

沖縄島近海に生息するイトヨリダイ属 2 種の生物学的知見

上原匡人^{1,4}・太田 格¹・海老沢明彦²・立原一憲³

¹ 〒 900–8570 沖縄県那覇市泉崎 1 丁目 2 番 2 号 沖縄県農林水産部水産課

² 〒 901–0354 沖縄県糸満市喜屋武 1528 沖縄県水産海洋技術センター

³ 〒 903–0129 沖縄県中頭郡西原町字千原 1 琉球大学理学部海洋自然科学科

⁴ 現所属：〒 904–0414 沖縄県国頭郡恩納村前兼久 59 恩納村漁業協同組合

(2020年12月9日受付；2021年3月5日改訂；2021年3月7日受理；2021年6月2日J-STAGE 早期公開)

キーワード：モモイトヨリ, シャムイトヨリ, 成長, 産卵期, 胃内容物, 保全

魚類学雑誌
Japanese Journal of
Ichthyology

© The Ichthyological Society of Japan 2021

Masato Uehara*, Itaru Ohta, Akihiko Ebisawa and Katsunori Tachihara. 2021. Aspects of the biology of two *Nemipterus* species in coastal waters around Okinawa Island, Ryukyu Archipelago. Japan. J. Ichthyol., 68(2): 93–107. DOI: 10.11369/jji.20-041.

Abstract Two closely related, commercially important threadfin breams, *Nemipterus furcosus* and *N. peronii*, are an essential coastal fishery resource in Okinawa Prefecture. The age, growth, reproductive cycle, and stomach contents from 124 *N. furcosus* and 37 *N. peronii*, obtained from November 2011 to December 2015, were examined, age being assessed from sectioned otoliths and gonadal histology. *Nemipterus furcosus* and *N. peronii* were the most abundant threadfin breams in Kin Bay and Nakagusuku Bay, Okinawa Island, areas including many coastal tidal flats, where the two species comprised 98.1% of the total number of *Nemipterus* individuals examined. Overall sex ratios of both species were significantly sex-biased, the apparent lack of transitional gonads implying functional gonochorism. The spawning seasons of both species were estimated as occurring between spring and fall, no immature fishes having been obtained. Age validation using edge-type analyses implied that opaque zones were formed once per year, being valid annual growth increments. Although no intersex differences in maximum length, growth equation, and age range were observed in *N. furcosus*, *N. peronii* females were larger and older than males. The greatest ages observed were 4.3 and 7.0 years for *N. furcosus* and *N. peronii*, respectively. Both species fed predominantly on crabs, which primarily occupied the inner bays. Over the previous 27 years, the catch per unit effort of *Nemipterus* has declined in the highly altered environments of Kin and Nakagusuku Bays, suggesting that the decline in the populations of these species at Okinawa Island may be due to coastal fishery practices, environmental decline, and the degradation of suitable habitats. The biological implications for conservation are discussed.

*Corresponding author: Onna Village Fisheries Cooperative, 59 Maeganeku, Onna, Okinawa 904-0414, Japan (e-mail: cladosiphon@lily.ocn.ne.jp)

イトヨリダイ属 *Nemipterus* は、インド・西太平洋の温帯域から熱帯域にかけて広く生息するスズキ目イトヨリダイ科の魚類で、現在 25 種が報告されている (Russell, 1990 ; Froese and Pauly, 2019). 我が国に生息するイトヨリダイ属は、ソコイトヨリ *N. bathybius*, ジャバイトヨリ *N. tambuloides*, イトヨリダイ *N. virgatus*, ヒライトヨ

リ *N. aurora*, モモイトヨリ *N. furcosus*, シャムイトヨリ *N. peronii*, トンキンイトヨリ *N. thosapornii*, ヒメイトヨリ *N. zysron* の 8 種が知られており (藍澤・土居内, 2013), このうちソコイトヨリ, ジャバイトヨリ, イトヨリダイの 3 種を除く, 5 種が沖縄諸島の周辺海域で確認されている (太田ほか, 2017b). これらは, 沖縄県で底延縄や一本釣など

の漁法により漁獲される水産対象種で、県内の市場では区別されず、“いじゅきん”あるいは“いじきん”の方言名で取り扱われている。

インド・西太平洋域における本属魚類の漁獲量は、1950年の5,400トンから増加傾向を示し、2014年以降600,000トン以上で推移している (FAO, 2020)。その水産上の重要性から、*N. japonicus* や *N. randalli* を中心に、多くの地域で生活史特性や資源特性に関する知見が集積されている (例えば、Chakraborty, 1995; Erguden et al., 2010; Innal et al., 2015; Farivar et al., 2017; Uyan et al., 2019)。対照的に、我が国における本属魚類の生活史研究は少なく、ソコイトヨリやイトヨリダイの温帯種について、年齢や成長 (Puentes et al., 2004a)、性構造 (Takahashi et al., 1989)、および産卵期や成熟特性 (Puentes et al., 2004b) が明らかにされているのみで、熱帯種に関する知見はない。このような現状の中、沖縄島沿岸域における本属の漁獲量は減少の一途を辿っており、漁獲統計情報に基づく評価では、本属複数種群の資源水準が「低位」、資源の長期傾向は「減少」と診断されていることから (太田ほか, 2017a)、今後の適切な管理策や保全策を検討する上で、生活史特性の解明が急務となっている。

そこで本研究では、イトヨリダイ属魚類の生活史研究の第一歩として、漁業情報に基づき沖縄島沿岸域における本属魚類の種構成と出現した漁場特性について調べた。また、沖縄島沿岸域で優占するモモイトヨリとシャムイトヨリについて、耳石薄層切片を用いた年齢査定、生殖腺の組織学的観察、胃内容物の観察を行い、両種の沖縄島個体群の生物学的知見を記載し、近年の沖縄島における環境変化の現状から両種の保全策について議論した。

材料と方法

漁獲統計調査 沖縄県水産海洋技術センターは、1989年より沖縄県内の主要な市場のセリ情報を収集し、漁獲統計データベースを構築している (本永, 1991)。このデータベースを用いて、沖縄県下でセリに掛けられるイトヨリダイ属について、年別、月別、日別、漁協別、所属別、出荷者別に漁獲量を集計した。集計の対象期間は、1989年から2015年までとした。イトヨリダイ属は、沿岸域で底延縄や一本釣などの漁法により漁獲され、漁業者が漁場を広範囲に移動して操業することはない (上原ほか, 未発表)。このことから、

集計した漁獲量は、まず漁協別、所属別に振り分け、上原ほか (2015) の漁場区分を参考に整理した。なお、漁協別に振り分けたデータのうち、所属が不明な出荷者が確認された場合、可能な限り各漁協の関係者に聞き取りを行い、操業状況 (漁法や漁場) の把握に努めた。しかし、それでも情報が得られなかった場合は、不明漁場として取り扱った。

市場調査 2011年4月–2015年12月に、セリが開設されている11カ所の鮮魚卸売市場 (国頭、名護、金武、石川、恩納、与那城、勝連、泡瀬、中城浜、知念、泊) において、水揚げされたイトヨリダイ属の体長測定と種組成の調査を行った (Fig. 1)。泊は、沖縄島内のみならず沖縄島周辺

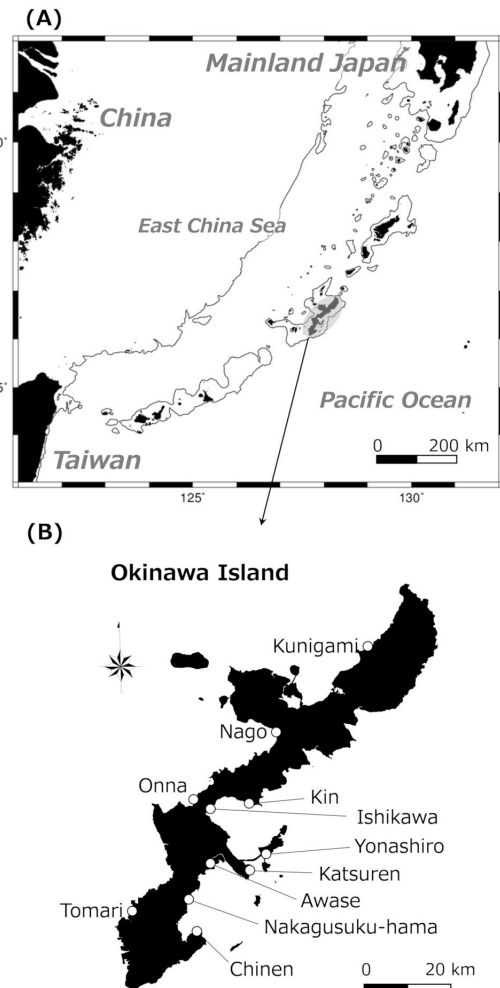


Fig. 1. Map showing sampling sites. (A) Ryukyu Archipelago, line indicates 400-m depth contour. (B) Locations of the 11 Okinawa Island fish markets where threadfin breams were measured and/or purchased.

離島や八重山諸島から、また名護は、沖縄島北部圏域（伊平屋島、伊是名島および伊江島を含む）の漁獲物が集まり、これらを含む 11 市場で県内の総漁獲物の 9 割以上を占める（沖縄県水産海洋技術センター、未発表）。調査は週 1, 2 回（延べ 1,353 回）の頻度で行い、本属魚類の体長測定には、測定用紙を敷いた測定台を用いて 1 cm 間隔で尾叉長（fork length : FL）を測定した。また、各鮮魚卸売市場では、漁業者や組合関係者からイトヨリダイ属の漁場に関する聞き取りも並行して行った。各回の調査では、原則として対象の全数を個体別に種同定した後、測定した。イトヨリダイ属の漁場区分は、上原ほか（2015）の漁場区分に従い整理し、渡名喜島については久米島の漁場区分に含めた；国頭東、金武湾、中城湾、南部東、中部西、南部西、久米島、宮古諸島、八重山諸島、不明漁場。

なお、両種の漁場別出現割合については χ^2 独立性の検定を、平均尾叉長の比較は Welch の t 検定を行った。

資源量指数の推定 単位努力量あたりの漁獲量（catch per unit effort : CPUE）は、漁業を通じて比較的容易に得られるデータであり、一般に、資源量が多い場合は CPUE も高い値を示し、逆に資源量が減少した場合、CPUE も低下することが多いため、資源量の増減を判断する指標になると考えられる（桜本、1998）。そこで、1989 年から 2015 年の沖縄海域、中城湾および金武湾におけるイトヨリダイ属の漁獲量と漁獲努力量（延べ水揚げ隻数）を集計し、CPUE を算出した。ここで、沖縄県内の鮮魚卸売市場では、イトヨリダイ属は“いじゅきん”あるいは“いじきん”の名称で区別されないことから、CPUE の算出は複数種をまとめて取り扱った。

標本の採集 標本は、2011 年 11 月–2015 年 12 月に、沖縄島沿岸域において底延縄、一本釣、矛突き、刺網、小型定置網により漁獲され、7 カ所の鮮魚卸売市場（名護、金武、石川、与那城、泡瀬、中城浜、知念）に水揚げされたモモイトヨリ 124 個体（12.8–30.4 cm FL）およびシャムイトヨリ 37 個体（13.6–29.8 cm FL）を用いた（Fig. 1）。

これらの標本は、氷蔵して研究室に持ち帰り、尾叉長と標準体長（standard length : SL）を 0.1 mm 単位で計測、体重（body weight : BW）を 1 g 単位で秤量し、開腹して生殖腺および胃を摘出した。摘出した生殖腺は、肉眼により性別判別を行い、生殖腺重量（gonad weight : GW）を 0.01 g 単位で

秤量後、組織学的観察のため、一部をブアン氏液で固定・保存した。生殖腺指数（gonadosomatic index : GSI）は、 $GSI = 100 \times GW / (BW - GW)$ により求めた。胃内容物を解析するため、摘出した胃から内容物を取り出し、適宜、10% ホルマリンで固定・保存した。さらに、各個体の年齢を査定するため、頭部から耳石（扁平石）を摘出し、水洗後、乾燥保存した。

なお、両種の性比については、 χ^2 適合度検定を行った。また、両種の尾叉長と標準体長、対数変換した尾叉長と体重との間に、それぞれ直線回帰関係が認められたことから、共分散分析法（analysis of covariance : ANCOVA）を用いて雌雄間の比較を行った。

生殖腺の組織学的観察 生殖腺の組織学的観察は、モモイトヨリ 124 個体およびシャムイトヨリ 37 個体を用いた。固定した生殖腺標本は、定法に従い 7 μ m のパラフィン切片を作製後、Mayer のヘマトキシリンとエオシンで二重染色を施して検鏡した。両種の生殖腺の成熟段階は、Brown-Peterson et al. (2011) に従い、雌雄ともに未成熟期（immature）、発達期（developing）、産卵可能期（spawning capable）、退行期（regressing）、再生期（regenerating）の 5 期に区分し、発達期以降の雌個体については、排卵後濾胞（postovulatory follicle : POF）の有無も調べた。

なお、本研究では、雌雄ともに発達期以降の個体を成熟として取り扱った。

耳石の処理と年齢査定 両種の年齢査定は、原則として右側の耳石を用い、モモイトヨリ 124 個体およびシャムイトヨリ 37 個体について耳石薄層切片（増田・野呂、2003）を作製して行った。耳石は、重量（otolith weight : OW）を 1 mg の単位で秤量後、ポリエステル系樹脂に包埋し、硬組織切断機（Isomet Low-speed jewelry saw : Buehler 社製）を用いて、中心部を通るよう耳石長径に対して垂直に切断し、厚さ約 500 μ m の薄層切片を作製した。耳石輪紋の観察は、生物顕微鏡（E8M-31-P2 : Nikon 社製）を用いて落射光下で行い、不透明帯を計数した。計数は、一名の読み取り者が一定期間を開けて 2 回行ったが、2 回で一致しなかった場合には、さらに 3 回目の計数を行い、少なくとも 2 回以上一致した個体を用いた。このとき、不透明帯の計数精度は、平均エラー率指数（index of average percent error : IAPE ; Beamish and Fournier, 1981）を以下の式により求めて評価した。

$$\text{IAPE} (\%) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left(100 \times \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right)$$

ここで R は読輪回数, N は標本数, X_{ij} は j 番目の標本の i 回目の不透明帯数, X_j は j 番目の標本の平均不透明帯数をそれぞれ示す. 耳石縁辺が透明か不透明かを判別し, 耳石縁辺が不透明である個体の割合を月別に算出した. また, 耳石縁辺が不透明である個体の月別頻度について, 季節によらず均等に出現する場合の期待値と実際の観測値を χ^2 適合度検定により比較し, 季節的な偏りの有無を検討した (Zar, 1984).

年齢の割り振りと成長解析 後述のとおり, 両種の産卵は 4–10 月に確認され, 不透明帯の形成期 (3–8 月) と概ね一致した. そこで, 生殖腺指数が最も高い値を示した 4 月を年齢起算月とし, 増田ほか (2003) の年齢割り振り法により各個体の採集月と不透明帯数のデータから, 各個体の年齢を推定した.

統計解析ソフト R version 3.6.1 (R Core Team, 2019) のパッケージ “FSA” および “nlstools” により, 年齢 t に対する尾叉長 L_t の関係について, von Bertalanffy の成長式 (von Bertalanffy, 1938) を $L_t = L_\infty \{1 - \exp[-K(t - t_0)]\}$ により求めた. ここで L_t は年齢 t における推定尾叉長, L_∞ は最大到達尾叉長, K は成長係数, t_0 は尾叉長を 0 としたときの理論的な年齢とし, ブートストラップ法により, 各パラメーターの 95% 信頼区間を推定した. 雌雄間の平均尾叉長と平均年齢の比較は Welch の t 検定を, 成長式の比較は Chen et al. (1992) や Ratkowsky (1986) に従い, 残差平方和の比較により F 検定を行った. また, 両種の年齢と耳石重量との間には, 直線回帰関係が認められたことから, ANCOVA を用いて雌雄間の比較を行った.

胃内容物の観察 胃内容物の観察は, 漁獲時に胃袋が反転していた個体を除き, モモイトヨリ 77 個体 (12.8–30.4 cm FL) とシャムイトヨリ 32 個体 (14.4–29.8 cm FL) を用いた. 胃内容物は, 肉眼あるいは実体顕微鏡 (MZ APO: Leica 社製) 下で可能な限り低位の分類群まで同定した後, その湿重量 (w) を 0.01 g 単位で秤量し, 胃の充満度 (stomach content index: SCI; Watanabe et al., 2003) を $\text{SCI} = 100 \times w / (\text{BW} - w)$ により算出した. 本研究では, 固形物以外は, 完全に消化されたものとみなし, 胃内容物として扱わなかった. また, 内容物中に出現した釣り餌も, 解析から除いた. 両種の胃内容物は, 噛み砕かれた餌生物も多く,

個体数の計数が困難であったため, 餌生物の出現頻度 (%F) と重量比 (%W) を以下の式により算出した.

$\%F = (\text{ある餌生物を摂餌していた個体数} / \text{餌生物を摂餌していた個体数}) \times 100$

$\%W = \Sigma [(\text{ある餌生物の湿重量の合計} / \text{全ての餌生物の湿重量の合計}) \times 100] / \text{調査個体のうち空胃でなかった個体の数}$

なお, 両種の胃内容物として出現した餌生物の大きさの範囲は幅広く, %F や %W を単独で解析に用いた場合, 餌生物の大きさによる偏りが生じやすいため, %F と %W を乗じて Ranking Index (RI; Hobson, 1974) を算出し, その百分率 (%RI) を求めて餌生物重要度の総合的な指標として用いた.

結 果

漁場別漁獲量 漁獲統計データから, イトヨリダイ属は, 沖縄諸島, 宮古諸島, 八重山諸島の各周辺海域で漁獲され, 1989–2015 年の総水揚げ量は 94.0 トンであった (Table 1). 水揚げ量が最も多かった漁場は金武湾で, 全体の 57.7% (年間平均 2.0 トン) を占め, 次いで中城湾 (39.8%, 年間平均 1.4 トン) の順であった. これら上位 2 漁場で沖縄県全体の水揚げ量の 97.5% を占めた. 市場での漁獲物調査で確認されたイトヨリダイ属は, モモイトヨリ, シャムイトヨリ, トンキンイトヨリ, ヒライトヨリの 4 種であり, これら 4 種 (525 個体) のうちモモイトヨリとシャムイトヨリの 2 種で, 調査総個体数の 98.1% を占めた.

主要 2 漁場における種組成および体長組成 市場での漁獲物調査により確認したイトヨリダイ属の出現割合は, 主要 2 漁場で大きく異なり (χ^2 独立性の検定, $\chi^2 = 13.7$, $P < 0.01$), 金武湾ではモモイトヨリが, 中城湾ではシャムイトヨリがそれぞれ優占した (Fig. 2). 金武湾におけるイトヨリダイ属 2 種の平均尾叉長には有意な差が認められ, モモイトヨリ [範囲: 18–31 cm, 平均 \pm 標準偏差 (SD): 23.6 \pm 2.7 cm, $n = 154$] が, シャムイトヨリ (範囲: 15–28 cm, 平均 \pm SD: 22.7 \pm 2.5 cm, $n = 223$) よりも有意に大きかった (Welch の t 検定, $t = -3.543$, $P < 0.001$; Fig. 3). 中城湾でも, 金武湾と同様, モモイトヨリ (範囲: 12–30 cm, 平均 \pm SD: 22.8 \pm 4.1 cm, $n = 89$) がシャムイトヨリ (範囲: 10–29 cm, 平均 \pm SD: 19.2 \pm 4.5 cm, $n = 97$) よりも有意に大きかった ($t = -5.705$, $P < 0.001$; Fig. 3). モモイトヨリは, 主要漁場間で有意な差

Table 1. Catchweight of threadfin breams in Okinawan fishing grounds from 1989 to 2015

| Fishing grounds | Total (kg) | % | Yearly average (kg/y) | Annual catch range (kg) |
|-----------------------------------|------------|--------|-----------------------|-------------------------|
| Okinawa Islands | 93,577.0 | 99.39 | 3,465.8 | 174.3–9,540.7 |
| Kunigami-higashi | 1.5 | <0.01 | – | – |
| Kin Bay | 54,358.0 | 57.73 | 2,013.3 | 95.6–5,185.6 |
| Nakagusuku Bay | 37,425.0 | 39.75 | 1,386.1 | 10.9–4,266.6 |
| Nanbu-higashi | 7.0 | 0.01 | – | – |
| Chubu-nishi | 343.7 | 0.37 | 14.3 | 0.3–59.8 |
| Nanbu-nishi | 925.5 | 0.98 | 37.0 | 0.2–193.8 |
| Kume-jima (including Tonaki-jima) | 516.3 | 0.55 | 39.7 | 2.6–112.4 |
| Miyako Islands | 1.9 | <0.01 | – | – |
| Yaeyama Islands | 144.3 | 0.15 | 9.0 | 1.1–34.7 |
| unknown (Okinawan waters) | 432.9 | 0.46 | 24.1 | 0.6–188.4 |
| Total | 94,156.0 | 100.00 | 3,487.0 | 175.6–9,697.4 |

Fishing grounds were matched with those described by Uehara et al. (2015).

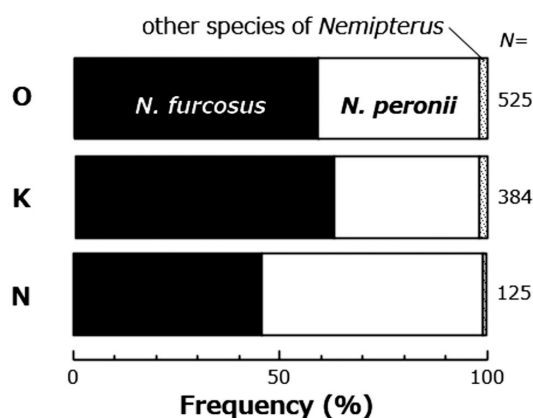


Fig. 2. Percentages of threadfin breams caught in Okinawan waters (O), Kin Bay (K), and Nakagusuku Bay (N).

が認められず ($t = 1.781$, $P = 0.077$; Fig. 3), シヤムイトヨリは、金武湾で有意に大きかった ($t = 7.116$, $P < 0.001$).

漁獲量と資源量指数の経年変化 イトヨリダイ属の漁獲量は、沖縄海域全体および主要 2 漁場ともに、1989–2003 年にかけて増減を繰り返しながら減少し、2005 年以降は 1 トン以下で推移した (Fig. 4). 沖縄海域全体および主要 2 漁場における CPUE は、対象期間を通じて減少傾向を示した (Fig. 4).

標本の体長範囲、性比および体長 - 体重関係 標本の尾叉長範囲 (平均 \pm SD) は、モモイトヨリが雌 12.8–29.3 cm FL (24.3 ± 3.4 cm FL; $n = 42$), 雄 16.0–30.4 cm FL (25.0 ± 3.7 cm FL; $n = 82$), シヤムイトヨリが雌 19.2–29.8 cm FL (25.1 ± 2.6 cm FL; $n =$

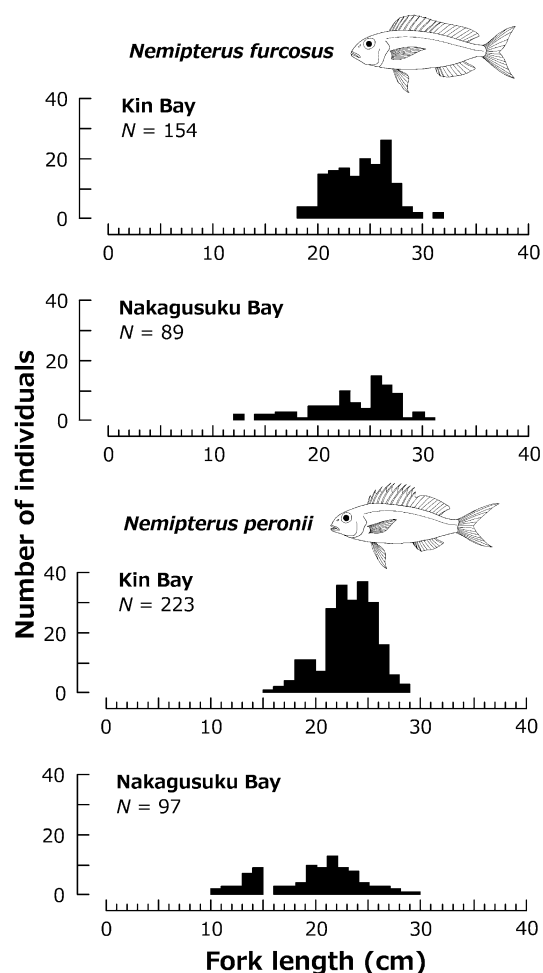


Fig. 3. Fork length frequencies of *Nemipterus furcosus* and *N. peronii* obtained from fish markets in Kin Bay and Nakagusuku Bay, Okinawa Island.

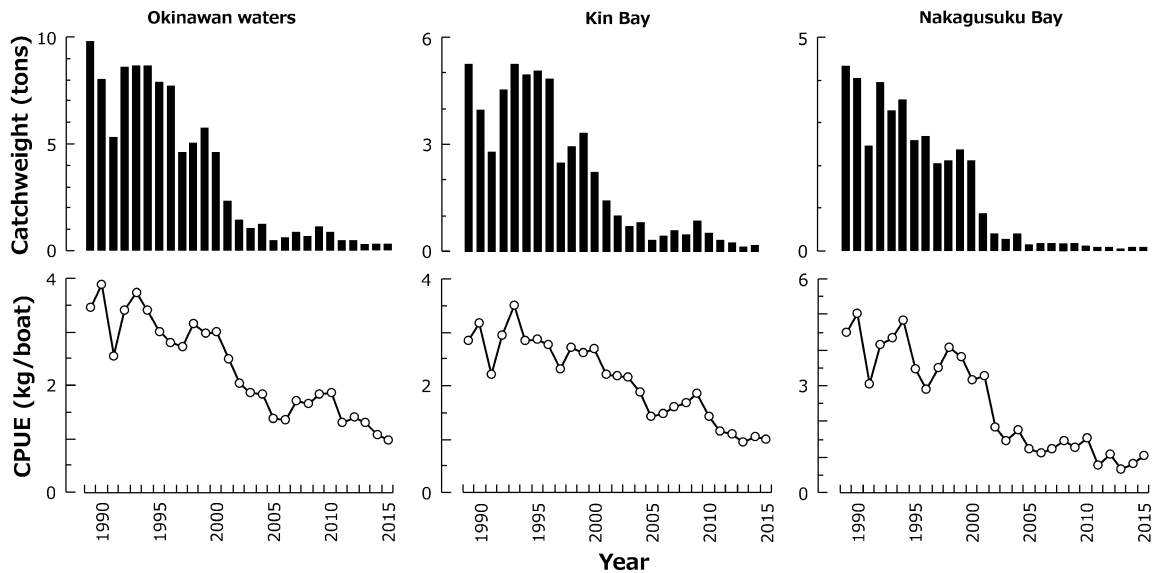


Fig. 4. Annual changes in catch per unit effort (CPUE) and catchweight of threadfin breams from 1989 to 2015.

27), 雄 13.6–23.6 cm FL (19.5 ± 3.6 cm FL; $n = 10$)であった。雌雄の平均尾叉長は、モモイトヨリでは有意差が認められなかったが (Welch の t 検定, $t = 0.764$, $P = 0.447$), シャムイトヨリでは雌が雄よりも有意に大きかった ($t = -4.576$, $P < 0.001$)。雌雄の割合を比較した結果, モモイトヨリでは有意に雄 (χ^2 適合度検定, $\chi^2 = 12.9$, $P < 0.001$) が, 一方, シャムイトヨリでは有意に雌 ($\chi^2 = 7.8$, $P < 0.01$) が多かった。

両種ともに, 尾叉長は標準体長と正の線形関係を, 体重とはアロメトリー関係をそれぞれ示し, 雌雄差が認められなかった (いずれも $P > 0.05$)。このため, 各関係式は雌雄を区別せずに推定し, 以下の式で表された。

モモイトヨリ: $SL = 0.891 \times FL + 0.304$ ($n = 124$, $r^2 = 0.983$)
 $BW = 1.199 \times 10^{-2} \times FL^{3.136}$ ($n = 124$, $r^2 = 0.980$)

シャムイトヨリ: $SL = 0.885 \times FL - 1.350$ ($n = 37$, $r^2 = 0.988$)
 $BW = 1.249 \times 10^{-2} \times FL^{3.107}$ ($n = 37$, $r^2 = 0.973$)

最小成熟体長および産卵期 生殖腺の組織学的観察を行ったモモイトヨリ 124 個体およびシャムイトヨリ 37 個体について, 両性的構造を保持する生殖腺は確認されなかった (Fig. 5)。出現した発育段階は, モモイトヨリでは, 雌が発達期以降, 雄が産卵可能期以降であり (Fig. 6), すべての個体が成熟していた。一方, シャムイトヨリは, 雌では産卵可能期以降, 雄では退行期と再生期の個

体が発見し (Fig. 7), モモイトヨリ同様, すべての個体が成熟していた。

モモイトヨリの GSI は, 雌雄ともに 4 月から増加し始め, 6–8 月に高い値を示す個体が発見した後, 9 月以降は低い値で推移した (Fig. 6)。本種雌では, 発達期の個体が 3–4 月に, 産卵可能期の個体が 4–9 月にそれぞれ出現し, 排卵後濾胞を有する個体は, 6–7 月 (計 9 個体) に確認された。雄では, 産卵可能期の個体が 3–9 月に出現した。一方, シャムイトヨリの GSI は, 雌が 4–10 月に, 雄が 4, 6, 7 月に高い値を示す個体がそれぞれ出現した (Fig. 7)。本種雌では, 産卵可能期の個体は 4–7 月と 10 月に出現し, 排卵後濾胞を有する個体が 4, 5, 9 月 (計 10 個体) に確認された。

耳石輪紋の有効性 モモイトヨリ 124 個体およびシャムイトヨリ 37 個体の耳石薄層切片を観察した結果, 両種ともにすべての個体で, 不透明帯の計数が可能であった (Fig. 8)。2 回の計数で一致した個体は, モモイトヨリ 93 個体 (75.0%), シャムイトヨリ 26 個体 (70.3%) で, 耳石不透明帯の IAPE は, モモイトヨリ 6.9%, シャムイトヨリ 5.7% であった (Table 2)。耳石重量と推定された年齢との間には, 両種ともに雌雄差は認められず (いずれも $P > 0.05$), 正の線形関係が認められた (Table 2)。耳石縁辺に不透明帯がある個体は, モモイトヨリでは 3–8 月に, シャムイトヨリでは, 4, 5, 7 月に高い割合で出現した (Fig. 9)。このように, 両種の耳石不透明帯の形成は季節的な偏りが認め

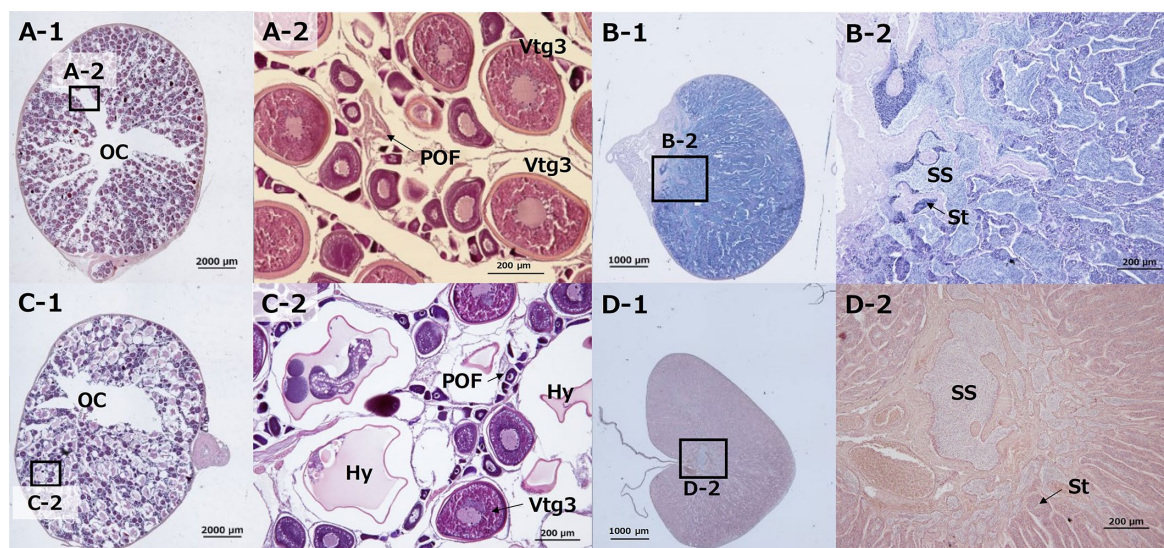


Fig. 5. Histological sections of mature gonads of *Nemipterus furcosus* (A, ovary; B, testis) and *N. peronii* (C, ovary; D, testis). Hy, hydrated oocyte; OC, ovarian cavity; POF, postovulatory follicle; SS, sperm sinus filled with spermatozoa; St, spermatid; Vtg3, tertiary vitellogenic oocyte.

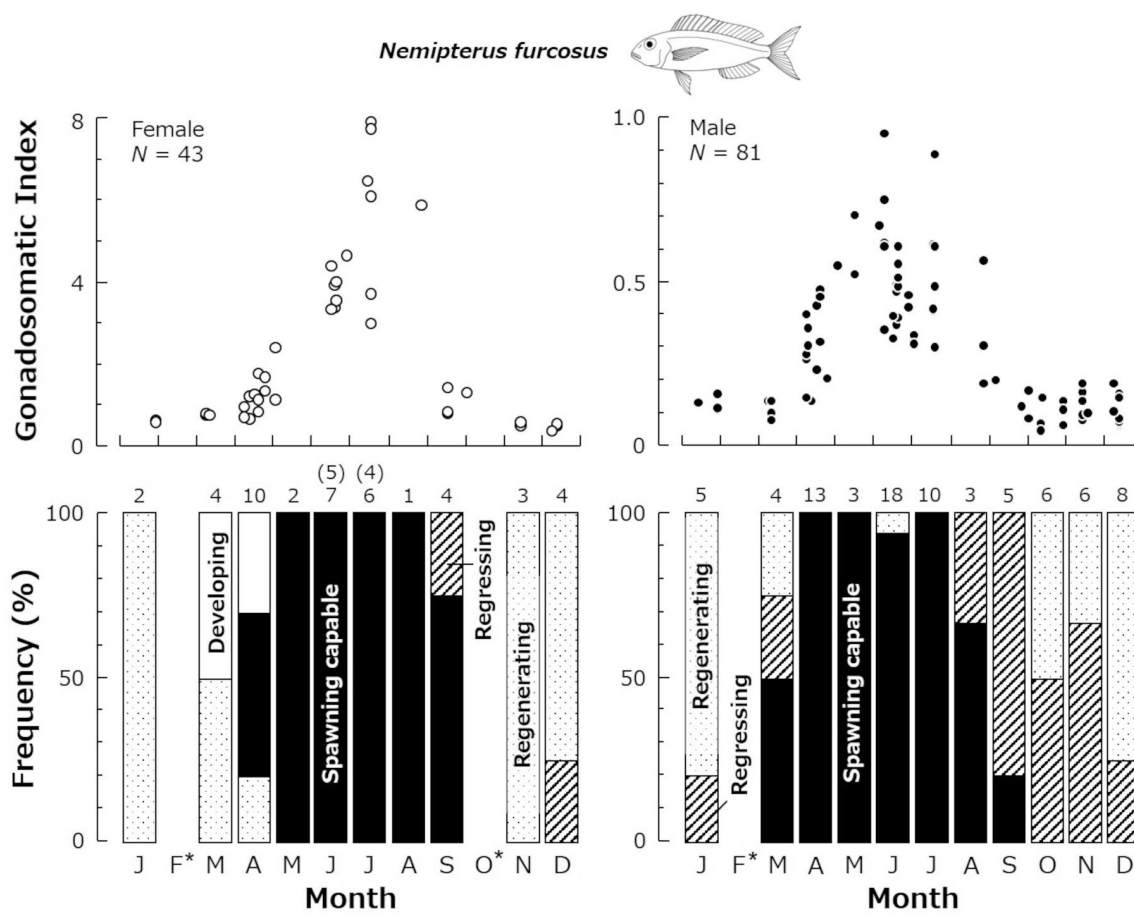


Fig. 6. Monthly changes in gonadal condition (left: females; right: males) of *Nemipterus furcosus* collected around Okinawa Island. Asterisk, not collected; circles, individual data; number on bars, sample size; number in parentheses, number of ovaries with postovulatory follicles.

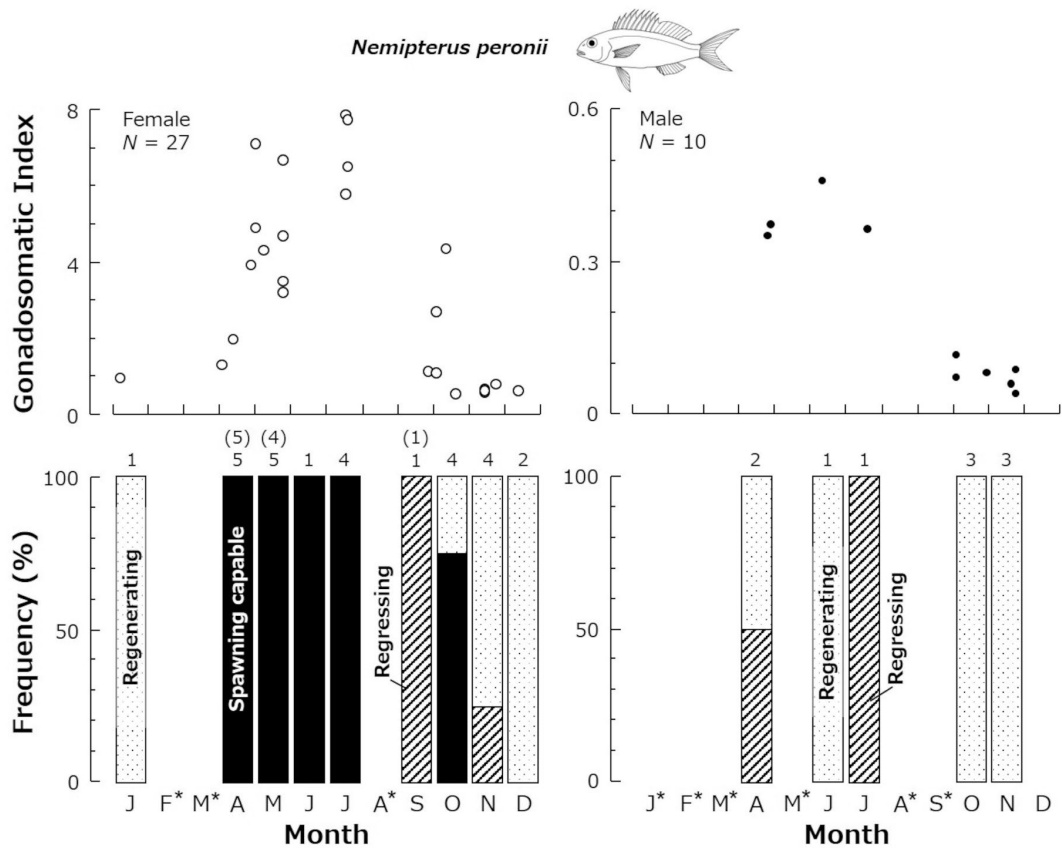


Fig. 7. Monthly changes in gonadal condition (left: females; right: males) of *Nemipterus peronii* collected around Okinawa Island. Asterisk, not collected; circles, individual data; number on bars, sample size; number in parentheses, number of ovaries with postovulatory follicles.

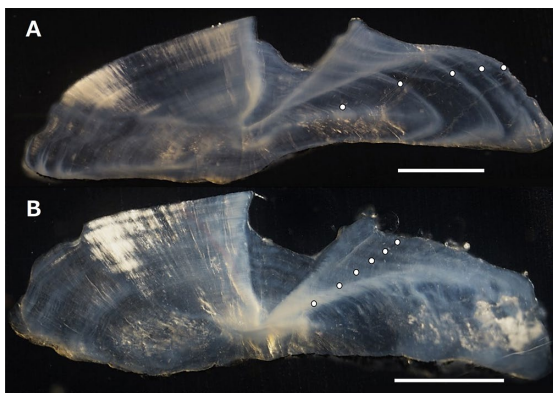


Fig. 8. Transverse sections of sagittal otolith - annuli indicated by white plots. (A) *Nemipterus furcosus*, 5-year-old female [27.2 cm fork length (FL)]; (B) *N. peronii*, 6-year-old female (27.3 cm FL). Scale bars indicate 1 mm.

られ (χ^2 適合度検定, いずれも $P < 0.001$; Table 3), 産卵可能期の個体の出現月と概ね一致した。

年齢と成長 耳石薄層切片により査定された年齢範囲 (平均 \pm SD) は, モモイトヨリが雌 0-4

歳 (2.4 ± 0.7 歳; $n = 42$), 雄 1-4 歳 (2.3 ± 0.6 歳; $n = 82$), シヤムイトヨリが雌 1-7 歳 (3.3 ± 1.2 歳; $n = 27$), 雄 1-5 歳 (2.4 ± 1.1 歳; $n = 10$) であった。雌雄の平均年齢は, モモイトヨリでは有意差が認められず (Welch の t 検定, $t = -0.066$, $P = 0.948$), シヤムイトヨリでは雌が雄よりも有意に大きかった ($t = -2.122$, $P < 0.05$)。両種の各個体の年齢と体長のデータに基づき, von Bertalanffy の成長式を雌雄別にあてはめたところ, 以下の式で表された (Table 3)。

$$\text{モモイトヨリ雌: } L_t = 27.1 \{1 - \exp[-1.323(t - 0.324)]\} \\ (n = 42, r^2 = 0.664)$$

$$\text{雄: } L_t = 30.2 \{1 - \exp[-0.830(t - 0.068)]\} \\ (n = 82, r^2 = 0.483)$$

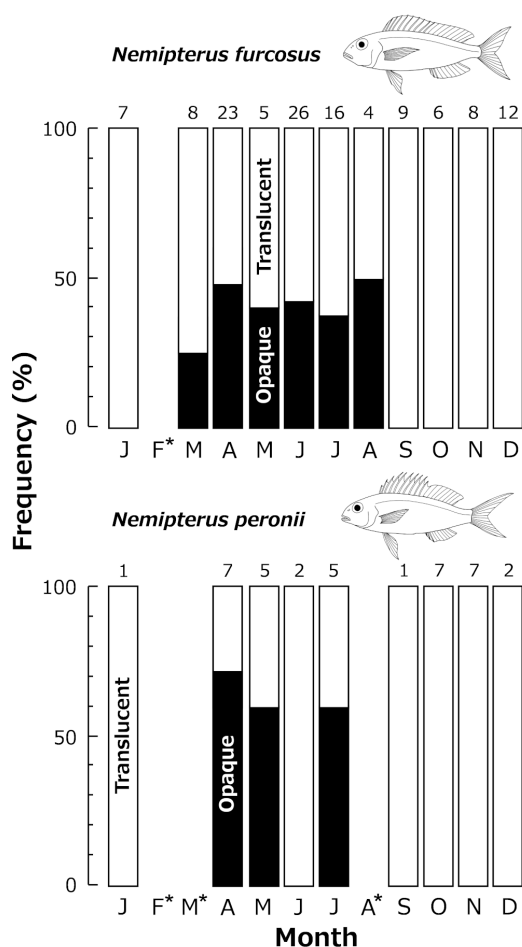
$$\text{シヤムイトヨリ雌: } L_t = 30.7 \{1 - \exp[-0.297(t + 2.654)]\} \\ (n = 27, r^2 = 0.397)$$

$$\text{雄: } L_t = 23.3 \{1 - \exp[-1.177(t - 0.389)]\} \\ (n = 10, r^2 = 0.610)$$

モモイトヨリでは雌雄差は認められず (F 検定,

Table 2. Sample sizes, statistics, and parameters used to evaluate accuracy and validity of age assessments for two threadfin breams collected around Okinawa Island

| Contents | <i>Nemipterus furcosus</i> (n = 124) | <i>Nemipterus peronii</i> (n = 37) |
|--|--------------------------------------|------------------------------------|
| Age determination | | |
| N ₁ : number of age-determined specimens | 124 | 37 |
| N ₂ : the first two counts coincided | 93 | 26 |
| N ₃ : two out of three counts coincided | 31 | 11 |
| N ₂ /N ₁ (%) | 75.0 | 70.3 |
| N ₃ /N ₁ (%) | 25.0 | 29.7 |
| IAPE (index of average percent error) | 6.9 | 5.7 |
| Increment formation annual cycle | | |
| Goodness-of-fit test for circular distributions, χ^2 | 285.0 ($P < 0.001$) | 33.2 ($P < 0.001$) |
| Linear relationship between otolith weight (OW, g) and presumed age (Age, year); Age = a OW + b | | |
| a (SE, standard error) | 23.2 (2.1) | 57.8 (8.5) |
| b (SE) | 0.87 (0.14) | 0.36 (0.44) |
| r ² | 0.511 | 0.625 |
| P | <0.001 | <0.001 |
| n | 122 | 30 |

**Fig. 9.** Edge-type analysis of sectioned otoliths from *Nemipterus furcosus* and *N. peronii*, demonstrating percentage of otolith edge condition. Asterisk, not collected; numbers on bars, sample sizes.

$F = 0.384$, $P > 0.05$), 雌雄ともに2歳以降成長が緩やかとなった (Fig. 10). 観察された最高齢は、雌4.3歳、雄4.0歳であった。一方、シャムイトヨリでは両曲線は有意に異なり ($F = 7.677$, $P < 0.001$), 雌が雄よりも大きい体サイズを示した (Fig. 10). 観察された最高齢は、雌7.0歳、雄5.3歳であった。両種の雌雄込みの成長式は、次式で表された。

モモイトヨリ: $L_t = 28.7 \{1 - \exp[-1.025(t - 0.212)]\}$
($n = 124$, $r^2 = 0.529$)

シャムイトヨリ: $L_t = 27.2 \{1 - \exp[-0.890(t - 0.286)]\}$
($n = 37$, $r^2 = 0.580$)

食性 胃内容物を調査したモモイトヨリ77個体のうち、空胃個体は全体の35.1% (27個体)で、これら個体を含めた平均充満度 \pm SD が 0.80 ± 1.03 (範囲: 0.00–5.99) であった。本種の胃内容物のうち、スナガニ上科の%RIが最も高く (49.3%), 次いで短尾下目 (カニ類: 21.4%), コエビ下目 (20.2%) の順となり (Table 4), これら3分類群で90%以上を占めた。一方、シャムイトヨリでは、調査した32個体のうち、空胃個体は全体の62.5% (20個体)で、平均充満度 \pm SD が 0.26 ± 0.49 (0.00–1.92) であった。本種の胃内容物は、カニ類の%RIが最も高く (64.6%), 次いで魚類 (10.8%), ワタリガニ科 (9.5%), スナガニ上科 (6.8%) の順であり、これら4分類群で90%以上を占めた (Table 4)。

Table 3. Summary of life history parameters of threadfin breams, including information from previous studies, based on age determination using sectioned otoliths and/or gonadal histology

| Species / Location | Sexuality | Sex | L_{\max} | L_{50} | L_{∞} | K | t_0 | A_{\max} | Reference |
|------------------------------------|-----------|----------|------------|----------|--------------|---------------|--------|------------|-----------|
| <i>Nemipterus aurifilum</i> | | | | | | | | | |
| Queensland | – | Female | – | – | 22.8* | 0.36 | -1.4 | – | 1, 2 |
| | | Male | – | – | 68.3* | 0.08 | -1.8 | – | |
| | | Combined | <23.0* | – | – | – | – | 4 | |
| <i>Nemipterus bathybius</i> | | | | | | | | | |
| Suruga Bay | RH | Combined | 23.0* | – | – | – | – | – | 3 |
| Kagoshima Bay | G | Female | – | – | 23.1 | 0.161 | -4.405 | 10 | 4, 5 |
| | | Male | – | – | 27.5 | 0.341 | -0.762 | 8 | |
| <i>Nemipterus furcosus</i> | | | | | | | | | |
| Okinawa Island | FG | Female | 29.3 | – | 27.1 | 1.323 | 0.324 | 4.3 | 6 |
| | | Male | 30.4 | – | 30.2 | 0.830 | 0.068 | 4.0 | |
| | | Combined | 30.4 | – | 28.7 | 1.025 | 0.212 | 4.3 | |
| | | | | | (25.7–29.1) | (0.845–2.025) | | | |
| | | | | | (27.7–40.4) | (0.268–1.480) | | | |
| | | | | | (27.1–31.2) | (0.672–1.486) | | | |
| <i>Nemipterus japonicus</i> | | | | | | | | | |
| Gulf of Oman | – | Female | 25.8 | – | – | – | – | 5 | 7 |
| | | Male | 25.6 | – | – | – | – | 5 | |
| <i>Nemipterus peronii</i> | | | | | | | | | |
| Okinawa Island | FG | Female | 29.8 | – | 30.7 | 0.297 | -2.654 | 7.0 | 6 |
| | | Male | 23.6 | – | 23.2 | 1.177 | 0.389 | 5.3 | |
| | | Combined | 29.8 | – | 27.2 | 0.890 | 0.286 | 7.0 | |
| | | | | | (26.1–47.3) | (0.065–1.196) | | | |
| | | | | | (20.6–33.4) | (0.209–4.107) | | | |
| | | | | | (25.2–30.1) | (0.459–1.845) | | | |
| Southwestern Taiwan | – | Female | 27.4 | 17.0 | – | – | – | – | 8 |
| | | Male | 22.3 | 17.5 | – | – | – | – | |
| Northwestern Australia | H | Female | <33.0 | 15.0 | 31.4 | 0.55 | -0.03 | – | 9, 10 |
| | | Male | <33.0 | – | 30.5 | 0.72 | 0.26 | – | |
| | | Combined | <33.0 | – | 41.9 | 0.25 | 0.74 | 5 | |
| <i>Nemipterus theodorei</i> | | | | | | | | | |
| Queensland | – | Female | – | – | 54.1* | 0.1 | -1.9 | – | 1, 2 |
| | | Male | – | – | 61.5* | 0.1 | -1.7 | – | |
| | | Combined | <29.0* | – | – | – | – | 6 | |
| <i>Nemipterus virgatus</i> | | | | | | | | | |
| Suruga Bay | RH | Combined | 38.5* | – | – | – | – | – | 3 |

L_{\max} , L_{50} , L_{∞} , K , t_0 , and A_{\max} are observed maximum length, length at 50% sexual maturity, asymptotic length, growth coefficient, theoretical age at which length = 0, and observed maximum age, respectively. Where appropriate, 95% confidence intervals included in parentheses. FG, functionally gonochoristic; G, gonochoristic; H, hermaphroditism; RH, rudimentary hermaphroditism; * standard length (Non-asterisked body length indicates fork length).

¹Campbell et al. (2007); ²Green and Krusic-Golub (2002); ³Takahashi et al. (1989); ⁴Puentes et al. (2004a); ⁵Puentes et al. (2004b); ⁶Present study; ⁷Afshari et al. (2013); ⁸Wu et al. (2008); ⁹Sainsbury and Whitelaw (1984); ¹⁰Young and Martin (1985).

考 察

沖縄島におけるイトヨリダイ属の分布特性 本研究より、イトヨリダイ属は沖縄諸島と先島諸島

に広く分布し、特にモモイトヨリとシャムイトヨリの分布量が、沖縄島に多いことが明らかとなった (Table 1; Fig. 2). 本研究では、イトヨリダイ属 4 種の出現が確認されたが、これまでに、沖縄

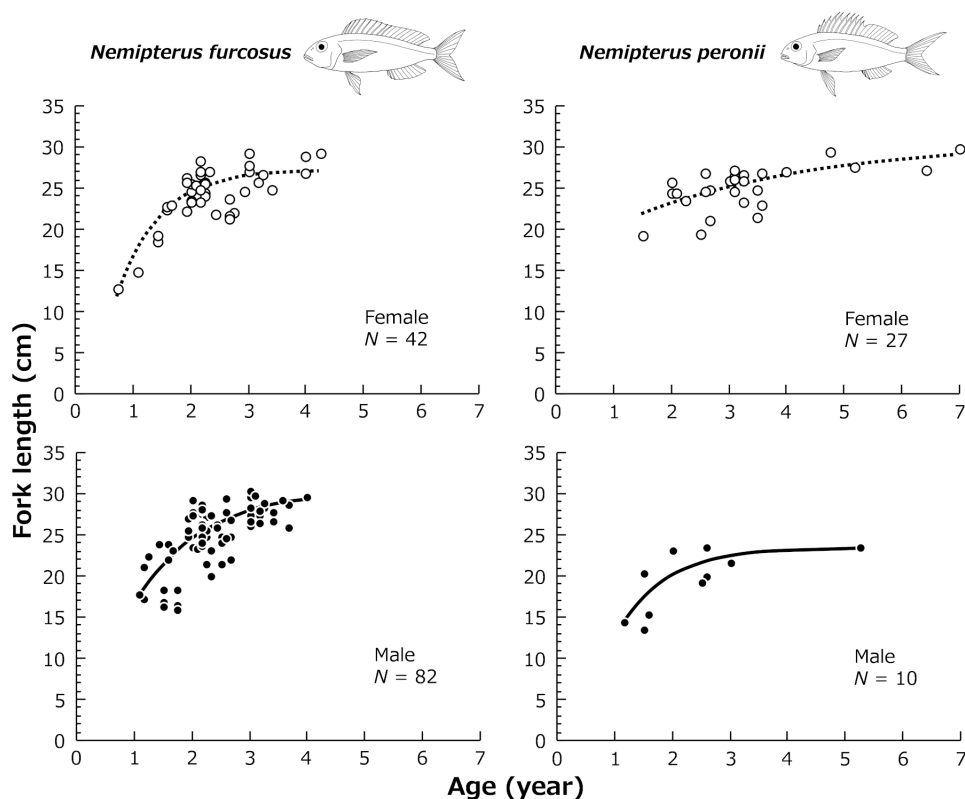


Fig. 10. von Bertalanffy growth curves fitted for observed fork lengths; female age (open circles) and male age (closed circles) of *Nemipterus furcosus* and *N. peronii*.

島の周辺海域においてはヒメイトヨリの水揚げも確認されており、トンキンイトヨリやヒライトヨリと同程度の出現頻度であることが示唆されている（太田ほか，2017b）。これらは、沖縄島に少なくとも5種のイトヨリダイ属が生息し、モモイトヨリとシャムイトヨリが優占種であることを示唆している（Fig. 2）。モモイトヨリとシャムイトヨリの分布については、九州以南の魚類相を扱った小枝ほか（2018）、Nakae et al.（2018）、本村ほか（2019）でも記録があり、モモイトヨリでは黒潮流路の北側で確認されず、シャムイトヨリでは黒潮流路の北側でもわずかに確認された。松浦・瀬能（2012）は、黒潮流域を中心とした南日本の魚類相の比較から、黒潮の障壁機能について論じ、熱帯性の魚種が、黒潮流路の南側に広く分布することを指摘している。このように、熱帯種である両種は、黒潮の障壁機能（松浦・瀬能，2012）をよく反映した分布様式を示した。

イトヨリダイ属 2 種の生物学的知見 イトヨリダイ属の性構造は、3種について組織学的観察に基づく報告がある（Table 3）。駿河湾産のソコイトヨリとイトヨリダイでは、精巣にのみ両性構造

を有する痕跡的雌雄同体（Takahashi et al., 1989）、鹿児島湾産ソコイトヨリでは、雌雄異体（Puentes et al., 2004b）とされている。一方、オーストラリア産シャムイトヨリでは、両性構造を保持する個体の出現から雌雄同体現象の可能性が言及されている（Young and Martin, 1985；Table 3）。本研究では、モモイトヨリとシャムイトヨリの性比は、片方の性に偏ったが、観察された最少年齢は雌雄間で差がなく、両性的構造を有する個体は確認されなかった（Fig. 5）。このことは、両種の性構造が、機能的に雌雄異体であることを示唆している。しかし、10 cm FL以下の標本がなく、観察した標本数も少ないことから、両種の性構造は、未成熟個体を含めた標本の採集と組織学的観察を行い、決定する必要がある。

両種雌の産卵可能期の個体は、少なくとも4月から10月に出現したことから、沖縄島近海での産卵が春から秋であることが示された（Figs. 6, 7）。この時期には、耳石縁辺が不透明帯である個体が出現し、その季節的な偏りに加え、査定された年齢と耳石重量の関係は、正の相関を示した。（Table 2；Fig. 9）。これらは、本種の不透明帯が、年齢

Table 4. Occurrence frequency (F), total weight (W), and ranking index (RI) of prey items found in stomach samples taken from two threadfin breams collected around Okinawa Island

| Food items | | <i>Nemipterus furcosus</i> (n = 50) | | | | | <i>Nemipterus peronii</i> (n = 12) | | | | | | |
|------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|---------|------------------------------------|---|-------|-------|-------|---------|-------|
| | | F | % | W (g) | % | RI | % | F | % | W (g) | % | RI | % |
| Sipuncula | Sipunculidea spp. | 2 | 4.00 | 6.52 | 2.27 | 9.1 | 0.31 | 1 | 8.33 | 0.96 | 4.40 | 36.7 | 1.49 |
| Annelida | Polychaeta spp. | – | – | – | – | – | – | 1 | 8.33 | 0.22 | 1.75 | 14.6 | 0.59 |
| Mollusca | Gastropoda spp. | 1 | 2.00 | 0.03 | <0.01 | 0.0 | 0.00 | – | – | – | – | – | – |
| | Octopoda spp. | 3 | 6.00 | 6.03 | 3.66 | 22.0 | 0.76 | – | – | – | – | – | – |
| | unknown Cephalopoda | 1 | 2.00 | 0.76 | 0.70 | 1.4 | 0.05 | 1 | 8.33 | 0.22 | 1.02 | 8.5 | 0.35 |
| Crustacea | Ocypodoidea spp. | 23 | 46.00 | 63.11 | 31.11 | 1,431.1 | 49.29 | 2 | 16.67 | 5.91 | 9.97 | 166.2 | 6.76 |
| | <i>Portunus sanguinolentus</i> | 1 | 2.00 | 0.85 | 0.24 | 0.5 | 0.02 | – | – | – | – | – | – |
| | <i>Thalamita</i> sp. | – | – | – | – | – | – | 1 | 8.33 | 0.34 | 0.02 | 0.2 | 0.01 |
| | Portunidae spp. | 5 | 10.00 | 4.69 | 3.78 | 30.2 | 1.04 | 2 | 16.67 | 2.17 | 14.07 | 234.5 | 9.54 |
| | <i>Cosmonotus</i> sp. | – | – | – | – | – | – | 1 | 8.33 | 0.07 | 0.56 | 4.7 | 0.19 |
| | Raninidae spp. | 1 | 2.00 | 0.93 | 0.97 | 3.9 | 0.13 | – | – | – | – | – | – |
| | Xanthidae spp. | 1 | 2.00 | 1.19 | 1.31 | 2.6 | 0.09 | – | – | – | – | – | – |
| | Brachyura spp. | 15 | 30.00 | 37.70 | 20.72 | 621.6 | 21.41 | 5 | 41.67 | 4.80 | 38.09 | 1,587.1 | 64.57 |
| | Alpheidae sp. | 1 | 2.00 | 0.51 | 2.00 | 4.0 | 0.14 | – | – | – | – | – | – |
| | Caridea spp. | 16 | 32.00 | 18.33 | 17.23 | 585.8 | 20.18 | 1 | 8.33 | 1.88 | 4.18 | 34.8 | 1.42 |
| Stomatopoda spp. | Stomatopoda spp. | 5 | 10.00 | 12.77 | 2.94 | 29.4 | 1.01 | – | – | – | – | – | – |
| | Mysida spp. | 2 | 4.00 | 2.27 | 0.40 | 1.6 | 0.06 | 1 | 8.33 | 1.87 | 4.16 | 34.7 | 1.41 |
| | unknown Crustacean | 1 | 2.00 | 0.47 | 2.00 | 4.0 | 0.14 | – | – | – | – | – | – |
| Echinodermata | Ophiuroidea spp. | 1 | 2.00 | 0.73 | 1.54 | 6.2 | 0.21 | 1 | 8.33 | 0.10 | 8.33 | 69.4 | 2.82 |
| Teleostei | Clupeiformes sp. | 1 | 2.00 | 0.19 | 0.45 | 0.9 | 0.03 | – | – | – | – | – | – |
| | Synodontidae sp. | 1 | 2.00 | 1.00 | 0.12 | 0.2 | 0.01 | – | – | – | – | – | – |
| | Callionymidae sp. | – | – | – | – | – | – | 1 | 8.33 | 0.39 | 0.01 | <0.1 | <0.01 |
| | Tetraodontidae sp. | 1 | 2.00 | 4.27 | 1.23 | 2.5 | 0.08 | – | – | – | – | – | – |
| | unknown Teleostei | 10 | 20.00 | 13.58 | 7.33 | 146.6 | 5.05 | 3 | 25.00 | 5.67 | 10.66 | 266.5 | 10.84 |

形質として妥当であること、産卵期に形成され、満年齢を示すことを示唆している。

本属魚類の年齢と成長については、既往知見の多くが体長組成に基づく推定あるいは過小評価が指摘される表面読み取り法（増田・野呂，2003）による推定であり、資源動向を解析する際に重要なパラメーターとなる寿命を明らかにするためには、耳石薄層切片に基づく年齢査定が推奨されている。このため、既往知見との比較は、本研究と同じ手法を用いた報告に限定した（Table 3）。モモイトヨリとシャムイトヨリの観察された最高齢はともに10歳以下であり、他のイトヨリダイ属と共通した（Sainsbury and Whitelaw, 1984；Green and Krusic-Golub, 2002；Puentes et al., 2004a）。また、イトヨリダイ科キツネウオ属の *Pentapodus vitta*、ヨコシマタマガシラ属のヒトスジタマガシラ *Scolopsis monogramma* や *S. taeniatus* も10歳以下であった（Mant et al., 2006；Grandcourt et al., 2010；Akita and Tachihara, 2014）。両種の最高齢について

は、標本数の増加に伴い更新される可能性もあるが、比較的短命な生活史は、イトヨリダイ科に広く共通する特性かもしれない。

本研究で観察された両種の最大尾叉長と成長式は、モモイトヨリでは雌雄差が認められず、シャムイトヨリでは雌が雄よりも大きくなり（Table 3；Fig. 10）、雄が雌よりも大きくなる *N. aurifilum*、ソコイトヨリ、*N. theodorei* と異なる傾向を示した（Puentes et al., 2004a；Campbell et al., 2007）。モモイトヨリの耳石薄層切片に基づく成長解析は、本研究が初報告となる。シャムイトヨリでは、オーストラリア個体群について成長式が推定されており、雌雄間の顕著な違いは認められていない（Sainsbury and Whitelaw, 1984）。一方、台湾個体群では、成長解析は行われていないものの、最大尾叉長で雌雄間の顕著な違いが認められ（Wu et al., 2008）、本研究とよく一致した。一般に、性転換をしない魚種では、体長差は雌雄の繁殖成功と関連することが指摘されている（幸田，2003）。本

研究の結果は、沖縄島沿岸域に生息するイトヨリダイ属の近縁 2 種間で繁殖戦略が異なる可能性を示唆している。

胃内容物解析より、両種はスナガニ上科やワタリガニ科などカニ類の %RI が 70% 以上を占めた (Table 4)。特に、モモイトヨリでは、カニ類の中でもスナガニ上科の %RI が約半数を占めた。一方、シャムイトヨリではモモイトヨリに比べて %RI は低いものの、同じくスナガニ上科が約 7% を占め、ベニツケガニ属 *Thalamita* を含むワタリガニ科が約 10% を示した (Table 4)。南シナ海のリモイトヨリ個体群では、主にエビ類と魚類を摂餌することが報告されている (Paul et al., 2018)。また、シャムイトヨリのオーストラリア個体群では、出現した胃内容物の 70% がカニ類、エビ類、シャコ類、アミ類など甲殻類であることが示されている (Sainsbury and Whitelaw, 1984)。その他のイトヨリダイ属では、甲殻類や魚類の 2 分類群への依存性が示され、甲殻類に依存する種 (*N. japonicus*)、甲殻類と魚類に依存する種 (*N. hexodon*)、魚類に依存する種 (*N. tambuloides*) に大別された (Afshari et al., 2013; Rao et al., 2017; Paul et al., 2018)。このように、本属魚類の食性は種や地域により餌生物の依存度が異なり、沖縄島のモモイトヨリとシャムイトヨリは、甲殻類の中でも、特にカニ類に依存することが示された。

沖縄島個体群の現状と保全 本属魚類は、我が国を含む多くの国において主に底曳網漁業で漁獲されており (不破, 1976; Sainsbury and Whitelaw, 1984; Campbell et al., 2007; Wu et al., 2008; Afshari et al., 2013; ElHaweet, 2013)、その漁具の特性から、対象種への過渡な漁獲圧が懸念され、小型魚への影響や漁具の改良に関する研究が進められている (井上ほか, 1997; Dineshbabu and Radhakrishnan, 2009)。底曳網漁業がない沖縄県では、本属魚類は主に底延縄漁業で漁獲され、漁業者数や操業数などの漁獲努力量も減少傾向を示している (太田ほか, 2017a)。しかし、本研究では、主要産地である金武湾や中城湾で、両種の CPUE が長期的な減少傾向を示し、回復の兆候を示さなかった (Fig. 4)。このことは、個体群の減少が、漁業以外の要因にも起因する可能性を示唆している。

本研究では、両種の餌生物としてカニ類の重要性が示唆されたが、餌生物として出現したスナガニ上科やワタリガニ科のカニ類は (Table 4)、主に内湾の砂質や泥質の干潟域に生息する (Ono, 1965; Henmi, 1984; Zimmer-Faust, 1987; 細木・町

田, 2004)。また両種は、沖縄島沿岸域のうち、砂質や泥質の干潟が形成される金武湾や中城湾 (上原ほか, 2015) で多獲され (Table 2)、これまでにイトヨリダイ科仔魚が中城湾の沖合で、シャムイトヨリ稚魚が湾内の干潟でそれぞれ採集されている (上原, 2015; 立原, 未発表)。これらは、両種が内湾に依存した生活史を有することを強く示唆している。沖縄島では、現在も干潟や海岸など浅海域の改変が進行し、特に金武湾や中城湾は、県内でも 2 番目と 3 番目に埋立面積が大きく、沖縄県の本土復帰以降、埋立面積は 2005 年まで増加傾向を示した後、微増傾向を示した (上原, 2015; 上原ほか, 2015; 上原, 未発表)。このような内湾の環境改変に伴う生息適地の減少や悪化も個体群の減少と関係があるかもしれない。

本研究では、熱帯域に広く分布するモモイトヨリとシャムイトヨリについて、分布の縁辺にあたる沖縄島個体群の生物学的知見を記載した。沖縄島のイトヨリダイ属 2 種は資源水準が低位と判断されており (太田ほか, 2017a)、実際に両種の標本収集においても制約があった。極端に少なくなった残存個体群の有効な管理策や保全策を検討する上でも、引き続き、両種の生物学的特性や漁業情報に関する知見の集積を継続するとともに、微小生息環境についても調査を行うことが急務である。

謝 辞

本研究を行うにあたり、名護、金武、石川、与那城町、沖縄市、佐敷・中城、知念の各漁業協同組合の職員および関係者の方々には、標本購入や市場調査のために様々な便宜を図って頂いた。また、沖縄県水産海洋技術センター (当時) の吉田雅哉氏、木田耕太氏、有光智彦氏、吉田真紀氏、鮫島翔太氏、松崎遣太氏、田中佑佳氏、新垣敦子氏、眞武明生氏には生物測定や標本作製に協力頂いた。エナゴには英文校閲を賜った。本研究の一部は、内閣府沖縄振興特別推進交付金事業のうち「沖縄沿岸域の統合的利活用推進事業」の援助を受けた。ここに記して謝意を表す。

引用文献

- Afshari, M., T. Valinassab, J. Seifabadi and E. Kamaly. 2013. Age determination and feeding habits of *Nemipterus japonicus* (Bloch, 1791) in the Northern

- Oman Sea. Iran. J. Fish. Sci., 12: 248–264.
- 藍澤正宏・土居内 龍. 2013. イトヨリダイ科. 中坊徹次 (編), pp. 946–954, 2011–2013. 日本産魚類検索 全種の同定, 第三版. 東海大学出版会, 秦野.
- Akita, Y. and K. Tachihara. 2014. Age, growth, maturity, and sex changes of monogrammed monocle bream *Scolopsis monogramma* in the waters around Okinawajima Island, Japan. Fish. Sci., 80: 679–685.
- Beamish, R. J. and D. A. Fournier. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 38: 982–983.
- Brown-Peterson, N. J., D. M. Wyanski, F. Saborido-Rey, B. J. Macewicz and S. K. Lowerre-Barbieri. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. Mar. Coast. Fish., 3: 52–70.
- Campbell, M. J., D. P. Roy, J. A. Haddy and A. J. Courtney. 2007. Observations on the distribution, growth and reproductive biology of *Nemipterus theodorei* and *Nemipterus aurifilum* caught in the Queensland (Australia) East Coast Trawl Fishery. Pages 230–238 in A. J. Courtney, J. A. Haddy, M. J. Campbell, D. P. Roy, M. L. Tonks, S. W. Gaddes, K. E. Chilcott, M. F. O' Neill, I. W. Brown, M. McLennan, J. E. Jebreen, C. Van Der Geest, C. Rose, S. Kistler, C. T. Turnbull, P. M. Kyne, M. B. Bennett and J. Taylor, eds. Bycatch weight, composition and preliminary estimates of the impact of bycatch reduction devices in Queensland's trawl fishery. Report to the Fisheries Research and Development Corporation. Department of Primary Industries and Fisheries, Brisbane.
- Chakraborty, S. K. 1995. Growth, mortality and yield per recruit of threadfin bream *Nemipterus japonicus* (Bloch) off Bombay. Indian J. Mar. Sci., 24: 107–109.
- Chen, Y., D. A. Jackson and H. H. Harvey. 1992. A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth data. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 49: 1228–1235.
- Dineshbabu, A. P. and E. V. Radhakrishnan. 2009. Trawl fishery of juvenile fishes along Mangalore-Malpe coast of Karnataka and its impact on fish stock. Asian Fish. Sci., 22: 491–500.
- ElHawet, A. E. A. 2013. Biological studies of the invasive species *Nemipterus japonicus* (Bloch, 1791) as a Red Sea immigrant into the Mediterranean. Egypt. J. Aquat. Res., 39: 267–274.
- Erguden, D., C. Turan, M. Gurlek, D. Yaglioglu and M. Gungor. 2010. Age and growth of the Randall's threadfin bream *Nemipterus randalli* (Russell, 1986), a recent Lessepsian migrant in Iskenderun Bay, northeastern Mediterranean. J. Appl. Ichthyol., 26: 441–444.
- FAO. 2020. Fishery Statistical Collections, Global Production: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/en>. (参照 2020-4-12)
- Farivar, S., Z. Jalil-Piran, F. Zarei and H. Hosseinzadeh Sahafi. 2017. Intraspecific phylogeography of the Japanese threadfin bream, *Nemipterus japonicus* (Perciformes: Nemipteridae), from the Persian Gulf and Indo-West Pacific: a preliminary study based on mitochondrial DNA sequence. Iran. J. Fish. Sci., 16: 587–604.
- Froese, R. and D. Pauly. 2019. FishBase, World Wide Web electronic publication (version 12/2019): <https://www.fishbase.in/search.php>. (参照 2020-9-1)
- 不破 茂. 1976. 志布志湾の小型底びき網漁業について 漁場及び漁獲物. 鹿児島大学水産学部紀要, 25: 125–135.
- Grandcourt, E., T. Z. Al Abdessalaam, F. Francis and A. Al Shamsi. 2010. Age - based life history parameters and status assessments of by - catch species (*Lethrinus borbonicus*, *Lethrinus microdon*, *Pomacanthus maculosus* and *Scolopsis taeniatius*) in the southern Arabian Gulf. J. Appl. Ichthyol., 26: 381–389.
- Green, C. and K. Krusic-Golub. 2002. Age estimates of two species of threadfin bream (*Nemipterus theodorei* and *N. aurifilum*). Final Report to the Queensland Department of Primary Industries. Marine and Freshwater Resources Institute, Department of Natural Resources and Environment, Queensland. 12 pp.
- Henmi, Y. 1984. The description of wandering behavior and its occurrence varying in different tidal areas *Macrophthalmus japonicus* (De Haan) (Crustacea: Ocypodidae). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 84: 211–224.
- Hobson, E. S. 1974. Feeding relationships of teleostean fishes on coral reefs in Kona, Hawaii. Fish. Bull., 72: 915–1031.
- 細木光夫・町田吉彦. 2004. 高知県浦戸湾で得られたワタリガニ科のカニ類 (十脚目: 短尾下目). 四国自然史科学研究, 1: 9–17.
- Innal, D., M. Aksu, D. Akdoganbulut, B. Kisin, M. C. Unal, M. Oztop, B. Dogangil and E. Pek. 2015. Age and growth of *Nemipterus randalli* from Antalya Gulf-Turkey. Int. J. Fish. Aquat. Stud., 2: 299–303.
- 井上 悟・檜山節久・藤石昭生・永松公明. 1997. 小型底びき網手繰第1種漁業 (小手繰網漁業) の目合別漁獲. 水産大学校研究報告, 45: 259–270.
- 小枝圭太・畑 晴陵・山田守彦・本村浩之 (編). 2018. 黒潮あたる鹿児島県の海内之浦漁港に水揚げされる魚たち. 鹿児島大学総合研究博物館, 鹿児島. 520 pp., 1059 figs.
- 幸田正典. 2003. 雄が小さいコリドラスとその奇妙な受精様式. 中嶋康裕・狩野賢司 (編), pp. 1–38. 魚類の社会行動2. 海游舎, 東京.
- Mant, J. C., M. J. Moran, S. J. Newman, S. A. Hesp, N. G. Hall and I. C. Potter. 2006. Biological characteristics and mortality of western butterfish (*Pentapodus vitta*), an abundant bycatch species of prawn trawling and recreational fishing in a large subtropical embayment. Fish. Bull., 104: 512–520.
- 増田育司・野呂忠秀. 2003. 耳石横断薄層切片を

- 用いた魚類の年齢査定 の 薦め. 鹿児島大学水産学部紀要, 52: 51–56.
- 増田育司・酒匂貴文・松下 剛・白石哲朗・切通淳一郎・神村祐司・小澤貴和. 2003. 鹿児島湾産アカカマスの年齢, 成長および年級群組成. 日本水産学会誌, 69: 709–716.
- 松浦啓一・瀬能 宏. 2012. 黒潮と魚たち. 松浦啓一(編), pp. 3–16. 黒潮の魚たち. 東海大学出版会, 秦野.
- 本村浩之・萩原清司・瀬能 宏・中江雅典(編). 2019. 奄美群島の魚類. 南日本新聞開発センター, 鹿児島. 436 pp., 3370 figs.
- 本永文彦. 1991. 市場情報収集解析システムの開発. 沖縄県水産試験場(編), pp. 79–82. 平成元年度沖縄県水産試験場事業報告書. 沖縄県水産試験場, 沖縄.
- Nakae, M., H. Motomura, K. Hagiwara, H. Senou, K. Koeda, T. Yoshida, S. Tashiro, B. Jeong, H. Hata, Y. Fukui, K. Fujiwara, T. Yamakawa, M. Aizawa, G. Shinohara and K. Matsuura. 2018. An annotated checklist of fishes of Amami-oshima Island, the Ryukyu Islands, Japan. Mem. Natl. Mus. Nat. Sci., 52: 205–361.
- 太田 格・秋田雄一・上原匡人・海老沢明彦. 2017a. 沖縄島沿岸域における水産資源の27年間の動向と現状. 沖縄県水産海洋技術センター事業報告書, 77: 35–60.
- 太田 格・上原匡人・海老沢明彦. 2017b. 漁獲量を指標とした沖縄島沿岸域における漁業重要種及びその生態的機能・成育場の評価. 沖縄県水産海洋技術センター事業報告書, 77: 61–75.
- Ono, Y. 1965. On the ecological distribution of ocypodid crabs in the estuary. Mem. Fac. Sci., Kyusyu Univ. Ser. E (Biol.), 4: 1–60.
- Paul, M., S. Hajisamae, S. Pradit, P. Perngmark and R. Islam. 2018. Trophic ecology of eight sympatric nemipterid fishes (Nemipteridae) in the lower part of the south China Sea. Turk. J. Fish. Aquat. Sci., 18: 277–287.
- Puentes, V. G., Y. Masuda and T. Matsuoka. 2004a. Age and growth of the yellowbelly threadfin bream *Nemipterus bathybius* in Kagoshima Bay, southern Japan. Fish. Sci., 70: 497–506.
- Puentes, V. G., Y. Masuda and T. Matsuoka. 2004b. Annual reproductive cycle and spawning frequency of the female yellowbelly threadfin bream *Nemipterus bathybius* in Kagoshima Bay, southern Japan. Suisanzoshoku, 52: 329–340.
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria: <https://www.R-project.org>. (参照 2019-12-22)
- Rao, M. V. H., S. Ghosh, K. Sreeramulu, V. U. Mahesh, M. S. Kumar and M. Muktha. 2017. Trophodynamics of *Nemipterus japonicus* (Bloch, 1791) in the trawl landings along the north-east coast of India. Indian J. Fish., 64: 1–7.
- Ratkowsky, D. A. 1986. Statistical properties of alternative parameterizations of the von Bertalanffy growth curve. Can. J. Fish Aquat. Sci., 43: 742–747.
- Russell, B. C. 1990. FAO species catalogue. Vol. 12. Nemipterid of the world (threadfin breams, whiptail breams, monocle breams, dwarf monocle breams and coral breams). Family Nemipteridae. An annotated and illustrated catalogue of nemipterid species known to date. FAO Fish. Synop. No. 125, Vol. 12. FAO, Rome. 149 pp., 8 pls.
- Sainsbury, K. J. and A. W. Whitelaw. 1984. Biology of peron's threadfin bream, *Nemipterus peronii* (Valenciennes), from the north west shelf of Australia. Aust. J. Mar. Freshwat. Res., 35: 167–185.
- 桜本和美. 1998. 漁業管理のABC—TAC制がよくわかる本—. 成山堂書店, 東京. 200 pp.
- Takahashi, H., K. Kobayashi and K. Suzuki. 1989. Gonadal morphology of threadfin breams, *Nemipterus bathybius* and *N. virgatus*: evidence of rudimentary hermaphroditism. Japan. J. Ichthyol., 36: 82–89.
- 上原匡人. 2015. 琉球列島におけるドロクイ属2種の資源生態および初期生活史に関する研究. 琉球大学大学院理工学研究科博士論文. 393 pp.
- 上原匡人・今井秀行・岩本健輔・太田 格・海老沢明彦・吉野哲夫・立原一憲. 2015. ドロクイ属2種の分布および生息環境: 近年の沿岸域の改変と交雑個体の出現の関係. 魚類学雑誌, 62: 13–28.
- Uyan, U., H. Filiz, A. S. Tarkan, M. Çelik and N. Top. 2019. Age and growth of *Nemipterus randalli* in the southern Aegean Sea, Turkey. J. Black Sea/Medit. Environ., 25: 140–149.
- von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). Hum. Biol., 10: 181–213.
- Watanabe, H., T. Kubodera and S. Kawahara. 2003. Feeding habits of Pacific pomfret *Brama japonica* in the transition zone of the central North Pacific. Fish. Sci., 69: 269–276.
- Wu, C.-C., J.-S. Weng, K.-M. Liu and W.-C. Su. 2008. Reproductive biology of the notchedfin threadfin bream, *Nemipterus peronii* (Nemipteridae), in waters of southwestern Taiwan. Zool. Stud., 47: 103–113.
- Young P. C. and R. B. Martin. 1985. Sex ratios and hermaphroditism in nemipterid fish from northern Australia. J. Fish. Biol., 26: 273–287.
- Zar, J. H. 1984. Biostatistical Analysis, Second edition. Prentice-Hall, New Jersey. 718 pp.
- Zimmer-Faust, R. K. 1987. Substrate selection and use by a deposit-feeding crab. Ecology, 68: 955–970.