

平成 17 年ムシガレイ日本海系群の資源評価

責任担当水研：西海区水産研究所(上田幸男)

参画機関：日本海区水産研究所、島根県水産試験場、山口県水産研究センター

要 約

本資源の主要漁業である 2 そうびき沖合底びき網の漁獲量、CPUE および資源量ともに 1998 年から 2002 年にかけて、増加傾向にあったが、加入量の減少から 2003 年に減少傾向に転じた。特に 2000 年級群の加入量が良好で 2001、2002 年は好漁であったが、2002、2003 年級群の加入量が低調なため 2003、2004 年の漁獲量は減少傾向に転じた。これらのことから資源は低水準で減少傾向にあると判断した。近年の再生産効率が低いことを考慮し、2010 年に一定水準の加入量を確保できる 0.95F30%を ABClimit、不確実性への配慮から ABCtarget を ABClimit×0.8 とした。

	2006年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	370トン	0.95F30%	0.54	28%
ABCtarget	310トン	0.8・0.95F30%	0.43	23%

ムシガレイの誕生月を3月とし、3月から翌年2月を年級群単位に2そうびき沖合底びき網を対象にコホート解析を実施した。漁獲割合はABC/資源量、F値は各年齢の単純平均である。

年	資源量(トン)	漁獲量(トン)	F値	漁獲割合(%)
2003	2,640	1,081	0.91	41
2004	1,927	883	0.96	46
2005	1,480			

水準：低位

動向：減少

1. まえがき

日本海西区におけるムシガレイは、底びき網、刺し網、延縄等で漁獲されるが、その大半は 2 そうびき沖合底びき網(以下沖底)及び小型底びき網(以下小底)によるものである。漁獲量は盛時には沖底のみでも 5,000 トン近くあったが、1978 年以降は減少し、1987 年以降は沖底と小底を合わせて 1,000～2,000 トンで推移している。

2. 生態

(1)分布・回遊

日本近海の大陸棚暖水域に分布する。日本海側では青森～対馬までの広範囲に分布するが、島根県及び山口県沖の日本海西南部海域が主分布域と考えられる(図 1、今岡・三栖 1970)。標識放流、産卵・成熟・成長等の知見から、対馬以東系群と以西系群の存在が示唆されている(三栖ほか 1972)。対馬以東の資源は対馬以西からの移送によって支えられるとする説(木下 1992)もあり、今後遺伝的解析を行うなど再検討が必要と考えられる。資源評価においては両群を 1 つとして扱うことにする。

(2)年齢・成長

島根県水産試験場、山口県水産研究センター及び西海区水産研究所が保有する日本海西部海域産ムシガレイの耳石標本 1,708 個体の輪紋数と全長の関係から、新たに成長式を求めた。本系群の全長は 1 歳で約 14cm、2 歳で約 19cm となり、雌雄差はみられないが、3 歳で雌雄それぞれ約 25、23cm、4 歳で約 28、26cm、5 歳で 31、28cm、6 歳で 32、30cm、7 歳で 33、31cm になり、雌雄差が生じる（図 2）。生息水深や生息水温帯が広く、個体による成長の分散が大きいのが特徴である。

(3)成熟・産卵生態

雄は 2 歳、雌は 3 歳で成熟を始め、対馬以西では 1 月下旬～2 月下旬に、対馬以东では若干遅く、2 月上旬～3 月上旬に産卵盛期を迎える(今岡 1971)。

(4)被捕食関係

体長 100mm ぐらいまでは小型甲殻類を主要な餌とし 100mm 以上ではエビ・カニ類、イカ類などを捕食するようになる。さらに体長約 150mm から魚類を捕食するようになる(今岡 1972)。

3. 漁業の状況

(1)主要漁業の概要

この海域における漁業の主体は 2 そうびき沖底及び小底であり、底びき網による漁獲量の約 59～84%が前者によって漁獲されている(図 3、付表 1)。最近では沖底漁業の操業隻数が減少している。

(2)漁獲量の推移

1986 年以前は 2 そうびき沖底のみでも 2,000～5,000 トンの漁獲があったが、1988 年まで減少を続け、以降は沖底と小底をあわせて 1,000～2,000 トン程度で推移している(図 3、付表 1)。1998 年には 1,000 トンと過去最低となったのち、1998～2002 年は増加傾向に転じたが、2003 年は 1400 トン、2004 年には 1200 トンに再び減少した(付表 1)。小底の漁獲量(一部推定値を含む)は 1986～2003 年まで 300～600 トンでほぼ横ばい傾向で推移していたが、2004 年には 190 トンに減少した(図 3、付表 1)。

本種は韓国水域にも分布し、韓国の農林統計ではカレイ類にまとめられている。2004 年に日本の EEZ 内において韓国漁船により 912 トンのカレイ類が漁獲されているが、ムシガレイがどの程度水揚げされているか明らかにされていない。ムシガレイは主として 150m 以浅の沿岸部に分布することから、韓国漁船が操業する沖合域での漁獲はソウハチ、アカガレイ及びヒレグロに比べて少ないものと考えられる。

(3)漁獲努力量

有効努力量は 1978 年の 89,000 網をピークにやや減少し、1979～1984 年は 80,000 網台で推移していた(図 4)。1985 年以降は減少傾向に転じ、1999 年には 37,000 網にまで減少した。その後は若干増加したが、2003 年は過去最低の 32,000 網となった。2004 年は 38,000 網と前年より微増した。

4. 資源の状態

(1)資源評価方法

現存量推定法およびコホート解析により資源評価を実施した。現存量については暦年単位に、コホート解析では3月を誕生月($t=0$)として年級群(yc)単位に解析を実施した。

①現存量推定法

沖底の漁獲量、資源量指数、有効努力量、CPUE、現存量指標値及び小底の漁獲量の経年変化により資源評価を行った(補足資料 1-1)。

②コホート解析

1989～2003 年に日本海西部海域において試験操業および漁獲物より採集したムシガレイ 1708 個体の耳石標本(島根県水産試験場、山口県水産研究センター及び西海区水産研究所保有)について年齢査定を行うとともに、全長と年齢の関係から3～5月、6～8月、9～11月、および12～2月における全長階級別年齢組成(1cm 階級)を求めた(付表 9)。誕生月($t=0$)は3月と仮定した。島根県浜田漁港における沖合底びき網により水揚げされたムシガレイの銘柄別全長組成(1997～2003 年)および全長階級別年齢組成に基づいて、3～5月、6～8月、9～11月、および12～2月の AGE-LENGTH-KEY(36 銘柄の年齢組成)を作成した(付表 10)。これらの AGE-LENGTH-KEY により 1993～2004 年の銘柄別漁獲量を年齢別漁獲尾数に変換した。AGE-LENGTH-KEY を作成した主要 36 銘柄の合計漁獲量は浜田漁港のムシガレイの全漁獲量に対して 98%を占めた。なお、本解析には小底及び韓国漁船による漁獲は含まれていない。

1993～2004 年の年齢別漁獲尾数(付表 2)を用いて、コホート解析を行なった(補足資料 1-2)。M はムシガレイの寿命を7歳とし、田中(1960)の方法により求めた 0.35 を用いた。年齢別体重は9月の各年齢(1.5～5.5 歳)の平均体重を用いた(表 1)。成熟率については 1967～1970 年の日本海西南海域のデータ(今岡 1971)を用いた(表 2)。

表1 計算に用いた年別の年齢別体重(単位: g)

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1歳	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
2歳	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
3歳	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166	166
4歳	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233	233
5+歳	289	289	289	289	289	289	289	289	289	289	289	289

表2 計算に用いた年別の年齢別成熟率(今岡1971を参考)

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
4歳	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5+歳	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

(2)資源量指標値の推移

資源量指標値として CPUE・資源量指数を求めた。沖底の CPUE (kg/網) は、1978 年の 56kg/網をピークに 1988 年には 15kg/網と 1/5 程度に減少し、過去最低の値となったが、1999 年以降増加に転じ、2001 年に 38kg/網となって以降、2003 年には 32kg/網、2004 年には 26kg/網と再び減少傾向に転じた(図 4)。

沖底の資源量指数は 1973 年以降では、1978 年の 54,000 をピークに 1981 年までは 40,000～50,000 で推移していたが、1982 年以降減少を続け、1988 年には 13,000 まで落ち込んだ(図 4)。1988～1998 年は 18,000～19,000 で変動しながら横ばい傾向で推移した。1999 年以降増加傾向にあったが、2002

年の 24,000 の後、2004 年は 18,000 に減少した。

(3)漁獲物の年齢組成の推移

島根県浜田漁港における 2 そうびき沖底により水揚げされたムシガレイの銘柄別全長組成(1997～2004 年)および全長階級別年齢組成(付表 9)に基づいて作成された AGE-LENGTH-KEY(付表 10)により 1993～2004 年級群の年齢別漁獲尾数を求めた(図 5、付表 2)。最終的に浜田漁港の年齢別漁獲尾数を漁獲成績報告書の 2 そうびき沖底のムシガレイの漁獲量に引き延ばした。2005 年 1～2 月の漁獲データが揃っていないことから 2004 年級群の漁獲尾数については過去の比(3～2 月の浜田漁港沖底水揚げ量/3～12 月の浜田漁港沖底水揚げ量)に 2 そうびき沖底の漁獲成績報告書の漁獲量を乗じて求めた。

1993～2004 年の総漁獲尾数は 6 百万～21 百万尾(平均 12 百万尾)であった。2001、2002 年はそれぞれ 21 百万尾、18 百万尾で高水準であったが、2003 年は 10 百万尾、2004 年は 7 百万尾で減少傾向に転じた(図 5、付表 2)。年齢別にみると 0 歳魚の漁獲はみられず、1 歳魚の割合が 8～67% で最も多く、次いで 2 歳魚が 19～44%、3 歳魚が 9～34%、4 歳魚が 3～12%、5 歳魚以上が 0.3～3%であった。特に 1 歳魚の漁獲尾数の変動が大きく、1994、1996、2000、2001 年級群の漁獲尾数が著しく大きく、1 歳で本格的な加入がみられたのに対し、1992、1993、1995、1997、1998、2002 及び 2003 年級群では 1 歳魚の漁獲が少なく、2 歳以降に本格的な加入がみられた(図 6)。

(4)資源量の推移

$M=0.35$ の時の資源量と漁獲割合および F の経年変化を図 7 及び図 8 示した。漁獲量と同様に資源量も 1998～2002 年には増加傾向にあったが、2003、2004 年には減少傾向に転じ、2004 年の資源量は 1,927 トンと推定された(付表 4)。漁獲割合は 46%で微増傾向にあり、漁獲係数は 0.964 であった(図 7、8)。

図 9 に産卵親魚量(n 年)と加入尾数(1 歳魚、 $n+1$ 年)との関係を示した。今岡(1971)に基づき 3 歳の 4 割以上を親魚とみなした。解析した期間では産卵親魚量と加入量の間には明瞭な関係は認められなかった。特に、2002-2003 年及び 2003-2004 年には、産卵親魚量が多いにもかかわらず、加入尾数がそれぞれ 1,400 万尾、400 万尾と著しく減少した(図 9)。このこともあり 2002-2003 年、2003-2004 年の再生産成功率 RPS (加入尾数÷産卵親魚量)は 18 尾/kg、5 尾/kg とかなり低くなった(図 10)。図 11 に M をそれぞれ 0.2、0.3、0.35、0.4、0.5 にしたときの資源量の変化を示した。 M が大きいほど資源量は大きく推定された。

(5)資源の水準・動向判断

本資源の主要漁業である 2 そうびき沖底の漁獲量、CPUE および資源量ともに 1998 年から 2002 年にかけて、増加傾向にあったが、加入量の減少から 2003、2004 年ともに減少傾向に転じた。これらのことから資源は低水準で減少傾向にあると判断した。

5. 資源管理の方策

(1)資源と漁獲の関係

図 12 に $\%SPR \cdot YPR$ と F との関係を示した。2003 年の $F_{current}=0.964$ は 1993 年以降ではほぼ

平均的な値であるが、 $F_{max}=0.612$ 及び $F_{30\%}=0.570$ を大きく上回った。

現在のところ、2004 年級群の加入量に関する情報がなく、現況や今後の動向を詳細に把握することは困難であるが、漁獲量、資源量ともに減少傾向に転じたことから漁獲努力量を削減する必要がある。

(2)資源と海洋環境の関係

ムシガレイの資源変動と環境要因に関する報告はみられない。本種は本質的に暖海性の異体類であり、暖水の波及する海域に沿って分布する。本種の生息域である日本海西部海域底層は、対馬暖流と日本海固有水が接する海域であり、両水塊のせめぎ合いに伴い水温変動が大きく、ムシガレイ着定稚仔の生残に影響を及ぼしている可能性がある。産卵から稚魚期に至る 4～6 月の日本海西部海域(山口県～島根県沖)の 50m 及び 100m 底層水温と再生産成功率の関係を調べたところ、有意な関係は認められなかった ($n=9$, $p>0.05$)。

6. 2006 年 ABC の算定

(1)資源評価のまとめ

本資源の主要漁業である 2 そうびき沖底の漁獲量、CPUE、現存量推定値および資源量は、ともに 1998 年から 2002 年にかけて増加傾向にあったが、2002、2003 年級群の発生量が著しく低く、2003、2004 年の 1 歳魚の加入量が著しく低下したことから、2003、2004 年の漁獲量、資源量は低水準、減少傾向にあると判断した。

(2)ABC の算定

ABC の算定は、本資源がコホート解析により資源量が推定できるものの、解析期間が短く、再生産関係が不明な魚種であり、資源が低位なので制御ルール(1-3)-(3)に相当する。その時の F の求めかたは次の通りである。

F_{limit} =基準値($F_{30\%}$ 、 $F_{40\%}$ 、 F_{max})か現状の $F \times \beta_2$

$F_{target} = F_{limit} \times \alpha$

ここでは、 $F_{30\%}$ 、 $F_{40\%}$ 、 F_{max} の場合について考えた。

資源量は次のように予測した。1) 2005 年の F は 2004 年の各年齢に対する F と同じ、漁獲物の体重も 2004 年と同じと仮定した。2) 長期間の再生産式が不明であり、2005 年以降の加入量は、近年では低い 2002～2004 年(過去 3 年)の平均再生産成功率 $RPS=20.2$ 尾/kg を用いて計算した(図 10)。F を変化させた際の漁獲尾数については次の式を用いた。

$$C_{t,age} = N_{t,age} \times (1 - \exp(-F_{t,age})) \times \exp(-\frac{M}{2})$$

様々な F を与えたときの、漁獲割合及び 2006 年以降の資源量および漁獲量の動向について図 13、14(詳細は付表 7、8)にまとめた。

現状の F のまま漁獲し続けると漁獲量及び資源量は 2005 年以降減少する(付表 7、8、 $F_{current}$ 参照)。現状の F より大幅に削減した漁獲係数(例えば $F_{30\%}$ 、 $F_{40\%}$ 、 F_{max})では、資源量は増加する(図 13、14(詳細は付表 7、8))。

ここでは、近年の再生産効率が低いことを考慮し、2010 年に一定水準の加入量(1,500 万尾)を確

保できる F30%に $\beta 2=0.95$ を乗し、ABClimit を算出した。不確実性への配慮から ABCtarget を ABClimit $\times 0.8$ とした。

	2006年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	370トン	0.95F30%	0.54	28%
ABCtarget	310トン	0.8 $\cdot$ 0.95F30%	0.43	23%

ムシガレイの誕生月を3月とし、3月から翌年2月を年級群単位に2そうびき沖合底びき網を対象にコホート解析を実施した。漁獲割合はABC/資源量、F値は各年齢の単純平均である。

(3) 漁獲圧と資源動向

図 13、14(詳細は付表 7、8)および表 3 に F_{sus}(5 年後に資源が現状維持となる F)を基準としたときに、F をさまざまに変えたときの漁獲量および資源量の変化について示した。

表3 F_{sus}を基準としてFを変えた場合の漁獲量と資源量の推移

F	基準値	漁獲量(トン)						資源量(トン)					
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0.000	0.0F _{sus}	683	0	0	0	0	0	1,480	1,326	2,001	2,895	4,648	6,856
0.156	0.2F _{sus}	683	127	175	264	387	491	1,480	1,326	1,827	2,461	3,620	4,963
0.234	0.3F _{sus}	683	183	242	348	487	601	1,480	1,326	1,748	2,273	3,205	4,237
0.423	F40%	683	304	358	466	585	675	1,480	1,326	1,576	1,884	2,409	2,921
0.570	F30%	683	386	417	503	584	639	1,480	1,326	1,458	1,634	1,942	2,203
0.391	0.5F _{sus}	683	285	342	453	578	675	1,480	1,326	1,604	1,944	2,527	3,109
0.625	0.8F _{sus}	683	414	434	508	574	615	1,480	1,326	1,416	1,550	1,792	1,982
0.782	1.0F _{sus}	683	486	469	508	531	536	1,480	1,326	1,308	1,339	1,436	1,480

*F_{sus}=0.811F_{current}(5year)=0.782

(4) ABClimit の検証

Flimit(0.95F30%)で、加入量を現状の 0.5 倍、1.2 倍、1.5 倍、2.0 倍に変化させたときの 2005～2010 年の資源量の変化を図 15 に示した。加入量が現状の 0.5 倍であれば資源量は減少するが、現状の現状以上であれば増加する。

同様に 2005 年以降の再生産成功率(RPS)を 2002～2004 年の 3 年平均から 1994～2004 年の 10 年平均、過去最大、過去最小に変化させ場合の Flimit(0.95F30%)における 2005～2010 年の資源量と漁獲量の変化を図 16,17 に示した。RPS を今回の解析に用いた 2002～2004 年の 3 年平均から 1994～2004 年の 10 年平均に変化させると Flimit(0.95F30%)で漁獲量は 370 トンから 500 トンに増加する。

(5)ABC の再評価

2004 年までは漁獲量に基づいて ABC を設定していた。2004 年までは増加傾向にあったことから、2004 年の管理基準を Cave3-yr とした。コホート解析が可能になった 2005 年の管理基準を 0.8F_{current} とした。

評価対象年	管理基準	資源量	ABClimit	ABCtarget	漁獲量	管理目標	備考
2004年(当初)	Cave3-yr		1,700トン	1,300トン	1,200トン	漁獲削減	沖底+小底
2004年(2004年再評価)	Cave3-yr		1,700トン	1,300トン	1,200トン	漁獲削減	沖底+小底
2004年(2005年再評価)	Cave3-yr		1,500トン	1,200トン	1,200トン	漁獲削減	沖底+小底
2005年(当初)	0.8F _{current}	2,600トン	900トン	700トン		漁獲削減	沖底のみ
2005年(2005年再評価)	0.8F _{current}	1,480トン	592トン	506トン		漁獲削減	沖底のみ

7. ABC 以外の管理方策の提言

年齢別漁獲尾数において 1、2 歳魚の割合が 52～87%を占めており、商品価値の低い小型個体が多く漁獲されている(図 5、付表 2)。今後は小型個体の保護策について検討する必要がある。

また、必ずしも親魚重量と加入尾数に明瞭な再生産関係が認められないことから、親魚重量以外の加入量の変動要因を明らかにする必要がある。また、2004 年の再生産成功率が著しく低いことからその要因について検討する必要がある。

参考文献

- 井上太郎(1992) 京都府沖合におけるムシガレイの漁業実態. 日本海ブロック試験研究集録, 24, 43-52.
- 今岡要二郎・三栖 寛(1969) 日本海西南海域およびその周辺海域産ムシガレイの漁業生物学的研究第1報. 年齢と成長について. 西水研研報, 37, 51-70.
- 今岡要二郎(1971) 日本海西南海域およびその周辺海域産ムシガレイの漁業生物学的研究－Ⅱ. 成熟と産卵について. 西水研研報, 39, 51-63.
- 今岡要二郎(1972) 日本海西南海域およびその周辺海域産ムシガレイの漁業生物学的研究－Ⅲ. 食性について. 西水研研報, 42, 77-89.
- 今岡要二郎(1977) 日本海西南海域およびその周辺海域産ムシガレイの漁業生物学的研究－Ⅵ. 資源解析とその管理方策. 島根水試事報(昭和48年度), 300-318.
- 北沢博夫・藤川裕司・安達二朗・田中伸和(1989) 日本海西南海域およびその周辺海域における近年のムシガレイの漁獲と資源の動向. 日本水産学会誌, 55(8), 1297-1304.
- 木下貴裕(1992) ムシガレイ対馬東系群について. 西海ブロック底魚調査研究報告, 3, 40-49.
- 三栖 寛(1972) ムシガレイ資源研究と栽培漁業. 昭和47年度底魚部会西日本分科会, 西日本底魚資源に関する検討会議事録, 1-8.
- 三栖 寛・今岡要二郎・末島富治・花渕信夫・小嶋喜久雄・花渕靖子(1985) 日本海西南海域およびその周辺海域産ムシガレイの漁業生物学的研究－Ⅱ. 標識放流結果からみた分布と回遊について. 西水研研報, 42, 23-36.
- 田中昌一(1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海区水研研報, 28, 1-200.

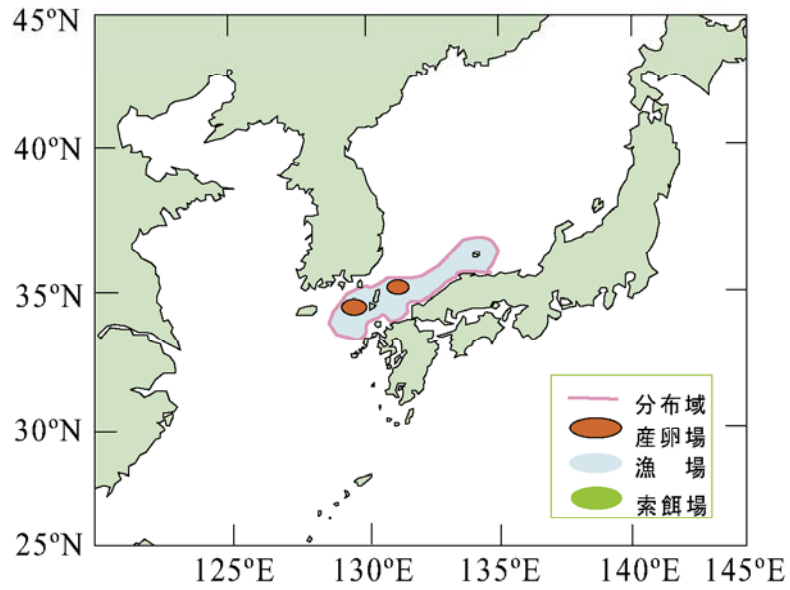


図1. ムシガレイ日本海系群の分布図

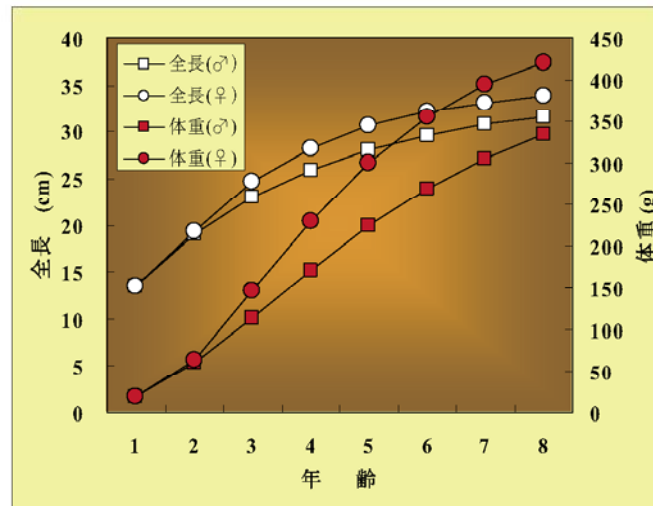


図2 ムシガレイの年齢と成長

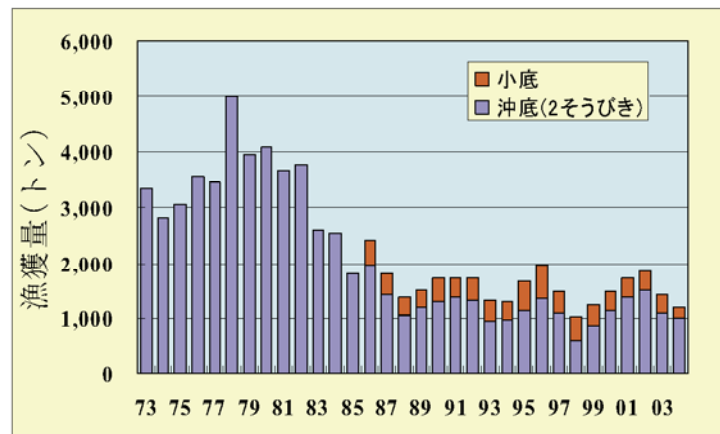


図3. 漁法別漁獲量の経年変化。

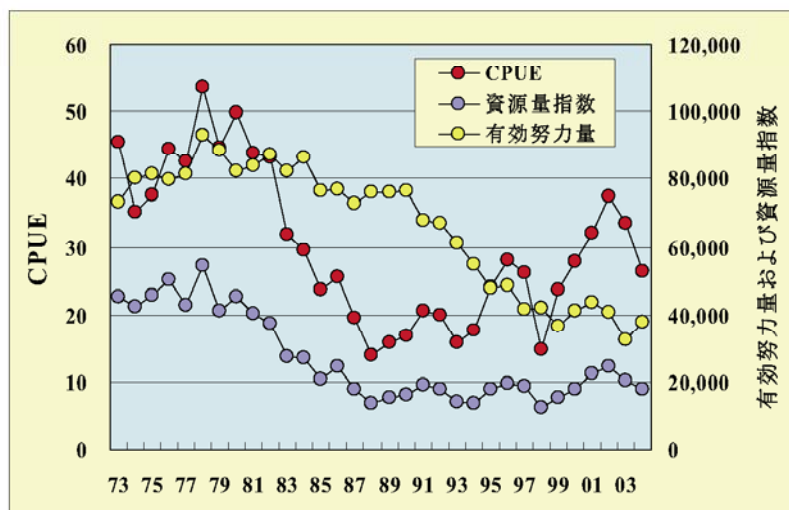


図4 沖底のCPUE(kg/有効努力量)、資源量指数および有効努力量(網数)の経年変化

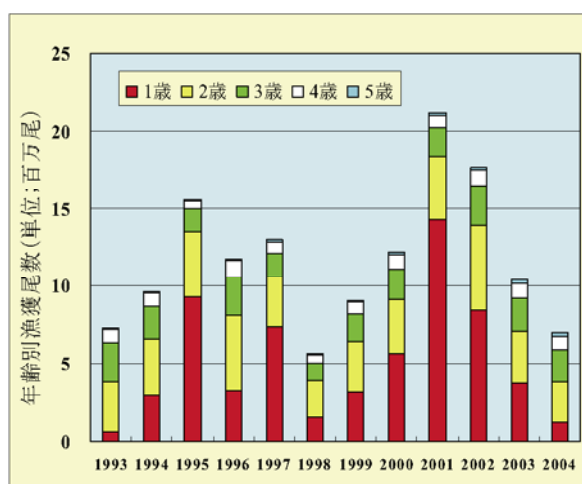


図5 沖合底びき網により漁獲されたムシガレイ年齢別漁獲尾数。月別銘柄別漁獲量、銘柄別全長組成および全長階級別年齢組成(付表2,3)に基づき推定した。誕生日($t=0$)を3月とした。

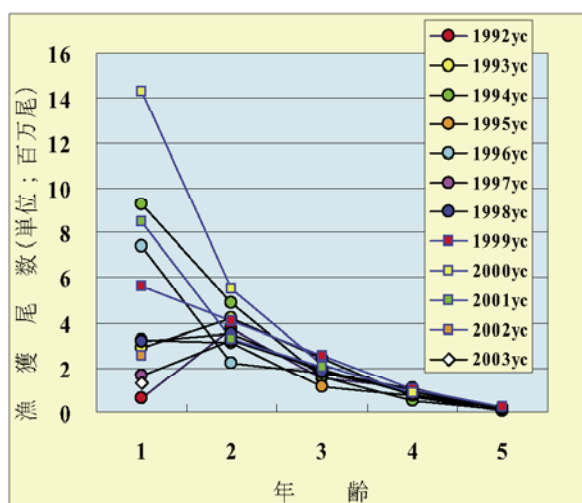


図6 年級群(yc)別年齢別漁獲尾数の推移

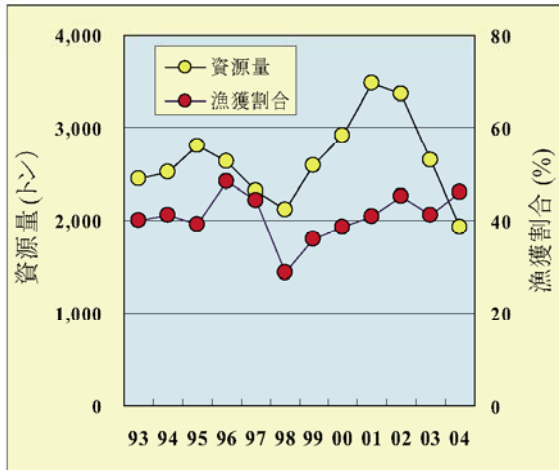


図7 M=0.35の場合のムシガレイの資源量と漁獲割合

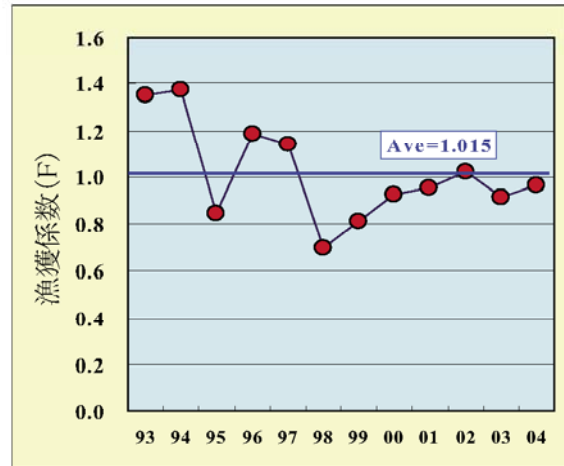


図8 ムシガレイの漁獲係数(F)の経年変化。

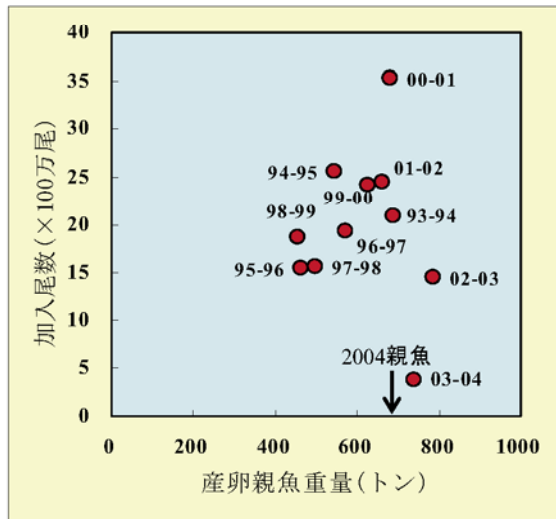


図9 ムシガレイの再生産関係。図中の数字は解析年を示す。

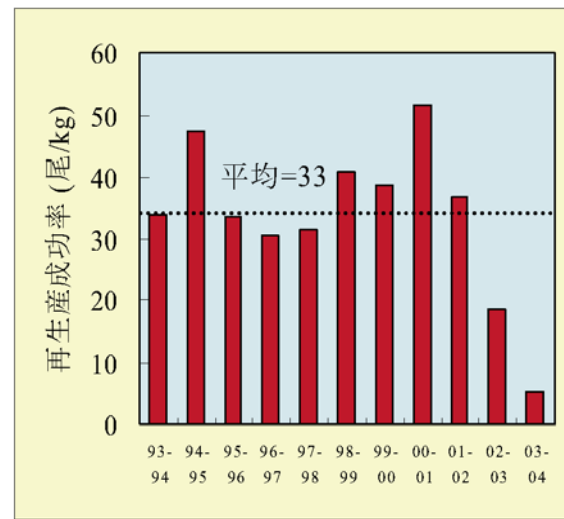


図10 ムシガレイの再生産成功率(RPS)の経年変化。

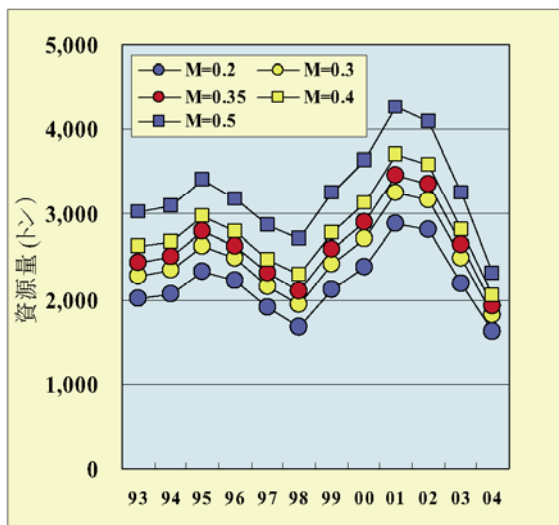


図11 ムシガレイの自然死亡(M)の感度解析

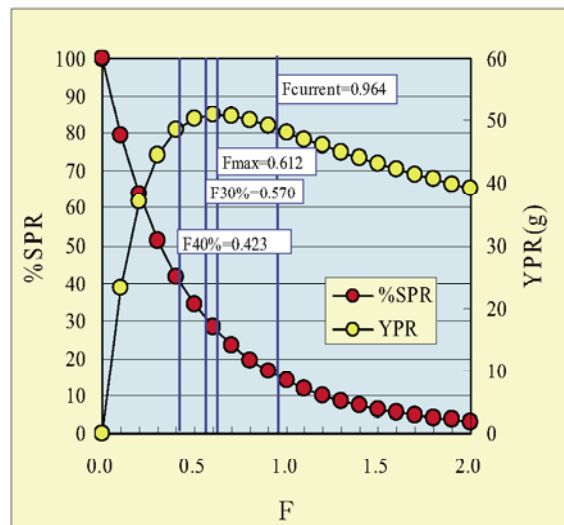


図12 ムシガレイの%SPR及びYPRと漁獲係数

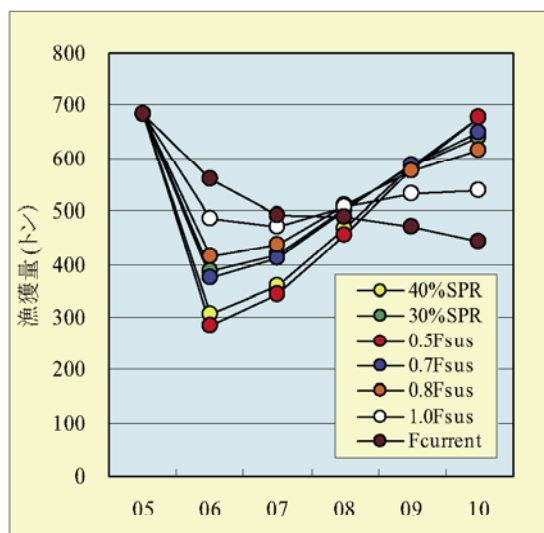


図13 $F_{sus}(0.811 F_{current})$ を基準としてFを変化させた場合の漁獲量の変化

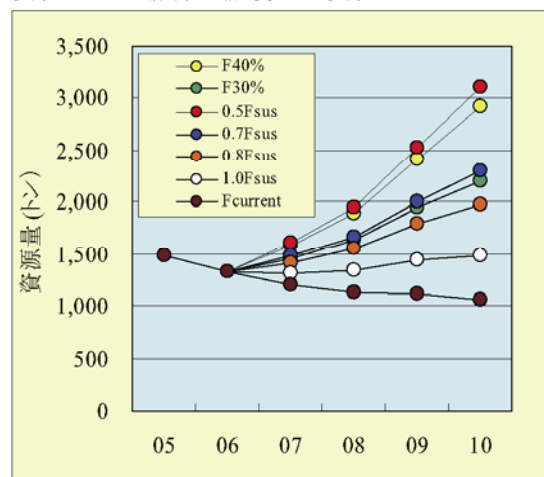


図14 $F_{sus}(0.811 F_{current})$ を基準としてFを変化させた場合の資源量の変化

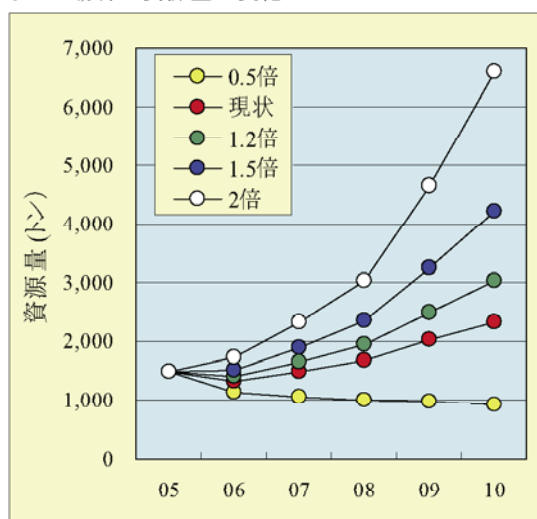


図15 $F_{limit}(0.95F_{30\%})$ において加入量が変わった場合の資源量の変化

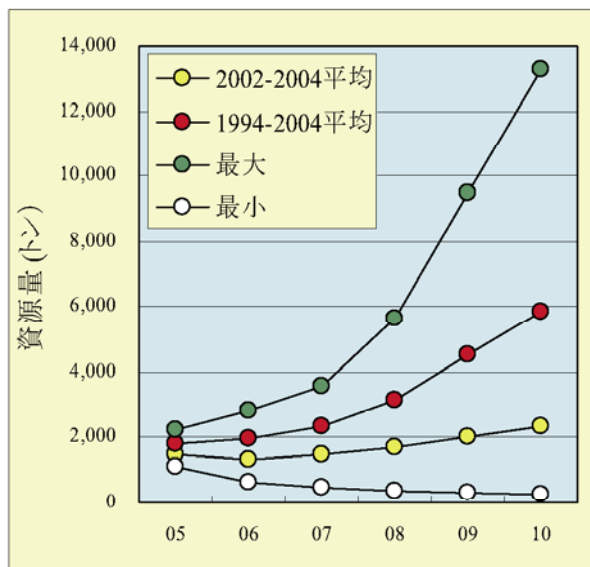


図16 Flimit(0.95F30%)における産成功率(RPS)が変化した場合の資源量の変化

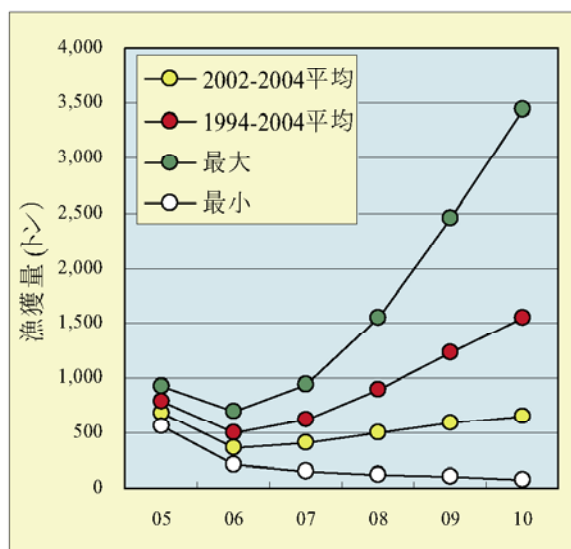


図17 Flimit(0.95F30%)において産成功率(RPS)が変化した場合の漁獲量の変化

付表1 漁法別漁獲量の経年変化(トン)

年	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
沖底	3,332	2,823	3,057	3,545	3,460	4,991	3,948	4,094
小底								
合計	3,332	2,823	3,057	3,545	3,460	4,991	3,948	4,094

年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
沖底	3,668	3,760	2,614	2,541	1,813	1,959	1,425	1,058
小底						456	379	314
合計	3,668	3,760	2,614	2,541	1,813	2,415	1,804	1,372

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
沖底	1,196	1,288	1,393	1,326	962	970	1,145	1,365
小底	317	428	331	393	362	333	531	593
合計	1,513	1,717	1,723	1,719	1,324	1,303	1,676	1,958

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
沖底	1,087	618	872	1,144	1,389	1,525	1,082	997
小底	408	426	366	355	333	326	354	190
合計	1,495	1,044	1,238	1,498	1,722	1,851	1,436	1,187

※ 沖底は2そうびきのみの漁獲量を示す。

付表2 解析に用いたムシガレイの年齢別漁獲尾数

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1歳	619,802	2,899,873	9,267,685	3,253,100	7,396,449	1,626,226	3,177,783	5,623,410	14,280,633	8,443,376	3,752,010	1,284,041
2歳	3,214,106	3,725,874	4,204,880	4,855,466	3,147,072	2,234,641	3,230,836	3,540,852	4,096,974	5,476,688	3,289,525	2,562,027
3歳	2,488,779	2,015,380	1,558,723	2,465,220	1,613,557	1,140,490	1,779,160	1,954,905	1,825,379	2,565,082	2,157,508	2,046,499
4歳	882,113	854,178	449,287	1,060,993	699,767	528,754	762,641	913,674	807,823	1,026,327	994,930	854,358
5+歳	98,522	140,737	46,451	123,434	131,182	80,071	133,544	181,311	176,207	161,502	182,311	201,831
計	7,303,322	9,636,042	15,527,026	11,758,214	12,988,026	5,610,183	9,083,964	12,214,152	21,187,016	17,672,973	10,376,284	6,948,756

付表3 計算されたムシガレイの漁獲係数(F)

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1歳	0.045	0.197	0.562	0.288	0.548	0.132	0.227	0.324	0.660	0.528	0.369	0.519
2歳	0.517	0.579	0.594	0.822	0.612	0.375	0.507	0.516	0.502	0.710	0.486	0.566
3歳	1.322	1.171	0.627	1.124	0.919	0.570	0.722	0.838	0.680	0.867	0.862	0.803
4歳	2.441	2.454	1.219	1.844	1.812	1.206	1.305	1.475	1.467	1.501	1.426	1.465
5+歳	2.441	2.454	1.219	1.844	1.812	1.206	1.305	1.475	1.467	1.501	1.426	1.465
平均値	1.353	1.371	0.844	1.184	1.141	0.698	0.813	0.925	0.955	1.022	0.914	0.964

付表4 コホート解析により計算された資源量(トン)と漁獲割合

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
資源重量	2,438	2,502	2,793	2,625	2,302	2,106	2,586	2,905	3,469	3,360	2,640	1,927
漁獲割合	40	41	39	48	44	29	36	38	41	45	41	46

付表5 コホート解析により計算された年齢別資源尾数

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1歳	16,607,270	19,323,396	25,687,614	15,493,856	20,889,957	15,662,468	18,645,553	24,236,483	35,228,187	24,511,420	14,490,936	3,778,735
2歳	9,487,031	10,096,673	11,182,648	10,321,933	8,187,498	8,511,903	9,672,008	10,471,686	12,358,550	12,836,906	10,185,055	7,061,939
3歳	4,043,017	3,479,082	3,987,294	4,350,462	3,197,788	3,127,800	4,122,351	4,103,601	4,406,879	5,269,690	4,448,571	4,415,872
4歳	1,151,093	1,113,247	759,843	1,501,318	996,272	898,932	1,246,731	1,411,444	1,250,700	1,573,148	1,560,212	1,323,719
5+歳	128,564	183,421	78,558	174,661	186,766	136,128	218,311	280,090	272,810	247,549	285,893	312,685
計	31,416,975	34,195,819	41,695,957	31,842,229	33,458,281	28,337,231	33,904,954	40,503,304	53,517,127	44,438,713	30,970,666	16,892,950

付表6 コホート解析により計算された年齢別資源重量(トン)

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1歳	565	658	875	528	711	533	635	825	1,200	835	493	129
2歳	897	955	1,057	976	774	805	915	990	1,169	1,214	963	668
3歳	671	577	661	722	530	519	684	681	731	874	738	733
4歳	268	259	177	349	232	209	290	329	291	366	363	308
5+歳	37	53	23	50	54	39	63	81	79	71	82	90
計	2,438	2,502	2,793	2,625	2,302	2,106	2,586	2,905	3,469	3,360	2,640	1,927

付表7 資源管理基準にともなう漁獲量の推移

管理基準	F	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
0.0Fsus	0.000	683	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1Fsus	0.078	683	66	96	150	232	302	436	670	951	1,343	1,964
0.2Fsus	0.156	683	127	175	264	387	491	685	1,005	1,372	1,872	2,638
0.3Fsus	0.234	683	183	242	348	487	601	811	1,136	1,493	1,968	2,673
0.4Fsus	0.313	683	236	297	409	547	657	857	1,147	1,452	1,850	2,421
0.5Fsus	0.391	683	285	342	453	578	675	851	1,091	1,331	1,639	2,066
0.6Fsus	0.469	683	331	379	482	590	669	813	1,000	1,178	1,401	1,701
0.7Fsus	0.547	683	374	409	499	587	647	758	895	1,018	1,170	1,368
0.8Fsus	0.625	683	414	434	508	574	615	695	788	865	961	1,083
0.9Fsus	0.704	683	451	454	511	555	577	628	685	728	781	847
1.0Fsus	0.782	683	486	469	508	531	536	563	591	606	628	658
Fcurrent	0.964	683	560	492	488	469	441	424	409	389	372	358
0.8Fcurrent	0.771	683	482	467	509	535	542	572	604	622	648	682
Fmax	0.612	683	407	430	507	577	621	706	806	891	996	1,129
F30%	0.570	683	386	417	503	584	639	741	864	973	1,108	1,281
F40%	0.423	683	304	358	466	585	675	838	1,056	1,271	1,543	1,915
0.95F30%	0.542	683	371	407	498	587	649	763	903	1,029	1,186	1,391
0.8・0.95F30%	0.433	683	311	363	470	586	675	833	1,044	1,250	1,511	1,866

付表8 資源管理基準にともなう資源量の推移

	F	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
0.0Fsus	0.000	1,480	1,326	2,001	2,895	4,648	6,856	10,003	15,354	23,186	34,559	51,792
0.1Fsus	0.078	1,480	1,326	1,911	2,668	4,097	5,826	8,205	12,087	17,559	25,180	36,332
0.2Fsus	0.156	1,480	1,326	1,827	2,461	3,620	4,963	6,745	9,544	13,345	18,418	25,593
0.3Fsus	0.234	1,480	1,326	1,748	2,273	3,205	4,237	5,557	7,558	10,176	13,522	18,101
0.4Fsus	0.313	1,480	1,326	1,674	2,101	2,843	3,626	4,587	6,003	7,784	9,964	12,852
0.5Fsus	0.391	1,480	1,326	1,604	1,944	2,527	3,109	3,794	4,780	5,973	7,366	9,160
0.6Fsus	0.469	1,480	1,326	1,538	1,801	2,250	2,671	3,145	3,817	4,597	5,464	6,551
0.7Fsus	0.547	1,480	1,326	1,475	1,670	2,006	2,299	2,612	3,055	3,548	4,065	4,702
0.8Fsus	0.625	1,480	1,326	1,416	1,550	1,792	1,982	2,173	2,451	2,746	3,034	3,386
0.9Fsus	0.703	1,480	1,326	1,361	1,440	1,603	1,711	1,811	1,971	2,130	2,270	2,446
1.0Fsus	0.782	1,480	1,326	1,308	1,339	1,436	1,480	1,512	1,589	1,657	1,704	1,772
Fcurrent	0.964	1,480	1,326	1,196	1,134	1,118	1,062	1,001	970	931	882	847
0.8Fcurrent	0.771	1,480	1,326	1,315	1,352	1,459	1,510	1,551	1,638	1,716	1,773	1,854
Fmax	0.612	1,480	1,326	1,426	1,570	1,828	2,034	2,244	2,547	2,871	3,193	3,585
F30%	0.570	1,480	1,326	1,458	1,634	1,942	2,203	2,477	2,868	3,296	3,737	4,278
F40%	0.423	1,480	1,326	1,576	1,884	2,409	2,921	3,514	4,359	5,366	6,518	7,985
0.95・F30%	0.542	1,480	1,326	1,480	1,679	2,023	2,324	2,647	3,105	3,616	4,154	4,817
0.8・0.95F30%	0.433	1,480	1,326	1,568	1,865	2,372	2,863	3,427	4,231	5,182	6,264	7,637

付表9 日本海西部産ムシガレイの全長一年齢換算表。島根県水産試験場、山口県水産研究センター及び西海区水産研究所が保有する耳石標本1708個体の輪紋と全長の関係に基づいて作成された。

3-5月

全長 (cm)	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳以上	合計
10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
11	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
12	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
13	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
14	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
17	0.41	0.59	0.00	0.00	0.00	1.00
18	0.17	0.83	0.00	0.00	0.00	1.00
19	0.03	0.85	0.09	0.03	0.00	1.00
20	0.00	0.64	0.21	0.14	0.00	1.00
21	0.03	0.63	0.20	0.15	0.00	1.00
22	0.00	0.36	0.44	0.20	0.00	1.00
23	0.00	0.09	0.64	0.18	0.09	1.00
24	0.00	0.27	0.58	0.15	0.00	1.00
25	0.00	0.25	0.66	0.09	0.00	1.00
26	0.00	0.19	0.63	0.19	0.00	1.00
27	0.00	0.00	0.62	0.31	0.07	1.00
28	0.00	0.00	0.41	0.56	0.04	1.00
29	0.00	0.00	0.33	0.55	0.12	1.00
30	0.00	0.00	0.35	0.41	0.24	1.00
31	0.00	0.00	0.14	0.62	0.24	1.00
32	0.00	0.00	0.00	0.67	0.33	1.00
33	0.00	0.00	0.09	0.55	0.36	1.00
34	0.00	0.00	0.00	0.75	0.25	1.00
35	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
36	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
37	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
38	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
39	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
合計	0.10	0.29	0.32	0.24	0.05	1.00

6-8月

全長 (cm)	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳以上	合計
10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
11	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
12	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	1.00
13	0.25	0.75	0.00	0.00	0.00	1.00
14	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00
15	0.09	0.87	0.04	0.00	0.00	1.00
16	0.00	0.93	0.07	0.00	0.00	1.00
17	0.00	0.90	0.07	0.03	0.00	1.00
18	0.00	0.72	0.24	0.04	0.00	1.00
19	0.00	0.56	0.37	0.04	0.04	1.00
20	0.00	0.47	0.43	0.10	0.00	1.00
21	0.00	0.27	0.59	0.14	0.00	1.00
22	0.00	0.00	0.59	0.36	0.05	1.00
23	0.00	0.07	0.46	0.39	0.07	1.00
24	0.00	0.00	0.44	0.52	0.04	1.00
25	0.00	0.00	0.29	0.65	0.06	1.00
26	0.00	0.00	0.45	0.55	0.00	1.00
27	0.00	0.00	0.10	0.90	0.00	1.00
28	0.00	0.00	0.00	0.78	0.22	1.00
29	0.00	0.00	0.00	0.41	0.59	1.00
30	0.00	0.14	0.14	0.71	0.00	1.00
31	0.00	0.00	0.00	0.43	0.57	1.00
32	0.00	0.00	0.00	0.33	0.67	1.00
33	0.00	0.00	0.00	0.25	0.75	1.00
34	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	1.00
35	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
36	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
37	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
38	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
39	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
合計	0.04	0.39	0.26	0.25	0.06	1.00

9-11月

全長 (cm)	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳以上	合計
10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
11	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
12	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
13	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
14	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
16	0.57	0.43	0.00	0.00	0.00	1.00
17	0.71	0.29	0.00	0.00	0.00	1.00
18	0.95	0.05	0.00	0.00	0.00	1.00
19	0.79	0.21	0.00	0.00	0.00	1.00
20	0.85	0.15	0.00	0.00	0.00	1.00
21	0.75	0.25	0.00	0.00	0.00	1.00
22	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00
23	0.00	0.78	0.22	0.00	0.00	1.00
24	0.00	0.67	0.33	0.00	0.00	1.00
25	0.00	0.81	0.15	0.04	0.00	1.00
26	0.00	0.70	0.23	0.07	0.00	1.00
27	0.00	0.68	0.23	0.09	0.00	1.00
28	0.00	0.48	0.41	0.11	0.00	1.00
29	0.00	0.20	0.80	0.00	0.00	1.00
30	0.00	0.00	0.56	0.44	0.00	1.00
31	0.00	0.19	0.57	0.19	0.05	1.00
32	0.00	0.07	0.57	0.36	0.00	1.00
33	0.00	0.06	0.50	0.44	0.00	1.00
34	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	1.00
35	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
36	0.00	0.00	0.20	0.40	0.40	1.00
37	0.00	0.00	0.00	0.67	0.33	1.00
38	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
39	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
合計	0.22	0.41	0.25	0.11	0.01	1.00

12-2月

全長 (cm)	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳以上	合計
10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
11	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
12	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
13	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
14	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
17	0.92	0.08	0.00	0.00	0.00	1.00
18	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
19	0.82	0.18	0.00	0.00	0.00	1.00
20	0.46	0.38	0.15	0.00	0.00	1.00
21	0.40	0.40	0.15	0.05	0.00	1.00
22	0.33	0.44	0.22	0.00	0.00	1.00
23	0.10	0.40	0.50	0.00	0.00	1.00
24	0.06	0.47	0.47	0.00	0.00	1.00
25	0.08	0.38	0.54	0.00	0.00	1.00
26	0.00	0.40	0.43	0.13	0.04	1.00
27	0.00	0.24	0.65	0.11	0.00	1.00
28	0.00	0.15	0.64	0.15	0.06	1.00
29	0.00	0.10	0.45	0.42	0.03	1.00
30	0.00	0.08	0.52	0.36	0.04	1.00
31	0.00	0.08	0.27	0.54	0.12	1.00
32	0.00	0.00	0.25	0.63	0.13	1.00
33	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
34	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
35	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
36	0.00	0.00	0.00	0.25	0.75	1.00
37	0.00	0.00	0.00	0.33	0.67	1.00
38	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
39	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
合計	0.21	0.22	0.36	0.17	0.04	1.00

※赤色・太字は前後から推定。

付表10 日本海西部産ムシガレイの銘柄一年齢換算表。島根県水産試験場、山口県水産研究センター及び西海区水産研究所が保有する耳石標本1708個体の輪紋と全長の関係に基づいて作成された。

3-5月							6-8月						
銘柄	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳以上	平均体重(g)	銘柄	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳以上	平均体重(g)
豆	0.94	0.06	0.00	0.00	0.00	24	豆	0.94	0.06	0.00	0.00	0.00	24
散	0.20	0.56	0.16	0.09	0.00	76	散	0.01	0.51	0.35	0.12	0.02	77
120入	0.00	0.26	0.53	0.18	0.03	126	120入	0.00	0.04	0.49	0.42	0.05	127
110入	0.00	0.25	0.59	0.15	0.01	141	110入	0.00	0.49	0.43	0.08	0.01	129
100入	0.00	0.21	0.61	0.15	0.03	147	100入	0.00	0.02	0.41	0.52	0.05	145
80入	0.00	0.23	0.63	0.13	0.01	169	80入	0.00	0.00	0.35	0.61	0.04	175
70入	0.00	0.23	0.63	0.13	0.00	167	70入	0.00	0.47	0.42	0.10	0.00	186
60入	0.00	0.16	0.63	0.20	0.02	199	60入	0.00	0.00	0.31	0.68	0.01	196
55入	0.00	0.15	0.62	0.21	0.02	191	55入	0.00	0.42	0.43	0.15	0.01	183
48入	0.00	0.03	0.57	0.35	0.05	234	48入	0.00	0.36	0.41	0.21	0.03	212
44入	0.00	0.12	0.62	0.23	0.03	198	44入	0.00	0.37	0.46	0.16	0.02	194
40入	0.00	0.63	0.28	0.09	0.00	194	40入	0.00	0.63	0.28	0.09	0.00	194
32入	0.00	0.00	0.44	0.49	0.07	233	32入	0.00	0.23	0.45	0.29	0.04	231
30入	0.00	0.01	0.44	0.47	0.07	234	30入	0.00	0.01	0.44	0.47	0.07	234
28入	0.00	0.00	0.37	0.51	0.12	255	28入	0.00	0.00	0.10	0.80	0.10	223
26入	0.00	0.29	0.59	0.12	0.00	284	26入	0.00	0.29	0.59	0.12	0.00	284
25入	0.00	0.00	0.42	0.47	0.10	260	25入	0.00	0.01	0.03	0.67	0.29	258
24入	0.00	0.00	0.39	0.50	0.11	262	24入	0.00	0.00	0.00	0.66	0.34	254
23入	0.00	0.00	0.48	0.46	0.06	258	23入	0.00	0.00	0.01	0.59	0.40	259
22入	0.00	0.00	0.40	0.50	0.09	270	22入	0.00	0.01	0.02	0.61	0.36	262
21入	0.00	0.00	0.38	0.51	0.11	277	21入	0.00	0.03	0.03	0.57	0.37	264
20入	0.00	0.00	0.30	0.52	0.18	305	20入	0.00	0.06	0.06	0.57	0.31	298
19入	0.00	0.00	0.33	0.49	0.18	302	19入	0.00	0.07	0.07	0.58	0.28	303
18入	0.00	0.00	0.27	0.50	0.23	322	18入	0.00	0.06	0.06	0.57	0.31	320
17入	0.00	0.00	0.22	0.54	0.24	344	17入	0.00	0.05	0.05	0.52	0.37	342
16入	0.00	0.00	0.17	0.57	0.26	346	16入	0.00	0.02	0.02	0.44	0.51	358
15入	0.00	0.00	0.09	0.62	0.29	383	15入	0.00	0.01	0.01	0.38	0.60	374
14入	0.00	0.00	0.07	0.58	0.35	404	14入	0.00	0.00	0.00	0.37	0.63	417
13入	0.00	0.00	0.05	0.49	0.46	426	13入	0.00	0.00	0.00	0.47	0.53	441
12入	0.00	0.00	0.08	0.48	0.44	430	12入	0.00	0.00	0.00	0.44	0.56	451
11入	0.00	0.00	0.12	0.53	0.35	378	11入	0.00	0.00	0.00	0.70	0.30	507
10入	0.00	0.00	0.02	0.36	0.61	477	10入	0.00	0.00	0.00	0.48	0.52	518
9入	0.00	0.00	0.05	0.63	0.32	382	9入	0.00	0.00	0.00	0.29	0.71	519
8入	0.00	0.00	0.02	0.30	0.68	517	8入	0.00	0.00	0.00	0.58	0.42	521
7入	0.00	0.00	0.01	0.15	0.84	537	7入	0.00	0.00	0.00	0.70	0.30	557
6入	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	633	6入	0.00	0.00	0.00	0.83	0.17	683

9-11月							12-2月						
銘柄	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	平均体重(g)	銘柄	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	平均体重(g)
豆	0.94	0.06	0.00	0.00	0.00	24	豆	0.94	0.06	0.00	0.00	0.00	24
散	0.68	0.31	0.01	0.00	0.00	71	散	0.55	0.28	0.16	0.01	0.00	74
120入	0.06	0.78	0.16	0.00	0.00	116	120入	0.12	0.43	0.45	0.00	0.00	130
110入	0.00	0.73	0.27	0.00	0.00	117	110入	0.00	0.73	0.27	0.00	0.00	117
100入	0.02	0.76	0.20	0.01	0.00	136	100入	0.06	0.41	0.50	0.02	0.01	148
80入	0.00	0.75	0.22	0.03	0.00	152	80入	0.03	0.37	0.51	0.07	0.01	168
70入	0.00	0.73	0.20	0.06	0.00	161	70入	0.00	0.73	0.20	0.06	0.00	161
60入	0.00	0.70	0.24	0.07	0.00	183	60入	0.00	0.27	0.59	0.12	0.02	204
55入	0.00	0.69	0.23	0.08	0.00	174	55入	0.00	0.69	0.23	0.08	0.00	174
48入	0.00	0.68	0.25	0.07	0.00	191	48入	0.00	0.15	0.59	0.21	0.05	247
44入	0.00	0.62	0.29	0.09	0.00	190	44入	0.00	0.62	0.29	0.09	0.00	190
40入	0.00	0.63	0.28	0.09	0.00	194	40入	0.00	0.63	0.28	0.09	0.00	194
32入	0.00	0.46	0.45	0.09	0.00	230	32入	0.00	0.46	0.45	0.09	0.00	230
30入	0.00	0.01	0.44	0.47	0.07	234	30入	0.00	0.17	0.59	0.20	0.04	230
28入	0.00	0.23	0.57	0.20	0.00	258	28入	0.00	0.23	0.57	0.20	0.00	258
26入	0.00	0.29	0.59	0.12	0.00	284	26入	0.00	0.29	0.59	0.12	0.00	284
25入	0.00	0.49	0.43	0.08	0.00	244	25入	0.00	0.09	0.51	0.36	0.04	277
24入	0.00	0.26	0.53	0.21	0.01	277	24入	0.00	0.26	0.53	0.21	0.01	277
23入	0.00	0.49	0.42	0.09	0.00	237	23入	0.00	0.11	0.51	0.34	0.04	268
22入	0.00	0.16	0.61	0.21	0.03	312	22入	0.00	0.12	0.54	0.29	0.05	262
21入	0.00	0.25	0.59	0.16	0.00	262	21入	0.00	0.14	0.57	0.25	0.05	252
20入	0.00	0.14	0.59	0.25	0.01	315	20入	0.00	0.08	0.39	0.46	0.07	304
19入	0.00	0.13	0.66	0.20	0.01	292	19入	0.00	0.11	0.52	0.33	0.04	273
18入	0.00	0.09	0.61	0.28	0.01	308	18入	0.00	0.08	0.51	0.37	0.04	305
17入	0.00	0.09	0.57	0.32	0.02	323	17入	0.00	0.08	0.39	0.45	0.08	327
16入	0.00	0.17	0.52	0.29	0.02	346	16入	0.00	0.05	0.33	0.52	0.10	355
8入	0.00	0.11	0.55	0.33	0.01	381	15入	0.00	0.04	0.24	0.64	0.08	360
8入	0.00	0.22	0.53	0.23	0.02	398	14入	0.00	0.00	0.13	0.81	0.06	416
13入	0.00	0.11	0.51	0.28	0.10	380	13入	0.00	0.00	0.15	0.78	0.08	412
12入	0.00	0.19	0.46	0.21	0.15	450	12入	0.00	0.00	0.03	0.58	0.39	473
11入	0.00	0.14	0.38	0.17	0.31	342	11入	0.00	0.00	0.03	0.31	0.66	529
10入	0.00	0.09	0.26	0.28	0.37	483	10入	0.00	0.00	0.01	0.20	0.78	495
9入	0.00	0.13	0.41	0.26	0.21	439	9入	0.00	0.00	0.00	0.08	0.92	555
8入	0.00	0.13	0.28	0.32	0.27	558	8入	0.00	0.00	0.00	0.17	0.83	582
7入	0.00	0.00	0.00	0.70	0.30	557	7入	0.00	0.00	0.00	0.70	0.30	557
6入	0.00	0.06	0.08	0.19	0.67	530	6入	0.00	0.06	0.08	0.19	0.67	530

補足資料 1-1

現存量推定法

資源量指数、有効努力量、CPUE には以下の式により求められた値を用いた。

$$\text{資源量指数} : \tilde{N} = \sum_i A_i \frac{C_i}{X_i} \quad \text{有効努力量} : \tilde{X} = \frac{AC}{\tilde{N}} \quad \text{CPUE} : \frac{C}{\tilde{X}}$$

A_i : 漁区*i*の面積（ここでは農林漁区を用い、各漁区の面積は等しいと仮定し、 $A_i = 1$ とした。

A : 漁区面積の合計（ここでは $A_i = 1$ としているので操業漁区数に等しい）

C_i : 漁区 *i* の漁獲量

C : 総漁獲量

X_i : 漁区*i*における努力量（網数）

補足資料 1-2

コホート解析

2004 年の最高齢魚(5+歳魚)の資源尾数と漁獲尾数を、それぞれ $N_{2004,5+}$ および $C_{2004,5+}$ としたときに、5+歳魚の資源尾数を漁獲係数($F_{2004,5+}$)と自然死亡係数(M)から次の式を用いて計算した。

$$N_{2004,5+} = \frac{C_{2004,5+} \times \exp(M/2)}{(1 - \exp(-F_{2004,5+}))}$$

1〜4 歳魚の資源尾数の計算には次の式を用いた。

$$N_{t,age} = N_{t+1,age+1} \times \exp(M) + C_{t,age} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

この時の漁獲係数 F は次の式で計算できる。

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

プラスグループを考慮して、最高年齢(5+歳魚)と 4 歳魚の資源尾数の計算については次の計算式を用いた。

$$N_{t,5+} = C_{t,5+} \times \frac{N_{t,4}}{C_{t,4}}$$

$$N_{t,4} = \frac{C_{t,4} \times N_{t+1,5+} \times \exp(M)}{(C_{t,5+} + C_{t,4})} + C_{t,4} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

2004 年の 1〜4 歳魚の F は 2001〜2003 年の各年齢の F の平均値とした。最高年齢とその一歳若い年齢の F は同じとし、 $F_{2004,5+}$ と $F_{2004,4}$ が同じ値となるように $F_{2004,5+}$ を決めた。