

## 卵分布からみた北海道西部日本海におけるスケトウダラ産卵場形成の現状

三宅博哉<sup>1†</sup>, 板谷和彦<sup>1</sup>, 浅見大樹<sup>2</sup>, 嶋田 宏<sup>1</sup>, 渡野邊雅道<sup>3</sup>,  
武藤卓志<sup>4</sup>, 中谷敏邦<sup>5</sup>

**Present condition of walleye pollock spawning ground formation  
in the Sea of Japan off western Hokkaido, viewed from  
the recent condition of the egg distributions**

Hiroya MIYAKE, Kazuhiko ITAYA, Hiroki ASAMI, Hiroshi SHIMADA, Masamichi WATANOBE,  
Takashi MUTOH and Toshikuni NAKATANI

There is indication that the spawning ground of walleye pollock off western Hokkaido in the northern part of the Sea of Japan has disappeared. This is inferred from recent reduction in the fish catch by the coastal fisheries, which capture spawning adults. In the present research, the distribution of the walleye pollock eggs was investigated over the western Hokkaido, Sea of Japan in February 2006 and 2007. In Ishikari Bay, Stage1 eggs' maximum density was actually small: 4 individuals/m<sup>2</sup>, and the eggs were not collected in Soya and Rumoi region. However, in the southward from Shakotan Peninsula, Stage1 eggs' maximum density was 19,350 individuals/m<sup>2</sup> in Iwanai Bay, and 1,574 individuals/m<sup>2</sup> in Hiyama region. These suggest that Iwanai Bay and Hiyama region (off Otobe) was the major spawning ground, and Ishikari Bay was a minor one. However, there was no spawning ground in Soya and Rumoi region recently. Ishikari Bay has many eggs transported but has few eggs produced. We assume that some eggs spawned off Otobe, Hiyama region, would be transported northward, and only a small amount southward, and that the location of the main spawning ground changed after 1980s by comparison with this result and past knowledge. As a result, the distance between main spawning grounds and nursery area became larger in recent years. Consequently, the eggs could encounter more often high water temperature, that is fatal to the development. It was thought that these didn't allow successful transport of the eggs to the nursery area.

**Key words:** walleye pollock, eggs distribution, spawning ground, water temperature

2008年1月15日受付, 2008年6月26日受理

<sup>1</sup> 北海道立中央水産試験場

Hokkaido Central Fisheries Experiment Station, Yoichi, Hokkaido  
046-8555, Japan

<sup>2</sup> 北海道立稚内水産試験場

Hokkaido Wakkanai Fisheries Experiment Station, Wakkanai, Hokkaido  
097-0001, Japan

<sup>3</sup> 北海道立函館水産試験場

Hokkaido Hakodate Fisheries Experiment Station, Hakodate, Hokkaido  
042-0932, Japan

<sup>4</sup> 北海道原子力環境センター

Hokkaido Nuclear Energy Environmental Research Center, Kyowa,  
Hokkaido 045-0123, Japan

<sup>5</sup> 北海道大学水産科学研究所

Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido  
041-8611, Japan

<sup>†</sup> miyakeh@fishexp.pref.hokkaido.jp

### はじめに

スケトウダラ (*Theragra chalcogramma*) は世界的にも, また国内においても重要な漁獲対象魚種の一つである。北海道周辺のスケトウダラは, 根室海峡海域, オホーツク海南部海域の2つの海域, および太平洋系群, 北部日本海系群(辻, 1978) の計4つの資源として管理されている(三宅, 1991; 西村, 2005)。しかし, 北海道日本海沿岸における漁獲量は1979年度に15万トン記録した後に減少傾向に転じ, 2006年度には2万トンまで低下した(本間ほか, 2008)。

近年, 地球温暖化やレジームシフトなどの環境の変化に  
応答する資源変動が注目され(桜井・三宅, 1994など),  
スケトウダラについても水温と再生産との関係がいくつか  
報告されている。それらによると, 北部日本海系群では冬  
期表面水温と漁獲量や年級豊度は負の相関関係にあり(呉

ほか, 2002; 三宅・田中, 2006; Funamoto, 2007), 水温と正の関係が見られる太平洋系群 (Funamoto, 2007) やアラスカ湾 (Bailey, 2000) などとは逆の関係がある. このことから, 北海道西岸を北上する対馬暖流との関係が注目されている.

水温がどのようにスケトウダラの初期生残過程に影響しているのかを明らかにするためには, まず産卵場が何処に形成されているのかを確認し, 従来の知見との共通点と異なる点を明らかにする必要がある.

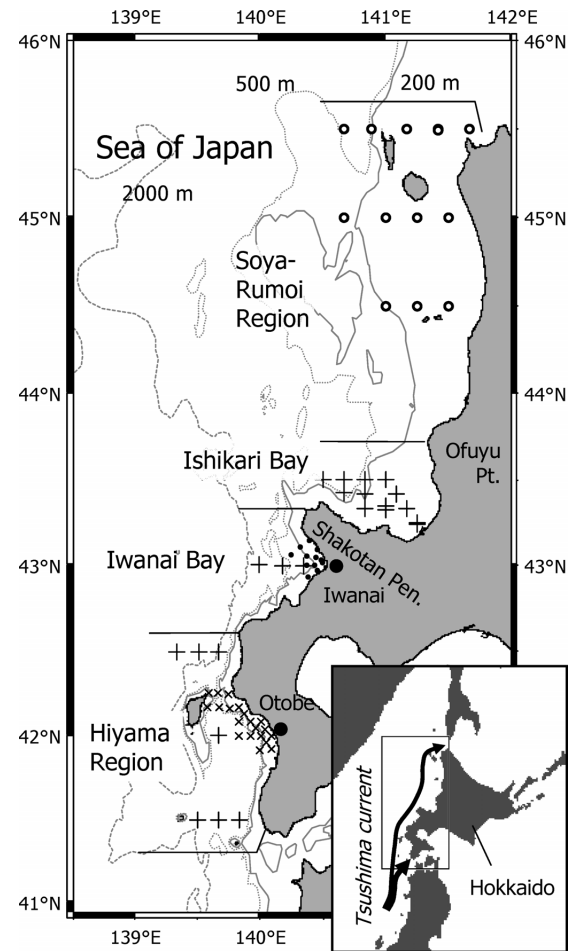
これまで, 日本海での産卵場形成の根拠の一つとしてスケトウダラ産卵群の分布や漁獲状況が判断材料となっていた (高倉, 1954; 石垣, 1960; 田中, 1970; 田中・及川, 1971; 辻, 1975; 前田ほか, 1988; 夏目, 1998; 亀井ほか, 1999; Kooka et al., 2001). これらによると, 日本海に分布するスケトウダラ北部日本系群の産卵場は北から利尻・礼文島周辺, 雄冬沖から余市沖に至る石狩湾, 岩内湾および松山沖に主要な産卵場が形成されていたと考えられる. しかし, 近年においては雄冬岬沖以北の海域で産卵場の形成は確認されていない. また, この海域で産卵群を対象とした沿岸漁業のスケトウダラ漁獲量が減少していることから, 雄冬岬以北において産卵場が形成されている可能性は低い (北海道立中央水産試験場資源管理部, 2007).

また, スケトウダラの卵は分離浮性卵で表層に浮遊することから, 産卵場形成を確認する方法としてネット採集による卵の分布調査が行われている (Nakatani and Maeda, 1981). 日本海では利尻・礼文島周辺海域から石狩湾, 岩内湾, および松山海域でスケトウダラ卵の分布が報告されている (金丸ほか, 1979; 佐野, 1980; 深滝, 1983; 佐野, 1984; 前田ほか, 1988; 八木・武藤, 1993 など). しかし, これまで道西日本海沿岸全域を網羅した卵分布に関する報告は見あたらない.

そこで, 本研究ではスケトウダラ卵の分布調査を産卵期間中の2月 (田中, 1970; 八木・武藤, 1993) に道西日本海沿岸域で広範囲に行うことにより, スケトウダラ北部日本海系群の海域における産卵の有無を確認し, 水温環境の変化が卵の輸送に与える影響についても考察した.

## 材料と方法

2006年2月5~21日および2007年2月5~21日にFig. 1に示す地点で, 北海道立水産試験場所属の試験調査船おやしお丸, 北洋丸, および金星丸を用いて, CTDによる水温・塩分の測定と, 80リングネット (口径80 cm, 目合0.33 mm) もしくはNORPACネット (口径45 cm, 目合0.33 mm) による鉛直曳き採集を実施した. スケトウダラの卵は分離浮性卵で表層から150 m層までで分布することから (金丸, 1979), 150 m深から表面までの鉛直曳きを行った. 海底の深さが150 mより浅い場合は海底直上からとした. ただし, 金星丸では曳網距離が150 mとなるようにワイヤー長を調



**Figure 1.** Survey area. Symbols indicate net type and research vessel. Open circle (○): NORPAC net and Hokuyo Maru, dot (●): NORPAC net and quoted from Hokkaido (2006, 2007), cross (+): 80R net and Oyashio Maru, small symmetric cross (×): 80R net and Kinsei Maru.

節して表面までの鉛直曳きとした. さらに, 岩内湾に関しては, 北海道 (2006, 2007) が報告している泊発電所周辺温排水影響調査結果報告書 (以下, 泊影響調査報告書) に記載されているスケトウダラ卵調査の結果を利用した. この調査は, 2006年2月7日と2007年2月10日に温排水影響調査の一環として実施された. 採集ネットは上記と同じNORPACネットを用い, 150 m深, もしくは海底直上からの鉛直曳きで採集された.

ネットで採集された標本は約5%の海水ホルマリンで固定し, 後日実験室でスケトウダラ卵を同定し発生ステージごとに計数した. 分類ステージは次のとおりとした (Nakatani and Maeda, 1981; 1989).

- Stage 1: 受精から前期胞胚期
- Stage 2: 後期胞胚期から原口閉鎖直前
- Stage 3: 原口閉鎖から胚体は卵周の3/4以下

**Table 1.** Summary table of the egg surveys by NORPAC and 80R net in the Sea of Japan off western Hokkaido.

Area	Year	Period	Net type	Number of station	Research vessel
Soya and Rumoi	2006	Feb. 5–6	NORPAC	8	Hokuyo Maru
Coastal part of Hiyama	2006	Feb. 6	80R	20	Kinsei Maru
Offshore part of Ishikari Bay to Hiyama	2006	Feb. 6–7	80R	10	Oyashio Maru
Coastal part of Iwanai Bay	2006	Feb. 7	NORPAC	12	quoted from Hokkaido (2006)
Ishikari Bay	2006	Feb. 20–21	80R	10	Oyashio Maru
Soya and Rumoi	2007	Feb. 5–6	NORPAC	10	Hokuyo Maru
Ishikari Bay	2007	Feb. 6	80R	3	Oyashio Maru
Coastal part of Hiyama	2007	Feb. 7	80R	6	Kinsei Maru
Coastal part of Iwanai Bay	2007	Feb. 10	NORPAC	12	quoted from Hokkaido (2007)
Ishikari Bay	2007	Feb. 20–21	80R	3	Oyashio Maru

Stage 4: 胚体は卵周の3/4以上

口径の異なる採集ネットの採集量を比較するために単位面積当たり個体数 (個・m<sup>-2</sup>) を求め比較した。また、泊影響調査報告書に記載されている卵分布密度の単位は [個・100 m<sup>-3</sup>] であり、これは100 m曳網した場合の面積当たり密度に相当するので、本報告では単位を [個・m<sup>-2</sup>] に置き換えて示した。

産卵場の推定には受精してからほぼ1日以内 (遊佐, 1954) と推定される Stage 1 の卵を用いた。また、Nakatani and Maeda (1981) は噴火湾において卵の発育ステージごとの分布密度を示して卵の輸送を推定したが、本研究では岩内湾の密度単位や海域による採集方法が統一されていないので、一律に比較することは困難であった。したがって、本研究では卵の輸送過程を推定するために、各調査点のステージ頻度組成を比較、検討した。

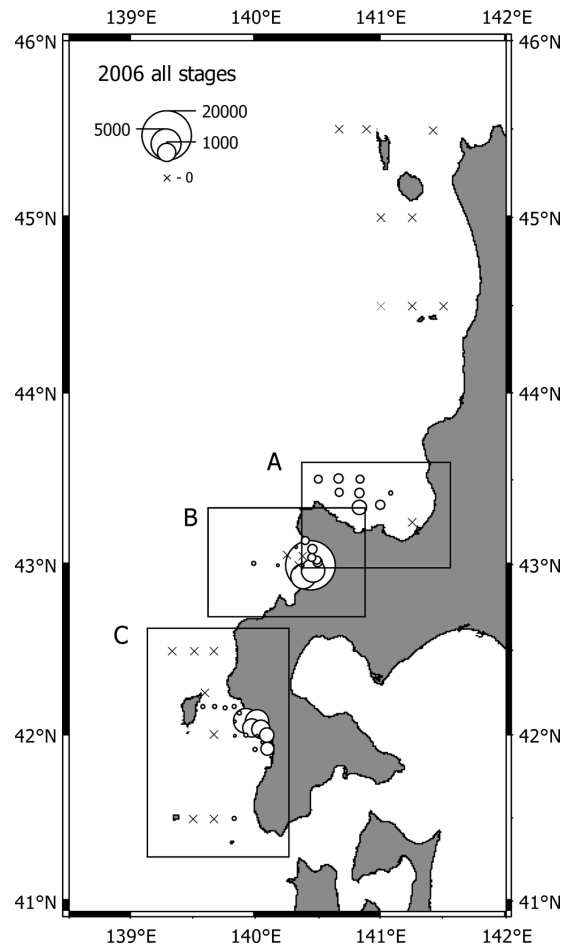
結果

2006年の卵分布

スケトウダラ卵は宗谷・留萌海域ではまったく採集されなかったが、石狩湾、岩内湾、および松山海域の広い範囲で卵が採集された (Fig. 2)。

主要な産卵場別に見ると、石狩湾では分布密度は最大で 738 個・m<sup>-2</sup>、岩内湾では 19,550 個・m<sup>-2</sup>、松山海域では 3,322 個・m<sup>-2</sup>であった (Figs. 3A~C)。石狩湾では余市沖の海底深度 100 m 付近で最も多く採集された。岩内湾では海底深度 200 m の入り込んだ地点およびその南側の沿岸寄りに多く、北側や沖合側には少なかった。また、少数であるが岩内沖北緯 43°、東経 140°および 140°10' の地点で、それぞれ 42 個・m<sup>-2</sup>、20 個・m<sup>-2</sup> の分布が確認された。

松山海域においても海底深度が 200 m より浅い乙部沖での採集数が多かったが、同海域の南端に位置する江良沖の北緯 41°30' 東経 139°50' の地点で 38 個・m<sup>-2</sup> の卵が採集され、また、乙部の北側に位置する久遠と奥尻島との間の海



**Figure 2.** Walleye pollock egg distribution in February 2006 (number・m<sup>-2</sup>). Crosses show stations where no eggs were captured.

底深度 500 m 以深の地点でも 38 個・m<sup>-2</sup> の分布が確認された。一方、奥尻島北側の北緯 42°30' 線の 3 地点では採集されなかった。

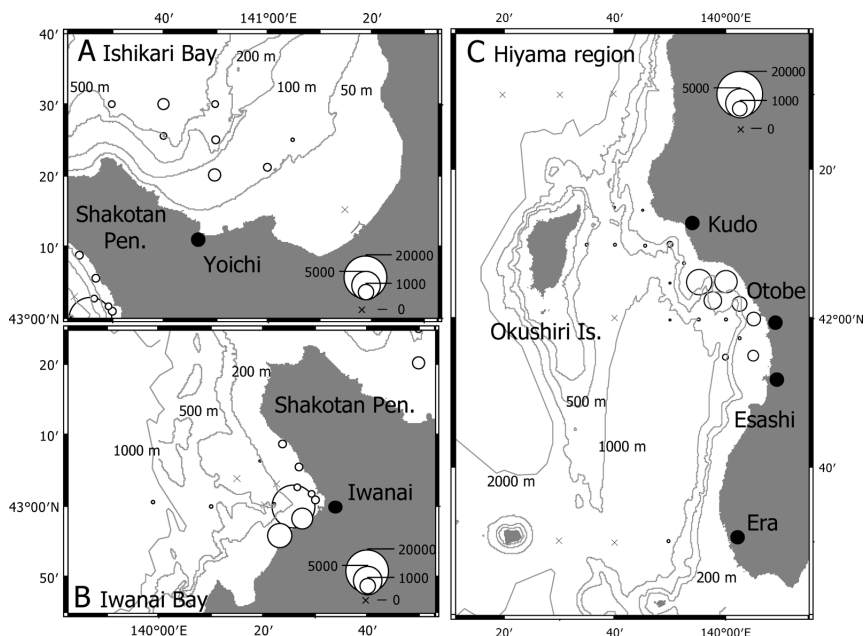


Figure 3. Walleye pollock egg distributions in main coastal fishing grounds off western Hokkaido. Maps A, B and C correspond to those in Figure 2.

次に産卵場所を推定するために Stage 1 の分布を調べた (Fig. 4). この Stage 1 の卵は沖合域にはほとんど認められず、岩内湾と松山の海底深度 200 m 以浅の沿岸域に集中して分布していた。岩内湾での最大密度は  $19,350 \text{ 個} \cdot \text{m}^{-2}$ 、松山海域では  $1,574 \text{ 個} \cdot \text{m}^{-2}$  であった。石狩湾では 2 地点でそれぞれ  $2 \text{ 個} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $4 \text{ 個} \cdot \text{m}^{-2}$  の分布が見られたにすぎなかった。

続いて各発生ステージの占める比率を各ステージ別に示した (Fig. 5). 海域ごとに見ると石狩湾では Stage 2 と 3 が多く、湾全体合計では Stage 1~4 が、それぞれ、0.3%、19.9%、62.5%、および 17.2% と、Stage 1 がきわめて少ないのが特徴的であった。岩内湾では沿岸寄り南側の 3 地点で Stage 1 の比率が 97.8% と高く Stage 2 は 1.3%、Stage 3, 4 はそれぞれ 0.8%、0.1% 以下であったが、沖合の 2 地点では Stage 3, 4 のみで占められそれぞれ 32.2%、67.7% であった。松山海域の乙部沖 4 地点では Stage 1, 2 の比率が 57.4%、39.0% と高く、Stage 3 は 6.2%、Stage 4 になると 0.1% と少なかった。また、松山海域の南方に位置する江良沖では Stage 1 の卵は見られず、Stage 2, 3, 4 の比率が 42.1%、31.6%、26.3% とほぼ同程度見られた。

全体的な傾向として、Stage 1 は前述の全ステージの分布と同じように沿岸域で高い比率を示すが、Stage 2, 3 と発生が進むに従って久遠と奥尻島との間や岩内湾の沖、積丹半島北側で比率が高くなっていた。さらに Stage 4 になると、岩内湾や松山海域の沿岸域での比率は 0.1% 以下と非常に小さく、北海道と奥尻島との間、岩内湾の沖、および石狩湾で高くなっていた。

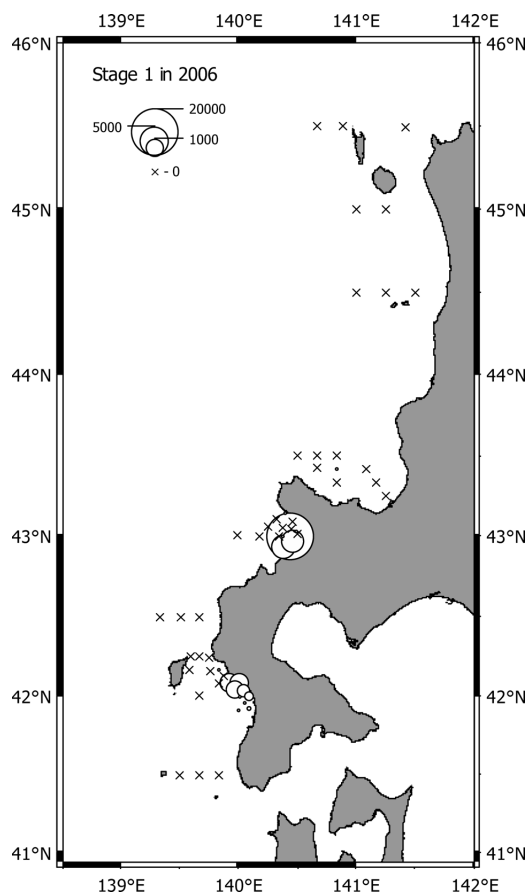


Figure 4. Distribution of Stage 1 eggs of walleye pollock in February 2006 ( $\text{numbers} \cdot \text{m}^{-2}$ ).



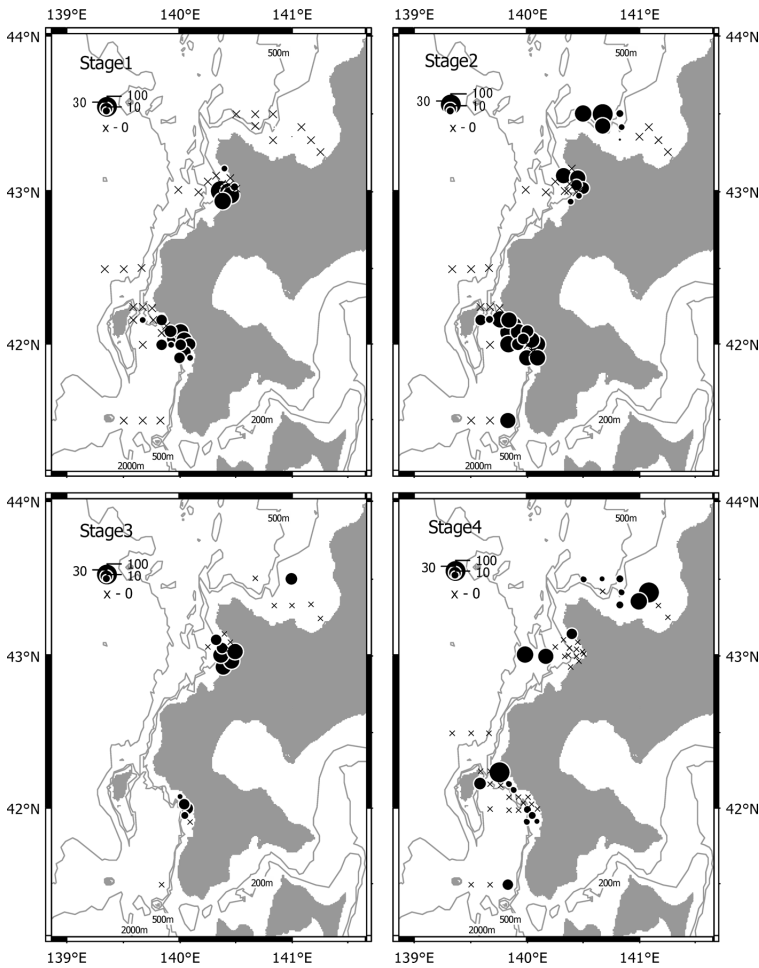


Figure 5. Stage frequency of eggs (%) at each station in February 2006.

### 2007年の卵分布

2007年は、天候不良のため十分な調査はできなかったが、天売・焼尻島以北から宗谷海峡、石狩湾、岩内湾および松山海域でネット曳網は実施した。2006年と同様に宗谷・留萌海域でのスケトウダラ卵の採集は皆無であった (Fig. 6)。主要な沿岸漁業の漁場である岩内湾、松山海域ではそれぞれ最大で  $12,392 \text{個} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $5,700 \text{個} \cdot \text{m}^{-2}$  と2006年と同程度の分布密度が見られたが、石狩湾では2006年の17分の1と大幅に少ない  $42 \text{個} \cdot \text{m}^{-2}$  であり、石狩湾湾口の海底深度500mより深い地点で採集された。

ステージ別の分布傾向も全体的には2006年と同様であったが、岩内湾や松山海域の沿岸域ではStage 1~3の比率が高く、Stage 4は少なかった (Fig. 7)。石狩湾ではStage 2, 3の比率がやや高いが、Stage 1は1地点で  $2 \text{個} \cdot \text{m}^{-2}$ 、Stage 4も2地点でそれぞれ  $2 \text{個} \cdot \text{m}^{-2}$  確認されたのみであった。

### 2006年と2007年の水温

松山沿岸域の水温鉛直分布を見ると、2006年は表層で

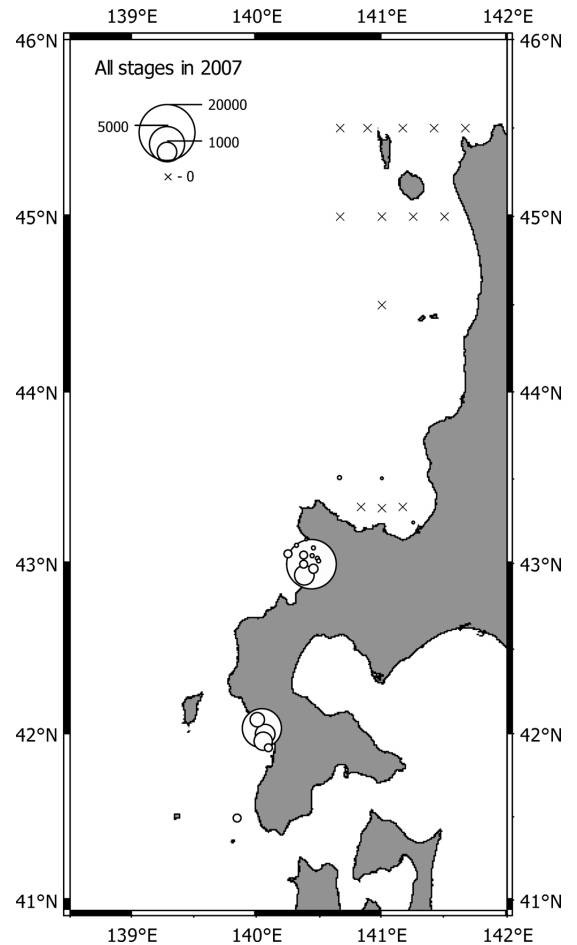


Figure 6. Walleye pollock egg distribution in February 2007 (numbers  $\cdot \text{m}^{-2}$ ). Crosses show stations where no eggs were captured.

$5 \sim 7^\circ\text{C}$ 、深度200mまで水温は急激に低下するが210~500mでは  $1.7 \sim 0.6^\circ\text{C}$  となっており、どの深度でも  $7^\circ\text{C}$  以上の水温は見られなかった。ところが、2007年の水温は全体的に2006年より高く、特に5~70m層の水温は  $9^\circ\text{C}$  以上となっていた (Fig. 8)。また、2007年は表面水温が  $7 \sim 9^\circ\text{C}$  であっても、深度5mでは全点で  $9^\circ\text{C}$  以上となっており、表面と表層70mでは最大で  $1.5^\circ\text{C}$  の水温差が見られた。

そこで、表面水温と深度50m層水温の水平分布を見ると (Fig. 9)、2006年はスケトウダラ卵が採集された石狩湾から松山海域にかけては両深度とも  $4 \sim 7^\circ\text{C}$  の範囲にあった。また、利尻・礼文島の東側で表面水温  $0 \sim 1^\circ\text{C}$  の低水温域が見られたが、深度50mでは  $3 \sim 4^\circ\text{C}$  となっていた。

一方、2007年は松山海域を除いて表面と深度50m層はほぼ同じ水温分布を示し、 $7^\circ\text{C}$  等温線は積丹半島の北側まで達していた。ところが、松山海域では  $9^\circ\text{C}$  等温線の位置は表面と深度50m層で異なり、深度50m層では北緯  $42^\circ$  以北に位置していた。

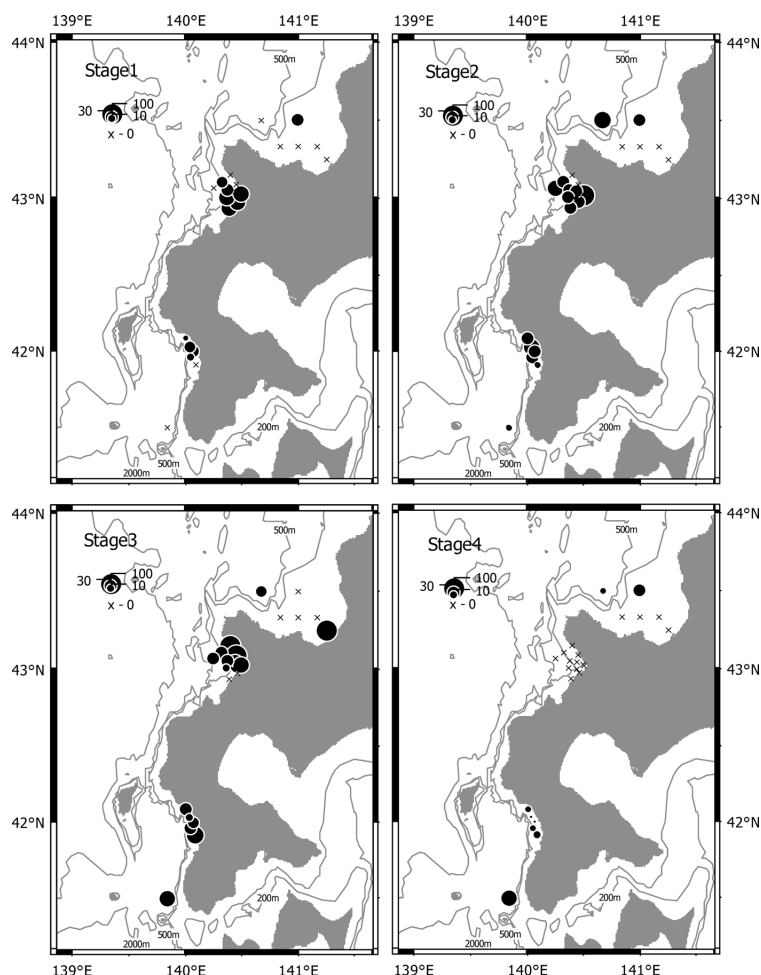


Figure 7. Stage frequency of eggs (%) at each station in February 2007.

### 考察

本研究の結果, 宗谷・留萌海域からは2006, 2007年ともにスケトウダラの卵は全く採集されず, 受精後24時間以内のStage 1の卵が高密度で見られたのは岩内湾と松山海域(乙部沖)であり, 石狩湾では非常に少なかった。このことから近年の北海道日本海沿岸での主要なスケトウダラ産卵場は岩内湾と乙部沖にあり, 宗谷・留萌海域では産卵場は形成されておらず, 形成されていたとしても相当小規模であったと考えられる。

スケトウダラ産卵群を漁獲対象とする沿岸漁業の2005年度(2005年4月から2006年3月)の漁獲量を見ると, 宗谷・留萌海域では138トン, 石狩湾で612トン, 岩内湾で1,392トン, 松山海域では5,273トンとなっており(本間ほか, 2008), 石狩湾以北で少なかった。また, 1996~1998年10月に北海道西岸日本海沿岸域を対象に行われたスケトウダラ産卵群の音響調査結果でも積丹半島以北で少なく, 積丹半島以南の沿岸寄りに多く分布していたことが

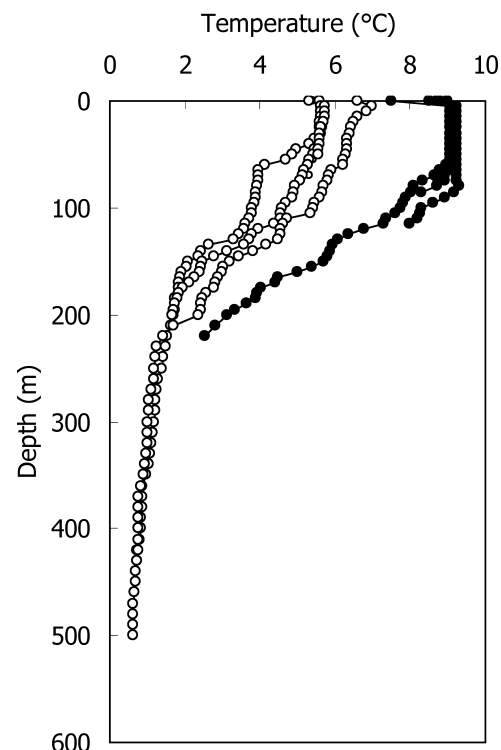
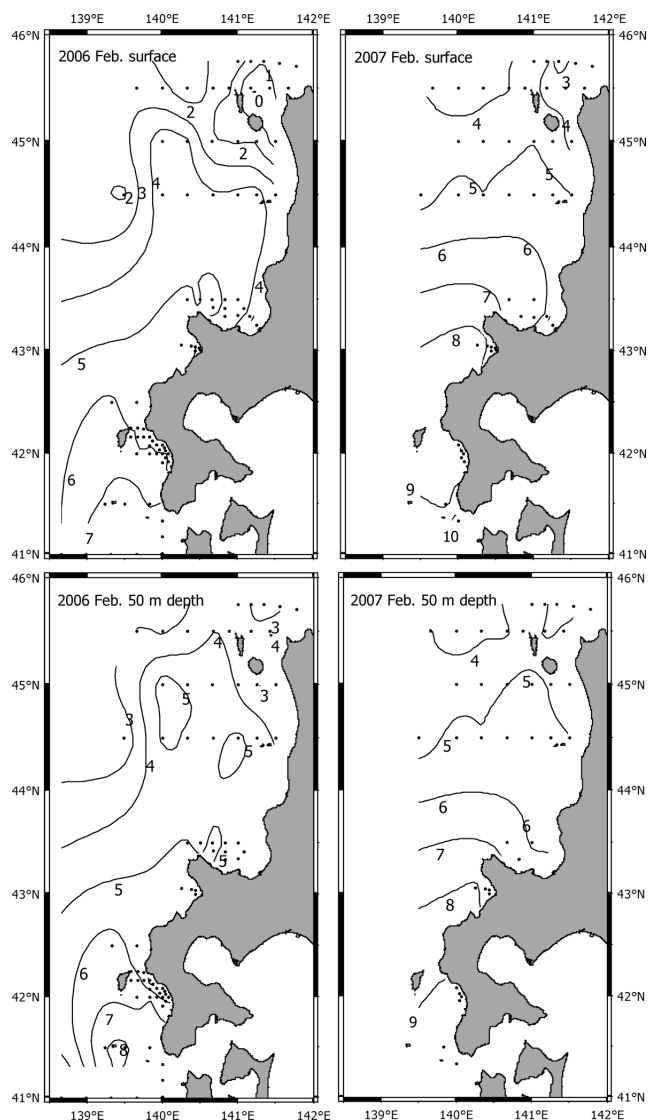


Figure 8. Vertical distributions of water temperature at coastal stations off Otohe in Hiyama region in February 2006 and 2007. Open circles: 2006, black circles: 2007.

報告されている(三宅ほか, 2001)。これらの産卵群の漁獲および分布情報は, 本報告の結果と一致する。

産卵場に関する既往の報告を見ると, 1979, 1980年2~3月には積丹半島以北から利尻・礼文島周辺海域に至る広い海域で, 少数ながらStage 1の卵を含むスケトウダラ卵が採集されている(佐野, 1980; 1984)。さらに1955, 1956年には石狩湾でスケトウダラ卵の分布が報告されている(金丸ほか, 1979)。これらの卵分布情報に加えて, 1959~1968年冬期に雄冬岬沖で産卵中の親魚が漁獲されていたことから(田中, 1970), 1970年代以前には宗谷・留萌海域にも産卵場が形成されていたと考えられる。したがって, 1980年代以降に産卵場形成場所に変化が起っていたと推定される。

次に, 卵の輸送について考察する。Stage 1の卵は石狩湾, 岩内湾, 松山海域で確認され, 特に岩内湾と松山海域の海底深度200m付近で多く見られた。これらの地点は既往の知見(八木・武藤, 1993; 夏目, 1998)とも一致する



**Figure 9.** Water temperature distributions of surface (upper) and 50 m depth (lower) in February 2006 and 2007 around the western Hokkaido. Dots show the hydrographic observation stations. Numerals on contour lines show water temperature in degree Celsius.

ことから、実際の主産卵場所を示すと考えられる。さらに、ステージ組成比率から松山海域乙部沖の産卵場から南北方向へ輸送されている様子が認められ、Stage 4になると前述の産卵場付近ではほとんど採集されずその南北に位置する周辺海域に分布していた (Figs. 5, 7)。このことは従来の北へ流される説 (前田ほか, 1988) を裏付けるとともに、乙部沖で投入された漂流 GPS ブイ 9 個の内 2 個が南下して津軽海峡を抜けて太平洋へ流出したことから (中多ほか, 2006)、南方へ輸送される卵が存在することを示していると考えられる。

岩内湾においては、Stage 1 の比率が高い地点では Stage

4 の比率が非常に小さかった。このことから、発生の進んだ卵は岩内湾から流出している可能性が考えられる。ただし、岩内湾の沖合で採集された卵は前出の漂流ブイの結果や北海道西岸を北上する対馬暖流の流れから判断して岩内起源ではなく、松山起源と考えるのが妥当であろう。

一方、石狩湾では Stage 1 の卵が少なく、発生の進んだ卵の比率が高かった。遊佐 (1954) によると水温  $6\sim 7^{\circ}\text{C}$  の場合、受精後 9 日 12 時間で Stage 4 となる。また、前出の漂流ブイ調査で北上した漂流ブイの松山海域から積丹半島西方沖までの所用時間は 2 週間であることから (中多ほか, 2006)、石狩湾で採集された卵は、石狩湾内で産卵されたものよりも、対馬暖流によって松山海域や岩内湾から輸送されてきたものが多かったと推定できる。

このように、北部日本海系群の産卵場は岩内湾、松山海域に形成され、産出された卵は、一部南下するものを除き、大部分は北上し、石狩湾周辺海域に輸送されると推定される。その後の浮遊仔稚魚は北海道沿岸日本海では石狩湾以北の海域のみで採集されており (板谷ほか, 2008)、また、宗谷・留萌海域から武蔵堆海域に至る大陸棚と陸棚斜面で未成魚が多量に採集されていることから (本間ほか, 2008)、この海域がスケトウダラ北部日本海系群の成育場であると考えられる。この点については既往の知見と一致する (佐々木・夏目, 1990; 夏目・佐々木, 1995)。

つまり、近年においても成育場の形成場所は変化していないが、産卵場が南偏することで、1980 年代以前に比べて産卵場と成育場の距離が離れてしまったと考えることができる。産卵場形成場所と成育場の地理的関係が生残率に重大な影響を与えることはアラスカ湾 (Hinckley et al., 1991) や道東太平洋系群 (Hamatsu et al., 2004) でも報告されている。その原因としては輸送の問題が上げられているが、本海域ではそれに加えて、卵発生期の高水温の影響を考慮する必要がある。

例えば、2007 年は松山海域から積丹半島に至る卵の輸送経路での水温が  $7^{\circ}\text{C}$  以上、松山海域に限ると  $9^{\circ}\text{C}$  となっていたことから、卵のふ化率が低下し、石狩湾での卵分布密度が少なくなった可能性がある。Funamoto (2007) は北部日本海系群の加入量が 2 月の石狩湾の表面水温と強い負の相関関係を持つことを報告しており、本研究の結果は、その因果関係の具体例とも考えられる。また、松山海域では表面水温と表層水温には最大  $1.5^{\circ}\text{C}$  の差があることが、Funamoto (2007) の報告で松山海域での相関係数が小さくなっていた原因かもしれない。

本研究により、近年の主要な産卵場は積丹半島以南の岩内湾と松山海域に形成されており、宗谷・留萌海域には形成されていないことが明らかとなった。この結果は既往の知見と異なることから、1980 年以降に産卵場の形成場所に変化が起こったと考えられた。このことにより、結果的に産卵場と成育場の距離が離れ、また、卵期に致命的な高



水温に遭遇する可能性が大きくなったことから, 近年, スケトウダラ卵の生残率が低下したと推察した。

なぜ, 高水温期に産卵場が南偏したのかという疑問が残る。この点について, 三宅・田中 (2006) は, 産卵回遊期のスケトウダラ分布深度が, 表層の高水温の影響を受けて深くなることで, 海底深度の浅い積丹半島以北の産卵場が衰退し, 海底深度の深い松山海域の産卵場が残ったとの仮説を提案した。今後, この仮説を検証することで, 当該海域における産卵場形成の機構を明らかにしていきたい。

## 謝 辞

本論文のご校閲をいただいた北海道大学水産科学研究院の飯田浩二教授ならびに向井 徹准教授に感謝を申し上げる。また, 本研究を進めるに当たり, 各種調査に熱意を持って遂行していただいた, 試験調査船おやしお丸, 北洋丸, 金星丸の各船長をはじめ乗組員の皆様に謝意を表する。

## 引用文献

- Bailey, K. M. (2000) Shifting control of recruitment of walleye pollock *Theragra chalcogramma* after a major climatic and ecosystem change. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **198**, 215–224.
- 深滝 弘 (1983) スケトウダラ資源に及ぼす発電所取放水影響の予測。海洋生物環境研究所研究報告, **83101**, 1–54.
- Funamoto, T. (2007) Temperature-dependent stock-recruitment model for walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) around northern Japan. *Fish. Oceanogr.*, **16**, 515–525.
- Hamatsu, T., K. Yabuki and K. Watanabe (2004) Decadal changes in reproduction of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) off the Pacific coast of northern Japan. *Fish. Oceanogr.*, **13**, 74–83.
- Hinckley, S., K. M. Bailey, S. J. Picquelle, J. D. Schumacher and P. J. Stabeno (1991) Transport, distribution, and abundance of larval and juvenile walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the Western Gulf of Alaska. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **48**, 91–98.
- 北海道 (2006) 泊発電所周辺温排水影響調査結果報告書 (平成17年度第4四半期), 172–179.
- 北海道 (2007) 泊発電所周辺温排水影響調査結果報告書 (平成18年度第4四半期), 159–166.
- 北海道立中央水産試験場資源管理部 (2007) 北海道水産資源管理マニュアル 2006年度。北海道水産林務部水産局漁業管理課, 5.
- 本間隆之・三宅博哉・板谷和彦 (2008) スケトウダラ。平成18年度中央水産試験場事業報告書。北海道立中央水産試験場, 6–19.
- 石垣富夫 (1960) 産卵後のスケトウダラは何処へ (予報)。北水試月報, **17**, 351–363.
- 板谷和彦・三宅博哉・本間隆之 (2008) スケトウダラ新規加入量調査。平成18年度中央水産試験場事業報告書。北海道立中央水産試験場, 94–95.
- 亀井佳彦・高津哲也・高木省吾・中谷敏邦・高橋豊美・前田辰昭 (1999) 北海道南西部における秋季のスケトウダラの分布と成熟。日水誌, **65**, 223–229.
- 金丸信一・北野裕・吉田久春 (1979) カムチャッカ半島周辺海域のスケトウダラ (*Theragra chalcogramma*) の卵・稚魚の分布につい

- て。北水研報告, **44**, 1–23.
- Kooka, K., A. Wada, R. Ishida, T. Mutoh, K. Abe and H. Miyake (2001) Summer and winter feeding habits of adult walleye pollock in the offshore waters of western Hokkaido, northern Japan Sea (Short Paper). *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.*, **60**, 25–27.
- 前田辰昭・高橋豊美・中谷敏邦 (1988) 北海道松山沖合におけるスケトウダラ成魚群の分布回遊と産卵場について。北大水産学部彙報, **39**, 216–229.
- 三宅博哉 (1991) 北海道西岸日本海におけるスケトウダラ漁獲量の多変量解析と系群構造。日水誌, **57**, 1991–1995.
- 三宅博哉・石田良太郎・武藤卓志・安部幸樹・向井 徹・飯田浩二 (2001) 音響資源調査で得られた北海道西岸日本海のスケトウダラ産卵群の分布特性と現存量。北水試研報, **59**, 11–24.
- 三宅博哉・田中伊織 (2006) 北海道日本海のスケトウダラ資源の変動。月刊海洋, **38**, 187–191.
- 中多章文・澤田真由美・田中伊織 (2006) 資源動向要因分析調査 (漂流ブイ調査)。平成16年度北海道立中央水産試験場事業報告書, 96–97.
- Nakatani, T. and T. Maeda (1981) Transport Process of the Alaska pollack eggs in Funka Bay and the adjacent waters, Hokkaido. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **47**, 1115–1118.
- Nakatani, T. and T. Maeda (1989) Distribution of copepod nauplii during the early life stage of walleye pollock in Funka Bay and vicinity, Hokkaido. *Alaska Sea Grant Report*, 89-1, Univ. Alaska, 217–240.
- 夏目雅史 (1998) 北海道松山海域スケトウダラ延縄漁業の漁獲深度と水温。北水試研報, **53**, 1–8.
- 夏目雅史・佐々木正義 (1995) 北海道北部海域のスケトウダラ仔稚魚の分布。北水試研報, **47**, 38–40.
- 西村 明 (2005) 59スケトウダラ総説。平成17年度 国際漁業資源の現況, 水産庁・水産総合研究センター, 386–391.
- 呉 泰棋・桜本和美・長谷川誠三 (2002) 日本海北部海域におけるスケトウダラの漁獲量変動と水温の関係。日水誌, **68**, 866–873.
- 桜井泰憲・三宅秀男 (1994) 亜寒帯海洋の物理・化学環境変動とスケトウダラの再生産機構の応答 (噴火湾をモデル海域とする HUBEC 計画の背景)。海の研究, **3**, 303–308.
- 佐野満広 (1980) 利尻, 礼文島周辺水域におけるスケトウダラ卵稚仔の分布について。昭和54年度 漁業資源研究会議 北日本底魚部会報, 39–56.
- 佐野満広 (1984) 宗谷海峡周辺におけるスケトウダラおよびホッケの再生産。沿岸海洋研究ノート, **22**, 40–49.
- 佐々木正義・夏目雅史 (1990) 武蔵堆およびその周辺水域におけるスケトウダラ若年魚の分布。日水誌, **56**, 1063–1068.
- 高倉輝男 (1954) 魚群探知機によるスケトウダラ産卵群の生態について。日水誌, **20**, 10–12.
- 田中富重 (1970) 北部日本海海域におけるスケトウダラの漁業生物学的研究 1 集団行動と構造についての一考察。北水試研報, **12**, 1–11.
- 田中富重・及川久一 (1971) 昭和45年度 岩内漁場のスケトウダラ調査について 産卵群の分布様式。北水試月報, **28**, 2–8.
- 辻 敏 (1975) 松山支庁沿岸のスケトウダラ調査。北水試月報, **32**, 1–20.
- 八木宏樹・武藤卓志 (1993) 1990–91~91–92年の岩内湾におけるスケトウダラ *Theragra chalcogramma* (Pallas) 卵稚仔の分布 動向と最近の特徴。北水試研報, **42**, 91–100.
- 遊佐多津雄 (1954) スケトウダラ *Theragra chalcogramma* (Pallas) “Alaska Pollack” の正常発生に就いて。北水研報告, **10**, 1–15.