

北 水 試 報

Sci. Rep.

Hokkaido Fish. Exp. Stn.

CODEN: HSSHBB

ISSN 0441-084X

北海道立水産試験場報告

第 29 号

SCIENTIFIC REPORTS

OF

HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 29

北海道立水産試験場

(昭和 62 年 3 月)

(March, 1987)

北海道立水産試験場報告

第 29 号

目 次

宇藤 均・坂崎繁樹

網走湖産ワカサギの生活史

第3報 降海及び遡河移動について..... 1-16

蔵田 護・西浜雄二

能取湖における海洋条件の季節変化..... 17-24

水島敏博

野付湾ホッケイエビの成長に伴う分布と密度の変化..... 25-35

新原義昭・工藤 篤・大野孝悦・高谷成基

恵山町におけるチガイソ *Alaria crassifolia* Kjellman の生態..... 37-49

(昭和62年3月)

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 29

CONTENTS

UTOH, Hitoshi and Shigeki SAKAZAKI

Life history of the smelt, *Hypomesus transpacificus nipponensis*
McALISTER, in Lake Abashiri

3. Seaward and upstream migration 1-16

KURATA, Mamoru and Yuji NISHIHAMA

Seasonal change of the hydrographic condition in Lake Noto, Hokkaido

17-24

MIZUSHIMA, Toshihiro

Changes of distribution and population density of

Pandalus kessleri CZERNIAVSKY in Notsuke Bay, Hokkaido 25-35

NIHARA, Yoshiaki, Atsushi KUDO, Kouetsu OONO and Seiki TAKAYA

An ecology of *Alaria crassifolia* KJELLMAN at Esan, southern

Hokkaido 37-49

(March, 1987)

網走湖産ワカサギの生活史

第3報 降海及び遡河移動について

宇藤 均・坂崎 繁樹
(北海道立中央水産試験場) (網走市役所)

Life history of the smelt, *Hypomesus transpacificus nipponensis* McALLISTER, in Lake Abashiri.

3. Seaward and upstream migration.

Hitoshi UTOH *¹ and Shigeki SAKAZAKI *²

*¹ Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046, Japan

*² Abashiri Municipal Office, Abashiri, Hokkaido 093, Japan

In Lake Abashiri, Hokkaido, the smelt, *Hypomesus transpacificus nipponensis*, McALLISTER, has an anadromous type that leaves the Sea of Okhotsk and ascends the lake in autumn, but little information is available on its migration ecology. The present study dealt with the seaward and upstream migration of this fish and its age and size compositions in an outlet stream of the lake during 1981 and 1984.

The migrants were mostly the young-of-the-year, and 1- and 2-year-old fish were involved. Three-year-old fish were also rarely found. The young-of-the-year fish hatched in inlet streams in the spring stayed for a some time in the lake and migrated to the sea during mid-July to November with a peak in August, when almost all fish became juveniles. After the life in the sea during about two or three months, most of them returned to the lake from October to December, but some moved upstream in April of the next year. The sea-going young were larger in size than those remained in the lake. The seaward migration of 1- and 2-year-old fish took place during May and September with a peak in July. They returned during the two periods October to December and April to May of the next year, the runs in the former period being bigger than those in the latter.

Based on its life history, it is suggested that the smelt of Lake Abashiri, excluding the 2- and 3-year-old fish, was divided into the following five groups: 1) non-migratory fish; 2) fish that moved downstream and upstream in the year of the birth and remained in the lake in the second year of life; 3) fish that moved downstream and upstream both in the first and second years; 4) fish that proceeded to the sea in the year of the birth and returned

to the lake in the second year; and 5) fish that remained in the lake in the year of the birth but moved downstream and upstream in the second year. The ecological information for the 2- and 3-year-old fish is still limited.

緒 言

網走湖におけるワカサギ漁業は本湖の漁業の中でも主要な位置を占めているが、漁獲量は年によって大きく変動しており、資源動態の解明が急がれている。

著者らは先に本湖産ワカサギ漁業の変遷とその生活史に関する知見を整理し、遡河回遊群の移動生態に不明な点の多いことを指摘した(宇藤・坂崎 1983)。資源量評価の手段として資源力学的方法があるが、これを用いる場合にも漁場である湖への移入・移出の実態を知ることが重要な課題である。

北海道立網走水産試験場では西網走漁業協同組合の依頼によって、1981年から本湖産ワカサギの生態調査を実施しており、その結果は年次別に報告されている(宇藤ら 1982, '83, '84, '85, 山岸ら 1986)。本報告では遡河回遊群の移動生態に関する 1981～'84 年の期間の調査結果を整理し、降海及び遡河の時期と規模、また生活第二年目以後の移動などについて、若干の知見を得たので報告する。

報告に先立ち、調査に際し御指導を頂いた北海道大学水産学部名誉教授浜田啓吉博士、並びに貴重な未発表資料の参照を許された同学部助教授高野和則博士に深く感謝する。また、多大な御協力を頂いた西網走漁業協同組合及び漁業者の各位に深謝する。

調 査 方 法

調査は 1981 年 6 月から '84 年 11 月までの、冬期間を除いてほぼ周年にわたって網走湖の流出河川 (Fig. 1) で実施した。また、1983 年には冬期間の調査も行った。

目視観察は、冬期を除く全期間にわたって流出河川全域と河口港及び沿岸で適宜実施したが、特にふくべ網設置場所とその約 2 km 下流にあるサケ捕獲場付近を中心に実施した。ワカサギの採捕に使用した用具は、口径 120 cm の稚魚ネット、目合 32 節の投網、目合 3 mm のもじ網で作製したふくべ網 (Fig. 2)、曳網である。曳網は湖内のワカサギ漁業者が使用するものを用いた。

各用具の使用時期及び採捕結果を Table 1 に示した。移動量の季節変化を調べるにはふくべ網が有効と考え、主にこれを用いた。ふくべ網の設置方向は魚群行動の目視観察によって、その移動方向を判断し、降海と遡河に合わせてそれぞれ上流、下流とした。目視観察で判断出来なかった 4, 7, 10 月については、数日間設置方向を変えた 1982 年の結果に基づいて、採捕数の多かった方向に決定した。

1983 年 11 月 15 日までは Fig. 1 に示した地点の右岸に設置していたが、翌 16 日以後調査終了時までの期間中は、遊漁者とのトラブルを避けるため同地点の左岸に設置した。網を設置した期間は毎日網揚げを行い、日別の採捕数を調べた。

標本は原則として全数を計数したが、多量に採捕された 8, 11, 12 月については、揚網時に総採捕重量または容量を記録し、その一部を標本として計量・採取し、研究室に持ち帰り計数した後、その結果を引伸して総採捕数を推定した。

5～9 月の期間は 0 年魚と年齢 1 年以上の魚の体長組成に重複が見られず、両者は体長から容易に判別された。しかし、1983 年を除く 10～4 月の期間は両者の体長組成が互いに重複し、体長から判別することは困難であった。そこで 1983 年を除くこの期間の標本については、無作為に抽出した部分標本の年齢査定を実施し、その結果を用いて各月の採捕数に引伸して両者の採捕数を推定した。なお、大型魚を主体に標本抽出された 1984 年 11

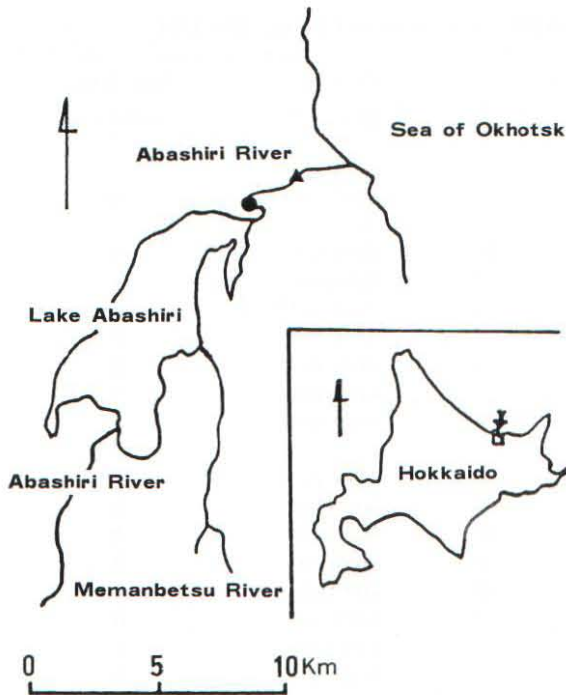


Fig. 1. A map of Lake Abashiri and the Abashiri River showing the sampling stations.

- : Station A at which a trap net was set.
- ▲: Station B at which a cast-net sampling was made. A weir was set across the stream to catch returning adult chum salmon by the Hokkaido Salmon Hatchery.

月の資料は、年齢査定の結果と体長組成から各体長階級に占める0年魚と1年魚の頻度を求め、これを用いて推定した。また、その他の時期に体長から年齢1年以上とされた標本についても適宜年齢査定を実施した。標本の年齢査定には鱗を用いた。採鱗は主に背鰭直下で側線上部の、2及び3列目の鱗列から行ったが、脱鱗が激しい場合はこれに限らなかった。

未成熟魚と成熟魚の判別は生殖巣の肉眼観察によった。雌の場合卵巣が黄色味をおび、卵黄蓄積が示唆される段階以後にあるものを、また雄の場合精巣が乳白色を呈し、精子形成が示唆される段階以後にあるものをそれぞれ成熟魚とし、いずれも小さく半透明なものを未成熟魚とした。

4月に採捕されたワカサギの移動先を調べるため、1983年4月12日から15日の期間にふくべ網によって採捕されたもののうち、合計1,213個体について調査点A(Fig. 1)で標識放流を実施した。4月12, 13日に放流した魚にはアンカータグに日付と魚体番号を記入したものを、また4月14, 15日に放流した魚には綿糸のリボンを、それぞれ背鰭直下にタグガンと針を用いて取り付け標識とした。

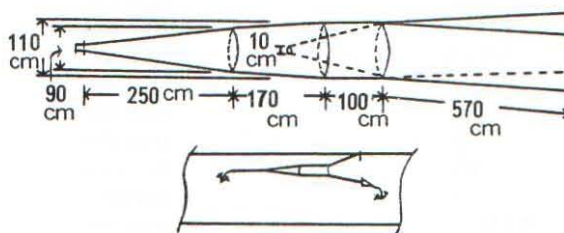


Fig. 2. A diagram of a trap net "Fukube-ami" and its setting view.

Table 1. A list of samples of smelt caught in the Abashiri River, 1981-1984.

Date	No. of fish		Fishing gear	Age deter- mination
	age 0	age ≥ 1		

1981				
Jun. 11, 12	0	1	cast net	A*
Jun. 17	0	0	larva net	A
Jul. 21	253	16	dragnet	A
Aug. 24	6, 710	2	dragnet	A
Oct. 14	2	33	cast net	B*
Nov. 4, 5	6	3	cast net	B
Nov. 10	2	0	trap net	B
Nov. 24-30	3, 146	0	trap net	B
Dec. 1-18	$1, 082 \times 10^2$	25×10^2	trap net	B
1982				
Apr. 19-24	1, 142	73	trap net	B
May 13	0	0	larva net	A
May 17-22	0	19	trap net	A
Jun. 1	18	0	larva net	A
Jun. 24	0	0	larva net	A
Jul. 12-17	430	0	trap net	A
Jul. 14	0	0	larva net	A
Aug. 2-7	34, 352	0	trap net	A
Aug. 19-28	5, 496	0	trap net	A
Sep. 7-11	285	4	trap net	A
Oct. 5-16	1, 876	1	trap net	B
Oct. 26-30	315	0	trap net	B
Nov. 15-30	$1, 772 \times 10^2$	174×10^2	trap net	B
Dec. 1-24	$2, 929 \times 10^2$	199×10^2	trap net	B
1983				
Jan. 17-22	86	7	trap net	B
Feb. 23-28	2	0	trap net	B
Mar. 1-3	2	0	trap net	B
Apr. 6-16	5, 950	121	trap net	B
May 12-20	0	28	trap net	A
Jun. 25	127	0	larva net	A
Jul. 11-24	2	125	trap net	A
Aug. 3-12	255×10^3	42	trap net	A
Aug. 19-31	$1, 107 \times 10^2$	19	trap net	A
Sep. 1-8	6, 513	6	trap net	A
Oct. 3-8	417	6	trap net	A
Nov. 1-30	913×10^3	372×10	trap net	A
Dec. 1-18	562×10^3	482	trap net	A
1984				
Apr. 16-21	4, 325	10	trap net	A
May 30	27	0	trap net	A
Jun. 12, 29	171	0	larva net	A
Jul. 20	0	0	dragnet	A
Aug. 1-24	$2, 144 \times 10^2$	16	trap net	A
Oct. 11-15	896	154	trap net	B
Nov. 19-23	11, 565	2, 833	trap net	B

* A : based on body size, B : based on scale reading.

結 果

1. 降海及び遡河移動の観察と移動魚の採捕結果

1981年の夏季を除き、いずれの年にも8月から12月の期間、目視観察によって魚群が確認された。特に8月と11, 12月には濃密な群が観察され、流出河川、河口港、網走湾沿岸のいずれでも観察された。また11, 12月の夜間には魚群が河口から湖口に至る河岸に沿って帯状を呈して遡上するのが観察された。

調査期間中の採捕結果を Table 1 に示した。4年間の調査で採捕されなかったのは1981年6月と'84年7月だけであり、特に8, 11, 12月と4月に0年魚が多数採捕された。5, 6月には稚魚ネットによって仔魚が採捕された。年齢1年以上のワカサギは、各年共秋季と春季に比較的多く採捕された。なかでも1983年5月から'84年4月までの期間には比較的多く、しかも連続して採捕された。しかし、前述した時期の0年魚と比較すると著しく少なかった。なお、1981年8月26日と'82年8月1日には網走沿岸で曳網によって稚魚が多数採捕された。

比較的周年にわたって資料の得られた1982年4月から'84年4月までのふくべ網による採捕結果に基づき、調査日数1日当たりの0年魚の採捕数を月毎に求めFig. 3 に示した。年による採捕数の多少はあったが、8月と12月に大きなピークが、4月に小さなピークがみられた。大きなピークとその前後の時期は前述の魚群行動及

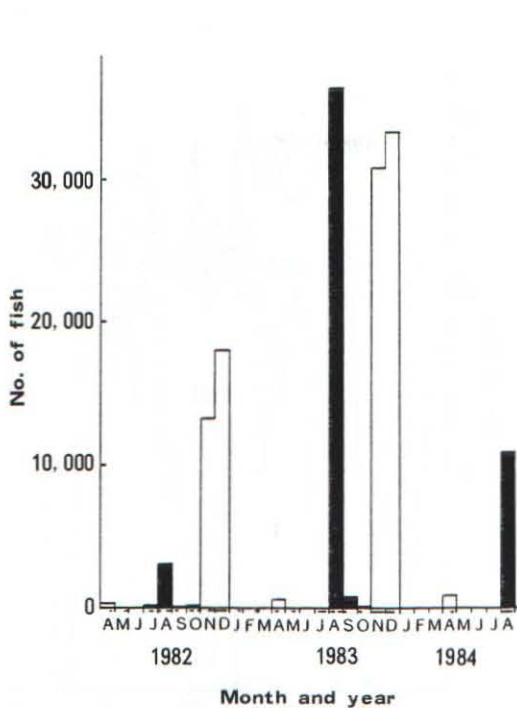


Fig. 3. Seasonal change in average daily catch of young-of-the-year smelt at Station A in the Abashiri River. Horizontal lines on abscissa indicate trapping durations. ■: Downstream migrating fish, □: upstream migrating fish.

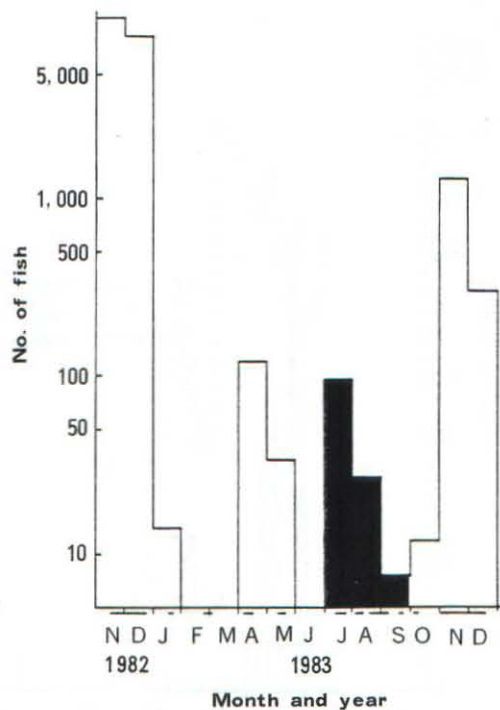


Fig. 4. Seasonal change in average ten-day catch of smelt of ages 1 and more at Station A in the Abashiri River. Horizontal lines, and shaded and open vertical bars as in Fig. 3.

び後述する生物学の特徴から、それぞれ降海移動期、遡河移動期に対応しているとみなされた。

なお1982年の4, 7, 10月には一時的に網を逆方向にも設置した。その採捕数は上流へ向けて設置した場合、各々設置日数1日で8個体、2日で398個体、4日で921個体であった。また下流へ向けて設置した場合、同じく4日で1,207個体、3日で32個体、12日で1,270個体であった。したがって、1日当たりの採捕数を比較すると4月は下流へ、7月は上流へ向けて設置した場合が明らかに多いが、10月は上流へ向けた場合が若干多いものの、4, 7月のような大きな差はみられなかった。

年齢1年以上のワカサギが比較的連続して採捕された期間のふくべ網による採捕結果に基づき、調査日数10日当たりの採捕数を月毎に求め Fig. 4に示した。調査の実施された期間中、2, 3月を除いて採捕がみられたが、比較的多いのは7月をピークとした7~9月及び11月をピークとした10~12月の期間と4月をピークとした4~5月であり、前述した0年魚の場合と若干相違していた。

採捕数に大きなピークのみられた夏季のふくべ網による日別採捕数の変化(1982~'84年)をFig. 5に、晩秋のそれ(1981~'83年)をFig. 6にそれぞれ示した。夏季の場合ピークを示す時期及び多獲される期間に年による相違がみられたが、いずれの年も短期間でピークに達する点で共通しており、その後徐々にあるいは急速に減少していた。晩秋の場合も年による同様な相違がみられ、特に1981年のピークは最も遅れ、12月に入ってからみられた。

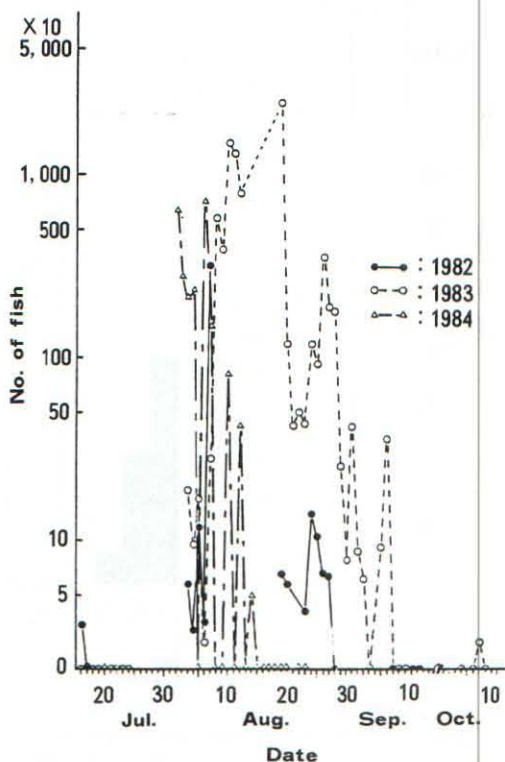


Fig. 5. Daily change in catch of smelt at Station A in the Abashiri River during mid-July and mid-October, 1981-1983.

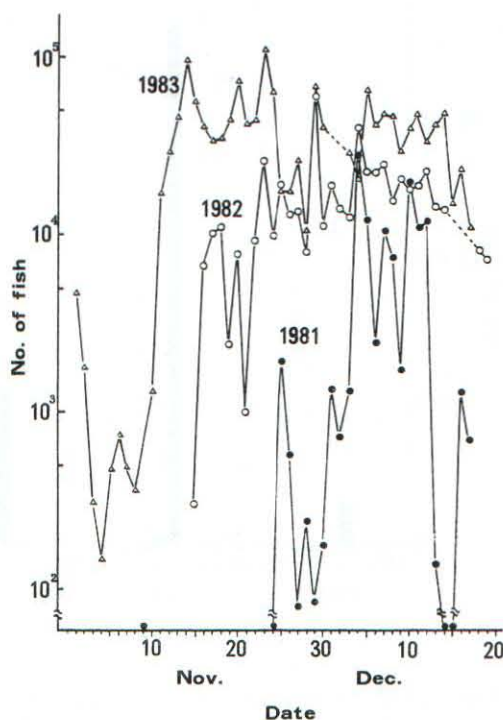


Fig. 6. Daily change in catch of smelt at Station A during early November and mid-December, 1981-1983.

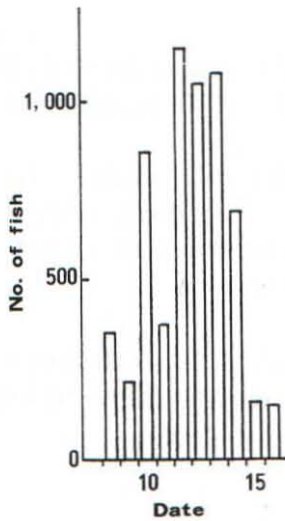


Fig. 7. Daily change in catch of smelt at Station A in the Abashiri River, April 1983.

2. 標識放流再捕結果

1983年4月のふくべ網による採捕結果をFig. 7に示した。調査開始時から終了時まで採捕があり、そのピークは10日過ぎで、標識放流を実施した時期と一致していた。標識放流に供した魚の測定は行われなかったが、同時期に採捕された標本の体長組成、年齢及び生殖巣等については、後述するFig. 4, Table 1, 3, 4, に示した通りである。4, 5月にワカサギを採捕していたのは、湖へ流入する網走川と女満別川 (Fig. 1) で、4月下旬まで実施された人工採卵事業、及び女満別川で5月末まで実施された産卵遡上調査、さらに5月1日から11日の期間操業された湖内曳網漁業であった。

標識魚の再捕結果をTable 2に示した。再捕数は合計12個体で、再捕率約1%と少なかったが、上述したいずれの採捕でも標識魚の再捕があった。早いものでは放流4～5日後に産卵河川である網走川と女満別川に遡上して再捕された。また5月には湖内曳網漁によって主に産卵後のものが再捕された。

Table 2. Dates and places of recapture of smelt marked and released at Station A in the Abashiri River in mid-April 1983, and their biological characteristics.

Date	Place	Body length	Body weight	Sex	Maturity	Date of release
Apr. 17	Abashiri River	94.2mm	6.9g	♂	mature	Apr. 12
Apr. 18	Memambetsu River	98.6	8.6	♂	mature	Apr. 14 or 15
Apr. 22	Memambetsu River	81.9	6.5	♀	mature	Apr. 13
Apr. 23	Memambetsu River	83.4	5.9	♀	mature	Apr. 14 or 15
	" "	82.8	6.5	♀	mature	Apr. 12
Apr. 26	Memambetsu River	77.8	5.9	♀	mature	Apr. 12
May 2	Lake Abashiri	89.4	5.3	♂	spent	Apr. 14 or 15
	" "	83.2	4.7	♂	spent	Apr. 14 or 15
May 3	Lake Abashiri	75.8	4.0	♂	mature	Apr. 12
	" "	92.0	6.9	♂	mature	Apr. 12
	" "	83.5	4.9	♂	spent	Apr. 13
May 10	Lake Abashiri	84.3	—	—	spent	Apr. 13

3. 生物学的特徴

(1) 年齢

調査期間を通して採捕された、0年魚と年齢1年以上の魚の組成はTable 1に示した通りである。選択性の強い稚魚ネットと投網の資料、及び0年魚が出現しない5、6月の資料を除くと、各年共に圧倒的に0年魚が多かった。

次に、年齢1年以上とみなされた大型魚の標本について実施した読輪結果をTable 3に示した。年齢1年以上の魚の多くは1年魚であった。2年魚の割合が比較的高くしかも3年魚が見られた標本は、1981年10月の投網によって採捕されたものだけであった。しかし4年間を通してみると、ほぼいずれの時期にも2年魚がみられた。

(2) 体長組成

5、6月に稚魚ネットによって採捕された仔魚の体長組成をFig. 8に示した。いずれも体長20mm以下の仔魚であった。1984年の場合、時期の推移に伴って生長していることがうかがえる。なお、いずれの標本も同時期に湖内の調査で得られた標本の組成とはほぼ一致していた。

Table 3. Age composition of aged 1 and more smelt caught in the Abashiri River, 1981-1984. Ages were determined by scale reading method. Numerals represent fish numbers.

Date	Age			
	1	2	3	?
1981				
Jun. 11		1		
Jul. 21	11	1		4
Oct. 14	8	21	4	2
Dec. 22	5	1		
1982				
Apr. 20	5	1		
Nov. 15	9			2
Dec. 15	6			3
1983				
Jan. 18	2			
Apr. 7	2			
Nov. 2	12	1		2
Nov. 9	13			
Nov. 25	40	6		4
1984				
Apr. 17-21	8	1		1
Oct. 12	31			
Nov. 20	39			
Nov. 22	31			

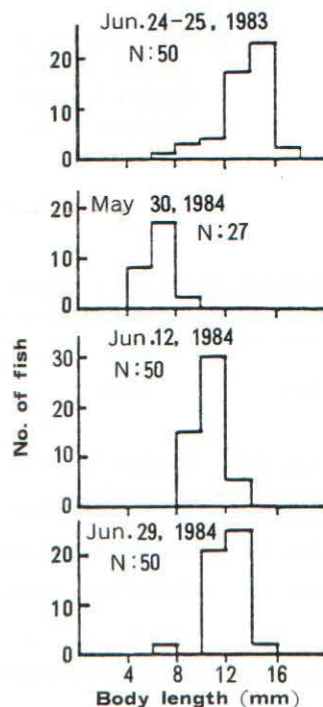


Fig. 8. Size-frequency distribution of smelt larvae caught by a larva net in the Abashiri River during May and June, 1983-1984.

各年の7～9月に採捕された0年魚の体長組成をFig. 9に示した。比較のため同時期に湖内の調査で得られた0年魚の体長組成も同時に示した。河川の場合主に体長25mm以上の魚から成っていたが、これらの发育段階は後期仔魚から稚魚への移行期及び稚魚期に相当していた。7月及び8月上旬の湖内ではこのような魚の割合は小さかった。しかし、8月中旬以後にはほとんどのものが体長30mm以上に生長し、9月上旬には湖内と河川の組成はほぼ一致していた。また年によって体長範囲、モードに相違がみられたが、これは湖内の年による生長の相違と対応していた。

10月から翌年4月の期間に採捕された0年魚の体長組成を Fig. 10 に示した。なお、1981年と'82年の場合、年齢査定をしなかった標本には、一部年齢1年以上の個体が含まれている可能性がある。しかし前述したようにその割合は小さいので、ここでは0年魚の組成を示すものとみなした。同一時期であっても年により体長範囲、モードに相違がみられたが、時期的変化の仕方は、'84年を除く各年で共通していた。遡河移動魚の採捕数が急増した時期は、1981年には12月4日、'82年には11月16日、'83年には11月11日であり（Fig. 6）、いずれもこの時期を境として、それまでみられた小型魚の頻度が低下し、大型魚の頻度が高くなった。また、翌年4月には若干小型化する傾向が認められた。

すなわち1981年の場合、11月の組成は二峰型を呈し、体長75mm以上とそれ以下にそれぞれモードがみられたが、12月には体長75mm以下のモードが消失し、モードが体長80～85mmの単峰型となった。翌年4月には、このモードのほかに体長55～60mmのモードが出現した。

1982年の場合、11月15日までは多峰型を呈した。10月6、7日のモードは、いずれも体長80mm以下であったが、10月中旬以後には体長80mm以上にもモードが出現した。11月16日以後は、それまでみられた体長70mm以下のモードが消失し、体長80～85mmをモードとする単峰型あるいは、これを主モードとする二峰型を呈した。翌年の1月及び4月には、主モードが体長75～80mmに移行し、若干小型化した。

1983年の場合、他の年と比較して全体に小型で、上述した時期における変化は明瞭ではなかった。しかし、11月17日以前には主モードが体長60mm以下であり、大部分が体長60mm以下の魚で占められていたが、11月

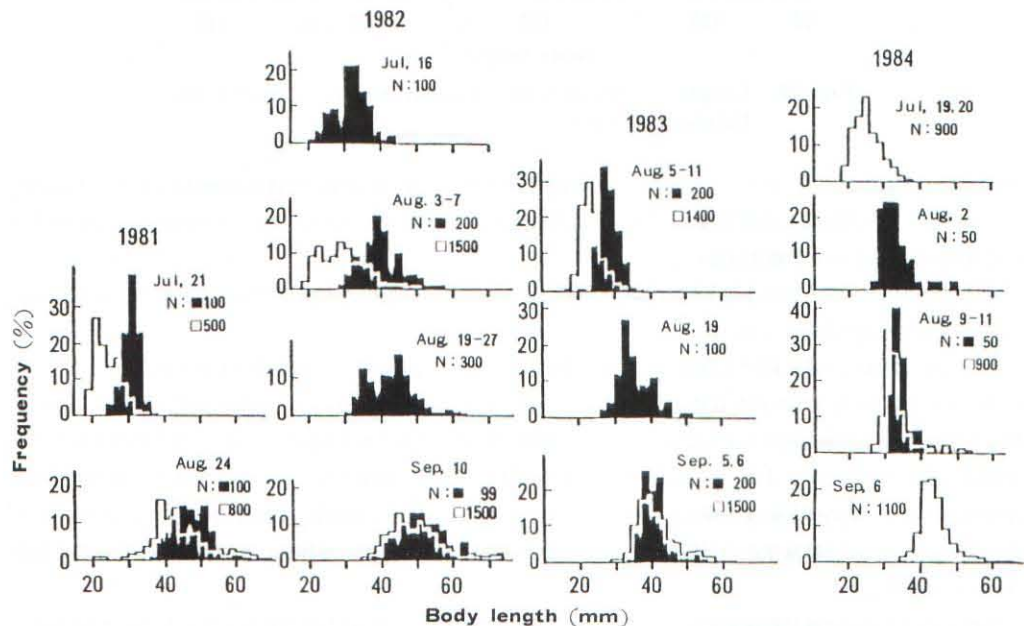


Fig. 9. Size-frequency distribution of young-of-the-year smelt caught in the Abashiri River (■) and Lake Abashiri (□) during July and September, 1981-1984.

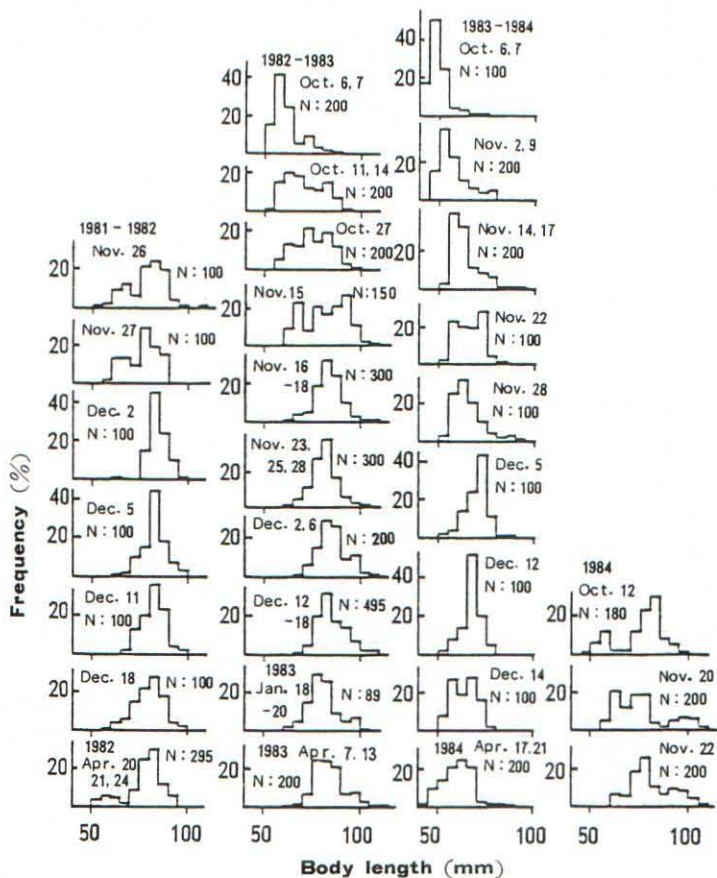


Fig. 10. Length composition of young-of-the-year smelt from October to April.

22日には体長60mm以上に主モードが出現し、その後11月17日以前とは対比的に体長60mm以下のモードは消失し、大部分がこの体長以上の魚で占められた。12月14日には、体長55~60mmのモードが出現し、翌年の4月には体長60mm以下の魚の頻度が高くなった。

1984年の場合、標本数が少なく時期的変化は知り得なかったが、10月から体長70mm以上のモードがみられ、大型魚の頻度も比較的高かった。

10月上旬の標本は上流に向けて設置したふくべ網によるもので、他はすべてその逆のものである。

次に1982年10月8日に調査点B (Fig. 1) に設置されたサケ捕獲場のウライの上・下で、投網によって採捕されたワカサギの体長組成をFig. 11に示した。両者の組成には明らかな相違がみられ、ウライの下流では大型個体だけがみられたが、上流ではこれに加えて小型個体もみられ二峰型を呈していた。ウライ上流の体長組成は同時期のふくべ網の体長組成と極めて近似していた (Fig. 10)。この時期には数日間にわたってウライの上流に小型のワカサギが群泳するのが観察されたが、ウライの下流では上記の採捕時に大型個体から成る群が観察されたのみであった。

年齢1年以上の魚の体長組成をFig. 12に示した。1983年の場合5月には二峰型を呈していたが、7月以後は単峰型を呈し時期的推移に伴って大型化した。また同時期の0年魚 (Fig. 8, 9, 10) よりも明らかに大型で、体

長範囲に重複はみられなかった。一方他の年の場合、体長範囲は比較的広く、同時期の0年魚 (Fig. 10) よりも大きな体長範囲に分布するものと0年魚と同じ体長範囲に分布するものがみられ、1984年10、11月には多峰型を呈し体長70 mm台のモードもみられた。

(3) 性及び生殖巣

各年を通じて肉眼的に性成熟が確認されたのは0年魚では10月以後、年齢1年以上の魚では9月以後で、6～7月の期間は未熟状態であった。

主に成熟魚がみられた期間の成熟魚の雌、雄及び未成熟魚の組成をTable 4に示した。年齢1年以上の魚については未成熟魚の雌雄組成も示した。0年魚の場合、標識放流を実施した1983年4月の標本は全て成熟魚であったが、他の標本には未成熟魚がみられた。その割合は年及び時期によって異なり、1983年11月～翌年4月の期間が最も高かった。雌雄の組成も、年、時期によって異なっていた。Table 4から年級群毎の特徴をみると、1983年級は全期間を通じて雌の割合が高く、また'81、'82年級では11月と12月の間で、'84年級では10月と11月の間で雌雄の割合が大きく変化し、いずれも後期の方が雌の割合が高かった。

年齢1年以上の魚には7月以外に未成熟魚はみられなかった。また、どの時期でも雌の割合が雄よりも高い点で共通していた。なお、1983年5月13日の標本中雄の92%、雌の63%に残存精子及び残留卵が確認され、産卵後の個体であることを示していた。

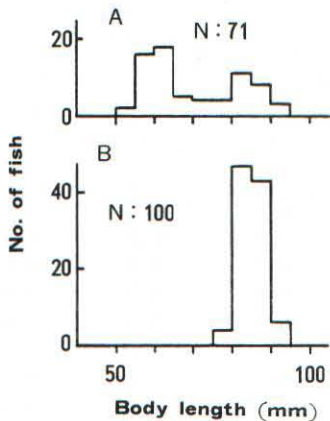


Fig. 11. Size-frequency distribution of smelt caught at Station B in the Abashiri River. A: Fish caught on an upstream side of a weir for chum salmon, B: fish caught on a downstream side of a weir.

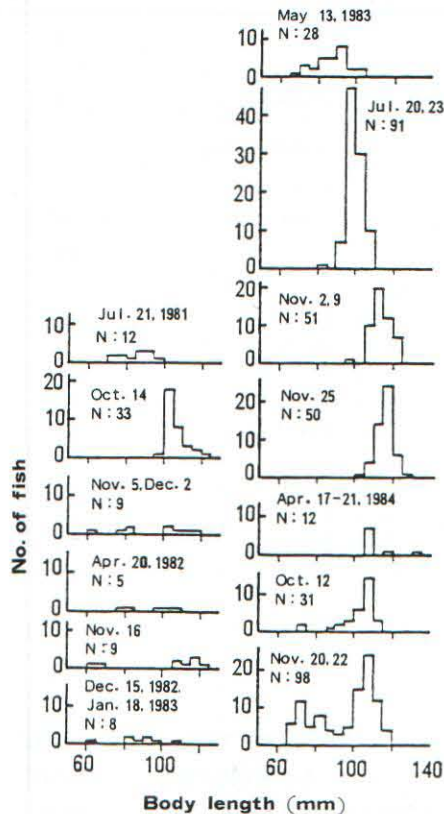


Fig. 12. Size-frequency distribution of smelt of ages 1 and more caught at Station A in the Abashiri River, 1981-1984.

Table 4. Gonadal maturity compositions of smelt caught in the Abashiri River, 1981-1984.

Date	No. of fish	Age 0			
		Mature		Immature	
		♂	♀	♂ + ♀	
1981		%	%	%	
Nov. 26	123	42.3	42.3	15.4	
Dec. 2-18	500	46.0	50.2	3.8	
1982					
Apr. 20, 21, 24	295	38.0	48.8	13.2	
Oct. 6, 11, 14, 27	400	49.0	42.0	9.0	
Nov. 16-29	600	45.7	43.5	10.8	
Dec. 3-22	695	47.3	52.1	0.6	
1983					
Jan. 18-20	89	39.3	52.8	7.9	
Apr. 7, 13	200	44.5	55.5	0.0	
Nov. 2, 14	100	13.0	20.0	67.0	
Nov. 22, 28	200	23.5	34.0	42.5	
Dec. 5, 12, 14	300	36.0	44.7	19.3	
1984					
Apr. 17-21	200	28.0	36.0	46.0	
Oct. 12	81	51.9	43.2	4.9	
Nov. 20, 22, 23	444	37.8	46.2	16.0	

Date	No. of fish	Age ≥ 1			
		Mature		Immature	
		♂	♀	♂	♀
1983		%	%	%	%
May 13	28	42.9	57.1	0.0	0.0
Jul. 20, 23	48	0.0	0.0	43.8	56.2
Nov. 2	20	45.0	55.0	0.0	0.0
Nov. 17	11	36.4	63.6	0.0	0.0
Nov. 25	50	48.0	52.0	0.0	0.0
1984					
Apr. 17-21	12	33.3	66.7	0.0	0.0
Oct. 12	19	42.1	57.9	0.0	0.0
Nov. 20, 22, 23	72	47.2	52.8	0.0	0.0

考 察

著者らは先に、本湖産ワカサギの生活史に関する過去の知見を整理し、その概要を示した（宇藤・坂崎 1983）。本邦産ワカサギには、その生活史の相違から遡河回遊型と陸封型が知られている。また前者は、さらに春に海から河川に産卵遡上するaタイプと、秋に海から湖に遡上して越冬した後、春に流入河川に産卵遡上するbタイプの二つに分けられ、それぞれに淡水残留型が知られている（浜田 1961）。

網走湖産ワカサギはbタイプの典型で、降海と湖への遡上はそれぞれ生活第一年目の春と秋にみられるとされている。

網走湖の流出河川における本調査結果では、生活第一年目末の4月及び生活第二年目にも移動が認められた。以下に生活第一年目及び生活第二年目以後の移動について、それぞれ考察を加え、次いで網走湖産ワカサギの生活史について考察する。

1. 生活第一年目（0年魚）の移動

本調査結果は、8月及び11月もしくは12月をピークとしたワカサギの大規模な移動があることを示しており、魚群分布、行動及び体型にみられた特徴からそれぞれ降海移動、遡河移動とみなされた。

一方、その他の時期にも少数ではあるが採捕がみられ、ワカサギが周年にわたって網走湖の流出河川に分布することが判明した。5、6月には仔魚が採捕されたが、これは湖内に分布する仔魚の一部が流出したものと考えられる。

11、12月の体長組成は二峰型あるいは多峰型を呈し、大型群と小型群が認められたが、分布及び行動の相違からそれぞれ遡河群と降海群であると考えられる。10月にふくべ網の設置方向を変化させた場合の採捕数と体長組成の相違もこれを示唆している。すなわち採捕数には大きな相違がなく、上流に向けた場合には小型魚が多く、下流に向けた場合には大型魚が比較的多かった。したがって降海移動の時期は7月から10月、遅い場合11月までの期間にわたり、一部遡河移動と重なる時期があるものと考えられる。降海移動の盛期は8月上・中旬にみられたが調査開始当初からピークを示した年もあり、これより若干早い場合も考えられる。後述するように0年魚の場合、降海移動とその生育との関連が示唆されることから、生育速度の相違が移動開始時期及び盛期に変動をもたらすことが考えられる。

遡河移動魚が本格的に採捕され始める時期は年により明らかに異なり1983、'82、'81年の順でより早かった。調査例が少ないが、これは各年の11、12月の採捕総数の多少と対応しており、遡河魚が多い場合にはより早く移動が始まることを示唆しているかも知れない。

ところで、1月から3月の期間の採捕数は著しく少なく、ほとんど移動はないものと考えられるが、4月には小規模ながら移動がみられた。これはふくべ網の設置方向を変えた場合の採捕数の相違及び標識放流魚の再捕結果から、主に遡河移動とみなされる。しかし1982、'84年の体長組成には前年秋の遡河群にはみられない小型魚がみられ、しかもこの多くは未成熟魚であった。標識放流を実施した1983年の魚はすべて成熟魚であり、未成熟魚の移動方向は必ずしも十分に解明されたとは言えない。したがって、この未成熟魚が降海移動魚である可能性も否定出来ない。

以上の考察結果を整理すると、0年魚の降海移動は7月中旬から11月の期間に行われるが、主に移動初期に集中している。また遡河移動は10月から12月の期間と4月に行われるが、主に11、12月に集中しており、4月がこれに次いでいる。

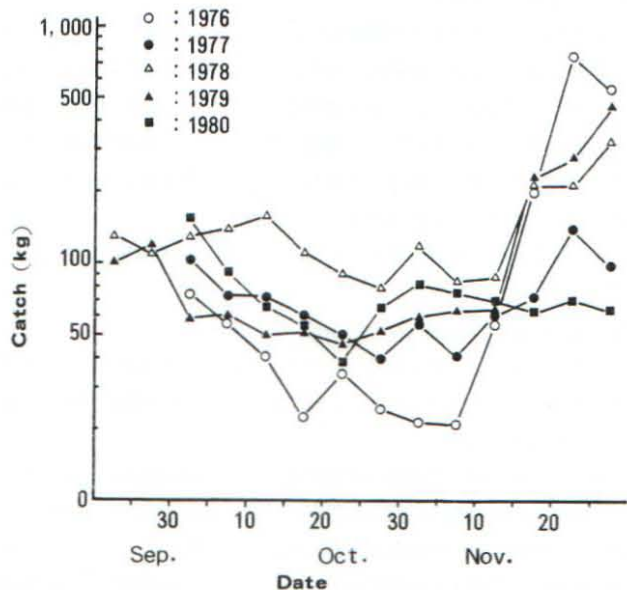


Fig. 13. Seasonal change in average values of five-day catch of smelt by a fishery household in Lake Abashiri during autumn fishing periods, 1976-1980.

過去の報告では、網走湖産ワカサギの降海移動の時期は春あるいは5～6月とされている（高安ら 1930，佐野 1937，浜田 1961）。また遡河移動の時期について高安ら（1930）は8月頃から始まり，10月に最も多く11月まで続くとし，佐野（1937）は8月上旬から始まるとしている。また，浜田（1961）は10月中・下旬と報告している。

前述したとおり降海移動の盛期は8月であり，上記の報告はこの群れを遡河移動と判断した可能性が高い。また，遡河移動の盛期についても本調査結果は上記の報告と一致しなかった。本調査結果でもその時期は年によって変動しており，10月に盛期がある場合も考えられる。

そこで漁業協同組合の秋季湖内曳網漁業に関する1976～'80年の資料（仕切伝票，加工生産報告書）から5日毎に単位努力当たりの漁獲量を求め，この時期的変化を調べた（Fig. 13）。1980年を除いて11月中旬に漁獲量が急激に増加しており，この時期に遡河群の加入があったことを示唆している。1980年の場合は遡河群の加入量が少なかったものと考えられる。したがって，少なくとも最近の8年間に限る限り遡河移動の盛期は11月以後にあったものと推察される。またこれ以前についても，1966年以後の網走市水産統計に示されている月別漁獲量から，やはり11月以後の加入が示唆された。

2. 生活第二年目以後の移動

本調査結果から生活第二年目以後にもワカサギは降海及び遡河移動をすることが判明した。また年齢1年以上とされた魚の一部には0年魚の体長範囲の中でも小型に相当する体長を示すものも存在したが，これはすべて1年魚であり2，3年魚にはみられなかった。また2，3年魚はいずれも1年魚の体長範囲に含まれていた。

このような小型の魚は，浜田（1953）が指摘した。生活第一年目に降海しない群から派生している可能性が示唆される。一方，小林（1936），雨宮ら（1940）は湖沼によっては夏輪などの偽輪が形成されることもあると報告している。したがって，網走湖でも一部のものに夏輪あるいは生活条件の変化と関連した偽輪の形成があり，これを年輪と判断した可能性も否定出来ない。今後湖内に分布するワカサギを含めた年齢，生長のより詳しい調査研究が望まれる。

いずれにしても1年魚の移動については明らかであり，そのピークは7月と11月もしくは12月であった。これらは同時期の0年魚の移動からみて，それぞれ降海及び遡河移動魚と考えられる。4月にも1年魚が採捕されたが，すべて産卵前の成魚であり遡河移動魚と考えられる。5月に採捕された1年魚の多くは産卵後のものであった。これはこの時の移動が主に降海移動であり，一部遡河移動がみられることを示している。したがって1年魚の降海移動は5月から始まっており，調査が実施されなかった6月にも継続しているものと考えられ，その盛期は7月よりも早い可能性もある。

生活第三年目以後の移動については，2，3年魚の資料が限られ，また上述した鱗相の問題もあり，詳細は不明である。

3. 網走湖産ワカサギの生活史

浜田（1953）は網走湖産ワカサギの年齢と体長を調べ，海から遡上する魚は同一年齢の湖内残留魚よりも大型であることを指摘すると共に，一生降海しない湖中残留群と生活第一年目に降海・遡河し，その後は湖に留まる群の存在を示唆している。

本調査結果では，生活第二年目にも降海及び遡河移動がみられた。生活第二年目に降海するワカサギは，当然生活第一年目に降海・遡河した群か，湖内に留まった群から派生したものであろう。また，同じく第二年目に遡河するワカサギは，その年に降海した群か，前年すなわち生活第一年目に降海し，生活第二年目まで海に留まっていた群から派生したものであろう。もし4月の遡河移動が成熟魚に限られるとしたら，この時期の未成熟魚は遡河せず更に海に留まる可能性もあり，恐らくこの魚はその年の秋か翌春に1年魚として遡河するものと考えられるからである。

浜田（1953）が示唆した群に，上述の考察結果から導かれる群を加えて整理すると，本湖産ワカサギにはそ

の生活史から以下に示す5つの群が示唆される。1) 一生降海しない。2) 生活第一年目に降海・遡河し二年目には降海しない。3) 生活第一年目に引続き二年目にも降海・遡河する。4) 生活第一年目に降海し、二年目に遡河する。5) 生活第一年目には降海せず、二年目に降海・遡河する。

これらの群及び生活第三年目以後の生活史に関する詳細はなお不明であるが、このような生活史の相違は、浜田(1953)が指摘したように、その年齢・生長あるいは鱗相に現れるものと考えられる。したがって、今後この点についての詳しい検討が望まれる。

次にこのような移動生態の異なる群の派生する機構、特に遡河回遊群と湖内残留群について若干考察を加える。

サケ・マス類における遡河回遊型と淡水残留型の分岐には、生長と性成熟が密接に関連している(久保 1980, 会田ら 1984, 宇藤 1981)。また、遡河回遊型は銀毛化変態によって形態変化を生じ、海水抵抗性も特に強まるなど、降海移動に先立ち形態的、生理的特徴に淡水残留型との相違を生じている(Hoar 1976)。

ワカサギの場合、性成熟との関連は弱いと考えられる。それは0年魚の降海時には全て未成熟であり、さらに遡河魚には成熟、未成熟魚のいずれもみられるからである。また、ワカサギの海水抵抗性はふ化直後から比較的高く、それ以後の成長段階でも大きな変化はないようであり(高野 私信)、遡河回遊群と湖内残留群の間にも大きな相違は無いと考えられる。

このようにワカサギの場合、サケ・マス類でみられるような降海型と残留型の形態的、生理的相違は現状では認められず、あっても大きなものではないと考えられる。したがって、両群の分岐はこれに先立つ形態的、生理的分岐によって、決定付けられているのではない可能性が高いと考えられる。

0年魚の降海移動は後期仔魚から稚魚への移行期から始まり、まもなく盛期を迎えた。また降海移動初期及び盛期の降海魚は、同時期に湖内に分布する0年魚の中でも、比較的生育の進んだものであった。これらは、降海移動が生育に伴う生活の変化と関連していること、また、生育速度の相違によって、より早く稚魚期に移行を始めたものが降海し、遅れたものが湖内に残留すると言った関係を示唆しているかも知れない。

この点の検討を含めて、降海期とその前後の網走湖内及び河川におけるワカサギの生態学的調査研究が望まれる。

要 約

1981年6月から1984年11月の期間に、網走湖の流出河川でワカサギの移動時期と移動魚の体長組成、年齢及び生殖巣などを調べ、以下の結果を得た。

1. 0年魚の降海移動時期は7～11月、遡河移動時期は10～12月と翌年の4月である。降海移動は開始後短期間で盛期をむかえ、その後徐々にあるいは急速に減少して9月以後はごく小規模となる。降海盛期は年によって若干異なるが、主に8月上旬である。遡河移動の盛期は年によって異なるが、11～12月である。

2. 0年魚の降海盛期は仔魚から稚魚への移行時期と対応している。この時期の降海魚は湖内に分布するものより比較的生育が進んでいる。

3. 年齢1年以上のワカサギの移動の規模は0年魚に比べて小さい。その降海移動時期は5～9月、遡河移動時期は10～12月と4～5月である。降海盛期は7月、遡河盛期は11月である。

4. 本湖産ワカサギにその生活史から次の5つの群を示唆した。1) 一生降海しない。2) 生活第一年目に降海・遡河し、二年目には降海しない。3) 生活第一年目に引続き二年目にも降海、遡河する。4) 生活第一年目に降海し、二年目に遡河する。5) 生活第一年目には降海せず、二年目に降海・遡河する。

文 献

- 会田勝美・加藤禎一・淡路雅彦(1984):早熟サクラマス雄魚の銀化におよぼす去勢の影響 日水誌 50(4) 565-571
- 雨宮育作・松山義夫(1940):公魚の産卵及び年齢について 水産学会報 8(1) 47-62
- 浜田啓吉(1953):ワカサギの生態学的研究 第3報 網走湖産ワカサギに於ける鱗相による年齢査定の不確実性と其の原因 北大水産彙報 4(1) 46-53
- HAMADA, K. (1961): Taxonomic and ecological studies of the genus *Hypomesus* of Japan. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 9 (1) 1-56
- HOAR, W.S. (1976): Smolt transformation: Evolution, behavior, and physiology. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 33 (5) 1233-1252
- 久保達郎(1980):北海道のサクラマスの生活史に関する研究 さけ・ますふ化場報告 34 1-95
- 小林久雄(1936):鱗相によって判明するワカサギの生態 科学 6(3) 100-102
- 佐野誠三(1937):網走湖の主なる棲息魚類に就いて 鮭鱒彙報 34
- 高安三次・飛島貫治(1930):網走湖調査 湖沼調査 第4編 水産調査報告 第22冊 道水試 札幌市
- 宇藤 均(1981):サクラマス, *Oncorhynchus masou* (BREVOULT) の生活史と生態分岐 特に河川生活期について 北海道大学水産学部博士論文
- 宇藤 均・坂崎繁樹(1983):網走湖産ワカサギの生活史-I 網走湖におけるワカサギ漁業の歩みと生活史研究の現状 北水試月報 40(7) 147-156
- 宇藤 均・辻 敏・坂崎繁樹(1982):網走湖産ワカサギ生態調査 昭和56年度事業報告書 121-132 網走水試
- 宇藤 均・辻 敏・坂崎繁樹(1983):同上 昭和57年度事業報告書 130-154 網走水試
- 宇藤 均・小橋 喬・坂崎繁樹・黒萩 尚(1984):同上 昭和58年度事業報告書 144-176 網走水試
- 宇藤 均・坂崎繁樹・黒萩 尚(1985):網走湖産ワカサギ資源調査 昭和59年度事業報告書 146-168 網走水試
- 山岸吉弘・坂崎繁樹・尾居昭人(1986):ワカサギ資源調査 昭和59年度事業報告書 35-55 網走水試

能取湖における海洋条件の季節変化

蔵 田 護 ・ 西 浜 雄 二

(北海道立網走水産試験場)

Seasonal change of the hydrographic condition in Lake Noto, Hokkaido.

Mamoru KURATA and Yuji NISHIHAMA

*Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station,
Abashiri, Hokkaido 099-31, Japan*

Seasonal changes of temperature, salinity, transparency, nutrients, and chlorophyll-a were investigated at the deepest part of Lake Noto from December 1984 to May 1986. The results are summarized as follows.

1. Water temperature ranged from -1.5°C to 21.4°C . The sea surface was frozen, from the beginning of January to the middle of April.
2. Salinity below 10m depth ranged from 31.4 to 33.5. The waters from the Soya Warm Current (high salinity) entered into the lake in May and remained till October. In November, the waters from the East Sakhalen Cold Current (low salinity) entered into the lake.
3. Nutrients below sea ice in January-March were very rich. The mean values (from 0 to 15m depths) of phosphate-P, silicate-Si, ammonium-N and nitrate-N were 1.1, 19.0, 4.7 and $9.6\text{ }\mu\text{g-at}/\ell$, respectively. In April after sea ice melted, the mean values of nutrients decreased into less than $0.2\text{ }\mu\text{g-at. P}/\ell$, $4.0\text{ }\mu\text{g-at. Si}/\ell$, $0.2\text{ }\mu\text{g-at. N}/\ell$ (ammonium) and $0.4\text{ }\mu\text{g-at. N}/\ell$ (nitrate), respectively, when the concentration of chlorophyll-a reached the peak. Nitrogen source was considered to be a limiting factor in the spring phytoplankton bloom.
4. The maximum chlorophyll-a was $14\sim 16\text{ }\mu\text{g}/\ell$ in April, immediately after the ice melted.
5. Nutrients except nitrate were rich in the bottom layer from June to August, and the chlorophyll-a level was $1\sim 3\text{ }\mu\text{g}/\ell$ near the surface layer in summer.

能取湖は周囲31km、面積59km²の、ほぼ楕円形の湖であり、北側の幅200mの水路を経てオホーツク海に開いている。この水路(湖口)は1974年に永久湖口になったものであり、以前は、冬の間、漂砂によって閉鎖されていた。永久湖口の完成以降、湖の汽水性が薄れ外海水の特徴が強くなったことに伴って、ホタテガイの生産が飛躍的に増加した。特に、半閉鎖的環境条件が高密度のホタテガイ浮遊幼生を擁することになり、能取湖は、サロマ湖とともに、ホタテガイ種苗生産基地として重要な役割を担うに至っている。

ホタテガイの成長は植物プランクトン、あるいはデトリタスに依存しているので、低次生産に関する海洋条件を把握することは、ホタテガイの生産にとって重要である。

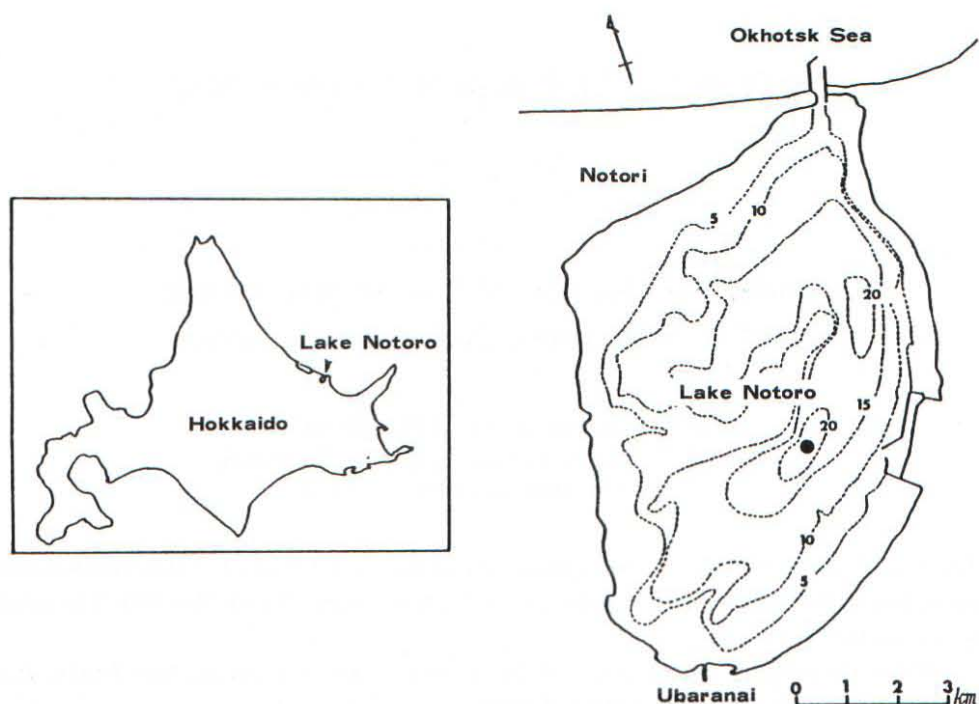


Fig. 1. Map showing location of Lake Noto and sampling station (closed circle) in the present investigation. Dotted line indicates bathymetry in meters.

永久湖口完成後の能取湖における海洋条件については、菊地（1978）がCODと栄養塩類の季節変化について、沢崎・野沢（1985）が水質環境について報告しているが、クロロフィルa量については測定しておらず、また海洋条件の季節的变化に関しても断片的な知見に留まっている。

筆者らは、1984年12月から1986年5月まで、水温・塩分・透明度・栄養塩類・クロロフィルa量の季節変化を調査したので、ここに報告する。

本文に先立ち、現場調査にご協力いただいた西網走漁業協同組合に感謝申し上げる。

調 査 方 法

1984年12月から1986年5月まで月2回程度、能取湖最深部（Fig. 1）の深度0, 2, 5, 10, 15 m, および底から1 m上（約21 m）の各層からバンドーン型採水器で採水し、水温・塩分・リン酸態リン・ケイ酸態ケイ素・アンモニア態窒素・硝酸態窒素（亜硝酸態窒素を含む）・クロロフィルa量を測定した。ただし、栄養塩類については、1985年だけ測定した。塩分の測定にはAuto-Lab サリノメーターを用いた。計算方法はUnescoの式（海上保安庁水路部海洋資料センター 1983）に従った。試水2～4 lをワットマンGF/Cフィルターで濾過し、その濾液および濾紙を凍結保存した後、それぞれ栄養塩類およびクロロフィルa量の分析に供した。栄養塩類の分析には、日本テクニコン製オートアナライザーⅡ型を用いた。クロロフィルa量の分析には日立124型分光光度計を用いた。計算方法はSCOR-Unescoの式（日本海洋学会 1979）に従った。

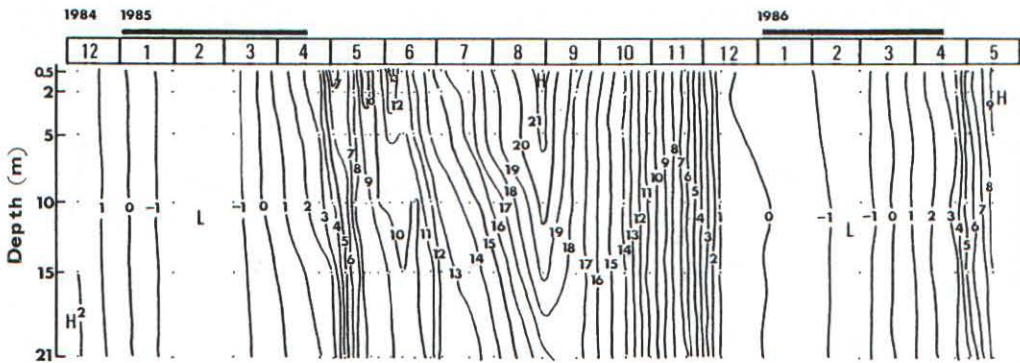


Fig. 2. Seasonal change of temperature ($^{\circ}\text{C}$).

H and L indicate higher and lower regimes than the surrounding water, respectively. Black bar indicates the freezing season.

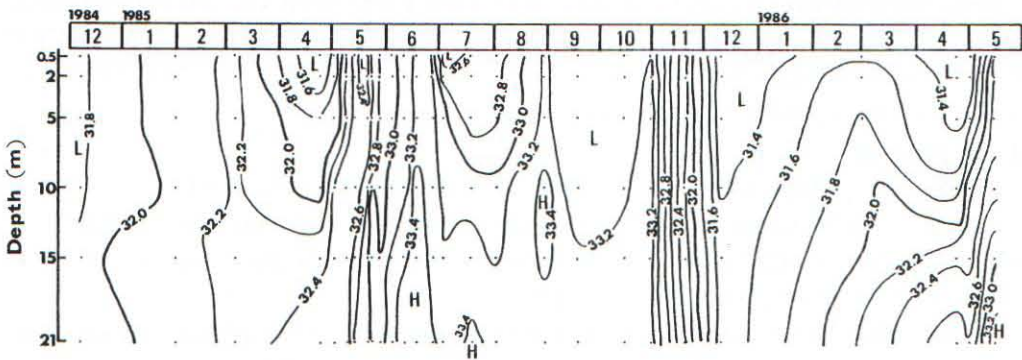


Fig. 3. Seasonal change of salinity.

H and L as in Fig. 2.

結果と考察

1. 水温

水温の季節変化をFig. 2に示した。能取湖は1月上旬から4月中旬まで結氷しており、結氷下の水温は表面から底まで -1.5°C ～ 0°C であった。融氷後の4月下旬には表面で 4°C 、底で 1°C であった。その後昇温し、8月下旬には成層がみられ、表面では 21.4°C 、底では 16.7°C であった。9月下旬には、表面から底まで 17°C になり、以後急激に降温し、12月上旬には 1°C になった。

2. 塩分

塩分の季節変化をFig. 3に示した。1985年の結氷下の塩分は、表面から底まで 32.2 前後であった。4月下旬には、融氷水および融雪水の影響により、表面近くの塩分は 31.5 になった。塩分は5月上旬に急に高くなり始め、6月中旬には 10m 以深で 33.4 になった。このことは宗谷暖流水の流入によるものである(青田 1975)。その後10月まで $33.2 \sim 33.5$ であった。塩分は11月に急激に低くなり、下旬には全層 32.0 になった。このことは東樺太寒流水(7°C 以下, 32.0 以下)の流入によるものである(藤井・佐藤 1979)。なお、塩分は結氷下の2月～3月に緩やかに高くなり始めた。

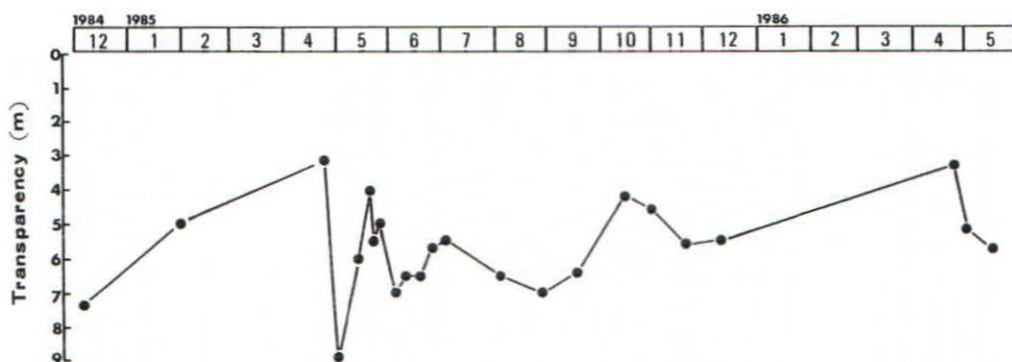


Fig. 4. Seasonal change of transparency (m) as a reading of Secchi disc.

3. 透明度

透明度の季節変化をFig. 4に示した。透明度は1月下旬の結氷下では5mであった。4月下旬には年間最低値3.1mになった。5月上旬には年間最高値8.9mになった。その後5月下旬に一時4.0mと低くなった以外は、9月まで6m前後で推移した。10月には再び4.2mと低くなり、12月には5.5mになった。透明度の変化は、5月下旬の場合を除いて、クロロフィルa量の変化とよく一致した。

4. 栄養塩類

リン酸態リン・ケイ酸態ケイ素・アンモニア態窒素・硝酸態窒素の季節変化をFigs.5~8に示した。

リン酸態リンは3月に $1.1 \mu\text{g-at}/\ell$ (0~15m5層の平均値)であった。その後は減少して10m以浅では、4月下旬に $0.2 \mu\text{g-at}/\ell$ 以下になり、10月下旬まで続き、11月に全層で増加し始めた。底では、8月下旬に $4.0 \mu\text{g-at}/\ell$ 以上であり、極めて高かった (Fig. 5)。

ケイ酸態ケイ素は、3月に $19 \mu\text{g-at}/\ell$ (0~15m5層の平均値)であったが、4月下旬には $4 \mu\text{g-at}/\ell$ になった。5月から9月まで10m以浅は $10 \mu\text{g-at}/\ell$ 以下で推移した。一方、底では6月に $25 \mu\text{g-at}/\ell$ 以上、8月に $40 \mu\text{g-at}/\ell$ 以上になり、極めて高かった。10月上旬には表面から底まで $10 \mu\text{g-at}/\ell$ 以上となり、12月には $18 \sim 20 \mu\text{g-at}/\ell$ になった (Fig. 6)。

アンモニア態窒素は、3月に $4.7 \mu\text{g-at}/\ell$ (0~15m5層の平均値)であったが、4月下旬には $0.2 \mu\text{g-at}/\ell$ に減少した。4月下旬以降11月上旬まで15m以浅は $1 \mu\text{g-at}/\ell$ 以下であった。一方、底では6月に $4 \mu\text{g-at}/\ell$ 、8月に $8 \mu\text{g-at}/\ell$ であり、極めて高かった。12月には、表面から底まで $2 \mu\text{g-at}/\ell$ 以上になった (Fig. 7)。

硝酸態窒素は、3月に $9.6 \mu\text{g-at}/\ell$ (0~15m5層の平均値)であったが、4月下旬には $0.4 \mu\text{g-at}/\ell$ に減少した。4月下旬から10月中旬までは $0.5 \mu\text{g-at}/\ell$ で推移した。11月上旬には、表面から底まで $1 \mu\text{g-at}/\ell$ 以上になり、12月には $4 \mu\text{g-at}/\ell$ に増加した (Fig. 8)。

5. クロロフィルa量

クロロフィルa量の季節変化をFig. 9に示した。クロロフィルa量は、3月上旬には表面から底まで $1 \mu\text{g}/\ell$ 以下であったが、融氷後の4月下旬には年間最高値 $14.3 \mu\text{g}/\ell$ (0~15m5層の平均値, 1985年)に達した。1986年4月下旬には $15.6 \mu\text{g}/\ell$ であった。クロロフィルa量は5月上旬には急激に減少した。その後、9月まで15m以浅では $1 \sim 3 \mu\text{g}/\ell$ であった。15m以深のクロロフィルa量は、5月~9月まで $2 \sim 10 \mu\text{g}/\ell$ であった。この期間中の最高値は8月2日にみられ、フェオフィチン含有率は底では32.0%, 0~10m層平均で37.9%であった。10月には10m以浅で $4 \sim 5 \mu\text{g}/\ell$ の極大値がみられた。その後再び減少し、12月には全層約 $1 \mu\text{g}/\ell$ になった。

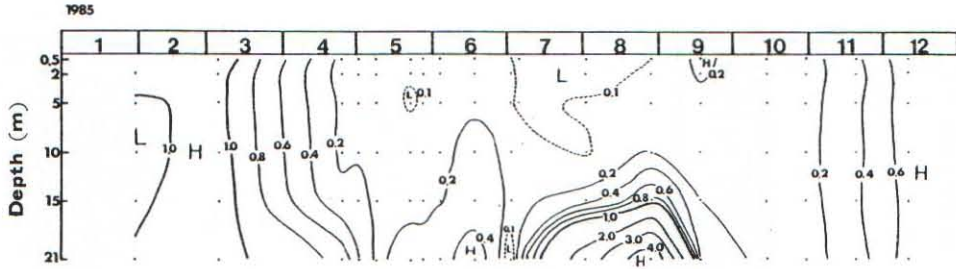


Fig. 5. Seasonal change of phosphate-phosphorus ($\mu\text{g-at/l}$).
H and L as in Fig. 2.

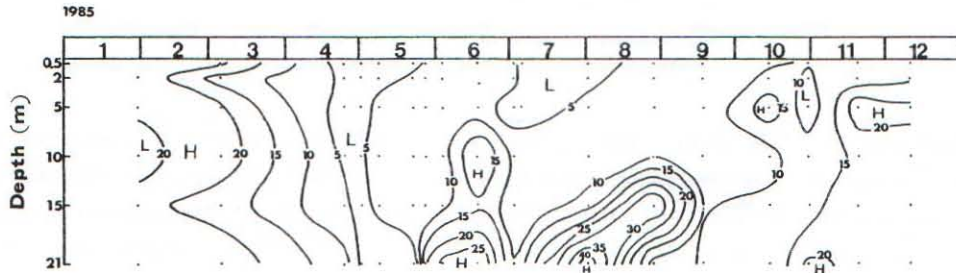


Fig. 6. Seasonal change of silicate-silicon ($\mu\text{g-at/l}$).
H and L as in Fig. 2.

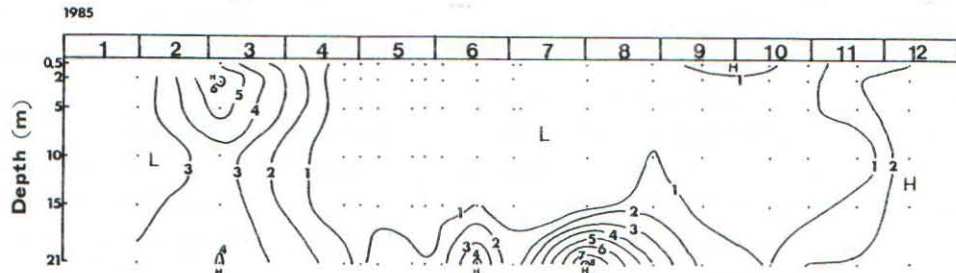


Fig. 7. Seasonal change of ammonium-nitrogen ($\mu\text{g-at/l}$).
H and L as in Fig. 2.

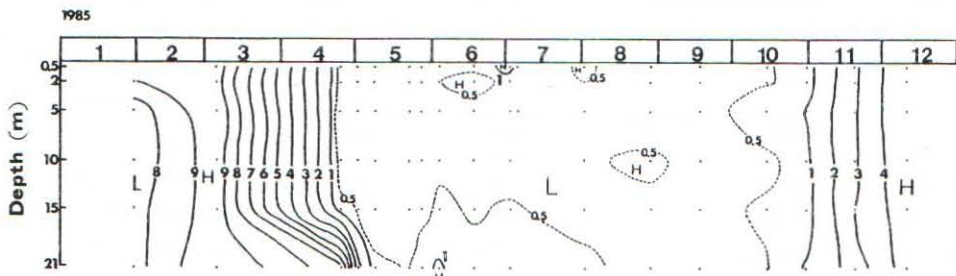


Fig. 8. Seasonal change of nitrite- and nitrate-nitrogen ($\mu\text{g-at/l}$).
H and L as in Fig. 2.

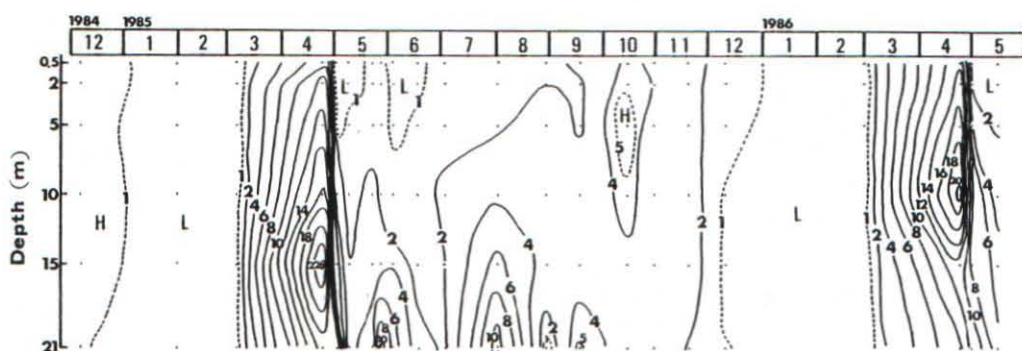


Fig. 9. Seasonal change of chlorophyll-a ($\mu\text{g-at/l}$).
H and L as in Fig. 2.

各栄養塩類は、1～3月に表面から底まで高濃度であったが、4月下旬には1/5～1/27に減少した。クロロフィルa量(0～15m5層の平均値)が $0.2 \mu\text{g/l}$ であった3月上旬(3月6日)、および年間最高値 $14.3 \mu\text{g/l}$ を示した4月下旬(4月24日)の、P、NとSiの0～15m5層の平均濃度($\mu\text{g-at/l}$)はそれぞれ1.11、14.3と19.0、および0.16、0.57と4.1であった。そこで49日間の各栄養塩の減少割合から各栄養塩が枯渇するまでの残りの日数を推定すると、リンは8日、窒素は2日、ケイ素は13日となる。このことから窒素が植物プランクトンの大増殖の制限要因になっていることが推察される。また、窒素の残量が少なかったことから、4月24日の調査日は植物プランクトンが大増殖した最盛期にほぼ一致しているといえる。

栄養塩類は6月と8月の底層で高濃度に蓄積されていた。ただし、硝酸態窒素は低濃度であった。菊地(1979)は、サロマ湖において8月に底層(17m)でアンモニウム態窒素が $5 \mu\text{g-at/l}$ と高濃度に蓄積しており、窒素源として100%のアンモニウム型を示していたこと、およびこの時期に溶存酸素量が著しく低下していたことを報告している。また沢崎・野沢(1985)は、能取湖において8月に底層で栄養塩類が蓄積していたことと、低酸素状態であったことを報告している。夏期における底層での栄養塩類(硝酸態窒素を除く)の蓄積と低酸素状態は両湖に共通した現象であると思われる。このことは、湖盆が湖口より深いために、最深部の水塊が一時停滞することによるのであろう。夏期には底付近の水温が高くなるので、底泥の有機物の分解が進み、栄養塩が生産されるとともに、溶存酸素が減少することになる。

Table 1. The seasonal relations between amount of nitrogen and chlorophyll-a in the surface layer* at four different areas around Hokkaido.

Area	Winter	Spring	Summer		Literature
	nitrogen** ($\mu\text{g-at/l}$)	Chlorophyll-a ($\mu\text{g/l}$)	nitrogen** ($\mu\text{g-at/l}$)	Chlorophyll-a ($\mu\text{g/l}$)	
Funka Bay	11.3	11.0	<0.3	1.0	Nishihama et al.1976
Suttu Bay	4.0	3.5	<0.5	0.5	Nishihama 1982
Ishikari Bay	5.0	5.7	1.0	<0.5	Kanomata et al.1986
Lake Noto	14.3	14.3	1.1	2.3	Kurata and Nishihama 1987

* Average values in 0～15m water column was calculated by the present workers.

** Ammonium, nitrite and nitrate-N included.

夏期に、底層でクロロフィルa量が多いことがあった。底層でのフェオフィチン含有率が10m以浅と同様であったことから、表面近くで増えた植物プランクトンが沈殿したのではなく、底層の栄養塩を利用して、植物プランクトンが増殖していたことがうかがわれる。本調査では水中照度を測定しなかった。しかし、透明度が6~7mであったことから、底近くまで生産層であったと推察される。

春に珪藻類の大増殖が起こることは良く知られている現象である。このことについて栄養塩類とクロロフィルa量の季節変化が調べられた噴火湾、寿都湾、石狩湾の場合と、能取湖の場合を以下に比較検討する。

これらの海域では、11月~12月以降、水温の低下に伴う鉛直混合によって深層の栄養塩類が表面近くに運ばれる。その時期には植物プランクトンの増殖が低い状態なので、栄養塩類は次第に蓄積され、春先または春期に植物プランクトンの大増殖が始まる直前に年間最高値に達する(Table 1, 冬期の窒素)。その後、植物プランクトンが増え始める。この増殖は以前に蓄積されていた栄養塩類を消費し尽すまで続き、やがてクロロフィルa量が年間最高値に達する(Table 1, 春期のクロロフィルa量)。

Table 1の4海域における、冬期の窒素の存在量(三態窒素)に対する春のクロロフィルa量の比をみると、噴火湾1.0、寿都湾0.9、石狩湾1.1、能取湖1.0であり、ほぼ似かよった値である。このことは窒素の量が植物プランクトンの大増殖の最高値を規制する要因であることを強く示唆している。

能取湖の春の大増殖期のクロロフィルa量は、噴火湾の場合よりも多く、寿都湾や石狩湾よりも3~4倍多い。クロロフィルa量が年間最高値を示す時期とその時の水温は、噴火湾:2月~3月, 2~3℃; 寿都湾:4月, 6~8℃; 石狩湾:4月上旬, 6℃; 能取湖:4月下旬, 3~4℃である。このように大増殖期の水温は海域によって異なる。大増殖の時期が海域によって異なることは、それぞれの海域で最低水温から上昇に向かう頃に、または表層が低塩分になる——そのことによって鉛直混合が停止する——時に、植物プランクトンの増殖が始まると考えることで説明がつく。能取湖の場合は、融氷による光量の増加も大増殖開始の契機になっているであろう。

次に、夏期の窒素の存在量とクロロフィルa量との関係を他の海域と比較する(Table 1, 夏期)。夏期には、水温が高く、成層しているので、植物プランクトンの増殖が活発である。夏期に測定される表層の栄養塩量は植物プランクトンによって消費されつつある条件下での値である。従って、夏期における海域の低次生産を比較する場合には栄養塩量よりもクロロフィルa量に着目することが適当であろう。

能取湖の0~15m層の夏期のクロロフィルa量はほぼ2.3 $\mu\text{g}/\ell$ であり、噴火湾の2倍、寿都湾や石狩湾の4倍である。このことは、能取湖の底層では6~8月に有機物の分解が活発であり、湖が浅いために、時化や、あるいは潮汐流による攪拌によって、底層の栄養塩類が表面近くに運ばれる機会が多いことによるのであろう。

クロロフィルa量は植物プランクトンの現存量を反映するとともに、その海域の低次生産を表す要素なので、ホタテガイ漁場の餌環境を表す重要な指標である。クロロフィルa量の季節変化からみた能取湖の特徴は、噴火湾や寿都湾に比べて、夏期のクロロフィルa量が高いことである。

要 約

1984年12月から1986年5月まで、能取湖最深部において海洋条件の季節変化を調査した。

1. 水温は-1.5℃~21.4℃であり、湖は1月上旬から4月中旬まで結氷した。8月下旬に成層していた。
2. 10m以深の塩分は、31.4~33.5であった。5月上旬から宗谷暖流系水の影響を受け始め、11月下旬に東樺太寒流水系水に入れ替った。
3. 1月~3月には栄養塩類は高濃度であり、リン酸態リン、ケイ酸態ケイ素、アンモニウム態窒素、および硝酸態窒素の冬期間における0~15m5層の平均濃度はそれぞれ1.1、19.0、4.7および9.6 $\mu\text{g}/\ell$ であった。

これらの栄養塩類はクロロフィルa量が年間最高値(0~15 m 5層の平均値 $14.3 \mu\text{g}/\ell$)に達した4月下旬に急激に減少した。

4. 窒素が春の植物プランクトンの大増殖の制限要因になっていると考えられた。
5. 栄養塩類は、6月~8月には底層で高濃度であった。この時に、クロロフィルa量は底層で高かった。
6. 6月~8月の0~15 m層のクロロフィルa量は $1\sim3 \mu\text{g}/\ell$ であり、他の海域に比べて高かった。

文 献

- 青田昌秋(1975):宗谷暖流の研究 低温科学 物理編 33 151-172
- 海上保安庁水路部海洋資料センター(1983):実用塩分と国際海水状態方程式 JODCニュース増刊号 14 1-83
- 鹿又一良・渡辺智視・田中伊織・小島守之・茄子川郁夫(1986):石狩湾余市沖定点におけるクロロフィルaと栄養塩類の季節変化 北水試報 28 1-10
- 菊地和夫(1978):能取湖における水質環境の年変化 特にCODと栄養塩について 北水試月報 35(8) 1-15
- 菊地和夫(1979):1967- '77年におけるサロマ湖の水質環境について 北水試月報 36(11) 233-254
- 日本海洋学会(1979):海洋環境調査法 666p
- 西浜雄二・岩崎良教・金子 実・広海十朗(1976):噴火湾鹿部沖における海洋条件および動植物プランクトンの季節変化,特に栄養塩類と植物プランクトンの増殖との関係 北水試月報 33(2) 1-22
- 西浜雄二(1982):寿都湾の海洋条件の季節変化 北水試月報 39(1) 1-8
- 沢崎達孝・野沢 靖(1985):能取湖水質環境調査 昭和59年度北海道立網走水産試験場事業報告書 242-244
- 藤井 浄・佐藤芳和(1979):日本海,オホーツク海沿岸の海洋構造と生産力 水産海洋研究会報 (34) 57-62

野付湾ホッケイエビの成長に伴う分布と密度の変化

水 島 敏 博

(北海道立栽培漁業総合センター)

Changes of distribution and population density of *Pandalus kessleri* CZERNIAVSKY in Notsuke Bay, Hokkaido.

Toshihiro MIZUSHIMA

Hokkaido Institute of Mariculture,
Shikabe, Hokkaido 041-14 Japan

The distribution, movement, and population density of the grass shrimp, *Pandalus kessleri* CZERNIAVSKY, was investigated in Notsuke Bay, a cove on the eastern coast of Hokkaido, from 1977 to 1980. This shrimp was restricted in distribution to the *Zostera* belt throughout the year, but movement with its growth was observed. Youngs were the most abundant in the inner part of the bay, and extended their distribution in the whole area with their growth.

The densities of 1- and 2-year old shrimps were, respectively, the highest in the inner part of the bay in the spring. They gradually concentrated in the central part of the bay in the summer, and dispersed to the whole area before their wintering. 3-year-old females appear to move inshore in the hatching season. The population density sharply decreased in 16 months after hatching, owing to the fishing catches in the bay.

は じ め に

一般に魚類は発育に伴って生活場所や餌生物をかえ、環境と巧みに対応しながら生活しているといわれており、^{1,2)}
甲殻類においても同様のことが考えられる。^{3~6)}

著者は前報^{3~6)}で、北海道東部の野付湾に生息し、雄性先熟の雌雄同体種であるホッケイエビの成長と一部の発育段階の分布状況を報告した。しかし、本種の全生活史を通じての分布生態についてはまだ明らかになっていない。ホッケイエビが、いつ、どこに、どのような状態で分布するかを明らかにすることは、効率的な漁業生産を行う上で、さらにまた、ホッケイエビ個体群の動態を把握する上でも重要である。そこで、1977年発生群について、湾全域での成長に伴う分布状況と密度の変化に関する調査を行ったので報告する。

なお、本調査を進めるにあたりご協力をいただいた野付漁業協同組合、戸田信竜組合長を始め指導部職員の各位、根室北部水産技術普及指導所、別海町商工水産課の関係各位に深謝する。さらに、調査船の操業に際し、終始お世話をいただいた小崎友蔵氏に厚く感謝の意を表する。

調査場所と調査方法

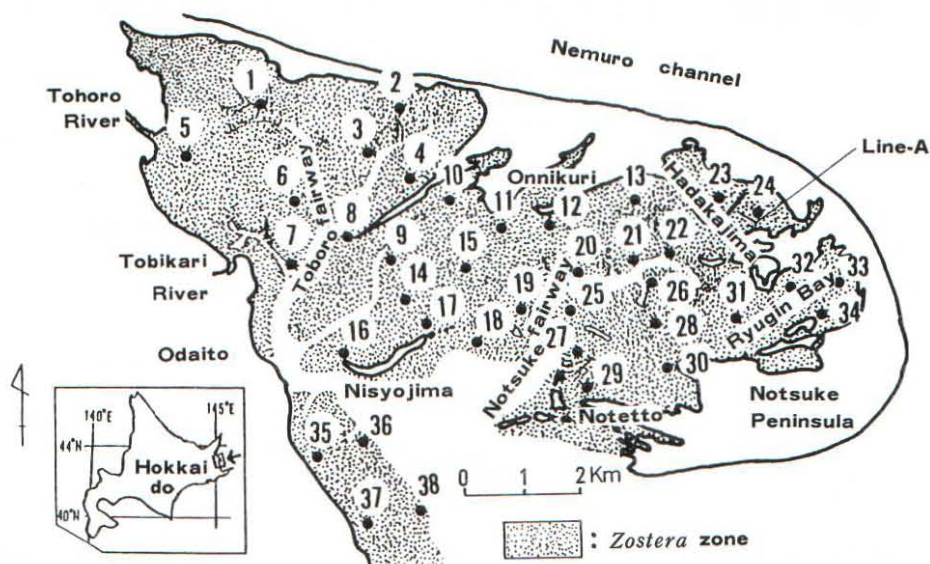


Fig. 1. Sampling stations in Notsuke Bay.

野付湾は北海道東部の根室海峡に位置する内湾であり (Fig. 1), 日本でも有数のアマモ場を形成している。ホッカイエビの分布はこのアマモ場にはほぼ限定されている。

本調査は 1977 年から 1980 年にかけて、毎年 5, 9, 11 月に実施し (1977 年は 7 月を含み、1980 年は 5 月のみ)、1977 年は湾内のアマモ場内の 28 定点、1978 年からは 36~38 定点において、ホッカイエビ (以下、エビと称する) の分布状態を調査した。調査は一般のエビ操業船と同じ打瀬網 (網目 10 節、網口の幅約 5 m) を用い、各定点を各々 100 m 曳網する方法で行った。採集したエビについては体長、体重を測定し、性別を第 1 および第 2 腹肢内肢の 2 次性徴により判別した。なお、以後文中で述べるエビの体長は平均体長を示すこととする。

1977 年の 5 月および 7 月には、幼生の採集のため、A 型ネット (口径 45 cm, 網目 GG 28) を用い、打瀬網と同じ定点で中層から底層において 100 m の水平曳を行った。採集したサンプルを直ちに 10% ホルマリン海水で固定した後実験室に持ち帰り、種の同定と種別の個体数を計数した。また、調査定点の底層水温を電気水温計により測定した。なお、各定点の水深は 1~2 m のところが大半であり、3 m を超えることはなかった。

上述の調査とは別に、1982 年の 6, 8, 10 月に湾奥東部の裸島周辺で、汀線付近から 300 m 沖合の潮切に至る定線 A 上に、50 m 間隔で設定した 4 定点 (B~E) において、そりネット (網口 1 m, 高さ 0.5 m) による 20 m の定量曳を行った (Fig. 2)。

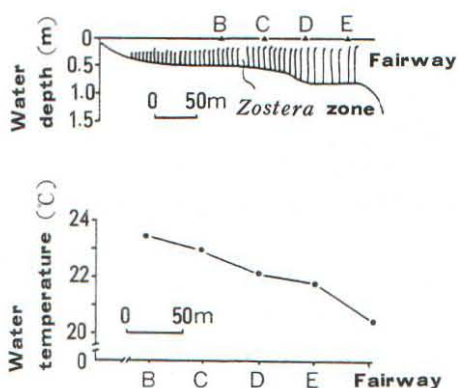


Fig. 2. Position of sampling sites and water temperature on the line A in Hadakajima.

結 果

1. 湾内の水温の変化

1977年の湾口部(St. 36), 湾中央部(St. 20), および湾奥部(St. 23)の3水域における水温の季節変化をFig. 3に示した。野付湾では12月に湾奥の沿岸部から結氷が始まり, 3月中～下旬に湾口部から解氷が進む。解氷が終る4月中旬から5月上旬までは湾口側で水温が高い傾向を示し, その後5月中～下旬にかけて湾口と湾奥の水温は逆転し, 湾奥側が高くなった。6月下旬から7月にかけて, 気温の上昇に伴って湾内の水温も高くなり, アマモが濃密に生育し, 海水の流動の少ない湾奥の7～8月には25～26℃になり, 外海水の影響を強く受ける湾口部に比べて6℃も高かった。なお, 湾中央部の水温は両者の中間値を示した。9月中～下旬にかけては, 水域間の水温差はなくなるが, 10～11月には逆転して湾口の方が湾奥より高くなった。

2. ホッケイエビの成長と漁期

1977年発生群の調査時期別の体長組成をFig. 4に示した。これをもとに, 1980年までの成長と性相変化ならびに漁期をFig. 5に示した。

野付湾での本種の漁期は夏漁(6月上旬から8月上旬)と秋漁(9月中旬から11月上旬)との2期に分かれている。野付漁協ではエビの漁獲体長を8.2 cm以上に規制しているの、生後1年半を経た秋漁の10月頃から漁獲の対象となる。

3. ホッケイエビの分布の季節変化

1) 当歳群の分布

1977年5月下旬のふ出期の親(雌)とふ出直後の幼生の分布をFig. 6に示した。前報³⁾で明らかにしたように, 親エビは河川水の影響を受け, 低塩分となっている湾北部の一部を除き, 湾全域に分布していた。そのなかで, 高密度域は湾奥東部の沿岸域に形成され,

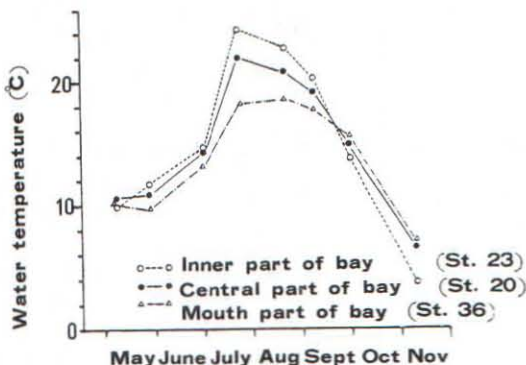


Fig. 3. Monthly changes of water temperature in Notsuke Bay, 1977.

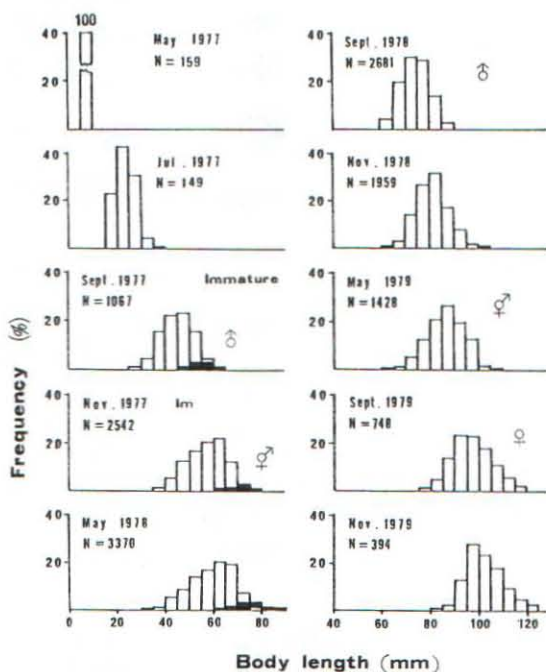


Fig. 4. Frequency distribution of body length of *Pandalus kessleri* in Notsuke Bay from May 1977 to November 1979.

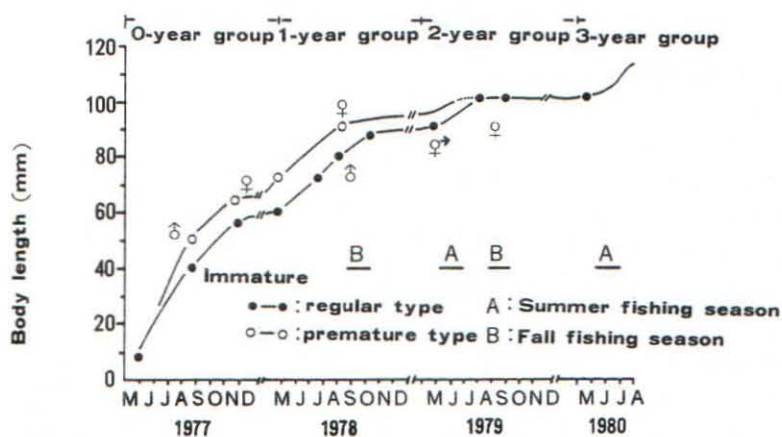


Fig. 5. Growth, sexual phase and fishing season of *Pandalus kessleri* in Notsuke Bay.

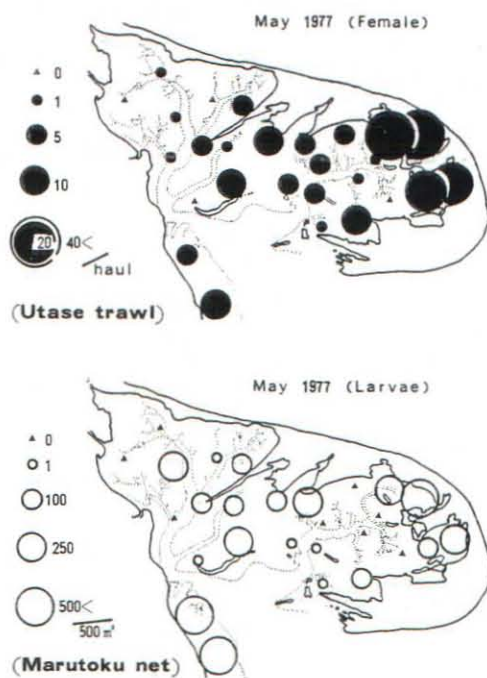


Fig. 6. Distribution of female parents and larvae of *Pandalus kessleri* in May 1977.

湾中央部の野付潮切周辺域は低密度であった。

幼生の分布は親エビの水平分布および分布量をほぼ反映し、湾奥東部で高密度となっていた。

生後2カ月の7月の稚エビは体長20—25 mmになり、分布はふ出幼生時と大きく変わっていない (Fig. 7)。

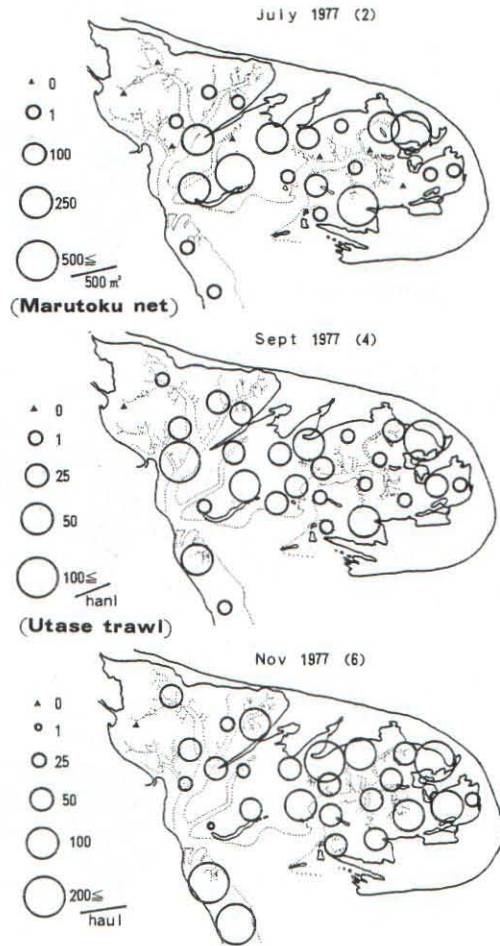


Fig. 7. Distribution of 0 year group of *Pandalus kessleri* in 1977.
Number in parenthesis shows ages of month.

9月の打瀬網による調査では、エビの体長はまだ小型であるため、網目から逸脱する個体も多く、採集尾数は少ない。50尾以上/曳網の定点は湾奥や湾北の一部に限られ、これまで低密度であった湾中央部の潮切周辺域にも多く分布していた。生後6カ月の11月には50尾以上/曳網の定点がほぼ湾全域に広がった。

2) 1歳群の分布

結氷下で越冬した生後12カ月の1978年5月の未成熟群は体長60—65 mm（一部性転換群で75—80 mm）になるが、まだ漁獲サイズには達しない。この時期、湾奥沿岸部で100尾以上/曳網の高密度域が形成された（Fig. 8）。

生後16カ月（同年9月）には70—75 mmの雄群になり、雌との交尾期にもあたり、湾北部や二所島周辺から湾口東部が高密度となった。このとき、前年に生まれた雌群との性比（雌：雄）は1：5.8であり⁵⁾、雄の個体

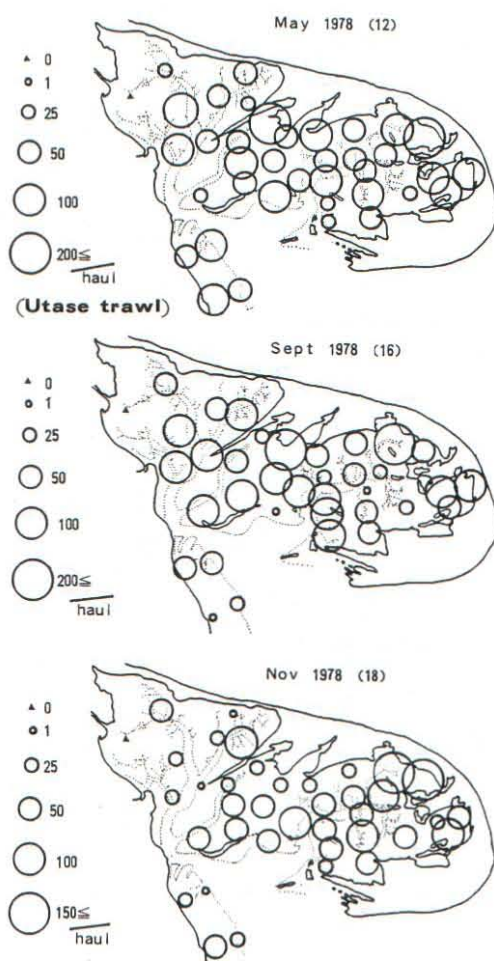


Fig. 8. Distribution of 1 year group of *Pandalus kessleri* in 1978.

数がはるかに多いのは、雄性先熟の雌雄同体種である本種の特徴を示すものである。

生後18カ月の11月には体長が80—85mmになり、10月以後は漁獲サイズに達するものが多くなるため密度は低下した。そのなかで、150尾以上/曳網の定点は、禁漁区で漁獲の影響を受けない裸島周辺(St. 23, 24)に集中し、二所島から野付潮切周辺域には100—150尾/曳網から50—100尾/曳網の定点が多くみられた。なお、これまで密度の高かった湾奥沿岸部と湾北部は低密度となり、9月の分布と大きく変化した。

3) 2歳群の分布

生後24カ月(1979年5月)は性転換群で、40尾以上/曳網の定点は湾奥東部の裸島や竜神湾からノテットにかけた沿岸部に多い(Fig. 9)。しかし、越冬前に密度の高かった二所島から野付潮切周辺域は40尾以下/曳網となり、密度は低下した。

生後28カ月(同年9月)には雌群となり、体長は95—100mmに達した。この時期は産卵期および抱卵期にあ

たる。この群は夏漁の主群であったため、密度は5月の約 $\frac{1}{2}$ に低下し、40尾以上/曳網の定点は極めて少なかった。20尾以上/曳網の密度域は湾口東部から野付潮切、二所島からオンニクリにかけた地域、さらに湾北部の湾奥側に形成された。

越冬前(同年11月)の雌では、秋漁による減耗と低温による採集効率の低下のため、9月の $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ の密度に低下した定点が多い。10尾以上/曳網の密度域は湾口、湾北部、湾奥東部に形成された。

4) 3歳群の分布

生後36カ月の1980年5月のふ出期における雌の20尾以上/曳網の高密度域は、湾奥東部に集中し、湾口東部から湾中央部には10—20尾/曳網の定点が多かった。なお、越冬前には高密度であった湾北部や湾口西部の密度は低下した。

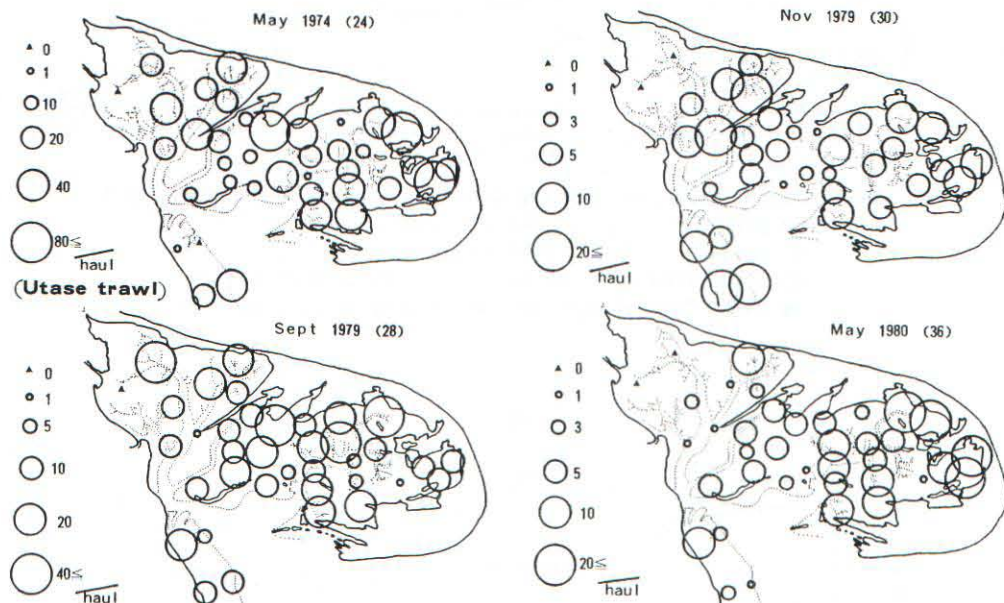


Fig. 9. Distribution of 2- and 3-year groups of *Pandalus kessleri* in 1979 and 1980.

4. 湾東沿岸部と湾中央潮切部との密度の比較

ホッケイエビの成長や時期の違いによる湾東沿岸部と湾中央部の野付潮切周辺部との間の移動の有無を把握するため、間接的な手法ではあるが、両域の10定点の一曳網平均採集尾数および沿岸部に対する潮切周辺部の密度比をFig. 10に示した。

当歳群の5月と7月における両域の密度比は、0.1前後で沿岸部の密度が極めて高かった。その後、9月ならびに11月にかけては、潮切側の密度が上ったため密度比は小さくなった。1歳群の5月には再び沿岸部の密度が高くなったために密度比は大きく、9月にはさらに広がった。11月には潮切側の密度の上昇に伴い両域の密度比は小さくなった。

2歳群の沿岸部の密度は5月から11月にかけて急激に低下した。一方、潮切周辺部は沿岸部ほどではない。このため両域の密度比は経時的に小さくなった。これら両域の各年級群の密度比の季節変化からみて、湾東沿岸部から潮切周辺部への移動が推測される。

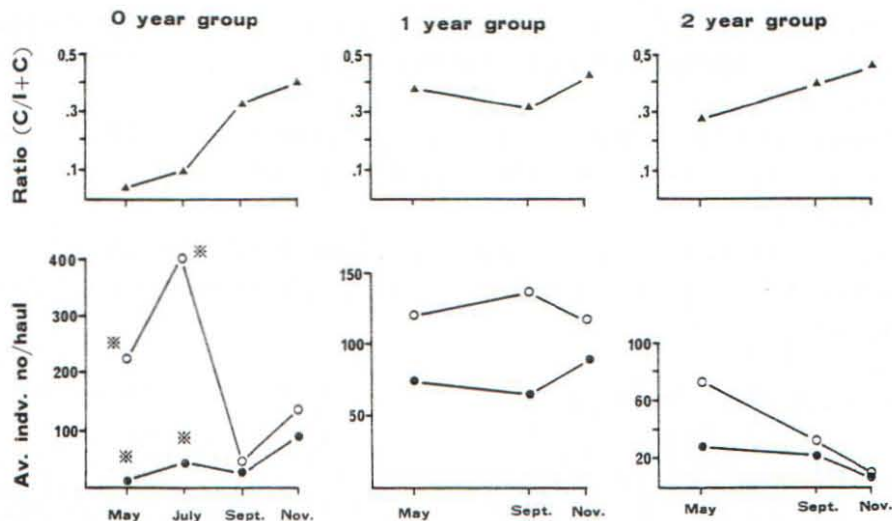


Fig. 10. Seasonal changes of ratio and density of shrimps in the central and inner part of the bay with developmental stages.

※: Sampling by Marutoku A net

○—○: Inner part (I), St. 11, 12, 13, 23, 24, 29, 30, 32, 33, 34

●—●: Central part (C), St. 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 31

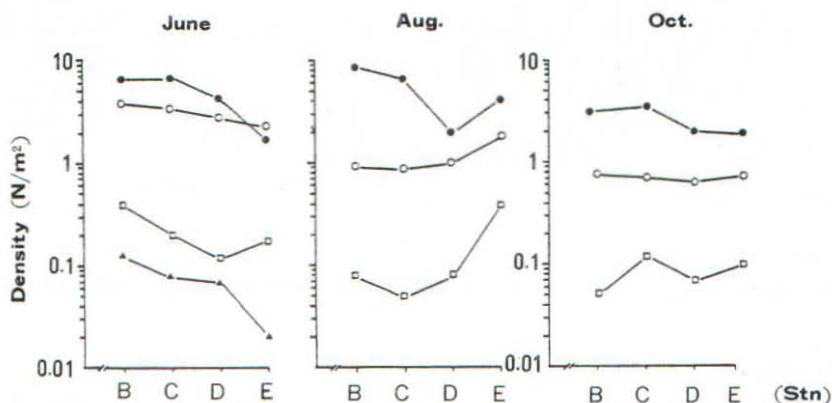


Fig. 11. Seasonal changes of distribution of *Pandalus kessleri* at Line A.

●—●: 0 year group ○—○: 1 year group
□—□: 2 year group ▲—▲: 3 year group

5. 裸島定線における分布の季節変化

湾内におけるホッケイエビの季節的な移動の実態をさらに詳しく把握するため、裸島周辺の定線A上の4定点における各年級群別の密度の変化をFig. 11に示した。

それによると、6月の各年級群のエビは、沿岸側に密度が高く、とくに当歳群と3歳群に顕著であった。ところが高温となる8月の1歳群と2歳群は逆に潮切側で高密度となった。10月では各年級群ともほぼ等密度的な分

布にかわっていた。これらの結果は、季節によりエビが移動することを示唆しているといえよう。

6. 成長に伴う湾全域での密度の変化

1977年9月から1980年5月までのエビの成長に伴う密度変化の指標として、打瀬網による28～38定点での一曳当り平均採集尾数の変化をFig. 12に示した。前述のように、生後4カ月の1977年9月では採集効率が低いため、平均40.5尾/曳網であり、1978年5月に最高の103.9尾/曳網を示した。それ以降は漸次低下して1978年9月には95.2尾/曳網となった。1979年5月は41.1尾/曳網、同年9月には23.9尾/曳網に低下し、前年9月の約25%の水準となった。1980年5月は17.9尾/曳網であり、これを1977年の同一定点(28定点)での密度と比較すると1977年の1.7倍であった。

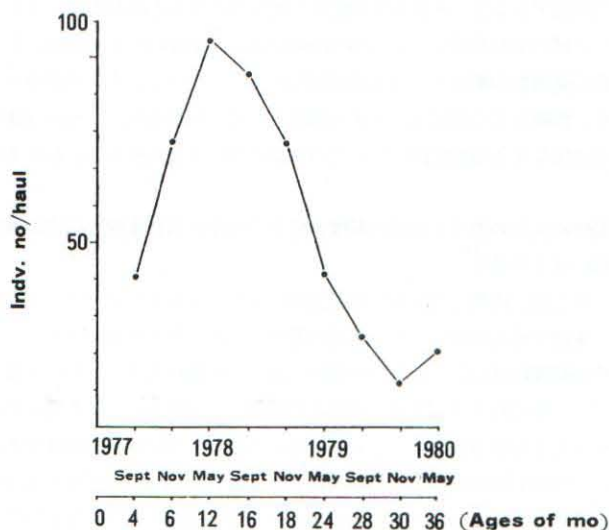


Fig. 12. Changes of mean density of *Pandalus kessleri* in Notsuke Bay from September 1977 to May 1980.

考 察

菊池⁷⁾は藻場に出現する動物を、滞在期間、発育段階、藻場との結びつきなどから周年定住種、季節定住種、一時来遊種、偶来種の4つのカテゴリーに区分している。

野付湾のホッケイエビは今回の調査で明らかのように、周年さらにはその生活史を通じて湾内のアマモ場で採集されており、しかも全ての発育段階のものが、同一場所に同時に分布するという特性をもっている。ところで、久保⁸⁾は、野付湾のエビには、秋に「つけエビ」と称する湾外からの来遊群と湾内固有群との2群があると報告している。しかしながら、今回の分布調査や最近の漁業者からの聞き取りを含め、ここ10年間の期間では来遊群が確認されていない。一方、湾内から湾外へ逸散する群についてもその有無は今のところ明らかではない。したがって、湾内外の移出入があるか否かの問題はまだ解明されていないが、今回の生活史の一サイクルを通じての水平分布や密度変化、さらに後述する漁獲による減耗を考慮に入れると、本種の主たる群は周年湾内の藻場で生活すると思われ、菊池のいう周年定住種と考えてよいであろう。

次に、本種の各発育段階毎の分布特性をみると、ふ出幼生の分布はその時期の親エビの分布域とはほぼ一致している。また、幼生の密度とアマモ密度とは正の相関がみられ⁹⁾、湾内では流況が穏やかな湾奥の沿岸部に高密度

域が形成されている³⁾。生後4カ月の9月になると、湾奥から湾全域へと分布域が拡大し、特に越冬前にはその傾向が著しくなる。

1歳の春の未成熟群は湾奥での密度が高く、雄として機能する交尾期(9月)においても同様である。しかし、越冬前には湾全域に分散する。

性転換群である2歳の春には湾奥部に密度が高く、夏にかけて漸次湾中央部へ移動すると考えられる。雌として産卵する9月には再び湾奥部で密度が高くなるがそれほど顕著ではない。そして越冬前には湾全域に分散する。

ふ出期(5月)の雌は、越冬前の分布状況からみて沿岸域へ接岸すると考えられる。菊池¹⁰⁾は本種幼生が浮遊生活期を送らずに、他のタラバエビ類の幼生にくらべて発育が進んだ段階で生まれることは、アマモ帯という特殊な生活場所から逸散しないための生活史上の適応であろうと指摘している。さらに前述のように、幼生が湾奥のアマモの高密度域でふ出することは逸散の危険性を一層軽減することになろう。また、Heck¹¹⁾による人工海草を密度別に敷設した水槽内での藻場性エビ、*Paraemonetes pugio* の Killifish (メダカ科の一種)による被捕食試験では、海草が高密度の場合にだけ捕食圧が低かったとのべている。前述のホッケイエビ幼生の密度とアマモ密度との関係も、魚類などの被捕食に対する適応とも考えられるが、これは今後の研究にまかたい。

ところで本種の分布に関与する環境要因についての知見は今のところ少ない。ここでは水温との関係についてふれてみたい。

ホッケイエビは寒海性のエビの中でも比較的温暖水域まで分布の適応範囲を広げた種であるといわれるが、25℃を越える高温には弱いようである¹²⁾。

野付湾においては、解氷後、内湾と外海水との温度差が生じてくる5月中旬に、水温の高い沿岸域にエビは接岸すると考えられる。本湾で最も高水温となる8月の湾全域にわたるエビの分布のデータはないが、漁業者からの聞き取りでは、その時期には沿岸の高水温を避け、海水の流動が大きく、かつ外海水の影響を受け相対的に水温の低い通称「ハブ」と呼ばれるアマモ場と潮切との境目に集中するといわれている。このことは先述の裸島定線における分布状況からも類推される。すなわち、各年級群とも沿岸側が高密度であった6月に對し、沿岸側の水温が24℃近くで、ハブが21℃の8月では、相対的に低温となる潮切側が高密度となっており、ことに1歳や2歳の大型エビがハブに集中していることが認められた。その後水温差が小さくなる10月にはエビの密度差はほとんどなくなっていた。この調査線は禁漁区なので、これらエビの密度の季節変化はエビの移動によることが示唆され、さらにこの移動に水温が作用していることがうかがわれた。

最後に、ホッケイエビの成長に伴う密度の変化をみると、1977年5月のふ出幼生から漁獲サイズになる1978年9月の1歳雄までの密度の減少過程は、打頼網の採集効率の問題もあり明らかでない。漁獲対象となる1歳雄から、2歳の雌として産卵する1年後の1979年9月には密度が25%に低下し、さらに1980年5月のふ出期の3歳雌では19%に低下した。Table 1には、1978年夏漁から1979年秋漁までの野付湾におけるホッケイエビの漁獲量を示した。1978年秋漁と1979年夏漁の漁獲物中の9割前後は1977年発生群が占める。また各漁期の初期資源量に対する漁獲率は30~60%前後と推定されている(未発表)。これより、漁獲対象サイズに達してからの密度の低下は漁獲が主たる要因と考えられる。本種の資源変動は漁獲強度が大きな要因として作用するが、この点については後日改めて報告したい。

Table 1. Catches of *Pandalus kessleri* at Notsuke Bay in 1978 and 1979.

Fishing season	1978		1979	
	Summer	Fall	Summer	Fall
Catches (ton)	35.2	33.2	25.3	24.1

要 約

1977年5月から1980年5月にかけて、北海道東部野付湾のアマモ帯に生息するホッケイビの1977年発生群の分布と密度の変化に関する調査を行い、以下の知見を得た。

1. ホッケイビはアマモ場における周年定住種である。
2. 当歳群は、ふ出直後の幼生期には湾奥沿岸部に高密度に分布するが、その後成長に伴い湾全域に分散する。
3. 1歳群は、交尾期の秋には湾奥部に高密度に分布し、越冬前には湾全域に分散する。
4. 2歳群は、春の性転換群においては湾奥部に高密度に分布し、高温時の夏には湾口から湾中央部の潮切周縁域に集中すると推測される。3歳の春の雌群は、湾奥の沿岸域へ接岸する。
5. これらホッケイビの季節的な分布の変化と水温の関係について言及した。
6. 成長に伴うエビの密度は、生後12カ月の104尾/打瀬網一曳から24カ月後の41尾/曳網、36カ月後の18尾/曳網へと変化した。生後16カ月以降の密度の減少は漁獲減耗によると考えられる。

文 献

- 1) E. HARADA (1962): A contribution to the biology of the black rockfish, *Sebastes inermis* CUVIER et VALENCIENNES. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.* 10 (2) 163-217
- 2) 畔田正格・池本麗子・東 幹夫 (1980): 志々伎湾における底生生活期マダイ当歳群の分布と成長 西海研報 54 259-278
- 3) 水島敏博・角田富男 (1980): 野付湾におけるホッケイビ幼生の分布 北水試月報 37(5) 87-100
- 4) 水島敏博 (1981): 野付湾におけるホッケイビ当歳雄の出現と分布 北水試月報 38(4) 121-131
- 5) 水島敏博 (1984): 野付湾産ホッケイビの産卵期における雌雄の分布 北水試月報 41(2) 69-81
- 6) 水島敏博・尾身東美 (1982): 野付湾におけるホッケイビの成長と性期 — 特に成長の二型について 北水試報 24 15-27
- 7) 菊池泰二 (1973): 藻場生態系 山本護太郎編 海洋生態学(海洋学講座9) 東京大学出版会 東京 23-27
- 8) 久保伊津男・森下恵一 (1954): 野付湾産ホッケイビの漁業、資源、繁殖保護 資源研彙報 33 32-46
- 9) 水島敏博 (1985): ホッケイビの幼生密度とアマモの密度との関係 北水試月報 42 (1・2) 14-25
- 10) 菊池泰二 (1981): 海産無脊椎動物の繁殖生態と生活史Ⅱ 海洋と生物 16 360-365
- 11) KENNETH L. HECK, JR.(1981): Experiments on predator-prey interactions in vegetated aquatic habitats. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 53 125-134
- 12) 倉田 博 (1973): 水産生物と温排水 水産生物と温排水研究協議会 日本水産資源保護協会 70-81

恵山町におけるチガイソ (*Alaria crassifolia* KJELLMAN) の生態

新原 義昭・工藤 篤・大野 孝悦・高谷 成基
(北海道立稚内水産試験場) (恵山町役場) (恵山漁業協同組合)

An ecology of *Alaria crassifolia* KJELLMAN at Esan, southern Hokkaido.

Yoshiaki NIIHARA*¹, Atsushi KUDO*², Kouetsu OONO*² and Seiki TAKAYA*³

*¹ Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station, Wakkanai, Hokkaido 097, Japan

*² Esan Town Office, Esan, Hokkaido 041-05, Japan

*³ Esan Fisheries Co-operative Association, Esan, Hokkaido 041-05, Japan

Growth, maturation, longevity and depopulation of the sporophytes of *Alaria crassifolia* KJELLMAN, competitor of useful *Laminaria* spp., were studied at Esan, southern coast of Hokkaido, during the period from April 1983 through October 1985.

The results obtained are summarized as follows.

1. The maximum longevity of *A. crassifolia* was estimated to be 8 years old by counting the number of annual constrictions in rachis and layers of haptera produced 1-2 layer in fall.
2. The sprouting sporophytes of *A. crassifolia* appeared visually in February. The attaching term of swamers was estimated from September to February of the next year.
3. Blade length and blade width of the 1-year-old *A. crassifolia* sporophytes reached the maximum in June and the minimum in October. The sporophytes more than 1 year old reached the maximum of blade length in June and that of blade width in May, and both the growth minimums in October-November. The plants repeated this cycle until washing away or collecting by fishermen. The plants grew very rapidly in blade length and width from late winter to early spring when the seawater temperature was below 15°C.
4. The population of *A. crassifolia* reached 22 plants/100 cm² in sprouting season of April. The depopulation was 55 % in the 1-year-old population and about 71 % in the 2-year-old one.
5. Most of 1-year-old sporophytes of *A. crassifolia* were not able to produce sporophylls, even if they produced few ones, they could not become to mature. All sporophytes more than 1-year-old bore the numerous remnant of old sporophylls above which new sporophylls were sprouting from April to August. Sporangial sori had developed on the new sporophylls during August and April of the next year.

6. About 30 % of individuals of *A. crassifolia* growing at the depth of 0–1.5 m had sporangial sori not only sporophylls but also the blade. Such a case has been described by KAWASHIMA (1977) in *Alaria* sp.

7. Correlation between total stipe length and age of sporophytes of *A. crassifolia* was shown by following formula.

$$L_t = 296.240 / (1 + e^{1.357 - 0.322t}), \quad (r = 0.999)$$

まえがき

コンブ科植物に属するチガイソ (*Alaria crassifolia* KJELLM.) は、北海道の日高支庁庶野 (千原 1972) から、津軽海峡西側の福島町岩部 (菊池ほか 1985) まで分布し、その中心は恵山町にある (木下 1940)。本州では青森県今別から東の沿岸と太平洋を通り宮城県田代島が南限とされている (能登谷 1984, 岡村 1936)。

チガイソは通称サルメン・エゾワカメと呼ばれ、ワカメ (*Undaria pinnatifida* SURINGAR) の代用品として食用にされ、3～5月に採取されている。

北海道におけるチガイソの生産量の推移をみると、1955～'64年には平均721トン、1965～'74年には平均554トン、1975～'84年には平均108トンと減少してきた。この主な原因は、ワカメ養殖の発展に伴いチガイソの需要が年々減少し、さらに廉価のため漁獲努力の低下を招き、生産量が減産したものと考えられる。特に最近5年間の平均生産量は71トンとこの傾向は著しい。

チガイソはマコンブやミツイシコンブとはほぼ同じ水深帯に生育するため、漁場でコンブの競争種となり、害藻とされている (YENDO 1919, 木下 1940)。著者等は恵山町の浅海漁場調査を行い、チガイソは水深0～14m帯に連続的に出現し、それ以深にも随所に観察され、しかもコンブ漁場での着生密度がかなり高いことを明らかにし、マコンブ、ミツイシコンブの競争種となっていることを報告した (新原ほか 1983, 林ほか 1984, 1985)。従って、コンブ漁場の維持と一層の拡大を図るためには、チガイソの生態を知る必要がある。

しかし、チガイソに関する知見は分布、発生、形態 (神田 1935, 岡村 1896, YENDO 1919) や生活史の概略 (YENDO 1919, 木下 1940) について報告されているが、生態学的知見は乏しい。

著者等は恵山町のチガイソの生態について調査を行い、その寿命、生長、減耗、成熟などについて若干の知見を得たのでここにその概略を報告する。

本論に入るに先だち、調査に多大のご協力をいただいた恵山町水産課、恵山漁業協同組合、古武井漁業協同組合、渡島南部地区水産技術普及指導所の職員各位に謹んで御礼申し上げる。

方 法

1983年4月～'85年10月に、恵山町恵山地先の海域に禁漁区を設け、ほぼ毎月1回チガイソの生態調査を行った (Fig. 1)。調査地点の底質は岩盤、礫からなり、水深は低潮線下0～2mでチガイソのほか主にミツイシコンブが生育している。

チガイソの遊走子の着生時期、胞子体の出現密度を知るため、コンクリートブロック (50×30×15cm) を1983年10月から'84年6月にかけてほぼ毎月2個づつ投入した。ブロックおよび天然礁からのチガイソ幼体の採集には5×5cm、または10×10cmの方形枠を用いて行った。

さらに、1983年6月に養殖ロープを張り、これに背骨型の標識を付けたチガイソの幼体や2年目の個体を縛り付け、それらの生長を経時的に観察し、葉長、葉幅、茎長、根の再生数、胞子葉の枚数、再生胞子葉の枚数、胞子葉の最大長、子葉斑の形成被度、葉軸 (Rachis) 間の距離などを測定した。

年齢は茎の縦断面に形成されるリングの数、胞子葉の痕跡群の数 (BAARDSETH 1956) と付着器にできる再生

根の縦列数並びに葉軸にできる窪み(くびれ)を数えることによって査定した。

1985年4, 8, 10月には年齢別の生長を知るため、恵山町古武井の水深3~5m地点から各調査時に500~800本のチガイソをスキューバ潜水によりタガネを用いて基質からできるだけ完全に剥離して採取した。

チガイソの部位の名称、測定部位はWIDDOWSON (1971) に準じた。このほかに、最下部の茎の長径と短径、一番新しいくびれの長径と短径、孢子葉をもつ葉軸の最大幅の長径と短径を測定した(Fig. 2)。年齢は10月を基準として査定した。

表面水温を1983年7月から'84年3月まで、恵山町オツケで10時を基準にしてほぼ毎日測った。

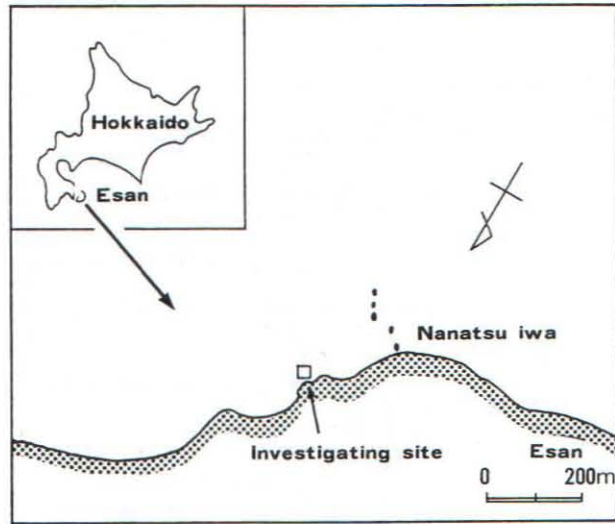


Fig. 1. Map of Hokkaido and Esan showing the investigating location.

結果と考察

1. 年 齢

標識した個体の観察結果から、チガイソの付着器(以後は根と述べる)は樹枝状であり、毎年新しい根が11月から翌年4月に旧根の上部の茎から旧根を覆うように1~2層からなる輪生枝として形成され、年齢はこの再生根の縦列数(縦列群数)を数えることによってある程度読みとることが可能である。また、葉軸は毎年新しい孢子葉をつける度に、生長点に向かって徐々に偏圧し、生長が鈍る夏から秋にかけて葉軸がやや窪み、くびれを生じる。このくびれる度合いは年により差はあるが、毎年必ず生じることが明らかになった。このくびれの数と再生根からみた年齢が一致する(Fig. 2)ことから、このくびれ(窪み)が年齢を示す形質として有効であると考えられた。任意に採集した個体群の年齢をこの方法により調べたところ、最大7年まで数えることができた。しかし、満7年を経過した一部の植物体には葉軸の中央付近から根を不規則に出している個体がみられ、この群をさらに1年経ったものと考え、チガイソの寿命は満8年となる。なお潮間帯上部に生育するチガイソは満1~2年で流失することが観察された。

YENDO (1919)、木下(1940)によれば、チガイソの寿命は2年と述べているが、それは潮間帯に生育する個体群を観察したためであろう。

YENDO (1919) は *Alaria* の茎の横断面にリングのあることを報告している。BAARDSETH (1956) はノルウェー産の *Alaria* sp. の茎の横・縦断面セクションを観察し、明輪と暗輪が交互にできるが、しばしば不明瞭な偽年輪がみられることを認めた。このため彼は茎にできる輪だけで年齢を推定することは不可能であり、むしろ孢子葉群の形成が明らかに周期性を持つことから、それらの痕跡を数えることによって年齢を推定できるとし、*Alaria* sp. の寿命を約7年とした。

KAIN (1963) は *Laminaria hyperborea* GUNN. の年齢を茎の縦断面セクションの年輪からみたが、1年目コンブの個体に年輪が未形成のものがあることを報告している。

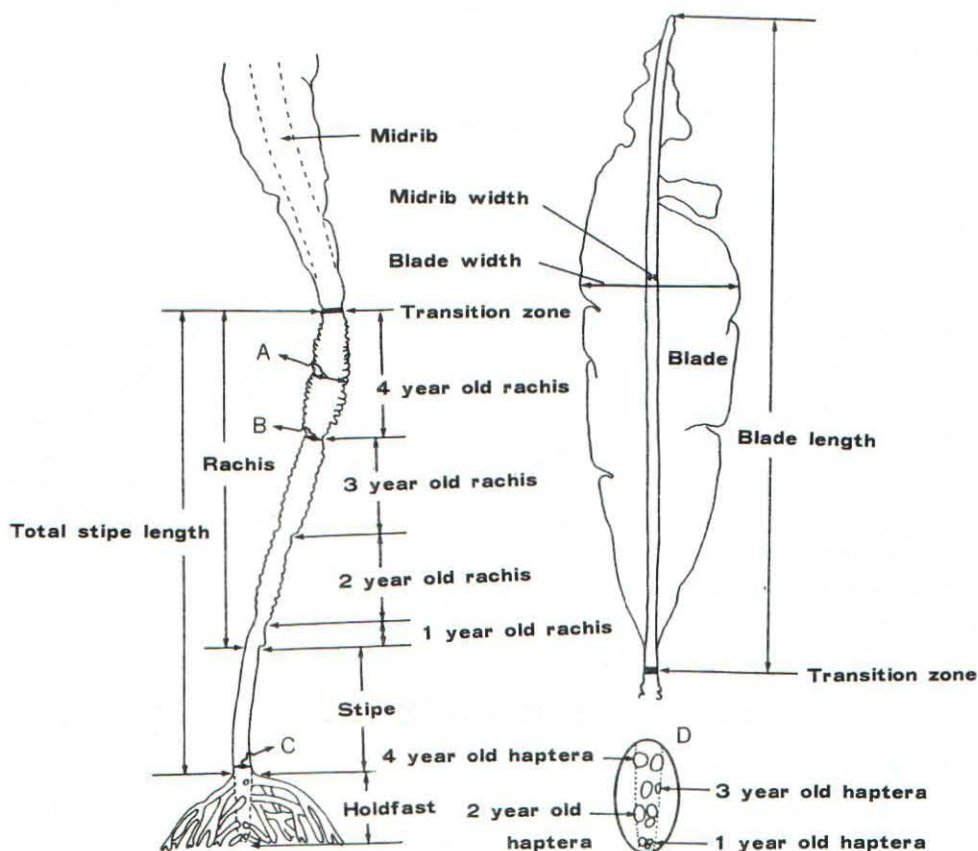


Fig. 2. Schematic drawing of a 4-year-old *A. crassifolia* sporophyte, showing the parts of measurement.

A : the widest point, in the plane of new rachis.

B : the point of the newest constriction of beneath the new rachis.

C : the point of the lowest stipe.

D : side view of holdfast.

チガイソの縦断面セクションからの年輪によって判定した年齢とくびれの数から判定した年齢はほぼ一致したが、満1年経過した個体に年輪が未形成のものもあり、さらにくびれから読んだ年齢が明らかに5年以上の個体であるにも拘らず輪が形成されていないものもあった。

また、再生根の縦列数からの年齢査定にも欠点があり、高年齢の個体では1～2年目の根が腐朽しているものが多く、さらに着生基質からの完全な剥離が難しいことである。

従って、葉軸のくびれ数からの年齢査定が、5年目以上のチガイソの場合ではくびれの度合いが小さいので読み取りにくくなるけれども、現在では最良の方法と考えられる。

2. チガイソの出現時期、初期減耗

投入月別のブロック、天然の岩盤および養殖ロープに着生したチガイソ幼体の密度、葉長と葉幅、中肋幅、葉湿重量を1984年6月4日に調査し、その結果をTable 1に示した。

チガイソの幼体が10月投入ブロックに肉眼的に観察されたのは2月中旬頃からで、3月には11月投入ブロック

にチガイソの着生が認められた。チガイソの着生が認められた10月から2月までに投入されたブロックの中、密度が最も高かったのは11月ブロックで20本/100 cm²であり、2月ブロックで4本/100 cm²と最も少なかった。これらチガイソの全長は投入時期の早いブロックの個体ほど大きかった。天然岩盤に生育していたチガイソの密度と全長は、ブロックのそれらを上回っていることと後で述べる子嚢斑の形成状況から、10月以前に着生した個体があることを示唆している。これらのことから、チガイソの遊走子の着生時期は9月頃から2月までの6か月間と考えられ、さらに肉眼的に幼体を識別できるまでに約3か月間かかったと推定された。11月ブロックに生育していたチガイソの生存率の季節変化をFig. 3に示した。チガイソの密度は5月に100 cm²当たり22本(生存率100%)と最大を示したが、徐々に減耗し、11月には9.9本(45.0%)、翌年6月には6.4本(29.1%)になった。1年目チガイソが2年目に移行する秋までに約55%が減耗したことになる。

Table 1. Density, blade length and blade width (mean $\pm$ s.d.) of the *A. crassifolia* sporophytes growing on the concrete blocks and a cultivation rope on 4th June 1984.

Substratum	Setting date of substratum	Depth (m)	Density (N/100cm ²)	Total length (cm)	Blade width (cm)
Concrete block	6, Oct. 1983	2.0	8.0	57.3 $\pm$ 31.9	1.7 $\pm$ 0.6
	1, Nov. 1983	2.0	20.0	48.8 $\pm$ 38.6	1.2 $\pm$ 0.4
	2, Dec. 1983	1.5	12.0	46.8 $\pm$ 26.6	1.6 $\pm$ 0.8
	1, Feb. 1984	1.5	4.0	33.0 $\pm$ 24.3	1.3 $\pm$ 0.5
	6, Mar. 1984	1.0	0	—	—
	3, Apr. 1984	1.0	0	—	—
	7, May 1984	1.0	0	—	—
	4, Jun. 1984	1.0	0	—	—
Natural rock		1.5	55.5	94.6 $\pm$ 31.6	2.6 $\pm$ 0.7
Rope	29, Jun. 1983	0.5	11.0*	57.6 $\pm$ 22.1	3.7 $\pm$ 1.7

* N/10 cm

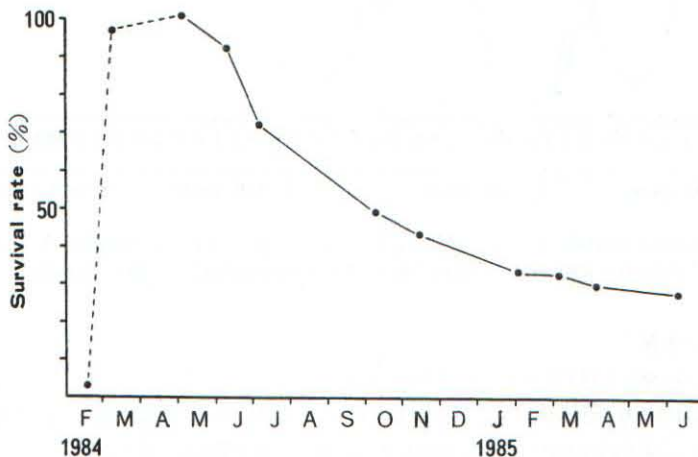


Fig. 3. Seasonal change of survival rate of the sporophytes of *A. crassifolia* growing on the concrete blocks settled on 1st November, 1983.

3. 年齢別の生長

a) 葉長

標識を付け養成したチガイソの月別葉長変化と表面水温の季節変化をFig. 4に示した。

1年目のチガイソは4月頃から急速な伸長生長を行い、6月に最大となる。7月頃から末枯れが激しくなり、10月に最小となる。11月頃から再生長(2次伸長生長)を始め、2年目チガイソは6月に再び最大となる。7月頃から再び末枯れを起こし、11月から12月初旬に最小となる。12月末から再生長(3次伸長生長)が起こる。このような生長パターンを繰り返しながら自然流失、人為的な採取により寿命を終える。

この生長パターンを水温からみると、上昇時の水温が約15℃に達すると見掛けの伸長生長が止まり、下降時の水温が約15℃に達すると再生長が始まるという傾向がみられる。

SUNDENE (1961) は西ノルウェー産の *Alaria esculenta* の幼体を水温4~20℃、塩分濃度15, 20, 25, 30‰の条件で培養し、幼体の生長は水温14℃、塩分濃度25~30‰で良かったと述べ、さらにヨーロッパの各地域への移植試験から8月の表面平均水温が16℃かそれ以下の地域にだけ生育することができ、*Alaria esculenta* の主な分布制限要因が水温にあると述べている。

4月および10月に一般漁場から任意に採取したチガイソの年齢別葉長の変化をTable 2に示した。3年目チガイソの葉長が225.4cmと最大で、4年目からの葉長にはほとんど差がない。10月には、2年目チガイソが最も大きく、3年目からは年齢の増加に伴い短くなる。

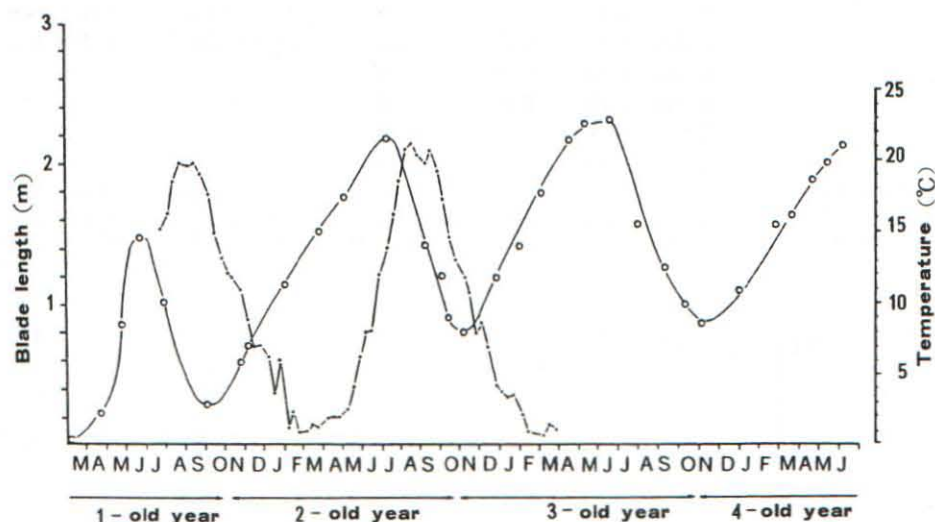


Fig. 4. Seasonal change in mean blade length (—○—) of the tagged *A. crassifolia* sporophytes and the surface seawater temperature (—●—) at Esan.

b) 葉幅、中肋幅と重量

葉幅の生長パターンは葉長と同じ変化をした (Fig. 5)。

4月および10月における年齢別葉幅をみると、4月には1, 2年目チガイソは幅が細く、3年目以上では約25cmでほとんど差が無い。10月には末枯れにより葉幅も7cm前後になる (Table 2)。

中肋はチガイソの大きさが5mm位の幼体から肉眼的に識別できるようになる。4月における中肋の幅は年齢の増加とともにやや増すが、10月には葉長が末枯れにより短くなるため、測定部位も生長点に近くなるのでやや小さくなる。しかし年齢の高い個体ほど値が大きい (Table 2)。

Table 2. Blade length, blade width, midrib width, plant wet weight and blade wet weight (mean $\pm$ s.d.) of the *A. crassifolia* sporophytes collected in April and October 1985.

Age	Date of observation	N	Blade length (cm)	Blade width (cm)	Midrib width (cm)	Plant wet weight (g)	Blade wet weight (g)
1	23, Apr. '85	21	21.3 $\pm$ 16.4	1.8 $\pm$ 0.8	0.4 $\pm$ 0.2	—	—
	23, Oct. '85	74	42.3 $\pm$ 26.3	4.8 $\pm$ 1.8	0.6 $\pm$ 0.1	14.7 $\pm$ 12.6	8.1 $\pm$ 7.1
2	23, Apr. '85	75	123.8 $\pm$ 53.1	10.7 $\pm$ 4.6	0.5 $\pm$ 0.2	59.9 $\pm$ 28.2	40.3 $\pm$ 32.5
	23, Oct. '85	267	66.2 $\pm$ 36.5	5.9 $\pm$ 3.7	0.8 $\pm$ 0.2	48.9 $\pm$ 40.7	17.2 $\pm$ 11.6
3	23, Apr. '85	140	225.4 $\pm$ 55.3	24.3 $\pm$ 19.7	0.8 $\pm$ 0.2	210.5 $\pm$ 75.9	192.5 $\pm$ 72.1
	23, Oct. '85	208	55.9 $\pm$ 29.0	6.4 $\pm$ 2.2	0.8 $\pm$ 0.2	68.7 $\pm$ 62.2	17.2 $\pm$ 11.3
4	23, Apr. '85	85	216.5 $\pm$ 57.9	25.2 $\pm$ 6.9	1.0 $\pm$ 0.2	265.8 $\pm$ 117.0	250.3 $\pm$ 90.0
	23, Oct. '85	27	51.0 $\pm$ 20.6	7.7 $\pm$ 2.5	0.9 $\pm$ 0.2	124.4 $\pm$ 84.7	18.1 $\pm$ 10.1
5	23, Apr. '85	67	214.1 $\pm$ 51.6	26.4 $\pm$ 5.1	1.2 $\pm$ 0.8	312.0 $\pm$ 118.1	265.4 $\pm$ 90.2
	23, Oct. '85	12	42.8 $\pm$ 16.0	7.1 $\pm$ 2.6	1.0 $\pm$ 0.3	141.8 $\pm$ 87.5	17.4 $\pm$ 8.7
6	23, Apr. '85	54	212.0 $\pm$ 54.3	26.6 $\pm$ 6.0	1.3 $\pm$ 0.7	353.0 $\pm$ 110.8	275.5 $\pm$ 92.1
	23, Oct. '85	16	36.3 $\pm$ 13.0	6.8 $\pm$ 2.0	1.3 $\pm$ 0.7	163.4 $\pm$ 75.4	14.0 $\pm$ 7.4
7	23, Apr. '85	11	220.3 $\pm$ 51.9	25.5 $\pm$ 5.6	1.4 $\pm$ 0.2	386.1 $\pm$ 167.2	268.3 $\pm$ 103.0
	23, Oct. '85	5	35.5 $\pm$ 14.9	7.8 $\pm$ 3.6	1.3 $\pm$ 0.1	164.2 $\pm$ 37.9	15.6 $\pm$ 5.7

採取期にあたる4月の葉湿重量の平均は、2年目チガイソが約40 gと軽いのに対し、3年目以上の平均重量は192.5~275.5 gに達し、約5~7倍の重さになる。3年目以上の根つき全茎重量の平均は約80 gであるので、葉湿重量が根つき全茎重量より約3倍重くなっている。10月での3年目以上の個体をみると、葉長は末枯れにより短くなり、平均葉湿重量は約17 gとなったのに対し、根つき全茎重量は約120 gと増量していた。これから4月から10月までの6カ月間に全茎重量は40 g増えたことになるが、これは主に孢子葉の重量によるものである。

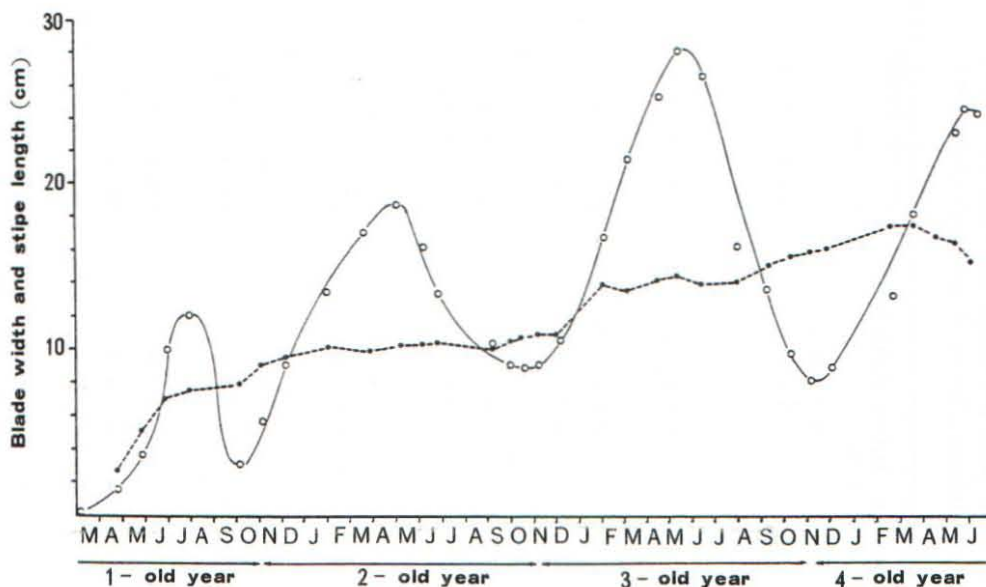


Fig. 5. Seasonal change in mean blade width (—○—) and mean stipe length (—●—) of the tagged *A. crassifolia* sporophytes.

c) 茎長と葉軸

茎の基部から生長点までを全茎長として測定した。全茎長は秋から春に生長し、夏にはほとんど生長しない (Fig. 5)。全茎長は年齢の増加に伴いほぼ直線的に伸長生長した (Fig. 6)。

10月の年齢別全茎長、付着器の高さ、全茎長+付着器の高さの変化をFig.7に示した。これらの値から Robertson の式に当てはめると相関係数がそれぞれ 0.999, 0.957, 0.998 と高い相関を示し、全茎長の生長式は $L_t = 296.240 / (1 + e^{1.357 - 0.322 t})$ (mm) が得られた。

この生長式から、1年目から8年目までの年齢別チガイソの全茎長を推定するとそれぞれ 90.2, 112.3, 136.8, 163.0, 189.7, 215.6, 239.6, 261.0 mm である。

葉軸の横断面は幼体期に円形であるが、孢子葉をもつようになると、徐々に長楕円形になる。年齢別の葉軸の長径は6年目まで生長するが、短径は長径ほど生長しない。年齢別(X)茎と葉軸の長径/短径(Y)をみると、最下部の茎では約1.1, 孢子葉の真下の葉軸のくびれでは約1.9~2と一定しているが、孢子葉を有する最も若い葉軸の最大幅のそれはほぼ直線に並び $Y = 0.226 X + 2.064$ ($r = 0.971$) の関係が求められた (Fig. 8)。

10月の年齢別根つき、孢子葉つきの全茎重量と全茎長との関係をみると $Y = 12.72 X - 93.258$ ($r = 0.995$) が得られた (Fig. 9)。全茎長の生長式から求めた全茎長の値をこの式に代入し、1年目から8年目までの年齢別全茎重量を推定するとそれぞれ 21.5, 49.6, 80.8, 114.1, 148.0, 181, 211.5, 238.7 g である。

d) 孢子葉と子嚢斑の形成

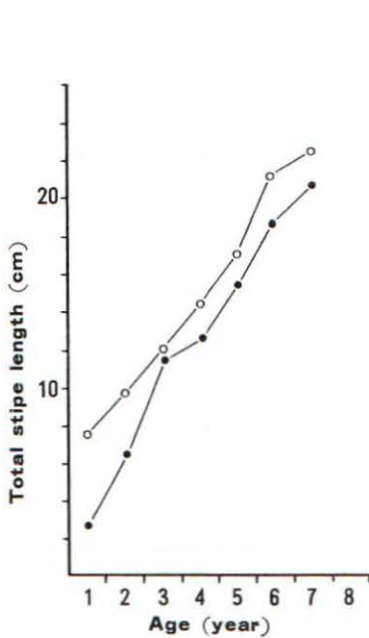


Fig. 6. Total stipe length of the *A. crassifolia* sporophytes in the Esan population. Solid and open circle show both the specimens collected in April and October 1985.

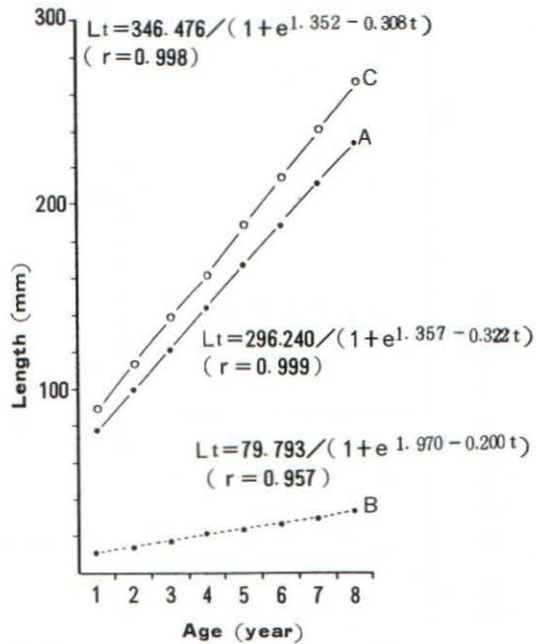


Fig. 7. Total stipe length(A), holdfast height (B), and total stipe length with holdfast(C) of *A. crassifolia* in relation to the age. Equation formulas were calculated by Robertson's expression, from the data of the plants collected in October 1985.

10月における孢子葉枚数、成熟枚数、最長孢子葉の平均値とその標準偏差を年齢別に示したのがTable 3である。

孢子葉は生長点の真下の葉軸から対生的に形成される。10～11月に着生したチガイソには、翌年4月頃に形成が始まり10月までに片側3～4枚の孢子葉を持つが、12月以後に着生した個体には突起としてみられるに過ぎない。孢子葉の枚数は年齢と共に増える。2年目以上のチガイソになると、新たな孢子葉形成のほか1～2年経過した古い孢子葉から4～6月に先端に新たな膜状の孢子葉を再生して大きさと厚さを増していく。これらの厚い孢子葉に子嚢斑ができ、遊走子の放出後に徐々に枯れ、落葉する。1年目チガイソに形成された孢子葉は子嚢斑を形成しない。これは孢子葉に成熟するために十分な厚さと長さがないためと考えられる。

子嚢斑の形成は8月末から孢子葉にパッチ状にみえ始め、10～11月には2年目以上の個体のほとんどに形成され、最盛期となる。孢子葉の全枚数のうち子嚢斑をもつ孢子葉は約73～96%に達し、根に近い孢子葉で子嚢斑面積の被度が高い。子嚢斑の型も孢子葉の両端にできる2条型と孢子葉全体にできる全幅型とがあり、表裏両面に形成される。子嚢斑をもつ孢子葉は翌年4月まで観察された。

孢子葉の形態と子嚢斑形成について OKAMURA (1896), MIYABE (1902), YENDO (1919), 木下(1940)の報告があり、YENDO (1919), 木下(1940)は孢子葉の再生が7, 8月にみられると述べているが、恵山では4月から観察された。川嶋(1977)は *Alaria* sp. の葉状部に子嚢斑を形成するものがあることを報告しているが、恵山町から戸井町(瀬田来)の水深0～1.5 mに生育しているチガイソのうち孢子葉以外に

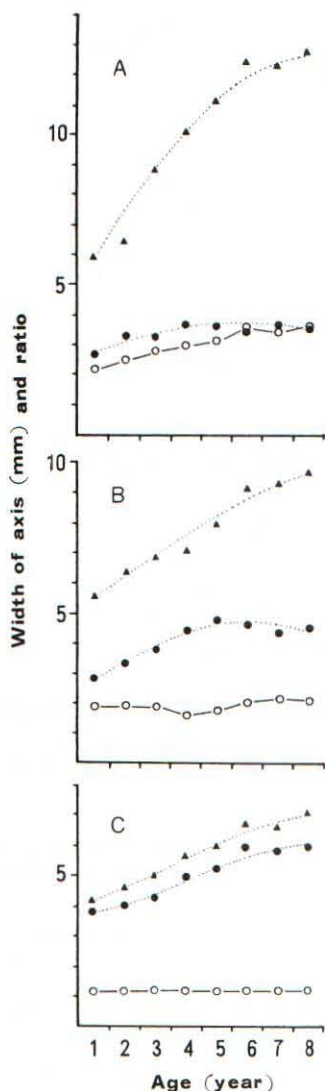


Fig. 8. The axis width of rachis and stipe of the different ages of *A. crassifolia* collected at Esan in October 1985. For explanation of A, B and C see Fig. 2.
 ▲ : major axis,
 ● : minor axis, and
 ○ : the ratio of major axis to minor axis.

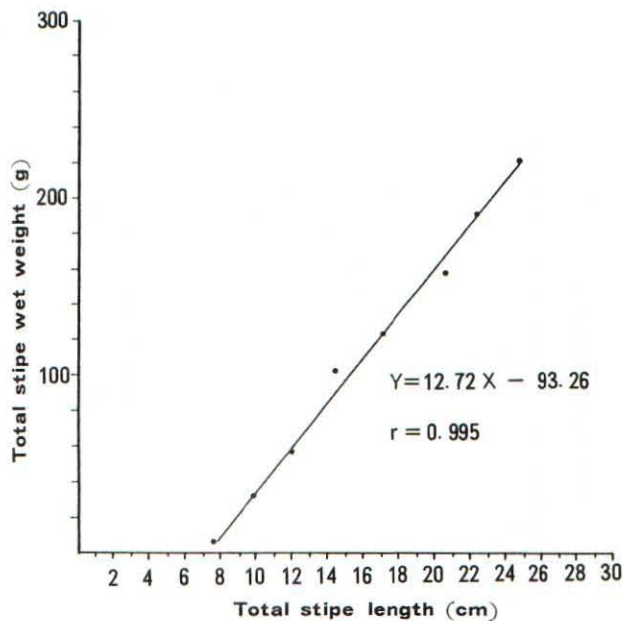


Fig. 9. Wet weight of total stipe with holdfast of *A. crassifolia* in relation to total stipe length in October 1985.

葉状部の両面にも子囊斑が形成されている個体が約30%あり、この子囊斑からも十分に遊走子を放出させることができ、この子囊斑は孢子葉のそれと同じ働きをしていると考えられる。

以上述べてきたことと著者らの既往の知見（新原ほか1983, 林ほか1984, 1985）からコンブ漁場におけるチガイソの生態学的位置を考察してみると、①チガイソの生育水深帯は0～21mに、マコンブのそれは0～15mに、ミツイシコンブのそれは1～10mとチガイソの生育水深帯が広い、②チガイソ、ミツイシコンブ、マコンブは岩盤、転石、玉石など同種類の基質に着生し、すみ分けを行わない、③着生密度は調査場所と水深帯により異なるが、恵山町豊浦、大淵地区の平均生育密度（1m²当たり）はチガイソが4.8本、ミツイシコンブが0.5本、1年目マコンブが3.3本とチガイソの密度は高い、④チガイソはマコンブ、ミツイシコンブと発生時期や成熟期間がほぼ同じである、⑤マコンブ、ミツイシコンブの寿命が2, 3年生であるのに対し、チガイソは8年生と寿命が長い、⑥1年目チガイソの生き残り率が45%と高い、などからチガイソはマコンブ、ミツイシコンブの競争種と推定された。

Table 3. The sporophyll length, number of sporophyll and riped sporophyll (mean $\pm$ s.d.) of *A. crassifolia* collected on 23rd October 1985.

Age	Sporophyll length (cm)	Number of sporophyll (A)	Number of riped sporophyll (B)	(B)/(A) $\times$ 100 (%)
1	2.3 $\pm$ 3.1	3.7 $\pm$ 3.3	—	—
2	11.4 $\pm$ 8.0	12.8 $\pm$ 7.0	9.4 $\pm$ 6.3	73.4
3	14.4 $\pm$ 7.7	17.9 $\pm$ 10.3	13.9 $\pm$ 9.1	77.7
4	19.8 $\pm$ 9.5	27.1 $\pm$ 11.1	23.3 $\pm$ 10.0	86.0
5	20.3 $\pm$ 8.7	31.0 $\pm$ 8.6	26.0 $\pm$ 9.3	83.9
6	23.7 $\pm$ 8.8	32.5 $\pm$ 7.0	29.2 $\pm$ 5.5	89.8
7	21.0 $\pm$ 9.3	30.1 $\pm$ 10.4	26.6 $\pm$ 10.7	88.4
8	25.0 $\pm$ 5.7	24.8 $\pm$ 5.1	22.3 $\pm$ 5.4	89.9

要 約

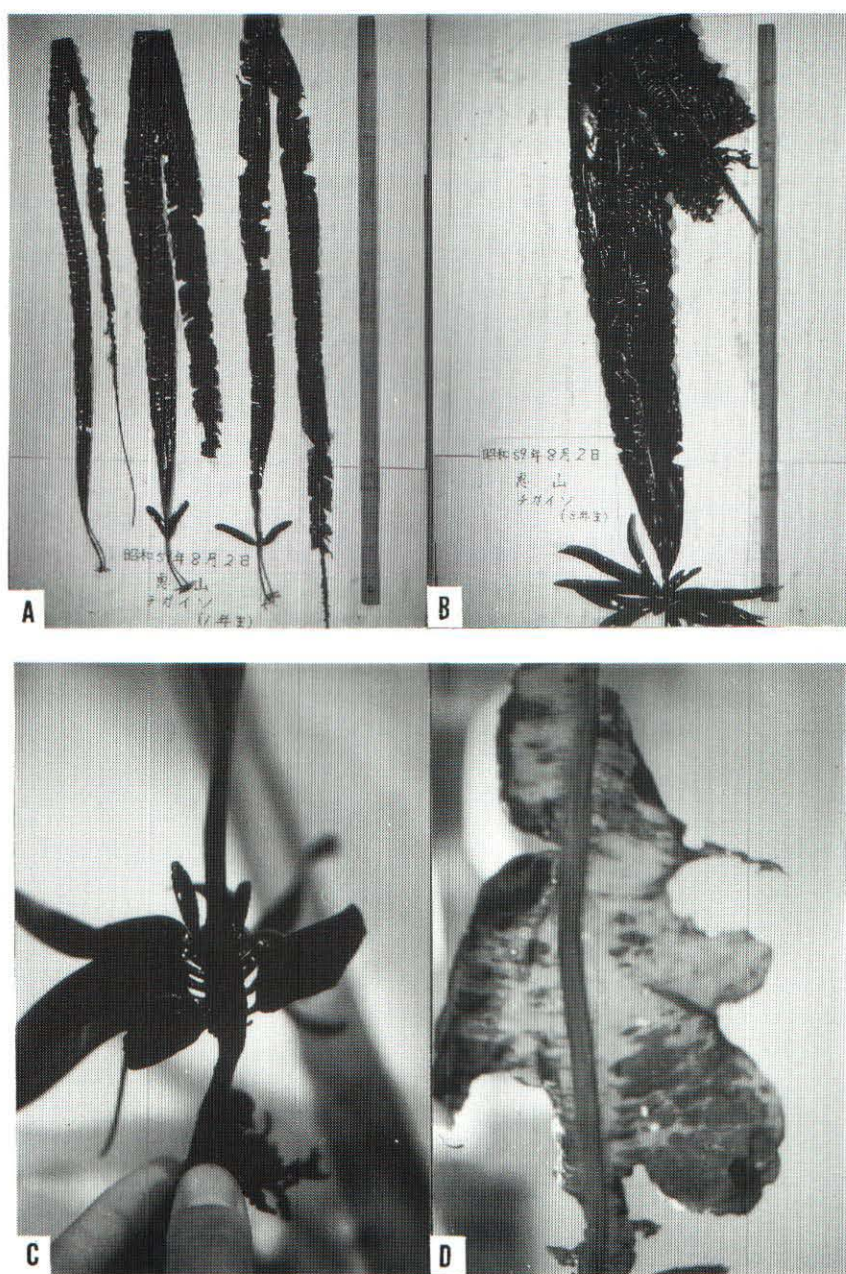
恵山町恵山において1983～'85年に、マコンブ、ミツイシコンブと競争関係にあるチガイソの寿命、発芽時期、生長様式、減耗、成熟などの生態調査を行い、次の結果を得ると共に若干の考察をした。

- チガイソの年齢査定は葉軸にできるくびれの数と付着器にできる再生根の縦列数を数えるのが有効であり、これによって最高寿命を8年と推定した。
- チガイソの遊走子の着生期間は9月～翌年2月で、幼体の肉眼的出現時期は2月である。
- 葉長・葉幅の生長パターンを明らかにし、上昇時の水温が15℃に達すると伸長生長が止まり、下降時の水温が15℃になると再生長が始まる。
- 幼体から1年目の終わりまでの減耗率は55%、2年目チガイソまでのそれは71%であった。
- 1年目チガイソはほとんど孢子葉を持たないで過ごし、孢子葉を形成する個体も子囊斑を形成しない。2年目以上のチガイソは旧孢子葉の上部に新たな孢子葉が4月頃形成され、次第に大きさと厚さを増し、8月から翌年の4月まで子囊斑を形成し、遊走子を放出後茎に近い孢子葉から次々に落葉する。
- 子囊斑は孢子葉に通常形成されるが、水深0～1.5mに生育している約30%のチガイソの葉状部の両面にも子囊斑が形成されていた。
- 全茎長の年齢別生長式 $L_t = 296.240 / (1 + e^{1.357 - 0.322 t})$ を求めた。

文 献

- BAARDSETH, E. (1956): The growth rings in *Alaria stipes*. *2nd Int. Seaweed Symposium* 153-157
- 林 忠彦ほか (1984): 昭和58年度浅海漁場調査報告書(尻岸内町日浦地区)北海道立函館水産試験場 1-66
- ほか (1985): 昭和58年度浅海漁場調査報告書(恵山町古武井, 日ノ浜地区)北海道立函館水産試験場 1-84
- ほか (1985): 昭和59年度浅海漁場調査報告書(恵山町豊浦・大潤・女那川地区)北海道立函館水産試験場 1-97
- KAIN, J.M. (1963): Aspects of the biology of *Laminaria hyperborea* II. Age, weight and

- length. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 43 129-151
- 神田千代一 (1946): 北海道沿岸産昆布族植物の発生学的研究 函館水専水産科学研報 1 1-44
- 川嶋 昭二 (1977): *Alaria* の葉状部への遊走子嚢斑形成について 藻類 25 増補 95-100
- 菊地 和夫ほか (1985): 昭和57~59年度浅海漁場調査報告書(福島町岩部地区)北海道立函館水産試験場 1-53
- 木下虎一郎 (1940): チガイソの智識 北海道水産試験場 1-35
- MIYABE, K. (1902): On the Laminariaceae of Hokkaido. *Jour. Sapporo Agr. Coll.* 1 1-150
- 新原 義昭ほか (1983): 昭和57年度浅海漁場調査報告書(尻岸内町恵山地区)北海道立函館水産試験場 1-36
- 能登谷正浩・足助 光久 (1894): 青森県沿岸におけるコンブ目植物の分布 青森県水産増殖センター研究報告 (3) 15-18
- OKAMURA, K. (1896): On Laminaria of Japan. *Bot. Mag. Tokyo* 10 97-99
- 岡村金太郎 (1936): 日本海藻誌 内田老鶴圃 東京
- SUNDENE, O. (1961): The Implications of Transplant and Culture Experiments on the Growth and Distribution of *Alaria esculenta* *Nytt Mag. Bot.* 9 155-180
- 千原 光雄 (1972): 日高沿岸の海藻について 国立科博専報 (5) 151-162
- WIDDOWSON, T.B. (1971): A statistical analysis of variation in the brown alga *Alaria*. *Syesis* (4) 125-143
- YENDO, K. (1919): A monograph of the genus *Alaria*. *Jour. Coll. Sci., Tokyo Imp. Univ.* 43 1-145



- A. 1-year-old sporophyte of *Alaria crassifolia* collected at Esan, on 2nd August 1984.
- B. 3-year-old sporophyte of *A. crassifolia* collected at Esan, on 2nd August 1984.
- C. A part of 2-year-old sporophyte of *A. crassifolia* collected at Esan, on 2nd August 1984, showing constriction in rachis and sporophylls.
- D. *A. crassifolia* having sporangial sori on the blade collected at Toi, on 28th September 1984.

宇藤 均・坂崎繁樹

1981年から1984年の期間、網走湖の流出河川でワカサギの移動生態を調べた。移動魚は主に0年魚から成るが、1,2年魚もみられ、まれに3年魚も認められた。

0年魚の降海時期は8月上旬を盛期とした7~11月、遡河時期は11~12月を盛期とした10~12月と翌年の4月であった。降海盛期は仔魚から稚魚への移行時期と対応していた。この時期の降海魚は湖内に分布するものより比較的生育が進んでいた。

年齢1年以上のワカサギの降海時期は7月をピークとした5~9月、遡河時期は11月をピークとした10~12月と4~5月であった。

本湖産ワカサギにその生活史から次の5つの群を示唆した。1) 一生降海しない。2) 生活第一年目に降海・遡河し、二年目には降海しない。3) 生活第一年目に引続き二年目にも降海・遡河する。4) 生活第一年目に降海し、二年目に遡河する。5) 生活第一年目には降海せず、二年目に降海・遡河する。

A 140 北水試報 29 1-16 1987

野付湾ホッケイエビの成長に伴う分布と密度の変化

水島敏博

1977年から1980年にかけて、北海道東部の野付湾において、ホッケイエビの成長に伴う分布と移動、ならびに個体群密度の変化について調査した。ホッケイエビはアマモ場の周年定住種であることを示した。当歳群の幼生は湾奥部に密度が高く、成長につれて湾全域に分散した。1歳および2歳群とも春には湾奥部に密度が高く、水温の高くなる夏には湾中央部の潮切周辺に集中することが推測され、越冬前には湾全域に分散した。3歳の春のふ出期の雌は接岸する。本種の個体群の密度は、生後16カ月以降から急激に低下するが、それは漁獲減耗によると考えられた。

A 142 北水試報 29 25-35 1987

能取湖における海洋条件の季節変化

蔵田 護・西浜雄二

1984年12月から1986年5月まで、能取湖最深部において海洋条件の季節変化を調べた。水温は-1.5℃~21.4℃の範囲にあり、湖は1月上旬から4月中旬までの間、結氷した。10m以深の塩分は31.4~33.5であった。5月上旬から宗谷暖流系水の影響を受けはじめ、11月下旬には東樺太寒流系水に入れ替った。栄養塩類は1月~3月に高濃度であったが、クロロフィルa量が年間最高値(0~15m 5層の平均, 14.3 μ g/ ℓ)を示した4月下旬に急激に減少した。0~15m層のクロロフィルa量は夏にも1~3 μ g/ ℓ であり、比較的高かった。このことは底層から栄養塩の供給によるものである。結氷下のクロロフィルa量は1 μ g/ ℓ 以下であった。

A 141 北水試報 29 17-24 1987

恵山町におけるチガイソ(*Alaria crassifolia* Kjellman)の生能

新原義昭・工藤 篤・大野孝悦・高谷成基

チガイソの寿命、生長、減耗、成熟について、1983年4月~1985年10月に、恵山町恵山で調査した。

チガイソの年齢は、葉軸にできるくびれと付着器にできる再生根の縦列数を数えることが有効であり、これから最高寿命を8年と推年した。葉長、葉幅、全茎長の季節変化を調べ、葉長の生長と水温との関係を明らかにした。また年齢別に葉長、葉幅、全茎長などの大きさをみた。

チガイソ幼体の出現は肉眼的に2月にみられ、遊走子の着生は9月から翌年2月までに行われた。幼体から1年目チガイソになる10月までの減耗率は約55%であった。子囊斑の形成は8月から始まり10~11月に最盛期となり、翌年4月に消失した。

チガイソのコンブ漁場での生態位置付けを行い、マコンブ、ミツイシコンブの競争種とする考察を試みた。

A 143 北水試報 29 37-49 1987

北海道立水産試験場

北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)	046 余市郡余市町浜中町238 (Yoichi, Hokkaido, Japan)
北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	042 函館市湯川町1-2-66 (Yunokawa, Hakodate, Hokkaido, Japan)
北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Mutoran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	051 室蘭市舟見町1-133-31 (Funamicho, Mutoran, Hokkaido, Japan)
北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)	085 釧路市浜町2-6 (Hamacho, Kushiro, Hokkaido, Japan)
北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	099-31 網走市鱒浦31 (Masuura, Abashiri, Hokkaido, Japan)
北海道立網走水産試験場紋別支場 (Monbetsu Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	094 紋別市港町7 (Minatomachi, Monbetsu, Hokkaido, Japan)
北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)	097 稚内市宝来4-5-4 (Horai, Wakkanai, Hokkaido, Japan)
北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture)	041-14 茅部郡鹿部町字本別539-112 (Shikabe, Hokkaido, Japan)

昭和62年3月28日 印刷

昭和62年3月31日 発行

編集兼
発行者

北海道立中央水産試験場
北海道余市郡余市町
電話 0135(23)7451代

印刷所

日東印刷株式会社
小樽市相生町7番4号
電話 (0134)23-1559番