

日本近海におけるカツオの「季節発生群」に関する耳石日周輪および 標識放流・再捕データ解析による推定成長に基づく再検討

谷津明彦^{1†}, 越智大介², 本田 修¹, 清藤秀理², 嘉山定晃³

Reconsideration of “seasonal cohorts” of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* around Japanese waters, based on somatic growth estimated with otolith daily increment and tag-recapture data analyses

Akihiko YATSU^{1†}, Daisuke OCHI², Osamu HONDA¹, Hidetaka KIYOFUJI² and Sadaaki KAYAMA³

日本近海のカツオ未成魚について、秋季と翌春季の漁況の関連性を検討するための基礎として、既往文献により提唱された「冬季と夏季発生群」(体長群)と各体長群における冬季を中心とする体成長について再検討を行った。用いた資料は、日齢・尾叉長関係と標識放流・再捕データの統合的解析に基づく von Bertalanffy 成長式および 1978–1993 年(上記既往文献による)と 2000–2001 年に得られた冬季を中心とする主に未成魚の標識・再捕データである。その結果、1992 年秋季に標識放流され翌年に再捕された複数個体の未成魚の冬季を中心とする体成長は過少推定されている可能性が高いことが示された。また、冬季をまたぐ体長群の連続性と日本に來遊するカツオの主発生時期の数について妥当と考えられる推定結果を提示した。今後、各体長群の体成長の季節変動や、それらの発生時期などについても再検討が必要である。

キーワード：カツオ, 季節発生群, 体成長, 体長群

In order to explore relationships between fishing conditions of immature skipjack tuna around Japanese waters in the fall of a given year and those in the next spring, we reconsidered the previously hypothesized somatic growths of “winter- and summer-hatching groups” (i.e., body-length-groups) during wintering. We used 1) the reported von Bertalanffy growth curve that was estimated with combined analyses of otolith daily increment and the Japanese tag-recapture data, and 2) somatic growth data of wintering immature fish that were estimated from the Japanese tag-recapture surveys during 1978–1993 (adopted from the previous report) and 2000–2001. The results suggest a high possibility of underestimation of the previously reported somatic growths during wintering that were estimated with tag-recapture data, in which fish were released in the fall of 1992 and recaptured in the next year. Also, we proposed 1) plausible connectivity of body-length-groups between the fall of a given year and the next spring, and 2) number of principal hatching periods per year of immature fish migrating to Japanese waters. It is necessary to examine seasonal variability in somatic growths, and re-estimate principal hatching periods of each body-length-group in future studies.

Key words: body-length-groups, seasonal cohorts, skipjack tuna, somatic growth

2017年11月9日受付, 2018年7月2日受理

¹ 漁業情報サービスセンター, 〒104-0055 東京都中央区豊海町4-5
Japan Fisheries Information Service Center, 4-5 Toyomi-cho, Chuo-ku,
Tokyo 104-0055, Japan

² 水産研究・教育機構国際水産資源研究所, 〒424-8633 静岡県
静岡市清水区折戸5-7-1
National Research Institute of Far Seas Fisheries, Fisheries Research
and Education Agency, 5-7-1 Orido, Shimizu-ku, Shizuoka-shi, Shi-
zuoka 424-8633, Japan

³ 長井水産株式会社, 〒238-0316 神奈川県横須賀市長井5-24-7
Nagaisuisan Co. Ltd., 5-24-7 Nagai, Yokosuka-shi, Kanagawa 238-
0316, Japan

† yatsu@jafic.or.jp

はじめに

日本近海でのカツオ *Katsuwonus pelamis* の成長は、体長(尾叉長)組成のモードの追跡、標識放流・再捕データおよび脊椎骨の年輪や耳石日周輪の解析に基づき推定されてきた(二平, 1996; 田邊, 2002; 嘉山ほか, 2003; Tanabe et al., 2003; 嘉山, 2006; Ochi et al., 2016)。一般に、体長モードの追跡に基づく成長推定については、モードの推移が同じ群れを指標するという保証がないという課題がある(谷津, 2016)。また、標識放流・再捕データについては、放流時のハンドリングを迅速に行う必要があることから、体長測

定の精度が低い可能性が指摘されている (田中, 1985).
 なお, 各種手法によるカツオの成長と年齢に関する研究史は田邊 (2002) および嘉山 (2006, 2016) によりまとめられている.

Ochi et al. (2016) は, 嘉山ほか (2003) と Tanabe et al. (2003) による耳石日周輪解析に基づく日齢・尾叉長関係と標識放流・再捕データを統合した解析結果に基づき, 中西部太平洋全域に対する von Bertalanffy 成長式を推定した (以下, VB式という). また, VB式における標識放流・再捕データの有無は当該VB式のパラメータの点推定値にはほとんど影響せず推定精度を向上させた. これらのことから, VB式は現段階で最も信頼性が高いものとみなすことができる. なお, Ochi et al. (2016) による複数の成長式の統計学的比較では, 極限体長を使用しない Schnute 式がベストモデルとして選択されたが, 尾叉長 60 cm 以上では耳石日周輪データや標識放流・再捕データが少ない中で Schnute 式による高齢魚の成長が指数関数的な傾向を示したため非現実的と考え, Ochi et al. (2016) および清藤 (2017) では Shunute 式に次いで統計学的に妥当とされた VB 式が採用されている.

二平 (1996) は①1971-1993年の4-11月に東北海域 (房総半島の野島崎から南東方向に伸びる線と 28°N 以北, 160°E 以西) から得たカツオの月別体長組成の複合正規分布への分解に基づくモード追跡により, 発生時期と年齢が異なると思われる体長群 (A-E 群) とそれらの成長を提唱し (Fig. 1), ②未成魚 (D, E 群) は日本近海 (主に黒潮域の可能性が高いとされる) で越冬し翌年に再度黒潮前線を越えて東北沖に北上すること, ③体長組成データが利用できなかった冬季について, 東北海域で 1992 年に放流され (尾叉長モード 43 cm : D 群を代表), 翌年までに日本近海で再捕された個体の成長 (二平 (1996) の Fig. 12, これ以降 N-fig. 12 などと N を付して表記する) に基づき, 12-4 月の成長が夏季よりかなり遅いことを報告した. また, 上記③に基づき D 群 (夏生まれとされた) は翌年の B 群に, E 群 (冬生まれとされた) は翌年の C 群に繋がることとした (以下, 仮説 1

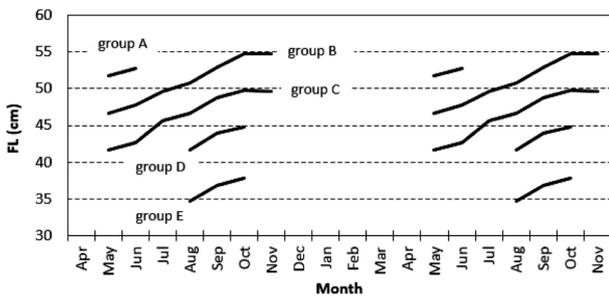


Figure 1. Somatic growth of the groups A-E, estimated from successions of modes of monthly fork length (FL) frequency data (redrawn from Nihira, 1996).

といい, 二平 (2010) でも踏襲されている).

これに対し, 嘉山 (2016) は 2001 年の秋季に放流され翌年の春-夏季に再捕された未成魚の標識放流・再捕データと仮説 1 を比較検討し, D 群は翌年の A 群, E 群は翌年の B 群に繋がるとした (Fig. 2) (以下, 仮説 2 という). また, VB 式を Fig. 1 の各群の起点 (5 月または 8 月) に当てはめた場合, 起点から 10 月ごろまでは両者はほぼ一致したが, 冬期間の成長は仮説 2 よりさらに早く, E 群は翌年の A 群に連続することが想定された (Figs. 3, 4) (以下, 仮説 3 という).

これら 3 つの仮説は, 未成魚の秋季と翌春季の体長群の関連性ならびに春季の未成魚の漁況推定に決定的な違いをもたらすことから, 本研究では, 各仮説が基礎としたデータおよびカツオの発生時期の情報などに基づき, 各仮説の妥当性を検討することを目的とした.

材料と方法

A-E 群の体長組成モードの追跡に基づく成長は N-fig. 6 から読み取った (Fig. 1). また, 本論文で使用した成長式は,

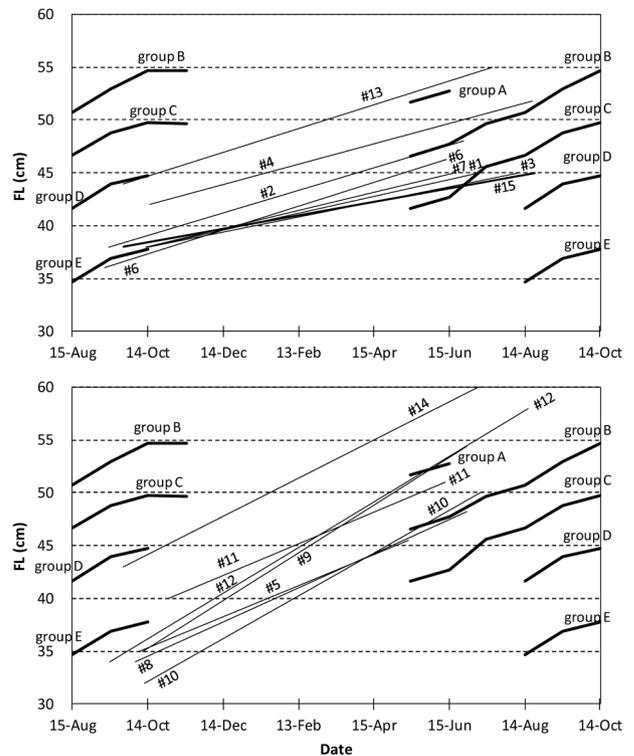


Figure 2. Comparison of somatic growth between the groups A-E (thick lines) and tag-recapture data obtained from the Japanese waters from autumn to the next summer (thin lines, see Table 1) (modified from Kayama, 2016). Top and bottom panel indicates lower and higher tag-recapture growth rate data, respectively. Each thin line is identified by serial number in Table 1.

Ochi et al. (2016) による、耳石日周輪解析結果と1997年以降の標識放流・再捕結果を統合して推定した von Bertalanffy 式を用いた (Figs. 3, 4, (1)式).

$$L_t = L_\infty \{1 - \exp(-k(t - t_0))\} \quad (1)$$

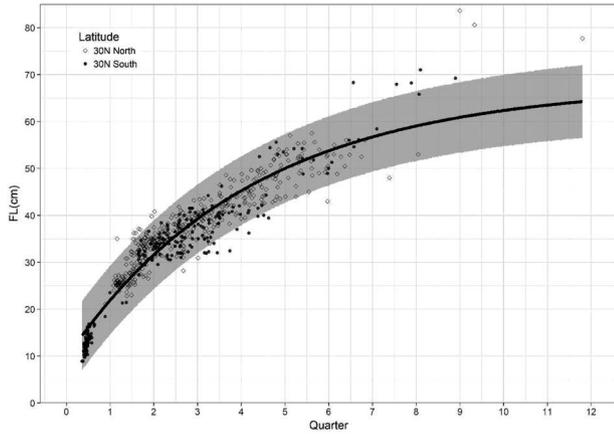


Figure 3. Scatter plot of age-length relationships by capture area (north or south of 30°N) based on the otolith research and estimated growth curve calculated from von Bertalanffy (VB) model integrated with tag-recapture data. Curve shows prediction from integrated VB model. Shaded area indicates 95% Bayesian credible interval from the integrated VB model (modified from Ochi et al., 2016).

ここで、 k は成長係数 (0.23), L_t は四半期令 t における尾叉長 (cm), L_∞ は極限尾叉長 (68.44 cm), t_0 は尾叉長=0となる理論上の t (-0.68)である.

冬季を中心とする標識・再捕データに基づく未成魚の成長については、嘉山 (2016) が使用したデータ (2000年に放流し、水産研究・教育機構国際水産資源研究所が管理するもの) から以下の3条件で抽出したデータ (Table 1) を使用した。①9-10月の放流時に尾叉長44 cm未満、すなわちD群とE群に相当すると考えられたもの、②再捕までに冬季をはさんだ218-338日間が経過したもの、③放流場所が28°N以北の日本近海で、再捕場所が東北海域であるもの。ただし、このデータには10月12日に尾叉長32 cm

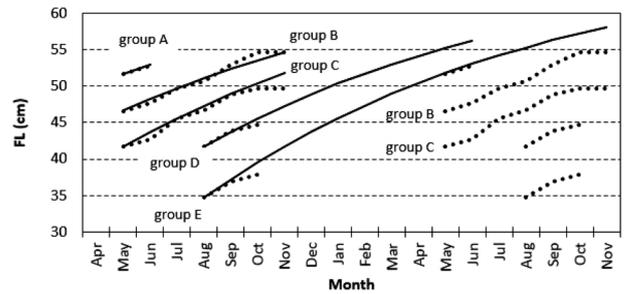


Figure 4. Comparison of growth curves of the groups A-E between Nihira (1996; dotted) and Ochi et al. (2016; solid) von Bertalanffy curve fitted to FL at the earliest month of each group.

Table 1. Long-term (218-338 days including winter) tag-recapture data obtained from Japanese waters and estimated monthly growth of groups D, E, and possibly an unnamed group whose FL is considerably smaller than those of group E (#10, also see Fig. 2) at the time of release.

Ser. No.	Release date	Release location	FL (cm) at release	Recapture date	Recapture location	FL (cm) at recapture	Elapsed days	Mean monthly growth (cm)
#1	2000/10/14	38°41'N 145°30'E	38.0	2001/7/10	32°05'N 134°05'E	45.0	269	0.8
#2	2000/9/13	40°46'N 149°56'E	38.0	2001/6/27	36°30'N 145°00'E	48.0	287	1.0
#3	2000/10/15	28°21'N 127°16'E	38.0	2001/8/11	38°30'N 146°11'E	47.5	300	1.0
#4	2000/10/16	28°38'N 128°15'E	42.0	2001/8/21	38°30'N 143°30'E	51.8	309	1.0
#5	2000/10/7	39°21'N 147°06'E	35.0	2001/5/13	34°15'N 140°05'E	45.5	218	1.4
#6	2000/9/10	40°29'N 145°44'E	36.0	2001/6/13	34°44'N 143°19'E	46.3	276	1.1
#7	2000/10/13	39°29'N 146°41'E	38.0	2001/6/20	33°00'N 144°40'E	45.9	250	0.9
#8	2000/10/5	35°09'N 139°25'E	34.0	2001/6/29	38°20'N 152°05'E	48.2	267	1.6
#9	2000/10/11	34°05'N 139°34'E	35.0	2001/6/29	35°07'N 143°51'E	54.4	261	2.2
#10	2000/10/12	39°12'N 143°25'E	32.0	2001/7/11	38°40'N 144°56'E	50.0	272	2.0
#11	2000/10/31	31°37'N 129°27'E	40.0	2001/6/12	37°29'N 145°46'E	51.0	224	1.5
#12	2000/9/14	35°10'N 139°26'E	34.0	2001/8/18	39°40'N 144°32'E	58.0	338	2.1
#13	2000/9/25	38°44'N 145°34'E	44.0	2001/7/20	38°44'N 145°54'E	55.0	298	1.1
#14	2000/9/25	38°44'N 145°34'E	43.0	2001/7/20	37°23'N 152°15'E	60.7	298	1.8
#15	2000/9/25	38°44'N 145°34'E	43.0	2001/8/23	39°02'N 154°54'E	55.6	332	1.1
Mean elapsed days and mean monthly growth (cm)							279.9	1.4

で放流された1例 (Fig. 2の#10) があり, この個体は, E群より小型の潜在的な群 (以下, F群とする) を代表する可能性がある. なお, 国際水産資源研究所は気仙沼港に水揚げされたカツオの尾叉長組成を長期間測定しているが, 秋季にモード31 cmの山が認められた例もある (2017年9月測定データ (未発表)).

さらに, 年代による成長差の可能性を検討するため, 仮説1に使用された1978–1993年の標識放流・再捕結果 (N-tables 2–4とN-figs. 11, 12) をTables 2, 3にまとめた. ここで, D群の成長はN-fig. 12の曲線に従うとしたが, この図では放流1ヶ月以内に再捕された中に尾叉長56 cmと39 cmの個体が出現し, これらはN-table 4の放流時の尾叉長範囲 (41–51 cm) と明らかに矛盾していたことから, 上記の田中 (1985) による指摘を考慮すると, 放流時の尾叉長記録が不正確であった可能性が高い. また, N-table 3の上から3番目の個体は再捕時の尾叉長が42.5 cm, 体重が3.0 kgと記されており, カツオの尾叉長 (L, cm) と体長 (W, kg) の関係 ($W=5.5293 \cdot 10^{-6} L^{3.336}$; 清藤, 2016) から著しく外れているため解析から除外した.

Table 2. Estimated FL at recapture and monthly growth rate of group D with a mode at 43 cm FL at the time of release (September 20–21, 1992, at 38°23'N–39°44'N, 143°31'–35'E), based on a growth curve of Fig. 12 in Nihira (1996). Elapsed days after release corresponding to minimum, mean, and maximum values of those in Table 1.

Elapsed days	Estimated FL (cm) at recapture	Mean monthly growth (cm)
218	46.6	0.5
280	49.7	0.7
338	52.8	0.9

Table 3. Long-term (including winter) tag-recapture data released from the Tohoku region, off northern Japan, recaptured from various locations and estimated monthly growth of larger individuals, adopted from Nihira (1996)'s Tables 2 and 3.

Ser. No.	Release date	Release location	FL (cm) at release	Recapture date	Recapture location	FL (cm) at recapture	Elapsed days	Mean monthly growth (cm)
#N1	1978/9/23	41°01'N 161°02'E	52.9	1979/6/20	21°15'N 164°52'E	58.0	270	0.6
#N2	1978/9/23	41°01'N 161°02'E	52.9	1979/9/27	17°36'N 170°48'E	70.0	369	1.4
#N3	1978/10/2	40°20'N 159°28'E	55.9	1979/6/23	19°16'N 165°07'E	58.0	264	0.2
#N4	1979/9/5	43°01'N 156°14'E	57.0	1980/4/19	30°39'N 140°36'E	66.5	227	1.3
#N5	1980/9/18	40°02'N 167°50'E	50.0	1981/6/11	5°14'N 143°02'E	57.9	266	0.9
#N6	1981/8/25	39°45'N 146°11'E	47.0	1982/3/20	2°11'N 148°17'E	55.1	207	1.2
Mean elapsed days and mean monthly growth (cm)							267.2	0.9

結果と考察

各仮説の比較

二平 (1996) の体長組成のモードの追跡 (Fig. 1) は夏季を中心としており, 各群の成長はVB式とほぼ一致したが, 冬季の成長は大きく異なった (Fig. 4). 二平 (1996) が冬季の成長の根拠としたD群の冬季をまたぐ標識放流再捕結果 (N-fig. 6) における平均月間成長量は, 再捕までの経過日数により異なり, Table 1の平均経過日数である280日では0.7 cmであった (Table 2).

仮説2によると, D, E, F群の冬季をまたぐ標識放流・再捕データによる月間成長量の平均値と範囲は1.4 cmと0.8–2.2 cmであった (Table 1). このように標識放流・再捕データに基づく推定値は, 田中 (1985) が指摘した精度の問題もあり範囲が広いものの, D, E, F群を合わせた冬季を中心とする平均月間成長量 (Table 1) は仮説1の根拠とされた値 (Table 2) の約2倍であった.

次に, 標識放流時の尾叉長には不確実性が大きいものの, これを正しいと仮定してTable 1の15個体の成長をFig. 1と重ねたFig. 2で比較した. ここで, 15個体の標識放流データを識別しやすくするために, 便宜的に成長量が比較的小さいデータと大きいデータに分けて示した. 仮説1にはほぼ一致するものとしては, 10月中旬におけるD群の尾叉長の平均値より約3 cm小さいがD群と思われる個体が翌年のB群に連続した1個体 (#4) およびE群から翌年のC群にほぼ連続した4個体が認められた (#1, #3, #7, #15). 仮説2にはほぼ合致するものは, D群が翌年のA群に連続した1個体 (#13) とE群が翌年のB群に連続した4個体 (#2, #5, #6, #8) であった. 仮説3に整合するものは, D群が翌年のA群よりかなり大きな尾叉長に達した1個体 (#14), E群が翌年のA群にほぼ連続した3個体 (#9, #11, #12) およびF群から翌年のB群に連続した1個体 (#10) であった. 以上により, Table 1の15個体のうちそれぞれの仮説に合致するものは各5個体であった. 上記の放流時の体長の精度についての評価は困難であるが, 個体により成長がある程度異なるこ

とは、十分に考えられる。したがって、Table 1の平均的成長を仮定した場合、仮説2が最も妥当なものとなる。

VB式によると、10月中旬のD群とE群の尾叉長(45.1 cmと39.1 cm)から9ヶ月後(Table 1の再捕までの平均期間にほぼ相当する)の尾叉長(59.1 cmと56.7 cm)から推定した平均月間成長量(1.0 cmと1.2 cm)はTable 1の範囲内であった。ただし、耳石日齢査定の結果はVB式の点推定値の周囲にばらつき、VB式の95%信頼区間は片側で約6-7 cmであった(Fig. 3)。また、VB式をFig. 1の各群の起点(5月または8月)に合わせた場合(Fig. 4, 仮説3)を仮説1と比較すると、上記のように対象海域や使用したデータの年代が異なるにもかかわらず、5-9月において両者はほぼ一致したが、10-11月のC, D, E群の成長は仮説1では頭打ちとなる傾向にあり、仮説3の成長式よりやや小さかった(Fig. 4)。この頭打ちの原因として、これらの月は各群の東北海域における出現末期に相当するため、月末までのデータが含まれていない可能性が考えられる。すなわち、出現末期には月の途中で東北海域からカツオが移出する場合が想定されるため、測定が月の前半に偏った場合、真の成長よりも小さく推定される可能性が高い。

以上のように、標識放流結果、VB式とも推定誤差が含まれている一方、個体により成長が異なることは、経験する環境が異なることなどから当然と考えられる。したがって、3つの仮説の検討には、個体ごとの成長を用いるのは妥当ではなく、平均値を利用するのが適切と思われる。

各仮説が使用したデータの年代差の検討

これら3仮説の冬季をまたぐ成長が異なる原因として、仮説1の根拠となった標識放流再捕結果の海域と時期が仮説2および仮説3と異なることが考えられる。すなわち、仮説1のデータは東北海域で1978-1992年、仮説2のデータは東北海域を含む日本近海で2000-2001年、仮説3は北西部太平洋全体に対し1997年以降のデータに基づいている。そこで、仮説1に用いられたデータによる冬季をまたぐ期間の月間成長量をTables 2, 3にまとめた。

Table 1によるD群、E群、F群の再捕までの日数の平均値と範囲は280と218-338であったため、Table 2によりD群の放流経過後218, 280, 338日目までの月間成長量の推定値を比較した。その結果、Table 2では経過日数が大きいほど成長量は大きいが、Table 1の平均値1.4 cmに比して著しく小さかった。Table 3は東北海域から1978-1981年の放流時にC群以上の大型魚の標識・再捕記録であり、冬季を経て207-369日後に再捕された6個体の月間成長量の平均値と範囲は0.9 cmと0.2-1.4 cmであった。再捕位置は様々であるが、#N4の個体は唯一日本近海で再捕され、その月間成長量は1.3 cmであった。

月間成長量は一般に尾叉長が大きいほど小さくなること(例: Fig. 3)を考慮すると、Table 3の平均成長量は、Table 1のそれより小さい点で矛盾しないが、Table 2のそれよりや

や大きい点で矛盾する。しかも、N-fg. 12の基礎となった標識放流・再捕データにおける標識日と放流場所は極めて近く、実質的に1ヶ所からの放流結果とみなすことができる(Table 2)。実際、N-fg. 12もそのように仮定して成長を推定している。これらにより、N-fg. 12が正しいとしても、D群の冬季を中心とする成長としての代表性には大きな疑問がある。また、二平(1996)にはE群の標識放流結果は見られない。これらに加え、上記のようにFig. 3において5-9月に仮説1と仮説3の成長がほぼ一致したことも考慮すると、年代的な差が仮説1と仮説2および仮説3の相違の原因となった可能性は低いと思われる。

各仮説が使用したデータの海域差の検討

VB式は中西部太平洋全域に対するものであり、嘉山ほか(2003)による耳石日齢査定の結果では、尾叉長20-40 cmでは日本近海の方が熱帯域より成長が早いとされる。実際、Fig. 3に示した日齢査定結果では、尾叉長20-40 cmにおいて採捕緯度が30°N以北のものが以南のものより成長が早い傾向が認められたが、尾叉長40-60 cmではそのような傾向は見られなかった。このように、3つの仮説では冬を中心とする期間の成長が異なるが、この期間における尾叉長はいずれの仮説でも40-55 cmの範囲に含まれることから(Fig. 4)、海域差(南北差)の影響は無視できると考えられる。

産卵期と総合的考察

熱帯域ではカツオは周年にわたり産卵し(http://kokushi.fra.go.jp/H28/H28_30.pdf, 2017年5月8日)、その一部が日本近海に来遊すること(Arai et al., 2005; 芦田ほか, 2016; Aoki et al., 2017)、および黒潮から黒潮続流域と黒潮親潮移行域における北上中の当歳魚の推定発生時期は9月から5月であることが知られている(嘉山, 2006)。VB式から推定される満1歳時の平均尾叉長(45.1 cm)は任意の1年間にB群、C群、D群、E群により通過されること(Fig. 4)から、仮説3に従うと日本近海に来遊するカツオの主な発生時期は4期あることになる。なお、仮説3ではF群は翌年のB群に連続すると考えられることから(Fig. 2)、これを考慮しても主発生時期は4期となる。同様に、仮説1が正しいとすると、C群とD群のみが45.1 cmを通過するため主発生時期は2期、仮説2ではB群(またはE群)、C群とD群が45.1 cmを通過するため3期となる。

上記のように日本近海に来遊するカツオの発生月は少なくとも9月から5月の三四半期であり、周年にわたる可能性も高い。したがって、A-Eの5群の発生時期は少なくとも秋季・冬季・春季の3期にわたると考えられる。各群の発生時期を冬季と夏季に限定した仮説1は、この点からも否定されたと考えられる。すなわち、各仮説間の差は、単に冬季の成長差のみならず、日本に来遊するカツオの主な発生時期の数にも関連している。

以上により、仮説1では冬季の成長が過少推定されてい

る可能性が高く, 少なくとも3四半期にわたり観測された発生時期とも整合しないが, 仮説2と仮説3は検討に用いたデータおよび発生時期の知見と整合していた. 今後, 各群の成長の季節変動やその環境条件, 各群の発生時期の独立性や経年変動について検討の必要がある. それにより, 秋季と翌春季の漁況の関連性について信頼性の高い推定が可能となると考えられる.

謝 辞

本論文は2017年4月28日に漁業情報サービスセンターで行われた第34回JAFIC漁業情報研究会「日本近海カツオ漁の動向をさぐる」で議論された結果を参考に作成したものである. 同研究会において貴重なご意見をいただいた方々, 初期の原稿に対し有益なご意見をいただいた水産研究・教育機構国際水産研究所の小倉未基業務推進部長ならびに西田宏かつお・まぐろ資源部長 (当時), および匿名の査読者各位に感謝する. なお, 本研究の一部は, 水産庁からの委託事業「国際漁業資源評価調査」の結果を利用した.

引用文献

- Aoki Y., M. Masujima and H. Kiyofuji (2017) Skipjack migration in the western central Pacific Ocean estimated from the particle tracking simulation with dynamic energy budget model. WCPFC-SC13-2017/SA-IP-09.
- Arai T., A. Kotake, S. Kayama, M. Ogura and Y. Watanabe (2005) Movements and life history patterns of the skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* in the western Pacific as revealed by otolith Sr : Ca ratios. J. Mar. Biol. Ass. U.K., **85**, 1211-1216.
- 芦田拓士・越智大介・清藤秀理・田邊智唯・渡邊久爾 (2016) 初期成長の海域間差を指標とした日本近海に來遊するカツオの孵化域推定の試み. 2016年度日本水産学会春季大会要旨集, 147.
- 嘉山定見 (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. 東京大学学位論文, https://repository.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/index.php?active_action=repository_view_main_item_detail&page_id=28&block_id=31&item_id=4279&item_no=1 (2018年2月9日).
- 嘉山定見 (2016) 耳石日輪解析と標識放流結果から考えられる日本周辺海域のカツオの成長. 第32回JAFIC漁業情報研究会発表資料 (未公表).
- 嘉山定見・渡辺良朗・田邊智唯 (2003) 日本周辺海域と太平洋熱帯域におけるカツオの成長. 平成14年度カツオ資源会議報告, 95-98.
- 清藤秀理 (2016) 平成27年度国際漁業資源の現況. カツオ 東部太平洋. 水産庁・水産教育・研究機構, http://kokushi.fra.go.jp/H27/H27_29.pdf (2018年2月9日).
- 清藤秀理 (2017) 平成28年度国際漁業資源の現況. カツオ 中西部太平洋. 水産庁・水産教育・研究機構, http://kokushi.fra.go.jp/H28/H28_30.pdf (2017年5月8日).
- 二平 章 (1996) 潮境域におけるカツオ回遊魚群の行動生態および生理に関する研究. 東北水研報, **58**, 137-233.
- 二平 章 (2010) カツオの回遊生態と資源. 水産振興, **497**, 1-57.
- Ochi D., D. Ijima and H. Kiyofuji (2016) A re-consideration of growth pattern of skipjack on the western central Pacific. WCPFC-SC12-2016/SA-IP-08 Rev 1.
- 田邊智雄 (2002) 西部北太平洋熱帯域におけるカツオの初期生態に関する研究. 水研センター研報, **3**, 63-132.
- Tanabe, T., S. Kayama, M. Ogura and S. Tanaka (2003) Daily increment formation in otoliths of juvenile skipjack *Katsuwonus pelamis*. Fish. Sci., **69**, 731-737.
- 田中昌一 (1985) 水産資源学総論. 恒星社厚生閣, 東京, 381 pp.
- 谷津明彦 (2016) 生物学的基礎研究法. 「水産海洋ハンドブック (第3版)」竹内俊郎ほか編, 生物研究社, 東京, 138-140.