

平成17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

マガレイ北海道北部系群の資源量は、2001および2003年度に卓越した加入があったため、2001年度以降大幅に増加し、2003年度には過去23年間(1981～2003年度)で2番目に高い値(7,454トン)となった。したがって、資源水準および動向は、それぞれ高位で増加傾向と判断した。Flimitは、2005年から2009年の平均産卵親魚量が現状を保ち、累積漁獲量が最大となる $1.2F_{current}$ とし、 F_{target} は $0.8 \times Flimit$ とした。

	2006年ABC	年度	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	32百トン	2005*	$1.2F_{current}$	2.06	42%
ABCtarget	29百トン	2005*	$0.8 \cdot 1.2F_{current}$	1.65	37%

年	漁獲量(百トン)	年度	資源量(百トン)	F値	漁獲割合
2003	27	2002*	64	1.36	19%
2004	22	2003*	75	1.72	32%
2005	—	2004*	83**	1.72***	—

F値は雌の最高齢7歳のものである。

ABC・漁獲量は暦年集計。資源量・F値・漁獲割合は漁期年集計(7月～翌年6月)。

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

2004年度(2004年7月～2005年6月)、2005年度(2005年7月～2006年6月)。

**2003年度の1歳魚加入量を1996年度の1歳魚加入量に等しいと仮定して算出。

***2004年度のFは2003年度のFに等しいと仮定。

(水準・動向)

水準:高位 動向:増加

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、これまで及び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

各年齢における雌雄別の体重および雌の成熟時の体重が得られている(北海道立水産試験場資料)。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。

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

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

これらの結果を、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。雌は7歳で体長約22cm、体重約245gに成長し、一方、雄は6歳で体長約18cm、体重約126gに成長する。

満年齢	1	2	3	4	5	6	7
雌:体長(cm)	8.6	16.2	18.4	19.3	20.4	21.1	22.2
雌:体重(g)	13.0	92.1	137.8	158.9	186.8	208.1	244.8
雌:成熟時体重(g)*	-	123.6	150.0	174.7	211.7	240.9	312.2
雄:体長(cm)	8.5	15.3	16.7	16.7	17.0	18.0	—
雄:体重(g)	13.0	77.6	100.4	100.6	106.5	126.3	—

*成熟時は5月。

(3) 成熟・産卵

各年齢における成熟率を下表と図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, 2004)。なお、成熟率には1981年度から2003年度の平均値を用いた(北海道立水産試験場資料)。

満年齢	1	2	3	4	5	6	7
雌:成熟率(%)	0.0	33.5	81.3	92.6	95.9	97.5	100
雄:成熟率(%)	3.8	57.4	87.9	96.7	97.7	98.4	100

(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年には1985年以降最高の1,461トンに達したが、2004年には約380トン減少し、漁獲量は1,077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、2004年には再び1,100トン以上に回復し、2004年の漁獲量は1,106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。その後再び増加し、2003年には1985年以降最高の2,651トンに達したが、2004年には約470トン減少し、漁獲量は2,183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についてのみを示す。

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)。詳細については補足資料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年以降は現在まで4,000網以下で推移している。2004年の漁獲努力量は3,461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)。2004年の漁獲努力量は5,287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14,000～27,000網の間で推移していたが、その後は現在まで13,000網以下で推移している(表1、図7)。2004年の漁獲努力量は8,748網であった。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

Popc(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年には30kg/網以下で推移していたが、その後は現在まで30～90kg/網の間で増減を繰り返している(表1、図8)。2004年のCPUEは、2003年とほぼ同値の47.5kg/網であった。

道北日本海における沖底のCPUEは、1985～1995年には30 kg/網以下で推移していたが、その後は現在まで概ね30 kg/網以上で推移している(表1、図8)。2004年のCPUEは、2003年よりも約16 kg/網高い50.3kg/網であった。

2海域を合わせた沖底のCPUEは、1985～1993年には30kg/網以下で推移していたが、その後は現在まで30～60kg/網の間で増減を繰り返している(表1、図8)。2004年のCPUEは、2003年よりも約12 kg/網高い49.2kg/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。

各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(1999～2003年度)の平均値は、雌雄合計の漁獲尾数/雌漁獲尾数=1.307、雌雄合計の漁獲量/雌漁獲量=1.206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などについては、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5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1,463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傾向にあったためである。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700トン(約5,500万尾)の加入(1993年級群)があったため、資源量は3,614トンに増加し、さらに1995年度には5,668トンに達した。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)、資源量は減少に転じ、2000年度には3,307トンに落ち込んだ。2001、2003年度には1993年級群並の卓越した加入があったため、資源量は2001年度以降3年連続で増加し、2003年度の資源量は7,454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2003年度の資源量は、それぞれ6,891トンおよび8,086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108%であった(図12)。また、同様のMを用いて算出された2003年度の雌の産卵親魚量は、それぞれ1,878トンおよび2,109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106%であった。

(5) 資源の水準・動向

2003年度の資源量は、過去23年間(1981～2003年度)で2番目に高い値であったため、資源

水準は高位と判断した。また、過去5年間(1999～2003年度)の資源量の経年変化をもとに、資源動向は増加と判断した。なお、卓越年級群である2002年級群に支えられ、資源量は今後も高位で推移すると考えられる。

5. 資源管理の方策

(1) 再生産関係

雌の加入尾数(1歳)と産卵親魚量の経年変化を図13(横軸は加入の年級群)に、またそれらの関係を図14に示す。

雌の加入尾数については、1980年代後半以降増減が激しく、1993、1996、2000および2002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4つの年級群を卓越年級群とみなす。

雌の産卵親魚量については、1980年代後半から1990年代前半にかけて低水準で推移した。その後は、卓越年級群の加入があった後に増加する傾向が認められる。

再生産成功率は、1980年代後半以降大きく変動しており、1987、1991、1993、2000および2002年級群で概ね0.04以上の高い値が観測された。

Blimitは、22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860トンと設定した(図14)。このBlimitは、高い再生産成功率があったときに高い加入量が期待できる産卵親魚量である。

(2) 漁獲圧と資源動向

2005～2009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(下表および図16)。ここで漁獲方法は、Fcurrentを20%刻みで変化させた場合を想定した。2005年度以降の雌の加入尾数は、再生産成功率が1981～2002年級群の中央値(0.020)で推移し、また過去に観測された最大の加入尾数(2003年度:4,876万尾)以上は起こらないと仮定した。さらに、2004年度の漁獲係数は2003年度(Fcurrent)と同じとした。なお、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、2003年級群(2004年度1歳)の豊度は平年並みと考えられている。よって、その調査結果(図15)を基に、2003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。

年度		2005	2006	2007	2008	2009	
F	基準値	雌の漁獲量(トン)					平均値
1.37	0.8Fcurrent	2,187	2,264	2,700	3,122	3,380	2,731
1.72	Fcurrent	2,564	2,427	2,841	3,179	3,285	2,859
2.06	1.2Fcurrent	2,892	2,527	2,933	3,154	3,038	2,909
2.40	1.4Fcurrent	3,179	2,586	2,995	3,091	2,771	2,924
F	基準値	雌の産卵親魚量(トン)					平均値
1.37	0.8Fcurrent	2,474	2,576	3,224	3,632	3,870	3,155
1.72	Fcurrent	2,175	2,160	2,683	2,900	2,934	2,570
2.06	1.2Fcurrent	1,918	1,839	2,278	2,322	2,176	2,107
2.40	1.4Fcurrent	1,695	1,588	1,964	1,879	1,637	1,753

全てのFで漁獲した場合において2005～2009年度の雌の平均漁獲量は、過去2番目に高い値であった2003年度(1,988トン)以上となり、各年度の産卵親魚量は、常にBlimit(約860トン)以上であると予測された。また、1.2Fcurrentで漁獲した場合には平均産卵親魚量はほぼ現状(2,246トン)並みとなり、さらに1.2Fcurrent以下では現状以上となった。産卵親魚量が現状並みもしくは現状以上となるFのうち、1.2Fcurrentで漁獲した場合に雌の最大平均漁獲量が得られた。

(3) 漁獲制御方法

資源量および雌の産卵親魚量は近年増加し、水準も高位で推移している。また、資源量および雌の産卵親魚量は卓越年級群である2002年級群に支えられ、今後も高位で推移すると考えられる。よって、産卵親魚量が現状の高位を維持し、2005～2009年度の平均漁獲量が最大となる漁獲係数1.2FcurrentをFlimitとし、この時の漁獲量をABClimitとする。

6. 2006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、動向は増加と判断した。また、現状のF(2003年度のF)の1.2倍で漁獲した場合、雌の産卵親魚量が現状並みとなり、さらに2005～2009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1.2Fcurrent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2003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1.2Fcurrentとし、さらに、Ftargetは予防的措置を考慮して $0.8 \times \text{Flimit}$ とした。

予測された漁獲量は、漁期年(年度)集計である。一方、ABCは暦年のため、次の方法で2006年のABCを算出した。

2006年の雌の漁獲量は、2005年度の1～6月(2006年)の雌の漁獲量と2006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、 $\text{年別漁獲量(1～6月)}/\text{年度別漁獲量} = 0.37$ 、 $\text{年別漁獲量(7～12月)}/\text{年度別漁獲量} = 0.63$ であった(過去5年間平均)。よって、2005年度と2006年度の雌の漁獲量にこれら各係数を乗じ、2006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(1.206:1)を用いて、雌雄全体の漁獲量を算出し、2006年のABCとした。以上をまとめると、

$$2006\text{年の雌の漁獲量} = 2005\text{年度の雌の漁獲量} \times 0.37 + 2006\text{年度の雌の漁獲量} \times 0.63$$

$$2006\text{年のABC} = 2006\text{年の雌の漁獲量} \times 1.206$$

となり、2006年のABCは下表のように算出される。

	2006年ABC	年度	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	32 百トン	2005*	1.2Fcurrent	2.06	42%
ABCtarget	29 百トン	2005*	$0.8 \cdot 1.2\text{Fcurrent}$	1.65	37%

F値は雌の最高齢7歳のものである。

ABCは暦年集計。F値・漁獲割合は漁期年集計(7月～翌年6月)。

*2005年度(2005年7月～2006年6月)

(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)
2004 年(当初)	0.59C2002	—	8.4	6.7	—
2004 年(2004 年再評価)	Fcurrent	56	21	20	—
2004 年(2005 年再評価)	Fcurrent	56	21	20	22
2005 年(当初)	1.1Fcurrent	—	26	24	—
2005 年(2005 年再評価)	1.2Fcurrent	74	30	27	—

資源量、ABC、漁獲量の単位:百トン

*資源量は漁期年集計。2004年は2003年度を、2005年は2004年度を示す。

7. 引用文献(補足資料分も合わせて掲載)

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(2004) 北海道水産資源管理マニュアル【2004年度】, pp.59.

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.pdf>

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.

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.

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.

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.

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

渡野邊雅道(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			沖底		沿岸			沖底		沿岸		
	漁獲量 (トン)	漁獲 努力量 (網*)	CPUE (kg/網)	漁獲量 (トン)	計	漁獲 努力量 (網*)	漁獲量 (トン)	CPUE (kg/網)	漁獲量 (トン)	計	漁獲 努力量 (網*)	漁獲量 (トン)	CPUE (kg/網)	漁獲量 (トン)	計
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
2004	164	3,461	47.5	912	1,077	267	5,287	50.3	839	1,106	431	8,748	49.2	1,751	2,183

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ホーツク沿岸（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（沿岸） オホーツク海は釧路からウトロまで、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

2004 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（千尾）（北海道立水産試験場資料）

年度	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
雌									
1 歳	169	102	144	385	350	44	51	485	168
2 歳	1,386	2,592	1,537	1,041	1,646	964	745	4,226	2,976
3 歳	5,916	2,113	3,128	2,120	1,116	1,220	1,555	1,347	2,782
4 歳	7,758	3,403	1,026	2,253	1,036	1,221	829	496	316
5 歳	4,696	1,701	856	651	1,538	489	146	102	77
6 歳	321	387	295	183	216	177	80	40	15
7+歳	7	42	48	70	133	79	45	16	8
合計	20,253	10,341	7,035	6,703	6,036	4,194	3,451	6,714	6,343
雄									
1 歳	96	122	214	363	361	11	31	336	96
2 歳	2,129	3,736	3,237	1,343	2,458	1,524	575	3,008	3,143
3 歳	4,204	3,106	3,201	1,778	958	1,152	534	507	519
4 歳	4,359	1,661	1,042	1,287	738	609	195	146	46
5 歳	271	234	684	292	623	146	124	60	42
6+歳	451	92	326	268	101	87	29	64	35
合計	11,510	8,951	8,703	5,331	5,240	3,529	1,488	4,121	3,880
雌+雄									
1 歳	265	225	358	748	711	55	82	821	264
2 歳	3,515	6,328	4,774	2,384	4,104	2,487	1,320	7,234	6,119
3 歳	10,120	5,219	6,329	3,898	2,074	2,372	2,089	1,855	3,301
4 歳	12,118	5,064	2,068	3,540	1,774	1,830	1,025	643	362
5 歳	4,967	1,935	1,540	943	2,161	635	270	162	119
6+歳	778	520	670	521	450	343	154	120	58
合計	31,762	19,291	15,738	12,034	11,276	7,722	4,940	10,835	10,223

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
雌									
1 歳	592	919	498	237	790	28	46	34	32
2 歳	907	3,495	4,025	3,877	3,163	8,855	1,069	3,706	3,105
3 歳	3,628	803	1,294	1,526	4,248	3,761	9,491	4,288	4,750
4 歳	1,161	931	383	317	498	1,837	1,006	5,022	1,039
5 歳	167	193	433	130	281	194	367	334	1,036
6 歳	10	12	34	197	43	54	57	385	41
7+歳	5	0	0	37	125	17	12	4	43
合計	6,471	6,353	6,668	6,319	9,147	14,745	12,048	13,772	10,046
雄									
1 歳	499	1,178	317	791	565	0	19	28	23
2 歳	1,058	3,228	1,367	2,190	1,794	4,782	615	1,714	1,886
3 歳	888	614	121	289	826	823	1,108	2,683	1,476
4 歳	88	134	24	35	59	21	23	733	308
5 歳	5	6	13	0	0	0	0	25	136
6+歳	6	8	0	0	0	0	0	0	69
合計	2,544	5,169	1,842	3,306	3,244	5,626	1,766	5,184	3,897
雌+雄									
1 歳	1,091	2,098	815	1,028	1,355	28	65	62	55
2 歳	1,966	6,723	5,392	6,067	4,957	13,637	1,685	5,420	4,991
3 歳	4,516	1,417	1,416	1,815	5,073	4,584	10,599	6,971	6,226
4 歳	1,249	1,066	406	351	557	1,858	1,029	5,755	1,347
5 歳	172	199	446	130	281	194	367	359	1,171
6+歳	22	20	34	234	168	71	69	389	153
合計	9,015	11,523	8,509	9,625	12,391	20,371	13,814	18,956	13,943

表 2. マガレイ北海道北部系群の年齢別漁獲尾数（千尾）（北海道立水産試験場資料） 続き

年度	1999	2000	2001	2002	2003
雌					
1 歳	42	30	266	50	184
2 歳	1,166	380	1,106	3,088	833
3 歳	6,571	3,170	1,718	2,943	9,251
4 歳	1,421	3,299	2,136	1,246	3,363
5 歳	340	317	768	490	719
6 歳	106	99	139	103	114
7+歳	4	84	45	11	26
合計	9,649	7,379	6,178	7,932	14,490
雄					
1 歳	21	27	186	23	47
2 歳	936	236	413	1,426	822
3 歳	2,805	885	609	736	2,156
4 歳	307	457	425	183	642
5 歳	68	55	160	56	39
6+歳	67	37	96	28	8
合計	4,205	1,697	1,890	2,452	3,714
雌+雄					
1 歳	63	56	452	73	231
2 歳	2,103	616	1,519	4,514	1,655
3 歳	9,376	4,055	2,327	3,679	11,407
4 歳	1,728	3,756	2,561	1,429	4,005
5 歳	408	373	928	547	758
6+歳	177	220	280	142	148
合計	13,855	9,076	8,067	10,383	18,204

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（千尾）

年度	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
雌									
1 歳	18,277	9,472	6,514	6,768	5,578	4,450	13,770	14,826	4,056
2 歳	8,243	14,693	7,601	5,161	5,150	4,214	3,575	11,138	11,604
3 歳	13,364	5,446	9,597	4,788	3,254	2,700	2,555	2,232	5,237
4 歳	11,662	5,523	2,519	4,976	1,978	1,637	1,093	673	598
5 歳	5,848	2,480	1,419	1,121	2,011	673	229	141	99
6 歳	423	517	481	381	324	247	106	55	22
7+歳	9	56	79	145	199	110	60	22	11
合計	57,826	38,187	28,211	23,341	18,494	14,031	21,386	29,085	21,629
雄									
1 歳	16,912	10,515	6,123	6,873	4,131	1,937	5,610	6,975	2,854
2 歳	9,775	13,086	8,082	4,580	5,033	2,898	1,499	4,342	5,135
3 歳	9,014	5,733	6,894	3,438	2,382	1,750	913	660	727
4 歳	5,908	3,311	1,724	2,544	1,108	1,010	346	239	66
5 歳	450	754	1,112	423	845	212	249	97	57
6+歳	748	296	530	388	138	126	58	104	48
合計	42,806	33,695	24,466	18,247	13,637	7,934	8,675	12,417	8,887
雌+雄									
1 歳	35,189	19,987	12,638	13,642	9,708	6,387	19,380	21,800	6,910
2 歳	18,017	27,779	15,683	9,741	10,183	7,113	5,074	15,480	16,740
3 歳	22,379	11,180	16,492	8,226	5,636	4,450	3,467	2,892	5,964
4 歳	17,569	8,834	4,243	7,520	3,087	2,646	1,439	913	665
5 歳	6,298	3,233	2,532	1,544	2,857	885	478	238	157
6+歳	1,180	869	1,090	914	661	484	224	181	81
合計	100,63	71,882	52,677	41,588	32,131	21,965	30,061	41,502	30,516

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（千尾）続き

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
雌									
1 歳	9,187	10,807	19,127	13,990	42,729	12,137	17,332	24,558	13,071
2 歳	3,143	6,928	7,949	15,086	11,149	33,993	9,833	14,036	19,915
3 歳	6,743	1,735	2,477	2,829	8,760	6,205	19,629	7,022	8,060
4 歳	1,747	2,207	686	846	922	3,287	1,651	7,389	1,839
5 歳	201	372	953	212	401	300	1,014	435	1,475
6 歳	11	13	128	384	55	73	69	493	52
7+歳	6	0	0	73	160	24	14	6	55
合計	21,038	22,062	31,321	33,419	64,177	56,019	49,542	53,938	44,468
雄									
1 歳	5,571	4,005	5,139	5,669	12,178	7,043	6,447	9,688	4,261
2 歳	2,138	3,898	2,080	3,723	3,717	8,985	5,485	5,004	7,520
3 歳	1,226	731	188	413	966	1,311	2,778	3,729	2,384
4 歳	108	172	27	39	66	24	295	1,185	536
5 歳	11	7	15	0	0	0	0	209	276
6+歳	14	9	0	0	0	0	0	0	140
合計	9,068	8,822	7,448	9,844	16,927	17,363	15,005	19,815	15,118
雌+雄									
1 歳	14,758	14,812	24,266	19,659	54,907	19,180	23,779	34,245	17,332
2 歳	5,280	10,827	10,028	18,809	14,866	42,979	15,318	19,040	27,435
3 歳	7,969	2,466	2,665	3,242	9,726	7,516	22,407	10,751	10,444
4 歳	1,855	2,379	713	885	989	3,310	1,945	8,574	2,375
5 歳	212	379	968	212	401	300	1,014	644	1,752
6+歳	31	23	128	457	216	96	84	499	247
合計	30,106	30,885	38,769	43,264	81,104	73,382	64,547	73,753	59,586

年度	1999	2000	2001	2002	2003
雌					
1 歳	8,512	16,846	44,679	13,897	48,758
2 歳	10,588	6,876	13,655	36,049	11,243
3 歳	13,377	7,548	5,242	10,095	26,496
4 歳	2,266	4,943	3,274	2,710	5,547
5 歳	557	560	1,042	734	1,078
6 歳	265	147	169	154	154
7+歳	11	125	55	16	36
合計	35,576	37,044	68,116	63,655	93,311
雄					
1 歳	2,101	4,048	9,520	6,672	4,761
2 歳	3,298	1,617	3,129	7,250	5,176
3 歳	4,192	1,742	1,051	2,072	4,388
4 歳	554	789	576	281	964
5 歳	146	160	211	74	57
6+歳	144	106	127	37	12
合計	10,435	8,464	14,614	16,386	15,359
雌+雄					
1 歳	10,612	20,894	54,199	20,570	53,520
2 歳	13,886	8,493	16,784	43,299	16,419
3 歳	17,569	9,291	6,293	12,167	30,884
4 歳	2,820	5,732	3,850	2,991	6,511
5 歳	703	720	1,253	808	1,135
6+歳	420	378	351	207	202
合計	46,011	45,508	82,731	80,040	108,67

表 4. コホート解析によるマガレイ北海道北部系群の年齢別漁獲係数

年度	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
雌									
1 歳	0.010	0.012	0.025	0.065	0.072	0.011	0.004	0.037	0.047
2 歳	0.206	0.218	0.254	0.253	0.438	0.293	0.263	0.547	0.335
3 歳	0.676	0.563	0.449	0.676	0.479	0.696	1.126	1.108	0.890
4 歳	1.340	1.151	0.602	0.698	0.871	1.759	1.843	1.705	0.883
5 歳	2.217	1.432	1.106	1.034	1.888	1.641	1.225	1.656	1.951
6 歳	1.842	1.773	1.143	0.763	1.349	1.583	1.803	1.711	1.520
7+歳	1.842	1.773	1.143	0.763	1.349	1.583	1.803	1.711	1.520
*加重平均	0.697	0.453	0.359	0.429	0.565	0.550	0.302	0.365	0.440
雄									
1 歳	0.006	0.013	0.040	0.062	0.104	0.006	0.006	0.056	0.039
2 歳	0.283	0.391	0.605	0.404	0.806	0.906	0.570	1.537	1.182
3 歳	0.752	0.952	0.747	0.882	0.608	1.370	1.088	2.049	1.654
4 歳	1.809	0.841	1.154	0.852	1.404	1.151	1.020	1.181	1.530
5 歳	1.148	0.433	1.193	1.525	1.801	1.513	0.834	1.190	1.761
6+歳	1.148	0.433	1.193	1.525	1.801	1.513	0.834	1.190	1.761
*加重平均	0.507	0.414	0.582	0.477	0.679	0.846	0.287	0.720	0.863

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
雌									
1 歳	0.074	0.099	0.029	0.019	0.021	0.003	0.003	0.002	0.003
2 歳	0.386	0.820	0.825	0.336	0.378	0.341	0.129	0.347	0.190
3 歳	0.909	0.720	0.867	0.913	0.772	1.116	0.769	1.132	1.061
4 歳	1.339	0.631	0.965	0.537	0.914	0.968	1.127	1.403	0.986
5 歳	2.524	0.859	0.701	1.136	1.499	1.257	0.513	1.908	1.509
6 歳	9.449	7.956	0.353	0.839	2.005	1.694	2.500	2.005	2.080
7+歳	9.449	7.956	0.353	0.839	2.005	1.694	2.500	2.005	2.080
*加重平均	0.524	0.445	0.340	0.269	0.214	0.398	0.384	0.464	0.374
雄									
1 歳	0.107	0.405	0.072	0.172	0.054	0.000	0.003	0.003	0.006
2 歳	0.823	2.783	1.366	1.099	0.792	0.924	0.136	0.491	0.334
3 歳	1.717	3.049	1.312	1.578	3.457	1.243	0.602	1.690	1.210
4 歳	2.496	2.187	8.557	8.821	9.190	7.959	0.094	1.207	1.051
5 歳	0.731	9.329	7.970	0.330	0.288	0.242	0.193	0.147	0.812
6+歳	0.731	9.329	7.970	0.330	0.288	0.242	0.193	0.147	0.812
*加重平均	0.524	1.726	0.511	0.616	0.446	0.583	0.164	0.517	0.418

年度	1999	2000	2001	2002	2003
雌					
1 歳	0.005	0.002	0.007	0.004	0.004
2 歳	0.130	0.063	0.094	0.100	0.086
3 歳	0.788	0.627	0.452	0.391	0.490
4 歳	1.190	1.349	1.288	0.714	1.117
5 歳	1.128	0.991	1.703	1.353	1.349
6 歳	0.584	1.382	2.415	1.357	1.718
7+歳	0.584	1.382	2.415	1.357	1.718
*加重平均	0.434	0.346	0.154	0.169	0.237
雄					
1 歳	0.012	0.007	0.022	0.004	0.011
2 歳	0.388	0.181	0.162	0.252	0.198
3 歳	1.420	0.857	1.070	0.515	0.814
4 歳	0.989	1.069	1.802	1.340	1.404
5 歳	0.754	0.494	1.974	1.975	1.481
6+歳	0.754	0.494	1.974	1.975	1.481
*加重平均	0.769	0.330	0.243	0.215	0.398

*年齢別資源尾数によって重み付けした平均

表 5. マガレイ北海道北部系群の年齢別資源量 (トン)

年度	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
雌									
1 歳	238	123	85	88	73	58	179	193	53
2 歳	760	1,354	700	476	475	388	329	1,026	1,069
3 歳	1,841	750	1,322	660	448	372	352	307	721
4 歳	1,853	877	400	791	314	260	174	107	95
5 歳	1,093	463	265	209	376	126	43	26	19
6 歳	88	108	100	79	67	51	22	11	5
7+歳	2	14	19	36	49	27	15	5	3
合計	5,874	3,690	2,892	2,338	1,802	1,282	1,114	1,677	1,965
雄									
1 歳	220	137	80	90	54	25	73	91	37
2 歳	758	1,015	627	355	390	225	116	337	398
3 歳	905	576	692	345	239	176	92	66	73
4 歳	594	333	173	256	112	102	35	24	7
5 歳	48	80	118	45	90	23	26	10	6
6+歳	94	37	67	49	17	16	7	13	6
合計	2,621	2,179	1,758	1,140	902	566	350	542	527
雌+雄									
1 歳	459	260	165	178	127	83	253	284	90
2 歳	1,518	2,369	1,327	831	865	613	446	1,363	1,468
3 歳	2,746	1,326	2,014	1,005	687	548	444	374	794
4 歳	2,447	1,211	574	1,047	426	362	208	131	102
5 歳	1,141	544	384	255	466	148	69	37	25
6+歳	185	159	186	164	134	94	44	30	13
合計	8,495	5,868	4,650	3,478	2,704	1,848	1,463	2,219	2,492

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
雌									
1 歳	120	141	249	182	557	158	226	320	170
2 歳	290	638	732	1,390	1,027	3,132	906	1,293	1,835
3 歳	929	239	341	390	1,207	855	2,704	967	1,110
4 歳	277	351	109	134	147	522	262	1,174	292
5 歳	38	70	178	40	75	56	190	81	276
6 歳	2	3	27	80	12	15	14	103	11
7+歳	1	0	0	18	39	6	4	1	13
合計	1,657	1,441	1,637	2,234	3,063	4,745	4,306	3,940	3,708
雄									
1 歳	73	52	67	74	159	92	84	126	56
2 歳	166	302	161	289	288	697	426	388	583
3 歳	123	73	19	41	97	132	279	374	239
4 歳	11	17	3	4	7	2	30	119	54
5 歳	1	1	2	0	0	0	0	22	29
6+歳	2	1	0	0	0	0	0	0	18
合計	375	447	251	408	551	923	818	1,030	979
雌+雄									
1 歳	192	193	316	256	715	250	310	446	226
2 歳	455	941	894	1,679	1,316	3,830	1,332	1,682	2,419
3 歳	1,052	312	360	431	1,304	986	2,983	1,342	1,350
4 歳	288	368	112	138	153	525	292	1,293	346
5 歳	39	70	180	40	75	56	190	103	305
6+歳	6	4	27	98	51	21	18	104	42
合計	2,033	1,888	1,888	2,642	3,614	5,668	5,124	4,970	4,687

表 5. マガレイ北海道北部系群の年齢別資源量（トン） 続き

年度	1999	2000	2001	2002	2003
雌					
1 歳	111	220	582	181	635
2 歳	976	634	1,258	3,322	1,036
3 歳	1,843	1,040	722	1,391	3,650
4 歳	360	785	520	430	881
5 歳	104	105	195	137	201
6 歳	55	30	35	32	32
7+歳	3	31	14	4	9
合計	3,451	2,844	3,326	5,497	6,445
雄					
1 歳	27	53	124	87	62
2 歳	256	125	243	563	402
3 歳	421	175	106	208	441
4 歳	56	79	58	28	97
5 歳	16	17	22	8	6
6+歳	18	13	16	5	2
合計	794	463	569	898	1,009
雌+雄					
1 歳	138	272	706	268	697
2 歳	1,232	759	1,501	3,884	1,438
3 歳	2,264	1,215	828	1,599	4,091
4 歳	416	865	578	459	978
5 歳	120	122	217	145	207
6+歳	76	75	65	41	42
合計	4,245	3,307	3,895	6,396	7,454

表 6. マガレイ北海道北部系群の雌の年齢別産卵親魚量（トン）（年度初め）

年度	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
1 歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 歳	0	0	352	103	208	58	34	99	359
4 歳	1,180	424	320	612	263	196	156	80	82
5 歳	1,009	424	241	174	346	107	40	24	17
6 歳	90	109	101	80	68	52	22	10	5
7+歳	2	13	19	34	47	25	14	5	3
合計	2,281	971	1,033	1,004	933	438	266	218	465

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1 歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 歳	252	97	203	282	746	220	1,438	242	380
4 歳	246	320	97	124	131	487	183	877	267
5 歳	33	64	161	37	70	52	175	61	257
6 歳	2	3	27	81	12	15	15	98	11
7+歳	1	0	0	18	39	6	3	1	13
合計	534	483	487	542	997	780	1,814	1,279	928

年度	1999	2000	2001	2002	2003
1 歳	0	0	0	0	0
2 歳	0	0	0	0	0
3 歳	209	218	53	414	972
4 歳	283	585	352	250	259
5 歳	93	90	161	101	81
6 歳	55	30	28	29	23
7+歳	3	27	12	4	6
合計	644	950	607	799	1,341

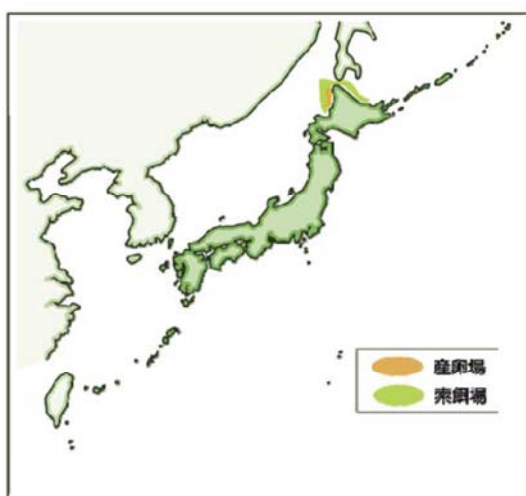


図1 マガレイ北海道北部系群の分布図

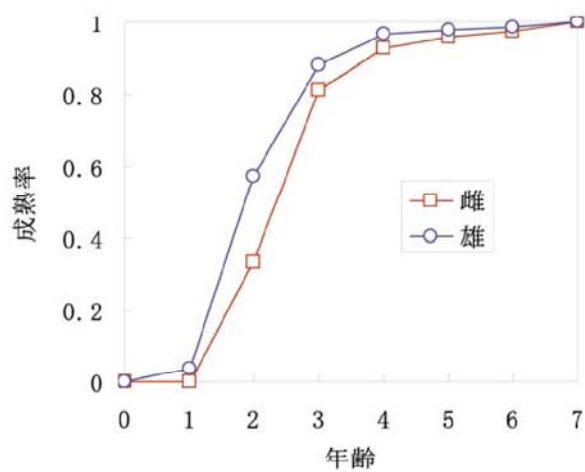


図3 マガレイ北海道北部系群の成熟率
(北海道立水産試験場資料)

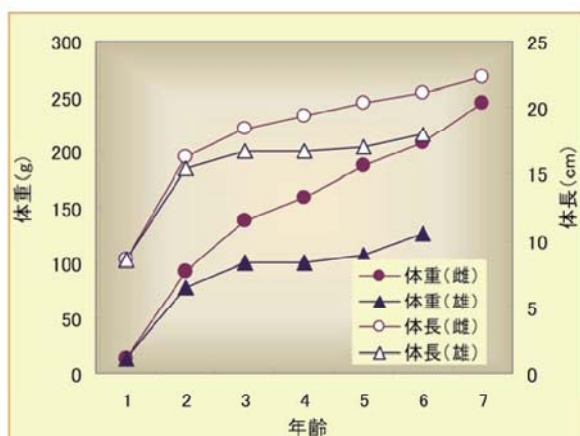


図2 マガレイ北海道北部系群の成長

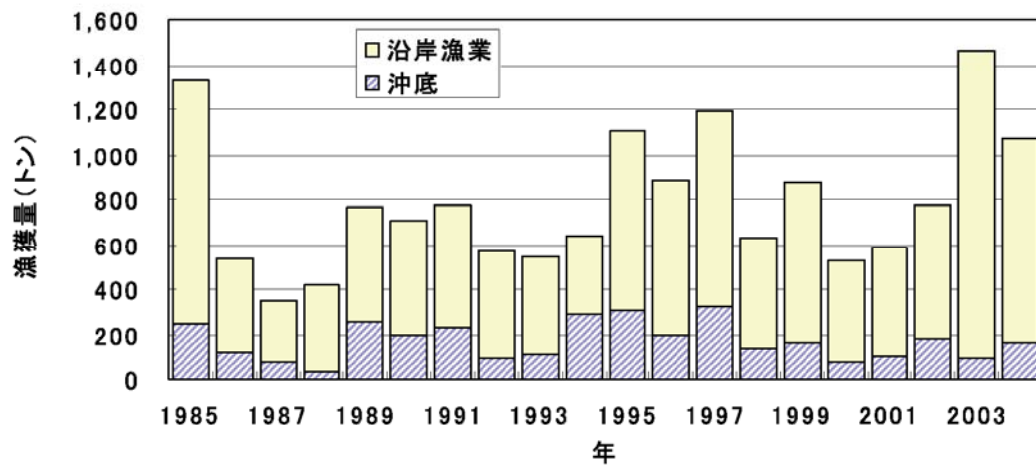


図4 オホーツク海におけるマガレイの漁獲量

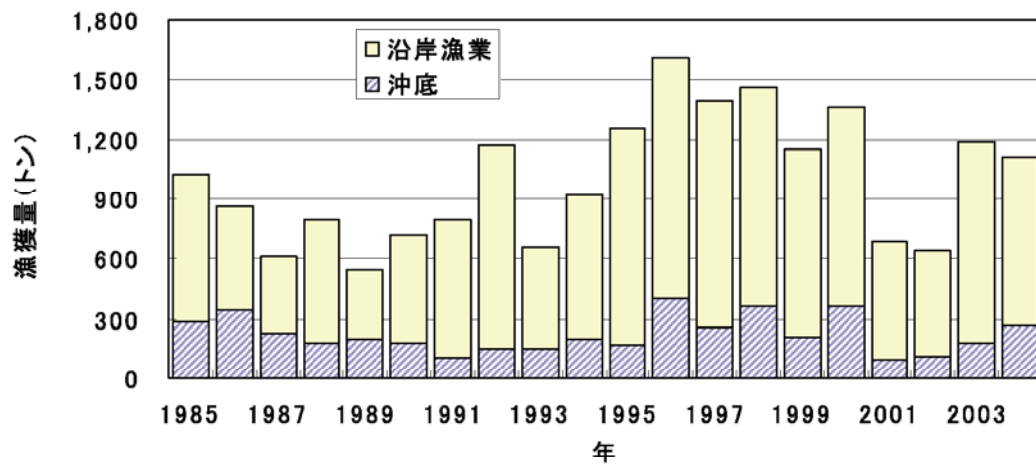


図5 道北日本海におけるマガレイの漁獲量

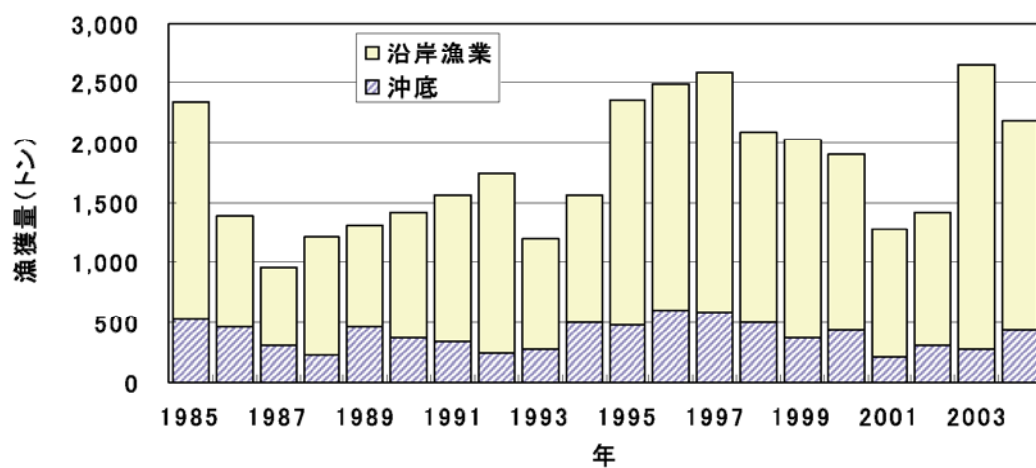


図6 マガレイ北海道北部系群の漁獲量

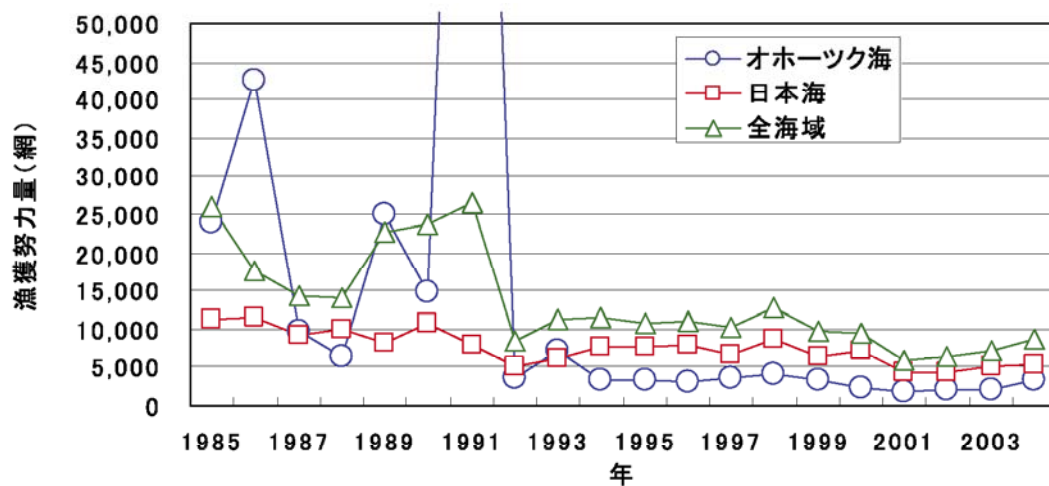


図7 マガレイ北海道北部系群に対する沖底の漁獲努力量

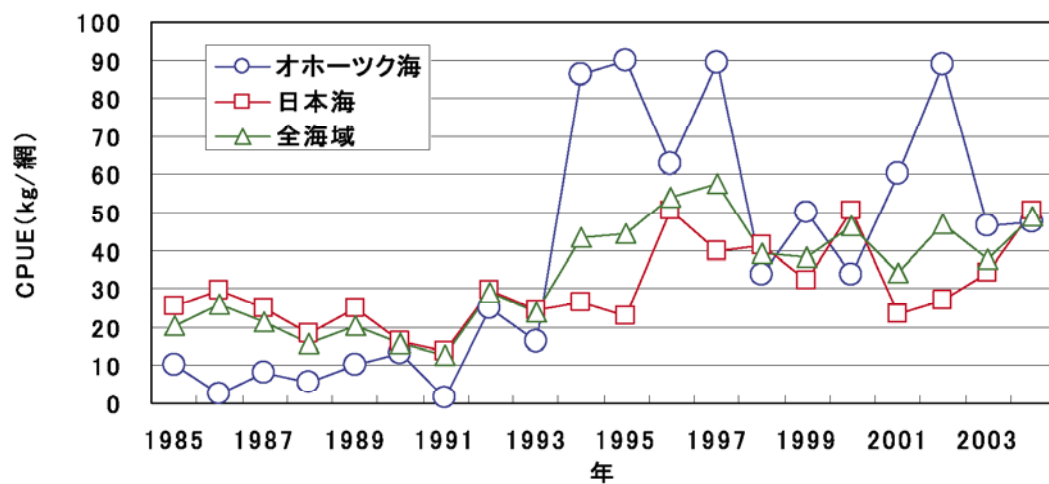


図8 マガレイ北海道北部系群に対する沖底の CPUE

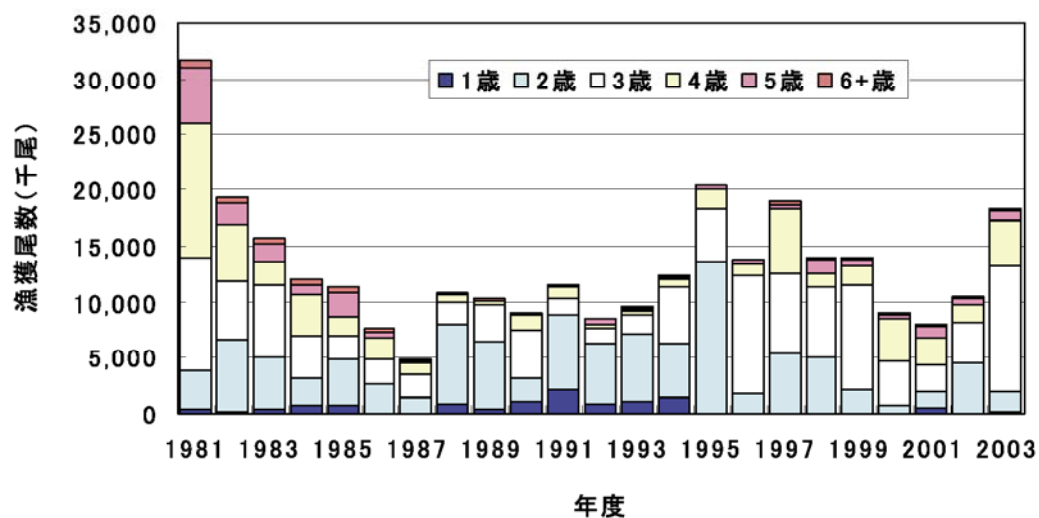


図9 マガレイ北海道北部系群の年齢別漁獲尾数(北海道立水産試験場資料)

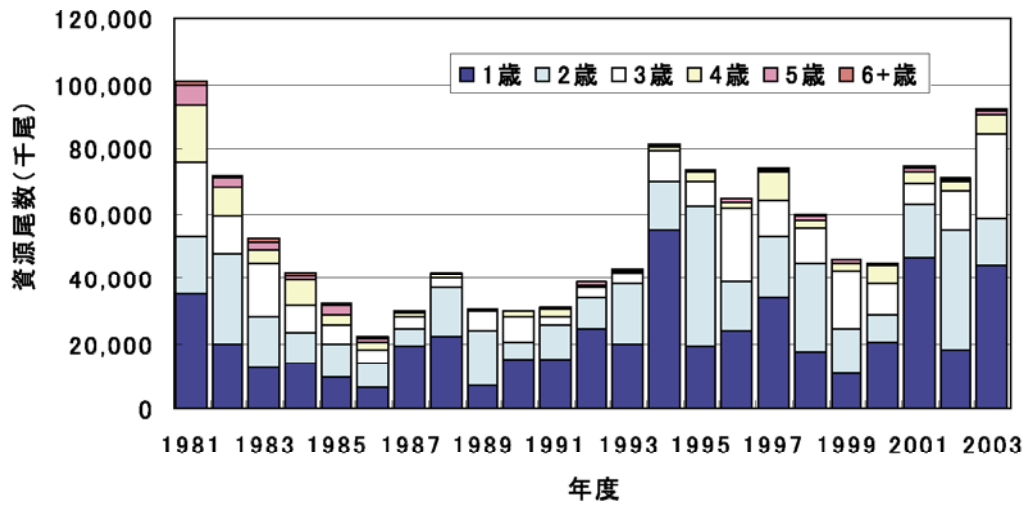


図 10 マガレイ北海道北部系群の年齢別資源尾数

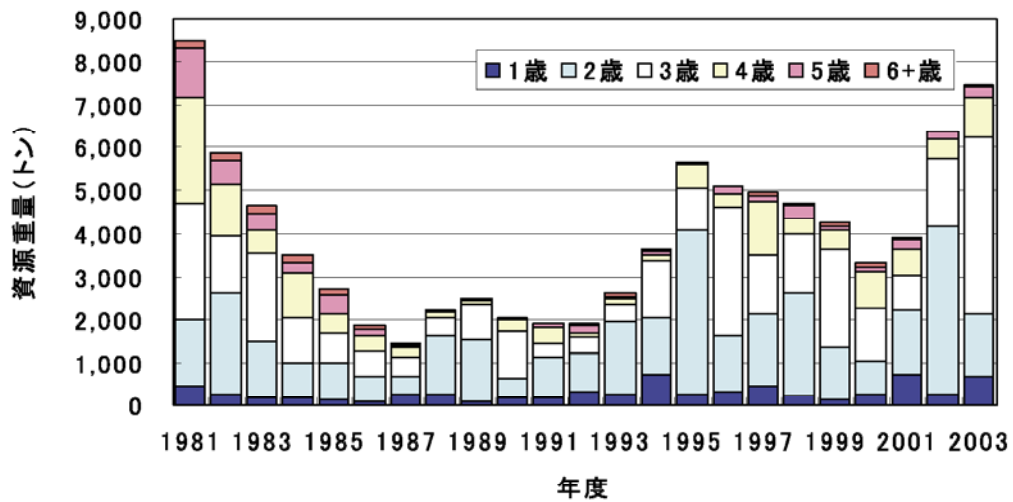


図 11 マガレイ北海道北部系群の年齢別資源重量

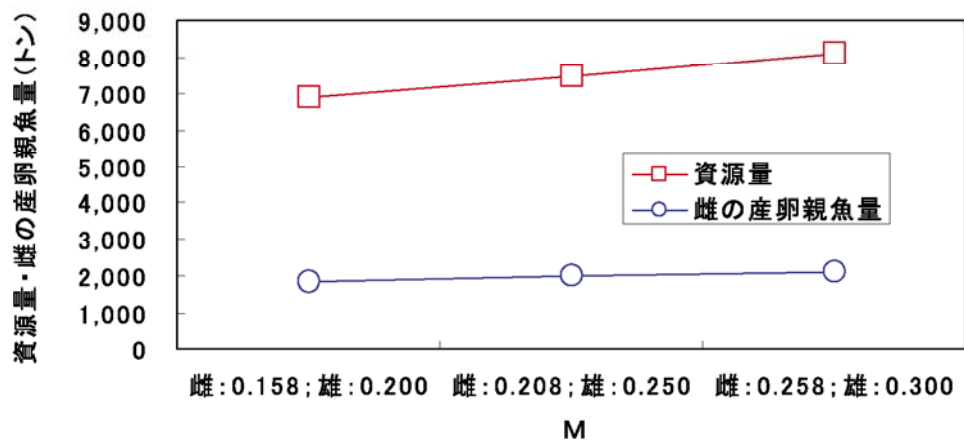


図 12 マガレイ北海道北部系群の 2003 年度の資源量と雌の産卵親魚量に対する M の感度解析

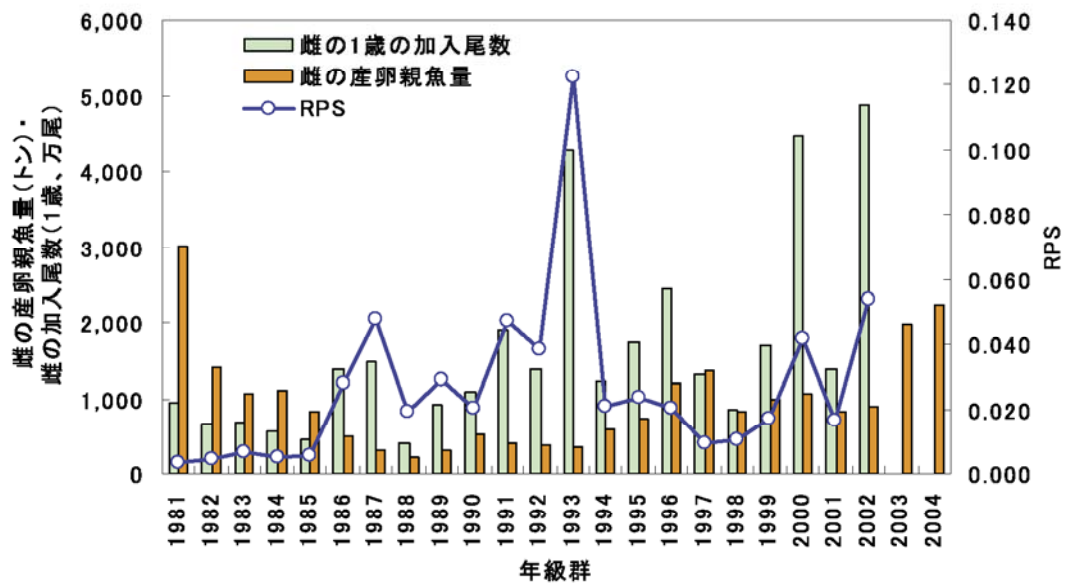


図13 マガレイ北海道北部系群の雌の産卵親魚量、雌の1歳魚加入尾数および再生産成功率(RPS)の経年変化

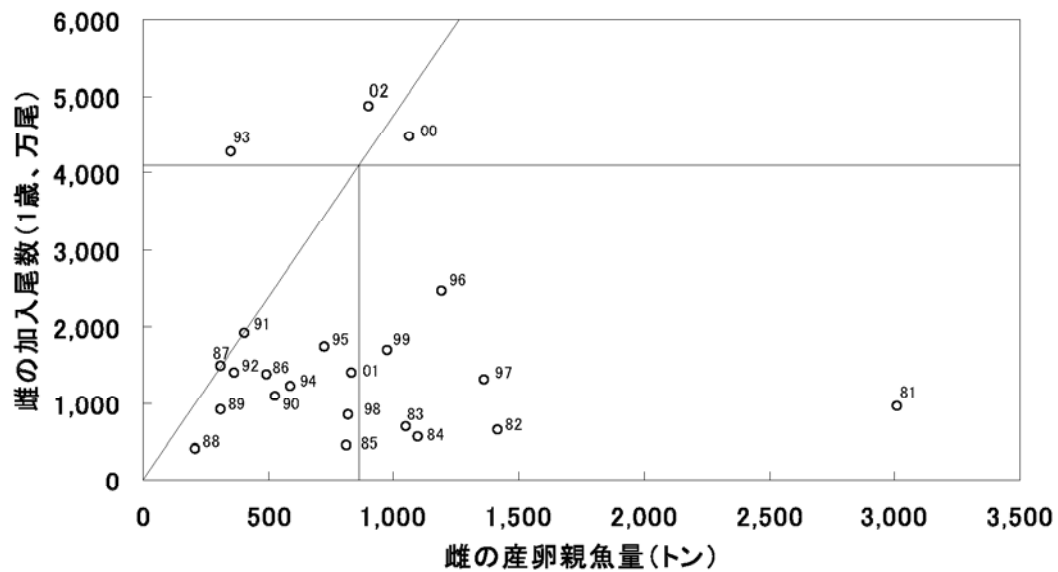


図14 マガレイ北海道北部系群に関する雌の産卵親魚量と雌の1歳魚加入尾数の関係。
なお、数字は年級群を示す。

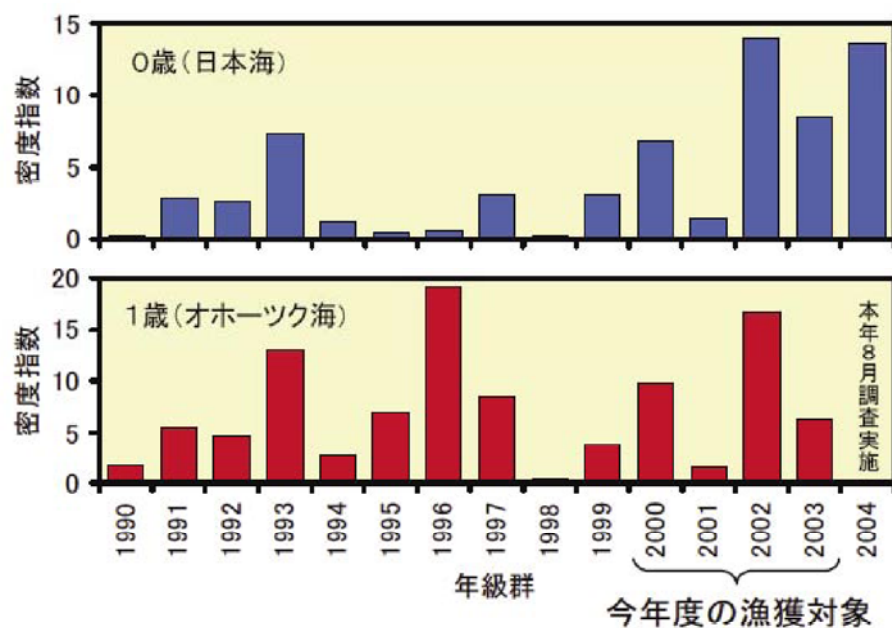


図15 北海道立水産試験場が実施している新規加入量調査によって得られた
マガレイ北海道北部系群の各年級群の0歳時と1歳時の密度指数（北海道立水産試験場資料）

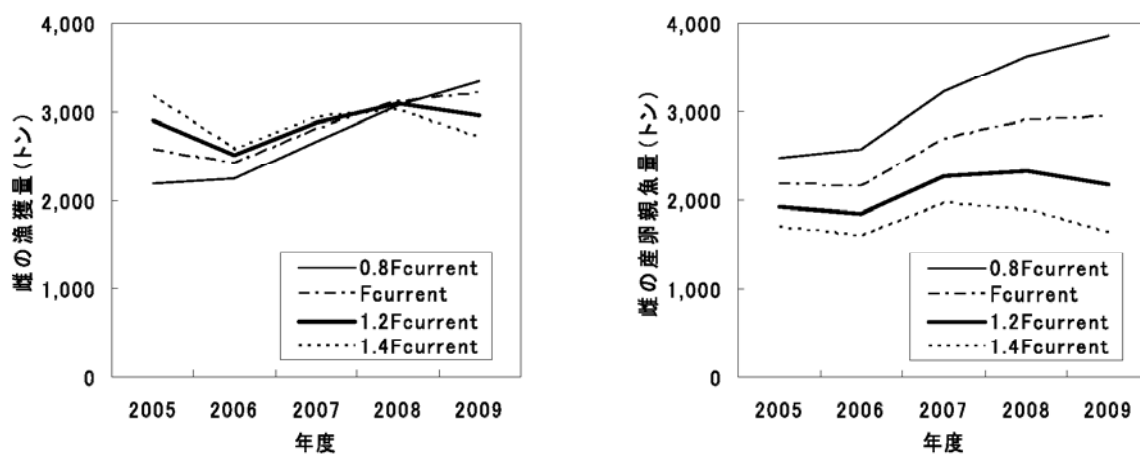


図16 マガレイ北海道北部系群において $F_{current}$ を20%刻みで設定した各Fにおける
雌の漁獲量と雌の産卵親魚量の変化

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。

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

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