

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K21343

研究課題名（和文）微量炭酸塩安定同位体比分析技術を活用した魚類の水温／体温履歴復元手法の開発

研究課題名（英文）Development of the microscale stable isotope analytical technique of carbonate in fish hardparts for temperature reconstruction

研究代表者

西田 梢（NISHIDA, Kozue）

筑波大学・生命環境系・特任助教

研究者番号：10708374

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：脊椎動物の骨や歯の硬組織はリン酸塩を主成分とし、数%の炭酸基を含んでいる。これを構造炭酸塩と呼び、構造炭酸塩の酸素安定同位体比は、変温動物であれば生息環境の温度や環境水を、恒温動物であれば体温や環境水を記録するので、その積極的な活用が可能になれば新たな生態情報の抽出が実現できる。しかしながら、魚類硬組織の多くは分析可能重量を満たせないために、これまでは同位体温度計の検証の術がなく、安定同位体比を活用したアプローチが実現できていなかった。本研究では、魚類の骨の構造炭酸塩の同位体比分析のための前処理法・分析法を検討し、炭素・酸素同位体比情報の環境・生態指標としての有効性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脊椎動物の骨や歯の硬組織はリン酸塩を主成分とし、数%の炭酸基を含んでいる。これを構造炭酸塩と呼び、構造炭酸塩の酸素安定同位体比は生息環境の温度や環境水を記録するので、その積極的な活用が可能になれば新たな生態情報の抽出が実現できる。本研究は、魚類における骨の構造炭酸塩の安定同位体比分析法を検証し、環境・生態履歴を復元する手法を新たに提案した。骨の構造炭酸塩の酸素同位体比は、温度とよい相関を示し、温度指標として骨の構造炭酸塩を活用できることを提示できた。本研究は魚類の構造炭酸塩の同位体比から環境履歴の情報を取得する手法を提案し、回遊経路推定など水産資源管理への貢献が期待される。

研究成果の概要（英文）：The hard tissues of vertebrate bones and teeth are predominantly composed of phosphate and contain a few percent of carbonate groups called structural carbonates. Stable oxygen isotope ratios of structural carbonates record habitat temperature and oxygen isotope ratios of ambient water in the case of metazoans and body temperature and oxygen isotope ratios of ambient water in the case of thermostatic animals. If it becomes possible to reconstruct environmental and ecological history using stable isotope ratios of structural carbonate, we can unravel unknown histories of behavioral ecology in animals. In this study, we investigated the carbon and oxygen isotope compositions of structural carbonates in fish bones, which have not been studied before, and found their usefulness as environmental and ecological indicators by examining pretreatment and analytical methods.

研究分野：地球化学

キーワード：安定同位体比 魚類 構造炭酸塩 温度復元 骨 リン酸カルシウム

1. 研究開始当初の背景

生物硬組織の酸素安定同位体比は、変温動物であれば生息環境の温度や環境水を、恒温動物であれば体温や環境水の情報を記録する。脊椎動物の硬組織を活用した生態研究はリン酸塩の $\delta^{18}\text{O}$ 分析により進められてきたが、リン酸塩の $\delta^{18}\text{O}$ 分析の場合、前処理が煩雑かつ前処理過程での分別により分析値の誤差が大きくなってしまったため、温度推定の誤差が大きくなるという課題があった。一方、脊椎動物の骨や歯などの硬組織には数%程度の炭酸基を含んでおり (Biltz and Pellegrino, 1977)、これを構造炭酸塩と呼ぶ。炭酸塩の同位体比の分析精度はリン酸塩よりも高いため温度復元の高精度化が期待でき、その積極的な活用が可能になれば新たな生態情報の抽出が実現できる。しかしながら、これまで脊椎動物の構造炭酸塩の同位体比に関する知見は乏しく、とりわけ魚類の構造炭酸塩の同位体比については、環境指標としての検証が進んでいなかった。そこで、本研究では温度を数段階にコントロールした環境下で飼育した魚類の骨試料を活用することで、魚類の構造炭酸塩の分析法の開発と温度依存性の検証に取り組むに至った。

2. 研究の目的

本研究では、魚類硬組織の構造炭酸塩の安定同位体比分析のための前処理法・分析法を検討し、構造炭酸塩の炭素・酸素同位体比の環境・生態指標としての有効性を検討を行う。骨試料からも環境情報を抽出できるようになれば、復元した温度履歴情報から回遊の経路を推定でき、また、マグロ類など体温を持つ魚種の個体成長に伴う体温獲得過程の復元や体温異常ストレス (ヤケ) 発生状況の調査といった水産資源管理に重要な情報を得ることができる。

3. 研究の方法

複数段階に水温を調整した飼育実験により得られたマサバ個体を用いて、構造炭酸塩の同位体比分析を行った。18°C、20°C、22°C、23°Cの実験区において飼育した個体について、脊椎骨、中骨、尾びれの骨を剖出した。Milli-Q 水で洗浄後、十分な自然乾燥を行い、その後はデシケーター内で試料を管理した (湿度 20%程度)。メノウ乳鉢で骨試料を粉末化し、秤量を行った。粉末試料は東京大学大気海洋研究所にて、GasBenchII (Thermo Fisher Scientific, USA) を用いて、同位体質量分析計 Delta V plus (Thermo Fisher Scientific, USA) で炭素・酸素同位体比分析を実施した。骨重量に対し、1.2%から 3.9%の炭酸塩が含有していた。また、魚類試料の飼育海水の酸素同位体比や溶存無機炭素 (DIC) の炭素同位体比分析を実施した。

4. 研究成果

(1) 前処理方法・分析手法の検討

本研究では、炭酸塩の前処理方法や分析プロトコルの検証を行い、炭酸塩の安定同位体比を得る手法を確立することができた。

○前処理法の評価

有機物除去を目的とした骨試料への薬品処理では、薬品によっては構造炭酸塩の同位体比に影響を与えることを明らかにした。骨試料を化学分析に用いる際には、薬品による有機物除去による分析値への影響を十分に検証する必要があることを示した。また、骨試料に吸着する水の影響の検証を行った。自然乾燥サンプルと凍結乾燥を行ったサンプルでは、炭素・酸素同位体比ともに有意な差は見られず、十分な乾燥を行った試料については水が同位体比へ及ぼす影響は小さいと考えられる。ただし、水の吸着を防ぐため、保管の際にはデシケーターを活用し、湿度の低い条件下で保存することが重要である。

○同位体分析法の影響評価

炭酸塩の安定同位体比分析では、試料を入れたバイアル内を真空引き、もしくは He などのガス雰囲気下にして、リン酸反応を行う。骨試料の構造炭酸塩分析において、それぞれの手法を実施したところ、真空引きを行ったサンプルでは有意に高い酸素同位体比に分別が起こることが分かった。一方、炭素同位体比については、真空引きを行っても同位体比に変化が見られなかった。構造炭酸塩の酸素同位体比分析の際には、真空引きを行わない、ガス雰囲気下での分析が推奨される。

(2) 構造炭酸塩の同位体比の温度依存性の検証

温度飼育実験を実施したマサバ個体について、脊椎骨・中骨・尾びれの骨の炭素・酸素安定同位体比分析を実施した (分析個体数: 脊椎骨 $N=20$ 、中骨 $N=16$ 、尾びれ $N=19$)。3か所の部位について、いずれも飼育水温と骨格の酸素同位体比には有意な水温依存性が確認された (図 1)。酸素同位体-水温関係式は、耳石と類似した傾きを示した。また、酸素同位体-水温関係

式は、部位によってオフセットがあり（図1）、温度復元の際には用いる部位に注意が必要である。また、炭素同位体比は温度との相関は弱く、脊椎骨と中骨が近い値を示し、尾びれは2-3%程度それらよりも高い値を示した。耳石の炭素同位体比は、魚類のエネルギー消費量（代謝率）のよい指標として用いられている(Chung et al., 2019; Martino et al., 2020)。本研究では、同一時期に飼育した個体サイズの近い個体を使用していることから、飼育温度による代謝の違いは明確には見出されなかった。一方、軀幹部（脊椎骨と中骨）と尾部（尾びれ）では炭素同位体比に明確な違いがあったことから、より体内で形成される軀幹部の骨は呼吸由来の炭素の影響をより強く受ける可能性がある。尾びれは、筋肉に厚く覆われている軀幹部に比べて骨の形成時に海水の寄与が大きいために、炭素同位体比が高い値を示したことが示唆される。構造炭酸塩の炭素同位体比は、呼吸代謝過程や骨のミネラル化を理解する上でも重要な指標となる可能性がある。

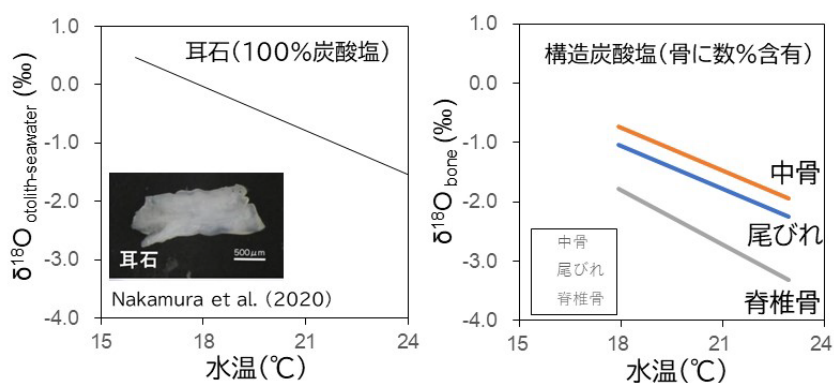


図1 マサバ硬組織の炭酸塩の安定同位体比と水温の関係



本研究課題のまとめとして、魚類の骨試料の前処理方法や分析手法を検討し、さらに、これまで報告例に乏しい魚類の骨の構造炭酸塩の炭素・酸素同位体比を明らかにした。酸素同位体比は温度依存性が確認でき、環境指標として骨の構造炭酸塩を活用できるポテンシャルがあることを提示できた。本研究で提案した分析法は他の脊椎動物にも広く応用可能であり、生態学や農学分野の研究を大きく前進させることができると期待される。今後は分類群を広げながら、構造炭酸塩の同位体比の指標研究を展開していく予定である。

○引用文献

- Biltz R. M., Pellegrino E. D. (1977). The nature of bone carbonate. *Clinical Orthopaedics and Related Research* (1976-2007), 129, 279-292.
- Chung M. T., Trueman C. N., Godiksen J. A., Holmstrup M. E., Grønkjær P. (2019). Field metabolic rates of teleost fishes are recorded in otolith carbonate. *Communications Biology*, 2(1), 24.
- Martino, J. C., Doubleday, Z. A., Chung, M. T., & Gillanders, B. M. (2020). Experimental support towards a metabolic proxy in fish using otolith carbon isotopes. *Journal of Experimental Biology*, 223(6), jeb217091.
- Nakamura M., Yoneda M., Ishimura T., Shirai K., Tamamura M., Nishida K. (2020). Temperature dependency equation for chub mackerel (*Scomber japonicus*) identified by a laboratory rearing experiment and microscale analysis. *Marine and Freshwater Research*, 71(10), 1384-1389.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計37件（うち査読付論文 35件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 17件）

1. 著者名 石村豊穂	4. 巻 55
2. 論文標題 極微量炭酸塩の高精度安定同位体比分析の実現：ナノグラム領域の新たな環境解析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地球化学	6. 最初と最後の頁 63～86
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14934/chi.kyukagaku.55.63	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 石村豊穂	4. 巻 12
2. 論文標題 極微量炭酸塩の高精度安定同位体比分析の実現と応用研究 の展開：環境解析から水産資源の保全まで	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ぶんせき	6. 最初と最後の頁 703～710
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 西田 梢	4. 巻 56
2. 論文標題 生物源炭酸塩の同位体地球化学・実験生物学の高度化による環境生態指標の評価研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 地球化学	6. 最初と最後の頁 1～17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14934/chi.kyukagaku.56.1	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 西田 梢, 横山 祐典, 宮入 陽介, 平林 頌子	4. 巻 775
2. 論文標題 リバースラジオアイソトープ標識法 天然放射性炭素14を活用した水生生物の硬組織・軟組織の炭素源推定法の提案	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Isotope News	6. 最初と最後の頁 36～39
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 Tsuyoshi Watanabe, Mayumi Suzuki, Yoshihiko Komoto, Kotaro Shirai, Atsuko Yamazaki	4. 巻 569
2. 論文標題 Daily and annual shell growth in a long-lived freshwater bivalve as a proxy for winter snowpack	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology	6. 最初と最後の頁 110346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.palaeo.2021.110346	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 Yuji Sano, Tomoyo Okumura, Naoko Murakami-Sugihara, Kentaro Tanaka, Takanori Kagoshima, Akizumi Ishida, Masako Hori, Glen Snyder, Naoto Takahata, Kotaro Shirai	4. 巻 11
2. 論文標題 Influence of normal tide and the Great Tsunami as recorded through hourly-resolution micro-analysis of a mussel shell	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 19874
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-99361-2	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 Midori Iida, Kyoka Kido, Kotaro Shirai	4. 巻 72
2. 論文標題 Migratory pattern and larval duration of an amphidromous goby (Rhinogobius nagoyae) at Sado Island, in northern Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Marine & Freshwater Research	6. 最初と最後の頁 1243 ~ 1249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1071/MF20094	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 Ming Tsung Chung, Ching Yi Chen, Jen Chieh Shiao, Kotaro Shirai, Chia Hui Wang	4. 巻 12
2. 論文標題 Metabolic proxy for cephalopods: Stable carbon isotope values recorded in different biogenic carbonates	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Methods in Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 1648 ~ 1657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/2041-210X.13630	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 該当する

1. 著者名 Shohei Noda, Rui Ueda, Tatsuya Tanaka, Kotaro Shirai, Daisuke Kishi, Takuya Sato	4. 巻 99
2. 論文標題 Anadromous red-spotted masu salmon (<i>Oncorhynchus masou ishikawae</i>), a southernmost sea-migration form of salmonid, displays low variation in both age at seaward migration and sea age	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Fish Biology	6. 最初と最後の頁 1947 ~ 1502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jfb.14818	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 Kaoru Kubota, Kotaro Shirai, Naoko Murakami-Sugihara, Koji Seike, Masayo Minami, Toshio Nakamura, Kazushige Tanabe	4. 巻 63
2. 論文標題 EVIDENCE OF MASS MORTALITY OF THE LONG-LIVED BIVALVE <i>MERCENARIA STIMPSONI</i> CAUSED BY A CATASTROPHIC TSUNAMI	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Radiocarbon	6. 最初と最後の頁 1629 ~ 1644
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/RDC.2021.98	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 Hane Y, Kimura S, Yokoyama Y, Miyairi Y, Ushikubo T, Ishimura T, Ogawa N, Aono T, Nishida K	4. 巻 649
2. 論文標題 Reconstruction of temperature experienced by Pacific bluefin tuna <i>Thunnus orientalis</i> larvae using SIMS and microvolume CF-IRMS otolith oxygen isotope analyses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Marine Ecology Progress Series	6. 最初と最後の頁 175 ~ 188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3354/meps13451	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 Nishida Kozue, Yasu Ayaka, Nanjo Nobuaki, Takahashi Motomitsu, Kitajima Satoshi, Ishimura Toyoho	4. 巻 245
2. 論文標題 Microscale stable carbon and oxygen isotope measurement of individual otoliths of larvae and juveniles of Japanese anchovy and sardine	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 106946 ~ 106946
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecss.2020.106946	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 Nishida Kozue, Chew Yue Chin, Miyairi Yosuke, Hirabayashi Shoko, Suzuki Atsushi, Hayashi Masahiro, Yamamoto Yuzo, Sato Mizuho, Nojiri Yukihiro, Yokoyama Yusuke	4. 巻 11
2. 論文標題 Novel reverse radioisotope labelling experiment reveals carbon assimilation of marine calcifiers under ocean acidification conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Methods in Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 739 ~ 750
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/2041-210X.13396	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 Sakamoto Tatsuya, van der Lingen Carl D, Shirai Kotaro, Ishimura Toyoho, Geja Yonela, Peterson James, Komatsu Kosei	4. 巻 77
2. 論文標題 Otolith 180 and microstructure analyses provide further evidence of population structure in sardine <i>Sardinops sagax</i> around South Africa	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ICES Journal of Marine Science	6. 最初と最後の頁 2669 ~ 2680
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/icesjms/fsaa130	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 天野洋典・横内一樹・石村豊穂・白井厚太郎	4. 巻 85
2. 論文標題 耳石の元素・同位体比を自然指標として用いたまぐろ類の回遊生態研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 水産海洋研究	6. 最初と最後の頁 1 ~ 13
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 Zhao Liqiang, Higuchi Tomihiko, Kanamori Makoto, Natsuike Masafumi, Misaka Naoyuki, Murakami-Sugihara Naoko, Tanaka Kentaro, Shirai Kotaro	4. 巻 163
2. 論文標題 Identification of timing of scallop morphological deformity and mortality from shell oxygen isotope records	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Marine Environmental Research	6. 最初と最後の頁 105149 ~ 105149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marenvres.2020.105149	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 Trofimova Tamara, Alexandroff S. J., Mette M. J., Tray E., Butler P.G., Campana S.E., Harper E.M., Johnson A. L.A., Morrongiello J.R., Peharda M., Schone B. R., Andersson C., Andrus C. F. T., Black B. A., Burchell M., Carroll M.L., DeLong K.L., , , , , Shirai K., Thebault J., Trueman C., de Winter N.	4. 巻 245
2. 論文標題 Fundamental questions and applications of sclerochronology: Community-defined research priorities	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 106977 ~ 106977
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecss.2020.106977	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 Itakura Hikaru, Yokouchi Kazuki, Kanazawa Takahiro, Matsumoto Masahiro, Matoba Tatsuhito, Wakiya Ryoshiro, Shirai Kotaro, Ishimatsu Atsushi	4. 巻 39
2. 論文標題 Diverse downstream migration patterns of the anadromous Japanese grenadier anchovy <i>Coilia nasus</i> in the Chikugo River estuary and Ariake Sea, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Regional Studies in Marine Science	6. 最初と最後の頁 101436 ~ 101436
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.rsma.2020.101436	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 Honda Kentaro, Shirai Kotaro, Komatsu Shinji, Saito Toshihiko	4. 巻 86
2. 論文標題 Sea-entry conditions of juvenile chum salmon <i>Oncorhynchus keta</i> that improve post-sea-entry survival: a case study of the 2012 brood-year stock released from the Kushiro River, eastern Hokkaido, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 783 ~ 792
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12562-020-01442-0	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 Sato Mao, Kobayashi Hirozumi, Iida Midori, Shirai Kotaro, Sasaki Kunio	4. 巻 68
2. 論文標題 A record of <i>Tetraroge nigra</i> (Tetrarogidae) from Iriomote Island, southern Japan, with notes on its ecological aspects	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ichthyological Research	6. 最初と最後の頁 207 ~ 213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10228-020-00763-5	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 Quang Le Dung, Yin Fui Siau, Tanaka Kentaro, Suratman Suhaimi, Sano Yuji, Shirai Kotaro	4. 巻 96
2. 論文標題 Feeding habitats of juvenile reef fishes in a tropical mangrove-seagrass continuum along a Malaysian shallow-water coastal lagoon	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of Marine Science	6. 最初と最後の頁 469 ~ 486
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5343/bms.2018.0093	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 Matsubayashi Jun, Osada Yutaka, Tadokoro Kazuaki, Abe Yoshiyuki, Yamaguchi Atsushi, Shirai Kotaro, Honda Kentaro, Yoshikawa Chisato, Ogawa Nanako O., Ohkouchi Naohiko, Ishikawa Naoto F., Nagata Toshi, Miyamoto Hiroomi, Nishino Shigeto, Tayasu Ichiro	4. 巻 23
2. 論文標題 Tracking long distance migration of marine fishes using compound specific stable isotope analysis of amino acids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecology Letters	6. 最初と最後の頁 881 ~ 890
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ele.13496	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 Zhao Liqiang, Shirai Kotaro, Tanaka Kentaro, Milano Stefania, Higuchi Tomihiko, Murakami-Sugihara Naoko, Walliser Eric O., Yang Feng, Deng Yuewen, Schone Bernd R.	4. 巻 235
2. 論文標題 A review of transgenerational effects of ocean acidification on marine bivalves and their implications for sclerochronology	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 106620 ~ 106620
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecss.2020.106620	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 Brosset Cornelia, Hoche Nils, Shirai Kotaro, Nishida Kozue, Mertz-Kraus Regina, Schone Bernd R.	4. 巻 12
2. 論文標題 Strong Coupling between Biomineral Morphology and Sr/Ca of <i>Arctica islandica</i> (Bivalvia) Implications for Shell Sr/Ca-Based Temperature Estimates	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Minerals	6. 最初と最後の頁 500 ~ 500
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/min12050500	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 該当する

1. 著者名 Tajika Amane, Landman Neil H., Slovacek Mariah, Nishida Kozue, Morita Wataru, Witts James D.	4. 巻 55
2. 論文標題 Intra- and interspecific variability in offspring size in nautilids	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Lethaia	6. 最初と最後の頁 1~17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18261/let.55.3.1	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 該当する

1. 著者名 Muto Daichi, Ishimura Toyoho, Takahashi Motomitsu, Nishida Kozue	4. 巻 36
2. 論文標題 Extracting daily isotopic records on fish otolith (Trachurus japonicus) by combining micro milling and micro scale isotopic analysis (MICAL CF IRMS)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Rapid Communications in Mass Spectrometry	6. 最初と最後の頁 e9366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/rcm.9366	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 Sakamoto Tatsuya, Takahashi Motomitsu, Chung Ming-Tsung, Rykaczewski Ryan R., Komatsu Kosei, Shirai Kotaro, Ishimura Toyoho, Higuchi Tomihiko	4. 巻 13
2. 論文標題 Contrasting life-history responses to climate variability in eastern and western North Pacific sardine populations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 5298
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-022-33019-z	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 該当する

1. 著者名 Okuyama Junichi, Watabe Akemi, Takuma Shunichi, Tanaka Kentaro, Shirai Kotaro, Murakami Sugihara Naoko, Arita Mamiko, Fujita Kento, Nishizawa Hideaki, Narazaki Tomoko, Yamashita Yoshiya, Kameda Kazunari	4. 巻 28
2. 論文標題 Latitudinal cline in the foraging dichotomy of loggerhead sea turtles reveals the importance of East China Sea for priority conservation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Diversity and Distributions	6. 最初と最後の頁 1568~1581
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ddi.13531	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 4件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 服部竜士, 石村豊穂, 岩井紀子, 西田 梢, 白井厚太郎
2. 発表標題 両生類の微小骨組織に含まれる微量炭酸塩の安定同位体分析の実現：古生物の生態解明への応用をめざして
3. 学会等名 日本古生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 青野智哉, 坂本達也, 石村豊穂, 高橋素光, 林晃, 安田十也, 北島聡, 西田梢, 松浦隆義, 碓耀斗, 伊藤進一
2. 発表標題 耳石酸素安定同位体比の高解像度分析による日本海におけるマイワシの回遊経路の推定
3. 学会等名 水産海洋学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂本達也, 高橋素光, 白井厚太郎, 石村豊穂
2. 発表標題 日本海におけるマイワシ新規加入群は複数の成育場から来遊する
3. 学会等名 水産海洋学会2021年度九州沖縄地区合同シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武藤大知, 坂本達也, 高橋素光, 北島 聡, 石村豊穂
2. 発表標題 高解像度耳石d180分析による東シナ海・日本海マアジの生育環境推定
3. 学会等名 水産海洋学会2021年度九州沖縄地区合同シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石村豊穂
2. 発表標題 微量炭酸塩安定同位体分析技術の応用展開と新たな高解像度環境解析
3. 学会等名 JpGU2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西田 梢
2. 発表標題 生物源炭酸塩の同位体地球科学・実験生物学の高度化による環境生態指標の評価研究
3. 学会等名 日本地球化学会 受賞講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西田 梢, 石村 豊穂
2. 発表標題 生物源炭酸塩の安定同位体比分析技術の進展 微量化と絶対水温指標の登場
3. 学会等名 第15回バイオミネラリゼーションワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ellen Schnabel, Kotaro Shirai, Naoko Murakami-Sugihara, Klaus Peter Jochum, Nils Hoche, Kozue Nishida, Bernd R Schone
2. 発表標題 Links between shell chemistry and microstructure-A case study using <i>Arctica islandica</i>
3. 学会等名 European Geosciences Union (EGU) General Assembly Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名	Bernd R. Schone, Ellen Schnabel, Nils Hoche, Naoko Murakami-Sugihara, Klaus Peter Jochum, Kozue Nishida, Melita Peharda, Kresimir Markulin, Hana Unvanovic, Kotaro Shirai
2. 発表標題	Unraveling the Secrets Recorded in the Chemistry of Bivalve Shells
3. 学会等名	Goldschmidt 2020 (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Kozue Nishida, Ayaka Yasu, Nobuaki Nanjyo, Motomitsu Takahashi, Satoshi Kitajima, Toyoho Ishimura
2. 発表標題	Measurement of stable carbon and oxygen isotope ratios of individual otoliths of early developmental stage Japanese anchovy and sardine with the MICAL3c microscale stable isotope analytical system
3. 学会等名	Goldschmidt 2020 (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Cornelia Brosset, Nils Hoche, Kotaro Shirai, Kozue Nishida, Regina Mertz-Kraus, Bernd R. Schone
2. 発表標題	Coupling between biomineral morphology and Sr/Ca of <i>Arctica islandica</i> (Bivalvia); Implications for shell Sr/Ca-based temperature estimates
3. 学会等名	The World Congress of Malacology (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	西田 梢, 田中健太郎, 佐藤圭, 樋口恵太, 漢那直也, 杉原奈央子, 白井厚太郎, 岩橋徳典, 永井清仁, 弓場茉裕, 石川彰人
2. 発表標題	二枚貝殻を用いた水温・溶存酸素濃度の モニタリング手法の検討：英虞湾での垂下実験を例に
3. 学会等名	第17回バイオミネラリゼーションワークショップ
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 西田 梢
2. 発表標題 安定同位体分析技術の進展：クランプトアイソトープとは
3. 学会等名 千葉大学セミナー「古水温復元指標あれこれ - 原理から応用まで -」（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石村 拓未、黒崎 大生、巢山 哲、富士 泰期、石村 豊穂、小川 奈々子、吉川 知里、原田 洋太、大河内 直彦、伊藤 進一
2. 発表標題 Development of a method for estimating environments Pacific saury experienced using otoliths and eyeballs
3. 学会等名 JpGU2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tatsuya Sakamoto, Motomitsu Takahashi, Ming-Tsung Chung, Ryan R. Rykaczewski, Kosei Komatsu, Kotaro Shirai, Toyoho Ishimura, and Tomihiko Higuchi
2. 発表標題 Contrasting life-history responses to climate variability in eastern and western North Pacific sardine populations
3. 学会等名 The international small pelagic fish in Lisbon (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石村拓未・巢山哲・富士泰期・寛茂穂・石村豊穂・小川奈々子・吉川知里・原田洋太・伊藤進一
2. 発表標題 耳石及び眼球を用いたサンマ当歳魚の経験環境の推定方法の開発
3. 学会等名 水産海洋学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武藤 大知, 坂本 達也, 高橋 素光, 北島 聡, 石村 豊穂
2. 発表標題 高解像度耳石d180分析と数値解析による東シナ海マアジの生息水深推定 ?3次元回遊経路復元を目指して
3. 学会等名 地球化学会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Researchmap https://researchmap.jp/koz_n/ Researchgate https://www.researchgate.net/profile/Kozue-Nishida 筑波大学研究者情報システム https://trios.tsukuba.ac.jp/ja/researcher/0000004403

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	石村 豊穂 (ISHIMURA Toyoho) (80422012)	京都大学・人間・環境学研究科・准教授 (14301)	
研究分担者	白井 厚太郎 (SHIRAI Kotaro) (70463908)	東京大学・大気海洋研究所・准教授 (12601)	

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
---------	---------