries of the world. *Peer J*, 査読有, vol. 4, 2016, e2173.
- 22 Koizumi N, Takahara T, Minamoto T, Doi H, Mori A, Watabe K, Takemura T. Preliminary experiment for detection method of fish inhabiting agricultural drainage canal using environmental DNA. *Irrigation, Drainage and Rural Engineering Journal*, 査読有, vol. 83, 2015, pp. 7-8.
- 23 Doi H, Takahara T, Minamoto T, Matsuhashi S, Uchii K, Yamanaka H. Droplet digital polymerase chain reaction (PCR) outperforms real-time PCR in the detection of environmental DNA from an invasive fish species. *Environmental Science & Technology*, 査読有, vol. 49, 2015, pp. 5601-5608.
- 1 占部城太郎, 平間文也, 風間健宏, 野口拓水, 吉田丈人, 山道真人, 片野泉, 土居秀幸, James Elser. (2018) 二次生産に及ぼす生食-腐食連鎖の相対的役割: 湖沼隔離水界を用いた実験的解析. 第 65 回日本生態学会大会
- 2 風間健宏, 平間文也, 野口拓水, Tyler Tappenbeck, 片野泉, 土居秀幸, 山道真人, 吉田丈人, James Elser, 占部城太郎. (2018) 光, 外来性有機物の供給バランスと繊毛虫個体群の成長速度. 第 65 回日本生態学会大会
- 3 東垣大輔, 覺田青空, 相馬理央, 土居秀幸, 片野泉. (2018) 兵庫県東播磨地域のドブガイの分布と局所絶滅を引き起こす要因. 日本陸水学会近畿支部会第 29 回研究発表会.
- 4 覺田青空, 東垣大祐, 相馬理央, 源利文, 土居秀幸, 片野泉. (2018) アカミミガメを対象とした目視調査と環境 DNA 調査の精度比較: ため池への外来種侵入予測ポテンシャルマップ構築に向けて. 日本陸水学会近畿支部会第 29 回研究発表会.
- 5 相馬理央, 山中裕樹, 土居秀幸, 片野泉. (2018) 水質要因による環境 DNA 検出量の変化: ため池の環境水を用いたゼブラフィッシュの飼育実験. 日本陸水学会近畿支部会第 29 回研究発表会.
- 6 相馬理央, 源利文, 土居秀幸, 片野泉. (2017) 環境 DNA によるため池の外来生物分布調査-ミシシippia アカミミガメにおける適用と PCR 阻害要因の検討. ELR2017(応用生態工学会第 21 回大会)
- 7 片野泉. (2017) 環境 DNA の野外適用範囲を広げる: 渓流域, 湿地への応用. ELR2017(応用生態工学会第 21 回大会)
- 8 相馬理央, 土居秀幸, 片野泉. (2017) ため池における外来種などの環境 DNA による検出. ELR2017(応用生態工学会第 21 回大会)
- 9 片野泉, 原田憲, 酒多勇輔, 相馬理央, 土居秀幸. (2017) 環境 DNA による河川, 湿地での希少種の探索: ハコネサンショウウオとヒメタイコウチを例に. 日本陸水学会第 82 回大会
- 10 相馬理央, 山中裕樹, 土居秀幸, 片野泉. (2017) 環境 DNA 技術における PCR 阻害要因の検討: ため池の水とゼブラフィッシュを用いた飼育実験. 日本陸水学会第 82 回大会
- 11 東垣大輔, 覺田青空, 相馬理央, 土居秀幸, 片野泉. (2017) 兵庫県中播磨地域のため池におけるドブガイの分布制限要因. 日本陸水学会第 82 回大会
- 12 覺田青空, 東垣大祐, 相馬理央, 源利文, 土居秀幸, 片野泉. (2017) アカミミガメ

- を対象とした目視調査と環境 DNA 調査の精度比較:ため池への外来種侵入予測ポテンシャルマップ構築に向けて. 日本陸水学会第 82 回大会
- 13 松岡俊将, 佐藤博俊, 原田憲, 片野泉, 土居秀幸. (2017) メタバーコーディングが明らかにする河川水中の菌類相とその空間構造. 日本陸水学会第 82 回大会
- 14 Katano I, Doi H, Sakata Y, Souma R, Kosuge T, Nagano N, Ikeda K, Yano K, Tojo K. (2017) Detection of an endangered aquatic heteropteran using environmental DNA in a wetland ecosystem. 102nd Ecological Society of America Annual Meeting, Portland (国際学会)
- 15 Doi H, Akamatsu Y, Watanabe Y, Goto M, Inui R, Katano I, Nagano M, Takahara T, Minamoto T. (2017) Environmental DNA survey methods: Water sampling methods using an unmanned aerial vehicle. 102nd Ecological Society of America Annual Meeting, Portland (国際学会)
- 16 相馬理央, 源利文, 土居秀幸, 片野泉. (2017) 環境 DNA 技術における PCR 阻害要因の検討: 野外調査および環境水を用いた飼育実験による分析. 日本陸水学会近畿支部会第 28 回研究発表会.
- 17 片野泉, 原田憲, 相馬理央, 酒多勇輔, 源利文, 土居秀幸. (2016) 環境 DNA を用いた溪流性ハコネサンショウウオ *Onychodactylus japonicus* の分布調査. 日本陸水学会第 81 回大会
- 18 相馬理央, 源利文, 土居秀幸, 片野泉. (2016) ミシシippアカミガメの生息域調査: 環境 DNA 技術の適用と PCR 阻害要因の検討. 日本陸水学会第 81 回大会
- 19 Katano I, Harada K, Souma R, Sakata Y, Doi H, Minamoto T. (2016) Use of environmental DNA to survey the distribution of the salamander and fish species. 101st Ecological Society of America Annual Meeting, Fort Lauderdale (国際学会)
- 20 Yamamichi M, Kazama T, Tokita K, Katano I, Doi H, Yoshida T, Hairston NG, Urabe J. (2016) A shady phytoplankton paradox: Why phytoplankton increases under low light. 101st Ecological Society of America Annual Meeting, Fort Lauderdale (国際学会)
- 21 原田憲, 酒多勇輔, 相馬理央, 東垣大祐, 水守裕一, 内山千沙, 三橋弘宗, 土居秀幸, 片野泉. (2016) 希少両生類ハコネサンショウウオの分布に関する研究. 日本

- 陸水学会近畿支部会第 27 回研究発表会.
- 22 相馬理央, 原田憲, 酒多勇輔, 片野泉, 高原輝彦, 源利文, 土居秀幸. (2016) 環境 DNA 量と生物量の比較: 池干し時のため池における複数種での検討. 日本陸水学会近畿支部会第 27 回研究発表会.
- 23 相馬理央, 片野泉, 源利文, 高原輝彦, 土居秀幸. (2015) ため池の環境 DNA 量と生物量の比較: 池干し時の採捕調査による検証. 日本陸水学会第 80 回大会
- 24 Katano I, Souma R, Doi H, Takahara T, Minamoto T. (2015) Environmental DNA technique for estimating fish biomass: Testing with fish catchment by pond draining. the 100th Ecological Society of America Annual Meeting, Baltimore (国際学会)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

片野 泉 (KATANO, Izumi)
奈良女子大学・研究院自然科学系・准教授
研究者番号: 90414995

(2) 研究分担者

高原 輝彦 (TAKAHARA, Teruhiko)
島根大学・生物資源科学部生物科学科・助教
研究者番号: 10536048

(3) 連携研究者

土居 秀幸 (DOI, Hideyuki)
兵庫県立大学・大学院シミュレーション学
研究科・准教授
研究者番号: 80608505

(4) 研究協力者