

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：12702

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B））

研究期間：2018～2023

課題番号：18KK0293

研究課題名（和文）海水温上昇にともなう大型回遊魚の分布域の変化を予測するモデルの構築

研究課題名（英文）Constructing models for predicting changes in distributions of large migratory fishes in response to ocean warming

研究代表者

渡辺 佑基（Watanabe, Yuuki）

総合研究大学院大学・統合進化科学研究センター・教授

研究者番号：60531043

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：バイオロギングの手法を用いて大型回遊魚の遊泳行動、環境水温、体温を計測し、代謝速度のデータと組み合わせ解析した。ヨシキリザメは大きな体に起因する熱の慣性力を利用し、常時潜水を繰り返すことによって、体温を一定の幅に収めていた。北極のニシオンデンザメは低い体温のために代謝速度が低く、少量の食べ物で正のエネルギー収支を維持できることがわかった。魚類の代謝速度を種間で比較したところ、硬骨魚類においては水温の影響を和らげる進化の形跡が見られたが、軟骨魚類ではそうした形跡が見られなかった。気候変動に伴う水温変化に対し、軟骨魚類は硬骨魚類よりも鋭敏に反応し、分布域を大きく変化させる可能性がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大型回遊魚がなぜ深い潜水を繰り返すのかについて、これまで様々な議論があったが、明瞭な答えは出ていなかった。本研究では、サメの深い潜水には獲物の探索と体温調節という2つの機能があることがわかった。また、魚類の水温適応が硬骨魚類と軟骨魚類で異なることが明らかになった。気候変動に伴う水温変化に対し、軟骨魚類の方が鋭敏に反応する可能性を示唆するもので、種の保全や水産資源管理に深い示唆を与える発見である。

研究成果の概要（英文）：Swimming behavior, ambient water temperature, and body temperature of large migratory fishes were measured using bio-logging techniques and analyzed in combination with metabolic rate data. Blue sharks kept their body temperature within a certain range by using thermal inertia caused by their large bodies and by constantly repeating dives. Greenland sharks in the Arctic had low metabolic rates due to their low body temperatures and were able to maintain a positive energy balance with a small amount of food. Comparisons of metabolic rates among fish species showed evidence of evolutionary modifications of temperature effects on metabolic rates in teleosts (bony fishes), but not in elasmobranchs (sharks and rays). It is possible that elasmobranchs may be more sensitive than teleosts to changes in water temperature associated with climate change, leading to larger changes in their distributions.

研究分野：海洋生物学

キーワード：行動生態 環境適応 水温 魚類

## 1. 研究開始当初の背景

近年、気候変動に伴う動植物の分布域の変化が世界中で報告されている。中でもとりわけ顕著なのは、海水温の上昇とともに魚類の分布域が高緯度方向にシフトする現象である。魚類は熱伝導率の高い水中で暮らす変温動物であり、なおかつ高い移動能力を持つため、環境温度の変化に対して特に鋭敏に反応すると考えられる。効率的な漁業活動を維持しながら水産資源を管理し、また個体数の減少が危惧される種を保全するために、こうした変化の背景にあるメカニズムを理解し、将来起こり得る影響を予測することが求められる。

そのための鍵となるのが、魚類の種ごとの水温適応である。これまで、魚類を水槽に入れて水温を変化させ、行動的、生理的な反応を調べる実験が多数行われてきた。しかし、そのような方法では、水槽に入るサイズの比較的小さな魚種しか調べることができない。外洋性サメ類などの大型回遊魚においては、漁獲量と海水温データの分析こそ行われてきたものの、水温適応を定量的に調べることが今までにできていない。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、動物の体に計測機器を取り付けるバイオリギングの手法を用いて、大型回遊魚の遊泳行動、環境水温、体温（筋肉の温度）を同時に計測した。多くの大型回遊魚は深い潜水を繰り返し、その際に大きな水温変化を経験する。水温変化に対して体温がどのように応答し、また体温の変化が行動とどのように関連するのかについて調べた。また、極地の海に暮らす稀なサメであるニシオンデンザメに関して、バイオリギングの調査に加えて酸素消費速度を計測し、代謝速度を見積もった。データを他のサメ類と比較することで、この種の水温適応の特徴を調べた。さらに、硬骨魚類と軟骨魚類の両方を含む魚類全般について、代謝速度のデータを幅広く集め、水温との関連を調べた。1つの種が受ける水温の影響と、種間における水温の影響とを切り分けて分析し、なおかつ硬骨魚類と軟骨魚類との差に着目することで、魚類の水温適応の特徴を明らかにすることを試みた。本研究の目的は、従来調べることができなかった大型回遊魚の水温適応の特徴を明らかにするとともに、気候変動に起因する水温変化の影響に関して新たな知見を得ることである。

## 3. 研究の方法

国内外の様々な場所で野外調査を実施し、大型回遊魚（ヨシキリザメ、アオザメ、ニシオンデンザメ、イタチザメ、ジンベエザメ、マンボウ）に計測機器を取り付け、放流した。数日後、機器がタイマーで魚体から切り離されて海面に浮上するのを待ってから、電波信号を頼りに探し出して回収した。それぞれの魚種について、潜水のパターンと潜水中の環境水温と体温の変化を分析した。潜水を潜行と浮上のフェイズにわけ、それぞれについて熱交換モデルを当てはめて、水温の変化に対する体温の応答速度を計算した。ニシオンデンザメについては、捕獲した個体の一部を簡易的なプールに入れ、水面をプラスチックのシートで覆い、酸素消費速度を計測した。硬骨魚類と軟骨魚類を含む魚類全般に関して、安静時の酸素消費速度、体重、水温のデータを文献から幅広く集めた。ただし、実験水温に馴致させていない個体のデータは除外した。データは系統関係の影響を考慮に入れる統計手法を用いて解析した。

## 4. 研究成果

本研究から得られた3つの代表的な研究成果を以下に紹介する。

### (1) ヨシキリザメの体温調節行動 (Watanabe et al. 2021 Mar. Biol.)

ヨシキリザメは温帯、熱帯海域に幅広く生息する代表的な大型回遊魚である。遊泳行動、環境水温、体温（筋肉の温度）の同時計測データを分析したところ、本種は表層と深度200-300mとの間を往復する潜水を繰り返し、その際に大きな水温変化を経験していた（図1）。潜水の際に環境水温は急速に変化した。大きな体に起因する熱の慣性力のため、体温はゆっくりとしか変化しなかった。サメは体温が下がり切る前に潜行をやめて浮上を始め、また体温が上がり切る前に浮上をやめて潜行を開始した。そのようにして、ヨシキリザメは自らの体温を比較的狭い範囲の中に収めていることがわかった。また、潜水の浮上時における体温の上昇速度は、潜行時における体温の下降速度よりも速かった。ヨシキリザメのような外温性魚類においても、体温変化は純粋な受動的プロセスではなく、生理的な調節の効く能動的プロセスであることがわかった。さらに、サメに取り付けたビデオカメラの映像を行動データと合わせて解析したところ、深い潜水を繰り返す際、サメは幅広い深度帯でイカ類などの獲物を追いかけることがわかった。ヨシキリザメが繰り返す深い潜水は、体温調節行動と捕食行動の組み合わせであると結論した。

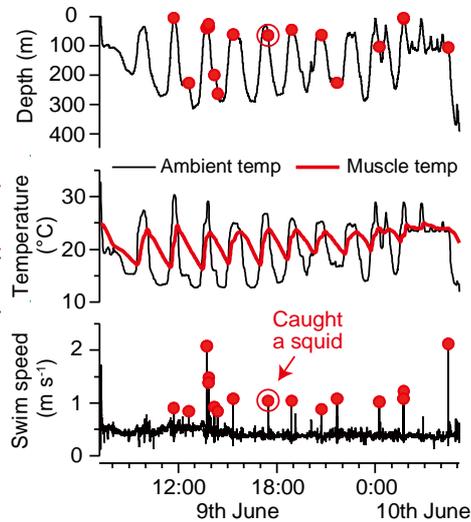


図1. ヨシキリザメの深度、環境水温、体温（筋肉の温度）、遊泳速度の例。サメは深い潜水を繰り返すことにより、体温を狭い範囲に収めていた。赤丸は獲物を追ったと思われるイベントを示し、二重赤丸はイカを捕食したことがビデオ映像から確認できた瞬間を示す。

(2) ニシオンデンザメの低温適応 (Ste-Marie et al. 2022 J. Exp. Biol.)

ニシオンデンザメは北極を含む北大西洋の高緯度海域に生息する大型種で、世界で最も冷たい海に適応したサメ類である。本種の遊泳行動、環境水温、体温（筋肉の温度）の同時計測データを、別の個体から計測した代謝速度のデータと合わせて解析し、自由遊泳時の代謝速度を見積もった。ニシオンデンザメの代謝速度は、体の大きさの違いを補正して比較すると、これまでに報告された他のどんなサメ類よりも低かった。摂氏3度程度という低水温の影響が、代謝速度にそのまま表れていると考えられた。平均的なサイズである体重 224 キロのニシオンデンザメについて、自由遊泳時の代謝速度を見積もり、必要な摂取カロリーに換算したところ、1日わずか100g程度（体重の0.04%）の魚を食べればよいことがわかった。本種はアザラシの幼獣を時折捕食することが知られる。体重 15 キロのアザラシの幼獣を丸ごと食べたと仮定すると、ニシオンデンザメはその後、7-8 か月間は何も食べなくても正のエネルギー収支を維持できると推定された。このように、低水温に適応したニシオンデンザメは代謝速度が低く、少量の食べ物で正のエネルギー収支を維持できるというメリットを享受していることが明らかになった。

(3) 硬骨魚類と軟骨魚類の水温適応の違い (Watanabe and Payne 2023 Nat. Commun.)

硬骨魚類 100 種、軟骨魚類 34 種、計 134 種の魚類から安静時の代謝速度のデータを集めて解析した。種内の比較、すなわち1つの種の代謝速度が水温によってどう変わるのかを分析したところ、硬骨魚類と軟骨魚類で差が見られなかった。一方、種間の比較、すなわち1つの種を1つのデータポイントとして代謝速度と水温との関係を調べると、硬骨魚類と軟骨魚類で大きな差があった（図2）。硬骨魚類の方が水温の影響が小さく、低水温帯において、軟骨魚類よりも代謝速度が高くなっていた。つまり、低水温海域（高緯度海域）に生息する硬骨魚類では、低水温の影響を和らげる進化的形跡が見られたが、軟骨魚類にはそうした形跡が見られなかった。また、種の多様性に関するデータを分析し、軟骨魚類の種の多様性が高緯度海域で著しく低くなっていることを見つけた。この結果は、硬骨魚類と軟骨魚類では代謝速度に関する水温の影響が異なり、それが高緯度海域における種の多様性の差となって表れていることを示唆する。本研究により、気候変動に伴う水温変化に対する魚類の応答は、硬骨魚類と軟骨魚類で異なる可能性が示唆された。軟骨魚類の方が鋭敏に反応し、より大きく分布域を変化させると考えられる。

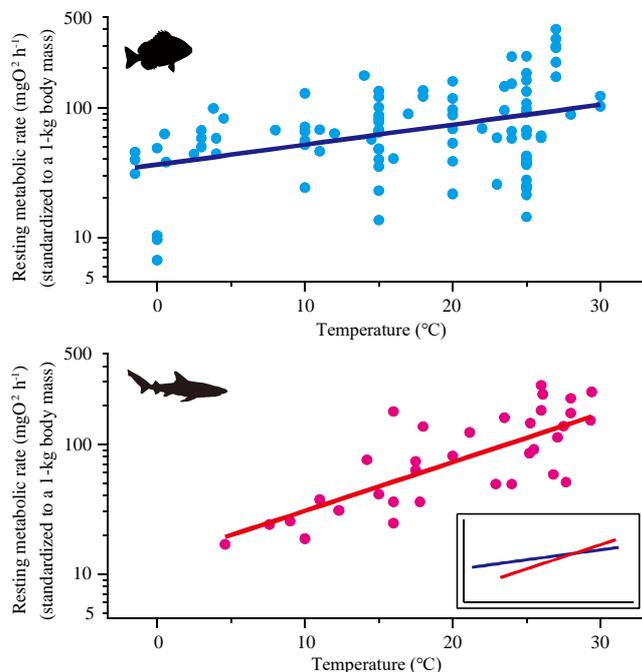


図2. 魚類における安静時の代謝速度（体重の影響を除いて標準化したもの）と水温の関係。1つの点が1つの種を示し、上は硬骨魚類、下は軟骨魚類である。硬骨魚類に比べて軟骨魚類の方が水温に敏感である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計33件（うち査読付論文 33件 / うち国際共著 25件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Yun Chan-gyu, Watanabe Yuuki Y.	4. 巻 8
2. 論文標題 Allometric Growth of the Enigmatic Deep-Sea Megamouth Shark <i>Megachasma pelagios</i> Taylor, Compagno, and Struhsaker, 1983 (Lamniformes, Megachasmidae)	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Fishes	6. 最初と最後の頁 300 ~ 300
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/fishes8060300	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 Watanabe Yuuki Y., Payne Nicholas L.	4. 巻 14
2. 論文標題 Thermal sensitivity of metabolic rate mirrors biogeographic differences between teleosts and elasmobranchs	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 2054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-023-37637-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 Watanabe Yuuki Y., Papastamatiou Yannis P.	4. 巻 11
2. 論文標題 Biologging and Biotelemetry: Tools for Understanding the Lives and Environments of Marine Animals	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Annual Review of Animal Biosciences	6. 最初と最後の頁 247 ~ 267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1146/annurev-animal-050322-073657	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 Papastamatiou Yannis P., Leos-Barajas Vianey, Howey Lucy, Brooks Edd, Chapman Demian D., Watanabe Yuuki	4. 巻 169
2. 論文標題 Individual differences in diel and vertical activity patterns in a large pelagic predator, the oceanic whitetip shark	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Marine Biology	6. 最初と最後の頁 137
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00227-022-04119-7	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 Iosilevskii G., Kong J. D., Meyer C. G., Watanabe Y. Y., Papastamatiou Y. P., Royer M. A., Nakamura I., Sato K., Doyle T. K., Harman L., Houghton J. D. R., Barnett A., Semmens J. M., Maoileidigh N. O., Drumm A., O'Neill R., Coffey D. M., Payne N. L.	4. 巻 9
2. 論文標題 A general swimming response in exhausted obligate swimming fish	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Royal Society Open Science	6. 最初と最後の頁 211869
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rsos.211869	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 Jacoby David M. P., Watanabe Yuuki Y., Packard Tre, Healey Mark, Papastamatiou Yannis P., Gallagher Austin J.	4. 巻 10
2. 論文標題 First descriptions of the seasonal habitat use and residency of scalloped hammerhead ( <i>Sphyrna lewini</i> ) and Galapagos sharks ( <i>Carcharhinus galapagensis</i> ) at a coastal seamount off Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Animal Biotelemetry	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40317-022-00293-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 Ste-Marie Eric, Watanabe Yuuki Y., Semmens Jayson M., Marcoux Marianne, Hussey Nigel E.	4. 巻 225
2. 論文標題 Life in the slow lane: field metabolic rate and prey consumption rate of the Greenland shark ( <i>Somniosus microcephalus</i> ) modelled using archival biologgers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Biology	6. 最初と最後の頁 jeb242994
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jeb.242994	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 Tokunaga Soma, Watanabe Yuuki Y., Kawano Mai, Kawabata Yuuki	4. 巻 11
2. 論文標題 Factors affecting gestation periods in elasmobranch fishes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biology Open	6. 最初と最後の頁 bio059270
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/bio.059270	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 R, Murakumo K, Nozu R, Acuna-Marrero D, Green JR, Pierce SJ, Rohner CA, Reyes H, Green SM, Dove ADM, Torres ML, Hearn AR	4. 巻 50
2. 論文標題 Underwater ultrasonography and blood sampling provide the first observations of reproductive biology in free-swimming whale sharks	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Endangered Species Research	6. 最初と最後の頁 125 ~ 131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3354/esr01226	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 Tomita Taketeru, Murakumo Kiyomi, Matsumoto Rui	4. 巻 157
2. 論文標題 Narrowing, twisting, and undulating: Complicated movement in shark spiral intestine inferred using ultrasound	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Zoology	6. 最初と最後の頁 126077 ~ 126077
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.zool.2023.126077	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 Chang Ching-Tsun, Chiang Wei-Chuan, Musyl Michael K., Popp Brian N., Lam Chi Hin, Lin Shian-Jhong, Watanabe Yuuki Y., Ho Yuan-Hsing, Chen June-Ru	4. 巻 11
2. 論文標題 Water column structure influences long-distance latitudinal migration patterns and habitat use of bumphead sunfish <i>Mola alexandrini</i> in the Pacific Ocean	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 21934
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-01110-y	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 Watanabe Yuuki Y., Nakamura Itsumi, Chiang Wei-Chuan	4. 巻 168
2. 論文標題 Behavioural thermoregulation linked to foraging in blue sharks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Marine Biology	6. 最初と最後の頁 161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00227-021-03971-3	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 Watanabe Yuuki Y., Goldbogen Jeremy A.	4. 巻 224
2. 論文標題 Too big to study? The biologging approach to understanding the behavioural energetics of ocean giants	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Biology	6. 最初と最後の頁 jeb202747
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jeb.202747	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 Harding Lucy, Jackson Andrew, Barnett Adam, Donohue Ian, Halsey Lewis, Huvneers Charles, Meyer Carl, Papastamatiou Yannis, Semmens Jayson M., Spencer Erin, Watanabe Yuuki, Payne Nicholas	4. 巻 35
2. 論文標題 Endothermy makes fishes faster but does not expand their thermal niche	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Functional Ecology	6. 最初と最後の頁 1951 ~ 1959
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1365-2435.13869	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 Queiroz Nuno et al. (152 authors)	4. 巻 595
2. 論文標題 Reply to: Shark mortality cannot be assessed by fishery overlap alone	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 E8 ~ E16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-021-03397-3	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 Queiroz Nuno et al. (152 authors)	4. 巻 595
2. 論文標題 Reply to: Caution over the use of ecological big data for conservation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 E20 ~ E28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-021-03464-9	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 該当する

1. 著者名 Hirawake Toru, Uchida Masaki, Abe Hiroto, Alabia Irene D., Hoshino Tamotsu, Masumoto Shota, Mori Akira S., Nishioka Jun, Nishizawa Bungo, Ooki Atsushi, Takahashi Akinori, Tanabe Yukiko, Tojo Motoaki, Tsuji Masaharu, Ueno Hiromichi, Waga Hisatomo, Watanabe Yuuki Y., Yamaguchi Atsushi, Yamashita Youhei	4. 巻 27
2. 論文標題 Response of Arctic biodiversity and ecosystem to environmental changes: Findings from the ArCS project	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polar Science	6. 最初と最後の頁 100533 ~ 100533
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polar.2020.100533	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 Nakamura Itsumi, Yamada Morihiko	4. 巻 546
2. 論文標題 Thermoregulation of ocean sunfish in a warmer sea suggests their ability to prevent heat loss in deep, cold foraging grounds	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Marine Biology and Ecology	6. 最初と最後の頁 151651 ~ 151651
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jembe.2021.151651	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 Nakamura Itsumi, Tsuchida Hiroyuki, Tone Kazuki, Komeyama Kazuyoshi, Sasaki Akira, Kawabe Ryo	4. 巻 99
2. 論文標題 Behavioural response of a whale shark during the passage of a typhoon	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Fish Biology	6. 最初と最後の頁 2052 ~ 2055
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jfb.14892	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 Ste-Marie E, Watanabe YY, Semmens JM, Marcoux M, Hussey NE	4. 巻 10
2. 論文標題 A first look at the metabolic rate of Greenland sharks ( <i>Somniosus microcephalus</i> ) in the Canadian Arctic	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 19297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-76371-0	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 Barkley AN, Broell F, Pettitt Wade H, Watanabe YY, Marcoux M, Hussey NE	4. 巻 89
2. 論文標題 A framework to estimate the likelihood of species interactions and behavioural responses using animal borne acoustic telemetry transceivers and accelerometers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Animal Ecology	6. 最初と最後の頁 146 ~ 160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1365-2656.13156	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 Nakamura I, Matsumoto R, Sato K	4. 巻 223
2. 論文標題 Body temperature stability in the whale shark, the world's largest fish	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Biology	6. 最初と最後の頁 jeb210286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jeb.210286	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 Narazaki T, Nakamura I, Aoki K, Iwata T, Shiomi K, Luschi P, Suganuma H, Meyer CG, Matsumoto R, Bost CA, Handrich Y, Amano M, Okamoto R, Mori K, Ciccione S, Bourjea J, Sato K	4. 巻 24
2. 論文標題 Similar circling movements observed across marine megafauna taxa	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 102221 ~ 102221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2021.102221	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 Lin S-J, Chiang W-C, Musyl MK, Wang S-P, Su N-J, Chang Q-X, Ho Y-S, Nakamura I, Tseng C-T, Kawabe R	4. 巻 12
2. 論文標題 Movements and Habitat Use of Dolphinfish (Coryphaena hippurus) in the East China Sea	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 5793 ~ 5793
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su12145793	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 Watanabe YY, Payne NL, Semmens JM, Fox A, Huvneers C	4. 巻 621
2. 論文標題 Hunting behaviour of white sharks recorded by animal-borne accelerometers and cameras	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Marine Ecology Progress Series	6. 最初と最後の頁 221 ~ 227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3354/meps12981	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 Semmens JM, Kock AA, Watanabe YY, Shepard CM, Berkenpas E, Stehfest KM, Barnett A, Payne NL	4. 巻 166
2. 論文標題 Preparing to launch: biologging reveals the dynamics of white shark breaching behavior	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Marine Biology	6. 最初と最後の頁 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00227-019-3542-0	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 該当する

1. 著者名 Watanabe YY, Papastamatiou YP	4. 巻 95
2. 論文標題 Distribution, body size and biology of the megamouth shark Megachasma pelagios	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Fish Biology	6. 最初と最後の頁 992 ~ 998
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jfb.14007	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 Edwards JE, Broell F, Bushnell PG, Campana SE, Christiansen JS, Devine BM, Gallant JJ, Grant SM, Hedges KJ, Hiltz E, MacNeil MA, McMeans BC, Nielsen J, Praebel K, Skomal GB, Steffensen JF, Walter RP, Watanabe YY, VanderZwaag DL, Hussey NE	4. 巻 6
2. 論文標題 Advancing research for the management of long-lived species: A case study on the Greenland shark	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	6. 最初と最後の頁 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmars.2019.00087	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 Watanabe YY, Payne NL, Semmens JM, Fox A, Huvneers C	4. 巻 222
2. 論文標題 Swimming strategies and energetics of endothermic white sharks during foraging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Experimental Biology	6. 最初と最後の頁 185603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jeb.185603	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 Lin SJ, Musyl MK, Wang SP, Su NJ, Chiang WC, Lu CP, Tone K, Wu CY, Sasaki A, Nakamura I, Komeyama K, Kawabe R	4. 巻 85
2. 論文標題 Movement behaviour of released wild and farm-raised dolphinfish <i>Coryphaena hippurus</i> tracked by pop-up satellite archival tags	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 779-790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12562-019-01334-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 該当する

1. 著者名 Matsumoto R, Matsumoto Y, Ueda K, Suzuki M, Asahina K, Sato K.	4. 巻 117
2. 論文標題 Sexual maturation in a male whale shark ( <i>Rhincodon typus</i> ) based on observations made over 20 years of captivity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fishery Bulletin	6. 最初と最後の頁 78-86
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 Murakumo K, Matsumoto R, Tomita T, Matsumoto Y, Ueda K.	4. 巻 118
2. 論文標題 The power of ultrasound: observation of nearly the entire gestation and embryonic developmental process of captive reef manta rays ( <i>Mobula alfredi</i> )	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fishery Bulletin	6. 最初と最後の頁 1-7
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 Yagishita N, Ikeguchi S, Matsumoto R	4. 巻 74
2. 論文標題 Re-estimation of genetic population structure and demographic history of the whale shark (Rhincodon typus) with additional Japanese samples, inferred from mitochondrial DNA sequences.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Pacific Science	6. 最初と最後の頁 31-47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2984/74.1.3	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16件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Tokunaga S, Chiang W-C, Nakamura I, Matsumoto R, Watanabe Y
2. 発表標題 Enhanced thermoregulatory ability in regionally endothermic shortfin mako sharks
3. 学会等名 The 8th International Bio-Logging Science Symposium (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Tokunaga S, Chiang W-C, Nakamura I, Matsumoto R, Watanabe Y
2. 発表標題 Enhanced thermoregulatory ability in regionally endothermic shortfin mako sharks
3. 学会等名 Congress of Animal Behavior and Ecology 2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Semmens J, Moreno D, George L, Tracey S, Watanabe Y
2. 発表標題 Undulating diving in southern eagle rays results in an increase in muscle temperature
3. 学会等名 The 8th International Bio-Logging Science Symposium (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Coffey D, Meyer C, Watanabe Y, Payne N
2. 発表標題 Swim-glide Behavior and Optimal Dive Geometry Reduces Energy Expenditure in an Undulatory Rajiform
3. 学会等名 The 8th International Bio-Logging Science Symposium (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Sato K, Watanabe S, Noda T, Koizumi T, Yoda K, Watanabe Y, Sakamoto K, Isokawa T, Yoshida M, Aoki K, Takahashi A, Iwata T, Nishizawa H, Maekawa T, Kawabe R, Watanuki Y
2. 発表標題 “Biologging intelligent Platform (BiP)” is now open
3. 学会等名 The 8th International Bio-Logging Science Symposium (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 村雲清美、金谷悠作、松本瑠偉
2. 発表標題 シノノメサカタザメの繁殖周期のモニタリング
3. 学会等名 板鰐類シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松本瑠偉、村雲清美
2. 発表標題 ジンベエザメの国際野外調査
3. 学会等名 第10回水族館シンポジウム
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Nakamura I, Yamada M
2. 発表標題 Ocean sunfish body temperature changing from the core during behavioral thermoregulation
3. 学会等名 The 8th International Bio-Logging Science Symposium (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yuuki Watanabe, Nicholas Payne
2. 発表標題 Thermal sensitivity of metabolic rate mirrors different biogeographies between teleosts and elasmobranchs
3. 学会等名 The 13th Symposium on Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Rui Matsumoto
2. 発表標題 Wild whale sharks
3. 学会等名 ULTRASOUND 2022 BMUS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村乙水、山田守彦
2. 発表標題 マンボウは内側から冷えたり温まったりする
3. 学会等名 第18回日本バイオロギング研究会シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡辺佑基
2. 発表標題 サメ・エイ類はなぜ極地に少ないか。硬骨魚と軟骨魚の低温適応の違い
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村乙水
2. 発表標題 魚の最適採餌戦略：マンボウの餌場利用と餌選択
3. 学会等名 日本バイオロギング研究会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Watanabe Y
2. 発表標題 Using accelerometers to understand the behavioral ecology and energetics of elasmobranch
3. 学会等名 American Elasmobranch Society meeting（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村乙水
2. 発表標題 外温性魚類に水温変化を与えた時の体温と心拍数の変化
3. 学会等名 日本水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Matsumoto R, Murakumo K, Nozu R, Green JR, Pierce SJ, Rohner CA, Hearn AR
2. 発表標題 First ever observation of ovary in Galapagos whale sharks made using underwater ultrasonography
3. 学会等名 5th International whale shark conference (国際学会)
4. 発表年 2019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	中村 乙水 (Nakamura Itsumi)  (60774601)	長崎大学・海洋未来イノベーション機構・助教  (17301)	
研究分担者	松本 瑠偉 (Matsumoto Rui)  (90816430)	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 動物研究室・主任研究員  (88003)	

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			
米国	Florida International University			
カナダ	Windsor University			
アイルランド	Trinity College Dublin			
オーストラリア	University of Tasmania			
その他の国・地域	水産試験所東部漁業生物研究中心(台湾)			