

根室海峡におけるスケトウダラ魚群の分布と海況－Ⅱ 1990年代後半の産卵期における分布と海況

志田 修

北海道立総合研究機構中央水産試験場

Distribution of the walleye pollock, *Gadus chalcogrammus* (*Theragra chalcogramma*), and oceanographic conditions in the Nemuro Strait, Japan – II

Distribution of spawning adults in the late 1990's

OSAMU SHIDA

Central Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Yoichi, Hokkaido, 046-8555, Japan

The winter distribution of adult walleye pollock during the spawning season and oceanographic conditions in the Nemuro Strait were investigated based on integrated surveys, applying an echosounder and the STD from 1997 and 1999. The majority of walleye pollock were distributed in the modified Soya Warm Current water in this area. Their depth ranged from 140 to 440 m at the beginning of the spawning season, then decreased to more than 300 m from late February to early March during peak spawning. In late March, walleye pollock moved to shallower water. On the basis this vertical migration pattern, the thermal conditions where they were found changed from 2 to 5°C until mid-January and from 0 to 2°C after February. The observed fish movements and their interactions with the environment differed from those in other spawning grounds around Hokkaido. Walleye pollock in the Nemuro Strait may have adapted to the unique oceanographic conditions in this area.

キーワード：魚群探知機，産卵期，水温，水塊，スケトウダラ，分布，根室海峡

根室海峡はスケトウダラ (*Gadus chalcogrammus*, 旧名 *Theragra chalcogramma*) の産卵場であり，冬季に産卵のため来遊する成魚を対象とした漁業が営まれている (佐々木, 1984, 1985; Yoshida, 1988)。この海域におけるスケトウダラ漁獲量は1980年代に10万トンを超える高い水準にあったが，1990年代に入って激減し，1990年代後半から現在にいたるまで1万トン前後の非常に低い水準で推移している (釧路水試, 2013)。本種の資源量は，漁業活動だけではなく海洋環境の影響をうけて変動することが指摘されており (例えば三宅, 2012)，根室海峡のスケトウダラにおいても，1990年代の資源減少に産卵期を含む冬季の海洋環境の変化が影響を与えた可能性が示唆されている (石田ら, 2006)。これらのことから，当海域の資源変動機構に関する研究を進める上で，まず出発点である産卵期におけるスケトウダラ成魚の分布と海洋環境を明らかにすることが必要である。

著者は前報 (志田, 2001) で計量魚群探知機を用いて1996年～1998年に産卵前の11月の根室海峡におけるスケトウダラの分布水深と海洋環境との関係を調べ，この時期のスケトウダラが水深180～400m，水温2～5°Cの混合水 (宗谷暖流変質水: 佐々木, 1985) 中に分布することを報告した。産卵期の分布については，佐々木 (1985) が1982年の1～4月に根室海峡において水深0～200mまでの海洋観測を行って水塊分布を観察し，産卵がスケトウダラの産卵適水温とされる1～4°Cの混合水中で行われていると推測している。しかし，この研究では魚群の分布を直接観察しておらず，根室海峡においては，スケトウダラの卵が，佐々木 (1985) が観測を行った水深200mより深い水深帯からも採取されることが報告されている (佐々木, 1984; Miyake *et al.*, 1993) ことから，産卵期の魚群分布を明らかにするには，水深200m以深の観察も必要と考えられる。

報文番号 A511 (2014年8月6日受理)

Tel: 0135-23-8707. Fax: 0135-23-8709. Email: shida-osamu@hro.or.jp

そこで本研究では、産卵期におけるスケトウダラ成魚の分布水深と環境（特に水温）を明らかにすることを目的として、資源が急激に減少した後の1997～1999年の3年間、魚群探知機を用いてスケトウダラの鉛直分布を直接観察し、同時にSTDを用いて水深400mまでの水温および塩分の観測を行い、結果をとりまとめたので報告する。

材料と方法

魚群探知機によるスケトウダラ魚群観察および海洋観測調査は根室海峡において1997年～1999年の各年1から4月に、5ないし6回、羅臼漁業協同組合所属調査船第3らうす丸（9.9トン）を用いて日中に実施した（Fig.1およびTable 1）。

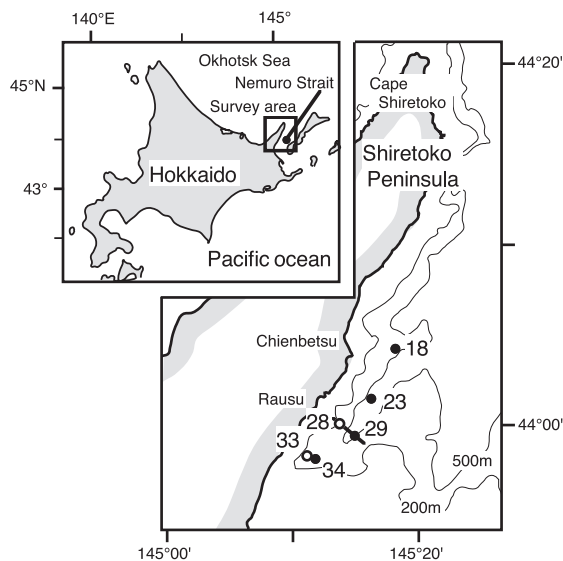


Fig.1 Map of the study area in the Nemuro Strait showing the locations of the STD observation stations (black circles) and the transect line for acoustic observation.

Table 1 Summary of oceanographic observations and acoustic surveys in this study.

Year	Cruise No	Date	Acoustic survey
1997	1	20 Jan.	
	2	5, 6 Feb.	
	3	24, 26 Feb.	○
	4	5, 6 Mar.	○
	5	24, 25 Mar.	○
	6	10, 11 Apr.	
1998	1	22, 23 Jan.	
	2	12, 18 Feb.	○
	3	9, 11 Mar.	○
	4	24, 25 Mar.	○
	5	10, 11 Apr.	
1999	1	20, 22 Jan.	
	2	8 Feb.	○
	3	24, 25 Feb.	○
	4	8, 9 Mar.	○
	5	25, 26 Mar.	○
	6	12, 14 Apr.	
2000	1	18 Jan.	○

スケトウダラ魚群の観察は、第3らうす丸に搭載したカラー魚群探知機（以降魚探機と略す：FURUNO FCV-252 周波数28kHz 古野電気製）を用いて行った。本研究で使用した観測点は、佐々木（1984, 1985）が卵分布および海洋観測調査を行った調査位置とし、調査点番号も佐々木（1984）に従った。まず、日中、産卵場の中心と考えられる羅臼沖（佐々木, 1984）に設定された観測点St.28および29を通り、等深線に垂直になるように設定した調査定線上（Fig.1）を8ノットで航行しながら魚探機画面（エコグラム）をデジタルカメラで連続して撮影した。次に、撮影した画像をパーソナルコンピュータ上において画像処理ソフトPhotoshop（アドビ社製）を用いて1画面に合成した。この画像から、魚群の分布水深を10m単位で読み取った。

1997年の調査における水温および塩分の観測は、根室海峡内に設定したSt.18, St.23, St.28, St.33の4定点（Fig.1）において、海底付近（海底水深が400mより深い場合には水深400mまで）から海面までの範囲をメモリSTD（塩分-温度-深度記録計：AST1000-PK/P64K ALEC電子：現JFEアドバンテック社製）により観測した。1997年に実施した2観測点、St.28およびSt.33の水深がスケトウダラの分布水深より浅かったことから、1998年以降はこの2点をSt.29およびSt.34に変更した。

魚群反応の魚種確認

魚探機で観察された魚群がスケトウダラ成魚に由来するものかどうか確認するため、2000年1月9日、10日、13日～17日に羅臼漁業協同組合所属のすけとうだらはえ縄漁船1隻（八王丸）の漁具深度を小型メモリ深度計（MDS-D：ALEC電子，現JFEアドバンテック社製）により記録し、魚群の分布水深と比較した。深度計は、はえなわの沈子に装着し、記録間隔は10分とした。調査期間中の操業時間は、日出（6:51～6:52）直前の6:30から日出後の8:20または8:30までであった。調査を行った日のすけとうだらはえ縄漁業のスケトウダラ漁獲量は羅臼漁業協同組合から入手した。

魚群の分布水深は、2000年1月18日に羅臼沖の定線上において前述の方法により観測した。また、同日にすけとうだらはえ縄漁船により漁獲された漁獲物について、尾叉長を測定し、成熟度を調べ、成魚の割合を算出した。熟度の判別は生殖腺の肉眼による外観上の観察から、北水試魚介類測定・海洋観測マニュアル（吉田, 1996）に従って行った（Table 2）。雌雄ともに成熟度10の個体を未成魚、雄は成熟度20、雌は成熟度21以降の個体を成魚とした。

Table 2 Walleye pollock maturity conditions based on visual observations of the ovary and testis, according to Yoshida, 1996.

Sex	Condition	Maturation Stages	Visual observation
Male	Immature	10	Spermary very small
	Developing - Prespawning	20	Spermary still small and transparent, or larger, milk-white
	Ripe	30	Spermary large. Milk-white and opaque. Sperms discharge to
	Spent	40	Spermary wither, brownish-red
	Female	Immature	10
Developing		21	Ovaries still small. Individual oocytes not visible and opaque
Pre-spawning		22	Ovaries larger. Yolk at globular stage. Oocytes discernible and
Spawning		31-33	Some or most of oocytes are transparent
		40	All oocytes are transparent
Spent		50	Ovaries wither, dark red

スケトウダラ雌魚漁獲物の熟度組成の変化

分布観察を行った期間のスケトウダラの成熟状態を調べるために、1997～1999年1～3月の根室海峡において、すけとうだら刺し網漁業により漁獲された雌魚の成熟度組成を調べた。成熟度の判別は、前項と同じ方法で行った。調査には、各月1ないし2回、普通銘柄の漁獲物からランダムに100尾を採集して測定に供した標本のうち、雌魚のデータを使用した。

結果

魚群反応と魚種確認

Fig.2に2000年1月18日に観察されたエコグラム（左図）と、調査線上の観測点（St.29）における水温、塩分鉛直分布（右図）を示した。水深130～370mの範囲に濃密な層状および塊状の魚群反応（矢印）が観察された。これらの魚群は水温2.7～5.2℃、塩分32.9～33.5の範囲に分布した。同一日にすけとうだらはえ縄漁業により漁獲されたスケトウダラは、尾又長386～628mmの範囲にあり、成魚の割合は普通銘柄で98%、小銘柄で76%と大部分が成魚で占められていた。Fig.3に、すけとうだらはえ縄漁船の漁具水深を示した。調査日のうち、1月14日は、実作業時間が1時間と他日と比較して半分程度であったため、データから除いた。調査期間を通じて、はえ縄の沈子が安定して分布した水深は193～226mの範囲にあり、前述した魚群の分布水深範囲（Fig.2, 矢印）に含まれていた。また、すべての調査日においてスケトウダラが漁獲され、漁獲量は操業隻数10隻で10.1トン～43.9トンであった。これらのことから、魚探機により観察された魚群反応（Fig.2, 矢印）はスケトウダラ成魚により構成されている可能性が高いと考えられた。以降は、この魚群反応と同様な中層に分布する層状および塊状の魚群反応がスケトウダラ成魚であるとみなして結果を記述する。

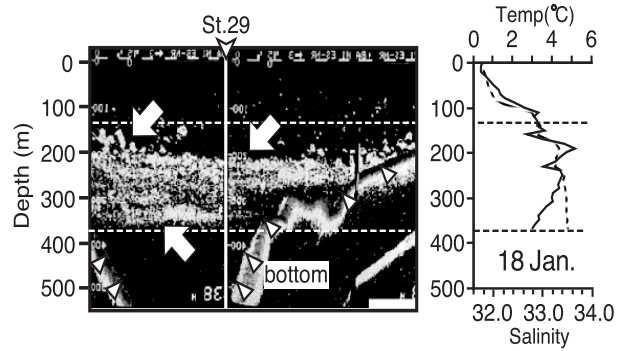


Fig.2 The echogram along the survey transect (the left panel) and the profile of temperature and salinity at St. 29 in 2000. Arrows show typical echosigns of walleye pollock.

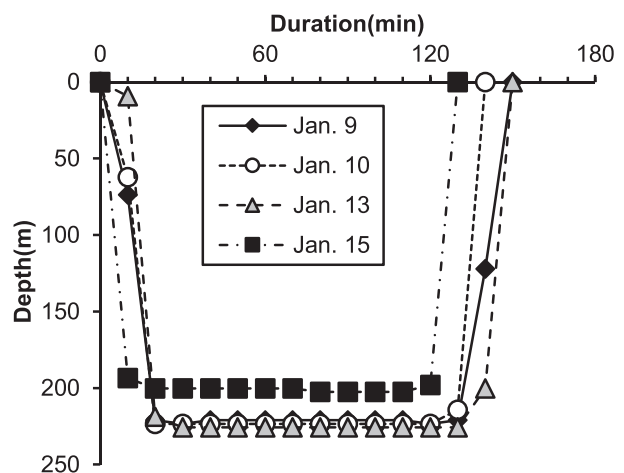


Fig.3 Records of the depth of the commercial mid-water long line fishing gear targeting adult walleye pollock in January 2000.

スケトウダラ魚群の分布深度、水温および塩分の範囲

Fig.4～6に、1997～1999年の調査で得られたエコグラムと調査線上の観測点（St.28またはSt.29）における水温、塩分鉛直分布を示した。

1. 1997年

2月24日は、水深270～520mの範囲にスケトウダラと考えられる層状の魚群反応が確認された（Fig.4A, 矢印）。STDの観測水深が反応のほぼ上端までであったため、スケトウダラが分布した水温範囲は明らかにできなかったが、分布深度の上端付近における水温は0.6～0.7℃、塩分は33.0～33.3であった。3月6日においても水深300～520mに2月24日の調査で観察されたものと同様のスケトウダラと考えられる層状の反応が観察された（Fig.4B, 矢印a）。これらの反応の分布上端付近の水温は0.8℃、塩分は33.1であった。また、水深60～120mに塊状の反応（同, 矢印b）が観察され、これらの分布水温は-0.7～-0.1℃、塩分32.5～32.7であった。3月25日には水深230～500

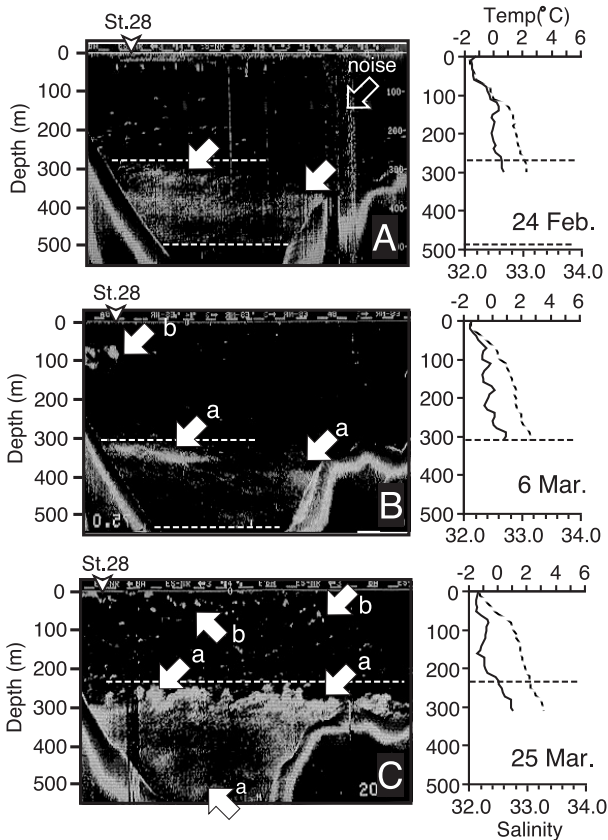


Fig.4 Echograms along the survey transect (left panels) and vertical profiles of temperature and salinity at St. 28 (right panels) in 1997. Arrows labeled “a” show echosigns of walleye pollock, and labeled “b” show echosigns of other organisms. Dotted lines indicate the upper and lower depths of walleye pollock echosigns. A: Feb. 24, B: Mar. 6, C: Mar. 25.

mの範囲にスケトウダラと考えられる反応 (Fig.4C, 矢印 a) が観察された。これらは水温 $0.1\sim 1.0^{\circ}\text{C}$ 、塩分 $33.0\sim 33.3$ の範囲に分布した。スケトウダラと考えられる魚群反応の上端は、前2回の調査より浅くなっていた。水深100m以浅にも点状の反応 (同, 矢印b) が観察されたが、これらは $-0.6\sim -1.5^{\circ}\text{C}$ の氷点下の水温帯に分布した。

2. 1998年

2月18日の調査においては、水深170m~330mにスケトウダラと考えられる2層の魚群反応が観察された (Fig.5 A, 矢印a)。これらは水温 $0.6\sim 2.2^{\circ}\text{C}$ 、塩分 $32.8\sim 33.3$ の範囲に分布していた。また、水深420~440mにも魚群が観察された (同, 矢印a')。3月9日の調査では海況が悪く、魚探画像にノイズが入ったが、水深370~450mにスケトウダラと思われる弱い魚群反応 (Fig.5B, 矢印) が観察された。この魚群の分布水温および塩分はそれぞれ 1.4°C 、 33.4 であった。3月24日は水深130~380mの範囲にスケトウダラと考えられる2層の魚群が観察された (Fig.5 C, 矢印)。これらの魚群の分布水温、塩分はそれぞれ 0.0

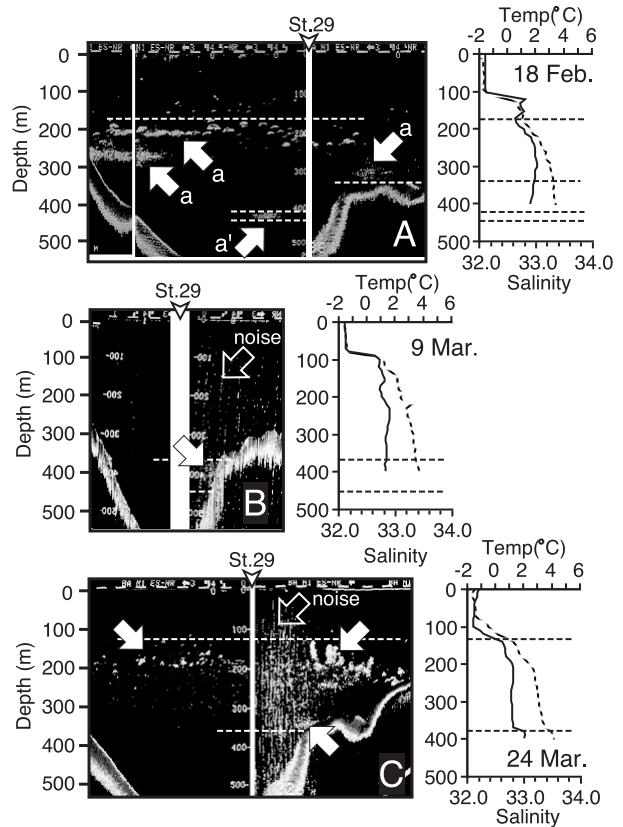


Fig.5 Echograms along the survey transect (left panels) and vertical profiles of temperature and salinity at St. 29 (right panels) in 1998. Arrows labeled “a” show echosigns of walleye pollock, and arrows labeled “b” show echosigns of other organisms. Dotted lines indicate the upper and lower depths of walleye pollock echosigns. A: Feb. 18, B: Mar. 9, C: Mar. 24.

$\sim 1.3^{\circ}\text{C}$ 、塩分 $32.8\sim 33.4$ であり、魚群の分布上端は、 0°C の等温線の分布水深と一致していた。

3. 1999年

2月9日の調査では、水深150~360mの範囲にスケトウダラと考えられる濃密な魚群が観察された (Fig.6A, 矢印)。これらの分布水温および塩分の範囲は $0.4\sim 2.1^{\circ}\text{C}$ および $32.7\sim 33.4$ にあり、魚群の上端は 0°C の等温線の分布水深とほぼ一致していた。2月25日は、調査線の一部しか観察できなかったが、魚群 (Fig.6B, 矢印) の分布水深は前回調査より深い300m以深となった。魚群の下端深度は確認できなかったが、観察できた範囲の水温、塩分値は、それぞれ $1.3\sim 1.7^{\circ}\text{C}$ 、 $33.4\sim 33.5$ であった。3月8日では、2月25日の調査とほぼ同様の水深320m以深、水温 $1.3\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 、塩分 $33.3\sim 33.5$ に層状の魚群が観察された (Fig.6C, 矢印)。3月25日には、前回調査と比較してやや分布が深くなり、390m以深となった。

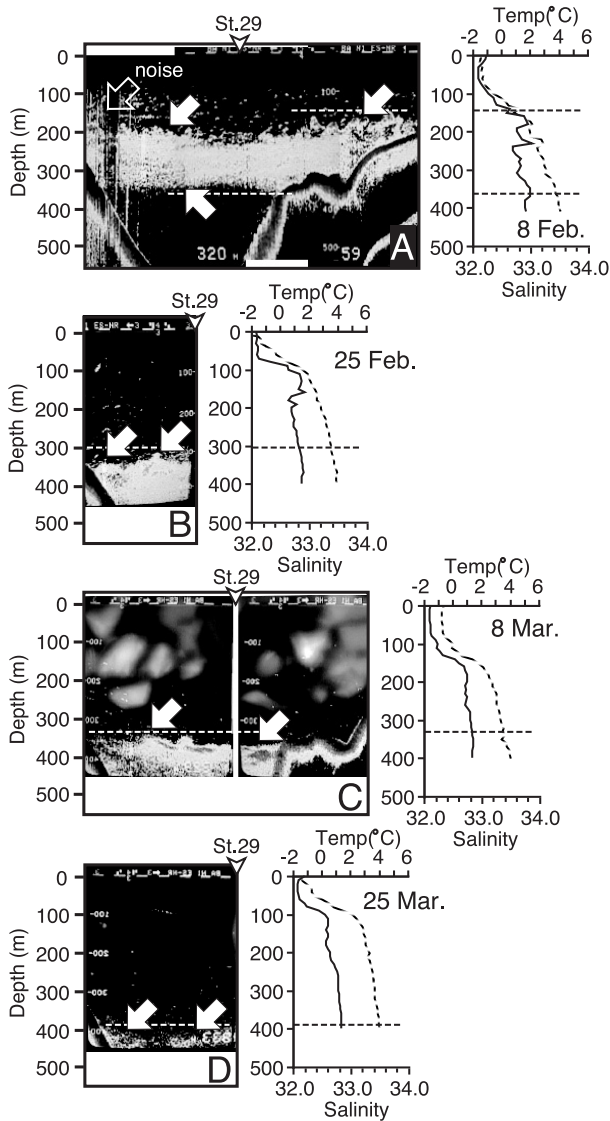


Fig.6 Echograms along the survey transect (left panels) and vertical profiles of temperature and salinity at St. 29 (right panels) in 1999. Arrows labeled “a” show echosigns of walleye pollock, and labeled “b” show echosigns of other organisms. Dotted lines indicate the upper and lower depths of walleye pollock echosigns. A: Feb. 2, B: Feb. 25, C: Mar. 6, D: Mar. 25.

スケトウダラ雌魚の成熟度組成の変化

各年の成熟度組成の変化を Fig.7 に示した。測定標本中の雌魚の割合は 15.0~75.0%, そのうち成熟度 21 以上の成魚は 96.8~100.0% を占めていた。未成熟魚 (成熟度 10) の割合は、調査期間を通じて 0.0~3.2% と非常に低かった。1 月中旬は生殖腺の成熟途上にある産卵前の熟度 21~22 が 63 (1998 年) ~91% (1997 年) と最も多く、産卵中の成熟度 31~33 および 40 は 9~37% を占めていた。産卵終了後の成熟度 50 は標本中には観察されなかった。成熟度 21~22 の個体の割合は、2 月以降減少した。年による変動はあるが、産卵中の成熟度 31~33 および 40 の割合は、2

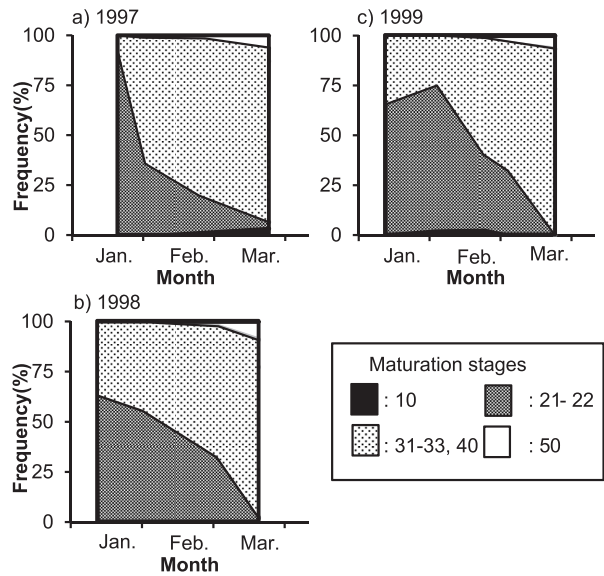


Fig.7 Changes in the maturity of female walleye pollock caught by commercial gill-net fishery in the Nemuro Strait from 1997 to 1999.

月中旬には 50% 以上となり、3 月には 87~93% を占めた。産卵終了後の成熟度 50 の個体は 2 月中旬から観察されたが、3 月下旬でも 7~9% と低い割合であった。

根室海峡における海況の変化

Fig.8~10 に 1997 年~1999 年の調査で得られた水温および塩分の鉛直分布を示す。水塊の区分は佐々木 (1985) に従った (Table 3)。

1. 1997 年

1 月 20 日 (Fig.8 a) の調査では、水深 100m 以深の広い範囲が水温 1~4°C, 塩分 32.6~33.5 の主として混合水に覆われていた。水深 10m 以浅域はそれより低温 (0.5~1°C), 低塩分 (32.5 未満) であった。2 月 5~6 日 (Fig.8 b) では、表層域が東カラフト海流水に覆われ、海面から水深 60 m まで水温が 0°C 以下となった。中層域には知床半島の先端側 (St. 18) から中心 (水深 160~190m) の水温が 0°C 未満、塩分 32.9 の冷水が差し込んでいた。2 月 24 および 26 日 (Fig.8 c) は悪天候のため St.18 観測点のデータがないものの、全層に渡って水温が前回の観測時より低下していた。3 月 5~6 日の観測 (Fig.8 d) では、St.18 側から、中層域に中冷水 (水温 -0.5°C 以下, 塩分 32.4~33.2) が差し込んでおり、深いところで水深 320m まで水温 0°C 未

Table 3 Water masses in the present study during winter (Sasaki, 1987)

Water masses	Temperature(°C)	Salinity
Intermediate Cold Water	≤ -0.5	32.4 - 33.2
Modified Soya Warm Current Water	1.0 - 4.0	32.8 - 33.4
East Sakhaline Current Water	≤ 2.5	≤ 32.2

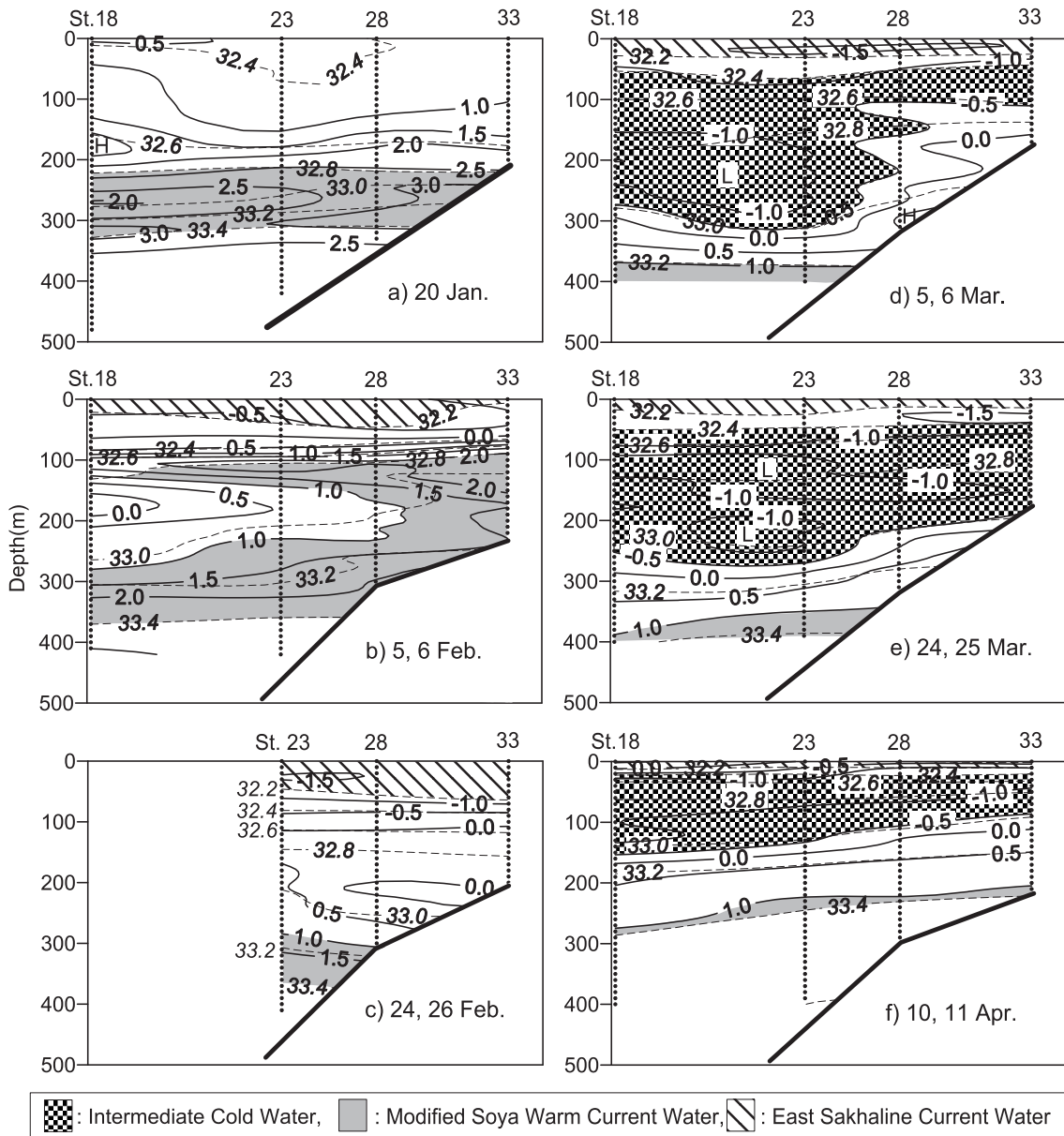


Fig.8 Vertical sections of temperature (solid lines and plane figures) and salinity (dotted lines and italic figures) in 1997. Vertical dotted lines show observation stations. a) Jan. 20, b) Feb. 5 and 6, c) Feb. 24 and 26, d) Mar. 5 and 6, e) Mar. 24 and 25, f) Apr. 10 and 11.

満となった。水温1℃以上の混合水は水深370m以深に観察されるのみであった。3月24～25日 (Fig.8e) の観測時においても中層域は広く中冷水に占められており、水深220～290m以浅は広く0℃未満となっていた。4月10～11日の調査 (Fig.8f) では、0℃未満の範囲が水深160m以浅と狭くなった。

2. 1998年

1月22～23日 (Fig.9a) では、中層域に1997年と同様に広く混合水が分布した。水深200mまでは深度の増加に伴って水温5℃まで徐々に増加し、それ以深では再び低下した。中心の水温は1997年の3℃台と比較して2℃高かった。2月12日 (Fig.9b) および3月9,11日 (Fig.9c) では水深80

～100m層に塩分躍層があり、それ以浅は塩分32.2未満、水温-1℃以下の東カラフト海流に覆われていた。塩分躍層より深い層は広く1～3℃の混合水に占められていた。3月24～25日 (Fig.9d) の観測では、水温0℃未満の水が水深160m台と前回の観測時と比較してやや深くまで広がっていたが、200m以深は広く水温1.0～1.5℃の範囲にあった。4月10～11日 (Fig.9e) には水温0℃の等温線が水深100m前後、1℃等温線が水深150m前後と前回観測時と比較して、いずれもやや浅くなった。1998年は、調査期間を通じて1997年に観察されたような中冷水の中層域への大きな張り出しは観察されなかった。

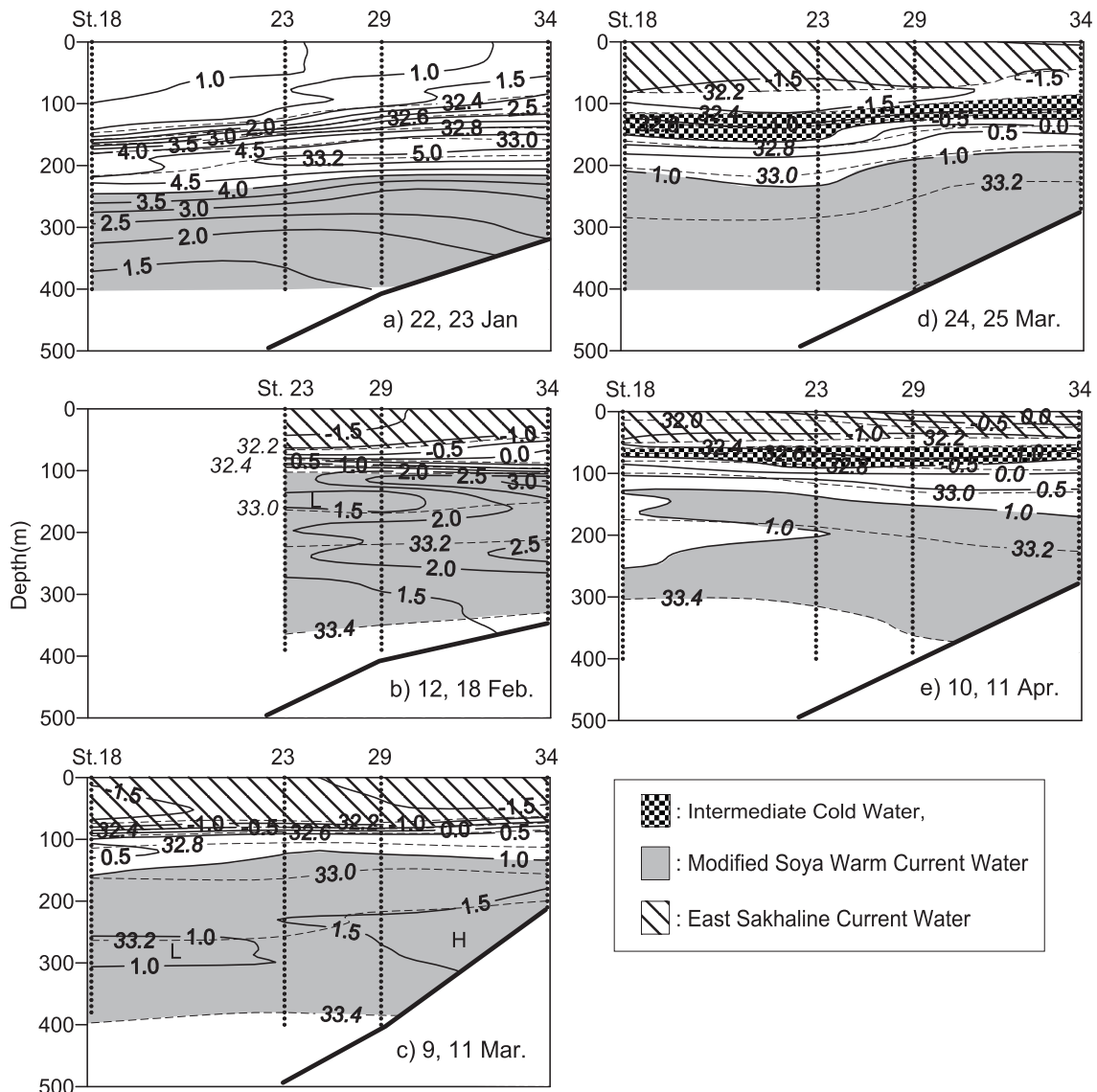


Fig.9 Vertical sections of temperature (solid lines and plane figures) and salinity (dotted lines and italic figures) in 1998. Vertical dotted lines show observation stations. a) Jan. 20, b) Feb. 5 and 6, c) Feb. 24 and 26, d) Mar. 5 and 6, e) Mar. 24 and 25, f) Apr. 10 and 11.

3. 1999年

1月20, 22日の観測では、水深130~150m以深を混合水が広く占めていた (Fig.10a)。水温は深度の増加とともに上昇し、St.34の水深220~250mに水温4℃台の水が分布した。それ以深では徐々に水温が低下した。2月8日では、前2年と同様に表層域を寒冷な東カラフト海流水が覆っていた。それ以深は水温1~2℃の混合水が広く分布した (Fig.10b)。2月24~25日では、知床半島先端側のSt.18から1℃未満の水がSt.29付近まで差し込んでいたが、前回調査と同様に表層域は東カラフト海流水、中~底層は混合水が占めていた。(Fig.10c)。3月8~9日は水深100m前後に中冷水が入り込んでおり、0℃の等温線が水深150m前後とやや深くなった (Fig.10d)。3月25~26日の調査においては、St.18の水深150m前後に氷点下の水が観察され

たが、その範囲は狭く、1997年のように海域全体を占めるような状態ではなかった (Fig.10e)。また、水温1℃以上の水はSt.23~34の水深200~300mの中層域から海底付近に分布した。4月12, 14日では、水温0℃未満の範囲が再び水深150m前後までと深くなったが、前回調査で観察された冷水の張り出しは消失し、水深200m以深は広く1℃以上となっていた (Fig.10f)。1999年も1998年と同様に中冷水の中層への大きな張り出しは観察されなかった。

考察

本研究を行った冬季の根室海峡は、流氷に覆われている期間が長いこと、また、調査が可能な昼間は狭い漁場に多くの漁船が操業中であることから、大型の調査船による計量魚群探知機およびトロール網を使用した調査は

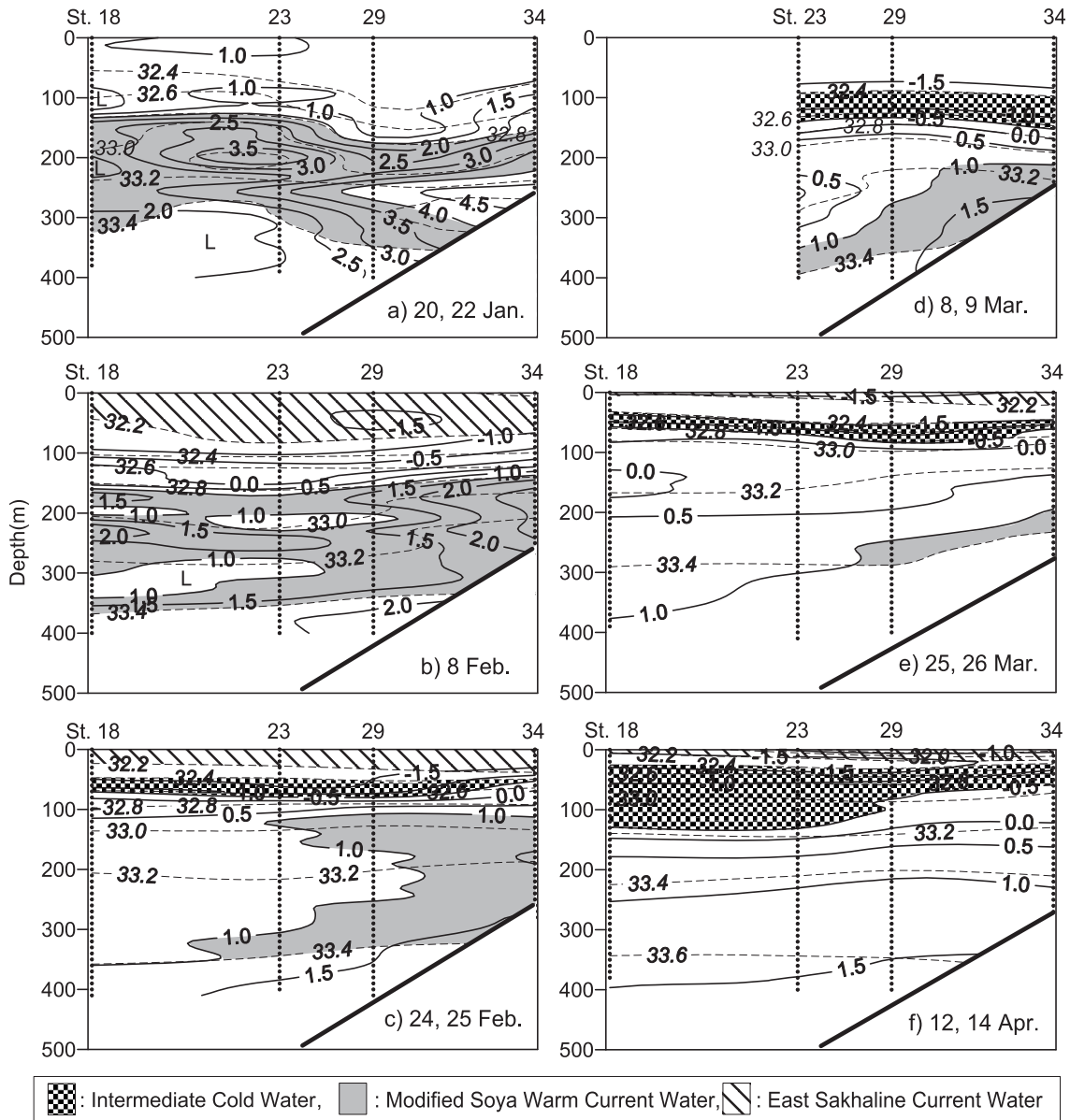


Fig.10 Vertical sections of temperature (solid lines and plane figures) and salinity (dotted lines and italic figures) in 1999. Vertical dotted lines show observation stations. a) Jan. 20 and 22, b) Feb. 8, c) Feb. 24 and 25, d) Mar. 8 and 9, e) Mar. 25 and 26, f) Apr. 12 and 14.

実施することができない。そこで本研究では、小型の調査船に搭載した漁船用のカラー魚探機を使用して魚群の分布水深を観察した。1997~2000年1月中旬~3月下旬の調査において、中層に層状および塊状の魚群が観察された (Fig.2矢印, Fig.4~6矢印または矢印a)。これらは、志田 (2001) が同一海域において報告した11月中旬~12月下旬のスケトウダラ魚群と同様の形状であった。また、2000年1月中旬の調査において観察された魚群の分布水深と同時期に操業中のすけとうだらはえ縄漁業の漁具深度は一致していた。1月中旬の漁獲物はスケトウダラ成魚のみであること、スケトウダラは有鰾魚であり、調査に使用した低周波 (28kHz) に強いエコーを返すと考えられる

ことから、中層域に観察された層状および塊状の魚群はスケトウダラ成魚に由来する可能性が高いと判断される。一方、1997年の調査においては、これらの魚群とは離れて、比較的浅い水深帯にも反応が観察された (Fig.4Bおよび4C, 矢印b)。これらの反応は氷点下の水温帯に分布した。スケトウダラは血液中に抗凍結物質を欠くために、氷点下の水温を避けると考えられている (NOAA, 2012) ことから、これらの反応はスケトウダラ以外の生物に由来すると判断できるため、以降の考察から除外した。

1997~1999年の1月~3月におけるスケトウダラ漁獲物の熟度組成のデータに基づき、成魚の50%以上が産卵中の熟度31~33および40となった時期を産卵期とみなすと

(前田ら, 1976), 産卵期は2月中旬以降であったと考えられる (Fig.7)。この結果は, 1980年代に行われたYoshida (1988) の報告, 卵分布からみた産卵期 (佐々木, 1984) と一致しており, この期間が1980年代から1990年代を通じた根室海峡における産卵期と考えられる。

志田 (2001) および本研究の結果から得られた, 根室海峡における産卵前から産卵期のスケトウダラの分布水深および水温帯をまとめてみると (Fig.11), 時期によって変化することが明らかとなった。11月下旬から12月上旬における分布水深は, 200~400mであったが (志田, 2001), 1月下旬から2月の中旬にかけて, やや分布の上限が浅くなって水深200m以浅にあった。その後, 2月下旬から3月上旬には分布水深の上限が大幅に深くなって300m以深となり, 3月下旬には調査を行った3年のうち1997および1998年には分布水深の上限が200m前後と再び浅くなり, 1999年は深い水深にとどまっていた。分布水温および塩分の変化を見ると, 11月下旬から1月にかけて概ね水温2~5°C, 塩分32.9~33.5の範囲, 2月以降は低下して水温0~2°C, 塩分32.7~33.5の範囲であったが, 期間を通じて混合水が主たる分布水塊であった。スケトウダラが主として混合水中に分布すること, 産卵期の分布水深が400m付近におよぶことが, 以前から推測されていたが (佐々木, 1984, 1985; Miyake *et al.*, 1993), 本研究はこれを裏付ける結果となった。

本種の分布水深は, 水温と関連していることが指摘されている。餌の少ない北部日本海海域では, 索餌期には代謝効率を上げ, エネルギーを節約するために水温の低

い深い水深帯に (三宅, 2012), 産卵期には卵の適水温と考えられる2~5°Cの水温帯 (前田ら, 1976) が分布する浅い水深帯に移動すると考えられている (前田ほか, 1988; 1989)。スケトウダラ太平洋系群の主要な産卵場である日高湾でも, 索餌期および索餌期から産卵期への移行期には, スケトウダラ成魚が主として水深200~400m, 水温2~3°Cに分布するが, 産卵盛期には分布の中心が水深100m以浅の浅い海域に移り, 分布水温も3~6°Cと高くなることが報告されている (志田, 2011)。日高湾においては, 索餌期にスケトウダラの分布密度が高い水域は餌生物プランクトンの分布量が多いこと, スケトウダラは元来深海から浅い海域に回遊して産卵する特性を持っており, 産卵期には浅い海域への回遊を妨げる表中層の高水温が解消されることが分布変化の理由としてあげられている (前田ら, 1987)。このように, 両海域とも分布水深は産卵前の時期に深く, 産卵期に浅くなり, 分布水温は産卵前の時期に低く, 産卵期に高くなっている。

一方, 前述のように本研究で観察した根室海峡のスケトウダラの分布は, これと全く逆のパターンで変化したことから, その理由を考察するために, 当該海域における海洋環境の特徴を検討した。本研究でも佐々木 (1986) が報告した3つの水塊, 東カラフト海流水, 中冷水および混合水が観察された。東カラフト海流水は, 3年間を通じて2月以降表層域に分布し, その分布層の水温は氷点下となった。スケトウダラ卵は-1°Cの水温下では孵化率, 正常発生する仔魚の割合とも極めて低くなるが, 桑実胚以降に発生が進んだものでは氷点下の水温への耐性が高ま

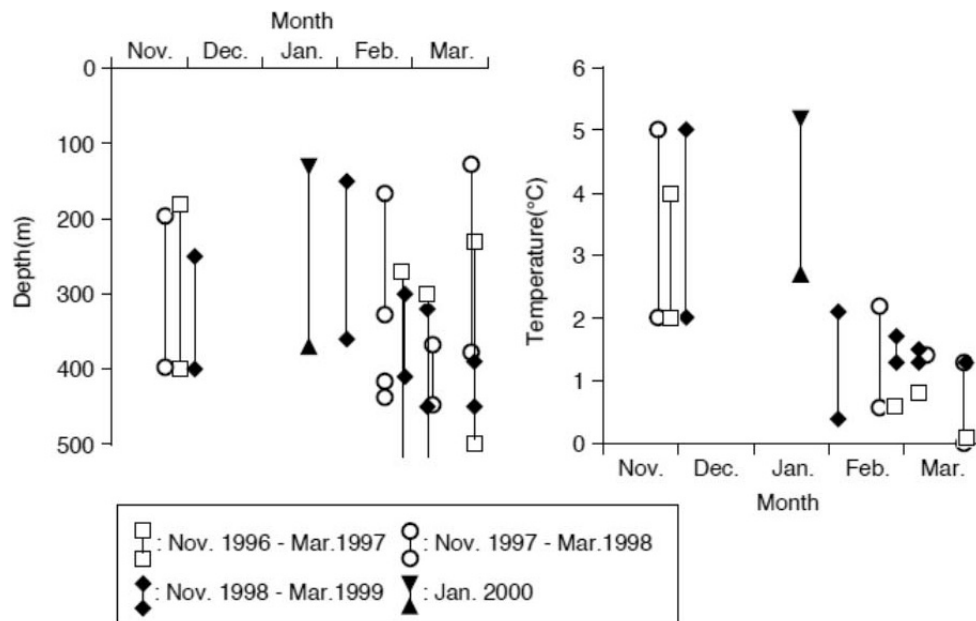


Fig.11 Changes in the range of the distribution depth (left panel) and temperature (right panel) of walleye pollock in the Nemuro Strait from the pre-spawning to spawning season.

The results in November and December are from Shida (2001).

ること、そして卵の浮上速度は毎時4.9~8.6mであることが実験的に知られている(中谷・前田, 1984)。したがって、成魚の分布・産卵水深が深ければ、浮上していく間に発生が進み、表層における低水温暴露への耐性を高めることができると予想される。

これらのことから、産卵期にスケトウダラ成魚の分布水深が深くなるのは、このような根室海峡の海洋環境に適応した結果であると推察される。一方、中冷水の分布には大きな年変動が見られ、この水塊の挙動によって中層域の環境は大きく変動していた。最も広範囲に中冷水の分布が観察された1997年では、産卵期の2月~3月にかけて最大水深300m前後まで氷点下の水温となったが、中冷水の分布範囲の狭かった1998および1999年では中層域には混合水が広く分布し、水温は氷点下とはならなかった。このように中層域における水温の年変動は比較的大きかったが、3年を通じて同様な分布水深の変化が観察されたことから、年単位の環境変動はスケトウダラの分布水深に大きな影響を与えていないことが示唆される。

3月後半の分布水深を見ると、1997および1998年では、その上端が浅くなり、両年ともほぼ0℃の等温線と一致していたが、1999年では100m付近に0℃の等温線があったにもかかわらず深いままであった。3月後半の成熟度組成を見ると、3年とも産卵中の個体が大部分を占め、産卵を終了した個体の割合は低いままであり、年による成熟度の違いは明確ではなかった。本研究からは、産卵期後半に見られる分布水深の変化が何に起因するかは明らかにできなかった。

石田ら(2006)は、根室海峡における流水観測日数と冬季の表面水温の間に負の相関があり、1980年代後半から1990年代前半に見られた流水観測日数の著しい減少や冬季水温の上昇に代表される海洋環境の変化が、スケトウダラの再生産に悪影響をおよぼした可能性に言及している。一方で、本研究を行った1990年代後半では流水観測日数が徐々に増加し(石田ら, 2006)、1999年には流水観測日数、1~4月の水温ともに1980年代前半から中盤の水準と同程度となっている。このような表層域における環境指標の変化だけでなく、中層域の環境を見ると、1997年は中冷水が大きく張り出し、広い範囲が氷点下の水温となっていた(本研究)。また、佐々木(1985)が観測した1982年と比較すると、本研究を行った3カ年とも、産卵適水温とされる2~4℃の水帯が2ないし3月には観察されなくなっており、1990年代後半は1980年代と同様の海洋環境か、むしろ寒冷だったことがうかがわれる。氷点下の水温における孵化後の仔稚魚の生残に関する研究例はないが、中谷・前田(1984)が指摘しているように、冬期間の表層水温が-1℃以下になる海域では、産卵期が

遅く表層水温が上昇する春季になっていることから判断して、生残に有利な環境とは思われない。1990年代後半に寒冷期に入っても加入量の増加が認められなかったことから、石田ら(2006)が指摘した海水の有無や表面水温の上昇だけでなく、卵の分布する中~深層の環境の状況も考慮する必要があることを本研究から示唆される。

根室海峡では、スケトウダラ漁獲量の大部分が羅臼町の海域であり、海峡の奥側に位置する別海町や標津町における漁獲は非常に少なかった(釧路水産試験場, 2013)。これは、産卵前の11~12月には表層域に分布する高温の宗谷暖流水が(志田, 2001)、それ以降は本研究で明らかとなった、氷点下の東カラフト海流水が表層域を覆うことがスケトウダラの羅臼海域から水深の浅い標津や別海海域への回遊を制限する要因と考えられる。しかし、近年、標津町の漁獲割合の増加が観察されており(釧路水産試験場, 2013)、おそらく海洋環境の変化による来遊パターンの変化と考えられる。このような変化の原因を明らかにするためにも、海洋環境の詳細な解析を行う必要がある。

謝辞

本研究は、羅臼漁業協同組合が実施した調査から貴重なデータを提供いただいた。同組合職員の石亀正則、竹田和人、菊池八起各氏には特に感謝の意を表す。また、漁獲水深調査に協力いただいた同組合所属のすけとうだらはえ縄漁船八王丸の長内慎二船頭および乗組員諸氏に深く感謝する。本研究をとりまとめるにあたり、貴重なご意見をいただいた、スケトウダラ研究グループ会議の構成員各位と北海道音響資源調査情報交換会の参加者の皆様に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 釧路水産試験場. スケトウダラ(根室海峡海域)2013年度資源評価書. 北海道立総合研究機構水産研究本部. Download from: (<http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/>) 2013
- 石田良太郎, 鳥澤 雅, 志田 修. 水産資源の持続的利用—知床半島周辺海域の漁業と水産資源(陸棚)一. 月刊海洋 2006; 38(9): 626-631.
- 前田辰昭, 中谷敏邦, 高橋豊美, 高木省吾, 亀井佳彦, 梶原善之, 目黒敏美. 北海道檜山および後志沖合におけるスケトウダラ成魚の分布・回遊について. 漁業資源研究会議 北日本底魚部会報 1989; 22: 55-72.
- 前田辰昭, 高橋豊美, 伊地知誠. 噴火湾周辺海域におけるスケトウダラの漁場学的研究—II 産卵期. 日本

- 誌 1976 ; 42, 1213-1222.
- 三宅博哉. 音響学的手法を用いたスケトウダラ北部日本海系群の資源動態評価と産卵場形成に関する研究 (学位論文). 北水試研報 2012 ; 81 : 1-56.
- Miyake H, Hamabayashi K, Ishigame M, Sano M. Recent sharp decrease in walleye pollock egg abundance in the Nemuro Strait, Hokkaido. *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.* 1993; 42: 113-119.
- 中谷敏邦, 前田辰昭. スケトウダラ卵の発生に対する水温の影響およびその浮上速度について. *日水誌* 1984 ; 50(6) : 937-942.
- 夏目雅史. 北海道檜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 1988 ; 53 : 1-8.
- NOAA: “NOAA FY 2012 Budget Blue Book Chapter 7: Research and Development” National Oceanic and Atmospheric Administration. Internet web. Download from (http://www.corporateservices.noaa.gov/nbo/fy12_bluebook/chapter7_2012_RandD.pdf)
- 佐々木正義. 北海道東部根室海峡におけるスケトウダラ卵の分布. 北水試月報 1984 ; 41 : 237-248.
- 佐々木正義. 北海道東部根室海峡におけるスケトウダラの産卵期の海況と産卵場. 北水試月報 1985 ; 42 : 53-63.
- 志田 修. 根室海峡におけるスケトウダラ魚群の分布と海況－I 産卵前の水平および垂直分布. 北水試研報 2001 ; 59 : 1-10.
- 志田 修. スケトウダラ太平洋系群の資源変動におよぼす成魚期の海洋環境の影響に関する研究. 北水試研報 2011 ; 79 : 1-75.
- 上野元一, 中村秀男, 前田辰昭, 平川英人. 噴火湾におけるスケトウダラの漁場学的研究－I 索餌期. *日水誌* 1975 ; 41(12) : 1237-1245.
- Yoshida H. Walleye pollock fishery and fisheries management in the Nemuro Strait, Sea of Okhotsk, Hokkaido. *Proc. Int. Symp. Biol. Mgnt. Walleye Pollock* 1988: 59-77.
- 吉田英雄. 底魚類 1. スケトウダラ. 北水試魚介類測定・海洋観測マニュアル. 北海道. 北海道立中央水産試験場. 1996 ; 1-14