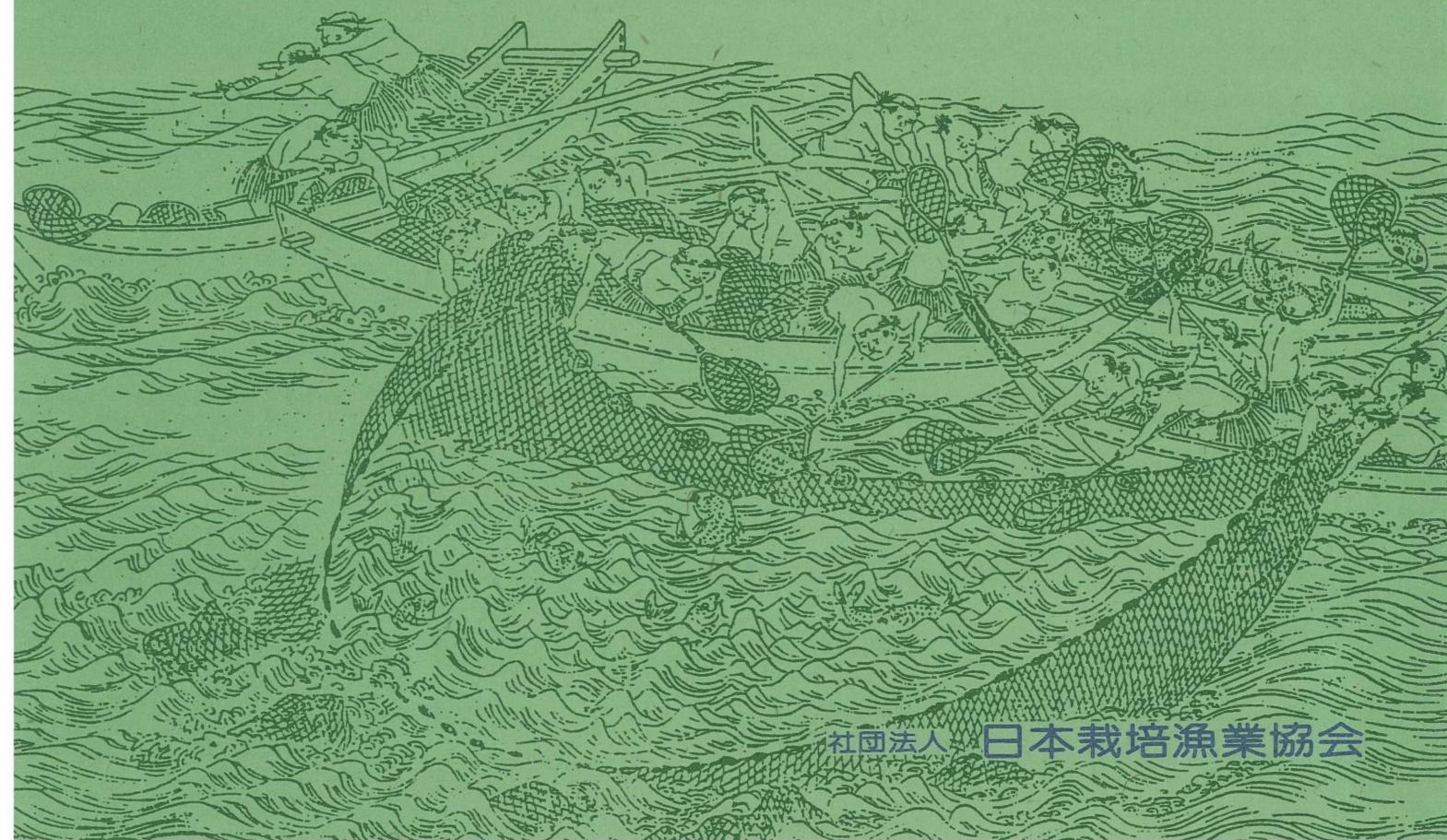


栽培漁業技術シリーズ

ニシンの種苗生産技術



はじめに

社団法人 日本栽培漁業協会では、水産庁からの委託を受け、栽培漁業技術の普及を目的として「栽培漁業技術シリーズ」を刊行している。本シリーズは、栽培漁業の技術開発成果を体系的に整理し取りまとめることで、種苗生産・中間育成・放流等の栽培漁業の現場関係者にとって役に立つ実践的な技術マニュアルを目指したものである。

ニシンは、毎年産卵期になると沿岸域に集団で来遊し産卵することが知られている。北海道から東北沿岸地方では来遊した親魚が重要な漁業資源として、1890年代後半には最高97万トンの漁獲量があったが、その後、著しく減少し、1990年代前半には3千トンのレベルにまで落ちこんでいる。このようなニシン資源の中でも、河口域や汽水性の湖沼に産卵場をもつ湖沼性ニシンは、特に地域性が強く同一の産卵場に回帰する性質があることから、栽培漁業の対象種として早くから着目されていた。

日本栽培漁業協会厚岸事業場では、北海道など地元からの強い要望を受けて、道東海域の湖沼性ニシンを対象として昭和57年から栽培漁業に関する技術開発を実施してきた。現在では100万尾の種苗生産が可能となっており、風蓮湖や厚岸湖を対象とした放流技術開発も行われている。中でも風蓮湖では、地域の漁業者が中心となって中間育成・放流を行うとともに、来遊する親魚や受精卵の保護を行った結果、それまで20トン前後であった漁獲量が600トン台まで増大した。このような成果をもとに、地元の漁業協同組合や市町などからなる根室管内ニシン種苗生産運営委員会が設立され、国、道の補助を受けた種苗生産施設も建設されている。さらに、北海道は、日本海に建設した種苗生産施設を利用し、石狩湾系のニシンを対象とした栽培漁業の取り組みも開始している。

本書は、日本栽培漁業協会厚岸事業場が行ってきたニシンの栽培漁業技術開発のうち、主に親魚養成や種苗生産技術に関する成果を、ニシンの生態や生理についての基礎的な知見とともに取りまとめたものである。本書が、ニシン栽培漁業の推進体制を確立し定着化するための一助となれば幸いである。

なお、本書に記載されている技術は、必ずしも完成されたものではなく、今後の技術開発の進展と共にさらに改善されていくべき内容も多く含んでいる。この点については、日裁協だけでなくこれからニシンの栽培漁業に携わっていく関係諸氏と共に、新たな知見の蓄積に勤めたいと考えている。

本書をまとめるに当たり、ニシンに関する基礎的な知見についての貴重な資料の掲載を許可していただいた、水産庁北海道区水産研究所 小林時正氏（現東北区水産研究所）、同 松原孝博氏、水産庁中央水産研究所 福田雅明氏、北海道立釧路水産試験場 堀井貴司氏、北海道立稚内水産試験場 吉村圭三氏、(社)北海道栽培漁業振興公社羽幌事業所 川下正己氏をはじめとする諸氏に深く感謝申し上げます。

また、技術開発を進めるに当ってご指導・ご協力をいただいた、水産庁北海道区水産研究所、北海道立釧路水産試験場、北海道立栽培漁業総合センター、(社)北海道栽培漁業振興公社羽幌事業所をはじめ関係各機関に厚くお礼申し上げます。

社団法人 日本栽培漁業協会
理事長 今村 弘二

栽培漁業技術シリーズ No.7

ニシンの種苗生産技術

山本 義久*

ニシンの種苗生産技術

目次

はじめに	3. 人工授精の方法	18
I. ニシン種苗生産技術開発と増殖事業の経緯	(1) 卵及び精子の確保	18
1. ニシンの基礎的知見	(2) 人工授精	19
(1) 海外の主なニシンの基礎的な飼育研究	4. 受精卵の付着	19
(2) 北海道におけるニシンの基礎研究と増殖事業	(1) ふ化盆への付着	19
2. ニシンの種苗生産と資源増大の取り組み	(2) マブシへの付着	20
(1) 日本栽培漁業協会における技術開発	(3) タンニン酸による分離卵処理	21
(2) 風蓮湖でのニシン資源増大の取り組みと現状	V. 人工養成親魚の成熟と採卵	23
(3) その他の機関の技術開発	1. 経緯	23
(4) 日本海ニシン資源増大プロジェクト	2. 親魚養成と成熟	23
II. ニシンの生物特性と漁業	(1) 養成方法	23
1. ニシンの生物特性	(2) 養成水温	23
(1) 分類	(3) 成長	23
(2) 形態的特徴	(4) 成熟	23
(3) 分布	3. 人工養成親魚からの採卵	23
(4) 生活史	(1) 人工授精による採卵	23
(5) 産卵生態	(2) 自然産卵による採卵	24
(6) 生活型からの区分	4. 人工養成親魚の産卵誘発技術	24
(7) 北海道周辺に生息するニシン系群	(1) 産卵誘発	24
2. ニシン資源と漁業	(2) 産卵行動	25
(1) 世界のニシン資源と漁業	(3) 産卵基質の選択性	25
(2) 日本のニシン資源と漁業	VI. 卵管理	27
III. 親魚の成熟と確保	1. 卵の特徴	27
1. ニシンの成熟の概要	2. 卵発生	27
(1) ニシンの生殖腺の構造と卵及び精子の形成過程	3. 卵の環境耐性	28
(2) 成熟と産卵の年周期	(1) 水温	28
(3) 過熟	(2) 塩分濃度	29
(4) 肉眼観察による成熟基準	4. 卵管理水槽	29
2. 北海道東部海域におけるニシン親魚の成熟と確保	(1) 専用の水槽で卵管理する場合	29
(1) 成熟期間	1) ふ化盆を使用	29
(2) 親魚のサイズと年齢	2) 分離卵	29
(3) 親魚の卵巣重量とGSI	(2) 大型水槽で卵管理する場合	29
(4) 銘柄の年齢とサイズ	1) ふ化盆を使用	29
IV. 採卵	2) マブシを使用	29
1. 親魚の選別	5. 卵消毒	30
2. 親魚の測定および生殖巣の摘出	VII. 仔稚魚の発育	31
	1. 発育過程と基礎知見	31
	2. 外部形態の変化	32
	(1) 比成長形質の変化	32
	(2) 骨格形成	33
	(3) 鱗条形成	34

(4) 鱗形成	34	(1) 生残数の推定	50
3. 内部器官の発達	34	(2) 生存率の推移	50
(1) 卵黄	34	(3) 死亡要因と生存率を向上させる対策	51
(2) 消化管形成	34	(4) 種苗生産結果と生産尾数の試算	52
(3) 鰾形成	35	6. 形態異常	52
(4) 筋肉の発達と遊泳行動	35	(1) 外部形態異常	52
(5) 耳石の発達	36	1) 調査方法	52
4. 体成分の変化	37	2) 外部形態異常の症例	52
5. 発育段階	38	(2) 脊椎骨異常	53
(1) 前期仔魚期 (ふ化～体長10mm)	38	1) 調査方法	53
(2) 後期仔魚期 I (体長10～18mm)	38	2) 脊椎骨異常防除対策の経過	53
(3) 後期仔魚期 II (体長18～30mm)	38	3) 天然魚の脊椎骨異常の実態	53
(4) 稚魚期 (体長30～90mm)	39	4) 脊椎骨の発達過程	55
VII. 種苗生産	41	5) 脊椎骨異常の発現要因と対策	56
1. ふ化と収容	41	7. 耳石への標識処理と検出方法	58
(1) ふ化の機構と状況	41	(1) 浸漬方法	58
(2) 卵の収容とふ化	41	(2) 経口投与方法	58
(3) ふ化率	41	(3) 耳石の標識の識別	58
(4) ふ化仔魚の計数	41	IX. 取り揚げ, 輸送	61
(5) 収容尾数	42	1. 取り揚げ	61
(6) ふ化仔魚	42	(1) 取り揚げサイズ	61
2. 飼育施設と飼育環境	42	(2) 取り揚げ方法	61
(1) 飼育水槽	42	1) 巻き網を利用した取り揚げ方法	61
(2) 飼育水温	42	2) フィッシュポンプを利用した	62
(3) 換水	42	取り揚げ方法	62
1) 注水	42	(3) 取り揚げのタイムスケジュール	62
2) 排水	42	(4) 取り揚げに伴う減耗	63
3) 換水率	43	2. 取り揚げ後の飼育	63
4) 海水の過飽和ガス圧対策	43	3. 沖出し, 輸送	63
(4) 通気	44	(1) 飼育小割網から輸送水槽への搬送	63
(5) 照明調整	44	(2) 輸送密度	63
(6) 底掃除と水面の汚れ取り	44	(3) 換水及び酸素調整	63
3. 餌料	45	(4) 輸送	64
(1) 餌料系列と給餌期間	45	(5) 中間育成小割網への収容	64
(2) 生物餌料	46	(6) 沖出し時の死亡	64
1) ワムシ	46	X. 中間育成	67
2) アルテミア	46	1. ニシンの中間育成の意義	67
3) 栄養強化	47	2. 中間育成場所と環境	67
4) 給餌前の洗浄処理	47	3. 中間育成施設	67
5) 仔魚の摂餌	47	4. 中間育成の方法と現状	68
(3) 配合飼料	48	(1) 種苗のサイズと小割網の目合	68
(4) 給餌量	48	(2) 収容尾数	68
4. 成長	49	(3) 給餌量と給餌方法	68
(1) 平均的な成長事例	49	(4) 成長と生残	68
(2) 飼育水温と成長	49	5. 中間育成における天然餌生物の利用形態	70
1) 飼育水温と日間成長率	49	(1) 中間育成場の天然餌生物調査	70
2) 飼育水温と省エネルギー化	50	1) 出現種および現存量	70
5. 生残と生産結果	50		

2) 餌生物サイズ	71	図 全国の種苗生産機関のニシン種苗生産尾数の	
(2) 天然餌生物利用状況	71	年度別推移	88
(3) 天然稚魚の胃内容物調査	72	表 厚岸事業場におけるニシン量産試験用採卵	
6. 中間育成種苗の質の評価	72	結果一覧	89
		表 ニシン卵管理事例 (1997年)	90
XI. 今後の課題と展望	75	表 ニシン人工種苗の全長と体重の関係	91
1. 親魚	75	図 ニシン人工種苗の全長, 尾叉長, 体長,	
2. 種苗生産	75	体高の関係	91
3. 中間育成	75	表 ニシン採卵用具一覧	92
4. 種苗生産の経費	76	表 ニシン取り揚げ用具一覧	92
5. 産卵藻場と資源管理	76	表 沖出し時必要物品一覧	93
6. 終わりに	77	表 ニシン種苗100万尾を生産する場合の種苗	
		生産コストの試算 No. 1~4	94
XII. 参考文献	79	表 ニシン種苗生産コスト (100万尾生産)	97
		図 ニシン種苗生産の生産尾数と生産単価及び	
XIII. 参考資料	83	予想される収支	98
表 ニシン種苗生産および中間育成の作業		図 異なる市場単価のニシン種苗生産尾数と	
スケジュール	84	収支比率の関係	98
表 風蓮湖産ニシンの種苗生産事例一覧	85	表 別海町ニシン種苗生産センターの飼育・	
表 厚岸産ニシンの種苗生産事例一覧	86	培養水槽の概要	99
表 ニシン種苗生産関係機関別の種苗生産実績	87	表 別海町ニシン種苗生産センター施設見取り図	99
		表 厚岸事業場のニシン種苗生産担当者一覧	100

I. ニシン種苗生産技術開発と増殖事業の経緯

ニシンは世界的に多獲され重要な水産資源であることから、古くから多くの研究と資源増殖事業が行われてきている。本項ではニシンの飼育に関する研究史とニシンの資源増殖事業及び種苗生産技術についての今までの経緯について整理し、(社)日本栽培漁業協会厚岸事業場が技術開発を実施してきた風蓮湖の資源増大の取り組みについて紹介する。

1. ニシンの基礎的研究

(1) 海外の主なニシンの基礎的な飼育研究

倉田 (1959) によれば、ニシンの飼育に関して大西洋ニシンでは古くから仔魚飼育が試みられている。最初のニシンの飼育に関する記述は1876年の Meyer によるものであるが、1930年代以前の報告は卵黄吸収までも飼育できていない。卵黄吸収後まで飼育できたのは Kotthaus (1939) が初めてで、Schach (1939) によって初めて変態後までの飼育が成功し、ふ化後56日目の生残率は約7%であった。その後、飼育条件の改良によって、Dannevig (1948) は20%以上の生残率を得ている。また卵の確保が容易なこともあり、Blaxterら (1968) の研究者が飼育試験の対象種とするまでに到っている。

(2) 北海道におけるニシンの基礎研究と増殖事業

北海道におけるニシン研究については、丸山 (1997) によれば、明治に入った1870年から漁獲量の調査が初めて、1901年には北海道水産試験場が設立され、基礎的なニシン研究が開始されている。小林 (1993) によれば、日本におけるニシン研究の歴史は1910年代に年齢、成長、卵数等の基礎的研究が発表され、1920年代には回遊、産卵、餌料という生態的な知見が取まとめられている。ニシンの漁獲量が大幅に変動し、来遊量の予測が必要となったことから、漁況予報に関する研究も1920年代以降盛んに行われ、その後はニシン資源の変動傾向を把握するため、ニシン集団の構造を明らかにする研究が中心となっている。

主な報告としては半田 (1924)、山口 (1926)、藤田・小久保 (1927) を初め、近藤 (1965)、三上ら (1968)、入江 (1980) が北海道とサハリン周辺のニシンの系群について解析している。近藤・北浜 (1953)、近藤・中山 (1958) はニシンの標識放流試験を実施し、移動回遊について論議している。太平洋ニシン資源解析の大きな業績として菅野 (1982, 1983, 1983) は、日本周辺の系群について形態形質を主とした総合的な系群解析を行っている。さらに、小林 (1979, 1983, 1990, 1993) が日本周辺と太平洋ニシン全域にわたってアイソザイムを中心に詳細に調査し、集団遺伝学的に特性を解析し、種内分化について論議している。

一方、飯塚 (1987) によれば、北海道のニシンの増殖事業は北海道サハリン系群の資源が衰退状態にはいった1924年から始まっている。北海道水産試験場が人工ふ化の基礎的実験を開始し、1934~1935年には厚岸漁業協同組合が厚岸ニシンを対象に年間2,000~6,000万粒の卵をふ化させて放流した。次いで、北海道水産試験場と北海道水産ふ化場が協力して石狩湾以北沿岸で北海道サハリン系群を対象に1941年から1952年までの12年間にわたり、年間200~400億粒の大規模な人工ふ化放流事業が行われた。しかし、両事業とも放流効果はまったくみられていない。

ニシンの飼育については、倉田 (1959) が基礎的な飼育条件の解明に取り組み、仔魚の水温、塩分耐性、摂餌、走光性について実験し、アルテミア幼生を餌料として生残数はわずかではあるが、ふ化後7週間まで飼育している。また水産庁の委託研究として有用魚種大規模養殖等実験事業の「ニシン増養殖技術開発企業化試験」が実施され、草刈・森 (1978) が1974年に北海道栽培漁業総合センターでふ化から55日間飼育した事例がある。同委託研究で桑谷ら (1978) が北海道水産研究所で飼育環境条件の把握に取り組み、稚魚期まで飼育しているが、生残率は極めて低く、種苗の大量生産は成功しなかった。

2. ニシンの種苗生産と資源増大の取り組み

(1) 日本栽培漁業協会における技術開発

ニシンの資源増大に向けた栽培漁業の技術開発を目的に、(社)日本栽培漁業協会厚岸事業場と宮古事業場が1982年から種苗生産を開始し、宮古事業場では、万石浦ニシンを使用して全長30mmの種苗を5万尾、厚岸事業場では、能取湖ニシンを使用して、全長66mmの種苗を8.4万尾、それぞれ生産することに成功している (山本ら, 1983)。その後、厚岸事業場では、風蓮湖ニシンと厚岸ニシンの種苗生産技術開発を実施し、現在は生残率約40%、100万尾以上を安定的に生産できる技術レベルにある (図 I 2-1)。

現在では風蓮湖関係漁協と厚岸漁協を中心とした2つの協議会が設置され中間育成の後に、数十万~百万尾規模の標識放流を行い、放流後の北海道東部海域の追跡調査により移動分散と回収率の推定を行っている。一方、宮古事業場では松島湾 (主に万石浦) と宮古湾に産卵に来遊するニシンの種苗生産技術開発を行い、数十万~百万尾規模の標識放流を実施し、八幡ら (1991) は北日本太平洋側での放流魚の成長、移動生態について報告している。

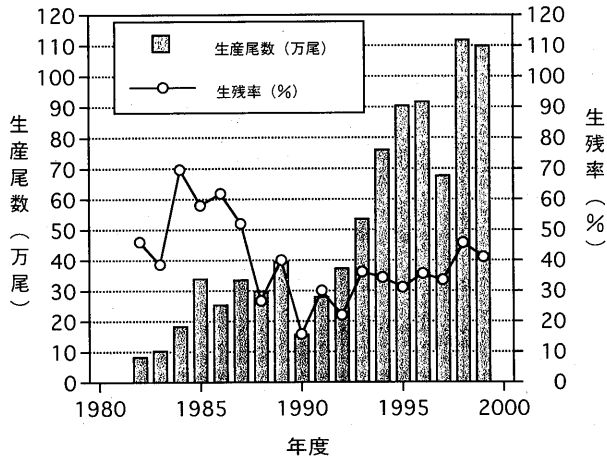


図 I 2-1 厚岸事業場のニシン種苗の生産尾数と生残率の推移

(2) 風蓮湖ニシン資源増大の取り組みと現状

1) 風蓮湖ニシンの漁獲量の推移と資源増大の取り組み

風蓮湖は北海道東部の根室湾に面した周囲96km、面積57.5km²の典型的な渦湖であり、淡水の影響が強い汽水域を有する。この湖には湖沼性のニシンが生息し、ニシンを対象とした漁業が営まれている。風蓮湖ニシンの資源増大に向けて1983年から(社)日本栽培漁業協会厚岸事業場が別海漁業協同組合の協力を得て風蓮湖に産卵来遊するニシン親魚から採卵し、種苗生産したものを風蓮湖内で中間育成し、標識放流後の追跡調査が試みられている(山本・尾花, 2000)。風蓮湖でのニシンの漁獲量の推移、1987年以前が数十トン規模であったものが、1988年以降は百トン以上に増加している(図 I 2-2)。1989年には風蓮湖周辺の自治体及び漁業協同組合と関係試験研究機関等が中心となった「風蓮湖ニシン資源増大対策連絡協議会」が発足して、種苗放流のみならず産卵場調査、資源量調査を踏まえた漁獲規制(禁漁区、漁具、期間、漁獲量)並びにふ化仔魚放流等の積極的な資源増大に向けた取り組みを開始した。これらの効果もあり、ニシン漁獲量は年々増加し、1996年には600トンを超えた。しかし、1998年に漁獲量が激減し、1999年には数十トン規模と1987年以前のレベルまで減少している。この資源の急減の要因については、最近の夏場の海水温の上昇、

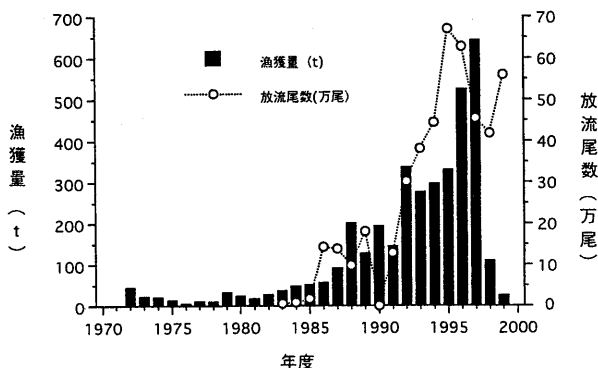


図 I 2-2 風蓮湖ニシンの漁獲量と放流尾数の推移

冬季の水温が低下していることや、それに伴う餌料生物の現存量の低下、底質の悪化、産卵基質のアマモ場の荒廃、水質の変動等について議論がなされているが、いまだ解明されていない。そこで、資源の底上げを確実に期待できる種苗放流についてあらためて注目され、特に漁業者より今まで以上に種苗放流の要望が出されている。

2) 風蓮湖ニシンの放流効果

風蓮湖におけるニシン人工種苗の放流数量は、1983～1985年は約3万尾、1990年まで(1989年を除く)は約20万尾、1991年からは30～70万尾である。風蓮湖ニシンの生態と放流効果調査については水産庁の補助事業として、北海道立釧路水産試験場が1995年より「特定海域新魚種定着促進開発事業」を5年間実施し、2000年より「資源増大技術開発事業」として実施している。これらの事業の結果により、放流魚の回収率の算定、天然稚魚の分布等が明らかにされつつある。堀井(2000)は、放流後の追跡調査により回収率を試算した結果、主に産卵回遊した親魚群に含まれる放流魚の回収率は1993～1996年級群については5.7～12.5%と変動はあるもののかなり高い値を示した(表 I 2-1)。放流した種苗のうち、10%前後が成魚になり、成熟して産卵のために回遊したという事実はシロサケの放流効果(回収率1.9～5.4%)と比較しても極めて高い割合であり、天然の資源量の変動があるなか安定した数値を示している。また1994、1995年の漁獲物のうち放流魚の占める割合は0.8%にすぎないが、例えば100万尾の放流魚が2年後に産卵場に回遊する尾数は少なくとも10万尾あることは、2～3年後の資源の底上げに大きく貢献していると言える。これは放流魚に由来する親魚の産卵により複利的な資源の底上げ効果も期待できるところであり、近年の風蓮湖ニシンの資源の増加については、この効果が現れたものと考えられている。しかし、1997年級群の天然発生資源は極めて低く、同時に放流魚の回収率も暫定値ながら1.1%と低かった。その要因として放流時のサイズ、種苗の質の違い、天然資源の変動と捕食圧との関係が指摘されているが、原因は明らかでなく今後多面的な調査が必要である。

表 I 2-1 風蓮湖および厚岸ニシンの放流尾数と回収率

放流年	風蓮湖		厚岸	
	放流尾数 (万尾)	回収率 (%)	放流尾数 (万尾)	回収率 (%)
1993	38.2	6.8	13.0	4.5
1994	44.5	8.9	21.1	7.8
1995	67.1	12.5	18.0	10.2
1996	62.8	5.6	27.4	1.9
1997	45.5	1.1	18.9	6.7

回収率：放流種苗が漁獲された割合(人工種苗の漁獲尾数/放流尾数)×100

3) 別海町ニシン種苗生産センターの設立

風蓮湖ニシンの資源増大のための更なる展開として1999年に別海町2漁協(別海、野付)と根室市の4漁協(根室湾中部、根室市、歯舞、落石)が構成員となる「根

室管内ニシン種苗生産運営委員会」が発足し、毎年全長40mmのニシン種苗100万尾を放流することを目標とした組織体制ができあがった。その後標津町、羅臼町の漁協も加わり、2000年には「別海町ニシン種苗生産センター」が稼働を開始した（写真I 2-1）。



写真I 2-1 別海町ニシン種苗生産センターの外観
(別海町提供)

当種苗生産センターは、飼育水槽として40m³水槽8面、餌料培養用に20m³水槽8面を有し、ニシン単独の種苗生産施設として本邦初めての施設である（参考資料参照）。開所した2000年には風蓮湖ニシン資源増大対策連絡協議会と関係機関の協力の下、全長40mmの種苗を105.9万尾取揚げ、中間育成に80.4万尾を冲出した実績を残している。このように別海町ニシン種苗生産センターは開所年度から順調な成果をあげ、風蓮湖ニシンの資源維持と増大の拠点として今後が期待されている。

(3) その他の機関の技術開発

ニシンの種苗生産は宮城県、青森県、北海道においても実施され、宮城県では宮城県栽培漁業センターが1985年から2000年まで石巻湾と松島湾に産卵来遊するニシンの種苗生産を実施した他、児玉（1987、1988）が万石浦ニシンの分布と移動、成長と生殖、食性について成長段階を追った詳細な調査を実施している。青森県では、1991年から1995年まで青森県水産増殖センターで野辺地湾と宮古湾に産卵来遊するニシンの種苗生産を実施している。北海道では1996年から(社)北海道栽培漁業振興公社羽幌事業所に委託し、厚田と留萌に産卵来遊する石狩湾系ニシンの種苗生産を実施し、1999年には226万尾の種苗を生産している。北海道栽培漁業総合センターでは北海道サハリン系ニシンの種苗生産を1997年から試験的に生産し、2万尾前後の種苗を生産し、基礎飼育研究に利用している。これら上記の機関ではそれぞれの海域で人工種苗の標識放流事業を実施し、追跡調査を行っている。特に北海道では後述するように、日本海ニシン資源増大プロジェクト事業が展開され、種苗生産、中間育成だけでなく放流後の追跡調査、産卵、生態、資源管理等の総

合的なニシンの資源・生態研究が進んでおり、今後の成果が期待される。

今日のニシン種苗生産技術の進歩により1機関で100万尾以上生産することが可能となった。またニシン種苗生産は過去に全国7機関で実施され、1999年には種苗生産を実施したのは4機関となったが、総生産尾数は過去最大の621.2万尾にも達した（参考資料参照）。

(4) 日本海ニシン資源増大プロジェクト

北海道の日本海側に来遊するニシンは1954年以降急減し、現在まで低迷している。本資源は主に北海道サハリン系群と石狩湾系群で構成される。これらの資源を回復し、増大させる事業として1996年に「日本海ニシン資源増大対策事業」が開始された。

本事業のこれまでの成果として、種苗生産用の親魚確保に関する技術と大量種苗生産技術が確立され、放流種苗の移動、分散、食性についての基礎的知見が集まり、産卵回帰した放流魚がわずかであるが確認されている。また石狩湾系のニシンの産卵場が確認でき、産卵場の藻場の環境特性が解明されつつある。資源調査では耳石による年齢査定方法が確立され、形態形質とアイソザイム分析による系群解析が展開されている。漁獲調査から産卵来遊に至る移動経路が明らかになりつつあり、環境条件で変動することが判明した。一方、北海道サハリン系ニシンについてはサハリンでの親魚確保と採卵を実施し、卵の輸送、種苗生産を行った。さらに種苗生産したニシンを水槽で2～3年養成し、人工採卵が可能となっている。上記の調査項目については北海道立中央水産試験場、北海道立稚内水産試験場、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羽幌事業所、石狩・留萌・稚内地区の水産技術普及指導所が担当し、プロジェクトチームを組んで技術開発を実施している。本事業は2002年以降も継続する方向で進んでおり、今後の展開に多くの期待が寄せられている。

II. ニシンの生物特性と漁業

ニシンは北半球高緯度に広く分布し、水産資源として重要な位置を占める。またニシンの生物特性は極めて多様に変異し、同種であっても生態は異なり多くの系群からなる。本章では基本的な生物特性と特に産卵生態を中心に生活型を区分した知見と北海道周辺の系群の紹介とニシン資源の実態と漁業の現状について述べる。

1. ニシンの生物特性

(1) 分類

ニシン科魚類の中でニシン (*Clupea*) は最も高緯度水域に生息し、マイワシと並んで大きな資源量を誇る魚類群である。ニシンは大西洋ニシン (*C. harengus*) と太平洋ニシン (*C. pallasii*) に種のレベルで分けられているが、両種はかなり近縁であり同一種とされていた時期もあった。しかし、地理的に両者は隔離されていることや、脊椎骨数等の形態的特徴及び産卵生態等の生態的特徴の違いから現在では両者は別種とされている。またバルト海ニシンを *C. harengus membras*, ロシアの白海ニシンを *C. pallasii pallasii marisalbi* とし、それぞれ大西洋ニシンと太平洋ニシンの亜種としている研究者もいる (渡辺 2000)。

(2) 形態的特徴

太平洋ニシンの体は細長く側扁し、下顎は上顎よりやや長く突出し (図 II 1-1)、鱗は円鱗で一縦列の鱗数は52枚である。側線は明瞭ではない。背鰭と腹鰭はほぼ対在し、尻鰭と背鰭は基底の長さがほぼ等しく、背鰭はほぼ体の中央にあって軟条数は16、尻鰭の軟条数は14である。体色は背側が青黒色で腹側は銀白色である。近縁種のマイワシによく似ているが、体側に黒点はない (丸山 1991)。ごく近縁の大西洋ニシンとは腹鰭前方の稜鱗に隆起線がなく、腹鰭後方の稜鱗数が少ないことで区別される (松原 1979)。太平洋ニシンの脊椎骨数は52~55で

ニシン目 Clupeiformes ニシン科 Clupeidae

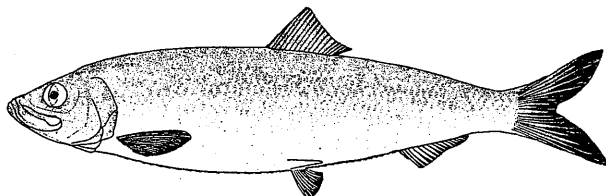


図 II 1-1 太平洋ニシンの形態と特徴 (前田圭司, 1993提供)

学名: *Clupea pallasii* Valenciennes

英名: herring, Pacific herring

特徴: 下顎は上顎よりも突出する

側線は明瞭でない

稜鱗に隆起線がない

背鰭と腹鰭はほぼ対在する

あり、大西洋ニシンの脊椎骨数の55~57に比較して少ない (平野 1961)。体長は集団によって異なるが、最大で35cmあまりに達する。

(3) 分布 (図 II 1-2)

ニシンは太平洋及び大西洋の北方水域と亜北極水域に生息し、シベリア沿岸の河口前域でもみられる (飯塚 1987)。太平洋ニシンの分布は、太平洋からベーリング海峡を経て北極海に及び、最も西側ではロシアの白海、バレンツ海西部に達している。また太平洋ではアメリカ側がアラスカ湾からカルフォルニアのサンディエゴを南限とし、アジア側はベーリング海からオホーツク海、日本海、黄海北部の渤海湾に分布する。大西洋ニシンは、北大西洋海流に影響される比較的暖かい水域に生息し、西はアメリカ北東部からグリーンランド南部を経て北はスバルバル諸島にまで達し、ヨーロッパ側は南はフランスのビスケー湾から北海、バルト海、ノルウエー海を中心としてスカンジナビア半島沿岸を経て東はバレンツ海のノバヤゼムリヤ島の西側まで広がる (Марти, Ю. Ю., 1980)。

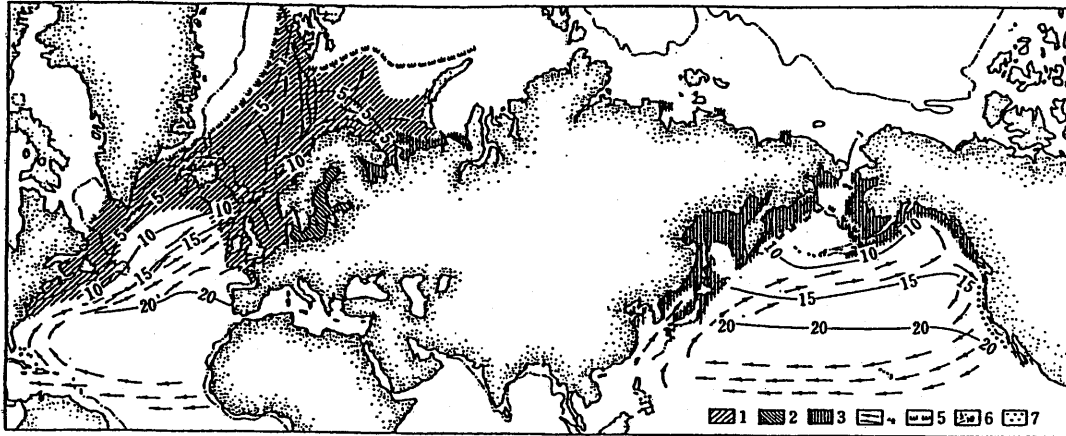
日本の分布は小林 (1993) によると、日本海側では富山県が南限と記録されているが、毎年産卵群として漁獲される水域は石狩湾以北である。太平洋側は大沢崎で産卵した記録があるが、近年では茨城県の酒沼が南限と考えられている。その北では仙台湾の万石浦、下北半島の尾駱沼、北海道東部の湧洞沼、厚岸湖、風蓮湖、能取湖、サロマ湖等で産卵し汽水域周辺に生息する資源量の小さな集団があり、それとは異なる大きな集団が北海道のオホーツク海沿岸からサハリンにかけて分布は広がっている (図 II 1-3)。

(4) 生活史

ニシンは稚魚から成魚を通じて高密度な群れを形成し、索餌・産卵回遊する。主な集団は2~3歳で成熟し、産卵期には沿岸に来遊し、集団で産卵する。卵は粘着性付着卵で、海藻等に産み付けられる。仔稚魚は汽水域あるいは沿岸域で主にかい脚類、アミ類を摂餌して成長する。幼魚から成魚の期間は沿岸から外洋域を回遊・移動し、食性は主にアミ類、オキアミ類、大型のかい脚類、小型魚類を摂餌する。成長は集団あるいは年級群によって大きく異なるが、尾叉長は1歳で約15cm (12~18)、2歳で約20cm (15~25)、3歳で約24cm (19~29) に達し (図 II 1-4)、寿命は5~18年と集団で大きく異なる。

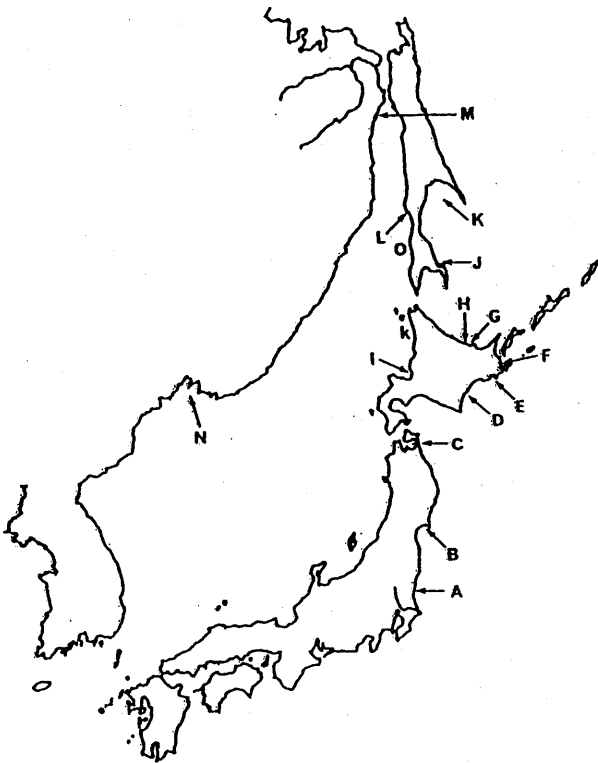
(5) 産卵生態

太平洋ニシンと大西洋ニシンの産卵生態は大きく異なり、大西洋ニシンは外洋水に近い比較的高塩分で水温の高い水深約10mから200mの範囲の海底の砂、砂利、石等に産卵するのに対して太平洋ニシンは大西洋ニシンよ



図II 1-2 北大西洋と太平洋における海洋ニシンの分布図 (Марти, 1980)

1. *Clupea harengus* 2. *Clupea harengus membras*
3. *Clupea pallasii* 4. 暖流 5. 流水の縁
6. 7~8月の表面等温線 7. カリフォルニア沿岸の深層水の湧昇



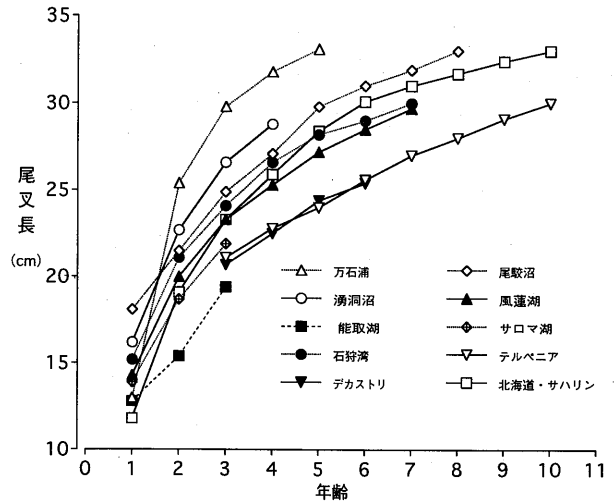
図II 1-3 日本周辺のニシンの産卵場 (丸山, 1997)

- A: 洞沼, B: 万石浦, C: 尾駱沼, D: 湧洞沼, E: 厚岸,
 F: 風蓮湖, G: 能取湖, H: サロマ湖, I: 石狩湾,
 J: トンナイ湖, K: テルベニア湾,
 L: アインスク湖 (ライチシ湖), M: デカストリ湾,
 N: ピーター大帝湾, O: 北海道・サハリンニシン産卵場,
 k: テルベニアニシン産卵場

りも低塩分で、より低水温域の潮間帯または亜潮間帯に繁茂する水生植物 (アマモ類, ヒバマタ類, コンブ類など) に産卵する特徴がある。

(6) 生活型からの区分

ニシンは生物的にも形態的にも特徴のある多くの集団



図II 1-4 北日本とサハリン周辺に分布する太平洋ニシンの成長 (小林, 1993を改変)

万石浦 (児玉, 1978), 尾駱沼 (Rai, 1978), 湧洞沼 (小林, 1993), 風蓮湖 (小林, 1993), 能取湖 (小林, 1993), サロマ湖 (小林, 1993), 石狩湾 (入江, 1980), テルベニア (Rrollov, 1968), デカストリ (Rrollov, 1968), 北海道・サハリン (藤田・小久保, 1927)

からなる多様性のある種であり、これらの多様な形質や生態的特徴は歴史的な時間スケールの中で環境へ適応する生活様式として備わってきたと考えられる (小林 1993)。このように多様なニシンの集団の産卵生態や移動・回遊の規模等の特徴から分類した生活型について小林 (1993) は「湖沼性地域型」、「海洋性地域型」、「海洋性広域型」、「中間型」の4つに区分してしている (表II 1-1)。

① 湖沼性地域型

塩分濃度が低い汽水域を持つ湖沼が産卵場で、集団によって産卵場所が限定されている。産卵基質はアマモ等の水生植物であり、稚魚期には湖沼内で成育する

る。万石浦ニシンは成長が極めて良く、2歳で尾叉長25cmに達し、3歳で30cm近くまで成長する(図II 1-4)。

③ 海洋性広域型

沿岸の32~34‰Sの高塩分域に散在的に産卵し、産卵場所は限定されていない。幼魚から成魚まで大規模な回遊を行うことが特徴である(図II 1-5)。成熟年齢は3~5年と比較的高く、寿命は長く、十数年と考えられている。資源量は非常に大きくなる可能性があり、過去には漁獲量が100万トンに達した記録がある。主な集団として北海道・サハリン系、ギジカ湾系、オホーツク系などがある(図II 1-6)。

④ 中間型

湖沼性地域型と海洋性広域型の中間の形質を持ち、沿岸の比較的低塩分域で産卵する。北海道東部では湖沼性地域型のニシンが産卵した後に産卵する傾向があり、回遊範囲もやや広い。年齢、寿命、成長は両者の中間型の形質を持つ。漁獲量は数千トンから数万トンの記録がある。主な集団としてテルベニア系、デカストリ系がある(II 1-3)。

(7) 北海道周辺に生息するニシン系群

北海道海域に生息するニシンは石狩湾、湧洞沼、風蓮湖、能取湖、サロマ湖、厚岸湖にそれぞれ産卵場を持つ系群がある。小林(1993)は風蓮湖には固有の系群とは別に産卵期を異にする集団があり、テルベニア系群が産卵来遊していることを示唆している。また川合(1934)と佐藤(1944)は厚岸には主に厚岸湖に産卵場を持ち4月上旬に産卵する固有な集団(沼ニシン)と、主として厚岸湾内で5月に産卵する集団(桜ニシン)の2つが存在すると推察し、前者のほうが体高が高いなど体型の違いを指摘している。

産卵期以外には比較的広い範囲を索餌回遊することが知られており、山本・尾花(2000)は風蓮湖ニシンの標識放流により徐々に移動範囲を広げて北海道東部海域を索餌回遊することを明らかにした。厚岸ニシンについては、近藤・北浜(1953)と近藤・中山(1958)が外部標識放流により、鈴木(1999)が耳石標識により同様な結果を示し、産卵期以外ではいくつかの集団が混在して分布することが明らかになっている。

一方、堀田(1996)は北海道東部海域のニシンについて形態形質とアイソザイム分析による調査の結果、遺伝的には同海域に生息するニシンに差はないと推察している。しかし形態形質の観点から、湧洞沼ニシンについては風蓮湖ニシン及び厚岸ニシンとは異なる集団と考えられ、また風蓮湖ニシンと厚岸ニシンは形態形質とアイソザイム分析ともに異なる集団とする根拠がないことを指摘している。その理由として両集団は頻繁に交雑しているか、あるいは遺伝的分化の歴史が比較的浅いと推察している。しかし、標識放流の追跡調査によると両集団と

も産卵期にはそれぞれの産卵海域での有標識率が高くなり、広く索餌回遊していた群は4~5月の産卵期には限定されたそれぞれの産卵場周辺に來遊することが指摘されており(山本・尾花 2000, 鈴木 1999), 今後、回帰性の刷り込み時期を解明する調査を含めた総合的な検討が望まれる。

2. ニシン資源と漁業

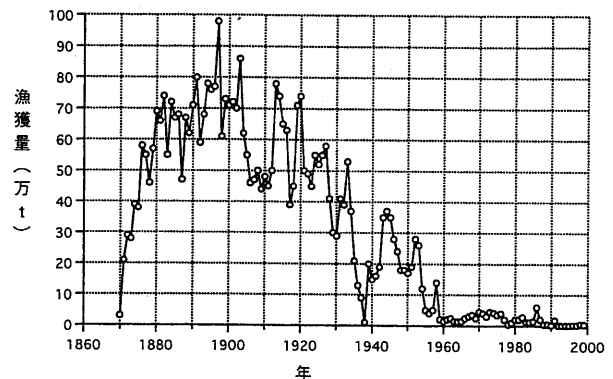
(1) 世界のニシン資源と漁業

渡辺(2000)によれば、世界のニシンの漁獲量は1990年代になって増加傾向で、1997年にはノルウエーやロシアを中心として約300万トンを漁獲している。大量に漁獲される主な系群として大西洋ニシンのノルウエー沿岸の春産卵群はノルウエー海、北極海、バレンツ海を大回遊する群で、近年の漁獲量の推移は1960年代に最高150万トンに達したが、1970年代に数万トンまで激減した。この原因は漁獲圧の急増と寒冷化の影響とみられ、1980年代には強力な漁獲規制と温暖化により、推定した資源量は100万トン規模にまで増大した。また北海の秋産卵群では、1947年には産卵資源量は500万トン近くあったものが、その後激減して5万トン程度になったが、80年代には産卵資源量が100万トンを超え、90年代は50~100万トンの範囲で推移している。

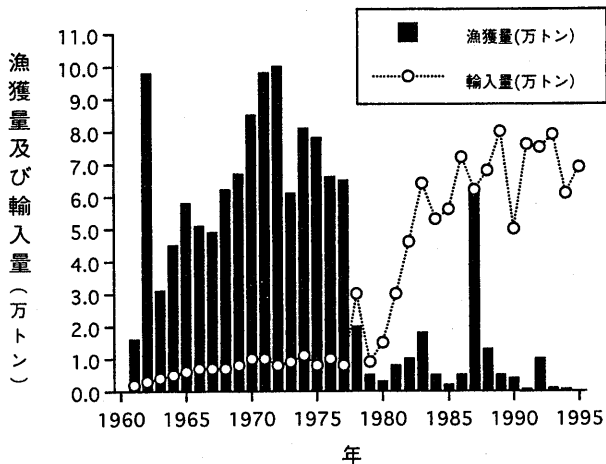
一方、太平洋ニシンでは1950年代以前は北海道サハリン系群の卓越があり、数十万トンの漁獲量があったが、1955年を最後に10万トン以下で推移し、現在は著しい低水準となっている。極東ロシア沿岸のオホーツク系群とギジカ-カムチャツカ系群は1990年代後半の漁獲量は50トン前後で推移している。なおアメリカ側においては大規模なニシンの漁業が存在していない。

(2) 日本のニシン資源と漁業

丸山(1997)によれば日本のニシンの主要漁場は北海道周辺に形成される。過去に最も漁獲量が大きかった系群は海洋性広域型の北海道・サハリン系群であり、時に大発生し、大きな卓越群が形成される。北海道・サハリン系群は春ニシンと呼ばれ、北海道の日本海側を中心に1800年代から定置網の解禁とともに急速に漁業が普及



図II 2-1 北海道周辺海域のニシン漁獲量の経年変化



図II 2-2 日本のニシン漁獲量と輸入量の推移
(針生, 1997を改変)

し、多獲されるようになった。1830年代から1850年代までは推定で10～15万トンを漁獲するまでになり、漁獲統計が取られるようになった1870年から1950年頃までは、北海道日本海側でおおむね数十万トンの漁獲量が記録されている（図II 2-1）。最大の漁獲量は1897年に97.5万トンであったが、1955年以降資源量は激減し、ほとんど来遊がみられなくなっている。1953年には厚岸湾内に産卵する厚岸ニシンが漁獲されだし、1958年には1.5万トン、1967年には約2万トンの水揚げがあったが、その後資源は急減し、1971年以降の漁獲は数トン程度である。

1960年代以降は北海道のオホーツク海沿岸が主漁場となり、テルペニア系群等を中心に数千トンから数万トンの漁獲量にとどまり現在に至っている。同時に漁業形態の変化がみられ、沿岸の定置網や刺し網から沖合底曳き網が主体へと漁業が異なってきた。

飯塚（1987）によれば地域性ニシン（湖沼性地域型と海洋性地域型）の資源量は比較的小さく、それぞれの系群別の漁獲量は数トン～数百トン程度で推移している。また、能取湖系群に代表されるように、湖口造成工事等により産卵期に湖内に移入することが不可能になったり、湖内の水質環境が変化することにより資源が枯渇する問題があり、湖沼性ニシンの場合は一旦消滅すると回復不可能であることから事態は極めて深刻である。

以上のように、日本でのニシンの漁獲量は1890年代から1900年代の80～90万トンの水準をピークに減少し、特に近年非常に低レベルで推移し、1950年代で10万トンを切り、1978年以降は数千トンの低いレベルで推移し（1987年の約6万トンを除く）、現在に至っている。そのため針生（1997）によれば、1980年以降、海外（特にロシア、ノルウェー）からの輸入量が増大し、現在では6～8万トンが輸入されている（図II 2-2）。

Ⅲ. 親魚の成熟と確保

ニシンの種苗生産では先ず成熟した親魚の確保が非常に重要である。そのためには天然での成熟状態の把握と漁獲状況等基本的な情報の入手が必要となる。本章ではニシンの基本的な成熟の概要と北海道東部海域のニシン天然親魚の成熟等の基本的な情報について取りまとめた。なお親魚の年齢については数えの年齢で記述した。

1. ニシンの成熟の概要

(1) ニシンの生殖腺と卵及び精子の形成過程

ニシンの生殖腺の基本的な構造と成熟過程について Bowers and Holliday (1961) が整理している。それによると卵巣はひだ状の構造で、卵は完全に成熟した段階で卵層から遊離し、排卵する。卵巣のひだ状の構造は短期間に全ての卵を排卵させるのに適した構造である。排卵後の卵は卵膜の外側に粘着物質を有し、産卵後に基質に付着できる機能を有す。卵巣は卵巣膜で覆われ袋状を呈し、生殖口につながり、排卵後の卵は生殖口から排

出される。また精巣の構造は上部に輸精管があり、精子は後方へ送りだされる。松原 (1997) は卵形成過程と卵巣及び精巣の構造について整理し図説している (図Ⅲ 1-1, 2)。

(2) 成熟と産卵の年周期

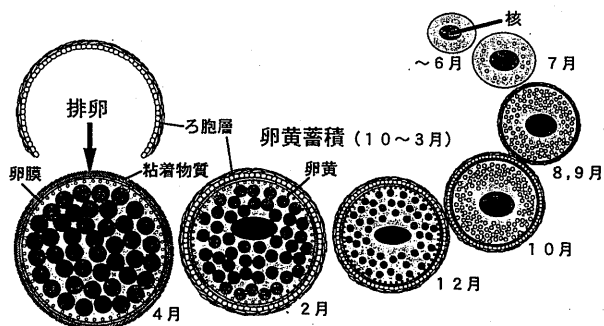
ニシンの多くの系群は2~3歳で成熟し、数年産卵に関わる。産卵は年1回であり、産卵時期は系群及び海域により異なる。大西洋ニシンの場合は春季産卵群、秋季産卵群、冬季産卵群の3グループが存在し、それぞれ複数の系群より構成されている (川崎 1982)。太平洋ニシンの産卵期は春季のみであり、日本のニシンでは万石浦系群は2月、石狩湾系群は2~3月、北海道サハリン系群、北海道東部の各系群は4~5月、テルペニア系群は5~6月に産卵する (小林 1993)。太平洋ニシンの産卵は岸辺に近い浅場で、そこに繁茂する海藻や水生植物に卵を産み付ける特徴がある (小林 1993)。

Koya ら (投稿中) は厚岸事業場で人工養成した厚岸産ニシンを使って初回成熟と産卵の年周期を調査した。その結果、初回成熟のニシンは4~7月は卵黄形成を開始する前の段階で卵巣は卵黄胞期以下の卵母細胞で占められる。8月から3月にかけては活発な卵黄蓄積を行っている状態で卵巣内は卵黄球期の卵母細胞が高い割合で存在する。3月下旬から4月にかけて卵黄形成終了した卵母細胞は最終成熟し、排卵する。またニシンの卵細胞の発達様式は卵巣内に明瞭に異なる2つの発達段階の卵群が認められる「卵群同期発達型」(高野 1989) であると指摘している。

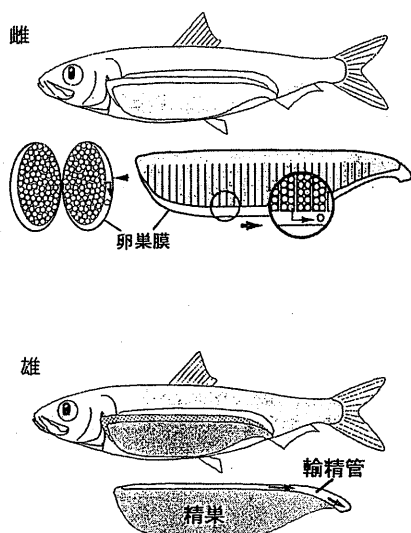
Hay (1986) によるとニシンの卵は排卵後5~6℃で1カ月間は高い受精能を保持することが報告されており、尾花ら (1997) は3歳養成親魚の自然産卵を調査し、排卵後少なくとも19日間以上経過した卵の受精率が64.1~75.4%であったことを示している。また、1990~1992年に行った養成親魚の成熟調査(山本ら 1994)によると、3月下旬から急激に成熟し、8~15日間で60%以上の個体が最終成熟し排卵することが示されている。このように、ニシンの最終成熟は一般的な魚種の中では長期間かけてゆっくり最終成熟が進み、排卵された卵は19~30日と比較的長期間高い受精能を有する特徴がある。

(3) 過熟

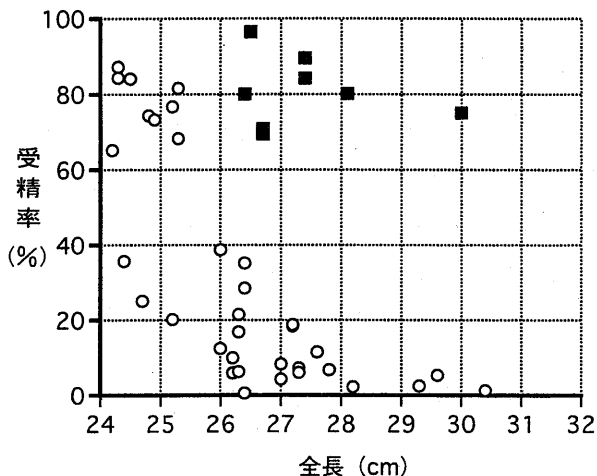
山本 (1991) は厚岸産ニシン人工養成親魚について卵の熟度による受精率を調査した結果、完熟卵は100%の受精率が得られたが、過熟卵の受精率は0~50%と低くなった。また、山本 (2000) は1997, 1998年の産卵期後期の5月に漁獲された厚岸産の天然ニシンで個別に受精率を調査した結果、4月の漁獲ニシンと比べて卵巣腔内は明らかに水分が多く、卵の色も薄く、過熟状態であ



図Ⅲ 1-1 ニシンの卵形成過程の模式図 (松原, 1997)



図Ⅲ 1-2 ニシンの成熟した卵巣及び精巣の構造 (松原, 1997)



図Ⅲ 1-3 1997年と1998年の4月と5月に漁獲された成熟ニシンの全長と人工授精した卵の受精率の関係
 ■ 4月採卵 ○ 5月採卵

ると推察され、特に大型の個体はその傾向が顕著であり、過熟の卵は受精率が極めて低いことが示されている(図Ⅲ 1-3)。

以上のように、人工養成親魚のみならず天然親魚においても産卵されずに排卵された状態で過熟化する卵を保有する親魚が多く存在し、さらに産卵後期にはその割合が高くなることが示されている。排卵した卵の過熟化現象は人工養成魚では産卵基質が飼育水槽内に無く、産卵できない状態が続いた場合に多く観察されているが、北海道東部海域の天然親魚がたとえ産卵期の後半であったとしても高率に過熟化している要因は不明であり、何らかの問題があることが推察される。

(4) 肉眼観察による成熟基準

太平洋ニシンの成熟基準については、Hjort (1910) の分類の改良により、国際基準が設定され、以下のように定義されている。

階級1：生殖腺は著しく小さく、幅2～3mm、卵巢は暗赤色、葉巻形である。精巣は白色を帯びる灰褐色で小刀形である。

階級2：生殖腺の形は成魚に近くなっているが、大きさは幅5～6mmと小さく、卵巢内の卵は肉眼では認められない。

階級3：生殖腺は厚く膨らみ、幅1～2cmである。卵巢は黄色を帯び、卵は肉眼で認められる。精巣は灰色を帯びる。

階級4：生殖腺は腹腔とほぼ同長、卵巢は橙黄色あるいは淡黄色である。卵は大きい丸くなく、不透明である。精巣は白色を帯びるようになる。

階級5：生殖腺は腹腔を充たす。卵巢は黄色を帯びる、卵は球状になり、いくらか透明卵がみられる。精巣は乳白色。

階級6：充分成熟し、腹部を軽く圧搾すると卵は生殖口より流れ出る様になり、精液は乳状である。

階級7：放卵、放精後で生殖腺は軟らかくたるんでいる。卵巢は暗赤色、精巣は灰赤色である。

階級8：放卵、放精後で回復期にある。生殖腺はかなりしっかりした状態になり、幅1cm程度で暗赤色を呈す。

また、大河内(2001)は階級6について種苗生産に適する卵を判別するため以下の2つに区分している。

表Ⅲ 1-1 ニシン雌の成熟度の基準

階級	区分	特徴
1	未成熟卵巢	生殖腺は著しく小さく、幅2～3mm、卵巢は暗赤色、葉巻形である。精巣は白色を帯びる灰褐色で小刀形である。
2	卵黄形成	生殖腺の形は成魚に近くなっているが、大きさは幅5～6mmと小さく、卵巢内の卵は肉眼では認められない。
3	卵黄蓄積前期	卵巢は堅く、厚く膨らみ始め、幅は1～2cmである。卵巢は不透明の淡黄色で、卵は肉眼で認められる。
4	卵黄蓄積後期	卵巢は堅く、体腔とほぼ同長になる。卵巢は不透明な肌色あるいは淡黄色である。卵は大きい丸くなく、不透明である。
5	卵黄蓄積終期 (排卵直前)	卵巢はやや堅く、体腔を充たす様に発達。卵巢は橙色を帯び、卵は丸くなり、いくらか透明卵がみられる。生殖口付近を圧迫すると透明卵が生殖口から僅かに出る。
6	成熟 (排卵直後)	卵巢は軟らかく弾力があり、透明な黄色あるいは橙黄色、生殖口付近を圧迫すると透明卵が生殖口から無阻なく出る。
7	過熟 (排卵後長期間経過)	卵巢は軟らかさを増しているが弾力はなくなり、薄い黄白色、卵巢内は水分が多く、生殖口付近を圧迫すると白濁した卵が流れ出る。
8	放卵直後	放卵後で生殖腺は小さく、軟らかくたるんでいる。卵巢は暗赤色を呈す。
9	回復	放卵後の回復期にあたる。生殖腺はかなりしっかりした状態になり、幅1cm程度で暗赤色を呈す。

- 成熟卵：卵巣が軟らかく、透明な黄色あるいはオレンジ色
- 過熟卵：卵巣腔内に水分が多く、所どころあるいは全体に白濁した卵がみられる。

これらの区分を考慮して、肉眼観察によるニシンの卵巣の成熟基準についてあらためて整理した（表Ⅲ 1-1）。

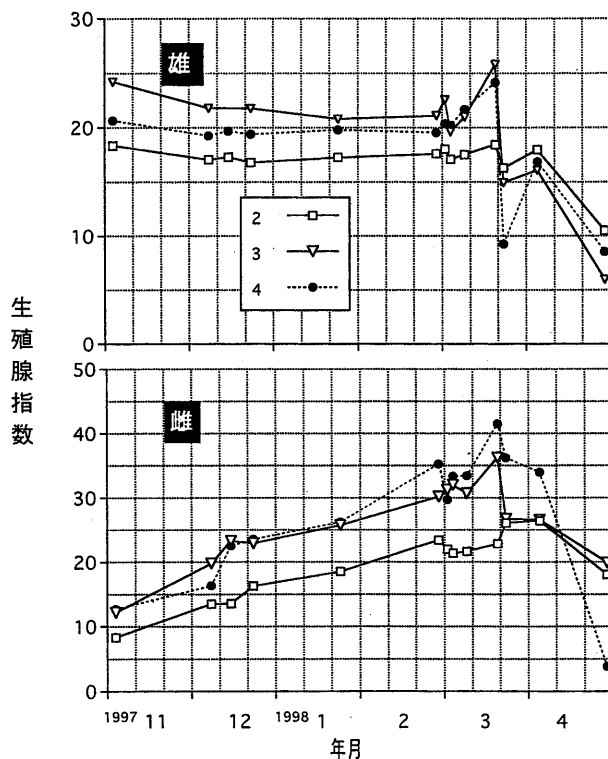
この基準をもとに熟度判別を厳選することは良質な受精卵を確保する上で重要であり、特に過熟の判別を厳密に行うことがポイントとなる。

2. 北海道東部海域におけるニシン親魚の成熟と確保

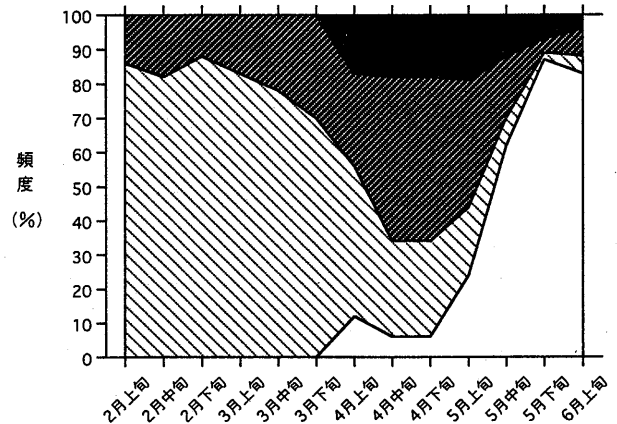
(1) 成熟期間

風蓮湖では3月後半から5月上旬までの期間、成熟したニシンが風蓮湖奥に回遊してくる。そのため採卵はこの期間に限定され、1983年より行われている種苗生産用の採卵は3月22日から5月14日までの期間で行われている。近年は卵の成熟に関しても最適な時期である4月上旬に実施されることが多い。

堀井は1994、1995年級群の風蓮湖産ニシンの性別、年齢別の生殖腺指数（以下、GSI=生殖腺重量/体重×100）について調査している（図Ⅲ 2-1）。1997年11月から1998年4月までの期間で3、4歳の雌のGSIは前年11月から3月にかけて10から30まで漸増し、3月に入ると急激にGSIが増加する傾向を示し、3月20日をピーク



図Ⅲ 2-1 1997～1998年の風蓮湖ニシンにおける年齢別の生殖腺指数の推移（堀井提供）
*生殖腺指数=生殖腺重量/内臓除去体重×100



図Ⅲ 2-2 1996年の厚岸魚市場に水揚げされたニシン漁獲物の旬別のGSIの推移（鈴木，1998を改変）
□ 0～10 ▨ 10～15 ▩ 15～20 ■ 20～30

にGSIは35～40まで急上昇し、3月下旬から4月下旬にかけて急激に減少する。また2歳の雌は3、4歳魚よりも成熟のピークは遅く現れ、4月上旬にピークを迎える。この現象は魚類で一般的にみられる初回産卵群が経産卵群よりも産卵期が遅くなる傾向があることと一致している。雄については11月から3月10日までGSIは20前後でほとんど変化しないが、3月10日から20日にかけてGSI値で5前後の上昇がみられ、その後1～2日間で急激にGSI値は10～15低下し、その後徐々に10以下まで低下している。この現象から推察すると3月20日前後に一斉に産卵し、その後少しずつ産卵が続くと考えられている。

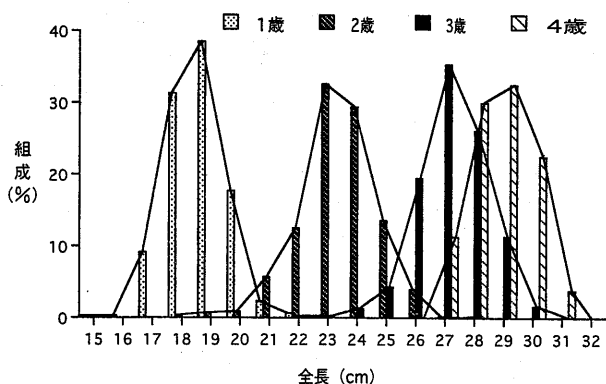
道東海域でのその他の地域の成熟期間については鈴木（1998）が1997、1998年の厚岸市場の漁獲物における雌雄合わせたGSI調査から3月下旬から5月中旬であるとし、風蓮湖の場合とほぼ同様な傾向を示している（図Ⅲ 2-2）。

(2) 親魚のサイズと年齢

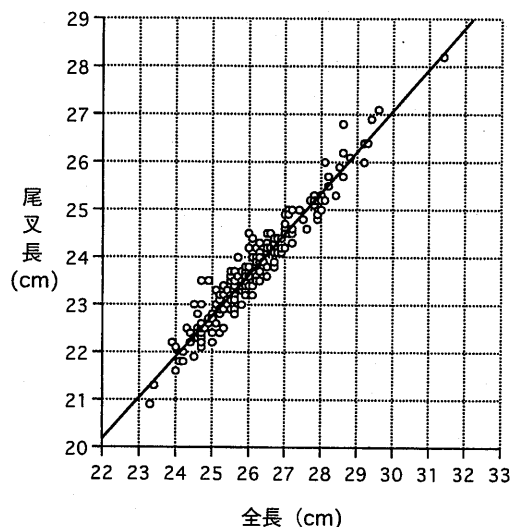
山本・尾花（2000）が1989年と1990年に調査した産卵期の3～4月の風蓮湖ニシン漁獲物の年齢組成は2、3歳魚を主体とした1～5歳魚で構成されている（表Ⅲ 2-1）。各年齢のモードは1歳魚が19cm、2歳魚が23cm、3歳魚が27cm、4歳魚が29cmである（図Ⅲ 2-3）。現在採卵に使用している天然親魚はおおむね2、3歳であり、1997～1999年度に使用した親魚は平均全長27.3cm（23.4～34.9）、平均体重186.4g（104.3～460.9）で、全長25～30cm、体重130～250gが主体となっている（図Ⅲ 2-4）。参考のために親魚の全長と尾叉長の関係を示す（図Ⅲ 2-5）。

表Ⅲ 2-1 産卵期に漁獲された風蓮湖ニシンの各年齢の全長組成

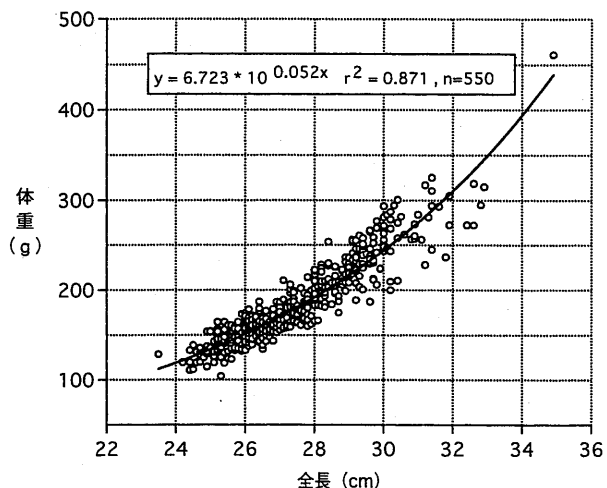
全長 (cm)	供試尾数	1歳		2歳		3歳		4歳		5歳	
		尾数 (尾)	組成 (%)	尾数 (尾)	組成 (%)	尾数 (尾)	組成 (%)	尾数 (尾)	組成 (%)	尾数 (尾)	組成 (%)
15~	1	1	0.3								
16~	1	1	0.3								
17~	33	32	9.1	1	0.0						
18~	117	110	31.3	7	0.3						
19~	153	135	38.5	18	0.7						
20~	85	62	17.7	23	0.9						
21~	154	8	2.3	146	5.7						
22~	328	2	0.6	323	12.5	3	0.3				
23~	843			840	32.6	3	0.3				
24~	773			758	29.4	15	1.3				
25~	402			351	13.6	51	4.3				
26~	335			102	4.0	233	19.5				
27~	437			6	0.2	422	35.3	9	11.3		
28~	341			5	0.2	312	26.1	24	30.0		
29~	162					135	11.3	26	32.5	1	20.0
30~	38					19	1.6	18	22.5	1	20.0
31~	6					1	0.1	3	3.8	2	40.0
32~	0										
33~	0										
34~	0										
35~	1									1	20.0



図Ⅲ 2-3 風蓮湖産ニシンにおける産卵期の年齢と全長組成 (山本・尾花, 2000を改変)
* 供試サンプル: 1989, 1990年の3月~4月採集



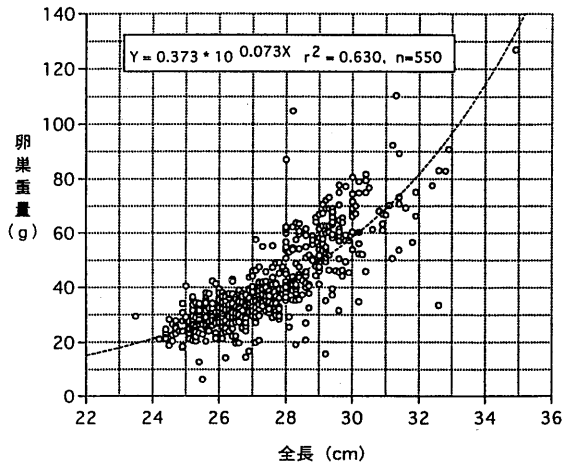
図Ⅲ 2-5 ニシン成魚の全長と尾又長の関係
($y = 0.866x + 1.113$ $r^2 = 0.932$ (n=193))



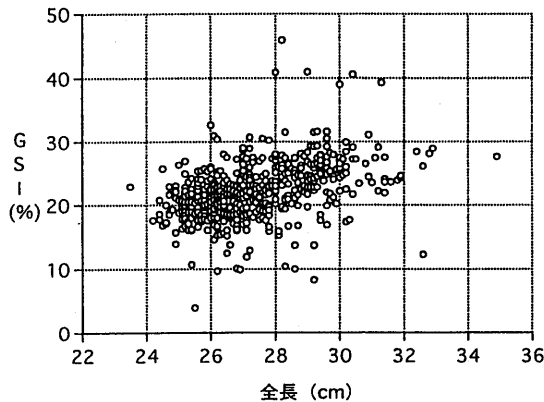
図Ⅲ 2-4 1997~1999年におけるニシン採卵に供した成熟雌の全長と体重の関係

(3) 親魚の卵巣重量と GSI

1997~1999年に種苗生産に使用した最終成熟親魚の全長と卵巣重量について $Y = 0.37310^{0.073X}$, $r^2 = 0.630$ (Y: 卵巣重量, X: 全長)の関係式が得られている(図Ⅲ 2-6)。GSIについては, 全長25cmの平均GSI値は約20, 全長28cmの平均GSI値は約23, 全長30cmの平均GSI値は約25で, 親魚のサイズが大きくなるとGSIも高くなる傾向にある(図Ⅲ 2-7)。



図Ⅲ 2-6 1997～1999年に厚岸事業場でニシンの採卵に供した成熟雌の全長と卵巣重量の関係



図Ⅲ 2-7 1997～1999年に厚岸事業場でニシンの採卵に供した成熟雌の全長とGSIの関係

(4) 銘柄の年齢とサイズ (表Ⅲ 2-2)

山本・尾花 (2000) が1989年3月に調査した別海魚市場での銘柄別の平均全長と平均体重はそれぞれ「大」が26.7cm, 181g, 「中小」が24.3cm, 127g, 「小」が22.8cm, 96gである。また、20kg入りの魚箱1個に入っている平均的尾数は「大」が110尾, 「中小」が160尾, 「小」が210尾である。各銘柄の年齢構成は「大」が2～5歳で、3歳が71.7%と主体である。「中小」は2, 3歳, 「小」は1～3歳で、それぞれ2歳が92.7%, 97.7%とそのほとんどを占める。ただし2歳魚の平均全長は「中小」が24.1cm, 「小」が22.8cmである。ちなみに1993年の各銘柄の平均単価は「大」1,710円/kg, 「中小」745円/kg, 「小」269円/kgとサイズが大きい方が高値で取引される。

漁獲されたニシンから成熟した親魚を確保するには、経産卵群が初回産卵群よりも早く成熟することから4月上旬は3歳主体の「大」を、4月中旬から下旬にかけては2歳主体の「中小」を購入して選別すると成熟個体を多く集めることができる。

表Ⅲ 2-2 産卵期の風蓮湖ニシンの銘柄の組成 (山本・尾花, 2000を改変)

銘柄	年齢 (歳)	供試個体		全長 (cm)		体重 (g)		魚箱の尾数 *(尾/箱)	**平均単価 (円/kg)
		(尾)	(%)	平均	(最小～最大)	平均	(最小～最大)		
大	2	95	25.1	24.9	21.0～28.0	152	85～203	110	1,710
	3	271	71.7	27.2	24.0～31.0	188	89～299		
	4	11	2.9	28.8	27.4～31.0	233	184～308		
	5	1	0.3	31.4	31.4～31.4	319	319～319		
計		378		26.7	(21.0～31.4)	181	(85～319)		
中小	2	872	92.7	24.1	20.6～27.4	125	75～196	160	745
	3	69	7.3	26.2	23.0～28.4	154	18～232		
	計	941		24.3	(20.6～28.4)	127	(75～232)		
小	1	1	0.1	21.4	21.4～21.4	72	72～72	210	269
	2	692	97.7	22.8	20.0～28.4	95	61～214		
	3	15	2.1	25.0	22.0～27.0	131	85～179		
計		708		22.8	(20.0～28.4)	96	(61～214)		

* 魚箱は20kgで換算

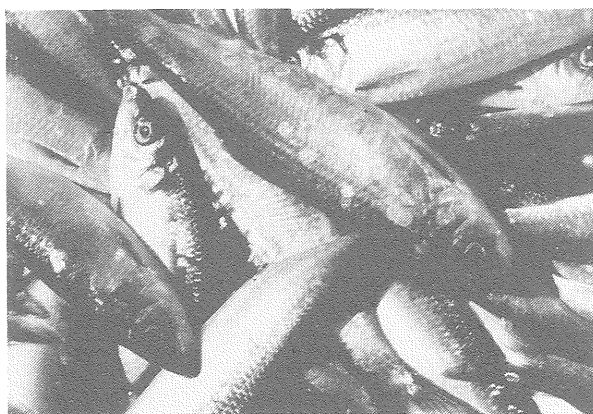
** 平均単価は1993年度の数値

IV. 採 卵

ニシンの卵は粘着性の卵膜を持ち、天然での産卵は親魚が海藻へ卵を付着させる形で行われる。現在の種苗生産用の採卵は人工授精により受精卵を確保している。本章ではニシンの採卵技術として人工授精方法と受精卵の付着作業についての要点と留意点をまとめた。

1. 親魚の選別

種苗生産に供する親魚は市場に水揚げされた漁獲物の中から以下の5つの基準を参考に選別する(写真IV 1-1, 1-2, 1-3)。



写真IV 1-1 市場に水揚げされた成熟したニシン



写真IV 1-2 採卵作業全景

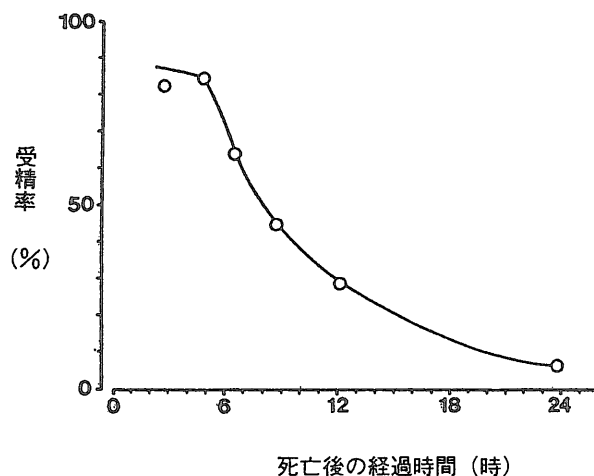


写真IV 1-3 成熟親魚の選別作業

①鮮度がよいもの(できる限り刺網の漁獲物は避けて、定置網の漁獲物の中で鮮度の良いもの), ②魚体に傷が少ないもの, ③腹部が膨満し、孕卵量が多いと思われるもの, ④生殖口付近の腹部を軽く圧搾して卵あるいは精液が生殖口から出る成熟したものを選び, ⑤卵の場合は水分が多いものは過熟しているのを避ける。刺網の漁獲物を避ける理由は、前日に網を仕掛けるため、何時魚が網にかかったか判断できないこと、鮮度がばらついているために魚を効率的に利用できないことがあげられる。

宮古事業場では漁業者に依頼して、定置網に入網した生きた状態の天然親魚を漁獲・水揚げ後に選別し、冷蔵下で陸送している。陸送6~7時間後においても人工授精により90%以上の高い受精率の卵が確保できている。

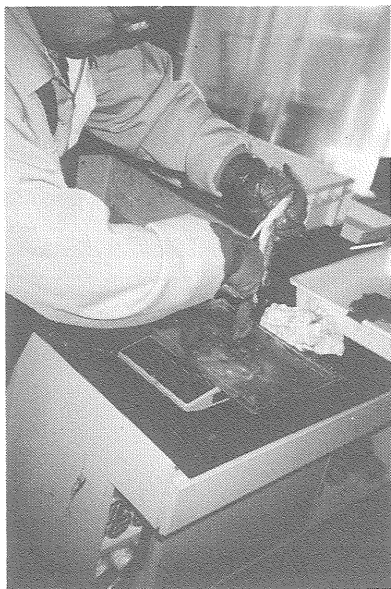
雄の場合、精巣を冷蔵保存した場合でも数日間は精子の活性が失われないが、雌の場合、卵は死亡後比較的短時間に受精能が失活する。高橋ら(1984)は5~10℃の保存温度で親魚死亡約5時間後までは80%以上の高い受精率を示すが、6時間以降急激に受精率は低下し、約7時間後には50%以下になり、12時間後には30%、24時間後には10%以下になることを報告している(図IV 1-1)。鮮度の低下は保存温度で大きく影響すると考えられることから、保存温度の影響を検討する必要がある。



図IV 1-1 ニシン親魚の死亡後の経過時間と受精率の関係
(高橋ら, 1984を改変)

2. 親魚の測定及び生殖巣の摘出

選別した親魚は腹部をハサミで切開して生殖巣を摘出する(写真IV 2-1)。摘出した卵巣と精巣はそれぞれ別のバットに蓄えておく。その際に全長、尾叉長、体重を同時に測定する。生殖巣を取り出した魚体の重量を測定して後に体重から減算することにより生殖巣の重量を算



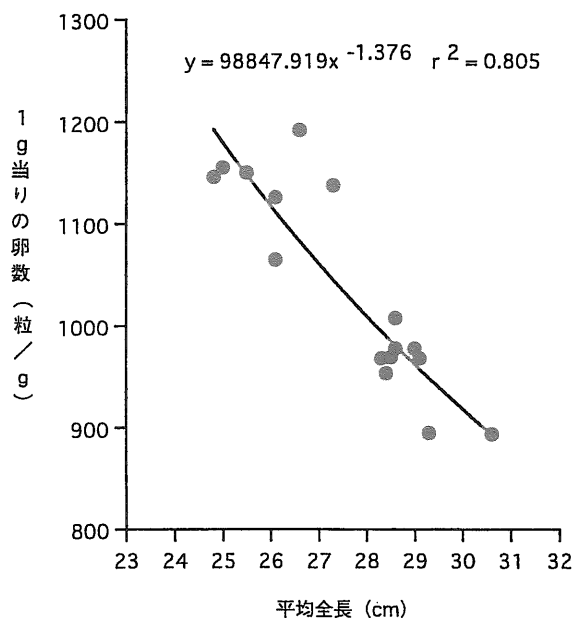
写真IV 2-1 親魚から卵巣を取り出し、計量する作業

出するのがよい。その際、確実に未成熟個体等は除外する。

採卵に供した卵数を推定するために卵の重量と単位重量当りの卵数を調べる。卵は粘着性があるが、99%エチルアルコールを2/3程度注入したサンプルビンに1g程度計量した卵塊を入れて強く攪拌することにより、粘着性がなくなりばらけた状態になる。それを後に計数し、単位重量当りの卵数を算出する。風蓮湖産ニシンの親魚の平均全長(X)と1g当りの卵数(Y)の関係は、 $Y = 98847.9 X^{-1.376}$ 、 $r^2 = 0.81$ の関係式が得られている(図

IV 2-1)。風蓮湖産ニシンの場合、1g当りの卵数の目安は、平均全長26cmでは1,100粒、平均全長28cmでは1,000粒、平均全長30cmでは900粒である。

1997~1999年度の採卵結果から、採取した卵巣からどのぐらいの卵が確保可能か調査した結果、卵巣重量の82.1% (74.5~87.1)の卵が確保できることが示されている(表IV 2-1)。



図IV 2-1 風蓮湖産ニシンの雌親魚の平均全長と1g当りの卵数の関係

表IV 2-1 厚岸産ニシンにおける成熟雌からの採卵の概要

採卵日	採卵親魚(平均値)				供試尾数	卵巣重量合計(g)	採卵重量(g)	*採卵効率(%)	備考
	全長(cm)	体重(g)	卵巣重量(g)	GSI(%)					
1997年4月28日	27.4	179.1	35.0	24.2	30	1,050	908	86.5	刺網
1997年4月28日	27.9	193.5	42.2	27.2	10	422	367	87.1	刺網
1998年4月14日	27.1	198.4	43.7	21.7	98	4,285	3,580	83.5	刺網、定置網
1999年4月19日	26.6	153.5	29.8	19.3	137	4,531	3,701	81.7	刺網、定置網
1999年4月20日	27.3	169.6	34.7	20.3	44	1,451	1,081	74.5	刺網、定置網
合計(平均)	(27.0)	(173.2)	(35.6)	(20.9)	319	11,738	9,637	(82.1)	

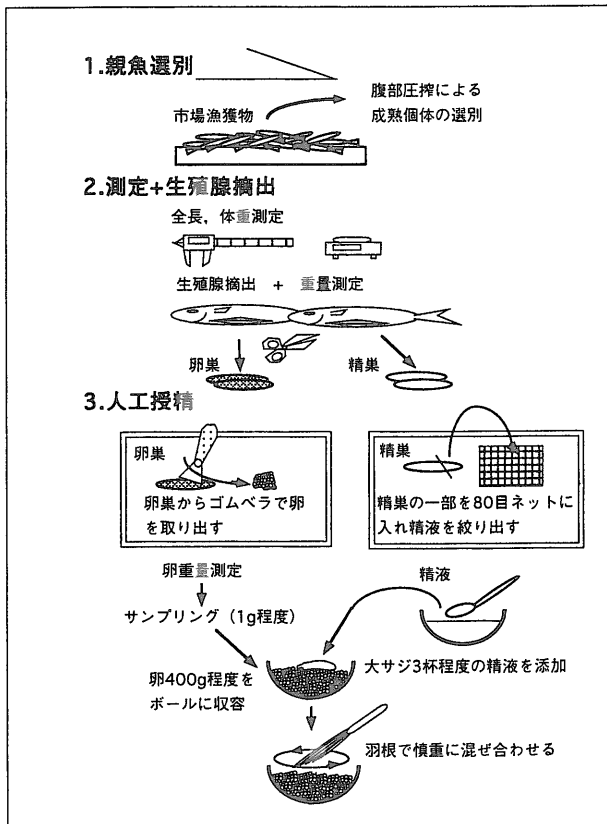
*採卵効率(%) : 総採卵重量/総卵重量×100

3. 人工授精の方法(図IV 3-1)

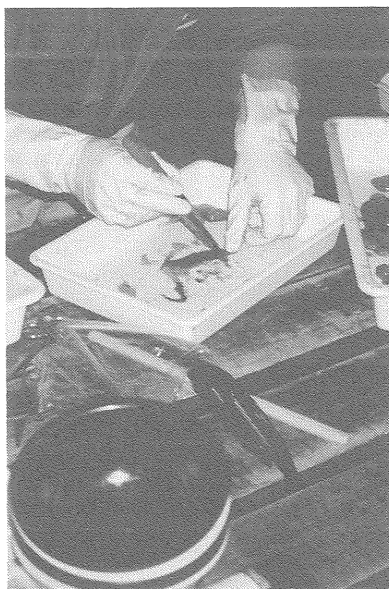
(1) 卵及び精子の確保

卵巣から卵を取り出す際には、あらかじめワセリンを塗ったバット上で卵巣から卵をゴムベラで扱くようにして取り出す(写真IV 3-1)。その際にハサミで卵巣膜に切れ目を入れておくと取りだしやすい。採取した卵を小型ボール(約1ℓ容)に集めて重量を計量する。その時

1g当りの卵数を算出するサンプルを取ることを忘れてはならない。精巣は片側の一部を切り取り、数十個体分を集め、それらの精巣片を70目ネットの袋に入れて手でつぶすことにより精液を搾り出す。搾り出した精液はボールに集め、良く混ぜておく。遺伝的多様性の確保のため使用する雄は雌と同程度の数を使用することが望ましい。



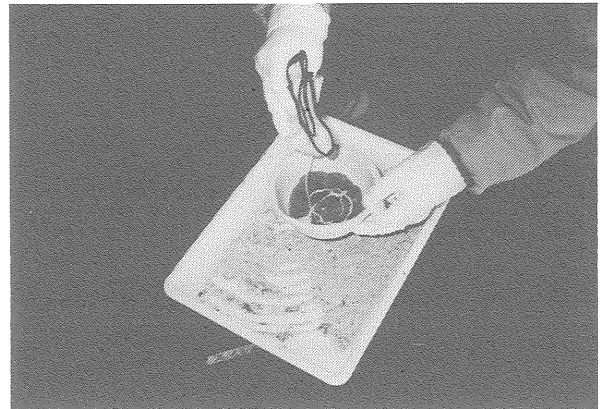
図IV 3-1 ニシン採卵作業工程の模式図 (生殖腺摘出+人工採精)



写真IV 3-1 ゴムベラで卵を取り出す作業

(2) 人工授精

人工授精は乾導法で行う。上記のボールに集めた卵に精液を添加する (写真IV 3-2)。配分の目安はボール1個600~800gの卵に対して大サジ3杯程度 (約50ml) の精液を添加し、羽根を使って十分に混ぜ合わせる (写真IV 3-3)。羽根で混ぜる利点は底が丸いボールの攪拌が容易である点である。この状態でゆるめにとかれた状態



写真IV 3-2 人工授精 (絞った精液を卵にかける)



写真IV 3-3 乾導法 (羽根で混ぜる)

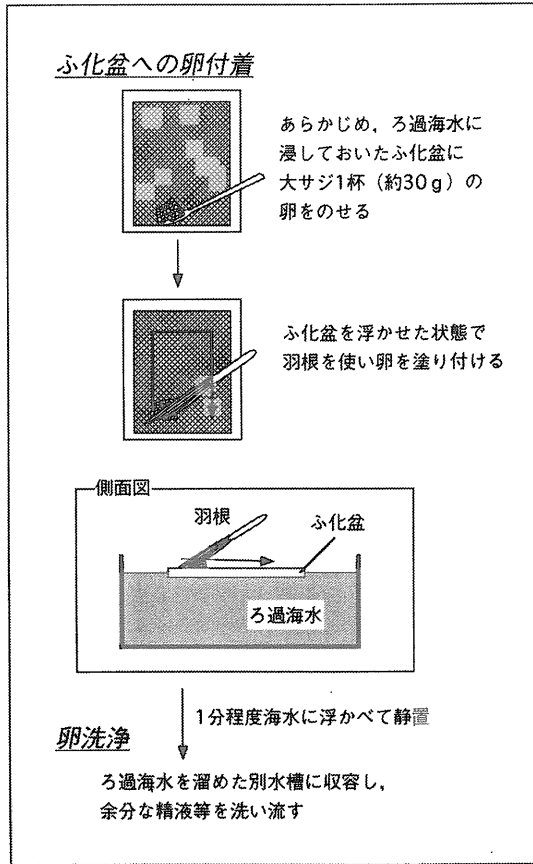
であることが重要で、添加する精液の量が少ないと卵付着の際に卵がばらけずに塊になってしまうことがあるので注意を要する。

4. 受精卵の付着

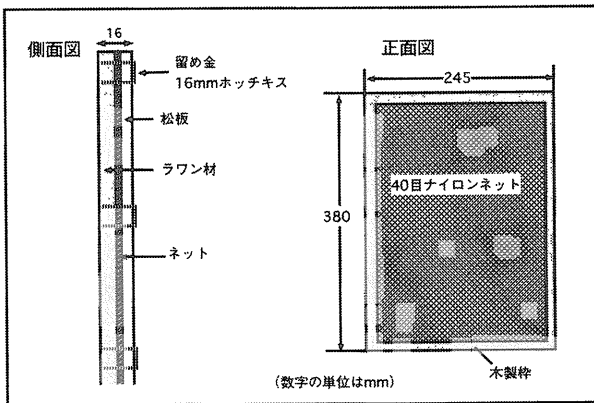
粘着卵については、岩崎ら (1980) はコイの事例で卵同士が重なりあった場合のふ化率の低下について指摘しており、ニシンの場合も同様である。そのため可能な限り均一に卵を付着させることが重要となり、高橋ら (1984) は宮古事業場における万石浦ニシンの採卵についてふ化盆への付着卵重量を検討し、ふ化盆 (38×25cm) 1枚当り30g以下が望ましいことを報告している。

(1) ふ化盆への付着 (図IV 4-1)

ふ化盆は38×25cmの木枠に網地 (テトロンラッセル T-280, 40目ナイロンネット等) を貼り付けて作製したもので (図IV 4-2)、このふ化盆をろ過海水を入れた60ℓ容コンテナに浮かべ、約30gの卵 (大サジ大盛り1杯分) をふ化盆上で羽根あるいは薄い手袋をつけた指先を使っ



図IV 4-1 ニシンの採卵手順（ふ化盆方式）



図IV 4-2 ニシン卵管理用のふ化盆の構造



写真IV 4-1 羽根ブラシを使ってふ化盆へ卵を付着させる作業

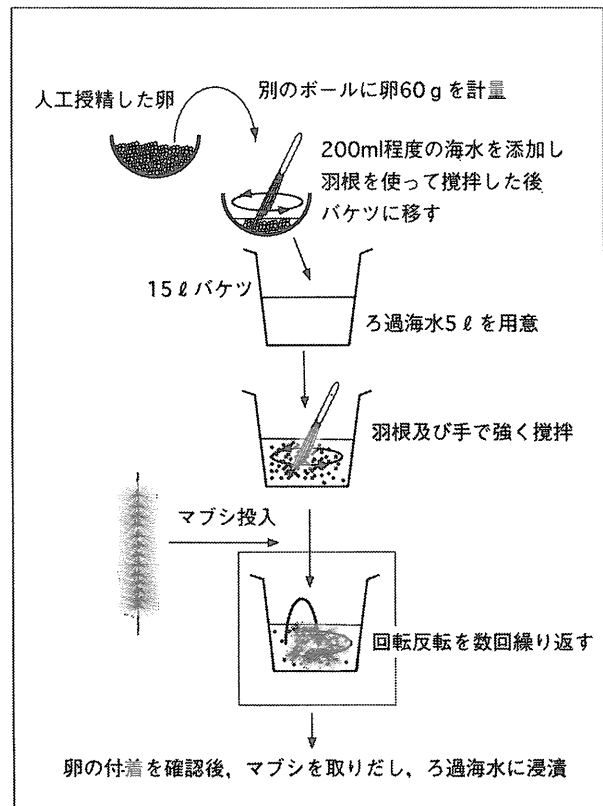
て均一に延ばして卵をふ化盆に付着させる（写真IV 4-1）。その後余分な精液等をろ過海水で洗い流し、ろ過海水を入れた水槽で十分に吸水させる。

ふ化盆の利点はコンパクトに収容できること、付着卵の計数、観察が容易であること、死卵やふ出後の卵膜の除去が簡単で網地が破れないかぎり再利用できる点である。欠点は付着作業が煩雑で時間を要すること、卵付着作業時に卵が脱落しやすくロスが多いこと、また卵管理時に発眼卵に達した時点でも脱落がみられる点である。

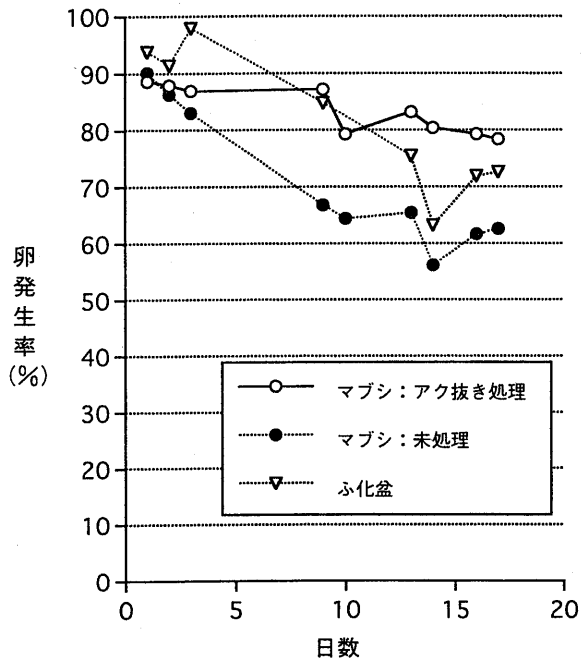
(2) マブシへの付着（図IV 4-3）

マブシは天然素材のシュロ繊維を使用して銅線で巻いてブラシ状に整形したものでアユの採卵に使用されている（本方法は、広島県栽培漁業協会がアユで実施している方法に準じている）。ブラシの部分の長さは約60cm、約15cm幅の円柱状を呈している。マブシへの卵付着作業は乾導法で処理した卵50～100gを小型ボールにとり、あらかじめ5ℓのろ過海水を入れたバケツ内に羽根ブラシで混ぜ入れ、速やかに手で卵がばらけるように攪拌し、その中にマブシを丸めて入れて回転するように4～5回反転し卵を付着させる。卵は速やかにシュロ繊維に付着する。別に海水を入れた水槽で余分な精液等を洗い流し、ろ過海水を入れた水槽に収容し、作業は終了する。

本方法の利点は、付着作業が簡単であり、多人数で同時に作業できるため採卵作業時間はふ化盆と比較すると大幅に短縮可能であり、また採卵作業中の卵のロスは



図IV 4-3 ニシンの採卵手順（マブシ方式）



図IV 4-4 ニシン採卵時の付着基質の種類と処理の違いによる卵発生率の変化
(1999年(株)北海道栽培漁業振興公社羽幌事業所資料)

0.5~1.1%と極めて少なく、卵管理途中の卵の脱落も極わずかである。マブシを使用する場合の注意点は、新しく購入した場合に水道水で1週間程度アクを抜く必要がある。この処理をしなかった場合は発生率が20%程度低くなった事例がある(図IV 4-4)。本方法の欠点は卵の観察がしづらい点と付着作業を緩慢に行っていると一部に卵が偏って付着する他、卵が脱落しにくい特徴のためにふ化後に残った卵膜の除去が困難で、強く洗滌すると毛が抜け落ちてしまい、再利用が困難であることがあげられる。

(3) タンニン酸による分離卵処理

粘着性の卵をタンニン酸を利用して分離することで、付着基質を使用せずに卵管理を行うことができる。

高島ら(1999)は北海道・サハリン産のニシンについて行った試験で、0.1~0.15%のタンニン酸に5分間の浸漬処理で卵の粘着性は弱くなり、若干の固着はみられるものの分離卵として卵管理できることを報告している。この時のふ化率は57~61%と比較的高い数値を示している。本方法の利点は卵管理のスペースをとらず効率的な卵管理ができることである。欠点は卵管理に専用のふ化容器が必要であること、死卵の分離が難しいことである。

日本栽培漁業協会厚岸事業場が過去に実施した採卵結果を巻末の参考資料に示した。

上記の3つの採卵方法のうち、厚岸事業場では1982~1998年まではふ化盆を使用し、1999年以降マブシを使用した採卵方法を取り入れている。

V. 人工養成親魚の成熟と採卵

本章では、厚岸事業場が1983年より取り組んだ厚岸産ニシンを使って2～3年間陸上水槽で親魚養成する技術、人工養成した親魚からの人工授精による採卵の結果及び産卵基質を設置して自然産卵を誘発させる技術について紹介する。ここでは人工種苗を養成した親魚を用いて採卵した結果について記述する。

1. 経緯

ニシンの人工親魚養成技術については厚岸産ニシンが1970年以降は資源量が極めて少なくなり、産卵期に親魚を確保することが困難である理由から1983年より厚岸湖の定置網に入網した1～2歳の天然魚を陸上水槽で養成し、1年後に採卵試験が行われた事例が最初である。さらに、1984年から厚岸の天然親魚から種苗生産した種苗を2年間以上養成して採卵を行っている。

2. 親魚養成と成熟

(1) 養成方法

親魚養成用として人工生産した種苗を5,000尾程度確保し、この種苗を採卵用の親魚として2～3年間養成する(写真V 2-1)。飼育水槽は40～50m³のRC水槽を使用し、換水率3～4回転/日とし通気により還流させた。餌料として冷凍アミ、魚肉ミンチ、モイストペレット、市販の配合飼料を適宜魚体重の5～7%/日の割合で給餌する(尾花ら 1997)。水槽上面には照度調整のための日覆を設置し、底掃除は週に2～3回実施し、長期に飼育すると養成水槽の底と壁が汚れるため6カ月に1度は水槽替えを行う。



写真V 2-1 人工養成魚の群泳

(2) 養成水温

ニシンの親魚養成は水温管理が重要な要因となる。厚岸事業場の養成水温は、5～11月は自然水温(6～16℃)として、水温が5℃以下になる12～4月はほとんど摂餌

しなくなるため水温は5℃を保つように調節している。一方、大河内(2001)は宮古湾に來遊するニシンの人工種苗を使って親魚養成時の高水温の限界について生残率を調査した結果、養成水温は20℃以下が望ましいことを報告している。

Koya(投稿中)は北海道東部周辺の湖沼性ニシンの成熟には短日と水温が下降する条件が必要であるとしている。しかし、高島(2000)は北海道栽培漁業総合センターで1999年に実施した親魚養成試験において、北海道・サハリン系ニシンの人工種苗を使って養成水温を一定にした場合の成熟を調査している。その結果、一定水温で養成した場合も成熟し、受精卵が得られることを明らかにし、2000年に実施した親魚養成試験において同センターの清水(未発表)も8, 10, 15℃の一定水温で養成し、それぞれ90%以上の受精率の卵を確保できている。このように成熟のための適正な養成水温については、今後さらに検討する必要があると考える。

(3) 成長

1993年の生産種苗を養成した事例では、1年後の4月には平均全長は19.2cm、平均体重は59.5gとなり、2年後には雌は平均全長25.1cm、平均体重152g、雄はそれぞれ24.7cm、143gに成長し、十分に成熟するサイズに達しており、天然魚の成長と比較してもほぼ同様な育成が可能となっている。

(4) 成熟

種苗から養成した親魚からの初回成熟については卵黄蓄積が活発になる10月から3月まで急激にGSIは増加し、3月下旬には排卵が確認されている(Ⅲ章, 1(2)参照)。しかし、養成の方法により成熟の時期に違いがみられ、3月下旬から5月下旬まで長い期間で最終成熟が確認されている。

3. 人工養成親魚からの採卵

(1) 人工授精による採卵

1983年より天然魚を養成した親魚から1984年に採卵した結果、雌2尾より2万粒を採卵した。また1984年より人工種苗を親魚まで育成して産卵に供す試験を行っている。育成期間は2～3年で定期的なサンプリングにより成熟期間を推定し、その結果を踏まえて1987年3月下旬から5月中旬の期間で養成親魚の採卵を実施した。採卵は天然魚と同様に親魚を養成水槽より取り上げて成熟段階の選別後に排卵した親魚を使って人工授精した。その結果、1987～1992年まで2～4歳の親魚を使って年間49～180万粒を採卵でき(表V 3-1)、人工種苗を陸上水槽で親魚まで養成し、人工授精方法による採卵が可能となっている(山本 1987～1992)。

表V 3-1 厚岸産ニシンにおける養成親魚を使った人工授精による採卵結果

年	天然魚養成			人工種苗養成			親魚履歴
	親魚尾数 雌	採卵数 雄	採卵数 (万粒)	親魚尾数 雌	採卵数 雄	採卵数 (万粒)	
1984	2	6	2.0				
1985							
1986							
1987	7	18	2.0	21	15	49	1984年種苗3歳
1988				29	17	104	1984年種苗4歳
1989				123	44	130	1987年種苗2歳
1990				37	5	93	1987年種苗3歳
1991				40	30	162	1987年種苗4歳
1992				73	30	180	1990年種苗2歳

初回成熟の場合は問題とならないが、2回目以降の成熟において、前年に産卵できなかった親魚の生殖巣に異常が観察され、次の産卵に悪影響を及ぼすことが明らかになっている(山本 1994)。産卵できなかった親魚の卵巣は10月までは5月と同様な大きさで残り、卵巣が十分に吸収できずに翌年の産卵期にも前年の一部の卵巣が萎縮して残存し、卵巣の発達を阻害することが確認されている。また程度は低い雄の精巣についても同様にくびれた状態の精巣が確認された事例がある。これらのことから、継続して親魚を利用する場合は、確実に産卵させる必要性が指摘されている。

人工養成の場合、排卵した卵が過熟化するまでの期間が天然魚と比較し10～15日程度と短く、人工授精方法では成熟の盛期を逸する可能性もあることから、親魚にも影響がなく繰り返して使用できる水槽内での自然産卵の試みがなされている。

(2) 自然産卵による採卵

養成親魚の自然産卵の試みの最初は1987年に実施され(山本 1989)、5月10日に産卵基質としてキンランを設置し、翌日に少数の卵が確認されたのが初めてである。山本ら(未発表)は1992年4月15日に、マブシを産卵基質として自然産卵を促した結果、多くの卵がマブシに産み付けられたことを確認している。

尾花ら(1997)は1995、1996年に実施した自然産卵試験で産卵基質(マブシ)を3日間設置し、それぞれ2歳魚約1,000尾、3歳魚564尾を使用して、自然産卵による受精卵確保の可能性を調査している。その結果、1995年には4月11日と18日に2回の試験を実施し、それぞれ90.0%、96.0%の高い受精率の卵が合計1,035万粒確保できている(写真V 3-1)。また、1996年には4月15、18、19日の3回の試験により64.1～75.5%の受精率の卵を合計1,283万粒確保している。このように、人工養成した親魚を使った自然産卵方法でも種苗量産に十分な量の受精卵が確保できることが確認されている(表V 3-2)。またマブシに産み付けられた卵は卵塊状になっておらず、シュロ繊維にまんべんなく付着していることが観察



写真V 3-1 人工産卵基質(マブシ)に自然産卵した卵

表V 3-2 ニシン人工養成親魚からの自然産卵による採卵結果

年	月日	水温 (℃)	*産卵基質 設置方法	基質本数 (本)	産卵量 (万粒)	受精卵量 (万粒)	受精率 (%)
1995年	4月10日	5.9	垂下式	30	0	0	-
	4月11日	5.5	垂下式	30	461	415	90.0
	4月18日	5.5	垂下式	30	574	551	96.0
	4月20日	5.7	垂下式	30	0	0	-
小計				120	1,035	966	93.3
1996年	4月15日	5.6	垂下式	25	121	92	76.0
	4月15日	5.6	沈下式	25	608	459	75.5
	4月18日	5.1	垂下式	25	20	13	65.0
	4月18日	5.1	沈下式	25	473	303	64.1
	4月19日	5.4	底層垂下式	20	61	46	75.4
小計				120	1,283	913	71.2

*産卵基質はシュロブラシ(商品名:マブシ)を使用

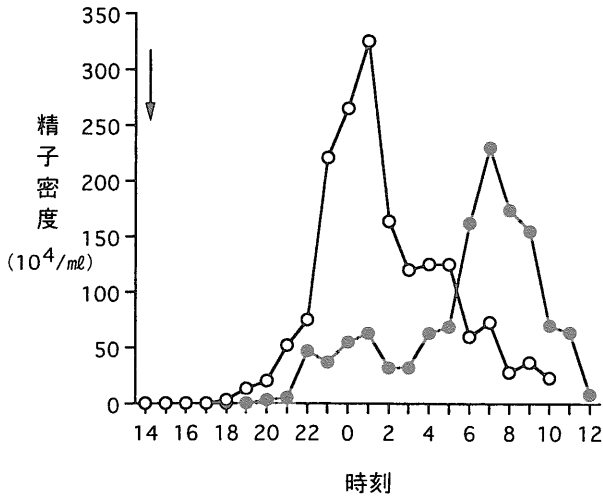
されている。

山本(2001)は自然産卵した卵を使って種苗生産試験を実施し、受精率63.9%の卵からふ化仔魚を確保し(ふ化率21.8%)、0.5m³水槽で34日齢まで飼育している。その結果、全長22mmの種苗を27.7%の生残率で生産でき、自然産卵の受精卵を使って種苗生産が可能であることを確認している。

4. 人工養成親魚の産卵誘発技術

(1) 産卵誘発

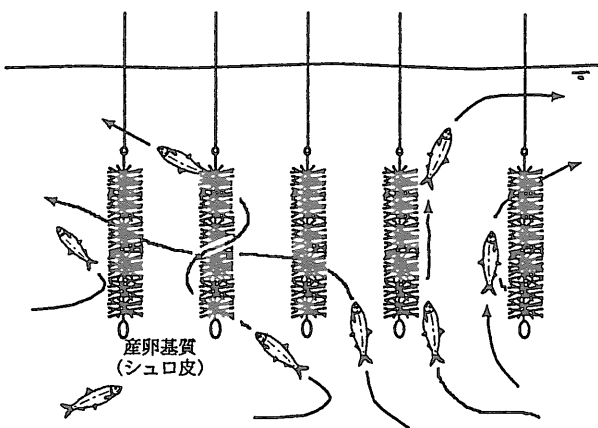
山本(1994)は上記の自然産卵試験において雄の精液を利用した産卵誘発試験を実施している。1992年4月15日に雄の精液を海水に懸濁したものを養成水槽に添加することにより産卵誘発を試みた結果、産卵誘発が確認されている。産卵水槽内の精子密度を調査することにより、産卵盛期を推定し、産卵誘発物質として精液を遠心分離した上澄み液の精漿の効果について試験を行った。精漿を添加した場合は約9～11時間後に産卵盛期が現れ、精漿を添加しなかった場合の17時間後に比べ早く産卵の盛期が現れたことから、精漿を飼育水に添加することにより自然産卵を誘発できることを推察している(図V 4-1)。



図V 4-1 産卵水槽への精漿添加と産卵床設置に伴う水槽内の精子密度の推移 (松原提供)
 * 図中の矢印は精漿添加と産卵床の設置を示す
 —○— 精漿添加+産卵床 —●— 産卵床

(2) 産卵行動

尾花ら (1997) は人工種苗を2～3年間育成した後の、1995、1996年に産卵基質を陸上水槽内に設置し、自然産卵を試みている。その結果、産卵基質の設置後数時間で産卵行動が確認されている。産卵行動は基質に対して下から上へいくつかの遊泳パターンで接近し、基質に産卵する (図V 4-2)。産卵行動を類別すると①産卵基質の間及び周辺をうろつき、すり抜ける行動、②産卵開始以前からの基質への接近と腹部をすり付ける行動、③雌の産卵と雄の放精、が観察されている。雌1回の産卵行動で基質に産み付ける卵の数は数十粒で、産卵が終了するまで幾度となく繰り返すことが観察されている。産卵行動が開始されると水槽内の海水が雄から放出された精液で親魚を確認できなくなるほど乳白濁状態になり、泡立つことが観察されている。



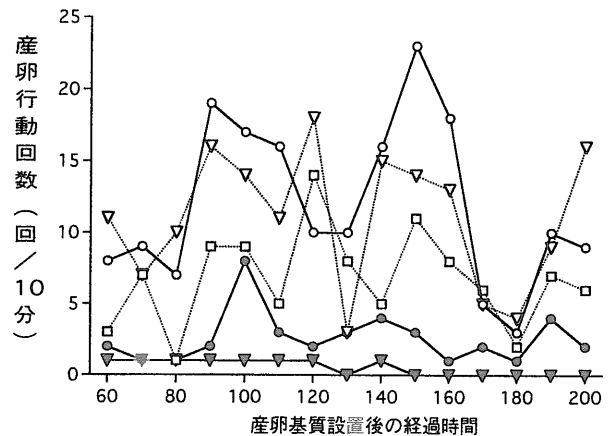
図V 4-2 ニシンの産卵行動の模式図

(3) 産卵基質の選択性

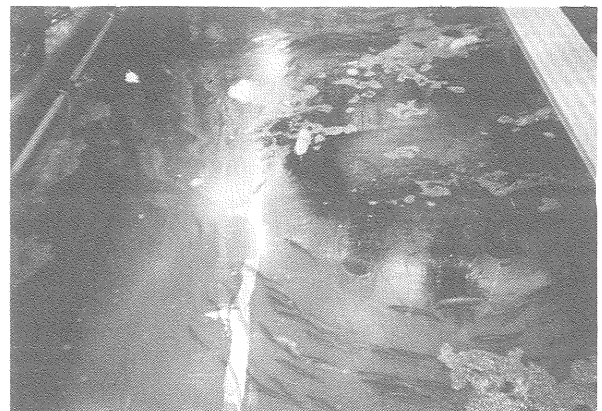
尾花ら (1997) は産卵用の人工基質としてマブシ、キ

ンラン及びふ化盆の選択性の調査をした結果、ふ化盆への産卵は確認されず、キンランは少量の産卵に留まり、マブシに多く産卵されていた。このことは産卵用の人工基質としてはマブシが最も優れていることを指摘している。

山本 (2000) はニシンの産卵基質の選択性を天然基質 (アマモ、スガモ、ホンダワラ) 及び人工基質 (マブシ、キンラン) を用いて産卵行動の頻度と卵付着状況を調査した結果、基質設置後44分後に産卵行動を確認し、アマモ、スガモ、ホンダワラに対しては産卵行動を頻発し、人工基質には比較的産卵行動が少ないことを観察している (図V 4-3, 写真V 4-1)。2日後の産卵状況調査の結果では、人工基質にも多くの産卵が確認され、特にマブシには多くの産卵がみられた。また、産卵基質のフレームに使用していた塩ビ管にも産みつけられていた。これらのことより、産卵開始当初は基質の選択性があり、海藻等の天然基質に積極的に産卵するが、精液に含まれる産卵誘因物質により雌の産卵が触発されると、基質によるニシンの産卵の選択性は薄れ、所構わず産卵する産卵



図V 4-3 ニシン人工養成親魚の各産卵基質に対する産卵行動の経時変化 (産卵行動は基質設置後44分後に確認)
 天然基質 —○— アマモ …□… スガモ …▽… ホンダワラ
 人工基質 —●— マブシ —▼— キンラン



写真V 4-1 水槽内での自然産卵試験

形態をとるものと推察される。この現象は天然海域でニシンの集団産卵によるいわゆる「群来」でも、定置網の網地や沈下木でも産卵していることが確認されている。

VI. 卵管理

ニシンの受精からふ化までの管理方法とふ化日の推定については、餌料培養と種苗生産の準備に必須の情報である。本章ではニシン卵の特徴と卵発生過程の基本的な情報、卵発生時のふ化までの積算水温と環境耐性、卵管理技術に関する具体的方法について記述する。

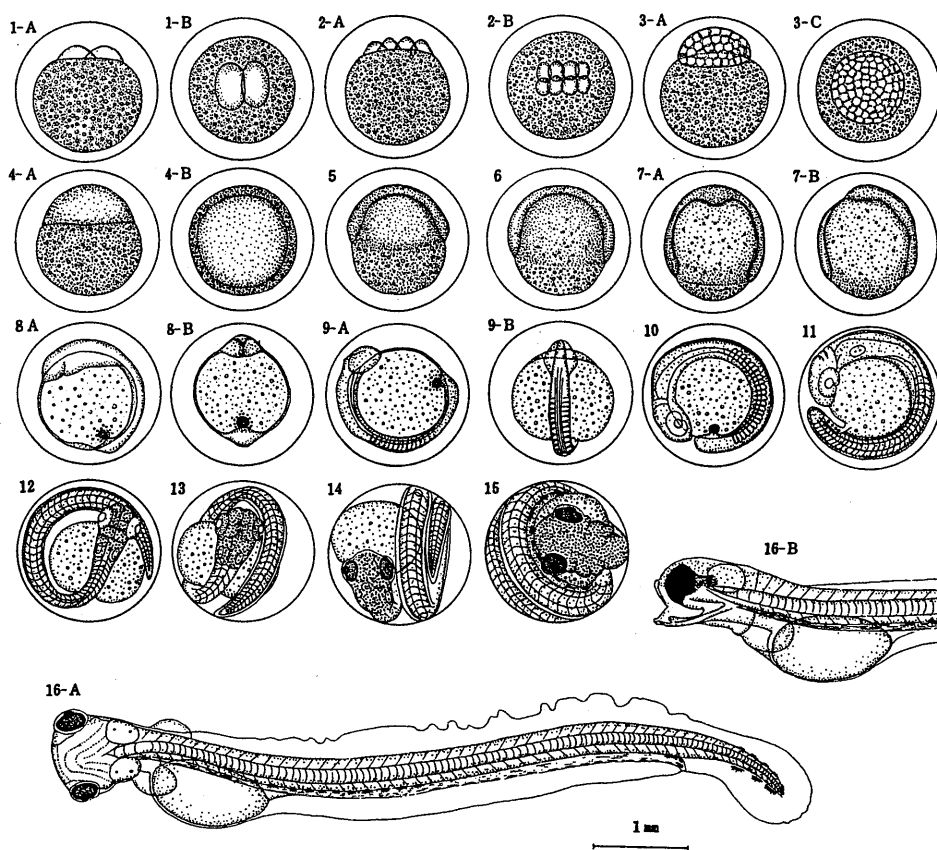
1. 卵の特徴

内田ら (1958) はニシン卵の特徴について以下のように記述している。ニシンの卵は沈性粘着卵で、卵径1.3~1.6mm, 卵黄径0.8~1.0mm, 卵膜はほとんど無色透

明で厚く堅く、無構造で表面に極めて薄い粘質層がある。卵黄には細かい泡沫構造があって、極めて淡い黄色。形は球形であるが、産出された卵は互いに密着してさらに他物に付着しているため、多少歪形を呈する。ふ化近くになれば卵膜は薄くなり、卵膜のふ出口は不整破口型で、多少三角形の場合もある。

2. 卵発生

卵発生ステージについては桑谷ら (1978) が詳細に記述している (図VI 2-1)。水温10℃の場合、受精後1日



図VI 2-1 ニシンの卵発生過程 (桑谷ら, 1978を改変)

- 1 A : 2細胞期 (側面), 1 B : 同 (上面), 2 A : 8細胞期 (側面), 2 B : 同 (上面),
 3 A : 桑実期 (側面), 3 B : 同 (上面), 4 A : 胞胚期 (側面), 4 B : 同 (側面),
 5 : 囊胚期 (被覆1/2, 側面), 6 : 同 (被覆2/3, 側面),
 7 A : 胚楯が広がる (側面), 7 B : 胚体域の膨出がみられる,
 8 A : 眼胞の輪郭がみられ, クッペル氏胞は形成過程にある (側面), 8 B : 同 (背面),
 9 A : 胚体中央に10数個の筋節が数えられ, 眼胞及びクッペル氏胞の輪郭が明瞭となる (側面),
 9 B : 同 (背面),
 10 : 20数個の筋節が数えられ, 眼胞にはレンズが形成され, クッペル氏胞が明瞭となる,
 11 : 筋節は胚体全長の後部2/3を覆い, 耳胞がみられ, その内側に2個の黒点が並びクッペル氏胞が消失し, 尾部が離れる。胚体長約1巻 (側面),
 12 : 筋節は全体にみられ, 心臓の搏動がみられる。胚体長約1.2巻 (背側面),
 13 : 眼胞が淡褐色となり, 頭部背面にふ化腺が散在する。胚体長約1.5巻 (背側面),
 14 : 眼胞, レンズともに褐色になる。胚体長約2巻,
 15 : 眼胞, レンズともに黒色となり, 胚体腹膜鱗基部に黒色素叢が点在する。ふ出直前,
 16 A : ふ出後の仔魚 (背側面), 16 B : 同 (頭部側面)

目に stage 4, 胞胚; 2 日目に stage 7, 胚楕形成; 3 日目には stage 8, 胚体に達し, 4 日目には stage 10, クッペル氏胞の形成; 6 日目には stage 12, 心臓の搏動がみられ, 8 日目には stage 14, 発眼し, 11 日目以降ふ化が始まる。平均水温 3.6℃ と 9.8℃ で卵管理した場合の卵発生の状況を示した (図 VI 2-2)。

卵発生ステージの調査は毎日行い, ランダムに数枚のふ化盆やマブシを観察する (写真 VI 2-1)。卵の発生率

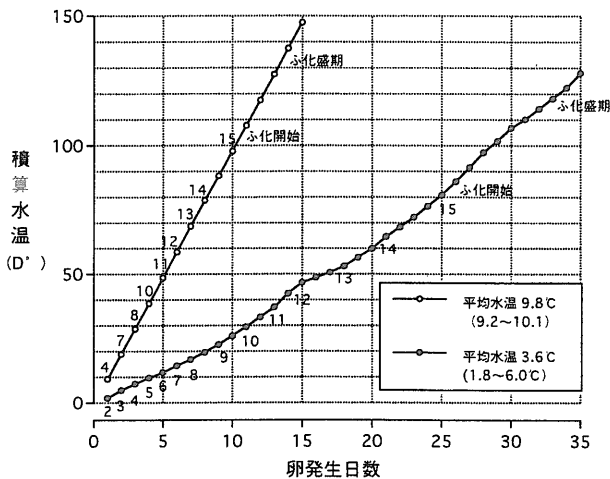


図 VI 2-2 ニシン卵発生水温の違いによる卵発生ステージと積算水温の関係の比較 (図中の数字は(桑谷ら, 1978)の卵発生ステージを示す)

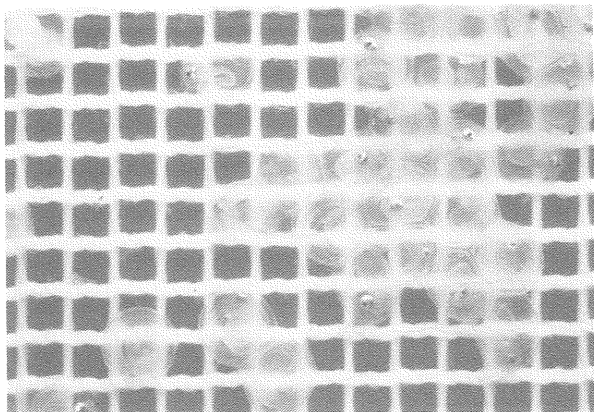


写真 VI 2-1 ふ化盆上の発眼卵

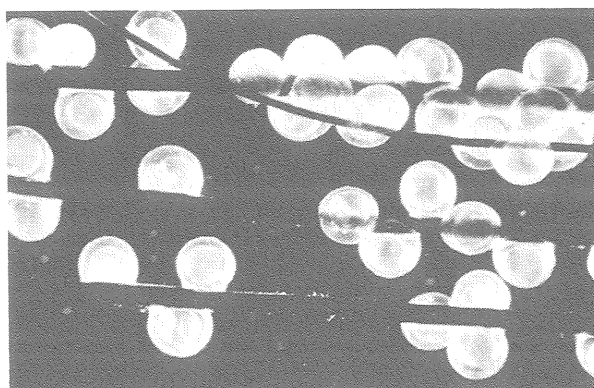


写真 VI 2-2 マブシ付着卵

調査は約 3 日毎に行い, ①実体顕微鏡でロット別に卵 100 粒以上, ②複数のふ化盆, ③ふ化盆 1 枚当り 4~5 カ所を基準に発生状況, 死卵数の計数を行う。マブシの場合は, 卵が付着したマブシの一部を切り取り, ピンセットで卵を剥がして観察する (写真 VI 2-2)。

3. 卵の環境耐性

(1) 水温

厚岸事業場では卵管理水温は 10℃ としている。水温は 1 日 2 回測定し, 積算水温を算出している。積算水温が 100D° を超えるとふ化が確認される。種苗生産用のふ化仔魚を 2 日間で収容するために, 積算水温が 120D° に達した時点で飼育水槽に収容し, 130~140D° で大部分がふ化し, 150D° で全数がふ化完了する。水温 10℃ では 14~15 日間で全数がふ化を完了する。

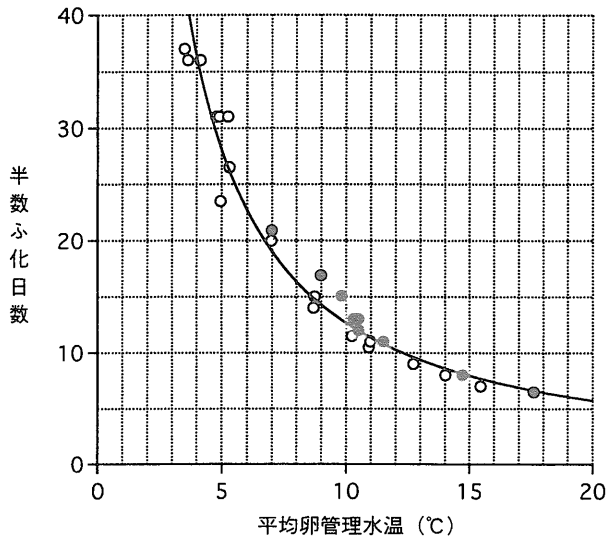
1) 卵発生の適水温

卵発生水温は Alderdice ら (1971), 桑谷ら (1978) が太平洋ニシンについて調査している。それによるとニシンの好適ふ化水温は 3.5~10℃ の範囲であり, 5.7~7.8℃ が最適水温であることを推察し, 発生ステージにより好適水温は変化することもありえると指摘している。高橋ら (1984) は万石浦ニシンを使って 10℃, 15℃, 20℃ の卵管理水温で比較した結果, 発眼卵までは差はなかったが, 20℃ ではふ化率が低下し, 活力も悪いが, 15℃ では 10℃ と同様なふ化率を得られたことより, 上記の報告よりも高い水温帯でも正常なふ化をすることを指摘している。低水温の限界について渋谷ら (1978) は水温が 0℃ 以下では 38 日目ではクッペル氏胞の出現が見られる段階までは発生が進んで, 70 日目にはそのうち 14% が発眼卵の段階まで発生していたが, その後全てが死亡していることから, 卵発生水温が 0℃ 以下ではふ化まで到らないことが推察されている。高温水の限界は上記の高橋ら (1984) の結果から 20℃ 以下であると推察され, 桑谷ら (1978) は 20℃ 以上を経験した区はほとんどふ化しないこと, 最高 17.5℃ で 75% 以上の正常ふ化率が得られていることから, 17.5℃ 付近が高温水の限界と結論づけている。

2) 水温と卵発生日数の関係

ニシンの卵発生時の水温とふ化日数の関係について, 桑谷ら (1978) と高橋ら (1984) の結果をあわせて検討し, 平均卵発生水温 (T:℃) と半数ふ化日数 (D:日) について $D=177.46T^{-1.147}$ ($r^2=0.972$) の関係式を得た (図 VI 3-1)。各水温の半数ふ化日数は 4℃ で 32 日, 6℃ で 21 日, 8℃ で 16 日, 10℃ で 14 日, 12℃ で 11.5 日, 14℃ で 10 日が目安になる。

ふ化までの積算水温について, 高橋ら (1984) はニシンの発眼期までの積算水温は 70~80D° と水温に関係ないが, 発眼からふ化までの期間は水温帯で異なることを示唆している。厚岸事業場では卵管理水温とふ化日数に



図VI 3-1 ニシン卵発生時の平均水温と半数ふ化日数の関係
 ● (高橋ら, 1984) ○ (桑谷ら, 1978)
 $y=177.460x^{-1.147}$ $r^2=0.972$
 y : 半数ふ化日数, X : 平均卵管理水温 (°C)

ついては10℃以下で約130D°, 10℃以上が約140D°を目安としている。地域性ニシンでは同様な傾向を示すが、北海道・サハリン系のニシンのふ化までの積算水温は比較的低温、10℃以下では90～110D°, 10℃以上では110～132D°であることが報告されている (高島 2000)。

(2) 塩分濃度

ニシン卵は塩分濃度の相当広い範囲にわたって正常にふ化することができ、かなり急激な変化にも耐えられ(倉田 1959), 極端な場合を除き塩分濃度によりふ化日数は影響されない(諫早 1932, Ford 1929)。適正塩分濃度は系群により異なるが、諫早 (1932) は14.1～27.2‰S, Dushkina (1973) は10～36‰Sと報告している。Alderdice (1971) は正常ふ化率80%以上が6～25‰S, 桑谷ら (1978) は正常ふ化率60%以上が13.4～33.2‰Sといずれも広い塩分濃度範囲でふ化率は高い。低塩分の限界は山口 (1932) によると全数死亡するが淡水中でもふ化はするとしているが、1.8‰S以下ではふ化しない報告もある(桑谷 1978)。また高塩分域では43.9‰Sでわずかにふ化が確認されている(諫早 1932)。

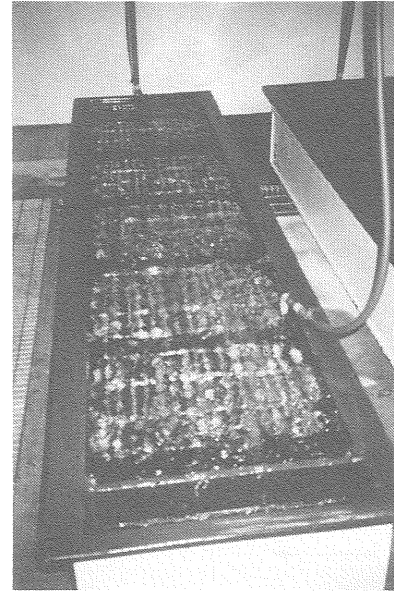
風蓮湖周辺の塩分濃度は湖内では7～20‰S (中川 1999) とおおむね正常にふ化する範囲内であることから塩分によるふ化への影響は少ないと考えられる。

4. 卵管理水槽

卵管理は専用の小型の卵管理水槽を使用するか、または生産規模の大型水槽を使用する方法が取られている。前者はふ化盆及び分離卵、後者はふ化盆及びマブシで利用されている。

(1) 専用の水槽で卵管理する場合

1) ふ化盆を使用 (写真VI 4-1)



写真VI 4-1 卵管理水槽 (ふ化盆収容)

ふ化盆が15枚収容できるステンレス製の枠に入れ、卵管理水槽に収容する。注水はろ過海水を使用し、換水は1日24回転の割合で行い、通気はφ13塩ビ管のエアブロックを設置し、水回りが良いように強くしている。

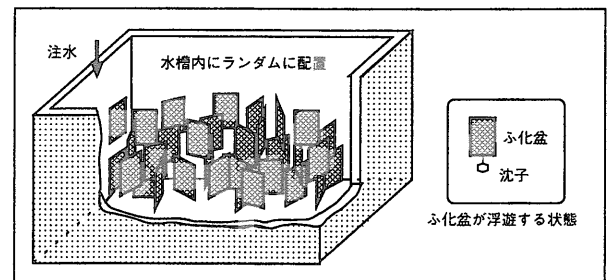
2) 分離卵

専用のハッチングジャーを使用し、換水は終日かけ流しで、通気は施さない。

(2) 大型水槽で卵管理する場合

1) ふ化盆を使用

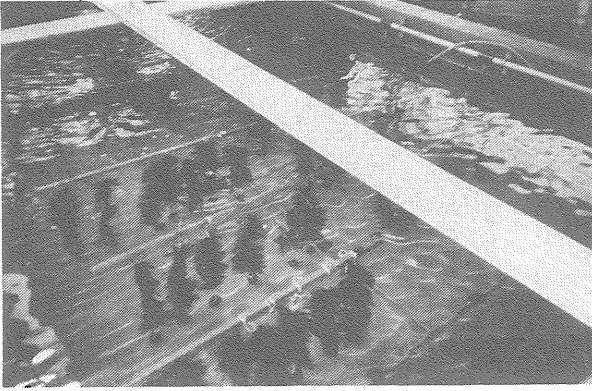
ふ化盆は木製でそれ自体浮力があるため、それぞれ個別に片側に1個沈子を付け水槽底から直立させる様にランダムに配置する。換水は1日1回転とし、水槽の4角に設置したエアーチューブで還流する (図VI 4-1)。



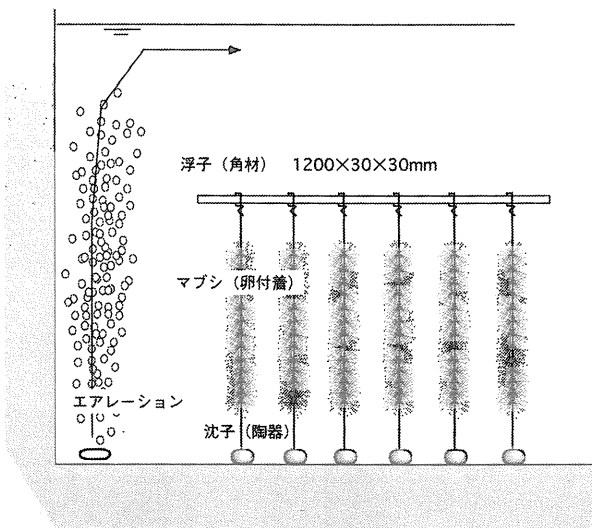
図VI 4-1 ふ化盆を利用した大型水槽でのニシン卵管理方法

2) マブシを使用 (写真VI 4-2)

浮体として長さ1m, 3cm角の垂木に採卵したマブシ6本を装着し、それぞれのマブシに沈子1個を付けて垂下するように水槽底に間隔をあけて配置する。換水、通気はふ化盆の場合と同様とする (図VI 4-2)。



写真Ⅵ 4-2 卵管理水槽（マブシ収容）



図Ⅵ 4-2 ニシン飼育水槽におけるマブシを利用した卵管理方法

5. 卵消毒

卵消毒は採卵後3～4日目と発眼卵で行い、イソジン50ppm溶液に15分間浸漬している。消毒用の容器は60ℓポリボックスを使用し、ふ化盆15枚が入ったふ化枠ごと入れる方法で行い、溶液は使用毎に交換している。マブシ採卵の場合は実施していない。

VII. 仔稚魚の發育

ニシンの發育過程についての情報は種苗生産の基礎として極めて重要である。本章ではニシン仔稚魚の主に外部形態、骨格、鰭条、消化管、筋肉、耳石等の發育過程と發育に伴う体成分変化の知見を整理するとともに、發育段階別の形態、生理、生態的特性について記述する。

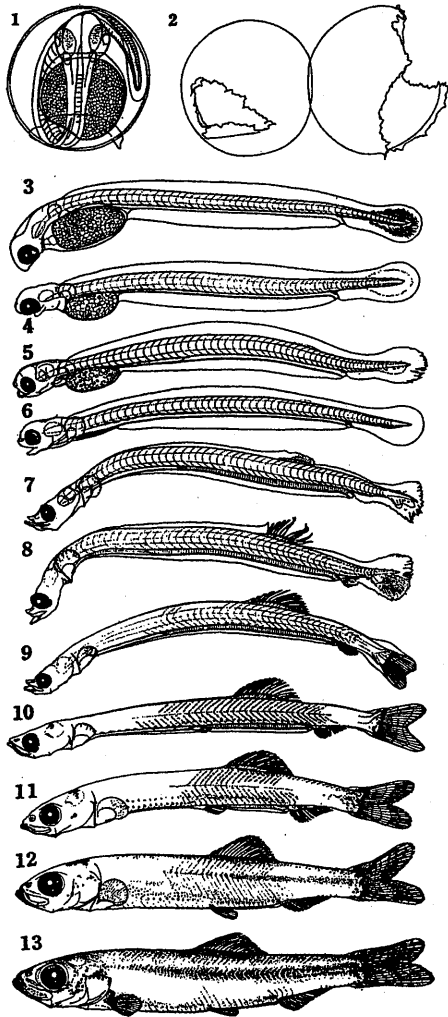
1. 發育過程と基礎知見

ニシンの發育過程と種苗生産工程についてニシンのふ化仔魚から稚魚期以降まで整理し、取りまとめた(図VII 1-1)。取りまとめにあたっては、仔稚魚期の發育は内田ら(1958)を参考とし、その他は厚岸事業場の平均的な

表VII 1-1 ニシンの發育段階と發生学的特徴

日数	發育過程	積算水温 (D)	全長 (mm)	図	發生学的特徴	餌料・栄養	育成条件等
0	卵						
	ふ化後						
0	受精卵				受精, 極体放出		人工授精(乾導法)
	2細胞期			VI 2-1, 1	卵割開始		産卵基質へ付着
	8細胞期	2		VI 2-1, 2			卵管理
	桑実期	5		VI 2-1, 3			流水, 水温10℃
1	胞胚期	7		VI 2-1, 4			
	囊胚期	9-10		VI 2-1, 5,6			
2	◇	15-20		VI 2-1, 7	胚楯拡大, 胚体域の膨出		
3	胚体	20-28		VI 2-1, 8	眼胞の輪郭出現, クッパー氏胞形成	内部栄養	
	◇	28-32		VI 2-1, 9	胚体中央に10数個の筋節, 眼胞とクッペル氏胞の輪郭明瞭	卵黄	
4	◇	32-38		VI 2-1, 10	20数個の筋節, レンズ形成, 眼胞とクッペル氏胞の形成		
5	◇	38-48		VI 2-1, 11	耳胞, クッペル氏胞の消失, 尾部の遊離, 胚体長約1巻き		
6	◇	48-55		VI 2-1, 12	筋節全体に出現, 心臓の搏動, 胚体長1.2巻き		
7	◇	55-75		VI 2-1, 13	頭部背面にふ化腺, 胚体長1.5巻き		
9	◇	75-100		VI 2-1, 14	眼胞・レンズとも褐色, 胚体長2巻き		
11	ふ出直前	100-140		VI 2-1, 15	眼胞・レンズとも黒色, 胚体腹膜鰭基部に黒色素叢点在		飼育水槽に移送
14	0	120-140	7-8	VII 1-1, 3	卵黄径1.0×0.6mm, 鰾の原基出現		仔魚計数(柱状)
	仔魚前期		8.5	VII 1-1, 4	頭部が体軸と平行, 下顎が出現, 胃の原基出現		飼育水温13-15
			9	VII 1-1, 5	開口, 尾部脊索末端中線上付近に数個の黒色胞縦列		ワムシ給餌
			9-10.5	VII 1-1, 6	卵黄吸収		換水開始
	仔魚後期1		10.4	VII 1-1, 7	下顎の発達し吻端より突出, 背鰭基底と腎鰭基底と尾下骨原基出現	外部栄養	
			11		腸の粘膜上皮にしわ形成	ワムシ	底掃除開始
			14.3	VII 1-1, 8	脊索端上屈, 尾下鰭条原基出現		アルテミア給餌
			16.8	VII 1-1, 9	背鰭, 腹鰭の輪廓はほぼ整う, 腹鰭原基出現		斃死増加
	仔魚後期2		22		胃の粘膜上皮にしわ形成		配合飼料給餌
			24	VII 1-1, 10	背鰭, 腎鰭とも鰭条は完成, 鼻孔前後に分化途上, 消化管の回転	Ar	
			25-26		消化管に胃部の分化開始, 短い幽門垂出現, 鰾に気泡が出現		
			30	VII 1-1, 11	やや体高が高くなり, 体側筋肉節下縁は消化管側面を覆う, シラス期の様相がまだ強い		換水増加
	稚魚期		32.5	VII 1-1, 12	鼻孔完成(前後2孔) 背鰭と肛門は前進		
			36		体高は高くなり, 頭部も側扁し, 体形が整う, 腹鰭基部に短い突起状鱗片出現, 消化管ほぼ完成		
			42	VII 1-1, 13	腹鰭より前方の腹縁に弱い稜鱗が出現, 背部に黒色胞が発達	配合飼料	取り揚げ, 計数
			50		鱗がほとんど体全体を覆う		沖出し, 中間育苗
			52		腹鰭基底と肛門の間の稜鱗が出現, 体側背部の鱗の輪廓は黒色胞により明瞭化		
			58		各鰭・肛門等の相対的位置はほとんど成魚に等しく, 腹面の稜鱗も定数に達する		
			70				
			72				
			85				放流
	幼魚期		90		外形がほとんど整い, 成魚の分類学的特徴も良く現れる		

結果から作成した。図版は前項に記載した桑谷ら(1978), ふ化前後の卵と仔稚魚期の形態は内田ら(1958)を記載した(図Ⅶ1-1)。以下Ⅶ章, 2~5項までニシン仔稚魚期の発育過程については詳細な検討をした福田(1986)を主に参考にして紹介し, 一部, 厚岸事業場で試験した項目を補てんして整理した。

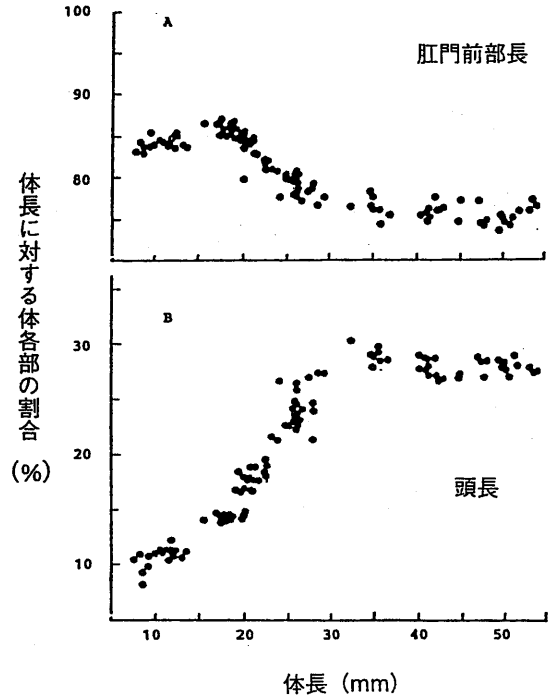


図Ⅶ1-1 ニシン仔稚魚期の外部形態変化(内田ら, 1958を改変)
 卵 1: ふ化直前の卵, 2: 仔魚ふ出後の空の卵膜
 仔魚前期 3: ふ化仔魚(全長3.8~7.6mm), 4: ふ化後1日目, 6: ふ化後7日目(全長9~10.5mm)
 仔魚後期 7: 全長10.4mm, 8: 全長14.3mm, 9: 全長16.8mm, 10: 全長24.0mm, 11: 全長30.0mm
 稚魚期 12: 全長32.5mm, 13: 全長42.0mm

2. 外部形態の変化

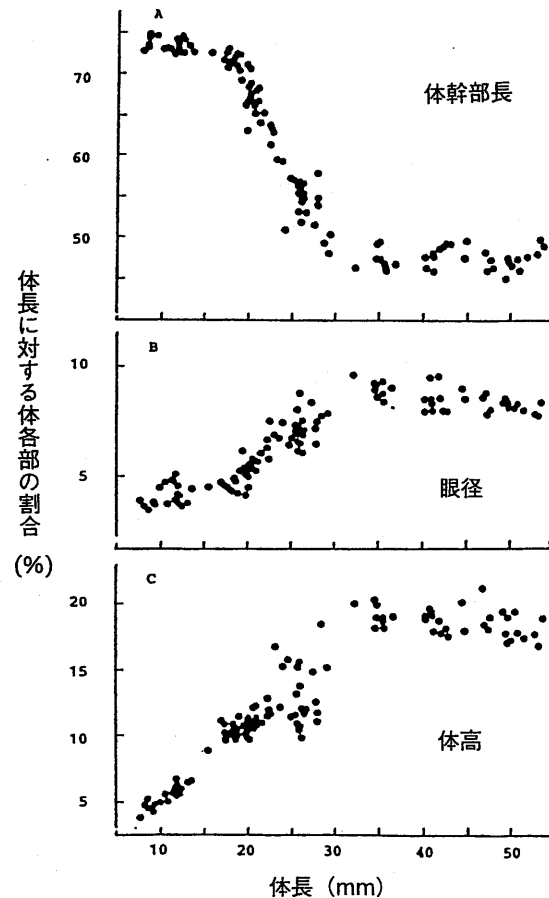
(1) 比成長形質の変化(図Ⅶ2-1, 2-2)

ニシンはシラス期と呼ばれる独特な発育段階を経て成長し(写真Ⅶ2-1), この期間に体形は大きく変化する。福田(1986)は肛門前部長, 頭長, 体幹部長, 眼径, 体高の変化に注目し, 体長に対する体各部の相対成長の変化を検討した。その結果, 各体部長比は体長18mmと30~33mmに変曲点が集まった。相対成長の屈曲点に変態,



図Ⅶ2-1 相対成長でみたニシン仔稚魚の体型の変化(福田, 1986)

A: 肛門前部長, B: 頭長



図Ⅶ2-2 相対成長でみたニシン仔稚魚期の体型の変化(福田, 1986)

A: 体幹部長, B: 眼径, C: 体高

骨化, 性的分化, 性成熟等の変化点と一致する(窪田 1961, Amaoka 1964) ことが知られており, 体長18mm 前後で何らかの質的変化が存在するものと推察して, ふ化~体長10mm を前期仔魚期, 体長10~18mm を後期仔魚期 I, 体長18~30mm を後期仔魚期 II と区分している(図 VII 2-3)。また後期仔魚期以降の全長, 尾叉長, 体長, 体高のそれぞれの関係を参考資料に示した。

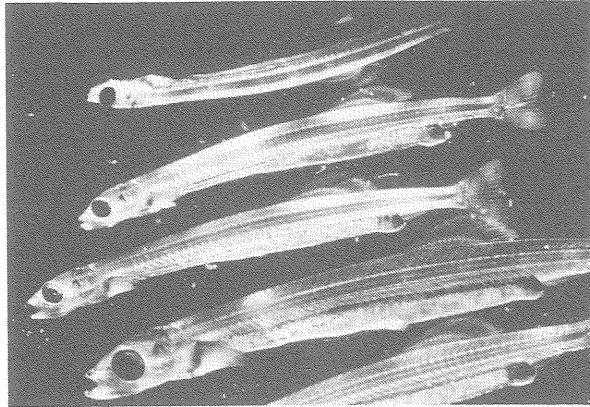


写真 VII 2-1 ニシン仔魚期 (シラス期)

体長 (mm)	10	15	20	25	30
肛門前部長比		→	→	→	→
頭幹長比		→	→	→	→
眼径比		→	→	→	→
体高比		→	→	→	→
尾鰭	○	○	○	○	○
背鰭	○	○	○	○	○
胸鰭		○	○	○	○
腹鰭		○	○	○	○
顎骨	○	○	○	○	○
鰓蓋骨	○	○	○	○	○
鰓垂骨	○	○	○	○	○
鰓条骨	○	○	○	○	○
椎骨	○	○	○	○	○
尾鰭担鰭骨	○	○	○	○	○
背鰭担鰭骨	○	○	○	○	○
胸鰭担鰭骨	○	○	○	○	○
腹鰭担鰭骨	○	○	○	○	○
肩帯要素	○	○	○	○	○
腰帯要素	○	○	○	○	○

図 VII 2-3 ニシン仔稚魚の成長に伴う比成長の変化と骨格系の発達過程の模式図(福田, 1986)

矢印は比成長の増減を示し, 網部は比成長の変曲点を示す
○ は骨化の開始を示し, ⊙ は全要素が出現するが骨化は不十分な段階を示す, ● は十分な骨化を示す

(2) 骨格形成

骨格系の発達過程について, 福田(1986)は体の支持と遊泳機能を保障する中軸骨, 付属骨及び尾骨について検討している。中軸骨の椎体の骨化は体長18mm 前後で第11~23椎体の一部で開始し, その後急速に骨化が進み21mm で全椎体に骨化がみられる。肩帯要素の擬鎖骨は10.1mm ですでに骨化が確認され, 腰帯は体長23.5mm から腹鰭基部に骨化が確認され, また, 担鰭骨は背鰭, 腹鰭とも体長21mm で出現し, それぞれの骨は体長30mm で全体が骨化する(図 VII 2-4, 2-5)。

捕食機能と関係する顔面骨の発達は体長14mm で主上

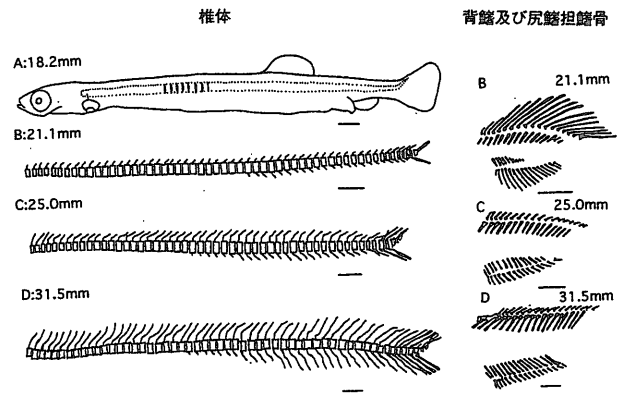


図 VII 2-4 ニシン仔稚魚期の椎体と担鰭骨の骨化過程

(福田, 1986)

(図中スケール: 1 mm)

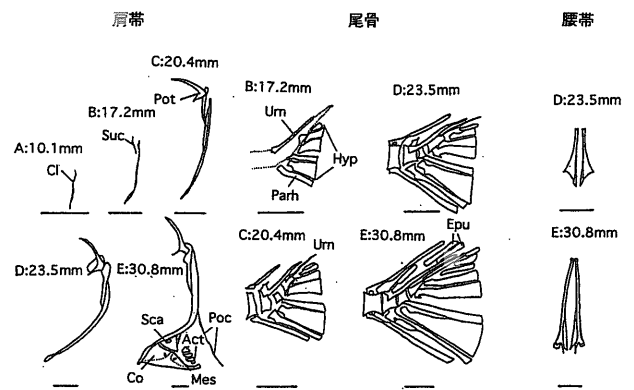


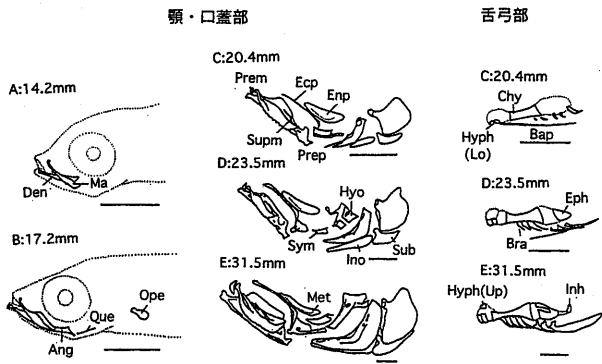
図 VII 2-5 ニシン仔稚魚期の尾骨, 肩帯, 腰帯の骨化過程

(福田, 1986)

Act: 射出骨, Co: 烏口骨, Cl: 擬鎖骨, Epu: 上尾骨, Hyp: 下尾骨, Mes: 中烏口骨, Parh: 準下尾骨, Poc: 後擬鎖骨, Pot: 後側頭骨, Sca: 肩甲骨, Suc: 上擬鎖骨, Urn: 尾神経骨(図中スケール: 0.5mm)

顎骨と歯骨が骨化を開始し, 体長17mm では方骨, 主鰓蓋骨が骨化を開始し, 体長20mm では顔面骨の多くで骨化が認められ, 体長23mm では顎骨の全てが骨化する。体長31.5mm に達すると顔面骨の各骨は骨化面積を拡大し, 互いに接合し, 頑強さを増し, 一部の骨を残してほぼ完成する。体長40mm までに全ての顔面骨が骨化する(図 VII 2-6)。

このように骨化は捕食機能と特に関係する主上顎骨と歯骨から開始し, 後期仔魚期が区別される体長18mm から多くの骨の骨化が認められ, 仔魚期から稚魚期に移行する体長30mm で骨格形成がほとんど完了する(図 VII 2-3)。



図VII 2-6 ニシン仔稚魚期の顔面骨の骨化過程 (福田, 1986)
 Ang: 角骨, Bap: 基翼状骨, Bra: 鰓状骨, Chy: 角舌骨, Den: 歯骨, Ecp: 外翼状骨, Enp: 内翼状骨, Eph: 上舌骨, Hyo: 舌顎骨, Hyph: 下舌骨, Inh: 間舌骨, Ino: 間鰓蓋骨, Ma: 主上顎骨, Met: 後翼状骨, Prem: 前上顎骨, Prep: 前鰓蓋骨, Que: 方骨, Sub: 下鰓蓋骨, Supm: 上主顎骨, Sym: 接続骨 (図中スケール: 1 mm)

(3) 鰭条形成 (図VII 2-3)

福田 (1986) によると、各鰭鰭条数の変化と骨化の過程を検討した結果、最も早く骨化が認められるのは尾鰭鰭条と背鰭鰭条であり、体長約14mmで開始する。尾鰭鰭条数は16mmで、背鰭鰭条数は20mm以降に定数に達する。尻鰭鰭条は18mmで骨化が開始し、20mmで鰭条数は定数に達する。腹鰭鰭条、胸鰭鰭条の骨化は20mmで開始し、腹鰭鰭条は21mm、胸鰭鰭条は30mm以降とやや遅く完成する。これらの鰭条の発達過程は遊泳行動の発達と関連し、遊泳に関係が深い鰭条が完成する体長21mm以降に水槽内の群泳が開始されるのに関連している。

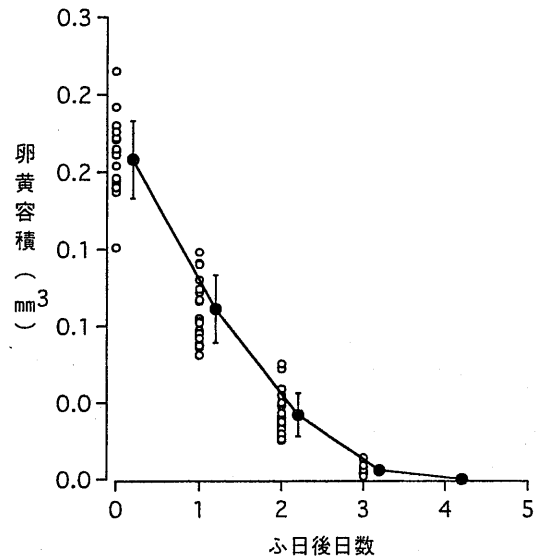
(4) 鱗形成

内田ら (1958) によると全長36mmに腹鰭腋部に短い突起状鱗片が出現し、その後徐々に全体に広がり、全長42mmで腹鰭より前方の腹縁に弱い稜鱗が現れる。全長50mmの時期には鱗が体全面を被い、全長52mmには腹鰭基底と肛門の間に稜鱗が現れ、体の側背部の鱗の輪郭は黒色胞によって明らかに見えるようになる。全長58mmで体の腹面の稜鱗も定数に達し、ほぼ鱗形成は完了する。

3. 内部器官の発達

(1) 卵黄

ニシン仔魚の卵黄は第10筋節下に存在し、卵黄径は 1.0×0.6 mm程度が多い (内田ら 1958)。厚岸事業場において全長8.4mmのふ化仔魚を水温15°Cでワムシを餌料に飼育し、卵黄の吸収過程について調査した。ふ化直後の卵黄径は 1.08×0.48 mm、卵黄容積 0.21 mm³であり、その後、卵黄は急激に減少し、ふ化後1日目には容量は半減し、3日目には卵黄径 0.60×0.02 mm、容量



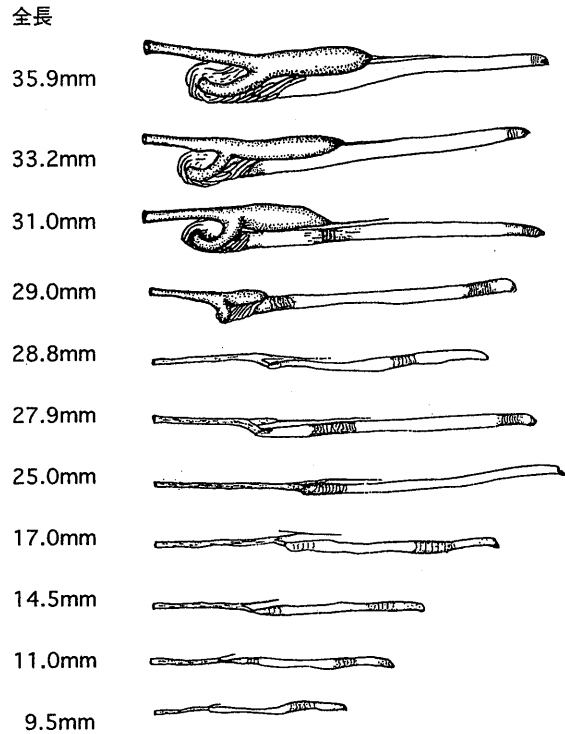
図VII 3-1 ふ化後のニシン仔魚の卵黄容積の推移 (飼育水温15°Cの場合)
 ● 平均 ○ 個体別

0.006 mm³とほぼ消失し、4日目には顕微鏡下でも確認できなくなった (図VII 3-1)。卵黄消失時 (ふ化後3日目) の仔魚の全長は9.8mmであった。卵黄消失時の積算水温については、倉田 (1959) が水温4.9~7.7°Cと低い水温で飼育した場合に約45~60D°であると、宮古事業場 (1983) でも60D°と同様な結果を得ている。内田ら (1958) は、卵黄の吸収時点で体の大きさと体の発達度にはかなりの個体差があると報告している。また、飯塚ら (1962) は、ふ化時の卵黄自体の大きさに年変動があることを報告しており、卵黄が小さい年は早く吸収し、その分消失時の全長も小さく、卵黄が大きな年は消失までの時間がかかり、その後の生き残りに影響していると推察している。大西洋ニシンにおいては、Blaxter and Hempel (1963), Hempel and Blaxter (1967) は17群にも及ぶさまざまな海域のニシン卵サイズと仔魚について調査し、春、秋、冬の各産卵群では卵サイズと卵黄の吸収速度が異なり季節と海域の特徴との関係を詳細に報告している。

仔魚前期は内部栄養から外部栄養に切り替わる時期であり、ふ化後摂餌までの積算水温が20~30D° (宮古事業場 1983) であることから、天然海域で生き残るためには、内部栄養が無くなるまでに十分といわなくてもある程度の摂餌が必要であると考えられる。種苗生産を行う場合、水温15°Cでは、開口がふ化後1~2日であるため、それを目安に10個体/ml程度の十分な餌密度でワムシを給餌することが必要である。

(2) 消化管形成 (図VII 3-2)

ニシンの仔魚期の消化管の形態は単純な管状であり (飯塚ら 1962)、消化管のほぼ中央部にくびれを生じた部分が将来幽門垂に分化する (三上ら 1961)。胃の分化



図Ⅶ 3-2 ニシン仔稚魚期の消化管の発達
(三上ら, 1961を改変)

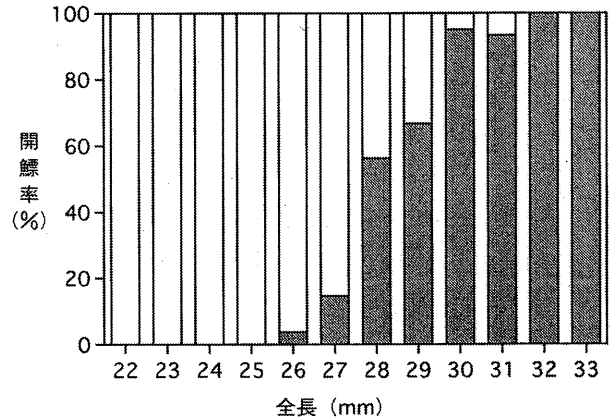
は内田ら (1958) は全長25~26mm に行われ, 短い幽門垂が出現するとし, 三上ら (1961) は全長27.0~29.0mm で成魚と同じY型の形状になるとしている。消化管以外の臓器は卵黄の後端には胆嚢があり, これより消化管がくびれた部分までに膵臓, 肝臓等の臓器が消化管を裏打ちするように存在している (草刈・森 1978)。全長10.4mm になると第18~19筋肉節下の消化管側面に肝臓の末端が明らかにみられる (内田ら 1958)。また, 草刈・森 (1978) は仔魚前期から後期にかけての消化管の発達を, 1) 棒状消化管: ふ化後0~1日, 2) 胃の原基形成: 全長8.6mm, 3) 腸粘膜上皮にしわ形成: 全長11mm, 4) 消化管の回転 (幽門垂原基): 全長20.0mm, 5) 胃の粘膜上皮にしわ形成: 全長22.0mm, の5段階に区分している。

(3) 鰾形成

ふ化直後の仔魚には消化管の中央部の背側に気嚢がすでに出現しており, 気道によって消化管に連結している (草刈・森 1978)。しかし気嚢内にはガスが充填することはなく, 全長26~32mm の時期にガスを取り込んで開鰾する (図Ⅶ 3-3)。鰾の分化については Allen et al (1976) が大西洋ニシンにおいては体長18~20mm で観察されることを報告している。

(4) 筋肉の発達と遊泳行動

遊泳行動は体重の40~60%を占める体側筋 (Bone 1978) によって機能し, 体側筋の発達過程は遊泳能力の変化と密接に関係している (Betty 1984, Matsuoka

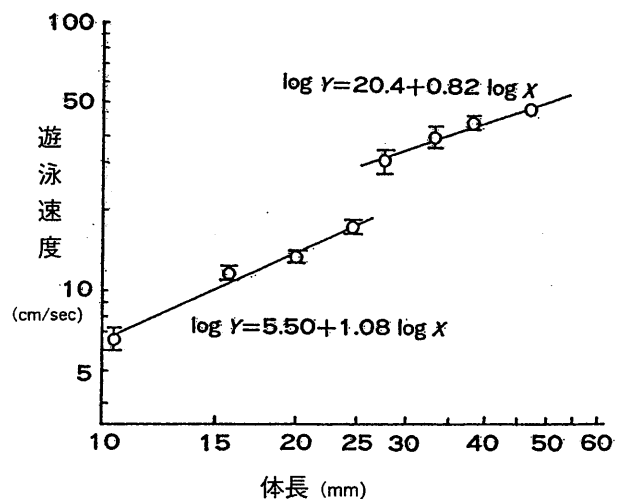


図Ⅶ 3-3 ニシン人工種苗の成長に伴う開鰾率の推移
■ 開鰾个体 □ 未開鰾个体

1984)。

福田 (1986) はニシンの体側筋の発達を組織切片観察から筋繊維の太さと数を調査することで明らかにし, 遊泳速度を実際に測定することにより遊泳速度と体側筋の関係を精査している。その結果によると, ニシンの体側筋の発達は卵黄を吸収するより筋繊維の形成が始まり, 白色筋はその時に出現して肥大化する大型筋繊維と新たに付加されて発達する小型筋繊維の2種によって進行する。仔稚魚期の体側筋の発達過程は, 白色筋では体長17mm 程度まで筋繊維直径の増大が主になり, 筋繊維数の増加は少ない。これに対して, 体長20mm から28mm にかけては大型筋繊維の直径の増加はわずかであり, 小型筋繊維が出現することによって筋繊維数が急増する。体長28mm 以上では種々の太さの筋繊維が認められ, 筋繊維数の増加傾向は低くなる。このように体側筋の発達過程においても他の形質と同様に体長18mm 前後と体長30mm 前後に変化点がみられている。

福田 (1990) はニシン仔稚魚の遊泳速度について Blaxter and Dickson (1959) が用いた最大遊泳速度を測



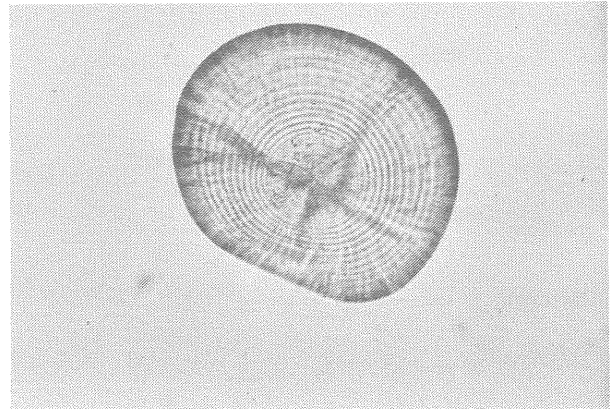
図Ⅶ 3-4 ニシン仔稚魚の遊泳速度と体長の関係
(福田, 1990を改変)

定した結果, 6.9cm/sec (体長11mm) から47.6cm/sec (体長46mm) まで増加し, 体長27~28mm を境にして遊泳速度が急激に増加する傾向がみられ (図Ⅶ 3-4), 大西洋ニシンを用いた Blaxter (1969), Webb (1975) の結果と類似したと報告している。以上のように, 稚魚期になるとニシンは筋繊維の充実を反映して遊泳速度の増加がみられるようになり, 濃密な群泳と積極的な摂餌及び逃避行動の能力等が発達すると考えられる。

(5) 耳石の発達

ニシンの耳石は卵発生時に確認され, ふ化時には平均直径22.5 μm の円形である (写真Ⅶ 3-1)。ふ化後10日目には長径が42.3 μm , 20日目には90.4 μm , 30日目には162.4 μm , 40日目には268.3 μm と急激に発達し, 形状はその後全長60mm を越えると一方がくびれて2叉になり, 成魚になると石器の矢じりに似た形状となる (写真Ⅶ 3-2)。ふ化後60日目程度までは光学顕微鏡でも明瞭に日周輪が確認できる (写真Ⅶ 3-3)。1999年のニシン種苗生産の日齢と体長と耳石径の関係を示した (表Ⅶ 3-1, 図Ⅶ 3-5)。

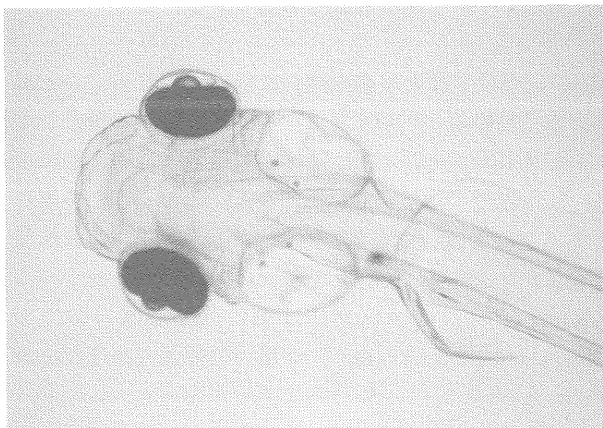
耳石には透明帯と不透明帯と呼ばれる輪紋が形成される。高柳・田中 (2000) は耳石縁辺部の観察結果から夏季以外の季節に採集される石狩湾系ニシンの耳石縁辺部



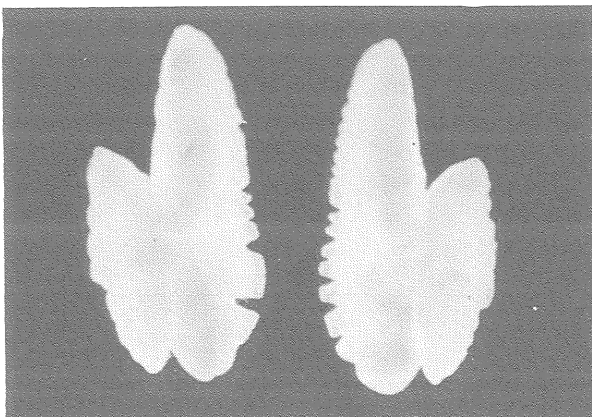
写真Ⅶ 3-3 ニシン25日齢の仔魚の日周輪

表Ⅶ 3-1 ニシン人工種苗における日齢と耳石長径の関係

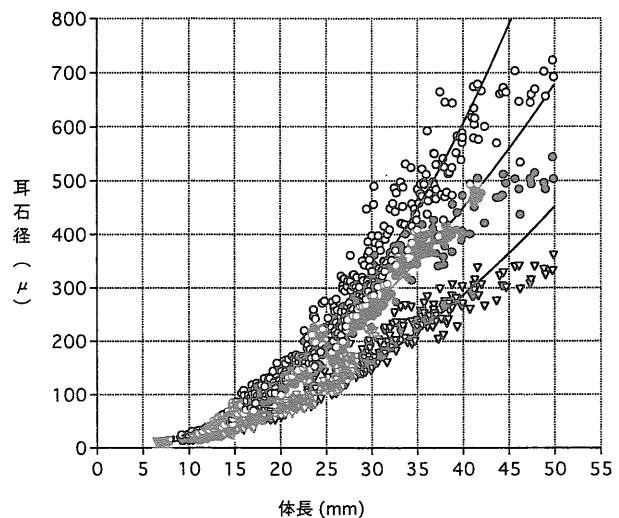
日令 (日)	平均体長 (mm)	耳石長径			
		平均長径 (μm)	標準偏差	最大 (μm)	最小 (μm)
0	7.3	22.5	1.2	25.0	19.4
5	10.6	28.0	3.0	33.0	24.1
10	13.0	42.3	4.8	51.0	33.0
15	14.4	60.3	7.8	73.9	43.8
20	16.6	90.4	11.8	107.5	60.0
25	19.9	132.1	17.3	159.4	93.6
30	22.0	162.4	31.6	220.8	102.2
35	23.9	199.1	33.0	263.2	116.4
40	27.9	268.3	43.5	351.5	172.0
45	29.8	325.8	53.9	466.5	243.8
50	32.7	394.9	100.8	580.0	220.3
55	35.3	476.1	84.6	660.3	246.0
60	39.8	589.0	83.4	723.0	447.5



写真Ⅶ 3-1 ふ化後3日目の仔魚の頭部 (耳石が観察される)



写真Ⅶ 3-2 ニシン成魚の耳石



図Ⅶ 3-5 ニシン人工種苗の体長と耳石径の関係

○ 長径 $y=0.155x^{2.243}$ $r^2=0.973$
 ● 短径 $y=0.153x^{2.043}$ $r^2=0.971$
 ▽ 最大半径 $y=0.485x^{1.852}$ $r^2=0.946$

は全て透明帯であることから, 不透明帯は夏季に形成されると推察し, これを利用して年齢査定を行っている。

4. 体成分の変化

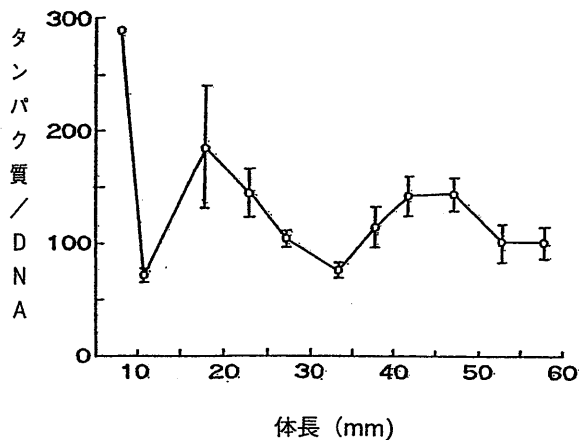
福田 (1986, 1988, 1993) はニシンの初期発育段階で体成分の分析により発育過程を以下の通り解析している。体成分分析の各項目が示唆する事項については表VII 4-1に示した。

表VII 4-1 体成分分析の項目の指標と意味

項目	指標と意味
DAN量	細胞数
タンパク質/DAN比	細胞の大きさ
RNA/DNA比	タンパク質合成能
トリグリセリド	中性脂質：エネルギー蓄積
グリコーゲン	糖質：エネルギー蓄積
タンパク質	細胞の主要構成物質
リン脂質	細胞膜の主要構成物質：膜機能に関与

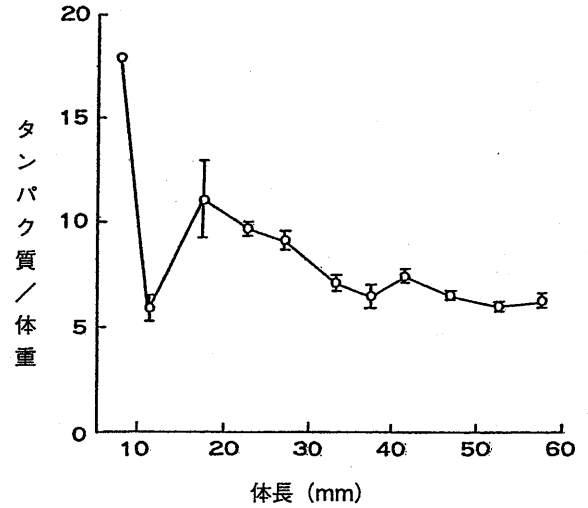
初期発育では、タンパク質、核酸、脂質、グリコーゲンの全てで絶対量の増加がみられるが、体重比で表した相対量では各成分の変動様式は異なり、それらの変化時期は体長18~19mm 及び30mm 付近に集中し、前述の形質と同様な傾向を示している。

体長18mm まではトリグリセリド、リン脂質にわずかな増加と、一般に細胞の大きさの指標であるタンパク質/DNA 比に急速な増加がみられ (図VII 4-1)、この時期は細胞肥大による成長が示唆されている。体長18mm から30mm までは変態期にあたり、タンパク質/DNA 比が減少することと全長22mm 付近でRNA/DNA 比が一時的に高くなることから活発な細胞分裂に伴う細胞数の増加による成長が示唆され、器官形成の活発な時期を反映している。またこの時期からタンパク質/体重比が減少し始め (図VII 4-2)、リン脂質/体重比は一定となる。中性脂質でありエネルギー蓄積の指標として考えられるトリグリセリド/体重比は体長22mm までは増加するがその後体長30mm までは減少し (図VII 4-3)、変態期の脂質の消費によるものと推察されている。これは形態変化の著しい時期にエネルギー源としてトリグリセリドが利用されている可能性を示唆している。体長30mm 以上の稚魚

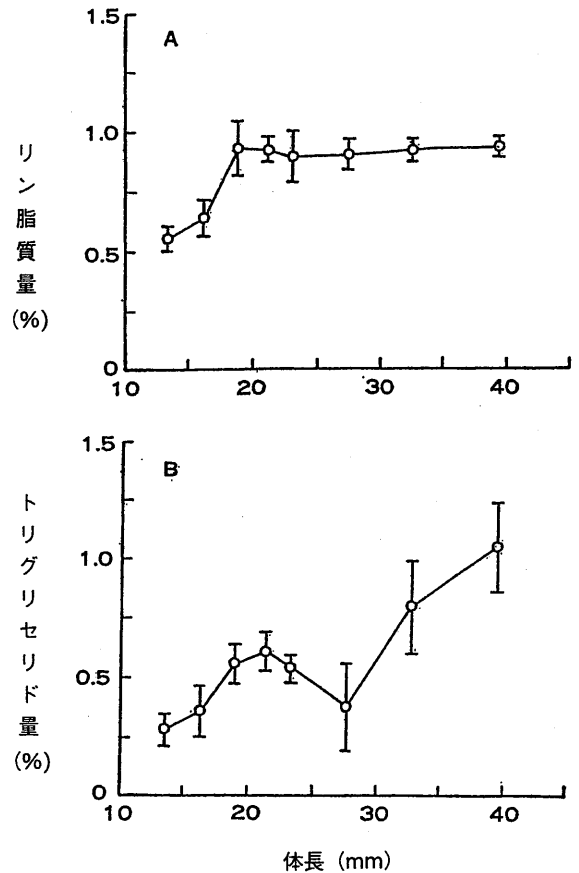


図VII 4-1 ニシン仔稚魚の成長に伴うタンパク質/DNA 比の変化 (福田, 1988を改変)

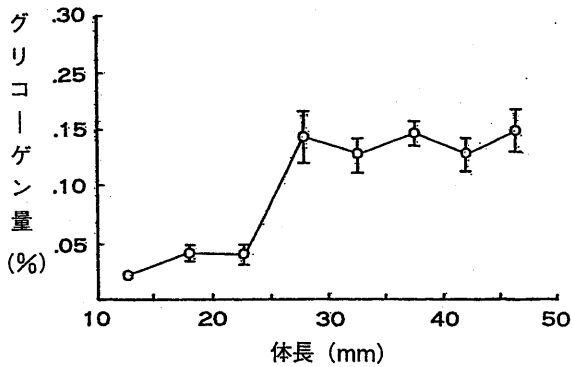
期にはトリグリセリド及びグリコーゲンの急速な蓄積が特徴的で消化管の機能的発達にともなうエネルギー蓄積がなされたと推定される (図VII 4-3, 4-4)。また、この時期にタンパク質合成能の指標であるRNA/DNA 比とタンパク質/DNA 比が増加し、DNA/体重比が減少することから活発なタンパク合成による細胞肥大の成長によ



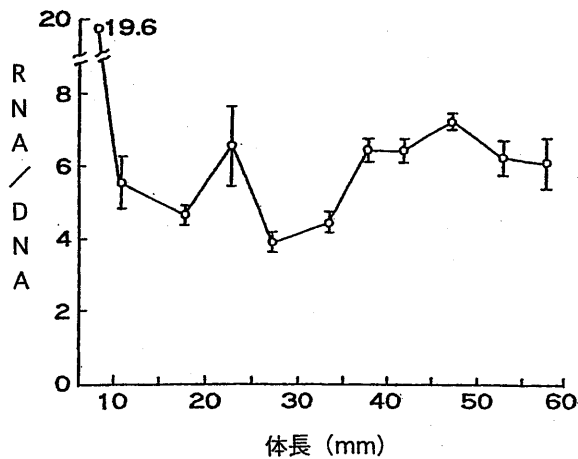
図VII 4-2 ニシン仔稚魚の成長に伴うタンパク質/体重比の変化 (福田, 1988を改変)



図VII 4-3 ニシン仔稚魚の成長に伴うリン脂質量 (A) とトリグリセリド量 (B) の変化 (福田, 1988を改変)



図VII 4-4 ニシン仔稚魚の成長に伴うグリコーゲン量の変化 (福田, 1988を改変)



図VII 4-5 ニシン仔稚魚の成長に伴う RNA/DNA 比の変化 (福田, 1988を改変)

る成長様式が推定されている (図 VII 4-5, 4-1)。

このように体成分の変化は形態の変化する時期と一致し、生理変化も段階的に進行することが明らかになっている。

5. 発育段階

上記のニシンの基礎的な発育の情報と摂餌による栄養摂取や行動様式の変化と機能的な行動を保証する感覚器官等の発達の情報を加えて、発育段階別に整理した。

(1) 前期仔魚期 (ふ化～体長10mm)

ふ化 (全長8.5mm) から卵黄が吸収されるまでの時期で、体長は10mm未満である。この時期には開口し摂餌が開始され、内部栄養から外部栄養に変換する。器官形成では基本的な構造は備えているが、いまだ発現されない形質も多い。仔魚の行動はふ化直後は水底に沈下横臥して、ときどき泳ぎだして沈下する行動をとる (内田ら 1958)。その後、昼間は遊泳し、特に強い走光性を示す (山口 1925, 倉田 1959)。水面が静止状態の時は表層を遊泳し、水滴の滴下によるわずかな水面の揺れに対しても速やかに反応し、沈下することが報告されている (倉田 1959)。飼育水槽での観察では夜間は遊泳せずに水流に

流される状態あるいは沈下している。

この時期の仔魚は基本的な走光性や摂餌開始などわずかに活動性はあるが、物理的環境に全く受動的で、内部栄養から外部栄養に変換準備時期でもあり、天然海域で生き残るためには、内部栄養が無くなるまでに十分といわなくてもある程度の摂餌がこの時期必要であると考えられる (福田 1986)。

(2) 後期仔魚期 I (体長10～18mm)

卵黄吸収後の体長10mmから18mmまでの時期で、外部形態や骨格系に基本構造に大きな変化はなく、この時期はタンパク質の増加に特徴づけられる体を増大化する成長が主体となる (福田 1986)。また消化管は未発達で単純な構造をしているが、摂餌に必要な最低限の器官分化はみられており、天然環境での初期餌料はかい脚類の卵あるいはノープリウス幼生が主体で (飯塚 1966, Rudakova 1971), 腸上皮細胞の飲作用によりタンパク質を取り込み、吸収すると考えられる (渡辺 1982)。一方、エネルギー蓄積はわずかであり、長期間の飢餓は致命的になる。天然環境での垂直分布は水理環境に影響されるが、体長13mm以降中底層に分布域を移し (飯塚 1966), 日周移動も顕著になる (Selierstov 1974)。この時期は物理的環境に対して受動的で代謝能力も低く弱小であるが、摂餌や日周移動など活発化し能動的側面も現れる (福田 1986)。

(3) 後期仔魚期 II (体長18～30mm)

体長18mmから30mmまでの時期で種固有の代謝系へ変化する時期にあたり、形態各要素も急速に変化を遂げ、器官、組織にも活発な分化が起こる変態期と考えられる (福田 1986)。

この時期の終わりには骨格、鰭条、消化管等がほぼ完成し、筋繊維の分化も活発化する。これらの器官形成を保障するように、特に体長22mm前後は核酸比の増加が特徴的であり、活発な細胞分裂が推定され、形態変化の著しい時期にエネルギー源としてトリグリセリドが利用され、エネルギー要求量が高い時期である (福田 1986)。したがってエネルギー源の枯渇は器官形成への影響が大きいと判断され、この時期の栄養供給は常に十分量が必要となる (福田 1986)。一方、鰾-内耳-側線感覚器系の分化と鰓薄板の出現は高い運動性を保障し、集群行動の開始など積極的な運動を可能とする。

天然海域での調査では表層では全く採集されず (内田ら 1958), 中層から底層に移行すると推察されているが (飯塚 1966), この時期の生態的な知見は少なく不明な点が多い。

この時期は高い内的代謝要求を摂餌等の行動の強化によって支えられるが、海流等の物理的環境に影響を受け、積極的な分布域を選択するまでに至っていない (福田 1986)。

(4) 稚魚期 (体長30~90mm)

体長30mm 以上は成長様式が器官組織の分化期から細胞肥大による成長期へと転じ、エネルギー物質の蓄積が生じたことから特徴づけられる (福田 1986)。各器官形成はほぼ終了し、視覚系、側線系の感覚器官の発達が進行する (Blaxter and Jones 1976, Allenet al 1976)。また、鰓面積の拡大や血球の分化などの呼吸器系、循環器系の発達など体を構成する要素の全てが充実し確立される。体長40mm 以降は黒色胞の拡大と鱗形成が始まり、また完成する時期でもあり、外敵に対し防除する体制を整える。体長60mm に達すると成魚の特徴をよく表し、全長90mm で外形は全く成魚と同等に整い、分類学的特徴を完了する (内田ら 1958)。

稚魚期の運動の基礎となる筋繊維の充実と運動に備えるエネルギー蓄積及び糖代謝系酵素活性の向上等に特徴づけられる運動能力の増加は、摂餌の機会の増加と消化管の機能の完成による多様な餌生物の摂取を可能とし、糖代謝系酵素に代表される代謝系のレベルアップとトリグリセリドやグリコーゲンに代表されるエネルギー蓄積の充実は、飢餓に対する耐性を強化している (福田 1986)。

この時期には天然海域で群泳し、活発な摂餌が観察され、より大型の餌生物をもとめ、沿岸海域へ移動し、次第に移動範囲を広げていくと推定されている。

VIII. 種苗生産

厚岸事業場のニシン種苗生産の年間スケジュールは、まず3月中旬から初期餌料であるワムシの培養を開始し4月上中旬に採卵を行い、5月上旬にはふ化した仔魚を使って種苗生産を開始し、7月中旬には全長40mmに達した種苗を取り揚げ、計数し、全長50mmで中間育成場に沖出しする。本章では厚岸事業場の種苗生産手法を主体として具体的な方法と飼育上の留意点について記述する（ニシン種苗生産の作業スケジュールは参考資料に示す）。なお、また本章では時系列の表記を基本的にふ化後〇日目（あるいは〇日目）としており、ふ化後日数に対応する成長に関しては4. (1)の平均的な成長事例の項に示す。

1. ふ化と収容

(1) ふ化の機構と状況

ニシン卵のふ化機構は一般的な魚類と同様で、ふ化直前の仔魚の頭部に密集するふ化腺細胞から出るふ化酵素（タンパク分解酵素）により卵膜を溶かして仔魚はふ出する。ふ化前の卵内の仔魚は活発に反転し、ふ出を促進させる。ふ化直前の卵膜は弾力性はあるが薄くなり、ふ化後の卵膜のふ出孔は不整破口型で、多少三角形の場合もある。観察によるふ化の状況は多くの仔魚は頭部よりふ出するが、まれに尾部よりふ出する場合もある。ふ化に要する時間はほとんどの場合、頭部を突出させてからは数～数十秒と短時間であるが、ふ化しきれずに長時間にわたった場合にはふ化中に死亡する事例もある。ふ出した仔魚は直ちに泳ぎだし、やや沈下ぎみに水中に懸垂する状態で、時々遊泳することを繰り返す。

(2) 卵の収容とふ化

飼育水は収容前に卵管理水温と同じ水温に加温し（現在は10℃設定）、十分に通気を施しておく。特に使用する海水のガス圧が過飽和になっている場合には十分に注意する。事前に使用する海水のガス圧測定をしておいたほうがよい。収容前に通気は弱くし、緩やかに還流するように調整する。

ニシンの場合、種苗生産水槽にはふ化直前の卵で収容する。収容日を決定するために積算水温が70D°を超える頃より卵管理水槽の排水にネットを設置し、ふ化仔魚の有無を確認し、ふ化尾数を容量法で計数する。ふ出具合を考慮して飼育水槽に卵を収容する日を決定する。一般的に卵管理水温が10℃の場合は積算水温が120D°前後で仔魚飼育水槽に収容する。

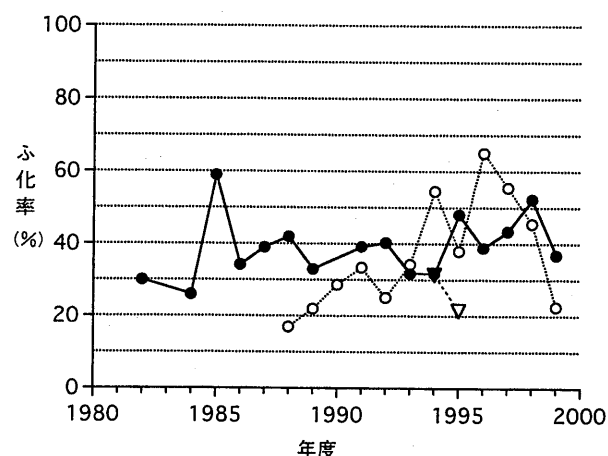
卵管理水槽から仔魚飼育水槽への卵の収容作業は温度変化を避けるため速やかに行い、屋外を経由する場合は、日覆を施して移送する。ふ化盆あるいはマブシは水槽内に適宜配置し、加温パイプやエアレーションに近い場所

には設置しない。卵収容後は止水状態にしてふ化を待つ。

ふ化は夜間に行われる場合が多く、朝に付着基質の卵を鏡検してふ化が完了していたら飼育水槽から付着基質を取り出す。目安として積算水温が150D°を超えた時点で取り出せばほとんどがふ化している。取り出し後、付着基質のふ出の状況を調査する。

(3) ふ化率

厚岸事業場の量産試験におけるふ化率は、風蓮湖産は平均39.1% (26.0～59.0)、厚岸産は36.8% (17.0～65.1)であった（図VIII 1-1）。他機関のふ化率は60～90%と比較的高く、厚岸の場合でも試験用に親魚を厳選して採卵した場合はふ化率60～80%程度が得られる。この要因として厚岸産のニシン親魚は漁獲後の時間経過が長いものが混ざっており、供試するニシン親魚の鮮度に問題があると考えられる。

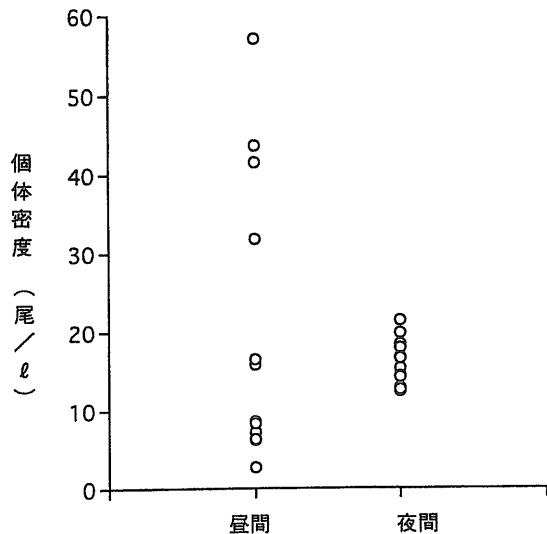


図VIII 1-1 厚岸事業場におけるニシン卵のふ化率の推移

●— 風蓮湖 ○… 厚岸 ▽--- 野村湾

(4) ふ化仔魚の計数

飼育水槽内のふ化仔魚数の推定のために夜間に柱状サンプリングによる計数を行う。夜間に行う理由は昼間のニシン仔魚の分布に偏りがあり、正確な推定ができないためである（図VIII 1-2）。サンプリング開始は日没2時間後に行っている。方法は、開始20分前にサンプリングする水槽のエアーを強めにし、良く攪拌された状態にする。φ50mmの塩ビ管を使用して、柱状サンプリングを行い、補助員がバケツで受ける。サンプリングは1槽当たり30カ所とし、バケツ内に採水した水量を計り、その中の仔魚を計数して容量法で推定する。夜間柱状サンプリングはふ化完了後1日目では仔魚が水槽底層に沈む傾向があるため、少なく見積もられる傾向があるので、ふ化完了後2～3日目に実施するのが望ましい。またふ化後5日目以降は仔魚の活動が活発になるため誤差が大き

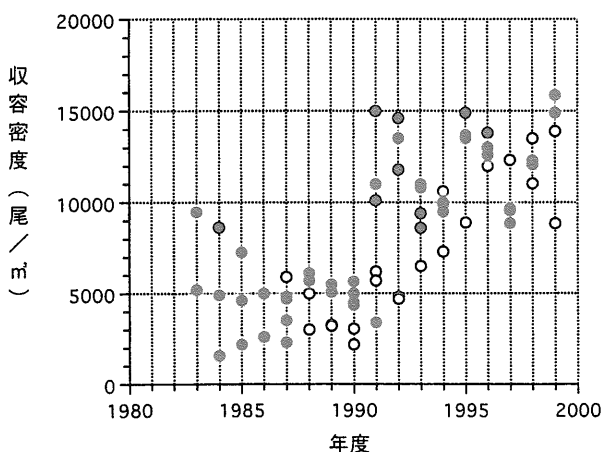


図Ⅷ 1-2 ふ化仔魚の柱状サンプリングにおける昼夜の個体密度のばらつき比較

く、推定不可能となる。

(5) 収容尾数

ふ化仔魚の収容密度は1~1.5万尾/m³を基準としている(図Ⅷ 1-3)。収容密度については宮古事業場が高い密度について検討し、現在では2万尾以上/m³でも問題なく飼育できている。また過去の事例から判断すると、収容密度が低くても生残率は変わらない傾向を示す。ただし、収容密度が高い場合、換水率をそれに見合う程度高めないと、飼育に支障をきたす。厚岸事業場においては飼育密度を高く設定していない理由は取水能力の問題があり、十分な換水率が確保できないためである。換水率は400%/日が最大であり、取り揚げ直前では溶存酸素の飽和度が70%以下になる場合もある。



図Ⅷ 1-3 厚岸事業場のニシン種苗生産における収容密度の推移
● 風蓮湖産 ○ 厚岸産

(6) ふ化仔魚

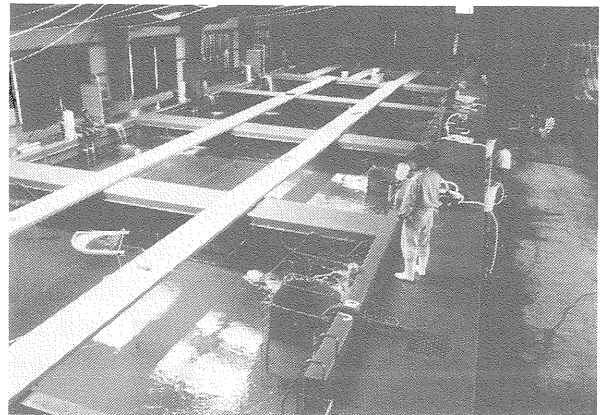
ふ化時の全長と標準偏差は厚岸産で 8.5 ± 0.3 mm, 変動係数は2.9%である。ふ化仔魚の活力はおおむね良好

であり、活発に遊泳するが、1997年の風蓮湖産のふ化仔魚の一部に活力が劣るものがあり、体の中央部分が折れたように白濁した症状の個体が観察された。この要因として、採卵した卵に粘着物質が多く含まれていた時に起こると推察され、卵膜からふ出時に損傷したことが原因であることが推察された。しかし、本事例はその後は確認されていない。

2. 飼育施設と飼育環境

(1) 飼育水槽

厚岸事業場の飼育水槽は実容量50m³角形RC水槽(7.8×4.8×1.4m)であり、水槽壁面はエポキシ樹脂加工を施し、色は深い緑色である(写真Ⅷ 2-1)。水槽壁面にボイラーで加温した温水で熱交換するチタン製の加温管が設置され、水温調節を行っている。



写真Ⅷ 2-1 ニシン種苗生産水槽全景

(2) 飼育水温

以前は飼育水温は15℃を基準とし、ふ化後、設定水温まで毎日1℃上昇させていたが、現在は13℃に設定している。飼育水温を13℃に下げた後から6事例の生産をしたが、飼育水温15℃の飼育事例と成長と生残はほぼ同様であり、水温の低い方が省エネルギー化できるメリットがある。

生産時期は5~7月であるが、厚岸事業場のある北海道東部海域の地先水温は低く、1997年度の事例では飼育期間中の地先水温は4.3~12.5℃の範囲で推移し、平均水温は8.0℃であったため、加温により平均5.0℃(8.7~0.5℃)上昇させることが必要となり、さらに終日換水のために常時加温している状態である。

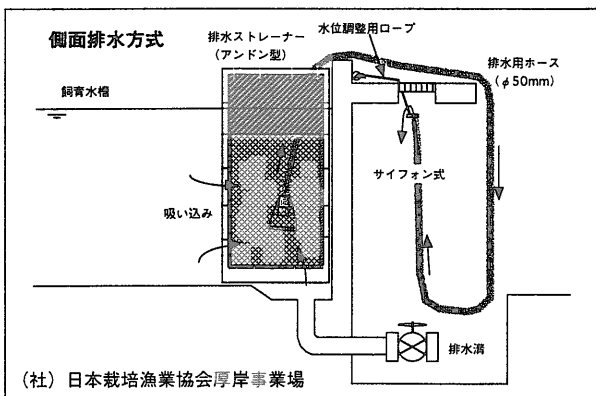
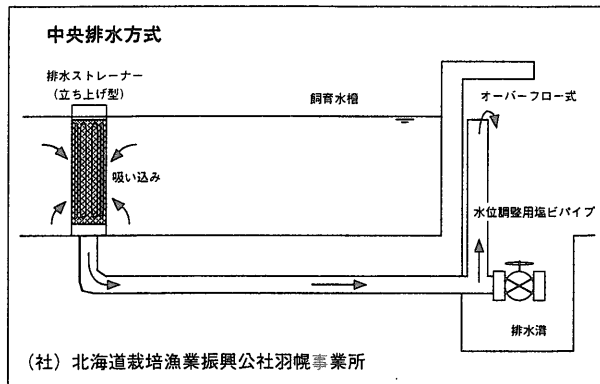
(3) 換水

1) 注水

飼育水にはろ過海水を使用する。海水の過飽和ガスを極力減らすため、別水槽で調温、曝気したろ過海水を水中ポンプを使って注水している。

2) 排水

厚岸事業場の排水方法は排水用ストレーナーとφ



図Ⅷ 2-1 ニシン種苗生産における排水方式の模式図

表Ⅷ 2-1 ニシン種苗生産における日齢と排水ストレーナーの目合及び換水率

日齢 (日)	網目	オープニング (μm)	全長 (mm)	換水率 (%)
0~10	70目	286	9~14	25~100
10~20	40目	508	14~18	100~200
20~30	30目	691	18~22	200~250
30~40	24目	925	22~28	250~300
40~50	18目	1,241	28~36	300~350
50~70	260経	1,800	36~50	350~400

50mm のホースでサイフォンをかけて行っている (図Ⅷ 2-1)。排水用ストレーナーの目合は70目 (0~10日目), 40目 (10~20日目), 30目 (20~30日目), 24目 (30~40日目), 18目 (40~50日目), 260経 (50日目以降) を使用し, 仔稚魚の成長に合わせて交換する (表Ⅷ 2-1)。

排水の位置は汚れの排出や飼育水の還流の観点から水槽の中央部が最も効率が良い, このタイプの排水方法は北海道栽培漁業振興公社羽幌事業所が採用している (図Ⅷ 2-1)。

排水用のストレーナーは目詰まりを防止するため1日1回洗浄する。ストレーナーを水槽内に設置し直す際には, 急に飼育水内に入れないことが必要である。全長20mm までの仔魚の場合は, 遊泳力が小さいためストレーナーでスレによる死亡を防ぐため, 全長20mm 以降の仔魚の場合は, 後述する脊椎骨異常防除の関係で, 設置する際に驚いた仔稚魚が壁に衝突することを防ぐためである。

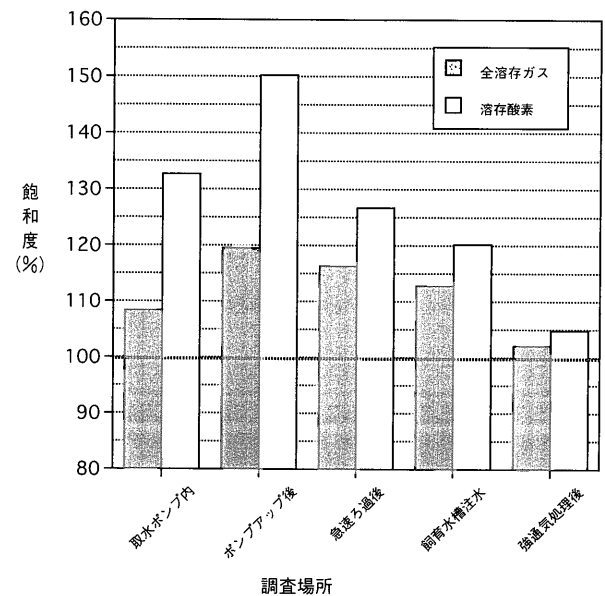
3) 換水率

換水はふ化後5日目から開始する。換水率は5日目では0.5回転, 10日目では1.0回転, 20日目では2.0回転, 25日目では2.5回転, 40日目では3回転, 50日目では4回転を基準に行う (表Ⅷ 2-1)。換水が十分行える状態であれば換水率を上記の2倍程度高めて, 水質の安定化を図る。

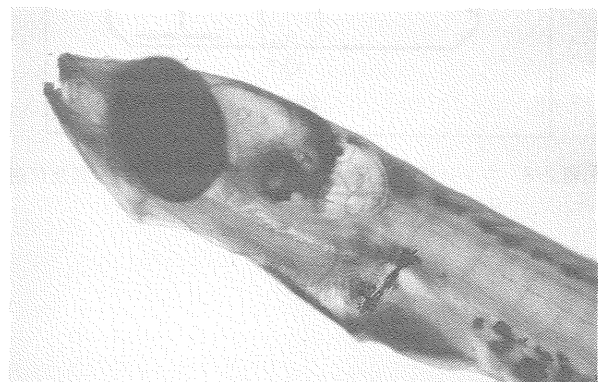
4) 海水の過飽和ガス圧対策

厚岸事業場では取水ポンプから生海水槽までの揚程の高低差が大きいため汲み上げた海水の溶存ガス飽和度は120%にも達し (図Ⅷ 2-2), 魚がガス病になる過飽和の限界 (115%) を超えている状態になっている。また1997年度までは過飽和の海水を直接注水していたため飼育水槽内で加温 (水温差5~10℃) されるときにさらに飽和度が上昇していたと推測された。

上記のような過飽和の溶存ガスがニシン仔魚にガス病を発生させ, 1990年度には頭部の耳胞付近に気泡がみられ (写真Ⅷ 2-2), 活力が低下して大量に死亡する現象



図Ⅷ 2-2 厚岸事業場における取水関係の溶存ガス飽和度の比較 (1999年度6月21日測定結果, 水温9.0~10.8℃)



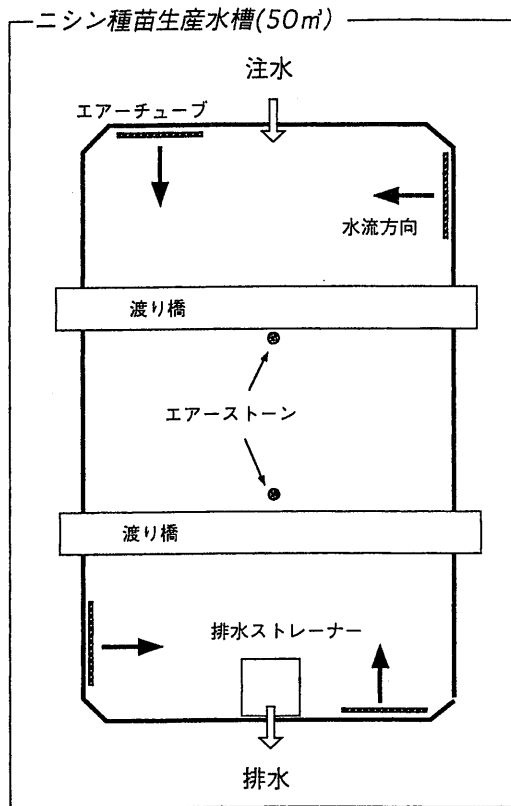
写真Ⅷ 2-2 ガス病 (頭部にガスが滞留)

がみられた。その後、溶存ガス圧を低下させるため以下の方法を採用した結果、1998年からはガス病による活力の低下と死亡はほとんどみられていない。

ガス病の防除方法は、①ろ過海水槽にダイアフラムプロアーで強通気する処置をとり、過飽和の溶存ガスを可能なかぎり低下させること、②ろ過海水を飼育水槽に隣接する水槽に注水し、強通気と飼育水を調温する処置をして、溶存ガスを抜くこと、③ガス抜き処理をした海水を水中ポンプで飼育水槽に注水することである。これらの処理により飼育海水の全溶存ガスの飽和度はガス病で死亡する限界以下の110%以下となる(図Ⅷ 2-3)。

(4) 通 気

通気は、水槽の中央にエアーストーンを2個、水槽の4角に微気泡がでるエアチューブを設置している((図Ⅷ 2-3))。4角のエアチューブを図示した様に設置すると還流が生じ、還流の強さは通気量で調節する。通気は成長に伴い増加させる。



図Ⅷ 2-3 ニシン種苗生産水槽の注水・排水位置と通気及び還流方向(厚岸事業場の例)

(5) 照度調整

ニシン仔魚は走光性を示し、明るい場所に蟻集する習性がある(倉田 1961)。そのため飼育水に植物プランクトンを添加して光を分散させる方法がとられる。以前は照度調整用には培養したナンノクロロプシスを使用していたが、培養にかかる労力を削減するために現在では市販の濃縮淡水クロレラを使用している。添加量は1日当り1.0ℓ/水槽の割合で、添加方法は30ℓポリカーボネイト水槽に海水で希釈した淡水クロレラを入れ、エアチューブ1本を使いサイフォンで徐々に添加している。淡水クロレラの添加による照度調整はふ化後50日目まで毎日行っている。厚岸事業場の場合、飼育水槽の上面の屋根の一部が透明アクリル構造であることから、水槽2~3m上方に遮光率99%の寒冷紗を2重にした日覆を設置することにより、水面照度を2~450luxに下げている。照度調整を行うことにより、仔稚魚は落ち着いた状態になり、刺激に対する過剰反応が軽減される。

(6) 底掃除と水面の汚れ取り

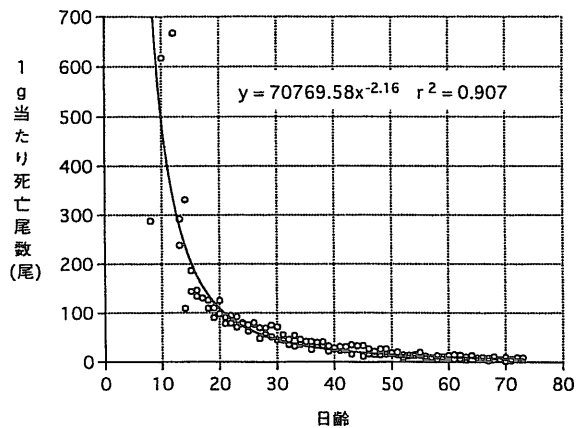
底掃除はふ化後5日目より開始し、取り揚げ日まで毎日1回行う。厚岸事業場では、底掃除は自動底掃除機を使用している。配合飼料の給餌量が増加する飼育後半は自動底掃除機に加えて手作業の底掃除を併用する。タイヤ走行式の底掃除機の場合、配合飼料の給餌量が増加し、餌の残渣や糞が多くなると自動底掃除機の駆動用のタイヤが空回りする場合があるので、その時は5kgの沈子を重しとして自動底掃除機の上に乗せるとタイヤの空回りが防止できる。自動底掃除機と手作業での底掃除の手順と注意点を表Ⅷ 2-2に示した。底掃除の際に重要なことは、時間がかかってもよいから慎重に行い、仔稚魚を驚かせないことである。またアルテミアを給餌した直後は、アルテミアが底に沈下する傾向があるため、仔魚も底に蟻集しやすい。給餌したアルテミアと仔魚の吸い出しを避けるためにアルテミア給餌直後は底掃除を行わない方がよい。

底掃除で排出された死亡魚は、ネットで受けて回収し、容量法あるいは重量法で死亡尾数を算出する。算出の目安として死亡魚1g当りの尾数と日齢の関係を示した(図Ⅷ 2-4)。

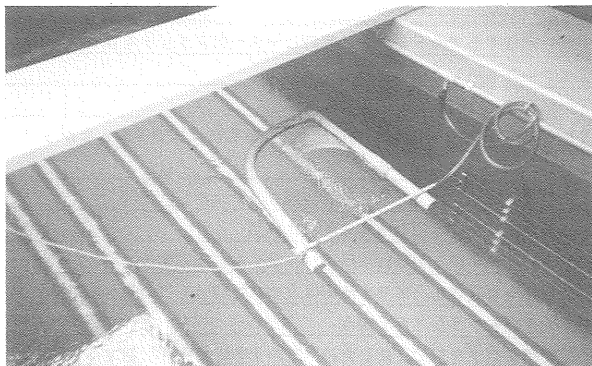
水面の汚れは塩ビ管を加工した専用の器具を水面に設置して汚れを回収する(写真Ⅷ 2-3)。この器具の構造と原理はφ50mmの塩ビ管をU字型に水面に浮くように加工して、U字の開口部の上部にφ13mmの塩ビ単管に0.5mmの穴を4cm間隔で開けたものを取り付け、そこからエアーが水面に斜めに噴出するように設置する。毎日2回集めた汚れを取り除く。

表Ⅷ 2-2 ニシン種苗生産の自動底掃除機を使用した作業手順

場所	作業内容
アク取り器	水面のアク取り
排水溝上	死亡魚受け用のネットにホースがセットされているか確認
水槽	中央のエアストーン2個を上げる
水槽	排水用ストレーナーの取り出し
自動底掃除機	自動底掃除機を水槽にゆっくり入れる
自動底掃除機	ラインに合わせる。ロープ部分で位置を合わせて、排水ホース部分で向きを合わせる
操作盤	操作盤のスイッチが「自動」、リモコンの下のスイッチが「前進」になっているのを確認
操作盤	主電源スイッチを ON、底掃除開始
水槽	自動底掃除機の排水ホースを水槽内に手繰り入れる
ポンプ	排水ホース内の水が流れているか確認、流れていない場合は排水ホースを適宜手繰る
水槽	排水ホースが温水配管等に引っ掛かっていないか確認
水槽	自動底掃除機が停止、脱線していないか時々確認
水槽	ラインを1周したら底掃除終了
操作盤	主電源スイッチを OFF
水槽	自動底掃除機を取り出す。
水槽エプロン	排水ホースを手繰り寄せ、きれいに巻いておく
排水溝上	自動底掃除機を下におろして、水道水で洗滌
排水溝上	死亡魚受け用のネットを水道水で洗滌し、死亡魚を専用のカップに収容
実験室	重量法で死亡魚の計数
廃棄物保管場所	死亡魚を塩素に浸漬後、廃棄物として処理



図Ⅷ 2-4 自動底掃除機を使った場合に排出される死亡個体の1g当りの尾数と日齢の関係



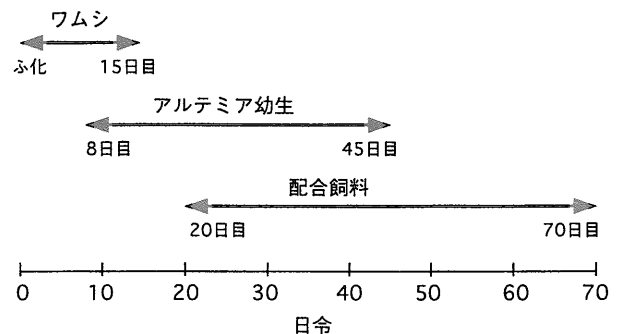
写真Ⅷ 2-3 水面の汚れを回収する器具

3. 餌料

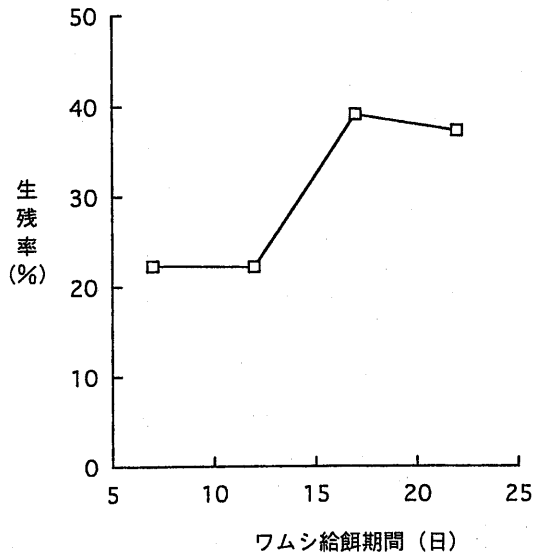
(1) 餌料系列と給餌期間

餌料系列はワムシ、アルテミア、配合飼料で、給餌期間はワムシがふ化後1～15日目、アルテミアが10～45日目、配合飼料が20日目～取り揚げまでを基準にしている(図Ⅷ 3-1)。

ワムシの適正給餌時期について試験を行ったところ、給餌期間が7、12日間の試験区は生残率が22%程度と低く、給餌期間が16、22日間の試験区は37%前後であり、最もワムシの給餌期間を短縮できる限界は約15日間と推察された(図Ⅷ 3-2)。



図Ⅷ 3-1 ニシン種苗生産の餌料系列

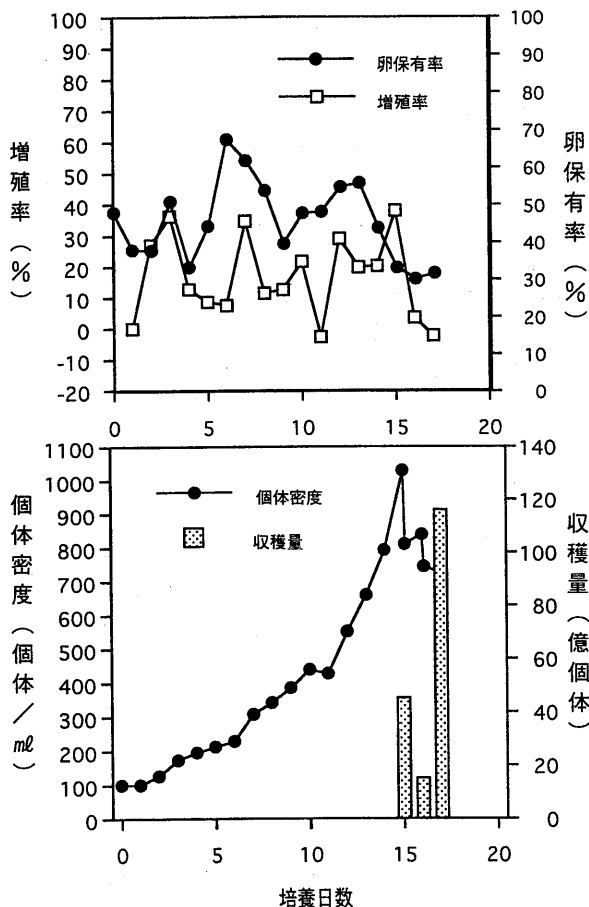


図Ⅷ 3-2 ニシン種苗生産におけるワムシ給餌期間と生残率の関係

(2) 生物餌料

1) ワムシ

厚岸事業場では、パン酵母と市販の濃縮淡水クロレラで培養したL型ワムシを使用している。ワムシは恒温室で継続培養している元種を種苗生産開始40日前から拡大



図Ⅷ 3-3 良好な増殖を示したワムシ培養事例

培養している。培養は基本的に抜き取りとバッチ培養を併用して行い、培養水槽に100個体/ml以下に接種した元種が14日後には500個体/ml以上まで増殖した段階で、数日間供給して20日目までには植え替えを行う。これを1サイクルとして数水槽を組み合わせて毎日供給できるように設定している。現状の平均的培養であれば、100億個体を保有していれば日産20億は供給可能である。培養の平均的な事例と好事例について図Ⅷ 3-3に示す。

ワムシの収穫はポンプあるいはサイフォンで行い、水槽の底の汚れを吸い上げないように吸い込み口を底から少なくとも20cmは上げておく。収穫用のネットは63μmメッシュのプランクトンネットを円筒状に作製した専用ネットを使用している。

2) アルテミア

アルテミアは北米産を使用し、水温22℃で48時間ふ化管理したものを使用している。アルテミアの卵収容と幼生の抜き取りの手順を示した(表Ⅷ 3-1)。収穫用のネットは200目のナイロンネットを使用し、袋状の円形のタモ受けに取り付けた専用のネットを使用する。

アルテミア収穫作業における注意点を以下に示す。①卵収容は1m³当り1,100gが上限とする。②収穫後は速やかに計数、供給する。③濃縮した状態となるため、酸欠によるアルテミアの活力の低下、死亡がおこらないように常に通気を施すとともに、緩慢な作業をしないように留意する(ワムシも同様)。④加温用のヒーターの焼き付けを起こさないよう十分に注意する。

表Ⅷ 3-1 アルテミア卵収容とふ化幼生回収作業手順

卵収容手順	
①卵を収容するふ化槽に調温した海水を1000ℓ入れる	
②中栓、エア、ヒーター、温度センサー、フロートスイッチをセット	
③アルテミアの卵を入れ、1000ml塩素*を入れる	
④5分後にハイボ**を同量の1000ml入れ、1分待つ	
⑤白いカップを使用して塩素の残留*を調べる	
⑥最後にヒーターのスイッチを確認する	
*塩素：食品添加用次亜塩素酸ナトリウム12%溶液	
**ハイボ：チオ硫酸ナトリウム5水和物を使用、8kgを水道水で溶かして20ℓにして使用する。	
***塩素残留調査：20%ヨウ素カリウム溶液使用、茶色に反応しなければ中和されている。	
ふ化幼生回収手順	
①当日回収するアルテミアふ化槽のヒーターのスイッチを切る	
②エアストーンと中栓を抜く	
③計数用タンクに海水を400ℓ入れる	
④約15分後卵殻と幼生が分離したら、回収容器に通気をしながらバルブを半開状態で回収する	
⑤水量が350ℓになったら一度計数用タンクに移し、再開	
⑥水量が残り150ℓになったら回収は終了	
⑦回収したアルテミアは計数用のパンライトに収容する	
⑧卵殻を全て回収し、廃棄する卵はよく水を切ってごみ箱へ捨てる	
⑨ふ化水槽をブラシで良く洗う	
⑩計数用タンクを500ℓにした後、アルテミア幼生を計数する	
⑪再度回収し、調温したろ過海水で1分以上洗滌後、栄養強化槽へ移送	

3) 栄養強化

生物餌料への栄養強化はDHA、EPA等の高度不飽和脂肪酸を生物餌料に取り込ませることを目的として実施している。栄養強化にあたっては、使用する栄養強化剤の基準にしたがって処理する。厚岸事業場では栄養強化剤をワムシ、アルテミアともアクアラン（BASF ジャパン社製）を使用し、栄養強化時の水温と栄養強化剤の濃度は、ワムシでは15℃で200g/m³、アルテミアは18℃で

150g/m³を基準としている。処理時間はワムシは22時間、アルテミアは22～30時間を基準にしている。栄養強化密度はワムシでは最高20億/m³、アルテミアでは最高3億/m³が限界である。また栄養強化中にワムシ、アルテミアの活力が弱ったり死亡することがあり、その場合は収容する餌料生物の強化密度を下げるか通気の強さを調節して対処する。各機関の栄養強化の状況を表Ⅷ 3-2に示す。

表Ⅷ 3-2 ニシン種苗生産に使用するワムシ、アルテミアの栄養強化の概要（1999年資料）

機関	ワムシ			アルテミア		
	栄養強化剤	強化濃度 (gまたはmg/ml)	強化時間 (h)	栄養強化剤	強化濃度 (gまたはmg/ml)	強化時間 (h)
(社) 日本栽培漁業協会厚岸事業場	アクアラン	200	20	アクアラン	150	20
(社) 北海道栽培漁業振興公社羽幌事業所	アクアラン+淡水クロレラ	200+500	4~17	スーパーカプセルA-1	200	15~24
(社) 日本栽培漁業協会宮古事業場	アクアラン	200	16	アクアラン+フェオダクチラム	150	16
宮城県栽培漁業センター	アクアラン	100	4~18	スーパーカプセルA-1	100	6~24
北海道栽培漁業総合センター	アクアラン	200	16~24	パワッシュA+ハイドロビット	80+25	16~24
青森県水産増殖センター	アクアラン	100	6~24	パワッシュA	20	18~24

4) 給餌前の洗浄処理

ワムシ及びアルテミアは、栄養強化後それぞれ専用ネットで取り揚げる。ワムシの場合は次の洗浄の作業の前にネットで濾して大きな汚れを除去する。

洗浄作業はネットに濃縮された状態で、水温15℃に調温したろ過海水を使用して洗浄後の海水が透明になるまで行う。生物餌料の洗浄は重要で、栄養強化剤の残渣と生物餌料の糞を取り除くためだけでなく生物餌料の表面の細菌数を減少させる効果がある。また、生物餌料の状態を把握するために事前に個体数の計数と活力、餌料の取り込み状態、死亡個体、汚れについてチェックし、状態の悪いものは廃棄することも必要である。

5) 仔魚の摂餌

① 生物餌料の消化・排出時間

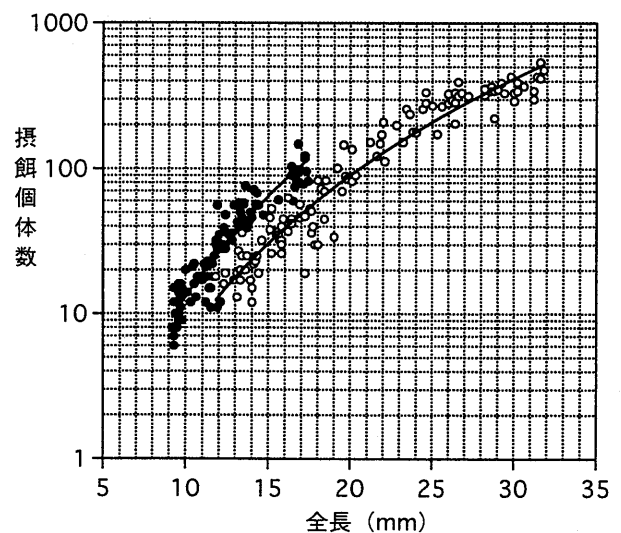
ニシン仔魚の消化管は単純な構造で、消化管が透けた状態であるため外部から観察が容易である。その特性を利用して、倉田（1959）はアルテミアの消化時間を推定している。それによると水温8.6～9.6℃の条件でふ化後12日目の仔魚はアルテミアを7～8時間で消化し、全てを排出する時間はさらに5～7時間かかるとしている。

厚岸事業場において13℃で飼育している仔魚の消化・排出時間を調査した結果、ふ化後10日目のワムシは3～4時間、20日目のアルテミアは5～6時間で排出されていた。前述の倉田の試験よりも早く消化・排出されていることは、倉田の試験よりも水温が高いこと、水温によって摂餌・消化は大きく左右されること（Hathaway 1927）によると考えられる。

② 生物餌料の摂餌個体数

全長9～32mmの仔稚魚のワムシとアルテミアの1回

の摂餌量（ほぼ飽食状態）を調査した結果、全長10mmの仔魚では、ワムシの摂餌量は10個体前後、全長15mmの仔魚ではワムシが60～70個体、アルテミアは30個体前後である。全長20mmの仔魚ではアルテミアは80～100個体摂餌するようになる。その後、全長25mmで110～130個体、全長30mmで130～150個体を摂餌する。その頃になると消化管が完成し、消化速度も飛躍的に向上するため、摂餌から排泄までの回転が早くなると考えられ、多くの餌を摂取できるようになる。



図Ⅷ 3-4 ニシン人工種苗が摂餌したワムシとアルテミアの個体数と全長の関係

● ワムシ $y=0.00150x^{3.940}$ $r^2=0.880$

○ アルテミア $y=0.00113x^{3.768}$ $r^2=0.933$

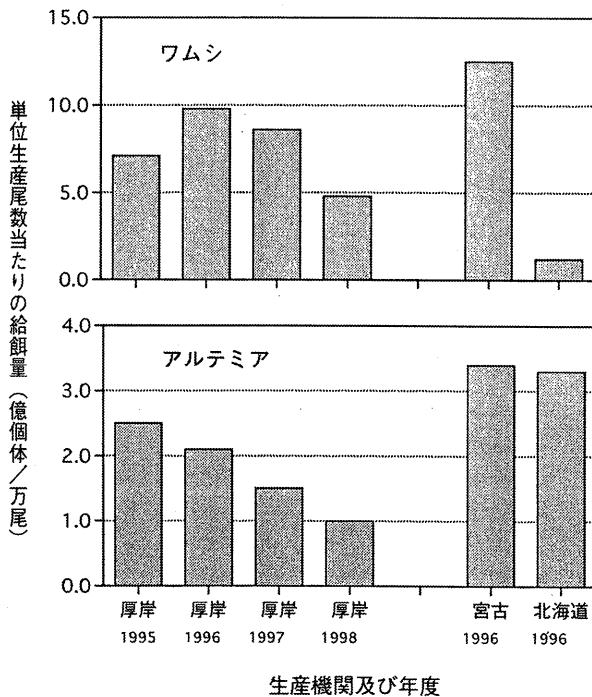
この結果をもとにニシンの仔魚が1回に摂餌可能なワムシとアルテミアの個体数 (Y) と全長 (X) の関係式を求めた。ワムシの場合は $Y=0.00150X^{3.940}$ ($r^2=0.880$), アルテミアの場合は $Y=0.00113X^{3.768}$ ($r^2=0.933$) の関係式が得られた (図Ⅷ 3-4)。給餌を行う際は、摂餌状態をよく観察しながら、過不足ない給餌量と摂餌生態にあわせた給餌設定をすることが重要である。

(3) 配合飼料

配合飼料の給餌はふ化後20日目 (全長18mm) から開始する。給餌開始直後は配合飼料に餌付かせるために日の出から生物餌料を給餌するまでの時間に給餌を集中する。この間の給餌は自動給餌器を使用して10回程度給餌する。この方法により給餌開始後5~7日間ではほぼ配合飼料に餌付けることができる。餌付いた後の給餌方法は、自動給餌器を使用して給餌量の2/3を1日中満遍なく給餌し、摂餌の状況を観察するために、給餌量の1/3を手撒きで行っている。給餌の目安として、1999年に50m³水槽1面でニシン種苗25万尾を生産した際の配合飼料の使用量状況を表Ⅷ 3-3に示した。

(4) 給餌量

ニシンの摂餌特性と消化排泄状態の観察及び単純な消化管の構造などから推察して、アルテミアの給餌量は過度である可能性が示唆され、厚岸事業場では1998年に生物餌料の給餌量の削減試験を行った。給餌量を削減するにあたって、摂餌の状況を観察するとともに、消化管内の生物餌料の摂餌数を計数して、判断を模索した結



図Ⅷ 3-5 ニシン種苗生産におけるワムシ及びアルテミアの単位尾数当たりの給餌量の機関別比較

厚岸：(株)日本栽培漁業協会厚岸事業場

宮古：〃 〃 宮古事業場

北海道：(株)北海道栽培漁業振興公社羽幌事業所

表Ⅷ 3-3 ニシン種苗生産における生物餌料と配合飼料の給餌量 (50m³水槽に1.2万尾/m³収容して生残率が40%の場合)

日令 (日)	ワムシ (億個体)	アルテミア (億個体)	配合飼料 (kg)			
			A	B	C	D
0	2					
1	2					
2	2					
3	2					
4	3					
5	4					
6	5					
7	5					
8	5	0.15				
9	5	0.20				
10	5	0.35				
11	5	0.55				
12	5	0.75				
13	5	0.75				
14	5	0.75				
15	5	0.75				
16		0.75				
17		0.75				
18		0.95				
19		0.95				
20		0.95	0.1			
21		1.20	0.1			
22		1.20	0.1			
23		1.20	0.1			
24		1.50	0.2			
25		1.50	0.2			
26		1.50	0.2			
27		1.80	0.2			
28		1.80	0.2			
29		1.80	0.2	0.1		
30		1.80	0.2	0.1		
31		1.80	0.2	0.2		
32		1.80	0.2	0.2		
33		1.80	0.2	0.2		
34		1.50	0.2	0.2		
35		1.50	0.2	0.3		
36		1.50	0.2	0.3		
37		1.50	0.2	0.4		
38		1.50	0.2	0.4		
39		1.50	0.2	0.6		
40		1.50	0.2	0.6		
41		1.50	0.2	0.8		
42		1.50	0.2	0.9		
43		1.50	0.2	1.2		
44		1.13	0.2	1.3		
45		0.95	0.2	1.4		
46				1.4	0.4	
47				0.8	1.4	
48					2.8	
49					2.8	
50					2.8	
51					2.8	
52					3.3	
53					3.3	
54					3.3	
55					3.3	
56					3.3	
57					3.3	
58					3.3	
59					3.3	
60					4.3	
61					4.3	
62					4.3	
63					4.3	
64					4.3	
65					4.6	
66					4.6	
67					4.6	
68					2.6	2.0
69					2.6	2.0
70						5.0
71						5.0
72						5.0
73						5.0
74						5.0
75						5.0
合計	65.0	46.4	4.7	11.4	79.9	34.0

配合飼料	A: 250-400
粒径 (μm)	B: 360-620
	C: 620-920
	D: 920-1410

果、例年（1995年対照）の給餌量の66%で例年の生残率と同様に生産ができたことから、アルテミアの給餌量を30%程度削減できた。しかし、成長のばらつきが大きくなったことから、1999年には飼育初期の給餌割合を修正することで成長のばらつきについても軽減でき、効率的な給餌基準が設定できている（表Ⅷ 3-3）。

他機関の給餌量と比較をすると、宮古事業場の場合はワムシ、アルテミアともに給餌量は多く、配合飼料の依存度が低い生物餌料中心の給餌を行っている。また北海道栽培漁業振興公社羽幌事業所の場合はワムシの依存率が極めて低く、アルテミアの給餌量が多くなっている（図Ⅷ 3-5）。

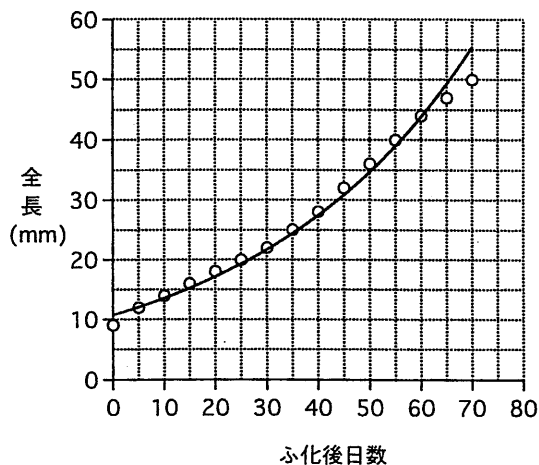
このように各機関により餌料の給餌割合は異なる。省コスト化を図るために可能なかぎり生物餌料を削減することが望ましいが、生物餌料を削減することによる影響についてさらに検討する必要がある。

4. 成長

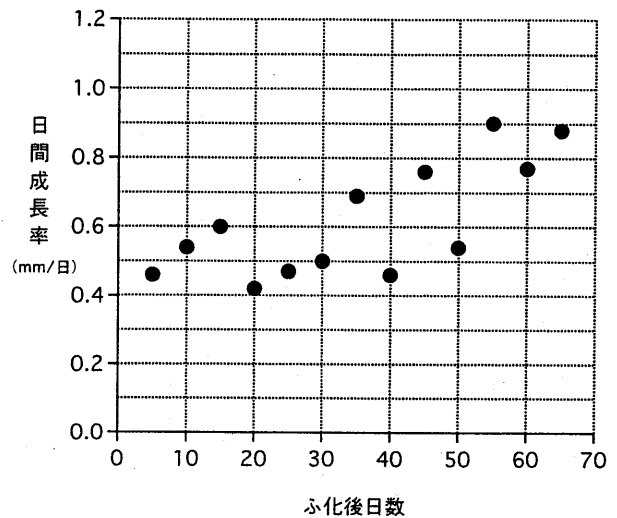
(1) 平均的な成長事例

成長は5～10日間隔でサンプリングした仔稚魚をFA-100（オイゲノール）で麻酔し、20個体以上の全長を測定して求める。また成長のばらつきは全長の変動係数を用いて表わす（変動係数＝標準偏差/平均値）。

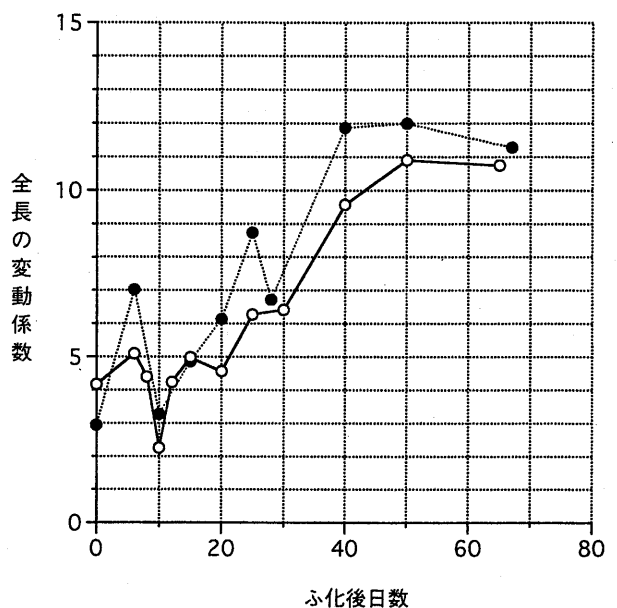
厚岸事業場における平均的な成長は、ふ化仔魚で全長8.5mm、ふ化後10日目で全長14mm、20日目で18mm、30日目で22mm、40日目で28mm、50日目で35mm、60日目で45mm、70日目で50mmとなる（図Ⅷ 4-1）。全長（Y）とふ化後日数（X）の関係は、ふ化後70日目までの範囲では、 $Y=10.725 \times 10^{0.0102X}$ ($r^2=0.986$) の関係式で示されている。1982年に宮古事業場が万石浦ニシンの種苗生産で得られた積算水温（D）と全長（L）の関係式は、 $D=0.838L^{2.016}$ ($r=0.989$) が得られている。また全長と体重の関係については参考資料に示す。



図Ⅷ 4-1 ニシン種苗生産におけるふ化後の平均全長の推移
 $y=10.7253 \times 10^{0.0102x}$ $r^2=0.9858$



図Ⅷ 4-2 厚岸産ニシンの種苗生産における日間成長率の推移



図Ⅷ 4-3 ニシン種苗生産における全長の変動係数の推移
 ○— 風蓮湖産 ●— 厚岸産

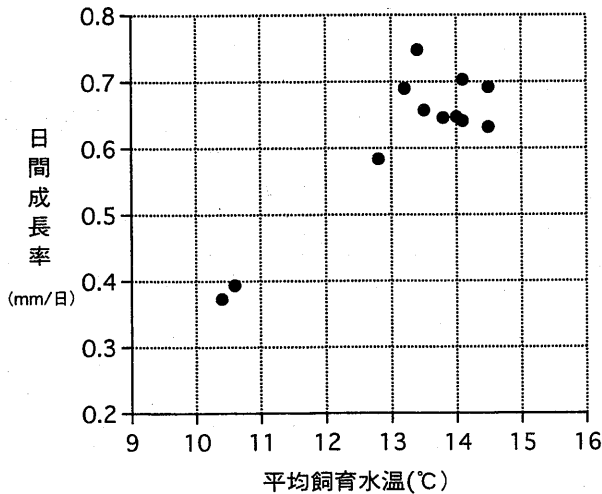
2000年に水温13℃で飼育した事例の5日毎に求めた日間成長率は、ふ化後30日目までは0.4～0.6mm/日で推移し、その後増加する傾向を示し、55日目以降は0.8～0.9mm/日である（図Ⅷ 4-2）。

全長のばらつきを示す変動係数の推移はふ化後20日目から40日目にかけて急激な上昇がみられ、成長のばらつきが生じている（図Ⅷ 4-3）。この時期は生物餌料から配合飼料へ転換する時期にあたり、個々の餌付きの早さの違いが反映していると考えられる。

(2) 飼育水温と成長

1) 飼育水温と日間成長率

1986年に水温設定を10℃と15℃で飼育し、成長を比較した結果、水温10℃では日間成長率が0.37～0.39mm/日、水温15℃では日間成長率が0.69～0.70mm/日となり、明



図Ⅷ 4-4 ニシン種苗生産の平均飼育水温と日間成長率の関係
(厚岸事業場1983～1986年生産事例)

らかに水温15℃の方が日間成長率が高い結果となった。この結果から以降、飼育水温を15℃と設定としていたが、ほぼ同様な給餌を行った1983～1986年について、平均飼育水温と日間成長率の関係を検討した結果、飼育水温が10℃から13.5℃までは水温が高くなるに伴って日間成長

率が直線的に増加するが、13.5℃から14.5℃の範囲では日間成長率はほぼ同様かあるいはやや低下する傾向を示すことが明らかになった(図Ⅷ 4-4)。このことから、成長からみた飼育水温は13.5℃が最適であると考えられる。

2) 飼育水温と省エネルギー化

種苗生産の省エネルギーの試算について、飼育水温を13℃に設定した2000年の事例と飼育水温を15℃に設定した1995～1997年の事例について比較検討した。方法は全長40mmに達するまでの使用水量と水温差の乗算から加温に必要なカロリー計算を行った結果、水温13℃設定の2000年度は加温に必要な総カロリー量が $33.3 \times 10^6 \text{kcal}$ であり、1995～1997年度の水温15℃設定の $43.2 \times 10^6 \text{kcal}$ よりも $9.9 \times 10^6 \text{kcal}$ 少なくすんでいる。水温設定を2℃下げると23%の省エネルギーが可能と試算された(表Ⅷ 4-1)。さらに気温との温度差による放熱分を考慮するとこの差はさらに拡大することが推察される。

以上の結果から推測すると、飼育水温を13℃に設定する試みは省エネルギー面で大きな効果をもたらすと考えられる。

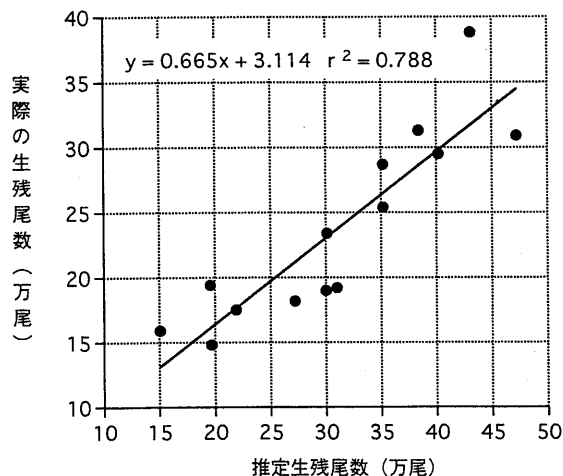
表Ⅷ 4-1 ニシン種苗生産における飼育水温設定を15℃から13℃に下げた場合の全長40mmに達するまでに加温にかかる省エネルギー試算

水温設定	飼育日数 (日)	積算水温 (D°)	地先水温と設定水温 の差の積算水温 (D°)	単純試算した 積算カロリー ($\times 10^6 \text{kcal}$)	単純積算カロリーの割合 (13℃事例/15℃事例) (%)
15℃	54	810.0	453.8	43.2	-
13℃	59	770.5	358.2	33.3	77.1

5. 生残と生産結果

(1) 生残数の推定

水槽内の生残数はふ化後3、4日目に実施する夜間柱状



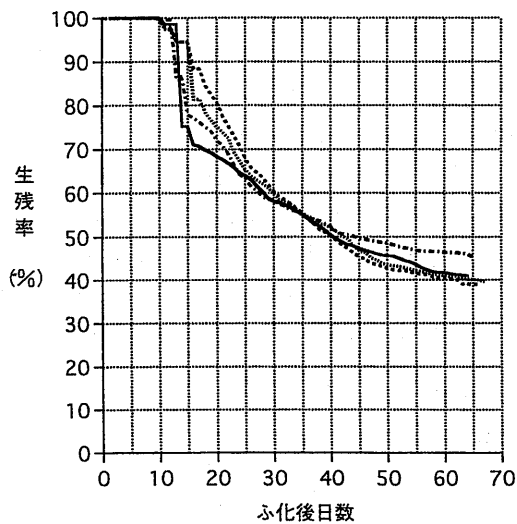
図Ⅷ 5-1 ニシン種苗生産における死亡尾数から推定した生残尾数と実際の生残尾数の関係

サンプリングと毎日の底掃除時の死亡尾数から推定する。取り揚げ時に重量法で換算した尾数と上記の推定の結果を比較すると、推定した生残尾数は高く見積もられる傾向がある。1997～2000年までの14回の種苗生産事例においては、推定生残尾数(X:万尾)と実際の生産尾数(Y:万尾)の関係は、 $Y=0.665X+3.114$ ($r^2=0.788$)の関係式が得られ、推定値の約70%が実際の生残尾数となる(図Ⅷ 5-1)。

(2) 生残率の推移

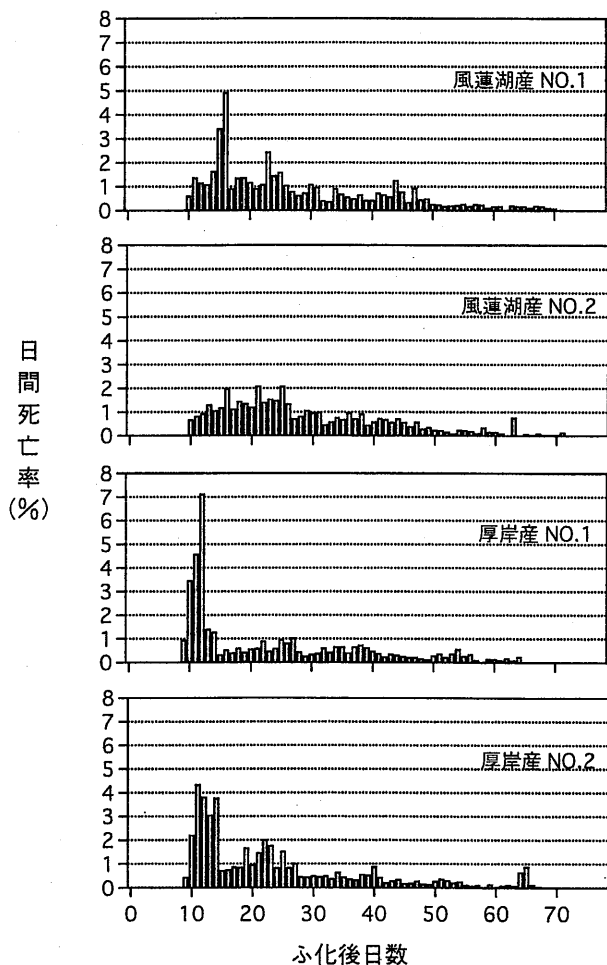
厚岸事業場の1999年の飼育事例における生残率の推移は、風蓮湖産、厚岸湖産ともふ化後10日目までほとんど減耗はみられず、10～15日目にかけて大きな減耗があり、ふ化後15日目までに全体の10～30%が死亡している(図Ⅷ 5-2)。日間死亡率はふ化後10～15日目以最も高く2～7%であり、15～30日目は1～2%となる。その後は1%以下となり、50日目以降、ほとんど死亡はみられない(図Ⅷ 5-3)。1998年からワムシとアルテミアの栄養強化剤をアクアランで行ったことにより生残率は全体で

10%程度向上し、ニシン仔魚の死亡状況は1997年以前にみられたふ化後15~30日目の死亡が減少し、そのかわり15日目までの死亡が比較的多い傾向を示した。



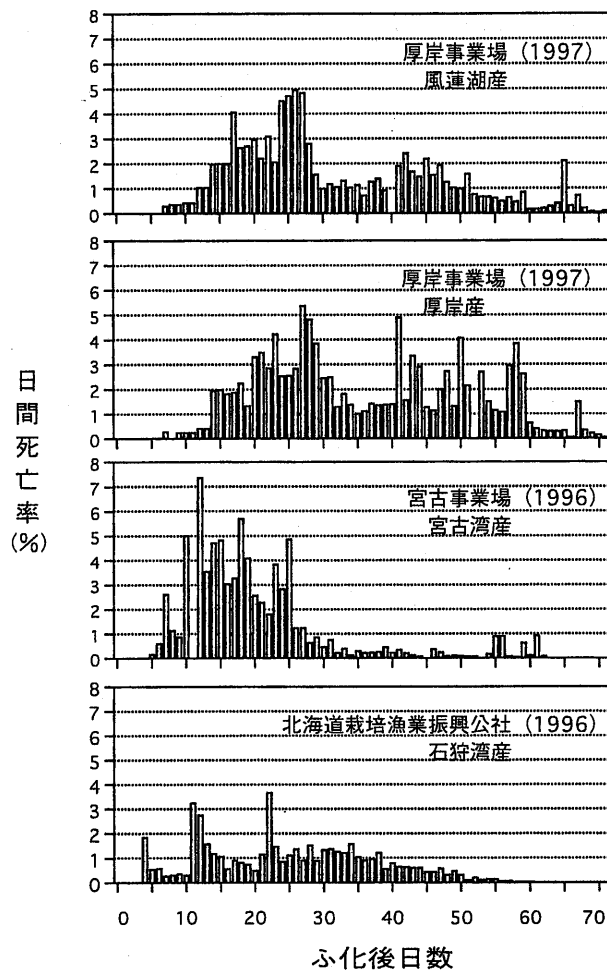
図Ⅷ 5-2 1999年のニシン種苗生産における回次別の生残率

..... 風蓮1 風蓮2
 ——— 厚岸1 厚岸2



図Ⅷ 5-3 ニシン種苗生産における日間死亡率の経日変化 (1999年の事例)

一方、宮古事業場と(社)北海道栽培漁業公社羽幌事業所の1996年の事例の死亡状況について、50m³水槽で1万尾/m³収容した場合に換算した日間死亡尾数で比較した結果(図Ⅷ 5-4)、厚岸事業場の1997年の事例では15~30日目、40~50日目にピークをもつ双峰形を示し、宮古事業場は10~25日目にピークをもつ単峰形を示した。一方(社)北海道栽培漁業公社羽幌事業所の日間死亡尾数は5~40日目まで約4000尾/日(日間死亡率約0.8%)前後を比較的単調な傾向で推移している。このように、ニシンの種苗生産事例の死亡傾向は種苗生産機関あるいは飼育事例により明らかに異なり、それぞれの種苗生産方法の違いが反映していると考えられる。



図Ⅷ 5-4 ニシン種苗生産を実施している各機関における日間死亡率の経日変化

(3) 死亡要因と生残率を向上させる対策

ニシン種苗生産における仔稚魚の死亡要因としては、①卵質由来、②発育段階の脆弱な時期、③餌料の切り替えに伴う餌付き不良、④栄養的欠損、⑤ALC標識処理などが考えられる。

卵質に関する報告は、飯塚(1962)が厚岸ニシンにおいて卵黄の大きさと生き残りに関する考察をしているが、卵質に関する知見はまだまだ判定する手法すらない状

況である。発育段階に関しては、日間死亡率の推移から器官形成が急速に進む、体長10~30mmの後期仔魚期に死亡率が高い傾向を示している。この時期は変態に伴うエネルギー不足に陥りやすく、餌料の切り替えが順調に行われないと、エネルギー源の枯渇による器官形成への影響が考えられ(福田,1986)、脆弱化に伴う死亡が起こると考えられる。これに関連して生物餌料の栄養強化の失敗等による栄養的欠損についても考えられる。またALC標識処理については急激な飼育環境の変化に伴う物理的要因により死亡する確率が高くなるため慎重に作業を実施することが必要である。また、前述した発育段階の弱い時期にALC処理を行うと死亡率が高くなる傾向がある。

ニシン種苗生産過程での死亡を軽減する基本的な対策

としては、ニシン仔魚に十分に栄養強化した生物餌料を飽食させること、配合飼料への切り替え時に餌付けを十分に行うこと、成長にみあう換水と底掃除の徹底により良好な水質条件を維持することが必要である。一方、ニシン仔魚に対するストレスである物理的刺激を可能な限り軽減した飼育環境(特に飼育照度に注意)を安定的に維持することが重要なポイントとなる。

(4) 種苗生産結果と生産尾数の試算

厚岸事業場における風蓮湖ニシンと厚岸ニシンの種苗生産結果の一覧を参考資料に示した。種苗生産水槽の増加もあるが、種苗生産技術の向上により種苗生産を開始した当初20万尾以下の生産であったものが、1993年から50万尾生産が可能になり、1998年には100万尾生産を達成している(表Ⅷ 5-1)。

表Ⅷ 5-1 厚岸事業場におけるニシン種苗生産の推移

年	生産尾数(万尾)	平均全長(mm)	平均生残率(%)
1982	8.4	65.9	46.0
1983	10.3	65.2	38.6 (29.0 ~ 61.8)
1984	18.3	46.1	69.6 (63.6 ~ 81.0)
1985	33.8	63.2 (58.0 ~ 68.3)	58.0 (6.2 ~ 68.2)
1986	25.4	46.4 (45.0 ~ 47.7)	61.8 (22.8 ~ 64.9)
1987	33.6	48.8 (44.5 ~ 53.0)	52.0 (42.9 ~ 56.9)
1988	29.7	52.2 (50.8 ~ 53.6)	26.7 (21.4 ~ 61.1)
1989	39.4	52.3 (50.9 ~ 53.6)	40.0 (36.2 ~ 56.5)
1990	15.6	48.5 (42.5 ~ 54.4)	15.8 (0.0 ~ 52.2)
1991	27.9	42.3 (31.0 ~ 53.5)	30.0 (19.6 ~ 40.4)
1992	37.2	42.4 (41.7 ~ 43.0)	22.0 (15.5 ~ 28.4)
1993	53.5	46.6 (24.4 ~ 70.0)	36.2 (25.3 ~ 47.2)
1994	76.1	44.5 (41.2 ~ 46.9)	34.3 (31.7 ~ 38.4)
1995	90.4	45.8 (43.3 ~ 52.6)	31.1 (27.7 ~ 45.8)
1996	91.7	49.4 (41.4 ~ 60.1)	35.6 (29.5 ~ 45.7)
1997	67.6	42.4 (29.1 ~ 58.1)	33.5 (30.7 ~ 36.6)
1998	111.9	39.4 (27.2 ~ 60.4)	45.7 (31.5 ~ 57.4)
1999	109.9	40.7 (28.3 ~ 55.0)	41.1 (38.9 ~ 45.0)

上述した種苗生産方法を実施することにより、収容から取り揚げ・沖出しまでの生残率は40%以上が見込まれ、ふ化仔魚の収容密度を1.5万尾/m³とすれば0.6万尾/m³以上の生産密度が期待できる。その結果、50m³水槽1面で30万尾以上の生産が可能と試算された。

6. 形態異常

ニシンの人工生産種苗はほとんどが放流される。形態異常魚は放流後の生き残る確率は低く、種苗性の観点から大きな問題である。また厚岸事業場で生産した人工種苗は他機関と比較すると特に脊椎骨異常魚の割合が多く、ここでは厚岸事業場が取り組んできた形態異常防除について検討した結果を紹介する。

(1) 外部形態異常

1) 調査方法

異常が判別しやすい様に中間育成を終了した全長70~100mmの種苗を対象に調査を行う。サンプルは100尾程度を麻醉あるいは氷蔵し、全長と体重を測定した後に肉

眼観察で外見を検査する。

2) 外部形態異常の症例

外部形態異常は以下のように短軀、鰓蓋欠損、咽峡突出、下顎不整合、上顎変形、前頭部変形、脊椎湾曲に区分している(図Ⅷ 6-1)。

「短軀」は脊椎骨異常の特に脊椎骨癒合に起因し、体型が寸詰まりになる異常。

「鰓蓋欠損」は鰓蓋骨が欠損し、鰓葉がむき出しの状態になる異常。

「咽峡突出」咽峡が下方へ突出する異常。

「下顎不整合」下顎が左右対称でなく、上顎と噛み合わせが悪い異常。

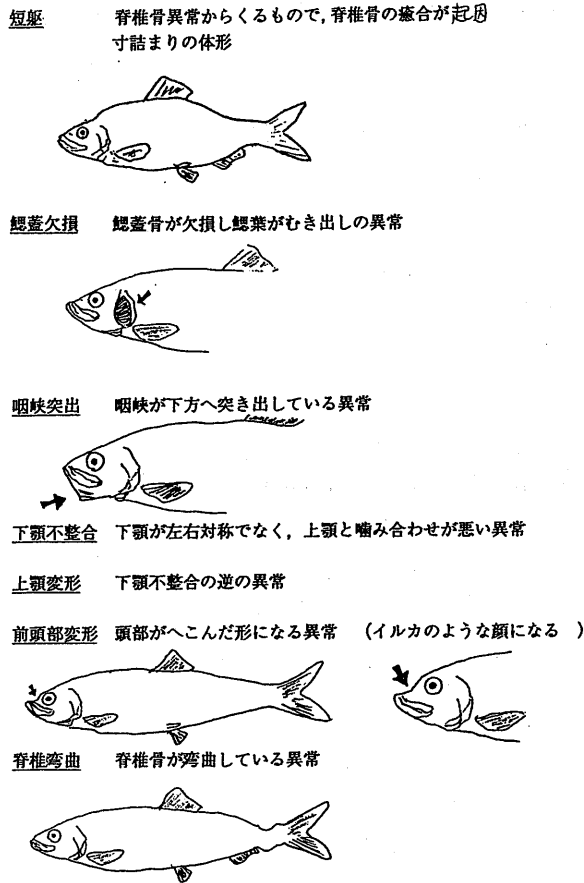
「上顎変形」下顎不整合の逆に上顎の変形する異常。

「前頭部変形」頭部の上面が凹んだ形になる異常。

「脊椎湾曲」脊椎骨が湾曲し、体軀が変形する異常。

厚岸事業場の外部形態異常については生産年度により出現症状に違いがみられ、異常率はおおむね5~10%程度である。1999年度の結果を示すと、風蓮湖産、厚岸産

とも6~8%であった。内訳は短軀と下顎の異常（咽峡突出，下顎不整合）が多い傾向を示している。



図Ⅷ 6-1 ニシン人工種苗の外部形態異常の分類

(2) 脊椎骨異常

1) 調査方法

① サンプルの保存

軟X線撮影用のサンプルは中間育成後の種苗を使用する。サンプリングはランダムに採集後、冷蔵して持ち帰り、全長と体重測定後にバットにラップを敷いた上に並べ、冷凍する。

② 軟X線撮影

ニシン種苗の軟X線像は上記に示した方法で冷凍保存したサンプルを、撮影フィルム上に並び替えて、SOF-TEX C-60を使って撮影する。フィルムはFUJI X-RAY FILM FR 4切（エンベロップケース入り）を使用する。観察は実体顕微鏡を用い、脊椎骨が癒合した骨数を計数した。脊椎骨の異常度合いを癒合脊椎骨数で表し、軽度が1個，中度が2~5個，重度が6~10個，極めて重度が10個以上と区別する。

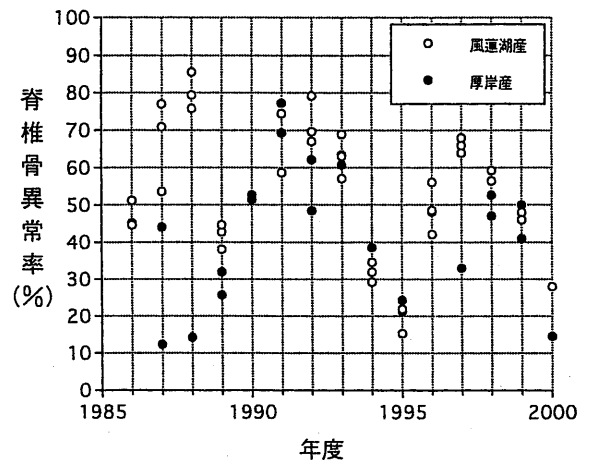
③ 硬骨染色透明標本

標本の作製は河村・細谷（1991）の方法に従い、硬骨はアリザニンレッドで染色，筋肉の透明化は水酸化カリウムを使用する。脱脂はキシレンを使用し，脱水後，グリセリンに置換して透明標本を作製する。作製に供する

サンプルは10%ホルマリンに2週間以上浸漬保存したものを使用する。

2) 脊椎骨異常防除対策の経過

厚岸事業場の生産種苗は脊椎骨の異常率が高く，調査を開始した1986年から1999年までの量産種苗の回次別の脊椎骨異常率の平均は50.4%である。最も高かった飼育例は1988年の風蓮湖産の85.6%，最も低かった事例は1987年の厚岸産の12.3%である（図Ⅷ 6-2）。最近最も脊椎骨異常率が低かった事例は1995年であり，脊椎骨異常が低い要因として生物餌料の栄養強化剤の種類であると考えていたが，次年度以降は再現されず，その後も栄養強化剤と配合飼料の種類とアルテミアの給餌量の検討を行ったが，1999年までは効果的な対策は見いだされなかった。2000年になって脊椎骨異常の直接の原因のひとつとして，物理的刺激に驚愕した稚魚が水槽壁に突進して頭部より衝突することで脊椎骨にダメージをうけ，発達過程の椎体が異常化することが示唆された。そこで，物理的刺激の軽減と飼育環境の安定化を図るために，照度調節等の対策を講じることにより脊椎骨異常は軽減された。



図Ⅷ 6-2 厚岸事業場のニシン生産種苗の脊椎骨異常率の推移

3) 天然魚の脊椎骨異常の実態

小林（未発表）は太平洋ニシンの各地の天然魚のサンプルについて脊椎骨異常を調査した（表Ⅷ 6-1）。その結果，日本沿岸のニシンについては湖沼性ニシンの脊椎骨異常が多い傾向がみられる（図Ⅷ 6-3）。天然魚の脊椎骨異常率は湧洞沼ニシンで5.76%と最も高く，次いで尾駁沼ニシンの2.43%である。脊椎骨異常率が1%を超えているニシンは風蓮湖，能取湖，厚岸など湖沼性ニシンが多い。一方，海洋性地域型ニシンの石狩湾ニシンと万石浦ニシンの異常率はそれぞれ0.5%，0.43%と比較的低い。また，1998年に実施した風蓮湖と厚岸の天然魚の調査ではわずかではあるが小林（未発表）の示した値よりも異常率が高い傾向にある。

以上のように少なくとも太平洋ニシンは天然魚でも脊

椎骨異常が確認され、湖沼性が強くなるほど異常の割合は増加することが示されている。

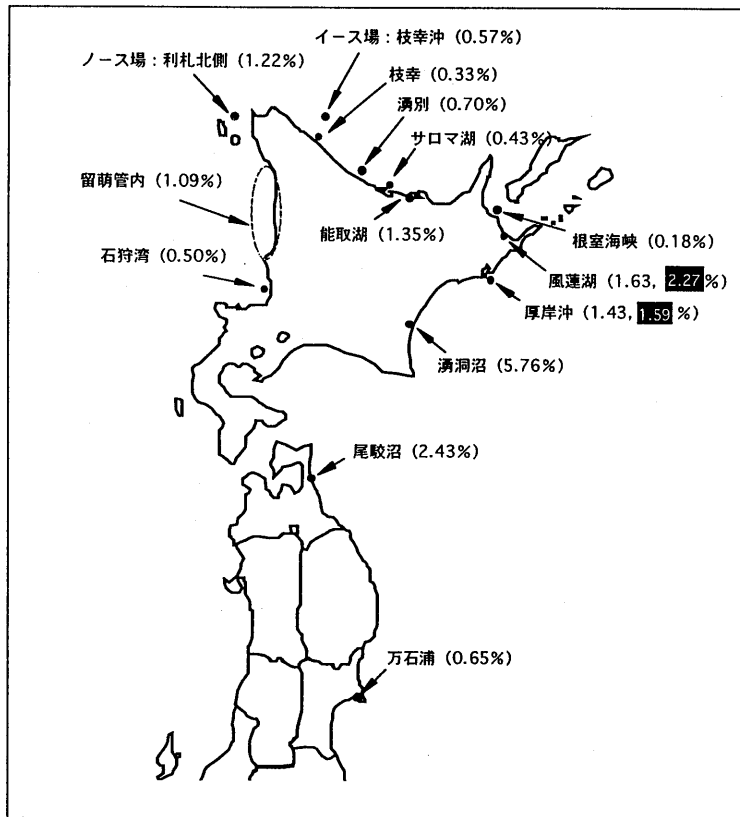
表Ⅷ 6-1 太平洋ニシンの脊椎骨異常異常個体の出現率調査 (小林, 提供)

海域	採集年	測定尾数 (尾)	個体数 (尾)	出現率 (%)
風蓮湖	1981 - 1987	734	12	1.63
風蓮湖	1998	88	2	2.27
湧洞沼	1979 - 1985	330	19	5.76
尾駁沼	1980 - 1986	206	5	2.43
万石浦	1980 - 1983	153	1	0.65
佐呂間湖	1979 - 1985	464	2	0.43
能取湖	1979 - 1980	222	3	1.35
石狩湾	1980 - 1983	596	3	0.50
留萌管内	1986 - 1987	642	7	1.09
ノース場*	1984 - 1986	657	8	1.22
イース場**	1979 - 1987	1,230	7	0.57
枝幸	1984 - 1987	299	1	0.33
湧別	1987	142	1	0.70
根室海峡	1980 - 1986	1,142	2	0.18
厚岸沖	1980 - 1987	631	9	1.43
厚岸沿岸	1998	189	3	1.59
樺太西岸	1976 - 1988	413	4	0.97
オホーツク海北部	1975 - 1976	181	1	0.55
ギジガ湾	1976	141	3	2.13
オリュートル	1975 - 1976	117	2	1.71
ベーリング海	1979 - 1984	510	2	0.39
アラスカ湾	1979 - 1984	461	7	1.52
サンフランシスコ湾	1979	232	4	1.72
黄海	1984	131	1	0.76

*: 利札北側の沖底漁場

** : 枝幸沖の沖底漁場

■ : 1998年度厚岸事業場調査分

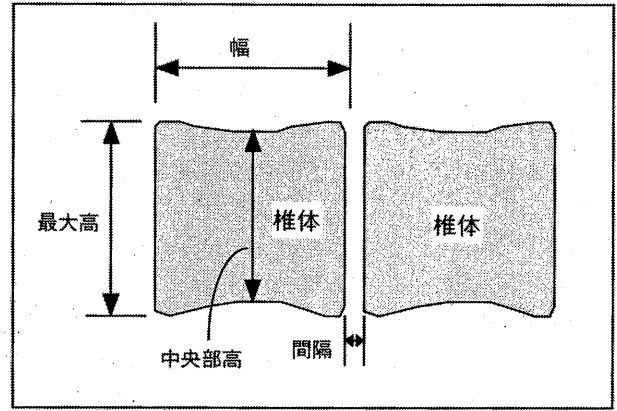


図Ⅷ 6-3 日本周辺海域の太平洋ニシンの脊椎骨異常個体の出現率 (小林, 提供)
白抜き部分は日本栽培漁業協会1998年調査

4) 脊椎骨の発達過程

椎体の発達過程をみるために全長24~59mmの種苗の脊椎骨及び椎体の各部の発達の状態を観察し、椎体の最大高、最大幅、中央部高、隣接する椎体の間隔を測定し(図Ⅷ 6-4)、各部位長を全長で除した比全長で比較する。

硬骨染色標本による脊椎骨の発達過程を整理すると以下ようになる(表Ⅷ 6-2)。椎体の化骨形成は全長20mm前後で始まり、全長25mmには長方形の形状を示し、神経棘と血管棘の原基が出現し、隣接する椎体の間隔が広いのが特徴である(図Ⅷ 6-5A)。全長30mmでは神経棘と血管棘は伸長し(図Ⅷ 6-5B, C)、全長35mm



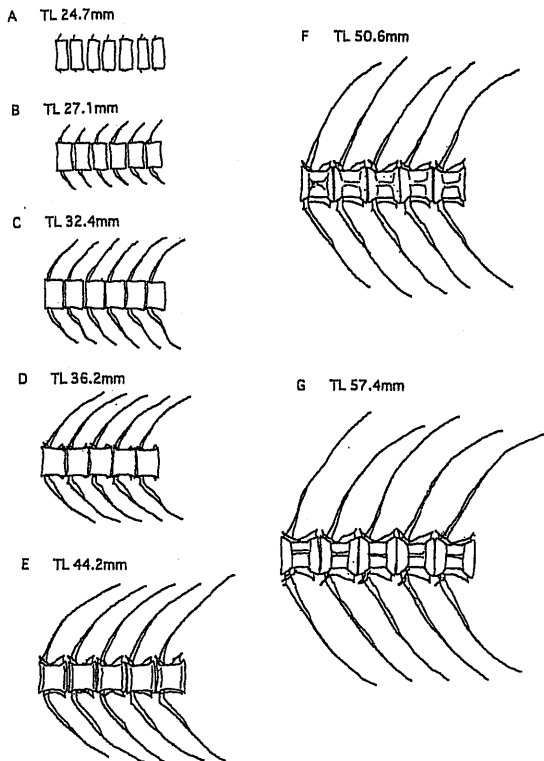
図Ⅷ 6-4 ニシン仔稚魚の椎体の測定部位

表Ⅷ 6-2 ニシン人工種苗における脊椎骨の発達と異常の出現状況

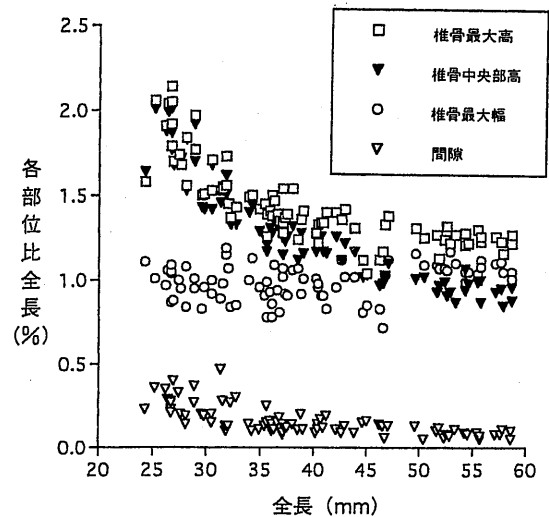
日齢 (日)	平均全長 (mm)	椎体の形状	椎体発達の状況	椎体周囲の補強過程	異常の判別
40	25	長方形	隣接する脊椎骨の間隔が広い	神経、血管棘の原基出現	判別不可能
45	30		中央部凹み開始	神経、血管棘の伸長	判別不可能
50	35		脊椎骨の間隔が狭くなる	神経、血管両関節突起原基出現	脊椎骨の形状に変形確認、ずれ確認
55	40	長方形が鼓型に変化	中央部凹みが明瞭となる		肥大、接着、癒合初期症状確認
60	45		隣接椎体間隔が僅かとなる	神経、血管両関節突起の伸長	肥大増加、癒合確認
65	50	鼓型	椎骨の幅の増長顕著	椎体縦方向の付属突起隆起	癒合増加
70	55		椎体の形状=各部位比率安定化		顕著に癒合した事例有り
75	60	成魚とほぼ同型		ほぼ完成	外観で短軀症状確認

に達すると隣接する椎体の間隔は狭まり、以降漸減し(図Ⅷ 6-6)、神経両関節突起及び血管両関節突起の原基が

出現する(図Ⅷ 6-5D)。全長40mmには椎体は中央部の凹みが明瞭になり鼓型に変化する。全長45mmでは隣接する椎体間隔がわずかとなり、神経両関節突起及び血管両関節突起は伸長し、明瞭となる(図Ⅷ 6-5E)。全長50mmに達すると椎体は完全に鼓型を呈し、椎体幅が顕著に増加し、椎体を補強する縦方向の付属突起が隆起する(図Ⅷ 6-5F)。全長55mmを超えると椎体の形状を表



図Ⅷ 6-5 ニシン人工種苗の脊椎骨の発達過程



図Ⅷ 6-6 ニシン人工種苗の成長に伴う脊椎骨の各部位長の比全長の推移

す各部位の比全長は安定化し（図Ⅷ 6-6）、60mm にはほぼ成魚と同様な脊椎骨が完成する（図Ⅷ 6-5G）。

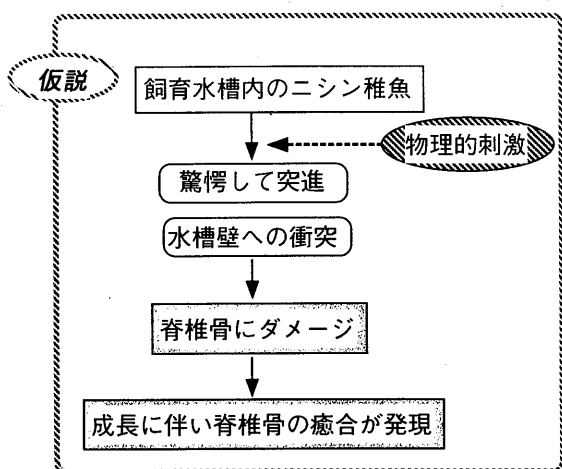
以上のように、ニシンの脊椎骨の発達は全長20mm から椎体が骨化されてから、特に全長35mm までが著者に椎体の形状が変化し、その後椎体を支持補強する付属突起の形成が全長50mm までに急速に進み、以降成魚とほぼ同型に達することが明らかになった。

5) 脊椎骨異常の発現要因と対策

① 発現要因の仮説と検証

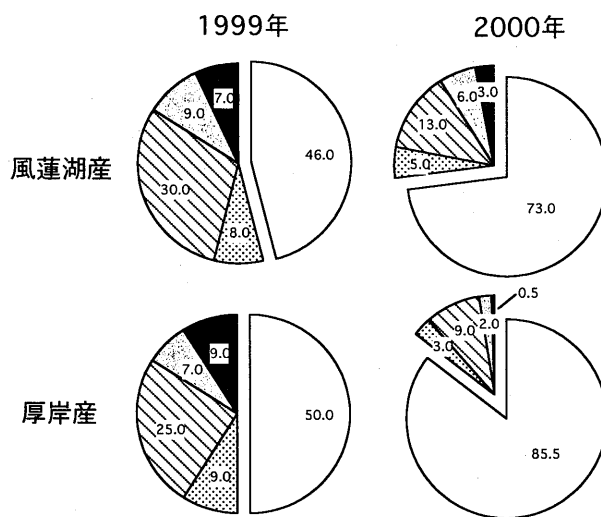
2000年には、これまでの調査の結果と生産種苗の観察から、脊椎骨異常の発現する要因として物理的刺激による水槽壁への衝突が脊椎骨へ障害を及ぼし、癒合を引き起こすとの仮説を立てた（図Ⅷ 6-7）。仮説を検証するための対策として物理的刺激に対する過敏な反応を軽減させる低照度飼育を検討し、同時に飼育作業に伴う刺激を極力軽減させた。

外部刺激の軽減については底掃除等の作業時の刺激を軽減することを徹底した。また飼育水槽の照度調整は遮



図Ⅷ 6-7 ニシン脊椎骨異常が発現する要因の仮説

光幕の設置と淡水クロレラの飼育水添加を強化した。厚岸事業場の飼育施設は水槽上部に黒色の遮光模がかけられていたが、同一場所での照度の変化は大きく、場所による照度のばらつきも大きかったため、上部の遮光を強化し、全面を覆うことにより照度変化と場所によるばらつきを軽減させた。また飼育水にクロレラを添加する期間を30日間延長し、50日目までとした。これらの対策の結果、飼育照度は99~30,400luxであった照度が2~450luxに低下し（表Ⅷ 6-3）、日間照度変化も最大で260luxと少なくなった。なお他機関の飼育照度をみると宮古事業場が90~1,700lux、北海道栽培漁業振興公社羽幌事業所が1~903lux、別海町ニシン種苗生産センターが55~850luxであった（表Ⅷ 6-3）。



図Ⅷ 6-8 厚岸事業場における1999年と2000年のニシン生産種苗の脊椎骨癒合の比較

□ 正常 ▨ 軽度(1) ▩ 中度(2~5)
 ■ 重度(6~10) ● 極めて重度(10<)

表Ⅷ 6-3 ニシン種苗生産機関の飼育照度調節方法と飼育照度

機関	上面の照明	屋根の明かり取り	上部遮光ネット	側面遮光ネット	照度 (lux)
日本栽培漁業協会厚岸事業場（前）	自然光	有り	有り、不完全	なし	99~30,400
日本栽培漁業協会厚岸事業場（現在）	自然光	有り	有り、完全、強化	なし	2~450
日本栽培漁業協会宮古事業場	自然光	有り	有り	有り	90~1,700
北海道栽培漁業振興公社羽幌事業所	人工光	なし	なし	なし	1~963
別海町ニシン種苗生産センター	人工光	なし	なし	なし	55~850

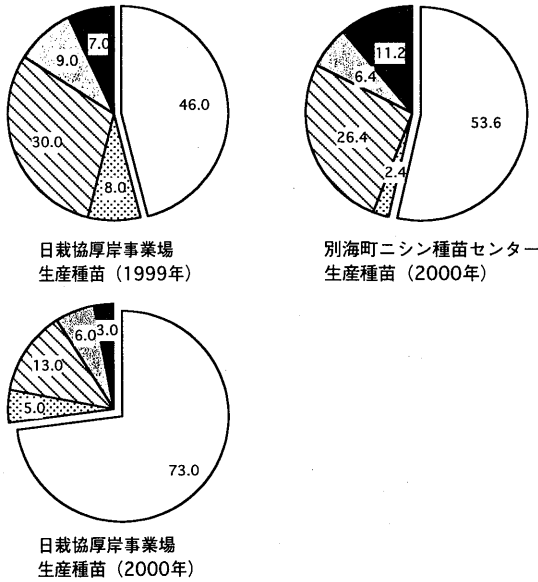
2000年には上述した対策を講じて、種苗生産を行ったところ厚岸事業場の日齢30の種苗においても、透明なカップで種苗をすくった際にカップ内の種苗の狂奔状態はみられず、1999年と比較すると刺激に対して過剰反応が少ない種苗であると推察された。

軟X線像による脊椎骨異常調査の結果、2000年に生産

した種苗の脊椎骨の正常率は風蓮湖産が73.0%、厚岸産が85.5%であり、1999年の正常率がそれぞれ46.0%、50.0%であるのに比べると約35%向上した（図Ⅷ 6-8）。軟X線像で判別できる脊椎骨異常は隣接する脊椎骨が癒合する症状であり、症状の程度を脊椎骨癒合個数で5段階に分類して比較すると中度（癒合脊椎骨数が2~5個）

の割合が最も多く (図Ⅷ 6-8), その傾向は1999年と同様であった。

同日に採卵した別海町ニシン種苗生産センターの生産種苗と比較すると, 別海町ニシン種苗生産センターの正常率が53.6%であるのに対して, 厚岸事業場は73.0%と約20%高い正常率となった (図Ⅷ 6-9)。



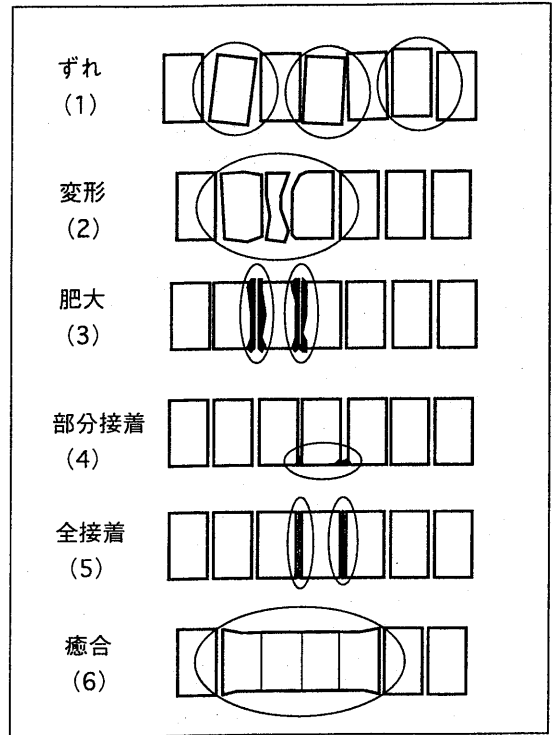
図Ⅷ 6-9 風蓮湖産ニシン生産種苗における脊椎骨癒合の比較
 □ 正常 ▨ 軽度(1) ▩ 中度(2~5)
 ▧ 重度(6~10) ■ 極めて重度(10<)

② 脊椎骨異常の区分と発現時期

脊椎骨の異常の状況をより詳細に検討するため, 硬骨染色標本を作製して脊椎骨の異常の症状を実体顕微鏡で観察し, 椎骨の異常の症状を, ずれ(1), 変形(2), 肥大(3), 一部接着(4), 全体接着(5), 癒合(6)の6つに区分した (図Ⅷ 6-10)。1999年の厚岸事業場で生産した風蓮湖産種苗と2000年に別海町ニシン種苗生産センターで生産した風蓮湖産種苗の脊椎骨異常率が高かった事例について観察すると, 全長33mm 前後から脊椎骨に異常が確認され, 主に椎体のずれと変形がみられた (図Ⅷ 6-11)。全長40mm を超えると重度な脊椎骨異常個体が出現し, 隣接する椎体全体が接着する症状や癒合の割合が多くなり (図Ⅷ 6-11, 写真Ⅷ 6-1), 全長55mm を超えるとさらにその割合は高くなり, 顕著に癒合する個体が確認された (表Ⅷ 6-2)。

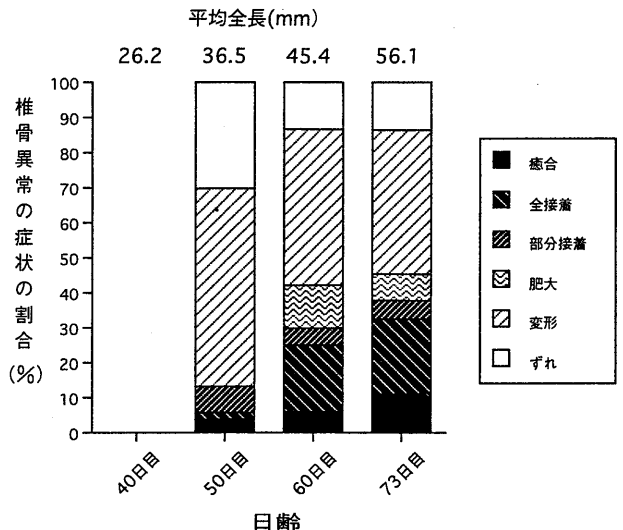
③ 脊椎骨異常の発現過程の推定

上記の結果から, 脊椎骨は全長20mm から35mm までに基本となる椎体形状の変化が著しく, それ以降も椎体を支持補強する付属突起の発達が顕著になることが判明した。硬骨染色標本の観察から脊椎骨の異常は全長35mm 前後から確認され始め, 成長に伴い異常の度合いは進行することが明らかとなった。脊椎骨の異常は椎体のずれ, 変形から始まり, 隣接面の肥大と接着により癒

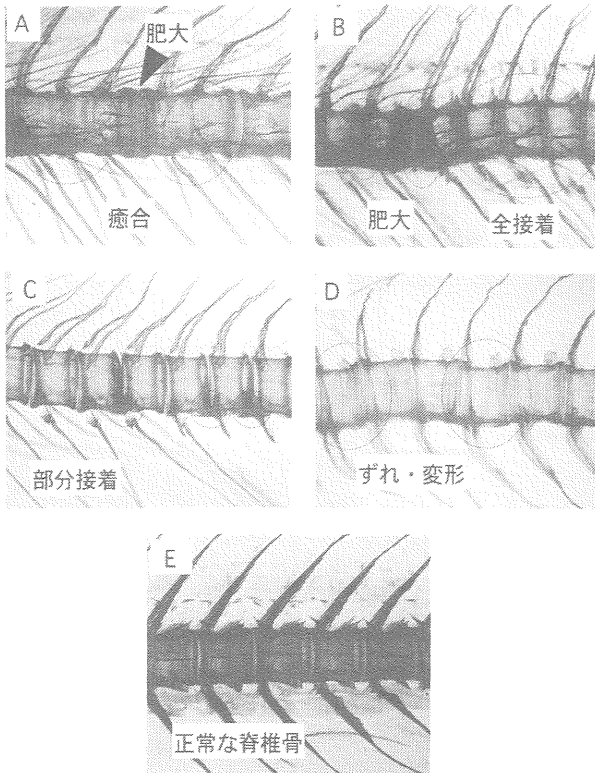


図Ⅷ 6-10 ニシン脊椎骨異常の症状の区分

合することが推察された。骨化の過程では骨異常が起きやすいことが考えられ, マダイやアユなどでは飼育環境や栄養欠陥等の要因によって異常は発現することが知られている。2000年に行った飼育中の行動観察により, 椎体のずれや変形は衝突による衝撃が起因すると考えられ, 上記の時期は福田 (1986) 指摘しているが全長30mm 以降, 体軀の筋肉の発達に伴い遊泳速度が急激に増加する時期と一致し, 突進速度の増加が衝撃を増大させ, 脊椎骨への損傷を助長していると考えられる。



図Ⅷ 6-11 ニシン人工種苗における各日齢の椎骨異常の症状の割合 (厚岸事業場 1999年生産種苗)



写真Ⅷ 6-1 ニシン人工種苗の脊椎骨異常の区分

7. 耳石への標識処理と検出方法

道東海域のニシンの放流調査においては、1983より1989年まで外部標識法が用いられていたが（山本・尾花2000）、標識装着時の魚体を全長10cmまで成長させないと標識装着後に死亡が多いこと、脱落率が高いこと（リボンタグでは90.3%）、標識装着に要する時間がかかること等の理由により現在では使用されていない。それに代わって内部標識の耳石蛍光標識法が種苗放流用に実用化されている。ニシンで標識剤として利用されている化学物質はアリザリン・コンプレクソン（蛍光金属指示薬、以下 ALC）と塩酸テトラサイクリン（抗生物質、以下 TC）の2種類がある。標識処理方法として浸漬方法と経口投与方法の2通りあり、2種の標識剤についてニシンで試験した結果について述べる。

(1) 浸漬方法

1) ALC

ALC 標識処理の濃度について山本（1992）が道東海域ニシンの20、40日齢サイズにおいて検討した。ALC濃度が20ppmと40ppmでは染色のされ方に差はなく、10ppm以下では標識の確認が不可能で、80ppmでは大量死に至った。これらの試験の結果から、標識剤の濃度は20ppmが適正であること、標識処理時間は24時間で十分であることがわかった。

留意点として ALC 溶液を飼育水に添加すると急に暗くなってニシン仔魚がパニック状態になり、水槽壁等で擦れて死亡する。これを防ぐために、水槽上部の各角に

設置した容器からエアチューブを使って ALC 溶液をサイフォンで飼育水へゆっくりと添加する。その際飼育水をエアレーションにより回転させておき、ALC 溶液が水槽の外側から内側へ回り込むようにする。また、酸欠を防ぐためにエアレーションとは別に純酸素を分散器2個で微通気する。なお ALC 浸漬中は生物餌料のみ通常通り給餌する。

2) TC

吉村（2000）は、水温9℃前後で飼育した日齢47の全長17～18mmのニシン仔魚を使用して TC 濃度200ppmにより24時間の浸漬を行った結果、明瞭な蛍光を確認している。

(2) 経口投与方法

1) ALC

尾花（1994）は、全長80mmサイズのニシン種苗を使用して、配合飼料の0.5～5%の ALC を添加した餌料で10日間給餌したが耳石には ALC による標識は確認されず、ALC の経口投与方法による標識装着は困難であると結論づけている。

2) TC

山本（1999）は、平均全長60mmの種苗を使って5日間の TC の経口投与方法による標識試験を行った。TC の配合飼料への吸着方法は、TC を蒸留水で透明なオレンジ色になるまで溶解させ（TC10g/蒸留水25mlを目安）、その溶液を霧吹きで市販の配合飼料に吸着させ、展着剤で封入し（配合飼料の1%添加）、冷蔵庫内で風乾させた後使用した。給餌は飽食量を1日4回手まきで行った。その結果、設定した配合に対する TC 添加の割合が5%の区では蛍光の確認はできるが、明瞭さに欠けた。しかし10%の区が耳石に明瞭な蛍光が確認され、2年間継続飼育した成魚においても確認された。

(3) 耳石標識の識別

1) 耳石の採取と処理

採取する耳石は最も大きい扁平石で、扁平石は内耳の小嚢内に存在する。内耳は小脳の後方側面に位置し、頭蓋骨の後頭部の内部に収められている。耳石を採取する方法として、上面からメスで切れ込みを入れる方法と下方部からピンセットで薄骨を剝離する方法の2手法ある。

① 上方からの採取（写真Ⅷ 7-1：稚内水産試験場吉村氏より提供）

ニシンの頭蓋骨は比較的柔らかく、メスで比較的簡単に切断できるため、頭部上面中央部を横断するようにメスで切れ込みを入れ、吻部を下方に折るようにして頭蓋骨後部を破断し耳石を露出させる。切れ込み位置の目安として、眼の後縁のやや後方の頭頂部から、尾の方へ少し斜めに切り込む。露出した耳石を割れないように注意深くピンセットで採取する。

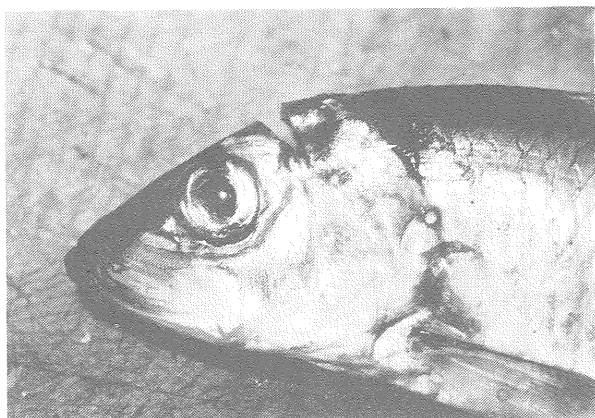
② 下方からの採取（写真Ⅷ 7-2）

耳石が内耳の後方下部に位置することから、手で魚を絞める段取りで喉部を下方に引っ張り、頭蓋骨の底部にあたる場所を露出させ、少し折り曲げる状態にして鰓の上部基部の前方の骨をピンセットで剝離することにより耳石を露出させ、後割れないように注意深くピンセットで採取する。

2) 耳石標識の確認

耳石標識の確認は蛍光顕微鏡を使用し、ALCはG励

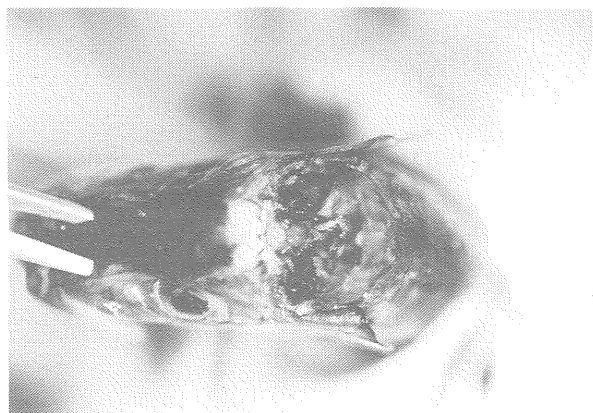
起フィルターで赤色に、TCはB励起フィルターで黄色に発光する。留意点として、ALCの場合は問題ないが、TCの場合は、耳石を取り出してから紫外線の影響でTCの活性は急激に減退し、10日前後で蛍光は極めて弱まる。そのため耳石の取り出した後に数日間で確認作業を実施するか、または暗所に保管する必要がある。また乾燥した状態での蛍光の弱化もあるために蒸留水に漬けた状態で保存する方が良い。



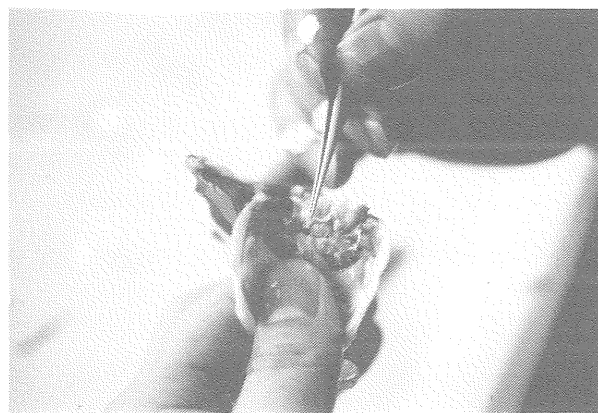
写真Ⅷ 7-1 a 耳石採取方法1 頭部をメスで切開
(北海道立稚内水産試験場吉村氏提供)



写真Ⅷ 7-2a 耳石採取方法2 頭蓋骨底部の骨を剝離



写真Ⅷ 7-1 b 耳石採取方法1 ピンセットで耳石採取



写真Ⅷ 7-2b 耳石採取方法2 ピンセットで耳石採取

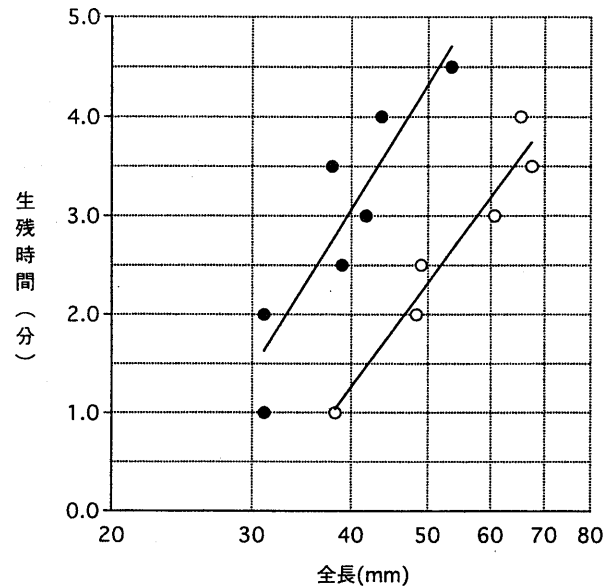
IX. 取り揚げ, 輸送

全長40mmに達した種苗は生産尾数を推定するために取り揚げし、沖出ししやすいように陸上水槽に設置した小割網に收容し、中間育成場まで輸送する。本章では取り揚げと種苗の計数方法及び沖出しと輸送の方法について記述する。

1. 取り揚げ

(1) 取り揚げサイズ

取り揚げはハンドリングに対する耐性が向上する平均全長が40mmを越える日齢60日目以降に行う。理想的には全長50mmと考えられ、全長50mmは鱗が全体に形成される時期であり(内田ら 1958)、骨形成も完了し、椎体は発達し充実してくる。また軀体部筋肉の充実にもなう頑強性がそなわり、干出耐性においても全長40mmから50mmにかけて急激に高くなる(図X 1-1)。このように全長50mmは理想的ではあるが、実際には1997年から2000年に量産試験で取り揚げたサイズは平均全長37.6~51.7mmの範囲で、その平均は40.8mmであった(表IX 1-1)。



図IX 1-1 ニシン人工種苗の干出試験設定の基準線の推定

● 生残下限 $y=13.0 \text{ LOG}(x)-17.7 \quad r^2=0.814$

○ 死亡上限 $y=10.9 \text{ LOG}(x)-16.2 \quad r^2=0.934$

表IX 1-1 ニシン種苗生産における取り揚げ後の死亡率

年度	回次	日令 (日)	取り揚げ全長 (mm)	取り揚げ尾数 (万尾)	生産密度 (尾/m ²)	生残率 (%)	取り揚げ後の死亡率 (%)
1997	風蓮1	64	42.6	14.8	2,960	30.7	1.52
	風蓮2	65	42.9	17.5	3,500	36.6	2.11
	風蓮3	65	43.5	15.9	3,180	36.0	2.67
	厚岸	66	40.6	19.4	3,890	31.6	3.16
1998	風蓮1	63	37.8	19.0	3,810	31.5	4.33
	風蓮2	64	39.7	28.7	5,740	46.6	2.45
	厚岸1	59	39.5	25.4	5,080	46.0	0.53
	厚岸2	60	40.3	38.8	7,760	57.4	1.58
1999	風蓮1	66	40.4	29.5	5,900	39.6	0.78
	風蓮2	62	40.5	30.9	6,180	38.9	1.80
	厚岸1	63	41.2	18.2	3,630	41.0	0.43
	厚岸2	64	41.0	31.3	6,260	45.0	2.21
2000	風蓮	70	45.4	23.4	4,686	45.4	0.42
	厚岸	68	51.7	19.2	3,835	50.9	1.27
平均		64.2	41.9	23.7	4,744	41.2	1.80

(2) 取り揚げ方法

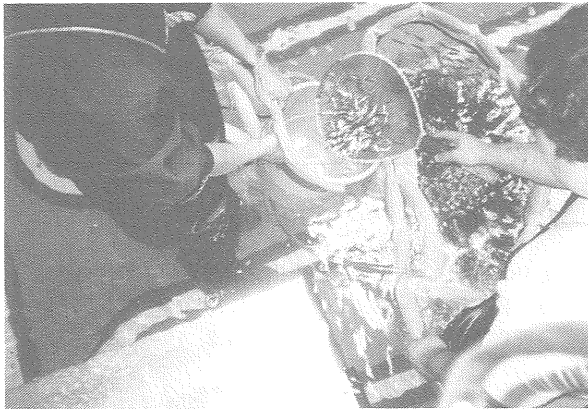
1) 巻き網を利用した取り揚げ方法(写真IX 1-1, 1-2, 1-3)

取り揚げはあらかじめ底掃除した水槽の水位を約80cmまで下げ、一定時間低水位で換水した後、巻き網で適宜種苗を集める。集めた種苗を手製のタモ網ですくい取り、海水を入れたバケツに移し、近くの水槽に設置した小割網に收容する方法で行っている。

取り揚げ尾数の計数はこの作業中に実施し、重量法で行う。方法は、あらかじめ調温海水を5ℓ程度入れて計量しておいたバケツに、手製の網ですくい取った種苗を入れて計量し、その重量差と一網毎に1度任意の重量の種苗を計数することにより尾数換算する。取り揚げ時の注意点は、巻き網で種苗をスレさせないことで、1回に多くの種苗を巻き網に追い込まないことがポイントとなる。目安として1回に巻き込む種苗の重量は15~20kg,



写真IX 1-1 取り揚げ：巻き網で種苗を集める



写真IX 1-2 取り揚げ：タモ網で種苗を掬ってバケツに収容



写真IX 1-3 取り揚げ：重量法で計数

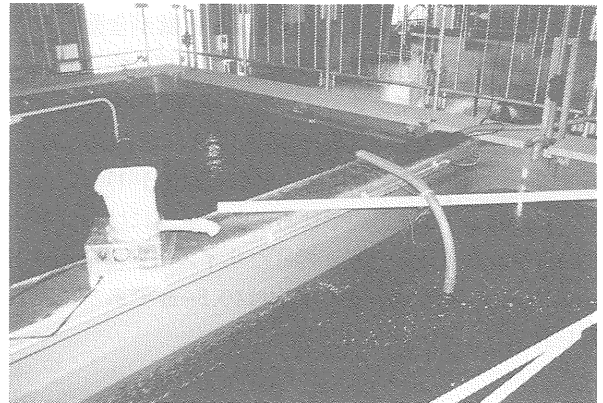
1 回に300g 程度を網ですくい、1 バケツにこれを3 回繰り返す。30万尾の取り揚げで十数回の巻き込みを実施する。また酸素分散器1 本を種苗を巻き込んだ巻き網の足で挟みこんでいる位置に入れ、巻き網内の酸欠に注意する。その他の注意点は給餌を前日の午後から控えるとともに、取り揚げ当日は終了するまで一切給餌しない。

本方法の取り揚げにかかる準備機材の一覧を参考資料に示した。

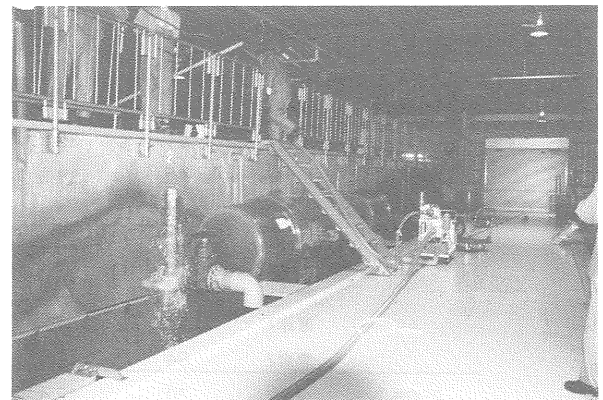
2) フィッシュポンプを利用した取り揚げ方法 (写真IX 1-4, 1-5)

日本栽培漁業協会伯方島事業場とマリノフォーラム21

で共同開発されたフィッシュポンプとφ50mm ホースを用いて生産水槽から小割り網に移槽する。取り揚げの具体的方法はフィッシュポンプの吸い込み口を水面から30cm 程度の位置に上向きに設置し、本体を稼働させる。吐出口は移送先の小割り網に種苗が叩き付けられないように、水面下20cm 程度の位置に斜め上方を向けておく。取り揚げ水槽は還流を施し、吸い込み口から水流の上流50cm 程度の位置に自動給餌器を設置し給餌を行いながら、吸い込み口周辺に種苗が集まるように配慮する。餌に集まった魚は徐々に吸い込まれ移送される。本方法の特長は取り揚げ作業はほとんど人手がかからないこと、移送先までの距離が長くとも問題はないことである。



写真IX 1-4a フィッシュポンプで移送：吸い込み口：自動給餌器で魚を集める
(社北海道栽培漁業振興公社川下氏提供)



写真IX 1-4b フィッシュポンプで移送：本体と移送用φ50mm ホース

(3) 取り揚げのタイムスケジュール

1) 前日までの準備事項

- 取り揚げの人員の確保 (少なくとも7人)
- 酸素ボンベの用意 (7m³を1本)
- 取り揚げ機材の準備
- 午後以降の餌止め (取り揚げ前日の午後から取り揚げ終了まで)
- 移槽先の小割り網張り と海水セット (移槽元と同水温)

に調温，十分に通気)

- ・底掃除の徹底（加温管，水槽の隅等）

2) 当日のタイムスケジュール（午前中に1水槽取り揚げる場合）

- 7:00 取り揚げ水槽の底掃除
- 7:45 アク取り及びアク取り器の撤去
- 7:50 注水停止，水位低下開始（排水アンドンによる）
- 8:50 80cm まで水位低下終了，注水開始—水位低下後1時間の換水開始
移槽先の小割網のエアの点検
- 9:50 換水終了，注水停止，排水アンドン撤去
- 9:55 酸素分散器2個による酸素通気
- 10:00 取り揚げ開始
巻き網，すくい取り，バケツ収容，重量測定
- 11:40 取り揚げ終了，移槽後の種苗の葉浴（ニフルスチレン酸ナトリウム10ppm）
- 11:50～ 機材片づけ

(4) 取り揚げに伴う減耗

厚岸事業場では，1997～2000年において14回の種苗生産を実施し，取り揚げに伴う減耗は平均2.0%で，多くて4.6%，少なくても0.4%である（表Ⅸ 1-1）。取り揚げに伴う減耗は，取り揚げ時のハンドリングによるスレが原因と思われる死亡が主で，死亡魚のサイズは小型魚が多い傾向を示す。また，注水量の不足によるものや生産尾数が多かったために無理をして取り揚げた場合に多かった。一方，宮古事業場では移槽先水槽の海水の曝気が十分でなくガス圧が高かった場合にガス病で減耗した事例が報告されている。

2. 取り揚げ後の飼育

取り揚げ後に小割網で，取り揚げや計数によるハンドリングのダメージを回復させ，沖出しサイズの全長50mm まで成長させることが必要となる。取り揚げサイズが大きければ数日の飼育ですむが，取り揚げサイズが小さい場合は10日前後小割網で飼育する。その際，網が汚れてきた場合に水交換が悪くなり酸欠で死亡する場合がありますため，溶存酸素測定を欠かさないと注水を小割網内に注水する等十分に注意する。

3. 沖出し，輸送

種苗生産機関から中間育成施設までの沖出しはハンドリング耐性が向上する全長50mm を目安に実施する。この作業は①網上げ，②種苗のバケツによる搬送，③輸送タンク収容，④輸送タンク内の換水，⑤中間育成施設までの陸上及び海上輸送，⑥中間育成小割網への収容の手順で行われる。この作業中に種苗へのハンドリングが2回行われるため，その損傷で減耗する種苗もある。沖出しは天候の良い日が望ましいが，大量の降雨があり，中

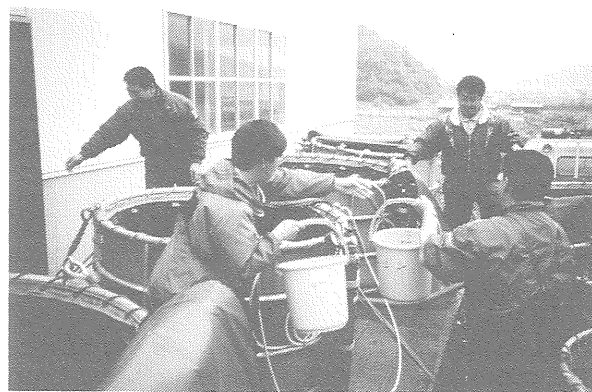
間育成場の塩分濃度が極めて低下した時以外は実施できる。沖出し，輸送にかかる準備機材の一覧を参考資料に示す。

(1) 飼育小割網から輸送水槽への搬送

飼育していた小割網の沈子をはずし，網を上げて魚を1辺に寄せ集める。酸素分散器2本を用意し，1本は網の中央部に，もう1本は寄せた網の下部に設置し，酸欠にならないように工夫する。寄せ集めた種苗はバケツで直接すくい，バケツリレーで輸送タンクに収容する（写真Ⅸ 3-1，3-2）。輸送タンクにはあらかじめ7分目まで飼育水と同水温に調温した新しい海水を水中ポンプで入れておき，酸素を施しておく。



写真Ⅸ 3-1 沖出し：生簀網から種苗をバケツで掬い取る作業



写真Ⅸ 3-2 沖出し：種苗の入ったバケツを輸送水槽へ移送

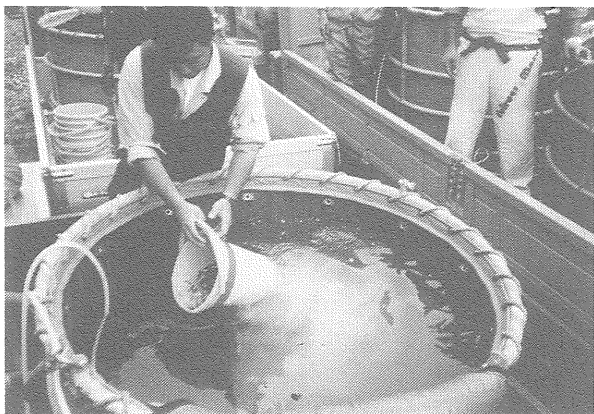
(2) 輸送密度

輸送密度は1.5～2.0時間の輸送時間で2万尾/m³を基準にしている。1993年に種苗の輸送密度を上げて輸送した事例で死亡がみられている。その時の状況は全長49mm の種苗を3.3万尾/m³で輸送し，その事例では輸送前に換水を実施していなかった。

(3) 換水及び酸素調整

上記の事例から輸送前の換水は重要な作業であることがわかる。換水の手順は，種苗の搬送が終了した時点で水中ポンプで新しい海水を注入し，260経のモジ網で

きた換水用のアンドン1個と40mmホース2本を使用してサイホンで換水する。その際、金魚用のタモ網で死亡魚を除去する。1m³ 輸送タンク1面に対して5分程度の換水を行う。換水が終了したら、再度酸素の出具合を確認し、酸素圧0.4を目安に酸素の気泡で水面にできる輪が直径15~20cm程度になるように調整する(写真IX 3-3)。全ての調整が終了した後、水がこぼれないようにしっかりと蓋をして、輸送する。



写真IX 3-3 沖出し：輸送水槽の酸素の状態

(4) 輸 送

種苗の輸送は陸路で種苗生産機関から漁港まで、そこで輸送水槽を船に積み替えて中間育成施設まで輸送する。使用するトラックはユニック付きのもので、トラックから船へ輸送タンクを釣り上げて移し(写真IX 3-4)、中間育成施設まで輸送する。輸送が1時間を超える場合は酸欠を防止するために溶存酸素をDOメーターで測定する等、輸送水槽内の種苗の状況を点検する。この点検を怠ると何らかのトラブルがあった場合に輸送種苗は酸欠で死亡することになる。

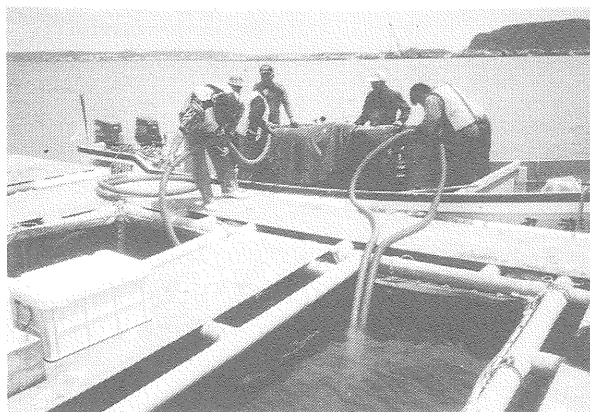


写真IX 3-4 沖出し：クレーンで輸送水槽を釣り上げて輸送船へ設置

(5) 中間育成小割網への収容

収容にはφ50mmホースを使用し、サイフォンで種苗を中間育成の小割網に流し込む(写真IX 3-5)。流し込

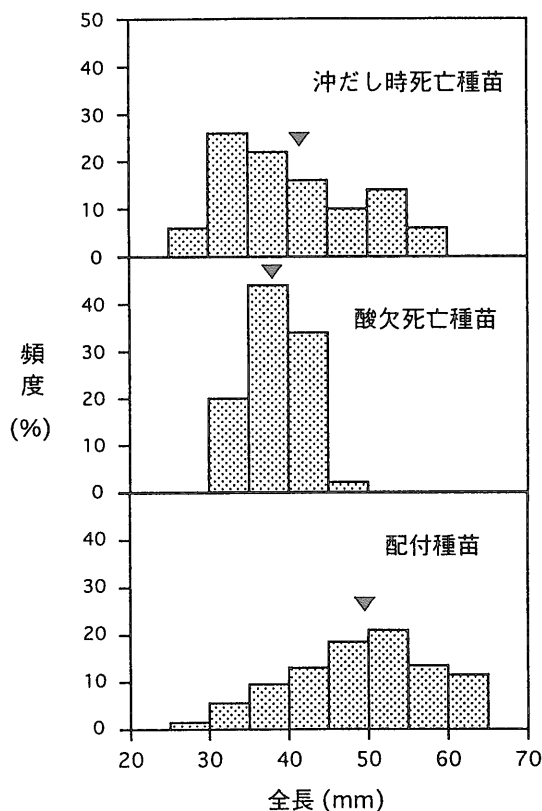
む際の注意事項として、吸い出し口をタンクの底につけないことと放出口を小割網の中央部に向けて、流し込まれた種苗が網に直接当たらないようにする。水位が低くなった時点で片側を傾けて、タンクの下に台を入れて、できるだけサイフォンで吸い取る。残った種苗はタモ網ですくい取り収容する。



写真IX 3-5 沖出し：サイフォンで中間育成小割網へ種苗収容

(6) 沖出し時の死亡

沖出しによりニシン種苗は少なからずダメージを受ける。沖出しの際、ハンドリングによるスレが体に生じる



図IX 3-1 厚岸産ニシン配付種苗における酸欠死亡種苗と沖出し後1日目に確認された死亡種苗の全長のヒストグラムの比較 (▽は平均値)

機会は、①網上げ、②バケツでの移送、③輸送時の水槽壁への衝突、④サイフォンで吸い上げ時の4回ある。上記の作業は慎重に行う必要がある。しかし生産種苗の中で栄養状態の悪い個体、脊椎骨異常の重度の個体、成長の遅れた小型の個体等は沖出しのダメージで死亡することが多い。沖出し時に死亡した個体と沖出し種苗全体の全長のヒストグラムを比較すると、沖出しした配付種苗の平均全長は約50mmであるのに対して沖出し時に死亡した個体は平均全長41mmと小さくモードも30～35mmであった。また輸送時に酸欠で死亡した個体の平均全長も38mmと同様に小さく、モードは35～40mmであった(図IX 3-1)。

X. 中間育成

本章ではニシンの種苗放流における中間育成の意義と厚岸事業場で実施してきた風蓮湖と厚岸湾における中間育成の方法と結果について記述する。また、中間育成種苗の天然餌料の利用形態及び放流種苗の質の評価について現状の情報をまとめ、今後の中間育成の方向性について論議する。

1. ニシンの中間育成の意義

一般的に中間育成の意義は天然環境への馴致、魚体サイズの増大、輸送による影響の回復、天然餌料の摂餌や種の生態的特性のトレーニング等が考えられる。ほとんどの魚種で中間育成は行われているが、現状では上記の意義を十分に満たしている事例は少ない。これらに加えて、十分なエネルギーの蓄積、飢餓に対する適応能力、被食回避できる遊泳力の獲得等についても検討する必要がある。

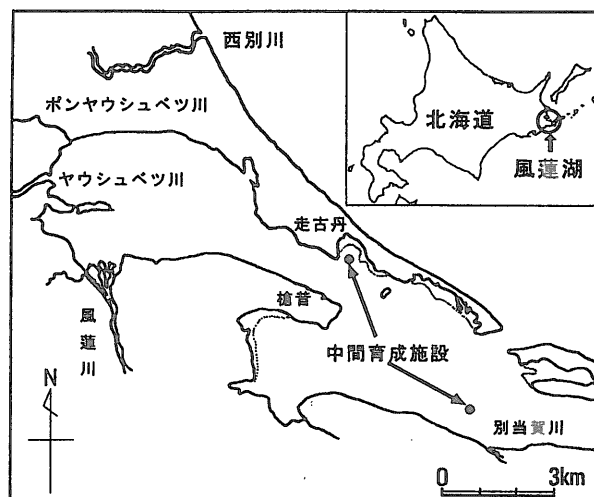
地域性ニシンの場合は、他の魚種と異なり、産卵回帰という習性があるために、中間育成の意義として場所の環境特性を記憶させる要素がある。ニシンの産卵回帰性はサケ類のように強くはないといわれているが、放流魚のほとんどが中間育成して放流した海域に産卵のために来遊することが確認されていることから、本要素は極めて重要である。環境特性の記憶のメカニズムは解明されていないが、産卵場とは異なる海域で種苗生産を実施している現状としては十分に記憶される期間とどのサイズで記憶されるのかを明らかにする必要がある。しかしこの点についてはほとんど調査研究されていないのが現状であり、早急に調査研究体制を組むことが重要となる。

現在のニシンの中間育成は全長50mmで開始し70mmサイズまで育成しているが、ニシンの発育から見て、全長70mmサイズは、稚魚から未成魚に移行する時期で形態的、機能的な発育は完了しており、このサイズまで成長させて放流することにより、放流後の生き残りを向上させることが可能であると考えている。しかし、より小型で天然環境へ馴致できれば経費の節減にもつながることから、放流に適したサイズについては今後も検討が必要である。

2. 中間育成場所と環境

北海道東部海域のニシンの中間育成は、風蓮湖内では走古丹の港湾の外側と風蓮湖中央部のアマモ場に囲まれた場所で行っている（図X 2-1）。野付及び厚岸では港湾内を利用して中間育成を行っている。いずれの場所も潮通しはあるが比較的流れは緩やかであり、小割網が底に付かない程度の水深がある場所を選定している。

中間育成場所の環境は風蓮湖内では気象の影響を受け



図X 2-1 風蓮湖内のニシン中間育成施設の設置場所（堀井，2000）

やすく、大きく変動する。特に水温は1985年の事例では7月中旬から8月上旬の中間育成期間で13.5～22.2℃の範囲で変化し、数日で8℃程度変化している。日間の変動幅についても約5℃あったこともある。しかしこの範囲の水温変化で種苗の死亡は確認されていない。塩分濃度についても変動幅は大きく降雨の影響により表層塩分濃度が極めて低くなった例も確認されている。これまでに沖出し時に大量の降雨があった際に、10%程度の死亡がみられたこともあり、大量の降雨があった場合は沖出し日程の変更を検討する必要がある。

3. 中間育成施設（写真X 3-1）

風蓮湖、厚岸湾等で使用している中間育成筏は、4×4×2.5mの小割網4面（実容積32m³程度）を設置できるものを使用している。小割網は、ラッセル地かナイロンモジ網で目合4mmのものを使用している。筏はアンカーで固定し、小割網の4隅に5kgの沈子を設置し、網が水流に吹かれるのを緩和するために場所により適宜



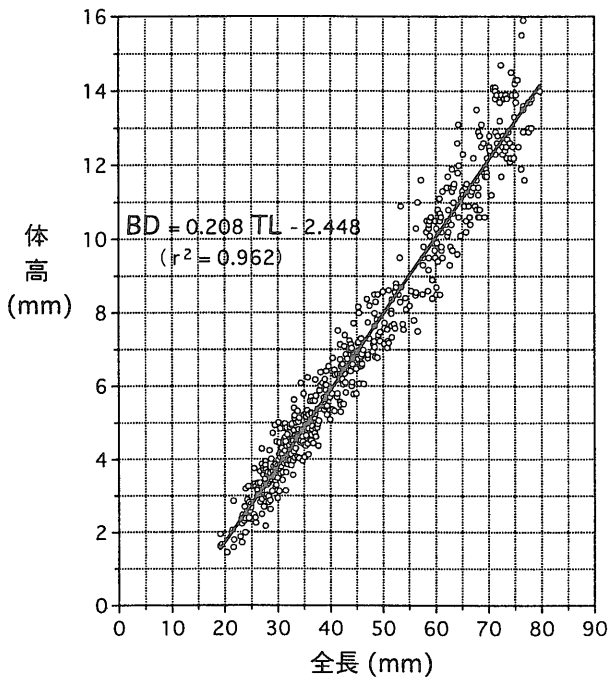
写真X 3-1 中間育成施設全景（風蓮湖）

沈子を追加している。また小割網の上部には渡り橋が設置されており、その中央部に自動給餌器を1台設置している。また鳥害の防除のため小割網の上面に天井網を設置して対処している。

4. 中間育成の方法と現状

(1) 種苗のサイズと小割網の目合

石崎(2000)は、沖出しサイズの種苗を使用して、小割網目からの逸脱に関する試験を行い、目合5mmの網の場合、全長46mm以下の種苗は網目を抜ける可能性があることを指摘しており、種苗の体高に応じた網目の選択が必要である。厚岸産ニシンの人工生産種苗の全長と体高の関係式は、 $BD = 0.208TL - 2.448$ ($r^2 = 0.962$) が得られている(図X 4-1)。



図X 4-1 ニシン人工種苗の全長(TL)と体高(BD)の関係

(2) 収容尾数

中間育成の小割網1面の収容尾数は4万尾/面を基本にしてきた。生産尾数の向上により、1999年の厚岸においては収容密度が、8万尾/面と基準の倍の密度で収容した。この事例では生残率は99.6%と高かったが、給餌量の基準としている魚体重の10%を給餌したにも関わらず、2週間の育成後の成長をみると、平均全長57.9mm、平均体重1.33gと例年(平均的事例では全長70mmに達する)や他の中間育成場よりも劣る結果となり、中間育成時の育成密度についても検討する必要があることがわかった。

(3) 給餌量と給餌方法

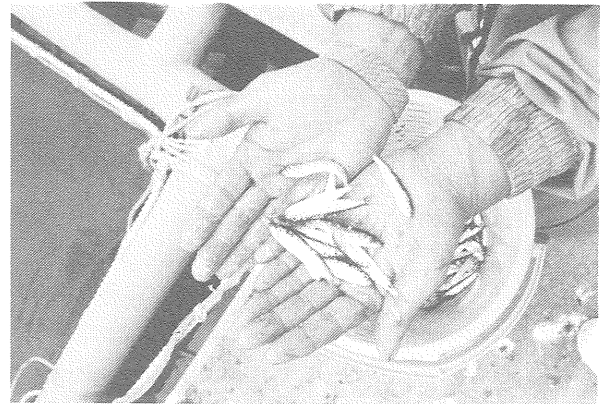
中間育成時の配合飼料は市販のアユ用及びサケ用の配合飼料を使用している。配合飼料の給餌量は成長に伴い

増加させ、種苗の体重の10%を目安に給餌している。給餌には基本的に自動給餌器を使用しているが、一部の中間育成場所では、1日2回の手まき給餌をしている。配合飼料の給餌量は別海、湾中、野付、厚岸の各中間育成4カ所の平均で14日間に1万尾当り22kgである(1999年度)。

(4) 成長と生残

1) 成長

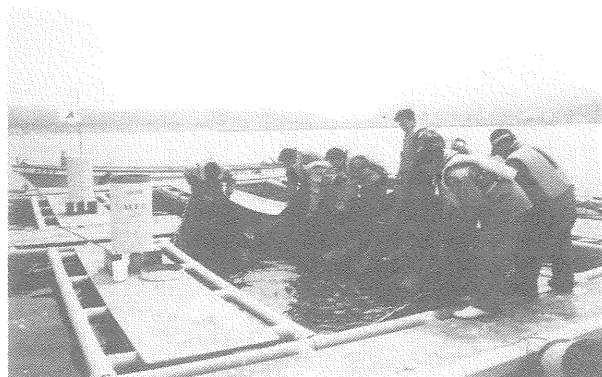
現在の中間育成期間はおおむね14日間で、この間に全長50mmの種苗は全長70mm前後に成長する(写真X 4-1)。体重は平均0.7gから2.7gに増加する。成長速度は陸上水槽での飼育よりもよく、この要因は中間育成では収容密度が陸上飼育よりも低くなり、餌も給餌される配合飼料のほかに、かい脚類等の天然餌料を摂餌できるためと推察される。



写真X 4-1 全長約7cmに育った放流種苗

2) 生残

中間育成中に少なくとも3回の生残調査を実施する(写真X 4-2)。調査の方法は網の片側を人力で持ち上げて、タモ網で死亡魚をすくい取り、計数する。また沖出し7日目には種苗のサンプリングと小割網の洗浄を実施する。風蓮湖における中間育成期間の生残率は現在90%以上を推移している(表X 4-1)。しかし1987年以前は放流サイズを10cmに設定していたため中間育成期間が長く、生残率はばらついて50%以下の低い場合も多い。



写真X 4-2 中間育成作業(生残調査)

表 X 4-1 風蓮湖産ニシンの中間育成結果一覧

年	別海漁協						根室湾中漁協						野付漁協					
	収容時			放流時			収容時			放流時			収容時			放流時		
	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	日数 (日)	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	生残率 (%)	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	日数 (日)	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	生残率 (%)	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	日数 (日)	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	生残率 (%)
1983	3.8	60.1	93	0.6	101.0	14.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1984	11.9	53.0	71	0.8	79.5	6.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1985	16.9	55.4	73	1.3	89.7	7.7	2.4	67.5	53	0.4	118.7	17.1	-	-	-	-	-	-
1986	16.0	46.9	16	9.5	57.0	59.4	6.0	46.9	17	4.8	61.0	80.0	-	-	-	-	-	-
1987	8.3	51.8	11	6.8	59.0	81.8	7.1	53.0	16	7.0	64.0	98.6	-	-	-	-	-	-
1988	5.9	53.7	14	5.5	74.5	93.2	4.8	50.2	18	4.3	70.0	89.6	-	-	-	-	-	-
1989	14.9	60.4	10	8.7	71.0	58.3	10.2	59.2	20	9.4	75.0	92.3	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	7.3	45.9	13	6.8	59.4	93.2	6.3	47.2	20	6.0	72.5	94.5	-	-	-	-	-	-
1992	20.2	43.5	14	20.0	67.5	99.0	10.2	42.0	23	10.2	61.8	99.9	-	-	-	-	-	-
1993	22.6	48.0	17	22.2	72.0	98.0	16.0	44.9	21	16.0	65.2	100.0	-	-	-	-	-	-
1994	31.4	46.9	16	28.4	70.9	90.4	16.1	45.0	15	16.1	65.5	99.7	-	-	-	-	-	-
1995	31	46.5	14	30.6	65.5	97.6	15.7	46.5	14	15.7	66.2	99.7	4.4	54.7	14	4.4	72.9	99.8
1996	33	49.9	14	31.5	63.4	96.0	23.5	49.9	14	23.2	66.7	98.7	7.9	49.9	14	7.9	70.3	99.4
1997	20	43.6	15	19.4	58.9	98.2	14.9	43.6	15	14.8	59.3	99.7	7.0	48.0	14	6.3	58.9	90.0
1998	21.0	48.5	13	18.9	70.4	90.0	18.0	48.5	16	18.0	62.7	99.9	6.0	48.5	12	5.0	66.4	83.3
1999	37.2	42.6	22	35.7	66.3	96.0	14.1	43.5	19	14.0	63.9	99.3	7.7	45.2	12	6.0	63.5	77.9
2000	4.6	49.8	16	4.4	65.8	95.0	9.3	49.8	9	9.1	57.1	98.0	9.3	49.8	14	9.0	62.2	97.0

*1990年はALC標識時の大量減耗で配付できなかった

1992年以降は中間育成期間の短縮（2週間で放流）と管理体制の充実により90%以上を維持していると考えられる。また1994年に実施された無給餌試験における風蓮湖走古丹の事例では生残率は55%と約半数が死亡した結果となっている。それと比較すると1998年に実施した厚岸湾での無給餌飼育ではほとんど死亡はみられず、成長もしていたが（図 X 4-2）、14日目の種苗は極度に痩せて

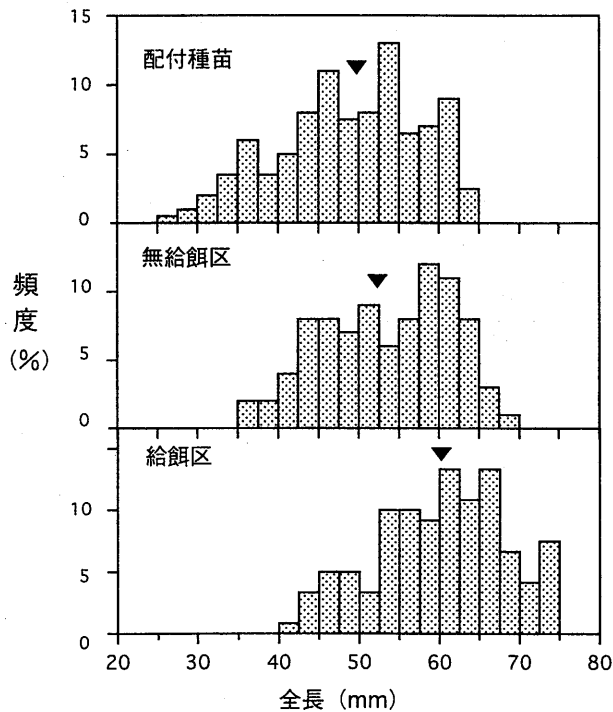


図 X 4-2 厚岸産ニシンの中間育成無給餌試験における沖出し15日後の全長組成の比較 (▼は平均値を示す)

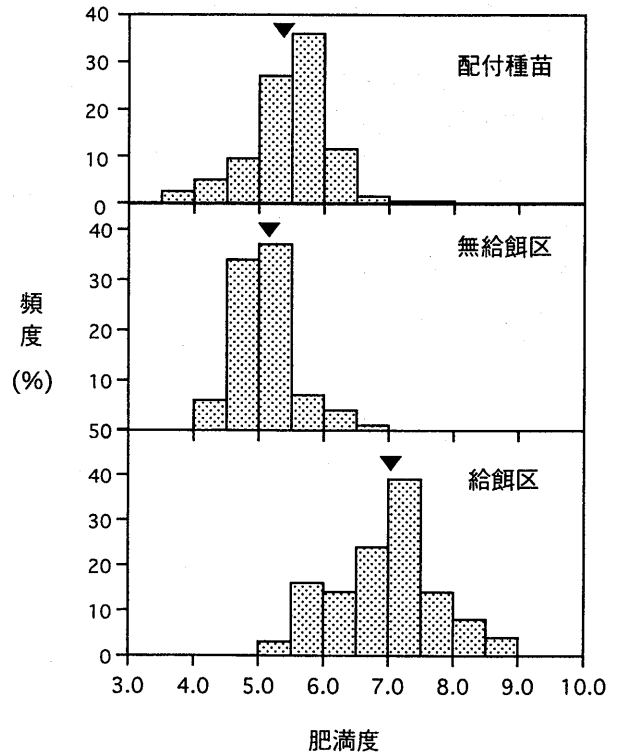


図 X 4-3 厚岸産ニシンの中間育成無給餌試験における沖出し15日後の肥満度の比較 (▼は平均値を示す)

いおり（図 X 4-3）、餌不足であった。しかし、天然餌料を1日目より摂餌していたことが判明し（表 X 4-2）、中間育成における天然餌料の効果は大きいと考えられることから、中間育成場所の選定にあたっては天然餌料の発生状況を把握することが重要となる。

表 X 4-2 厚岸湾で無給餌育成したニシン種苗の胃内容物調査結果

	1日目	5日目	10日目	
全長(mm)	55.7 ± 6.4	55.0 ± 3.3	60.4 ± 3.2	
体重 (g)	1.1 ± 0.3	0.9 ± 0.2	1.2 ± 0.2	
肥満度	6.0 ± 0.4	5.5 ± 0.5	5.4 ± 0.5	
胃充満度指数*1	3.6 ± 1.1	1.0 ± 0.5	0.8 ± 0.4	
摂餌個体率 (%) *2	100.0	90.0	80.0	
胃*3 内 容 物	かい脚類copepodate	620.7 ± 298.6	5.3 ± 5.7	1.4 ± 1.7
	かい脚類nauplius	1.1 ± 1.4	0.2 ± 0.6	2.3 ± 5.5
	Podon sp.	59.7 ± 25.7	0.7 ± 0.7	0.4 ± 0.7
	二枚貝幼生	0.4 ± 0.7	8.0 ± 8.3	0.0
	蔓脚類幼生	0.2 ± 0.4	0.4 ± 0.5	0.0
	長尾類幼生	0.2 ± 0.4	0.0	0.0
	多毛類幼生	0.9 ± 1.0	0.0	0.0
	珪藻類	0.0	0.4 ± 0.8	21.4 ± 77.3

*1 胃充満度指数 0:内容物なし, 1:僅かに入っているが大部分は空
 2:一部に餌が入っていない部分が存在, 3:全体に入っているが間隙がある
 4:ほぼ充満しているが消化管内壁のしわが残っている, 5:消化管内壁のしわがなくなるほど充満している
 *2 摂餌個体率: 摂餌個体の割合
 *3 胃内容物は個体数及び細胞数で表す

5. 中間育成における天然餌生物の利用形態

(1) 中間育成場の天然餌生物調査

1) 出現種及び現存量

① 厚岸湾, 厚岸湖 (調査地点: 図 X 5-1)

1997, 1998年に実施した調査により中間育成を行う時期の厚岸周辺プランクトンの主な出現種はかい脚類, 多毛類幼生, ワムシ類, フジツボ幼生, 有鐘織毛虫で, 特にかい脚類と有鐘織毛虫が大半を占めている

ことが判明した。出現した種のうち有鐘織毛虫以外はニシン仔稚魚の餌料として有効であると考えられる。

出現するかい脚類の種類はカラヌス目 (Calanoida) が大部分を占め, 特に *Acartia* 属が優占する。 *Acartia* 属は *A. hudsonica*, *A. longiremis* が出現し, その他の種類は *Paracalanus parvus*, *Pseudocalanus newmani*, *Eurytemora herdmanni*, *Oithona similis*, *Metridia sp.*, *Harpacticoida sp.* である。また, 6月中旬から7月下旬にかけてワムシ類 (フサワムシの一種と不明種, 不明種がほとんどを占める) が比較的多く出現した。

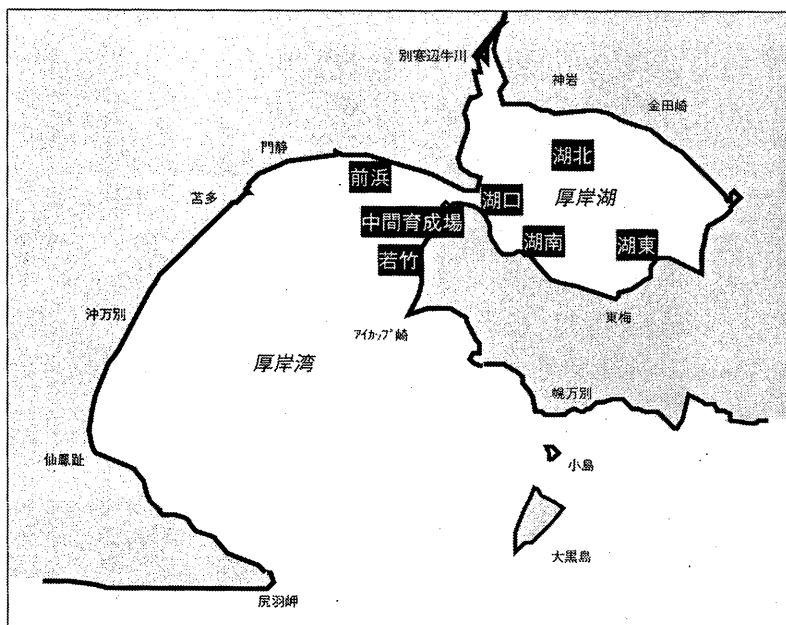


図 X 5-1 厚岸湖, 厚岸湾の動物プランクトン調査地点 (黒地白抜きは調査地点を示す)

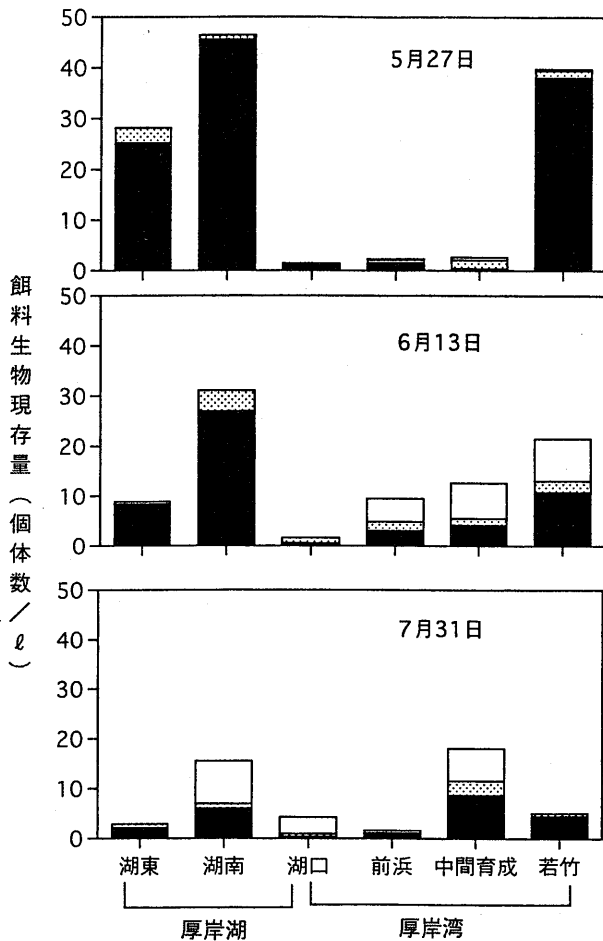


図 X 5-2 1997年度の厚岸周辺海域の表層におけるニシン仔稚魚に有効な餌料*となるプランクトンの現存量の比較
*ニシン仔稚魚に有効な餌料となるプランクトン (サイズ200~1,000 μm)
対象：■ かい脚類 copepodite □ 多毛類幼生 □ ワムシ類

プランクトンの現存量は厚岸湖内と若竹で多い傾向が示され (図 X 5-2), 1997年5月27日の湖内の調査から湖東の現存量は極めて多いことが判明し, 厚岸湖ではニシン仔稚魚の餌料環境は良好である事が示唆された。

② 風蓮湖, 野付湾の中間育成場

放流直前の1997年8月6日にニシン中間育成場で調査したプランクトンの出現種はおおむね厚岸と類似した。それぞれの中間育成場を出現 item 数で比較すると風蓮湖の別海 (走古丹) が12, 風蓮湖湾中 (川口) が9, 野付湾尾岱沼港内が13で, 厚岸湾の16と比較すると, 出現 item 数は少ない傾向を示した。その他の特徴として, 風蓮湖 (別海, 湾中) は珪藻が多く出現した。

1997年に調査した結果では餌料として有用なかい脚類コペポダイトの現存量は, 別海が2.7個体/l, 湾中が2.4個体/l, 野付が5.4個体/l と厚岸の7.7個体/l と同様にかい脚類のコペポダイトの現存量は低い傾向を示した。

2) 餌生物のサイズ

① 厚岸湾, 厚岸湖

かい脚類のノープリウスの体長は75~500 μm の範囲にあり, 主体は100~300 μm であった。また, かい脚類のコペポダイトの前体部長は250~1,750 μm の範囲にあり, 主体は350~800 μm であった。特に大型の個体は *Euecalanus* 属が主であった。

採集されたプランクトンのサイズは全体では75~1,750 μm の範囲で, 主体は200~800 μm の範囲にあり, ニシン仔稚魚にとって十分に摂餌可能なものであった。

② 風蓮湖及び野付湾の中間育成場

かい脚類のコペポダイトの平均前体部長と標準偏差は別海が $365.6 \pm 67.9 \mu\text{m}$ (250~500), 湾中が $390.5 \pm 90.2 \mu\text{m}$ (250~575), 野付が $393.8 \pm 90.0 \mu\text{m}$ (250~650) であった。厚岸の平均の $490.5 \pm 149.7 \mu\text{m}$ (300~900) と比較すると小型傾向を示した。

(2) 天然餌生物の利用状況

厚岸湾で中間育成している周辺ではニシン仔稚魚の餌料として有効なプランクトンの現存量は6~7月にかけて比較的多い傾向にある。中間育成種苗の消化管内容物を調査した結果, 充分量の配合飼料を給餌しているにも関わらず, 天然餌料の内容物中の体積比率は沖出し後7日目で56.0%, 14日目は9.3%と多い傾向で, 種類はかい脚類がほぼすべてを占め, わずかに枝角類 (*Podon sp.*) が確認された。一方, 厚岸以外の中間育成場の場合は, 沖出し後14日目で風蓮湖内の別海 (走古丹) と湾中 (川口) ではそれぞれ0.6, 0.2%と低く, 野付 (港内) については6.7%と比較的高い傾向を示した (図 X 5-3)。こ

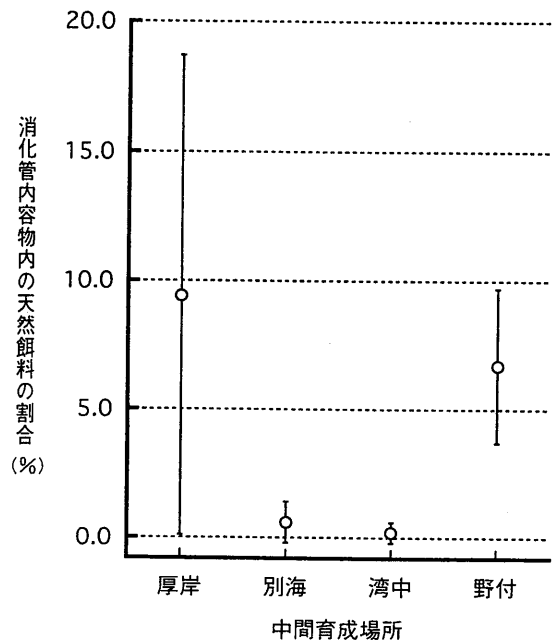


図 X 5-3 1997年ニシン放流種苗における中間育成場所別の消化管内容物内の天然餌料の割合

の違いについては中間育成場周辺の天然餌料の現存量や潮通しの良し悪しが影響していると考えられる。

厚岸の場合は中間育成場周辺のプランクトンの現存量は比較的多い傾向を示し、潮通しも最も良いことから、プランクトンが生簀内に供給されやすいことが推察され、これが天然プランクトンを多く摂餌している要因のひとつであると考えられた。また中間育成7日目で天然餌料を数多く摂餌できることが明らかになり、摂餌面から考えると天然環境への馴致は良好であったと推察された。

(3) 天然稚魚の胃内容物調査

1998年に採集された風蓮湖の天然ニシン稚魚について、摂餌状態を示す胃充満度指数を調査した結果、6月15日の平均は2.2、7月15日の平均は2.5と比較的低い値であった。6月15日のものは11尾中2尾が空胃であった

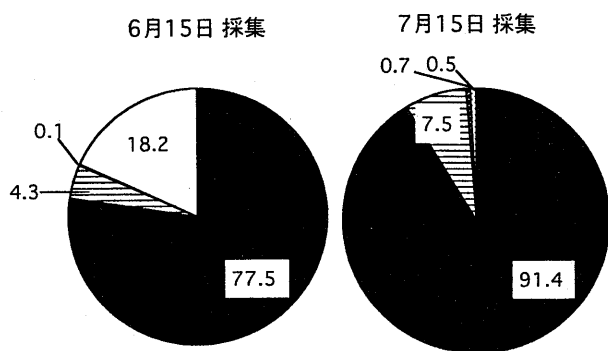


図 X 5-4 1998年に採集された風蓮湖天然ニシン稚魚の体積比で示した消化管内容物組成の比較

■ アミ類 □ かい脚類 ▨ 端脚類
 ▤ フジツボ幼生 □ 無し

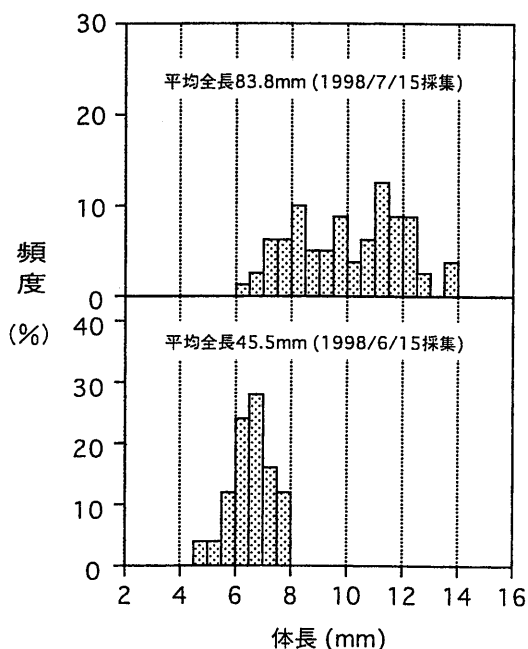


図 X 5-5 1998年に採集された風蓮湖ニシン天然稚魚の摂餌したアミ類の体長組成

が7月15日のサンプルはすべての個体が摂餌していた。

胃内容物組成は両サンプルともアミ類が多くを占め、平均個体数は6月15日が4.1個体、7月15日が14.8個体であったが、平均体積比は6月15日が77.5%、7月15日が91.4%と高い割合を占めた(図 X 5-4)。次に多かった種類はかい脚類のコペポダイトで、平均体積比は6月15日が5.7%、7月15日が7.5%であった。その他は端脚類、蔓脚類幼生がわずかに確認された。

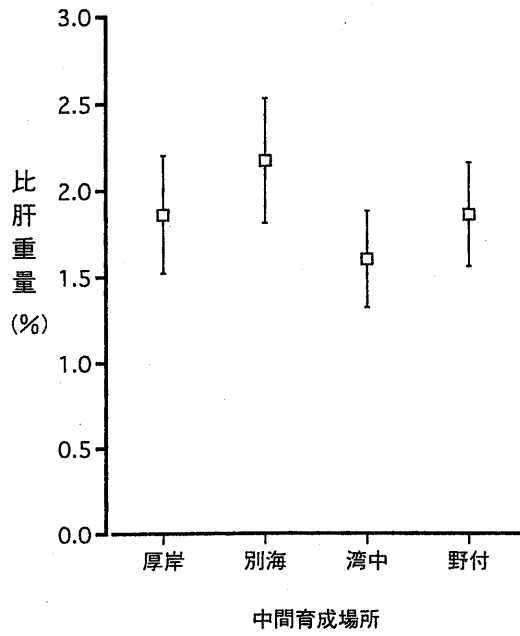
胃内容物のアミ類の平均体長を測定した結果、6月15日に採集された平均体長45.5mmの稚魚のものは平均6.5mm(4.7~7.9)、7月15日に採集された平均体長83.8mmの稚魚のものは10.0mm(6.2~13.8)であった(図 X 5-5)。

佐々木(2000)は厚田沿岸と石狩川河口域において1996~1998年に5月下旬から8月上旬にかけて採集した全長30~80mmのニシン稚魚の食性を調査した結果、全長30~40mmでは主に *Oitona similis*, *Palacalanus parva*, *Clausocalanus pargens* 等のかい脚類を中心に、全長40~60mmではその他に *Acartia* sp. *Eurytemora* sp. *Harpacticoida* 等のかい脚類を中心に、全長60~70mmでは *Harpacticoida*, アミ類, 端脚類を、全長80mm以上は魚類, アミ類が主体であった。また吉村(2000)は留萌沿岸で1996~1998年の5月上旬から6月下旬に採集したニシン仔稚魚を調査した結果、全長14~17mmの仔魚は小型のかい脚類とノープリウス幼生を摂餌し、全長50~60mmの稚魚はかい脚類と端脚類を主体に摂餌していることを確認している。

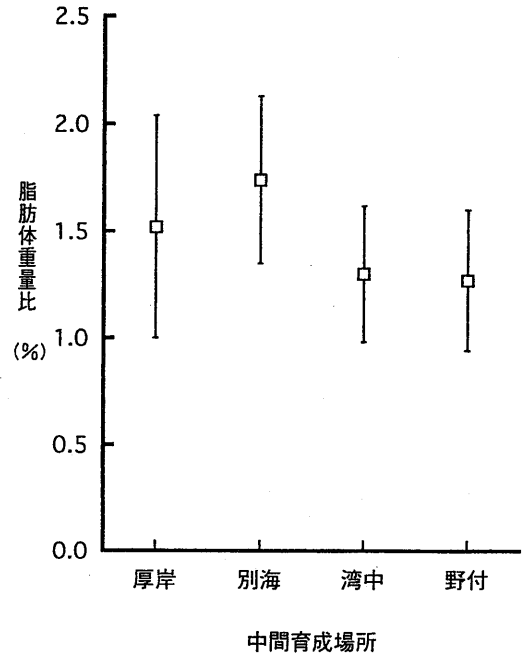
このようにニシンの仔稚魚は主として、かい脚類とアミ類, 端脚類を摂餌することが確認されている。

6. 中間育成種苗の質の評価

魚類の場合、エネルギーを蓄積する場所は主に肝臓と腹腔内脂肪体及び筋肉で、その主な成分は中性脂質である。中性脂質が蓄積されると肝臓は肥大し、腹腔内脂肪体重量は増加する。両者の体重比(それぞれ比肝重量, 腹腔内脂肪体重量比)で4カ月の中間育成種苗を比較したところ(図 X 6-1, 6-2), 比肝重量, 腹腔内脂肪体重量比とも別海が高い値を示したが、4者ともそれぞれの数値は高い傾向を示した。目視で観察した結果、ほとんどの個体が消化管表面を腹腔内脂肪体が覆う状態であることから各種苗のエネルギーの蓄積状態は良いものと考えられた。また肥満度についても4者とも7.1前後で差はなかったことから、このときの中間育成はエネルギーの蓄積状態から推察すると順調に推移したと考えられた。



図X 6-1 1997年のニシン放流種苗における中間育成場所別の比肝重量比



図X 6-2 1997年のニシン放流種苗における中間育成場所別の腹腔内脂肪体重量比

XI. 今後の課題と展望

ニシンの大量生産が可能となった1982年以降、日本栽培漁業協会を中心として各機関が精力的に技術開発を行った結果、ニシン種苗生産の技術レベルは向上、安定してきた。この種苗生産技術の進展に伴って、北海道東部の風蓮湖における積極的なニシン資源増大の取り組みや、日本海ニシン資源増大プロジェクト等の大規模な資源増大事業が展開され、ニシン資源動態の解明にも着手するなど、今日のニシンの増殖にかける熱意は高まっている。近年のニシン資源の衰退に伴って特に北海道の漁業者からの期待は大きい。

ニシンの増殖の試みは産卵回帰する地域性ニシンに限られている。地域性ニシンの特性とは生活圏が比較的狭く、成熟して沿岸域に來遊し、限られた産卵場所に回帰することにある。産卵期に限られた場所に回帰する特性から資源量や放流効果の把握が比較的容易であり、他の魚種と比べるとこれらの調査が取り組みやすい側面を持つ。本章ではニシン資源増大に向けた今後の課題と展望について主に種苗生産技術の側面から論議した。

1. 親魚

ニシン種苗生産における受精卵の確保は、ほとんどが天然で漁獲された親魚に依存している。ゆえに種苗生産に必要な受精卵の確保が、毎年不安定な漁獲に左右されているのが現状である。その一対応策として、親魚養成技術の検討がなされ、養成した親魚から量産規模の受精卵の確保が可能となる技術が開発された（V章参照）。しかし、親魚養成水温は年間通じて20℃以下が望ましいことが判明しており、現在の種苗生産機関のうち、その条件を満たしている所は北海道東部海域のみである。取水の水温が高くても冷却装置を使用して、試験的に親魚養成することは可能ではあるが、量産規模の受精卵の確保を考慮すると、現実では受精卵の確保を全ての機関で人工養成親魚に移行することは困難である。現在実施しているように特別採捕あるいは特定の漁業者に依頼して、良質な親魚を確保する方法を継続することが現実的であろう。しかし、ニシンの種苗生産用の親魚養成のみならず資源枯渇に瀕している各系群の親魚の保存という観点から、各地の地域性ニシンを対象とした親魚養成をすることが必要となる可能性もある。

卵質の問題については、厚岸ニシンで卵黄の大きさの違いと生き残りについて報告がある（飯塚、1962）以外、現在までほとんど検討されていない。卵質は種苗生産の結果に大きく影響することが考えられ、一部の機関では卵発生途中で死亡する事例も確認されていることから、卵質の評価方法の開発を含めて今後の課題として残されている。

人工種苗の遺伝的多様性を保持するためには、種苗生産に使用する親魚の数には十分な配慮が必要とされる。現状では、ニシンの種苗生産に使用する親魚数は雄雌とも最低百個体以上であり、アイソザイム分析による天然親魚群と生産した種苗との比較では問題となっていない（安藤、未発表）。しかし、天然魚の脊椎骨異常魚の出現比率については湖沼性が強いニシン集団ほど高い傾向にあることから、今後遺伝子マーカーを利用したより詳細な検討が望まれる。

2. 種苗生産

ニシンの種苗生産の技術レベルは向上したが、いくつかの課題が残されている。ひとつは健苗性や種苗性といった人工生産種苗の質の問題である。特に形態異常については重度の脊椎骨異常個体の再捕率が低い傾向が指摘されている他、短軀になるため商品価値はない等、問題は大きい。2000年には脊椎骨異常の要因の特定と発現過程の把握の足がかりがしたが、まだ充分とは言えず、今後早急に解決すべき課題である。また放流種後の生き残りを高める上で重要な要素である外敵からの逃避能力についてはほとんど検討されておらず、これらを判定する評価方法を含めて開発する必要がある。

現在まで日本においてニシンの種苗生産段階での疾病については、ガス病以外は細菌性及びウイルス性疾病による大きな被害は出していない。しかし、天然の大西洋ニシンにおいてウイルス性出血性敗血症（VHS：Viral Hemorrhagic Septicemia）が発生して問題となっていること、日本においてもニシン以外の魚種でVHS確認されていることから、ニシンの種苗生産段階での本疾病に対する防除対策を検討する必要がある。

ニシンの種苗生産技術は、仔魚期の発育が類似していることから、先行して技術開発が進んでいるアユの技術に準ずる部分が多い。アユの種苗生産は全国でさまざまな数多くの機関が実施しており、それらの技術開発は多岐に渡っている。現在、ニシンの種苗生産技術開発は安定してきてはいるが、今後、アユで実施している省力化等の技術導入を含めた関係機関との綿密な技術交流をすることが必要と考えている。また仔魚がシラス期という発育形態をとる魚種については種苗生産技術のみならず基礎的研究やさまざまな情報を総合的に整理して、体系化していくことが必要であると考えている。

3. 中間育成

ニシンの中間育成を大量種苗放流とその経済性の面から考えると、より小さなサイズで沖出しすることが望ましい。しかし、その際に検討しなければならない事項と

しては、種苗のハンドリングに対する耐性と環境順化に対する能力の評価がある。これは取り揚げや輸送の方法にも関連するため早急な検討が必要となる。

中間育成における天然餌料の有効利用方法を検討する必要がある。前章で示唆したように、海面での中間育成では人為給餌のかなりな部分を天然餌料に置き換えられる可能性があり、その効果としては、育成コストが軽減されることと人工種苗の天然への順化も促進されることがあげられる。天然餌料を有効に利用するためには、天然プランクトンを効率良く中間育成小割網に供給する手段が必要である。ハタハタで実施されている夜間の灯火によりプランクトンを唼集させる方法も有効な手段と言える。中間育成場所が潮通しのよい場所であれば潮流によりプランクトンが順次補給されることとなることから、中間育成場所の選定は極めて重要となる。今後、これらのことを総合的に検討し、それぞれの海域の環境条件を勘案し、種苗の質の面においても人工種苗をより早く天然環境へ順化させるとともに、経費面においても効率的な中間育成を目指す必要がある。

ニシンは産卵回帰する特性を持っていることから、回帰性の基本となる環境特性の記録に関して中間育成期間の意義は大きいと考えている。しかし回帰性の検証は極めて難しく、ニシンにおいては手付かずの課題である。まず第一歩として中間育成時の環境特性の記録について種苗サイズ、記録時間等の関係を模索する種苗放流試験を開始することが重要であり、このことは放流適正サイズの把握にもつながると考える。

4. 種苗生産の経費

種苗生産の経費削減の問題は種苗放流事業を継続的に実施するためには重要な課題のひとつである。現在までに検討されている事項は、単価の高いアルテミアの給餌量の削減、ワムシの給餌期間の短縮、飼育水温設定の変更による省エネルギー化、作業の省力化による作業時間の短縮等であるが、技術的にはいまだ十分とは言えず検討の余地が残されている。

厚岸事業場で実施しているニシンの種苗生産にかかる経費と放流後に期待できる回収金額（回収率10%、魚価800円/kgの場合）の試算を行った結果、現状の種苗放流尾数(100万尾)と種苗単価（19円/尾）では生産経費に対する回収金額の比率は0.6と低く、種苗生産経費も回収できていない状況にある。収支比率が1.0となる条件は、放流種苗の単価を10円/尾程度にする必要があることから、より効率的な飼育技術の検討が必要となる（参考資料参照）。

5. 産卵藻場と資源管理

種苗放流したニシンが成熟して産卵回帰して再生産するには、産卵場の環境が最も重要な要素となる。特にニ

シンの産卵には機能的な藻場の存在が不可欠である（図 XI 3-1）。ニシンが産卵する産卵基質は太平洋ニシンではアマモ等の水生植物が知られているが（写真 XI 4-1）、水生植物の表面に泥がかぶったものには産卵しないことも確認されている。したがって、産卵に適した藻場を維持できるような産卵場の環境特性の把握と、藻場が消滅した際には藻場造成あるいは人工藻場の設置等に関する研究開発が望まれる。

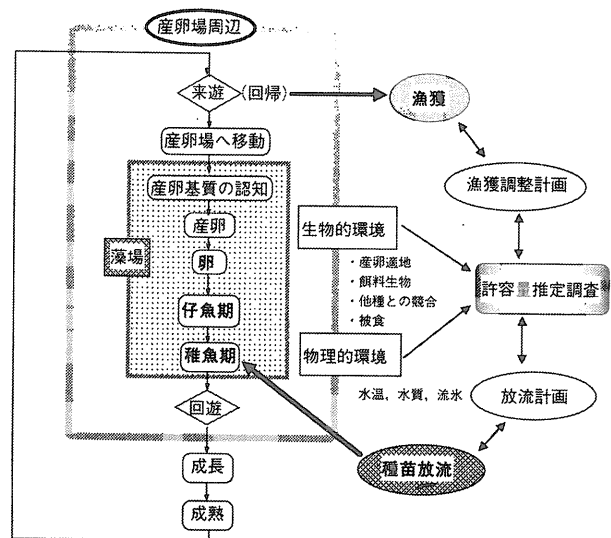


図 XI 3-1 ニシンの生活史と資源維持・増大計画のフロー

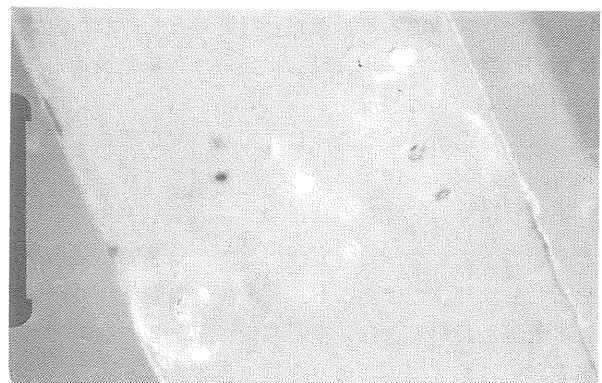


写真 XI 4-1 アマモに産卵されたニシンの卵（ふ化直前）

湖沼性ニシンは産卵期にほとんどが特定の産卵場所に来遊することから、産卵期に強力な漁獲圧がかかれば、湖沼性ニシン資源は枯渇してしまうことは明らかである。一方、この段階で漁獲規制を施せば一定の効果も期待できる。漁獲規制は大西洋ニシンでは資源回復に大きな効果をもたらしており、風蓮湖における禁漁区の設定、漁期規制、漁具規制等の対策は、資源の増加の一助となっていると考えている。

現在、湖沼性ニシンの資源実態は極めて深刻な事態となっている。近年、我が国で著しく資源量が低下した系群は、資源維持が不可能なまでに現存量が低下した酒沼

系群，永久湖口を造成した能取湖系群と尾駮沼系群，新たに湖口を造成したサロマ湖系群である。これらの系群はほとんど資源が枯渇し，希少種としてリストアップされている。資源量の低下の原因は産卵海域の環境の変化であると考えられている。産卵海域は閉鎖水域であり，比較的狭い海域であることから，人工堰等が造成されると水質・底質環境が激変しやすい。特にニシンの産卵生態から淡水が影響する海域の存在が重要であることから，水質環境の変化がニシンの産卵を阻害する要因となる。湖沼性ニシンの場合，他所からの来遊は望めないため，一度資源が枯渇すると回復は不可能となり，消滅する可能性が高い。これらの系群を枯渇から守るために，天然親魚の管理・保存や種苗放流による資源の積極的な回復対策をとることが必要であろう。

6. 終わりに

ニシン資源は，1系群で数千～数十万トン程度の漁獲が期待できる莫大な増加の可能性を秘めている。地域性ニシンの場合は大きく資源量は増えないが，種苗放流を基本とした資源増大の取り組みにより数百～数千トン程度の資源を維持することが可能と考えている。恒常的にニシンの漁獲があれば付随してニシンを対象とした産業の構築が可能となろう。また不安定な魚価を高いレベルで安定化させるためには，地域性ニシンブランドの構築や消費者の口に合う新しい料理の試作など消費形態の見直しを積極的に推進することも必要であり，地域に根づいた産業を作り上げることを視野に入れた企画を実行することが重要と考える。

XII. 参考文献

- 1) Alderdice, D. F. & F. P. J. Velsen (1971) Some effects of Salinity and Temperature on Early Development of Pacific Herring (*Clupea pallasii*), J. Fish. Res. Board of Canada, 28(10), 1545-1562.
- 2) Allen, J. M., Blaxter, J. H. S. and Denton, E. J. (1976) The functional anatomy and development of swimbladder-inner ear-lateral line system in herring and sprat, J. Mar. Biol. Ass. U. K., 56, 471-486.
- 3) Amaoka, K. (1964) Development and growth of the sinistral Flounder, *Bothus myriaster* (Temminck and Schlegel) found in the Indian and Pacific Oceans., Bull. Misaki Mar. Biol. Inst. Kyoto Univ., 5, 11-29.
- 4) Ayushin, B. N. (1963) Abundance dynamics of herring population in the seas of the Far East, and reasons for the introduction of fishery regulations., Rapports et Proces-Verbaux des Reunions., 154, 262-269.
- 5) Batty, R. S. (1984) Development of swimming movement and musculature of larval (*Clupea harengus*), J. Exp. Biol., 110, 217-229.
- 6) Blaxter, J. H. S. and Dickson, W. (1959) Observations on the swimming speed of fish., J. Cons. Int. Explor. Mer., 24, 472-479.
- 7) Blaxter, J. H. S. and Hampel, G. (1963) Jour. du Cons., 28, 211-240.
- 8) Blaxter, J. H. S. and Jones, M. P. (1967) The development of the retina and retinomotor responses in the herring., J. Mar. Biol. Ass. U. K., 47, 677-697.
- 9) Blaxter, J. H. S. (1968) Rearing herring larvae to metamorphosis and beyond, J. Mar Biol. Ass. U. K., 43, 17-28.
- 10) Blaxter, J. H. S. (1969) Swimming speed of fish, FAO Fish. Rep., 62(2), 69-100.
- 11) Bone, Q. (1978) Locomotor Muscle. P.361-424, In Hoar, W. S. and Randall, D. J. (eds.), Fish Physiology, Vol. 7 Locomotion, 576p. Academic Press, New York, San Francisco and London.
- 12) Bowers, A. B. and F. G. T. Holliday (1961) Histological changes in the gonad associated with the reproductive cycle of the herring (*Clupea harengus*), Marine Research, 5, 1-16.
- 13) Dannevig, A. (1948) Rearing experiments at the Flødevigen sea fish hatchery 1943-1946, Jour. Du Cons., 15(3), 277-283.
- 14) Dushkina, L. A. (1973) Influence of salinity on eggs, sperm and larvae of low-nervebral herring reproduction in the coastal waters of the Soviet Union., Marine Biology, 19, 210-223.
- 15) Ford, E. (1929) Herring investigations at Plymouth VIII. On the artificial fertilization and hatching eggs under known conditions of salinity, with some observations on the specific gravity of the larvae., Jour. Mar. Biol. Assoc., 16(1), 43-48.
- 16) 藤田経信・小久保清治 (1927) 鯵の研究, 水産研究彙報, 1, 1-141.
- 17) 福田雅明 (1986) ニシンの発育初期における成長と生残に関する研究, 北海道大学水産博士学位論文, 1-117.
- 18) 福田雅明・中野 広・山本和久 (1986) ニシンの発育初期における体成分の変化, 北海道大学水産学部研究彙報, 37(1), p.30-37.
- 19) 福田雅明 (1988) ニシン稚仔魚の発育過程—生化学的手法を用いた発育の推定, 栽培漁業技術開発研究, 17(1), p.69-80.
- 20) 福田雅明 (1990) ニシン仔稚魚の体側筋の発達と遊泳速度の変化, 日本水産学会誌, 56(1), 11-17.
- 21) 福田雅明 (1993) ニシンの変態期および稚魚期におけるグリコーゲン蓄積量の変化, 水産庁南西海区水産研究所研究報告, (26), p.107-112.
- 22) Hampel, G. and Blaxter, J. H. S (1967) Jour. du Cons., 31, 170-195.
- 23) 半田芳男 (1924) 北海道鯵の種類について, 北海之水産, 創刊号, 25-29.
- 24) 八幡康一・清水 健・大洞克臣・沢田幹男 (1991) 宮古湾に標識放流したニシン人工種苗の行動について, 栽培漁業技術開発研究, 20(1), 47-58.
- 25) 針生 勤 (1997) ニシンの博物学, 道東のニシン, おさかなセミナー釧路'97講演要旨.
- 26) Hay, D. E. (1986) Effect of delayed spawning on viability of eggs and larvae of Pacific herring, *Clupea harengus pallasii*, Can. J. Fish. Aquat. Sci., 39, 489-498.
- 27) 平野義見 (1961) ニシンについて, 北水試月報, 18(1), 28-38, 18(3), 21-34, 18(9), 23-26.
- 28) Hjort, J. (1910) Publ. Circ. Cons. Expl. Mer., 53.
- 29) 北海道立中央水産試験場他 (2000) 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, 1-174.
- 30) 堀井貴司 (2000) 道東に住む湖沼性ニシン, 風連湖系群のはなし (人工種苗放流に関わる試験研究), 北水試だより, 50, 1-6.
- 31) 堀田卓朗・松石 隆・坂野博之・菅野泰次 (1999) 北海道東部沿岸域に産卵するニシン *Clupea pallasii* の系群判別, 日本水産学会誌, 65(4), 655-660.

- 32) 飯塚 篤・三上正一・田村真樹・八木英子 (1962) ニシン, *Clupea pallasii* C. et V., の初期生活史の研究, 2. 厚岸湾における稚魚の生長と死亡に関する若干の考察, 北水研報告, 25, 1-10.
- 33) 飯塚 篤 (1966) 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.
- 34) 飯塚 篤 (1987) ニシンの分布と生態, 鯧鰯, 日本水産, (社)全日本水産写真資源協会, 153-176.
- 35) 入江隆彦 (1980) 北海道・樺太周辺水域のニシンの系統群について, 水産庁北海道区水産研究所研究報告, 45, p.1-14.
- 36) 諫早隆夫 (1932) にしん卵の孵化におよぼす海水比重の影響に就て, 北水旬, (174), 1659-1661.
- 37) 石崎裕之 (2000) (1)事業導入試験, (3) 中間育成試験, ア石狩地区, (イ)ニシン稚魚網目透過選択性試験, 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, 26-28.
- 38) 岩崎正雄・鈴木 亮・富田政勝 (1980) 人工授精によるコイのふ化率向上, 水産増殖, 28(3), 147-150.
- 39) 河村功一・細谷和海 (1991) 改良二重染色法による魚類透明骨格標本の作製, 養殖研報, 20, 11-18.
- 40) 川崎 健 (1982) 大西洋ニシン, 2. 資源構造, 浮魚資源, 新水産学全集9, 恒星社厚生閣, 25-28.
- 41) 菅野泰次 (1982) オホーツク海北海道近海におけるニシン *Clupea pallasii* の系群構造, 日本水産学会誌, 48(6), p.755-762.
- 42) 菅野泰次 (1983) 日本周辺海域に分布するニシンの系統群とその生態, 栽培漁業技術開発研究, 12(2), p.59-69.
- 43) 菅野泰次 (1983) 能取湖のニシンの生態と極東水域のニシンの個体群構造に関する研究, 北海道大学学位論文, 1-110.
- 44) 菅野泰次 (1989a) 極東水域に分布するニシン *Clupea pallasii* の形態形質の個体群変異, 日本水産学会誌, 55(3), p.431-440.
- 45) 菅野泰次 (1989b) 極東水域に分布するニシン *Clupea pallasii* の形態の個体群間変異の原因, 日本水産学会誌, 55(3), p.441-446.
- 46) 窪田三郎 (1961) マアナゴの生態・成長ならびに変態に関する研究, J. Fac. Fish. Mie Pref. Univ., (5), 190-370.
- 47) 倉田 博 (1959) ニシン稚魚の飼育について, 北海道水産研究所報告, 20, 117-138.
- 48) 草刈宗晴・森 泰雄 (1978) ニシン仔魚の成長に伴う形態変化, ニシン増養殖技術開発企業化試験報告, 昭和47~49年度, 73-77.
- 49) 桑谷幸正・渋谷三五郎・和久井卓哉・中西 孝 (1978a) ニシンの卵発生と稚魚の飼育に関する研究-I, 卵発生に及ぼす水温の影響, ニシン増養殖技術開発企業化試験報告, 11-29p.
- 50) 桑谷幸正・渋谷三五郎・和久井卓哉・中西 孝 (1978b) ニシンの卵発生と稚魚の飼育に関する研究-V, 仔魚の生残に及ぼす飼育水の塩分の影響, ニシン増養殖技術開発企業化試験報告, 51-58.
- 51) 小林時正・入江隆彦・猪又 東・飯塚 篤 (1979) オホーツク北部水域のニシン資源とその漁業 (総説), 水産庁北海道区水産研究所研究報告, (44), p.77-108.
- 52) 小林時正 (1983) 石狩湾に出現する遺伝的に異なる産卵ニシンの2群とその考察, 北水研報告, 48, 11-19.
- 53) 小林時正・岩田宗彦・沼地健一 (1990) 日本の北部海域で産卵するニシン地域集団の遺伝学的分化, 日本水産学会誌, 56(7), 1045-1052.
- 54) 小林時正 (1993) 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.
- 55) 近藤平八・北浜 仁 (1953) 北海道太平洋沿岸に於ける小ニシン (*Clupea Pallasii*) 標識放流試験 (自昭和24年~至昭和27年), 水産庁北海道区水産研究所研究報告, (9), p.17-26.
- 56) 近藤平八・中山信之 (1958) 北海道太平洋岸におけるニシン標識放流試験 (1956, 1957), 北水試月報, 15(8), p.18-26.
- 57) 近藤平八 (1965) 近年の北海道・カラフト周辺のニシン (*Clupea Pallasii* C. et V.) の状態について, 北水試報告, 3, 1-18.
- 58) 児玉純一 (1987) 万石浦ニシンの生活史と資源変動-I 分布移動と成長, 栽培漁業技術開発研究, 16(2), p.111-126.
- 59) 児玉純一 (1988) 万石浦ニシンの生活史と資源変動-II 生殖と食性, 栽培漁業技術開発研究, 17(1), p.49-58.
- 60) Kotthaus, A. (1939) Zuchtversuche mit Heringslarven (*Clupea harengus* L.), Helgol_nder wiss. Meeresunters, 1(3), 349-358.
- 61) Koya, Y.・Soyano, K.・Yamamoto, K.・Obana, H.・Matsubara, T. (投稿中) Oocyte development and hormone levels in captive female Pacific herring, *Clupea pallasii*, during their first maturational cycle.
- 62) Марти, Ю.Ю. (1980) Миграции морских рыб. Москских рыб., Москва, Пищева я Промышленность
- 63) 丸山秀佳 (1991) 6.ニシン, 漁業生物図鑑, 北のさかなたち (長澤和也・鳥澤 雅編), 北日本海洋センター, 16-21.
- 64) 丸山秀佳 (1997) 北海道周辺のニシン資源について, 育てる漁業研究会, 講演要旨, 15-24.
- 65) 松原孝博 (1997) ニシンの成熟と産卵, おさかなセミナー 釧路 '97講演要旨.

- 66) Matsuoka, M. (1984) Morphometry of the myotomal muscle fibers in larvae and juveniles of the red sea bream, Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 5(1), 1811-1816.
- 67) 松原喜代松 (1979) 魚類の形態と検索, 校訂版, 第3別, 石崎書店, 東京.
- 68) 三上正一・田村真樹・八木英子・飯塚 篤 (1961) 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の食性について, 北水研報告, 23, 1-16.
- 69) 三上正一・田村真樹・高 昭宏 (1968) 石狩湾のニシンについて—昭和41~43年の調査結果, 北水試月報, 25(7), p. 2-13.
- 70) 中川義彦 (1999) 風蓮湖ニシンの生態と人工種苗の回収率について, 北水試だより, 44, 1-6.
- 71) 日本栽培漁業協会宮古事業場 (1983) 3. 種苗生産技術の開発, G-3 ニシン, (1)宮古事業場, 昭和57年度(社)日本栽培漁業協会事業年報, 211-214.
- 72) 大河内裕之 (2000) III-1 成体の確保と採卵, G ニシン, (2)宮古事業場, 平成10年度(社)日本栽培漁業協会事業年報, 48-51.
- 73) 尾花博幸 (1994) ニシン種苗生産技術開発, ALC 経口標識試験, 平成6年度(社)日本栽培漁業協会厚岸事業場事業報告書.
- 74) 尾花博幸・山本和久・松原孝博 (1997) 人工産卵基質によるニシンの産卵誘発, 栽培漁業技術開発研究, 25(2), 75-80.
- 75) Rudakova, V. A. (1971) On feeding of young larvae of the Atlanto-Scandian herring (*Clupea harengus harengus* L.) in the Norwegian Sea., Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer, 160, 114-120.
- 76) 佐々木正義 (2000) (3)放流効果調査, 1) 放流効果調査, ア石狩海域, 稚魚の分布及び食性調査, 胃内容物, 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, 83-92.
- 77) Schach, H (1939) Die Künstliche Aufzucht von *Clupea harengus* L., Helgol_nder wiss. Meeresunters, 1 (3), 359-372.
- 78) Selierstov, A. S. (1974) Vertical migration of larvae of Atlanto-Scandian herring (*Clupea harengus*). p.253-262, In Blaxter, J. H. S. (ed.), The early life history of fish. 765p. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.
- 79) 関 哲夫 (1994) エゾアワビの発育過程と初期生活領域, 日本水産学会東北支部会報, 43, 10-14.
- 80) 鈴木重則 (1998) IV資源添加技術開発の現状, G ニシン, (1)厚岸事業場, 3) 成長・産卵及び産卵回帰性, 平成8年度(社)日本栽培漁業協会事業年報, 274-276.
- 81) 高島信一・横山信一 (1999) 1. 3. ニシン資源増大対策事業, 1. 北海道サハリン系ニシンの受精卵輸送試験及び種苗生産試験, イ採卵, 平成10年度北海道栽培漁業総合センター事業報告書, 46-54.
- 82) 高島信一 (2000) (5)北海道・サハリン系ニシンの種苗生産技術開発, 2) 種苗生産技術開発, ウふ化に関する試験, 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, 164-165.
- 83) 高橋庸一・広川 潤・熊谷厚志 (1984) ニシンの採卵とふ化方法の検討, 水産増殖, 31(4), p.167-172.
- 84) 高野和則 (1989) 卵巢の構造と配偶子形成. 隆島史夫・羽生 功編, 水族繁殖学, 緑書房, 東京, 3-34.
- 85) 高柳士朗・田中伸幸 (2000) (4)資源管理基礎調査, 3) その他, ニシン耳石の読輪方法, 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, 137.
- 86) 前田圭司 (1993) 6 ニシン *Clupea pallasii* Valenciennes, 鳥澤 雅・前田圭司編, イラスト集北のさかなたち, 北日本海洋センター.
- 87) Tsukamoto, K. (1988) Otolith tagging of ayu embryo with fluorescent substances, Nippon Suisan Gakkaishi, 54(8), 1289-1295.
- 88) 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 (1958) ニシン *Clupea pallasii* Cuvier et Valenciennes, 日本産魚類の稚仔魚の研究第1集, 九州大学農学部水産学第2教室, 7-10, pl. 8, 9.
- 89) 渡辺良郎 (1982) 硬骨魚類仔稚魚の腸上皮細胞における分子状蛋白質の摂取及び消化機構とその栄養的意義, 北海道大学水産博士学位論文.
- 90) 渡辺良郎 (2000) ニシン研究の国際シンポジウム「HERRING 2000」, 水産海洋研究, 64(4).
- 91) Webb, P. W. (1975) Hydrodynamics and Energetics of fish propulsion, Bull. Fish. Res. Boad. Can., 190, 158p.
- 92) 山口元幸 (1926) 鯨習性に関する調査 (第1冊), 北水試水産調査報告, 17, 1-280p.
- 93) 山本和久・岩本明雄 (1983) 能取湖に來遊産卵するニシンの種苗生産, 栽培漁業技術開発研究, 12(1), 55-60.
- 94) 山本和久 (1985~1994) III-1 成体の確保と採卵, G ニシン, (1)厚岸事業場, 昭和59~平成4年度(社)日本栽培漁業協会事業年報.
- 95) 山本和久 (1989) III-1 成体の確保と採卵, G ニシン, (1)厚岸事業場, 昭和62年度(社)日本栽培漁業協会事業年報, 29-34.
- 96) 山本和久 (1991) III-1 成体の確保と採卵, G ニシン, (1)厚岸事業場, 平成元年度(社)日本栽培漁業協会事業年報, 39-40.
- 97) 山本和久 (1992) IV資源添加技術開発の現状, G ニシン, (1)厚岸事業場, 平成2年度(社)日本栽培漁業協会事業年報, 336-338.

- 98) 山本和久 (1994) Ⅲ-1 成体の確保と採卵, Gニシン, (1)厚岸事業場, 平成4年度(社)日本栽培漁業協会事業年報, 31-32.
- 99) 山本和久・尾花博幸 (2000) 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, (社)日本栽培漁業協会研究資料, No.76, 1-42.
- 100) 山本義久 (1999) Ⅲ種苗生産技術の開発, Gニシン, (1)厚岸事業場, 3) テトラサイクリン経口投与による耳石蛍光標識試験, 平成9年度(社)日本栽培漁業協会事業年報, 171-174.
- 101) 山本義久 (2000) Ⅲ-1 成体の確保と採卵, Gニシン, (1)厚岸事業場, 平成10年度(社)日本栽培漁業協会事業年報, 46-48.
- 102) 山本義久 (2001) Ⅲ-1 成体の確保と採卵, Gニシン, (1)厚岸事業場, 平成11年度(社)日本栽培漁業協会事業年報.
- 103) 吉村圭三 (2000) 1. 日本海ニシン資源増大対策事業, 2. 放流効果調査, 4. 標識技術の検討試験, 平成11年度稚内水産試験場事業報告書, 120-121.
- 104) 吉村圭三 (2000) (3)放流効果調査, 1) 放流効果調査, イ留萌海域, 仔稚魚類, 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, 93-99.

XIII. 参考資料

- 表 ニシン種苗生産および中間育成の作業スケジュール
- 表 風蓮湖ニシンの種苗生産事例一覧
- 表 厚岸ニシンの種苗生産事例一覧
- 表 ニシン種苗生産関係機関別の種苗生産実績
- 図 全国の種苗生産機関のニシン種苗生産尾数の年度別推移
- 表 厚岸事業場におけるニシン量産試験用採卵結果一覧
- 表 ニシン卵管理事例（1997年）
- 図 ニシン人工種苗の全長と体重の関係
- 図 ニシン人工種苗の全長、尾叉長、体長、体高の関係
- 表 ニシン採卵用具一覧
- 表 ニシン取り揚げ用具一覧
- 表 沖出し時必要物品一覧
- 表 ニシン種苗100万尾を生産する場合の種苗生産コストの試算 No.1～4
- 表 ニシン種苗生産コスト（100万尾生産）
- 図 ニシン種苗生産の生産尾数と生産単価及び予想される収支
- 図 異なる市場単価別のニシン種苗生産尾数と収支比率の関係
- 表 別海町ニシン種苗生産センターの飼育・培養水槽の概要
- 表 別海町ニシン種苗生産センター施設見取り図
- 表 厚岸事業場のニシン種苗生産担当者一覧

表 風蓮湖ニシンの種苗生産事例一覧

年度	回次	水槽容量 (㎡)	収容			取り揚げ					備考	
			月日	尾数 (万尾)	密度 (尾/㎡)	月日	飼育日数	全長 (mm)	尾数 (万尾)	密度 (尾/㎡)		生残率 (%)
1983	1	15	5月5日	7.8	5,200	8月9日	96	55.6	4.8	3,200	61.5	
	2	20	5月6日	18.9	9,470	8月29日	115	72.6	5.5	2,750	29.1	
1984	1	20	5月9日	17.2	8,620	7月20日	72	45.5	10.9	5,450	63.4	
	2	15	5月9日	6.8	4,900	7月20日	72	47.3	5.8	3,867	85.3	
	3	15	5月9日	2.2	1,570	7月19日	71	45.9	1.5	1,000	68.2	
1985	1	20	4月26日	9.2	4,600	8月23日	119	77.6	0.6	300	6.5	
	2	50	4月26日	10.9	2,180	7月25日	90	58.0	6.8	1,360	62.4	
	3	50	4月26日	36.3	7,260	7月5日	70	46.5	25.3	5,060	69.7	
1986	1	50	5月4日	25.0	5,000	7月7日	64	46.7	15.3	3,060	61.2	
	2	50	5月4日	13.0	2,600	7月8日	65	47.7	9.3	1,860	71.5	
1987	1	50	4月29日	14.0	3,500	7月3日	65	45.2	7.2	1,440	51.4	
	2	50	4月29日	19.0	4,800	7月2日	64	46.8	9.2	1,840	48.4	
	3	50	4月29日	9.0	2,300	7月3日	65	44.5	4.7	940	52.2	
1988	1	50	4月29日	30.6	6,100	7月7日	69	50.2	4.8	960	15.7	
	2	50	4月29日	30.7	6,100	7月7日	69	55.1	8.4	1,680	27.4	
	3	50	4月29日	28.6	5,700	7月8日	70	53.7	5.9	1,180	20.6	
1989	1	50	5月3日	27.5	5,500	7月3日	61	53.8	10.3	2,060	37.5	
	2	50	5月3日	27.5	5,500	7月5日	63	51.4	8.8	1,760	32.0	
	3	50	5月3日	25.3	5,060	7月4日	62	55.5	9.8	1,960	38.7	
1990	1	50	5月6日	25.0	5,000	-	-	-	0	-	0.0	ALC標識時に全滅
	2	50	5月6日	21.8	4,360	-	-	-	0	-	0.0	ALC標識時に全滅
	3	20	5月6日	11.2	5,660	-	-	-	0	-	0.0	ALC標識時に全滅
	4	20	5月6日	9.0	4,500	-	-	-	0	-	0.0	ALC標識時に全滅
	5	50	6月4日	-	-	-	-	-	0	-	0.0	ALC標識時に全滅
	6	20	6月4日	-	-	-	-	-	0	-	0.0	ALC標識時に全滅
	7	20	6月4日	-	-	-	-	-	0	-	0.0	ALC標識時に全滅
1991	1	50	5月9日	50.5	10,100	7月16日	68	47.2	13	2,600	25.7	
	2	50	5月9日	55.2	11,000	-	-	-	0	-	0.0	水質急変による全滅
	3	20	5月9日	30.0	15,000	-	-	-	0	-	0.0	水質急変による全滅
	4	20	5月20日	6.8	3,400	7月16日	57	40.0	1.3	650	19.1	
1992	1	50	5月17日	67.7	13,500	7月22日	66	42.0	10.4	2,080	15.4	ガス病による斃死
	2	50	5月17日	59.0	11,800	7月22日	66	40.7	14.0	2,800	23.7	ガス病による斃死
	3	20	5月17日	24.9	14,600	7月22日	66	49.4	6.6	3,300	26.5	
1993	1	50	5月10日	38.7	8,600	7月19日	70	44.9	16.3	3,260	42.1	
	2	50	5月10日	42.4	9,400	7月20日	71	45.9	13.4	2,680	31.6	
	3	20	5月10日	18.8	11,000	7月19日	70	51.4	4.7	2,350	25.0	
	4	20	5月10日	18.4	10,800	7月19日	70	52.1	5.0	2,500	27.2	
1994	1	50	5月12日	47.8	9,500	7月14日	63	46.9	15.7	3,140	32.8	
	2	50	5月12日	49.5	9,900	7月14日	63	45.7	16.7	3,340	33.7	
	3	50	5月12日	50.6	10,000	7月15日	64	45.0	16.0	3,200	31.6	
1995	1	50	5月12日	82.1	14,900	7月13日	62	43.3	23.5	4,300	28.6	
	2	50	5月12日	75.4	13,700	7月14日	63	48.2	23.5	4,300	31.5	
	3	50	5月12日	74.4	13,500	7月14日	63	44.6	20.9	3,800	27.7	
1996	1	50	5月15日	63.2	12,600	7月22日	68	51.2	21.5	4,300	34.1	
	2	50	5月15日	65.0	13,000	7月22日	68	48.5	22.4	4,500	34.4	
	3	50	5月15日	68.9	13,800	7月22日	68	49.9	20.3	4,100	29.5	
1997	1	50	5月13日	48.2	9,640	7月16日	64	42.6	14.8	2,960	30.7	
	2	50	5月13日	47.8	9,560	7月17日	65	42.9	17.5	3,500	36.6	
	3	50	5月13日	44.2	8,840	7月17日	65	43.5	15.9	3,180	36.0	
1998	1	50	5月11日	60.4	12,080	7月13日	63	37.8	19.0	3,810	31.5	
	2	50	5月11日	61.5	12,300	7月14日	64	39.7	28.7	5,740	46.6	
1999	1	50	5月1日	74.5	14,900	7月6日	66	40.4	29.5	5,900	39.6	
	2	50	5月1日	79.3	15,860	7月2日	62	40.5	30.9	6,180	38.9	

表 厚岸ニシンの種苗生産事例一覧

年度	回次	水槽容量 (m)	収容			取り揚げ						親魚の由来	備考
			月日	尾数 (万尾)	密度 (尾/m)	月日	飼育日数	全長 (mm)	尾数 (万尾)	密度 (尾/m)	生残率 (%)		
1987	1	20	5月22日	10.6	5,900	7月23日	62	42.2	5.9	2,960	56.0	人工養成親魚	
	2	20	5月22日	8.5	4,700	7月24日	63	47.0	4.9	2,470	58.0	1984年種苗3歳	
1988	1	20	5月22日	10.0	5,000	7月19日	58	48.9	6.1	3,050	61.0	人工養成親魚	
	2	20	6月8日	6.0	3,000	8月3日	56	54.0	3.7	1,840	61.2	1984年種苗4歳	
1989	1	20	5月25日	6.5	3,250	7月20日	56	49.4	3.5	1,750	53.8	人工養成親魚	
	2	20	5月25日	6.4	3,200	8月3日	70	54.0	3.7	1,840	59.2	1987年種苗2歳	
1990	1	50	5月16日	10.9	2,180	7月14日	59	48.3	5.1	1,010	47.2	人工養成親魚	
	2	50	5月16日	15.3	3,060	7月14日	59	46.0	7.9	1,580	51.8	1987年種苗3歳	
1991	1	50	5月20日	31.2	6,200	7月15日	56	42.4	9.0	1,790	28.8	人工養成親魚	
	2	20	5月20日	11.5	5,700	7月15日	56	42.4	4.6	2,310	40.4	1987年種苗4歳	
1992	1	50	5月18日	24.2	4,800	7月15日	58	40.5	3.8	760	15.7	人工養成親魚	ガス病による斃死
	2	20	5月18日	8.1	4,700	7月15日	58	43.6	2.3	1,350	28.4	1991年種苗2歳	
1993	1	50	5月10日	29.5	6,500	7月12日	63	45.5	13.9	3,090	47.2	天然親魚	
1994	1	55	5月15日	58.4	10,600	7月15日	61	44.3	22.1	4,000	37.9	天然親魚	
1995	1	50	5月11日	48.9	8,900	7月13日	63	45.9	18.1	3,300	45.9	天然親魚	
1996	1	50	5月15日	60.2	12,000	7月25日	71	48.1	27.5	5,500	45.7	天然親魚	
1997	1	50	5月13日	61.6	12,320	7月18日	66	40.6	19.4	3,890	31.6	天然親魚	
1998	1	50	5月17日	55.2	11,040	7月15日	59	39.5	25.4	5,080	46.0	天然親魚	
	2	50	5月17日	67.6	13,520	7月16日	60	40.3	38.8	7,760	57.4	天然親魚	
1999	1	50	5月5日	44.3	8,860	7月7日	63	41.2	18.2	3,630	41.0	天然親魚	
	2	50	5月5日	69.5	13,900	7月8日	64	41.0	31.3	6,260	45.0	天然親魚	

表 ニシン種苗生産関係機関別の種苗生産実績

機関名： 宮城県栽培漁業センター

年度	産地	全長 (mm)	尾数 (万尾)
昭和57			
昭和58			
昭和59			
昭和60	石巻湾	48.0	14.4
昭和61	石巻湾	51.0	26.0
昭和62	石巻湾	45.0	57.0
昭和63	石巻湾	43.0	54.0
平成元	石巻湾	47.0	52.0
平成2	石巻湾	48.1	50.0
平成3	石巻湾	43.2	22.0
平成4	石巻湾	45.8	45.2
平成5	石巻湾	52.3	79.9
平成6	石巻湾, 松島湾	46.2	112.0
平成7	松島湾	54.2	48.0
平成8	石巻湾, 松島湾	45.8	43.6
平成9	松島湾	48.6	62.0
平成10	石巻湾, 松島湾	44.1	70.0
平成11	松島湾	43.6	156.0

機関名： (社) 日本栽培漁業協会宮古事業場

年度	産地	全長 (mm)	尾数 (万尾)
昭和57	万石浦	29.6	5.6
昭和58	万石浦	63.3	10.3
昭和59	万石浦	41.1	23.7
昭和60	万石浦	42.5	32.3
昭和61	万石浦	46.2	30.0
昭和62	万石浦	43.0	30.9
昭和63	万石浦	38.4	55.0
平成元	万石浦	45.3	22.1
平成2	万石浦	41.5	36.0
平成3	万石浦	54.5	49.9
平成4	万石浦	44.5	100.1
平成5	万石浦	46.8	58.7
平成6	万石浦	47.4	82.5
平成7	万石浦, 松島湾	52.5	98.4
平成8	松島湾, 宮古湾	42.1	76.7
平成9	松島湾, 宮古湾	-	0.0
平成10	松島湾, 宮古湾	39.6	84.0
平成11	松島湾, 宮古湾	40.3	129.0

機関名： (社) 日本栽培漁業協会厚岸事業場

年度	産地	全長 (mm)	尾数 (万尾)
昭和57	風蓮湖, 能取湖	65.9	8.4
昭和58	風蓮湖	65.2	10.3
昭和59	風蓮湖	46.1	18.3
昭和60	風蓮湖, サロマ湖	63.2	33.8
昭和61	風蓮湖	46.4	25.4
昭和62	風蓮湖, 厚岸	48.8	33.6
昭和63	風蓮湖, 厚岸	52.2	29.7
平成元	風蓮湖, 厚岸	52.3	39.4
平成2	風蓮湖, 厚岸	48.5	15.6
平成3	風蓮湖, 厚岸	42.3	27.9
平成4	風蓮湖, 厚岸	42.4	37.2
平成5	風蓮湖, 厚岸	46.6	53.5
平成6	風蓮湖, 厚岸, 野付湾	44.5	76.1
平成7	風蓮湖, 厚岸, 野付湾	45.8	90.4
平成8	風蓮湖, 厚岸	49.4	91.7
平成9	風蓮湖, 厚岸	42.4	67.6
平成10	風蓮湖, 厚岸	39.4	111.9
平成11	風蓮湖, 厚岸	40.7	109.9

機関名： (社) 北海道栽培漁業振興公社羽幌事業所

年度	産地	全長 (mm)	尾数 (万尾)
昭和57			
昭和58			
昭和59			
昭和60			
昭和61			
昭和62			
昭和63			
平成元			
平成2			
平成3			
平成4			
平成5			
平成6			
平成7			
平成8	厚田	45.5	20.6
平成9	厚田, 留萌	45.4	51.5
平成10	厚田, 留萌, 稚内	46.4	148.5
平成11	厚田, 留萌	42.6	226.3

機関名： 青森県水産増殖センター

年度	産地	全長 (mm)	尾数 (万尾)
昭和57			
昭和58			
昭和59			
昭和60			
昭和61			
昭和62			
昭和63			
平成元			
平成2			
平成3	野辺地湾	45.2	3.3
平成4	宮古湾	78.3	4.8
平成5	宮古湾	43.1	6.0
平成6	宮古湾	54.3	11.2
平成7	野辺地湾, 宮古湾	41.8	5.8
平成8			
平成9			
平成10			
平成11			

機関名： 北海道栽培漁業総合センター

年度	産地	全長 (mm)	尾数 (万尾)
昭和57			
昭和58			
昭和59			
昭和60			
昭和61			
昭和62			
昭和63			
平成元			
平成2			
平成3			
平成4			
平成5			
平成6			
平成7			
平成8			
平成9	サハリン	42.6	1.9
平成10	サハリン	44.1	2.7
平成11			

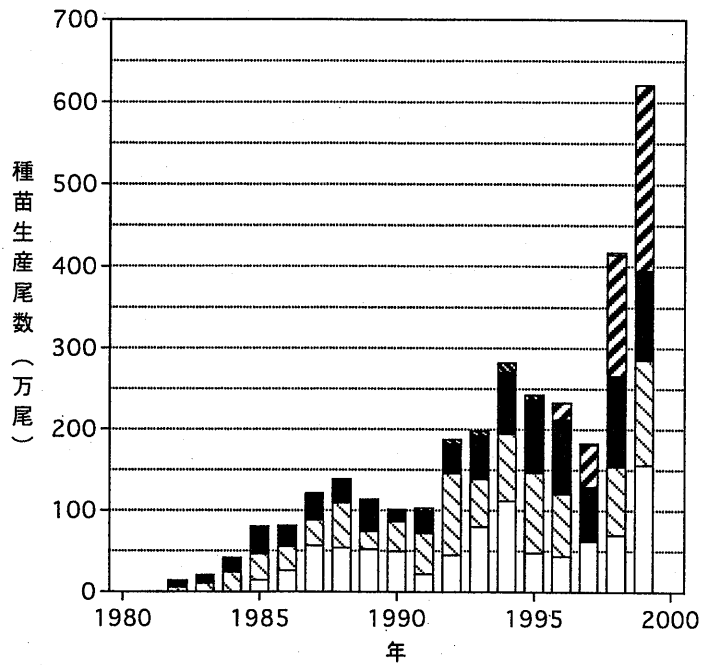


図 全国の種苗生産機関のニシン種苗生産尾数の年度別推移

- 宮城県栽培漁業センター ▨ (社)日本栽培漁業協会宮古事業場
- (社)日本栽培漁業協会厚岸事業場
- ▩ (社)北海道栽培漁業振興公社羽幌事業所
- 青森県水産増殖センター □ 北海道栽培漁業総合センター

表 厚岸事業場におけるニシン産試験用採卵結果一覧

年度	風蓮湖 (天然)			厚岸湖 (天然)			厚岸湖 (人工養成)			その他			
	西暦	親魚尾数	採卵数 (万粒)	親魚尾数	採卵数 (万粒)	種苗履歴	場所	親魚尾数	採卵数 (万粒)	種苗履歴	場所	親魚尾数	採卵数 (万粒)
昭和57年	1982	♀	♂	♀	♂		能取湖	♀ 60	♂ 20		能取湖	♀ 60	♂ 20
昭和58年	1983	♀	♂ 35	♀ 22	♂	54.6		♀	♂			♀	♂
昭和59年	1984	♀	♂ 45	♀ 58	♂	100.0		♀	♂		厚岸湖 (天然養成)	♀ 2	♂ 6
昭和60年	1985	♀	♂ 60	♀ 44	♂	95.0		♀	♂		サロマ湖	♀ 85	♂ 38
昭和61年	1986	♀	♂ 54	♀ 28	♂	120.0		♀	♂			♀	♂
昭和62年	1987	♀	♂ 125	♀ 57	♂	147.0		♀ 21	♂ 15	49.0	厚岸湖 (天然養成)	♀ 7	♂ 18
昭和63年	1988	♀	♂ 193	♀ 77	♂	280.0		♀ 29	♂ 17	104.0		♀	♂
平成元年	1989	♀	♂ 130	♀ 90	♂	263.0		♀ 123	♂ 44	130.0		♀	♂
平成2年	1990	♀	♂ 325	♀ 122	♂	660.0		♀ 37	♂ 5	93.0		♀	♂
平成3年	1991	♀	♂ 250	♀ 70	♂	555.0		♀ 40	♂ 30	162.0		♀	♂
平成4年	1992	♀	♂ 233	♀ 50	♂	473.0		♀ 73	♂ 30	180.0		♀	♂
平成5年	1993	♀	♂ 123	♀ 173	♂	430.0		♀	♂			♀	♂
平成6年	1994	♀	♂ 250	♀ 200	♂	480.0		♀	♂		野付湾	♀ 39	♂ 57
平成7年	1995	♀	♂ 311	♀ 213	♂	546.0		♀	♂		野付湾	♀ 16	♂ 42
平成8年	1996	♀	♂ 369	♀ 194	♂	564.0		♀	♂			♀	♂
平成9年	1997	♀	♂ 255	♀ 300	♂	468.0		♀	♂			♀	♂
平成10年	1998	♀	♂ 140	♀ 100	♂	358.6		♀	♂			♀	♂
平成11年	1999	♀	♂ 271	♀ 270	♂	416.7		♀	♂			♀	♂

表 ニシン卵管理事例 (1997年)

自然水温区

月日	水温(℃)		量産試験：風蓮湖				摘要		
			*卵発生		ふ化仔魚数 (尾)				
	AM	PM	日数	積算水温(℃)		stage			
4月9日	水	1.8	—	0	—		風蓮湖採卵11：40収容 孵化盆127枚		
4月10日	木	2.9	3.1	1	1.8	2			
4月11日	金	2.9	2.0	2	4.8	3			
4月12日	土	1.9	3.0	3	7.3	4			
4月13日	日	2.1	2.1	4	9.7	5			
4月14日	月	2.2	2.9	5	11.8	5~6			
4月15日	火	2.4	2.4	6	14.4	6~7			
4月16日	水	2.7	2.9	7	16.8	7~8			
4月17日	木	3.0	3.1	8	19.6	8			
4月18日	金	3.4	3.4	9	22.6	8~9			
4月19日	土	3.1	3.9	10	26.0	9			
4月20日	日	3.6	3.9	11	29.5	9~10			
4月21日	月	3.8	3.9	12	33.3	10			
4月22日	火	5.8	4.9	13	37.1	11			
4月23日	水	4.4	4.0	14	42.5	11			
4月24日	木	2.0	2.0	15	46.7	11~12			
4月25日	金	2.1	1.9	16	48.7	12			
4月26日	土	1.9	2.9	17	50.7	12			
4月27日	日	2.9	3.9	18	53.1	13			
4月28日	月	3.6	3.4	19	56.5	13			
4月29日	火	4.9	4.3	20	60.0	13			
4月30日	水	3.9	3.5	21	64.6	13~14			
5月1日	木	3.9	3.8	22	68.3	13~14			
5月2日	金	4.3	4.2	23	72.1	13~14			
5月3日	土	4.4	4.4	24	76.4	13~14			
5月4日	日	4.5	6.0	25	80.8	13~14		16	ふ化確認
5月5日	月	5.0	5.9	26	86.0	14		236	
5月6日	火	5.9	5.7	27	91.5	14		621	
5月7日	水	4.7	4.2	28	97.3	14		3,700	
5月8日	木	5.1	5.0	29	101.7	14~15		5,800	
5月9日	金	3.6	3.0	30	106.8	14~15		15,500	
5月10日	土	3.9	4.4	31	110.1	15		20,100	
5月11日	日	3.9	4.0	32	114.2	15		35,500	
5月12日	月	4.0	4.2	33	118.2	15		71,900	孵化盆全部収容10：30-11：25
5月13日	火	4.0	4.2	34	122.3	15			
合計		3.6					153,373		

10℃調温区

月日	水温(℃)		厚岸湖NO.3				摘要		
			*卵発生		ふ化仔魚数 (尾)				
	AM	PM	日数	積算水温(℃)		stage			
5月1日	木	9.2	—	0	—	1	厚岸湖NO.3採卵11：30収容 孵化盆13枚		
5月2日	金	9.7	—	1	9.2	4			
5月3日	土	9.8	—	2	18.9	7			
5月4日	日	9.9	—	3	28.7	8			
5月5日	月	10.0	—	4	38.6	10			
5月6日	火	10.0	—	5	48.6	11~12			
5月7日	水	10.0	—	6	58.6	12			
5月8日	木	10.1	—	7	68.6	13			
5月9日	金	9.5	—	8	78.7	13~14			
5月10日	土	9.6	—	9	88.2	14			
5月11日	日	9.9	—	10	97.8	14~15			
5月12日	月	9.8	—	11	107.7	15		12	孵化確認
5月13日	火	10.0	—	12	117.5	15		81	
5月14日	水	10.0	—	13	127.5	15		29,700	
5月15日	木	10.0	—	14	137.5	15		—	ほとんど孵化
5月16日	金	10.0	—	15	147.5	15		106,666	全数孵化確認
合計							136,459		

*卵発生stageは 北海道区水産研究所他、昭和47年度にしん増養殖技術開発企業化試験に準じた

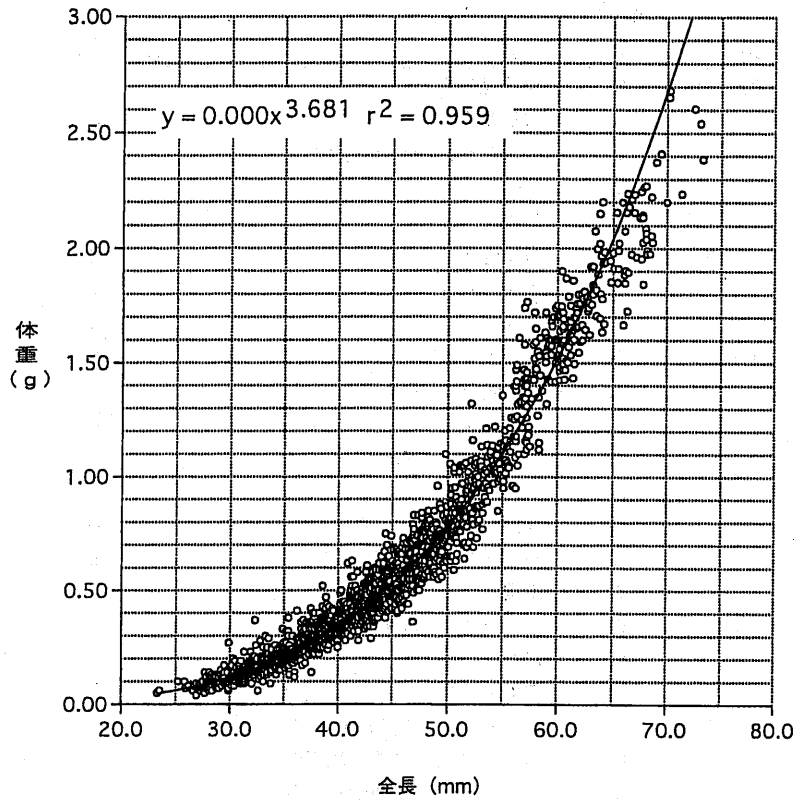


図 ニシン人工種苗の全長と体重の関係

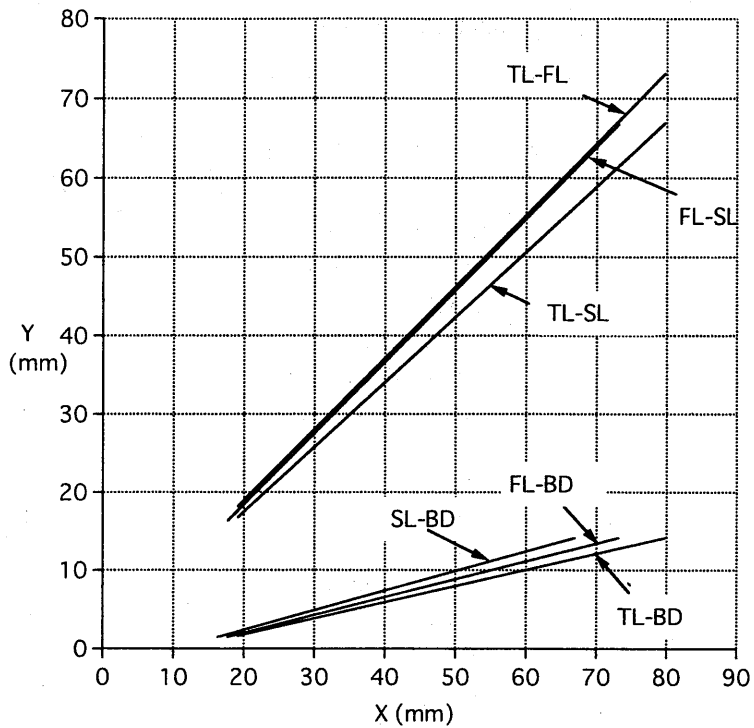


図 ニシン人工種苗の全長、尾叉長、体長、体高の関係

- X: 全長(TL), Y: 尾叉長(FL) $y = 0.907x + 0.841$ $r^2 = 0.995$
- X: 全長(TL), Y: 体長(SL) $y = 0.828x + 0.909$ $r^2 = 0.996$
- X: 全長(TL), Y: 体高(BD) $y = 0.208x - 2.448$ $r^2 = 0.962$
- X: 尾叉長(FL), Y: 体長(SL) $y = 0.910x + 0.259$ $r^2 = 0.995$
- X: 尾叉長(FL), Y: 体高(BD) $y = 0.229x - 2.623$ $r^2 = 0.963$
- X: 体長(SL), Y: 体高(BD) $y = 0.251x - 2.656$ $r^2 = 0.962$

表 ニシン採卵用具一覧 (500万粒採卵の場合)

項目	チェック	品名	数量
測定、計数	<input type="checkbox"/>	全長測定板	1
	<input type="checkbox"/>	電子天秤	2
	<input type="checkbox"/>	プラスチック板 (計量用)	2
	<input type="checkbox"/>	野帳	2
	<input type="checkbox"/>	計算機	1
	<input type="checkbox"/>	筆記用具	2
	<input type="checkbox"/>	エタノール	1
	<input type="checkbox"/>	サンプルビン	10
採卵	<input type="checkbox"/>	解剖用ハサミ	5
	<input type="checkbox"/>	卵計量用スプーン	2
	<input type="checkbox"/>	ゴムベラ	10
	<input type="checkbox"/>	バット小 (卵取出用)	15
	<input type="checkbox"/>	精巢搾り出し用ネット	5
	<input type="checkbox"/>	搾出卵収容用+受精用ボウル	10
	<input type="checkbox"/>	バット大 (ふ化盆塗り付け時)	2
	<input type="checkbox"/>	羽根ブラシ	2
	<input type="checkbox"/>	マブシ (シュロ製ブラシ)	70
	<input type="checkbox"/>	バケツ	15
	<input type="checkbox"/>	500ℓヒドロタンク (ろ過海水入り)	1
	<input type="checkbox"/>	φ25mmホース,7mバルブ付き	1
	<input type="checkbox"/>	1トFRP水槽 (マブシ収容用)	1
	<input type="checkbox"/>	サイフォン用φ40mmホース	2
輸送	<input type="checkbox"/>	ウレタンマット (輸送時保湿用)	2
	<input type="checkbox"/>	用具収容コンテナ (蓋付き)	5
その他	<input type="checkbox"/>	水温計	1
	<input type="checkbox"/>	小物収容用のコンテナ (小)	4
	<input type="checkbox"/>		

表 ニシン取り揚げ用具一覧

項目	チェック	品名	数量
取り揚げ	<input type="checkbox"/>	酸素ポンベ 大	1
	<input type="checkbox"/>	酸素レギュレーター	1
	<input type="checkbox"/>	分散器	4
	<input type="checkbox"/>	6連酸素調整器	1
	<input type="checkbox"/>	取り揚げ用タモ網 (ラケット状)	1
	<input type="checkbox"/>	260経小割り網 (J水槽に2面設置)	10
	<input type="checkbox"/>	バケツ	40
	<input type="checkbox"/>	巻網	1
	<input type="checkbox"/>	胴長	2
	<input type="checkbox"/>	計算機	1
	<input type="checkbox"/>	メモ帳, 筆記用具	1
	<input type="checkbox"/>	デジタル秤	1
	<input type="checkbox"/>	カウンター	2
	<input type="checkbox"/>	薬浴用エルバージュ (400g/槽)	2kg
	<input type="checkbox"/>	バケツ注水用小型水中ポンプ	1
	<input type="checkbox"/>	飼育水移送用50mm水中ポンプ400w	2
	<input type="checkbox"/>	50mmホース(30m)	2
	<input type="checkbox"/>	延長コード (ポンプ3台, 秤1台)	4
	<input type="checkbox"/>	500mlサンプルビン	4
	<input type="checkbox"/>	水槽に入れる踏み台	1
	<input type="checkbox"/>	必要人員	>8
	<input type="checkbox"/>		

表 沖出し時必要物品一覧

項目	現場	チェック	品名	数量	
配付		<input type="checkbox"/>	酸素ポンベ 大	1	
	<input type="checkbox"/>		酸素ポンベ 小	5	
	<input type="checkbox"/>		輸送用水槽	5	
	<input type="checkbox"/>		輸送用分散器	5	
		<input type="checkbox"/>	取り揚げ用分散器	2	
	<input type="checkbox"/>		分散器+エアーホース1.5m	3	
	<input type="checkbox"/>		酸素レギュレーター	6	
	<input type="checkbox"/>		輸送水槽用のワイヤー (2本1組)	5	
		<input type="checkbox"/>	配布書	1	
	<input type="checkbox"/>	各5	<input type="checkbox"/>	バケツ	40
	<input type="checkbox"/>			網収容用50mmホース (6m)	4
	<input type="checkbox"/>			輸送用水槽の下にかます塩ビ管の台	2
			<input type="checkbox"/>	網を支わす棒 (竹)	2
			<input type="checkbox"/>	取り揚げ用タモ網 (ラケット状)	2
	<input type="checkbox"/>	各2	<input type="checkbox"/>	金魚タモ網 大	2
	<input type="checkbox"/>			カメラ	1
			<input type="checkbox"/>	50mm水中ポンプ400w	2
			<input type="checkbox"/>	50mmホース (30m)	2
			<input type="checkbox"/>	輸送水槽換水用の260経アンドン	2
			<input type="checkbox"/>	アンドン排水用40mmホース	4
		<input type="checkbox"/>	延長コード (水中ポンプ用)	2	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	必要人員	>20	

表 ニシン種苗100万尾を生産する場合の種苗生産コストの試算 No.1

品名	数量	単位	単価	金額	償却年数	償却換算	用途及び内訳
採卵器具	5	一式	10,000	50,000	5	10,000	羽根ブラシ、ゴムベラ、バット、解剖バサミ、ポウル、計量匙、手袋
ふ化盆	400	枚	200	80,000	5	16,000	枠板、ナイロンネット、釘、ホッチキス
ふ化盆固定枠	30	個	12,000	360,000	15	24,000	ステンレス製、ふ化盆15枚収容
採卵用コンテナ	5	個	5,000	25,000	15	1,667	60ℓ容
総排水資材	5	一式	20,000	100,000	5	20,000	カナラインホース(φ25、φ50)、塩ビ部品、接着剤、固定ロープ
排水用アンドネット	10	個	20,000	200,000	15	13,333	ステンレス製、水槽数×2
排水用アンドネット	20	枚	5,000	100,000	5	20,000	目合4種類、各自合ネット、補強線どり、固定ヒモ
通気資材	5	一式	20,000	100,000	3	33,333	エアーストーン×4、エアージェネープ50m、エアーストーン×4
ワムン培養資材	5	一式	100,000	500,000	5	100,000	エアーストーン×20、エアージェネープ50m、接触曝気材
ワムン取り揚げ資材	4	一式	40,000	160,000	5	32,000	ごみ取りマット×5、100ℓパンライイト水槽×4
ワムン+アルミリア培養資材	1	一式	100,000	100,000	5	20,000	64μナイロンネット、200ℓ取り揚げ用コンテナ、塩ビ部品
アルミリア取り揚げ資材	10	一式	20,000	200,000	10	20,000	バケツ、計量カップ、0.5m ² パンライイト水槽
取り揚げ網資材	1	一式	40,000	40,000	10	4,000	エアーストーン×25、エアージェネープ100m
取り揚げ資材	1	一式	150,000	150,000	5	30,000	300μナイロンネット、ステンレス枠、50ℓ取り揚げ用コンテナ
収容小割り網	10	一式	150,000	1,500,000	10	150,000	塩ビ部品、バケツ、計量カップ、0.5m ² パンライイト水槽
輸送資材	10	一式	50,000	500,000	10	50,000	巻き網、たも網
底掃除資材	2	一式	20,000	40,000	5	8,000	バケツ×50、カナラインホース(φ50)、踏み台
欄籠培養資材	5	一式	10,000	50,000	5	10,000	5水槽×2
計測用資材	1	一式	200,000	200,000	10	20,000	分岐器、酸薬用ホース、バケツ×5、カナラインホース(φ50)、たも網
サンプル用資材	1	一式	50,000	50,000	1	50,000	排水受け水槽、回収ネット、φ25カナラインホース、塩ビ管、木棒
							100ℓパンライイト水槽×2、エアーストーン+ホース×2、バケツ
							時計皿、ピンセット各種、スポイト各種、ピーカー各種、シャーレ
							血球計算器、スライドグラス、カバーグラス、数取り器
							サンプルビン、整理箱、ラベル用品
小計				4,505,000		632,333	

表 ニシン種苗100万尾を生産する場合の種苗生産コストの試算 No.2

備品費	品名	数量	単位	単価	金額	償却年数	償却換算	用途及び内訳
	餌料用水槽	20	槽	200,000	4,000,000	7	571,429	市販1㎡アルテミアふ化水槽
	試験水槽	5	槽	40,000	200,000	7	28,571	0.5㎡パンライイト水槽
	ワムシ酵母用定量ポンプ	5	台	200,000	1,000,000	10	100,000	メイト
	排水用水中ポンプ	5	台	80,000	400,000	5	80,000	φ50用400w
	自動底掃除機	2	台	2,000,000	4,000,000	10	400,000	ヤンマー「かすべえ」
	自動給餌機	10	台	150,000	1,500,000	10	150,000	ヤマハ
	輸送用水槽	7	槽	185,000	1,295,000	10	129,500	1㎡容
	高速ミキサー	1	台	258,000	258,000	10	25,800	酵母等の混合
	卓上ミキサー	1	台	10,000	10,000	5	2,000	栄養強化剤の乳化
	デジタル秤	1	台	150,000	150,000	10	15,000	飼計量等
	電子天秤	2	台	50,000	100,000	10	10,000	体重測定
	デジタルノギス	1	台	100,000	100,000	10	10,000	体長測定
	透過顕微鏡	1	台	550,000	550,000	10	55,000	観察計数
	実体顕微鏡	1	台	350,000	350,000	10	35,000	観察
	万能投影機	1	台	1,200,000	1,200,000	10 共用		観察、体長測定
	蛍光顕微鏡	1	台	1,900,000	1,900,000	10 共用		耳石構造確認
	インキュベーター	1	台	800,000	800,000	10	80,000	ワムシ保存
	薬品庫	1	台	250,000	250,000	10	25,000	薬品保管、ガラス器具保管
	冷蔵庫	1	台	250,000	250,000	10 共用		薬品、強化剤の保管
	冷凍庫	1	台	1,900,000	1,900,000	10 共用		サンプル保存
	実験台	2	台	200,000	400,000	15	26,667	サンプル処理、計測用
	水温、pHメーター	1	台	148,000	148,000	5	29,600	水質測定
	DOメーター	1	台	250,000	250,000	5	50,000	水質測定
	塩分計	1	台	250,000	250,000	5	50,000	水質測定
	パソコン	1	台	500,000	500,000	5	100,000	資料取纏め用
	酸素通気レギュレーター	7	台	20,000	140,000	10	14,000	輸送用
	1kwヒーター+サーモスタット	20	台	30,000	600,000	10	60,000	加温用
	洗浄機	1	台	500,000	500,000	10	50,000	水槽、網等の洗浄
小計					23,001,000		2,097,567	

表 ニシン種苗100万尾を生産する場合の種苗生産コストの試算 No.3

品名	数量	単位	単価	金額	償却年数	償却換算	用途及び内訳
薬品費							
次亜塩素酸ナトリウム	10	個	2,500	25,000	1	25,000	20ℓ容 水槽殺菌用
チオ硫酸ナトリウム	2	袋	9,300	18,600	1	18,600	20kg 塩素中和用
水産用イソジン	4	個	11,000	44,000	1	44,000	3ℓ 卵薬浴用
ホルマリン	1	個	5,800	5,800	1	5,800	20ℓ サンブル保存用
水産用エルバージュ	10	kg	13,800	138,000	1	138,000	1kg 移植、輸送時薬浴用
ALC	20	ビン	90,000	1,800,000	1	130,000	100g 耳石播種
塩酸テトラサイクリン	10	kg	13,000	130,000	1	130,000	耳石播種
FA-100	1	ビン	5,000	5,000	1	5,000	100ml 麻酔用
ヨウ素カリウム	1	ビン	10,000	10,000	1	10,000	500g 塩素残留確認用
小計				2,176,400		376,400	
餌料費							
イースト	60	箱	5,610	336,600	1	336,600	15kg/箱、ワムシ用餌料
フレッシュグリーン	10	個	17,000	170,000	1	170,000	20ℓ容、ワムシ用餌料
アルテミア	150	缶	7,000	1,050,000	1	1,050,000	500g/缶
冷凍濃縮ナンノ	4	個	20,000	80,000	1	80,000	15ℓ 飼育水添加
アクアラシ	20	kg	10,000	200,000	1	200,000	1kg ワムシ、アルテミア栄養強化
配合飼料 協和発酵	20	kg	6,000	120,000	1	120,000	5kg/箱
B-400	40	kg	1,050	42,000	1	42,000	10kg/箱
C-700	10	kg	20,500	205,000	1	205,000	2kg/箱
オトヒメA2	60	kg	3,600	216,000	1	216,000	5kg/箱
オトヒメB2	300	kg	1,500	450,000	1	450,000	10kg/箱
オトヒメT1号							
小計				2,869,600		2,869,600	
親魚費							
水揚げニシン	300	kg	1,000	300,000	1	300,000	1000円/kg
小計				300,000		300,000	

表 ニシン種苗100万尾を生産する場合の種苗生産コストの試算 No. 4

光熱水費	燃料費	3.5	月	200,000	700,000	1	700,000	20万/月計算 (4月上旬~7月下旬)
	A重油	3.5	月	400,000	1,400,000	1	1,400,000	40万/月計算 (4月上旬~7月下旬)
	電気料	3.5	月	50,000	175,000	1	175,000	5万/月計算 (4月上旬~7月下旬)
	水道料							
小計					2,275,000		2,275,000	
人件費	研究員	1	人	4,000,000	4,000,000	1	4,000,000	25万円X18ヵ月
	パート	2	人	1,200,000	2,400,000	1	2,400,000	10万円X12ヵ月
小計					6,400,000		6,400,000	
施設補修費	ろ過砂交換	2	基	1,000,000	2,000,000	5	400,000	5年に1回
	ポンプ整備	10	台	100,000	1,000,000	3	333,333	3年に1回
	配管掃除	1	回	2,000,000	2,000,000	2	1,000,000	2年に1回
	ボイラー整備	2	基	160,000	320,000	1	320,000	1年に1回
	電気点検	1	一式	360,000	360,000	1	360,000	契約
	各種工事	1	一式	500,000	500,000	1	500,000	
小計					6,180,000		2,913,333	
車両費	トラック (1.5t)	1	台	2,500,000	2,500,000	5	500,000	
	フォークリフト (1t)	1	台	2,500,000	2,500,000	5	500,000	
小計					5,000,000		1,000,000	

表 ニシン種苗生産コスト (100万尾生産)

項目	積算 (円)	割合 (%)
資材費	632,500	3.2
備品費	2,097,567	10.7
薬品費	376,400	1.9
餌料費	2,869,600	14.6
親魚費	300,000	1.5
光熱水費	2,275,000	11.6
人件費	6,400,000	32.6
施設補修費	2,913,333	14.9
車両費	1,000,000	5.1
合計	18,864,400	100.0

種苗単価 18.9 円/尾

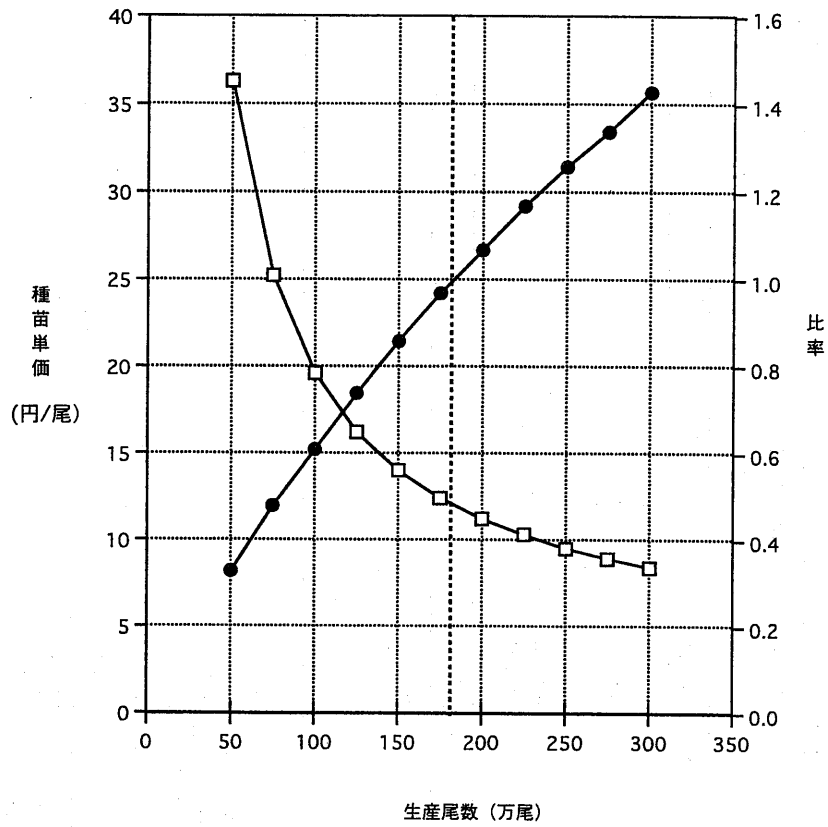


図 ニシン種苗生産の生産尾数と生産単価及び予想される収支比率の関係

—□— 種苗単価 —●— 比率 (回収/経費)

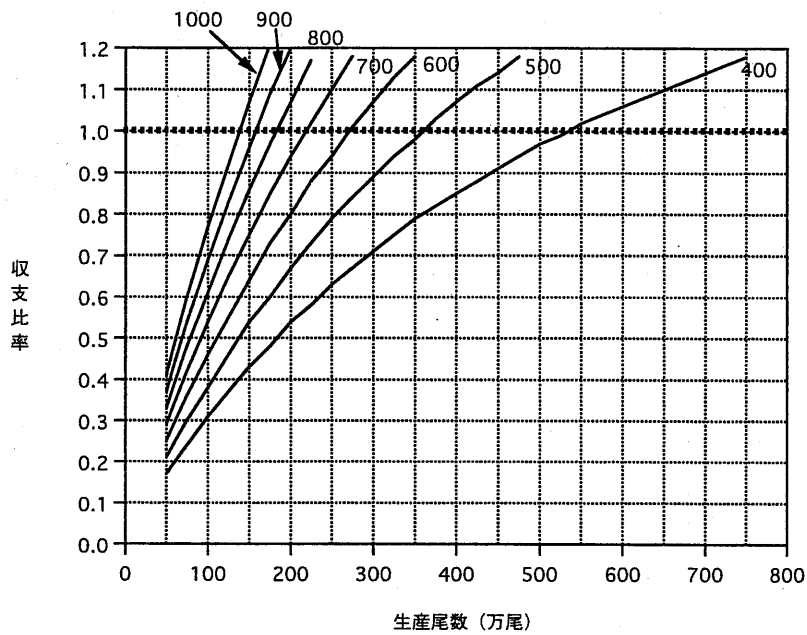


図 異なる市場単価別のニシン種苗生産尾数と収支比率の関係 (図中の数字は市場単価 (円/kg) を示す)

表 別海町ニシン種苗生産センターの飼育・培養水槽の概要

名称	実水量	構造	規格	数	用途
角形	40.0㎡	RC	7.0×4.5×1.5	8	種苗生産
角形	20.0㎡	RC	7.0×2.3×1.5	5	ワムシ培養
角形	5.0㎡	FRP	4.5×1.6×0.9	4	餌料栄養強化
角形	1.8㎡	FRP	2.0×1.0×1.0	5	餌料栄養強化
円形	2.0㎡	FRP	φ1.6×0.6	2	餌料栄養強化
円形	1.0㎡	FRP	φ1.2×0.4	14	アルテミアふ化

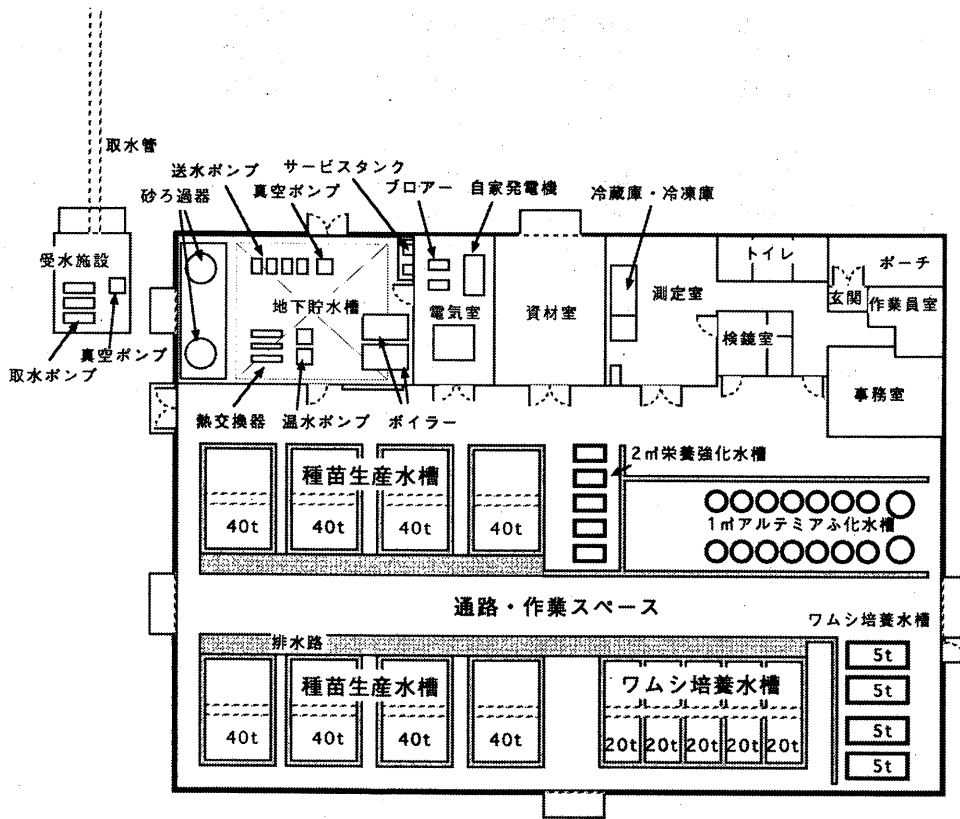


図 別海町ニシン種苗生産センター施設見取り図
(別海町ニシン種苗生産センター施設設計資料を改変)

表 厚岸事業場のニシン種苗生産担当者一覧

年度	主担当	副担当	
1981	山本和久		
1982	山本和久	岩本明雄	村上直人
1983	山本和久	鴨志田正晃	
1984	山本和久	鴨志田正晃	
1985	山本和久	鴨志田正晃	
1986	山本和久	成生正彦	
1987	山本和久	成生正彦	
1988	山本和久	成生正彦	高橋誠
1989	山本和久	成生正彦	高橋誠
1990	山本和久	中川雅弘	鶴巻克巳
1991	山本和久	中川雅弘	鶴巻克巳
1992	山本和久	中川雅弘	尾花博幸
1993	山本和久	尾花博幸	
1994	山本和久	尾花博幸	
1995	尾花博幸	鈴木重則	
1996	尾花博幸	中川 亨	
1997	山本義久	中川 亨	
1998	山本義久	芦立昌一	
1999	山本義久	芦立昌一	堀田卓朗
2000	山本義久	芦立昌一	

栽培漁業技術シリーズ No. 7

ニシンの種苗生産技術

平成13年3月25日発行

発行 社団法人 日本栽培漁業協会
〒101-0047 東京都千代田区内神田3-14-8
ニシザワビル5階
電話 (03) 5296-3181(代)

印刷所 日昇印刷株式会社
〒104-0043 東京都中央区湊1-14-14
電話 (03) 3553-3161(代)