

北海道檜山海域における産卵前期のスケトウダラ分布の経年変化

渡野邊雅道^{*1}, 本間隆之², 武藤卓志¹

¹北海道立総合研究機構函館水産試験場,

²北海道立総合研究機構釧路水産試験場

Annual change of walleye pollock *Gadus chalcogrammus* distribution during the pre-spawning season off Hiyama, Hokkaido

MASAMICHI WATANOBE^{*1}, TAKAYUKI HONMA² and TAKASHI MUTO¹

¹ Hakodate Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, *Hakodate, Hokkaido 040-0051,*

² Kushiro Fisheries Institute, Hokkaido Research Organization, *Kushiro, Hokkaido 085-0027, Japan*

Annual changes in abundance and distribution of walleye pollock *Gadus chalcogrammus* off Hiyama, Hokkaido was examined by acoustic surveys and hydrographic observations in December (pre-spawning season) between 2002 and 2016. In 2002, an estimated 30,000 tons of walleye pollock was extensively distributed in the coastal area of Hiyama. The abundance and distribution area reduced each year, and only about 4,000 tons of pollock were distributed off the coast of Ainuma in 2016. In addition, in recent years the time to leave to the spawning-layer is delayed due to delay in sexual maturation.

キーワード：計量魚群探知機, 産卵前期, スケトウダラ, 檜山海域, 分布

北海道南西部に位置する檜山海域ではスケトウダラ *Gadus chalcogrammus* の産卵場が形成され (三宅ら, 2008), 冬季に産卵のため来遊する成魚を対象とした漁業が営まれている (辻, 1975)。当海域のスケトウダラは, 10月には沖合から沿岸にかけて深度400~450m層の水温0.5℃付近に広く分布しているが, 産卵期にあたる1~2月には沿岸域の深度150~250m層の2~3.5℃の水温帯に浮上することが知られている (前田ら, 1988; 夏目, 1998)。また, 夏目 (1998) は, 延縄漁業によるスケトウダラの漁獲深度が11月上旬には350m前後であったが, 11月下旬以降には230m前後まで浅くなり, この漁獲深度の上昇は魚群が来遊層の日本海固有水 (https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/mar_env/knowledge/koyusui/koyusui.html, 2018年12月27日) 中から産卵適水温である2~5℃の日本海固有水と対馬暖流の境界層にまで浮上したため, と報告している。

檜山海域におけるスケトウダラの漁獲量は1990年代前半から減少傾向が続いており, 2015年漁期の漁獲量は612トンで, 1990年以降では最も多かった1993年 (17,770

トン) の約3%にまで減少した (渡野邊, 2018)。漁獲量の減少に伴い, スケトウダラ漁業の漁獲努力量 (延縄漁の使用縄数) も大幅に減少しており, 2015年の使用縄数は1998年の約8%であった (渡野邊, 2018)。

スケトウダラは1996年以降漁獲可能量 (TAC) による管理が実施され, 檜山海域のスケトウダラが属する日本海北部系群についても毎年資源評価が実施されている (山下ら, 2018)。しかし, 前述のように近年は漁業形態が大きく変化しているため, 漁業情報のみで資源評価を行うのは困難となっている。そこで近年はVPA等の資源評価を補う形で, 資源量を直接推定する計量魚群探知機 (以降, 計量魚探機と略す) を用いた音響資源調査が導入されている (三宅, 2012)。これまでスケトウダラを対象とした音響資源調査は, 北海道大学や北海道区水産研究所, 北海道立水産試験場によって精力的に行われてきた (飯田ら, 1995; 本田, 2004; 三宅ら, 2001など)。檜山海域においても, すけとうだら延縄漁業の漁期前 (10月) と漁期中 (12月) に音響資源調査を実施し, 得られた調査結果は資源評価に活用されている ([報文番号A572 \(2019年1月10日受理\)](http://www.</p></div><div data-bbox=)

fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/, 2018年12月27日) とともに, スケトウダラ調査速報 (<http://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/hakodate/section/zoushoku/tpc0530000002md.html>, 2018年12月27日) として漁業関係者に情報提供されている。

三宅 (2012) は1996~2007年に檜山海域で得られた音響資源調査データを用いてスケトウダラの分布特性や生息環境について検討しているが, 産卵回遊期の10月についての報告である。また, 産卵期におけるスケトウダラの分布回遊や産卵場の形成, 漁場環境については前田ら (1988) が, 漁期中の延縄漁業による漁獲深度や漁獲水温, 成熟度組成の変化については夏目 (1998) が報告しているが, 調査海域は主に主産卵場周辺に限られており, いずれも数年間の調査結果にとどまった報告である。

そこで本研究では, 漁獲量の減少が続いている2002年から2016年にかけて, 産卵前期の12月にスケトウダラ漁場が形成される熊石沖から上ノ国沖までの広範囲において音響資源調査と海洋観測を実施し, スケトウダラの水平, 鉛直分布やその生息環境が経年的にどのように変化していたかを明らかにすることを目的とした。

試料及び方法

音響資源調査と海洋環境調査 音響資源調査は, Fig. 1 に示した檜山海域の熊石沖から上ノ国沖にかけて, 2002

~2016年までの14年間 (2009年は荒天のため調査中止), 北海道立函館水産試験場試験調査船金星丸 (151トン) と北海道立稚内水産試験場試験調査船北洋丸 (237トン) を用いて実施した (Table 1)。音響資源調査の調査線は, すけとうだら延縄漁場が形成される熊石沖~上ノ国沖合に2.5nmi (nautical mile: 海里) 間隔で東西方向に設定した。調査線の海底深度は概ね100~1000mとした。檜山沖に分布するスケトウダラは日周鉛直移動を行い, 夜間は鉛直方向に分散して比較的浅い深度にも分布するのに対し, 昼間は深層で集群する傾向がある (三宅, 2012)。そこで, より精度の高い分布量推定を行うために比較的

Table 1 Summary table of the acoustic surveys

Year	Date	Transect lines	Research vessel
2002	December 9-10	A-H	Kinsei Maru
2003	December 1-3	A-J	Kinsei Maru
2004	December 14-15	A-H	Hokuyo Maru
2005	December 6-7	A-J	Kinsei Maru
2006	December 6-11	A-J	Kinsei Maru
2007	December 7-8	A-J	Kinsei Maru
2008	December 3-4	A-J	Kinsei Maru
2010	December 6-7	A-J	Kinsei Maru
2011	December 7-14	A-J	Kinsei Maru
2012	December 12-15	A-J	Kinsei Maru
2013	December 9-17	A-J	Kinsei Maru
2014	December 9-15	A-J	Kinsei Maru
2015	December 11-14	A-J	Kinsei Maru
2016	December 12-13	A-J	Kinsei Maru

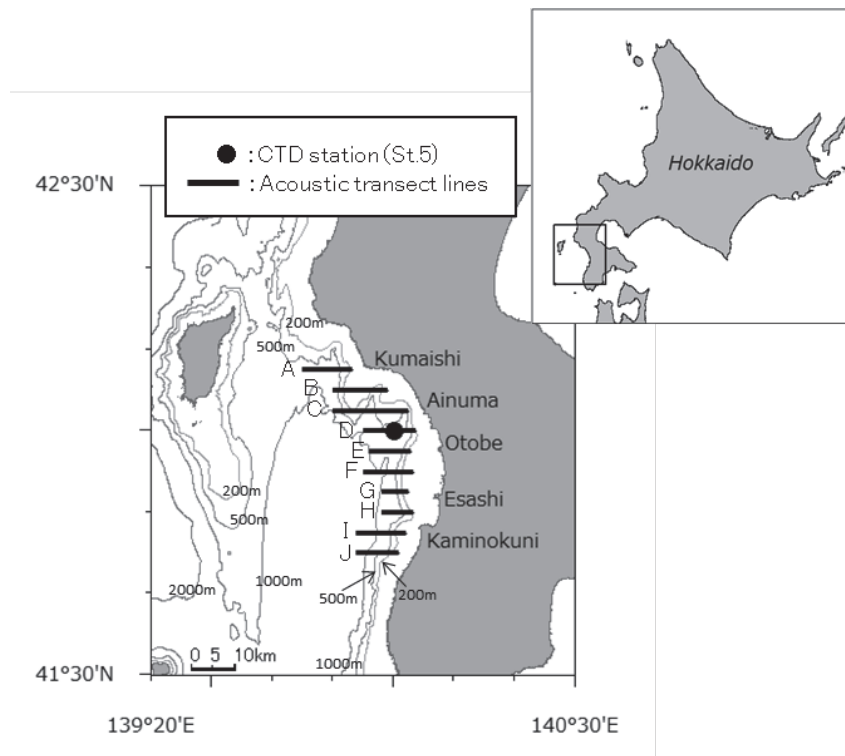


Fig. 1 Survey area: transect lines for the acoustic surveys, the CTD station(St.5) and bottom contour lines.

スケトウダラ分布の集中度が低く、海底デッドゾーンの影響が少ないと考えられる夜間（三宅ら，2001）に音響資源調査を実施した。

音響データの収集には、金星丸および北洋丸の船底に装備されている計量魚探機（Kongsberg社製，EK60）を用い、調査線上を10ノットで航走して収集した。荒天等で泡切れ等が生じた場合は適宜減速した。使用した周波数は38kHz、パルス幅は1.0msとした。調査開始前に直径60mmの銅球を標準球として計量魚探機の較正を行った。調査開始前に実施できなかった場合は、調査後に実施した。

海洋環境調査は、乙部沖のSt.5（Fig.1）において金星丸および北洋丸に装備されているCTD（Sea-bird社製，SBE-911plus）を用いて、表層から深度500mまでの水温と塩分を測定した。

トロール調査 魚種確認のため、計量魚探機で観察されたスケトウダラと思われる魚群反応を対象に、中層トロール網（網口高さ8m，コッド内網目合45×43mm）もしくは着底トロール網（網口高さ3m，コッド内網目合30×30mm）を用いてサンプルの採集を行った。得られたサンプルは船上で魚種毎に計数し、スケトウダラは冷凍して持ち帰った。持ち帰ったスケトウダラは、陸上の実験室で、尾叉長（mm）、体重（g）、性別、生殖腺重量（g）を測定した。また、生殖腺の発達程度を調べるため、各個体の生殖腺重量指数（GSI）を以下の（1）式で求めた。

$$GSI = GW / BW \times 100 \quad (1)$$

ここで、GWは生殖腺重量（g）、BWは体重（g）を示す。

音響データの解析 計量魚探機で得られた音響データの解析にはEchoview（Mirix社製，Ver.7）を用いた。音響データから得られたエコーグラムの特徴は、急峻な海底付近の深度200～500m層に強い反応が見られ、その反応は沖合方向に層状に続いていた（Fig.2）。この反応を対象に2005～2008年に中層トロール調査を実施したところ、スケトウダラが全漁獲重量の90～100%を占めていた。このことから、深度200～500m層に層状に分布する反応をスケトウダラと判断し、以降、同様な特徴の反応をスケトウダラ魚群として抽出した。また、100m以浅にも層状の反応が見られたが（Fig.2）、三宅ら（2001）に従い、この表層の反応はスケトウダラではないと判断した。

スケトウダラの分布量は、三宅（2012）に従い以下のように求めた。抽出したスケトウダラの反応について、深度100～750mまで水平方向1nmi毎の平均NASC（面積散乱係数；Nautical Area Scattering Coefficient：m²/nmi²）を算出し、調査線毎にNASCの総計を求めた。この各調査線のNASCの総計に調査線間の距離（2.5nmi）を乗じ、

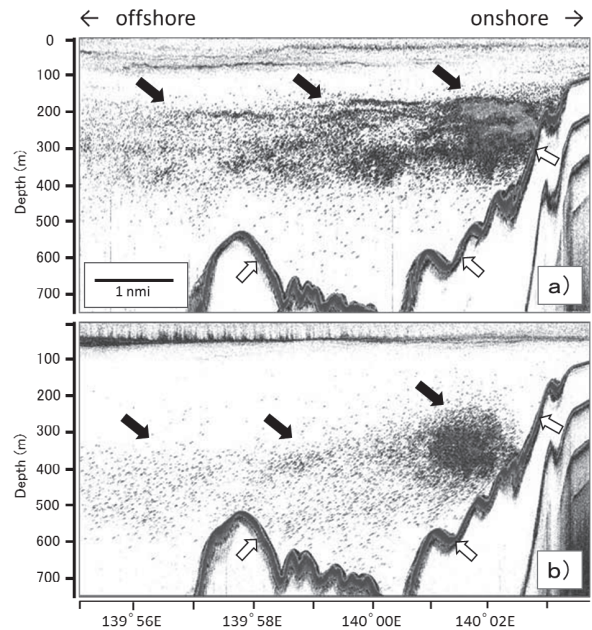


Fig.2 Typical echograms of walleye pollock observed along line D in (a) 2005 surveys and (b) 2015 surveys. Black arrows indicate walleye pollock. White arrows indicate the sea bottom.

これをトロール調査で採集したスケトウダラの測定結果から算出した平均散乱断面積（ $\bar{\sigma}$ ）で除することで分布尾数を計算した。これにスケトウダラの平均体重を乗じて各調査線区間の分布量を求めた。なお、2002～2004年、2014年、2016年は、トロール調査が実施できなかったため、調査日前後に調査海域内の乙部沖や江差沖において延縄で漁獲されたスケトウダラの測定結果を使用して分布量を推定した。

北緯42度のDラインについて、東経140度を中心として東西5nmiの範囲（Fig.2）について深度100～750mまで10m毎にNASC値を集計し、スケトウダラの鉛直分布の検討に用いた。深度層別NASCが最大となる深度層をスケトウダラの分布の中心深度（Center Depth）とした。また、スケトウダラの分布層の上限および下限（Upper, Lower）は、層別NASC値が10m²/nmi²以下となる深度とし、下限深度と上限深度の差を分布層の厚さとした。

漁獲物調査 檜山海域で漁獲されるスケトウダラの成熟状況を調べるため、2002～2016年（漁期年）の1月にスケトウダラの主要水揚げ港である乙部漁港に水揚げされたスケトウダラを標本採取し、雌の生殖腺を肉眼で観察し、成熟度を判別した。成熟度の区分は、北海道立水産試験場（1996）に従い、成熟状況を5段階（未熟:10, 真子:20～22, 水子:31～33, 放卵中:40, 放卵後:50）に分けた。なお、2008年、2010年、2015年、2016年は1月の水揚げがほとんど無く標本はない。

漁獲統計調査 檜山海域における地区別のスケトウダラ

水揚げ状況を調べるため、スケトウダラの主要水揚げ港である熊石、乙部（豊浜地区を含む）、江差、上ノ国の漁獲量データを収集し、漁期年度別（4月から翌年3月）に集計した。また、熊石と乙部は漁場輪番制（漁場を3区分し輪番で操業している）により漁場を共用しており、江差の漁業者は上ノ国海域で操業することがあるため、「熊石・乙部」と「江差・上ノ国」の2地区に分けて集計を行った。

結果

分布量 音響資源調査結果から推定されたスケトウダラ分布量の経年変化をFig.3に示す。調査海域の分布量は、

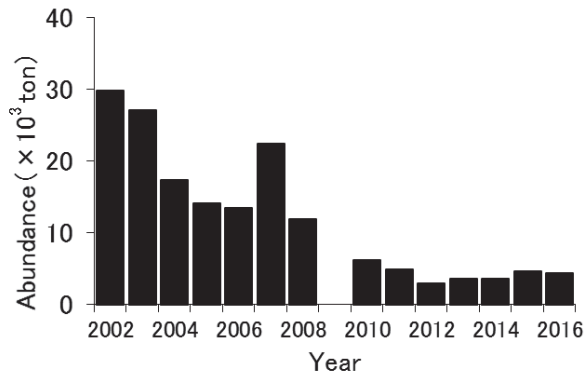


Fig. 3 Acoustically estimated abundance of walleye pollock in December between 2002 and 2016.

調査を開始した2002年の約3万トンが最も多く、その後減少を続け2006年は1.3万トンとなった。2007年には2.2万トンに増加したが、2008年は再び減少し1.2万トンとなった。2010年以降はさらに減少し3千~6千トンで推移し、直近の2016年は約4千トンとなった。

水平分布 調査海域におけるスケトウダラの水平分布をFig.4に示す。調査年を通じて、12月にはスケトウダラは沿岸側に集中して分布し、沖合側では少なかった。この沿岸側にまとまって分布した地点を海底地形の特徴と照らし合わせると、水深200~500mの急峻な斜面において分布が多くなるといった特徴が見られた (Fig.1)。

等深線に沿った南北方向の分布を経年的に見ると、2002~2005年はスケトウダラ漁場が形成される相沼沖から上ノ国沖 (Fig.1のC~J) にかけて広範囲に分布していたが、2006~2008年は江差沖 (F~H) での分布が少なくなり、北部の相沼沖から乙部沖 (C~E) と南部の上ノ国沖 (I~J) とに分かれて分布するようになった。2010~2013年は相沼沖 (C) ではまとまった分布が見られたが、他の海域では2008年以前と比べて分布が少なくなった。2014~2016年は相沼沖の等深線が陸側に向かって入り込んだ、漁業者が言う「くぼみ」周辺に分布が集中し、他の海域ではほとんど分布が見られなくなった。

鉛直分布・分布水温 2002~2016年のDラインにおけるスケトウダラの鉛直分布をFig.5に、各年の分布深度範囲と分布水温範囲をTable 2に示す。分布の中心深度は175~385m (平均269m) の範囲にあり、2007年までは



Fig. 4 Horizontal distribution of walleye pollock observed in December between 2002 and 2016. Size of circles are proportional to pollock density (NASC) calculated in 1mile intervals.

Table 2 Summary of surveys at line D and St.5 in December

Year	pollock distribution depth (m)				Temperature (°C) at the depth			
	Upper	center	Lower	Range	Upper	center	Lower	Range
2002	105	205	485	380	10.26	5.56	0.65	9.61
2003	125	195	485	360	4.22	2.10	0.52	3.70
2004	135	265	435	300	4.34	1.28	0.56	3.78
2005	145	195	435	290	9.69	4.71	0.74	8.95
2006	125	185	425	300	5.46	2.49	0.59	4.87
2007	115	175	435	320	4.78	2.19	0.68	4.10
2008	145	255	485	340	10.86	4.41	0.60	10.26
2010	205	235	385	180	3.93	2.88	1.13	2.80
2011	225	265	445	220	2.90	1.78	0.81	2.09
2012	295	355	425	130	2.17	1.37	0.97	1.20
2013	215	325	505	290	2.46	1.21	<0.70	-
2014	285	365	525	240	1.50	1.03	<0.75	-
2015	215	355	565	350	7.55	1.48	<0.98	-
2016	315	385	585	270	0.89	0.78	<0.57	-
Max	315	385	585	380	10.86	5.56	1.13	10.26
Min	105	175	385	130	0.89	0.78	-	-
Mean	189	269	473	284	5.07	2.38	-	-

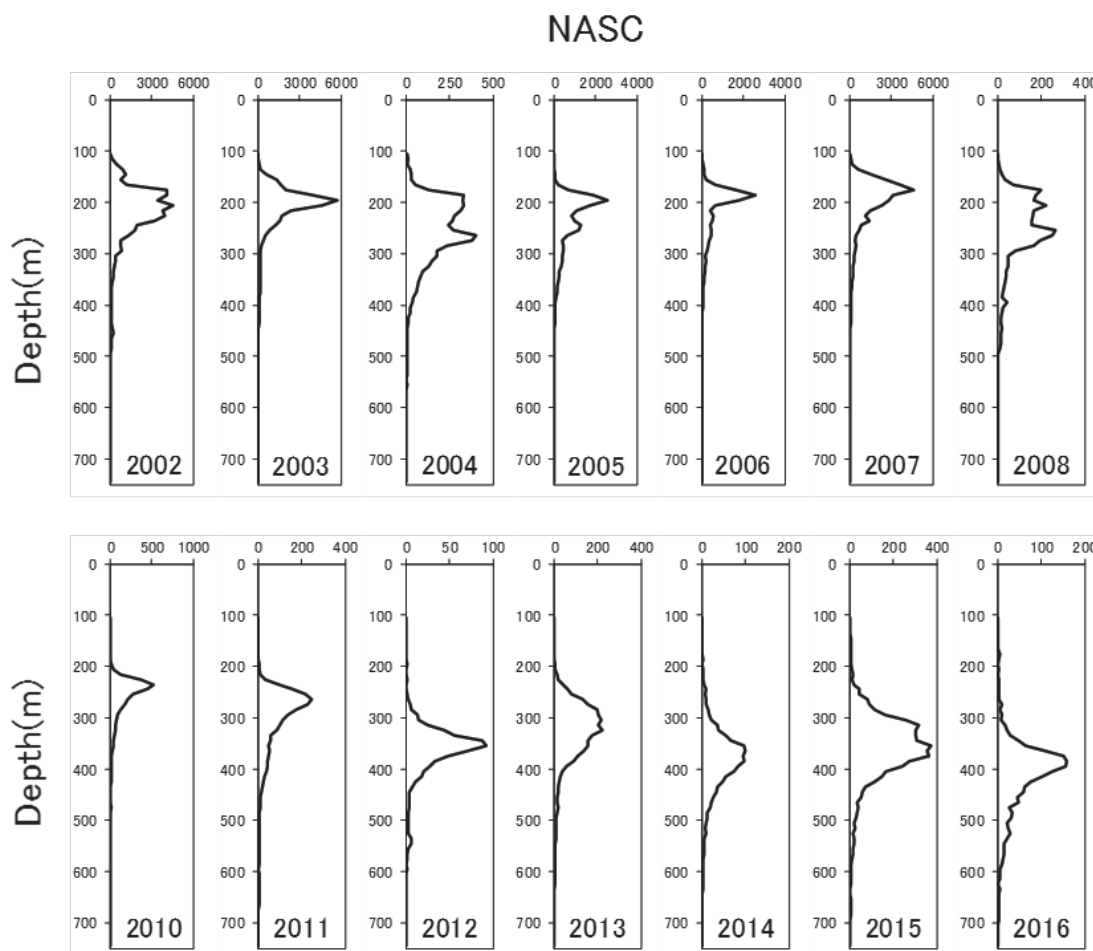


Fig.5 Vertical distribution of walleye pollock observed during each acoustic survey at line D.

200m以浅となる年が見られたが, 2008~2011年には235~265mの範囲とやや深くなり, 2012年以降は300m以深と年々深くなる年が見られるようになった。上限深度は105~315m(平均189m)の範囲にあり, 2008年までは150m以浅で推移したが, 2010年以降は205~315mと深くなった。下限深度は385~585m(平均473m)の範囲にあり, 2012年までは500m以浅で推移したが, 2013年以降はより深くなり500mを超えていた。このように, 2008年前後を境に各深度ともに深くなっていった。分布層の厚さは2002~2008年は300m前後で推移したが, 2010~2016年の分布層の厚さの範囲は130~350mと年変動はあるが, 200m前後の年が複数年見られ2008年以前に比べ薄くなった。

スケトウダラ分布の中心水温は0.78~5.56℃(平均2.38℃)の範囲にあり, 2010年までは概ね2℃以上と比較的高温であったが, 2011年以降は2℃以下であった。上限深度の水温の範囲は0.89~10.86℃(平均5.07℃)と幅が広く, 中心水温と同様に2010年までは3.93~10.86℃と比較的高かったが, 2011年以降は3℃以下と低かった。下限深度の水温は2010年を除き1℃以下と低かった。

水温環境 海洋環境調査で得られたスケトウダラの産卵適水温帯(2~5℃)の深度範囲と, 来遊層の日本海固有水の上限水温である1℃の深度をFig. 6に示す。産卵適水温帯の深度は大きく年変動をしており, その厚みは最も薄かった2002年の38mに対し, 最も厚かった2011年は164mと4倍以上の差が見られた。下限水温の2℃に着目すると, 2007年以前は概ね200m前後で推移したが, 2008年以降は2016年を除けばおよそ250~300mで推移し2007年以前よりも深かった。

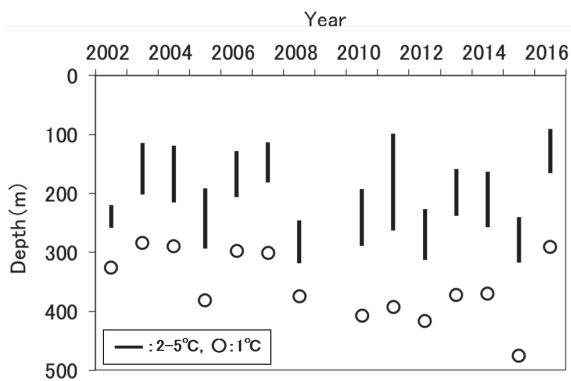


Fig. 6 Ranges of suitable temperature for spawning (2-5 °C) and the depth of 1 °C.

日本海固有水の指標となる水温1℃の深度は2003年の284mが最も浅く, 2015年の475mが最も深かった。水温1℃の深度は, 年により大きく変動しながらも経年的に

深くなる傾向が見られ, 2007年以前は300m前後であったが, 2008年以降は2016年を除けば400m前後と深かった。トロール調査で漁獲したスケトウダラのGSI トロール調査で漁獲した雌のスケトウダラの個体別GSIの分布をFig. 7に示す。ほとんどの個体は未成魚のGSI基準値(桜井, 1993)である2.5を超えているため, 当該年に産卵する成魚と考えられる。2005~2008年度のGSIは, 5前後から30前後と広い範囲にあった。一方, 2010~2015年度のGSIは5前後から13前後の範囲にあり, 2008年度以前と比べると下限値は5前後で同様であったが, 上限値は低くなった。このように2008年度以前では, 成熟がより進んでいる個体が多かった。

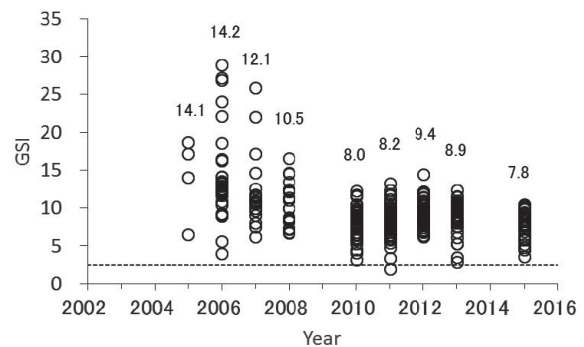


Fig. 7 GSI (Gonad-somatic index) of female walleye pollock. Numbers indicate average GSI. Dotted line indicates GSI=2.5.

延縄漁業で漁獲されたスケトウダラの成熟状況 1月にすけとうだら延縄漁業で漁獲された雌の成熟度は, 2002~2007年度漁期では放卵中・放卵後の個体が全体の17~55%を占めていた。一方, 2009年度漁期以降は0~8%と低く, 2007年度以前の方が, 2009年度以降よりも成熟が進んでいた (Fig. 8)。

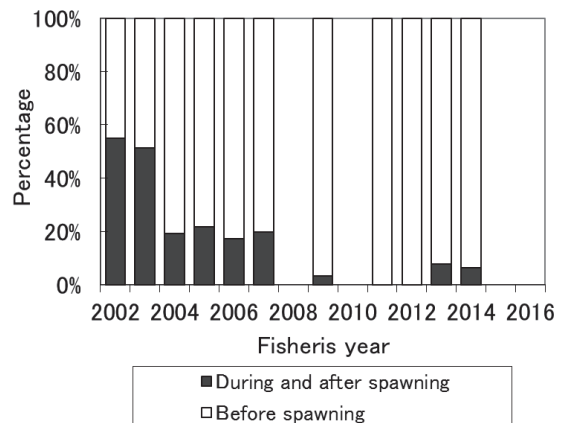


Fig. 8 Maturity rate of female walleye pollock by commercial longline fishery in January.

延縄漁業によるスケトウダラの漁獲状況 檜山海域では、水揚げされるスケトウダラのほとんどが延縄漁業で漁獲される（例えば、2015年度は99.7%）。この延縄漁業によるスケトウダラの漁獲量は、2002年度には1万トンを超えていたがその後減少傾向が続き、2007年度には約5千トンまで減少した（Fig.9）。2008～2012年度は概ね3千トン前後で推移したが、2013年度以降大幅に減少し、2016年度の漁獲量は172トンであった。地区別に漁獲量の推移を見ると、各年度とも調査海域の北部に位置する熊石・乙部地区の方が江差・上ノ国地区に比べて漁獲量が多く、北部の漁獲割合は経年的に増加していた。

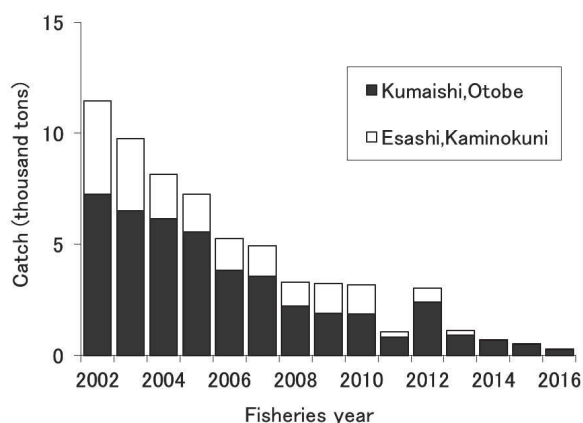


Fig.9 Annual catches by commercial longline fishery off Hiyama.

考 察

音響資源調査を開始した2002年には檜山海域の沿岸には推定3万トンのスケトウダラが広範囲に分布していたが、年を追うごとに分布域、分布量ともに縮小し、2016年には相沼沖の限られた範囲となり、その分布量も約4千トンと2002年の約15%に減少した（Fig3, 4）。漁業においても、江差・上ノ国沖の漁獲量割合は、2002～2010年は海域全体の30%前後を占めていたが、2011年以降徐々に減少し、2015、2016年には漁獲がなかった（Fig.9）。これは資源量の減少にともなって主産卵場である相沼沖（前田ほか、1993）以外の分布域が縮小したためと考えられる。分布域の縮小は調査海域の中間に位置する江差沖から始まり、その後、南部の上ノ国沖で分布が見られなくなった。現在でも分布が見られる相沼沖は、等深線が沿岸に向かって入り込んだ地形となっており（Fig.1）、好漁場が形成される（辻、1975）。このような特徴的な地形は、主産卵場である相沼沖の他、上ノ国沖にも見られる。一方、江差沖では海底地形の変化が乏しく等深線が入り込んでないため、スケトウダラが集

群しづらく最初に分布が消えたと考えられた。

三宅（2012）によると、2002～2006年の10月における当海域のスケトウダラの分布深度の中心は375～445mで、その深度の水温は0.65～0.98℃であった。本研究で同年の12月に観測した分布の中心深度と水温は、それぞれ185～265m、1.28～5.56℃で、10月に比べ深度は浅く水温は高かった。このことから、2002～2006年は10月には低温で深い日本海固有水中にスケトウダラが分布していたが、12月上旬には2～5℃の産卵適水温帯へと浮上、もしくは浮上する過程にあったと考えられた。一方、2011年以降の12月の分布の中心深度は265～385mで、2006年以前と比較して深くなった。これは来遊層である日本海固有水や産卵適水温帯の下限である2℃の深度が最近では深くなっていること（Fig.6）を反映していると考えられる。一方で、この時のスケトウダラ分布の中心水温は0.78～1.78℃で産卵適水温帯の下限よりも低い。また、本調査で漁獲した雌個体のGSIの平均値は、2008年以前は10.5～14.2と比較的高かったのに対し、2010年以降は7.8～9.4と低かった（Fig.7）。さらに、調査の翌月の1月にすけとうだら延縄漁業で漁獲された雌の成熟度を見ると、成熟が進んだ放卵中・放卵後の個体は2002～2007年度漁期では約2～5割出現したが、2009年度漁期以降はほとんど見られなかった（Fig.8）。以上のことから、2010年前後以降は成熟の時期が遅れたことにより、12月時点では産卵適水温帯への浮上がまだ始まっていなかったと考えられた。

スケトウダラの分布層の厚みは、成熟状況と水温の鉛直分布によって決定されると考えられる。成熟が進み12月には産卵適水温帯への浮上が始まっていた2008年以前は、分布水温の幅が広いこともあり分布層が300m前後と比較的厚かった（Table 2）。一方、2010年以降は成熟の進行が遅く、スケトウダラ魚群のほとんどは1℃以下の水温帯に分布していたため、分布層の厚みが薄くなる年が多かったと考えられる。

産卵適水温帯は2～5℃とされるが、本研究においても分布の中心水温が2℃を境に成熟の進行度合いを分けることができた（Table 2, Fig.7, 8）。一方で、2002年のように分布の中心水温が5.56℃と産卵適水温帯の上限よりも高い年もあることから、分布の上限水温は必ずしも5℃を基準にすることはできないと考えられた。

檜山海域では、2006年度漁期から、日の出とともにスケトウダラ魚群が深く沈み込む現象が1月以降に観察され、その深度は延縄で漁獲できない（餌を食わなくなる）375mを超えるため、漁獲効率が極端に下がることが、漁業現場において大きな問題となっている（渡野邊、2009）。スケトウダラが昼間に沈降するのは一般的な現

象であるが(三宅, 2012), 1月以降は産卵期のため, 通常であれば産卵に適した2℃以上の浅い深度までしか沈降しない。2006年度漁期以降は成熟が遅れたことで, 1℃以下の日本海固有水まで深く沈降したと考えられる。2006年度漁期の1月には産卵中の個体が一部ではあるが出現しているが, 産卵前の個体も多く見られることから(Fig. 8), 以上のようなことが生じたと考えられる。また, 12月の水温1℃の深度は2008年以降では延縄漁具で漁獲不可能とされる400m前後にまで達しており, このような状況が年明けの1月以降も継続すれば漁獲が低迷する要因となるであろう。

本研究により, 産卵前期の12月に檜山海域に集群するスケトウダラについて, 資源の減少に伴い分布域が縮小していく様子を明らかにした。また, 近年は成熟の遅れにより産卵層への浮上時期が遅れていることも明らかとなった。三宅(2012)は, 北海道西部日本海において水温環境の変化に伴いスケトウダラの産卵回遊期の分布深度および移動経路が変化することを報告している。本研究でも, 2008年前後を境にスケトウダラの分布深度に影響する日本海固有水や産卵適水温帯の深度が深くなる現象が見られ, ほぼ同じ年に成熟の遅延も始まっていた。産卵時期の遅延は, 卵の孵化率に悪影響を及ぼす高水温を回避する適応戦略の側面も指摘され(三宅, 2012), 2008年前後を境に本海域のスケトウダラの産卵生態に大きな変化が生じているのかもしれない。いずれにしても, このような生態変化は当業船の漁獲効率や漁場形成, 操業時期などにも影響すると考えられることから, 今後, 要因解明が必要である。加えて, 調査を行った檜山海域は北部日本海系群の主要な産卵場の一つであり, 分布深度の変化や成熟時期の変化が再生産に与える影響を明らかにしていくことは, 資源管理を進める上で重要な課題であると考えられる。

謝 辞

本研究にあたり, データの収集および標本採集への多大な協力と船の運航並びにデータ収集方法に有益なアドバイスを賜った歴代の函館水産試験場試験調査船金星丸, 稚内水産試験場試験調査船北洋丸の船長ならびに乗組員諸氏に厚く御礼を申し上げる。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」の予算を使用して実施されたものである。

引用文献

北海道立水産試験場. スケトウダラ. 北水試魚介類測定

・海洋観測マニュアル 1996

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豊度推定. 水研センター研報 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. 日水誌 1995; 61 (1): 27-34.

亀井佳彦, 高津哲也, 高木省吾, 中谷敏邦, 高橋豊美, 前田辰昭. 北海道南西部における秋季のスケトウダラの分布と成熟. 日水誌 1999; 65 (2): 223-229.

前田辰昭, 中谷敏邦, 高橋豊美, 高木省吾, 梶原善之, 目黒敏美. 北海道南西部の日本海岸におけるスケトウダラの回遊について. 水産海洋研究 1989; 53: 38-43

前田辰昭, 高橋豊美, 中谷敏邦. 北海道松山沖合におけるスケトウダラ成魚群の分布回遊と産卵場について. 北大水産彙報 1988; 39 (4): 216-229.

前田辰昭, 高木省吾, 亀井佳彦, 梶原善之, 目黒敏美, 中谷敏邦. スケトウダラ調査研究の歴史と問題点. 北水試研報 1993; 42: 1-14.

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. 北水試研報 2012; 81: 1-58.

三宅博哉, 石田良太郎, 武藤卓志, 安部幸樹, 向井 徹, 飯田浩二. 音響資源調査で得られた北海道西岸日本海のスケトウダラ産卵群の分布特性と分布量. 北水試研報 2001; 59: 11-24.

三宅博哉, 板谷和彦, 浅見大樹, 嶋田 宏, 渡野邊雅道, 武藤卓志, 中谷敏邦. 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 (4): 265-272.

夏目雅史. 北海道松山海域スケトウダラ延縄漁業の漁獲深度と水温. 北水試研報 1998; 53: 1-8.

桜井泰憲. スケトウダラの繁殖特性と戦略. 北水試研報 1993; 42: 51-68.

辻 敏. 松山支庁沿岸のスケトウダラ調査. 北水試月報 1975; 32 (9): 1-20.

稚内水産試験場・中央水産試験場・函館水産試験場. スケトウダラ(日本海). 2017年度水産資源管理会議評価書. 北海道立総合研究機構水産研究本部.

渡野邊雅道. スケトウダラ. 平成27年度北海道立函館水産試験場事業報告書. 北海道立函館中央水産試験場, 函館. 2018; 15-20.

渡野邊雅道. 日の出とともにスケトウダラが沈む!. 北水試だより2009; 78: 21.

山下夕帆, 千村昌之, 石野光弘, 田中寛繁, 山下紀生,
濱津友紀. 平成29年度(2017)年度スケトウダラ太
平洋系群の資源評価. 平成29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. 2018: 303-
363.