

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

板谷和彦^{1†}, 三宅博哉^{1*}, 和田昭彦², 宮下和士³

Distribution of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) larvae and juveniles off the northern Hokkaido coast from the Sea of Japan to the Sea of Okhotsk

Kazuhiko ITAYA^{1†}, Hiroya MIYAKE^{1*}, Akihiko WADA² and Kazushi MIYASHITA³

We examined the early life history of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the Sea of Japan off the coast of western Hokkaido and the Sea of Okhotsk. The distribution patterns of larvae and juveniles were determined by net samplings using an FMT (Framed Midwater Trawl) net carried out from the spawning grounds to the nursery grounds every April from 2005 to 2008. Larvae and juveniles were not caught in the spawning grounds; however, 175 (1.2 inds/1000 m³ in 2005), 3331 (30.3 in 2006), 18 (0.2 in 2007) and 146 (1.1 in 2008) larvae and juveniles were caught in the areas from the north of Ishikari Bay to the Soya region in each year. This distribution pattern suggested that the larvae and juveniles were transported from the spawning grounds to the nursery grounds with the Tsushima Warm Current that flows northward. The water temperature at a depth of 50 m in the areas where larvae were mainly distributed ranged from 4 to 7°C. The highest catch of larvae and juveniles was observed in the cold year (2006) with a small mean body length of 14 mm, while less larvae and juveniles were caught in warmer years with a larger mean body length of 21 mm. The high water temperature in the spawning grounds was suboptimal for egg development and may have resulted in the smallest catch in 2007. These size differences in April among years were thought to be caused by differences in the hatching period.

Key words: walleye pollock, larva, juvenile, distribution, Sea of Japan

はじめに

北海道西岸に分布するスケトウダラ(*Theragra chalcogramma*)資源は大きく変動し、1979年度(4月~翌年3月)には漁獲量が15万トンと最高値を記録したが、1990年代に入ってから加入が悪化し、2006年度には2万トンと非常に低い

水準となっている(本間ほか, 2008)。本資源の再生産成功率(RPS)は北海道西部日本海の冬期の表面水温と負の相関関係があることが最近わかってきており、北部日本海の1990年代以降の温暖化が低いRPSの原因と考えられている(三宅・田中, 2006; Funamoto, 2007)。低水準期における資源管理ではRPSの変動予測、特に卓越年級群の発生の予測が管理方策決定の重要な判断基準となる。スケトウダラでは多くの魚類と同様に初期の生残率の変化が大きいことから(Bailey et al., 1996; Nishimura et al., 2002; 中谷ほか, 2003)、本資源についても初期生活史における動態を詳しく調査する必要がある。

北海道西岸に分布するスケトウダラの産卵場は、資源豊度の高かった頃には、北海道日本海の利尻・礼文島周辺、雄冬沖から余市沖に至る石狩湾、岩内湾および檜山沖といった南北に広い海域に存在したと考えられていた(高倉, 1954; 石垣, 1960; 田中, 1970; 田中・及川, 1971; 辻, 1975; 前田ほか, 1988; 夏目, 1998; 亀井ほか, 1999;

2008年12月12日受付, 2009年2月24日受理

¹ 北海道立中央水産試験場

Hokkaido Central Fisheries Experiment Station, Hamanaka-cho, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan

² 北海道立稚内水産試験場(板谷和彦・現所属)

Hokkaido Wakkanai Fisheries Experiment Station, Suehiro-cho, Wakkanai, Hokkaido 097-0001, Japan

³ 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University, 3-1-1, Minato-cho, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan

[†] itayak@fishexp.pref.hokkaido.jp

* 現所属: 北海道立栽培水産試験場

Hokkaido Mariculture Fisheries Experiment Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan

Kooka et al., 2001). しかし, 1980~1990年代に産卵場の形成場所に変化が起り, 近年では積丹半島以南の岩内湾と檜山海域といった南部に位置する産卵場のみが機能していると考えられている(三宅, 2008). また, これらの産卵場で産み出された卵は対馬暖流により北の海域へ輸送されることが確認されている(三宅ほか, 2008). このように産卵場が南偏することによって, 卵期に致命的な高水温に遭遇する機会が多くなったこと, また, 産卵場から生育場までの距離が広がったことなどが予想され, これらにより初期生残が悪化し, 近年では加入量が少ない状態が続いているものと考えられる(三宅, 2008).

本海域のスケトウダラの仔稚魚の分布や輸送に関する知見は卵に比べると少なく, 資源豊度の高かった1986~1989年に行われた網口フレーム(2×2.5m)を有するトロールネットを用いて仔稚魚の分布を調べた研究がある(夏目・佐々木, 1995). この分布調査により, 仔稚魚は2月から5月に出現し, 量的なピークが4月であること, 体サイズから推定したふ化盛期は2月下旬から3月上旬であることなどが明らかとなった. また, 仔稚魚は留萌~宗谷海域の道北日本海の陸棚域に分布し, 一部はオホーツク海沿岸の宗谷暖流域に輸送されることも示された. しかしながら, これは留萌以北の海域の結果であり, 産卵場の存在する石狩湾, 岩内湾や檜山海域では調査が行われていない. したがって, 産卵場がある檜山海域を含めた北海道日本海全域を網羅した仔稚魚の分布に関する知見はまだ報告されていない. また, 現在では, 夏目・佐々木(1995)が調査した頃と比べて資源水準が低いだけではなく, 産卵場の形成状況の変化も考えられることから, 仔稚魚の分布について新たに調べる必要がある.

そこで本研究では, 現在の主な産卵場である檜山海域まで拡充した海域において仔稚魚の分布調査を行い, 分布範囲の特定と産卵場から成育場までの輸送過程について考察することを目的とした. また, 夏目・佐々木(1995)が明らかにした資源水準が高かった時期の仔稚魚の分布状況と本研究の結果とを比較し, 近年の低資源水準下における仔稚魚の分布の特徴について考察した.

材料と方法

2005~2008年の4月に北海道日本海およびオホーツク海において北海道立水産試験場所属の試験調査船おやしお丸(178トン)および北洋丸(237トン)を用いて稚魚ネットによる仔稚魚採集を実施した. 2005~2007年には仔稚魚の分布域を特定するために, 産卵場を網羅するように北海道日本海南部の松前沖からオホーツク海に至る海域で, 2008年には仔稚魚の主要な分布域と考えられる石狩湾以北の日本海からオホーツク海に至る海域で調査を実施した(Fig. 1).

採集定点は夏目・佐々木(1995)に従い, 陸棚域に重点

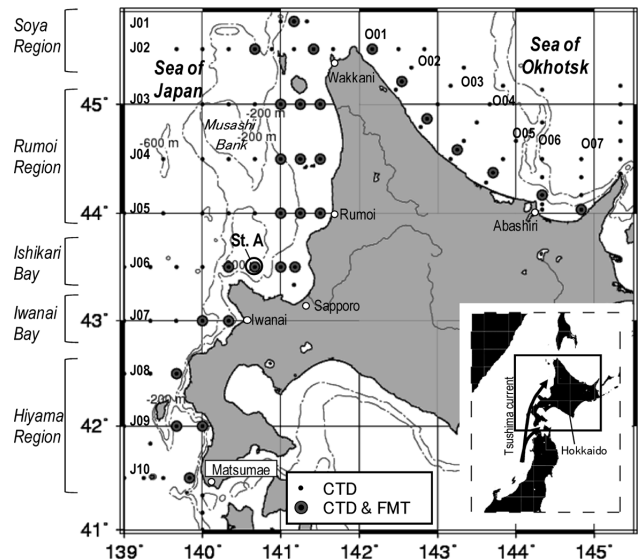


Figure 1. Location of sampling stations (FMT) for walleye pollock larvae and juveniles and CTD stations.

的に設定した. 日本海については緯度線と平行に30マイル間隔で10調査線(J01~J10), オホーツク海では約25マイル間隔で等深線に垂直になるように7調査線を設定(O01~O07)し, 日本海では各調査線で沿岸から沖合まで数点の採集点を設けた. 刺網などの設置漁具が多かったために調査年によって場所に若干の違いはあるが, どの年も陸棚域をほぼ網羅して採集できた. 海洋環境を調べるために, CTD(シーバード社製 SBE911plus)を用いて海面から海底直上までの水温の観測を, 沿岸から沖合域にかけて採集定点を含むより広い海域で行った. 調査時期は, 夏目・佐々木(1993b)が報告した採集適期に従い, 日本海では4月10日頃から下旬にかけて, オホーツク海では4月20日頃から下旬にかけてとした.

ネットサンプリングには, フレームトロールネット(FMT: 網口2×2m, 網長さ8.5m, ナイロン・モジ網240径, 網目内径1.7mmすべて同一目合, シングルコードエンドタイプ)(Itaya et al., 2007; 藤森ほか, 2008)を使用した. 曳網方法は, 松前から岩内湾にかけての海域では, 夏目・佐々木(1995)に従い, 深度50, 30, 15mの各層を順次5分間ずつ水平曳網する階段曳きとした. 石狩湾以北の日本海およびオホーツク海では, 計量魚群探知機(シムラッド社製 EK60, 38, 120 kHz)で観察されたスケトウダラの仔稚魚と思われる反応の深度の中心に合わせて15分間の水平曳きとした. このような魚探反応は, 概ね水深15~50mに出現した. いずれの曳網も昼夜を区別せず行い, 船速を3ktとして, ネットモニター(スキャンマー社製または古野電気社製)を使ってワープ長操作により網深度を調節した. 濾水計(離合社製)を網口に取り付け, 網口面積と曳網距離から濾水体積を求めた. なお, 計量魚群探知機につ

Table 1. Number of catch, catch per volume, and body size information of walleye pollock larvae and juveniles collected by FMT sampling in each region.

Year	Sea	Region	Sub region	Number of tow	Number of catch	Catch per volume C/V*	BL (mm)	
							Range	Mean
2005	Sea of Okhotsk	Total		5	1	0.05	23	
	Sea of Japan	Soya	J01	—	—	—		
			J02	—	—	—		
		Rumoi	J03	7	17	0.6	14–29	23
			J04	7	66	2.3	10–31	23
			J05	3	70	5.4	10–33	21
		Ishikari Bay	J06	6	22	0.7	13–23	20
		Iwanai Bay	J07	2	0	0		
		Hiyama	J08	1	0	0		
			J09	2	0	0		
			J10	2	0	0		
	Total		30	175	1.2	10–33	21	
2006	Sea of Okhotsk	Total		7	75	3.1	9–16	
	Sea of Japan	Soya	J01	1	1	0.3	11	
			J02	2	6	0.7	6–12	10
		Rumoi	J03	3	1274	116.2	8–20	12
			J04	3	1113	110.8	10–23	14
			J05	3	860	79.5	9–28	16
		Ishikari Bay	J06	5	77	3.7	11–24	18
		Iwanai Bay	J07	2	0	0		
		Hiyama	J08	1	0	0		
			J09	2	0	0		
			J10	1	0	0		
	Total		23	3331	30.3	6–28	14	
2007	Sea of Okhotsk	Total		7	0	0		
	Sea of Japan	Soya	J01	1	0	0		
			J02	2	0	0		
		Rumoi	J03	3	1	0.1	19	
			J04	7	6	0.2	11–21	15
			J05	8	10	0.3	17–37	25
		Ishikari Bay	J06	5	1	0.1	33	
		Iwanai Bay	J07	2	0	0		
		Hiyama	J08	1	0	0		
			J09	2	0	0		
			J10	1	0	0		
	Total		32	18	0.2	11–37	21	

Table 1. (Continued)

Year	Sea	Region	Sub region	Number of tow	Number of catch	Catch per volume C/V*	BL (mm)	
							Range	Mean
2008	Sea of Okhotsk	Total		4	0	0		
		Sea of Japan	Soya	J01	1	0	0	
			J02	2	2	0.2	13–18	16
		Rumoi	J03	7	23	0.8	17–29	22
			J04	6	33	1.2	10–28	22
			J05	10	60	1.8	11–35	22
			J06	4	28	1.1	9–36	16
		Total		30	146	1.1	9–36	21

* individuals per 1000 m³

いては調査前に静穏な海域で標準球校正を実施した。

ネット採集物は船上において90%エタノールで固定して、後日、実験室にて仔稚魚の標準体長（1mm単位、以下、体長とする）を測定した。エタノール固定による仔稚魚の収縮を補正するために、個体識別した39個体の体長を固定前後に測定し(1)式を求め、その他の個体については固定後に測定した体長 BL_e から収縮前の体長 BL_n を(1)式を使って推定した。

$$BL_n = 1.04 \cdot BL_e + 0.96 \quad (r^2 = 0.96, n = 39) \quad (1)$$

結果

仔稚魚の分布

採集された仔稚魚の個体数およびサイズ情報を Table 1 にまとめた。また、採集点ごとの単位濾水体積あたりの採集個体数（以下、採集密度）を Fig. 2 に示した。日本海で採集された仔稚魚の個体数は2006年が3,331個体と最も多かった。現在の主要な産卵場である檜山海域や岩内湾では、2005～2007年の3年間の調査で仔稚魚が1個体も採集されず、石狩湾以北の日本海、およびオホーツク海で採集された。石狩湾以北の日本海では、すべての年で留萌海域での採集密度が最も高くなった。また、採集量の多かった2006年についてみると、石狩湾以北の日本海での採集定点の海底深度は水深52～440mの範囲に15定点あるが、採集密度が10個体/1000m³以上となる点は、水深52～117mに存在し、水深の浅い沿岸域で多いことがわかった。オホーツク海では2005年に1個体、2006年に75個体が採集され、2007年と2008年には仔稚魚は採集されなかった。採集量の多かった2006年は、日本海に近い北の海域で最も採集量が多く、南へ移るにしたがって採集量は少なくなり、網走湾では仔稚魚は採集されなかった。

水温分布

深度10mおよび深度50mの水温の水平分布 (Fig. 3) を見ると、仔稚魚の採集量の多かった石狩湾から留萌海域の深度10mの水温はおよそ5～8°Cの範囲となり、石狩湾の沿岸では、2007年が7°C台と高く、2006年が5°C台と低かった。一方、石狩湾から留萌海域の深度50mの水温は4～7°Cの範囲となり、石狩湾の沿岸では、2005、2007年が6°C台と高く、2008年が4°C台と最も低かった。岩内湾以南の海域では深度50mにおいては、2006年には6～8°Cと最も低く、2007年が8～10°Cと最も高くなり、2007年には檜山海域の深度50mにおいて10°C以上の箇所も見られた。

岩内湾以南の海域で産み出された卵の多くが石狩湾以北の海域へ輸送されることを想定して、卵仔魚が通過すると考えられる海域を代表し、石狩湾の積丹半島沖の観測定点A (Fig. 1) における水温の鉛直分布を Fig. 4 に示した。表面から深度50mにかけての水温は2006年が低く、2007年が最も高くなった。表面の水温は、2006年が6.2°C、2007年が9.7°C、深度50mの水温は、2006年が5.3°C、2007年が7.3°Cとなり、表面では3°C、深度50mでは2°Cほど水温に差が生じていた。

仔稚魚のサイズ組成

年別海域別に集計した仔稚魚の体長範囲および平均値を Table 1 に、体長組成を年別に Fig. 5 に示した。採集された仔稚魚の体長範囲は6～37mmであり、採集量の多かった2006年は体長範囲が狭く、モードも14～16mmと小さい個体が多くを占めたのに対して、他の年の調査では体長範囲が広く、30mmを越す大きな個体が採集された。採集量が極端に少なかった2007年を除く他の3年については、さらに海域別に体長組成を Fig. 6 に示した。2005年と2008年は北の海域ほど体長が大きくなる傾向が見られたが、2006年には北の海域ほど小さくなる傾向が見られた。2006年

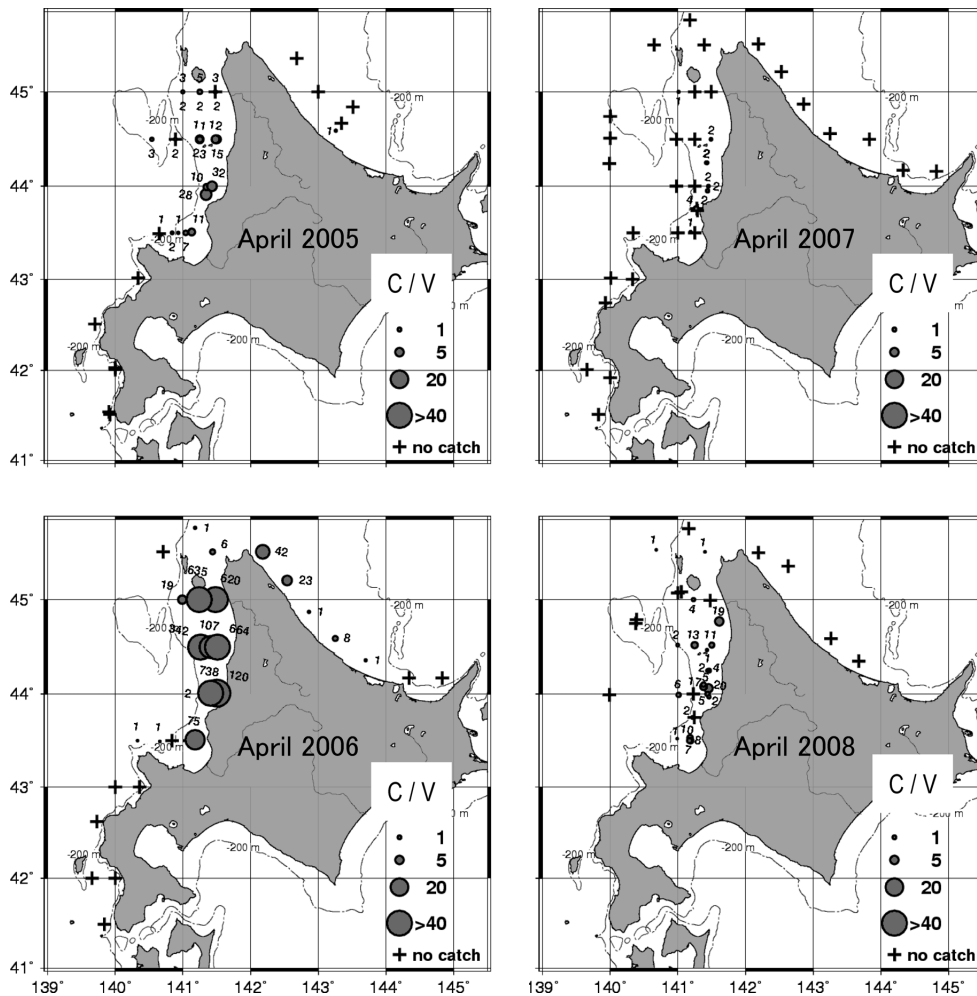


Figure 2. Distributions of walleye pollock larvae and juveniles from FMT tows in April 2005–2008. Circle size indicates catch per water volume C/V (individuals per 1000 m³). Italic numbers show catch in each tow.

のオホーツク海での体長が宗谷海域よりも大きくなっているが、これについては、オホーツク海での調査時期が10日ほど遅いことから、この間に2~3 mm成長する(Nishimura and Yamada, 1988)ことを考慮すれば、上記の傾向に一致する。2005年と2008年には体長組成は2つのピークが見られるが、2006年には単峰型となった。

考察

採集データ

本研究では、夏目・佐々木(1993a, b)のスケトウダラ仔稚魚に対する採集能力と採集適期に関する知見を参考に、彼らが使用した採集具とほぼ同規模のフレームトロールネットを用い、調査時期を4月とした。この手法であれば、体長30 mm以下のスケトウダラ仔稚魚を十分に採集することができると考えられる。採集効率に関しては、網口回避と網目からの逸出による分布密度の過少推定が懸念される(Smith and Richardson, 1977)が、主たる分布域を捉えるこ

とを目的とした本研究では、採集結果に大きく影響することはないと考えられる。しかしながら、分布密度の厳密な推定においては、本研究で使用したフレームトロールネットにおいても、採集効率を十分に考慮する必要がある。

仔稚魚の分布と水温環境

2005~2007年の3年間の調査で岩内湾や檜山海域では仔稚魚が1個体も採集されなかったことは、産み出された卵や仔魚のほとんどが他の海域へ輸送されたためと考えられる。産卵場については、2006, 2007年に岩内湾や檜山海域に形成されたことが、卵の分布調査、産卵群の漁獲および分布情報から確認されており(三宅ほか, 2008)、調査期間中に産卵場形成に大きな変化はなかったと推測される。この時期の北海道日本海沿岸の流れは南から北へ向かう対馬暖流が主流と考えられること(中多・田中, 2002)、これらの産卵場で産み出された卵の多くは北へ輸送され、ふ化する前に多くの個体は石狩湾に達すること(三宅ほか, 2008)などから、石狩湾以北の海域に分布する仔稚魚は、

(A) 10 m depth

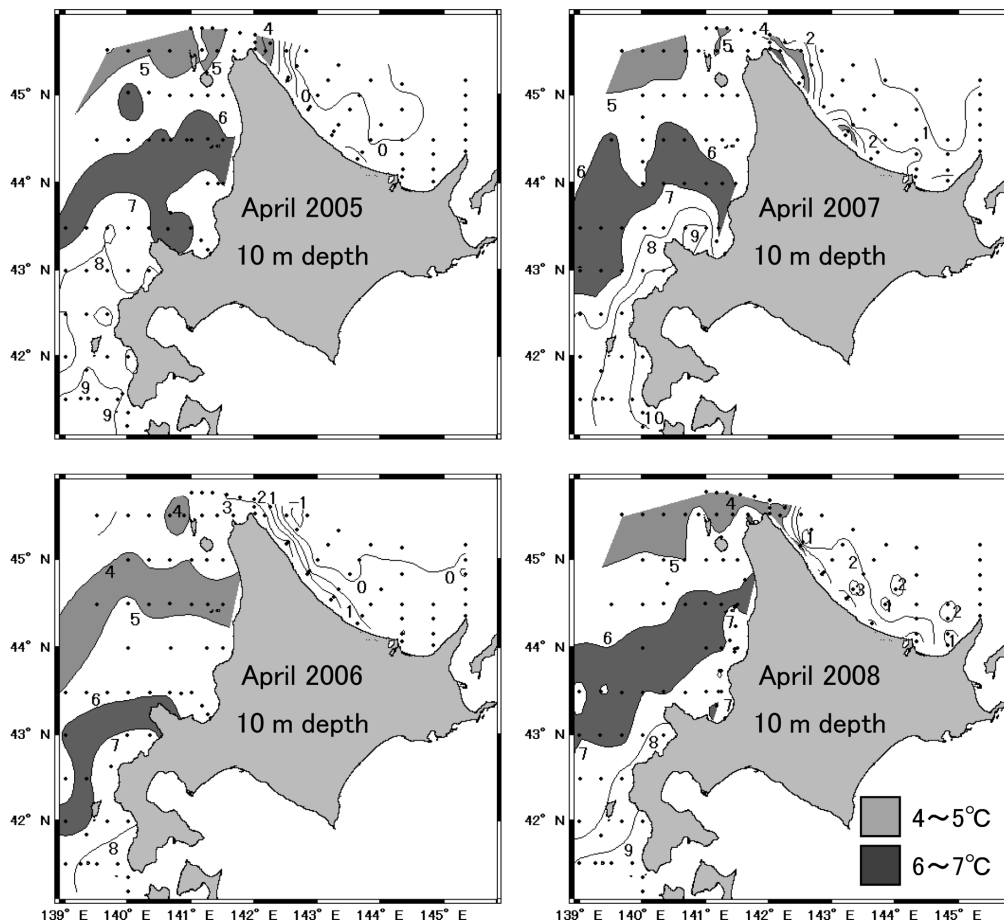


Figure 3. (Continued)

岩内湾や檜山海域の産卵場で発生し、これらの海域に輸送されたと考えるのが妥当であろう。石狩湾以北に輸送された仔魚はさらに北へ輸送されながら、仔魚から稚魚への変態とともに遊泳能力を身につけることで沿岸域へ定着するものと推測される。石狩湾以北の日本海では沿岸域の方が沖合域よりも採集量が多くなったことは、夏目・佐々木(1995)の結果と一致し、これは資源豊度によらない生態的な特徴なのであろう。沿岸域は仔稚魚にとって好適な成育環境と考えられ、このような特徴の背景には、仔稚魚は能動的に沿岸域に留まる、もしくは、沖合域に輸送された仔稚魚は死滅し、沿岸域に輸送された仔稚魚が生き残ることなどが考えられる。北海道太平洋海域では、稚魚期の5月に噴火湾内の表層域に多く分布し、6月には全長70mm前後となり底層生活へ移行する(中谷・前田, 1987)。また、全長が大きい個体ほど分布深度が深くなることが示されている(志田ほか, 1999)。これらのことから、本海域においても、仔稚魚期以降は成長ともない底層生活へ移行し、

深度の深い沖合域へ移動していくと推察される。

一方、採集量の多かった2006年の結果が示すように、石狩湾以北に輸送された仔稚魚の一部は宗谷海峡を通過してオホーツク海へ輸送されるものと考えられる。夏目・佐々木(1995)は、1986~1989年の調査結果をもとに、日本海からオホーツク海へ輸送される仔稚魚の割合が多くなる、すなわち対馬暖流の勢力が強くなると、後に日本海で加入する年級群の豊度が低くなるといった仮説を立てている。本研究では、2006年のオホーツク海での採集量は、日本海と比べるとかなり少なく、また、この年以外は採集量が皆無であった。夏目・佐々木(1995)の仮説は、資源水準が高く、日本海北部の海域にも産卵場が形成されていた時期には、年級豊度を決定する主要因になっていたものと考えられる。これらのことから、現在の低い資源水準下で、さらに産卵場が南偏している状況では、日本海からオホーツク海へ輸送される仔稚魚の割合が年級豊度を決定する大きな要因とは考えがたい。

(B) 50 m depth

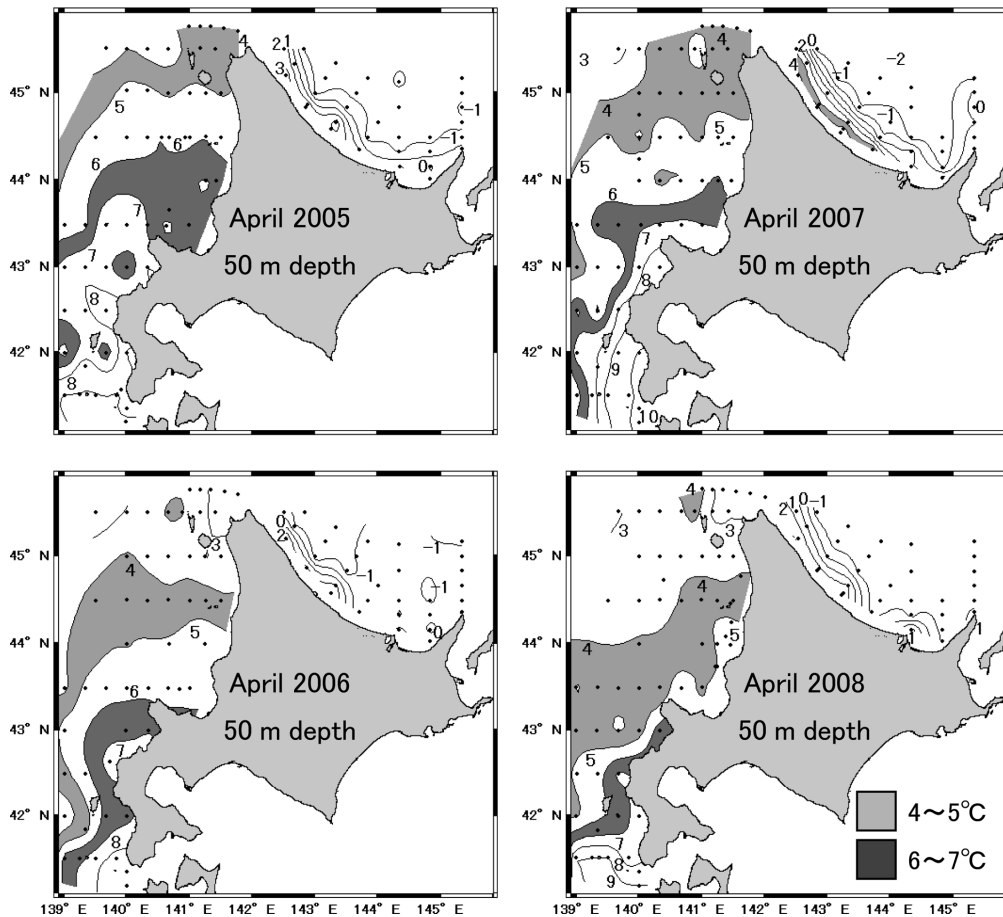


Figure 3. Water temperature distributions in the depth of 10 m (A) and 50 m (B) in April from 2005 to 2008 around Hokkaido. Dots show the hydrographic observation stations. Numerals on contour lines show water temperatures in degree Celsius.

仔稚魚が多く分布していた留萌海域の水温は深度 50 m で 4~7°C であった。他の海域のスケトウダラ仔稚魚の分布する水温は、アラスカ湾 (Kendall et al., 1987) では 5.5~7°C、北海道太平洋海域の噴火湾 (中谷・前田, 1987) では 4°C 前後であることから、留萌海域は仔稚魚にとって十分に生息可能な水温環境と考えられる。石狩湾の観測地点 A の深度 50 m の水温は、2005 年から 2008 年の中では、採集量の多かった 2006 年が 5.3°C と低く、仔稚魚がほとんど採集されなかった 2007 年が 7.3°C と高く、2°C も差が生じていた。この結果は、本海域のスケトウダラの加入量が 2 月の石狩湾の表面水温と強い負の相関関係を持つこと (Funamoto, 2007) に一致した。これらの特徴的な年の 2 月の水温環境と卵の分布状況が報告されている (三宅ほか, 2008)。これによると、深度 50 m の 7°C の等温線が 2006 年には檜山海域の南部に位置したが、2007 年には石狩湾まで達し、檜山海域では 9°C となっていた。このことから、

2007 年に卵の分布量が極端に少なくなったのは、檜山海域から岩内湾にかけての表中层域の高水温による卵のふ化率の低下も考慮する必要があるとしている。本研究での仔稚魚の採集結果は、この卵の分布量の結果 (三宅ほか, 2008) と一致しており、仔稚魚の分布量の多寡は、卵が産み出された後に経験する水温によって大きく影響される可能性が高い。

仔稚魚のサイズ組成

4 年間の調査において仔稚魚の体長のモードに大きな差が見られた。採集量の多かった 2006 年の体長のモードは 14 mm と小さく、他の年は大型の個体が多かった。夏目・佐々木 (1995) の報告では、豊度の高かった 1986~1989 年級群のほぼ同じ時期に採集された仔稚魚の体長のモードは 9~14 mm と小さく、2006 年の調査結果はこれに類似した。このように体長のモードに差が生じた要因として、2006 年は水温が低かったことが挙げられるが、2008 年も同様

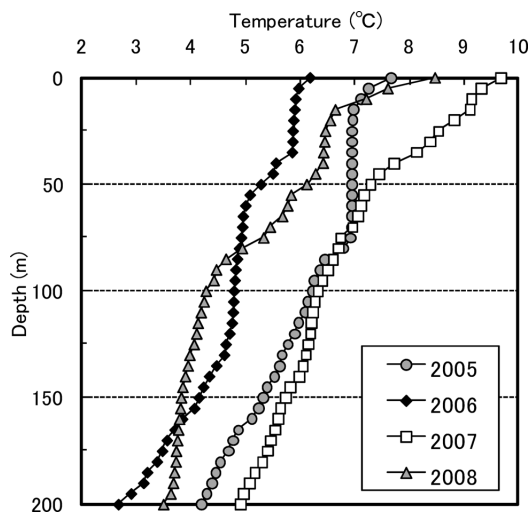


Figure 4. Vertical distributions of water temperature at coastal stations A in Ishikari Bay in April from 2005 to 2008.

に低い水温にもかかわらず体長が大きかったことから、低水温による成長低下は考えがたい。別の要因として、ふ化時期や密度依存的な成長が考えられる。北海道太平洋海域では、本海域とは逆に春季のサイズが大きい年に年級豊度が高くなり、この年のふ化時期は早いことが耳石日周輪解析により明らかにされている (Nishimura et al., 2007)。また、成長速度については稚魚の採集量が多い年には、成長速度が他の年よりも低いこと、すなわち密度依存的な成長が生じたことが耳石日周輪の解析により明らかにされている (志田・西村, 2002)。今後は、本海域においても耳石日周輪解析により、これらの年のふ化時期の違いや成長の密度依存性を調べる必要がある。

海域別に仔稚魚のサイズ組成を比較した結果、採集量の多かった2006年には北ほど体長が小さくなる傾向が見られたが、2005年や2008年には、逆に北ほど大型の個体が採集される傾向が見られた。本研究の結果からこの理由を断定することはできないが、要因として、ふ化時期の違いや卵仔魚の輸送行程の違いなどが考えられる。北海道太平洋海域におけるスケトウダラの稚魚では、体長組成に二峰型の分布がみられ、耳石日周輪解析によりふ化日組成の異なる二群が存在し、それぞれ産卵場が異なることが推測されている (志田・西村, 2002)。また、Honda et al. (2004) は、6月に日高湾で採集した仔稚魚のふ化日を調べ、ふ化日の早い個体ほど産卵場である噴火湾より離れた東部海域に能動的に移動していることを示している。これらの研究のように、耳石日周輪解析によりふ化日を知ることは、産卵起源や移動生態について知見がより深まる。本資源の未解明な課題については、耳石日周輪解析に加えて成長速度の年比較や、漂流プイや衛星データの利用と海洋モデルの応用による輸送過程の可視化を行うなどにより明らかにす

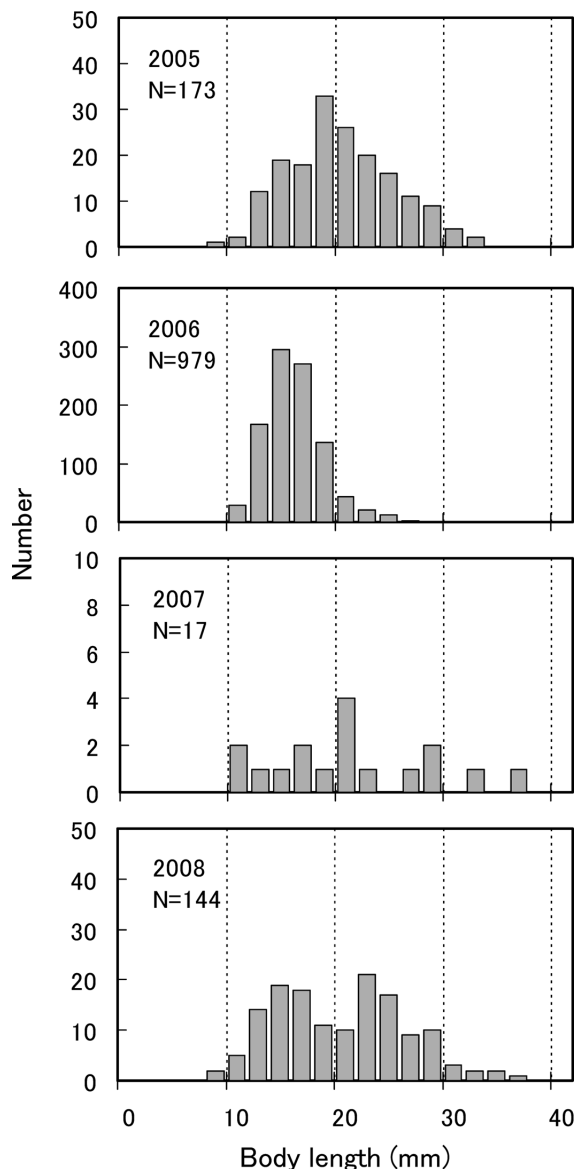


Figure 5. Fork Length distributions of walleye pollock larvae and juveniles.

る必要がある。

定量的モニタリングに向けて

本研究での2005~2008年の4年間の調査から、北海道西部日本海に分布するスケトウダラは、仔稚魚期には石狩湾以北日本海からオホーツク海にかけての海域の特に沿岸域に多く分布することが明らかとなった。したがって、仔稚魚期の定量的なモニタリングには、この海域の沿岸域を中心として、調査を継続するのが妥当である。本研究で行ったネットサンプリングは、2006年の採集量が多く、2007年が少ないといったように、豊度の高い年級の発生を早期確認には有効と考えられる。一方で、成長段階別に減耗過程を調べ、自然死亡率を年級群別に比較するためには、成長

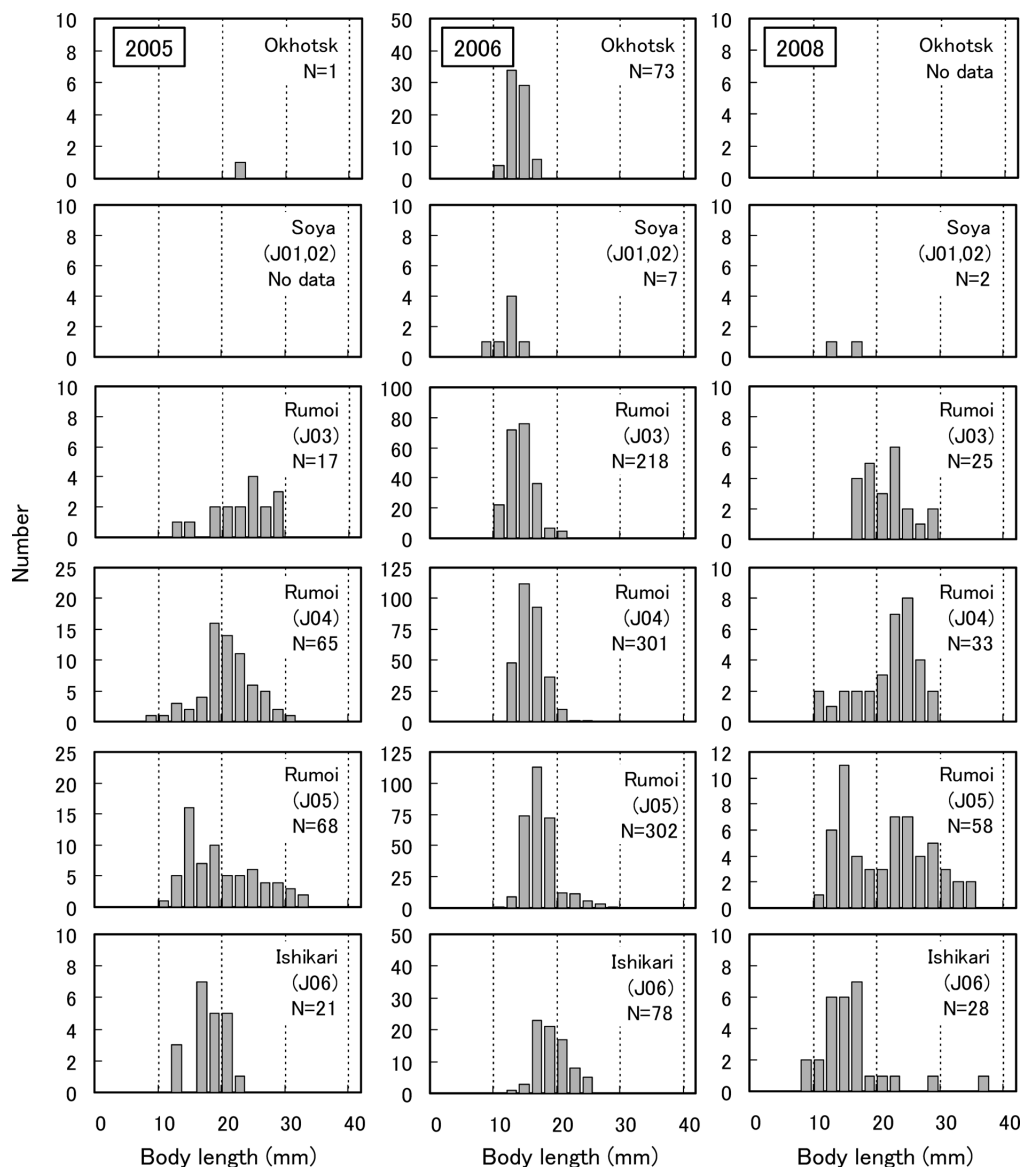


Figure 6. Fork Length distributions of walleye pollock larvae and juveniles in each region.

段階ごとの現存量が必要となる。採集具の採集効率の問題に加えて、本海域の仔稚魚は広域に、かつ、鉛直・水平的にも複雑に分布し、時には濃密なパッチの形成も考えられることから、点の調査であるネットサンプリングだけでは現存量の定量的な把握は困難である。したがって、これらを克服するためには、海域全体を網羅できる計量魚群探知機を用いた音響計測が有効と考えられる。スケトウダラについては成魚のみならず、若齢期に至るまで音響手法を用いた分布生態の研究が数多く報告されている (Brodeur and Wilson, 1996; Honda et al., 2004; Miyashita et al., 2004; Winter and Swartzman, 2006; 志田ほか, 2008)。また、現存量推定で欠かせないスケールファクターであるターゲットストレンジスに関しても、仔稚魚レベルのサイズまで詳細に報告

され、問題点も明らかになってきた (貞安ほか, 2003)。今後は、仔稚魚を対象とした音響計測による定量的なモニタリング手法の確立が必要である。このために、実際のフィールドにおける定量的な生物採集結果と音響計測結果との比較検証を行い、音響計測の有効性を確認する必要がある。

謝辞

本研究を進めるに当たり、各種調査に熱意を持って遂行して頂いた、試験調査船おやしお丸、北洋丸の両船長をはじめ乗組員の皆様に謝意を表す。本研究は北海道の漁業生物の資源・生態調査研究ならびに水産庁の我が国周辺水域資源調査として行われた。

引用文献

- Bailey, K. M., R. D. Brodeur and A. B. Hollowed (1996) Cohort survival patterns of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in Shelikof Strait, Alaska: A critical factor approach. *Fish. Oceanogr.*, **5**, 179–188.
- Brodeur, R. D. and M. T. Wilson (1996) Mesoscale acoustic patterns of juvenile walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the western Gulf of Alaska. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **53**, 1951–1963.
- 藤森康澄・山下由起子・阿部真之・板谷和彦・向井 徹 (2008) プラクトンとマイクロネクトンの同時採集のためのズボン式フレームトロール. *水産工学*, **44**, 197–204.
- Funamoto, T. (2007) Temperature-dependent stock-recruitment model for walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) around northern Japan. *Fish. Oceanogr.*, **16**, 515–525.
- Honda, S., T. Oshima, A. Nishimura and T. Hattori (2004) Movement of juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, from a spawning ground to a nursery ground along the Pacific coast of Hokkaido, Japan. *Fish. Oceanogr.*, **13**, (Suppl. 1), 84–98.
- 本間隆之・三宅博哉・板谷和彦 (2008) スケトウダラ. 平成18年度中央水産試験場事業報告書. 北海道立中央水産試験場, 6–19.
- 石垣富夫 (1960) 産卵後のスケトウダラは何処へ (予報). *北水試月報*, **17**, 351–363.
- Itaya, K., Y. Fujimori, S. Shimizu, T. Komatsu and T. Miura (2007) Effect of towing speed and net mouth size on catch efficiency in framed midwater trawls. *Fish. Sci.*, **73**, 1007–1016.
- 亀井佳彦・高津哲也・高木省吾・中谷敏邦・高橋豊美・前田辰昭 (1999) 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. *日本誌*, **65**, 223–229.
- Kendall, A. W. Jr., M. E. Clarke, M. M. Yoklavich and G. W. Boehlert (1987) Distribution, feeding, and growth of larval walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, from Shelokof Strait Gulf of Alaska. *Fish. Bull.*, **85**, 499–521.
- Kooka, K., A. Wada, R. Ishida, T. Mutoh, K. Abe and H. Miyake (2001) Summer and winter feeding habits of adult walleye pollock in the offshore waters of western Hokkaido, northern Japan Sea (Short Paper). *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.*, **60**, 25–27.
- 前田辰昭・高橋豊美・中谷敏邦 (1988) 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. *北大水産学部彙報*, **39**, 216–229.
- 三宅博哉 (2008) 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. 北海道大学大学院水産科学院博士論文, 136 pp.
- 三宅博哉・板谷和彦・浅見大樹・嶋田 宏・渡野遼雅道・武藤卓志・中谷敏邦 (2008) 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*, **72**, 265–272.
- 三宅博哉・田中伊織 (2006) 北海道日本海のスケトウダラ資源の変動. *月刊海洋*, **38**, 187–191.
- Miyashita, K., K. Tetsumura, S. Honda, T. Oshima, R. Kawabe and K. Sasaki (2004) Diel changes in vertical distribution patterns of zooplankton and walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) off the Pacific coast of eastern Hokkaido, Japan, estimated by the volume backscattering strength (Sv) difference method. *Fish. Oceanogr.*, **13** (Suppl. 1), 99–110.
- 中多章文・田中伊織 (2002) 北海道西岸における対馬暖流傾圧流量の季節および経年変化. *北水試研報*, **63**, 1–8.
- 中谷敏邦・前田辰昭 (1987) 噴火湾およびその周辺海域におけるスケトウダラ稚魚の分布と移動. *日本誌*, **53**, 1585–1591.
- 中谷敏邦・杉本晃一・高津哲也・高橋豊美 (2003) スケトウダラの年級豊度に与える噴火湾の環境要因. *水産海洋研究*, **67**, 23–28.
- Nishimura, A., T. Hamatsu, O. Shida, I. Mihara and T. Mutou (2007) Interannual variability in hatching period and early growth of juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the Pacific coastal area of Hokkaido. *Fish. Oceanogr.*, **16**, 229–239.
- Nishimura, A., T. Hamatsu, K. Yabuki and O. Shida (2002) Recruitment fluctuations and biological responses of walleye pollock in the Pacific coast of Hokkaido. *Fish. Sci.*, **68** (Suppl. 1), 206–209.
- Nishimura, A. and J. Yamada (1988) Geographical differences in early growth of walleye pollock *Theragra chalcogramma*, estimated by back-calculation of otolith daily growth increments. *Mar. Biol.*, **97**, 459–465.
- 夏目雅史 (1998) 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*, **53**, 1–8.
- 夏目雅史・佐々木正義 (1993a) 北海道北部日本海のスケトウダラ稚魚の生態—II鉛直分布の日周変化とビームトロールネットの採集効率. *北水試研報*, **42**, 143–148.
- 夏目雅史・佐々木正義 (1993b) 北海道北部日本海のスケトウダラ稚魚の生態—IIIビームトロールネットによる採集適期. *北水試研報*, **42**, 149–155.
- 夏目雅史・佐々木正義 (1995) 北海道北部海域のスケトウダラ仔稚魚の分布. *北水試研報*, **47**, 38–40.
- 貞安一廣・安部幸樹・澤田浩一・石井 憲・向井 徹・飯田浩二 (2003) 懸垂法によるスケトウダラ稚魚のターゲットストレンジス測定. *Proceedings of the 3rd Japan-Korea Joint Seminar on Fisheries Science*, 81–85.
- 志田 修・三宅博哉・金田友紀・石田良太郎・宮下和士 (2008) 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. *日本誌*, **74**, 152–160.
- 志田 修・西村 明 (2002) 秋季道東太平洋海域に分布するスケトウダラ0歳魚のふ化日組成と産卵群の関連. *水産海洋研究*, **66**, 232–238.
- 志田 修・山村織生・三宅博哉 (1999) 道東太平洋沿岸域におけるスケトウダラ0歳魚の分布と成長に伴う移動について. *北水試研報*, **54**, 1–7.
- Smith, P.E. and S. L. Richardson (1977) Standard techniques for pelagic fish egg and larva surveys. *FAO Fisheries Technical Paper*, **175**, 66–69.
- 高倉輝男 (1954) 魚群探知機によるスケトウダラ産卵群の生態について. *日本誌*, **20**, 10–12.
- 田中富重 (1970) 北部日本海海域におけるスケトウダラの漁業生物学的研究 I 集団行動と構造についての一考察. *北水試研報*, **12**, 1–11.
- 田中富重・及川久一 (1971) 昭和45年度岩内漁場のスケトウダラ調査について 産卵群の分布様式. *北水試月報*, **28**, 2–8.
- 辻 敏 (1975) 松山支庁沿岸のスケトウダラ調査. *北水試月報*, **32**, 1–20.
- Winter, A. G. and G. L. Swartzman (2006) Interannual changes in distribution of age-0 walleye pollock near the Pribilof Islands, Alaska, with reference to the prediction of pollock year-class strength. *ICES J. Mar. Sci.*, **63**, 1118–1135.