

## 板鰓類シンポジウム 2014 サメ・エイ類研究の最前線～現状と将来展望 (プログラム・講演要旨)

日時：2014年12月4日（木）9:20-17:30

場所：東京大学農学部弥生講堂・一条ホール（〒113-8657 東京都文京区弥生1-1-1 東京大学農学部内）

参加費：要旨集代として1000円（ただし板鰓類研究会会員は無料）

### プログラム

1. 9:20 開会（仲谷一宏）  
趣旨説明（山口敦子）

#### 2. 口頭発表

・座長：佐藤圭一

- |             |   |
|-------------|---|
| 9:25-9:45   | 1. 板鰓類における皮小歯の形態・構造・発生・多様性について<br>○後藤仁敏（鶴見大）                            |
| 9:45-10:05  | 2. 日本産板鰓類の寄生虫研究－近年の成果と今後の課題<br>○長澤和也（広大院生物圏科）                           |
| 10:05-10:25 | 3. ヘラザメ属魚類の生物地理<br>○川内惇郎  |
| 10:25-10:45 | 4. ココノホシギンザメの雄にみられる生殖関連形態の発達<br>○荻本啓介（市立しものせき水族館）・河合俊郎（北大博）・矢部 衛（北大院水産） |

・座長：堀井善弘

- |             |   |
|-------------|---|
| 10:55-11:15 | 5. ミツクリザメのかみ付き行動<br>○仲谷一宏（北大）・富田武照（北大博）・須田健太（岡部株式会社）・佐藤圭一（美ら島財団）・荻本啓介（市立しものせき水族館）・A. Chappell（フランス）・佐藤稔彦・高野克彦・結城仁夫（NHK） |
|-------------|---|

#### 11:15-11:35 6. 北太平洋におけるアブラツノザメの分布の推定

- |  |
|--|
| ○矢野寿和（水研セ・東北水研）・大下誠二（水研セ・国際水研）・金岩 稔（東農大アкуア）・服部 努（水研セ・東北水研）・福若雅章（水研セ・西海水研）・永沢 亨（水研セ・北水研）・田中 彰（東海大洋海） |
|--|

#### 11:35-11:55 7. 東シナ海北部におけるガングエイの生態学的特性

- |                        |
|------------------------|
| ○原康二郎・古満啓介・山口敦子（長大院水環） |
|------------------------|

#### 11:55-12:15 8. 東シナ海・日本海における表層生態系の構造解析：プランクトンからサメまで

- |   |
|---|
| ○大下誠二（水研セ・国際水研）・田中寛繁（水研セ・北水研）・西内 耕（水研セ・本部）・安田十也（水研セ・西海水研） |
|---|

・座長：山口敦子

- |             |   |
|-------------|---|
| 13:20-13:40 | 9. 有明海およびその周辺海域におけるナルトビエイの長期生態モニタリング<br>○山口敦子・古満啓介（長大院水環） |
|-------------|---|

#### 13:40-14:00 10. スミツキザメの年齢解析

- |                                 |
|---------------------------------|
| ○伊藤毅史（佐賀有明水振セ）・古満啓介・山口敦子（長大院水環） |
|---------------------------------|

#### 14:00-14:20 11. ヘラツノザメ胎仔の発達と母体・胎仔間の栄養関係

- |                               |
|-------------------------------|
| ○矢野 祐（東海大洋海）・小野信一・田中 彰（東海大洋海） |
|-------------------------------|

#### 14:20-14:40 12. 板鰓類における母体依存型繁殖の再検討

- |                   |
|-------------------|
| ○佐藤圭一・中村 將（美ら島財団） |
|-------------------|

14:40-15:10 ポスター発表

- P1 フィリピンで採集されたガンギエイ科オカメエイ属の1未記載種  
○三澤 遼(高知大理)・Ricardo P. Babaran(フィリピン大ビサヤ校)・Ulysses B. Alama(フィリピン大ビサヤ校自然史博物館)・遠藤広光(高知大理)
- P2 ネコザメ白血球のフローサイトメトリーによる解析  
○中村直也・朝比奈潔・苦名 充(日大生物資源)
- P3 駿河湾で採集したメガマウスのPCBsとDDTの蓄積  
○堀江 琢・田中 彰(東海大洋)
- P4 窒素・炭素安定同位体比から見たナルトビエイの摂餌生態について  
○渡邊真緒(長大水)・古満啓介・梅澤 有・山口敦子(長大院水環)
- P5 ロガーデータからみた八丈島周辺海域におけるイタチザメの摂餌生態  
○杉山いくみ(東大大気海洋研)・堀井善弘(都島しょ総セ)・大泉 宏(東海大学海洋)
- P6 サメ類歯牙中における微量元素濃度の比較と生態学的意味  
○堀井善弘(都島しょ総セ)・櫻井四郎(大妻女子大)
- P7 津軽海峡にて漁獲されたアブラツノザメの資源量指数と体長組成の推定  
矢野寿和(水研セ・東北水研)・○平岡優子(水研セ・国際水研)・服部 努・伊藤正木(水研セ・東北水研)・大下誠二・余川浩太郎(水研セ・国際水研)
- P8 フトツノザメの成熟と胎内発生  
○櫻井もも子(琉球大院理工)・小枝圭太(鹿大博)・立原一憲(琉球大理)

・座長：堀江 琢

- 15:20-15:40 13. サメは発生途中で呼吸様式を切り替える  
○富田武照(北大博)・中村 將・佐藤圭一・高岡博子・戸田 実(美ら島財団)・川内淳郎・仲谷一宏(北大)
- 15:40-15:55 14. ココノホシギンザメ *Hydrolagus barbouri* の視覚特性  
○六車香織(名大院生命農)・川内惇郎・山本直之(名大院生命農)
- 15:55-16:15 15. ジンベエザメ成熟オスの槽内行動  
○松本瑠偉・植田啓一・松本葉介・村雲清美(沖縄美ら海水族館)・鈴木美和(日大生物資源)・佐藤圭一(美ら島財団)
- 16:15-16:35 16. 日本海および東シナ海におけるガンギエイの遺伝的集団構造  
○日下貴裕(近大農)・原康二郎・古満啓介・山口敦子(長大院水環)・柳下直己(近大院農)
- 16:35-16:55 17. 魚類環境DNA用ユニバーサルプライマーの開発と次世代シーケンサを用いた環境水分析法の確立:美ら海水族館の環境水から検出に成功した板鰓類  
○宮 正樹(千葉中央博)・佐藤行人(東北大)・福永津嵩(東大院)・佐土哲也(千葉中央博)・佐藤圭一(美ら島財団)・源 利文(神戸大院)・山中裕樹(龍谷大)・荒木仁志(北大院)・岩崎 渉(東大院)
- 17:00-17:30 総合討論・総括(田中 彰・山口敦子)
- 17:30 閉会
- 18:00-20:00 意見交換会

## 1. 板鰓類における皮小歯の形態・構造・発生・多様性について

### Morphology, structure, development and variation of the dermal denticles in elasmobranchs

後藤仁敏（鶴見大学）

GOTO Masatoshi (Tsurumi University)

古く Hertwig(1874)は「歯はサメの皮小歯（楯鱗）から由來した」と述べたが、板鰓類、とくにサメ類で発達している皮小歯は、無頸類の皮甲最表層の象牙質結節に由来し、頸上の歯だけでなく、口腔粘膜上の粘膜小歯、ウバザメやメガマウスザメの鰓耙、ネコザメやツノザメの背鰭棘、アカエイの尾棘、ノコギリザメとノコギリエイの吻歯、中生代のヒボドウス類のオスに見られる頭棘などにも分化している。サメ類における皮小歯について、その形態、発生、構造を観察し、進化と多様性について考察した。

ラブカ *Chlamydoselachus anguineus* とメガマウスザメ *Megachasma pelagios* の皮膚および粘膜を材料とし、固定・脱灰後、パラフィンおよびセロイジン包埋し、各種染色標本を作成し、光学顕微鏡で観察し、これまでの板鰓類の皮小歯、粘膜小歯、歯、鰓耙、背鰭棘、吻歯などに関する研究と比較した。

皮小歯は、「楯鱗」とも呼ばれるように楯に似た形態をし、現生のサメ類では一般に、3尖頭をもちエナメロイドと象牙質からなる歯冠と、骨様組織からなる歯根からなり、両者の移行部は細くくびれた歯頸となっているが、サメの種類、体の部位によって様々な形態を示す。エイ類では皮小歯は退化的であるが、サカタザメでは背面正中や眼の上などに棘をもち、アカエイでは尾棘が発達している。

皮小歯の形成は、表皮直下の真皮乳頭層に神経堤由來の外胚葉性間葉細胞が密集することから始まり、表皮基底細胞層が円柱形のエナメル芽細胞層に分化してエナメル器を形成し、エナメル器に囲まれた真皮乳頭層は歯乳頭となる。歯乳頭のエナメル芽細胞層に面する細胞層は象牙芽細胞層となり、エナメロイド基質を形成し、続いて象牙前質が形成され、やがて両者は石灰化してエナメロイドおよびその内層の象牙質となり、象牙質の中心に残された歯乳頭は歯髄となる。象牙質に連続して、基底部の骨様組織が真皮中に形成され、皮小歯は歯頸部を取り囲む表皮と基底部の骨様組織と真皮層を結ぶ膠原線維で支えられるようになる。

メガマウスザメの背側の皮小歯は歯髄中にメラニン色素を含む色素細胞を有するが、腹側の皮小歯はメラニン色素を含まない。口腔粘膜には皮小歯と連続する粘膜小歯が見られ、口蓋では密であるが、舌では疎であり、ともに歯髄中に色素細胞を含んでいる。鰓には軟骨からなる指状の鰓耙があり、その表層には細長い粘膜小歯があり、捕食の機能を果たしている。

サメ類の皮小歯は、歯堤こそ形成されないが、歯と同様な発生過程によって形成され、エナメロイド・象牙質・歯髄・基底部の骨様組織からなり、頸上の歯や、口腔粘膜や鰓耙上の粘膜小歯、背鰭棘、尾棘、吻歯などに分化したものと考察される。皮小歯から由來した板鰓類にみられる

様々な構造物について紹介したい。

## 2. 日本産板鰓類の寄生虫研究—近年の成果と今後の課題

### Research on the parasites of elasmobranchs of Japan: recent advance and future perspective

長澤和也（広島大学 大学院生物圏科学研究所）

Kazuya Nagasawa (Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University)

演者は、2000年12月14-15日に東京大学海洋研究所で開催された板鰓類研究会シンポジウム「板鰓類の系統・分類および生態・生理」において、「日本における板鰓類の寄生虫研究と最近サメ類から記載された寄生虫について」と題する講演を行った。そのなかで、演者は1894-2000年の106年間に日本産板鰓類から報告された寄生虫の情報を整理して、分類群ごとに種数を挙げた（ミクソゾア類：1種、単生類：5種、吸虫類：1種、条虫類：約70種、線虫類：5種、ヒル類：3種、カイアシ類：36種、等脚類：1種）。今回の発表では、2001年以後に発表された日本産板鰓類の寄生虫に関する報文に基づき、この14年間における研究成果を整理するとともに、今後の課題を明らかにする。

この分野で研究が最も進んだ寄生虫の分類群はカイアシ類である。10種以上のカイアシ類が新種あるいは日本初記録として記載された。これは、伊澤邦彦博士（三重大学）による分類研究によるところが大きく、演者が率いる広島大学の研究グループも少なからず貢献した。一方、板鰓類における最も重要な寄生虫である条虫類では、僅かに1編の報文が出版されたのみで、大きな研究の進展はなかった。この状況は他の分類群でもほぼ同じであり、単生類、吸虫類、ヒル類で若干の研究が行われた程度であった。他方、生態学的な研究として、寄生虫を生物標識として、わが国の周辺海域に生息するホシザメの系群識別が試みられた。このような研究はあるものの、全体を通してみると、豊かな板鰓類相に反して、寄生虫研究は低調であったと言わざるを得ない。

このような研究の不十分さは、研究者層の薄さと標本採集努力の不足に原因している。現在、わが国では数名以下の研究者がこの分野に関心を有しているに過ぎない。これを打開するには、カイアシ類やヒル類のように大型で目につきやすく採集が容易である分類群に関しては、今後、板鰓類研究者の協力を得て寄生虫標本を入手し、研究を進めることも必要だろう。また、水族館で飼育される板鰓類には寄生虫が見出されることが多いので、水族館関係者と連携・協力することも重要である。一方、寄生虫研究者は板鰓類の寄生虫に関する解説等を執筆して、研究の意義と重要性を板鰓類研究者や一般の人に理解してもらう努力も必要であろう。

本講演では、以上のこととを述べるとともに、わが国で近年見出された板鰓類の寄生虫に関する興味深い事例を紹介する。

### 3. ヘラザメ属魚類の生物地理

#### Zoogeography of the genus *Apristurus*

川内惇郎  
Junro Kawauchi

深海生物の地理的分布の障壁にはプレート・テクトニクス、海水準変動、気候の変動、海洋学的変動があり、それぞれの英語の頭文字をとって TECO 障壁と呼ばれている（朝倉, 2003）。また魚類の地理的分布の制限要因には気候要因や環境要因の影響の他に、陸橋や障壁等の地理的障壁の効果も大きいことが知られている（Briggs, 1967; 1969 など）。陸棚性魚類であるヘラザメ属魚類を含むトラザメ科魚類の動物地理学的研究には Springer (1982) や Nakaya and Shirai (1992), Sato (2000) があり、本属魚類と大陸プレートの関係性や超深海、浅海域の存在が地理的障壁として働いていることが指摘されている。しかしながら近年の分類学的研究や先行研究の結果、新たに本属魚類が報告され（Iglésias, 2013; Sato et al. 2013 など）、分布域が更新した種も多数存在し（Kawauchi et al. 2008; Nakaya and Kawauchi, 2013 など）、必ずしも従来の研究結果では十分に説明できないことが明らかになった。そこで本研究は分布の障壁として大きな役割を果たしていると考えられる TECO 障壁のうち海底地形形成に大きな役割を果たすプレート・テクトニクスに着目し、分類学的研究が多くなされ、プレートの相対運動の種類による影響を評価することが可能なプレート境界の数が多い西部太平洋産本属魚類全 21 種の地理的障壁をそれぞれ推定し、地域間および形態的グループ間で比較して本属魚類の分布の特徴を明らかにすることを目的に行った。方法は本属魚類とプレート境界の関係を考察する為プレート上に本属魚類が存在、不在データを用い類似度指数を調べ、得られた結果を収束型、発散型、すれ違い型の 3 プレート境界型にまとめ、日本周辺海域と西部太平洋海域の 2 海域で本属魚類に対する影響を t 検定で評価した。その結果、両海域とも収束型、発散型、すれ違い型の順番で分布の障壁として働いており、海底地形として海溝などを形成する収束型が本属魚類の分布の障壁として最も働いているということが明らかになった。また 3 形態グループと系統をよく反映している卵殻の類型、巻きひげの有無、産卵基質に固定の有無で分け類似度を調査した。その結果 spongiceps グループのみ 3 プレート境界型共分布の制限要因として働いているという結果になり、それ以外では全形態グループで見られた収束型、発散型、すれ違い型の順番で分布の障壁として働いているという 2 つの分布パターンが見られた。Spongiceps グループは他の 2 形態グループに比べて深海帯に生息する傾向が見られ、spongiceps グループの卵殻は産卵基質に固定せず、海底・海藻の間に産卵すると考えられるが、深海帯は海水準変動や海洋学的変動が浅海帯より少なく環境が安定しているので、産卵基質に固定しなくても胎児の発育には影響が出ない為付着糸や巻きひげ等が発達しなかったと考えられる。本研究の結果、本属魚類は形態的グループによって分布パターンが異なり、プレート境界では主に海溝などを形成する収束型境界によって分布を制限

されつつ生息域を拡大していると考えられる。

### 4. ココノホシギンザメの雄にみられる生殖関連形態の発達

Development of the reproductive organ of male

*Hydrolagus barbouri*

荻本 啓介（市立しものせき水族館）・河合 俊郎（北大総合博）・矢部 衛（北大院水産）  
Keisuke Ogimoto (Shimonoseki Marine Science Museum), Toshio Kawai (The Hokkaido University Museum), Mamoru Yabe (Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido Univ.)

ギンザメ目 Chimaeriformes は軟骨魚綱全頭亜綱 Holocephali に属する分類群で 3 科 6 属 39 種からなる（Nelson, 2006）。本目魚類の雄には交尾に用いられる左右 1 対の交尾器のほか、頭部に位置する頭部把握器、腹鰭前方に位置する腹鰭前把握器という特徴的な構造があることが知られている（Didier, 1995）。頭部把握器および腹鰭前把握器は成長とともに発達すること、抱卵した雌の胴部に両器官によるものとみられる傷があることから、雄が交尾の際に雌を把握するために用いることが示唆されている（Didier, 1995）。これら 3 部位が生殖に関連する特徴は他の脊椎動物にみられない特異なものであるにも関わらず、その内部形態および成長に伴う発達を詳細に記載した研究はない。本研究ではギンザメ科アカギンザメ属に属するココノホシギンザメ *Hydrolagus barbouri* を用いて、生殖関連形態の外部形態、骨格系、筋肉系および神経系の成長に伴う発達を詳細に記載することを目的とした。材料は北海道大学総合博物館に所蔵されているココノホシギンザメの標本から体サイズの異なる雄 5 個体を選択し、比較解剖を行った。

本研究の結果、本種の雄の生殖関連器官の外部形態・骨格系・筋肉系および神経系の 17 部位に成長に伴う差異を確認し、生殖関連器官の外部および内部形態が発達に伴い著しく変化することが明らかとなった。本研究では各生殖関連形態の発達を形態学的特徴および体サイズから頭部把握器で 4 段階、腹鰭前把握器で 2 段階、および交尾器で 3 段階に区分して定義した。これらの発達段階の比較により、本種の生殖関連部位の内部形態および外部形態が発達を開始および完了する概ねの体サイズが明らかとなった。また、頭部把握器、交尾器および腹鰭前把握器の順に発達を開始し、これらの器官はほぼ同じ体サイズで発達を完了することが示唆された。

さらに、生殖関連形態の発達と精巢の成熟を体サイズによって比較した結果、本種の生殖関連形態の発達および精巢の成熟がそれぞれ開始・完了するサイズと概ね一致することが明らかとなった。板鰓類では交尾器の発達は精巢の成熟に同期することが知られている。従って、ココノホシギンザメの生殖関連形態の発達は板鰓類の交尾器の発達と類似すると考えられる。また、精巢の成熟および生殖関連形態の発達をより詳細に比較した結果、本種の雄の生殖関

連形態は精巣の成熟が完了するとされる体サイズより小さな体サイズで発達を完了することが明らかとなった。従つて本研究では、本種の雄は精巣の成熟が完了する体サイズで初めて繁殖可能となる可能性が高いと結論づけた。

### 5. ミツクリザメのかみ付き行動

#### Prey capture behavior of the goblin shark *Mitsukurina owstoni*

仲谷一宏（北大）・富田武照（北大博）・須田健太（株・岡部）・佐藤圭一（美ら島研七）・荻本啓介（しものせき水族館）・A. Chappell（フランス）・佐藤稔彦（NHK）・高野克彦（NHK）・結城仁夫（NHK）  
Kazuhiro Nakaya (Hokkaido Univ.), Taketeru Tomita (Hokkaido Univ. Mus.), Kenta Suda (Okabe Co.), Keiichi Sato (Okinawa Churashima Res. Center), Keisuke Ogimoto (Shimonoseki Marine Sci. Mus.), Anthony Chappell (France), Toshihiko Sato (NHK), Katsuhiko Takano (NHK) and Yoshio Yuki (NHK)

ミツクリザメの噛みつき行動が、東京湾で2008年と2011年に世界で初めて撮影され、その動画に基づいて、5回の噛みつき行動を分析した。

その結果、ミツクリザメは下顎を後下方に急速に回転して口を最大限に開け、その後、両顎を前方に大きく、高速で突出させた。その突出距離と突出速度はサメ類で最大、最速であった。また、噛みつき行動後、両顎を収納する際には再度口を開くという奇妙な行動も確認された。

ネズミザメ科のサメ類は一般的に外洋浅海域に適応し、強力な遊泳能力を有するが、ミツクリザメは深海に適応し、柔軟な体や乏しい遊泳能力など深海魚に一般的な特徴をもっている。ミツクリザメの餌は主に魚類で、ミツクリザメに見られる特殊な形態や噛みつき行動は、餌生物の少ない深海域で、主な餌となる魚類をより効果的に捕らえるための独特的な摂餌戦略と考えられる。

Five prey capture behaviors of two goblin sharks were videotaped at sea in the Tokyo Bay for the first time in 2008 and 2011, and their extraordinary biting behavior was revealed. The goblin sharks swung their lower jaws downward and backward to attain a huge gape, then rapidly protruded their upper and lower jaws forward to a considerable distance. The time and distance of the jaw protrusion were quickest and greatest among sharks.

Mackerel sharks, which include the goblin shark, are strong and swift swimmers inhabiting the epipelagic zone of the ocean. But the goblin shark is an exception in having weak and slow swimming ability and inhabiting the deep-benthic zone. Phylogenetic and biological evidence suggests that the feeding of the goblin shark is an adaptation to the deep sea and food-poor environments, as a trade-off for the loss of strong swimming ability.

### 6. 北太平洋におけるアブラツノザメの分布の推定

#### Spatial distribution of spiny dogfish *Squalus suckleyi* in the North Pacific

矢野寿和<sup>1</sup>・大下誠二<sup>2</sup>・金岩 稔<sup>3</sup>・服部 努<sup>1</sup>・福若雅章<sup>4</sup>・永沢 亨<sup>5</sup>・田中 彰<sup>6</sup>

1 独立行政法人水産総合研究センター 東北区水産研究所 2 独立行政法人水産総合研究センター 国際水産資源研究所 3 東京農業大学 アクアバイオ学科 4 独立行政法人水産総合研究センター 西海水区水産研究所 5 独立行政法人水産総合研究センター 北海道区水産研究所 6 東海大学 海洋学部

Toshikazu Yano<sup>1</sup>, Seiji Ohshima<sup>2</sup>, Minoru Kanaiwa<sup>3</sup>, Tsutomu Hattori<sup>1</sup>, Masa-aki Fukuwaka<sup>4</sup>,

Toru Nagasawa<sup>5</sup> and Sho Tanaka<sup>6</sup>

1 Tohoku National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency 2 National Research Institute of Far Seas Fisheries, Fisheries Research Agency 3 Tokyo University of Agriculture, Department of Aqua-Bioscience and Industry 4 Seikai National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency 5 Hokkaido National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency 6 Tokai University, School of Marine Science and Technology

【目的】北太平洋産アブラツノザメ *Squalus suckleyi* の分布に関する近年の知見は沿岸域や沖合域で局所的に報告されており、本種は北はベーリング海北部、南は天皇海山、西は日本海、東はアメリカやメキシコの西海岸に出現し、北太平洋公海上において東西方向に広く分布している。アブラツノザメの行動を左右ないし制限する要因として水温や餌生物が知られており、水温6~12°Cでの出現が多いことや利用可能な餌豊度が季節的に増加する際に帰集することが報告されている。本研究では、これまでに知見の乏しかった日本海を含めた北太平洋北部におけるアブラツノザメの水平分布を明らかにすることを目的とし、水温や餌生物と出現率の関連性について統計モデルを用いて解析を行った。

【材料と方法】解析には日本海（1972-1999年）および北太平洋（1972-2011年）における「さけ・ます流し網調査データ」と「しまがつお流し網調査データ」（1978-1984年）を用い、一般化加法モデル（GAM）により分布の解析を行った。アブラツノザメの主生息域は海底付近であると考えられている。各流し網調査はアブラツノザメを主調査対象種としたものではなく、本種の主生息域とは異なる表層域が調査対象域となっている。一方で、アカイバルタグや食性解析等の結果から本種の行動として表層域への浮上は稀有な現象ではないことが報告されている。これらのことから、本種分布の推定について量的な評価は適切でないと判断し、応答変数には在・不在の二項データを採用した。説明変数には緯度、表面水温（SST）、餌を用い、誤差項には二項分布を仮定した。

**【結果と考察】**GAMによる結果から本種の出現確率に水温や餌生物が有意に作用することが示され、マイワシやスケトウダラの漁獲回数が多かった1980年代にはアブラツノザメがこれらの餌生物を捕食するために他の年代よりも活発に表層域へ浮上していたことが示唆された。また、本種の分布はアラスカ湾と日本海北部に出現率の高い2つの海域を示した。これら両海域は低い出現確率で東西に帶状につながっていた。アラスカ湾の結果は過去の知見と一致したが、日本海北部に示された出現率の高い海域は既存の知見と異なった。日本周辺海域における本種の漁獲量は津軽海峡周辺海域で多いことから、当該海域は主分布域のひとつであると考えられる。日本周辺海域において、本種は季節回遊を行うことが知られており、春夏期に北上、秋冬期に南下を行う。本研究で用いたデータの大部分は春夏期に実施された調査によって得られたものである。したがって、本研究の結果は夏期の分布を反映していると考えられ、日本海北部と既存の知見との分布の違いは、潜在的な豊度が津軽海峡周辺と比較して日本海北部で高いためではなく、本種の北上に伴う季節的な分布の違いが反映されたものと考えられた。本種の分布の推定として、他の統計モデルを用いた解析も行っている。

## 7. 東シナ海北部におけるガンギエイの生態学的特性

### Biological aspects of Japanese common skate, *Dipturus cf. kwangtungensis* in the northern East China Sea.

○原康二郎・古満啓介・山口敦子（長大院水環）

Koujiro Hara, Keisuke Furumitsu and Atsuko Yamaguchi (Graduate School of Fisheries Science and Environmental Studies, Nagasaki University)

**【目的】** ガンギエイ *Dipturus cf. kwangtungensis* は青森県以南の日本沿岸から、黄海、東シナ海、南シナ海北部にかけて分布する中型のガンギエイ科魚類である (Ishihara, 1987; 山田ら, 2007; 波戸岡ら, 2013)。ガンギエイは、日本では漁業資源として利用されており、主に東シナ海の以西底曳網で漁獲されているが、その生活史に関する知見は極めて乏しい。そこで、本研究室では2011年以降、本種の生活史解明を目的として年齢、成長、繁殖および食性といった生態学的特性について調査を行っている。また、最近になって日本産の個体が南シナ海産の記載標本とは別種である可能性が指摘されたことから (Last and Lim, 2010)，分類学的な再検討にも取り組んでいる。本発表では、これまでに演者らが調査を行った東シナ海北部におけるガンギエイの生態学的特性について報告する。

**【方法】** 材料には、2009年4月から2014年11月にかけて長崎大学練習船長崎丸によるトロール調査と以西底曳網によって東シナ海北部で採集された合計582個体のガンギエイを用いた。研究室で測定と解剖を行った後、年齢査定のため、脊椎骨を取り出して椎体切片を作成した。各個体の

年齢と全長とを雌雄別に von Bertalanffy の成長式に当てはめ、成長の解析を行った。解剖の際、各個体の成熟段階を生殖器官の発達状態によって成熟、成熟途中、未成熟の3つに区分し、これをもとに成熟サイズ・年齢の推定を行った。各月における、成熟個体の生殖腺重量指数 (GSI)、成熟雌の最大卵巣卵径 (MOD) および卵殻の出現頻度に基づき、繁殖周期を推定した。また、食性解析のため、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、可能な限り低位の分類群まで査定し、出現頻度 (%F)、重量% (%W)、Ranking Index (RI) などを算出した。

**【結果】** 採集されたガンギエイの全長範囲は雄で111~600 mm、雌で115~684 mmであった。縁辺成長率の経月変化から、透明帯は夏から秋にかけて年1輪形成されると推定された。最高年齢は雄13歳、雌15歳であった。成長曲線からは、5~6歳までは雌雄の成長はほとんど変わらないものの、それ以降は雌の方が大きくなることが明らかとなつた。50%成熟全長および年齢は雄で507 mm、8.2歳、雌で570 mm、9.4歳とそれぞれ推定された。

雌雄とも GSI には明瞭な季節変化は見られなかった (Kruskal-Wallis, ともに  $P > 0.05$ )。また、各月の成熟雌は全て直径20 mm以上の大型の卵巣卵を有しており、MOD にも明瞭な季節変化は見られなかった (Kruskal-Wallis,  $P > 0.05$ )。さらに、成熟雌のサンプルが得られていない7月と12月を除く全ての月で子宮内に卵殻を有する個体とそうでない個体が混在して出現した。以上のことから、ガンギエイの産卵期は周年によび、その間、繰り返し産卵していることが明らかとなった。一方で、成熟雌の卵殻保有率には顕著な季節変化が見られたことから、常に同じペースで産卵を行なっているわけではなく、産卵頻度に季節性があることが示唆された。

胃内容物からは、少なくとも13目25科16種以上の餌生物が出現した。全体の空胃率は3.35%，胃内容物重量指数は平均で0.64%であった。%Wで比較すると、最も重要な餌生物は魚類で、次いでカニ類やエビ類が大きな割合を示した。魚類では、ホウボウ科やネズッポ科、カニ類ではワタリガニ科、エビ類では、マルソコシラエビなどのコエビ類やクダヒゲエビ科が多く出現していた。雌雄間で食性に明瞭な差は見られなかつたが、成長による変化が顕著であった。小型個体ではエビ類やコシオリエビ類が主な餌生物であったが、成長に伴つてこれらの占める割合が減少し、魚類やカニ類の割合が増加した。

## 8. 東シナ海・日本海における表層生態系の構造 解析：プランクトンからサメまで

### Pelagic food web based on stomach contents and stable isotope ratios ( $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ ) in the East China Sea and Japan Sea; from plankton to sharks.

大下誠二<sup>1,2</sup>・田中寛繁<sup>1,3</sup>・西内耕<sup>1,4</sup>・安田十也<sup>1</sup>

Seiji OHSHIMO, Hiroshige TANAKA, Kou

NISHIUCHI and Tohya YASUDA

1: (独) 水研セ・西海水研、2: 同・国際水研、3:

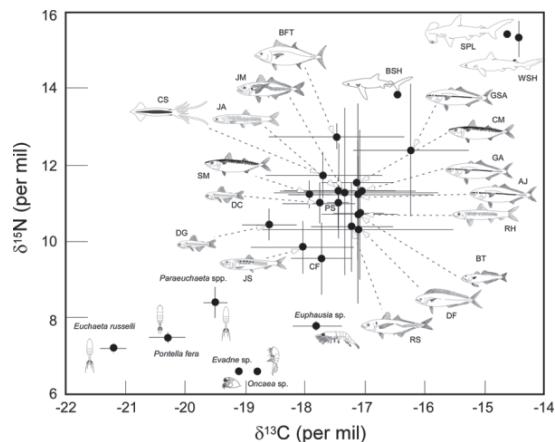
同・北水研、4：同・本部

1: Seikai National Fisheries Research Institute, 2: National Research Institute of Far Seas Fisheries, 3: Hokkaido National Research Institute, 4: Fisheries Research Agency

**【目的】**東シナ海は広大な大陸棚を有し、中国大陆から河川水により豊富な栄養素が流入していくことから魚類をはじめとする海洋生物の生産性が高い海域として知られる。日本海は東シナ海に隣接し、これらの海域間では、クロマグロをはじめ多くの海洋生物が移動・交流を行っている。本研究はこれらの海域におけるサメ類を含む表層性魚類の食性および炭素・窒素安定同位体比から生態系の基本的な構造について解析することを目的とした。

**【方法】**プランクトンサンプルは、主に NORPAC ネット（口径 45cm、目合約 0.3mm）で得た。魚類サンプル（サメ類を含む）は、調査船調査（中層トロール）もしくはまき網・定置網・釣漁業などで漁獲されたものを用いた。魚類サンプルは、胃内容物を肉眼もしくは顕微鏡下で種別・分類群毎に個体数を記録した。また、一部のサンプルでは筋肉を摘出し、常法にしたがって炭素・窒素安定同位体比を測定した。

**【結果と考察】**魚類の胃内容物を観察したところ、成長とともにプランクトン食性から魚食性に変わるグループ（アジ科魚類、シイラなど）と、どのステージでもプランクトン食性のグループ（イワシ類、ハダカイワシ類など）に分けられた。サメ類は魚食性と考えられた。炭素・窒素安定同位体比の結果（平均値）をみると、動物プランクトンでは ( $\delta^{13}\text{C} = -19.5\text{\textperthousand}$ ,  $\delta^{15}\text{N} = 7.4\text{\textperthousand}$ 、以後並び同じ)、プランクトン食性魚類では (-17.6%, 10.5%)、魚食性魚類では (-16.7%, 11.9%)、サメ類では (-15.0%, 15.0%) であった（図参照）。また、ほとんどの種で、体長の増加とともに炭素・窒素安定同位体比は増加した。全ての計測個体について、体長・体重と窒素安定同位体比の関係をみると、log 変換した体長・体重と線形の関係が認められた。ここで、1 栄養段階上がるための窒素安定同位体比の濃縮係数を 3‰ と仮定した場合、1 栄養段階の捕食者-被食者の体重比は  $10^3$  のオーダーであることが分かった。これらの結果は、表層生態系のモデル構築に寄与すると考えられる。



## 9. 有明海およびその周辺海域におけるナルトビエイの長期生態モニタリング

### Long-term biological study of *Aetobatus narutobiei* in western coastal areas in Kyushu

山口敦子・古満啓介（長大院水環）

Atsuko Yamaguchi and Keisuke Furumitsu

Graduate School of Fisheries Science and Environmental Studies, Nagasaki University

九州最大の内湾域である有明海では、90 年代後半からナルトビエイが増加し、その餌である二枚貝への捕食圧が増加したことにより、二枚貝漁獲量の深刻な減少をもたらしたと考えられた。そのため、二枚貝の保護を目的に、有明海では 2001 年からナルトビエイの駆除事業が実施されるようになった。ナルトビエイの駆除量は、2005 年の 521 トンをピークに現在に至るまで減少傾向にある。ナルトビエイによる二枚貝類の食害が問題となった当初は、その生態についてはほとんど不明であり、温暖化のため南方から九州沿岸に来遊するようになったものと考えられていた。そこで、演者らは 2000 年から有明海およびその周辺海域を主なフィールドにその成長や成熟、食性等の生活史、季節回遊、行動生態、系群構造などについての調査を開始し、現在に至るまでの約 15 年間、定期的なモニタリングを継続してきた。その間、生活史についての多くが解明でき、不明であった冬季の越冬場所についての情報も蓄積されつつある。ナルトビエイは、五島列島奈留島所属の巻網船により持ち込まれた個体に基づき 1989 年に日本で初めて正式に報告され、インド原産の *Aetobatus flagellum* と同種であると考えられてきたが、演者らのその後の検討で未記載種であることがわかった。2013 年 12 月以降、新たな学名は *Aetobatus narutobiei* となり、本種はベトナムから日本にかけて分布する東アジアの特産種であることも明らかになった。遺伝子解析の結果では、有明海と同様に食害が問題視されている周防灘との間に遺伝的な差がないことも明らかになっている。また、ナルトビエイは少なくとも九州には古くから生息しており、温暖化のために南方から来遊するようになったわけではなかった。

長期にわたるモニタリングにより、ナルトビエイについて多くのことが明らかになる一方で、駆除の継続により種々の変化が生じたことも分かった。駆除による漁獲量は 2005 年以降現在に至るまで一貫して減少傾向にある。近年ではナルトビエイが捕獲される海域が異なってきたことに加え、捕獲されるサイズには小型化の傾向が認められる。また、ナルトビエイの主な餌生物である貝類の種組成には変化が見られており、当初はタイラギやアサリが中心であったのに対し、近年ではサルボウなどが主である。アルゴス送信機によるナルトビエイの移動追跡調査の結果はそれを裏付けるように、餌生物の変化に伴い行動範囲が大きく変化したことを示した。有明海と接する八代海でも同様に、ナルトビエイの増加が認められているが、その出現時期やサイズ組成などが異なっているため、両海域での往来についても調査している。

シンポジウムでは、この15年間に及ぶナルトビエイのモニタリングの結果から、特にナルトビエイに見られた変化を中心に報告する。

## 10. スミツキザメの年齢解析

### Age and growth of *Carcharhinus tuitjot* in northwest Kyushu, Japan

伊藤毅史 (佐賀県有明水振セ)・古満啓介・山口敦子  
(長大院水環)

Takeshi Ito (Saga Prefectural Ariake Fisheries Research and Development Center), Keisuke Furumitsu and Atsuko Yamaguchi (Graduate School of Fisheries Science and Environmental Studies, Nagasaki University)

【はじめに】日本産スミツキザメにはかつて *Carcharhinus dussumieri* が適用され、インド洋から北部太平洋の日本近海に至るまで広く分布する種であると考えられていた。しかし近年、White et al. (2012) により分類学的再検討がなされ、*C. dussumieri* とされていたものには *C. tuitjot* が含まれていたことが明らかにされた。それを受けて日本産スミツキザメの学名について検討を行い、日本産については *C. tuitjot* を用いるのが妥当であるとの結論に至った (古川ら、2014)。*C. tuitjot* の新たな分布域は、インドネシアから台湾、日本の沿岸域となり、分布の北限となる日本では、九州沿岸や土佐湾など、比較的暖かい海域に分布していることがわかった。スミツキザメは、有明海およびその周辺海域において刺網や底曳網などによって漁獲され、漁業資源として利用されている。加えて、有明海生態系では高次捕食者として重要な生態的地位を占めていることも明らかになってきた。しかし、これまでその生活史に関する知見は限られていた。そこで本研究では、日本沿岸域におけるスミツキザメの生活史解明の一環として、本種の年齢解析を行うことを目的とした。

【方法】2006年5月から2011年2月に有明海および長崎県野母崎沖で刺網、底曳網、延縄などにより漁獲された合計147個体（雄；64個体、雌；83個体）のスミツキザメを用いた。スミツキザメは漁獲後、全長、体重、生殖腺重量等の生物測定を行い、第40番目付近の椎体を採取して70%エタノールで保存し、年齢査定のための材料とした。後日、研究室にてサンドペーパーを用いて体軸に対して水平方向に脊椎骨を研磨し、厚さ約0.5mmの椎体切片を作成した。椎体に形成される透明帯の輪数を計数し、各個体について椎体半径と各輪紋径を測定した。測定結果をもとに、Microsoft Excelのソルバーを用いて非線形最小二乗法により von Bertalanffy の成長式を算出した。ロジスティックモデル  $Y = [1 + e^{(aX+b)}] - 1$  から各パラメータを推定し、50%成熟年齢 ( $= -ba - 1$ ) を算出した。

【結果】本研究におけるスミツキザメの全長範囲は雄で392~1088mm、雌で359~1162mmであった。年齢査定に供した147個体のうち、141個体の椎体の輪紋が判読可能であった（判読率95.9%）。脊椎骨の椎体半径と全長の間には有意な相関が認められた。縁辺成長率と椎体の縁辺部に

おける不透明帯の出現頻度の経月変化を調べた結果、輪紋は年に1回、主に6月に形成されると推定された。雌雄の成長には違いは見られず、雌雄あわせた成長式は  $L_t = 1063[1 - \exp\{-0.45(t+1.56)\}]$  と表された。50%成熟年齢は雄で3.5歳、雌で4.0歳とそれぞれ推定された。最高年齢は雄で7歳、雌で9歳と、雌の方が高齢であった。

## 11. ヘラツノザメ胎仔の発達と母体・胎仔間の栄養関係

### Development of embryos and maternal-fetal relations in *Deania calcea*

矢野 渚 (東海大・院・海洋)・小野 信一・田中 彰  
(東海大・海洋)

Nagisa Yano (Grd. Sch. Mari. Sci. Tech, Tokai Univ.), Shin-ichi Ono, Sho Tanaka (Sch. Mar. Sci. Tech., Tokai Univ.)

板鰓類の繁殖様式は非常に多様であるが、すべての板鰓類は発生初期に卵黄に依存していると考えられている。また、発達期間中に一時期外鰓を有しており、外鰓は呼吸器官の他栄養吸収器官としての役割も有している可能性が示唆されている。本研究では、ヘラツノザメ胎仔の発達に伴う血清および子宮内液のタンパク質分子量の変化、卵黄の吸収と外鰓・腸の状態変化などの総合的な研究から母体・胎仔間の栄養関係を明らかにすること、サメ類9種の子宮内あるいは卵殻内液のタンパク質分子量と胎仔の発達状態を調べ、種間における類似点および相違点を明らかにすることを目的とした。

胎仔の発達とそれに伴う子宮内液・血清のタンパク質分子量の変化を調べるためにヘラツノザメを用いた。また、サガミザメ、フトツノザメ、ラブカ、ホシザメ、イタチザメ、オオメジロザメ、レモンザメ、ネムリブカを用いてヘラツノザメと比較した。タンパク質分子量の推定には SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動法を用いた。組織学的観察には走査型電子顕微鏡及び光学顕微鏡を用い、卵黄の柄、外鰓、腸断面の観察を行った。

ヘラツノザメ胎仔の外鰓は全長12mmから伸長し始め、全長60~80mmで最長となり、その後縮小して全長約100mmで消失した。胎仔系重量（体重+外卵黄囊重量）は全長130mm頃から急増した（図1）。また、外卵黄囊重量は全長約100mmから減少し、内卵黄囊重量・肝臓重量は全長約100mmから増加した。腸重量は全長70mm頃から増加した。全長25mm~70mmの胎仔を有する個体の子宮内液からは分子量150KD、20KD付近のタンパク質が確認され、全長100mm以上の胎仔を有する個体の子宮内液のタンパク質量は非常に少なかった（図2）。子宮内液のタンパク質分子量は種により異なっていたが、外鰓の消失した胎仔を有する個体の子宮内液のタンパク質量は種に関わらず非常に少なかった。卵黄柄断面の観察から、ヘラツノザメ、サガミザメ、フトツノザメの卵黄管は血管と比較して大きいのに対し、イタチザメ、ネムリブカの卵黄管は血管とほぼ同じ大きさであることが分かった。卵黄管内壁には全種で

繊毛が確認され、さらにヘラツノザメ、サガミザメでは胎仔の成長に伴う繊毛の発達が確認された。また、外鰓表面の構造は種により異なることが観察された。*Rhizoprionodon terraenovae* 胎仔の外鰓では、タンパク質吸収マーカーとして利用した西洋ワサビペルオキシダーゼ (40~45KD) の吸収が観察されており、外鰓にはタンパク質吸収機能があると考えられている (Hamlett 1985)。これらのことから、栄養は発達初期には子宮内液から外鰓を用いて供給され、発達後期になり外鰓が吸収されると外卵黄嚢から供給されるようになると考えられる。

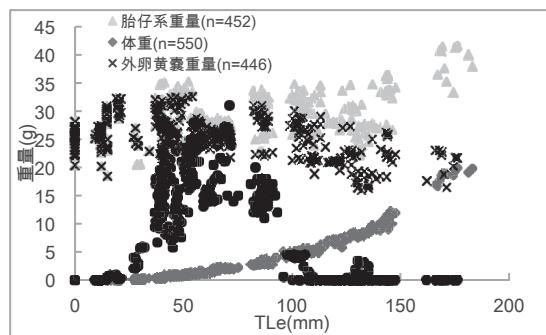


図1 ヘラツノザメ胎仔の全長 (TLe) と各重量の関係

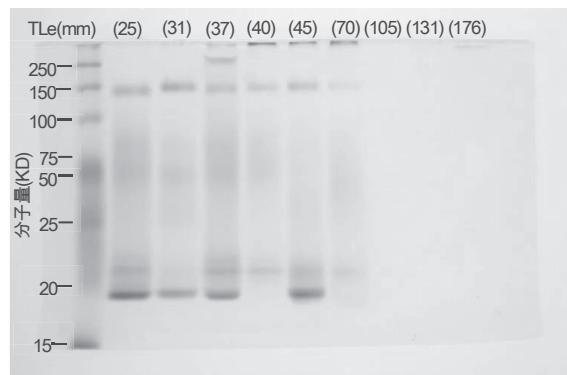


図2 SDS-PAGE によるヘラツノザメ子宮内液の電気泳動像

## 12. 板鰓類における母体依存型繁殖の再検討

### A review of the matrotrophic reproduction in elasmobranchs

佐藤 圭一・中村 将

Keiichi Sato & Masaru Nakamura

Okinawa Churashima Research Center

母体依存型の繁殖様式をもつサメ・エイ類は、いわば卵黄由来の栄養だけでなく母体に由来する何らかの栄養供給を行うことにより、子宮内で胎仔を長期間養い、大きく成長した仔ザメを出産する。多くの真骨魚類が卵生・胎生を問わず、ふ化までの全発生段階で栄養を卵黄に依存しているのに対し、胎生のサメ・エイ類では、分類群の違いや発生段階により、多種多様な母体から胎仔への栄養供給がみられる。演者らは、様々なサメ・エイ類の生殖器官を比較

観察する過程で、従来の仮説では説明が困難な事象に直面してきた。そこで、いくつかのサメをモデルとして、胎仔、子宮、卵巣などの観察を行い、母体から胎仔への栄養供給の様式を再検討した。

母体依存における栄養供給の様式は、近年の研究によると以下の通りに類型化できる。大まかにいえば、組織栄養 Histotrophy (粘液性 Mucoid histotrophy や脂質性 Lipid histotrophy を含む)、卵食・共食 Oophagy & Adelphophagy、胎盤形成 Placental に分類されると言われるが、このうち組織栄養分泌に関しては著しく多様化していることから、特に議論の中心となる可能性が高い。特にイタチザメに関しては、上述の粘液性と脂質性とも異なる特徴をもっており、新たな組織栄養型の繁殖様式として定義することを検討した。また、卵食型のホホジロザメについても、発生初期に子宮栄養絨毛糸 (Trophonemata) に類似した組織から、アカエイ類に見られるような脂質性の組織栄養分泌を行っていることが示唆される観察結果を得た。

今後必要とされる手法として、非致死的な観察法(超音波・CT・血液分析など)、および致死的な研究である組織学・内分泌学・遺伝学的手法、さらには分泌物を解析するための化学分析が不可欠であり、多方面にわたる研究協力が必要である。

## 13. サメは発生途中で呼吸様式を切り替える。 Shark switches its respiratory mechanism during the mid-embryonic period

富田武照 (北海道大学総合博物館)・中村将・佐藤圭一・高岡博子・  
戸田実 (沖縄美ら島財団)・川内淳郎・仲谷一宏 (北海道大学)

魚が鰓呼吸を行うとき、口から水を吸い、鰓孔から排出するという行動を行う。この呼吸行動は口腔ポンプ (buccal pumping) といい、我々の呼吸行動の起源とも言われている。サメはかなり大きいサイズになるまで卵殻内や母胎内で過ごすため、口腔ポンプによる効率の良い呼吸が胎児にとって不可欠であると考えられている。しかし、この口腔ポンプには口腔内の容積を変え、口腔内や鰓孔の弁を使って一定方向の水流を作るための複雑な仕組みが必要であることから、発生途中までは別の呼吸方法を用いてことが予想される。しかし、どのような発生過程を経て口腔ポンプが獲得されているのか、その詳細は分かっていない。

私は沖縄美ら島研究センターのグループは、トラザメの胎児の行動と体の発生を観察することで、口腔ポンプがいかに獲得されるのか調査を行った。その結果、胎児が全長 4-5cm 程度になると、口腔ポンプを開始し、そのタイミングで口腔ポンプに必要な体の仕組みが揃うことが明らかとなった。具体的には、①舌弓骨格・筋肉系の完成、②口内弁の形成、③内鰓 (鰓孔の内側の鰓) に血管が形成などである。これらのことから、おそらくトラザメ胎児は全長 4-5cm 前後で、口腔内に水を通して、鰓孔から水を出す仕組みを完成すると考えられる。この結果は、トラザメの外鰓

が、なぜ発生前期にのみ発達するのかという疑問にも説明を与える。外鰓とは軟骨魚類の胎児に現れる構造で、繊維状の鰓が鰓孔の外側に発達する。外鰓の長さの成長変化を調べると、胎児が4cm前後までは伸長するものの、それ以降は退縮する。このことはつまり、全長4cm前後に外鰓から内鰓へと呼吸器官としての役割が移行している可能性を示唆する。外鰓は、口腔ポンプによって内鰓に水を通すことができるようになるまで、酸素吸入を鰓孔の外側で行うための器官であると考えられる。

胎児が4cm前後において卵殻内の酸素環境は大きく変化すると考えられている。4cm以前には卵殻は外界から閉鎖され、卵殻内部の酸素濃度は極めて一定である。しかし胎児が4cm前後になると卵殻の内外で水を交換するようになり、酸素濃度が大きく変動するようになる。口腔ポンプでは、呼吸回数を変化させることで胎児が自発的に酸素吸入量を調整できることから酸素濃度が変化する環境では有利な呼吸様式である。そのため、酸素濃度が変動するようになる全長4cm前後に、胎児は口腔ポンプを開始している可能性がある。同様の呼吸行動の発達が、胎生の板鰓類にも見られるのか、どのような進化過程を経て獲得されたのか現在研究中である。

#### 14. ココノホシギンザメ *Hydrolagus barbouri* の視覚特性

Visual features of the Japanese nine-spot ratfish,  
*Hydrolagus barbouri*

六車香織・川内惇郎・山本直之(名大院生命農)  
Kaori Muguruma・Junro Kawauchi・Naoyuki Yamamoto  
(Grad. Sch. Bioagr. Sci., Nagoya Univ.)

網膜神経節細胞(GC; retinal ganglion cell)は網膜の主に神経節細胞層に存在し、網膜内で処理された視覚情報を軸索(視神経を形成する)を通じて中枢へ送る唯一の出力細胞である。またGCは生物種の生態や生息環境に対応した様々な網膜内分布様式を示すことが知られている。板鰓類では多くの種においてGCの分布様式が調査されているが、全頭類においてはアカギンザメ属の *Hydrolagus mirabilis* (Collett, 1904) 1種のみ調査がなされている (Bozzano and Collin, 2000)。一方本分類群における空間分解能(網膜の解像度の指標となる)については一切調査されていない。そこで本研究ではギンザメ類のより正確な視覚特性を推測するために、東北沖において採集されたココノホシギンザメ *Hydrolagus barbouri* (Garman, 1908) 1個体を使用し、本種におけるGCの網膜内分布様式およびそれから算出される空間分解能について調査を行った。

Nissl染色を行った網膜の伸展標本を観察した結果、本種のGCに大小の亜集団が存在する可能性が示唆されたため、両細胞群がともに多く存在する領域において神経節細胞層内のGCの面積を計測し、その頻度分布を調べた。その結果、板鰓類と同様に本種においても、サイズの異なる大小2つの亜集団が存在することが明らかとなった。そのため既報の *Hydrolagus mirabilis* とは異なり、両集団を区別

して分布様式を調べたところ、2つの細胞群はともに網膜のやや背側部に Horizontal streak と呼ばれる水平な帶状の高密度領域を形成した。本発表では得られた結果と既報を比較し、推測される本種の視覚特性について報告する。

#### 15. ジンベエザメ成熟オスの槽内行動

松本留偉・植田啓一・松本葉介・村雲清美(沖縄美ら海水族館)・  
鈴木美和(日大生物資源)・佐藤圭一(沖縄美ら島財團)

沖縄美ら海水族館では2014年11月現在で飼育年数19年8ヶ月となるオスのジンベエザメ(全長8.5m)が「黒潮の海」大水槽(7500m<sup>3</sup>)において飼育・展示されている。本個体は2011年8月からクラスパーが急激に伸長し、11ヶ月後の2012年7月以降その伸長が止まり、現在まで変化は認められていない。2012年4月にはクラスパーを交差し全体を反転させる行動が観察され始め、同年8月には白濁した液体を放出する行動も確認されている。これと同時期に血中のテストステロン濃度も上昇していることから、2012年夏季すでに性成熟に達していると推測される。さらに、2014年5月頃から同じ水槽で飼育・展示されているメスのジンベエザメ2個体(全長7.3m, 7.2m)に対し、追尾する行動が観察された。

そこで本研究はクラスパーを交差させる行動と成熟後に認められた追尾行動の変化を2012年6月から現在まで観察するとともに、血中のテストステロン濃度の変化も併せて観察し、槽内における成熟オスの行動特性を調査することを目的とした。その結果、水温が25~28°Cに上昇する6月から8月前半にクラスパーを交差する行動が目立ち、水温が最高となる8月後半からその頻度が徐々に減少することが明らかとなった。また、メスへの追尾行動も6月から7月後半に多く見られたが、8月には徐々に減少し、水温が最も高かった8月後半頃を境に、この行動が認められなくなった。これらのことから、生殖に関わる行動が夏季の始まりの水温が25~28°Cの範囲で行われる可能性が示唆された。

#### 16. 日本海および東シナ海におけるガンギエイの遺伝的集団構造

Genetic population structure of the Japanese common skate *Dipturus cf. kwangtungensis*

in the Sea of Japan and the East China Sea

日下貴裕(近大農)・原康二郎・古満啓介・山口敦子(長大院水)・柳下直己(近大院農)

Takahiro Kusaka(Faculty of Agriculture, Kinki University)・Koujirou Hara, Keisuke Furumitsu, Atsuko Yamaguchi(Graduate School of Fisheries Science and Environmental Studies, Nagasaki University)・Naoki Yagishita(Graduate School of Agriculture, Kinki University)

**【目的】** ガンギエイ *Dipturus cf. kwangtungensis* は、日本各地、黄海、東シナ海、南シナ海北部に分布しており、練製品や乾製品の原料となるほか煮付けや刺身にも利用されている。現在、世界的に底生大型エイ類の絶滅が危惧されており、本種についても適切な資源管理を行うためには、遺伝的集団構造を把握する必要がある。そこで、本研究では日本海産および東シナ海産のガンギエイの遺伝的集団構造を把握することを目的とした。

**【方法】** 日本海産 19 個体および東シナ海産 22 個体の計 41 個体を用いた。筋肉組織から DNA を抽出後、ミトコンドリア DNA のシトクロム *b* (*Cyt b*) 遺伝子を PCR により増幅し塩基配列を決定した。さらに、データベースに登録されている韓国産 1 個体と台湾産 1 個体の塩基配列を解析に加えた。塩基配列データを基に近隣結合 (NJ) 樹および Minimum Spanning Network (MSN) を作成し、ハプロタイプ多様度 (*h*)、塩基多様度 ( $\pi$ )、および地理的集団間の *FST* 値を求めた。また、Tajima's *D* と Fu's *Fs* による中立性の検定を行うとともに、ハプロタイプのミスマッチ分析を行い 10,000 回のブーストラップ反復による集団拡大モデルによるシミュレーション結果と比較した。モデルとの有意差は、sum of squared deviation (*SSD*) および Harpending's raggedness index (*Hri*) の検定によって判断した。ミスマッチ分析により求められた  $\tau$  値およびガンギエイ科において推定された塩基置換速度 0.005–0.008/million years (Chevrolot et al. 2006) を基に集団が拡大した年代を推定した。

**【結果】** 合計 43 個体から *Cyt b* 遺伝子の相同な 692 塩基が得られた。16 の座位で塩基置換が見られ、16 種類のハプロタイプが検出された。日本海産および東シナ海産とともに *h* は高く  $\pi$  は低かった (日本海産 : *h* = 0.620 ± 0.099,  $\pi$  = 0.0030 ± 0.002; 東シナ海産 : *h* = 0.883 ± 0.047,  $\pi$  = 0.0037 ± 0.002)。両集団間の *FST* 値は -0.016 (*P* = 0.542) と低く、NJ 樹と MSN においても、両集団間に明確な遺伝的差異は示されなかった。Tajima's *D* と Fu's *Fs* はともに負の値を示し [Tajima's *D* = -1.177 (*P* = 0.118), Fu's *Fs* = -26.797 (*P* < 0.001)], ミスマッチ分析では *SSD* と *Hri* の値は低く集団拡大モデルからの有意な逸脱は認められなかった [*SSD* = 0.009 (*P* = 0.551), *Hri* = 0.028 (*P* = 0.819)]。また、集団の拡大は、約 310,000 – 490,000 年前の更新世中期に起こったと推定された。この時期は氷期と間氷期を繰り返し気候に大きな変動が生じていたと考えられており、厳しい環境にさらされ個体数が減少した後、環境の回復に伴い集団を急速に拡大したと考えられる。

## 17. 魚類環境 DNA 用ユニバーサルプライマーの開発と次世代シーケンサを用いた環境水分析法の確立：美ら海水族館の環境水から検出に成功した板鰓類

**Universal primers for environmental DNA from fishes and its analysis using an NGS platform: Detection of elasmobranchs from a huge tank in Churaumi**

### Aquarium

宮 正樹 (千葉中央博)・佐藤行人 (東北大)・福永津嵩 (東大院)・佐土哲也 (千葉中央博)・佐藤圭一 (美ら島財団)・源 利文 (神戸大院)・山中裕樹 (龍谷大)・荒木仁志 (北大院)・岩崎 渉 (東大院)

Masaki MIYA (Natural History Museum and Institute, Chiba), Yukuto SATO (Tohoku University), Tsukasa FUKUNAGA (The University of Tokyo), Tetsuya SADO (Natural History Museum and Institute, Chiba), Keiichi SATOH (Churaumi Aquarium), Toshifumi MINAMOTO (Kobe University), Hiroki YAMANAKA (Ryukoku University), Hitoshi ARAKI (Hokkaido University) and Wataru IWASAKI (The University of Tokyo)

近年、環境水中に魚類由来の DNA が含まれていることが明らかになり、その分析法が急速に発展している。本研究は、3 万種を超える全魚類の種判別が可能な領域を增幅するユニバーサルプライマーの開発を第一の目的とした。さらに、実際の環境水から得られた DNA をテンプレートとして本プライマーを用いた PCR 法による増幅を行い、次世代シーケンサを用いたその産物の超並列的分析 (メタゲノミクス的解析) が可能かどうか検証することを第二の目的とした。データベースからダウンロードした魚類 880 種のミトゲノム全長配列を網羅的に解析することにより、豊富な変異を含み両端が保存的な領域約 220 bp を rRNA 遺伝子内に発見した。これら二つの保存的な領域にプライマーを設計し、無頸類、軟骨魚類、条鰓類を含む計 96 種の抽出 DNA を用いて PCR を試みたところ、全魚種で良好な PCR 産物が得られた。このプライマーを用いて、美ら海水族館の水槽ならびに隣接する備瀬の海岸から得られた環境 DNA (環境水を濾過してフィルター上にトラップされた DNA) の増幅を試みたところ、分析に必要な十分量の産物が得られた。さらに、異なるサンプルを識別するインデックス配列を附加したこれらの PCR 産物を用いてイルミナ社 MiSeq による超並列シーケンスを試みたところ、水槽や天然海水の魚類相を反映する配列データが得られた。当初は検出される板鰓類の配列が少なかったが、板鰓類の配列により適合したプライマーを加えて PCR を行うことにより、飼育記録があるほぼ全種の DNA を環境水中から検出することができた。本手法を用いることにより、わずか数リットルの環境水から全世界の水域の板鰓類相を超並列的かつ半定量的に解析できる可能性が出てきた。

### P1. フィリピンで採集されたガンギエイ科オカメエイ属の1未記載種

**An undescribed skate of the genus *Okamejei* collected from the Philippines**

○三澤 遼<sup>1</sup>・Ricardo P. Babaran<sup>2</sup>・Ulysses B. Alama<sup>3</sup>・遠藤広光<sup>1</sup>

(1 高知大学理学部, 2 フィリピン大学ビサヤ校, 3 フィリピン大学ビサヤ校自然史博物館)

Ryo Misawa<sup>1</sup>・Ricardo P. Babaran<sup>2</sup>・Ulysses B. Alama<sup>3</sup>

and Hiromitsu Endo<sup>1</sup>

(1Laboratory of Marine Biology, Faculty of Science,  
Kochi University, 2University of the Philippines Visayas,  
3Museum of Natural Science, University of the  
Philippines Visayas)

ガンギエイ科オカメエイ属 *Okamejei* は尾部背面に雌では5列、雄では3列の肥大棘をもち、吻軟骨長は頭長の60%以下と短いことで特徴付けられる小型軟骨魚類である。本属にはインド洋・西部太平洋から 16 有効種が知られ、近年南シナ海からは 3 新種が相次いで報告された。それらのうち、*O. mengae* Jeong, Nakabo and Wu, 2007 とカイラカスペ *O. cairae* Last, Fhami and Ishihara, 2010 は体盤背面に小黒点をもつこと、体盤腹面のロレンチニ氏瓶の最後方の列が等間隔に並び大きな W 字状をなすことで、イサゴガンギエイ *O. boesemani* (Ishihara, 1987) もしくはキテンカスペ *O. hollandi* (Jordan and Richardson, 1903) に類似する（以下イサゴガンギエイ類似種群）。今回、これまでに記載されたイサゴガンギエイ類似種群のいずれの種にも該当しない全長 304 mm の雄 1 個体がフィリピンのパナイ島沖のスルーア海から採集された。この標本は体盤背面に小黒点と淡色斑が散在すること、交接器長は全長の 22.7% と成熟段階に近く、小型種であることからキテンカスペに最も類似するが、体盤腹面の体色や眼径、第 1-2 背鰭間の距離などに相違がみられた。本標本の腹面は全体が白味を帯び、ロレンチニ氏瓶の開口部や左右の前担鰭軟骨周辺のみ褐色になるのに対して、キテンカスペの腹面は一様に暗色である。また、本標本はキテンカスペと比較して眼径が頭長の 21.7% と大きく（vs. 15.9-20.0%）、第 1-2 背鰭間が全長の 3.6% と狭い（vs. 4.5-6.4%）ことで明瞭に区別できる。一方、本標本は眼径の比率ではメダマカスペ *O. meerdervoortii* (Bleeker, 1860) にも類似するが、眼前吻長が全長の 13.7% と短い（vs. 14.5-16.7%）ことで異なる。

## P2. ネコザメ白血球のフローサイトメトリーによる解析

### Flow cytometric characterization of Japanese bullhead shark leukocytes

○中村直也・朝比奈潔・苦名充（日本大学生物資源科学部）

○Naoya Nakamura, Kiyoshi Asahina and Mitsuru Tomana

（College of Bioresource Sciences, Nihon University）

抗体や T 細胞等のリンパ球が働く獲得免疫は有頸脊椎動物において初めて認められるが、軟骨魚類はその中でも最も祖先種に近いと考えられ、獲得免疫の進化研究において重要なモデルと考えられる。他の脊椎動物と同様軟骨魚類においても、免疫系の細胞である白血球としてリンパ球・栓球・マクロファージ・顆粒球が認められる。哺乳類等において各白血球タイプの解析には、抗体等の細胞表面マーカーが一般的に用いられるが、軟骨魚類においては使用で

きる抗体は現在のところほとんど知られていない。そのため高度に濃縮された各白血球タイプを用いた機能や活性等についての細胞生物学的な研究は、軟骨魚類においてはほとんど進んでいないのが現状である。そこで本研究では、特異的な糖鎖結合タンパク質であるレクチンについて、細胞表面マーカーとしての適用性に関する検討を行った。

レクチン結合性の解析はフローサイトメトリー法により行い、その際 Peanut Agglutinin (PNA) に代表されるレクチン群、すなわち Gal β 3GalNAc を認識するタイプを主に使用した。また白血球としては、ネコザメ (*Heterodontus japonicus*) 由来の末梢血白血球を用いた。その結果、複数のレクチンによる多重染色を行うことで、特に白血球のうち細胞内の構成がより単純なリンパ球・栓球集団のレクチン結合性については、少なくとも 3 つ以上の集団に分類することができた。今後これらのレクチンを用いて、主要な免疫組織である脾臓について免疫組織化学を行うことで、レクチン結合性により分類される白血球のタイプや分化段階等について検討を進めたい。

## P3. 駿河湾で採取したメガマウスの PCBs と DDT の蓄積

### Bioaccumulation of PCBs and DDT in the Megamouth Shark *Megachasma pelagios* in Suruga Bay, Japan.

堀江 琢・田中 彰（東海大洋）

Taku Horie and Sho Tanaka

School of Marine Science and Technology, Tokai University

目的：メガマウス *Megachasma pelagios* は、1976 年にハワイ沖にて世界で初めて発見された。全長 5m を超える大型のサメ類であるにもかかわらず、これまで世界での記録として残っている発見例は 60 例を超えた程度しかない。高次捕食者であるサメ類は、有機塩素化合物など生物濃縮される汚染物質を高濃度で蓄積することが知られているが、プランクトン食性のサメ類における蓄積に関する報告はなく、また日本周辺海域に生息する深海性サメ類に関する報告は少ない。そこで本研究では、水深 200m 前後の深海域に生息し、プランクトン食性とされる本種に蓄積している、PCBs と DDT の代謝産物である DDE の蓄積について明らかにすることを目的とした。

方法：試料は、2014 年 4 月 14 日に静岡県静岡市清水区由比沖にある定置網に入網した、全長 446cm、体重 677 kg の雌の肝臓と筋肉を使用した。PCBs と DDE の分析は脂質をヘキサンとアセトンの有機溶媒で振とう抽出し、JIS K 0093 に準じて抽出・精製を行い、電子捕獲型検出器付きガスクロマトグラフ分析計 (GC-ECD) を用いて測定した。肝臓については、Supelco 製 Supelclean Sulfoxide カラムにて脂質の分離を行った。

結果：筋肉中の脂質含有率は 0.11% であった。PCBs は 19 成分検出され、脂質重量あたりの濃度は 120ng/g であった。PCBs の異性体組成では、IUPAC NO.25/26 が最も高く、次いで IUPAC No.28/31、No.18 の順に高く全体の 51.9%

を占めた。DDE 濃度は 6.1ng/g であった。

肝臓重量は 23.8kg で体重の 3.5% であった。脂質含有率は 46.7% であった。抽出した肝臓内の脂質を JIS 法に準じてアルカリおよび硫酸処理を行ったが、分解されない脂質状成分が残った。これらは GC-ECD 分析で妨害物質となり、PCBs および DDE を検出することができなかった。そこで、トランス油中の PCBs を分離する Sulfoxide カラムにて、脂質と両物質の分離を行った後、GC-ECD にて分析した。PCBs は 33 成分検出され、総濃度は 240ng/g であり、負荷量は 2.5mg であった。異性体組成では、IUPAC NO.18 が最も高く、次いで IUPAC No.28/31, 43/52 の順に高く、全体 34.4% を占めた。DDE 濃度は 11ng/g であり、負荷量は 0.12mg であった。

まとめ：アイザメ類などスクワレンなどを多く含む深海性種にみられる、酸やアルカリで分解されない成分によって分析が妨害されたことから、深海性サメ類と似た脂質組成を有している可能性が考えられた。筋肉および肝臓内から PCBs および DDE は検出されたが、サメ類の濃度としては低く、本種の食性や生息域に関連していると考えられた。PCBs は置換塩素数が 3~4 の低塩素成分が多く、薬物代謝酵素が他のサメ類と異なっている可能性があると考えられた。

#### P4. 窒素・炭素安定同位体比から見たナルトビエイの摂餌生態について

##### Feeding ecology of *Aetobatus narutobiei* inferred from stable isotopes

○渡邊真緒（長大水）・古満啓介・梅澤有・山口敦子（長大院水環）

Mao Watanabe (Faculty of Fisheries, Nagasaki University), Keisuke Furumitsu, Yu Umezawa, Atsuko Yamaguchi (Graduate School of Fisheries Science and Environmental Studies, Nagasaki University)

**【目的】**ナルトビエイ *Aetobatus narutobiei* White, Furumitsu and Yamaguchi, 2013 は、トビエイ科マダラトビエイ属に属し、ベトナムから日本の温暖な海域にかけて分布する (White et al., 2013)。有明海ではナルトビエイの増加が、その餌である二枚貝の深刻な漁獲量減少をもたらしたと考えられ、2001 年以降駆除事業が行われている。しかし、餌となる二枚貝に対する漁業被害の実態や、冬季の摂餌生態については不明な点が多い。そこで、本研究では、有明海とその周辺海域におけるナルトビエイと、その餌生物である貝類の窒素・炭素安定同位体比分析によりナルトビエイの摂餌生態を調べ、今後の生態系構造の解明に向けた基礎的知見とすることを目的とした。

**【材料・方法】**分析試料には、2005 年 6 月～2014 年 10 月にかけて、有明海、天草灘および八代海で、刺網、竹羽瀬、定置網、あんこう網により漁獲されたナルトビエイ計 106 個体と、その餌生物である貝類計 27 個体を用いた。なお、ナルトビエイについては筋肉を、また餌生物である貝類に

ついては、軟部を分析に用いた。前処理として、各試料を凍結乾燥し、粉末処理後、クロロホルム・メタノール (2 : 1) 混合液で脱脂し、1N 塩酸で酸処理を行った。乾燥させた試料を錫箔に包み、安定同位体比質量分析測定装置 (EA Conflo IV DELTA V : サーモフィッシュ・サイエンティフィック社製) を用いて分析を行い、窒素・炭素安定同位体比 ( $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ) を求めた。得られた分析結果をもとに、ナルトビエイの  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  値の季節変化、体盤幅による変化および漁獲海域による違いについて検討した。

**【結果・考察】**試料に用いた全てのナルトビエイの  $\delta^{15}\text{N}$  および  $\delta^{13}\text{C}$  の平均値±SD は、それぞれ  $13.9 \pm 0.7\text{‰}$ ,  $-15.4 \pm 0.6\text{‰}$  であった。また、貝類の  $\delta^{15}\text{N}$  と  $\delta^{13}\text{C}$  については以下の通りであった：サルボウ；  $10.8 \pm 0.4\text{‰}$ ,  $-16.6 \pm 0.2\text{‰}$ 、アサリ；  $9.1 \pm 0.4\text{‰}$ ,  $-17.1 \pm 0.2\text{‰}$ 、腹足類 spp.；  $12.2 \pm 1.7\text{‰}$ ,  $-15.0 \pm 1.1\text{‰}$ 、クマサルボウ；  $11.1 \pm 0.1\text{‰}$ ,  $-15.8 \pm 0.2\text{‰}$ 。ナルトビエイの  $\delta^{15}\text{N}$  と  $\delta^{13}\text{C}$  の濃縮率については不明であるが、板鰓類に関する過去の報告に基づけば、ナルトビエイはサルボウを主な餌生物としているものと推定され、胃内容物の分析結果とよく一致した。有明海で 5 月～11 月に漁獲されたナルトビエイの  $\delta^{15}\text{N}$  値には経月変化が見られなかつたが (ANOVA,  $p > 0.05$ )、 $\delta^{13}\text{C}$  値は秋にかけて高くなる傾向が見られた (ANOVA,  $p < 0.05$ )。有明海産のナルトビエイの  $\delta^{15}\text{N}$  値と体盤幅との相関を調べたところ、体盤幅と  $\delta^{15}\text{N}$  値の間には有意な負の相関がみられた (相関分析,  $p < 0.01$ )。また、 $\delta^{13}\text{C} - \delta^{15}\text{N}$  マップにより海域による違いを調べたところ、有明海と八代海では異なっていた。これまでの胃内容物調査結果では両海域の主要な餌生物に違いは見られていないことから、海域によるデータの相違は系群を反映したものであると推定された。

#### P5. ロガーデータからみた八丈島周辺海域におけるイタチザメの摂餌生態

##### Feeding ecology of tiger shark around Hachijo Island analyzed from logger data

杉山 いくみ (東京大学大気海洋研究所生物海洋学分野/東海大学大学院海洋学研究科)

堀井善弘 (東京都島しょ農林水産総合センター八丈事業所), 大泉 宏 (東海大学海洋学部)

Ikumi Sugiyama (Biological Oceanography Group, Atmosphere and Ocean Research Institute, Tokyo University / Graduate School of Marine Science & Technology, Course of Fishery Science, Tokai University), Yoshihiro Horii (Hachijo Branch, Tokyo Metropolitan Islands area Research and Development Center for Agriculture, Forestry and Fisheries), Hiroshi Ohizumi (School of Marine Science and Technology, Tokai University)

近年、八丈島周辺海域で行われている漁業において、操業中に起こるサメ類による食害が深刻化している。東京都ではサメ等漁業被害対策事業の一環として、サメ類の捕獲を実施するとともに、捕獲された個体について精査し、被

害状況の把握および被害防除方法について検討している。これまでに、胃内容物調査から、八丈島周辺海域のアオダイ漁業においてはクロトガリザメおよびイタチザメが主な加害種であることが推定された。しかし、イタチザメについては胃内容物の出現は乏しく詳細を言及することは困難であった。また、漁場内におけるサメ類の行動については知見が少なく、未だ具体的な対策案の提案は困難な状況にある。そこで、本研究では、サメ被害の起きやすい状況を把握し、サメ類による漁業被害遭遇確率の高い状況を避けて操業できる対策を検討することを目的として、八丈島周辺海域においてデータロガーを用いてイタチザメの行動を計測し、得られたデータから捕食行動について解析した。

調査は、2013年9月5日から6日にかけて、水深、水温、3軸の加速度が記録可能なデータロガー（L社D3GT）をイタチザメ（推定体長2.5-2.8m）に装着し、延べ20時間のデータを取得した。加速度データから得られる対象動物の運動加速度や姿勢角を用いて捕食行動と通常の遊泳行動を判別するために、加速度データをもとにk-mean法によって分類し、得られた各周波数スペクトルの特徴から「遊泳」「休息」といった行動の判断を行った。その結果、遊泳の激しさ・速度には6段階が存在し、最も激しい遊泳パターン（振幅=0.493、周期=1.33sec）は摂餌行動を含む可能性があると判断した。また、得られた水温・水深データからイタチザメの各潜水の水温プロファイルを分析した結果、水温と水温躍層の位置から、狭い範囲内で遊泳する期間と、空間的に広範囲にわたって移動をする期間があることが考えられた。これらを総合的に評価すると、イタチザメは日中に活動的に行動し、夜間は休息していると考えられ、日中の正午前後の時間帯に捕食行動を行っていることが示唆された。

## P6. サメ類歯牙中における微量元素濃度の比較と生態学的意味

### Comparative study of trace elements in teeth and its behavioral ecology of sharks

堀井善弘（東京都島しょ農林水産総合センター八丈事業所）

櫻井四郎（大妻女子大学社会情報学科環境情報学専攻）

Yoshihiro Horii (Hachijo Branch, Tokyo Metropolitan Islands Area Research and Development Center for Agriculture, Forestry and Fisheries)

Shiro Sakurai (Department of Environmental Science, Faculty of Social Information Studies, Otsuma Women's University)

伊豆諸島周辺海域では、キンメダイ漁業およびトビウオ漁業などの沿岸漁業において、サメ類や小型鯨類などの高次捕食者による漁業被害が継続して発生している。サメ類は、漁業被害対策の一環として駆除される一方で、過度な駆除が海洋生態系のバランスを崩すことも懸念されている。

しかし、サメ類の分布や回遊など生態学的な知見が少ないため、具体的な漁業被害対策および保全策が無いのが現状である。そこで、海洋生物の硬組織中に取り込まれる元素が生息域の環境水に影響される特性を利用し、八丈島周辺海域で捕獲されたサメ類を中心に、歯牙中の元素組成を比較検討することで、種間差や回遊履歴等の生態学的知見を把握することを試みた。

今回、八丈島周辺海域で捕獲されたサメ類13種、カグラザメ *Hexanchus griseus*、ニタリ *Alopias pelagicus*、ハチワレ *A. superciliatus*、アオザメ *Isurus oxyrinchus*、クロヘリメジロ *Carcharhinus brachyurus*、クロトガリザメ *C. falciformis*、ガラパゴスザメ *C. galapagensis*、ヨゴレ *C. longimanus*、ドタブカ *C. obscurus*、イタチザメ *Galeocerdo cuvier*、ヨシキリザメ *Prionace glauca*、アカシュモクザメ *Sphyraena lewini*、シロシュモクザメ *S. argentea*、および沖縄県産ホウライザメ *C. sorrah* の計14種について、歯牙を摘出し、洗浄乾燥後、粉末状にしたものPIXE（荷電粒子X線励起：Particle Induces X-ray Emission）分析に供試した。

今回の分析により、FからSrまでの18元素が検出された。検出された元素の平均含有量は、基質となるCaおよびPが50~150mg/g、FおよびSrが1~10mg/g、Na、Mg、Al、Si、S、Cl、K、Znが0.1~1mg/g、遷移金属であるCr、Mn、Fe、Ni、CuおよびBrが1~100μg/gであった。また、Ca、P、F、Mg、Sr、Znの6元素が全個体から検出された。この6元素について、オナガザメ科、ネズミザメ科、メジロザメ科、シュモクザメ科の4科で歯牙中の含有量を比較した結果、基質であるハイドロキシアパタイトの構成元素であるCaおよびPは、含有量で4科間の差は認められなかった。また、MgおよびZnはメジロザメ科およびシュモクザメ科がほかの2科よりもそれぞれの含有量が高い傾向を示した。

F含有量は、ネズミザメ科がほかの3科よりも高い傾向を示した。一方で同じ鋸型の歯牙形態を示すオナガザメ科は最も低い含有量であった。鋸型の歯牙は、捕食時に力点が歯牙の先端に集中するため強い強度を必要とすると考えられる。しかし、オナガザメ科のサメ類は、尾鰭で餌生物にダメージを与えて捕食する特有の捕食行動により弱った餌生物をゆっくりと捕食できるため、オナガザメ科の歯牙は、ネズミザメ科ほどの強度は必要がないと考えられる。よって、進化の過程の中でF元素を歯牙中に取り込む機能の強弱は、歯牙の形態だけでなく、行動生態の要素からも決定されることが示唆された。

## P7. 津軽海峡にて漁獲されたアブラツノザメの

### 資源量指標と体長組成の推定

### Relative abundance and size frequency estimated by fisheries data of

### North Pacific spiny dogfish *Squalus suckleyi* in the Tsugaru Strait, north Japan

矢野寿和<sup>1</sup>・○平岡優子<sup>2</sup>・服部 努<sup>1</sup>・伊藤正木<sup>1</sup>・  
大下誠二<sup>2</sup>・余川浩太郎<sup>2</sup>

1 独立行政法人水産総合研究センター 東北区水産

研究所  
2 独立行政法人水産総合研究センター 国際水産資源研究所  
Toshikazu YANO<sup>1</sup>, Yuko HIRAOKA<sup>2</sup>, Tsutomu HATTORI<sup>1</sup>, Masaki ITO<sup>1</sup>, Seiji OHSHIMO<sup>2</sup>, Kotaro YOKAWA<sup>2</sup>  
1 Tohoku National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency  
2 National Research Institute of Far Seas Fisheries, Fisheries Research Agency

【目的】アブラツノザメ *Squalus suckleyi* は過去 2 回 CITES の付属書 II への掲載が提案されている。いずれの提案も否決されたが、日本周辺海域の本種資源については 1950 年代の漁獲量の激減や沖合底びき網漁業による本種 CPUE の減少から付属書への掲載基準を満たすと判断されている。しかしながら、沖合底びき網漁業では近年アブラツノザメを漁獲対象としていないとの報告もあり、その CPUE が本種資源を適切に反映するのかについては不明である。一方、津軽海峡周辺海域は本種の主漁場となつておらず、本海域では底延縄漁業による漁獲対象種となつておらず、本研究では、日本周辺海域に生息する本種の資源状態を評価するため、津軽海峡内で操業を行う底延縄漁業により得られたデータを用いて一般化線形モデル (GLM) による CPUE の標準化を行うとともに、銘柄別漁獲量から体長組成の推定を行つた。

【材料と方法】本研究では、津軽海峡内でアブラツノザメを漁獲対象に操業を行う三厩および大間漁業協同組合所属漁船の操業データを使用した。三厩では 1986-2011 年、大間では 2007-2011 年の操業データが利用可能であった。CPUE の標準化には応答変数に Log CPUE、誤差項に正規分布を仮定する Log CPUE-Normal モデルを使用し、年効果の LS-Means により CPUE の年トレンドを計算した。操業データに含まれる銘柄情報を体長へ換算するため、2013 年 12 月から 2014 年 9 月に水揚げされた 2,145 個体（三厩 499 個体、大間 1,646 個体）について銘柄別に体長測定を行つた。得られた銘柄別体長組成をカーネル密度推定により平滑化し、推定漁獲尾数で引き延ばすことにより体長組成を推定した。

【結果と考察】三厩および大間の年別漁獲量と漁獲努力量（延べ隻数）の年トレンドは各港で同期しており、三厩では 1996 年のピーク時（漁獲量が 748 トン、漁獲努力量が 1,126 隻）から減少傾向を示し、2009-2011 年には漁獲量が 176-221 トン、漁獲努力量が 208-240 隻となった。一方で大間は 2008 年以降漁獲量が急増し、2011 年には 794 トンと 1986 年以降最も高い値を示し、2007 年以降の漁獲努力量 2011 年が最高であった。平均を 1 として基準化した Nominal CPUE（非標準化 CPUE: 1 隻あたりの漁獲量）の年トレンドは 1986 年以降増減しつつも横ばい傾向を示したが、2005 年以降増加し、2011 年が過去最高であった。同様に基準化

した標準化 CPUE は、2006 年以前は 0.6-1.3 の範囲で推移し、Nominal CPUE と類似した年トレンドを示したが、2007 年以降は 1.4-1.7 に増加した。推定された体長組成は、三厩と大間でモードが異なり、三厩の方が比較的大型であった。大間では近年三厩と同サイズの個体の漁獲量の増加がみられ、平均体長の増大傾向がみられた。以上より、本種の主漁場である津軽海峡周辺海域では 1986 年以降資源は安定しており、近年増加傾向にあることが示唆された。

## P8. フトツノザメの成熟と胎内発生

### Maturity and embryonic development of *Squalus mitsukurii*

○櫻井もも子（琉球大学大学院理工学研究科）、小枝圭太（鹿児島大学総合研究博物館）、立原一憲（琉球大学理学部）  
○Momoko Sakurai (Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus), Keita Koeda (The Kagoshima University Museum), Katsunori Tachihara (Faculty of Science, University of the Ryukyus)

【はじめに】フトツノザメ *Squalus mitsukurii* は、世界中の熱帯、亜熱帯に生息する深海性のツノザメ属魚類である。本種は、沖縄県の水産重要種であるハマダイ *Etelis coruscans* を対象とした漁業で数多く混獲される。しかし、フトツノザメは水産資源として利用されることではなく、混獲されても海に投棄されるため、漁獲が本種個体群に与える影響は不明である。ツノザメ類は深海生態系の高次捕食者であるため、食物連鎖のより下位の生物へ与える影響も大きく、生態学的に重要な種であると考えられる。そこで本研究では、沖縄島・宮古島周辺海域に生息するフトツノザメの成熟と胎内発生の基礎的な知見を積み重ねることを目的とした。また、本属魚類の特徴でもある背鰭前部の棘を用いて年齢を査定し、その成長についても解析した。

【材料と方法】2011 年 10 月～2013 年 11 月に沖縄島・宮古島周辺海域において計 726 個体のフトツノザメを採集、購入した。標本の全長を測定後、Kousteni and Megalofonou (2011) を参考に生殖腺と交尾器の外観から雌雄と成熟段階を決定した。さらに全長階級ごとの成熟率からロジスティック曲線を推定し、50% 成熟全長を推定した。Demirhan et al. (2005) を参考に棘表面の輪紋を年輪として計数し、年齢と全長の関係から von Bertalanffy の成長式により成長曲線を推定した。雌の子宮内の胎児を計数した後、胎児の全長、胎児と卵黄嚢の合計重量、卵黄嚢の重量をそれぞれ測定した。雄については精巢重量、クラスパー長を計測した。

【結果】標本の全長範囲は、雌 35～85 cm (n=505)、雄 37～69 cm (n=221) であった。雌の成熟段階のうち、妊娠個体と妊娠可能個体はすべての月で出現した。推定された 50% 成熟全長は雌 70.9 cm、雄 55.0 cm となった。標本の年齢範囲は、雌 12～31.5 歳 (n=120)、雄 7～23.5 歳 (n=47) と雌の方が高齢であった。成長曲線と 50% 成熟全長の結果から 50% 成熟年齢を算出したところ、雌 20 歳、雄 11 歳という結果が得られた。雌 1 個体あたり 1～4 個体の胎児がみられ、

その全長範囲は 13.3~272.8 mm であった。卵黄囊重量は、胎児の全長が増加するとともに減少した。一方で、卵黄囊と胎児の合計重量は、胎児の全長が増加しても、わずかに上昇したのみであった。雄の精巣重量は、全長 54~68 cm で増大しており、クラスバー長が伸長する全長と完全に一致していた。

【考察】先行研究 (Taniuchi et al., 1993) が行われた小笠原、Hancock、銚子では、クラスバー長が小笠原と Hancock で全長 55.0 cm から、銚子で全長 70.0 cm で増加することが報告されている。また、精巣重量もクラスバー長とほぼ同じ全長で増加することが示されている。本研究の結果は、小

笠原と Hancock に近く、銚子とは大きく異なる。このことは、本研究が緯度 25~26° N で行われており、その緯度が小笠原 (27° N) や Hancock (30° N) に近く、銚子 (36° N) と大きく異なることに起因すると考えられ、緯度によって繁殖生態が変わるという先行研究とよく一致した (Taniuchi et al., 1993; Taniuchi, 1978)。一方、雌の胎仔数は、本研究では 1~4 個体であり、緯度が近い小笠原での胎仔数 2~9 個体と比較すると明らかに少なかった。このことから、雌に関しては緯度ではなく、海域により繁殖様式が異なることが示唆された。