

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^{*1}, 高嶋孝寛¹, 鈴木祐太郎²

¹北海道立総合研究機構中央水産試験場,

²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^{*1}, TAKAHIRO TAKASHIMA¹ and YUTARO SUZUKI²

¹ Central Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, Yoichi, Hokkaido 046-8555,

² 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

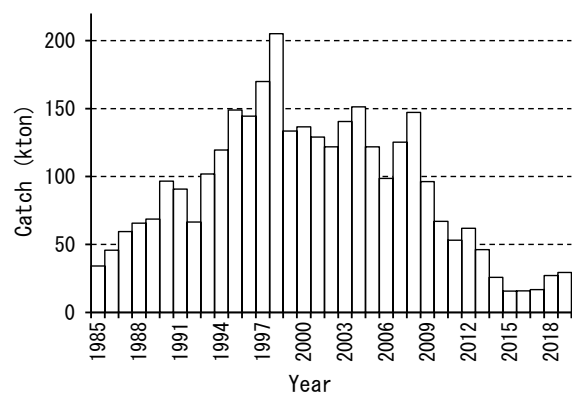


Fig. 1 *Pleurogrammus azonus* catches in the Sea of Japan and Sea of Okhotsk near northern Hokkaido from 1985 to 2019.

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)

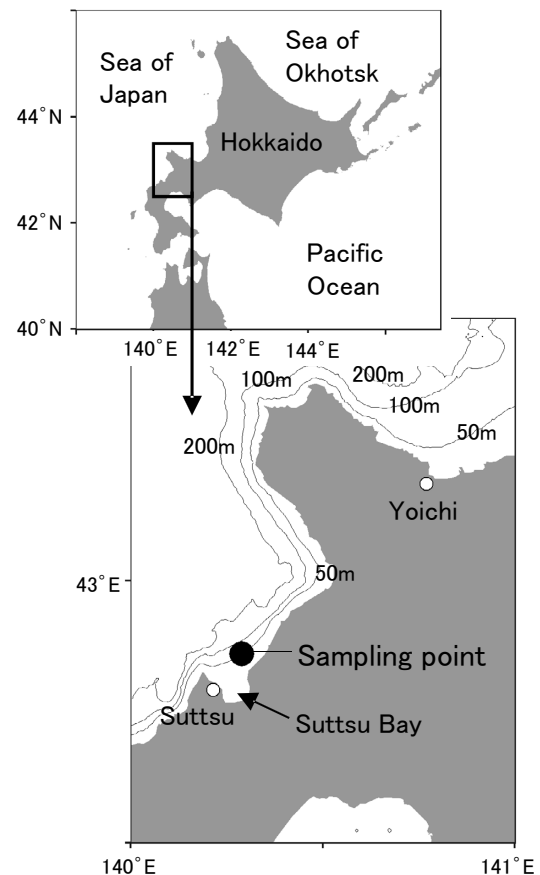


Fig.2 Location of the sampling point of *Pleurogrammus azonus* caught by bottom set nets in the Sea of Japan near Suttsu, Hokkaido.

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。

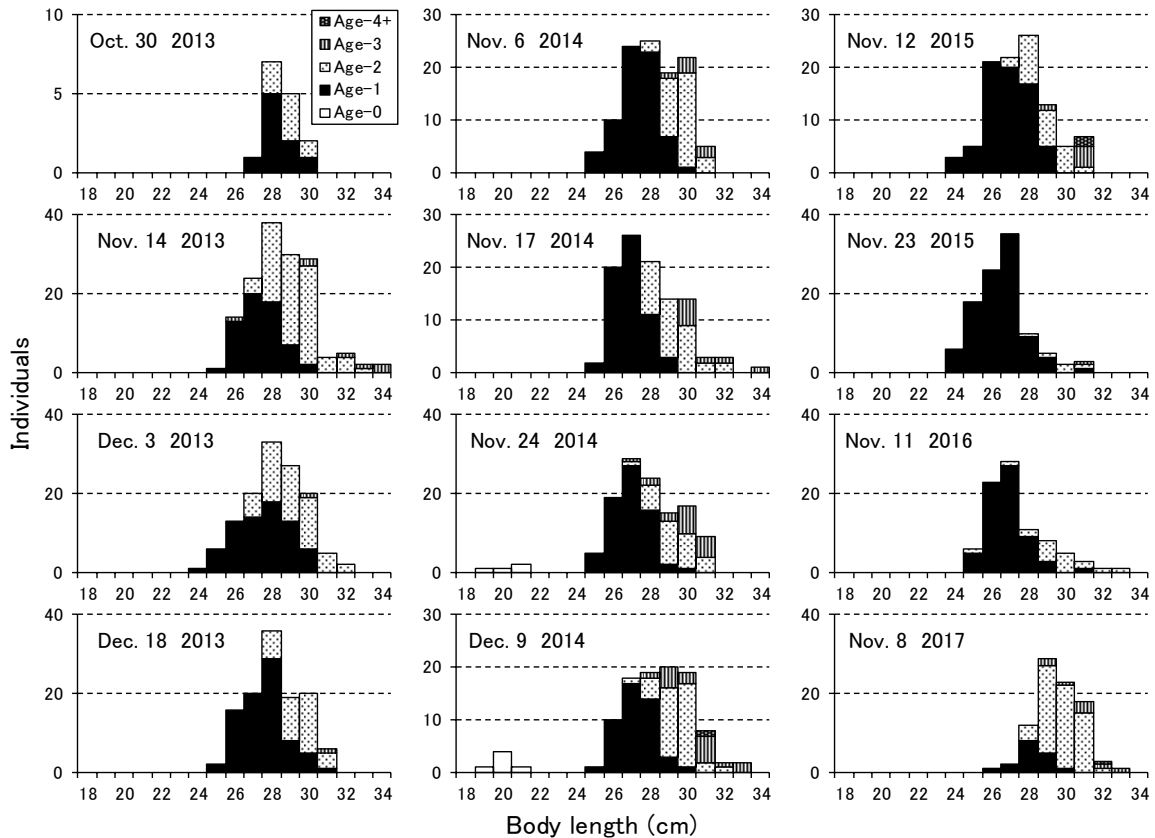


Fig. 3 Standard length and age distribution of *Pleurogrammus azonus* females collected using bottom set nets in the Sea of Japan near Suttu, Hokkaido, from October to December 2013 to 2017.

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

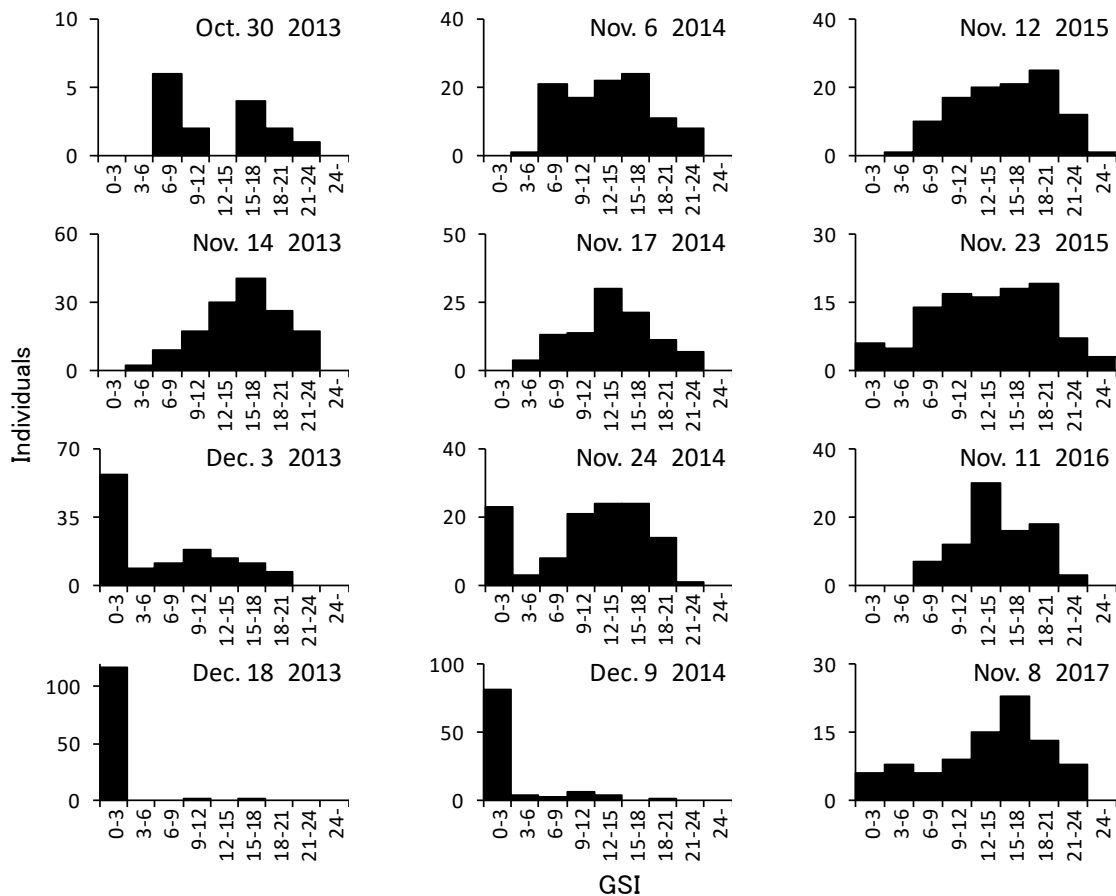


Fig. 4 Gonad somatic index (GSI) distribution of *Pleurogrammus azonus* females collected using bottom set nets in the Sea of Japan near Suttsu, Hokkaido, from October to December 2013 to 2017.

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-

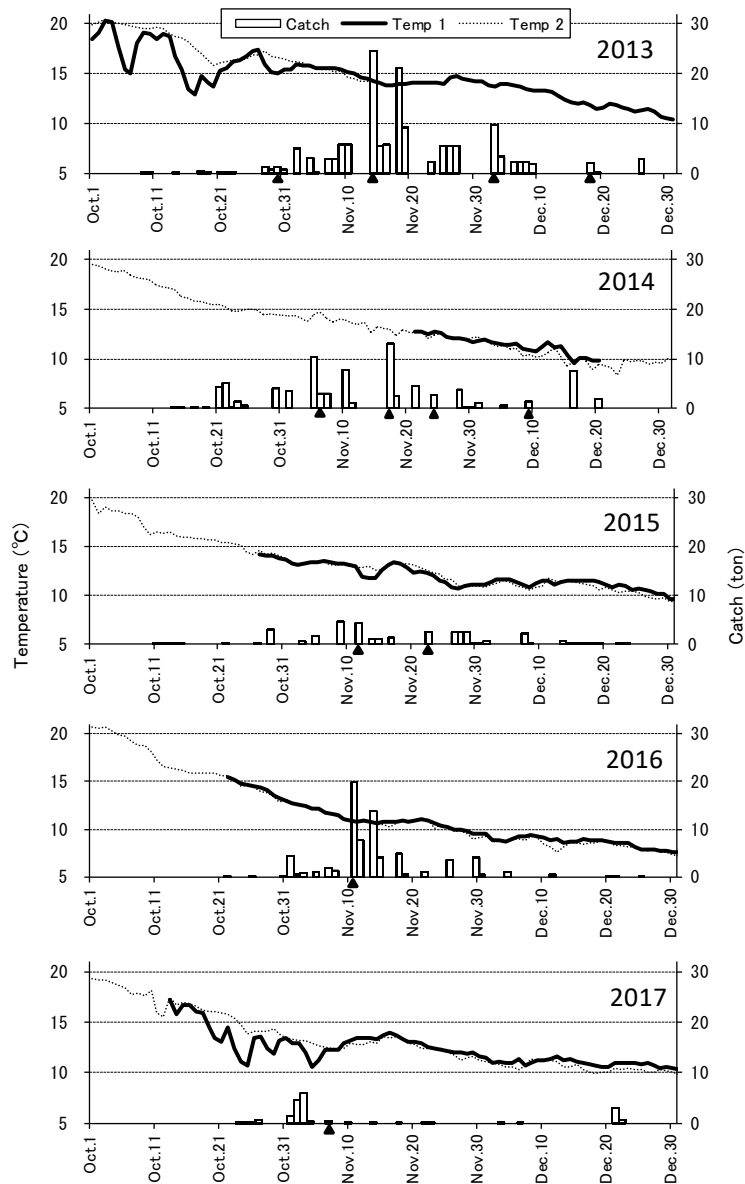


Fig. 5 Changes in the temperature and *Pleurogrammus azonus* catches caught by bottom set nets in the Sea of Japan near Suttsu, Hokkaido, from October to December 2013 to 2017.

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) より先に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雄は産卵場に残っ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.