

ニシン産卵床の形成に及ぼす植生と地形の影響

誌名	北海道立水産試験場研究報告 = Scientific reports of Hokkaido Fisheries Experimental Station
ISSN	09146830
著者名	干川, 裕 田嶋, 健一郎 川井, 唯史
発行元	北海道立水産試験場
巻/号	62号
巻号補足	
掲載ページ	p. 105-111
発行年月	2002年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ニシン産卵床の形成に及ぼす植生と地形の影響

干川 裕*¹, 田嶋 健一郎*², 川井 唯史*³

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

Hiroshi HOSHIKAWA*¹, Ken-ichiro TAJIMA*² and Tadashi KAWAI*³

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¹⁾，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²⁻⁴⁾。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⁵⁻⁷⁾。

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⁸⁾。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0.5～1 m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

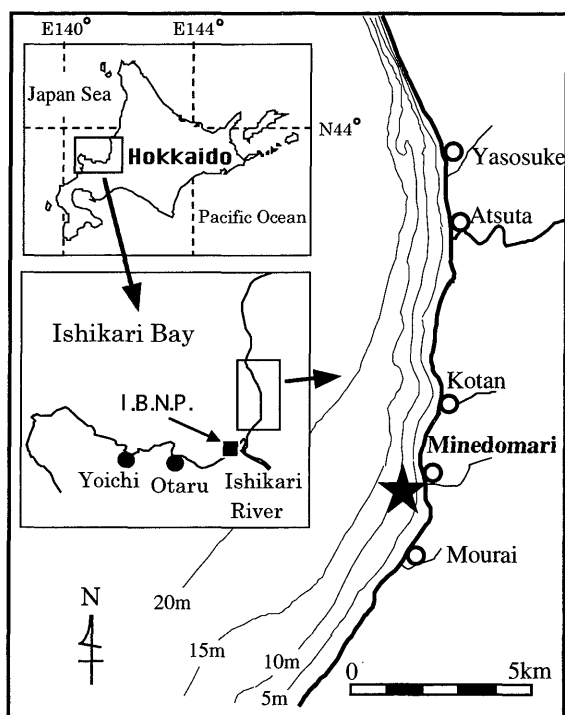


Fig. 1 Map of Atsuta and study site (★).
I.B.N.P. : Ishikari Bay New Port

があった⁸⁾。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⁹⁾、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、

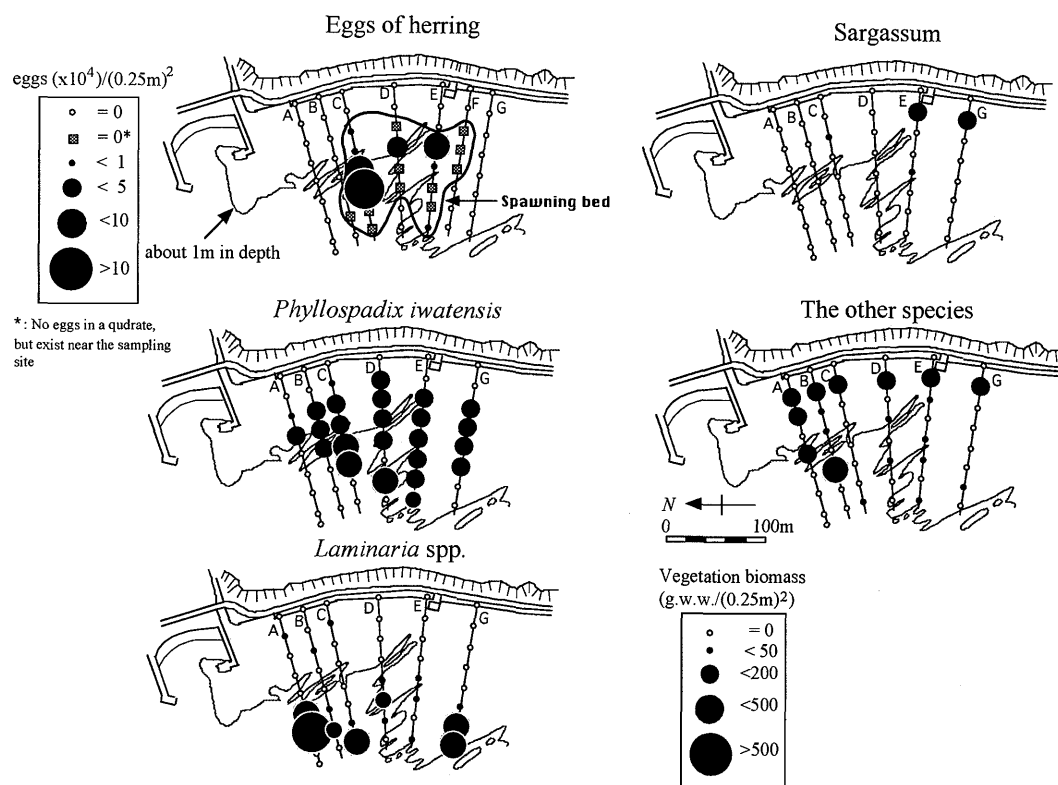


Fig. 2 Distribution of herring eggs and vegetation at Minedomari, Atsuta in April 10, 1998

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はほぼ一致していた。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、Aneer¹⁰⁾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)²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)²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)²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)²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

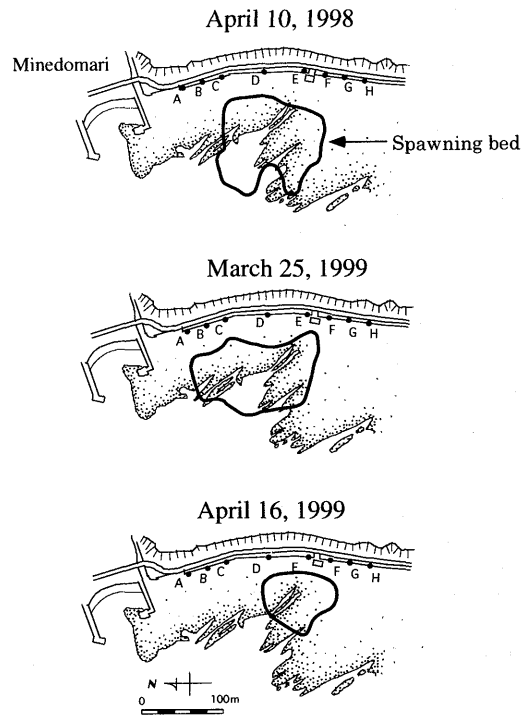


Fig. 4 Distribution of spawning beds at Minedomari

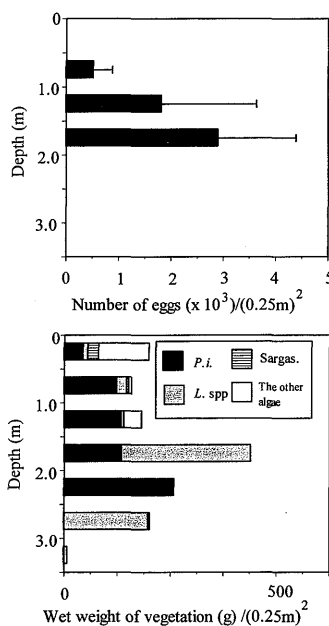


Fig. 3 Vertical distribution of eggs and Vegetation at Minedomari.
P.i.: *Phyllospadix iwatensis*, L. spp.: *Laminaria* spp., Sargas.: *Sargassum*
Error bar shows standard error

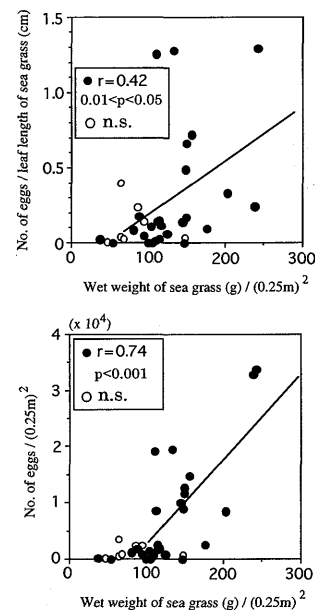


Fig. 5 Relation between sea grass biomass and egg density in grooves (●) and outside of grooves (○) in March 25, 1999 at Minedomari.
n.s.: not significant

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. A. F.			Vegetation biomass(g)			Average S.E. A. F.			Vegetation biomass(g)			Average S.E. A. F.		
<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</i> spp.*	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>Symphyocladia latiuscula</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 yendoii</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</i> sp.	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ので、スガモの現存量と2種類の卵密度（卵数/(0.25m)²及び卵数/スガモ葉長 (cm)）の関係を調べた。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、その長さと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^{7,10,11)}。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¹²⁾。

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 5 m 付近まで発達し、その現存量は最大で 10~30kg/m² 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¹³⁾。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^{14,15)}。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シ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¹⁶⁾。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¹⁷⁾。

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⁶⁾。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¹⁸⁾。田村・大久保⁵⁾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¹⁹⁾。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⁵⁾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²¹⁾。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²¹⁾。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¹⁴⁾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⁸⁾。スガモの葉は、幅が約 3 mm で、薄く細長いために通常は直立せずに、波にそよいだり、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¹⁴⁾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史上の特徴もあり、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²⁰⁾。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)²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)²及び卵数/スガモ葉長(cm)と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る。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) Haegeler, 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. 孵化試験場報告. 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) Kääriä J., M. Rajasilta, M. Kurkikahti, and M. Soikkeli : Spawning of herring (*Clupea harengus membras* L.) in the Archipelago Sea. *ICES J. Mar. Sci.*, 50, 233-246 (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發育。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), 11-26 (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 iwatensis* Makino. I. Leaf growth and biomass in an intertidal zone. *Ecological Research.* 10, 291-299 (1995)