

# 石狩湾系ニシンの繁殖特性

高柳 志朗\*<sup>1</sup>, 石田 良太郎\*<sup>2</sup>

Reproductive characteristics of Ishikari Bay herring (*Clupea pallasii* Valenciennes)

Shiro TAKAYANAGI\*<sup>1</sup> and Ryotaro ISHIDA\*<sup>2</sup>

Localized Pacific herring, so called "Ishikari Bay herring" exists in waters off western and northern part of Hokkaido, Sea of Japan. Annual catches of herring spawners fluctuated for 1 to 14t in 1980-1996 and have sharply increased to 158-239 metric tons in 1997-2001. Present study is based on an investigation of specimens caught by gill net and Danish seine between November 1997 and April 2001 in Ishikari Bay and adjacent waters. Gonosomatic index and macroscopic ovary appearance suggested that Ishikari Bay herring spawn from early February to early May, mainly late February and March. Large-sized fish (over 27cm in fork-length) become to mature earlier than small-sized fish, so spawning herring caught in early fishing season were larger than those of the late season. Condition factor (CF) decreased in February and/or March at minimum level. There was positive correlation between egg size and fork-length of mature spawning herring. The relationship between fecundity (E) and fork-length (FL in cm) were shown with a regression of  $E=0.760 FL^{3.344}$  ( $r=0.939$ ).

These results are important for understanding stock fluctuation and conducting fisheries management.

キーワード：石狩湾系ニシン，産卵期，成熟度，肥満度，生殖腺重量指数，卵サイズ，孕卵数

## はじめに

ニシン (*Clupea pallasii* Valenciennes) は、北緯35度以北の北太平洋に広く分布し、多くの海域で重要な漁業資源となっている。ニシンの水産資源学的特徴として、特有の産卵場を持ち、分布域や成長・成熟などの生態に固有の特徴を有する系群が、多く存在することが挙げられる。

多くの系群の一つに、北海道西部日本海に分布する“石狩湾系ニシン”がある。このニシンは北海道・サハリン系ニシン（通称、春ニシン）の衰退後の1950年代後半に、その存在が知られるようになり<sup>1)</sup>、その後の研究で遺伝的に独立した集団であることが明らかにされている<sup>2,3)</sup>。近年、産卵群の漁獲量が150トン以上に急増し、資源は高水準で推移している<sup>4)</sup>。また、1996年以降、この系群を対象とし、人工種苗が放流され、栽培漁業の試みが始められている。

このニシンの生態的知見については、三上<sup>2)</sup>の研究があるものの、わずか2カ年の2～3月の時期に限られた情報に基づくものであり、きわめて断片的である。

そこで本報告では、現時点で可能な限りの多くの生物標本や情報を収集し、石狩湾系ニシンの産卵生態、特に繁殖特性を総合的に明らかにすることを目的とした。また、近年の研究で石狩湾系ニシンは留萌海域や稚内海域にかけての沿岸域に産卵来遊していることが知られるようになったので、これらの海域においても標本採集を行い、海域別の産卵期を推定した。さらに、得られた結果を基に、繁殖特性と再生産および資源変動との関連について論じた。

## 材料と方法

生物測定は、北水試の生物測定法<sup>5)</sup>（「魚介類測定・海洋観測マニュアル（北海道立水産試験場，1996）」に従い、尾叉長(mm)、体重(g)、内臓除去重量(g)および生殖腺重量(g)を計測した。一部の個体については耳石による年齢査定を行った。ただし、雌の成熟度の判定は肉眼観察により、以下の基準で行った。10：卵粒は認められない、22：卵粒は認められるが卵は不透明、31～33：卵粒は透明に近いが、卵巣には“はり”がある、

報文番号 A 345 (2002年3月26日受理)

\*1 北海道道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Hamanaka-cho, Yoichi, Hokkaido 049-8555, Japan)

\*2 北海道道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station, Hamamachi Kushiro, Hokkaido 085-0027, Japan)

40：卵はすべて透明で、卵巣には“はり”がなく、卵巣を軽く押すだけで、あるいはほとんど押さなくても卵が流れ出る、50：産卵後。また、雄の成熟度は、精巣を切断した際、精液が溶融するものを熟度“30”とし、放精後の個体は“40”，それ以外は“20”とした。

1. GSIと成熟度組成の季節変化

生殖腺重量指数 (GSI) の季節変化を調べるために用いたデータは、1997年11月から2001年4月に厚田沖を中心とする石狩湾と周辺海域の日本海において、刺し網、底曳き網および小定置網で漁獲され、標本として抽出された2,017尾の雄と2,135尾の雌、合計4,252尾である (Fig. 1)。解析に用いた標本の漁獲年月日、海域、雌雄別測定尾数および平均脊椎骨数の一覧をTable 1に示した。これらの標本はすべて成魚であり、脊椎骨の計数結果あるいは漁獲された海域と時期、成熟状態から、石狩湾系ニシンと考えられた。生殖腺重量指数 (GSI) は以下のように求めた。

$$GSI = GW / EW \times 100$$

[GW：生殖腺重量 (g), EW：内臓除去重量 (g)]

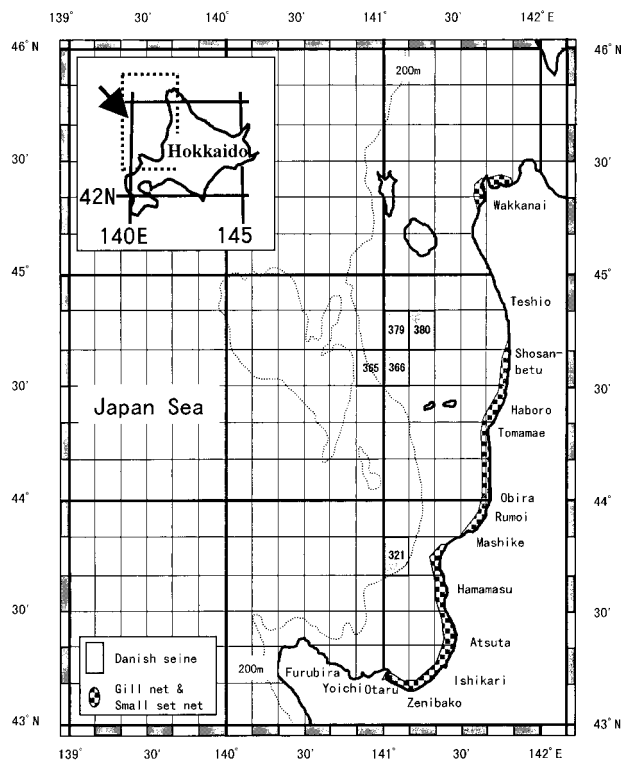


Fig. 1 Sampling areas in the northernwestern waters off Hokkaido, Sea of Japan. Numerals indicate fishing district number for Danish seine and troll fishery.

石狩湾系ニシンの産卵期は、雌ニシンの成熟度組成の変化から推定した。石狩湾における成熟度組成は、Table 1に示した標本中、1～4月に沿岸域で漁獲されたニシン標本を用い、旬別に求めた。また、留萌から稚

内海域では、標本採集地をもとに、留萌南部、留萌北部、稚内海域の3つの海域に分けて産卵期を推定した。海域毎の採集地 (および標本数) は、留萌南部は留萌市と小平町 (1,694個体)、留萌北部は苫前町、羽幌町および初山別村 (432個体)、および稚内海域は稚内市 (719個体) である。これらの標本は、1996～2000年の1～5月に沿岸域で刺し網により漁獲された。これらのデータは年を区別せずに、旬毎にまとめて、成熟度組成を求めた。

2. 肥満度の季節変化と年による差異の検討

肥満度 (CF) の季節変化は、GSIの解析と同じ標本を用いて調べた。また、肥満度と成熟度との関連や肥満度の年による差異を季節別や月別に検討するため、それぞれの平均肥満度を求め、t検定を用い平均値の差の検定を行った。肥満度 (CF) は以下のように求めた。

$$CF = EW / FL^3 \times 10^6$$

[EW：内臓除去重量 (g), FL：尾叉長 (mm)]

Table 1 List of Ishikari Bay herring (Pacific herring, *Clupea pallasii* Valenciennes) specimens caught in the waters off western Hokkaido, Sea of Japan, during the period November 1997 to April 2001.

Date	Month	Year	Area	Gear	Specimens		
					Male	Female	No. of vertebrae
12	Nov.	1997	Atsuta	Gill net	71	27	54.55
19	Dec.	1997	Atsuta	Gill net	60	40	54.56
17	Jan.	1998	Atsuta	Gill net	8	10	54.56
18	Feb.	1998	Atsuta	Gill net	50	49	54.52
23	Feb.	1998	Atsuta	Gill net	50	50	54.58
27	Feb.	1998	Atsuta	Gill net	30	30	54.54
28	Feb.	1998	Atsuta	Gill net	50	50	54.56
18	Mar.	1998	Atsuta	Gill net	49	50	54.48
3	Apr.	1998	Atsuta	Gill net	28	89	54.51
9	Apr.	1998	Atsuta	Gill net	16	30	54.31
30	Nov.	1998	Atsuta	Gill net	80	40	54.43
9	Dec.	1998	Atsuta	Gill net	17	11	54.56
25	Jan.	1999	Atsuta	Gill net	47	42	54.25
17	Feb.	1999	Atsuta	Gill net	30	30	54.33
25	Feb.	1999	Zenibako	Gill net	45	31	54.57
26	Feb.	1999	321*	Danish seine	57	49	54.56
2	Mar.	1999	Astuta	Gill net	92	79	54.44
17	Mar.	1999	Astuta	Gill net	50	50	54.40
1	Apr.	1999	Astuta	Gill net	52	80	54.42
19	Sep.	1999	379 & 380*	Danish seine	15	25	54.68
26	Oct.	1999	321*	Danish seine	5	11	54.47
Mid	Nov.	1999	Astuta	Gill net	10	6	—
4	Dec.	1999	365 & 366*	Danish seine	35	73	54.36
10	Dec.	1999	Astuta	Gill net	7	8	—
21	Dec.	1999	Astuta	Gill net	41	45	54.54
17	Jan.	2000	Astuta	Gill net	91	56	54.45
14	Feb.	2000	Astuta	Gill net	46	42	—
20	Feb.	2000	Hamamasu	Gill net	42	45	54.43
25	Feb.	2000	Atsuta	Gill net	50	29	54.39
1	Mar.	2000	Zenibako	Gill net	24	43	54.47
13	Mar.	2000	Atsuta	Gill net	60	58	54.43
29	Mar.	2000	Atsuta	Gill net	63	57	54.47
10	Apr.	2000	Atsuta	Gill net	61	68	54.50
19	Dec.	2000	Atsuta	Gill net	32	43	54.74
9	Jan.	2001	Atsuta	Gill net	97	119	54.45
9	Feb.	2001	Atsuta	Gill net	36	44	54.56
16	Feb.	2001	365*	Danish seine	100	116	54.49
28	Feb.	2001	Atsuta	Gill net	48	50	—
1	Mar.	2001	Ishikari	Gill net	37	34	54.49
13	Mar.	2001	Atsuta	Gill net	59	130	54.57
22	Mar.	2001	Ishikari	Gill net	18	26	54.57
29	Mar.	2001	Atsuta	Gill net	69	74	54.50
24	Apr.	2001	Atsuta	Gill net	47	38	54.49
25	Apr.	2001	Hamamasu	Small set net	42	58	54.53

\* Fishing area for Danish seine in Fig. 1.

— not counted

### 3. 体サイズと成熟の進行, 来遊・産卵時期との関係

1999年2月26日に雄冬岬西方沖321漁区(北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計年報<sup>6)</sup>)の10分区画の最小単位), 2001年2月16日に焼尻島北西沖365海区(同上)で沖合底曳網(かけまわし)により漁獲された雌ニシンをそれぞれ49尾, 116尾, 合計165尾を用いて, 体サイズ, 年齢および成熟の進行との関係について検討を行った。

また, 来遊時期により魚体の大きさが異なる傾向があるとされる<sup>2)</sup>ことから, 1996~2001年2~4月に厚田村沖で刺し網により漁獲されたニシンを用いて, 来遊時期と体サイズとの関係を調べた。体長(尾又長)組成は, 1996~1999年では漁獲された時期に基づき旬毎に求め, 2000年と2001年では銘柄別に抽出した雌標本と日別銘柄別漁獲量を用いて旬毎に推定した。

### 4. 卵径の計測

ニシンの魚体の大きさと卵の大きさとの関係を調べるために, 2001年2月9日と3月13日に厚田沖で刺し網により漁獲された雌ニシンそれぞれ21尾と10尾, 合計31尾を用い, 卵径を計測した。卵は成熟度の違いにより, 大きさ(径)が異なると考えられるので, 成熟度“40”のみを用いた。この状態のニシン卵は粘着性が強く, 互いに付着し合うので, 1個体の雌から1g程度取りだし, 0.1%のタンニン酸溶液に入れ, 分離させる前処理を行った。卵の採取後, 計測まで1%ホルマリン溶液に入れ, 約1カ月間冷暗所で保存した。保存した卵は1個体当たり50~60個, ランダムに取り出し, CCDカメラを実体顕微鏡に取り付け, 微小計測用タブレットメジャー装置を用いて計測した。その際, 最大と考えられる径をその卵の長径とし, 長径に垂直な径を短径とした。

### 5. 孕卵数の計数

1996年2月5日, 1996年12月4日および1998年2月18日に漁獲されたニシンの中から, 孕卵数計数用として雌ニシンそれぞれ3個体, 9個体, および15個体, 合計27個体分の卵巣を抽出し, 計数に供した。その際, 成熟度“40”を示す卵巣は, 漁獲時や水揚げ作業時に卵が体腔から流出しているおそれがある。また, この成熟度を示す卵は水に触れると互いに固着し, 塊状になる。これらのことを考慮し, 卵が体腔から流出せず, また固着しない成熟度“22”の卵巣を用いた。孕卵数の推定は, 重量法<sup>7)</sup>により, 以下の通り行った。約10%ホルマリン溶液に固定・保存しておいた全卵巣から1グラム前後を取り出し, 卵数を実体顕微鏡下で計数した。この際, 重量は0.001g単位で量り, 原則として左側卵巣の前部, 中央部および後部の3部位から卵塊を取り出し, 各部位を用いて算出された値を平均して孕卵数とした。

### 6. 性比と雌雄同体

2~3月および4月上旬に厚田沖で漁獲されたニシン標本の生物測定データを用いて, 石狩湾系ニシン産卵群の長期間の性比(♂/♀)を推定した。1967~1983年と1989~1992年では, 中央水試資源管理部に保存されていた測定台帳記載のデータを使用した。これらの標本は, 各年の漁獲物からランダムに抽出され, 1年につき1~10標本, 合計94標本が採取され, 測定・観察された個体数は4,122である。それぞれの年の性比を求め, Z検定を用いて検定を行った。また, 1997年以降は, 雌は厚田漁協漁獲統計資料の雌尾数を用い, 雄の漁獲尾数は雄漁獲重量と生物測定で得られた平均体重を用いて時期別に求め, それらを合計し全体を推定した。

さらに, 雌雄同体について, 年別の出現頻度データを整理し, 性比との関連も同時に検討した。なお, 雌雄同体とは同一個体に卵巣と精巣が存在することをいい, 卵巣と精巣の割合や出現部位などの存在様式は様々であるとされる<sup>8)</sup>。

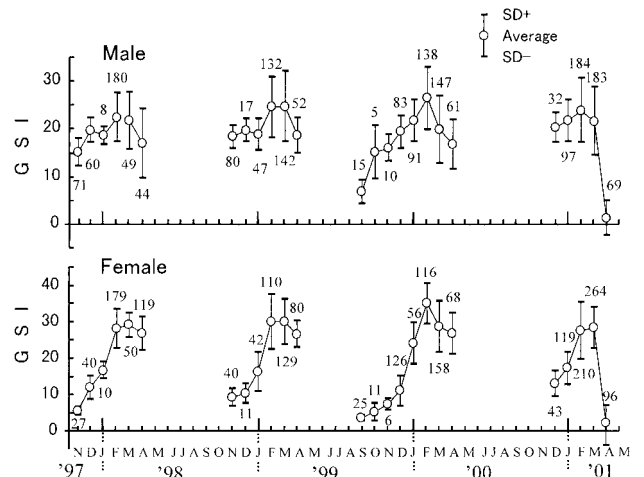


Fig. 2 Seasonal changes in gonosomatic index (GSI) from Ishikari Bay herring. Numbers indicate sample size.

## 結果

### 1. GSIと成熟度組成

#### 1.1 GSIの季節変化

GSIは, 雄では11月にすでに20前後の比較的高い値を示しているが, 雌では11月には10前後の値で, 12月から1月にかけて急激に高くなる (Fig. 2)。9~12月では, 雄の方が明らかにGSIが高い。その後, 2~3月には雌雄ともにもっとも高くなり, 4月には低下する。2~3月のGSIの平均値は, 雄では20~25であるが, 25を超える場合もみられる。また, 雌では25~30という値を示し, 30を超える場合もあり, この時期のGSIは雌の方が雄よ

りも高い。4月にはいると、1998~2000年では雌雄ともやや低下したが、2001年では急速な低下がみられた。これは、標本採集時期が前者では4月上旬で、成熟度の高い個体が多かったのに対し、2001年ではそれまでには得られなかった4月下旬の標本であり、ほとんどの個体は産卵・放精後であったためである。

成熟度が雄では“30”，雌では“40”の個体を用いて、尾叉長とGSIの関係を検討したところ、雄では $r=0.532$ ( $n=1,276$ )，雌では $r=0.570$ ( $n=1,250$ )で、ともに有意な正の相関関係( $p<0.01$ )が認められ、魚体が大きいほどGSIが高い傾向を示した。

同様に、これらを用いて、尾叉長(FL: mm)と生殖腺重量(GW: g)の関係を見ると、雄:  $GW=2.709 \times 10^{-10} \times FL^{4.600}$ ，雌:  $GW=2.840 \times 10^{-9} \times FL^{4.167}$ となり、同じ体サイズでは雌の方が生殖腺重量は大きい(Fig. 3)。このため、2~3月において、雌のGSIの値が高い(Fig. 2)と考えられる。さらに、尾叉長と体重(BW: g)および内蔵除去重量(EW: g)との関係は、それぞれ、雄:  $BW=2.461 \times 10^{-6} \times FL^{3.270}$ ，雌:  $BW=3.086 \times 10^{-6} \times FL^{3.250}$ ，雄:  $EW=7.165 \times 10^{-6} \times FL^{3.034}$ ，雌:  $EW=6.920 \times 10^{-6} \times FL^{3.036}$ ，となり、雌の方が同じ体長でも体重、内蔵除去重量ともやや大きい傾向があった。

なお、本研究に用いた標本の中での最小成熟個体は、雄では尾叉長207mm(全長232mm, 内蔵除去重量76g), 雌では尾叉長200mm(全長223mm, 内蔵除去重量78g)であった。

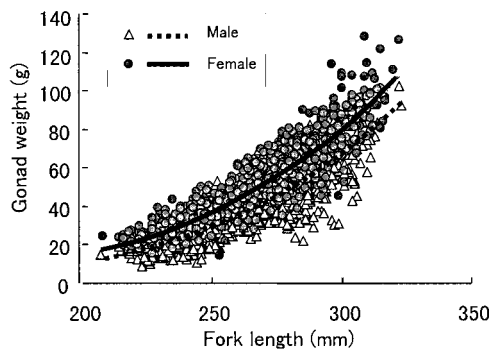


Fig. 3 Relationship between Ishikari Bay herring gonad weight and fork-length.

1. 2 成熟度組成の推移からの産卵期推定

石狩湾における成熟度組成の推移と年変化をFig. 4に示した。産卵直前と考えられる成熟度“40”の出現状況に注目すると、1月では、この割合が比較的高かった2000年を除くと、成熟途上である成熟度“22”がほとんどを占めた。2月中旬では、1998年では26%であったが、1999年と2000年には9割を超えるなど、比較的大きな年

変化が認められた。2001年ではデータはないが、2月上旬ですでに80%以上を占めていたことから、その割合は前2年とおおむね同じであったと推定される。2月下旬ではすべての年で80%以上の割合で出現し、それ以降4月上旬までほぼ90%~100%を占めた。また、2000年では3月に産卵後の個体(成熟度“50”)が幾分みられるが、それ以外では非常に少ない。

一方、留萌以北の海域では、1月中のデータは留萌南部に限られたが、石狩湾同様、成熟度“40”の出現割合は10%以下と低かった(Fig. 1)。その後、2月中旬では、この割合は留萌南部海域がほぼ100%であったのに対し、稚内海域は80%程度であった。2月下旬以降3月中には、成熟度“40”の割合はいずれの海域も90%を超えていた。4月になると、稚内海域で中旬、留萌南部で中旬、さらには留萌北部で下旬に低下がみられたが、5月上旬までおおむね80%以上の割合を占めた。産卵後の個体は、留萌南部で3月中旬以降、数%~20%近く出現し、5月中旬以降はすべて産卵後の個体であった。

4月中旬に入ると、石狩湾ではニシン刺し網漁業が終了することや、2001年には4月下旬でほとんどの個体が産卵後であったことから、石狩湾では遅くとも4月中旬には産卵は終了すると考えられる。また、稚内海域では必ずしも明らかではないが、少なくとも留萌南部では、5月上旬には産卵は終了すると推定される。

以上のことから、本系群の産卵期は、石狩湾においては早い年で2月上旬、遅くとも2月下旬には産卵盛期に入り、少なくとも4月上旬まで産卵期が続き、留萌以北

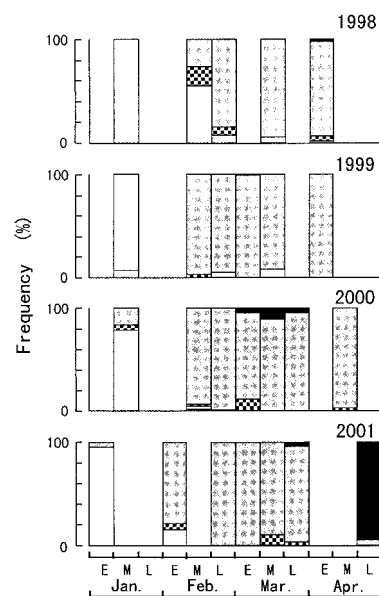


Fig. 4 Seasonal variations in maturity composition of female herring caught in Ishikari Bay from 1998 to 2001.

Mature stage : ■ 50, ▨ 40, ▩ 31-33, □ 22, ▭ 10

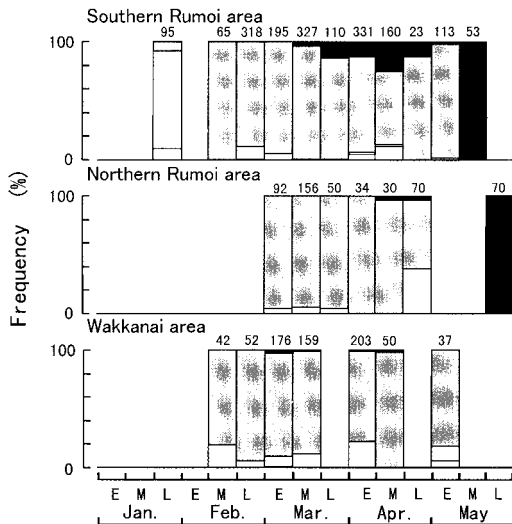


Fig.5 Seasonal variations in maturity composition of female herring caught in different areas southern Rumoi, northern Rumoi and Wakkanai. Data obtained between 1996-2000 were summarized. Numerals indicated sample size. Symbols are identical to Fig.4

の海域では2月中旬に産卵期に入り，5月上旬まで継続すると考えられる。

2. 肥満度の季節変化と年による差異の検討

月別の平均肥満度は，雌では7.96~10.52の範囲で変化した。9~11月に高く，その後低下し，2~3月にはもっとも低くなった。雄では雌より変動幅はやや小さく8.28~10.27の値を示したが，その季節変化はほとんど雌と同様であった (Fig. 6)。また，年による違いをみると，12月の雄の平均肥満度は8.73~9.92，雌では9.06~10.00の範囲に及び，比較的大きい年変動がみられている。

肥満度とGSIとの関係を見ると，10月以降のGSIの増加に伴い肥満度は減少し，GSIが最高となる2~3月に肥満度はほぼ最低値を示した (Fig. 2, 6)。

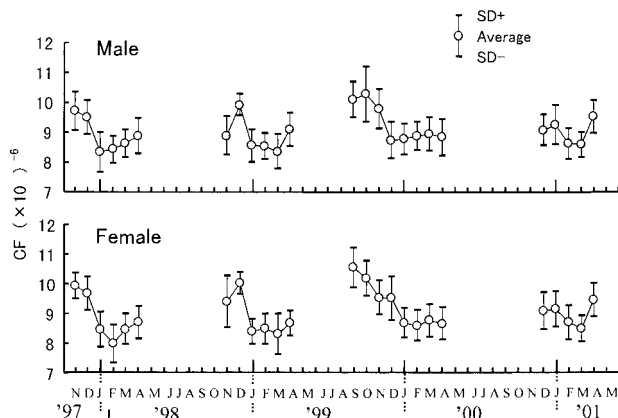


Fig. 6 Seasonal changes in condition factor (CF). Sample size is identical to Fig.2.

また，雌雄について成熟度別の肥満度の比較を行ったところ，それぞれの成熟度の平均肥満度は，雌“40”と“31-33”の組み合わせを除き，いずれの組み合わせでも有意差 ( $p < 0.01$ ) が認められた。また，雌“40”と雄“30”の肥満度は，他の成熟度に比較し，有意に低い値を示した (Table. 2)。これらのことから，成熟が進むと肥満度は低下することが示唆される。

Table 2 Comparison of mean condition factor (CF) and standard deviation (SD) of full mature herring. There were significant differences expect 1998-1999 in males, and 2000-2001 in females.

Year	Male	Female
1998	8.521(0.495)	8.244(0.673)
1999	8.543(0.590)	8.422(0.603)
2000	8.862(0.526)	8.642(0.524)
2001	8.734(0.556)	8.631(0.559)
Average(SD)		

さらに，成熟度が雄“30”雌“40”の個体データを用いて，肥満度が年によって異なるのか否かを検討した。その結果，雄では1998=1999<2001<2000，雌では1998<1999<2000=2001という関係が示された。これらを雌雄まとめて総合すると，1998年，1999年の肥満度は，2000

Table 3 Comparison of mean condition factor (CF) and standard deviation (SD) among different mature stages. There were significant differences expect in “31-33” and “40” stages.

Sex	Maturity	Average(SD)	SD
Male	20	9.061(0.761)	0.761
	30	8.683(0.563)	0.563
	40	9.356(0.641)	0.641
	Female	20	9.667(0.562)
	22	8.986(0.841)	0.841
	31-33	8.607(0.556)	0.556
	40	8.502(0.609)	0.609
	50	9.394(0.572)	0.572

年と2001年に比べ低かったと考えられる (Table. 3)。

季節を考慮せず，すべてまとめて比較した場合には雌雄間で肥満度の値に差はなかったが，産卵期(2~4月)と産卵期前期(11~12月)では有意差 ( $p < 0.01$ ) が検出された。すなわち，産卵期では雄の肥満度の方が高く，産卵期前期では雌が高かった。

前述したように肥満度に大きな年間差がみられた12月について肥満度の差を比較すると，雄では1997~2000年すべての年の間で有意差 ( $p < 0.05$ ) があつた。また，雌の肥満度は2000年では9.06を示し，1997~1999年に比べ，有意に ( $p < 0.01$ ) 低かった。

なお，肥満度と魚体の尾叉長と関係性を調べたところ，両者の間に相関関係は認められなかった (雄： $r=0.058$ と $n=2,017$ ，雌： $r=0.092$ と $n=2,135$ )。

3. 体サイズと成熟の進行, 来遊・産卵時期との関係  
 同時期に同じ海域から得られた雌ニシンの大きさと成熟度との関係を調べ, 魚体の大きさおよび年齢と成熟の

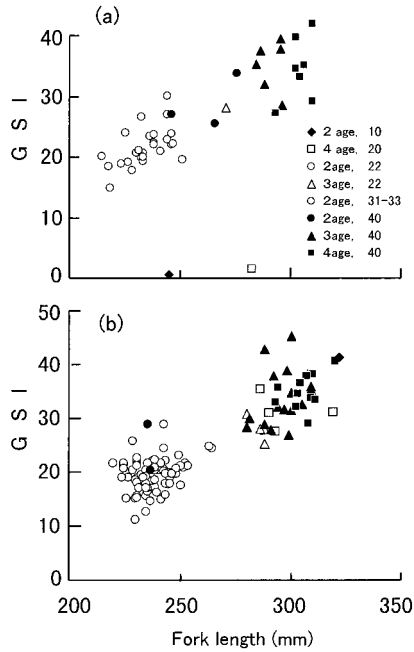


Fig. 7 Relationship among GSI, maturity stage, age and fork-length of Ishikari Bay herring caught on the same day and area by Danish seine. Samples were obtained on 26 February 1999(a) and 16 February 2001(b).

進行との関連を検討した。尾叉長26~27cm以上で3歳以上の魚は, 成熟度“40”を示したのに対し, 25cm以下で2歳魚のほとんどは, 成熟度が“22”であった (Fig. 7)。このことから, 大型高齢魚は産卵直前の状態であるのに対し, 小型若齢魚は産卵まで少し時間があると考えられ, 大型魚および年齢が高い個体の方が早い時期に成熟することが示唆される。

1996~2001年に石狩湾で漁獲されたニシン産卵群の尾叉長組成の旬別変化をFig. 8に示した。尾叉長は, 1996年は23~33cmで, 2月上旬~3月上旬まで27cm以上の大型魚の割合が多く, 3月中・下旬では反対に26cm以下の

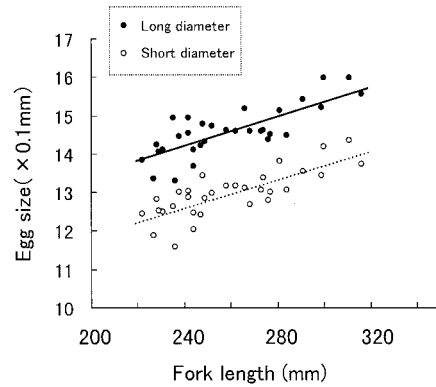


Fig. 9 Relationship between egg size and fork-length in full mature fish.

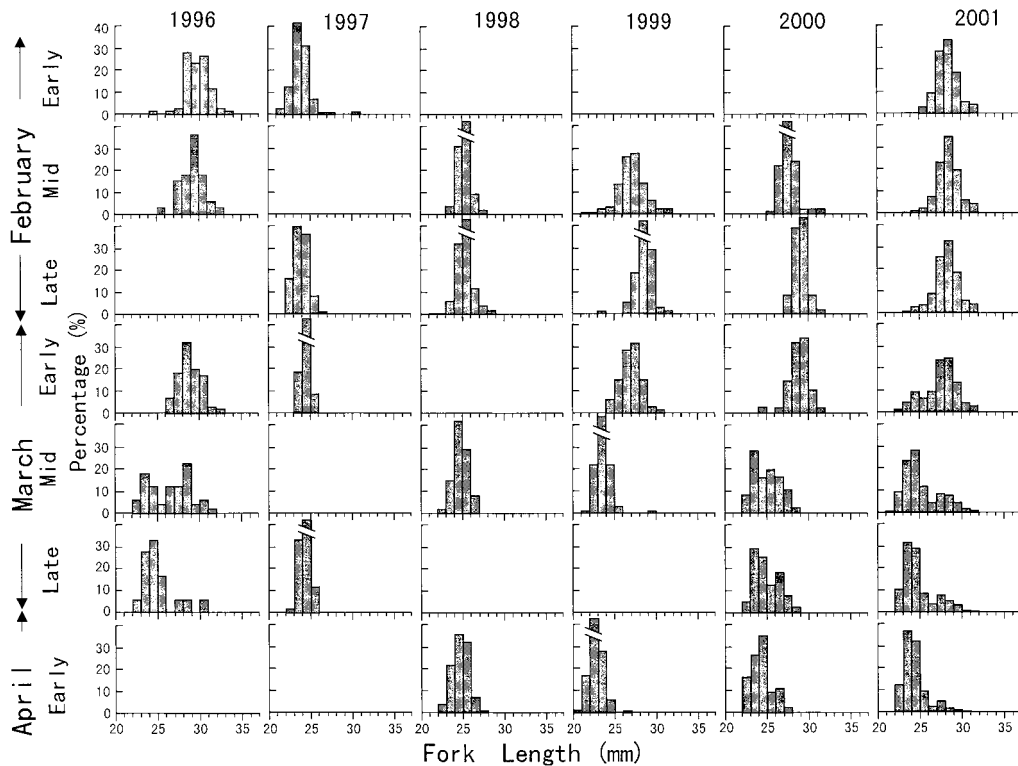


Fig. 8 Seasonal changes in fork-length frequency distributions of Ishikari Bay herring caught in Ishikari Bay between 1996-2001.

小型が多くなった。1997年では22~25cm, 1998年では23~27cmで, ほとんどが27cmより小さく, 時期による魚体差はほとんどみられなかった。1999~2001年の尾叉長は22~31cmの範囲で, 2~3月上旬までは25cm以下の小型魚もみられているものの, 1996年同様, 28cmまたは29cmにモードを持つ大型魚が大部分を占めていた。一方, 3

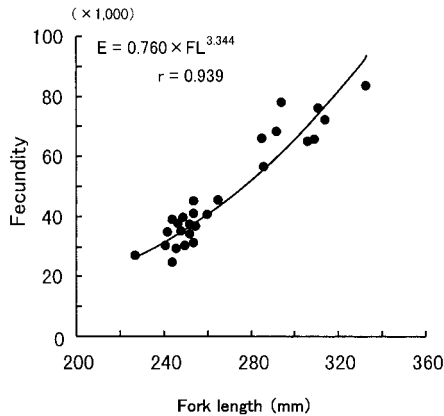


Fig.10 Relationship between fecundity and fork-length of Ishikari Bay herring caught off Atsuta in the Ishikari Bay.

月中旬以降では大型魚の出現もみられる場合もあるが, 25cm以下の小型魚中心の組成を示していた。以上のことから, 石狩湾系ニシン産卵群では, 大型魚は2月下旬を中心とする産卵期の中の早い時期に, 小型魚は3月中旬以降を中心とする遅い時期に来遊する傾向があると考えられた。

#### 4. 体サイズと卵径の関係

成熟度“40”, 尾叉長222~316mmの石狩湾系ニシンの卵径平均値は, 長径で1.33~1.60mm, 短径では1.16~1.43mmの範囲であった。尾叉長と長径および短径との相関係数は, それぞれ  $r=0.779$  と  $r=0.786$  であり, いずれも正の相関関係 ( $p<0.01$ ) が認められ (Fig. 9), 魚

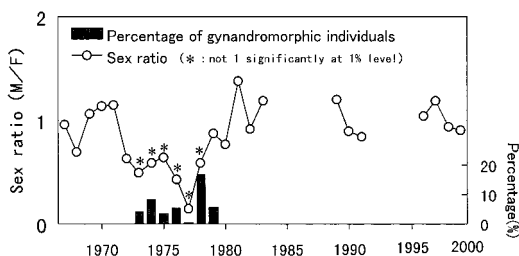


Fig.11 Annual variations in sex ratio and percentage of gynandromorphic individuals for Ishikari Bay herring. Asterisk(\*) show cases where the sex ratio is not significantly ( $p<0.01$ ) equal 1 in 1973 to 1978.

体が大きいほど大きい卵を持つ傾向があることが認められた。

また, 長径と短径の積を用いて, 尾叉長との相関係数を求めると,  $r=0.804$  となり, 長径, 短径単独の相関係数より高くなった。

#### 5. 孕卵数

尾叉長227~333mm, 体重133~421gのニシンを用いて推定された孕卵数は24,700~83,400であった。また, 孕卵数(E)と尾叉長(FL: mm)および体重(W: g)との関係を調べたところ, 以下のように推定された (Fig.10),  $E=0.760 \times FL^{3.344}$  ( $r=0.939$ ),  $E=110.8 \times W^{1.130}$  ( $r=0.931$ )

#### 6. 性比と雌雄同体

性比(雄/雌)の長期的な変化を調べたところ, その値は0.15~1.38であり, 年変化がみられた (Fig.11) 1967~1983年と1989年~1992年について, 性比が1であるかどうかの検定を行ったところ, 1973~1978年では, 統計的に性比は1ではないと判定された。1997年以降は0.90~1.19でほぼ1に近かった。一方, 雌雄同体個体は, 1973~1979年では0.4~16.4%の頻度で出現したが, 1972年以前や1980年以降は全くみられていない。

#### 考 察

##### 1. GSIと成熟度組成の季節変化および産卵期の推定

5月から8月にはニシン標本が全く得られていないために, GSIの季節変化については, 厳密な季節変化は捉えられていない。しかし, 雌では12月から1月にGSIが急に高くなること, 雄ではGSIが11~12月にはすでに20前後あるいはそれを超える高い値を示すことが把握できた。産卵期に入る前には雄のGSIは雌に比べて高く, いわゆる雄性先熟であった。このことは, マイワシなどもみられ, 海産魚類では共通の特徴とされている<sup>9)</sup>。

GSIおよび成熟度組成から石狩湾系ニシンの成熟進行の特徴を調べた。ただし, 生殖腺指数 ( $GW/BL^3$ ) は体長が同じものについては, 成熟度指数として扱えるが, 異なった体長のものについては必ずしも扱えない<sup>10)</sup>との指摘がある。また, 石狩湾系ニシンの場合でも, 同じ成熟度である尾叉長の大きい個体ほどGSIが高い傾向があった。このため, 産卵期の推定には, 成熟度を用い, 成熟度“40”の出現割合に注目した。その結果, 石狩湾における本系群の産卵期は, 早い年で2月上旬, 遅くとも2月下旬には産卵盛期に入り, 少なくとも4月上旬まで産卵期が続くと推定された。留萌以北の海域では2月中旬には産卵期に入り, 5月上旬まで継続すると考えられた。なお, 厚田漁協の日別漁獲量(中央水試および石狩地区水産技術普及指導所資料)から産卵魚の来遊ピー

クを考慮すると、1997年では3月上・中旬、1998年では3月上・中旬、1999年では2月下旬～3月中旬、2000年では2月下旬～3月中旬、2001年では2月下旬～3月上旬および3月下旬となる。同様に、留萌以北の海域では、1997～2000年の平均的傾向から、留萌南部3月上旬～4月中旬、留萌北部3月上旬～4月下旬、稚内海域では3月下旬から4月中旬である（留萌南部、留萌北部および稚内各地区の水産技術普及指導所資料）。

推定された産卵期、特にその初期には年変動があると考えられた。本研究で明らかにされたように、魚体が大きいニシンは成熟時期が早い傾向があった。石狩湾の沿岸域において1999～2001年では2月中旬には26cm以上の大型魚が来遊し（Fig. 8）、すでに、産卵期に入っていたと推定されたこと、1998年は小型魚のみが来遊し、産卵盛期は2月下旬以降と遅かったことから、産卵期の年変化には、その年に産卵のために来遊するニシンの年齢組成が関連すると考えられる。ただし、暖かい年には早く産卵が始まる傾向があることも報告されており<sup>11)</sup>、石狩湾でみられた産卵期の年変化の原因については、海水温の影響も考慮する必要がある。

石狩湾厚田村沿岸の産卵床調査から、卵が産みつけられた時期は、年により異なるが、3月上旬～4月上旬と推定されている<sup>12,13)</sup>。これらは、本報告で雌の成熟度組成や日別漁獲量から推定した産卵期の範囲内であったが、おおむねその後半に当たっていた。ニシンの場合「群来」という表現されているように産卵行動および産卵・放精は、短時間に、集中して起きる。また、ニシンの卵は排卵後少なくとも19日以上経過しても高い受精率を維持すること<sup>14)</sup>から、成熟・排卵した個体でも必ずしもすぐには産卵しないと考えられる。このため、ここで推定した産卵時期は、“産卵可能な”時期と表現すべきといえる。今後、“産卵可能な”ニシンが実際に産卵する行動を起こすメカニズムの解明が待たれる。

## 2. 肥満度の季節変化および年による差違

本研究では、9月から4月までの肥満度の季節変化を捉えることができた。生活周期および繁殖周期との関連で考えると、索餌期から成熟が少し進む9月以降12月の肥満度は、産卵期に比べると高かった。胃内容物や胃内容物重量を調べていないため、餌の量との関連は詳しく検討できないが、測定時の観察から産卵期ではほとんどの個体が空胃であったこと、また、9～11月に得られた標本では、多くの個体が摂餌していることが観察されたことから、この間産卵に備えて栄養を蓄積しているものと推察される。また、2001年では4月に肥満度の増加がみられる。この標本は下旬に得られ、産卵後の回復期のニシンであり、胃内容物から活発な摂餌が推定された。万

石浦ニシンでも肥満度の季節変化が報告され、索餌期（6～12月）に高く産卵期（1～4月）に低い<sup>8)</sup>という本研究と同様の結果が得られている。

肥満度には、季節変化のほか、産卵期である2～3月や、産卵に備える時期の12月に年による差違が認められた。また、産卵期の完熟魚（雌“40”および雄“30”）の肥満度を用いた結果でも、肥満度には年による差が認められている。ニシンでは明らかにされていないが、肥満度は肝臓重量指数（HSI）とほとんど同じ季節変化を示す魚種もみられる<sup>13)</sup>。一方で、大西洋マダラでは、加入量は産卵親魚の肝臓重量は正の相関関係があり、肝臓に貯蔵された総脂質エネルギーに支配されているといった報告もある<sup>16)</sup>。ニシンでも肥満度はHSIや肝臓内脂質量と関連があり、さらには、加入にも影響を及ぼすことも想定される。以上のことから、今後、ニシンにおいても肥満度と肝臓重量との関係、さらには体成分の分析を行い、脂質含量などとの関連を調べることが重要である。

## 3. 体サイズと成熟の進行、来遊・産卵時期との関係

同時期の同海域において採取されたニシンの大きさ、年齢、成熟度およびGSIの関係を調べることににより、体サイズが大きい魚すなわち高齢魚の方が成熟の進行は早く起きることが示された。また、2月～4月に来遊するニシンの魚体の変化を6年間にわたって調べたところ、大型魚が早い時期に来遊する傾向が認められた。このことは、大型魚は早く成熟するため、早い時期に沿岸に産卵・来遊することを示す。同様の現象は太平洋ニシンではブリティッシュ・コロンビア<sup>11,17)</sup>や春ニシン<sup>18)</sup>にもみられ、万石浦ニシンは高齢魚ほど産卵来遊時期が早ことが明らかにされている<sup>8)</sup>。体サイズが大きい魚（高齢魚）が、小型魚（若齢魚）に先行して産卵場へ来遊し、産卵することは、太平洋ニシンに共通の特徴と考えられている<sup>17)</sup>。

以上のことは、漁業管理方策の一つとしての漁獲サイズ規制や選択的に漁獲するための方法としても重要な意味を持つと考えられる。

## 4. 体長と卵の大きさ

本研究で、石狩湾系群において雌ニシンの体サイズと卵の大きさには有意な正の相関がみられた。日本および北海道周辺に分布する太平洋ニシンでこの関係を明らかにした例はないが、北東太平洋のニシン研究では、系群を含めた種の共通の傾向として捉えられている<sup>17)</sup>。また、大西洋ニシンでも同様の関係があるとされ<sup>19)</sup>、大きな卵からはより大きな仔魚が生まれ、その仔魚の生き残りが良いと考えられている<sup>9)</sup>。石狩湾系ニシンでは、卵と仔魚、仔魚のサイズと生き残りの関係は明らかにされていないが、大きな親から生まれた仔魚が大きく、また



生き残りがよいという可能性は充分考えられる。さらに、サイズが大きい親は早い時期に産卵する傾向があることから、そこから生み出される仔魚のふ化時期の違いをもたらす、成長さらには生き残りに影響を及ぼすことが考えられる。このように、親の体サイズ、すなわち体長組成や年齢組成は、生み出す卵サイズや産卵期・ふ化時期の違いを生み出し、資源変動を引き起こす重要な要因の一つとなりうることを示唆する。今後は、これらを含めた資源変動機構の解明に取り組む必要がある。

卵サイズは系群の違いにより変異があること、季節変化がみられること、さらには親魚の栄養条件によって変異が生み出されているといった見解がある<sup>20)</sup>。Blaxter and Hempel<sup>19)</sup>は大西洋ニシンの系群間で卵サイズの違いを明らかにしているが、北海道周辺ではこれらの問題については検討されていない。系群間の比較、季節変化や栄養状態との関係を調べ、ニシンの生態と資源変動との関連を研究することは、今後非常に重要になると考えられる。

#### 5. 孕卵数

太平洋ニシン、大西洋ニシン、いずれでも孕卵数は系群により異なるとされる<sup>17,19)</sup>。しかし、北海道周辺の太平洋ニシンでは、これを海域や系群ごとに、直接比較する資料は非常に少ない。断片的ではあるが、 $F=a \times L^b$  (F: 孕卵数, L: 尾叉長) の関係式を使い、比較を試みた (Table 4)。万石浦ニシンの孕卵数と体長 (標準体長, BL: mm) の関係は、 $F=0.417 \times BL^{-3.604}$  であり、 $L=1.049 \times BL+1.23$  と推定されている<sup>8)</sup>。また、全長・孕卵数関係の資料<sup>19)</sup>や能取湖ニシン回帰型<sup>21)</sup>で示された関係式を用いた。その結果、万石浦ニシンの方が石狩湾系ニシンよりやや孕卵数が多く、体長が大きいほどその差が大きくなる傾向を示した。また、石狩湾系ニシンと北海道・サハリン系ニシンではほとんど違いはみられなかった。さらに、尾叉長25cmだけでの比較であるが、能取湖ニシン回帰型の孕卵数は、他の3系群に比べ非常に多いと推定された。孕卵数は各系群の産卵場の緯度と逆相関があるという報告<sup>17,22)</sup>があるが、石狩湾系ニシンと万石浦ニシンとの比較では、同様の傾向が伺えた。なお、北海道・サハリン系ニシンの全長 (TL) ・尾叉長関係は石狩湾系ニシン (厚田1998~2001年データ, 3,717個体分, Table1から全長データのない1435個体分を除く) で得られた  $TL=1.106 \times FL$  ( $r=0.999$ ) を用いて推定した。

ブリティッシュ・コロンビアニシンで、体重160gに対し孕卵数は26,945~34,478という計算値がある<sup>23)</sup>。同様に、石狩湾系ニシンでこの値を求めると、34,292であり、ブリティッシュ・コロンビアニシンのほぼ上限値を

Table 4 Comparison of mean fecundity (F25,27 and F30) among different populations distributed around Hokkaido, northern Japan.

	Ishikari Bay	Mangokura*1	Hokkaido-Sakhalin*2	Notoro*3
a: (F=aL <sup>b</sup> )	0.760	0.328	0.234	0.000348
b: (F=aL <sup>b</sup> )	3.344	3.620	3.702	5.914
F25	35,936	37,707	35,026	64,416
F27	46,483	49,821	46,572	—
F30	66,116	72,955	68,789	—

F: fecundity, L: fork length in cm

\*1: after Kodama (1997)

\*2: calculated from Yamaguchi (1926) data

\*3: after Kanno (1989)

- not calculated.

示した。

孕卵数の変異の要因となりうるのは、系群の違い以外に、親魚の栄養状態<sup>17)</sup>、餌の条件<sup>24)</sup>あるいは越冬海域の水温<sup>25)</sup>とされる。本研究では、小標本からの孕卵数推定であり、これらについては論じることができないが、年により孕卵数と体サイズの関係に変化があるのか、あるとすればどのような要因と関連するのか、これらを検討できるようなデータ収集と解析が必要である。

孕卵数と卵サイズはトレードオフの関係になっているとの指摘<sup>25)</sup>がある。また、近年、卵・仔魚の生き残り、さらには資源変動にとって卵質に関わる親魚の影響 (母魚の効果: Maternal effect) が重要な意味を持っている可能性が推察されている<sup>20)</sup>。卵サイズ-孕卵数-母ニシンの栄養状態を個体レベルで比較・検討することにより、これら三者の関連を明らかにする一つの手がかりが得られる可能性がある。

#### 6. 性比と雌雄同体

性比は再生産には重要な要素であることから、長期の年変化を調べたところ、雌雄同体個体の出現がみられない場合にはおおむね1、みられる場合は雄の割合が少ないと考えられた。万石浦ニシンでも雌雄同体個体の高頻度出現がみられ、性比と雌雄同体との間には負の相関があると報告され、性比の偏りと雌雄同体の出現には関連性があると推察されている<sup>8)</sup>。また、菅野<sup>26)</sup>によれば、雌雄同体個体が多く出現することは、石狩湾系ニシンの生物学的な特徴とされている。しかし、1980年以降では全く観察されておらず、雌雄同体個体出現の原因や雌雄同体個体の出現が資源に対しどのような影響を及ぼすのかについても明らかではない。また、日本周辺の地域性ニシンの性比に偏りがあるという報告はない<sup>8)</sup>。なお、藤田、小久保<sup>27)</sup>の北海道産ニシンのデータ (雄: 雌=743: 689) を用いて、性比を推定すると、有意水準5%で性比に偏りはないと考えられた。

以上、本報告では、石狩湾から稚内海域に産卵場を持ち、比較的分布域が限定されていると考えられる石狩湾

系ニシンのGSI・肥満度の季節変化，成熟度組成から推定した産卵期，魚体の大きさと成熟時期の関係，魚体と卵サイズの関係，産卵数，性比といった産卵特性について報告した。このような繁殖特性を有し，維持していることは，この資源が累々と再生産を行ってきた証であり，これらを明らかにすることは資源変動の機構や資源を維持するための手法を知る手がかりとなる。また，資源管理対策を具体的に進めるためにも必要不可欠である。そのためには，今後さらに，産卵期や卵サイズなどの産卵特性と関連した仔稚魚の生き残り，さらには再生産関係についても，知見を集積する必要がある。

## 謝 辞

本研究は，平成8年から実施された「日本海ニシン資源増大対策事業」の中で行われ，本事業参加の稚内水試資源管理部田中伸幸研究職員，釧路水試資源増殖部佐々木正義主任研究員，中央水試資源増殖部干川裕増殖技術科長，同高島信一研究職員および稚内水試資源増殖部吉村圭三研究職員各氏から，論議の中で，多くの貴重な示唆を受けた。中央水試，稚内水試の資源管理部，資源増殖部の方々には，調査・研究を進める際に，様々な協力を頂いた。また，標本採集や漁獲統計調査に際し，稚内，留萌北部，留萌南部，石狩および後志北部各地区水産技術普及指導所職員の方々や稚内市から小樽市に至る漁業協同組合の職員には多大なる協力を頂いた。これらの方々々に心より感謝申し上げる。

## 文 献

- 1) 三上正一，田村真樹，高 昭弘：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)，340-351(1968)
- 2) 小林時正：石狩湾に出現する遺伝学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(1983)
- 3) 小林時正：太平洋ニシンの集団遺伝学的特性と種内分化に関する研究．遠洋水研報．30，1-77(1993)
- 4) 高柳志朗，石田良太郎：石狩湾系ニシンの漁獲量変動と体長組成の経年変化．北水試研報．62，71-78(2002)
- 5) 三宅博哉：浮魚類．“ニシン”．北水試魚介類測定・海洋観測マニュアル 北海道立中央水産試験場，1996，1-4．
- 6) 水産庁北海道区水産研究所：北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計年報1998年(平成10年)，1999，195p
- 7) 伊藤小四郎：シシャモの生態 I．産卵数の計測方法並びに体長，年齢と産卵数の関係について．水産孵化場研究報告．14，47-55(1959)．
- 8) 児玉純一：万石浦ニシンの個体群変動機構に関する研究．宮城水セ研報．15，1-42(1997)
- 9) 川崎 健：浮魚資源，新水産学全集．恒星社厚生閣，東京，1982．327p．
- 10) 花岡 資：海産魚類体液浸透圧の変化と成熟・回遊との関連．改訂増補魚類生理，川本信之(編)．恒星社厚生閣，1977，587-596．
- 11) Tanasichuk, R.W.: Biological basis of maturation and spawning waves in Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46, 1776-1784(1989)
- 12) Hoshikawa H., Tajima K., Kawai, T. and Ohtsuki T.: Spawning bed selection by Pacific herring (*Clupea pallasii*) at Astuta, Hokkaido, Japan. *Herring Expectations for a New Millennium. Alaska Sea Grant College Program*, 2001, 227-243
- 13) 干川 裕，田嶋健一郎，川井唯史，桑原久実，金田友紀：ニシン産卵床の水温・塩分と産卵時期の推定について．北水試研報．62，113-118(2002)
- 14) 尾花博幸，山本和久，松原孝博：人工産卵基質によるニシンの産卵誘発．栽培技研．25(2)，75-80(1997)
- 15) Htan-Han, M.: The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea: gonosomatic index, hepatosomatic index and condition factor. *J. Fish. Biol.*, 13, 369-378(1978)
- 16) Marshall, C.T., N.A. Yaragina, Y. Lambert and O.S. Kjesbu: Total lipid energy as a proxy for total egg production by fish stock. *Nature*. 402, 288-290(1999)
- 17) Hay, D.E.: Reproductive biology of Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42(Suppl. 1), 111-126(1985)
- 18) 山口元幸：鯨習性二関スル調査(第一冊)．水産調査報告．17，1-280(1926)
- 19) Blaxter, J.H.S. and G. Hempel: The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). *J. du Cons.*, 28, 211-240(1963)
- 20) 森本晴之：7. 卵質，魚類の初期減耗研究．田中克・渡邊良朗編．恒星社厚生閣，東京，1994，83-96．
- 21) 菅野泰次：能取湖に棲息する *Clupea pallasii* Cuvier et Valenciennes の生活史．Ⅲ．再生産特性と食性について．北大水産彙報．33(4)，316-328(1981)
- 22) Paulson, A.C., and R.L. Smith: Latitudinal variation in Pacific herring fecundity. *Trans. Am. Fish. Soc.*

- 106, 244-247(1977)
- 23) Ware, D. M. : Life history characteristics, reproductive value, and resilience of Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42(Suppl. 1), 127-137(1985)
- 24) Hay, D. E. and J. R. Brett: Maturation and fecundity of Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*): an experimental study with comparisons to natural populations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45, 399-406(1988)
- 25) Tanasichuk, R. W. and D. M. Ware : Influence of interannual variations in winter sea temperature on fecundity and egg size in Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44, 1485-1495(1987)
- 26) 菅野泰次：極東水域に分布するニシン *Clupea pallasii* の性比，体長組成および成長における個体群間比較．  
日水誌．55(4)，583-589(1989)
- 27) 藤田経信，小久保清治：鯧の研究．水産研究彙報．  
1，1-141(1927)



## 北海道留萌沿岸で観察されたニシン産卵床の特徴

赤池 章一\*1, 多田 匡秀\*2, 瀧谷 明朗\*1, 今井 義弘\*1, 名畑 進一\*3,  
吉村 圭三\*1, 清河 進\*4, 水野 勝彦\*5, 河井 渉\*5

Natural spawning beds of herring in the Rumoi district along the coast of  
northwestern Hokkaido from 1998 to 2001

Shoichi AKAIKE\*1, Masahide TADA\*2, Akio TAKIYA\*1,  
Yoshihiro IMAI\*1, Shin-ichi NABATA\*3, Keizo YOSHIMURA\*1,  
Susumu KIYOKAWA\*4, Katsuhiko MIZUNO\*5 and Wataru KAWAI\*5

Natural spawning beds of herring (*Clupea pallasii*) were investigated along the Rumoi coast, Hokkaido, Japan from 1996 to 2001. Seven spawning beds were found at seaweed beds shallower than 2m deep from 1998 to 2001. Milky-white turbidity of the sea surface due to herring spawning was observed in three times (Reuke in 1999, 2001 and Onishika in 2001). Estimated total number of eggs ranged from  $84.5 \times 10^6$  to  $263.1 \times 10^6$ , average egg density ranged from 10834 to 571000/m<sup>2</sup>, and maximum egg density ranged from  $176 \times 10^3$  to  $2.5 \times 10^6$ /m<sup>2</sup>. Species of seaweeds attached with the large number of eggs were *Phyllospadix iwatensis*, *Sargassum confusum*, and *Coccophora langsfordii*. Daily average of water temperature during spawning periods ranged from 2.8 to 4.7°C. Spawning bed salinity in these periods was diluted and fluctuated due to melting snow. On spawning days, it was calm with the character of low wave height, low wave velocity, easterly winds, and cloudy sky. Spawning herring schools were believed to approach spawning beds from offshore through sea-floor trenches.

キーワード：ニシン，スガモ，ホンダワラ類，群来，産卵床

### まえがき

北海道沿岸に産卵のため来遊するニシン *Clupea pallasii* を漁獲するニシン漁業(春ニシン漁)は、明治時代から昭和20年代にかけて莫大な生産を上げ、1897年には最高97万トンを記録<sup>1)</sup>、北海道の最も重要な産業であった。その後、1955年頃を境に北海道沿岸への大規模な産卵群の来遊は途絶えたが、1983年級群の卓越発生

により1985～1989年までに約10万トンの漁獲があった他は、産卵ニシンの漁獲量は非常に低水準で推移してきた。しかし、1997年以降、特に小樽市から小平町にかけての日本海沿岸のニシン漁獲量が増加傾向にあり、1998～2001年には、石狩支庁から留萌支庁沿岸でニシンの産卵床が確認され、1999年3月18日には留萌市礼受海域で、ニシンの産卵・放精により広範囲にわたって海面が乳白色に白濁する群来が観察された。

報文番号 A346 (2002年3月11日受理)

- \*1 北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station, Suehiro, Wakkanai, Hokkaido 097-0001, Japan)
- \*2 北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture, Shikabe, Hokkaido 041-1404, Japan)
- \*3 北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station, Hama-cho, Kushiro, Hokkaido 085-0024, Japan)
- \*4 北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station, Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-0011, Japan)
- \*5 留萌南部地区水産技術普及指導所 (Rumoi-nanbu Fisheries Extension Office, Suminoe, Rumoi, Hokkaido 077-8585, Japan)

本稿では、1996年から2001年にかけて留萌支庁沿岸でニシンの産卵床を探索し、確認された産卵床でのニシン付着卵の分布や量、藻場の分布、海底地形、産卵時の海洋・気象条件を調べ、明らかになった結果を報告する。

## 材料及び方法

1996年から2001年にかけて、北海道北西部に位置する増毛町から小平町沿岸で、徒歩、素潜りまたはSCUBA潜水によりニシンの産卵床を探索した(Fig. 1)。

比較的規模の大きい産卵床が確認された1998年の小平町白谷、1999年及び2001年の留萌市礼受では、汀線近くから海岸線と垂直方向にトランセクトを設定し、一定間隔でニシンの付着卵数を調べた(Fig. 2)。1998年の白谷

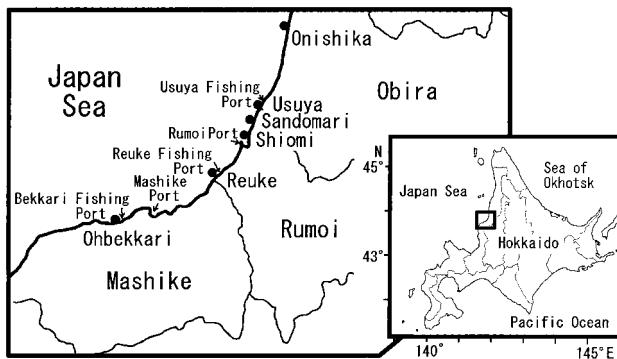


Fig. 1 Map showing surveyed sites (closed circles).

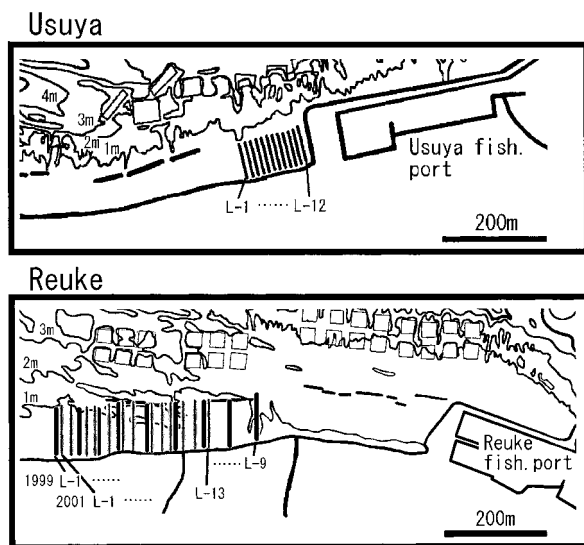


Fig. 2 Map showing surveyed transect lines at Usuya in 1998 (upper) and Reuke in 1999, 2001 (lower).

では、10m間隔で長さ50mのトランセクトを12本(L-1~12)設定し、起点から10mごとに、1999年の礼受では、50m間隔で長さ50mまたは100mのトランセクトを9本(L-1~9)設定し、起点から5~10mごとに、2001年の礼受では、25m間隔で長さ100mのトランセクトを13本(L-1~13)設定し、起点から5~10mごとに、ニシン付着卵の観察と採集を行った。

付着卵数は、目視により「多い」、「少ない」、「極小」、「なし」の4区分で記録するとともに、一部の調査地点で1/16~1/4 m<sup>2</sup>方形枠内の海草・海藻類を採集して実験室に持ち帰り、種別に付着卵数を計数して目視区分ごとの卵数を推定し、調査範囲全域での総産卵数と平均卵数を算出した。

ニシンの産卵基質となる藻場の分布は、1996年6月7日に留萌市礼受で、1997年9月5日に留萌市塩見~小平町白谷で、沿岸の航空写真(撮影高度はそれぞれ約850m, 1,224m, 株式会社パスコに委託)と1997年及び1998年8月の現地調査から解析した。藻場は、コンブ目褐藻(Laminariales), ホンダワラ類(ヒバマタ目褐藻Fucales), スガモ(*Phyllospadix*), その他海藻類(Other macroalgae)に類別した。礼受から白谷にかけての水深4m以浅について、株式会社パスコに委託し、総面積とコンブ目褐藻, ホンダワラ類, スガモ, 無節サンゴモ類, その他海藻類, 裸地, ならびに判別不能の区分で面積を測定した。

小平町鬼鹿の海底地形と底質は、現地において潜水により観察するとともに、留萌支庁<sup>2)</sup>が作成した「平成5年度 留萌南部地区漁場図」から把握した。

産卵時期の産卵床における海洋環境を把握するため、1999年3~4月の礼受、2000年及び2001年3~4月の礼受及び塩見の藻場内海底に自記式水温塩分計(アレック電子Compact CT)を設置し、水温、塩分を10分間隔で測定した。さらに2001年の同時期には、礼受の水深約1m地点に自記式波高計(アイオーテックWave Hunter94 WH-102)を設置し、波高、流速を測定起時1時間ごとに20分間計測した。産卵時期の気象データは、気象庁アメダス留萌観測所の観測記録を使用した。

1999年の留萌市礼受では、産卵床でニシンのふ化時期を確認し、現地で測定した水温からふ化までの積算水温(日平均水温の積算値)を求めた。

## 結果

### 産卵床, 付着卵

留萌沿岸でのニシン産卵床の探索は1996年以降実施したが、産卵床を確認できたのは1998~2001年の3~5月にかけてであった(Table 1)。この期間に確認された産

Table 1 Spawning beds of herring in Rumoi sub-prefecture from 1998 to 2001.

Survey date (Spawning date)	Location	Spawning area (shoreline × offshore) (m)	Depth range (m)	Estimated total number of released egg (No.)	Average egg Maximum density (No./m <sup>2</sup> )	Herring egg attached seaweed
March.18.1998	Shiomi(Rumoi Port area)	80×40	0.5~2	(1,827,200,000)* <sup>1</sup>	(571,092)* <sup>1</sup> 1,475,388	Pi, etc.
March.18.1998	Sandomari(near the remains of the stranded ship)	+	0.5~1	—	—	Pi, etc.
March.31.1998	Sandomari (northeast of the fishing port)	+	0.5	—	—	Sc, etc.
March.31.1998	Usuya	120×50	0.5~1	84,504,400	10,834 175,997	Sc, etc.
April. 8.1998	Sandomari(south of the fishing port)	+	0.5	—	—	Sc, etc.
March.18.25.1999 (March.18)	Reuke	500×100	0.3~1	2,163,100,000	21,631 883,588	Pi, Sl, Sc, Cl, etc.
April. 6.1999	Shiomi(Rumoi Port area)	+	0.7	—	—	Pi, etc.
March.21.2000 (March.21)	Reuke	+	0.5~1	—	—	Sl, Pi, Sc, etc.
March.29.2000	Reuke	+	0.5~1	—	—	Sl, Pi, Sc, etc.
April.19.2000 (March.30-April.2?)	Shiomi(Rumoi Port area)	Drifted algae	—	—	—	Sc, Ch
May. 1.2000 (March.30-April.2?)	Shiomi(Rumoi Port area)	Drifted algae	—	—	—	Sc, Ch
May. 1.2000 (March.30-April.2?)	Sandomari(near the remains of the stranded ship)	+	0.5	—	—	Sc, Pi, Go, Ck, Mj, etc.
March.29.2001 (March.26)	Reuke	300×100	0.5~1	1,099,334,759	33,956 1,005,052	Sc, Cl, Pi, etc.
March.29.2001 (March.26)	Shiomi(Rumoi Port area)	+	0.7	—	—	Sc
April. 9.2001 (April.1)	Onishika	150×10	0.5~1	—	—	Pi, Sc, Na, Pf, etc.
April. 9.2001 (April.1?)	Usuya(the fishing port area) * <sup>2</sup>	+	1	—	2,462,705	Up

+ : Spawning area was small and sparse egg distribution.  
 - : No data.

\*1: The estimates would be overestimated due to a small number of samples(n=40).

\*2: Direct observation was not conducted. Herring egg attached alga( *Undaria pinnatifida* ) was obtained.

The locations represented spawning date were confirmed by milky white turbidity of sea surface due to herring spawning.

Pi: *Phyllospadix iwatensis*, Sc: *Sargassum confusum*, Cl: *Coccophora langsdorfii*, Ch: *Cystosera hakodatensis*, Up: *Undaria pinnatifida*, Sl: *Scytosiphon lomentaria*, Na: *Neorhodomela aculeata*, Pf: *Petalonia fascia*, Go: *Grateloupia okamurae*, Ck: *Ceramium kondoii*, Mj: *Mazzaella japonica*

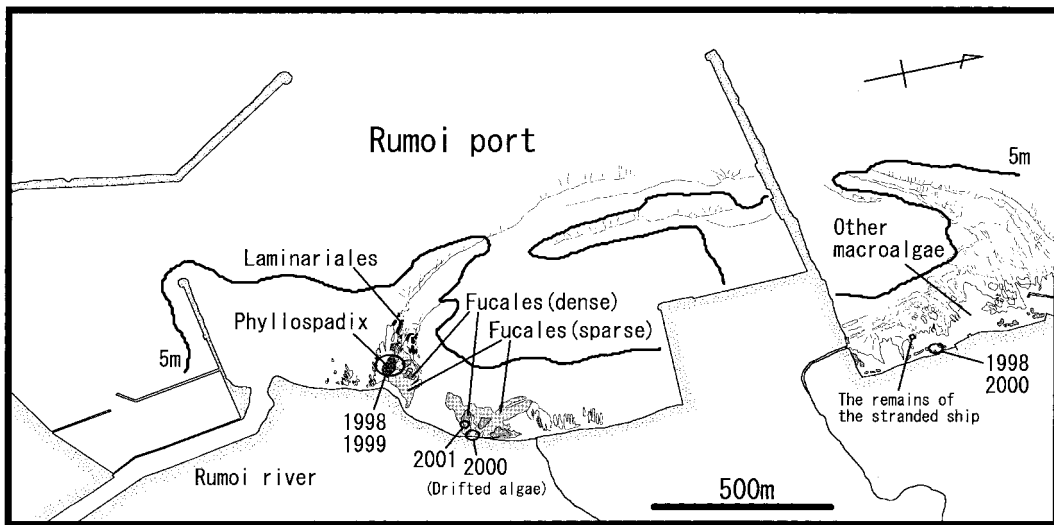


Fig. 3 Sea bottom topography, seaweed beds, herring spawning beds ( enclosed areas ) and 5m-deep contour at Shiomi and Sandomari from 1998 to 2001.

卵床は、留萌市塩見、留萌市三泊(座礁船跡近く、漁港北東側、漁港南側)、留萌市礼受、小平町白谷、小平町鬼鹿の7カ所であった。2000年5月1日と2001年3月14日に増毛町大別苅で産卵床を探索したが、確認できなかった。確認された産卵床は、いずれも水深2m以浅のごく浅所の藻場であった。

留萌市塩見では、1998年から2001年にかけて、4年連続で産卵床が確認された( Table 1 )。1998年には、海岸

線に沿って約80m、沖側に約40mの比較的広い範囲のスガモ*Phyllospadix iwatensis*群落で付着卵が確認された( Fig. 3 )。産卵総数は18億2,720万粒、平均卵数は571,092粒/m<sup>2</sup>と推定されたが、この調査時にはスガモ40葉での平均付着卵数という少数の標本から推定したため、過大評価の可能性が高い。この時の最大卵数は1,475,388粒/m<sup>2</sup>であった。

1999年及び2001年には、スガモやホンダワラ類群落の



Fig. 4 Milky-white turbidity of sea surface due to herring spawning at Reuke coast, Rumoi on March 18, 1999.

ごく狭い範囲でまばらな付着卵が見られたのみであった。2000年には岸に漂着したホンダワラ類（フシスジモク *Sargassum confusum* 及びウガノモク *Cystoseira hakodatensis*）でのみ付着卵を確認したが、漂着地近傍にのみホンダワラ類群落が存在するため、同地で小規模に産卵された可能性が高い（Fig. 3）。

留萌市礼受では、1999年以降3年連続で産卵床が確認された。1999年3月18日未明には、ニシンの産卵行動により広い範囲で海面が白濁する、いわゆる「群来」が観察された（Fig. 4）。付着卵が見られたのは、海岸線に沿って約500m、沖側に約100mの範囲の海草・海藻類であつ

た（Fig. 5）。この時の付着卵数の水平分布を、Fig. 6に示した。付着卵数は、トランセクト上の距岸約20～80mの、岸寄りに多かった。付着卵数は、目視区分「多い」で平均486,707粒/m<sup>2</sup>、「少ない」で57,359粒/m<sup>2</sup>、「極少」で1,731粒/m<sup>2</sup>であった。この時の産卵総数は21億6,310万粒と推定され、調査期間中最も規模が大きく、平均卵数は21,631粒/m<sup>2</sup>、最大卵数は883,568粒/m<sup>2</sup>であった（Table 1）。

2000年には、ほぼ同じ場所で付着卵が確認されたが、海面の白濁は見られず、ごく狭い範囲でまばらに付着卵が見られたのみであった（Fig. 5）。

2001年3月21日には、1999年よりは規模は小さかったが、再びほぼ同じ場所で海面の白濁が見られ、海岸線に沿って約300m、沖側に約100mの範囲で付着卵が確認された（Fig. 5）。この時の付着卵数の水平分布を、Fig. 7に示した。付着卵数はトランセクト上の距岸約0～40mに多く、1999年の時と同様に岸寄りで卵数が多かった。付着卵数は、目視区分「多い」で平均408,642粒/m<sup>2</sup>、「少ない」で32,343粒/m<sup>2</sup>、「極少」で3,016粒/m<sup>2</sup>であった。この時の産卵総数は10億9,930万粒と推定され、平均卵数は33,956粒/m<sup>2</sup>、最大卵数は1,005,052粒/m<sup>2</sup>であった（Table 1）。

留萌市三泊では、1998年と2000年に座礁船跡近くで（Fig. 3）、1998年に三泊漁港の北東側及び南側で（Fig. 8）、ごく狭い範囲にまばらな付着卵が見られたのみで、産卵数の推定は行わなかった。規模は小さいが、これら

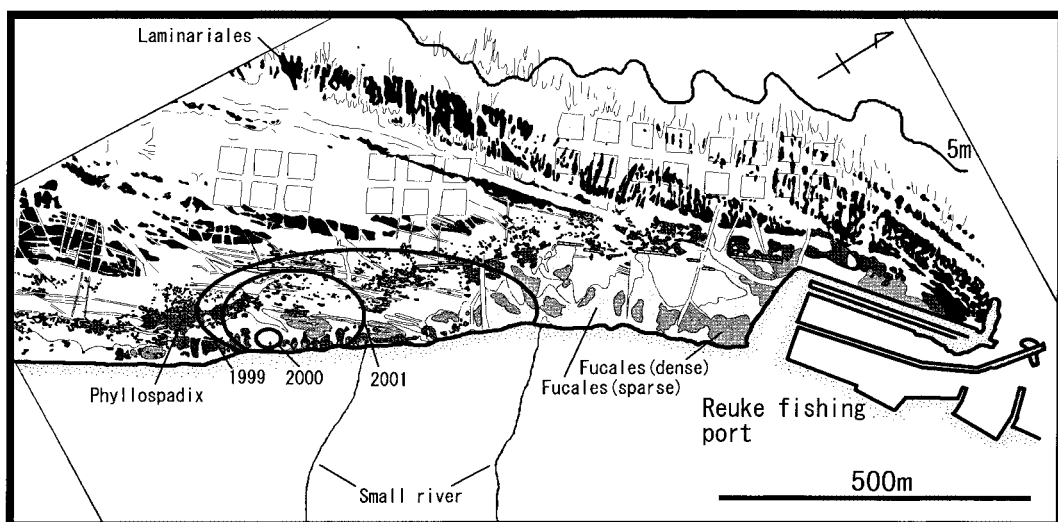


Fig. 5 Sea-bottom topography, seaweed beds, herring spawning beds (enclosed areas) and the 5m-deep contour at Reuke from 1999 to 2001.



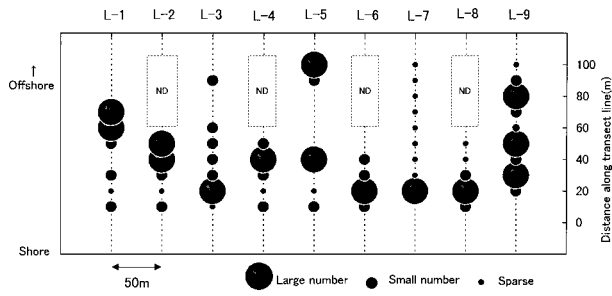


Fig. 6 Numerical distribution of herring eggs at the spawning bed, Reuke ( March 25, 1999 ). Large number :  $486707 \pm 461142$  ( no./m<sup>2</sup>, mean  $\pm$  SD, n=9 ), Small number :  $57359 \pm 38718$  ( n=17 ), Sparse :  $1731 \pm 1781$  ( n=12 ), ND : No data.

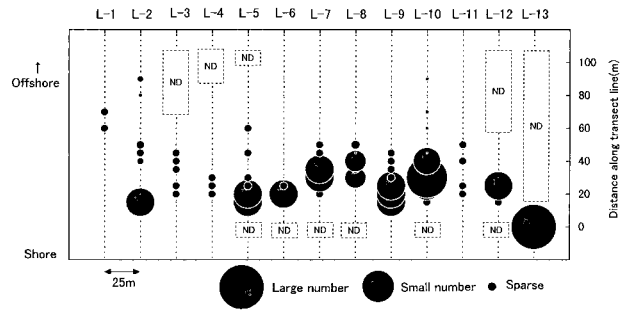


Fig. 7 Numerical distribution of herring eggs at the spawning bed, Reuke ( March 30, 2001 ). Large number :  $408642 \pm 281790$  ( no./m<sup>2</sup>, mean  $\pm$  SD, n=4 ), Small number :  $32343 \pm 8927$  ( n=5 ), Sparse :  $3016 \pm 3412$  ( n=20 ), ND : No data.

の場所も年により産卵場として利用されているようであった。

小平町臼谷では、1998年に臼谷漁港南側のフシスジモク群落で、海岸線に沿って約120m、沖側に約50mの範囲で付着卵が確認された( Fig. 8 )。この時の付着卵数の水平分布を、Fig. 9 に示した。付着卵数は、トランセクト上の距岸約10~50mの範囲で、沖側に多かった。これは、この場所では岸寄りに主にフシスジモクの高密度な群落が存在し、ニシンがこの群落内部にまで侵入して産卵しなかったことによるとみられる。付着卵数は、目視区分「多い」で平均 $1,399$ 粒/m<sup>2</sup>、「少ない」で $176$ 粒/m<sup>2</sup>、「極少」で $9$ 粒/m<sup>2</sup>であった。この時の産卵総数は $8,450$ 万粒と推定され、平均卵数は $10,834$ 粒/m<sup>2</sup>、最大卵数は $175,997$ 粒/m<sup>2</sup>と、1999年及び2001年の礼受や1998年の塩見で見られた産卵事例よりも規模が小さかった( Table 1 )。

2001年には、臼谷漁港内に自生するワカメでニシン卵の付着した標本が少数得られたのみであった( Table 1 )。小平町鬼鹿秀浦(蛇ノ目の潤)では、2001年4月1日早朝に、ごく浅所で部分的な海面の白濁が観察され、海岸線に沿って約150m、沖側に約10mのごく狭い範囲で、高密度の付着卵が確認された( Table 1, Fig.10 )。この時は付着卵の分布がパッチ状に分散し、非常に局所的であったため産卵数の推定が出来なかったが、最大卵数が $2,462,705$ 粒/m<sup>2</sup>と、本研究中最も高密度の産卵が見られた。

1999年及び2001年礼受における海草・海藻類の藻種別、単位湿重量当たりのニシン付着卵数を、Fig.11に示した。両年とも共通して特に付着卵数の多かった藻種は、海産種子植物のスガモ、ホンダワラ類のフシスジモクとスギモク*Cocophora langsdorfii*であったが、その他、紅藻

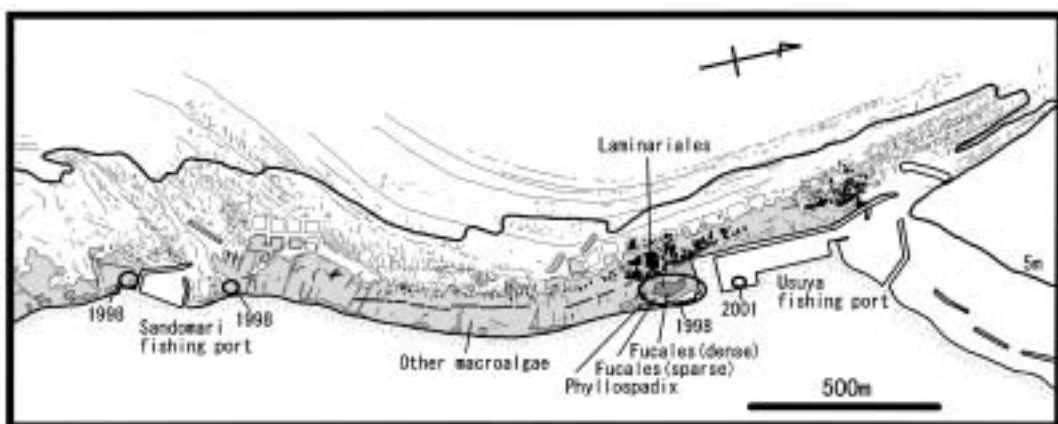


Fig. 8 Sea bottom topography, seaweed beds, herring spawning beds ( enclosed areas ) and 5m-deep contour at Usuya from 1998 to 2001.

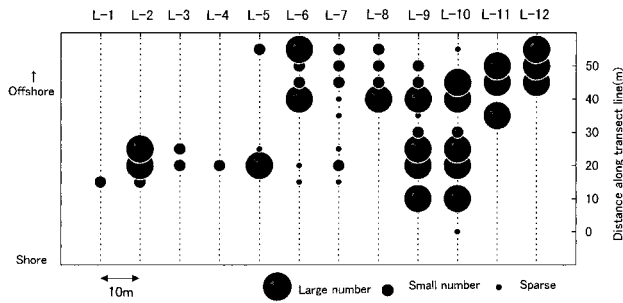


Fig. 9 Numerical distribution of herring eggs at the spawning bed, Uauya ( April 8, 1998 ). Large number :  $1399 \pm 1079$  ( no./m<sup>2</sup>, mean  $\pm$  SD, n=19 ), Small number :  $176 \pm 109$  ( n=21 ), Sparse :  $9 \pm 9$  ( n=10 ).

類のフジマツモ *Neorhodomela aculeata*, 褐藻類のカヤモノリ *Scytosiphon lomentaria* やセイヨウハバノリ *Petalonia fascia*, 緑藻類のエゾヒトエグサ *Monostroma angicava* などが多かった。1m<sup>2</sup>あたりの付着卵密度が最も高かった藻種は、スガモまたはフシスジモクであった。その他に比較的付着卵数の多かった藻種は、アカバギンナンソウ *Mazzaella japonica*, ヒラコトジ *Chondrus pinnulatus*, ピリヒバ *Corallina pilulifera*, モロイトグサ *Polysiphonia morrowii*, キョウノヒモ *Grateloupia okamurae*, アマノリ類 *Porphyra* sp., イソキリ *Bossiaella cretacea* などであった。

2001年3月30日に礼受で採集されたフシスジモク3個

体の、基部から10cmごとの藻体湿重量と、単位藻体重量あたりの付着卵数の分布を、Fig.12に示した。藻体湿重量、付着卵数とも藻体基部から20~40cmの部位で高く、50cmより上部の卵数は非常に少なかった。卵数の多い部位は、フシスジモクの下部葉が存在する藻体の biomass が最も大きい部位と一致した。

留萌沿岸におけるコンブ目褐藻、ホンダワラ類ならびにスガモの分布は、海岸線に沿って水深3~4m以浅の範囲に限られた ( Fig. 3, 5, 8 )。最も浅い所にはホンダワラ類 (主にフシスジモクとスギモク) が、それと重複してやや沖側にスガモが、さらに沖側にコンブ目褐藻が分布する傾向が見られた。ウガノモクは塩見と白谷漁港西側に見られ、フシスジモクやスギモクの生育帯よりやや深みに分布した。

礼受から白谷にかけての水深4m以浅の海底総面積は206.4haで、うちコンブ目褐藻が2.4%、ホンダワラ類2.4%、スガモ0.7%、無節サンゴモ類13.7%、その他海藻類16.6%、裸地39.0%、判別不能が25.2%の面積を占めた。

塩見では、海草・海藻類の分布は留萌川河口近傍の沖側に張り出した岩礁と湾の岸近くに限定され、ニシンの産卵床もそこで確認された ( Fig. 3 )。礼受及び三泊から白谷にかけては、いずれも離岸距離約100mの所に海岸線に平行に設置されているノリ礁陸側に、フシスジモクを主体としたホンダワラ類の優勢な繁茂が見られた

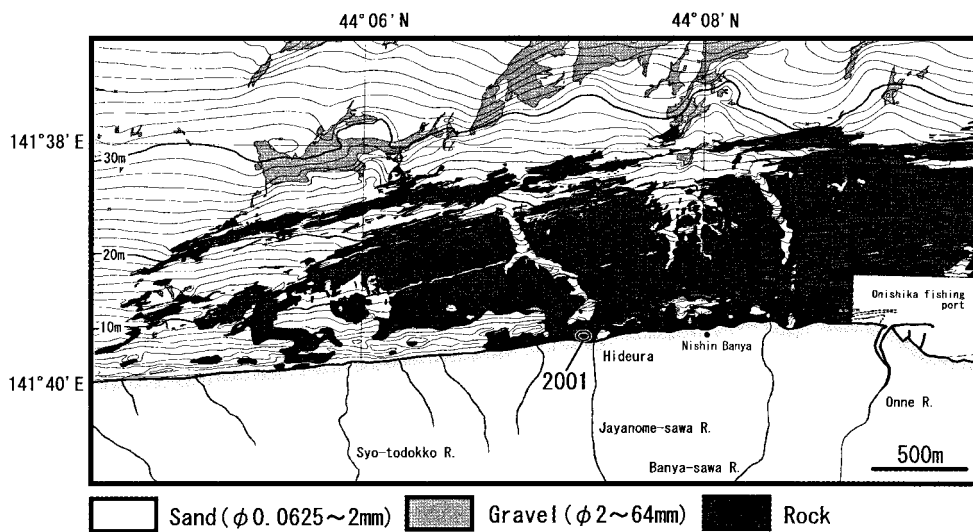


Fig.10 Sea bottom topography, sediment distribution and depth contour at Onishika ( modified after Hokkaido Rumoi Shicyo et al.<sup>2)</sup> ). The enclosed area denotes the spawning bed in 2001.

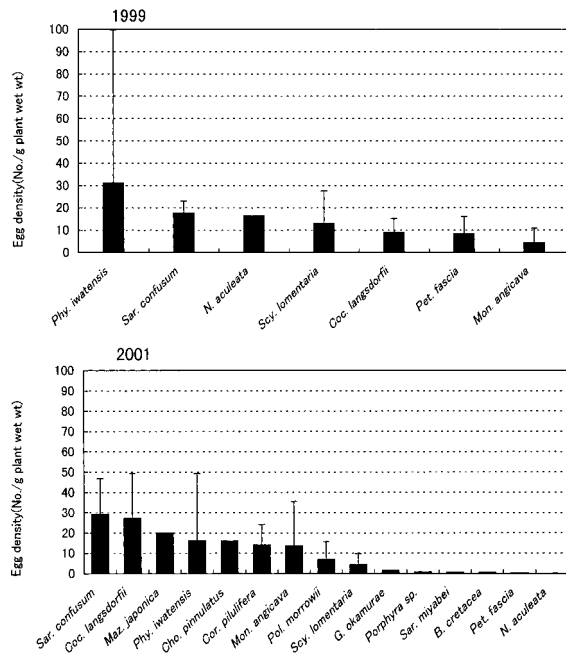


Fig.11 Average herring egg density in March, 1999 and 2001 at Reuke. Vertical bars denote standard deviation.

Phy: *Phyllospadix* Sar: *Sargassum* N: *Neorhodomela*  
 Scy: *Scytosiphon* Coc: *Coccolophora* Pet: *Petalonia*  
 Mon: *Monostroma* Maz: *Mazzaella* Cho: *Chondrus*  
 Cor: *Corallina* Pol: *Polysiphonia* Scy: *Scytosiphon*  
 G: *Grateloupia* B: *Bossiella*

(Fig. 5, 8). 確認された産卵床は、塩見は港湾内であり、礼受及び三泊から臼谷ではノリ礁に消波された陸側で、波浪の影響が少ない静穏な海域であった。

礼受から臼谷のかけの海底地形は、海岸線に平行に多数の隆起部が走るとともに、沖合から海岸線に向かって多数の溝が見られる複雑な構造であった(Fig. 5, 8)。海岸線は単調であり、沖側に向かって徐々に水深が増す、緩やかな海底勾配であった。塩見に留萌川河口が位置する以外大きな流入河川はなく、いくつかの小河川が流入するのみであった。

鬼鹿漁港周辺～南側にかけては、海岸から水深20～30mまで広い範囲で岩礁域が広がっており、潜水による観察では、水深2m以浅のごく浅所に海草・海藻類が分布した(Fig.10)。2001年の産卵床は、蛇ノ目沢川の流れ込む小規模な湾入部で確認され、その沖側には砂に被われた埋積谷<sup>2)</sup>が南西方向に続いていた。同様の地形は、鬼鹿漁港南側の番屋沢川の沖側にも見られた。この海域は開放的な海岸線で、産卵床は外海の波浪の影響を直接受ける場所であった。

海洋・気象条件

1999年3～4月の礼受ニシン産卵床における、水温、塩分ならびに日平均水温と産卵からふ化までの積算水温の推移を、Fig.13に示した。ニシンの群来が見られた3月18日の日平均水温は、4.7℃であった。その後、ニシンのふ化開始が確認されたのは4月15日で、産卵からふ化までの積算水温は120.8℃・日であった。この時期の水温の日変化は大きく、特に1999年3月20日～21日にかけて最大約7℃変化した。この時期の塩分は、25.4～33.5PSUの範囲で推移した。

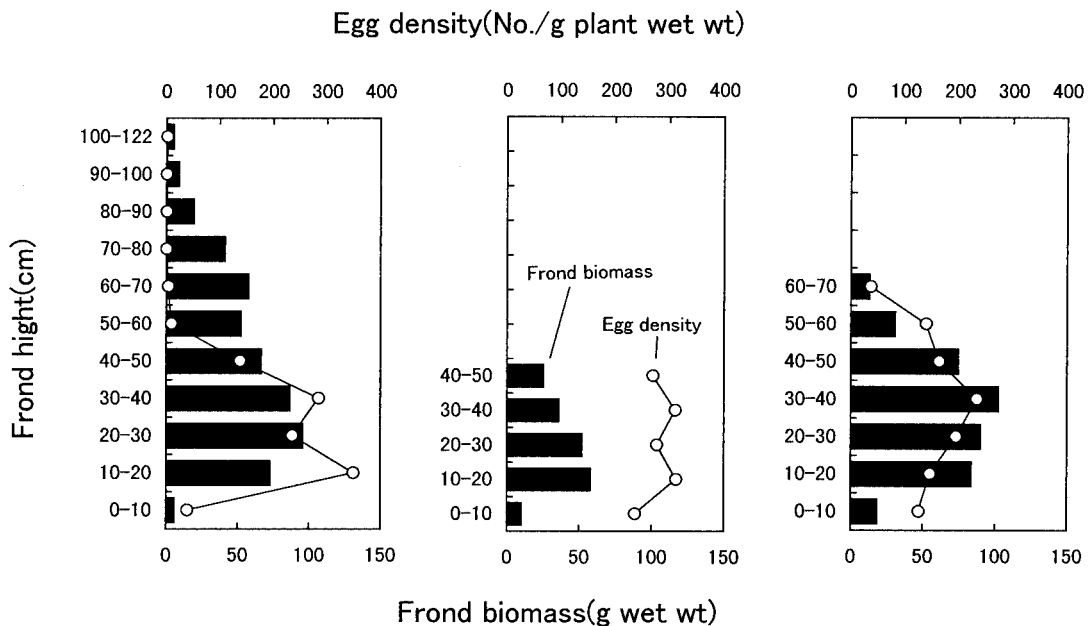


Fig.12 Vertical profile of frond biomass and herring egg density on the three individuals of *Sargassum confusum* in March 30, 2001 at Reuke.

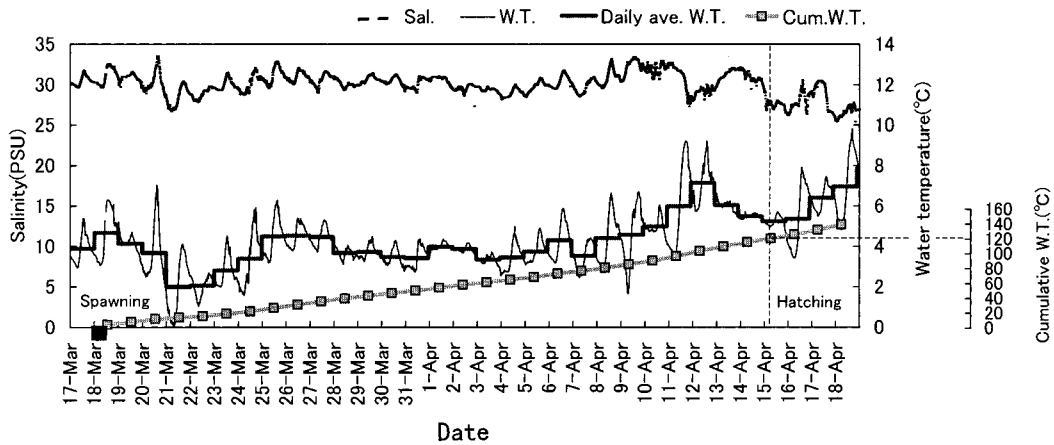


Fig.13 Temporal changes of salinity, water temperature and cumulative water temperature at Reuke from March to April in 1999. Broken lines denote the starting day of hatching and cumulative water temperature on the day. Bold notation denotes the herring spawning day.

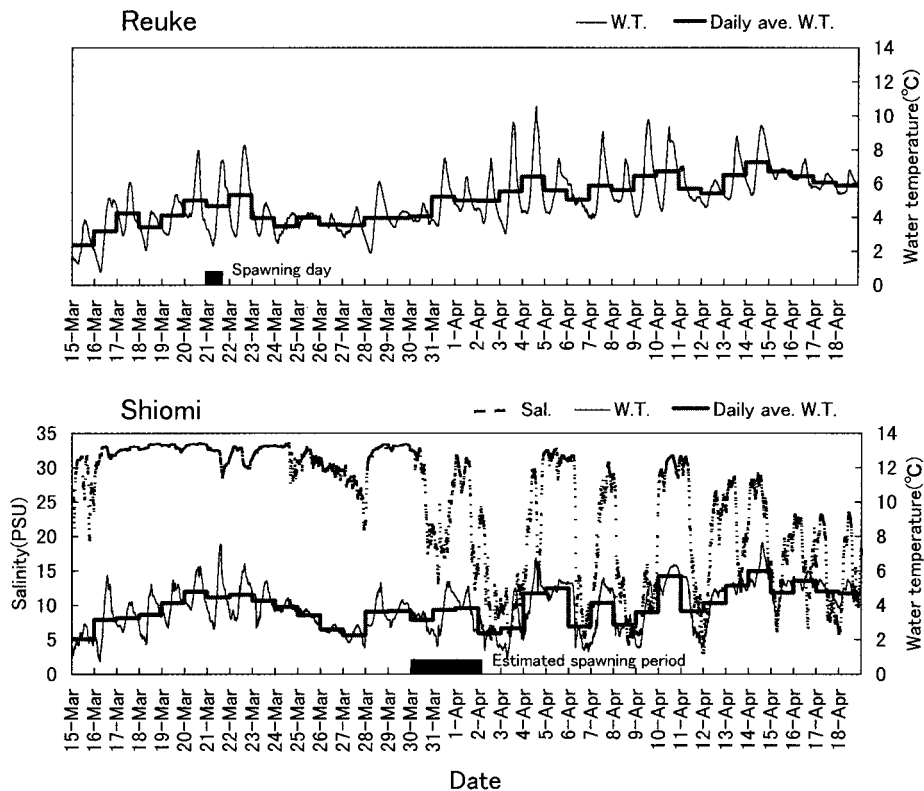


Fig.14 Temporal changes of salinity and water temperature in herring spawning beds from March to April in 2000. Bold notation denotes herring spawning periods.

2000年及び2001年3～4月の礼受と塩見における水温、塩分の推移、ならびに産卵時期を、それぞれFig.14, Fig.15に示した。2000年の礼受では、塩分計が不調だったため、水温のみを示した。2000年の礼受では3月21日に、塩見では3月30日から4月2日頃にニシンの産卵があったと推定された。産卵推定日の日平均水温は、礼受

では4.7℃、塩見では2.4～3.8℃の範囲にあった。塩見では3月24日以降、融雪水の影響による顕著な塩分低下が見られた。2001年の礼受では、3月26日に群来が見られ、塩見でも同日に産卵されたと推定された。この日の日平均水温は、礼受で3.7℃、塩見で2.8℃であった。礼受、塩見ともに3月中旬以降、融雪水の影響による塩分

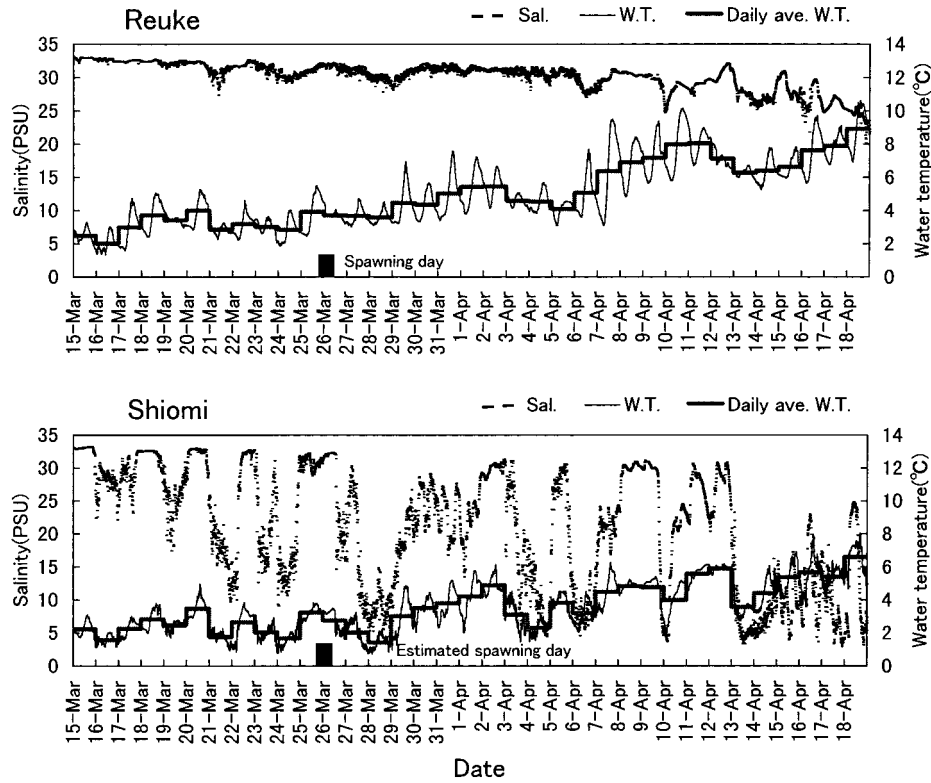


Fig.15 Temporal changes of salinity and water temperature in herring spawning beds from March to April in 2001. Bold notation denotes herring spawning days.

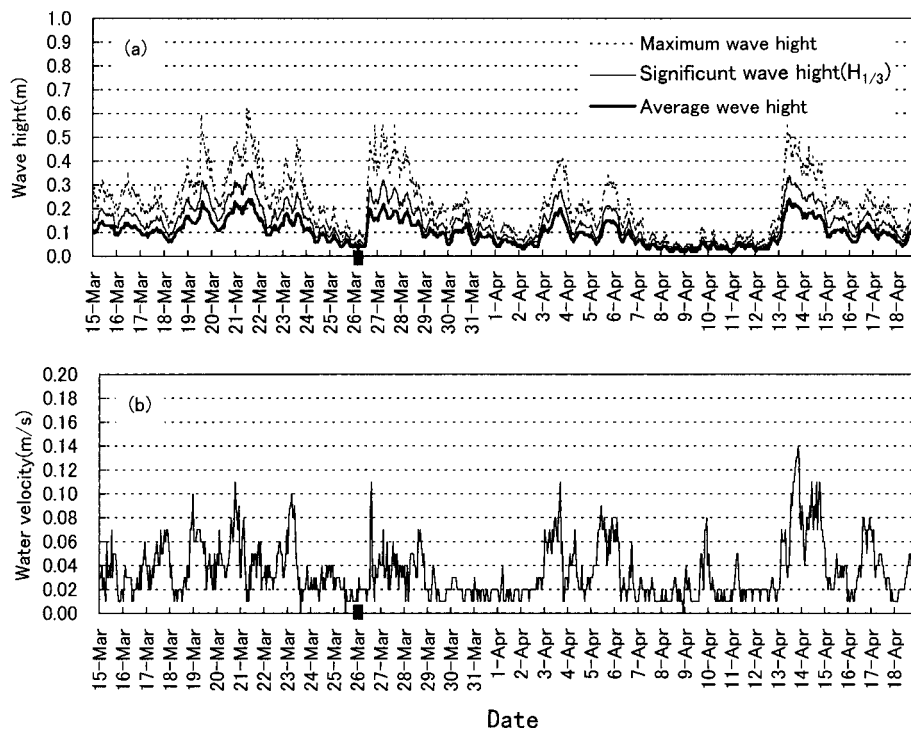


Fig.16 Temporal changes of wave height (a) and wave velocity (b) at Reuke from March to April in 2001. Bold notation denotes herring spawning day.

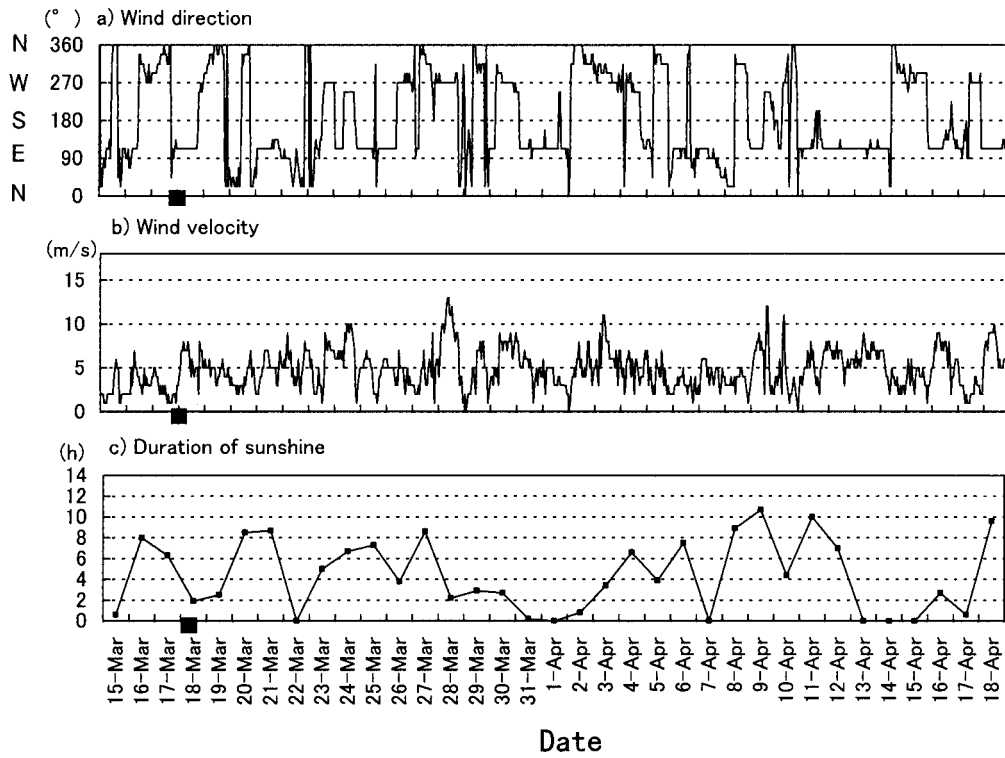


Fig.17 Temporal changes of wind direction, wind velocity and duration of sunshine at Rumoi from March to April in 1999. Bold notation denotes herring spawning day at Reuke.

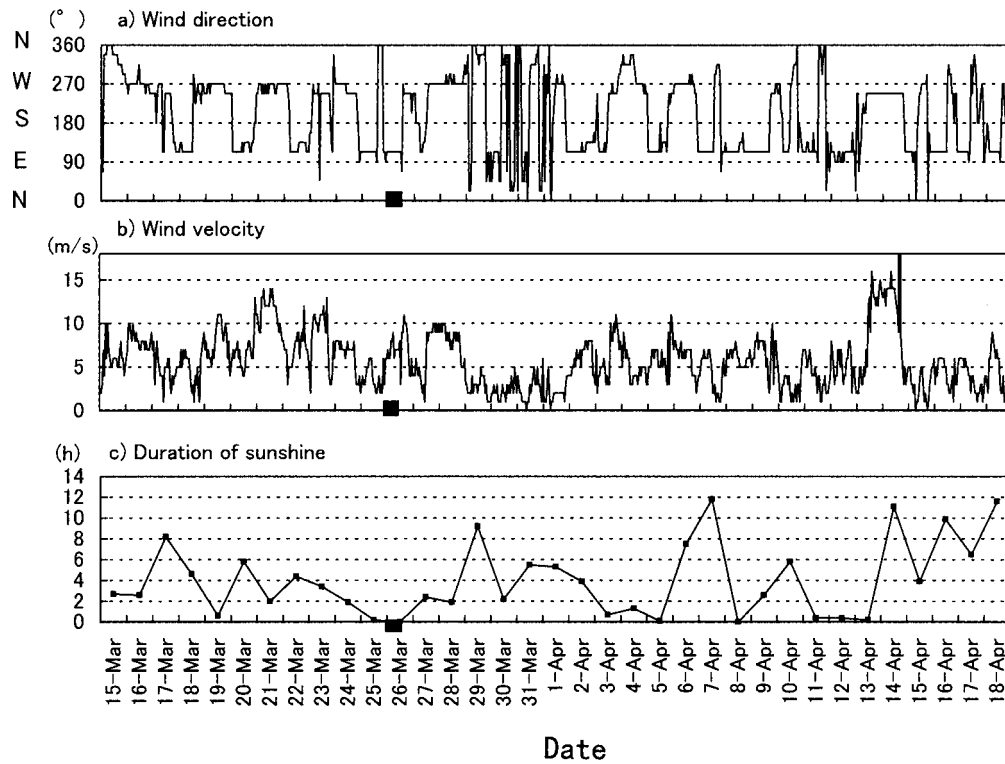


Fig.18 Temporal changes of wind direction, wind velocity and duration of sunshine at Rumoi from March to April in 2001. Bold notation denotes herring spawning day at Reuke.

低下が見られ、特に塩見では留萌川の影響で塩分が大きく変動した。

以上の結果から、1999～2001年の礼受と塩見におけるニシン産卵時期の日平均水温は2.8～4.7℃の範囲にあり、融雪水の影響により塩分が低下する時期であることが明らかになった。

2001年3～4月の礼受ニシン産卵床における波高（最大、有義、平均）及び流速を、Fig.16に示した。ニシンの産卵があった3月26日の未明の波高は、最大約0.09m、有義約0.07m、平均約0.04mと、非常に穏やかな波浪条件であった。その時の流速は、約0.01～0.02m/sであった。

1999年及び2001年3～4月の留萌における陸上の風向、風速、日照時間の推移を、それぞれFig.17、Fig.18に示した。礼受で群来のあった1999年3月18日及び2001年4月26日未明は、いずれも東南東の風、風速1～2m/sと、陸側から沖に向かう風で、静穏な気象条件であった。また、群来当日の日照時間の合計は、1999年が1.9時間、2001年が0時間と雲の多い天候であった。

## 考 察

1998年から2001年の春季に、留萌沿岸の7カ所でニシンの産卵床が確認された。ただし、2000年5月1日に塩見と三泊で確認されたニシン卵は、卵の状態や現地での観察から3月末から4月初めに産卵されたものと推定され、当地でのニシンの産卵は3月後半から4月前半に行われたと考えられる。その時期の日平均水温は2.8～4.7℃の範囲にあった。これは、「石狩湾ニシン」と呼ばれる地域性ニシンの産卵時期や産卵期水温<sup>3)</sup>と一致した。

確認されたニシン産卵床は、いずれも水深2m以浅のごく浅所の藻場に位置した。1954年の田村ら<sup>4)</sup>の留萌支庁管内における産卵床調査では、付着卵は水深0.5～5mの範囲の海藻に多く、1970～1972年の三上ら<sup>5)</sup>の調査では、水深1～2mのホンダワラ類やスガモが主だった。本研究結果は、田村ら<sup>4)</sup>の結果よりも浅く、三上ら<sup>5)</sup>の結果と同様だった。これは1955年頃まで多獲され、沿岸での産卵が確認されていたいわゆる「春ニシン」が「北海道・サハリン系ニシン」が中心であり、その後、三上ら<sup>5)</sup>や本研究で産卵床が確認されたニシンが「石狩湾ニシン」であるという、系群による産卵生態特性の違いが考えられる。

本研究における一産卵床当たりの産卵数は、非常に小規模な場合を除き8,450万～21億6,310万粒と推定され、平均卵数は10,834～571,000粒/m<sup>2</sup>、最大卵数は約17.6～

246万粒/m<sup>2</sup>であった。1954年の留萌支庁管内における産卵床調査<sup>4)</sup>では、場所により産卵数には大きなばらつきがあったが、小平町の水深約3mのホンダワラ類やスガモの藻場での産卵数は470万～580万粒/m<sup>2</sup>であり、本研究結果より多かった。これは産卵のため来遊する群の規模が、近年よりも大きかったことによると考えられる。

付着卵数が特に多かった海草・海藻類は、海産種子植物のスガモ及びフシスジモクやスギモクなどのホンダワラ類であった。これは、スガモが調査海域の水深4m以浅面積の0.7% (1.4ha)、ホンダワラ類が2.4% (5.0ha)を占め、これら植物が当海域に広く生育し、特に浅所で優占していたことが一因と考えられる。一方、大規模な産卵時には、海草・海藻類を含めた基質全体に広く産卵されるが、特に付着卵数の多い植物は、過去の調査<sup>4-6)</sup>でも本研究においても、浅所のスガモとホンダワラ類であり、これらの植物がニシンの産卵に好まれる基質である可能性が高い。ニシン産卵に好適な基質の条件を、質や形状を含めて今後明らかにする必要がある。

フシスジモク藻体での付着卵数の多い部位は、基部から20～40cmの高さに集中していた。このことから、ニシンの産卵行動は、主に海底からこの高さ付近で行われたと考えられる。尾花ら<sup>7)</sup>による室内でシュロ製のマブシ（長さ65cmで、下端が水槽底面から15cmの沈下式と水面下15cmの垂下式を設定）へのニシンの産卵行動を観察した結果では、雌のニシンは下方または水平方向から進入し、上方に向かって上向き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る一連の行動を繰り返し、マブシ上方に付着卵が多かったとしている。本研究においては、自生するフシスジモク上のニシン付着卵数が多い部位は、下部葉が存在する藻体中でのbiomassが最も大きい部位と一致した。マブシは上下に均一な形であり、フシスジモクは基部から20～40cmの部位のbiomassが最大であるという形状の違いが、ニシンの産卵行動に影響を与え、付着卵数の多い位置の違いとなったと考えられる。

ニシンの産卵床は、年により規模や場所が変化したが、留萌市塩見では4年連続、礼受では3年連続でほぼ同じ場所で産卵が確認されたことから、ニシンの産卵に好適な場所の条件があると考えられる。産卵床は、塩見では留萌港内の留萌川の河口近傍に、礼受では大きな流入河川は存在しないがノリ礁により消波された陸側に、三泊から臼谷では消波施設の陸側や漁港内と、いずれも静穏な場所で確認された。

また、留萌沿岸の海底には海岸線に平行に多数の隆起部が走るとともに、沖合から海岸線に向かう多数の溝が存在した。小平町鬼鹿では、沖側から続く埋積谷の方向

に産卵床が確認された。これらのことから、ニシンは海底の溝状の地形を通して浅所の藻場に至り、静穏な場所で産卵すると考えられた。

1999年及び2001年の礼受で群来が見られた時には、東南東方向の陸側からの風速1～2 m/sの風で、雲が多く、穏やかな天候であり、2001年の同時期に計測した最大波高は0.09m、流速は0.01～0.02m/sと、非常に静穏な海洋・気象条件であった。

ニシン産卵床の形成に影響を与える要因としては、産卵時期の水溫・塩分条件、藻場の分布（藻場の有無）、海底地形、産卵母群の規模や沿岸域への来遊状況、海洋・気象条件、月齢や潮汐<sup>8)</sup>などが考えられる。これらの要因について、今後さらに詳細に明らかにしていく必要がある。

1999年の礼受の産卵床において、ふ化までの水溫を把握したところ、ふ化開始を確認した日までの積算水溫は120.8℃・日であった。石狩湾ニシンの場合、陸上の種苗生産施設において採卵翌日から1日約1℃の割合で採卵海域水溫から6～9℃まで昇温させて培養すると、積算水溫100℃・日でふ化を開始、135℃・日前後でふ化のピークとなる<sup>9)</sup>。天然の産卵床でふ化までの積算水溫を把握したのは本研究が初めてであるが、種苗生産施設で得られている積算水溫と類似した値を示した。

本研究での留萌沿岸における大規模なニシンの産卵床の確認は、1970～1972年に増毛町から小平町にかけての「石狩湾ニシン」によるもの<sup>5)</sup>、1987、1988年に留萌での「北海道・サハリン系ニシン」によると考えられるもの<sup>10)</sup>を除けば、春ニシン漁終期の1954～1955年<sup>4, 6)</sup>以降初めてのことであった。1998年以降には、石狩支庁沿岸の厚田村においても大規模なニシンの産卵床が確認されている<sup>11)</sup>。これらのことは、地域性ニシンである石狩湾ニシンの資源量が近年増加して来ていることを反映していると考えられる。高柳・田中<sup>12)</sup>によると、3～5月の石狩湾ニシン産卵群の漁獲量は、1997年以降増加傾向にある。さらに、1996年以降、石狩湾ニシンの資源量増大のため、厚田から稚内にかけて人工種苗が放流されており（1996年 約16万尾、1997年 約50万尾、1998年 約147万尾放流<sup>9)</sup>）、産卵のための回帰も確認されている<sup>13)</sup>。今後はさらに、ニシン資源の維持、増大を図るための増殖手法の進展や資源管理施策が望まれる。また、ニシン産卵群の沖合から浅所に至る来遊経路を含め、産卵床の形成要因をさらに明らかにするとともに、産卵床としての藻場の機能の解明や保全、磯焼けなどにより損なわれた藻場の修復や造成を、さらに検討していく必要がある。

## 要 約

1996年から2001年にかけて、留萌沿岸藻場でのニシン産卵床の探索を行った。1998年以降産卵床を確認し、卵数や藻場の分布、海底地形、環境条件などを調べた結果、以下のことが明らかになった。

1. 1998年～2001年に留萌沿岸で7カ所の産卵床が確認された。塩見では4年連続、礼受では3年連続で、ほぼ同じ場所で産卵が確認された。
2. ニシンの産卵・放精により海面が白濁するいわゆる群来は、1999年及び2001年の礼受、2001年の鬼鹿で観察された。そのうち1999年3月18日に礼受で見られた群来の規模は最も大きく、海岸沿いに約500m、沖側に約100mの範囲で産卵が確認され、総産卵数は21億6,310万粒と推定された。
3. 産卵床は、水深0.3～2 mのごく浅所の藻場で確認された。特に付着卵数が多かったのは、海産種子植物のスガモ及びホンダワラ類のフシスジモクやスギモクで、フシスジモクでは海底から20～40cmのbiomassが最大の部位で卵数が多かった。
4. 留萌海域の海草・海藻類の分布は水深3～4 m以浅に限られ、最も浅所にホンダワラ類、次いでスガモ、沖側にコンブ目褐藻が分布した。
5. 留萌沿岸の海底地形には、海岸線と平行に走る多数の隆起部と沖合から海岸線に向かう多数の溝が見られ、ニシンは海底の溝状の地形を通して浅所の藻場に至り、静穏な場所で産卵すると考えられた。
6. ニシンが産卵する時期の日平均水溫は2.8～4.7℃の範囲にあり、融雪水の影響により塩分が低下する時期であった。1999年の礼受産卵床での産卵からふ化開始までの積算水溫は120.8℃・日であった。
7. ニシン産卵日は最大波高が0.09m、流速が0.01～0.02m/s、東寄りの風速1～2m/sの風、雲の多い天候であり、非常に静穏な海洋・気象条件であった。

## 謝 辞

本研究は、漁業者の方々、留萌・小平・増毛漁業協同組合、留萌市、小平町、増毛町、留萌支庁など、関係する多くの機関の協力により実施された。記して謝意を表す。

## 文 献

- 1) 丸山秀佳：“6. ニシン”. 漁業生物図鑑 北のさかなたち. 札幌, 北日本海洋センター, 1991, 16-21.



- 2) 北海道留萌支庁, 株式会社パスコ: 平成5年度 留萌南部地区漁場図作成委託業務報告書. 1994, 68p.
- 3) 高柳志朗: 本道日本海に分布する地域性ニシンの生態的特徴(最近の調査結果から). 平成10年度「育てる漁業研究会」講演要旨. 1-8 (1999)
- 4) 田村 正, 大久保正一, 藤田 忠, 広部武男: 北海道西海岸に於ける春ニシンの天然産卵の観察 第2報 潜水調査による産卵床の観察. 孵化場試験報告. 9 (1, 2), 95-112 (1954)
- 5) 三上正一, 田村真樹, 高 昭宏, 山下 豊, 日南田八重: 石狩湾北部に來遊する産卵群の生態調査. にしん増養殖技術開発企業化試験 昭和47年度経過報告書. 水産庁北海道区水産研究所, 30-32 (1973)
- 6) 田村 正, 大東信一, 広部武男: 北海道西海岸に於ける春ニシンの天然産卵の観察 第3報 1955年春季の群來状況並に苫前地区に於ける天然産卵床の潜水観察. 孵化場試験報告 10(1, 2), 115-131 (1955)
- 7) 尾花博幸, 山本和久, 松原孝博: 人工基質によるニシンの産卵誘発. 栽培技研. 25(2), 75-80 (1997)
- 8) Hay, D. E.: Tidal influence on spawning time of Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47, 2390-2401 (1990)
- 9) 川下正己: 種苗量産技術導入・実証試験. 平成8年~10年度 日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書. 北海道立稚内水産試験場, 2000, 13-19.
- 10) 小林時正: 太平洋ニシンの集団遺伝学的特性と種内分化に関する研究. 遠洋水研報. 30, 1-75 (1993)
- 11) Hoshikawa, H., Tajima, K. and Kawai, T.: Study on the spawning beds of the local population of Ishikari Bay herring in the Sea of Japan, Hokkaido island, northern Japan. Herring 2000 An international symposium on expectations for a new millennium Abstracts, 73 (2000)
- 12) 高柳志朗, 田中伸幸: 地域性ニシン産卵群の漁獲量変動. 平成8年~10年度 日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書. 北海道立稚内水産試験場, 2000, 112-113.
- 13) 吉村圭三: 移動分散の解明. 平成8年~10年度 日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書. 北海道立稚内水産試験場, 2000, 103-105.



## ニシン産卵床の形成に及ぼす植生と地形の影響

干川 裕\*<sup>1</sup>, 田嶋 健一郎\*<sup>2</sup>, 川井 唯史\*<sup>3</sup>

Effect of vegetation and topography on the spawning bed selection of herring, *Clupea pallasii*.

Hiroshi HOSHIKAWA\*<sup>1</sup>, Ken-ichiro TAJIMA\*<sup>2</sup> and Tadashi KAWAI\*<sup>3</sup>

Pacific herring (*Clupea pallasii*) spawn in Atsuta, on the west coast of Hokkaido, northern Japan, was surveyed by divers in 1998 and 1999. Some grooves existed on the flat rocky shore developed at Minedomari, Atsuta. Spawning beds of herring were located near the grooves year by year. Herring used sea grass, *Phyllospadix iwatensis*, as spawning substratum. Maximum egg density was 101,375 per small quadrat (0.25m × 0.25m) in 1998. Sea grass biomass affected egg density. Sea grass biomass, leaf density and number of eggs per sea grass biomass unit were significantly higher within grooves outside of them. These surveys showed that egg distribution is dependent on the sea grass density and the groove existence on the rocky shore available for use as a passage to enter the shallower area at Minedomari, Atsuta.

キーワード：ニシン，産卵床形成，卵密度，植生，地形，石狩湾

はじめに

ニシン漁業の安定化を図る上で、産卵場の保全や造成は重要な施策であるが、どのような場所を保護したり、また、どこに新しい藻場を造成すればニシンが利用するかなど不明な点が多い。このような、ニシンの産卵床形成要因に関する研究はバルチック海ニシンで行われているが<sup>1)</sup>、我が国のニシンについてはほとんど行われていない。

石狩湾系ニシンを含む太平洋ニシン *Clupea pallasii* は、大西洋ニシン *C. harengus* に比べて極浅所に産卵することが知られている<sup>2-4)</sup>。ニシンは、通常アマモ *Zostera marina*、スガモ *Phyllospadix iwatensis*、ホンダワラ類 *Sargassaceae*、コンブ類 *Laminaria* spp.、ワカメ *Undaria pinnatifida*、ウルシグサ *Desmarestia ligylata*、フクロフノリ *Gloiopeltis furcata*、その他の海藻類に卵を産み付けるが、この他に海底の砂礫などに産卵していた事例が報告されている<sup>5-7)</sup>。

石狩湾に面する厚田村沿岸では3～4月にニシンが主にスガモに産卵することが知られており、特に嶺泊では1998年から毎年産卵が確認されている<sup>8)</sup>。嶺泊が頻繁に産卵場所としてニシンに使われる理由を明らかにすることは、石狩湾系ニシンの産卵床形成機構を解明する上で有益と思われる。

筆者等は、1998年と1999年に行った嶺泊における野外調査から、産卵床形成と地形及び植生の関係についていくつかの知見を得たので報告する。

調査場所と方法

ニシンの産卵が毎年確認されている厚田村嶺泊で付着卵（以降、卵と呼ぶ）の分布様式と植生について調査を行った（Fig. 1）。嶺泊は厚田村の南寄りに位置する集落で、簡易な船揚場がある。嶺泊の沿岸には水深0.5～1mほどの平磯が発達しており、船揚場の南側にある平磯には、北西から南東方向へ向かう複数の溝が存在する。

報文番号 A 347 (2002年3月11日受理)

- \*1 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)
- \*2 北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture, Shikabe, Hokkaido 041-1404, Japan)
- \*3 北海道立原子力環境センター (Hokkaido Nuclear-Energy Environmental Research Center, Kyowa Hokkaido 045-0123, Japan)

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

溝の入り口付近（沖側）では水深約 3 m であるが，奥部（海岸線側）では 1 m 以下になる（Fig. 2）

嶺泊では1998年に 1 回，1999年は 2 回の大規模な産卵

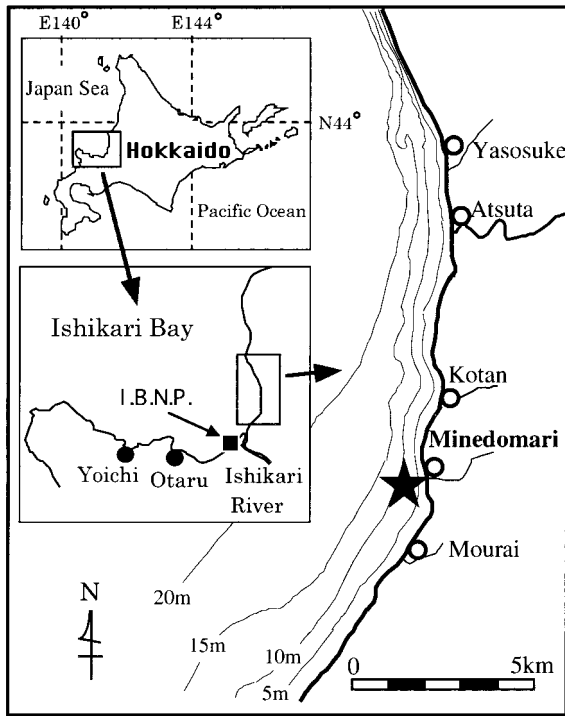


Fig. 1 Map of Atsuta and study site (★). I.B.N.P. : Ishikari Bay New Port

があった<sup>8)</sup>。この産卵状況を調査するために1998年 4月10日と，1999年 3月25日及び 4月16日に，海岸線に沿って25mないし50m間隔で 8本の調査線(北から A~H)を配した。各線上で1998年は起点から20m毎に海藻の生育がなくなる沖側の140~150mまでの範囲で，1999年は起点から10m毎に卵が見られなくなる沖側80~100mまでの範囲で，水深，底質と地形を記録するとともに，小型方形枠(0.25 m×0.25 m)内の海藻草類を採集した。同時に周囲の卵の有無を目視で観察し記録した。

採集した海藻草類は，種別に湿重量を測定し，コンブ類は株数を，ホンダワラ類は主枝数を，スガモについては葉数を計数した。また，付着しているニシンの卵数を海藻草類の種別に計数した。試料が多い場合には，一部を計数し重量比で全体の卵数を算出した。厚田村沿岸にはホソメコンブ*Laminaria religiosa*，リシリコンブ*L. ochotensis*，チヂミコンブ*L. cichorioides*の 3種が生育しているが<sup>9)</sup>，幼体では識別が困難なためにコンブ類として一括して扱った。

植生の出現頻度を以下の式で求めた。

出現頻度 = 該当種が出現した方形枠数 / 全調査枠数

1999年 3月25日の試料を使って，スガモの現存量 ( $g / (0.25m)^2$ )と卵密度の関係を，溝とそれ以外の場所に分けて調べた。ここで用いた溝は，溝内と縁を合わせた範囲である。また，スガモの重量，平均葉長，葉数，

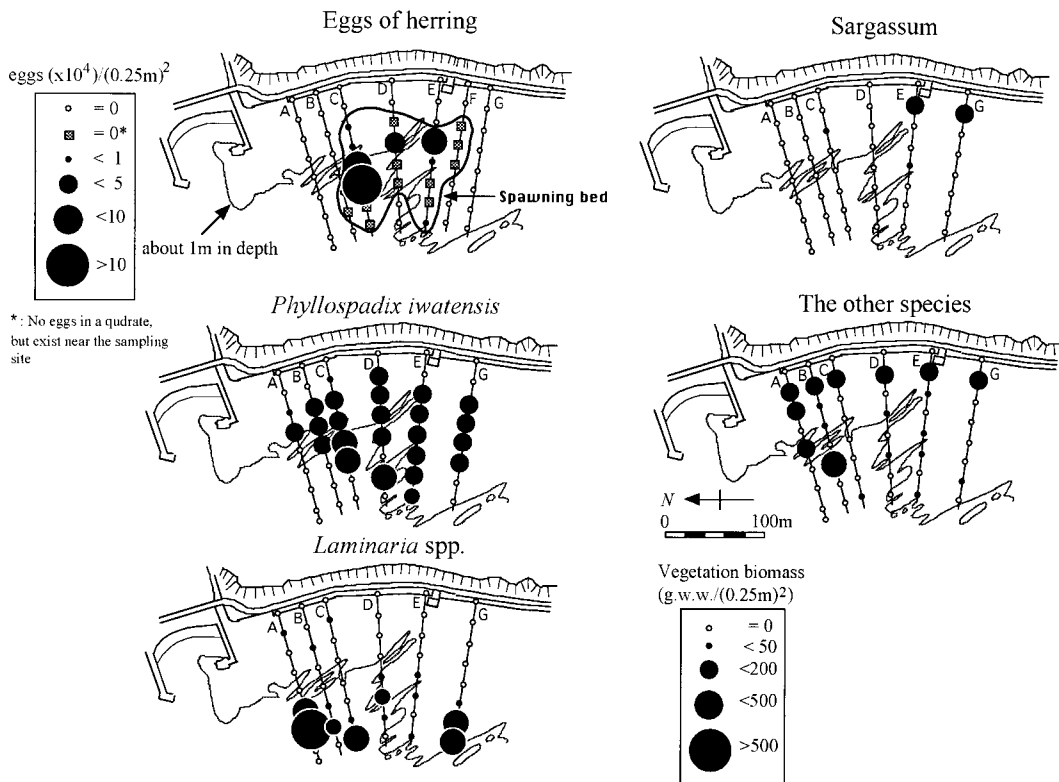


Fig.2 Distribution of herring eggs and vegetation at Minedomari, Atsuta in April 10, 1998

卵数/スガモ重量についても同様な比較を行い、等分散ないしは不等分散の2試料に対するt検定を用いて差異を調べた。

1998年9月5日に撮影した航空写真を用いて海藻が生育している平磯の縁辺部を図化した。作図した縁辺部の水深は約1mで、卵分布調査時に観察した結果、実際の平磯や溝の縁とほぼ一致していた。調査時の水深は、石狩湾新港で小樽開発建設部が観測した潮位に基づいて補正した。

本報告では、Aneer<sup>10)</sup>に従って一回の産卵行動で同時に産卵された範囲を「産卵床 (Spawning bed)」, 一つ以上の産卵床がある場所を「産卵場 (Spawning ground)」とした。

結果

1. 植生と卵の分布

1998年4月10日に行ったニシン付着卵の分布調査では、卵は調査線C、DとE上で採集された他、調査線B~Fでは調査点の周辺で観察された (Fig. 2)。卵密度は、437~101,375個/(0.25m)<sup>2</sup>であり、最も大きな溝の中やその縁で高かった。スガモは調査線AからGにかけて生育していたが、調査線Aでは40m付近に限って多かった。スガモの現存量は14.9~331.3g/(0.25m)<sup>2</sup>であった。コンブ類は起点から80~100mよりも先で多い傾向があり、現存量は1.2~468g/(0.25m)<sup>2</sup>だった。その沖側

は海藻が生育せず砂もしくは岩盤であった。ホンダワラ類 (ウガノモク *Cystoseira hakodatensis* とフシスジモク *Sargassum confusum*) は調査線EとGの岸寄りに生育し、現存量は19.2~142.1g/(0.25m)<sup>2</sup>だった。他には、アカバギナンソウ *Mazzaella japonica*, ダルス *Palmaria palmata*, コトジツノマタ *Chondrus elatus*, ツルツル

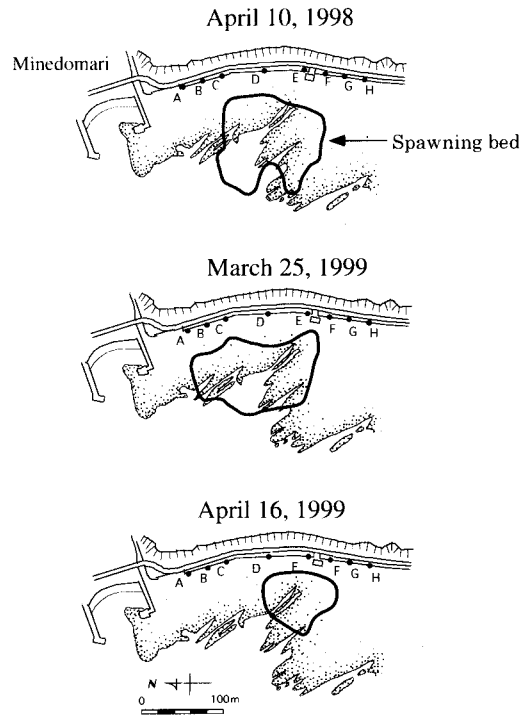


Fig. 4 Distribution of spawning beds at Minedomari

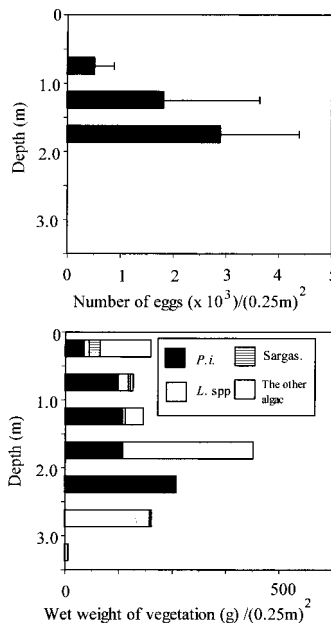


Fig. 3 Vertical distribution of eggs and Vegetation at Minedomari.  
*P. i.*: *Phyllospadix iwatensis*, *L. spp.*: *Laminaria* spp., *Sargas.*: *Sargassum*  
 Error bar shows standard error

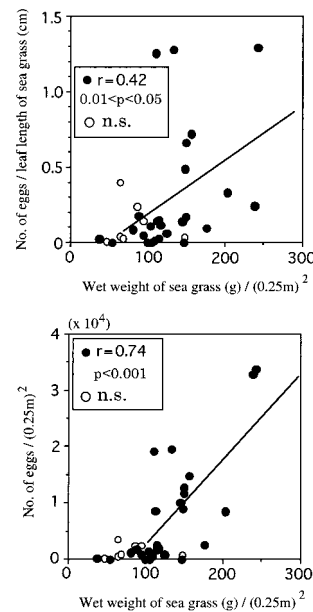


Fig. 5 Relation between sea grass biomass and egg density in grooves (●) and outside of grooves (○) in March 25, 1999 at Minedomari.  
 n.s.: not significant

Table1 Biomass of vegetation and number of eggs per vegetation biomass in the spawning beds at Minedomari, Atsuta

Species	April 10,1998 (N=43)			No.eggs/Veg. bio.		March 25,1999 (N=33)			No.eggs/Veg. bio.		April 16,1999 (N=38)			No.eggs/Veg. bio.	
	Vegetation biomass(g)			Average	S.E.	Average	S.E.	A.F.	Average	S.E.	Vegetation biomass(g)			Average	S.E.
	Average	S.E.	A. F.	S.E.	S.E.	Average	S.E.	A. F.	Average	S.E.	A. F.	Average	S.E.	A. F.	S.E.
<i>Phyllospadix iwatensis</i>	67.56	12.26	0.58	45.54	20.27	118.39	8.53	1.00	36.80	7.96	69.93	10.05	0.84	3.93	1.74
<i>Cystoseira hakodatensis</i>	4.75	3.44	0.07	0.00	-	1.44	1.42	0.06	0.00	-	6.43	4.75	0.18	1.33	0.99
<i>Sargassum confusum</i>	1.41	1.41	0.02	0.00	-	0.23	0.23	0.03	0.00	-	7.95	6.24	0.05	0.00	-
<i>Laminaria spp.*</i>	68.74	27.55	0.42	0.00	-	8.23	4.14	0.33	0.00	-	11.66	4.52	0.45	0.00	-
<i>Palmaria palmata</i>	4.32	3.17	0.14	0.00	-	3.45	3.00	0.15	0.00	-	6.19	4.49	0.16	0.00	-
<i>Mazzaella japonica</i>	3.99	2.63	0.07	0.00	-	1.83	0.85	0.21	0.00	-	5.36	2.52	0.21	7.58	7.58
<i>Symphocladia latuscula</i>	0.72	0.47	0.07	0.00	-	0.46	0.26	0.15	0.00	-	0.07	0.06	0.05	0.00	-
<i>Laurencia nipponica</i>	0.42	0.42	0.05	0.00	-	0.10	0.10	0.03	0.00	-	0.58	0.58	0.03	0.00	-
<i>Ulva pertusa</i>	0.82	0.43	0.16	0.00	-	0.10	0.06	0.09	0.00	-	0.26	0.23	0.05	0.00	-
<i>Polysiphonia morowii</i>	0.30	0.29	0.05	0.00	-	0.26	0.19	0.06	0.00	-	0.16	0.16	0.03	0.00	-
<i>Congregatocarpus pacificus</i>	0.00	-	0.00	-	-	0.01	0.01	0.03	0.00	-	0.00	-	0.00	-	-
<i>Monostroma nitidum</i>	0.27	0.21	0.05	0.00	-	0.03	0.03	0.03	0.00	-	6.24	3.56	0.18	0.00	-
<i>Neorhodomela aculeata</i>	0.00	-	0.00	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.78	0.76	0.05	0.00	-
<i>Petalonia fascia</i>	0.00	-	0.00	-	-	0.00	-	0.00	-	-	0.20	0.14	0.08	0.00	-
<i>Ceramium kondoi</i>	0.61	0.59	0.05	0.00	-	0.00	-	0.00	-	-	0.18	0.12	0.11	0.00	-
<i>Chondrus elatus</i>	6.45	4.39	0.07	0.00	-	0.00	-	0.00	-	-	0.36	0.36	0.03	0.00	-
<i>Chondrus yendoi</i>	1.53	1.26	0.05	0.00	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	-	0.00	-	-
<i>Grateloupia turuturu</i>	6.90	5.30	0.05	0.00	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	-	0.00	-	-
<i>Grateloupia varicata</i>	0.12	0.09	0.05	0.00	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	-	0.00	-	-
<i>Tichocarpus crinitus</i>	1.15	0.80	0.05	0.00	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	-	0.00	-	-
<i>Hyalosiphonia caespitosa</i>	0.02	0.02	0.02	0.00	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	-	0.00	-	-
<i>Dasya sp.</i>	0.01	0.01	0.02	0.00	-	0.00	-	0.00	-	-	0.00	-	0.00	-	-

\**Laminaria religiosa*, *L. ochotensis*, and *L. cichorioides*

S.E.:Standard Error

Veg. bio.:Vegetation biomass (g)

A.F.:Appearance frequency (Number of quadrates in which the species appeared per surveyed quadrates number).

Table2 Number of eggs/biomass of sea grass and sea grass biomass, leaf length and leaf density in and outside of grooves

Year	Item	Inside of grooves		Outside of grooves		t-value	d.f.	p
		Average	S.E.	Average	S.E.			
1998	No. eggs/sea grass	101.35	41.00	1.69	1.42	2.428	10	0.02<p<0.05
	Sea grass biomass(g)	117.90	26.59	45.70	11.43	2.497	17	0.02<p<0.05
1999	No. eggs/sea grass	48.50	10.73	16.32	5.64	2.653	32	0.01<p<0.02
	Sea grass biomass(g)	130.45	9.75	86.60	10.01	2.516	32	0.01<p<0.02
	Sea grass leaf length (cm)	33.22	2.35	29.34	2.19	1.014	32	n.s.
	Sea grass leaf density	407.72	28.75	293.42	33.21	2.602	27	0.01<p<0.02

n.s.: not significant

S.E.:standard error

d.f.:degrees of freedom

*Grateloupia turuturu*などの小型海藻が各調査線の岸側に生育していた。これらの小型海藻の一部は、調査線AやBの沖側でも生育していた。

生育水深を基に、ニシン卵と植生の垂直分布をFig. 3に示した。調査した水深0.3~3.4mの範囲でニシン卵は観察されたが、主に水深0.5~2mの間に分布し、1~2mにかけて多かった。植生現存量はコンブ類の影響を受けて水深1.5~2mで最も多かったが、水深3m以深ではその量は僅かであった。スガモは水深0.5~2.5mの間で多く、ホンダワラ類と小型海藻は0.5m以浅で多かった。水深2m以深では、コンブ類の間にスガモが小さいパッチを作って生育し、そこに限って卵が付着しているのが観察された。

1998年と1999年の嶺泊における産卵床の分布をFig. 4に示した。両年とも産卵床は平磯中央部から調査線EとFの起点に向かう溝の周囲に位置していた。

## 2. 卵の付着基質

Table 1 に1998年と1999年に採集した海藻現存量当たりのニシン卵付着数を示した。1998年4月10日では、19種の海藻が採集され、重量と出現頻度ではコンブ類とスガモが多かった。しかし、ニシン卵はスガモからのみ確認され、スガモ重量当たりの卵数は45.5/gであった。1999年3月25日では、12種類の海藻草類が採集され、スガモが重量と出現頻度とも最も多かった。卵はスガモだけから確認され、卵数は36.8/gであった。1999年4月16日の調査では、15種の海藻草類が採集され重量と出現頻度ではスガモとコンブ類が多かった。卵はスガモ、ウガノモクとアカバギンナンソウで発見された。基質重量当たりの卵数はスガモで3.93/g、ウガノモクで1.33/g、アカバギンナンソウで7.58/gであったが、アカバギンナンソウの場合は一部の場所に限って卵が付着していた。

上記のようにニシンは主にスガモに産卵しているため、スガモの現存量と2種類の卵密度(卵数/(0.25m<sup>2</sup>及び卵数/スガモ葉長(cm))の関係調べた。溝では、スガモの現存量が多いほど両方の卵密度は高い傾向が認

められた (Fig. 5)。しかし、溝の外側ではスガモの現存量と卵密度との間に有意な関係は認められなかった。

スガモの葉は幅が約 3 mm とほぼ一定なので、その長さや葉の密度が卵の付着可能基質の量に影響すると考えられた。そこで、1998年4月10日と1999年3月25日のスガモの葉密度、平均葉長、並びに卵数/スガモ現存量を用いて、溝とそれ以外の場所で比較を行った結果、葉長以外の項目は溝で有意に高いことが分かった (Table 2)。このことは、溝で葉密度が高く、結果としてスガモの現存量が多くなっていることと、スガモ葉長当たりの卵数はスガモ現存量が多いほど増加するために、溝で卵密度がより高くなったことを示している。

## 考 察

大西洋ニシンの秋産卵は水深15~50mほどの海底で砂礫などに行われるのに対して、大西洋ニシンの春産卵や太平洋ニシン及びバルチック海ニシンでは潮間帯から亜潮間帯に生育する植生に卵を産み付けることが知られている<sup>7,10,11)</sup>。そのため、卵の付着基質である植生の存在は産卵床形成において重要な条件となる<sup>12)</sup>。

厚田村沿岸ではコンブ類を主体とする海藻群落が沖出し200m、水深5m付近まで発達し、その現存量は最大で10~30kg/m<sup>2</sup>に達しており、コンブ類に次いでスガモとウガノモクが多かった<sup>13)</sup>。今回の調査では、1998年と1999年を合わせて22種の海藻草類が採集され、特にコンブ類とスガモの量が多かった。ニシンが産卵基質として使っていたのは主にスガモであり、他にはホンダワラ類とアカバギンナンソウにも僅かに卵が付着していた。しかし、嶺泊を含む沿岸域で量的に優占するコンブ類にはニシン卵は付着していなかった。この理由として、以下の3つが考えられる。

- ①ニシンがスガモを産卵基質として選択し、コンブ類を選択しなかった。
- ②両者に同様に産み付けたが、その後コンブ類で脱落してしまったため、調査時についていなかった。
- ③産卵床として選んだ場所に存在する海藻草類が主にスガモであった。

ニシンは腹鰭などを使って、産卵基質の状況を調べることが知られている<sup>14,15)</sup>。嶺泊における1998年4月10日の調査では、コンブ類とスガモが同じ場所に生育していても、スガモに卵が付着しているがコンブには付いていないことが観察されている。留萌管内で発見された産卵床ではスガモとフシスジモクに産卵されていたが、コンブ類には卵の付着はなかった<sup>16)</sup>。Tunguzskaya湾におけるオホーツクニシンの産卵床では、ニシンはベニフ

クロノリ属*Halosaccion*の海藻に卵を産み付けるが、コンブ類にはほとんど卵がついていないという報告がある<sup>17)</sup>。

一方、増毛における北海道サハリン系ニシンの産卵床に関する潜水調査では、スガモやケウルシグサ*Desmarestia viridis*、フクロフノリ等と一緒にホソメコンブにも産卵が行われていた<sup>6)</sup>。しかし、利尻島では産卵後の暴風による波浪で、コンブ等の表面に付着した卵は容易に剥離し、岸に打ち上がることが知られている<sup>18)</sup>。田村・大久保<sup>5)</sup>は利尻島でコンブ類に卵の付着が少ない理由として、産卵直後はコンブに多数付着していたが、粘液質の葉面に付着した卵は時化により擦り合うために容易に脱落したと考えている。人為的に卵を付着させることで、コンブ類、スガモ、及びウガノモク上での卵の発生状況について調べた室内試験の結果では、3者間で発生異常率や死亡率に差はなかった<sup>19)</sup>。しかし、この試験が室内の水槽で行われたために、田村・大久保<sup>5)</sup>が推察しているような波浪による脱落は起こらなかったと思われる。

これらのことは、野外では卵が脱落しやすいことから、コンブ類はニシンの産卵基質として適していないことを示しているが、産卵時にニシンがコンブ類を選択しなかったのか、産卵後に卵が脱落したかについては不明である。

一方、産卵基質として主に使われていたスガモは多年生の顕花植物で、アマモに比べ波当たりの強い場所に適応した種である<sup>21)</sup>。千葉県銚子で調べた結果では、葉条部の現存量は4月に最大値となり、その後減少する。海底を覆う葉面積の比率を示す葉面積指数も4月に最大となった<sup>21)</sup>。このことは、ニシンが産卵する3月から4月は産卵基質としてスガモは量的に多い時期であることを示している。

尾花等<sup>14)</sup>は、3種の人工基質を使って産卵基質に対するニシンの選択性を調べた。その結果、形状と材質に対して明らかな選択性が存在し、ニシンが産卵したのは、シュロ製のマブシと呼ばれるブラシ状の人工基質だけであった。ニシンの雌は、マブシの間をすり抜けながら生殖突起をシュロ繊維部分に擦り付けるようにして卵を産み付けていた。スガモは一つの葉条から複数の葉が出ており、群落内では細長い葉が密生するという点で、室内でニシンが選択した基質の形状に類似していると思われる。

厚田村嶺泊で調べられたスガモ葉上の卵分布では、卵は葉の中央部付近から先端にかけて多く、短い葉条を除き基部付近ではほとんど卵は付いていなかった<sup>8)</sup>。スガモの葉は、幅が約3mmで、薄く細長いために通常は直立せず、波にそよいたり、海底付近に垂れ下がって

いる。葉面積指数が示すようにニシンの産卵時期には、葉が幾重にも重なっている状況であることから、基部付近は他の葉の下になっていたと思われる。そのため、尾花等<sup>14)</sup>が述べているように、ニシンが産卵基質であるスガモの間をすり抜けながら産卵したならば、卵は葉の中央部付近に多く付き、基部付近への付着は少なくなったと考えられる。

以上のように、スガモは葉の形状や葉表面に粘液を持たないこと、海底から細長い葉が密生している状況などニシンの産卵基質選択性と合致している可能性が高い。さらに、葉条現存量と葉面積指数がニシンの産卵時期付近で最大になる生活上の特徴もあり、産卵基質として適していると考えられる。

今回の調査で、ニシン卵の分布にスガモの現存量が影響することが明らかになり、溝に多くの卵が分布する理由として、産卵基質であるスガモの量が溝で多いことによると推察された。しかし、1998年4月10日の調査では比較的多くのスガモが生育していたにも係わらず、卵が付着していなかったり、付着量が少ない場所が溝の中 (Fig. 2, D-120m) や縁 (Fig. 2, E-120m) に存在していた。このことは、単にスガモが高密度で生育するだけでは、産卵が行われないことを示している。通常ニシンは高い密度の集団を形成して海岸へ産卵来遊することが知られている<sup>20)</sup>。そのため、特定の場所に産卵が集中することが考えられる。嶺泊では1998年と1999年に合計3つの産卵床が観察され、その全てが平磯中央部の溝周辺に集中していた。このことは、ニシンの集団が平磯中央部の溝をつたって来遊し、産卵したことを示唆している。

嶺泊の産卵床形成では、スガモなど産卵基質となる植生の存在と、溝といった特殊な地形が条件になっている可能性が高い。産卵調査時の観察では、嶺泊の平磯縁辺部では波が立っていることが多いが、溝の入り口では比較的波は穏やかであった。このように地形は波浪環境とも密接に関与している。したがって、今後は、溝の沖側がどのような地形になっているのかを調べるとともに、産卵のために浅瀬に来遊する時の波浪環境について明らかにする必要がある。

## 要 約

1998年と1999年の3月から4月に、厚田村嶺泊で行ったニシン産卵床に関する調査で得られた資料を基に、産卵床形成に及ぼす植生と地形の影響を検討し、以下の結果を得た。

1. 嶺泊では両年とも平磯中央部の溝周辺で産卵が行わ

れ、卵密度は437~101,375個/(0.25m)<sup>2</sup>であった。スガモ現存量当たりの卵数は、溝周辺で有意に高かった。

2. 嶺泊沿岸の植生は主にコンブ類とスガモであり、沖側からコンブ類、スガモ、ホンダワラ類及び小型海藻の順で生育していた。ニシン卵は主にスガモに産み付けられており、他にはウガノモクとアカバギンナンソウで卵が発見された。しかし、コンブ類には卵の付着は確認されなかった。
3. スガモ現存量と卵数/(0.25m)<sup>2</sup>及び卵数/スガモ葉長(cm)の間には正の相関関係( $r=0.74$ 、及び $0.42$ )が認められ、また、スガモ現存量の多寡は葉の密度に依存していた。溝の周辺で産卵基質のスガモ現存量が多いことが、卵が多く産み付けられた要因の一つと考えられた。

## 謝 辞

本研究を実施するに当たり、厚田漁業協同組合と石狩地区水産技術普及指導所の職員の方々、特に嶺泊の木村実氏には多大なる協力を頂いた。ここに厚く御礼申し上げます。また、調査実施に当たり協力頂いた中央水産試験場資源増殖部及び水産工学室の各位に深謝する。

## 文 献

- 1) Kääriä J.: Reproduction of the Baltic herring (*Clupea harengus membras* L.) Factors affecting the selection of spawning beds in the archipelago sea, in SW Finland. Ph.D. thesis, Annales Universitatis Turkuensis, Ser. All Tom. 116, 1-88(1999)
- 2) Haegle, C.W., Humphreys R.D. and Hourston A.D.: Distribution of eggs by depth and vegetation type in Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*) spawnings in southern British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38, 381-386 (1981).
- 3) Blaxter J.H.: The herring: A successful species?. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42, 21-30 (1985).
- 4) 田村 正・大東信一・広部武男: 北海道西海岸における春ニシンの天然採卵の観察 第3報 1955年春季の群来状況並に苫前地崎における天然産卵床の潜水観察. 孵化場試験報告. 10(1-2), 115-131(1955)
- 5) 田村 正・大久保正一: 北海道西海岸における春ニシンの天然産卵の観察. 孵化場試験報告. 8(1-2), 21-32 (1953)



- 6) 田村 正・大久保正一・藤田 忠・広部武男：北海道西海岸における春ニシンの天然産卵の観察 第2報 潜水調査による産卵床の観察．孵化場試験報告．9(1-2), 95-112 (1954)
- 7) Haegele, C.W. and Schweigert J.F. : Distribution and characteristics of herring spawning grounds and description of spawning behavior. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42 39-55 (1985)
- 8) Hoshikawa H., Tajima K., Kawai T. and Ohtsuki T. : "Spawning bed selection by Pacific herring (*Clupea pallasii*) at Atsuta, Hokkaido, Japan". Herring: Expectations for a New Millennium. Alaska Sea Grant College Program, 2001, 199-226.
- 9) 金子 孝・阿部英治・松山恵二・垣内政宏：厚田村コンブ漁場調査．北水試月報．40, 1-21(1983)
- 10) Aneer, G. : Herring (*Clupea harengus* L.) spawning and spawning ground characteristics in the Baltic Sea. *Fish. Res.* 8, 169-165(1989)
- 11) Aneer, G., Florell G., Kautsky U., Nellbring S., and Sjostedt L. : In-situ observations of Baltic herring (*Clupea harengus membras*) spawning behaviour in the Asko-Kandsort area, northern Baltic proper. *Mar. Biol.* 74, 105-110(1983)
- 12) Kä äri ä J., M. Rajasilta, M. Kurkikahti, and M. Soikkeli : Spawning of herring (*Clupea harengus membras* L.) in the Archipelago Sea. *ICES J. Mar. Sci.*, 50, 233-240(1993)
- 13) 干川 裕：“(2)産卵藻場造成技術開発試験3)産卵場藻場構成種の把握 ア厚田地区”.平成8年～10年度日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書．北海道立稚内水産試験場，2000，50-55．
- 14) 尾花博幸・山本和久・松原孝博：人工産卵基質によるニシンの産卵誘発 栽培技研 25(2), 75-80(1997)
- 15) Stacy, N.E. and Hourston A.S. : Spawning and feeding behavior of captive Pacific herring, *Clupea harengus pallasii*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39, 489-498(1982)
- 16) 多田匡秀：“(2)産卵藻場造成技術開発試験3)産卵場藻場構成種の把握 イ留萌地区”.平成8年～10年度日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書．北海道立稚内水産試験場，2000，56-65．
- 17) エリ・ア・ガルキナ：オホーツクニシンの生殖と発育．日ソ漁業科学技術協力翻訳印刷文献，3, 1-62 (1967)
- 18) 田村 正・小山田 博・大久保正一：鯨寄子に関する調査(第1報)．水産孵化場試験報告．6(1-2), 11-20(1951)
- 19) 干川 裕：“(2)産卵藻場造成技術開発試験4)産卵場及び保育場としての藻場造成技術の検討 ア厚田地区”.平成8年～10年度日本海ニシン資源増大プロジェクト報告書．北海道立稚内水産試験場，2000，66-75．
- 20) Hay D.E. : Reproductive biology of Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42, 111-126 (1985)
- 21) Yabe T., Ikusima I. and Tsuchiya T. : Production and population ecology of *Phyllospadix iwataensis* Makino. I. Leaf growth and biomass in an intertidal zone. *Ecological Research.* 10, 291-299 (1995)

