極東水域に分布するニシン *Clupea pallasii* の性比、 体長組成および成長における個体群間比較^{*1}

菅 野 泰 次

(1988 年 7 月 16 日受付)

Comparison of Age Composition, Sex Ratio and Growth Rate among Populations of Herring *Clupea pallasii* in the Far Eastern Waters

Yasuji Kanno^{*2}

Distinct spawning stocks of herring populations in the Far Eastern waters were examined on their sex ratios, age compositions and initial growth rates.

Most populations were the same in regards to their sex ratios, but the Atsuta population showed an unequal ratio suggesting the existence of different ecological properties.

Six populations around Hokkaido Island showed lower mean ages but higher growth rates than four northern populations which were 9-11 cm in body length at the first year of life.

Variations in the mode of life of ten populations have been classified into the following three ecological types; lake type (spawning in brackish lake and no migration), shore type (spawning in saline shore and narrow migration) and sea type (spawning in shore and extensive migration). Those ecological characteristics seem to be closely associated with dynamics of each population of the herring in the Far Eastern waters.

極東水域に分布するニシン *Clupea pallasii* に多くの種族のあることは古くから知られている。¹⁾ 最近、著者²⁾ は能取湖に産卵するニシンを調べ、これが過去に卓越した樺太北海道系ニシンとは異なる数量変動の機構に支配されていると報告した。このような種族間にみられる生態と量的特徴の相違はニシン属では必ずしも稀なことではないが、³⁾ それはこの種の自然選択を通じた適応過程と無関係ではなく、魚類生態学に極めて興味深い問題を投げかけている。本研究は極東水域の地域個体群に見られる形態的形質の変異および成長を解析することにより、極東水域に分布するニシンの個体群構造を明らかにし、また、上記の問題の解明を意図したものである。第1報に当る本報告では、極東水域に分布する10の地域個体群について、性比、体長組成、年齢組成および成長について個体群の特性を検討した結果について述べる。

材 料 と 方 法

材料には極東水域のニシンの分布の主たる分布域を覆う10個体群から採取した10標本804個体を用いた(Fig. 1, Table 1)。標本は1975~1976年の3月から6月の産卵期に、産卵場あるいはその隣接海域から刺網に

よって漁獲したもので、漁獲後、数時間から1昼夜以内に凍結保存した後、実験室に持ち帰り測定に供した。これらの個体群はいずれも地理的に独立した産卵場を持ち、系統群として一般に認識されている。^{1, 4)} 標本の中で日本近海の6個体群(尾駱沼 a, 湧洞沼 b, 風蓮湖 c, 厚田 d, 能取湖 e, サロマ湖 f) (Fig. 1) からのものは著者が操業の現場から直接に採取したものであるが、ソヴィエト領海に産卵するデカストリ(g), オホーツク(h), カラギンスキー(i), ギジガ湾(j) (Fig. 1) の標本は北海道区水産研究所および北海道立稚内水産試験場から分与されたものであり、日本近海の試料より魚体の鮮度が低く、体長および体部分長の測定に関して若干精度がおちる。また、デカストリの標本については、稚内水試と著者の二重測定を行った際、性を記載した標識票を欠落した個体が多かったため、雌雄別の解析を行っていない。

性の判定後、5つの体部分長の測定と5つの体節的形質の計数を行い、次いで左体側中央部から採鱗を行った。年輪数から年齢を決定すると共に、鱗の核から正中線に沿うそれぞれの年輪までの距離を測り、Lee⁵⁾ の輪長-体長に関する関係式を用いることにより、鱗発生時の体長を40 mmとして年輪形成時の体長を推定した。

^{*1} 極東水域のニシン個体群の生態形態の変異に関する研究—I. (Studies on Morphological Variation among Herring Populations in the Far Eastern Waters—I).

^{*2} 北海道大学水産学部漁業学科 (Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate 041, Japan).

Fig. 1. Map showing ten sampling localities of herring populations in the Far Eastern waters.

結 果

性比 Table 2 に各標本の雌雄別個体数を示す。性比は大部分の標本で等しいが、厚田と能取湖の標本では等比から有意に異なる。能取湖の場合には、前後の時期の標本結果から標本抽出に伴う誤差と考えることもできる。厚田では雄 16 個体に対し、雌 59 個体と圧倒的に雌が多く、1978 年に同産卵場で採取した標本でも雌が有意に多い結果（雌 33, 雄 18, 雌雄同体 4）が得られているなど、何らかの原因による性比の偏りが認められる。また、この個体群には他の個体群に出現しない雌雄同体の個体が 5 個体出現している点も特異的である。この個体群では産卵期間中の前後期の標本かどうか、性比の構成に大きく影響しているように思われる。

体長組成と年齢組成 10 標本の体長組成および年齢組成を Table 3 および Table 4 に示す。厚田の個体群の鱗相は不鮮明で、年齢を判読できない個体が 72% あった。標本に含まれる個体は全て成熟した成魚からなっており、全標本を合わせた時の体長範囲は 14~31 cm, 年齢幅は 2~9 歳に及ぶ。

Table 1. Sampling date and localities of present study

Locality	Sampling date	Sampling locality	Sampling impliment	Sample size	Depth* (m)
Obuchi	1976 Mar. 18	Obuchi lake	Gill net	81	2
Yūdō	1976 Apr. 21	Yūdō lake	Gill net	80	2
Fūren	1976 Apr. 20	Fūren lake	Gill net	81	2
Atsuta	1976 Mar. 24	Coast of Atsuta	Gill net	80	5
Notoro	1975 May 2	Notoro lake	Gill net	80	15
Saroma	1976 Apr. 21	Saroma lake	Gill net	86	5
DeKastri	1976 Apr. 13	49°43'N, 141°38'E	Gill net	58	220
Okhotsk	1976 June 2	57°36'N, 141°07'E	Gill net	80	135
Karaginski	1976 May 13	59°39'N, 165°17'E	Gill net	81	86
Gizhiga	1976 May 31	61°29'N, 158°50'E	Gill net	97	61

* Depth at sampling area.

Table 2. Number of females and males, and test of hypothesis, the ratio of females and males being equal

Locality	Number of males	Number of females	Hermaphrodite	M/F ratio	χ^2 for homogeneity
Obuchi	36	45	0	0.800	0.79
Yūdō	36	44	0	0.818	0.61
Fūren	35	46	0	0.761	1.24
Atsuta	16	59	5	0.271	23.52*
Notoro	53	27	0	1.963	7.81*
Saroma	46	40	0	1.150	0.29
DeKastri	30	28	0	0.933	0.02
Okhotsk	43	37	0	1.162	0.31
Karaginski	37	44	0	0.841	0.44
Gizhiga	42	55	0	0.764	1.49

* Significant at 1% level.

Table 3. Frequency distribution of body length of samples caught from ten localities in the Far Eastern waters

Locality	Body length (cm)																		Mean
	14 -15	15 -16	16 -17	17 -18	18 -19	19 -20	20 -21	21 -22	22 -23	23 -24	24 -25	25 -26	26 -27	27 -28	28 -29	29 -30	30 -31		
Obuchi									2	30	25	4	6	12	2			24.8	
Yūdō							1	14	14	7	4	17	14	3	4	3		24.6	
Füren						2	25	45	3	4	2							21.4	
Atsuta							5	12	19	33	8	1	2					23.0	
Notoro	3	6	1	2	14	36	11		2	5								19.2	
Saroma				1	18	36	12	2	4	12	1							20.2	
DeKastri								1	5	14	12	17	8	1				24.7	
Okhotsk										9	15	31	16	9				25.5	
Karaginski											6	48	23	1	1	1	1	25.9	
Gizhiga								1	27	56	12	1						23.3	

Table 4. Age composition of samples caught from ten localities in the Far Eastern waters

Locality	Age																									
	Male								Female								Total									
	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	Mean	
Oobuchi	1	5	8	3					3	6	4	2	3	2			4	11	12	5	3	2			3.95	
Yūdō	13	13	4	2					11	14	1	2	2				24	27	5	4	2				2.92	
Fūren	31	3							31	8							62	11							2.15	
Atsuta		4							5	10	1						5	15	2						2.86	
Notoro	19	26	1	1					5	18	2	1					24	44	3	2					2.77	
Saroma	21	10	3						20	11	2						41	21	5						2.46	
DeKastri																	1	5	15	5	18	6			5.04	
Okhotsk				2	15	9	9	2				4	15	4	5	1				6	30	13	14	3	6.67	
Karaginski				29	3	1						40	1	1					69	4	2				5.11	
Gizhiga				38	1	1					1	48	1						1	86	2	1			5.03	

能取湖、サロマ湖、風蓮湖の標本は比較的体長が小さく、平均体長は 19~22 cm で、いずれも 2, 3 歳の若齢個体が卓越する。湧洞沼、厚田の標本は同じ 2, 3 歳魚が大部分を占めるが、平均体長は 23~25 cm である。尾駁沼の標本は、日本周辺の中では平均年齢が 4 歳と最も高い値を示すにも拘らず、平均体長は 25 cm と比較的小さい。日本周辺の 6 個体群の中では、尾駁沼と能取湖の標本で約 5 cm の体長差がみられる。

一方、カラギンスキーとオホーツクの標本の平均体長は 25~26 cm と大きい。カラギンスキーは 5 歳魚が最も多く、6, 7 歳魚を約 10% 混入して平均年齢は 5.1 歳となっている。オホーツクの標本は 5~9 歳の年齢幅をもち平均年齢は 6.7 歳である。この 2 標本は全標本の中で最も年齢が高くかつ体長が大きい。デカストリとギジガ湾の標本は平均体長が 23~25 cm と中位の値を示す。平均年齢では、いずれも 5 歳を示し、オホーツク、カラギンスキーに次いで高い。

ソヴィエト領海の 4 個体群は一般に平均年齢が高く、それに伴って体長も大きい。しかし、ギジガ湾の平均体

長は他の 3 標本より小さく、また、より若齢の尾駁沼、湧洞沼の標本より小さいことは特徴的である。日本周辺の 6 標本の間では、比較的魚体の小さな風蓮湖、能取湖、サロマ湖の標本が、いずれも若齢個体の多い組成を示すのに対し、同じ若齢個体の多い湧洞沼、厚田の標本が、北部水域の高齢個体の標本に匹敵する平均体長を示すことは、日本周辺の個体群が必ずしも若齢かつ小型個体を特徴とするとはいえず、成長に関する個体群間の著しい変異性を示すものといえる。

成長 各標本から個体数の多い代表的な輪群を選び、年輪形成時の体長を推定して、個体群の成長を 10 標本間で比較した (Fig. 2, Table 5)。同じ標本内では雌雄間の性差を示す例もみられたが、常に雌雄のいずれかが大きいという一貫した傾向はみられなかった。

日本周辺の 6 標本の成長を北部水域の 4 標本と比較すると、日本周辺の個体群が明らかに高い成長率を示した。これは 1 輪形成時の体長に典型的に表われ、日本周辺の標本では、いずれも 12 cm を越える。殊に成長のよい尾駁沼、湧洞沼、風蓮湖の標本では 17 cm に達し、9.5~

Fig. 2. Growth curves of body lengths calculated from scale trace by Lee's formula.

11 cm の体長を示す北部水域の個体群の 2 倍に近い体長になっている。1 輪形成時の体長と平均年齢には反比例的な関係があり、平均年齢の小さい標本ほど成長が速い。

2 歳以降の計算体長を日本周辺の 6 個体群間で比較すると、成長が最も速い湧洞沼では 23.5 cm の体長であるのに対し、成長が最も遅い能取湖では 15 cm を示して、体長差が 1 輪形成時におけるより更に大きくなっている。また、北部水域の 4 個体群では 14~16 cm の体長を示し、日本周辺の個体群より一段と小さい値を示している。中でも、ギジガ湾の成長が悪く、この時期から高齢に達するまでの体長が全個体群の最低値を示している。

考 察

個体群間の成長率に大きな相違がみられたにも拘らず (Fig. 2), 能取湖およびサロマ湖の標本を除けば、それぞれの個体群の最小体長、すなわち成熟開始時の体長は 20~25 cm とほぼ一定な値を示していた (Table 3)。このことは、ニシンの成熟年齢を決定する要因は、遺伝的に規定された固有の体長 (critical length) であるとする Blaxter and Holliday⁹⁾ の仮説が基本的に妥当することを意味している。また、雌雄間で個体群ごとに年齢組成を対比してみると、全年齢範囲および階級毎でみた比率において、雌雄間の差異は多くの場合に認められない。

これは成長に関与する遺伝的な要因には性差が関わっていないことを暗示している。一方、上に述べた一般的な傾向とは逆に、能取湖およびサロマ湖の個体群が極めて小さな体長で成熟することは、この個体群の遺伝的な特異性を示しているのかもしれない。

厚田の個体群においては、性比の不均衡および雌雄同体個体の出現という特異な現象がみられた。雌雄同体個体はニシン⁷⁾を始め、スケトウダラ⁸⁾、サケ科魚類⁹⁾など多くの硬骨魚で報告されており、出現自体はさほど稀なことではない。通常は雌雄異体構造をもつ動物の雌雄同体個体の発現機構については、不正常的な受精、初期発生時での染色体切断、性ホルモンの分泌異常などが予想される¹⁰⁾ほか、近年はホルモン制御¹¹⁾あるいは放射線照射¹²⁾などによる性発現に対する人為的な制御が行われるようになっている。しかし、天然魚における高頻度の雌雄同体個体の出現がどのような原因に基づくかは依然として解明されていない。殊に、本研究のように厚田の個体群に限って高頻度の出現がみられることは、この個体群の性比の不均衡と関連があるとも考えられ、稀に起こる確率的な事例というより、個体群の遺伝的な特性と何らかの関連をもつことが暗示される。

極東水域のニシンを生活様式との関連でみると、日本周辺の 6 個体群は高成長、若齢成熟、短寿命の特徴をも

Table 5. Back-calculated body length and 95% confidence interval (mm) of mean at successive annuli for both males and females of ten herring populations in the Far Eastern waters

Locality	Sex	Sample size	Age					
			1	2	3	4	5	6
Obuchi	F	3	176.7 ± 15.51	199.8 ± 13.03	222.9* ± 17.86	249.0 ± 15.52		
	M	6	170.9 ± 16.36	203.9 ± 20.91	241.7* ± 19.39	259.8 ± 21.22		
	Whole	9	172.8 ± 10.03	202.6 ± 12.37	235.4 ± 13.62	256.2 ± 13.19		
Yūdō	F	13	172.5 ± 7.11	239.8 ± 4.46	261.1* ± 4.17			
	M	13	171.5 ± 6.23	230.8 ± 11.49	251.4* ± 7.82			
	Whole	26	172.0 ± 4.39	235.3 ± 6.00	256.2 ± 4.57			
Fūren	F	8	165.1 ± 15.06	198.1* ± 20.28	224.4* ± 10.58			
	M	2	174.6 ± 40.28	215.4* ± 73.95	237.0* ± 76.24			
	Whole	10	167.0 ± 11.77	201.6 ± 16.28	226.9 ± 9.07			
Atsuta	F	9	131.3* ± 15.92	181.8* ± 24.98	232.8 ± 10.91			
	M	4	151.2* ± 9.09	208.2* ± 14.41	231.0 ± 27.03			
	Whole	13	137.3 ± 11.93	189.9 ± 17.99	232.2 ± 8.70			
Notoro	F	16	126.7* ± 2.69	153.0* ± 2.32	198.4* ± 2.78			
	M	17	125.4* ± 2.48	151.9* ± 2.14	194.2* ± 2.26			
	Whole	33	126.0 ± 1.74	152.4 ± 1.50	196.2 ± 1.84			
Saroma	F	3	131.7 ± 9.55	177.9 ± 7.92	194.3 ± 7.59			
	M	7	127.3 ± 6.73	176.5 ± 24.52	210.4 ± 19.38			
	Whole	10	128.6 ± 4.70	176.9 ± 15.53	205.6 ± 13.48			
DeKastri	F	—	—	—	—	—	—	—
	M	—	—	—	—	—	—	—
	Whole	18	108.8 ± 5.44	156.8 ± 5.80	193.8 ± 3.99	218.9 ± 3.62	244.2 ± 4.52	256.8 ± 4.12
Okhotsk	F	16	105.1 ± 3.64	152.4 ± 6.52	188.2 ± 7.76	215.9 ± 5.79	237.2 ± 5.14	248.6 ± 4.89
	M	14	105.8 ± 3.47	153.1 ± 5.78	192.6 ± 4.66	219.3 ± 4.14	238.2 ± 3.47	252.5 ± 2.72
	Whole	30	105.4 ± 2.38	152.7 ± 4.14	190.3 ± 4.49	217.5 ± 3.49	237.6 ± 3.01	250.4 ± 2.83
Karaginski	F	40	97.0* ± 2.26	159.3* ± 2.95	209.0* ± 2.82	241.8* ± 2.39	256.6* ± 1.59	
	M	29	95.1* ± 2.39	158.4* ± 2.70	210.7* ± 3.57	242.5* ± 2.82	257.9* ± 2.20	
	Whole	69	96.2 ± 1.63	158.9 ± 2.01	209.7 ± 2.18	242.1 ± 1.78	257.1 ± 1.28	
Gizhiga	F	47	98.8* ± 2.98	141.4* ± 2.37	181.7 ± 2.10	211.1 ± 1.79	233.4 ± 1.50	
	M	34	97.2* ± 2.76	143.1* ± 2.92	182.2 ± 3.37	212.9 ± 3.02	233.7 ± 2.40	
	Whole	81	98.1 ± 2.05	142.1 ± 1.82	181.9 ± 1.82	211.9 ± 1.61	233.5 ± 1.30	

* Significant at 5% level in mean lengths between female and male.

Table 6. Modes of life, ecological characteristics and physical environmental factors of ten herring populations in the Far Eastern waters

Population	Type of life pattern	Physical condition on spawning				Migration*1	Age at first spawning	Life-span	Initial growth	Annual*2 landing (ton)
		Nature	Salinity (‰)	Temperature (°C)	Latitude (°N)					
Obuchi	Lake-spawning	Brackish-lake	9-10	5-7	41.0	Small	2-3	Unknown	Large	<10 ²
Yūdo	Lake-spawning	Brackish-lake	16-28	7-13	42.5	Unknown	Unknown	Unknown	Large	<10
Fūren	Lake-spawning	Brackish-lake	16-28	8-13	43.3	Unknown	2	Unknown	Large	<10 ²
Atsuta	Shore-resident	Sea-shore	33-34	1-3	43.5	Small	2-3	8	Large	<10 ²
Notoro	Lake-spawning	Brackish-lake	16-27	4-16	44.0	Small	2	5	Medium	<10 ³
Saroma	Lake-spawning	Brackish-lake	29-32	2-15	44.3	Smzll	2	5	Medium	<10 ³
DeKastri	Shore-resident	Sea-shore	22-28	3-11	50.0	Medium	3-4	9	Small	10 ³ -10 ⁴
Okhotsk	Oceanic	Sea-shore	Unknown	4-8	58.0	Large	3-5	9-12	Small	10 ⁴ -10 ⁵
Karaginski	Oceanic	Sea-shore	Unknown	4-7	59.0	Large	3-5	13	Small	10 ⁴ -10 ⁵
Gizhiga	Oceanic	Sea-shore	Unknown	2-8	61.0	Large	3-5	9-12	Small	10 ⁴ -10 ⁵

*1 by Izuka⁴⁾, Ayushin¹⁵⁾, Frolov¹⁸⁾, Probatov and Frolov¹⁹⁾ and Kanno^{21,22)}.*2 by Izuka⁴⁾, Ayushin¹⁵⁾, Hanamura²⁰⁾ and Kanno²¹⁾.

つのに反し、北部水域の4個体群は低成長、高齢成熟、長寿命の対立する特徴をもっている。また、これらの特徴は個体群の大きさおよび回游の規模と密接な関連がある¹⁸⁾といわれる。Table 6 は本研究と過去に報告された知見をもとに、研究水域に分布するニシン個体群の生態および個体群の多寡の指標としての漁獲量を対比したものである。この表から日本周辺の大部分の個体群と、北部水域の個体群は極東水域にみられる生活様式の両端に位置しているのが看取される。より詳細にみれば、これらの生活様式は両者の中間型の生活様式を包含して、次の3型の生活様式に要約することができる。

湖沼型：低鹹な湖沼・内湾で産卵し陸水に対する親和性の強い個体群であり、大きな回游は行わない。2-3歳の若齢で成熟し、成熟時の体長は14-22 cmと個体群間の変異が大きい。寿命は5-8歳までと比較的短く、資源量は200トン以下で極めて小さい。湧洞沼、風蓮湖、能取湖、サロマ湖、尾鰲沼、および洞沼¹⁴⁾の個体群がこの型に属する。

沿岸型：海藻が繁茂し外洋水に接触する沿岸域を産卵場とするが、大規模な回游は行わない。2-4歳で成熟し、寿命は8-9歳である。資源量は外洋型より少ない。厚田、デカストリの個体群がこの型に属する。

外洋型：海藻が繁茂し外洋水に接する沿岸域を産卵場とし、300-900マイルの大規模な回游¹⁰⁾を行う。成熟年齢が3-5歳と比較的高くまた成熟時の体長が大きい。オホーツク、カラギンスキー、ギジガ湾の個体群および往年の樺太北海道系ニシンがこれに属する。

これらの生活様式は個体群ごとに僅かづつ異なり、極東水域の個体群の生態を全体としてみれば相互に移行する一連のスペクトルを構成しているようにみえる。つまり、このことは極東水域に分布するニシン個体群が形態的、生態的に多重的な層をなして存在することであり、大西洋ニシンで報告された品種圏あるいは多型種と呼ぶべき構造¹⁶⁾に対応したものと考えられよう。そして、これらの分布圏の両端に位置する個体群は形態変異の大きさ¹⁷⁾からみて、亜種に相当するものと考えられるが、この詳細については改めて報告したい。いずれにせよ、このような多型的な個体群構造をもつ魚類資源の数量動態および個体群の進化的・生態学的な機能については、同型魚類のモデルケースとして、さらに踏み込んだ解析を必要とする。

この一連の研究を取りまとめるに当たり、北海道大学水産学部の久新健一郎教授、北海道大学名誉教授浜田啓吉博士および北海道大学水産学部の富士 昭教授には、懇切かつ有益なご助言を賜った。また、元北海道水産研究所の飯塚 篤博士、小林時正氏、入江 隆氏および元

北海道立稚内水産試験場の近藤平八氏には、貴重な標本を提供していただき、かつ、種々のご討論を賜った、深く感謝の意を表する。

文 献

- 1) A. N. Svetovidov: Fauna of U.S.S.R. Fishes (Translated by Z. Krauthamer and E. Roifer), Vol. 1, Israel program for Scientific Tanslations Ltd. Jerusalem. 1952, pp. 1-374.
- 2) 菅野泰次: 北大水産彙報, **38**, 358-365 (1987).
- 3) F. H. C. Taylor: *Rapp. p.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer.*, **154**, 279-292 (1963).
- 4) 飯塚 篤: 主要遠洋漁業資源, ニシン資源, 水産庁研究開発部, 東京, 1974, pp. 1-24.
- 5) R. M. Lee: *Fish. Invest.*, Ser. II, **4**, 1-29 (1920).
- 6) J. H. S. Blaxter and F. G. T. Holliday: in "Advances in Marine Biology" (ed. by F. S. Russell), Vol. 1, Academic press, London, 1963, pp. 261-393.
- 7) F. G. T. Holliday: *J. Cons. int. Explor. Mer.*, **38**, 180-188 (1963).
- 8) 疋田豊治: 採集と飼育, **17**, 247 (1955).
- 9) 疋田豊治: 北海道さけ・ますふ化場研報, **12**, 111-114 (1958).
- 10) 山田常雄, 前川文夫, 江上不二夫, 八杉竜一: 生物学辞典, 岩波書店, 東京, 1960, pp. 454.
- 11) 岡田鳳二: 北海道水産孵化場研報, **40**, 1-49 (1985).
- 12) 小野里 坦, 山羽 悦郎: 日水誌, **49**, 693-699 (1983).
- 13) I. P. Pravotorova: ソ連北洋漁業関係文献集第49集, (小山譲訳), 北洋資源研究協議会, 東京, 1962, pp. 867-878.
- 14) 藤田 経信, 小久保 清治: 動 雑, **35**, 159-164 (1923).
- 15) B. N. Ayushin: *Rapp. p.-v. Reun. cons. int. Explor. Mer.*, **154**, 262-269 (1963).
- 16) G. Krefft: *Rapp. p.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer.*, **143** (part 2), 22-25 (1958).
- 17) 菅野泰次: 日水誌, **55**, 431-439 (1989).
- 18) A. I. Frolov: 日ソ漁業科学協力翻訳印刷文献, ニシン編, (平野義見訳), 水産庁, 東京, 1979, pp. 81-103.
- 19) A. N. Probatov and A. I. Frolov: *Uchenye zapiski Rostovskogo-na-Donu Gosudarstvennogo Universiteta*, **51**, 33-35 (1958).
- 20) 花村宜彦: 北水研報告, **20**, 1-66 (1963).
- 21) 菅野泰次: 栽培技研, **12**, 59-69 (1983).
- 22) 菅野泰次: 日水誌, **48**, 755-762 (1982).