Aquatic Animals

水生動物 第 2020 巻
令和 2 年 6 月

北西太平洋西マリアナ海嶺において中層トロールで漁獲されたフウセンキンメ（キンメダイ目キンメダイ科）の小型稚魚

Small juveniles of *Beryx mollis* (Teleostei: Beryciformes: Berycidae) collected by a mid-water trawl in the West Mariana Ridge, western North Pacific

柳本　卓*・張　成年
Takashi Yanagimoto*, Seinen Chow

国立研究開発法人水産研究教育機構中央水産研究所，神奈川県横浜市金沢区福浦2-12-4
National Research Institute of Fisheries Science, 2-12-4, Fukuura, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan.
*Corresponding author; e-mail: yanagimo@affrc.go.jp, Tel: +81-46-788-7620.

Abstract

A total of 73 small juveniles (46.0-115.2 mm folk length) of the genus *Beryx* were caught by a large mid-water trawl performed in the West Mariana Ridge, western North Pacific in 2013. Mitochondrial DNA sequence (COI gene) analysis performed on 66 individuals revealed that all individuals were *Beryx mollis*. Oval posterior nostril, a characteristic of *B. mollis*, was confirmed to be valid in these small juveniles. These juveniles appeared to be captured in epipelagic zone. This is the first report that many small juveniles of *B. mollis* were caught.

Key words: small alfonsino juvenile; mid-water trawl; epipelagic zone; COI; morphology

緒言

キンメダイ属（*Beryx*）の魚類は世界中の大陸棚や海山などに分布しており（Busakhin 1982）、底曳き網、底刺網、及び底はえ縄漁業などによって漁獲され重要な水産資源となっている（柳本 2004; 亘ら2017）。本属にはキンメダイ（*B. splendens*）、フウセンキンメ（*B. mollis*）、ナンヨウキンメ（*B. decadactylus*）の3種が知られている。キンメダイとナンヨウキンメは全大洋の熱帯から温帯域の幅広い海域に分布する一方、フウセンキンメはインド洋と太平洋西部の熱帯域から温帯域に分布するとされている（Yoshino and Kotlyar 2001; 秋元 2007）。本邦においてはキンメダイが最も北で見られ、太平洋側では釧路以南、日本海では佐渡以南、次いでナンヨウキンメが太平洋側では青森以南、日本海では富山湾以南、そしてフウセンキンメは日本海では見られず太平洋側では相模湾以南で報告されている（畑ら 2016）。鹿児島県の調査では3種が薩南諸島周辺で漁獲されており（宍道 2009; 宍道・神野 2010; 畑ら 2016）、底はえ縄による調査では3種のうちナンヨウキンメの漁獲水深が浅く、漁獲水温も高い傾向があることが報告されている（宍道 2009; 宍道・神野 2010）。一方、台湾の小型底曳きで漁獲されたキンメダイ属のミトコンドリアDNAのCOI部分配列分析と後鼻孔形状により種判別したところ、すべてフウセンキンメであった（柳本 未発表）。台湾沿岸の小型底曳きのため、フウセンキンメが選択的に漁獲された可能性もあるが、さらに低緯度のインドネシア沿岸（北緯5度、東経93度）でのトロールで漁獲されたキンメダイ属のミトコンドリアDNAのCOI遺伝子部

分配列を解析したところ、全個体がフウセンキンメであった（柳本・小林 2012）。Yoshino and Kotlyar（2001）は、キンメダイとナンヨウキンメの2種が分布するとされていたインド洋にもフウセンキンメが分布していることを報告している。

フウセンキンメはAbe（1959）によって記載された種であり、Woods and Sonoda（1973）も有効種であると認めている。Woods and Sonoda（1973）やBusakhin （1982）はフウセンキンメが相模湾固有種であると記述している。そのためか、キンメダイ属の分類や資源生態に関する文献にはキンメダイとナンヨウキンメの2種のみを扱ったものが見られる（Shimizu 1983; 清水 1984; Shotton 2016）。さらに、Heemstra（1986）がフウセンキンメをキンメダイの新参異名として扱い、Mundy （1990）もそれに従ったように、種として認めない研究者もいた。Yoshino et al.（1999）及びYoshino and Kotlyar（2001）は、Abe（1959）が報告したフウセンキンメの形質が本種の識別に有効であることを確認するとともに、後鼻孔形状や幽門水数において他種と大きな違いがあることを見出した。さらにこれら3種は遺伝的にも明瞭に異なることが報告されている（Akimoto et al. 2002, 2006; 秋元ら 2003, 2005; 秋元 2007; 柳本・小林 2012; 柳本ら 2015）。しかしながら、フウセンキンメは相模湾固有種とされていたこともあり（Woods and Sonoda 1973; Busakhin 1982）、キンメダイとして誤同定されていた場合が多いものと考えられる。上述したようにキンメダイは熱帯域にも分布するとされているが（Busakhin 1982）、Yoshino and Kotlyar（2001）や柳本（2012）らの結果から、熱帯域で報告されたキンメダイの多くあるいは一部が実際にはフウセンキンメであった可能性がある。ただし、天皇海山域における調査では水深1200 mでもキンメダイが漁獲されているため（柳本 2004）、熱帯域の調査では深場での漁獲努力が少ないことが原因である可能性も否定できない。このように、キンメダイ属の分布については再検討の余地があるため、簡便に種を識別できる形態的特徴が必要である。

キンメダイとフウセンキンメの体高は標準体長の33.9 から43.2 %である一方、ナンヨウキンメの体高は著しく高く、標準体長の45.4から52.6 %に及ぶ（Abe 1959; Busakhin 1982; Yoshino et al. 1999）。この体高の違いは標準体長20 mm程度の小型稚魚でも確認されている（Mundy 1990）。また、ナンヨウキンメだけが頭部に4対の棘（nasal, preorbital, supraorbital and submaxillary spines）を有する（Busakhin 1982）。さらに、ナンヨウキンメの背鰭軟条数（18～20）はキンメダイ（13～15）とフウセンキンメ（12～13）より明らかに多い（Abe 1959; Busakhin 1982; Yoshino et al. 1999）。そのためナンヨウキンメを他2種から識別することは容易である。フウセンキンメはキンメダイとナンヨウキンメに比べて背鰭の軟条数が少なく、肉質が柔らかいこと、鱗の後縁および下顎の隆起が鋸歯状である、という特徴が報告されている（Abe 1959）。しかしながら、フウセンキンメの知名度は低く、キンメダイの集団遺伝学的解析を行ったHoarau and Borsa（2000）やSchönhuth et al.（2005）が用いた標本には明らかにフウセンキンメのcytochrome *b*遺伝子の塩基配列と一致する個体が含まれているが、これらはキンメダイの種内変異として扱われている。また、フウセンキンメの外見はキンメダイと似ているため、両種が混同されることがある（秋元 2007）。Borsa et al.

（2011）は体高、頭長、吻長、眼径を用いて多変量解析を行ったがキンメダイとフウセンキンメを明瞭に分けることはできなかった。一方、背鰭、胸鰭、腹鰭、尻鰭の軟条数及び第1鰓弓下枝の鰓耙数を用いた多変量解析によってこれら2種を統計的に判別できるが、単一で明瞭に識別できる外部形質はなく、内部形質である幽門水数が唯一両種を区別できる形質であった（Borsa et al. 2011）。しかしながら、いずれの形質も船上や市場のような現場においてキンメダイとフウセンキンメを簡便に識別できる指標とはいえない。実際、前述したようにキンメダイとして水揚げされた成魚標本がDNA分析によってフウセンキンメであることが明らかにされた例もある（柳本・小林 2012）。Mundy（1990）はハンコック海山周辺で採集したキンメダイ属の小型稚魚は成魚と同様に背鰭軟条数によってキンメダイとナンヨウキンメに分けられると報告しているが、彼はフウセンキンメをキンメダイの新参異名と考えていたことから、フウセンキンメが混入していた可能性は否定できない。また、フウセンキンメの産卵期や場所、卵や仔稚魚の分布などの基礎的な生物学的情報は皆無である。このように、繁殖生態を研究するうえで、成魚だけでなく生活史を通した種の判別が重要である。

Yoshino et al.（1999）は後鼻孔がスリット状であればキンメダイ、楕円形であればフウセンキンメであると報告している。後鼻孔の形状は両種を判別するうえでは最も簡便で明瞭な指標であると考えられるが、稚魚においても有効であるかどうかは検討されていない。

2013年6～7月に西マリアナ海嶺南部海域においてウナギ産卵場調査が行われ（水産庁 2013)、中層トロール網によってキンメダイ属稚魚が採集された。本研究では、これらの稚魚について柳本・小林（2012）に従いDNA分析による種同定を行うとともに後鼻孔の形状を観察した。またキンメダイ属稚魚や成魚の分布と海洋環境との関係についても検討した。

材料および方法

トロール曳網調査を開始する地点では常にCTD（Conductivity Temperature Depth profiler）による深度 1000 m からの水温、塩分、クロロフィル、溶存酸素、密度データの収集を行った。使用したニチモウ（株）製トロール網（NST-660-SR）の仕様は、開口部の高さが最大 50 m、幅が 60 m で、コッドエンドの目合が 17.5 mm である。網口の上下左右及びコッドエンドに装着した水温深度ロガー（SP2T）により、網口の開口状況や曳網状態が後ほど確認できる。Fig. 1 に中層トロール調査を行った海域（北緯 12～14 度, 東経 141～143 度）を示した（水産庁 2013）。曳網調査を行った海域の水深は 1323 m から 5539 m であった。日没後に投網を開始し、所定深度を 1 層とした曳網及び所定深度を 2 あるいは 3 層とした階段曳きを行った。曳網速度は約 5 ノット前後とした。

採集された稚魚（Fig. 2）は船上にて-40 ℃で凍結し持ち帰った。研究室にて解凍後、尾又長（mm）を測定し、成魚での判別指標である後鼻孔形状の観察を行った。これらの標本は中央水産研究所横浜庁舎において冷凍保存されている。稚魚の鰓の一部を摘出して 70 %エタノールで固定した。その組織片から QuickGene（KURABO）を用いて DNA を抽出した。Liu et al.（2006）によるユニバーサルプライマーL5956（5’-cacaaagacattggcaccct-3’） と H6558（5’-cctcctgcagggtcaaagaa-3’）を

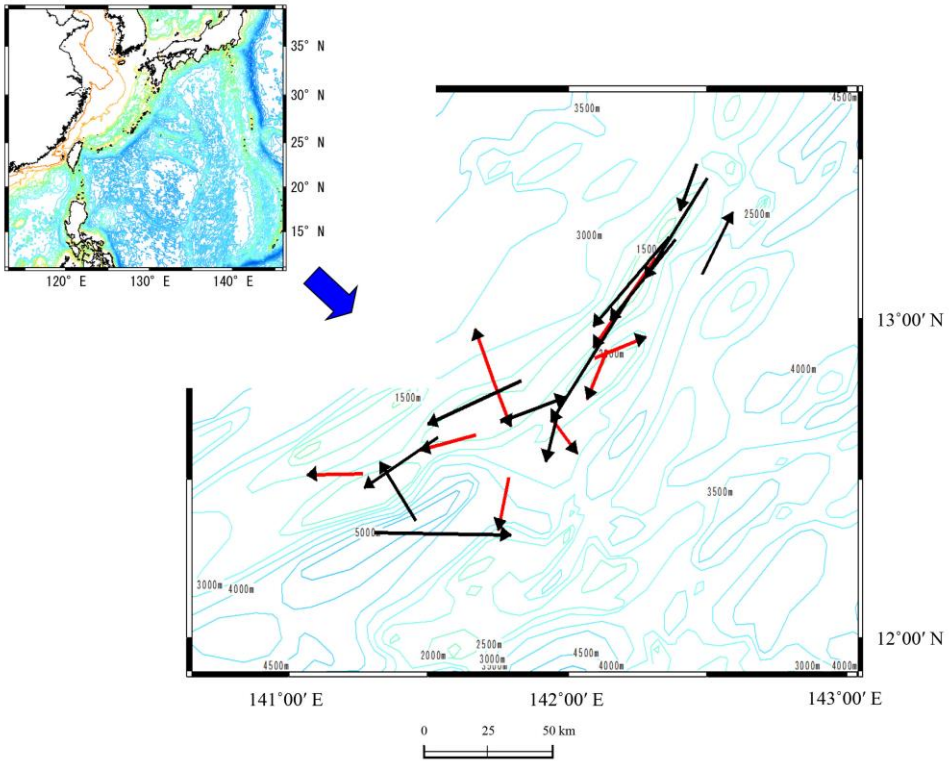

Fig. 1. Survey area in the southern part of the West Mariana Ridge. Mid-water trawl operations capturing juveniles of *Beryx mollis* and those capturing no juveniles are shown in red and black lines, respectively.

Fig. 2. Small juveniles of *Beryx mollis* caught by mid-water trawl.

用いて、mtDNA の COI 部分領域を PCR 法で増幅した。PCR 反応溶液の組成、PCR 反応条件、塩基配列の決定は柳本・小林（2012）に従った。得られた塩基配列を Blast 探索（Altschul et al. 1990）に供し、近縁種を探索した。また、2020 年 3 月 20 日時点で DDBJ/EMBL/GenBank データベースに登録されているキンメダイ 22 配列（うち 3 配列の種は不確定）、ナンヨウキンメ 10 配列、フウセンキンメ 18 配列を加えて Clustal X（Thompson et al. 1997）によってアライメントを行った。DNAspVer4.10.9（Rozas et al. 2003）によってハプロタイプごとの頻度を求めた。MEGA5.05 ソフトウエア（Tamura et al. 2011）により、Kimura-2-parameter 法（Kimura 1980）により遺伝距離（K2P）を求め、近隣接合法（Saitou and Nei 1987）により系統樹を作成した。系統樹の信頼性を 1000 回のブーストラップ検定（Felsenstein 1985）によって評価した。

結果

採集キンメダイ属稚魚の種判別

21 曳網中 13 曳網でキンメダイ属稚魚 73 個体が採集された（Appendix Table）。曳網ごとの採集個体数は 0–22、平均 3.5 個体であった。稚魚の尾叉長は 46.0–115.2 mm で、平均 84.2 mm であった（Fig. 3）。後鼻孔形状については、冷凍により鼻孔が潰れていた個体以外の後鼻孔はすべて楕円形であることが確認できた（Fig. 4）。

73 個体中 66 個体で決定した COI 領域 543 bp の塩基配列から 14 種のハプロタイプが得られ（AB860129–AB860142）、ハプロタイプ多様度は 0.40、塩基多様度は 0.1 %であった。また、異なるハプロタイプ間の平均 K2P ± SE は 0.4 ± 0.1 %であった。これら全ハプロタイプの演繹アミノ酸配列は同一であった。Blast 探索の結果、これら 14 種のハプロタイプと最も高い相同性を示した種はフウセンキンメであった（ほぼ 100 %）。データベースより入手したキンメダイ属 3 種の配列と本研究で決定した 14 ハプロタイプを用いて構築した系統樹は大きく分かれる 3 つのクレードで構成され、キンメダイクレード（Bs）、フウセンキンメクレード（Bm）、ナンヨウキンメクレード（Bd）と定義した（Fig. 5）。本稚魚サンプルの 14 ハプロタイプは全てフウセンキンメクレードに属した。尚、暫定的にキンメダイ（*Beryx* cf.

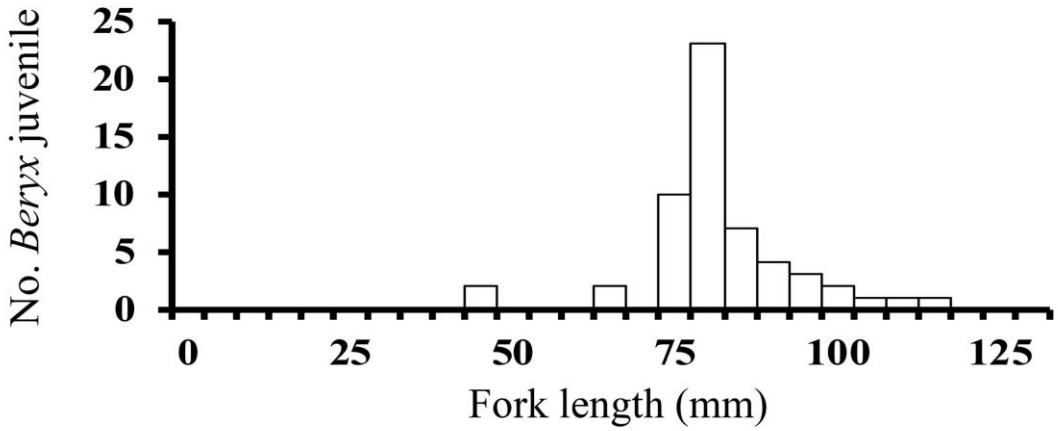

Fig. 3. Size composition of 66 juveniles of *Beryx mollis* collected in the West Mariana Ridge.

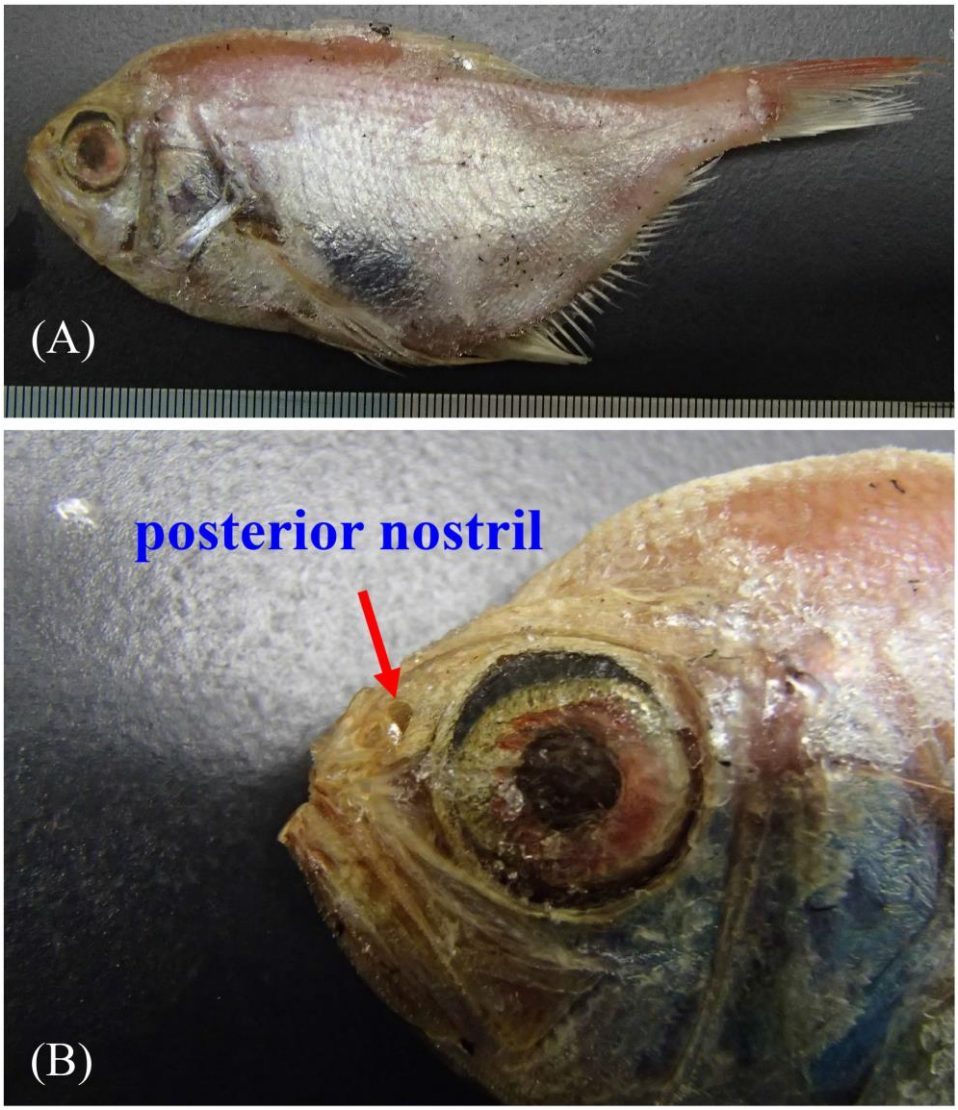

Fig. 4. Lateral view (A) of a juvenile *Beryx mollis* (ID No. 32) collected in the West Mariana Ridge, and an enlarged view (B) of the head showing oval posterior nostril (red arrow).

splendens）として登録されている種未確定3個体（GU673458–GU673490）（Fig. 5†）はフウセンキンメクレードに属することからフウセンキンメとした。本稚魚サンプルとデータベースのフウセンキンメ（上記の *Beryx* cf. *splendens* を含む）間の平均 K2P は 0.6 ± 0.2 %であった。以上より本稚魚サンプルは全てフウセンキンメであると考えられた。キンメダイ、ナンヨウキンメ、フウセンキンメ各種内の異なるハプロタイプを選び、種内及び種間における K2P を計算した（Table 1）。3 種間での平均 K2P は 2.9 ± 0.7 %～8.0 ± 1.4 %、種内ハプロタイプ間の平均 K2P は 0.4 ± 0.1 %～0.8 ± 0.2 %であった。尚、フウセンキンメクレードにはブートストラップ値は高くないものの、太平洋とインド洋両方の標本が含まれるグループと、インド洋標本のみで構成されるグループの 2 つのサブクレードが見られた。

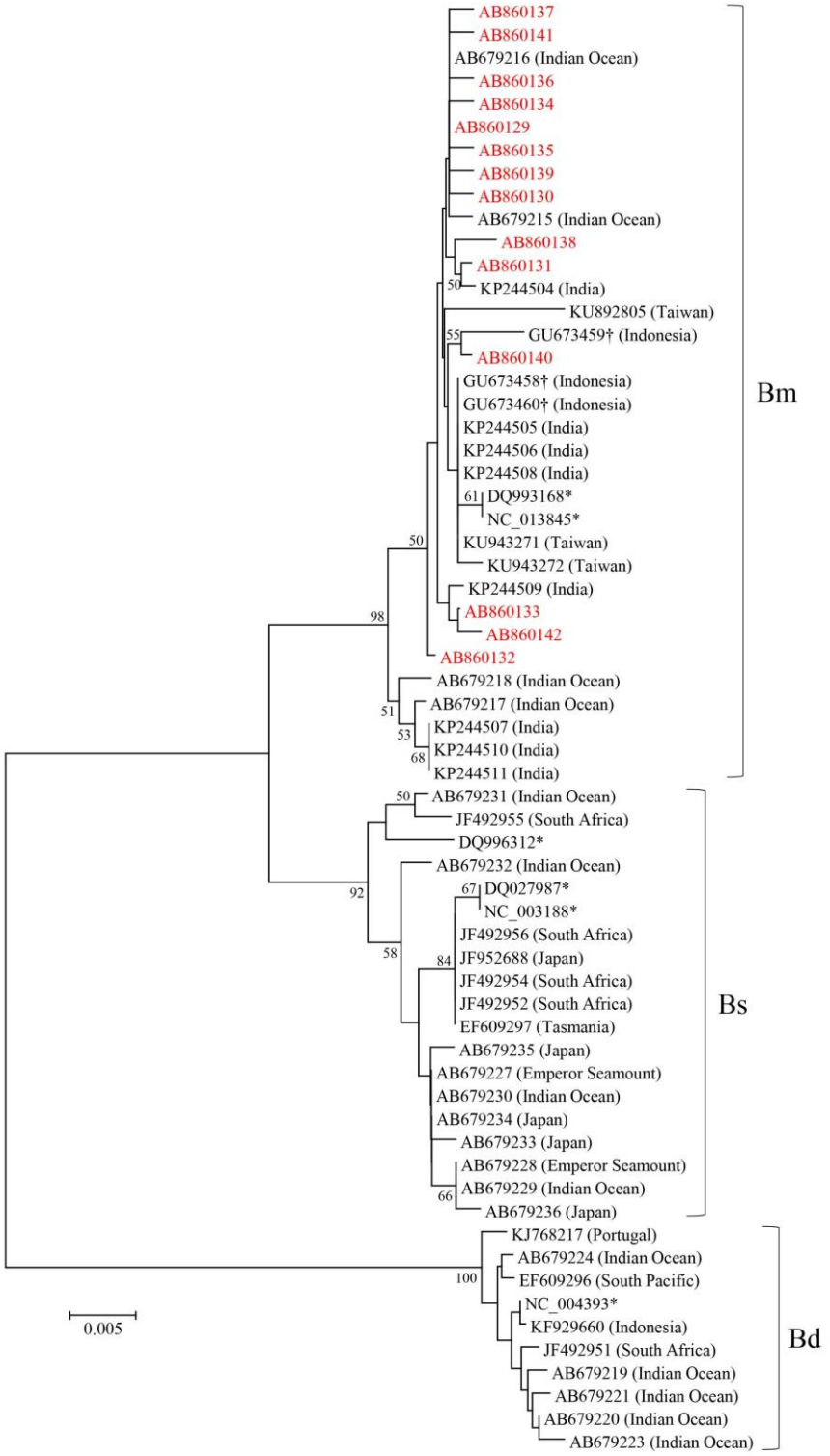

Fig. 5. Neighbor-joining phylogenetic tree based on Kimura-2-parameter distances between mitochondrial COI sequences of three species of the genus *Beryx* derived from GenBank database (black) and 14 haplotypes (red) of juveniles obtained in the present study. The three distinct clades supported by high bootstrap values are determined to correspond to *Beryx mollis* (Bm), *B. splendens* (Bs) and *B. deccadactylus* (Bd), respectively. Bootstrap values larger than 50 % (out of 1000 replicates) are shown on the node. †Species is not determined morphologically. Geographic origin of fish sample is shown in the parenthesis. *Geographic origin is unknown.

Table 1. Mean nucleotide divergence (K2P distance ± SE) within (on the diagonal) and between (below diagonal) three species of the genus *Beryx*.

	Bs	Bd	Bm
Bs	0.8 ± 0.2		
Bd	7.7 ± 1.3	0.4 ± 0.1	
Bm	2.9 ± 0.7	8.0 ± 1.4	0.7 ± 0.2

Bs (*B. splendens*), Bd (*B. deccadactylus*), Bm (*B. mollis*).

トロール曳網状況と調査海域の海洋環境

中層トロール 21 曳網における観測野帳抜粋を Appendix Table に示した。調査海域の水深は 1323–5539 m であり、1 つの曳網ラインでも 1502–5539 m まで変動していたことから、海嶺周辺の起伏に富んだ海域であることが示された。

オッターが水面に入ってから曳網・揚網を経てオッターが水面に現れるまでの時間は約 7–9 時間であった。所定曳網層ごとの曳網時間は最短で 1 時間、最長で 7 時間であった。所定曳網層における網の到達深度は網口底部で最深 351 m、網口上部で最浅 149 m であった。一例として、調査点 T1 において 2 層の階段曳きを行った際の網口とコッドエンドに装着した深度ロガーの記録を Fig. 6 に示した。青ラインと黒ラインがそれぞれ網口上部と底部の深度を示す。投網（#1）10 数分後で網口底部が約 100 m に達した。オッターが水面に入った時点（#2）で網口上部は 51–73 m、網口底部は 75–101 m の範囲にあり、開口部高さは

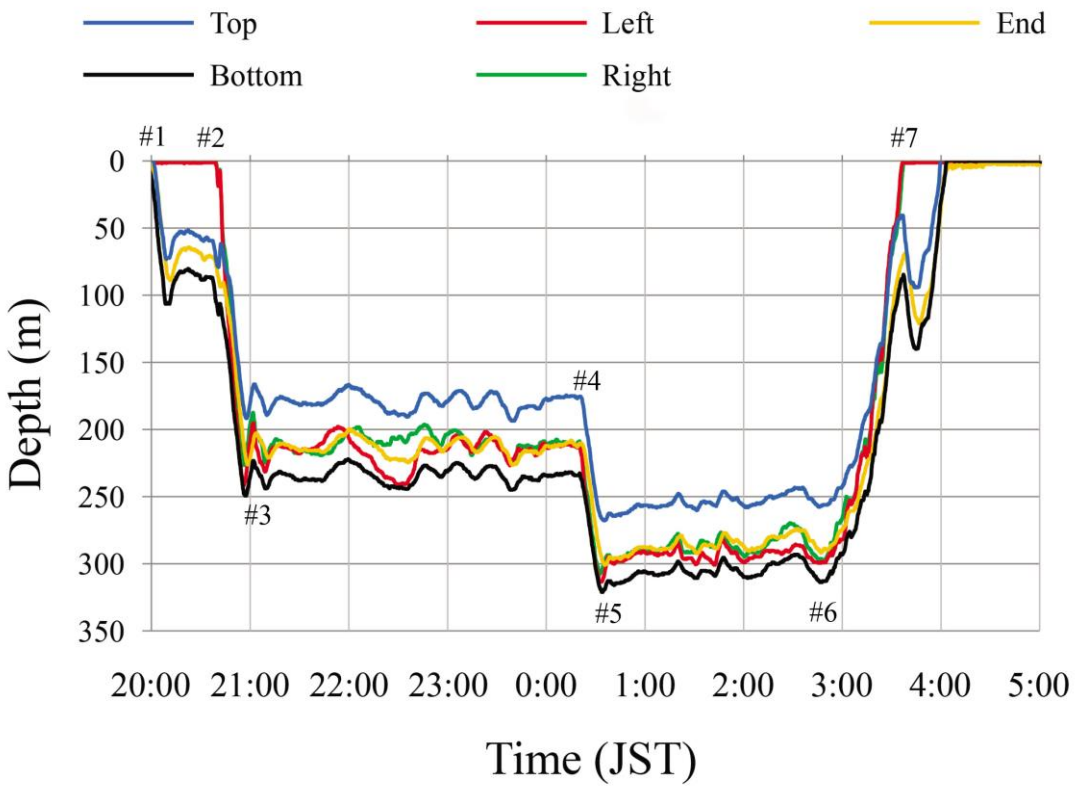

Fig. 6. Depth profiles at the top (blue), bottom (black), left (red) and right (green) of the mouth opening and at the codend (yellow) of a large mid-water trawl net towed at station T1 (see Appendix Table). #1 (cast net), #2 (otter board on surface), #3 (start towing), #4 (towing depth shift), #5 (start towing), #6 (start hauling), and #7 (otter board surfaced). JST: Japan Standard Time.

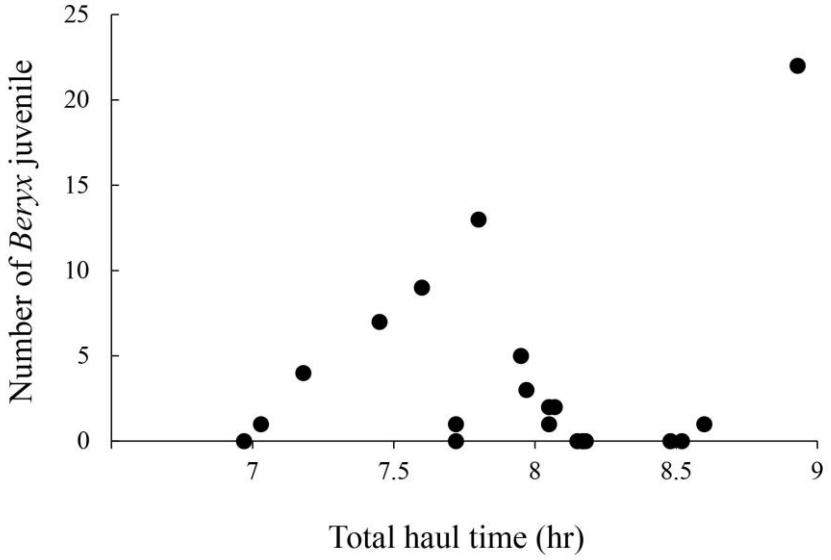

Fig. 7. Relationships between total haul time (from #2 to #7 in Fig. 5) of mid-water trawl and the number of *Beryx mollis* juveniles caught.

24–60 m であった。約 30 分後、約 200 m の所定層に達し、曳網を開始した時点（#3）から曳網終了時点（#4）まで網口上部は 166–193 m、網口底部は 216–239 m の範囲にあり、開口部の高さは 45–54 m であった。#4 からワイヤーを繰り出して次の所定層まで網が沈降していた約 20 分間における開口部の高さは 47–56 m であった。所定層での曳網開始時点（#5）から揚網開始時点（#6）まで網口上部は 243–267 m、網口底部は 286-314 m の範囲にあり、開口部の高さは 41–50 m であった。揚網開始時点（#6）からオッターが水面に現れた時点（#7）までの約 40 分間における開口部の高さは 41–56 m であった。他のトロール曳網状況も基本的には同じであった。全曳網調査での網口の開口状況を検討したところ、開口部の高さは、オッターが水面に入ってから所定深度へ達するまでの約 30 分間では 17–67 m、所定層を曳網中には 32–56 m、所定層間を移動中の約 15–30 分間では 39–51 m、揚網開始からオッターが水面に現れるまでの約 30–40 分間では 7–61 m であった。また、全体を通してコッドエンドの深度（Fig. 6 黄ライン）は網口上部と底部の中間を示していた。以上のことから、オッターが水面に入ってから再び水面に現れる間にトロール網は水平方向に伸展した状態を保ちつつ網口は十分開口していたと考えられた。オッターが水面に入ってから曳網・揚網を経てオッターが水面に現れるまでの時間とフウセンキンメ稚魚の採集個体数の関係を検討したところ、統計的には有意ではなかったが、曳網時間が長くなると採集個体数が多くなる傾向は見られた（Fig. 7）。

調査点 T1 における CTD 鉛直プロファイルを Fig. 8 に示した。表層水温は 30 ℃近くあった。クロロフィル極大が約 150 m 層に見られ、やや下に塩分極大が見られた。150–200 m 層から 300 m 層付近まで水温と塩分の急激な低下が見られ、躍層を呈した。150 m では約 27 ℃あった水温は、200 m で 22 ℃、250 m で 16 ℃、300 m では 13 ℃まで低下した。他の調査点においても類似した鉛直プロファイルであった。

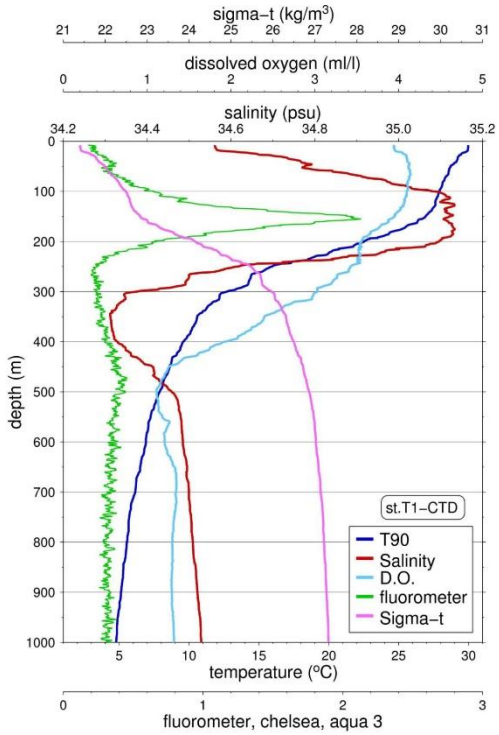

Fig. 8. A CTD profile at station T1 (see Appendix Table), showing water temperature (blue), salinity (red), dissolved oxygen (light blue), fluorescence intensity (green), and density (pink).

考察

稚魚の種同定

DNA 分析を行った 66 個体の稚魚は全てフウセンキンメであることが示されるとともに、Yoshino et al.（1999）により報告されたフウセンキンメとキンメダイ成魚間の形態的差異である後鼻孔形状は本標本の体長（尾叉長 46.0–115.2 mm）の稚魚でも有効であることが裏付けられた。フウセンキンメクレードで見られたサブクレードごとでの標本採集地域の偏りは、太平洋とインド洋個体群が遺伝的に分化していることを示唆する。今後、より多くの標本及びより多型的な遺伝子マーカーに基づく集団遺伝学的解析が望まれる。

稚魚の鉛直分布

本研究はフウセンキンメの小型稚魚が中層で多数採集された初めての報告である。最大個体の尾叉長は 115.2 mm であった。底曳網や底はえ縄等の漁業で漁獲されるキンメダイとフウセンキンメの最小サイズは似ており、各大洋の漁場で 119–130 mm（尾叉長）程度である（清水 1991; Lehodey and Grandperrin 1996; Yoshino et al. 1999; Yoshino and Kotlyar 2001; 畑 2016; Santos et al. 2019）。過去に報告されたプランクトンネットや中層トロールで採集されたキンメダイの稚魚のうち最大個体はインド洋及び北大西洋で採取されたそれぞれ標準体長 96 と 98 mm の稚魚である（Sherstyukov and Nostov 1986; Ivanin 1987）。Shotton（2016）が紹介している標準体長から尾叉長への換算式によると、それぞれ尾叉長が 105.5 mm、107.7 mm となる。これらの情報は尾叉長 120 mm 前後が浮遊生活期からと底生生活期へ移行する時期であるとする説（秋元 2007; 武内 2014）を裏付ける。そして、おそらくフウセンキンメも同様なサイズで底生生活期に移行するものと推察される。Mundy（1990）はハンコック海山周辺で多数のキンメダイ属の仔魚（標準体長 1.3–6.0 mm）を表層付近（25 m 以浅）で採集していることから、仔魚の分布深度はかなり浅いものと考えられる。一方、小型稚魚についての詳細な採集深度は不明であるが、現在までの報告例（Sherstyukov and Nostov 1986; Ivanin 1987; Mundy 1990; 柳本 1999, 2004; 亘ら 2017）によればいわゆる epipelagic zone（200 m 以浅）を中心に分布しており、成長とともにより深い層へと移動するものと推察されている。過去の調査研究例と同様に、本研究での曳網方法では採集されたフウセンキンメの稚魚が実際に入網した深度がわからない。ただ、曳網時間が長くなると採集個体数が増える傾向が見られること、そしてオッ

ターが水面に入ってから所定層に達するまでの時間と揚網開始からオッターが水面に現れるまでの時間は全曳網でほぼ同じであることから、100 m 以浅といった表層近くで入網した個体が中心ではなさそうである。また、中部北太平洋海山域での魚群探知機による調査ではキンメダイの若齢個体が日没後に水深 350 m 前後の海山頂上から深度 150 m 層付近まで浮上し、夜明け前に頂上に戻ることが観察されている（柳本 1994）。そのため浮遊生活期のキンメダイ及びフウセンキンメの小型稚魚も同様に鉛直移動している可能性は高い。しかしながら、小型稚魚の遊泳能は若齢魚に比肩するとは考えにくいため、鉛直移動しているとしてもその幅は若齢魚よりもかなり小さいのではないだろうか。また、250 m 以深では水温が急減に低下する。以上のことから本調査で採集された小型稚魚は 100–200 m 層を中心に分布していたものと推察される。今後、キンメダイ属稚魚の生態をより詳細に研究するためには、入網層がより詳細に把握できるような曳網方法や層別採取が可能な方法の利用が必要である。

フウセンキンメの分布

原記載前にはフウセンキンメは種として認識されておらず、採集されてもキンメダイと誤同定されていた可能性が高いことから、キンメダイとナンヨウキンメに比べてフウセンキンメに関する研究報告は極端に少ない。しかし、最近では漁獲物の種同定が正確に行われる傾向にあることから、フウセンキンメの分布実態が明らかになりつつある。北太平洋に限れば、キンメダイ属 3 種の分布は重複するが、キンメダイとナンヨウキンメの分布中心は温帯域であり、フウセンキンメのそれは亜熱帯・熱帯域であることが把握されてきた（武内 2014; 亘ら 2017）。初期生活期や産卵海域に関する情報はほぼキンメダイとナンヨウキンメに限られる。Mundy（1990）はハンコック海山周辺海域（北緯 29°46’–48’、東経 179°2’–5’）でキンメダイ属の多数の仔魚及び 3 個体のキンメダイ小型稚魚を採集するとともに、漁獲したキンメダイ成熟親魚から採卵、採精し人工授精による孵化仔魚を得ている。日本近海でも房総沖から伊豆諸島、南西諸島、小笠原諸島といった広い範囲でキンメダイの大型成魚が漁獲されており（芝田 1985; 久保島 1999; 本多ら 2004; 武内 2014; 亘ら 2017）、キンメダイ属の卵や仔稚魚も高知沖から伊豆諸島周辺海域で採集されている（柳本 1999; Akimoto et al. 2002; 秋元ら 2005; 前田 2009）。特に、Akimoto et al.（2002）と秋元ら（2005）は八丈島北方の北緯 33°付近で多数のキンメダイ属の卵を採集しその一部を DNA 分析したところ全てキンメダイであることを明らかにしている。一方、本研究で調査した海域ではキンメダイ稚魚が全く採集されなかったこと、フウセンキンメの漁獲は九州や台湾で増えることから（宍道・神野 2010; 柳本私信）、従来考えられているよりも（竹内 2014; 亘ら 2017）これら 2 種の分布及び産卵海域の偏りは大きいようであり、卵や仔稚魚の分布及び分散範囲にも大きな違いがある可能性が高い。

Yoshino and Kotlyar（2001）は、キンメダイとナンヨウキンメの 2 種が分布するとされていたインド洋にもフウセンキンメが分布することを明らかにした。このことは、従来のインド洋におけるキンメダイの記録の一部はフウセンキンメであった可能性が高いことを意味する。Satria et al.（2008）はスマトラ島、ジャワ島のインド洋側沿岸赤道付近でトロール

漁業により漁獲されたキンメダイの生物学的調査の結果を報告しているが、ほぼ同じ場所で同じ漁法で漁獲された標本の全て（n = 8）は DNA 分析によりフウセンキンメであったことが報告されている（柳本・小林 2012）。このことから、Satria et al.（2008）の記録はフウセンキンメに基づくものであった可能性が高い。フウセンキンメは大西洋には分布しないとされており（Woods and Sonoda 1973; Busakhin 1982）、実際 Schönhuth et al.（2005）、Lévy-Hartmann et al.（2011）及び柳本ら（2015）が集団遺伝学的解析に用いた大西洋産キンメダイ属魚類は全てキンメダイに同定された。しかしながらこれらの標本は全て北大西洋のものであり、南大西洋のキンメダイ属については遺伝学的な研究例がない。

このように、キンメダイとフウセンキンメの分布、特に低緯度域での分布実態については再検討・再調査が必要であろう。

謝辞

本研究で用いた西マリアナ海域でのフウセンキンメの採集には水産庁漁業調査船の開洋丸の船長と乗組員、調査員の皆様にご協力して頂いた。西海区水産研究所の星野浩一氏からは本論文ドラフトに貴重な意見をいただいた。標本および海洋観測データの利用に関しては国立研究開発法人水産研究・教育機構の、黒木洋明氏及び岡崎 誠氏に便宜を図っていただいた。2 名の査読者からは多くの訂正箇所についての指摘及び非常に的確かつ有益な意見をいただいた。以上の方々にこの場を借りてお礼申し上げる。

引用文献

Abe, T. (1959). New rare or uncommon fishes from Japanese waters VII. Description of a new species of *Beryx*. Jpn. J. Ichthyol. 7: 157–163.

Akimoto, S., Kinoshita, S., Sezaki, K., Mitani, I., Watabe, S. (2002). Identification of alfonsino and related fish species belonging to the genus *Beryx* with mitochondrial *16S rRNA* gene and its application on their pelagic eggs. Fish. Sci. 68: 1242–1249.

秋元清治・瀬崎啓次郎・三谷 勇・渡部終五 (2003). ミトコンドリア成魚領域の塩基配列分析による日本周辺漁場におけるキンメダイの集団遺伝構造の解析. 神水研研報 8: 89–97.

秋元清治・瀬崎啓次郎・三谷 勇・渡部終五 (2005). ミトコンドリア16S rRNA遺伝子判別によるキンメダイ卵および仔魚の同定と伊豆諸島周辺海域における分布様式. Nippon Suisan Gakkaishi 71: 205–211.

Akimoto, S., Itoi, S., Sezaki, K., Borsa, P., Watabe, S. (2006). Identification of alfonsino, *Beryx mollis* and *B. splendens* collected in Japan, based on the mitochondrial cytochrome b gene, and their comparison with those collected in New Caledonia. Fish. Sci. 72: 202–207.

秋元清治 (2007). ミトコンドリアDNA分析によるキンメダイの集団遺伝構造および卵仔魚の分布様式の解析. 神水技セ論文集 1: 1–64.

Altschul, S. F., Gish, W., Miller, W., Myers, E. W., Lipman, D. J. (1990). Basic local alignment search tool. J. Mol. Biol. 215: 403–410.

Borsa, P., Akimoto, S., Pasco, A., Tehei, M., Watabe, S. (2011). Identification des deux espèces jumelles *Beryx mollis* Abe 1959 et *B. splendens* Lowe 1834, àl'aide de caractères morphologiques et méristiques simples. 2011. Ird-00798612.

Busakhin, S. V. (1982). Systematics and distribution of the family Berycidae (Osteichthyes) in the world Ocean. J. Ichtyol. 22: 1–21.

Felsenstein, J. (1985). Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. Evolution 39: 783–791.

畑 晴陵・岩坪洸樹・原口百合子・森 幸二・本村浩之 (2016). 鹿児島県のキンメダイ科魚類. Nature of Kagoshima 42: 49–56.

Heemstra, P. C. (1986). Family No. 126: Berycidae. In: M. M. Smith, P. C. Heemstra (Eds.) Smith's sea fishes. Springer-Verlag, Berlin, p. 409–410.

Hoarau, G., Borsa, P. (2000). Extensive gene flow within sibling species in the deep-sea fish *Beryx splendens*. C. R. Acad. Sci. Paris 323:

315–325.
本多 仁・池上直也・米沢純爾・秋元清治・飯田益生・明神寿彦・清水 学 (2004).日本周辺におけるキンメダイ*Beryx splendens*の生物学的特徴と漁業の実態．黒潮の資源海洋研究 5: 111–119.
Ivanin, N. A. (1987). On the discovery of a juvenile *Beryx*-alfonsino, *Beryx splendens*, in the region of the North Australian trough of the Indian Ocean. J. Ichthyol. 27: 171–172.
Kimura, M. (1980). A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. J. Mol. Evol. 16: 111–120.
久保島康子 (1999). 伊豆諸島海域における資源減少期のキンメダイ*Beryx splendens*の成熟―Ｉ．神水研研報 4: 37–41.
Lehodey, P., Grandperrin, R. (1996). Age and growth of the alfonsino *Beryx splendens* over the seamounts off New Caledonia. Mar. Biol. 125: 249–258.
Lévy-Hartmann, L., Roussel, V., Letourneur, Y., Sellos, D. Y. (2011). Globa; and New Caledonian patterns of population genetic variation in the deep-sea splendid alfonsino, *Beryx splendens*, inferred from mtDNA. Genetica 139: 1349–1365.
Liu, J. X., Gao, T. X., Yokogawa, K., Zhang, Y. P. (2006). Differential population structuring and demographic history of two closely related fish species, Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) and spotted sea bass (*Lateolabrax maculatus*) in Northwestern Pacific. Mol. Phyl. Evol. 39: 799–811.
前田洋志 (2009). 高知県沖海域におけるキンメダイ卵・仔稚魚の分布状況．黒潮の資源海洋研究10: 79–80.
Mundy, B. C. (1990). Development of larvae and juveniles of the alfonsins *Beryx splendens* and *B. deccadactylus* (Berycidae, Beryciformes). Bull. Mar. Sci. 46: 257–273.
Rozas, J., Sanchez-DelBarrio, J. C., Messeguer, X., Rozas, R. (2003). DnaSP, DNA polymorphism analyses by the coalescent and other methods. Bioinformatics 19: 2496–2497.
Saitou, N., Nei, M. (1987). The neighbor – jointing method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. Mol. Biol. Evol. 4: 406–425.
Santos, R. V. S., Novoa-Pabon, A. M., Silva, H. M., Pinho, M. R. (2019). Can we consider the stocks of alfonsinos *Beryx splendens* and *Beryx decadactylus* from the Azores a discrete fishery management unit? J. Fish Biol. 94: 993–1000.
Satria, F., Haluan, J., Wiyono, E. S., Wudianto (2008). Biological aspects, density, and distribution of the alfonsino (*Beryx splendens*) in the Indian Ocean ekslusive economic zone of Indonesia. Ind. Fish Res. J. 14: 75–82.
Schönhuth, S., Álvarez, Y., Rico, V., González, J. A., Santana, J. I., Gouveia, E., Lorenzo, J. M., Bautista, J. M. (2005). Molecular identification and biometric analysis of Macaronesian archipelago stocks of *Beryx splendens*. Fish. Res. 73: 299–309.
Sherstyukov, A. I., Nostov, A. S. (1986). Collection of juvenile alfonsino, *Beryx splendens* (Berycidae), in the region of the Uglovoye submarine rise. J. Ichtyol. 26: 123–124.
芝田健二 (1985). 房総海域におけるキンメダイについて–II 成熟と性比．千葉県水産試験場研究報告 43: 3–9.
Shimizu, T. (1983). Berycidae. In: Fisher, W., Bianchi, G. (Eds.) FAO species identification sheets for fisheries purposes–Western Indian Ocean. Fishing area 51, vol. 1. FAO, Rome, p. BER–BER Ber 2.
清水 長 (1984). キンメダイ科．日本産魚類検索大図鑑．（編）増田 一，尼岡邦夫，荒賀忠一ほか，東海大学出版，東京，p. 107–108.
清水利厚 (1991). キンメダイ*Beryx splendens*若魚の形態と成長．千葉水試研報 49: 17–23.
宍道弘敏 (2009). 奄美北部海域におけるキンメダイ属3種の漁獲水深及び水温の比較．うしお 323: 4–5.
宍道弘敏・神野公広 (2010). 奄美北部海域におけるキンメダイ属3種の漁獲水深及び水温の比較．黒潮の資源海洋研究 11: 77–82.
Shotton, R. (2016). Global review of alfonsino (*Beryx* spp.), their fisheries, biology and management. FAO Fish. Aquacult. Circ. No. 1084. FAO, Rome.
水産庁 (2013). 平成25年度水産庁漁業調査船開洋丸第2次調査航海西マリアナ海嶺南部におけるウナギ産卵場調査　調査結果速報．水産庁，東京．
武内啓明 (2014). キンメダイの生物学的特徴ならびに神奈川県における漁業および資源管理．神水セ研報 7: 17–35.
Tamura, K., Peterson, D., Peterson, N., Stecher, G., Nei, M., Kumar, S. (2011). MEGA5:

Molecular Evolutionary Genetics Analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. Mol. Biol. Evol. 28: 2731–2739.

Thompson, J. D., Gibson, T. J., Plewniak, F., Higgins, D. G. (1997). The Clustal X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. Nucleic Acids Res. 24: 4876–4882.

亘 真吾・米沢純爾・武内啓明・加藤正人・山川正巳・萩原快次・越智洋介・米崎史郎・藤田 薫・酒井 猛・猪原 亮・宍道弘敏・田中栄次 (2017). キンメダイの資源生態と資源管理．水産研究・教育機構研究報告 44: 1–46.

Woods, L. P., Sonoda, P. M. (1973). Family Berycidae. In: D. M. Cohen (Ed.) Fishes of the western North Atlantic. Part 6. Mem. Sears Found. Mar. Res., No. 1, Yale Univ., New Haven, p. 281–290.

柳本 卓 (1994). 中部北太平洋海山海域において1993年11月に採集されたキンメダイの生物学的特徴．1994年北洋底魚資源調査研究報告集，p. 157–202.

柳本 卓 (1999). 1997年秋期の俊鷹丸による伊豆諸島沖キンメダイ幼魚調査結果．1997-1998年北洋底魚資源調査報告集，p. 89–109.

柳本 卓 (2004). 天皇海山における底魚漁業とキンメダイ*Beryx splendens*の生物学的特性．黒潮の資源海洋研究 5: 99–109.

柳本 卓 ・小林敬典 (2012). インドネシア沖でキンメダイとして漁獲された魚の正体について．DNA多型 20: 143–147.

柳本 卓・酒井 猛・越智洋介・蛯名儀富・藤野忠敬 (2015). mtDNA調節領域の塩基配列により推定されたキンメダイの集団構造. Nippon Suisan Gakkaishi 81: 958–963.

Yoshino, T., Kon, T., Miura, A. (1999). Morphological differences between *Beryx splendens* Low and *B. mollis* Abe Teleostei: Beryciformes; Berycidae). Bull. Fac. Sci. Univ. Ryukyus 67: 77–86.

Yoshino, T., Kotlyar, A. N. (2001). World distribution of the Baloon Alfonsin, *Beryx mollis* (Pisces: Beryciformes: Berycidae). Bull. Fac. Sci. Univ. Ryukyus 72: 119–123.

Received: 15 April 2020 | Accepted: 9 May 2020 | Published: 1 June 2020