

平成16年マガレイ北海道北部系群の資源評価

責任担当水研：北海道区水産研究所（船本鉄一郎）

参画機関：北海道立稚内水産試験場、北海道立網走水産試験場

要 約

コホート解析によって推定した、マガレイ北海道北部系群の資源量は、近年減少を続けていた。しかし、2001年度（2001年7月～2002年6月）に卓越した加入（2000年級群）があったため、資源量は2001、2002年度と2年連続で増加し、2002年度には過去22年間（1981～2002年度）で4番目に高い値となった。そのため、資源水準は高位、動向は横ばいと判断した。ABC算定規則の1-1）-（1）に基づき、 F_{limit} は2004～2007年度の雌の平均漁獲量が最大となる $F_{current} \times 1.1$ とし、この時の漁獲量を ABC_{limit} とした。また、 F_{target} は $F_{limit} \times 0.8$ とし、この時の漁獲量を ABC_{target} とした。

	2005 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	26 百トン	$1.1 F_{current}$	1.62	39%
ABC_{target}	24 百トン	$0.8 F_{limit}$	1.30	34%

年	漁獲量（百トン）	年度	資源量（百トン）	F 値	漁獲割合
2002	14	2001*	31	2.45	23%
2003	27	2002*	50	1.47	-
2004	-	2003*	56**	1.47***	-

F値は雌の最高齢7歳のものである。

漁獲量は暦年集計。資源量・漁獲割合・F値は漁期年集計（7月～翌年6月）。

*2001年度（2001年7月～2002年6月）、2002年度（2002年7月～2003年6月）、
2003年度（2003年7月～2004年6月）

**2003年度の1歳魚加入量を1997年度の1歳に等しいと仮定して算出。

***2003年度のFは2002年度のFに等しいことを仮定。

（水準・動向）

水準：高位 動向：横ばい

1. まえがき

マガレイ北海道北部系群は、北海道の日本海側からオホーツク海側にかけての沿岸域において、刺し網漁業の重要な漁獲対象となっている。日本海側では主に成魚が漁獲されるのに対し、オホーツク海側では主に未成年魚が漁獲される。なお、北海道立水産試験場は、年齢別漁獲尾数を漁期年（7月～翌年6月）で集計しているため、以下の本文中における年度という表記は、すべてこの漁期年を意味している。

2. 生態

(1) 分布・回遊

マガレイは、樺太・千島以南の日本各地の沿岸に加え、中国・朝鮮にも広く分布している（水産庁研究部，1986）。この内、マガレイ北海道北部系群は、道北日本海からオホーツク海にかけて分布している（図1）。当系群には、道北日本海で産卵されたものが、そこに着底し一生を過ごす群と、オホーツク海へ運ばれて着底し、そこで未成魚までの期間を過ごし、成熟の進行に伴い道北日本海へ産卵回遊する群が存在する（加賀・菅間，1965；菅間，1967）。

(2) 年齢・成長

各年齢における体長と体重（北海道立水産試験場資料）を、図2と以下に示す。ここで、年齢の起算日は7月1日である。また、体長は、次の体長-体重関係（西内，1984）を基に、体重から逆算した。

$$\text{雌：} W = 1.51 \times 10^{-5} L^{3.0717}$$

$$\text{雄：} W = 1.66 \times 10^{-5} L^{3.0519}$$

雌は7歳で体長約22cm、体重約240 g に成長し、一方、雄は6歳で体長約18cm、体重約120 g に成長する。

満年齢	1	2	3	4	5	6	7
雌：体長(cm)	8.4	16.0	18.2	19.2	20.3	21.2	22.2
雌：体重(g)	12.2	89.2	132.8	157.0	185.1	211.7	242.4
雄：体長(cm)	8.4	15.0	16.6	16.8	17.2	17.8	-
雄：体重(g)	12.2	73.2	99.0	102.1	109.6	123.0	-

(3) 成熟・産卵

各年齢における成熟率を図3に示す。雌雄ともに3歳でほとんどの個体が成熟する。また、主な産卵場は、苫前沖～利尻・礼文島周辺海域で（図1）、産卵期は4～6月、産卵水深は40～60mである（北海道水産林務部資源管理課，2003）。

(4) 被捕食関係

仔魚はカイアシ類を、未成魚および成魚はゴカイ類、二枚貝類、ヨコエビ類、クモヒトデ類を捕食している（渡野邊，2003）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

マガレイ北海道北部系群は、主に刺し網と沖合底びき網（以下、沖底）によって漁獲されている。オホーツク海側での操業は、開氷後の5月中・下旬に始まり、結氷期前（12月下旬）まで続く。一方、日本海側での操業は、秋季（9月中旬）に始まり、4～5月に盛漁期を迎え、産卵がほぼ終わる6月末に終了する。また、日本海側では主に成魚が漁獲されるのに対し、オホーツク海側では主に未成魚が漁獲される。なお、後述する漁獲量、漁獲努力量およびCPUEはすべて暦年集計である。

(2) 漁獲量の推移

オホーツク海におけるマガレイの漁獲量は、1988年以降増加傾向を示し、1997年には1,195トンに達した（表1、図4）。しかし、1998年以降は減少傾向に転じ、2000年には531トンに落ち込んだ。その後は再び増加傾向を示し、2003年の漁獲量は1985年以降最高の1,461トンとなった。なお、例年漁獲の8割以上が沿岸漁業によってあげられている。

道北日本海における漁獲量は、1990年以降増加傾向を示し、1996年には1985年以降最高の1,612トンに達した（表1、図5）。しかし、1997年以降は減少傾向に転じ、2002年には643トンに落ち込んだ。その後、2003年には回復し、漁獲量は1,190トンとなった。なお、オホーツク海と同様、例年漁獲の約8割が沿岸漁業によってあげられている。

両海域を合わせた漁獲量は、1988年以降増加傾向を示し、1997年には2,592トンに達した（表1、図6）。しかし、1998年以降は減少に転じ、2001年には1,280トンに落ち込んだ。その後、2002、2003年には2年連続で増加し、2003年の漁獲量は1985年以降最高の2,651トンとなった。

(3) 漁獲努力量

当該資源の漁獲の内、約8割は沿岸漁業によってあげられているが、本漁業に関しては漁獲努力量に関する情報が得られていない。そのため、以下には沖底の漁獲努力量についてのみを示す。また、後述する資源量指標値の推移に関しても、沖底のCPUEについてのみ示す。

オホーツク海における沖底の漁獲努力量は、1991年に154,387網と、他の年に比べて非常に高い値を示しているが、これは漁獲努力量の標準化のプロセスに起因している（表1、図7）。詳細は補足資料1を参照されたい。一方、この1991年を除いても、1986年に42,719網あった漁獲努力量は、1994年以降現在まで4,000網以下で推移している。2003年の漁獲努力量は1,981網であった。

道北日本海における沖底の漁獲努力量は、1985年以降現在まで4,000～12,000網の間で推移しており、オホーツク海におけるそれよりも安定している（表1、図7）。2003年の漁獲努力量は5,183網であった。

2海域を合わせた沖底の漁獲努力量は、1991年以前は14,000網以上で推移していたが、その後は現在まで13,000網以下で推移している（表1、図7）。2003年の漁獲努力量は7,181網であった。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

Pope(1972)の近似式を用いたコホート解析（年度集計）により、資源尾数と漁獲係数を推定した。生活史の違いを考慮し、解析は雌雄別に行った。また、自然死亡係数 M は、田内・田中の寿命と自然死亡係数の関係（田中，1960）により、雌で0.208（寿命12歳）、雄で0.250（寿命10歳）とした。詳細は補足資料2を参照されたい。

(2) 資源量指標値の推移

オホーツク海における沖底のCPUEは、1985～1993年にかけて30kg/網以下で推移していたが、1994～1997年になると60kg/網以上に増加した（表1、図8）。その後、1998～2000

年には60kg/網以下に減少したが、2001、2002年になると再び60kg/網以上に増加した。しかし、2003年には再び減少し、CPUEは約46kg/網となった。

道北日本海における沖底のCPUEは、1985～1995年にかけて30 kg/網以下で推移していたが、1996～2000年になると30kg/網以上に増加した（表1、図8）。その後、2001年には再び30kg/網以下に減少したが、2002年以降は2年連続で増加している。2003年のCPUEは約34kg/網であった。

2海域を合わせた沖底のCPUEは、1985～1993年にかけて30kg/網以下で推移していたが、その後は現在まで30kg/網以上で推移している（表1、図8）。2003年のCPUEは約38kg/網であった。

(3) 漁獲物の年齢組成

北海道立水産試験場が推定した年齢別漁獲尾数（年度集計）を、表2および図9に示す。漁獲の主体は、1980年代後半から1990年代前半にかけては、1～3歳魚であったのに対し、それ以前は2～5歳魚、一方、それ以後は2～4歳魚となっており、年代によって変化している。

同一年の漁獲物の雄と雌の比率は安定した傾向を示し、過去5年間（1998～2002年度）の平均値は、雌雄合計の漁獲尾数/雌漁獲尾数=1.339、雌雄合計の漁獲量/雌漁獲量=1.225であった。このことより、以後の再生産関係や加入量の見積もり等については、雌についてのみ検討することとした。

(4) 資源量の推移

資源尾数の経年変化を表3および図10に、資源重量の経年変化を表4および図11に示す。資源量は、1982～1987年度にかけて減少し、1987年度には1981年度以降最低の1,416トンとなった。これはこの年代に、1歳魚としての加入量が減少したことに起因している。その後、多い年度で約300トン（約2,400万尾）の加入があったため、資源量の減少傾向にも歯止めがかかり、1993年度まで2,000トン前後で推移した。1994年度になると、1981年度以降最も多い約670トン（約5,500万尾）の加入（1993年級群）があったため、資源量は1994年度には3,475トン、1995年度には5,475トンに増加した。しかし、その後は1997年度に比較的多い加入があったものの（1996年級群）、資源量は減少し、2000年度には3,041トンとなった。2001年度になると再び1993年級群並の卓越した2000年級群の加入があったため、資源量は2年連続で増加し、2002年度の資源量は4,989トンとなった。

自然死亡係数Mに関する感度解析を、標準値である0.208（雌）；0.250（雄）に、それぞれ-0.05および+0.05を加えて行った。M=0.158（雌）；0.200（雄）およびM=0.258（雌）；0.300（雄）を用いて算出された2002年度の資源量は、それぞれ4,584トンおよび5,445トンであり、標準値を用いて算出されたそれらに対する割合は、それぞれ92%および109%であった（図12）。また、同様のMを用いて算出された2002年度の雌の産卵親魚量は、それぞれ1,396トンおよび1,584トンであり、標準値を用いて算出されたそれらに対する割合は、それぞれ94%および107%であった。

(5) 資源の水準・動向

資源水準は、過去22年間（1981～2002年度）における2002年度の資源量の順位から判断した。また、資源動向は、過去5年間（1998～2002年度）における資源量の経年変化から判断した。

2002年度の資源量は、過去22年間で4番目に高い値であった。また、資源量は1998年度以前から減少を続けていたが、2001、2002年度には2年連続で増加した。したがって、資源水準および動向は、それぞれ高位で横ばいと判断した。

5. 資源管理の方策

(1) 再生産関係

雌の産卵親魚量と雌の加入尾数（1歳）の経年変化を図13（横軸は加入の年級群）に示す。なお、漁期年の終わりに産卵が行われることから、ある年度の初期資源尾数のうち、成熟しているものを前年度の産卵親魚とした。そのため、2000年級群を例にとると、加入尾数は2001年度の1歳魚の尾数、一方、産卵資源量はそれらを生み出した1999年度の親の重量（2000年度初期資源尾数より算出）となる。また、それらから算出した再生産成功率も示した。

加入尾数は、1981年級群以降大きく変動しており、1993、1996および2000年級群で2,000万尾以上の高い値が観測された。このため、これら3つの年級群を卓越年級群とみなす。一方、産卵親魚量については、約7年周期で増減傾向が入れ替わっており、近年は減少傾向を示している。また、再生産成功率も、1981年級群以降大きく変動しており、1987、1991、1993および2000年級群で概ね0.02以上の高い値が観測された。

雌の産卵親魚量と雌の1歳魚加入尾数の関係を図14に示す。この図からは、はっきりした親子関係はみとめられない。このため、Blimitは、21年間の計算値の中で、加入尾数の上位10%を示す直線と、再生産成功率の上位10%を示す直線の交点に当たる産卵親魚量とみなし、約1,200トンと設定した。ここで、産卵親魚量がこのBlimit以上であれば、高い再生産成功率があった時に高い加入尾数が期待できるため、産卵親魚量をこのBlimit以上に保ちつつ、最大の漁獲量を得るように、資源を管理することを目標とする。

(2) 今後の加入の見積もり

今後の加入尾数の推定には、過去の再生産関係を再現するような確率論的な加入量推定方法（木元，2004）を用いた。詳細は補足資料3を参照されたい。また、北海道立水産試験場が毎年実施しているマガレイ資源の新規加入量調査により、2002年級群（2003年度1歳）の豊度は非常に高いと考えられている。よって、その調査結果（図15）を基に、2002年級群の加入尾数は、1996年級群のそれと等しいと仮定した。このため、2002年級群も卓越年級群とみなす。

(3) 漁獲圧と資源動向

2004年度から2007年度までの雌の漁獲量および雌の産卵親魚量を、コホート解析の前進法を用いて算出した。ここで、漁獲方法は、 $F_{current}$ を10%刻みで変化させた場合と、 $F_{30\% SPR}$ 、 F_{med} および F_{max} の場合を想定した。また、コホート解析によって資源量を求めた最新年は、漁期年集計のため2002年度であるが、その翌年度である2003年度の F は、2002年

度のFと等しい (Fcurrent) と仮定した。

2004年度から2007年度までのシミュレーションを1000回行い、各年度の漁獲量および産卵親魚量の中央値を以下に示す。

		雌の漁獲量 (トン)				平均漁獲量
F	基準値	2004 年度	2005 年度	2006 年度	2007 年度	
0.59	0.4 Fcurrent	799	1,599	2,438	3,141	1,995
0.63	F30%SPR	848	1,664	2,471	3,126	2,027
0.74	0.5 Fcurrent	960	1,810	2,584	3,144	2,124
0.88	0.6 Fcurrent	1,108	1,976	2,668	3,111	2,216
1.03	0.7 Fcurrent	1,244	2,110	2,721	3,018	2,273
1.14	Fmed	1,337	2,180	2,679	2,910	2,276
1.18	0.8 Fcurrent	1,369	2,210	2,716	2,972	2,317
1.33	0.9 Fcurrent	1,485	2,285	2,667	2,816	2,313
1.47	1.0 Fcurrent	1,593	2,348	2,665	2,736	2,335
1.62	1.1 Fcurrent	1,692	2,396	2,646	2,706	2,360
1.77	1.2 Fcurrent	1,784	2,420	2,548	2,597	2,337
1.80	Fmax	1,804	2,423	2,514	2,544	2,322
1.91	1.3 Fcurrent	1,870	2,448	2,516	2,491	2,331

		雌の産卵親魚量 (トン)			
F	基準値	2004 年度	2005 年度	2006 年度	2007 年度
0.59	0.4 Fcurrent	6,013	8,395	10,764	13,854
0.63	F30%SPR	5,895	8,074	10,195	13,065
0.74	0.5 Fcurrent	5,713	7,560	9,233	11,786
0.88	0.6 Fcurrent	5,451	6,881	8,110	10,227
1.03	0.7 Fcurrent	5,235	6,344	7,222	8,989
1.14	Fmed	5,042	5,878	6,600	8,304
1.18	0.8 Fcurrent	5,015	5,873	6,596	8,188
1.33	0.9 Fcurrent	4,801	5,374	5,896	7,436
1.47	1.0 Fcurrent	4,631	5,045	5,420	6,854
1.62	1.1 Fcurrent	4,476	4,793	5,138	6,475
1.77	1.2 Fcurrent	4,294	4,408	4,727	6,045
1.80	Fmax	4,251	4,299	4,590	5,949
1.91	1.3 Fcurrent	4,163	4,172	4,371	5,638

2000、2002年級群が卓越年級群のため、漁獲量および産卵親魚量の中央値は、1.3Fcurrentを除くすべてのFで漁獲した場合において、2004年度以降増加すると予測された。また、2004年度の産卵親魚量の中央値は、全てのFで漁獲した場合において、Blimit (約1,200トン)を上回ると予測された。このため、2004年度から2007年度の平均漁獲量が最大となる1.1FcurrentをFlimitとし、この時の漁獲量をABClimitとする。

参考のため、シミュレーションの結果の内、1.1Fcurrent (Flimit) で漁獲した場合を図16に、また、Fと加入量当たり漁獲量 (YPR) および加入量当たり産卵親魚量 (SPR) の関係を図17に示す。

6. 2005年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

資源量を基に、資源水準は高位、動向は横ばいと判断した。また、現状のFよりもやや大きなF(1.1×Fcurrent)で漁獲した場合、雌の産卵親魚量がBlimitを上回り、さらに2004～2007年度の雌の平均漁獲量が最大になると予測されたため、Flimitは1.1×Fcurrentとした。

(2) ABCの算定

資源量と再生産関係が利用でき、なおかつ2002年度の雌の産卵親魚量はBlimit以上であるので、ABC算定規則1-1)-(1)を適用する。また、前述したように、Flimitは1.1×Fcurrentとし、さらに、Ftargetは予防的措置を考慮して0.8×Flimitとした。

シミュレーションによって算出した漁獲量は、漁期年(年度)集計である。一方、ABCは暦年のため、次の方法で2005年のABCを算出した。

2005年の雌の漁獲量は、2004年度の1～6月(2005年)の雌の漁獲量と2005年度7～12月の雌の漁獲量の合計に等しいとした。ここで、年度別に集計した雌の漁獲量と年別に集計した雌の漁獲量の比率は、安定した傾向を示し、年別漁獲量(1～6月)/年度別漁獲量=0.39、年別漁獲量(7～12月)/年度別漁獲量=0.61であった(過去5年間平均)。よって、2004年度と2005年度の雌の漁獲量にこれら各係数を乗じ、2005年の雌の漁獲量を算出した。さらに、前述した雌雄合計と雌の漁獲比率(1.225:1)を用いて、雌雄全体の漁獲量を算出し、2005年のABCとした。以上をまとめると、

$$\text{2005年の雌の漁獲量} = \text{2004年度の雌の漁獲量} \times 0.39 + \text{2005年度の雌の漁獲量} \times 0.61$$

$$\text{2005年のABC} = \text{2005年の雌の漁獲量} \times 1.225$$

となり、2005年のABCは下表のように算出される。

	2005 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	26 百トン	1.1 Fcurrent	1.62	39%
ABCTarget	24 百トン	0.8 Flimit	1.30	34%

F値は雌の最高齢7歳のものである。

(3) ABCの再評価

評価対象年(当初)	管理基準	資源量* (百トン)	ABClimit (百トン)	ABCTarget (百トン)	漁獲量 (百トン)
2003 年(当初)	Fsim	-	18	16	-
2003 年(2003 年再評価)	-	-	-	-	-
2003 年(2004 年再評価)	Fcurrent	50	18	16	27
2004 年(当初)	0.59 Ccurrent	-	8.4	6.7	-
2004 年(2004 年再評価)	Fcurrent	56	21	20	-

資源量、ABC、漁獲量の単位：百トン

*資源量は漁期年集計。2003年は2002年度を、2004年は2003年度を示す。

7. 引用文献(補足資料分も合わせて掲載)

Cook, R. (2000) A rough guide to population change in exploited fish stocks. Ecology

- Letters, 3: 394-398.
- Evans, G. T. and Rice, J. C. (1988) Predicting recruitment from stock size without the mediation of a functional relation. *J. Cons. int. Explor. Mer.*, 44: 111-122.
- Getz, W. M. and Swartzman, G. L. (1981) A probability transition matrix model for yield estimation in fisheries with highly variable recruitment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38:847-855.
- Gabriel, W. L., Sissenwine, M. P. and Overholtz, W. J. (1989) Analysis of spawning stock biomass per recruit: an example for Georges Bank haddock. *North Am. J. Fish. Manage.*, 9: 383-391.
- 平松一彦 (2001) VPA (Virtual Population Analysis) . 平成12年度資源評価体制確立推進事業報告書 - 資源解析手法教科書 - , 104-128 .
- 北海道水産林務部資源管理課(2003)北海道水産資源管理マニュアル【2003年度】, pp.54 .
- 北海道立稚内水産試験場 (2004) マガレイ漁況予測
<http://www.fishexp.pref.hokkaido.jp/exp/wakkanai/05tyousakekka/13magareiyosoku/magareiyosoku.htm>
- 星野昇 (2003) 道北日本海沿岸におけるマガレイ産卵群の資源構造 . 北水試だより, 60, 15-19.
- 加賀吉栄・菅間慧一(1965)石狩湾におけるマガレイの生活とその資源 .北水試月報, 22(2), 50-57 .
- 菅間慧一 (1967) 北部日本海のマガレイの生活について . 北水試月報, 24(2), 57-78 .
- 木元愛 (2004) 国の定めた「漁獲制御ルール」に基づく資源管理効果の検討, 北海道大学大学院水産科学研究科修士論文, pp.127.
- 西内修一 (1989) 北海道北部沿岸域におけるマガレイの資源解析と漁況予測 . 資源解析の理論と実践, pp.10 .
- 西内修一 (1984) 北海道北部沿岸枝幸海域におけるマガレイの成長 . 北水試月報, 41(3), 107-118.
- Overholtz, W. J., Sissenwine, M. P. and Clark, S. H. (1986) Recruitment variability and its implication for managing and rebuilding the Georges Bank haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) stock. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 748-753.
- Paz, J. and Larrañeta, M. G. (1993) Testing non-parametric methods to estimate cod (*Gadus morhua*) recruitment in NAFO Divisions 3NO. *NAFO Sci. Coun. Studies*, 18: 27-31.
- 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.
- Stone, M. (1974) Cross-validatory choice and assessment of statical predictions. *J. Royal Stat. Soc. Series B*, 36: 111-147.
- 水産庁研究部 (1986) 底びき網漁業資源, pp. 234 .
- 田中昌一 (1960) 水産生物のpopulation dynamicsと漁業資源管理 . 東海水研報告, 28, 1-200 .
- 渡野邊雅道 (1994) 北部日本海海域におけるマガレイ幼稚魚の分布 . 北水試だより, 26,

26-28.

渡野遑雅道（2000）マガレイの資源管理、一步前へ！．北水試だより，45，6-10．

渡野遑雅道(2003)マガレイ .新北のさかなたち(水島敏博・鳥澤 雅(監修)), 272-277．

表1. マガレイ北海道北部系群の海域別漁業種類別漁獲動向

年	オホーツク海					道北日本海					海域計				
	沖底			沿岸漁業		沖底			沿岸漁業		沖底			沿岸漁業	
	漁獲量 (トン)	漁獲努力量 (網*)	CPUE (kg/網)	漁獲量 (トン)	計 (トン)	漁獲量 (トン)	漁獲努力量 (網*)	CPUE (kg/網)	漁獲量 (トン)	計 (トン)	漁獲量 (トン)	漁獲努力量 (網*)	CPUE (kg/網)	漁獲量 (トン)	計 (トン)
1985	246	24,069	10.2	1,078	1,324	286	11,277	25.3	739	1,025	532	26,128	20.4	1,817	2,349
1986	117	42,719	2.7	419	536	341	11,483	29.7	516	857	458	17,590	26.0	935	1,393
1987	78	9,756	8.0	270	348	228	9,142	25.0	386	614	306	14,342	21.3	656	962
1988	35	6,458	5.4	381	416	185	9,992	18.5	612	797	220	14,127	15.6	993	1,213
1989	257	25,071	10.3	511	768	203	8,037	25.2	345	548	460	22,733	20.2	856	1,316
1990	197	14,739	13.3	506	703	178	10,791	16.5	545	723	375	23,660	15.8	1,051	1,425
1991	227	154,387	1.5	544	771	110	7,883	13.9	683	793	337	26,471	12.7	1,227	1,564
1992	91	3,658	24.9	476	567	152	5,186	29.4	1,018	1,171	243	8,427	28.9	1,495	1,738
1993	115	7,044	16.3	428	543	152	6,187	24.5	506	658	267	11,124	24.0	934	1,201
1994	293	3,391	86.4	346	639	202	7,552	26.7	718	919	495	11,451	43.2	1,064	1,558
1995	303	3,388	89.6	799	1,102	173	7,572	22.8	1,080	1,253	476	10,679	44.6	1,878	2,355
1996	198	3,169	62.5	683	881	403	7,971	50.5	1,209	1,612	601	11,097	54.2	1,892	2,493
1997	325	3,637	89.2	870	1,195	263	6,618	39.7	1,135	1,398	587	10,190	57.7	2,005	2,592
1998	134	3,982	33.6	493	627	365	8,788	41.6	1,099	1,464	499	12,774	39.1	1,592	2,091
1999	160	3,209	49.8	713	873	209	6,451	32.3	944	1,152	368	9,655	38.2	1,657	2,025
2000	78	2,316	33.5	454	531	361	7,147	50.5	1,000	1,361	439	9,475	46.3	1,453	1,892
2001	102	1,686	60.5	486	587	99	4,220	23.4	594	693	201	5,911	34.0	1,079	1,280
2002	179	2,016	88.6	599	777	117	4,313	27.1	526	643	296	6,330	46.7	1,125	1,421
2003	92	1,981	46.3	1,370	1,461	185	5,183	34.3	1,005	1,190	277	7,181	37.6	2,374	2,651

資料：北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計年報、北海道水産現勢（大臣許可漁業を除く）

集計範囲：沖底 オホーツク海は中海区オコック沿岸（ロシア水域は含まない）、道北日本海は中海区北海道日本海のうち小海区余市沖、積丹沖、雄冬沖を除く

沿岸漁業 オホーツク海は猿払からウトロまで、道北日本海は初山別から宗谷まで

* かけまわし（100トン以上）を基準として標準化した網数

2003年の沿岸漁業は暫定値

表2．マガレイ北海道北部系群の年齢別漁獲尾数（北海道立水産試験場資料）

年度	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
年齢別漁獲尾数（千尾）																						
雌																						
1歳	169	102	144	385	350	44	51	485	168	592	919	498	237	790	28	46	34	32	42	30	266	50
2歳	1,386	2,592	1,537	1,041	1,646	964	745	4,226	2,976	907	3,495	4,025	3,877	3,163	8,855	1,069	3,706	3,105	1,166	380	1,106	3,088
3歳	5,916	2,113	3,128	2,120	1,116	1,220	1,555	1,347	2,782	3,628	803	1,294	1,526	4,248	3,761	9,491	4,288	4,750	6,571	3,170	1,718	2,943
4歳	7,758	3,403	1,026	2,253	1,036	1,221	829	496	316	1,161	931	383	317	498	1,837	1,006	5,022	1,039	1,421	3,299	2,136	1,246
5歳	4,696	1,701	856	651	1,538	489	146	102	77	167	193	433	130	281	194	367	334	1,036	340	317	768	490
6歳	321	387	295	183	216	177	80	40	15	10	12	34	197	43	54	57	385	41	106	99	139	103
7+歳	7	42	48	70	133	79	45	16	8	5	0	0	37	125	17	12	4	43	4	84	45	11
合計	20,253	10,341	7,035	6,703	6,036	4,194	3,451	6,714	6,343	6,471	6,353	6,668	6,319	9,147	14,745	12,048	13,772	10,046	9,649	7,379	6,178	7,932
雄																						
1歳	96	122	214	363	361	11	31	336	96	499	1,178	317	791	565	0	19	28	23	21	27	186	23
2歳	2,129	3,736	3,237	1,343	2,458	1,524	575	3,008	3,143	1,058	3,228	1,367	2,190	1,794	4,782	615	1,714	1,886	936	236	413	1,426
3歳	4,204	3,106	3,201	1,778	958	1,152	534	507	519	888	614	121	289	826	823	1,108	2,683	1,476	2,805	885	609	736
4歳	4,359	1,661	1,042	1,287	738	609	195	146	46	88	134	24	35	59	21	23	733	308	307	457	425	183
5歳	271	234	684	292	623	146	124	60	42	5	6	13	0	0	0	0	25	136	68	55	160	56
6+歳	451	92	326	268	101	87	29	64	35	6	8	0	0	0	0	0	0	69	67	37	96	28
合計	11,510	8,951	8,703	5,331	5,240	3,529	1,488	4,121	3,880	2,544	5,169	1,842	3,306	3,244	5,626	1,766	5,184	3,897	4,205	1,697	1,890	2,452
雌+雄																						
1歳	265	225	358	748	711	55	82	821	264	1,091	2,098	815	1,028	1,355	28	65	62	55	63	56	452	73
2歳	3,515	6,328	4,774	2,384	4,104	2,487	1,320	7,234	6,119	1,966	6,723	5,392	6,067	4,957	13,637	1,685	5,420	4,991	2,103	616	1,519	4,514
3歳	10,120	5,219	6,329	3,898	2,074	2,372	2,089	1,855	3,301	4,516	1,417	1,416	1,815	5,073	4,584	10,599	6,971	6,226	9,376	4,055	2,327	3,679
4歳	12,118	5,064	2,068	3,540	1,774	1,830	1,025	643	362	1,249	1,066	406	351	557	1,858	1,029	5,755	1,347	1,728	3,756	2,561	1,429
5歳	4,967	1,935	1,540	943	2,161	635	270	162	119	172	199	446	130	281	194	367	359	1,171	408	373	928	547
6+歳	778	520	670	521	450	343	154	120	58	22	20	34	234	168	71	69	389	153	177	220	280	142
合計	31,762	19,291	15,738	12,034	11,276	7,722	4,940	10,835	10,223	9,015	11,523	8,509	9,625	12,391	20,371	13,814	18,956	13,943	13,855	9,076	8,067	10,383

表3．コホート解析によるマガレイ北海道北部系群の年齢別資源尾数とF

年度	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
年齢別資源尾数（千尾）																						
雌																						
1歳	18,277	9,472	6,514	6,768	5,578	4,450	13,770	14,826	4,056	9,187	10,807	19,127	13,990	42,729	12,137	17,330	24,542	13,114	7,042	11,704	39,068	9,805
2歳	8,243	14,693	7,601	5,161	5,150	4,214	3,575	11,138	11,604	3,143	6,928	7,949	15,086	11,149	33,993	9,832	14,034	19,902	10,622	5,682	9,479	31,491
3歳	13,364	5,446	9,597	4,788	3,254	2,700	2,555	2,232	5,237	6,743	1,735	2,477	2,829	8,760	6,205	19,629	7,022	8,059	13,367	7,577	4,272	6,702
4歳	11,662	5,523	2,519	4,976	1,978	1,637	1,093	673	598	1,747	2,207	686	846	922	3,287	1,651	7,389	1,839	2,265	4,934	3,296	1,922
5歳	5,848	2,480	1,419	1,121	2,011	673	229	141	99	201	372	953	212	401	300	1,014	435	1,475	557	559	1,035	752
6歳	423	517	481	381	324	247	106	55	22	11	13	128	384	55	73	69	493	52	265	146	168	149
7+歳	9	56	79	145	199	110	60	22	11	6	0	0	73	160	24	14	6	55	11	125	55	16
合計	57,826	38,187	28,211	23,341	18,494	14,031	21,386	29,085	21,629	21,038	22,062	31,321	33,419	64,177	56,018	49,540	53,921	44,497	34,129	30,727	57,374	50,837
雄																						
1歳	16,912	10,515	6,123	6,873	4,131	1,937	5,610	6,975	2,854	5,571	4,005	5,139	5,672	12,183	7,049	6,461	9,718	4,338	2,140	2,708	8,967	1,699
2歳	9,775	13,086	8,082	4,580	5,033	2,898	1,499	4,342	5,135	2,138	3,898	2,080	3,723	3,719	8,989	5,490	5,015	7,544	3,359	1,648	2,086	6,819
3歳	9,014	5,733	6,894	3,438	2,382	1,750	913	660	727	1,226	731	188	413	966	1,313	2,781	3,733	2,393	4,211	1,790	1,075	1,260
4歳	5,908	3,311	1,724	2,544	1,108	1,010	346	239	66	108	172	27	39	66	24	296	1,188	539	561	804	613	299
5歳	450	754	1,112	423	845	212	249	97	57	11	7	15	0	0	0	0	210	278	148	166	222	103
6+歳	748	296	530	388	138	126	58	104	48	14	9	0	0	0	0	0	141	146	110	134	51	
合計	42,806	33,695	24,466	18,247	13,637	7,934	8,675	12,417	8,887	9,068	8,822	7,448	9,848	16,935	17,375	15,028	19,864	15,234	10,564	7,225	13,096	10,230
雌+雄																						
1歳	35,189	19,987	12,638	13,642	9,708	6,387	19,380	21,800	6,910	14,758	14,812	24,266	19,662	54,912	19,186	23,792	34,260	17,452	9,181	14,412	48,034	11,504
2歳	18,017	27,779	15,683	9,741	10,183	7,113	5,074	15,480	16,740	5,280	10,827	10,028	18,809	14,869	42,982	15,322	19,050	27,446	13,981	7,329	11,565	38,310
3歳	22,379	11,180	16,492	8,226	5,636	4,450	3,467	2,892	5,964	7,969	2,466	2,665	3,242	9,726	7,518	22,410	10,755	10,452	17,578	9,366	5,347	7,962
4歳	17,569	8,834	4,243	7,520	3,087	2,646	1,439	913	665	1,855	2,379	713	885	989	3,310	1,947	8,577	2,378	2,826	5,738	3,909	2,221
5歳	6,298	3,233	2,532	1,544	2,857	885	478	238	157	212	379	968	212	401	300	1,014	645	1,753	705	725	1,257	855
6+歳	1,180	869	1,090	914	661	484	224	181	81	31	23	128	457	216	96	84	499	248	422	381	357	215
合計	100,632	71,882	52,677	41,588	32,131	21,965	30,061	41,502	30,516	30,106	30,885	38,769	43,267	81,112	73,394	64,569	73,784	59,730	44,693	37,952	70,470	61,067
F																						
雌																						
1歳	0.010	0.012	0.025	0.065	0.072	0.011	0.004	0.037	0.047	0.074	0.099	0.029	0.019	0.021	0.003	0.003	0.002	0.003	0.007	0.003	0.008	0.006
2歳	0.206	0.218	0.254	0.253	0.438	0.293	0.263	0.547	0.335	0.386	0.820	0.825	0.336	0.378	0.341	0.129	0.347	0.190	0.130	0.077	0.139	0.115
3歳	0.676	0.563	0.449	0.676	0.479	0.696	1.126	1.108	0.890	0.909	0.720	0.867	0.913	0.772	1.116	0.769	1.132	1.061	0.789	0.624	0.591	0.668
4歳	1.340	1.151	0.602	0.698	0.871	1.759	1.843	1.705	0.883	1.339	0.631	0.965	0.537	0.914	0.968	1.127	1.403	0.986	1.191	1.354	1.269	1.271
5歳	2.217	1.432	1.106	1.034	1.888	1.641	1.225	1.656	1.951	2.524	0.859	0.701	1.136	1.499	1.257	0.513	1.908	1.509	1.128	0.993	1.733	1.285
6歳	1.842	1.773	1.143	0.763	1.349	1.583	1.803	1.711	1.520	9.449	7.956	0.353	0.839	2.005	1.694	2.500	2.005	2.080	0.584	1.384	2.449	1.472
7+歳	1.842	1.773	1.143	0.763	1.349	1.583	1.803	1.711	1.520	9.449	7.956	0.353	0.839	2.005	1.694	2.500	2.005	2.080	0.584	1.384	2.449	1.472
加重平均*	0.697	0.453	0.359	0.429	0.565	0.550	0.302	0.365	0.440	0.524	0.445	0.340	0.269	0.214	0.398	0.384	0.465	0.374	0.453	0.417	0.186	0.232
雄																						
1歳	0.006	0.013	0.040	0.062	0.104	0.006	0.006	0.056	0.039	0.107	0.405	0.072	0.172	0.054	0.000	0.003	0.003	0.006	0.011	0.011	0.024	0.015
2歳	0.283	0.391	0.605	0.404	0.806	0.906	0.570	1.537	1.182	0.823	2.783	1.366	1.099	0.791	0.923	0.136	0.490	0.333	0.380	0.177	0.254	0.270
3歳	0.752	0.952	0.747	0.882	0.608	1.370	1.088	2.049	1.654	1.717	3.049	1.312	1.578	3.457	1.239	0.601	1.685	1.201	1.406	0.822	1.028	1.085
4歳	1.809	0.841	1.154	0.852	1.404	1.151	1.020	1.181	1.530	2.496	2.187	8.555	8.819	9.187	7.954	0.093	1.202	1.041	0.969	1.035	1.537	1.180
5歳	1.148	0.433	1.193	1.525	1.801	1.513	0.834	1.190	1.761	0.731	9.329	7.968	0.329	0.287	0.241	0.192	0.146	0.804	0.737	0.474	1.699	0.970
6+歳	1.148	0.433	1.193	1.525	1.801	1.513	0.834	1.190	1.761	0.731	9.329	7.968	0.329	0.287	0.241	0.192	0.146	0.804	0.737	0.474	1.699	0.970
加重平均*	0.507	0.414	0.582	0.477	0.679	0.846	0.287	0.720	0.863	0.524	1.726	0.511	0.616	0.446	0.582	0.164	0.515	0.414	0.755	0.381	0.259	0.365

*年齢別資源尾数によって重み付けした平均

表4．マガレイ北海道北部系群の年齢別資源重量

年度	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
年齢別資源重量（トン）																						
雌																						
1歳	224	116	80	83	68	54	169	182	50	113	132	234	171	523	149	212	301	161	86	143	478	120
2歳	735	1,311	678	460	460	376	319	994	1,035	280	618	709	1,346	995	3,033	877	1,252	1,776	948	507	846	2,810
3歳	1,775	723	1,275	636	432	359	339	296	696	896	230	329	376	1,163	824	2,607	933	1,070	1,775	1,006	567	890
4歳	1,831	867	396	781	311	257	172	106	94	274	347	108	133	145	516	259	1,160	289	356	775	518	302
5歳	1,082	459	263	207	372	125	42	26	18	37	69	176	39	74	56	188	80	273	103	103	191	139
6歳	90	110	102	81	69	52	22	12	5	2	3	27	81	12	15	15	104	11	56	31	36	31
7+歳	2	13	19	35	48	27	14	5	3	1	0	0	18	39	6	3	1	13	3	30	13	4
合計	5,740	3,600	2,812	2,284	1,760	1,250	1,078	1,620	1,900	1,604	1,399	1,584	2,164	2,951	4,599	4,162	3,832	3,593	3,327	2,596	2,650	4,296
雄																						
1歳	207	129	75	84	51	24	69	85	35	68	49	63	69	149	86	79	119	53	26	33	110	21
2歳	715	958	591	335	368	212	110	318	376	156	285	152	272	272	658	402	367	552	246	121	153	499
3歳	893	568	683	340	236	173	90	65	72	121	72	19	41	96	130	275	370	237	417	177	106	125
4歳	603	338	176	260	113	103	35	24	7	11	18	3	4	7	2	30	121	55	57	82	63	31
5歳	49	83	122	46	93	23	27	11	6	1	1	2	0	0	0	0	23	30	16	18	24	11
6+歳	92	36	65	48	17	16	7	13	6	2	1	0	0	0	0	0	0	17	18	13	16	6
合計	2,559	2,111	1,712	1,114	877	551	339	516	502	360	426	238	387	524	877	786	1,000	945	780	445	472	693
雌+雄																						
1歳	431	245	155	167	119	78	237	267	85	181	181	297	241	672	235	291	420	214	112	176	588	141
2歳	1,451	2,269	1,270	796	828	588	429	1,311	1,411	437	903	861	1,618	1,267	3,691	1,279	1,619	2,328	1,194	628	998	3,309
3歳	2,668	1,291	1,957	976	668	532	430	362	768	1,017	303	348	417	1,259	954	2,883	1,302	1,307	2,192	1,184	674	1,015
4歳	2,435	1,205	572	1,041	424	360	207	130	101	285	364	110	137	152	519	289	1,282	344	413	857	580	332
5歳	1,131	541	385	254	465	148	70	37	25	38	70	178	39	74	56	188	103	303	119	122	216	150
6+歳	184	159	186	164	134	95	44	30	13	6	4	27	99	51	21	18	106	42	77	75	65	41
合計	8,299	5,711	4,524	3,398	2,637	1,801	1,416	2,137	2,402	1,964	1,825	1,822	2,551	3,475	5,475	4,948	4,832	4,538	4,107	3,041	3,122	4,989

表5．マガレイ北海道北部系群の雌の年齢別成熟割合と雌の年齢別産卵親魚量

年度	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
雌の年齢別成熟割合																						
1歳	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2歳	0.00	0.00	0.30	0.17	0.52	0.17	0.11	0.36	0.55	0.30	0.45	0.66	0.81	0.69	0.29	0.59	0.28	0.38	0.13	0.23	0.08	0.33
3歳	0.67	0.51	0.85	0.82	0.89	0.80	0.95	0.79	0.91	0.94	0.97	0.94	0.98	0.95	0.99	0.74	0.79	0.97	0.83	0.79	0.72	0.62
4歳	0.99	0.98	0.97	0.89	0.99	0.91	0.99	0.96	0.95	0.94	0.98	0.97	1.00	1.00	1.00	0.99	0.80	1.00	0.96	0.92	0.89	0.79
5歳	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.90	0.98	0.95	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	1.00	0.99	0.96	0.79	0.90
6歳	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.91	0.93	0.98
7+歳	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
雌の年齢別産卵親魚量（トン）																						
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	186	109	265	76	145	508	212	254	436	1,211	1,092	2,843	342	1,010	673	492	87	269	315	393
3歳	545	729	601	396	354	303	314	612	909	241	355	396	1,269	870	2,872	768	946	1,914	937	499	712	2,561
4歳	953	431	846	307	282	173	117	100	291	364	117	143	161	572	287	1,275	257	394	826	532	298	474
5歳	511	292	231	411	139	47	29	18	41	73	197	43	83	62	209	89	286	115	114	204	123	99
6歳	123	114	91	76	58	23	13	5	3	3	30	91	13	17	16	117	12	62	35	36	33	49
7+歳	17	24	43	59	33	18	7	3	2	0	0	22	48	7	4	2	16	3	37	16	5	11
合計	2,148	1,589	1,997	1,358	1,131	640	625	1,247	1,457	935	1,135	1,906	2,665	4,370	3,731	3,261	2,189	2,980	2,036	1,557	1,485	3,588

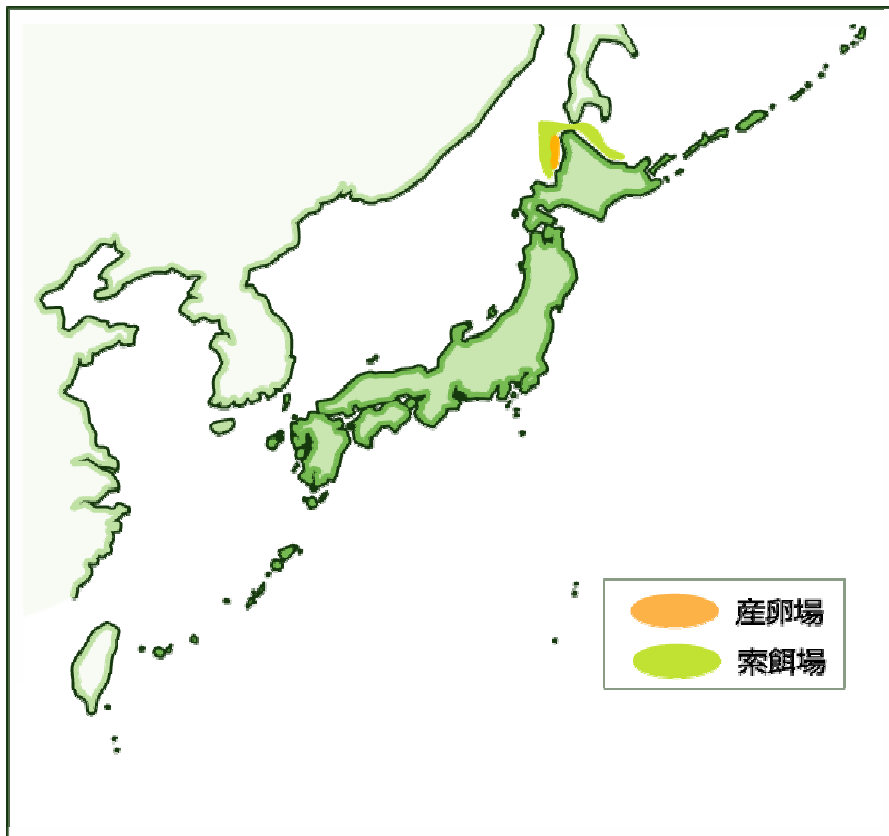


図1 マガレイ北海道北部系群の分布図

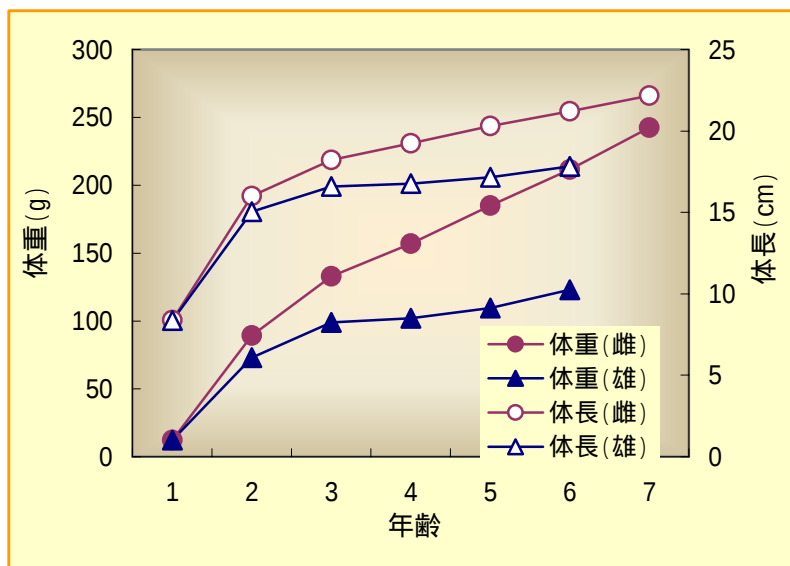


図2 マガレイ北海道北部系群の成長

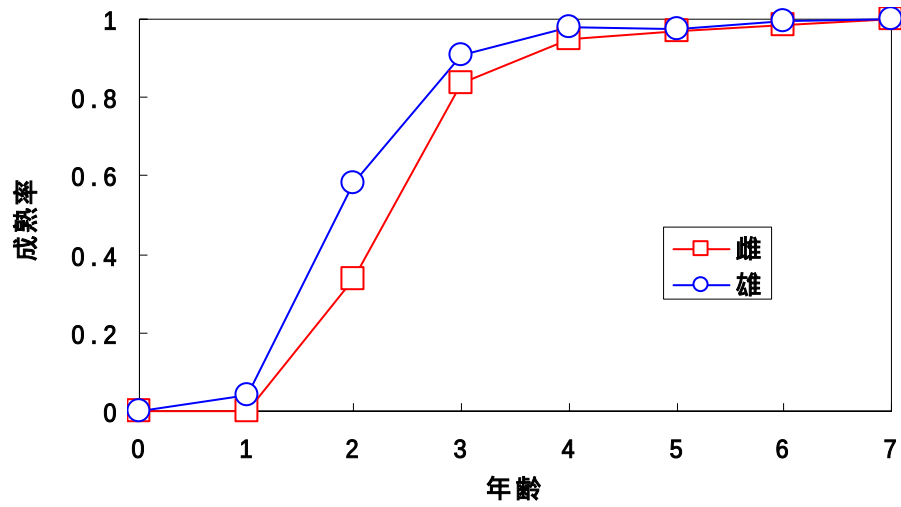


図3 マガレイ北海道北部系群の成熟率（北海道立水産試験場資料）

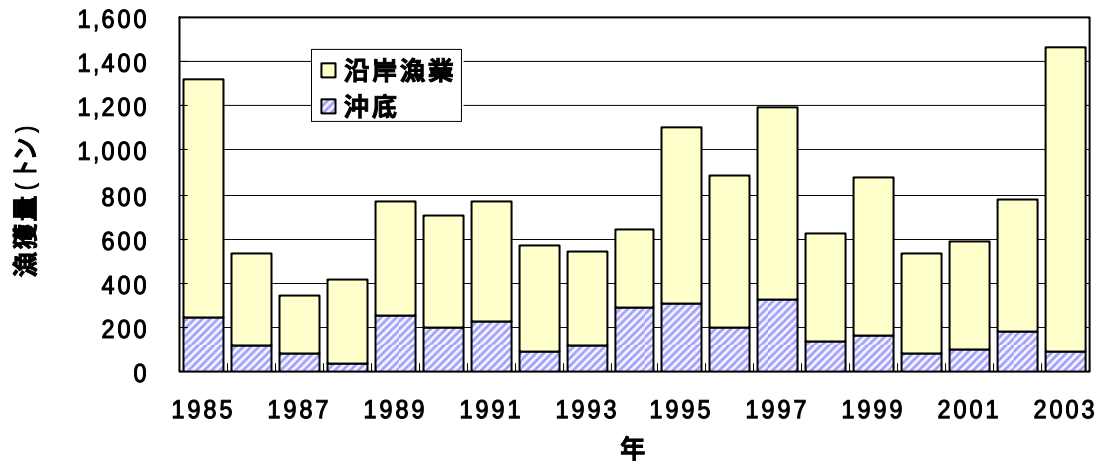


図4 オホーツク海におけるマガレイの漁獲量

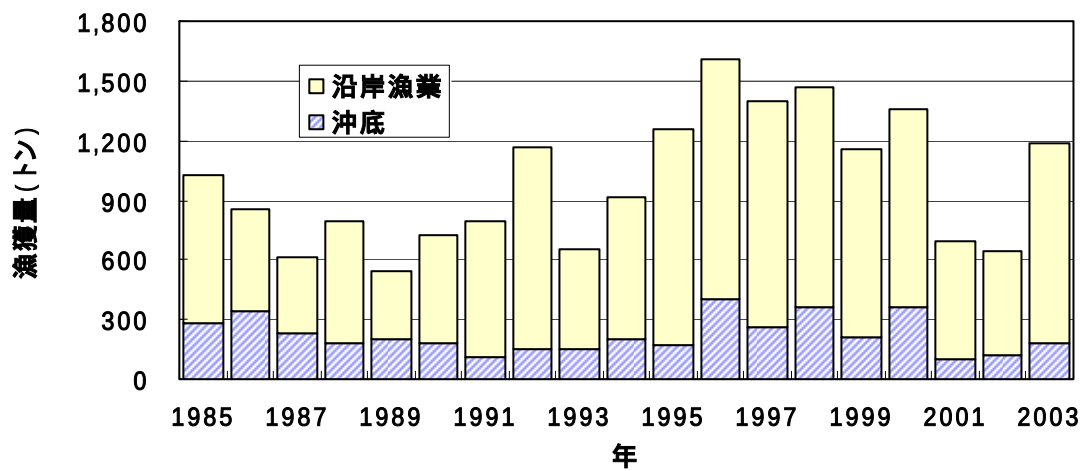


図5 道北日本海におけるマガレイの漁獲量

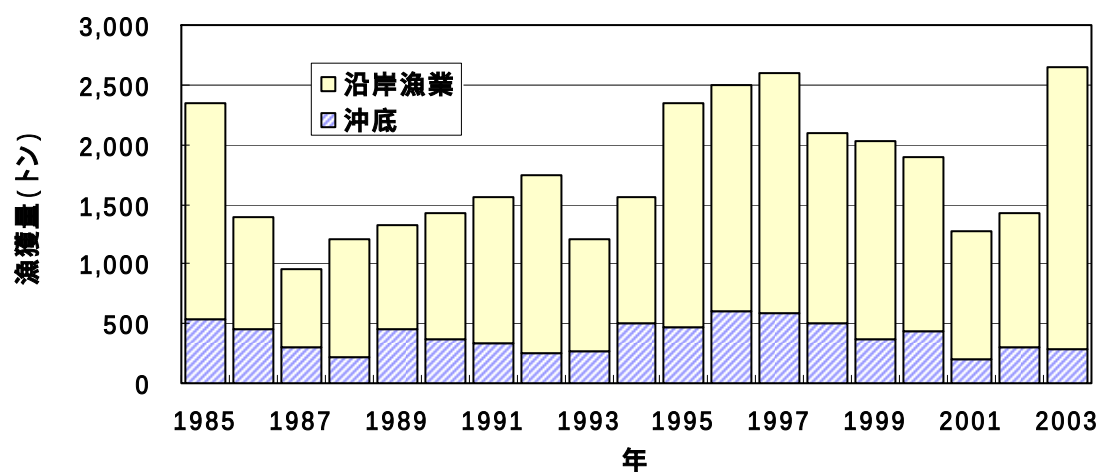


図6 マガレイ北海道北部系群の漁獲量

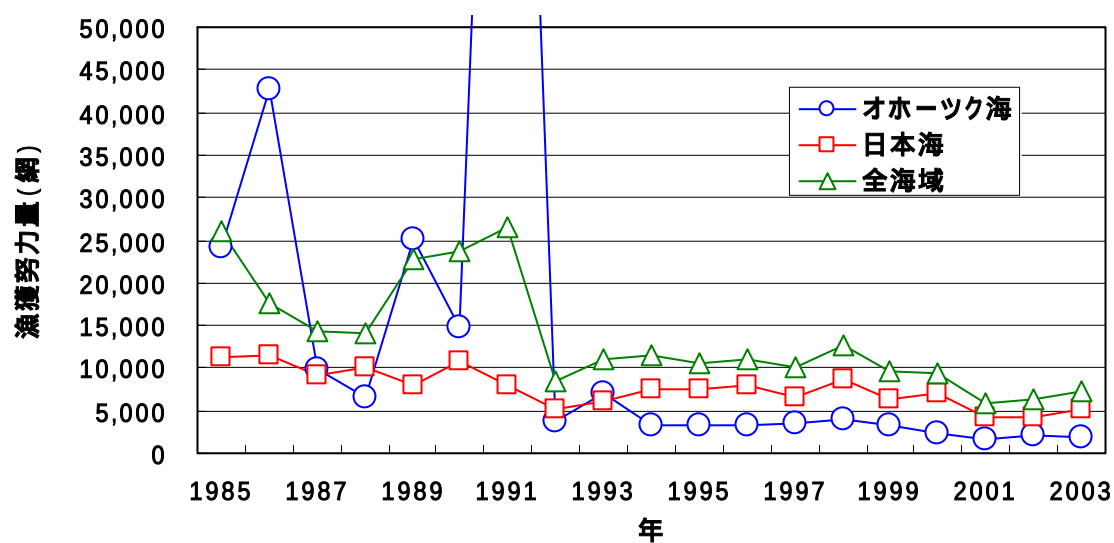


図7 マガレイ北海道北部系群に対する沖底の漁獲努力量

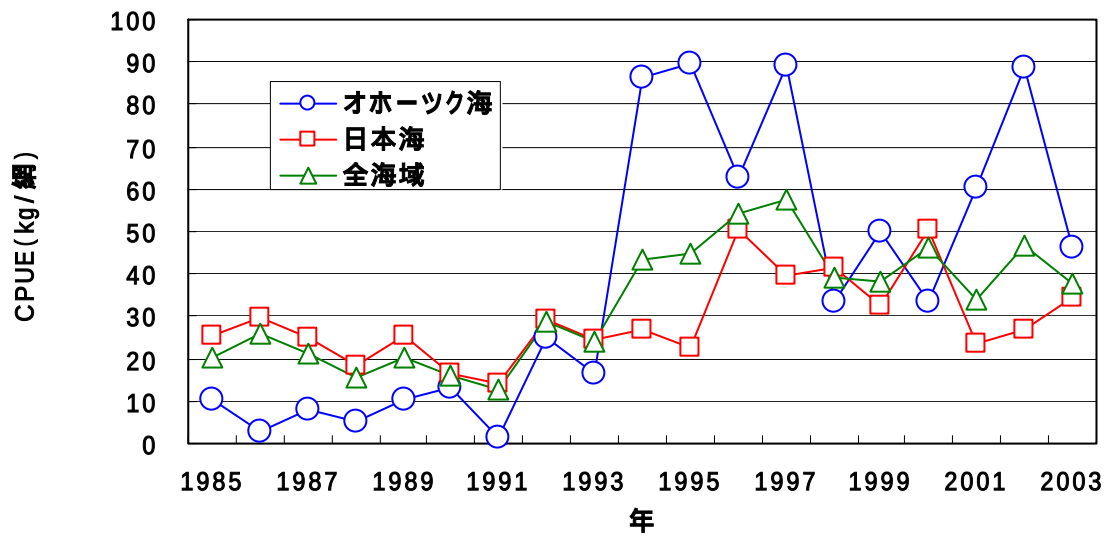


図8 マガレイ北海道北部系群に対する沖底のCPUE

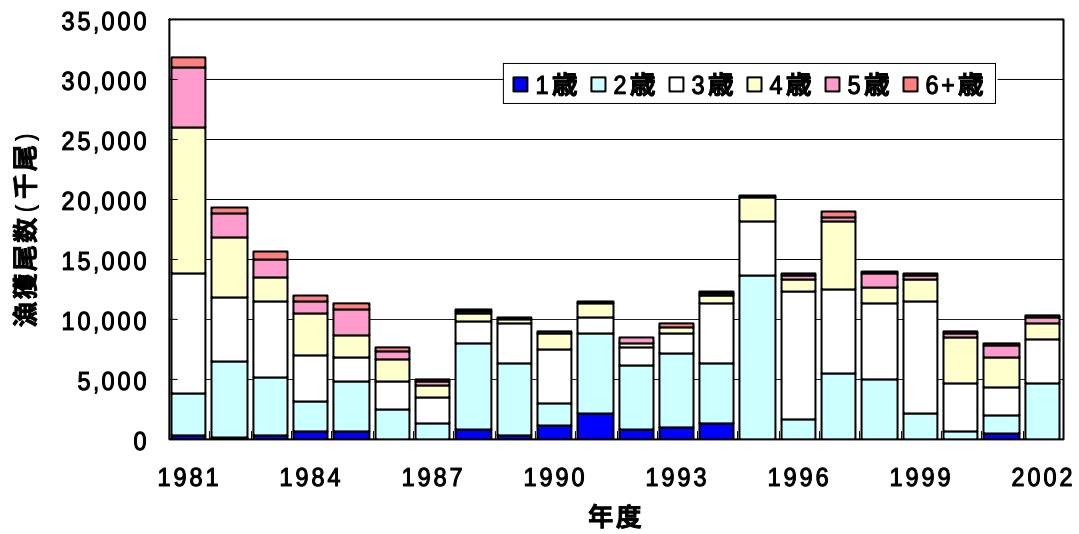


図9 マガレイ北海道北部系群の年齢別漁獲尾数(北海道立水産試験場資料)

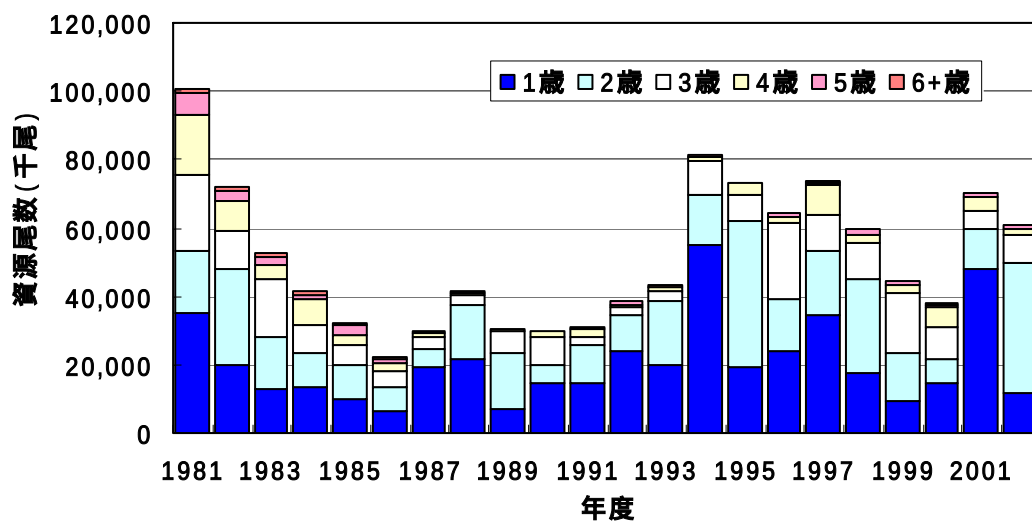


図 10 マガレイ北海道北部系群の年齢別資源尾数

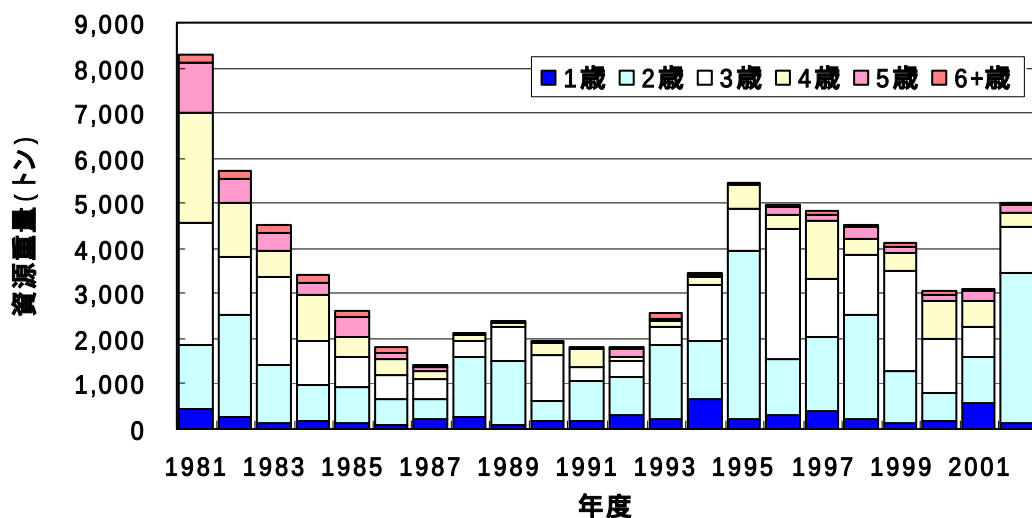


図 11 マガレイ北海道北部系群の年齢別資源重量

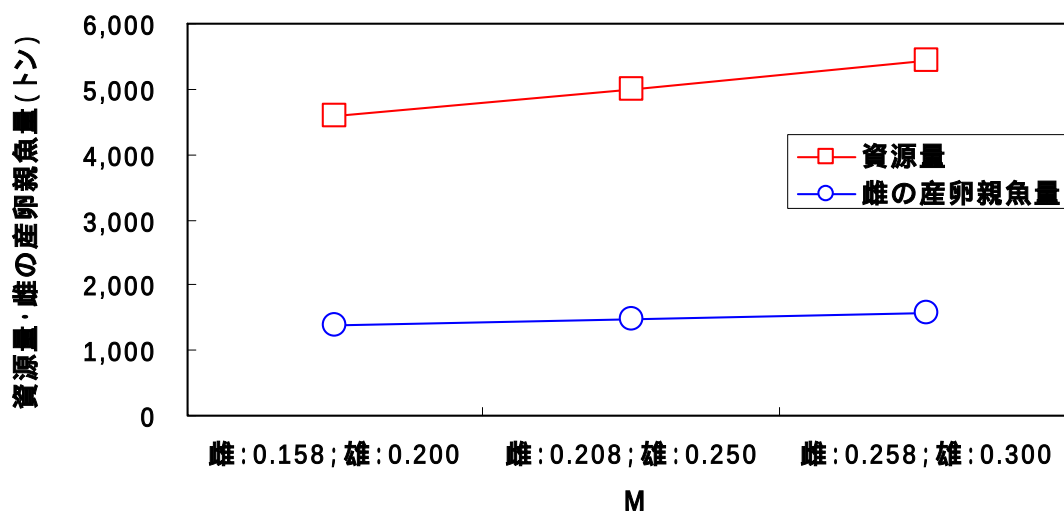


図 12 マガレイ北海道北部系群の 2002 年度の資源量と雌の産卵親魚量に対する M の感度解析

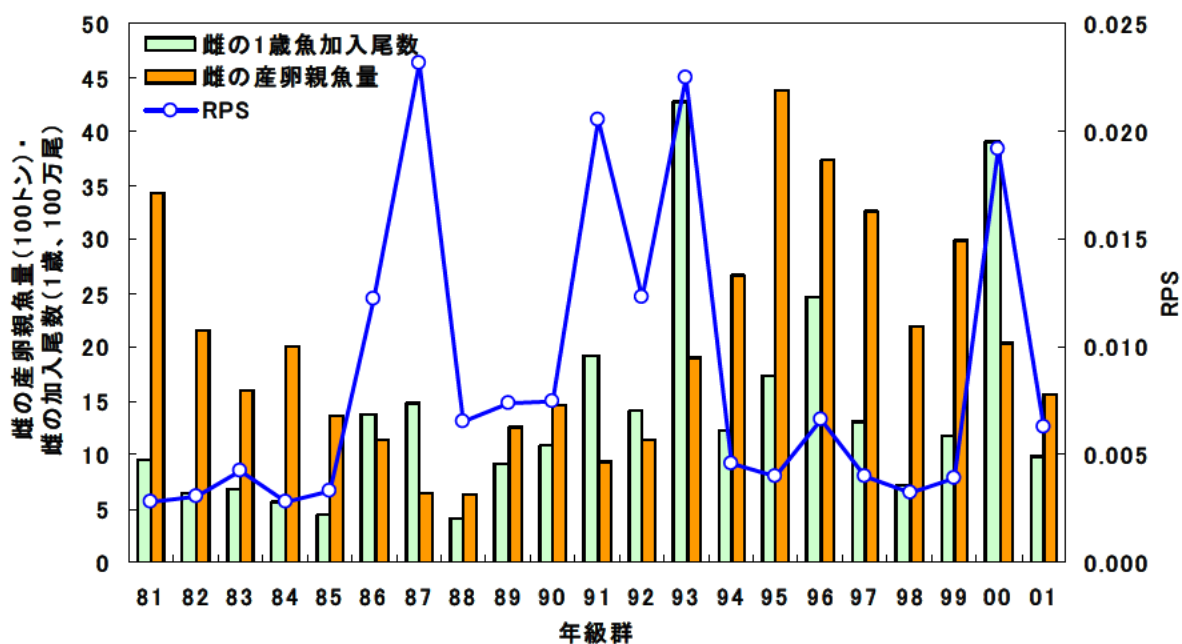


図13 マガレイ北海道北部系群に関する雌の産卵親魚量、雌の1歳魚加入尾数および再生産成功率の経年変化

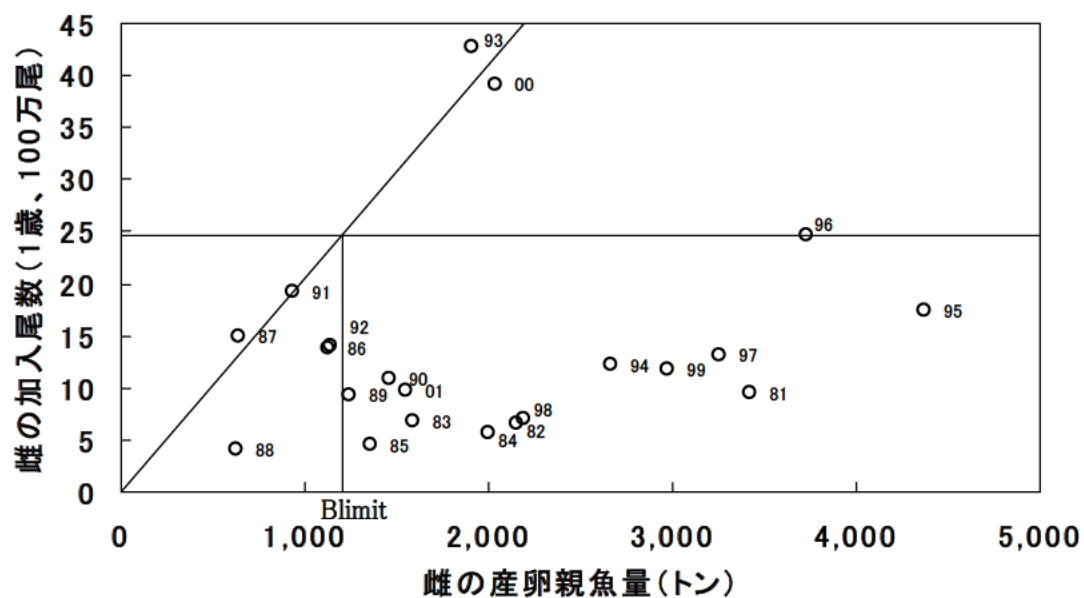


図14 マガレイ北海道北部系群に関する雌の産卵親魚量と雌の1歳魚加入尾数の関係。
なお、数字は年級群を示す。

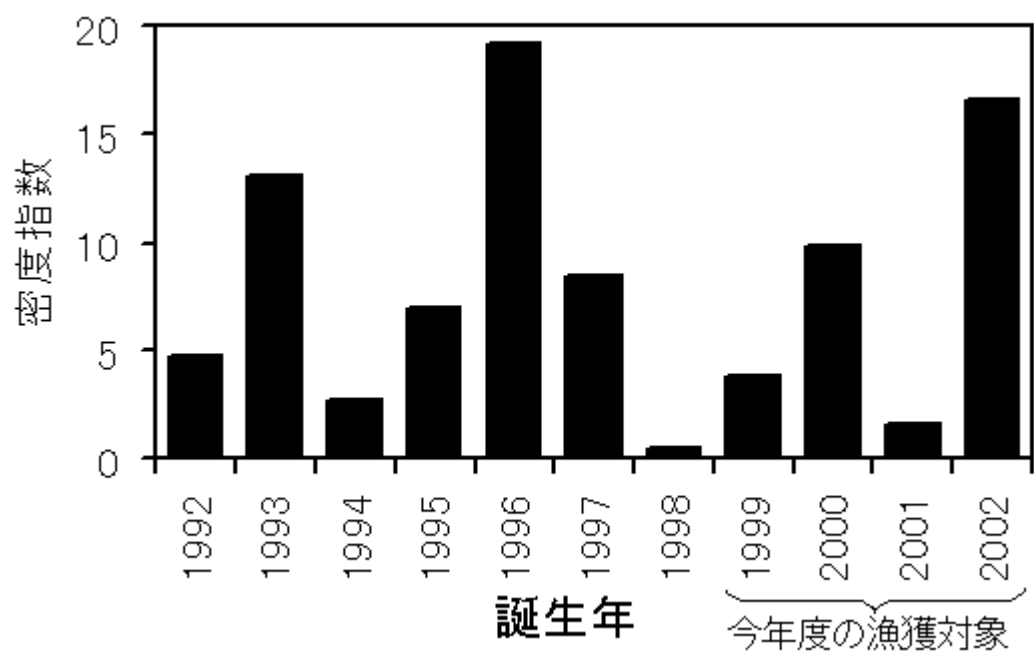


図15 北海道立水産試験場が実施している新規加入量調査によって得られたマガレイ北海道北部系群に関する各年級群の1歳時の密度指数（北海道立水産試験場資料）

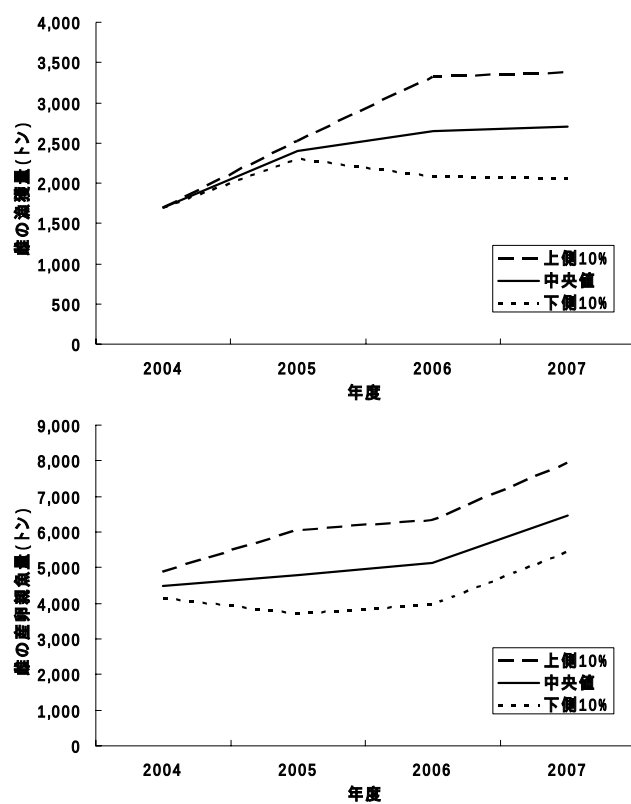


図16 マガレイ北海道北部系群に関する1.1Fcurrentで漁獲した場合の雌の漁獲量と雌の産卵親魚量のシミュレーション結果

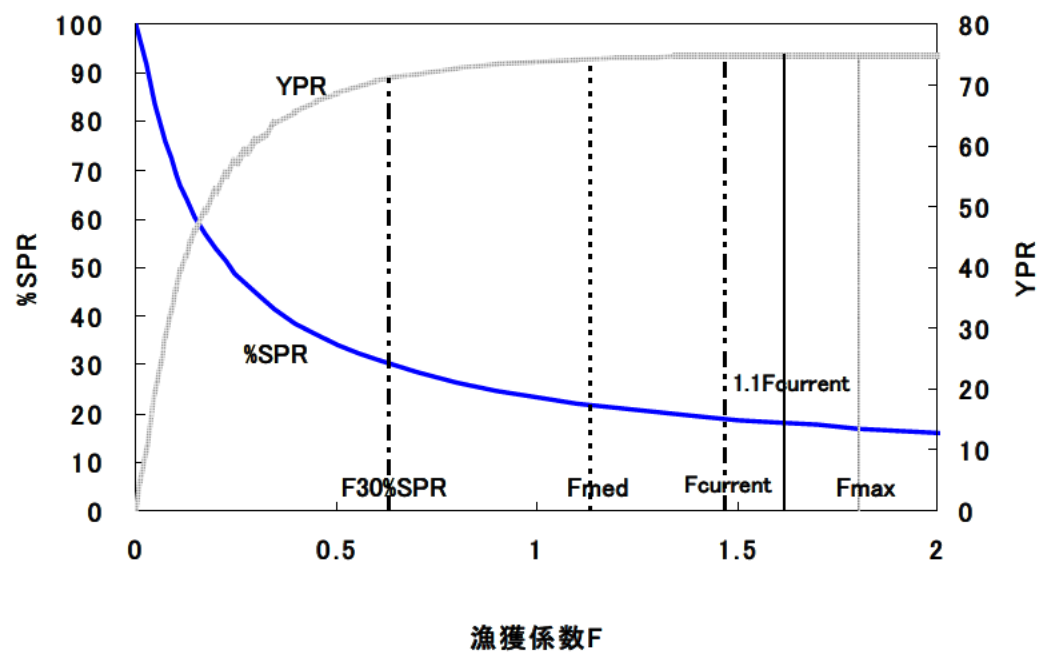


図17 マガレイ北海道北部系群に関する漁獲係数 F とSPRおよびYPRの関係

補足資料1

1990～1992年のオホーツク海における沖底の漁業種類別漁獲量、努力量およびCPUEを以下に示す。これから、1991年に、100トン以上のかけまわしの漁獲量およびCPUEが極端に低下していることがわかる。この原因については現在不明であるが、1991年には100トン以上のかけまわしの漁獲対象が、他魚種に移行した可能性がある。努力量の標準化の際には、この極端に低い100トン以上のかけまわしのCPUEが基準となるため、それ以外の漁業種の努力量は、極端に高く算出されてしまうのである。つまり、1991年の100トン未満のかけまわしの努力量は、本来約1,700網であるが、これが標準化されると、この値に、100トン未満のかけまわしのCPUEを100トン以上のかけまわしのCPUEで割った値（ $135.3/1.5 = 90.2$ ）が乗じられるため、約153,300網と算出される。

年	100トン未満のかけまわし			100トン以上のかけまわし			トロール		
	漁獲量 (トン)	努力量 (網)	CPUE (kg/網)	漁獲量 (トン)	努力量 (網)	CPUE (kg/網)	漁獲量 (トン)	努力量 (網)	CPUE (kg/網)
1990	168	2,378	70.6	29	2,146	13.3	0	3	42.7
1991	225	1,666	135.3	1	615	1.5	1	72	13.2
1992	78	1,462	53.0	13	542	24.9	0	0	-

補足資料2

コホート解析により、年齢別資源尾数と漁獲係数を雌雄別に推定した。雌は7歳以上をまとめて7+歳（プラスグループ）とし、一方、雄は6歳以上をまとめて6+歳とした。年齢別漁獲尾数としては、北海道立水産試験場が、年度（7月～翌年6月）で集計したものをを用いた。ただし、漁獲尾数が0となっているセルには、便宜的に1尾を入れた。自然死亡係数 M は、田内・田中の寿命と自然死亡係数の関係（田内・田中，1960）により、雌で0.208（寿命12歳）、雄で0.250（寿命10歳）とした。年齢別資源尾数 N の推定には、以下の式（Pope，1972）を用いた。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

ここで、 $N_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の漁獲尾数である。

ただし、最近年、最高齢（プラスグループ、添え字 p ）および最高齢-1歳（ $p-1$ ）の資源尾数については、以下の式（平松，2001）を用いて推定した。

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{1 - \exp(-F_{a,y})}$$

$$N_{p,y} = \frac{C_{p,y}}{C_{p-1,y}} N_{p-1,y}$$

$$N_{p-1,y} = \frac{C_{p-1,y}}{C_{p,y} + C_{p-1,y}} N_{p,y+1} \exp(M) + C_{p-1,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

また、漁獲死亡係数 F については、ターミナル F (以下 F_t) を除き、以下の式 (平松, 2001) を用いて推定した。

$$F_{a,y} = -\ln \left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}} \right)$$

F_t の内、最近年の F_t については、過去 3 年間の F の平均とし、一方、プラスグループの F_t については、最高齢-1 歳の F と等しいとした (平松, 2001)。用いた式は以下である。

$$F_{a,y} = \frac{F_{a,y-3} + F_{a,y-2} + F_{a,y-1}}{3}$$

$$F_{p,y} = F_{p-1,y}$$

補足資料 3 加入量推定方法

従来の確率論的な加入量推定方法としては、Fixed-interval 法 (Evans and Rice (1988); Pazz and Larrañeta (1993))、Cauchy 法 (Evans and Rice (1988); Pazz and Larrañeta (1993); Cook (2000)) および New England 法 (Getz and Swartzman (1980); Swartzman et al. (1983); Overholtz and Swissenwine (1985); Gabriel et al. (1989)) などが提案されている。

マガレイの再生産関係において、以上の 3 つの方法と New England 法を基礎とした新法 (木元, 2004) さらに Ricker および Beverton and Holt 法の加入量推定精度をジャックナイフ法により比較 (Pazz and Larrañeta (1993); Cook (2000); Stone (1974)) した。その結果、New England 法を基礎とした新法が最良であった。したがって、シミュレーションの加入量推定方法には、New England 法を基礎とした新法を採用した。その方法を以下に示す。

New England 法を基礎とした新法

1. 再生産関係の親魚量の軸を、過去最低実測値以上で最適な 3 区域 (親魚量階級) に区切った。また、加入量の軸も同様に、最適な 3 区域 (加入量階級) に区切った (付図 1)。ここで、親魚量階級は、階級が小さい順に S1 から S4 (S4 は上限なし) とし、また、加入量階級も、階級が小さい順に R1 から R3 とした。

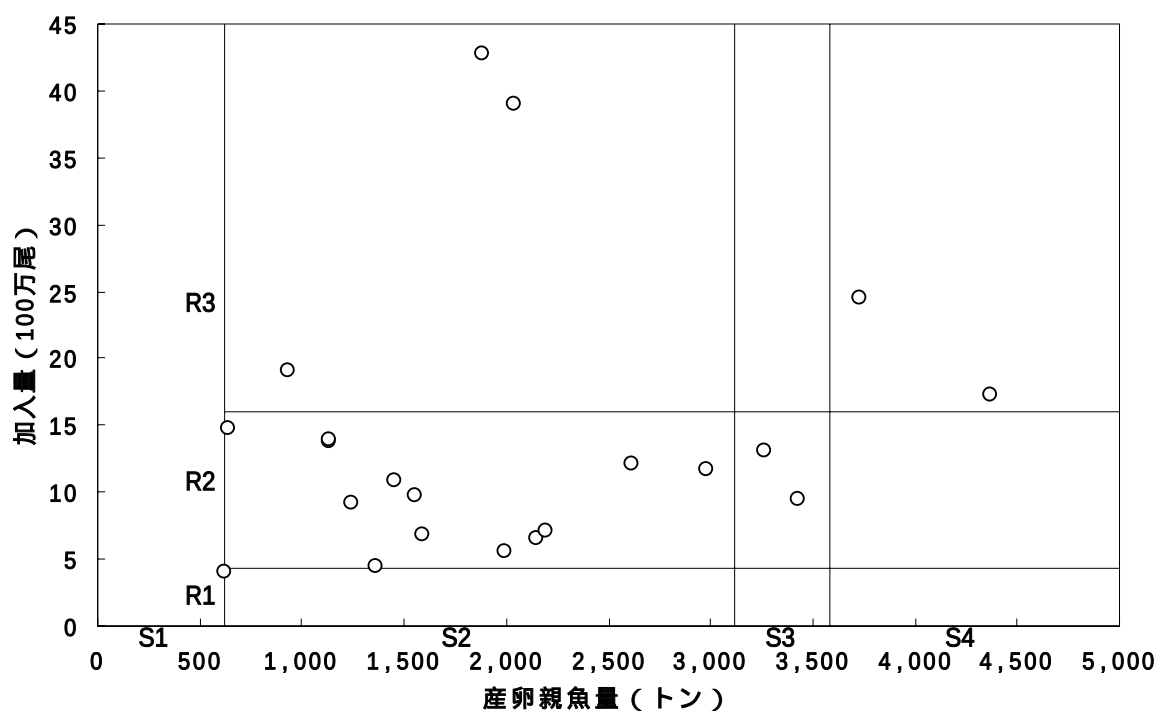
ある年の産卵親魚量が過去最低実測値以上 (S2 - S4) の場合

2. 再生産プロットの数、各区域について数えた。次に、各親魚量階級において、各加入量階級に含まれるプロット数を、プロット総数で割り、各加入量階級が選択される確率を求めた。
3. ある年の産卵親魚量が含まれる親魚量階級において、2 で求めた確率を用いて、一様乱数により加入量階級を 1 つ選択した。
4. 加入量階級が R1 および R2 の場合は、加入量が階級内で一様に起こると仮定して、一様乱

数により加入量を求めた。一方、加入量階級が R3 の場合は、過剰な加入量が出にくいように、対数正規分布を用いて加入量を求めた。

ある年の産卵親魚量が過去最低実測値未満(S1)の場合

5. 親魚量階級 S2 に含まれる再生産プロットの内、1 点をランダムに選択した。
6. 過剰な加入量が出にくいようにするために、ある年の産卵親魚量に、5 で選択したプロットにおける RPS を乗じ、加入量を求めた。



付図1 マガレイ北海道北部系群に関する再生産関係の最適な区切り方