

福島県における小型底曳網漁業の資源に関する研究 — I イシガレイの漁業への加入以降の年令および成長について

平 川 英 人

Studies on the Fish Populations of Small Nets Trawl in Fukushima— I

Age and Growth of Stone Flounder After Recruitment

Hideto HIRAKAWA

は じ め に

福島県の小型底曳網が漁獲対象とする主要魚種の資源を評価し、資源の有効利用を計るためには、生物学的知見を明らかにする必要がある。

本報では沿岸性の重要魚種であるイシガレイをとりあげ資源量の推定および資源管理を行う上で不可欠な要素である年令および成長について検討した。本種の年令および成長に関する研究は、HATA-NAKA et al¹⁾、山下²⁾、小松³⁾、高越・秋元⁴⁾等の研究がある。これらは年令に伴う体長の変化を把握して成長型を推定しているが、資源管理のため有効な式である von Bertalanffy の成長式へのあてはめがなされていない。そこで本研究では耳石の輪紋半径の標準体長に対する相対成長から成長型を推定し von Bertalanffy の成長式へのあてはめを行い、2, 3の知見を得たので報告する。

報告に先だち、機会を与えられた県水産試験場、平間聡場長および御校閲をいただいた竹内啓水産資源部長に感謝するとともに年令査定に関し有益な御助言・御指導および耳石の輪紋半径を一部測定いただいた東北大学農学部水産学科靄田義成氏並びに魚体測定にあたって助力をいただいた本間雅代氏に感謝の意を表す。また魚市場での標本魚購入の際、格別の御協力をいただいた相馬原釜漁業協同組合早川涌吉組合長はじめ皆様は御礼申し上げます。

材 料 お よ び 方 法

本研究に用いた材料は、1975年9月から1978年11月にかけて主として相馬原釜漁業協同組合所属の小型底曳網漁船により漁獲されたものである。年令査定に用いた試料は表1に示す15標本517

尾である。標本魚は鮮魚のまま持ち帰り、翌日全長、標準体長、体重、性別、生殖腺重量および肉眼観察による生殖腺熟度階級、肝臓重量、胃内容物・同重量を測定した。なお標準体長は吻端から下尾軸骨後端までを測定した。

年齢査定には耳石を使用した。採集した耳石を水に浸しガーゼにより付着物を取り除き、実体顕微鏡により10倍に拡大し、1/20 mm単位で耳石半径および各輪半径を測定した。

表 1. 本研究に用いた標本の採集年月と標本数

年 ※月	標 本 数				合計
	1975	1976	1977	1978	
9	13			37	50
10		18	50		68
11	9		64	39	112
12	68	32	92		192
1				19	19
2			28	37	65
3					0
4				11	11
計	90	50	234	134	517

※ 小型底曳網の禁漁期は7、8月であり、初めが9月であるため9月より始めた。

結 果

年齢について

耳石の形状 本種の耳石は、後方部がやや角ばった、ほぼ卵形である。中央部は不透明で厚く、不透明帯、透明帯が交互に現われる。耳石の輪半径は中心部から、不透明帯より透明帯に移行する点を選び r_n とし、最大の長さを耳石の半径 R として用いた。各輪紋は比較的明瞭にみることが出来る(図1)。測定に用いた耳石は無眼側(右側)のみである。

体長と耳石半径との関係 雌雄別に標準体長 L mm(以下体長と略称する)に対する耳石半径 R mmの関係は、ほぼ直線的な関係が認められ、次の直線式で表わされる(図2-1, 図2-2)。

$$\text{雄 } R = 0.0104 L + 0.6996 \quad (r = 0.8362) \quad (1)$$

$$\text{雌 } R = 0.0101 L + 0.7672 \quad (r = 0.9299) \quad (2)$$

雄の直線式の相関係数は雌のそれに比しやや低い。雌では、体長が大きくなるに従いばらつきもまた大きくなる傾向がみられる。

一般に体長と耳石半径の関係を見るとき成長屈折が認められ、屈折点の位置は未成魚から成魚になる点であることが知られている^{5), 7)}。しかし本研究では屈折点らしい点が認められなかった。このこ

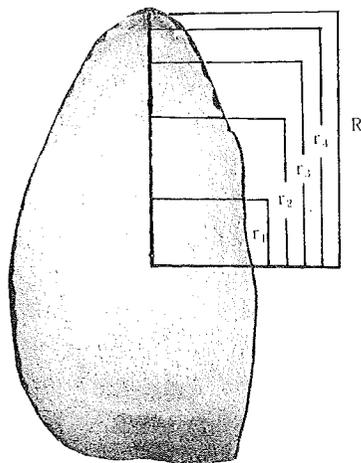


図1 イシガレイ耳石の輪紋模式図

とは本研究に用いた材料は小型底曳網により漁獲されたイシガレイのみを標本としたため、漁業への加入以前の0輪魚および1輪魚の一部を標本として用いなかったことに起因するものであると思われる。

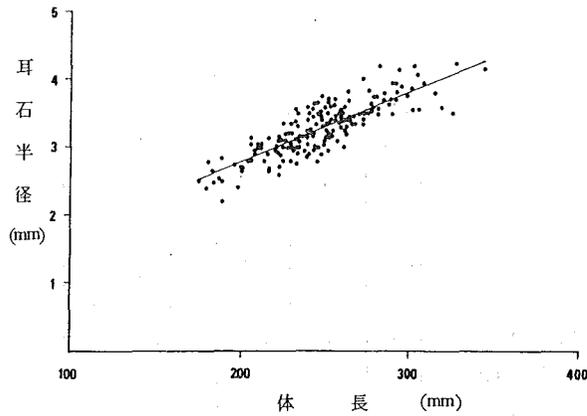


図 2-1 体長と耳石半径の関係 (イシガレイ雄)

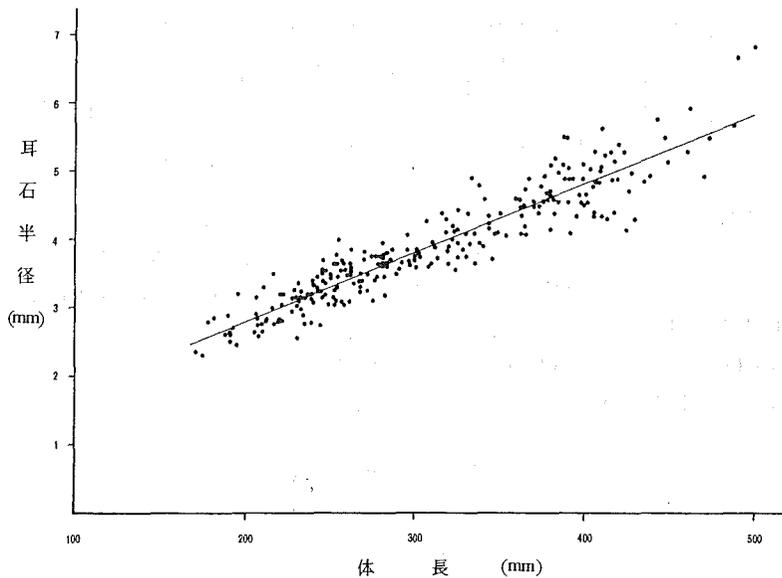


図 2-2 体長と耳石半径の関係 (イシガレイ雌)

輪半径平均値 輪半径平均値は雌雄により異なるため、雌雄に分けて、調査期間内に得られた標本について輪群別に各輪半径 r_n の平均値 (例えば3輪を有する個体については r_1, r_2, r_3 の平均値) を求めた結果を表2に示す。これより各輪群毎に輪半径は異なっているが、概ね高輪群になるに従い輪半径が小さくなる L_{EE} 現象が認められるが、標本数が多くないため偏りを生じないように、従来行われてきた各輪群の平均値を輪紋半径とした。

表2をみると1輪群の第1輪の輪半径平均値 r_1 は、2輪群の第1輪の輪半径平均値 r_1 よりは小さくでている。しかし2輪群の第2輪の輪半径平均値 r_2 は、3輪群以降の第2輪の輪半径平均値よりは大

きくなっており、3輪群以降も2輪群と概ね同様の傾向がでている。雌雄別にみると第1輪は、雄の方が大きく、第2輪以降は雌の方が大きくなっている。

表2 輪群別輪半径平均値

性別	輪群	標本数	輪半径平均値 mm							
			r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇	
雄	1	3	1.33							
	2	72	1.41	2.78						
	3	51	1.28	2.64	3.20					
	4	18	1.19	2.61	3.08	3.34				
	5	9	1.27	2.63	3.09	3.37	3.58			
	平均	148	1.30	2.67	3.12	3.36	3.58			
雌	1	10	1.18							
	2	120	1.36	2.89						
	3	59	1.27	2.79	3.89					
	4	42	1.31	2.83	3.83	4.44				
	5	14	1.07	2.72	3.68	4.24	4.63			
	6	12	1.17	2.64	3.88	4.49	4.82	5.18		
	7	3	1.18	2.68	3.57	4.18	4.48	4.76	5.0	
	平均	260	1.22	2.75	3.77	4.34	4.64	4.97	5.0	

輪紋形成時の体長 前項で計算した表2の輪半径平均値を、先に求めた体長と耳石半径の関係式(1)、(2)に代入して輪紋が形成される時期の体長を求め、その結果を表3に示す。第1輪形成時の体長については、Hatanaka et al.¹⁾、高越・秋元⁴⁾が各々90~100mm、149mmと報告しているのと比べ非常に小さく計算された。これは前述のように資料に偏りがあるためであろう。第2輪形成時の体長は雌雄間で差は認められないが、第3輪形成時以降では成長に差があり、雌が雄より大きい。そして輪数が多くなるにしたがい雌が大きくなる傾向がみられる。

表3 雌雄別計算体長

		単 位 mm						
性別	輪数	1	2	3	4	5	6	7
	雄	(57.7)	189.5	232.7	255.8	277.0		
雌	(44.8)	196.3	297.3	353.7	383.4	416.1	419.1	

輪紋形成時期 本研究では耳石縁辺部が不透明帯から透明帯に移行する時期を輪紋の形成時期とみた。そこで耳石の縁辺部が不透明帯であるか透明帯であるか記録をして、これから不透明帯・透明帯の月別出現頻度を標本ごとに整理して図3に示す。図3から9月には不透明帯の出現頻度が、86%と高く、10月になると17%と急激に減少していることより輪紋の形成時期は10月と推定される。Hatanaka et al.¹⁾は耳石の縁辺部が不透明帯から透明帯に移行するのが9月から10月頃とし、春から晩夏にかけてすべての個体で耳石の縁辺部が不透明帯であったと報告している。また高越・秋元⁴⁾も10月採集した標本でこのことを裏付けをしている。

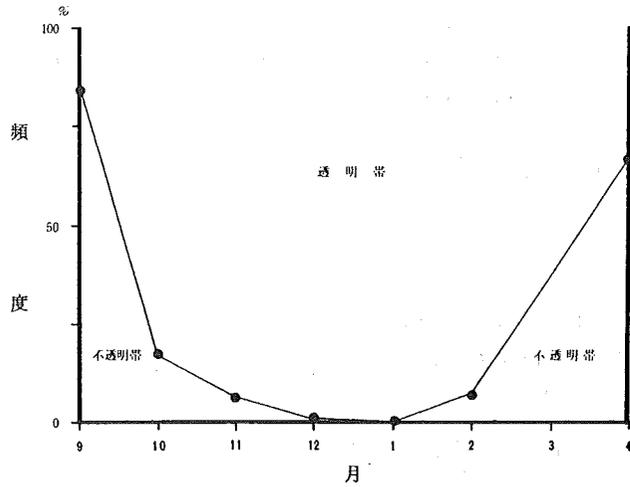


図3 耳石縁辺部の季節変化

成長について

VON BERTALANFFYの成長式のパラメタ 表3に示した計算体長をWalfordの方法に従って定差図を書くと直線関係が得られる(図4)。最小自乗法により次の直線式が得られる。

$$\text{雄} \quad L_{n+1} = 0.4153 L_n + 162.4 \quad (r = 0.9807) \quad (3)$$

$$\text{雌} \quad L_{n+1} = 0.6107 L_n + 172.1 \quad (r = 0.9971) \quad (4)$$

L_n ; n年における輪紋形成時期の体長 mm

L_{n+1} ; n+1年における輪紋形成時期の体長 mm

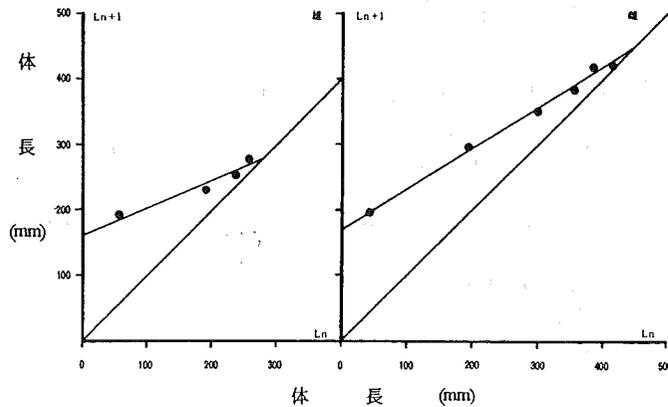


図4 イシガレイの計算体長における定差図

von Bertalanffyの成長方程式 $L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$ (5) は資源計算に組込まれていて有用な式である。この式を用いるためには L_∞ , k , t_0 の3常数を決定しなければならないので、この成長方程式を定差方程式の型に変化させ、前に求めた定差方程式(3), (4)の常数を用いて、次のように(5)式の t に $t+1$ を入れると

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

$$\begin{aligned}
&= L_{\infty} (1 - e^{-k} \cdot e^{-k(t-t_0)}) \\
&= L_{\infty} (1 - e^{-k} + e^{-k} (1 - e^{-k(t-t_0)})) \\
&= L_{\infty} (1 - e^{-k}) + e^{-k} L_t
\end{aligned} \tag{6}$$

となる。

$$\text{今(6)式において } L_{\infty} (1 - e^{-k}) = a_1 \tag{7}$$

$$e^{-k} = a_2 \tag{8}$$

とおいて、(6)式は

$$L_{t+1} = a_1 + a_2 L_t$$

となり、定差方程式と全く同型となる。

$$(8) \text{ 式から } k = -\log a_2$$

$$(7) \text{ 式から } L_{\infty} = \frac{a_1}{1 - e^{-k}} = \frac{a_1}{1 - a_2}$$

であるから 雄の k は(3)式の 0.4153 を a_2 として、 $k = 0.8788$ となり、雄の L_{∞} は(3)式の 162.4 を a_1 として、 $L_{\infty} = 277.7$ となる。次に t_0 は(5)式を変化させ

$$\begin{aligned}
L_t &= L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)}) \\
e^{-k(t-t_0)} &= \frac{L_{\infty} - L_t}{L_{\infty}} \\
-k(t-t_0) &= \log \frac{L_{\infty} - L_t}{L_{\infty}} \\
t_0 - t &= \frac{1}{k} \log \frac{L_{\infty} - L_t}{L_{\infty}} \\
t_0 &= t + \frac{1}{k} \log \frac{L_{\infty} - L_t}{L_{\infty}}
\end{aligned} \tag{9}$$

となるので、(9)式に t , k , L_{∞} を代入して、 t_0 を求める。比較的若くしかも十分加入されている第 2, 3 輪の形成時の体長 L_t を用いて求めた t_0 の値を平均して t_0 の値として求めれば

$$t = 2 \text{ のとき } t_0 = 2 + \frac{1}{0.8788} \log \frac{277.7 - 189.5}{277.7} = 0.6949$$

$$t = 3 \text{ のとき } t_0 = 3 + \frac{1}{0.8788} \log \frac{277.7 - 232.7}{277.7} = 0.9291$$

$$\text{平均して } t_0 = 0.8120$$

同様に雌について計算すれば、生長方程式は次のとおりになる。

$$\text{雄 } L_t = 277.7 (1 - e^{-0.8788(t-0.8120)}) \tag{10}$$

$$\text{雌 } L_t = 442.2 (1 - e^{-0.4931(t-0.7736)}) \tag{11}$$

標準体長と全長の関係 (10), (11) 式は標準体長 L_t を用いているが、全長を測定している場合もあるので標準体長を全長に変換する式が必要である。体長と全長の測定値を用い、その関係をみたイシガレイの体長 $L_B \cdot \text{mm}$ に対する全長 $L_T \cdot \text{mm}$ の関係は直線的であり、次の式で示される。

$$\text{雄 } L_T = 1.146 L_B + 11.397 \quad (r = 0.9908) \tag{12}$$

$$\text{雌 } L_T = 1.134 L_B + 13.545 \quad (r = 0.9975) \tag{13}$$

標準体長と体重の関係 体重の成長を式で表しておく資源計算に有用であるが、式を導くに当

って体長と体重の関係式を計算した。体長 $L_B \cdot \text{mm}$ と体重 $W \cdot \text{g}$ の測定値をAllometryの式に適合させ次の式をえた。

$$\begin{aligned} \text{雄} & \quad W = 3.1369 \times 10^{-4} L_B^{2.4976} \\ \text{雌} & \quad W = 5.9225 \times 10^{-5} L_B^{2.8219} \end{aligned} \quad (15)$$

図5にその回帰関係を示した。

$$\text{体重の増加曲線} \quad L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (5)$$

$$W_t = a L_t^b \quad (16)$$

$$\text{式(5)と式(16)から} \quad W_t = a (L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})^b$$

$$W_t = a \cdot L_\infty^b (1 - e^{-k(t-t_0)})^b$$

となる。したがって体重 $W_t \cdot \text{g}$ の増加は次の式で示される。

$$\text{雄} \quad W_t = 397.7 (1 - e^{-0.8788(t-0.8120)})^{2.4976} \quad (17)$$

$$\text{雌} \quad W_t = 1730.5 (1 - e^{-0.4931(t-0.7736)})^{2.8219} \quad (18)$$

(6)~(18)式より雌雄別の輪紋形成時におけるイシガレイの成長および増重は表4に示し、これよ

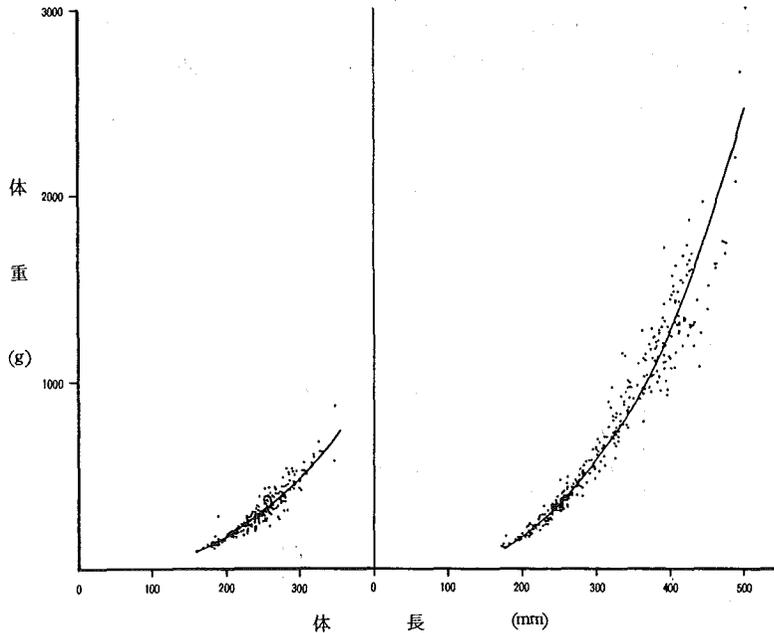


図5 イシガレイの体長と体重の関係

り成長および増重曲線は図6に示した。表4による雄では第1輪形成時の体長は42.3mm, 以下第5輪形成時までの体長は179.9mm, 237.1mm, 260.8mm, 270.7mmとなり雄の体重は3.6g, 134.5g, 268.0g, 340.0g, 373.0gとなる。一方雌では第1輪形成時の体長は46.7mm, 以下第7輪形成時までの体長は200.7mm, 294.7mm, 354.2mm, 387.2mm, 408.6mm, 421.7mm, 体重では3.0g, 186.2g, 550.6g, 925.2g, 1189.6g, 1384.6g, 1513.6gとなった。第1輪形成時における体長および体重は, 前述のような理由で本研究では調査範囲外であるので参考として示した。

表 4 輪紋形成時の標準体長, 全長および体重

性別	項目	1	2	3	4	5	6	7
雄	体長	42.3 ^{mm}	179.9	237.1	260.8	270.7		
	全長	59.9 ^{mm}	217.6	283.2	310.4	321.7		
	体重	3.6 ^g	134.5	268.0	340.0	373.1		
雌	体長	46.7 ^{mm}	200.7	294.7	354.2	387.2	408.6	421.7
	全長	66.5 ^{mm}	241.1	347.7	415.1	452.6	476.8	491.7
	体重	3.0 ^g	186.2	550.6	925.2	1189.6	1384.6	1513.6

考 察

高越・秋元⁴⁾は、福島県沿岸における本種の0年魚群の月別平均体長を詳細に調査し、その成長を推定している。それによれば3月中旬に1.4 cmのものが5月に3 cm程になり、6月に約5 cm、7月に約7 cm、8月に約9 cmに成長し、10月以降の成長は、次第に小さくなるが、満1年の12月には13~14 cmに達すると報告している。本研究では、小型底曳網漁業の漁獲対象となる材料、漁場加入後・2才魚以降の成長を追跡した。幼稚魚から成魚に至るまでの成長を把握した研究としてHatanaka et al¹⁾、山下²⁾がある。後者は石狩湾産の本種について仙台湾産のものより成長がよいこ

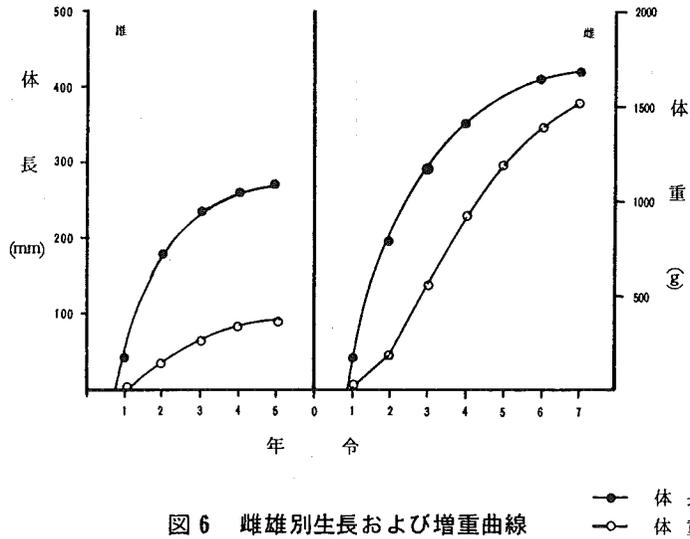


図 6 雌雄別生長および増重曲線

とを示し、また年級群により成長の差があることを報告している。一方高越・秋元は年級群間の成長については、0年魚群を材料を用いて、年級群間の成長差は顕著ではなく、稚魚・若魚は大きさに生息場を異にするため場により組成差が大きく、この中に年級群間の成長差が隠れてしまうと報告している。本研究での材料の取扱いも高越・秋元に従い、また従来の年令および成長に関する研究がそうであるように多年級をこみにして成長を把握した。

本研究の成長を、同様の調査海域であるHatanaka et al¹⁾と比較すると雌では概ね成長型を同様になっているが、雄に関しては3才魚以降が小さくあらわれている(図7)。雄の輪紋数の計測方法が相異なるためと思われる。雌より推定する限りではインガレイの成長型は年代を経ても変らないものと推定される。

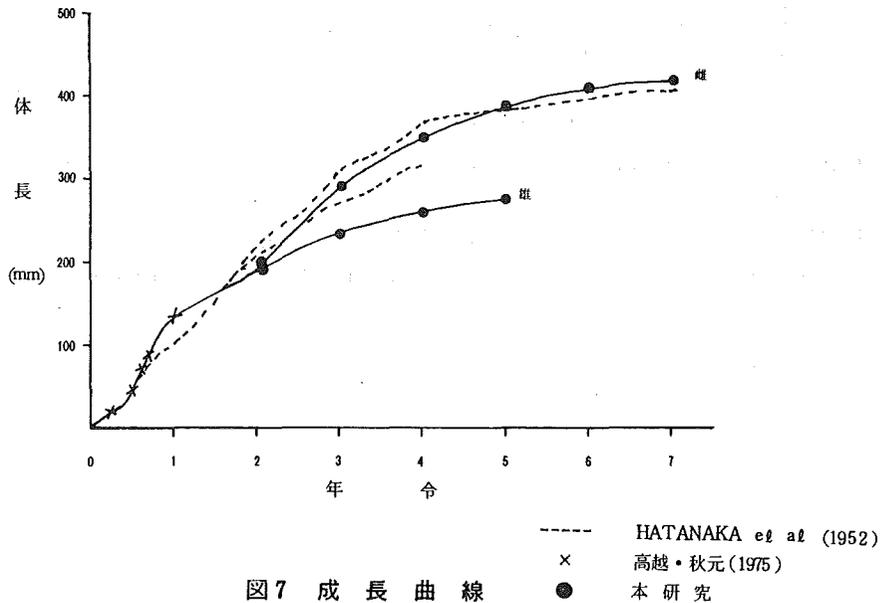


図7 成長曲線

要 約

1975年9月から1978年11月までの間に相馬原釜港に所属する小型底曳網漁船によって漁獲された517個体について、無眼側の耳石を用いて年令査定を行い、成長の検討を行った結果下記の知見を得た。

1. 本種の耳石は 後方部が角ばったほぼ卵形であり、中央部が厚く各輪紋は比較的明瞭にみることができる。
2. 体長と耳石半径の関係は、ほぼ直線的な関係が見られ(1),(2)式が得られた。
3. 輪半径平均値は、高輪群程 L_{EE} 現象がみられる。
4. 輪紋形成時の体長を求めたが、2才魚以降雌雄に成長差がみられ、年令に伴いその差が大きくなる。
5. 輪紋形成時期は 従来の研究のとおり10月に形成されることを確認した。
6. 雌雄別に定差図にあてはめると直線上にのる。直線式は(3)(4)で示される。
7. 雌雄別に Bertalanffyの成長式(10),(11)を得た。
8. また満年令時における体長、全長、体重を計算式にもとづいて算定した。その結果を表4に示した。

文 献

- 1) M. Hatanaka, K. Sekino and A. Osuka: Studies on the Populations of the Flatfishes in Sendai Bay. II. Age, Growth and Sprawning of *Kareius bicoloratus* (Basilevsky). Tohoku J. Agr. Res., 2 (1952).
- 2) 山下 豊: 石狩湾における産卵期のイシガレイの生活と資源について, 北水試報告5, 1-6 (1966).
- 3) 小松昭衛: 福島県に於けるイシガレイの分布・移動, 福水試調査資料, 70, 1-10 (1968).

- 4) 高越哲男・秋元義正：イシガレイの生態に関する研究-1, 0年魚群の生長と生息場, 福島水試研究報告3, 41~50 (1975).
- 5) 三尾真一：九州における沿岸魚類の資源生物学的研究I, メバルの年令, 成長および成熟, 九州大学農学部学芸雑誌18(4) 419~436 (1961).
- 6) 和田克彦：新潟県沖合産マガレイの資源生物学的研究, I年令と成長, 日水研報告22, 31~43 (1970).
- 7) 今岡要二郎・三栖寛：日本海西南海域およびその周辺海域産ムシガレイの漁業生物学的研究(第1報), 年令と生長について, 西水研研報(37), 51~70 (1970).