

黒潮流路の南側に発生する低水温域とカツオ漁場形成の関係

石井光廣^{1†}, 小林 豊¹, 瀬藤 聡², 本田 修³

Relationship between the distribution of skipjack (*Katsuwonus pelamis*) fishing grounds and the formation of cold water masses in the region to the south of the Kuroshio Current

Mitsuhiro ISHII^{1†}, Yutaka KOBAYASHI¹, Takashi SETOU² and Osamu HONDA³

黒潮流路の南側に発生する低水温域の分布とカツオ北上群の漁場形成の関係を検討した。近海竿釣のカツオ漁場は表面水温19°C以上の海域で形成される。春季に黒潮流路の南側に表面水温19°C未満の低水温域が、おおむね北緯28度以北、房総沖合から四国沖の東経133度付近まで張り出すことがある。そのため、低水温域が発生していた年には、カツオの北上が停滞したり、迂回することが観察された。春季の黒潮流路南側の水温を予測することにより、カツオ北上群の北上経路や来遊時期を推定できる可能性がある。

The distribution and occurrence of cold water masses on the south side of the Kuroshio Current was examined in relation to the formation of fishing grounds for migrating skipjack. Fishing range of skipjack inshore pole fishery is formed in areas with sea surface temperatures lower than 19°C. To the south of the Kuroshio Current in spring, cold water mass with a sea surface temperature lower than 19°C sometimes stretches from the area north of 28°N, the Boso offing, to around 133°E of the Shikoku offing. Therefore, in years when a cold water mass occurred it was observed that the northward migration of skipjack was either blocked or bypassed the cold water mass. The northward migration course of skipjack and the time remaining in areas during its northward migration can be predicted from the water temperature on the south side of the Kuroshio Current during spring.

Key words: skipjack, cold water mass, northward migration

はじめに

カツオ *Katsuwonus pelamis* は、熱帯から温帯に広く生息する高度回遊性魚類である。主な産卵場は熱帯域であり (Matsumoto et al., 1984), 1歳魚の一部が索餌北上する (嘉山, 2006)。日本近海に来遊した群れは、近海竿釣、まき網の漁獲対象となるほか、春季に太平洋沿岸の鹿児島県～

千葉県先の地先で小型漁船による曳縄の漁獲対象となる。該当する漁船数は、千葉県で数百隻、各都県を合わせると数千隻となり、カツオは沿岸漁業者の重要魚種である。そのため、千葉県水産総合研究センターでは、県内の漁業者向けに毎年3月と5月に曳縄の漁況予測を行っている (小林, 2015a, b など)。1990年代頃まではカツオの水揚量が多く、房総沿岸の漁況は黒潮流路などの沿岸の海洋条件で豊凶が説明できていたが (平林, 1996), 近年は日本近海への来遊量が減少傾向にあり (Kiyofuji, 2014), 南方から来遊する魚群の動向も考慮しなくてはいけなくなっている。

日本周辺へのカツオの来遊経路については、黒潮沿い、紀南・伊豆諸島沿い、伊豆諸島東沖などの北上ルートがあることが知られている (Fig. 1, 川合, 1991)。2008–2011年に勝浦漁港で水揚げされた近海竿釣船のカツオ漁場位置と魚体組成から、房総沿岸に来遊する群れのうち、亜熱帯海域を北上する1歳魚は盛漁期の5月以降に到達し、近年では黒潮北上群の割合が減少し、小笠原北上群が主体と

2015年5月20日受付, 2016年7月10日受理

¹ 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 Chikura-cho, Hirai-so, Minamiboso, Chiba 295-0024, Japan

² 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 中央水産研究所
National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency, Japan, 2-12-4 Fukuura, Kanazawa-ku, Yokohama, Kanagawa 236-0004, Japan

³ 一般社団法人 漁業情報サービスセンター
Japan Fisheries Information Service Center, Toyomi-shinko Bldg. 6F, 4-5 Toyomi-cho, Chuo-ku, Tokyo 104-0055, Japan

† m.ishi26@pref.chiba.lg.jp

なっていることが明らかになった (石井, 2014). ところが, 2012年は小笠原からの北上が明瞭にみられず, 西側に迂回して漁場が形成され, 低水温域の分布の影響が示唆

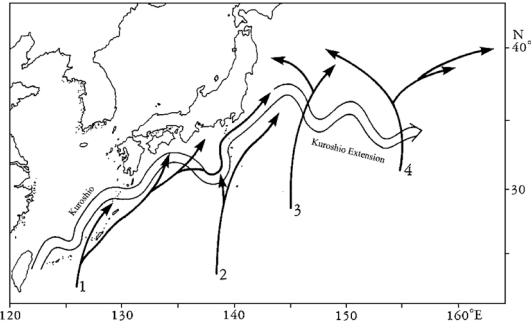


Figure 1. Estimated northward route of skipjack and the Kuroshio and the Kuroshio Extension (Kawai, 1991). 1) shows the skipjack northward route along the Kuroshio, 2) is the route along the Kinan-Izu Islands, 3) is the route offshore to the east of the Izu Islands, 4) is the route offshore to the west of 160°E.

された (石井ほか, 2014). 亜熱帯海域から日本近海に北上する過程については, 標識放流による来遊経路の推測 (安井・森, 1985など) はあるが, 海洋環境とカツオの魚群の移動についての知見は少ない. 近年, 岡本ほか (2013) により亜熱帯海域でアーカイバルタグによるカツオ当歳魚の鉛直遊泳行動と水温などの生息環境の関連性が整理され始め, 水温分布に基づいた日本近海への来遊時期の推定・予測への取り組みの重要性が指摘されてきている.

そこで, 本研究では春季に黒潮流路の南側に低水温域が発生することにより, カツオの北上や太平洋沿岸の曳縄漁業にどのような影響があるかを解明するために, 同海域の表面水温分布と近海竿釣船のカツオ操業位置からカツオ漁場形成と表面水温との関係と和歌山, 八丈島, 千葉のカツオの漁獲量の関係について検討した.

資料と方法

小笠原から伊豆諸島海域のカツオ近海竿釣船における日ごとの漁場位置と漁場水温を把握するために, 2009–2012年

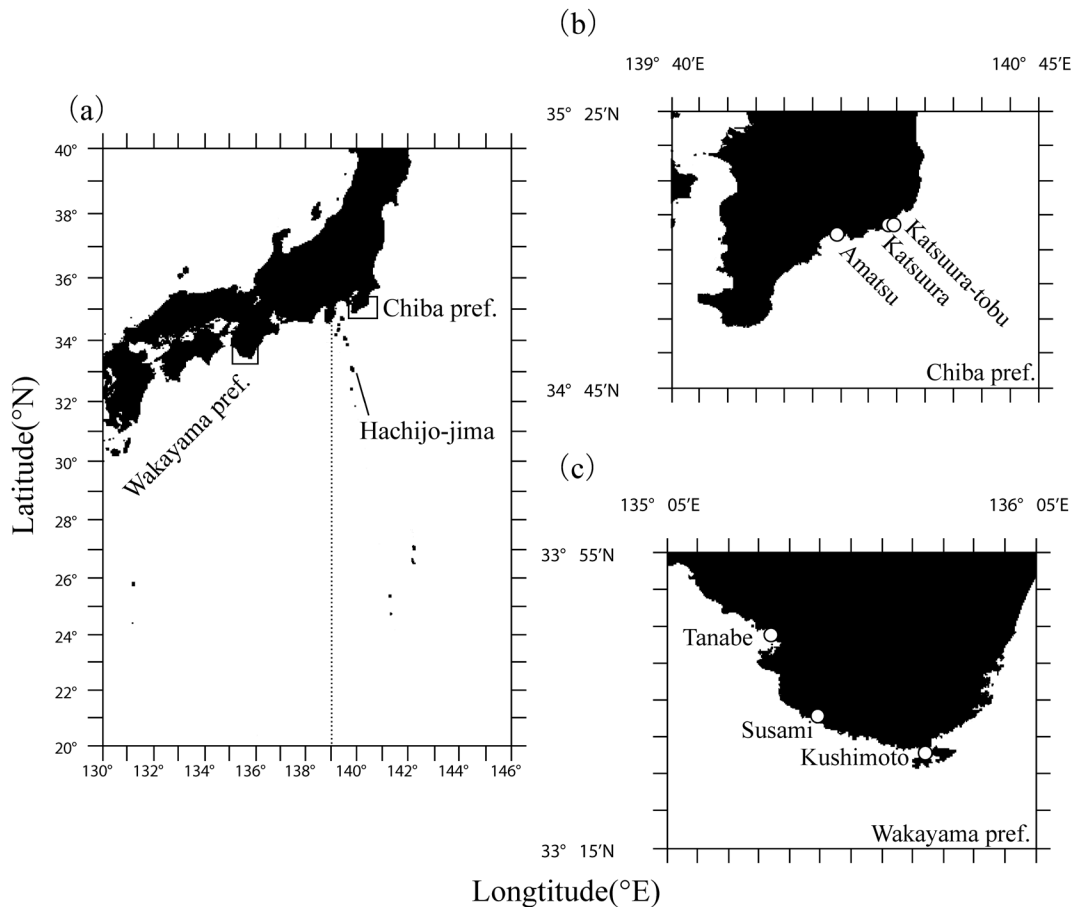


Figure 2. Fishing range of skipjack inshore pole fishery and landing of skipjack ports by troll fishing. (a) Dotted line represents 139°E of the analysis in the FRA-ROMS. (b) Chiba Prefecture fishing ports where skipjack are landed. (c) Wakayama Prefecture fishing ports where skipjack are landed.

の近海竿釣の船間無線日誌に記入されているカツオを漁獲した日の操業日, 漁場位置 (緯度, 経度), 漁場水温を集計した。カツオ近海竿釣は19–100tの漁船に10–20名ほど乗船し, カタクチイワシなどの活餌を撒きながらカツオを釣り上げる漁法で, 北緯20度付近の南方から北緯40度付近の三陸沖までカツオの北上に合わせて操業を行い, 1–6月の春季は南方から常磐付近が漁場となる。1回の航海期間は数日から10日程度である。また, 漁場と水温の関係把握するために, 一般社団法人漁業情報サービスセンター (以降, JAFIC) が発行している「近海太平洋海況速報」から2009–2012年における2–5月の旬ごとの表面水温分布と黒潮流路の図を用いた。

一方, 黒潮流路南側に発生する低水温域の分布状況を把握するため, 黒潮流軸の位置と低水温域の発生の目安として, 国立研究開発法人水産総合研究センターが運用している海況予測システムFRA-ROMS (久野・瀬藤, 2015) から再解析値の表面の最大流速値と水温を抽出した (Fig. 2a)。

また, カツオの太平洋沿岸への来遊状況の把握には, 千葉県的主要港 (勝浦東部漁港, 勝浦漁港, 天津漁港, Fig. 2b), 和歌山県的主要港 (串本漁港, すさみ漁港, 田辺漁港, Fig. 2c) および東京都八丈島 (Fig. 2a) における1993–2012年の1–6月の曳縄によるカツオ水揚量を用いた (和歌山県水産試験場, 2014, 東京都島しょ農林水産総合研究センター 八丈事業所, 2014)。曳縄は, 主に10t未満の小型船が各地先の沿岸にカツオが来遊した際に操業が行われる。乗船人数は1人もしくは数名程度であり, 日帰りもしくは数日程度の航海期間である。操業範囲は距岸距離数10マイル主体であり, ごく沿岸に来遊した魚群が操業対象となる。春季の北上期が盛漁期となる。

結 果

近海竿釣船のカツオ漁場水温と漁場位置の推移

2009–2012年における近海竿釣船の船間無線日誌から1–5月のカツオ漁場の水温頻度分布をみると (Fig. 3), 水温16–27°Cの範囲にあり, そのうち, 19°C以上の割合が全体の99%を占めたことから, カツオの漁場形成条件を表面水温19°C以上とし, 19°C未満の海域をカツオの漁場が形成されにくい低水温域と定義した。

そこで, JAFIC発行の「近海太平洋海況速報」から2009–2012年の2–5月の表面水温19°Cの等温線および黒潮流路を抽出し, 同時期の近海竿釣船の船間無線日誌によるカツオ漁場位置を旬別に重ね合わせた (Figs. 4–7)。黒潮流路南側の低水温域は, おおむね北緯28度以北に分布し, 規模が小さい年は東経140度以東に分布し, 大きい年は四国沖の東経132度付近まで分布が拡大した。低水温域の規模は3–4月頃が最大となり, その後縮小した。2009年と2010年の低水温域の規模は小さく, カツオの漁場が北緯

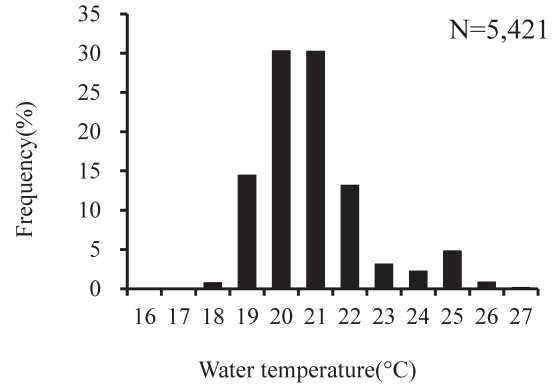


Figure 3. Histogram of sea surface temperatures at skipjack fishing positions of inshore pole fisheries from February to May, 2009 to 2012.

30度付近に北上してくる3月頃には東経140度以西には低水温域が分布していなかったため, カツオの漁場は順調に北上したように見えたが, 2011年と2012年は低水温域の規模が大きく, 3月以降も東経140度以西に広く分布したため, カツオの漁場は低水温域の南縁に接するように形成されたり, 2011年3月下旬のように低水温域を迂回するような形で漁場が形成された。

東経139度線上における低水温域の発生期間

近年房総沿岸に来遊するカツオは小笠原北上群が主体であることから (石井, 2014), 小笠原北上群が主に北上経路とする小笠原～伊豆諸島列島線付近の東経139度線を低水温域分布の目安とし, FRA-ROMSの再解析値を利用して, 黒潮流軸の位置および黒潮南側に発生した表面水温19°C以下の低水温域の分布をみると, 低水温域の出現が顕著だった低水温発生年は, 1993–1997年, 2000年, 2003–2004年, 2006年, 2008年, 2011–2012年の12年が該当した (Fig. 8)。その発生期間は2–4月で, 発生範囲の南端は最大で北緯28度に達した。各年の低水温域の発生期間をみると, 1997年までは毎年2–4月前半までの2ヶ月以上の長い期間発生していたのに対して, 1998年以降は発生しない年が頻繁にみられるようになった。一方, 低水温域が極めて小規模であった非発生年は, 1998–1999年, 2001–2002年, 2005年, 2007年, 2009–2010年の8年であった。

黒潮流路南側低水温域の発生と千葉県, 東京都八丈島, 和歌山県のカツオ曳縄水揚量の関係

黒潮南側に低水温域が発生しない年にはカツオの漁場は南方に出現した漁場がそのまま北上するのに対して, 発生した年には低水温域を迂回して北上するようにみられ, 発生年と非発生年においてカツオの北上経路が変化することが考えられることから, 千葉県主要港および千葉県周辺に来遊するカツオの上流域にあたる和歌山県と東京都八丈島の曳縄による水揚量の関係を1993–2012年について低水温域の発生年, 非発生年に分けて比較したところ, 和歌山県と

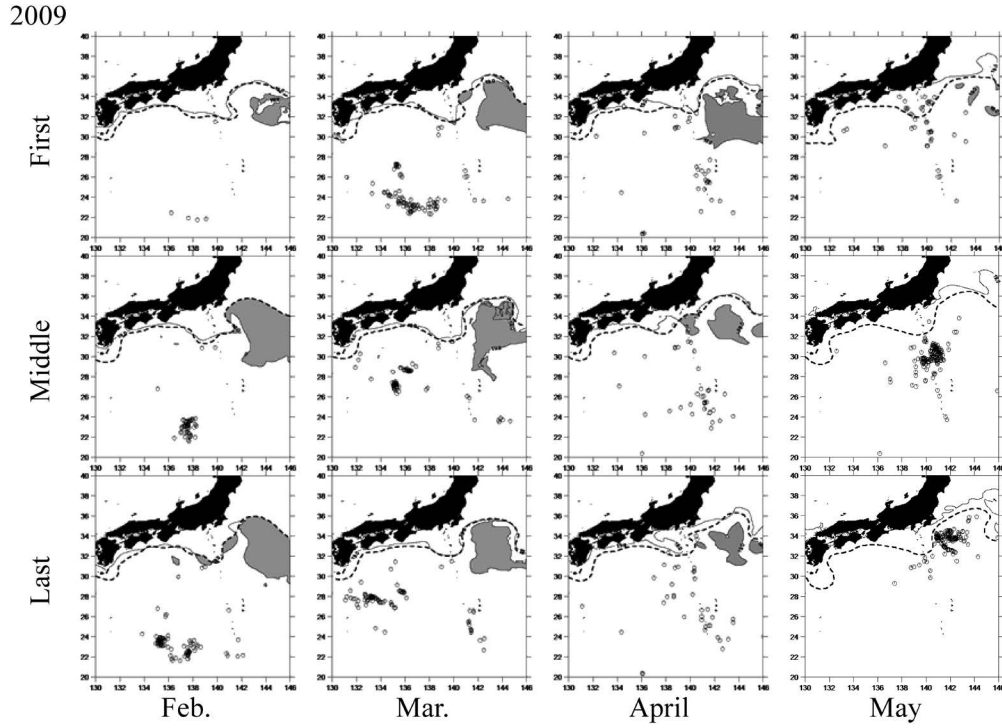


Figure 4. Seasonal and spatial distribution of skipjack inshore pole-fishing points from February to May 2009. Circles indicate centers of catch locations. The solid line represents the 19°C isothermal line in sea surface temperature, and the Kuroshio Current is represented with a dashed line. Monthly figures are plotted for every ten days; first, middle and last ten days of each month. The gray area indicates sea surface temperatures lower than 19°C. In addition, the 19°C isothermal line and the Kuroshio Current were assessed from data from JAFIC's oceanographic prompt report.

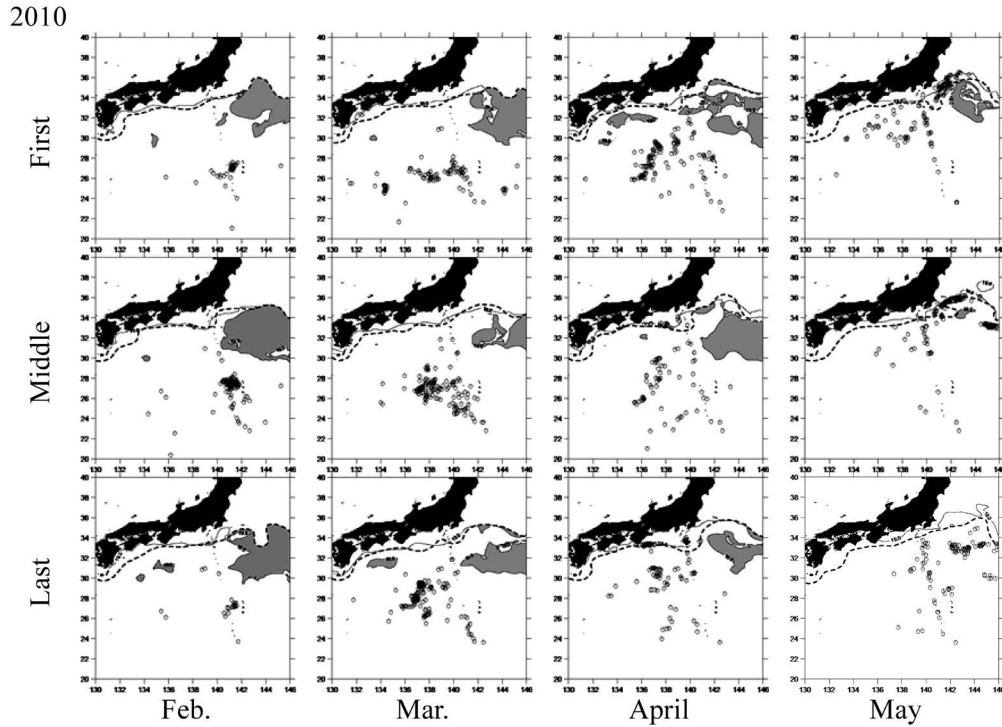


Figure 5. Seasonal and spatial distribution of skipjack inshore pole-fishing points from February to May 2010. Same as Fig. 4 but for 2010.

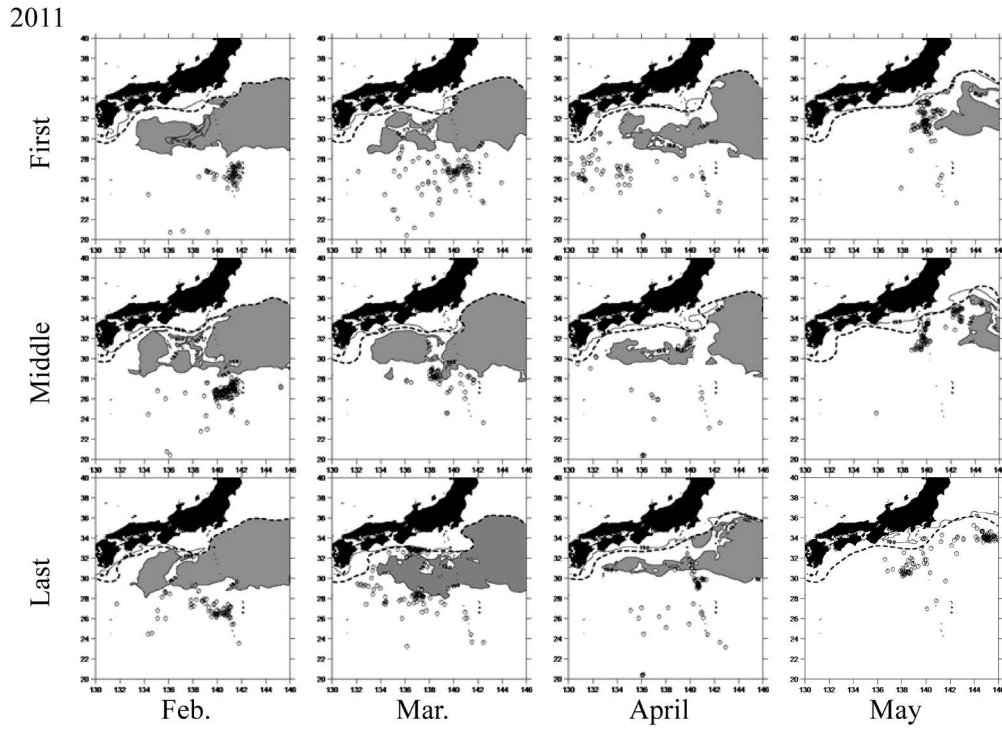


Figure 6. Seasonal and spatial distribution of skipjack inshore pole fishing points from February to May 2011. Same as Fig. 4 but for 2011.

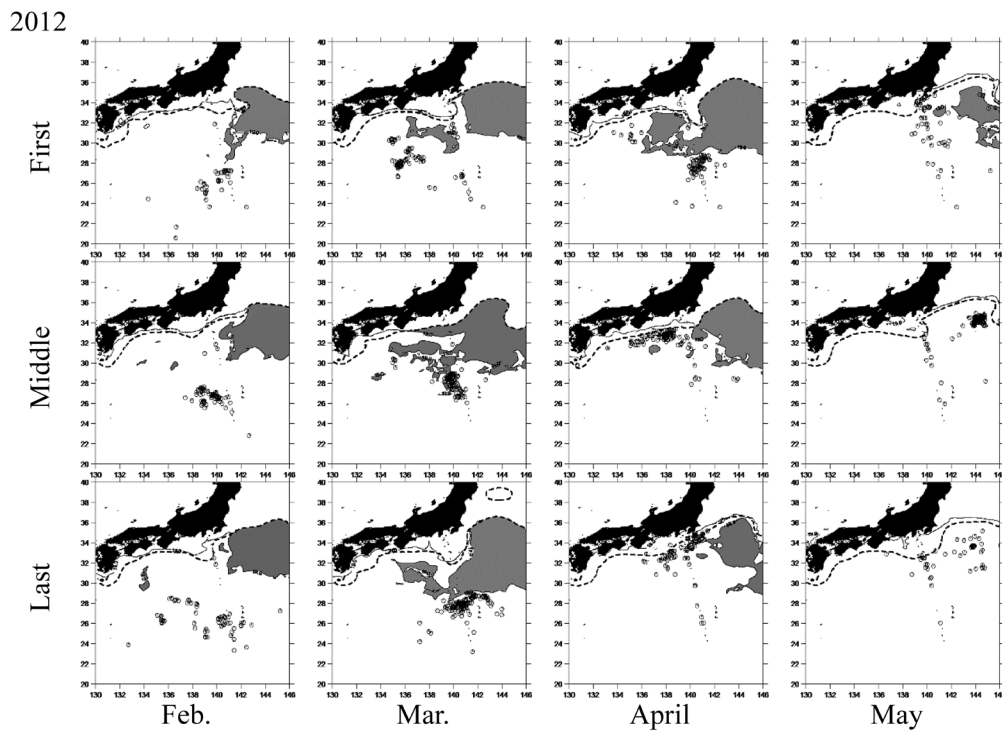


Figure 7. Seasonal and spatial distribution of skipjack inshore pole fishing points from February to May 2012. Same as Fig. 4 but for 2012.

黒潮流路の南側に発生する低水温域とカツオ漁場形成の関係

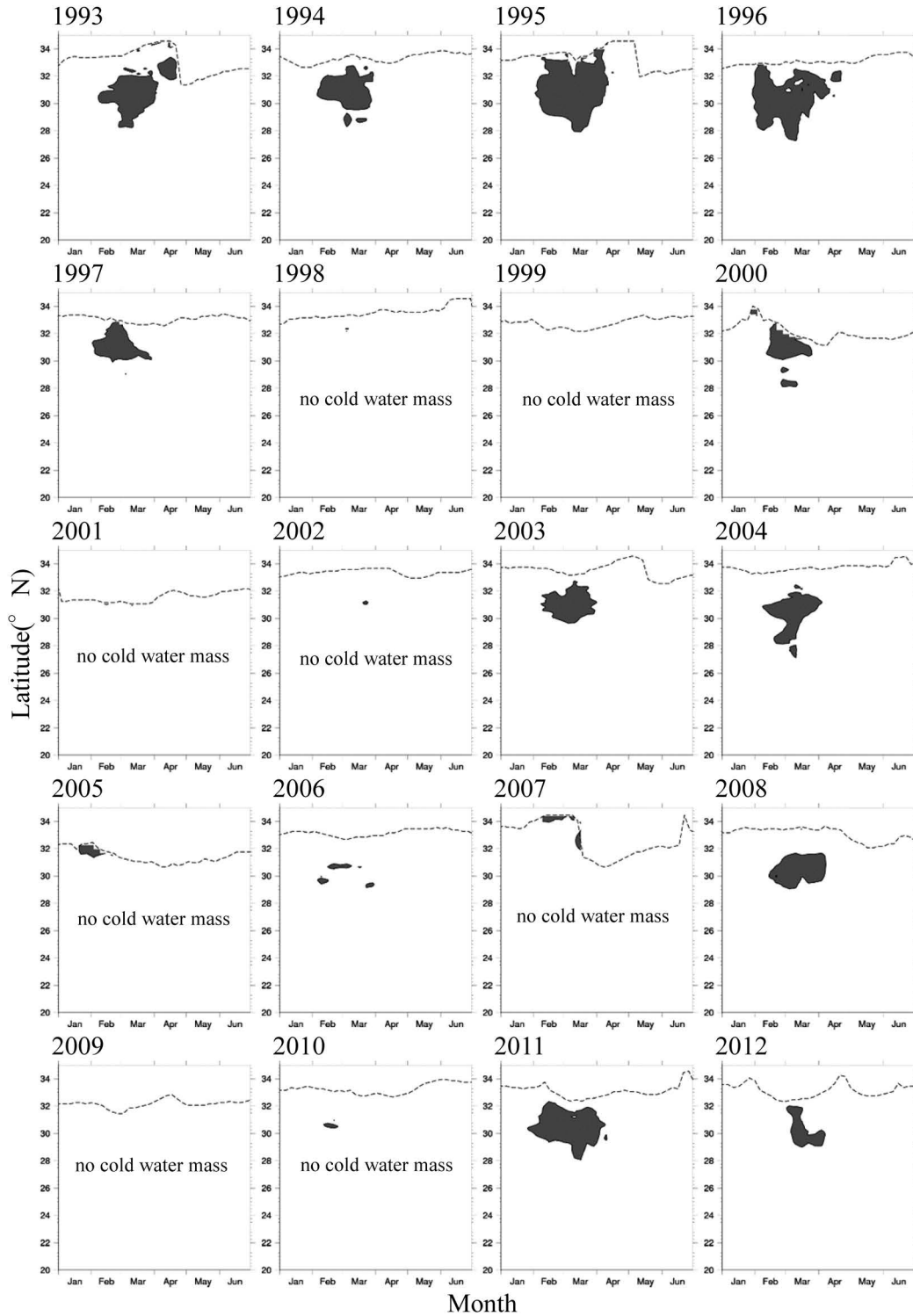


Figure 8. Temporal fluctuations of sea surface water temperature and the Kuroshio Current of FRA-ROMS at 139°E. Thick lines indicate 19°C isotherm to occur on the south side of the Kuroshio Current, Dotted lines indicate the Kuroshio axis at the longitude, which are defined as latitudes having the maximum values of the surface velocity. The gray area indicates sea surface temperatures lower than 19°C.

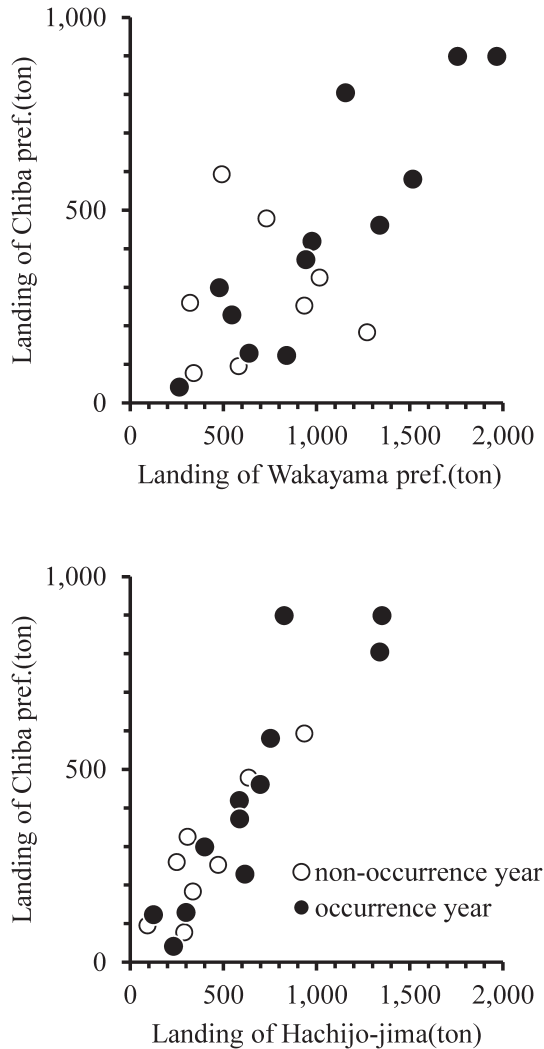


Figure 9. Relationships of skipjack landing between Wakayama and Chiba (upper panel) and Hachijo-jima and Chiba (lower panel) from January to June, 1993 to 2012. Closed circles indicate years with cold water occurrence, and open circles indicates years without cold water occurrence.

千葉県の水揚量の間には低水温域発生年に相関が有意であった ($R=0.89, p<0.01$, Fig. 9 上段の黒丸) のに対して、非発生年に有意な相関がみられなかった ($R=-0.01, p>0.05$, Fig. 9 上段の白丸)。一方、八丈島と千葉県の水揚量には、低水温域発生年 ($R=0.90, p<0.01$, Fig. 9 下段の黒丸)、非発生年 ($R=0.89, p<0.0001$, Fig. 9 下段の白丸) のいずれの年も有意な相関がみられた。

考察

近海竿釣船の操業記録から、亜熱帯海域から伊豆諸島および房総海域における竿釣によるカツオ漁場は、水温 19°C 以上の海域に形成されていた。亜熱帯海域の北上群の主体となる尾叉長 $40\sim 49\text{ cm}$ の魚体が体温を 22°C 以上に保つ

ために必要な環境水温の下限値が 18°C 付近であること (二平, 2012) と一致する。また、岡本ほか (2013) によると、アーカイバルタグによる鉛直遊泳の解析結果からカツオ当歳魚は、ある程度体温保持が可能で水温 19°C 以下の水深まで潜行する大型魚と異なり、 20°C 混合層内で遊泳することが報告されており、カツオの漁場位置を表面水温で説明できると考えられる。日本周辺の亜熱帯海域では、2-4月頃に黒潮流路の南側の北緯 $28\sim 32$ 度付近に水温 19°C 未満の低水温域が分布することがあり、竿釣のカツオ漁場はこの水域を避けるように形成されていた。Fig. 10 のようにカツオの北上期に発生する低水温域により、カツオは北上を遮られるために低水温域南縁に滞留するか、低水温域を迂回して北上するために房総沖への来遊が遅れたり、一部の群れが来遊をやめて来遊量が減少したりする可能性が推察された。2009年と2010年は北上期に低水温域が大きく分布せず (Figs. 4, 5)、特に近年のカツオの主な北上経路となっている小笠原~伊豆諸島に分布しなかったため、カツオは順調に北上したのに対して、2011年と2012年は低水温域の規模が大きく (Figs. 6, 7)、北上経路を塞いだために、その南縁で漁場が停滞したり、西に大きく迂回している様子が見られた。潮目に漁場が形成されるため、漁場が集中しているようにも見える。また、2011年4月のように低水温域内に空白域ができると北上が促進されるため、正確な水温分布情報がカツオの漁場探索に重要であることも再確認された。低水温域の発生によるカツオ北上経路への影響は、カツオの東北沖漁場の来遊資源豊度が熱帯・亜熱帯域と北緯 30 度付近の水温差との間に負の相関が認められ、南北の水温差が大きいと来遊資源豊度が低く、小さいと高くなることを示した稲掛 (2012) やカツオの移動モデルで遊泳しようとする方向に低水温域が分布する場合は、カツオは低水温域を迂回したり、東西方向に移動したり、南下したりするため、北上する魚群の割合が低下するとした増島・清藤 (2012) の解析結果と整合的である。また、亜熱帯海域でアーカイバルタグを装着して放流した個体が、小笠原海域に分布する低水温域を迂回して、四国沖から日本沿岸域を北上した事例 (松本, 2012) と同様の結果を示した。

近海竿釣漁船は亜熱帯海域を広く範囲に探索し、カツオの魚群が多い海域で操業を行うため、操業位置の情報によりカツオ北上期の状況を把握することができる。一方、曳縄漁船は地先の黒潮流路の内縁、外縁で漁場が形成されるため、カツオが日本近海に多く来遊しても、ごく沿岸を通過しない限り漁獲につながらない。北上群が黒潮流路に遭遇して、黒潮沿いを移動したときに曳縄の漁況が上向くと考えられる。2009年の竿釣船漁場位置をみると (Fig. 4)、5月下旬に房総沿岸の近くに漁場が形成されているように見えるが、曳縄の漁場は形成されなかった。曳縄の漁況は、カツオの魚群が地先より上流側で黒潮に遭遇し、黒潮沿い

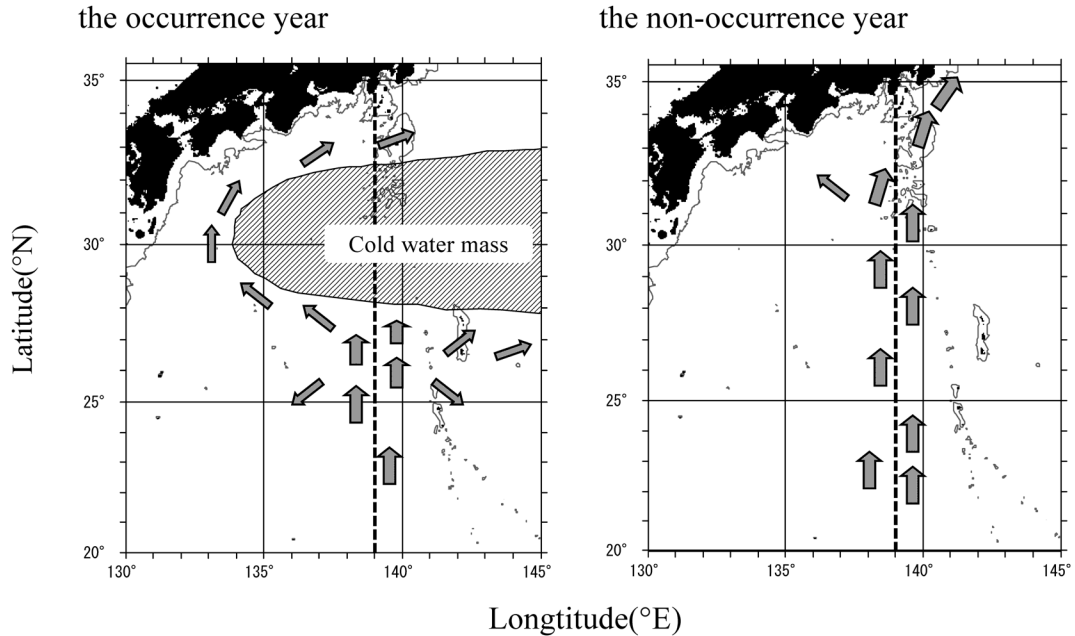


Figure 10. Diagram of skipjack migration routes in the years when a cold water mass lower than 19°C occurred south of the Kuroshio Current in spring (left panel) and in the year when a cold water mass did not occur (right panel).

に北上することで上向くと考えられる。そのため、低水温域発生年にはカツオが低水温域を迂回して北上し、より黒潮の上流域で魚群が遭遇することにより、和歌山県での漁獲につながり、和歌山県の水揚量と千葉県の水揚量の相関が高くなると考えることができる。一方で、非発生年には北上経路が水温分布より列島線上に北上しやすいという海底地形の影響を強く受けるため、小笠原付近を北上することが考えられる。そのため、和歌山県と千葉県では共通した魚群を漁獲する割合が減少するために相関が低下することが推察される。八丈島と千葉県の漁獲量には発生年も非発生年も相関が高いことから、いずれ年でも共通の魚群漁獲している割合が非常に高いことが推察される。川合(1991)は、カツオは黒潮流いに北上するように見えるだけで、多くの魚群は黒潮とは関係なく北上していることを指摘している。魚群が黒潮流路に遭遇した場合には黒潮流いに北上し、黒潮の両縁が好漁場になるのであろう。房総沿岸に来遊するカツオについても、西方の和歌山沿岸から漁況が上向き、黒潮流いにカツオの群れが移動して房総沿岸で漁況が上向いた場合でも黒潮北上群とは限らないので、来遊経路を注意深く判断する必要がある。

2014年の中西部太平洋におけるカツオの資源評価によると、全域の産卵親魚量は1990年以降、減少傾向を示し(Rice et al., 2014)、併せて高緯度海域への回遊が減少している懸念が示されている(Kiyofuji et al., 2014)。また、宮崎県のかつお一本釣り漁船の漁業情報から解析した東(2012)でも1989–1998年と1999–2008年の魚群密度を比較

すると、カツオが北上する亜熱帯海域では東経138–143度の「伊豆南海域」より、東経132–138度の「紀南海域」における魚群密度の減少傾向が強いと報告されており、日本近海への来遊量の減少、北上経路の狭小化が推定されることから、漁業者への的確な漁況予報がより一層重要となる。

房総沿岸のカツオ曳縄漁業の漁況予測を行うために、太平洋沿岸に来遊するカツオについて整理する必要がある。南方から北上してくる1歳魚は、体長40 cm台の小型魚であり、近年は小笠原付近を北上する群れが多く、房総近海には5月頃到達する(石井, 2014)。本研究で、春季に黒潮流路の南側に低水温域が発生することにより、カツオの北上や曳縄漁場への来遊に影響し、春季のカツオの北上の予測に当っては、黒潮流路南側の低水温域の発生が重要な要素であり、北上や来遊時期の予測・推定にはFRAROMSなどの海況の予測データが有益な情報となるだろう。ただし、日本近海の温帯域への来遊量については、日本近海の温帯域に来遊する北上回遊群は北部赤道海流域で産卵された魚群のみで、中西部太平洋のカツオ資源の一部であること(嘉山, 2012)に加えて、現状では1歳魚の来遊以前の加入量に関する調査は行われていないことから来遊量を予測することは今後の課題となる。

一方、4月以前に漁獲されるカツオは、漁期はじめて量的にも少なく、大型魚も含まれることから、魚価が高く、漁業者の関心が高い。南方から北上したり、亜熱帯海域から北上して来るとは考えづらく、今後魚群の来遊の由来を検討する必要がある。

引用文献

- 東 明浩 (2012) 宮崎県かつお一本釣漁船における漁況変化. 宮崎県水産試験場研究報告, **13**, 11–24.
- 平林正光 (1996) 伊豆諸島～房総海域における春季のカツオ曳縄漁況と黒潮流路の関係. 千葉水試研報, **54**, 1–6.
- 稲掛伝三 (2012) 中西部太平洋におけるカツオの生態と資源カツオ来遊資源と海洋環境. 月刊海洋, **44**, 232–239.
- 石井光廣 (2014) 勝浦漁港に水揚げされる近海竿釣船の魚体組成からみた房総沿岸に来遊するカツオ北上群の近年の特徴について. 千葉水試研報, **8**, 35–40.
- 石井光廣・小林 豊・瀬藤 聡・本田 修 (2014) カツオの北上を遮る冷水域の分布. 平成25年度カツオ資源会議報告, 245–247.
- 嘉山定晃 (2006) 西部太平洋におけるカツオ当歳魚の成長と回遊生態に関する研究. 博士論文, 東京大学, 130 pp.
- 嘉山定晃 (2012) 耳石日輪解析によるカツオの成長. 月刊海洋, **44**, 181–192.
- 川合英夫 (1991) 黒潮系での総観スケールの構造と水産生物に及ぼす影響. 「流れと生物と—水産海洋学特論—」川合英夫編, 京都大学学術出版会, 京都, 18–34.
- Kiyofuji, H., H. Ashida, M. Sugimoto, Y. Horii and H. Okamoto (2014) Abundance of skipjack migrating to the Pacific coastal water of Japan indicated by Japanese coastal troll and pole and line CPUE. WCPFC-SC10/SA-WP-10, 14 pp.
- 小林 豊 (2015a) 2015 (平成27) 年カツオ曳縄漁の見込み. 漁海況旬報ちば, No. 27–07 (<http://fish-chiba.wni.co.jp/Report/creport.html>, 2015年9月1日).
- 小林 豊 (2015b) 2015 (平成27) 年カツオ曳縄漁前半のまとめと後半の見込み. 漁海況旬報ちば, No. 27–10 (<http://fish-chiba.wni.co.jp/Report/creport.html>, 2015年9月1日).
- 久野正博・瀬藤 聡 (2015) FRA-ROMSを用いた熊野灘に来遊するモジャコの輸送実験. 黒潮の資源海洋研究, **16**, 83–91.
- 増島雅親・清藤秀理 (2012) シミュレーションを用いた中南海域から日本沿岸へのカツオ幼魚の来遊. 水産海洋学会創立50周年記念大会, 134.
- 松本隆之 (2012) カツオの移動回遊特性を目的としたアーカイバルタグ放流調査. 水産総合研究センター研究開発情報 ななつの海から, **3**, 3–7.
- Matsumoto, W. M., R. A. Skillman and A. E. Dizon (1984) Synopsis of biological data on skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*. NOAA Tech. Rep. NMFS Circ., **451**, 1–92.
- 二平 章 (2012) カツオの回遊行動と体温調節. 月刊海洋, **44**, 203–214.
- 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.
- Rice, J., S. Harley, N. Davies and J. Hampton (2014) Stock assessment of skipjack tuna in western and central Pacific Ocean. WCPFC-SC10/SA-WP-05, 129 pp.
- 東京都島しょ農林水産総合研究センター 八丈事業所 (2014) 平成25年度国際資源評価等推進委託事業第3回カツオSU推進検討会資料—伊豆諸島南部海域における平成25年カツオ曳縄漁況—. 平成25年度カツオ資源会議報告, 183–189.
- 和歌山県水産試験場 (2014) 平成25年度国際資源評価等推進委託事業第3回カツオSU推進検討会資料. 平成25年度カツオ資源会議報告, 162–168.
- 安井 港・森 訓由 (1985) 標識放流結果からみた日本近海へのカツオ (*Katsuwonus pelamis*) の来遊経路. 静岡県水産試験場研究報告, **20**, 1–8.