

## 瀬戸内海東部海域で漁獲されたサワラの成長と成熟

竹森弘征

Growth and Maturation of Japanese Spanish Mackerel *Scomberomorus niphonius* which caught in the Eastern Seto Inland Sea

Hiroyuki TAKEMORI

It is the purpose of this paper to examine growth and maturation of the Japanese Spanish Mackerel *Scomberomorus niphonius* in the Eastern Seto Inland Sea. The fork length frequency composition of J.S. Mackerel from April to June during the period of 2000-2005 were decomposed into four age groups using normal distribution by the MS-Excel's Solver program. Initial parameters of normal distributions, i.e., average fork length at age and S.D. of the average fork length at age, were set to those from aged otoliths samples, resulting average growth curves by year.

It seems that the stock number of 2004 year class is very little, because the estimated mixed ratio of one year old fish in 2005 is very little.

The relationships by sex between fork length and body weight from the samples of April-June were significantly different.

The proportion in numbers of the matured J.S. Mackerel that the gonad index was higher than 4.0 became higher in the period of 2000-2005 than that of 1987-1990 at one year old fish.

キーワード：サワラ，瀬戸内海東部，尾叉長組成，正規分布，成長，成熟

瀬戸内海系群のサワラ *Scomberomorus niphonius* は春先になると2歳魚以上は主に産卵のために1歳魚は索餌のために備讃瀬戸，播磨灘および燧灘の瀬戸内海中央部に来遊し，秋から冬には水温の低下に伴い春に発生した当歳魚も含めて紀伊水道や伊予灘などの水道周辺部，さらにはその南部に隣接する外海に移動する<sup>1,4)</sup>。香川県では来遊してきたサワラを主に春季および秋季に流しさし網により漁獲していたが，本県のサワラ漁獲量は1986年をピークとして激減し1998年には最低を記録した。しかしその後は種苗放流や流しさし網の秋漁休漁等による資源管理，さらには2002年4月に策定された瀬戸内海系群サワラ資源回復計画に基づく広域的な資源回復措置の効果等もあり県内の漁獲量も微増傾向にある。

ところでサワラについては，マイワシ<sup>5)</sup>やトラフグ<sup>6)</sup>と同様，資源量の変動に伴う魚体の体長組成の変化が指摘され，資源量の著しい減少に相反しサワラの魚体には大型化が認められている<sup>7,8)</sup>。そこで今回は2000～2005年の最近6ヵ年の春季（4～6月）に瀬戸内海東部海域で漁獲されたサワラの成長および成熟についてまとめたので報告する。

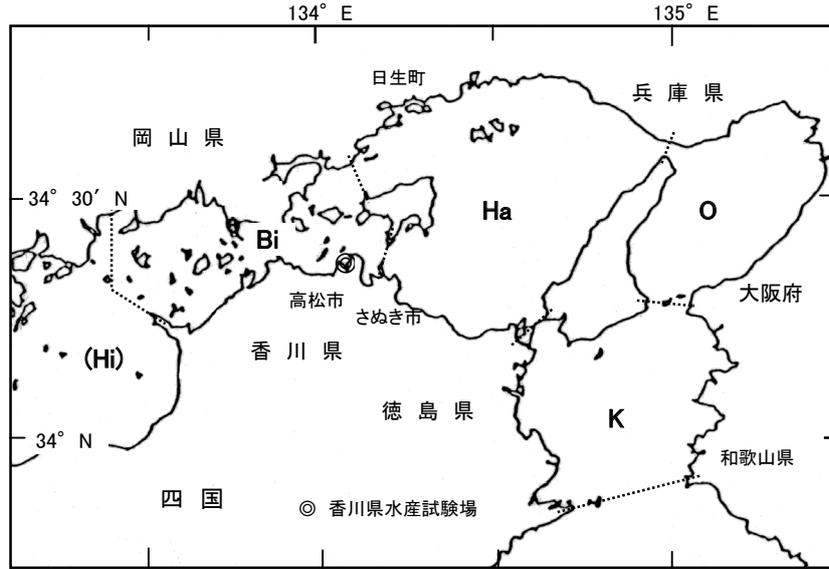
なお，試料入手にあたり多大な便宜を図っていただいた独立行政法人水産総合研究センター屋島栽培漁業センター岩本明雄所長に深謝する。また本報をまとめるにあたり有益なご助言を賜った独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所永井達樹研究室長に感謝の意を表す。

### 材料及び方法

香川県海域は播磨灘，備讃瀬戸および燧灘から成るが，今回は瀬戸内海東部海域に属する備讃瀬戸および播磨灘で漁獲されたサワラを調査対象とする（図1）。また本県のサワラ漁獲量の推移は図2のとおりである<sup>9)</sup>。

#### 1) 漁獲物の尾叉長組成および尾叉長と体重の関係

県内の流しさし網漁業者によって2000～2005年の春季に播磨灘で漁獲されたサワラのうち，高松市中央卸売市場（以下「高松市場」という）またはさぬき市志度鴨庄漁協連合魚市場（以下「志度市場」という）に出荷されたサワラを無作為に抽出し，尾叉長の測定を行い，両市場での測定結果を合計して，各年の尾叉長組成を求めた。各市場での年別月別の調査回数および測定尾数は表1のとおりである。



K ; Kii Channel, O ; Osaka Bay, Ha ; the Sea of Harima,  
Bi ; Bisan Strait (Hi ; the Sea of Hiuchi)

図1 瀬戸内海東部海域図

Fig.1 The eastern Seto Inland Sea

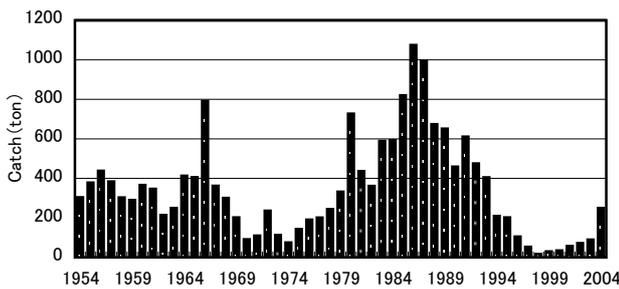


図2 香川県におけるサワラ漁獲量の推移

横軸：年 縦軸：漁獲量

Fig.2 Annual catch of *Scomberomorus nipponius* in Kagawa Prefecture.

また各年の尾叉長組成については、これを複合正規分布と仮定し複数の正規分布に分解した。分解する正規分布の数は、1歳魚群、2歳魚群、3歳魚群および4歳魚以上群（以下「4歳魚+群」という）の4つとした。分解に当たっては、次のようにMS-Excelの統計関数 NORMDIST およびソルバーを用いて最小二乗法により混合正規分布のパラメータ( $u_i, \sigma_i, p_i$ )を推定した<sup>10)</sup>。

まず、連続モデルにおける尾叉長階級  $x_j$  の混合正規分布を

$$\textcircled{1} g(x_j) = \sum_i N(u_i, \sigma_i, x_j) \cdot p_i$$

$$\textcircled{2} \sum p_i = 1, \quad p_i > 0$$

$N(u_i, \sigma_i, x_j)$  : 正規分布,  $u_i$  : 年齢  $i$  の平均尾叉長,  $\sigma_i$  : 年齢  $i$  における尾叉長の標準偏差,  $x_j$  : 尾叉長階級,

年齢  $p_i$  : 年齢  $i$  の混合比 (全測定尾数のうち年齢  $i$  の尾数の占める割合)

と定義する<sup>11)</sup>。ここで  $\sum_i$  は  $i = 1, 2, \dots, n$  についての総和で、 $n$  は確率分布の数 (正規分布数 = 年級数) であり、本報告では最大  $n = 4$  である。

次に尾叉長組成データが  $F(x_j)$  で与えられる時、相対度数分布  $f(x_j)$  を

$$\textcircled{3} f(x_j) = \frac{F(x_j)}{F}$$

$$\textcircled{4} F = \sum_j F(x_j)$$

$F$  : 総個体数,  $F(x_j)$  : 尾叉長階級  $x_j$  に属する個体数と定義する。 $\sum_j$  は  $x = x_1, x_2, \dots, x_m$  についての総和で  $m$  は階級数を表す。本報告では  $m$  は 40cm から 116cm までの 39 階級 (2cm 幅) である。

そして混合正規分布の面積に近似するために、①式に階級幅 ( $h = 2$ ) をかける。よって尾叉長階級  $x_j$  の相対度数分布  $f(x_j)$  の期待値  $c(x_j)$  を、

$$\textcircled{5} c(x_j) = g(x_j) \cdot h$$

より求め、 $f(x_j) = c(x_j)$  となるように混合正規分布のパラメータを推定する。最小二乗法では、実測値と期待値の残差平方和 ( $S$ ) を、

$$\textcircled{6} S = \sum_j \{f(x_j) - c(x_j)\}^2$$

として、この ( $S$ ) が最小となるようにソルバーでパラメータを求めた。なおソルバーを行う前のパラメー

表1 市場での月別調査回数及び測定尾数

Table 1. Number of surveys and number of measured *Scomberomorus niphonius* at the fish market.

年 year	月 month	高松市場 Takamatsu fish market		志度市場 Sido fish market		合 計 Total	
		調査回数	測定尾数	調査回数	測定尾数	調査回数	測定尾数
		Number of survey		Number of measured		Number of measured	
2000	April	0	0	1	9	1	9
	May	8	137	7	72	15	209
	June	8	159	10	111	18	270
2001	April	2	19	2	13	4	32
	May	12	422	12	111	24	533
	June	4	134	7	39	11	173
2002	April	2	36	1	16	3	52
	May	11	512	9	161	20	673
	June	3	43	2	43	5	86
2003	April	2	34	1	5	3	39
	May	18	577	18	190	36	767
	June	8	350	7	105	15	455
2004	April	2	185	2	47	4	232
	May	20	1,230	15	279	35	1,509
	June	4	153	3	59	7	212
2005	April	4	252	2	9	6	261
	May	17	1,102	16	456	33	1,558
	June	4	218	4	29	8	247

タ( $u_i, \sigma_i$ )には、後述する標本を年齢査定して得た平均尾叉長と標準偏差を初期値として与えた。

次に、尾叉長組成と得られた正規分布曲線との適合度を  $\chi^2$  分布を用いて検定した<sup>12)</sup>。これはまず統計量  $\chi_0^2$  を、

$$\textcircled{7} \chi_0^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

$O$ : 観測度数,  $E$ : 期待度数

より求め、 $\chi^2$  分布表から有意性を判断した。なお自由度 (D.F.) は、階級が尾叉長 44cm から 112cm までの 34 階級 (2cm 幅) とした (D.F. = 34 - 3 × 4 = 22)。

さらに、2000～2005 年の春季 (4～6 月) に播磨灘および備讃瀬戸で流し網等により漁獲されたサワラの標本について尾叉長と体重を測定し、雌雄別年齢別の尾叉長を求めるとともに、その結果を基に標本の雌雄を一緒にした年齢別平均尾叉長と正規分布から得られた年齢別平均尾叉長について、t 検定 (等分散性が認められなかった場合には Welch 検定) により有意性を調べた。

また 6 ヶ年の標本を込みにして雌雄別の尾叉長と体重の関係性を求めるとともに、得られた回帰式の有意性

を検定した。なお標本の年齢は、中村ら<sup>13)</sup>の方法に従い耳石の輪紋から判断した。

## 2) 成熟度

先述のサワラ標本の雌について生殖腺重量を測定し、生殖腺重量 (GW: g) と尾叉長 (FL: cm) から成熟度指数 (GI) を、 $GI = GW \cdot 10^4 / FL^3$  として求め、この値が 4.0 以上になると卵が成熟し 1.2mm 以上の産卵対象の卵径群が形成される<sup>14)</sup> ことから、成熟度指数が 4.0 以上の個体の出現割合や年齢と成熟度指数の関係を調査した。

## 結 果

### 1) 漁獲物の尾叉長組成および尾叉長と体重の関係

2000～2005 年の各年のサワラ尾叉長組成およびこの尾叉長組成を複数の正規分布に分解したものを図 3 に、各年の尾叉長組成と正規分布曲線のあてはめ結果を表 2 に、さらに正規分布より得られたパラメータ結果を表 3 に示した。

表 2 から各年の  $\chi_0^2$  の値と  $\chi^2 = 33.9$  (D.F. = 22,  $\alpha = 0.05$ ) を比較すると、2003 年以外の年は  $\chi_0^2 < \chi^2$  となり有意水準 5% では尾叉長組成と正規分布曲線に有意差は認められなかった。一方 2003 年については  $\chi_0^2 = 34.74$  となり有意水準 5% では尾叉長組成と正規分

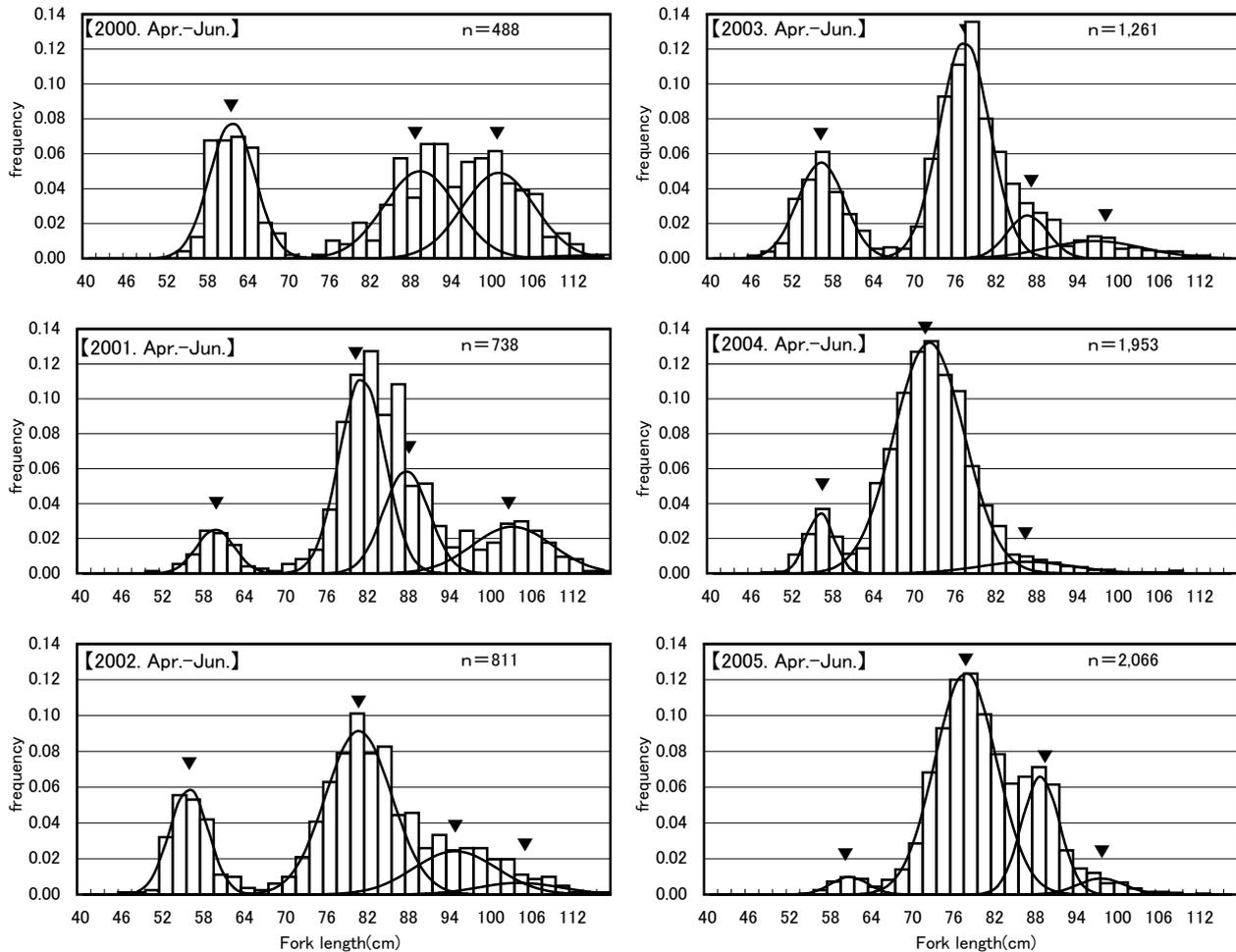


図3 サワラの尾叉長組成と正規分布

横軸：尾叉長 縦軸：度数

**Fig.3** Length Frequency composition and an estimated mixed normal distribution of *Scomberomorus niphonius* at the Takamatsu and Shido fish market from 2000 to 2005. *Scomberomorus niphonius* was caught in the Sea of Harima during the period of April-June, 2000-2005.

布曲線のくい違いの程度は有意となったものの、 $\chi_0^2$ の値が有意水準 2.5% ( $\chi^2 = 36.8$ ) と 5%の間にあることや他の年の $\chi_0^2$ の値と著しく異なっていないことから判断して、ほぼ適合しているものと思われる。

そこであてはめた正規分布 (図3) をみると、どの年も 2 歳魚と考えられる群が漁獲の中心となっていることが認められた。ただし図3および表3から、2000年および2004年以外の年は 1 歳魚群から 4 歳魚+群の 4 つの明瞭な正規分布がみられるが、2000年および2004年については、4 歳魚+群の混合比が著しく小さいため、4 歳魚+群の明瞭な正規分布はみられなかった。

そして表3から正規分布による 1 歳魚群についてみると、平均尾叉長では 2002～2004 年が 55～56cm であるのに対し、2000 年は 61.1cm、2001 年は 59.2cm、2005 年は 60.3cm と大きくなっており、混合比では 2005 年が 0.03 と他の年と比べ著しく小さく

なっているのが認められた。続いて 2 歳魚群についてみると、平均尾叉長では 2000 年が 88.9cm でもっとも大きく、2004 年が 71.7cm で最も小さくなっており、混合比では 2004 年が 0.84 で著しく大きいことが特徴であった。3 歳魚群についてみると、平均尾叉長では 2004 年が 86.0cm で最も小さく、2000 年が 100.5cm で最も大きくなっており、混合比では 2003 年および 2004 年が小さくなっていった。この表3の平均尾叉長を用いて、各年の横断的なサワラの成長図を図4に示した。

さらに 2000～2005 年の各年のサワラ標本の年齢別雌雄別尾叉長を表4に示したが、6 ヶ年とも概ね雌の方が雄よりも大きく、特に 2 歳魚以上になるとその差が大きくなることが認められた。また標本の雌雄を一緒にした年齢別尾叉長と尾叉長組成分解 (混合正規分布) から得られた年齢別尾叉長の比較を表5に示したが、各年とも概ね若年齢において両者の平均尾叉長に

表2 サワラの尾叉長組成への混合正規分布のあてはめ結果  
**Table2.** Fitted frequencies to the fork length distribution of *Scomberomorus niphonius*.

尾叉長 Fork length (cm)	2000		2001		2002		2003		2004		2005	
	測定尾数 Observed Number	期待尾数 Expected Number										
-40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-46	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0
-48	0	0	0	0	1	2	5	6	1	0	0	0
-50	0	0	1	0	2	8	11	17	2	1	0	0
-52	0	1	0	1	26	23	43	38	21	13	0	0
-54	2	4	4	3	45	43	57	61	44	49	1	1
-56	6	12	8	9	43	47	77	69	72	69	5	6
-58	33	25	18	17	34	31	48	56	41	41	15	14
-60	33	36	17	18	9	12	32	33	22	26	20	21
-62	34	37	12	11	8	3	20	14	28	45	18	17
-64	31	26	2	4	3	1	7	5	101	86	9	11
-66	10	13	3	1	2	1	8	3	139	142	17	13
-68	7	5	1	0	5	3	7	9	202	201	29	31
-70	1	1	4	1	8	8	23	27	248	246	59	69
-72	0	0	6	3	17	17	72	65	260	260	141	129
-74	1	1	10	11	33	32	117	116	222	236	192	197
-76	5	2	27	31	51	51	140	153	204	186	248	246
-78	4	3	64	61	64	67	171	152	120	128	255	253
-80	10	6	84	85	82	75	101	115	76	78	208	215
-82	5	11	94	90	64	72	77	74	53	45	162	158
-84	15	16	67	78	67	59	54	51	21	27	128	126
-86	28	22	80	64	36	44	40	43	19	18	136	137
-88	17	25	37	50	37	32	33	34	15	14	147	151
-90	32	27	38	33	21	25	28	22	12	11	127	118
-92	32	27	20	19	27	23	9	15	8	9	51	61
-94	20	27	11	12	20	22	13	13	7	7	30	28
-96	27	27	18	12	21	22	16	13	4	5	25	20
-98	28	27	10	14	21	20	15	12	4	3	13	18
-100	30	27	13	18	16	17	7	11	1	2	14	13
-102	21	24	21	20	16	14	8	9	1	1	7	6
-104	19	20	22	19	9	11	6	7	1	0	3	2
-106	18	15	18	17	7	8	5	5	1	0	3	1
-108	6	9	13	13	8	6	5	3	3	0	2	0
-110	7	6	7	9	4	4	2	2	0	0	0	0
-112	4	3	6	5	1	2	2	1	0	0	1	0
-114	1	2	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0
-116	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
計 Total	488	488	738	733	811	807	1,261	1,255	1,953	1,949	2,066	2,062
$\chi_0^2$ (D.F. =22)		32.10		32.43		30.17		34.74		23.25		15.12

有意差が認められた。

次に、6カ年間のサワラ標本の合計720個体について、尾叉長 (FL: cm) と体重 (W: kg) の関係式を雌雄別に求めると次のとおりとなった。

$$\text{雌: } W = 1.20 \times 10^5 \cdot \text{FL}^{2.913} \quad (R^2 = 0.98, \quad n = 304)$$

$$\text{雄: } W = 1.42 \times 10^5 \cdot \text{FL}^{2.865} \quad (R^2 = 0.95, \quad n = 416)$$

ここで、尾叉長 (FL) および体重 (W) の対数をとって、上記のべき乗式を次のとおり一次回帰式に変換し

表3 混合正規分布のあてはめから得られたパラメータ  
**Table3.** Estimated parameters from result of mixed normal distribution.

正規分布の結果					
項目 Item	年 Year	Result of mixed normal distribution			
		1歳 1age	2歳 2age	3歳 3age	4歳+ 4age+
$u_i$ 平均尾又長 Average Fork length (cm)	2000	61.1	88.9	100.5	112.9
	2001	59.2	80.7	87.1	102.7
	2002	55.4	80.2	94.3	103.7
	2003	55.8	76.9	86.2	96.1
	2004	55.6	71.7	86.0	97.4
$\sigma_i$ 標準偏差 Standard Deviation (cm)	2000	3.3	5.3	5.3	5.3
	2001	2.7	3.3	3.3	5.8
	2002	2.8	4.8	6.1	6.0
	2003	3.5	3.7	3.0	7.0
	2004	2.0	5.2	6.9	4.1
$p_i$ 混合比 Mixed Ratio	2000	0.33	0.34	0.33	0.01
	2001	0.09	0.47	0.25	0.20
	2002	0.21	0.55	0.18	0.05
	2003	0.24	0.58	0.09	0.09
	2004	0.09	0.85	0.06	0.00
期待尾数 Expected Number	2000	160	163	160	5
	2001	64	345	181	144
	2002	169	448	150	40
	2003	300	728	116	111
	2004	169	1,668	112	0
2005	68	1,445	470	79	

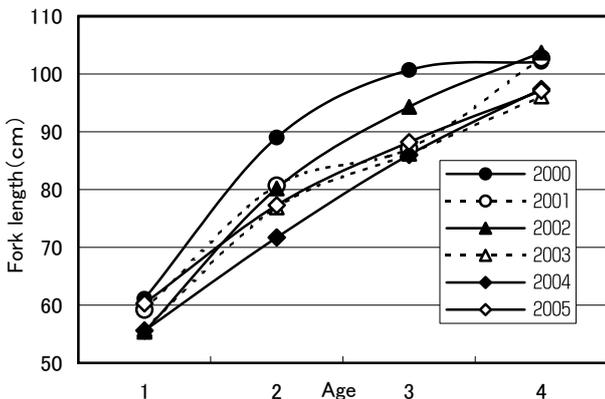


図4 正規分布から得られた各年の年齢別平均尾又長  
 横軸：年齢 縦軸：尾又長

**Fig.4** Average fork length by each age which estimated from result of mixed normal distribution.

表4 標本サワラの年齢別雌雄別尾又長

**Table4.** Statistics of fork length of *Scomberomorus niphonius* caught in the Sea of Harima and Bisan Strait during the period of April-June,2000-2005.

年 Year	年齢 Age	性別 Sex	標本数 Number of samples	尾又長 Fork length (cm)			
				平均 Average ±	標準偏差 S.D.	最小 Range	最大
2000	1	male	7	61.4 ± 1.7		59.5 - 64.0	
		female	10	60.1 ± 3.4		54.2 - 63.5	
	2	male	7	85.8 ± 2.1		82.5 - 89.0	
		female	5	91.6 ± 2.0		89.5 - 94.5	
	3	male	0				
		female	8	97.8 ± 2.1		95.5 - 101.5	
	4	male	1	92.0			
		female	6	101.9 ± 3.3		96.0 - 105.5	
2001	1	male	21	56.0 ± 3.3		48.8 - 65.0	
		female	18	55.1 ± 4.0		49.6 - 63.0	
	2	male	14	80.5 ± 3.6		75.0 - 86.5	
		female	14	84.1 ± 4.0		75.5 - 90.0	
	3	male	1	81.0			
		female	4	99.4 ± 4.7		95.0 - 106.0	
	4	male	0				
		female	3	106.2 ± 4.2		101.5 - 109.5	
2002	1	male	24	52.6 ± 2.6		47.5 - 58.0	
		female	51	55.2 ± 2.9		47.5 - 67.0	
	2	male	8	74.7 ± 3.3		70.0 - 80.3	
		female	10	80.2 ± 4.6		72.5 - 86.1	
	3	male	5	87.0 ± 3.6		81.4 - 91.0	
		female	9	95.6 ± 3.5		90.8 - 100.8	
	4	male	0				
		female	6	104.8 ± 4.6		97.1 - 109.5	
2003	1	male	104	53.1 ± 3.0		46.6 - 63.2	
		female	17	53.5 ± 2.5		49.2 - 58.6	
	2	male	12	75.3 ± 3.6		70.6 - 82.0	
		female	11	82.0 ± 3.2		77.2 - 89.2	
	3	male	3	86.3 ± 1.3		85.0 - 87.6	
		female	4	89.9 ± 4.9		85.6 - 96.8	
	4	male	1	94.2			
		female	1	108.0			
2004	1	male	17	56.4 ± 1.9		52.6 - 59.6	
		female	18	56.2 ± 2.4		51.2 - 61.0	
	2	male	24	70.5 ± 4.5		62.5 - 78.8	
		female	48	76.7 ± 4.1		68.0 - 89.8	
	3	male	1	78.2			
		female	1	96.5			
	4	male	0				
		female	1	98.0			
2005	1	male	86	57.7 ± 2.8		48.7 - 63.5	
		female	28	58.2 ± 2.8		52.5 - 65.0	
	2	male	46	71.6 ± 3.0		65.5 - 78.0	
		female	11	75.6 ± 3.5		70.0 - 80.0	
	3	male	34	76.1 ± 3.4		69.0 - 83.0	
		female	18	87.6 ± 3.1		80.0 - 91.5	
	4	male	0				
		female	2	99.3 ± 8.1		93.5 - 105.0	

た。

雌:  $\text{Ln}(W) = 2.913 \cdot \text{Ln}(FL) - 11.33$  ( $r = 0.99, P < 0.01$ )

雄:  $\text{Ln}(W) = 2.865 \cdot \text{Ln}(FL) - 11.16$  ( $r = 0.98, P < 0.01$ )

そして、得られた雌雄の一次回帰式および回帰係数の有意性について、F検定(共分散分析)およびt検定により調べた。その結果、 $F = 12.93^*$ 、回帰係数は  $t = 1.203$  ( $P > 0.05$ ) が得られ、雌雄の回帰係数には有意差が認められなかったものの、回帰式の分散に

表5 標本結果と正規分布結果による年齢別尾叉長の比較  
**Table5.** Comparison of the fork length of *Scomberomorus niphonius* from result of sample survey and mixed normal distribution.

年 Year	年齢 Age	年齢査定 Result of sample survey			正規分布のあてはめ Result of mixed normal distribution				平均尾叉長の差(cm) difference of Average fork length	平均尾叉長の有意性の検定結果(t 値) result of t test
		標本数 Sample Number	平均尾叉長 Average Fork length	標準偏差 ± S.D.	標本数 Sample Number	平均尾叉長 Average Fork length	標準偏差 ± S.D.			
2000	1	17	60.6 ± 2.0		160	61.1 ± 3.3		0.5	0.91	
	2	12	88.2 ± 3.6		163	88.9 ± 5.3		0.7	0.45	
	3	8	97.8 ± 2.1		160	100.5 ± 5.3		2.7	3.17*	
	4	7	100.5 ± 4.8		5	112.9 ± 5.3		12.4	4.23*	
2001	1	39	55.6 ± 3.7		64	59.2 ± 2.7		3.6	5.28*	
	2	28	82.3 ± 4.2		345	80.7 ± 3.3		1.6	1.97	
	3	5	95.7 ± 9.2		181	87.1 ± 3.3		8.6	2.09	
	4	3	106.2 ± 4.2		144	102.7 ± 5.8		3.5	1.04	
2002	1	75	54.4 ± 3.1		169	55.4 ± 2.8		1.0	2.49*	
	2	18	77.7 ± 4.9		448	80.2 ± 4.8		2.5	2.16*	
	3	14	92.5 ± 5.5		150	94.3 ± 6.1		1.8	1.06	
	4	6	104.8 ± 4.6		40	103.7 ± 6.0		1.1	0.43	
2003	1	121	53.1 ± 3.9		300	55.8 ± 3.5		2.7	6.93*	
	2	23	78.5 ± 4.7		728	76.9 ± 3.7		1.6	2.02*	
	3	7	88.3 ± 4.0		116	86.2 ± 3.0		2.1	1.76	
	4	2	101.1 ± 9.8		111	96.1 ± 7.0		5.0	1.00	
2004	1	35	56.3 ± 2.2		169	55.6 ± 2.0		0.7	1.85	
	2	72	74.6 ± 5.1		1,668	71.7 ± 5.2		2.9	4.64*	
	3	2	87.4 ± 12.9		112	86.0 ± 6.9		1.4	0.28	
	4	1	98.0		0	97.4 ± 4.1		-	-	
2005	1	114	57.8 ± 2.8		68	60.3 ± 2.7		2.5	5.91*	
	2	57	72.4 ± 3.5		1,445	77.3 ± 4.5		4.9	10.24*	
	3	52	80.1 ± 6.4		471	88.2 ± 2.8		8.1	9.03*	
	4	2	99.3 ± 8.1		79	97.1 ± 3.4		2.2	0.37	

\* 5%水準で有意差あり

は危険率5%水準で有意差が認められ、雌雄の回帰式は異質なものと判断された。つまり同じ魚体サイズでは雌の方が体重が重いという結果になった。ここで、6カ年間のサワラ標本720個体から得られた雌雄別の尾叉長と体重の関係を図5に示した。

## 2) 成熟度

各年の標本の雌について、成熟度指数が4.0以上の個体の年齢別月別出現割合を表6に、また5月の雌の年齢と成熟度指数の関係を図6に示した。

表6および図6から5月の成熟度指数が4.0以上の個体の年齢別出現割合をみると、2歳魚以上ではほとんど100%、1歳魚では50~90.9%となっていた。これは1987~1990年の標本で、瀬戸内海東部域における5月の雌の成熟度指数が4.0以上の個体の年齢別出現率が1歳魚32.5%、2歳魚96.1%、3歳魚以上100%となっている<sup>15)</sup>のと比べると、1歳魚での出現割合が高

くなっている。

次に6カ年の5月における1歳魚の雌の標本の合計47個体のうち、成熟度指数が4.0以上の個体の尾叉長別出現割合を表7に、5月の1歳魚雌の尾叉長と成熟度指数の関係を図7に示した。表7において成熟度指数が4.0以上の個体の累積個体数での出現割合をみると、尾叉長が53cm以下の個体では出現割合は40.0%で、同じく尾叉長が54cm以下では57.1%、尾叉長が55cm以下では61.5%となっており、55.1cm以上ではその出現割合は60%を超えていた。

## 考 察

今回サワラの尾叉長組成を、MS-Excelのソルバーを用いて混合正規分布に分解し、尾叉長組成とあてはめた正規分布曲線との適合度を $\chi^2$ 分布を用いて検定

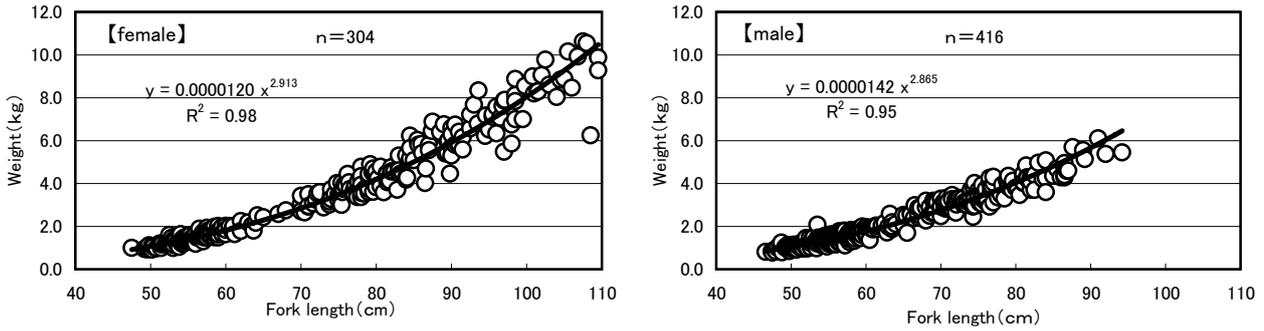


図5 標本サワラの雌雄別の尾叉長と体重の関係

横軸：尾叉長 縦軸：体重

Fig.5 The relation between the fork length and the body weight from sample of *Scomberomorus niphonius* caught in the sea of Harima and Bisan Strait during the period of April-June, 2000-2005.

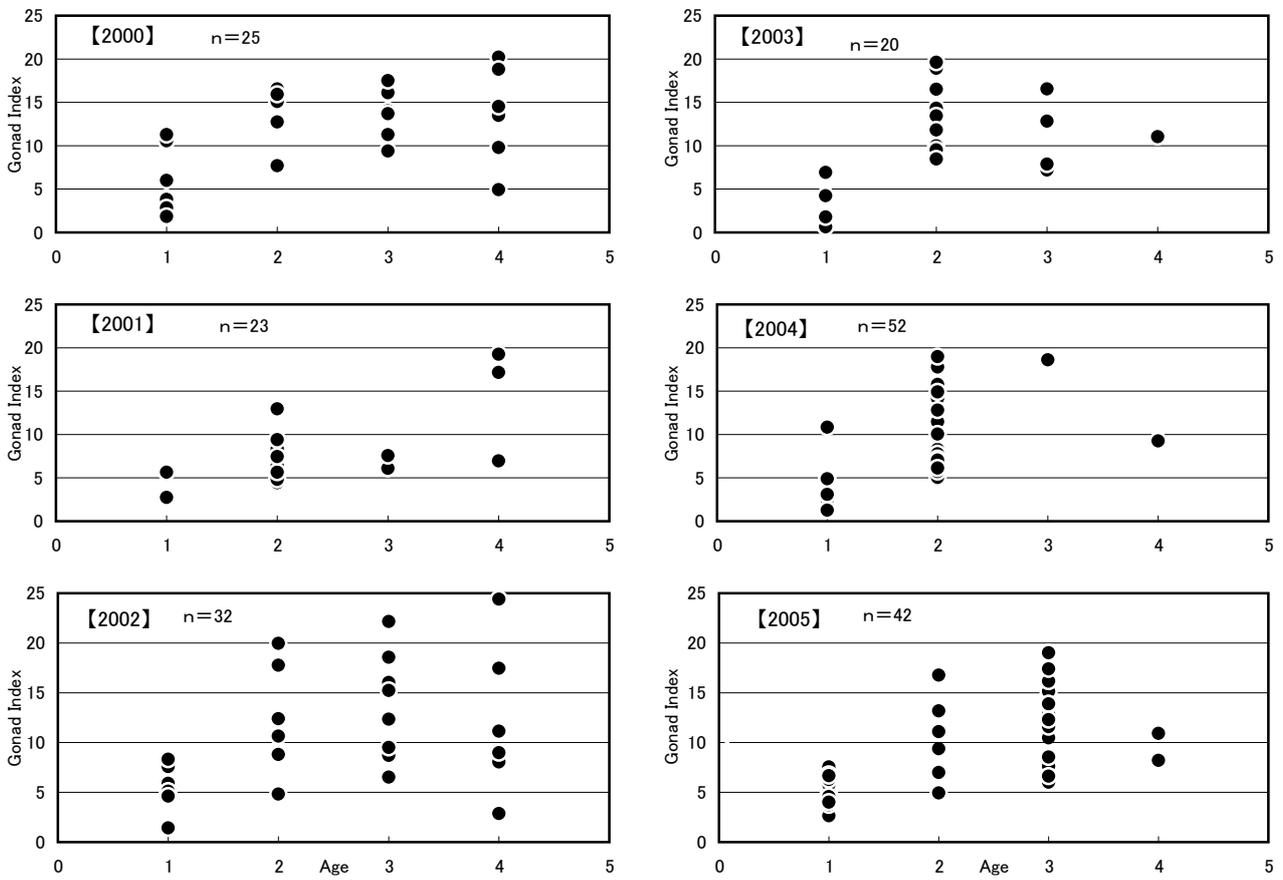


図6 5月の雌の年齢と成熟度指数の関係

横軸：年齢 縦軸：成熟度指数

Fig.6 Relationships between the age and the gonad index on female of *Scomberomorus niphonius* caught in May from 2000 to 2005.

したところ、両者の食い違いの程度は小さく、尾叉長組成を混合正規分布へ分解した結果は統計的にはほぼ満足できるものと思われる。また正規分布への分解から得られた平均尾叉長と標本での実測による平均尾叉長について有意性を検定したところ、若齢魚で有意差が認められたが、これは若齢魚では標本数が多くかつ

分散が小さいためと思われる。そして正規分布から得られたパラメータから、2004年の2歳魚の混合比が6ヵ年の中で著しく大きいことは、竹森ら<sup>16)</sup>が指摘しているように2002年級群が卓越していたことを指示するものと思われる。一方2005年の1歳魚の混合比が著しく小さいことは、2004年級群の加入が非常に

表6 雌の成熟度指数が4.0以上の個体の月別年齢別出現割合

**Table6.** The proportion of number of fish which gonad index was higher than 4.0 to samples on each age. Number of samples were female of *Scomberomorus niphonius* caught during the period of April-June, 2000-2005.

年 year	年齢 age	April			May			June		
		標本数 Sample Number	熟度指数が4.0 以上の個体数 Number of fish which gonad index higher than 4.0	割合 Ratio (%)	標本数 Sample Number	熟度指数が4.0 以上の個体数 Number of fish which gonad index higher than 4.0	割合 Ratio (%)	標本数 Sample Number	熟度指数が4.0 以上の個体数 Number of fish which gonad index higher than 4.0	割合 Ratio (%)
		(A)	(B)	(B) / (A)	(A)	(B)	(B) / (A)	(A)	(B)	(B) / (A)
2000	1	0	0		6	3	50.0	4	0	0.0
	2	0	0		5	5	100.0	0	0	
	3	0	0		8	8	100.0	0	0	
	4	0	0		6	6	100.0	0	0	
2001	1	0	0		2	1	50.0	16	3	18.8
	2	0	0		14	14	100.0	0	0	
	3	0	0		4	4	100.0	0	0	
	4	0	0		3	3	100.0	0	0	
2002	1	0	0		11	10	90.9	40	15	37.5
	2	0	0		6	6	100.0	4	3	75.0
	3	0	0		9	9	100.0	0	0	
	4	0	0		6	5	83.3	0	0	
2003	1	0	0		4	2	50.0	13	9	69.2
	2	0	0		11	11	100.0	0	0	
	3	0	0		4	4	100.0	0	0	
	4	0	0		1	1	100.0	0	0	
2004	1	0	0		9	5	55.6	9	5	55.6
	2	4	4	100.0	41	41	100.0	3	2	66.7
	3	0	0		1	1	100.0	0	0	
	4	0	0		1	1	100.0	0	0	
2005	1	2	1	50.0	15	11	73.3	11	5	45.5
	2	0	0		7	7	100.0	4	3	75.0
	3	0	0		18	18	100.0	0	0	
	4	0	0		2	2	100.0	0	0	

少ないことを示唆しており、2006年の春漁における2歳魚の漁獲の減少が懸念される。

またサワラ標本の尾叉長と体重の回帰式において、雌雄に有意差が認められたことについては、標本の漁獲が産卵期を中心とした4～6月であったため、卵巣の発達による影響によって生じたものと思われる。

次に成熟度については、最近の1歳魚での成熟個体の出現割合が1987～1990年と比べて高いことが認められた。この結果とあわせ、正規分布から得られた1歳魚の尾叉長が1988年や1992年の尾叉長<sup>8)</sup>と比較して大きいことから判断して、魚体の大型化が継続していることが考えられる。これはサワラ資源が依然として低レベルにあることを示唆しており、したがって今後は、成熟度指数が4.0以上の個体の出現割合が50%以下である尾叉長53cm以下の1歳魚サワラは、春漁

においても保護するような管理措置を導入すべきと思われる。

## 要 約

2000～2005年の春季に瀬戸内海東部海域で漁獲されたサワラの尾叉長組成を、MS-Excelのソルバーを用いて複数(4つ)の正規分布に分解し、各年の平均尾叉長、標準偏差および混合比を推定した。その結果、2005年春季の1歳魚の混合比は非常に小さく、2004年級群の加入は非常に少ないことが推測された。

また春季に漁獲されたサワラの標本から雌雄別に尾叉長と体重の回帰式を求めた。その結果、雌雄の回帰式には有意差が認められ、同じ尾叉長では雌の方が体重が重いという結果が得られた。

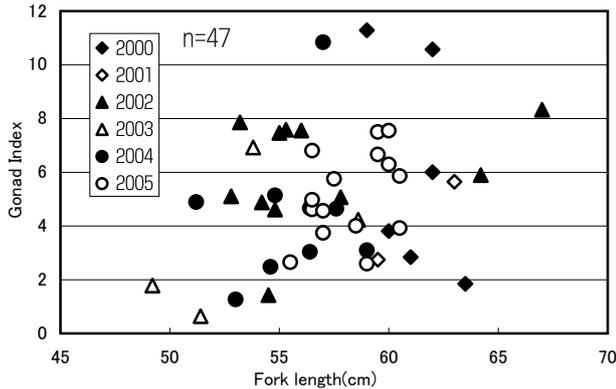


図7 5月の1歳魚雌の尾叉長と成熟度指数の関係  
横軸：尾叉長 縦軸：成熟度指数

Fig.7 Relationships between the fork length and the gonad index on 1 age and female of *Scomberomorus niphonius* caught in May from 2000 to 2005.

次に、同じ標本において1歳魚で成熟している個体の出現割合を求めた。その結果、最近6ヵ年の1歳魚での成熟個体の出現割合が1987～1990年よりも高くなっていることが認められた。

引用文献

1) 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. 南西水研報, 22, 13 - 27.  
2) 浜田尚雄・岩井昌三：1967, 播磨灘におけるサワラの資源生物学的研究—I 形質特性と成長について. 日水

誌, 33(11), 1013 - 1020.  
3) 林 満作：1919, 鯖漁業調査第一報, 香川水試, 5 - 27.  
4) 竹森弘征・坂本 久・植田 豊・山崎英樹・岩本明雄：2005, 瀬戸内海東部海域におけるサワラ標識放流結果 - I 移動回遊について. 栽培技研, 32, 25 - 34.  
5) 和田時夫・柏井 誠：1991, 資源変動にともなうマイワシの索餌域選択について. 北水研報告, 55, 197 - 204.  
6) 永井達樹：2005, 平成16年トラフグ瀬戸内海系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価 (第3分冊), 1306 - 1324.  
7) 横川浩治：1996, 瀬戸内海東部域におけるサワラの成長および肥満度. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告, 67, 179 - 198.  
8) 竹森弘征・山田達夫：2003, 瀬戸内海東部域におけるサワラの資源水準と成長の関係. 香水試研報, 4, 1 - 9.  
9) 中四国農政局香川統計情報事務所：1954 - 2003, 香川水産統計年報.  
10) 五利江重昭：2002, MS-Excelを用いた混合正規分布のパラメータ推定. 水産増殖, 50(2), 243 - 249.  
11) 赤嶺達郎：1999, 混合正規分布のパラメータ推定におけるHasselblad法の収束. 中央水研研報, 14, 49 - 58.  
12) 田中昌一：1956, Polymodalな度数分布の1つの取扱方及びそのキダイ体長組成解析への応用. 東海水研研報, 14, 1 - 12.  
13) 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-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

表7 1歳魚雌の5月における成熟度指数が4.0以上の個体の尾叉長別出現率

Table7. The proportion of number of fish which gonad index was higher than 4.0 to samples on each fork length. Number of samples were the grand total of 1 age and female of *Scomberomorus niphonius* caught in May from 2000 to 2005.

尾叉長 Fork length (cm)	標本数 Sample Number (A)	熟度指数が4.0 以上の個体数 Number of fish which gonad index higher than 4.0 (B)	割合 Ratio (%) (B)/(A)	累積 標本数 Cumulative number of (A) (C)	熟度指数が4.0 以上の個体数 Cumulative number of (B) (D)	割合 Ratio (%) (D)/(C)
～50.0	1	0	0.0	1	0	0.0
50.1～51.0	0	0	-	1	0	0.0
51.1～52.0	2	1	50.0	3	1	33.3
52.1～53.0	2	1	50.0	5	2	40.0
53.1～54.0	2	2	100.0	7	4	57.1
54.1～55.0	6	4	66.7	13	8	61.5
55.1～56.0	3	2	66.7	16	10	62.5
56.1～57.0	8	6	75.0	24	16	66.7
57.1～58.0	3	3	100.0	27	19	70.4
58.1～59.0	5	3	60.0	32	22	68.8
59.1～60.0	6	4	66.7	38	26	68.4
60.1～	9	6	66.7	47	32	68.1

- 533.

- 14) 篠原基之：1991, 瀬戸内海東部におけりサワラの産卵と成熟について. 岡山水試報, **6**, 28 - 34.
- 15) 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 (B), **61**, 124 - 141.
- 16) 竹森弘征・坂本 久・山崎英樹・岩本明雄：2005, 瀬戸内海東部海域におけるサワラ標識放流結果 - III. 当歳魚の資源尾数および再捕率について. 栽培技研, **33**, 15 - 20.