

アーカイバルタグにより記録された相模湾周辺海域でのブリの回遊履歴

高村正造・片山俊之・阪地英男

Migration history of the yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) recorded by archival tag around Sagami-bay

Shozo Takamura*, Toshiyuki Katayama**, Hideo Sakaji***

緒言

相模湾西湘海域（神奈川県大磯町から湯河原町地先）において、ブリ *Seriola quinqueradiata* 成魚はかつて年間50万尾以上漁獲され、定置網での主要漁獲魚種であった。しかし、1960年代以降は漁獲量が激減し、1982—2012年までは一度も年間1万尾を超えないほど漁獲が低迷した。近年、ブリの資源量が増加するのに併せて全国でのブリ類漁獲量も急増しており、2014年に12万トンを超えて1894年の統計開始以来の最高水準となった¹⁾。相模湾でもブリ成魚の漁獲は増加傾向にあり、2015年に約5万尾と50年ぶりの漁獲となったが、1950年代の全盛期に比べると1/10程に留まっている。

ブリは沿岸域を主に回遊する魚であることが知られており²⁾、ブリ漁獲の増減を説明するためには資源量の状況と回遊経路の詳細な調査を行うことが必要である。これまでも相模湾周辺海域において通常のタグによる標識放流調査は行われているが^{3, 4, 5)}、通常のタグでは放流および再捕した場所・時期についての情報のみで、詳細な回遊経路や回遊時の生態的な情報はほとんど得られない。しかし、近年では取り付けた魚の遊泳位置・遊泳水温等を記録するアーカイバルタグ（記録型標識器）を使用した調査が可能となり、より詳細な魚類の回遊行動についての知見が得られるようになった^{6, 7)}。アーカイバルタグを使用したブリの調査・研究は日本海側では1999年から、太平洋側では2004年から開始され、太平洋側でのアーカイバルタグを使用した標識放流調査は、国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所が主導して各県水産研究機関と共同で行い、ブリの回遊生態に関する知見を集積している。相模湾においてブリは重要魚種であり、相模湾周辺海域でのブリの回遊経路、遊泳水

温および遊泳水深などの情報は今後のブリ漁況予測などに有用であることから、アーカイバルタグを使用してブリの詳細な回遊情報を得ることを目的に調査を実施した。

材料と方法

標識放流は神奈川県三浦市城ヶ島西方沖で2010年10—12月に計4回、2011年11月に計3回実施した(図1)。標識放流したブリは全て釣りによって漁獲したものを使用した。調査船上で釣獲したブリは尾叉長を測定後、アーカイバルタグ（以下タグ）を腹腔内に埋め込み放流した。腹腔内へのタグの埋め込みについては井野らの手法⁸⁾に従い、腹部の肛門よりやや前方で正中線を避けるようにメスで切開し、タグを埋め込んだ後に傷口を縫合した。また、漁獲時の発見率向上のためにオレンジ色のダートタグ2本を第一背鰭基部の両側に装着した。タグはLotek社製のLTD2310を使用した。タグによる測定項目は時刻、照度、体外水温、体内温度および水深で、照度の測定間隔は1分に固定されているが、体外水温、体内温度および水深は設定可能であるため2分間隔で測定した。

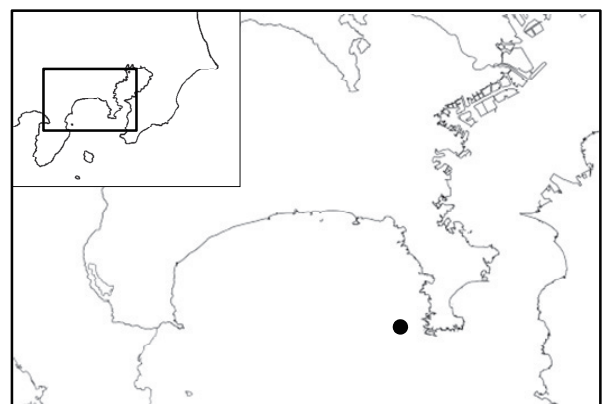


図1 標識放流地点図
(●放流地点: 35° 08' 10.00\"/>

2017.01.26 受理 神水セ業績No. 16-006

脚注 *相模湾試験場 **企画資源部

***国立研究開発法人 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所

神奈川県におけるブリの銘柄は、概ね1歳魚（尾叉長40cm前後）はイナダ、2歳魚（尾叉長60cm前後）はワラサ、3歳魚以上はブリ（尾叉長70cm以上）と呼ばれる。標識魚として2010年10月に尾叉長42–45cmのイナダ7個体、62cmのワラサ1個体の計8個体、2011年11月に尾叉長57–63cmのワラサ6個体を放流し、2年間で計14個体を放流した。また、放流した魚の移動頻度と、相模湾での定置網によるブリ類漁獲量との関係を検討するため、相模湾西湘海域での漁獲量を銘柄別に集計し、2011年から2015年までの月別平均漁獲量を集計した。

使用したタグの位置推定精度は経度において推定値±1°の信頼性を有するが⁸⁾、緯度については誤差が大きく、またブリは太平洋側では黒潮内側の沿岸域に主に分布しているものと考えられていることから²⁾、位置推定について緯度は用いず経度のみを使用した。得られた経度を日別に9日移動平均中央値により平滑化して、回遊経路を推定した。また、ブリの遊泳速度を考慮し、最大移動速度は144m/minと報告されているため⁹⁾、1日の移動範囲が3°以上のデータは異常値として除外した。遊泳水温については銘柄ごとに月別最高および最低遊泳水温と平均水温を算出し、Welchのt検定により比較をおこなった。また遊泳水深については長期間のデータが得られた個体について、日中(6:00–17:00)および夜間(18:00–5:00)の月別滞在水深と月間平均滞在水深を算出し、遊泳水深の推移を銘柄ごとに比較した。

結果

標識放流魚の再捕結果

標識放流調査結果について表1に示す。放流した14個体のうち7個体が再捕され、魚体およびタグの回収は4個体、タグのみ回収が3個体であった。これらのうち、6個体は放流場所から半径60km以内の東京湾口から伊豆半島東岸までの相模湾周辺で再捕され、1個体は三重県尾鷲市の定置網で再捕された(図2)。年別の内訳につ

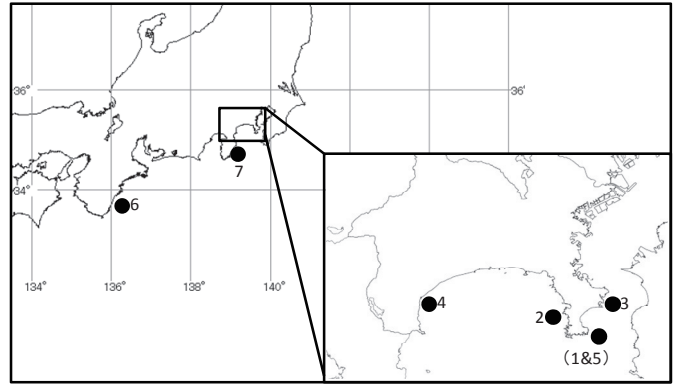


図2 標識魚再捕地点図
(●:再捕地点)

いて、2010年に放流した8個体は3個体再捕(回収率37.5%)、2011年に放流した6個体は4個体再捕(回収率66%)された。再捕時期は、イナダ3個体は2011年4月、6月および8月に各1個体ずつ再捕され、ワラサ4個体は2012年10月に1個体、2013年3月に1個体、4月に2個体が再捕された。再捕された全個体からタグを回収したが、タグの不調により6個体については途中からデータが記録されていなかった。

アーカイバルタグデータの分析結果

タグに記録されていたデータを分析し、経度から放流魚の回遊経路を銘柄ごとに推定した結果を図3および図4に示す。記録された期間の回遊範囲はほぼ相模湾周辺海域におさまっていた。このうち最も長期間の記録が得られたワラサD6913の回遊範囲は犬吠埼から御前崎の間であり、相模湾周辺海域を中心に東西へ行き来している傾向が見られた。イナダで最も長期間の記録が得られたD6688は再捕までの221日間を相模湾周辺海域に留まっていたことが示唆されたが、他の6個体ではデータの記録が中断したため、再捕までの位置は不明である。放流から477日後に三重県尾鷲市で再捕されたワラサD6900でデータが記録されていたのは70日のみであり、いつ相模湾周辺海域から移動したのかは不明である。銘柄別の移動傾向について、再捕した7個体中5個体は3ヶ月以下の

表1 相模湾でのアーカイバルタグ標識放流調査結果

タグNo	放流時銘柄	放流時FL(mm)	再捕時FL(mm)	2010	2011	2012	2013	地点番号	回遊日数	記録日数	% (記録/回遊)
D6668	イナダ	420	ND		→			1	290	101	35
D6688		430	440		→			2	221	221	100
D6671		430	400		→			3	131	44	34
D6913	ワラサ	580	750			→		4	507	353	70
D6899		570	ND			→		5	334	54	16
D6900		630	798			→		6	477	70	15
D6901		600	ND			→		7	503	74	15
平均									352	131	41

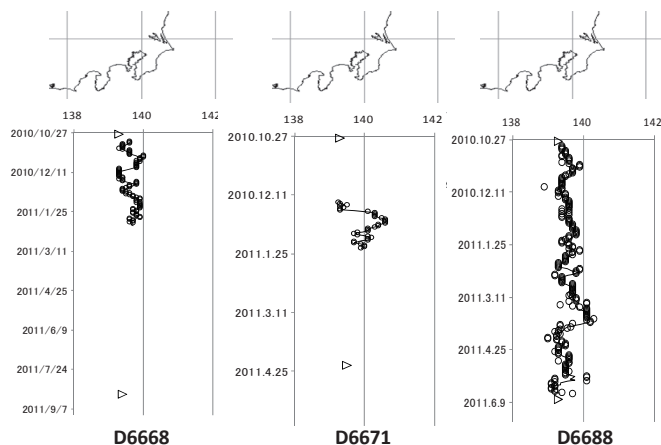


図3 標識イナダ回遊経路
(△:放流・再捕地点)

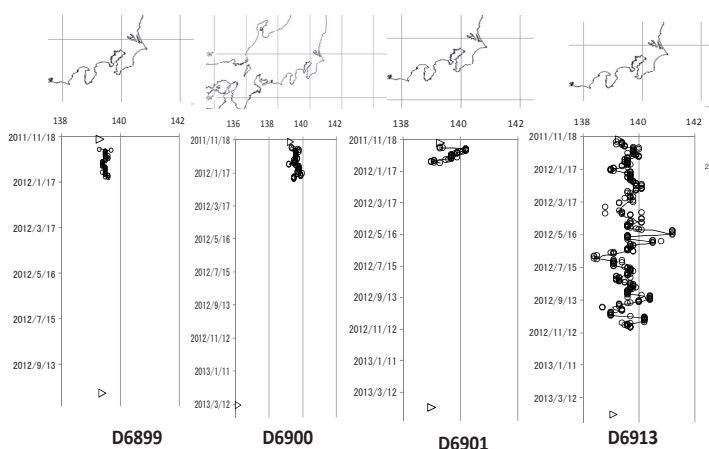


図4 標識ワラサ回遊経路
(△:放流・再捕地点)

データしか記録されていなかったため、長期間のデータが記録された2個体 (D6688とD6913) のデータから月別の1日あたり平均移動経度を分析した。D6688の2010年11月から2011年5月までの1日あたり平均移動経度は0.72度で、D6913の2011年12月から2012年11月までの平均移動緯経度は1.03度であったことから、D6913の方が1日あたりの移動距離が長い傾向であった。月ごとの傾向について、D6688は11月と1月の移動距離は短い傾向であった。D6913は4-6月までは他の月と比較すると長距離を移動している傾向であった(図5)。

標識魚の遊泳水温の月別推移について図6に示す。遊泳水温の推移については長期間のデータが得られたD6688およびD6913のデータを分析に使用した。イナダ (D6688) は2010年11月から2011年5月まで、ワラサ (D6913) は2011年12月から2012年10月までの記録を分析した。イナダの分析期間中の最低水温は14.0℃(1月)、最高水温は24.0℃(11月)であった。ワラサの分析期間中の最低水温は11.4℃(4月)、最高水温は27.5℃(9月)であった。ワラサとイナダの平均水温と最低水温および最

高水温との差を12月-5月まで比較したところ、t検定による分析で平均水温は2月については有意差が見られたものの、その他の月について有意差は見られず、平均すると同じ水温帯を遊泳していると考えられた。分析期間中の最低水温と平均水温との差はイナダが1.6℃、ワラサが2.8℃であり、高水温と平均水温の差はイナダが2.1℃、ワラサが2.5℃であった。この結果から平均遊泳水温はほぼ同じであるが、イナダよりもワラサの方が遊泳水温帯の幅が広い傾向であった。

月別遊泳水深の推移を図7に示す。標識魚の遊泳水深の推移についても長期間のデータが得られたD6688およびD6913のデータを分析に使用した。イナダ (D6688) は2010年11月から2011年5月まで、ワラサ (D6913) は2011年12月から2012年10月までのデータを使用し、月別平均、日中平均および夜間平均水深を算出した。分析の結果、イナダは11月から4月まで水深20-30m、5月は水深10-20mに滞在している傾向で、日中は夜間より10m前後深い場所に移動する傾向が見られた。ワラサは、12月は水深50-70mに滞在し、7月まで徐々に滞在水深が浅くなる傾向が見られ、イナダと同様に日中の方が夜間より深い場所に移動する傾向が見られたが、より鉛直移動範囲が大きく20-30m前後移動している傾向が見られた。この結果から、12月から5月まで平均的にワラサはイナダよりも深い水深帯に滞在している傾向であったが、6月以降はイナダの水深・水温データが回収出来なかったため比較することはできなかった。

相模湾西湘海域での銘柄別ブリ類月別漁獲量

相模湾西湘海域におけるブリ類漁獲量を2011年から2015年まで月別銘柄別に集計した結果を図8に示す。集計の結果、銘柄ブリは3-4月がピークで、5-6月は20トン前後漁獲されたが、その他の月はほとんど漁獲されなかった。ワラサは4-5月がピークで、その他の月はほと

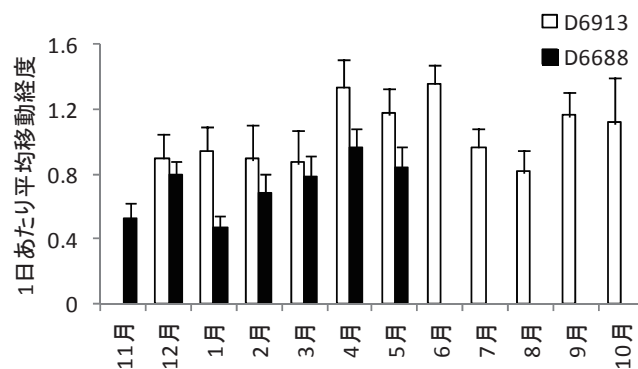


図5 標識魚の月別1日あたり平均移動経度

んど漁獲されなかった。イナダは6月がピークであったが、7月以降も11月までは毎月20トン前後の漁獲があった。

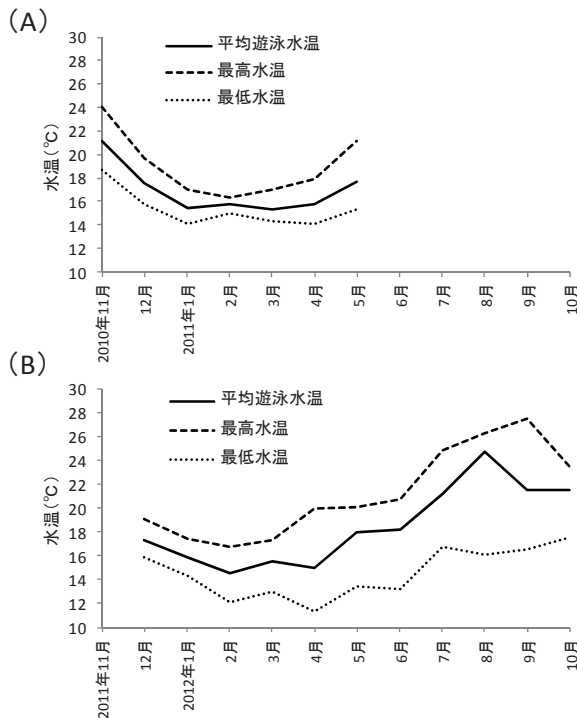


図6 月別遊泳水温推移(A:イナダ, B:ワラサ)

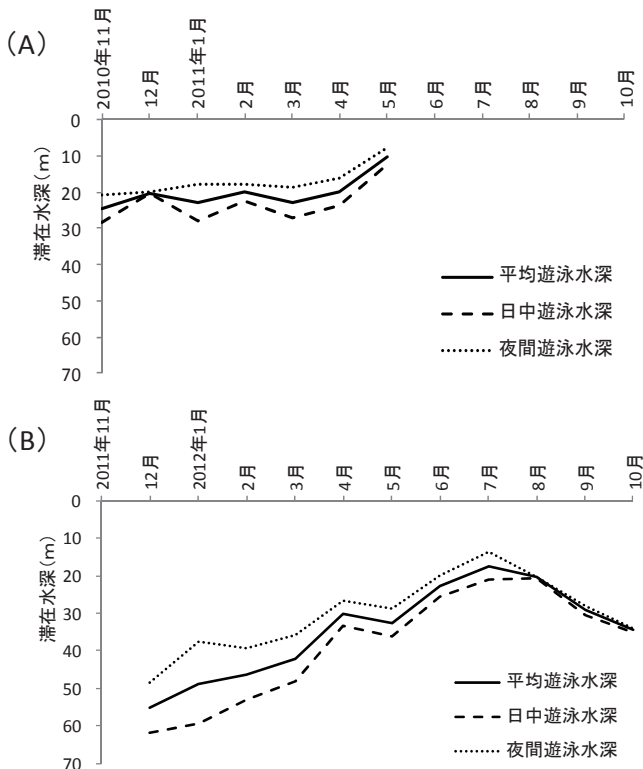


図7 月別遊泳水深推移 (A:イナダ, B:ワラサ)

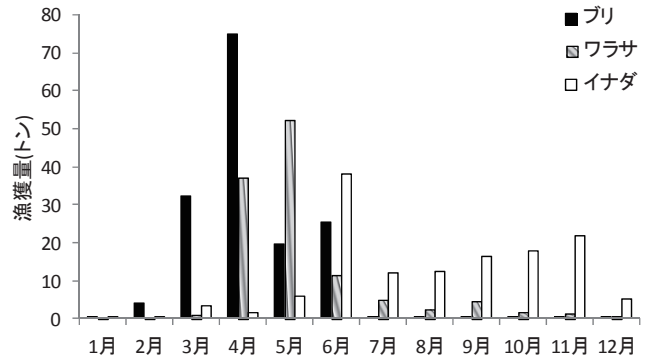


図8 西湘海域ブリ類銘柄別平均漁獲量

考察

相模湾ではブリ漁獲量が大幅に減少していた1960年代から1980年代に0-1歳魚を対象に計13回約4,600尾標識放流を行った結果、相模湾以西に移動した個体は全体の5%以下で、大半は相模湾内と房総半島西岸で再捕されたと報告がある^{3, 4, 5)}。太平洋側全域を対象とした研究では、田中は戦前から1960年代までの標識放流調査の結果を取りまとめ、ブリ成魚は2つの大きな回遊群を形成し、1950年代以前は東北海域-熊野灘回遊群と相模湾-四国回遊群が存在したが、1960年代以後は回遊範囲が縮小し、相模湾-四国回遊群は相模湾まで回遊しなくなり、相模湾に回遊するブリは東北海域群が主となったと考察した^{10, 11, 12)}。また近年では、阪地らが太平洋側で2004年からアーカイバルタグを使用した調査を実施し、太平洋側に生息するブリ未成魚は大きな移動をせず、成魚は(1)遠州灘-四国南西岸回遊群、(2)紀伊水道-薩南回遊群、(3)豊後水道-薩南回遊群に大きく分けられるとし、さらに成魚になっても回遊しない根付き群も存在すると報告している¹³⁾。本研究では、2010年および2011年の2年間で計14個体放流し、2016年までに7個体再捕された。太平洋側で行われたこれまでの調査では、再捕率は概ね50%以上であることが報告されており^{13, 14)}、本調査でも50%と高い再捕率が示された。照度から推定された経度から、再捕された7個体は放流後の46-353日の間、相模湾周辺海域に留まっていたことが示唆された。放流時45cm以下のイナダは放流後46-221日の間、外房から伊豆半島の間に滞在していた。放流時57cm以上のワラサは冬季の間、相模湾周辺海域に留まり、4-6月にかけて御前崎周辺海域まで回遊し、7月以降は再び相模湾周辺海域に戻っていた事が示唆された。放流したワラサは10月の放流時点では未成熟であったと思われるが、翌年の春に成熟した可能性を考えると、未成魚は大きな回遊を

せず、成魚となつてから大きな回遊をするという阪地らの結果¹³⁾と概ね一致した。また、定置網による月別漁獲量とワラサの移動を比較すると、移動の大きくなる4-6月にワラサと銘柄ブリの漁獲量が増える傾向が見られた。イナダについては相模湾での漁獲の多い6-11月までの回遊データが得られなかったため、回遊と漁期の関係は不明である。

イナダおよびワラサの遊泳水温・水深について、回収したタグから得られたデータを分析した結果、平均遊泳水温は2月を除きイナダとワラサで差は見られなかったものの、最高・最低遊泳水温と平均遊泳水温との差はワラサの方が大きい傾向であった。遊泳水深について、ワラサはイナダよりも深い水深帯を遊泳し、特に冬季はイナダより30m前後深い場所を遊泳している結果が示された。また、日周鉛直移動範囲についてもワラサはイナダと比較すると鉛直遊泳深度差が大きく、12-5月は1日の間で30m前後の鉛直移動をしており、日中ほど深い水深を遊泳する傾向が見られた。魚体サイズの違いにより遊泳能力が増大し水圧への耐性が増すこと¹⁵⁾、低水温環境下では大型魚がより強い耐性があること¹⁶⁾は、大型回遊魚ではクロマグロにおいて報告されている。またカツオにおいても体サイズの大きさと比例して体温が高い傾向であることが報告されている¹⁷⁾。魚体サイズによる遊泳可能水温・水深はブリにおいても異なると考えられ、本研究の結果からイナダは遊泳水深を大きく変化させないことで体外の水温変化を小さくしている可能性が考えられた。また、イナダおよびワラサの遊泳水深記録から見られた日周鉛直移動について、カツオを対象としたアーカイバルタグ調査では、日中は深い層を遊泳し、夜間は浅い層を遊泳しているという報告¹⁸⁾があり、本研究も同様の傾向が見られた。カツオについては餌生物の分布・水温等の変化が遊泳水深と関連しているとされる報告¹⁹⁾、²⁰⁾もあり、ブリ類でも同様の傾向がある可能性が考えられる。遊泳深度の昼夜による違いについて、イナダおよびワラサの鉛直移動も摂餌のための移動と関連付けると、餌となるハダカイワシなどは日中には深い層、夜間は浅い層に鉛直移動する報告²¹⁾があり、それらを捕食する行動の可能性もある。しかし、時間帯別の胃内容物データなどが無いこと、自然界での捕食行動・捕食時間帯の特定のためには加速度データロガーなどを利用した行動解明が必要であるため、日周鉛直移動の詳細な解明は今後の課題である。

1960-1980年代に相模湾で行った一般標識を用いた調

査では、湾内での再捕は10月までが大半で、11月以降は房総半島周辺や房総以北での再捕が主となることから、0歳魚は大半が湾外に出て行き、湾内で越冬するのは1割強と推計しており⁴⁾、0-1歳魚の主越冬場は鹿島灘-内房にあると考察している⁵⁾。本研究では、ワラサ・イナダともに冬季の間は相模湾周辺海域での滞在が示唆され、12-3月の平均遊泳水温は15°C以上であった。鹿島灘-外房海域では冬季の水温はこれよりも低く、房総以北海域での越冬は考えづらいことから、冬季でも比較的暖かな相模湾周辺海域に滞在したと考えるべきである。一方で、定置網では12-3月のワラサとイナダの漁獲は非常に少なかった。これについては、相模湾での定置網身網の設置水深は50m以浅が大半であるが、本研究では冬季のワラサは50m以深に滞在していることが多いことが示唆された。すなわち、冬季のワラサは定置網設置水深より深所に滞在する時間帯が長いために漁獲されにくいと考えられた。一方、イナダは冬季も水深20-30mに滞在していたが漁獲が非常に少ないことについて、定置網が敷設してあるごく沿岸付近ではなく、沖合の中層域に滞在しているため、漁獲されにくい可能性が考えられる。以上から、相模湾周辺海域のブリ未成魚(0-2歳)は大きな移動をせず、冬季はやや沖合の海域で過ごし、春から夏にかけては定置網が敷設されているごく沿岸域にも回遊するものと考えられた。

今後のアーカイバルタグによる位置推定の課題として、照度を用いた位置推定は精度が悪いため、マグロ等ではRパッケージのukfsstなどカルマンフィルタと表面水温を用いた位置補正が行われる²²⁾。しかし、ブリは表面付近まで浮上しない日も多いことから、この方法を用いることが出来ず、本研究では経度からの大まかな位置推定に留まった。今後、50m水温を参照するRパッケージ等を開発することにより、位置推定の精度を上げ、より詳細な回遊経路を明らかにしたい。

ブリ資源は現在統計開始以来の最高水準にあり、これまでほとんど漁獲がなかった北海道オホーツク海沿岸定置網でも多くのブリが漁獲されるようになり、回遊経路も大きく変化している可能性も考えられている。ブリの資源変動はレジームシフトとの関連が指摘されており²³⁾、²⁴⁾、現在ブリの資源は高水準で増加期であるが、減少に転じる局面となった時には人為的及び範囲での適切な管理を行うことが重要であり、資源の増加および減少の転換期における変化の解明については長期間の研究の蓄積が必要とされるが、それらの情報は適切な資源利用に最

も必要であると考える。

謝 辞

本研究の実施にあたり神奈川県、静岡県、三重県の漁業協同組合関係者の皆様には標識魚の再捕報告にご協力頂いた。神奈川県水産技術センター相模湾試験場の山本章太郎場長、村上哲士専門研究員および相澤康主任研究員には有益なご助言を頂いた。記して感謝を申し上げる。

参考文献

- 1) 水産総合研究センター日本海区水産研究所：平成27年度スルメイカ・ブリ資源評価会議資料。
- 2) 浅見忠彦・花岡藤雄・松田星二(1967)：産卵および発生初期の生態並びにモジャコの標識放流に関する研究—モジャコ採捕のブリ資源に及ぼす影響に関する研究，農林技術会議報告書，**30**，1-60。
- 3) 木幡 牧(1975)：相模湾重要魚種の生態VI—ブリ類の漁期と漁場形成ならびにブリ幼魚の成長と移動について，相模湾支所報告，**7**，29-46。
- 4) 木幡 牧(1979)：定置網漁況からみた相模湾の生産性に関する考察I—2，相模湾資源環境調査報告書II，271-280。
- 5) 木幡 牧(1982)：相模湾産重要魚種の生態VIII—1浮魚類数種の移動と回遊，神水試研報，第4号，23-36。
- 6) Itoh T., S. Tsuji and A. Nitta(2003)：Migration patterns of young Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) determined with archival tags, Fish. Bull., **101**, 514-534.
- 7) Itoh T., S. Tsuji and A. Nitta(2003)：Swimming depth, ambient water temperature preference, and feeding frequency of young Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) determined with archival tags, Fish. Bull., **101**, 535-544.
- 8) 井野慎吾・他(2008)：記録型標識によって推定された対馬暖流域におけるブリ成魚の回遊，水産海洋研究，**72**，92-100。
- 9) 町中 茂・今村 明・橋田新一(1977)：バイオテレメトリーシステムによるブリの行動生態に関する研究，石川水試研報，**2**，1-20。
- 10) 田中昌一(1972a)：標識放流結果からみた本邦太平洋沿岸のブリの回遊—I，日水誌，**38**，29-32。
- 11) 田中昌一(1972b)：標識放流結果からみた本邦太平洋沿岸のブリの回遊—II，日水誌，**38**，93-96。
- 12) 田中昌一(1973)：標識放流結果からみた本邦太平洋沿岸のブリの回遊—III，日水誌，**39**，17-23。
- 13) 阪地英男・他(2010)：太平洋における成長段階別の回遊様式の把握，水研センター研報，**30**，35-73。
- 14) 久野正博(2006)：太平洋側におけるブリの回遊生態調査について，ていち，第110号，50-62。
- 15) Kitagawa, T., S. Kimura, H. Nakata and H. Yamada (2003)：Diving patterns and performance of Pacific bluefin tuna (*Thunnus thymus orientalis*) as recorded by archival tags, Otsuchi Marine Science, **28**，52-58。
- 16) Schmidt-Nielsen, K. (1984)：Scaling Why is animal size so important? Cambridge University Press, Cambridge, 244pp.
- 17) 二平 章(2012)：カツオの回遊行動と体温調節。月刊海洋，**44**，203-214。
- 18) 岡本 俊・清藤秀理・竹井光広・福田漢生・石川洋一・五十嵐弘道・増田周平・杉浦望実(2013)：アーカイバルタグデータに基づいた冬季北太平洋亜熱帯海域でのカツオ当歳魚の鉛直遊泳行動と生息環境，水産海洋研究，**77**，155-163。
- 19) Barkley, R. A., W. H. Neil and R. M. Gooding(1978)：Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) habitat based on temperature and oxygen requirements, Fish. Bull., **76**，653-662。
- 20) 二平 章(1996)：潮境におけるカツオ回遊魚群の行動生態及び生理に関する研究，東北水研研報，**58**，137-233。
- 21) 李 雅利(2005)：西部北太平洋におけるハダカイワシ科魚類の生態に関する研究，海の研究，**14**，489-498
- 22) Lam C. H., A. Nielsen, J. R. Sibert (2008)：Improving light and temperature based geolocation by unscented Kalman filtering, Fisheries Research, **91**，15-25。
- 23) 久野正博(2004)：ブリ資源の長期変動特性と気候のレジームシフト，黒潮の資源海洋研究，**5**，29-37。
- 24) 宍道弘敏・阪地英男・田 永軍(2016)：漁獲量重心の変動からみたブリ類の漁獲量変動。水産海洋研究，**80**，27-34。