

原著論文

駿河湾の底曳網で漁獲されるアオメエソ群の性状
II. 耳石を用いた年級群動態の推定および成長の解析

井上達也^{*1 §}・堀江 琢^{*2}

Characteristics of the *Chlorophthalmus albatrossis* Group
Caught with Bottom Trawl in Suruga Bay
II. Estimation of Year-class Dynamics and Growth based on Otolith Analysis

Tatsuya Inoue^{*1 §} and Taku Horie^{*2}

要約: 駿河湾におけるアオメエソ水産資源の状況解明の一助とするため, 本種の耳石を用いて, 年級群組成や成長を検討した。2015年2月から2016年1月までの期間に底曳網漁業によって採集されたアオメエソ計204個体の耳石を分析に供した。体長56.7~157.0mmのアオメエソの耳石から観察された輪紋数は, 1~5輪であった。アオメエソの月別体長組成および耳石観察結果から, 駿河湾内の底曳網漁場には少なくとも2つの年級群が同時に存在することが推定された。耳石径と各輪紋径の関係から求めた計算体長により, von Bertalanffyの成長曲線は $L_t = 178.0 \{1 - e^{-0.210(t+0.55)}\}$ となった。耳石にみられた微細輪紋により, 駿河湾におけるアオメエソは孵化後4~5か月で着底すると推定された。

キーワード: アオメエソ, 水産資源, 駿河湾, 耳石, 年級群, 成長曲線

Abstract: We examined the year-class composition and growth of *Chlorophthalmus albatrossis* in Suruga Bay by its otoliths to clarify the fisheries resource status of this species. Analyses were conducted for 204 otoliths collected from individuals caught in bottom trawl fisheries in Suruga Bay from February 2015 to January 2016. One to five otolith rings were observed from 204 individuals whose standard length (SL) ranged from 56.7 to 157.0mm. Monthly SL compositions and observations of otoliths showed existence at least two year-classes at the bottom trawl fisheries ground of Suruga Bay. The von Bertalanffy growth curve based on calculated SL by relationship between otolith radius and ring radius was estimated as follows: $L_t = 178.0 \{1 - e^{-0.210(t+0.55)}\}$. From otolith microstructure, the settlement season was presumed to four to five months after hatching.

Key words: *Chlorophthalmus albatrossis*, fisheries resource, Suruga Bay, otolith, year-class, growth curve

まえがき

アオメエソ *Chlorophthalmus albatrossis* は, 相模湾から九州南岸の太平洋沿岸などの, 水深150~620mの大陸棚縁辺から斜面上部に生息し(中坊・甲斐, 2013), 同属近縁種を含め水産資源として利用されている。一方で, 本種は天然での成熟個体が未発見であり, 産卵場が確定していないなど,

生態学的な知見は乏しい。

駿河湾において, アオメエソは底曳網漁場における優占種の一つとされており(小林, 2000), 主要な漁獲対象魚種として水揚げされているが, 資源の状況について不明な点が多い。資源の状況を解明するためには, 本種の漁場への加入や離脱などの現状についての知見を得ることが必要である。著者らは, 同海域における本種の体長組成に

(2024年11月22日受付, 2025年2月14日受理)

*1 公益財団法人海洋生物環境研究所 中央研究所(〒299-5105 千葉県夷隅郡御宿町岩和田300番地)
§ E-mail: inoue@kaiseiken.or.jp

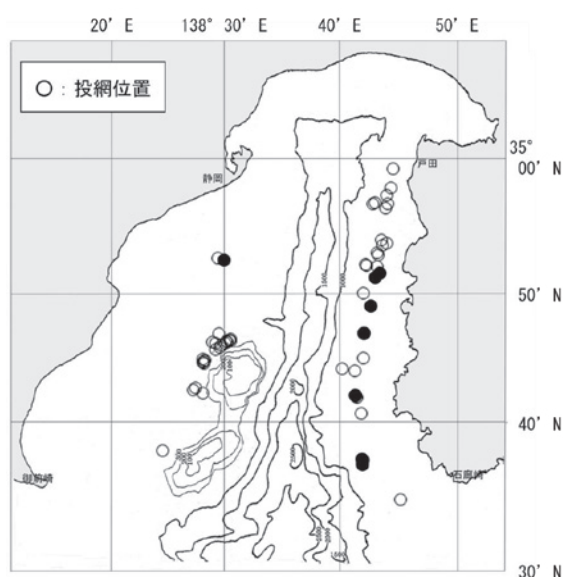
*2 東海大学海洋学部海洋生物学科(〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸三丁目20番地1号)

よる出現状況解析を行ったが（井上・堀江，2024），年級群の構造については検討していない。石灰化した組織である耳石には，日周輪や年輪などが形成されることから，日齢や年齢の査定形質として重用されている（麦谷，1996）。本種においても，耳石を用いることで孵化日や着底日を推定する研究が行われている（Hirakawa *et al.*, 2007）。

本研究は，駿河湾におけるアオメエソ水産資源の実態解明の一助として，本種の耳石を用いた分析によって，年級群動態や成長を推定することを目的とした。

材料と方法

試料採集 井上・堀江（2024）において分析対象としたアオメエソを，本研究においても試料として用いた。試料の採集方法は井上・堀江（2024）で記述したとおりである。禁漁期間である5月中旬から9月中旬を除いた，2015年2月から2016年1月に採集された1,296個体のアオメエソ（第1図）の体長（0.1mm単位）を測定し，そのうち230個体から左右一対採取した扁平石（以下，耳石と記載）を，年級群組成および成長を推定するための標本として用意した。



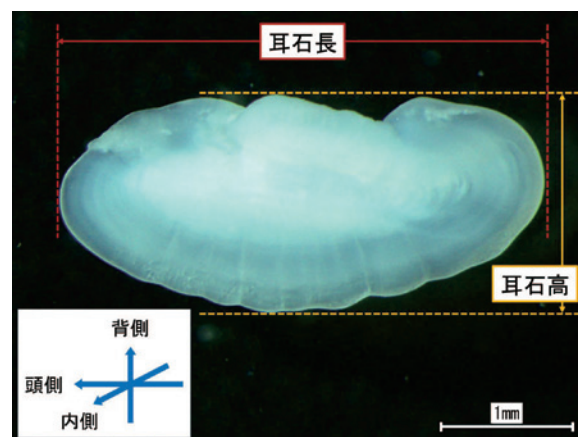
第1図 駿河湾における調査海域（2011年から2017年）丸印で示した投網位置のうち，黒丸は耳石の分析対象個体を採集した2015年2月から2016年1月の投網位置を示す。

耳石の輪紋観察 原則として，右側の耳石を分析対象とした。ただし，右側の耳石が破損または紛失した場合は，左側の耳石を使用した。なお，本種は両性生殖腺を有することが知られており（猿渡，2008），分析にあたり性別による区分は設けなかった。

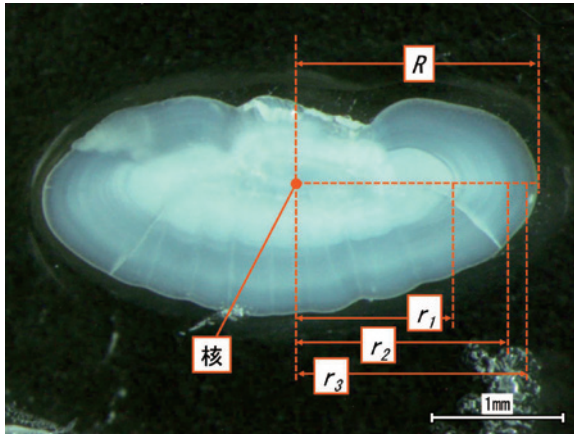
分析対象とした耳石の耳石長（0.01mm単位）および耳石高（0.01mm単位）を，実体顕微鏡下で接眼マイクロメーターにより測定した（第2図）。その後，次に示す処理を耳石に施し，観察用標本とした。

- 1) シアノアクリレート系接着剤（商品名：アロンアルファ プロ用耐衝撃，東亜合成株式会社，品番：#31701）により，耳石の外側面（凹面）をスライドガラスに固定
- 2) 実体顕微鏡下で観察しながら，耳石の内側面（凸面）を耐水性サンドペーパー（#600および#2,000）によって研磨
- 3) 耳石中心部の構造が確認できたら，スライドガラス上に水を垂らし，実体顕微鏡下で輪紋を観察

耳石には，透明帯および不透明帯から構成される輪紋構造がみられた。透明帯から不透明帯に移行する境界よりも，不透明帯から透明帯に移行する境界の方がより明瞭で観察しやすいと判断し，本研究では不透明帯外縁を各輪紋の末端とした。実体顕微鏡下で輪紋数を計数（以下，輪読と記載）するとともに，核から耳石の最外縁までを耳石径 R ，核から n 番目の不透明帯外縁までを輪紋径 r_n として，接眼マイクロメーターにより各径を測定した。測定方向は，核から尾部へ向かう直線上に続



第2図 アオメエソの耳石の外部形態および測定部位（2015年12月10日採集，体長93.2mmの個体の右側耳石）



第3図 アオメエソの耳石の観察用標本および測定部位
(第2図と同一の耳石)
 R は耳石径, r_n は n 番目の不透明帯外縁までの輪紋径を示す。

一した(第3図)。輪紋観察は著者2名が独立して計2回実施し、輪読結果が一致した標本を分析に用いた。ただし、輪読結果が一致しなかった標本のうち、筆頭著者が再輪読した結果、1回目の輪読結果と一致した標本もあわせて分析に用いた。

耳石の最外縁を観察し、透明帯または不透明帯のどちらであるか確認し、その出現割合を月別で求めることで、割合の変動から輪紋形成時期について検討した。

成長曲線の導出 次に示す手順により、耳石の観察結果からvon Bertalanffyの成長曲線(山下, 2010)を導いた。

- 1) 耳石径と体長の関係を次式により求める。

$$SL = aR + b$$

SL : 体長 R : 耳石径 a, b : 定数

- 2) 各輪紋径の平均値を上記式に代入し、輪紋形成時の計算体長を次式により求める。

$$L_n = ar_n + b$$

L_n : n の輪紋をもつ個体の計算体長

r_n : n 番目の輪紋径

ただし、耳石輪紋数が多いほど各輪紋径が小さくなるLee現象や(三谷・井田, 1964)、その逆の反Lee現象がみられた場合、次式により耳石の輪紋数と耳石径の関係を求め、そこから補正した輪紋径を求める。

$$r_n = cn + d$$

c, d : 定数

- 3) Walfordの定差図により直線回帰式を求め、理論最大体長、成長係数、 $SL = 0$ としたときの理

論上の輪紋数を次式により求める。

$$L_{\infty} = i / (1 - s) \quad k = -\log_e s$$

$$t_0 = t + (1/k) \log_e \{ (L_{\infty} - L_t) / L_{\infty} \}$$

s : Walfordの定差図により求めた直線回帰式の傾き

i : Walfordの定差図により求めた直線回帰式の切片

t : 耳石輪紋数

L_t : 耳石輪紋数 t のときの計算体長

L_{∞} : 理論最大体長 k : 成長係数

t_0 : $SL = 0$ としたときの理論上の輪紋数

以上より von Bertalanffyの成長曲線

$$L_t = L_{\infty} \{ 1 - e^{-k(t-t_0)} \}$$

を得る。

なお、上述の t (耳石輪紋数)について、対象となる輪紋が年輪である場合、 t は年齢を指すことになる。

微細輪紋の輪読 耳石には、前述の透明帯および不透明帯から構成される輪紋と共に、核を中心に同様の広がりを示す微細輪紋がみられた。本研究では、先述のアオメエソ230個体の耳石標本とは別に、2015年10月14日に採集された体長85.2~99.4mmの計5個体の耳石について次に示す処理を施し、微細輪紋の一部を輪読した。

- 1) 先述の輪紋観察時と同様の方法で、耳石中心部の構造が確認できるまで耳石を研磨し、さらにラッピングフィルム(#15,000)により研磨
- 2) 研磨面から微細輪紋が確認できたら、溶剤系のアセトン系はがし剤(商品名: アロンアルファ 専用リムーバー はがし隊, 東亜合成株式会社, 品番: #60513)により耳石をスライドガラスから剥がし、研磨面をスライドガラスに接着
- 3) 耳石の外側面(凹面)を、内側面(凸面)と同様に耐水性サンドペーパー(#600および#2,000)、ラッピングフィルム(#15,000)の順で研磨

作製した標本は生物顕微鏡下で観察(第4図)し、核から尾部へ向かう直線上で微細輪紋数を著者1名が2回計数し、その平均値を微細輪紋数とした。

耳石には、魚体に急激な生理状態の変化が生じた場合に形成される、チェック(check)と呼ばれる太い不連続層がある。チェックには、成長段階における着底時に形成される着底輪があるとさ

れる（麦谷，1996）。アオメエソの着底輪では、核から着底輪までの微細輪紋間隔は広く、そこから縁辺部までの微細輪紋間隔は狭いことが示唆されている（平川ら，2008）。本研究ではこれに従い、

着底輪は核から明瞭に微細輪紋間隔が広がっている範囲にみられた輪紋とした。

結果

耳石の分析結果 230個体の耳石標本において、1回目の輪読一致率は61.3%であった。再輪読した結果、輪読率は88.7%となり、計204個体の耳石を分析に用いた（第1表）。分析に用いない耳石標本には、輪読結果に1～2輪のずれがあるものと、輪紋が不明瞭で輪紋数を決定できないものがあった。

分析に供した204個体の体長は56.7～157.0mm、耳石長は2.52～5.13mm、耳石高は1.02～2.20mmの範囲であった。耳石長と体長、耳石高と体長、および耳石長と耳石高は、以下の関係式で表された（第5図）。

耳石長（ X_L ）と体長（ SL ）：

$$SL = 16.35X_L^{1.40} \quad (r=0.922)$$

耳石高（ X_H ）と体長（ SL ）：

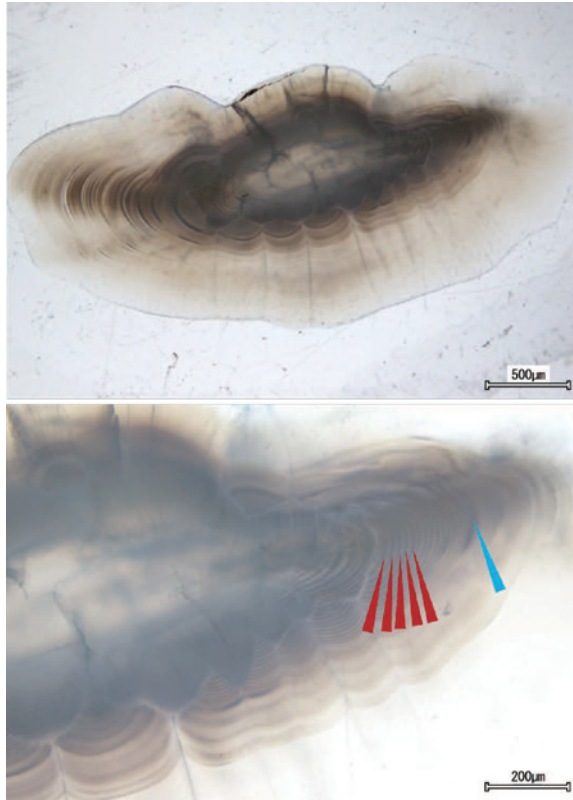
$$SL = 57.11X_H^{1.23} \quad (r=0.937)$$

耳石長（ X_L ）と耳石高（ X_H ）：

$$X_H = 0.39X_L^{1.09} \quad (r=0.963)$$

観察された輪紋数は、1～5輪の範囲であった。

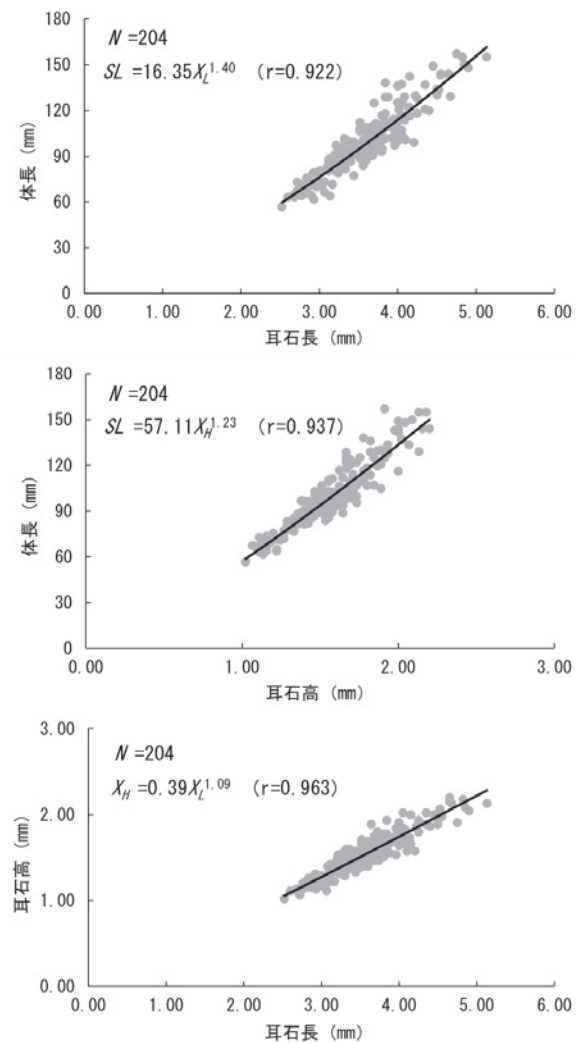
1輪魚は18個体で体長範囲56.7～78.8mm（平均体長69.0mm）、2輪魚は62個体で体長範囲61.8～108.8mm（平均体長84.1mm）、3輪魚は90個体で体長範囲81.4～128.7mm（平均体長102.6mm）、4輪魚は31個体で体長範囲102.3～157.0mm（平均体長129.2mm）、5輪魚は3個体で体長範囲148.0～154.9mm（平均体長151.0mm）であった（第2表）。



第4図 微細輪紋の判読に用いたアオメエソの耳石の観察用標本（上）および拡大図（下）（2015年10月14日採集、体長89.5mmの個体の右側耳石）
赤色矢尻の先端に微細輪紋（代表で5つ）、青色矢尻の先端に着底輪（核から明瞭に微細輪紋間隔が広がっている範囲にみられた輪紋）を示す。

第1表 耳石を分析したアオメエソの採集月および体長範囲

体長範囲 (mm)	2015年							2016年	体長範囲別 の個体数
	2月	3月	4月	9月	10月	11月	12月	1月	
50 ～ 60		1							1
60 ～ 70		8			1	3	3		15
70 ～ 80		9	1			5	3	4	22
80 ～ 90		4	2	5	12		2	4	29
90 ～ 100		3	2	14	14	2	7	7	49
100 ～ 110	4		3	6	1	8	5	10	37
110 ～ 120	8	1	3	1	2	1	1	1	18
120 ～ 130	1	5	6	1			2		15
130 ～ 140	2		3				1	1	7
140 ～ 150			7						7
150 ～ 160			2	2					4
月別の個体数	15	31	29	29	30	19	24	27	

第5図 アオメエソの耳石長 X_L と体長 SL （上），耳石高 X_H と体長 SL （中），および耳石長 X_L と耳石高 X_H （下）の関係

第2表 耳石を分析したアオメエソの体長範囲および観察された輪紋数を持つ標本数

体長範囲 (mm)	輪紋数					体長範囲別の 個体数
	1	2	3	4	5	
50 ～ 60	1					1
60 ～ 70	8	7				15
70 ～ 80	9	13				22
80 ～ 90		22	7			29
90 ～ 100		16	33			49
100 ～ 110		4	28	5		37
110 ～ 120			16	2		18
120 ～ 130			6	9		15
130 ～ 140				7		7
140 ～ 150				6	1	7
150 ～ 160				2	2	4
輪紋数別の個体数	18	62	90	31	3	
体長※の平均値 (mm)	69.0	84.1	102.6	129.2	151.0	
体長※の標準偏差	5.7	10.9	10.6	14.8	3.6	

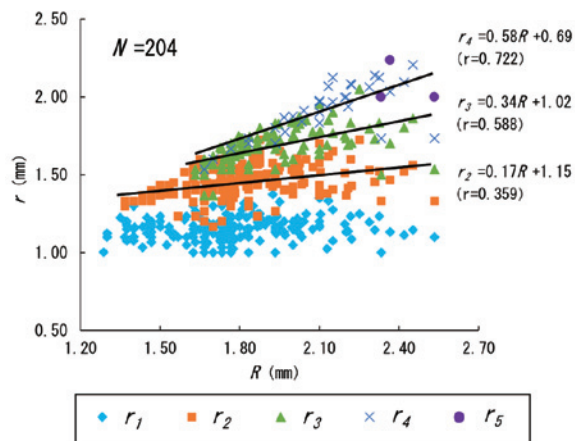
※ n の輪紋数を持つ標本の体長

耳石径 (R) と各輪紋径 (r_n) は、以下の関係式で表された。ただし、相関関係を示さない第1輪 ($r=0.147$) および標本数が3個体と少ない第5輪については、関係式を示さなかった (第6図)。

 R と r_2 : $r_2 = 0.17R + 1.15$ ($r=0.359$)

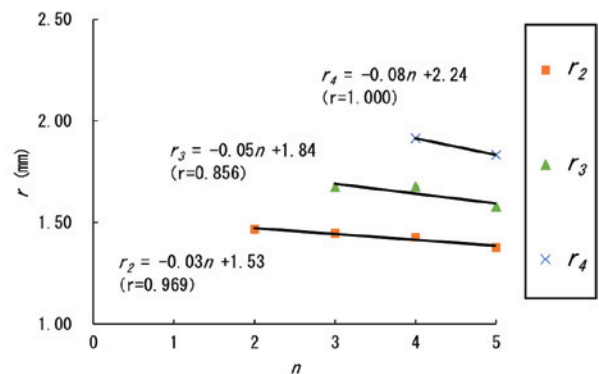
 R と r_3 : $r_3 = 0.34R + 1.02$ ($r=0.588$)

 R と r_4 : $r_4 = 0.58R + 0.69$ ($r=0.722$)

 r_2 , r_3 , および r_4 において回帰式はいずれも正
第6図 アオメエソの耳石の耳石径 (R) と輪紋径 (r_n) の関係

の傾きをとり、輪紋数が増加するほど傾きが大きくなる反Lee現象の傾向がみられた。反Lee現象の補正 (三谷・井田, 1964) のために、耳石の輪紋数 (n) と各輪紋径 (r_n) の関係を求め、補正した各輪紋径を算出した (第7図)。

 n と r_2 : $r_2 = -0.03n + 1.53$ ($r=0.969$)

補正した r_2 (mm) : $r_2 = 1.47$
 n と r_3 : $r_3 = -0.05n + 1.84$ ($r=0.856$)
第7図 アオメエソの耳石の輪紋数 (n) と各輪紋における輪紋径平均 (r_n) の関係
輪紋径を補正した r_2 , r_3 , および r_4 を図示する。

補正した r_3 (mm) : $r_3=1.69$

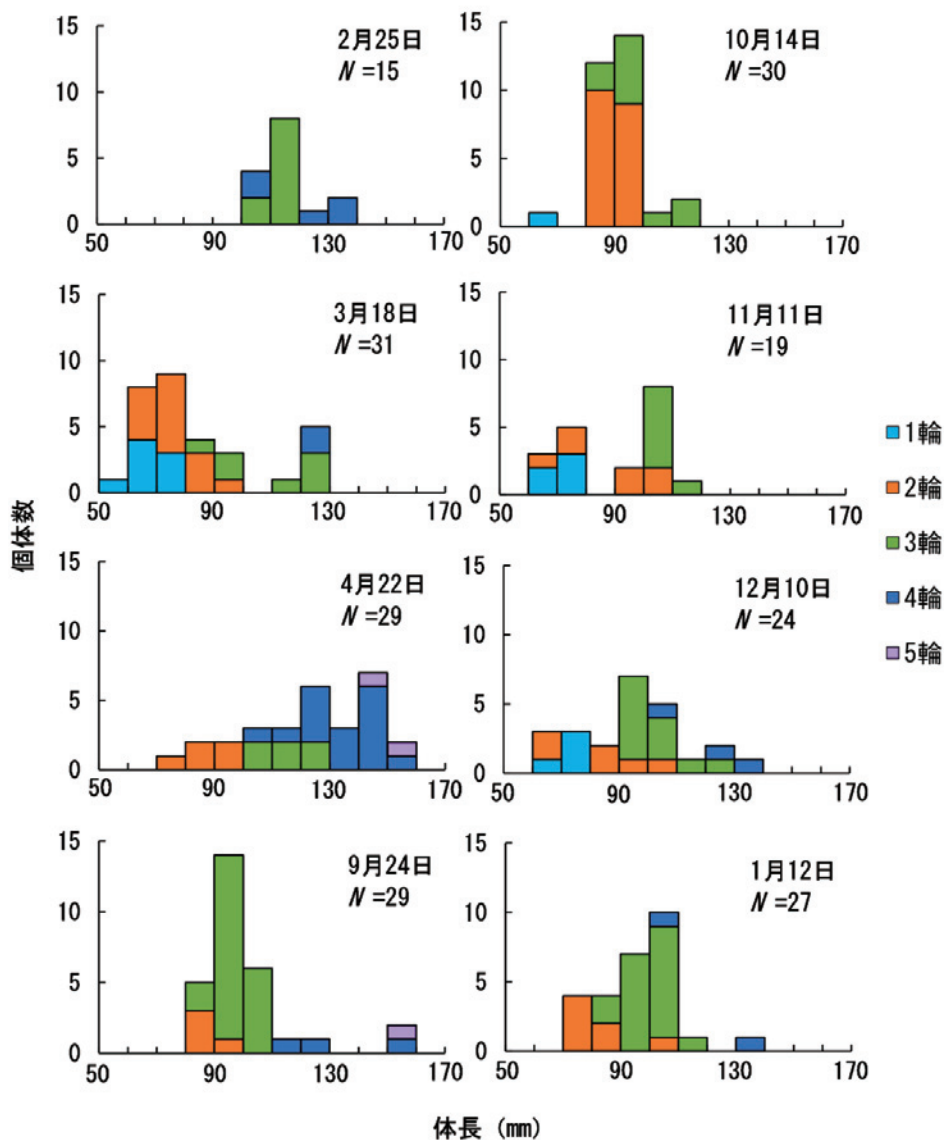
n と r_4 : $r_4 = -0.08n + 2.24$ ($r=1.000$)

補正した r_4 (mm) : $r_4=2.08$

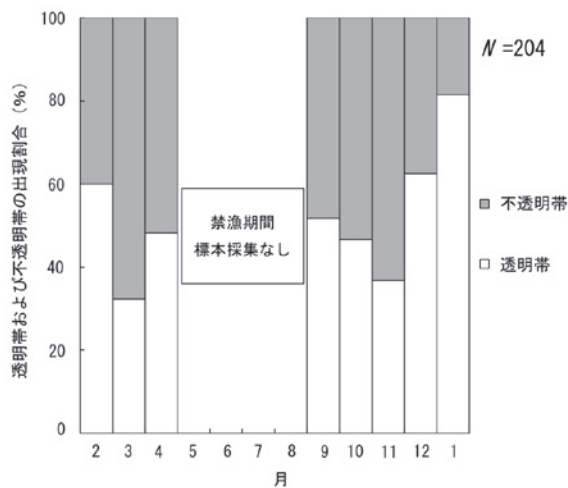
耳石観察個体の月別体長組成に、各体長範囲に出現した個体の耳石輪紋数を示した(第8図)。1輪魚は3月および10～12月に採集され、体長60～80mm程度の個体が多くみられた。2輪魚は2月を除く全調査で採集され、体長70～100mm程度の個体が多くみられた。3輪魚は全調査で採集され、体長90～120mm程度の個体が多くみられた。4輪魚は2～4月と9月および12～1月に採集され、体長

120～150mm程度の個体が多くみられた。5輪魚は4月および9月に採集され、体長140～160mmの個体のみられた。各月における輪魚の種類をみると、2月は2種類、10～11月および1月は3種類、3～4月と9月および12月は4種類と、全ての月において2種類以上の輪魚が同時にみられた。

耳石最外縁が透明帯である割合の経月変化をみると、3月に32.3%と最低、1月に81.5%と最高になり、標本が無い禁漁期間の前後である4月と9月ではそれぞれ48.3%および51.7%と半分程度であった(第9図)。



第8図 2015年2月から2016年1月に採集したアオメエソの耳石輪紋数と体長組成の経月変化



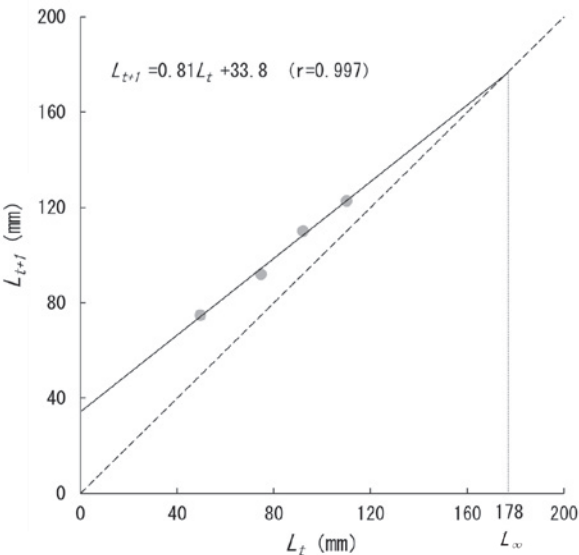
第9図 アオメエソの耳石最外縁における透明帯および不透明帯の出現割合の経月変化

成長曲線 耳石径 (R) と補正した各輪紋径 (r_n) の関係から求めた計算体長 L_n より、以下の直線回帰式がWalfordの定差図によって導かれた (第10図)。

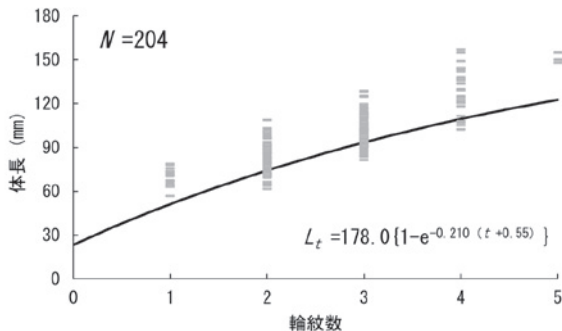
$L_{t+1} = 0.81L_t + 33.8$ ($r=0.997$)
この直線回帰式により、 L_∞ (理論最大体長) $=178.0$, k (成長係数) $=0.210$ が得られ、以下の

von Bertalanffyの成長曲線が示された (第11図)。

$L_t = 178.0 \{1 - e^{-0.210(t+0.55)}\}$
この成長曲線では、駿河湾におけるアオメエソの計算体長は第1輪形成時に49.6mm、第2輪形成時に73.9mm、第3輪形成時に93.7mm、第4輪形成時に109.7mm、第5輪形成時に122.6mmとなった。



第10図 Walfordの定差図
実線は回帰直線 $L_{t+1} = 0.81L_t + 33.8$ ($r=0.997$)、
破線は $L_{t+1} = L_t$ の直線を示す。
 L_t は耳石輪紋数 t における計算体長、 L_∞ は理論
最大体長を示す。



第11図 Walfordの定差図により求めたvon Bertalanffyの
成長曲線
プロットは体長の実測値を示す。

微細輪紋の輪読 核から着底輪までの微細輪紋数は110～145の範囲であった (第3表)。本研究で用いた耳石の研磨処理標本では、核から最外縁までに向かう途中から微細輪紋が不明瞭となり観察できなくなったため、核から最外縁までの微細輪紋数は不明であった。

第3表 微細輪紋を観察したアオメエソ5個体の体長，耳石長，耳石高，および着底輪までの微細輪紋数

体長 (mm)	耳石長 (mm)	耳石高 (mm)	着底輪までの微細輪紋数
85.2	3.68	1.53	140
87.1	3.56	1.51	110
89.5	3.72	1.64	116
90.4	3.76	1.62	145
99.4	3.60	1.67	114

考 察

耳石を採取したアオメエソが漁獲された期間である，2015年2月から2016年1月に採集した全標本の体長組成の経月変化を，第12図に示す。この体長組成では，9月の体長80～100mm程度にみられたモードが1月には90～110mm程度に移行したこと，体長60～80mm程度の集団が3月および10～11月に新たにみられたこと，4月から禁漁期間を経た9月には体長110mm以上でモードがみられなくなったこと，といった動態がみられた。これらは，成長に伴うモードの移行，3月および10～11月における漁場への年級群加入，禁漁期間中における漁場からの年級群離脱を，それぞれ示していると考えられる。特に加入した年級群については，第8図に示した体長組成と輪紋数の関係から，1輪魚の可能性が高いと考えられる。

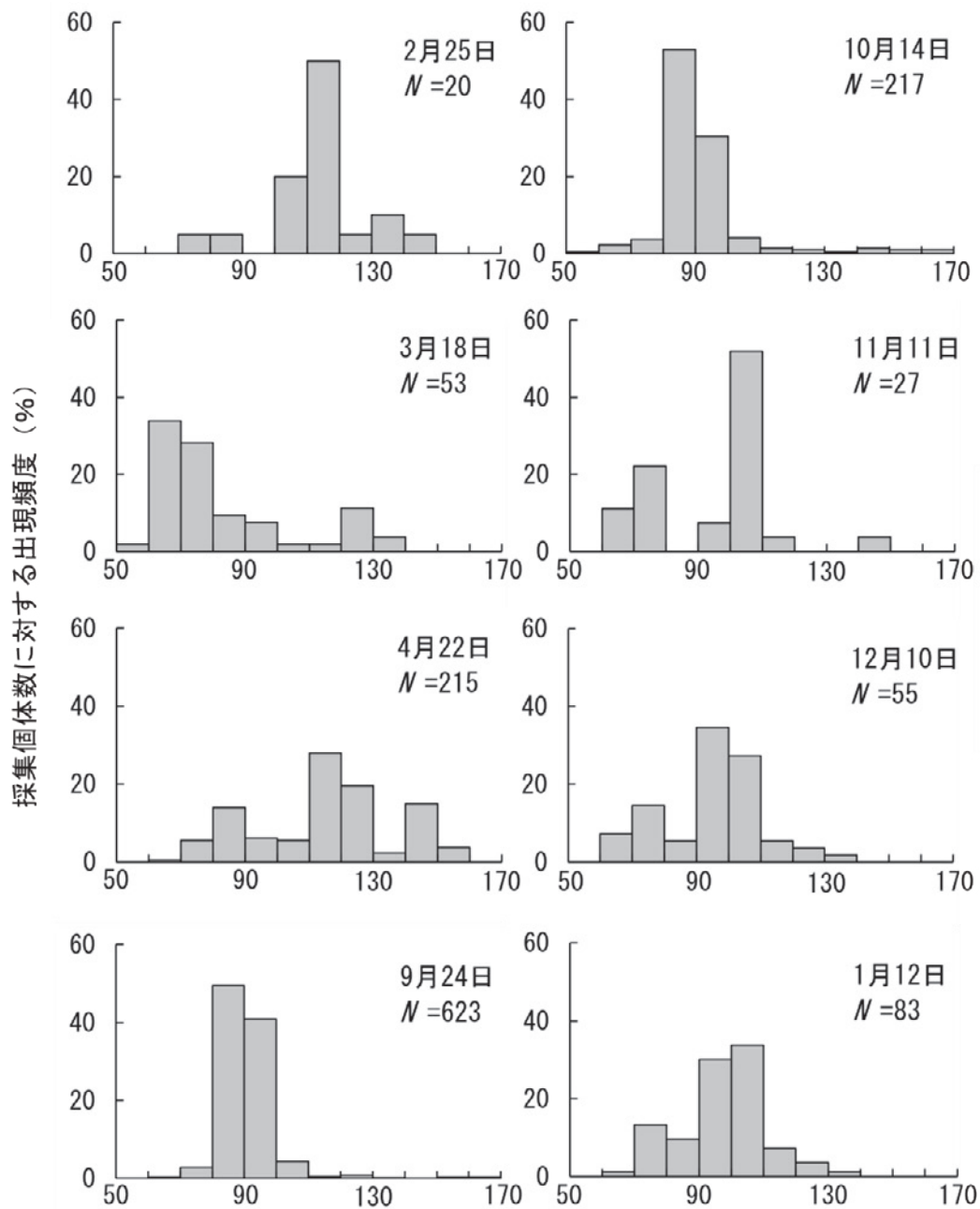
井上・堀江（2024）は，アオメエソ体長組成の経月変化を検討する代表値として，2011年から2017年に採集した本種の体長測定データを合算し，月別体長組成（以下，7年分体長組成と記載）を示した。先述の体長組成の経月変化（第12図）でみられた3種の動態について，7年分体長組成でも類似した傾向がみられた。このことから，2015年2月～2016年1月の期間にみられた年級群動態は，本漁場における典型的な動態の可能性はある。

本研究における耳石最外縁の観察結果からは，輪紋形成時期を明瞭に推定することはできなかった。1年が経過する間に，透明帯の出現割合が100%またはそれに近い月と，0%またはそれに近い月が，それぞれ1回ずつ出現した場合，耳石輪紋は1年に1回，特定の時期に形成される可能性が示される。しかし，本研究では最外縁が透明帯である割合は1月に最も高くなったものの，年間では透明帯割合の明瞭な増減がみられなかった。表

層域と比べ季節的な環境変動が乏しい深海域の特徴が，特定の時期における明瞭な輪紋形成を認めることができなかった一因と考えられる。

アオメエソの成長曲線と体長の実測値を比較すると，各輪紋数のいずれにおいても，実測値の分布の下限側を成長曲線が通る傾向がみられた（第11図）。本研究の成長曲線は，輪紋形成時の計算体長から導出されている。一方，本研究における耳石輪紋の観察方法では， n 番目の輪紋が形成された直後の個体に加え， $n+1$ 番目の輪紋が形成されていない範囲で成長した個体も，同じ n 輪魚として扱われる。同じ輪紋数の個体であっても，輪紋形成時点から成長が進んだ個体も同列に含まれることが，第11図でみられた成長曲線と実測値の関係を引き起こした一因と考えられる。

Sakaji *et al.* (2006) は，土佐湾におけるアオメエソは体長組成によって2つまたは3つの体長別グループに分けられることを示し，それらのグループを年級群として扱っている。また，土佐湾では11月に50～55mmと85～90mmのグループが出現し，それぞれ第1年級群，第2年級群としている。本研究の11月におけるアオメエソの輪紋数には，体長60～80mm程度で1～2輪，体長90～110mm程度で2～3輪がみられた。本研究で観察された耳石輪紋が1年に1回形成されると仮定すると，駿河湾における本種の漁場では少なくとも，土佐湾における第1年級群および第2年級群に相当する年級群が存在することが考えられる。一方，駿河湾では3月と10～11月における漁場への年級群加入が考えられるが，土佐湾における着底時期は8～1月と推定されている（Sakaji *et al.*, 2006）。アオメエソの浮遊期仔稚魚は，未発見の産卵場から黒潮により南方から輸送され，日本の各漁場に着底すると考えられている（Hirakawa *et al.*, 2007）。駿河湾付近と土佐湾付近で本種仔稚魚が同じように輸送



第12図 2015年2月から2016年1月に採集したアオメエソ全標本の体長組成の経月変化

されるのであれば、両海域への着底において海流等の制限要素が異なる可能性がある。

アオメエソの成長に関しては、土佐湾の場合、以下の成長曲線 (Sakaji *et al.*, 2006) が得られている。

$$L_t = 185.3 \{1 - e^{-0.03097(t + 11.76)}\}$$

t = 着底後の月齢

この成長曲線では、月齢3歳までを第1年級群と示している (Sakaji *et al.*, 2006) ため、この式にお

ける月齢3歳 ($t = 3$) 時の年齢を1歳として扱うこととした。これにより、月齢15歳 ($t = 15$) 時の年齢は2歳、月齢27歳 ($t = 27$) 時の年齢は3歳となり、年齢0歳のときの理論上の月齢は-9歳 ($t = -9$) と表される。これらの年齢 (t_y) と月齢 (t_m) の関係は、以下の式で示される。

$$t_m = 12t_y - 9$$

この関係をもとに、Sakaji *et al.* (2006) の成長曲線を年齢によって計算体長を算出できるように改

変すると、以下の式が導かれる。

$$L_t = 185.3 \{1 - e^{-0.03097 (12t + 2.76)}\}$$

t = 年齢

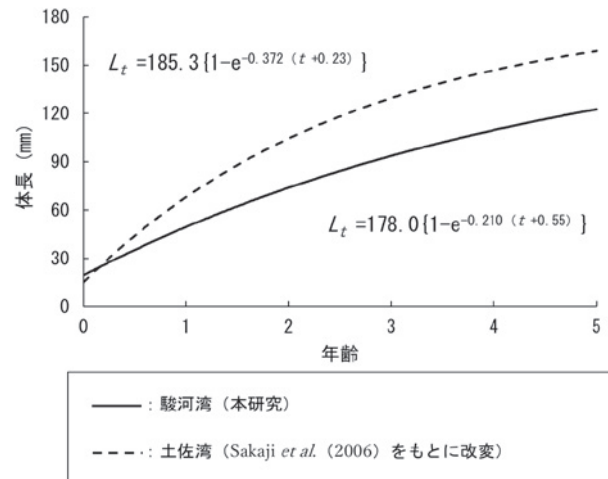
さらに、この式をvon Bertalanffyの成長曲線と同型にすると、以下の成長曲線が導かれる。

$$L_t = 185.3 \{1 - e^{-0.372 (t + 0.23)}\}$$

t = 年齢

改変した成長曲線から、各年齢における計算体長は1歳で68.0mm、2歳で104.5mm、3歳で129.6mmと求められた。本研究で観察されたアオメエソの耳石輪紋が1年に1回形成されると仮定すると、駿河湾における本研究の成長曲線と、土佐湾におけるSakaji *et al.* (2006) を改変した成長曲線の比較が可能となる(第13図)。Sakaji *et al.* (2006) による計算体長は、各月・各年級群における体長組成の最頻値を使用して求められているため、最頻値となる体長と捉えることができる。一方で本研究の計算体長は、各年齢における実測値の下限に近い体長と捉えることができるため、最頻値となる体長よりも小さい値が算出される。von Bertalanffyの成長曲線における k は成長の仕方を示すパラメータであり、 L_∞ に近づく速さを示す(片山・松石, 2022)。 k 以外のパラメータが同じvon Bertalanffyの成長曲線を比較すると、 k の値が大きい成長曲線の方が、同じ体長に成長するまでにかかる時間が短くなる特徴がある(片山・松石, 2022)。両海域における k の値を比較すると、駿河湾の0.210に対して土佐湾は0.372と、駿河湾の方が小さい値であり、駿河湾は土佐湾と比べ本種の成長が遅いことが考えられる。Hirakawa *et al.* (2007) が示した仮説の通りに、本種の浮遊期仔稚魚が黒潮によって南方から日本の各漁場に着底するのであれば、駿河湾と土佐湾でみられるアオメエソは同一の個体群である可能性があり、成長曲線の違いは異なる生育環境が一因と考えられる。

アオメエソの採集水深を比較すると、土佐湾では水深100～400mの範囲に対し(Sakaji *et al.*, 2006)、本研究の駿河湾では水深265.5～424.5mの範囲で採集された標本を分析対象とした。アオメエソの採集水深帯は重複しているものの、両海域では水温や塩分といった環境要因に違いがあると考えられる。本研究では、調査時に水温や海流といった環境情報が得られていないため、この期間の環境情報が体長組成や成長に及ぼす影響については明らかにできなかった。しかしながら、一般



第13図 本研究で求めた駿河湾における成長曲線(実線)およびSakaji *et al.* (2006) を改変した土佐湾における成長曲線(破線)
実線は耳石輪紋が1年に1回形成されると仮定した成長曲線、破線はSakaji *et al.* (2006) の成長式を年齢で推定できるように改変した成長曲線で、 t は年齢を示す。

に深海の水温変化は表層に比べて小さいと考えられていることから、両海域における水深300m程度の水温について比較した既往の情報を示す。稲葉ら(2001)は、駿河湾の水深305mにおいて1年以上連続観測した水温の測定値が7.0℃から12.7℃の範囲(変動幅5.7℃)であることを示し、高知県室戸岬沖の同程度の水深に比べ水温変動幅が約4.0℃大きく、低温安定性に富むとはいえないとしている。魚類の成長においては一般に、摂餌量や同化量は水温とともに増加するが、最大値となる至適水温を超えると急激に減少する。一方、代謝量は水温に対して指数関数的に増加することから、至適水温より高い水温で代謝が急速に増加し、成長に利用できるエネルギーが減少する(山下, 2010)。駿河湾よりも土佐湾の方が水深300m程度の水温が低温で安定する傾向があるにも関わらず土佐湾での成長が速いことから、両海域における本種の成長曲線に違いが生じた要因の一つとして、水温による摂餌量および同化量の違いも考えられる。水温以外の環境要因が影響している可能性があるものの、今後は、本種の成長に対する至適水温を明らかにする必要がある。

耳石にみられる微細輪紋は、1日1本の輪が形成される日輪であると考えられ、孵化日や着底日の推定に利用可能とされる(Hirakawa *et al.*, 2007)。着底輪までの微細輪紋数から、駿河湾に

おけるアオメエソは孵化後4～5か月で着底する可能性が考えられた。Hirakawa *et al.* (2007) は、黒潮により日本の各海域へ輸送されるアオメエソは、宮崎県沖では90日、静岡県沖では120日、東北海域では150日で着底すると推定している。本研究で推定した着底日数はこの推定日数と概ね一致し、先行研究を支持する結果となった。

本研究の結果から、アオメエソは駿河湾底曳網漁場を生育場の一つとして、成長過程の一時期を過ごすことが示唆された。しかし、禁漁期間中である夏期を中心にアオメエソ群の動態や耳石の形成状態など、不明な点が残されている。また、月ごとの耳石採取状況をみると、輪紋数の割合が不明である体長階級幅が存在する。より詳細なアオメエソ群の構造を推定するためには、情報が無い6～8月の標本採集や、多様な体長の個体から耳石を採取する必要がある。耳石の採取および分析の継続によって耳石の輪紋形成周期が明らかになれば、本研究で示した成長曲線の妥当性を判断することができる。耳石輪紋が1年に1回形成される年輪であるならば、本研究で示した成長曲線により、輪紋形成時の体長や成長の仕方を示すパラメータ k の経年変化を把握することが可能となる。計算体長は各輪紋数における実測値の下限に近い体長と捉える必要があるものの、本研究の成長曲線を利用することで、輪紋数と体長の関係といった資源評価に必要な基礎的知見を得ることができる。漁場から離脱した個体の動態などを含む生活史全体を明らかにするためには、本研究のような特定の海域における解析結果を、他海域における知見と関連付ける必要がある。アオメエソの生活史から、成長や再生産に関わる生物学的特性値を推定することで、我が国における本種の資源状況解明や資源管理に寄与することが期待される。

謝 辞

試料採集にあたり戸田漁業協同組合所属日之出丸船主 山田勝美氏ならびに同船乗組員の皆様および山竹商店の皆様、アオメエソの測定にあたり東海大学海洋学部海洋生物学科 平成27年度卒業生一同にご協力いただきました。本研究を進めるにあたり東海大学海洋学研究科 田中 彰教授にご指導を賜りました。また、本稿の執筆にあたり公益財団法人海洋生物環境研究所 加戸隆介顧問、清野通康顧問をはじめとする所員の皆様にご助力

を賜りました。厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 平川直人・鈴木直樹・成松庸二 (2008). 東北海域におけるアオメエソの加入機構. 海洋と生物, **30**, 740-748.
- Hirakawa, N., Suzuki, N., Narimatsu, Y., Saruwatari, T. and Ohno, A. (2007). The spawning and settlement season of *Chlorophthalmus albatrossis* along the Pacific coast of Japan. *Raffles Bull. Zool.*, **14**, 167-170.
- 稲葉栄生・勝間田高明・安田訓啓 (2001). 駿河湾300m層の流動と水温の変動. 海洋深層水研究, **2**, 1-8.
- 井上達也・堀江 琢 (2024). 駿河湾の底曳網で漁獲されるアオメエソ群の性状 I. 体長組成による出現状況解析. 海生研研報, **No.30**, 18-26.
- 片山知史・松石 隆 (2022). 沿岸資源調査法. 恒星社厚生閣, 東京, 63.
- 小林俊一 (2000). 駿河湾底曳網漁業の水揚・投棄物の性状と入網魚類の種間関係. 博士論文, 東海大学大学院, 静岡, 1-58.
- 三谷文夫・井田悦子 (1964). マアジの成長と年齢. *Bull Jpn Soc Sci Fish*, **30**, 968-977.
- 麦谷泰雄 (1996). 硬骨魚類の耳石形成と履歴情報解析. 「海洋生物の石灰化と硬組織」(和田浩爾・小林巖雄編著), 東海大学出版会, 東京, 285-298.
- 中坊徹次・甲斐嘉晃 (2013). 115.アオメエソ科. 「日本産 魚類検索 全種の同定 第三版」(中坊徹次編), 東海大学出版会, 神奈川, 429-430.
- Sakaji, H., Honda, H. and Nashida, K. (2006). Growth and ontogenetic migration of greeneye *Chlorophthalmus albatrossis* in Tosa Bay, Pacific Coast of South-Western Japan. *Fish. Sci.*, **72**, 1250-1255.
- 猿渡敏郎 (2008). メヒカリ (アオメエソ属魚類) の仔稚魚—小さな体が明かす大回遊. 海洋と生物, **30**, 733-739.
- 山下 洋 (2010). 15章 生残と成長. 「魚類生態学の基礎」(塚本勝巳編), 恒星社厚生閣, 東京, 172-181.