

ニシン産卵床の水温・塩分と産卵時期の推定について

干川 裕*¹, 田嶋 健一郎*², 川井 唯史*³, 桑原 久実*⁴, 金田 友紀*¹

Water temperature and salinity in the spawning bed of herring (*Clupea pallasii*), and estimating of spawning period based on the water temperature

Hiroshi HOSHIKAWA*¹, Ken-ichiro TAJIMA*², Tadashi KAWAI*³, Hisami KUWAHARA*⁴ and Tomonori KANETA*¹

Water temperature and salinity in herring spawning beds on the rocky shore were surveyed at Minedomari, Atsuta, Hokkaido during the 2000 spawning season. Water temperature was 4°C during mid-March spawning and 7-8°C at the mid-April hatch. Average temperature was 5.2°C in the spawning bed and 4.7°C at deeper bottom off Minedomari. Cumulative temperature from spawn to hatch was 138.8°C in the spawning bed. This value was almost equal to the 136°C obtained in the laboratory where eggs were kept under 8.5 °C. Spawning period in field could be estimated based on cumulative temperature for respective developmental stages and water temperatures. Salinity changed very widely from 7psu to over 30psu after the end of March due to melting snow. Spawning on the shallower rocky shore at Atsuta adapted to reduce the incubation period through higher temperature and obtain good conditions for development and hatch out through adequate salinity.

キーワード：ニシン，産卵床形成，水温，塩分，発生

はじめに

太平洋ニシンは主に潮間帯から亜潮間帯にかけて産卵することが知られている^{1,2)}。浅い場所に産卵する利点として、高い温度による孵化までの期間の短縮³⁾や受精から孵化に適した低塩分⁴⁾の環境が得やすいこと、卵を捕食する大型魚⁵⁾が少ないことが挙げられる。しかし、反面干出による死亡⁶⁾や鳥による捕食¹⁾、波浪による打ち上げ^{7,8)}などの危険も存在する。

石狩湾から稚内にかけての北海道日本海沿岸で漁獲されている石狩湾系ニシンは、留萌市や厚田村沿岸で産卵していることが知られている^{9,10)}。産卵床が形成される場所は主に水深2m以浅の浅い場所である⁹⁾が、その環境が上記の産卵に関わる特性と一致しているか否か検討されたことはない。

ニシンの産卵床形成要因を検討する上で、産卵時の環境を把握することが重要である。現在は、採集された卵の発生段階と現場の水温を用いて産卵時期を推定している。これは発生速度が水温の変化に伴って変わること^{11,12)}に基づいている。しかし、その妥当性については検証されていない。

筆者等は、産卵が毎年確認されている厚田村嶺泊で産卵床内の水温と塩分を観測するとともに、発生と水温について飼育試験を行い、産卵時期の推定についていくつかの知見を得たのでここに報告する。

調査場所と方法

1. 野外調査

厚田村の南寄りに位置する嶺泊の平磯で、ニシンの産

報文番号 A 348 (2002年3月11日受理)

*1 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

*2 北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture, Shikabe, Hokkaido 041-1404, Japan)

*3 北海道立原子力環境センター (Hokkaido Nuclear-Energy Environmental Research Center, Kyowa Hokkaido 045-0123, Japan)

*4 独立法人水産工学研究所 (Research Institute of Fisheries Engineerings, Hasaki, Ibaraki 314-0347, Japan)

この研究は北海道庁が平成8年から行った「日本海ニシン資源増大対策事業」により実施された。

卵期の水温・塩分を観測した(図1)。この平磯上には北西から南東にかけて溝が複数存在するが、特に中央の大きな溝の周辺にニシンの産卵床が形成される⁹⁾。

2000年1月28日から5月1日までの期間、毎年産卵床が形成されている平磯上の海底(水深約0.7m)に自記憶式水温塩分計(MDS-CT,アレック電子(株))を設置し、水温と塩分を観測した(図1)。また、嶺泊船揚場の反対側に発達する平磯の沖側(水深7m)に波高計(Wave Hunter94 WH102, IO エンジニアリング(株))を設置し、1月18日から4月24日までの水温を観測した(図1)。気温のデータは気象庁が厚田で観測しているアメダス定点の値を用いた。石狩川の流量については、北海道開発局石狩川開発建設部の資料を用いた。

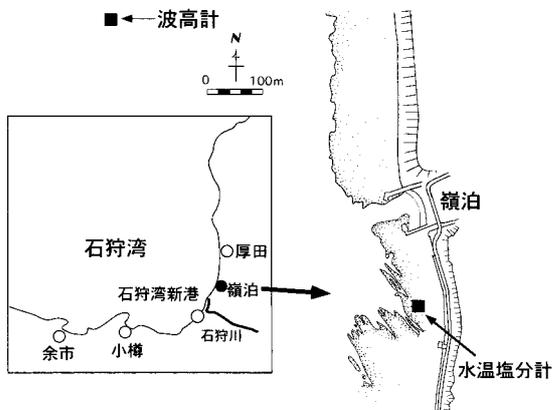


図1 2000年ニシン産卵時期の調査地点及び観測機器設置場所

ニシンが産卵した時期を特定するために、2000年2月7日から4月18日まで計13回、スキングダイビングにより平磯上の海藻草類に付着している卵の有無を調べた。これらの調査で卵が発見された場合には採集し、5%ホルマリンで海藻草類と一緒に固定し、70%エタノールで保存して、後日発生段階を調べた。ニシンの発生段階は桑谷等¹¹⁾に基づいて表1に示した15段階に分けた。また、

表1 発生段階の状況

発生段階	発生状態
1	8細胞期まで
2	桑実期
3	胞胚期
4	囊胚期
5	胚楕拡大
6	クッパー小胞形成期、眼胞輪郭確認可
7	クッパー小胞形成完了
8	眼胞にレンズが形成、クッパー小胞明瞭
9	尾部の分化
10	筋節は全体、胚体が卵黄の周りを1.2巻
11	眼胞が淡褐色、胚体が卵黄の周りを約1.5巻
12	眼胞が褐色、胚体が卵黄の周りを約2巻
13	眼胞・レンズ黒色、腹膜鰭基部に黒色素濃点在
14	孵化開始
15	孵化盛期

2000年3月21日には産卵床の範囲を光波測距儀(EDM GTS-2B トプコン(株))で測量した。

2. 室内試験

ニシン卵の発生に及ぼす水温の影響を調べるために、2000年3月29日に厚田村で漁獲されたニシンを使って、現地で人工受精を行いトリカルネットに付着させて中央水産試験場に持ち帰った。これらの卵を500mlのガラス瓶に濾過海水とともに入れ、4℃(平均水温4.3℃)と8℃(平均水温8.5℃)に設定した恒温器内で飼育した。水温を事前に調整した濾過海水を用いて毎日換水するとともに10~30個の卵を取り出しその発生段階を表1の番号に従って記録した。4月中旬以降4℃区で奇形や死亡卵が増えたために、4月19日で試験を終了した。卵を収容した瓶と同型のものに、海水とともに小型記憶式水温計(Optic StowAway Temp. オンセット社(株))を入れて飼育水温を観測した。

結果

1. 産卵床の水温と塩分

2000年3月19日にニシン卵がスガモの表面に付着しているのが観察された。卵の発生段階は胞胚期であり、水温が4.8℃であったことから、室内試験の4℃区の結果に基づいて受精は1日半前と推測された。その後、4月14日には77.9%の卵が孵化しており、18日には卵膜だけで仔魚は発見できなかった。このことから、孵化開始時期は13日以前ではあるが特定できなかった。また、孵化盛期は14日頃と考えられた。3月21日に産卵床の範囲を測量した結果、例年と同じく平磯中央部の溝周辺に7,256m²の産卵床が、また船揚場寄りの平磯縁部に2,456m²の産卵床が確認された(図2)。

平磯上に設置した水温塩分計は、平磯中央部の産卵床内に位置していた。ここで観測した水温と波高計で観測した水温を図3に示した。3月中旬までは水深7mと平

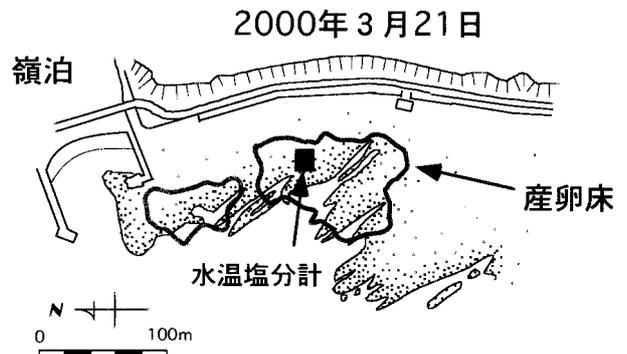


図2 嶺泊におけるニシン産卵床の分布

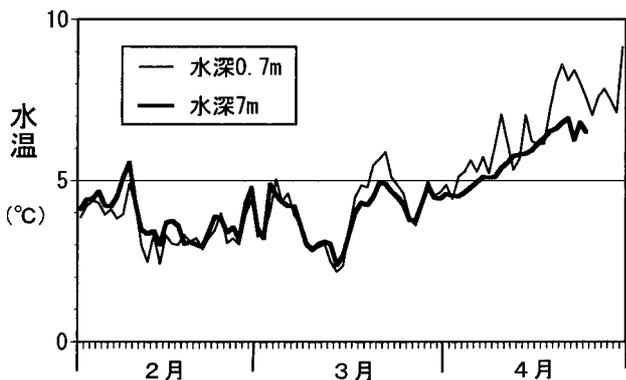


図3 2000年2月から4月までの厚田村嶺泊における平磯上と沖の水温度変化

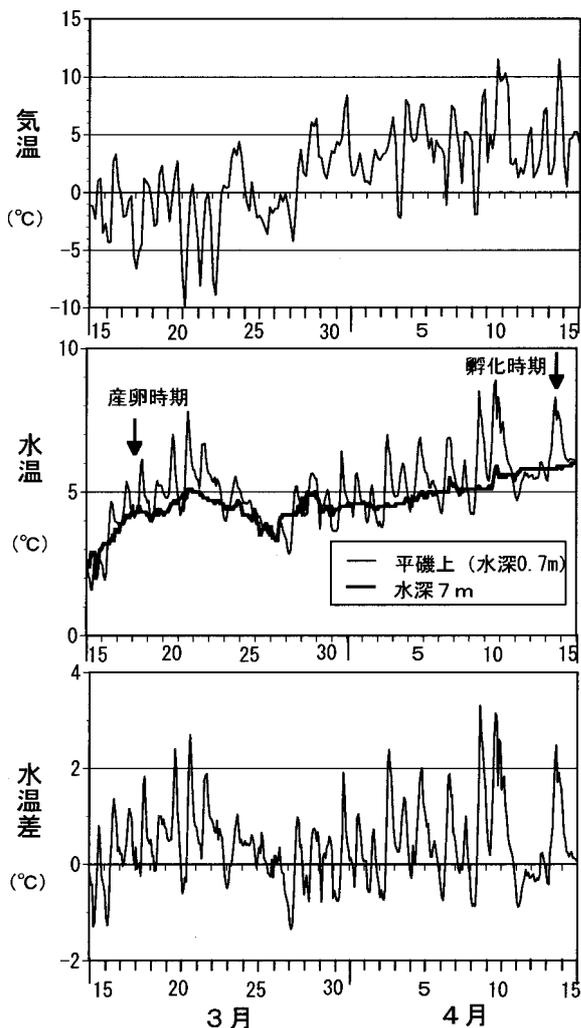


図4 2000年3月中旬から4月中旬の厚田村嶺泊における水深7mと0.7mの水温度変化とその差、及び厚田の気温
 水温差=水深0.7m水温-水深7m水温

磯上の水温度変化はほとんど同様な傾向を示しており、3～5℃の範囲で変化していた。3月中旬には2.1℃(水深0.7m)及び2.3℃(水深7m)まで下がったが、その

後昇温して4月に入ると5℃を超え上昇を続けた。2月中は水深7mの水温度が高い場合があったが、産卵が行われた3月18日以降は平磯上の水温度が高く推移していた。

産卵から孵化までのより詳しい気温、水温度、及び両地点の水温度差を図4に示した。気温は3月下旬には-10℃まで下がったが、3月末から高く推移し、日中には5℃を超えて10℃になる場合もあった。水深7mと平磯上の0.7mの水温度は、おおまかな変動傾向では一致している。しかし、平磯上では日周変化が著しく、昼には水深7mに比べて2～3℃高く、8℃に達することもあった。逆に夜間は1℃以上低い時期もあった。3月18日(産卵)から4月13日(孵化)までの産卵床内の平均水温度は5.14℃、沖の平均水温度は4.72℃であった。この期間内で産卵床内の方が最大1.67℃高く、両地点の差の積算は11.26℃・日であった。また、産卵から孵化までの積算水温度は138.8℃・日であった。

産卵床内における塩分の変化と石狩川の流量を図5に示した。2月から3月下旬までは塩分の値はほとんど30psu以上であり、時々20psu付近まで下がった。しかし、3月末から4月は7～30psuまで大きく変動した。調査地点の南側に位置する石狩川の流量は3月末から5月にかけて融雪水の流入により急激に増加する。このことから、塩分の大きな変動は、石狩川からの流入した淡水が接岸することで、沿岸全体の塩分が低下するためと思われる。

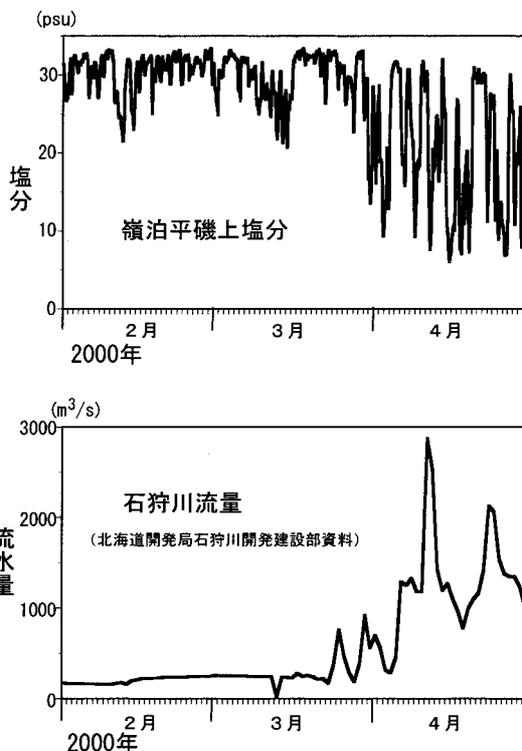


図5 2000年2月から4月までの厚田村嶺泊における平磯上の塩分変化と石狩川の流量変化

2. 水温と発生段階

2000年3月29日から開始したニシン卵の発生試験では、8℃区の孵化は14日後の4月12日から始まり試験を終了した4月19日まで続いたが、孵化盛期は4月13日であり、受精から孵化までの積算水温は136℃・日だった。4℃

表2 発生段階と受精及び産卵からの積算水温の関係

発生段階*	室内試験区		野外調査	備考
	8℃区	4℃区	嶺泊	
6	16.9	17.7	15.1	
7	25.1	21.1	-	
8	33.4	36.9	-	
9	42.0	45.9	-	
10	50.8	55.8	48.7	
11	69.0	-	-	
12**	86.9	89.6	86.6	
13	104.0	-	114.5	8℃区***
14	121.0	-	-	
15	136.0	-	138.8	

*:表1を参照

**：胚体が卵黄を1.8周巻いた状態

***：眼胞・レンズは黒色だが、胚体部の黒色素叢不明

区では試験終了時でも仔魚の体が卵黄を1.8巻きであり、発生段階12**とした。主な発生段階までの積算水温を表2に示した。発生段階7～12**までは両水温区ではほぼ似た値であった。

一方、嶺泊の観測結果と野外から採集した標本の発生段階を比べると、発生段階6, 10, 12及び15は室内試験の結果とほとんど同じ値であった。しかし、発生段階13は、野外の積算水温が10℃・日ほど高い傾向があった。野外で採集された胚では腹膜鰭基部に黒色素叢点を確認されたのに対して、室内の8℃区では眼胞とレンズは黒色化していたが色素叢点是不明瞭であったため、野外での積算水温値が高くなったと思われる。

考 察

産卵が行われた平磯上の水温は、3月下旬以降に比べ高く推移した。両地点の平均水温差は0.5℃だったが、日周変化における日中の差はかなり大きかった。産卵から孵化までの積算水温の差は11.2℃・日であり、同期間の平磯上の平均水温が5.2℃であることから、孵化までの期間が平磯では約2日ほど短縮できると思われる。

平磯上の水温が日中に高くなり、夜間は低くなる理由として、日中には太陽からの輻射熱により海底の岩盤が熱せられて水温が上がったことと、夜間は気温により冷却されたことが考えられる。

野外で得られた受精から孵化までの積算水温は138.8℃・日であり、室内試験の8℃区の結果も136℃・日であった。これらの値は、北海道栽培漁業振興公社羽

幌事業所で行われている石狩湾系ニシンの種苗生産で得られた受精から孵化盛期までの積算水温(136℃・日及び138.6℃・日)¹³⁾とほとんど一致していた。

ニシンの産卵床形成機構を明らかにする上で、産卵時の環境を明らかにする必要がある。しかし、いつニシンが産卵したかを知るためには、高い頻度で卵の有無を調べなければならないために、かなりの労力を必要とする。そこで、発生段階と水温の関係から、産卵時期を高い精度で推定することができれば、研究の進展が図れる。

今回の結果では、水温が高くなると発生速度が高まり、孵化までの期間が短縮することが室内試験で確認された。この傾向は、これまで石狩湾系ニシンで桑谷等¹¹⁾が、北米沿岸の太平洋ニシンでAlderdice & Velsen¹²⁾が報告していることと一致していた。

野外で採集された卵の発生段階とそれまでの積算水温を、室内試験の結果と比較すると発生段階後期の一部を除くとほぼ同じ値を示した。野外と室内の結果で、大きな差がなかったことから、基本的に水温と採集時の発生段階から産卵時期を特定することが可能と思われる。しかし、発生段階によっては1日前後の誤差があることも考慮しなくてはならない。今後は設定水温を変えて例数を増やすことで、推定精度をより高めることが必要であろう。

Griff et al.,⁴⁾よれば太平洋ニシンの受精と孵化に適した塩分は16～24psu及び8～24psuであるが、産卵が行われたと思われる3月17日から18日の塩分は30psu以上であった。2月から3月にかけて、時々観測された平磯の海底付近の低塩分は、時化が起こった時に表層にある淡水が波浪により混ざったためと考えられる。このような低塩分の存在と産卵床の形成場所の関係について、Käariä¹⁴⁾は塩分の大きな変化が雄の放精を引き起こし、結果として集団の産卵を誘発すると考えている。厚田村沿岸でも、産卵床が形成される場所の近くに小規模な河川が流入している事例が多いので、淡水の流入と産卵床形成との関係については、今後詳しく調べる必要がある。

一方、3月末以降では、石狩川からの大量の淡水流入により塩分は大きく変化するとともに低い状態が続いていた。このことは、Griff et al.,⁴⁾が述べているように、この時期にはニシンの孵化までの発生にとって良好な低塩分の環境が保障されていると思われる。

卵の発生の長期化は、捕食に曝されることに加えて、死卵の増加や発生異常の増加を招くことが知られている。そのため、水温が高い平磯上に産卵することは、ニシンにとって孵化までの時期を短縮し生残率を向上させる適応と考えられる。また、孵化率を向上させる点でも低塩

分の影響を受ける浅瀬に産卵することは利点と思われる。

浅瀬に産卵する不利な点として、干出時の鳥による捕食¹⁾や卵の死亡⁶⁾、波浪による打ち上げ^{8,9)}が挙げられている。しかし、ニシンの産卵から孵化までの期間の潮汐に伴う最低海面は-7cmであり、嶺泊ではほとんどの卵が水深50cmから2mにかけて産み付けられていること¹⁵⁾から干出の危険はほとんどない。一方、平磯が発達しているために、主な波はその縁辺部で消波されているが、産卵床が形成されている嶺泊では1998年4月9日に波浪により打ち上げられた大量の卵が観察された。したがって、波浪は石狩湾においても卵の大きな減耗要因と思われるが、減耗した卵の正確な数量は把握できていない。浅瀬に産卵する利点を検討するためには、産卵から孵化までの死亡率とその要因について定量的な解析が必要であろう。

要 約

2000年2月から4月にかけて厚田村嶺泊のニシン産卵床内で、海底の水温と塩分を観測した。また、平磯の沖水深7mで観測した水温と平磯上の水温を比較し、ニシンの産卵から孵化までの産卵床内における環境を明らかにし、以下の結果を得た。

1. 2000年の産卵時期は3月17日から18日にかけて、孵化時期は4月14日頃と推定された。産卵から孵化までの積算水温は138.8℃・日と推定された。産卵時の塩分は30psu以上であったが、孵化時期には石狩川からの融雪水の影響を受け7~30psuと低くなった。
2. 室内で4℃と8℃でニシンの発生を調べた結果、水温が高いほど発生期間が短くなった。また、受精からの累積水温を両水温区と野外で得られたデータを比較した結果、ほぼ一致しており、基本的に水温と発生段階から産卵時期を推定できると思われる。

謝 辞

本研究を実施するにあたって、厚田村漁業協同組合と石狩地区水産技術普及指導所の職員各位、並びに厚田村嶺泊の木村 実氏に多大なる協力を頂いた、ここに感謝の意を表す。また、室内試験に用いた人工受精作業で協力頂いた釧路水産試験場資源管理部の石田良太郎氏、石狩湾新港での潮位データを提供頂いた小樽開発建設部並びに石狩川の流量に関する資料を提供頂いた石狩川開発建設部に感謝する。

文 献

- 1) Haegele, C.W., Humphreys R.D. and Hourston A.D. : Distribution of eggs by depth and vegetation type in Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*) spawnings in southern British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38, 381-386 (1981)
- 2) Blaxter J.H. : The herring: A successful species? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42, 21-30 (1985)
- 3) Rajasilta M., Eklund J., Hanninen J., Kurkilahti M., Kääriä J., Rannikko P., and Soikkeli M. : Spawning of herring (*Clupea harengus menbrans L.*) in the Archipelago Sea. *ICES J. mar. Sci.*, 50, 233-246 (1993)
- 4) Griffin F.J., Dilcai M.C., Vines C.A., Kääriä J., Hidbard-Robbins T., Yanagimachi R., and Cherr G.N. : Effects of salinity on sperm motility, fertilization, and development in the Pacific herring, *Clupea pallasii*. *Biol. Bull.* 194. 25-35 (1998)
- 5) 田村 正・大久保正一：春季ニシン漁場に於けるホッケの食性に就いて。水産孵化場試験報告。7(1-2), 93-103 (1952)
- 6) エリ・ア・ガルキナ：オホーツクニシンの生殖と発育。日ソ漁業科学技術協力翻訳印刷文献。3,1-62 (1967)
- 7) 田村 正・小山田 博・大久保正一：鯨寄子に関する調査(第1報)。水産孵化場試験報告。6(1-2), 11-26(1951)
- 8) 田村 正・大久保正一：鯨寄子に関する調査(第2報)。孵化場試験報告。8(1-2),95-107(1953)
- 9) Hoshikawa H., Tajima K., Kawai T. and Ohtsuki T. : "Spawning bed selection by Pacific herring (*Clupea pallasii*) at Atsuta, Hokkaido, Japan". Herring: Expectations for a New Millennium. Alaska Sea Grant College Program, 2001,199-226.
- 10) 多田匡秀：“(2)産卵藻場造成技術開発試験(3)産卵場藻場構成種の把握 イ留萌地区”。平成8年~10年度日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書。北海道立稚内水産試験場, 2000, 56-65.
- 11) 桑谷幸正・渋谷三五郎・和久井卓也・中西 孝：ニシンの卵発生と稚魚の飼育に関する研究-1, 卵発生に及ぼす水温の影響。“有用魚大規模養殖等実験事業 にしん増養殖技術開発企業化試験報告 昭和47~49年”。北海道区水産研究所・水産庁研究部研究課, 1978, 11-29.
- 12) Alderdice D.F. and Velsen F.P.J. : Some effects of salinity and temperature on early development

- of Pacific herring (*Clupea palasi*). *J. Fish. Res. Board of Canada*. 28(10), 1545-1562
- 13) 川下正己, 加畑裕康, 渡邊郁夫, 小林 元: “ニシン種苗生産事業”. 平成9年度種苗生産事業報告書. (社)北海道栽培漁業振興公社, 1999, 79-93.
- 14) Kääriä J.: Reproduction of the Baltic herring (*Clupea harengus membras* L.) Factors affecting the selection of spawning beds in the archipelago sea, in SW Finland. Ph.D. thesis, Annales Universitatis Turkuensis, Ser. All Tom. 116 1-88(1999)
- 15) 干川 裕: “(2)産卵藻場造成技術開発試験(3)産卵場藻場構成種の把握 ア厚田地区”.平成8年~10年度日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書. 北海道立稚内水産試験場, 2000, 50-55.

宗谷湾及びその周辺に出現するニシン稚魚

吉村 圭三*

Occurrence of juvenile herring *Clupea pallasii* around Sohya Bay, northern Hokkaido, Japan

Keizo YOSHIMURA*

Juveniles of Pacific herring *Clupea pallasii*, caught by anglers at fishing ports and harbors located around Sohya Bay during June to November in 1999-2000, were studied. Specimens consisted of 1-age and 0-age in each year; the latter contained some hatchery-reared fry ALC-marked and released under the stock enhancement program carried out by Hokkaido Government. The 0-age juveniles were thought to be derived from local population in northwestern coast of Hokkaido formerly known as Ishikari Herring characterized with relatively higher vertebral counts. In contrast, origin of 1-age juveniles was not clear because of the smaller number of specimens and rather common vertebral features among populations known around Hokkaido, though their vertebrae were numbered fewer than in 0-age juveniles. Body length frequency of 0-age juveniles showed bimodal distribution, suggesting that the two groups of juveniles possibly originated from different spawning dates or grounds in those studied areas. Change of recapture sites indicated a trend of northward movement of released-reared fry for a few months after liberty. Released-reared fry caught within a month after liberty exhibited markedly poor condition factor; it is suggested that remarkable increase in their mean body length was caused not by remarkable growth, but selective removal of smaller fry.

キーワード：ニシン，稚魚，人工種苗放流，遊漁，宗谷湾，ALC標識

まえがき

北海道周辺海域に分布するニシン *Clupea pallasii* の仔稚魚および未成魚期の生態は古くから研究されてきた¹⁻³⁾が、近年盛んになった人工種苗放流を効果的に推進するために、改めてその知見の蓄積が必要とされている。

本道北部、宗谷湾およびその周辺海域(以下宗谷海域)の港湾内では、夏から秋にかけて遊漁者によるまき餌釣りが盛んに行われるが、主対象魚種のチカ・ワカサギ類に混じり、ニシンが採捕されることがある。また1997年以降、宗谷海域周辺から放流された人工種苗がその中に含まれていることも判明している⁴⁾が、少ない試料に基づく断片的な知見に留まっていた。

そこで、これらのニシンの特徴および放流された人工種苗(以下放流魚)の混入状況を把握することを目的に、

著者は1999~2000年の夏期から冬期の全般にわたり採捕されたニシンの年齢、尾叉長、脊椎骨数等を調査するとともに、放流魚の判別を行った。その結果、天然魚および放流魚それぞれについて、由来、成長、移動等の知見が得られたので報告する。

材料および方法

1999年および2000年に、宗谷海域の港湾および漁港(Fig. 1)において、まき餌釣りにより採捕されたニシン稚魚を標本とした(Table 1)。1999年は7~11月に計579尾、2000年は6~11月に計339尾が得られた。多くは遊漁者から提供されたものであったが、一部は著者を含む水産試験場および水産技術普及指導所職員が釣獲したものである。宗谷海域(稚内市)には、日本海側の抜海漁港からオホーツク海側の東浦漁港まで計2港湾9漁港

報文番号 A 349 (2002年3月11日受理)

* 北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station, Wakkanai, Hokkaido 097-0001, Japan)

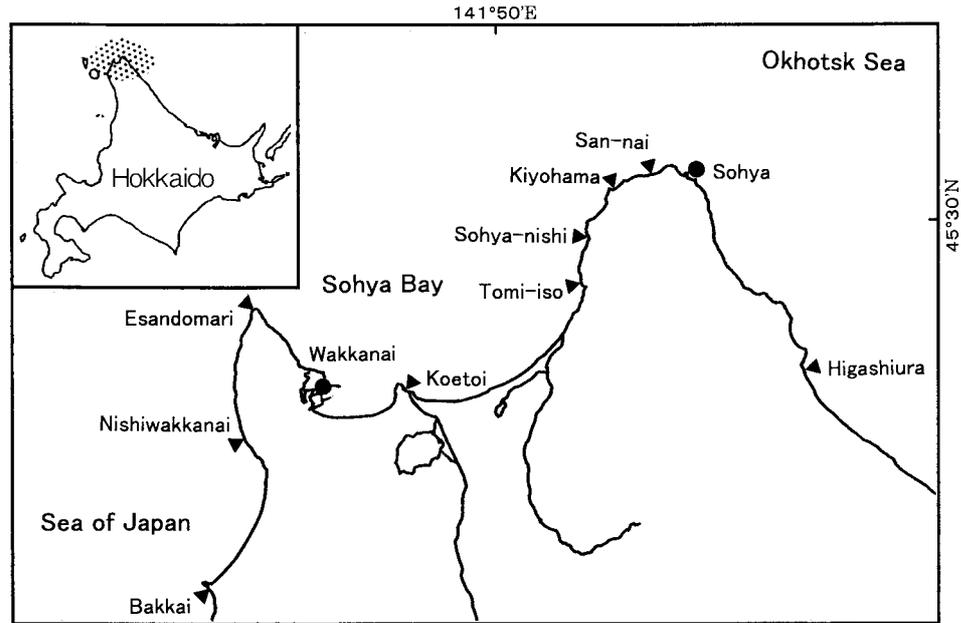


Fig. 1 Study area and locations of fishing ports (▲) and harbors (●).

があるが、3漁港を除く全ての港から標本が得られた。標本が得られなかった富磯漁港、宗谷西漁港および珊内漁港はいずれも小規模港で、工事等のため、まき餌釣りがあまり行われていなかった。

まき餌には冷凍オキアミ、塩蔵のアミ類、魚粉の加工品等が用いられていた。また、一般的に長さ3~5mの釣り竿と、サビキと呼ばれる魚皮等の擬似餌を結着した釣り針を、幹糸から6本程度分枝し、先端に錘を付けた仕掛けが用いられていた。釣り針は垂下状態の高さ8~12mm、全幅3~5mmのもの(3~5号)が一般に用いられていた。

得られた標本は、全長(mm)、尾叉長(mm)、体重(g)、

Table 1 Number of juvenile herring sampled from among catch by anglers at harbors and fishing ports in study area, above in 1999 and below in 2000.

1999							
Location	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Total
Bakkai		20					20
Nishiwakkanai							-
Esandomari							-
Wakkanai			25	48	88	51	212
Koetoi							-
Kiyohama							-
Sohya			38	233	76		347
Higashiura							-
Total	0	20	63	281	164	51	579
2000							
Location	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Total
Bakkai	1						1
Nishiwakkanai						68	68
Esandomari		7	3	9			19
Wakkanai			2	13			15
Koetoi	3	79	2				84
Kiyohama					35		35
Sohya			22	44	42		108
Higashiura					9		9
Total	4	86	29	66	86	68	339

内臓除去重量(g)を測定し、耳石(扁平石)を摘出した。また、天然魚は軟X線装置によりX線写真を撮影し、脊椎骨数を計数した。計数には尾部棒状骨(urostyle)を含めた。年齢査定は耳石の輪紋による方法⁵⁾を用いた。また、稚魚の栄養状態の指標として次式により肥満度を求めた。

$$\text{肥満度} = ((\text{内臓除去重量}) / (\text{尾叉長})^3) \times 10^5$$

宗谷海域におけるニシン人工種苗放流は、1998年以降毎年6月に西稚内漁港および声問漁港の2箇所から行われ、1999および2000年の放流尾数は2箇所合計でそれぞれ33万尾および16万尾、放流時の全長は61~74mmであった^{6,7)}(Table 2)。放流魚には全てALC(アリザリンコンプレクソン)による耳石染色標識が施されていた。なお、石狩および留萌海域においても同様の放流が行われており、宗谷海域と留萌海域の放流魚は1999年にはすべてに同様のALC標識がなされていたが、2000年に声問漁港から放流された人工種苗のみには高日齢染色によるALC標識が施され、他の全ての放流魚から区別が可能で

Table 2 Release data of artificially-reared herring fry at Sohya subprefecture in 1999-2000.

Date	Site	Number	Mean total length(mm)	Marking(stage at ALC immersion)
18 jun. '99	Nishiwakkanai fishing port	136,000	70.7	Hatched larva*
18 jun. '99	Koetoi fishing port	195,000	74.3	Hatched larva*
19 jun. '00	Nishiwakkanai fishing port	76,000	61.7	Hatched larva*
19 jun. '00	Koetoi fishing port	89,000	63.5	Late postlarva~early juvenile(reared for 45 days)

Note: *identical marking to released groups in Rumoi subprefecture

Table 3 Age, fork length and vertebral number frequency of specimens in 1999.

Date	Location	No. of wild 1-age	Range of FL(mm)	Vertebral number						No. of wild 0-age	Range of FL(mm)	Vertebral number						No. of released 0-age	Range of FL(mm)
				52	53	54	55	56	57			52	53	54	55	56	57		
15 Jul.	Bakkai								1	84							2	83-107	
16 Jul.	Bakkai	4	117-180		1	2	1										13	78-93	
4 Aug.	Wakkanai	1	183		no data														
23 Aug.	Wakkanai								4	72-76		2	2						
25 Aug.	Wakkanai								24	70-80		11	10	3					
26 Aug.	Sohya								15	73-78		6	6	2					
27 Aug.	Sohya	1	143					1	22	64-90		6	13	3					
1 Sept.	Wakkanai								32	68-99		12	14	1			1	93	
2 Sept.	Wakkanai								12	67-84		4	4	4					
3 Sept.	Sohya	8	137-177		3	4	1		9	75-118		3	6						
4 Sept.	Sohya	4	132-168		1	2	1		5	79-116		1	4						
6 Sept.	Sohya	3	141-178			2	1		7	73-114		5	2				1	104	
7 Sept.	Sohya	6	131-171		2	2	2		5	81-122		3	2				2	109-122	
8 Sept.	Wakkanai								3	73-82		1	2						
16 Sept.	Sohya	7	137-162		5	1	1		33	75-117		13	19	1			3	103-127	
22 Sept.	Sohya	2	146-177		1	1			38	62-125		3	18	15	2		4	99-121	
24 Sept.	Sohya	3	142-183			3			38	76-120		1	14	18	5				
27 Sept.	Sohya								14	72-113		1	5	8			1	121	
29 Sept.	Sohya	7	129-186		1	2	4		32	74-124		1	15	15	1		1	130	
5 Oct.	Sohya	3	158-194		1	2			30	78-124		1	13	13	3		2	121-126	
6 Oct.	Sohya	1	158				1		15	80-110		1	4	9	1				
8 Oct.	Sohya	1	166				1		16	78-130		7	8	1					
13 Oct.	Wakkanai	1	168		no data														
15 Oct.	Wakkanai	1	155			1			39	90-112		18	20	1					
20 Oct.	Sohya	1	186		1				7	98-146		2	4	1					
20 Oct.	Wakkanai								4	102-116		2	2						
29 Oct.	Wakkanai								14	93-114		1	4	6	2				
29 Oct.	Bakkai	1	193				1												
29 Oct.	Wakkanai								24	97-131		10	12	1					
9 Nov.	Wakkanai	1	144			1			36	97-155		12	20	2					
19 Nov.	Wakkanai								14	97-133		1	7	4	2				

Table 4 Age, fork length and vertebral number frequency of specimens in 2000.

Date	Location	No. of wild 1-age	Range of FL(mm)	Vertebral number						No. of wild 0-age	Range of FL(mm)	Vertebral number						No. of released 0-age	Range of FL(mm)
				52	53	54	55	56	57			52	53	54	55	56	57		
27 Jun.	Koetoi																3	60-70	
27 Jun.	Bakkai	1	188		no data														
7 Jul.	Koetoi																7	66-86	
10 Jul.	Koetoi																3	74-92	
13 Jul.	Koetoi																50	66-89	
14 Jul.	Koetoi																19	74-91	
20 Jul.	Esandomari								5	69-76		1	3	1					
26 Jul.	Esandomari								1	83							1	103	
8 Aug.	Koetoi	1	195			1											1*	78	
9 Aug.	Esandomari								3	85-99			4						
21 Aug.	Wakkani								1	82									
22 Aug.	Wakkani								1	82			1						
28 Aug.	Sohya								4	103-114				3					
30 Aug.	Sohya	3	146-164		no data						14	78-113		1	4	5	3	1*	84
5 Sept.	Wakkani	1	154		1				3	88-101				3					
11 Sept.	Wakkani								2	93-95				1	1				
14 Sept.	Esandomari	1	177				1		8	82-116			3	5					
16 Sept.	Wakkani								7	83-106		1	2	3	1				
21 Sept.	Sohya	1	146			1			28	85-122			9	17	1		1*	86	
29 Sept.	Sohya								13	85-118	1		3	6	3		1*	83	
2 Oct.	Sohya								21	87-129		1	10	8	1		3*	81-95	
9-10 Oct.	Kiyohama	2	198-206			2			10	92-105			4	5	1				
11 Oct.	Kiyohama	5	163-206		2	1	1		17	92-144		1	8	6	1	1			
20 Oct.	Sohya	2	178-214			1	1		7	92-119			3	4					
25 Oct.	Sohya								9	94-134			5	3	1				
27 Oct.	Higashiura								9	94-120			3	5	1				
30 Oct.	Kiyohama								1	120				1					
2 Nov.	Nishiwakkanai	1	206		no data						67	99-145		1	10	12	7	1	

Note: *Dwarf individuals with malformed vertebrae

Table 5 The D-values of the Kolmogorov-Smirnov two samples test (two-sided) in vertebral numbers. Bolds indicate the significant difference at 5% level.

No.	Sample	1	2	3	4	5	6	7	8
1.	99 1-age total	-							
2.	99 0-age total	0.22	-						
3.	00 0-age total	0.27	0.06	-					
4.	99 0-age "Sohya" *1	0.22	0.01	0.06	-				
5.	99 0-age "Wakkanai" *2	0.22	0.01	0.06	0.02	-			
6.	00 0-age "Sohya"	0.24	0.02	0.04	0.03	0.02	-		
7.	00 0-age "Wakkanai"	0.34	0.12	0.06	0.12	0.12	0.10	-	
8.	99 Aug.~Sept 0-age "Wakkanai"	0.23	0.03	0.05	0.04	0.02	0.03	0.11	-
9.	99 Oct.~Dec. 0-age "Wakkanai"	0.22	0.01	0.06	0.01	0.01	0.02	0.12	0.03

Notes: *1 Contains Kiyohama, Sohya and Higashiura.

*2 Contains Bakkai, Nishiwakkanai, Esandomari, Wakkanai and Koetoi.

あった⁷⁾。

人工放流魚の判別は、落射蛍光顕微鏡のG励起により100-200倍で耳石核付近を観察し、ALCの明瞭な赤色蛍光が確認できたものを放流魚とした。この際、耳石は体内において内側になる面を下にしてスライドグラスに置き、水で湿らせた状態を保った。

結 果

1. 年齢と天然・放流魚

得られた標本は1才または0才(当歳)と査定された。1才と査定された耳石は中心部が不透明域、その外側に透明帯、再び不透明帯の順に輪紋が観察され、縁辺部は6~8月上旬に得られたものでは不透明、8月下旬~9月中旬に得られたものでは不透明または透明、9月下旬~11月には透明であった。これに対し0才と査定された耳石は中心部から一様に半透明であり、縁辺部がどちらであるかの判断は困難であった。また、ALC標識の有無を確認した結果、1才魚は全て天然魚、0才魚は天然魚と放流魚が混在していた(Table 3, 4)。

2. 採捕場所と時期

1999年には、7月に抜海漁港、8~9月に稚内港と宗谷港、9~10月上旬に宗谷港、10月中旬以降は稚内港で主に採捕された。このうち天然0才魚は8月以降全般に採捕されたのに対し、放流0才魚は7月の抜海漁港および9月の宗谷港で、また1才魚は9月に宗谷港で大部分が採捕された(Table 3)。

一方、2000年には6~7月に声問漁港で放流0才魚がまとめて採捕され、天然0才魚は7~9月に恵山泊漁港および稚内港で少数が、9月下旬~10月に宗谷港周辺、

11月に西稚内漁港で多数が採捕された。1才魚は期間を通じて少なかった。また、放流0才魚は6~8月に声問漁港で多数が、8~10月に宗谷港で少数が採捕されたが、ほとんどは声問漁港から放流されたものであった(Table 4)。

3. 脊椎骨数

脊椎骨数は52~57の範囲にあり、1才魚の平均脊椎骨数は99年に54.20、00年は54.00、天然0才魚はそれぞれ54.63、54.72であった。また、両年ともに期間を通じて0才魚は55、1才魚は54の個体が最も多かった(Table 3, 4)。各年級間、同年級内における採捕場所、および時期による脊椎骨数組成の差を検討するために、Table 5に示した組み合わせでKolmogorov-Smirnov 2 試料検定を行った。ただし、2000年の1才魚は計測個体が少なかったため除外した。その結果、1999年1才魚と1999年0才魚、および1999年1才魚と2000年0才魚の間でそれぞれ有意差が認められた($p < 0.05$)。

4. 尾叉長組成

場所、時期別の尾叉長組成の推移を検討するために、採捕場所を抜海漁港~声問漁港(以下稚内地区)および清浜漁港~東浦漁港(以下宗谷地区)の2地区に、時期を10日ごと(旬別)にまとめ、それぞれの尾叉長組成を求めた(Fig. 2, 3)。

天然0才魚をみると、1999年には8月下旬に70~80mm主体で両地区に現れ、以降9月下旬に75~105mm、11月には95~120mmへと推移する尾叉長群(以下小型群)と、これとは別に9月上旬に宗谷地区で100~125mm、11月には125~155mmに達する尾叉長群(以下大型群)の2群が認められた。2000年も同様に、8月下旬~9月中

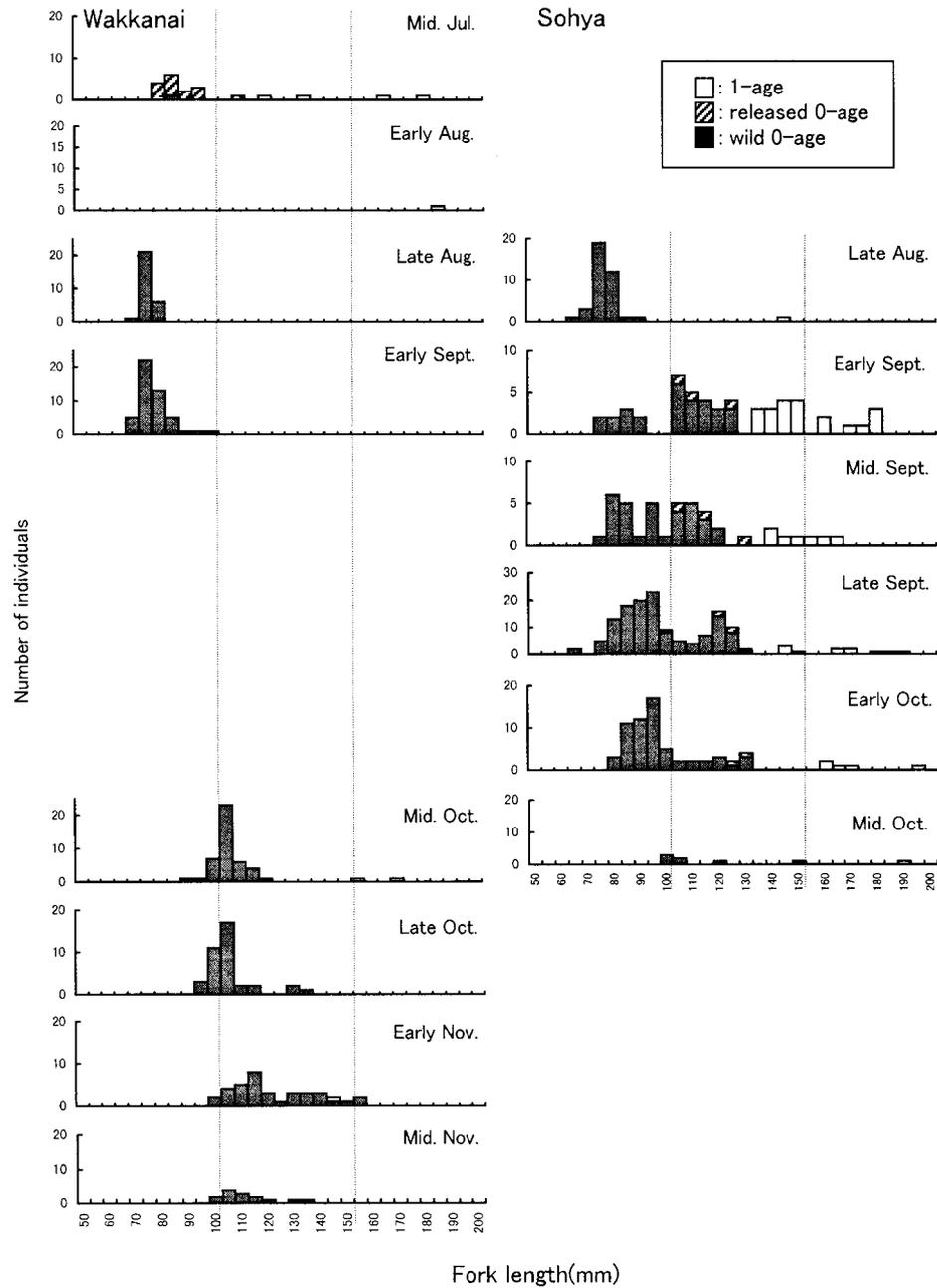


Fig. 2 Fork length distributions of juvenile herring on every three periods (early, mid., late) of a month from July to November in 1999. "Wakkanai" and "Sohya" means the locations same as Table 5.

旬にそれぞれ80~95mmの小型群, 95~120mmの大型群が認められたが, 尾数が少なかったこともあり, 9月下旬以降はやや不明瞭であった。これら両尾叉長群が異なる集団に由来する可能性を検討するために, それぞれの脊椎骨数組成についてTable 6に示す組み合わせでKolmogorov-Smirnov 2 試料検定を行った結果, 両群に差があるとはいえなかった。

1才魚の尾叉長は, 1999年9~10月の宗谷地区では時期とともに大型化する傾向が認められたが, 同時期で

50mm以上の個体差があるうえに尾数が少ないため, 他に傾向を見出せなかった。

放流0才魚をみると, 1999年には7月に稚内地区で75~95mm, 9~10月に宗谷地区で100~130mmの尾叉長群が得られ, 後者は天然0才魚の大型群に相当する組成を示した。2000年には6~7月に稚内地区で60~105mm, 8~10月に宗谷地区で80~95mmの尾叉長群が得られ, 後者は天然0才魚の小型群に相当したが, いずれも脊椎骨が複数箇所癒合した奇形であった。

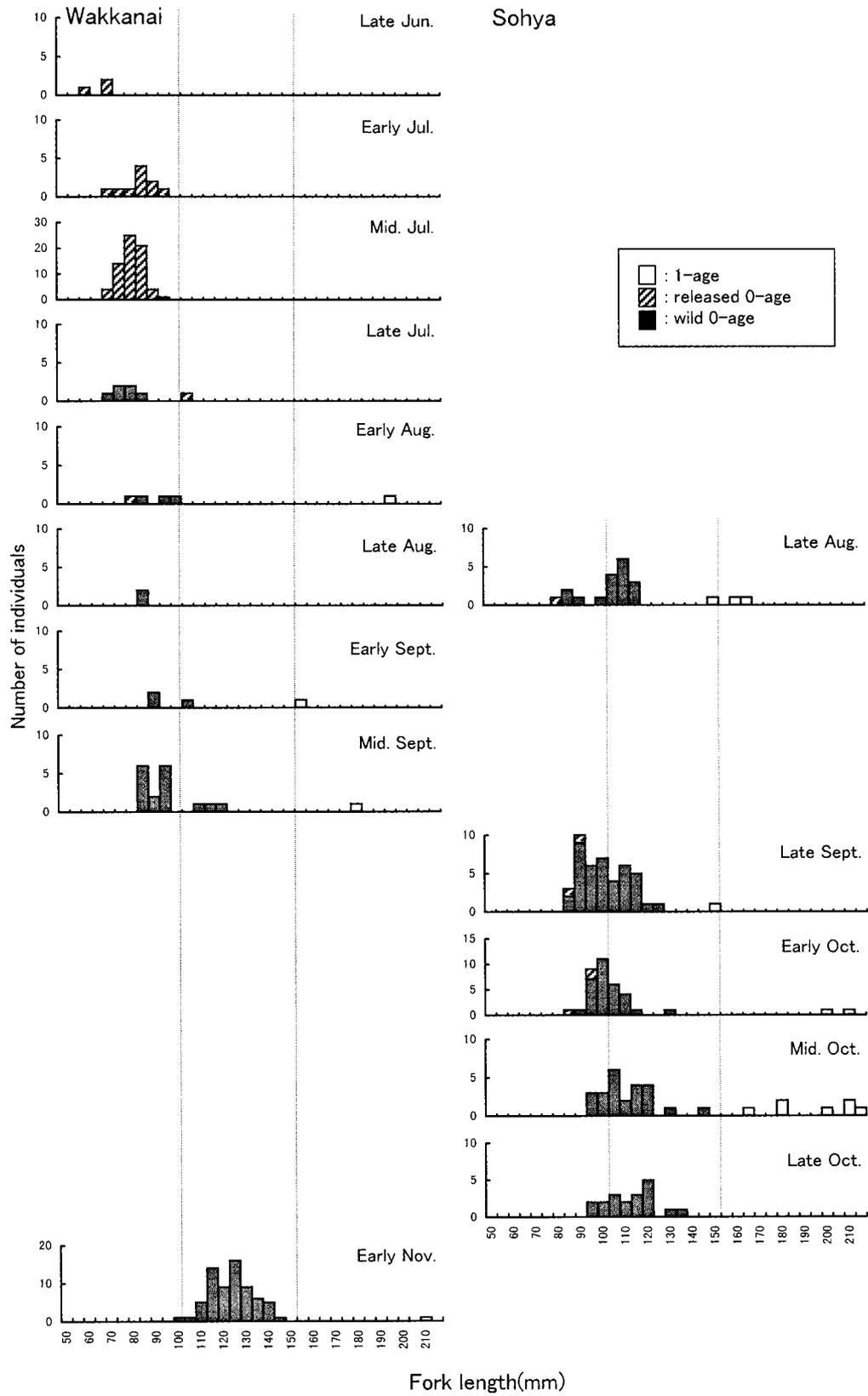


Fig. 3 Fork length distributions of juvenile herring on every three periods (early, mid., late) of a month from June to November in 2000. "Wakkanai" and "Sohya" means the locations same as Table 5.

Table 6 The number of vertebrae in the two size group of 0-age juvenile. No significant difference between two groups in the test as Table 5.

Size group	Number of vertebrae						Total	Mean	D-value
	52	53	54	55	56	57			
Sept. 99 Sohya FL<100mm	0	6	50	58	5	0	119	54.52	0.05
Sept. 99 Sohya FL>100mm	0	0	27	31	4	0	62	54.63	
Late Aug.~mid Sept. 00 FL<100mm			6	8	2		16	54.75	2.00
Late Aug.~mid Sept. 00 FL>100mm		2	2	9	3		16	54.81	

5. 肥満度

地区別、月別の平均肥満度の推移をFig. 4に示した。天然魚は大半が0.8~0.9の間にあり、年齢、時期および地区による差はみられなかった。これに対して放流魚は肥満度が低く、特に放流後1ヵ月以内の6~7月には0.75を下回っていた。また、0.8以上を示した放流魚の3例については、うち2例が脊椎骨が癒合した奇形魚であったため、肥満度が過大に算出された。

6. 食性

本研究で用いた標本はまき餌釣りで得られたため、ニシン稚魚の消化管内容物は、多くの個体でまき餌に由来すると思われるオキアミ等甲殻類の断片や消化物であったが、8~9月に得られたニシン(尾叉長80~160mm)の消化管からカタクチイワシの仔魚(シラス; 全長20~30mm)が観察されることがあった。生鮮のシラスはまき餌に用いられないことや、9~10月にカタクチイワシ稚魚がしばしば港内で観察されたことから、これらは宗谷海域に分布し、ニシン稚魚に捕食されたと考えられた。

7. 釣獲された他魚種

まき餌釣りで採捕されていたニシン以外の魚類では、カタクチイワシ、ウグイ、チカ、サヨリ、ボラ、クロソイ、マアジ、マサバおよびマフグが確認された。このうち前3種は稚魚と成魚、それ以外は稚魚が採捕されていた。特に2000年9~11月は、宗谷海域一帯で全長10~18cmのマサバ稚魚が多数採捕されていた。

考 察

天然0才魚の脊椎骨数は、モードが55にあり、本道周辺では日本海地域性ニシン(石狩湾ニシン)のみにみられる特徴^{5, 8, 9)}を示した。現在2~4月に地域性ニシ

ンの産卵魚が西稚内や宗谷湾内で漁獲されていることと併せると、天然0才魚はこれらの親魚に由来すると考えられる。平均脊椎骨数は1999年に54.63, 2000年に54.72で、地域性ニシンの既知の範囲⁹⁾における上限をやや上回ったが、脊椎骨数は卵発生時の水温と逆相関することがある¹⁰⁾ため、稚内沿岸における2月下旬~4月中旬の水温が、両年とも過去10年の平年値より平均1℃以上低かったこと^{11, 12)}に対応している可能性があると考えられた。

1才魚の脊椎骨数は、モードが54にあり、1999年の1才魚は平均脊椎骨数54.20で、両年の0才魚との間で有意な差がみられたことから、地域性ニシンとは異なる集団に由来すると考えられた。また、1999年1才魚は54個に次いで55, 53が順次多い組成を示し、この特徴は北海道-サハリン集団の特徴⁹⁾に一致する。しかし、尾叉長のばらつきの大きさなどからみてこれらの1才魚は複数集団が混合している可能性もあり、由来を判断するにはさらに資料の蓄積が必要と思われる。

ニシン放流事業の推進のためには、放流後稚魚期の移動回遊状況を把握することが重要である。放流0才魚の移動状況が確認できる再捕例として、2000年に声問漁港から放流されたうちの5尾が72~105日後に宗谷港で採捕された例、同じく2000年に西稚内漁港または留萌地区の礼受漁港(6月15日放流)で放流された1尾が37日後(または41日後)に恵山泊漁港で、また1尾が105日後(または109日後)に宗谷港で採捕された例があった。1999年は宗谷海域と留萌地区の放流群に同一の標識が施されたため、放流地点・月日は特定できないが、9~10月に宗谷港で採捕された14尾は少なくとも声問漁港以南の放流地点から移動した¹³⁾ものであった。また、1997年には、6月に石狩または留萌地区で放流されたうちの3尾が8~9月に声問沖および抜海漁港で採捕された⁴⁾例があった。

以上から、放流後1~3ヵ月の放流魚には全般に北上傾向がみられる。また、天然0才魚は9~10月に宗谷港で多く採捕されたが、11月以降は稚内港以南での採捕が急増している。これらのことから、本海域におけるニシン0才魚は10月頃まで北上し、その後南下するという移動状況が推察されるが、石狩や留萌海域で発生した0才魚との関連やオホーツク海への移動状況など不明な点が多く、今後さらに事例を蓄積する必要がある。

天然0才魚にみられた2尾叉長群は、脊椎骨数において有意な差がみられず、いずれも地域性ニシンの特徴を示したことから、同じ地域性ニシン集団内における産卵場所や時期の違いから生じたものであると考えられる。このうち産卵時期については、高齢の大型魚が早期に、

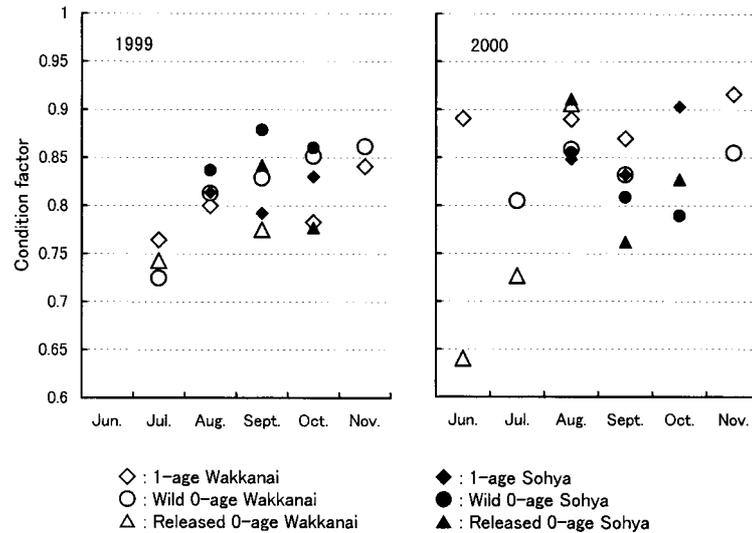


Fig. 4 Monthly changes in condition factor (CF) of juvenile herring, left in 1999 and right in 2000.

$$CF = \text{Body weight without viscera (g)} / (\text{Fork length (mm)})^3 \times 10^5$$

初回産卵魚が遅れて産卵することが従来報告されていること^{5,14)}から、それぞれの尾叉長群がこれらに対応しているとも考えられる。今後は実際に産卵場を確認することや、両尾叉長群の日齢組成を把握することが必要である。

遊漁で採捕される魚の大きさは釣り漁具の特性に制限され、小型の稚魚は食性や釣針の大きさにより、また大型魚は警戒心が強くなるため採捕されにくくなると考えられる。しかし、本報告で用いられた尾叉長70~130mm程度の天然0才魚の尾叉長の推移は、約4ヵ月の長期にわたり得られた標本に基づき、期間全般にしばしば明瞭な峰型の尾叉長組成がみられることから、宗谷海域における0才魚の成長過程をほぼ反映していると考えられる。すなわち、宗谷海域に出現した地域性ニシン稚魚は、8~9月に小型群が尾叉長70~100mm、大型群100~130mm、10~11月に小型群90~120mm、大型群が120~150mm程度にそれぞれ達すると考えられる。したがって、両群ともに平均的には月間10~20mm程度の成長量を想定することができる。

尾叉長70mmより小型の地域性ニシン仔稚魚については石狩および留萌海域で報告があり、6月に全長8~23mmのシラス型仔魚、6月下旬に全長30~50mm、7月に全長35~70mm程度の稚魚が採集されている⁴⁾。また、2001年7月には宗谷湾内で全長42~64mm(尾叉長39~59mm)の稚魚が採集された(本誌)ことを併せると、宗谷海域においても石狩、留萌海域と類似した初期成長を想定することができる。なお、石狩海域では、6~7月の同時期に大きさの異なる体長群が採集され、両者の

生息域も異なることが報告されている⁴⁾が、これらは宗谷海域と同様に産卵場所、時期の違いにより出現すると考えられる。

地域性ニシンの人工種苗は、産卵期の比較的初期に採卵され、生産過程において長期間加温飼育される¹⁵⁾ため、6月下旬の放流時点では全長60~70mmで、同時期の天然魚より成長が促進されている¹⁶⁾。しかし、1999年9~10月に宗谷地区で採捕された放流0才魚のほとんどが天然大型群に属する尾叉長組成を示したことから、成熟魚として再捕された放流魚が、同年齢天然魚に比べて特に大きいということはなかった¹⁷⁾ことから、放流後に差が解消されると思われる。

2000年に声問漁港で放流された放流魚は、約1ヵ月後まで同漁港で採捕され続け、放流24日後に得られた計50尾の平均全長は86mmに達し、放流時点から22.5mm(0.9mm/日)の著しい増加を示した。しかし、これらの放流魚は天然魚に比べて明らかに肥満度が低く、摂餌不足と思われたこと、天然稚魚の成長が月間10~20mm程度と考えられたことから、飢餓による小型魚の減耗に起因する見かけの成長であるとも考えられる。また、このような放流直後の飢餓による成長の停滞が、この後にみられる天然魚との体長差の解消につながっていることも考えられる。

今後、人工種苗放流による資源添加を効果的に行うためには、天然稚魚の由来、移動、成長についてさらに知見を蓄積し、天然稚魚集団の特性を基準にした放流時期、場所の検討や放流魚への種苗性付与技術開発を行う必要がある。また、遊漁により採捕される稚魚は相当数に上

ると考えられるため、実態の解明と対策が必要である。

謝 辞

本報告を取りまとめるにあたり、標本採取に協力頂いた稚内地区水産技術普及指導所の諸氏に深謝する。また特に、標本の大半を提供して頂いた元稚内水産試験場試験調査船北洋丸機関長の高橋昇氏に心から感謝する。

要 約

1999年および2000年の6～11月に宗谷湾周辺の漁港・港湾内で遊漁により採捕されたニシン稚魚について、年齢、脊椎骨数組成、尾叉長組成、肥満度および放流魚の混入状況を調査し、以下の知見を得た。

- 1) 稚魚は1才魚と0才魚からなり、1才は天然魚、0才は天然魚と日本海ニシン資源増大対策事業による放流魚からなっていた。
- 2) 放流0才魚の採捕状況から、放流後1～3ヵ月間の北上移動の傾向が認められた。
- 3) 天然0才魚の尾叉長組成は双峰型で、調査海域における尾叉長の異なる2群の存在が示唆された。
- 4) 脊椎骨数の特徴から、天然0才魚は日本海地域性ニシンと考えられたが、1才魚の由来は明らかにできなかった。
- 5) 放流後1ヵ月以内の0才魚は、肥満度が低く、平均体長が著しく増加していたため、小型魚の減耗が示唆された。

文 献

- 1) 辻敏：1958年、北海道沿岸に出現したニシン幼稚魚についての資料。北水試月報。16(9),19-28(1959)
- 2) 三上正一，田村真樹，八木英子，飯塚篤：ニシン *Clupea pallasii* C. et V.の初期生活史の研究 1 厚岸湾における仔魚の棲息域と食性について。北水研報告。23, 1-16(1961)
- 3) 飯塚篤：厚岸湾におけるニシンの発生幼期の生態。北水研報告。31, 18-63(1966)
- 4) 佐々木正義，吉村圭三：“(3)放流効果調査”。平成8～10年度日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書。北海道立稚内水産試験場，2000，83-105。
- 5) 高柳志朗，田中伸幸：“(4)資源管理基礎調査”。平成8～10年度日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書。北海道立稚内水産試験場，2000，106-138。
- 6) 川下正己，加畑裕康，渡邊郁夫，福島健人：“ニシン種苗生産事業”。平成11年度種苗生産事業報告書。北海道栽培漁業振興公社，2000，69-81。
- 7) 川下正己，渡邊郁夫，福島健人：“ニシン種苗生産事業”。平成12年度種苗生産事業報告書。北海道栽培漁業振興公社，2000，73-82。
- 8) 三上正一，田村真樹，高昭宏：石狩湾のニシンについて。北水試月報。25(7),340-351(1968)
- 9) 小林時正：太平洋ニシンの集団遺伝学的特性と種内分化に関する研究。遠洋水研報。30,1-77(1993)
- 10) 能勢幸雄，石井丈夫，清水誠：“1.3系群”。水産資源学。第2刷。東京，東京大学出版会，1992,22-35。
- 11) 北海道栽培漁業振興公社：養殖漁場海況観測取りまとめ 第29号。120-121(2000)
- 12) 北海道栽培漁業振興公社：養殖漁場海況観測取りまとめ 第30号。120-121(2001)
- 13) 吉村圭三，赤池章一，清河進：“1.2 放流効果調査”。平成11年度稚内水産試験場事業報告書。117-125(2000)
- 14) 佐々木正義，吉村圭三：“イ 成熟度調査”。平成8～10年度日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書。北海道立稚内水産試験場，2000，6-12。
- 15) 川下正己：“2) 種苗量産技術導入・実証試験”。平成8～10年度日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書。北海道立稚内水産試験場，2000，13-19。
- 16) 吉村圭三：日本海沿岸性ニシンの放流種苗の移動・分布および摂餌について。「育てる漁業研究会」講演要旨。9-15(1999)
- 17) 吉村圭三，中島幹二：“1.2 放流効果調査”。平成12年度稚内水産試験場事業報告書。118-124(2002)

石狩湾ニシン仔稚魚の耳石輪紋数と日齢との関係

石田良太郎*¹, 佐々木正義*¹, 高柳志朗*²

Validation of daily increments in the otolith microstructure of
Ishikari Bay herring larvae

Ryotaro ISHIDA*¹, Masayoshi SASAKI*¹ and Shiro TAKAYANAGI*²

Daily increment formation was verified in the laboratory by comparing the number of increments between alizarin complexion (ALC) marking on 19th and 33rd day after hatching. The number of increments between two ALC marks corresponded to the number of days elapsed between first and the second ALC treatments with a small standard deviation. These results indicate that rate of increment formation was one per day from at least 19 days after hatching. However, the deposition rate estimated from the relationship between the actual number of days after hatching and the number of increment counted was close to one, but significantly different from one increment per day.

Standard deviation of the estimated age from the real age was very high, which is conforms to a previous study on Pacific herring and Atlantic herring. A possible explanation for the large standard deviation of the estimated age from the real age (± 3 days) in the Ishikari Bay herring is that individual differences in the day first increment are formed and are visible under a light-microscope. Consequently, using a light-microscope, an error of about 3 days is considered unavoidable in estimation of the number of days after hatching of Ishikari Bay herring.

キーワード：ニシン，耳石，輪紋数，日齢，石狩湾，光学顕微鏡，仔稚魚

緒言

北海道日本海側の石狩湾以北では、1996年からニシンの資源増大を目指し、人工種苗放流が開始された¹⁾。この種苗放流による資源増大を目指すには、放流種苗や天然稚魚の分布・移動や成長等を把握し、放流時期や放流場所、放流サイズを検討していく必要がある。この検討には、多くの魚種で実施されている耳石日周輪による日齢査定²⁾の解析が有効な方法となるが、北海道日本海のニシンでは耳石日周輪に関する研究は行われていない。これまでの報告には、ニシンの耳石核付近には $0.8 \mu\text{m}$ 以下の輪紋が形成され、これらが光学顕微鏡では解像不可能であることから、核付近の輪紋の観察には走査型電子顕微鏡 (SEM) による解析が好ましいとされている²⁾。しかし、SEMによる解析では厳密な耳石核を通る研磨面を得る必要があること、EDTAなどによるエッチングを必要とすることから、1個体当たりの処理に時間がかかる

うえ比較的高い技術が要求される。このため、近年、ニシンの耳石日周輪の観察には、耳石輪紋数と日齢との関係を調べ、解像出来ない輪紋数を明らかにしたうえで、光学顕微鏡による解析が一般的に行われている。これまで多くの海域で光学顕微鏡による耳石日周輪の解析が実施され、耳石輪紋数と日齢の関係が明らかにされているが、その関係には各海域や解析法により相違がみられる³⁻⁸⁾。そこで、著者らは、光学顕微鏡を用いた石狩湾のニシン仔稚魚の耳石輪紋数と日齢の関係、日齢の推定誤差を検討し、若干の知見が得られたので報告する。

本結果は、北海道の「日本海ニシン資源増大対策事業」で得られた成果である。また、本報告は、アラスカシーグラントのシンポジウム「Herring symposium: Expectation for New Millennium」で発表した内容の一部である。

材料および方法

報文番号 A 350 (2002年3月11日受理)

*1 北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station, Kushiro, Hokkaido 085-0024, Japan)

*2 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

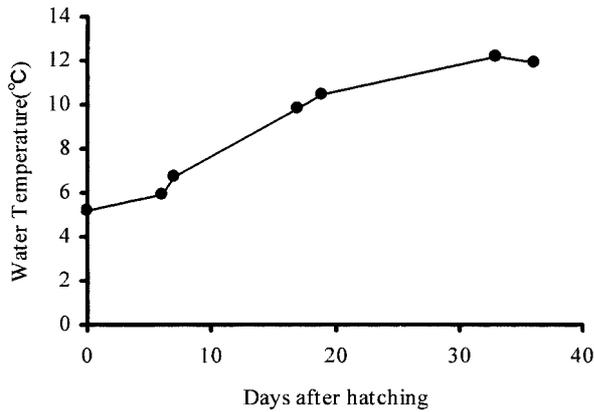


Fig. 1 Change in water temperature during laboratory experiment.

供試魚および飼育条件

1997年2月25日に、北海道日本海沿岸の厚田漁業協同組合に水揚げされた尾叉長224~273mmのニシン親魚(雄2尾, 雌3尾)から得られた精子と卵を用いて人工受精を行った。なお、ここで使用したニシンは、脊椎骨数、来遊時期から石狩湾ニシン⁹⁻¹⁰⁾であることが確認されている¹⁾。

得られた受精卵は、北海道立中央水産試験場に持ち帰り、5.4~5.8°Cの濾過海水の流水下で飼育した。受精卵は、3月25~27日にかけて孵化した。このうち、3月25日に孵化したものを海水ごとすくい取り、Control区、ALC区の100L円形ポリカーボネート水槽にそれぞれ約500尾収容し、濾過海水の流水下で室内飼育した。飼育期間中の水温は、仔魚を収容した孵化後0日目には5.2°C、その後上昇し、実験終了時の孵化後36日目には12°Cであった(Fig. 1)。石狩湾ニシンの産卵場である嶺泊での孵化時の水温はおよそ3~9度、孵化後30日目の水温は8~11度であることが報告されている¹¹⁾。したがって、本報告の飼育水温は、天然ニシン卵および仔魚の生息環境の範囲にあったと考えられる。飼育中の餌料として、孵化後4日目から市販の栄養強化剤(n-3 emulsified lipid, Chlorella Kogyo Co. Ltd.)でn-3 HUFAおよびβ-カロチンを強化したL型ワムシを与えた。なお、孵化後20日以降はワムシと同様に栄養強化した幼生アルテミアを併用した。ALC区では、孵化後19日目および33日目に耳石へのALCマーキングを行った。装着条件は、ALC濃度20ppm、24時間浸漬とした。

両試験区ともに、孵化後6, 7, 17, 19, 33および36日目に約50尾の仔魚をランダムにサンプリングし、すみやかに70%エタノールで固定し保存した。これら仔魚は、十分に固定されたのち全長をデジタルノギスを用いて0.01mm単位で測定した。ALC区でサンプリングした個

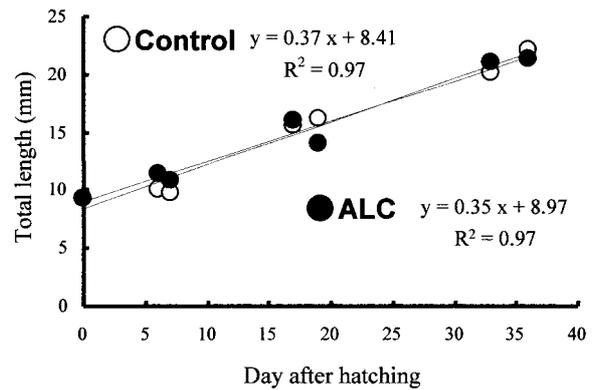


Fig. 2 Effect of ALC treatment on growth of Ishikari Bay herring. ALC marking was conducted on 19 and 33 days after hatching.

体の一部については耳石輪紋の計数および最長軸の耳石径の測定を行った。

耳石輪紋の計数

保存された仔魚から耳石(扁平石)を取り出し、耳石輪紋の計数に用いた。耳石は、凸面を上にしてスライドガラス上にエナメル樹脂で包埋した。十分に樹脂が硬化したのち、耐水ペーパー(1500-2000番)で耳石核が観察出来るところまで削りだし、ラッピングフィルム(30-0.3μm)で表面の磨き傷がなくなるまで研磨したものを耳石輪紋解析用標本とした。

耳石輪紋計数および耳石径の計測は、100倍の対物レンズを装着した光学顕微鏡で得られた耳石画像を、CCDカメラを経由しモニター上に写しだし、タブレットプロセッサを用いて行った。

ALCマーキング間の輪紋数の計数には、G励起光下でのALCマーキング上をプロットすることでALCが施されている輪紋の特定を行ったのち、通常光でプロットされた輪紋を除くALC間の輪紋数を計数した。

両区の平均全長の変化みると、飼育期間中の成長はいずれも直線式がよく当てはまった。以下に、得られた成長式をしめした(Fig. 2)。

$$\text{Control } Y = 0.37 X - 8.41$$

$$\text{ALC } Y = 0.35 X - 8.97$$

ここで、Yは全長、Xは日齢を示す。両区の成長式に有意差はみられないことから(t-test; df=10 P<0.01), ALCマーキングをしたことによる全長の成長への影響はないと考えられる。したがって、耳石の成長にも影響はないと思われたため、耳石の解析にはALC区の個体のみを使用した。

結果

耳石輪紋構造

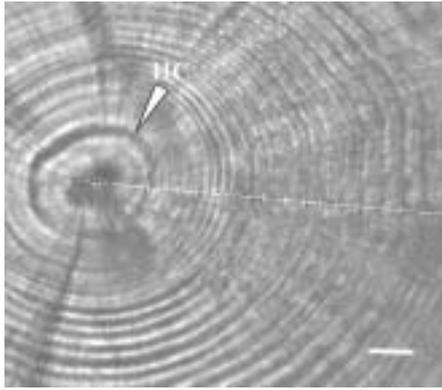


Fig. 3 Otolith of 33 days old herring larvae (*Clupea pallasii*). Scale bar = 5 μ m, HC = hatching ring.

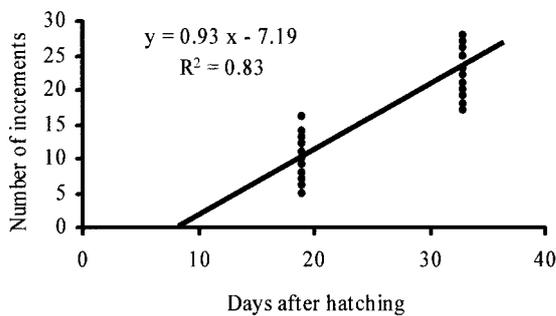


Fig 4 Relationship between the actual age in days and the number of otolith increments.



Fig. 5 Micrographs of the otolith, saggitae, marked with ALC on 19 and 33 days after hatching. Scale bar = 10 μ m

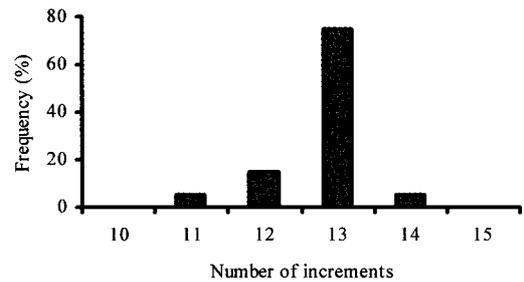


Fig. 6 The number of increments between the two marks with ALC corresponded with the number of days-elapsed (13days) between the first and second treatment of ALC, indicating that the rate of increment formation was 1-day

Table 1 Result of otolith analysis.

	Average	SD	CV(%)	Number of days elapsed	Difference	Max.	Min.
19th ^{*1}	10.56	2.71	25.66	19	-8.44	16	5
33rd ^{*2}	23.64	3.37	14.23	33	-9.36	28	19
19th-33rd ^{*3}	12.8	0.6	4.69	13	-0.2	14	11

*1 Result of otolith analysis of 19 days old larvae, *2 Result of otolith analysis of 33 days old larvae *3 Result of otolith analysis between the two marks with ALC

石狩湾ニシン仔魚の耳石では、耳石中心から 9-13 μ m 付近に、比較的太くコントラストの強い輪紋が観察された (Fig. 3)。これら輪紋は、近縁種の大西洋ニシン (*Clupea Harengus*) で孵化輪²⁾ であることが知られていることから、今回の解析でも孵化輪とみなした。

孵化輪から 10-15 μ m 付近までの輪紋は、若干不鮮明であったが、それ以上は非常に鮮明であった。

日齢と輪紋数の関係

日齢と輪紋数の関係を Fig. 4 に示した。孵化輪から 1 日 1 本の輪紋が形成され、光学顕微鏡によって計数可能であれば、期待される日齢と輪紋数との関係は、原点を通る傾き 1 の直線である。しかし、今回の結果に直線式

を当てはめると、 $Y=0.93X-7.19$ となり、傾きは 1 にかなり近いが有意差が認められた (t -test $df=51$ $P>0.05$)。日齢と輪紋数との差を示す切片は -7.1 と原点から大きくずれた。

ALCマーキング間の輪紋数

解析したすべての個体で、孵化後 19 日目と 33 日目に装着したと考えられる ALC の 2 重マーキングが鮮明に観察された (Fig. 5)。孵化後 19 日目および 33 日目に装着した ALC マーキング間に認められる輪紋数を Fig. 6 に示した。この間の輪紋数は 11~14 本の範囲にあり、75% の個体で 13 本の輪紋が観察された。この間の日齢は 13 日であり、ほとんどの個体で輪紋数と日齢が一致した。

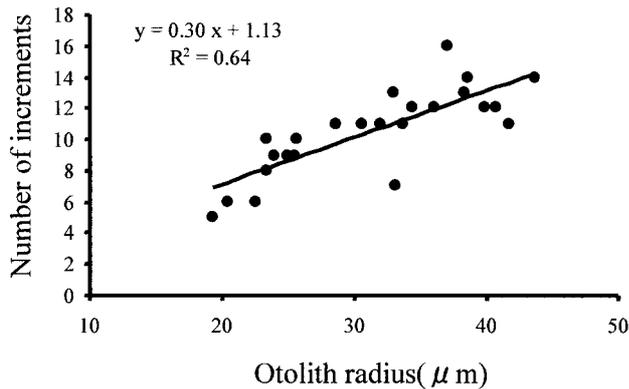


Fig. 7 Relationship between otolith radius and number of increments.

輪紋数の個体差と日齢推定精度

孵化後19日目および33日目にサンプリングした個体の孵化輪以降の輪紋数は、それぞれ 10.56 ± 2.7 および 23.6 ± 3.4 であり、それぞれ日齢よりも8.4および9.4本少なく、個体間のばらつきも大きかった。また、解析したすべての個体で、輪紋数は、日齢よりも少なかった (Table 1)。ALC間の輪紋数の標準偏差は0.6と孵化輪から計数した結果と比較し非常に小さかった。

推定誤差を変動係数 (CV) で評価すると、孵化後19日目の個体では25.6であったが、33日目の個体では14.2と非常に小さくなった。CVが日齢の増加に伴い減少する傾向は、過去に報告された大西洋産ニシンでの結果と類似していた。孵化後19日目と33日目にマーキングしたALC間の輪紋数のCVは4.7とさらに小さかった。

輪紋数と耳石径の関係

孵化後19日目にサンプリングした個体の最長軸の耳石径と耳石輪紋数の関係を図7に示した。耳石径と耳石輪紋数の関係をみると、耳石径が大きい個体ほど輪紋数が多い傾向が有意にみられた (t-test d.f.=25 $P < 0.01$)。

考 察

耳石輪紋の日周期性

ALC間の輪紋数の計数は、G励起光下でALCマーキング上をプロットすることでマーキングされている輪紋の特定を行った。しかし、ALCマーキングが厳密に19日、33日目に形成されたそれぞれの輪紋に施されているか不明であること、蛍光化でのALCマーキングと通常光下での耳石輪紋の焦点が必ずしも同じでないことなどから、この方法による厳密な輪紋の特定は難しいと思われる。このような技術的な問題から発生する誤差があることも含め、孵化後19日目と33日目に装着したALCマーキング

間の輪紋数の75%が日齢と一致し、CVが4.7と孵化輪からの計数結果と比較し非常に小さい結果から判断すると、少なくとも孵化後19日以降については、1日1本の輪紋が形成されるものと考えられる。

日齢と輪紋数の関係から得られた直線式の傾きは、有意に1より小さいものの、かなり1に近いものであった。直線式は、わずか2回のサンプリングに基づいているため、解析結果のわずかな違いに敏感に反応することも原因の一つと思われる。これと同様の現象は、ノルウェーの大西洋産ニシンでもみられ、その原因として飼育期間中のサイズ選択的な自然死亡・サンプリングによることが示唆されている⁴⁾。今回は、このような検討は行っていないが、可能性の一つとしてあげられるであろう。

日齢と輪紋数の差

これまで、日齢よりも輪紋数が Bristol 湾の太平洋ニシンでは平均8本⁸⁾、ノルウェーの春産卵ニシンで9~10本⁷⁾、秋に産卵するカナダの大西洋ニシンでは15~20本²⁾、少ないことが報告されている。また、このように、日齢よりも輪紋数が少ない原因は、核付近に0.8 μm以下の輪紋が存在し、光学顕微鏡では、これら複数の輪紋が1本として計数されるためとされている²⁾。石狩湾ニシンを用いた今回の結果では、孵化後19日目および33日目の個体の平均輪紋数は、それぞれ10.56、23.64と日齢よりも8~9本少なく、日齢と輪紋数の関係から得られた直線式の切片は7.19であった。これらは、核付近の輪紋が平均7~9本解像されず、複数の輪紋が1本として計数された結果と考えられる。以上の結果から判断すると、石狩湾ニシンの光学顕微鏡で観察される輪紋数は、日齢と比較し平均7~9本少ないものと考えられる。なお、今回の結果は、水温上昇期の春に産卵、孵化する比較的成長の早いニシンで共通しており興味深い現象であった。

輪紋数の個体差と日齢推定精度

今回、供試魚としたニシン仔魚は、3月25日に孵化した個体のみを使用した。したがって、同一日にサンプリングした個体間の輪紋数の個体差はほとんどないことが期待されたが、孵化後19日、33日目にサンプリングした個体の輪紋数は、それぞれ5~16、19~28の範囲にあり、個体差は非常に大きかった。一方、孵化後、19日目と33日目の13日間に形成された輪紋数に個体差はほとんどみられなかった。これらの結果は、少なくとも孵化後19日以前に輪紋数の個体差が発生することを示唆する。

また、耳石径と輪紋数の関係では、孵化後19日までの耳石の成長がよい個体ほど輪紋数が多い傾向が有意にみ

られた。これまでも、飼育下で孵化直後から飢餓状態にした成長の遅い個体は、十分に給餌して成長の早かった個体と比較し光学顕微鏡で観察される輪紋数は少ないこと⁶⁾が報告されており、輪紋数に個体差が見られた原因は、個体毎の初期の成長差によるものと考えられる。これら輪紋数の個体差は、光学顕微鏡で解析する場合には避けられないものであり、この程度の誤差を含むものとして、解析結果の検討を行う必要があるであろう。

CVは、孵化後19日目には25.6、33日目には14.2に減少し、高日齢の個体ほど推定精度は向上した。これは、前述したように孵化後19日以前の孵化直後に個体差が発生するが、その後の推定精度は高いためによるものと考えられる。CampanaとMoksness³⁾は、ノルウェーの春産卵ニシンでは、CV値20以下を基準にし、孵化後25日目以降を実用に耐えうる解析精度としている³⁾。これに従うと、石狩湾ニシンでは、孵化後25～30日程度以上の個体については光学顕微鏡による解析が可能と判断され、これ以下の日齢の個体については、SEMによる解析が好ましいと思われる。

近年、多くの魚種で耳石輪紋間隔の測定を行い、成長履歴を推定する研究が盛んに行われている。石狩湾ニシンで同様の同様の解析を行う場合、推定精度の低い核付近の輪紋はさけ、比較的鮮明な輪紋が観察され、且つ輪紋間隔が比較的狭い、孵化輪から15 μm に最も近い輪紋から解析するなどの工夫が必要であろう。

なお、今回の解析に使用した対物レンズは比較的性能の良い100倍の油浸レンズ（開口数 1.20）を使用した。輪紋数の個体差、輪紋数と日齢との間の差は、核付近の輪紋をどこまで解像できるかにかかっていると思われる、開口数の低いレンズを使用するとさらに推定精度は低下する可能性がある。そのため、ニシンの耳石解析には性能の良い高倍の対物レンズの使用が好ましいと思われる。

以上の結果により、飼育環境下ではあったが光学顕微鏡による石狩湾ニシンの日齢と耳石輪紋数の関係を明らかにすることが出来た。今後、耳石解析により石狩湾ニシンの孵化日を推定する場合には、本研究で明らかとなった日齢と輪紋数との差、推定精度を考慮した解析結果の検討が望まれる。

要 約

- 1) 光学顕微鏡で観察されたニシン耳石の輪紋数は、日齢よりも平均7～9本少ない。
- 2) 光学顕微鏡で観察される孵化輪から10 μm 程度の領域の耳石輪紋の解析精度は低い。

謝 辞

本研究を報告するにあたり、親魚確保、人工受精作業に御協力いただいた石狩地区水産技術普及指導所の皆様に感謝の意を表す。また、データ解析の際に多くの助言をいただいたアラスカ大学A.J.Paul 博士に深くお礼申し上げる。

文 献

- 1) 北海道立稚内水産試験場：平成8～10年度 日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書。2000, 174p
- 2) Campana, S. E., Gagne, J. A. and Munro, J.: Otolith microstructure of larval herring (*Clupea harengus*) image or reality? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 44, 1922-1929 (1987)
- 3) Campana, S. E. and Moksness, E.: Accuracy and precision of age and hatch date estimates from otolith microstructure examination. *ICES J. mar. Sci.*, 48, 303-316 (1991)
- 4) Folkvold, A., Rukan, K., Johannessen, A. and Moksness E.: Early life history of herring larvae in contrasting feeding environments determined by otolith microstructure analysis. *J. Fish. Biol.* 51 (suppl. A), 250-263 (1997)
- 5) Geffan, A. J.: Otolith ring deposition in relation to growth rate in herring (*Clupea harengus*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae. *Mar. Biol.*, 71, 317-326 (1982)
- 6) McGurk, M. D.: Effect of delayed feeding and temperature on the age of irreversible starvation and on the rates of growth and mortality of Pacific herring larvae. *Mar. Biol.*, 84, 13-26 (1984)
- 7) Moksness, E.: Validation of daily increments in otolith microstructure of Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus* L.). *ICES J. mar. Sci.*, 49, 231-235 (1992)
- 8) Moksness, E. and Wespestad, V.: Aging and back calculating growth of Pacific herring, *Clupea pallasii*, larvae by reading daily otolith increments. *Fish. Bull.*, 87, 509-513 (1989)
- 9) 小林時正：太平洋ニシンの集団遺伝学的特性と種内分化に関する研究。遠洋水研報。30, 1-77 (1993)
- 10) 小林時正, 岩田宗彦, 沼知健一：日本の北部海域で産卵するニシンの地域性集団間の遺伝的分化。日水誌。56, 1045-1052 (1990)

- 11) Hoshikawa, H., Tajima, K., Kawai, T., Ohtsuki, T.: Spawning bed selection by pacific herring (*Clupea harengus pallasii*) at Atsuta, Hokkaido, Japan. *Herring: Expectations for New Millennium, Alaska Sea Grant College Program*. 2001, 199-226.

石狩海域におけるニシン人工種苗の中間育成

石崎 裕之*1, 児玉 勉*2, 熊崎 淳*2
山本 聡*3, 渡辺 雄二*4, 菊池 肇*5

The intermediate culture of the artificially produced juvenile of the Pacific herring, *Clupea pallasii* in Ishikari Bay, Hokkaido

Hiroyuki ISHIZAKI*1, Tsutomu KODAMA*2, Atsushi KUMAZAKI*2
Satoshi YAMAMOTO*3, Yuji WATANABE*4, and Hajime KIKUCHI*5

Examination was performed on growth and survival rates of artificially produced juvenile Pacific herring by intermediate culture from 1996 to 2000 at Ishikari Bay on the west coast of Hokkaido. Total length of these artificial herring distributed from Hokkaido Haboro Aquaculture Center was 42.3-51.2mm; they grew to 60.8-69.5mm in intermediate culture fish pens in Atsuta and Hamamasu. Periods of intermediate culture were

The rate at which herring with length of less than 50mm, 50-52mm, and 52mm and over pass through 5mm meshes was 25-100%, 10-30% and 4% or less respectively. In the area where a net tends to become dirty, the growth of the herring raised with the 5mm mesh's fish pens was better than the herring raised with the 3mm mesh's fish pens.

キーワード：ニシン，中間育成，成長，生残，石狩海域

はじめに

北海道日本海沿岸におけるニシンは昭和20年代後半を境に漁獲量が激減し、その後も漁業の低迷が続いていることから、資源の復活に対する期待が大きい魚種である。このため平成8年度より北海道が主体となって「日本海ニシン資源増大対策事業」が始まり、その一環として種苗生産、中間育成及び放流が行われてきた。

中間育成は、一般的に減耗が大きい幼稚魚期の保護や、自然環境への適応能力の付与などが目的とされている。

著者らは平成8年～12年に親魚の確保を行い、北海道東部海域の厚岸湾や風蓮湖での事例¹⁾などを参考にし、日本海地域における中間育成技術の確立と、これらの地域への定着を目的として本試験を実施した。

材料と方法

1 中間育成

試験に供したニシン人工種苗は、石狩管内厚田産親魚を用いて人工授精した卵を北海道栽培漁業羽幌センターでふ化し、平均全長45mmまで育成した稚魚である。中間育成試験はこの種苗を厚田村地区と浜益村地区まで陸送し、それぞれの漁港内に設置した生け簀に収容して実施した(図1)。

生け簀は平成8年に厚田地区に2基、平成9年に浜益地区に2基を設置し、さらに平成10年に両地区2基ずつ追加して合計で各地区4基とした。生け簀1基あたりの稚魚の収容尾数は5万尾～10万尾であった。

生け簀は5m×5m×深さ2.5mの構造で、平成8、9年に導入した生け簀の側網は3mm目合のテトロン製の網

報文番号 A 351 (2002年3月11日受理)

- *1 稚内地区水産技術普及指導所 (Wakkanai Fisheries Technical Guidance Office, Suehiro, Wakkanai, Hokkaido, 097-8558, Japan)
- *2 石狩地区水産技術普及指導所 (Ishikari Fisheries Technical Guidance Office, Atsuta, Atsuta, Hokkaido, 061-3601, Japan)
- *3 北海道立漁業研修所 (Hokkaido Fishermen's Training Institute, Honbetsu, Shikabe, Hokkaido, 041-1404, Japan)
- *4 北海道立釧路水産試験場 (Kushiro Fisheries Experimental Station, Nakahama, Kushiro, Hokkaido, 085-0027, Japan)
- *5 渡島北部地区水産技術普及指導所 (Oshima-Hokubu Fisheries Technical Guidance Office, Morikawa, Mori, Hokkaido, 049-2313, Japan)

地（ベクトラン）を使用した。平成10年に増設した生け簀は、泥などによる目詰まり対策として、側網の外網には5mm目合のベクトラン網、内網には3mm目合のモジ網を使用した二重網とした。内網は脱着可能な構造として、中間育成開始から8～12日目に取り外した。平成8、9年に導入した一重網についても、平成11年と平成12年に全て二重網に交換した。底網は3mm目合のベクトラン網で、天幕には遮光幕を張った（図2）。

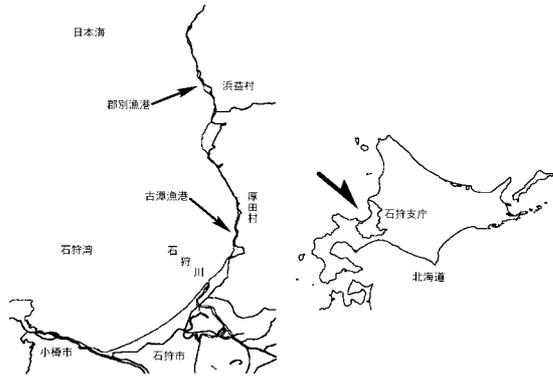


図1 中間育成試験 実施場所位置図

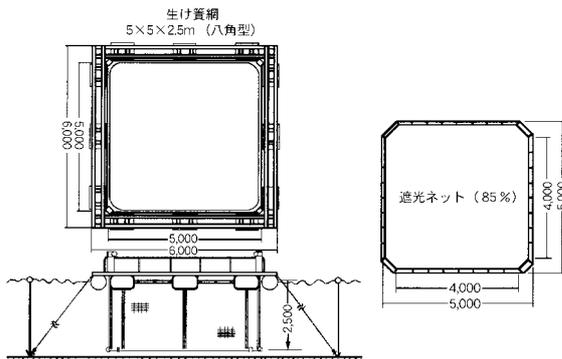


図2 ニシン稚魚中間育成生け簀 構造図

中間育成試験は、5月下旬～6月中下旬の19～28日間で、この間、3～7日おきに稚魚を採取し、その中から無作為に100尾を抽出して全長と体重を計測し、日齢を基に成長を推定した。

生残数は、2～4日おきに計数した死魚数を収容時の尾数から差し引くことにより推定した。

給餌は平成8年から10年までは朝昼夕の3回とし、平成11年以降は朝夕の2回給餌とした。餌料は配合飼料(日本農産(株)あゆEX2,3号)を使い、給餌量は1日あたり稚魚総体重の6%を目安とした。

給餌の際には天候、気温、水温の観測を行い、生け簀内に沈下した死魚の除去と、網に付着した泥や付着けい藻などの汚れを清掃した。

水温は自記式水温計Optic StowAway(米国Onset社製)を水深1mに垂下し、1時間ごとの観測を行った。

2 生け簀の網目通過試験

本試験の実施地区は、石狩川流入の影響を強く受け、泥や付着けい藻により網の目詰まりが問題となっている。この解消策の一つとして生け簀網目の拡大が考えられたが、これによって稚魚の逸脱も懸念された。このため、稚魚が通過する網目を明らかにするため、5mm目合での稚魚の網目通過実験を行った。

供試稚魚は厚田中間育成用種苗353尾と厚田直接放流用種苗767尾、留萌中間育成用種苗342尾の3群で、実験は北海道栽培漁業羽幌センターの1トン水槽に80cm×80cm×50cmの小型の生け簀を設置して行った。実験は各群ごとに稚魚を収容して数時間から一晩放置した後、生け簀網から抜け出た個体と滞留した個体の尾数をそれぞれ計数し、それらの全長、体長、体高を測定した。

表1 石狩海域におけるニシン種苗放流実績

事業年度	実施地区	育成期間	育成日数	生簀基数	搬入種苗		放流実績		
					尾数	全長mm	尾数	生残率%	全長mm
平成8年	厚田	6/5～6/24	19	2	162,770	48.6 ^{*)}	160,877	98.8	69.5
平成9年	厚田	5/26～6/16	21	2	128,000	46.5	125,000	97.6	67.0
	浜益	5/27～6/24	28	2	128,000	46.5	123,000	96.1	68.6
平成10年	厚田	5/27～6/17	21	4	274,000	51.2	268,000	97.8	63.2
	浜益	5/25～6/16	22	4	274,000	49.8	269,000	98.2	62.8
平成11年	厚田	5/26～6/15	21	4	400,000	46.7	388,500	97.1	61.6
	浜益	5/25～6/14	21	4	400,000	42.5	391,600	97.9	60.8
平成12年	厚田	5/19～6/8	20	3	157,500	49.1	152,500	96.8	63.1
	浜益	5/19～6/9	21	3	157,500	49.1	154,800	98.3	62.6

*1 平成8年搬入時の全長は搬入以前(5月31日)の計測値。

結果及び考察

1. 中間育成

年度別地区別の中間育成と放流実績を表1に示した。

中間育成期間の生残率は96.1~98.8%といずれの年も高い値であった。減耗の大半は収容直後に起きており、その後は1日に数尾~百尾程度で推移した(図3)。

このことから減耗は輸送による体力の消耗と収容時の衝撃等によるところが大きいと考えられた。

厚田地区では平成10年と平成11年に80日齢を過ぎた頃から死魚数が増える傾向が伺われた。これらの年は水温が比較的高く推移していたことから、生残に影響を及ぼす要因の一つとして、水温が考えられた。

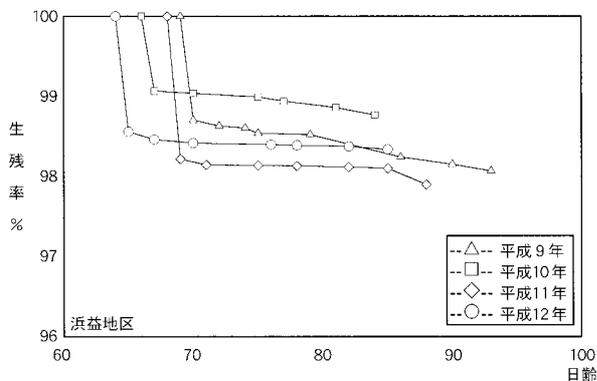
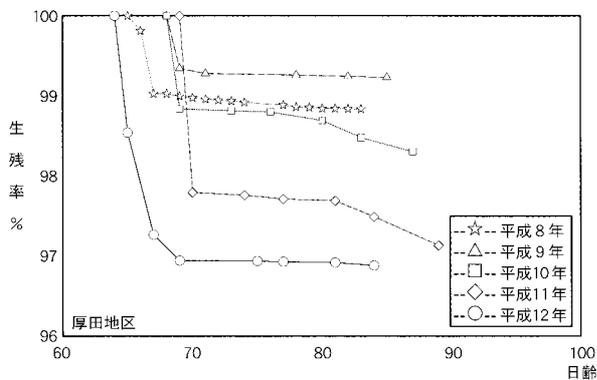


図3 ニシン稚魚中間育成における生残率の推移

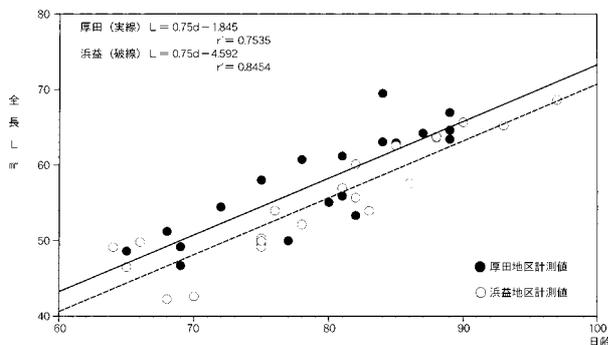


図4 中間育成におけるニシン稚魚の成長

地区別に中間育成期間の平均全長の推移をみると(図4),両地区ともにほぼ直線的な成長と見ることができ、地区別の成長式は次の近似式となった。

厚田 : $L = 0.75d - 1.85 \quad r^2 = 0.7535$

浜益 : $L = 0.75d - 4.59 \quad r^2 = 0.8454$

L:全長, d:日齢

山本¹⁾は、形態的、機能的な発育が完了する全長70mmでの放流が、放流後の生残を向上させる可能性があるとしている。本事業においても平均全長70mm以上での放流を目標としているが、本試験では前式から日間成長量は両地区ともに0.75mm/日と推定され、中間育成開始時の全長を45mm、中間育成期間を21日間とすると放流時の全長は60.8mmと推定される。したがって、現状の育成条件下で全長70mm以上に増大させることは困難と考えられた。このことから、種苗生産期における選別によって、種苗の大型化を図ることも必要と考えられた。

給餌量は年度によって育成稚魚数が異なるため、育成開始時の稚魚10万尾あたりに換算した総給餌量、1日あたりの給餌量、日間給餌率(稚魚の推定総重量に対する給餌量の比率)を比較した(表2)。

表2 稚魚への給餌量と推定日間給餌率

年度	地区	総給餌量 kg	稚魚10万尾あたり		日間推定給餌率		
			給餌量kg	1日当りkg	平均	最大	最少
平成8年	厚田	130.5	80.2	4.2	2.3%	2.5%	2.1%
	浜益	165.0	128.9	6.1	6.4%	7.7%	5.1%
平成9年	厚田	225.5	176.2	6.3	5.1%	7.5%	3.4%
	浜益	240.0	87.6	4.2	3.8%	4.4%	2.9%
平成10年	厚田	392.8	143.4	6.5	5.9%	6.6%	4.8%
	浜益	230.0	57.5	2.7	2.9%	3.7%	2.4%
平成11年	厚田	175.0	43.8	2.1	1.9%	2.5%	1.2%
	浜益	273.5	173.7	8.7	8.3%	10.3%	6.5%
平成12年	厚田	259.5	164.8	7.8	8.7%	13.7%	7.2%

※日間推定給餌率は、実測値の体重からではなく、日齢毎の推定全長と体重から求めた。

1日あたりの給餌量は稚魚10万尾あたり2.1~8.7kg、日間給餌率の平均は1.9~8.7%で、試験開始年度の平成8年と育成尾数の多かった平成11年が1.9~2.9%と低く、平成12年が8.3%、8.7%と高い結果であった。

給餌量と日間成長量の関係をもて(図5),両者に相関は認められなかったことから、この範囲での給餌量の差は成長に大きな影響を及ぼさないと考えられた。

山本¹⁾は天然餌生物(動物プランクトン)の摂取が稚魚の成長に關与する可能性を指摘しており、今後当地区でも、これらや育成密度との関係を検証する必要があると考える。

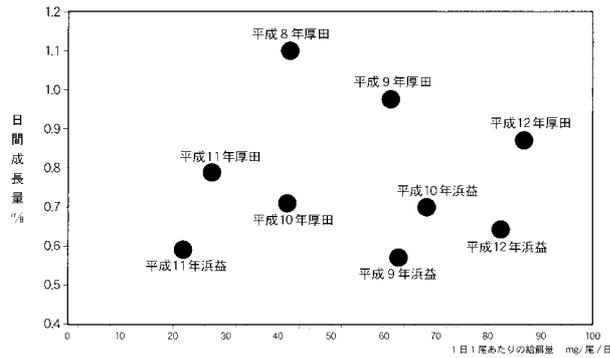


図5 給餌量と稚魚の日間成長量

試験期間中の日平均水温（1日の毎正時における観測水温の平均値）は、年度によって差はあるが、概ね9～16℃の範囲で比較的滑らかな推移を示していた（図6）。

育成期間の平均水温は、平成9年は厚田、浜益両地区ともに低く12.5℃と12.4℃、平成12年は浜益地区で低く12.5℃であったが、その他はほぼ13℃台であった（表3）。また、1日の最大水温差は1.9～4.5℃で、1日の温度差は厚田地区で大きい傾向が伺われた。

水温と成長および生残との関係をもてみると、期間平均水温と日間成長量には明瞭な関係がみられなかったが（図7）、水温と生残では、日間の水温が15℃を超える日数が多いと生残率が低くなる傾向が伺えた（図8）。このことから、水温は稚魚の生残に関与していることが考えられた。特に高い水温帯での育成においては注意が必要であり、今回の結果から15℃が一つの目安として考えられた。

放流全長70mmへの到達を図るための方法の一つとして中間育成期間の延長が考えられるが、水温が15℃以上になると減耗が増加する可能性が高いことと、この時期は水温の上昇期であることなどから、中間育成期間の延長にあたっては十分な注意が必要と考える。

表3 ニシン中間育成期間中の水温（℃）

年度	地区	期間平均水温	最高水温	最低水温	日間最大水温差
平成8年	厚田	13.6	15.5	11.5	—
平成9年	厚田	12.5	16.9	9.3	1.9
	浜益	12.4	17.0	8.7	2.4
平成10年	厚田	13.4	15.4	11.0	3.4
	浜益	13.1	16.5	10.5	3.0
平成11年	厚田	13.7	18.1	10.1	4.5
	浜益	13.3	16.6	9.9	4.2
平成12年	厚田	13.3	16.6	9.9	4.2
	浜益	12.5	16.3	9.5	3.9

※各水温値は、1時間ごとの観測値から求めた。

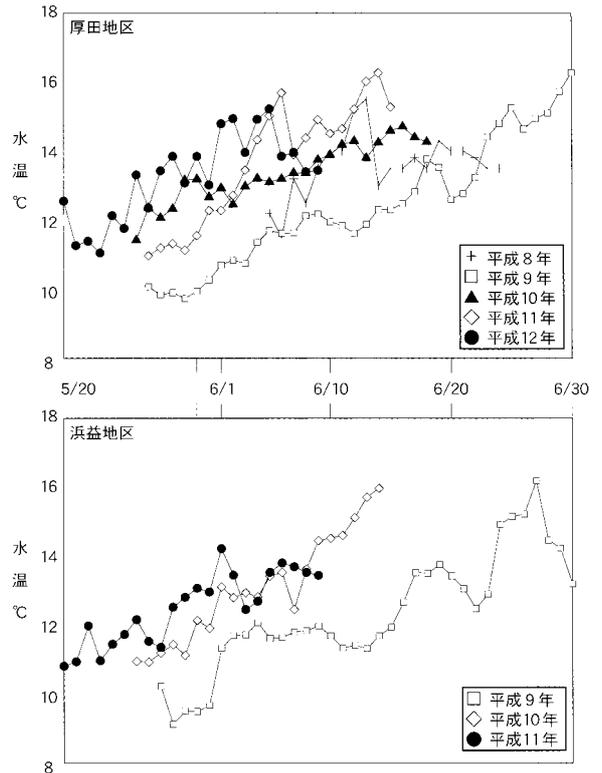


図6 中間育成期間の地区別・年度別水温の推移

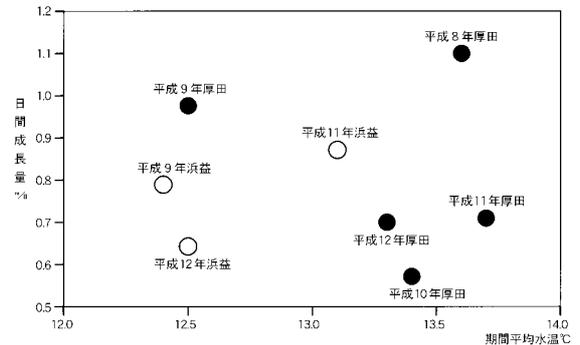


図7 中間育成期間中の期間平均水温と日間成長量

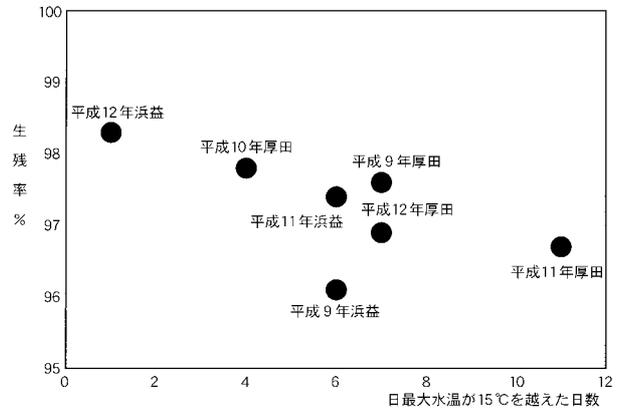


図8 日最大水温が15℃を越えた日数と生残率の関係

2. 生け簀の網目通過試験

供試稚魚の体高(h)と全長(L)の関係は $L = 4.58h + 14.31$ ($r^2 = 0.8913$) の式で表わされた(図9)。今回の試験用網地はテトロン製(ベクトラン)の固い材質で、5mmの方形目であるから、その斜軸は約7.1mmである。したがって、体高7.1mm(全長46.8mm)より大きな個体は生け簀の網目は通過しないと考えられた。

5mm目合での透過率は厚田直接放流群と厚田中間育成群が93.4%と84.1%で、留萌中間育成群は32.7%であった(表4)。留萌中間育成群は厚田両群より種苗生産が3日早く開始され、厚田群に比べて大型であったことから、透過率が低い値となったと考えられた。

表4 5mm目合小型生け簀におけるニシン稚魚の通過試験結果

供試魚	区分	出現尾数	透過率	測定個体数	平均値 mm	最大値 mm	最小値 mm
厚田	滞留	51	—	51	49.3	5.5	31.1
	透脱	716	93.4%	100	39.8	4.7	30.2
直接放流群	滞留	56	—	56	51.3	3.5	42.0
	透脱	297	84.1%	101	41.2	4.5	32.1
中間育成群	滞留	230	—	107	54.0	3.6	43.3
	透脱	112	32.7%	112	43.9	5.3	30.9

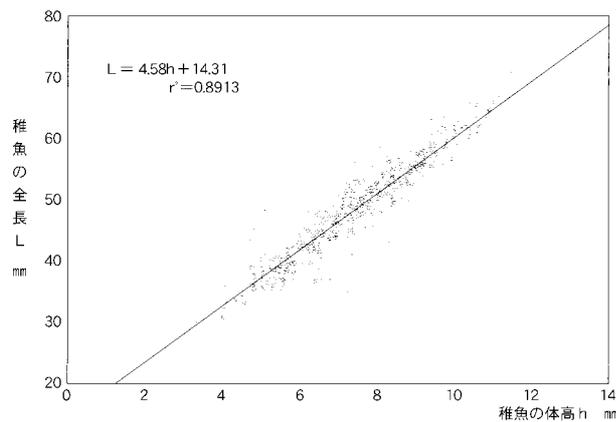


図9 ニシン稚魚の体高と全長の関係

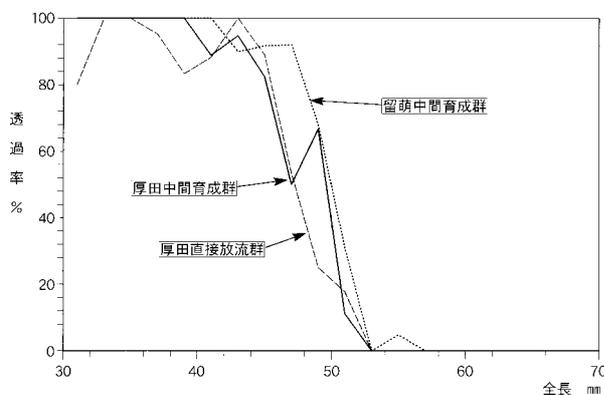


図10 ニシン稚魚の5mm網目透過率

稚魚が5mm目合の網を通過する割合を全長2mmごとにとみると、全長50mm未満の稚魚では25~100%、50~52mmの稚魚は10~30%、52mm以上の稚魚では4%以下であった(図10)。このことから5mm目合の生け簀を用いる場合の稚魚は、全長52mm以上であることが必要と考えられた。

また、稚魚は実際の生け簀内では円軌道の群泳行動をなしているが、実験に使用した生け簀は面積でその1/39、容積では1/195と小型であったことから、群泳行動を行にくい環境であったと推察された。

透過率は稚魚の遊泳行動とも関係していると考えられ、今後はより大型の生け簀を用いた場合に稚魚が通過するサイズについて検証する必要があると考えられた。

生け簀の網目の大きさが収容したニシン稚魚の成長に影響を及ぼすかどうかを調べるために、3mm目合の一重網生け簀と、内網が3mm目合で外網を5mm目合にした二重網生け簀による稚魚の成長比較を行った(図11)。

二重網生け簀の内網の取り外しは、実験で透過率が明確に低下し、漁業者に説明がし易い全長50mmを目安とし、中間育成開始から8~12日目に行った。

中間育成終了時の稚魚の平均全長は、厚田地区で一重網、二重網それぞれ61.2mm、64.6mmで、浜益地区ではそれぞれ62.2mmと63.6mmであった。検定によると、浜益地区では $P \geq 0.05$ で差があるとはいえなかったが、厚田地区では $P < 0.05$ により有意差が認められた。

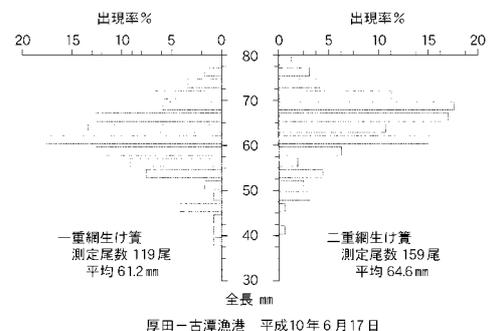
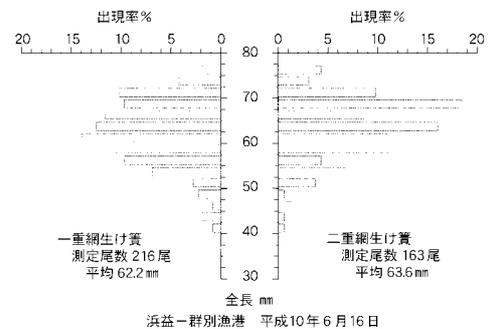


図11 生け簀網の目合別稚魚の放流時全長組成

このことから、内網が3mm目合と外網が5mm目合の二重網による育成は、石狩川流入の影響などから泥などによる目詰まりが起きやすい厚田地区では、成長に対して優位に作用すると考えられるとともに、目視確認では従来の3mm目合の一重網より目詰まりも少なく、清掃等にかかる管理労力が軽減できると考えられた。

要 約

本中間育成試験において次のような結果を得た。

1. 平成8年から平成12年に厚田産親魚から採卵し、北海道栽培漁業羽幌センターで平均全長42.5～51.2mmまで育成された種苗を、厚田村古潭地区（平成8年～）と浜益村群別地区（平成9年～）の漁港内で海中中間育成試験を実施した。
2. 試験期間は5月下旬から6月中下旬までの19～28日間で、給餌は当初朝夕の3回行ったが、平成12年は朝夕の2回給餌とした。
3. 中間育成期間の生残率は96.1～98.8%であった。減耗の大半は稚魚の生け簀への収容直後に起きていた。
4. 中間育成試験終了時の平均全長は60.8～69.5mmで、日間成長量は約0.75mm/日で直線的な推移を示した。
5. 給餌量は、稚魚10万尾あたり1日2.1～8.7kgで、給餌率は1.9～8.7%と幅がみられたが、この範囲での給餌量と成長の間に相関関係は認められなかった。
6. 中間育成期間中の水深1m層の水温は8.7～18.1℃で推移し、期間平均では約13℃であった。また、1日の最大水溫が15℃を越える日数が多いと生残率が下がる傾向が見られた。
7. 生け簀の網目透過試験では、ニシン稚魚が5mmの生け簀網目を通過する割合は、全長50mm未満の稚魚では25～100%、50～52mmの稚魚は10～30%、52mm以上の稚魚では4%以下であった。
8. 5mm目合への網目の拡大は、泥などによる目詰まりが起きやすい地区では、成長に対して優位に作用するとともに、目詰まりも少なく、清掃等にかかる管理労力が軽減できると考えられた。

謝 辞

本報告にあたり、中間育成管理とデータの採取に多大なるご協力を頂いた厚田漁業協同組合と浜益漁業協同組合、厚田村、浜益村の関係者の方々にお礼申し上げます。また、中間育成試験にあたって、ご指導やご助言を頂いた北海道立中央水産試験場、稚内水産試験場、北海道栽培漁業総合センター、(社)北海道栽培漁業振興公社およ

び稚内、留萌北部、留萌南部の各水産技術普及指導所の方々に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 山本義久：“X・中間育成”。ニシンの種苗生産技術。(社)日本栽培漁業協会, 2001, 67-73.
- 2) 川下正己, 加畑裕泰, 渡辺郁夫, 小林 元: ニシン種苗生産事業. 平成8年度種苗生産事業報告書(社)北海道栽培漁業振興公社, 1997, 75-84.
- 3) 川下正己, 加畑裕泰, 渡辺郁夫, 小林 元: ニシン種苗生産事業. 平成9年度種苗生産事業報告書(社)北海道栽培漁業振興公社, 1998, 79-93.
- 4) 川下正己, 加畑裕泰, 渡辺郁夫, 福島健人: ニシン種苗生産事業. 平成10年度種苗生産事業報告書.(社)北海道栽培漁業振興公社, 1999, 81-100.
- 5) 川下正己, 加畑裕泰, 渡辺郁夫, 福島健人: ニシン種苗生産事業. 平成11年度種苗生産事業報告書.(社)北海道栽培漁業振興公社, 2000, 69-81.

石狩湾に放流されたニシン人工種苗の生態—I 放流後約1ヵ月以内の分布・移動

佐々木正義*¹, 石田良太郎*¹, 高柳 志朗*²

Ecology of artificially produced juvenile herring (*Clupea pallasii*)
released in Ishikari Bay-I
Distribution and migration within about a month after release

Masayoshi SASAKI*¹, Ryotaro ISHIDA*¹ and Shiro TAKAYANAGI*²

To examine the suitable body size, timing and placement at release of artificial produced juvenile herring, we investigated the distribution and migration within a month after the releases on released seeds sampled with fishing, a beach seine, larva net, and a small beam trawl at the coast of Atsuta Village, and with set nets in the Ishikari River in summer, from 1996 to 1999.

Within a week after release artificial produced herring were collected around release area. Afterward, artificial produced herring moved northward from release point; they moved to the Ishikari River estuary southward from release point from late June to middle July. Finally, they moved to Atsuta northward from the release point from mid-July to late July. Size distributions in total length of recaptured fish became larger as time passed each year, collection of artificial produced fish more than 90 mm was very rare.

These results indicate that released artificial produced fish dispersed around release area until early July after their release. From then they moved northward and a portion of them moved southward after release; to late June, they dispersed at the Ishikari River estuary and sand vicinity of the Ishikari River, leaving the coastal area left coastal area when they grew to about 90 mm total length.

キーワード：石狩湾，ニシン，人工種苗，種苗放流，分布，移動，

北海道日本海側では，1996年からニシンの資源増大を目指し，人工種苗の放流が開始された。1996年には厚田で約16万尾，1997年には厚田から羽幌で約50万尾，そして1998年以降は厚田から稚内で80～240万尾の人工種苗が放流されている。

種苗放流により，効率的な資源増大を目指すには，適正な放流時期や場所，サイズを明らかにする必要がある。そのためには放流後1ヵ月程度の人工種苗および天然稚魚について，それぞれの分布・移動や食性，成長を把握し，両者の共通点および相違点やその要因を明らかにすることにより解明できると考える。これまでニシン人工種苗の放流は，北海道東部の厚岸湾や野付湾，風蓮湖，

岩手県宮古湾，宮城県で実施されている¹⁻⁵）。しかし，放流技術を検討するための基礎資料となる人工種苗の放流後1ヵ月以内の分布・移動や食性，成長等については明らかにされていない。

著者等は1996年以降，厚田村を中心としたニシンの放流海域で調査を実施し，放流されたニシン人工種苗や天然稚魚を採集した。本報告では得られた試料を用い，人工種苗の放流後約1ヵ月以内の分布・移動について検討したので報告する。

材料および方法

報文番号 A352 (2002年3月29日受理)

*1 北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station, Hama-cho, Kushiro, Hokkaido, 085-0024, Japan)

*2 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Hamanaka-cho, Yoichi, Hokkaido, 046-8555, Japan)

Table 1 Results of release of artificial produced herring at Kotan

Year	Release date	Mean total length of released herring ^{*1}	Number of released herring ^{*2}	Daily age tagged ALC marker	Remarks
1996	24-Jun	69.5	160	0	*3
1997	16-Jun	67.0	125	0	*3
1998	26-May	49.9	205	10	*4
	17-Jun	63.2	268	0	*3
1999	28-May	51.2	389	20	*4
	16-Jun	61.8	391	20	*3

*1 Unit:mm

*2 Figures are given in thousands.

*3 Intermediate rearing in sea for about 2 weeks before release

*4 Without inetermediate rearing in sea before release

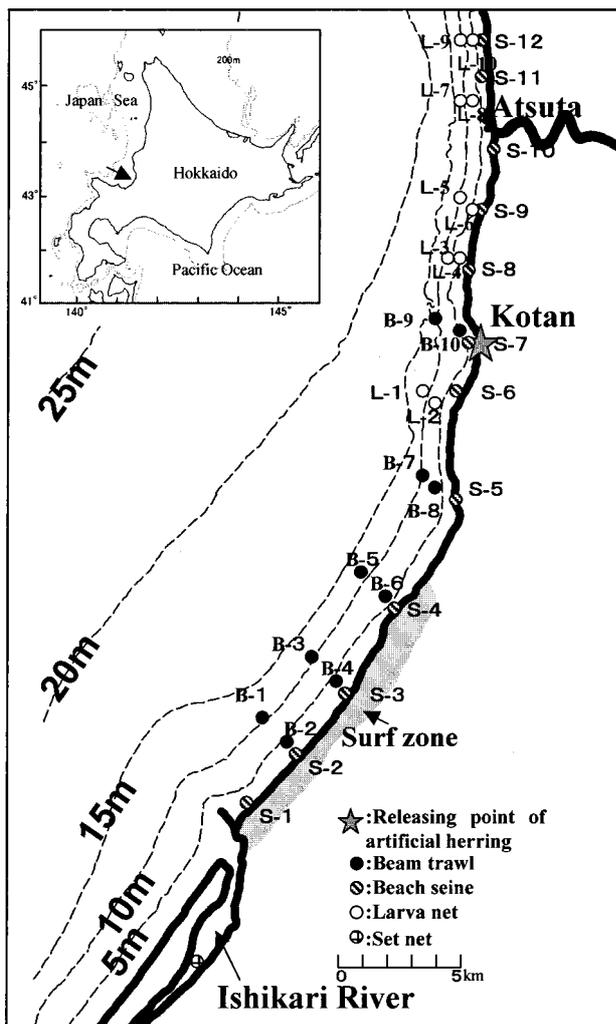


Fig. 1 Study location, Ishikari Bay, west coast of Hokkaido, Japan

採集された人工種苗は厚田村古潭で、1996年、1997年にそれぞれ6月24日、6月16日に中間育成後に、1998年には5月26日に中間育成を実施せずに搬入後直ちに放流され（以後直接放流と記す）、さらに6月17日に海上中間育成後、1999年は5月28日に直接放流、6月16日に中間育成後放流されたものである（Table 1）。これらの放

流された人工種苗の採集は、5月下旬～8月上旬に、石狩川河口域～厚田村厚田沿岸域で1996年、1997年の沖合域の海底における分布、沖合域の中層～表層における分布、沿岸域の分布を把握するため、それぞれ桁曳き網（袋網目合い2mm）、稚魚ネット（直径1.3m、目合い1NGG32）、地曳き網（袋網目合い2mm）を用いた（Fig. 1）。1998年以降は、1996年、1997年において沖合での採集が極めて少なかったことから、地曳き網だけで行った。桁曳き網は岸沿いに船速1.0～1.5ノットで5～10分間、水深5m、10m、15mを曳網し、稚魚ネットは船速1.0～1.5ノットで5～10分間、深度5m～表層までの傾斜曳きを行った。また、地曳き網は岸から沖出し30～100m、水深0～1.2m位の範囲を人力によって、岸に対して垂直または平行に曳いた。このほか、古潭港や厚田港で、釣りによる採集を行った。さらに、1997年以降、石狩川河口域や河川内でワカサギ *Hypomesus transpacificus nipponensis*、チカ *Hypomesos pretiosus japonicus* 等を主に漁獲している小型定置網で採集されたニシンも得た。採集されたニシンは5%フォルマリン海水で固定後、研究室に持ち帰り、各地点原則として最高100尾について耳石を摘出し、蛍光顕微鏡によりALC標識の有無を確認し、天然魚と人工種苗の区分を行った。なお、1997年6月18日のS-5地点、1998年5月27日のS-10地点では100尾以上の採集があったが、これらの地点における人工種苗の割合は100%であったことや採集時期および採集された個体の大きさから、採集された稚魚はすべて人工種苗とみなした。人工種苗は個体毎に全長（mm単位）、体長（mm単位）でノギスを用いて最高100尾について計測した。また、水温、塩分はCSTDを用いて、1997年、1998年には1m間隔、1999年には0.2m間隔で測定した。

結果

1. ニシン人工種苗の採集状況

ニシン人工種苗は1997年6月23日にL-8地点で1尾稚魚ネットによって採集された以外は、地曳き網や古潭港や厚田港での釣り、石狩川河川内で小定置網によって採集された。Table 2に地曳き網、釣り、小定置網によるニシン人工種苗の採集結果を示した。地曳き網では1996年には放流7日後の7月2日にS-7地点で、1997年には放流2日後の6月18日に放流点南側S-4地点、S-5地点で、1998年には直接放流1日後の5月27日に放流点南側S-4地点～放流地点北側S-10地点の広い範囲で地曳き網によって再捕された。すなわち、人工種苗は放流後1週間以内では放流地点付近の南北の海域で採集されていた。

1週間以上経過後については、1998年には中間育成後

Table 2 Number of herring collected with each gear. - = no sampling.

Gear	Set net	Beach seine							F*	Beach seine			F*	Beach seine		
		date/area	River	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	Kotan**	S-8	S-9	S-10	Atsuta	S-11
1996	25-Jun	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-
	2-Jul	-	-	-	-	-	-	0	4	43	0	0	0	0	-	-
	9-Jul	-	-	-	-	-	-	-	-	26	-	-	-	-	-	-
	12-Jul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-
1997	17-Jun	-	-	-	-	-	-	0	0	-	0	0	0	-	0	0
	18-Jun	-	-	0	0	1	395	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	23-Jun	-	-	-	-	0	0	0	0	-	0	0	0	-	0	-
	1-Jul	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-Jul	-	-	-	-	-	0	0	0	-	0	0	0	-	0	0
	3-Jul	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5-Jul	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6-Jul	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-Jul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	-	-
	11-Jul	7	-	0	-	0	-	-	0	-	-	0	0	-	-	-
	13-Jul	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	23-Jul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-
	25-Jul	-	-	0	-	-	0	-	0	-	-	-	0	3	0	-
1998	27-May	-	-	0	0	0	3	-	1	-	-	3	479	-	-	-
	3-Jun	-	-	0	0	0	0	-	0	-	-	0	0	-	-	0
	10-Jun	-	-	0	0	0	0	-	0	-	-	0	0	-	-	-
	25-Jun	-	-	0	1	3	0	-	0	-	-	-	0	-	-	-
	26-Jun	5	-	-	-	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	-
	28-Jun	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30-Jun	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-Jul	-	-	1	0	1	0	-	0	-	-	0	0	-	-	-
	3-Jul	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
	4-Jul	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5-Jul	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6-Jul	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7-Jul	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8-Jul	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16-Jul	-	-	0	0	0	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-
	21-Jul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
	22-Jul	-	0	0	-	0	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-
	30-Jul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
5-Aug	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	
1999	26-May	-	-	0	0	0	0	-	0	-	-	-	0	-	-	-
	8-Jun	-	-	8	5	3	0	-	0	-	-	-	0	-	-	-
	24-Jun	-	0	0	2	66	0	-	0	-	-	-	0	-	-	-
	25-Jun	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	27-Jun	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	28-Jun	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	29-Jun	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30-Jun	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1-Jul	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-Jul	-	-	0	0	0	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-
	3-Jul	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4-Jul	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7-Jul	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8-Jul	-	0	0	0	1	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-
	9-Jul	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10-Jul	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11-Jul	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12-Jul	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13-Jul	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15-Jul	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	
6-Aug	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	

* Fishing

** Release point

放流の8日経過した6月25日に放流地点南側のS-3地点およびS-4地点でそれぞれ1尾, 3尾, 7月2日にS-2地点, S-4地点で1尾ずつ地曳き網によって採集されたが, 7月16日, 7月22日に実施した調査では採集はなかった。

1999年には直接放流後11日目の6月8日に放流地点から南のS-2地点~S-4地点でそれぞれ8尾, 5尾, 3尾計16尾, 海上中間育成後放流8日目の6月24日にはS-3地点, S-4地点でそれぞれ2尾, 66尾, それ以降は

地曳き網では7月8日にS-4地点でわずか1尾採集されているだけであり、1998年、1999年とも7月の採集は極めて少なかった。しかし、石狩川河川内の小定置網で、標本を採集しなかった1996年を除けば、人工種苗は1997年には7月1日～7月13日に1日4～11尾、1998年には6月26日～7月8日に1日1～10尾、1999年には6月25日～7月13日に1日1～84尾が採集した。すなわち、砂浜域での人工種苗の採集が極めて少なくなっからは河川内で採集された。

また、釣りでは人工種苗は放流場所である古潭港で1996年には7月2日および7月9日にそれぞれ43尾、26尾、1998年には6月26日、7月3日に24尾、2尾が採集され、厚田港では1996年7月12日に7尾、1997年には7

月10日、7月23日、7月25日にそれぞれ24尾、13尾、3尾、1998年には7月21日に2尾が採集された。釣りによって人工種苗は放流後7月上旬までは古潭港で、その後7月下旬まで厚田港で採集された。

2. 全長組成

Fig. 2 に採集された人工種苗の時期別・場所別の全長組成を示した。これによると、各年度とも時期の経過と共に、全長組成の範囲およびモードは大きい方へ移動し、おおよそ90mmまでのものが主体となっており、90mm以上は少ない。また、1999年6月8日にS-2地点～S-4地点で採集された種苗は、おおよそ全長40～50mmの範囲にあった。

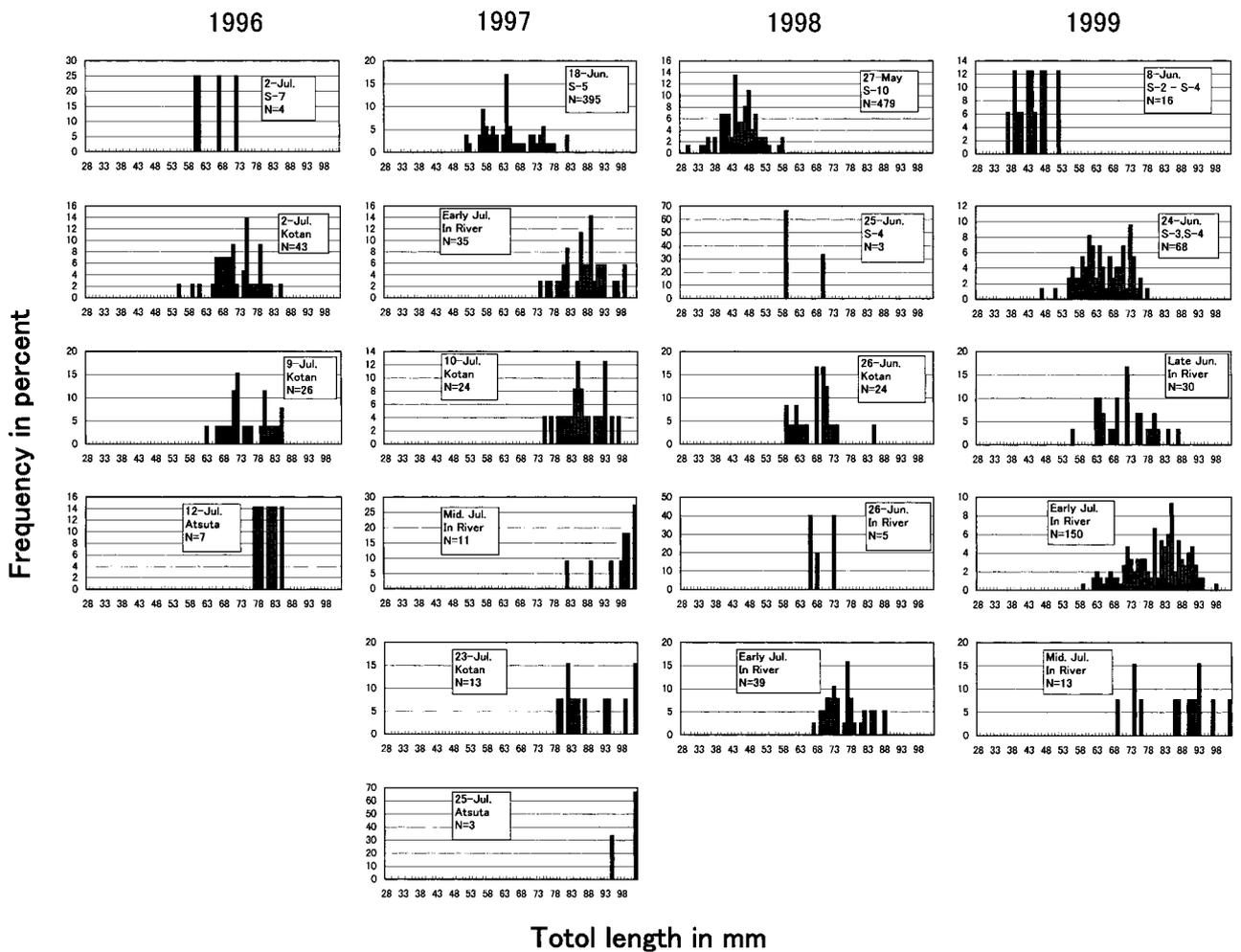


Fig. 2 Size distribution of artificial juvenile herring collected each area and period in 1996-1999

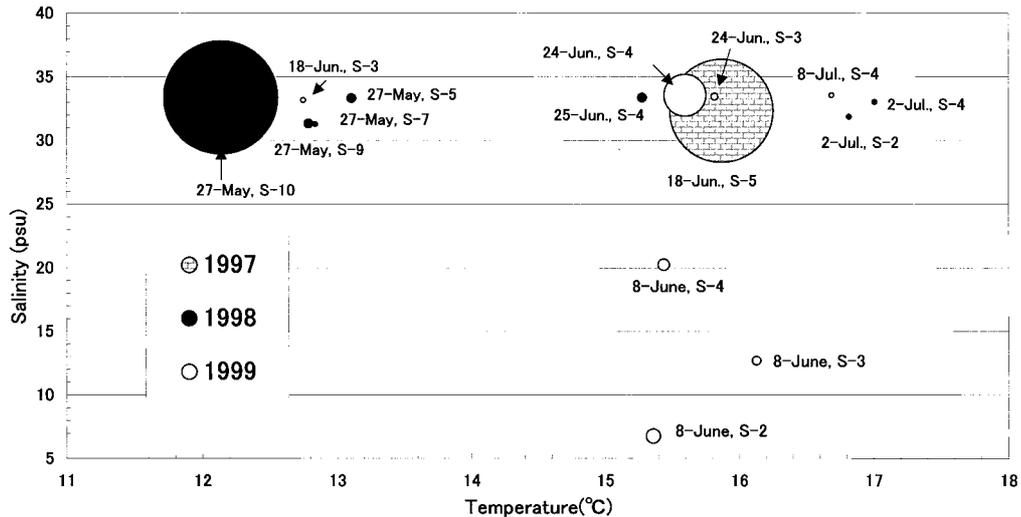


Fig. 3 Temperature and salinity of the point collected released herring with beach seine. The figures beside circles are day and station number collected herring. Size of circles indicates number of herring collected. (see Table 1).

3. 地曳き網により人工種苗を採集した地点の水温、塩分

Fig. 3 に1997～1999年に地曳き網で採集された地点の水温、塩分を示した。1998年には12℃台での採集もみられたが、その他はほとんどが表面水温15～16℃台で採集されている。また、表面塩分は6.8～33.6psuの広範囲であったが、特に1999年6月8日は6.8～20.2psuの低塩分であった。

考 察

これまで、長さ数10mmのニシン人工種苗の放流後における短期間の再捕は岩手県宮古湾での例があるが、これらは放流後約2ヵ月経過したもの⁵⁾や放流後平均全長80～110mmまでの分布についての記載にとどまっております⁶⁾、具体的な資料を基に、放流後約1ヵ月の分布・移動に関する報告は今回が初めての例である。

本調査結果では、放流された種苗の採集は沖合域では1尾だけであり、ほとんどが沿岸域であった(Table 2)。沖合域で再捕の少なかった要因として、漁具からの逃避も考えられる。しかし、この海域では天然稚魚も6月下旬から7月中旬にかけて今回人工種苗が得られた石狩川の河口域から河川内に分布していることが明らかにされている⁷⁾。また、多くの地域で30、40～100mm位の天然稚魚が沿岸で採集されている⁸⁻²⁸⁾。このことから、放流後の人工種苗は、天然稚魚と同様に、主として沿岸に分布していたものと推察される。

また、放流後1週間以内では一定方向での採集はみられなかった。しかし、1999年には直接放流後11日経過し

た6月8日に、さらに、1998年、1999年とも中間育成放流後1週間以上経過した6月下旬～7月上旬に放流点南側の砂浜域の調査地点で、さらに6月下旬・7月上旬～7月中旬には1997～1999年ともさらに南側の石狩川河川内で採集されていた(Table 2)。

また、釣りでは人工種苗は中間育成放流後の6月下旬～7月上旬に放流場所である古潭港で、7月中旬～7月下旬にその北側の厚田港で採集された(Table 2)。釣獲による本調査での資料は少ないが、古潭港や厚田港では、例年チカを対象にした遊漁が行われており、天然稚魚および人工種苗が、本調査と同様に、6月下旬～7月上旬に古潭港で、7月中旬～7月下旬に厚田港で採集されている。

採集された人工種苗の全長組成は、毎年、時期の経過と共に大きい方に移動していたが、90mmを越えるような稚魚の比率は低かった(Fig. 2)。これは、90mm前後に成長した人工種苗の沿岸から沖合域への移動を示すものである。

以上のことから、放流された人工種苗は主として沿岸域に分布し、放流直後は一定方向に移動はしないが、時期の経過とともに、南側に移動し、6月下旬～7月中旬に石狩川河川内に分布する群、さらに放流場所である古潭港に7月上旬頃まで留まり、その後北側の厚田港に7月中旬～下旬まで分布する群の2群があり、全長90mm前後に成長したものが沿岸を離れると推定される。

ただし、7月下旬に厚田港に分布する人工種苗の石狩川からの移動の可能性や放流地点から南北に移動した魚群のうちどちらの群が主体か、さらに分布範囲の限界はどこかについては明らかにできなかった。また、直接放

流群と中間育成放流群を区分できる標識はつけられていなかったため、これらのそれぞれの分布・移動は検討できなかった。

石狩川で観察されたような人工種苗を含むニシン稚魚の河口域での分布は、多くの地域で報告されている(8-14, 20, 21, 24)。このことから、石狩川河口域周辺がニシン稚魚の重要な成育場となっている可能性が極めて高い。石狩川の流量は3月下旬～6月上旬に雪解け水で増加するが²⁹⁾、水量が約600m³/sec程度になる6月下旬頃に塩水楔が河川内に進入する³⁰⁾。これは人工ニシン及び天然ニシン稚魚が河川内に移動する時期と一致している。また、天然ニシン及び人工ニシン稚魚は橈脚類や枝角類、尾虫類のような小型の動物プランクトン^{7, 26)}、さらにシラウオ*Salangichthys microdon*と考えられる稚魚を摂餌していた^{7, 26)}。動物プランクトンの出現状況は塩分や水温によって異なり³¹⁾、さらに全長4mm～24mmのシラウオ稚魚が、6月下旬～7月下旬に石狩川河口域の底層に分布し、塩水楔の中を遡上すると考えられている³²⁾。このことから、この海域の人工を含むニシン稚魚の分布・移動は石狩川河口域の海洋構造すなわち、石狩川の流量変化による河口域周辺の汽水域の消長や塩水楔の河川内への流入に伴う水温、塩分や餌生物の時空間分布と関連があると考えられる。今後はこれらの状況を把握し、放流場所や放流時期、さらにニシン稚魚における石狩川河口域周辺の重要性や分布・移動の要因を検討していきたい。

日本およびその周辺水域におけるニシン稚魚が沿岸から離れる時期や大きさは海域間で異なる。すなわち、北海道では日本海沿岸で7月中旬、オホーツク海沿岸で8月中旬に、大きさ70mm内外で¹⁶⁾、岩手県宮古湾では1～3月に全長110mm⁶⁾、樺太南西岸では9月下旬～10月上旬に全長80～100mm²⁵⁾、朝鮮東岸沿岸迎日湾では6月末、威鏡北道沿岸では7月末まで全長90mm内外に²²⁾沿岸から離れると推定されている。また、湖沼においても各地で異なり、北海道東部風蓮湖では7月下旬～8月上旬、全長80mmで湖内において採集されなくなり³³⁾、青森県尾駁沼では6月上旬、70mm内外³⁴⁾、茨城県澗沼では全長70～80mm前後、5～6月頃³⁵⁾にそれぞれ沼から降海する。

このようなニシン稚魚の離岸もしくは降海する時期やサイズの相違は、餌生物環境や水温を主とする物理環境の相違によるものと考えられる。このことから、各地においてニシン稚魚の分布や食性、餌生物の時空間分布、海洋構造を把握することにより、地域間の相違の要因を明らかにすることができ、ニシンの放流技術に関する重要な知見が得られるものと考えられる。

1999年6月8日には地曳き網によって、S-2～S-4地点で表面塩分6.8～20.2psuの範囲で採集された(Fig. 3)。地曳き網は1m近くの水深から実施しており、このため、表面より深い層では高塩分になっている可能性があることから、S-2地点の沖側水深3mの地点における表面から1mまでの0.2m毎の塩分を調べた。その結果、それぞれの深度の塩分値は6.9, 6.9, 6.94, 9.67, 15.44, 24.73psuとなっていた(佐々木等 未発表)。稚魚が採集された水深1m以浅の水域はこれと同じかさらに低塩分であると推定される。それにもかかわらず、このような低塩分の環境下で、人工種苗はワカサギの他、淡水性枝角類*Moina* sp.を多量に摂餌していた²⁶⁾。これまで、大西洋ニシン*Clupea harengus*における全長90～240mmの塩分耐性は6～40-45%にあることが明らかにされている³⁶⁾。今回得られた結果から、全長40～50mmの太平洋ニシン*Clupea pallasii*も6psu程度の低塩分域に生息でき、大西洋ニシンと同様の塩分耐性を有すると示唆される。

謝 辞

ニシンの採集に際しては、厚田漁業協同組合の沢田要蔵氏始め厚田漁業協同組合の職員、石狩地区水産技術普及指導所、厚田村の関係者にご協力いただいた。石狩漁業協同組合其田辰夫氏には石狩川河川内の標本を提供していただいた。ここに、各位に対して厚く感謝の意を表す。

要 約

ニシン人工種苗の適正な放流時期や放流場所、放流サイズを解明するため、1996～1999年5月下旬～8月上旬に、北海道石狩川周辺水域で、桁曳き網、稚魚ネット、地曳き網を用いて放流された人工種苗を採集し、放流種苗の放流後の分布・移動を検討した。

- 1) 放流された種苗は沖合での採集は1尾だけであり、ほとんどが沿岸での地曳き網、河川内での小定置網、港内の釣りで採集された。
- 2) 放流後1週間以内では一定方向への分布・移動は確認されなかったが、6月下旬～7月上旬に地曳き網によって放流点南側の砂浜域、6月下旬～7月中旬には石狩川河川内で、釣りによって6月下旬～7月上旬に放流場所である古潭港で、7月中旬～7月下旬にその北側の厚田港で採集された。
- 3) 全長組成は毎年、時期の経過と共に、大きい方に移動したが、90mmを越えるような稚魚の採集は少な

かった。

- 4) 稚魚の採集状況や全長組成の時期的推移から、放流された人工種苗は放流海域に7月上旬頃まで留まり、その後北側に移動し7月下旬まで厚田周辺に分布している群と、南側に移動し6月下旬・7月上旬～7月中旬には石狩川河口域に分布する群との2群があった。その後7月中～7月下旬頃、全長90mm前後に成長したものが沿岸を離れると推定された。
- 5) 1999年6月8日に全長40～50mmの人工種苗が石狩川北側砂浜域海岸の表面塩分6.8～20.2psuで採集された。

文献

- 1) 山本義久：ニシンの種苗生産技術。栽培漁業技術シリーズ。日本栽培漁業協会，2001，100p。
- 2) 山本和久，尾花博幸：厚岸事業場におけるニシンの技術開発結果（昭和56年～平成6年）－風蓮湖における放流技術開発結果を中心として。日本栽培漁業協会研究資料。No.76，2000，42p。
- 3) 宮城県：平成2年～6年度特定海域新魚種定着促進技術開発事業報告書。ニシン。1995，10p。
- 4) 宮城県：宮城県ニシン。平成11年度特定海域新魚種定着促進技術開発事業報告書。宮城1－宮城14（1999）
- 5) 八幡康一，清水健，大洞克巨，沢田幹男：宮古湾に標識放流したニシン人工種苗の行動について。栽培技研。20(1)，47-58（1991）
- 6) 大河内裕之，千村昌之：宮古湾に放流した人工種苗ニシンの生態と産卵回帰。月間海洋総特集ニシン科魚類－繁殖生態と資源変動－。252-258（2001）
- 7) Sasaki, M., Ishida, R. and Takayanagi, S.: Distribution and feeding habits of juvenile herring (*Clupea harengus pallasi*) in northern Japan. *Herring: Expectations for New Millennium, Alaska Sea Grant College Program*. 2001, 101-115.
- 8) Able, K. W.: Ichthyoplankton of the St. Lawrence estuary: composition, distribution, and abundance. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 35, 1518-1531 (1978)
- 9) Beyst, B., Mees, J. and Cattrijsse, A.: Early postlarval fish in the hyperbenthos of the Dutch Delta (south-west Netherlands). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 79, 709-724 (1999)
- 10) Boehlert, G. W. and Mundy, B. C.: Roles of behavioral and physical factors in larval and juvenile fish recruitment to estuarine nursery areas. *Am. Fish. Soc. Symp.*, 351-367 (1988)
- 11) Дарда, М. А.: О распределении личинок и сеголетков сельди у юго-западного побережья Сахалина. *Сборник работ по биологии, технике рыболовства и технологии, СахТИНРО*, 1, 15-26 (1960)
- 12) Фридлянд, И. Г.: Размножение сельди у юго-западного побережья Сахалина. *Известия*, 35, 105-145 (1951)
- 13) Haeghele, C. W.: Juvenile herring surveys (1990-1993) in the Strait of Georgia region. In *Proceedings of the Seventh Pacific Coast Herring Workshop, January 27-28, 1994*. Edited by Hay, D. E., and McCarter, P. B. Vancouver, B. C. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2060, 23-37 (1995)
- 14) Hardy, A. C.: The herring in relation to its animate environment part 1. The food and feeding habits of the herring with special reference to east coast of England. *Min. Agric. Fish., Fish. Invest., Ser. II, Vol. VII, No. 3*, 1-53 (1924)
- 15) Hay, D. E. and McCarter, P. B.: Larval distribution, abundance, and stock structure of British Columbia herring. *J. Fish Biol.*, 51, 155-175 (1997)
- 16) 平野義見：北海道のニシンについて（鯨）。水産実用叢書。8，1-31（1949）
- 17) Hourston, A. S. Population studies on juvenile herring in Barkley Sound, British Columbia. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 15(5), 909-960 (1958)
- 18) イ・ヴェ・ニキーチンスカヤ：サハリン系ニシンの後胚期発育の形態・生理学的特性。ソ連北洋漁業関係文献集75（崎浦治之訳）魚学諸問題。第6巻第2(39)号，73-91（1966）
- 19) Kääriä, J. and Sorakunnas, E.: Occurrence of larvae and juveniles of Baltic herring (*Clupea harengus membras* L.) in the littoral zone of the northern Baltic Sea. *Submitted manuscript. Archipelago Research Institute, University of Turku*. (2001)
- 20) 児玉純一：万石浦に産卵来遊するニシンの生態について。日本水産学会東北支部会報。33，25-26（1983）
- 21) Meher, T.: Distribution and diet composition of

- age-0 herring (*Clupea harengus* L.) and perch (*Perca fluviatilis* L.) in a shallow estuary of the Southern Baltic. *Arch. Hydrobiol.*, 12, 309-316 (1993)
- 22) 内田恵太郎, 今井貞彦, 水戸 敏, 藤田矢郎, 上野雅正, 庄島洋一, 千田哲資, 田福正治, 道津喜衛: 日本産魚類の稚魚期の研究第1集 九州大学農学部水産学第2教室, 7-10, pl. 8, 9 (1958)
- 23) Urho, L. and Hilden, M.: Distribution patterns of Baltic herring larvae, *Clupea harengus* L., in the coastal waters off Helsinki, Finland. *J. Plankton Res.*, 12, 41-54 (1990).
- 24) Winkler, H.: Peculiarities of fish communities in estuaries of the Baltic Sea; the Darss-Zingst-Bodden chain as an example. *Limnologica*. 26, 199-206 (1996)
- 25) 山本喜一郎: 北方産魚類の生態調査 1 樺太, 楽磨付近の浅海魚と其の季節的消長を主とする生態的考察(その2). 水産孵化場報告. 4(1), 16-26 (1949)
- 26) 佐々木正義, 石田良太郎: 石狩湾に放流されたニシン人工種苗の生態-II 放流後1カ月以内の食性. 北水試研報. 62, 149-159(2002)
- 27) 沢 賢蔵: 石狩河口その他におけるさけ・ニシン稚魚状況調査. 北水試事業旬報 8-10. 84-88(1927)
- 28) 大東信一, 内山正昭: 北海道西海岸における春ニシンの天然産卵の観察 第4報 1956年春季の群来状況並びに天然産卵の外見的観察. 孵化場試験報告. 11, 181-202 (1956)
- 29) 今田和史, 吉住喜好, 米川年三, 伊藤富子, 倉橋澄雄, 加納史彦: 石狩川下流域の水質環境(1977~1981年)について. さけ別梓 1981 河川型研究グループレポート. 93-118 (1982)
- 30) 八鍬 功: 石狩川河口域における塩分の拡散. 沿岸海洋研究ノート. 10(1), 35-40 (1972)
- 31) Yamaji, I.: Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan XIX. Regional characteristics and classification of inlet waters based on the plankton communications. *Publs. Seto Mar. Biol. Lab.*, 5, 157-196 8pls. (1956)
- 32) 山口幹人, 藤岡崇, 渡辺安康: シラウオ資源調査. 平成8年度北海道立中央水産試験場事業報告書. 315-324 (1998)
- 33) 堀井貴司: 北海道 ニシン. 平成11年度特定海域新魚種定着促進技術開発事業報告書. 北海道1-北海道14 (2000)
- 34) 手塚多喜雄: 尾鮫沼の鯨に就いて. 水産学雑. 45, 63-72 (1939)
- 35) 藤本 武, 北浜 仁: 汽水性水域の水産資源に関する基礎調査-II 茨城県澗沼ニシンの二三の観察. 昭和37年度茨城県水試報告. 41-56 (1964)
- 36) Holliday, F. G. H. and Blaxter, J. H. S.: The effects of salinity on herring after metamorphosis. *J. mar. bio. Ass. U. K.*, 41, 37-48 (1961)