

人工産卵基質によるニシンの産卵誘発

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2025-04-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 尾花, 博幸, 山本, 和久, 松原, 孝博 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014468

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



人工産卵基質によるニシンの産卵誘発

尾花博幸^{*1}・山本和久^{*2}・松原孝博^{*3}

Induction of Spawning Using an Artificial Spawning Bed in Captive Pacific Herring *Clupea pallasii*

Hiroyuki OBANA, Kazuhisa YAMAMOTO,
and Takahiro MATUBARA

1997年2月6日受理

ニシンの卵は粘着性の二次卵膜を持ち^{1,2)}, それにより沿岸域のアマモ、スガモなどの海草、およびオゴノリなどの藻類に卵を付着させる形で産卵が行われる³⁾。この性質を利用して日本栽培漁業協会厚岸事業場では、1982年から乾導法により人工授精した卵をシュロを張ったふ化盆(24×39 cm)に、また、1984年からは木枠にテトララッセル網 T280 を張ったふ化盆(24×38 cm)に付着させる方法で種苗生産を行ってきている^{4,5)}。また、同事業場では、資源水準が低く、十分な親魚が確保できない系群を対象として、水槽内にて親魚を養成し、飼育下における成熟過程を調べるとともに^{*4}, これらの親魚より得られた卵から種苗を得る試みも併せて行ってきた。さらに、養成した親魚を用いて大量の良質な受精卵を、自然産卵で得ることを目指し開発を進めてきた。

水槽内で飼育されたニシンの雌は、成熟、排卵は行うものの産卵基質がない場合には産卵せず、排卵された卵は翌年の成熟開始以降も吸収されずに残留し、生殖腺の形態異常など成熟への悪影響を及ぼす⁶⁾。したがって、雌親魚を翌年も利用するためには、水槽内で産卵を導き、卵巣内の卵を放出させる必要がある。また、近年、自然界に放流する種苗の遺伝的組成が重要視されている

ことから、十分な多様性を保持した種苗を生産する技術の確立が急務であるとされる。したがって今後は人工授精法のみならず、自然産卵法においても遺伝的多様性を保持する手法の開発を進めることが重要と考える。

本調査では、これらの問題に対して有用と考えられる人工産卵基質を用いた産卵誘発技術の確立を目的として、基質の材質、設置方法について検討し、産卵状況を調査するとともに、併せてニシンの産卵行動を観察した。

材料と方法

1. 親魚の飼育 試験に用いた魚は1993年に厚岸湖で漁獲されたニシン成魚、雌38個体(全長23.8~31.4 cm, 体重114~274 g)、雄38個体(全長24.1~28.2 cm, 体重105~219 g)を用いて人工授精した種苗を水槽内で養成したものである。飼育水槽は、八角型コンクリート水槽(5.0×5.0×2.0 m, 実水量は40 m³)を使用し、5 m³/hの注水により換水を行い、注水とエアリフトにより反時計回りに水を回転させた。餌料は配合飼料(オリエンタル酵母株式会社製, なぎさ, No. 3~No. 8)を用い、1日

^{*1} 日本栽培漁業協会厚岸事業場 〒088-11 北海道厚岸郡厚岸町筑紫恋2-1 (Japan Sea-Farming Association, Akkeshi Staion, Tukushikoi, Akkeshi, Akkeshi, Hokkaido 008-11, Japan).

^{*2} 日本栽培漁業協会能登島事業場 〒926-02 石川県鹿島郡能登町字曲

^{*3} 水産庁北海道区水産研究所 〒085 北海道釧路市桂恋116

^{*4} 古屋康則・尾花博幸・山本和久・征矢野清・松原孝博(1996) 飼育ニシン雌の初回成熟過程, 平成8年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 7.

に魚体重の 5~7% を給餌した。飼育は冬期を除いて自然水温で行い、12~4 月は 5℃ まで加温した。

2. 産卵基質の材質選択試験 産卵試験に先立ち、人工産卵基質の材質を選択する目的で、キンラン（幹繩にクレモナ繊維を葉状に加工した、長さ 150 cm のもの、クラレ(株)社製）、マブシ（シュロの繊維をブラシ状に加工した長さ約 65 cm のもの、深貝ブラシ製作所製）および採卵用のふ化盆（24×38 cm の木枠にテトララセル網 T280 を張ったもの、当事業場作製）の 3 種類の人工基質を用いてニシンの産卵時の選択性を比較した。この試験は 1992 年 4 月 20~21 日に行い、供試魚として満 5 歳魚と満 2 歳魚の合計約 1,000 個体の厚岸産ニシン成魚を用いた。試験は上記の水槽で行い、産卵基質はマブシとキンランを 1 列に交互に配置し、5 列で合わせて 25 本を垂下した。ふ化盆は 5 枚を 1 組として重ならないように 1 本のロープに固定し 2 組を垂下した。3 種類の産卵基質は水槽中央部の中層に設置した。各基質の選択性は、産卵基質に産みつけられた卵数を目視により比較することで評価した。

3. 産卵試験

1) 1995 年試験 試験魚は満 2 歳で、ほとんどのものが初回成熟した。供試魚数は約 1,000 個体で、それまでの成熟調査時のサンプリングの結果（雄 84 個体、雌 91 個体）から、性比はほぼ 1:1 であると推察された。また、試験直前の 4 月 7 日に行った成熟調査時の測定の結果、雌 9 個体の平均全長は 25.5 cm (23.0~26.8 cm)、平均体重は 161.1 g (119~190 g) 平均卵巣重量は 37.0 g (21.6~51.9 g)、雄 11 個体の平均全長は 25.8 cm (24.4~27.1 cm)、平均体重は 157.1 g (133~188 g)、平均精巣重量は 27.1 g (18.9~35.1 g) であった。産卵基質のマブシは、1 列に 6 本の 5 列で合計 30 本を上端が水面下約 15 cm になるように設置し、下部には沈子を付けて、水槽中央に 15~20 cm の間隔で鉛直に垂下した（図 1）。試験は 1995 年 4 月 10, 11, 18, 20 日の 4 回行い、それぞれ 11 時に垂下を開始した。

産卵行動の観察は目視および試験開始日の夕刻から翌朝にかけて暗視野カメラ（CCTV, MODEL HV-800, (株)日立製作所製）を用いて行った。カメラは水槽中央

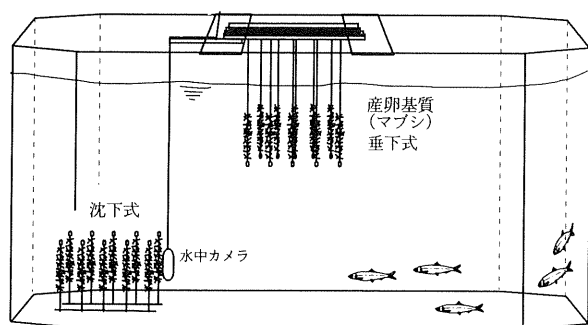


図 1. 試験水槽における産卵基質の設置図
(1995 年の試験は垂下式の産卵基質のみ)

の直上約 2 m の位置に設置し撮影を行った。

翌日にマブシを取り揚げ、受精卵量および受精率を求めた。産卵量は卵の付着していないマブシ 10 本の湿重量の平均値を風袋重量とし、卵の付着したマブシの湿重量から風袋重量を差し引いて卵重量とし、単位重量当たりの卵数から換算して求めた。受精率は卵の付着したシュロの繊維部分を無作為に切り出して、卵発生が進んでいるか否かで調べ、同時に単位重量当たりの卵数を求めた。

2) 1996 年試験 試験には 1995 年の試験で自然産卵を経験した満 3 歳魚 564 個体を用いた。また、3 月 27 日に行った事前調査時の測定の結果、雌 9 個体の平均全長は 27.8 cm (26.0~29.7 cm)、平均体重は 233.6 g (143~289 g) 平均卵巣重量は 70.0 g (28.2~88.9 g)、雄 6 個体の平均全長は 27.9 cm (26.3~30.8 cm)、平均体重は 201.8 g (171~252 g)、平均精巣重量は 39.0 g (29.9~54.9 g) であった。1996 年の試験では、産卵基質の設置方法を検討するために、二通りの方法でマブシを設置した。一つは 1 列 5 本の 5 列で計 25 本を水面下 15 cm になるようにして 15~20 cm 間隔で鉛直に垂下した（以下、垂下式と略す）。もう一つはマブシの下端が水槽底面から約 15 cm になるようにして、1 列 5 本の 5 列で合計 25 本を設置し、上部には浮きを付けて鉛直に立ち上がるようにした（以下、沈下式と略す）。基質の設置は、垂下式は前年の試験と同様に水槽中央に、沈下式は水平方向に約 80 cm 離れた位置とした（図 1）。試験は 1996 年 4 月 15, 18, 19 日の 3 回行い、15 日は 11 時、18 日は 9 時、19 日は 13 時に試験を開始した。19 日の試験は、水槽中央部に垂下式により水槽底面から約 15 cm の位置になるように合計 20 本を垂下した。

産卵行動の観察は目視および水中カラー TV カメラ（FM-2000 カラーフィッシュマン、(株)キュー・アイ社製）を産卵基質の間に設置して行った。

受精卵量および受精率は前年と同様の方法で求めた。

結 果

1. 産卵基質の材質選択試験

試験終了時に 3 種類の人工基質を取り揚げ、卵の付着状況を調査した。その結果、シュロ製のマブシに対しては多数の卵が産みつけられていたが、ほぼ類似した形状をもつクレモナ製のキンランではマブシと比べて極めて少量の卵が観察されたのみであった。また、ふ化盆では卵は全く付着していなかった。このことから、今回用いた 3 種類の人工産卵基質のなかでは、マブシが最も適した材質であることが示された。

2. 産卵試験

1) 1995 年試験

(1) 産卵状況 1995 年の試験における産卵基質への産卵状況を表 1 に示した。1 回目の試験では翌朝までにマ

ブシへの産卵は認められなかった。その後2回の試験では、それぞれ産卵が行われた（写真1A）。また、卵は産卵基質全てに付着していたが、下部よりも上部の方により多くの卵が産みつけられていた。産卵の開始は18時以降、ピークは21時以降と思われ、産卵が盛んになると放精された精液により飼育水は白濁し、エアレーションにより飼育水表面に白色の泡が発生した。このため暗視野カメラによる撮影は途中で不可能になった。4回目の試験では試験開始から約3日間マブシを垂下していたが産卵は確認されなかった。また、試験期間を通して産卵基質以外の構造物（加温管、水槽壁面）に卵は産みつけ

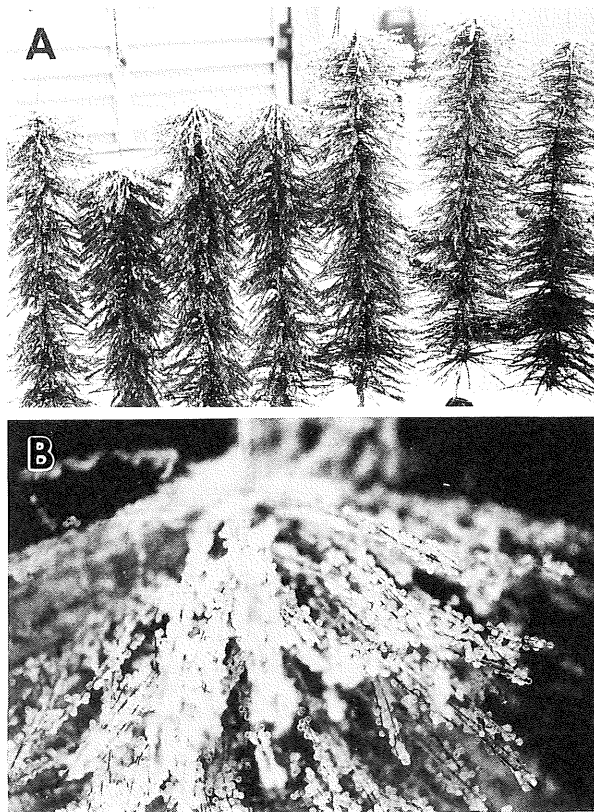


写真1. 産卵基質へのニシンの付着状況
A: マブシの全体像、マブシ上部に多数の卵の付着が見られる。B: マブシ上部の拡大像、卵はシュロ繊維にまんべんなく付着していた。

られていなかった。試験終了後の4月26日に行ったサンプリングの結果、雄は6個体中の全ての個体が放精していた。また、雌は6個体中の4個体が産卵していて2個体が未産卵であった。産卵を終えた雌の卵巣は極度に収縮し、卵巣内には数十粒の卵が残留している程度であった。

(2) 受精卵量および受精率 産卵が行われた2回目および3回目の試験時の受精卵量および受精率は、2回目が約415万粒（499粒/g）で90.0%，3回目が約551万粒（552粒/g）で96.0%であった（表1）。

2) 1996年試験

(1) 産卵状況 1996年の3回の試験では、いずれも産卵が行われた（表2）。前年の試験では、試験開始から産卵が行われるまでに6時間以上の時間が経過したが、1996年の試験では、試験開始から1時間以内に産卵行動が開始された。産卵は親魚の遊泳深度と同じ深さに設置した沈下式のマブシに集中的に行われていた。3回目の試験では産卵基質は約3日間設置したが、産卵が確認されたのは試験開始から1日以内で、その後は産卵が観察されなかった。1995年の試験および1996年の沈下式のマブシには、シュロの繊維部分に密集して卵が付着していたが、卵塊状にはなっていない（写真1B）。試験終了後の4月23日に行った調査では、雄は47個体中の44個体が完全に放精し、1個体が未成熟、2個体が精巣内に精子を残していた。雌は53個体中の38個体は完全に産卵し、1個体が未成熟、14個体が未産卵あるいは卵巣内に卵を残した状態であった。

(2) 受精卵量および受精率 前年と同じ方法で、受精卵量および受精率を求めた。その結果、1回目の試験では垂下式が約92万粒、沈下式が約459万粒の合計約551万粒（509粒/g）で75.5%，2回目は垂下式が約13万粒、沈下式が約303万粒で合計約316万粒（517粒/g）で64.1%，3回目は約46万粒（524粒/g）で75.4%であった。

3. 産卵行動

ニシンは産卵基質を投入した直後は、通常通り水槽内を時計回りに遊泳していたが、やがて一部のニシンが群

表1. 1995年産卵試験結果の概要

月 日	水 温 (℃)	マブシ (本)	産卵量 (万粒)	受精卵量 (万粒)	受精率 (%)	単位重量当たり 卵数 (粒/g)
4.10	5.9	30				
4.11	5.5	30	461	415	90.0	499
4.18	5.5	30	574	551	96.0	552
4.20	5.7	30				
合 計		120	1,035	966		

表 2. 1996 年産卵試験結果の概要

月 日	水 温 (℃)	設置方式	マブシ (本)	産卵量 (万粒)	受精卵量 (万粒)	受精率 (%)	単位重量当たり 卵数 (粒／g)
4. 15	5. 6	垂下	25	121	92	75. 5	509
		沈下	25	608	459		
小 計			50	729	551		
4. 18	5. 1	垂下	25	20	13	64. 1	517
		沈下	25	473	303		
小 計			50	493	316		
4. 19	5. 4	底層垂下	20	61	46	75. 4	524
合 計			120	1, 283	913		

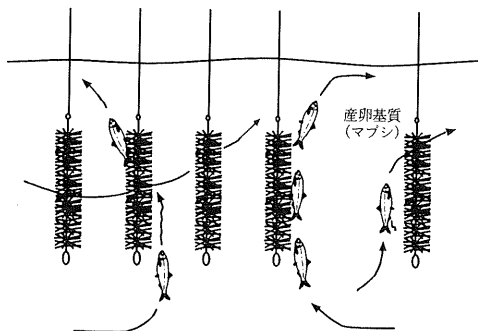


図 2. ニシンの産卵行動を示した模式図

から離れてマブシの間をすり抜ける行動をとるようになった。この行動は 1995 年では産卵基質の投入後、約 4 時間後に、1996 年では約 30 分後に観察された。さらに時間の経過とともに、産卵基質内をすり抜けた後、滞留したりする個体の数は次第に増加し、産卵、放精が開始された。産卵、放精は 1995 年では産卵基質の投入後、約 7 時間後に、1996 年では約 50 分後に観察された。産卵行動の終了は、飼育水が精液により白濁したため観察できなかった。

産卵時の雌雄の行動を図 2 に模式図として示した。垂下式、沈下式いずれの場合にも雌はマブシに対して下方あるいは水平方向から進入し、上方に向かって上向きの状態で、シュロ繊維部分に生殖突起を擦り付けるようにして卵を付着させていた（図 3A）。雌が一度に付着させる卵の量は少量で、一連の産卵行動をくり返していた。一方、雄も同様にマブシの間に入り込み、放精を行うことが確認された（図 3B）。しかし、産卵基質に付着した卵に直接放精する様子は見られなかった。雌の産卵と同様に雄が一度に放出する精液の量は少なく、くり返し放

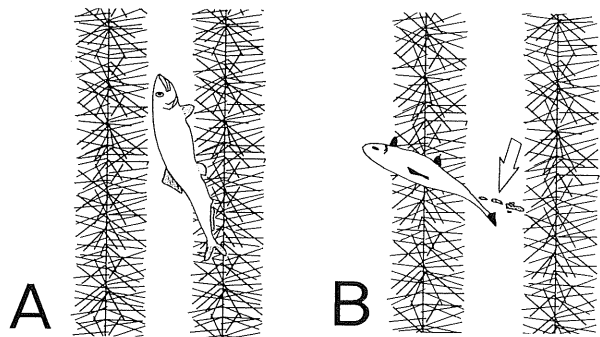


図 3. 産卵基質に対する雌の産卵 (A) および雄の放精 (矢印) の瞬間 (B)

精を行っていた。また、放精された精液は粘度が高く、即座に飼育水中に拡散せず、帯状にたなびいていた。ニシンの産卵行動は雌雄それぞれ単独に行われ、ペアでの産卵は観察されなかった。

考 察

これまで親魚養成を行ってきた中で、水槽内での産卵は観察されていないが、今回の試験で産卵基質を投入すると自然産卵が行われることが確認された。水槽内に産卵基質がないと産卵が行われない例はキンギョ⁷⁾などでも知られており、ニシンでも類似した産卵の習性を持つものと思われる。したがって、シュロ製のマブシを材料とした産卵基質は水槽内でのニシンの産卵誘発には極めて効果的であることが示された。

1995, 1996 年の 2 回の試験期間中に人工産卵基質に産みつけられた卵の総数は、それぞれ 1,035 万粒および、1,283 万粒と推定された。1995 年に用いた満 2 歳の雌の

平均卵重量（産卵前の平均卵巣重量－産卵後の平均卵巣重量^{*5}）は 34.4 g（9 個体の平均）であり、1 g 当たりの卵数が約 1,000 粒^{*6}、推察される雌の数が 500 個体と考えると、全ての雌が産卵した場合の卵数は 1,720 万粒と算出される。したがって、約 60% の卵が産み出されたものと考えられる。一方、1996 年の満 3 歳魚では、平均卵重量は 68.0 g（9 個体の平均）、雌が 282 個体として算出される卵数は 1,918 万粒で、約 67% が産み出されたことになる。これに対して試験終了後にサンプリングした雌は、1995 年には 67%、1996 年には 72% が産卵しており、上記の計算結果と良く一致し、産卵期中に産卵基質を 3 回投入することで大半の雌に産卵を誘発できることが示された。また、雄は未成熟魚を除いて 1995 年は 100%、1996 年では 94% の個体が完全に放精しており、雌と比べて極めて高い割合を占めた。したがって、今回の試験で雌の全ての個体が産卵しなかった理由として、雌の孕卵個体が残っていても、すでに放精する雄が存在しなかったことによると考えられる。

産卵基質に産みつけられた卵の受精率を見ると、1995 年には 90% 以上と高い値であった。しかし、1996 年の試験では 60～75% とそれに比べて低い値を示した。これは 1996 年の 3 月 27 日にサンプリングした全ての雌がすでに排卵していたことから考えて、試験開始時には排卵された卵が、母体内に長期間留め置かれたことで過熟となり、受精率が低下したものと考えられる。いくつかの種において、排卵された卵を母体内に留め置くと、過熟により受精率や胚の生残が低下することが観察されている⁸⁻¹¹⁾。卵が過熟に達する速度は種によって異なるものの、ニシンについては先に HAY¹²⁾ により行われた試験から、受精率が低下する日数は 5～6℃ で 1 カ月以上と長いことが報告されている。1996 年の試験に用いたニシンは、排卵日を特定できないが、少なくとも排卵から 19 日以上と長い日数が経過していたものの、未だかなりの受精率を保持していた。このことは、ニシンの場合、排卵直後でなくとも、適宜人工産卵基質を用いて受精卵を得ることができ、人工授精を行う場合も含めて、採卵作業に際して大きな利点と考えられる。

今回の水槽内での産卵試験から、我々の知る限りでは初めて、本邦産ニシンの産卵行動を観察することができた。北米産ニシンについては STACEY and HOURSTON¹³⁾ が水槽内で産卵行動を観察しており、その過程を次の 4 つに区分けしている。1) rising and milling（うろつき行動）、2) papilla extension（生殖突起伸長）、3) substrate testing（産卵基質の確認）、4) substratespawning（産卵）。今回の試験では、次のような行動が観察された。1) 人工産卵基質内および周辺でのうろつき、すり抜け行動、2) 産卵開始以前からの基質へのアプローチ、腹部を擦り付

ける行動、3) 雌の産卵と雄の放精。このように、我々の観察した産卵行動は、STACEY and HOURSTON¹³⁾ の観察と良く一致した。しかし、今回の観察で特徴的であったのは、ニシンが下から上へ腹部をマブシに擦り付けながら泳いでいく行動で、これは、長い産卵基質を鉛直方向に設置したことによる行動であると思われる。その結果、垂下式、沈下式いずれの場合も、用いた産卵基質の上方に比較的に多くの卵が産みつけられていたものと思われる。また、1996 年の試験で水槽底部に産卵基質を設置した沈下式の方が卵の付着数が多く、利用頻度が高かったが、これは沈下式の方がより天然の海草、藻類の繁茂状態に近いと推察される。

マブシに産みつけられた卵は、卵塊状にはなっておらず、シュロの繊維部分に比較的にまんべんなく付着していた。これは、雌が一回の産卵で産み出す卵が少数であるという観察結果から裏付けられる。

観察された雌雄の産卵、放精行動は非常に類似しており、放卵、放精の瞬間を見ない限りは、その行動を見ただけで雌雄を区別することは不可能であった。また、産卵行動は雌雄のペアで行われるのではなく、各個体が個々に産卵、放精を行っていた。これは、ニシンが産卵場にて群で同調して産卵することによる習性と思われる。

ニシンの精子の特徴として、放出された環境水中で極めて長時間にわたり、受精能力を保持し続けることが知られている¹⁴⁾。たとえば、海水中で約 94 時間放置された精子を用いて卵を受精させた場合でも約 78% の発眼率が得られている。このことは、産み出された卵に対して、同時に雄が放精しなくても、すでに放出されている精子によっても受精が可能であることを示している。したがって、天然の産卵場所においては、雌 1 個体から産み出された卵に対して、不特定多数の雄の精子が受精する可能性を持つと考えられる。このことは、遺伝的組み合わせの多様化に対して極めて有利であると思われる。

今回の試験により、産卵基質を用いることによって、水槽内でニシンの自然産卵を誘発させる方法がほぼ確立した。今後は、産卵基質に産みつけられた受精卵の管理技術を確立するとともに、産卵誘発の技術を天然海域における産卵場の造成等の増殖事業に応用することを検討する。

謝 辞

本試験を行うにあたり、有益なご助言をいただいた現日本栽培漁業協会今村茂生第二技術部長に厚くお礼申しあげる。また、ご協力いただいた日本栽培漁業協会厚岸事業場の職員各位および岐阜大学教育学部古屋康則

*5 産卵を終了した雌のみの平均値。

*6 厚岸事業場で乾導法により人工授精で採卵を行う際の目安としている値。

助教授に感謝の意を表する。

文 献

- 1) OHTA, H. (1984) Electron microscopic study on adhesive material of Pacific herring *Clupea pallasii* eggs. 魚類学雑誌, **30**, 404-411.
- 2) GILLIS, D. J., B. A. McKEOWN, and D. E. HAY (1990) Ultrastructural observations on the ovary and eggs, and the development of egg adhesion in Pacific herring *Clupea harengus pallasii*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **47**, 1495-1504.
- 3) 飯塚 篤 (1966) 厚岸湾におけるニシンの発生幼期の生態. 北海道区水産研究所研究報, **31**, 22-25.
- 4) 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. 栽培技研, **12**, 55-60.
- 5) 日本栽培漁業協会 (1984) 日本栽培漁業協会事業年報 昭和 58 年度, 30.
- 6) 日本栽培漁業協会 (1990) 日本栽培漁業協会事業年報 昭和 63 年度, 34-35.
- 7) YAMAZAKI, F. (1965) Endocrinological studies on the reproduction of the female Goldfish, *Carassius auratus* L., with special reference to the function of the pituitary gland. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **13**, 1-64.
- 8) 鈴木 亮 (1980) コイ卵の排卵後における卵巣腔内滞留時間と発生能力. 養殖研報, **1**, 1-6.
- 9) KOYA, Y., T. MATUBARA, and T. NAKAGAWA (1994) Efficient artificial fertilization method based on the ovulation cycle in Barfin flounder *Verasper moseri*. *Fish. Sci.*, **60**, 537-540.
- 10) 野村 稔・酒井 清・隆島史夫 (1974) ニジマス過熟現象について—I, “過熟卵”の形態ならびに出現時期. 日本水産学会誌, **40**, 997-994.
- 11) SPRINGATE, J. R. C., N. R. BROMAGE, J. A. K. ELLIOTT, and D. L. HUDSON (1984) The timing of ovulation and stripping and their effects on the rates of fertilization and survival to eying, hatch and swim-up in the rainbow trout *Salmo gairdneri* R.. *Aquaculture*, **43**, 313-322.
- 12) HAY, D. E. (1986) Effects of delayed spawning on viability of eggs and larvae of Pacific herring, *Trans. Am. Fish. Soc.*, **115**, 155-161.
- 13) STACEY, N. E., and A. S. HOURSTON (1982) Spawning and feeding behavior of captive Pacific herring, *Clupea harengus pallasii*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **39**, 489-498.
- 14) 田中林蔵 (1942) ニシン生殖巣に関する研究. 日本水産学会誌, **11**, 16-38.