

東シナ海産カイワリの年齢と成長

二川, 浩政

九州大学大学院農学研究院動物資源科学部門海洋生物生産学講座海洋生物学研究室

米田, 道夫

九州大学大学院農学研究院動物資源科学部門海洋生物生産学講座海洋生物学研究室

時村, 宗春

水産庁西海区水産研究所 | 九州大学大学院農学研究院動物資源科学部門海洋生物生産学講座海洋生物学研究室

堀川, 博史

水産庁西海区水産研究所 | 九州大学大学院農学研究院動物資源科学部門海洋生物生産学講座海洋生物学研究室

他

<https://doi.org/10.15017/21064>

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 55 (1), pp.13-20, 2000-11. 九州大学大学院農学研究院

バージョン：

権利関係：



東シナ海産カイワリの年齢と成長

二 川 浩 政・米 田 道 夫・時 村 宗 春*
堀 川 博 史*・松 山 倫 也・松 浦 修 平**

九州大学大学院農学研究動物資源科学部門
海洋生物生産学講座海洋生物学研究室

(2000年5月26日受付, 2000年8月18日受理)

Age and Growth of the Whitefin Jack *Kaiwarinus Equula* in the East China Sea

Kousei FUTAGAWA, Michio YONEDA, Muneharu TOKIMURA,
Hiroshi HORIKAWA, Michiya MATSUYAMA and Shuhei MATSUURA

Laboratory of Marine Biology, Division of Marine Bioresources,
Department of Animal and Marine Bioresources Science,
Faculty of Agriculture Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

緒 言

カイワリ *Kaiwarinus equula* (Temminck et Schlegel) はアジ科カイワリ属の魚で、能登半島以南の日本沿岸域から東シナ海、南シナ海および南アフリカにまで広く分布する。東シナ海における本種の主要分布域は、五島列島沖合から台湾北部に至る水深90m以深の大陸棚縁辺域であることが知られている(山田, 1986, 1988, 1993)。カイワリは1属1種からなるとされているが、東シナ海では分布、体型、色彩、肉質などから2型に区別されている(山田, 1988, 1993)。1つは体高が高く眼が小さい「白手メッキ」と呼ばれる型で、大陸棚縁辺北部を中心に分布する。もう一方は体高が低く眼が大きい「黒手メッキ」と呼ばれる型で、東シナ海の大陸棚縁辺南部の深みに多くみられる。これまでに外部形態の比較およびミトコンドリアDNAを用いた遺伝学的手法などにより、この2型の種の異同について検討が行われてきたが、未だ統一した見解が出されておらず、今後さらに検討する余地があるとされている(山田ら, 私信)。

東シナ海のカイワリは、その分布域が大陸棚縁辺域にあるため、主に日本の底びき網漁業(以西底びき網漁業)従事者により漁獲され、我が国の重要な漁業対

象資源として位置づけられている。以西底びき網漁業における本種の漁獲量は、1980年代は1000トン前後であったが、1995年以降は減少傾向にあり、1998年は約500トンである。本種を含めた底魚類の資源水準は、近隣諸国の長年にわたる強い漁獲圧力により近年は全般的に低位にあり、具体的な漁業資源の管理、保護方策を講じることが急務となっている(時村, 1998)。本種の生物学的特性はほとんど知られてないことから、資源の現状を把握し適切な漁業の管理を行うためには、成長や成熟などの資源生物学的諸特性を明らかにすることが不可欠である。本研究では西日本沿岸域で多獲される「白手メッキ」を用いてその年齢と成長を明らかにするために、まず複数の硬組織を抽出し、その年齢形質としての妥当性を検証し、次にその中で最適な年齢形質を用いて年齢査定を行った。

材料および方法

1996年4月～1997年3月に以西底びき網漁船および水産庁西海区水産研究所調査船により漁獲されたカイワリ計769個体(雄: 404個体, 雌: 365個体)を用いた(Fig. 1)。

供試魚は尾叉長(FL, mm)、体重(BW, g)、内臓除去重量および生殖腺重量を測定し、生殖腺の観察

* 水産庁西海区水産研究所

** 国立都城工業高等専門学校

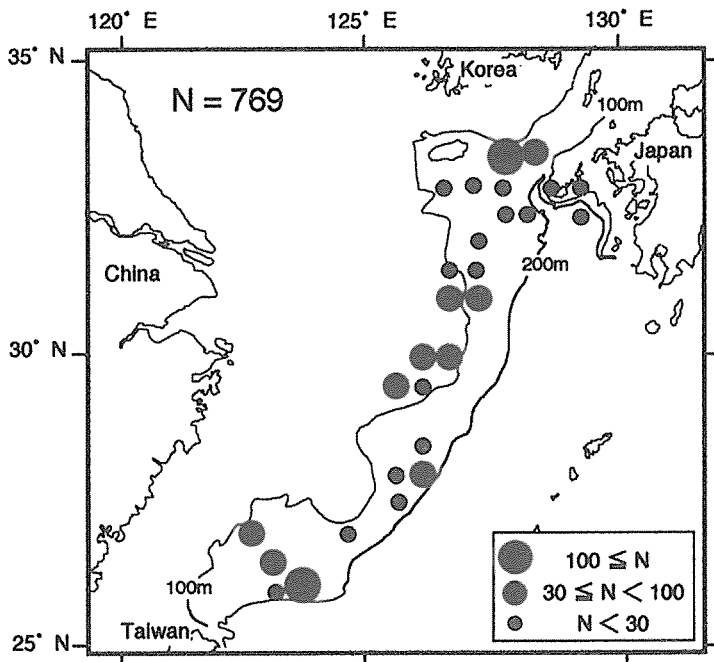


Fig. 1. Geographical distribution of specimens of *K. equula* in the East China Sea. N: number of fish examined.

により雌雄の判別を行った。硬組織として椎体、鱗、耳石、主鰓蓋骨、前鰓蓋骨、間鰓蓋骨、射出骨および尾舌骨の8種類を選択し、次の各処理を行った。鱗、耳石以外の硬組織は10分間蒸した後、筋肉組織や鰭条等を除去した。さらに、それらの硬組織を1% NaOH水溶液に24時間浸した後、十分水洗し乾燥保存した。椎体は総数23の中から最も大きく、腹椎骨から尾椎骨への変わり目である第11番目とその前後の計3つを採取し、椎体の中心を通る正中線で切断した。鱗は第1背鰭の基部から側線までの領域のものを採取し、十分に水洗した後、2枚のスライドグラスに挟み込み保存した。耳石は頭部より摘出後、70%アルコールに浸して保存した。観察のため、耳石をアクリル樹脂に包埋後、グラインダーで研磨し、耳石の中心(核)を通る横断薄切標本を作製した。硬組織の観察には万能投影機(ニコン)の透過光または反射光を用い、20倍ないしは50倍に拡大して行った。

縁辺成長率(MI)は次式により求められた。

$$MI = (R - r_{\max}) / (r_{\max} - r_{\max-1})$$

R: 椎体長(mm), r_{\max} : 最大標示の標示長(mm)。

計算尾叉長は body proportional hypothesis

(BPH) 法(Francis, 1990)を用いて推定した。

BPH法は以下の式により求められる。

尾叉長と椎体長の関係式:

$$\log(FL_c) = a + b \log(R) \quad (1)$$

$$FL_n = (r_n/R)^b FL_c$$

FL_c : 漁獲時の尾叉長, FL_n : n 標示時の計算尾叉長,

b: (1)式の傾き。

von Bertalanffyの成長式は、赤嶺(1995)に従い、非線形解法を用いて推定した。

結 果

1. 尾叉長組成

標本の尾叉長組成のモードは雌雄ともに165~185 mmに認められた(Fig. 2)。雄の最大尾叉長は258 mm, 雌の最大尾叉長は244 mmであった。

2. 年齢形質

椎体、鱗、耳石、主鰓蓋骨、前鰓蓋骨、間鰓蓋骨、射出骨および尾舌骨について、年齢形質としての妥当性を検討した(Table 1)。

椎体の内面は円錐状に凹んでおり、その円錐の頂点を起点と定めることができた。椎体内面には幅の広い

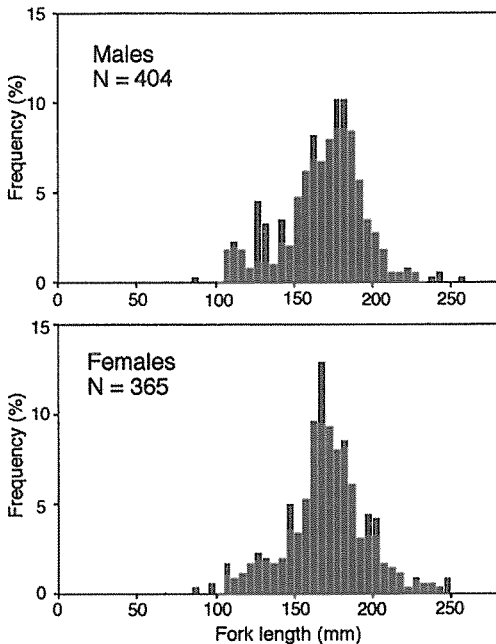


Fig. 2. Length-frequency distribution of *K. equula* sampled from the East China Sea. N: number of fish examined.

明瞭な透明帯と幅の狭い不透明帯（輪紋構造）が交互に形成されていた。

鱗は数本の条溝を有する円鱗で、ほぼ中央に起点を定めることができ、その起点を中心に成長線が同心円状に形成されていた。成長線はある間隔毎に密集しており、その部分はいわゆる“断ち切り”の現象が起こり（相川・加藤, 1938）、全縁が形成されず不連続となっていた。しかしながら、“断ち切り”は必ずしも明瞭でなく、出現のパターンもまちまちであった。本種は鱗が脱落しやすく、漁獲後の取り扱いの状態によっては鱗が採取できない個体もあった。

耳石は突出部をもつ不整形の楕円状を呈していた。起点は耳石の中心部に認められるものの不明瞭であった。耳石内面には不規則な形をした輪紋構造が認められたが、不明瞭で読み取りが困難であった。

主鰓蓋骨には輪紋構造が形成されていたが不明瞭であった。起点があると考えられる付近は、前鰓蓋骨と連結する部分であるため肥厚しており、明確に規定することは困難であった。

前鰓蓋骨では、尾部方向に伸びる膜状の部分に輪紋構造が形成されていたが不明瞭であった。起点と考え

Table 1. Results of readings in hard structures of marks and center in *K. equula*.

Hard structure	Comment on readings	
	Marks	focus
Centrum	○	○
Scale	△	○
Otolith	×	△
Opercle	△	×
Preopercle	△	×
Interopercle	△	×
Actinost	×	×
Urohyal	○	△

○: Clearly discernible, △: Not clearly discernible, ×: Indiscernible.

られる部分は肥厚しており、明確に規定することは困難であった。

間鰓蓋骨では、腹部側の縁辺部に輪紋構造が形成されていたが不明瞭であり、個体によっては縁辺部の変形がみられた。起点と考えられる部分は著しい骨化のため、規定することはできなかった。

尾舌骨には尾部方向に広がる面と背部方向に広がる面があり、各々起点は容易に定めることができた。背部方向に広がる面に輪紋構造は認められなかった。一方、尾部方向に広がる面に輪紋構造が形成されていたが、不明瞭で不規則であった。

射出骨は肩帯に4個、背側から腹側に向かって第1～4射出骨が順に配列し、その中では第4射出骨が最も大きかった。しかしながら、全ての射出骨に輪紋構造は認められなかった。

以上8種類の硬組織を用いて年齢形質としての妥当性を検討した結果、椎体が年齢形質として最適であると考えられた。

3. 標示の規定と標示形成時期

椎体の標示を透明帯外縁と規定し、椎体の起点Fから椎体最外縁部までの長さを椎体長R (mm)、その計測線上の各標示までを標示長 r_n (nは標示数, mm)とし、標示の読み取りと測定を行った (Fig. 3)。

椎体の標示形成時期を調べるため、椎体最外縁部における透明帯の出現状況と縁辺成長率を調べた。椎体最外縁部における透明帯の出現頻度は、4～6月および10～12月で低かった (Fig. 4)。縁辺成長率は4～9月および10～3月に徐々に上昇し、3～4月お

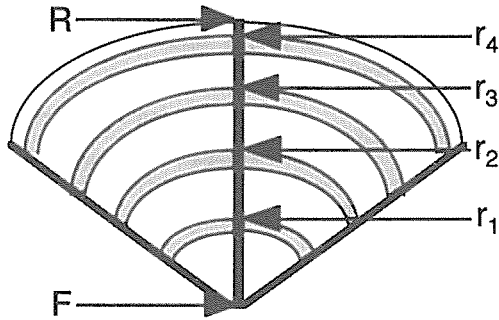


Fig. 3. Illustration of vertebral centrum of *K. equula* with four ring marks. F: focus; R: centrum radius; r1-4: each ring mark.

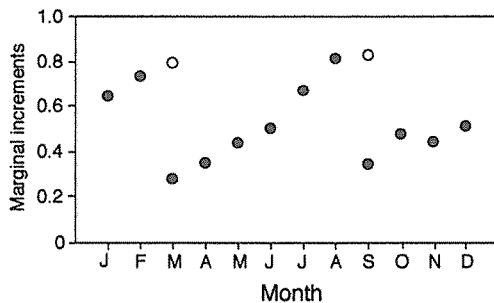


Fig. 5. Monthly changes in the mean marginal increment of the centrum of the *K. equula* (closed circles). Open circle is the mean marginal increment without a new opaque zone.

よび9～10月に急激な下降が認められた (Fig. 5). これらのことから、椎体における標示形成時期は3～4月と9～10月で、標示は年2回形成されると考えられた。

4. 尾叉長と椎体長の関係

尾叉長と椎体長の関係を雌雄別に調べた結果、雌雄ともに高い正の相関が認められ、次式を得た (Fig. 6).

雄: $\log(\text{FL}) = 5.02 + 0.84 \log(R)$ ($r^2 = 0.98$)

雌: $\log(\text{FL}) = 5.03 + 0.87 \log(R)$ ($r^2 = 0.97$)

共分散分析の結果、尾叉長と椎体長の関係には雌雄で有意差が認められた ($p < 0.05$). このため計算尾叉長の推定には雌雄別々に求められた関係式を用いた。

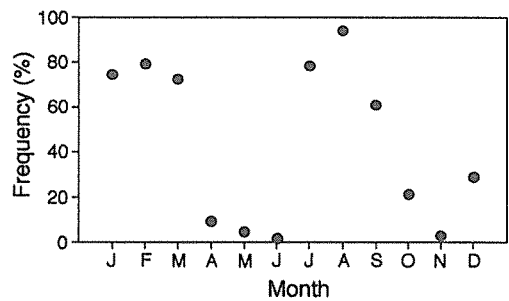


Fig. 4. Monthly changes in the frequency of appearance of a translucent band on the outer margin of the centrum of *K. equula*.

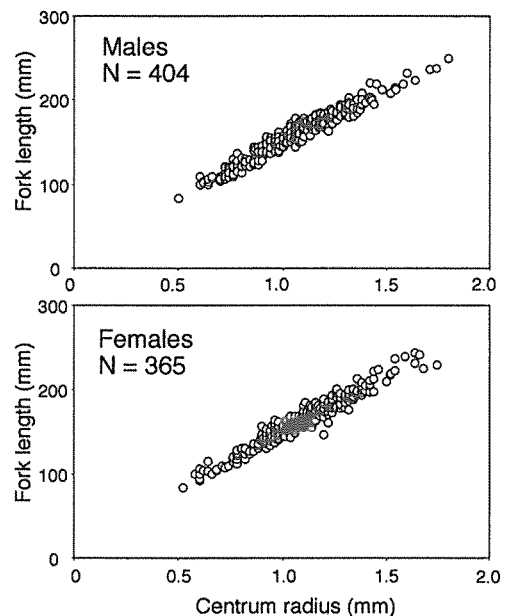


Fig. 6. Relationship between fork length and centrum radius for female and male *K. equula*. N: number of fish examined.

5. 計算尾叉長と成長式

標示観察を行った結果、雄は最大14標示、雌は最大13標示まで認められた。雄と雌の各標示の平均計算尾叉長を Table 2 および Table 3 にそれぞれ示した。本種の産卵期間は5～10月であると考えられていることから (二川・松浦, 1998), 9～10月に形成される標示は産卵期の終わりとは一致する。このため、9～10

Table 2. Mean back-calculated fork lengths (mm) at each ring group for male *K. equula*.

Ring group	N	FL ₁	FL ₂	FL ₃	FL ₄	FL ₅	FL ₆	FL ₇	FL ₈	FL ₉	FL ₁₀	FL ₁₁	FL ₁₂	FL ₁₃	FL ₁₄
2	7	49	82												
3	37	44	80	104											
4	34	43	77	104	124										
5	92	40	75	102	124	142									
6	104	40	75	102	124	143	159								
7	76	39	75	101	124	143	158	173							
8	30	38	75	102	125	144	161	174	186						
9	12	40	76	103	125	144	161	175	187	197					
10	2	41	75	104	126	144	159	174	186	194	203				
11	3	38	69	100	122	141	158	174	187	197	205	213			
12	2	41	76	103	123	143	159	174	187	198	207	213	220		
13	1	46	76	99	121	142	159	177	189	199	209	216	221	226	
14	2	38	75	102	122	142	159	172	186	197	207	217	225	232	237
402															
Mean (weighted)		41	76	102	124	143	159	173	186	197	206	214	222	230	237

N : number of fish examined.

Table 3. Mean back-calculated fork lengths (mm) at each ring group for female *K. equula*.

Ring group	N	FL ₁	FL ₂	FL ₃	FL ₄	FL ₅	FL ₆	FL ₇	FL ₈	FL ₉	FL ₁₀	FL ₁₁	FL ₁₂	FL ₁₃
2	8	46	80											
3	20	43	77	102										
4	30	42	76	102	124									
5	91	38	74	101	124	143								
6	110	38	74	101	124	143	157							
7	48	38	74	101	124	143	160	174						
8	30	38	74	102	125	144	160	176	188					
9	14	37	72	101	125	145	162	177	190	200				
10	6	38	75	103	125	143	160	174	188	198	208			
11	3	40	76	102	126	147	166	181	195	205	216	228		
12	2	41	79	108	130	148	164	177	186	195	204	213	220	
13	3	36	71	98	121	141	159	176	191	202	211	219	228	235
365														
Mean (weighted)		39	74	101	124	143	159	175	189	200	210	221	225	235

N : number of fish examined.

月に形成される標示を満年齢とみなし、第2標示を満1才として、以降偶数番目の標示数を2で割った数を満年齢とした。

各満年齢の計算尾叉長を用いて成長式を推定した結果、雌雄の成長式は次式により示された。

雄 : $FL_t = 273(1 - \exp\{-0.270(t + 0.213)\}) (1 \leq t \leq 7)$

雌 : $FL_t = 272(1 - \exp\{-0.286(t + 0.111)\}) (1 \leq t \leq 6)$

これらの成長解析の結果、雌雄間で成長差はほとんど

なく、寿命もほぼ同じであると考えられた。

6. 尾叉長と体重の関係

尾叉長と体重の関係には正の相関がみられ、次式を得た (Fig. 7)。

雄 : $BW = 0.000155 \times FL^{2.65} (r^2 = 0.91)$

雌 : $BW = 0.000142 \times FL^{2.67} (r^2 = 0.94)$

共分散分析の結果、尾叉長と体重の関係式には雌雄で有意差が認められた ($p < 0.01$)。

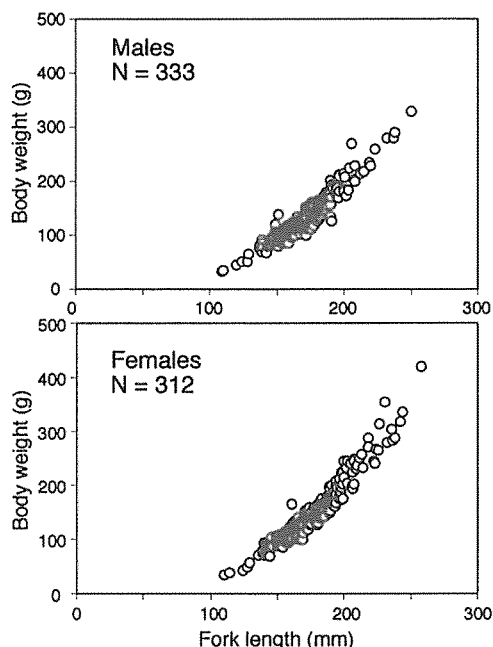


Fig. 7. Relationship between body weight and fork length for female and male *K. equula*. N: number of fish examined.

考 察

魚類の年齢査定や成長解析には、椎体、鱗、耳石、鰓蓋骨などの硬組織が年齢形質として用いられている（渡邊，1997）。本研究では、カイワリの8種の硬組織について年齢形質としての妥当性を検討した。鱗はこれまで多くの魚類で一般的に用いられている年齢形質であるが、脱落、高年齢魚の成長停滞に伴う年輪形成の停止、体液中のカルシウム不足に伴う石灰化部分の再吸収などから、その有効性についての問題点が指摘されている（Beamish and McFarlane, 1987；渡邊，1997）。本種の鱗では、標示とみなされる“断ち切り”が不明瞭であったこと、鱗が脱落しやすいことなどから、年齢形質として不適当であると判断された。耳石は信頼性の高い年齢形質として現在多くの魚類で用いられている（渡邊，1997）。しかしながら、本種の耳石は輪紋構造が不明瞭であり、読みとりも困難であったことから、年齢形質として不適当であると考えられた。鰓蓋骨、射出骨および尾舌骨はブリ（三谷，1960）、ニゴイ（竹下・木村，1991）、ムツゴロウ（塚本ら，1983；鷺尾ら，1991）、マアジ（Kim *et al.*,

1968）の年齢形質としてそれぞれ用いられているが、鱗や耳石同様、本種のそれら硬組織も年齢形質として不適当であると考えられた。一方、鱗や耳石を年齢形質として用いることが困難であると考えられている板鰓類（Daiber, 1960；Yudin and Cailliet, 1990；Seki *et al.*, 1998）、アンコウ類（Armstrong *et al.*, 1992；Yoneda *et al.*, 1997, 1998）、トラフグ（尾串，1980；小谷ら，1987）では、椎体が最も有効な年齢形質として成長解析に用いられている。本種の椎体内面には輪紋構造も明瞭に認められ、他の7種の硬組織と比べ、標示の読み易さ、起点の決め易さから、椎体が年齢形質として最適であると判断された。

カイワリの椎体の標示（透明帯外縁）は年2回形成され、不透明帯は4～6月と10～12月を中心に形成されることが明らかとなった。硬組織の透明層と不透明層の形成は、個体の生理状態の変動と連動していると考えられており、イシガレイの椎体や耳石では、成長の速い夏場に不透明帯が形成され、成長停滞期の冬場に透明帯が形成される（麦谷，1997）。マダラでは、耳石縁辺部における不透明帯は索餌回遊を行う夏季（成長進行期）に形成されるのに対し、透明帯は生殖腺の発達と産卵が行われる冬季（成長停滞期）に形成されることが報告されている（服部ら，1992）。本種の産卵期間は5～10月であることから（二川・松浦，1998）、不透明帯の形成は産卵期の開始と終了時期にはほぼ一致する。予備的な雌雄の成熟調査により、本研究で用いた標本の大部分（約70%）が成魚であると推察されることから、椎体の標示形成が産卵と何らかの関わりがあると考えられるが、本種の標示形成機構についてはさらに検討する必要がある。

本研究により、カイワリの雌雄における成長および寿命はほぼ同じであることが明らかとなった。若狭湾西部海域産タチウオでは、約3カ月の相違がみられる2つの異なる発生群が同時に存在するが、繁殖開始年齢の差と繁殖開始に伴う成長速度の低下から、第2輪形成時までに両群の間に成長の補償作用が認められることが報告されている（宗清・桑原，1988）。対馬近海産タチウオでは、春、夏、秋の3つの発生群が認められているが、春発生群が他の発生群よりも成長が良いことが知られている（花淵，1989）。東シナ海産カイワリの産卵期間は5～10月の長期におよぶが、本種の発生群毎の成長特性については不明であり、今後さらに検討することが必要であろう。

東シナ海では、分布、体型、色彩、肉質などが異なる2つの型のカイワリが認められるが（山田，1988，

1993), 本研究では周年にわたる標本の入手が容易で, 東シナ海の大陸棚縁辺のほぼ全域に分布する「白手メッキ」と呼ばれるカイワリを用いて成長解析を行った。東シナ海産マアジでは, 大型群は大陸棚縁辺付近の瀬などに棲息する傾向が強いのに対し, 中・小型群は沖合を回遊することが知られており, さらに瀬付き群は回遊群よりも暗黒色を帯び, 体高も相対的に高いという(三谷・井田, 1964; 山田, 1986)。このことから, カイワリも成長により分布域, 体色あるいは体型が異なることが考えられる。しかしながら, 東シナ海の本種の大型魚のほとんどが「黒手メッキ」であり(山田ら, 私信), さらに「白手メッキ」と「黒手メッキ」で普通にみられるサイズ(尾叉長約200mm)においても, 分布域や複数の形態学的特徴に相違が認められることから, 両者は成長の異なる別種ではないかと考えられている(山田, 1993)。今後東シナ海産カイワリの生物学的諸特性を明らかにしていくためにも, 改めて形態学的手法および遺伝学的手法等により, 両者の種の異同を明確にしていく必要がある。

以上, 本研究により東シナ海産カイワリの中で「白手メッキ」の年齢形質が特定され, 年齢査定および雌雄の成長式が初めて明らかとなった。日・中・韓3カ国の長年にわたる強い漁獲圧力により, 東シナ海の底魚資源の水準は全般的に近年低位にあると判断されていることから, 本研究で得られた本種の知見も低い資源水準下のものであると推定される。今後, 関係国間における科学的な資源評価を実行していくためにも, 経年的な体長組成の推移の検討や成長式の比較を行い, 本種の成長特性の全体像を明らかにしていくことが必要であろう。

要 約

1996年4月～1997年3月に東シナ海で漁獲されたカイワリ(白手メッキ)を用いて, 8種の硬組織から最適な年齢形質を特定し, それを用いて年齢査定を行った。標本の尾叉長組成のモードは雌雄ともに165～185mmに認められた。椎体, 鱗, 耳石, 主鰓蓋骨, 前鰓蓋骨, 間鰓蓋骨, 射出骨および尾舌骨について, 年齢形質の妥当性を検討した結果, 椎体が年齢形質として最適であると考えられた。椎体における透明帯出現状況と縁辺成長率の月別変化から, 標示は年2回, 3～4月と9～10月に形成され, 9～10月に形成される標示が満年齢を示していると考えられた。椎体の標示観察を行った結果, 雄では2～14標示, 雌では2～13標示をもつ個体が認められた。満年齢時(偶数番目の

標示)の計算尾叉長を用いて成長式を推定した結果, 次式を得た。

雄: $FL_t = 273(1 - \exp\{-0.270(t + 0.213)\})$ ($1 \leq t \leq 7$)

雌: $FL_t = 272(1 - \exp\{-0.286(t + 0.111)\})$ ($1 \leq t \leq 6$)

これらの成長解析の結果, 雌雄に成長差はほとんどなく, 寿命もほぼ同じであると考えられた。

謝 辞

本研究を進めるにあたり, 貴重なご助言ならびに標本採集のご協力をいただいた水産庁西海区水産研究所東シナ海漁業資源部の山田梅芳氏および山本圭介氏に厚く御礼申し上げる。

文 献

- 相川広秋・加藤益夫 1938 魚類の年齢査定(予報Ⅱ). 日水誌, 7: 89-95
- 赤嶺達郎 1995 水産資源学における成長式に関する数理的研究. 中央水研研報, 7: 189-263
- Armstrong, M. P., J. A. Musick and J. A. Colvocoresses 1992 Age, growth, and reproduction of the goosefish, *Lophius americanus* (Pisces: Lophiiformes). *Fish. Bull. U.S.*, 90: 217-230
- Beamish, R. J. and C. A. McFarlane 1987 Current trends in age determination methodology. In "The Age and Growth of Fish" ed. by R. C. Summerfelt and G. E. Hall, Iowa State University Press, Iowa, pp.15-42
- Daiber, F. C. 1960 A technique for age determination in the skate, *Raja eglanteria*. *Copeia*, 1960: 258-260
- Francis, R. I. C. C. 1990 Back-calculation of fish length: a critical review. *J. Fish Biol.*, 36: 883-902
- 二川浩政・松浦修平 1998 東シナ海産カイワリ雌の成熟と産卵(予報). 平成9年度日本近海シェアドストック管理調査委託事業報告書. 163-173
- 花瀨靖子 1989 対馬近海産タチウオの年齢と成長. 西水研研報, 67: 37-57
- 服部 努・桜井泰憲・島崎健二 1992 マダラの耳石薄片法による年齢査定と成長様式. 日水誌, 58: 1203-1210
- Kim, W. S., Y. Hiyama and Y. Nose 1968 Age and Racial Studies of Japanese Jack Mackerel-I. Age and Growth as Determined by Urohyal. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 35: 178-186
- 小谷正幸・山口義昭・伊藤 弘・松井誠一 1987 沿岸域に出現するフグ類の生態学的研究 Ⅲ. トラフグの年齢と成長. 九大農学芸誌, 3・4: 195-200

- 尾串好隆 1987 黄海・東シナ海産トラフグの年齢と成長. 山口外海水試研究報告, 22: 30-36
- 三谷文夫 1960 ブリの漁業生物学的研究. 近大農紀要, 1: 81-300
- 三谷文夫・井田悦子 1964 マアジの成長と年齢. 日水誌, 30: 968-977
- 麦谷泰雄 1997 魚類年齢形質の形成と輪紋性状. 赤嶺・麦谷編: 水産動物の成長解析. 恒星社厚生閣, 東京, 9-16頁
- 宗清正廣・桑原昭彦 1988 若狭湾西部海域におけるタチウオの年齢と成長. 日水誌, 54: 1305-1313
- Seki, T., T. Taniuchi, H. Nakano and M. Shimizu 1998 Age, growth and reproduction of the ocean whitetip shark from the Pacific Ocean. *Fisheries Sci.*, 64: 14-20
- 竹下直彦・木村晴朗 1991 筑後川におけるニゴイの年齢と成長. 日水誌, 57: 29-34
- 時村宗春 1998 東シナ海・黄海における底魚資源の管理問題. 北原編: 水産資源・漁業の管理技術. 恒星社厚生閣, 東京, 36-44頁
- 塚本 賢・小野原隆幸・後川慶三・松浦修平 1983 ムツゴロウの年齢形質. 日水誌, 49: 69-74
- 鷲尾真佐人・筒井 実・田北 徹 1991 熊本県緑川河口域に分布するムツゴロウの年齢と成長. 日水誌, 57: 637-644
- 渡邊良朗 1997 年齢形質の有効性検討. 赤嶺・麦谷編: 水産動物の成長解析. 恒星社厚生閣, 東京, 17-27頁
- 山田梅芳 1986 マアジ, カイワリ. 岡村編: 東シナ海・黄海のさかな. 西海区水産研究所, 長崎, 170-171, 178頁
- 山田梅芳 1988 カイワリ. 西水研ニュース, 60: 1
- 山田梅芳 1993 カイワリ. 中坊編: 日本産魚類検索—全種の同定—. 東海大学出版会, 東京, 701, 1318頁
- Yoneda, M., M. Tokimura, H. Fujita, N. Takeshita, K. Takeshita, M. Matsuyama and S. Matsuura 1997 Age and growth of anglerfish *Lophius litulon* in the East China Sea and the Yellow Sea. *Fisheries Sci.*, 63: 887-892
- Yoneda, M., M. Tokimura, H. Fujita, N. Takeshita, K. Takeshita, M. Matsuyama and S. Matsuura 1998 Age and growth of the anglerfish *Lophiomus setigerus* in the East China Sea. *Fisheries Sci.*, 64: 379-384
- Yudin, K. G. and G. M. Cailliet 1990 Age and growth of the gray smoothhound, *Mustelus californicus*, and the brown smoothhound, *M. henlei*, sharks from central California. *Copeia*, 1990: 191-204

Summary

This study investigated the optimal hard structure for use as a marker in age determination from eight hard structures, and age and growth of the whitefin jack *Kaiwarinus equula*. Specimens were collected in the East China Sea during the period from April 1996 to March 1997. Length frequency distributions showed that most specimens of both males and females ranged from 165 to 185 mm in fork length (FL). Vertebral centra were chosen as the optimal hard structure for use as a marker in age determination among the vertebral centra, scales, otoliths, opercles, preopercles, interopercles, actinosts and urohyals. Monthly changes in the frequency of appearance of a translucent band on the outer margin of the centrum and in the marginal increments indicated that ring marks formed twice a year, from March through April and from September through October. Ring mark formed between September and October could be considered as an age mark. Male specimens possessed 2-14 ring marks while females had 2-13 ring marks. Using the back-calculated fork lengths at the time of age mark formation, growth of males was expressed as $FL_t = 273(1 - \exp[-0.270(t + 0.213)]) (1 \leq t \leq 7)$ and $FL_t = 272(1 - \exp[-0.286(t + 0.111)]) (1 \leq t \leq 6)$ for females. Our results suggested that the growth trends and lifespan of both sexes were similar.