平成 19 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（塚本洋一、山本圭介）
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

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ることから、現状の漁獲圧のもとで、資源は現状の水準を保つことが期待される。しかし、資源が低位水準にあることから、漁獲圧を下げることが望ましい。再生産成功率（加入量÷親魚量）が近年 5 年間（2001～2005 年）の平均値で継続した場合に、親魚量の緩やか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。

	2008 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	14 百トン	0.9 Fcurrent	0.46	32%
ABCtarget	12 百トン	0.8・0.9 Fcurrent	0.37	27%

漁獲割合は ABC／資源量。Fcurrent は 2006 年の F 。F 値は各年齢の単純平均。

年	資源量（トン）	漁獲量（百トン）	F 値	漁獲割合
2005	4,800	16	0.47	33%
2006	4,800	17	0.52	35%
2007	4,500	－	－	－

2007 年の資源量は加入量を仮定した値である。

水準：低位　　動向：横ばい

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 2 そうびき沖合底びき網漁業（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 年以降は減少し、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 1970）。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 1972）。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る。

（2）年齢・成長

全長は 1 歳で約 14 ㎝、2 歳で約 19 ㎝ 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 ㎝、4 歳で約 28、26 ㎝、5 歳で 31、28 ㎝、6 歳で 32、30 ㎝、7 歳で 33、31 ㎝ になり、雌雄差が生じる（図 2、上田ら　未発表）。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、対馬以東では若干遅く、2 月上旬～3 月上旬に産卵盛期を迎える（今岡 1971）。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、残りが小底による（図 4、表 1）。本報告では、日本海西部海域で操業する沖底と小底の漁獲量のみ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、数年に渡る増減傾向を持って推移している（図 4、表 1）。2004 年には 12 百トン、2006 年には 16 百トンの漁獲があった。

近年の 2 そうびき沖底の漁獲量は 1 千トン前後、小底の漁獲量は 3 百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、韓国の農林統計ではカレイ類にまとめられている。韓国全域で 2005 年には 1.5 万トン、2006 年には 2.0 万トンのカレイ類が漁獲されている。カレイ類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 そうびき沖底のムシガレイに対する有効努力量は、1980 年代前半には 80 千網近くあったが、その後、2000 年まで減少傾向が続き、近年は 30 千程度で安定している（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

沖底（2 そうびき）が漁獲したムシガレイの資源量指数（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 年以降に漸増傾向がみられる（図 7）。

（3）漁獲物の年齢組成

1993～2006 年の年齢別漁獲尾数を推定した（図 8、表 2、補足資料）。小底の漁獲物調査を行っていないので、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）資源量の推移

年齢別漁獲尾数により計算された（コホート計算）資源量を図 9 に示す（補足資料）。資源計算は 1 歳魚以上について行っているので、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、1993～2006 年に 4 千トン程度で同水準を保っている。加入量（資源計算の 1 歳魚資源尾数）は、1995 年、2001 年にやや高い値を示しつつ、1993～2006 年に一定の水準で推移している（図 10）。親魚量も安定している（図 10）。親魚量と加入量の関係は、バラツキが大きく明瞭な関係は認められない（図 11）。

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 12 に示す。再生産成功率は一定の水準で推移しており、1994 年、2000 年にはやや高い値になった。

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 2006 年の資源量、親魚量、加入量を図 13 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・動向の判断

1979 年以降の漁獲量と資源量指数は、近年低い水準で推移している。資源密度指数は、

近年漸増傾向にあり、2006 年の値は 1979～2005 年の中位とも見なすことができる。しかし、資源量は 1993～2006 年に同程度の水準を保っていて、増加傾向がみられないことから、この間の資源水準は低位にあるとするのが妥当であろう。従って、1979～2006 年における資源水準として、2006 年の資源は低位であると判断する。

2001～2006 年の資源量はほぼ同水準であり、加入量も比較的安定していることから、動向を横ばいと判断する。

5. 資源管理の方策

（1）資源と漁獲の関係

漁獲係数 F（各年齢の F の単純平均）は、1993～2006 年に同程度の水準で推移している（図 14）。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るが、資源量は一定水準を保っており、安定した加入量のもとで、漁獲圧と加入量の均衡がとれていると推察される。

現状の漁獲圧のもとで、資源は現状を維持することが期待される。しかし、資源は低位水準にあると判断されるので、漁獲圧を下げることが望ましい。

年齢別選択率を一定（2006 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 15 に示す。現在の F（Fcurrent=0.52）は Fmax=0.33 や F30%SPR＝0.35 に比べやや高い値を示している。

（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。

6. 2008 年 ABC の算定

（1）資源評価のまとめ

資源は 1993～2006 年に同水準で増減を繰り返している。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ることから、現状の漁獲圧のもとで、資源は現状の水準を保つことが期待される。しかし、資源が低位水準にあることから、漁獲圧を下げることが望ましい。

（2）ABC の算定

資源計算を行ったが、資源回復の水準である Blimit 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。

$$Flimit = （基準値か現状の F）\times \beta$$

$$Ftarget = Flimit \times \alpha$$

現状の F を 2006 年の F とし、これをもとに Flimit を検討する。

ABC の算定および「(3) 漁獲圧と資源動向」の計算には、以下の仮定を置いた。2007 年は、2006 年と同じ F で漁獲される。2008 年以降の年齢別選択率は 2006 年と同じ（4 歳以上の F を 1 とすると、1 歳＝0.49、2 歳＝0.81、3 歳＝1)。2007 年以降の再生産成功率は過去 5 年の平均値（2001～2005 年）で一定（0.013 尾／g)。2007 年の漁獲量は 16 百トン。

これらの仮定のもとでは、次の「漁獲圧と資源動向」でみるように、現状の F は親魚量を維持する F（Fsus）より若干高い程度である。現状の F を 10%程度下げれば、親魚量が緩やかに増加する計算になる。

資源量は比較的安定しているが、低位水準と判断されるので、2006 年と同程度（資源計算を行った 1993～2006 年の平均漁獲量程度）の漁獲量水準に留めることが妥当であろう。現状の F を 10%減じた F で予想される 2008 年漁獲量は 14 百トンで、2006 年と同程度である。0.9Fcurrent を Flimit として提案する。

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

	2008 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	14 百トン	0.9 Fcurrent	0.46	32%
ABCtarget	12 百トン	0.8・0.9 Fcurrent	0.37	27%

漁獲割合は ABC／資源量。Fcurrent は 2006 年の F 。F 値は各年齢の単純平均。

(3) 漁獲圧と資源動向

ABC 算定と同じ仮定のもとで、現状の F（2005 年の F）を変化させた場合に、期待される漁獲量と親魚量を下表と図 17、18 に示す。

F	x Fcurrent	漁獲量(トン)					資源量(トン)				
		2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012
0.32	0.62	1,043	1,205	1,347	1,471	1,618	4,386	4,975	5,549	6,099	6,705
0.37	0.72	1,176	1,299	1,401	1,483	1,579	4,386	4,775	5,141	5,469	5,821
0.42	0.81	1,302	1,376	1,434	1,470	1,516	4,386	4,585	4,769	4,911	5,062
0.47	0.91 ≒Fsus	1,421	1,437	1,448	1,440	1,437	4,386	4,404	4,429	4,416	4,409
0.52	1.00	1,525	1,482	1,449	1,400	1,358	4,386	4,246	4,143	4,012	3,890
0.57	1.11	1,641	1,523	1,438	1,344	1,258	4,386	4,068	3,833	3,586	3,359
0.62	1.20	1,743	1,551	1,419	1,286	1,166	4,386	3,912	3,572	3,238	2,938

(4) ABC の再評価

一昨年の評価は再生産成功率の 2001～2003 年（産卵年）の減少傾向を重くとらえ、ABC

を低く算定していた。本年の評価では、再生産成功率は 2000 年にやや高く、それ以外は比較的一定した水準にあるとみられることから、低位水準ながら資源は安定しているととらえたこと、および比較的安定している資源において親魚量の緩やかな増加を目指すという観点から、高い回復目標を設定しなかったことによって、ABC の再評価値も前年と同様の値となっている。

評価対象年	管理基準	資源量	ABC_{limit}	ABC_{target}	漁獲量
2006 年（当初）	0.95F30%SPR	1,300	370	310	
2006 年（2006 年再評価）	0.9Fcurrent	4,900	1,400	1,200	
2006 年（2007 年再評価）	0.9Fcurrent	4,800	1,600	1,300	1,636
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	

単位：トン

7. 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 8、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（石川県ほか　1994）。小型個体の保護策についても検討する必要がある。

8. 引用文献

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－Ⅳ．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・安達二郎・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. 東海区水研報, 28, 1-200.

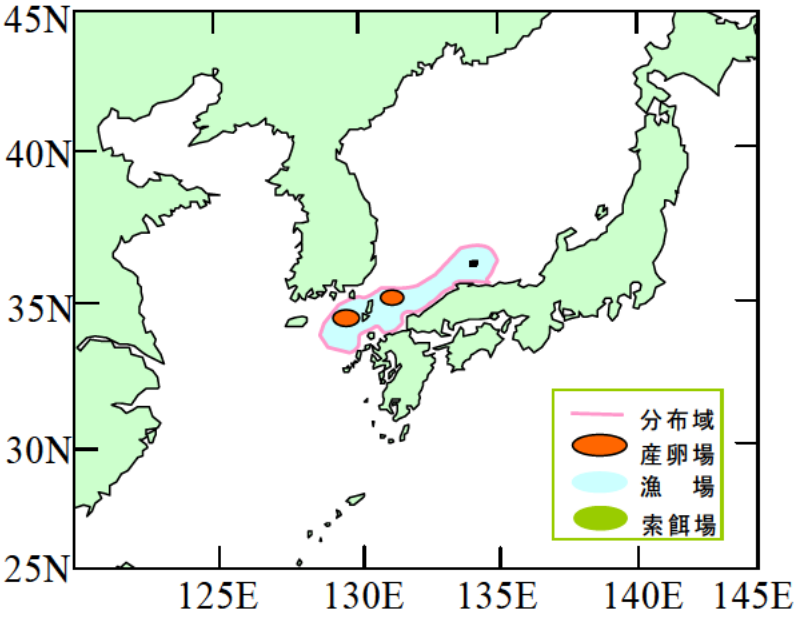

図1．ムシガレイ日本海系群の分布図

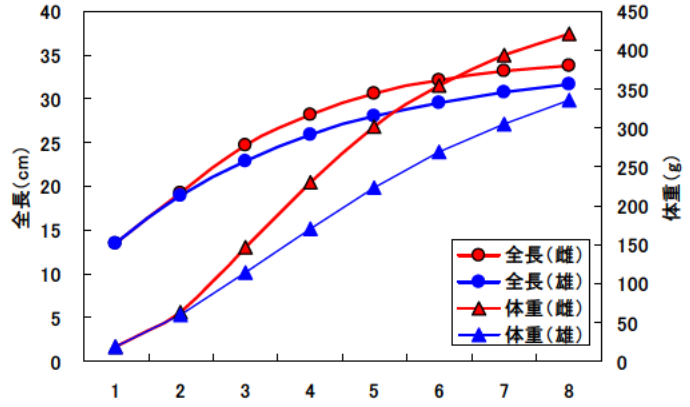

図２　年齢と成長

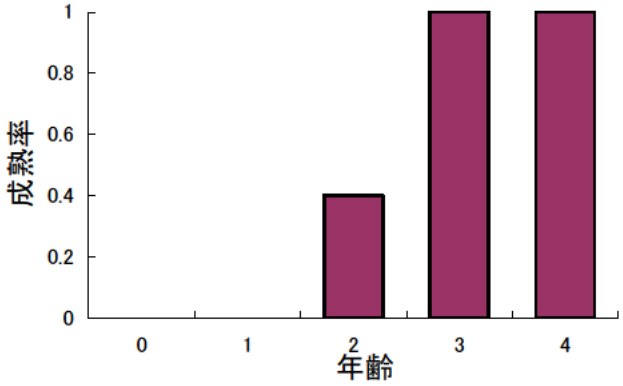

図３　年齢と成熟率

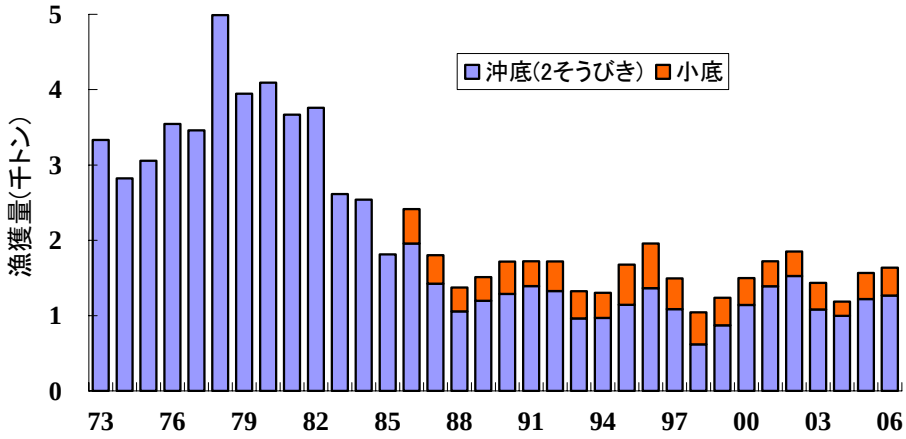

図４　漁獲量

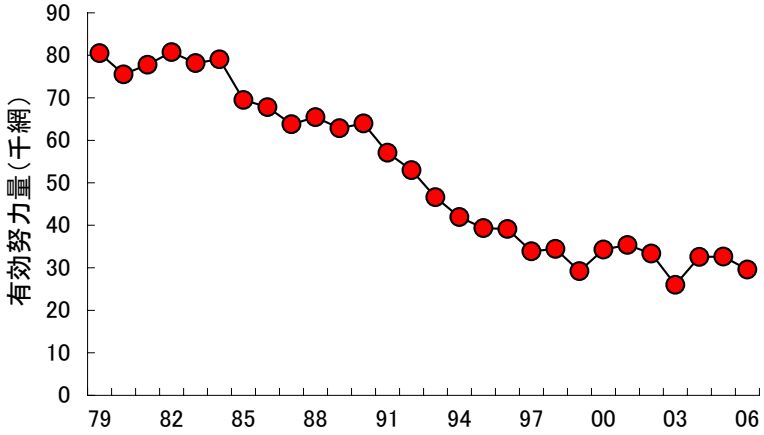

図５　沖合底びき網の網数

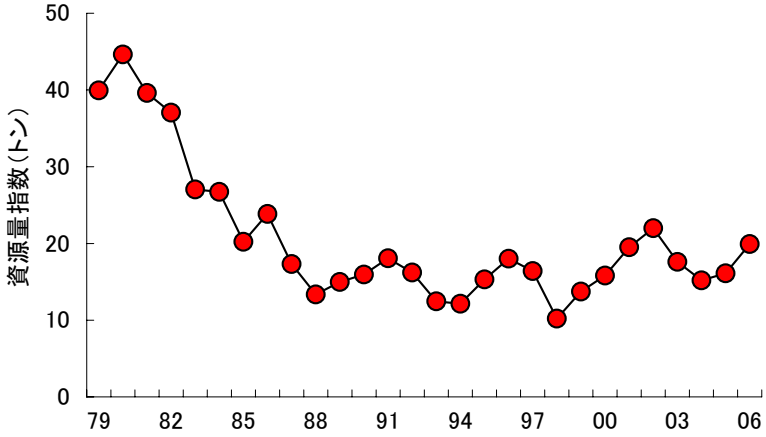

図６　沖合底びき網の資源量指数

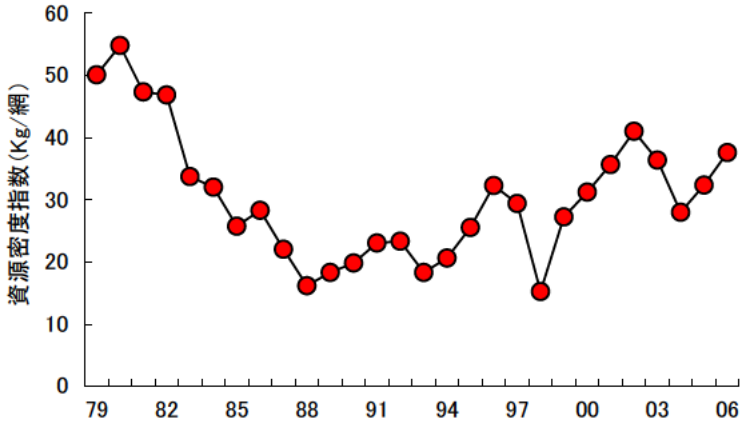

図 7　沖合底びき網の資源密度指数

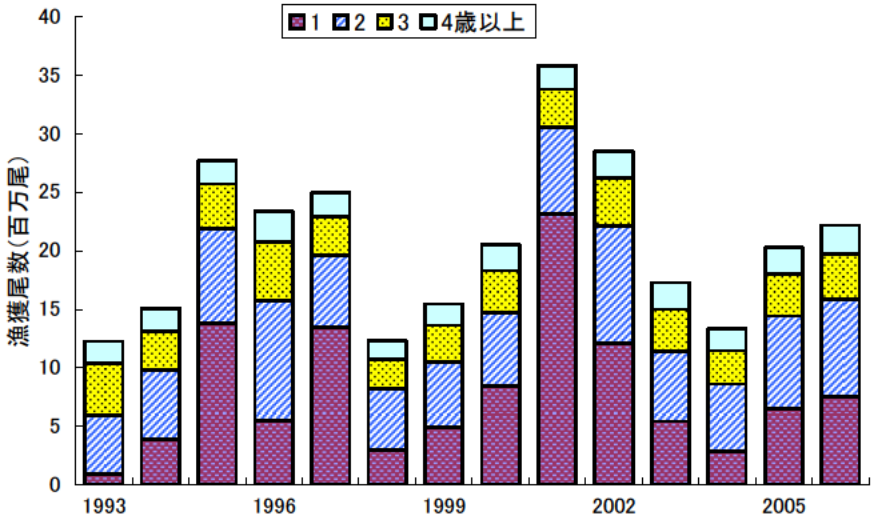

図 8　年齢別漁獲尾数

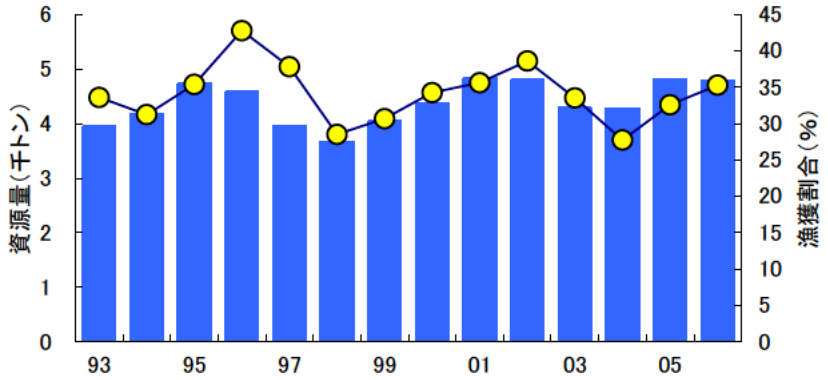

図 9　資源量（棒グラフ）と漁獲割合（折線グラフ）

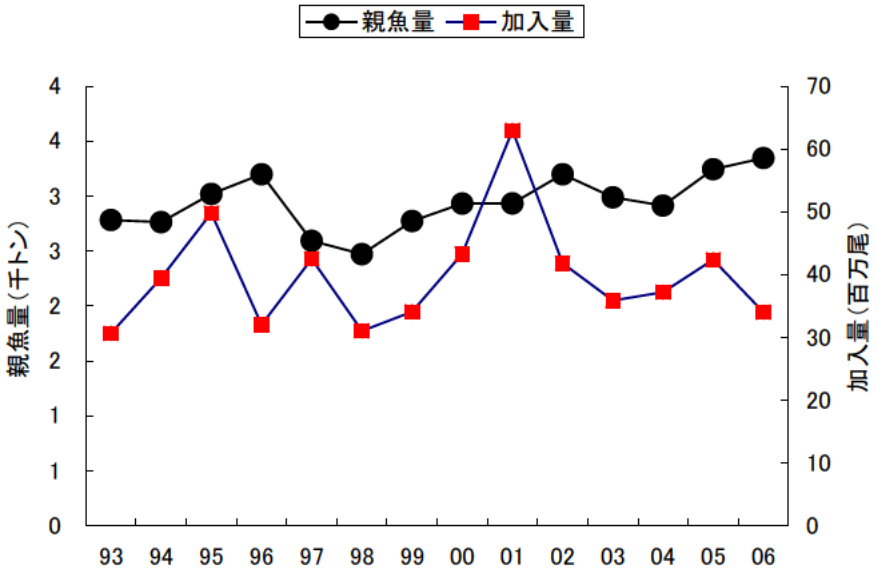

図 10　親魚量と加入量（1 歳魚）

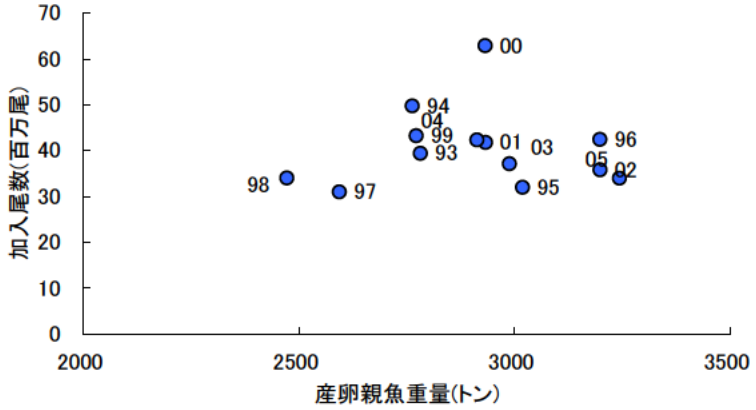

図 11　親魚量と加入量（1 歳魚）の関係　ラベルは産卵年を表す

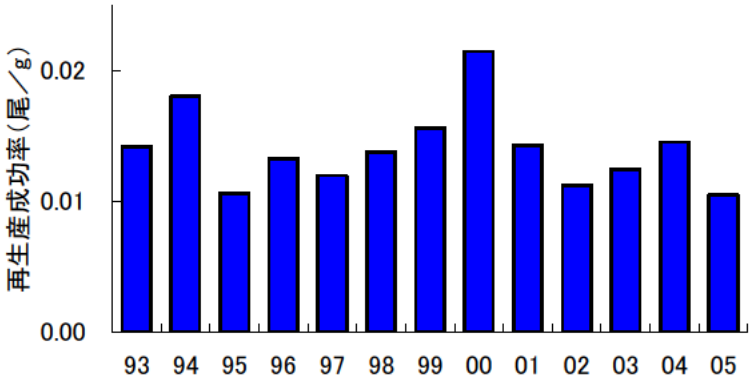

図 12　再生産成功率　翌年の加入量（1 歳魚）÷当該年の親魚量

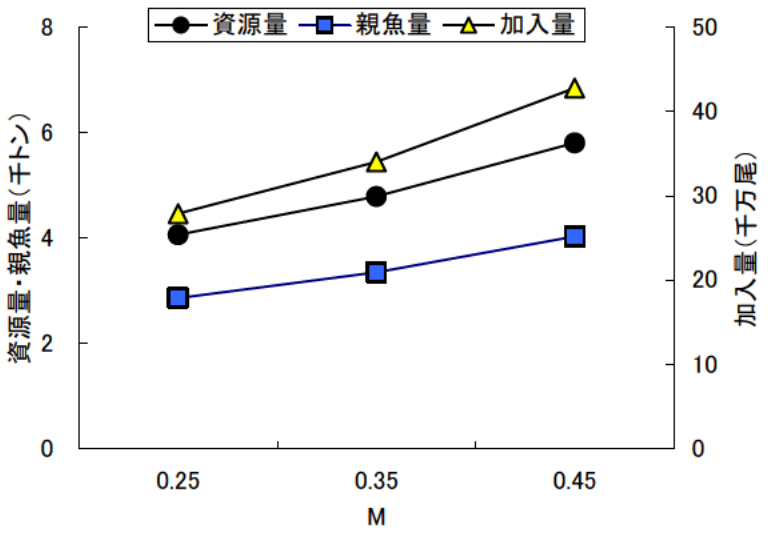

図 13　M と 2005 年資源量、親魚量、加入量の関係

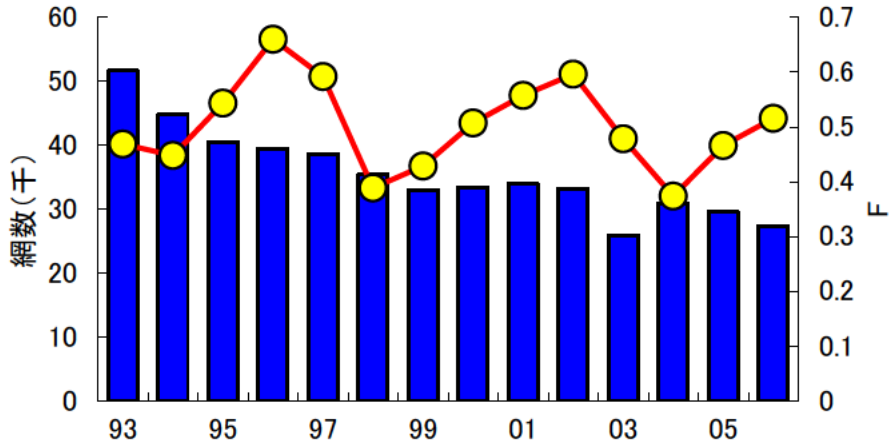

図 14　F と沖合底びき網の網数

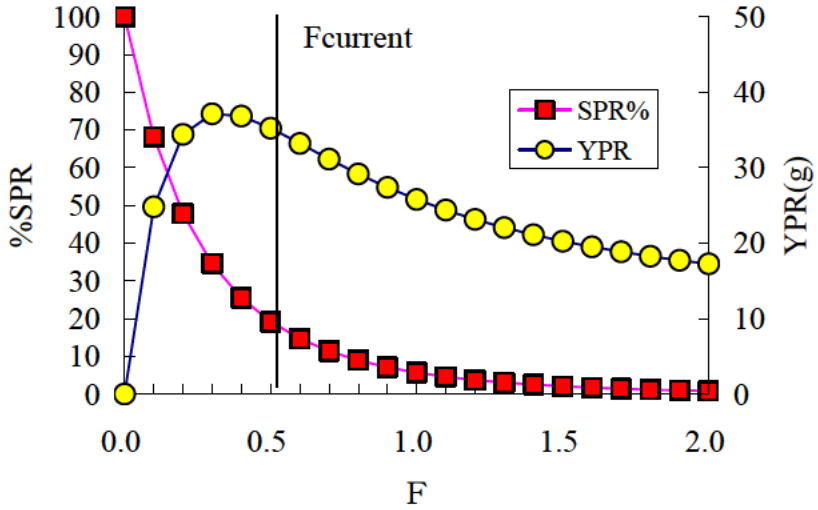

図 15　YPR と SPR

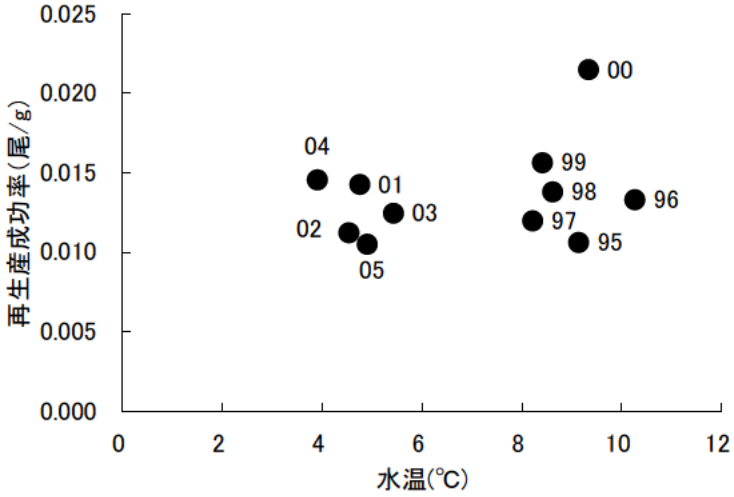

図 16　水温と再生産成功率の関係

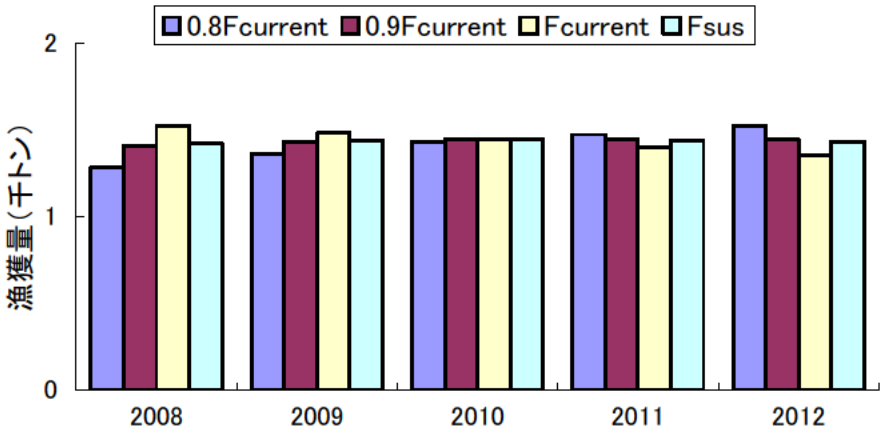

図 17　F による漁獲量の変化

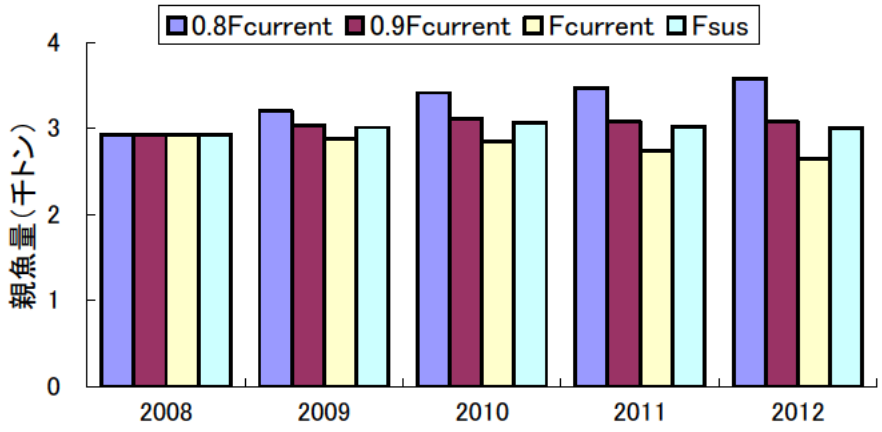

図 18　F による親魚量の変化

表１　漁獲量

年	沖合底びき網	小型底びき網	計
	2そうびき		
1975	3,057		3,057
1976	3,545		3,545
1977	3,460		3,460
1978	4,991		4,991
1979	3,948		3,948
1980	4,094		4,094
1981	3,668		3,668
1982	3,760		3,760
1983	2,614		2,614
1984	2,541		2,541
1985	1,813		1,813
1986	1,959	456	2,415
1987	1,425	379	1,804
1988	1,058	314	1,372
1989	1,196	317	1,513
1990	1,288	428	1,716
1991	1,393	331	1,724
1992	1,326	393	1,719
1993	962	362	1,324
1994	970	333	1,303
1995	1,145	531	1,676
1996	1,365	593	1,958
1997	1,087	408	1,495
1998	618	426	1,044
1999	872	366	1,238
2000	1,144	355	1,499
2001	1,389	333	1,722
2002	1,525	326	1,851
2003	1,082	354	1,436
2004	997	190	1,187
2005	1,222	345	1,567
2006	1,267	369	1,636

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）			
年＼年齢	1	2	3	4+	1	2	3	4+
1993	9	50	44	19	2	30	56	45
1994	39	59	33	20	7	35	42	47
1995	138	80	39	20	24	48	49	47
1996	55	102	50	26	9	60	64	62
1997	134	62	33	20	23	37	43	48
1998	30	52	25	15	5	31	32	36
1999	49	56	31	18	8	33	40	42
2000	84	63	36	22	14	37	46	53
2001	231	74	33	20	39	44	42	47
2002	121	100	42	22	21	59	53	52
2003	54	60	36	23	9	35	46	53
2004	29	58	28	19	5	34	36	44
2005	65	79	36	22	11	47	46	53
2006	75	83	39	24	13	49	50	57

	漁獲係数 F				資源尾数（十万尾）			
年＼年齢	1	2	3	4+	1	2	3	4+
1993	0.04	0.40	0.72	0.72	306	180	103	44
1994	0.13	0.41	0.63	0.63	395	208	85	51
1995	0.40	0.50	0.64	0.64	498	245	97	51
1996	0.23	0.73	0.84	0.84	320	235	105	55
1997	0.47	0.53	0.68	0.68	425	179	80	49
1998	0.12	0.41	0.51	0.51	310	187	74	46
1999	0.19	0.43	0.55	0.55	341	193	88	51
2000	0.26	0.47	0.65	0.65	433	199	89	56
2001	0.57	0.47	0.59	0.59	630	234	87	54
2002	0.42	0.65	0.66	0.66	418	250	103	55
2003	0.20	0.46	0.63	0.63	359	193	92	58
2004	0.10	0.40	0.50	0.50	372	207	86	56
2005	0.20	0.50	0.58	0.58	424	238	98	61
2006	0.31	0.52	0.62	0.62	340	244	101	63

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	394	278	306	34	0.0142
1994	417	276	395	31	0.0180
1995	473	302	498	35	0.0106
1996	458	320	320	43	0.0133
1997	395	259	425	38	0.0120
1998	366	247	310	29	0.0138
1999	404	277	341	31	0.0156
2000	437	293	433	34	0.0215
2001	483	293	630	36	0.0143
2002	479	320	418	39	0.0112
2003	428	299	359	34	0.0124
2004	428	291	372	28	0.0145
2005	481	324	424	33	0.0105
2006	479	335	340	35	---

補足資料

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、9～11 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（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 1993～2006 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、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。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。

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 1993～2006 年の資源尾数を計算した。0 歳魚は漁獲されないので、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（2006 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÷最高年齢 7 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。

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

$$N_{4+,y+1} = N_{4+,y} \exp(-F_{4+,y} - M) + N_{3,y} \exp(-F_{3,y} - M) \quad (2)$$

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

$$C_{a,y} = N_{a,y} \exp(-\frac{M}{2})(1 - \exp(-F_{a,y})) \quad (4)$$

$$F_{4+,y} = F_{3,y} \quad (5)$$

ここで、N は資源尾数、C は漁獲尾数、a は年齢、y は年。

最近年（2006 年）の 3 歳の F を、沖合底びき網（2 そうびき）の資源密度指数の変動傾向（1993～2006 年）と、各年の資源量の変動傾向が最も合うように決めた。1 歳と 2 歳の F は 2006 年の年齢別選択率が過去 3 年平均（2003～2005 年）であるとして 3 歳の F から計算した。

資源密度指数は、1998 年に大きく減少した後 1999～2002 年に増加し、2003～2004 年に減少、2005 年は増加と変動している。近年の変動傾向を資源計算に組み込むために、1999～2006 年について、資源密度指数でコホート計算をチューニングした。

$$\text{最小} \sum_{y=1999}^{2006} \left\{ \ln\left(q_2 B_y\right) - \ln\left(CPUE\,2_y\right) \right\}^2 \qquad (5)$$

$$q_2 = \left(\frac{\prod_{y=1999}^{2006} CPUE\ \ 2_y}{\prod_{y=1999}^{2006} B_y} \right)^{\frac{1}{8}} \qquad (6)$$

ここで、B は資源量、CPUE2 は 2 そうびきの資源密度指数。その結果、F1,2006＝0.306、F2,2006＝0.519、F3,2006＝0.619、F4+,2006＝0.619 と推定された。