

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

武内啓明

Synopsis of biological data on the alfoncino *Beryx splendens*, with notes on its fishery and stock management in Kanagawa Prefecture, Japan

Hiroaki TAKEUCHI

緒言

キンメダイ *Beryx splendens* は、世界で3種が知られているキンメダイ属の1種で、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している^{1,2)}。我が国では、琉球列島周辺から室戸岬沖、伊豆諸島周辺、房総半島沖にかけての海域が漁場となっており、主に底立延縄、樽流し、立縄釣り(一本釣り)などの釣り漁業によって漁獲されている³⁾。キンメダイを主に漁獲している千葉県、東京都、神奈川県、静岡県、高知県(以下、1都4県)の漁獲量(図1)は、1980年代初めから1990年代中頃までは、年間9,000t前後の高水準で推移していたものの、その後は漸減傾向となり、2012年には4,930tにまで減少した^{3,4)}。神奈川県においても、1990年代に入ると漁獲量は減少に転じ、2012年の漁獲量はピーク時の10分の1にも満たない⁴⁾。

キンメダイ資源を持続的に利用するためには、資源の状態や動向を把握することはもちろんのこと、その生物学的特性を理解し、適切な資源管理方策の策定に繋げる必要がある。我が国におけるキンメダイの生物学的研究は、漁業の発展とともに、1970年代から房総半島沖、伊豆諸島周辺、室戸岬沖などの各漁場において、1都4県の研究機関によって活発に行われるようになり、年齢・成長・成熟・回遊・集団構造を始めとした様々な生物学的知見が蓄積されつつある。

本稿では、これまでに明らかとなったキンメダイに関する生物学的知見を取りまとめるとともに、神奈川県におけるキンメダイ漁業の現状と課題について整理し、今後の研究の推進および資源管理方策の策定に資することを目的とした。

材料と方法

生物学的特徴

キンメダイの生物学的知見について既往の文献により収集し、12項目(形態的特徴、分類、系統関係、核型、分布、集団構造、卵・仔稚魚、年齢と成長、成熟と産卵、輸送・移動経路、被捕食関係、漁況と海洋環境との関係)に整理した。

漁業実態に関する情報

漁業実態に関する情報は、漁法、漁獲状況と資源動向、資源管理方策の3項目について既存文献⁵⁻⁹⁾の調査および漁業者への聞き取りにより収集した。このうち神奈川県におけるキンメダイの漁獲量については、2006年以前は関東農政事務所による神奈川県の属人統計、2007年以降は三崎魚市場における水揚資料から集計した。漁法別(立縄釣りおよび底立延縄)の漁獲量、CPUE(Catch Per Unit Effort: 単位努力量当たりの漁獲量)、漁獲物の尾叉長組成を算出するため、三崎魚市場の水揚資料から1995-2012年の水揚年月日、漁船コード、銘柄コード、漁獲量を抽出して用いた。

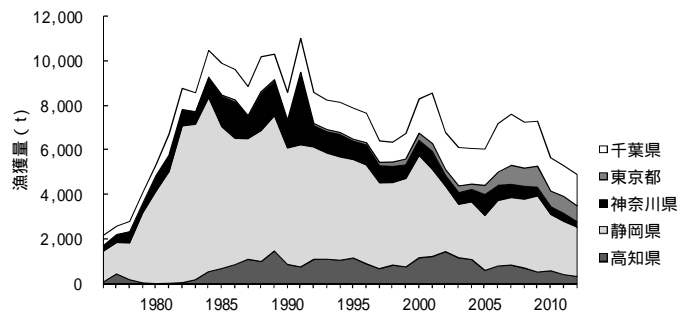


図1 1都4県におけるキンメダイ漁獲量の推移⁴⁾

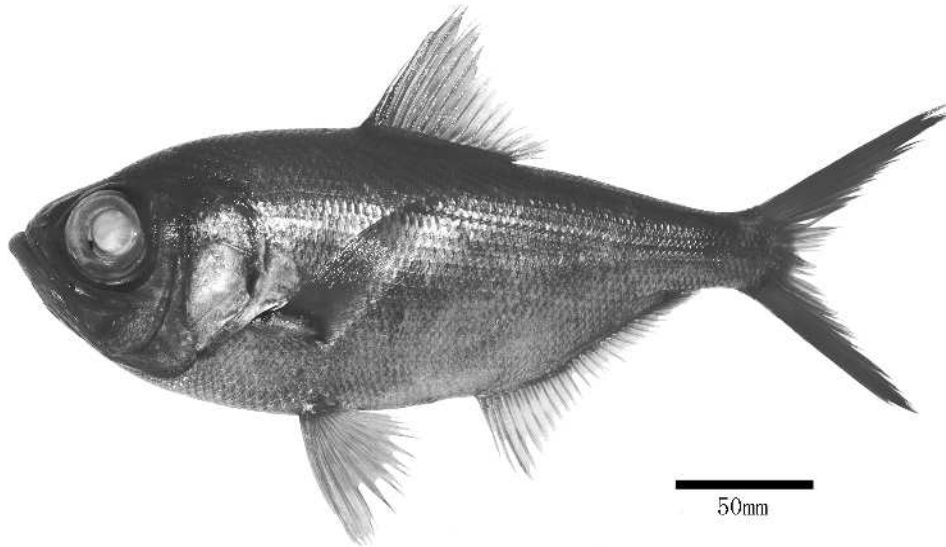


図2 キンメダイ *Beryx splendens*、三崎漁港水揚、尾叉長23.6cm、雌

漁獲物の尾叉長組成は、年間の銘柄別漁獲量から銘柄-尾叉長換算表（神奈川県、未発表）を基に推定した。

結 果

生物学的特徴

（1）形態的特徴

計数・計測形質に関する情報は、YOSHINO et al.¹⁰⁾ および林²⁾ に基づく。背鰭条数IV, 13-15、臀鰭条数IV, 25-30、胸鰭軟条数16-20、腹鰭条数I, 9-12、側線鱗数59-73、幽門垂数27-36、脊椎骨数9+14=23。標準体長に対する各部位の相対比（%）を以下に示す。体高33.9-41.0、頭長33.0-39.7、吻長7.5-10.1、眼径10.6-14.1、両眼間隔3.2-7.1、上顎長16.8-19.7、尾柄高9.7-11.0、尾柄長12.1-14.9、胸鰭長26.5-30.4、腹鰭長19.8-27.8、背鰭最長軟条長18.3-25.8、臀鰭最長軟条長12.5-17.5。

体は側扇型で体高は高く、尾柄部は細い（図2）。体の輪郭は背縁および腹縁ともに弧状を呈する。体は櫛鱗で覆われるが、体背部の鱗の後縁は鋸歯を欠く。眼は大きく、ほぼ完全な円形を呈する。吻は短く、涙骨（第1眼下骨）の側面に外後方へ向かう1棘がある。下顎は上顎より突出する。両顎歯は小さい。胸鰭は長く、その基部は頭部のやや後下方端は臀鰭始部を越

える。尾鰭は深く2叉する。

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ものである⁸⁾。10%ホルマリンで固定後、70%エタノールに保存した標本では全身が褐色を呈する。

（2）分類

キンメダイの種名 *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¹¹⁾。かつては、フウセンキンメ *B. mollis* を本種の新参同物異名として扱う研究者もみられたが¹²⁻¹⁴⁾、両者は形態¹⁰⁾ および遺伝的¹⁵⁻¹⁷⁾ 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^{2, 18)}。

キンメダイ属には、世界で3種（キンメダイ、フウセンキンメ、ナンヨウキンメ *B. decadactylus*）が知られているが、フウセンキンメとは、後鼻孔が細長いこと（vs. 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. 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^{2,10,19)}。

(3) 系統関係

キンメダイが属するキンメダイ目Beryciiformesの系統関係について、中坊・中山²⁰⁾に基づき以下に記述する。

キンメダイ目は、構成種を結び付ける有力な共有派生形質が見当たらないため、古くから単系統性を疑問視する研究者が多かった²¹⁻²⁴⁾。MOORE²⁵⁾は、それまでのキンメダイ目は単系統ではないとして、キンメダイ目からヒウチダイ類、カンムリキンメダイ類、クジラウオ類を独立させ、ヒウチダイ目Trachichthyiformesとした。しかし、JOHNSON・PATTERSON²⁶⁾は、この説に異を唱え、キンメダイ類、ヒウチダイ類、イトウダイ類の単系統性を支持している。NELSON^{27,28)}は、JOHNSON・PATTERSON²⁶⁾に従い、カンムリキンメダイ目(カンムリキンメダイ類+クジラウオ類)とキンメダイ目(キンメダイ類+ヒウチダイ類+イトウダイ類)を認めた。近年、ミトコンドリアDNA全長配列に基づく分子系統解析により、キンメダイ科は他のキンメダイ目魚類よりも、カンムリキンメダイ目Stephanoberyciiformesに近縁であることが指摘され²⁹⁾、MIYA et al.³⁰⁾によって、キンメダイ

目とカンムリキンメダイ目はキンメダイ系Berycomorphaとしてまとめられた(図3)。しかし、核DNAを用いた解析では、キンメダイ目とカンムリキンメダイ目の単系統性は支持されなかった³¹⁾。中坊・中山²⁰⁾は、これらの経緯を踏まえ、暫定的にキンメダイ系(キンメダイ科、イトウダイ科Holocentridae、ヒウチダイ科Trachichthyidae、マツカサウオ科Monocentridae、ナカムラギンメ科Diretmidae、ヒカリキンメダイ科Anomalopidae、オニキンメ科Anoplogastridae)とカンムリキンメダイ系Stephanoberycomorpha(カプトウオ科Melamphaidae、アンコウイワシ科Rondeletiidae、アカクジラウオダマシ科Barbouristiidae、クジラウオ科Cetomimidae)をそれぞれ認めている。

(4) 核型

キンメダイの染色体数には雌雄差があることが報告されている³²⁾。染色体数は、雌では2n=48(中部動原体染色体4本、次端部動原体染色体8本、端部動原体染色体36本)、雄では2n=47(中部動原体染色体5本、次端部動原体染色体8本、端部動原体染色体34本)で、このような染色体多型は、ロバートソン融合(robertsonian fusion)によって生じたと推察されている³²⁾。なお、キンメダイ目に属するマツカサウオ*Mono-centris japonicas*、アヤメエビス*Sargocentron rubrum*、サヤマツカサ*Myripristis jacobus*もキンメダイ(雌個体)と同様に48本の染色体をもつことが知られている^{33,34)}。

(5) 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^{1,2,35)}。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から得られている²⁾。生息水深は25-1,240mとされるが、水深200-800mに多く生息する¹⁾。

琉球列島周辺海域では、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^{36,37)}。また、フウセンキンメとは分布域が重複するが^{1,2)}、後述するとおり、両種の分布パターンは若干異なるよう

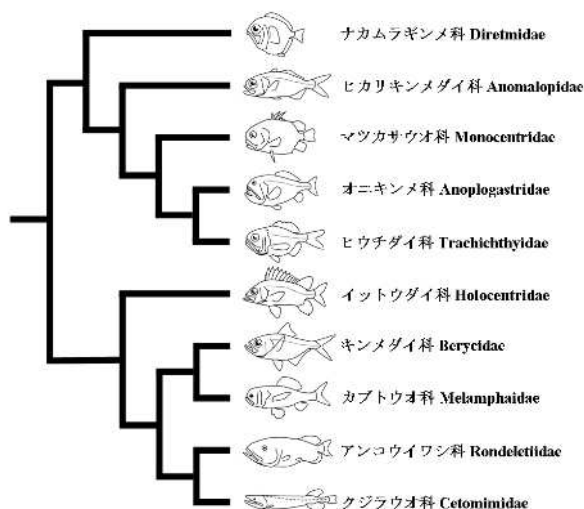


図3 キンメダイ目魚類の類縁関係 (MIYA et al. ^{29,30)}に基づき作成)

ある。伊豆諸島周辺海域^{15,38)} および天皇海山³⁹⁾ 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比べて非常に少ないと考えられている。一方、鹿児島市場に水揚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³⁷⁾。また、標本のサンプリングが十分とは言えないが、YOSHINO・KOTLYAR⁴⁰⁾ 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分析により種判別を行った研究によると、解析した全個体がフウセンキンメであった³⁹⁾。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やや南偏している可能性がある。

(6) 集団構造

増沢他⁴¹⁾ 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、プロポーションが海域間で若干異なることを指摘した。また、柳本⁴²⁾ 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⁴³⁾、ミトコンドリアDNAの調節領域の塩基配列分析¹⁶⁾、マイクロサテライトマーカー分析⁴⁴⁾ 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%)⁴⁵⁾ などと類似するという^{16,46)}。このことは、キンメダイが生活史の過程でニホンウナギのような大規模な回遊を行っ

ていることを示唆する。また、HOARAU・BORSA⁴⁷⁾ は、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測している。

これらの知見を踏まえると、少なくとも日本周辺海域に生息するキンメダイは漁場間で遺伝的交流を持った集団と考えてよいであろう。

(7) 卵・仔稚魚

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⁴⁸⁻⁵⁰⁾。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¹⁵⁾。

表層曳きで採集された卵は、鉛直曳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^{15,38)}。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³⁸⁾。

人工孵化試験によると、受精卵は水温23℃で約48時間後に孵化し、孵化後は卵黄吸収までに約4日を要する^{41,48)}。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⁴¹⁾。孵化後4日目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⁴¹⁾。仔魚は孵化後3日目までは光に対して正負とも反応を示さないが、孵化後4日頃から眼球が黒くなり、正の走光性を示すようになる^{41,48)}。

キンメダイの稚魚および幼魚は、背鰭第1軟条が著しく伸長し、このような個体は「糸引きキンメ」と呼ばれる⁵¹⁾。キンメダイ属3種は、後期屈曲期以前では形態的に区別できないが、キンメダイ属の同定形質として用いられている背鰭条数は、体長5.9mmで定数に達することから⁵²⁾、この体長に達した個体であれば、ある程度判別が可能であ

と思われる（キンメダイ13-15；フウセンキンメ12-13；ナンヨウキンメ16-20）。ちなみに、沖山⁵³がキンメダイの稚魚（体長10.0mm）として示した個体は、背鰭軟条数が12と少ないことから（キンメダイでは13以上）、フウセンキンメの稚魚であることが指摘されている¹⁰。

秋元⁴⁶の集計によれば、これまでに少なくとも世界で10例475個体（その内、日本では5例316個体）のキンメダイ属仔稚魚の採集報告があり、その多くは水深20m以浅で採集されている。漁場において底曳網で漁獲されるキンメダイのほとんどは、尾叉長17-18cm以上であること^{54,55}、底曳網で漁獲された最小個体は尾叉長11.9cm⁵¹であることなどを踏まえ、少なくとも尾叉長12cm程度までは浮遊生活を送り、12-18cmの間に漁場に着底すると考えられている⁴⁶。仔稚魚の浮遊期間は、耳石輪紋による日齢査定から150-300日程度と推定されている^{46,54}。一般的に海洋生物の浮遊幼生期の長さや分散の規模との間には正の相関が認められることから⁵⁶⁻⁵⁸、キンメダイに見られる浮遊生活期の長さは、本種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^{16,43-44}とも整合する。

（8）年齢と成長

年齢と体長の関係（図4）は、雌雄、生息海域、年代により若干異なる結果が得られているが、各年齢の尾叉長は概ね、満1才で15-17cm、満2才で20-22cm、満3才で25-28cm、満4才で30-32cm、満5才で32-35cm、満10才で38cm前後とされている⁵⁹⁻⁶³。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⁶⁴。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⁶⁵。

キンメダイの年齢査定には、耳石と鱗が用いられており、耳石では春季から夏季に形成される透明帯⁶⁰⁻⁶³、鱗では冬季から春季に形成される休止帯⁵⁹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⁶³、読取りの際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才⁶²と比較的長寿であるが、本県漁船が操業する東京湾口部から伊豆諸島周辺海域で漁獲の主体となっているのは2-4才魚である⁶⁶。

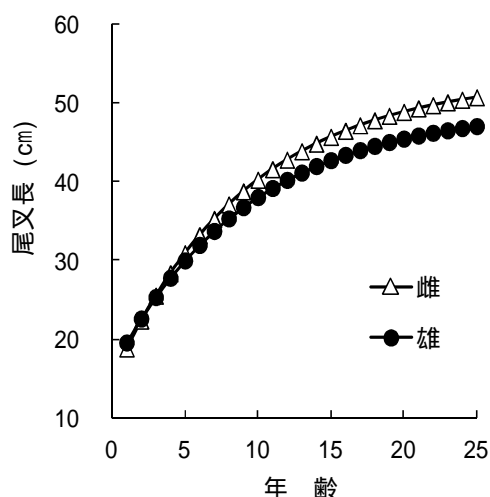


図4 伊豆諸島海域におけるキンメダイの von Bertalanffyの成長曲線⁶⁴

（9）成熟と産卵

肉眼による観察では、卵巢内に完熟卵が出現する最小尾叉長は、房総半島沖で28cm⁶⁷、伊豆諸島周辺海域で35cm⁶⁸と報告されている。また、秋元他⁶⁹は組織学的観察に基づき、伊豆諸島周辺海域では4-5才、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32.5cm⁶⁹、ニューカレドニアで33.2cm⁷⁰、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23cm⁷¹と海域によって若干の差異が見られる。

卵巢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⁷⁰。卵巢内卵数は、日本周辺では尾叉長40cm程度で300,000-500,000粒⁴¹、ニューカレドニア周辺では尾叉長34-40cmで270,000-680,000粒⁷⁰と見積もられている。

日本周辺海域における産卵場は、房総半島沖から、相模湾、伊豆諸島周辺、四国・九州沖、小笠

原周辺にかけての広範囲で知られており、成魚が生息する海域であれば、どこでも産卵が行われていると考えられている^{41,46)}。また、伊豆諸島周辺海域のキンメダイ漁場では、沖合にいくほど魚体が大きくなり⁴¹⁾、雌の抱卵数は尾叉長に伴い指数的に増加することから⁷⁰⁾、沿岸の黒潮内側域よりも大型魚が多い黒潮流軸以南の沖合の方が産卵場としての機能は高いと考えられている⁴⁶⁾。

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^{67-69,72)}。国外では、天皇海山周辺⁷³⁾や大西洋北西部⁷⁴⁾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。一方、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⁷⁰⁾、北半球と南半球では産卵期が逆転している。

産卵時間帯は、魚群探知機を用いた行動観察⁷⁵⁾および排卵後濾胞の出現時間帯⁶⁹⁾から、薄明期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。

(10) 輸送・移動経路

標識放流や漁獲物調査から、本州太平洋岸の漁場に着底した若魚は成長に伴い生息層を深めるとともに、4才頃から南下すう勢を示し始め、

7才前後になると一斉に産卵場へ向けて移動すると考えられている(図5)⁷⁶⁻⁷⁸⁾。一方、成長しても南下移動せずに、同一漁場内に10年以上の長期にわたって滞留する個体の存在も知られており⁷⁶⁻⁷⁸⁾、必ずしも全ての個体が南下すう勢を示すわけではないようである。

日本周辺海域に生息するキンメダイの卵・仔稚魚の詳しい輸送経路は未だ不明であるが、プランクトンネットによる卵・仔稚魚調査、未成魚・成魚の標識放流および集団構造解析などの結果から、これまでにいくつかの仮説が提唱されている。

仮説1:キンメダイの卵・仔稚魚は、海流の渦流機構を利用して比較的狭い海域に留まるとする説である。LEHODEY et al.⁷⁰⁾は、ニューカレドニア沖のキンメダイの生育場および産卵場は、大きな海洋渦流機構のなかに位置し、卵・仔稚魚は産卵場からより浅い海域である生育場へ運ばれ、成長した後に再び産卵場へ戻ってくる生活史を想定している。しかし、集団構造解析^{16,43-44)}や標識放流調査⁷⁸⁾から、我が国のキンメダイは広範な海域で別々の産卵場をもつ個体群が遺伝的な交流を持つことが示唆されており、海山や海域毎に独立した集団が存在するとは考えにくい。ただし、一部の仔稚魚は、漁場となる海山や海丘の周辺に発生する渦流によって漁場周辺に留まっている可能性もある。

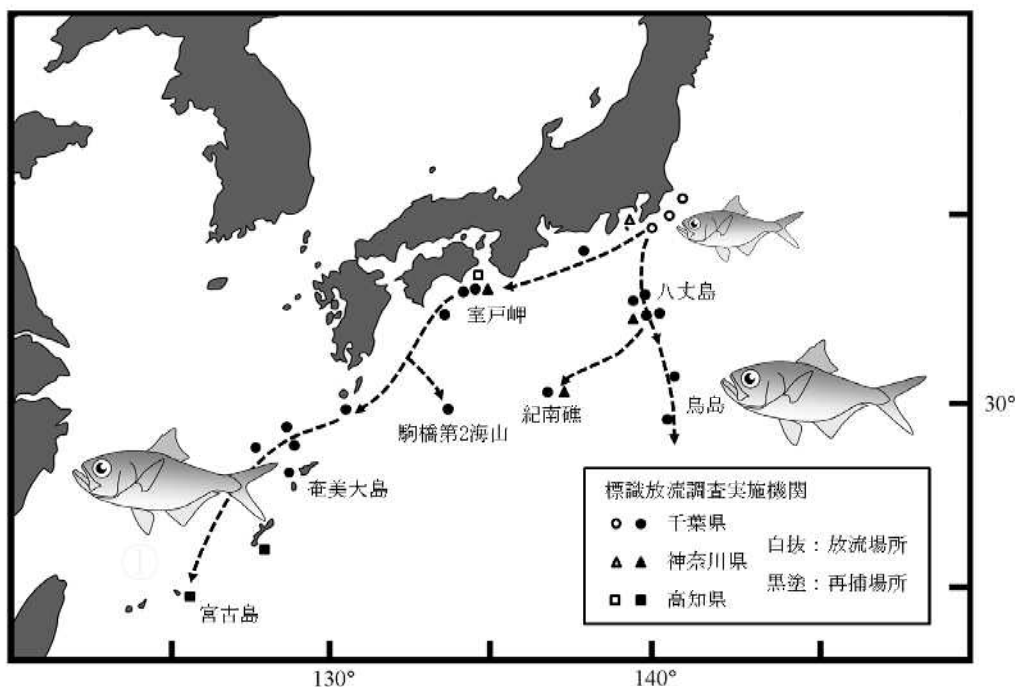


図5 標識放流調査から推定されるキンメダイの移動経路(池上⁷⁹⁾を基に作成)

仮説2：秋元^{38,46)}は、八丈島から小笠原諸島の黒潮流軸より南方の海域で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* のフィロソーマ幼生⁷⁹⁾と同じようにこの中規模渦に入り、琉球列島および台湾の東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⁸⁰⁾と見積もられており、仮にキンメダイ仔稚魚・幼魚の浮遊期間である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り、渦流に乗って黒潮本流へ再合流し、沿岸域に着底することも可能であると思われる。

仮説3：標識放流調査の情報に基づき、黒潮上流域（琉球列島周辺など）の産卵場への帰巢行動を想定したものである。中島⁸²⁾は、親魚生息海域から黒潮によって供給された幼稚魚は、四国・本州沿岸で成長し、産卵可能な状態になると海山を経由して、黒潮上流域の産卵場へ移

岸を通過してしまう可能性が高く、漁場に着底することは困難と思われる。

仮説4：日本周辺海域で生まれたキンメダイ仔稚魚は、黒潮続流により天皇海山へ移送され、北太平洋全体で交流することを想定した説である^{55,81)}。千国⁸¹⁾はミルウォーキー海山で産出された卵・仔稚魚が南下する海流に運ばれて北赤道海流に到達し、黒潮に乗って九州-パラオ海嶺や紀南海嶺および伊豆海嶺に到達する可能性も否定できないとしている。日本周辺海域と天皇海山の個体群間で遺伝的差異が認められないことは、両個体群間の交流を示唆するが、現在のところ、黒潮続流域や北赤道海流上におけるキンメダイ卵・仔稚魚の採集記録は得られていない。

上記の諸説を総合すると以下のような輸送過程を想定できそうである。まず、伊豆諸島南部や琉球列島周辺海域を始めとする各漁場で産出された卵・仔魚は、黒潮によって北東へ輸送され黒潮反流へ入る（この際、一部は黒潮反流に入らずに黒潮続流に乗って北東へ流され、天皇海山周辺まで

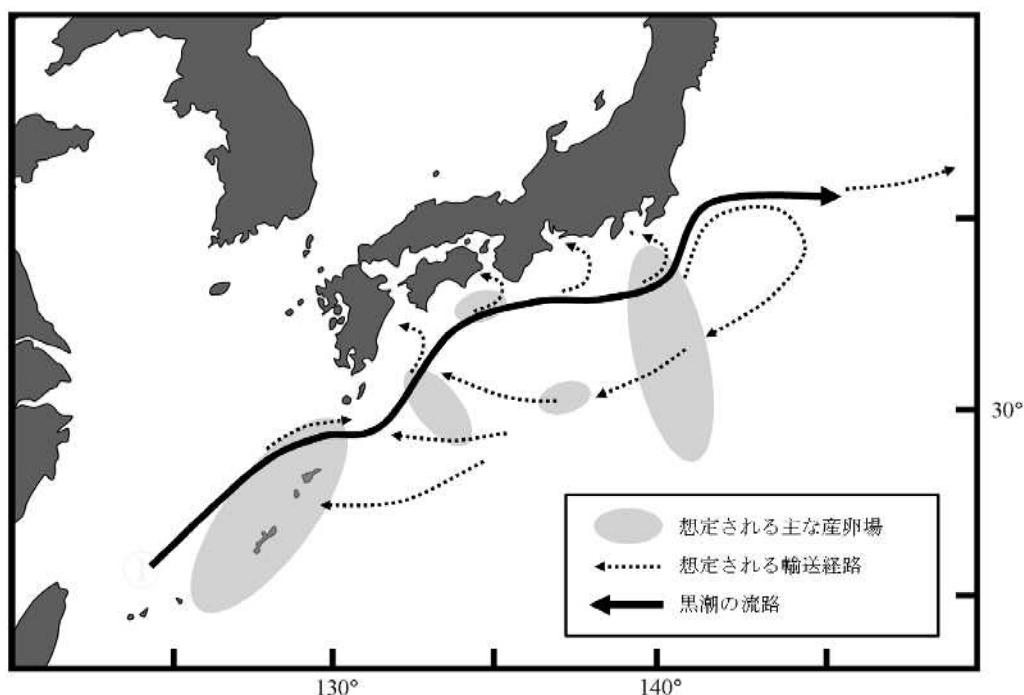


図6 キンメダイ卵稚仔の移動様式に関する仮説

動すると推測している。黒潮流軸において仔魚の採集記録があることは⁸³⁾、本仮説を支持するものの、流速の速い黒潮流軸内で150日以上

の浮遊生活期を送ると仮定すると、本州・四国沿岸へ輸送される可能性も考えられる)。その後、黒潮反流によって琉球列島東方海域へ輸送され、再び黒潮流域に入り、本州太平洋岸に到達した幼魚は、黒潮からの暖水波及に乗って沿岸漁場に来遊し着

底する(図6)。

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ことが予想されるが、現在段階ではその可能性を論じているに過ぎない。本種の再生産機構を明らかにするためには、卵・仔稚魚の輸送経路と想定される黒潮流域から続流域、黒潮反流域、琉球列島周辺海域などの各海域における、卵・仔稚魚の採集調査が必要である。

(11) 被捕食関係

キンメダイの主要な餌料生物としては、ハダカイワシ類やワニトカゲギス類(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^{41,84-86}。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⁸⁷。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⁸⁴。

魚群探知機や漁獲による調査から、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^{41,55,75}。また、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、魚群形成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⁸⁸。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、キンメダイの魚群形成量も大きくなることを示唆している⁸⁹。

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⁹⁰。この結果は、キンメダイが高度な遠近調節能力を持ち、反射板を備え、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⁹¹とも合致している。

キンメダイの捕食者に関する情報は少ないが、操業時にサメやイルカによる食害が報告されている⁹²⁻⁹⁴。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. falciiformis*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魚体が出現している⁹⁵。鯨類に関しても、ハンドウイルカ *Tursiops truncatus*をはじめとするイルカ類がキンメダイ漁場に高密度で生息していることが報告されており、食害の加害種になっている可能性がある⁹⁵。現在、これらの漁業被害軽減を目的として、サメ類などの駆除活動が行われているが、過度の駆除は海洋生態系のバランスを崩す可能性が指摘されている⁹⁶。サメやイルカによる漁業被害を軽減するためには、漁獲対象種であるキンメダイの資源管理を進め、海洋生態系全体の視点で保全を図ることが重要である⁹⁴。

(12) 漁況と海洋環境との関係

キンメダイの漁況と海洋環境との関係については、主に黒潮の流路に視点が置かれ議論されてきた⁹⁷⁻¹⁰⁰。古くから伊豆諸島周辺海域では、漁場に黒潮が流入する場合には不漁となり、黒潮が漁場を迂回する場合には好漁になることが知られていた。漁況が変動する理由について、静岡県水産試験場⁹⁷は、黒潮の強流によって操業が困難になるばかりでなく、水温や餌料条件などが変化することで漁獲効率が低下すると推測している。また、秋元他¹⁰¹は、伊豆諸島周辺海域において、黒潮がキンメダイの漁場環境(水温、流速)におよぼす影響および漁場環境の変化が釣獲効率におよぼす影響について検討し、表層流速が1.5kt以下であること、200m層水温が15.5以下であること、黒潮乖離距離が50km以上であること、の3つの条件が満たされるほど好漁が期待できると報告している。神奈川県立縄釣り漁船の主要漁場である伊豆諸島北部海域(三本、イナンバなど)は、漁

船の基地港である三崎漁港から70-90mile (113-145km) 沖合にあるため、出漁の際の燃料費が大きく、不漁の場合には採算割れを起こす可能性が高い¹⁰¹⁾。そのため、近年は、燃油費の高騰と資源の減少を理由に遠方漁場での操業を見合わせる漁業者も多い。

キンメダイの資源変動機構は不明であるが、増沢他⁴¹⁾は、黒潮の流路がB型やC型で推移すると、卵・仔魚は相模湾、房総半島沿岸に運ばれる可能性が高いため、減耗は少なくなると推測している。また、房総半島西岸における、産卵期の水温と2年後の9-12月のCPUEとの関係について検討し、産卵期間中に平均水温が高いほど、2年後のCPUEが高いことを報告した。そ

の理由として、産卵期間中に黒潮が接岸すると沿岸域に運ばれる卵仔魚の数が増えることを挙げている。その後、神奈川県水産試験場¹⁰²⁾も伊豆諸島周辺海域においてほぼ同様の結果を得ている。その理由として、漁場で産卵された卵は水温が高いほど孵化時間が短くなり、海流によって遠方の生息に不適な場所へ流される割合が減り、加入資源が増えるためと推察している。この他にも、大西¹⁰³⁾は産卵期(7-9月)の黒潮流路によって伊豆半島東部沿岸域のキンメダイの初期加入量の多寡が決まることを、清水¹⁰⁴⁾は千葉県勝浦沖漁場でのキンメダイ漁獲量と黒潮流路との関係から、産卵期における黒潮流路の貢献度合は漁場により異なることを指摘している。

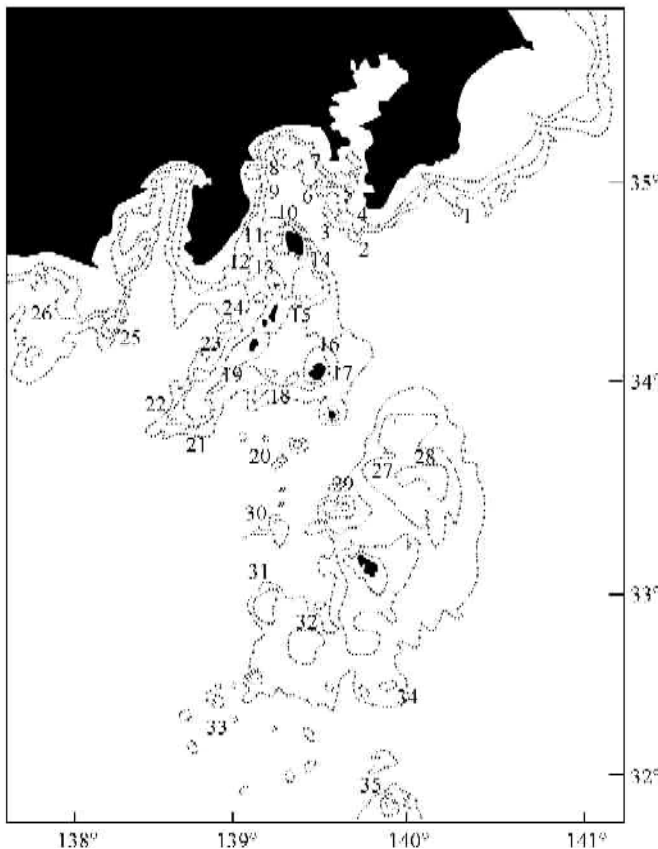


図7 1都3県の主なキンメダイ漁場(神奈川県⁹⁾を改編)

1. 勝浦沖 2. 富出し 3. 布良瀬 4. ナカンバ 5. 仲の瀬 6. 仲の山 7. かど沖 8. 伊豆山下 9. 初島沖
10. 乳ヶ崎沖 11. 矢筈出し 12. 高場 13. ウドマ合せ
14. 波浮口 15. 新島裏 16. クボタ下 17. 無線下 18. 三本
19. ワタリ 20. イナンバ 21. うまの瀬 22. 沖の瀬
23. オッパセ 24. ヒョウタン 25. 金洲 26. 小台場 27. 中黒瀬
28. 新黒瀬 29. 黒瀬 30. 八丈西の瀬 31. 八丈南西1
32. 八丈南西2 33. 八丈南西3 34. 青ヶ島周辺 35. ベヨネーズ周辺

神奈川県における漁業実態

(1) 漁法

現在、神奈川県でキンメダイを対象とする漁業には、立縄釣り漁業と底立延縄漁業がある。立縄釣り漁船が、布良瀬、伊豆半島東岸沖、伊豆諸島北部海域などの沿岸漁場で操業するのに対し、底立延縄漁船は、青ヶ島周辺、鳥島近海、四国沖などの沖合漁場で操業する(図7)。現在の神奈川県内の主要水揚港は、三浦市三崎地区の三崎漁港と松輪地区の間口漁港の2港で、三崎漁港には底立延縄漁船と立縄釣り漁船、間口漁港には立縄釣り漁船が水揚を行っている。

立縄釣り漁は、主に東京湾口部、相模湾、伊豆諸島海域などの近海で、乗組員1-3名の日帰りまたは2-3日の操業を行う。漁船規模は5t未満の小型船と5-19tの中型船に分けることができ、乗組員数は、小型船で1-3人、中型船で3-7人である。

漁具は枝針が30本付いた立縄(図8)で、漁具の本数は乗組員数+1本までに自主規制している。餌としては、イカやサバの切り身が用いられている。操業水深は、主に夜間は150-300m、昼間は300-500mと操業時間帯によってことなるが、これはキンメダイが日周鉛直移動をすることと関係している。漁場では魚群探知機で魚群を確認した後、潮上側から漁具を投入し、夜間は5-20分、昼間は20-30分待ち、自動巻揚機を使って漁具を巻揚げる。このような作業を夜間は約20回、昼間は5-6回繰り返す。漁場が海山の山頂付近と狭いため、

お互いの漁具が絡まないように他県船を含めて集団で潮に流しながら釣るという集団操業を行い、操業のトラブルを未然に防いでいる。漁獲物は鮮魚として水揚げされ、三崎魚市場では自動選別機を用いて、重量毎に1から8Bの9銘柄に仕分けられている(表1)¹⁰⁵⁾。

立縄釣り漁の操業形態は地域や漁船規模により異なるが、サバやイカ釣り漁を兼業する漁業者が多い。年間の水揚げ回数は、2005年頃までは100回を超える船も見られたが、近年は漁模様の悪化や燃油費の高騰を背景に出漁を控える船も多く、水揚げ回数の多い船でも年間50回を超えることはなくなった。2012年現在、三崎地区では約40隻、松輪地区では約20隻の立縄釣り漁船が操業を行っているが、三崎地区では後継者不足から漁業者の高齢化が問題となっている。

底立延縄漁は、神奈川県では1979年より操業が始まり、沖合漁場である青ヶ島から鳥島周辺、四国沖、琉球列島周辺などで操業を行っている。漁船規模は50-99t程度、乗組員は10人前後で1航海当たりの操業日数は7-10日で、年間20-30回程度の水揚げが行われている。漁獲物の大部分は高知県などの他県で水揚げされた後、三崎漁港まで陸送される。1980年代までは県内で約5隻が操業していたが、年々数が減り、現在は2隻が操業しているに過ぎない。

漁具は、幹縄、枝縄、瀬縄および中石縄から構成される延縄である(図8)。枝縄には釣針

を約20本付け、上端には浮子、下端には下錘が付随する。幹縄1籠当たり60本程度の枝縄を取り付ける。餌としてはカタクチイワシ *Engraulis japonicus* やイカの切り身などが用いられる。1連の幹縄の両端には、上端に浮標識と下端にアンカーを付けた瀬縄を取り付ける。さらに幹縄2籠毎に、中石と呼ばれる鎖環を付けた中石縄を取り付けており、アンカー、中石および下錘を海底に着底させる。操業は、午前1時頃から投縄予定地点に移動を開始するとともに、約2時間かけて装餌などの操業準備を行う。午前5時頃から投縄を始め、約1時間で投縄を終えて縄待ちする。午前6時頃から揚縄に取り掛かり、約5時間を要して正午までに揚縄を終える。漁具は、自動巻揚機を使って巻揚げられ、籠のなかに収納される。漁獲物は、高値で取引される鮮魚として出荷されることが多いが、単価が低い場合は冷凍保存されることもある。

漁船および漁具の大規模化により、漁獲効率が格段に向上するとともに、従来は利用できなかった遠隔漁場の未利用資源の利用が可能になったが、その漁獲効率の高さ故に、以前から乱獲が懸念されていた。1978年には底立延縄漁業者により、全国金目鯛漁業者協会が設立され、自主規制に取り組んでおり、1985年には東京都海面、1990年には静岡県海面において、底立延縄漁業の操業が知事許可制になり、操業隻数、漁船規模、漁具、漁場が制限されるようになった⁹⁹⁾。

表1 三崎魚市場におけるキンメダイ各銘柄の体重、尾叉長、年齢¹⁰⁵⁾

銘柄	規格体重 (g)	平均体重 (g)	尾叉長範囲 (cm)	平均尾叉長 (cm)	年齢
8B	~ 400	223	19.0 ~ 23.5	21.7	1 ~ 2
8	~ 400	341	22.5 ~ 27.0	24.9	1 ~ 3
7	400 ~ 600	500	25.0 ~ 29.5	27.7	2 ~ 3
6	600 ~ 800	700	29.0 ~ 33.0	31.2	2 ~ 4
5	800 ~ 1,000	900	32.0 ~ 35.5	33.8	3 ~ 5
4	1,000 ~ 1,200	1100	33.0 ~ 37.0	35.4	4 ~ 6
3	1,200 ~ 1,500	1250	36.0 ~ 40.5	38.6	5 ~ 7
2	1,500 ~ 2,000	1750	37.0 ~ 43.0	40.7	6 ~ 8
1	2,000 ~	2344	44.0 ~ 50.0	46.6	9 ~

注：1988年以前と1992年7月以降は銘柄区分が多少異なる。

銘柄別の尾叉長範囲は1990~1991年に市場で計測した値。

銘柄1、8、8Bの平均体重は、平均尾叉長から計算した値。その他は基準体重の中央値。

(2) 漁獲状況と資源動向

神奈川県におけるキンメダイ漁の歴史は古く、明治時代には既に立縄釣りで混獲されていたようである。1960年以前は、東京湾口部の布良瀬や沖ノ山などで冬季に操業する程度であったが、魚群探知機やレーダーなどの漁場探索機器が導入されるようになると、漁場が伊豆諸島へと拡大し、年間100-200t程度が水揚げされるようになった。1970年代には自動巻揚機が導入され、作業効率が大幅に向上するとともに、従来は操業できなかった深所でも操業できるようになった。1980年代に入ると三宅島周辺などの漁場開発や、サバ、ムツ、メダイの不漁に伴うキンメダイ漁船の増加、底立延縄漁船の参入などにより、漁獲量は飛躍的に伸び、1985年には年間1,000tを超えた。1985年から1991年にかけては、年間1,000tを上回る高水準で推移したが、1991年に過去最高値(3,032t)を記録して以降、漁獲量は多少の増減を繰り返しながら減少を続け、2009年以降は500tを下回るようになった。2012年の年間漁獲量は231tで、この値はピーク時の10分の1にも満たない。

漁獲量の減少傾向は、沿岸漁場で操業を行う立縄釣り漁船で顕著で、3-5年程度の周期で小規模な変動を繰り返しながら減少を続けている(図9)。2010年以降は、年間20tを下回る状態が続いており、2012年の漁獲量は僅か5tであった。三崎漁港に水揚げされた立縄釣りによる漁獲物の尾叉長組成(図10)を見ると、1995-

2004年頃までは尾叉長範囲が比較的広く多峰型を示しているが、2005年以降は尾叉長範囲が徐々に狭まり、単峰型に変化している。キンメダイは漁場に参加してから4-7年が経過すると、一部が漁場に留まるものの、沖合の産卵場へ移動する傾向が見られ^{39,71-73})、小型魚の加入がなければ、漁場に添加した資源は漁獲によって減少してゆくと考えられる。1998年と2003年に小型魚(尾叉長22-25cm程度)のまとまった加入が確認されたものの、その後は大規模な加入が途絶えており、このことが沿岸漁場における漁獲量の低下を招いた一因と考えられる。一方、底立延縄では、立縄釣りで見

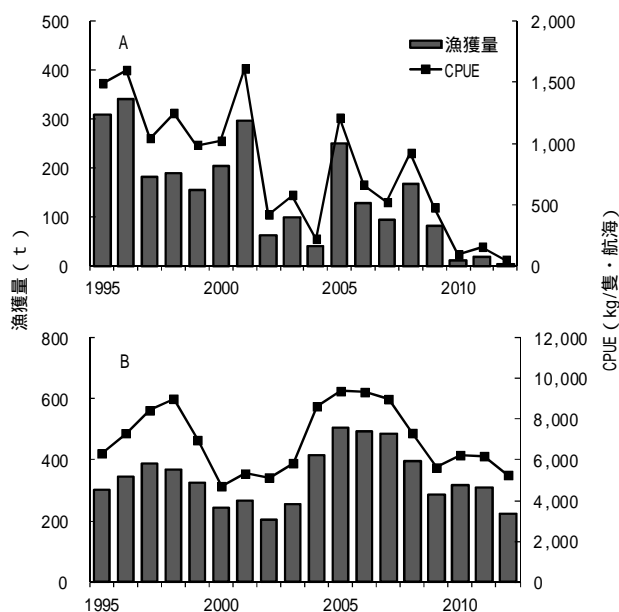


図9 三崎漁港におけるキンメダイの漁獲量とCPUEの経年変化 A:立縄 B:底立延縄

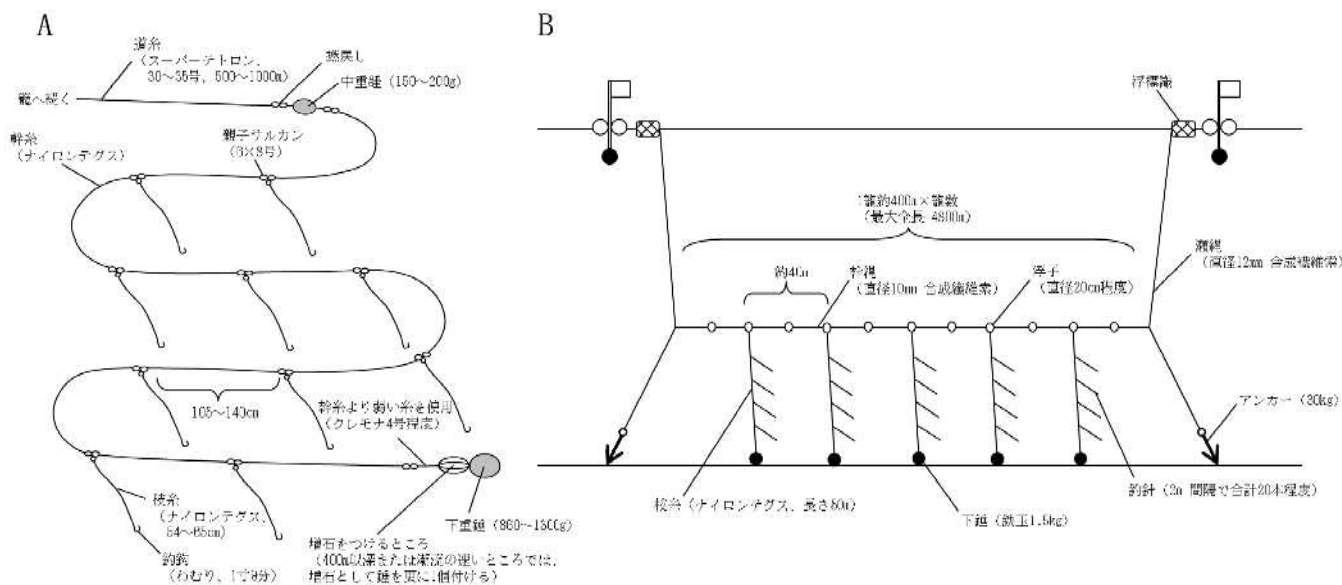


図8 キンメダイ漁に用いられる釣漁具(増沢他⁴²)を改編

られたような尾叉長組成の変化は認められないものの(図11)、漁獲量が2005年以降、緩やかな減少傾向にあることや、沖合漁場へ移動してくる沿岸資源が減少していることなどを考慮すると、総じて資源は減少傾向にあると考えられる。

(3) 資源管理方策

これまでのキンメダイの資源管理は、主に漁業者による自主的資源管理措置の下で行われてきた。1都3県(千葉県、東京都、神奈川県、静岡県)では、漁業者の合意の下で小型魚の再放流、漁具・漁法の制限、休漁日・休漁期間の設定および操業規制区域の設定などの自主的資源管理措置を定めるとともに、漁業者検討会やキンメダイ資源管理実践推進漁業者協議会など

の場を通じて資源管理を推進してきた^{106,107)}。キンメダイの詳しい再生産機構や資源変動要因が明らかにされていない現状では、予防的な見地から漁業管理を進めていくことが重要であり、これらの資源管理措置を引き続き遵守することが求められる。

一方、漁獲量や漁獲努力量を適切に管理していくためには、科学的なデータに基づいて正確に資源評価を行い、資源管理措置の改善に繋げる必要がある。しかし、日本近海におけるキンメダイの資源量は明らかにされておらず、現行の資源管理措置の効果を評価することは難しい。近年、南天皇海山～北ハワイ海嶺(SE-NHR)のキンメダイ漁場では、非平衡プロダクションモデルに基づき資源量推定が行われ、1997-2006年の平均漁獲率は、 F_{msy} と比較して20-28%過大であることが指摘され

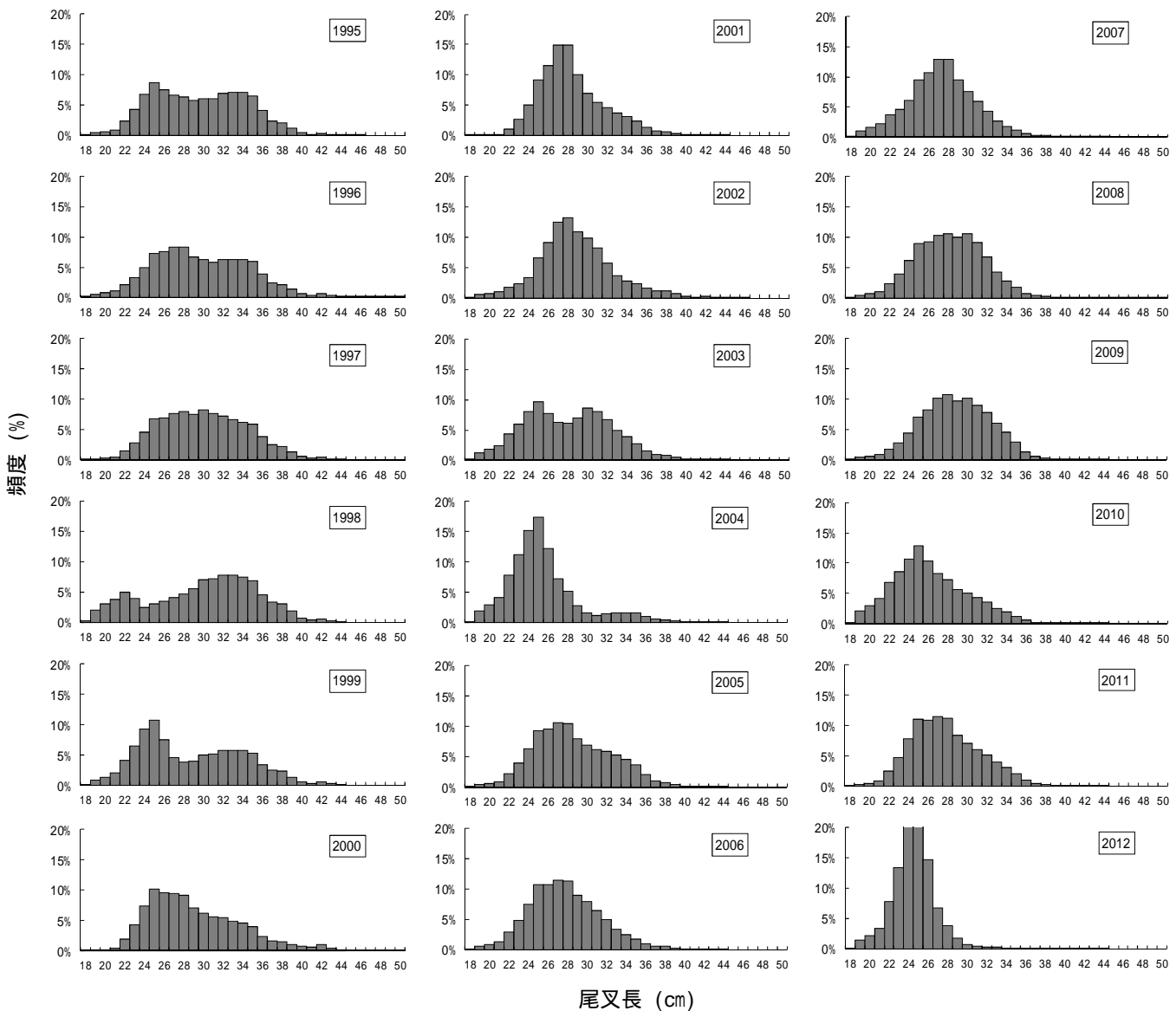


図10 三崎漁港に水揚げされたキンメダイの尾叉長組成(立縄)

た¹⁰⁸⁾。この結果を受け、2009年には当該海域における漁獲圧を過去10年（1997-2006年）の平均値から2割削減するなどの方針が示された¹⁰⁹⁾。

日本近海においても、資源状態に応じた適切な資源管理が実施されるよう、研究機関が協力し早急に資源量の把握に努めるとともに、漁業者を始めとする関係者が一体となり、科学的根拠に基づいて、現行の資源管理措置の内容の改善を図っていくことが必要である。

考 察

今後の研究課題

上述のキンメダイに関する生物学的知見を踏まえ、資源の持続的な利用に向けて、今後、関係研究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。

(1) 生物学的情報の収集

これまでの研究により、年齢・成長、成熟、回遊、集団構造を始めとするキンメダイに関する様々な生物学的知見が蓄積されつつある。その一方で、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生態はほとんど明らかにされていない。

一般的に水産資源の変動を引き起こす主たる要因は、仔稚魚期における餌環境や仔稚魚を産卵場から成育場に輸送する物理環境であると考えられており¹¹⁰⁾、対象生物の初期生態を知ることは、その資源変動機構を明らかにする上で重要である。今後は、キンメダイの詳しい産卵場や産卵期、仔稚魚の分布、摂餌生態などの解明に向けて、仔稚魚の採集調査の強化が望まれる。

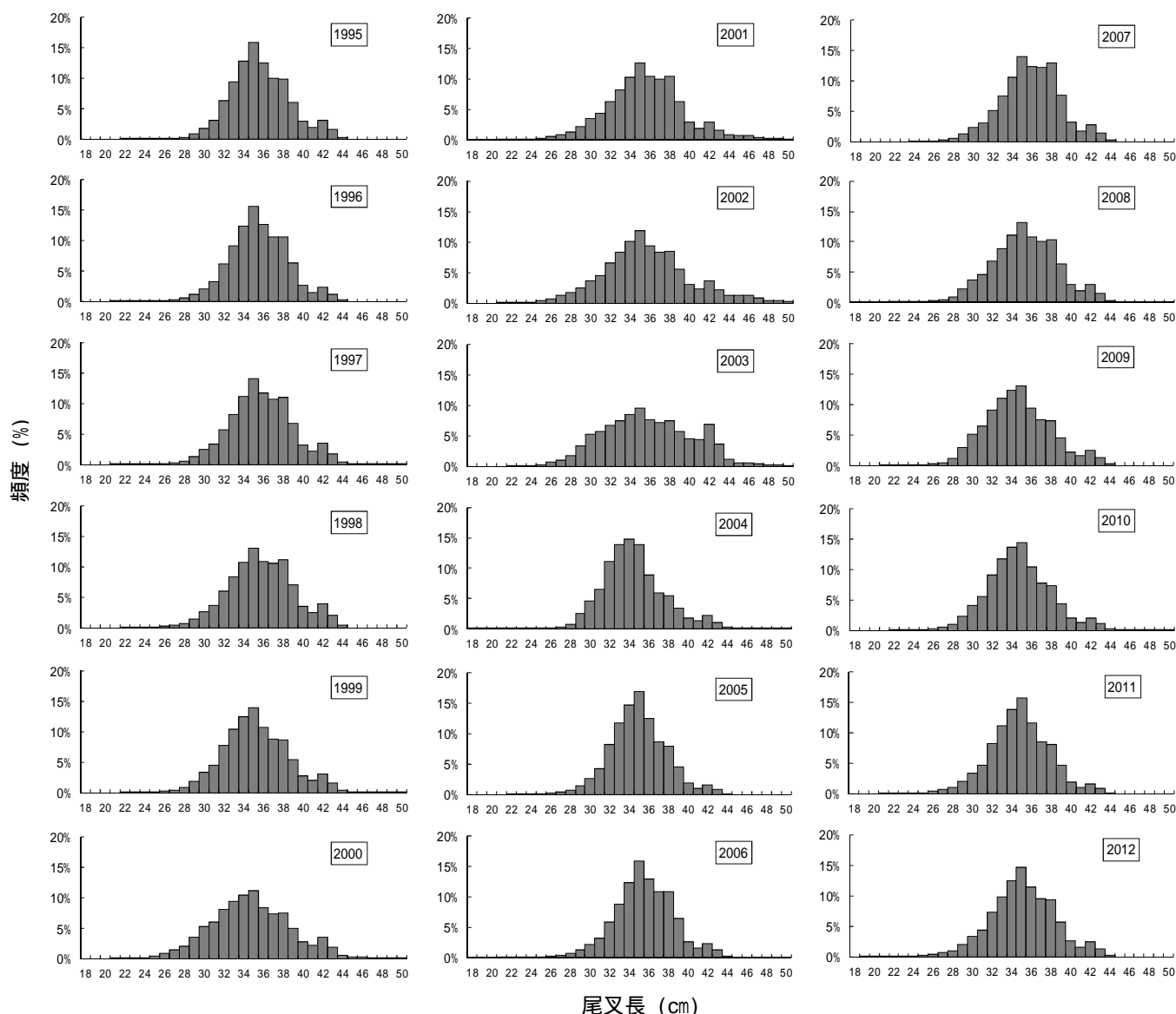


図11 三崎漁港に水揚げされたキンメダイの尾叉長組成（底立延縄）

(2) 資源解析

資源量の推定：資源評価の精度向上や適正な資源管理目標の設定のためには、対象生物の資源量を把握することが不可欠である。しかし、日本近海におけるキンメダイの資源量は未だ明らかにされておらず、資源管理を推進する上で大きな課題となっている。水産資源の現存量の推定には様々な手法が用いられているが、キンメダイの場合、現段階で入手可能なデータが、漁獲量、CPUE、尾叉長組成などに限られていること、CPUEの標準化が行われていないことなどを考慮すると、年齢別漁獲尾数を用いて資源量を推定するVPA (Virtual Population Analysis) を用いるのが適当と思われる。VPAは、一般に寿命が長く、自然死亡率が低く、漁獲割合が高い場合に精度良く資源量を推定できることから¹¹¹⁾、キンメダイの生物学的特性とも合致している。日本近海のキンメダイ資源の減少が危惧されるなか、資源状態を正確に把握することは、1都4県にとって緊急の課題であり、関係研究機関が互いに連携してデータの収集 (漁獲量、尾叉長組成、Age-length keyの作成など) および解析に取り組む必要がある。

資源変動要因の推定：伊豆諸島周辺海域のキンメダイ資源は、数年に1度発生する卓越年級群によって支えられていると考えられており¹⁰⁷⁾、卓越年級群の発生要因の解明は、適切な資源管理方策を策定する上で重要な課題である。

一部の水産生物 (特に小型浮魚類) の資源変動は、レジームシフトと呼ばれる数十年周期の気候変動によって引き起こされると考えられている^{112,113)}。代表的な例としては、温暖レジームには、マアジ *Trachurus japonicus*、カタクチイワシ、温暖から寒冷への移行期にはサバ類、寒冷レジームではマイワシ *Sardinops melanostictus* が増加することが知られている¹¹³⁾。現在のところ、キンメダイの資源変動と気候変動との関係については不明であるが、寒冷レジームに移行した1970年代半ばからキンメダイの漁獲量が急増したこと (ただし、この頃の漁獲量の増加は漁獲努力量の増大の影響も大きい) や、温暖レジームに移行した1980年代後半から減少に転じたという現象は、キンメダイの

資源変動がレジームシフトと関連している可能性を示唆している。

ある年級が卓越となるかどうかは、産出された卵数ではなく、比較的少数の生き残った幼魚によって決定すると考えられており^{110,114)}、仔稚魚の生残に有利 (または不利) な環境を把握し、気候変動と初期減耗との関係について検討してゆくことが望まれる。

(3) 資源管理方策の策定

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、休漁日・休漁期間の設定および操業規制区域の設定などの、漁業者による自主的資源管理措置の下で行われてきた。しかし、キンメダイ資源を持続的に利用するためには、科学的データに基づいて資源管理方策の改善を図っていく必要がある。今後は、複数の管理条件下でのシミュレーションを行い、各管理方策の有効性について再検証するとともに、資源管理実践推進漁業者協議会などの場を通じて漁業者への提言を行い、資源管理方策の改善に繋げていくことが求められる。

謝 辞

神奈川県水産技術センター企画資源部の前川千尋部長、一色竜也専門研究員には、本稿の公表を勧めていただいた。また、栽培推進部の秋元清治主任研究員には、多くの有益な助言をいただいた。みうら漁業協同組合所属の立縄釣りおよび底立延縄漁業者の方々には、漁業情報の収集に御協力をいただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

なお、本研究の一部は、水産庁委託事業「我が国周辺水域漁業資源調査」の一環として行われたものである。

引用文献

- 1) BUSAKHIN S. V. (1982): Systematics and distribution of the family Berycidae (Osteichthyes) in the world ocean, J. Ichthyol., **22**, 1-21.
- 2) 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, 577-578.

- 3) 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.
- 4) 水産庁: 平成 24 年度キンメダイ資源動向調査総括報告書 (要約)
<http://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s_kouiki/taiheiy/pdf/tm22-3.pdf; >
(2013.12.09 取得)
- 5) 神奈川県 (1991): 平成 2 年度広域資源培養管理推進事業報告書, 神奈川県, 横浜, 77pp.
- 6) 神奈川県 (1992): 平成 3 年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書 (広域回遊資源), 神奈川県, 横浜, 62pp.
- 7) 神奈川県 (1993): 平成 4 年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書 (広域回遊資源), 神奈川県, 横浜, 63pp.
- 8) 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.
- 9) 神奈川県 (1994): 平成 5 年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書 (広域回遊資源), 神奈川県, 横浜, 41pp.
- 10) YOSHINO 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.
- 11) 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.
- 12) 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.
- 13) 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, 426, 649.
- 14) 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・上野輝禰・吉野哲夫編)」, 東海大学出版会, 東京, 107-108.
- 15) AKIMOTO S., KINOSHITA S., SEZAKI K., MITANI I. and WATANABE 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.
- 16) 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, 神奈川県水産総合研究所研究報告, **8**, 89-97.
- 17) AKIMOTO S., ITOI S., SEZAKI K., BORSA P. and WATANABE 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, Fisher. Sci., **72**, 202-207.
- 18) California Academy of Sciences: Catalog of fishes<<http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>>
(2013.12.09 取得)
- 19) 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.
- 20) 中坊徹次・中山耕至 (2013): 魚類概説, 「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, 3-30.
- 21) ROSEN D. E. (1973): Interrelationships of higher euteleostean fishes, "Interrelationships of fishes (GREENWOOD P. H., MILES R. S. and PATTERSON C., eds.)," Academic, New York, 397-513.
- 22) ZEHREN S. J. (1979): The comparative osteology and phylogeny of the Beryciformes (Pisces, Teleostei), Evol. Monogr., **1**, 1-389.
- 23) STIASNY M. L. J. (1986): The limits and relationships of the acanthomorph teleosts, J.

- Zool., London (B), **1986**, 411-460.
- 24) STIASSNY M. L. J. and MOORE J. A. (1992): A review of the pelvic girdle of acanthomorph fishes, with comments on hypotheses of acanthomorph intrarelationships, Zool. J. Linn. Soc., **104**, 209-242.
- 25) MOORE J. A. (1993) Phylogeny of the Trachichthyiformes (Teleostei: Percomorpha), Bull. Mar. Sci., **52**, 114-136.
- 26) JOHNSON D. and PATTERSON C. (1993): Percomorph phylogeny: a survey of acanthomorphs and a new proposal, Bull. Mar. Sci., **52**, 554-626.
- 27) NELSON J. (1994): Fishes of the world, 3rd edn., John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey, 600pp.
- 28) NELSON J. (2006): Fishes of the world, 4th edn., John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey, 601pp.
- 29) MIYA M., TAKESHIMA H., ENDO H., ISHIGURO N., INOUE J., MUKAI T., SATOH T., YAMAGUCHI M., KAWAGUCHI A., MABUCHI K., SHIRAI S. and NISHIDA M. (2003): Major patterns of higher teleostean phylogenies: a new perspective based on 100 complete mitochondrial DNA sequences, Mol. Phylogenet. Evol., **26**, 121-138.
- 30) MIYA M., SATOH T. and NISHIDA M. (2005): The phylogenetic position of toadfishes (order Batrachoidiformes) in the higher ray-finned fish as inferred from
32 partitioned Bayesian analysis of 102 whole mitochondrial genome sequences, Biol. J. Linn. Soc., **85**, 289-306.
- 31) LI B., DETTAI A., CRUAUD C., COULOUX A., DESOUTTER-MENIGER M. and LECOINTRE G. (2009): RNF213, a new nuclear marker for acanthomorph phylogeny, Mol. Phyl. Evol., **50**, 345-363.
- 32) OJIMA Y. and KIKUNO T. (1986): A heteromorphic chromosome of *Beryx splendens*, Berycidae (Pisces), Proc. Jpn. Acad., 62, Ser. B, **8**, 317-320.
- 33) ARAI R. and NAGAIWA K. (1976): Chromosomes of two species of beryciform fishes from Japan, Bull. Natn. Sci. Mus. Ser. A (Zool.), **2**, 199-203.
- 34) BACURAU T. O. F. and MOLINA W. F. (2004): Karyotypic diversification in two Atlantic species of Holocentridae (Pisces, Beryciformes), Caryologia, **57**, 300-304.
- 35) KOTLYAR A. N. (1996): Beryciform fish of the world ocean, VNIRO publishing, Moscow, 368pp.
- 36) 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) , 沖縄県水産試験場事業報告書, 1-13 .
- 37) 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 .
- 38) 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, 日本水産学会誌, **71**, 205-211 .
- 39) 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 .
- 40) 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.
- 41) 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 .
- 42) 柳本 卓 (1996) : キンメダイの相対成長の地理的変異について, 北洋底魚資源調査研究報告集, **1996**, 258-272 .
- 43) 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, 北洋底魚資源調査研究報告集, **1996**, 273-291 .
- 44) 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 .

- 45) ISHIKAWA S., AOYAMA J., TSUKAMOTO K. and NISHIDA M. (2001): Population structure of the Japanese eel *Anguilla japonica* as examined by mitochondrial DNA sequencing, *Fish. Sci.*, **67**, 246-253.
- 46) 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明, 神奈川県水産技術センター論文集, **1**, 1-64 .
- 47) 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.
- 48) 大西慶一 (1966) : キンメダイ人工孵化についての試み, 魚類学雑誌, **14**, 27-33 .
- 49) 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, 999-1083 .
- 50) 久保島康子 (1995) : 伊豆諸島周辺海域におけるキンメダイ *Beryx splendens* 卵の分布, 日本水産学会誌, **61**, 187-192 .
- 51) 清水利厚 (1991) : キンメダイ *Beryx splendens* 若魚の形態と成長, 千葉県水産試験場研究報告, **49**, 17-23 .
- 52) MUNDY B. C. (1990): Development of larvae and juveniles of the alfoncinos, *Beryx splendens* and *B. decadactylus* (Berycidae, Beryciformes), *Bull. Mar. Sci.*, **46**, 257-273.
- 53) 沖山宗雄 (1988) : キンメダイ科, 「日本産稚魚図鑑 (沖山宗雄編)」, 東海大学出版会, 東京, 355-356 .
- 54) LEHODEY P., MARCHAL P. and GRANDPERRIN R. (1996): Age and growth of alfoncino *Beryx splendens* over the seamounts off New Caledonia, *Mar. Biol.*, **125**, 249-258.
- 55) 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 .
- 56) 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.
- 57) 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.
- 58) 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.
- 59) 芝田健二 (1983) : 房総海域におけるキンメダイについて-1-年令と成長, 千葉県水産試験場研究報告, **41**, 55-57 .
- 60) MASSEY B. R. and HORN P. L. (1990): Growth and age structure of alfoncino (*Beryx splendens*) from the lower east coast, North Island, New Zealand, *NZ. J. Mar. Freshwat. Res.*, **24**, 121-136.
- 61) ADACHI K., TAKAGI K., TANAKA E., YAMADA S., and KITAKADO T. (2000): Age and growth of alfoncino *Beryx splendens* in the waters around the Izu Islands, *Fish. Sci.*, **66**, 232-240.
- 62) 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 .
- 63) 秋元清治 (2007) : 伊豆諸島周辺海域におけるキンメダイの年齢と成長, 神奈川県水産技術センター研究報告, **2**, 13-19 .
- 64) 秋元清治 (1999) : キンメダイ *Beryx splendens* 若令魚の日齢査定, 神奈川県水産総合研究所研究報告, **4**, 61-63 .
- 65) 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, 神奈川県水産総合研究所研究報告, **10**, 83-86 .
- 66) 秋元清治 (2002) : 伊豆諸島周辺海域および東京湾口部漁場におけるキンメダイの漁獲と年齢の関係, 神奈川県水産総合研究所研究報告, **7**, 47-51 .
- 67) 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, 千葉県水産試験場研究報告, **43**, 3-9 .
- 68) 大西慶一 (1985) : キンメダイの資源補給に関する研究 (2), 静岡県水産試験場伊豆分場だより, **219**, 6-8 .
- 69) 秋元清治・久保島康子・三谷 勇・斎藤真美 (2005) : 伊豆諸島周辺海域におけるキンメダイ

- Beryx splendens* 雌の成熟, 日本水産学会誌, **71**, 335-341.
- 70) LEHOIDEY 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.
- 71) GONZALEZ J. A., RICO V., LORENZO J. M., REIS S., PAJUELO J. G., DIAS M. A., MENDONCA A., KRUG H. M. and PHINHO M. R. (2003): Sex and reproduction of the alfonsino *Beryx splendens* (Pisces, Berycidae) from the Macaronesian Archipelagos, J. Appl. Ichthyol., **19**, 104-108.
- 72) 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 (1), 神奈川県水産総合研究所研究報告, **4**, 37-41.
- 73) 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.
- 74) SHERSTYUKOV A. I. and NOSTOV A. S. (1986): Collections of juvenile alfonsino, *Beryx splendens* (Berycidae), in the region of the Uglovoye Submarine Rise, J. Ichthyol., **26**, 123-124.
- 75) 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.
- 76) 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, 神奈川県水産試験場研究報告, **13**, 41-51.
- 77) 高木康次 (2000): 標識放流によるキンメダイの移動と成長, 静岡県水産試験場研究報告, **35**, 9-15.
- 78) 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.
- 79) 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.
- 80) EBUCHI N. and HANAWA K. (2001): Trajectory of mesoscale eddies in the Kuroshio recirculation region, J. Oceanogr., **57**, 471-480.
- 81) 千国史郎 (1971): 北太平洋の海山と底生魚類, 水産海洋研究会報, **19**, 1-14.
- 82) 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, 高知県水産試験場事業報告書, **94**, 25-30.
- 83) 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.
- 84) DUBOCHKIN A. S. and KOTLYAR A. N. (1989): On the feeding of alfonsino (*Beryx splendens*), J. Ichthyol., **1**, 1-7.
- 85) 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.
- 86) HORN P. L., FORMAN J. and DUNN M. R. (2010): Feeding habits of alfonsino *Beryx splendens*, J. Fish. Biol., **76**, 2382-2400.
- 87) 池田郁夫 (1980): 海山, パンクの底魚資源, 「底魚資源 (青山恒雄編)」, 恒星社厚生閣, 東京, 331-342.
- 88) 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.
- 89) 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, 神奈川県水産総合研究センター研究報告, **3**, 25-33.
- 90) 久保島康子・菊池康司・山口ひろ常 (1998): キンメダイ *Beryx splendens* の摂餌行動, 神奈川県水産総合研究所研究報告, **3**, 43-49.
- 91) 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 *Beryx splendens*, Fish. Sci., **60**, 691-694.
- 92) 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.
- 93) 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.
- 94) 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, 日水産学会誌, **77**, 123.
- 95) 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, 日本水産学会誌, **77**, 124.
- 96) STEVENS J. D., BONIFIL R., DULVY N. K. and WALKER P. A. (2000): The effects of fishing on sharks, rays and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems, ICES J. Mar. Sci., **57**, 476-494.
- 97) 静岡県水産試験場 (1986) : 静岡県水産試験場伊豆分場資料第 173 号, 静岡県水産試験場伊豆分場, 下田, 33pp.
- 98) 米沢純爾・床枝真吉・橋本 浩・堀井善弘・妹尾浩太郎・山口邦久 (2004) : 伊豆諸島海域の底魚一本釣り漁業におけるキンメダイの漁獲特性, 黒潮の資源海洋研究, **5**, 91-97.
- 99) 飯田益生 (2004) : 伊豆諸島周辺海域における立延縄漁業によるキンメダイの漁獲動向, 黒潮の資源海洋研究, **5**, 77-83.
- 100) 秋元清治 (2005) : 黒潮流路の変化がキンメダイの釣獲効率に及ぼす影響, 神奈川県水産総合研究所研究報告, **10**, 99-103.
- 101) 秋元清治 (2006) : 黒潮と漁場の距離から推定する立延縄釣り漁船のキンメダイ漁獲量と採算分岐点, 神奈川県水産技術センター研究報告, **1**, 15-20.
- 102) 神奈川県水産試験場 (1970) : 底魚資源調査研究報告 (昭和 42-44 年度), 神奈川県, 横浜, 52pp.
- 103) 大西慶一 (1985) : キンメダイの資源補給に関する研究 (1), 静岡県水産試験場伊豆分場だより, **219**, 2-6.
- 104) 清水利厚 (1991) : 千葉県勝浦沖漁場におけるキンメダイ漁獲量と黒潮貢献度数との関係, 千葉県水産試験場研究報告, **49**, 1-2.
- 105) 戸井田伸一・杉浦暁裕 (1993) : 三崎魚市場におけるキンメダイ (*Beryx splendens* LÖWE) の年齢組成-II (経年変化), 神奈川県水産試験場研究報告, **14**, 47-51.
- 106) 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) : 大回遊資源と沿岸の漁業: 太平洋南部ブロックのキンメダイ漁業と資源管理, 水産海洋研究, **75**, 247.
- 107) 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.
- 108) 水産庁: キンメダイの資源評価のためのプロダクションモデル<http://www.jfa.maff.go.jp/j/study/pdf/appendix_c.pdf>; (2013.12.09 取得)
- 109) 水産庁: キンメダイの資源評価<http://www.jfa.maff.go.jp/j/study/pdf/appendix_d.pdf>; (2013.12.09 取得)
- 110) RUSSELL (1942): The over fishing problem, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 130pp.
- 111) 平松一彦 (2001) : VPA (Virtual Population Analysis), 「平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書 - 資源解析手法教科書 - (日本水産資源保護協会)」, 日本水産資源保護協会, 東京, 104-128.
- 112) KAWASAKI K. (1983): Why do some pelagic fishes have wide fluctuations in their numbers? FAO Fish. Rep., **291** 1065-1080.
- 113) 川崎 建・谷口 旭・二平 章・花輪公雄 (2007) : レジームシフト - 気候変動と生物資源管理 - . 成山堂書店, 東京, 216pp.
- 114) 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.