

平成 20 年度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(酒井猛、塚本洋一)

参 画 機 関: 日本海区水産研究所、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、
鳥取県水産試験場

要 約

底びき網漁業の漁獲動向とコホート解析による資源計算値から、ムシガレイ資源の現状を検討した。日本海西部海域のムシガレイ資源は、1980 年代に減少して、1990 年以降は増減しながら同水準にある。漁獲圧は同程度の水準で推移し加入量も一定の水準を保っていたが、2007 年には漁獲圧がやや低下し、今後資源が増加することが期待される。しかし、本種の資源水準は未だ低位であり、資源の回復を図るためには漁獲圧を大きく上げないことが望ましい。再生産成功率が近年 5 年間(2002～2006 年)の平均値で継続した場合に、親魚量の十分な増加が期待できる漁獲量を ABClimit、それよりやや少なく不確実性を見込んだ漁獲量を ABCtarget とした。

	2009 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	1,900 トン	0.9 Fcurrent	0.37	27%
ABCtarget	1,500 トン	0.8・0.9 Fcurrent	0.29	22%

漁獲割合は ABC / 資源量。Fcurrent は 2007 年の F。F 値は各年齢の単純平均

年	資源量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合
2006	4,800	1,700	0.54	35%
2007	5,400	1,500	0.41	28%
2008	6,200	-	-	-

2008 年の資源量は加入量を仮定した値である

水準: 低位 動向: 増加

本件資源評価に使用したデータは以下のとおり

データセット	基礎情報・関係調査等
漁獲量 年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 小型底びき主要港水揚げ量(山口・島根・鳥取) 沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 市場測定(島根県) 韓国沿近海魚種別総漁獲量年別統計(韓国統計庁)
資源量指数・資源密度指数	沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁)

1. まえがき

ムシガレイは、底びき網、刺し網、はえ縄等で漁獲されるが、その大半は沖合底びき網漁業(以下沖底)および小型底びき網漁業(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5千トン近くあったが、1978年をピークに以降減少し、1987年以降は沖底と小底を合わせて1~2千トンで推移している。

2. 生態

(1) 分布・回遊

ムシガレイは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、島根県および山口県沖の日本海南西部海域が主分布域である(図1、今岡・三栖 1969)。標識放流、産卵・成熟、成長等の知見から、対馬以東の群と以西の群の独立性が高いという報告がある(三栖ほか 1973)。この報告によると、対馬以東群は秋に対馬北東から見島北西の海域に集中するが他の時期には分散し、対馬以西群は春～夏に対馬西海域に滞留して秋には南西へ回遊、越冬するという。一方、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仮説(木下 1992)もある。現時点では、資源管理上、日本海西部海域に分布するムシガレイをひとつの単位と見なすことが妥当であると考えられる。

(2) 年齢・成長

全長は1歳で約14 cm、2歳で約19 cm となり、雌雄差はみられないが、3歳で雌雄それぞれ約25、23 cm、4歳で約28、26 cm、5歳で31、28 cm、6歳で32、30 cm、7歳で33、31 cm になり、雌雄差が生じる(図2、上田ら 未発表)。寿命は7歳程度と推察される。幼魚は浅海に生息し、成長するに従って沖合へ移行する(今岡 1977)。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

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、対馬以東では若干遅く、2月上旬～3月に産卵盛期を迎える(今岡 1971)。資源計算においては、2歳の成熟率を0.4、3歳以上の成熟率を1とした(図3)。

(4) 被捕食関係

全長約12cmまでは小型甲殻類を主要な餌とし約12cm以上ではエビ・カニ類、イカ類などを捕食するようになる。さらに全長約18cmから魚類を捕食するようになる(今岡 1972)。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

ムシガレイは日本海西部海域において、底びき網や刺し網、釣・はえ縄等で漁獲されているが、漁獲の大半は底びき網漁業によるものである。2そうびき沖底の漁獲が底びき網漁獲量の60～

80%を占め、残りが1そうびき沖底および小底による(図4、表1)。本報告では、日本海西部海域(135°E以西)で操業する1そうびきおよび2そうびき沖底と、鳥取・島根・山口各県の小底の漁獲量について資源計算を行い、ABCを算定する。

(2) 漁獲量の推移

漁獲量は1980年代前半に減少した後、増減を繰り返しながら低位で推移している(図4、表1)。1998年には1,100トンまで減少したが、2007年には1,500トンの漁獲があった。近年の沖底の漁獲量は1,000トン前後、小底の漁獲量は300トン前後で推移している。

ムシガレイは韓国水域にも分布し、韓国沿近海魚種別総漁獲量年別統計ではカレイ類にまとめられている。韓国全域で2005年1.5万トン、2006年2.0万トン、2007年2.4万トンのカレイ類が漁獲されているが、このうちのムシガレイの割合は明らかにされていない。

(3) 漁獲努力量の推移

2そうびき沖底の網数は、1980年代前半には10万網近くあったがその後減少が続き、2007年には約3万網であった(図5)。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

漁獲量、漁獲努力量等の情報を収集し、漁獲物の生物測定結果とあわせて年齢別の漁獲尾数による資源解析を行った。

(2) 資源量指標値の推移

資源量指数(月別漁区別1網当たり漁獲量の総和)は、1980年代に減少し、1990年以降は増減を繰り返しながら同水準にある(図6)。

資源密度指数(月別漁区別1網当たり漁獲量の平均)は、資源量指数と概ね同様の経年変動傾向を示しているが、1995年以降、年による変動はあるものの、漸増傾向がみられる(図7)。沖合底びき網のCPUE(浜田以西の沖底(2そうびき)が漁獲したムシガレイのCPUE(ムシガレイ漁獲量の年計÷月別のムシガレイ漁獲漁区における網数の年計)(図8)も、資源密度指数同様年による変動はあるが、漸増傾向がみられる。

(3) 漁獲物の年齢組成

1993～2007年の年齢別漁獲尾数を推定した(図9、補足資料2表2)。小底および2そうびき沖底の漁獲物調査を行っていないので、2そうびき沖底と同じと仮定している。毎年、1～2歳魚を主体に漁獲されている。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

年齢別年別漁獲尾数により計算された(コホート計算)資源量を図10に示す(補足資料3)。資源計算は1歳魚以上について行っているため、資源量は0歳魚を含まない漁獲対象資源を表

す。

資源量は増減を繰り返しながら、1993～2007 年では緩やかな増加傾向にある。漁獲割合は増減を繰り返しながら緩やかに減少している(図 10)。加入量(資源計算の 1 歳魚資源尾数)は、1995 年と 2001 年にやや高い値を示しつつ一定の水準で推移していたが、2006 年と 2007 年には連続して高い値を示した(図 11)。親魚量も緩やかに増加している(図 11)。親魚量と加入量の関係は年変動が大きく、明瞭な関係は認められない(図 12)。

再生産成功率(加入量÷親魚量)は、(親魚量と産卵量に比例関係があるとして)、発生初期の生き残りの良さの指標値になると考えられる。翌年(N+1年)の加入量(1歳魚)を親魚量(N 年)で除した値を(N 年の)再生産成功率として図 13 に示す。再生産成功率は一定の水準で推移し、1994 年と 2000 年にはやや高い値になったが、2002 年には急激に低下した。その後上昇し、2005 年、2006 年はやや高い値を示している。

コホート計算に使用した自然死亡係数(M)の値が自然計算に与える影響をみるために、M を変化させた場合の 2007 年の資源量、親魚量、加入量を図 14 に示す。M が大きくなると、いずれも大きくなる。

(5) 資源の水準・動向

資源量は 2004 年以降漸増している。資源量指数は 1979 年以降、漁獲量は 1985 年以降、低い水準で推移している。資源密度指数は、資源量指数と同様 1979 年以降低下し、近年漸増傾向にあったが、2007 年にはやや低下した。これらの指標から、1966～2007 年における資源水準として、2007 年の資源は低位であると判断する。資源量、親魚量は 1993 年以降増減しながら同程度の水準を保っていたが、2004 年以降やや増加傾向が見られることから、動向を増加と判断する。

(6) 資源と漁獲の関係

資源量は増減を繰り返しながらゆるやかに増加している。漁獲係数 F(各年齢の F の単純平均)は、1994 以降増減を繰り返しながら 0.4～0.8 で推移している(図 15)。資源量のかなりの割合(30～40%)を漁獲する漁獲圧がかかっていたが、2007 年はやや低下し、この漁獲圧のもとでは、資源のゆるやかな増大が期待される。資源は現在低位水準にあると判断されるが、現在と同様の漁獲圧の元で漁獲量は徐々に増加するものと考えられる。

年齢別選択率を一定(2007 年)として F を変化させた場合の、加入量当たり漁獲量(YPR)と加入量当たり親魚量(SPR)を図 16 に示す。現在の F($F_{\text{current}}=0.41$)は $F_{\text{max}}=0.34$ や $F_{30\%SPR}=0.35$ に比べやや高い値を示している。

(7) 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過去にみられない。ムシガレイの生息域である日本海西部海域低層は、対馬暖流と日本海固有水が接する海域であり、それらの変動に伴う水温環境の変動が大きく、ムシガレイの着底から幼魚期の生残に影響を及ぼしている可能性がある。一方、加入量は比較的安定しており、環境による生残条件の年変動が、ソウハチ等と比べて

小さいことも想定される。

5. 2009 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源は 1993 以降増減を繰り返しているが、近年はやや増加している。漁獲圧は同程度の水準で推移していたが、近年やや減少傾向が見られる。加入量は近年やや増加している。しかし本種の資源水準は未だ低位であり、資源の回復を図るためには漁獲圧を大きく上げないことが望ましい。

(2) ABC の算定

資源回復の水準である B_{limit} 等を定めるためにはさらに検討が必要であると判断し、ABC 算定規則 1 - 3) を使用する。資源の水準は低位、動向は増加傾向であり、1 - 3) - (3) に相当する。ABC を算定するための漁獲係数 F を以下によって定める。

$$F_{limit} = (\text{基準値か現状の } F) \times \beta$$

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

現在の F を 2007 年の F とし、これをもとに F_{limit} を検討する。

ABC の算定および「(3) ABC_{limit} の評価」の計算には、以下の仮定を置いた。2008 年は、2007 年と同じ F で漁獲される。2009 年以降の年齢別選択率は 2007 年と同じ (4 歳以上の F を 1 とすると、1 歳 = 0.38、2 歳 = 0.78、3 歳 = 1)。2008 年以降の再生産成功率は過去 5 年の平均値 (2002 ~ 2006 年) で一定 (0.016 尾/g)。2008 年の漁獲量は 1,800 トン。

これらの仮定のもとでは、次の「 ABC_{limit} の評価」でみるように、現在の F を維持すれば、資源量、漁獲量は増加する計算になる。

資源量は増加傾向にあるものの水準は未だ低位である。従って、親魚量を確保し資源の回復を図るためには 2007 年と同程度もしくはそれ以下の漁獲圧に留めることが妥当であろう。0.9 $F_{current}$ を F_{limit} として提案する。

また、 F_{target} を設定するための安全率 α は、標準値の 0.8 とする。

	2009 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	1,900 トン	0.9 $F_{current}$	0.37	27%
ABC_{target}	1,500 トン	0.8・0.9 $F_{current}$	0.29	22%

漁獲割合は $ABC/\text{資源量}$ 。 $F_{current}$ は 2007 年の F 。 F 値は各年齢の単純平均。

(3) ABC_{limit} の評価

ABC 算定と同じ仮定のもとで、現在の F (2007 年の F) を変化させた場合に、期待される漁獲量と資源量を次表と図 17、18 に示す。

F	× Fcurrent	漁獲量(トン)					資源量(トン)				
		2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013
0.28	0.70	1,536	1,886	2,281	2,775	3,362	7,025	8,631	10,426	12,684	15,375
0.33	0.80	1,718	2,034	2,399	2,850	3,365	7,025	8,360	9,846	11,679	13,802
0.37	0.90	1,891	2,161	2,488	2,886	3,321	7,025	8,100	9,307	10,766	12,406
0.41	1.00	2,057	2,270	2,551	2,890	3,241	7,025	7,851	8,805	9,935	11,164
0.45	1.10	2,215	2,361	2,593	2,869	3,136	7,025	7,613	8,339	9,178	10,058
0.49	1.20	2,366	2,437	2,618	2,828	3,014	7,025	7,384	7,904	8,487	9,073
0.53	1.30	2,511	2,499	2,627	2,772	2,880	7,025	7,164	7,498	7,856	8,193

(4)ABC の再評価

2008 年再評価の結果を下表に示す。2007 年は F が低下し、再評価した資源量は増加した。今年度より資源量推定に用いる漁獲量データに 135°E 以西における 1 そうびき沖底および鳥取県小底による漁獲量を加えて再計算したが、これらの漁業による漁獲量は年間 40～80 トン程度であり、資源量推定への影響はほとんどない。

評価対象年	管理基準	資源量	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン)
2007 年(当初)	0.9Fcurrent	4,400	1,400	1,200	
2007 年(再評価)	0.9Fcurrent	4,500	1,500	1,300	
2007 年(2008 年再評価)	0.9Fcurrent	5,400	1,400	1,200	1,509
2008 年(当初)	0.9Fcurrent	4,400	1,400	1,200	
2008 年(再評価)	0.9Fcurrent	6,200	1,700	1,400	

6．ABC 以外の管理方策の提言

年齢別漁獲尾数は、1～2 歳魚の割合が 55～86%と高く、商品価値の低い小型個体が多く漁獲されていることを示している(図 9、補足資料 2 表 2)。また、商品サイズにならない小型個体が投棄されている実態がある(石川県水産総合センターほか 1994)。従って、小型魚の保護策についても検討する必要がある。

7．引用文献

- 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 - 成熟と産卵について。西水研報, 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 - 食性について。西水研報, 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(昭

和 47 年度)ムシガレイ幼魚の生息域について. 島根水試事報, 昭和 47-48 年度, 297-299.

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. 年令と生長について. 西水研報, 37, 51-70.

石川県水産総合センター・福井水産試験場・兵庫県但馬水産事務所・鳥取県水産試験場・島根県水産試験場(1994)平成 3-5 年度水産関係地域重要新技術開発促進事業総合報告書(重要カレイ類の生態と資源管理に関する研究), 118pp.

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会報, 3, 40-49.

三栖 寛・今岡要二郎・末島富治・花淵信夫・小嶋喜久雄・花淵靖子(1973)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 - . 標識放流結果からみた分布と回遊について. 西水研報, 43, 23-36.

田中昌一(1960)水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海区水研報, 28, 1-200.

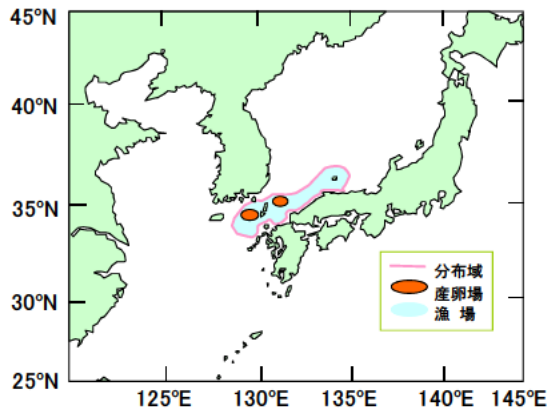


図1 ムシガレイ日本海系群の分布

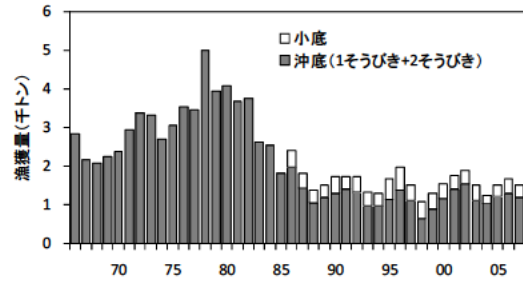


図4 沖底および小底の漁獲量

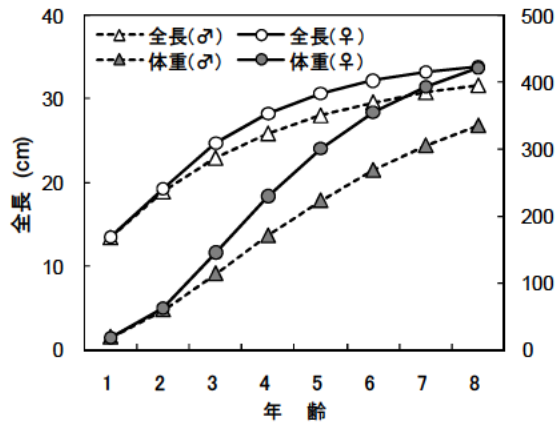


図2 年齢と成長

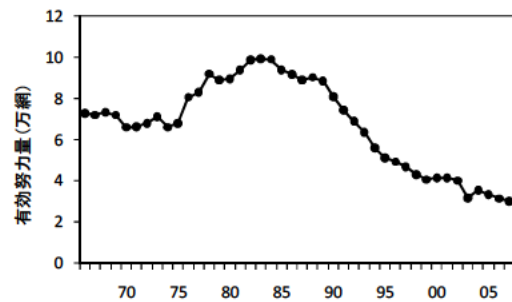


図5 2そうびき沖合底びき網の網数

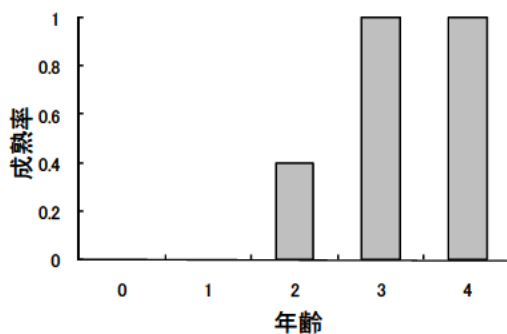


図3 年齢と成熟率

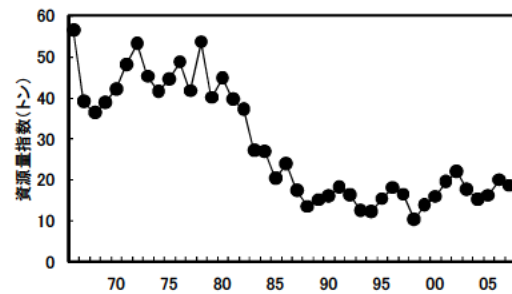


図6 2そうびき沖合底びき網(浜田以西)の資源量指数

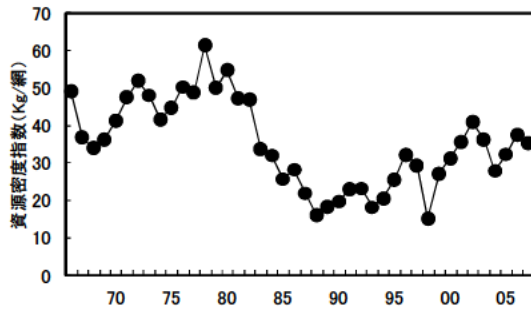


図7 2そうびき沖合底びき網(浜田以西)の資源密度指数

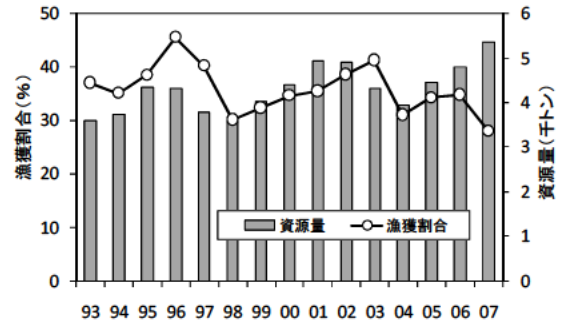


図10 漁獲割合と資源量

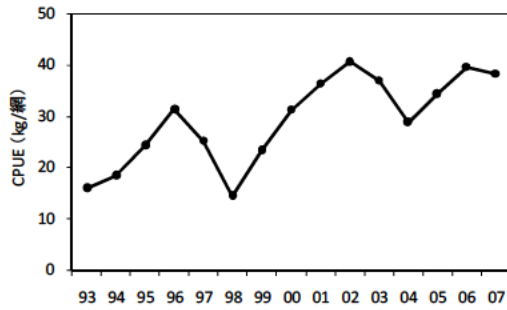


図8 2そうびき沖合底びき網(浜田以西)のCPUE

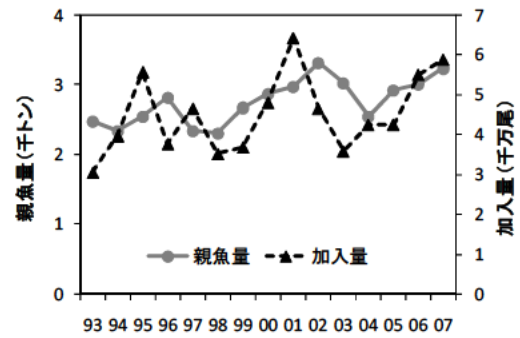


図11 親魚量と加入量(1歳魚)

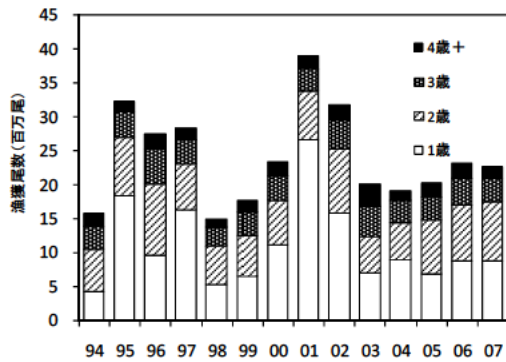


図9 年齢別漁獲尾数

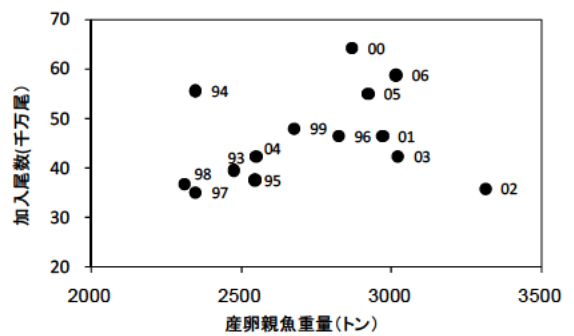


図12 親魚量と加入量(1歳魚)の関係
ラベルは産卵年を表す

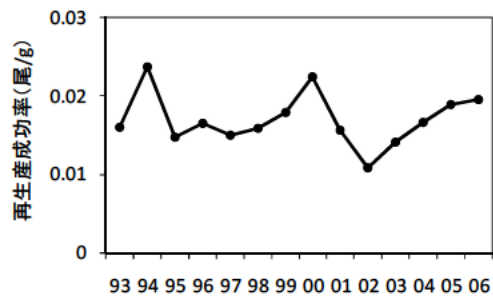


図 13 再生産成功率 (翌年の加入量(1 歳魚) ÷ 当該年の親魚量)

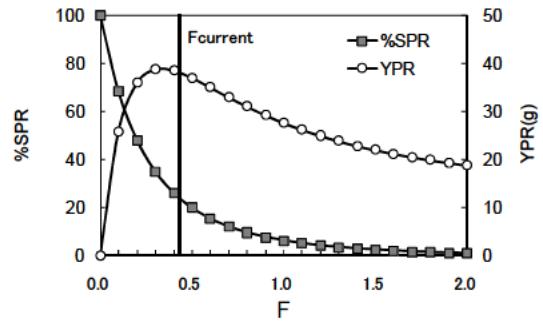


図 16 YPR と SPR

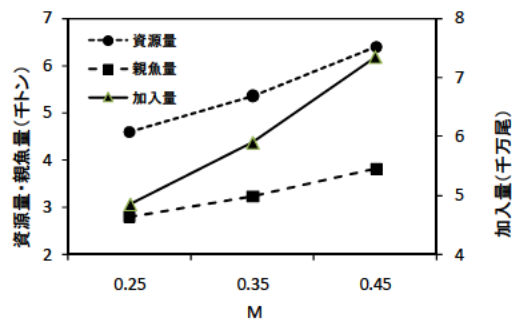


図 14 M と 2007 年資源量、親魚量、加入量の関係

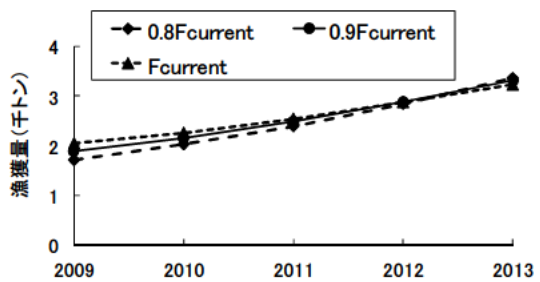


図 17 F による漁獲量の変化

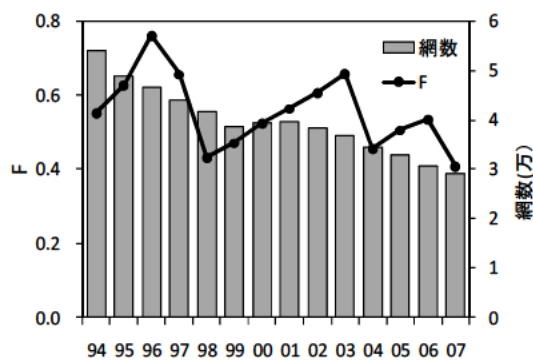


図 15 F と 2 そうびき沖合底びき網の網数

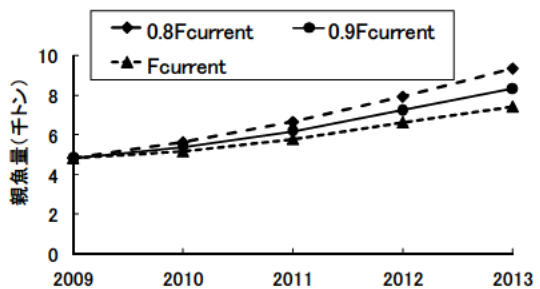


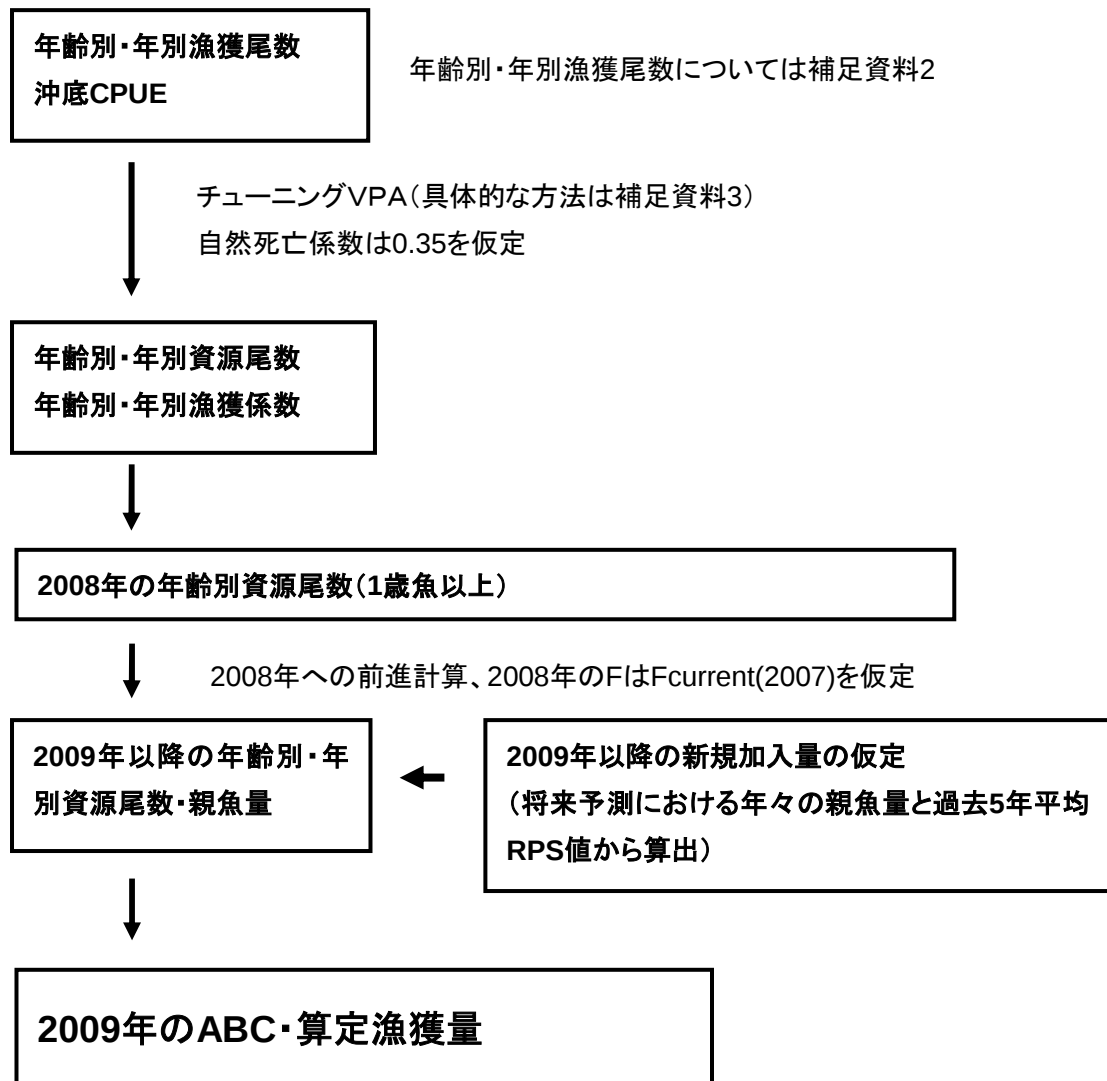
図 18 F による親魚量の変化

表 1 漁獲量 (単位:トン)

年	沖合底びき網		小型底びき 網	計
	1 そうびき	2 そうびき		
1975	0	3,057		3,057
1976	0	3,545		3,545
1977	0	3,460		3,460
1978	0	4,991		4,991
1979	0	3,948		3,948
1980	0	4,094		4,094
1981	0	3,668		3,668
1982	2	3,760		3,761
1983	11	2,614		2,625
1984	6	2,541		2,547
1985	4	1,813		1,817
1986	2	1,959	456	2,417
1987	4	1,425	379	1,808
1988	1	1,058	314	1,373
1989	1	1,196	317	1,514
1990	5	1,288	428	1,722
1991	3	1,393	331	1,726
1992	2	1,326	393	1,722
1993	6	962	362	1,330
1994	5	970	333	1,308
1995	2	1,145	531	1,678
1996	2	1,365	593	1,960
1997	31	1,087	408	1,526
1998	17	622	444	1,083
1999	22	872	411	1,305
2000	10	1,144	377	1,531
2001	18	1,389	347	1,754
2002	12	1,525	362	1,899
2003	16	1,082	406	1,505
2004	37	997	197	1,231
2005	15	1,206	303	1,524
2006	22	1,267	385	1,674
2007	29	1,154	326	1,509

補足資料 1

資源評価のフロー



補足資料 2

年齢別漁獲尾数

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 1,708 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およ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、9～12 月、および 1～2 月における全長階級別年齢組成(1cm 階級)を求めた(平成 17 年資源評価報告書)。産卵期を 3 月として、3 月から翌年 2 月を 1 年とした。

島根県浜田漁港における 1 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(1997～2003 年)および全長階級別年齢組成に基づいて、3～5 月、6～8 月、9～12 月、および 1～2 月の年齢と体長の関係(36 銘柄の年齢組成)を整理した(平成 17 年資源評価報告書)。これらの関係により 1993～2007 年の銘柄別漁獲量を年齢別漁獲尾数に変換した。

求めた年齢別漁獲尾数を使って、1 そうびき沖底および小底の漁獲量を含む全体の漁獲量を年齢別漁獲尾数に換算した。1 そうびき沖底および小型底びき網の漁獲物調査を行っていないので、今後検討する必要がある。

表 2 ムシガレイ日本海系群のコホート計算

	漁獲尾数(十万尾)				漁獲重量(十トン)				漁獲係数 F				資源尾数(十万尾)			
年\年齢	1	2	3	4+	1	2	3	4+	1	2	3	4+	1	2	3	4+
1993	19	52	42	19	3	30	54	46	0.08	0.46	0.84	0.84	305	168	88	41
1994	42	62	35	18	7	37	44	42	0.13	0.47	0.80	0.80	396	199	75	39
1995	184	86	38	16	31	51	49	37	0.50	0.55	0.73	0.73	557	244	88	36
1996	96	105	52	22	16	62	66	51	0.36	0.74	0.97	0.97	376	238	100	42
1997	163	67	36	17	28	39	46	40	0.54	0.56	0.76	0.76	465	185	80	38
1998	53	57	26	14	9	34	34	32	0.20	0.44	0.55	0.55	352	191	74	39
1999	64	61	33	18	11	36	42	41	0.23	0.44	0.60	0.60	368	203	87	46
2000	110	65	37	21	19	38	47	48	0.32	0.47	0.65	0.65	480	206	92	51
2001	266	73	33	19	45	43	42	45	0.68	0.44	0.57	0.57	643	246	90	53
2002	157	95	43	22	27	56	55	52	0.51	0.68	0.62	0.62	465	230	112	57
2003	70	54	43	34	12	32	55	79	0.26	0.40	0.98	0.98	358	196	82	64
2004	88	56	33	14	15	33	43	33	0.28	0.42	0.56	0.56	425	194	93	39
2005	68	78	36	21	12	46	46	49	0.21	0.53	0.64	0.64	425	226	90	53
2006	86	83	40	22	15	49	51	53	0.21	0.52	0.70	0.70	551	242	94	53
2007	87	87	34	17	15	52	44	41	0.19	0.40	0.52	0.52	589	316	101	51

表 3 コホート計算結果

年	資源量 (十トン)	親魚量 (十トン)	加入量 (十万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/g)
1993	359	248	305	37	0.0160
1994	372	235	396	35	0.0237
1995	436	255	557	39	0.0148
1996	431	282	376	46	0.0165
1997	379	235	465	40	0.0150
1998	359	231	352	30	0.0159
1999	402	268	368	32	0.0179
2000	441	287	480	35	0.0224
2001	493	297	643	36	0.0157
2002	492	331	465	39	0.0108
2003	432	302	358	41	0.0141
2004	396	255	425	31	0.0167
2005	444	292	425	34	0.0189
2006	481	301	551	35	0.0195
2007	536	324	589	28	—

補足資料 3

コホート計算

ムシガレイの年齢別漁獲尾数を推定し、コホート計算によって 1993～2007 年の資源尾数を計算した。0 歳魚は漁獲されないのので、1 歳魚以上の漁獲対象資源について計算した。資源量を計算するために使った各年齢の体重(2007 年)と親魚量を計算するために使った各年齢の成熟率は下表のとおり。年齢 4+は 4 歳以上を表す。自然死亡係数 M は、田内・田中の式(田中 1960)により、最高年齢を 7 歳として求めた($M = 2.5 \div \text{最高年齢} 7 \text{ 歳} = 0.35$)。

年齢	1	2	3	4+
体重(g)	17	59	128	235
成熟率(%)	0	40	100	100

年齢別資源尾数の計算には Pope の式を用い、最高年齢 4 歳以上(4+)と 3 歳の各年の漁獲係数 F は等しいとした。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (1 \sim 2 \text{ 歳の資源尾数}) \quad (1)$$

ここで、 N は資源尾数、 C は漁獲尾数、 a は年齢、 y は年。ただし、再近年については全年齢を(2)式、3 歳魚は(3)式、4 歳以上は(4)式により計算した。

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

$$N_{3,y} = \frac{C_{3,y}}{C_{4+,y} + C_{3,y}} N_{4+,y+1} \exp(M) + C_{3,y} \exp(\frac{M}{2}) \quad (3 \text{ 歳の資源尾数}) \quad (3)$$

$$N_{4+,y} = \frac{C_{4+,y}}{C_{3,y}} N_{3,y} = \frac{C_{4+,y}}{C_{4+,y} + C_{3,y}} N_{4+,y+1} \exp(M) + C_{4+,y} \exp(\frac{M}{2}) \quad (4 \text{ 歳の資源尾数}) \quad (4)$$

1993～2006 年の資源量(NW)と沖合底びき網の CPUE (ムシガレイ漁獲量の年計÷月別のムシガレイ漁獲漁区における網数の年計) (図 8) が比例すると仮定し、最近年(2007 年)の資源量について、沖合底びき網の CPUE から推定された値とコホート解析によって推定された値との差が最小となるように 3 歳の F を求めた。1 歳と 2 歳の F は 2007 年の年齢別選択率が過去 3 年平均(2004～2006 年)であるとして 3 歳の F から計算した。

1993 年以降、沖合底びき網の CPUE は、1996 年まで増加したが、1998 年にかけて大きく減少した後、1999～2002 年に再び増加し、2003～2004 年に減少、2006 年にかけて増加と大きく変動している。2007 年はやや減少した。

$$\text{最小} \left\{ \left(q \cdot CPUE_{2007} \right) - \left(\frac{\sum_{a=1}^{4+} N_a W_a}{1000000} \right) \right\}^2 \quad (5)$$

$$q = \left(\frac{\sum_{y=1993}^{2006} CPUE_y \cdot NW_y}{\sum_{y=1993}^{2006} (CPUE_y)^2} \right) \quad (6)$$

ここで、CPUE は沖合底びき網の CPUE。 W_a と N_a は、 a 歳時の資源尾数と平均体重。 NW は資源量。その結果、 $F_{1,2007} = 0.195$ 、 $F_{2,2007} = 0.400$ 、 $F_{3,2007} = 0.517$ 、 $F_{4+,2007} = 0.517$ と推定された。