

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H03031

研究課題名(和文)水産資源生物の繁殖・被食・加入過程への環境DNAによるアプローチ

研究課題名(英文) Reproduction, predation and recruitment of fisheries resources evaluated by environmental DNA

研究代表者

益田 玲爾 (MASUDA, Reiji)

京都大学・フィールド科学教育研究センター・教授

研究者番号：60324662

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：マアジ、カタクチイワシ、キジハタ、クロダイ、およびマナマコを対象として、これら水産資源の動態を環境DNAを用いて検知する基礎技術を築いた。また、環境DNA放出に関するバイオマスや個体数、魚種混合の効果等の基礎的な知見を得た。マアジとマナマコを用いた実験では繁殖時に、またカタクチイワシ、マアジおよびマナマコでは被食時に、それぞれ明瞭な環境DNA濃度のピークが認められた。沖合で採水した試料からクロダイの環境DNAを定量し、本種の環境DNAが産卵期のみで離岸19km沖合でも検出されることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一連の水槽実験により、環境DNAを用いた水圏生物の定量が十分に可能であること、また環境DNAを用いた繁殖や被食の検出も可能である反面、これらは対象生物を定量する上でのノイズともなることが示された。またクロダイの分布を調べたフィールド調査でも、従来の曳網調査と矛盾しない結果が得られ、従来の調査よりも高い精度で行うことができた。環境DNAに基づく定量に関わる諸問題を解決し、海域のマクロ生物を対象とした調査で環境DNAを応用する道を拓いたことは、十分な学術的意義を持つ。一連の成果はまた、水産資源管理や生態系保全といった分野へ直接応用が可能であり、社会的な意義もすこぶる大きい。

研究成果の概要(英文)：Environmental DNA technology for the quantification of marine species is developed targeting jack mackerel *Trachurus japonicus*, Japanese anchovy *Engraulis japonicus*, red-spotted grouper *Epinephelus akaara*, black sea bream *Acanthopagrus shlegelii*, and Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Basic information such as effects of biomass, body size and interspecific mixing were also tested in tank experiments. High concentration of eDNA after the spawning was detected in jack mackerel and Japanese sea cucumber. Predation also induced eDNA peaks when Japanese anchovy, jack mackerel, and Japanese sea cucumber were preyed upon by their predators. Sampling in Tango Bay, off Kyoto, revealed that eDNA of black sea bream is detectable in 19 km offshore only in their spawning season (June) while it was detectable within 3 km offshore in other season. Environmental DNA is thus applicable to detect seasonal change of distribution in target species.

研究分野：Fisheries Ecology

キーワード：Environmental DNA spawning predation recruitment jack mackerel Japanese anchovy sea cucumber black sea bream

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

マクロ生物の環境 DNA 技術は、ヨーロッパへの移入種としてのウシガエルを湖沼水から検出した研究 (Ficetola et al. 2008) を端緒とし、河川や湖沼のコイ科魚類についてもこの手法が可能であることが 2011 年に初めて報告された (Minamoto et al. 2011)。舞鶴湾の広域で採水しマアジの環境 DNA の分布を調べた研究では、魚群探知機で推定されるマアジ幼魚の生息密度と本種の環境 DNA の検出量が相関することが示された (Yamamoto et al. 2016)。一方で、個体数や魚種混合、体サイズによる影響など、環境 DNA を海域の現場で応用する上で欠落している基礎的な知見も多数残されていた。また、繁殖行動や被食といった生活史イベントにおいて魚類が大量の DNA を放出することが予想されたが、これらを海産生物で検証した事例は皆無であった。

### 2. 研究の目的

本研究では、沿岸における主要な漁獲対象生物であるマアジ、カタクチイワシ、キジハタ、クロダイ、およびマナマコを材料として、再生産と沿岸加入のプロセスを、環境 DNA をツールとして明らかにすることを目的とした。その際、潜水目視調査やプランクトンネットの曳網といった従来の手法との比較も行った。加えて、産卵や被食などの生活史イベントの際に特異的に高まる環境 DNA を水槽実験により定量し、環境 DNA を用いた生物の分布推定に応用する道を拓くことを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### 種特異的プライマーの設計

ミトコンドリア DNA を対象領域とした種特異的プライマーのうち、マアジ、カタクチイワシ、およびクロダイについては、すでに開発してあった。本研究では新たにマナマコのプライマーを設計した。キジハタについて、既存のプライマーよりも高精度のプライマーを新たに設計した。また、これら 5 種の核 DNA を対象領域としたプライマーも設計した。

#### 環境 DNA の検出特性

個体数や個体サイズによる環境 DNA 放出量、またろ過方法 (GFF フィルターおよびステリベクス)、対象領域等、環境 DNA の検出に関する基礎的な実験を行った。

#### 産卵・ふ化時に放出される環境 DNA の定量

マナマコおよびマアジを対象として、繁殖時の環境 DNA を定量した。いずれの対象生物についても、催熟ホルモンを打注して、放卵・放精を誘発した。その前後で採水し、環境 DNA を定量した。カタクチイワシについては、本種が自然産卵する舞鶴水産実験所の大型水槽から 133 日間にわたり 1~3 日ごとに採水と卵数調査を行い、両者の関係を比較した。また 1 日の変化を確認するため、3 時間ごとに昼夜にわたる採水および卵数長鎖を行った。キジハタについては、本種の種苗生産を行っている富山県水産試験場を訪れ、産卵盛期の親魚水槽から 2 時間ごとに 24 時間にわたる採水および卵数調査を行った。

#### 被食時に放出される環境 DNA

カタクチイワシ、マアジおよびマナマコを被食対象生物、マアジ、アオリイカおよびイシガニをそれぞれの捕食生物として水槽実験を行った。各捕食者を収容した水槽に対象生物を投入し、被食前後の排水を定期的に採取してろ過し、環境 DNA を定量した。

#### キジハタの分布密度と環境 DNA および海藻植生の関係

京都府から福井県にかけての 14 地点でシュノーケリングによる調査を行い、キジハタの生息密度と海藻植生を記録するとともに、採水試料を得た。試料から DNA を抽出し、本種の DNA を定量し、これらと本種密度および海藻被度の関係を検討した。

#### 環境 DNA を用いたクロダイの分布の季節変化の検討

クロダイの種特異的なプライマーを利用して、海域におけるクロダイの分布を周年にわたり調査した。舞鶴水産実験所の調査船緑洋丸を利用して、京都府由良川河口付近から沖合 19km までの範囲の 12 箇所の定点の表層および底層において、毎月の採水を通年行い、環境 DNA を定量をした。

## 4. 研究成果

### 種特異的プライマーの設計

研究期間中に予定していたすべてのプライマーの設計を終え、対象種と近縁種の組織標本から、種特異性および検出力が十分に高いことを確認できた。キジハタについては、既報のプライマーでは近縁種のアオハタをキジハタと識別できなかったが、本研究で開発したプライマーは両者を識別できた。カタクチイワシについてはミトコンドリアの長鎖領域と短鎖領域および核を対象領域としたプライマーを、またキジハタについてはミトコンドリアに加えて核を対象領域としたプライマーを設計した。

### 環境 DNA の検出特性

マアジを用いた実験では、環境 DNA の検出量は収容された個体数（バイオマス）に比例した（Horiuchi et al. 2019）。個体サイズを比較した研究では、クロダイのふ化直後の仔魚から幼魚期まで（全長 2~118mm）を対象とした実験では、放出量は体表面積に比例した（Sasano et al. submitted）。一方、キジハタの天然未成魚（体長 37~365mm）を用いた実験では、放出量は体重にほぼ比例した（Sonetaka et al. unpublished）。

GFF とステリベクスは海域で適用した際、同程度の検出能力を示し、これらは潜水目視調査における定量と概ね一致した。ただし、多量に生息する生物種は GFF においてより多くの DNA が検出できるのに対し、個体数の少ない生物種においてはステリベクスが高い検出感度を示した（Takahashi et al. 2020）。

異なる 2 魚種（マアジおよびシマアジ）を混合した場合、単独で飼育した場合との間で検出量に違いはなく、また環境 DNA の検出量は魚種間で類似した値となった（Murakami et al. 2021）。

ニホンウナギの環境 DNA の検出量を個体ごとに経時的に調べた実験では、環境 DNA 検出のためのプローブ部位に変異を持つ個体では検出量が極端に少なくなることがわかった。また、本種の夜行性を反映した環境 DNA 放出の日周変化は認められるものの、こうした日周変化よりも個体間での差の方が大きいことなどが明らかとなった（Takahashi et al. 2021）。

### 産卵・ふ化時に放出される環境 DNA の定量

人工催熟したマナマコでは、放卵放精の直後に多量の環境 DNA が検出された（Takeshita et al. unpublished）。マアジにおいても同様に、繁殖行動の直後に多量の環境 DNA を放出することを水槽実験で確認するとともに、天然海域における産卵のタイミングで環境 DNA のピークが生じることを確認した（Tsuiji et al. 2023）。水槽内で自然産卵するカタクチイワシでは、受精卵の得られる直前から直後にかけて、それ以前の 1000 倍程度の本種環境 DNA が検出され、その動向はミトコンドリア領域および核を対象とした環境 DNA で同様であった。一方、長期にわたる採水では、産卵数と検出される環境 DNA の間には明瞭な関係は認められなかった。カタクチイワシでは飼育中における親魚の斃死が多く、これが環境 DNA 検出のノイズとなっている可能性が考えられた。キジハタの親魚水槽では、18 時が受精卵数のピークとなったのに対し、核を対象領域とした環境 DNA は 14 時に、またミトコンドリアを対象領域とした環境 DNA は 12 時にそれぞれピークとなり、産卵と環境 DNA のピークの一致は認められなかった（Sonetaka et al. unpublished）。産卵数のピークが環境 DNA のそれと一致しなかった原因として、水槽内では繁殖期の親魚が多数おり、これらがノイズになった可能性が考えられた。

### 被食時に放出される環境 DNA

受精卵から飼育したカタクチイワシの仔魚をマアジに捕食させたところ、被食直後には目立った環境 DNA 放出は認められず、4 時間後および 8 時間後に平時に比べて 100 倍程度の濃度となる環境 DNA 量のピークが現れた（Kamimura et al. unpublished）。この変化は短鎖および長鎖のミトコンドリア DNA を対象とした環境 DNA で共通であった。マアジはカタクチイワシを丸呑みして捕食する。このため、糞として排出された時点で環境 DNA が多量に検出されたものと推察された。被食後 24 時間から 72 時間にかけては、長鎖 DNA を対象とした環境 DNA は短鎖 DNA を対象としたそれに比べて低い値となった。一方、マアジをアオリイカに捕食させたところ、捕食直後にそれ以前に比べて 10 倍程度の量の環境 DNA 放出が認められた（Kamimura et al. unpublished）。マナマコをイシガニに与えた場合には、その直前の 1000 倍程度の環境 DNA 濃度が検出された（Okamoto et al. unpublished）。捕食者のイシガニが存在しマナマコが捕食されない水槽においても、マナマコのみを収容した対照区の 10 倍程度の環境 DNA が検出されたことから、被食によらなくともマナマコは捕食者の存在下で多量の DNA を放出することが示唆された。

### キジハタの分布密度と環境 DNA および海藻植生の関係

目視でキジハタが記録された全 10 地点で本種の環境 DNA が検出されるとともに、目視で記録されなかった 4 地点中 1 地点でも環境 DNA は検出された。本種の環境 DNA が検出された全地点

で海藻類が繁茂し、非検出の地点では海草類は見られるものの植生が乏しかったことから、海藻類がキジハタの生息密度に影響することが示唆された (Sonetaka et al. unpublished)。

#### 環境 DNA を用いたクロダイの分布の季節変化の検討

クロダイの環境 DNA を丹後海の広域・周年の採水試料から定量したところ、本種の産卵期である 6 月には環境 DNA が 19km 沖合の地点でも検出されるのに対し、他の時季には基本的に離岸 3km 以内でのみ検出された。このことから、受精卵や仔魚が沖合に流されることはあるものの、本種は基本的には岸から 3km 以内に生息していることが明らかとなった。また、一般化加法モデルを用いて沿岸の 6 定点の環境 DNA 濃度と環境条件との関係を検討したところ、表層では水温 20、底層では水温 17 付近のときに環境 DNA が最大となり、これは本種の産卵期とされる時季の海洋構造と一致した (Sasano et al. 2022)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 27件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 Jo T, Sakata MK, Murakami H, Masuda R, Minamoto T	4. 巻 19 (11)
2. 論文標題 Universal performance of benzalkonium chloride for the preservation of environmental DNA in seawater samples.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Limnology and Oceanography: Methods	6. 最初と最後の頁 758-768
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/lom3.10459	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 Jo T, Ikeda S, Fukuoka A, Inagawa T, Okitsu J, Katano I, Doi H, Nakai K, Ichiyangi H, Minamoto T	4. 巻 12
2. 論文標題 Utility of environmental DNA analysis for effective monitoring of invasive fish species in reservoirs.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecosphere	6. 最初と最後の頁 e03643
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ecs2.3643	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 Jo T, Minamoto T	4. 巻 21
2. 論文標題 Complex interactions between environmental DNA (eDNA) state and water chemistries on eDNA persistence suggested by meta-analyses.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecular Ecology Resources	6. 最初と最後の頁 1490-1503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1755-0998.13354	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Murakami H, Masuda R, Yamamoto S, Minamoto T, Yamashita Y	4. 巻 88
2. 論文標題 Environmental DNA emission by two carangid fishes in single and mixed-species tanks.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 55-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12562-021-01565-y	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 Ogata M, Masuda R*, Harino H, Sakata MK, Hatakeyama M, Yokoyama K, Yamashita Y, Minamoto T	4. 巻 11
2. 論文標題 Environmental DNA preserved in marine sediment for detecting jellyfish blooms after a tsunami.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 16830
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-94286-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Osathanunkul M, Minamoto T	4. 巻 11
2. 論文標題 Molecular detection of giant snakeheads, <i>Channa micropeltes</i> (Cuvier, 1831), one of the most troublesome fish species.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 9943
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ddi.13236	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sakata MK, Watanabe T, Maki N, Ikeda K, Kosuge T, Okada H, Yamanaka H, Sado T, Miya M, Minamoto T	4. 巻 22
2. 論文標題 Determining an effective sampling method for eDNA metabarcoding: a case study for fish biodiversity monitoring in a small, natural river.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Limnology	6. 最初と最後の頁 221-235
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10201-020-00645-9	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 Sasano S, Murakami H, Suzuki KW, Minamoto T, Yamashita Y, Masuda R	4. 巻 88
2. 論文標題 Seasonal changes in the distribution of black sea bream <i>Acanthopagrus schlegelii</i> estimated by environmental DNA.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 91-107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12562-021-01572-z	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 Takahashi S, Takada S, Yamanaka H, Masuda R, Kasai A	4. 巻 16(9)
2. 論文標題 Intraspecific genetic variability and diurnal activity affect environmental DNA detection in Japanese eel.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0255576
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0255576	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tsuji S, Nakao R, Saito M, Minamoto T, Akamatsu Y	4. 巻 23
2. 論文標題 Pre-centrifugation before DNA extraction mitigates extraction efficiency reduction of environmental DNA caused by the preservative solution (benzalkonium chloride) remaining in the filters.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Limnology	6. 最初と最後の頁 9-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10201-021-00676-w	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 Sakata, MK, Watanabe T, Maki N, Ikeda K, Kosuge T, Okada H, Yamanaka H, Sado, T, Miya M, Minamoto T	4. 巻 22
2. 論文標題 Determining an effective sampling method for eDNA metabarcoding: a case study for fish biodiversity monitoring in a small, natural river.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Limnology	6. 最初と最後の頁 221-235
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10201-020-00645-9	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 Hoshino T, Nakao R, Doi H, Minamoto T	4. 巻 11
2. 論文標題 Simultaneous absolute quantification and sequencing of fish environmental DNA in a mesocosm by quantitative sequencing technique.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 4372
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-83318-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sugiura K, Tomita S, Minamoto T, Mishina T, Iwata A, Abe T, Yamamoto S, Watanabe K	4. 巻 68
2. 論文標題 Characterizing the spatial and temporal occurrence patterns of the endangered botiid loach <i>Parabotia curtus</i> by environmental DNA analysis using a newly developed species-specific primer set.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ichthyological Research	6. 最初と最後の頁 152-157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10228-020-00756-4	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 Masuda R	4. 巻 15
2. 論文標題 Tropical fishes vanished after the operation of a nuclear power plant was suspended in the Sea of Japan.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 232065
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0232065	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takahashi S, Sakata MK, Minamoto T, Masuda R	4. 巻 15
2. 論文標題 Comparing the efficiency of open and enclosed filtration systems in environmental DNA quantification for fish and jellyfish.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 231718
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0231718	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Jo T, Murakami H, Masuda R, Minamoto T	4. 巻 735
2. 論文標題 Selective collection of long fragments of environmental DNA using larger pore size filter.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science of the Total Environment	6. 最初と最後の頁 139462
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2020.139462	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 Fukaya K, Murakami H, Yoon S, Minami K, Osada Y, Yamamoto S, Masuda R, Kasai A, Miyashita K, Minamoto T, Kondoh M	4. 巻 -
2. 論文標題 Estimating fish population abundance by integrating quantitative data on environmental DNA and hydrodynamic modeling.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Molecular Ecology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/mec.15530	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Osathanunkul, M, Minamoto T	4. 巻 8
2. 論文標題 A molecular survey based on eDNA to assess the presence of a clown featherback ( <i>Chitala ornata</i> ) in a confined environment.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PeerJ,	6. 最初と最後の頁 e10338
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7717/peerj.10338	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Matsumoto T, Arakawa H, Murakami T, Yanai S	4. 巻 15
2. 論文標題 Settlement patterns of two sesarmid megalopae in the Sai River Estuary, Ishikawa Prefecture, Japan.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 306-316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3800/pbr.15.306	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 Kuwae M, Tamai H, Doi H, Sakata MK, Minamoto T, Suzuki Y	4. 巻 3
2. 論文標題 Sedimentary DNA tracks decadal-centennial changes in fish abundance.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 558
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-020-01282-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hayami K, Sakata MK, Inagawa T, Okitsu J, Katano I, Doi H, Nakai K, Ichianagi H, Gotoh RO, Miya M, Sato H, Yamanaka H, Minamoto T	4. 巻 10
2. 論文標題 Effects of sampling seasons and locations on fish environmental DNA metabarcoding in dam reservoirs.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 5354-5367
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ece3.6279	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 Minamoto T, Miya M, Sado T, Seino S, Doi H, Kondoh M, Nakamura K, Takahara T, Yamamoto S, Yamanaka H, Araki H, Iwasaki W, Kasai A, Masuda R, Uchii K	4. 巻 -
2. 論文標題 An illustrated manual for environmental DNA research: Water sampling guidelines and experimental protocols.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental DNA	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/edn3.121	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 村上弘章・益田玲爾	4. 巻 33
2. 論文標題 海洋における環境DNA研究の現状と今後の展望 .	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 沿岸域学会誌	6. 最初と最後の頁 44-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Horiuchi T, Masuda R*, Murakami H, Yamamoto S, Minamoto T	4. 巻 95
2. 論文標題 Biomass-dependent emission of environmental DNA in jack mackerel <i>Trachurus japonicus</i> juveniles.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Fish Biology	6. 最初と最後の頁 979-981
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jfb.14095	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 Jo T, Arimoto M, Murakami H, Masuda R, Minamoto T	4. 巻 53
2. 論文標題 Particle size distribution of environmental DNA from the nuclei of marine fish.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology	6. 最初と最後の頁 9947-9956
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.9b02833	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Minami K, Masuda R, Takahashi K, Sawada H, Shirakawa H, Yamashita Y.	4. 巻 229
2. 論文標題 Seasonal and interannual variation in the density of visible <i>Apostichopus japonicus</i> (Japanese sea cucumber) in relation to sea water temperature.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 106384
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecss.2019.106384	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 Jo T, Murakami H, Masuda R, Minamoto T	4. 巻 2
2. 論文標題 Estimating shedding and decay rates of environmental nuclear DNA with relation to water temperature and biomass.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental DNA	6. 最初と最後の頁 140-151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/edn3.51	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takahashi S, Sakata MK, Minamoto T, Masuda R	4. 巻 15
2. 論文標題 Comparing the efficiency of open and enclosed filtration systems in environmental DNA quantification for fish and jellyfish.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 231718
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0231718	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 村上弘章・笹野祥愛・益田玲爾・笠井亮秀・山下洋
2. 発表標題 環境DNAで読み解く京都府由良川のスズキ <i>Lateolabrax japonicus</i> の分布と季節回遊.
3. 学会等名 環境DNA学会第4回大会・北海道大学, 札幌（オンライン）.
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上村真太郎・益田玲爾・村上弘章・徐寿明・源利文.
2. 発表標題 産卵と被食に伴う核およびミトコンドリア環境DNAの動態：カタクチイワシとマアジを用いた水槽実験.
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笠井亮秀・山崎彩・安孝珍・山中裕樹・亀山哲・益田玲爾・東信行・木村伸吾・唐木達郎・黒川優子・山下洋.
2. 発表標題 環境DNA分析による全国の河川におけるニホンウナギ分布域の推定.
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村上弘章・内藤隆慈・志水正敏・益田玲爾・笠井亮秀.
2. 発表標題 環境DNAで読み解く河川と沿岸域の魚類多様性とその生態.
3. 学会等名 日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 徐寿明・村上弘章・益田玲爾・源利文.
2. 発表標題 長鎖・核DNAおよび海水サンプルを対象とした塩化ベンザルコニウムの環境DNA保存効果.
3. 学会等名 日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾形瑞紀・*益田玲爾・張野宏也・坂田雅之・畠山信・横山勝英・山下洋・源利文.
2. 発表標題 堆積物中における環境DNAの残存性とこれを応用した津波後のクラゲ類ブルームの検出. 環
3. 学会等名 環境DNA学会第3回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹下大輝・村上弘章・益田玲爾・源利文.
2. 発表標題 環境DNA分析によるマナマコ ( <i>Apostichopus japonicus</i> ) の繁殖期推定.
3. 学会等名 環境DNA学会第3回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村上弘章・益田玲爾・山本哲史・源利文・山下洋.
2. 発表標題 異種混合飼育が海産魚の環境DNA放出量に与える影響.
3. 学会等名 環境DNA学会第3回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋さやか・高田真吾・山中裕樹・益田玲爾・笠井亮秀.
2. 発表標題 二ホンウナギの環境DNA放出量に与える遺伝子変異と活動日周性の影響.
3. 学会等名 環境DNA学会第3回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 曽根高幹広・益田玲爾・徐寿明・竹下大輝・村上弘章・上村真太郎・源利文.
2. 発表標題 キジハタの環境DNAに対する体サイズおよび活動量の影響.
3. 学会等名 環境DNA学会第3回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 澤田英樹・高橋宏司・益田玲爾・山下洋
2. 発表標題 マナマコ浮遊幼生出現数からみた産卵と月周期の関係.
3. 学会等名 2019年度プランクトンベントス学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Horiuchi T, *Masuda R, Murakami H, Yamamoto S, Minamoto T.
2. 発表標題 Biomass-dependent emission of environmental DNA in jack mackerel <i>Trachurus japonicus</i> juveniles.
3. 学会等名 Fisheries Society of the British Isles Symposium 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sasano S, Murakami H, Suzuki KW, Minamoto T, Yamashita Y, Masuda R.
2. 発表標題 Distributional pattern of black sea bream <i>Acanthopagrus schlegelii</i> estimated from environmental DNA: seasonal changes in marine and river waters.
3. 学会等名 Fisheries Society of the British Isles Symposium 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 徐寿明・有本美於・村上弘章・益田玲爾・源利文.
2. 発表標題 マアジの核およびミトコンドリアに由来する環境DNAの水温・体サイズ依存.
3. 学会等名 令和元年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村上弘章・益田玲爾・山下洋
2. 発表標題 舞鶴湾におけるマアジ環境DNA濃度の日周変化.
3. 学会等名 第2回環境DNA学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笹野祥愛・益田玲爾・山下洋
2. 発表標題 クロダイ受精卵および仔稚魚の個体あたり環境DNA放出量.
3. 学会等名 第2回環境DNA学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 徐寿明・有本美於・村上弘章・益田玲爾・源利文
2. 発表標題 魚類の核およびミトコンドリアに由来する環境DNAの粒子径サイズ分布.
3. 学会等名 2019年度日本分子生物学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 徐寿明・村上弘章・益田玲爾・源利文
2. 発表標題 粗孔径フィルターを利用したマアジ長鎖環境DNAの効率的回収.
3. 学会等名 令和2年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 近藤倫生・清野聡子・益田玲爾・笠井亮秀 (2021)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 291
3. 書名 第6章 環境DNAを用いた大規模生態系観測. 土居秀幸・近藤倫生編『環境DNA 生態系の真の姿を読み解く』	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>堆積物の環境DNAで探る過去の出来事 - 津波直後のクラゲ大発生を検知 -  <a href="https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2021-08-23-0">https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2021-08-23-0</a>  環境DNA分析による個体数の推定法を実証 - 汲んだ水から魚を数える -  <a href="https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2020-07-07-2">https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2020-07-07-2</a></p>
--



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	源 利文  (MINAMOTO Toshi fumi)  (50450656)	神戸大学・人間発達環境学研究科・教授    (14501)	

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