

キンメダイの資源生態と資源管理

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 水産研究・教育機構 公開日: 2024-10-02 キーワード (Ja): キーワード (En): Splendid alfonsino; biology; fisheries resource management; stock assessment 作成者: 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, 穴道, 弘敏, 田中, 栄次 メールアドレス: 所属: 水産研究・教育機構, 水産研究・教育機構
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2010940

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



キンメダイの資源生態と資源管理

Fisheries biology and resource management of splendid alfonso *Beryx splendens*

亘 真吾^{*1}・米沢純爾^{*2}・武内啓明^{*3}・加藤正人^{*4}・山川正巳^{*2}・萩原快次^{*5}・越智洋介^{*6}・
米崎史郎^{*7}・藤田 薫^{*6}・酒井 猛^{*8}・猪原 亮^{*9}・宍道弘敏^{*10}・田中栄次^{*11}

Shingo WATARI^{*1}, Junji YONEZAWA^{*2}, Hiroaki TAKEUCHI^{*3}, Masato KATO^{*4},
Masami YAMAKAWA^{*2}, Yoshitsugu HAGIWARA^{*5}, Yousuke OCHI^{*6},
Shiroh YONEZAKI^{*7}, Kaoru FUJITA^{*6}, Takeshi SAKAI^{*8}, Ryou IHARA^{*9},
Hirotoshi SHISHIDOU^{*10}, and Eiji TANAKA^{*11}

Abstract: Stock of the splendid alfonso *Beryx splendens* has been exploited as an important fisheries resource in the waters off the Pacific coast of Japan since the end of the 19th century. The waters around the Izu Islands are one of the major fishing grounds for the stock. This stock has been more important for the Izu Islands fisheries because the splendid alfonso is a high-value species and is one of the few species that has not rapidly declined, unlike skipjack tuna and other demersal fish. However, fishermen are concerned about future stock status because of the annual reduction in catch since the 1990s. In recent years, stakeholders have tended to manage the fisheries effectively based on scientific stock assessment considering results of systematic life history surveys. The objectives of this review are the following: 1) document knowledge and archived data about splendid alfonso biology and stock management, 2) discuss future issues on splendid alfonso surveys to be conducted, and 3) provide basic scientific information for managing the splendid alfonso population.

Key words: Splendid alfonso, biology, fisheries resource management, stock assessment

2016年10月20日受理 (Received on October 20, 2016)

^{*1} 中央水産研究所 〒236-8648 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)

^{*2} 東京都島しょ農林水産総合センター 〒105-0022 東京都港区海岸 2-7-104

(Tokyo Metropolitan Islands Area Research and Development Center for Agriculture, Forestry and Fisheries, 2-7-104 Kaigan, Minato, Tokyo 105-0022, Japan)

^{*3} 神奈川県水産技術センター 〒238-0237 神奈川県三浦市三崎町城ヶ島養老子

(Kanagawa Prefectural Fisheries Technology Center, Jogashima, Misaki, Miura, Kanagawa 238-0237, Japan)

^{*4} 千葉県水産総合研究センター 〒295-0024 千葉県南房総市千倉町平磯2492

(Chiba Prefectural Fisheries Research Center, 2492 Hiraiso, Chikura, Minamiboso, Chiba 295-0024, Japan)

^{*5} 静岡県水産技術研究所伊豆分場 〒415-0012 静岡県下田市白浜251-1

(Shizuoka Prefectural Research Institute of Fishery Izu Branch, 251-1 Shirahama, Shimoda, Shizuoka 415-0012, Japan)

^{*6} 水産工学研究所 〒314-0408 茨城県神栖市波崎7620-7

(National Research Institute of Fisheries Engineering, 7620-7 Hasaki, Kamisu, Ibaraki 314-0408, Japan)

^{*7} 国際水産資源研究所 〒236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦 2-12-4

(National Research Institute of Far Seas Fisheries, 2-12-4 Fukuura, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan)

^{*8} 西海区水産研究所 〒851-2213 長崎県長崎市多良町1551-8

(Seikai National Fisheries Research Institute, 1551-8 Taira, Nagasaki, Nagasaki 851-2213, Japan)

^{*9} 高知県水産試験場 〒785-0167 高知県須崎市浦ノ内灰方1153-23

(Kochi Prefectural Fisheries Experimental Station, 1153-23 Uranouchi Haikata, Suzaki, Kochi 785-0167, Japan)

^{*10} 鹿児島県水産技術開発センター 〒891-0315 鹿児島県指宿市岩本字高田上160-10

(Kagoshima Prefectural Fisheries Technology and Development Center, 160-10 Iwamoto, Ibusuki, Kagoshima 891-0315, Japan)

^{*11} 東京海洋大学 〒108-8477 東京都港区港南 4-5-7

(Tokyo University of Marine Science and Technology, 4-5-7 Konan, Minato, Tokyo 108-8477, Japan)

第1章 はじめに

キンメダイ *Beryx splendens* は世界中の熱帯から温帯域の水深200~800m前後の海山や陸棚縁辺部に分布し、我が国では北海道南部から本州太平洋岸、四国沖、九州沖を経て南西諸島に至る陸棚縁辺部や伊豆諸島から小笠原諸島およびその周辺の海山に分布している（増沢ら, 1975; 池田, 1980; Akimoto *et al.*, 2002; 本多ら, 2004）（Fig. 1）。これらの海域のうち房総半島から御前崎沿岸（以下、関東沿岸）、伊豆諸島周辺海域、高知沖、南西諸島周辺海域で立て縄（vertical longline）（Fig. 2）、底立てはえ縄（trotline）（Fig. 3）、樽流し（drifting dropline）（Fig. 4）による漁業がおこなわれるなど、キンメダイは我が国太平洋沿岸および離島域では重要な漁獲対象資源として利用されている。これらの海域の2014年の漁獲量は5,477トン、生産額は76億円に達する。このうち、関東沿岸から伊豆諸島周辺海域は、我が国における最大のキンメダイ漁場であり、その漁業の歴史も古く一世紀以上前に遡る。長期にわたり資源が利用されているものの、海域によっては千葉県、東京都、神奈川県、静岡県（以下、1都3県）で入会の形で漁業が行われているため、漁場の利用を巡り、漁業者間の軋轢がし

ばしば生じてきた。これを解決するため、漁業者間の自主的話し合い、行政を含めた都県間の調整、さらに資源の持続的利用に向けた管理措置の合意形成が長年にわたり続けられ今日に至っている。

1都3県のキンメダイの漁獲量は1970年代後半から急激に増加し、1984~1991年は1万トン前後の高水準で推移したが、その後減少傾向に転じ、2014年は4,666トンと最盛期の半分以下に低下した（Fig. 5）。加えて、カツオ漁やキンメダイ以外の底魚漁の漁獲の低迷と、キンメダイの魚価が高値で安定していることにより、底魚漁業における漁獲量と生産額に占めるキンメダイの比重が高まっている。これらの点を踏まえ、漁業関係者の中には資源の先行きを懸念する声が増え始め、関係機関の連携をさらに深め、より実効性のある資源管理推進への機運が高まってきた。こうした中、2015年10月に日本水産学会関東支部シンポジウム「キンメダイ資源研究の現状と将来」が開催された。これには研究機関の他、行政関係者、漁業者など77名が参加し、研究成果が発表され、活発な意見交換がなされた。このシンポジウムにおいて、1都3県を中心とした調査研究の取り組みでキンメダイの資源生態がどこまで明らかになったか、そして資源管理の推進のためには今後どのような取り組みが必要かについて整

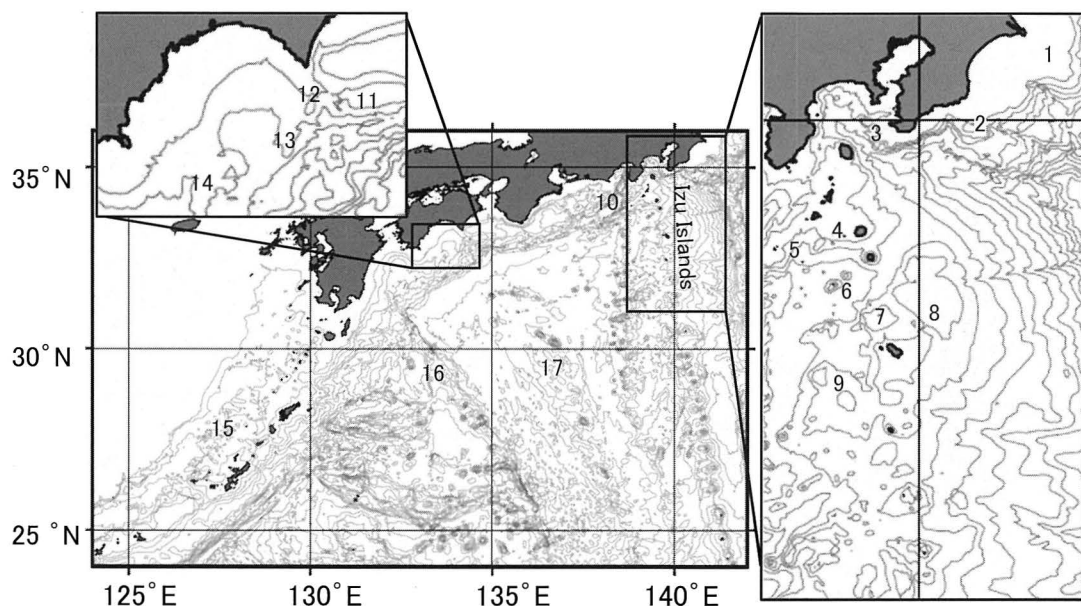


Fig. 1 Location of major splendid alfonsino, *Beryx splendens*, fishing grounds in Japanese waters. 1 : Daikei fishing grounds, 2 : Awa Bank, 3 : Mera Se, 4 : Daiichi-Onohara Knoll, 5 : Daini-Onohara Knoll, 6 : Mikura Seamount, 7 : Kurose Knoll, 8 : Takunan Yama, 9 : Hachijyo SW fishing grounds, 10 : Daini-Tenryu Knoll, 11 : Taisyō Guri, 12 : Shin Guri, 13 : South Seamount, 14 : Ashizuri Knoll, 15 : Okinawa Trough, 16 : Komahashi-Daini Seamount, 17 : Kinan Seamount.

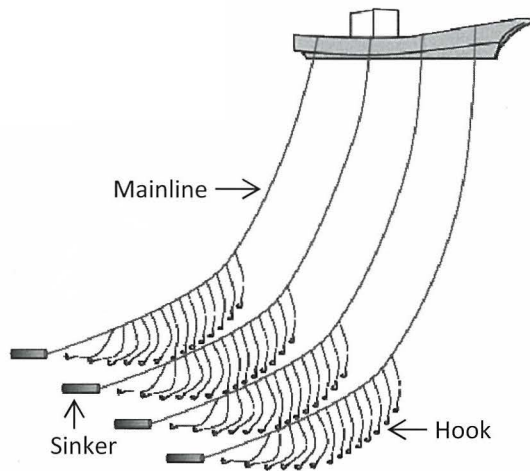


Fig. 2 A general image of the vertical longline ("Tatenawa") used in the alfonsinos fishery

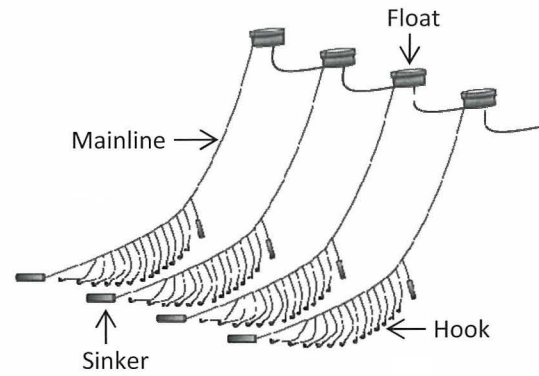


Fig. 4 A general image of the drifting dropline ("Tarunagashi") used in the alfonsinos fishery

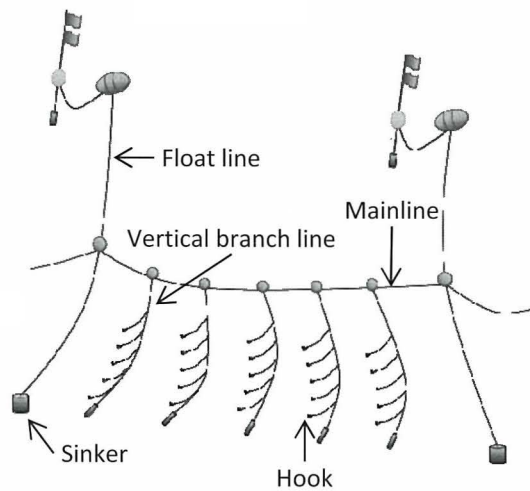


Fig. 3 A general image of the trotline ("Sokotate-haenawa") used in the alfonsinos fishery

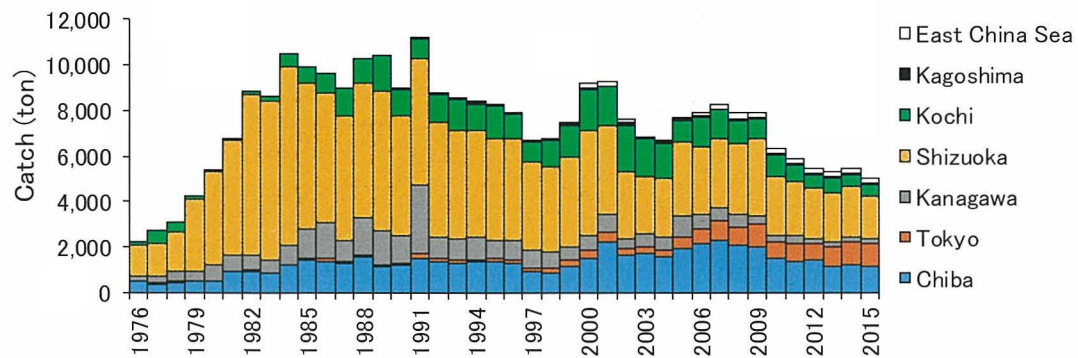


Fig. 5 Change in Japanese catch of alfonsino (tons) on the Pacific coast of Japan and the East China Sea

理がなされた。平成28年度からは水産庁の我が国周辺水産資源調査・評価推進事業の中で、キンメダイはそれまでの資源動向調査対象種から資源評価調査対象種に変更され、1都3県と高知県に加え、愛知県、徳島県、鹿児島県なども参画し、我が国の排他的経済水域内における操業域をほぼ網羅する本格的な調査研究体制が構築されることとなった(亘, 印刷中)。

本総説では、上記シンポジウムでの講演内容を残すこと、また、キンメダイの資源生態に関する内外の既往知見を整理し、残された課題を解決するための方途を提示するとともに、今後の資源管理の方向性を検討する際の基本情報の集積を目的とした。そこで、第2章では現時点で明らかになっている生物学的知見と新たなデータを加えた「生物学的特徴」について、第3章では「国内の漁業と資源管理」について記載した。第4章では国外の漁業と資源管理の現状を理解することも日本にとって参考になると考え「公海域および諸外国の漁業と資源管理」について、第5章では1都3県と中心とした「資源管理に向けた都県・国による研究連携の推移」について取りまとめた。第6章ではキンメダイの我が国での資源調査体制の拡充に当たり、「資源特性と解析手法の検討」について、第7章では資源の持続的な利用に向けて「今後の研究課題」を議論した。

なお、我が国周辺で漁獲されるキンメダイ属魚類には、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種が含まれるが、本文中特段の断りがない場合、キンメダイは *B. splendens* を指すものとする。

第2章 生物学的特性

キンメダイの生物学的研究は世界各地で行われてきた。2012年1月にはFAO本部(ローマ, イタリア)においてキンメダイ類資源の管理と評価に関するワークショップ“the workshop on management and assessment of alfonso”が開催され、その成果集も刊行されている(Shotton, 2016)。また、既存の生物学的知見については、近年では武内(2014)にも詳細に集約されている。本章ではそれらの論文を参照するとともに、東京都島しょ農林水産総合センターなどの集積データを解析した新たな知見を加え、総合的な考察を行った。

2-1 分類と形態的特徴

キンメダイ *Beryx splendens* は、イギリス人生物学者R. T. Loweによって、北大西洋のポルトガル領

マデイラ諸島で得られた1個体に基づき記載された(Lowe, 1834)。かつては、フウセンキンメを本種の新参同物異名として扱う研究者もみられたが(Woods and Sonoda, 1973; 山川, 1982; 清水, 1984)、両者は形態(Yoshino *et al.*, 1999) および遺伝的(Akimoto *et al.*, 2002, 2006; 秋元ら, 2003) に明確に区別できることから、現在では別種と見なされている(林, 2013; Catalog of Fishes : <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>, 2016年10月15日)。

キンメダイ属にはキンメダイ以外に、フウセンキンメとナンヨウキンメの2種が含まれるが、フウセンキンメとは、後鼻孔が細長いこと(vs. フウセンキンメでは楕円形)、背鰭軟条数が13~15であること(vs. 12~13)、体背部の鱗後縁の鋸歯状突起がないこと(vs. 鱗の後縁は鋸歯状)、幽門垂数が27以上であるこ

Table 1 Counts and measurements, expressed as a percentage of standard length, of *Beryx splendens* and *B. mollis*

	<i>B. splendens</i>	<i>B. mollis</i>
Counts		
Dorsal fin rays	IV, 13-15	IV, 12-13
Anal fin rays	IV, 25-30	IV, 27-32
Pectoral fin rays	16-20	16-18
Pelvic fin rays	I, 9-12	I, 9-10
Lateral line scales	59-73	60-69
Number of pyloric caeca	27-36	15-19
Total vertebrae (precaudal + caudal)	9+14=23	-
Measurements (% SL)		
Body depth	33.9-41.0	39.0-43.2
Head length	33.0-39.7	31.8-39.3
Snout length	7.5-10.1	6.5-9.5
Eye diameter	10.6-14.1	13.8-15.9
Interorbital width	3.2-7.1	6.8-8.4
Maxillary length	16.8-19.7	17.1-19.5
Suborbital width	1.1-2.2	1.0-2.1
Caudal peduncle depth	9.7-11.0	6.7-10.4
Caudal peduncle length	12.1-14.9	11.1-14.3
Pectoral fin length	26.5-30.4	25.1-31.8
Pelvic fin spine length	11.9-20.4	14.3-24.4
Pelvic fin length	19.8-27.8	24.1-33.2
Longest dorsal spine length	12.4-19.9	14.4-21.6
Shortest dorsal spine length	0.9-2.5	1.5-4.6
Longest dorsal ray length	18.3-25.8	18.7-24.9
Longest anal spine length	10.3-17.5	10.4-17.2
Longest anal ray length	12.5-17.5	10.5-18.2

Data from Yoshino *et al.*, 1999 (Table 2) and Hayashi (2013 : description of *B. splendens* and *B. mollis*)

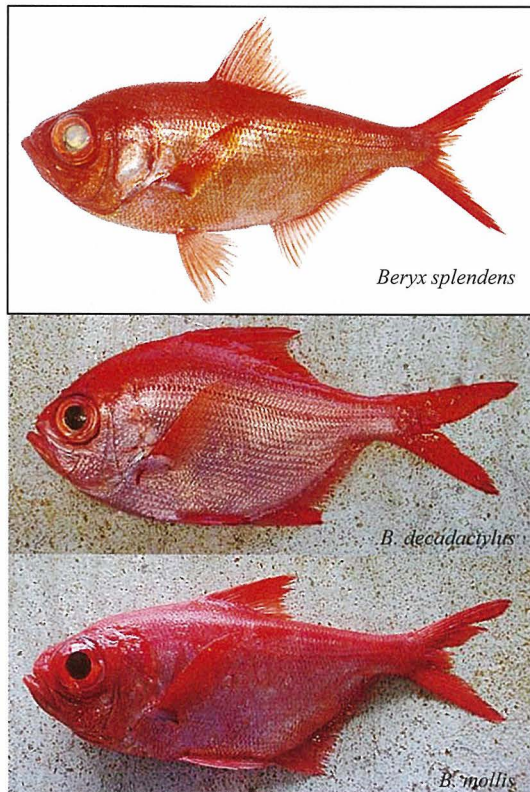


Fig. 6 Images of three species of Berycidae. *Beryx splendens*, *B. decadactylus*, and *B. mollis*

と (vs. 20以下) で、ナンヨウキンメとは、体長が体高の2.5倍以上 (vs. ナンヨウキンメでは2.2倍以下) であること、背鰭軟条数が15以下 (vs. 16以上) であること、幽門垂数が40以下であること (vs. 70以上) で識別できる (Abe, 1959; Yoshino *et al.*, 1999; 林, 2013) (Fig. 6)。キンメダイおよびその近縁種であるフウセンキンメの計測・計数形質をTable 1に示す。

生時の体色は、鰓蓋を除く頭部、背部および各鰭は赤色、腹部は白色を呈するが、死亡後約40分が経過すると全身が赤色に発色する。これは鱗の露出部に存在する赤色素胞中の顆粒が放射状に拡散することによる (神奈川県, 1993)。

2-2 分布と集団構造

1) 分布

キンメダイは、太平洋、大西洋、インド洋の熱帯から温帯域の海山および大陸棚縁辺部に世界的規模で広く分布する (Busakhin, 1982; Kotlyar, 1996; 林, 2013)。日本では、北海道釧路以南の太平洋と新潟県以南の日本海に生息するが、鹿児島以北の太平洋や日本海で漁獲されることは稀である。生息水深は25~1,240mとされるが、水深200~800mに多く生息する (Busakhin, 1982)。

南西諸島周辺海域では、同属のナンヨウキンメよりも100mほど深い水深帯 (水深600~770m) に生息することが報告されている (川崎, 1990; 宍道, 神野, 2010)。また、フウセンキンメとは分布域が重複するが (Busakhin, 1982; 林, 2013), 後述するとおり、両種の分布パターンは若干異なるようである。伊豆諸島周辺海域 (Akimoto *et al.*, 2002) および天皇海山 (柳本, 小林, 2012) では、漁獲されるキンメダイ属のほとんどがキンメダイで、これらの海域におけるフウセンキンメの資源量は、キンメダイのそれにくらべて非常に少ないと考えられている。一方、鹿児島市中央卸売市場に水揚げされるキンメダイ属には、かなりの割合でフウセンキンメが含まれており、年によってはキンメダイよりも多く漁獲されている (宍道, 神野, 2010)。また、サンプリングが十分とは言えないが、Yoshino and Kotlyar (2001) が行った分布調査によると、フウセンキンメの分布域は明らかに熱帯・亜熱帯域に偏っている。さらに、インドネシア周辺海域で漁獲されたキンメダイ属魚類をDNA分析により種判別した研究によると、解析した全個体がフウセンキンメであった (柳本, 小林, 2012)。これらの情報を総合すると、キンメダイとフウセンキンメの分布域は重複するものの、フウセンキンメの方が低緯度に分布の中心があると思われる。

2) 集団構造

増沢ら (1975) は、伊豆諸島周辺海域、九州-パラオ海嶺、ハワイ海嶺から得られた個体の形態学的比較を行い、プロポーシオンが海域間で若干異なることを指摘した。また、柳本 (1996) は、天皇海山およびニュージーランド海域で得られた標本を用いて、形態形質の地理的変異について検討し、海山間および海域間で有意な差が見られることを報告した。一方、分子生物学的手法を用いた研究では、ミトコンドリアDNAの調節領域、12S rRNAおよび16S rRNA領域を用いた制限酵素断片長多型分析 (柳本ら, 1996)、ミトコンドリアDNAの調節領域の塩基配列分析 (秋元ら, 2003)、マイクロサテライトマーカー分析 (大河ら, 2008) のいずれにおいても、日本周辺海域における同一漁場内および海域間では遺伝的差異は検出されていない。ミトコンドリアDNAの調節領域を解析した研究によれば、同一漁場内および異なる漁場から採集した試料間の平均塩基置換率はいずれも1.15~1.24%と低く、その値はニホンウナギ *Anguilla japonica* (1.1~1.6%) (Ishikawa *et al.*, 2001) などと類似する (秋元ら, 2003; 秋元, 2007a)。このことは、キンメダイが生活史の過程で大規模な回遊 (詳し

くは後述する)を行っていることを示唆する。

また, Hoarau and Borsa (2000) はミトコンドリアDNAのチトクロム**b**遺伝子の塩基配列分析を行い, 北東大西洋で見られる3つのハプロタイプが南西太平洋においても共通して見られることを報告し, このようなハプロタイプの均一性は大洋間の規模で遺伝子流動が生じている, あるいは最近まで生じていたと推察している。一方, 柳本ら (2015) は, 北太平洋, 南インド洋, 北大西洋から採集した標本を用いて集団構造解析を行い, ミトコンドリアDNAの調節領域において大洋間で差があることを報告し, 大洋ごとに一つの大きな集団を形成していると推測している。

これらの知見を踏まえると, 大洋間では若干の遺伝的分化が見られるものの, 日本周辺の各漁場間での遺伝的分化の程度は低く, 少なくとも日本近海では広く遺伝子流動が行われていると思われる。

2-3 発育段階と年齢, 成長

1) 発育段階

卵期から成魚期までの外部形態をFig. 7に示した。魚類の発育段階については, いくつかの区分法があるが, ここでは渡部, 服部 (1971), Kendall *et al.* (1984) および岩井 (2005) を基本に, これにキンメダイの形態的特徴 (増沢ら, 1975) を加え下記のように区分することとする。

- ・卵期: 産出後から孵化まで。この期を更に下記の3期に細分する。
 - A期: 産出されてから原口が閉じるまで
 - B期: 原口が閉じてから尾芽の先端が卵黄を離れるまで
 - C期: 尾芽の先端が卵黄を離れてから孵化まで
- ・前期仔魚期: 孵化から, 卵黄を吸収し開口して餌をとり始めるまで。この期を更に下記の2期に細分する。
 - 正立期: 卵黄の浮力により, 頭部を上にして懸垂浮遊する期間
 - 倒立期: 卵黄の縮小に伴い, 頭部を下にして倒立浮遊する期間
- ・後期仔魚期: 開口し餌をとり始めてから, 各鰭の鰭条数が定数に達するまで。この期を更に下記の3期に細分する。
 - 前屈曲期: 開口し餌をとり始めてから脊索の後端が背側に屈曲を開始するまで
 - 屈曲期: 脊索後端の屈曲開始から, 下尾骨が完成するまで
 - 後屈曲期: 下尾骨の完成から各鰭の鰭条数が定数に達するまで

- ・稚魚期: 各鰭の鰭条数が定数に達してから, 腹鰭伸長軟条の伸長部が切れるまで
- ・幼魚期: 腹鰭伸長軟条の伸長部が切れてから, 背鰭伸長軟条の伸長部が切れるまで (通称イトヒキキンメ)
- ・未成魚期: 背鰭伸長軟条の伸長部が切れ, 外部形態は成魚とほぼ同等になるが, 性的には未熟な期間
- ・成魚期: 形態が十分に発達し, 性的にも成熟している期間

2) 年齢と成長

キンメダイの年齢査定には, 耳石と鱗が用いられており, 耳石では春から夏に形成される透明帯 (Massey and Horn, 1990; Adachi *et al.*, 2000; 明神, 浦, 2003; 秋元, 2007b), 鱗では冬から春に形成される休止帯 (芝田, 1983) が年輪として妥当であることが示されている。近年は年齢形質として耳石を用いることが多いが, 尾叉長 (Fork length: FL) 40cmを超える大型魚では, 不透明帯の出現が不明瞭となり, 輪紋の読取りが困難な個体が多くなることが報告されており (秋元, 2007b), 読取りの際には注意が必要である。耳石の年齢査定による最高齢魚は26歳 (明神, 浦, 2003) と比較的長寿である。なお, 標識放流した個体が18年後に再捕された例 (2-7節参照) もあり, 年齢査定の誤差があったとしても20年以上生きることが確かである。

耳石または鱗により査定された年齢と尾叉長をvon Bertalanffyの成長式に当てはめた関係は, 雌雄, 生息海域, 年代により若干異なるが, 各年齢の尾叉長は概ね, 満1歳で15~17cm, 満2歳で20~22cm, 満3歳で25~28cm, 満4歳で30~32cm, 満5歳で32~35cm, 満10歳で38cm前後とされている (芝田, 1983; Massey and Horn, 1990; Adachi *et al.*, 2000; 明神, 浦, 2003; 秋元, 2007b)。一方, 若齢魚 (尾叉長17.8~18.9cm) の日齢解析の結果からは, これらの報告よりも成長が早い可能性が示唆されている (秋元, 1999)。なお, 尾叉長36~38cmを越えると, 雌の比率が有意に高くなることが知られている (秋元, 2003)。また, 同一年級群について標識放流した個体の再捕時の年齢と成長の関係は, 耳石輪紋により推定された年齢と成長の関係と, あまり変わらないことが示されている (高木, 2000)。

2-4 食性と捕食者

1) 餌生物

キンメダイの主要な餌料生物としては, ハダカイ

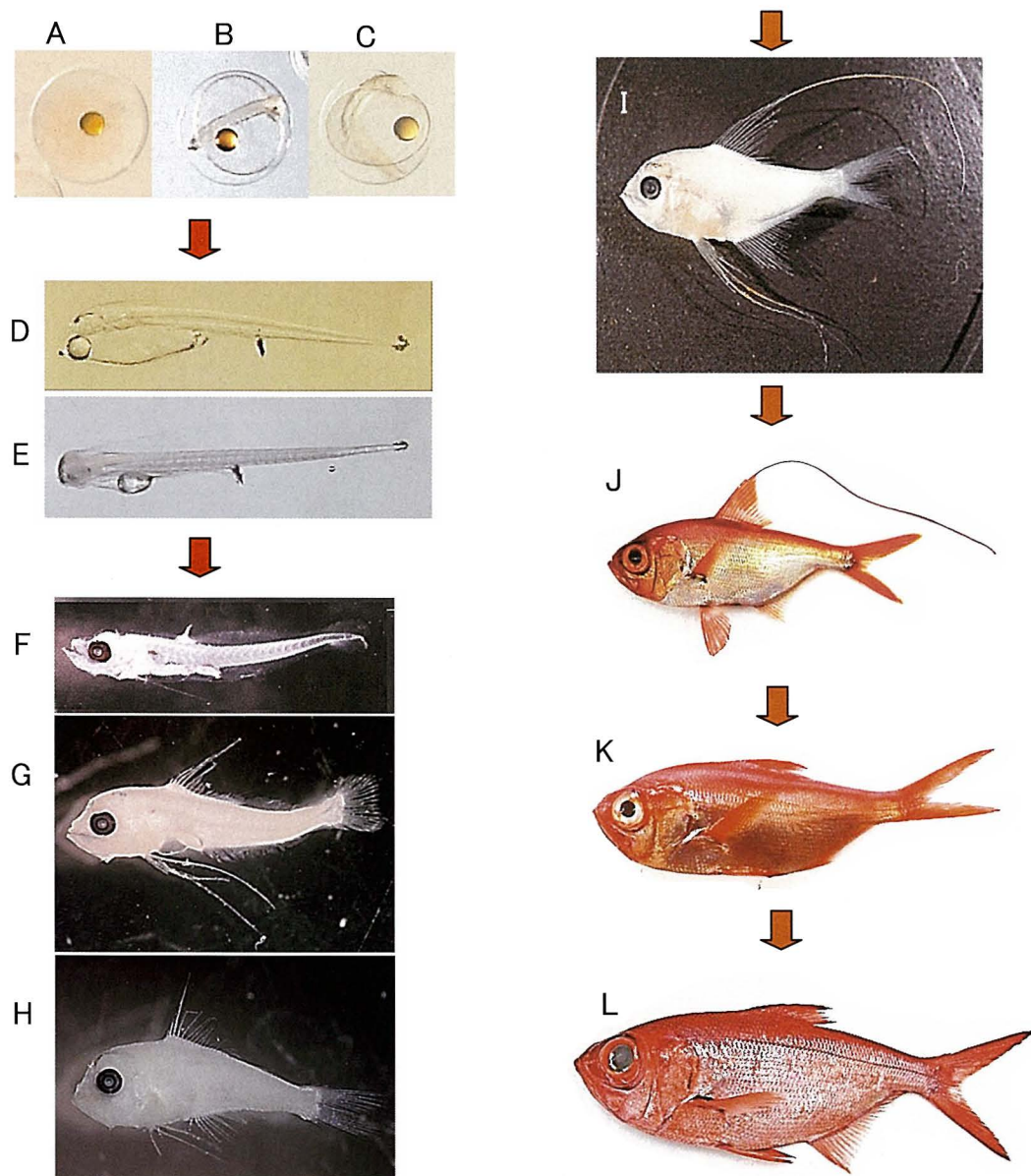


Fig. 7 *Beryx splendens* developmental series. A) Egg, phase A, egg diameter=1.0mm, B) egg, phase B, egg diameter=1.1mm, C) egg, phase C, egg diameter=1.1mm, D) prelarva, yolk sac larva, upright phase, E) prelarva, yolk sac larva, inverted phase, F) postlarva, preflexion larva, SL (standard length) =4.0mm, G) postlarva, flexion larva, SL=5.5mm, H) postlarva, postflexion larva, SL=6.5mm, I) juvenile, SL=15.2mm, J) young, FL (fork length) =187mm, K) immature, FL=193mm, L) adult, FL=327 mm. Photographs provided by H. Maeda (A-J), I. Komazawa (K) and H. Hashimoto (L), Tokyo Metro. Is. Area Res. Dev. Cen. Agri. Forest. Fish.

ワシ類やワニカゲギス類（キュウリエソ *Maurolicus japonicus* やホウライエソ *Chauliodus sloani*）などの魚類、イカ類、エビ類、オキアミ類などが知られている（増沢ら, 1975; Dubochkin and Kotlyar, 1989; Durr and Gonzalez, 2002; Horn *et al.*, 2010）（Fig. 8）。また、大型のキンメダイは、キンメダイ稚魚を捕食することもある（池田, 1980）。ニュージーランド周辺海域で行われた研究によれば、キンメダイは主にカスミエビ属 *Sergestes*、ナンヨウハダカ *Lampanyctodes hectoris*、シラエビ属 *Pasiphaea* を摂餌しており、小型魚（尾叉長17.0~26.5cm）では、オキアミ類 Euphausiacea や端脚類 Amphipoda、大型魚（尾叉長27~46cm）ではエビ類や中深層性魚類（ハダカイワシ類など）が主体となっている（Dubochkin and Kotlyar, 1989）。大型魚ほど魚類を多く摂餌する傾向は、伊豆諸島周辺（増沢ら, 1975; 堀井, 2007）や天皇海山周辺（Nishida *et al.*, 2016）においても認められており、成長に伴う緩やかな食性転換が起きている可能性がある。また、伊豆諸島周辺ではハダカイワシ科魚類を主に摂餌しているが、胃内容物中の種組成は八丈島周辺ではクロシオハダカ *Diaphus kuroshio* やゴコウハダカ *Ceratoscopelus warmingii* などの黒潮系種、神津島周辺では大陸縁辺種とされるヒロハダカ *Diaphus garmani* が主体となっており、生息場に優占する種を摂餌していると考えられる（堀井, 2007）。

摂餌行動については、飼育下での観察により、キンメダイが目で餌を認識して摂餌していることや、自分の眼の下にある餌には反応を示さないこと、イカの切り身よりも活き餌に対する反応がよいことなどが報告されている（久保島ら, 1998）。この結果は、キンメダイが高度な遠近調節能力を持ち視軸方向が斜め上方にあり、光りの少ない世界でも視覚により餌を捕獲する眼の構造を有しているという報告（Kikuchi *et al.*, 1994）とも合致している。

2) 捕食者

キンメダイの捕食者に関する情報は少ないが、操業時にサメ類やイルカ類による食害が報告されている（東京都島しょ農林水産総合センター, 2008; 今井, 2010; 堀井, 2011）。八丈島近海のキンメダイ漁場では、ヨゴレ *Carcharhinus longimanus*、ガラパゴスザメ *C. galapagensis*、クロトガリザメ *C. falciformis* などのサメ類が漁獲され、このうちヨゴレとガラパゴスザメの胃内容物からは、釣針や釣針が付いたキンメダイが出現している（大泉, 2011）。

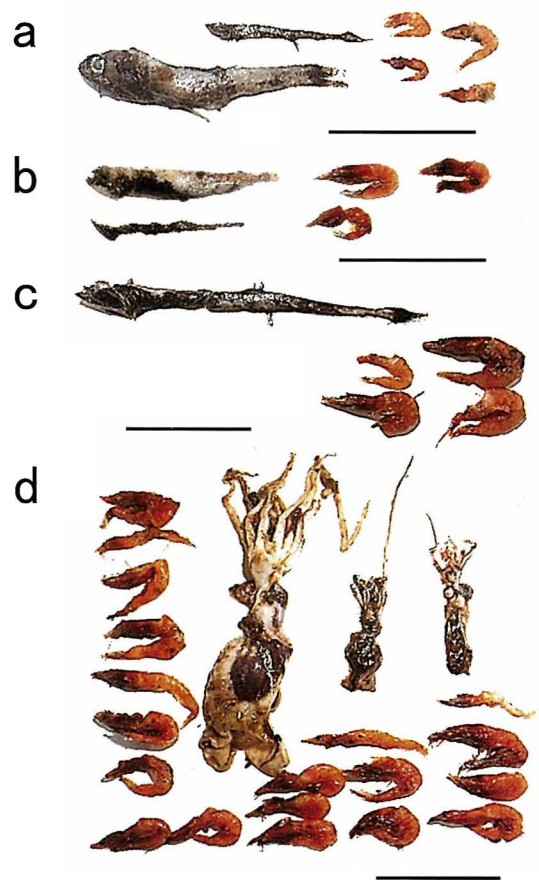


Fig. 8 Images of stomach contents from four (a-d) *Beryx splendens* collected in the waters around Hachijyojima Island and Aogashima Island. Black bars indicate 50 mm. Photographs provided by N. Gonda, The University of Tokyo.

2-5 成熟と産卵

肉眼による観察では、卵巣内に完熟卵が出現する最小尾叉長は、房総半島沖で28cm（芝田，1985），伊豆諸島周辺海域で35cm（大西，1985）と報告されている。また，秋元ら（2005）は組織学的観察に基づき，伊豆諸島周辺海域では4～5歳，尾叉長31.8cmで産卵を開始すると推定している。個体群の半数が成熟する尾叉長（ FL_{50} ）は，伊豆諸島周辺海域で32.5cm（秋元ら，2005），ニューカレドニアで33.2cm（Lehodey *et al.*, 1997），大西洋のマデイラ諸島沖で34.6cm，カナリア諸島沖で31.3cm，アゾレス諸島沖で23cm（Gonzalez *et al.*, 2003）と海域によって若干の差異が見られる。

卵巣の発達様式は非同期発達型で多回産卵を行うと考えられている（Lehodey *et al.*, 1997）。卵巣内卵数は，日本周辺では尾叉長40cm程度で30～50万粒（増沢ら，1975），ニューカレドニア周辺では尾叉長34～40cmで27～68万粒（Lehodey *et al.*, 1997）と見積もられている。

日本周辺海域においては，大型魚が分布する各地の漁場で産卵が行われると推測されてきたが（本多ら，2004），後述するように近年，房総沖～四国沖で卵や仔魚が，また小笠原海域では稚魚が採集されており，大型魚が分布するこれらの広範な海域が産卵場と

なっていることが裏付けられつつある。また，伊豆諸島周辺海域のキンメダイ漁場では，南部にいくほど魚体が大きくなり（増沢ら，1975），雌の抱卵数は尾叉長と連動し指数的に増加することから（Lehodey *et al.*, 1997），北部の黒潮内側域よりも大型魚が多い黒潮流軸以南の南部の方が産卵場としての機能は高いと考えられている（秋元，2007a）。

産卵期は海域により若干の差はあるが，相模湾から伊豆諸島周辺海域では6～10月（盛期は7～8月）とされている（芝田，1985；大西，1985；久保島，1999；秋元ら，2005）。また，東京都島しょ農林水産総合センターが大島～鳥島間で実施した卵採集調査の結果（Fig. 9）も，これを支持するものとなっている。国外では，天皇海山周辺（Uchida and Tagami, 1984）や大西洋北西部（Sherstyukov and Nostov, 1986）で研究例があり，日本と同様に夏から秋にかけて産卵すると考えられている。南半球のニューカレドニアでは11～1月に産卵することが知られており（Lehodey *et al.*, 1997），南北両半球とも産卵期は夏季で一致する。産卵時間帯は，魚群探知機を用いた行動観察（Galaktionov, 1984）および排卵後濾胞の出現時間帯（秋元ら，2005）から，薄明時以降の日中に行われる可能性が高いことが報告されている。

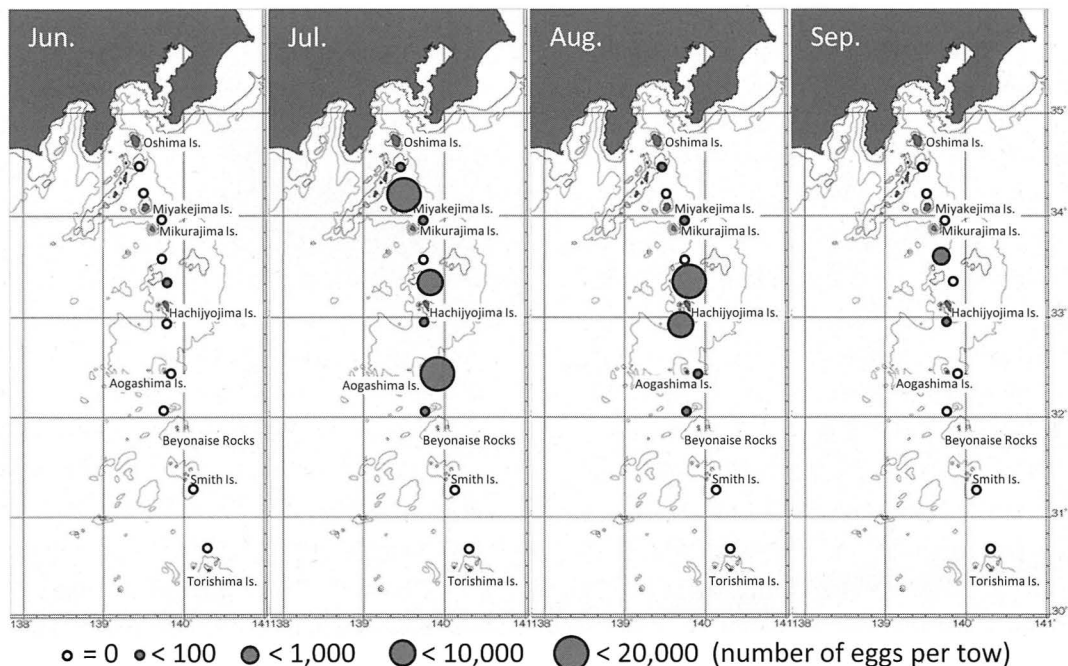


Fig. 9 Distribution of *Beryx splendens* eggs collected by horizontal tow of a ring net with a mouth area of 1.3m² and mesh size of 0.53 mm near the Izu Islands from June to September 2007 by Tokyo Metro. Is. Area Res. Dev. Cen. Agri. Forest. Fish.

2-6 初期生態

1) 卵期

卵は直径1.08~1.25mmの分離浮性卵で、直径0.16~0.31mmの橙色もしくは桃色の油球を有し、他の魚卵と比較的容易に区別できるとされている（大西, 1966; 池田, 水戸, 1988）。ただし、同属卵を含む類似卵の可能性を除くためにはDNA分析による判別が必要である（Akimoto *et al.*, 2002）。表層びきで採集された卵は、鉛直びきで採集されたものにくらべて、発生段階が進んでいるものが多いことから、海底付近で産出された卵は発生が進むにつれて表層まで浮上すると推察されている（Akimoto *et al.*, 2002; 秋元ら, 2005）。また、海洋における卵の分布密度は、採集地点により大きく異なることから、卵はパッチ状に分布すると考えられている（秋元ら, 2005）。人工孵化観察によると、受精から孵化まで時間は、水温21.5~21.9℃で54時間、23℃で約48時間、24~25℃で31~35時間である（増沢ら, 1975）。

2) 仔魚期

増沢ら（1975）の人工孵化試験によると、仔魚の形態と行動は以下のとおりである。孵化直後の卵黄囊前端から尾端までの長さは2.9mmで、吻端より突出する長楕円形の大きな卵黄囊を有し、更にその前端に油球が位置している。孵化2日後には吻端から尾端までの長さは3.2mmで、卵黄囊は縮小し、その前端は眼より後方に位置する。孵化3日後に開口し、孵化4日後には卵黄をほぼ吸収し、胸鰭と腹鰭が伸長し始める。孵化10日後には頭部と体高が発達し、腹鰭も伸長し長さ0.65mm程度の棒状突起となる。孵化直後の仔魚は卵黄に浮力があるため正立状態で表層近くを懸垂浮遊するが、孵化後1日が経過すると、卵黄の縮小とともに、浮力が低下し、正立状態から倒立状態に変化して、中層から下層に懸垂するように浮遊する。孵化4日後には卵黄はほとんど吸収し尽され、仔魚は水面近くを胸鰭、腹鰭、尾鰭を細かく振動させて泳ぎ回り、索餌行動が見られるようになる。

前田（2005, 2006）は伊豆諸島海域で採集された仔魚について発育段階と脊索長（Notochord length: NL）、体長（Standard length: SL）の関係を調べ、卵黄囊仔魚は脊索長1.9~2.9mm、前屈曲期仔魚は脊索長1.7~5.2mm、屈曲期仔魚は脊索長4.1~5.1mm、後屈曲期仔魚は体長4.5~8.9mmと報告している。また、リングネットとMTDネットを用いた鉛直分布調査結

果についても報告し、仔稚魚は水深30~110m層を中心に表層から水深300m付近まで分布すること、並びに体長が5mm以上の個体は水深30~110m付近に多く分布することを指摘した。堀井らは密度成層水柱を用いた実験を行い、比重はC期卵では表層海水より小さいが、孵化1日後の仔魚では比重が大きくなり深度300mの海水に相当すること、後期仔魚は比重がやや軽くなることを報告した^{*12}。これらから、前期仔魚は表層から水深300m付近まで広範囲に拡散するが、後期仔魚は比重の減少に伴い水深30~110m層付近を中心に分布していることが示唆される。

3) 稚魚期~幼魚期

Mundy（1990）によると背鰭条数は体長5.9mmで定数に達するとされる。伊豆諸島では体長6.0mmの稚魚が採集されており（前田, 2008, 2009）、Mundy（1990）の報告とほぼ一致する。なお、上記のように体長8.9mmの後期仔魚が採集されていることから、仔魚期から稚魚期への移行サイズには個体差があるとみられる。後屈曲期仔魚では背鰭と腹鰭の最長鰭条は体長と同程度の長さには伸長する。稚魚期に入ると背鰭が更に伸長し、体長15mmの稚魚では背鰭の最長鰭条が全長（Total length: TL）を超える。全長30mmの稚魚では、背鰭、腹鰭ともに最長鰭条長は全長を大きく超える（駒澤一朗氏、私信）。稚魚期から幼魚期に移行する魚体サイズについては不明であるが、尾叉長90mmの幼魚が八丈島近海で大型キンメダイの口腔内より採集されており（橋本 浩氏、私信）、少なくともこのサイズまでには幼魚期に移行しているものとみられる。なお、仔稚魚の食性や成長については調査研究が進んでおらず、今後の課題となっている。

清水（1991）によると、外房沿岸で採集した幼魚146尾の尾叉長範囲は11.9~24.4cm（平均15.3cm）で、尾叉長16.5cm以上は満1歳魚と推測している。これらの個体は全て底びき網あるいは海底付近で立て縄により漁獲されたものであることから、幼魚は早いものでは孵化から半年後には着底すると推測される。一方、尾叉長から満1年魚以上と推定される幼魚も多く出現することから、着底年齢や背鰭第1軟条伸長部の切断年齢には個体差や漁場差があるとみられる。

耳石（扁平石）の微細輪紋を日輪と見なした場合、輪紋の計数から仔稚魚の浮遊期間は150~300日程度と推定されており（秋元, 2007b; Lehodey and Grandperrin, 1996）、清水（1991）の推定を支持する

^{*12} 堀井善弘, 荒 高弘, 小西雅人, 田中祐志, 2002: キンメダイ卵から仔魚期における分散過程, 水産海洋学会創立40周年記念大会講演要旨集, 136-137.

結果が得られている。一般的に海洋生物の浮遊幼生期の長さとし生息域の分散の規模との間には正の相関が認められることから (Sanks *et al.*, 2003; Siegel *et al.*, 2003; Lester *et al.*, 2007), キンメダイに見られる浮遊生活期の長さは、本種資源の一部が仔稚魚期に大規模な分散を行っていることを示唆する。このことは、地理的に離れた海域間でも遺伝的差異が検出されないという集団構造解析の結果 (秋元ら, 2003; 柳本ら, 1996; 大河ら, 2008) とも整合する。

4) 浮遊生活期の分布域

卵～幼魚期に至る浮遊生活期の分布については、これまで断片的な報告 (Ishida *et al.*, 1998; 柳本, 1999; 久保島, 1999; 秋元ら, 2005) があるが、全体像については不明点が多い。そこで、今後の調査の基礎資料とするため、これまで得られている情報を整理した。

卵と仔魚の採集地点をFig. 10に示した。卵、仔魚ともに採集された海域は、外房沿岸～御前崎沖、伊豆諸島周辺 (大島～鳥島)、高知沖、卵の分布が確認された海域は、知多半島沖、和歌山沖、駒橋第2海山周辺、仔魚が出現した海域は、房総沖の黒潮強流域～続流域であった。調査地点が限られているため断定はできないが、漁場付近で卵や仔魚が採集されていることから、成魚が分布する各漁場で産卵が行われている可能性が高い。

稚魚と全長93mm以下の幼魚 (以下、稚魚・幼魚) の採集状況をFig. 11とTable 2に示した。1995～2014年の20年間に採集されたキンメダイ稚魚・幼魚は、伊豆諸島近海27尾、父島近海5尾、足摺岬沖16尾、紀南礁1尾の計49尾である。魚体サイズは、8月が体長8～19mm、9月が体長7mm～全長93mm、10月は尾叉長19～90mmであった。稚魚・幼魚採集時における黒潮との位置関係は、黒潮内側域1尾、黒潮強流域20尾、黒潮外側域28尾であった。出現水深から、キンメダイの稚魚・幼魚は通常水深100m以浅に多く分布するが、黒潮が海嶺を乗り越えているような場所では海底近くに沈降している場合もあることが示唆された。伊豆諸島は日本最大のキンメダイ漁場で、とくに八丈島以南では大型魚が多い。このため、産卵量も多く、観測頻度の多さもあいまって卵・仔稚魚の採集が多いと考えられる。黒潮内側域では仔稚魚が多く分布する50～300m層の調査頻度が少ないことが、出現数の少なさに繋がっている可能性が高く、今後さらなる調査が望まれる。

浮遊卵を黒潮流路内の海底で産卵した場合、卵や孵化仔魚が海流により黒潮続流域まで移送される可能性

が高いと推測される。このため、キンメダイの浮遊生活期には、仮に黒潮に流されても漁場に戻ってくるメカニズムがあると考えられる。秋元ら (2005) および秋元 (2007a) は、黒潮流軸より南方の八丈島～小笠原諸島間を西方に向かう中規模渦に着目し、日本周辺海域で生まれた卵・仔稚魚は、イセエビ *Panulirus japonicus* のフィロゾーマ幼生 (Sekiguchi and Inoue, 2002) と同じように、この中規模渦に入り、南西諸島および台湾の東側の海域まで運ばれた後、再び黒潮に入って沿岸域に分散するという可能性を指摘している。中規模渦の移動速度は7cm/s程度 (Ebuchi and Hanawa, 2001) と見積もられており、仮にキンメダイ仔稚魚・幼魚の浮遊期間に150～300日を漂流生活したとすると、900～1,800km程度移動することになる。これらの情報をまとめると、伊豆諸島周辺海域で産出された卵・仔稚魚の一部はいったん黒潮に吸収された後、黒潮から分岐した中規模渦や外側反流に乗り換えて黒潮の外側を西に向かって移動し、幼魚に成長した後、黒潮からの暖水波及に乗じて沿岸漁場に来遊し、着底するものと推測される (Fig. 12)。

5) 加入の豊度にかかわる要因

産卵期から浮遊期の海洋環境により着底量が大きく変化し、時として卓越年級群が出現することが知られている。キンメダイは寿命が20年以上と長いこともあり、卓越年級群の発生は長期間資源豊度に大きな影響を及ぼす。明神 (2004)、米沢ら (2011) は、漁獲物の尾叉長組成より同一年級群によるモードが数年以上継続して出現する場合があること (Fig. 13)、また、そのモードを持つ年級が主漁獲対象となる年に前後して、CPUEが高くなる傾向があることなどから卓越年級の発生を把握できることを示唆している。具体的には、1991年級群や1997年級群、1998年級群、2001年級群などが卓越年級群であったと推定している (米沢ら, 2011)。これらの年は、Fig. 14に示したようにキンメダイ産卵盛期の7～8月に黒潮流路がいずれもC型であった。黒潮内側域で孵化した仔稚魚や、あるいは外側域で孵化した後に黒潮に吸収された仔稚魚が蛇行によって黒潮内側域に滞留し、浮遊期における遠方への拡散が抑制され卓越年級群の発生につながった可能性がある。このため、夏季の黒潮流路は卓越年級群の発生/非発生に影響を与える要因の1つと考えられる。

2-7 成魚の分布と移動

1) 地形と魚群分布

国内有数のキンメダイ漁場である第2大野原海丘

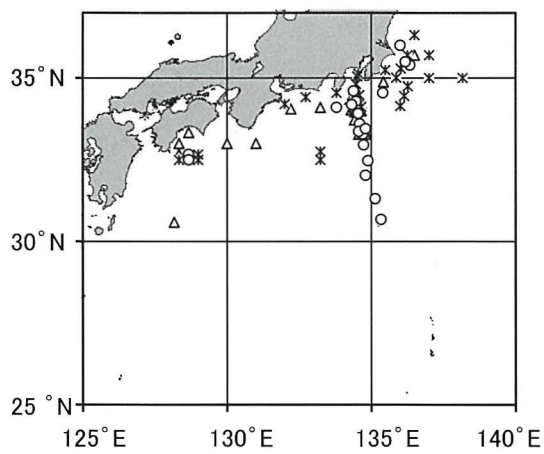


Fig. 10 Spatial distribution of egg and larval *Beryx splendens*. Circles: collected eggs and larvae. Triangles: collected eggs only. Asterisks: collected larvae only.

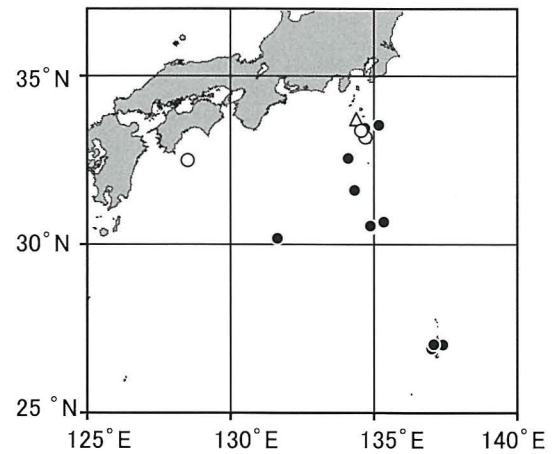


Fig. 11 Spatial distribution of juvenile *Beryx splendens*. White circles: inside of Kuroshio jet, Black circles: Offshore side of Kuroshio, Triangle: Coastal side of Kuroshio.

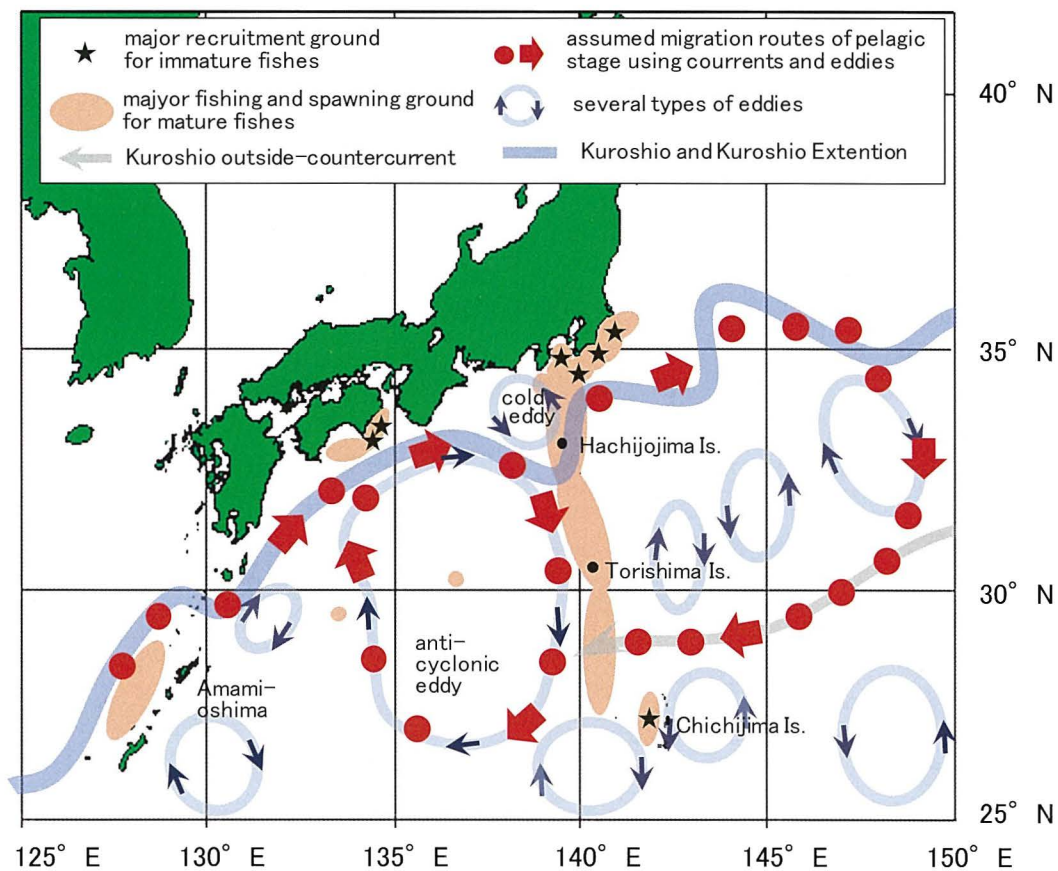


Fig. 12 Assumed transportation pattern of larval and juvenile *Beryx splendens*. Background ocean current is modified from August 2015 sea current map at the Japan Meteorological Agency website.

Table 2 Distribution and collection records for juvenile splendid alfonsino, *Beryx splendens*. CK: coastal side of Kuroshio, OK: offshore side of Kuroshio, KJ: Kuroshio jet.

No	Collected date	n	Vessel	Sampling gear	Sampling depth (m)	Latitude (N)		Longitude (E)		Relationship of Kuroshio	Body length (mm)	Ref.
						Degree	Minutes	Degree	Minutes			
1	1995/10/2	16	R/V Kaiyo	trawl net	0-200	32	30	133	30	KJ	SL 21-62	* ¹
2	1997/10/5	1	R/V Shunyo	trawl net	0-60	30	29.9	139	53	OK	FL 31	* ²
3	1997/10/10	1	R/V Shunyo	trawl net	0-60	32	33.9	139	5.9	OK	FL 24	* ²
4	1997/10/13	1	R/V Shunyo	trawl net	0-60	31	38.4	139	15.6	OK	FL 40	* ²
5	1997/10/14	1	R/V Shunyo	trawl net	0-30	30	10.8	136	37.4	OK	FL 19	* ²
6	1997/10/16	1	R/V Shunyo	trawl net	0-60	30	33.4	139	51.9	OK	FL 29	* ²
	1997/10/16	1	R/V Shunyo	trawl net	0-60	30	33.4	139	51.9	OK	FL 34	* ²
7	1997/10/20	1	R/V Shunyo	trawl net	0-60	31	36.7	139	19	OK	FL 42	* ²
8	2000/9/13	1	R/V Shunyo	MOHT net	0-50	33	43.4	139	22.8	CK	TL 11	* ³
9	2004/9/13	1	R/V Miyako	MTD Bongo net	17-345	33	27.5	139	40.5	OK	SL 7	* ³
	2004/9/13	1	R/V Miyako	MTD Bongo net	17-168	33	17.5	139	40.5	OK	SL 9	* ³
10	2006/8/30	1	R/V Miyako	Bongo net	0-100	33	27.5	139	40.5	OK	SL 15	* ³
11	2007/7/24	1	R/V Miyako	Bongo net	50-75	30	40	140	20	OK	SL 10	* ³
12	2010/10/3	1	Fishing vessel	inside of mouth of alfonsino	unknown	33	11	139	42	KJ	FL 90	* ³
13	2012/8/13	3	R/V Koyo	MOHT net	50	26	54.57	142	0.015	OK	SL 8-19	* ³
14	2012/8/30	1	R/V Koyo	MOHT net	30	27	1.614	142	23.78	OK	SL 12	* ³
15	2012/9/10	1	R/V Koyo	MOHT net	80	27	1.886	142	4.316	OK	SL 16	* ³
16	2012/9/16	1	Fishing vessel	Stomach contents of yellowfin tuna	unknown	33	33	140	10	OK	TL 93	* ³
17	2014/9/6	3	Fishing vessel	Stomach contents of spotted mackerel	unknown	33	23	139	33	KJ	SL 24-39	* ³
18	2014/9/7	11	Fishing vessel	Stomach contents of yellowfin tuna	unknown	33	33	140	10	OK	SL 41-58	* ³

n: Number of samples, SL: Standard length, FL: Fork length, TL: Total length, *¹: Ishida *et al.* 1998, *²: Yanagimoto 1999, *³: Tokyo Metro. Is. Area Res. Dev. Cen. Agri. Forest. Fish. Unpublished data

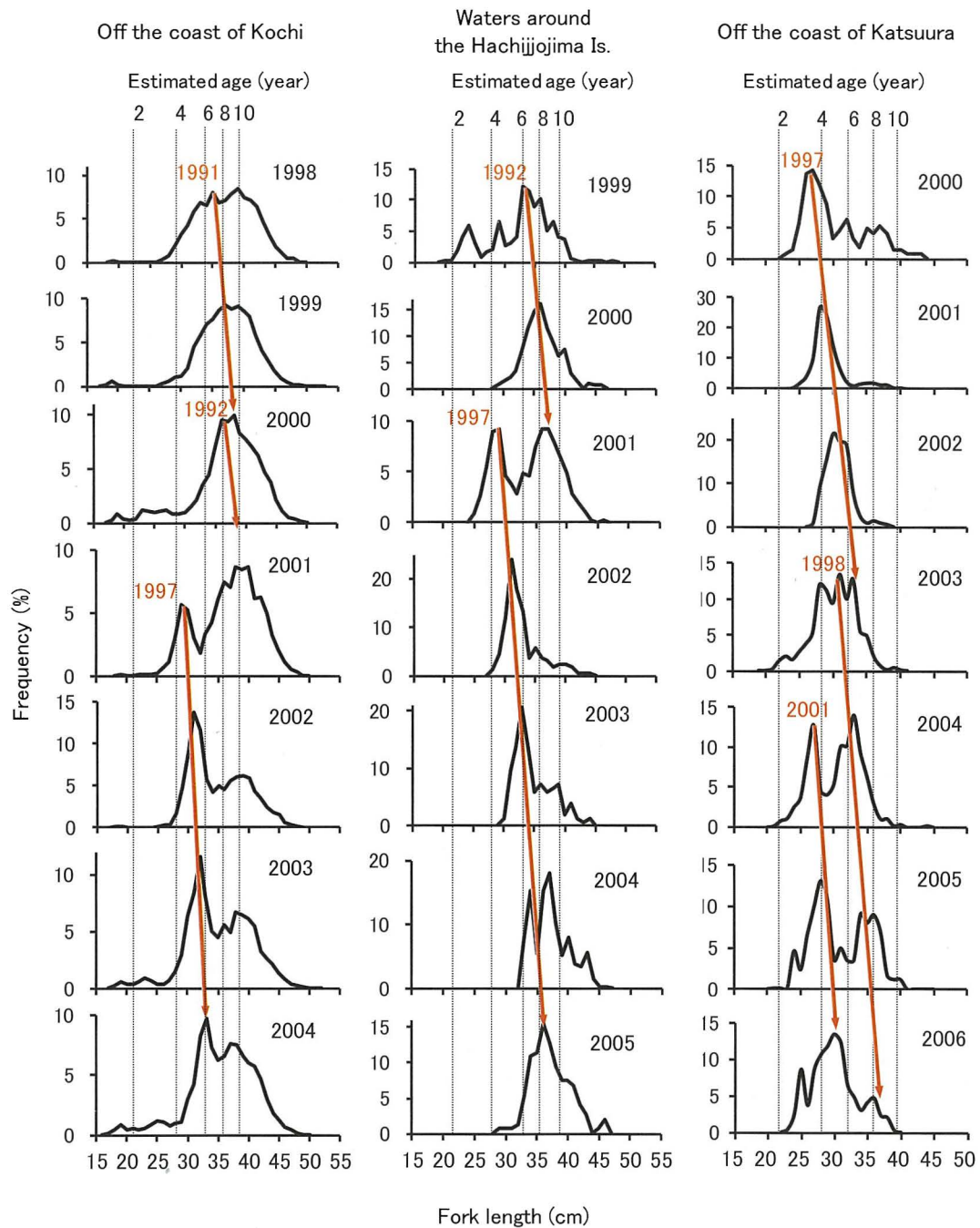


Fig. 13 Identification of strong *Beryx splendens* year class by tracking distinguishable modes (red lines) from body length frequency distributions (modified from Yonezawa *et al.*, 2011). Red numbers indicate the birth year produced strong year class.

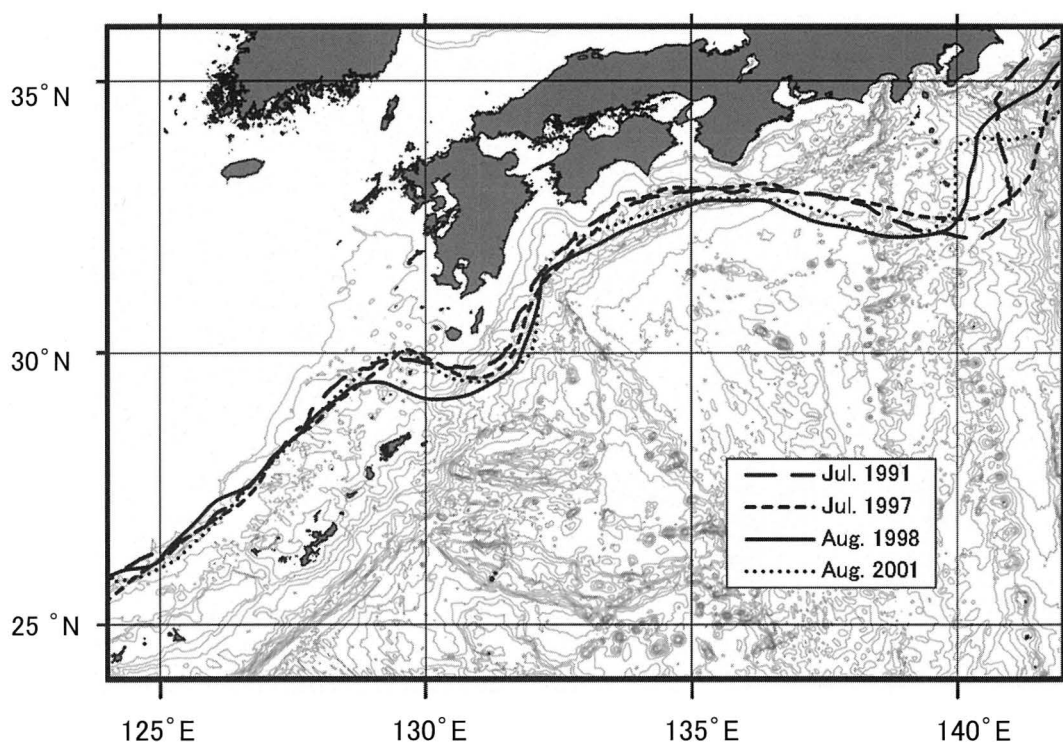


Fig. 14 Typical Kuroshio axis pattern during the *Beryx splendens* spawning season (July and August) in a year with a strong year class occurred.

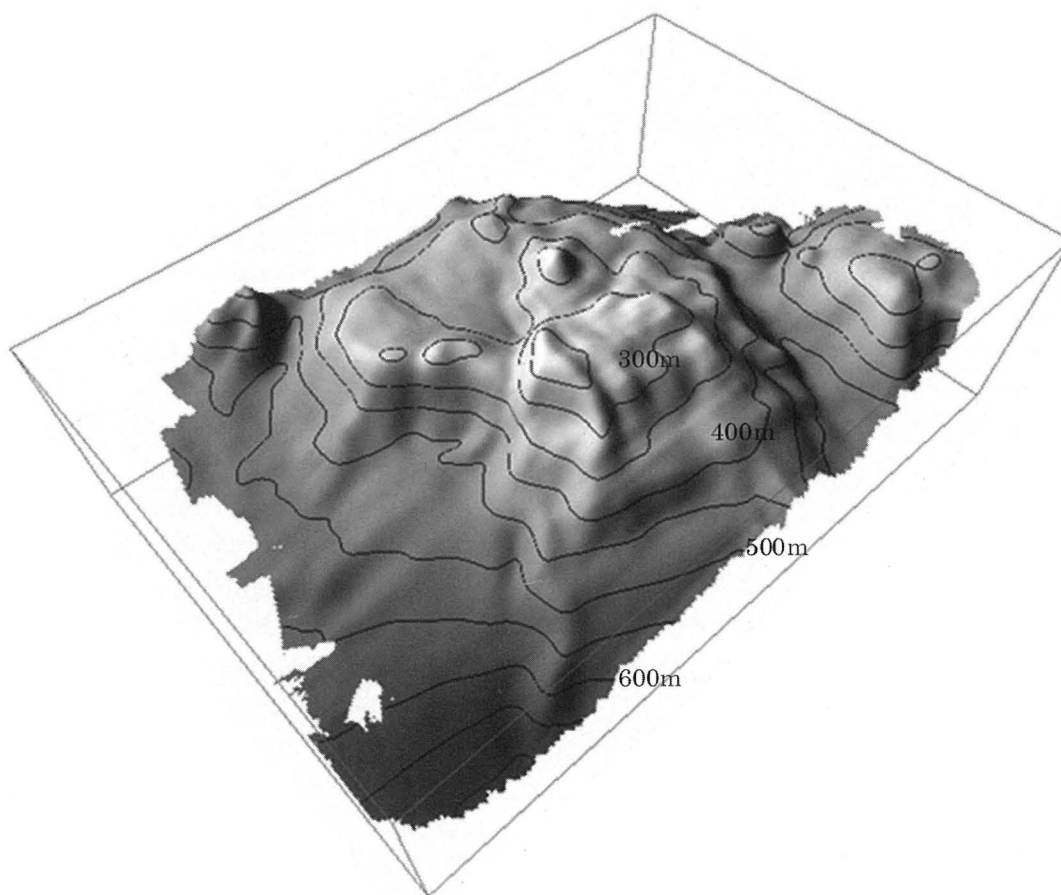


Fig. 15 Three-dimensional image of Daini-Onohara Knoll drawn by the multibeam echo sounder on the RV Miyako.

の海底地形をFig. 15に示した。水深1,000m付近から230m前後まで立ち上がる海丘となっており、複数の山頂部がある。Fig. 16に示すように魚探反応は通常、山頂付近に形成され、反応の立ち上がりは日中より夜間の方が顕著である。この第2大野原海丘と御蔵海山のそれぞれの山頂部付近で撮影したキンメダイの水中画像をFig. 17に示した。妹尾（2015）は、キンメダイの遊泳方向や姿勢が様々であることから、計量魚探で資源量を推定する場合はTarget Strength (TS) の値の設定に注意する必要性を指摘している。

魚群探知機や漁獲による調査から、キンメダイは摂餌と関連した日周鉛直移動を行っていると考えられている（増沢ら，1975；柳本，2004；Galaktinov, 1984）。北大西洋の海山での音響調査によると、キンメダイは摂餌のために日没から日の出までの夜間に魚群を形成するが、魚群量は海山周辺に強い湧昇流あるいは下降流が発生しているときに大きく、鉛直的な水の混合がない時には小さいと考えられている（Vinnichenko, 1997）。このことは、海山周辺に発生した湧昇流によってキンメダイの餌となるエビ類、オキアミ類、ハダカイワシ類などの出現量が増し、その結果、キンメダイの魚群量も大きくなることを示唆している（秋元，高橋，2008）。

銚子沖、八丈島周辺、室戸沖をはじめとした国内の主要キンメダイ漁場は、海山、海丘、溝状地形など起伏の激しい地形上に形成される。上記のように湧昇が摂餌に好影響を及ぼしている可能性はあるが、その実態については不明な点が多い。溝状地形などの窪地は潮流が速い場合の退避場所として利用されている可能性もあり、地形と魚群行動の関係については更に詳細な調査が望まれる。

2) 漁場による魚体組成の差異

漁場別の尾叉長組成をFig. 18に示した。尾叉長モードは銚子沖が26cm、大島周辺が32cm、神津島周辺が30cm、八丈島～青ヶ島近海が40cm、母島近海が34cm、室戸沖が32cm、奄美大島近海が42cmであった。銚子沖で小型魚が多く、伊豆諸島を南下するにつれてモードが大きくなる傾向があり、八丈島～青ヶ島近海と奄美大島近海では大型魚が多かった。また、母島近海と室戸沖は組成が類似しており、モードはいずれも成魚サイズに相当する32～34cm台であったが、それより小型の幼魚～未成魚サイズも一定の比率を占めていた。なお、母島近海では近年、キンメダイ調査が行われていないため、今回提示した尾叉長組成は、同島近海の魚体組成を知る貴重な情報である。後述するようにキンメダイは加入後に大規模な移動をしない

と考えられることから、Fig. 18に記載した母島近海での測定は1995年、その他の漁場での測定は2008年、2009年と年代が異なるものの、他漁場との組成比較は十分可能と考える。

房総半島～伊豆半島沿岸の漁場では幼魚が分布しており、魚体組成も小型魚主体であることから（清水，1991；木幡ら，1992；高木，2000），沿岸域に着底した幼魚はその周辺で成長した後、加齢に伴い一部が伊豆諸島や南西諸島方面に移動するものと考えられる。一方、室戸沖や母島近海では、房総～伊豆沿岸などから移動してくる成魚もあるが、前記の卵稚仔の分布や漁獲物の尾叉長組成並びに、後述する標識放流の結果から、漁場内で着底した幼魚が成魚に成長するケースが多いものと推測される。

3) 標識放流情報の整理

キンメダイの標識放流は1957年以降、現在に至るまで、漁業者、試験研究機関により精力的に実施され、移動情報、標識放流情報を用いた研究も多数行われている（杉浦ら，1987；杉浦，1990；木幡ら，1992；中島，1998；高木，2000；池上，2004など）。本報告では、既往の報告が用いた標識放流記録に加え、それ以降に再捕された個体の情報も含む合計59,301尾の情報を集約した。その内訳は、千葉県では1984年以降の29,895尾、東京都では2000年以降の3,429尾、神奈川県では1964年以降の4,685尾、静岡県では1962年以降の19,392尾、高知県では1985年以降の1,900尾であった。千葉県の放流尾数が最も多いが、これは同県の複数漁協が資源管理の取り組みの一環として、長年、休漁期間中に標識放流の取り組みを行ってきたことによる。1都3県と高知県で放流された個体のうち、再捕尾数は全体で1,533尾、再捕率は2.5%であった。再捕までの期間は、最短2日、最長17.9年、平均3.57年であった。再捕までの期間が15.5年の個体では、放流時点と再捕時点の尾叉長がそれぞれ27cmと39cm、17.9年の個体では放流時点と再捕時点の尾叉長がそれぞれ25cmと46cmであり成長は非常に遅いと考えられる。放流海域、再捕海域を銚子沖、勝浦沖、東京湾口、伊豆半島東岸および大島、神津島～三宅島周辺、伊豆諸島南部、御前崎沖、高知県沖、南西諸島、沖合域（紀南礁、駒橋第2海山など）に分類し（Fig. 19）、放流地点と再捕地点の関係をまとめた（Table 3）。現在の資源管理の一つの単位となっている関東沿岸から伊豆諸島周辺海域に着目すると、関東沿岸で放流した場合、放流地点周辺で長期間経過後に再捕された個体がいる一方、伊豆諸島南部海域や黒潮上流域である高知県沖や南西諸島などで再捕された個体も存在

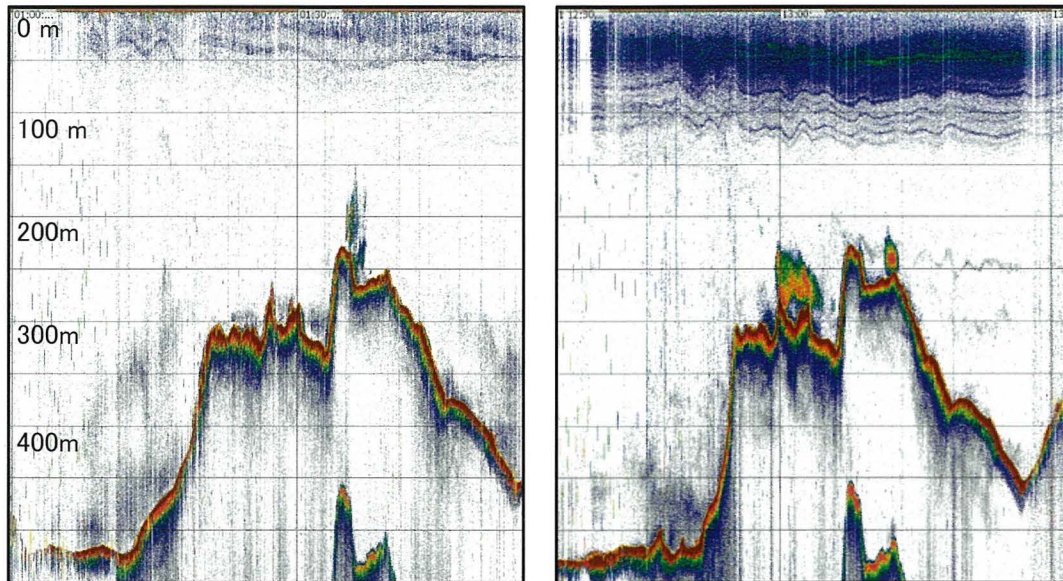


Fig. 16 Echograms on the Daini-Onohara Knoll drawn by the quantitative echosounder on the RV Miyako. Echograms show differences in fish finder reaction during the day (left) and night (right).

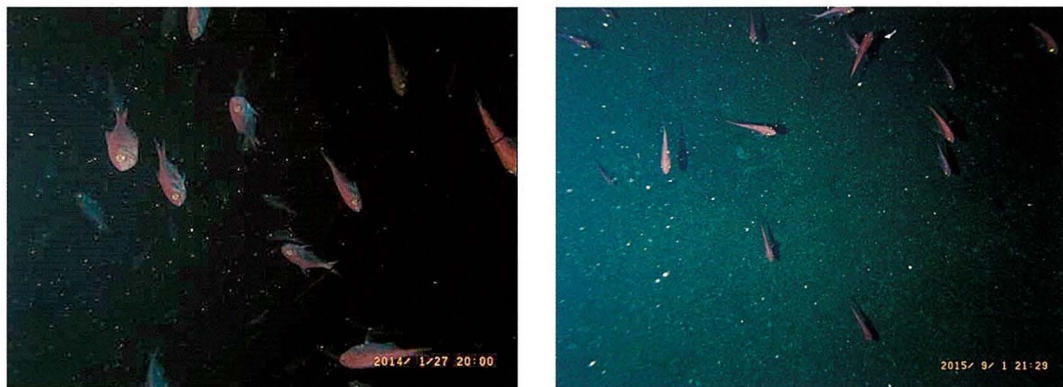


Fig. 17 Photographs of *Beryx splendens* at the Mikura Seamount (left, 2014/1/27, 20 : 00) and Daini-Onohara Knoll (right, 2015/9/1, 21 : 29). Photographs provided by K. Seno, Tokyo Metro. Is. Area Res. Dev. Cen. Agri. Forest. Fish.

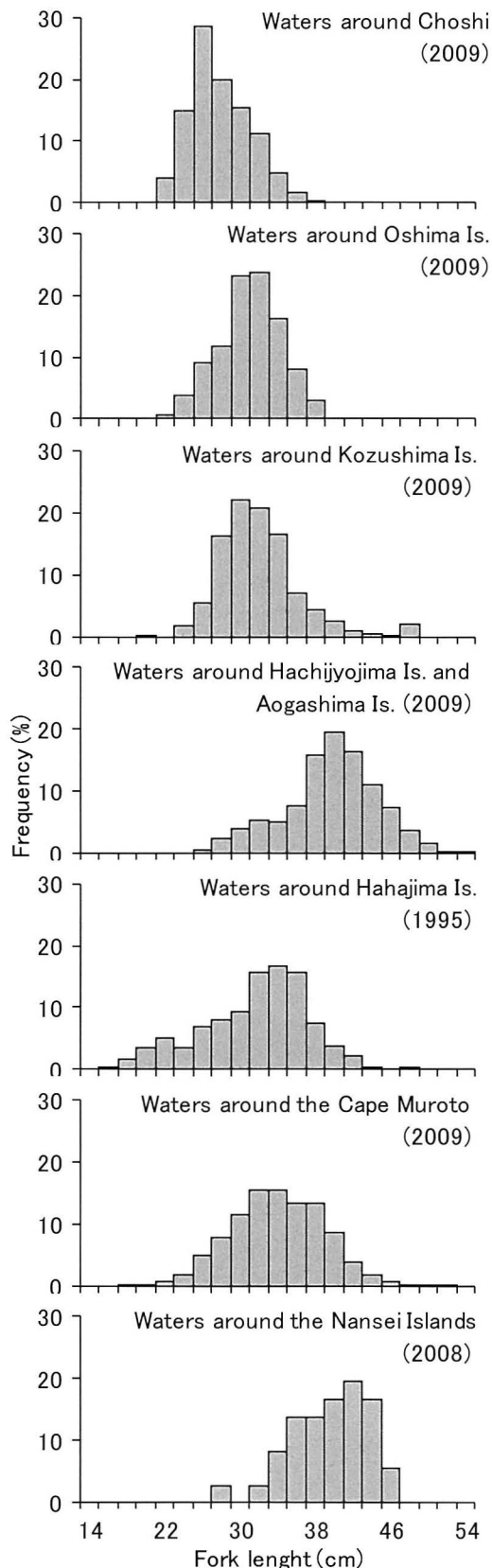


Fig. 18 Fork length compositions of *Beryx splendens* caught on seven fishing grounds (adapted from Yonezawa *et al.* 2011 and Shishido and Kamino 2010).

したが、全体の8割以上は関東沿岸から伊豆諸島北部海域で再捕された (Fig. 19)。なお、関東沿岸で放流し、高知沖、八丈以南、南西諸島で再捕された個体の尾叉長はいずれも30cm以上の個体であった。関東沿岸から伊豆諸島周辺海域で放流し再捕される割合は経年的に減少傾向であるものの10年経過しても7割は同じ海域で再捕された (Fig. 20)。キンメダイの漁場形成海域としては北東端に位置する房総半島や伊豆半島東岸からの放流が多数を占めるため、基本的には南または南西方向に移動する傾向を示すが、三宅島～御蔵島周辺などからの標識放流では北上する個体も見られた (Fig. 19)。また、高知県沖で放流され、これより東側の海域で再捕された事例は現時点ではなかった。記録式の標識による調査ではないため、移動する間の水深帯や位置情報は不明である。駒橋第2海山へ海底付近を遊泳して移動するのであれば、紀南礁と駒橋第2海山の間は水深5,000m以上の海域が広がっており、この間を移動したのではなく、沿岸の陸棚に沿って西へ移動したものが、九州～パラオ海嶺を伝って移動したと考えるのが妥当との考察がなされている (池上, 2004)。これまでの標識放流の取り組みの大多数が、関東沿岸で実施されてきた。これらの情報を集約することで、関東沿岸からの移動・回遊の実態は見えてきたが、他海域での事例は非常に少ない。今後、南西諸島や沖合漁場などから標識放流することも必要と考えられる。

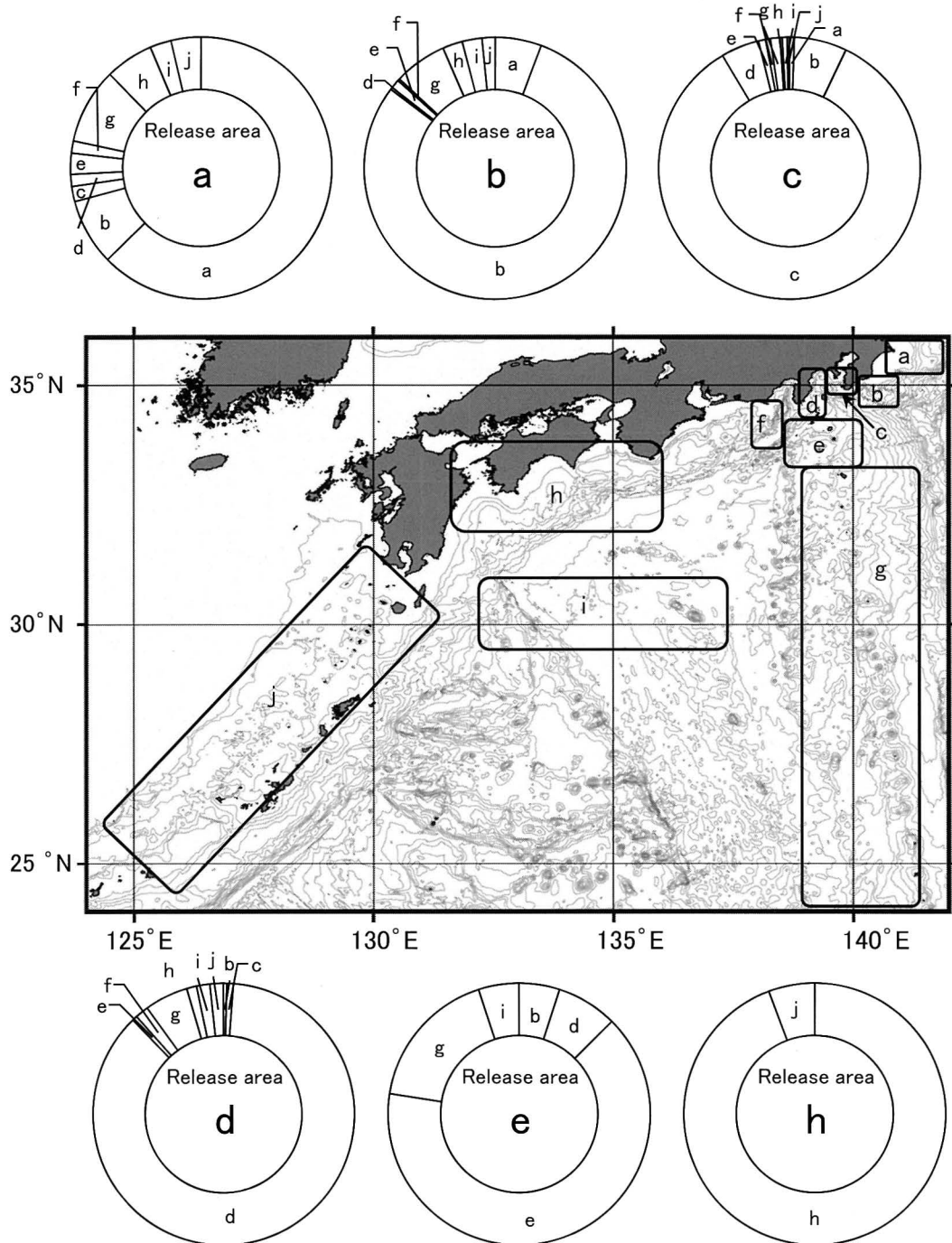


Fig. 19 Relationship between release area and recapture area of *Beryx splendens*. Each circle on the graph indicates a recapture area composed of tag and release areas. Locations of 10 release and recapture areas; a: off the coast of Choshi, b: off the coast of Katsuura, c: mouth of Tokyo Bay, d: waters around the East coast of the Izu Peninsula and the northern part of the Izu Islands, e: waters around Kozushima Island and Miyakejima Island, f: off the Omaezaki Peninsula, g: waters around the southern part of the Izu Islands, h: off the coast of Kochi, i: offshore fishing ground, including the Komahashi-Daini and Kinan Seamounts, j: waters around the Nansei Islands.

Table 3 Number of recaptured splendid alfonso, *Beryx splendens*, by release/recapture area for each year. a: off the coast of Choshi, b: off the coast of Katsuura, c: mouth of the Tokyo Bay, d: waters around the east coast of the Izu Peninsula and the northern part of the Izu Islands, e: waters around Kozushima Island and Miyakejima Island, f: off the Omaezaki Peninsula, g: waters around the southern part of the Izu Islands, h: off the coast of Kochi, i: offshore fishing grounds, including Komahashi-Daini Seamount and Kinan Seamount, j: waters around the Nansei Islands.

Duration until recapture: from 0 to 2 years									
Recapture area	Release area								sum
	a	b	c	d	e	f	g	h	
a	51	19							70
b	1	107	2	1	2				113
c			182						182
d				175	1				176
e			1		11				12
f				2					2
g									
h								18	18
i				1					1
j									
sum	52	126	185	179	14			18	574

Duration until recapture: from 2 to 5 years									
Recapture area	Release area								sum
	a	b	c	d	e	f	g	h	
a	94	1	1						96
b	6	107	10	1					124
c			80	1					81
d	1		9	166	1				177
e	4	1	1	1	4				11
f	3	6	1	3	1	1			15
g		1	1	2			2		6
h	1	1						8	10
i	3			1				1	5
j	3	3		2					8
sum	115	120	103	177	6	1	2	9	533

Table 3 Continued

Duration until recapture: more than 5 years								
Recapture area	Release area							
	a	b	c	d	e	f	g	h
a	23	1	1					
b	15	79	10					
c			24	3				
d	3	1	7	78	1			
e	3	3	1	2	11			
f	22	16	3	21	6			
g	4		1	6			1	
h	15	8	1	6				7
i	7	6	1	6				1
j	4	8	2	6	2			
sum	96	122	51	128	20		1	8
								426

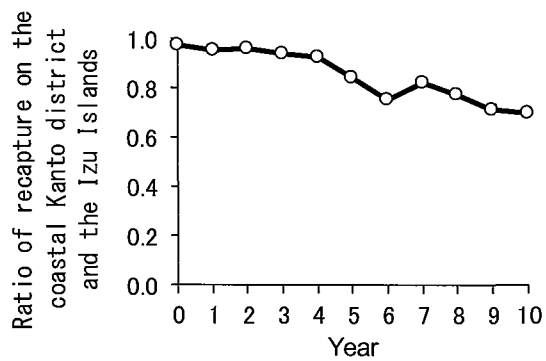


Fig. 20 Annual change in the *Beryx splendens* recapture ratio on the coastal Kanto district (Fig. 19 a-d, f) and the Izu Islands (Fig.19 e, g).

4) 移動に関する仮説

東京動物園協会がインターネット上で公表している葛西臨海水族園の動画によると、キンメダイは胸鰭をはばたくような独特の泳ぎ方をし、前進の際、尾鰭をあまり使用せず胸鰭を上下に動かす (http://www.tokyo-zoo.net/movie/mov_book/1206_04/index.html, 2016年4月27日)。胸鰭の付け根に血合筋が発達しているのもそのためと考えられる。久保島ら (1998) によると、摂餌の際は瞬発的な動きをすることが報告されているが、飼育観察からはキンメダイは持続的な高速遊泳は困難と推測される。しかし、標識魚の一部が黒潮の内側域から外側域に南下移動しており (池上, 2004)、黒潮を横断する仕組みがあるものと

考えられる。その仕組みはFig. 21のようなものと推測される。すなわち、次の①～④の黒潮横断仮説である。①黒潮がN型流路で直進状態の場合、黒潮内側のキンメダイは、内側域の狭い範囲内に滞留している。(Fig. 21-a)。②黒潮がC型流路などで大きく蛇行した場合、その内側には反時計回りの冷水渦が形成される。黒潮内側に生息しているキンメダイの一部は、この流れに乗ることにより沿岸域から八丈島などの沖合域に移動する (例えば、大島～八丈島間が直径に位置するような円形の冷水塊が形成され、0.5ノットの反時計回りの流れに沿って円周沿いにキンメダイが移動すると仮定する。その場合、キンメダイは流れに乗っているだけで遊泳せずとも大島近海か

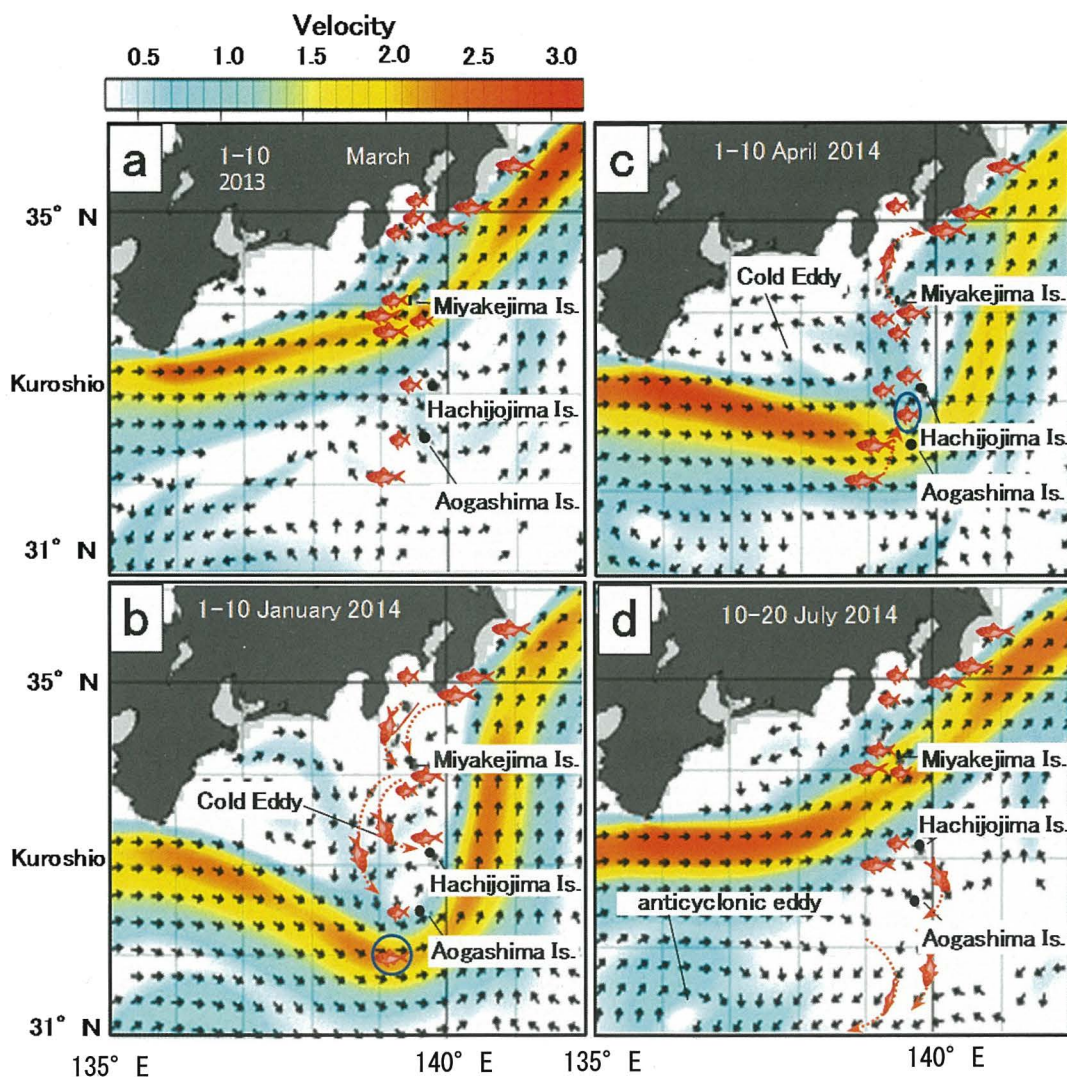


Fig. 21 Assumed spatial movement pattern of *Beryx splendens* toward the northern and southern parts of the Izu Islands following the cold-water mass of the meandering Kuroshio (Kuroshio crossing hypothesis). Background ocean current maps are modified from the Japan Meteorological Agency website. Red fish marks and dot arrows indicate image of distribution of *Beryx splendens* and their assumed migration direction.

ら八丈島近海へ、10数日で到達できる)。なお、上述した標識放流結果では、御蔵海山などから沿岸漁場へ移動する個体が出現しているが、これも蛇行時の冷水渦を利用している可能性が高いと思われる (Fig. 21-b)。③蛇行が収束し、黒潮流軸が北上してN型流路に戻る際には、海底の窪地や海山の裏側に形成される渦流域などに退避して速い潮流をやり過ごす。なお、東京都島しょ農林水産総合センターは、黒潮の蛇行が収束する過程で、八丈島周辺漁場が好漁になりやすいことを報告している (八丈事業所トピックス, 9: <http://www.ifarc.metro.tokyo.jp/resources/content/13379/20131220-125137.pdf>, 2016年10月15日)。その際の漁獲物が大型高齢魚主体であることから、黒潮の北上に合わせて、青ヶ島周辺漁場に分布する魚群の一部が北上し生息漁場を変える可能性を示唆している (Fig. 21-c)。④黒潮外側域に移動した魚群の一部は、高気圧性渦などを利用し南下あるいは西進するものと推測される (Fig. 21-d)。このような移動に好適な条件は、恒常的に存在するものではなく、数年に一度程度の事象であるため、結果として数年～10数年かけての南下や西進といった移動として観測されているものと思われる。

第3章 国内の漁業と資源管理

資源の持続的利用を図る上で、漁業の実態把握は必須課題である。本章では我が国太平洋岸の主要漁場 (関東沿岸から伊豆諸島周辺海域、高知県沖、南西諸島周辺海域) でのキンメダイ漁業について、自由漁業、知事許可漁業では県別に、大臣許可漁業では漁業種類別に、操業海域と漁法、漁獲量の変遷、資源管理の概要をまとめた。このうち漁獲量は資源管理において、最も基礎的な情報であるが、キンメダイは2007年より農林水産省の漁獲統計対象種より外れた。このため、我が国周辺水産資源調査・評価推進事業のもと、大臣許可漁業、知事許可漁業、自由漁業について各都県のキンメダイ水揚げ港の水揚げ量を水産研究・教育機構と都県水産研究機関が集計し、合算することで日本全体の漁獲量を把握する体制が構築されている (亘, 印刷中)。

3-1 関東沿岸から伊豆諸島周辺海域

1) 千葉県

千葉県では立て縄漁業が房総半島沿岸の銚子沖、勝浦沖、東京湾口の3つの漁場と伊豆諸島周辺海域において行われている。使用する漁船は10トン未満の小型漁船で、1～3人乗り、日帰り操業が主体である。銚

子沖漁場は、片貝海底谷の東側に位置する漁場で、通称台形場 (Fig. 1) と呼ばれる。銚子市漁協所属の小型船が1980年代後半から操業を始め、現在約40隻がほぼキンメダイ専業で操業を行っている。勝浦沖漁場は、鴨川海底谷と勝浦海底谷に挟まれた安房堆 (Fig. 1) と呼ばれる台地状の海底地形で操業が行われ、1930年に漁場が発見されて以来、現在では御宿町～鴨川市の16地区で約250隻という多数の漁船により利用されている。東京湾口漁場は、相模トラフに隣接した布良瀬、中の瀬からなる漁場 (Fig. 1) で、鋸南町～館山市の4地区約40隻の漁船が利用している。千葉県沿岸域では最も古い1920年頃から利用されている。いずれも、水深およそ100～500mの大陸棚や海山付近に形成されているが、東京湾口漁場は他の2漁場よりも水深が浅く、漁獲物は小さい傾向がある。また、伊豆諸島周辺海域へは、2～3日の泊まりによる操業が行われ漁獲物は鋸南町～館山市に水揚げされる。

漁獲量は1990年代前半までは増加傾向であったが、1990年代後半に一時減少した。その後増加に転じ、2007年には2,291トンと過去最高を記録した。しかしそれ以降は減少傾向となり、2014年は1,235トンになった (Table 4)。この背景には2007、2008年以降、小型魚の加入が少ない年が続き資源が減少傾向にあること、また漁業者が自主的に操業時間を短縮したことなどが考えられる。漁獲量は勝浦沖、銚子沖、東京湾口の順に多く、各漁場とも同様に減少傾向にある。

千葉県では資源管理指針を策定し管理目標や資源管理措置を設定するとともに、銚子沖、勝浦沖、東京湾口の漁場ごとに漁業者の自主的な資源管理組織が存在し、操業規制を中心とした資源管理措置が講じられている。小型魚の保護策として、銚子沖、勝浦沖では全長25cm以下、東京湾口では全長22cm以下の個体を再放流している。漁具・漁法の制限として、3漁場で投縄本数は乗組員数または乗組員数+1本、針数の制限、樽流し漁法禁止が定められている。また、休漁期が銚子沖では1～4月 (台形場のみ)、勝浦沖では7～9月に設定されている。さらに、夜間操業が銚子沖、勝浦沖で禁止されている他、勝浦沖では釣餌にサンマとイワシ類の使用が禁止されている。

2) 東京都

東京都では大島～八丈島の各島にある漁協に所属する漁船のうち約180隻程度が、伊豆諸島周辺に点在するキンメダイ漁場で立て縄による操業を行っている。これらのすべての漁船は他魚種との兼業である。伊豆諸島周辺海域のキンメダイ漁場は、水深200～700mの海山や海丘の頂上付近から斜面に形成されており、第

Table 4 Change in Japanese catch of splendid alfonsino, *Beryx splendens*, (tons) on the Pacific coast of Japan and the East China Sea

Year	Chiba	Tokyo	Kanagawa	Shizuoka	Kochi	Kagoshima	East China Sea (troutine)
1976	471	25	233	1,378	98		
1977	374	34	334	1,414	575		
1978	455	28	484	1,660	440		
1979	479	27	407	3,155	147		
1980	500	34	664	4,155	28		
1981	933	26	717	5,047	49		
1982	950	30	693	7,067	97		
1983	848	24	536	7,007	205		
1984	1,202	54	856	7,844	559		
1985	1,418	81	1,342	6,388	695		
1986	1,369	121	1,603	5,697	869		
1987	1,308	26	1,003	5,442	1,232		
1988	1,557	104	1,649	5,898	1,099		
1989	1,146	98	1,512	6,099	1,582		
1990	1,257	30	1,207	5,250	1,179	58	
1991	1,521	225	3,032	5,493	853	73	
1992	1,400	109	936	5,068	1,205	64	
1993	1,321	117	937	4,783	1,325	91	
1994	1,348	113	990	4,652	1,206	91	
1995	1,400	99	817	4,433	1,442	34	
1996	1,324	127	881	4,448	1,093	35	
1997	936	173	740	3,874	892	24	
1998	890	215	708	3,724	1,125	37	
1999	1,143	285	597	3,978	1,336	42	134
2000	1,537	338	658	4,613	1,816	44	209
2001	2,252	381	788	3,930	1,707	34	230
2002	1,656	298	455	2,916	2,011	125	142
2003	1,722	321	512	2,529	1,661	47	74
2004	1,604	264	595	2,582	1,502	45	85
2005	1,972	439	964	3,283	915	34	113
2006	2,187	612	658	2,953	1,324	12	176
2007	2,291	872	580	3,048	1,258	25	232
2008	2,060	832	563	3,104	1,020	68	262
2009	2,022	968	369	3,431	869	60	192
2010	1,492	720	329	2,548	971	60	219
2011	1,391	788	328	2,403	704	61	204
2012	1,410	734	231	2,217	607	56	187
2013	1,144	838	259	2,168	600	78	221
2014	1,235	998	224	2,209	550	60	200
2015	1,171	1,011	205	1,839	538	79	191

2大野原海丘、黒瀬周辺漁場、八丈島南西沖漁場などが代表的な漁場である (Fig. 1)。漁船の規模は20トン未満の小型漁船で、1～3人が乗船し、日帰り操業が中心であるが、天候が良ければ泊りがけで2～3日間操業する場合もある。伊豆諸島では南にいくほど大型魚の漁獲割合が高く、近年、島周りの資源減少もあいまって、これら大型魚がより多く生息する八丈島よりさらに南方の漁場での操業が多くなっている。小笠原諸島近海での水揚量はわずかである。

漁獲量は1990年代中頃までは100トン程度であったが、1990年代後半から急増した。2007年以降は、800～1,000トンで、ほぼ横ばいで推移している (Table 4)。漁獲量が増加した背景には、カツオや他の底魚類の不漁、キンメダイの価格が高値で安定していること、使い捨て漁具の普及などがあげられる。

大島～八丈島にかけて海域ごとに東京都漁業者検討会の協議により資源管理措置が講じられている。小型魚の保護策として、大島周辺では全長24cm以下、新島～御蔵島周辺では全長24cm以下、神津島と八丈島では全長30cm以下の再放流、漁具・漁法については、投縄本数は1人2縄以内、針数は1縄50本以内、釣餌にサンマ、イワシ類、鮭のハラモの使用禁止、夜間操業の周年禁止、樽流し漁法の禁止が定められている。また7～8月の間に16日以上のお休み期間が設定されている。

3) 神奈川県

神奈川県では立て縄漁業と底立てはえ縄漁業が行われている。立て縄漁業は、東京湾口部、伊豆半島東岸、伊豆諸島周辺海域において、20トン未満の小型漁船で1～3人乗りでの操業が主体である (Fig. 1)。東京湾口部および伊豆半島東岸では日帰り、伊豆諸島周辺海域では2～3日の泊まり操業が中心で、漁獲物の多くは三浦半島南部に位置する三崎漁港 (三崎地区) と間口漁港 (松輪地区) に水揚げされる。現在、三崎地区では約30隻、松輪地区では約20隻が操業を行っているが、漁業者の高齢化により操業隻数および回数は年々減少している。底立てはえ縄漁業は、95～99トンの大型船により1週間～10日間の操業が行われる。漁場は伊豆・小笠原諸島周辺、紀南礁、九州・パラオ海嶺 (駒橋第2海山) などの沖合域で、漁獲物は三崎漁港の他、高知港や下田港などにも水揚げされる。現在、県内では2隻が操業しているに過ぎないが、その水揚量は三崎漁港全体のキンメダイ水揚げ量の約9割を占めている。

漁獲量は1980年代～90年代前半にかけて漁獲のピークが見られ、その後は概ね減少傾向にある

(Table 4)。漁獲量の減少は立て縄漁業で顕著であるが、この背景には立て縄漁業の主な操業海域である東京湾口～伊豆諸島北部海域における漁況の悪化に加え、漁業者の高齢化に伴う操業隻数の減少が考えられる。

神奈川県では資源管理指針 (平成28年6月改正) を策定し、管理目標や資源管理措置を設定するとともに、漁場を共有する千葉県、東京都、静岡県と共同で自主的な資源管理に取り組んでいる。東京湾口の場合、小型魚の保護策として、全長22cm以下の個体の再放流、漁具・漁法については、投縄本数は乗組員数+1本、夜間操業の場合、枝縄本数は30本以下、樽流し漁の禁止、毎月第1土曜日の前夜に休漁日を設定するなどである。また、底立てはえ縄漁業は、東京都海面と静岡県海面における知事許可漁業で、隻数、漁船トン数、操業禁止区域、幹縄の長さなどに制限が設けられている。

4) 静岡県

静岡県では立て縄漁業、底立てはえ縄漁業、樽流し漁業の3種類が行われている。立て縄漁業は伊豆半島東岸から伊豆諸島北部海域において、20トン未満の小型漁船で、1～2人乗り、日帰り操業が中心で15隻程度が操業する (Fig. 1)。漁獲物は伊東、稲取、下田などの伊豆半島東岸の各漁港に水揚げされる。底立てはえ縄漁業では御蔵島～鳥島近海を中心に伊豆・小笠原諸島周辺において、19～99トンの大型船により、1週間～10日間の操業が行われる (Fig. 1)。15隻程度の底立てはえ縄漁船が基地である下田に水揚げする。樽流し漁業では遠州灘の第2天竜海丘において10トン以下の小型漁船で、1～2人乗り、日帰り操業で15隻程度が操業する (Fig. 1)。漁獲物は御前崎港に水揚げされる。

漁獲量は1979年から固定式の底立てはえ縄漁法が導入され飛躍的に増加し1980年代前半に漁獲量が7,000～8,000トンとなりピークに達した (Table 4)。その後減少傾向が続き、近年は2,000トン台で推移している。この背景には、漁獲の多くを占める底立てはえ縄漁船の稼働数が大きく減少したことなどが挙げられる。

立て縄漁業 (伊豆東岸漁場) では、夜間操業の禁止、公休日として賀茂地区 (賀茂船主協会) は毎週土曜日、伊東地区 (東部一本釣協議会) は毎週火曜日、漁具について投縄本数は乗組員数×2本、針数の制限、釣餌にイワシ類とサンマの使用が禁止などの申し合わせが行われている。樽流し漁業では針数の制限や産卵期に2週間の自主休漁などが行われている。底立てはえ縄

漁業は東京都海面と静岡県海面における知事許可漁業で、隻数、漁船トン数、操業禁止区域、幹縄の長さなどに制限が設けられている。

また、平成7年度に策定された静岡県資源管理計画では、小型魚保護のため、全長28cm（体重300g）以下の放流、200m以浅の大陸棚での操業自粛、夜間操業の自粛が定められている。さらに、静岡県の資源管理指針に基づき資源管理計画に定める自主的な取り組みとして、底立てはえ縄漁業では2011年4月から1ヵ月に4日以上、立て縄漁業では、2013年8月から稲取地区などで1ヵ月に4日以上、定期休漁、遠州灘の樽流し漁業では2012年1月から7～8月に連続した14日以上、休漁日と樽の数を15個以下とする漁具の制限を実施している。

3-2 高知沖

1) 高知県

高知県では室戸岬の沖合の大正礁、サウス山、新礁などの海丘と足摺海丘で、樽流し漁業、手釣漁業（餌釣りおよび毛バリ釣り）による操業が行われている（Fig. 1）。室戸岬周辺では120隻程度が、足摺岬周辺では20隻程度が操業している。漁船の規模は4～12トンの小型船を中心に、1～2人が乗船し、日帰り操業が中心であるが、天候が良ければ2～3日間泊りがけで操業する場合もある。漁獲物は尾叉長30～40cmが中心である。

高知県におけるキンメダイ漁業は歴史が浅く、室戸岬の沖合では1976年に始まり、1980年代後半から本格化した。また、足摺岬周辺では1980年代後半にムツ *Scombrops boops* 漁場のより深い水深帯でキンメダイが分布する場所が発見され、その後漁業が発達した。キンメダイ漁業開始時からの情報がある高知県漁協室戸統括支所の漁獲統計によると、1980年代前半までの水揚量はごくわずかだった。その後、新漁場の発見などによって水揚量は急激に増加し、1989年には1,479トンに達した。1990年代～2000年代前半までは800～1,200トンで変動し、2000年代後半以降、漁獲量は減少傾向で2013年は、238トンの水揚となった。2010年以降の高知県全体の漁獲量は、2010年が1,002トン、2015年が558トンと半減している（Table 4）。近年における水揚量の減少は、キンメダイ漁からサング漁へ転換した漁業者が増えたことにより、キンメダイ漁の操業隻数が減少したことが主な原因と考えられる。

高知県においては漁業者による資源管理措置として、樽流し漁業では1隻当たりの樽数は30個以内、1樽あたりの針数は50本以内、手釣り（エサ立て縄、毛針）では、1隻あたりに搭載されているラインホー

ラーの台数、縄の本数に関わらず、針の数は150本以内（2人乗りは200本以内）としている。また深海はえ縄漁法（深海浮子を使用するはえ縄漁法）、各漁法における仕掛けへの深海浮子の使用および火光利用は禁止されている。

3-3 南西諸島周辺海域

1) 鹿児島県

鹿児島県海域では、県本土や熊毛、奄美管内の漁協に所属する漁船のうち20隻程度が、沖縄舟状海盆（Fig. 1）の東側のトカラ列島～奄美群島北西沖海域の水深500～700mの天然の瀬礁周辺で、一本釣りまたは立て縄（底立てはえ縄）による操業を行っている。漁船の規模は2～19トンで、1～2人が乗船し、日帰り～1週間程度の操業を行っている。このうち、キンメダイを狙って操業する船は8隻程度で、残りはムツやメダイ *Hyperoglyphe japonica* 狙いの操業に混獲される程度である。なお本海域では熊本県および佐賀県の漁船も操業しているが、操業実態などの詳細は不明である。

本漁業によって漁獲されるキンメダイ類には、キンメダイ、フウセンキンメ、ナンヨウキンメの3種が含まれる。鹿児島市中央卸売市場では、キンメダイ、フウセンキンメ、ナンヨウキンメをそれぞれ「長きんめ」、「ばけきんめ」、「平きんめ」と称して区別し扱っている。同市場におけるキンメダイの取扱量の経年変化をTable 4に示す。同市場における本種の統計データは1990年から集計・公表されている（宍道、神野、2010、鹿児島県未発表）。取扱量は、キンメダイ、フウセンキンメ、ナンヨウキンメが2015年で79トン、1トン、17トンであり、キンメダイとナンヨウキンメが中心である。取扱量は2000年代後半以降概ね安定しており、直近5年間の平均取扱量は67トンであった。鹿児島県ではキンメダイを対象とした資源管理措置は実施されていない。

2) 東シナ海はえ縄漁業（特定大臣許可漁業）

東シナ海はえ縄漁業によるキンメダイ類を対象とした操業は、19トン型漁船により、主として日中暫定措置水域から隣接する日本側水域にかけての沖縄舟状海盆の西側斜面域で行われている（Fig. 1）。漁法は底立てはえ縄で、釣針は21号程度のむつ針が用いられる。東シナ海では、かつて山口県の底はえ縄漁船や長崎県および佐賀県等の底立てはえ縄漁船によって、大陸棚上の広い範囲でアマダイ類 *Branchiostegus* spp. を主対象とした操業が行われてきた（山下、2005）。しかしながら、その漁獲量は中国をはじめとする外国漁

船との漁場競合やアマダイ類の資源水準の低下により1990年代に急激に減少し（山下，2004；酒井，青沼，2015），アカムツ*Doederleinia berycoides*，ハタ類*Epinephelus* spp.，ユメカサゴ*Helicolenus hilgendorfi*などを対象とした，はえ縄への転換が進んだ。長崎県の漁具卸業者によると，山口県のあまだいはえ縄漁業者らは1980年代に静岡県下田でキンメダイ漁業を視察しており，この経験を踏まえて，1990年代に一部の漁船が下田の漁法を取り入れたキンメダイ類漁業を開始した。佐賀県漁船がこれに続き，2000年代には長崎県漁船も操業を開始した（兼子真一氏，私信）。2015年現在では，山口県漁船2隻，長崎県漁船2隻，佐賀県漁船1隻の計5隻が操業を行っている。いずれの船も，長崎県の新長崎漁港を基地としており，漁獲物のほとんどはここで水揚げされるとみられる。1航海の所要日数は約2週間（往復航各1日，漁場滞在10-12日程度）で，約3週間に1航海の頻度で，ほぼ周年にわたって操業が行われる。

本漁業によって漁獲されるキンメダイ類には，キンメダイ，フウセンキンメ，ナンヨウキンメの3種が含まれるとされる。長崎魚市株式会社によると，市場では，ナンヨウキンメを平キンメと称して他と区別し，他の2種は区別せず本キンメとして扱っている。取扱量は本キンメが多く，平キンメは5%以下である（山本俊一氏，片山耕氏，私信）。長崎魚市場におけるキンメダイ類の水揚げ統計は1999年から集計・公表されている（長崎魚市，2001-2016）（Table 4）。現在の操業体制になったとみられる2000年代後半以降の水揚げ量は概ね安定しており，直近5年間（2011-2015年）の平均水揚げ量は201トンであった。なお，長崎魚市株式会社によると，水揚げされるキンメダイ類は1.0~1.5kgのものが中心で，0.7kg以下のものはほとんど水揚げされていない。仕向先は長崎県内向け1割，その他九州圏内向け2割で，これ以外は九州圏外に出荷されている（山本俊一氏，片山耕氏，私信）。

東シナ海はえ縄漁業は特定大臣許可漁業であり，はえ縄漁法を用いて日中暫定措置水域などの規制海域で操業する場合には，農林水産大臣の許可を要する。本漁業においては，現在，キンメダイ類を対象とした資源管理措置は取られていない。また，本漁業で提出が義務付けられている漁獲成績報告書の現在の様式にはキンメダイの項がなく，「その他」の魚種に含められている。なお，規制海域に隣接する東シナ海の日本側水域で操業する場合は自由漁業であり，農林水産大臣および都道府県知事の許可を要しない。

3-4 その他の海域

太平洋北区，中区，南区において沖合底びき網漁業で，また，紀伊水道外域の海底谷周辺などで，和歌山県の小型底びき網漁業や，徳島県のはえ縄漁業で，それぞれ操業が行われている。いずれもキンメダイを周年にわたる主な漁獲対象としての操業ではない。漁獲量は年間数~数十トン程度であり，キンメダイを主漁獲対象とした漁業ではないため，他の漁獲対象種の漁獲の豊凶によっても漁獲量が大きく変動している。沖合底びき網漁業は大臣許可漁業，小型底びき網漁業やはえ縄漁業は知事許可漁業の許可要件に従って操業するが，キンメダイの保護を目的とした資源管理方策は実施されていない。これらの海域についても，平成28年度から我が国周辺水産資源調査・評価推進事業において，主要3漁場とともに漁獲量の把握がなされている（亘，印刷中）。

第4章 公海域および諸外国の漁業と資源管理

キンメダイは我が国排他的経済水域外でも，世界各地の海山や海嶺などで漁業が行われている。世界のキンメダイ類の漁業と資源管理の知見については，Shotton（2016）にもまとめられている。本章では，我が国での資源管理を検討する上での一助とするため，キンメダイを含む底魚類を取り巻く近年の世界の状況を紹介するとともに，世界のキンメダイ類漁業を概観し，各海域の漁業および資源管理について述べた。

4-1 底魚類を取り巻く世界の状況

キンメダイを含む底魚漁業を巡る国際的な問題として，資源の崩壊や深海生態系の改変が挙げられる。前者の代表的な例は，1980年代のニュージーランドにおけるオレンジラフィ*Hoplostethus atlanticus*資源の激減や，1990年代初頭のカナダ東部のニューファンドランド島におけるタイセイヨウダラ*Gadus morhua*資源の崩壊である。いずれの例も，遅い成長と低い再生産力を有する底魚資源に対する過剰な漁獲圧が原因となっている。後者は，冷水性サンゴ類などの底生生物から構成される脆弱な生態系（Vulnerable Marine Ecosystems: VME）への着底トロール漁業などの影響を問題視するものである（奥田，清田，2015）。環境NGOを中心に提起されたこの問題を受け，国連総会では2004年に，VMEを破壊する着底トロール漁業などの暫定的停止を検討し，地域漁業管理機関（Regional Fisheries Management Organization: RFMO）が存在しない海域では新たな管理機関の設

立に向け緊急に協力することが決議された。また、2006年には、2007年末までに暫定措置を導入すること、2008年までにVMEと底魚資源に対する影響評価を行い、重大な影響が認められた場合には管理を導入するか、もしくは漁業を停止することが決議された(United Nations, 2007)。同決議に基づき、公海キンメダイ漁場を含む各海域においても地域漁業管理機関が設立されており、キンメダイを含めた漁業資源の管理と海洋生態系の保全に関する取り組みが始まっている。特に我が国では、天皇海山海域におけるキンメダイなどを対象としている着底トロール底魚漁業への対応を迫られた(詳しくは4-3に後述する)。これらの国連決議を受けFAOは、2009年に公海における深海漁業管理の国際ガイドライン(FAO, 2009)を発表し、VMEを特定するための基準などを示した。このガイドラインは公海底魚資源を管理する各大洋のRFMOにおける漁業管理指針の基準となっている。このように、公海域における底魚漁業を巡る国際的な視線は厳しさを増しており、単なる漁獲対象種の資源動向のモニターだけではなく、VMEなどへの対応も迫られている。

4-2 世界のキンメダイ漁場

近年の世界のキンメダイ類の漁獲量(2010-2014年平均)の海域別および国別内訳をFig. 22に示す。ここで示した数値は、FAO統計(FishStat: <http://www.fao.org/fishery/statistics/en>, FAO, 2016年3月

28日)を基本とし、現在、この統計に含まれていない日本周辺水域の情報として、千葉県、東京都、神奈川県、静岡県、高知県、鹿児島県が集計したそれぞれの漁獲量と、長崎魚市場に水揚げされる東シナ海はえ縄漁業による漁獲量(長崎魚市, 2011-2015)を合計したものである。これによると、近年の世界のキンメダイ類漁獲量は約14,500トンで、海域別には北西太平洋、南西太平洋、西インド洋の順に多く、これらに南東大西洋と南東太平洋を加えた5海域で全体の96%を占める。国別には日本、ニュージーランドが多く、次いで、韓国、スペイン、チリの順となっており、これら5か国で全体の96%を占める。

上記5海域における概略の漁場位置と、それぞれの漁場における主要5か国による漁獲量内訳を、Fig. 23に示す。これらの海域における主な公海漁場は、北西太平洋の天皇海山海域(図中b)の他、西インド洋の南西インド洋海嶺とマダガスカル海嶺を含む水域(c)、南東大西洋のウォルビス海嶺を含む水域(d)の3漁場である。一方、主な近海漁場は、北西太平洋の日本周辺水域(a)の他、南西太平洋のニュージーランド周辺水域(e)、南東太平洋のチリ沖合水域(f)の3漁場である。公海域の漁業に関しては、2006年の国連決議に基づき、公海キンメダイ漁場を含む各海域においても地域漁業管理機関が設立されており、キンメダイを含めた漁業資源の管理と海洋生態系の保全に関する取り組みが始まっている。他方、外国水域の2漁場についても、それぞれ資源管理の取り組みが行わ

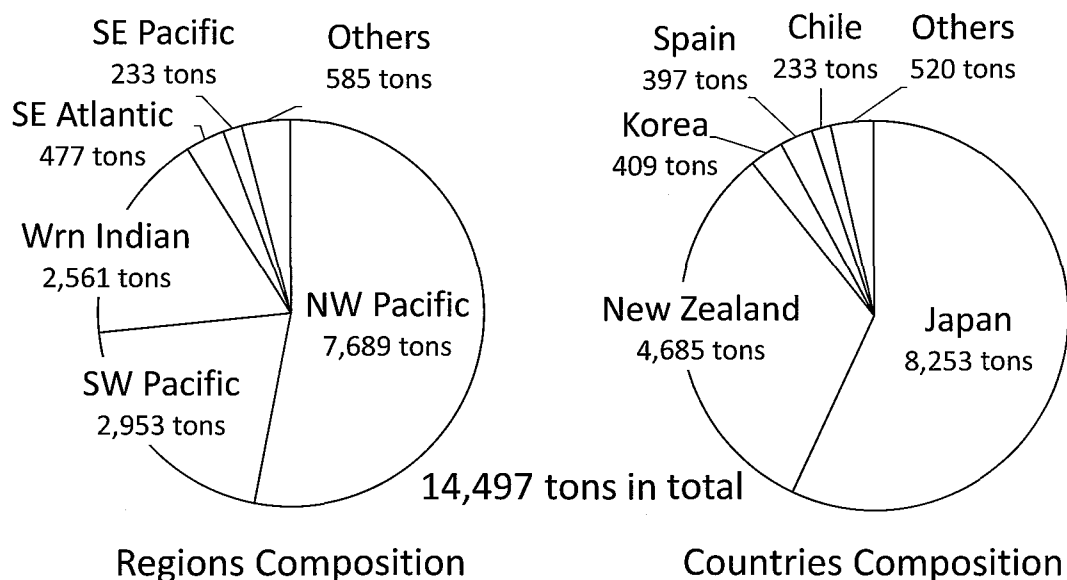


Fig. 22 Regions and countries where alfonso were captured during 2010-2014. Catch data are cited from FAO statistics, prefectural statistics of Chiba, Tokyo, Kanagawa, Shizuoka, Kochi, and Kagoshima, as well as Nagasaki Fish Market statistics.

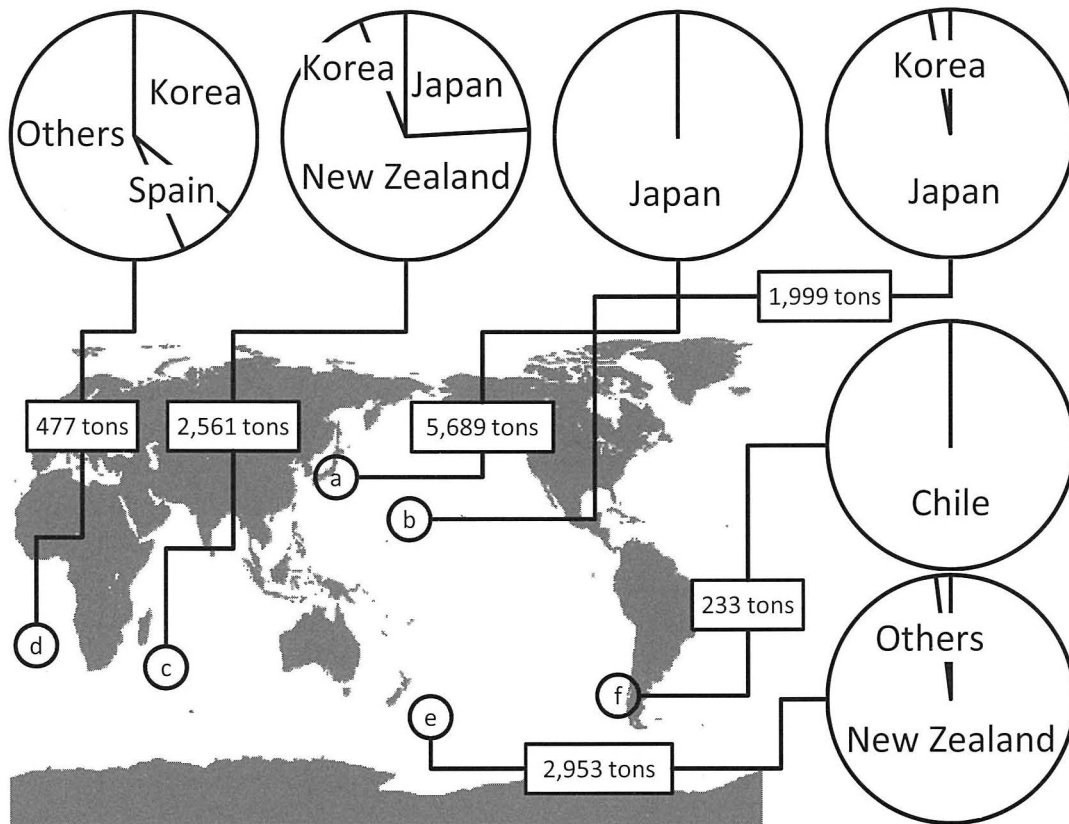


Fig. 23 Approximate positions of the major alfoncino fishing grounds in the world, and the country's catch composition during 2010–2014. a: Japanese waters, b: Northwest Pacific Ocean (Emperor Seamount Chain), c: Western Indian Ocean (Southwest Indian Ridge and Madagascar Ridge), d: Southeast Atlantic Ocean (Walvis Ridge), e: Southwest Pacific Ocean (New Zealand waters), f: Southeast Pacific Ocean (Chilean waters). Catch data are cited from FAO statistics, prefectural statistics of Chiba, Tokyo, Kanagawa, Shizuoka, Kochi and Kagoshima, as well as Nagasaki Fish Market statistics.

れているが、後述するようにキンメダイ資源の現状には大きな隔たりが生じている。

4-3 北西太平洋（天皇海山）

漁業の変遷

天皇海山は、ハワイ諸島北西からアリューション列島まで約3,000kmにわたり連なっており、形成年代は北方の海山ほど古く、水深も一般に北ほど深くなっている。一番北側の明治海山は8,500万年前、桓武海山は4,000万年前に形成されたと言われている。現在漁場として主に利用している海山は、用明、仁徳、神功、応神、光孝、欽明、雄略、桓武、コラハンの9つである。

天皇海山海域におけるキンメダイを含む底魚漁業は、1967年に旧ソ連が新規漁業資源としてクサカリツボダイ *Pentaceros wheeleri* を開拓したことに始まる。日本も北転船の代替漁場として注目し、1969年より本

格的に操業を開始した。開発当初は、10万トンを超えるクサカリツボダイの漁獲量を記録しており (Kiyota *et al.*, 2016)、その頃からキンメダイはクサカリツボダイの混獲種として知られており、また、クサカリツボダイ不漁時には代替魚種として漁獲されていた (木谷、井口、1974)。開発当時、この天皇海山海域は、我が国の漁場として大きな期待が寄せられており、水産庁開洋丸や海洋水産資源開発センター (現水産研究・教育機構開発調査センター) による漁場開発・企業化調査船調査が相次いで行われ、さらに天皇海山における水産資源を巡る研究集会やシンポジウムも開催されている (米崎、2016)。

クサカリツボダイの漁獲量は1973年に約18万トン を記録したが、1977年には約2,000トンまで急減した (Kiyota *et al.*, 2016)。そこで我が国では1979年頃からキンメダイも積極的に開発するようになった。我が国の漁獲量は、1980年に約1.2万トン を記録したが、

1990年代に入り徐々に低下している。年変動があるものの、近年では着底トロール漁業および底刺し網漁業による3,000トン未満となっている（柳本，2004）。また、韓国、ロシアも漁獲している。韓国は、2004年から着底トロール漁業による若干の漁獲があり（2004年のみ、底はえ縄漁業を実施している）、最も多い漁獲量は2005年の約500トンで、近年は150トン未満となっている。ロシアは、旧ソ連時代の1982年から断続的に着底トロールや底はえ縄漁業による漁獲があり、開発当初の1982年に約530トン記録した後はそれを上回る漁獲はなく、近年は漁獲されていない。

資源管理の概要

2015年7月に北太平洋の海洋生態系を保護しつつ、天皇海山海域を含む北太平洋公海域における漁業資源の長期的な保存および持続可能な利用の確保を目的とする「北太平洋における公海の漁業資源の保存及び管理に関する条約」（北太平洋漁業資源保存条約）が発効した。同条約に基づき、地域漁業管理機関である、北太平洋漁業委員会（North Pacific Fisheries Commission: NPFC）が設立され、同年9月には東京海洋大学において第1回年次会合が開催された。NPFCでは、本稿で述べている底魚類のクサカリツボダイ、キンメダイの他、浮魚類のサンマ*Cololabis saira*、アカイカ*Ommastrephes bartramii*も管理対象種となっている。参加している国や地域は、日本、カナダ、ロシア、中国、韓国、台湾、米国である。第1回年次会合開催までに、関係国などによる政府間準備会合および科学作業部会が開かれ、底魚類を中心とした資源状態の把握やVMEの保全に関する議論が重ねられており、現在も適切な管理措置導入に向け、関係国などで引き続き議論されている（一井，2016；田中ら，2016）。

キンメダイの資源評価

天皇海山海域におけるキンメダイは、上述した2006年の国連決議を受け、NPFC関係国などで資源評価結果に基づいた暫定管理措置の科学的検討が開始された。キンメダイの余剰生産モデル解析では、1997～2006年の平均漁獲努力量が F_{MSY} に対して20～28%過大であるとの結果が得られた。そこで、1997～2006年の平均漁獲努力量（底びき網漁操業時間）を20%削減した年間5,600時間が我が国の自主管理措置として漁獲努力量の上限に設定された（水産庁，2008）。この管理措置はクサカリツボダイに対しても資源回復効果が期待できるため導入されている。なお、天皇海山海域におけるキンメダイは、日本近海のものと比較して

遺伝的に大きな差異はないと報告されているが（柳本ら，1996；柳本，2004），日本近海で放流されている標識魚の再捕記録がないことから、現在のところ、独立した系群として扱っている。

NPFCでは、資源評価アプローチとして、以下の5段階；1）対象資源に関する基本的なデータと情報の収集、2）初期および予備的な資源解析、3）さらなるデータの蓄積、4）資源評価手法の改良または高度化、5）資源評価に基づいた管理戦略評価、を提案している。キンメダイの資源評価は、第2段階を終えたところであり、現在は耳石による年齢査定、経年的な体長組成などさらなるデータ収集と蓄積が行われ、年齢構成を考慮したVPA（Pope，1972）による精度の高い資源量推定法などが検討されている。

4-4 西インド洋 漁業の変遷

本海域における本種の漁獲はオッタートロール漁法によるものである（Bensch *et al.*, 2008；平野ら，2014）。この海域においては、旧ソ連が1970年代に実施した試験操業ののち、1980年代に商業ベースの操業が開始された。その後、1999年に、ニュージーランドおよびオーストラリアがオレンジラフィ漁場を開発し、正確な漁獲量報告はないものの、2000年には様々な船籍の50隻に及ぶ船によって、魚種込みで4万トンが漁獲された。その後は操業隻数が急減し、2003年からは、ナミビア、オーストラリア、クック諸島船籍の4隻の漁船が操業を行っていた（Bensch *et al.*, 2008）。

以後、若干の隻数変動等を経て、2015年現在、この海域では、日本船2隻、ニュージーランド、クック諸島、オーストラリア各1隻の計5隻のトロール漁船が操業を行っている。日本船は中層トロールを用いて季節的な操業を行っており、この海域での漁獲量の大半はキンメダイ類である。魚種別には、キンメダイが中心であり、ナンヨウキンメの割合は少なく、フウセンキンメは含まれていない（蛭名ら，2011；平野ら，2014）。ニュージーランドなどの外国船は、オレンジラフィ中心、またはオレンジラフィとキンメダイを中心とした操業を行っている（Bensch *et al.*, 2008）。この他、韓国船が一時この海域で操業を行っていたが、2014年以降は操業していない。

資源管理の概要

インド洋においては2012年に南インド洋漁業協定（Southern Indian Ocean Fisheries Agreement: SIOFA）が発効した。2016年3月には第1回科学委

員会が開催され、本種を含めた資源管理方策についての検討が進められている。なお、日本は2014年にSIOFAを批准している。

4-5 南東大西洋

漁業の変遷

本海域における本種の漁獲は主としてオッタートロール漁法によるものであり、スペインと韓国が中層びきを、スペイン以外の欧州諸国とナミビアや南アフリカなどの沿岸国が着底びきを、それぞれ行っていた (SEAFO, 2015)。この海域においては、1970年代後半に旧ソ連のトロール漁船によるキンメダイ類を対象とした漁場開発が行われた。その後、欧州各国が参入し、1997年に漁獲量は最大の約3,500トンとなったのち、減少した (Bensch *et al.*, 2008)。ここで漁獲されていたキンメダイ類は、一部ナンヨウキンメが含まれるが、多くはキンメダイとされている (SEAFO, 2015)。次項の資源管理の概要に述べるように、現在、キンメダイ類を含むトロール対象種のTACは合計400トン弱に設定されている。このため、遠洋トロール漁船が周年操業を行う場合、全てのTACを1隻で消化しても収益性を確保することは難しく、2013年の韓国船による操業を最後に条約水域内のトロール操業は行われていない。現在行われているのは、底はえ縄によるメロ類*Dissostichus* spp.を対象とした操業と、かに籠によるマルズワイガニ*Chaceon erythrae*を対象とした操業であり、キンメダイ類は漁獲対象となっていない (SEAFO, 2015)。

資源管理の概要

南東大西洋においては2003年に南東大西洋漁業機関 (Southeast Atlantic Fisheries Organization: SEAFO) が設立され、「南東大西洋における漁業資源の保存及び管理に関する条約」が発効し、資源管理の取り組みが行われている。SEAFOにおいては魚種別TAC (国別の割り振りを行わない総枠) が、2008年漁期からマジェランアイナメ*Dissostichus eleginoides*とマルズワイガニについて、2009年漁期以降にはキンメダイなどの他の底魚類についても順次、設定されている。2015年のキンメダイ類のTACは200トンで、他のトロール対象種についてもクサカリツボダイ類の1種*Pseudopentaceros richardsoni* 143トン、オレンジラフィ50トンと低く設定されている。なお、日本は2010年にSEAFOを批准している。

4-6 南西太平洋 (ニュージーランド周辺水域)

漁業の変遷

本海域においては、キンメダイ類の大部分がニュージーランド周辺水域で漁獲されている。その大半はオッタートロール漁法によるものであり、主に着底びきで漁獲される他、一部が離底びきや中層びきによっても漁獲される。また、漁獲量の多くはキンメダイ類を主対象とした操業によるものであるが、一部、オレンジラフィやホキ*Macruronus novaezelandiae*を対象とした操業によっても混獲される。この水域において、それまで利用されていなかったキンメダイ類を対象とした操業が開始されたのは1981年であった。以後、漁獲量は次第に増加し、1990年代後半以降は3,000トン前後の安定した漁獲が続いている。なお、この海域において漁獲されるキンメダイ類の99%以上はキンメダイであり、これ以外にはナンヨウキンメがごく僅かに混獲される (MacGibbon, 2013)。

資源管理の概要

ニュージーランドにおいては、キンメダイ類漁業が開始された直後の1986年に漁獲割当量管理制度 (Quota Management System: QMS) が開始され、本種も当初から管理対象となった。この制度の下で、毎年約3,000トンのTACC (商業的漁業向けのTAC) が設定され、その範囲内で漁業が行われている (MacGibbon, 2013)。その結果、漁業開始以後、30年以上を経た現在も安定した漁業が続けられている。

4-7 南東太平洋 (チリ沖合水域)

漁業の変遷

本海域における本種の漁獲はオッタートロール漁法によるものである (Wiff *et al.*, 2012a)。1970年代から1980年代にかけて、チリ沖合公海域のナスカ海嶺からサラゴメス海嶺にかけての海山群水域で、旧ソ連などがチリマアジ*Trachurus murphyi*やキンメダイ類を対象としたトロール操業を行った (Clark *et al.*, 2007)。他方、チリの排他的経済水域内では、1999年にチリ海嶺においてオレンジラフィの好漁域が確認され、本格的な操業が始まった (Bensch *et al.*, 2008; Clark *et al.*, 2007)。そして、キンメダイをはじめとするキンメダイ類についても、このときから利用されるようになった (Wiff *et al.*, 2012b)。その後、チリの排他的経済水域内におけるキンメダイ類の漁獲量は急増して2003年に約1万トンに達したのち、一転して急減した。

資源管理の概要

チリにおいては、着業隻数の急増に対応するため、2003年に漁業許可の発給を停止し、漁獲量割当制度を2004年に暫定的に、2005年には正式に導入した。しかしながら、結果的には漁獲圧力の急激な増加に対応することができず、資源崩壊に至った (Wiff *et al.*, 2012a)。2012年には、混獲枠7トンを除き、チリ排他的経済水域内全域での本種の漁獲停止が勧告され (Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, 2012)、2013年から全面禁漁となった (2012年12月31日付けチリ漁業局令)。

第5章 資源管理に向けた都県・国による研究連携の推移

我が国最大の漁場である関東沿岸から伊豆諸島周辺海域では古くからキンメダイ漁業が行われ、資源管理に向けた漁業者、都県および国による連携がなされてきた。本章では、1都3県における漁業の推移と課題、研究連携の経緯について取りまとめた。

5-1 キンメダイ漁業の推移と課題

内海 (1966) によると、神奈川県三崎の漁船は1875年頃には、和船を漕ぎ布良瀬、下田沖、神津島付近まで繰り出し、キンメダイ漁業を行っていたという。1950年代後半に入ると、魚群探知機の普及もあって神奈川県船による漁場開発が広範囲におよぶようになり、次第に県外で操業する神奈川県船への反発が強まった (神奈川県水産技術センターおさかな情報さかなのあれこれ: <http://www.agri-kanagawa.jp/suisoken/sakana/Misc/Kinmedai/>, 2016年10月15日)。1970年代後半には、遠洋漁業や沖合漁業の減船、更に1980年代後半にはマサバ漁の不振があり、静岡県で廃業船を利用したキンメダイ底立てはえ縄漁業が活発化した。この底立てはえ縄漁業は1973年にミルウォキー海山において、트롤漁が困難な険しい海底地形でのキンメダイ漁に導入されたもので (増沢ら, 1975)、これがその後日本の島しょ域の操業にも用いられるようになったものと推測される。これらに伴いキンメダイの漁獲量は飛躍的に増加したが、伊豆諸島を中心に底立てはえ縄漁船による大規模な操業が展開されると、関東の漁業者間での軋轢が高まり、行政を巻き込んだ大きな問題となった。この問題は漁業調整により1985年に一応の解決をみた。すなわち、東京都と静岡県は底立てはえ縄漁業を知事許可漁業に設定し、東京都海面と静岡県海面で操業する漁船は両都県の示す操業規則内で操業を行うこととなった。一

方、着業隻数が圧倒的に多い立て縄漁業 (一本釣り漁) は、自由漁業という性格もあり、とくに伊豆諸島海域における操業の在り方を巡って課題が残された。資源保護の観点から夜間操業を禁止すべきとする東京都の島しょ漁業者側と、燃油代をかけて遠方から操業に来るため漁獲効率の高い夜間操業は譲れないとする3県側の漁業者とでは、立場が相反するものがあり、長年の懸案事項となっている。

キンメダイを取り巻く外的要因として、まき網漁船が水中集魚灯を用い伊豆諸島海域でマサバやキンメダイなどを漁獲していることが1970年代頃より問題となっていた。これについては、水産庁、まき網関係団体、東京都間で長年の交渉がなされ、2003年によりやく水中集魚灯の使用を禁止する旨の協定が締結された。また、2003年には厚生労働省より水銀を含有する魚介類への対応として妊婦は週2回以上キンメダイを摂取しないようにとの注意喚起がなされ、一時的にキンメダイの消費が落ち込んだが、その後需要が回復し今日に至っている。

5-2 研究連携のはじまり

上記したように1950年代後半に入り、漁場開拓が進み各都県の入会操業が進むにつれ、沿岸域では漁業調整上の問題が生じるようになった。このため、キンメダイの資源生態を把握することを目的とし、1959年に東京都、神奈川県、静岡県の業界と研究機関による「底魚資源調査研究連絡協議会」が発足し、1964年には千葉県も参加し、操業に関する情報交換や研究発表が行われるようになった。1965～1966年には、「キンメダイの生態と資源管理に関する研究」が文部省の科学研究として、東京水産大学 (現東京海洋大学) が主体となり、これに東京都と神奈川の水産試験場も参加して実施された (増沢ら, 1975)。これをキンメダイに関する都県・国間の研究連携の第1歩とみることができる。この研究を引き継ぐかたちで1967～1970年にかけて、1都3県によるキンメダイ、メダイ、アオダイ *Paracaesio caerulea* などの底魚類に関する資源生態調査が水産庁の指定研究として実施された。その成果は「キンメダイその他底魚類の資源生態」 (増沢ら, 1975) として取りまとめられ、キンメダイなどに関する資源生態研究の基盤成果として活用されてきた。

5-3 資源培養管理型漁業推進事業

資源管理型漁業という言葉が生まれたのは1977年とされるが (長谷川, 1996)、これに前後して日本のキンメダイ漁業は急激な発展を遂げ1984年には漁獲量が1万トンに達している。1990年からキンメダイが水産

庁の補助事業である資源培養管理型漁業推進事業の対象種となり、1都3県の漁業関係者による資源管理の取り組みが始まった。各都県の研究機関も参加しており、これを研究連携の第2段階とみることができる。翌1991年からは「資源管理型漁業推進総合対策事業」に衣替えし、親会の資源管理推進協議会の下に漁業経済部会、天然資源調査部会、漁業者検討部会が設定された。研究は1992年まで、漁業者検討会は1997年まで継続された。調査部会は資源と漁業経済の調査結果を総合して漁業管理モデル（KAFSモデル）を構築し、各都県が自主的に設定していた操業規則の効果についてシミュレーションを行った。その結果、体長制限の引き上げや、夜間操業の禁止が長い目でみれば漁獲量の増加につながることが示された。またもう1つの事業成果として1992年に資源管理指針が作成されたが、これは資源管理の理念を示したものとどまった。具体的な資源管理措置については、その後の漁業者間の自主的合意形成に委ねられることとなった。この事業を通じ、1都3県が調査データを相互開示することで、海域による年齢組成の違いなど資源構造の一端が明らかになった。この事業の過程で1994年に構築された1都3県資源管理漁業者検討会は、1996年より1都3県キンメダイ資源管理実践推進漁業者協議会と名称を変更し、今日に至るまで漁業者間の合意形成の場となっている。この事業は、調査研究に基づき、漁業者が自主的に資源管理措置の合意形成を図るという流れを築いた点で、その後の取り組みに大きな影響を与えた。

5-4 キンメダイ・ワーキンググループ

本格的な研究連携は、2003年1月のキンメダイ・ワーキンググループ（以下、キンメWG）の発足による。これは、1都3県と高知県の操業実態と調査研究成果について情報交換する場として発足したものである。このキンメWGはその後、我が国周辺水域資源評価等推進委託事業推進体制の中で、資源動向調査キンメダイ分科会として位置づけられた。発足年の9月、各機関の取り組みを紹介するため中央ブロック資源海洋研究会においてキンメダイミニシンポジウムを共催した。キンメWGとして1題、国と各県の調査研究機関から7題、計8題の発表がなされ、その内容は「黒潮の資源海洋研究第5号」に掲載された。また2010年の上記研究会でキンメWGとして「漁獲量、CPUE、尾叉長組成からみたキンメダイの資源動向」と題して研究発表を行った。これはキンメWG発足以来のデータを集約したもので、これにより各海域における魚群組成の差異や、卓越年級群の発生が資源水準に大きな

影響を及ぼしていることが示された（米沢ら、2011）。

キンメWGでは、CPUEや体長組成の情報から年々の資源動向を把握し、その結果は各都県の漁業者検討会、1都3県キンメダイ資源管理実践推進漁業者協議会の場で、資源管理措置を検討する基本資料として活用された。2007年公表の「キンメダイ資源回復計画」策定とその後の推進に当たって、キンメWGの研究成果が大きく寄与した。更に、1都3県キンメダイ資源管理実践推進漁業者協議会の長年の懸案であった、伊豆諸島における夜間操業問題についても一定の貢献をした。この問題については、2007年4月より試行的に御蔵海山を夜間操業禁止にし、調査研究機関による効果検証を踏まえ漁業関係者間で協議することとなった。2015年10月、東京海洋大学で開催された日本水産学会関東支部シンポジウム「キンメダイ資源研究の現状と将来」において、キンメWGのこれまでの取り組みを総括するとともに、新たな研究連携への布石が築かれた。キンメWGは2014～2015年には東京都と中央水産研究所の資源環境グループと共同で、「蒼鷹丸」によるキンメダイの漁場環境調査を行い、更に東京大学と連携し安定同位体などを用いた食性研究も実施され、いっそうの成果を上げつつある。

第6章 資源特性と解析手法の検討

キンメダイの持続的な利用方策を検討する上で科学的情報に基づく資源管理効果の検証は重要である。キンメダイの資源特性を踏まえた適応可能な、もしくは適応を検討すべき資源解析手法の検討を行った。

6-1 資源管理の単位と資源解析手法の検討

キンメダイの資源特性を考慮すると、今後の漁業と資源管理にあたっては、「主要な漁場内での加入資源の有効利用」と「太平洋岸全体で親魚量の維持」のいずれかまたは両方を目標とし検討することが有効と考えられる。標識放流は再捕までの期間が同一であっても、放流海域と同一地点での再捕事例より、遠方での再捕事例の方が注目されがちである。しかし、関東沿岸から南西諸島への移動経路は存在するものの、成長に伴い全ての個体が移動するわけではなく、基本的には放流した周辺で多くが再捕されている（Fig. 19, 20）。このため関東沿岸から伊豆諸島周辺海域、高知県沖、南西諸島といった主要な漁場をそれぞれ資源管理の単位とし、各漁場に加入する資源の有効利用を目指すことも効果的な管理方策となる。一方で、これまでの研究で明らかになりつつある卵の輸送や親魚の移動を考慮すると、資源管理において、関東

沿岸から伊豆諸島周辺海域、高知県沖、南西諸島など太平洋側に点在する複数の漁場を1つの単位として扱うことの必要性が示唆されている(池上, 2004)。この考えに基づくと太平洋岸全体で維持すべき親魚量水準を算定し、それを下回らないことを資源管理の目標にできる。

我が国周辺のキンメダイの資源評価については、平成27年度まで水産庁の我が国周辺水域資源評価等推進事業の資源動向調査の枠組みで1都3県と高知県が参画し、漁獲量、CPUEの推移、漁獲物の体長組成の経年変化などの情報により資源の水準と動向が判断され、資源管理の基礎的情報として利用されてきた(平成26年度キンメダイ資源動向調査総括報告書：http://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s_kouiki/taiheiyo/pdf/tm24-1.pdf, 2016年10月15日)。その一方で、1都3県を中心に1990年代から様々な資源生物学的調査が実施され膨大な生物情報が蓄積されている。生物測定、銘柄組成、尾叉長組成など、都県別に利用可能な情報の種類と期間をTable 5にまとめた。1都3県と高知県の主要水揚港では経年的に漁獲物の尾叉長組成や、銘柄組成が把握でき、これらと生物測定情報を併せることで年齢組成に変換することが可能である。耳石による年齢査定を含む生物測定も東京都により2001年以降伊豆諸島全域で、また、千葉県により2009年以降房総半島沿岸各地において、毎年数百尾について実施されている。なお、その他の海域では、漁獲量の把握程度にとどまっている。長期間の生物情報が利用可能であること、長寿命であること、卓越年級群が発生することなどの資源特性を考慮すると、今後の資源評

価においては年級群別に資源尾数を推定するVPAの導入が有効と考えられる。

「主要な漁場内での加入資源の有効利用」を目的とした資源解析を行うには、①関東沿岸から伊豆諸島周辺海域、高知県沖、南西諸島など各漁場でのVPAによる資源解析の実施が必要となり、「太平洋岸全体で親魚量の維持」を目的とした資源解析を行うには、②漁場間の移動を考慮した資源解析モデルの開発、③漁場間の移動パラメータの整備が必要となる。次節以降、①に関連し、長期間情報が蓄積されている関東沿岸から伊豆諸島周辺海域を対象に、VPAの基礎となる年別年齢別漁獲尾数を算出した。また、②と③に関連し、年齢構成と成長に伴う移動・回遊を考慮した資源動態モデルについて紹介する。

6-2 年別年齢別漁獲尾数の算出

関東沿岸から伊豆諸島周辺海域の範囲において、VPAに必要な年別年齢別漁獲尾数を算出した。1都3県の10ヵ所(千葉県：銚子、勝浦、富浦、勝山・東京都：大島、神津島、八丈島・神奈川県：三崎・静岡県：伊東、下田)の水揚港について、漁業種類別、操業海域別に計14の体長組成または銘柄組成と、生物情報、漁獲量を使用した。1月1日を年齢の起算日とし1998~2015年の間の年齢別漁獲尾数を推定した。これらの情報により水揚港、漁法、操業海域ごとに年齢別漁獲尾数を求め、これらを合算し海域全体の年齢別漁獲尾数を推定した。

尾叉長組成から年齢組成への変換には、生物測定情報より作成したAge-length keyを用いた。海域別

Table 5 Available time series dataset to estimate splendid alfonsino, *Beryx splendens*, catch at age

Prefecture	Fishing port / Fishing ground	Fishing gear	Commercial size garde data	Body length data	Age estimation data
Chiba	Choshi	Vertical longline	1998-2015	2006-2015	2009-2012,2015
	Katsuura	Vertical longline	1994-2015		2015
	Off Tokyo bay	Vertical longline	1994-2015		2015
Tokyo	Oshima Is.	Vertical longline		2001-2015	1999, 2001-2014
	Kozushima Is.	Vertical longline		1997-2015	1998-2004, 2006-2014
	Hachijyojima Is.	Vertical longline		1997-2015	1998, 2002-2014
Kanagawa	Misaki	Vertical longline	1995-2015		
	Misaki	Trotline	1995-2015		
Shizuoka	Shimoda	Vertical longline		2000-2015	
	Shimoda	Trotline		1990-2015	
	Ito	Vertical longline		1997-2015	
Kochi	Muroto	Vertical longline	1997-2015		1994-1998, 2000-2002

の体長組成をみると、銚子沖と伊豆諸島の南部海域とは体長組成のモード、最大値が10cm以上異なる (Fig. 18)。これは若齢魚主体の沿岸部と高齢魚主体の沖合の差を反映している。生物測定情報を集計すると、沿岸で採集された個体の最高年齢は14歳で10歳以下が大半を占めた。一方沖合で捕獲された個体は14歳以上も多く存在した。Age-length keyの作成において、沖合の生物情報を沿岸に当てはめると、沿岸に存在しない14歳以上的高齢魚が出現することになり調査で得られた分布の実態と異なる。そこでAge-length keyは沿岸と沖合の2種類を作成し、各水揚港、漁法ごとの操業海域を踏まえ、年齢別漁獲尾数を算出した。

キンメダイは長寿命であるが成長が緩やかであり、1つの体長階級、銘柄階級に複数の年齢群が含まれる。このため、年別にAge-length keyを作成しない場合、年級群ごとに高い精度で年齢分解を実施するには限界がある。また、卓越年級群が出現することからも年別にAge-length-keyを作成することが望ましいが、予算的制約もあり現時点では実施できておらず、今後の改善が望まれる。

年齢を1～14歳までと15歳以上をプラスグループとした関東沿岸から伊豆諸島周辺海域の年別年齢別漁獲尾数をFig. 24に示す。年別年齢別漁獲尾数は4～9歳の漁獲が中心で449万～866万尾で推移し近年減少傾向にあった。今後、年別年齢別漁獲尾数を用いVPAを実施することで資源量推定が可能となる。また、ここで得られる年齢別漁獲係数などを用いると、例えば加入当たり漁獲量 (YPR) 解析により、関東沿岸か

ら伊豆諸島周辺海域における加入資源の有効利用に着目した分析も可能になる。

6-3 移動・回遊を考慮した資源動態モデルの検討

2-7節の標識放流調査の結果より、関東沿岸のキンメダイの若齢個体は成長に伴って沖合の伊豆諸島周辺海域へ、一部は高知県沖や南西諸島などまで移動することが示唆されている。このような漁場間の交流が認められることから、キンメダイの資源動態は移動を考慮した年齢構成モデルで表すことが望ましい。移動・回遊を組み込んだ資源動態モデルとしては、マグロ類 (Deriso *et al.*, 1991) や太平洋オヒョウ (Quinn II *et al.*, 1990)、国内のサンマ (Watanabe *et al.*, 2006) で用いた例がある。このモデルには確率論的モデルと決定論的モデルがある (Quinn and Deriso, 1999)。前者では資源量は漁場別に表され、漁場間の移動確率を表す推移確率行列を用いて資源の漁場間移動を計算する。後者では死亡係数に逸散係数を加えた連立常微分方程式で漁場別資源動態を表す。いずれも漁場間の年齢組成の違いも反映されるなどの利点があり、漁業者集団間の先獲り後獲りの問題の解決に役立つ。また、移動・回遊を組み込んだ資源動態モデルは、キンメダイの再生産を考える上でも有益である。

移動・回遊を考慮した資源動態モデルにおいて、漁場間の移動確率は標識放流実験の再捕記録から、資源量は漁場別の年齢別漁獲尾数と資源量指数から推定できる。資源動態モデルに移動・回遊を組み込むと推定すべきパラメータ数が多くなることから、推定には統

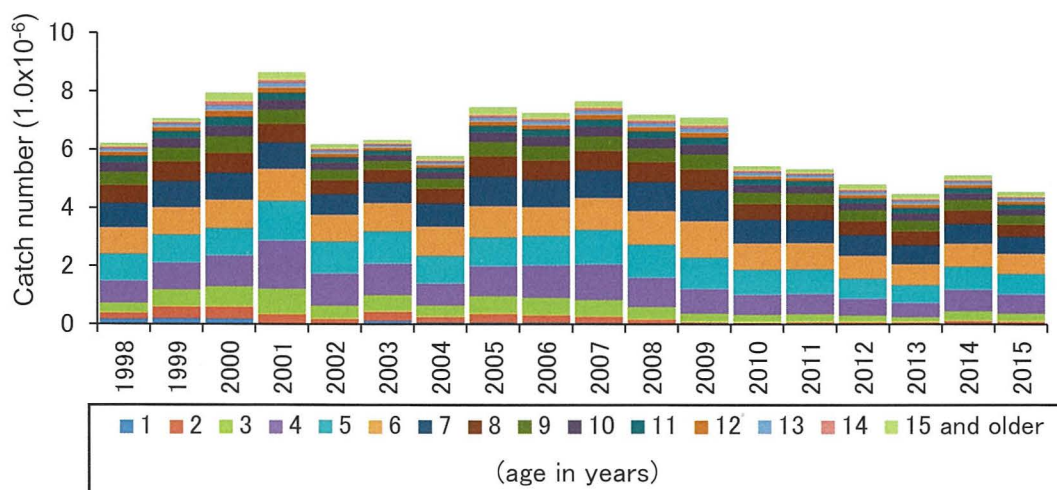


Fig. 24 *Beryx splendens* catch number at age in the waters around the coastal Kanto district (Fig. 19 a-d, f) and the Izu Islands (Fig. 19 e, g).

合型資源評価モデル (Stock Synthesis (SS)) (Methot and Wetzel, 2013) を用いる方法も考えられるが、SS はモデルが複雑で仮定やデータの特性を理解し対象資源におけるモデルの有効性を検討した上で使用する必要がある。実際に移動・回遊を組み込んだ資源量推定をする場合、上記のように取り扱い上の制約の多いSSあるいはその改良発展型のSS 2 やSS 3 を使うのは現実的ではない。そこで、本稿では逸散係数を組み込んだ簡単な数理モデルを統計解析ソフトR (<https://www.r-project.org/>, 2016年10月15日) などを使ってプログラミングする方法を検討する。なお、さしあたってこの簡単な数理モデルにおいて扱う漁場は数個までとするのが限度であろう。

1) 移動を考慮した数理モデル

現時点では標識放流が実施された水域が限られており、推移確率行列を推定することはできない。そこで簡単な決定論モデルを用いて資源動態を表すことを考える。魚類資源では、1つの年級群が浅い水域に加入しその後加齢による死亡によってその数が減少するとともに沖合の深い水域へ移動するのが一般的パターンであり、キンメダイも例外ではない。

漁場を関東沿岸 ($i=1$, Fig. 19 a-d, f), 伊豆諸島周辺海域 ($i=2$, Fig. 19 e, g), 紀南礁などのその他の沖合海域 ($i=3$, Fig. 19 i, j) の3つに分けて考える。海域 i における年齢 a ($a_r \leq a \leq a_d$) 歳 (年, r, d はそれぞれ加入年齢と最高年齢で1歳, 10歳以上) の資源尾数 $N_i(a)$ と漁獲尾数 $C_i(a)$ の時間的変化を次の微分方程式で表す (Quinn and Deriso, 1999)。

$$\frac{dN_i(a)}{da} = \begin{cases} -Z'_{ia}N_i(a) & (i=1) \\ -Z'_{ia}N_i(a) + \lambda_{i1a}N_{i1}(a) & (i=2,3) \end{cases} \quad (1a) \quad (1b)$$

$$\frac{dC_i(a)}{da} = F_{ia}N_i(a) \quad (2)$$

$$Z'_{ia} = M + F_{ia} + \lambda_{ia} \quad (3)$$

ここで、

M : 自然死亡係数 (年当たり),

F_{ia} : 漁獲係数 (年当たり),

λ_{ia} : (i) から ($i+1$) 海域への年齢別逸散係数 (年当たり),

Z'_{ia} : 見かけの全減少係数 (年当たり)。

(1a) ~ (1b) 式の解はいくつか存在するが、簡単のため $Z'_{ia} \neq Z'_{ja} (i \neq j)$ を仮定する。ここで得られる年齢別資源尾数 N_{ia} と年齢別漁獲尾数 C_{ia} について附録に示す。初期条件は次式とする。

$$N_i(a_r) = N_{i,a_r} = \theta_i R \quad (4)$$

ここで、 R は加入量 (尾), $\theta_i (0 \leq \theta_i \leq 1, \sum_{i=1}^3 \theta_i = 1)$ は海域別の加入量の割合を示す。このような資源動態モデルを用いてパラメータ推定を行うための尤度関数の形の1例は

$$l = l(\text{海域別年齢別漁獲尾数}) + l(\text{海域別CPUE}) + l(\text{標識再捕}) \quad (5)$$

である。

2) 標識再捕記録を用いた数理モデル

標識放流の再捕記録は移動に関する有効な情報を持つが、漁獲係数と逸散係数の推定に、再捕記録のすべてのデータを利用しようとすると、放流直後の死亡を考慮した有効放流数や標識脱落率などの推定も必要になる。このうち死亡係数と有効放流数を同時推定する方法 (Tanaka, 2006) がキンメダイ資源にも応用されているが、逸散係数の推定にはさらにモデルの改良が必要となる。そこで完全放流実験 (すべての個体が死亡するまで行った実験) を仮定し、放流後一定年数以上経過したデータだけを用いて逸散係数を推定することを考え、有効放流数などの推定を行わない代わりに、標識の脱落係数を含む M' の値を与えて漁獲係数と逸散係数を最尤法で推定する。再捕までの時間 t (年) を T 個の期間に分け、第 τ ($=1, 2, \dots, T$) の期間を次式で定義する。

$$b_\tau \leq t < b_{\tau+1} \quad (6)$$

ここで、 b_τ は期間 τ の最初の年を示し、 $b_{\tau+1} = a_d -$ (放流時の年齢) とする。第 k ($=1, 2, \dots$) 番目の放流群の第 τ ($=1, 2, \dots, T$) の漁獲尾数を $C_{ki,\tau}$ 再捕数を $n_{ki,\tau}$ で示す。 $n_{ki,\tau}$ の分布を多項分布で表すと、対数尤度は次式で表される。

$$l' = \sum_k \sum_i \sum_\tau n_{k,i,\tau} \ln(\rho(F'_{k,i,\tau}, \lambda_{i,\tau} | M', \theta_{k,i})) \quad (7)$$

$$\rho(F'_{k,i,\tau}, \lambda_{i,\tau} | M', \theta_{k,i}) = \frac{C_{k,i,\tau}}{\sum_{x=1}^T \sum_{j=1}^3 C_{k,j,x}} \quad (8)$$

ここで $\rho(F'_{k,i,\tau}, \lambda_{i,\tau} | M', \theta_{k,i})$ は確率を示す。また $\theta_{k,i}$ は放流群別の海域別放流割合で、放流が関東沿岸だけであれば $\theta_{k,i}$ は次式で表される。

$$\theta_{k,i} = \begin{cases} 1 & (i=1) \\ 0 & (i=2,3) \end{cases} \quad (9a)$$

$$(9b)$$

試算例として、伊豆半島東岸（高木，2000），相模湾沿岸（神奈川県水産試験場，1970；杉浦ら，1987；杉浦，1990；大西，1990），千葉県沿岸（池上，2004）の各放流群の再捕記録（Table 6）を用い推定した。

再捕尾数は $\tau = 1$ ($0.5 \leq t < 2$), 2 ($2 \leq t < 4$), 3 ($4 \leq t < 9$), 4 ($9 \leq t < 18$) の4区間に分けて集計した。また1) データ数が少ないこと，2) 浅い水域に若齢個体，深い水域に成熟個体が多いこと，

3) 放流水域や年代が異なることから， $F_{k,i,\tau}$ や $\lambda_{i,\tau}$ に関して以下の仮定をおく。

$$F_{k,i,\tau} = \begin{cases} F_{k,1} & (i=1) \\ F_{*,2} & (i=2) \\ F_{*,3} & (i=3) \end{cases} \quad (10a)$$

$$(10b)$$

$$(10c)$$

$$\lambda_{i,\tau} = \begin{cases} \lambda_{1,1} & (i=1 \text{ かつ } \tau=1) \\ \lambda_{1,2} & (i=1 \text{ かつ } \tau \geq 2) \\ \lambda_{2,*} & (i=2 \text{ または } 3) \end{cases} \quad (11a)$$

$$(11b)$$

$$(11c)$$

推定結果をTable 7に示す。Table 7には標識脱落の可能性からより大きな M' の値を用いたケース， $\lambda_{1,1} = \lambda_{1,2}$ のケースも含む。いずれのモデルでも尤度に大きな差はなく，推定された $\lambda_{i,\tau}$ の値はパラメータに $\lambda_{1,1} = \lambda_{1,2}$ などの線形制約がないFull modelでは，関東沿岸が0.082 ($\lambda_{1,1}$) と0.079 ($\lambda_{1,2}$) (年当たり) であるのに対し，伊豆諸島周辺海域または紀南礁などのその他の沖合海域が0.0087 ($\lambda_{2,*}$) で，10倍近い差があった。このことは成長にともなって関東沿岸から伊豆諸島周辺海域へ移動する割合は大きい，伊豆諸島周辺海域から，その他の沖合域へ移動する割合は小さいことを示す。

Table 6 Tag recovery data to estimate biological parameters of splendid alfonsino, *Beryx splendens*

Waters		Duration until recapture (years)				Sum
Release area	Recapture area	$0.5 \leq t < 2$	$2 \leq t < 4$	$4 \leq t < 9$	$9 \leq t$	
East coast of the Izu Peninsula *1	Coastal Kanto district	21	7	5	4	37
	Izu Islands	0	3	1	2	6
	Other waters	0	0	0	0	0
	Sum	21	10	6	6	43
Sagami Bay *2	Coastal Kanto district	58	18	6	2	84
	Izu Islands	2	1	0	3	6
	Other waters	0	0	0	0	0
	Sum	60	19	6	5	90
Chiba *3	Coastal Kanto district	-	-	-	6	6
	Izu Islands	-	-	-	3	3
	Other waters	-	-	-	1	1
	Sum	-	-	-	10	10

*1 Takagi (2000)

*2 Kanagawa Fish. Exp. Sta. (1970), Sugiura *et al.* (1987), Sugiura (1990) and Ohnishi (1990)

*3 Ikegami (2004)

Table 7 Results of biological parameter estimates using tag recovery data for each splendid alfonsino, *Beryx splendens*, scenario

Models	Likelihood	$F_{1,1}$ (/yr)	$F_{2,1}$ (/yr)	$F_{3,1}$ (/yr)	$F_{*,2}$ (/yr)	$F_{*,3}$ (/yr)	$\lambda_{1,1}$ (/yr)	$\lambda_{1,2}$ (/yr)	$\lambda_{2,*}$ (/yr)
Full model	-190.52	0.095	0.364	0.154	0.043	0.068	0.0823	0.0786	0.0087
$\lambda_{1,1} = \lambda_{1,2}$	-190.52	0.095	0.363	0.154	0.043	0.068	0.0789	0.0789	0.0089
$M' = 0.1$	-189.73	0.193	0.506	0.160	0.063	0.050	0.0823	0.0625	0.0136
$M' = 0.3$	-192.40	0.055	0.235	0.178	0.042	0.088	0.0560	0.0739	0.0082

F : Fishing mortality coefficient, λ : Emigration coefficient, M' : natural mortality coefficient including effect of tag loss

3) 加入量の海域別割合に関する検討

標識放流実験の結果からキンメダイは東の水域で加入し成長に伴って西へ移動するという仮説も考えられているが、上の結果でも西への逸散係数は僅かであり、日本の近海域全体のキンメダイ資源の加入が相模湾沿岸などの関東沿岸に集中する仮説は生物学的に考えにくい。キンメダイは深海のエビ類やハダカイワシ類などの生息密度も生産力も低い餌生物を捕食しており、このような狭い水域だけで日本近海の全若齢個体を養えるだけの生産力があるとはとても考えられない。このことはキンメダイの捕食量から試算される、これらの餌生物の資源量からも理解できる。

例えば、年間漁獲量を5,000トン、加入資源はその内5%、漁獲率1割と仮定すると、加入資源量は2,500トンとなる。1日に体重の2%捕食すると年間捕食量は体重の7.3倍になる。他の生物にも捕食されているとすればこの量は餌生物の年間の余剰生産の一部である。仮にキンメダイの捕食量が餌生物の資源量の2%であると仮定すると、餌生物の資源量は2,500 $\times$ 7.3 $\div$ 0.02 = 90万トンとなる。これは近年のマイワシ太平洋系群の資源量に匹敵する量であり、試算ではあるがこのオーダーの量が関東沿岸に点在する海山周辺に分布するとは考えにくい。

この点を上記の動態モデルとパラメータの推定値を用いて若干の検討を行った。検討にあたり、加入状況に3つのシナリオ、S1: 加入が関東沿岸 ($i=1$) に

集中 ($\theta_1 : \theta_2 : \theta_3 = 10 : 0 : 0$)、S2: 関東沿岸とその他 ($i=3$) に加入 ($\theta_1 : \theta_2 : \theta_3 = 6 : 0 : 4$)、S3: 関東沿岸で少なく、伊豆諸島周辺海域 ($i=2$) と、その他で多い ($\theta_1 : \theta_2 : \theta_3 = 2 : 4 : 4$) を設定し、それぞれについて $N_{i,a} / R$ と $C_{i,a} / R$ を計算した (Table 8)。 $C_{i,a} / R$ は関東沿岸と伊豆諸島周辺海域 ($i=1, 2$) で合計し、漁獲物の年齢組成のデータ (東京都、未発表) と比較する。

Fig. 25は $N_{i,a} / R$ の計算結果を示す。S1ではほぼすべての年齢で関東沿岸の資源尾数が一番大きく、伊豆諸島周辺海域とその他の水域の全資源尾数は、関東沿岸のそれのわずか22.3%及び0.7%となる。また、S2も伊豆諸島周辺海域以外での資源尾数が多いことを示す。S1、S2の下での計算結果は漁業の実態と大きく矛盾し、3つのなかではS3が妥当のように見える。

Fig. 26は $C_{i,a} / R$ (関東沿岸と伊豆諸島周辺海域, $i=1, 2$ の合計) の計算結果を、Fig. 27は漁獲物の年齢組成を示す。これらを比較するとS2とS3の下で推定された漁獲物の年齢組成は実際の漁獲物の年齢組成に類似する。シミュレーションでは海域を3種類に区分し加入状況を仮定しているが、現状ではS2とS3のいずれが妥当かを識別できない。これ以外の仮説も考えられるので、今後さらなる基本的な調査・検討が必要である。

Table 8 Scenarios for splendid alfonsino, *Beryx splendens*, stock structure simulations

Scenarios	θ_1	θ_2	θ_3	$\lambda_{1,a}$	$\lambda_{2,a}$ or $\lambda_{3,a}$	$F_{1,a}$		$F_{2,a}$		$F_{3,a}$	
						$a \leq 3$	$a > 3$	$a \leq 3$	$a > 3$	$a \leq 3$	$a > 3$
S1	1.0	0.0	0.0	0.0789	0.0089	0.05a/4	0.05	0.1a/4	0.1	0.08a/4	0.08
S2	0.6	0.0	0.4	0.0789	0.0089	0.05a/4	0.05	0.1a/4	0.1	0.08a/4	0.08
S3	0.2	0.4	0.4	0.0789	0.0089	0.05a/4	0.05	0.1a/4	0.1	0.08a/4	0.08

F : Fishing mortality coefficient, λ : Emigration coefficient, θ : Rate of release by area

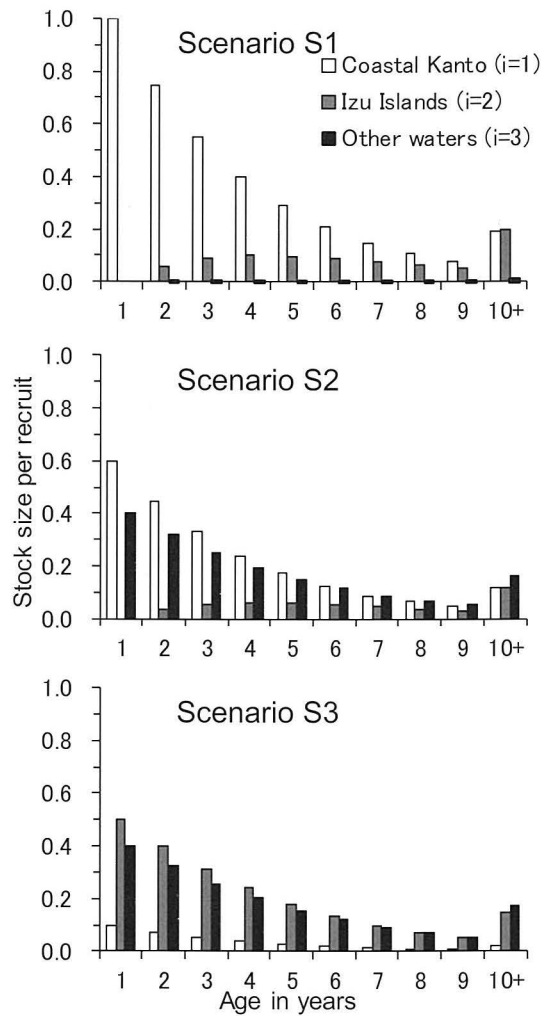


Fig. 25 Simulated *Beryx splendens* stock size per recruit for each scenario.

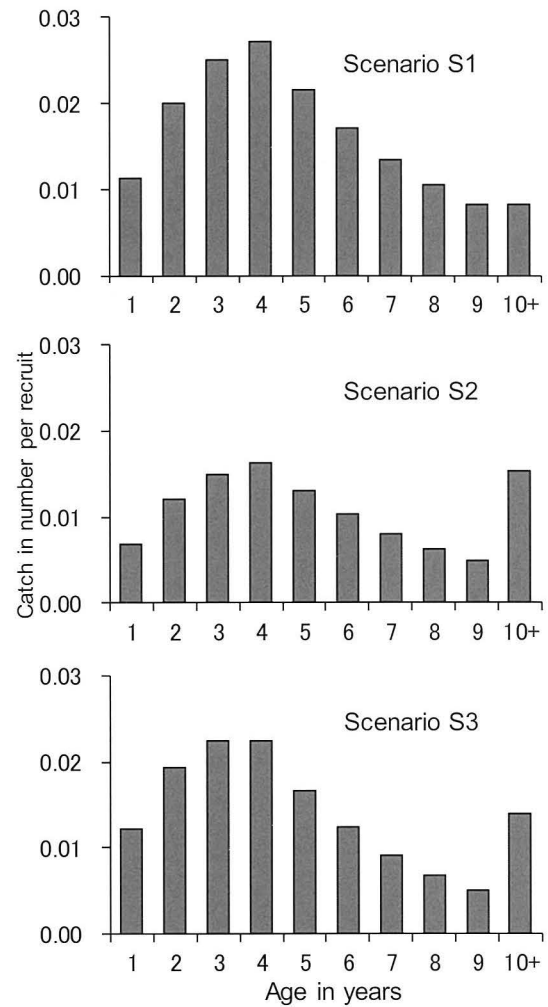


Fig. 26 Simulated catch in number per recruit in the waters around the coastal Kanto district and the Izu Islands for each scenario.

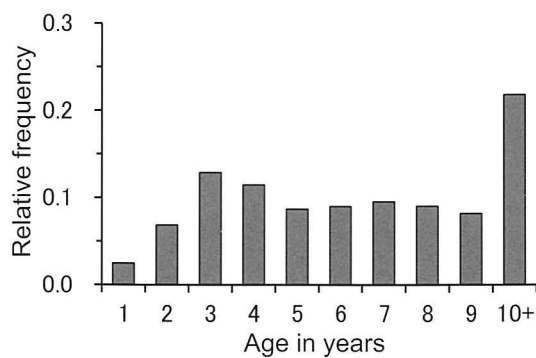


Fig. 27 Catch age composition data in the waters around the coastal Kanto district and the Izu Islands, 2002-2012 (Tokyo Metro. Is. Area Res. Dev. Cen. Agri. Forest. Fish., unpublished)

第7章 今後の研究課題

前章までで紹介したように、これまでの研究によりキンメダイの資源生態に関する様々な知見が蓄積されつつある。一方で本種の再生産機構については未だ不明な点が多く、特に仔魚から幼魚にかけての浮遊生活期に関する情報は極めて乏しい。また、資源解析を行う上での課題も多い。本章では、これまでに得られた知見を踏まえ、資源の持続的な利用に向けて、関係機関が取り組むべきと思われる主な研究課題について以下に整理した。

7-1 資源解析の精度向上

現在、1都3県におけるキンメダイの資源管理は、小型魚の再放流、漁具・漁法の制限、休漁期間の設定、操業規制区域の設定といった漁業者による自主的資源管理措置の下で行われている。キンメダイ資源の持続的利用に向けて、現行の資源管理措置をより効果的なものにする必要があり、精度の高い資源解析はその実施に多くの有益な情報をもたらす。

現時点で我が国におけるキンメダイの資源解析は、関東沿岸から伊豆諸島周辺海域のみの移動を考慮しないVPAの検討、移動・回遊を組み込んだ資源評価モデルのうちの決定論的モデルの試行にとどまっている。漁業実態に即した資源管理効果を試算するためには、漁場間の移動と再生産関係を考慮した資源解析が必要で、資源研究における今後の目標の1つと考えられる。このためには漁場別年齢別漁獲尾数の推定や資源量指数の把握が必要である。

VPAに必要な年齢別漁獲尾数の算定を高知沖や南西諸島周辺海域においても実施する場合、漁獲量、漁獲物の体長組成、年齢査定を含む生物測定が必要となる。このうち、漁獲量については、千葉県から鹿児島県に至る海域でほぼ把握ができていますが、漁獲物の銘柄組成、体長組成、年齢査定を含む生物測定データについては、1都3県以外では高知県でのみ収集されている（明神，2004）。それ以外の県では年齢査定を含む生物測定の実施例そのものが非常に少なく、今後の継続的な調査体制の構築が必要である。

VPAの実施において、推定が必要な直近年の漁獲係数（ターミナルF）の精度を向上することは、今後の資源管理効果を試算する上でも重要である。精度の向上には、VPAにおいてCPUEなどの資源量指標値の変動に合うようにターミナルFを推定するチューニングを実施することも有効と考えられる。特にキンメダイの場合、1歳魚は主な漁獲対象ではないため、年齢別漁獲尾数からの推定には限界がある。ターミナルF

を精度よく推定するには、小型魚が多く着底する海域で、経年的な漁獲量調査や調査船調査により得られるCPUEを加入量指標値として、チューニングに用いるなどの取り組みが必要である。また、主な漁獲対象となる4～9歳については漁業データから得られるCPUEなどの資源量指標値をチューニングに用いる際にも、キンメダイは多くの漁場で黒潮など海洋環境の影響を大きく受けるため、海況の影響も加味したCPUEの標準化が必要である。

7-2 生活史の把握

漁獲対象サイズのキンメダイについては操業を通じ、種々の情報が得られやすい。一方、漁獲対象とならない仔魚期から幼魚期については、生物学的知見が著しく不足している。このため生活史の全体像を把握するには、表中層稚魚採集網による仔稚魚採集や、トロールネットによる浮遊期の幼魚採集を充実強化する必要がある。その際、仔稚魚や幼魚の分布海域が広域に及ぶとみられることから、第2章に記載した既存知見の集約結果や想定回遊経路を参考に、分布密度の高い時期、海域、水深に絞った調査設定が望まれる。また、そこで得られた稚仔魚の消化管内容物を調査することも必要である。

第5章で述べた通り、これまでの標識放流調査の結果より、関東沿岸に着底したキンメダイの若齢個体は成長に伴って伊豆諸島周辺海域へ、また、一部は高知県沖や南西諸島まで移動することが分かっている。このような生物特性を踏まえると、キンメダイの資源動態は移動を考慮した年齢構成モデルで表すことが望ましい。しかし、これまでに実施された成魚の標識放流は関東沿岸からの実施例が大半を占めており、南西諸島周辺海域や沖合の海山などからの放流が必要である。また、キンメダイの標識放流調査で常用されているスパゲティタグやダートタグなどの通常型標識では放流地点と再捕地点の関係は明らかになるものの、放流から再捕までの移動経路を把握することはできない。カツオ・マグロ類などの大型浮魚類では、水深、水温、照度の情報を連続的に収集する記録型標識を用いることで途中経路の把握がなされている。これは記録型標識に内蔵されている照度センサーが日照時間を感じし、これを経度に変換することができるためである。しかし、底棲生活移行後のキンメダイは日中、深海に生息することから、照度の情報に基づく移動経路の把握は困難と考えられる。そこで、近年注目されているレーザーアブレーションICP質量分析法（首藤ら，2016）の導入を検討していきたい。この方法により、耳石の元素組成をピンポイントで分析し、時系列

的に生活履歴を推定できる可能性がある。その仕組みは次の通りである。これまでの標識放流調査の結果から、キンメダイは同一漁場に一定期間滞留した後に移動する個体が多いと推測される。このため、耳石縁辺部には生息漁場の水質情報が蓄積される可能性が高い。黒潮内側域、黒潮流域、外洋域などで検体を採集し、耳石縁辺部の元素組成と生息域との対応が可能になれば、例えば耳石を年輪単位で元素分析することにより、年齢と生息域の対応が可能になり、移動履歴を把握できる可能性がある。また、第6章の加入量の海域別割合に関する検討は、現在知られている関東沿岸部以外の生育場が存在する可能性を示唆している。将来そのような海域が発見された場合、そこから標識放流を実施することも生活史の把握、並びに資源管理の推進において有効であると考えられる。

7-3 資源変動機構の解明

これまでの研究により、イワシ類やサバ類をはじめとした小型浮魚類の資源量は、レジームシフトと呼ばれる地球規模の気候変動によって大きく変動することが知られている（Kawasaki 1983；川崎ら，2007）。現段階では気候変動がキンメダイの資源動態に与える影響は不明であるが、武内（2014）は関東沿岸における漁獲量の変動傾向からキンメダイ資源がレジームシフトに応答し、変動している可能性を指摘している。

一般に水産資源の資源量の変動を引き起こす主たる要因は、仔稚魚期における餌料環境や仔稚魚を産卵場から生育場に輸送する物理環境であると考えられており、キンメダイの仔稚魚の初期生態を把握することは、その資源変動機構を明らかにする上で重要な課題である。第2章で述べた通り、これまでの知見を踏まえるとキンメダイは黒潮流域において大規模な回遊を行っていると思われるが、現段階ではその可能性を論じているに過ぎない。今後は仔稚魚の輸送経路として想定される黒潮流軸南方海域における仔稚魚の採集調査はもちろんのこと、コンピュータ上でのシミュレーションにより仔稚魚の輸送経路や輸送中に経験する物理・生物環境（例えば、水温、塩分、クロロフィル a 濃度など）を推定する粒子追跡実験なども有効と思われる。

キンメダイは我が国太平洋沿岸及び離島域では重要な漁獲対象資源であり、漁業者の資源管理に対する意識も非常に高い。卵・仔稚魚の輸送、幼魚の着底、成魚の移動、黒潮など海洋環境との関わりなど未解明のことも多く、本章で示した研究課題や作業仮説はその解明のきっかけになるかもしれない。今後も漁業者による資源管理の推進と行政及び研究機関との連携を強

化し、キンメダイ資源の持続的利用を図ることが望まれる。

謝辞

本総説執筆の基となった日本水産学会関東支部主催のシンポジウムの企画並びに運営にご尽力いただいた中央水産研究所の中山一郎博士、西村 明博士、金庭正樹博士（現水産研究・教育機構本部）、加藤雅也博士にお礼申し上げます。また本報告について、有益なご指摘とコメントを下さった2名の査読者に感謝申し上げます。本報告の取りまとめ並びに、キンメダイの検体収集に当り、多大なご支援をいただいた中央水産研究所の銭谷 弘博士、清水勇吾博士、高須賀明典博士、国際水産資源研究所の西田 勤博士、佐々木裕子博士、東京都島しょ農林水産総合センター大島事業所の橋本 浩氏、妹尾浩太郎氏、舟橋達宏氏、同八丈事業所の駒澤一朗博士、東京都水産課の前田洋志氏、東京都三宅支庁の堀井善弘氏、並びに東京都小笠原支庁水産センターの田中優平氏、高知県水産試験場の大河俊之氏、福山大学の南 卓志博士、東京大学大学院の権田夏月氏に深謝いたします。また、各都県調査船の船長および乗組員の皆様には、種々の困難な状況のもと現地調査で多大な協力をいただいたことを、心よりお礼申し上げます。

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.
- Adachi K., Takagi K., Tanaka E., Yamada S., and Kitakado T., 2000 : Age and growth of alfonso *Beryx splendens* in the waters around the Izu Islands. *Fish. Sci.*, 66, 232-240.
- 秋元清治, 1999 : キンメダイ *Beryx splendens* 若令魚の日齢査定. 神水総研研報, 4, 61-63.
- Akimoto S., Kinoshita S., Sezaki K., Mitani I., and Watabe S., 2002 : Identification of alfonso 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 : ミトコンドリア制御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. 神水総研研報, 8, 89-97.

- 秋元清治, 2003: 伊豆諸島周辺海域におけるキンメダイの性比. 神水総研研報, 10, 83-86.
- 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遺伝子判別法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. 日水誌, 71, 205-211.
- Akimoto S., Itoi S., Sezaki K., Borsa P., and 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, 2007a: 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明. 神水セ論文集, 1, 1-64.
- 秋元清治, 2007b: 伊豆諸島周辺海域におけるキンメダイの年齢と成長. 神奈川水技報, 2, 13-19.
- 秋元清治, 高橋則行, 2008: キンメダイ漁場における海況と海底地形が魚群形成に及ぼす影響, 神水総研研報, 3, 25-33.
- Bensch A., Gianni M., Gréboval D., Sanders J., and Hjort A., 2008: Worldwide review of bottom fisheries in the high seas, FAO, Rome, 145pp.
- Busakhin S. V., 1982: Systematics and distribution of the family Berycidae (Osteichthyes) in the world ocean. *J. Ichthyol.*, 22, 1-21.
- Clark M. R., Vinnichenko V. I., Gordon J. D. M., Beck-Bulat G. Z., Kukharev N. N., and Kakora A. F., 2007: Large-scale distant-water trawl fisheries on seamounts. Chapter 17, "Seamounts: ecology, fisheries and conservation", Fish and Aquatic Resources Series 12, UK, pp361-399.
- Deriso R. B., Punsly R. G., and Bayliff W. H., 1991: A Markov movement model of yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean and some analyses for international management. *Fish. Res.*, 11, 375-395.
- Dubochkin A. S., and Kotlyar A. N., 1989: On the feeding of alfoncino (*Beryx splendens*). *J. Ichthyol.*, 1, 1-7.
- Durr J. and Gonzalez J. A., 2002: Feeding habits of *Beryx splendens* and *Beryx decadactylus* (Berycidae) off the Canary Islands. *Fish. Res.*, 54, 363-374.
- Ebuchi N. and Hanawa K., 2001: Trajectory of mesoscale eddies in the Kuroshio recirculation region. *J. Oceanogr.*, 57, 471-480.
- 蛸名儀富, 柳本卓, 星野浩一, 岡本誠, 高橋晃介, 越智洋介, 2011: 平成22年度海洋水産資源開発事業報告書 (システム対応型: 遠洋底びき網 (全層トロール): 南インド洋西部公海域), 水産総合研究センター開発調査センター, 59pp.
- FAO, 2009: International guidelines for the management of deep-sea fisheries in the high seas, 73pp.
- Galaktionov G. Z., 1984: Features of the schooling behavior of the alfonsina, *Beryx splendens* (Berycidae) in the thalassobathyal depths of the Atlantic Ocean. *J. Ichthyol.*, 24, 148-151.
- Gonzalez J. A., Rico V., Lorenzo J. M., Reis S., Pajuelo J. G., Dias M. A., Mendonca A., Krug H. M., and Pinho M. R., 2003: Sex and reproduction of the alfonsino *Beryx splendens* (Pisces, Berycidae) from the Macaronesian Archipelagos, *J. Appl. Ichthyol.*, 19, 104-108.
- 長谷川 彰, 1996: 第1章資源管理型漁業総論. 資源管理型漁業 (改訂版), 平山信夫編, 成山堂書店, 東京, 2-33.
- 林 公義, 2013: キンメダイ科, 「日本産魚類検索 全種の同定 第三版」(中坊徹次編), 東海大学出版会, 東京, pp. 577-578.
- 平野満隆, 山口紘, 佐谷守朗, 高橋晃介, 越智洋介, 2014: 平成24-25年度海洋水産資源開発事業報告書 (遠洋底びき網 (南インド洋西部公海域)), 水産総合研究センター開発調査センター, 52pp.
- Hoarau G. and Borsa P., 2000: Extensive gene flow within sibling species in the deep-sea fish *Beryx splendens*. *C. R. Acad. Sci. Paris, de la vie/Life Sci.*, 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* の生物学的特性と漁業の実態. 黒潮の資源海洋研究, 5, 111-119.
- 堀井善弘, 2007: キンメダイの食性を明らかにして資源管理方策に役立てる, 平成18年度東京都島しょ農林水産総合センター主要成果集, 9-10.
- 堀井善弘, 2011: 八丈島周辺海域におけるサメ類と鯨類による食害の現状把握. 日水誌, 77, 123.
- Horn P. L., Forman J., and Dunn M. R., 2010: Feeding habits of alfonsino *Beryx splendens*. *J. Fish. Biol.*, 76, 2382-2400.
- 一井太郎, 2016: 北太平洋漁業委員会 (NPFC) 発足. 研究開発情報誌 ななつの海から, 10, 8-11.
- 池田郁夫, 1980: 海山, バンクの底魚資源, 「底魚資源」(青山恒雄編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 331-342.

- 池田知司, 水戸 敏, 1988: 卵と孵化仔魚の検索, 「日本産稚魚図鑑」(沖山宗雄編), 東海大学出版会, 東京, pp. 999-1083.
- 池上直也, 2004: 標識放流結果からみたキンメダイの移動. 黒潮の資源海洋研究, 5, 65-70.
- 今井基文, 2010: キンメダイ食害対策. 静岡県水産技術研究所事業報告, 2009, 153.
- Ishida M., Hirota Y., Yang Q. L., and Lin G. M., 1998: Young of pelagic fishes transported by the Kuroshio. Proceedings of Japan-China joint symposium on cooperative study of subtropical circulation system, 289-294.
- Ishikawa S., Aoyama J., Tsukamoto K., and Nishida M., 2001: Population structure of the Japanese eel *Anguilla japonica* as examine by mitochondrial DNA sequencing. *Fish. Sci.*, 67, 246-253.
- 岩井 保, 2005: 魚学入門, 恒星社厚生閣, 東京, pp 220.
- 神奈川県水産試験場, 1970: 底魚資源調査研究報告. 神水試資料, 145, 23-32.
- Kawasaki T., 1983: Why do some pelagic fishes have wide fluctuations in their numbers?. *FAO Fish. Rep.*, 291, 1065-1080.
- 川崎一男, 1990: 底魚漁場調査 (ムツ・キンメダイの漁場分布調査), 沖水試事報, 1-13.
- 神奈川県, 1993: キンメダイ資源管理推進指針, 「神奈川県広域資源管理推進指針 (神奈川県)」, 神奈川県, 横浜, 1-56.
- 川崎 建, 谷口 旭, 二平 章, 花輪公雄, 2007: レジームシフトー気候変動と生物資源管理ー, 成山堂書店, 東京, 216pp.
- 木谷浩三, 井口健一, 1974: トロール操業調査より見た北太平洋中部の海山漁場の特性について. 遠洋水研報, 11, 33-36.
- Kendall A. W., Ahlstrom E. H., and Moser H. G., 1984: Early life history stages of fishes and their sharacters. in "Ontogeny and systematics of fishes" (ed. by Moser G., Richards W. J., Cohen D. M., Fahay M. P., Kendall A. W., and Richardson S. L.), Univ. Washington Press, Seattle, pp. 89-131.
- Kikuchi K., Asai M., Kuboshima Y., Mitani I., Takizawa T., Okiyama M., and Somiya H., 1994: Visual accommodation system in the eyes of a berycid deep-sea fish *Breryx splendens*. *Fish. Sci.*, 60, 691-694.
- Kiyota, M., Nishida, K., Murakami, C., and Yonezaki, S., 2016: History, biology, and conservation of Pacific endemics 2. The North Pacific armorhead, *Pentaceros wheeleri* (Hardy, 1983) (Perciformes, Pentacerotidae). *Pacific Science*, 70, 1-20.
- 木幡 孜, 今井正昭, 杉浦暁裕, 1992: 標識放流・海域別年令別漁獲尾数・漁獲試験によるキンメダイの分布生態. 神水試研報, 13, 41-51.
- Kotlyar A. N., 1996: Beryciform fish of the world ocean, VNIRO publishing, Moscow, 368pp.
- 久保伊津男, 吉原友吉, 1969: 水産資源学 (改訂版), 共立出版株式会社, 東京, 482pp.
- 久保島康子, 菊池康司, 山口 常, 良永知義, 三谷 勇, 1998: キンメダイ *Beryx splendens* の摂餌行動. 神水総研研報, 3, 43-49.
- 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). 神水総研研報, 4, 37-41.
- Lehodey P. and Grandperrin R., 1996: Age and growth of alfonsino *Beryx splendens* over the seamounts off New Caledonia. *Mar. Biol.*, 125, 249-258.
- Lehodey P., Grandperrin R., and Marchal, P. 1997: Reproductive biology and ecology of a deep-demersal fish alfonsino *Beryx splendens*, over the seamounts off New Caledonia. *Mar. Biol.*, 128, 17-27.
- Lester S. E., Ruttenberg B. I., Gaines S. D., and Kinlan B. P., 2007: The relationship between dispersal ability and geographic range size. *Ecol. Lett.*, 10, 745-758.
- Lowe R. T., 1834: Characters of a new genus, and of several new species of fishes from Madera. *Proc. Zool. Soc. London*, 1833, 142-144.
- 増沢 寿, 倉田洋二, 大西慶一, 1975: キンメダイその他底魚類の資源生態, 日本水産資源保護協会, 東京, 71pp.
- Massey B. R. and Horn P. L., 1990: Growth and age structure of alfonsino (*Beryx splendens*) from the lower east coast, North Island, New Zealand. *NZ. J. Mar. Freshwat. Res.*, 24, 121-136.
- 前田洋志, 2005: キンメダイ仔稚魚の大量捕獲!. 平成16年度東京都水産試験場主要成果集, 7-8.
- 前田洋志, 2006: キンメダイの初期生活史を解明する. 平成17年度東京都島しょ農林水産総合センター主要成果集, 3-4.
- 前田洋志, 2008: 伊豆諸島海域におけるキンメダイ仔稚魚の出現状況ーその2ー. 黒潮の資源海洋研

- 究, 9, 88.
- 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.
- MacGibbon D. J., 2013: Fishery characterisation and standardised CPUE analyses for alfonso, *Beryx splendens*, (Lowe, 1834) (Berycidae), 1989-90 to 2009-10. New Zealand Fisheries Assessment Report 2013/30, 229pp.
- Methot R. D. and Wetzel C. R., 2013: Stock synthesis: a biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fish. Res.*, 142, 86-99.
- Mundy B. C., 1990: Development of larvae and juveniles of the alfonso, *Beryx splendens* and *B. decadactylus* (Berycidae, Beryciformes). *Bull. Mar. Sci.*, 46, 257-273.
- 明神寿彦, 浦吉徳, 2003: 高知県産キンメダイの年齢と成長. 黒潮の資源海洋研究, 4, 11-17.
- 明神寿彦, 2004: 高知県におけるキンメダイの漁獲動向. 黒潮の資源海洋研究, 5, 85-90.
- 中島敏男, 1998: 芸東海域におけるキンメダイ未成魚の標識放流IV. 高知水試事報, 94, 25-30.
- 長崎魚市株式会社, 2001-2016: 平成13-27年度長崎魚市場の概要.
- Nishida K., Murakami C., Yonezaki S., Miyamoto M., Okuda T., and Kiyota M., 2016: Prey use by three deep-sea fishes in the Emperor Seamount waters, North Pacific Ocean, as revealed by stomach contents and stable isotope analyses. *Environmental Biology Fishes*, 99, 335-349.
- 奥田武弘, 清田雅史, 2015: 底魚漁業管理をめぐる最近の国際議論-生物資源の持続的利用と生態系保全-. 月刊海洋, 47, 380-385.
- 大西慶一, 1966: キンメダイ人工孵化についての試み. 魚雑, 14, 27-33.
- 大西慶一, 1985: キンメダイの資源補給に関する研究(2). 伊豆分場だより, 219, 6-8.
- 大西慶一, 1990: キンメダイの標識放流結果について. 伊豆分場だより, 238, 2-25.
- 大河俊之, 秋元清治, 明神寿彦, 2008: マイクロサテライトDNA分析からみた日本沿岸域におけるキンメダイ *Beryx splendens* の集団構造. 黒潮の資源海洋研究, 9, 73-78.
- 大泉 宏, 2011: 八丈島周辺海域のサメ類と鯨類による食害被害軽減に向けた基礎調査. 日水誌, 77, 124.
- Pope J. G., 1972: An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.*, 9, 65-74.
- Quinn II T. J., Deriso R. B., Philip R., and Neal P. R., 1990: Migratory catch-age analysis. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.*, 47, 315-2327.
- Quinn II T. J. and Deriso R. B., 1999: Quantitative Fish Dynamics. Oxford Univ. Press, Oxford, 543p.
- Sanks A. L., Grantham B. A., and Carr M. H., 2003: Propagule dispersal distance and the size and spacing of marine reserves. *Ecol. Appl.*, 13, S159-S169.
- 酒井 猛, 青沼佳方, 2015: 平成26(2014)年度アマダイ類(東シナ海)の資源評価, 「平成26年度我が国周辺水域の漁業資源評価」, 水産庁増殖推進部・水産総合研究センター, pp. 1076-1092.
- Sekiguchi H. and Inoue N., 2002: Recent advance in larval recruitment processes of scyllarid and palinurid lobsters in Japanese waters. *J. Oceanogr.*, 58, 747-757.
- SEAFO, 2015: Report of the SEAFO Scientific Committee, "11th Scientific Committee Meeting Report", South East Atlantic Fisheries Organization, Namibia, 134pp.
- 妹尾浩太郎, 2015: キンメダイ魚群の撮影. 黒潮の資源海洋研究, 16, 150-151.
- Sherstyukov A. I. and Nostov A. S., 1986: Collections of juvenile alfonso, *Beryx splendens* (Berycidae), in the region of the Uglovoye Submarine Rise. *J. Ichthyol.*, 26, 123-124.
- Shotton R., 2016: Global review of alfonso (Beryx spp.), their fisheries, biology and management, FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. C1084, FAO, Rome, 153pp.
- 芝田健二, 1983: 房総海域におけるキンメダイについて-1-年齢と成長. 千葉水試研報, 41, 55-57.
- 芝田健二, 1985: 房総海域におけるキンメダイについて-2-成熟と性比. 千葉水試研報, 43, 3-9.
- 清水 長, 1984: キンメダイ科, 「日本産魚類大図鑑」(益田 一, 尼岡邦夫, 荒賀忠一, 上野輝彌, 吉野哲夫編), 東海大学出版会, 東京, pp. 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, 神野公広, 2010: 鹿児島県奄美北部海域におけるキンメダイ属3種 *Beryx splendens*, *B.*

- mollis*, *B. decadactylus*の漁獲水深及び水温の比較. 黒潮の資源海洋研究, 11, 77-83.
- Siegel D. A., Kinlan B. P., Gaylord B., and Gaines S. D., 2003 : Lagrangian descriptions of marine larval dispersion. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 260, 83-96.
- 杉浦暁裕, 増沢 寿, 亀井正法, 1987 : キンメダイの標識放流結果について. 神水試研報, 8, 49-61.
- 杉浦暁裕, 1990 : キンメダイの標識放流結果について - II. 神水試研報, 11, 59-65.
- 水産庁, 2008 : Appendix D : キンメダイの資源評価. 22pp. In 北太平洋の天皇海山及び北ハワイ海嶺水域における脆弱生態系の特定, 底魚漁業操業が当該脆弱生態系及び海洋生物種に与える影響評価及び深刻な悪影響が存在する場合の保存管理措置に関する報告書 (トロール漁業の場合), 15pp.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, 2012 : Veda Biológica de Alfonsino en todo el Territorio Marítimo y Zona Económica Exclusiva nacional, Año 2013, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Chile, 32pp.
- 首藤宏幸, 浜口昌巳, 堀井豊充, 堀 正和, 2016 : 農林水産技術会議委託プロジェクト研究生態系ネットワーク修復による持続的な沿岸漁業生産技術の開発 平成27年度研究報告書. 国立研究開発法人水産総合研究センター, 130pp.
- 高木康次, 2000 : 標識放流によるキンメダイの移動と成長. 静岡水試研報, 35, 9-15.
- Tanaka E., 2006 : Simultaneous estimation of instantaneous mortality coefficients and rate of effective survivors to number of released fish using multiple sets of tagging experiments. *Fish. Sci.*, 72, 710-718.
- 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. 神奈川水技報, 7, 17-35.
- 田中健吾, 水垣千晶, 清水宣維, 2016 : 北太平洋漁業委員会 (NPFC) について. 日水誌, 82, 199-200.
- 東京都島しょ農林水産総合センター, 2008 : 伊豆諸島海域サメ漁業被害対策ハンドブック. 東京都島しょ農林水産総合センター調査資料集, 1, 1-74.
- 内海延吉, 1966 : 沿岸漁業九十年誌, 三崎沿岸漁業協同組合連合会, 水産社, 東京, pp557.
- Uchida R. N. and Tagami D. T., 1984 : Ground fish fisheries and research in the vicinity of seamounts in the North Pacific Ocean. *Mar. Fisher. Review*, 46, 1-17.
- United Nations, 2007 : Sustainable fisheries, including through the 1995 Agreement for the Implementation of the Provisions of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982 relating to the Conservation and Management of Straddling Fish Stocks, and related instruments, UNGA Resolution 61/105 (2006). Vinnichenko, 1997
- Vinnichenko V. I., 1997 : Vertical diurnal migrations of the slender alfonsino *Beryx splendens* (Berycidae) at the underwater rises of the open North Atlantic. *J. Ichthyol.*, 37, 438-444.
- Watanabe K., Tanaka E., Yamada S., and Kitakado T., 2006 : Spatial and temporal migration modeling for stock of Pacific saury *Cololabis saira* (Brevoort), incorporating effect of sea surface temperature. *Fish. Sci.*, 72, 1153-1165.
- 渡部泰輔, 服部茂昌, 1971 : 魚類の发育段階の形態的区分とそれらの生態的特徴. さかな, 7, 54-59.
- 亘 真吾, 印刷中 : 平成28年度キンメダイ太平洋系群資源評価. 平成28年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁, 水産研究・教育機構.
- Wiff R., Quiroz J. C., Flores A., and Gálvez P., 2012a: An overview of the alfonsino (*Beryx splendens*) fishery in Chile. Workshop on Management of Alfonsino Fisheries, 25pp
- Wiff R., Quiroz J. C., Gatica C., Contreras F., Paramo J., and Barrientos M. A., 2012b: Uncertain population dynamic and state variables of alfonsino (*Beryx splendens*). *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 40 (1), 201-212.
- Woods L. P., and Sonoda P. M., 1973 : Family Berycidae, "Fishes of the western North Atlantic Part 6 (Cohen D. M., ed.)," Mem. Sears Found. Mar. Res., No. 1, Yale Univ., New Haven, 281-293.
- 山川 武, 1982 : キンメダイ *Beryx splendens* LOWE, 「九州-パラオ海嶺ならびに土佐湾の魚類」(岡村 収, 尼岡邦夫, 三谷文夫編). 日本水産資源保護協会, 東京, p. 649.
- 山下秀幸, 2004 : 東シナ海産アカアマダイの水揚実態とY/R解析. 日水誌, 70, 16-21.
- 山下秀幸, 2005 : 東シナ海産アカアマダイに対する底延縄と立延縄の漁獲物体長組成および漁場利用について. 日水誌, 71, 39-43.
- 柳本 卓, 1996 : キンメダイの相対成長の地理的変異について. 1996年北洋底魚資源調査研究報告集, 258-272.

柳本 卓, 久保島康子, 菊池康司1996: PCR-RFLP 分析によるキンメダイのmtDNAの地理的変異性について. 1996年北洋底魚資源調査研究報告集, 273-291.

柳本 卓, 1999: 1997年秋季の俊鷹丸による伊豆諸島沖キンメダイ幼魚調査結果, 1998-1999年北洋底魚資源調査研究報告集, 最終号, 89-99.

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, 蛭名儀富, 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. 日水誌, 81, 958-963.

Yohino T., Kon T., and Miura A., 1999: Morphological differences between *Beryx splendens* Lowe and *B. mollis* Abe (Teleostei). *Bull. Coll. Sci. Univ. Ryukyus*, 67, 77-86.

Yoshino T., and Kotlyar A. N., 2001: World distribution of the baloon alfonsin, *Beryx mollis* (Pisces: Beryciformes: Berycidae). *Bull. Coll. Sci. Univ. Ryukyus*, 72, 119-123.

米沢純爾, 小埜田明, 橋本 浩, 鈴木達也, 岡部 久, 飯沼紀雄, 林 芳弘, 阪地英男, 2011: 漁獲量, CPUE, 尾叉長組成からみた日本近海におけるキンメダイの資源動向. 黒潮の資源海洋研究, 12, 91-97.

米崎史郎, 2016: 天皇海山調査～開洋丸による桓武海山調査の紹介. 研究開発情報誌 ななつの海から, 10, 3-7.

Zehren S. J., 1979: The comparative osteology and phylogeny of the Beryciformes (Pisces, Teleostei). *Evol. Monogr.*, 1, 1-389.

第6章 6-3の附録: 計算に用いた式 ($Z'_{ia} \neq Z'_{ja}$ ($i \neq j$) の場合)

a 歳の初めの資源尾数を N_{ia} で示す以下の関係式が成り立つ。

$$N_{1,a+1} = N_{1,a} \exp(-Z'_{1,a}) \quad (1)$$

$$N_{2,a+1} = N_{2,a} \exp(-Z'_{2,a}) + \frac{\lambda_{1,a} N_{1,a}}{Z'_{2,a} - Z'_{1,a}} \{ \exp(-Z'_{1,a}) - \exp(-Z'_{2,a}) \} \quad (2)$$

$$N_{3,a+1} = N_{3,a} \exp(-Z'_{3,a}) + \frac{\lambda_{1,a} \lambda_{2,a} N_{1,a}}{Z'_{2,a} - Z'_{1,a}} \left\{ \frac{\exp(-Z'_{1,a}) - \exp(-Z'_{3,a})}{Z'_{3,a} - Z'_{1,a}} - \frac{\exp(-Z'_{2,a}) - \exp(-Z'_{3,a})}{Z'_{3,a} - Z'_{2,a}} \right\} + \lambda_{2,a} N_{2,a} \frac{\exp(-Z'_{2,a}) - \exp(-Z'_{3,a})}{Z'_{3,a} - Z'_{2,a}} \quad (3)$$

また年間漁獲尾数 C_{ia} は以下の式で計算できる。

$$C_{1,a} = F_{1,a} N_{1,a} \phi(Z'_{1,a}) \quad (4)$$

$$C_{2,a} = F_{2,a} N_{2,a} \phi(Z'_{2,a}) + \frac{F_{2,a} \lambda_{1,a} N_{1,a}}{Z'_{2,a} - Z'_{1,a}} \{ \phi(Z'_{1,a}) - \phi(Z'_{2,a}) \} \quad (5)$$

$$C_{3,a} = F_{3,a} N_{3,a} \phi(Z'_{3,a}) + \frac{F_{3,a} \lambda_{1,a} \lambda_{2,a} N_{1,a}}{(Z'_{2,a} - Z'_{1,a})} \times \left\{ \frac{\phi(Z'_{1,a}) - \phi(Z'_{3,a})}{Z'_{3,a} - Z'_{1,a}} - \frac{\phi(Z'_{2,a}) - \phi(Z'_{3,a})}{Z'_{3,a} - Z'_{2,a}} \right\} + F_{3,a} \lambda_{2,a} N_{2,a} \frac{\phi(Z'_{2,a}) - \phi(Z'_{3,a})}{Z'_{3,a} - Z'_{2,a}} \quad (6)$$

ここで関数 $\phi(x)$ は次式で定義される。

$$\phi(x) = \frac{1 - \exp(-x)}{x} \quad (7)$$

和文要旨

キンメダイは我が国太平洋沿岸および離島における重要な漁獲対象資源として一世紀以上にわたり利用され続けている。主要漁場である伊豆諸島周辺海域ではカツオや他の底魚類の漁獲が低迷するなか、キンメダイは魚価が高値で安定していることにより、漁獲物に占める比重が高まっている。しかし、近年漁獲量は減少傾向にあり、漁業関係者の中には資源の先行きを懸念する声が増え始めている。このため関係研究機関のいっそうの連携により生活史の全体像の把握を促進し、より実効性のある資源管理を推進すべきとの機運が高まっている。そこで、キンメダイの資源生態と資源管理に関する内外の既往知見を整理し、残された課題を解決するための方途を提示するとともに、今後の資源管理の方向性を検討する際の基礎的知見とすることを本総説の目的とした。