

板鰓類研究会報

第 59 号

Report of Japanese Society for Elasmobranch Studies

No. 59

板鰓類研究の地平線:サメの鰭の発生プロセスから進化の道筋をたどる
情報・記録:長崎県対馬沖からのメガマウスザメ *Megachasma pelagios* の記録
サブカルチャーのシンボル(表徴)としてのサメ類
ピッツバーグで開催されたアメリカ板鰓類学会の参加報告
「板鰓類シンポジウム 2023」の開催報告



日本板鰓類研究会
Japanese Society for Elasmobranch Studies

2025年3月 March 2025



表紙写真：台湾でメガマウスザメの調査を行う Chi-Ju Yu 博士を Zola Chen 氏が撮影
回遊生態の解明へ向け
山口 敦子（長崎大学 総合生産科学研究科）

目次

■板鰐類研究の地平線

01 サメの鰭の発生プロセスから進化の道筋をたどる

田中 幹子

■情報・記録

06 長崎県対馬沖からのメガマウスザメ *Megachasma pelagios* の記録

山口 敦子・古満 啓介・荻野 義視・中村 雅之・折居 巧・Chi-Ju Yu

12 サブカルチャーのシンボル（表徴）としてのサメ類

沼口 麻子・石原 元

20 ピッツバーグで開催されたアメリカ板鰐類学会の参加報告

中村 雅之

23 「板鰐類シンポジウム 2023」の開催報告

山口 敦子・兵藤 晋

■書評

59 書評：サメの歯化石のしらべ方第2版（地学ハンドブックシリーズ29）

石原 元

64 書評：鶴見大学名誉教授後藤仁敏著「歯からみた生物の進化」

石原 元

■新刊書籍紹介

68 『迫力ビジュアル図鑑 世界のサメ（原題：The Lives of Sharks）』

須田 健太

■追悼

69 Leonard Compagno 博士の死を悼む

石原 元

■事務報告

72 総務・広報報告 / 会計報告

サメの鰭の発生プロセスから進化の道筋をたどる

田中 幹子(東京工業大学)

Exploring the evolutionary developmental mechanisms behind the fin-to-limb-transition in shark fins

Mikiko Tanaka (Tokyo Institute of Technology)

1. はじめに

古代魚の鰭が四肢へと進化したことは、脊椎動物の形態進化の歴史の中でも最も重要な変化の一つであろう。鰭から四肢へと形を変えるためには、骨格要素だけに着目しても、自脚(指や手のひらなどの四肢の先端の骨; 図1 マウス前肢参照)の獲得や前側(親指側)の骨格要素の減少など、多くの変化が必要とされる。特に自脚は、鰭から四肢への進化における象徴的な変化であるため、その進化のメカニズムについては多くの研究がなされてきた。しかしながら、前後軸方向(親指-小指方向; 図1)の骨格変化のメカニズムについては、ほとんど研究がなされてこなかった。

2. 骨格パターンの変化

サメや古代魚の胸鰭の骨格をアカントステガ(*Acanthostega gunnari*)やマウス(*Mus musculus*)の前肢骨格と比べてみると、骨格形態が前後軸方向にも大きく変化していることがよくわかる(図1)。たとえば、ハナカケトラザメ(*Scyliorhinus canicula*)の胸鰭は3本の骨で体幹とつながっているが、マウスの前肢では1本の柱脚で体幹とつながっている。また、サウリプテルス(*Sauripterus taylori*)やティクターリク(*Tiktaalik roseae*)では大きかった軀脚の前側の骨格要素(図1 黄色の骨格)のサイズは四肢動物では小さくなっている。さらに、アカントステガでは8本あった指の数はマウスでは5本にまで減少している。

多くの軟骨魚類に加え、ポリプテルス(*Polypterus senegalus*)やヘラチョウザメ(*Polyodon spathula*)のような条鰭類下位群にも、体幹とつながっている胸鰭の付け根の骨が複数本あるものが存在することから、複数本の付け根の骨は原始的な胸鰭骨格の特徴であると考えられている。付け根の骨が3本あるサメの胸鰭骨格は、前鰭骨、中鰭骨、後鰭骨と分けられているが(Gegenbaur, 1865)(図1)、鰭か

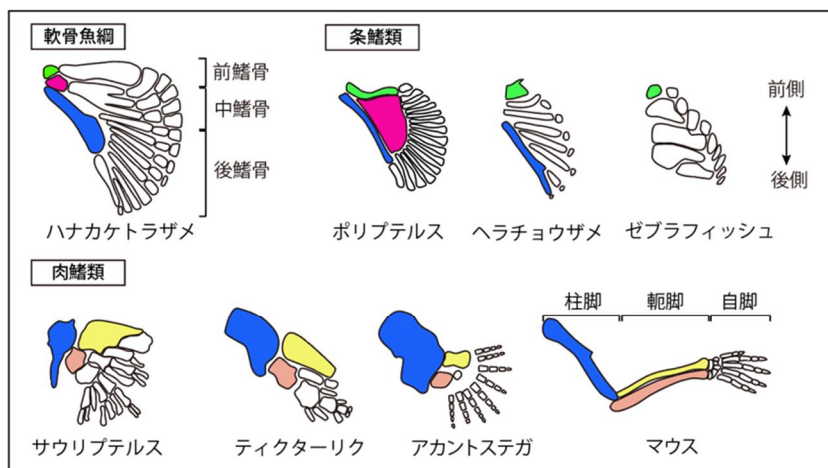


図1 胸鰭と前肢の骨格のパターン。骨格パターンは (Cuervo et al., 2012; Davis et al., 2004; Grandel and Schute-Merker, 1998; Daeschler and Shubin, 1998; Shubin et al., 2006; Coates, 1996) より改変。

ら四肢への進化の過程では、後鰭骨のうち最も基部側の骨のみ(図1 青色の骨格)が残って1本の柱脚へと進化し、前側の前鰭骨と中鰭骨は消失したとされていた。一方、ポリプテルスの胸鰭には、前鰭骨、中鰭骨、後鰭骨が存在し(図1)、ゾウギンザメ(*Callorhinchus milii*)やヘラチョウザメの胸鰭には、前鰭骨と後鰭骨が存在している(Mabee and Noordsy, 2004; Onimaru et al., 2015)(図1)。また、初期の肉鰭類のアコニア(*Achoania jarvikii*)やプサロレピス(*Psarolepis romeri*)の肩甲骨の化石には胸鰭のつながっていたところには、複数の関節のへこみが見つかっていることから、胸鰭の付け根の骨は複数本あったと推測されている(Zhu and Yu, 2009)。一方、ゼブラフィッシュ(*Danio rerio*)の胸鰭骨格をみてわかるように(図1)、真骨魚類の内骨格は、後鰭骨が退化している。四肢の柱脚が鰭の後鰭骨の基部側の骨から進化したものであるならば、少なくとも骨格要素の進化のメカニズムを研究する上では、軟骨魚類や一部の条鰭類下位群の種のような後鰭骨を有する種をモデルすることが重要となるのだ。

3. 骨格パターンを変化させる発生プログラムの変化

化石記録から鰭から四肢への進化の過程における骨格要素の形態変化を検証してみると、前後軸方向に骨格パターンが変化していることは明らかである(図1)。では、鰭から四肢への進化の過程で、どのようなメカニズムによって前後軸方向の骨格パターン変化が生じるのであろうか？四肢の前後軸方向の骨格パターンを制御するメカニズムについては、ニワトリ胚やマウス胚を用いた研究が古くから盛んであり、主要な分子カスケードは明らかになっている。まず枝芽の発生の初期段階では、前側で発現する *Gli3* と後側で発現する *Hand2* がお互いの発現を抑制しあうことで、前後軸方向のプレパターンが生じる(te Welscher et al., 2002)(図2)。続いて、*Hand2* は他の転写因子とともに枝芽の後端部に *Shh* の発現を誘導する。*Gli3* タンパク質は、プロセッシングされてリプレッサー型(*Gli3R*)として働くが、*Shh* はこのプロセッシングを抑制する働きがある。このため、枝芽の後端部に *Shh* が発現した後は *Gli3R* が枝芽の中で前後軸方向に勾配をもって存在し、パターン形成を制御するようになる(Wang et al., 2000)。鰭から四肢へと形が変わるときに、前後軸方向の骨格パターンに変化が生じているということは、前後軸方向のパターン形成を制御するこれらの分子によって制御されるカスケードにおいて、何らかの変化が生じていると思われる。実際、マウス胚の枝芽の前側(親指側)の区画で発現している *Pax9* や *Alx4* の発現や後側(手のひら側)の区画で発現する *Hand2* の発現(Fernandez-Teran et al., 2000; McGlimm et al., 2005; te Welscher et al., 2002)(図2)をハナカケトラザメ胚の胸鰭原基で確認すると、前側区画が広がり、後側区画が狭いことが確認された(Onimaru et al., 2015)(図2)。つまり、サメの胸鰭原基は、ほとんど親指に相当する(前側)区画で占められていたの

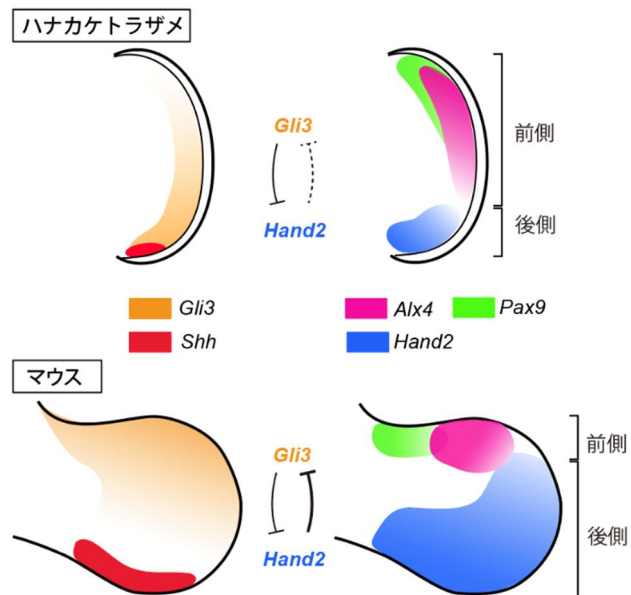


図2.ハナカケトラザメの胸鰭原基とマウスの前肢芽で前後軸方向のパターン形成に関わる分子の模式図。図は(Onimaru et al., 2015; Sakamoto et al., 2009) より改変。

だ。では、サメの胸鰭原基でこれほど広がった前側区画が、マウスの前肢では狭くなり、後側区画が広がっているのはなぜなのであろうか？マウスの肢芽では、前側区画の *Pax9* と *Alx4* や後側区画の *Hand2* の発現は、*Gli3* によって制御されている。そこで、ハナカケトラザメ胚の胸鰭原基で *Gli3* の発現を確認してみると、マウス胚の肢芽とは異なり、後側で強く発現していたのだ (Onimaru et al., 2015)。これは、マウス胚の肢芽内で *Gli3* が *Hand2* とともにお互いの発現を抑制することによって制御されていた前後軸方向のパターン形成機構が、ハナカケトラザメ胚の胸鰭原基の形成過程では成り立っていないことを意味しており (Onimaru et al., 2015) (図 2)、サメの胸鰭原基とマウスの前肢芽での前側区画と後側区画の広さのバランスが異なる原因が、*Gli3* の発現パターンの違いに起因する可能性を示唆していた。さらに、ハナカケトラザメ胚で確認されたような胸鰭原基の後端まで広がる *Gli3* の発現パターンは、ゾウギンザメ胚や (Onimaru et al., 2015)、シロボシテンジクザメ胚 (*Chiloscyllium plagiosum*)、ガンキエイ胚 (*Leucoraja erinacea*) (Nakamura et al., 2015)、および、ヘラチョウザメ胚の胸鰭原基でも確認された (Davis et al., 2007)。これらのことから、*Gli3* は、もともとは胸鰭原基の後端まで広がるパターンであったものが、肢芽では後端を除いた領域で発現するパターンに変化したと考えられた。実際、ハナカケトラザメやゾウギンザメの胸鰭原基での *Gli3* の発現を制御する配列はニワトリ胚でも肢芽の後端まで発現を促す機能があったが、ニワトリの *Gli3* の制御配列は肢芽の後端を除いた領域で発現を促す機能を持っている。さらに、この *Gli3* の制御配列は、軟骨魚類(ハナカケトラザメ、ゾウギンザメ)から、シーラカンス (*Latimeria chalumnae*)、四肢動物へと進化するにつれて、少しずつ変化したこと、段階的な *Gli3* の制御配列の機能の変化が、後側区画を広げていくこと(後側化)につながったと予想された。では、後側区画が広がってだけで、鰭は四肢へと進化するのであろうか？驚いたことに、ハナカケトラザメの胸鰭原基を”後側化”させてみると、3 本あった付け根の骨は、ティクターリクの胸鰭にみられるように 1 本となったのだ (Onimaru et al., 2015)。鰭から四肢への進化の過程では、*Gli3* の制御領域の機能が段階的に変化することなどによって”後側化”が起こっていたようだ。

本稿では、骨格パターンの進化に着目した研究の一部をご紹介したが、軟骨魚類胚は、骨格パターンの発生進化的研究だけでなく、鰭から四肢への進化の過程における筋肉パターンの変化や (Okamoto et al., 2017; Okamoto et al., 2019) や神経パターンの変化 (Jung et al., 2018) を考える上でも有用なモデルとして研究されている。近年では、古くから利用されてきたハナカケトラザメ胚やトラザメ (*Scyliorhinus torazame*) 胚に加えて、ゲノム情報の公開されたイヌザメ (*Chiloscyllium punctatum*) (Hara et al., 2018; 工樂, 2021) の胚など、軟骨魚類胚を題材に進化発生的研究を行う基盤が急速に整ってきている。軟骨魚類胚がこれからどんな脊椎動物の進化の軌跡を解き明かしてくれるのか、大いに期待するとともに、私自身も微力ながら本研究分野の発展に貢献していきたい。

謝辞

本稿で紹介した研究の成果のほとんどは、私の研究室の学生であった鬼丸洸博士(名古屋大学)によるものです。鬼丸氏を初め、サメ胚を使った研究を一緒に行ってくれた東京工業大学の岡本恵里博士、坂本光司氏ほか研究室の皆様、試料提供や研究に関する学術的な相談にご対応頂いた倉谷滋博士(理研 BDR)、Cheryll Tickle 博士(University of Dundee)、Neil Hazon 博士(University of St. Andrews)、W Gary Anderson 博士(University of St. Andrews; 現 University of Manitoba)、兵藤晋博士(東京大学)、高木互博士(東京大学)、工樂樹洋博士(遺伝研)、Justin D Bell 博士(Deakin University)、中村将博士(沖縄美ら島財団総合研究センター)、Ashley Tweedale 氏(Bangor University College of North Wales)、及び、Station Biologique de Roscoff のスタッフの方々(以上、順不同)には多大なご協力に感謝致します。本研究室における軟骨魚類胚をモデルとした進化発生学研究は、科学研究費補助金「基盤研究 B」(25291086)、新学術領域研究(24113508)にご支援頂きました。

文献

- Coates, M.I., 1996. The Devonian tetrapod *Acanthostega gunnari* Jarvik: postcranial anatomy, basal tetrapod interrelationships and patterns of skeletal evolution. *Trans R Soc Edinb: Earth Sci* 87: 363-421.
- Cuervo, R., Hernandez-Martinez, R., Chimal-Monroy, J., Merchant-Larios, H., Covarrubias, L., 2012. Full regeneration of the tribasal *Polypterus* fin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109: 3838-3843.
- Daeschler, E.B., Shubin, N., 1998. Fish with fingers? *Nature* 391: 133-133.
- Davis, M.C., Dahn, R.D., Shubin, N.H., 2007. An autopodial-like pattern of Hox expression in the fins of a basal actinopterygian fish. *Nature* 447: 473-476.
- Davis, M.C., Shubin, N., Daeschler, E.B., 2004. A new specimen of *Sauripterus taylori* (Sarcopterygii, Osteichthyes) from the Famennian Catskill formation of North America. *J. Vertebrate Palaeontology* 24: 26-40.
- Fernandez-Teran, M., Piedra, M.E., Kathiriya, I.S., Srivastava, D., Rodriguez-Rey, J.C., Ros, M.A., 2000. Role of dHAND in the anterior-posterior polarization of the limb bud: implications for the Sonic hedgehog pathway. *Development* 127: 2133-2142.
- Gegenbaur, C., 1865. *Untersuchungen zur vergleichenden anatomie der wirbeltiere*, Leipzig.
- Grandel, H., Schulte-Merker, S., 1998. The development of the paired fins in the zebrafish (*Danio rerio*). *Mechanisms of development* 79: 99-120.
- Hara, Y., Yamaguchi, K., Onimaru, K., Kadota, M., Koyanagi, M., Keeley, S. D., Tatsumi, K., Tanaka, K., Motone, F., Kageyama, Y., et al. (2018). Shark genomes provide insights into elasmobranch evolution and the origin of vertebrates. *Nature Ecology and Evolution* 2:1761-1771.
- Jung, H., Baek, M., D'Elia, K.P., Boisvert, C., Currie, P.D., Tay, B.H., Venkatesh, B., Brown, S.M., Heguy, A., Schoppik, D., Dasen, J.S., 2018. The Ancient Origins of Neural Substrates for Land Walking. *Cell* 172: 667-682 e615.
- 工樂樹洋, 2021. 軟骨魚類の分子レベルでの研究を支える Squalomix コンソーシアム. 板鰓類研究会会報, 57: 32-37.
- Mabee, P.M., Noordsy, M., 2004. Development of the paired fins in the paddlefish, *Polyodon spathula*. *Journal of morphology* 261: 334-344.
- McGlinn, E., van Bueren, K.L., Fiorenza, S., Mo, R., Poh, A.M., Forrest, A., Soares, M.B., Bonaldo Mde, F., Grimmond, S., Hui, C.C., Wainwright, B., Wicking, C., 2005. Pax9 and Jagged1 act downstream of Gli3 in vertebrate limb development. *Mechanisms of development* 122: 1218-1233.
- Nakamura, T., Klomp, J., Pieretti, J., Schneider, I., Gehrke, A.R., Shubin, N.H., 2015. Molecular mechanisms underlying the exceptional adaptations of batoid fins. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112: 15940-15945.
- Onimaru, K., Kuraku, S., Takagi, W., Hyodo, S., Sharpe, J., Tanaka, M., 2015. A shift in anterior-posterior positional information underlies the fin-to-limb evolution. *eLife* 4: e07048.
- Okamoto, E., Kusakabe, R., Kuraku, S., Hyodo, S., Robert-Moreno, A., Onimaru, K., Sharpe, J., Kuratani, S., Tanaka, M., 2017. Migratory appendicular muscles precursor cells in the common ancestor to all vertebrates. *Nat Ecol Evol* 1: 1731-1736.
- Okamoto, E., Moriyama, Y., Kuraku, S., Kai, K.I., Tanaka, M., 2019. Involvement of HGF/MET signaling in

- appendicular muscle development in cartilaginous fish. *Dev Growth Differ* 61: 97-103.
- Sakamoto, K., Onimaru, K., Munakata, K., Suda, N., Tamura, M., Ochi, H., Tanaka, M., 2009. Heterochronic shift in Hox-mediated activation of sonic hedgehog leads to morphological changes during fin development. *PLoS one* 4: e5121.
- Shubin, N.H., Daeschler, E.B., Jenkins, F.A., Jr, 2006. The pectoral fin of *Tiktaalik roseae* and the origin of the tetrapod limb. *Nature* 440: 764-771.
- Welscher, P., Fernandez-Teran, M., Ros, M.A., Zeller, R., 2002. Mutual genetic antagonism involving GLI3 and dHAND prepatterns the vertebrate limb bud mesenchyme prior to SHH signaling. *Genes Dev* 16: 421-426.
- Wang, B., Fallon, J.F., Beachy, P.A., 2000. Hedgehog-regulated processing of Gli3 produces an anterior/posterior repressor gradient in the developing vertebrate limb. *Cell* 100: 423-434.
- Zhu, M., Yu, X., 2009. Stem sarcopterygians have primitive polybasal fin articulation. *Biol Lett* 5: 372-375.

(受付:2022年9月1日 Received: 1 September 2022)

長崎県対馬沖からのメガマウスザメ *Megachasma pelagios* の記録

山口敦子¹・古満啓介¹・荻野義視¹・中村雅之²・折居 巧²・Chi-Ju Yu³ (¹長崎大学水産学部、²マリンワールド海の中道、³国立台湾海洋大学)

Second record of the megamouth shark *Megachasma pelagios* from the Sea of Japan

Atsuko Yamaguchi¹, Keisuke Furumitsu¹, Yoshimi Ogino¹, Masayuki Nakamura², Takumi Orii², Chi-Ju Yu³
(¹Faculty of Fisheries, Nagasaki University, ²MARINE WORLD uminonakamichi, ³National Taiwan Ocean University)

Abstract

On January 29, 2025, a female megamouth shark *Megachasma pelagios* was caught in a set net off the coast of Tsushima City, Japan. Although it had been released, it appeared at Saka Fishing Port on the 30th day and was confirmed to have died the next day. This individual is the 31st confirmed record in Japan and only the second confirmed record from the Sea of Japan. The individual was transported to Nagasaki University by the staff of the Marine World Uminonakamichi Aquarium using a ferry and truck. On February 2, when it arrived at the Nagasaki University, it was immediately measured and dissected. The total length, and body and liver weight were 5.17 m, 673 kg and 14.3 kg, respectively. Although it was difficult to determine the maturity state of this individual, it was not considered to be immature. Stomach content is currently being analyzed.

1. はじめに

メガマウスザメ *Megachasma pelagios* は、その名の通り大きな口を持つサメの一種で、世界で3番目に大きいプランクトン食性の魚類であると考えられている(Compagno, 2001)。同じネズミザメ目に分類されるウバザメも含め、摂餌様式や摂餌器官の構造はいずれも大きく異なっている。メガマウスザメは、1976年、ハワイにおいて調査船が偶然捕らえたことにより初めて見つかった(Taylor et al., 1983)。それから約18年が経過した1994年11月29日、博多湾に座礁した世界でも初となる雌のメガマウスザメが見つかり(世界で7例目、全長4.71m)、マリンワールド海の

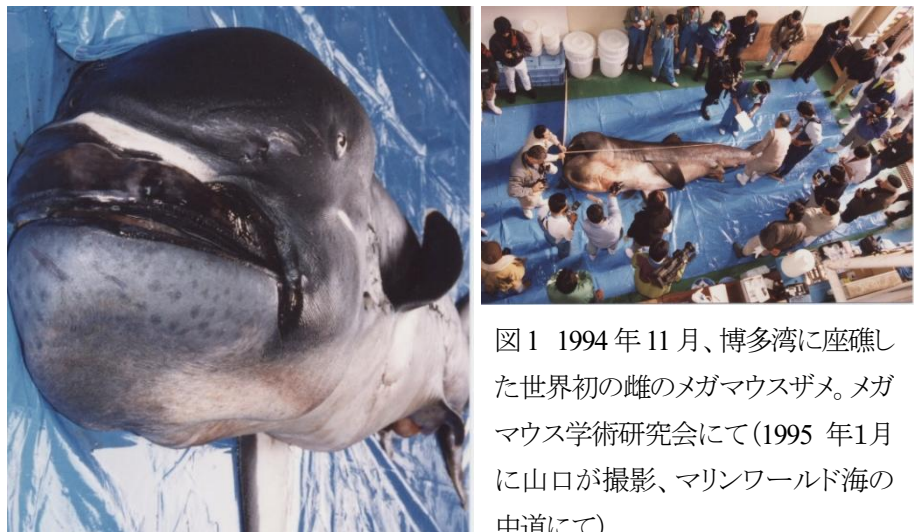


図1 1994年11月、博多湾に座礁した世界初の雌のメガマウスザメ。メガマウス学術研究会にて(1995年1月に山口が撮影、マリンワールド海の中道にて)。

中道へと運び込まれた。メガマウスザメの繁殖様式解明に大きな期待が寄せられ、その個体は解剖調査に備えて一度冷凍された。当時の脇坂征一郎館長の下、高田浩二さんがメガマウス学術研究会を立ち上げ、国内のサメ研究者だけでなく、ユージニ・クラーク博士ら海外の著名なサメ研究者も招き、国際的なチームを組織して 1995 年 1 月に学術解剖会を行うこととなった(図 1)。当時、大学院生であった著者の一人(山口)は、谷内透先生に代わってチームに参加できることとなり、東京から福岡へ向かった。その時の研究の成果は、高田さんや、仲谷先生、矢野さんらが中心となり、一冊の *Biology of the Megamouth shark* (Edited by Yano et al., 1997) にまとめられた。山口は、脊椎骨による年齢査定と肝臓の油の組成やそれによる比重調節などに関する研究を担当することになった。残念ながら脊椎骨には全く輪紋が形成されておらず、年齢査定は断念したが、肝油に関する研究論文の方では、本種の肝臓の特徴や肝油の組成から本種が深海性サメ類よりは表層性のサメ類に近いことなどを明らかにした (Itabashi et al., 1997)。これらについては 21 編の論文が収録されている書籍の方を参照していただきたい。

その後、幻のサメと思われていたメガマウスザメの発見は急激に増加し、分布範囲も広範囲に及んでいることが明らかとなり、現在までに大西洋、インド洋、太平洋から 273 件の記録が確認されている (Yu et al., 2021; Diez et al., 2022; Skelton et al., 2023)。とはいえ、ごく近年の記録を含めても、2025 年 2 月の時点でも 300 例に満たず、日本では 30 例ほどである。IUCN では、本種の評価を行うに足る生物学的情報の不足に加え、漁業による影響をあまり受けていないとみられることから本種の絶滅の恐れについて軽度懸念としており (Kyne et al., 2019)、本種の希少性については十分に評価できていない。また、本種がネズミザメ目に属することから卵食型の繁殖様式をとるものと考えられてきたが、その確証は得られていなかった。しかし、2023 年 11 月にフィリピンの海岸に漂着していた約 5.6 m のメガマウスザメの雌とともに、胎仔と思われる合計 7 個体のメガマウスザメが見つかったとのこと、National Museum of the Philippines が提供した写真からは、海岸で雌のお腹から胎仔が生み出されてしまったように見える。胎仔の状況については情報元により異なる説明がなされているため、今後何らかの科学論文や報告文が発表されることを待ちたい。この発見により、本種が胎生で少数の大きな(1.6 m~1.7 m)の胎仔を持つらしいことがわかったが、繁殖に関する謎はまだ深い。非常に興味深いのは、メガマウスザメは台湾、フィリピン、そして日本からの報告が多く、記録の多くが北西太平洋海域にあることである(田中ほか, 2014)。ただし、発見例があっても漂着を確認したのみ、あるいは網に入ったものを記録しその後放流することも多く、実際に解剖した例は少ない。

2. 対馬に出現したメガマウスザメ

メガマウスザメは 2025 年 1 月 29 日朝、長崎県対馬市峰町沿岸の定置網(図 2)に入網した。いったん沖に逃がされたものの、30 日に峰町の佐賀漁港に現れたという。しかし、その後、31 日に死亡しているのが確認された。本個体は、確認されたものとしては日本で 31 例目となる。そのほとんど(29 例)が太平洋側で捕獲されているのに対し、日本海側では、1994 年の博多湾の個体に続いてわずか 2 例目である。何らかの要因で通常の生息域から離れてしまったのかなど、詳細はわからないが、死亡する少し前に撮影された対馬の漁港を泳ぐメガマウスザメの映像を見ると、他の映像に比べて弱々しくも見える。生きていれば放流、死亡してしまった場合は学術的な解剖をすることになったが、連絡をもらった当日は金曜日で講義などもあって身動きが取れず、いざとなれば週末に飛行機で対馬へ向かう段取りも考えていたところ、メガマウスザメが死亡した、との連絡を受けた。当初は全長 6m、体重 1 トンと言われていたが、実際にはそれほど大きくなかった。マリンワールド海の中道のスタッフはメガマウスザメを引き取るため、1 月 31 日にフェリーで対馬

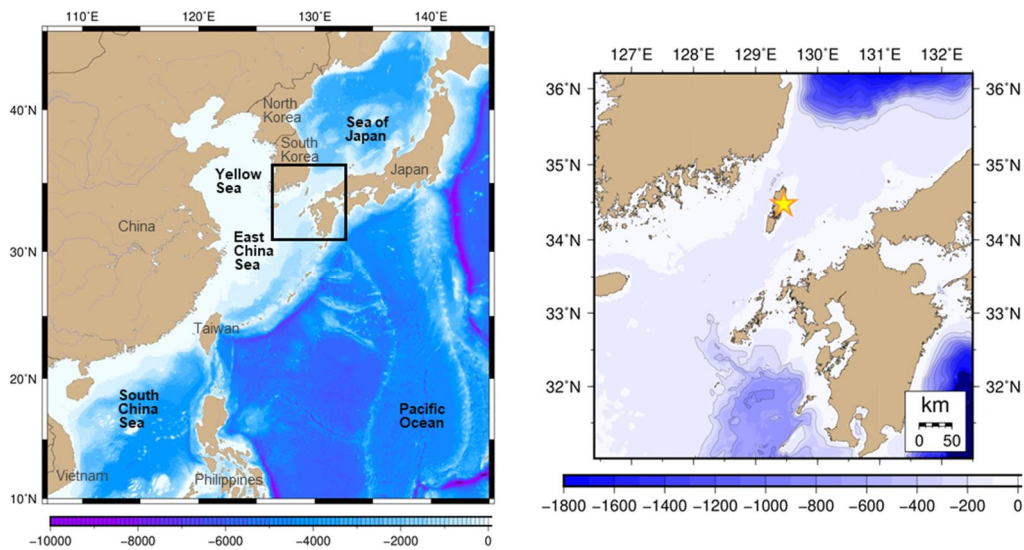


図 2 2025 年1月にメガマウスザメが入網した定置網が敷設されている地点:長崎県対馬市峰町佐賀漁港

へ向かい、2月1日にトラックに載せて、再びフェリーで福岡まで運んだ。その翌日、2月2日に福岡から長崎市内にある長崎大学まで運び込まれた。

メガマウスザメが長崎大学に到着するとすぐに計測や解剖を始めた(図3, 4)。このメガマウスザメは雌で、全長 5.17 m、体重 673 kg であった。日本板鯧研究会報などに報告された過去の記録をまとめた Yu et al. (2021) を参照し、日本産の雌のデータを抽出して全長・体重関係と比較を行ったところ、本個体の全長に対する体重はやや軽いことがわかった(図 5)。さらに解剖を始めてすぐに現れた肝臓を見て、博多湾で解剖したときの肝臓に比べてかなり小さいと感じた。実測した対馬のメガマウスザメの肝臓重量(14.3 kg、体重に対する肝臓重量比 2.1%)を博多湾の個体と比較してみると、体重に対する肝臓重量比では半分しかなかった(博多湾の雌は全長 4.71 m、体重 790 kg、肝臓重量 33 kg、肝臓重量比 4.2%)。通常の変動範囲内に入るのか、栄養状態が良くなかったのか、あるいは成熟に関連して肝臓重量比が小さかったのかなど、推測の域を出ない。深海性サメ類の肝臓は一般に大きく、浮力調節に重要な役割を果たしているが(山口・小林, 1997)、メガマウスザメでは、解剖が行われた場合でも、肝臓重量を測定していないことも多く、いまだ情報が少ない。



図 3 2025 年 2 月に長崎大学に到着したメガマウスザメ



図 4 長崎大学でのメガマウスザメ計測と解剖

本個体は妊娠していなかった。成熟状態を判定するため、卵巣や子宮、卵殻腺の発達状態を調べたが、本個体を成熟途中と判断するか、出産経験があると判断すべきかは非常に難しかった。本来、妊娠していない雌では、成熟度の判定は特に難しいもので、正確に判定するための大前提として、繁殖様式、繁殖期や妊娠周期などの特性値が明確にされている必要がある。こうした 1 個体ごとの科学的データを積み重ねて、将来的に信頼できる推定値を求めることで本種の生態に関する謎のベールは一枚ずつ剥がされていくだろう。全長や体重、性別のデータや、繁殖・成熟状態に関する専門家による判定など、その都度、科学的なデータを残しておくことが、のちに重要なデータとなることを改めて感じた。

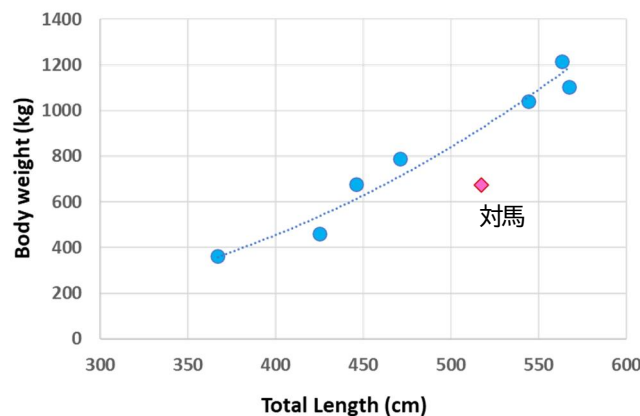


図 5 日本で見つかったメガマウス雌の全長と体重関係
過去のデータは Yu et al. (2021) で整理された日本産の雌
のデータを抽出した。

3. 台湾でのメガマウスザメ(巨口鯨)

全球的に見て、メガマウスザメは台湾東部で最も多く見つかっている。著者の一人、Yu は、台湾では莊守正教授及び劉光明教授の指導下で、また日本では、山口の指導下で台湾海洋大学と長崎大学の博士課程のダブルディグリー学生として、メガマウスザメやジンベエザメ等のプランクトン食性の大型サメ類に関する研究を行った。それらの研究成果に基づく学位論文を作成し、2022年に、両大学からそれぞれ博士の学位を授与されている。2020年11月、台湾の水産局は、メガマウスザメを保護する目的で漁業管理措置を講じた。それによりメガマウスザメの捕獲は禁止となり、漁業者はサメが死んでいるか生きているかに関係なく、放流しなければならない。そのため、台湾ではメガマウスザメの研究資料を採集することは容易ではなくなったが、漁業者には 2013 年から報告が義務付けられているため、出現に関する情報は着実に記録されている。Yu et al. (2021) では、急激に増えた世界中からのメガマウスザメの出現記録を集め、精査・統合するとともに、それらの情報を整理し、時空間分布について考察を行った。本種の生態の謎を解くために、長崎大学とともに更なる研究を進めている。

4. 最後に

現在、胃内容物等については分析中であり、長崎大学と台湾海洋大学との協力の下、新たな視点に基づく研究も進めている。近年、少なくとも日本では、報告されている以上に各地の定置網漁などにメガマウ

スズメが混獲され、報告されることなく放流されているケースがあることもわかってきた(それらを加味しても、日本海側に出現することは稀である)。そのため、希少性がやや薄れた感がある一方で、興味を引くユニークなサメであることからイベントなどで用いられることも多く、思いのほか学術的な解剖が行われている例が少ないことがわかった。しかし、本種については解明されていることはあまりに少なく、解剖の機会は極めてまれであるため、その一つ一つの事例を逃さず、共通の記録として残すことも必要であると改めて考えた次第である。

謝辞

メガマウスザメの発見から運搬に至るまで、長崎県対馬市峰町東部漁業協同組合の皆様にお世話になりました。また、メガマウスザメの運搬、解剖等を行うにあたり、マリンワールド海の中道スタッフの皆様、長崎大学水産学部海洋動物学研究室の学生諸氏に協力していただきました。堀口商店の堀口氏には、休日の急なお願いにも関わらず、快くクレーンを手配して大学まで来ていただいたので、スムーズに解剖することができました。この場を借りて皆様に厚くお礼申し上げます。なお、本研究の一部は、環境省(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20221003)のサポートを受けました。

文献

- Compagno, L. J. V. Sharks of the World: An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date: Bullhead, Mackerel and Carpet Sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes). FAO Species Identification Guides for Fishery Purposes; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 2001; Volume 2, p. 269.
- Diez, G., Ruiz, J., Salgado, A. 2022. Record of three specimens of megamouth sharks—*Megachasma pelagios*—in tropical tuna purse seine fisheries in the Atlantic and Indian Oceans. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 102(1-2): 153–156.
- Itabashi, Y., Yamaguchi, A., Nakaya, K. 1997. Liver oil composition of the megamouth shark, *Megachasma pelagios*. In: Yano, K., Morrissey, J. F., Yabumoto, Y., Nakaya, K. (eds.): *Biology of the Megamouth Shark*. Tokai University Press, Tokyo: pp. 151–159.
- Kyne, P. M., Liu, K. M., Simpfendorfer, C. 2019. *Megachasma pelagios*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T39338A124402302. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T39338A124402302.en>. Accessed on 18 February 2025.
- Skelton, Z. R., Kacev, D., Frable, B. W., Chang, A., Costescu, V., Stabile, D., Ebert, D. A. 2023. Two's company: first record of two free-swimming megamouth sharks, *Megachasma pelagios* (Lamniformes: Megachasmidae), off the California coast. *Environ. Biol. Fish.*, 106(4): 717–724.
- 田中 彰・堀江 琢・結城仁夫. 2014. 2013 年から 2014 年におけるメガマウスザメの出現・採集記録. *日本板鰐類研究会報*, 50: 35–39.
- Taylor, L. R., Compagno, L. J. V., Struhsaker, P. J. 1983. Megamouth—A new species, genus, and family of lamnoid shark (*Megachasma pelagios*, family Megachasmidae) from the Hawaiian Islands. *Proc. Calif. Acad. Sci.*, 43: 87–110.
- 山口敦子・小林 裕. 1997. 深海性サメ類の肝臓による浮力調節について. *日本板鰐類研究会報*, 33: 14–22.
- Yano, K., Morrissey, J. F., Yabumoto, Y., Nakaya, K. 1997. *Biology of the megamouth shark*. Tokai University Press,

Tokyo. 203 pp.

Yu, C.-J., Joung, S.-J., Hsu, H.-H., Lin, C.-Y., Hsieh, T.-C., Liu, K.-M., Yamaguchi, A. 2021. Spatial-temporal distribution of megamouth shark, *Megachasma pelagios*, inferred from over 250 individuals recorded in the three oceans. *Animals*, 11: 2947. <https://doi.org/10.3390/ani11102947>

(受付:2025年2月26日 Received: 26 February 2025)

サブカルチャーのシンボル(表徴)としてのサメ類

沼口 麻子¹・石原 元² (1)株式会社ボア・エージェンシー・2)株式会社W&I アソシエーツ)

Sharks are a symbol of so-called subculture

Asako Numaguchi¹, Hajime Ishihara² (1)BOA Agency, 2)W&I Associates)

1. サメ人気の高まりを感じる近年

第一著者の沼口はサメにまつわるイベントを企画・運営している。2024年12月15日に六本木で初めて開催された「あつまれ！全国のサメ子ちゃん」では120名もの参加者が集まった。また、沼口著「ほぼ命がけサメ図鑑」(講談社2018年)は発売前に重版され、ありがたくも現在10刷となっている。自身は非常勤講師として専門学校におけるサメ類の授業を担当している。昨年度は2コマを東京校舎で受け持っていたが、2025年度からは、仙台校舎での授業も担当することになり、サメにまつわる授業は合計5コマに増える見込みである。年々、サメの研究者になる方法やサメに関連する就職先についての相談件数も増えていると感じる。

昨年とても話題となったサメ映画ブームに関しては、第二著者の石原に任せたが、ひとつのサブカルチャーとして、あらゆる角度からサメに興味を持つ人が増えることは決して悪いことではない。しかしながら、サメがどんな生き物か、人との関わりや保全状況について正しく伝えていくことが、誤ったサメの情報流布を防ぐために今後より一層重要になってくるだろう。

2. サメがスターになる

板鯨研究会におけるサメ類の位置は明らかである。学問・研究の対象として扱われて来たのである。しかし、近年このサメ類がサブカルチャーのシンボルとして新しい視点で扱われるようになって来た。2022年NHK番組「ダークサイドミステリー」ではサメ映画をテーマとした1時間番組が制作され、1975年のジョーズに始まるサメ映画の歴史が解説された。また2024年NHKの30分番組「ヴィランの言い分」では、ヴィラン＝悪役としてのサメ類が取り上げられ、人を襲うサメ類という概念が改めて検討された。前者には当会幹事で美ら島研究財団研究センターの富田武照氏や、本稿第一筆者の沼口、後者には富田氏と仲谷一宏元当会会長が出演していた。ここではサブカルチャーのシンボルとしてのサメ類について紹介させて頂きたい。

3. 映画「ジョーズ」の衝撃

1975年に公開されたスティーブン・スピルバーグ監督の米国映画「ジョーズ」は空前の大ヒットを記録した。1974年に同名の小説が書かれており、作者はピーター・ベンチュリーであった。原作にある市長の妻の浮気などは映画にはなく、ことほど左様に原作に忠実な映画ではなく見事なパニック映画であった。海水浴場なのでジョーズの存在を隠したい市長と、公表すべきという警察署長の確執は、いずこの海水浴場にも起こりがちなエピソードであった。

ジョーズ以前のサメ映画ではサメは友達のような扱いで「チコと鮫」のような牧歌的な映画もあった。しかし、ジョーズ以降のサメは専らパニック映画の対象となった。シャチ類が「オルカ」(1977年)のように恐怖の対象となるのと、「フリー・ウィリー」(1993年)のように少年の友達であるのと、サメもシャチも二面性を持っていると言える。

故ユージニ・クラーク博士への意地悪なインタビューがあり、「スキューバ・ダイビング中にサメを怖いと思ったことはあるか」との問いに、「Not at all」(一切ない)との回答、「それでも何かあるでしょう」と問われると、「そうね、一度だけ」、「えつ」、「Jaws を観た時よ」とのジョークであった。流石にジニーはジョークに関しても天才であった。

第二筆者がこの映画を観たのは 25 歳の時、ドボルザークの交響曲新世界の第 4 楽章イントロがサメ出現のテーマ曲になっていたり、美女が海中のサメの吻の上を泳ぐポスターがあったり、サメが船を大きく傾けて滑って来た人を呑みこむほどの智慧を持っていたり、話題性に事欠かない映画であった。ラストシーンではサメの口に投げ込まれた酸素ボンベがライフルの弾で爆発してジョーズが木端微塵になり、こんなもありかと驚いたものだった

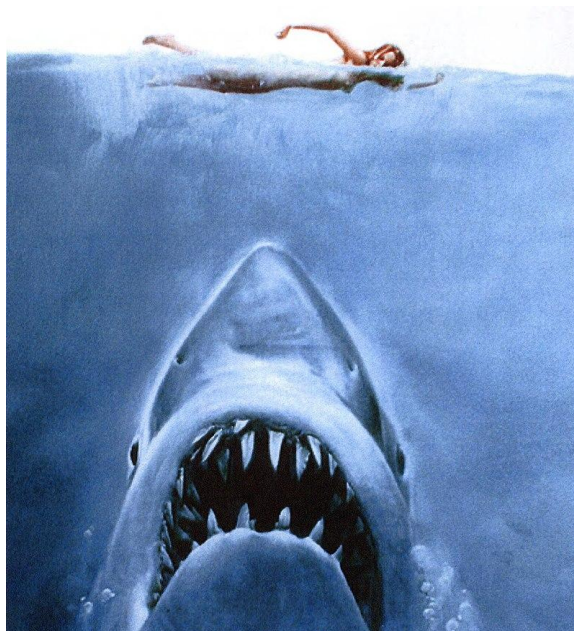


図1 映画「ジョーズ」のポスター

(スキューバ・ダイビング関係者に確認したが、このような事は起きないとの事である)。映画のエンディングのクレジットには故 Leonard J.V. Compagno 博士の名前があるが、当時は博士の名を知る由もなかった。

大ヒットしたため続編がジョーズ 4 まで制作されたが、監督はジョーズ 2 以降交代し、主演のロイ・シェイダーだけが 2 にも参加していた。第二筆者もジョーズ映画追っかけをしていたが、その後サメ保護活動家になるとは考えてもいなかった。1977 年公開のジェームズ・ボンドシリーズ「私を愛したスパイ」の悪役もまたジョーズであった。

4. 2024 年はサメ映画イヤー

さて、ジョーズ映画を続けて観ていたがその完結編のジョーズ・87 復讐編(ジョーズ 4)以降はサメのパニック映画をほとんど見なくなっていた。それでも数編のサメパニック映画は欠かさずに観ていた。2003 年の「オープンウォーター」、2016 年の「ロスト・バケーション」などである。

そんな折、昨年 2024 年には 7 月 12 日から 15 日に東京で第 1 回国際東京サメ映画祭が開催され、WOWOW でサメ映画万博 2024 が放映されるというサメ映画の集大成のような企画が 2 つ同時に持ち上がった。サメ映画祭の方は 11 作品、WOWOW サメ万博 2024 の方は 41 作品+8 作品、合計 49 作品である。表 1 と表 2 にそれらのタイトルを示す。

しかし、実際にはサメ映画は 2021 年に知的風ハット氏により株式会社左右社より発刊された「サメ映画大全」としてまとめられているのである(表 3)。そこでサメ映画のとりまとめは、2017-2024 年東京国際サメ映画祭の 14 本、2024 年 WOWOW 映画サメ万博の 49 本、2021 年の書物「サメ大全」の 94 本をカメラのようにつなぎ合わせたものとなった。さらに鹿児島大学の鈴木雅大助教も自身のホームページにサメ映画への愛を綴っている。

表1 2024年第1回国際サメ映画祭ノミネート作品（実際には2017年から開始されている）

2017年12月	シャークネード5 ワールド・タイフーン(2017)アメリカ
2018年8月	ディープブルー2 (2018)アメリカ
2018年11月	ディープブルー2 (2018)アメリカ シャークネード6 ラスト・チェーンソー (2018)アメリカ
2024年7月	エア・ロック 海底緊急避難所 (2024年)イギリス ナノシャーク (2024年)アメリカ NARCO SHARK" (2023年)メキシコ スペース・シャーク (2024年)アメリカ ラストシャーク (2024年)日本 キンタローJK & シャーク セクシートロッコ大暴走! (2024年)日本 POOL SHARK (2023年)米国 SPREESHARK (2013年)ドイツ SHARKASAURUS (2014年)カナダ THE BALLAD OF SHARKASAURUS (2020年)カナダ 温泉シャーク (2024年)日本

表2 WOWOW サメ映画万博49作品（左列MEG ザモンスターズ2までの8作品は放映、シャークトパスから右列ザ・メガロドン大怪獣覚醒までの41作品は会員に配信）

2011	シャークナイト 米	2016	シャークネード4(フォース) 米
2016	ロスト・バケーション 米	2016	ディープブルー・ライジング 米
2018	MEG ザ・モンスター 米・中	2016	シャークケンシュタイン 米
2021	ギガシャーク 中	2016	サマー・シャーク・アタック 米
2023	ブラックデーモン絶対絶命 米	2017	ランドシャーク/丘ジョーズの逆襲 米
2023	ジョーズMEGA モンスターズ 中	2018	ホワイトシャーク 米
2022	シャークドフランス 仏	2020	ジョーズ・ザ・モンスター 中国
2023	MEG ザモンスターズ2 米・中	2020	ウイジャ・シャーク / 霊界サメ大戦 米
		2020	ホワイトシャーク 海底の白い死神 米
		2020	エイリアン VS ジョーズ 米
		2020	シン・ジョーズ 最強生物の誕生 中国
		2020	フロム・ディープ・ウォーター 米
		2021	シャークコーン! / 呪いのモロコシ鮫 米
		2021	ジョーズ・リベンジ 中国
		2021	BAD CGI SHARKS / 電脳鮫 米
2010	シャークトパス SHARKTOPUS 米	2021	MAKO 死の沈没船 エジプト

表2 (続き)

2011	スノーシャーク / 悪魔のフカヒレ 米	2021	ウィジヤ・シャーク2 カナダ
2011	フライング・ジョーズ 米	2021	ザ・メガロドン 怪獣大逆襲 米
2012	ダブルヘッド・ジョーズ 米	2021	サメデター 米
2012	ジュラシック・シャーク カナダ	2021	シャークストーム 米
2013	ゴースト・シャーク 米	2021	ビッグフット VS メガロドン 米
2013	シャークネード 米	2022	ジョーズ ザ・ファイナル 豪
2014	シャークネード カテゴリー 2	2022	ムーンシャーク 米
2015	シャークネード エクストリーム・ミッション 米	2022	シャークキュラ 吸血鯨 米
2015	シャークトパス VS プテラクーダ 米	2022	シャーク・クルーズ 米
2015	シャークトパス VS 狼鯨 米	2022	パペットシャーク カナダ
2015	エクソシスト・シャーク 米	2023	KANIZAME シャークラブ 米
2015	トリプルヘッド・ジョーズ 米	2023	ザ・メガロドン 大怪獣覚醒 米

表3 「サメ映画大全」にリストされたサメ映画

番号	制作年	制作国	タイトル
1	1962	伊/仏	チコと鯨
2	1969	米/メキシコ	ザ・シャーク
3	1975	米	ジョーズ
4	1976	米	地獄のジョーズ'87 最後の復讐
5	1977	英/メキシコ	タイガーシャーク
6	1978	米	ジョーズ2
7	1979	米	少年とサメ
8	1979	米/フィリピン	ジュラシックジョーズ
9	1981	伊	ジョーズ・リターンズ
10	1983	米	ジョーズ3
11	1984	伊/仏	死神ジョーズ戦慄の血しぶき
12	1987	米	ジョーズ'87 復讐編
13	1988	伊/西/メキシコ	死海からの脱出
14	1988	伊	ディープ・ブラッド復讐のシャーク
15	1995	米/伊	ジョーズ'96 虐殺編
16	1995	米	プロテウス
17	1998	米	ジョーズ'98 激流編
18	1998	米	海棲獣
19	1999	米	シャークアタック
20	1999	米	ディープ・ブルー

表3 (続き)

21	2000	米	ディープ・ライジング
22	2001	米	シャーク・ハンター
23	2002	米	ディープ・ライジングコンクエスト
24	2002	米	メガロドン
25	2003	米	レッド・ウォーターサメ地獄
26	2003	米/ブルガリア	ディープシャーク
27	2003	米	オープン・ウォーター
28	2004	米	ジョーズ恐怖の12日間
29	2004	独	ブルーサヴェージ
30	2004	米	生体兵器アトミックジョーズ
31	2005	米/南ア	ブルーサヴェージセカンドインパクト
32	2005	米/ブルガリア	インパクト
33	2005	米	キラール・シャーク殺人鯨
34	2008	米	凶悪海域シャークスウォーム
35	2008	米	シャーク・イン・ベニス
36	2009	豪/加	ジョーズ・イン・ツナミ
37	2009	日本	ジョーズ・イン・ジャパン
38	2009	米	メガ・シャーク VS ジャイアント・オクトパス
39	2010	米	デインシャーク
40	2010	米	シャークトパス
41	2010	豪	赤い珊瑚礁オープン・ウォーター
42	2010	米	メガ・シャーク VS クロコザウルス
43	2011	米	シャーク・アタック
44	2011	米	ビーチ・シャーク
45	2011	米	フライング・ジョーズ
46	2011	米	シャークナイト
47	2012	米	スノーシャーク悪魔のフカヒレ
48	2012	米	ダブルヘッド・ジョーズ
49	2012	豪/シンガポール	パニック・マーケット3D
50	2012	加	ジュラシック・シャーク
51	2012	米	シャーク・ウィーク
52	2012	米	ジョーズ・リターン
53	2013	加	アイスジョーズ
54	2013	米	ゴースト・シャーク
55	2013	米	シャークネード
56	2013	米	メガ・シャーク VS メカ・シャーク

表3 (続き)

57	2014	米	シャークトパス VS プテラクーダ
58	2014	米	ピラニアシャーク
59	2014	米	シャークネードカテゴリー2
60	2015	米	ドルフ・ラングレン処刑鯨
61	2015	米	トリプルヘッド・ジョーズ
62	2015	米	シャークトパス VS 狼鯨
63	2015	加/南ア	シャークキラー
63	2015	米	メガ・シャーク VS グレート・タイタン
65	2015	加/ブルガリア	ロボシャーク VS ネイビーシールズ
66	2015	米	シャーク・プリズン鯨地獄女囚大脱獄
67	2015	米	ロスト・ジョーズ
68	2015	米	デビルシャーク
69	2015	米	ゾンビシャーク感染鯨
70	2015	米	シャークネードエクストリーム・ミッション
71	2016	米	フランケンジョーズ
72	2016	米	PLANET OF THE SHARKS 鯨の惑星
73	2016	米	ディープブルー・ライジング
74	2016	米	シン・ジョーズ
75	2016	米	ロスト・バケーション
76	2016	米	シャークネード4 (フォース)
77	2017	豪	ケージダイブ
78	2017	英/米	海底47m
79	2017	米	シャーク・ショック
80	2017	米	ランドシャーク丘ジョーズの逆襲
81	2017	米	ファイブヘッド・ジョーズ
82	2017	米	鯨の惑星・海戦記(パシフィック・ウォー)
83	2017	米	シャークネード5 ワールド・タイフーン
84	2017	米	ハウス・シャーク

表3 (続き)

85	2018	米	シックスヘッド・ジョーズ
86	2018	米	ザ・メガロドン
87	2018	米	MEG ザ・モンスター
88	2018	米	ジョーズ キング・オブ・モンスターズ
89	2018	米	ホワイトシャーク
90	2018	米	ディープ・ブルー2
91	2018	米	シャークネード6 ラスト・チェーンソー
92	2019	英/米	海底47m 古代マヤの死の迷宮
93	2020	米	ディープ・ブルー3
94	2020	米	ホワイトシャーク海底の白い死神

5. サメ映画について

知的風ハット氏著「サメ映画大全」(右近社 2021 年、以下大全)の帯にはこうある、「サメ映画には無限の可能性がある、『ジョーズ』を超えること以外は」、そして A 級からトンデモまで 100 作以上を紹介とある。表3のようにリストされているのは 94 本であるが、これ以外に準サメ映画、中国のサメ映画、日本国内未ソフト化サメ映画がコラムで紹介されているので、紹介されたサメ映画の数は 150 に近い。

大全では映画の①恐怖度、②おすすめ度、③トンデモ度が星の数で 5 ランクに分けられており、例えば不滅の金字塔「ジョーズ」は①、②が 5 ランク、③が 2 ランクである。反対にサメが空から降って来るシャークネード(シャークと竜巻トルネードの造語)では、①が 1 ランクで、③は 5 ランクとなっている。サメ映画は 1999 年の「ディープ・ブルー」から CG が導入され、2009 年の「メガ・シャーク VS ジャイアント・オクトパス」からトンデモ度がエスカレートする。闘った筈のシャークとオクトパスが合体してキメラのシャークトパスになり、双頭のサメに始まり今や 6 つ頭のサメまで出現した。

こういう中にあっても、知的風ハット氏はどんなサメ映画も否定しないし、鈴木雅大助教もサメ映画に対して寛容さを崩さない。何故なら、ジョーズには及ばずとも恐怖度を前面に出すサメ映画の系譜が、トンデモ映画の傍らにしっかりと存在するからである。「オープン・ウォーター」、「ロスト・バケーション」がこれに当たる。さて、板鯰類研究会ではどのようなスタンスになるのだろうか。私見であるが、映画は本来アナーキーなものであって、おバカでとんでもない映画もその事をもって否定すべきではない。

6. サブカルチャーとしてのサメ類

サメ類がこのようにサブカルチャーとして存在する事態は板鯰類研究会としてはジャンルが 1 つ増えたようで嬉しく感じる。元々、自由でこだわりがなく社会に向けて開かれた学会を標榜する以上、サメ映画の隆盛も研究会としては歓迎である。また、サブカルチャーはいつカルチャーになるかも知れない潜在性を持っている。但し、1 つだけ、研究会としてはサメが人を襲うだけの存在ではない事をこれからも社会に発信して行くべきと考える。

7. 最後に:私設のサメ博物館のオープンに向けて

第一筆者沼口は 2026 年にサメ学習施設を宮城県大崎市にオープンする。同施設には 130 m²ほどのサメ博物

館があり、正しいサメの情報発信及び教育の場を目指している。2024年夏より、専門学校の学生及びサメに関心のある小学生～高校生の協力を得て、開業に向けて展示企画、制作を行っている。遠方からの実習希望者も多いため、宿泊施設も併設している。

なお、故後藤友明氏、田中彰氏、そして本稿第二著者の石原により弊施設に書籍、標本等の寄贈をいただいた。ここに深く御礼を申し上げたい。

(受付:2025年1月30日 Received: 30 January 2025)

ピッツバーグで開催されたアメリカ板鰻類学会の参加報告

中村 雅之 (マリンワールド海の中道)

Report on 2024 American Elasmobranch Society Annual Meeting in Pittsburg

Masayuki Nakamura (MARINE WORLD uminonakamichi)

アメリカ・ペンシルベニア州ピッツバーグで 2024 年 7 月 11 日～14 日にかけて、アメリカ板鰻類学会(AES Meeting)が、例年のように魚類(ASIH)・爬虫類(HL)・両生類学会(SSAR)と合同で、「JMIH 2024-Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists」として開催されました。

学会の開催地となったピッツバーグは、アレガニー川とモノングヒーラ川が合流してオハイオ川となる中州に中心部が位置し、1850 年代半ばから 1900 年代の全盛期には、全米の鉄鋼生産量の約半分を占めた「スチールシティ(鉄鋼都市)」、「西部への玄関口」、「スモーキーシティ(煙の都市)」として栄え、川には機能的な橋が多かかっている「橋の都市」とも呼ばれる、古い建物と近代的な建物が調和した美しい街並みでした。



写真1 ピッツバーグの中心街

私は、今回のアメリカ板鰻類学会(AES)に初めて参加させて頂きました。2018 年に国内でシロワニ *Carchariau taurus* を飼育している 6 園館により、シロワニ繁殖協議会が設立され、各園館で飼育情報を共有し、飼育下繁殖を目指す活動が始まりました。同じ 2018 年 1 月、シロワニを飼育しているアメリカ東部沿岸シーワールドオーランド、ジョージア水族館、マリンランドシロワニ飼育施設、ボルチモア国立水族館を視察する機会に恵まれました。今回シンポジウムの中で、ボルチモア国立水族館故アラン・D・ヘニングセン氏の業績をたたえるセッションが、30 分間ありましたが、視察当時、物静かな優しいまなざしで、私たちの話を辛抱強く聞いて頂き、館内をご案内頂いたことを、懐かしく思い出しました。

またジョージア水族館では、飼育スタッフが集まりシロワニに関するアメリカと日本の飼育情報についてとても密度の高い議論を行うことができました。その後ジョージア水族館とは、2020 年、衛星発信機 5 個・超音波発信機 5 個の提供を頂き、技術スタッフ 1 名を派遣して頂き、共に小笠原で、シロワニを捕獲し、発信機の装着に成功し、その際に得られた貴重な行動記録を今回口頭発表させて頂きました。

また 2018 年当時、SEZAC に所属し、マリンランドシロワニ飼育施設でジョージア水族館の援助によりシロワニの生理値データ、CT 画像診断器による生殖腺評価を積極的に研究していた Jennifer Wyffels 博士ともめぐり合いました。その後、マリンランドのシロワニ定期健康診断に当館獣医師が研修で参加させて頂いたり、交流を重ね、2018 年 9 月には、Jennifer Wyffels 博士とオーストラリア・シーライクパーク水族館の Kate Willson さんに来日して頂き、国際シロワニシンポジウムを開催し、交流を深めてきました。その流れの中で、昨年 Jennifer Wyffels 博士から、アメリカ板鰻類学会(AES)で、シロワニのセッションを計画するので、ぜひ参加しないかという、お誘いを受け、今回の初参加となりました。2018 年の出会いから、6 年が経ちました。

今年のアメリカ板鰐類学会(AES)のシンポジウムのテーマは、Overview of aquarium contributions to Elasmobranch Research (水族館の板鰐類研究に関する貢献について)として15の水族館(アメリカ以外では南アフリカ・ブラジル・日本)より21演題、4つの大学から6演題、博物館と非営利団体より2演題の合計29演題がシンポジウムで口頭発表されました。シンポジウム主催者からは、故アラン・D・ヘニングセン氏の業績をモデルに、水族館職員がアメリカ板鰐類学会(AES)に長年関わってきた研究成果や貢献を上げ、現在の水族館職員のAES会員数の減少を懸念し、今後さらに水族館とAES会員との協力の機会を増やし、お互いに大きな成果を目指すことが宣言されました。

シンポジウムでは、日本より4演題、Reproduction and pup growth of the Sand tiger shark, *Carcharis taurus*, at Ibaraki prefecture Oarai Aquarium, Japan「茨城県大洗水族館におけるシロワニ繁殖と仔魚の成長」(アクアワールド大洗水族館 徳永幸太郎)、美ら海水族館より Change in steroid hormone levels and reproductive organs effect the breeding status of zebra sharks in Okinawa Churaumi Aquarium「沖縄美ら海水族館におけるトラフザメの繁殖状況を反映した性ステロイドホルモン値と生殖器官の変化」(岡本情)と、Development of artificial uterus: A new conservation breeding technique for sharks「人工子宮の開発:サメの新しい保護繁殖技術」(富田武照)の2題、当館から Photo-identification survey and movement of sand tiger shark, at Ogasawara Archipelago in Japan「小笠原諸島におけるシロワニの写真識別調査と移動」(マリンワールド海の中道 中村雅之)が口頭発表されました。特にアクアワールド大洗水族館徳永氏は、冒頭の挨拶からジョークを飛ばし、会場を沸かせ、その熱気でパソコンがフリーズするほどでした。日本の水族館の飼育・研究活動を紹介することができたと思います。またポスター発表は、73演題ととても多く、広い会場を使用して、熱気をおびて活発に2時間議論されていました。

今回のAES参加を通じて、アメリカでのシロワニ研究の最新情報を、実際に研究者から聞くことができました。ノースカロライナ州沿岸で、来春シロワニ約30個体を再度捕獲し、血液採取による生理値・性ステロイドホルモン値の測定とエコー画像診断機を使用した、生殖腺の成熟評価、DNA解析用サンプルの採集を計画しているそうで、希望するならば調査に同行してもよいとお誘いを受けました。また私たちが、小笠原で採取したシロワニDNA試料より、求めようとしていた有効集団サイズ(Effective population size)をアメリカの研究グループでも、目指していたことがわかり、私たちが現在所持している、小笠原のシロワニ

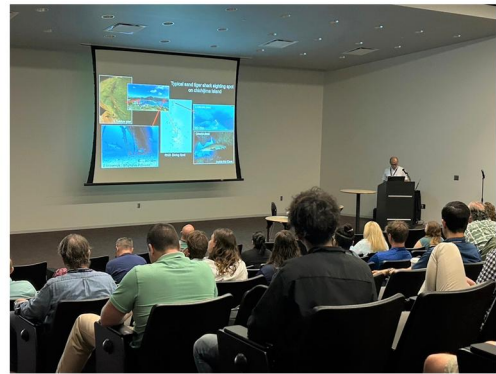


写真2 口頭発表の様子(中村雅之)



写真3 口頭発表者の集合写真



写真4 Carol博士と情報交換
近藤・中村・Carol博士・徳永



写真5 カーネギー自然史博物館



写真6 ピッツバーグ水族館

DNA 試料も、合わせて解析して頂く、協力体制の申し出を頂くことが出来ました。2020 年からコロナで 3 年間交流が停滞していましたが、AES に参加し、わたくしたちが現在取り組んでいる調査実績と、将来計画を口頭発表したことで、アメリカで大きな信用を再度得ることが出来たと思います。

シンポジウムの合間には、ピッツバーグ動物園&水族館、国立鳥類園(National aviary)、アメリカの 5 大博物館の一つであるカーネギー自然史博物館等を見学しました。

(受付:2024 年 8 月 1 日 Received: 1 August 2024)

「板鰓類シンポジウム 2023」の開催報告

山口 敦子¹・兵藤 晋² (¹長崎大学 総合生産科学研究科・²東京大学 大気海洋研究所)

Report on the "Elasmobranch Symposium 2023"

Atsuko Yamaguchi¹, Susumu Hyodo² (¹Nagasaki University, Graduate School of Integrated Science and Technology, ² Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo)

この度、2023年12月15日(金)に東京大学大気海洋研究所において、著者らがコンビーナーとなり「板鰓類シンポジウム 2023」を開催し、無事に終了したのでその報告をしたい。あわせて本研究会のシンポジウム開催について、これまでの経緯を振り返って簡単に整理しておきたい。

1977年の日本板鰓類研究会設立以来、2008年まで東京大学海洋研究所(当時)の共同利用研究集会を活用してシンポジウムが行われてきたが、2010年、それまで企画・運営されていた田中彰先生から著者の一人(山口)がバトンを引き継いだタイミングで、東京大学海洋研究所が東京都新宿区から千葉県柏市へと移転を完了したことに伴い、研究会の幹事会で相談の上でシンポジウムの開催地を固定せず様々な地で開催する方法を模索することとなった。

2010年以降の開催地は、東京大学農学部(2010年および2014年)、大阪海遊館(2012年)、葛西臨海水族園(2016年)、長崎大学(2018年)である。多様な分野の板鰓類研究者間での情報交換の場を作り、研究を発展させることを目的に設立された本研究会の趣旨に従い、多くの研究者や学生等の研究成果発表と交流の場としての役割はもちろん、将来の板鰓類研究者の育成を視野にいれた企画・運営を目指してきた。喜ばしいことに高校生または大学生のときに本シンポジウムに参加したことがきっかけで、板鰓類の研究者あるいはその道へ進学した人もいる。しかし、近年では、板鰓類研究の難しさや研究資金獲得の困難さもあり、板鰓類研究を行うことができる教育施設は年々減少を続け、板鰓類研究者を取り巻く状況は厳しさを増している上に、シンポジウム開催にかかる事前の準備や費用の捻出も難しい課題であった。そこで、2020年には再び東京大学大気海洋研究所の柏地区共同利用研究集会での開催に切り替えることとし、前年に申請書類を提出して採択されたものの、その後のコロナ禍により、シンポジウムの度重なる延期を余儀なくされたのちに、2021年によりやくオンラインでの開催が実現した。

さて、この度のシンポジウム 2023も同様に、前年度の2022年、東京大学大気海洋研究所の共同利用研究に申請して採択され、久しぶりの通常開催となった。活発で有意義な研究集会となるように、本会の会員でもあった故陳哲聡先生の孫弟子にあたる台湾・高雄科技大学の蔡文沛先生や基隆海洋大学の游紀汝博士にも声をかけたところ、台湾から4名の発表者が来日することとなり、国内からも多くの演題が集まった。

2023年のシンポジウムは、遺伝、進化、生理、生態、行動など多岐にわたる研究分野での最新の知見を提供して議論を深めることに加え、これまでの板鰓類研究の歩みを振り返り、板鰓類研究の魅力を伝え、板鰓類研究を志す人材を確保することを目的に実施した。当日は、小・中・高校生や海外の大学院生を含めた合計112名が参加する中、計16件の口頭による講演と13件のポスター発表が行われた。いずれのセッションにおいても活発な議論が行われ、現状把握とともに、今後の新たな研究の可能性を探ることにもつながった。特に最後の討論では、シンポジウムの総括にとどまらず、若手研究者の育成、学際的な共同研究など、次の二年後の開催に向け

た重要な課題に関する貴重な意見交換と問題点の整理、それらの共有をはかることができた。なお、次回のシンポジウムは2025年度に開催を予定している。

最後に、本シンポジウムを開催するにあたり、東京大学大気海洋研究所の国際・研究推進チームの関係者の方々、同・海洋生命科学部門の兵藤研および長崎大学水産学部の山口研のスタッフや学生諸氏には事前の開催準備や当日の運営に際し、多大なご協力をいただいた。ここに記して感謝申し上げたい。



写真1 シンポジウム参加者との記念撮影(東京大学大気海洋研究所・講堂にて)

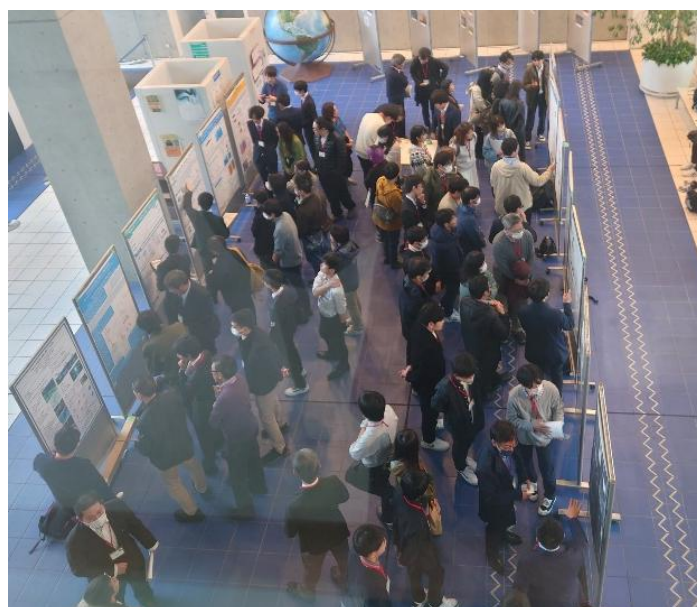
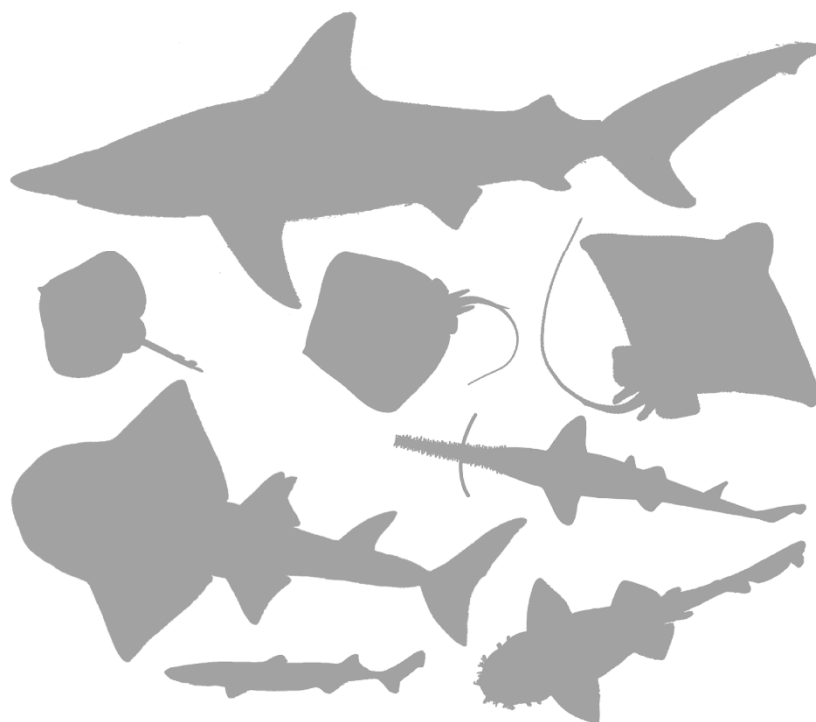


写真2 ポスターセッションの様子(東京大学大気海洋研究所・ホールにて)

以下、当日配布したプログラムおよび要旨集を掲載する。

東京大学大気海洋研究所 共同利用研究集会



日時：2023年12月 15 日(金)

場所：東京大学大気海洋研究所

〒277-8564 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

コンビーナー：山口 敦子(長崎大学)

大気海洋研究所対応者：兵藤晋(東京大学)

東京大学大気海洋研究所 共同利用研究集会

板鰐類シンポジウム 2023

日時：2023年12月15日（金）9:30～17:00 開催場所：東京大学大気海洋研究所 2F講堂
 (〒277-8564 千葉県柏市柏の葉 5-1-5 TEL 04-7136-6009)

コンピーナー：山口敦子・長崎大学/日本板鰐類研究会・y-atsuko@nagasaki-u.ac.jp

大気海洋研対応者：兵藤晋・大気海洋研究所 海洋生命システム研究系海洋生命科学部門・hyodo@aori.u-tokyo.ac.jp

●プログラム●

9:30 開会挨拶 東京大学大気海洋研究所 所長・兵藤晋

9:35 趣旨説明 日本板鰐類研究会 副会長・山口敦子

口頭発表 (9:40～11:50)

午前の部 1 (座長：中野秀樹)

- 9:40～9:55 1. Population Dynamics and the Assessment of Biological Parameters and Mortality Rates for the Data-Deficient Tiger Shark (*Galeocerdo cuvier*) in the Northwest Pacific Ocean
 ◎洪陞勇 (高科大漁管)・Hoang Huy Huynh (高科大水)・蔡文沛 (高科大漁管)
- 9:55～10:10 2. Stock status for Naru eagle ray, *Actobatus narutobiei* based on long-term monitoring data and vertebral samples
 ◎Wang, Yan Jun・荻野義視・古満啓介・山口敦子 (長崎大水産)
- 10:10～10:25 3. Comparing the predictive performance of an artificial neural network approach with the conventional regression models: The estimations of length-weight relationship for major shark species in the Northwest Pacific Ocean
 ◎Yi-An Tu (高科大水圏)・Hung-Hsun Chen (輔大数学)・Wen-Pei Tsai (高科大水圏)
- 10:25～10:40 4. Establishing Non-Detriment Findings procedures for shark species listed in CITES Appendix II : Blue shark in the Indian Ocean as example
 ◎Tzu-Chia Huang (高科大水圏)・Wen-Pei Tsai (高科大水圏)

休憩 10分

午前の部 2 (座長：矢野寿和)

- 10:50～11:05 5. サメ・エイ類の生物科学研究から海の生態系保全へ
 ◎山口敦子 (長崎大水産)
- 11:05～11:20 6. Budding Acoustic Telemetry Project of Elasmobranch in Taiwan
 ◎Chi-Ju Yu (NTOU)・Kwang-Ming Liu (NTOU)・Hua-Hsun Hsu (FRI)・Alistair D. M. Dove (GAI)・Shoou-Jeng Joung (NTOU)
- 11:20～11:35 7. サメは魚の頭を食べ残す？
 ◎中村乙水 (長大海七)
- 11:35～11:50 8. 深海ザメを活用したアウトリーチ活動の紹介
 ◎猿渡敏郎 (東大大海研・成蹊 ESD セ)

昼休み (幹事会)

ポスター発表 (13:00～14:00)

口頭発表 (14:10～16:20)

午後の部 1 (座長：高木互)

- 14:10～14:25 9. 遊泳不良のシロワニ産仔個体に対する処置と予後について
 ◎徳永幸太郎・齋藤伸輔・酒井孝 (アクアワールド茨城県大洗水族館)
- 14:25～14:40 10. イトマキエイの飼育下繁殖と精子の凍結保存について
 ◎喜屋武樹・芳井裕友・伊藤このみ・宮側賢美・北谷佳万・西田清徳 (海遊館)
- 14:40～14:55 11. 野生個体群と飼育個体群におけるタデスジトラザメの成長と発達の比較
 喜屋武樹 (海遊館)・Thomas L. Johnson (South African Shark Conservancy)・Emy Cotttrant (South African Shark Conservancy, University of Cape Town)・北谷佳万 (海遊館)・恩田紀代子 (ニフレル)・村田幹斗 (海遊館)・Natalia J. Drobniwska (South African Shark Conservancy)・Timothy G. Paulet (South African Shark Conservancy, Rhodes University)・西田清徳 (海遊館)

- 14:55~15:10 12. シノメサカタザメの繁殖周期のモニタリング
村雲清美・金谷悠作・松本瑠偉 (沖縄美ら海水族館)

休憩 10分

午後の部 2 (座長: 関口俊男)

- 15:20~15:35 13. トラザメにおいてプロゲステロンは卵殻形成開始のスイッチを押す
○下山紘也 (東大大海研)・徳永幸太郎 (アクアワールド大洗水族館)・高木亙・兵藤晋 (東大大海研)
- 15:35~15:50 14. 板鰐類血中細菌叢の網羅比較解析
○長澤貴宏 (九大農)・喜屋武樹・伊東隆臣 (海遊館)・進藤英朗・久志本鉄平 (市立しものせき水族館)・近藤圭佑・鈴木泰也・中村雅之 (マリニワールド海の中道)・大塚美加・土田洋之 (かごしま水族館)
- 15:50~16:05 15. 軟骨魚類におけるグアニン型脈絡膜タペータム
○大車香織 (中部大環教研)・水野雅哉・矢野大地・José Paitio・大場裕一・武井史郎 (中部大応用生物)
- 16:05~16:20 16. ラブカとシロザメの卵黄タンパク質ピテロジェニン: 胎生のサメと胎生の哺乳類との違い
大石雄太 (理研 BDR, 神戸大院)・有村省吾・下山紘也・兵藤晋 (東京大・大気海洋研)・堀江琢 (東海大・海洋学部)・山田一幸 (東海大・海洋科学博)・山内信弥 (アクアマリンふくしま)・工樂樹洋 (国立遺伝研)
- 16:20~17:00 議論・総括 中野秀樹・山口敦子
- 17:00 閉会挨拶 日本板鰐類研究会 会長・中野秀樹

ポスター発表の部 (13:00~14:00)

- P1 ノコギリエイ科魚類の輸送事例と飼育下での比較
○萬倫一・瀧邊文乃・大枝香純・高橋竜大・野口彩伽 (アクアパーク品川)
- P2 駿河湾奥部の定置網に入網したサメ類の出現状況
○堀江琢・相良拓海・廣川百香 (東海大海洋)
- P3 板鰐類新奇レクチンの構造特定と種間・個体間での比較
○橋爪真依・長澤貴宏・杉本智軌・中尾実樹 (九大農)
- P4 広塩性アカエイの淡水適応と腎機能: 栄養素の保持という観点からの解析
○山崎真歩・油谷直孝 (東大大海研)・徳永幸太郎 (アクアワールド大洗水族館)・高木亙・兵藤晋 (東大大海研)
- P5 バイオロギングを用いた飼育水槽内のジンベエザメの遊泳行動解析
○漢明陣樹 (近大院農)・高橋少矢香・ピョンウンドク・村雲清美・山城篤・松本瑠偉 (沖縄美ら島財団)・鳥澤真介・光永靖 (九大農)
- P6 卵生板鰐類トラザメの卵殻内菌叢解析と抗菌活性物質の探索
○高木亙 (東大大海研)・高部由季 (日本女子大家政)・多形恵美・増田純美 (東大大海研)・徳永幸太郎 (アクアワールド・大洗)・兵藤晋 (東大大海研)
- P7 アカエイにおける母子間移行抗体の探索
○常川光樹・長澤貴宏・杉本智軌・中尾実樹 (九大農)
- P8 アカエイにおける血中カルシウム濃度調節ホルモン・カルシトニンの研究
東野将也 (金沢大院・生命システム)・高木亙・兵藤晋 (東京大・大気海洋研)・坂本竜哉 (岡山大・臨海)・小林清尚 (近畿大・農学部)・鈴木信雄・関口俊男 (金沢大・環日センター)
- P9 太平洋産ヨシキリザメの全ゲノムリシーケンスデータによる集団解析と性関連マーカーの探索
○伊部正祥 (東海大海洋)・工樂樹洋 (国立遺伝研・理研 BDR)・藤波裕樹・倉島陽・甲斐時彦 (水産機構資源研)・野原健司 (東海大海洋)
- P10 東シナ海におけるモウカスベとメダマカスベの食性比較
○原康二郎・古満啓介・山口敦子 (長崎大水産)
- P11 板鰐類の性染色体の起源と遺伝子量補償について
○丹羽大樹 (遺伝研・総研大・遺伝学)・宇野敦子 (東大院総合文化)・門田満隆・西村理 (理研 BDR)・川口茜・工樂樹洋 (遺伝研)
- P12 カラスザメ属魚類の生物発光メカニズムの解析
○水野雅哉・大場裕一 (中部大応生)
- P13 23年ぶりに瀬戸内海で記録されたホホシロザメと、そのクラスパーの形態
○荻本啓介 (下関水族館)・内田博陽 (なぎさ水族館)・飯島卓也・川島登史宗・久志本鉄平 (下関水族館)

口頭発表

O1

北西太平洋におけるデータ不足のイタチザメ (*Galeocerdo cuvier*) の個体数動態
と生物学的パラメータと死亡率の評価

シェング ヨング フング^a, ホアング フイ フィン^{a,b,c}, ウェヌビー セー^a

a 国立高雄科技大学 漁業技術管理学科、台湾、高雄 81157

b 国立高雄科技大学 水産科学技術研究所、台湾、高雄 81157

c 水産研究所 No.2、ホーチミン、ベトナム、710000

Population Dynamics and the Assessment of Biological Parameters and Mortality Rates for the Data-Deficient Tiger Shark (*Galeocerdo cuvier*) in the Northwest Pacific Ocean

Sheng Yong Hung^a, Hoang Huy Huynh^{a,b,c}, Wen-Pei Tsai^{a,*}

^a Department of Fisheries Technology and Management, National Kaohsiung University of Science and Technology, Kaohsiung 81157, Taiwan

^b Institute of Aquatic Science and Technology, National Kaohsiung University of Science and Technology, Kaohsiung 81157, Taiwan

^c Research Institute for Aquaculture No.2, Ho Chi Minh 710000, Vietnam

Abstract

While tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) exhibit a global distribution across major oceans, the availability of comprehensive biological and fishery data with specific reference to the Northwest Pacific Ocean remains notably limited. Consequently, the primary objective of this investigation was to gain insights into the challenges associated with quantifying key life history parameters of tiger sharks. This includes critical elements such as von Bertalanffy growth and mortality rates, which are fundamental components for the development of robust stock assessment models. To assess and analyze these parameters, we employed the TropFishR software package to scrutinize length-frequency data recorded by observers, which was collected from the Nanfangao fish market spanning from January 2015 to December 2022.

The electronic length-frequency analysis yielded valuable results, indicating that the asymptotic length and growth coefficient for the combined sexes of the tiger shark population were estimated at 366.087 cm FL and 0.245 year⁻¹, respectively. Mortality rates were derived through the utilization of a length-converted catch curve and empirical models. The findings unveiled annual rates of total mortality (Z), natural mortality (M), and fishing mortality (F) as 0.346 year⁻¹, 0.239 year⁻¹, and 0.107 year⁻¹, respectively. It is noteworthy that the observed exploitation rate (E) was relatively low, measuring at 0.309 year⁻¹. These findings hold the potential to contribute to the formulation of effective conservation strategies aimed at safeguarding the tiger shark population within the study region.

O2

Stock status for Naru eagle ray, *Aetobatus narutobiei* based on long-term monitoring data and vertebral samples

長期モニタリングデータと脊椎骨分析に基づくナルトビエイの資源状況

Wang, Yan Jun, Yoshimi Ogino, Keisuke Furumitsu and Atsuko Yamaguchi

ワン イエンジュン・荻野義視・古満啓介・山口敦子

Graduate School of Fisheries and Environmental Studies, Nagasaki University

長大院・水産・環境科学総合研究科

The Naru eagle ray *Aetobatus narutobiei* White, Furumitsu and Yamaguchi, 2013, is an endemic species in East Asia distributed mainly in western Japan except for the Okinawa region. The estuarine habitat in the summer of this ray overlaps with an economically valuable bivalve fishery. In response to decreased bivalve catches, predator control programs have been performed in Ariake Bay since 2001, and as a result, this has faced intense fishing pressure during the last two decades. The long-term impacts of the predator control program on the population of rays, bivalves, and their balance in the ecosystem were unknown. Therefore, one of the authors, Prof. Yamaguchi, has been monitoring the predator control program and studying their biological properties since 2001 (Yamaguchi et al. 2005 and 2021). In that light, the evaluation of stock status needs to be first taken. This study aims to apply the Electronic Length Frequency Analysis (ELEFAN) to assess the stock status trend by using the size frequency distribution data from our long-term monitoring of the predator control program.

This study used disc width (DW, cm) and sex data of 7,887 rays recorded during our monitoring survey conducted from 2001 to 2022. To investigate the impacts of predator control program on the Naru eagle ray population, we analyzed the data by dividing it into two groups: past years (2001-2010) and recent years (2015-2022). The results showed that the exploitation ratio (E) of recent years was higher than that of past years, and exceeded an optimal level of 0.50 for maximum yield (Gulland, 1971). The calculated growth parameters of von Bertalanffy model were different between the past and recent years; moreover, the parameters of both periods were different from that in Yamaguchi et al. (2005), who analyzed growth of this species based on vertebra reading techniques. It is unclear whether this differences in growth parameters are due to uncertainty of ELEFAN, or whether they represent true changes in growth of the Naru eagle ray. To clarify this point, as a next step, we are currently conducting growth analysis using recent vertebra samples for this species.

O3

ニューラルネットワーク手法と伝統的な回帰モデルの予測性能の比較：北西太平洋海域の主要なサメの体長-体重関係の推定

Comparing the predictive performance of an artificial neural network approach with the conventional regression models: The estimations of length–weight relationship for major shark species in the Northwest Pacific Ocean:

Yi-An Tu¹, Hung-Hsun Chen², Wen-Pei Tsai¹

1. Department of Fisheries Technology and Management, National Kaohsiung University of Science and Technology
国立高雄科技大学漁業技術と管理学系
2. Program of Artificial intelligence and Information Security, Fu Jen Catholic University
輔仁大学人工知能および情報セキュリティプログラム

Abstract

This study aims to apply Artificial Neural Network (ANN) to predict the Length-Weight Relationship (LWR) of fish and compare it with the traditional regression models. Ten major shark species caught in the Northwest Pacific Ocean were selected as the study objects, and three models, namely Linear Regression (lm), Nonlinear Regression (nls) and Artificial Neural Network (ANN), were established respectively. The model fitting effects were evaluated by indicators such as Mean Squared Error (MSE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and Correlation Coefficient (r). In addition, in order to improve the interpretability of the ANN model, this study adopted visualization techniques to analyze the weights and biases of the model, reveal how the neurons in the hidden layer process the input features, and explore the relationship between the ANN model prediction results and the fish growth characteristics and their influencing factors. The results showed that the ANN model performed better than the traditional regression models in predicting the LWR of fish, indicating the potential of ANN in estimating species growth in biological systems. This study suggests that future studies should increase the scale and diversity of data sets, including more data on different fish species and environmental factors, to further optimize and adjust the parameters of the ANN model and enhance its prediction ability.

Keywords: Artificial Neural Network (ANN), Mean Square Error (MSE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Length-Weight Relationship (LWR).

O4

Establishing Non-Detriment Findings procedures for shark species listed in CITES Appendix II : Blue shark in the Indian Ocean as example

Tzu-Chia Huang*、Wen-Pei Tsai

Department of Fisheries Technology and Management, National Kaohsiung University of Science and Technology

Abstract

Blue shark (*Prionace glauca*) is a major component of the international trade in meat and fins. In recent years, it has been listed in Appendix II of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES), and it is subject to regulatory measures by the Indian Ocean Tuna Commission (IOTC). This study, following the framework of Non-Detriment Findings (NDFs) published by the Federal Agency for Nature Conservation (BfN) in Germany for shark species, assessed parameters such as life history, conservation concern, fishing and trade pressures, and the implementation of management policies. This analysis serves as the basis for issuing CITES export permits for species listed in the appendices. The NDF for blue sharks in the Indian Ocean has been determined to be positive, allowing for trade under specific management requirements. To ensure the sustainability of this trade, the study recommends the establishment of a total allowable catch, implementation of CCC codes, and the enactment of specific species management regulations for effective control.

Keywords: Blue Shark (*Prionace glauca*), Indian Ocean, Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES), Non-Detriment Findings (NDFs).

05

サメ・エイ類の生物科学研究から海の生態系保全へ

Biological Science Research on Sharks and Rays Leads to Marine Ecosystem Conservation

山口敦子（長崎大学）

Atsuko Yamaguchi

サメ・エイ類（板鰐類）は脊椎動物の進化、未知の生物をも彷彿とさせるその形態、ユニークな繁殖様式、水族館やダイビングでの象徴生物としての存在感、生態系の上位捕食生物、など様々な観点で多くの人々の関心をひきつけてやまない生物グループである。近年では人間活動の甚大な影響を受けて地球環境の劣化が問題となっており、私たち人類が存続するための基盤そのものである環境や生物多様性、海洋生態系の機能を取り戻すための保全が急務となっている。板鰐類は一般に、生息数こそ少ないものの、生態系の重要な機能を担っている可能性が高く、板鰐類の個々の生物について理解することは、生態系の理解に欠かせない。しかし、実際には板鰐類についてわかっていることは、知るべきことに比べるととても少なく、また、これをすれば保全ができる、という単純な道筋もない。

現在では、環境や生態系の保全が環境基本法などで位置づけられて身近なものになり、研究界のみならず、行政や企業、一般市民、初・中等教育の場で子供たちが主体となった多様なプロジェクトが、地域や個人レベルでの小規模なものから国や国際レベルでの大規模なものまで数多く存在する。しかし、実際に未解明な事象が多い中で、時に不適切な理解に基づく、善意の行動が逆の結果を導いてしまう危険性もある。生物や生態系をほぼ理解できていない現状では、環境や個々の生物に対して人為的に働きかける行動は極めて慎重であるべきと実感している。現在、採択されているプロジェクトの一つとして、サメ・エイ類を頂点とする生態系の姿を紐解き、生態系レベルでの保全を可能にするため、国や地方自治体に対して科学をベースにした政策提言を行うべく研究を進めている。同時に、誤った保全活動が行われないように、子供達や一般の方々への正しい科学の普及も行う。とはいえ、学生時代、研究を始めた当初は生態系の保全を目指していたわけではなく、今も研究の最終目標ではない。

今回のシンポでは、自身がこれまでの長い年月、サメ・エイ類の生息基盤である海洋構造や基質等の海洋環境に関する研究を含め、様々な視点でフィールドとラボ内で展開してきたサメ・エイ類にまつわる科学研究（板鰐類の種の分類・系統や地理的分布、生活史とその多様性、繁殖・成育場の成立条件と場の解明、多様な繁殖様式、胎生種の胚発生から休眠およびその後の初期発達、温暖化等の環境変化による板鰐類への影響、生息環境の相違に応じた生態変異、全ての栄養段階を含めた食物網と生態系機能の解明、生物・物理環境の変化が生態系に及ぼす影響、漁獲や人間活動による生息場喪失等の影響評価など）が、どのように保全につながってきたのか、現在実施中のプロジェクトとこれまでの研究活動や成果に基づき、短い時間ではあるものの、研究・教育者としての視点を交えて紹介したい。

O6

Budding Acoustic Telemetry Project of Elasmobranch in Taiwan

Chi-Ju Yu^{1,2*}, Kwang-Ming Liu^{2,3,4}, Hua-Hsun Hsu⁵, Alistair D. M. Dove⁶, Shoou-Jeng Joung^{1,2}

¹ Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, Taiwan

² George Chen Shark Research Center, National Taiwan Ocean University, Taiwan

³ Institute of Marine Affairs and Resource Management, National Taiwan Ocean University, Taiwan

⁴ Center of Excellence for the Oceans, National Taiwan Ocean University, Taiwan

⁵ Coastal and Offshore Resources Research Center, Fisheries Research Institute, Council of Agriculture, Taiwan

⁶ Research and Conservation Department, Georgia Aquarium, United States

Fisheries biology of elasmobranchs has undergone scrutiny over the course of several decades, yet our knowledge of the time-spatial movement of these animals remains limited. Particularly noteworthy is the proclivity of endangered elasmobranchs to engage in expansive migratory patterns spanning diverse aquatic domains. Consequently, the imperative for international collaboration is underscored, as such cooperative endeavors are integral to the effective implementation of sustainable management strategies for elasmobranch populations. In recent years, acoustical telemetry has become a convenient tool for tracking research and is gradually being widely utilized. Properly setting up receiver arrays, choosing suitable tags, and adopting effective tagging methods are conducive to advancing research. Our research team began this project in May 2023, progressively deploying receivers in the surrounding waters of Taiwan and collaborating with other acoustical telemetry teams. Currently, we have set up 10 receivers in both the eastern and western waters of Taiwan, including Yilan, Hualien, and Penghu. Simultaneously, this research placed transmitters on/in 9 cartilaginous fish, including external transmitters on 4 whale sharks (*Rhincodon typus*) and 1 brown guitarfish (*Rhinobatos schlegelii*), as well as internal transmitters through surgery in 3 scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*) and 1 tiger shark (*Galeocerdo cuvier*). In forthcoming work, we plan to set up more receivers, tag and release various endangered elasmobranchs, and actively seek collaborations in acoustic telemetry. This project aims to provide more favorable references for the sustainable management of elasmobranch resources in the future.

Keywords: acoustic telemetry, animal movement, detection, acoustic array

07

サメは魚の頭を食べ残す？

中村乙水（長崎大学環東シナ海環境資源研究センター）

Itsumi Nakamura (Institute for East China Sea Research, Nagasaki University)

サメの特徴として、歯が生え変わり続けることで切れ味を保ち、獲物を切断して捕食することができる点が挙げられる。獲物を切断できることは大きな獲物からも肉片を切り取って食べることができるので、丸呑みにするよりも幅広い餌を利用できるという利点があると考えられる。漁業におけるサメによる食害では釣り針にかかった魚の後ろ半分を噛みちぎられている事が多い。魚体全てが取られるわけではなく、半円状の特徴的な噛み跡が残ることからサメが犯人であることがわかるとも言える。

長崎大学の環東シナ海環境資源研究センターの屋外水槽でスミツキザメおよびアカシュモクザメの幼魚を飼育していた際に、餌としてキビナゴやマアジ、マダイなどの小魚を与えたところ、餌の尻尾側に齧り付き、尻尾側を切断して頭側を残すように捕食する行動が観察された。頭側に噛み付いた場合でも、口の中で啜え直し、尻尾側を切断するように食べていた。また、一度魚体の後半分が齧り取られた魚で丸呑みにできるサイズになっていても、再度齧り付いて頭のみを切り落とす行動が観察された。このことからサメは魚の頭を好まず、食べ残すことが仮説として考えられた。そこで、餌のマアジを半分に切り、ゼラチンで頭側同士、尻尾側同士をくっつけたものを与えてみたところ、頭側同士のものを一度は啜えたものの離してしまう行動が観察された。観察事例が少なく、絶対にサメが魚の頭側から食べることがないかはわからないが、サメは選択的に魚の尻尾側に噛みつき、魚体の後半のみを切断して食べる習性を持つことが示唆される。また、スミツキザメの死体を用いて、マアジとマイワシを口に啜えさせて切断してみたところ、尻尾側から啜えさせた時はきれいに切断できたのに対して、頭側から啜えさせた時はきれいに切断できなかった。サメがなぜ頭を残すかの理由はわからないが、骨が多く消化しにくい、身が少なく栄養が多くない、頭付近には棘が多く内蔵を傷つける、など頭を好まない理由の他に、尻尾側からしかうまく切断することができないということも考えられる。

O8

深海ザメを活用したアウトリーチ活動の紹介
Outreach activity using deep sea Elasmobranchs.

猿渡敏郎（東京大学大気海洋研究所・成蹊学園サステナビリティ教育研究センター）
Toshiro Saruwatari (Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo,
Seikei Education and Research Center for Sustainable Development)

中等教育現場では、今スルメイカの解剖がホットな話題となっている。これは、西欧諸国に習い、日本国内でも中高で脊椎動物の解剖が行いにくくなっているからである。日本生物教育学会の大会に参加すると、スルメイカ関連の発表やワークショップが多く、驚くほどである。

このように、脊椎動物の解剖に対する世間の目が厳しくなっている中で、2016年から、沼津市戸田（へだ）で、深海ザメの公開解剖を実践してきたので紹介する。

アオメエソの生活史研究の一環で、2002年ごろから、戸田の深海トロール漁船、日之出丸に定期的に乗船して来た。ある日戸田観光協会の方から、深海魚を活用した地域おこしとして戸田深海魚祭りを開催するが、協力してほしいという依頼が来た。日本で最も深い駿河湾と戸田で獲れる深海魚を紹介しつつ、深海ザメの「解体ショー」をしてほしいとのことであった。さすがに「解体ショー」という呼称には賛同できず、「公開解剖」ならば大丈夫だと引き受けた次第である。以後、戸田観光協会の深海魚祭り、そして沼津市主催の「深海魚大学」にて、深海ザメや大型深海魚の公開解剖を実施し、戸田の地域おこし、ひいては海洋生物学の普及啓発を行っている。

公開解剖を行ったのは、アカシユモクザメ、ギンザメ、フトツノザメヘラツノザメ、チヒロザメ、ヨロイザメである。いずれも主催者側が用意した標本を解剖した。種の紹介、外部形態の解説をしたのち、解剖を行い、各臓器を取り出し、臓器ごとにその特徴や機能を説明した。板鰓類特有の歯列、螺旋弁、直腸腺の解説に対する反応が高かった。

いずれの公開解剖でも、気分を悪くしたり泣き出す参加者はいなかった。後日クレームのようなものが来ることもなかった。これは、学術的な解剖を教育目的で行っているということをごちらが意識して、折に触れその旨を参加者に伝えたことが功を奏したと考える。

さらに、見学者の反応が問題へと発展しなかったのは、これは対象が低位脊椎動物の魚類である点と、私たち日本人が日頃魚を塩焼きなどで丸のまま、それこそ無意識のうちに解剖しながら食しているという点に負うところが多い。

いずれにせよ、不特定多数の人を対象として解剖を行う場合は、解剖を行う当事者が明確な目的と、解剖を行っているのだという自覚を持って実践することが肝要である。生命倫理や教材としての適切性の判断などに関して、魚類学、水産学関係者の意識の改革も必要であると考える昨今である。

09

遊泳不良のシロワニ産仔個体に対する処置と予後について
 Treatment and prognosis for juvenile Sandtiger Shark *Carcharias taurus*
 with swimming abnormality

○徳永幸太郎、齋藤伸輔、酒井 孝（アクアワールド茨城県大洗水族館）
 ○Kotaro Tokunaga, Shinsuke Saito, Takashi Sakai
 (Ibaraki Prefectural Oarai Aquarium)

シロワニ *Carcharias taurus* は、水面に浮上して口から空気を胃に取り込むことで浮力を獲得し、安定した遊泳が可能となる、特異な遊泳形式をとるサメである。アクアワールド茨城県大洗水族館では、2023年に国内2例目となる水槽内繁殖が確認され、産仔個体が得られたが、出産直後から浮力維持困難と思われる症状を呈したため、処置を行った。本個体はおおよそ1ヶ月後に死亡したが、その間、処置による通常遊泳の回復等、一定の復調が認められたため経緯を報告する。

当館において、2021年6月の出産個体と同一個体が2022年3月に交尾し、同年10月には腹部で胎動が確認されたため、観察を強化した。2023年5月7日の12時00分に、出産の前兆現象である総排泄孔からの白濁物質放出が始まり、同日12時24分にメス1個体を出産した。産仔個体は、大型の網を使用して速やかに取り上げ、予備水槽（円形水槽 水量20m³）に収容したが、直後より着底や横転等の浮力不足によるものと思われる遊泳不良の症状が見られた。出産後20時間経過後も状態は変わらなかったため、既存文献（The Elasmobranch Husbandry Manual II Chapter 38 : pages 391-401）に基づき、胃内部への空気注入処置を開始した。

浮上介助およびレギュレーターによる口内への送気では復調が見られなかった。一方、エアチューブ（外径6mm）とシリンジを用いた胃内部への強制送気では、通常遊泳の開始や自発浮上、および摂餌開始などの回復が認められた。送気量は段階的に増加させ、送気量360mlにおいて、最も安定した遊泳が確認された。本処置は、死亡する6月6日までに6回実施した。

処置による一時的な復調後も時折浮力を失い、着底や横転などの症状が表れたことから、本個体は胃での長期の空気保持が困難だったことが考えられた。また、2021年繁殖時の産出直後の幼魚の行動等と比較し、空気保持能力獲得について考察するとともに、今後のシロワニ飼育下繁殖および幼魚安定育成の一助としたい。

O10

イトマキエイの飼育下繁殖と精子の凍結保存について
 Captive reproduction and sperm cryopreservation of spinetail devilray

○喜屋武樹・芳井祐友・伊藤このみ・宮側賀美・北谷佳万・西田清徳（海遊館）
 ○Itsuki Kiyatake, Yusuke Yoshii, Konomi Ito, Yoshimi Miyagawa, Yoshikazu Kitadani, Kiyonori
 Nishida (Osaka Aquarium Kaiyukan)

イトマキエイ *Mobula mobular* は絶滅危惧種であるにも関わらず、生態についての知見が乏しい。海遊館では、本種の雌雄各 1 個体を 6 年以上飼育していたところ、交尾行動、妊娠、子宮腔内胎仔の発達、幼魚の形態の観察に成功したので得られた知見を報告する。

観察したイトマキエイは高知県土佐清水市の以布利港から約 2 km 地先にある定置網に入網した雄（1450mmDW）と雌（1600mmDW）である。2015 年 11 月に海遊館の太平洋水槽（十字型、最大長 34m、水深 9m、水量 5,400 m³、水温 23°C）に搬入し、ジンベエザメ *Rhincodon typus* やグルクマ *Rastrelliger kanagurta* など約 50 種 1,500 尾と同居飼育した。餌はツノナシオキアミ、ナンキョクオキアミ、サクラエビ、アキアミを合わせて各個体毎日 1.0-3.0 kg 給餌した。

2022 年 2 月に初めて交尾行動が確認され、一連の交尾行動は chasing、biting、copulating、post-copulating、holding、separating であった。同時期の DW は雄が 2027mm、雌が 2040mm、推定年齢はそれぞれ 8.3 歳と 8.9 歳であった。交尾 151 日後に雌個体の左子宮に胚が確認され、交尾 205 日後に頭鰭を確認、交尾 242 日後に両胸鰭の重なりが確認された。交尾から 464 日後に雄の幼魚が産出された（1040 mm DW、11.32kg BW）。また、2023 年 3 月に成熟雄が死亡したため（2148mmDW、106.4kgBW）、排泄孔の背面側を指圧することで 16ml の採精に成功した。精液 10%、ジメチルスルホキシド 5%、メタノール 5%、エラスモブランチハックス液 70%、卵黄（鶏卵）10%の分量を混合し液体窒素保存した。同年 11 月に解凍したところ、精子の生存率は 53%であった。

本研究で観察された交尾行動は近縁種のナンヨウマンタ *Mobula alfredi* やオニイトマキエイ *Mobula birostris* と類似しており、交尾時（成熟）の DW や年齢はイトマキエイの野生個体群における先行研究と一致した。イトマキエイ属における精子の凍結保存の試みは初めてであり、この生存率から人工授精に使用可能であると考えられた。本研究結果により、イトマキエイの飼育下繁殖や域外保全、遺伝的多様性の保存における可能性が示唆された。

O11

野生個体群と飼育個体群におけるタテスジトラザメの成長と発達と比較
 A comparison of the growth and development of pyjama sharks (*Poroderma africanum*)
 in wild and captive populations

○村田幹斗¹・喜屋武樹¹・Thomas L. Johnson²・Emy Cottrant^{2,3}・北谷佳万¹・
 恩田紀代子⁴・Natalia J. Drobniwska²・Timothy G. Paulet^{2,5}・西田清徳¹
 (¹海遊館・²South African Shark Conservancy・³University of Cape Town・⁴NIFREL・
⁵Rhodes University)

○Mikito Murata¹・Itsuki Kiyatake¹・Thomas L. Johnson²・Emy Cottrant^{2,3}・
 Yoshikazu Kitadani¹・Kiyoko Onda¹・Natalia J. Drobniwska²・Timothy G. Paulet^{2,5}・
 Kiyonori Nishida¹
 (¹Osaka Aquarium Kaiyukan・²South African Shark Conservancy・
³University of Cape Town・⁴Osaka Aquarium NIFREL・⁵Rhodes University)

タテスジトラザメ *Poroderma africanum* は南アフリカ固有種のトラザメ科である。多くの水族館で飼育されているにも関わらず、その成長と発達に関する研究は不足している。本研究では、海遊館で産卵された卵の受精率と幼魚の成長を調査し、野生個体群との成長を比較した。

2005年から2007年までと、2013年から2020年までの間に確認された合計319個の卵の受精率は18.8%であった。水温18°Cにおいて孵化した24個体の平均孵化日数(±SE)は239.46±4.97日、孵化仔魚の平均体長(±SE)は14.65±0.24cm、平均体重(±SE)は17.19±0.75gであった。また孵化時の性比は1:3.5(雄:雌)であった。孵化した雌1個体は6.6年後に卵黄入りの卵を産み、性成熟したと考えられた。全長と体重の関係においては飼育下でも野生下でも、オスは負のアロメトリーを示し、メスはアイソメトリーを示した。Growth Performance Index (Φ')も、性別に関係なく、飼育個体群のほうが野生個体群に比べて大きかった。しかし同じ性別でも成長には個体差が大きく見られた。

本種において野生個体群と飼育個体群の成長を比較した研究は初めてである。飼育個体群が孵化から順調に成長し、繁殖したことから、将来的に本種の個体数が減少した場合、生息域外保全としての飼育が非常に有効な手段となり、野生への再導入が可能であることが示唆された。水族館では飼育下観察において生態解明や保護における重要な知見を継続的に収集することが可能であるため、今後も飼育管理を続けていく。

O12

シノノメサカタザメの繁殖周期のモニタリング

Monitoring the reproductive cycle of the bowmouth guitarfish

村雲清美 Kiyomi Murakumo・金谷悠作 Yusaku Kanaya・松本瑠偉 Rui Matsumoto[○]
沖縄美ら海水族館 Okinawa Churaumi Aquarium

シノノメサカタザメ *Rhina ancylostoma* は IUCN-Red List で CR (Critically Endangered: 近絶滅種) として記載され、保全に対する機運は世界的に高い。日本では琉球列島を含む南日本に広く生息するとされており、沖縄本島では毎年複数個体が確認される。沖縄美ら海水族館では飼育下での繁殖に至り、生殖サイクルが徐々に解明されつつある。本研究では、海上生簀(同館予備飼育設備)で飼育される雌個体を用い、超音波画像診断(以下、エコー)により、生殖器官の動向をモニタリングした。エコー画像の観察には、医療機器から出力される DICOM データ専用の画像処理ソフトウェア OsiriX を使用し、卵胞の有無や大きさ(断面積)の計測を実施した。2022年4月に卵巣観察から確認された断面積約 2 cm² の卵胞は、およそ 6 か月後(同年 10 月下旬)には約 48 cm² にまで発達していた。また、11 月下旬には同居する雄から受けた交接痕が右胸鰭先端に確認された。この直後には、卵胞は子宮内に排卵され、12 月初旬の卵巣内には約 5 cm² の新たな卵胞と思われる像のみが確認された。一方、子宮内に移行した卵胞(卵黄)は、12 月初旬から翌年 4 月下旬までの間(約 5 か月)は 50~46 cm² の大きさであり、5 月初旬には胚らしき像が初めて確認され、6 月下旬には直径 3 cm 程度の胎仔の断面と思われる像が映し出された。7 月下旬の段階では、卵黄の断面積は約 36 cm² まで小さくなり、全長 18.5 cm にまで育った 9 個体の胎仔の明瞭な像を捉えることができた。残念ながら同個体は、8 月に沖縄本島地方に接近した台風 6 号により海上生簀が破損したため野外に放出され、その後のモニタリングは中止された。一方で、9 月初旬に野外より新たに搬入した個体に妊娠が確認され、エコー画像からこの野外個体の胎仔は、8 月に逃走した個体の 1 か月経過した胎仔と同時期の発育ステージである可能性が確認された。同個体は 10 月 6 日に海上生簀で全長 40~47 cm の 11 個体(うち 1 個体は 32 cm で途中死)の仔魚を出産した。本研究では同一個体による一連の生殖サイクルを追跡することはできなかったが、供試 2 個体は沖縄本島内で捕獲された同一個体群である可能性や、海上生簀という自然環境下での繁殖を考慮すると、生殖周期を連結して考察できる可能性は高い。この結果、卵胞はおよそ 1 年かけて成熟し排卵され、胎仔の胎内生育期間はおおよそ 6 か月であると推察される。今後は同一個体での連続したモニタリングを目指すとともに、産出された仔魚の飼育を通して、成長や成熟に関わる情報を詳細に収集する予定である。得られた知見は、近年、水族館に強く求められる希少種の生息域外保全技術の開発に貢献することが期待される。

O13

トラザメにおいてプロゲステロンは卵殻形成開始のスイッチを押す
 Progesterone triggers the initiation of egg-capsule formation in cloudy catshark
 (*Scyliorhinus torazame*).

○下山紘也¹、高木互¹、徳永幸太郎²、兵藤晋¹

(¹東大大海研、²アクアワールド茨城県大洗水族館)

○Koya Shimoyama¹, Wataru Takagi¹, Kotaro Tokunaga², Susumu Hyodo¹

(¹AORI, University of Tokyo; ²Ibaraki Prefectural Oarai Aquarium)

板鰐類は、魚類には珍しく全ての種が交尾による体内受精を行い、繁殖様式も卵生から胎盤を形成するような胎生まで非常に多様である。また、卵生種は種ごとに特徴的な形態をした卵殻を形成し、その殻に受精卵を包んで産卵することも大きな特徴である (図 A)。しかしながら、これらの特徴的な現象がどのように制御されているのかについては全くわかっていなかった。

所属研究室のエコー検査を活用した先行研究により、卵生種のトラザメ (*Scyliorhinus torazame*) において、排卵・卵殻形成の直前に血液中のプロゲステロン (P4) 濃度が一過的に上昇することが明らかとなった (Inoue et al., 2022)。そこで、トラザメ生体に対し P4 投与を行った結果、投与後のトラザメの体内に卵殻の一部である「ツル」のみが大量につくられることを発見した (図 B)。P4 を投与後 2 日目の個体を調べたところ、卵殻腺という器官からまさにツルが形成されている様子を観察することができた (Shimoyama et al., 2023, 図 C)。この現象は他のステロイドホルモンや溶媒の投与では起こらない。トラザメの卵殻形成はツルの形成から始まることがわかっており、産卵周期における血中 P4 濃度の上昇には、卵殻形成開始のスイッチを入れる作用があることが示唆された。さらに、P4 投与個体の卵殻腺の組織化学観察から、卵殻形成領域内には「ツル形成領域」と「殻形成領域」が存在すること、2つの領域は異なる制御を受けていること、そして、P4 投与では卵殻の側線部分 (図 A の黄色い点線部分) だけが形成されており、殻本体の扁平部分がそっくり抜け落ちている状態であるということがわかった。現在、これらの領域で発現する遺伝子の網羅的解析を進めており、ツル形成領域特異的に発現が上昇している遺伝子 (プロスタグランジン E2 の受容体など) を同定している。これらの遺伝子・因子の働きを含めて議論したい。

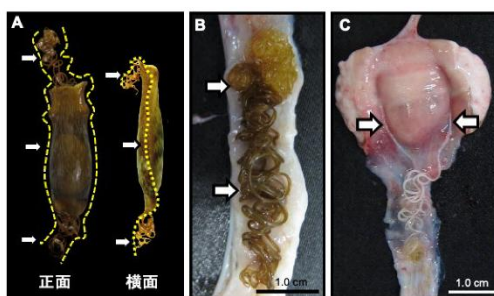


図 (A) トラザメの卵殻、(B) 輸卵管内に存在した「ツル」の様子、(C) P4投与により卵殻腺から「ツル」が形成されている様子。矢印は全て「ツル」を示している。

(Inoue et al, *Gen Comp Endocrinol*, 327, 114076, 2022; Shimoyama et al, *Zool Lett*, 9, 13, 2023)

O14

板鰓類血中細菌叢の網羅比較解析

○長澤貴宏¹・喜屋武樹²・伊東隆臣²・進藤英朗³・久志本鉄平³近藤圭佑⁴・鈴木泰也⁴・中村雅之⁴・大塚美加⁵・土田洋之⁵¹九州大学大学院農学研究院, ²海遊館, ³市立しものせき水族館,⁴マリンワールド海の中道, ⁵かごしま水族館

Wide-range comparative analysis of blood bacterial flora in Elasmobranchii

○Takahiro Nagasawa¹, Itsuki Kiyatake², Takaomi Ito², Hideaki Shindo³, Teppei Kushimoto³,
Keisuke Kondo⁴, Yasunari Suzuki⁴, Masayuki Nakamura⁴, Mika Otsuka⁵, Hiroyuki Tsuchida⁵¹Faculty of Agriculture, Kyushu University, ²Osaka Aquarium KAIYUKAN, ³Shimonoseki
Marine Science Museum, ⁴MARINE WORLD Uminonakamichi, ⁵Kagoshima City Aquarium

閉鎖血管系を有する脊椎動物の血液は原則として無菌環境として保持されており、そうした血中に細菌等の病原体が侵入した際には敗血症等の重篤な全身症状を引き起こす原因にもなる。一方、そうした脊椎動物の中でも板鰓類においては個体の血中からでも細菌が検出されるとの報告があり、飼育個体、野生個体共にそうした検出事例がある。

これまでの研究で、この板鰓類血液中の細菌群が外部環境水中や、腸内細菌とは全く異なる独自の細菌集団、「血中細菌叢」として存在している可能性を示してきた。また異なる飼育環境下で管理された個体間でもその血中細菌叢には構成種やその比率などに共通点が見られることが分かっていたが、その全容解明には更に解析規模を広める必要があった。

今回の試験では、国内の水族館4園館及び大学施設内で飼育される板鰓類、また深海延縄漁で漁獲された野生個体、計7日14種62個体とその飼育海水や糞中の細菌叢を検出・比較し、その普遍性や種間・飼育環境間の差異等について検証した。

全体的な傾向として、同一水槽内で飼育される個体間では種を越えてその血中細菌叢の構成種や割合に一定の共通性がみられた。一方でそれらと大きく異なる細菌叢を有している個体の例などもいくつか見られ、特に興味深い点として、同水槽内の個体よりも他の園館で飼育される同種個体の血中細菌叢との間に高い類似性を示した例もあった。

これらの結果から板鰓類の血中細菌叢は外部環境や他の個体からある程度影響を受けるものの、そうした影響を受けずに一定の細菌叢として維持する機構の存在も示唆された。血中細菌叢は板鰓類の行動履歴や健康状態を評価する新たな指標となる可能性がある。

O15

軟骨魚類におけるグアニン型脈絡膜タペータム

Guanine-type choroidal tapetum in cartilaginous fishes

○六車香織¹, 水野雅玖², 矢野大地², José Paitio², 大場裕一², 武井史郎²

Kaori MUGURUMA, Gaku MIZUNO, Daichi YANO, Yuichi OBA, Shiro TAKEI

¹中部大学 環境保全教育研究センター, ²中部大学 応用生物学部

¹Environmental Conservation Education and Research Center, Chubu University

²College of Bioscience and Biotechnology, Chubu University

タペータムは網膜を透過した光を反射させて光感度を約 1.5 倍向上させる眼球内の反射板であり、主に夜行性や深海などの薄明環境下に生息する生物で報告されている。魚類のタペータムは形態学的に網膜型と脈絡膜型の 2 種類が知られ、後者は真骨類では比較的まれであるのに対し、他の硬骨魚類や軟骨魚類では、タペータムを持つ種は全てが脈絡膜タペータムを有する。特に軟骨魚類では、深海から浅海域に生息する多様な種で脈絡膜タペータムが報告されている。しかしながら軟骨魚類における脈絡膜タペータムの機能的意義に関する研究はほとんどなされていない。そこで本研究では、軟骨魚類における脈絡膜タペータムの機能的意義を明らかにするために、異なる光環境に生息する種についてタペータムの眼球内分布パターンの比較を行った。

本研究では異なる光環境に生息することが予想される深海性 2 種（ラブカ、エドアブラザメ）、深海性発光ザメ類 6 種（ダルマザメ、ヨロイザメ、ヒレタカフジクジラ、ホソフジクジラ、カラスザメ、ワニグチツノザメ）、浅海性 5 種（メジロザメ、ツマグロ、ネムリブカ、コロザメ、ヒョウモンオトメエイ）の合計 13 種を用いた。冷凍標本から眼球を摘出し、細切した脈絡膜に含まれるグアニンを既報に従って 0.1M NaOH に溶解させ、紫外線分光光度法により反射物質の同定と定量を行った。さらに眼球内の各部位における単位面積当たりのグアニン量を算出し、タペータムの眼球内分布パターンを調査した。

解析を行った全ての種で反射物質はグアニンであると推定され、種によって異なる眼球内分布パターンを示した。深海性サメ類や深海性発光ザメ類では主に眼球の後方に反射物質の最高密度部位が見られた。浅海性軟骨魚類ではより多様であり、メジロザメ、ネムリブカ、コロザメは眼球後方に、ツマグロ、ヒョウモンオトメエイは眼球の中央に、それぞれ反射物質の最高密度部位が見られた。以上から軟骨魚類ではタペータムの眼球内分布に対応する視覚方向（前方向や上方向）への光感度を高めていると推測された。また網膜神経節細胞（視覚情報の唯一の出力細胞）の分布パターンが報告されている種について本研究の結果と比較した結果、多くの種で中心窩とタペータムの最高密度部位が一致していた。以上から軟骨魚類の視覚では光感度と解像度を両立して高める「一致型」が主要な視覚特性の一つであると推察された。

O16

ラブカとシロザメの卵黄タンパク質ビテロジェニン：胎生のサメと胎生の哺乳類との違い

大石雄太（理研 BDR、当時）、有村省吾、下山紘也、兵藤 晋（東京大・大気海洋研）、堀江 琢（東海大・海洋学部）、山田一幸（東海大・海洋科学博）、山内信弥（アクアマリンふくしま）、工樂樹洋（国立遺伝研）

軟骨魚類の多様性と進化、そして独特の生存戦略を分子レベルで説明するため、国立遺伝研に拠点を構える Squalomix コンソーシアム (<https://www.treethinkers.info/squalomix>) では、ゲノム配列をはじめとする生命情報を活用した研究を進めている。軟骨魚類の数ある魅力のうち、今回は繁殖様式に注目した。脊椎動物において、繁殖様式の移行に伴って変化する遺伝子の一つとして卵黄タンパク質ビテロジェニン（VTG）が知られている。とくに、胎生の哺乳類（真獣類と有袋類）では、胎盤や授乳といった母体依存型栄養供給への移行に伴って卵黄タンパク質を産生する VTG 遺伝子群がゲノム中から失われたことが知られている。本研究では、胎生の軟骨魚類であるカグラザメロラブカ (*Chlamydoselachus anguineus*) とメジロザメロシロザメ (*Mustelus griseus*) についてトランスクリプトーム情報を新規取得したうえで、多様な軟骨魚の VTG ならびにその受容体である VLDLR をコードする遺伝子群を同定し分子進化学的解析を行った。その結果、哺乳類とは違って、VTG と VLDLR の遺伝子レパートリには繁殖様式の違いに伴う種差が生じておらず、サメ類では、胎生種であってもこれらの遺伝子をゲノム中に保持していることが明らかとなった。さらに VTG と VLDLR 遺伝子の発現プロファイリングを行った結果、ほかの卵生脊椎動物と同様にトラザメでは VTG 遺伝子が肝臓で強く発現するのに対して、胎生種では肝臓に加えて子宮でも高い発現レベルを示した。このことは、胎生軟骨魚類の VTG タンパク質が卵黄栄養のみではなく、母親から胎児への栄養供給源としても利用されている可能性を示唆している。現在取得中のゲノム情報などを活用し、繁殖様式の多様性ならびに軟骨魚類で目を惹く他の特徴について分子基盤の解明のための研究を今後も続けていく予定である。

原著論文 (Ohishi et al., 2023) : <https://academic.oup.com/gbe/article/15/3/cvad028/7048455>

プレスリリース : https://www.riken.jp/press/2023/20230328_1/

ポスター発表

P1

ノコギリエイ科魚類の輸送と飼育下での比較
Transportation and comparison of Sawfishes

○萬 倫一・渡邊 文乃・大枝 香純・高橋 竜大・野口 彩伽
マクセル アクアパーク品川

Michikazu Yorozu, Ayano Watanabe, Kasumi Oeda, Ryuta Takahashi, Saika Noguchi
Maxell AQUAPARK SHINAGAWA

ノコギリエイ科魚類は、ノコギリ状の吻をもつことが特徴で、2属5種が知られており、世界の熱帯域を中心に分布している。ワシントン条約附属書1に指定され日本の水族館では2023年11月現在、3施設、3種6個体しか飼育されていない希少な魚類である。マクセル アクアパーク品川(以下、当館)では2005年より *Pristis zijsron* (展示名称:グリーンソーフィッシュ)と *P. clavata*(展示名称:ドワーフソーフィッシュ)を飼育展示しており、2021年より *P. pristis*(展示名称:ラージトゥースソーフィッシュ)の展示を開始し、3種4個体の飼育展示を行っている。

P. pristis(全長340cm、雌)は京急油壺マリンパークから当館まで10tトラックにて陸上輸送を行った。鯨類輸送用コンテナ(幅:410cm、奥行:130cm、高さ:150cm)の中に鯨類保定輸送用の担架を敷き、対象個体を鎮静をかけた状態で収容した。搬出搬入作業の都合上コンテナ内での収容合計時間は約7時間、輸送中の水温は24.7~26.2℃、溶存酸素濃度は70~200%であった。コンテナ内では常時水流ポンプによる呼吸補助を行い、移動中のみ酸素による曝気を行った。水槽搬入前に再度鎮静をかけ、水槽に搬入した。輸送中は噴水孔の開閉数は15~25回/分で安定しており、泳ぎ回ることや吻先を振るような行動は見られなかった。水槽搬入20日後に摂餌が確認でき、2023年11月現在、飼育において大きな問題はない。

以降当館ではノコギリエイ科魚類3種4個体を同一の水槽(水槽名:ワンダーチューブ、水量:762.2m³、水温:24.0~26.5℃)で飼育しており、3種の比較が可能となった。その行動や摂餌量は種によって大きく異なる。*P. zijsron*(全長:約400cm、雌)は1日の大半を水槽底で過ごし、1日の摂餌量は約1kgである。*P. clavata*(全長:200cm、雌 全長:200cm、雄)も同様1日の大半を水槽底で過ごし、1日の摂餌量は約0.5kgである。*P. pristis*は1日の大半を遊泳して過ごし、1日の摂餌量は約3kgである。*P. pristis*は他の2種に比べ各鱭の形状も異なり、比較的遊泳に多くの時間を費やす種であることが示唆された。

ノコギリエイ科魚類において国内で飼育されている雌雄は *P. clavata*のみであり、当館では雄個体が雌個体の胸鱭に噛みつく行動が観察されている。今後も日本国内でノコギリエイ科魚類を水族館で見ることができるよう繁殖に取り組み、種の保存に貢献したい。

P2

駿河湾奥部の定置網に入網したサメ類の出現状況

Occurrence of the sharks caught by fixed net in Suruga Bay, Japan

堀江 琢・相良拓海・廣川百香（東海大海洋）

Horie, T., T. Sagara and M. Hirokawa (Mar. Sci. Tech., Tokai Univ.)

目的：我が国における沿岸漁業でのサメ類の漁獲に関する知見は限定的である。黒潮の影響を受ける駿河湾では多種多様なサメ類が生息し、混獲生物として扱われている。本報告では2018年に引き続き、駿河湾奥部の定置網に入網するサメ類の出現状況について報告する。

方法：試料は2019年2月から2023年10月までに、静岡県由比港倉沢の定置網漁船に月1から4回計96回乗船し、採集した。乗船時に定置網内の水深5mで水温を計測した。採集した試料は研究室に持ち帰り、種判別後に外部計測を行った。一調査当たりの平均出現個体数をCPUEとした。

結果：6科11種571個体のサメ類が出現した。サメ類のCPUEは2022年で12.5と最も高く、2023年は1.75と低かった。

シロシュモクザメ：サメ類として最も多く出現し、合計437個体であった。全長範囲は488 - 1614mmであった。水温18℃前後から一網での出現個体数が増加したが、25℃を超えると減少傾向が見られ、29℃を超えると出現しなかった。高水温期の7月から9月にかけて全長800mm以上の個体の出現が減少した。

アカシュモクザメ：合計52個体出現した。全長784mmの個体を除くと、全長範囲は1222 - 1935mmであった。水温22℃を超えると複数で出現し、水温の上昇とともに増加傾向であったが、29℃以上では出現しなかった。

ヨシキリザメ：全長範囲は316 - 2120mmであった。合計34個体のうち、25個体は2021年に出現し、これらは出産後間もないと思われる小型個体であった。本種は4月から7月の水温上昇期にのみ出現した。

エイラクブカ：合計19個体のうち17個体は5月から8月に出現した。全長範囲は612 - 1145mmであった。

アオザメ：合計13個体のうち8個体は2022年に出現した。全長範囲は799 - 1337mmであった。

この他にハナザメ6個体（786 - 900mmTL）、ホシザメ4個体（332 - 873mmTL）、カスザメ3個体（890 - 986mmTL）、イタチザメ（1341mmTL）、シロザメ（720mmTL）、ドチザメ（1276mmTL）が出現した。

まとめ：定置網には遊泳性のサメ類の未成魚が多く入網した。2022年はサメ類の出現が特に多かったが、2023年には減少した。夏の高水温期になると、シロシュモクザメの全長800mm以上の個体が減少し、より大型のアカシュモクザメが出現した。2022年までの夏の平均水温は28℃前後であったが、2023年は29℃を越えており、両種の出現がなかった。水温変動に伴って優占種の出現に影響があった可能性があり、これら変動要因について調査を継続する。

P3

板鰓類新奇レクチンの構造特定と種間・個体間での比較

○橋爪真依・長澤貴宏・杵本智軌・中尾実樹（九州大学農学部）

Identification of Novel Lectins in *Elasmobranchii* and
Structural Comparison among Species and Individuals○Mai Hashizume, Takahiro Nagasawa, Tomonori Somamoto, and Miki Nakao
(Faculty of Agriculture, Kyushu University)

【背景と目的】レクチンは抗体・酵素を除く糖結合タンパク質の総称で、自然免疫で働く液性因子の一つである。生物種によって様々なタイプのレクチンが報告されているが、板鰓類の血中においては分子量 150,000~250,000 程度の非常に大型のレクチンが共通して観察される。またこの大型レクチンの分子サイズは種間だけでなく同種間でも個体差があることが分かっているが、その全長配列や生物学的意義、多型性が生じるメカニズム等不明な点が多い。本研究では、板鰓類特有な新奇レクチンの全長配列を特定し、種間・個体間で比較することで多型性の理由やその役割の解明を目指している。今回はまず分子基盤情報の整備されたトラザメを対象として、全長配列の特定を試みた。

【材料と方法】長崎県野母崎沖で捕獲したトラザメの血清をザイモサン（酵母の細胞壁成分）と混合し、糖結合タンパク質を反応させた。この結合タンパクをグルコースで溶出し、ゲル濾過クロマトグラフィーによって分画した。得られた結合タンパクを質量分析してアミノ酸断片配列を取得し、データベースを参照して得られた部分塩基配列を基に RACE-PCR を行い、5'末端および3'末端の cDNA 配列を取得した。

【結果】血中糖結合タンパクのゲル濾過クロマトグラフィーでは分子量約 500,000 のピークがみられ、この画分を還元条件下で SDS-PAGE すると約 150,000 のバンドとして検出されたことから、このレクチンが生体内では 3 量体として機能していることが示唆された。質量分析により得られた候補配列は哺乳類の血漿カリクレイン（血液凝固関連因子：プロテアーゼドメインを有する）と相同性を示し、硬骨魚類等に見られるカリクレイン様レクチン（カリクレクチン）である可能性が示唆されたが、軟骨魚類はカリクレインとカリクレクチンの双方を有する可能性があるためそのどちらなのかを検証する必要が生じた。RACE 法による 5'及び 3'末端シーケンシングの結果、このタンパクはプロテアーゼドメインを持たないカリクレクチンであることが示された。今後はこのレクチンの完全長配列取得を目指すと共にイヌザメや他の種でも同様にレクチン全長配列を取得して種間・個体間で比較し、分子サイズの多型性が生じる理由やその生物学的意義を解明する予定である。

P4

広塩性アカエイの淡水適応と腎機能：栄養素の保持という観点からの解析

Freshwater adaptation and renal function of the euryhaline stingray: from the perspective of nutrient retention

○山崎真歩¹、油谷直孝¹、徳永幸太郎²、高木互¹、兵藤晋¹

(¹東京大学 大気海洋研究所 生理学グループ；²アクアワールド茨城県大洗水族館)

○Manabu Yamazaki¹, Naotaka Aburatani¹, Kotaro Tokunaga², Wataru Takagi¹ and Susumu Hyodo¹

(¹Laboratory of Physiology, Atmospheric and Ocean Research Institute, The University of Tokyo; and ²Ibaraki Prefectural Oarai Aquarium)

板鰓類の90%以上が海にのみ生息する狭塩性の海棲種だが、例外的に淡水域にも生息範囲を拡大させた広塩性種が知られている。淡水環境でも、尿素を含む板鰓類の体液は淡水棲真骨魚の約2倍と高いため、淡水環境では体液と環境水との間に存在する大きな浸透圧差により多量の水が体内に流入する。しかし、これまでのオオメジロザメとアカエイを用いた解析によって、淡水移行時には腎臓で主要な浸透圧調節物質（Na, Cl, 尿素）の再吸収を亢進させるとともに（Imaseki et al., 2019; Aburatani et al., 2022）、糸球体での血液濾過量を上昇させつつ水の再吸収を抑制することで大量の希釈尿を生成・排出し（Aburatani et al., in preparation）、淡水に適応することが明らかになってきた。一方、血液中には生体機能の維持に不可欠な栄養素も多数含まれており、淡水中で増加する原尿から効率よく栄養素を再吸収する必要があると考えられる。しかしながら、これまで板鰓類の腎臓における栄養素再吸収メカニズムは不明であった。そこで本研究では、栄養素の中でも特にグルコースに着目し、アカエイの腎臓におけるグルコース再吸収機能を調べた。

海水飼育ならびに淡水に馴致したアカエイの、血液と尿中のグルコース濃度を測定し、すでに算出していた糸球体濾過量と尿量をもとに腎臓での再吸収量と再吸収率を算出した結果、淡水中ではグルコース再吸収が亢進し、再吸収率99%と原尿中のグルコースのほとんどを回収することがわかった。一方、比較対象として用いた狭塩性種のトラザメでは、グルコースの再吸収量・再吸収率ともに海水中のアカエイよりも低く（再吸収量アカエイ 2.52 μmol/h/kg, トラザメ 2.10 μmol/h/kg, 再吸収率アカエイ 96%, トラザメ 79%）、アカエイがトラザメよりも優れたグルコース再吸収能力を有することが示唆された。続いてアカエイの高い再吸収能力を支える分子メカニズムを明らかにするため、グルコース再吸収に関わる主要な膜輸送体遺伝子の解析を進めた。その結果、淡水中ではナトリウム・グルコース共輸送体である *sglt1* と *sglt2*、及びその輸送駆動力を生むナトリウムポンプ (*nkaal* subunit) の mRNA 量が腎臓の近位尿細管と呼ばれる分節で著しく上昇した。

以上の結果より、アカエイは淡水環境下において、近位尿細管でのグルコース再吸収機能を亢進させることで、グルコースの体外への漏出を最小限に抑えていることが示唆された。

P5

バイオリギングを用いた飼育水槽内のジンベエザメの遊泳行動解析

Analysis of swimming behavior of whale sharks in captivity tanks using bio-logging

○漢那朝樹 Tomoki Kanna¹・高橋沙矢香 Sayaka Takahashi²・ビョンウンドク Eundeok Byun²・村雲清美 Kiyomi Murakumo²・山城篤 Atsushi Yamashiro²・松本瑠偉 Rui Matsumoto²・鳥澤真介 Shinsuke Torisawa³・光永靖 Yasushi Mitsunaga³

1. 近畿大学大学院農学研究科 Graduate school of agriculture of Kindai University.
2. 沖縄美ら島財団 Okinawa Churashima Foundation.
3. 近畿大学農学部 Faculty of Agriculture of Kindai University

【背景・目的】ジンベエザメ (*Rhincodon typus*) はテンジクザメ目ジンベエザメ科に属する世界最大の魚類である。本種は IUCN レッドリストの絶滅危惧種 (EN) に掲載されていることから、積極的な保全が急務とされている。成長・成熟スピードの遅い本種の保全には個体の維持と繁殖の促進は重要であるが、そのためには長期的な本種の観察は不可欠である。しかし、本種を対象としたフィールド研究で得られる知見はその希少性や広大な行動範囲から断片的なものに限られている。そこで本研究では沖縄美ら海水族館が長期飼育に成功している雄のジンベエザメ (ジンタ) を対象として長期飼育のための水槽内環境の解明・構築に資する遊泳データの収集をバイオリギング法を用いて行い、本種の生息域外保全に寄与することを目指した。特に本研究では有限空間である飼育下において照度 (明暗) や水温 (季節) が本種の遊泳行動に及ぼす影響に着目した。

【材料・方法】本実験は、供試個体であるジンタが飼育されている沖縄美ら海水族館の『黒潮の海』大水槽にて行った。2020 年の 9・12 月、2021 年の 3・6 月と約 3 か月おきに 4 期間で行った。水槽の海水は外海の天然水を使用しているため、水槽内水温は季節に応じて変動しており、実験期間内の水温範囲は約 22 - 29°C であった。行動情報を得るために瞬間接着剤と吸盤を用いて本種の第一背びれ前方基底部に行動記録計 (ORI-3MPD3GT, リトルレオナルド社 製) を装着し、1 Hz で遊泳速度・遊泳深度・水温を、20 Hz で 3 軸方向の加速度・地磁気の記録を行った。得られた X 軸の加速度データから周波数解析を用いた尾びれ振動周波数の算出や、活動度の指標となる ODBA (Overall Dynamic Body Acceleration) の算出などを行い、明暗 (水槽の照明が点灯中を明期、消灯中を暗期とした) 及び季節間での遊泳行動を比較した。

【結果・考察】いずれの季節においても暗期の尾びれ振動周波数・遊泳速度及び ODBA というすべてのパラメータが明期に比べ低下していた。つまりジンタは飼育下において明るい時間は活発に活動し、暗い時間は尾びれをゆっくり振り、遊泳速度を低下させることでエネルギーを節約する遊泳を行なっていると考えられる。また季節間の行動比較より、運動による消費エネルギーは水温が高いと大きく、水温が低いと小さくなることもわかった。これは外温性である本種の体温が水温に依存していることに起因すると考えられる。以上の結果よりジンタの行動は照度や水温に影響を受けていることが明らかとなった。そしてジンタは活発な遊泳とエネルギーを節約する遊泳を行うことでこの飼育環境へ適応していることを示唆しており、これは沖縄美ら海水族館における本種の長期飼育成功の一因だと考えられる。本研究で得られた結果は本種の生息域外保全技術の発展のための貴重な知見となるだろう。

P6

卵生板鰓類トラザメの卵殻内菌叢解析と抗菌活性物質の探索

Bacterial microbiome and potential antibiotics to sterilize intracapsular environment in the oviparous cloudy catshark (*Scyliorhinus torazame*)○高木 互¹・高部由季²・多形恵美¹・増田 絢美¹・徳永幸太郎³・兵藤 晋¹

(1) 東京大学・大気海洋研究所; (2) 日本女子大学; (3) アクアワールド茨城県大洗水族館)

○Wataru Takagi¹・Yuki Sato-Takabe²・Megumi Tagata¹・Ayami Masuda¹・Kotaro Tokunaga³・Susumu Hyodo¹(¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo; ² Japan Women's University; ³ Ibaraki Prefectural Oarai Aquarium)

板鰓類を含む全ての顎をもつ脊椎動物(顎口類)の成体には、獲得免疫と自然免疫の2つの生体防御機構が備わっており、病原細菌やウイルスの感染・増殖を防いでいる。一方、発生中の胚や産まれて間もない新生児は、抗体産生器官や免疫機能が未形成・未発達であり、母体由来の様々な生体防御機構によって保護されることが知られている。特に、胚が母体外で発生する卵生動物の胚は、受精卵を包む卵白やゼリー物質、卵殻表面等に特別な防御機構を備えることで、胚の免疫を補っている。しかしながら、卵生板鰓類の胚が環境中の病原体の脅威から免れる仕組みについては、ほとんど知見がない。本研究では卵生板鰓類トラザメ(*Scyliorhinus torazame*)を用いて、発生中の胚の生体防御機構を解明することを目的とした。はじめに、発生ステージ st.27-28 (早期) 及び st.30-31E (後期) 胚を卵殻から取り出し、通常海水と抗生物質を添加した海水で飼育したところ、早期胚は抗生物質を添加しない海水では20日以内に全ての胚が死亡した。一方、後期胚では抗生物質の有無に関わらず、全ての胚が20日以上生存しており、st.30頃には胚自身がなんらかの免疫機能を獲得していることが示唆された。次に、卵殻内の細菌密度を計測したところ、産卵直後及び発生中(早期・後期含む)の卵殻内は無菌に近い環境に保たれていることが明らかになった。また、卵殻内を満たす卵ゼリーからDNAを抽出し、16S rRNAのV3-V4領域を対象とした菌叢解析を行った結果、産卵直後のトラザメ卵殻内はアルファプロテオバクテリア属が優占する極めてユニークな菌叢を示すことを見出した。以上の結果から、トラザメは卵殻内に特殊な静菌環境を作り出すことで、免疫機能の未発達な胚を病原細菌による感染から保護していると考えられる。そこで次に、卵ゼリーの分泌・卵殻の形成を担う卵殻腺に着目し、トラザメのゲノムおよびトランスクリプトーム配列の網羅的探索から、卵殻腺に発現する9つのペプチド遺伝子をスクリーニングした。今後は、既知の抗菌タンパクオソログも解析対象に加えて、遺伝子発現解析ならびにリコンビナントタンパクを用いた機能解析実験を行い、特殊な卵殻内環境を作り出す分子メカニズムの解明を目指す。

P7

アカエイにおける母子間移行抗体の探索

○常川光樹・長澤貴宏・楠本智軌・中尾実樹（九州大学農学部）

Study of maternal antibody in red stingray (*Hemirhynchus akajei*)○Koki Tsunekawa, Takahiro Nagasawa, Tomonori Somamoto, Miki Nakao
(Faculty of agriculture, Kyushu University)

【目的】軟骨魚類は脊椎動物門において最初に獲得免疫を成立させた分類群であり、哺乳類と同様に抗体を用いた生体防御を行う。またその繁殖様式は多様化しており、胎生種の中には哺乳類のように胎盤を有する種や子宮ミルクと呼ばれる分泌物で胎仔へ栄養供給する種も存在する。哺乳類における胎児・新生児の生体防御には母親由来の抗体が大きく寄与しており、胎盤や母乳を介して母体の抗体を分与することで子供を病原体から保護している。そうした母子間の抗体移行は脊椎動物門に幅広くみられ、鳥類や硬骨魚類でも卵黄や栄養物等様々な経路を介して抗体を移行させることが知られている。その一方で軟骨魚類における移行抗体に関する知見は不足しており、多様な繁殖様式をとる軟骨魚類においてそうした母子間の抗体移行が実際に起きているのかは不明なままである。本研究では組織栄養型胎生で繁殖するアカエイを研究対象とし、その卵黄・子宮ミルク及び胎仔の血中等に移行抗体が含まれるかを検証した。

【手法】非妊娠時(n=3)、妊娠時(n=2)のアカエイ成魚、胎仔から採血し、妊娠個体からは卵黄や子宮ミルクを採取した。本研究ではアカエイが有する抗体のサブクラス中で最も血中の量が多く、硬骨魚類では移行抗体として利用される IgM に着目した。非妊娠成魚の血清から IgM を精製し、これを免疫源として抗アカエイ IgM 抗体を作製した。この抗体を用いて western blotting を行い、成体および胎仔の血清、卵黄、子宮ミルク中から IgM 検出を試みた。

【結果】Western blotting の結果、成体の血清からは分子量約 10 万の IgM 重鎖に由来するバンドが検出された。一方で胎仔の血清中からは一切検出されず、また卵黄、子宮ミルクからも検出されなかった。よってアカエイにおいては硬骨魚類のような IgM の母子間移行は起きていないと考えられる。成体の血中に IgM が多量に存在するのは対照的に、出産直前の胎仔の血中であっても IgM が全く検出されなかったことから、胎仔・稚魚の生体防御には IgM とは異なる分子が関与している可能性が考えられる。今後は他の抗体サブクラスを含めそうした胎仔や稚魚の生体防御に関与する因子を探索し、アカエイの卵黄や子宮ミルクの生体防御上の意義について研究を進める予定である。

P8

アカエイにおける血中カルシウム濃度調節ホルモン・カルシトニンの研究

Investigation of calcitonin, a calcemic hormone in stingray, *Hemirhynchus akajei*

東野将也¹、高木互²、兵藤晋²、坂本竜哉³、小林靖尚⁴、鈴木信雄⁵、関口俊男⁵

(¹金沢大院・生命システム、²東京大・大気海洋研、³岡山大・臨海、⁴近畿大・農学部、⁵金沢大・環日センター)

Masaya Higashino¹, Wataru Takagi², Susumu Hyodo², Tatsuya Sakamoto³, Yasuhisa Kobayashi⁴, Nobuo Suzuki⁵, Toshio Sekiguchi⁵ (¹School of Biological Science and Technology, Kanazawa University; Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo; Ushimado Marine Institute, Okayama University; ⁴ Faculty of Agriculture, Kindai University; ⁵Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University)

脊椎動物において血液中のカルシウム濃度は一定に調節されている。血液中のカルシウム濃度が変動すると、カルシウム濃度調節ホルモンが分泌され血中カルシウム濃度を元に戻す。このようなホルモンには、副甲状腺ホルモンやビタミンD₃など血中カルシウム濃度を上昇させるものと、カルシトニン (CT) のように血中カルシウム濃度を低下させるものが存在する。硬骨は、調節ホルモンの標的器官の1つであり、カルシウムの貯蔵庫として血中カルシウム濃度調節に重要な位置を占めている。硬骨には骨を作る骨芽細胞と骨を壊す破骨細胞が存在し、両細胞の働きにより血液中のカルシウム濃度が調節されている。血中カルシウム濃度調節ホルモンの作用は、哺乳類から硬骨魚類までの様々な動物で明らかになっている。一方、軟骨魚類では、血中カルシウム濃度調節ホルモンの相同遺伝子の存在は知られているもののそれらの機能は不明な点が多い。そこで我々は、アカエイ (*Hemirhynchus akajei*) を用い軟骨魚類の血中カルシウム濃度調節ホルモンの作用機序を研究している。

はじめに血中カルシウム濃度調節作用の有無を検討した。高カルシウムコンソメ溶液を強制給餌し、経時的に静脈血を採血、血漿中のカルシウム濃度を測定した。その結果、高カルシウム溶液投与後に血漿中のカルシウム濃度が上昇し6時間でピークを迎え、緩やかに定常濃度に戻ることを確認し、アカエイの血中カルシウム濃度調節能力を示した。

さらに我々は、血中カルシウム濃度低下ホルモンの1つであるCTに注目した。非哺乳類のCTは鰓後腺と呼ばれる内分泌腺で合成される。軟骨魚類でも鰓後腺におけるCTの発現が知られていたが、軟骨魚類CT遺伝子配列は不明であった。そこで、我々は、鰓後腺を用いたRNA-seq解析によりCT mRNA全長塩基配列を決定した。アカエイCTの成熟ペプチド配列を他の脊椎動物のCT配列と比較した結果、N末端側の環状構造を形成するアミノ酸残基や、C末端側のアミド化プロリンなど、リガンド活性に重要なアミノ酸残基を中心に高度に保存されていることが明らかになった。さらにアカエイのゲノム情報よりCTの遺伝子構造を決定した。哺乳類のCT遺伝子では、CTペプチドとCT遺伝子関連ペプチド

(CGRP)は、それぞれ異なるエキソンにコードされており、オルタナティブスプライシングによりCT mRNAが内分泌腺(甲状腺C細胞)に、CGRP mRNAが神経系に発現することが知られている。アカエイではCTとCGRPは同一のエクソンにコードされており、異なる3'スプライスサイトを持っていた。さらにRT-PCRによるCT mRNAの組織発現分布解析の結果、アカエイCT mRNAの発現が鰓後腺のみで検出された。今後は、上記の高カルシウム溶液強制給餌実験系を用い、CT発現変動と血中カルシウム濃度変化の因果関係を検討する予定である。

P9

太平洋産ヨシキリザメの全ゲノムリシーケンスデータによる集団解析と性関連マーカーの探索

Population genomics of blue shark *Prionace glauca* in the Pacific Ocean based on low-coverage whole genome resequencing and identification of sex-linked markers.

○伊部正祥¹・工樂樹洋²・藤波裕樹³・倉島 陽³・甲斐幹彦³・野原健司¹

¹東海大海洋,²国立遺伝研・理研 BDR,³水産機構資源研

○ Masayoshi Ibe¹, Shigehiro Kuraku², Yuki Fujinami³, Akira Kurashima³, Mikihiko Kai³, Kenji Nohara¹

¹TOKAI University, Department of Marine Biology, School of Marine Science and Technology.

²Molecular Life History Laboratory, National Institute of Genetics.
Laboratory for Phyloinformatics, RIKEN Center for Biosystems Dynamics Research.

³Fisheries Stock Assessment Center, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries and Education Agency

ヨシキリザメ *Prionace glauca* は全大洋の温帯域から熱帯域に広く分布する高度回遊性魚類である。本種は性別や成長段階によって異なる回遊生態をもつことが知られており、太平洋内に複数の資源構造をもつ可能性が示唆されている。本研究では、ゲノムワイドデータを雌雄標本に適用することで、ヨシキリザメゲノムに存在する性関連領域の特定を試みるとともに、性マーカーを考慮した集団構造解析を実施した。

太平洋の計 8 地点から形態的に雌雄を判別された 281 個体の標本を分析に供した。ゲノムワイドデータは縮約ゲノム解析である GrasDi 法と低深度全ゲノムリシーケンス (low-coverage whole genome resequencing; lcWGS) により取得した。GrasDi 法では個体あたり 2Gb、lcWGS ではヨシキリザメの推定ゲノムサイズの約 2 倍である 10Gb を目標にデータを取得した。参照ゲノム配列には染色体スケールの完成度で構築されたものを用いた。RADsex software (Feron et al., 2021) により全 281 個体 (オス 151 個体メス 130 個体) を用いて性関連マーカーを探索した。集団構造解析は低深度の全ゲノムデータセットから、性関連マーカーを除去または加味したものを用いて評価した。

全ゲノムデータを用いた多型情報の取得により 3,070,711 SNPs が得られた。Gras-Di データによる性関連マーカーの探索から、メスに関連する有意マーカーが Scaffold38 に集中していることが判明した。一方、オスに特異的なマーカーはほとんど検出されなかった。これら Scaffold38 を含めた低深度の全ゲノムデータによる集団構造解析からは、東部集団の一部で遺伝的に異なる個体の存在が示唆されたが、全体として太平洋集団内に明瞭な遺伝構造は確認できなかった。今後は、雄特異的な性関連マーカーの探索を進めつつ、性特異的なマーカーを考慮した集団構造解析を実施予定である。

P10

東シナ海におけるモヨウカスベとメダマカスベの食性比較

Dictary comparison of two sympatric skats (*Okamejei acutispina* and *O. meerdervoortii*) in the East China Sea

○原康二郎・古満啓介・山口敦子(長崎大水産)

○Kojiro Hara, Keisuke Furumitsu and Atsuko Yamaguchi
Faculty of Fisheries, Nagasaki University

【目的】モヨウカスベ *Okamejei acutispina* とメダマカスベ *O. meerdervoortii* は、ガンギエイ科コモンカスベ属に属す小型のガンギエイ類で、東シナ海では陸棚域で同所的に出現する。東シナ海では、モヨウカスベとメダマカスベは、ガンギエイ *Dipturus chinensis* とともに以西底曳網漁業の漁獲対象となっており、主に乾物の材料として利用されている。このように、有用な漁業資源となっている一方で、両種とも近年は個体数の減少が懸念されており、2017年には環境省版海洋生物レッドリストにより準絶滅危惧種(NT)、2021年にはIUCN Red listにより危急種(VU)に指定されている。したがって、早急な生態の解明と、それに基づく適切な保全が必要とされているが、両種の生活史に関する情報は乏しいのが現状である。そこで演者らのグループでは、東シナ海におけるモヨウカスベとメダマカスベの生活史調査を継続的に行っており、本発表では、その内、食性について報告するとともに、2種間での詳細な比較を行った。

【材料と方法】材料には、2009年4月～2023年6月にかけて底曳網によって東シナ海中部～北部の陸棚域(水深約100～200m)で採集されたモヨウカスベ331個体とメダマカスベ56個体を用いた。生物測定と解剖を行った後、胃を摘出して10%中性ホルマリン溶液で固定した。餌生物は可能な限り低次のレベルまで査定し、湿重量を測定した。空胃率(%)と胃内容物重量指数(FI)を求めた後、餌項目ごとに出現頻度(%F)、平均重量%(%W)、Ranking Index(RI)を求めた。また、%Wに基づき、餌の多様度を示す指標としてShannon-Wiener diversity Index(*H'*)を、栄養段階を示す指標としてTrophic Index(TR)を求めた。

【結果】標本の全長範囲はモヨウカスベが158～448mm、メダマカスベが133～355mmであった。空胃率と平均FIはそれぞれモヨウカスベでは4.53%、0.361、メダマカスベでは1.79%、0.317であった。モヨウカスベでは、%F、%W、およびRIのいずれの指標で見ても甲殻類(%F:85.8, %W:66.8, RI:5731)が最も高く、次いで魚類(%F:46.2, %W:29.0, RI:1340)が高い値を示した。また、甲殻類の中ではエビ類(%F:73.4, %W:47.0, RI:3450)が各指標とも最も高く、それに次いでカニ類(%F:9.18, %W:7.12, RI:65.4)が高い値を示した。一方、メダマカスベはほぼ甲殻類(%F:100, %W:99.2, RI:9920)を専食しており、その大半はエビ類(%F:94.5, %W:83.4, RI:7880)であった。種まで同定された餌生物の中では、モヨウカスベ、メダマカスベともに頻度ではマルソコシラエビ、重量ではコアシクダヒゲエビが最も高く、どちらも重要な餌になっていると考えられた。また、モヨウカスベ、メダマカスベともに胃内容物組成(%W)に雌雄間で有意差は認められなかったが(PERMANOVA, $P>0.05$)、モヨウカスベでは全長階級間での有意差が認められ(PERMANOVA, $P<0.05$)、300mm TL以上になると、魚類とカニ類の割合がやや増加する傾向が見出された。一方、メダマカスベでは胃内容物組成にサイズによる有意な変化は認められず(PERMANOVA, $P>0.05$)、全ての全長階級でエビ類が一貫して80%以上の高い割合を占めていた。餌の多様度(*H'*)と栄養段階(TR)はそれぞれモヨウカスベでは1.93, 3.75, メダマカスベでは0.832, 3.52と推定された。以上の結果から、モヨウカスベはエビ類と魚類を中心に比較的多様な餌を利用するGeneralistであるのに対し、メダマカスベは専らエビ類を摂餌するSpecialistであることが明らかとなり、同属で体サイズが近く、形態的にも類似するにも関わらず、両種の食性には大きな差異があることが見出された。

P11

板鰓類の性染色体の起源と遺伝子量補償について

The origin of the sex chromosomes in elasmobranchs and their dosage compensation

丹羽大樹^{1,2}, 宇野好宣³, 門田満隆⁴, 西村理⁴, 川口茜¹, 工楽樹洋^{1,4}
 Taiki Niwa^{1,2}, Yoshinobu Uno³, Mitsutaka Kadota⁴, Osamu Nishimura⁴, Akane Kawaguchi¹,
 Shigehiro Kuraku^{1,4}

¹遺伝研, ²総研大 遺伝学, ³東京大院総合文化, ⁴理研 BDR

¹National Institute of Genetics, ²Department of Genetics, SOKENDAI, ³Graduate school of Arts and Sciences, University of Tokyo, ⁴RIKEN Center for Biosystems Dynamics Research

これまでに脊椎動物の多くの種で性決定遺伝子・性染色体が同定され、それらの多様な起源を説明するために性染色体の変遷（ターンオーバー）という概念が打ち立てられた。性染色体ターンオーバーの頻度は系統ごとに大きく異なっており、硬骨魚類、一部の爬虫類や両生類においては数百万年単位でのターンオーバーが起き、哺乳類や鳥類では1億年以上ターンオーバーが起きていないことが推定されている。しかし、これらの概念を打ち立てた硬骨脊椎動物での研究に対して、その姉妹群に当たる軟骨魚類においては、どのような遺伝子が性決定を担うのか、どの程度の頻度で性染色体がターンオーバーするのかについてほとんど調べられていなかった。そこで我々は、受精卵の安定供給が見込め、実験によく用いられるトラザメよりもゲノムサイズが小さいイヌザメ (*Chiloscyllium punctatum*) を用いて性染色体の配列を特定することとした。正確性の高いロングリード (HiFi リード) と核内での染色体の配置を観測できる Hi-C 法を駆使し、染色体を認識できるレベルのゲノム配列を得た。このゲノム配列に対して、雌雄の全ゲノムシーケンスと顕微鏡下で Y 染色体を単離後シーケンスする手法を組み合わせることで X・Y 染色体両方の配列を特定することに成功した。特定した Y 染色体の配列はほとんどが反復配列によって占められており、他の動物で報告があった性決定遺伝子は X・Y 染色体上に認められなかった。さらに性染色体のターンオーバーに迫るべく、板鰓類の他の種についても X 染色体配列を特定、X 染色体上の遺伝子の配置について種間で比較を行った。その結果、板鰓類の X 染色体はサメ類・エイ類の分岐を越えて類似し、共通の起源から生じたことが推測された。先行研究における分岐年代推定を考慮すると、これらの X 染色体の起源は 2.86 億年以前に遡るものであり、最古の性染色体の一つと考えられていた哺乳類の性染色体 (1.66 億年) よりも古い起源をもつ可能性が示された。ここで我々は、哺乳類などで認められる X 染色体の本数の差に対して遺伝子発現量が雌雄で揃うように調整する仕組み (遺伝子量補償) に着目し、イヌザメとアカエイの肝臓や腎臓での遺伝子発現量の性差について調べた。その結果、常染色体と異なり X 染色体のみがメスに偏った遺伝子発現になっていることが判明した。このことから少なくとも哺乳類のような X 染色体の大部分にわたる遺伝子量補償の機構は、板鰓類には存在しないことが示唆された。性染色体に性決定遺伝子になり得る遺伝子が見当たらなかったことを踏まえると、板鰓類では鳥類で知られているような 1 対 2 の遺伝子量の性差に基づいて性決定がなされている可能性が浮かび上がった。

P12

板鰐類研究会 2023 発表要旨

演題 (Jpn) : カラスザメ属魚類の生物発光メカニズムの研究

演題 (Eng) : Studies on the bioluminescence mechanisms of lantern sharks *Etmopterus*

発表者 (Jpn) : ○水野 雅玖¹ 大場 裕一¹ (¹ 中部大学大学院 応用生物学研究科)

発表者 (Eng) : ○Gaku Mizuno¹ Yuichi Oba¹ (¹ Graduate School of Bioscience and Biotechnology, Chubu University, Japan)

生物の発光メカニズムは、基本的に、基質（ルシフェリン）が酵素（ルシフェラーゼ）によって酸化される反応（以下 L-L 反応）の際に発生するエネルギーが可視光として生物体外へ放出される現象として理解される。生物発光は、細菌から脊椎動物である魚類を含む非常に多様な生物分類群で見られるが、発光の分子メカニズムや発光器官の由来に共通性がみられないことから、発光形質は分類群ごとに独立して獲得されたものと考えられている。板鰐類における生物発光はツノザメ目のみにおいて知られており、カラスザメ科及びヨロイザメ科の全種、オンデンザメ科 一種の合計 63 種が発光するとされている¹。しかし、ツノザメ目における発光の分子メカニズムは長いあいだ未解明だった。

本研究では、カラスザメ科の中でも全国的に漁獲量が多いが未利用となっている発光種 3 種（ヒレタカフジクジラ、ホソフジクジラ、カラスザメ）を用いて、その発光メカニズムの解析を行った。腹側発光器のメタノール抽出画分とバッファー抽出画分を混合して発光を計測する古典的 L-L 反応試験をはじめ、液体クロマトグラフィー-質量分析 (LC-MS) を用いたルシフェリン分子の検出と同定や、同じく LC-



フジクジラ *Etmopterus lucifer* の腹側の発光

MS を用いたルシフェラーゼ分子の分離及びそのペプチド断片の検出、トランスクリプトーム解析によって構築された遺伝子配列からその候補遺伝子の推定を行った。

結果、ヒレタカフジクジラのメタノール抽出画分からは深海生物に広範に用いられているルシフェリンの一種であるセレンテラジンが、バッファー抽出画分からはそれを酸化して可視光 ($\lambda_{\max}=460$ nm) を放出するタンパク質（ルシフェラーゼ）が検出された。他 2 種でも同様の結果が得られたことから、カラスザメ属がセレンテラジンを基質とする発光メカニズムで発光していることが示唆された²。ツノザメ目における系統解析に基づく祖先形質復元の推定から、目内における発光は全て共通起源であることが示唆されていることから³、本研究の結果は、ツノザメ目発光種は全てセレンテラジン系の発光メカニズムを共有していると考えられる。

現在、セレンテラジンは 9 つの門の生物においてルシフェリンとして用いられていることが知られているが、その中で生合成が確認されているのはカイアシ（節足動物門）とクシクラゲ（有櫛動物門）のみであり、それ以外の生物はセレンテラジンを餌資源から得ていると考えられている。したがって、カラスザメ属は、その食性から考えて、セレンテラジンを餌から得て発光している魚類や甲殻類などから、二次的にセレンテラジンを得て発光している可能性が考えられる。

引用文献

¹Duchatelet, L., Claes, J. M., Delroisse, J., Flammang, P., & Mallefet, J. (2021). Glow on sharks: state of the art on bioluminescence research. *Oceans* (Vol. 2, No. 4, pp. 822-842).

²Mizuno, G., Yano, D., Paitio, J., Endo, H., & Oba, Y. (2021). *Etmopterus* lantern sharks use coelenterazine as the substrate for their luciferin-luciferase bioluminescence system. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 577, 139-145.

³Straube, N., Li, C., Claes, J. M., Corrigan, S., & Naylor, G. J. (2015). Molecular phylogeny of Squaliformes and first occurrence of bioluminescence in sharks. *BMC evolutionary biology*, 15, 1-10.

P13

23年ぶりに瀬戸内海で記録されたホホジロザメと、そのクラスパーの形態

Description of a White shark recorded in the Seto Inland Sea for the first time in 23 years and the morphology of its claspers

○荻本啓介¹・内田博陽²・飯島卓也¹・川島登史宗¹・久志本鉄平¹

(1: 下関市立しものせき水族館, 2: なぎさ水族館)

○Keisuke OGIMOTO・Hiroaki UCHIDA・Takuya IJIMA・Toshimune KAWASHIMA・Teppei KUSHIMOTO

(1: Shimonoseki Marine Science Museum, 2: Nagisa Aquarium)

ホホジロザメ *Carcharodon carcharias* は世界的に有名で、かつ全国的にも“出会いづらいサメ”の一つである。クラスパーは現生動物では軟骨魚類の雄のみがもつ外部生殖器で、本種ではその形態や内部構造の詳細は知られていない。2021年5月2日、山口県大島郡周防大島町沖のサワラ流し網にて本種の雄が捕獲されたため、その形態およびクラスパーの骨格を調査し、報告する。本標本は全長326.6cm、推定体重290-340kgで、上下顎の歯が二等辺三角形で縁辺は鋸歯状である、瞬膜がない、尾柄に隆起があるなどの特徴から本種と同定された。瀬戸内海沿岸における本種の過去50年内の記録（文献または標本に基づくもの）は兵庫県、愛媛県、山口県、大分県から知られている。このうち最後の記録は1999年（山口県光市）であることから、今回の記録は実に23年ぶりとなる。一方、本記録以外にも本種が周防大島周辺海域で目撃されていること（2021年、2023年）、過去の研究において本種を含む大型サメ類は瀬戸内海を回遊経路の一部として利用することが示唆されていることから、本種の瀬戸内海沿岸への来遊は偶発的なものではない可能性がある。

本標本のクラスパーは細長い円筒形で、その背面で根元に前孔（apophyle）、後端に後孔（hypophyle）、両者を結ぶ溝（clasper groove）がある。後孔付近には表皮に覆われた1本の軟骨質の棘（spur）がある。骨格は8種の軟骨から構成され、このうち5種は柔らかく、石灰化していなかった。本標本はクラスパー骨格が石灰化途中であること（本種成熟個体のクラスパーは完全に石灰化することが知られている）、体サイズが先行研究で捉まられている本種の成熟サイズに達しないことなどから成熟途中であると判断された。本種のクラスパー骨格は同じくネズミザメ目に属するニシネズミザメのものと類似するが、ネズミザメ目においては両種以外にクラスパーの内部形態が知られておらず、本目魚類におけるクラスパーの形態学的知見の蓄積がその機能や進化の解明のために望まれる。

※ 本個体の標本は、顎弓骨格がなぎさ水族館に、クラスパーを含む各鱗、消化管、DNA採取用肉片、内部生殖器がしものせき水族館にそれぞれ保管され、後者は北九州市立いのちのたび博物館に移管予定である。

書評:サメの歯化石のしらべ方第2版(地学ハンドブックシリーズ 29)

石原 元 ((株)W&I アソシエーツ)

Book review: How to examine fossil shark teeth (second edition)

Hajime Ishihara (W&I Associates)

1. はじめに

2024年1月地学団体研究会(通称:地団研)より「サメの歯化石のしらべ方第2版」(地学ハンドブックシリーズ29)が刊行された。2023年3月に刊行された初版が完売となったため、4年を経て第2版が刊行された。著者は後藤仁敏・田中猛・金子正彦・鈴木秀史・高栗祐司・三本健二・サメの歯化石研究会である。全体は102ページで、内容 Contents は初版とほぼ同様となっている。

- 第2版のまえがき(後藤)
- 第1版のまえがき(再録、後藤・田中)
- 目次
- I サメの歯化石をさがそう(田中・後藤)
- II サメの歯化石を研究しよう(後藤)
- III 古生代のサメの歯化石(後藤・高栗)
- IV 中生代と新生代のサメの歯化石(田中・後藤)
- 地質年代表—石炭紀～第四紀
- 参考文献
- 索引
- あとがき(後藤)

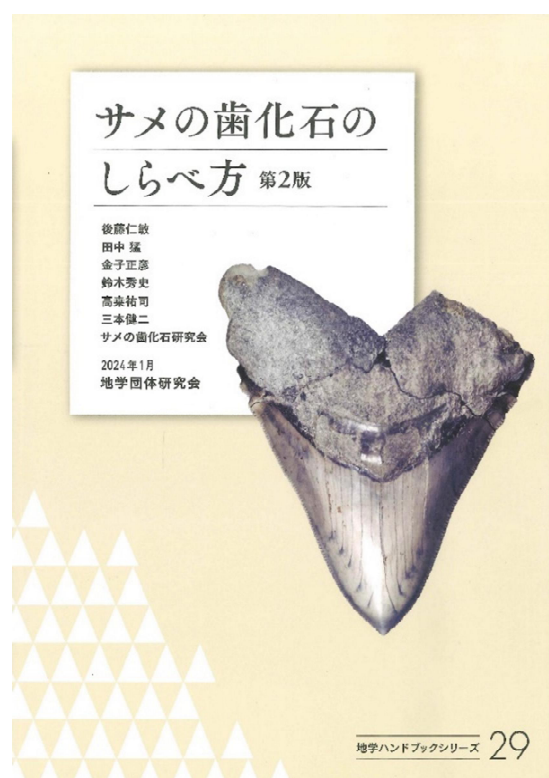


図1 サメの歯化石のしらべ方第2版

頒価:1,000円

写真は *Otodus megalodon*(オオハザメ)

2. サメの歯化石研究会と地学団体研究会

本書の紹介の前に、サメの歯化石研究会と地学団体研究会について解説する。板鯨類研究会は発足当初から多様な分野の研究者が参集した、いわば異種間格闘技のような研究会である。分類、系統、進化、古生物、生理、生態、行動、漁業資源、生物保護、飼育(水族館)、展示(博物館)などの専門家が集まり、最近ではこれらに分子生物学も加わっている。つまり、各分野の専門家が板鯨類というキーワードにより結びついた分野横断的な研究会と言える。

表1 地学ハンドブックシリーズ(地層のように古いものからリストされている)

No.	タイトル	著者/編者	発行年	頒価
28	露頭をもっと楽しく—火山岩類の産状と成因—	寺崎紘一	2022	600円
27	サメの歯化石のしらべ方 (No.29に改定)	サメの歯化石研究会メンバー	2020	(絶版)
26	改訂版 平野の地下のしらべかた	応用地質研究会	2020	500円
25	火山灰分析の手びき 第三版 (第2刷)	野尻湖火山灰グループ	2018	400円
24	続・下総層群産貝化石図鑑	太田仁之・渋谷正通著	2017	500円
23	京の石 川原の石図鑑	京の石 川原の石図鑑 編集委員会	2017	400円
22	オールカラー 荒川の石	荒川の石編集委員会	2016	500円
21	新版 火山灰野外観察の手びき	野尻湖地質グループ	2016	(絶版)
20	改訂版 ケイソウのしらべかた	野尻湖ケイソウグループ	2014	1,000円
19	地下水調査のてびき—大地の水環境のしらべかた—	応用地質研究会	2011	700円
18	下総層群産貝化石図鑑	渋谷正通・三谷 豊・南波鑑四郎・野中義彦	2008	500円
17	かぶら川の石図鑑—川原の石の生いたちをたずねて—	下仁田自然学校 鏡川の石図鑑編集委員会	2006	500円
16	干潟の生き物と巣穴のしらべ方	松川浦団体研究グループ	2005	600円
15	多摩川の石—河原の石のしらべ方—	「多摩川の石」編集委員会	2004	700円
14	新版 火山灰分析の手びき (No.25に改訂)	野尻湖火山灰グループ	2001	(絶版)
13	新版 地質調査法	山内靖喜・三梨昂	2001	2000円
12	ケイソウのしらべかた (No.20に改訂)	野尻湖珪藻グループ	2000	(絶版)
11	川原の石のしらべ方 (No.22に改訂)	荒川の石編集委員会著	1999	(絶版)
10	平野の地下の調べ方 (No.26に改訂)	応用地質研究会	1997	(絶版)
9	ゾウの足跡化石調査法	ゾウの足跡化石調査法編集委員会	1994	1,000円
8	生痕化石調査法	大森昌衛編 地団研生痕研究グループ	1993	1,000円
7	貝化石のしらべかた	磯貝文男・柴田松太郎・真野勝友	1993	1,000円
6	湧泉調査の手引き	高橋 一・末永和幸	1992	1,000円
5	火山灰野外観察の手びき	野尻湖火山灰グループ	1990	(絶版)
4	火山灰分析の手びき (新版14に改訂)	野尻湖火山灰グループ	1989	(絶版)
3	断層調査法	岩松 暉・横田修一郎	1989	(絶版)
2	地質調査法 (新版13に改訂)	三梨 昂・山内靖喜編	1987	(絶版)
1	地質図学	高安克己・大西郁夫	1985	(絶版)

さて、その諸分野の中で異彩を放つのが化石板鰓類のグループ、サメの歯化石研究会である。サメの歯化石研究者はサメの歯だけを研究しているのではなく、本来は化石研究者＝古生物学者で、化石研究者のグループに属しながらも、板鰓類研究会では軟骨魚類の歯について論文発表、講演発表を継続してきた。そのサメの歯化石研究会のメンバーが本書を執筆した。「調べ方」とせずに「しらべ方」としているのは何やらしらべ(音楽)を意図していると勝手に解釈している。

地学団体研究会は1947年に学界の古い体質を嫌う若手地質学者を中心に設立された。1949年に民主主義科学者協会(民科)に加盟し地学団体研究部会となったが、1957年に民科を脱退し、独立組織として活動している。現在の会員数は約1,500名である。「地球科学」という会の機関誌があり、これとは別に1987年からこれまでに地学ハンドブックシリーズ28冊が刊行されている。表1の通りである。

3. 本書の内容

まえがきで、「サメの歯化石についての基本知識をまとめ、高校生以上の方ならどなたでも、おおよその種な

いし属レベルの同定ができ、かんたんな報告を書くことができるためのハンドブックとして活用していただく」ために本書が企画されたと語られる。サメという分類単位が軟骨魚綱板鰓亜綱に留まらず、全頭亜綱、正軟骨頭亜綱を含むことが解説されている。また、あとがきでは、2006年に本書初版の製作企画がありながら実現せず、2017年に地学ハンドブックのシリーズで出版するという再提案から本書初版が実現した経緯が述べられている。

第 I 章サメの歯化石をさがそう、第 II 章サメの歯化石を研究しよう、はそのまま読んで頂ければ良く、中でも図 1～3 は、日本の古生代、中生代、新生代のサメの歯化石産地が比較された興味深い図である。

第 III 章古生代のサメの歯化石、第 IV 章中生代と新生代のサメの歯化石はサメの歯化石図鑑の様相を呈しており、化石ザメの歯を居ながらにして観察できる。古生代(5億7千万年～2億5千万年前) Palaeozoic の章では全頭亜綱 Holocephali、正軟骨頭亜綱 Euchondrocephali、板鰓亜綱 Elasmobranchii の歯の化石が紹介されている。板鰓亜綱では、クテナカントゥス目、シムモリウム目、クセナカントゥス目、ヒボドゥス目らの化石目に交じって、カグラザメ目 Hexanchiformes の歯化石も示されている。中生代(2億5千万年～6,500万年前) Mesozoic と新生代(6,500万年前～現在) Cenozoic の章では現生にも生息するサメ類の目が数を増して来て、全頭亜綱 Holocephali ではギンザメ目が示され、正軟骨頭亜綱 Euchondrocephali はなく、板鰓亜綱 Elasmobranchii では化石目はヒボドゥス目、シネコドゥス目の 2 目に減少する。

参考文献には約 600 の文献が示され(初版では約 500)、筆者らは日本の軟骨魚類化石に関する文献は網羅されていると述べている。評者が共著で加わった 2 論文も辛うじて入っており、筆者らの足元には遠く及ばないが、踵の下端程度にはなっているようである。

4. 初版と第 2 版の違い

初版と第 2 版には約 4 年のタイムギャップがあるに過ぎない。しかし、さすがに古生物学界は日進月歩の分野であり、以下の相違点がある。

- 新たに発見されたサメの歯化石 8 属 16 種が追加された。
- カルカロクレス属はオトドゥス属のシノニムとされ、後者が有効となった。オオハザメの学名は *Otodus megalodon* となる(表紙もご参照)。
- ノチダノン属はザムピロドン属のシノニムとされ、後者が有効となった。
- 文献が約 90 追加され、総数は約 600 となった。
- 地質年代表は最新の情報に基づき修正され、特に中生代ジュラ紀の階・期の年代が変化した。
- 表紙のオオハザメの化石は富山県魚津市の福平層(中新世前～中期)のものに取り替わった。
- 著者に三本健二氏が加わった。
- 初版の表紙・裏表紙は空色であったが、第 2 版はクリーム色となった。しかし、初版のオオハザメの歯化石の方がやや鮮明である。

5. 評者より本書へのコメント

このような情報量満載の本が頒価 1,000 円(プラス送料)で入手できる事は大きな喜びである。さて、評者の専門は板鰓類の分類、系統、進化であるので、III 古生代のサメの歯化石、IV 中生代と新生代のサメの歯化石についてコメントしたい。

中生代のサメの歯化石と新生代のサメの歯化石はできれば章を分けて頂きたかったと思う。その方が図 2 と図

3 がより鮮明に理解できたと思う。

化石サメのグループについて、高位の分類体系には定説がないものと考えられる。現生魚類の場合、それが正しいかどうかは別にして評者は Nelson et al. (2016)の「Fishes of the World, 5th Edition」の高位分類体系を参照している(以下「Nelson ら」と略す)。10 年おきに世界中の魚類を化石種も含めて総覧している信頼性の最も高い魚類分類体系だからである。

Nelson, J.S., T.C. Grande and M.V.H. Wilson. 2016. Fishes of the world. 5th edition. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey. xxvii+707pp.

そこで、本書にある古生代サメの歯化石群と Nelson らを照合してみるといくつかの違いがあることが判明した。全頭亜綱 Holocephali のコクリオドゥス目の表記が Nelson らでは Cochliodontiformes で、本書では Coclodontiformes としている。

Nelson らは正軟骨頭亜綱 Euchondrocephali を認めておらず、エウゲネオドゥス目、オロドゥス目、ペタロドゥス目は全頭亜綱の中で上目に属さない独立した目となっている。本書では、クテナカントゥス目、シムモリウム目、クセナカントゥス目、ヒボドゥス目、カグラザメ目の 5 目は板鰓亜綱 Elasmobranchii に含まれている。しかし、Nelson らは Elasmobranchii を亜綱 Euselachii の下綱としており、カグラザメ目のみが板鰓下綱に含まれる。ヒボドゥス目は亜綱 Euselachii のヒボドゥス下綱に含まれる目とされている。クテナカントゥス目、クセナカントゥス目は軟骨魚綱の中で亜綱に属さない独立したクテナカントゥス上目の 2 目とされている。シムモリウム目は同様に軟骨魚綱の中で亜綱に属さない独立したクラドセラケ上目の 1 目とされている。板鰓亜綱の中で所属する目、科が不明とされた *Petrodus* McCoy, 1848 は 19 世紀中葉に提唱された由緒正しい属でありながら Nelson らには掲載がない。

中生代・新生代のサメの歯化石群については Nelson らとの相違点はヒボドゥス目とシネコドゥス目に限られる。ヒボドゥス目については前述した通りである。Nelson らではシネコドゥス目は板鰓下綱ネズミザメ上目に含まれている。

6. 最後に

筆者らには申し訳ないが、評者はサメの歯化石が生物の一部であることを認めるものの、その全身は一体どうなっているのかとつい考えてしまう。勿論、以下の本といえどもサメの全身像は想像に過ぎないものが多いが、これらの本によって古生代、中生代、新生代の化石サメの像を偲んでいる。

堀川進・後藤仁敏・中井均. 1984. 魚類の時代 デボン紀. 双書地球の歴史 3. 共立出版. 120pp.

モイトマス・J.A.・R.S. マイルズ.(岩井保・細谷和海、訳). 1981. 古生代の魚類. 恒星社厚生閣. 294pp.

井尻正二・友田淑郎. 1974. 魚類の歴史 化石が語る地球の歴史2. 千代田書房. 232pp.

Long, J.A. 2011. The rise of fishes. The John Hopkins University Press. Baltimore, Maryland. xiv+287pp.

土屋健著. 田中源吾・富田武照・小西卓哉・田中嘉寛監修. 2018. サメ帝国の逆襲. 榊文芸春秋. 189pp.

7. 本書の購入方法

著者らからの知らせですが、本書の購入希望者は、本書のタイトル(サメの歯化石のしらべ方第 2 版、初版は

完売)、冊数、送り先の住所・宛名・電話番号を明記して、以下にメールないしファックスで、お申し込みください。

注文先:地学団体研究会 メール:chidanken@tokyo.email.ne.jp、ファックス:03-3983-7525。頒価は1冊1,000円、送料は1冊180円、2冊以上は実費です。

(受付:2024年6月18日 Received: 18 June 2024)

書評:鶴見大学名誉教授後藤仁敏著「歯からみた生物の進化」

石原 元 ((株)W&I アソシエーツ)

Book review: Illustrated History of Teeth

Hajime Ishihara (W&I Associates)

1. はじめに

1-1. 書評作成の経緯

昨年 9 月に朝倉書店から評者にダイレクトに本書が送られて来て、後藤氏の丁重な書評依頼が添えられていた。その後、日本科学者会議神奈川支部通信 2025 年 1 月号に後藤氏自身による本書出版までの苦労話が掲載されていて、2021 年 9 月から 2024 年 10 月までの 3 年間の並々ならぬご苦労を知ることとなった。12 人の方に書評依頼をされた事が書かれており、評者には板鯰類研究会会報が割り当てられ、被書評依頼者の一人という名誉に浴することとなった。

後藤仁敏著:【図説】歯からみた生物の進化

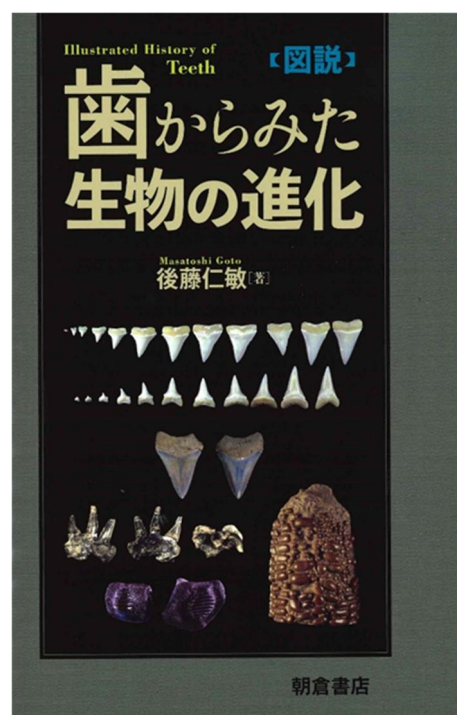
朝倉書店 2024 年 10 月 1 日発行 6,380 円(税込)

B5 版 244 ページ

ISBN 978-4-254-17190-7 C3045

目次

1. 歯の起源
2. サメの歯
3. サカナ(硬骨魚類)の歯—歯の多様性の実験台
4. 両生類の歯から爬虫類の歯へ—歯の上陸史
5. 爬虫類の歯から哺乳類の歯へ—捕食から咀嚼へ
6. 食虫類の歯から霊長類の歯へ—虫食から果実食へ
7. 人類の歯の進化と退化—猿人から新人まで
8. 人類の歯の未来—現代人から未来人へ



1-2. 日本古生物学の聖家族

本書は歯を素材として生物の進化を考える画期的な書である。しかし、ウニやタコや昆虫の歯の記述はあるものの、中心は脊椎動物なので「歯からみた脊椎動物の進化」とする方が内容には合っていたのかも知れない。また、すべての動物進化を歯だけで説明している訳でもない。内容もさる事ながら後藤氏の師弟関係の歴史を読み驚愕してしまった。東海高校時代の野村松光先生、平野弘道先生(東海高校地学部 1 年先輩)、大学時代の大森昌衛先生はもとより、井尻正二先生、三木成夫先生、と日本の化石、地学の泰斗らが並んでいる(三木先生は生命形態学)。後藤氏はまさに日本の古生物学(化石学)の歴史の生き証人といえる。これら諸先輩に対す

るオマージュはコラムとして掲載され、清澄にして厳粛な文体となって読者の心を打つものである。そして、後藤氏自身も比較解剖学、古生物学を股にかけるマルチの生物学者でありながら、早稲田大学人間科学部では進化論の講義も担当した進化生物学者である。そこにはダーウィン、ラマルク、メンデルらの古典的巨匠と、グールド、ドーキンスらの現代の巨匠も言及されている。どうやらラマルク、カンメラーから現代に連なる獲得形質の遺伝派にも大きな敬意が払われている。

1-2. 既往の脊椎動物の進化に関する書籍

本書を解説する前に、脊椎動物の進化に関する入手可能な主要な書物について述べたい。

表 1 脊椎動物の進化に関する書籍

著者	著者英語表記	書名	出版年	訳書出版年	出版社
ローマー	Alfred S. Romer	脊椎動物の歴史	1933	1981	どうぶつ社
コルバート	Edwin H. Colbert	脊椎動物の進化（上）（下）	1969	1978	築地書館
ホールステッド	Lambert B. Halstead	脊椎動物の進化様式	1969	1984	法政大学出版局
ポルトマン	Adolf Portmann	脊椎動物比較形態学	1976	1979	岩波書店
平沢達矢総説		生物の科学遺産2024年1月号 脊椎動物のからだはどのように進化したのか		2024	NTS社

どの書も魚類に始まり、哺乳類に至る脊椎動物の進化について論じている。しかし、歯の比較形態について述べているのはポルトマンの書物のみであり、他の著者は広く多様な形質に基づいて脊椎動物の進化を論じている。

2. 解説

2-1. 第1章 歯の定義と歯の起源

第1章「歯の起源」で歯は以下のように定義される。脊椎動物の顎上にある、食物摂取の役割を持つ。しかし、顎だけではなく、咽頭に歯を持つ硬骨魚類もいるし、板鰓類の歯は鱗(盾鱗)が起源である。次に歯の起源は、例えば人類では、神経堤に由来する外胚葉性間葉細胞が顎まで下りてきた細胞と、外胚葉由来の口腔粘膜の上皮細胞の合作であり、間葉細胞と上皮細胞が係わっている。歯は骨と同様に化石として残るが、歯は外胚葉起源、骨は中胚葉起源である。

2-2. 第2章 サメ類の歯

第1章「歯の起源」ではサブタイトルとして「歯はサメのウロコから出現した」と書かれている。これはかなり比喩的な表現であって、歯の定義と起源は前項で述べた通りである。サメ類の歯は顎骨に直に付着するのではなく、線維層に線維で支えられており、顎骨に癒合する硬骨魚類の歯とは異なる。

第2章はサメ類の歯の進化が解説され、有名な軟骨魚類の歯の3段階が改めて紹介されている。Schaeffer (1967)の「Comments on elasmobranch evolution」に発表されたクラドゥス段階、ヒボドゥス段階、現生型段階の3段階である。この進化パターンは現在では全く顧みられることはないが、歯の形態にだけ着目すれば未だに異彩を放つ理論である。

Schaeffer, B. 1967. Comments on elasmobranch evolution. pp. 3–35 *In* P. Gilbert, R. Mathewson, and D. Rall (Eds.), *Sharks, skates and rays*. John Hopkins University Press, Baltimore.

2-2. 第3章から第6章 硬骨魚類から両生類、爬虫類、哺乳類そして哺乳類の霊長類へ

第3章から第6章まで脊椎動物の歯の進化はいつきに哺乳類の霊長類まで進む。この過程は第8章「人類の歯の未来」の冒頭に手際よくまとめられている。最初の脊椎動物である円口類は顎も歯もなく、口から入る水の中の微生物を鰓で濾しとって食べていた。歯の起源はサメ類の鱗が顎上で餌を捕らえるために発達したものである。硬骨魚類では歯が顎骨と結合するようになった。脊椎動物は陸に上がり、歯冠の外層が間葉性のエナメロイドから上皮性のエナメル質に変化した。サメの歯から硬骨魚類の歯、さらに陸上四足動物の歯と脊椎動物の歯は進化を遂げる。

2-3. 第7章、8章 人類の歯の進化と退化、そして人類の歯の未来

歯の本質は捕食であり、これはサメ類の顎、オオカミウオの顎を見れば一目瞭然である。噛みつき、回転し、肉を剥ぎ取るのである。しかし、霊長類そして人類の歯は捕食ではなく、専ら摂食の器官に変化した。これが即ち歯の退化の始まりである。

第7章は人類の起源に関する最新の知見が満載であり、700万～680万年前のサヘラントロプス・チャデンシスを最古の人類としている。その後は比較的直系的にホモ・エルガステルに至るが、ホモ・エルガステルはホモ・エレクトゥス、ホモ・ハビリスと同時代であり、ホモ・エルガステルから直系的にホモ・サピエンスが発生する。

第7章の末尾には日本人の起源に関する考察もなされているが、この章のタイトルである進化・退化は実際には第8章に送られている。この章のコラム1「石器の歴史」は人類と共に進化する石器の歴史も記述されており興味深い。

さて、第8章こそ我々人類の歯の退化の話である。人類は農耕を行い、食糧を貯蔵し、狩猟せずとも生きていける自己家畜化の道を辿った。ここで、後藤氏の師である井尻正二氏が登場する。井尻氏は進化の最も重要な要因として個体変異をあげる。変異が淘汰によって選択されるというまさにダーウィン進化論であるが、井尻氏の考える変異は正の方向だけではなく、否定的変異(Negative variation)を含むものだという。つまり進化ではなく、退化、負の進化である。ここから後藤氏は調査した大学生150人の歯式の退化現象から人類が退化の道を歩んでいるという。我々人類は歯を基に考察すれば退化の道を歩んでいることになる。しかし、後藤氏は明るい希望を捨てずに歯の退化を抑える必要を説く、でなければ人類は絶滅に突き進むことになる。

3. 読後感

3-1. 人類の歯と自分の歯

評者は団塊の世代に属し、ご多聞に漏れず、歯の治療には多くのお金がかかっている。8020運動というのがあって、80歳で自身の歯(天然歯+インプラント)が20本あれば美味しく食事ができるのだという。何とかこれを満たしてはいるが(現在75歳)、すべてが天然歯である妻と比較すると惨めな顎しか持っていない。

こうした自身の境遇からみるとこの本には多くの貴重な情報が溢れている。この本は進化論の本であるが、歯の衛生の本にもなっている。

① 人間の歯は28から32

門歯2、犬歯1、小臼歯2、大臼歯2ないし3(総数はこの4倍)、という人類の歯式を改めて確認した。

そして 80 歳で 20 本であれば自身のデフォルトが 28 本であったので、8 本失っても良いという。因みに通常の哺乳類では 3-1-4-3 (44 本) という歯式である。

② なぜ虫歯や歯周病になるのか

これこそまさに歯の手入れの悪さだと分かる。酒を飲んで、大食して、そのまま気持ちよく寝てしまう。虫歯の原因であるミュータンス菌に恰好のターゲットを与えているようなものである。

③ 恋から愛へ

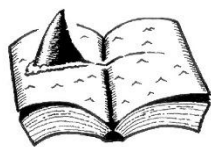
化石人類のホモ・ゲオルギクスでは高齢の男性で歯が 1 本しかない個体が発見されているという。この個体は 180 年前に介護を受けていたと推定されるという。8020 運動とは矛盾するが歯が 1 本でも生きていけるのだ。評者はもう 30 年以上介護保険料を払っているが、歯がなくなった時に公的介護は受けられるのだろうか。

3.2 気付いた問題点

してはいけない事を承知の上で、若干の問題点を最後に記す。冒頭にも書いたがタイトルは「歯からみた脊椎動物の進化」とすべきだろう。また、歯一辺倒の進化解釈とはいえ、他の形質も含まれているのでこれもおかしが、既にローマー、コルバートらの著書もあるので、本書で歯を強調するのは致し方ないことなのだろう。

言語の使用が脳を大きく発達させたという件りは全く誤りではなく、その可能性は十分にあるが、因果関係は若干異なる。脳は 200 万年前のホモ・エレクトゥス段階で既に発達し、その後の道具の発達、社会性の発達、協働の狩猟を経て、人類が言語を使用するようになったのは地球上に拡散する以前の 10 万年から 8 万年前とされている。脳が発達するのは集団の大きさに関係があるとされ、言語の使用とは因果関係がないが、言語と文字の発明は人類の脳をそれ以前より更に発展させたことは間違いがない。

(受付:2025 年 1 月 31 日 Received: 31 January 2025)



新刊書籍紹介

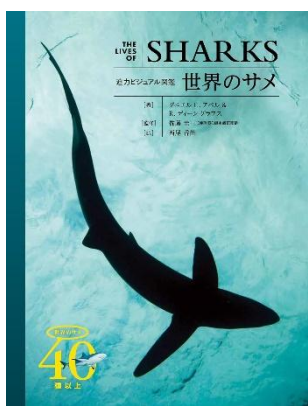
『迫力ビジュアル図鑑 世界のサメ(原題: The Lives of Sharks)』

Daniel C. Abel and R. Dean Grubbs (著)、翻訳
西尾香苗(訳)、佐藤圭一(監修)
グラフィック社(2024年8月、本体3,600円)

迫力ビジュアル図鑑、と言う邦題が付けられているように、本書で使用されている写真類は単にサメ類を横から撮影しただけのものではない。例えばカリブ海で外来種として問題になっているハナミノカサゴを捕食しているペレスメジロザメであったりと、他ではあまり見ることができない多様な写真が多く使用されている。

また本書は、図鑑というよりはむしろ生態に関する総合的な学術書としての意味合いも強く、特に書籍の後半の「河口域や河川域のサメ」の章で記載されている内容は、ここまで詳細に生理・生態について日本語で記載されている図書は、専門書にも少ないものである。と言うのも日本では本書で例に挙げられているカナダのセントローレンス湾のような大規模な河口域は存在せず、また東京湾をはじめとして河口域のほとんどが開発により埋め立てられたため、日本では河口域や河川のサメ、と言う研究分野が極めて少ない。かつての日本でも、河川を含め河口域でもサメを頂点捕食者とした生態系が成立していたのだろうか?と言う郷愁の念にも似た思いを感じた。

本書は一般的な図鑑の体裁を取っておらず、



目次には「サメの進化と多様性」や「サメの生態学」、そして「サメとわたしたち」と言うように、あくまで主眼は彼らが伝えたい内容が目次として掲げられている。しかしそれぞれの目次の中で、例えば「進化と多様性」の項であれば最も古い形態的特徴を有しているカグラザメや、外洋に適応したヒラシユモクザメを例に挙げ説明し、「大陸棚のサメ」の項であれば南北アメリカ大陸の代表種であるニシレモンザメや、世界各地の大陸棚上に生息するイタチザメを例にあげることで、図鑑の体裁もとりながらもそれぞれのコンテンツにうまく落とし込んで説明と紹介を行っている。

監修者の佐藤氏が本書そでの部分にも書いているが、本書はまさにサメを冷静かつ科学的に論じ、臆目なしに正しい理解を得られる書籍である。是非とも手に取り美しく時に悲劇的な写真とともに、現時点のサメの最新の知見や抱えている問題点に触れて頂きたい。

(岡部株式会社 須田健太)

Leonard Compagno 博士の死を悼む

石原 元 ((株)W&I アソシエーツ)

Obituary notice: Leonard Joseph Victor Compagno (1943-2024)

Hajime Ishihara (W&I Associates)

1. サメ学の巨人

20 世紀後半から 21 世紀前半にかけて世界のサメ学をリードした Leonard Compagno 博士は 2024 年 9 月 24 日に亡くなられた。81 歳まであと 2 か月の 80 歳であった。全著作リストは Shark Research Center のホームページに掲載されており、その数(200 以上)に圧倒される。

<https://web.archive.org/web/20080829182122/http://www.iziko.org.za/nh/research/src/publicat.html>

博士は 1979 年に Stanford 大学でメジロザメ亜目サメ類の形態・分類・系統で PhD を取得した。それ以前の 1973 年に、P.H. Greenwood, R.S. Miles, C. Patterson 編集の *Interrelationships of fishes* の中で *Interrelationships of living elasmobranchs* を著し、彗星のように登場した。この論文と 1977 年の *Phyletic relationships of living sharks and rays* (*American Zoologist* 17) を併せて、分岐分類学の手法も含めた包括的な分析手法での現生板鰓類の祖先と板鰓類内の類縁関係が論じられた。しかし、博士はこうした系統関係にのみ拘るのではなく、種分類にも係りを持ち、1984 年には FAO の *Species Catalogue of the Sharks of the World* で世界のサメ類全種を Part1 と Part2 に分けて記載した。その後 *Rays of the World* も博士の手で刊行される予定であったが、これは実現せず、2016 年に CSIRO より Peter Last 博士らの手により刊行された。世界のサメ類の記載も系統分類もスケールの大きい部分は 40 歳代前半までにやり遂げてしまったので、後はメガマウズザメの系統や、地域の図鑑といった方面で活躍された。

分類・系統の業績が多い中で、1990 年の *Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space* (*Environmental Biology of Fishes*, 28) では、軟骨魚類には少なくとも 18 の *Ecomorphotype* があり、沿岸の *ecomorphotype* が最も原始的であると推論した。一方でその繁殖様式も 6 の *type* に分けられるとした。こういう生態的生活域区分、繁殖生態についての論文も書いていることでその視点のダイナミックな事に驚かされる。

2. 博士とのお付き合い

私が初めて博士にお会いしたのは 1987 年ハワイの日米共同板鰓類研究ワークショップにおいてであり、その低い早口の英語はなかなか対話に苦勞するものであった。その頃はサンフランシスコ州立大学とサンフランシスコ郊外の私的な Tibulon 研究所でサメの研究を続けておられた。Grahamstown の JLB スミス研究所の Shark Research Center (1986 年開学) が 1989 年に Cape Town の南アフリカ博物館に移管されるとほぼ同時に Center に移動されて所長となった。

その後は 1991 年に東京で開催された国際頭足類学会に奥様の Martina Roedeveld 博士に同行されて来て、東京水産大学水産資料館の板鰓類標本を観察に来たりした。資料館ではヒゲツノザメの標本 1 個体とクエートの

メジロザメ類を観察した。

3. ケープタウン、Martina さん、沖縄、フリーマントル

2004年9月にIUCN主催のエイ類レッドリストワークショップがCape Townで開催され、この地区のサメ専門家グループ(SSG)議長である博士が当然ながら世話役であったが、あまり表には立たず、DurbanのKwaZulu Natal Sharks Boardの研究者や南アの大学生が世話役になっていた。この年の11月には沖縄の美ら海水族館で板鰐類のシンポジウムが開催され、ここでもまた博士と一緒にいた。私の発表でBashford Deanのギンザメ類の卵殻に言及するついでに、Deanが中世のヨーロッパの鎧に身を固めたスライドを写したが、これを大変に喜んでくれた。沖縄の花の名前が分からないが、写真を撮影してMartinaに見てもらうのだと言って彼女を思い出しているようだった。夫婦で丹頂鶴を見に来る計画があるとも話していた。

2009年フリーマントルでの第8回インド・太平洋魚類国際会議でも会うことができたが、その後私は中東に派遣され、板鰐類及びSSGとの関わりが途絶えてしまった。Martinaさんが2006年に亡くなったので、2009年当時には既にMartinaさんはなく、その後18年間を独身で過ごしたことになる。May he rest in peace in the heaven.

この短文を書くにあたり博士の弟子であるDavid Ebert博士にお世話になった、記して感謝申し上げる。



2004年9月Cape Townのエイ類レッドリスト Workshop Farewell Partyにて、奥さんのMartina Roodeveld博士(頭足類研究者)と。

文献

Compagno, L.J.V. 1973. Interrelationships of living elasmobranchs. In P.H. Greenwood, R. Miles, and C. Patterson, eds., Interrelationships of fishes. London, Academic Press: 15-61.

- Compagno, L.J.V. 1977. Phyletic Relationships of Living Sharks and Rays. *Amer. Zool.*, 17(2), 303–322.
<http://www.jstor.org/stable/3882097>
- Compagno, L.J.V. 1984. FAO Species Catalogue. Vol. 4, Sharks of the World. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date [noncarcharhinoid sharks]. FAO Fisheries Synopsis No. 125. vol. 4, pt. 1: viii, 1-250.
- Compagno, L.J.V. 1984. FAO Species Catalogue. Vol. 4, Sharks of the World. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date [Carcharhiniformes]. FAO Fisheries Synopsis No. 125. vol. 4, pt. 2: x, 251-655.
- Compagno, L.J.V. 1990. Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. *Environ. Biol. Fishes* 28, 33–75. <https://doi.org/10.1007/BF00751027>. Compagno, L., Fowler, S. L., and Dando, M. 2005. *Sharks of the World* (Princeton Field Guides). ISBN: 9780691120720. 496pp. Princeton University Press.

(受付:2025年1月18日 Received: 18 January 2025)

会報 59 号 総務・広報報告

世界的に地球温暖化の影響は顕在化しており、極端気象・海洋熱波といった言葉を報道等で聞くことも多くなっています。日本沿岸の海洋環境も大きく変化しており、多くの水産資源や生物多様性への影響が懸念されていますが、板鰓類にはどのような影響が出ているのか、今後出てくるのか、科学的な検証が求められています。

今年の 12 月には、2023 年に引き続いて、東京大学大気海洋研究所において板鰓類シンポジウムを対面にて開催の予定です。本会報で報告の通り、2023 年の研究会では中高校生を含む多数の方々に参加いただき、板鰓類研究の現状と課題、将来展望を議論する貴重な場となりました。2025 年 12 月の研究会でもさらに活発な研究報告と議論がなされることを期待しております。夏頃までには開催案内と参加・演題登録のお知らせをお送りできると思いますので、積極的なご参加をお願いいたします。

会報 59 号が 1 年遅れの出版となってしまいましたこと、役員一同を代表してお詫び申し上げます。会員の皆様の出版物や研究内容については、研究会ホームページでも紹介させていただいております。研究紹介は 2023 年で止まってしまっておりますが、過去に遡っての掲載も可能ですので、論文やその他出版物が公表されましたらぜひ積極的にお知らせください。

日本板鰓類研究会ホームページ

<https://jses.info>

(総務幹事：兵藤 晋・広報幹事：佐藤圭一)

板鯉類研究会令和5年度会計報告 2024年4月1日現在

収入の部 項目	金額	備考
前年度繰越	755,827	
2023年度会費入金分	214,000	
合計	969,827	

支出の部 項目	金額	備考
ホームページ関連		
ホームページ保守・サポート料	92,400	2023年9月～2024年8月
サーバー利用料	14,229	2023年8月～2024年7月
ドメイン料	1,954	2023年8月～2024年7月
シンポジウム関連		
2023年度シンポジウム開催費	24,436	
振込手数料	1,210	
合計	134,229	

次年度繰越金 835,598

2024年4月1日現在の郵便局残高と照会した結果、上記の通り相違ありません。

会計担当 古満 啓介 (自署 古満 啓介)



監査担当 堀江 琢 (自署 堀江 琢)



年会費 正会員2,000円/年 もしくは、10,000円/6年
学生会員1,000円/年

年会費の振り込みについてのお願い

2024年度も残すところあとわずかとなりましたが、年会費の振り込みはお済みでしょうか。振り込み期限は3月31日までとなっておりますので、まだの方はお忘れなくお手続きくださいますようお願い申し上げます。

年会費は、学生会員 1,000 円、一般会員 2,000 円となります。

なお、一般会員の方に限り、10,000 円をお振り込みいただくと 6 年分の年会費となります。

年会費の振り込みは、下記口座にお願いいたします。

銀行：ゆうちょ銀行

支店名：○二九店

口座記号：00250-0

口座番号：111916

口座種類：当座

加入者名：日本板鰓類研究会

会費の納入状況がご不明の場合は、会計担当の古満までご連絡いただければ納入状況をお知らせいたしますので、下記までお問い合わせ下さい。

会計担当役員：古満啓介

furusuke@nagasaki-u.ac.jp

編集後記

板鰓類研究会報は、2021年発行の第57号より電子媒体による提供へと変更致しました。この変更に伴い、会員の皆様に板鰓類研究の魅力を分かりやすく伝えることを目指し、コンテンツやレイアウトの見直しを進めてまいりました。一方で、新たな体制がまだ十分に機能しておらず、近年、会報発行の遅延が生じていることに関しては編集委員として問題であると認識しています。この問題は、ひとえに編集委員の力不足によるものとなりますが、皆様に定期的に会報をお送りできるよう、作業の進め方や発行時期等の検討を続けたいと考えます。皆様には、ご心配・ご迷惑をお掛けしてしまい大変申し訳ありませんが、今しばらく温かく見守って頂けると幸いです。

今号では、板鰓類研究の新領域を切り開く研究の紹介を目的とした「板鰓類研究の地平線」において、脊椎動物の形態進化の歴史の中でも重要な変化のひとつとされる鰭から四肢への進化の過程について、サメの鰭の発生プロセスに焦点を置いた解説を頂きました。「情報・記録」には、いまだ謎に包まれているメガマウスザメの日本海からは2例目となる確認記録に加え、2024年に開催されたアメリカ板鰓類学会への参加報告や2023年の板鰓類シンポジウムの開催報告を頂きました。この他、同コンテンツにはサメ映画を主体にサブカルチャーのシンボルとしてサメを論じた話題も提供して頂き、会報の取り扱う内容の多様性が高まりつつあると感じました。また、今号においても板鰓類に関する新刊書籍の紹介を頂くとともに、投稿して頂いた原稿に基づき新たに「書評」のコンテンツも設けました。これからも、会員間での自由で活発な情報交換を通じて板鰓類を対象とする研究の幅を広げるため、会報の充実を進めて参りますので、会員の皆様からの情報提供や誌面に対するアイデアをお寄せ下さい。

当会では定例のシンポジウムだけでなく、教育機関や水族館での教育・啓蒙活動など、板鰓類にまつわる各種イベントの企画を広く募集しております。シンポジウムやその他イベントに関するご提案・ご相談は、当会事務局または幹事までお知らせ下さい。

【会報編集委員記】

日本板鰓類研究会報 第59号

会長:中野 秀樹

副会長:山口 敦子(長崎大学 水産・環境科学総合研究科)

編集者:

編集担当幹事:佐藤 圭一(沖縄美ら島財団)

編集委員:矢野 寿和(水産研究・教育機構 水産大学校) / 仙波 靖子(水産研究・教育機構 水産資源研究所)

事務局:〒277-8564 千葉県柏市柏の葉 5-1-5 東京大学大気海洋研究所 日本板鰓類研究会 兵藤 晋

ホームページ:<http://www.jses.info/>

Report of Japanese Society for Elasmobranch Studies No. 59

C/O Hideki NAKANO

Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8564 JAPAN

TEL: +81-4-7136-6202 / FAX: +81-4-7136-6206

E-mail: hyodo@aori.u-tokyo.ac.jp

Web site: <http://www.jses.info/>
