

近年の道南太平洋海域における産卵期直前のスケトウダラ成魚の分布とそ の変化

武藤卓志*¹, 志田 修¹

¹北海道立総合研究機構函館水産試験場

Recent distribution and annual change of adult walleye pollock *Gadus chalcogrammus* in the pre-spawning season near the Pacific coast of southwestern Hokkaido

TAKASHI MUTOH*¹ and OSAMU SHIDA¹

¹ Hakodate Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, Hakodate, Hokkaido 040–0051, Japan

We examined the distribution of adult walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, on the Pacific coast of southwestern Hokkaido using acoustic surveys with a quantitative echo sounder in the pre-spawning season of November from 2008 to 2017. The surveys revealed changes in the abundance and distribution area of adult fish. A high-density area was located around the spawning ground, and it expanded and reduced depending on changes in fish abundance. In particular, the decrease in fish abundance in the Oshima area was considerable, and water temperature and a feature of the sea bottom topography likely affected these changes in the pollock distribution.

キーワード：産卵群, スケトウダラ, 道南太平洋, 分布

北方四島周辺から房総半島までの太平洋沿岸を分布域とするスケトウダラ*Gadus chalcogrammus*は太平洋系群と称され (Tsuji, 1989), 北海道の主要な水産資源として資源管理されている (境ら, 2019)。当系群のスケトウダラ成魚は, 索餌期の9月から産卵期に移行する11月末にかけてえりも岬～恵山岬に至る北海道西南部太平洋海域 (以降, 道南太平洋海域) に産卵回遊し, 12～3月の産卵期 (盛期は12月中旬～2月下旬) には, 噴火湾口域の水深100 m付近に集中する (前田ら, 1981)。この産卵群を対象に刺し網, 沖合底びき網, 定置網による漁業が, 主に渡島総合振興局管内の恵山岬沖から胆振総合振興局管内の苫小牧沖の水深100～400 mにおいて, 10～3月にかけて営まれている。

道南太平洋海域における本種の漁獲量は産卵群の来遊量に依存し (志田, 2011), 高豊度年級群が漁獲対象に加入した年度に増加する傾向が認められている (函館水産試験場・栽培水産試験場, <http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/>, 2021年3月1日。以降, 道総研資源評価書と略す)。近年では, 豊度の高い2005,

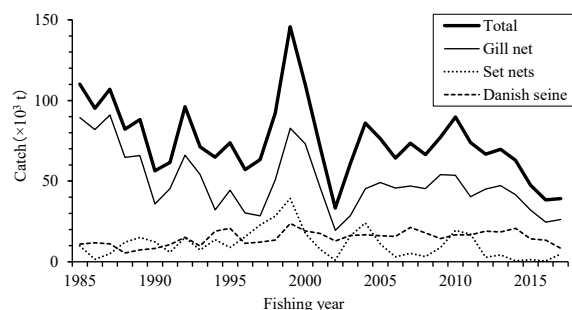


Fig. 1 Interannual changes in walleye pollock catches by the commercial fisheries in the Pacific coast of southwestern Hokkaido from 1985 to 2017.

2007および2009年級が連続して漁獲に加入した2009から2013年度の漁獲量は7万～10万トンで推移したが, その後は減少し2015年以降は4万トン台と低迷している (Fig.1)。また, この海域で最も漁獲量の多いスケトウダラ固定式刺し網漁業 (以降は刺し網漁業と略す) における振興局別の漁獲割合は, 2000年代には渡島管内が50%前後を占めていたが, 2010年度以降は減少して2015年度

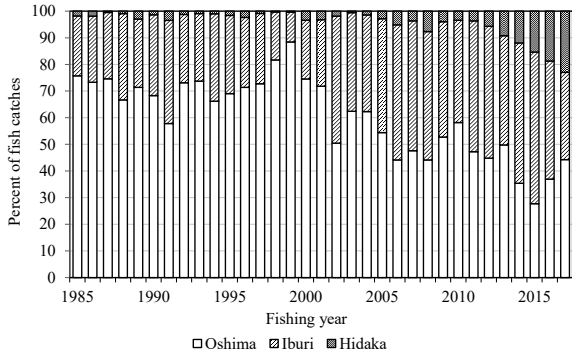


Fig. 2 Interannual changes in the percentage of walleye pollock catches by gill net fisheries in the Oshima, Iburi, and Hidaka areas from 1985 to 2017.

には30%を下回った。これに対して日高管内は、2011年度まではほぼ5%以下で推移していたが、それ以降は増加傾向となっており、2014年度には10%を、2017年度には20%を上回った (Fig. 2)。

スケトウダラは、1997年度から資源評価に基づいて算定される生物学的許容漁獲量 (ABC) をもとに漁獲可能量 (TAC) が定められている。刺し網漁業では、2009、2010年度の漁期途中に漁獲量がTAC配分量に達し、操業期間を早期に切り上げた (道総研資源評価書)。さらに2009および2010年度は操業開始日の繰り下げや使用漁具数の制限、漁期中に漁獲量がTACの満量に達すると予測された場合の振興局別配分量の調整措置など、漁業者や

行政担当者が漁業管理に大きな労力を費やすこととなった。従って、この海域の資源管理を効率的に進めるためには、近年の漁獲動向の地域差や来遊時期の変化について把握するとともに、それらに影響を与える要因について理解を深めることが必要である。

道南太平洋海域では、1998年からスケトウダラ産卵群を対象として、魚群の分布状況や来遊量などを把握することを目的に計量魚群探知機 (以降、計量魚探機と略す) による音響資源調査が実施されている。2008年度までの調査結果から、道南太平洋海域への来遊時期に周期的変動があること、魚群の分布にも年変動があり、これらに海洋環境が大きな影響を与えていること、この海域におけるスケトウダラ成魚の分布量は当該資源の産卵親魚量の指標になることが報告されている (志田, 2011; Shida *et al.*, 2014)。そこで、本研究では、2008年度以降に実施された音響資源調査結果から、産卵期直前の11月におけるスケトウダラ産卵群の分布状況を分析し、その特性と海洋環境との関係について検討し、これらが漁獲動向に与える影響について考察した。

試料及び方法

計量魚探機を用いた音響資源調査 音響資源調査は、道南太平洋海域に設定した調査海域 (Fig. 3) において、2008年度から2017年度まで、現北海道立総合研究機構函館水

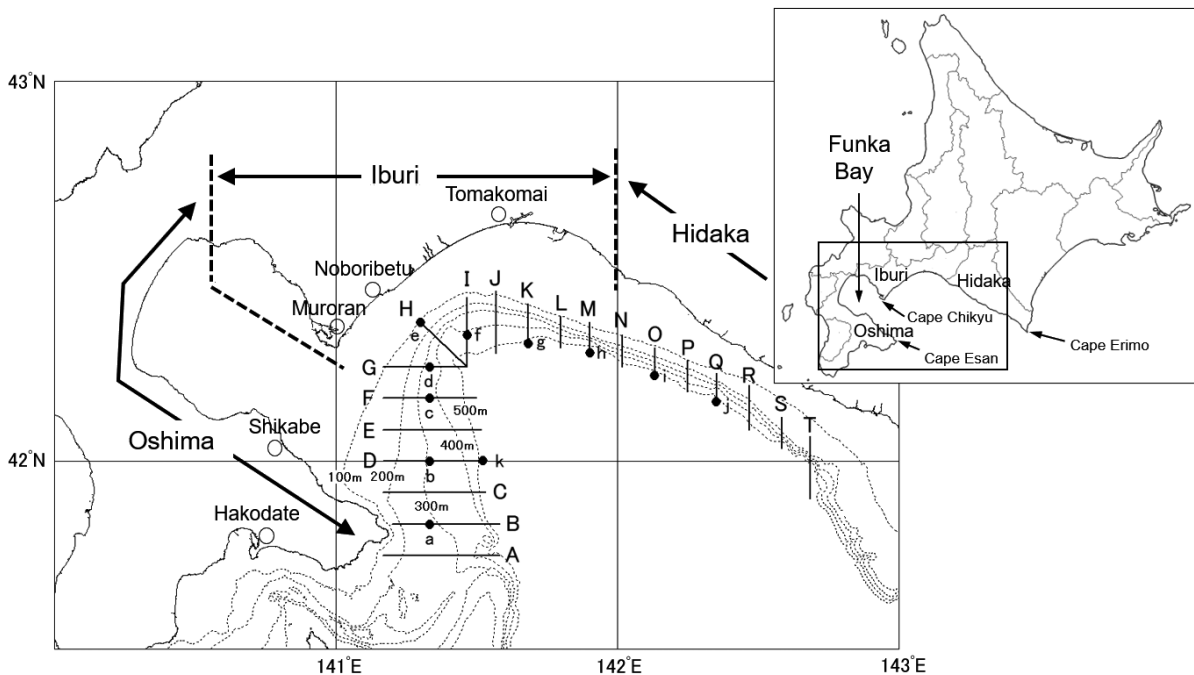


Fig. 3 Survey area, acoustic survey transect lines, and the CTD stations. The capital letters indicate acoustic survey lines, and the lower-case letters indicate observation points. Bold dotted lines show the borders of the Oshima, Iburi and Hidaka areas.

産試験場所属の試験調査船金星丸 (151トン) および釧路水産試験場所属の試験調査船北辰丸 (255トン) を使用して実施した (Table 1)。

Table 1 Summary of acoustic surveys in this study.

Year	Survey date	Transect lines	Vessel
2008	Nov. 17-26	A-T	Kinsei-maru
2009	Nov. 30-Dec. 3	A-T	Kinsei-maru
2010	Nov. 24-27	A-T	Kinsei-maru
2011	Nov. 25-30	A-T	Kinsei-maru
2012	Nov. 26-Dec. 2	A-T	Kinsei-maru
2013	Nov. 20-24	B-T	Kinsei-maru
2014	Nov. 18-23	A-T	Kinsei-maru
2015	Nov. 17-22	A-T	Kinsei-maru, Hokushin-maru
2016	Nov. 18-22	A-T	Kinsei-maru, Hokushin-maru
2017	Nov. 14-21	A-T	Kinsei-maru, Hokushin-maru

音響データは、計量魚探機 (Simrad社 EK60) により、等深線に対し垂直に、5マイル (9.26 km) の平行間隔で設定した調査線 (Fig. 3) を10ノットの速力で航行しながら収録した。計量魚探機の主な設定値はTable 2に示した。本調査では、海底の水深が200~500 mの海域においてデータを収録したが、それより浅い水深帯では調査時間をできるだけ短くするために、志田 (2011) に従って「順応調査」(Simmonds *et al.*, 1992) を採用し、調査線上の魚群が途切れるところでデータ収録を終了した。計量魚探機の較正は、調査前または調査終了後に標準球を用いて実施した。また、索餌期のスケトウダラは日周鉛直移動を行い、その行動が計量魚探機の分布量推定値に影響を与えるとの報告があるため (安部ら, 1999)、音響データの収録は原則として、日没後から日出前の夜間に実施した。

Table 2 Specifications of the quantitative echosounder used in this study.

Echosounder	EK60
Frequency (kHz)	38
Threshold level (dB)	-70
Depth range (m)	3-500
Pulse duration (ms)	1.0
Ping rate (s)	1.4

トロール調査 魚群反応の魚種確認のため、魚群反応がみられた地点において、着底トロール網 (網口高さ3 m, コッド内網目合30×30 mm) を用いてサンプリングを行った。ただし、2010、2013および2014年度は濃密な魚群反応がみられた場所に設置漁具が多かったことから、濃密な魚群を対象としたトロール調査は実施できなかった。また、2017年度には、中層トロール網 (網口高さ8 m, コッド内網目合45×43 mm) を用いて、海底から離れて浮

いている濃密な反応 (海底から50~100 m離れた中層域に分布し、水平方向: 1 nmi², 鉛直方向: 10 mグリッドで算出したNASC (Nautical Area Scattering Coefficient: m²/nmi²) で5,000以上と定義) を対象とした漁獲調査も行った。トロール網の曳網時の船速は、2~3ノット、曳網時間は着底操業および離底操業ともに10分間を基本とした。漁獲物は船上で種ごとに計量もしくは計数し、スケトウダラに関しては無作為に100尾を抽出して冷凍保存して持ち帰り、実験室内において解凍後に尾叉長 (mm) を測定した。なお、漁獲物には未成魚も混じっていたことから、尾叉長350 mm以上のスケトウダラを成魚 (志田, 2011) として扱った。2016年度は荒天のためサンプリングはできなかった。2017年度のトロールサンプリングは、北辰丸、それ以外の年は金星丸で実施した。

海洋観測 音響資源調査の際に、調査点a~k点 (Fig. 3) において、CTD (Seabird社SBE-911plus) による海面から海底直上までの1 m毎の水温および塩分の観測を行った。音響データの解析 計量魚探機により収録した音響データは、解析ソフトEchoview (Ver.7, Myriax社製) を用いて解析した。スケトウダラ魚群の判別は、エコグラム上における魚群形状から行い、海底に沿って連続した層状の魚群とした (飯田ら, 1995; 安部ら, 1999; 志田, 2002; 本田, 2004; 志田ら, 2008)。次に、志田 (2011) に従って、スケトウダラと判別された反応を抽出し、深度100~500 mまで水平方向1マイル (1 nmi: 1,852 m) 平方のNASCを出力した。このうち、1 nmi²あたりのNASCが10,000を超える魚群を濃密な魚群分布 (以降、濃密分布と記す) と定義した。

調査海域内におけるスケトウダラの分布量 (Abundance) は、刺し網漁業の操業体制や漁獲データの集計が振興局別で行われていることを考慮して、渡島 (調査線B~G)、胆振 (同G~N) および日高海域 (同N~S) ごとに、次式により、各調査線長で重み付けした平均NASCに海域面積を乗じてそれぞれの海域の分布量とした。

$$Abundance_m = \sum_i \left(NASC_i \times \frac{L_i}{\sum_i L_i} \right) \times A_m$$

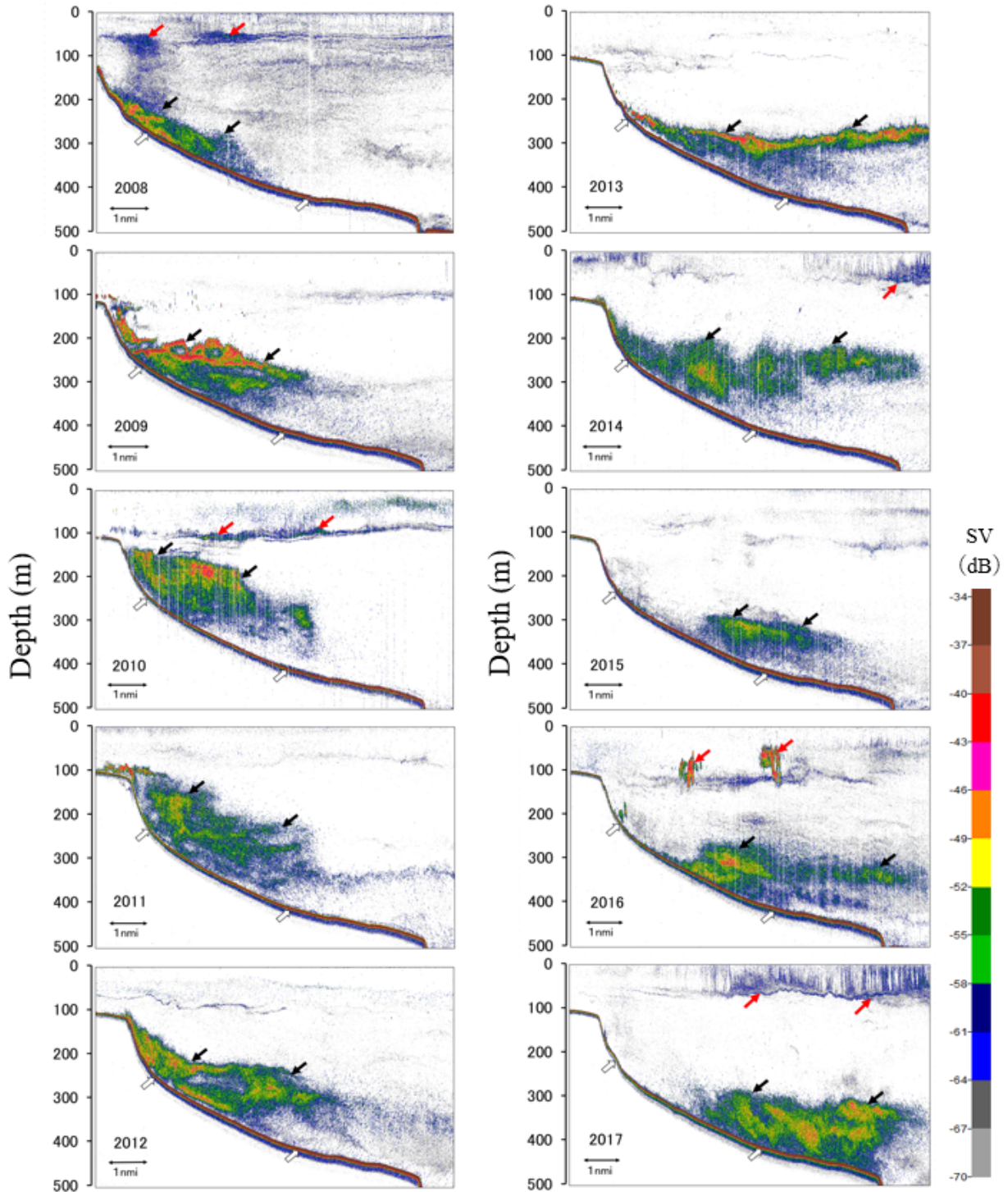
ここで、 $NASC_i$ は調査線*i*の平均NASC値 (m²/nmi²)、 L_i は調査線長、 A_m は調査エリア*m*の面積を示す。

なお、当海域においては、2001年度から本研究と同じ計量魚探機 (Simrad社 EK60) で、調査範囲もほぼ一致した音響資源調査を実施していることから (志田, 2011; Shida *et al.*, 2014)、調査海域内の分布量の経年変化に関しては、海況が悪く欠測の多かった2001年を除き、2002~2007年度のデータも解析に使用した。

結果

魚群反応と魚種判別 産卵場となっている噴火湾口西のI線 (Fig.3) において, スケトウダラと考えられた魚群

反応は, 水深200~400 m付近の陸棚斜面の海底から沖合に層状に伸びる形状を呈していた (Fig.4)。これらの魚群反応を対象としたトロール調査の採集物はすべての曳網においてスケトウダラ成魚が優占していた (Table 3)。



SV : volume backscattering strength

Fig.4 Typical echograms of adult walleye pollock observed along the line I (off the Iburi) area in November from 2008 to 2017. Black arrows indicate echos from adult walleye pollock. Red arrows indicate echos from other sources. White arrows indicate the sea bottom.

Table 3 Percentage and weight by species of catches from bottom and mid-water trawl hauls in November from 2008 to 2017.

Date	2008/11/26	2009/12/2	2011/11/29	2012/12/1	2015/11/20	2017/11/17	2017/11/19
Survey area	Off Noboribetu	Off Noboribetu	Off Noboribetu	Off Muroran	Off Tomakomai	Off Noboribetu	Off Noboribetu
Fishing gear	Bottom trawl	Bottom trawl	Bottom trawl	Bottom trawl	Bottom trawl	Bottom trawl	Mid-water trawl
Bottom depth (m)	310	290	210	310	300	430	430
Towing depth (m)	310	290	210	310	300	430	280~310
Total catch (kg)	433.9	150.3	251.3	101.4	122.0	1665.0	143.0
Species composition (W%)							
Walleye pollock (adult)	81.7	46.2	57.4	70.6	69.1	95.2	100.0
Walleye pollock (young)	0.8	1.1	15.3	3.4	1.4	2.4	0.0
Pacific cod	3.2	1.8	13.7	5.1	15.2	0.1	0.0
Flatfish	1.5	4.9	5.8	3.2	0.0	0.2	0.0
Channel rockfish	0.6	2.3	0.0	0.8	0.0	0.7	0.0
Mottled/Long shanny	1.9	0.3	1.6	0.6	1.4	0.0	0.0
Gray's cutthroat eel	4.4	23.3	0.2	7.0	4.5	1.3	0.0
Eelpouts	1.7	18.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0
Sculpins	1.2	1.0	0.9	0.5	5.2	0.0	0.0
Skates	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Octopus	0.7	0.0	2.7	5.5	2.7	0.0	0.0
Others	0.0	1.1	2.4	2.2	0.5	0.0	0.0

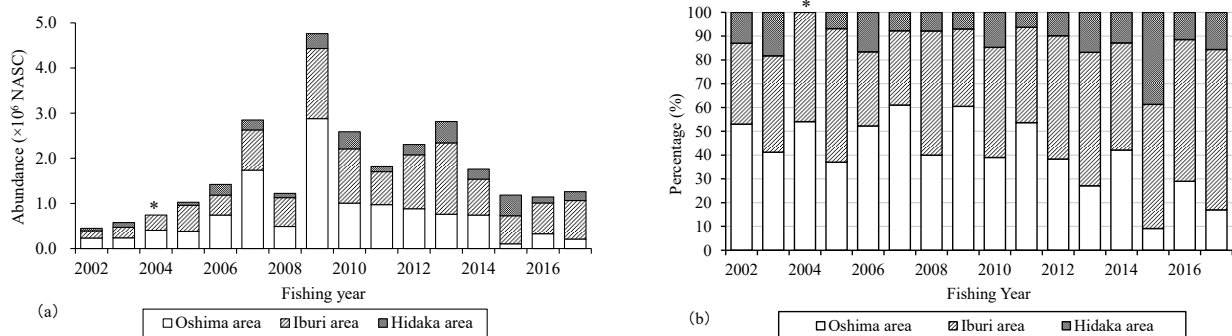


Fig.5 Interannual changes in the adult walleye pollock abundance (a) and percentage of abundance (b) in the survey area in November from 2002 to 2017 (shown separately in oshima, iburi, and Hidaka areas. No data was obtained for the Hidaka area in 2004).

スケトウダラ以外に採集された魚種は、マダラ *Gadus macrocephalus*, カレイ類, イラコアナゴ *Synsphybranchus kaupii*, ゲンゲ類などの底生性魚類となっていた (Table 3)。また, このような魚群反応がみられた海域は, スケトウダラを漁獲対象とする刺し網漁場とも一致していた。これらのことから, 海底から続く層状の反応はいずれもスケトウダラ成魚で構成される産卵群が主体と判断した。トロール採集物の尾叉長組成からスケトウダラ成魚と未成魚由来のNASCをそれぞれ算出したところ (志田, 2011), 2011年度を除き (70%), 成魚由来のNASCが90%以上を占めていたことから, 以降の解析では, これらの反応全てをスケトウダラ成魚として計算した。ただし, 2008, 2010, 2014, 2016, 2017年度に観察された深度100 m以浅の層状の反応については (Fig. 4赤矢印), 分布深度が浅く, 後述のとおりスケトウダラ産卵群に不適とされる水温5℃以上, 塩分33.7~34.2の津軽暖流水 (Rosa *et al.*, 2007) が占めていたことから, スケトウダラ

産卵群の反応とはみなさず, 以後の解析には含めなかった。

スケトウダラ産卵群の分布変化 スケトウダラ産卵群の分布量 (NASC値) は, 2002年度から2006年度にかけて 0.4×10^6 から 1.4×10^6 まで緩やかに増加したが, 2007年度には 2.9×10^6 と2006年から約2倍となった (Fig. 5-a)。2008年度に 1.2×10^6 に減少したが, 2009年度には調査期間を通じて最も高い 4.8×10^6 となり, その後2014年度まで 2.0×10^6 前後で推移した。2015年度以降は 1.2×10^6 と2006および2008年度と同程度の水準まで減少した。

スケトウダラ産卵群の水平分布の推移をFig. 6に示す。2008年度は, 胆振海域 (K~L線) に濃密分布がみられたが, 2009年度は, 来遊量の増加に伴い渡島および胆振 (B~C線およびE~J線) にかけての海域と日高海域 (N線) の広い範囲に認められた。2010年度は前年に引き続き, 渡島 (D~F線) および, 胆振から日高海域 (H~N線) にかけての広い範囲に濃密分布がみられたが, 2009年度と

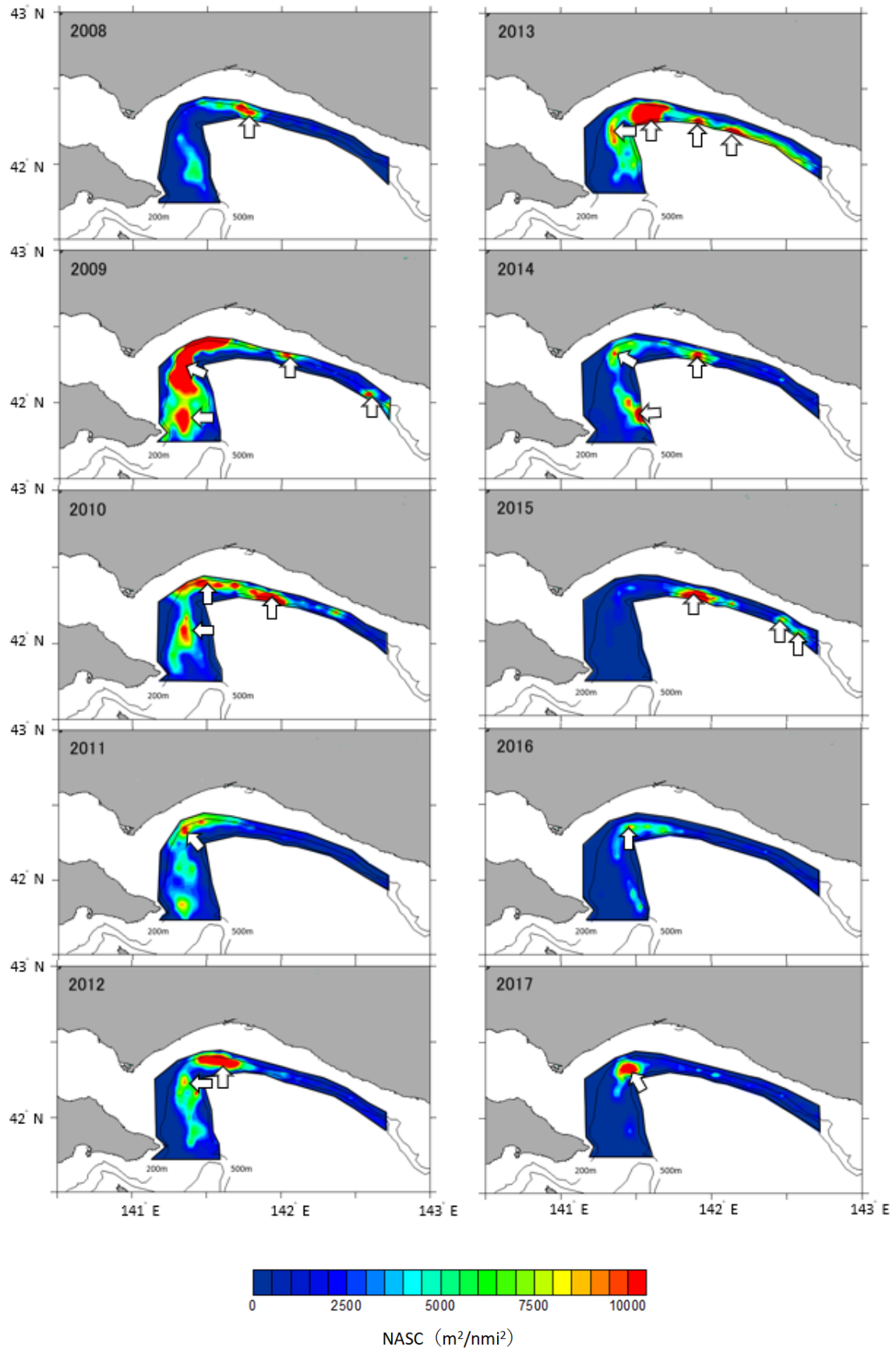


Fig.6 Horizontal distribution of adult walleye pollock observed in November from 2008 to 2017. White arrows indicate the high distribution density area (over 10,000 NASC per square nautical mile) of adult walleye pollock.

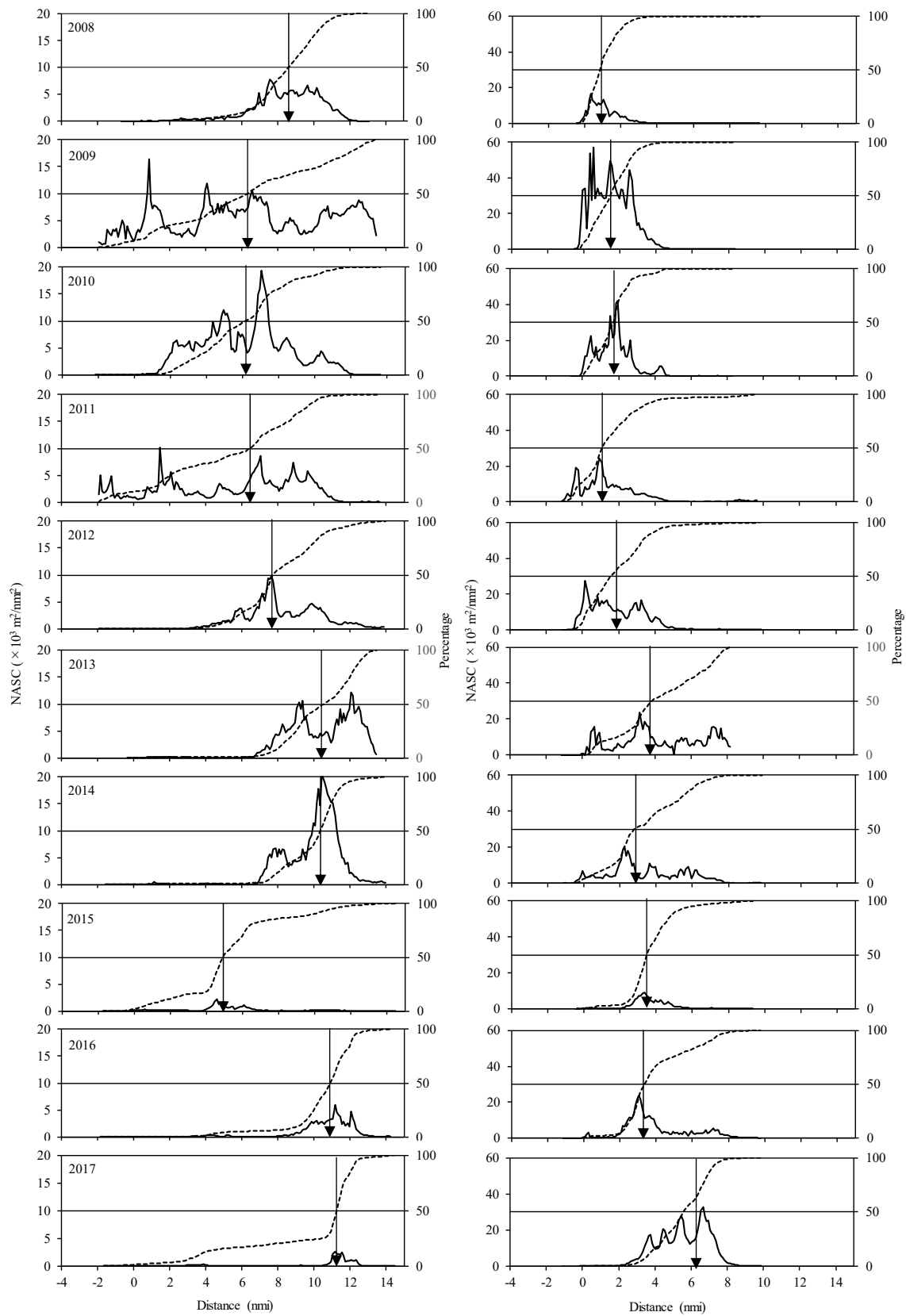


Fig.7 Distribution of adult walleye pollock (solid line) and the accumulation percentage (dotted line) along transect line D in the Oshima area (left panels) and transect line I in the Iburi area (right panels). The distance is indicated from the sea bottom isolines at a depth of 200 m. Arrows indicate the distance at 50%.

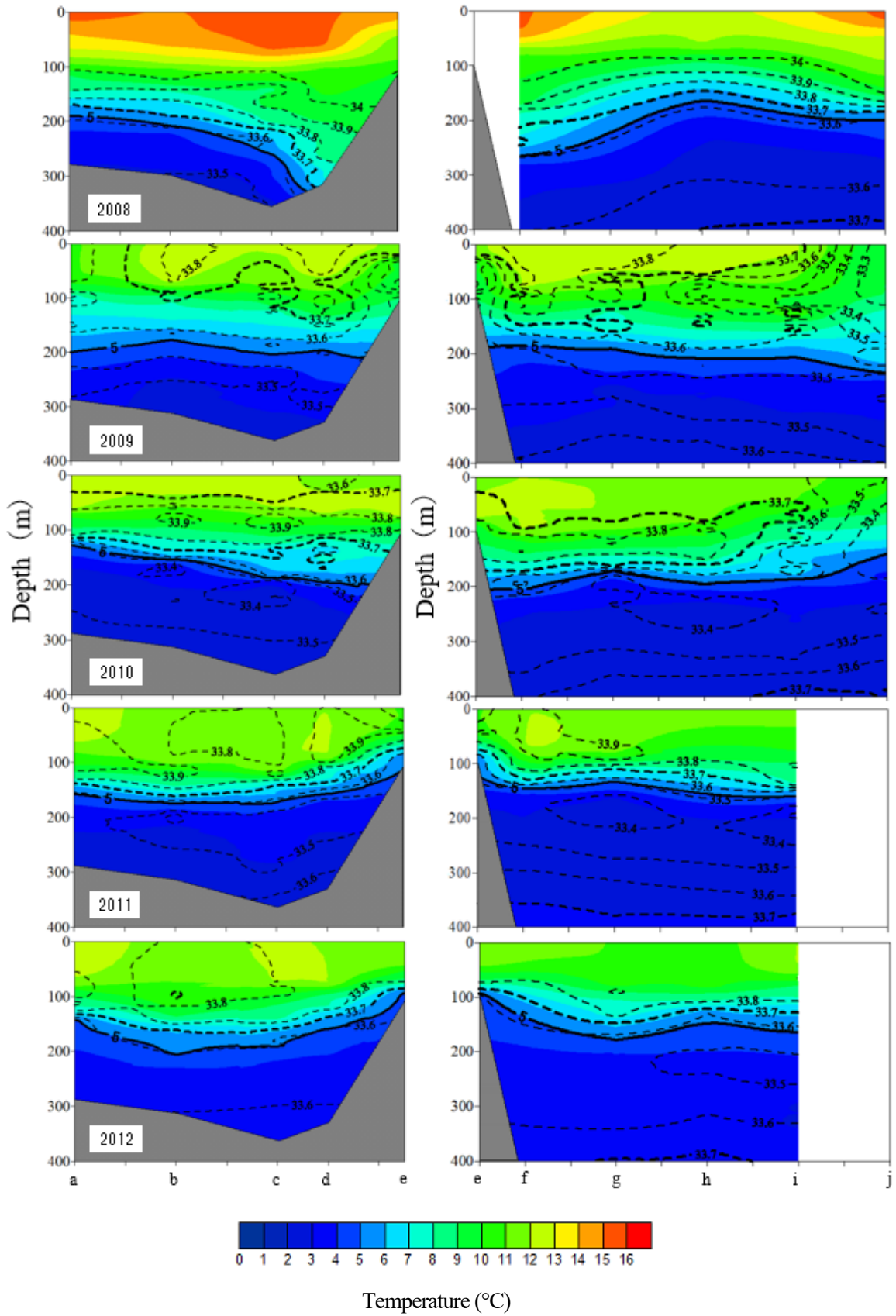


Fig. 8a Vertical profiles of water temperature and salinity in November from stations a to e (from the Oshima to the Iburī area: left panels) and from stations e to j (from the Iburī to the Hidka area: right panels) from 2008 to 2012.

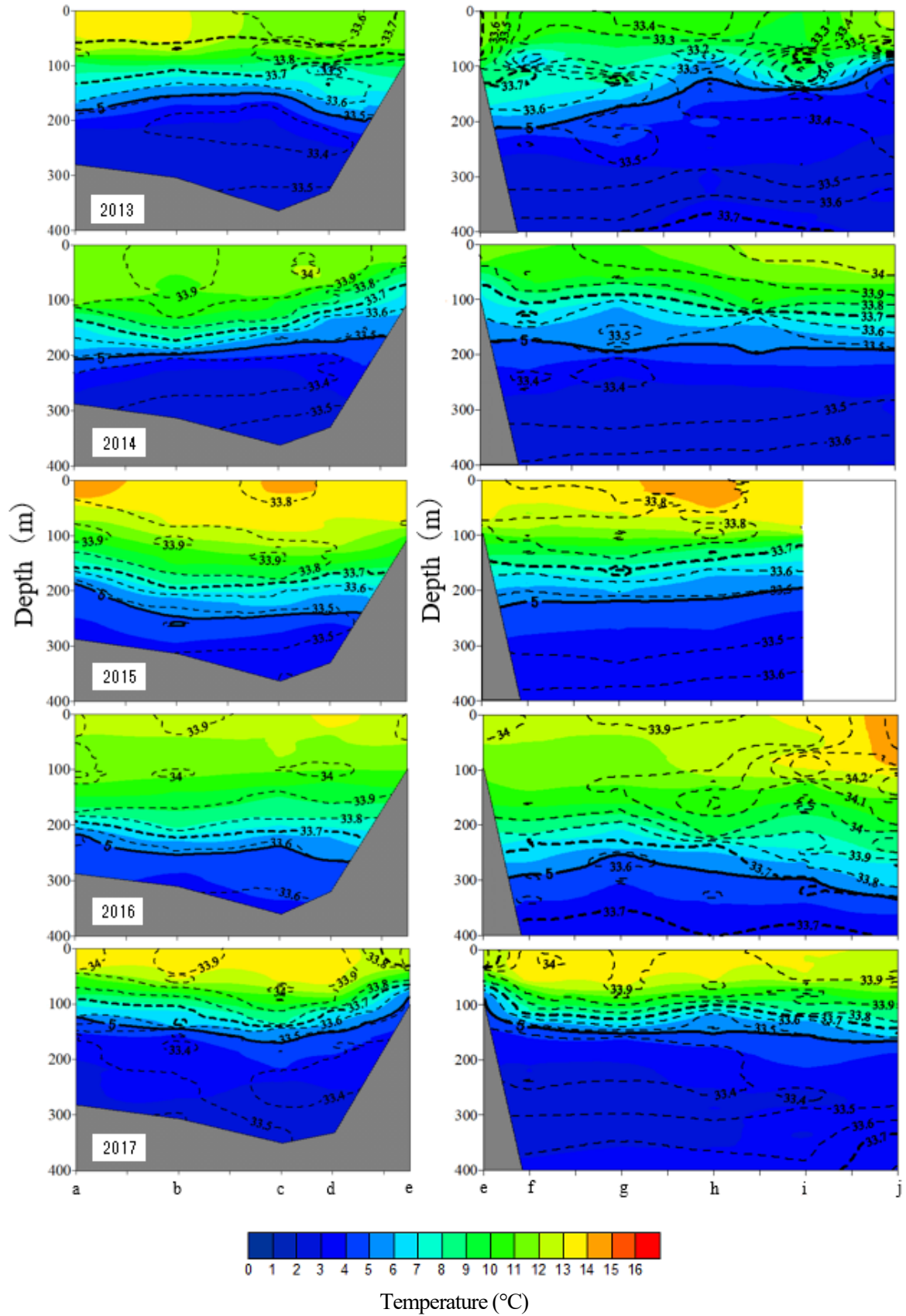


Fig. 8b Vertical profiles of water temperature and salinity in November from stations a to e (from the Oshima to the Iburi area: left panels) and from stations e to j (from the Iburi to the Hidka area: right panels) from 2013 to 2017.

比較して沖陸方向の範囲は狭く、渡島海域の分布範囲も狭かった。2011～2012年度は2009～2010年度と比較して濃密分布の範囲が縮小し、日高海域では認められなかった。2013年度は、渡島から胆振海域（F～GおよびI～K線）にかけて濃密分布がみられ、日高海域（OおよびR線）にも再び濃密分布が認められた。2014年度は前年度に比べてやや範囲が縮小したものの、渡島（C～D線）および胆振から日高海域（H～I線およびL～O線）にかけて濃密分布がみられた。2015年度は濃密分布の範囲が縮小し、渡島および胆振西部海域には認められず、L線以東の胆振東部から日高海域にのみ濃密分布がみられた。2016年度および2017年度は、日高海域には分布が認められず、濃密分布の範囲は大幅に縮小して胆振海域の狭い範囲に限られていた。また、渡島海域には2015年度以降濃密分布がみられなかった。

分布量全体に占める渡島海域の割合は、2002～2012年度まで40～60%で推移していたが、それ以降は増減しながら減少し、2015年度に9%と最低値を記録した。2016年度は29%と前年より増加したものの、2017年度は17%と再び減少し、濃密分布の観察されなくなった2015年度以降は低い水準で推移した。一方、胆振海域では、2002～2012年度までは30～50%で推移していたが、それ以降は渡島海域における分布量の減少と対照的に毎年海域内に濃密分布がみられていたことを反映して50～70%と増加し、3海域で最も分布割合が高くなった。日高海域では、2004年度を除くと、濃密分布が認められた2015年度に約40%となった以外は10～20%程度で推移し、3海域の中では分布割合が最も小さかった（Fig. 5-b）。

渡島海域（調査線D）と胆振海域（調査線I）における魚群分布の特徴を比較するため、水深200 m等深線からの水平距離に対する魚群反応量および累積分布割合の関係をみると（Fig. 7）、調査期間を通じて渡島海域は胆振海域より魚群が200 m等深線から離れた位置、すなわち、より沖側に分布することが明らかであった。また、各年の沖陸方向の分布変化の指標として累積分布割合が50%を超える位置をみると、2015年度の渡島海域を除き2013年度以降は両海域とも沖合方向にシフトしていた。累積分布割合が50%を超える位置の年による変動幅は渡島海域で6.3マイル（4.95マイルから11.25マイル）、胆振海域では4.7マイル（0.85マイルから5.55マイル）と渡島海域の方が大きかった。分布量全体に占める渡島海域の割合（Fig. 5-b）とD線における累積分布割合が50%を超える位置の関係をみると、渡島海域における分布量が非常に少なかった2015年度を除いて両者の間には有意な負の相関（ $r = -0.794$, $n = 9$, $p < 0.05$ ）が認められた。

産卵場付近の海洋環境 噴火湾口域の渡島沖（a地点）か

ら胆振沖（e地点）にかけて、および胆振沖（e地点）から日高沖（j地点）の11月の水温鉛直断面図をみると（Fig. 8）、どの年も表層に水温5℃以上、塩分33.7～34.2の津軽暖流水、その下に水温7℃以下、塩分33.0～33.7の親潮水（Rosa *et al.*, 2007）が分布していた。また、水温2℃未満、塩分33.0未満の沿岸親潮水（Rosa *et al.*, 2007）は、本調査期間内には観察されなかった。スケトウダラの分布を制限すると考えられている津軽暖流水（志田, 2011）の分布深度の目安として5℃の等温線の変化をみると、2008年度は渡島沖から胆振沖にかけて深度200～300 mと徐々に深くなり、そこから日高沖にかけては徐々に浅くなった。2009年度から2014年度にかけては深度150～200 mに形成されほぼ深度に沿っていた。2015および2016年度は2009～2014年度に比べて50 m程度深い深度200～250 mに形成されていた。2017年は深度100～150 mと再び浅場に形成されていた。

考 察

道南太平洋海域におけるスケトウダラ分布量は、2009年度に大きく増加して2013年度まで比較的高い水準で推移したのち減少したが、この変化は高豊度と推定されている2005、2007および2009年級群の産卵群への加入動向（境ら, 2019）を反映したものと考えられる。海域別にみると、分布量が増加した2009～2014年度は、産卵海域とされている噴火湾口域（前田ら, 1981）とその周辺海域に広く濃密分布域がみられた。また、2013および2015年度にはそれまで濃密分布が認められなかった日高海域にもみられた。とくに、2013年度のような濃密分布が広く日高海域まで観察されたのは、調査を開始した1998年度以降で初めてであった。その後、海域全体の分布量が減少すると、濃密分布の範囲が縮小し、特に渡島海域における分布密度の低下が著しかった。また、日高海域の濃密分布も2016年度には消失した。これらの結果から、海域全体の分布量が増加すると、分布密度が増加するだけではなく、高密度の分布域も産卵海域である噴火湾口を中心に拡大すると考えられる。一方、分布量が減少した2015年度以降では、渡島海域の分布割合の低下が顕著となり、日高海域の分布割合は2013年度以降10%以上に上昇し、2015年度には39%と渡島海域を上回る高い値となるなど、分布域の変化は分布量の変動に伴う産卵海域の伸縮だけではなく、他の要因があることが示唆された。

スケトウダラ成魚の分布は海洋環境の影響を受けることが知られている（例えば、Maeda, 1986）。調査を実施した11月のスケトウダラは主として水深200～400 m、水温2～3℃の低温底層水中（Rosa *et al.*, 2007）に分布して

おり、表中層を覆う水温5℃以上の津軽暖流水中には分布しないことが報告されている（志田, 2011）。津軽暖流水の境界とみなした5℃の等温線の分布深度をスケトウダラの水平分布（Fig.5）と比較すると、5℃等温線が水深150~200 m台に分布していた2009~2013年度は、渡島から胆振海域にかけて魚群が広く分布していた。一方、渡島海域と胆振海域の境界であるd点付近において5℃等温線が水深300 mより深くまで貫入していた2008年度は、これを避けるようにスケトウダラの分布も二つに分かれていた。また、2015年度は5℃等温線が渡島から日高海域まで広い範囲で水深250 mと深くにあり、スケトウダラは2014年度以前の傾向と異なり渡島から胆振にかけての海域には分布せず、それより東側に偏って分布した。5℃等深線の深度が深いほど渡島海域の分布割合が小さくなる傾向があることから、津軽暖流水に由来する水温の高い水の分布が、スケトウダラ産卵群の水平分布、特に渡島海域における分布に影響を与えたと考えられる。また、分布量が渡島海域で顕著に減少した要因として、この海域の海底地形の影響も考えられる。渡島海域では水深100~400 mにかけて海底の傾斜がなだらかになっているが、胆振海域および日高海域はこれと比較して急である。渡島海域における魚群の分布は、胆振海域と比較して200 m等深線からより遠く、沖側に分布していたことから（Fig.7）、水温に代表される海洋環境と、海底地形に起因すると考えられる沖陸方向の分布の変化が渡島海域の分布割合に影響を与えたと考えられる。しかし、D線（k点）における5℃の分布深度と累積分布割合が50%を超える位置の間には有意な相関は認められなかった（ $r = 0.475$, $n = 9$, $p = 0.197$: 2015年度を除く）ことから、沖陸方向の分布変化に水温が直接影響を与えているかどうかは不明である。今後、道南海域における津軽暖流水の動態との比較などさらに詳細に検討を進める必要がある。

近年の道南太平洋海域におけるスケトウダラ漁獲量は、2009年度に急増し、2015年度以降減少するといった大きな変動を示した（Fig.1）。道南太平洋海域の漁獲量は来遊量に依存するとされていることから（志田, 2011）、漁獲量変動の主因は本研究で示した分布量の変化によると推察される。また、近年の漁獲動向の変化として、1980年代半ばから一貫して最も漁獲割合の高かった渡島管内の値が減少し、2015年度には1985年度以降で最低の28%まで低下したことがあげられる。前項で示したように、計量魚探機調査の結果でも海域別分布割合には変化が認められており、特に渡島海域の減少が顕著で2015年度の分布割合は9%と非常に低かった。これらのことから、海域別漁獲割合の変化についても魚群分布の影響を受けてい

ることが強く示唆される。これに加え2つ目の要因として、港から漁場までの距離の変化の影響が考えられる。渡島海域では胆振海域と比較して魚群が沖側に分布し、2013年度以降はさらに沖側にシフトした（Fig.7）ことから、漁場までの距離が一層遠くなったことが推測される。さらに3つめの要因として、着業隻数や使用した網の反数など漁獲努力量の違いもあげられる。今後は、漁労日誌や漁獲成績書などの操業記録に基づく漁場位置や漁獲努力量のデータなどを用いて海域別の漁獲割合の変化について分析を進める必要がある。

太平洋系群の資源評価は主として漁業データに基づくVPA（Virtual Population Analysis）によっている（境ら, 2019）。しかし、漁獲制限のあるTAC管理下の漁獲統計を用いた推定値にはある種の偏りが含まれることが以前より指摘されており、漁業とは独立した迅速かつ精度の高い直接推定法による資源量指標値の必要性が指摘されている（原, 2000）。スケトウダラ日本海北部系群では、音響資源調査によって推定された親魚量がVPAのチューニングに用いられており、太平洋系群においても漁業から独立した指標値によるチューニングVPAが実用されることが望ましい。志田（2011）は、産卵盛期の1月に実施した音響資源調査により推定したスケトウダラの現存量とVPAで推定された太平洋系群の産卵親魚量（SSB : Spawning Stock Biomass, 以降、親魚量と略す）が同一の変動パターンを示すことを報告している。本研究を実施した11月下旬のスケトウダラは索餌期から産卵期への移行時期にあり（前田ら, 1981）、当海域で産卵する産卵群の大半がこの時期には来遊していることが想定される。2008~2017年度の太平洋系群のVPAによる親魚量推定値（境ら, 2019）と11月の分布量は、2008年度から2009年度にかけての急激な増加と2013年度以降の減少について動向がよく一致していた（Fig.9）。従って、11月の分布量

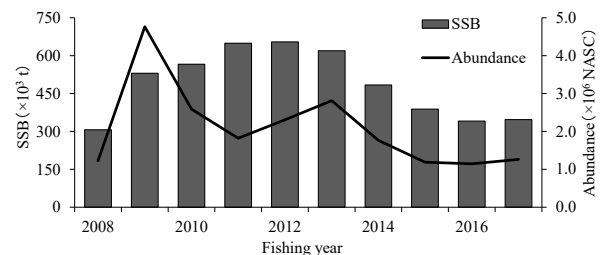


Fig.9 Interannual changes in the spawning stock biomass (SSB) of the Japanese Pacific stock of walleye pollock estimated from the virtual population analysis (Sakai *et al.*, 2019) and the abundance of adult walleye pollock in November in the Pacific coast of southwestern Hokkaido observed from 2008 to 2017 by the acoustic surveys (this study).

についても2009年度前後に起こったような親魚量の大きな変動を迅速に把握する指標値として利用することが可能である。一方、VPAによる親魚量推定値が高い水準で緩やかに増加した2010~2013年度については、比較的高い水準にあるという点では一致していたものの、その変動傾向は一致しなかった。この原因については、VPAによる推定値に関しては、先にあげた問題点に加えて、漁獲後の残りを産卵親魚とみなす計算方法に起因するもの、自然死亡率や成熟率を毎年一定とすることに起因するもの、年齢別漁獲尾数や最近年の漁獲係数および魚の年齢別平均体重などの推定誤差に起因するものが考えられる(志田, 2011)。一方、計量魚探機の調査結果は、その値が調査期間におけるスナップショットであり、本研究の調査海域は索餌場も含めた成魚の分布域全体をカバーしていないことから、調査時期以前に産卵を終了して索餌場へ回遊した個体や、調査時期以後にこの海域に来遊して産卵に参加した個体が含まれないことなどに起因する推定誤差などが指摘されている(志田, 2011)。これらのことを踏まえて、この時期の分布域全体をカバーできるように、索餌海域である北海道東部太平洋海域も含めた広域調査を2015年度から開始している。今後は産卵盛期の1月におけるデータ解析を進めると共に、11月の広域調査の結果と併せて、漁業とは独立した産卵親魚量の指標値について検討を進める必要がある。

本研究で明らかとなったように海洋環境の影響による産卵群の移動や分布の変化が今後も継続して起こるようになると、産卵場の形成時期や期間、あるいは産卵場の形成場所や規模にも影響が生じることが懸念される。産卵場の形成される場所や時期が変動すると、生み出された卵や仔稚魚の育成場となっている噴火湾内(Nakatani *et al.*, 1981)への輸送とその後経験する環境も大きく変化することが推測されることから、再生産関係にも重大な影響を及ぼす可能性がある(スイッチング仮説: Shida *et al.*, 2007)。今後は産卵期における分布や環境についても整理し、産卵期直前までの分布や水温環境が産卵場形成にどのような影響を及ぼしているか解析を進める必要がある。

謝 辞

本研究の調査実施にあたっては、北海道立総合研究機構所属の試験調査船金星丸および北辰丸の乗組員諸氏に多大なご協力とご指導をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。また、函館水産試験場渡野邊雅道氏、中央水産試験場城幹昌博士には、音響データの収録、漁獲物の標本採集に関して協力いただき、厚く御礼申し上げる。

本稿をまとめるにあたり、編集者および査読者には長期間に渡って対応していただき、非常に有意義なアドバイスを頂戴した。深く感謝の意を表す。

なお、本研究の一部は水産庁委託「我が国周辺水域資源評価等推進事業」によって得られたデータを使用した。

引用文献

- 安部幸樹, 飯田浩二, 向井 徹. スケトウダラの音響資源調査における面積後方散乱係数の昼夜変動. 日本水産学会誌 1999; 65: 252-259.
- 原 一郎. 1. 直接推定法の今日的意義. 「TAC管理下における直接推定法—その意義と課題」恒星社厚生閣, 東京. 2000; 9-18.
- 本田 聡. 音響資源調査によるスケトウダラ (*Theragra chalcogramma*) 太平洋系群の若齢魚の年級群豊度推定 (博士号論文). 水産総合研究センター研究報告 2004; 12: 25-126.
- 飯田浩二, 向井 徹, 黄 斗湊, 早川知子, 松山幸浩. 計量魚群探知機でみた噴火湾に来遊するスケトウダラ産卵群の分布と海洋環境. 日本水産学会誌 1995; 61: 27-34.
- 前田辰昭, 高橋豊美, 上野元一. 噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ成魚群の生活年周期. 日本水産学会誌 1981; 47: 741-746.
- Maeda T. Life cycle and behavior of adult pollock (*Theragra chalcogramma*) (PALLAS) in water adjacent to Funka Bay, Hokkaido Island. *Int. North Pac. Comm. Bull.* 1986; 45: 39-65.
- Nakatani T, Maeda T. Transport process of Alaska pollack eggs in Funka Bay and the adjacent waters, Hokkaido. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 1981; 47: 115-118.
- Nishimura A, Hamatu T, Yabuki K, Shida O. Recruitment fluctuations and biological response of walleye pollock in the Pacific coast of Hokkaido. *Fish. Sci.* 2002; 68(Suppl.1): 206-209.
- Rosa A L, Isoda Y, Uehara K, Aiki T. Seasonal variations of water system distribution and flow pattern in the southern sea area of Hokkaido, Japan. *J. Oceanogr.* 2007; 63: 573-588.
- 境 磨, 山下夕帆, 田中寛繁, 石野光弘, 千村昌之, 山下紀生. 平成30年度スケトウダラ太平洋系群の資源評価. 平成30年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第1分冊. 東京, 水産庁増殖推進部, 国立研究開発法人水産研究・教育機構, 東京. 2019; 419-470.
- 志田 修. 北海道東部太平洋海域におけるスケトウダラ

- の年齢別分布水深. 北海道立水産試験場研究報告 2002 ; 63 : 9-19.
- 志田 修, 三宅博哉, 金田友紀, 石田良太郎, 宮下和土. 計量魚群探知機による冬季の北海道東部太平洋海域におけるスケトウダラ *Theragra chalcogramma* 未成魚の分布. 日本水産学会誌 2008 ; 74(2) : 152-160.
- 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. 北海道水産試験場研究報告2011 ; 79 : 1-75.
- Shida O, Mihara Y, Mutoh T, Miyashita K. Interannual changes in timing of walleye Pollock spawning migration and their impacts on the gillnet fishery in the southwestern Pacific coast of Hokkaido, Donan area, Japan. *Fish. Sci.* 2014 ; 80 : 173-179.
- Shida O, Hamatsu T, Nishimura A, Suzaki A, Yamamoto J, Miyashita K, Sakurai Y. Interannual fluctuations in recruitment of walleye pollock in the Oyashio region related to environmental changes. *Deep-Sea Res. II.* 2007 ; 2822-2831
- Simmonds E J, Williamson N J, Gerlotto F, Aglen A. Acoustic survey design and analysis procedure: A comprehensive review of current practice. *ICES cooperative research report No.187.* International Council for Exploration of the Sea, Copenhagen, 1992 ; 131p.
- Tsuji S. Alaska pollock Population, *Theragra chalcogramma*, of Japan and its adjacent waters, I : Japanese fisheries and population studies. *Mar. Behav. Physiol.* 1989 ; 15 : 147-205.
- Wakabayashi K, Watanabe K, Watanabe Y. Assessments of walleye pollock abundance of the southeast Pacific coast of Hokkaido, based on catch statistics and survey data. *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.* 1990 ; 50 : 101-120.