

# 体長組成のモード推移と尾叉長-耳石重量関係式から推定したアオダイの成長式 (マチ類の漁業管理推進調査)

海老沢明彦, 山本隆司\*, 福田将数

## 1. 目的

本県の底魚漁業の重要対象種である深海性フエダイ類(マチ類)は, 1980年代の漁獲量のピークを境に減少の一途をたどっており(加藤・海老沢, 2002), 資源管理型漁業を確立するべき最重要の漁業資源となっている。マチ類の中で, アオダイ, ヒメダイ, オオヒメ及びハマダイを最重要魚種としてとらえ, 産卵期及び成熟体長等(富山, 2000; 山本, 2003), アオダイ(佐多, 1995)及びハマダイ(海老沢, 2003)で成長が, 佐多の成長式に基づいて年齢組成(福田・海老沢, 2003)が報告されている。しかし佐多の成長式は体長組成のモード推移だけに基づいて推定されたため,  $L_{\infty}$ が56.2 cm SLと非常に大きく推定され, それを用いて得られた年齢組成も9~10歳が最高齢であった(福田・海老沢, 2003)。この4種は日周輪から成長を推定する目的で耳石が採取されている(山本・島田, 1998; 山本・島田, 1999; 山本・島田, 2000; 海老沢, 2003)。耳石重量は年齢と直線的な関係があることが認められており(Boehlert, 1985; Casselman, 1990; Pawson, 1990; Fletcher and Blight, 1996), ハマダイは体長組成のモード推移と耳石重量を用いて成長式が推定された(海老沢, 2003)。アオダイも同様に耳石重量と体長関係から $L_{\infty}$ を推定し, 体長組成のモード推移に見られた年齢群の体長と $L_{\infty}$ から成長式を推定した。

## 2. 材料及び方法

体長組成は1985年7月から1988年3月までの間に, 糸満漁協所属の漁業者により沖縄島南部西岸から慶良間諸島海域で漁獲され, 糸満漁協に水揚げされたアオダイの体長を用いた(海老沢, 未発表資料: データの収集方法は海老沢1988による)。体長は1 cm単位スケールの耐水紙に, 調査個体を1尾ずつ載せmm台は切り捨て, 1 cm単位で測定した。体長

\*現所属: 水産課

組成は月別にまとめ, 月内の標本数が50尾以下の場合には前後の月と併せ, 50尾以上の場合には月別に, それぞれ3項間移動平均を求めて作図し, 明瞭なモードが認められた場合はそのモード位置を図とその体長資料から読み取った。体長組成から年齢組成を求める場合, 各年齢群の平均体長と分散が必要である。体長組成に認められた各モードは年齢群の平均体長である。分散はそのモードを形成する体長組成の形状で決定される。その分散は体長組成の移動平均からSnedecor and Cochran (1980)の方法で計算した。耳石重量は山本・島田(2000)で得た耳石標本から抜粋した188尾の右耳石を0.0001 gの単位まで測定し用いた。耳石重量と体長の関係及び年齢と体長の関係はSPSS社製統計解析ソフトのNon-linear Regressionを用いて曲線回帰させた。

## 3. 結果

表1. アオダイの体長組成に認められた年齢群のモード(cm FL)と分散(カッコ内)

年月	推定産れ年			
	1985	1984	1983	1982
Jul/1985			26.0(1.54)	32.0(1.63)
Sep/1985			26.5(1.84)	32.5(-)
Jan/1986			29.0(-)	34.0(-)
Feb/1986		22.0(-)	30.0(1.81)	
Mar/1986		20.5(-)	29.5(1.71)	
Jun/1986			30.5(1.91)	
Dec/1986		27.5(1.10)	32.5(2.03)	
Jan/1987	19.0(1.12)	28.0(1.61)	33.0(1.56)	
Apr/1987	21.5(0.695)	29.0(-)	34.5(-)	
Aug/1987	24.5(1.91)	31.0(2.02)		
Sep/1987	24.5(1.27)			
Oct/1987	25.5(1.41)	32.5(2.92)		
Nov/1987	25.5(1.10)	32.5(2.20)		
Dec/1987	26.0(1.54)			
Feb/1988	27.5(1.33)			

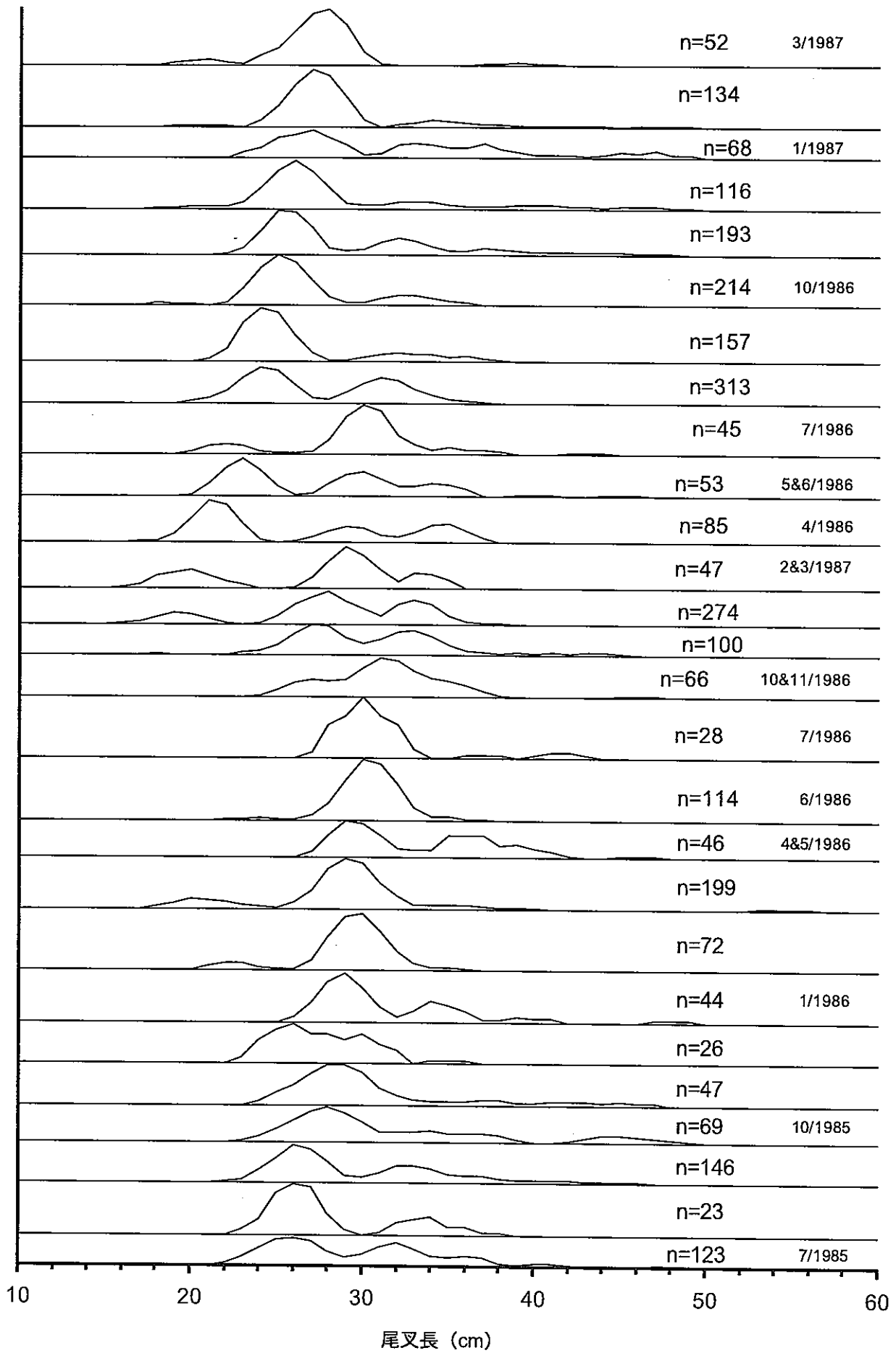


図1. アオダイの体長組成の推移 (1985年7月~1988年3月)

(1) 体長組成の推移から判断した年齢別体長と分散

体長組成には年齢群と判断されるモードが最大で3つ、同月内に認められ、それらのモードは月の推移と共に大きくなった(図1)。例えば1985年7月に約26 cm FLと約32 cm FLのモードが認められ、26 cm FLのモードは1986年6月に約30.5 cm FL、1986年12月に約32.5 cm FLのモードとなった。以上のようなモード推移を、標本数の多い月を中心に表1にまとめた。

アオダイの産卵期は4月から開始する(山本, 2003)。従って1987年4月に認められた最少の21.5 cmFLのモードは、満1歳或いは満2歳に該当することになる。どちらの年齢としても、成長式の上では $t_0$ で調整されるため、資源解析を行う上では大きな影響を与える結果とはならない。ここではこの21.5 cmFLのモードを満2歳、約29.0 cmFLのモードを満3歳、34.5 cmFLのモードを満4歳とした。4月を加齢月とし、各月と加齢月の月差を

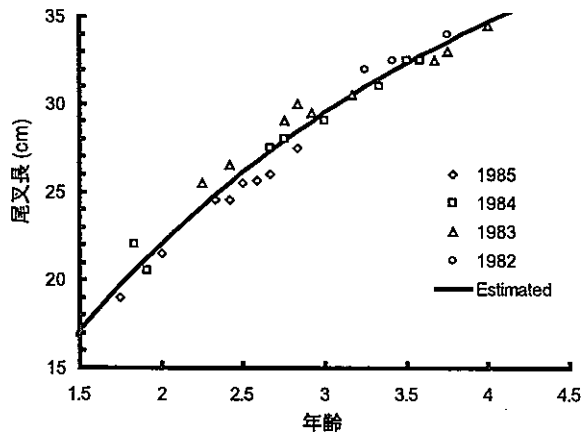


図2. アオダイの産れ年群別体長組成のモードと年齢のプロット及び成長式

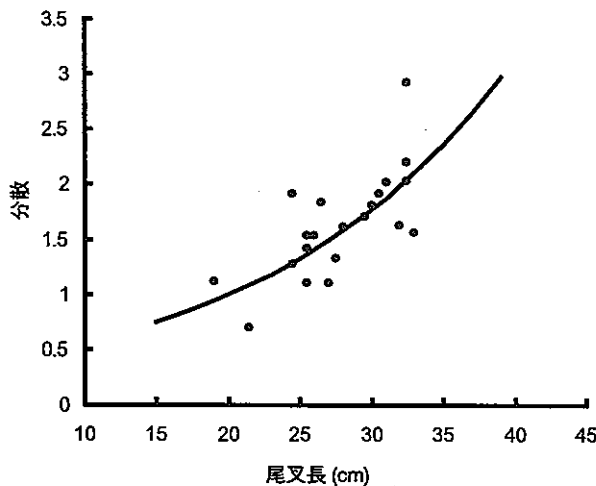


図3. モード体長と分散のプロット

12で割った値で年齢を調整し、図2に示した。

体長組成から計算した各年齢群の分散を表1に併せて示し、体長と分散の関係を図3にプロットした。両者の関係を直線及び指数関数で表した場合

$$V = -0.784 + 0.0868 \cdot FL \quad (r^2 = 0.496)$$

$$V = 0.315 \cdot e^{0.0576 \cdot FL} \quad (r^2 = 0.526)$$

となり、指数関数の方が僅かに決定係数が大きかった。また直線で表した場合、尾叉長約9 cmで分散0となってしまうため不具合である。そこで両者の関係は指数関数で表すこととした。

(2) 耳石重量と体長の関係、及び成長式

耳石重量と体長のプロットを図4に示した。耳石重量を年齢の替わりとし、Bertalanffyの成長式のパラメーターを推定すると $L_\infty$ は46.4 cmとなった。この回帰式を求めたときの平均平方は3.01であった。図2に示した年齢と体長のデータセット及び $L_\infty$ を46.4 cmとして $k$ 及び $t_0$ を推定したところ、それぞれ0.366, 0.24となった。得られた成長式から計算した年齢別体長と山本(2003)の体長別成熟率及び1回当たり産卵数を表2に示した。ただし山本は標準体長(SL)でまとめているため、 $FL = 1.12 \cdot SL + 0.61$ で標準体長から尾叉長に、 $BW = 0.0169 \cdot FL^{3.05}$ で尾叉長から体重に換算してある。年齢別成熟率は山本(2003)の第1次卵黄球期から吸水期に至る卵巣を成熟した卵巣として、体長階級別の成熟率にロジスティック曲線を回帰させ、各年齢の体長における成熟率をその曲線式から当てはめた。山本(2003)が示した体長-卵巣内卵数の関係式は山本(2003)の作図と合致しないため、作図から読み取った体長-卵巣内卵数のプロットを基に、両者の関係式を求めなおし表2に示した( $Bf = 0.0817 \cdot FL^{3.81}$ ;  $Bf$ , 粒;  $FL$ , cm)。体長組成の推移から寿命は全く推定できないが、フエダイ科フエダイ属の寿命は20年から40年程度であることが判っており(Loubens, 1980; Newman et al., 1996; 下瀬, 2003)、表2に25歳まで示した。

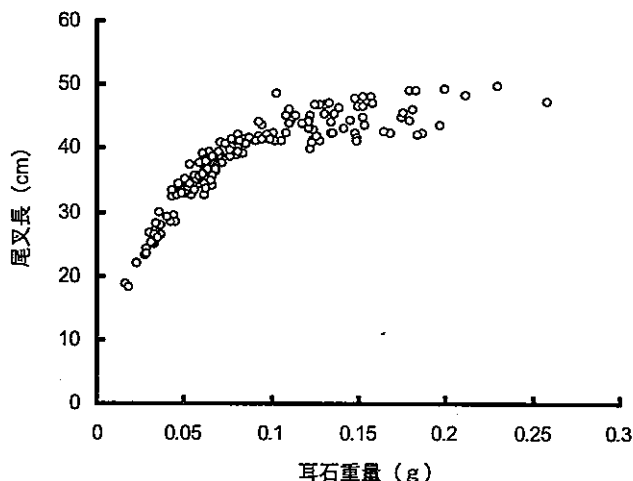


図4. アオダイの耳石重量と尾叉長の関係

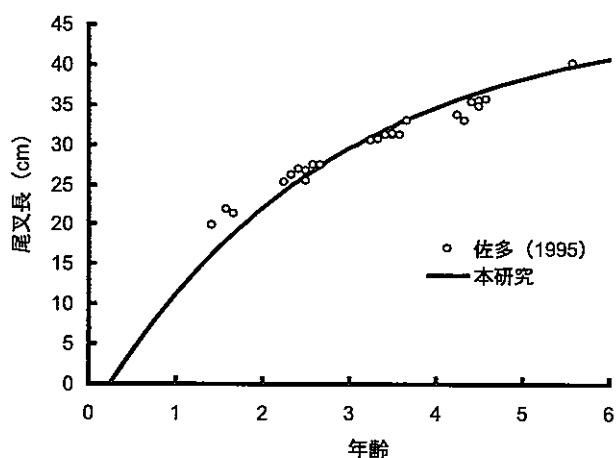


図5. 本研究と佐多(1995)によるアオダイの成長の比較

#### 4. 考察

佐多(1995)の年齢別の標準体長を尾叉長に変換し、加齢月を4月、調査月との月差で年齢を調整し、本研究の成長式と比較した(図5)。全体的によく一致しているが、本研究結果より佐多の1歳の体長が僅かに大きく、4歳の体長が僅かに小さくなっている。その結果として佐多の成長式の $L_{\infty}$ が極めて大きく推定されたと考えられる。佐多の成長式推定に用いた体長資料は1年分である。本研究結果で体長組成のモード位置は、例えば表1の1985年産れ群の1987年9月のモード位置は24.5 cm FLであり、1983年産れ群の1985年9月のモード位置は26.5 cm FLであった。このように年によってモード位置は、同じ年齢群でも2 cm程度のズレが認められている。1年分の体長組成で成長式を推定することは、それらのズレを成長式に含む可能性があると考えられる。この視点から海老沢(2003)が示したハマダイの

成長式も同様の誤差を含んでいる可能性があると考えられる。

耳石重量と尾叉長の曲線回帰で得られた平均平方は、推定された成長式と標本個々の耳石重量-体長のばらつきの度合いであり、体長組成に認められた年齢群の分散と同じ性格の統計量である。各年齢の平均平方は指数関数の関係式を用いた場合、1歳で0.6、5歳2.9、6歳3.3、10歳4.2、14歳以上で約4.5となり、全体の回帰から得られた平均平方3.01は5-6歳の平均平方とほぼ一致した。年齢-体長相関表を作製する時に $V = 0.315 \cdot e^{0.0576 \cdot FL}$ を用いるか、定数3.01を用いるのかは今後検討を要する問題である。

表2. アオダイの年齢別体長、体重、成熟率及び1回当たり産卵数

年齢	尾叉長 (cm)	年齢	体重 (g)	成熟率	1回当たり産卵数 ( $\times 10^3$ )
1	11.3	0.6	27	0	
2	22.0	1.1	211	0	
3	29.5	1.7	514	0.3	33
5	34.7	2.3	842	0.65	60
4	38.3	2.9	1,137	1	88
6	40.8	3.3	1,378	1	112
7	42.5	3.6	1,564	1	131
8	43.7	3.9	1,702	1	145
9	44.5	4.1	1,803	1	156
10	45.1	4.2	1,875	1	164
15	46.2	4.5	2,017	1	180
20	46.4	4.6	2,041	1	182
25	46.4	4.6	2,045	1	183

## 文献

- Boehlert, G. W. 1985. Using objective criteria and multiple regression models for age determination in fishes. *Fish. Bull.*, 83 : 103-117.
- Casselman, J. M. 1990. Growth and relative size of calcified structures of fish. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 119 : 673-688.
- 海老沢明彦. 1988. 沖縄島周辺における漁獲統計収集の方法について-Ⅱ. 昭和61年度沖縄県水産試験場事業報告書. 110-132.
- 海老沢明彦. 2003. ハマダイ (*Etelis coruscans*) の産卵期と成熟体長及び成長に関する予備的研究 (マチ類の漁業管理推進調査) 平成13年度沖縄県水産試験場事業報告書. 81-83.
- 福田将数・海老沢明彦. 2003. マチ類の漁業管理推進調査. 平成13年度沖縄県水産試験場事業報告書. 59-63.
- Fletcher, W. J. and S. J. Blight. 1996. Validity of using translucent zones of otoliths of age the Pilchard *Sardinops sagax neopilchardus* from Albany, Western Australia. *Mar. Freshwater Res.*, 47 : 617-624.
- Loubens, G. 1980. Biologie de quelques especes de poissons du lagon neo-caledonien. III Croissance. *Cah. Indo-Pac.*, 23 : 101-153.
- Newman, S. J., D. M. Williams and G. R. Russ. 1996. Age validation, growth and mortality rates of the tropical snappers (Pisces: Lutjanidae) *Lutjanus adetii* (Castelnau, 1873) and *L. quinquelineatus* (Bloch, 1790) from the Central Great Barrier Reef, Australia. *Mar. Freshwater Res.*, 47 : 575-584.
- Pawson, M. G. 1990. Using otolith weight to age fish. *J. Fish Biol.*, 36 : 521-531.
- 佐多忠夫. 1995. 体長組成から推定したアオダイ (シチュウマチ) の成長. 平成6年度普及に移す技術の概要. 89-90. 沖縄県農林水産試験場研究推進会議.
- 下瀬環. 2003. 沖縄島におけるニセクロホシフエダイの生活史に関する研究. 修士論文. 琉球大学. 沖縄.
- Snedecor, G. W. and W. G. Cochran. 1980. *Statistical method*. Seventh edition. Iowa State Univ. Press. Iowa, USA.
- 富山仁志. 2000. 沖縄近海におけるヒメダイとオオヒメの成熟. 琉球大学理学部海洋自然学科卒業論文. 51 pp.
- 山本隆司・島田和彦. 1998. 沿岸漁場総合整備開発基礎調査の概要. 平成8年度沖縄県水産試験場事業報告書. 74-81.
- 山本隆司・島田和彦. 1999. 沿岸漁場総合整備開発基礎調査の概要. 平成9年度沖縄県水産試験場事業報告書. 89-94.
- 山本隆司・島田和彦. 2000. 沿岸漁場総合整備開発基礎調査の概要. 平成10年度沖縄県水産試験場事業報告書. 90-102.
- 山本隆司. 2003. 沖縄近海産アオダイ (しちゅうまち) の成熟と産卵. 平成14年度普及に移す技術の概要. 139-140. 沖縄県農林水産試験場研究推進会議.