



Title	北海道函館湾におけるマハゼの年齢と成長および生態的特性
Author(s)	星野, 昇; HOSHINO, Noboru; 木下, 哲一郎 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 44(4), 147-157
Issue Date	1993-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24120
Type	departmental bulletin paper
File Information	44(4)_P147-157.pdf



北海道函館湾におけるマハゼの年齢と成長および生態的特性

星野 昇*・木下哲一郎*・菅野 泰次*

Age, Growth and Ecological Characteristics of Goby,
Acanthogobius flavimanus, in Hakodate Bay,
Hokkaido, Japan

Noboru HOSHINO*, Tetsuichiro KINOSHITA*
and Yasuji KANNO*

Abstract

The age, growth and ecological characteristics of goby, *Acanthogobius flavimanus*, were investigated based on 1416 specimens collected from Hakodate Bay from May 1991 to August 1992. Age determination was done by means of scale reading. Two rings were formed in a year. Fish were sorted in four year-classes, i.e., 1988, 1989, 1990 and 1991. The fish of the 1988 year class were excluded in this study due to the low number of specimens, however. The relationship between age by month and mean standard length in each year-class was expressed by logistic equation. The growth tendencies of body weight were similarly fitted by logistic curves. Judging from the monthly change of the gonad index, it was concluded that the spawning season was from April to June. Male fish matured at the end of age 0⁺ and female fish at the end of age 1⁺. The sex ratio (♀/♂) calculated from all specimens was 1.59. The life span of the goby in this area was estimated to be 1-3 years.

緒 言

マハゼ *Acanthogobius flavimanus* は日本では北海道以南種子島, さらには朝鮮半島, 中国に分布し, 近年ではシドニー, カリフォルニアでも定着していることが知られている¹⁾。本邦においては古くから食用あるいは遊漁の対象とされており広く知られた魚種であるが, その資源生物学的見解は断片的であり, 宮崎²⁾, 道津・水戸³⁾, 能勢⁴⁾の報告などに限られる。

マハゼの年齢査定法に関しては宮崎²⁾, Ichikawa and Hiyama⁵⁾らが鱗に隆起線の疎密帯の存在を報告し, 年齢形質としての有効性を示唆している。また, これまでの形態観察から, 標本採集が行われた函館湾内では大型個体の出現頻度が高いと考えられた。本研究では, 宮崎らの見解を参考に鱗を用いて標本の年齢を査定し, この海域に分布するマハゼの成長, 産卵生態, 魚群構造などの資源生物学的諸特性について解明を試みた。

材料および方法

本研究では, 1991年5月から1992年8月までの各月, 函館湾奥の沿岸域(図1)において, 釣

* 北海道大学水産学部資源生物学講座
(Laboratory of Biology of Fish Population, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

り、たも網によって採集したマハゼを用いた (表 1)。採集個体は標準体長 (以下体長, mm), 内臓除去重量 (以下体重, g), 生殖腺重量 (g) が測定され, 採鱗された。また, 雌の成熟個体については孕卵数が計数された。成熟の指標としての生殖腺熟度指数 (GI) を次式によって計算した。

$$GI = \frac{\text{生殖腺重量 (g)} \times 10^3}{[\text{体長 (mm)}]^3}$$

鱗は第二背鰭中央部から後端にかけての左右体側中央部付近よりそれぞれ約 10 枚を採取し, 5% 水酸化カリウム水溶液で処理をして, 2 枚のスライドガラスに挟み万能投影機で 50 倍に拡大して観察した。マハゼの鱗は露出部付近に棘状の突起を有する櫛鱗であり, 被覆部中央では隆起線の疎部と密部が交互に形成されている²⁾。隆起線が密から疎へと移行する境界は極めて明瞭であるため, 密部の最後の隆起線を輪紋標示 (以下輪紋) とし, 中心から第 n 番目の輪紋までの距離 (r_n), および鱗半径 (R) を 0.001 mm 単位で測定した (図 2)。体の左側および右側から採取した鱗の間には各々の測定値の分散, 平均値間に有意な差はなかった ($P > 0.05$) が, 個体の代表値には原則として左側の標準的な鱗を数枚選んで測定し, その平均値を用いた。輪紋形成時期を推定するため, 次式によって縁辺成長率 (MGR) を算出した。

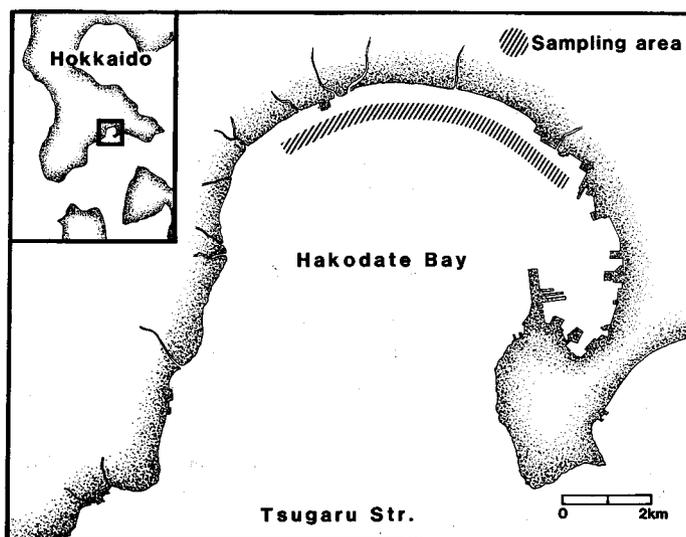


Fig. 1. The sampling area of *A. flavimanus* in the Hakodate Bay.

Table 1. Number of specimens used in the present study.

Month	1991								1992								Total
	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	
Male	12	38	49	85	66	42	38	23	18	11	15	10	15	29	29	67	547
Female	48	64	58	97	82	67	49	42	34	23	23	44	41	59	58	80	869
Total	60	102	107	182	148	109	87	65	52	34	38	54	56	88	87	147	1416

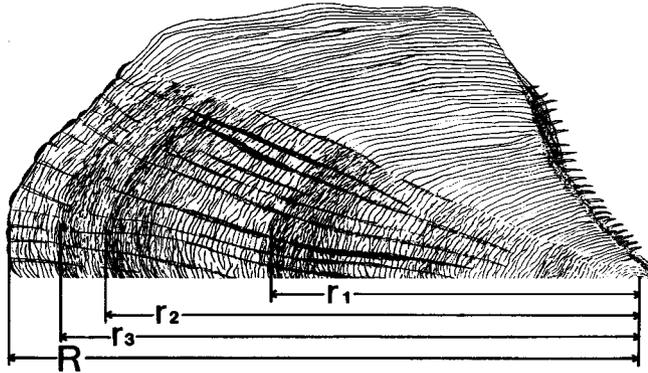


Fig. 2. The measurement of scale radius (R) and ring radii (r_n).

$$MGR = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}}$$

結 果

鱗による年齢査定 観察の結果、鱗には最多で6本の輪紋が認められた。これらの輪紋の形成時期を、測定可能な個体（全体の約95%）について算出した縁辺成長率の月平均値の経月変化より推定した（図3）。縁辺成長率の減少は年間を通じて2回認められ、1月と6月には年間の最低値を示している。したがって、輪紋は縁辺成長率の減少が著しい4月から6月と11月から1月の年2回、ほぼ半年ごとに形成されることがわかり、読鱗の結果、各個体は1988, 1989, 1990, 1991年発生年級群に分類された（図9, 表4）。しかし、1988年発生年級においては個体数が少なく出現期間も1991年の5, 6月の2カ月に限られるため、本研究対象から除外した。

鱗半径と体長との関係 体長 (L , mm) と鱗半径 (R , mm) の関係は放物線で示され（図4）、次の2次式が与えられた。

$$L = 12.540 + 26.446R + 2.559R^2 \quad (1)$$

第1輪から第6輪までの各輪紋半径の平均値 (\bar{r}_n , mm) をそれぞれ(1)式の R に代入し、各輪紋の形成時体長 (L_n , mm) を求めた（表2）。

成長 表2に示した計算体長を用いて定差図を描き、von Bertalanffy, logistic, およびGompertz曲線式のあてはめを試みたが、いずれの場合も定差点が直線上に連なるとは言い難かった。一方、各発生年級における平均体長の経月変化（図5）には、時期による成長速度の著しい差異が認められた。これらのことから、全体長範囲にわたる単一の成長モデルでは成長傾向を正確に表現し得ないと判断し、各月の平均実測体長を用いて年級群ごとに成長モデルを推定した。なお、実測体長の月平均は、各年級群とも雌雄間に有意差がなかった ($P > 0.05$) ので、雌雄を一緒にして求めた値である。モデル式の推定はRicklefs⁹⁾の方法に従い、極限体長を推定し、上記3曲線式の中から各月の平均体長の変換値を最も直線化できるものを選んだ。結果としてlogistic曲線式が最適と判断され、平均体長の変換値の月齢に対する回帰直線式から次の各式が得られた。1991年発生年級群（0歳）:

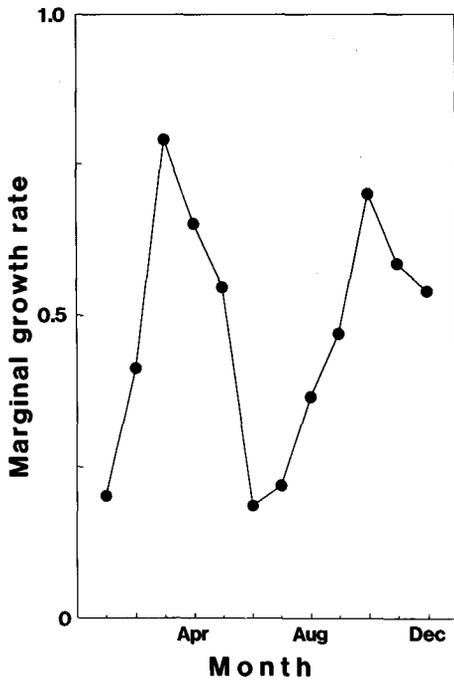


Fig. 3. The monthly change of mean marginal growth rate.

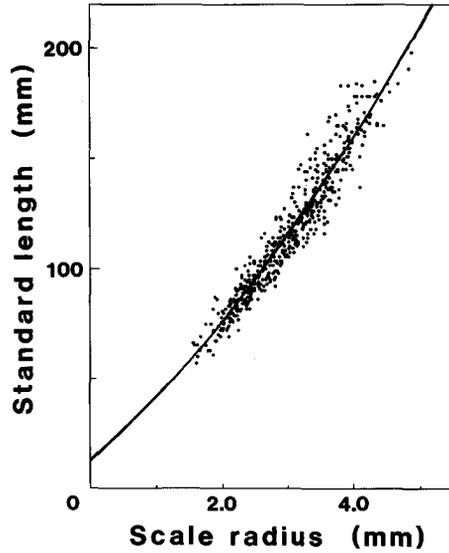


Fig. 4. The relation between standard length and scale radius.

Table 2. Mean ring radii (mm) and mean back-calculated standard lengths (mm) at the time of ring formation.

	Group of ring mark					
	1	2	3	4	5	6
\bar{r}_n	2.266	3.006	3.392	3.681	3.723	4.012
L_n	85.6	115.2	131.7	144.6	146.5	159.8

$$Lt = \frac{120.0}{1 + e^{-0.464(t-1.780)}} \quad (2)$$

1990年発生年級群 (1歳):

$$Lt = \frac{166.8}{1 + e^{-0.359(t-0.113)}} \quad (3)$$

1989年発生年級群 (2歳):

$$Lt = \frac{188.5}{1 + e^{-0.363(t+2.435)}} \quad (4)$$

ここで、 t の値は後述する産卵盛期の1991年5月を0歳とした月齢であり、 L_t は t 齢時の体長(mm)を表す。(2)、(3)および(4)式から得られる計算体長に基づき、孵化後から3年間の成長傾

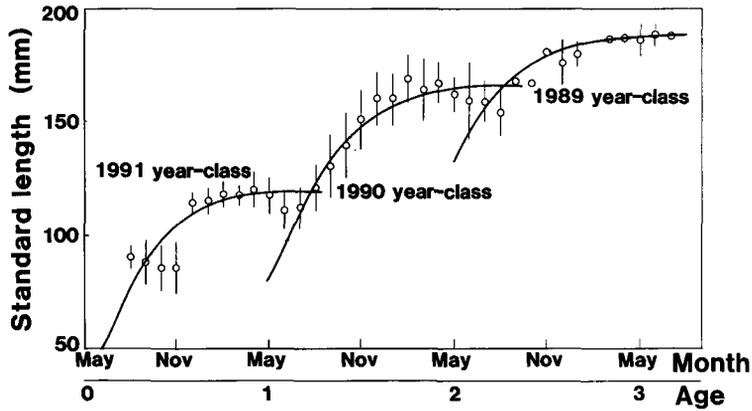


Fig. 5. Mean observed standard length in each month and fitted growth curves. Circles indicate mean values and vertical lines show standard deviations.

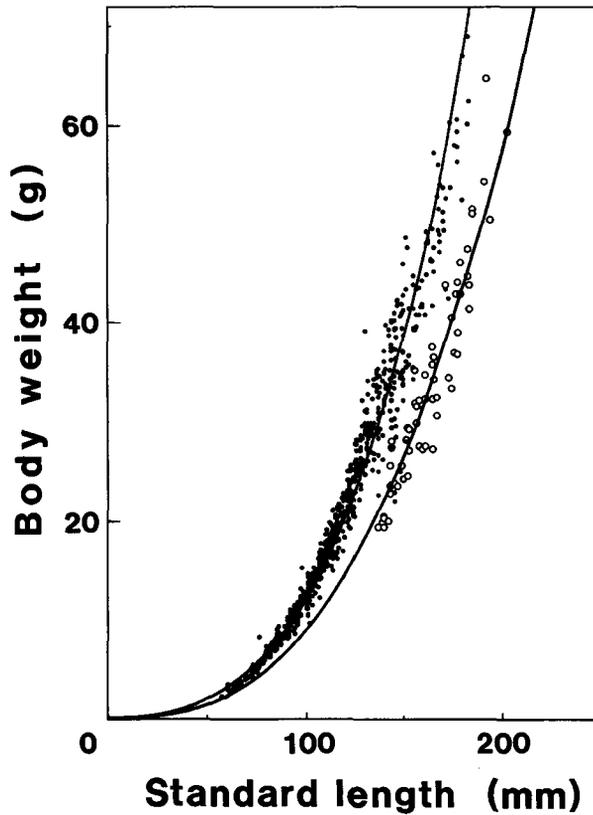


Fig. 6. The relation between standard length and body weight. ○: Females having ovaries larger than 0.60 (g) or spent ovaries. ●: Other individuals.

向を図5に示した。0歳期前半において実測体長に対する曲線のあてはまりが良くないのは、採集手段を主として釣りに依存したことによる標本抽出誤差と考えられる。

各年級群における体重の平均値の雌雄差は、1989, 1990年発生年級群で雄が有意に重く ($P < 0.05$), 1991年発生年級群には有意差は認められない ($P > 0.05$)。また、体重 (W) と体長の関係には、図6に示されるように、産卵期直前の雌 (生殖腺重量が0.60 g以上) および放卵を終えたと判断される雌個体と、その他の個体の間に明らかな差異が認められる。前者についての体長-体重関係式は次式で与えられ、

$$W(g) = 2.9 \times 10^{-5} L(mm)^{2.738} \quad (5)$$

後者については、

$$W(g) = 2.4 \times 10^{-5} L(mm)^{2.856} \quad (6)$$

で与えられる。(5)式と(6)式の勾配間には有意な差が認められた ($P < 0.05$)。これらのことから、体重についての成長モデルの推定は雌雄別に行った。なお、1989年発生年級群は雌雄に分けると各々の標本個体数が少なくなるので、1990, 1991年発生の2年級群のみを対象とした。モデル式は体長と同様の方法で以下のlogistic曲線式で示された。

雄; 1991年発生年級群 (0歳):

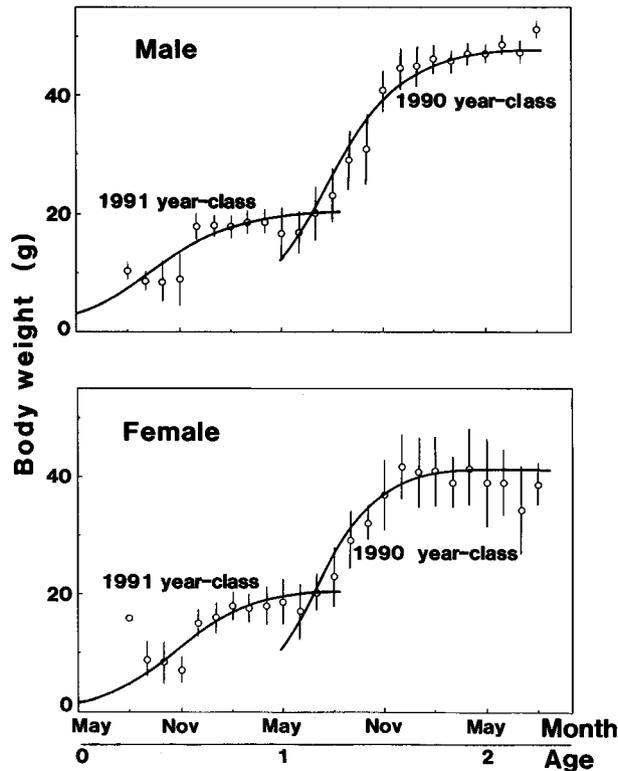


Fig. 7. Mean observed body weight in each month and fitted growth curves. Circles indicate mean values and vertical lines show standard deviations.

$$W_t = \frac{20.5}{1 + e^{-0.400(t-4.390)}} \quad (7)$$

1990 年発生年級群 (1 歳):

$$W_t = \frac{48.0}{1 + e^{-0.428(t-2.519)}} \quad (8)$$

雌; 1991 年発生年級群 (0 歳):

$$W_t = \frac{20.5}{1 + e^{-0.466(t-5.599)}} \quad (9)$$

1990 年発生年級群 (1 歳):

$$W_t = \frac{41.3}{1 + e^{-0.544(t-1.871)}} \quad (10)$$

体長と同様、体重についても、それぞれの年級群について算出された計算体重に基づく成長曲線を (図 7) に示した。体重の増加傾向は 1 歳半までは雌雄間で同様であるが、それ以降は雌の増重傾向は雄より早く鈍化することが認められた。

成熟と産卵 標本採集期間中の年級群別生殖腺熟度指数の相対変化を図 8 に示す。雄の GI 値は雌に比し著しく小さいが、変化傾向は雌雄ともに各年級群で 10 月～11 月から増加し始め、4 月、5 月をピークに減少することが認められる。また、年級群間では、雄は 3 年級群ともほぼ同傾向で推移するが、雌では 1989、1990 年発生年級群の GI 値の増加傾向に比し 1991 年発生年級群の GI 値は著しく小さい値で推移している。図 8 で GI 値の増加と急激な減少が認められた 1991 年 12 月から 1992 年 6 月までの各月において、雌の全個体数に対する抱卵個体数の比率、およびその孕卵数の平均値を各年級群ごとに算出した (表 3)。なお、ここでの抱卵個体とは肉眼で卵粒を確認できる卵巣を持つ個体を指す。年級群間で比率を比較すると、1989 および 1990 年発生年級群に比

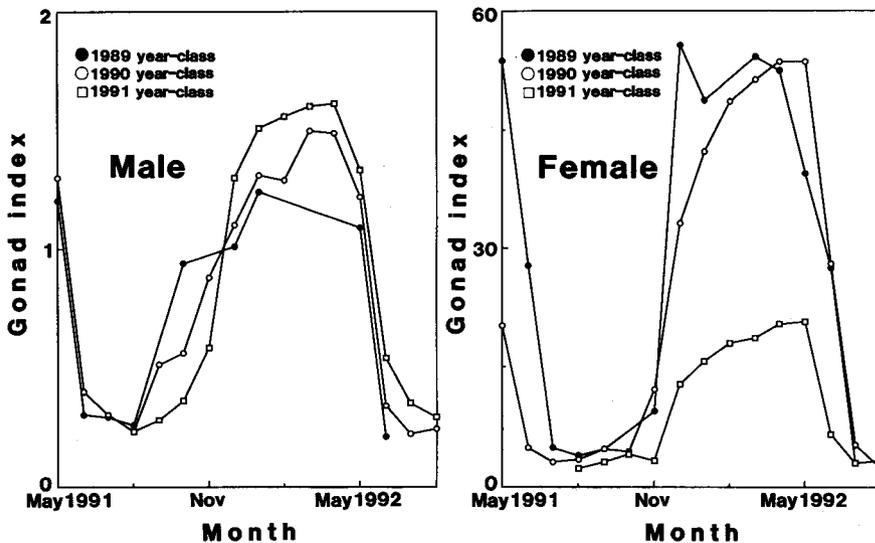


Fig. 8. Monthly change of gonad index in each year-class.

Table 3. Monthly change of ratio of mature females occurred in each sample and mean fecundity (Fec) in each year-class.

Month	Year-class					
	1989		1990		1991	
	Ratio	Fec	Ratio	Fec	Ratio	Fec
Dec '91	1.00	33,670	0.97	32,260	—	—
Jan '92	1.00	21,040	1.00	28,180	—	—
Feb	—	—	0.90	29,370	0.33	24,100
Mar	1.00	30,010	1.00	27,210	—	—
Apr	1.00	25,080	0.95	26,160	—	—
May	0.83	26,700	0.77	26,100	0.13	25,290
Jun	1.00	28,650	0.82	24,320	—	—
Average	0.95	26,231	0.91	27,985	0.03	24,695

し 1991 年発生年級群は明らかに小さい。この年級の抱卵個体は期間を通じてわずか 2 個体であった。孕卵数については顕著な変動はなく、時期の推移に伴って漸減傾向を示した。以上の結果から、本海域におけるマハゼの産卵期は雌雄の GI 値の減少が著しい 4 月から 6 月、雄の成熟開始年齢は 0 歳の終りであり、雌は 1 歳の終りか稀に 0 歳の終りに産卵を行うと推察される。

魚群構造 図 9 に採集標本の年齢組成の経月変化を示す。産卵期から 8 月頃までは 1 歳魚の占める割合が高いが、8 月より当歳魚群が加入し、以降、当歳魚および 1 歳魚の 2 世代を中心に推移するようである。また、採集標本の性比 (♀/♂) の経月変化を各年級群ごとに表 4 に示す。標本

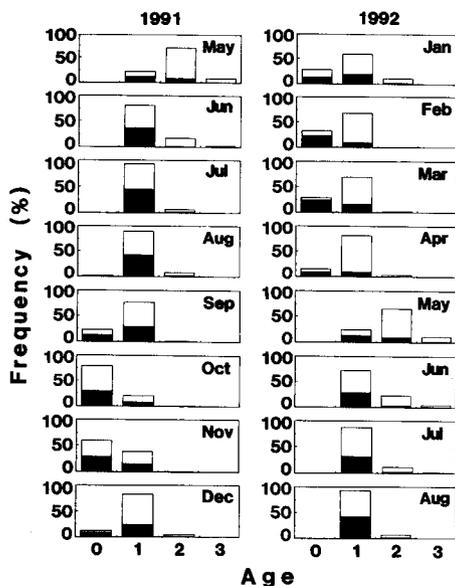


Fig. 9. Age composition from May 1991 to August 1992. ■ : Male □ : Female

Table 4. Monthly change of sex ratio, ♀/♂.

Month	Year-class											
	1988			1989			1990			1991		
	Male	Female	Ratio	Male	Female	Ratio	Male	Female	Ratio	Male	Female	Ratio
May '91	0	5	∞	5	37	7.40*	7	6	0.85	0	0	—
Jun	0	2	∞	1	17	17.00*	37	45	1.22	0	0	—
Jul	0	0	—	2	5	2.50	47	53	1.13	0	0	—
Aug	0	0	—	5	9	1.80	77	87	1.13	3	1	0.33
Sep	0	0	—	0	1	∞	46	75	1.63*	20	16	0.80
Oct	0	0	—	1	0	0.00	9	13	1.44	32	54	1.69*
Nov	0	0	—	0	1	∞	13	21	1.62*	25	27	1.08
Dec	0	0	—	1	2	2.00	16	38	2.38*	6	2	0.33*
Jan '92	0	0	—	1	5	5.00	10	21	2.10*	7	8	1.14
Feb	0	0	—	0	0	—	3	20	6.67*	8	3	0.38*
Mar	0	0	—	0	1	∞	6	20	3.33*	9	2	0.22*
Apr	0	0	—	0	2	∞	5	39	7.80*	5	3	0.60
May	0	0	—	1	6	6.00	6	37	6.17*	8	8	1.00
Jun	0	0	—	1	3	3.00	3	17	5.67*	25	39	1.56*
Jul	0	0	—	0	1	∞	2	8	4.00*	27	49	1.81*
Aug	0	0	—	0	0	—	4	6	1.50	63	74	1.18
Total	0	7	∞	18	90	5.00*	291	506	1.74*	238	286	1.20*
						547	869	1.59*				

* : Significant difference ($P < 0.05$)

全体の性比は1.59であり、雌が有意に多い ($P < 0.05$)。1989~1991年発生の3年級群間で比較すると、各年級群とも雌が有意に多いが、その比率は1991年(当歳年級)で最も小さく1989年(2歳)で大きい。また、月別の推移についてみると、1989年発生前年級群では標本個体数が少ないきらいはあるものの、性比は1より大きい値をとる傾向を示しており、雌優勢で推移した。1990年発生前年級群ではほぼ周年にわたって雌の優勢が示され、特に冬期から産卵期にかけての各月は雄の採集比率は著しく低いことが示された。1991年発生前年級群では産卵期までの推移は一樣でなく、12月、2月、3月では逆転し雄が優勢であった。

考 察

宮崎²⁾、Ichikawa and Hiyama⁵⁾は東京湾のマハゼの鱗について、隆起線が密に形成され、幅の狭い部分を「夏帯」、疎に形成され、幅の広い部分を「冬帯」と称し、両帯の形成時期をそれぞれ、3~4月から9~10月と、9~10月から3~4月としている。本研究においても、夏期に形成される部分は冬期に形成される部分に比べ狭く、隆起線が密に形成されることが示され、その規則性は彼らの見解と一致した。しかし、彼らの年1輪形成に対して本研究では年2輪形成が示され、この差異については今後検討すべき問題として残された。

本海域におけるマハゼの成長は、体長、体重ともに孵化後2年間は夏期を中心に比較的速やかに成長することが指摘された。他海域では、東京湾において実測体長に基づいた成長傾向を2つの年級群について示した報告²⁾があるが、本海域の成長傾向がこれと著しく異なる点は認められ

ず、同様の傾向で推移するようである。また、体重については、1歳半以降の増加傾向は雌雄間で異なり、雌は雄に比し成長の鈍化する時期が早いことが認められた。この成長の差は、本海域の雌の成熟年齢がほぼ満2歳であり、体長-体重関係の解析で抱卵個体の体重がその他の個体の体重より相対的に小さいことが示されているので、雌の成熟に際しての肥満度の著しい低下に起因するものと考えられる。

本海域における産卵期は4月から6月下旬にかけての期間と推定されたが、他水域では、宮崎で1月から2月、高知で2月から3月、東京で3月から5月、霞ヶ浦で3月から4月とされている^{2,3)}。春期に産卵を行う魚種では、一般に春の水温上昇と日長増加の両方が成熟、産卵を促進するといわれており⁷⁾、分布域の北限である本海域のマハゼは本邦では最も遅く産卵を行うものと推察される。成熟年齢について、先に雌について述べると、雌では群のほとんどの個体が満2歳になる時期に産卵を行うことが指摘された。宮崎²⁾は東京湾のマハゼの成熟開始年齢について群の約90%の個体が孵化後満1歳で成熟、産卵を行うとしており、本研究の結果とは異なる見解を示している。このような海域による成熟年齢の違いについては、棲息環境、内分泌の両側面からその要因が考えられるが、現状では不明である。おそらく、北方海域に位置した本海域の冬期間の水温低下に対する環境適応に、その要因の一端を見出すことができるであろう。一方、雄について、一般にハゼ科魚種の精巣は小さく産卵期にも顕著な肥大はみられないようであり^{2,8)}、本研究においても、生殖腺熟度指数の成熟期における増加傾向が雌のそれに比し極めて微弱であることが示された。また、精巣の成熟度を肉眼で判断することや精子の搾出をすることもできず、その成熟態は雌以上に多くの未解明な点を残した。しかし、雄の成熟年齢についてはGI値の増加傾向に0歳魚と1歳魚の間で差がないことその他に年級群別の性比から若干の検討ができる。1991年発生年級群(0歳魚)は、孵化時期から約1年間、性比に一定の傾向差は認められないが、1990年発生年級群(1歳魚)については性比は雌に著しく偏る傾向があり、それは産卵期に顕著になる。これは雌に比し雄の越冬残留個体が少ないことを示していると考えられる。このことから、本海域のマハゼ個体群は雌の大半がほぼ満2歳で産卵するのに対し、雄はほぼ満1歳で成熟して放精を行い、その後死亡する個体が多いためであると推察でき、精巣の組織学的観察と合わせ今後解明されるべき問題であると考えられる。なお、東京湾のマハゼもまた雌が優勢であり²⁾、その比率はおよそ1.2となっている。また、冒頭で指摘した本海域に特異的に大きな体長をもった個体が多数存在する要因について、前述のように成長傾向自体には東京湾のマハゼと大差がなく、満2歳までは比較的速やかに成長することが示されたことから、成熟、産卵の開始時期の遅れによる寿命の長さが群の年齢を高めたため、体長の大きい2~3歳魚の出現頻度が比較的高くなったものと示唆される。

謝 辞

終りに本研究を進めるにあたり、終始、多くの有益な御教示を賜った北海道大学名誉教授前田辰昭博士、同大学教授高橋豊美博士、北海道立さけます孵化場の真野修一技官に対し深謝の意を表す。また、標本の採集などに御協力いただいた同大学水産学部資源生物学講座の各位に厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) 明仁親王(1984). マハゼ, p. 266. 益田一ほか(編)日本産魚類大図鑑 解説, 448 p. 東海大学出版会, 東京.

- 2) 宮崎一老 (1940). マハゼに就て. 日水誌 **9**, 159-180.
- 3) 道津喜衛・水戸 敏 (1955). マハゼの産卵習性および仔, 稚魚について. 魚類学雑誌 **4**, 153-161.
- 4) 能勢幸雄 (1959). DeLury の資源量推定法の推定値に対する信頼区間について. 日水誌 **24**, 953-956.
- 5) Ichikawa, R. and Hiyama, Y. (1953). Scale growth rate of the common goby assured by the lead-acetate injection method. *Japan. J. Ichthyol.* **3**, 49-52.
- 6) Riklefs, R.E. (1967). A graphical method of fitting equation to growth curves. *Ecology* **48**, 978-983.
- 7) 羽生 功・小栗幹郎 (1991). 生殖. p.158-187. 田村 保 (編) 魚類生理学概論. 288 p. 恒星社厚生閣, 東京.
- 8) 金子豊二・羽生 功・広瀬慶二 (1984). アゴハゼ *Chasmichthys dolichognathus* の生殖年周期. 日水誌 **50**, 1535-1540.