

秋季の道東太平洋海域に分布するスケトウダラ0歳魚の 孵化日組成と産卵群の関連

志田 修^{†1}, 西村 明²

Hatch Date Distribution of Age-0 Walleye Pollock, *Theragra chalcogramma*, off the Pacific Coast of Eastern Hokkaido, in Relation to Spawning Populations

Osamu SHIDA^{†1} and Akira NISHIMURA²

Otolith daily increments were used to estimate hatch dates of age-0 walleye pollock (73–146 mm in fork length), *Theragra chalcogramma*, collected off the Pacific coast of eastern Hokkaido (Doto area) in early September from 1996 to 1998. The number of daily increments ranged from 155 to 254 in 1996, from 92 to 223 in 1997 and from 166 to 226 in 1998. In most cases, back-calculated hatch dates ranged from January to March, and peaks were observed between mid-February and mid-March. Allowing 24–27 days required from spawning to hatching, it was estimated that spawning occurred from December to February. The estimated spawning periods coincided with the spawning period in Funka Bay which is the main spawning ground of the Pacific population. On the other hand, part of the fish showed lower daily increment counts, suggesting later hatch dates from April to early June. Considering that the spawning takes place after March in the Doto area, age-0 pollock examined in this study mainly originated from Funka Bay and seem to migrate to the Doto area during their first summer. The existence of Doto originated juveniles was also suggested in this study. However, the contribution of the Doto spawning population to the newly recruitment seems to be limited in the late 1990s.

Key words: walleye pollock, hatch date, otolith daily increment, the Pacific coast of eastern Hokkaido

はじめに

東北北部から北海道および北方四島の太平洋沿岸に分布するスケトウダラ (*Theragra chalcogramma*) 太平洋系群 (Tsuji, 1989) は日本最大のスケトウダラ資源であり、近年その漁獲量は日本水域全体のスケトウダラ漁獲量の半分以上を占める産業的にも重要な資源である。本種は北太平洋に広く分布しており、アラスカ湾で行われてきた資源学的研究により、その資源量変動は年級群強度に大きく依存することが示されている (Alton *et al.*, 1987; Bailey and Spring, 1992)。したがって、その資源変動機構を解明するためには年級群強度の決定に重要な、産卵から仔稚魚期を経て若魚として資源に加入するまでの生活史を明らかにしていく必要がある。

る。

Miyake *et al.* (1996) は、秋季の襟裳岬以東の北海道東部太平洋沿岸 (道東海域) に分布する0歳魚の Abundance Index が、VPAによって推定された太平洋系群の0歳魚の資源尾数と同様の年変動を示すことを観察している。また、近年の調査研究においても道東海域は、太平洋系群の幼魚および未成魚にとって重要な育成場であることが示されつつある (Yamamura *et al.*, 2001; Nishimura *et al.*, 2002)。しかし、この道東海域における0歳魚の初期生活史については、産卵場との関連を含めてほとんど知見が得られていない。太平洋系群の主産卵場は噴火湾周辺海域と考えられている (Tsuji, 1989) が、道東海域にも小規模な産卵場の存在が報告されており (濱津・八吹, 1995)、春季には浮遊期のスケトウダラ稚魚も採集されている (金丸, 1985)。さらに志田ほか (1999) は、秋季の道東海域に分布する0歳魚の尾叉長組成を調べ、孵化時期の異なる2群が存在する可能性を指摘している。従って、道東海域に分布する0歳魚がどの産卵場に由来するものなのかは、0歳魚の動態を明らかにする上でも、また太平洋系群の資源構造を明らかにす

2002年4月30日受付, 2002年8月20日受理

¹ 北海道立函館水産試験場室蘭支場

Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan

² 水産総合研究センター北海道区水産研究所

Hokkaido National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency Katsurakoi, Kushiro, Hokkaido 085-0802, Japan

[†] shidao@fishexp.pref.hokkaido.jp

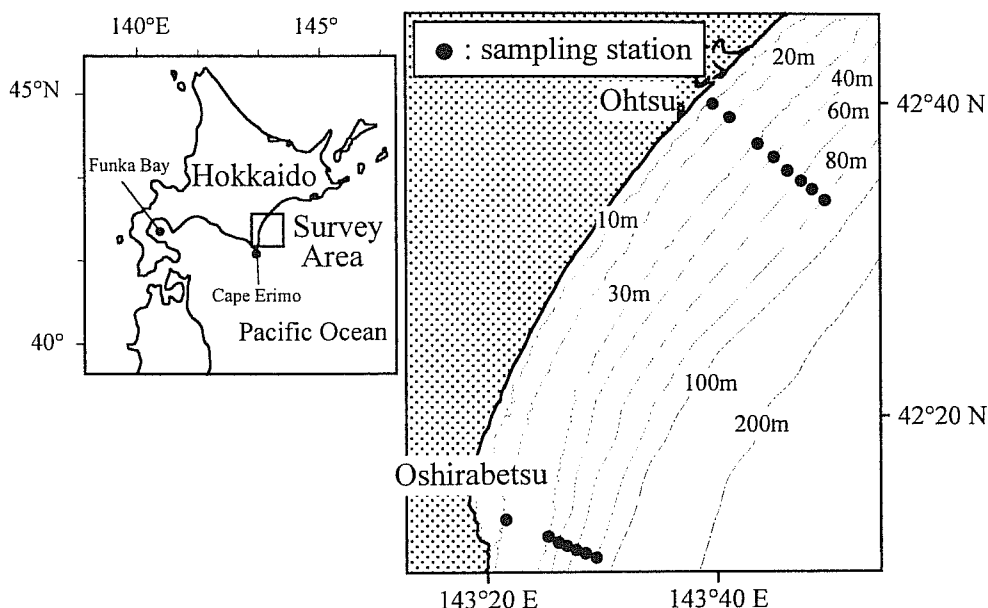


Figure 1. Map of study area showing location of sampling stations for age-0 walleye pollock.

る上でも解明されるべき重要な課題として残されている。

近年、耳石内部に日周期的に形成される微細な輪紋構造（日周輪）を利用して、仔稚魚期から底層生活移行後の0歳魚の孵化時期や産卵期の推定が行われており（Nishimura and Yamada, 1984など）、ベーリング海（Nishimura *et al.*, 1996）やアラスカ湾（Brown and Bailey, 1992）においては、推定された孵化日組成と産卵期から、幼魚と産卵場の関係が論じられている。噴火湾周辺海域の産卵盛期は1月から2月（尹, 1981）であるが、道東海域はこれより遅く、3月であることが報告されている（濱津・八吹, 1995）。産卵時期の違いは孵化日組成に反映すると推測されることから、この産卵期の違いを利用して0歳魚と産卵場の関係を検討することができる。そこで本研究では、1996年から1998年秋に道東海域において採集されたスケトウダラ0歳魚の耳石日周輪を計数して、その孵化日組成を調べ、産卵場との関連を検討した。

材料と方法

スケトウダラ0歳魚の採集

本研究に使用したスケトウダラ0歳魚は、1996年から1998年の9月上旬に、道東海域の水深10から80mの海域に設定した15調査点においてシシャモ調査用小型トロールネット（Miyake *et al.*, 1996）を用いて採集した。調査点は、音調津および大津の沖合方向に水深10m毎に配置し（Fig. 1）、曳網時間は10分間とした。各調査点において採集されたスケトウダラ0歳魚は船上で重量を計測した後、その全部または一部を持ち帰り、 -20°C で凍結して保存した。冷凍標本は実験室において解凍した後、各調査点からそれぞ

れ50尾を無作為に抽出して尾叉長を1mm単位で測定し、耳石を採取した。標本個体数が50尾に満たない場合には全数を測定した。各調査年における尾叉長の平均値および組成は、各調査点の値を採集尾数で重み付けして算出した。

耳石日周輪の計数と孵化日推定

耳石研磨標本の作製は、Nishimura *et al.* (1996) に準じて行った。耳石はスライドガラス上でエポキシ系の樹脂に包埋し、耐水研磨紙（#400～#1200）で耳石扁平面に垂直に、長軸方向に両側から研磨した。研磨標本のうち、研磨表面に耳石核を含みかつ光学顕微鏡観察に際して、光を十分透過しうる厚さのものを日周輪の計数に用いた。研磨標本は、表面をさらにラッピング・フィルムで鏡面研磨して観察に供した。耳石日周輪の計数は、光学顕微鏡（600～1000倍）により行った。スケトウダラでは孵化日に耳石核のすぐ外側に最初の日周輪が形成され、以後、仔稚魚期を通じて日周輪が形成されることが走査型電子顕微鏡観察の結果から報告されている（Nishimura and Yamada, 1984）。従って、本研究においても、耳石核の外側に形成された日周輪を全て計数して日齢とした。孵化日は、採集日と日齢から推定した。

結果

スケトウダラ0歳魚の採集尾数と尾叉長組成

スケトウダラ0歳魚の採集尾数と尾叉長組成には調査年による違いが観察された（Table 1およびFig. 2）。採集尾数は1996年が最も多く、20,102尾が採集されたのに対して、1998年は採集尾数が最も少なく、僅かに739尾が採集され

Table 1. Information on age-0 walleye pollock sample from off the Pacific coast of southeastern Hokkaido.

Survey year	Collection date	No. of caught	No. of measured	Fork length (mm)	
				Range	mean
1996	4 - 9 Sep.	20,102	396	81 - 131	97
1997	1 - 8 Sep.	2,187	457	69 - 148	124
1998	2 - 6 Sep.	739	59	108 - 141	125

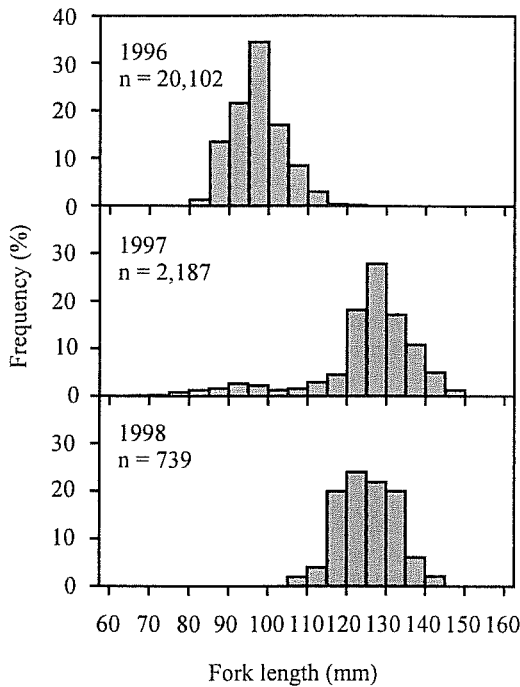


Figure 2. Length frequency distribution of age-0 walleye pollock collected from off the Pacific coast of eastern Hokkaido in early September from 1996 to 1998.

たのみであった。採集尾数が最も多かった1996年のスケトウダラの平均尾叉長は97mmで、3カ年の調査で最も小さく、尾叉長組成は95mmにモードを持つ単峰型を示した。一方、採集量が最も少なかった1998年の平均尾叉長は125mmで、120mmにモードを持つ単峰型の尾叉長組成が観察された。1997年は、90mmと125mmにモードを持つ二峰型の尾叉長組成が観察された。

日齢と孵化日組成

日齢査定は、1996年が28個体、1998年が25個体について行われた (Table 2)。尾叉長組成が二峰型を示した1997年の標本には、110mmを境界として尾叉長組成の異なる2群が混在した可能性があることから、標本を尾叉長110mm未満の小型個体と110mm以上の大型個体の2群に分け、それぞれ30および35尾について日齢を査定した。1997年に採集された0歳魚中における両群の割合はそれぞれ

Table 2. The results of otolith increment counts of age-0 walleye pollock samples from off the Pacific coast of eastern Hokkaido. 1997-S: FL<110 mm, 1997-L: FL≥110 mm.

Sample	No. of aged	range	
		Fork length (mm)	Age (day)
1996	28	84 - 131	155 - 254
1997 - S	30	73 - 108	92 - 187
1997 - L	35	114 - 146	162 - 223
1998	25	114 - 138	166 - 226

れ、12および88%であった。

耳石研磨標本の光学顕微鏡観察により、耳石中心部に耳石核が観察され、その周りに同心円上に重なる日周輪が観察された (Fig. 3)。1996年に採集されたスケトウダラの耳石には、耳石核から耳石外縁までに最少155本から最大254本の日周輪が観察され、その平均値は186本であった。また、1998年の標本では範囲が166から226本、平均値が195本と1996年とほぼ同様の日周輪数が計数された。1997年に採集された0歳魚については、大型群の日周輪数は162から223本、平均値が193本と1996年および1998年と同様であったが、小型群では計数された日周輪数が92から187本の範囲で、その平均値は135本と大型群および他の年に比べて明らかに少なかった。

日齢査定を行った個体の尾叉長と日齢の関係を Fig. 4 に示した。全ての年で日齢と尾叉長の間には正の相関が認められた (1996年: $r=0.67$, $p<0.001$, 1997年小型群: $r=0.90$, $p<0.001$, 1997年大型群: $r=0.68$, $p<0.001$, 1998年: $r=0.52$, $p<0.01$)。また、1996年は1997年の大型群および1998年と比較して、日齢に対する尾叉長が小さい傾向が観察された。

各標本の採集日から日周輪数を逆算することにより推定した孵化日組成を Fig. 5 に示した。逆算推定された孵化日の範囲は1996年、1997年の大型群および1998年では概ね1月下旬から3月下旬と推定され、孵化日のモードは2月中旬から3月中旬にあることが示された。これに対して、1997年の小型群のみは推定孵化日の範囲が3月上旬から6月上旬で、そのモードは4月中旬にあった。

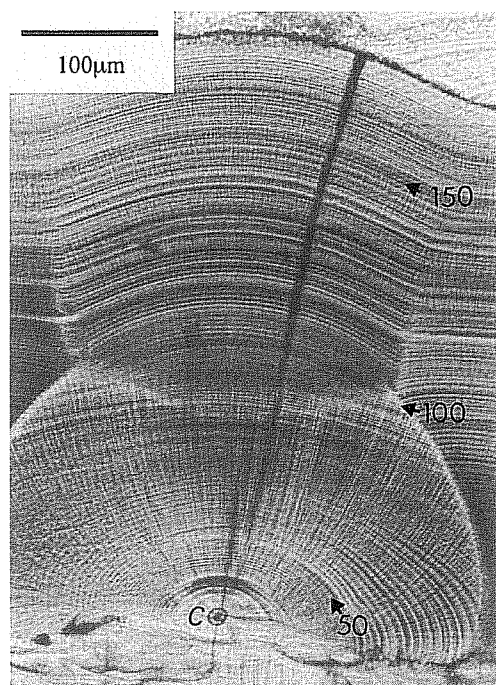


Figure 3. Light micrograph of an otolith from age-0 walleye pollock (fork length=94 mm) collected from off the Pacific coast of eastern Hokkaido in September. The 50th, 100th and 150th daily increments are indicated by arrows. C: otolith core.

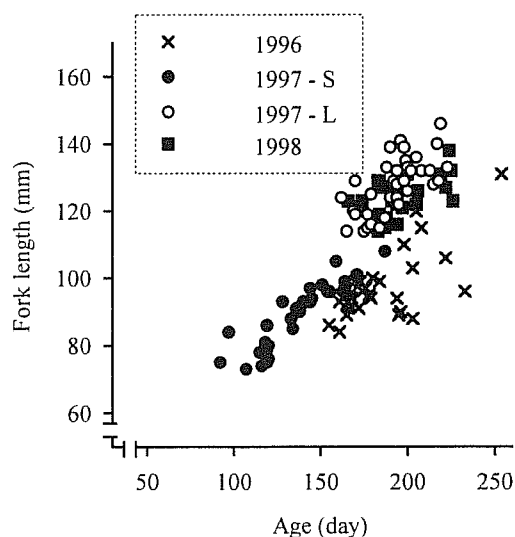


Figure 4. Age-length relationship of age-0 walleye pollock collected from 1996 to 1998. 1997-S: FL<110 mm, 1997-L: FL \geq 110 mm.

考 察

本研究の結果から、道東海域に分布する0歳魚の孵化日は概ね1月から3月であることが示された。即ち、1996年においては観察した個体の86%、1997年に採集された0歳魚

の88%を占める大型群（尾叉長110 mm以上）と1998年には、観察した全個体の孵化日がこの範囲にあった。また、孵化日モードは3カ年を通じ2月中旬から3月中旬の範囲にあった。Nishimura and Yamada (1984) は、1980年代初めに噴火湾周辺海域で採集したスケトウダラの孵化日が1月上旬から3月下旬の範囲にあることを報告しており、本研究の結果はこれと一致した。噴火湾周辺海域における産卵期の水温は概ね2°Cであり (Nakatani and Maeda, 1981)、水温2°Cにおける産卵から孵化までの日数は24から27日と報告されている (Hamai *et al.*, 1971)。従って、1月から3月に孵化した個体が産卵された時期は、12月から2月と推測され、噴火湾周辺海域における産卵期 (尹, 1981) と一致した。また、1995から1998年の噴火湾周辺海域における産卵親魚を対象とした刺し網漁業の漁獲量は、12月にピークを迎え2月には減少する平均的な漁獲パターンが継続したことから、本研究を行った1996から1998年の噴火湾周辺での産卵期に大きな変動はなかったと推測される。北海道周辺の太平洋海域にこの時期に産卵する群は他に知られていないことから、秋季に道東海域に分布する0歳魚の大部分は噴火湾周辺海域において産卵された個体に移入したものであることが示唆される。

一方、1997年に採集された小型群（尾叉長110 mm未満）の孵化日は大型群あるいは他の年よりもおよそ1から2カ月遅れており、孵化日のモードは4月中旬に観察されたことから、1997年には孵化日組成の異なる2群が存在したと考えられる。道東海域における産卵盛期は噴火湾周辺海域より遅く、3月であるとされており (濱津・八吹, 1995)、3月に産卵された卵の孵化時期は早くとも3月下旬から4月以降になると推測されることから、4月以降に孵化したと推定された個体は噴火湾周辺海域に起源を持つものと考えられる。本研究を行った1996から1998年の道東海域における産卵状況および卵、仔稚魚の分布状況は確認されていないが、広尾沖において3月に漁獲されたスケトウダラに産卵中の個体が観察されていることから (志田, 未発表)、道東海域においてもこの時期に産卵は行われていたと考えられる。ただし、本研究で観察した3カ年では明瞭な二峰型を示したのは1997年のみで、また4月以降の孵化日をもつ個体の比率は、1996年が11%、1997年も全体の10%と低いことから、本研究の材料を収集した1996年から1998年については、道東海域産卵群の太平洋系群新規加入に対する寄与率は低かったと推測される。

スケトウダラの資源変動機構を明らかにしていく上で、初期生活史の解明は最も重要な課題である。太平洋系群においては、その分布域内に複数の産卵場が存在することから、それぞれの産卵群について卵稚仔から加入までの分布や移動を明らかにしておく必要がある。これまで、成魚は索餌期に主産卵場である噴火湾周辺海域 (Tsuji, 1989) から

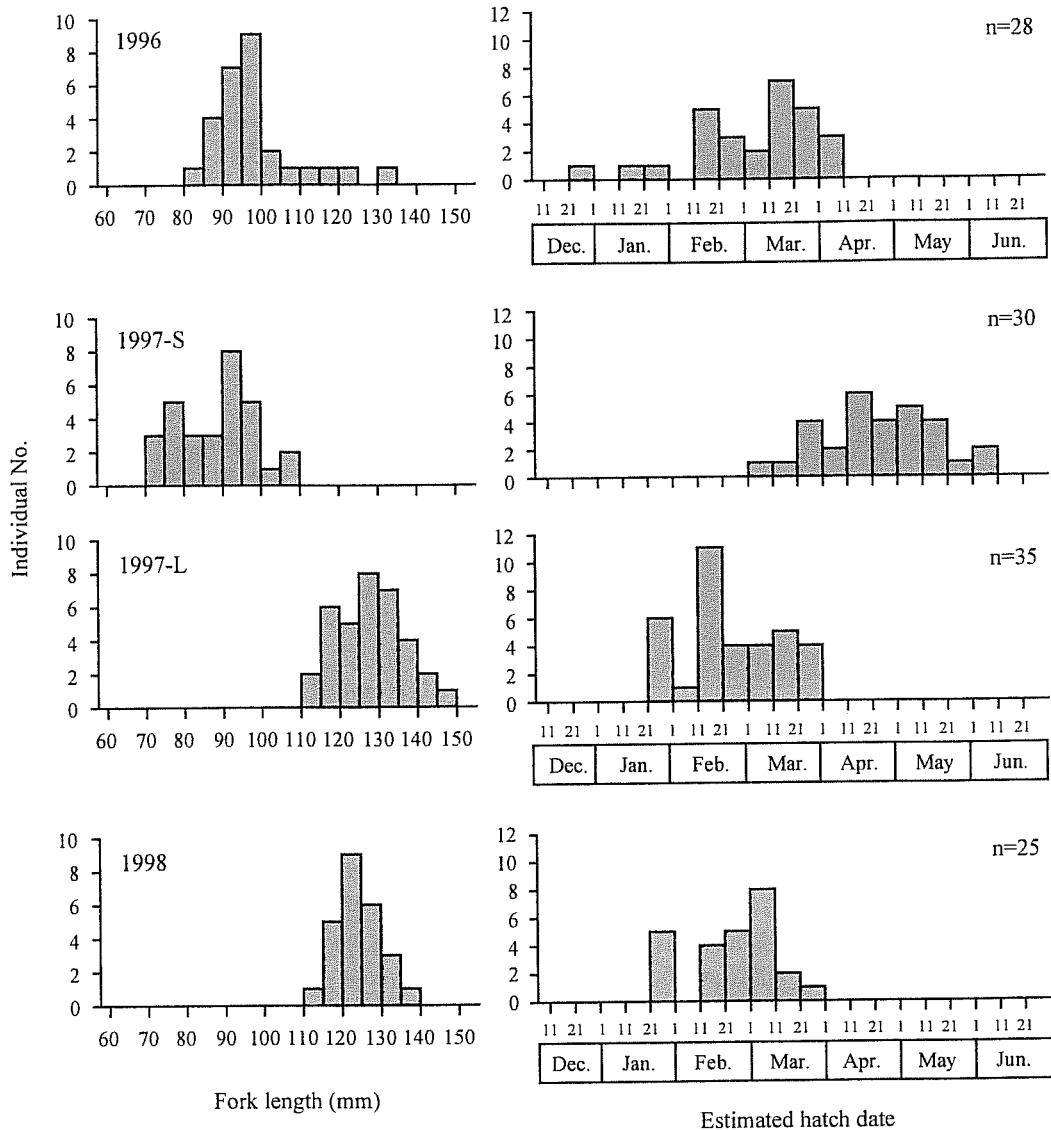


Figure 5. Frequency distribution of fork length (left graphs) and estimated hatch date (right graphs) of aged samples of age-0 walleye pollock from off the Pacific coast of eastern Hokkaido in early September from 1996 to 1998. 1997-S: FL < 110 mm, 1997-L: FL ≥ 110 mm.

道東海域にまで回遊することが標識放流調査により示されている(吉田, 1987). 一方, 未成魚については標識装着の困難さ等から(金丸, 1986) 移動回遊について知見が得られておらず, 道東海域に分布する未成魚と産卵群の関係は明らかではなかった. 本研究の結果は, 0歳魚の耳石日周輪解析により推定される孵化日組成からその起源, すなわち産卵群との関わりを検討することが可能であることを示した. スケトウダラの未成魚は, 東北北部から噴火湾周辺および道東海域に広く分布し, このうち東北海域に分布する魚は, 噴火湾周辺海域において産卵されたものが浮遊生活期に海流によって輸送されたと考えられている(橋本・石戸, 1991; 服部ほか, 2001). 一方, 道東海域では

冬から春にかけて沿岸域を沿岸親潮が南西方向に流れている(小笠原, 1987) ことから, 噴火湾周辺海域で産卵された個体が卵または浮遊生活期に海流によって道東海域に移送される可能性は低いと考えられる. 中谷・前田(1987)は, 噴火湾内のスケトウダラが7月以降に湾口部へ移動し, その後徐々に湾外へと移動することを報告している. また, 本田(2002)は北海道太平洋沿岸における漁業者へのアンケート調査から, 初夏以降稚魚が噴火湾から道東に向けて移動する可能性を指摘している. これらのことから, 道東海域への移動は, ある程度遊泳力を持つ7月から8月に始まると推測されるが, 道東海域への移動を促す要因と, このことが, その後の太平洋系群の資源動態に及ぼす影響に

については今後明らかにしていく必要がある。

秋季の道東海域に分布する0歳魚について、そのサイズに年変動があることが観察されている (Miyake *et al.*, 1996; 志田ほか, 1999)。本研究では各調査年ともに尾叉長と日齢の間には、正の相関が認められ、同一年級内における尾叉長の違いは孵化日の違いがその一因であると考えられる。一方、1996年に採集された0歳魚の平均尾叉長は97mmと、1997年の大型魚(124mm)および1998年(125mm)と比較して20mm以上小さかった。また、日齢に対する尾叉長も1996年は他の2年と比して小さく、平均尾叉長の年による相違は、単に孵化時期の違いのみではなく、成長率の年変動の影響も受けていると考えられる。当海域では、0歳魚の分布水深に年変動があること、分布水深や採集場所によって胃内容物組成も異なることが報告されている (志田ほか, 1999)。また、1996年から1998年の道東海域におけるスケトウダラ0歳魚のAbundance Indexは、それぞれ105.9, 21.0, 16.8と (北海道, 1999)、尾叉長が最も小さかった1996年の分布密度が高かったことが示されている。これらのことから、成長率の年変動は、餌料生物の分布と量および/または0歳魚の分布密度の影響を受けることが示唆される。噴火湾周辺海域においては、林 (1971) が1960年代の年級群強度とサイズの間には負の相関があることを報告しているが、佐々木・長澤 (1993) は1970年代後半から1980年代にかけてはそのような関係が見られないとしている。分布密度が成長に与える影響はそれぞれの年代の環境により支配されるものか、または成長段階によっても異なるメカニズムに支配されている可能性がある。今後、生活史のどの段階で成長率の年変動が現れるのか、逆算推定などの手法により詳細に調べる必要があると考えられる。スケトウダラ未成魚にはサイズ依存の減耗があることが指摘されており (Sogard and Olla, 2000; Yamamura *et al.*, 2001)、資源変動機構を明らかにする上で噴火湾からの移動時期や経路ばかりでなく、成長履歴の解明も重要な課題である。

謝 辞

標本の採集に際して多大なる協力を頂いた十勝管内ししゃも漁業調整協議会の担当各位、十勝地区水産普及指導所職員各位ならびに北海道立釧路水産試験場資源管理部職員各位に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- Alton, M.S., M.O. Nelson and B.A. Megrey (1987) Changes in the abundance and distribution of Walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the western Gulf of Alaska (1961–1984). *Fish. Res.*, **5**, 185–198.
- Bailey, K.M. and S.M. Spring (1992) Comparison of larval, age-0 juvenile and age-2 recruit abundance indices of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the western Gulf of Alaska.

- ICES J. Mar. Sci., **49**, 297–304.
- Brown, A.L. and K.M. Bailey (1992) Otolith analysis of juvenile walleye pollock *Theragra chalcogramma* from the western Gulf of Alaska. *Mar. Biol.*, **112**, 23–30.
- 金丸信一 (1985) 北海道周辺海域のスケトウダラ稚仔魚の分布特性. 漁業資源研究会議北日本底魚部会報, **18**, 12–15.
- 金丸信一 (1986) スケトウダラ幼稚魚の標識放流の試み. 漁業資源研究会議北日本底魚部会報, **19**, 67–74.
- Hamai, I., K. Kyushin and T. Kinoshita (1971) Effect of temperature on the body form and mortality in the developmental and early larval stages of the Alaska pollack, *Theragra chalcogramma* (Pallas). *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **22**, 11–29.
- 濱津友紀・八吹圭三 (1995) 北海道東部太平洋沿岸に分布するスケトウダラ *Theragra chalcogramma* の産卵回遊と産卵場. 北水研報, **59**, 31–41.
- 橋本良平・石戸芳男 (1991) 東北海区のスケットウダラ卵・稚仔魚の補給と初期生活について. 東北水研報, **53**, 23–38.
- 服部 努・北川大二・成松庸二 (2001) 1997~2000年5月の東北海域におけるスケトウダラ0歳魚の分布の経年変化. 漁業資源研究会議底魚部会報, **5**, 19–25.
- 林 清 (1971) スケトウダラ若齢魚の研究: 道南太平洋における若齢魚の成長について. 北水試研報, **18**, 1–8.
- 北海道 (1999) 平成10年度北海道立釧路水産試験場事業報告書, 40 pp.
- 本田 聡 (2002) 漁業者アンケートに基づく北海道太平洋沿岸におけるスケトウダラ0歳魚の分布および移動. 水研センター研報, **2**, 1–14.
- Miyake, H., H. Yoshida and Y. Ueda (1996) Distribution and abundance of age-0 juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, along the Pacific coast of southeastern Hokkaido, Japan. NOAA Tech. Rep. NMFS, **126**, 3–10.
- Nakatani, T. and T. Maeda (1981) Transport process of the Alaska pollack eggs in Funka Bay and the adjacent waters, Hokkaido. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **47**, 1115–1118.
- 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.
- Nishimura, A. and J. Yamada (1984) Age and growth of larval and juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), as determined by otolith daily growth increments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **82**, 191–205.
- Nishimura A., K. Mito and T. Yanagimoto (1996) Hatch date and growth estimation of juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, collected in the Bering Sea in 1989 and 1990. NOAA Tech. Rep. NMFS, **126**, 81–87.
- 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**. (in press)
- 小笠原惇六 (1987) 親潮と道東沿岸流. 月刊海洋, **19**, 21–25.
- 佐々木正義・長澤和也 (1993) 北海道えりも以西太平洋海域のスケトウダラ若年魚の分布. 北水試研報, **42**, 157–164.

- 志田 修・山村織生・三宅博哉 (1999) 道東太平洋沿岸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.
- Sogard, S.M. and B.L. Olla (2000) Endurance of simulated winter conditions by age-0 walleye pollock: effects of body size, water temperature and energy stores. J. Fish Biol., **56**, 1-21.
- Tsuji, S. (1989) Alaska pollack population, *Theragra chalcogramma*, of Japan and its adjacent waters, I: Japanese fisheries and population studies. Mar. Behav. Physiol., **15**, 147-205.
- Yamamura, O., K. Yabuki, O. Shida, K. Watanabe and S. Honda (2001) Spring cannibalism on 1 year walleye pollock in the Doto area, northern Japan: Is it density dependent? J. Fish Biol., **59**, 645-656.
- 尹 泰憲 (1981) 北海道噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ雌魚の生殖周期. 北大水産彙報, **32**, 22-38.
- 吉田久春 (1987) 北海道周辺水域におけるスケトウダラ標識放流再捕について. 漁業資源研究会議北日本底魚部会報, **20**, 83-92.