

愛媛県伊予灘で漁獲されたサワラの年齢組成と成長の季節変化

千葉眞佐光^{†*}, 加藤利弘², 河野芳巳¹

Seasonal changes in age composition and growth of Spanish mackerel landed in Ehime Prefecture from Iyo-nada of the Seto Inland Sea

Masamitsu CHIBA^{†*}, Toshihiro KATOU² and Yoshimi KOUNO¹

To examine seasonal changes in age composition and growth of Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* landed in Ehime Prefecture from Iyo-nada, Seto Inland Sea, the fork length of 11,058 fish was measured at the Kaminada Fish Market from 2000 to 2006. Monthly compositions of the fork length were then obtained, which were decomposed into size (age) groups by fitting the normal distribution curves. Based on otoliths examinations from 1,399 samples, age specific mean fork lengths and their standard deviations were estimated and used as the initial inputs for the normal curves. Age composition in spring (March–June) mostly consisted of 2-year-old fish and some 1 and 3-year-old fish, while that in autumn (August–December) mostly of 1-year-old fish with 0-year-old fish occurring in November and December. Monthly growth rate of the fork length was high from summer to autumn and low from winter to spring.

Key words: Spanish mackerel, Seto Inland Sea, age, growth

はじめに

瀬戸内海で漁獲されるサワラ *Scomberomorus niphonius* 資源は、漁場の形成と移動状況から備讃瀬戸西部を境とした東西2系群から構成されるとされていたが、遺伝学的手法を用いた予備的研究に基づき、瀬戸内海域全体で単一の系群（瀬戸内海系群）と考えられるようになった（永井ほか, 2007）。瀬戸内海中央部では、本種の産卵回遊群を対象とした春漁が盛んである。一方、瀬戸内海西部に位置する愛媛県伊予灘海域 (Fig. 1) では、秋漁を主にほぼ周年にわたる操業がなされている。

1980年代後半より瀬戸内海域のサワラ漁獲量は減少の一途をたどり、近年では資源回復に向けた様々な取り組みがなされている（永井ほか, 2007）。瀬戸内海のサワラについては、漁獲量が減少するなかでの漁獲物の低年齢化（河野ほか, 1997）や同一年齢での大型化（河野ほか, 1997; 竹森, 2006）が報告されている。また年齢組成に関

しては1980年代後半以前（岸田, 1989; 岸田, 1990）およびその後（河野ほか, 1997; 竹森, 2006）についても春漁期での報告にとどまり、周年にわたる知見はない。さらに、成長の季節変化に関しては岸田ほか (1985) による1980年代後半以前の報告があるのみであるが、本海域におけるサワラの漁獲量は近年増加傾向を示しており、その資源生物学的特性は、岸田ほか (1985) の報告とは異なった状況にあるものと推測される。そこで本研究では、資源回復の途上にあたる2000年から2006年に得たデータを用い、伊予灘産サワラの年齢組成と成長の季節変化を検討した。これらの年齢組成や成長に関する知見の蓄積や更新は、サワラの資源評価の精度向上に資すると期待される。

試料と方法

瀬戸内海全体のサワラの水揚量は、漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省統計部, 1977–2006）を、また愛媛県伊予灘のサワラの水揚量は、愛媛県農林水産統計年報（中国四国農政局松山統計・情報センター, 1977–2006）のデータを用いた。

愛媛県伊予灘で漁獲されるサワラの多くは、同伊予市にある上灘漁業協同組合（以下漁協）(Fig. 1) に水揚げされる。上灘において主体となる漁業種類は流し網であり、使用される目は主に10.6~11.4 cmである。その他、長浜町、北条市漁協 (Fig. 1) でも水揚げされ、主体となる漁業種類

2007年8月22日受付, 2008年2月15日受理

¹ 愛媛県中予水産試験場

Ehime Prefectural Chuyo Fisheries Station, Mori, Iyo, Ehime 799-3125, Japan

² 愛媛県庁水産課

Ehime Prefectural Office Fisheries Station, Ichibancho, Matsuyama, Ehime 799-8570, Japan

* 現所属 愛媛県農林水産部水産局漁政課

[†] chiba-masamitsu@pref.ehime.jp

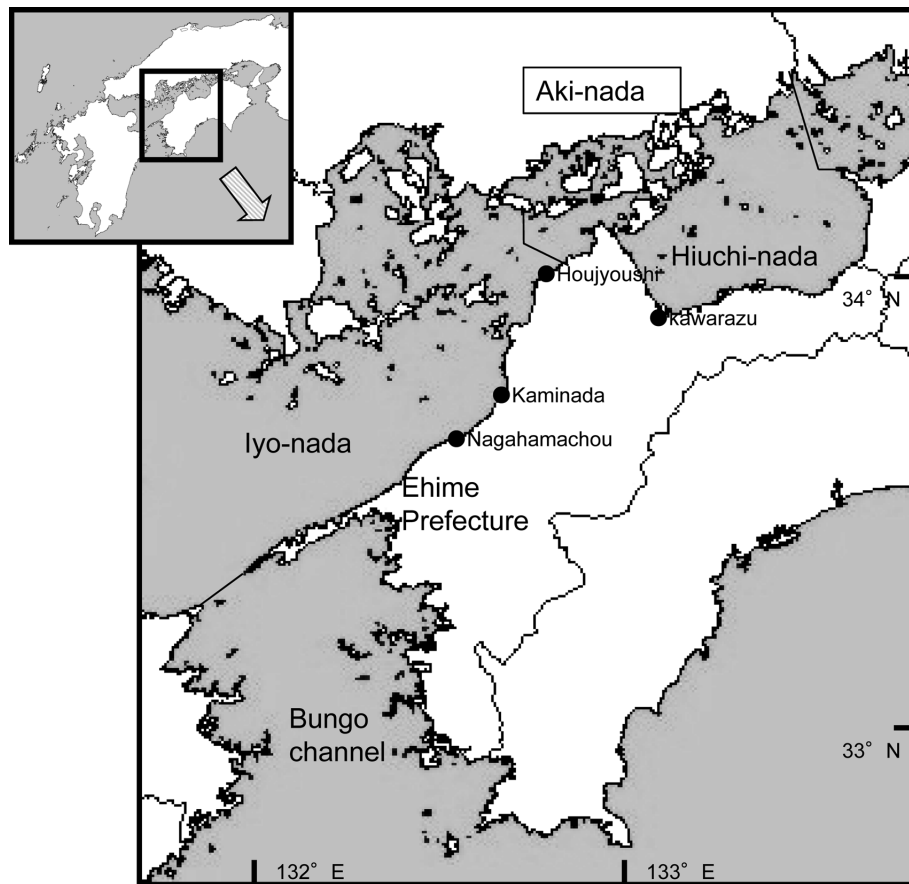


Figure 1. Map showing the western area of the Seto Inland Sea. Solid circles point fishery cooperatives related to the present study.

はいずれも釣りまたは流し網である。2000年から2006年の間、上灘漁協に原則として月1回以上、計184回出向き、当日水揚げされたすべてのサワラまたは無作為に抽出した一部、計11,058個体の尾叉長 (FL) を1 cm単位で測定した。また、上灘、長浜町、北条市漁協にて水揚げされたサワラのうち、数尾～数十尾の魚体または頭部標本を入手した。魚体標本753サンプルについて尾叉長を1 mm単位、上顎長 (UJL) を0.1 mm単位で測定した。また、頭部標本728サンプルの上顎長を同様に測定し、同時に測定した尾叉長との関係： $FL=11.2 \times UJL - 99.6$ ($n=753$, $r^2=0.95$, $p<0.05$) を得て、頭部標本の上顎長から尾叉長を推定した。また、両標本のうち1,399サンプルについて耳石を摘出し、その輪紋による年齢査定 (濱崎, 1993; 中村ほか, 1989) を行った。瀬戸内海産サワラの産卵盛期は5月 (篠原, 1993) であるが、便宜上4月1日を誕生日として年齢を見積もった。

上灘漁協での雌雄込みの尾叉長測定データを基に2 cm幅で年別月別の尾叉長組成を作成した。この尾叉長組成を五利江 (2002) の手法により、竹森 (2006) の報告同様、複数の正規分布群に分解した。

正規分布のパラメータの内、年齢別平均尾叉長と同標準偏差の初期値には年齢査定で得た数値を用いた。なお、欠測月では前後の月の年齢別尾叉長の平均値を代入 (連続する複数月にデータのない月も同様) し、三項移動平均による平滑化を行い、4歳魚ではデータが少なかったため3歳魚の同月の月間成長を使用し、年齢別尾叉長を補正した。また、標準偏差は、月別の標準偏差の年間平均値を代用した。

正規分布群への分解は測定尾数31以上の組成について行った。分解の際、ソルバーの制約条件として、各年齢群の混合比 (尾数の平均混合割合) は0以上、各年齢群の混合比の計は1という2条件を与えた。解が収束しない場合やあてはまりの悪い場合は、年齢別平均尾叉長の初期値にその年齢群と思われるヒストグラムの最大値に対応した尾叉長を与えるか、標準偏差を各年齢で等しくするような制約条件を与えることで解を収束させた。このように分解した正規分布の階級別の期待値と観測値との適合度について χ^2 検定した (田中, 1956)。

正規分布群への分解によって得た2000～2006年の平均尾叉長を年級群別に整理し、全年級群の平均値から当歳魚が

漁獲される9月以降の月別尾叉長および月間成長を求めた。この際、欠測月には前後の月の平均値を代入（連続する複数月にデータのない月も同様）し、三項移動平均による平滑化を行った。更に漁獲が途切れる夏（7月）を除いて、春漁期（3~6月）、秋漁期（8~12月）、冬漁期（1~2月）について季節別の月間成長を求めた。

結果

漁獲量の推移

1975年以降の瀬戸内海におけるサワラの水揚量は、1986年の6,378tをピークに減少したが、1998年に200tと最低を記録した後は増加傾向にあり、2004年は1,464tであった。伊予灘海域では、1978年の490tをピークに1993年以降急減し、1998年に14tと最低を記録した後は増加傾向にあり、2004年は108tであった (Fig. 2)。

年齢組成の季節変化

尾叉長組成とあてはめた正規分布 (Fig. 3) との間には、57標本群のうち3例（2002年8月、2003年9月、2003年11月）で有意差がみられた ($\chi^2=88.30, 243.10, 57.90 p<0.05$)。

秋漁期のうち特に漁獲の多い8~10月の年齢組成は1歳魚が主体で、この間の月別混合比の平均値は0.96であった。11~12月も1歳魚が主体であり、月別混合比の平均値は0.64であった。0歳魚は2004年と2005年には10月に一部が出現したが、主に11月または12月に出現した (Fig. 3)。11~12月における0歳魚の月別混合比の平均値は0.28であった。冬漁期の年齢組成は1歳魚が主体で、月別混合比の平均値は0.55であったが、0歳魚（月別混合比平均値0.29）と2歳魚以上の高年齢魚（月別混合比平均値0.16）も含まれた。春漁期は2歳魚が主体で、月別混合比の平均値は0.69であったが、1歳魚（月別混合比平均値0.12）と3歳以上の高年齢魚（月別混合比平均値0.19）も含まれた。

月間成長の季節変化

年齢別の月間成長量 (Fig. 4) は、0歳魚では10月が最大で59mm、3月が最小で4mm、1歳魚では9月が最大で33mm、3月が最小で-1mm、2歳魚では9月が最大で20mm、4月が最小で0mmであった。月間成長の最大値から最小値を引いた偏差は、0歳魚が55mm、1歳魚が34mm、2歳魚が20mmであった。年間の平均月間成長量は、0歳魚が27mm、1歳魚が16mm、2歳魚が9mmであった。漁期別平均成長量は、秋漁期に関して0歳魚が46mm、1歳魚が26mm、2歳魚が14mmであり、冬漁期では0歳魚が10mm、1歳魚が7mm、2歳魚が6mm、3歳魚が10mmであり、春漁期では1歳魚が8mm、2歳魚が2mm、3歳魚が11mm、4歳魚が10mmであった (Table 1)。

年齢別の月別尾叉長は、10月が0歳471mm (446-487mm)、1歳713mm (699-726mm)、2歳838mm (825-857mm)であり、4月が1歳582mm (568-596mm)、2歳763mm (747-769mm)、3歳879mm (850-899mm)、4歳987mm

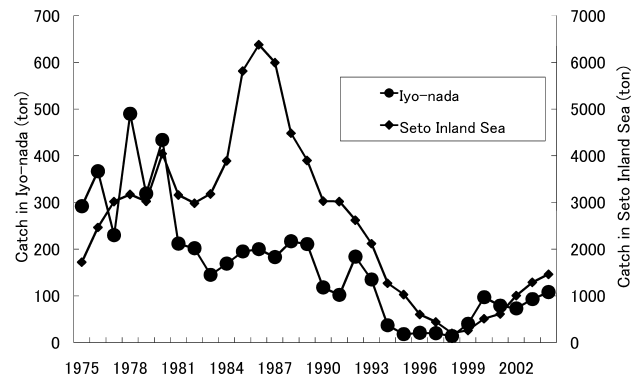


Figure 2. Annual catch of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) in Iyo-nada and the Seto Inland Sea during 1975 to 2004.

(978-1001 mm)であった。

考察

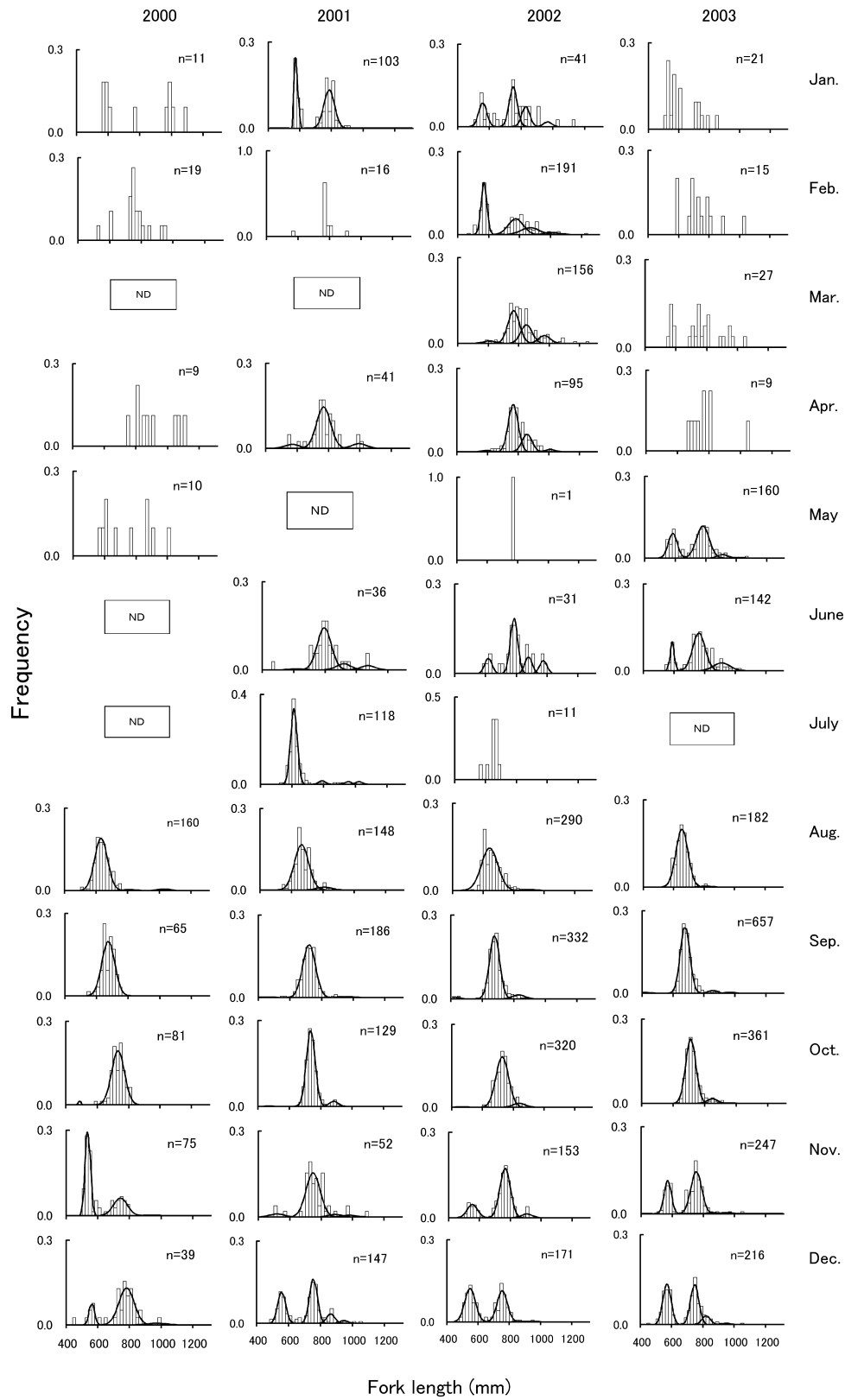
年齢組成の季節変化およびその要因

本研究では、伊予灘における秋漁期のサワラ漁獲物の年齢構成が1歳魚主体であるのに対し、春漁期では2歳魚を主体として1歳魚と3歳以上の高年齢魚を含んでおり、季節による年齢構成の違いが認められた。秋漁期のうち10月までは1歳魚が主体で一部に2歳魚が含まれる程度であったが、11月以降になって0歳魚が出現した。このような0歳魚の来遊の遅れが秋漁期の年齢構成を1歳魚主体とする要因であると推察される。一方、春漁期では秋の1歳魚が2歳魚として漁獲の中心を占め、3歳魚以上の高年齢魚や1歳魚とともに産卵回遊 (岸田, 1989) する。伊予灘と豊後水道域に回遊するトラフグについても1歳魚に比べて0歳魚の来遊の遅れが認められている (永井, 2002) が、本研究ではサワラに関し0歳魚の伊予灘への来遊が1歳魚に比べて遅れることを初めて報告した。

年齢組成の推移

瀬戸内海域でサワラ漁獲量の多かった1980年代には、上灘での秋漁および河原津での春漁について、それぞれ9月（一部の年で10月）および5月に調査がなされ、秋漁では1歳魚、春漁では2歳魚が主漁獲対象群であると報告されている (岸田, 1990)。本研究では春漁期の主漁獲対象群が伊予灘でも燧灘に面する河原津と同様であるとの結果を得た。これは春漁期にサワラが伊予灘を経て燧灘へ産卵回遊するためと思われる。一方、本研究では2000~2006年の春漁期に1歳魚の構成割合が高かったが、このような現象は1980年代には見られなかった。1980年代には1歳魚が漁獲の対象とされていなかった (岸田, 1989) と報告されている。しかしその後1990年代中頃には同一年齢での大型化 (河野ほか, 1997; 竹森, 2006) が顕著となり、春の1歳魚が457mm (岸田ほか, 1985) から前述した582

愛媛県伊予灘で漁獲されたサワラの年齢組成と成長の季節変化



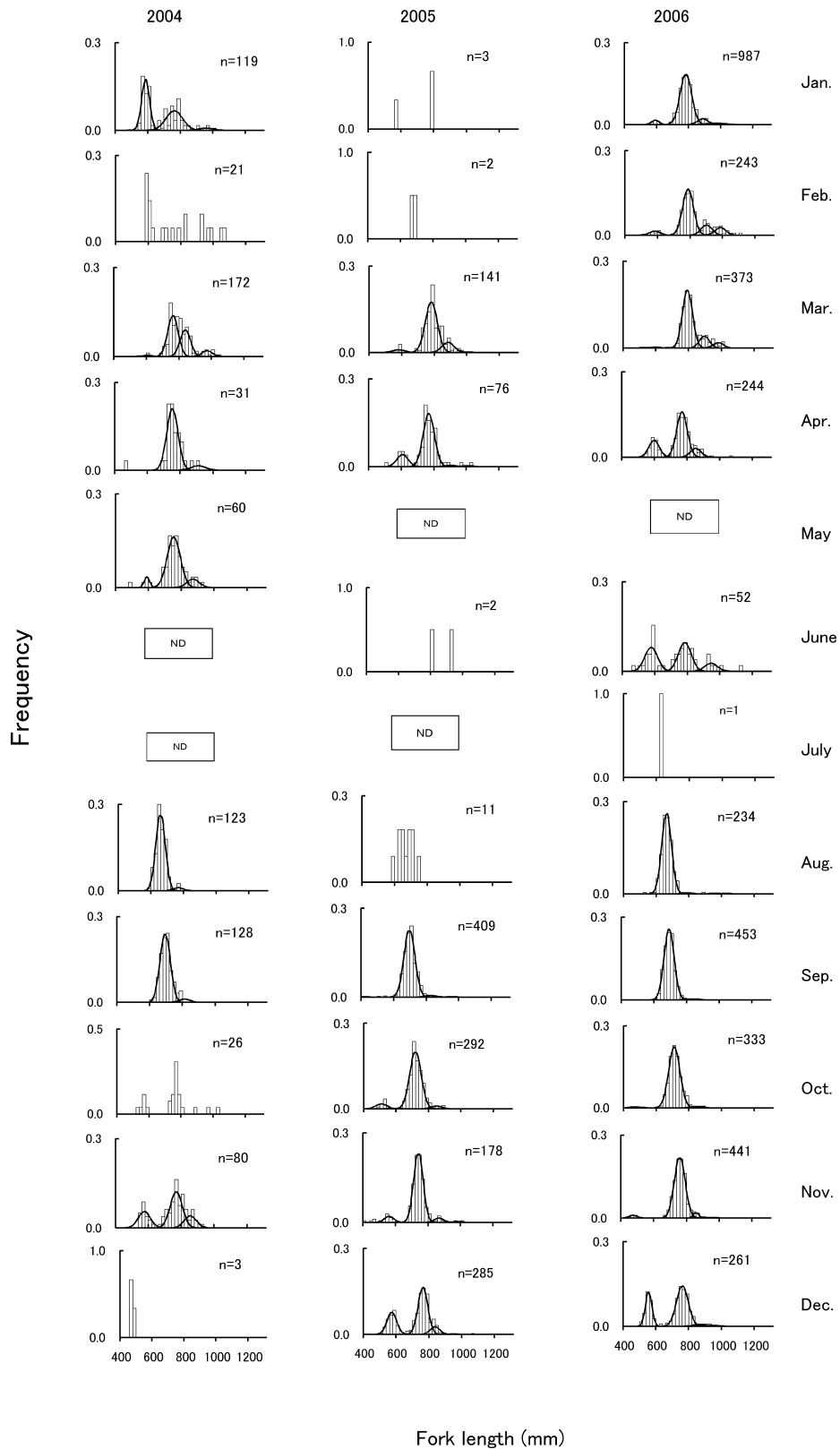


Figure 3. Length frequency of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) catch and decomposed length (age) groups by normal curves. ND means no data.

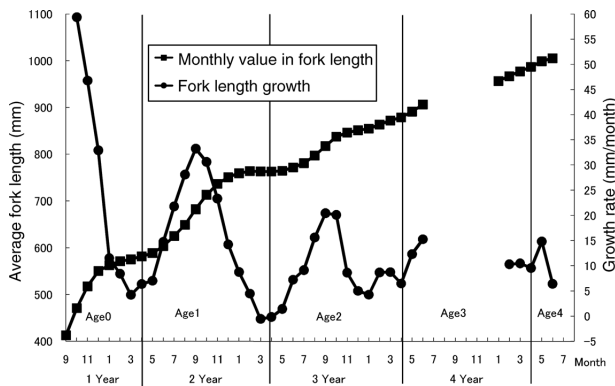


Figure 4. Age specific average length and growth rate for each month from 2000–2006. Data for age >3-year-old fish from July to December of each year are not included because of the scarcity.

Table 1. Average growth rate (mm per month) of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) calculated by landing season in Iyo-nada from 2000 to 2006.

Landing season	Month	Age 0	Age 1	Age 2	Age 3	Age 4
Spring	3–6		8	2	11	10
(Summer)	Mar.–June (7)		(22)	(9)	–	–
Autumn	8–12	46	26	14	–	
Winter	1–2	10	7	6	–	
	Aug.–Dec. Jan.–Feb.					

Numerals in parentheses are the moving average

Table 2. Comparison of the average fork length of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) by season and year and sea area.

Year	Sea area	Average fork length (mm)		Authors
		Autumn (Sep. or Oct.) Age 1	Spring (Apr. or May) Age 2	
1982–1989	Western waters of the Seto Inland Sea	630 (597–651)	678 (633–700)	Kishida (1990)
1995–1996	Hiuchi-nada	–	760	Kono et al. (1997)
2000–2006	Iyo-nada	713 (699–726)	763 (747–769)	Present study
2002–2006	Coastal waters of Kyoto Prefecture	600	700	Inoue et al. (2007)

The numerals by Inoue et al. (2007) represent the modal length, and numerals in parentheses are the range of the average fork length.

mmに大きくなり、使用される流し網の目合で漁獲されやすい大きさとなったため、1歳魚の構成割合が高くなったと考えられる。

漁獲量が低い水準にあった1990年代について、河野ほか(1997)が河原津漁協の5月における漁獲物年齢組成を報告している。この中で1992–1994年に2歳魚を主体に1–4歳魚が出現しているのは本研究と同様であるが、1995–1996年には1歳魚の混合比の平均値が0.57と高く、2歳以上の親魚が少なかったのが特徴である。このことについて河野ほか(1997)は、2歳魚の来遊が少なかったと指摘している。これに対し本研究で対象とした2000–2006年は2歳魚が優占し、1歳魚の混合比の平均値は0.12に過ぎなかった。このように、2000年以降2歳魚の混合比が高いことは、サワラ資源の回復傾向を反映しているものと推察される。

成長の季節変化

成長については季節変動があり、夏から秋にかけて成長し、冬から春にかけて成長が停滞する傾向が2歳魚以下に明瞭にみられた。

春漁期の成長停滞については、1980年代(岸田ほか、

1985)と同様であったが、同報では11月から4月の間は調査期間にされていないため、冬季の成長を比較できなかった。岸田ほか(1985)によれば、未成魚である2歳未満のサワラの成長期は6–10月頃であると報告しており、本研究でも同様の結果を得た。これに加えて本研究では成魚である2歳魚においても周年の季節的成長を明らかにすることができた。

なお、井上ほか(2007)によれば、京都府沿岸で漁獲される東シナ海系群のサワラについて2002年6月–2006年10月までの尾叉長組成にみられる2峰型の組成のモード(それぞれ0歳魚と1歳魚と思われる)がいずれも1–5月の間まで停滞していたと報告しており、系群を異にするものの、本研究と同様冬から春にかけて成長の停滞がみられた。

年齢別尾叉長の推移と資源動向

漁獲量の多かった1982–1988年の上灘漁協における9月または10月の雌雄込み1歳魚の平均尾叉長は630 mm (597–651 mm)であるが(岸田, 1990)、本研究で得られた10月における同年齢の平均尾叉長は83 mm大きく、岸田が報告した最高値と本研究の最低値との間にも48 mmの差がみら

れた (Table 2). また, 1982~1989年の河原津漁協の5月における雌雄込みの2歳魚の平均尾叉長は678 mm (633-700 mm) であるが (岸田, 1990), 本研究で得られた4月における同年齢の平均尾叉長は85 mm大きく, 岸田の報告の最高値と本研究の最低値との間にも47 mmの差がみられた (Table 2). 次に, 漁獲が急減した1995年および1996年の河原津漁協における5月の尾叉長組成の2歳魚のモードは約760 mmであるが (河野ほか, 1997), この値と本研究による4月の2歳魚の平均尾叉長763 mmはほぼ一致している (Table 2). 従って, 1990年代中頃に顕著になった同一年齢における大型化の状態は現在も続いていると考えられる.

また, 本研究の尾叉長平均値と東シナ海系群の尾叉長組成のモード (井上ほか, 2007) を同年齢で比較すると, 東シナ海系群の方が60~110 mm程度小さい傾向がみられた (Table 2). 日本海西部 (石川~島根) の年間漁獲量は1999年から急増し, 2000年以降は3,000 t前後で推移 (井上ほか, 2007) している. 東シナ海系群の尾叉長が小さい原因として資源量の急増による密度効果の可能性も考えられるが, これに関しては今後の解明が期待される.

マイワシ, ニシン, カラフトマスなどにおいて漁獲魚の成長状態が豊年度に劣り, 不漁年度に優れているとされている (松原ほか, 1965). 瀬戸内海産サワラについて同一年齢での大型化 (河野ほか, 1997; 竹森, 2006) の持続が, 伊予灘において2006年にもみられたため, サワラ漁獲量は1998年以降低水準ながら増加傾向にあるものの, 2007年以降の漁獲については楽観視できない. サワラ資源を持続的に利用するには, 同一年齢における個体の大型化が始まった以前の状態に戻すよう, 資源回復計画などを通じた漁獲規制の継続が今後とも必要と考えられる.

謝辞

市場調査および試料入手にあたり, 多大な便宜を図っていただいた上灘漁協をはじめ, 長浜町, 北条市漁協の関係者の方々に深く感謝します. 研究をとりまとめるにあたり, 御指導いただいた愛媛県中予水産試験場松岡学増殖室長, 坂口秀雄担当係長, 清水孝昭主任研究員にお礼申し上げます.

また, 執筆の機会をつくって頂いた市川衛宇和島地方局愛南水産課長および測定や資料作成にご協力いただいた中予水産試験場の職員の方々に礼申し上げます. また有益なご助言を賜った瀬戸内海区水産研究所永井達樹研究室長に感謝の意を表します.

引用文献

- 中四国農政局松山統計・情報センター (1977-2006) 愛媛農林水産統計年報 (1975-2004).
- 五利江重昭 (2002) Ms-Excelを用いた混合正規分布のパラメータの推定. 水産増殖, **50**, 243-249.
- 濱崎清一 (1993) 東シナ海・黄海に分布するサワラの年齢と成長. 西水研研報, **71**, 101-110.
- 井上太郎・和田洋蔵・戸嶋 孝・竹野功璽 (2007) 京都府内で漁獲されるサワラの年齢および移動について. 京都海洋セ研報, **29**, 1-6.
- 岸田 達 (1989) 漁場の移動からみた瀬戸内海中西部域におけるサワラの分布と回遊. 南西水研研報, **22**, 13-27.
- 岸田 達 (1990) 瀬戸内海中西部域におけるサワラの成長と個体群密度の関係. 南西水研研報, **23**, 35-41.
- 岸田 達・上田和夫・高尾亀次 (1985) 瀬戸内海中西部域におけるサワラの年齢と成長. 日水誌, **51**, 529-537.
- 河野徳昌・花村幸生・西山雄峰・福田雅明 (1997) 瀬戸内海西部におけるサワラ資源の年齢組成の変化. 南西水研研報, **30**, 1-8.
- 松原喜代松・落合 明・岩井 保 (編) (1965) 魚類学 (上). 恒星社厚生閣, 東京, 136-144.
- 永井達樹 (2002) 平成14年トラフグ瀬戸内海系群資源の資源評価. 平成14年度瀬戸内海資源評価会議議事録. 独立行政法人水産総合研究センター・瀬戸内海区水産研究所, 59-77.
- 永井達樹・片町太輔 (2007) 平成18年サワラ瀬戸内海系群資源の資源評価. 我が国周辺漁業海域の資源評価 (魚種別系群別資源評価・TAC種以外) 第3分冊. 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター, 1132-1157.
- 中村行延・篠原基之・武田保幸・岸田 達 (1989) 昭和62年度における瀬戸内海東部サワラ体長一年齢変換キーについて. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告, **53**, 514-533.
- 農林水産省統計部 (1977-2006) 漁業・養殖業生産統計年報 (1975-2004).
- 篠原基之 (1993) 熟度指数の季節変化と年変化, 成熟率及びよう卵数. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告, **61**, 124-130.
- 竹森弘征 (2006) 瀬戸内海東部海域で漁獲されたサワラの成長と成熟. 香川水試研究報告, **7**, 1-11.
- 田中昌一 (1956) Polymodalな度数分布の一つの取扱方及びそのキダイ体長組成解析への応用. 東海区水産研究報告, **14**, 1-13.