

近年の石狩湾におけるスケトウダラ *Gadus chalcogrammus* 卵分布の経年変化

本間隆之^{*1}, 三宅博哉², 志田 修³, 三原行雄⁴, 板谷和彦⁵

¹北海道立総合研究機構釧路水産試験場, ²北海道立総合研究機構水産研究本部,
³北海道立総合研究機構稚内水産試験場, ⁴北海道立総合研究機構栽培水産試験場,
⁵北海道立総合研究機構中央水産試験場

Recent changes in the distribution of walleye pollock *Gadus chalcogrammus* eggs in Ishikari Bay, Hokkaido

TAKAYUKI HONMA^{*1}, HIROYA MIYAKE², OSAMU SHIDA³, YUKIO MIHARA⁴ and KAZUHIKO ITAYA⁵

¹ Kushiro Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, *Kushiro, Hokkaido 085-0027*,
² Fisheries Research Department, Hokkaido Research Organization, *Yoichi, Hokkaido 046-8555*,
³ Wakkanai Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, *Wakkanai, Hokkaido 097-0001*,
⁴ Mariculture Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, *Muroran, Hokkaido 051-0013*,
⁵ Central Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, *Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan*

To explore the possibility of detecting walleye pollock *Gadus chalcogrammus* strong year classes distributed in the Sea of Japan in Hokkaido, we examined the results of egg distribution surveys conducted yearly in February from 2006 to 2017 in Ishikari Bay. The density of eggs was extremely high in the years that strong year classes occurred. There were many differences in the occurrence of the dominant developmental stage among these years. However, there was no significant relationship between water temperature and the density of eggs. These results strongly indicate that the occurrence of strong year classes can be predicted using the densities of eggs in Ishikari Bay. Additionally, abundant stage 1 eggs have appeared in Ishikari Bay since 2014, suggesting that egg production has possibly increased. This study confirmed the importance of monitoring the egg distribution in Ishikari Bay.

キーワード：石狩湾, 産卵場, スケトウダラ, 日本海, 卵分布密度

スケトウダラ *Gadus chalcogrammus* は北海道における重要な漁業資源で日本海北部系群 (山下ら, 2019), 太平洋系群 (境ら, 2019), オホーツク海南部海域 (石野ら, 2019), 根室海峡海域 (千村ら, 2019) の4海域・系群ごとに区分されて資源評価や管理が行われている。日本海北部系群の主要な漁場である北海道日本海では, 6月後半~9月前半を除き周年操業する沖合底びき網漁業, 11月~翌年3月に沿岸に來遊する産卵群を対象として操業する延縄や刺し網, 定置網等の沿岸漁業により漁獲されている。漁獲量は1992年に14.6万トン記録した後, 資源の減少に伴い大きく減少し, 2013年以降, 1万トンを下回る低い水準で推移している ([http:// www.fishexp](http://www.fishexp).

[hro.or.jp / exp / central/kanri/SigenHyoka/Kokai/](http://hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/), 2019年4月19日閲覧, 以下の引用では2018年度資源評価書とする)。

本資源の資源量や親魚量は断続的に発生・加入する著しく豊度の高い年級群 (卓越年級群) 主体で構成される (2018年度資源評価書)。北海道立総合研究機構が4月に実施している仔稚魚調査により推定された0歳魚の現存尾数とコホート解析による推定資源量の推移 (Fig. 1) から, 2000年以降では2006, 2012, 2015, 2016年級群の加入量が他の年級群と比べて顕著に多い (2018年度資源評価書)。

本系群の加入量は親魚量に依存した変動傾向を示す

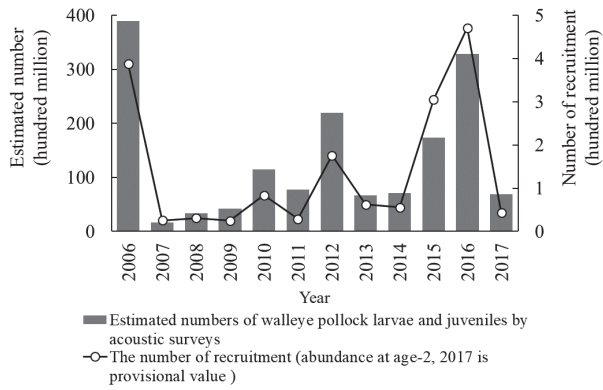


Fig.1 Recruitment (abundance at age-2 estimated by virtual population analysis) from 2006 to 2017 and estimated numbers of walleye pollock larvae and juveniles by acoustic surveys in April from 2006 to 2017

(Funamoto, 2007) が, 生活史初期の水温や, 卵・仔稚魚期における産卵場から成育場への海流による輸送の成否などの環境要因も加入量, 特に卓越年級群の発生に強く影響することが示唆されている (例えば三宅, 2012; Funamoto *et al.*, 2014)。特に卵の輸送に関しては, 近年において成育場の形成場所 (雄冬沖から利尻礼文島までの海域と武蔵堆海域) は変化していないが, 産卵場が岩内湾および檜山海域に南偏することで, 1980年代以前に比べて産卵場と成育場の距離が離れた, 即ち, 輸送距離が長くなったことが指摘されている (三宅ら, 2008)。

加えて, 三宅 (2012) は, 2007年の石狩湾における卵分布密度が低いのは檜山海域から積丹半島に至る卵の輸送経路の水温が7℃以上と高かったことにより卵の孵化率が低下したためと考え, 石狩湾におけるStage別の卵分布状況と産卵場から成育場までの輸送経路の水温分布, 流速から, 岩内湾および檜山海域で産出された卵の生残をモニターできる可能性を指摘した。これらの知見に基づいて, 北海道立総合研究機構水産試験場では, 2006年以降, 産卵盛期の2月に石狩湾および岩内湾においてネットを用いた卵採集調査を継続してきた。また, 美坂ら (2019) は, 1990年代~2000年代前半に本系群の産卵群の主分布域が産卵海域の南寄りの檜山海域にあったが, 2000年代後半以降は, 産卵群の主分布域が岩内湾海域から積丹半島沖に偏ってきた可能性を指摘しており, 卵の輸送経路や生残にも変化が生じていることが予想される。

本稿では, 2006年以降から継続実施してきた石狩湾および岩内湾における卵採集調査結果を整理し, 近年の卵採集量や発生Stageの経年変化と, その分布状況による卓越年級群の検出の可能性を検討した。

材料と方法

スケトウダラ卵の採集は2006~2017年2月に中央水産試験場所属試験調査船おやしお丸 (178トン, 2009年まで) と稚内水産試験場所属試験調査船北洋丸 (237トン,

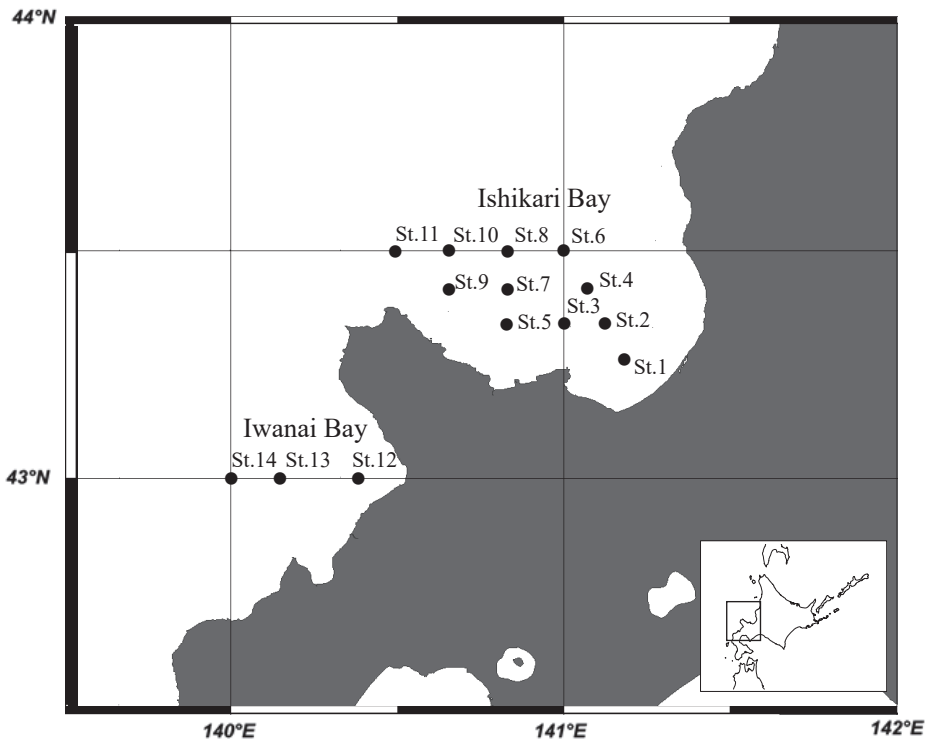


Fig.2 Map of the survey area. Symbols indicate net sampling and the Ocean observation stations.

Table 1 Summary table of the egg surveys using NORPAC and 80R nets in Ishikari Bay and Iwanai Bay

Sampling date	Station number	Net type	Research vessel
20, 21 Feb.2006	St. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	80R	Oyashio Maru
6, 20, 21 Feb.2007	St. 1, 2, 4, 6, 10, 11	80R	Oyashio Maru
19 Feb.2008	St. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	80R	Oyashio Maru
24 Feb.2009	St. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	80R	Oyashio Maru
12, 13 Feb.2010	St. 2, 3, 5, 6, 10, 12, 13, 14	NORPAC	Hokuyo Maru
17 Feb.2011	St. 2, 3, 5, 6, 10, 12, 13, 14	NORPAC	Hokuyo Maru
23 Feb.2012	St. 2, 3, 5, 6, 10, 12, 13, 14	NORPAC	Hokuyo Maru
25 Feb.2013	St. 2, 3, 5, 6, 10, 12, 13, 14	NORPAC	Hokuyo Maru
23 Feb.2014	St. 2, 3, 5, 6, 10, 12, 13, 14	NORPAC	Hokuyo Maru
20 Feb.2015	St. 2, 3, 5, 6, 10, 12, 13, 14	NORPAC	Hokuyo Maru
22 Feb.2016	St. 2, 3, 5, 6, 10, 12, 13, 14	NORPAC	Hokuyo Maru
25 Feb.2017	St. 2, 6, 10, 12, 14	NORPAC	Hokuyo Maru

2010年以降)を用いて実施した。調査点は、石狩湾と岩内湾において産卵群を対象とした漁業が行われている海域とその周辺に設定し (Fig. 2), 各調査点において80リングネット (口径80 cm, 目合0.33 mm, 2006~2009年), またはNORPACネット (口径45 cm, 目合0.33 mm, 2010~2018年) による鉛直曳き採集を実施した (Table 1)。スケトウダラの卵は分離浮性卵で、この海域では主に表層から150 m層まで分布することから (金丸ら, 1979), 曳網は150 m深から表面までとし、海底の深さが150 mより浅い場合は海底直上からとした。

採集した標本は船上において約5%の海水ホルマリンで固定後、実体顕微鏡下でスケトウダラ卵を同定し、卵の発生StageをNakatani and Maeda (1981および1989)に準じて、次のとおり区分した。

Stage 1: 受精から前期胞胚期

Stage 2: 後期胞胚期から原口閉鎖直前

Stage 3: 原口閉鎖から胚体卵周4分3まで

Stage 4: 胚体卵周4分の3から胚体卵周1巡まで

Stage 1の卵は受精してからほぼ1日以内と推定されるため (遊佐, 1954), 本研究では、Stage1の分布域を産卵場と見なした。

採集された卵数と採集ネットのろ水量から調査点毎の卵分布密度を計算した。ろ水量は調査ごとに実施した無網試験より算出した100 mあたりの回転数から求めたろ水計1回転あたりろ水量に、ネット開口部に装着したろ水計の回転数を乗じて求めた。なお、沿岸寄りの調査点に深度が浅い点があるため (Table 2), 深度の違いを考慮し卵分布密度を100 m³の採集個数に換算して比較検討した。卵分布密度の年比較には、石狩湾の全調査点の卵分布密度の平均値を用いた。ただし、岩内湾については荒天欠測が多く、数年を除いて採集量が僅かなため本報告では定量的な検討を行わなかった。

水温観測は定期海洋観測調査 (中央水産試験場 資源

Table 2 Location of the sampling stations in Ishikari Bay and Iwanai Bay

St	Latitude(N)	Longitude(E)	Depth(m)
1	43°15.10'	141°14.80'	24
2	43°20.10'	141°09.80'	40
3	43°20.14'	140°59.80'	51
	*2006-2009: 43°20.10'N 140°59.80'E		
4	43°25.10'	141°04.80'	63
5	43°20.14'	140°49.98'	80
	*2006-2009: 43°20.10'N 140°49.80'E		
6	43°30.10'	140°59.80'	94
7	43°25.10'	140°49.80'	348
8	43°30.10'	140°49.80'	468
9	43°25.10'	140°39.80'	485
10	43°30.10'	140°39.80'	693
11	43°30.10'	140°29.80'	700
12	43°30.11'	140°29.81'	468
13	43°30.12'	140°29.82'	763
14	43°30.13'	140°29.83'	1,286

管理部 海洋環境グループ, 海洋速報 <http://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/central/section/kankyou/sokuhou/index.html>, 2019年4月19日閲覧) の一環として実施した。観測定点のうち石狩湾および岩内湾海域とその周辺に設定された調査点を用いた。

CTDにより最大水深500 m (500 m未満は海底直上) の計測と、表面水温を表面採水により棒状温度計で計測した。

石狩湾の水温鉛直分布の検討には海洋環境 (水温や海流の状況) の経年変化を把握できるように水深約700 mと深い沖合域のSt. 10 (Table 2) の観測値を用いた。

水温水平分布図は定期海洋観測データからOcean Data Viewで作図した (Schlitzer, R., Ocean Data View, <https://odv.awi.de>, 2019.)。

Table 3 Annual catch of eggs (numbers/100 m³) of each stage

Year	St	Stage1	Stage2	Stage3	Stage4	Total	Year	St	Stage1	Stage2	Stage3	Stage4	Total					
2006	1	0	0	0	0	0	2010	2	0	0	0	0	0					
	2	0	0	6	0	6		3	0	0	8	8	17					
	3	4	0	15	312	332		5	0	0	0	0	0					
	4	0	0	0	57	57		6	0	11	17	17	44					
	6	2	8	123	12	145		10	6	3	0	0	9					
	7	0	20	691	113	824		Mean density (2-10)						1	3	5	5	14
	8	3	26	3	32	64		Mean density (12-14)						22	22	12	3	59
	9	0	16	21	0	37		2	58	0	0	0	0	58				
	10	0	112	39	1	152		3	0	0	0	0	0	0				
	11	0	22	15	1	39		5	0	0	0	15	15					
	Mean density (1-11)							166	6	100	35	41	6	183				
Mean density (12-14)						10	10	0	0	0	0	0						
2007	1	0	0	14	0	14	Mean density (2-10)						32	7	8	4	51	
	2	0	0	0	0	0	Mean density (12-14)						0	0	0	0	0	
	3	0	0	0	0	0	2	0	43	86	245	374						
	5	0	0	0	0	0	3	0	10	376	109	495						
	6	1	1	0	1	4	5	0	150	7	0	157						
	10	0	12	4	1	17	6	0	200	194	11	405						
Mean density (1-11)						6	10	0	170	30	0	200						
Mean density (12-14)						No data	Mean density (2-10)						0	115	139	73	326	
2008	1	0	31	69	76	176	Mean density (12-14)						0	63	76	52	191	
	2	35	70	45	5	155	2	0	0	0	0	0						
	3	4	17	13	9	43	3	0	0	0	0	0						
	4	0	3	6	0	9	5	0	0	0	0	0						
	5	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0						
	6	0	0	8	6	14	10	0	4	4	0	8						
	7	0	1	0	0	1	Mean density (2-10)						0	1	1	0	2	
	8	0	0	0	0	0	Mean density (12-14)						0	2	3	5	10	
	9	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0						
	10	0	0	0	0	0	3	12	0	60	0	72						
	11	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0						
Mean density (1-11)						36	6	0	0	0	0	0						
Mean density (12-14)						3	10	0	0	0	0	0						
2009	1	0	36	24	0	59	Mean density (2-10)						2	0	12	0	14	
	2	0	6	108	57	171	Mean density (12-14)						1	1	6	2	10	
	3	0	0	0	0	0	2	82	0	27	0	110						
	4	0	5	9	0	14	3	0	0	35	12	47						
	5	0	0	0	0	0	5	8	23	132	8	171						
	6	0	0	0	0	0	6	21	42	21	0	84						
	7	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0						
	8	27	1	0	0	28	Mean density (2-10)						22	13	43	4	82	
	9	0	0	0	0	0	Mean density (12-14)						215	65	426	4	710	
	10	9	0	0	0	9	2	0	33	0	149	182						
	11	0	0	0	0	0	3	0	0	0	58	58						
Mean density (1-11)						26	5	0	0	0	7	7						
Mean density (12-14)						No data	6	0	10	0	68	78						
2010	1	0	36	24	0	59	10	756	428	63	13	1,260						
	2	0	6	108	57	171	Mean density (2-10)						151	94	13	59	317	
	3	0	0	0	0	0	Mean density (12-14)						0	0	0	1	1	
	4	0	5	9	0	14	2	91	41	50	8	190						
	5	0	0	0	0	0	6	11	4	0	4	18						
	6	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0						
	7	0	0	0	0	0	Mean density (2-10)						34	15	17	4	69	
	8	27	1	0	0	28	Mean density (12-14)						0	0	0	0	0	
	9	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0						
	10	9	0	0	0	9	3	0	0	0	58	58						
	11	0	0	0	0	0	5	0	0	0	7	7						
Mean density (1-11)						26	6	0	10	0	68	78						
Mean density (12-14)						No data	10	756	428	63	13	1,260						

結 果

卵分布調査 2006～2017年2月における石狩湾のスケトウダラ卵の平均分布密度（100 m³あたりの採集卵数）は2012年の326個が最も多く、次いで2016年の317個、2006年の166個、2015年の82個の順となり、2006年以降に発生した4つの加入量の多い年級群（以下、卓越年級群とする）の卵分布密度が顕著に高かった（Table 3, Fig.3

上図）。岩内湾でも2012、2015年の平均分布密度は高かったが、2006、2016年は低かった（Table 3）。

発生Stage別の平均分布密度を見ると、発生Stageを合計した値が高かった2006年および2012年におけるStage 1の値はそれぞれ1個および0個と低く、Stage 2はそれぞれ20個、115個、Stage 3はそれぞれ92個、139個と高かった（Table 3）。これと比較して、2016年はStage 1の卵が151個と最も高く、Stage 2が94個、Stage 4が59個であっ

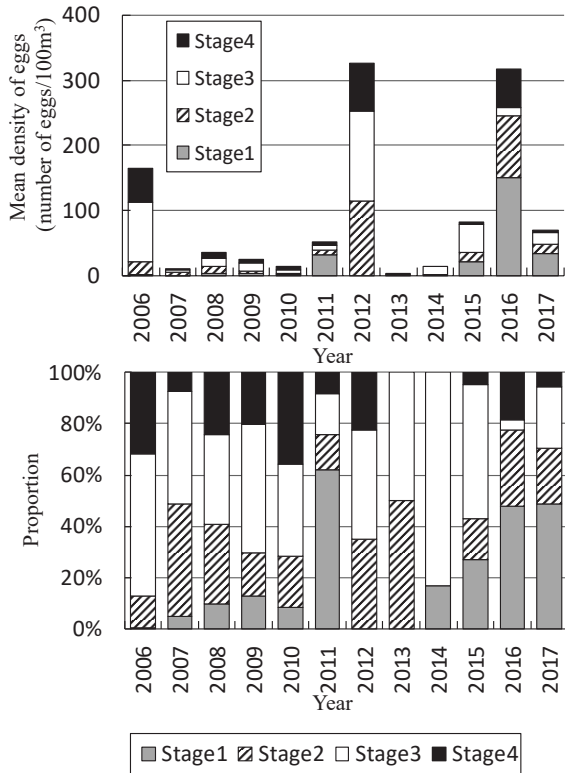


Fig.3 Mean density (numbers /100 m³) and proportion of walleye pollock eggs in Ishikari Bay from 2006 to 2017

た。2015年はStage 3の値が43個と最も高く、次いでStage 1の卵が22個であった。Stage 1の割合は、2006～2014年は、2011年を除き0～20%と低かった。2011年はStage 1が32個と全体の62%を占めていた (Fig.3下図)。2014年以降はStage 1の割合が増加し、2015年は27%、2016年および2017年はそれぞれ48%、49%であった。

調査点別に見ると、平均分布密度が高い2006、2012、2015、2016年はほとんどの調査点で卵が採集されたが、2006年はSt. 3、7で高く、次いで石狩湾の沖側のSt. 6、10となっており、石狩湾奥のSt. 1～2では低かった。2016年は沖合寄りのSt. 10で突出して高く、2012年と2015年には調査点間の偏りは2006年や2016年と比較して小さかった。これら以外の加入量が多くない年級群では、2008、2009、2017年は沿岸寄りのSt. 1～2で100個台、2011年では沖合寄りのSt. 6で100個台と高かったが、2007、2010、2013、2014年は全ての調査点で密度が100個未満の低い値であった (Fig.4, Table 3)。

発生Stage別で見ると、卓越発生年ではStage 1の値は2015年に沿岸寄りのSt. 2で82個とやや高く、2016年では沖合寄りのSt. 10で756個と高密度に分布していた。2006年と2012年は0～4個と低かった。Stage 2の値は2006、2016年では沖合寄りのSt. 10で高かったが、2012年はSt.

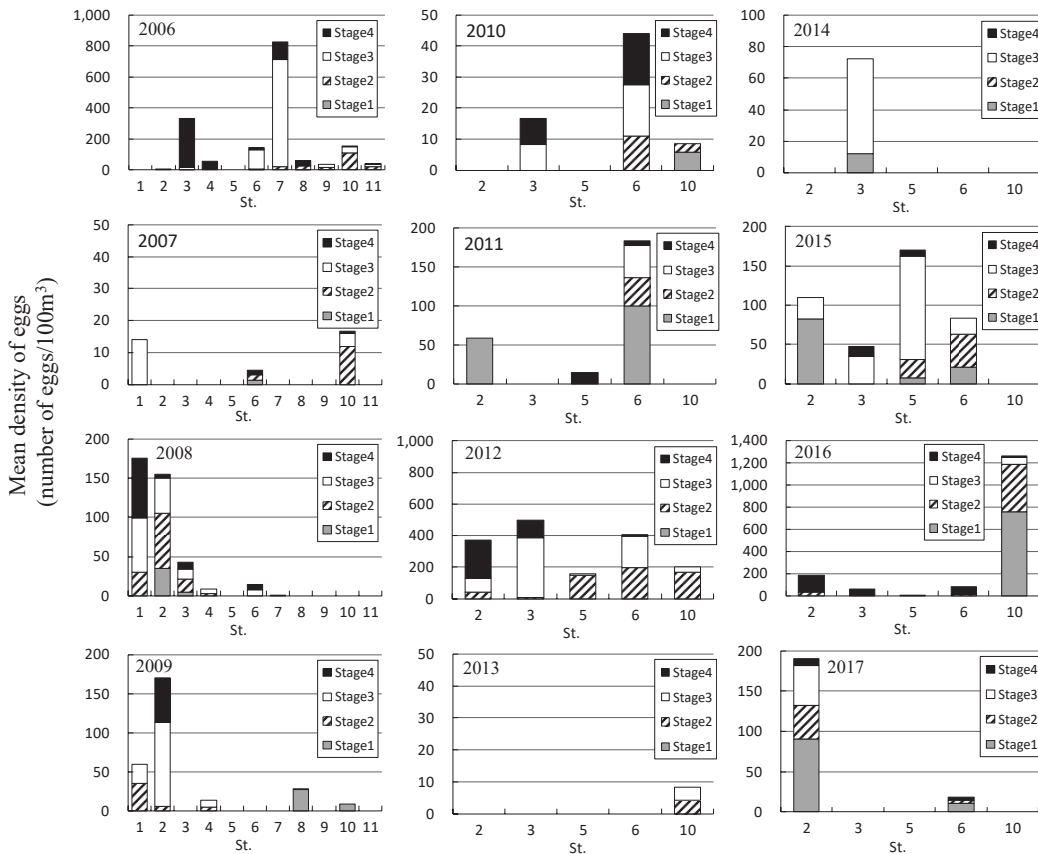


Fig.4 Mean density of walleye pollock eggs at stations in Ishikari Bay from 2006 to 2017 (numbers /100 m³)

5, 6, 10と沿岸寄りから沖合寄りにかけて高かった。Stage 3およびStage 4の値は2016年で沿岸寄りのSt. 2で2015年ではSt. 5で高かったが, 2006年ではSt. 3, 6, 7で2012年ではSt. 2, 3, 6で沿岸寄りから沖合寄りにかけて高かった。以上の通り, 卓越発生年では発生Stage別の出現状況が異なっていた。これ以外の年ではStage 1の密度は2008, 2011, 2017年以外では低く, 主にStage 2以上の卵が分布していた。Stage 2以上の卵は2008, 2009, 2014, 2017年では主にSt. 1~3の沿岸寄りに, 2007年は沿岸寄りと沖合寄りの両方に, 2010, 2011年はSt. 6, 2013年はSt. 10と沖合寄りに分布していた (Fig. 4, Table 3)。

岩内湾は湾全体の平均値で見ると, 平均分布密度が高い2012年ではStage 1の卵は採集されずStage 2~4が高かったが, 2015年はStage 1とStage 3が高く, Stage 4は低かった (Table 3)。両年とも石狩湾の同年の結果と同じであった。

水温 石狩湾のSt. 10における2月の水温鉛直分布を見ると, 卓越発生年では2006年は表面水温が5.3℃で, 水深150 mで4.9℃, 水深200 mでは4.3℃であった, 2012年は50 m以浅では2006年よりやや高く50 m以深では2006年並みであった。2015年では表面水温は6.7℃, 表面~20 mでは7℃前後と高く, それ以深では2006, 2012年と似た傾向を示した。2016年は表面水温が6.9℃と高く, 150 mでは6.5℃, 200 mで4.5℃で, この調査の中で最も高かった (Fig. 5)。これ以外の年では2007, 2010, 2011, 2017年は2016年同様, 表面水温が5.7~6.8℃と高く, 100 mで6.1~6.5℃, 200 mでも5.8~6.8℃と高かった。2008, 2013, 2014年は表面水温が4.2~4.5℃, 100 mでは3.2~4.8℃, 200 mでは1.5~3.2℃と低かった (Fig. 5)。以上の

通り, 石狩湾において卵分布密度が高い卓越発生年に共通した特徴的な水温鉛直分布の傾向は認められなかった。

産卵場と考えられている檜山海域, 岩内湾および石狩湾の表面水温分布を卓越発生年で見ると, 2006年は檜山海域および岩内湾が5℃, 石狩湾は4~5℃といずれも低い水温となっていた (Fig. 6)。2012年も3海域とも5℃と低く, また海域差がほとんどなかった。2015および2016年は檜山海域が8~9℃, 岩内湾が7℃台, 石狩湾が5~6℃と各年2006, 2012年より高かった。なお, これ以外の年では2007, 2009, 2010, 2011, 2013, 2017年は檜山海域が7~9℃, 岩内湾が6~7℃, 石狩湾が5~6℃と水温は高く, 2008年, 2014年は檜山海域が5~6℃, 岩内湾が4~6℃, 石狩湾が3~5℃と水温は低かった。

卵発生の適水温範囲が0~7℃である (中谷ら, 1993) ことから, 7℃の等温線の分布位置を見ると, 2006, 2012年は檜山海域以北に7℃以上の水温は観察されず, 2015年および2016年は積丹半島の西側に分布していた。それ以外の年では2009, 2010年は石狩湾に7℃台の水温, 2007, 2011, 2013年は岩内湾周辺海域に7℃以上の水温が観察され, 2017年は檜山海域に7℃以上の水温が観察された。2008, 2014年は檜山海域以北に7℃以上の水温は観察されなかった (Fig. 6)。

石狩湾の表面水温と卵分布密度の関係を見ると, 卵分布密度が高かった2006年や2012年の表面水温は4~5℃と低かったが, 2015年は6℃台, 2016年は5~6℃と1℃程度高かった。一方, 2008および2014年は2006年同様に表面水温が低かったが, 卵分布密度は低かった。なお, 卓越発生年の2006, 2012, 2015, 2016年とそれ以外の年の石狩湾海域の表面水温 (Fig. 5) の平均値には有意差が認められなかった (t検定, $P=2.23$)。

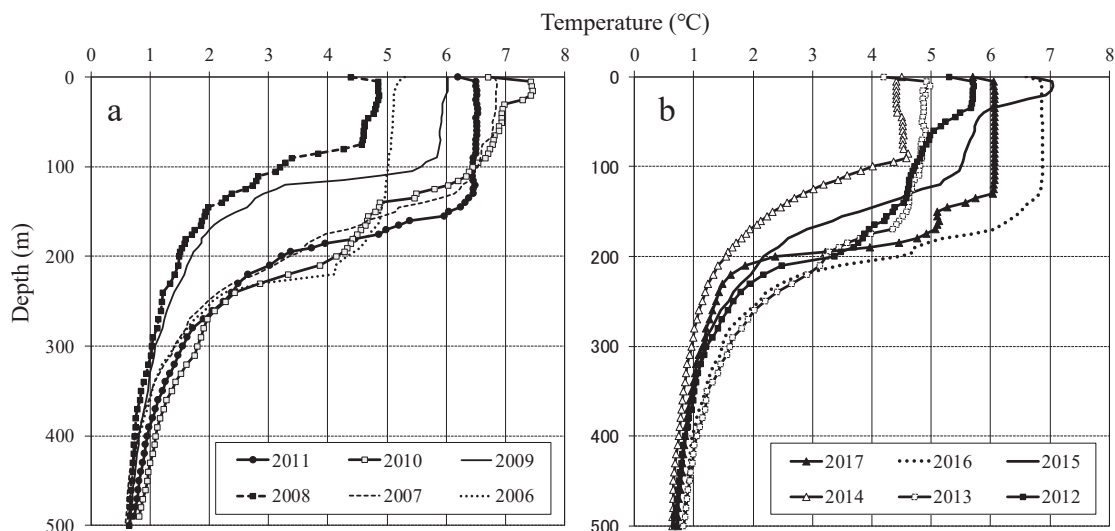


Fig. 5 Vertical distributions of water temperature at station 10 in Ishikari Bay in February in a) 2006-2011 and b) 2012-2017

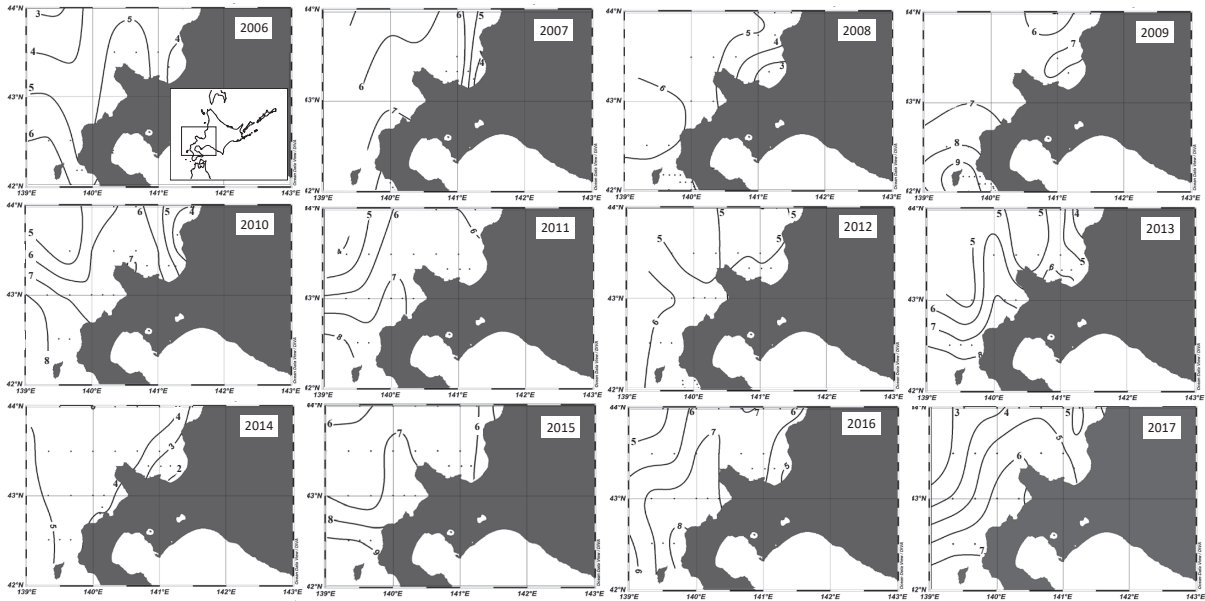


Fig. 6 Surface water temperature distributions in February from 2006 to 2017 around the western coast of Hokkaido

考 察

本稿では、2006年～2017年2月の石狩湾および岩内湾におけるスケトウダラ卵分布密度のモニタリング結果を取りまとめた。その結果、石狩湾に出現するスケトウダラ卵の分布密度から卓越年級群の発生を予測できる可能性が高いことがわかった。本資源は断続的に発生する卓越年級群を主体に資源が構成される傾向があり、TAC管理や将来動向の予測には未加入資源の豊度推定が必要である。これについては本稿執筆時点では仔稚魚期と1歳魚を対象とした計量魚群探知機による現存量推定値を用いているが（2018年度資源評価書）、調査船による同一時期の定点調査であるため、未成魚の主分布域を外したり、分布域が経年的に変化していったりする可能性もあるため、卵期における豊度把握につながる石狩湾の卵採集調査は、加入量の事前予測を補足するための有益な情報となり、仔稚魚幼期調査結果の解釈の深化につながる。

一方、2015年は相対的には石狩湾における卵の分布密度が高く、岩内湾でも調査期間中で最も高い卵分布密度を記録した。しかし、岩内湾では他の卓越年級群の発生年に卵分布密度が顕著に高かったわけではない。今後も石狩湾と岩内湾で卵採集調査を実施することにより卓越年級群の早期把握の確度は上がると思われるが、卵の分布する時期は、特に岩内湾海域は海況が悪く、調査ができないことが多い。今後も、調査船の限られた運航日数の中で行うには、石狩湾の調査をより優先的に進めることが効率的と考えられる。

石狩湾で卵が著しく多く出現した年級群が卓越加入する傾向があるということは、石狩湾が主たる産卵場分布

となる、あるいは積丹半島以南が主産卵場であっても石狩湾までの卵の輸送過程で生残率が高いか否かが、少なくとも2006年級群以降における卓越要因の一部となっていることが指摘できる。一方、本海域のスケトウダラの加入量は2月の北部日本海、特に石狩湾周辺海域の表面水温と強い負の相関があることが報告されている（Funamoto, 2007）が、本研究の対象期間では、卓越発生年に低水温傾向であったとはいえ、石狩湾の水温分布が近年の卓越要因となっている可能性は小さいことが分かった。

水温以外に加入量に影響を及ぼす要因として、Funamoto *et al.* (2014) は初期生活史において移送される場所や流路等をあげている。板谷ら (2009) は4月の仔稚魚調査から道西日本海において仔稚魚が多く分布するのは水深の浅い沿岸域と報告しており、移送される場所が重要であることを示唆している。本研究の結果でも、石狩湾内における各発生Stageの卵分布に年変動が観察されており、他海域から石狩湾への輸送が年によって異なることが確認できた。現在、シミュレーションによる粒子追跡実験などにより、産卵場から成育場への移送について年と産卵場別の比較と検討が行なわれており（日本海区水産研究所、未公表）、加入量との関係が明らかになっていくと期待される。また孵化後の初期生残については、石狩湾中央に流入する石狩川に由来した栄養塩が石狩湾東部の春季ブルーミングを支え、それが石狩湾産ニシン資源の再生産に影響している可能性が指摘されている（星野, 2017）。今後は卵や仔魚の輸送過程とともに孵化後の餌料環境についても詳細な検討が必要となる。

2014年以降、Stage 1の卵が石狩湾内に多く出現する

ようになったということは、石狩湾内での産卵が増えて
いる可能性が示唆される。近年は2010, 2012年級群の加
入で産卵親魚量に回復の兆候がみられており(2018年資
源評価書), さらに、産卵場自体が後志南部から積丹半島,
石狩湾海域へと北偏している可能性が指摘されている
(美坂ら, 2019)。今後さらに北偏傾向が継続すると、産
卵場から成育場までの輸送距離が短くなることにより加
入まで生残しやすい環境が続くこととなるため、卓越年
級群が産卵親魚量の増加につながり、さらに高豊度年級
群が発生するというように、資源回復がより顕著に進む
可能性がある。本研究から石狩湾の卵分布状況を把握す
る重要性が確認された。今後も石狩湾のスケトウダラの
卵分布密度と発生Stage別のモニタリングは上記の観点
から必要であると考えられる。本調査の継続とともに海
洋環境や資源動向を注視していく必要がある。

謝 辞

本研究にあたり、標本採集、観測に携わってきた稚内
水産試験場試験調査船北洋丸、中央水産試験場試験調査
船おやしお丸船員各位に深く感謝する。本稿をまとめる
にあたり、編集者および査読者には非常に有意義なアド
バイスをいただいた。深く感謝の意を表す。

なお、本研究に用いたデータの一部は水産庁の委託事
業「我が国周辺水域漁業資源評価調査」および補助事業
「資源量推定等高精度化推進事業」によって得られたも
のである。

引用文献

- Funamoto T. Temperature-dependent stock-recruitment model
for walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) around
northern Japan. *Fish. Oceanogr.* 2007; 16: 515-525.
- Funamoto T, Yamamura O, Shida O, Itaya K, Mori K, Hiyama
Y, Sakurai Y. Comparison of factors affecting recruit-
ment variability of walleye pollock *Theragra chalco-*
gramma in the Pacific Ocean and the Sea of Japan off
northern Japan. *Fish. Sci.* 2014; 80: 117-126.
- 星野 昇. 石狩湾におけるニシン資源の変動要因. 月刊
海洋 2017; 47: 357-363.
- 石野光弘, 境磨, 山下夕帆, 千村昌之, 山下紀生. 平成
30年度スケトウダラオホーツク海南部の資源評価.
平成30年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第1分冊.
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; 394-418.
- 板谷和彦, 三宅博哉, 和田昭彦, 宮下和士. 北海道日本
海・オホーツク海沿岸域におけるスケトウダラ仔稚
魚の分布. 水産海洋研究 2009; 73: 80-89.
- 金丸信一, 北野 裕, 吉田久春. カムチャッカ半島周辺
海域のスケトウダラ(*Theragra chalcogramma*)の卵
・稚魚の分布について. 北海道区水産研究所研究報
告 1979; 44: 1-23.
- 美坂 正, 星野 昇, 渡野邊雅道, 本間隆之, 志田 修,
三原行雄, 板谷和彦, 三宅博哉. 北海道日本海海域
におけるスケトウダラ産卵群の分布変化. 北海道水
産試験場研究報告 2019; 95: 55-68.
- 三宅博哉, 田中伊織. 北海道日本海のスケトウダラ資源
の変動. 月刊海洋 2006; 38: 187-191.
- 三宅博哉, 板谷和彦, 浅見大樹, 嶋田 宏, 渡野邊雅道,
武藤卓志, 中谷邦敏. 卵分布からみた北海道西部日
本海におけるスケトウダラ産卵場形成の現状. 水産
海洋研究 2008; 72: 265-272.
- 三宅博哉. 音響学的手法を用いたスケトウダラ北部日本
海系群の資源動態評価と産卵場形成に関する研究.
北海道水産試験場研究報告 2012; 81: 1-56.
- Nakatani T, Maeda T. Transport Process of the Alaska Pollack
eggs in Funka Bay and the adjacent waters, Hokkaido.
Bull. Japan. Soc. Sci. Fish 1981; 47: 1115-1118.
- Nakatani T, Maeda T. Distribution of copepod nauplii dur-
ing the early life stage of walleye pollock in Funka Bay
and vicinity, Hokkaido. *Alaska Sea Grant Report*, 89-1,
Univ. Alaska, 1989; 217-240.
- 中谷敏邦, 前田辰昭. スケトウダラの初期生活史. 北海
道水産試験場研究報告 1993; 42: 15-22.
- 境 磨, 山下夕帆, 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. 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.
- 千村昌之, 境 磨, 山下夕帆, 石野光弘, 山下紀生. 平
成30年度スケトウダラ根室海峡の資源評価. 平成30
年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第1分冊. 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; 375-393.
- 山下夕帆, 千村昌之, 境 磨, 石野光弘, 山下紀生. 平
成30年度スケトウダラ日本海北部系群の資源評価.
平成30年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第1分冊.
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; 310-374.
- 遊佐多津雄. スケトウダラ*Theragra chalcogramma* (Pallas)
“Alaska Pollack”の正常発生に就いて. 北海道区水
産研究所研究報告 1954; 10: 1-15.