

漁獲量重心の変動からみたブリ類の漁獲量変動

宍道弘敏^{1†}, 阪地英男², 田 永軍^{3*}

Catch fluctuation of yellowtail species in relation to fluctuations in the geographical catch center

Hirotoishi SHISHIDOU^{1†}, Hideo SAKAJI² and Yongjun TIAN^{3*}

1990年代以降の温暖レジーム下、とくに北日本でブリ類の漁獲量増加が報告されるなか、これまであまり注目されなかった分布の南縁部である鹿児島県海域における漁獲量の推移を整理し、全国の動向と比較した。またブリ類漁獲量の重心を求め、その変動を把握するとともに、レジームシフト、海面水温変動および漁獲量変動との関係を調べた。全国と鹿児島県のブリ類漁獲量の長期変動の間には有意な負の相関関係が認められ、前者の増加（減少）から4年程度遅れて後者が減少（増加）する傾向が認められた。我が国周辺の中緯度域の海面水温が上昇すると漁獲量重心が北東方向へシフトする傾向が認められ、また漁獲量重心の変動はレジームシフトに対応しており、寒冷期には南西方向へ、温暖期には北東方向へシフトすることが明らかになった。これら水温環境の変化に対応したブリ資源の分布域の変化によって、全国と鹿児島県の相反する漁獲量変動のメカニズムが説明された。

Many studies reported that the catch of yellowtail species increased largely in the waters around northern Japan, particularly in the northern boundary of yellowtail distribution under the warm regime after 1990's; whereas only a few studies focused on the catch in the water around Kagoshima, southwestern Japan and the southern boundary of the distribution. In this study, the catch fluctuations of yellowtail species in the water around Kagoshima have been analyzed and compared with those around Japan. We calculated the geographical center of yellowtail species catch and examined its relationships with regime shifts, sea surface temperature (SST) fluctuations, and catch fluctuations. The results indicate there was a significant negative correlation between the long-term fluctuations of catch in Kagoshima and Japan excluding Kagoshima ($p < 0.001$), and the former increased (decreased) with the decrease (increase) in the latter with 4 years lag. It shows that the geographical center of the catch shifted northeastward with the increase in the SST in the mid latitudinal zone of Japan. The geographical center of the catch shifts southwestward (northeastward) in the cold (warm) regime, suggested that the fluctuations in the geographical center of the catch correspond well with regime shifts. Accordingly, the contrary trends in the catch between Japan and Kagoshima were interpreted as resulting from the changes in the distribution of yellowtail in responding to environmental SST fluctuations.

Key words: yellowtail, catch fluctuation, center of catch, regime shift, SST

はじめに

関東でワカシ、イナダ、ワラサ、ブリ、関西でツバス、ハマチ、メジロ、ブリ、北陸でコゾクラ、フクラギ、ガンド、

ブリなど、成長段階によって呼称が変わる出世魚として知られるブリ (*Seriola quinqueradiata*) は、我が国において最も重要な沿岸漁業資源の一つであるとともに、最も重要

2015年2月27日受付、2016年1月5日受理

¹ 鹿児島県水産技術開発センター

Kagoshima Prefecture Fisheries Technology and Development Center, 160-10 Iwamoto, Ibusuki, Kagoshima 891-0315, Japan

² 国立研究開発法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所

National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Fisheries Research Agency, 2-17-5 Maruishi, Hatsukaichi, Hiroshima 739-0452, Japan

³ 国立研究開発法人水産総合研究センター日本海区水産研究所

Japan Sea National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, 1-5939-22 Suido-cho, Chuo-ku, Niigata, Niigata 951-8121, Japan

* 現所属：College of Fisheries, Ocean University of China, Yushan Road 5, Qingdao 266003, China

† shishidou-hirotoishi@pref.kagoshima.lg.jp

な海面養殖対象種の一つでもある。ブリの稚魚は、流れ藻に付随する習性から“モジャコ”と呼ばれ、春季に南西日本の沖合で採集され、養殖用種苗として供給される。また全国における天然ブリ漁況が養殖ブリの価格形成に少なからず影響を及ぼしている側面もあることから、天然ブリの、稚魚から成魚に至る資源動向を把握することは、定置網などの沿岸漁業のみならず養殖業者やモジャコ採捕業者にとっても経営戦略上重要である(宍道, 2014)。

このような重要性から、本種は我が国の資源評価対象種の一つとなっており、毎年、漁獲動向や資源量推定値などを基に資源の水準・動向が判断されている(田・阪地, 2014)。1990年代以降、わが国のブリ類漁獲量は増加傾向で推移し、2013年には過去最高の118千トンとなり、資源は高水準、増加傾向にあると判断されている(田・阪地, 2014)。この漁獲量増加は気候のレジームシフト(Minobe, 1997; Yasunaka and Hanawa, 2002)との関連が指摘されており(久野, 2004; Tian et al., 2012)、温暖レジーム期に漁獲が増える傾向があるとされている(田・阪地, 2014)。現在も継続している温暖レジーム下において、青森県、北海道、岩手県など分布の北縁部での漁獲量が増加していることが報告されている(田・阪地, 2014)一方、南縁部である鹿児島県の漁獲量変動について詳しく検討・報告された事例は、ブリ類の魚種別漁獲量の推定結果に関する宍道(2014)の報告が存在するのみである。そこで本研究では、これまであまり注目されてこなかった分布の南縁部におけるブリ類の漁獲量変動に着目し、その変動機構を解明することによりブリ類資源全体の変動機構を推察することを目的とし、鹿児島県海域におけるブリ類漁獲量の推移を整理し、全国の動向と比較する。また、我が国のブリ類漁獲量の重心を求め、その変動を把握するとともに、レジームシフト、我が国周辺海域海面水温変動およびブリ類漁獲量変動との関連について考察する。

材料と方法

漁獲量

「漁業・養殖業生産統計(以下、農林水産統計という)」資料を基に、1894–2012年の全国および鹿児島県におけるブリ類漁獲量の推移を把握した。また、鹿児島県を除く全国のブリ類漁獲量と鹿児島県の漁獲量から線形トレンドを引くことにより長期トレンド成分を除去したデータセットを作成し、さらに5年間移動平均値をそれぞれ求めることにより短期変動成分を除去して長期変動成分を抽出し、相関分析および回帰分析により両者の長期変動の関係を調べた。

漁獲量重心

各都道府県におけるブリ類漁獲量と各都道府県庁所在地の緯度、経度から、国勢調査における人口重心の算出方法(<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/topics/pdf/topi6103.pdf>,

2015年2月26日)と同様の手法により、以下の式を用いて漁獲量重心を求めた。

$$\bar{\varphi} = \frac{\sum C_i \varphi_i}{\sum C_i}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum C_i \lambda_i \cos \varphi_i}{\sum C_i \cos \varphi_i}$$

ここで、 C_i : 各都道府県におけるブリ類漁獲量、 φ_i, λ_i : 各都道府県の県庁所在地の緯度、経度、 $\bar{\varphi}, \bar{\lambda}$: 漁獲量重心の緯度、経度を表す。漁獲量重心は、全国の漁獲量を用いたもの(以下、全国漁獲量重心という)と、漁獲量を対馬暖流側と太平洋側に分けたもの(以下、それぞれ対馬暖流側漁獲量重心、太平洋側漁獲量重心という)をそれぞれ算出した。その際、北海道、青森、鹿児島県の漁獲量は、対馬暖流側、太平洋側の双方に使用した。なお、各都道府県のブリ類漁獲量の重心を各都道府県庁所在地で代表させることが妥当ではないと判断される場合(例えば岩手県における盛岡市など)は、各都道府県のブリ漁獲実態を勘案して適宜都市を選定した(Fig. 1, Table 1)。各都市の緯度、経度の値は、「北海道大学情報基盤センター北館」の「オンライン・データベース」から「位置情報データベース」の「緯度・経度の取得(電子国土サイトを利用)」(<http://www.hucc.hokudai.ac.jp/~x10795/Latlonkokudo.html>, 2015年2月26日)を参照し、各市町役場名を検索して入手した。

なお、農林水産統計において“ブリ類”はブリ、ヒラマサ、カンパチ、ヒレナガカンパチを含むが、鹿児島県の奄美海域ではブリの漁獲実態はほぼ皆無(宍道, 2014)であり、同様に黒潮外側域に位置し亜熱帯に属する沖縄県海域においてもブリの漁獲実態はほとんどないと考えられることから、漁獲量重心の解析においては沖縄県のブリ類漁獲量を除外した。

海面水温

気象庁ウェブページ(http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html, 2015年2月26日)より我が国周辺海域の1900–2012年の海域別季節別平均海面水温値を入手し、上述の漁獲量データ解析と同様の方法で長期変動成分を抽出した。また、上述により推定される漁獲量重心の緯度、経度の時系列データについても同様に長期変動成分を抽出し、海域別季節別平均海面水温値の長期変動との関係をスピアマンの順位相関分析により調べた。なお、各海域は、「日本海北東部」、「日本海中部」、「日本海南西部」、「東シナ海北部」、「東シナ海南部」、「先島諸島周辺」を“対馬暖流域”、「釧路沖」、「三陸沖」、「関東の東」、「関東の南」、「四国・東海沖」、「沖縄の東」を“太平洋沿岸域”に区分した(Fig. 1)。

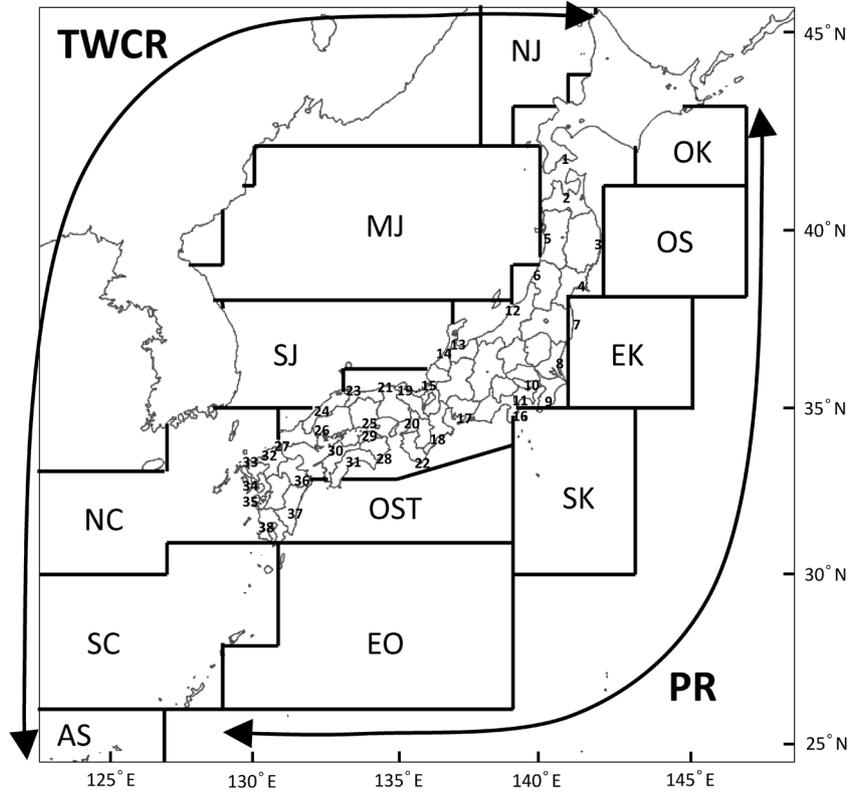


Figure 1. Illustration showing the locations of the representative town or city of each prefecture used to calculate the center of catch, and classification of water areas for the sea surface temperature (SST) defined by the Japan Meteorological Agency. Numbers of the locations coincide with Table 1. Abbreviations of the classification mean as follows; NJ : Northeastern Japan Sea, MJ : Middle Japan Sea, SJ : Southwestern Japan Sea, NC : Northern East China Sea, SC : Southern East China Sea, AS : Around Sakishima Islands, OK : Off Kushiro, OS : Off Sanriku, EK : East off Kanto, SK : South off Kanto, OST : Off Shikoku and Tokai, EO : East off Okinawa. TWCR and PR range specified by bold arrows mean Tsushima warm current region composed of NJ, MJ, SJ, NC, SC, AS and Pacific region composed of OK, OS, EK, SK, OST, EO, respectively.

結果

漁獲量変動

過去一世紀以上の長期的な視点で見ると、全国のブリ類漁獲量は増減を繰り返しながら増加傾向で推移したのに対し、鹿児島県の漁獲量は増減を繰り返しながら減少傾向で推移した (Fig. 2)。全国はとくに、1990年頃から顕著な増加傾向を示しており、その間鹿児島は減少傾向を示した。1970–1990年頃は前後の年代に比べて全国は低水準、鹿児島は高水準であった。1950–1970年頃は、前後の年代に比べて全国は高水準、鹿児島は低水準であった。年代別に詳しくみると、1947–1952年頃に全国が増加したのに対し、1953–1957年頃に鹿児島は減少した。1973–1977年頃に全国が減少したのに対し、1975–1981年頃に鹿児島は増加した。1977–1979年頃に全国が増加したのに対し、1981–1985年頃に鹿児島は減少した。1983–1985年頃に全国が減少したのに対し、1986–1988年頃に鹿児島は増加した。このように、全国と鹿児島県のブリ類漁獲量は、全国が増加 (減

少) すると鹿児島が減少 (増加) する傾向が認められ、かつ、両者の増減のタイミングは、全国の増減から数年遅れて鹿児島が増減する傾向があることが伺えた (Fig. 2)。

全国において顕著な漁獲量増加を示している1990年代以降 (Fig. 2) を例に、その期間中のブリ分布の北縁部である北海道と南縁部である鹿児島における漁獲量の変化率を比べると、北海道は1988年の202トンから2012年の7,337トンへ約18.7倍に増加しているのに対し、鹿児島は3,507トンから1,583トンへ約0.5倍に減少しており、南縁部における漁獲量の減少率より北縁部における増加率の方が顕著であった。

全国および鹿児島県のブリ類漁獲量の長期変動の関係をみたところ、全国と4年後の鹿児島県の間的相关係数が -0.56 と最も絶対値が大きく、有意な負の相関関係が認められた ($p < 0.001$) (Table 2)。また全国の漁獲量 (C_J) から鹿児島県の漁獲量 (C_K) を予測するための回帰式 $C_K = -0.0469 C_J - 132.7$ は有意 ($p < 0.001$) であった (Fig. 3)。

Table 1. The representative town or city of each prefecture and their latitude and longitude used to calculate the center of catch.

No.	Prefecture	Town/City	Latitude (°N)	Longitude (°E)
1	Hokkaidou	Hakodate	41.769	140.729
2	Aomori	Aomori	40.822	140.748
3	Iwate	Miyako	39.641	141.957
4	Miyagi	Ishinomaki	38.434	141.303
5	Akita	Akita	39.720	140.103
6	Yamagata	Tsuruoka	38.727	139.827
7	Fukushima	Minamisoma	37.642	140.957
8	Ibaraki	Hitachinaka	36.396	140.534
9	Chiba	Kamogawa	35.114	140.099
10	Tokyo	Shinjuku	35.689	139.692
11	Kanagawa	Odawara	35.265	139.152
12	Niigata	Niigata	37.916	139.036
13	Toyama	Himi	36.857	136.986
14	Ishikawa	Kanazawa	36.561	136.657
15	Fukui	Tsuruga	35.645	136.056
16	Shizuoka	Itou	34.966	139.102
17	Aichi	Toyohashi	34.769	137.391
18	Mie	Owase	34.071	136.191
19	Kyoto	Miyazu	35.536	135.196
20	Osaka	Osaka	34.694	135.502
21	Hyogo	Kami	35.632	134.629
22	Wakayama	Taiji	33.594	135.944
23	Tottori	Sakaiminato	35.540	133.232
24	Shimane	Hamada	34.899	132.080
25	Okayama	Okayama	34.655	133.920
26	Hiroshima	Hiroshima	34.385	132.455
27	Yamaguchi	Shimonoseki	33.958	130.941
28	Tokushima	Kaiyou	33.602	134.352
29	Kagawa	Takamatsu	34.343	134.047
30	Ehime	Matsuyama	33.839	132.766
31	Kochi	Kochi	33.559	133.531
32	Fukuoka	Fukuoka	33.590	130.402
33	Saga	Karatsu	33.450	129.969
34	Nagasaki	Nagasaki	32.750	129.878
35	Kumamoto	Amakusa	32.459	130.193
36	Oita	Saeki	32.960	131.899
37	Miyazaki	Miyazaki	31.908	131.420
38	Kagoshima	Kagoshima	31.597	130.557

すなわち、推定された回帰式により全国のブリ類漁獲量から4年後の鹿児島県のブリ類漁獲量を予測できることが明らかとなった。

漁獲量重心の変動

推定された全国漁獲量重心の緯度、経度共に、1894年から1910年代にかけて増加傾向、1920年代から1940年代にかけて減少傾向、1940年代から1950年代にかけて増加傾向、1960年代から1980年代にかけて減少傾向、1990年代

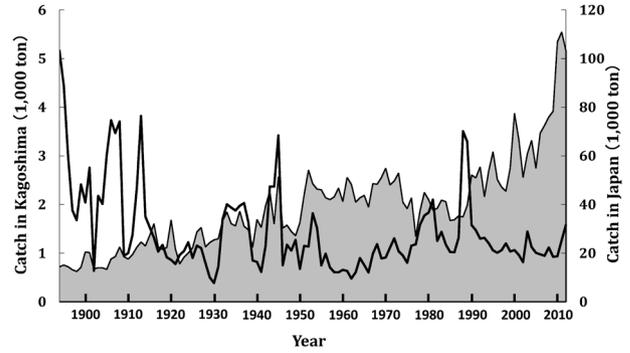


Figure 2. Annual changes in catch of yellowtail species in Kagoshima and Japan. Shaded area represents the catch in Japan. Bold line represents the catch in Kagoshima.

Table 2. Correlation coefficient, coefficient of determination and *p*-value between the catch of yellowtail in Japan excluding Kagoshima and that in Kagoshima with 0–6 year time lag.

Time lag (year)	<i>r</i>	<i>R</i> ²	<i>p</i> -value
0	-0.28	0.080	0.002
1	-0.38	0.143	<0.001
2	-0.47	0.223	<0.001
3	-0.54	0.292	<0.001
4	-0.56	0.314	<0.001
5	-0.55	0.304	<0.001
6	-0.52	0.273	<0.001

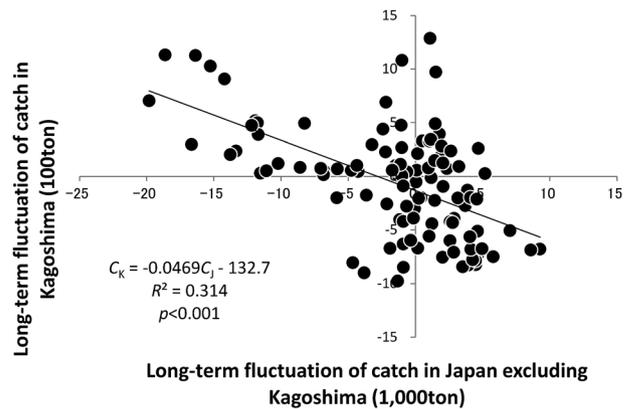


Figure 3. Relationship between long-term fluctuations of yellowtail species catches (five-year moving average catches of yellowtail species after retrieving long-term trends) for Kagoshima and Japan excluding Kagoshima. Dependent variables were shifted to 4 years later.

以降増加傾向を示した (Fig. 4a). 同様の傾向は対馬暖流側 (Fig. 4b) および太平洋側 (Fig. 4c) の漁獲量重心においても認められた。

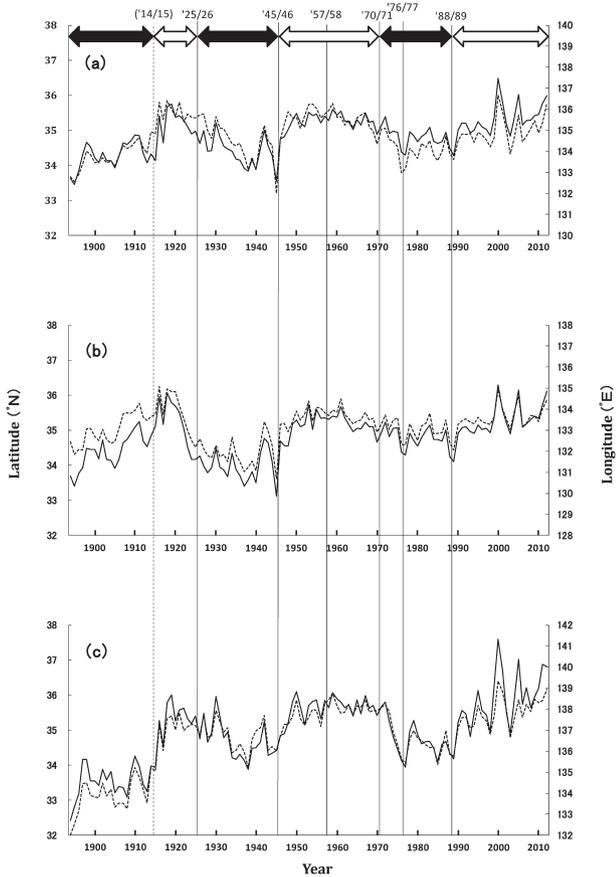


Figure 4. Annual changes in the geographical center of catch, latitude and longitude, of yellowtail species in Japan excluding Okinawa (a), Tsushima warm current region (b), Pacific region (c). Bold and broken lines represent latitude and longitude of center of catch respectively. Vertical bold (broken) lines represent the regime shifts (not regime shift but abrupt transition observed in the gridded SST field of Northern Hemisphere) (Yasunaka and Hanawa, 2002). Horizontal blank and bold arrows represent the warm and cold regime respectively, referring to Tian et al. (2012), Yasunaka and Hanawa (2002), Minobe (1997).

以上の結果は、1910年代後半から1920年代前半、1940年代後半から1960年代後半、および1990年代以降は、前後の年代に比べて重心が北東寄りであったことを意味する。

また、これら漁獲量重心が北東寄りであった年代と南西寄りであった年代の切り替わりのタイミングは、レジームシフト (Yasunaka and Hanawa, 2002) が発生したとされる年と一致しており、漁獲量重心が北東寄り (南西寄り) にある時期は温暖レジーム期 (寒冷レジーム期) と一致していた (Fig. 4).

海面水温変動と漁獲量重心の変動の関係

全国漁獲量重心の緯度、経度の長期変動は、対馬暖流域、

太平洋沿岸域共に、北海道や沖縄周辺の海面水温の長期変動とは有意な相関が認められない場合が多いのに対し、中緯度の海域とは有意な相関が認められる場合が多かった (Table 3). 同様の傾向は、対馬暖流域の海面水温と対馬暖流側漁獲量重心、太平洋沿岸域の海面水温と太平洋側漁獲量重心の間においても認められた。しかし、このように海域を分けて分析することによる明らかな相関の上昇は認められなかった (Tables 4-5).

考察

ブリ類漁獲量重心の変動と気候のレジームシフト

本研究の結果、我が国周辺の中緯度域の海面水温の長期変動と漁獲量重心の緯度、経度の長期変動は、多くの季節、海域において有意な正の相関関係が認められ (Tables 3-5)、対馬暖流域、太平洋沿岸域共に中緯度域の海面水温が上昇すると漁獲量重心が北東方向へシフトする傾向があると考えられた。

また、漁獲量重心の推移と気候のレジームシフト (Yasunaka and Hanawa, 2002) の関係をみると、漁獲量重心が北東寄りにあった年代と南西寄りにあった年代の切り替わりのタイミングは、レジームシフトが発生したとされる年と一致しており、さらに、漁獲量重心が北東寄りである時期は温暖レジーム期と一致していた (Fig. 4). 漁獲量重心が南西寄りにあった1894年から1910年代前半、1920年代後半から1940年代前半、1970年代前半から1980年代後半は寒冷レジーム期にあたり、全国のブリ類漁獲量は前後の温暖レジーム期に比べて相対的に低水準であり、逆に鹿児島県では高水準であった (Fig. 2).

三谷 (1960) は、1894-1959年の全国のブリ類漁獲量変動を海域ごとに詳しく分析し、日本海北区と東支那海区では豊凶が相反する傾向が認められること、および太平洋北区と中区の漁況は負の相関が認められることを報告している。また、これまでに各地で実施されてきた標識放流調査の結果、年代によってブリの移動回遊・分布範囲が変化していることが報告されており (例えば田中, 1972a, b, 1973; 村山, 1992; 児玉, 2003), 例えば日本海において、温暖レジーム期であった1960年代には能登半島以北-佐渡島周辺までブリ0-1歳魚の越冬海域が確認されていたのに対し、寒冷レジーム期であった1970-1980年代には能登半島以南へとシフトしたことが報告されている (山本ら, 2007). さらにTian et al. (2012) は、日本海北部における冬季の表面水温分布とブリ類漁獲量の変動の関係を解析し、1990年代以降の温暖レジーム期に生息適水温が北へ拡大したことに伴ってブリの回遊範囲や越冬海域が北へ拡大した可能性を報告した。これらの報告はいずれも、水温環境の変動に伴い、資源が南北に移動している可能性を示唆している。

本研究の結果は、水温環境の変化に対応してブリ資源の

Table 3. Correlation coefficient between long-term fluctuations of seasonal mean SST around Japan and latitude and longitude of yellowtail catch center in 1900–2012.

	Area	Tsushima warm current region				Area	Pacific region			
		Winter (Jan.–Mar.)	Spring (Apr.–Jun.)	Summer (Jul.–Sep.)	Autumn (Oct.–Dec.)		Winter (Jan.–Mar.)	Spring (Apr.–Jun.)	Summer (Jul.–Sep.)	Autumn (Oct.–Dec.)
Latitude	NJ	-0.03 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	0.16 ^{ns}	OK	0.23*	0.27**	0.13 ^{ns}	-0.10 ^{ns}
	MJ	0.35***	0.56***	0.38***	0.48***	OS	0.35***	0.56***	0.45***	0.30**
	SJ	0.47***	0.33***	0.38***	0.33***	EK	0.43***	0.46***	0.59***	0.35***
	NC	0.37***	0.20*	0.55***	0.45***	SK	0.53***	0.42**	0.71***	0.66***
	SC	0.21*	0.34***	0.26**	0.11 ^{ns}	OST	0.55***	0.31*	0.66***	0.67***
	AS	0.11 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.27**	0.10 ^{ns}	EO	-0.11 ^{ns}	0.38***	0.17 ^{ns}	-0.02 ^{ns}
Longitude	NJ	-0.06 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.26**	OK	0.05 ^{ns}	0.28**	0.18 ^{ns}	0.09 ^{ns}
	MJ	0.24*	0.43***	0.41***	0.36***	OS	0.23*	0.36***	0.37***	0.24*
	SJ	0.39***	0.18 ^{ns}	0.35***	0.23*	EK	0.36***	0.42***	0.65***	0.27**
	NC	0.15 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.60***	0.44***	SK	0.40***	0.59***	0.54***	0.45***
	SC	0.09 ^{ns}	0.25**	0.30**	0.03 ^{ns}	OST	0.33***	0.28**	0.41***	0.31**
	AS	0.07 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.20*	0.11 ^{ns}	EO	-0.12 ^{ns}	0.26*	0.20*	0.00 ^{ns}

^{ns} $p>0.05$, * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

Abbreviations of the areas are shown in the footnote of Figure 1.
Areas are deployed in order of northern part from upper to lower.

Table 4. Correlation coefficient between long-term fluctuations of seasonal mean SST of Tsushima warm current region and latitude and longitude of yellowtail catch center of Tsushima warm current side in 1900–2012.

	Area	Winter (Jan.–Mar.)	Spring (Apr.–Jun.)	Summer (Jul.–Sep.)	Autumn (Oct.–Dec.)
Latitude	NJ	-0.19 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.23*	-0.11 ^{ns}
	MJ	0.57***	0.62***	0.18 ^{ns}	0.64***
	SJ	0.47***	0.38***	0.18 ^{ns}	0.45***
	NC	0.48***	0.27**	0.43***	0.45***
	SC	0.38***	0.50***	0.32***	0.28**
	AS	0.20*	0.32**	0.17 ^{ns}	0.17 ^{ns}
Longitude	NJ	-0.20*	-0.09 ^{ns}	-0.26**	-0.18 ^{ns}
	MJ	-0.20*	0.61***	0.14 ^{ns}	0.61***
	SJ	0.45***	0.36***	0.13 ^{ns}	0.37***
	NC	0.48***	0.27**	0.39***	0.39***
	SC	0.35***	0.44***	0.35***	0.26**
	AS	0.23*	0.32***	0.18 ^{ns}	0.18 ^{ns}

^{ns} $p>0.05$, * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

Abbreviations of the areas are shown in the footnote of Figure 1.

Table 5. Correlation coefficient between long-term fluctuations of seasonal mean SST of Pacific region and latitude and longitude of yellowtail catch center of Pacific side in 1900–2012.

	Area	Winter (Jan.–Mar.)	Spring (Apr.–Jun.)	Summer (Jul.–Sep.)	Autumn (Oct.–Dec.)
Latitude	OK	-0.03 ^{ns}	0.21*	0.32**	0.27*
	OS	0.16 ^{ns}	0.29**	0.49***	0.29**
	EK	0.29**	0.36***	0.67***	0.30**
	SK	0.36***	0.55***	0.56***	0.48***
	OST	0.28**	0.24*	0.38***	0.41***
	EO	-0.10 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.08 ^{ns}
Longitude	OK	-0.07 ^{ns}	0.22*	0.39***	0.42***
	OS	0.11 ^{ns}	0.20*	0.41***	0.26**
	EK	0.24*	0.33***	0.64***	0.25**
	SK	0.24*	0.44***	0.56***	0.42***
	OST	0.12 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.35***	0.31**
	EO	-0.19 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.01 ^{ns}

^{ns} $p>0.05$, * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

Abbreviations of the areas are shown in the footnote of Figure 1.

分布域が変化したことを示唆しており、これら過去の報告と一致している。さらに、1990年代以降の温暖レジーム期におけるブリ分布南縁部のブリ類漁獲量減少率より北縁部の増加率の方が顕著であった事実は、水温上昇に伴うブリ分布南限の北上速度よりも、北限の北上速度の方が速いことを示唆する。以上のことから、ブリ類漁獲量重心の変

動は気候のレジームシフトに対するブリ資源の生息範囲の変動を反映しており、温暖期には生息南限および北限の双方が北上するが、前者より後者の北上速度が速いために結果的に生息範囲が拡大し、それに伴って資源が増加するために全国では漁獲量が増加する一方、生息南限である鹿児島県では資源がやや減少するために漁獲量がやや減少する

と考えられる (Fig. 2).

全国と鹿児島県の漁獲量変動のタイミングのずれ

全国と鹿児島県のブリ類漁獲量の長期変動の間には統計学的に有意な負の相関関係が認められ、全国と4年後の鹿児島の間で最も相関係数の絶対値が大きかった (Fig. 3). すなわち、全国が増加 (減少) するタイミングから4年遅れて鹿児島が減少 (増加) する関係が認められた。以上のことから、生息範囲や資源量のシフトに伴う漁獲量変動は全国でまず発現し、鹿児島県の漁獲量変動として発現するには全国の発現から4年程度の時間差を要すると推察される。このように時間差が生じる原因として、全国と鹿児島県の漁獲物年齢組成の違いが影響している可能性が考えられる。全国では0-1歳魚の占める割合が高く、2012年では0歳魚の占める割合は尾数で67%、重量で28%に達する (田・阪地, 2014)。これに対し、主に定置網漁業、一本釣り漁業 (飼付け漁業) (宍道, 2014) で漁獲される鹿児島県海域では成魚主体の漁獲物組成となっており、0歳魚の漁獲は他の海域、とくにまき網漁業の比率が高い海域ほど多くないと考えられる。したがって、他県海域で0-1歳魚資源が増加 (減少) するようなイベントが生じた時に、鹿児島県海域では0-1歳魚資源が減少 (増加) していたとしても、それが成魚主体の漁獲量の動向として現れるのは数年後になると考えられる。しかし、鹿児島県海域におけるブリ類漁獲物年齢組成を詳しく報告した例はなく、この可能性のより詳細な検討は今後の課題である。

なお、全国でブリ資源が増加すると、成熟後、薩南海域を含む産卵場へ南下回遊するため、数年後の鹿児島県の漁獲量はむしろ増加するのではないかと疑問が生じる。確かに、これまでに報告された記録型標識を用いた標識放流調査の結果、鹿児島県以外の県で放流されたブリが薩南海域まで南下したと推察される記録は得られている (井野ら, 2008; 阪地ら, 2010)。しかしながら、これらが鹿児島県海域で再捕された事例は井野ら (2008) が、1999年5月に新潟県粟島沖で放流した1尾が、2001年2月に鹿児島県沖で再捕されたことを報告したわずか1事例のみである。太平洋側で放流した個体についても、例えば2005年3月に三重県志摩半島で放流された個体が2006年3-4月に薩南海域まで南下したと推定された後、同年5月に高知県古満目で再捕された事例、2007年3月に高知県室戸岬で放流された個体が2008年3-4月に薩南海域まで南下したと推定された後、2009年2月に徳島県鞆浦で再捕された事例、2007年5月に高知県足摺岬で放流された個体が2008年3-4月に薩南海域まで南下したと推定された後、同年12月に豊後水道南部で再捕された事例、2007年2月に宮崎県北部で放流された個体が同年3-4月に薩南海域まで南下したと推定された後、同年5月に宮崎県北部で再捕された事例、また、同じく2007年2月に宮崎県北部で放流された個体が同年3-4月に薩南海域まで南下したと推定された後、太平

洋側へは戻らず、同年5月に石川県能登半島西岸で再捕された事例などが報告されているが、鹿児島県海域での再捕例は皆無である (阪地ら, 2010)。これらが薩南海域に滞留したと推定されている3-4月はブリの主産卵期に相当することから、薩南海域は太平洋側のブリにとっての主産卵場となっていると考えられるが、産卵のために南下してきたブリは、薩南海域では漁獲対象とはなっていないのである。すなわち、薩南海域の産卵場は、鹿児島県における主たる漁業種類である定置網、一本釣り漁業 (飼付け漁業) (宍道, 2014) の漁場である沿岸部ではない海域に形成されると考えられる。鹿児島県海域と日本海側の関係については、鹿児島県西方沖に位置する甑島で2007年3月および5月に放流した個体 (推定3-4歳魚) が、2008年6月までに熊本、長崎、島根、鳥取、兵庫、福井、石川、青森、北海道などで再捕されたことが報告されている (田中, 平成20年度鹿児島県水産技術開発センター事業報告書) ことから、上述の井野ら (2008) の報告と併せて考えると、日本海側と甑島との間では一部交流している可能性はあるけれども、日本海側から南下回遊してきたブリが鹿児島県で漁獲されていることを示唆する情報は極めて乏しいと言わざるを得ない。以上のことから、日本海側あるいは太平洋側から産卵のために南下回遊してきたブリが鹿児島県の漁獲量に反映される可能性は低いと考えられ、全国でブリ資源増加の数年後に鹿児島県の漁獲量が増える可能性は低いと考えられる。

ブリ類漁獲量変動にみられる鹿児島県海域の特異性

鹿児島県のブリ類漁獲量は、全国の漁獲量と統計学的に有意な負の相関関係が認められた (Fig. 3)。一方、田ら (2010) は、ブリ類漁獲量のレジームシフトを検出し海域間で比較した結果、太平洋中南部海域のみ他の海域と変動傾向が異なると報告した。太平洋中南部海域では1910年代から1950年代まで10年規模の変動を繰り返しながら1894-2004年の間では相対的に漁獲量が多い期間であったこと、また1970年代以降はレジームシフトが認められないことから、鹿児島県の漁獲量変動傾向 (Fig. 2) とは一致しない。以上のことは、鹿児島県のブリ類漁獲量変動には、全国のいずれの海域とも異なる変動パターンが存在することを示唆する。

農林水産統計上のブリ類漁獲量にはカンパチおよびヒレナガカンパチ (以下、カンパチ類という) の漁獲量が含まれる (田・阪地, 2014)。カンパチ類はブリ類の中では比較的温暖な海域に生息しており (瀬能, 2000)、鹿児島県ではその割合が約27%と他県に比べて高いこと、低緯度の海域ほどカンパチ類の割合が増加すること (宍道, 2014)、また、近年の海面水温上昇と連動してカンパチ類の鹿児島県海域への来遊量が増加傾向にあると考えられること (宍道ら, 2015) が報告されている。上述のとおり、鹿児島県海域では温暖レジーム期にブリ類の漁獲量が減少

する傾向が認められる (Fig. 2) が, 水温上昇に伴って鹿児島県海域へのカンパチ類の来遊が増加すれば, プリの漁獲量減少と相殺され, 本県のブリ類漁獲量の減少の程度が緩和される可能性がある。カンパチ類の資源変動が鹿児島県のブリ類漁獲量変動にどのように影響しているか, また, 我が国ブリ資源の適正評価および適正管理上どのように影響しているか, 今後詳細に検討していく必要がある。

本研究の応用の可能性

ある特定の魚種の漁獲動向を漁獲重心の変動として捉える試みは, 松田・山川 (2011) がイセエビを対象とした研究例を報告している。これは, イセエビの漁獲実績がある都県に対し西側から順に番号を付与し, その番号を各都県の漁獲量で重みづけしたうえで積算することにより漁獲重心を算出するという手法である。本研究は, 漁獲量重心の変動という同様の概念で環境変動と資源変動の関係を表現することを試みた事例であるが, 各県の位置を緯度, 経度によって代表させることにより, 漁獲量重心の緯度, 経度を算出することができ, より定量的に資源の変動を捉えることが可能である。またその手法は, 国勢調査における人口重心の算出方法と全く同じであり, 汎用性が高く, 容易に他の魚種に応用可能である。

我が国周辺では, プリ以外にも近年の海水温上昇に伴ってサワラ (高橋ら, 2014) やシイラ (<https://www.fra.affrc.go.jp/kseika/ondanka/siryo1.pdf>, 2015年2月26日) などいくつかの魚種で分布域が北上している可能性が報告されており, これらの資源変動と環境変動の関係解明に向けて, 本手法が応用できる可能性がある。

謝 辞

本研究のきっかけである漁獲量重心のアイデアを与えて下さった, 鹿児島県水産技術開発センター (現鹿児島県大隅地域振興局) の堀江昌弘氏に心より御礼申し上げる。本研究の機会を与えて頂き, また貴重なご助言を賜った (独) 水産総合研究センターおよび鹿児島県関係者の皆様に感謝申し上げます。

引用文献

井野慎吾・新田 朗・河野展久・辻 俊宏・奥野充一・山本敏博 (2008) 記録型標識によって推定された対馬暖流におけるブリ

- 成魚の回遊. 水産海洋研究, **72**, 92–100.
- 児玉純一 (2003) 沿岸の環境と生態系に関するモニタリング (2) 宮城県における海洋環境モニタリングの重要性—. 水産海洋研究, **67**, 190–193.
- 久野正博 (2004) プ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.
- 松田浩一・山川 卓 (2011) イセエビの漁獲動向と資源管理. 黒潮の資源海洋研究, **12**, 61–66.
- Minobe S. (1997) A 50–70 year climatic oscillation over the North Pacific and North America. Geophys. Res. Lett., **24**, 683–686.
- 三谷文夫 (1960) プリの漁業生物学的研究. 近畿大学農学部紀要, **1**, 81–300.
- 村山達郎 (1992) 日本海におけるブリの資源生物に関する研究. 島根水試研報, **7**, 1–64.
- 阪地英男・久野正博・梶 達也・青野怜史・福田博文 (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.
- 瀬能 宏 (2000) アジ科. 「日本産 魚類検索全種の同定 第二版」中坊徹次編, 東海大学出版会, 東京, 792–793.
- 宍道弘敏 (2014) 鹿児島県海域におけるブリ類の魚種別漁獲量. 鹿児島水試研報, **5**, 1–6.
- 宍道弘敏・東 剛志・中野正明・富安正蔵・野元 聡 (2015) 鹿児島県海域におけるカンパチ類の資源動向把握の試み. 黒潮の資源海洋研究, **16**, 75–82.
- 高橋素光・塚本洋一・由上龍嗣 (2014) 平成25年度サワラ東シナ海系群の資源評価. 平成25年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 第3分冊, 水産庁・水産総合研究センター, 1335–1346.
- 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. 日本誌, **38**, 29–32.
- 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. 日本誌, **38**, 93–96.
- 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. 日本誌, **39**, 17–23.
- Tian, Y., H. Kidokoro, T. Watanabe, Y. Igeta, H. Sakaji and S. Ino (2012) Response of yellowtail, *Seriola quinqueradiata*, a key large predatory fish in the Japan Sea, to sea water temperature over the last century and potential effects of global warming. J. Mar. Sys., **91**, 1–10.
- 田 永軍・阪地英男 (2014) 平成25年度ブリの資源評価. 平成25年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 第2分冊, 水産庁・水産総合研究センター, 1055–1084.
- 田 永軍・渡辺 健・井野慎吾・奥野充一・前田英章・阪地英男 (2010) プリの移動・回遊と海洋環境の關係の解明と来遊量予測手法の開発 (1) 移動・回遊と海洋環境の關係の解明. 水研センター研報, **30**, 76–91.
- 山本敏博・井野慎吾・久野正博・阪地英男・檜山義明・岸田達・石田行正 (2007) プリ (*Seriola quinqueradiata*) の産卵, 回遊生態及びその研究課題・手法について. 水産総合研究センター研報, **21**, 1–29.
- Yasunaka, S. and K. Hanawa (2002) Regime shifts found in the Northern Hemisphere SST field. J. Meteorol. Soc. Jpn., **80**, 119–135.