

北海道えりも以西太平洋海域に分布するソウハチの年齢と成長

三原行雄*

Growth and age of Pointhead Flounder *Hippoglossoides pinetorum* in the coastal waters off southwestern Hokkaido

Yukio MIHARA*

This paper described that growth and age of Pointhead Flounder *Hippoglossoides pinetorum* were analyzed with otoliths of them, which collected in the coastal waters off southwestern Hokkaido from 1975 to 1984 and from 1996 to 2000. A transparent zone and an opaque zone were formed from June to July and from September to April, respectively. As flounder became older, the month in which the percentage of otoliths with an opaque edge was highest, became earlier. The month of the highest percentage of otoliths with an opaque edge was June for mature fish and July for immature fish (>4-age). Age was determined by counting the inner margin of an opaque zone. As the inner margin of an opaque zone was formed from May to August, the birthday was set to 1st of August. Average body length was estimated from samples of fish collected by the beam trawl net, the sledge net (<2-age) and Age-Length Keys (≥2-age). Monthly growth rates of 0-age and 2-age fish were the largest from spring to summer, while ≥3-age fish grew most quickly from winter to spring. The period of the largest growth rate almost agreed with the period of opaque zone formation. The von Bertalanffy growth curves presumed from mean standard lengths by age in May-June were:

$L_t = 30.262 \times \{1 - e^{-0.199(t + 0.313)}\}$ for male and $L_t = 42.816 \times \{1 - e^{-0.132(t + 0.322)}\}$ for female, where L_t is standard length (cm) at estimated age t .

キーワード：ソウハチ, えりも以西太平洋海域, 成長, 耳石

北海道えりも以西太平洋海域(えりも岬～恵山岬, 噴火湾を含む)におけるソウハチ *Hippoglossoides pinetorum* の漁獲量は, 1965年～1978年代には5,000トンを超えていたが, 1985年以降では1,000トン以下の状態が続いている。2000年におけるソウハチの漁獲量は897トンであり, 北海道周辺海域におけるソウハチの漁獲量(3,994トン)の約1/4を占めている。

ソウハチの年齢・成長に関しては, 日本海西南海域では渡辺¹⁾, 大内²⁾, 花淵・木下³⁾, 道根⁴⁾, 八戸海域では石戸⁵⁾, また石狩湾では Tominaga *et al.*⁶⁾の報告がある。一方, 北海道えりも以西太平洋海域におけるソウハチについては, 年齢・成長に関する知見はほとんど得られておらず, 田中⁷⁾, 北浜・林⁸⁾の分布移動に関する報告があるだけである。

本報告では, 資源量推定や資源管理方策を検討するための基礎資料を得るため, 耳石における不透明帯の形成時期の推定や不透明帯の輪紋数を計数することによって, えりも以西太平洋海域に分布するソウハチの年齢・成長を明らかにした。

材料と方法

1975～1984年と1996～2000年の15年間に北海道えりも以西太平洋海域において, 刺網, 沖合底曳網, ししゃも桁曳網(コットエンドの目合20.2mm)およびそりネット(コットエンドの目合6.0mm)で漁獲されたソウハチの耳石標本と性および標準体長のデータを用いた。

乾燥状態で保存されていた耳石を, 観察時に水に浸漬したまま, 落射光下で倍率10倍の双眼実体顕微鏡により

報文番号 A361 (2002年7月22日受理)

*北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station, 4-5-15 Suehiro, Wakkanai, Hokkaido 097-0024, Japan)

縁辺部の状態を観察するとともに、不透明帯内縁を輪紋としてその数を計数した。

解析にあたり、各年級群間の成長差はないものとして、各年のデータを一括して集計した。

(1) 不透明帯の形成時期と年齢指標

15年間に採集された9,595個体の耳石について (Table 1, Fig. 1), 耳石縁辺部の状態を「透明帯」と「不透明帯」に判別して、その結果を月別に集計した。これにもとづき、輪紋の形成時期を推定して、耳石における年齢標示を決定した。

なお耳石の縁辺部の判定については、耳石縁辺部が全周にわたって透明である場合にのみ「透明」とし、耳石の縁辺部の一部でも不透明帯が認められた場合には「不透明」とした。また成熟状態については、「北水試 魚介類測定・海洋観測マニュアル」⁹⁾の成熟度段階によって、「未熟」と「成熟」に判別した。ここでは「未熟」を雄では成熟度段階10 (精巣が小さく、白色透明または褐色な状態)、雌では成熟度段階10 (卵巣が小さく未熟な状態)とした。また「成熟」を雄では成熟度段階21 (精巣が乳白色不透明で精液が溶融している状態)と成熟度段階30 (放精中) および成熟度段階40 (放精後)とし、雌では成熟度段階22 (卵巣内に卵粒が認められる状態)

と成熟度段階30 (卵巣内に透明卵が認められる状態)と成熟度段階40 (放卵中) および成熟度段階50 (放卵後)とした。なお雄の成熟度段階20 (精巣が乳白不透明な状態) および雌の成熟度段階21 (卵巣内に卵粒が認め難い状態)については、産卵期以外の時期では「未熟」と「成熟」の判別が難しいので、取り除いて集計した。

(2) 2歳までの成長

1997～2000年にししゅも桁曳網およびそりネットで採取された4,378個体のうち、体長15cm未満の3,628個体の体長データと、そのうち耳石を摘出した2,101個体の年齢査定結果を用いて (Table 2), 調査時期別に雌雄合計の年齢別体長組成を推定した。この年齢別体長組成に体長階級値を乗じて、2歳までの年齢別の平均体長を求めた。

なお体長15cm未満の個体は、桁曳網およびそりネットによって無選択に漁獲されるものとした。またこれらの生殖巣は、ほとんど未熟だったので、成長には雌雄差がないものと仮定した。

(3) Age-Length Key による年齢別平均体長

15年分9,595個体のデータを採集時期にもとづき1～4月 (冬), 5～6月 (春・盛漁期), 7～9月 (夏・産卵盛期), 10～12月 (秋) の4つの時期に区分した。そ

Table 1 Number of specimens used for otolith analysis.

	Jan.	Feb.	Mar.	Apl.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1975					119			239		189	74		621
1976			48		44	383			84	15			574
1977				9	21	554				78		81	743
1978	49	80		150	30							124	433
1979		49	95			113	271	110	100		141		879
1980	170	150	50			224	61		114	49	127	99	1,044
1981	83		257	50	70	398	141	126		50			1,175
1982						110		25	98	171	133	48	585
1983		50	50		7	156	49	49				50	411
1984						65	48		15				128
1985						128	88						216
1986					203	173		140	68		123		707
1987			71		225	174			109		198		777
1988					388	143				36			567
2000					247	237				251			735
Total	302	329	571	209	1,354	2,858	658	689	588	839	796	402	9,595

Table 2 Number of specimens used for measuring body length (upper) and otolith observation (lower)*)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apl.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1997					205			81	68		124		478
					203			47	68		123		441
1998			153		301	79			217		584		1,334
			71		225	48			109		198		651
1999					1,442					36			1,478
					388					36			424
2000					292	335				461			1,008
					247	87				251			585
Total			153		2,240	414		81	285	497	708		4,378
			71		1,063	135		47	177	287	321		2,101

*) Number of fish collected by the beam trawl and sledge the net from 1997 to 2000 in Table 1.

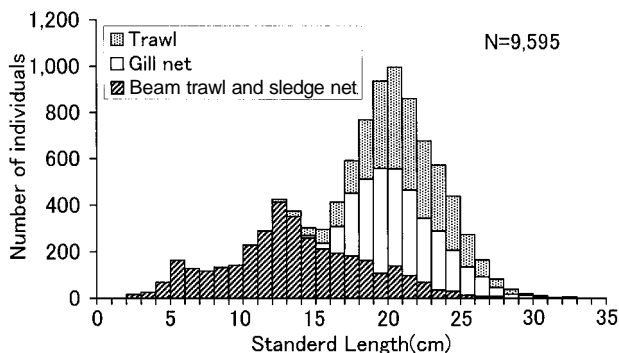


Fig.1 Body length frequency distribution by fishing gear of *H. pinetorum* used for otolith observation. N: number of individuals.

して各々の時期別に体長 1 cm 区切りの雌雄別の体長階級別年齢組成 (Age-Length Key) を作成した。この体長階級別年齢組成に体長階級値を乗じて、1.6 歳以上の年齢別の平均体長を求めた。

(4) 月間成長量と月間成長率

2 歳未満は方法(2)、2 歳以上は方法(3)から算出した年齢別平均体長を用いて、季節別に成長を推定した。ここで各季節の基準日を、1~4 月 (冬) では 3 月 1 日、5~6 月 (春・盛漁期) では 6 月 1 日、7~9 月 (夏・産卵盛期) では 8 月 15 日、10~12 月 (秋) では 11 月 15 日として、各季節間における体長の増加量を各基準日間の月数で除した値を月間成長量とし、この月間成長量を前の

基準日の体長で除した値を月間成長率とした。

(5) von Bertalanffy の成長曲線

方法(4)で算出した年齢別平均体長のうち、盛漁期である 5~6 月の年齢別平均体長を、von Bertalanffy の成長曲線に当てはめ、雌雄別の成長曲線を推定した。成長曲線の推定には、Microsoft 社製の表計算ソフト Microsoft Excel のソルバーを用いた。

結果

(1) 不透明帯の形成時期と年齢標示

耳石縁辺部が不透明帯である割合 (以下、不透明帯率とする) について、輪紋数別に検討した。不透明帯率はいずれの輪紋数においても 1~4 月および 11~12 月には、20% を下回った。不透明帯率が 50% をこえた月は、1 輪紋では 6~9 月、2~3 輪紋では 6~8 月、4 輪以上では 5~7 月であった。8~9 月の不透明帯率は、輪紋数が少ないほど高く、5 月の不透明帯率は輪紋数が多いほど高かった。不透明帯率が最も高い月は、1~3 輪紋が 7 月、4 輪紋以上が 6 月であり、輪紋数が多くなるほど早くなる傾向が認められた。いずれの輪紋数の耳石においても、不透明帯率のピークは 6~7 月にみられたこと、またピーク時の不透明帯率はいずれも 80% 以上であったことから、不透明帯は 1 年に 1 本形成されるものと推定した (Fig. 2)。

次に輪紋数が 4 輪紋以上の標本を「未熟」と「成熟」

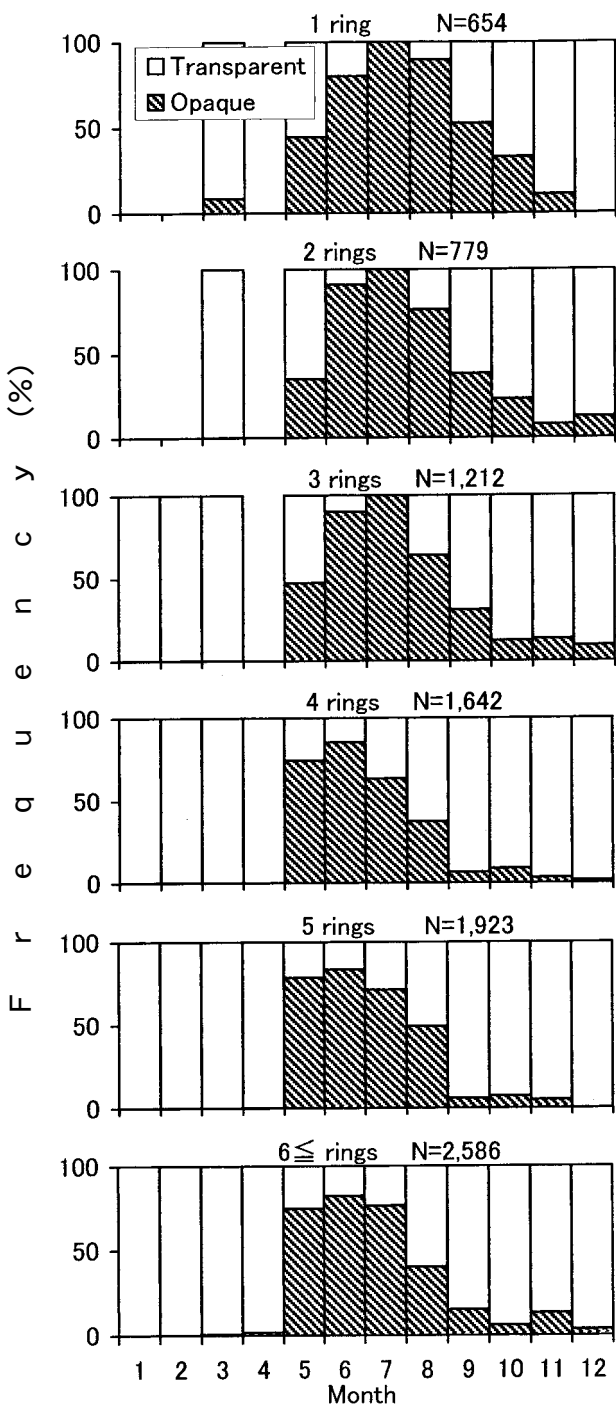


Fig.2 Monthly changes in the percentage of *H. pinetorum* with an opaque edge by number of opaque zones. N: number of individuals.

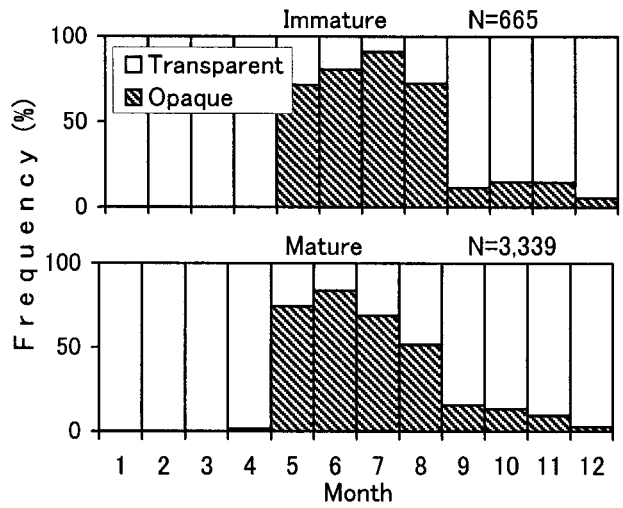


Fig.3 Monthly changes in the percentage of immature (upper) and mature (lower) *H. pinetorum* with an opaque edge. N: number of individuals.

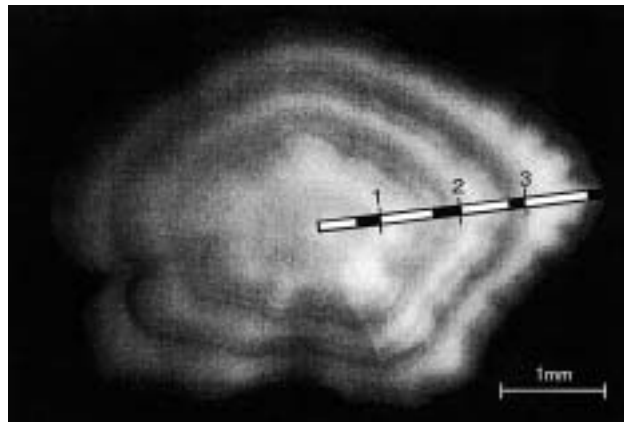


Fig.4 The otolith of *H. pinetorum* (male, 163mm SL, 55g BW) caught in the coastal water off southwestern Hokkaido on November 13, 1979. The solid bar on the otolith shows a transparent zone, and the open bar shows an opaque zone. The scale on the otolith shows the inner side of an opaque zone, and the number shows age.

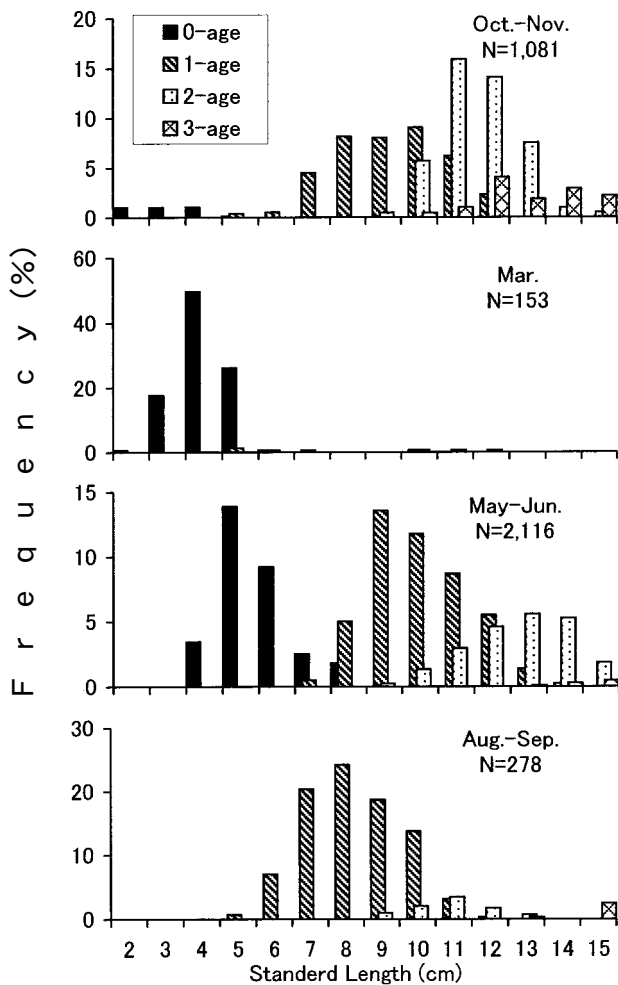


Fig.5 Body length frequency distributions by age of *H. pinetorum* collected by the beam trawl and the sledge net in four different periods. Samples from 1997 to 2000 were combined. N: number of individuals.

に区分し、不透明帯率の推移を比較した。不透明帯率は成熟、未熟とも1～4月および9～12月には20%を下回り、不透明帯率が50%をこえた月は5～8月であった。成熟魚では未熟魚と比較して7～8月の不透明帯率が低く、不透明帯率の最も高い月は成熟魚では6月、未熟魚ではこれより1か月遅い7月であった (Fig. 3)。

えりも以西太平洋海域の産卵期は6～8月と推定されており^{8,10)}、この時期の耳石縁辺では透明帯の外側に不透明帯が形成中である。これにもとづき年齢標示を不透明帯内縁(透明帯から不透明帯への移行部)と規定して、その数を年齢とした (Fig. 4)。誕生日は、年齢標示の形成および産卵期の盛期であり、漁獲量が少ない時期として、8月1日とした。

(2) 2歳までの成長

桁曳網およびそりネットによる漁獲物の年齢別体長組成 (Fig. 5) から、年齢別平均体長を推定した。2歳までの時期別の平均体長、体長範囲および標準偏差を Table 3, Table 4 に示す。8月1日を孵化日とした満1歳までの平均体長は、誕生年の10～11月の0.3歳前後では3.6cm、誕生翌年の3月の0.6歳前後では4.6cm、5～6月の0.8歳前後では6.0cm、8～9月の1.0歳前後では8.7cmであった。満1歳から満2歳までの平均体長は、誕生翌年の10～11月の1.3歳前後では9.7cm、誕生翌々年の5～6月の1.8歳前後では10.5cm、8～9月の2.0歳前後では11.4cmであった。

(3) Age-Length Key による年齢別平均体長

1～4月、5～6月、7～9月および10～12月の4つの時期に区分した時期別の Age-Length Key を、Fig. 6, Fig. 7 に示す。これにもとづいて算出した1.6歳以上の時期別年齢別平均体長を、Table 3, Table 4 に示す。以下に漁業の盛漁期である5～6月の年齢別平均体長を記す。

雄の年齢別平均体長は、1輪魚(1.8歳)では10.5cm、2輪魚(2.8歳)では14.1cm、3輪魚(3.8歳)では17.7cm、4輪魚(4.8歳)では19.9cm、5輪魚(5.8歳)では21.7cm、および6輪魚(6.8歳)では23.2cmであった。

雌の年齢別平均体長は、1輪魚(1.8歳)では10.5cm、2輪魚(2.8歳)では14.5cm、3輪魚(3.8歳)では18.4cm、4輪魚(4.8歳)では21.7cm、5輪魚(5.8歳)では24.4cm、および6輪魚(6.8歳)では26.6cmであった。

(4) 月間成長量と月間成長率

経過月数による成長を Fig. 8 に示す。月間成長量および月間成長率は若齢魚ほど大きく、とくに0歳の春(5～6月)～夏(7～9月)の月間成長量は1.1cm、月間成長率は18.0%で最も大きかった。年齢別の月間成長率のピークは0歳と2歳では春(5～6月)～夏(7～9月)であり、3歳以上では冬(1～4月)～春(5～6月)となった (Fig. 9, Table 3, Table 4)。産卵期である春(5～6月)～夏(7～9月)の月間成長率は、高齢になるほど、他の時期のそれに比べて相対的に低下した。

(5) von Bertalanffy の成長曲線

漁業の盛漁期である5～6月の年齢別平均体長を von Bertalanffy の成長曲線に当てはめた。年齢別平均体長は、2つの方法を用いて推定した。方法別に平均体長と成長曲線の推定結果を以下に示す。

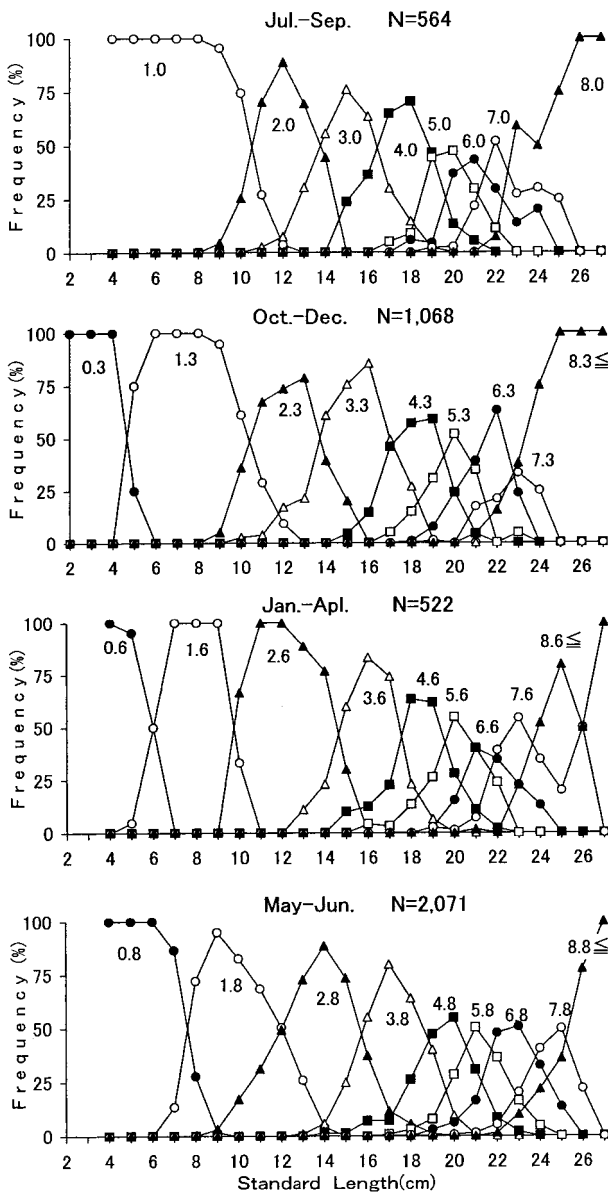


Fig.6 Age compositions by size classes of male *H. pinetorum* caught in the coastal waters off southwestern Hokkaido in four different periods. Samples from 1975 to 1984 and from 1997 to 2000 were combined. The number in figures shows age. N: number of individuals.

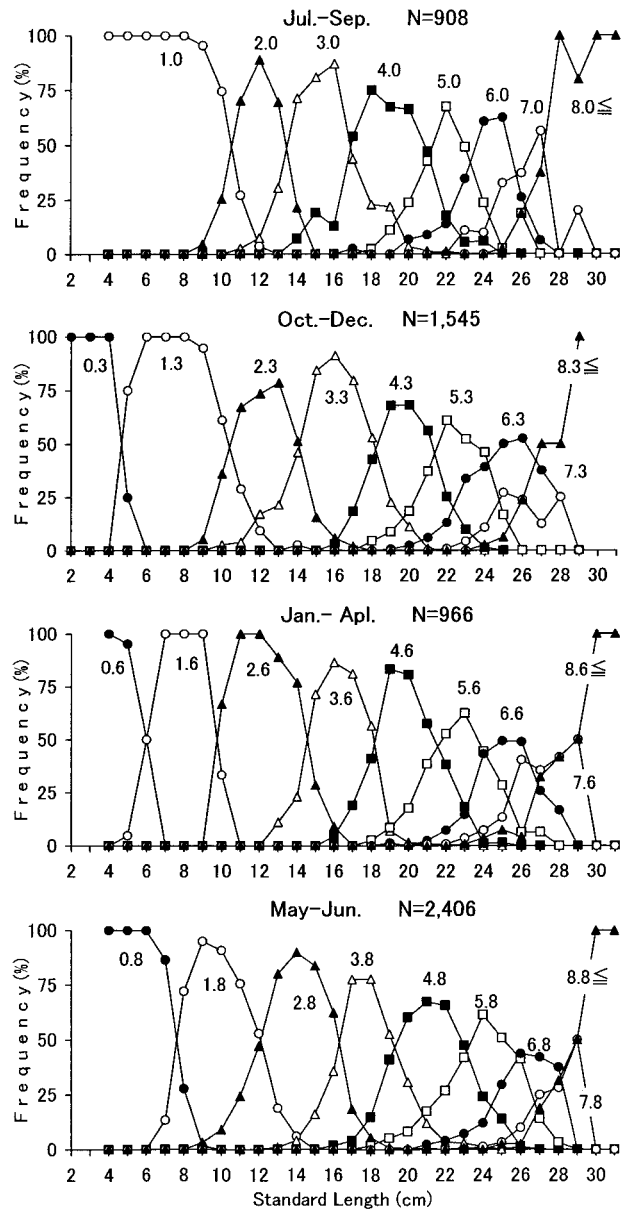


Fig.7 Age compositions by size classes of female *H. pinetorum* caught in the coastal waters off southwestern Hokkaido in four different periods. Samples from 1975 to 1984 and from 1997 to 2000 were combined. The number in figures shows age. N: number of individuals.

Table 3 Average body length by age, standard deviation (S.D.), and monthly growth rate of length for one month for male *H.pinetorum* in the coastal waters off southwestern Hokkaido.

Age of year	Age of Month	Simply average	Age-Length	Length composition		Growth per ^{*4)}	Growth rate ^{*4)}
		method ^{*1)}	key method ^{*2)}	method ^{*3)}		month	per month
		M.S.L (S.D.) cm	M.S.L (S.D.) cm	M.S.L (S.D.) cm	Range (cm)	cm	%
0.3	4	3.7(0.8)		3.6(0.9)	2.1~5.1	0.3	8.2
0.6	7	4.6(0.8)		4.6(0.7)	2.8~6.0	0.5	10.4
0.8	10	6.2(1.0)		6.0(1.0)	4.3~8.7	1.1	18.0
1.0	12	9.1(1.2)		8.7(1.3)	7.4~12.0	0.3	3.7
1.3	16	9.9(1.7)		9.7(1.5)	5.3~12.9		
1.6	19	7.6(1.9)	8.4(1.3)		5.5~10.7		
1.8	22	11.3(1.6)	10.5(1.6)	10.5(1.4)	7.5~14.9	0.8	8.0
2.0	24	12.0(1.2)	12.6(1.2)	11.4(1.1)	9.5~14.9	0.0	0.3
2.3	28	12.5(1.3)	12.7(1.4)			0.0	0.0
2.6	31	13.5(1.6)	12.7(1.5)			0.5	3.6
2.8	34	14.2(1.8)	14.1(1.8)			0.6	4.3
3.0	36	15.8(1.7)	15.6(1.5)			0.0	0.3
3.3	40	16.0(1.9)	15.7(1.7)			0.2	1.4
3.6	43	17.1(1.2)	16.5(1.3)			0.4	2.4
3.8	46	18.1(1.3)	17.7(1.4)			0.1	0.8
4.0	48	18.3(1.4)	18.0(1.4)			0.2	1.1
4.3	52	18.6(1.1)	18.7(1.3)			0.1	0.4
4.6	55	19.2(1.1)	18.9(1.5)			0.3	1.8
4.8	58	20.1(1.2)	19.9(1.5)			0.2	0.9
5.0	60	20.2(1.0)	20.3(1.2)			-0.0	-0.0
5.3	64	19.9(1.3)	20.3(1.2)			0.1	0.3
5.6	67	20.5(1.1)	20.5(1.4)			0.4	1.8
5.8	70	21.2(1.1)	21.7(1.3)			0.1	0.3
6.0	72	21.3(1.3)	21.8(1.5)			0.0	0.1
6.3	76	21.3(1.2)	21.9(1.1)			0.1	0.4
6.6	79	21.7(1.1)	22.3(1.2)			0.3	1.4
6.8	82	22.4(1.3)	23.2(1.3)			0.0	0.2
7.0	84	22.4(1.0)	23.3(1.4)			-0.0	-0.2
7.3	88	22.3(1.1)	23.1(1.2)			0.3	1.4
7.6	91	23.1(1.4)	24.2(1.7)			0.2	0.8
7.8	94	23.9(1.5)	24.9(1.2)				

*¹⁾ Calculated by having averaged raw length data. Male and female of 1.6-age fish were combined. *²⁾ Calculated from age composition classified by length class of Age-Length Key. Male and female 1.6-age fish were combined.

*³⁾ Calculated from length composition classified by age of fish taken by the beam trawl net and the sledge net. Male and female of < 2.0-age fish were combined. *⁴⁾ Calculated using the value of the Length composition method for ≤ 1.8 -age fish, and calculated using the value of the Age-Length Key method for ≥ 2.0 -age fish.

Table 4 Average body length by age, standard deviation (S.D.), and monthly growth rate of length for month of female *H.pinetorum* in the coastal waters off southwestern Hokkaido.

Age of year	Age of Month	Simply average	Age-Length	Length composition		Growth per ^{*4)}	Growth rate ^{*4)}
		method ^{*1)}	key method ^{*2)}	method ^{*3)}		month	per month
		M.S.L(S.D.) cm	M.S.L(S.D.) cm	M.S.L(S.D.) cm	Range cm	cm	%
0.3	4	3.7(0.8)		3.6(0.9)	2.1~5.1	0.3	8.2
0.6	7	4.6(0.8)		4.6(0.7)	2.8~6.0	0.5	10.4
0.8	10	6.2(1.0)		6.0(1.0)	4.3~8.7	1.1	18.0
1.0	12	9.1(1.2)		8.7(1.3)	7.4~12.0	0.3	3.7
1.3	16	9.9(1.7)		9.7(1.5)	5.3~12.9		
1.6	19	7.6(1.9)	8.4(1.3)		5.5~10.7		
1.8	22	11.3(1.6)	10.5(1.6)	10.5(1.4)	7.5~14.9	0.8	7.4
2.0	24	12.1(1.2)	12.4(1.2)	11.4(1.1)	9.5~14.9	0.1	1.1
2.3	28	12.8(1.3)	12.8(1.5)			-0.0	-0.1
2.6	31	14.0(1.1)	12.8(1.6)			0.6	4.5
2.8	34	14.3(1.7)	14.5(1.8)			0.6	4.2
3.0	36	16.9(1.6)	16.0(1.8)			0.1	0.8
3.3	40	16.9(2.3)	16.4(1.9)			0.1	0.6
3.6	43	17.6(1.4)	16.7(1.4)			0.6	3.4
3.8	46	18.8(1.8)	18.4(1.8)			0.4	1.9
4.0	48	19.8(1.8)	19.3(2.0)			0.3	1.6
4.3	52	20.3(1.4)	20.2(1.6)			0.0	0.2
4.6	55	20.8(1.4)	20.4(1.6)			0.5	2.2
4.8	58	21.8(1.7)	21.7(1.9)			0.4	1.7
5.0	60	22.3(1.4)	22.7(1.7)			0.0	0.2
5.3	64	22.4(1.5)	22.8(1.6)			0.1	0.5
5.6	67	22.8(1.6)	23.2(1.8)			0.4	1.7
5.8	70	24.0(1.8)	24.4(2.0)			0.0	0.2
6.0	72	23.9(1.7)	24.5(1.7)			0.4	1.4
6.3	76	24.0(1.5)	25.6(1.9)			0.0	0.1
6.6	79	24.9(1.5)	25.7(1.6)			0.3	1.2
6.8	82	25.8(1.7)	26.6(1.6)			0.0	0.2
7.0	84	25.7(1.4)	26.7(1.6)			-0.1	-0.3
7.3	88	25.1(1.3)	26.5(1.5)			0.3	1.3
7.6	91	26.2(1.6)	27.6(1.6)			0.3	0.9
7.8	94	27.3(1.3)	28.4(1.2)				

*¹⁾ Calculated by having averaged raw length data. Male and female of 1.6-age fish were combined. *²⁾ Calculated from age composition classified by length class of Age-Length Key. Male and female 1.6-age fish were combined.

*³⁾ Calculated from length composition classified by age of fish taken by the beam trawl net and the sledge net. Male and female of < 2.0-age fish were combined. *⁴⁾ Calculated using the value of the Length composition method for ≤ 1.8 -age fish, and calculated using the value of the Age-Length Key method for ≥ 2.0 -year fish.

① 単純平均法：年齢査定の結果を単純平均して得られた年齢別平均体長 (Table 3, Table 4) を用いた。推定した成長曲線は以下のとおりである (Fig.10)。

$$\text{雄} : Lt = 26.336 \times \{1 - e^{-0.271(t + 0.102)}\} \dots (a)$$

$$\text{雌} : Lt = 35.750 \times \{1 - e^{-0.178(t + 0.168)}\} \dots (b)$$

② Age-Length Key 法：2歳未満については方法(2)で、2歳以上については方法(3)で求めた年齢別平均体長 (Table 3, Table 4) を用いた。推定した成長曲線は以下のとおりである (Fig.10)。

$$\text{雄} : Lt = 30.262 \times \{1 - e^{-0.199(t + 0.313)}\} \dots (c)$$

$$\text{雌} : Lt = 42.816 \times \{1 - e^{-0.132(t + 0.322)}\} \dots (d)$$

2つの方法で算出された年齢別平均体長を比較すると、雌雄とも4歳以下については大きな差は認められなかった。しかし、5歳以上では、②の Age-Length Key 法に比べて、①の単純平均法のほうが小さくなった (Fig. 10)。

次に2つの方法で推定された von Bertalanffy の成長曲線の最大到達体長 (L_{∞}) は、雌雄とも②の Age-Length Key 法から推定された (c) 式および (d) 式に比べて、①の単純平均法から推定された (a) 式および (b) 式のほうが小さくなった。

なお当海域で採集された標本では、最大体長は雄では 29.7cm、雌では 40.8cm であった。また最高年齢は雄では 12歳であり、雌では 13歳であった。

考 察

(1) 不透明帯の形成時期

太平洋側の八戸沖では、不透明帯は6～8月に、透明帯は8～12月に形成される⁵⁾。冬季に産卵する日本海西南海域では^{11,12)}、透明帯の形成時期は10～3月(盛期12～1月)、透明帯から不透明帯の移行期は6～7月前後であり、その後は不透明帯形成期へ移行すると推定されている^{1～4)}。春～夏に産卵する北海道日本海側の石狩湾では^{6,13,14)}、不透明帯は4～6月に、透明帯は9～3月に形成される⁶⁾。夏に産卵するえりも以西太平洋海域では^{8,10)}、本研究から推定された不透明帯および透明帯の形成時期は、それぞれ5～8月および9～4月であった。海域間で産卵期は異なるが、各海域とも不透明帯は春から夏に、透明帯はおおむね秋から春に形成されることで一致していた。

イシガレイ *Kareius bicoloratus* の耳石では、不透明帯は成長の速い夏季に、透明帯は成長の遅い冬季に形成される¹⁵⁾。また噴火湾に分布するソウハチの近縁種であるアカガレイ *Hippoglossoides dubius* では、透明帯は産卵期で、あまり摂餌をしない冬季¹⁶⁾に形成される¹⁷⁾。ソウハチにおいても、本報告で述べたように、月間成長率の

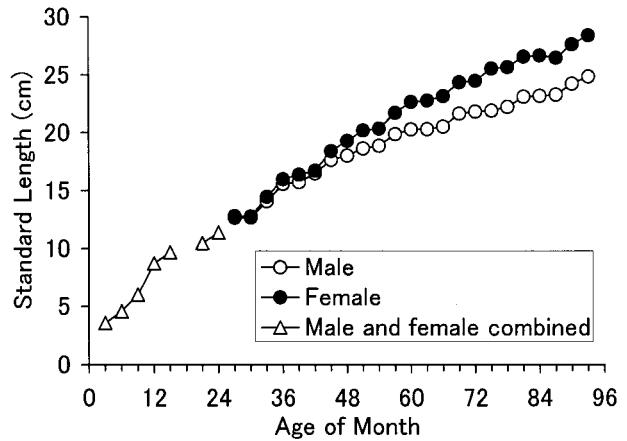


Fig.8 Relationships between age of month and standard length of *H. pinetorum* caught in the coastal waters off southwestern Hokkaido.

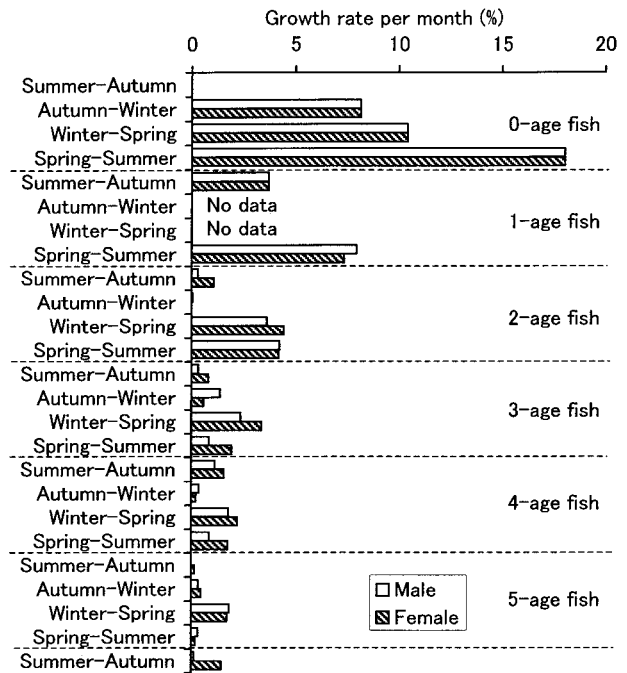


Fig.9 Monthly growth rates by age during four periods of *H. pinetorum* caught in the coastal waters off southwestern Hokkaido. Spring comprised the period of May-June, Summer was July-September, Autumn was October-December, and Winter was January-April.

高い時期 (Fig. 9) と不透明帯の形成時期 (Fig. 2, Fig. 3) はほぼ一致していたことから (Table 3, Table 4)、不透明帯は成長の速い時期に、透明帯は成長の遅い時期

に形成されるものと推測された。

一方、本研究において成熟状態および年齢よって不透明帯の形成時期に差異のあることが認められた (Fig. 2, Fig. 3)。道根⁴⁾は、1～3歳魚における透明帯の縁辺成長率を比較したが、縁辺成長率の年齢による大きな差異は認められなかった。また Tominaga *et al.*⁵⁾は透明帯率の雌雄差を検討したが、差異は認められなかった。しかしオホーツク海のマガレイ *Pleuronectes herzensteini* では、産卵期の成熟状態によって不透明帯率に差異のあることが認められ、この結果から西内¹⁸⁾は未成魚の不透明帯の形成時期が成魚に比べて早いと推測した。本研究では産卵期間中の6～8月の不透明帯率が成魚では77%、未成魚では87%であり、西内の報告と同様に未成魚の方が高かった (Fig. 3)。

本研究において、成魚の産卵期間中における月間成長率と不透明帯率が未成魚に比べて低いことと、これに伴って成魚の月間成長率および不透明帯率の時期的なピークが未成魚に比べて早くなったことが認められた。これらの結果と、成長の遅い時期には透明帯が形成されることを合わせて推察すると、不透明帯率の時期的なピークが早まったのは、成熟による成長の低下に伴い、透明帯の形成が早まったために引き起こされたものと考えられる。

(2) 推定された2つの成長式について

結果(5)―①の単純平均から年齢別平均体長を算出する場合には、年齢査定用の標本の抽出には母集団に対して偏りがあるとはならない。しかし本報告における年齢査定用標本の抽出法は、このことについては全く考慮されておらず、年齢別平均体長の算出に用いたデータの体長組成は、個体数が多い順に21cm、12cmおよび5cmにモードをもつ三峰型を示した (Fig. 1)。このような標本抽出法によるデータから推定された年齢別平均体長は、モード付近に平均体長をもつ年齢では偏りは小さいが、モードより大きい平均体長をもつ年齢では高齢になるほど過少に、モードより小さい平均体長をもつ年齢の場合には若齢になるのに従い過大に算出される傾向が認められる。このため単純平均した値を用いて推定した成長曲線の最大到達体長 (L_{∞}) は過少に推定されたものと推察される (Fig. 10)。

結果(5)―②では、そりネットと桁曳網が体長15cm未満の小型魚を無選択に漁獲できると仮定して、これら漁具による漁獲物の年齢別体長組成から、2歳までの年齢別平均体長を算出した。一方、2歳以上については選択性のある漁具による漁獲物のデータを用いたため、Age-Length Key にもとづいて算出した。この場合に

は年齢別体長階級別の出現頻度に、母集団を反映した体長別出現頻度を乗じて、年齢別の体長組成を推定した後、これにもとづいて年齢別の平均体長を算出しなければならない。しかし本研究では母集団を反映した体長別出現頻度を得ることができなかつたため、年齢別体長階級別の出現頻度からそのまま平均体長を算出した。この場合には各体長階級の出現頻度は同じであるとして計算される。しかし一般的には体長が大きくなるに従い出現頻度は低くなるので、高齢魚の平均体長は過大に推定される可能性が高く、これに伴い成長曲線の最大到達体長 (L_{∞}) も過大に推定される可能性が高い。

実際に漁獲された最大体長は雄では29.7cm、雌では40.8cmであった。これに対して①の単純平均法で推定された成長曲線の最大到達体長 (L_{∞}) は(a)式の雄では26.3cm、(b)式の雌では35.8cmであり、②の Age-Length Key 法で推定された成長曲線の最大到達体長 (L_{∞}) は(c)式の雄では30.3cm、(d)式の雌では42.8cmであっ

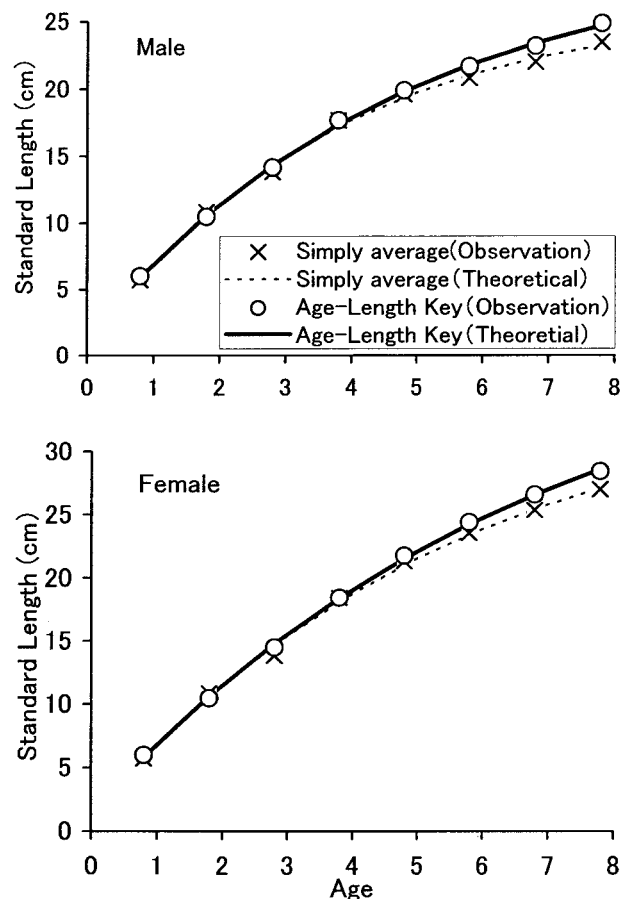


Fig. 10 Growth curves of male (upper) and female (under) *H. pinetorum* calculated by the simply average method and the Age-Length Key method.

た。漁獲物の最大体長と2つの手法で推定された最大到達体長 (L_{∞}) と比較すると、(a)式および(b)式の値は過少であるのに対して、(c)式および(d)式の値はやや過大であるが、その差は後者が前者よりも小さい (Fig.10)。よって推定された成長曲線は①の単純平均による(a)式および(b)式よりも②の Age-Length Key 法による(c)式および(d)式のほうが妥当であると考えられる。

(3) 推定された成長について

石狩湾の時期別平均体長は、誕生年の11月には3.86cm、誕生翌年の2月には4.71cm、5月には6~7cm、7~11月には7~8cmであった⁶⁾。えりも以西太平洋海域における同時期の平均体長 (Table 3, Table 4) は、石狩湾と比較して誕生年の秋~誕生翌年の春まではやや小さく、誕生翌年の夏以降は大きい傾向が認められた。

次に日本海西南海域、石狩湾およびえりも以西太平洋海域の成長を比較する。日本海西南海域では全長を用いており⁴⁾、ここでは海域は異なるが、石狩湾で用いられた標準体長と全長の関係式⁶⁾ ($TL(mm) = 1.19 \times SL + 2.83$) に基づいて、日本海西南海域の全長を標準体長に換算した。道根⁴⁾は日本海西南海域では1950年代の成長と1990年代の成長には大きな差がないことを確認しており、八戸沖の成長も1歳を除いて日本海西南海域のものとはほぼ一致していると記述している⁵⁾。これに対して、Tominaga *et al.*⁶⁾が推定した石狩湾の成長は1歳魚を除いて日本海西南海域よりも小さい。しかしどの海域でも雌雄の成長差は2歳までは小さく、3歳以上は大きくなる傾向が認められており⁶⁾、本研究でもこれと同様な結果を得た。

本研究において算出されたえりも以西太平洋海域の1歳前後の平均体長は、耳石の輪紋長から逆算した日本海西南海域および石狩湾の1歳前後の平均体長に比べて雌雄とも大きい。Tominaga *et al.*⁶⁾の報告では、実測による1歳の体長は、耳石の輪紋長から逆算された1歳の体長に比べて大きく、2歳以上では2つの手法間の平均体長の差は小さくなっていった。この原因について Tominaga *et al.*⁶⁾は、0歳魚の不透明帯の形成時期が他の年齢に比べて早いためであると考えた。一方、えりも以西太平洋海域では、不透明帯率の時期的なピークは輪紋数が少なくなるほど遅くなる、という傾向が認められた。耳石の輪紋長から成長を逆算して推定する場合には、各年齢の輪紋の形成時期は同じ時期であることが前提である。しかし本研究では年齢や成熟状態によって不透明帯の形成時期に差異が認められた。このことは、えりも以西太平洋海域において耳石の輪紋長から逆算して

成長を推定する場合には、偏りが生じる可能性が高いことを示唆する。

えりも以西太平洋海域における2歳以上の成長は、雄では石狩湾より速く、日本海西南海域とはほぼ同程度であった。雌では石狩湾より速く、日本海西南海域より遅く、両海域の中間となった (Fig.11)。

一方、各海域の最大体長は、日本海西南海域においては雄では23.3cm、雌では35.2cmであり¹¹⁾、石狩湾においては雄では26.2cm、雌では31.6cmであるのに対して⁶⁾、えりも以西太平洋海域では雄では29.7cm、雌では40.8cmであった。えりも以西太平洋海域における最大体長は雌雄とも日本海西南海域および石狩湾に比べて大きく、これに伴い推定された成長式の最大到達体長 (L_{∞}) も両海域に比べて大きくなった。

本研究では各年齢群間に成長差はないものとして、各年のデータを集計した。しかしソウハチの近縁種であるアカガレイ *Hippoglossoides dubius* において中谷ら¹²⁾は年齢群間に成長差があることを認め、この要因を個体群密度によるものと考えた。えりも以西太平洋海域のソウハチの漁獲量は200~7,000トンの大きな幅で変動しているため、個体群密度も変動していると考えられる。今後は資源豊度による年齢群間の成長差の解析も必要である。

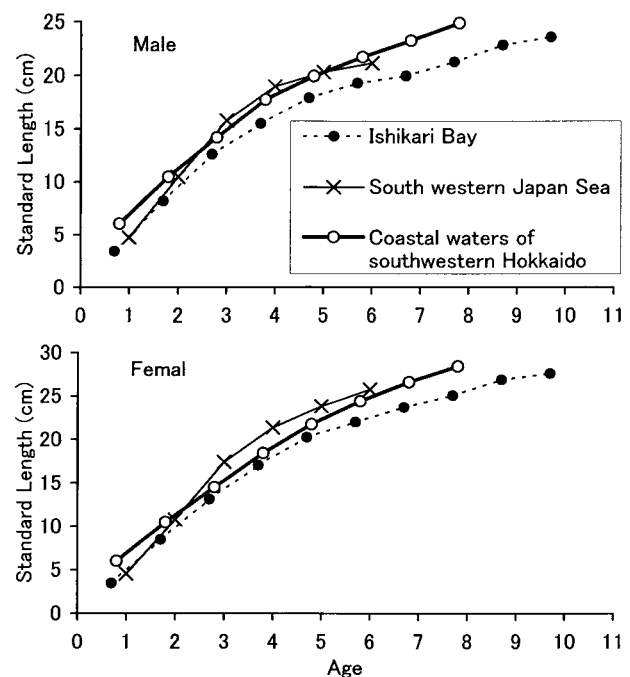


Fig.11 Growth of *H. pinetorum* in Ishikari Bay (Tominaga *et al.*1996), South western Japan Sea (Michine 1993) and the coastal waters off southwestern Hokkaido (this study).

謝 辞

本報告を取りまとめるにあたり、貴重な御助言を頂いた網走市水産科学センター西浜雄二博士ならびに福井県立大学 富永修博士に謹んで感謝の意を表します。また標本採集にあたり、ご協力をいただいた苫小牧漁業協同組合の沢口照実氏ならびに「第18北海丸」の乗組員の方々、また貴重な耳石標本を長期に渡って保存していただいた北海道函館水産試験場室蘭支場の歴代のソウハチ担当者にお礼申し上げます。

要 約

- 1975～1984年、1996～2000年の15年間に北海道えりも以西太平洋海域において漁獲されたソウハチの耳石を用いて、年齢と成長の解析を行った。
- 不透明帯および透明帯の形成時期は、それぞれ9～4月および5～8月であった。不透明帯は年1本形成されると推定した。
- 不透明帯率の最も高い月は、6～7月であったが、高齢魚では若齢魚に比較して、また成熟魚では未熟魚と比較して早い時期に認められた。
- 月間成長量および月間成長率は若齢魚ほど大きかった。月間成長率の最も大きい時期は0歳および2歳では春～夏、3歳以上では冬～春であり、不透明帯の形成時期とはほぼ一致していた。
- 桁曳網とそりネットによる漁獲物の年齢別体長組成から推定した年齢別平均体長は、誕生年翌年の5～6月（生後0.8年）では6.0cm、誕生年翌々年の5～6月（生後1.8年）では10.5cmであった。
- 5～6月の年齢別平均体長から von Bertalanffy の成長曲線式を推定した。以下のとおりである。
雄では $It=30.262 \times \{1 - e^{-0.199(t+0.313)}\}$
雌では $It=42.816 \times \{1 - e^{-0.132(t+0.322)}\}$
- 2歳以上の成長について、雄では石狩湾より速く、日本海南海域とはほぼ同程度であった。雌では両海域の中間であった。

文 献

- 渡辺 徹：日本海西南海域における底魚資源研究 (I). ソウハチ *Cleisthenes herzenstcini* (SCHIMDT) の年齢査定, 年齢組成及び生残率. 日水研報. 1, 65-81 (1954)
- 大内 明：鱗によるソウハチの年齢及び成長. 日水研年報. 1, 27-32 (1954)
- 花淵靖子・木下貴祐：日本海西南海域におけるソウハチの成長 (予報). 漁業資源研究会議西日本底魚

- 部会報, No.19, 22-33 (1991)
- 道根 淳：日本海南海域におけるソウハチの成長. 西海ブロック底魚調査研究報告. 4, 29-41 (1993)
 - 石戸芳男：八戸近海のソウハチ・ムシガレイ・ミギガレイの年齢及び生長について. 東北水研報. 24, 73-80 (1964)
 - Tominaga, O., K. Inoguchi, Y. Watanabe, M. Yamaguchi, T. Nakatani and T. Takahashi: Age and growth of pinthead flounder *Hippoglossoides pinetorum* in Ishikari Bay, Hokkaido. Fish. Sci., 62 (2), 215-221 (1996)
 - 田中伸幸：北海道えりも岬以西太平洋におけるソウハチ成魚の分布と移動. 水産海洋研究. 63 (2), 61-67 (1999)
 - 北浜 仁・林 清：ソウハチ. 昭和36～40年度実施北海道沿岸漁業資源調査並びに漁業経営報告. 104-130 (1967)
 - 北海道水産試験場：北水試 魚介類測定・海洋観測マニュアル. 北海道立水産試験場. (1996)
 - 三原行雄・上田吉幸：ソウハチ. 平成9年度北海道立函館水産試験場事業報告書. 8-11 (1999)
 - 渡辺 徹：日本海の底魚漁業とその資源. 底魚資源の研究とその成果. 重要魚族の漁業生物学的研究. ソウハチ. 249-269 (1956)
 - 大内 明：日本海カレイ類4種の産卵. 日水研業績集. 1, 17-25 (1954)
 - 富永 修・渡辺安廣・土門和子：ソウハチ. 平成4年度北海道立中央水産試験場事業報告書. 9-15 (1993)
 - Tominaga, O., M. Watanobe, M. Hanyu, K. Kazuko, Y. Watanabe and T. Takahashi: Distribution and movement of larvae, juvenile and young of the pinthead flounder *Hippoglossoides pinetorum* in Ishikari Bay and vicinity, Hokkaido. Fish. Sci., 66 (3), 442-451 (2000)
 - 麦谷泰雄：I. 年齢形質1. 魚類年齢形質の形成と輪紋性状. 水産動物の成長解析. 恒星社厚生閣. 9-16 (1997)
 - 林 清：噴火湾のアカガレイについて. 北水試月報. 20 (1), 6-15 (1963)
 - 中谷敏邦・小泉広明・横山信一・前田辰昭・高橋豊美・松島寛治：噴火湾産アカガレイの年齢と成長. 日水誌. 56 (6), 893-901 (1990)
 - 西内修一：北海道北部沿岸枝幸海域におけるマガレイの成長. 北水試月報. 41 (3), 107-118 (1984)