

## 土佐湾産ハモ *Muraenesox cinereus* の年齢と成長等について

柳川 晋一

漁業資源課 森山 貴光

### 1 はじめに

高知県では、ハモは土佐湾西部及び中部海域で延縄・釣漁業で主に漁獲され、最盛期の1965年には、延縄・釣漁業で233トン、県合計で267トンの漁獲があった。以後、漁獲量は漸減傾向となり、1999年の同漁業種類の漁獲量はわずか1トン、県全体でも7トンまで激減した。2000年以降、その他の漁業の漁獲量の増加により県全体の漁獲量は、30トンを超えるまでに回復した。さらに、これまで商品価値の低かった1kgを越える大型ハモの価格に一定の目処がたったことから、大型魚を主対象としたハモ延縄・釣漁業が土佐湾西部及び中部で復活した。その結果、延縄・釣漁業の漁獲量は、2005年には24トン、県全体で73トン、2006年は同漁業種類で25トン、県全体で50トンに回復した(図1)。

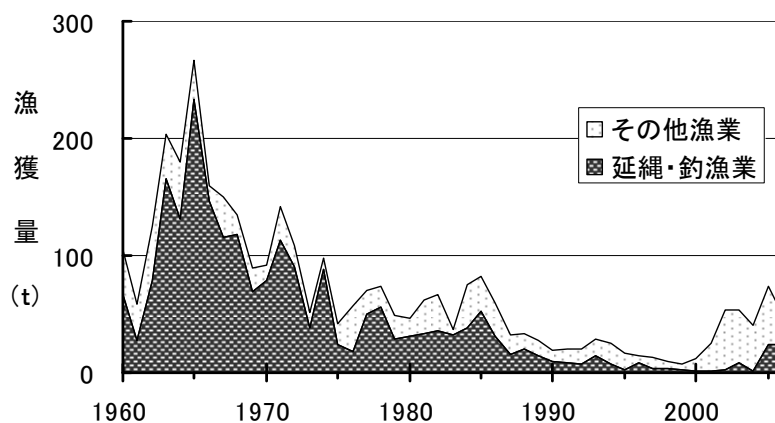


図1 高知県のハモ漁獲量の推移(農林水産統計年報)

一方、既存の他海域における研究結果<sup>1),2)</sup>から、ハモの成長及び成熟年齢は遅く、このような魚種は概ね資源の回復力が弱いことが知られている。現在漁獲されている大型個体すなわち、再生産を支える成熟した親魚の減少は、新規加入群の減少を招き、将来的に資源が枯渇するおそれが懸念される。従って、回復したハモ

資源を持続的に利用していくことが今後の大きな課題であると考えられる。しかし、土佐湾におけるハモの資源生物学的知見はほとんどなく、資源の持続的利用の方策を検討するための材料が、乏しい状況にある。

三尾ら<sup>3)</sup>は、キグチ、タチウオ及びハモの生物学的諸特性と資源量の変化を比較し、資源量が減少し続けることによって成長度や成熟年齢等の変化が認められるとした。従って、これらの関係を明らかにすることによって、生物学的諸特性値から資源変動の実態を推定することができるであろうとしている。

そこで、筆者らは、平成18~20年度に技術支援事業でハモの生物学的諸特性の一つである年齢と成長の関係の解析等に取り組んだので、その結果を報告する。

### 2 材料と方法

水産試験場は、これまで高知市御豊瀬地区の小型底曳網漁船から標本船を選定し、従事者に日誌記帳を依頼している。彼らから得た日誌から年間漁獲量及び1曳網回数毎の漁獲量

(CPUE) を求めた。用いた標本船の操業日誌は、1977～2006年のデータを使用した。

標本魚は平成18年9月24日から平成20年9月8日の間に釣、底曳網及び定置網漁業によって、高知市及び土佐清水市で水揚げされた計238個体を用いた(図2, 表1)。これらの標本魚のうち、土佐清水市下ノ加江で水揚げされた個体は、市場での肛門全長(PL)を1mm単位で、魚体重を1g単位で計測後、頭部のみ実験室に搬入した。土佐清水市下ノ加江以外の個体は、水揚地で採集した後、氷蔵による生鮮もしくは凍結して実験室に搬入した。搬入した標本魚は、実験室で肛門前長(PL)及び全長(TL)を1mm単位、魚体重を1g単位、胃内容重量を0.01g単位及び生殖腺重量(GW)を0.01g単位でそれぞれ計測した。



図2 ハモの採集場所

表1 ハモの採集場所と標本数

水揚地	漁法	標本数(n)
高知市長浜	小型底曳網	87
高知市御畳瀬	小型底曳網	48
土佐清水市下ノ加江	延縄	22
土佐清水市以布利	定置網	81
合計		238

成熟の指標は、生殖腺指数(GSI)を用いた。GSIは、生殖腺重量(GW)/体重(BW)×10<sup>3</sup>で求めた<sup>4)</sup>。体重(BW)は、下ノ加江以外で採集したサンプルでは、魚体重から胃内容重量を差し引いて求めた。下ノ加江採集分は、漁獲後数日間無給餌で畜養した個体であるので、胃内容物が無いものとして魚体重を体重として用いた。

標本魚のうち、232個体から耳石(扁平石)を採取した。耳石輪紋の有無の観察及び輪紋数の計数は、実体顕微鏡により透過光下でキシレンに浸漬して行った。ハモ耳石輪紋は、透明帯と不透明帯が交互に現れることで構成される。輪紋は不透明帯から透明帯への移行境界にできる線が明瞭であったことから、大滝<sup>1)</sup>に基づき、この境界部位を輪紋標示部位とした。輪紋は、耳石の核(nucleus)に近い順に第1輪、第2輪・・・第n輪とした。耳石長(R)は耳石の核から長軸側の最長外縁までの距離とし、その計測線上の第n輪の輪紋標示部位までの距離をr<sub>n</sub>として、それぞれの輪径を接眼マイクロメータを使用して0.05mm単位で計測した(図3)。

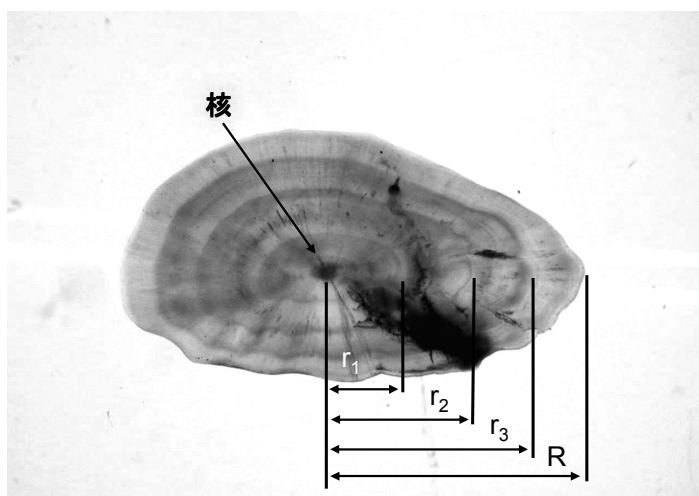


図3 ハモの耳石長(R)及び輪径(r<sub>n</sub>)測定位置

一部の個体について左右の耳石の  $R$ ,  $r_1$ ,  $r_2$  及び  $r_3$  を計測し,  $t$  検定したところ, それぞれ  $p=0.473$ ,  $p=0.647$ ,  $p=0.560$ ,  $p=0.695$  となり, すべての場合で有意差があるとはいえなかった。そこで, 左右の耳石の耳石長及び輪紋径に差がないと判断し, 耳石長, 輪紋径の計測は, 右側の耳石を用いた。ただし, 欠損等により右側の耳石の観察が困難な場合は, 左側の耳石を用いた。また, 多輪表示がみられる耳石や読輪が困難な耳石は試料から除いた。

性は, 生殖腺を目視もしくは実体顕微鏡下で観察し判定した。雌雄で  $r_4$  以上の年輪径に差がみられたことから, 生殖腺が未熟で性別が不明な個体のうち, 耳石の  $r_4$  輪径が  $3.21\text{mm}$  未満もしくは  $r_5$  輪径が  $3.80\text{mm}$  未満の個体は, 雄と判別した。また,  $r_4$  輪径が  $3.62\text{mm}$  を越えるもしくは,  $r_5$  輪径が  $3.86\text{mm}$  を越える個体は, 雌と判別した (後述)。

### 3 結果と考察

#### 1) 御豊瀬地区の漁獲量及び CPUE の動向

御豊瀬地区の小型底曳網漁業によるハモの漁獲量は 1981 年の  $4.98$  トンをピークに減少し, 1980 年代後半は,  $1$  トン以下で推移した。その後, 漁獲量は 1999 年に  $100\text{kg}$  を下回る水準までさらに落ち込んだのち, 翌 2000 年から増加に転じ 2005 年には最高の  $6.7$  トンとなった。2006 年, 2007 年は,  $4$  トンを超える好漁を持続した (図 4)。

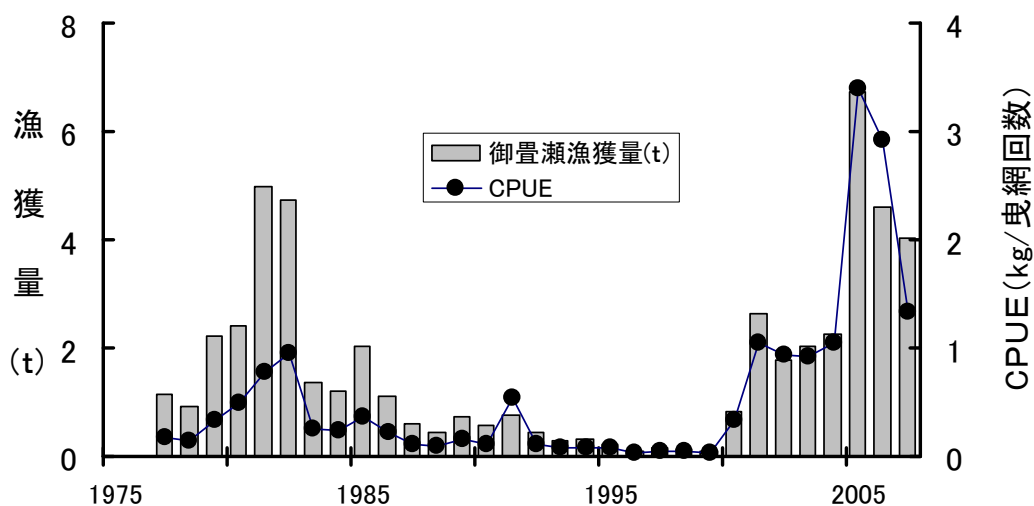


図 4 御豊瀬地区の小型底曳網の漁獲量と標本船 CPUE (漁獲量 (kg) / 曳網回数) の推移

標本船の日誌から算出した 1 曳網回数あたりの漁獲量 (CPUE 単位:  $\text{kg}/\text{曳網回数}$ ) の傾向は, 漁獲量の増減の傾向とほぼ一致し, 近年高い値を示した。一般に CPUE の増減は, 資源量の動向と一致することが知られている。また, 御豊瀬地区の小型底曳網漁業で漁獲されるハモは様々なサイズが漁獲されることから, 標本船日誌による CPUE 及び御豊瀬地区の底曳網による漁獲量は, 資源の動向の指標となる可能性がある。そして, CPUE 及び漁獲量を指標とした場合, 高い水準を維持している近年の状況は, 1960 年代には及ばないまでも一定水準まで回復したことを示しているかもしれない。今後, 高齢魚を対象とする釣・延縄漁業の漁獲状況と合わせて推移に注目したい。

2) 生殖腺の成熟状況

大滝 <sup>5)</sup>は、雌は GSI30 以上、雄は 20 以上を成熟個体の条件としている。そこで雌雄ごとの GSI が成熟条件を満たす最小個体、すなわち生物学的最小形は、雌は肛門前長 235mm、雄は 234mm であった。従って、成熟状況の検討は、月別性別に生物学的最小形以上のサイズの個体を用いた。

サンプルの採集時期が不定期であったことから、採集月は、4、9、12 月にとどまった (表 2)。

このため、周年の成熟変化を十分把握することはできなかった。雌雄共に GSI が最も高かったのは 4 月で、以下 9 月、12 月の順であった。隣接する徳島県海域の産卵期は 7～9 月 <sup>2)</sup>であり、土佐湾と大きく異なるとは考えにくい。従って、9 月の GSI が 4 月より低いことおよび 9 月には成熟個体の基準となる GSI30 以上の雌が出現しなかったことから、産卵は 9 月には終了していると考えられる。これらのことから、土佐湾の産卵期は、4 月以降 8 月までの間であり、中心は夏季であると推測した。

表2 ハモの生殖腺指数(GSI)の月変化

性	月	4月	9月	12月
雌	平均値	12.05	9.39	2.80
	標準偏差	6.45	9.38	3.20
	個体数(n)	6	44	21
雄	平均値	43.3	7.05	6.11
	標準偏差	12.0	2.71	6.40
	個体数(n)	2	50	6

\*  $GSI = GW/BW \times 10^3$

3) 耳石年輪解析による年齢と成長

輪紋が年輪であることを確認するため、耳石に 2～4 本の輪紋がある個体の縁辺成長率(MGI)を求めた。MGI は、 $(R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$  で求めた。サンプルの採集時期が不定期であったことから、採集月は、4、8、9、12 月にとどまった。このため、周年の変化を十分把握することはできなかった (表 3, 図 5)。MGI 平均値は 8 月が最も高く、9 月が最も低かったこと及び 8 月の MGI の組成は幅広く分布して標準偏差が大きく、9 月は MGI が 0.8 以上の高い値の個体が減少して標準偏差が小さくなったことから、輪紋は 8 月から 9 月にかけて形成されている可能

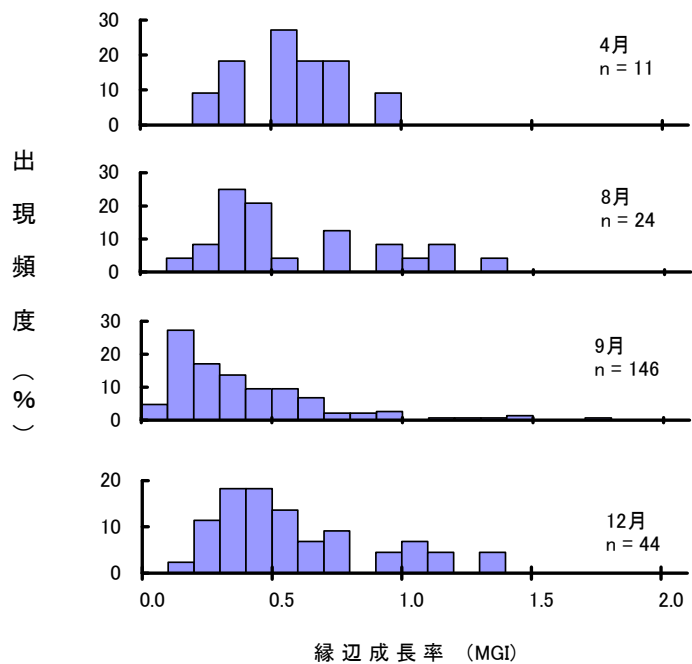


図5 輪紋数が 2～4 のハモの月別縁辺成長率 (MGI) 組成

表3 ハモの縁辺成長率(MGI)の月変化

月	4月	8月	9月	12月
平均値	0.57	0.61	0.40	0.60
標準偏差	0.22	0.34	0.30	0.30
個体数(n)	11	24	146	44

\*  $MGI = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$

\* Rは、耳石長、 $r_n$ は最外縁に位置するn番目の年輪径をそれぞれ示す。

性がうかがわれた。

東シナ海・黄海産ハモの年輪形成時期は、9月であり<sup>5)</sup>、今回の結果と整合することから、耳石の輪紋は年輪と判断し、年輪の形成は9月として扱った。

耳石年輪の輪径は、雌が雄より大きい傾向が認められた。r<sub>1</sub>～r<sub>3</sub>ではほとんど差がなく、r<sub>4</sub>以上はその差が広がった(図6)。そこで、生殖腺が未熟で性別ができなかった個体のうちr<sub>4</sub>以上の年輪が確認された個体について、年輪径の差を用いて性別を行った。すなわち、耳石年輪径が、性別できた雌のr<sub>4</sub>平均値3.59mmから標準偏差0.38を引いた3.21mm未満、若しくは、雌のr<sub>5</sub>平均値4.51mmから標準偏差0.65を引いた3.86mm未満の個体を雄と判別した。同様に耳石年輪径が、性別できた雄のr<sub>4</sub>平均値3.34mmに標準偏差0.28を加えた3.62mmを越える個体、若しくは雄のr<sub>5</sub>平均値3.66mmに標準偏差0.20を加えた3.86mmを越える個体を雌と判別した。

耳石年輪径によって性別した個体を含めた耳石年輪径と年齢の関係を表4に示した。

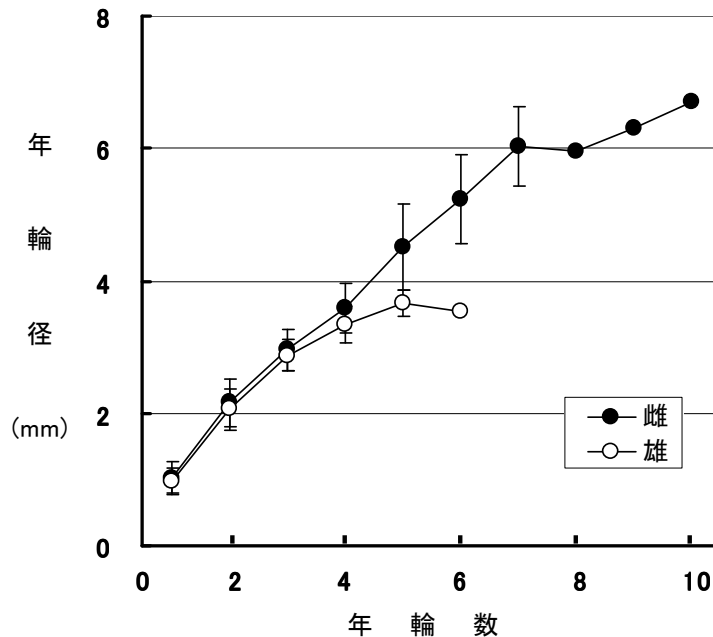


図6 性別できたハモの耳石年輪と平均輪径との関係  
\* 図中縦棒は、標準偏差を示す

表4 ハモの平均耳石年輪径

	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>7</sub>	r <sub>8</sub>	r <sub>9</sub>	r <sub>10</sub>
雌 輪径 (mm)	1.05	2.23	3.07	3.90	4.68	5.15	5.54	5.68	5.87	6.10
標準偏差	0.24	0.41	0.42	0.50	0.44	0.37	0.37	0.29	0.33	0.85
個体数 (n)	145	150	112	41	21	18	16	12	9	2
換算肛門前長 (mm)		128.9	208.9	288.9	362.2	407.0	438.4	457.4	475.5	497.4
雄 輪径 (mm)	0.97	2.07	2.89	3.37	3.79	4.00	4.40	4.30	4.55	
標準偏差	0.20	0.34	0.26	0.29	0.29	0.48	0.42			
個体数 (n)	77	81	77	31	6	3	2	1	1	
換算肛門前長 (mm)		118.7	188.8	229.8	265.7	283.7	317.8	309.3	330.7	

全長と肛門前長の関係は、検定によると雌雄で有意差があるとはいえなかった ( $p > 0.01$ ) ので同じと判断した。回帰式は、

$$TL = 1.95PL + 136.6 \quad (R^2=0.944 \quad n=205)$$

であった。体重と肛門前長の関係は、検定によると雌雄で有意差があるとはいえなかった ( $p > 0.01$ ) ので同じと判断した。回帰式は、

$$BW = 3.449 \times 10^{-5} PL^{2.892} \quad (R^2=0.956 \quad n=230)$$

であった。

耳石長と肛門前長の関係は雌雄で差があり、検定の結果、有意差 ( $p < 0.01$ ) があったため雌雄別にもとめた回帰式は、

$$\text{雌: } R = 0.0105PL + 0.88 \quad (R^2=0.923 \quad n=150)$$

$$\text{雄: } R = 0.0117PL + 0.68 \quad (R^2=0.680 \quad n=81)$$

であった。平均耳石年輪径を上記耳石長と肛門前長の回帰式によって換算した各輪径形成時の肛門前長は、耳石輪径と同様に、雌が雄より大きく、 $r_1 \sim r_3$  では、その差は若干であり、 $r_4$  以上はその差が次第に広がった(表 4)。

産卵期すなわち発生時期は夏季中心であり、耳石年輪の形成時期は 9 月なので、両者の間隔はほぼ 1 年であることから、年輪形成はほぼ満年齢時としてよいと判断した。ゆえに、表 4 の年輪形成時の換算肛門前長を満年齢時のサイズとして、Von Bertalanffy 成長式を計算した。成長式のパラメータ推定は、五利江<sup>6)</sup>を一部改変し、Microsoft 社製 Excel のソルバーを用いた。各パラメータの初期値は、能勢ら<sup>7)</sup>に基づき、求めた値を用いた。

その結果、

$$\text{雌: } L_t = 549.8 (1 - \exp(-0.263(t-1.055)))$$

$$\text{雄: } L_t = 349.7 (1 - \exp(-0.334(t-0.745)))$$

を得た(図 7)。

なお、各個体の肛門前長と年齢査定結果を用いて同様の手法で成長式のパラメータ推定を試みたところ、雄の  $L_\infty$  が 120cm を越える現実的ではない値となった。これは、満 2 才未満の若齢サンプルがないことが影響しているものと思われる。このため、成長式は、前述の耳石年輪形成時における換算肛門前長を用いて求めている。

今回求めた解析結果が、今後の土佐湾産ハモ資源の動向を検討する材料となれば幸いである。

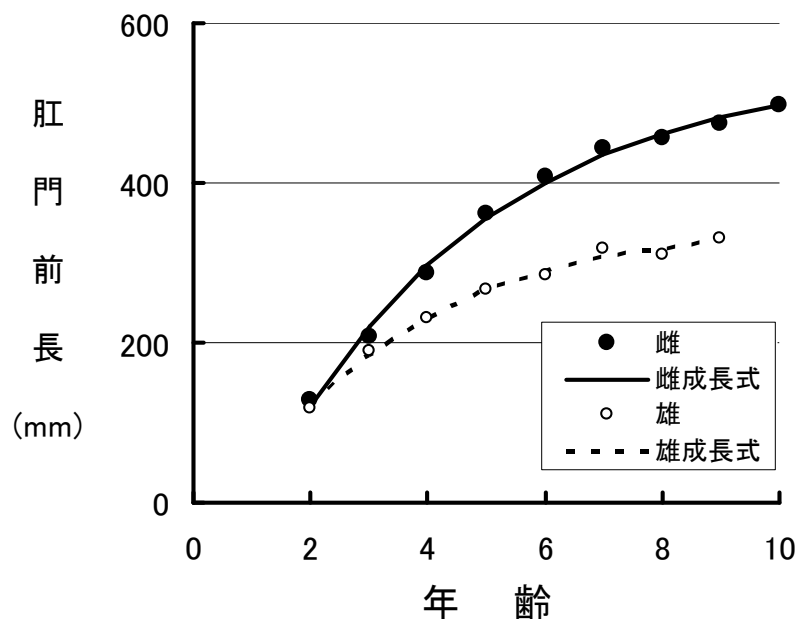


図 7 ハモの年齢と肛門前長の関係

#### 4 謝 辞

土佐清水漁業指導所 中田拓二水産業普及指導員、玉井大策水産業普及指導員(いずれも当時)、鈴木怜水産業普及指導員及び中央漁業指導所 角原美樹雄主任には、県下各地でのハモのサンプル採集及び採集協力に尽力いただいた。高知県水産試験場 中村知恵子氏、西村良子氏及び山脇美佐子氏には、サンプル測定補助に協力いただいた。このほかこの調査に協力いただいた関係漁協職員の皆様及び漁業者の皆様に、この場を借りて深く感謝の意を表す。

## 5 引用文献

- 1) 大滝英夫. ハモ属の資源生物学的研究 第5報 ハモ *M. cinereus* の年齢と成長について. 西水研研報 1961; **21**: 47-61
- 2) 上田幸男. 徳島県産ハモの漁業生物学的知見. 徳島水研報 2008; **6**: 85-90
- 3) 三尾真一・浜田律子・篠原富美子. 東シナ海・黄海における主要底魚類の成長及び成熟の経年変化に関する研究. 西水研研報 1975; **47**: 51-95
- 4) 野中英夫・花淵信夫. ハモ属の資源生物学的研究 第4報 ハモ *M. cinereus* の生殖について. 西水研研報 1961; **11**: 81-87
- 5) 大滝英夫. 東シナ海・黄海産ハモの漁業生物学的研究. 西水研研報 1964; **32**: 59-123
- 6) 五利江重昭. MS-EXCEL を用いた成長式のパラメータ推定. 水産増殖 2001; **49**: 519-527
- 7) 能勢幸雄・石井丈夫・清水誠. 第2章 年齢と成長「水産資源学」. 東京大学出版会, 東京. 1988; 37-58