

北 水 試 研 報  
Sci. Rep.  
Hokkaido Fish. Res. Inst.

CODEN : HSSKAJ  
ISSN : 2185-3290

# 北海道水産試験場研究報告

第 101 号

## SCIENTIFIC REPORTS OF HOKKAIDO FISHERIES RESEARCH INSTITUTES No.101

北海道立総合研究機構水産研究本部

北海道余市町

2022年3月

Hokkaido Research Organization  
Fisheries Research Department

Yoichi, Hokkaido, Japan

March, 2022

北海道立総合研究機構水産研究本部は次の機関をもって構成されており、北海道水産試験場研究報告は、これらの機関における研究業績を登載したものです。

Fisheries Research Department of the Hokkaido Research Organization will now comprise the following seven local Fisheries Research Institutes. The study achievements of these institutes will be published in the “Scientific reports of Hokkaido Fisheries Research Institutes”.

**地方独立行政法人  
北海道立総合研究機構  
水産研究本部**

(Local Independent Administrative Agency  
Hokkaido Research Organization  
Fisheries Research Department)

中央水産試験場 (Central Fisheries Research Institute)	046-8555 余市郡余市町浜中町238 (Hamanaka-cho, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)
函館水産試験場 (Hakodate Fisheries Research Institute)	040-0051 函館市弁天町20-5 函館市国際水産・海洋総合研究センター内 (Benten-cho, Hakodate, Hokkaido 040-0051, Japan)
釧路水産試験場 (Kushiro Fisheries Research Institute)	085-0027 釧路市仲浜町4-25 (Nakahama-cho, Kushiro, Hokkaido 085-0027, Japan)
網走水産試験場 (Abashiri Fisheries Research Institute)	099-3119 網走市鱒浦1-1-1 (Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-3119, Japan)
稚内水産試験場 (Wakkanai Fisheries Research Institute)	097-0001 内市末広4-5-15 Suehiro, Wakkanai, Hokkaido 097-0001, Japan)
栽培水産試験場 (Mariculture Fisheries Research Institute)	051-0013 蘭市舟見町1-156-3 Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan)
さけます・内水面水産試験場 (Salmon and Freshwater Fisheries Research Institute)	061-1433 庭市北柏木町3-373 Kitakashiwagi-cho, Eniwa, Hokkaido 061-1433, Japan)

# 北海道水産試験場研究報告

第101号

## 目 次

### 坂口健司, 高嶋孝寛, 鈴木祐太郎

北海道寿都町沿岸の日本海におけるホッケの産卵期と水温環境…………… 1

### 武藤卓志, 志田 修

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…………… 11

### 夏池真史, 金森 誠, 一ノ瀬寛之, 中田幸保

噴火湾における垂下式養殖ホタテガイの生残・成長におよぼす耳吊り作業時期の影響…………… 25

### 吉田秀嗣, 安宅淳樹, 藤井 真, 今野義文, 新居久也

道南太平洋海域におけるシシャモの小型化について (資料)…………… 31

### 高谷義幸, 川井唯史, 秋野秀樹

北海道忍路湾におけるホソメコンブ子嚢斑面積の簡易推定法 (資料)…………… 39

(2022年3月)

SCIENTIFIC REPORTS  
OF  
HOKKAIDO FISHERIES RESEARCH INSTITUTES

No.101

CONTENTS

KENJI SAKAGUCHI, TAKAHIRO TAKASHIMA and YUTARO SUZUKI Spawning season and temperature conditions of the Arabesque greenling <i>Pleurogrammus azonus</i> in the Sea of Japan near Suttsu, Hokkaido .....	1
TAKASHI MUTOH and OSAMU SHIDA Recent distribution and annual change of adult walleye pollock <i>Gadus chalcogrammus</i> in the pre-spawning season near the Pacific coast of southwestern Hokkaido .....	11
MASAFUMI NATSUIKE, MAKOTO KANAMORI, HIROYUKI ICHINOSE and YUKIYASU NAKATA Effects of ear-hanging time on survival and growth of Yesso scallops ( <i>Mizuhopecten yessoensis</i> ) in Funka Bay, Hokkaido, Japan .....	25
HIDETSUGU YOSHIDA, JUNKI ATAKA, MAKOTO FUJII, YOSHIFUMI KONNO and HISAYA NII Declining body size of the Shishamo smelt <i>Spirinchus lanceolatus</i> on the Pacific coast of southern Hokkaido (Note) .....	31
YOSHIYUKI TAKAYA, TADASHI KAWAI and HIDEKI AKINO A simplified estimation method of the sorus area of the sporophyte of the kelp <i>Saccharina japonica</i> ver. <i>religiosa</i> in Oshoro Bay, southwestern Hokkaido (Note) .....	39

(March, 2022)

## 北海道寿都町沿岸の日本海におけるホッケの産卵期と水温環境

坂口健司<sup>\*1</sup>, 高嶋孝寛<sup>1</sup>, 鈴木祐太郎<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北海道立総合研究機構中央水産試験場,

<sup>2</sup>北海道立総合研究機構水産研究本部

Spawning season and temperature conditions of the Arabesque greenling *Pleurogrammus azonus* in the Sea of Japan near Suttsu, Hokkaido

KENJI SAKAGUCHI<sup>\*1</sup>, TAKAHIRO TAKASHIMA<sup>1</sup> and YUTARO SUZUKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Central Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, Yoichi, Hokkaido 046-8555,

<sup>2</sup> Fisheries Research Department, Hokkaido Research Organization, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan

The maturity state of the Arabesque greenling *Pleurogrammus azonus* and the temperature conditions of the spawning ground in the Sea of Japan near Suttsu, Hokkaido, from October to December 2013–2017, were examined as indicators that could determine the period of resource management measures. The spawning dates of the fish were from November 8th to December 3rd. The bottom water temperature at the spawning date ranged between 12.0 and 13.8°C.

キーワード: *Pleurogrammus azonus*, 産卵期, 水温, 北海道, ホッケ, 日本海

北海道北部（後志，石狩，留萌，宗谷，オホーツクの各振興局管内）の日本海およびオホーツク海に分布するホッケ *Pleurogrammus azonus* は、底建網などの沿岸漁業および沖合底びき網漁業によって漁獲される重要な水産資源である。本資源を適切に漁獲利用するため、道総研水産研究本部は資源や漁業の状態を評価し公表している（最新版は板谷ら，2020，<http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/>，以下URL省略）。本資源の漁獲量は、1993–2008年のほとんどの年で10万トンを超えていたが、2009年から減少し、2015–2017年には約1.6万トンに落ち込んだ（Fig. 1）。この漁獲量の急激な減少の原因は、資源量の減少にあると考えられている（高嶋，2012；板谷ら，2020）。

本資源を対象とする主な漁業は、道総研の資源評価（板谷ら，2020）に基づく北海道水産林務部の指導の下に、2012年から漁獲量や漁獲努力量を自主的に規制し、産卵親魚量（以下、親魚量とする）を確保する資源管理措置を実行し始めた（星野ら，2017）。親魚を多く捕り残すことができれば、産卵量を多く確保することができる。それらから孵化、成長する過程での仔稚魚の生残率は年級

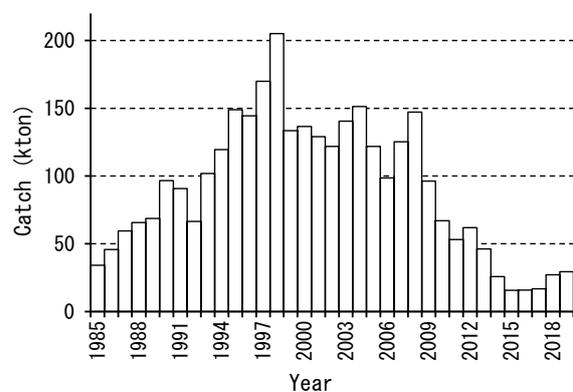


Fig. 1 *Pleurogrammus azonus* catches in the Sea of Japan and Sea of Okhotsk near northern Hokkaido from 1985 to 2019.

群によって異なる。しかし平均的には、より多く確保した親魚量は、より多い加入量につながり、さらに次世代の親魚量の増加につながることが期待できる。この資源管理措置は、これらの過程の繰り返しによって将来の資源量や漁獲量の回復を目指すものである。

この資源管理措置の効果として、2019年の資源量や親

魚量は持ち直しつつあり(板谷ら, 2020), 自主規制中にもかかわらず漁獲量は約3万トンに増加した(Fig.1)。しかし, 資源水準は低水準と判断されており(板谷ら, 2020), かつて漁獲量が10万トンを超えて維持されていたことを考えても, 資源状態は十分に回復していない。資源状態を十分に回復させるためには, これまでの資源管理措置を改良しながら継続する必要がある。

沖合底びき網漁業などの資源管理措置(星野ら, 2009; 板谷ら, 2020)によって沖合海域で捕り残されたホッケの親魚は, 産卵期が近づくと沿岸の産卵場に来遊する(添田ら, 1953; 石垣・中道, 1957; Takashima *et.al.*, 2016)。産卵場に来遊した親魚が産卵できるか否かには, 産卵場での漁獲が強く影響する。北海道の後志総合振興局管内南部(以下, 後志南部とする)の沿岸海域は, 本種の主要な産卵場の一つとして知られている(平野, 1947; 宮口, 1983)。この海域では産卵期に主要な沿岸漁業の一つである底建網によって本種が漁獲される(宮口, 1983; 星野ら, 2009; 板谷ら, 2020)。したがって, この海域の産卵期における底建網の資源管理措置は, 本種の親魚量と産卵量を確保するうえで特に重要である。

産卵期の底建網によるホッケの資源管理措置の例として, 産卵期や水温などを指標として期間を設定し, 敷設統数の削減や入網した魚の放流などの漁獲規制を行うことが想定できる。そのためには産卵期や水温環境などに関する知見が必要となる。

本種の産卵期は北方で早く, 南方になるほど遅くなることが知られている(平野, 1947; 蒲原, 1957)。後志南部の沿岸海域の産卵期については, 10月下旬から11月中旬頃(平野, 1947), 11月上旬から12月上旬(添田ら, 1953), 10月下旬から11月下旬(宮口, 1983)などの知見がある。また産卵期の水温環境については, 松前および熊石で13℃前後(蒲原, 1957), 後志海域で12-14℃(宮口, 1983)などがある。しかし, これらはいずれも数十年前の知見であり, 調査方法やデータに関する記述が不明瞭であるため, 新たに資源管理措置を提言する根拠としては不十分である。

そこで本研究では, 後志南部に位置する寿都町沿岸の底建網によるホッケ漁獲物の生物学的特性と底層水温などを調べることによって, 本種の産卵期とその水温環境を明らかにし, 資源管理措置の期間を決めるための指標の候補について検討する。

## 試料及び方法

2013-2017年の10-12月に, 寿都町沿岸の水深30-50 mの海域に敷設された底建網によって漁獲されたホッケを標

本に用いた(Table 1, Fig.2)。標本採集は合計12回で, 2013年と2014年は7-19日の間隔をあけて各4回, その他の年は漁獲量の減少により標本採集が困難であったため,

Table 1 Sampling dates and number of specimens of *Pleurogrammus azonus* collected by bottom set nets in the Sea of Japan near Suttsu, Hokkaido, from October to December 2013 to 2017.

Sampling date	Number of specimens (%)		
	Female	Male	total
Oct. 30 2013	15 (7)	203 (93)	218 (100)
Nov. 14	149 (87)	22 (13)	171 (100)
Dec. 3	127 (98)	2 (2)	129 (100)
Dec. 18	119 (58)	87 (42)	206 (100)
Nov. 6 2014	109 (84)	21 (16)	130 (100)
Nov. 17	105 (95)	5 (5)	110 (100)
Nov. 24	122 (94)	8 (6)	130 (100)
Dec. 9	105 (66)	55 (34)	160 (100)
Nov. 12 2015	107 (97)	3 (3)	110 (100)
Nov. 23	105 (88)	15 (13)	120 (100)
Nov. 11 2016	86 (86)	14 (14)	100 (100)
Nov. 8 2017	89 (86)	15 (14)	104 (100)

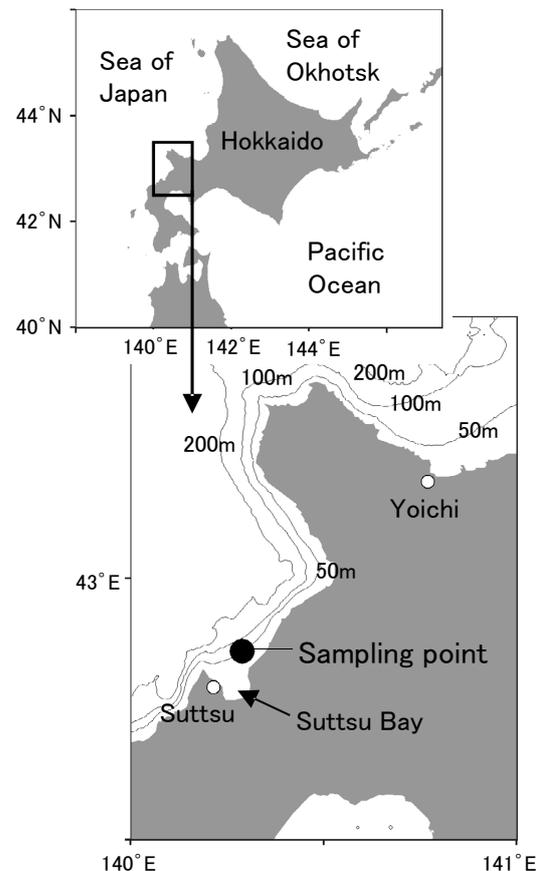


Fig.2 Location of the sampling point of *Pleurogrammus azonus* caught by bottom set nets in the Sea of Japan near Suttsu, Hokkaido.

2015年が11日間隔で2回、2016年と2017年が各1回であった。

各標本採集日に底建網の漁獲物から無作為に抽出した40 kg以上のホッケを1つの標本として扱った。各個体の生物学的特性を調べるため、体長、内臓除去重量、生殖腺重量を計測し、生殖腺の目視観察により性別を判定した。さらに、年齢を査定するために魚体の頭部から耳石(平衡石)を摘出した。耳石を樹脂に包埋した後、切断して薄片を作成し、実体顕微鏡下で耳石薄片に観察される輪紋を計数することで、年齢を査定した(高嶋ら, 2013a)。雌個体の成熟と産卵の状況を調べるため、生殖腺重量指数(GSI: 卵巣重量(g)/内臓除去重量(g)×100)を計算した。各標本のホッケの測定個体数は100–218個体であった(Table 1)。

ホッケは海底の岩礁に産卵するため(添田ら, 1953)、水深45 m付近に敷設された底建網の海面からの深度約35 m、海底からの距離約10 mの位置に記録式水温計(Onset社製、ティドビットV2)を取り付けた。水温データの記録間隔は1時間とした。得られた水温データは、漁獲時の揚網にともなうと考えられる急激に変化した値を除去したうえで、日別に平均した(以下、底建網底層水温とする)。この底建網底層水温は、特に2014年の水温計の取り

付け時期が遅れたためデータの欠測期間が存在した。これを補うために、水深50 m以浅の海域が広がる寿都湾内(Fig.2)において、海面からの深度約20 mで得られた水温データも用いた(以下、寿都湾水温とする)。このデータは後志海区水産技術普及指導所岩内支所と地元の漁業者が、湾内に敷設された養殖施設に同じタイプの記録式水温計を取り付けて収集したものである。

産卵期前後の漁獲状況を把握するため、標本を得た底建網を所有する漁業者の日別のホッケの漁獲量を漁業協同組合の荷受け伝票から調べた。集計期間は2013–2017年の10–12月とした。

### 結果

**雌の体長年齢組成** 産卵期前後に産卵場周辺海域に分布する雌のホッケの体長と年齢の変化を検討するため、底建網で漁獲された雌の体長年齢組成を示した(Fig.3)。2013年10月30日では、体長範囲が27–30 cm、モードが28 cmに見られ、1歳魚と2歳魚で構成されていた。11月14日および12月の3日と18日では、体長範囲が24–34 cmに広がったが、モードは28 cm、1歳魚と2歳魚が主体で変わらなかった。

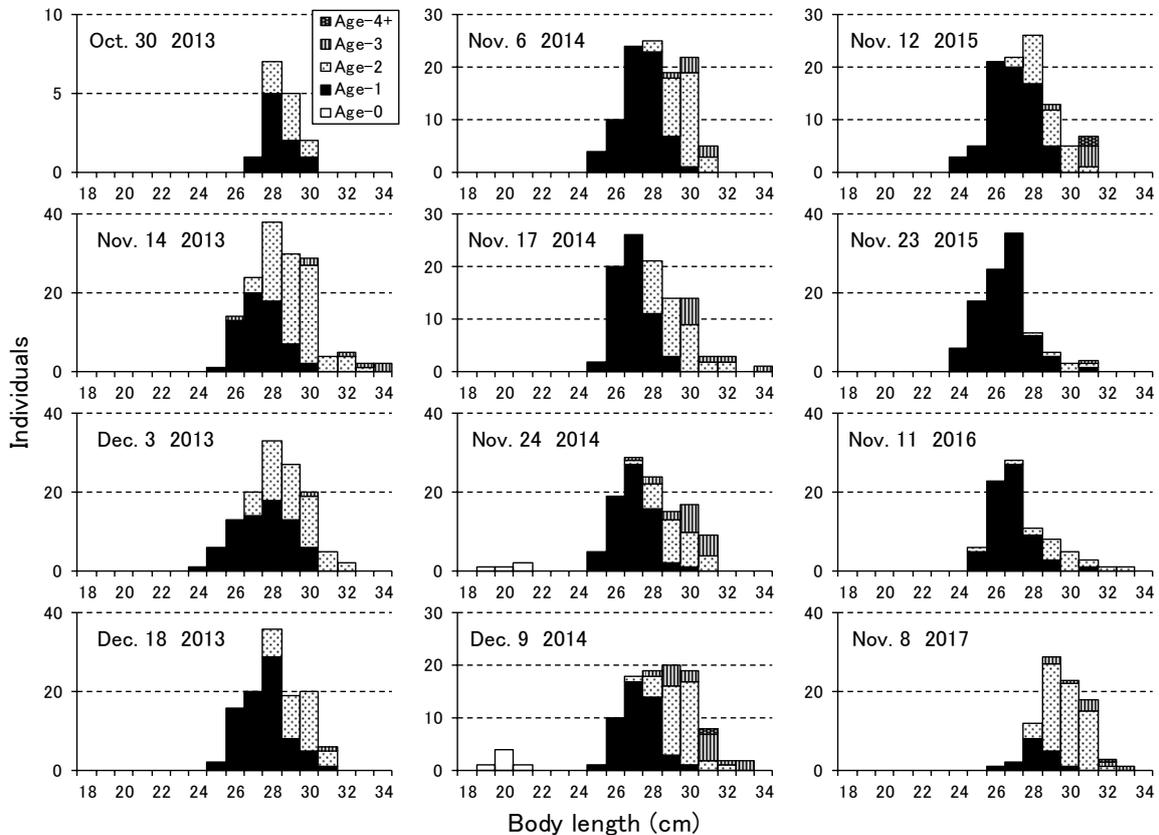


Fig. 3 Standard length and age distribution of *Pleurogrammus azonus* females collected using bottom set nets in the Sea of Japan near Suttsu, Hokkaido, from October to December 2013 to 2017.

2014年は、主に体長26–28 cmの1歳魚と体長28–30 cmの2歳魚が主体で、漁期の進行に伴う変化は明瞭でなかった。なお、11月24日と12月9日の体長19–21 cmに0歳魚も認められたが、0歳魚は産卵しないと考えられているため(久新・高杉, 1957; Takashima *et al.*, 2016), 後述のGSIの計算対象から除いた。

2015年は、11月12日が体長26–28 cm, 11月23日が体長25–27 cmの共に1歳魚が大部分を占めた。2016年11月11日は体長組成のモードが26–27 cmの1歳魚が主体であった。2017年11月8日は1歳魚が少なく、体長29–31 cmの2歳魚が主体である点で他の年と異なっていた。

**雌のGSIの推移と産卵期** 一般に、産卵期前後に産卵場に分布する雌成体のGSIの大幅な低下は、産卵の結果と見なせる。本研究では、標本数の多い2013年と2014年の雌のホッケのGSI組成の推移において、調査期間の途中から現れ、後に大部分を占めた最も低い階級(0以上3未満)にある個体を「産卵後」と判断した(Fig. 4)。本種は卵群同期発達型の1産卵期複数回産卵型であるため(Takashima *et al.*, 2016), GSIが3以上の階級にある個体が、産卵前なのか、複数回産卵の途中なのか、GSIのみから

判断することは困難である。そこで、これらを「産卵前または産卵中」の個体と判断した。

さらに、標本を採集した日が産卵期か否かを判断するため、標本にGSIが3未満の産卵後の個体と3以上の産卵前または産卵中の個体が混在している日を「産卵期」と判断した。GSIが3以上の個体が標本を占める日は、産卵中の個体が含まれる可能性が残るが、ここでは便宜的に、大半を産卵前の個体が占めると見なして「産卵期開始前」とした。GSIが3未満の産卵後の個体が大部分を占める日は「産卵期終了後」と判断した。

2013年の10月30日および11月14日は、雌のGSI組成が3から24の範囲で、産卵後と判断される0–3の階級は見られなかったため、産卵期開始前と判断された(Fig. 4)。12月3日のGSI組成は、モードが0–3に低下し、3以上の割合が小さくなり副モードが9–12に見られた。このことから12月3日は産卵期と考えられた。12月18日は、98%のGSIが0–3であったため、ほぼ産卵期終了後と考えられた。

2014年の11月6日および17日は、GSIが3から24の範囲で、3未満は見られなかったため、産卵期開始前と判断された。11月24日のGSI組成は、それまで見られなかった

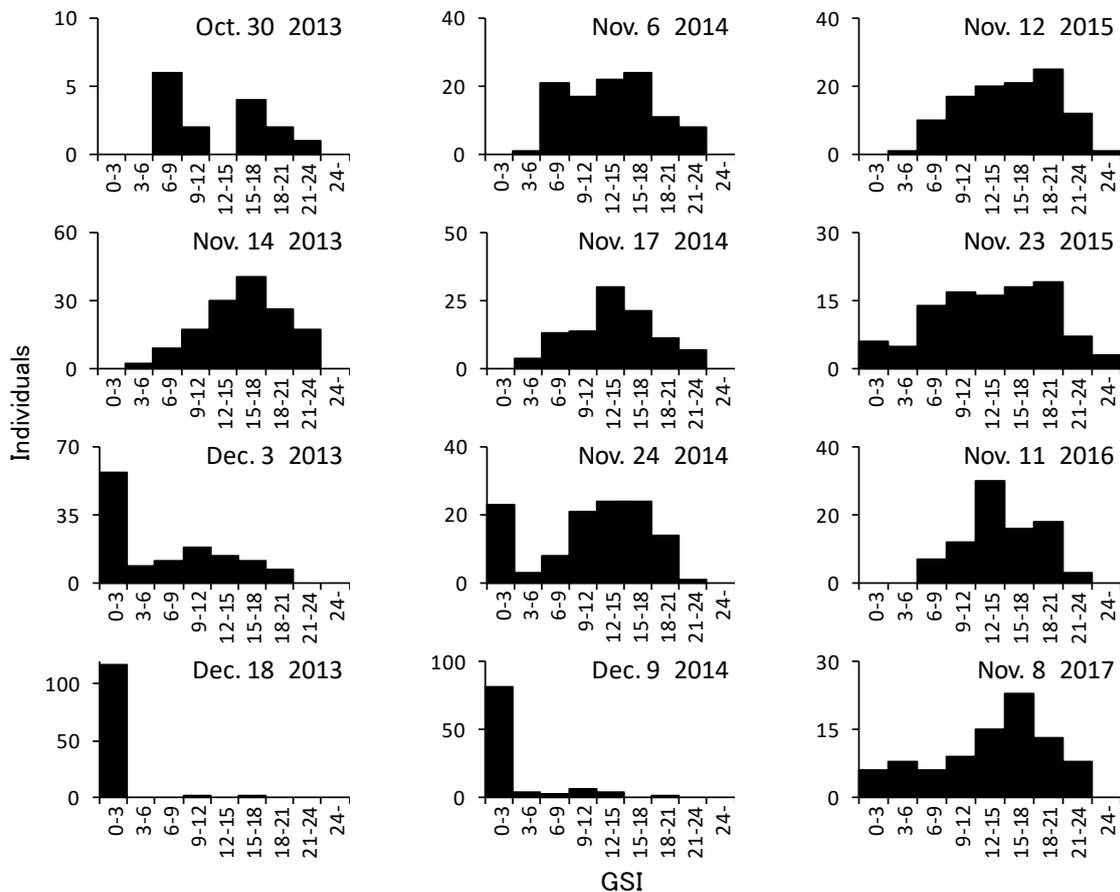


Fig. 4 Gonad somatic index (GSI) distribution of *Pleurogrammus azonus* females collected using bottom set nets in the Sea of Japan near Suttu, Hokkaido, from October to December 2013 to 2017.

産卵後と考えられる0-3の階級にモードが現れ、12-18に副モードが見られた。このため11月24日は産卵期と考えられた。12月9日は、82%のGSIが0-3で大半を占めたため、ほぼ産卵期終了後と考えられた。

2015年11月12日と23日の雌のGSI組成は、ともにモードが18-21に見られたが、12日になかった0-3の階級が23日に出現した。したがって、2015年の11月13日は産卵期開始前、11月23日は産卵期と判断された。

2016年11月11日は、GSI組成の範囲が6以上であったため、産卵期開始前と判断された。2017年11月8日は、GSI組成のモードが15-18であったが、産卵後と判断した0-3

の階級も見られたため、産卵期と考えられた。

以上から、産卵期と考えられた日は2013年12月3日、2014年11月24日、2015年11月23日、2017年11月8日で、範囲は11月8日から12月3日であった。2016年は産卵期と考えられる日の標本は得られなかった。

産卵期の水温 底建網底層水温の推移を、寿都湾水温で欠測期間を補完して見ると、2013-2017年の水温は10月初めの約20℃から12月末の約10℃へ低下していた(Fig.5)。ただし、2013年と2017年の10月から11月上旬では、底建網底層水温が寿都湾水温よりも大きく変動しながら低下し、最大で4.7℃低くなることがあった。2013-

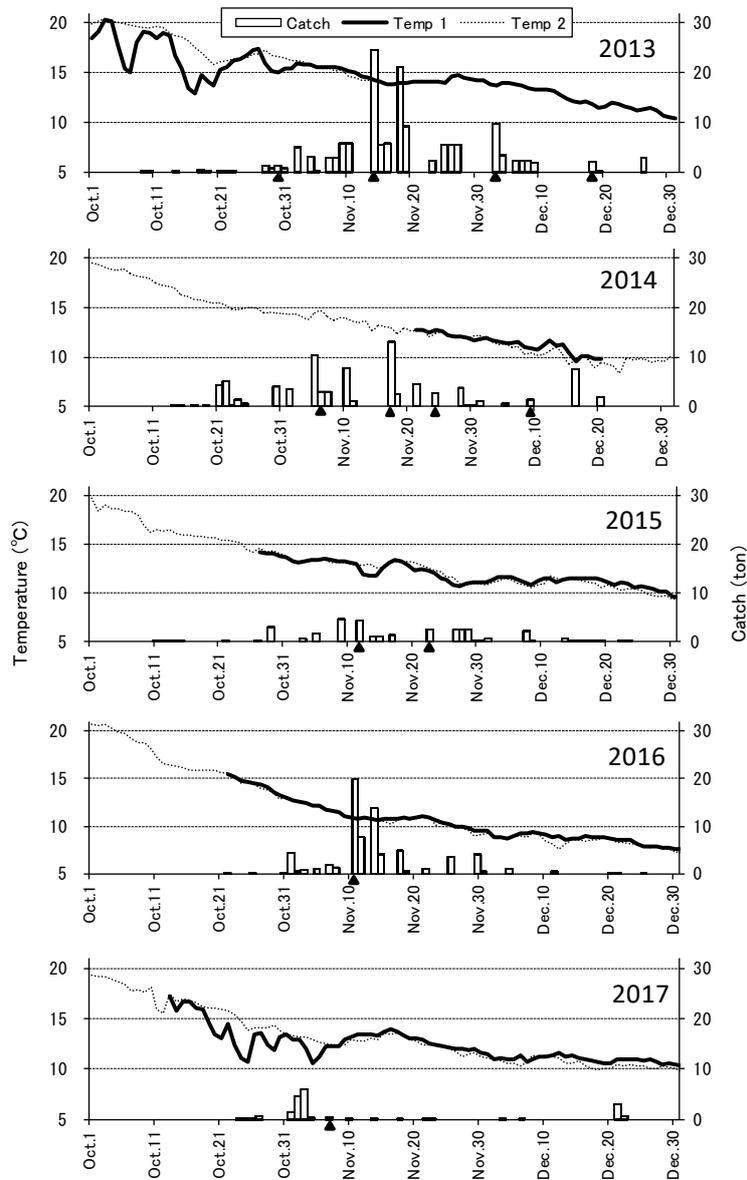


Fig. 5 Changes in the temperature and *Pleurogrammus azonus* catches caught by bottom set nets in the Sea of Japan near Suttsu, Hokkaido, from October to December 2013 to 2017.

Solid lines (Temp1) and dotted lines (Temp2) indicate the temperature at approximately 10 m from the bottom at sampling point and at approximately 20 m from the sea-surface in Suttsu Bay (see Fig. 2). Solid triangles along the horizontal axis indicate the sampling date of *Pleurogrammus azonus* using bottom set nets.

**Table 2** Spawning date of *Pleurogrammus azonus*, and bottom temperature at the spawning date and peak catch date using bottom set nets in the Sea of Japan near Suttsu, Hokkaido, from October to December 2013 to 2017.

Year	Spawning date	Bottom temperature on the spawning date	Peak catch date
2013	Dec. 3	13.8 °C	Nov. 14
2014	Nov. 24	12.7 °C	Nov. 17
2015	Nov. 23	12.0 °C	Nov. 9
2016	—	—	Nov. 11
2017	Nov. 8	12.3 °C	Nov. 3

2017年の11月中旬から12月で両水温データが得られた日の差は1.3 °C以内に収まっていた。

雌のホッケのGSI組成から産卵期と判断された日の底建網底層水温は、2013年12月3日が13.8 °C、2014年11月24日が12.7 °C、2015年11月23日が12.0 °C、2017年11月8日が12.3 °Cで、範囲は12.0–13.8 °Cであった (Fig. 5, Table 2)。

2016年は産卵期と判断される日の標本は得られなかったが、産卵期開始前と判断された11月11日の底建網底層水温は10.8 °Cであった。この年は、水温が低下傾向となる11月において、産卵期の前であるにもかかわらず、すでに他の年の産卵期と考えられた日より水温が低かった。

**性比の推移** 底建網で漁獲されたホッケの性比の推移を示した (Table 1)。雌の割合の推移を見ると、2013年の産卵期開始前とした10月30日は7%と低く雄が大部分を占めたが、11月14日には87%と雌が逆転し、産卵期と考えられた12月3日には98%にさらに上昇し、ほとんどすべてを雌が占めた。ほぼ産卵期終了後とした12月18日には雌の割合は58%へ低下し、雄の割合が高まった。

2014年の雌の割合は、産卵期開始前とした11月6日が84%とすでに高く、11月17日には95%まで上昇し、産卵期と考えられた11月24日も94%と高い状態であった。ほぼ産卵期終了後と判断された12月9日には雌の割合は66%に低下し、雄の割合が高まった。

2015年の雌の割合は、産卵期開始前とした11月12日が97%と非常に高く、産卵期と考えられた11月23日も88%と高い状態であった。2016年の産卵期開始前とした11月11日の雌の割合は86%と高かった。2017年の産卵期と考えられた11月8日の雌の割合も86%であった。

**底建網の日別漁獲量の推移** 2013–2017年の底建網によるホッケの漁獲は10–12月に断続的に認められた (Fig. 5)。ただし、2017年は他の年と比べて漁獲量が少なく、漁期が短かった。各年の日別漁獲量のピークは11月上旬から中旬に見られ、2013年が11月14日、2014が11月

17日、2015年が11月9日、2016年が11月11日、2017年が11月3日であった (Fig. 5, Table 2)。これらのうち2013–2015年および2017年の日別漁獲量のピークの日、前述の産卵期と判断された日より早かった。2016年の日別漁獲量のピークも、産卵期開始前と判断された11月11日より早かったため、産卵期よりも早かったと考えられた。

## 考 察

本研究では、ホッケの産卵場における資源管理措置の期間を決めるための指標を検討するため、漁獲物の生物学的特性、漁獲量および水温環境の推移を調べ、産卵期とその水温環境を明らかにした。

**産卵期** 寿都町沿岸の産卵場においてホッケの産卵期と判断された日は、2013–2015年および2017年において、11月8日から12月3日の範囲に認められた (Table 2)。これは過去に報告されたこの海域周辺の産卵期である10月下旬から12月上旬 (平野, 1947; 添田ら, 1953; 宮口, 1983) の範囲内であった。

雌のGSIの推移から産卵期を推定する本研究の方法は、佐渡島周辺海域のホッケに適用例がある (田中ら, 1986)。ただし、前記のとおり、本種は卵群同期発達型の1産卵期複数回産卵型 (Takashima *et al.*, 2016) のため、産卵期開始前とした標本の中に、産卵中の個体が含まれていた可能性は否定できない。しかし、これらの標本に、産卵後と判断されるGSIの低い個体は含まれていなかったため (Fig. 4)、活発な産卵期の標本とは考えられない。したがって、本研究の産卵期の推定方法および推定結果はおおむね妥当と考えられる。

本研究において産卵期と考えられた日を年間で比べると、2017年の11月8日は他の年の11月下旬から12月上旬よりも特に早かった。この原因は明らかでないが、2017年は産卵期の前の10月下旬に底建網底層水温が一時的に約11 °Cまで低下する急変動をしたこと (Fig. 5)、底建網の漁獲物の主体が2歳魚で他の年よりも高齢かつ大型であったこと (Fig. 3)、漁獲量が他の年と比べて少なかったこと (Fig. 5) による何らかの産卵行動の変化や標本の代表性の問題などが影響した可能性がある。

このうち体サイズや年齢と産卵期の関係については、他魚種のニシンにおいて、大型魚 (高齢魚) が小型魚 (若齢魚) より先行して産卵場へ来遊し産卵すると考えられている (高柳・石田, 2002)。しかし、本研究において4標本ずつ得られた2013年と2014年のホッケの体長年齢組成の推移から、大型魚 (高齢魚) が先に漁獲される傾向は見られなかった (Fig. 3)。ホッケにおける大型魚 (高齢魚) が先行して産卵場へ来遊する傾向は、あったとし

でも明瞭ではないと考えられる。

本研究では標本採集日の間隔が7-19日であったため、産卵期の範囲を日単位で特定することはできなかった。しかし、産卵期開始前とした日の次の日から、ほぼ産卵期終了後とした日までの期間を、産卵期を含む期間として推定することは可能である。そうした場合の産卵期を含む期間は、2013年が11月15日から12月18日、2014年が11月18日から12月9日と推定され、産卵期は2013年が34日間以内、2014年が22日間以内であったと考えられる。また、2015年の産卵期は11月13日以降に、2016年の産卵期は11月12日以降に始まったと推察されるが、終了時期は不明である。今後、産卵期をより詳細に特定するためには、標本採集を頻繁に行って検討する必要がある。

**産卵期の水温環境** 2013-2015年および2017年のホッケの産卵期と判断された日の底建網底層水温は12.0-13.8℃であった (Fig. 5, Table 2)。この値は過去の知見である13℃前後 (蒲原, 1957) および12-14℃ (宮口, 1983) とほぼ一致している。10-12月の寿都湾では海水の鉛直混合が進み、表層から深度30 mまで水温がほぼ一定になると報告されていることから (西浜, 1982)、過去の産卵期の水温の報告がたとえ表面水温であったとしても、本研究の底建網底層水温とほぼ一致したと考えられる。なお、寿都湾水温が底建網底層水温よりも水温の低下変動が小さかった (Fig. 5) 理由として、浅海域の広がる寿都湾内では、湾外の深層水と混合されにくいことが考えられる。

2016年については、底建網底層水温が11.0℃の11月12日以降に産卵期が始まったと考えられた。この年の産卵期が2013年や2014年のように12月上旬か中旬まで続いたと仮定すると、その水温は旬平均で、11月中旬が10.8℃、下旬が10.2℃、12月上旬が9.1℃、中旬が8.8℃となる (Fig. 5)。つまり、2016年の産卵期の水温は11.0℃以下であり、10℃前後に及んでいたことが示唆される。このことから、本研究で推定されたホッケの産卵期と考えられた日の水温は12.0-13.8℃であったが、それよりも低い水温で産卵されることもあると考えられる。

ホッケの産卵期の水温に幅があることは、その水温が北方では南方よりもやや高いという報告 (蒲原, 1957) から示唆されていた。その原因として、産卵の時期を決定するのは産卵場の水温ではなく、魚が産卵可能になるまでの生殖巣の成熟の遅速を左右する産卵回遊時の環境条件であるとするニシン研究の考え (石田, 1952) がある。また、成熟前に分布する海域の違いによる産卵回遊に要する時間も産卵期の水温に影響すると考えられる。

産卵期の水温が他の年よりも低かった2016年に産卵された卵から生まれ、後に資源に加入した2017年級群は、再

生産成功率がその前後数年と比べて高く、資源状態を持ち直すきっかけとなった (板谷ら, 2020)。メカニズムは不明ながらも、本資源では仔稚魚期における水温環境の低い年級群の方が、再生産成功率が高くなる傾向が指摘されている (高嶋, 2012; 高嶋ら, 2013b; 板谷ら, 2020)。本研究における2016年の産卵期の低い水温が孵化期以降も継続したと仮定すると、2017年級群の高い再生産成功率はこの傾向に一致する。今後、産卵期から仔稚魚の水温環境と年級群豊度が関係するメカニズムについて研究を進めることは、ホッケの資源管理のための生物学的知見として役立つと考えられる。

**性比と産卵生態** 本研究において産卵場における底建網によるホッケの漁獲物の雌の割合は、産卵期開始前および産卵期と判断された日では、2013年10月30日を除いて84%以上の高い状態であった (Table 1)。雌の割合が7%と非常に低かった2013年10月30日は、産卵期と考えられた同年12月3日より1か月以上も早かった。また、ほぼ産卵期終了後と判断した日の雌の割合は66%以下に低下していた。過去に、寿都町沿岸において漁獲盛期は雌が多く、初漁期および終漁期には雄が多くなるという報告がある (平野, 1947)。本研究の結果は、年によっては断片的であるが、概ねこの傾向に一致している。

この底建網漁獲物の性比の推移傾向は、産卵期前後におけるホッケの行動が影響していると考えられる。海中での観察結果などから、本種は雌雄で産卵前後の行動が異なり、①先に雄が岩礁域の産卵場に来遊して縄張りを形成し、②後から産卵場に来遊した雌が雄の形成した縄張りの岩礁に卵塊を産み付け、③雌が先に産卵場を離れ、④雄は産卵場に残留して卵塊を保護すると考えられている (Munchara and Markevich, 2003; 夏目, 2003; 鈴木, 2013)。

産卵期のかなり前に漁獲物が雄に偏るのは、先んじて産卵場に来遊した雄の群れが、そこに敷設された底建網に入網することを示唆している。産卵期が近づくと今度は雌に偏るのは、雌の群れが遅れて産卵場に来遊して底建網に入網することを示唆していると同時に、雄が縄張り周辺に留まることによって入網しにくくなることも推察される。産卵期終了後に雌の割合が低下するのは、産卵を終えた雌が産卵場から移出することが関係していると推察される。これらのことから、底建網による漁獲物の性比の推移は、ホッケの産卵行動の進行を反映していると考えられる。

**底建網の日別漁獲量の推移** 底建網によるホッケの日別漁獲量は、極端に漁獲量の少なかった2017年を除いて、産卵期の前を通じて継続していた (Fig. 5)。本種は、産卵場に分布する期間に継続的に底建網によって漁獲されると考えられる。日別漁獲量のピークは産卵期と考えら

れた日よりも早かった (Fig.5, Table 2)。このことは、産卵期の直前に雌の群れが産卵場に来遊して底建網に入網した日に、漁獲量のピークを迎えることを示唆している。底建網の日別漁獲量の推移も、本種の産卵行動の進行を反映していると考えられる。

**資源管理措置の指標** 底建網による資源管理措置として、何らかの指標を用いて期間を設定し、敷設統数の削減や入網した魚の放流などの漁獲規制を行うことが想定できる。本研究の結果から、ホッケの産卵場における資源管理措置の期間を決めるための指標の候補として、産卵期、水温、性比、日別漁獲量を挙げることができる。

産卵期を指標として資源管理措置の期間を決める方法は、漁業者など関係者に理解されやすいため実施しやすいと考えられる。本研究で産卵期と考えられた日は11月8日から12月3日であったため、これを含む期間を設定し、資源管理措置を実施することが想定できる。また、2017年以外の産卵期の日は11月下旬から12月上旬であったため、この期間に集中的に資源管理措置を実施する方法もある。しかし、2017年のように産卵期が例年と異なる年では、設定した資源管理措置の期間と産卵期がずれることによって、資源管理効果が低下することを考慮しておく必要がある。

本研究で得られたホッケの産卵期と考えられた日の水温範囲は12.0–13.8℃であった (Table 2)。この水温範囲は、例えば2015年や2017年では11–12月の水温の大部分を占める (Fig.5)。したがって、特定的水温は本種の産卵行動の特定の段階を明確に示さないと考えられる。水温を指標に資源管理措置の期間を決める場合、その効果の不確実性は高くなると考えられる。水温単独で期間を決めるのではなく、他の指標と組み合わせるなどの工夫が必要と考えられる。

本研究の結果などから、底建網による漁獲物の性比の推移は、ホッケの産卵行動の進行状況を反映していると考えられた。漁獲物に占める雌の割合が高い期間に資源管理措置を実施するなどの方法が想定でき、年による産卵期の変化に対応できる方法になる可能性がある。ホッケの雄は産卵期に婚姻色を発色するため (平野, 1947; 蒲原, 1957)、精度は不明ながらも、目視観察により性別を判断できる。底建網の漁獲時に目視観察によって性比をモニタリングすることができれば、生物測定によりGSI組成の推移を調べるよりも簡単かつ高頻度で、産卵行動の進行状況を把握することができる。今後の課題として、目視による性別判断の精度や、漁獲する底建網の位置による性比の違いを検討する必要がある。

日別漁獲量を単独指標として資源管理措置の期間を決めることは難しい。しかし、例えば日別漁獲量のピーク

が過ぎたと判断したタイミングで、資源管理措置を開始または終了する方法を想定することはできる。

本研究で検討した産卵期、水温、性比、日別漁獲量は、資源管理措置の期間を決める指標として一長一短があるため、本研究の中で決定的な提案をすることは難しい。今後は、資源管理措置を導入する時の資源状態や予想される管理効果も考慮して、効果的で漁業者が実行しやすい資源管理措置およびその期間設定方法を検討し、実施することが望ましい。

## 謝 辞

本報告をまとめるにあたり、調査にご協力いただいた寿都町漁業協同組合の長尾部長、底建網漁業者の有限会社カネショウ佐藤水産の佐藤さん、有限会社カネサ佐藤漁業の佐藤さん、水温データを提供していただいた水産技術普及指導所岩内支所の職員の皆さまにお礼申し上げます。

## 引用文献

- 平野義見. 北海道のホッケについて. 北水試月報 1947; 4(1): 10-21.
- 星野昇, 坂口健司, 鈴木祐太郎. ホッケの生態に応じたサイズ選択漁獲の可能性と問題点. 月刊海洋 2017; 49(9): 497-503.
- 星野昇, 高嶋孝寛, 渡野邊雅道, 藤岡崇. 北海道南部沿岸域におけるホッケ資源の年齢構造および漁獲動向. 北海道立水産試験場研究報告 2009; 76: 1-11.
- 板谷和彦, 鈴木祐太郎, 秦安史. ホッケ (道央日本海~オホーツク海海域). 2020年度資源評価書. 北海道周辺海域における主要魚種の資源評価. 北海道立総合研究機構. 2020. <http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/>
- 石田昭夫. ニシン漁業とその生物学的考察. 漁業科学叢書(4). 水産庁調査研究部. 1952.
- 石垣富夫, 中道克夫. ホッケの研究 (VI) 行動, 食性および棲息条件. 北水試月報 1957; 15(1): 4-13.
- 蒲原八郎. ホッケの研究 (II) 産卵生態. 北水試月報 1957; 14(9): 3-23.
- 久新健一郎, 高杉新弥. ホッケの研究 (IV) 年令および成長. 北水試月報 1957; 14(11): 3-12.
- 宮口喜一. 5. 後志海域におけるホッケ. 最近のホッケの調査研究. 1983; 24-29.
- Munchara H, Markevich A. Spawning behavior of Japan Sea Greenling, *Pleurogrammus azonus*, off the Bol'shoi Pelis

- Island, Peter the Great Bay, Russia. *Bull. Fish. Sci. Hokkaido Univ.* 2003 ; 54(3) : 67-72.
- 夏目雅史. 42. ホッケ. 「新 北のさかなたち」北海道新聞社, 札幌. 2003 ; 196-201.
- 西浜雄二. 寿都湾の海洋条件の季節変化. 北水試月報 1982 ; 39 : 1-8.
- 添田潤助, 蒲原八郎, 谷野保夫, 西村実, 辻崎久輝, 高杉新彌, 小野克夫, 石垣富夫, 久新健一郎. 漁業指導資料. No.2 ホッケとその漁業. 北海道立水産試験場. 1953.
- 鈴木祐太郎. 利尻・礼文島周辺におけるホッケ産卵場環境調査. 試験研究は今 2013;751 : <https://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/att/o7u1kr000000f8rj.pdf>
- 高嶋孝寛. ホッケ道北群資源の衰退と今後の展望. 北水試だより 2012 ; 85 : 1-6.
- 高嶋孝寛, 星野昇, 板谷和彦, 前田圭司, 宮下和士. 耳石断面観察によるホッケ道北群の年齢査定法と年齢—サイズ関係. 日本水産学会誌 2013a ; 79(3) : 383-393.
- Takashima T., Okada N., Asami H., Hoshino N., Shida O., Miyashita K. Maturation process and reproductive biology of female Arabesque greenling *Pleurogrammus azonus* in the Sea of Japan, off the west coast of Hokkaido. *Fish. Sci.* 2016 ; 82 : 225-240.
- 高嶋孝寛, 品田晃良, 前田圭司. 2. 再生産関係. 資源管理手法開発調査報告書. 2013b ; 60-65.
- 田中實, 梨田一也, 南卓志. 佐渡島周辺海域におけるホッケの産卵. 日本海区水産研究所研究報告 1986 ; 36 : 29-38.

# 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\*<sup>1</sup>, 志田 修<sup>1</sup>

<sup>1</sup>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\*<sup>1</sup> and OSAMU SHIDA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 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,

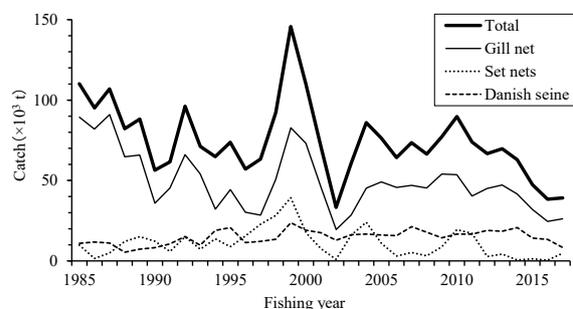


Fig. 1 Interannual changes in walleye pollock catches by the commercial fisheries in the Pacific coast of southwestern Hokkaido from 1985 to 2017.

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

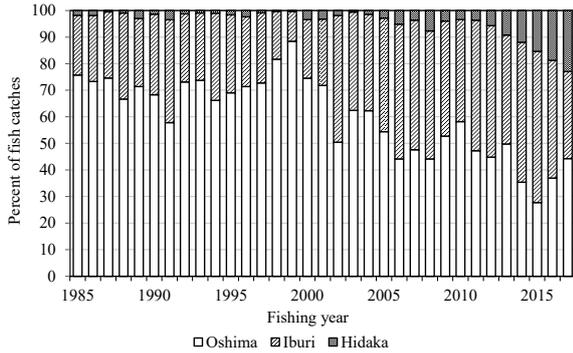


Fig. 2 Interannual changes in the percentage of walleye pollock catches by gill net fisheries in the Oshima, Iburi, and Hidaka areas from 1985 to 2017.

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

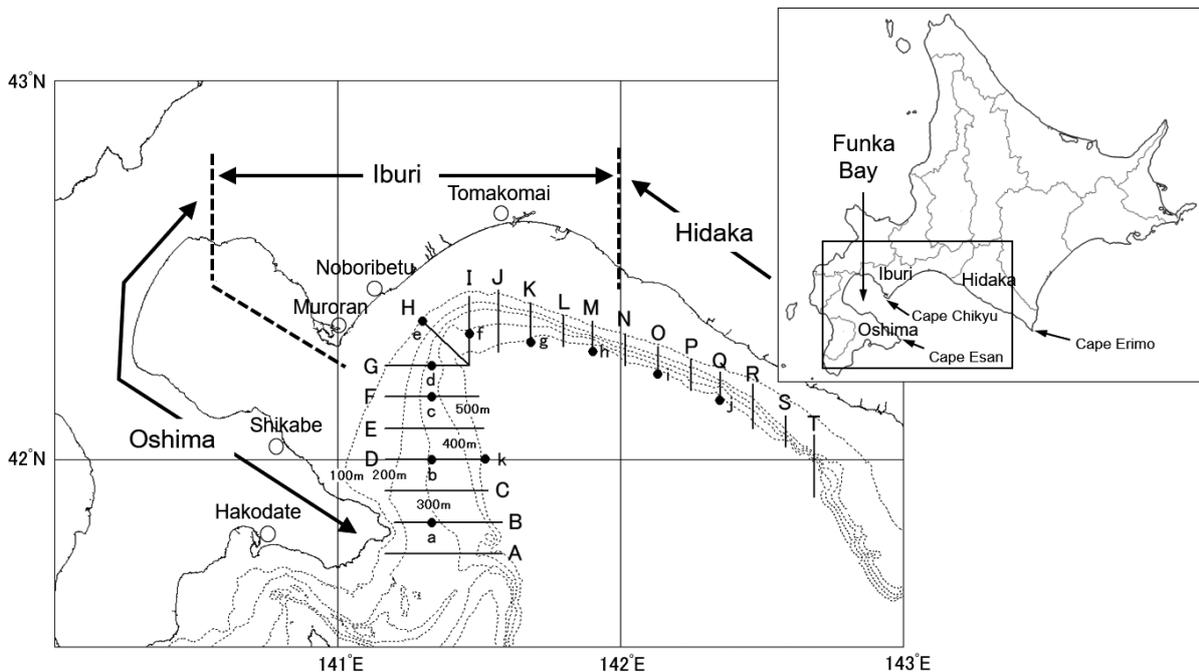


Fig. 3 Survey area, acoustic survey transect lines, and the CTD stations. The capital letters indicate acoustic survey lines, and the lower-case letters indicate observation points. Bold dotted lines show the borders of the Oshima, Iburi and Hidaka areas.

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 nmi<sup>2</sup>, 鉛直方向: 10 mグリッドで算出したNASC (Nautical Area Scattering Coefficient: m<sup>2</sup>/nmi<sup>2</sup>) 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 nmi<sup>2</sup>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。

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

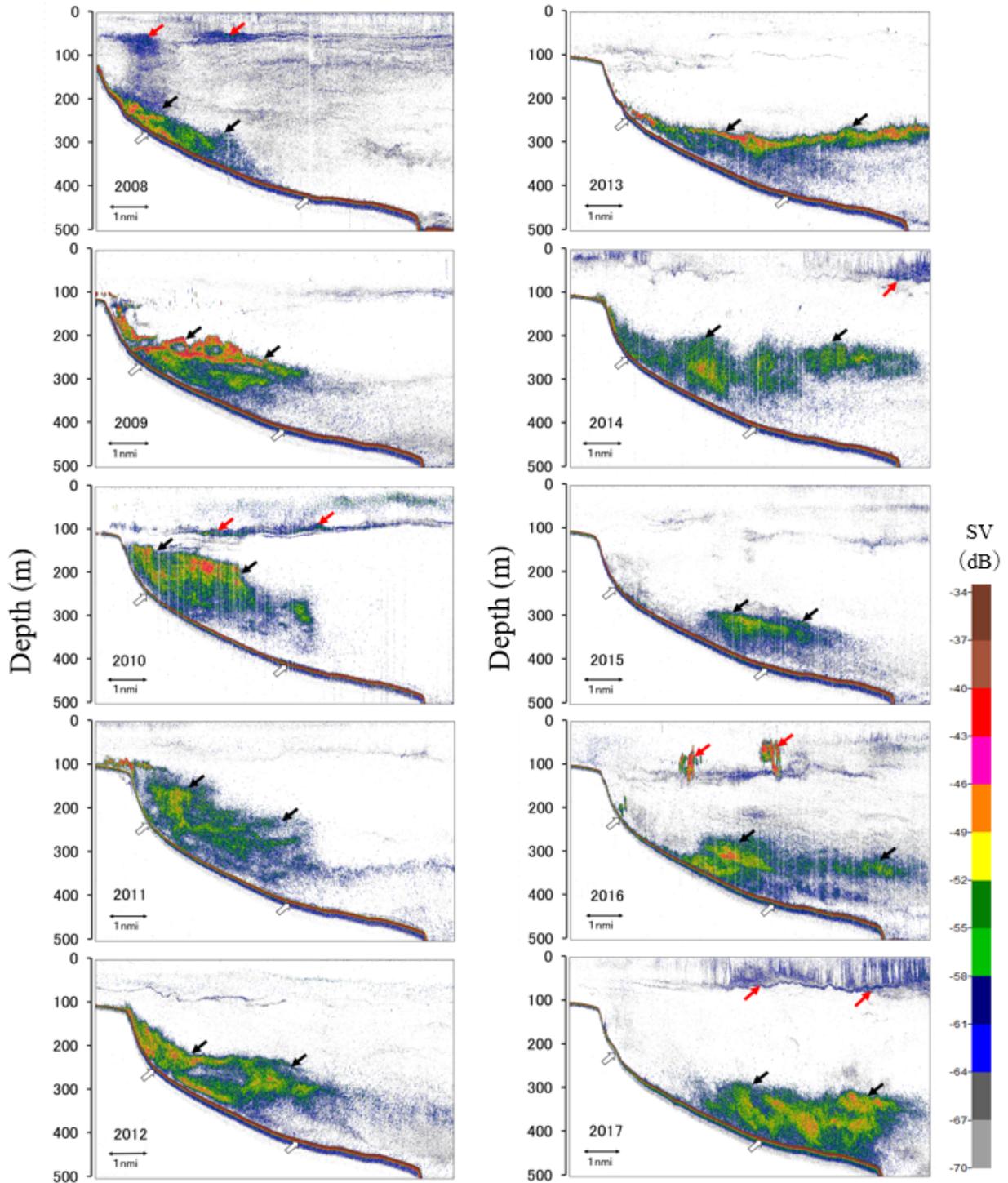
ここで、 $NASC_i$ は調査線*i*の平均NASC値 (m<sup>2</sup>/nmi<sup>2</sup>)、 $L_i$ は調査線長、 $A_m$ は調査エリア*m*の面積を示す。

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 echoes from adult walleye pollock. Red arrows indicate echoes 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

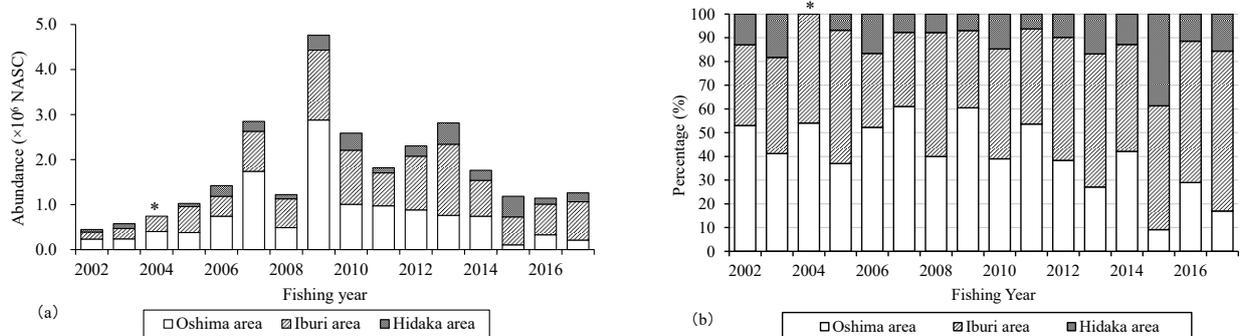


Fig.5 Interannual changes in the adult walleye pollock abundance (a) and percentage of abundance (b) in the survey area in November from 2002 to 2017 (shown separately in oshima, iburi, and Hidaka areas. No data was obtained for the Hidaka area in 2004).

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  $0.4 \times 10^6$  から  $1.4 \times 10^6$  まで緩やかに増加したが, 2007年度には  $2.9 \times 10^6$  と2006年から約2倍となった (Fig. 5-a)。2008年度に  $1.2 \times 10^6$  に減少したが, 2009年度には調査期間を通じて最も高い  $4.8 \times 10^6$  となり, その後2014年度まで  $2.0 \times 10^6$  前後で推移した。2015年度以降は  $1.2 \times 10^6$  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

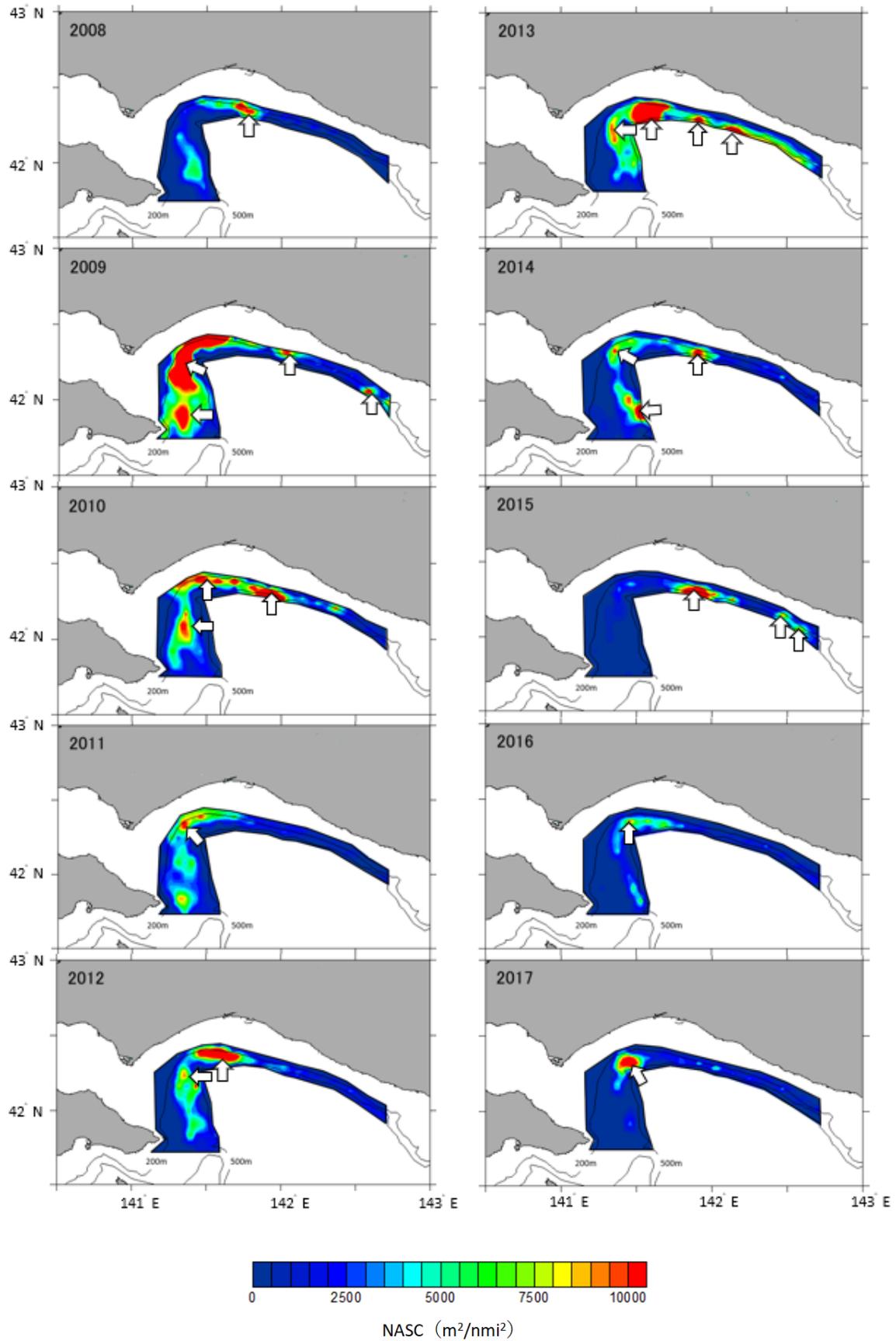


Fig.6 Horizontal distribution of adult walleye pollock observed in November from 2008 to 2017. White arrows indicate the high distribution density area (over 10,000 NASC per square nautical mile) of adult walleye pollock.

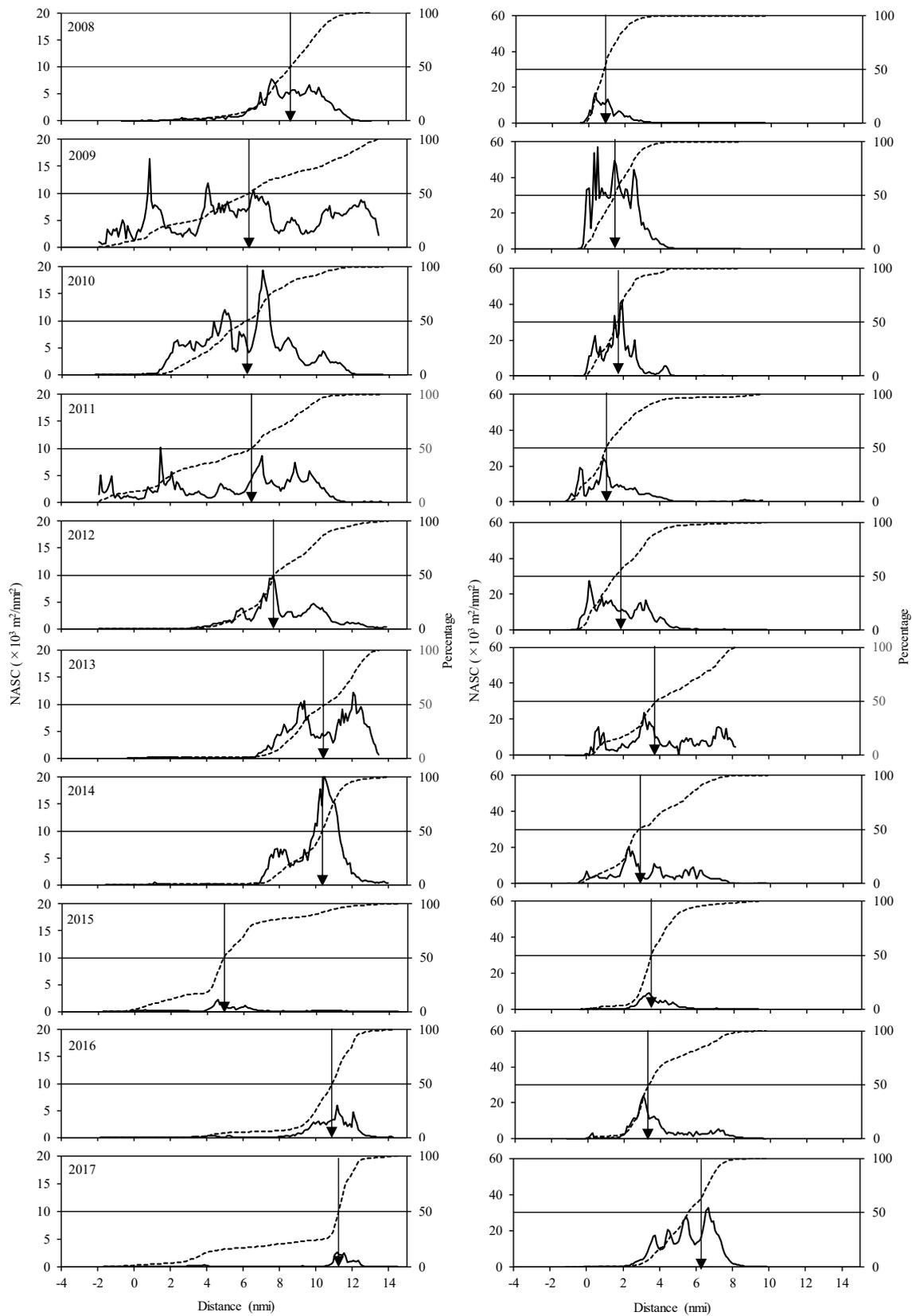


Fig.7 Distribution of adult walleye pollock (solid line) and the accumulation percentage (dotted line) along transect line D in the Oshima area (left panels) and transect line I in the Iburi area (right panels). The distance is indicated from the sea bottom isolines at a depth of 200 m. Arrows indicate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

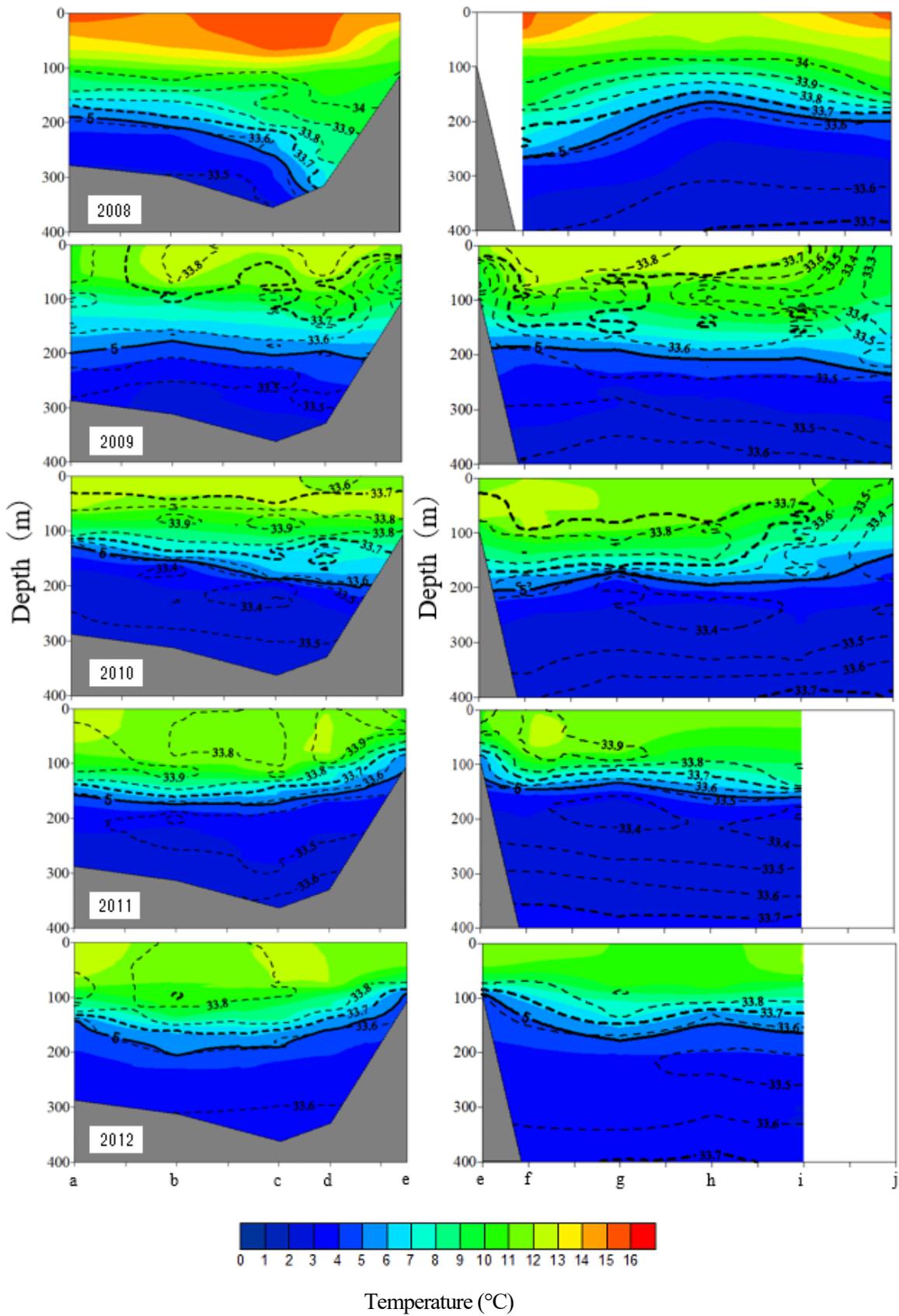


Fig. 8a Vertical profiles of water temperature and salinity in November from stations a to e (from the Oshima to the Iburu area: left panels) and from stations e to j (from the Iburu to the Hidka area: right panels) from 2008 to 2012.

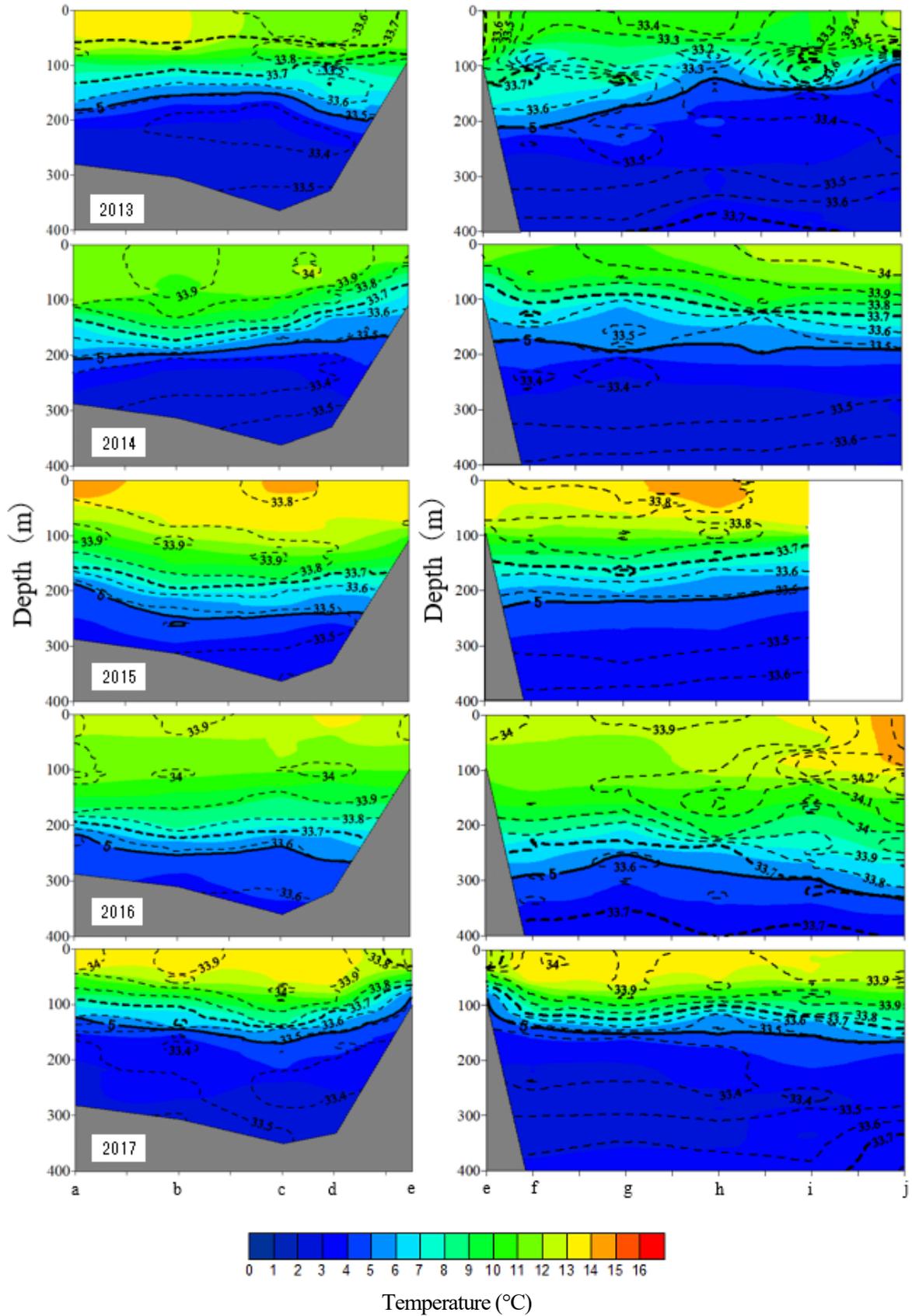


Fig. 8b Vertical profiles of water temperature and salinity in November from stations a to e (from the Oshima to the Iburi area: left panels) and from stations e to j (from the Iburi to the Hidka area: right panels) from 2013 to 2017.

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

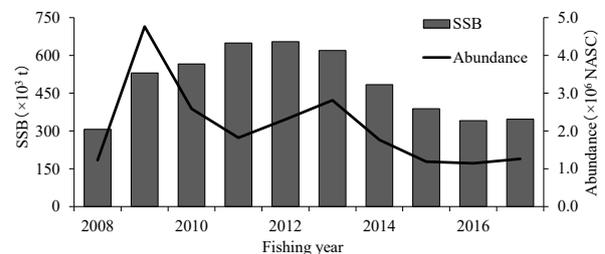


Fig.9 Interannual changes in the spawning stock biomass (SSB) of the Japanese Pacific stock of walleye pollock estimated from the virtual population analysis (Sakai *et al.*, 2019) and the abundance of adult walleye pollock in November in the Pacific coast of southwestern Hokkaido observed from 2008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

## 噴火湾における垂下式養殖ホタテガイの生残・成長におよぼす耳吊り作業時期の影響

夏池真史<sup>\*1</sup>, 金森 誠<sup>1</sup>, 一ノ瀬寛之<sup>2</sup>, 中田幸保<sup>3</sup>

<sup>1</sup>北海道立総合研究機構函館水産試験場,

<sup>2</sup>北海道水産林務部,

<sup>3</sup>北海道胆振総合振興局胆振地区水産技術普及指導所

Effects of ear-hanging time on survival and growth of Yesso scallops (*Mizuhopecten yessoensis*) in Funka Bay, Hokkaido, Japan

MASAFUMI NATSUIKE<sup>1</sup>, MAKOTO KANAMORI<sup>1</sup>, HIROYUKI ICHINOSE<sup>2</sup> and YUKIYASU NAKATA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Hakodate Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, *Hakodate, Hokkaido 040-0051*,

<sup>2</sup> Department of Fisheries and Forestry, Hokkaido Government, *Sapporo, Hokkaido 060-8588*,

<sup>3</sup> Iburi Fisheries Technical Guidance Office, Iburi General Subprefectural Bureau, Hokkaido Government, *Muroran, Hokkaido 051-8558, Japan*

For Yesso scallop aquaculture in Funka Bay, Hokkaido, Japan, ear-hanging is a process that changes the intermediate to the final suspended culture. This process requires considerable effort and causes stress to the scallops. Thus, effective and efficient methods for ear-hanging are required. This study aimed to reveal a suitable duration for the ear-hanging process. Ear-hanging was performed in three months (April, May, and June), and survival and growth were followed until the scallop harvest time (the following February). This examination was conducted on three year classes of scallops (born in 2016, 2017, and 2018, and suspended in 2017, 2018, and 2019, respectively). The survival ratios of the scallops suspended in 2018 were remarkably lower than those in 2017 and 2019, regardless of ear-hanging time; however, their survival ratios and weights suspended in June were lower than those in April and May in all year classes. Thus, the ear-hanging process should be completed by May at the latest in order to reduce mortality of the scallops in Funka Bay.

キーワード：作業適期，収量，ホタテガイ，耳吊り

北海道南部に位置する噴火湾では、静穏な海洋環境を活用したホタテガイの耳吊り式垂下養殖が行われている。噴火湾の耳吊り養殖は、1970年代から急速に普及して生産量が拡大し、1990年ころから毎年10万トン前後が水揚げされる湾内の主要な漁業となっている (Kosaka, 2016)。しかし、近年ではヨーロッパザラボヤの付着やへい死の深刻化などの問題が生じ (Kanamori et al., 2017; 金森, 2019)、養殖手法の改良や見直しが喫緊の課題となっている。耳吊りは、ホタテガイ左殻耳状部の前耳 (Anterior ear) をドリルで穿孔してできた穴に通したテグスやアゲピンと呼ばれる専用のプラスチック製ピンでロープに固

定して海中に吊して養成する養殖手法である (Kosaka, 2016)。噴火湾において、耳吊りの工程は主に早春～春に実施され、1個体ずつ貝殻を穿孔して糸を通す作業が求められることから、最も労力のかかる工程と言える (浜田ら, 1996)。そこで、耳吊り作業の機械化や (林・矢田, 1997)、適切な耳吊り作業方法 (濱田ら, 1999; Hamada et al., 2000; Hamada et al., 2001; 山下ら, 2000) など、耳吊り工程を効率的かつ効果的に行うための手法が検討されてきた。しかし、数ヶ月間にわたって行われる耳吊り作業において、耳吊り作業の時期が出荷時期 (耳吊り翌年の冬から春) までの生残や成長に及ぼす影響を実験的に検

証した例は少ない。噴火湾では多くの地区で、出荷によって空いた施設に新たな耳吊り貝を吊すため、出荷が進まないで耳吊り作業を行えない。他方、生産者はできるだけ貝の成長・成熟を進めて歩留まりを高めて出荷するため、耳吊り時期が遅くなる場合がある。ホタテガイを含むイタヤガイ科二枚貝の籠養殖では、過密になるほど成長や生残が悪化することが報告されているため（例えばDuggan, 1973; 有馬・吾妻, 1986）、耳吊りが遅れることによって、耳吊り養成のために籠中で中間育成された稚貝の成長に伴う相対的な過密による成長や生残の悪化が懸念される。さらに、耳吊り作業時期はホタテガイの生殖時期と重なり、噴火湾における海洋環境が季節的に大きく変化する時期でもあるため（嶋田ら, 2000）、貝に対して一定のストレスが生じる耳吊り作業が、その他の環境や生理的状态の変化と関連して生残や成長を悪化させている可能性がある。本研究では、噴火湾における適切な耳吊り作業時期を明らかにすることを目的に、耳吊り作業時期がホタテガイの生残および成長に及ぼす影響を調べるための養殖試験を実施した。

### 材料及び方法

**時期別耳吊り養殖試験** 作業時期による影響を調べるために、噴火湾内の養殖海域において2017年から2019年までの毎年4~6月に毎月1回の頻度でホタテガイを耳吊りし、通常の養殖貝と同様に養殖した（Table 1）。これら試験に用いたホタテガイは、噴火湾内で2016年から2018年に採苗、中間育成された稚貝を用い、耳吊り作業時期によって分散が大きくなるように、また外部異常の

無い個体を選別した。実験に用いた稚貝は、それぞれの年級群ごとにすべて同じ養殖海域内で採苗され、中間育成における選別や収容密度などの作業が年級群ごとに同じ条件となるよう管理育成された。本研究では、2017年に耳吊りに用いた2016年級群の貝を2017年耳吊り群、2018年に耳吊りに用いた2017年級群の貝を2018年耳吊り群、2019年に耳吊りに用いた2018年級群の貝を2019年耳吊り群とする。耳吊り用に選別した稚貝の一部を耳吊り前に採集し（ $n = 50 \sim 60$ ）、殻長、全重量、軟体部重量、生殖巣重量、生殖巣指数（生殖巣重量が軟体部重量に占める割合）を計測した。垂下ロープ1本（1連）あたり約250個体の稚貝を耳吊りし、各月ごとに4連ずつ垂下した。この1連ずつを本養成後の9、11、12、翌2月に引き上げ、耳吊り時に計数した耳吊り個体数と引き上げたときの生残個体数から生残率（耳吊り個体数に占める生残個体数の割合）を求めるとともに、生残個体の一部（ $n = 60$ 、ただし1連当たりの生残個体数が60より少ない場合は全個体）の殻長と全重量を測定し、開殻して内面着色（本研究の図表説明文では、内面着色を英語でnacre discolorationとした）の有無を調べた。ここで、測定した個体数に占める内面着色が認められた個体数の割合を内面着色率とした。

**統計解析** 耳吊り時期（4、5、6月）および調査月（9、11、12、2月）の組み合わせごとに対応した一対の標本と見なし、生残率および内面着色率に耳吊り年（2017年耳吊り群と2018年、2019年耳吊り群）による差を年ごとにWilcoxonの符号順位検定で調べた。ここで、Bonferroniの方法で有意水準を補正した。また、調査月で対応した3群の標本と見なし、生残率および内面着色率に各年の耳吊り時期で

Table 1 Averages of shell length, weight, and gonad index (GI) of juvenile scallops used for the ear-hanging process at different times during April to June, 2017, 2018, and 2019. The scallops used in 2017, 2018, and 2019 were born in 2016, 2017, and 2018, respectively. S.D. indicates standard deviation.

Date	Shell length (mm $\pm$ standard deviation)	Weight (g $\pm$ standard deviation)	GI ( $\pm$ standard deviation)
2017 25 April	68.9 $\pm$ 2.9	35.3 $\pm$ 4.3	0.13 $\pm$ 0.035
25 May	72.2 $\pm$ 3.1	40.4 $\pm$ 4.4	0.054 $\pm$ 0.015
12 June	73.3 $\pm$ 5.6	45.3 $\pm$ 8.8	0.041 $\pm$ 0.010
2018 18 April	69.5 $\pm$ 4.2	36.1 $\pm$ 6.0	0.15 $\pm$ 0.036
25 May	77.3 $\pm$ 3.6	48.0 $\pm$ 6.4	0.050 $\pm$ 0.014
19 June	79.4 $\pm$ 4.7	51.5 $\pm$ 7.8	0.041 $\pm$ 0.010
2019 22 April	72.2 $\pm$ 3.6	39.4 $\pm$ 5.3	0.17 $\pm$ 0.036
10 May	72.4 $\pm$ 3.6	43.0 $\pm$ 6.6	0.14 $\pm$ 0.035
3 June	77.2 $\pm$ 4.9	48.3 $\pm$ 8.9	0.053 $\pm$ 0.015

差があるかFriedman検定で調べた。各年の2月に回収した成貝について殻長および全重量に耳吊り時期で差があるかSteel-Dwassの方法で検定した。統計解析の有意水準を5%とした。

## 結果

生残率と内面着色率の調査月ごとの結果を耳吊り年ごとにFig. 1に示した。まず、耳吊り年により生残率および内面着色率を比較すると、生残率は年ごとに有意に異なり、内面着色率は2017年と2019年で有意差がみられなかった(Wilcoxon検定)。次に、耳吊り時期ごとの生残率および内面着色率と比較すると、生残率と内面着色率はすべての年でそれぞれの耳吊り時期で有意な差となり(Friedman検定)、生残率はどの年も6月耳吊り区で4、5月耳吊り区よりも低くなる特徴、内面着色率は6月耳吊り区で4、5月耳吊り区よりも高くなる特徴がみられた。

出荷時期にあたる2月の調査で測定した殻長と全重量の耳吊り時期ごとの比較をFig. 2に示した。殻長は2017、2018耳吊り年では6月耳吊り区が4、5月よりも有意に小さく、2019耳吊り年では耳吊り時期による差はみられなかった。全重量はすべての年で6月耳吊り区が4、5月よりも

有意に小さくなった。耳吊り時期による重量差が大きかった2018年について2月の平均個体重量をみると、4月耳吊り区で143 g、5月耳吊り区で137 g、6月耳吊り区で96 gと重量差は最大47 gであった。

## 考察

耳吊り作業時期が生産に及ぼす影響について 生残率は耳吊り年ごとに有意に異なり、2018年耳吊り年ではどの耳吊り時期でも生残率が6割以下となり他の年よりも低い特徴がみられた(Fig. 1)。これは、噴火湾のホタテガイ養殖における耳吊り貝の生残率の顕著な減少いわゆる「へい死」が、採苗後の稚貝の成育不良(稚貝の生残率の低下と変形貝率の増加)に依存する(馬場, 2011; 金森, 2019)といった報告に一致する。噴火湾の養殖ホタテガイ生産量から見ると(Fig. 3)、2017年耳吊り群(2016年生まれ)は非へい死年級(稚貝の成育が良好で、耳吊り後の生残が良い年級)、2018年および2019年耳吊り群(2017年、2018年生まれ)はへい死年級(稚貝の成育不良が顕著に発生し、耳吊り後の生残が悪い年級)に相当する(金森, 2019)。2018年耳吊り群(2019年に生産量に反映される年級)は、噴火湾全体で特にへい死が問題とな

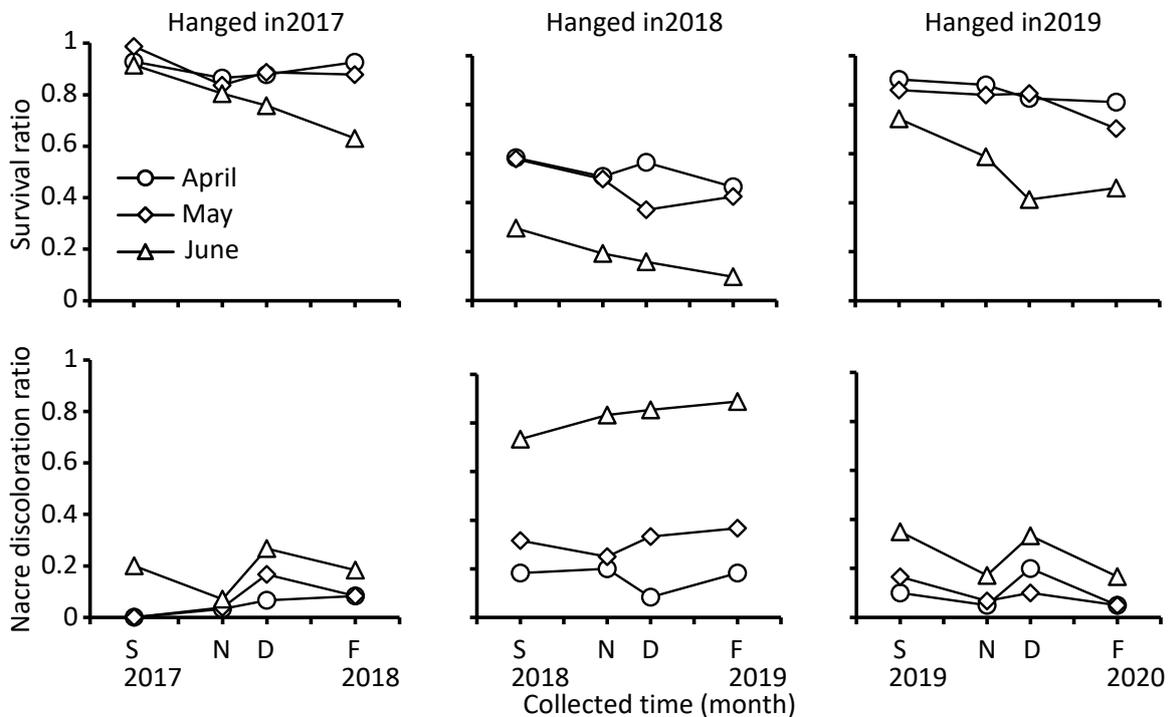


Fig. 1 Temporal changes of survival ratios (upper column) and nacre discoloration ratios (lower column) of the cultured scallops with different ear-hanging times from April to June in 2017, 2018, and 2019. The survival ratio is defined as the ratio of the number of individuals hanged to the number that survived. The nacre discoloration ratio is defined as the ratio of the number of individuals with nacre discoloration to the number of individuals that survived. The juvenile scallops used for ear-hanging process in 2017, 2018, and 2019 were born in 2016, 2017, and 2018, respectively.

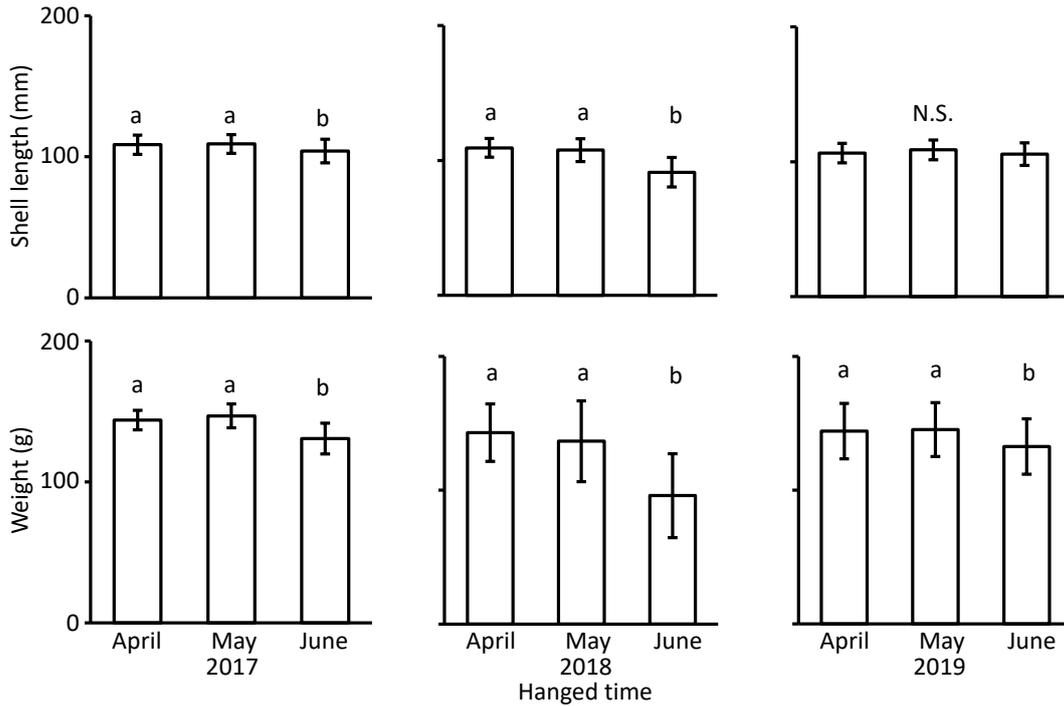


Fig. 2 Shell length (mm ± standard deviation) and weight (g ± standard deviation) of the cultured scallops in February with different ear-hanging times. Letters (a and b) indicate significant differences between the hanging times (Steel-Dwass test,  $p < 0.05$ ). N.S. = Not significant.

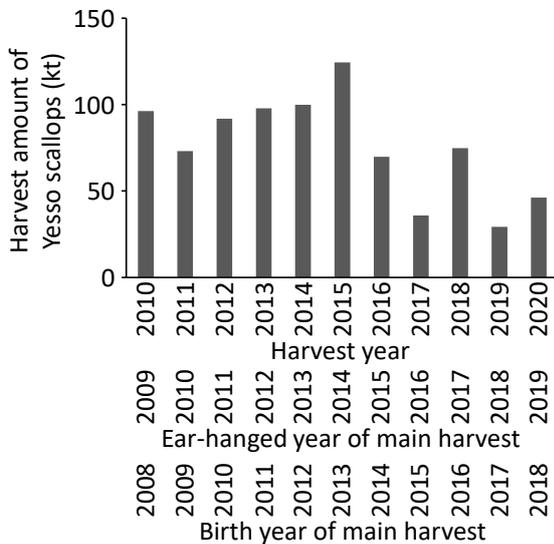


Fig. 3 Annual production of cultured scallops in Funka Bay from 2010 to 2020. The scallops were mainly harvested at two years of age.

った年で、直近10年で最低のホタテガイ生産量が記録された (Fig. 3)。本研究においても、年ごとの稚貝育成の良・不良の影響を受けて、2017年、2019年、2018年耳吊り群の順に生残率が小さくなり、特に2018年耳吊り群で顕著に生残率が低下したと考えられる。この2017、2019年耳吊り群の出荷時期にあたる翌2月の生残率は、2018年耳

吊り群よりも、耳吊り時期にかかわらず3~5割程度高い (Fig. 1)。このように、耳吊り前の稚貝の育成の良し悪しは、耳吊り時期よりも耳吊り後の生残に強く影響している可能性が高く、噴火湾における「へい死」を考える上で重要な問題である。

他方、年級群ごとの生残率に差があるものの、すべての年の耳吊り群ともに耳吊り時期で生残率や内面着色率に差があることが示され、特に6月耳吊り区は4、5月耳吊り区よりも顕著に生残率が低くなった (Fig. 1)。このことは、耳吊り前の稚貝の良し悪しにかかわらず、耳吊り作業の遅れが6月に及ぶと、耳吊り後の生残が悪化することを示唆している。同様に、年級にかかわらず6月耳吊り区は、4、5月耳吊り区よりも出荷盛期 (翌2月) の成長 (全重量) が悪化したため (Fig. 2), 耳吊り作業時期の遅れが6月に及ぶとその後の成長も悪化することが示唆された。以上のことから、耳吊り時期を遅くとも5月までに終了させることは、耳吊り後の生残率低下、成長悪化を防ぐために重要であると考えられる。

ここで、1連当たりの耳吊り個体数を250個体、4、5月の耳吊り作業時期区に翌年2月の生残率および全重量から想定される1連当たりの水揚げは、2017年で32.3~33.3 kg、2018年で14.5~16.6 kg、2019年で25.5~29.2 kgと計算されるのに対し、6月の耳吊り時期区で想定される1連当たりの水揚げは、2017年で20.6 kg、2018年で2.3 kg、2019

年で15.2 kgとなる。このように、耳吊り作業時期が6月まで遅れることによって想定される1連当たりの水揚げの減少は、年にかかわらず10 kg以上にも達するため、耳吊り時期が6月以降になることは生産量減少を防ぐためには避けるべきと言えよう。

耳吊り作業時期の遅れが生残率低下および成長悪化につながる要因について 一般に養殖籠による二枚貝育成では一籠当たりの密度が多い（いわゆる過密）条件で成長や生残が悪化することが知られている（例えばDuggan, 1973; 有馬・吾妻, 1986）。耳吊り時期が遅れると耳吊りに用いる丸籠中の中間育成貝は成長して、相対的に過密条件になると考えられる。耳吊り前に養殖籠中で過密飼育というストレスに長く曝されたことが、本研究で確認された遅い時期に耳吊りした群の低い生残や成長に影響した可能性がある。ホタテガイにおける内面着色は、変形や欠殻などの殻の異常を伴った貝で頻繁に観察され（長内, 1981）、過密条件下や振動条件下におかれた養殖籠で飼育されたホタテガイで内面着色の発生率が高まる場合があることが指摘されている（有馬・吾妻, 1986; 森ほか, 1977）。本研究においても耳吊り時期の遅れによって、耳吊り貝の内面着色率が増加したことから（Fig. 1）、耳吊り時期の遅れによって過密状態での飼育が長くなることによるストレスが、耳吊り後の成長や生残に悪影響を及ぼしている可能性がある。

本研究で耳吊りに用いた稚貝は、生殖巣指数の減少から、2017年、2018年耳吊り群の稚貝で4月から5月の間で、2019年耳吊り群の稚貝で4月から6月の間で放精・放卵が活発であったと考えられる（Table 1）。ホタテガイを含むイタヤガイ科の二枚貝において、成熟や生殖によって生理的なストレスを生じ（Brokordt et al., 2015; Brokordt and Guderley, 2004）、生殖によるストレスがへい死の要因となる可能性が指摘されている（Xiao et al., 2005）。しかし、本研究では、2017年や2018年のように放精・放卵が活発であった期間に耳吊りされた稚貝においても、耳吊り後の生残率の顕著な減少がなかったことから、放精放卵によるストレスと耳吊りによるストレスが重なることは、生残の低下や成長の悪化に大きく影響しないと考えられる。ただし、ホタテガイは放精・放卵の終了後にも生殖巣における生理学的な変化が少なくとも1ヶ月程度は継続することが報告されているため（森ほか, 1977）、生殖に伴う何らかの生理学的ストレスが生残率の低下の一因となることは否定できない。以上のように、耳吊り作業時期の遅れが生残の低下と成長の悪化につながる要因として、籠養殖期間が長くなることによる相対的な過密および生殖によるストレスを考察したが、両者の明確な影響は見られなかった。本研究では考慮できなかった

が、6月まで養殖籠で過ごすことによる何らかの環境ストレスや、耳吊り後の6月の何らかの環境要因（例えば、嶋田ら（2000）で示されているこの時期の水温の季節的な上昇や低いChl. a濃度）と耳吊り作業によるストレスが相互に作用することによって、生残率の低下を引き起こしている可能性があり、これらを明らかにすることは今後の課題となる。

本研究によって噴火湾における耳吊り式ホタテガイ養殖において、耳吊り作業時期が6月まで遅れると、耳吊り後の生残率低下および成長悪化につながることを示された。また、この作業時期の遅れによる影響は、稚貝の良・不良に関係なく毎年認められたため、生産量の減少を防ぐ上で、耳吊り作業を遅くとも5月までに終了させることは重要であると結論される。

## 謝 辞

本研究の実施にご協力いただいたホタテガイ生産者の皆様ならびに噴火湾胆振海区漁業振興推進協議会に厚く御礼申し上げます。養殖試験を主に実施された胆振地区水産技術普及指導所職員の皆様に感謝申し上げます。

## 引用文献

- 有馬健二, 吾妻行雄. ホタテガイ健苗の育成と養殖試験. 北水試月報 1986; 43: 85-94.
- 馬場勝寿. 噴火湾養殖ホタテガイのへい死要因. 試験研究は今 2011; 695: <https://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/o7u1kr0000001f27.html>
- Brokordt K, Guderley H. Energetic requirements during gonad maturation and spawning in scallops: Sex differences in *Chlamys islandica* (Müller 1776). *J. Shellfish Res.* 2004; 23: 25-32.
- Brokordt K, Pérez H, Herrera C, Gallardo A. Reproduction reduces HSP70 expression capacity in *Argopecten purpuratus* scallops subject to hypoxia and heat stress. *Aquat. Biol.* 2015; 23: 265-274.
- Duggan W. Growth and survival of the bay scallop, *Argopecten irradians*, at various locations in the water column and at various densities. *Proc. Natl. Shellfish. Assoc.* 1973; 63: 68-71.
- 浜田武士, 山下成治, 見上隆克, 橋本忍. ホタテガイ養殖業の分散・耳吊り作業のラインバランシング法による効率評価. 日本水産学会誌 1996; 62: 83-88.
- Hamada T, Yamashita N, Takagi S, Natsume S. Difference in performance of three ear-hanging methods in scallop

- farming. *Bull. Fish. Sci. Hokkaido Univ.* 2000 ; 51 : 105-110.
- 濱田武士, 山下成治, 渡部智彦, 夏目俊二. 耳吊り式ホタテガイ養殖の穿孔作業時に発生する外套膜の損傷. *水産工学* 1999 ; 36 : 147-152.
- Hamada T, Yamashita N, Watanabe T, Natsume S. Drilling position of the ear affects growth and mortality of scallop (*Patinopecten yessoensis*, Jay) in ear-hanging culture. *Aquaculture* 2001 ; 193 : 249-256.
- Kanamori M, Baba K, Natsuike M, Goshima S. Life history traits and population dynamics of the invasive ascidian, *Ascidella aspersa*, on cultured scallops in Funka Bay, Hokkaido, northern Japan. *J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom* 2017 ; 97 : 387-399.
- 金森誠. 噴火湾養殖ホタテガイのへい死年の気象・海洋環境について. 試験研究は今 2019;888:<https://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/work1/ima888.html>
- Kosaka Y. Scallop fisheries and aquaculture in Japan. In ; Shumway SE, Parsons GJ (eds) *Scallops: Biology, Ecology, Aquaculture, and Fisheries*. Elsevier, Amsterdam. 2016 : 891-936.
- 林 艾光, 矢田 貞美. 養殖ホタテ稚貝の耳揃え制御方法に関する研究. *水産工学* 1997 ; 34 : 1-8.
- 森 勝義, 長内健治, 佐藤隆平. 岩手県唐丹湾における養殖ホタテガイ生殖巣の周年変化に関する組織学的研究. *日本水産学会誌* 1977 ; 43 : 1-8.
- 長内健治. 異常ホタテガイ発生機構の基礎的研究. *青森県水産増殖センター事業概要* 1981 ; 8 : 100-123.
- 嶋田宏, 西田芳則, 伊藤義三, 水島敏博. 噴火湾八雲沿岸における養殖ホタテガイの成長, 生残と漁場環境要因の関係. *北海道立水産試験場研究報告* 2000 ; 58 : 49-62.
- Xiao J, Ford SE, Yang H, Zhang G, Zhang F, Guo X. Studies on mass summer mortality of cultured zhikong scallops (*Chlamys farreri* Jones et Preston) in China. *Aquaculture* 2005 ; 250 : 602-615.
- 山下成治, 濱田武士, 見上隆克, 橋本忍. ホタテガイ用穿孔機による貝殻耳状部の開孔成功率の推定. *水産工学* 2000 ; 36 : 221-228.

## 道南太平洋海域におけるシシャモの小型化について (資料)

吉田秀嗣<sup>1</sup>, 安宅淳樹<sup>1</sup>, 藤井 真<sup>2</sup>, 今野義文<sup>2</sup>, 新居久也<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北海道立総合研究機構栽培水産試験場,

<sup>2</sup>公益社団法人北海道栽培漁業振興公社

Declining body size of the Shishamo smelt *Spirinchus lanceolatus* on the Pacific coast of southern Hokkaido (Note)

HIDETSUGU YOSHIDA<sup>\*1</sup>, JUNKI ATAKA<sup>1</sup>, MAKOTO FUJII<sup>2</sup>, YOSHIFUMI KONNO<sup>2</sup> and HISAYA NII<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mariculture Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Muroran, Hokkaido 051-0013,

<sup>2</sup> Hokkaido Aquaculture Promotion Corporation, Sapporo, Hokkaido 060-003, Japan

キーワード：小型化, シシャモ, 成長, 体長, 道南太平洋, 不漁

シシャモ *Spirinchus lanceolatus* はサケ目キュウリウオ科に属する日本固有種の遡河回遊魚であり、北海道太平洋沿岸に分布する。道南太平洋海域では、成魚は11月頃に鶴川を代表とする河川に遡上し、川底に産卵する。卵は翌年の4~5月にふ化し、仔魚は直ちに海へと流される(森, 2003)。鶴川沿岸では5月中旬~下旬にかけて全長11 mm前後で浮遊生活から底生生活に移行する(虎尾・工藤, 2013)。その後、沿岸域で成長・成熟し、雌は1歳で遡上して産卵するが、産卵後海へ戻り、再び2歳で産卵する個体もある。雄の多くは1歳で繁殖に参加し、その後死亡する。小型の雄は1歳で成熟せず海に残り、翌年2歳で成熟して繁殖に参加する(森, 2003)。

道南太平洋海域におけるシシャモの漁獲量は、1995年以降2011年までは概ね100~250トンで推移していたが、2012~2015年には12~36トンに減少した(図1)。その後、

2016~2019年には66~124トンまで回復したが、2020年にはシシャモの漁獲統計が残る1962年以後では過去最低の8トンとなった(道総研水産試験場集計の速報値; 1991~1994年の自主休漁期間を除く)。本資料では、1995年以降の漁獲量が36トン以下だった2012~2015年と2020年を不漁年と言う。道南太平洋海域ではほとんどの年でシシャモの漁獲尾数の8割以上を1歳魚が占めており、2012~2015, 2020年の不漁は、2011~2014, 2019年級群の1歳での漁獲尾数が少なかったことが原因である(図2)。

一方、1995年以降では漁獲量が回復した2018年と2019年に0歳と1歳魚で体長の小型化がみられた(吉田・岡田, 2020; 吉田・岡田, 2021)。また、1歳魚の体長が最小だった2019年には、1歳で成熟しない未成魚の割合が例年より高かった(吉田・岡田, 2021)。

近年、このように道南太平洋海域では、シシャモの不

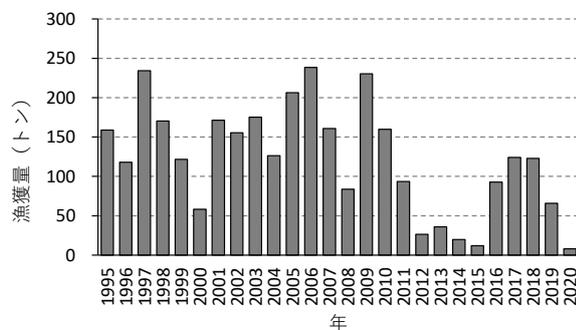


図1 道南太平洋海域におけるシシャモの漁獲量

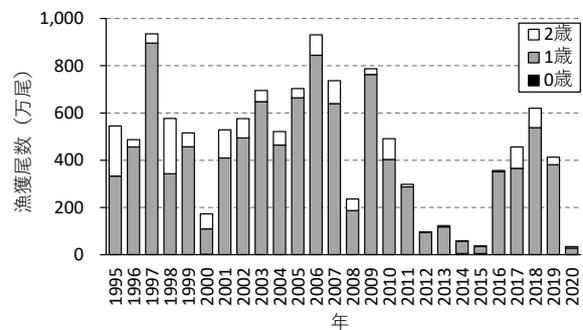


図2 道南太平洋海域におけるシシャモの年齢別漁獲尾数

漁と体長の小型化が起こっている。2012～2015年の不漁をもたらした2011～2014年級群については、6～7月の稚魚の体長において小さい傾向がみられたことが報告されている(吉田ら, 2021)。しかし、小型化が生じる時期や稚魚・幼魚・成魚の各生育段階については、これまで検討されていない。そこで、小型化の要因を把握するため、稚魚・幼魚・成魚の体長や成長について、仔魚の出現時期、仔魚の出現尾数および1歳魚のCPUE (Catch Per Unit Effort: 単位努力量当たり漁獲量) との関係を検討し、資料として取りまとめた。また、仔魚の出現尾数、稚魚・幼魚・成魚の体長と不漁との関係についても考察した。

## 材料と方法

本資料では、各機関がそれぞれの事業で実施した調査結果を利用して解析したため、方法については概略を記す。

シシャモの仔魚の出現時期と出現尾数は、北海道開発局室蘭開発建設部より公益社団法人北海道栽培漁業振興公社が受託した降海仔魚調査の結果を用いた。仔魚採集は改良型北太平洋プランクトンネット(口径45 cm, 網目 NGG54: 約0.3 mm, 長さ1.8 m)を用いて、4～5月に毎週2回、鵒川河口の両側で行った(図3)。採集時間は干潮と満潮のほぼ中間時とし、原則、プランクトンネット前面に設置したろ水計の値が10,000回転となるまで実施し、概ね10～60分間であった。採集した仔魚は約10%ホルマリンで固定した後に計数した。調査実施日の仔魚尾数は、ろ水量1 m<sup>3</sup>当たりの入網数に鵒川の日総流量を乗じて求めた。調査実施日以外の仔魚尾数については、調査実施日間では仔魚尾数は直線的に増加あるいは減少するものと仮定して計算から求めた。

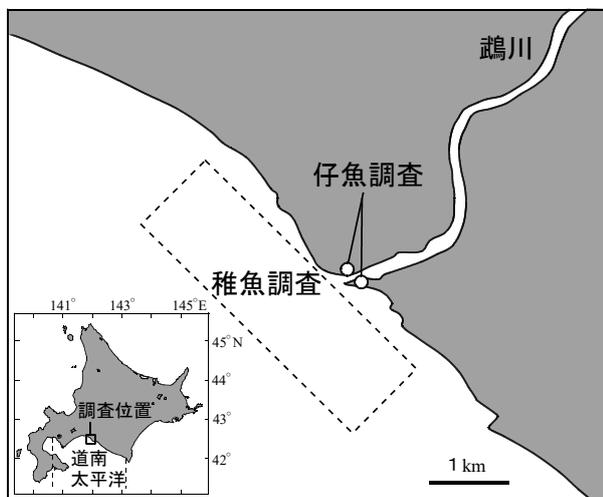


図3 降海仔魚調査と稚魚調査を実施した位置

稚魚の体長は、北海道開発局室蘭開発建設部より公益社団法人北海道栽培漁業振興公社が受託した稚魚調査の結果を用いた。稚魚採集はソリネット(開口幅1.5 m, 開口高0.3 m, 網目3 mm)を用いて、6～7月に2～3回、鵒川沖の水深12 mまでの9測線で300～500 m曳網して行った(図3)。採集した稚魚は100%アルコールまたは10%ホルマリンで固定した後に全長を測定し、固定方法別に既往の換算式(未発表)から固定前の体長を求めた。

幼魚と成魚の体長は、道総研栽培水産試験場が実施した漁獲物調査の結果を用いた。漁獲物は10月に1～3回、鵒川沖のししゃもこぎ網で漁獲された選別前の標本を用いて、体長測定、耳石(扁平石)の表面観察による年齢査定(岡田ら, 2013)、さらに成魚については生殖腺の形状から雌雄判別を行った。シシャモの年齢基準日は、孵化が4～5月であるため4月1日とした。生殖腺の形状から、当年は繁殖に加わらないと判断された0歳を幼魚、繁殖に加わると判断された0歳以上を成魚とした。なお、2011、2012、2016年10月の幼魚については、鵒川沖での標本が入手できなかったため、近隣の日高町富浜沖の標本を用いた。

シシャモの稚魚は10日で3～4 mm成長する(吉田ら, 2021)。毎年の体長を比較するためには、同じ日の体長を比較することが望ましい。そこで、6～7月に採集された稚魚の平均体長と10月に漁獲された幼魚の平均体長に回帰直線をあてはめ、回帰式から7月1日時点の稚魚と10月1日時点の幼魚の体長を推定した(図4)。また、7月1日の稚魚と10月1日の幼魚の体長差をその間の成長とみなした。

成魚の体長は10月の1歳の雌雄別の平均体長を用いた。10月は産卵直前であるため、10月中の成長は無視できると仮定し、10月に複数回得られた体長データは込みにして平均した。また、10月1日の幼魚と翌年10月の1歳成魚の体長差をこの間の成長とみなした。これら体長と成長は、稚魚から成魚までのデータが揃っている2007～2019年級群について求めた。

シシャモの年齢別漁獲尾数は、道総研栽培水産試験場が道南太平洋海域において、8～11月に刺し網と10～11月にししゃもこぎ網で漁獲された標本の重量1 kg当たりの年齢別の漁獲尾数をそれぞれ刺し網とししゃもこぎ網の漁獲量で引き延ばし、合算して求めた(図2)。

ししゃもこぎ網漁業のCPUEは、道総研栽培水産試験場が道南太平洋海域において、10～11月のししゃもこぎ網漁業での漁獲尾数と操業隻数から算出した1日1隻当たりの1歳魚の漁獲尾数(以下、1歳CPUEと言う)を用いた。シシャモはししゃもこぎ網漁業で大部分が漁獲されることから(森, 2003)、ししゃもこぎ網漁業による1歳

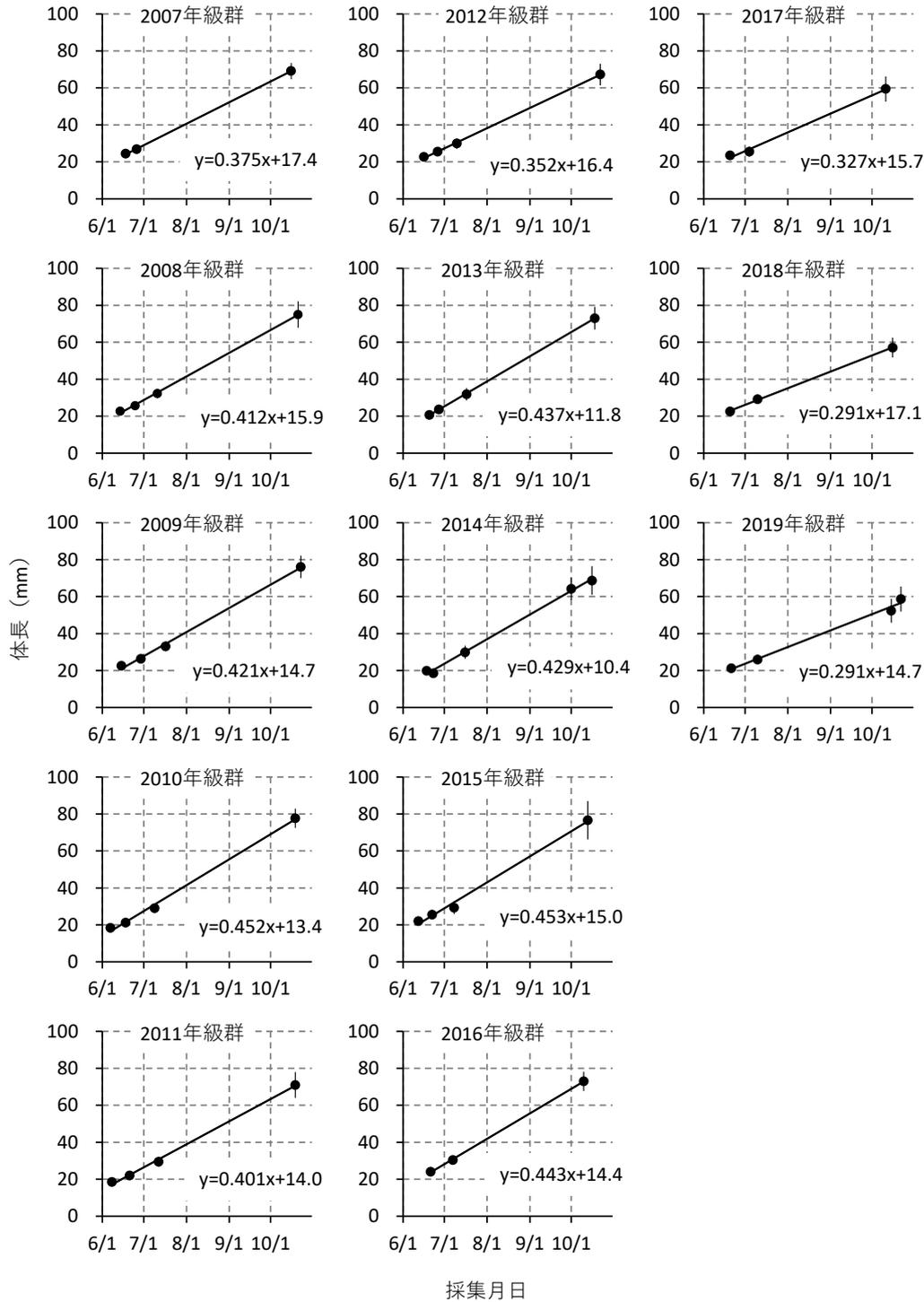


図4 鵜川沖で6~7月に採集されたシシャモ稚魚と10月に採集された幼魚の平均体長と回帰直線  
縦棒は標準偏差を示す。

CPUE (尾/日・隻) を1歳魚の資源量の指標とした。

小型化の要因を検討するため、稚魚の体長に関しては、目的変数を体長、説明変数を仔魚の出現密度 (尾/ろ水量  $m^3$ ) が最も高かった日 (以下、出現盛期と言う) あるいは仔魚の出現尾数とし、それぞれ単回帰分析 (危険率5%) を行った。また、稚魚から幼魚と幼魚から1歳成魚ま

での成長に関しては、目的変数を成長、説明変数を仔魚の出現盛期、仔魚の出現尾数および1歳CPUEとし、それぞれ単回帰分析 (危険率5%) を行った。なお、稚魚の資源量は、鵜川沖 (図3) で実施した調査だけから求めることはできないため、解析に用いられなかった。また、幼魚については漁獲対象外であり、漁獲量が不明なため1歳

魚と同様の方法ではCPUEは算出できず、幼魚のCPUEは解析に用いられなかった。

### 結果

**仔魚の出現尾数** 図5に鷓川河口における仔魚の出現尾数を示した。1992～2009年級群は、2007年級群の22億尾を除くと8億尾以下と少なかったが、2010年級群は44億尾、2011年級群は49億尾へと増加した。その後、2012～2015年級群は6～12億尾と少なくなったものの、2017年級群は38億尾、2018年級群は76億尾（既往最高）、2019年級群は52億尾（既往2番目）へと増加した。

**稚魚の体長（7月1日推定値）と体長に影響を及ぼす要因** 2007～2019年級群における7月1日の推定体長は、24～29 mmの範囲にあった。これら推定体長が経年の平均値(27 mm)より10%以上小さかったのは、2014と2019年級群であり、24 mmだった（図6）。

**稚魚の体長について、仔魚の出現盛期、出現尾数との関係を検討した結果、体長は4月の仔魚の出現盛期と統計的に有意な負の相関関係が認められたが** ( $r = -0.761, P < 0.01$ , 図7), 仔魚の出現尾数との相関関係は認められなかった ( $r = -0.307, P = 0.31$ )。

**幼魚の体長（10月1日推定値）と成長に影響を及ぼす要**

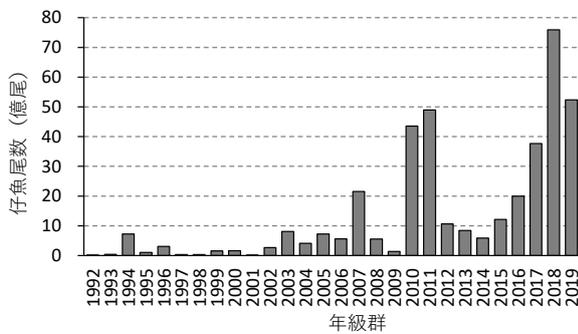


図5 鷓川河口におけるシシャモ仔魚の出現尾数

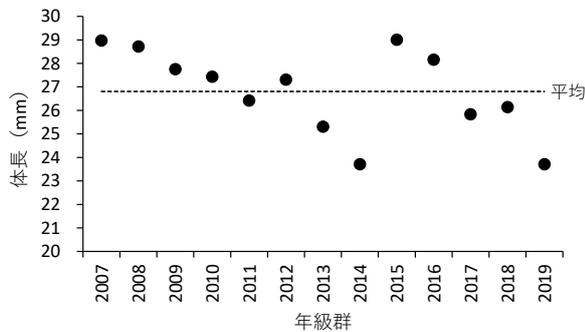


図6 鷓川沖におけるシシャモ稚魚の7月1日の推定体長 破線は2007～2019年級群の平均値を示す。

**因** 2007～2019年級群における10月1日の推定体長は、50～71 mmの範囲にあった。これら推定体長が経年の平均値 (63 mm) より10%以上小さかったのは、2017年級群 (56 mm), 2018年級群 (53 mm), 2019年級群 (50 mm) であり、2019年級群が最小だった（図8）。2017～2019年級群は、7月1日時点の稚魚が平均値より小さく（図6）、稚魚から幼魚（7月1日～10月1日）までの成長も27～30 mmと悪かった（図9）。

稚魚から幼魚までの成長について、仔魚の出現盛期、出

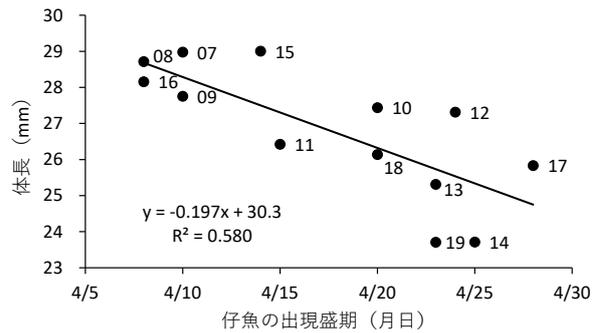


図7 鷓川河口におけるシシャモ仔魚の出現盛期と鷓川沖における稚魚の7月1日の推定体長との関係 実線は回帰直線を示す。図中の添字は年級群を西暦下2桁で示す。

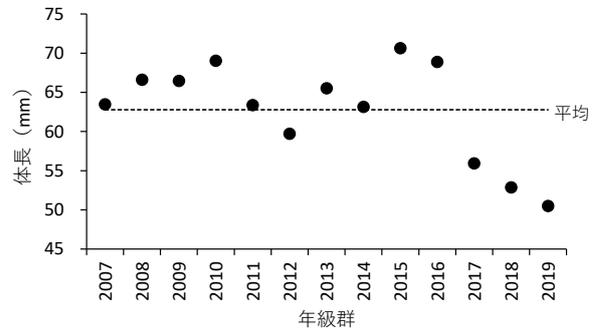


図8 鷓川沖におけるシシャモ幼魚の10月1日の推定体長 破線は2007～2019年級群の平均値を示す。

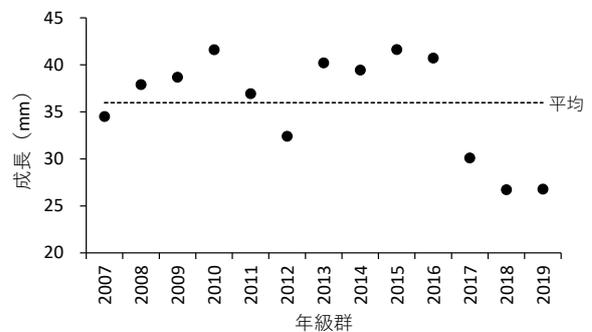


図9 鷓川沖におけるシシャモの稚魚から幼魚までの成長（7月1日～10月1日） 破線は2007～2019年級群の平均値を示す。

現尾数および1歳CPUEとの関係を検討した。その結果、成長は仔魚の出現尾数と統計的に有意な負の相関関係が認められたが ( $r = -0.637, P < 0.05$ , 図10), 仔魚の出現盛期や1歳CPUEとの相関関係は認められなかった(仔魚の出現盛期と成長:  $r = -0.419, P = 0.15$ , 1歳CPUEと成長:  $r = -0.074, P = 0.81$ )。

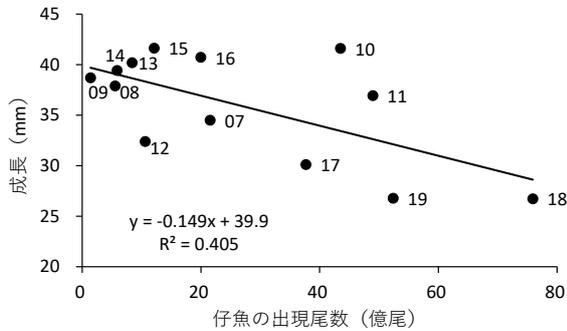


図10 鶴川河口におけるシシャモ仔魚の出現尾数と鶴川沖における稚魚から幼魚までの成長(7月1日~10月1日)との関係  
実線は回帰直線を示す。図中の添字は年級群を西暦下2桁で示す。

1歳成魚の体長(10月平均値)と成長に影響を及ぼす要因 2007~2019年級群における1歳雌の10月の平均体長は、108~132 mmの範囲にあった。これらが経年の平均値(123 mm)より10%以上小さかったのは、2017年級群(111 mm)と2018年級群(108 mm)だった(図11)。また1歳雄の10月の平均体長は、124~146 mmの範囲にあった。これらが経年の平均値(139 mm)より10%以上小さかったのは、2018年級群(124 mm)であり、雌雄ともに2018年級群が最小だった(図11)。2017, 2018年級群は、10月1日時点の幼魚が小さく(図8), 幼魚から1歳成魚(10月1日~翌年10月)までの成長も雌では55 mmと悪く、雄

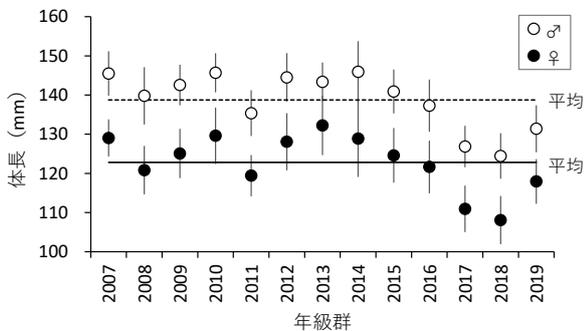


図11 鶴川沖におけるシシャモ1歳成魚の10月の平均体長  
破線は2007~2019年級群の雄の平均値, 実線は2007~2019年級群の雌の平均値を示す。縦棒は標準偏差を示す。

でも71~72 mmと悪かった(図12)。

幼魚から1歳成魚までの成長について、仔魚の出現盛期、出現尾数および1歳CPUEとの関係を検討した。その結果、成長は雌雄ともに1歳CPUEと統計的に有意な負の相関関係が認められたが(雌:  $r = -0.798, P < 0.01$ , 雄:  $r = -0.708, P < 0.01$ , 図13), 仔魚の出現盛期や出現尾数との相関関係は認められなかった(仔魚の出現盛期と成長: 雌  $r = 0.470, P = 0.10$ , 雄  $r = 0.363, P = 0.22$ , 仔魚の出現尾数と成長: 雌  $r = -0.176, P = 0.56$ , 雄  $r = -0.256, P = 0.40$ )。

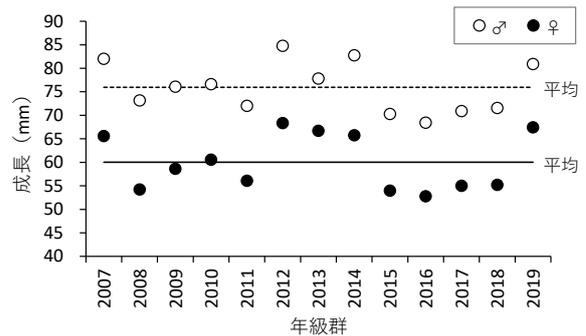


図12 鶴川沖におけるシシャモの幼魚から1歳成魚までの成長(10月1日~翌年10月)  
破線は2007~2019年級群の雄の平均値, 実線は2007~2019年級群の雌の平均値を示す。

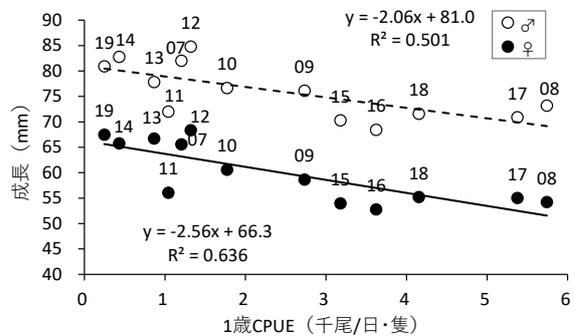


図13 道南太平洋海域におけるししゃもこぎ網漁業によるシシャモ1歳魚のCPUEと鶴川沖における幼魚から1歳成魚までの成長(10月1日~翌年10月)との関係  
破線は雄の回帰直線, 実線は雌の回帰直線を示す。図中の添字は年級群を西暦下2桁で示す。

### 考察

小型化の要因 稚魚の7月1日の推定体長は、2014, 2019年級群で小型化していた(図6)。稚魚の7月1日の推定体長は、仔魚の出現盛期が遅い年級群ほど小さい傾向がみられたことから ( $r = -0.761$ , 図7), 稚魚が小型化する要因の一つとして、河川でふ化した仔魚が、河口に出現す

る盛期が遅かったことが考えられた。これは仔魚の出現盛期が4月上旬から下旬へと遅くなると、ある時点での稚魚（本資料では7月1日を用いた）までの生育期間が短くなるのが原因の一つと思われた。

幼魚の10月1日の推定体長は、2017～2019年級群で小型化していた（図8）。2017～2019年級群は、稚魚の時点で平均値より小さく（図6）、稚魚から幼魚までの成長も悪かった（図9）。この成長は、仔魚の出現尾数が多い年級群ほど悪い傾向がみられた（ $r = -0.637$ , 図10）。これらのことから、幼魚が小型化する要因の一つとして、稚魚が小さかった上に、仔魚の出現尾数が多く、稚魚から幼魚までの成長が悪かったことが考えられた。一般的に仔魚は個体数が多くても各個体の栄養要求量は少ないため、全体の必要餌料は多くないが、稚魚は分布密度が高いと餌不足を招いて成長が悪化する（塚本, 1991）。また、ホッケの幼魚では資源豊度が低くなると体サイズが大型化し、それは幼魚の密度が減少して1個体当たりの摂餌量が増える密度効果と推察されている（高嶋, 2014）。本資料ではシシャモの稚魚から幼魚までの成長は、稚魚や幼魚の資源量は不明であるものの、仔魚の出現尾数が多い年級群ほど悪い傾向があったことから、この成長の悪化は密度効果、すなわち餌不足で生じた可能性がある。

成魚の10月の平均体長は、2017, 2018年級群で小型化していた（図11）。2017, 2018年級群は、幼魚の時点で小型化しており（図8）、幼魚から1歳成魚までの成長も悪かった（図12）。この成長は、1歳CPUEが高い年級群ほど悪い傾向がみられた（雌： $r = -0.798$ , 雄： $r = -0.708$ , 図13）。これらのことから1歳成魚が小型化する要因の一つとして、幼魚が小型化していた上に、1歳の資源量（1歳CPUEを指標）が多く、幼魚から1歳成魚までの成長が悪かったことが考えられた。トラフグでは資源量の指標としてのCPUE（漁獲尾数/隻・月）が高い年級群ほど1歳魚の全長は小さくなる傾向があり、密度効果により小型化すると考えられている（鯉江ら, 1998）。本資料ではシシャモの1歳の資源量が多い年級群ほど、幼魚から1歳成魚までの成長は悪くなる傾向があったことから、この成長の悪化は密度効果、すなわち餌不足で生じた可能性がある。

**仔魚の出現尾数と不漁との関係** 仔魚の出現尾数と不漁との関係をみると、不漁となった2011年級群の仔魚尾数は、49億尾で3番目に多かったが（図5）、続いて不漁となった2012～2014年級群の仔魚尾数は、6～11億尾と少なかった。その後、過去最低の不漁となった2019年級群の仔魚尾数は、52億尾で2番目に多かった。このように、仔魚尾数と不漁との関係は不明瞭だった。すなわち、不漁は仔魚尾数が少ないことが原因で起こっているのではなく、

仔魚尾数が多い場合にも起こっていた。このことから、不漁は仔魚以降の生残の悪化により生じる可能性が指摘された。

**稚魚・幼魚・1歳成魚の体長と不漁との関係** 吉田ら（2021）は、2012～2015年の不漁をもたらした2011～2014年級群は、仔魚の出現盛期が遅く、6～7月の稚魚の体長は小さい傾向がみられたことを報告している。しかし、2015年級群以降、特に2020年に過去最低の不漁をもたらした2019年級群については、仔魚の出現盛期や稚魚の体長は報告されていない。また、不漁をもたらした年級群が幼魚や1歳成魚でも小さかったか否かについても言及されていない。そこで、稚魚・幼魚・1歳成魚の体長と不漁との関係を検討する。

本資料では稚魚の体長は、仔魚の出現盛期が遅くなるほど小さくなる傾向がみられた（ $r = -0.761$ , 図7）。これを年級群の順番にして図14に示すと、2007年級群から2014年級群までは、仔魚の出現盛期は4月8～25日の範囲で年々遅くなり、稚魚の体長は24～29 mmの範囲で年々小さくなる傾向がみられた。不漁となった2011～2014年級群の出現盛期は4月15～25日と遅く、体長は24～27 mmと小さかった。その後、2015, 2016年級群では仔魚の出現盛期が4月8～14日に早まると、稚魚の体長は28～29 mmと大きくなり、両群とも不漁にはならなかった。しかし、2017年級群から2019年級群にかけて再び仔魚の出現盛期が4月20～28日と遅くなると、稚魚の体長は24～26 mmと小さくなり、不漁となった2019年級群の出現盛期は4月23日と遅く、体長は24 mmと最小だった。このように、不漁をもたらした2011～2014, 2019年級群は、仔魚の出現盛期が遅く、稚魚の体長は小さい傾向がみられた。ただし、仔魚の出現盛期が4月28日と最も遅かった2017年級群や、不漁となった2012年級群の稚魚の体長（27 mm）より小さかった2017, 2018年級群（26 mm）は不漁にならず、1歳の成魚が小型化した（図11）。

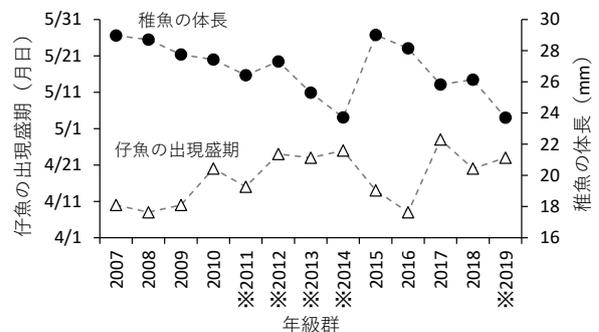


図14 鵠川河口におけるシシャモ仔魚の出現盛期と鵠川沖における稚魚の7月1日の推定体長  
※：不漁をもたらした年級群を示す

幼魚については、不漁となった2019年級群の体長は50 mmと小型化していたが、同様に不漁となった2011～2014年級群では小型化していなかった(図8)。2019年級群は、稚魚の体長が最小だった上に(図6)、稚魚から幼魚までの成長も最も悪く(図9)、幼魚が小型化した(図8)。一方、2011～2014年級群は、稚魚の体長が2019年級群と同程度もしくは大きく(図6)、稚魚から幼魚までの成長が2019年級群より5～13 mm良かったため(図9)、幼魚は小型化しなかった(図8)。

1歳の成魚については、不漁となった2011～2014、2019年級群の体長は雌雄ともに小型化していなかった(図11)。2011年級群は、幼魚の体長は平均値と同程度であったが(図8)、雌雄ともに幼魚から1歳成魚までの成長が悪かったため(図12)、1歳成魚の体長は平均値より小さくなった(図11)。2012～2014年級群は、幼魚の体長が平均値前後であったが(図8)、雌雄ともに幼魚から1歳成魚までの成長が良く(図12)、1歳成魚の体長は平均値より大きくなった(図11)。2019年級群は、幼魚の体長が最も小さかったが(図8)、雌雄ともに幼魚から1歳成魚の成長が良かったため(図12)、1歳成魚の体長は平均値より小さいものの、小型化しなかった(図11)。

**減耗時期の推測** 仔魚が多かった年級群ほど稚魚から幼魚までの成長は悪く( $r = -0.637$ , 図10)、1歳魚が多かった年級群ほど幼魚から1歳成魚までの成長は悪くなる傾向がみられた(雌: $r = -0.798$ , 雄: $r = -0.708$ , 図13)。これは、成長が各生育段階の資源量の影響を大きく受けている可能性を示す。そこで、成長の違いから不漁になるか否かの減耗が生じる時期を推測するため、仔魚の出現尾数が過去2番目に多かったにもかかわらず、2020年の過去最低の不漁をもたらした2019年級群と、仔魚の出現尾数が最も多く、不漁とはならなかった2018年級群とを比較した(表1)。両群ともに仔魚の出現尾数は他の年級群より多く(図5)、稚魚から幼魚までの成長は最も悪かった(図9)。ところが、幼魚から1歳成魚までの成長は、2018年級群では悪かったのに対し、2019年級群では良かった(図12)。2018年級群は1歳の資源量が多かった(1歳

CPUEが3番目に高かった)ことから成長は悪かったのに対し、2019年級群は1歳の資源量が少なかった(1歳CPUEが最低だった)ことから成長は良かったと考えられた(図13)。成長の違いが生じた時期から、2019年級群は幼魚から1歳成魚(0歳10月1日～翌年10月)までの間で不漁をもたらす減耗が生じた可能性がある。

#### 今後の課題

- 1. 幼魚の資源量と稚魚から幼魚までの成長との関係把握** 稚魚から幼魚までの成長については、稚魚や幼魚の資源量が不明なため、仔魚の出現尾数により検討した(図10)。しかし、仔魚は稚魚、幼魚へと成長するに連れて減耗し、その減耗率は年級群により異なると思われる。幼魚の資源量を用いることができず、仔魚の出現尾数を用いたため、稚魚から幼魚までの成長との相関係数( $r = -0.637$ )はあまり高くなかったと考えられる。今後、幼魚の資源量を把握し、それと稚魚から幼魚までの成長との相関を求めることで、精度の向上が期待される。
- 2. 摂餌量と水温が成長・生残に及ぼす影響の解明** 稚魚から幼魚までの成長悪化と幼魚から1歳成魚までの成長悪化は、餌不足で生じた可能性が示唆された。しかし、シシャモでは餌料量と成長との関係は不明である。また、一般的に成長には水温も関係するが、シシャモでは水温と成長との関係も不明であり、本資料では水温が成長に及ぼす影響については検討しなかった。さらに、不漁をもたらした年級群では、稚魚の体長は小さい傾向があり、幼魚でも小さい場合があったが、稚魚と幼魚の体長と飢餓耐性、水温耐性や被食との関係など生残に係わることも不明である。天然海域で餌料量や水温と成長との関係や体長と生残との関係を把握することは難しい。そこで、給餌量と水温を異なる条件で組み合わせた飼育試験を体長別に稚魚や幼魚で行い、摂餌量、水温および体長がシシャモの成長・生残に及ぼす影響を明らかにする予定である。
- 3. 不漁が発生するメカニズムの解明** 不漁をもたらした年級群は、仔魚の出現盛期が遅く、稚魚の体長は小さい傾向がみられたものの、それだけでは不漁とはならない年級群もあった。また、過去最低の不漁をもたらした2019年級群は、稚魚だけではなく幼魚でも小型化しており、体長は稚魚、幼魚ともに最小だったことは特筆すべきことである。今後、不漁が発生するメカニズムについては、吉田ら(2021)が不漁要因の一つとして考えている水温や飼育試験で得られる摂餌量、水温および体長と生残との関係も含めて、総合的に解析して明らかにする必要がある。

表1 道南太平洋海域のシシャモにおける各種指標値の年級群間比較(2018年級群および2019年級群)

	2018年級群	2019年級群
仔魚の出現盛期	4月20日	4月23日
仔魚の出現尾数(億尾)	76	52
稚魚の推定体長(mm)	26	24
稚魚～幼魚の成長(mm)	27	27
幼魚の推定体長(mm)	53	50
幼魚～1歳(雌)の成長(mm)	55	67
幼魚～1歳(雄)の成長(mm)	72	81
1歳(雌)の平均体長(mm)	108	118
1歳(雄)の平均体長(mm)	124	131
1歳CPUE(尾/日・隻)	4,152	247

## 謝 辞

鶴川漁業協同組合の皆様には降海仔魚調査, 稚魚調査および漁獲物調査, ひだか漁業協同組合の皆様には漁獲物調査に御協力をいただきました。降海仔魚調査と稚魚調査は, 北海道開発局室蘭開発建設部の治水事業の一環として実施されました。記して謝意を表します。なお, 本研究の一部は, 北海道資源生態調査総合事業(資源管理手法開発試験調査)により実施した。

## 引用文献

鯉江秀亮, 大沢 博, 福嶋万寿夫, 長尾成人, 伊勢湾・遠州灘におけるトラフグの資源動向について—II 年級群別の資源尾数及び成長と密度の関係, 愛知県水産試験場研究報告 1998; 5: 25-33.  
森 泰雄. 14. シシャモ. 「漁業生物図鑑 新北のさかなたち(上田吉幸, 前田圭司, 嶋田 宏, 鷹見達也編)」北海道新聞社, 札幌. 2003; 86-89.  
岡田のぞみ, 國廣靖志, 石田良太郎, 村上 修, 上田吉幸. 8.2 シシャモ(えりも以西胆振日高). 平成23年

度道総研栽培水産試験場事業報告書 2013; 121-126.  
高嶋孝寛. ホッケ幼魚のサイズと資源豊度との関係. 試験研究は今 2014; 770: 1-2. <http://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/o7u1kr000000fz2a.html>, 2021年9月30日閲覧.  
虎尾 充, 工藤 智. 鶴川沿岸におけるシシャモ仔稚魚の分布と魚体の生化学的性状. 北海道水産試験場研究報告 2013; 84: 31-38.  
塚本勝巳. 8. 魚類の初期減耗過程とそのメカニズムに関する標識放流実験. 「魚類の初期発育(田中 克編)」恒星社厚生閣, 東京. 1991; 105-118.  
吉田秀嗣, 新居久也, 藤井 真, 今野義文, 工藤 智. 道南太平洋海域におけるシシャモの不漁要因について(資料). 北海道水産試験場研究報告 2021; 99: 25-30.  
吉田秀嗣, 岡田のぞみ. 7.2 資源管理手法開発調査 シシャモ(えりも以西胆振・日高海域). 平成30年度道総研栽培水産試験場事業報告書 2020; 91-96.  
吉田秀嗣, 岡田のぞみ. 6.2 資源管理手法開発調査 シシャモ(えりも以西胆振・日高海域). 令和元年度道総研栽培水産試験場事業報告書 2021; 90-96.

## 北海道忍路湾におけるホソメコンブ子嚢斑面積の簡易推定法 (資料)

高谷義幸<sup>\*1</sup>, 川井唯史<sup>1</sup>, 秋野秀樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北海道立総合研究機構中央水産試験場,

<sup>2</sup>北海道立総合研究機構函館水産試験場

A simplified estimation method of the sorus area of the sporophyte of the kelp *Saccharina japonica* ver. *religiosa* in Oshoro Bay, southwestern Hokkaido (Note)

YOSHIYUKI TAKAYA<sup>\*1</sup>, TADASHI KAWAI<sup>1</sup> and HIDEKI AKINO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Central Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Yoichi, Hokkaido 046-8555,

<sup>2</sup> Hakodate Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Hakodate, Hokkaido 040-0051, Japan

キーワード：磯焼け, ホソメコンブ, 子嚢斑面積

北海道の日本海側南部では、磯焼けによってホソメコンブを主体とする大型褐藻類が激減したことに伴い、これらを餌料とするウニやアワビなどの漁業生産が低迷している。北海道における磯焼けの持続要因は、ウニなどによる海藻類への捕食圧とされ(吾妻, 1995), これを除去することで藻場群落を回復させる事業が進められてきた。

しかし、近年では、ウニ類を除去するだけでは藻場群落が回復しない事例も出てきている(干川ら, 2016)。また、かつては、新規着生基質を適切な時期に海中へ投入すれば、多くの場合、翌年にはコンブの着生が見られたが、近年ではこれらの着生がみられないことも多い(干川, 2016)。このようなかつての知見と現在との相違点は、母藻量の違いにその一因がある。過去の調査においては、磯焼け海域で大規模なコンブ群落が見られない海域であっても、水深の浅い場所を中心としてホソメコンブが生育しており(赤池ら, 1999; 道津ら, 1999), これから放出された遊走子がコンブの群落形成に寄与していたのに対し、近年では、磯焼けが長期化してコンブ群落規模が縮小した(高谷ら, 2020) ことにより、海水中に放出される遊走子そのものが以前に比べて少なくなっていることに加え、海域での遊走子の到達範囲が限られていること(秋野ら, 2015; 高谷, 未発表) が相乗することでコンブ群落回復を困難にしていると考えられる。

再生産を担う母藻量の評価のためには成熟時期である

秋季における子嚢斑の動態を調べる必要があるが、ホソメコンブ現存量調査は本種の生物量が極大期を迎える5~7月頃に行われることが多い。遊走子を放出する秋の成熟期までには、末枯れや着生基質からの脱落、植食動物による食害などによって現存量が減少する(名畑ら, 1992) ため、春季の調査結果をそのまま母藻量に反映させることはできない。また、遊走子はコンブ藻体(胞子体)の表面に部分的に形成される子嚢斑内で作られるため、遊走子産生量を正確に評価するには子嚢斑の面積を調べる必要がある。しかし、子嚢斑はその形状が複雑なため、正確に計測するためには写真撮影と画像処理が必要となり、多検体の計測は容易ではない。そこで、葉長と葉幅を測定するだけで子嚢斑面積を簡易に推測する方法について検討した。

### 材料と方法

北海道南西部の日本海に面した小樽市の西部にある忍路湾の湾奥部、湾中央および湾口部の3カ所(図1)の水深0.5~1.5 mで、2018年と2019年は6月から11月まで、2020年は9月から10月にホソメコンブを各点で約30個体採取した。採集したホソメコンブは、葉長、葉幅を測定した。その際、藻体表面を観察して子嚢斑形成の有無を記録し、子嚢斑形成率(観察個体数に対する子嚢斑形成個体の割合)を算出した。また、子嚢斑形成が確認された個体に

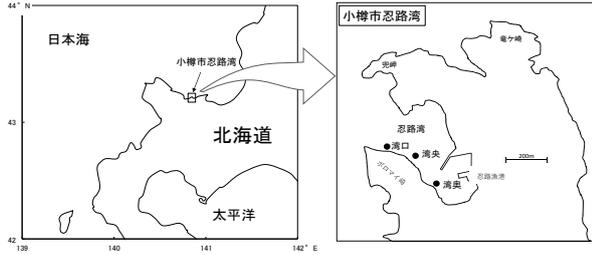


図1 標本採集場所

については、各点最大10個体についてデジタルカメラを用いて写真撮影を行い、このデジタル画像から葉面積と子嚢斑面積をTouchDeMeasure（榎本ら，2017）を用いて計測した。子嚢斑面積は、藻体の片面にのみ形成されていた場合にはその面積を、両面に形成されていた場合は裏表それぞれの面積を合算して求めたが、11月下旬に見られた遊走子放出の終了によって遊走子嚢が孢子体表層から脱落して脱色した状態となった部分は子嚢斑面積には算入しなかった。さらに、葉面積（片面×2）に対する子嚢斑面積の割合を子嚢斑面積率とした。

### 結果と考察

各年別、時期別の子嚢斑形成率の推移を図2に示した。各年で若干の遅速はあるが、子嚢斑形成はおおむね9月から始まっており、10月中旬までには100%に達した。

次に、葉面積の推移を図3に示した。6月の平均葉面積 ± 標準偏差は、2018年は758 cm<sup>2</sup> ± 500、2019年は507 cm<sup>2</sup> ± 256であったが、7~8月以降漸減し、子嚢斑が形成

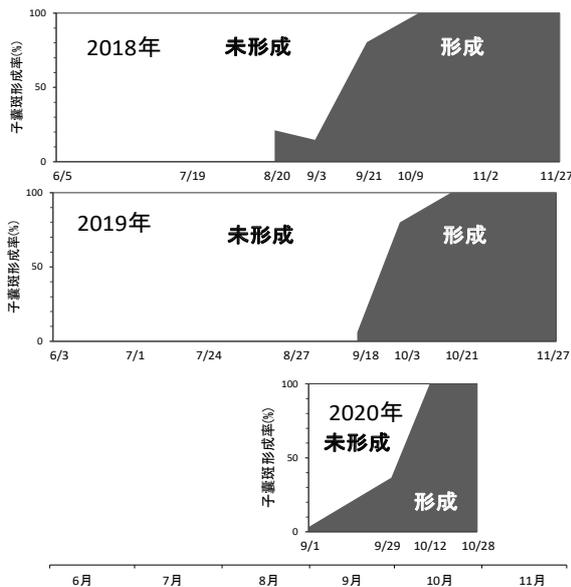


図2 ホソメコンプの子嚢斑形成率  
各図の下の数値は採集日（月/日）を示す。

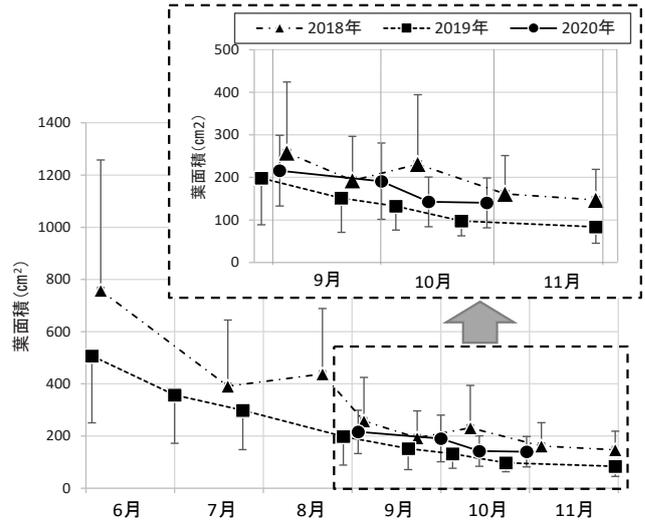


図3 ホソメコンプ葉面積の季節変化  
各調査日の平均値。縦棒は標準偏差を示す。

され始める9月には2018年と2020年は200 cm<sup>2</sup>前後、2019年は140 cm<sup>2</sup>前後となった。その後も減少傾向は続き、11月下旬には2018年が147 cm<sup>2</sup> ± 72に、2019年では84 cm<sup>2</sup> ± 39となった。6月の葉面積が2018年に比べて小さかった2019年では、子嚢斑形成期以降も2018年よりも平均葉面積は小さいまま推移したが、一方で個体差も大きかった。

子嚢斑面積は9月には子嚢斑形成が始まって徐々に拡大し、10月にピークとなり、2018年と2020年では124および94 cm<sup>2</sup>に達した。2019年も10月に子嚢斑面積は最大になったが、その面積は59 cm<sup>2</sup>にとどまった（図4）。また、11月下旬には子嚢斑面積は横ばいか減少した。このように、葉面積、子嚢斑面積とも調査年間で差が見られた。

一方、子嚢斑面積率（子嚢斑面積 / (葉面積 × 2) × 100）は、9月の形成初期には10%以下であったがその後上昇し11月上旬には30%前後に達したが、11月下旬には

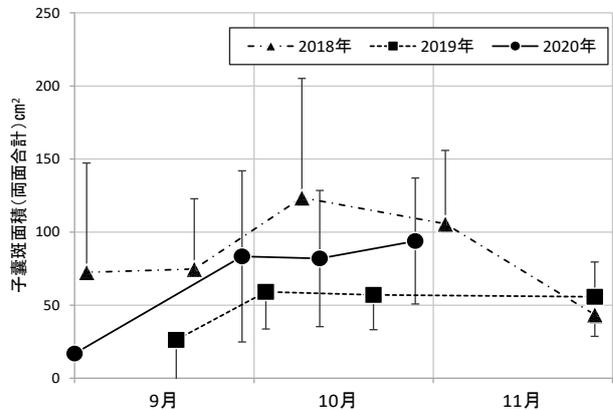


図4 ホソメコンプ子嚢斑面積の変化  
各調査日の平均値。縦棒は標準偏差を示す。

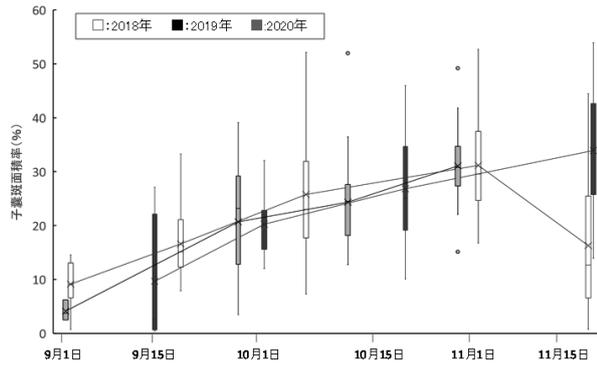


図5 ホソメコブ子囊斑面積率の変化  
箱ひげ図は、最大・最小値、四分位範囲、中央値および外れ値。×は平均値を示す。

横ばいか低下し、各年とも同様な変化を示した(図5)。

以上のことから、全個体に子囊斑が形成され、かつ、子囊斑面積率が26.8~31.2%で調査年間の有意差が認められなかった(ANOVA,  $F(2,87)=2.69$ ,  $P=0.07$ ) 10月下旬から11月上旬に採集された個体の葉面積から子囊斑面積を推定するのが妥当であると判断し、この期間の両者の関係を図6 Aに示した。その結果、葉面積と子囊斑面積には強い相関が認められ、葉面積から子囊斑面積を推定することが可能であった(子囊斑面積( $\text{cm}^2$ ) =  $0.6098 \times$  葉面積( $\text{cm}^2$ ) - 1.9965,  $R^2=0.7481$ ,  $n=150$ ,  $P<0.01$ )。

葉面積の算出にあたっては、阿部ら(1984)によって葉長と葉幅から推定する計算式(葉面積 =  $0.749 \times$  (葉長  $\times$  葉幅)<sup>1.002</sup>)が示されている。そこで、前述の個体について、この式によって推定した葉面積と実測した子囊斑面積の関係を図6 Bに示した。この場合、回帰直線の予測区間はやや拡大するが、子囊斑面積を推定することは可能だと思われた(子囊斑面積( $\text{cm}^2$ ) =  $0.5904 \times$  推定した葉面積( $\text{cm}^2$ ) - 0.1507,  $R^2=0.7046$ ,  $n=150$ ,  $P<0.01$ )。

以下に、最も簡便にホソメコブの子囊斑面積を推定する手順を記載する。

【ホソメコブ子囊斑面積の簡易算定方法】

- ① ホソメコブの採取(採取時期は10月下旬~11月上旬)
- ② 葉長および葉幅の実測
- ③ 葉面積の推定: 葉面積 =  $0.749 \times$  (葉長  $\times$  葉幅)<sup>1.002</sup>
- ④ 子囊斑面積の推定: 子囊斑面積 =  $0.5904 \times$  葉面積 - 0.1507

この方法により、個体毎の子囊斑面積の推定が可能となることから、密度調査やドローン空撮等によって得られる群落面積とあわせることで、各年の群落毎の子囊斑形成状況が明らかになる。また、10月下旬から11月上旬は、忍路湾におけるホソメコブの遊走子放出盛期である(高谷ら, 2020) ため、各年の遊走子産出規模を比較することも可能である。

ただし、ホソメコブの葉面積および子囊斑面積には個体差が大きく、回帰式からの予測範囲の幅が広いことから、この方法で推定された子囊斑面積は大まかな推計値であることに留意すべきである。また、今回の標本がホソメコブ分布域のうち、忍路湾のみで採取されたものであり、採集年も2018年から2020年までの3カ年だけである。したがって提案の回帰式が、他のホソメコブ分布域でも適用可能か、また、環境の変動があった場合にどのような変化が生じるかについてはさらなる検討が必要である。

文献

阿部英治, 垣内政宏, 松山恵二, 金子 孝. 忍路湾産ホソメコブの葉面積推定方法について. 北海道立水産試験場報告 1984; 26: 25-37.

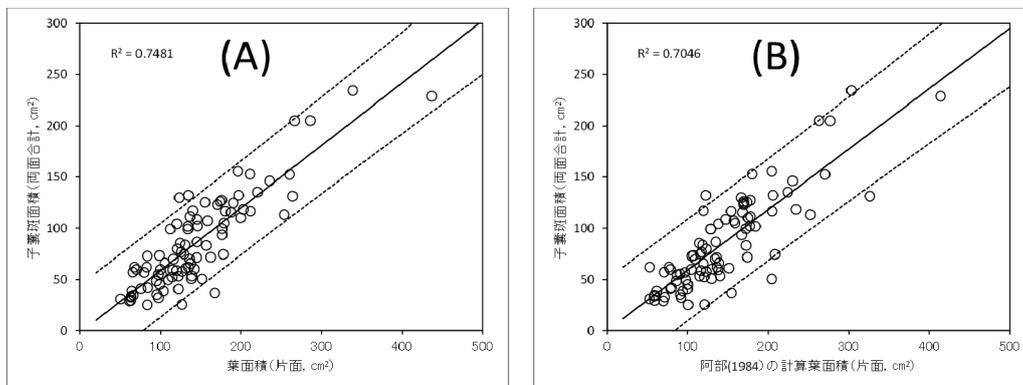


図6 10月下旬から11月上旬に採集されたホソメコブの葉面積と子囊斑面積の関係 (A)実測した葉面積, (B) 葉長と葉幅から推定した葉面積を用いた場合。破線は、回帰直線の95%予測区間を示す。

- 赤池章一, 吉田秀嗣, 松田泰平, 八木宏樹, 富山 優. 北海道積丹半島西岸における大型海藻と無節サンゴモ群落の分布面積の年変動. 北海道立水産試験場研究報告 1999 ; 56 : 125-135.
- 秋野秀樹, 川井唯史, 四ツ倉典滋, 河野時廣. 北海道泊村沿岸表層におけるホソメコンブ遊走子の移送と空間的分布. 水産工学 2015 ; 52(1) : 1-9.
- 吾妻行雄. 北海道南西部沿岸の磯焼け. 北水試だより 1995 ; 31 : 3-9.
- 道津光生, 野村浩貴, 太田雅隆, 岩倉祐二. 北海道南西部沿岸の磯焼け海域におけるホソメコンブ群落の形成要因について. 日本水産学会誌 1999 ; 65(2) : 216-222.
- 榎本洗一郎, 戸田真志, 川崎琢真, 清水洋平. タッチ教材を用いた画像計測支援ツール. ヒューマンインターフェースシンポジウム 2017 (HIS2017) 2017 ; 707-712.
- 干川 裕, 高谷義幸, 秋野秀樹, 福田裕毅. アワビ類における再生産ボトルネックの解消と藻場ネットワークの再生による資源回復・生態系修復技術の開発. 平成27年度道総研中央水産試験場事業報告書 2016 ; 152-156.
- 干川 裕. ホソメコンブ遊走子をつけた石材による新たな藻場造成手法の取組. 北水試だより 2016 ; 93 : 19-21.
- 名畑進一, 阿部英治, 垣内政宏. 北海道南西部大成町の磯焼け. 北海道立水産試験場研究報告 1992 ; 38 : 1-14.
- 高谷義幸, 川井唯史, 福田裕毅, 安永倫明, 園木詩織. 5. ホソメコンブ群落の変動と遊走子供給機能に関する研究. 令和元年度道総研中央水産試験場事業報告書 2020 ; 102-107.

## 北海道寿都町沿岸の日本海におけるホッケの産卵期と水温環境

坂口健司, 高嶋孝寛, 鈴木祐太郎

ホッケの産卵場における資源管理措置の実施期間を決めるための指標を検討するため、2013-2017年の10-12月に、北海道寿都町沿岸の日本海において、底建網によって漁獲されたホッケの成熟状態や底層水温を調べ、産卵期とその水温環境を明らかにした。本種の産卵期は11月8日から12月3日であった。産卵期と考えられた日の底層水温は12.0℃から13.8℃であった。

A600 北水試研報 101, 1-9 (2022)

## 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, 志田 修

2008年度から2017年度にかけて道南太平洋海域において実施した音響資源調査の結果、産卵期直前の11月のスケトウダラ成魚の分布量と水平分布に大きな変化がみられた。分布密度の高い海域は、分布量の増減に合わせて産卵海域を中心に拡大および縮小したが、特に渡島海域の減少が顕著であった。近年の分布域の変化は、主に水温環境と分布域の海底地形に起因するものと推察された。

A601 北水試研報 101, 11-23 (2022)

## 噴火湾における垂下式養殖ホタテガイの生残・成長におよぼす耳吊り作業時期の影響

夏池真史, 金森 誠, 一ノ瀬寛之, 中田幸保

噴火湾の垂下式ホタテガイ養殖において、耳吊り作業は、養殖工程全体の中で最も労力を必要とする工程であるとともに、水中外への露出や耳状部の開孔などホタテガイにストレスを与える工程でもある。従って、耳吊り作業を効果的かつ効率的に行うことは、養殖ホタテガイの生産管理にとって重要である。本研究では耳吊り作業時期が、耳吊り後の生残や成長に及ぼす影響を評価することを目的に、2017年から2019年の4, 5, 6月の各月に耳吊り作業を行い、ホタテガイの出荷時期（翌2月）までの生残や成長を調べた。出荷時期の生残率は、耳吊り時期にかかわらず2017年、2019年、2018年耳吊り群の順に高く、特に2018年耳吊り群の生残率は顕著に低かった。各耳吊り年群において耳吊り後の生残率および出荷時期の個体サイズは耳吊り時期によって差があり、6月に耳吊りしたときの生残率および成長は、4, 5月に耳吊りしたときの生残率および個体サイズよりも低い値であった。このことから、噴火湾におけるホタテガイ養殖では耳吊り作業を遅くとも5月までに終了させることによって生残率の低下を防ぐことができると示唆された。

A602 北水試研報 101, 25-30 (2022)

## 道南太平洋海域におけるシシャモの小型化について（資料）

吉田秀嗣, 安宅淳樹, 藤井 真, 今野義文, 新居久也

近年、道南太平洋海域ではシシャモの小型化がみられ、2017~2019年級群は幼魚で小型化し、2017, 2018年級群は1歳の成魚でも小型化した。幼魚の小型化の要因は、仔魚の出現盛期が遅く稚魚が小さかったこと、仔魚尾数が多いと稚魚から幼魚までの成長が悪くなることが考えられた。1歳の成魚が小型化する要因については、幼魚が小型化していた上に、1歳の資源量が多く成長が悪かったことが考えられた。不漁をもたらした年級群は、仔魚の出現盛期が遅く稚魚は小さい傾向がみられたが、これだけでは不漁にならない年級群もあった。2019年級群は0歳の10月以降に不漁をもたらす減耗が生じ、2020年の過去最低の漁獲量となった可能性がある。

A603 北水試研報 101, 31-38 (2022)

北海道忍路湾におけるホソメコンブ子嚢斑面積の簡易推定法（資料）

高谷義幸, 川井唯史, 秋野秀樹

磯焼け海域において、ホソメコンブの再生産に重要な役割を持つ子嚢斑の面積を簡易に推定する方法について検討した。子嚢斑面積を推定するための標本を得る時期は、藻体表面に十分に子嚢斑が発達し、かつ、末枯れ等の影響が少ない10月下旬から11月上旬が最適であった。この時期に採集されたホソメコンブの葉長と葉幅を測定し、阿部ら（1984）の回帰式『推定葉面積=0.749×（葉長×葉幅）<sup>1.002</sup>』で葉面積を計算した後、以下の式でおおよそ子嚢斑面積を推定することが可能であったが、他海域への適用等についてはさらなる検討を要する点に注意が必要である。『子嚢斑面積=0.5904×推定葉面積-0.1507』

A604 北水試研報 101, 39-42 (2022)

水産研究本部図書出版委員会

委員長 中多 章文

委員 板谷 和彦 美坂 正 奥村 裕弥

高島 信一 清水 洋平 浅見 大樹

事務局 山口 幹人 小宮山健太 中明 幸広

水産研究本部出版物編集委員会

委員長 山口 幹人

委員 高嶋 孝寛 山口 浩志 萱場 隆昭 吉村 圭三

蛭谷 幸司 渡邊 治 隼野 寛史 下田 和孝

浅見 大樹 水野 伸也

事務局 小宮山健太 中明 幸広 (作業補助：鈴木 裕)

北海道水産試験場研究報告 第101号

2022年3月4日発行 ISSN:2185-3290

編集兼  
発行者 北海道立総合研究機構水産研究本部  
〒046-8555 北海道余市郡余市町浜中町238  
電話 総合案内 0135(23)7451 (総務部総務課)  
図書案内 0135(23)8705 (企画調整部企画課)  
FAX 0135(23)3141  
Hamanaka-cho 238, Yoichi-cho, Hokkaido 046-8555, Japan  
印刷所 株式会社 総北海 札幌支社  
〒065-0021 札幌市東区北21条東1丁目4番6号  
電話 011(731)9500