

平成16年スケトウダラ太平洋系群の資源評価

責任担当水研：北海道区水産研究所(八吹圭三、本田聡)

参画機関：東北区水産研究所八戸支所、水研センター開発調査部、北海道立釧路水産試験場、北海道立函館水産試験場、北海道立函館水産試験場室蘭支場、青森県水産総合研究センター、岩手県水産技術センター、宮城県水産研究開発センター、福島県水産試験場、茨城県水産試験場

要 約

スケトウダラ太平洋系群の資源量は、1981年度以降100万トン以上の水準を維持しており、安定している。その中で、何年かに1回発生する卓越年級群の消長により、資源量の増減が繰り返されている。近年では、1995年に卓越年級が発生したと想定される。2000年級群もその豊度はかなり高かった。ただし、近年は、産卵親魚量は高い水準にあるが、加入量、再生産成功指数は低めで推移しており、注意が必要である。このスケトウダラ太平洋系群は、産卵親魚量を、卓越年級群の発生を期待できる、過去に発生した卓越年級群を生み出した産卵親魚量の最低値(Blimit)以上に維持することによって、持続的な漁業が可能と考えられる。従って、現在の低水準の加入が継続しても、卓越年級の発生が期待できる最低水準を維持する漁獲可能性を算定した。

	2005年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	155千トン	Fsim	0.56	17%
ABCtarget	128千トン	0.8Fsim	0.45	14%

漁獲割合はABC / 資源量、F値は8歳のものである。

許容漁獲量

管理の考え方	管理基準	2005年漁獲量	評価 *
産卵親魚量の最低水準(Blimit)を維持する。	Flimit	ABClimit 155千トン	A:100%、B:4%、C:0%、 D:135千トン
産卵親魚量の最低水準(Blimit)を維持する。予防的措置をとる。	Ftarget	ABCtarget 128千トン	A:100%、B:21%、C:0%、 D:121千トン

* 1996～2003年度の再生産成功率を重複を許してランダムに発生させて1000回シミュレーションを行った。2004年度の漁獲量は、TAC(205千トン)とした。

A:2009年度に親魚量がBlimitを上回った率

B:2009年度の親魚量が2005年度を上回った率

C:親魚量が最低となった年(2007年度)の親魚量がBlimitを下回る率

D:2005～2009年の平均漁獲量

参考値

管理の考え方	管理基準	2005年漁獲量	評価
現状の漁獲圧を継続する (資源の現状維持)。	F _{current} (F _{sus})	109千トン	A:100%、B:30%、C:0%、 D:109千トン
加入が1981～2003年並みの場合に資源の現状を維持する。	F _{med}	210千トン	A:39%、B:0%、C:100% D:154千トン
点推定で、産卵親魚量の最低水準(B _{limit})を維持するように管理。	F _{sim}	185千トン	A:93%、B:2%、C:49%、 D:148千トン

年	資源量(千トン)	漁獲量(千トン)	F値	漁獲割合
2002	1,127	110	0.55	10%
2003	1,135	146	0.37	13%
2004	1,102			

指標	値	設定理由
B _{ban}	未設定	
B _{limit}	親魚量 1991年水準(160千トン)	経験上、これ以上に親魚量を保つと、卓越発生が期待できる。
2003年	親魚量 308千トン*	

*2004年級を生んだ2003年度の親魚量で、産卵期との対応で、2004年度の初期資源の成熟した部分がこれに対応する。2000年級群が成熟しており、高い水準となっている。

水準: 低位(ただし産卵親魚の水準は高位) 動向: 横ばい

1. まえがき

スケトウダラは我が国周辺海域における重要な底魚資源の一つで、2003年の漁獲量は21万9千トン(平成15年漁業・養殖業生産統計(概数))であった。現在、漁場は北海道周辺と本州北部の日本海側・太平洋側に分布している。

現在の我が国漁船による漁獲は、そのほとんどが北海道周辺海域であげられているが、ロシア(旧ソ連)の排他的経済水域設定までは、北方四島周辺水域やオホーツク海、サハリン沿岸などにも漁場は存在し、漁獲量も多かった。しかし、排他的経済水域設定後の漁獲量は大幅に減少し、主要な漁場は北海道周辺に限られている。

北海道周辺には4系群の分布が見られるが、太平洋系群は最も資源の大きな系群であり、2003年度の漁獲量は4系群全体の72%を占める。

なお、スケトウダラの漁獲量の集計は、漁期を考慮して4月1日から翌年の3月31日までの年度で集計している。このため、以下の本文中で年度と表記してある場合は、4月1日から翌年の3月31日までを示している。

2. 生態

(1) 分布・回遊

太平洋系群のスケトウダラは、常磐沖から北方四島までの太平洋沿岸にかけて分布している。主産卵場は噴火湾を中心とする渡島、胆振地方の沿岸にある（図1、4）。

噴火湾を中心とする産卵場で産出された卵から孵化した仔稚魚のその後の移動・分散の過程については2000、2001年級群を対象とした音響・トロール調査によって道東海域への移動経路の存在が明らかとなった（本田ほか 2003）。また、東北地方太平洋海域に分布する若齢魚群とのつながりについても調査研究が進められ、関連が明らかになりつつある（服部 2002）。

道東海域は索餌場ならびに幼魚の養育場として重要な海域である（Nishimura *et al.* 2002）。分布水深は、大陸棚上の50mあたりから陸棚斜面の300mあたりにかけてであり、大型になるほど深い方に偏る傾向を示して分布している（渡辺ほか 1993；志田 2002）。

(2) 年齢・成長

スケトウダラの漁獲量の集計は、漁期を考慮して4月1日から翌年の3月31日までの年度で集計している。このため、年齢の起算日も4月1日としてある。

1980年から1996年までの道東海域で沖底により漁獲されたスケトウダラ標本から算出した雌雄・年級群込みのvon Bertalanffyの成長式と体長(BL,mm)と尾叉長(FL,mm)の関係を以下に示した（八吹 未発表）。

$$BL = 565(1 - \exp(-0.22927(t + 0.54416)))$$

$$FL = 1.077BL + 0.32$$

これらを元に、満年齢時の尾叉長を計算して、図2に示した。

また図2に、過去5年間の太平洋系群の漁獲物の年齢別の平均体重も示した。

(3) 成熟・産卵生態

成熟は図3に示すように、3歳で一部始まり、5歳で殆どが成熟する。ただし、3歳で成熟する割合は雄が雌よりやや高い。また、資源状態などによっても成熟状態は変化しており、近年では3、4歳魚の成熟割合が高くなってきている（濱津 私信）。

道東海域や東北海域で成熟を迎えたスケトウダラの多くは、産卵の為に噴火湾へと回遊し、その後は毎年、索餌場と産卵場との間を移動すると推測されている。噴火湾周辺での産卵期は12～3月で、盛期は1～2月である（北海道立函館水産試験場室蘭支場 2003）。しかし、中には道東海域の襟裳岬周辺や厚岸沖などで産卵を行うスケトウダラも存在しており（濱津・八吹 1995）、系群内に複数の産卵場に由来するものを含んでいる。産卵期は北ほど遅くなっている。

寿命については明らかではない。漁獲物中に見られる10歳を越えるものの割合は低い、道東海域での漁獲物の中にはまれに20歳を越えるものが含まれている。ちなみに、ペーリ

ング海での最高齢は28歳である (Beamish and McFarlane 1995)。

(4) 被捕食関係

主要な餌料は、オキアミをはじめとする浮遊性小型甲殻類であるが、イカ類、環形動物、小型魚類、底生甲殻類などさまざまなものを捕食している。さらに、大型魚は春季に1歳魚のスケトウダラを共食いすることがある (Yamamura *et al.* 2001)。また、体長30cm程度までのものがマダラの胃内容物として見られた。その他、海獣類の餌料としても重要である (Tamura and Fujise 2002)。

3. 漁業の状況

(1) 主要漁業の概要

本系群のスケトウダラは、沖合底びき網 (沖底、以下同じ)、刺し網、および定置網などによって漁獲される。主漁期は9～3月である。主漁場は三陸地方 (未成魚：0～3歳)、渡島～胆振地方 (産卵親魚)、および十勝～釧路地方の沿岸 (未成魚：2～4歳) であるが (図4)、卓越年級群が発生すると、各地での漁獲物の年齢組成はその影響をうける。2003年度道東海域では1995年級群である8歳魚と2000年級群である3歳魚の漁獲の割合が高かった。

(2) 漁獲量の推移

表1と図5に1975年度からの太平洋系群の漁獲量を示した。全体の漁獲量は、1988年度までは20～30万トンの間で増減を繰り返しながらも横ばいの状態であった。漁獲量は、1980年代後半から減少傾向を示しているが、豊度の高い1991、1994、1995、2000年級群の加入とともに漁獲量は減少から増加に転じることを繰り返している。2002年度には1998年度の半以下で、1975年度以降で最低の11.0万トンにまで落ち込んだが2003年度には14.6万トンにまで増加した。

近年の日本漁船による漁獲量は、1990年度以降、11～25万トンの範囲で増減を繰り返している。2002年度には、2000年度の21.0万トンから11.0万トンへと大きく減少したが、2003年度には、14.6万トンにまで増加した。海域別に見ると、東北海域では漁獲量が1.1万トンで横ばいであったのに対して、道東海域での漁獲量は6.1万トンから6.8万トンへと増加した。この海域の主要な漁業である沖底の漁獲物をみると、2000年級群 (3歳魚) の比率が高かった。襟裳以西海域での漁獲量は3.6万トンから6.5万トンへと増加した。2002年度の漁獲量減少は、魚群の主体である4～6歳魚の豊度が低かったことに加えて、魚群が噴火湾口東側の胆振側に偏って分布したため、刺し網漁船の多い西側の渡島での漁獲減少によったと推測されるが、2003年度には、漁期後半に、渡島側にも魚群が来遊したことや定置網の漁獲量が大幅に増加したことによって、漁獲量が大きく増加した。

なお、道東海域での沖底は、漁況が良い場合、陸上の加工施設の処理能力に合わせて一隻当たりの漁獲量に制限を設ける場合がある。また、沿岸漁業でも、卵が水子状態になったものが一定割合に達したような場合、漁を切り上げる場合がある。

1985年度までの主漁場の一つであった北方四島水域では、ロシアによる漁業規制の強化にともなって、漁獲量は、1990年度以後1～2千トン前後の水準にとどまっている。

韓国漁船による漁獲量は、韓国からの報告によれば、1987年度以降、北海道太平洋海域において0.9～7.5万トンであった（表1）。特に1998年度は、日本漁船の漁獲量7.6万トンと同程度の7.5万トンの漁獲をあげたが、1999年度には割り当て量の制限もあり、0.9万トンと大幅に減少した。なお、韓国漁船の操業は、新日韓漁業協定に基づき1999年で終了した。

（3）漁獲努力量

北海道根拠沖底船の努力量の動向を表2と図6に示した。標準化網数は、100トン未満かけまわし、100トン以上かけまわし、オッタートロールの3つの階層のCPUEの比を用いて、100トン未満のかけまわしとオッタートロールの網数を100トン以上のかけまわしの網数に換算したものの合計である（入江 1982）。網数は、1985年度以降、海域、漁法を問わず増減はあるものの、漸減傾向を示していたが、ここ数年は、道東海域のオッタートロールと襟裳以西海域のかけまわしが5千網前後で横ばい傾向を示している。道東海域のかけまわしは1996、1997年度に一度大きく増加し、その後は減少傾向を示している。道東海域の標準化網数は、道東海域のかけまわし同様、1985年度以降の減少傾向から1997年度に増加し37千網となった。しかし、その後減少傾向を示し、2002年度には15千網にまで落ち込んだが、2003年度には若干増加して17千網となった。

なお、根室から室蘭までの北海道太平洋岸を根拠地とする沖底船の隻数は、1997年末には32隻であったが、2002年末には25隻にまで減船された（北海道機船漁業協同組合連合会資料）。

4．資源の状態

（1）資源評価の方法

資源量の推定には、ADAPTによるチューニングVPAを用いた（平松 1999）。計算には、Popeの近似式(1972)を用い、1996年から実施している道東海域での計量魚探を用いた現存量の直接推定調査（以後現存量調査と呼ぶ）で得られた道東海域における1歳魚の現存量と、太平洋海域（道東海域と襟裳以西海域）における北海道根拠の沖底の年齢別のCPUEの2つを用いてチューニングを行い、最近年のFを推定した。その結果、0歳魚の資源尾数を比較すると、2000年級群が51億尾、1995年級群が56億尾と、同程度の豊度となった。しかし、現存量調査結果（後述）では、2000年級群の豊度は、1995年級群の半分程度である。このため、近年の若齢魚部分について、さらに、以下の調整を行った。現存量調査結果の1歳魚の現存量と、通常のVPA計算の結果の1歳魚の資源尾数の関係（1996年度～2000年度）を用いて、2001～2004年の現存量調査結果の1歳魚の現存量から、それぞれの年の1歳魚の資源尾数を計算した。これらを元に、VPAの後退法で2000年度から2003年度の0歳魚の資源尾数を、また、VPAの前進法で2002、2003年度の2歳魚、2003年度の3歳魚の資源尾数を計算した。詳細については、補足資料1、2を参照のこと。

（2）資源量指標値の推移

北海道根拠沖底船のCPUEの動向を見ると（表3、図7）、卓越年級群である1995年級群が漁場に参加してきた1990年代後半には道東海域、襟裳以西海域とも増加傾向を示しており、

1999年度には道東のトロールで12.7トン/網、襟裳以西のかけまわしで6.8トン/網と、過去22年間で最高となった。しかし、2000年度以降CPUEは各海域とも減少に転じ、道東のトロールでは2001年度には4.1トン/網まで落ち込んだのち2002年度に増加に転じ、2003年度には9.6トン/網となった。襟裳以西のかけまわしのCPUEは2002年度まで減少が続いたが、2003年度には増加し、5.2トン/網となった。この海域によるCPUEの動向の1年の違いは、道東海域では2002年度に2000年級群が加入してきたが、襟裳以西海域では加入がまだであったためと推測される。

現存量調査の結果(6月の昼間の結果。1997年のみ12月の夜間の結果)から(図8、下表)、毎年の1歳魚の現存量は1996年の28.0億尾から2000年まで減少傾向を示していた。

道東海域における1、2歳魚の現存量

年	現存量(百万尾)	
	1歳	2歳
1996	2797.0	-
1997 ^{*1}	391.6	871.1
1998	120.0	175.0
1999	35.9	85.9
2000	65.2	40.0
2001	1326.6	23.8
2002	292.3	437.5
2003	50.1	270.2
2004 ^{*2}	109.1	46.4

^{*1}1997年の結果は12月の夜間

^{*2}2004年の結果は概算値

しかし、2001年の1歳魚(2000年級群)は、13.3億尾と1995年級群の半分程度ではあるが、ここ数年では豊度の高い年級群であることが示された。しかし、その後の年級群の現存量は2000年級群に比べるとかなり少なかった。2歳魚の現存量も、1年遅れで1歳魚の現存量と同様の変動を示した。

(3) 漁獲物の年齢組成

1980年代の太平洋系群の漁獲物年齢組成では0、1歳魚の漁獲が目立つが、近年これらの年齢のスケトウダラの漁獲量は非常に少ない(図9)。全期間を通じて0、1歳魚は、ほとんどが東北太平洋海域で漁獲されている。これらの若齢魚の漁獲量とそれ以降の年齢群の漁獲量の間には明瞭な関係は見られない。また、全年齢込みでは、漁獲尾数は2～14億尾と大きく変動しているのに対して、2歳魚以上に限ってみれば、1995年級群の加入する1997年度までは5億尾±1億尾とその変動は比較的安定していた。しかし、1995年級群加入後の1998年度には7億尾まで増加し、その後2002年度まで減少を続け、過去22年間で最低の2億尾となった。2003年度には、3億尾にまで増加した。

年級群豊度に応じた漁獲量を示すようになるのは2歳以上と考えられる。例えば1995年級群は、1995年度の0歳魚、1996年度の1歳魚としての漁獲量は少なかったが、1997年度に2歳魚で大量に漁獲されて以降、毎年の漁獲物の主要な部分は、この1995年級群が占めていた。

1997年度以降2001年度まで、2歳魚の漁獲量は非常に低い水準であったが、2002年度に約1億尾の漁獲があり、2000年級群の豊度も高いと考えられた。

(4) 資源量の推移

資源量の計算結果を表4と図10～12、補足資料3に示した。

本系群のスケトウダラの資源尾数は、1986年度以降1993年度までおよそ60億尾で横ばい状態にあったが、1994、95年級群の発生により、1994、1995年度には資源尾数はそれぞれ70億尾、107億尾と増加した。しかし、その後の1996～1999年級群の豊度が低く資源尾数は減少し、1999年度には39億尾となった。2000年級群の資源尾数は29.6億尾で、卓越年級群と考えられている1991年級群の33億尾にほぼ匹敵する豊度であると推定された。

資源量は1990年前後には100万トン程度であったが、資源尾数の増大に応じて1997年度に近年では最大の176万トンとなった。しかし、1998年度から減少に転じ、2000年度には1981年度以降最低の108万トンにまで落ち込んだ。その後、2000年級群の加入により資源量は下げ止まり、2003年度には114万トンとなった。このように資源量は増減するものの、1981年度以降100万トン以上を維持している。

産卵親魚量と加入量の年変化を図13に示した。なお、産卵親魚量は、産卵期が年度の最後にあることと、コホート解析の1年が産卵終了直後の4月から始まることから、ある年度の初期資源尾数（前年度の生き残り）のうち、成熟しているものを前年の産卵親魚量とした。図13の横軸は加入群の年級を示している。そのため、1995年級群では、加入量として1995年度の0歳魚の量、それを生み出した親として1994年度の産卵親魚量、それらから計算した再生産成功率を示してある。

産卵親魚量は1980年代の中ごろには25万トン前後と高い水準の時期が続いていたが、1989年度には14万トンにまで減少した。その後1990年代の中ごろに20万トン前後にまで回復した。近年では連続して20万トンを上回っており、産卵親魚の水準としては中位から高位の状態が続いていると見られる。2003年度の産卵親魚量は、前年より増加し31万トンとなり高位の水準にある。

加入量は、8億尾～62億尾と大きく変動している（図13）。VPAで推定された0歳魚時点での資源尾数30億尾以上を卓越年級群とすると、1981、1991、1994、1995年の4つの年の発生群が卓越年級群と考えられた（表4）。2000年級群も29.6億尾でほぼそれに近い水準であった。コホート解析の性質上、2000年級群の評価が確定するまでにはもうしばらく時間がかかると考えられる。

自然死亡係数Mに関する感度解析を行った（図14）。なお、この解析は、4. 資源の状態(1)資源評価の方法で述べた、チューニングのみを行った結果に対して行ったため、 $M=0.25$ の時の資源量と産卵親魚量はそれぞれ127.0万トンと23.9万トンとなっている。3歳以上に用いているMの値0.25を ± 0.05 変化させた場合の資源量と産卵親魚量の推定値の比較を行った。なお、2歳以下のMについても、3歳以上と連動させてそれぞれの年齢で ± 0.05 変化させた。2003年度の資源量推定値は、 $M=0.30$ で12.2万トン（9.6%）増加し、 $M=0.20$ で10.2万トン（8.0%）減少した。産卵親魚量も資源量と同様の变化を示し、 $M=0.30$ で2.2万トン（9.2%）増加し、 $M=0.20$ で1.8万トン（7.7%）減少した。

図15に、各年齢での資源尾数で重み付けた0歳から8歳+の漁獲係数Fの平均値の変化を示

した。Fは、1987年以降減少傾向を示していたが、1994、1995年級群に対応するように1998～1999年度には大きく上昇した。この他、1981、1991の各卓越年級群発生や同程度の2000年級群発生の数年後にもFは上昇し、卓越年級群に対応して漁獲圧が高まっていたようである。

図16に%SPR、YPRとFとの関係を示した(年齢別選択率は、1998～2002年度の平均)。2003年度のF(=0.37)は、F0.1やFmedに比べて低く、40%SPRに相当する結果となっている。ただし、チューニングVPAを用いた過去2年間の最終年のFは、2001年度のFが0.302から0.411、2002年度のFが0.279から0.545へと翌年には増加しており、本年度のFも小さな値となっている可能性が考えられる。

(5) 資源水準・動向の判断

1981～2003年度までの23年間の資源量推定値の最高・最低はそれぞれ、1997年度の165万トンと1989年度の107万トンであった。この資源量の最高と最低の間を3等分し、高・中・低水準とすると、2003年度の資源量114万トンは、低水準であった。しかし、絶対量でみるとこれまで本系群の資源量は100万トンを下回ったことは無く、さらに、産卵親魚量は2002、2003年度と増加傾向を示しており、2003年度の産卵親魚の水準的は高位である。このため、資源量で見た場合の水準は低い、資源状態は良いと考えられる。

また、過去5年間の資源量の推移から、動向は横ばいとした。

5. 資源管理の方策

(1) 再生産関係

産卵親魚量と加入量の関係を図17に示す。この図からは、一定の親子関係は読み取れない。卓越年級群である1994、1995年級群に属する個体の多くが成熟する1998年度ころより産卵親魚量は過去20年間では最も多くなっているが、この時期に発生した年級群では、2000年級群のみが卓越年級群並みの加入量であった。この図に示した関係からは、豊度の高い年級群を生み出す産卵親魚量の幅は広いと考えられる。

漁獲規制を開始する閾値は、過去に卓越年級群が発生した最低の産卵親魚量(Blimit=16万トン)とした。このBlimitは、過去の経験から、この量以上に産卵親魚量を維持している場合に、卓越年級群の発生が期待できると考えられる最低の産卵親魚量であるが、Blimitと1981年度以降の最低の産卵親魚量(1989年度の14万トン)との差があまり小さくなく、漁獲規制を開始する閾値としてはかなり低い値と考えられることや、近年の低い加入水準にも注意して資源管理を行なう必要がある。

(2) 今後の加入量の見積もり

再生産成功率(RPS:加入尾数/産卵親魚量)は1985年級群以降大きく振動しながら増加傾向を示していたが、1996年級群以降のRPSは1981年度以降では最低の水準にある(図13)。2000年級群は卓越年級群並みの水準にあると見られるが、2001年度以降の加入量は低い水準にとどまっている。そのため、ABC算定のための今後の加入量には、1996年度以降のRPSの中央値を仮定することが適当と考えられる。

(3) 資源と海洋環境の関係

本系群の主要な産卵場である噴火湾周辺における冬季の北西季節風の卓越による卵の噴火湾内への取り込み（磯田ほか 1998）、親潮と津軽暖水の相互作用による卵の噴火湾内への移流（Kono *et al.* 1998）などにより、卵が噴火湾内に滞留することが年級群豊度の決定に関係しているようである。

また、冬季（1～3月）の道東海域の平均表面水温とコホート解析での加入量（0歳）との間に正の相関関係が見られ、加入が水温もしくは水温に関係のある何らかのプロセスによって制御されている可能性が示唆されている（箱山・八吹 2002）。しかし、具体的な場所、時間、影響を受けるスケトウダラの生物学的形質などについては今後の研究が待たれる。資源と海洋環境の関係の解明を目指して、本年度より水産庁の委託により資源動向要因分析調査が始まり、卵から加入までの過程にいくつかのスイッチを仮定して（志田ほか 2004）、それらの間での数量的な変化を対象に、調査研究が行われている。

(4) 漁獲圧と資源動向

上記で設定した加入条件のもとで、Fを変化させた場合の今後の漁獲量と親魚量を計算する。

2004年の漁獲量は、以下の理由からTACと同値205千トンとした。卓越年級群である1995年級群が4歳となった1999年度に、その資源量は902千トンと推定されている。この年の漁獲量は各年齢の資源尾数に平均体重を乗じて計算すると273千トンとなる。2004年度には豊度の高い2000年級群が4歳魚となり、その資源量は665千トンと推定される。この1999年度と2004年度の4歳の資源量の比で1999年度の漁獲量を元に2004年度の漁獲量を推定すると201千トンとなる。漁獲量は資源量のみでなく海洋環境などによる漁場形成にも左右され、1999年度と同じ傾向で漁獲できるとは限らないが、ここではもっとも漁獲量が大きくなった場合を想定して、2004年度の漁獲量をTACと同じ値205千トン（8歳のF値は0.668）とした。

Fの年齢別選択率は、1998～2002年の5年間の平均とした。Fcurrentは、2003年度の8歳魚のFで0.374、Fmedは0.817である。また、産卵親魚量（SSB）が極小となる2007年度に、その産卵親魚量がBlimitを下回る割合が0となる最大のFを求めた（Fsim=0.561）。なお、用いたFには、ABC算定規則に合わせて、産卵親魚量 < Blimitの場合には産卵親魚量/Blimitを乗じてある。これらを用いて5年間の漁獲量と産卵親魚量の変化を計算した。結果は、下表および図18に示した。

F	基準値	漁獲量(千トン)					親魚量(千トン)				
		2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
0.262	0.7Fcurrent	79	81	85	88	91	336	318	310	329	356
0.374	1.0Fcurrent (Fsus)	109	106	105	105	106	313	277	258	270	288
0.449	1.2Fcurrent	128	120	115	113	112	298	253	229	239	252
0.561	1.5Fcurrent	155	137	126	121	118	278	222	194	201	209
0.748	2.0Fcurrent	196	158	137	120	122	247	179	149	159	161
0.817	Fmed	210	164	140	112	120	236	165	135	151	153

(5) 不確実性を考慮した検討

1996～2003年度のRPSが2004年度以降重複を許してランダムに現れるとしてFmed、Fsim、0.8Fsim、Fcurrentで漁獲を続けた場合のシミュレーションを行った。結果（1000回試行）を下表と図19に示す。

Fmedでは、2009年度に親魚量がBlimitを上回っていたのは39%で、2007年度に全ての場合でBlimitを下回った。Fsimでは、2009年度に親魚量がBlimitを上回るのは100%、2007年度の親魚量がBlimitを下回ったのは0%であった。0.8FsimおよびFcurrentでも同様、はそれらは、100%と0%であった。

F		2009 年度の親 魚量が Blimit を 上回った割合(%)	2009 年度の親魚量 が 2005 年度の親魚 量を上回った割合(%)	2007 年度の親魚 量が Blimit を下 回った割合(%)	2005～2009 年 度の平均漁獲 量(千トン)
Fmed	0.817	39.3	0.2	100.0	154
Fsim	0.561	100.0	4.1	0.0	135
0.8Fsim	0.449	100.0	20.7	0.0	121
Fcurrent (Fsus)	0.374	100.0	29.9	0.0	109

（6）漁獲制御方法

本系群の資源変動の主要な要因は卓越年級群の加入である。しかも、卓越年級群は産卵親魚量の多寡によらず発生しており、産卵親魚量を不要に高い水準に維持しても、卓越年級群の発生が増加することを期待できないと考えられる。そのため、ここでは、先に設定したBlimitを用いて、産卵親魚量がこれ以下にならないように維持することを管理の目標とする。

6．2005年ABCの算定

（1）資源評価のまとめ

スケトウダラ太平洋系群の資源量は、1981年度以降100万トン以上の水準を維持しており、安定している。その中で、何年かに1回発生する卓越年級群の消長により、資源量の増減が繰り返されている。近年では、1995年に卓越年級が発生したと想定される。2000年級群もその豊度はかなり高かった。ただし、近年は、産卵親魚量は高い水準にあるが、加入量、再生産成功指数は低めで推移しており、注意が必要である。

（2）ABCの算定

利用可能な情報は、年々の資源量（B）と産卵親魚量（SSB）、加入量（R）である。明確な再生産関係は認められないが、過去の再生産の状況から加入量を仮定して、資源管理基準1-1)を用いる。基準となるFは、産卵親魚量がBlimitを下回らないように推定したFsimである。2003年度のSSBは、30.8万トンでSSB>Blimitであるため、基本規則1-1)-(1)を用いた。

$$F_{limit}=F_{sim}$$

$$F_{target}=F_{limit} \times \alpha \quad (\alpha \text{ は標準値} 0.8 \text{ を使用})$$

なお、参考値として、(1)現状の漁獲圧を維持する場合（ $F_{current}$ ）、(2)加入が1981～2003年並みの時に資源の現状を維持する場合（ F_{med} ）、(3)点推定で、産卵親魚量の最低水準（ B_{limit} ）を維持するように管理する場合（ F_{sim2} ）の3通りについても、2005年度の漁獲量を計算し、将来予測のシミュレーションを行なった。(1)の場合、2009年度の親魚量が2005年度のそれを上回る率は30%と大きくなったが、2005年度の漁獲量は11万トンと少ない。(2)の場合は、2009年度の親魚量が B_{limit} を上回る率が39%となり、管理目標を達せられない割合が高くなった。(3)の場合は、親魚量が最低となる年(2007年度)の親魚量が B_{limit} を下回る率が49%と半数近くとなった。

	2005年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC $_{limit}$	155千トン	F_{sim}	0.56	17%
ABC $_{target}$	128千トン	0.8 F_{sim}	0.45	14%

漁獲割合はABC / 資源量、F値は8歳のものである。

許容漁獲量

管理の考え方	管理基準	2005年漁獲量	評価 *
産卵親魚量の最低水準（ B_{limit} ）を維持する。	F_{limit}	ABC $_{limit}$ 155千トン	A:100%、B:4%、C:0%、 D:135千トン
産卵親魚量の最低水準（ B_{limit} ）を維持する。予防的措置をとる。	F_{target}	ABC $_{target}$ 128千トン	A:100%、B:21%、C:0%、 D:121千トン

* 1996～2003年度の再生産成功率を重複を許してランダムに発生させて1000回シミュレーションを行った。2004年度の漁獲量は、TAC(205千トン)とした。

A:2009年度に親魚量が B_{limit} を上回った率

B:2009年度の親魚量が2005年度を上回った率

C:親魚量が最低となった年(2007年度)の親魚量が B_{limit} を下回る率

D:2005～2009年の平均漁獲量

参考値

管理の考え方	管理基準	2005年漁獲量	評価
現状の漁獲圧を継続する（資源の現状維持）。	$F_{current}$ (F_{sus})	109千トン	A:100%、B:30%、C:0%、 D:109千トン
加入が1981～2003年並みの場合に資源の現状を維持する。	F_{med}	210千トン	A:39%、B:0%、C:100% D:154千トン
点推定で、産卵親魚量の最低水準（ B_{limit} ）を維持	F_{sim2}	185千トン	A:93%、B:2%、C:49%、 D:148千トン

するように管理。			
----------	--	--	--

年	資源量(千トン)	漁獲量(千トン)	F値	漁獲割合
2002	1,127	110	0.55	10%
2003	1,135	146	0.37	13%
2004	1,102			

指標	値	設定理由
Bban	未設定	
Blimit	親魚量 1991年水準(160千トン)	経験上、これ以上に親魚量を保つと、卓越発生が期待できる。
2003年	親魚量 308千トン	

(4) ABCの再評価

評価対象年	管理基準	資源量	ABClimit	target	漁獲量	管理目標
2003年(当初)	Fave3-yr	1169千トン	151千トン	124千トン	-	SSBを30万tに維持
2003年(2003再評価)	Fsim	1129千トン	140千トン	125千トン	-	SSBの現状維持
2003年(2004年再評価)	Fsim	1135千トン	196千トン	162千トン	146千トン	SSBの現状維持
2004年(当初)	Fsim	1088千トン	171千トン	140千トン	-	SSBの現状維持
2004年(再評価)	Fsim	1102千トン	212千トン	176千トン	-	SSBの現状維持

7. ABC以外の管理方策の提言

近年、現存量調査・新規加入量調査等により、北海道海域では加入前の1歳の時点で加入量の水準の把握が可能となってきた。このため、現存量とコホート解析の結果を元に、毎年の状況、特に卓越年級群の発生などに対応して、卓越年級群を最大限に利用するような管理を若齢のうちに開始するための検討が必要になってくると考えられる。

ABCは資源の年齢構成に応じて算定されるため、同じABCの値であっても、想定している漁獲が若齢魚主体の場合と、高齢魚主体の場合が出てくる。実際の漁獲がこの想定と逆になった場合、ABC算定の際の将来予測と異なる結果となり、資源の管理に支障をきたす恐れがある。そのため、算定されたABCの中身(想定される漁獲物の年齢構成など)に応じて、適切に漁業、海域に配分されたTACを設定する必要がある。ちなみに、2005年度のABClimitで想定している、年齢別の漁獲尾数、漁獲量は以下のようになっている。

	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8+歳	合計
年齢別漁獲尾数 (百万尾)	22.3	23.7	28.3	24.7	56.9	105.0	36.8	19.8	16.5	334.0
年齢別漁獲重量 (千トン)	1.0	4.0	8.1	10.2	27.0	56.6	22.4	13.4	12.6	155.2

北海道では、未成魚保護のため、資源管理協定に基づく体長制限（体長30cmまたは全長34cm）を超えるものが漁獲物の20%を超える場合は、漁場移動等の措置をとることになっている。

8. 引用文献

- Beamish, R.J. and Gordon A. McFarlane(1995) A discussion of the importance of aging errors, and an application to walleye Pollock: the world's largest fishery. In Recent developments in fish otolith research. pp.545-565
- 箱山洋・八吹圭三(2002) スケトウダラの個体群動態モデルの開発. 研究成果第402集「我が国周辺海域における漁業資源の変動予測技術の開発 - 環境変動が生物生産力と漁業資源に及ぼす影響の解明 -」、農林水産省農林水産技術会議事務局、pp.72-74.
- 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. 北海道区水産研究所研究報告, (59), 31-41
- 服部努(2002) 混合域に加入するスケトウダラが太平洋系群の動態に及ぼす影響. 平成13年度農林水産技術会議委託プロジェクト研究「我が国周辺海域における漁業資源の変動予測技術の開発」- 環境変動が生物生産力と漁業資源に及ぼす影響の解明 - (太平洋漁業資源) 研究報告、独立行政法人水産総合研究センター、pp.45-48.
- 平松一彦(1999) VPAの入門と実際. 水産資源管理談話会報、(20)、9-28.
- 北海道立函館水産試験場室蘭支場(2003) スケトウダラ道南太平洋海域. 北海道水産資源管理マニュアル2002年度、北海道水産林務部資源管理課、pp.6
- 本田聡・志田修・山村織生(2003) 沿岸親潮域のスケトウダラとその生活史. 沿岸海洋研究、41(1)、41-49.
- 入江隆彦(1982) 解説. 200カイリ水域内漁業資源調査・北海道底魚・スケトウダラ・ホッケ研究チーム資料No.10 北海道沖合底びき網漁業漁獲統計による魚種別・海区別の資源量指数経年表、北海道区水産研究所
- 磯田豊・清水学・上岡敦・松尾康弘・大谷清隆・中谷敏邦(1998) 北海道南部太平洋海域におけるスケトウダラの資源量変動に係わる海洋環境の経年変化. 水産海洋研究、62(1)、1-11.
- Kono, T., K. Watanabe, K. Yabuki and T. Hamatsu (1998) Temporal changes in distribution of walleye pollock eggs south of Hokkaido, Japan. Mme. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 45(1), 52-55.
- 武藤卓志(2000) 噴火湾八雲沖で大量のスケトウダラ浮遊卵が採集される. 北水試だより, (48), 33.
- Nishimura, A., T. Hamatsu, K. Yabuki and O. Shida (2002) Recruitment fluctuations and biological response of walleye pollock in the Pacific coast of Hokkaido. Fish. Sci., 68 supplement.

- Pope, J. G. (1972) An investigation of accuracy of virtual population analysis using Cohort Analysis. Res. Bull. int. comm. Northw. Atlant. Fish., 9, 65-74.
- 志田修(2002) 北海道東部太平洋海域におけるスケトウダラの年齢別分布水深. 北水試研報(63), 9-19.
- 志田修・濱津友紀・洲崎暁史(2004) スケトウダラ太平洋系群の資源変動とその要因の解明. 第35回北洋研究シンポジウム～亜寒帯海洋生態系の鍵種生物資源の変動要因を探る～
- Tamura, T. and Y. Fujise (2002) Geographical and seasonal changes of the prey species of minke whale in the Northwestern Pacific. ICES J. Mar. Sci., 59, 516-528.
- 渡辺一俊・八吹圭三・濱津友紀・山村織生(1993) 初夏の道東太平洋沿岸におけるスケトウダラ *Theragra chalcogramma* の分布. 北水研研報, (57), 53-61.
- Widrig, T. M.(1954) Method of estimating fish populations, with application to Pacific sardine. Fish. Bull. U.S., 56, 141-166.
- 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.

表1．スケトウダラ太平洋系群の漁獲動向（年度計、トン）

漁期 年	太平洋系			東北太平洋海域			襟裳以西海域				道東海域				北方四島 海域
	全海域	日本 漁船	韓国 漁船	海域計	沖合 底びき網	沿岸 漁業	海域計	沖合 底びき網	沿岸 漁業	韓国船	海域計	沖合 底びき網	沿岸 漁業	韓国船	沖合 底びき網
1975	274,381			29,157			57,186				50,893				137,145
1976	245,771			40,065			44,458				87,657				73,591
1977	273,573			42,829			73,709				94,744				62,291
1978	228,959			31,796			47,458				70,766				78,939
1979	214,045			25,400			48,616				47,027				93,002
1980	278,149			37,769			60,093				73,666				106,621
1981	294,765	294,765		67,423	53,327	14,096	68,803	8,311	60,492		78,986	75,326	3,660		79,553
1982	246,506	246,506		54,378	41,886	12,492	42,075	7,955	34,120		64,197	60,012	4,185		85,856
1983	279,916	279,916		49,258	38,304	10,954	58,815	8,205	50,610		91,975	83,470	8,505		79,868
1984	283,354	283,354		42,763	27,482	15,281	97,802	9,582	88,220		73,093	67,031	6,062		69,696
1985	274,466	274,466		39,477	29,388	10,089	108,945	13,233	95,712		86,920	79,431	7,489		39,124
1986	206,541	206,541		37,052	24,099	12,953	92,201	11,831	80,370		58,771	53,349	5,422		18,517
1987	266,213	236,513	29,671	47,740	36,053	11,792	125,948	14,215	97,395	14,253	78,438	58,540	4,480	15,418	14,106
1988	256,444	221,344	35,183	51,370	41,971	9,076	98,083	7,803	77,649	12,634	89,951	64,198	3,204	22,549	17,089
1989	213,121	196,721	16,396	43,056	35,475	7,532	99,551	9,987	81,837	7,704	66,859	55,894	2,273	8,692	3,647
1990	184,219	166,001	18,218	41,328	35,913	5,462	63,088	11,204	49,041	2,842	78,746	61,399	1,971	15,376	1,011
1991	182,204	166,801	15,403	32,769	28,361	4,427	68,169	14,745	53,424	0	79,644	61,724	2,517	15,403	1,603
1992	178,014	159,028	18,986	21,511	19,447	1,956	100,428	18,559	81,869	0	54,332	32,396	2,950	18,986	1,851
1993	178,036	145,315	32,721	15,748	14,347	1,387	71,639	14,312	57,327	0	88,913	54,609	1,583	32,721	1,751
1994	198,739	141,724	57,015	7,689	6,939	750	60,871	23,115	37,756	0	127,746	68,152	2,579	57,015	2,433
1995	203,477	146,632	56,845	12,222	11,526	696	79,766	24,725	55,041	0	109,138	44,689	7,604	56,845	2,350
1996	148,070	112,661	35,409	15,734	14,914	820	60,219	13,473	46,746	0	71,080	31,803	3,868	35,409	1,037
1997	211,755	164,989	46,766	9,078	8,662	416	65,201	13,339	51,861	0	136,469	86,156	3,547	46,766	1,007
1998	264,885	190,360	74,525	14,911	14,303	607	98,684	17,417	81,267	0	150,977	71,301	5,151	74,525	313
1999	254,227	245,151	9,076	8,293	7,591	702	153,609	29,195	124,414	0	90,899	77,005	4,818	9,076	1,425
2000	209,900	209,900	0	8,901	8,280	621	111,787	21,799	89,988	0	88,172	81,913	6,259	0	1,041
2001	130,188	130,188	0	9,402	9,047	355	72,872	19,948	52,924	0	47,108	42,509	4,599	0	805
2002	110,226	110,226	0	11,411	9,163	2,248	36,005	15,404	20,601	0	61,045	59,608	1,437	0	1,765
2003	146,402	146,402	0	10,558	7,166	3,393	64,838	19,828	45,010	0	68,924	67,424	1,500	0	2,082

北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計年報，太平洋北区沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計資料，北海道水産現勢元資料，北水研資料，東北水研八戸支所資料，日水研資料，北海道水試資料，北海道漁業調整事務所(韓国船)

2002年，2003年は暫定値。東北太平洋海域の沿岸漁業の2001年度以前は年計

表 2. スケトウダラ太平洋系群に対する北海道根拠の沖底の漁獲努力量(千網)

漁期 年	漁獲努力量(北海道根拠沖底, 千網数)					
	襟裳以西		道東		北方4島	
	かけまわし		かけまわし	トロール	標準化網数	
1981	9.6		9.8	10.6	38.1	8.7
1982	10.4		9.1	9.3	49.8	8.8
1983	10.3		9.3	9.0	46.8	7.9
1984	10.9		11.2	9.3	51.8	8.2
1985	10.0		13.2	10.7	53.8	5.6
1986	5.8		13.7	7.0	36.4	4.1
1987	6.3		12.1	7.2	40.5	4.3
1988	7.4		13.5	7.0	35.7	3.4
1989	6.8		11.2	8.1	28.7	2.1
1990	6.8		12.5	8.2	46.5	0.6
1991	6.4		11.9	5.7	31.3	1.2
1992	7.1		9.7	4.1	17.7	1.1
1993	6.6		10.5	4.7	23.0	0.5
1994	7.3		10.1	5.6	25.0	0.2
1995	5.8		9.1	5.8	17.9	0.6
1996	5.3		10.3	5.6	18.4	0.4
1997	4.8		12.4	5.5	36.6	0.3
1998	4.4		12.1	4.3	28.5	0.1
1999	4.2		10.9	3.9	21.9	0.3
2000	3.5		10.6	4.4	19.5	0.5
2001	4.2		10.4	4.8	15.8	0.4
2002	3.9		9.0	4.4	14.7	1.1
2003	4.4		8.0	5.1	16.7	1.4

表 3. スケトウダラ太平洋系群に対する北海道根拠の沖底の CPUE(トン / 網)

漁期 年	CPUE(北海道根拠沖底, トン / 網)					
	襟裳以西		道東		北方4島	
	かけまわし		かけまわし	トロール	標準化 CPUE	
1981	0.8		1.2	5.8	1.9	2.7
1982	0.7		0.7	6.3	1.3	2.1
1983	0.8		0.7	6.9	1.5	2.4
1984	0.8		0.8	7.8	1.6	2.1
1985	1.3		0.8	5.6	1.3	2.0
1986	2.4		1.1	6.0	1.6	1.8
1987	2.1		1.0	6.3	1.4	1.9
1988	1.0		1.0	7.2	1.8	1.3
1989	1.4		0.7	5.9	1.9	0.6
1990	1.5		0.8	6.3	1.3	0.2
1991	2.1		1.6	7.4	2.0	0.6
1992	2.3		1.1	5.2	1.8	0.3
1993	2.0		1.6	7.8	2.3	0.6
1994	3.0		2.1	7.7	2.6	1.1
1995	4.2		1.6	4.9	2.4	0.7
1996	2.4		0.8	4.2	1.7	0.8
1997	2.7		1.7	11.7	2.3	2.1
1998	3.8		2.3	10.1	2.5	2.4
1999	6.8		2.5	12.7	3.5	2.8
2000	6.2		3.6	9.7	4.2	1.5
2001	4.7		2.2	4.1	2.7	1.7
2002	3.9		2.7	7.9	4.1	1.5
2003	5.2		3.1	9.6	4.4	1.5

表4．スケトウダラ太平洋系群の資源解析結果

漁獲量、資源量、加入量、漁獲割合、Fは左の年度と漁獲統計、コホート解析結果がそのまま対応している。

年度	漁獲量 (千トン)	資源量 (千トン)	産卵親魚量 ^{*1} (千トン)	加入量(0歳) (千万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 ^{*2} (尾/g)	F加重平均
1981	295	1,519	146	466	19	0.0264	0.218
1982	247	1,594	211	293	15	0.0200	0.218
1983	280	1,538	246	208	18	0.0099	0.239
1984	283	1,463	241	192	19	0.0078	0.143
1985	274	1,336	256	172	21	0.0071	0.157
1986	207	1,204	263	243	17	0.0095	0.223
1987	266	1,171	219	247	23	0.0094	0.235
1988	256	1,096	165	271	23	0.0124	0.284
1989	213	1,067	140	271	20	0.0164	0.257
1990	184	1,078	160	179	17	0.0128	0.203
1991	182	1,126	199	330	16	0.0206	0.188
1992	178	1,187	199	172	15	0.0086	0.132
1993	178	1,200	202	190	15	0.0096	0.119
1994	199	1,258	226	340	16	0.0168	0.134
1995	203	1,457	203	564	14	0.0249	0.127
1996	148	1,652	211	108	9	0.0053	0.092
1997	212	1,652	281	101	13	0.0048	0.091
1998	265	1,469	348	123	18	0.0044	0.157
1999	254	1,191	364	154	21	0.0044	0.210
2000	210	1,078	261	296	19	0.0081	0.179
2001	130	1,094	218	122	12	0.0047	0.104
2002	110	1,127	239	82	10	0.0038	0.067
2003	146	1,135	308	101	13	0.0042	0.075

*1:産卵親魚量は、左の年度に対応した親魚量。産卵親魚量と加入の対応は、たとえば、1995年級群を生み出したのは、1994年度の産卵親魚となる。なお、1994年度の産卵親魚は、1995年度の初期資源（1994年度の生き残り）のうち、成熟したものとしている（本文参照）。

*2:再生産成功率は、上記の親魚と加入の対応で計算。たとえば、1995年級群の再生産成功率は、1994年度の産卵親魚量と1995年級群の0歳魚の尾数から計算。



図1. スケトウダラ太平洋系群の分布

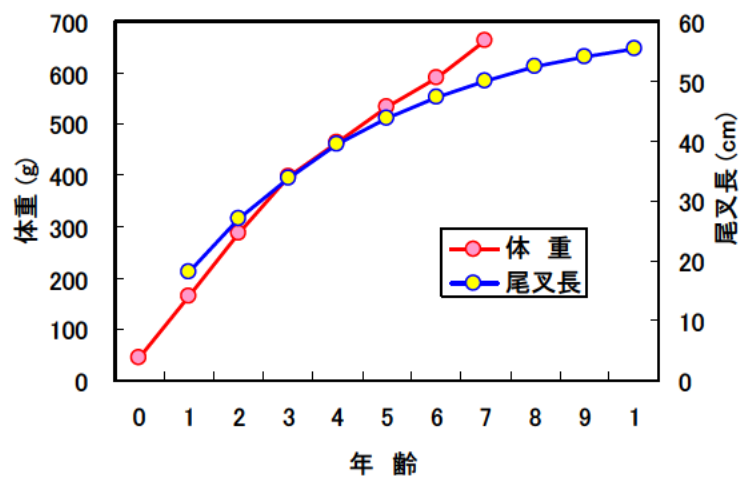


図2. スケトウダラ太平洋系群の年齢と成長

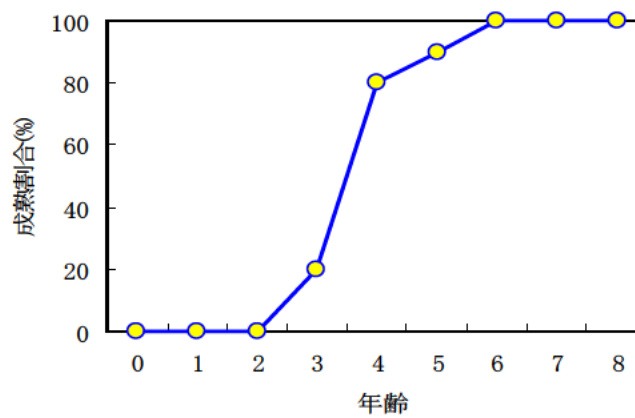


図3. スケトウダラ太平洋系群の年齢別成熟割合

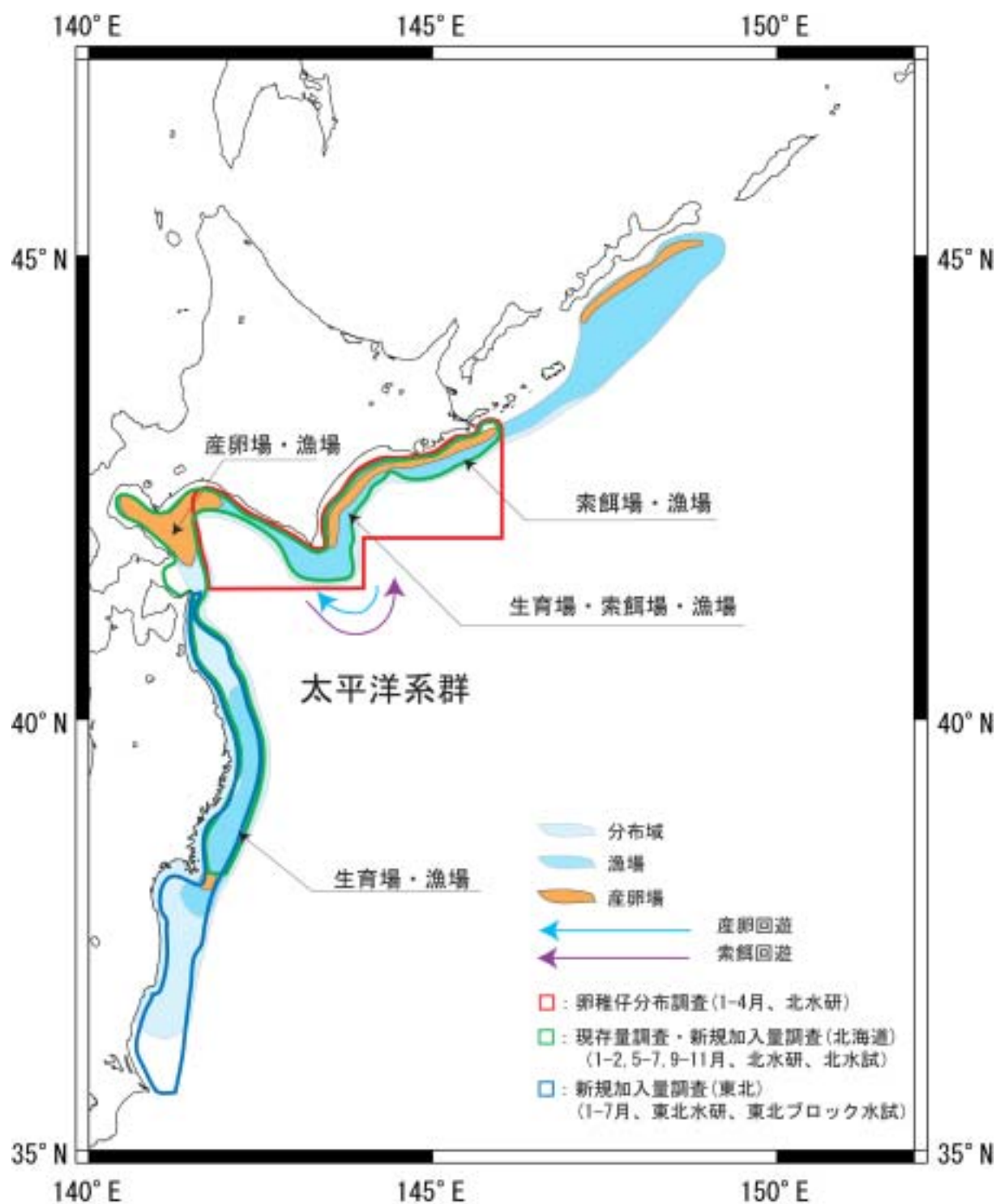


図4．スケトウダラ太平洋系群の分布と回遊

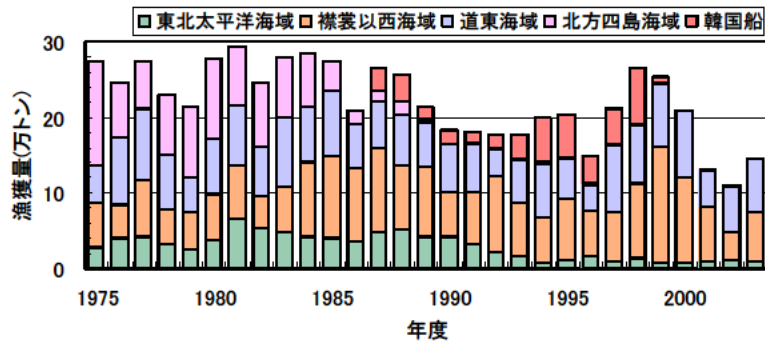


図5. スケトウダラ太平洋系群の海域別漁獲量

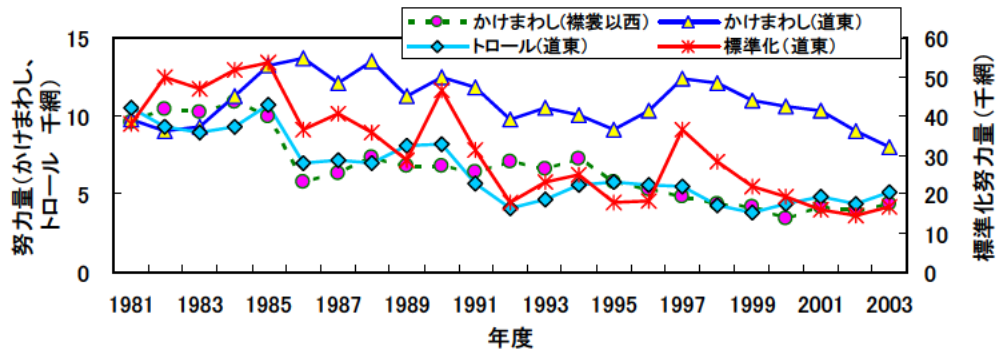


図6. 北海道根拠の沖底によるスケトウダラ太平洋系群に対する漁獲努力量

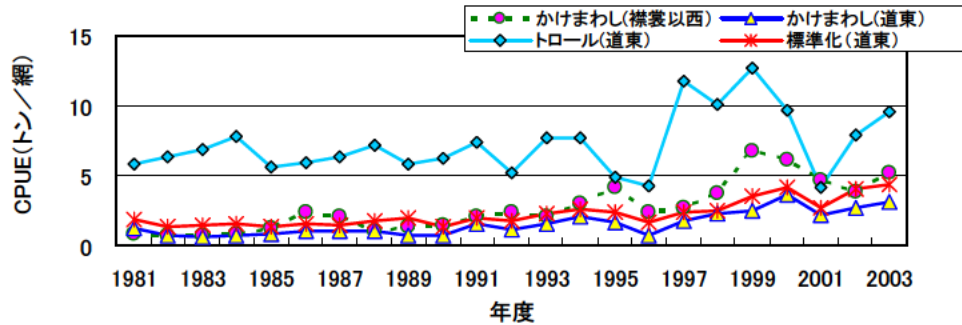


図7. 北海道根拠の沖底によるスケトウダラ太平洋系群に対するCPUE

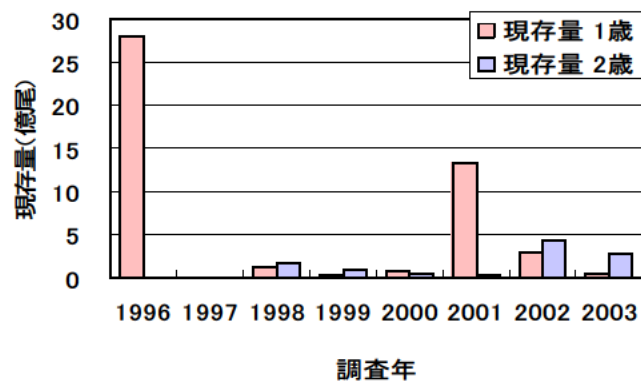


図8. 道東海域におけるスケトウダラ若齢魚の現存量
調査時期は1997年以外は6月の昼間、1997年は12月の夜間のため、結果を表示していない。1996年は2歳魚のデータはない

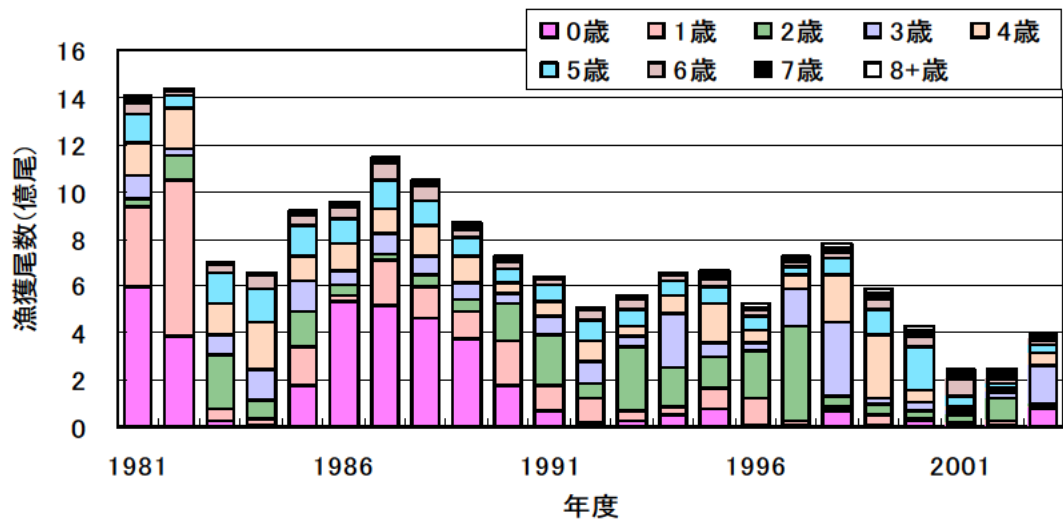


図9. スケトウダラ太平洋系群の年齢別漁獲尾数

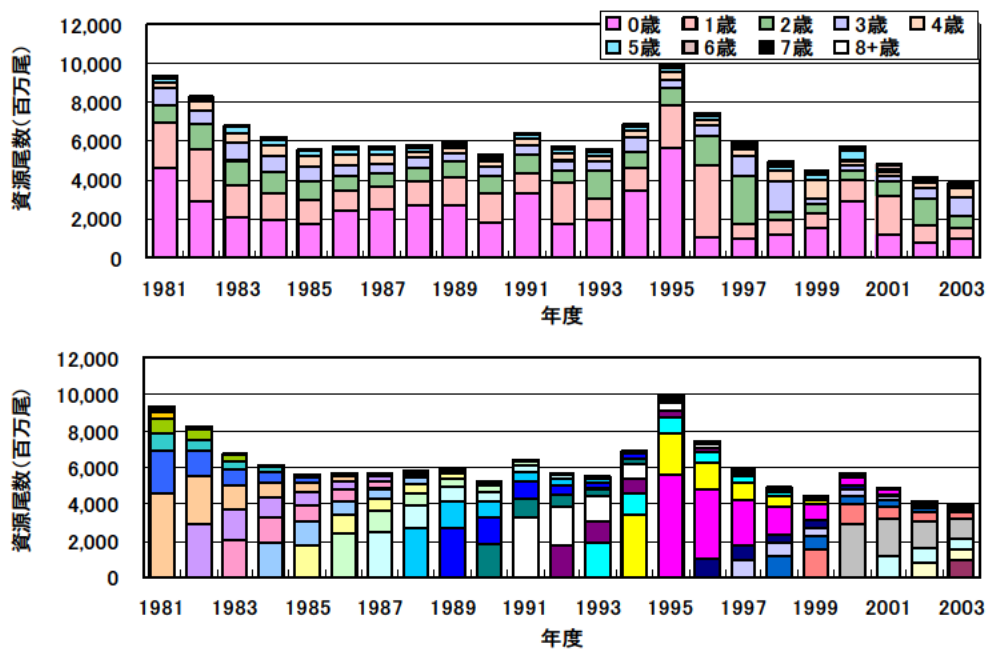


図10. スケトウダラ太平洋系群の年齢別資源尾数
上図は毎年の年齢別に、下図は年級群別に色分けしてある。

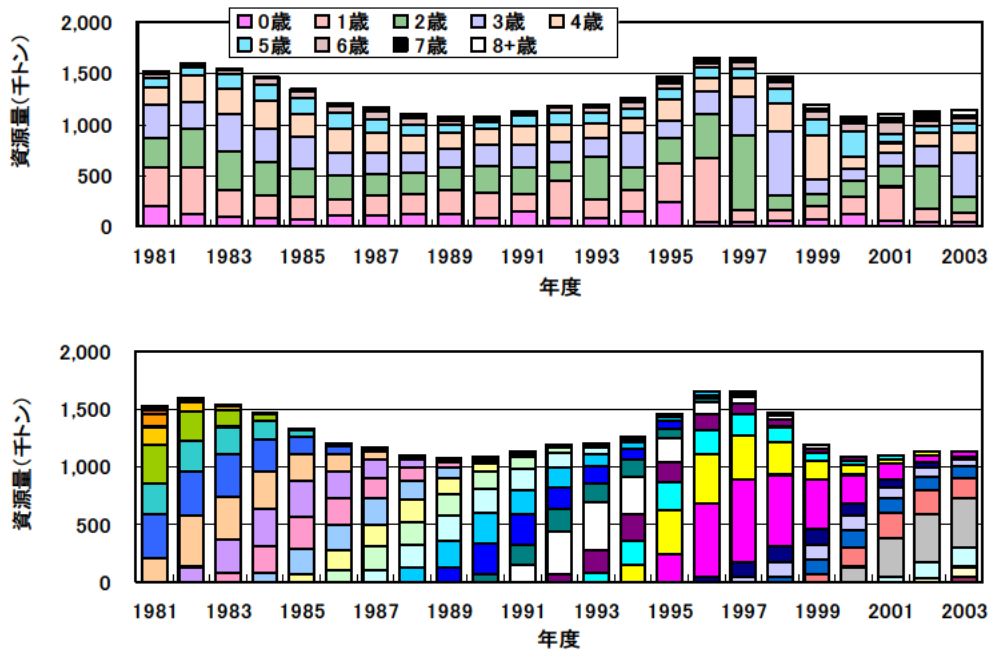


図11. スケトウダラ太平洋系群の年齢別資源重量
上図は毎年の年齢別に、下図は年級群別に色分けしてある。

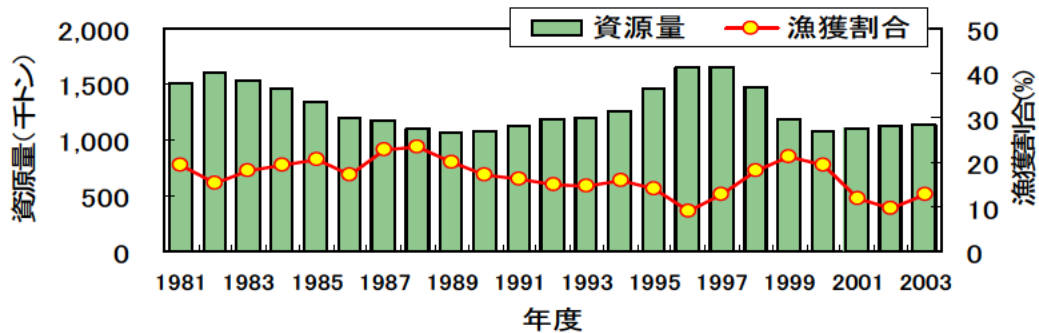


図12. スケトウダラ太平洋系群の資源量と漁獲割合

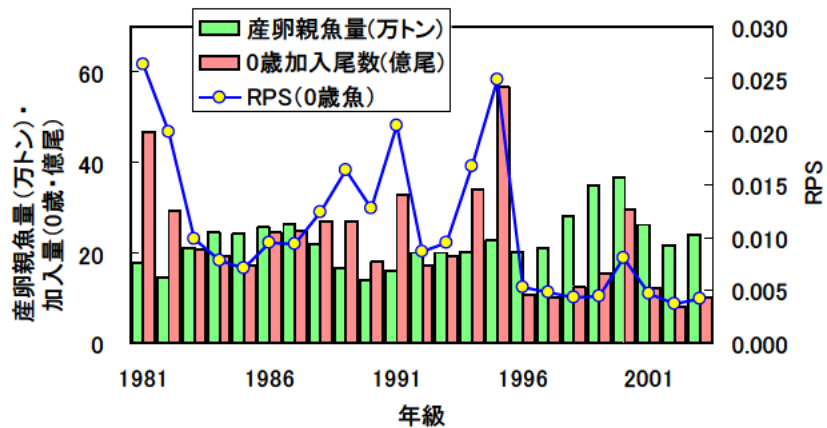


図13. スケトウダラ太平洋系群の産卵親魚量と加入量、再生産成功率の経年変化

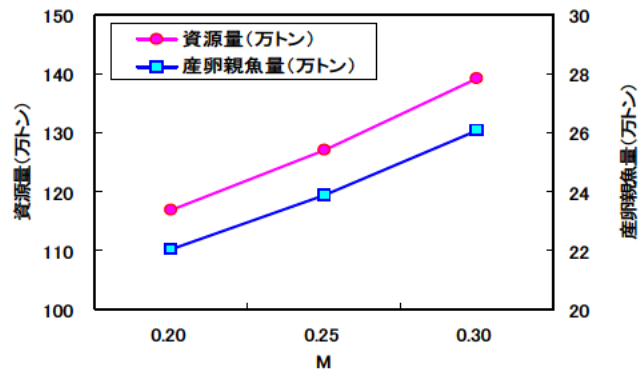


図14. スケトウダラ太平洋系群についてのMによる感度解析

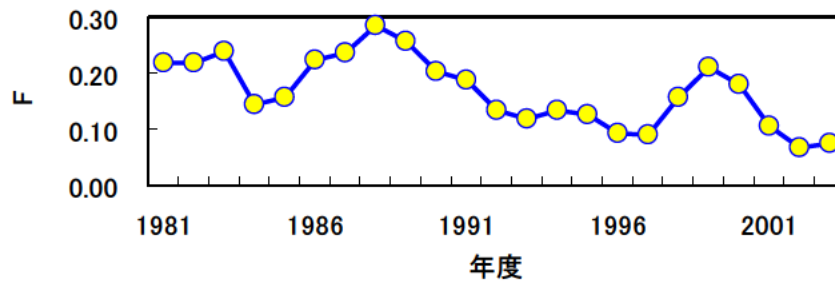


図15. スケトウダラ太平洋系群におけるFの変化
Fは年齢別資源尾数による重み付け平均

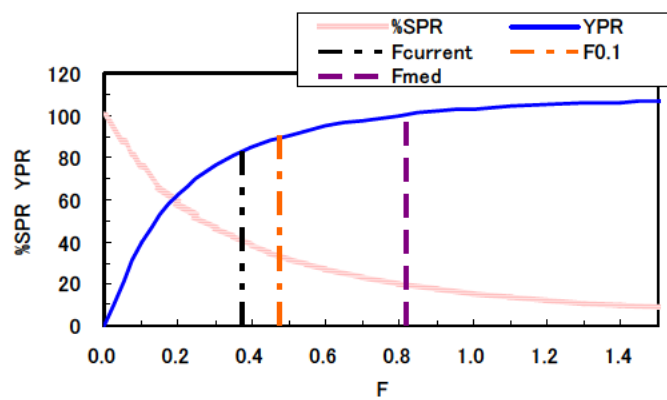


図16. スケトウダラ太平洋系群のFに対するYPRと%SPR

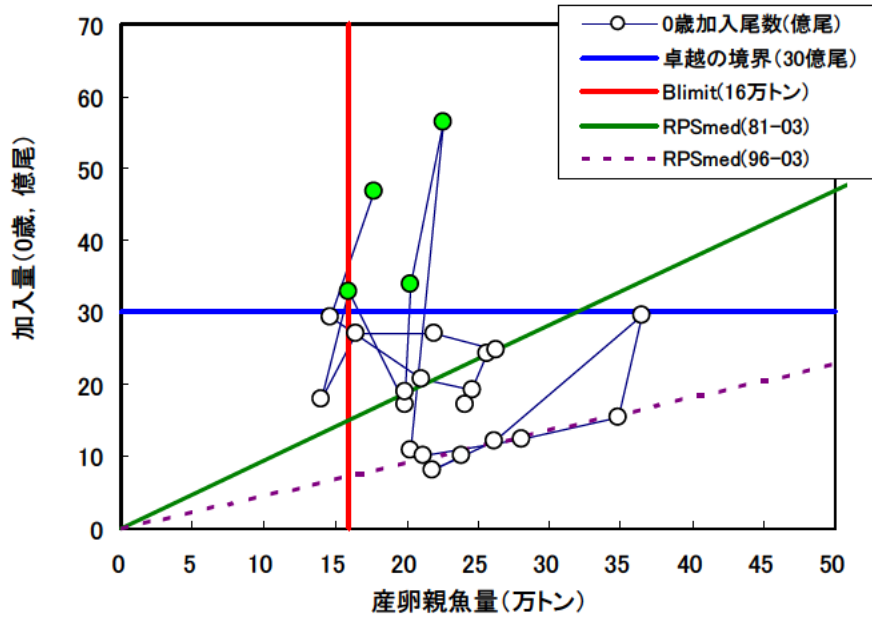


図17. スケトウダラ太平洋系群の産卵親魚量と加入量の関係
緑のシンボルは卓越年級群（30億尾以上）を表す。

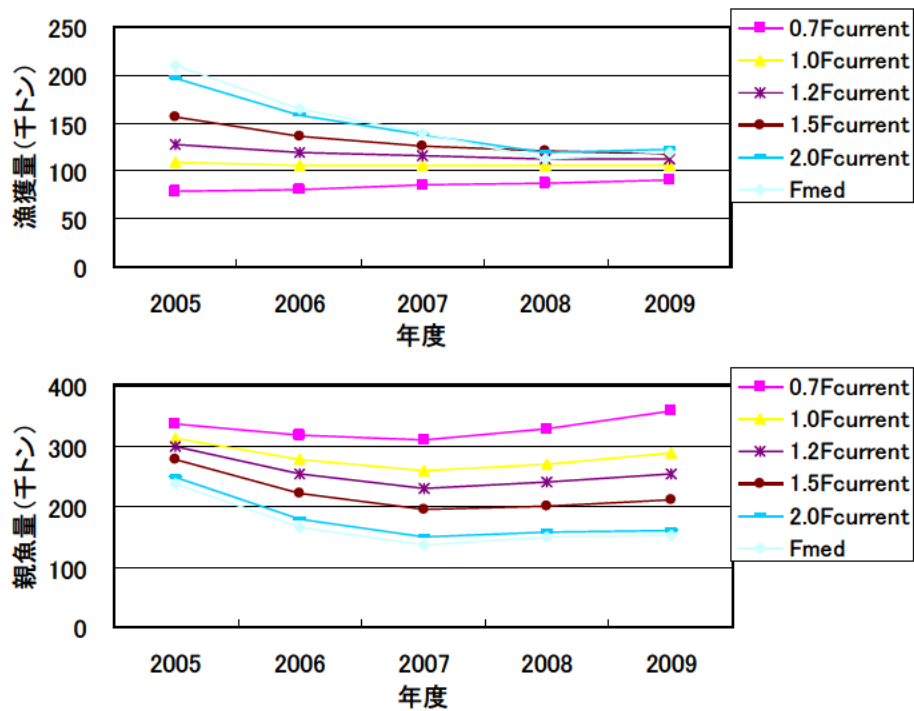


図18. F値による2005～2009年度のスケトウダラ太平洋系群の
漁獲量(上)と産卵親魚量(下)の推移

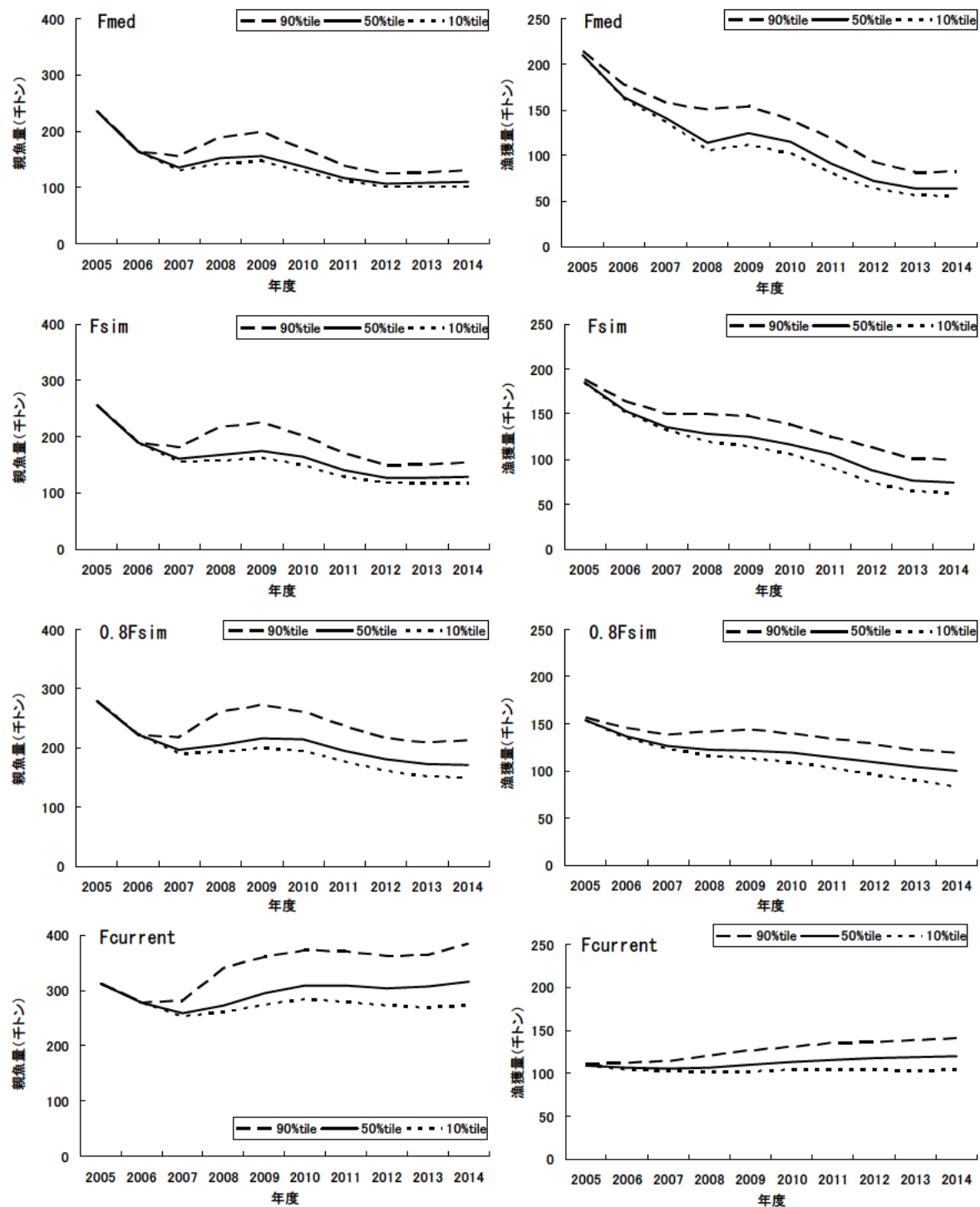


図19. 加入量の不確実性に関するシミュレーション結果

上から、Fmed(=0.817)、Fsim(=0.694)、0.8Fsim(=0.555)、Fcurrent(=0.374)の場合。

加入量は、1996-2003年度のRPSから復元抽出した。

補足資料1 資源量の計算

資源量の推定には、ADAPTによるチューニングVPAを用いた（平松 1999）。y年におけるa歳の資源尾数 $N_{a,y}$ と $F_{a,y}$ の計算式は昨年まで行ってきたPopeの近似式(1972)を用いた計算と同じであるが、これまでに現存量調査で得られた1996年以降の1歳魚の現存量と1990年以降の太平洋海域における沖底のCPUEを用いてチューニングを行い、最近年の F_t を推定した。

東北太平洋海域と道東、北方四島、襟裳以西海域での年齢別漁獲尾数（補足資料3）および漁獲物の年齢別平均体重の資料を用い、韓国船の漁獲分を含めて計算した。韓国船の漁獲物の年齢組成は不明だが、日本の沖底船と漁場が重複することから、日本の沖底船の漁獲物の組成と同じとした。8歳は9歳以上を含めたプラスグループとし、7歳と8歳以上の年齢別資源尾数の計算は下式により行った（平松 1999）。

$$N_{7,y} = (C_{7,y} / (C_{8+,y} + C_{7,y})) N_{8+,y+1} \exp(M) + C_{7,y} \exp(M/2)$$

$$N_{8+,y} = (C_{8+,y} / (C_{8+,y} + C_{7,y})) N_{8+,y+1} \exp(M) + C_{8+,y} \exp(M/2)$$

計算にあたっては、最高年齢8歳における漁獲係数(F)を、それよりも1つ若い7歳についてのFと一致させた。

計算に用いた生物学的パラメータを以下に述べる。

スケトウダラの年齢の起算日は、漁獲量の集計期間に合わせて、4月1日となっている。

本系群の漁獲物の計測資料から算出した過去5年間の年齢別の平均体重は以下の通り。

年齢	0	1	2	3	4	5	6	7	8
体重 (g)	43	169	287	411	474	539	608	676	765

（北水研、東北水研八戸支所、北海道立函館水産試験場室蘭支場資料）

産卵親魚量の算定のための成熟率については、生態で述べた値を用いた(図3)。

加入は0歳から始まり、5歳で完全加入する。他の系群に比べ、加入開始年齢が低い、これは、東北海域で0歳魚から漁獲の対象としているためである。

自然死亡係数(M)は、3歳以上の魚に対しては、道東海域の沖底のCPUEと漁獲努力量に基づいてWidrig(1954)の方法によって算定した0.25を用いた。若齢魚の自然死亡係数は、一般に高齢魚のそれよりも高いことを考慮して、2歳魚には0.3、1歳魚には0.35、0歳魚には0.4、を用いた。以上によって、マイクロソフト社の表計算ソフト、エクセル上で計算を行った。

まず、従来のPopeの近似式(1972)を用いた計算を行い最近年の F_t を計算し、年齢別の選択率(加入割合)を求めた。この選択率の下で、最近年の F (選択率=1の F_t)を調整し、コホート解析の結果が下記の現存量とCPUEに最も良く適合するようにする。

現存量調査によって得られた1歳魚の現存量から、(1歳魚の現存量 - 比例係数 × ある F_t の下でVPAから計算された1歳魚の資源尾数)の2乗の和を最小にするような F_t の値を求める。すなわち、目的関数

$$\sum_y (\ln(I_y) - \ln(qN_y))^2 \quad (1)$$

を最小にする F_t を推定する。ここで I_y はy年の1歳魚の現存量(尾数)、 N_y はVPAから計算されるy年の1歳魚の資源尾数、 q は比例係数である。

同様に沖底のCPUEでは、(年齢別のCPUE - 比例係数 × ある F_t の下でVPAから計算された年齢別

資源量) の2乗の和を最小にするような F_t の値を求める。目的関数

$$\sum_{a=2}^{6+} y (\ln(X_{a,y}) - \ln(bN_{a,y}))^2 / 5 \quad (2)$$

を最小にする F_t を推定する。 $X_{a,y}$ は y 年の沖底のCPUEを沖底の年齢(a)別漁獲尾数比で2歳から6歳以上までの5つの年齢群に配分した値(6歳以上は6～8歳の合計)、 $N_{a,y}$ はVPAから計算される y 年の a 歳の資源尾数から半年分の自然死亡と漁獲死亡を引いた資源尾数(漁期の中央における資源尾数)、 b は比例係数である。

これら2つの目的関数の合計(SSQ)を最小化する。

$$SSQ = \sum_y (\ln(I_{1,y}) - \ln(qN_{1,y}))^2 / 7 + \sum_y (\ln(X_{a,y}) - \ln(bN_{a,y}))^2 / 5 / 14 \quad (3)$$

現存量とCPUEとでデータの期間が7年間と14年間と異なっていたので、1:1になるようそれぞれの目的関数の値を7と14で除し、2つの指標間の重み付けを行った。

実際の計算には、エクセルのソルバーを用いて、SSQが最小となる F_t を探索した。

計算結果の0歳魚の資源尾数を比較すると、2000年級群が51億尾、1995年級群が56億尾と、同程度の豊度となった(図1-1)。しかし、現存量調査結果(補足資料2)では、2000年級群の豊度は、1995年級群の半分程度である。このため、2000年級群に関しては、前述の方法では十分なチューニングができなかったと考えられた。そこで、近年の若齢魚部分について、さらに、以下の調整を行った。現存量調査結果の1歳魚の現存量と、通常VPA計算の結果の1歳魚の資源尾数の関係(1996年度～2000年度)を用いて、2001～2004年の現存量調査結果の1歳魚の現存量から、それぞれの年の1歳魚の資源尾数を計算した。これらを元に、VPAの後退法で2000年度から2003年度の0歳魚の資源尾数を、また、VPAの前進法で2002、2003年度の2歳魚、2003年度の3歳魚の資源尾数を計算した。

最後に、下表に、1998～2002年度の平均の年齢別の F と年齢別選択率を示す。

年齢	0	1	2	3	4	5	6	7	8
漁獲係数	0.020	0.034	0.089	0.125	0.277	0.402	0.448	0.604	0.604
選択率	0.033	0.056	0.148	0.207	0.459	0.667	0.742	1.000	1.000

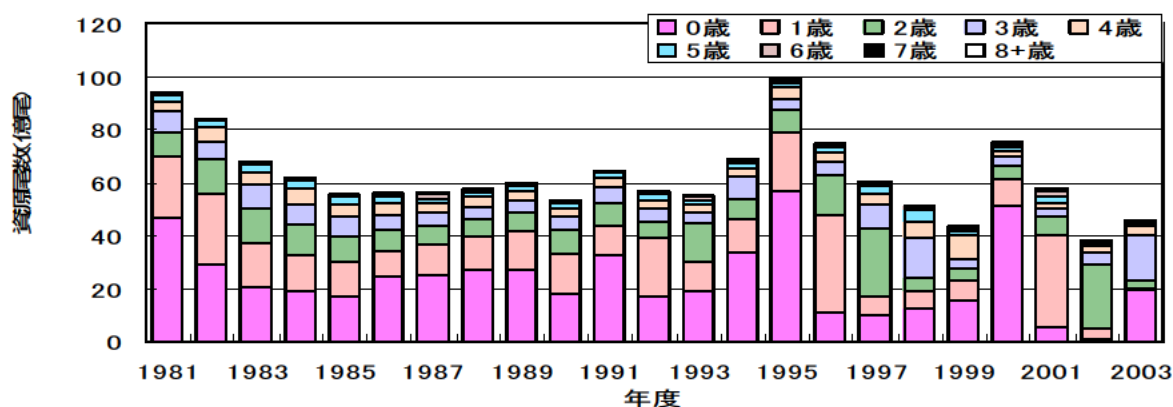


図1-1. チューニング結果の資源尾数

補足資料2 現存量調査

調査の概要を以下に示す。

調査の目的

我が国周辺水域における水産資源の回復と持続的利用の科学的基礎となる主要魚種の資源評価を実施することを目的とする「資源評価調査」の一環として、計量魚群探知機とトロール漁法等を用いてスケトウダラ資源量を迅速に把握するための情報を収集する。

調査の方法と項目

1) 調査定線航走による魚探反応記録の収集

計量魚群探知機EK-60を連続して作動させながら、図2-1に示した調査定線に沿って昼と夜の2回、同一定線上を航走し、音響データの収録を行う。

2) トロール曳網による漁獲試験と標本採集

エコグラムの魚種とサイズの確認、および胃内容物の採集のため、魚探反応が得られた地点においてトロール網による漁獲試験を行う。

採集された魚類標本については、魚種毎の総漁獲量を計量した後、船上で体長穿孔、魚体精密測定、耳石の抽出、年齢査定などを行う。

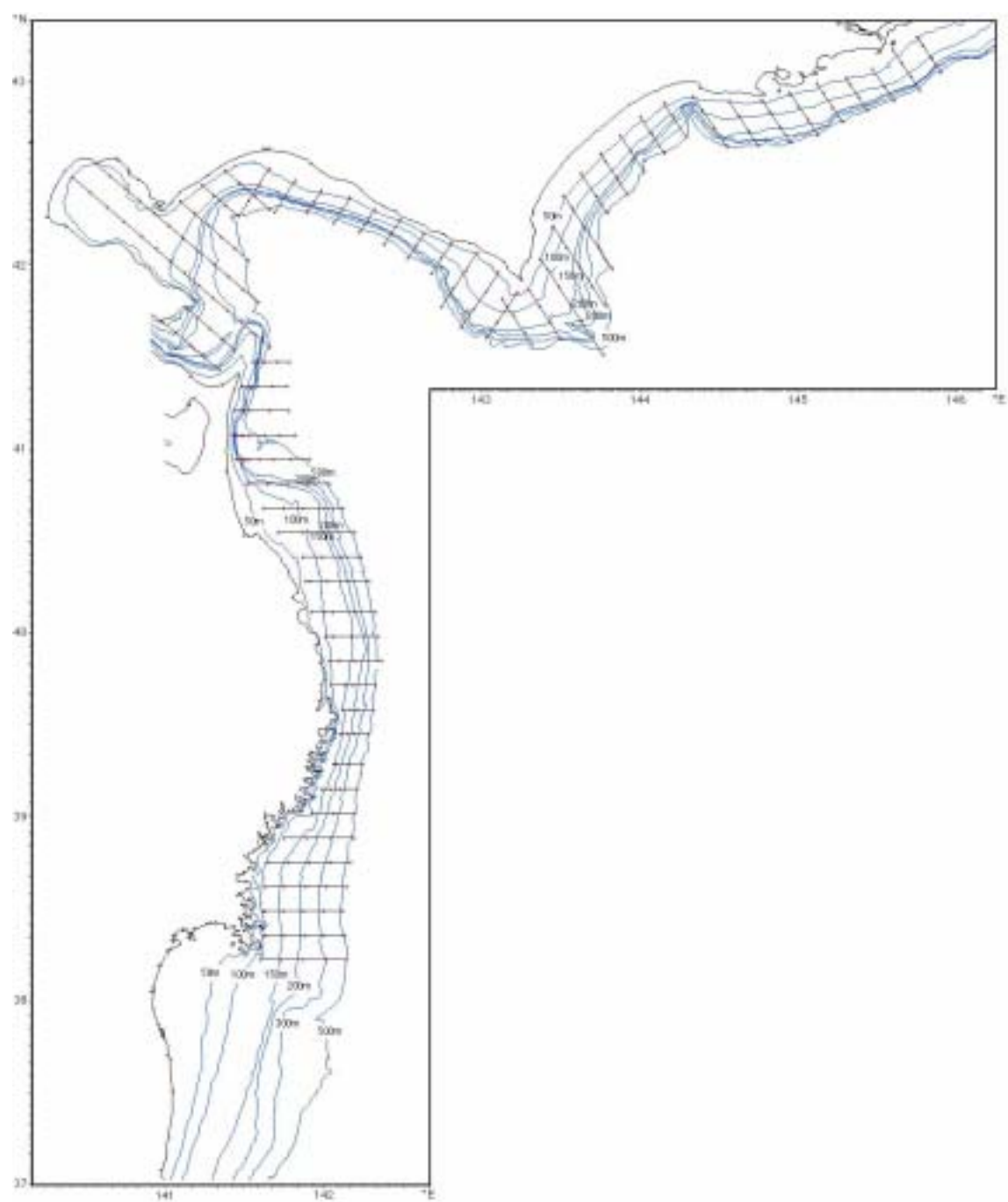
3) 海洋観測

調査定線上に設けた測点において、昼間航走時にCTD（定線の末端）あるいはXCTD（航走中）による水温・塩分観測を行う。

4) ボンゴネットによるプランクトン採集

プランクトンによる音波散乱層(SL)の反応種の同定、およびサイズ組成の把握のため、SLの現れた地点あるいは魚群反応が見られた地点で適宜ボンゴネットによるプランクトン採集を行う。

図2-1 調査定線図



現存量調査結果の利用

本調査で得られた道東海域におけるスケトウダラ1、2歳魚の現存量とVPAで計算された資源量の間には、資源の多寡を判断できる関係がみられており（本田聡 印刷中）、1歳魚の現存量調査結果を用いてVPAをチューニングし、さらに1歳魚の資源量を補正することに利用している。

現存量調査の結果とチューニングVPA（TVPA）の結果を下表に示した。

現存量調査結果（1997年は12月、それ以外の年は6、7月の調査結果）

年	現存量	現存量	VPA	VPA
	1歳	2歳	1歳	2歳
1996	2796.8	—	3607.7	1472.4
1997			636.3	2443.8
1998	120.0	175.0	524.6	429.6
1999	35.9	85.9	537.2	350.1
2000	65.3	40.0	642.1	343.1
2001	1326.6	23.8	2632.3	443.3
2002	292.3	437.5	234.7	1842.5
2003	50.1	270.2	38.5	145.1
2004	109.1	46.4	—	—

また、下図に現存量調査結果の1、2歳魚の現存量とVPAの結果の関係を示した。

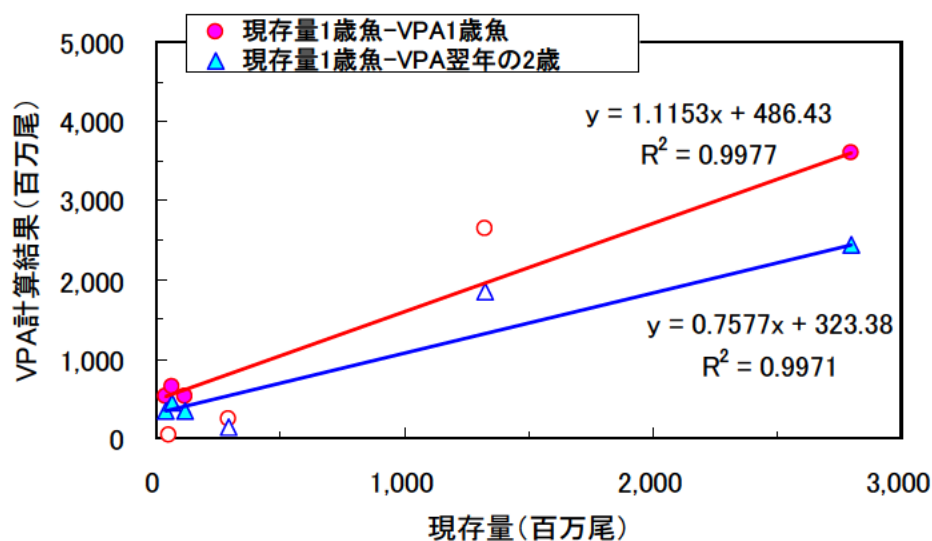


図2-2. 現存量調査で得られたスケトウダラ現存量とVPA計算結果の年齢別資源尾数の関係
塗りつぶした●、▲から現存量と資源尾数の関係（1996～2000年度）を求めた。その関係を用いて、2001以降の現存量調査結果から資源尾数を計算した。

引用文献

本田聡（2003）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群豊度推定，独立行政法人水産総合研究センター研究報告（印刷中）

補足資料3 コホート解析結果一覧

年齢別漁獲量は、計算された年齢別漁獲尾数に年齢別平均体重をかけたものであり、実際の漁獲量とは異なる場合がある。

年齢別漁獲尾数（万尾）

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
0 歳	59,160	38,153	2,912	540	17,818	53,355	51,942	46,567	37,475	17,767
1 歳	34,024	66,549	4,739	2,659	16,541	2,502	18,723	12,798	11,746	18,517
2 歳	3,682	11,103	23,092	7,924	14,986	4,207	2,993	5,328	4,784	15,857
3 歳	10,071	2,059	9,018	12,985	13,009	6,215	8,362	8,212	7,119	4,409
4 歳	13,527	17,324	12,896	20,282	10,454	11,665	10,857	12,978	11,424	4,314
5 歳	12,399	5,716	12,673	14,106	12,679	10,613	11,985	10,184	7,873	6,488
6 歳	4,640	2,015	3,507	6,136	4,992	5,354	6,688	5,983	3,896	2,530
7 歳	2,651	604	826	1,061	1,158	1,242	2,338	2,219	1,364	1,398
8+歳	182	157	307	256	285	381	762	924	765	1,140
合計	140,336	143,680	69,970	65,949	91,922	95,534	114,649	105,192	86,446	72,420

年齢別漁獲尾数（万尾）

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0 歳	6,810	2,008	2,867	5,326	7,885	799	753	6,724	587	2,350
1 歳	10,850	9,839	3,906	3,660	9,100	11,732	2,236	2,335	4,224	1,092
2 歳	21,396	6,763	27,043	16,348	12,752	20,005	40,079	3,767	5,009	3,735
3 歳	8,189	9,404	4,528	23,077	6,096	3,387	15,780	32,026	2,487	3,393
4 歳	5,926	8,353	4,831	7,472	16,536	5,141	5,776	19,690	26,802	5,214
5 歳	6,878	9,455	6,253	5,879	6,768	6,423	3,332	6,908	10,518	17,897
6 歳	2,741	4,027	4,551	2,654	4,161	2,195	2,068	2,596	4,570	4,855
7 歳	610	453	1,407	643	2,113	1,401	1,112	2,265	2,494	2,392
8+歳	290	291	456	327	1,365	1,417	1,174	1,195	1,664	1,617
合計	63,690	50,594	55,842	65,387	66,777	52,501	72,310	77,506	58,354	42,545

年齢別漁獲尾数（万尾）

	2001	2002	2003
0 歳	669	606	8,290
1 歳	1,482	2,411	195
2 歳	2,753	9,529	1,327
3 歳	1,973	2,391	16,418
4 歳	2,253	1,508	5,212
5 歳	3,724	1,552	3,522
6 歳	7,438	1,708	1,953
7 歳	2,382	3,489	1,159
8+歳	1,670	1,550	1,688
合計	24,343	24,742	39,762

年齢別漁獲重量(トン)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
0 歳	25,406	16,385	1,251	232	7,652	22,913	22,306	19,998	16,094	7,630
1 歳	57,408	112,287	7,996	4,486	27,909	4,222	31,590	21,594	19,819	31,244
2 歳	10,581	31,907	66,360	22,771	43,066	12,090	8,601	15,312	13,749	45,569
3 歳	41,395	8,463	37,067	53,373	53,472	25,546	34,369	33,752	29,263	18,121
4 歳	64,119	82,117	61,128	96,138	49,553	55,293	51,464	61,517	54,148	20,449
5 歳	66,874	30,829	68,352	76,081	68,385	57,242	64,640	54,928	42,461	34,993
6 歳	28,226	12,257	21,333	37,326	30,367	32,569	40,686	36,393	23,700	15,391
7 歳	17,963	4,093	5,597	7,189	7,847	8,416	15,844	15,032	9,241	9,471
8+歳	1,392	1,201	2,348	1,958	2,180	2,914	5,827	7,064	5,850	8,720
合計	313,365	299,540	271,433	299,556	290,429	221,204	275,327	265,591	214,325	191,589

年齢別漁獲重量(トン)

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0 歳	2,924	862	1,231	2,287	3,386	343	324	2,888	252	1,009
1 歳	18,308	16,601	6,590	6,176	15,355	19,796	3,773	3,940	7,127	1,843
2 歳	61,486	19,436	77,713	46,981	36,646	57,490	115,178	10,824	14,394	10,735
3 歳	33,658	38,653	18,610	94,856	25,056	13,923	64,860	131,637	10,222	13,947
4 歳	28,089	39,593	22,901	35,419	78,383	24,368	27,377	93,333	127,045	24,713
5 歳	37,099	50,995	33,728	31,708	36,502	34,645	17,972	37,261	56,727	96,527
6 歳	16,673	24,499	27,683	16,142	25,314	13,355	12,577	15,793	27,797	29,531
7 歳	4,132	3,072	9,534	4,357	14,319	9,490	7,537	15,345	16,897	16,208
8+歳	2,220	2,229	3,492	2,505	10,443	10,835	8,976	9,142	12,724	12,368
合計	204,589	195,940	201,483	240,431	245,403	184,245	258,574	320,162	273,186	206,880

年齢別漁獲重量(トン)

	2001	2002	2003
0 歳	287	260	3,560
1 歳	2,500	4,068	328
2 歳	7,911	27,383	3,812
3 歳	8,108	9,826	67,484
4 歳	10,681	7,150	24,707
5 歳	20,085	8,373	18,994
6 歳	45,249	10,389	11,880
7 歳	16,138	23,639	7,850
8+歳	12,774	11,853	12,908
合計	123,732	102,940	151,523

Fマトリックス

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
0歳	0.168	0.173	0.017	0.003	0.135	0.312	0.297	0.235	0.185	0.129
1歳	0.197	0.357	0.035	0.023	0.167	0.030	0.207	0.132	0.103	0.158
2歳	0.046	0.103	0.230	0.085	0.204	0.066	0.052	0.095	0.076	0.225
3歳	0.152	0.035	0.124	0.213	0.214	0.132	0.197	0.214	0.192	0.101
4歳	0.601	0.450	0.343	0.478	0.282	0.322	0.381	0.567	0.554	0.180
5歳	1.319	0.593	0.763	0.855	0.678	0.552	0.694	0.820	0.902	0.777
6歳	1.491	0.847	1.015	1.245	0.951	0.746	0.905	1.028	0.977	0.928
7歳	2.207	0.857	1.211	1.150	0.915	0.708	0.971	0.987	0.746	1.440
8+歳	2.207	0.857	1.211	1.150	0.915	0.708	0.971	0.987	0.746	1.440
加重平均	0.218	0.239	0.143	0.157	0.223	0.235	0.284	0.257	0.203	0.188

Fマトリックス

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0歳	0.026	0.014	0.019	0.019	0.017	0.009	0.009	0.069	0.005	0.010
1歳	0.130	0.056	0.042	0.035	0.050	0.038	0.038	0.042	0.068	0.013
2歳	0.320	0.128	0.247	0.284	0.191	0.169	0.204	0.094	0.137	0.090
3歳	0.189	0.246	0.128	0.378	0.176	0.077	0.212	0.273	0.090	0.141
4歳	0.202	0.317	0.204	0.343	0.549	0.234	0.192	0.474	0.410	0.291
5歳	0.518	0.613	0.444	0.435	0.645	0.454	0.247	0.392	0.538	0.571
6歳	1.014	0.715	0.740	0.363	0.684	0.474	0.271	0.329	0.524	0.549
7歳	0.641	0.467	0.632	0.222	0.594	0.553	0.502	0.576	0.656	0.622
8+歳	0.641	0.467	0.632	0.222	0.594	0.553	0.502	0.576	0.656	0.622
加重平均	0.132	0.119	0.134	0.127	0.092	0.091	0.157	0.210	0.179	0.076

Fマトリックス

	2001	2002	2003
0歳	0.007	0.009	0.106
1歳	0.009	0.036	0.004
2歳	0.046	0.080	0.027
3歳	0.067	0.055	0.197
4歳	0.138	0.071	0.172
5歳	0.370	0.140	0.249
6歳	0.530	0.306	0.279
7歳	0.618	0.545	0.374
8+歳	0.618	0.545	0.374
加重平均	0.058	0.078	0.104

年齡別資源尾数（万尾）

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
0 歳	466,477	292,958	207,612	192,162	171,783	243,311	247,016	271,081	270,787	179,329
1 歳	227,126	264,253	165,139	136,782	128,368	100,561	119,413	123,053	143,585	150,832
2 歳	94,668	131,491	130,351	112,393	94,157	76,574	68,764	68,432	75,970	91,323
3 歳	80,963	66,963	87,855	76,691	76,443	56,855	53,106	48,365	46,110	52,162
4 歳	33,922	54,167	50,334	60,463	48,268	48,053	38,794	33,980	30,420	29,627
5 歳	19,180	14,481	26,897	27,819	29,190	28,365	27,130	20,631	15,011	13,610
6 歳	6,785	3,995	6,233	9,763	9,217	11,544	12,725	10,552	7,080	4,743
7 歳	3,375	1,189	1,333	1,759	2,189	2,773	4,265	4,008	2,938	2,076
8+歳	232	309	496	425	539	851	1,390	1,668	1,648	1,693
合計	932,728	829,806	676,249	618,258	560,152	568,886	572,602	581,771	593,550	525,395

年齡別資源尾数（万尾）

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0 歳	329,780	171,932	190,037	339,731	563,782	108,218	101,098	122,868	154,458	296,161
1 歳	105,661	215,482	113,606	125,038	223,368	371,458	71,886	67,151	76,856	103,056
2 歳	90,745	65,350	143,588	76,778	85,040	149,765	251,914	48,781	45,361	50,613
3 歳	54,005	48,810	42,591	83,097	42,807	52,024	93,730	152,126	32,896	29,293
4 歳	36,733	34,833	29,714	29,174	44,351	27,959	37,527	59,072	90,213	23,424
5 歳	19,267	23,379	19,757	18,878	16,127	19,947	17,237	24,129	28,629	46,605
6 歳	4,874	8,935	9,863	9,868	9,514	6,587	9,866	10,484	12,695	13,014
7 歳	1,461	1,377	3,404	3,665	5,343	3,737	3,193	5,859	5,874	5,854
8+歳	695	885	1,104	1,867	3,452	3,780	3,368	3,092	3,918	3,957
合計	643,222	570,983	553,665	688,097	993,784	743,476	589,820	493,562	450,899	571,979

年齡別資源尾数（万尾）

	2001	2002	2003
0 歳	122,017	81,642	100,845
1 歳	196,599	81,243	54,231
2 歳	71,705	144,369	58,112
3 歳	34,280	50,751	104,026
4 歳	19,819	24,957	37,415
5 歳	13,642	13,447	18,105
6 歳	20,502	7,338	9,102
7 歳	5,851	9,403	4,208
8+歳	4,103	4,177	6,129
合計	488,519	417,326	392,172

年齢別資源重量 (トン)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
0 歳	200,326	125,810	89,158	82,523	73,771	104,489	106,080	116,415	116,288	77,012
1 歳	383,227	445,870	278,637	230,791	216,594	169,676	201,484	207,626	242,270	254,496
2 歳	272,051	377,871	374,593	322,988	270,582	220,054	197,610	196,655	218,319	262,438
3 歳	332,789	275,241	361,114	315,226	314,207	233,692	218,287	198,799	189,527	214,406
4 歳	160,791	256,755	238,586	286,599	228,792	227,776	183,885	161,070	144,195	140,436
5 歳	103,448	78,102	145,068	150,044	157,436	152,988	146,324	111,274	80,961	73,407
6 歳	41,275	24,304	37,917	59,391	56,068	70,222	77,407	64,189	43,069	28,851
7 歳	22,872	8,060	9,035	11,922	14,830	18,789	28,902	27,156	19,910	14,065
8+歳	1,773	2,365	3,791	3,247	4,120	6,506	10,629	12,762	12,603	12,950
合計	1,518,552	1,594,378	1,537,898	1,462,732	1,336,401	1,204,192	1,170,607	1,095,946	1,067,142	1,078,061

年齢別資源重量 (トン)

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0 歳	141,622	73,835	81,611	145,896	242,114	46,474	43,416	52,765	66,331	127,185
1 歳	178,281	363,581	191,686	210,976	376,886	626,757	121,293	113,304	129,678	173,885
2 歳	260,777	187,798	412,635	220,639	244,383	430,386	723,933	140,182	130,355	145,450
3 歳	221,981	200,626	175,065	341,559	175,953	213,835	385,265	625,291	135,213	120,404
4 歳	174,120	165,111	140,849	138,289	210,225	132,526	177,879	280,005	427,617	111,034
5 歳	103,916	126,093	106,558	101,818	86,980	107,586	92,971	130,139	154,409	251,366
6 歳	29,649	54,351	60,000	60,027	57,875	40,070	60,017	63,775	77,223	79,167
7 歳	9,899	9,331	23,067	24,837	36,205	25,323	21,633	39,702	39,800	39,666
8+歳	5,319	6,769	8,448	14,279	26,405	28,913	25,764	23,653	29,970	30,269
合計	1,125,564	1,187,496	1,199,918	1,258,321	1,457,026	1,651,871	1,652,171	1,468,815	1,190,597	1,078,425

年齢別資源重量 (トン)

	2001	2002	2003
0 歳	52,400	35,061	43,307
1 歳	331,719	137,081	91,503
2 歳	206,062	414,878	166,997
3 歳	140,904	208,606	427,582
4 歳	93,944	118,297	177,353
5 歳	73,579	72,524	97,651
6 歳	124,717	44,639	55,370
7 歳	39,648	63,712	28,512
8+歳	31,384	31,947	46,882
合計	1,094,355	1,126,745	1,135,156

親魚量 (トン)										
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
0 歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 歳	32,158	51,351	47,717	57,320	45,758	45,555	36,777	32,214	28,839	28,087
4 歳	82,759	62,481	116,055	120,035	125,949	122,391	117,059	89,019	64,769	58,726
5 歳	37,147	21,874	34,125	53,452	50,462	63,200	69,666	57,770	38,762	25,966
6 歳	22,872	8,060	9,035	11,922	14,830	18,789	28,902	27,156	19,910	14,065
7 歳+	1,773	2,365	3,791	3,247	4,120	6,506	10,629	12,762	12,603	12,950
合計	176,709	146,131	210,723	245,976	241,119	256,441	263,034	218,921	164,883	139,794

親魚量 (トン)										
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0 歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 歳	34,824	33,022	28,170	27,658	42,045	26,505	35,576	56,001	85,523	22,207
4 歳	83,132	100,874	85,247	81,455	69,584	86,068	74,376	104,111	123,527	201,093
5 歳	26,684	48,916	54,000	54,024	52,087	36,063	54,016	57,397	69,501	71,250
6 歳	9,899	9,331	23,067	24,837	36,205	25,323	21,633	39,702	39,800	39,666
7 歳+	5,319	6,769	8,448	14,279	26,405	28,913	25,764	23,653	29,970	30,269
合計	159,859	198,913	198,931	202,253	226,327	202,873	211,364	280,864	348,322	364,484

親魚量 (トン)			
	2001	2002	2003
0 歳	0	0	0
1 歳	0	0	0
2 歳	0	0	0
3 歳	18,789	23,659	35,471
4 歳	58,863	58,019	78,121
5 歳	112,245	40,175	49,833
6 歳	39,648	63,712	28,512
7 歳+	31,384	31,947	46,882
合計	260,929	217,513	238,818