

平成 24 年度ムシガレイ日本海系群の資源評価

責任担当水研：日本海区水産研究所（木下貴裕、藤原邦浩）

参画機関：西海区水産研究所、鳥取県水産試験場、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター

要 約

日本海のムシガレイ資源の現状を、本種の主分布域の日本海南西海域における 1966 年以降の底びき網漁業の漁獲動向と 1993 年以降のコホート解析による資源推定値から検討した。資源水準は 1970 年代の高位水準から 1980 年代に大きく減少し、現在は中位水準にある。資源動向は横ばいにあり、漁獲努力量は減少傾向にある。現状の漁獲圧および近年の再生産成功率の下であれば、資源量、漁獲量ともに増加すると考えられる。

そこで、再生産成功率が 1993 年以降の中央値（13.5 尾/kg）で継続すると仮定し、Flimit を F_t （ F_{2011} $F_{current}$ 、以下同じ）で漁獲した場合の 2013 年の漁獲量を 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。

	2013 年 ABC（百トン）	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	13	F_{2011}	0.32	24%
ABCtarget	11	$0.8 \cdot F_{2011}$	0.26	20%

漁獲割合は $ABC \div \text{資源量}$ 。F 値は各年齢の単純平均。

年	資源量（百トン）	漁獲量（百トン）	F 値	漁獲割合
2010	46	13	0.40	28%
2011	46	11	0.32	24%
2012	50	-	-	-

2012 年の資源量は加入量を仮定した値。

水準：中位 動向：横ばい

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

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	主要港水揚げ量（山口県、島根県、鳥取県） 沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 小型底びき網漁業標本船（山口県） 市場測定（島根県） 韓国沿近海魚種別総漁獲量年別統計（韓国農林水産食品部）
資源量指数・資源密度指数・努力量	沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁）
自然死亡係数(M)	年当たり $M=0.35$ を仮定

1. まえがき

ムシガレイは後述のように日本近海に広く分布し、韓国でも漁獲されているが韓国の漁獲の詳細は不明で、日本の漁獲量の中心は日本海南西海域にある。本評価では、日本海南西海域で日本によって漁獲されるムシガレイを評価対象系群として取り扱う。

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（三栖ほか 1973）対馬以東で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、対馬以西では春～夏に対馬西海域に滞留して秋には南西へ回遊、越冬する。

(2) 年齢・成長

全長は 1 歳で約 11cm、2 歳で約 17cm、3 歳で約 21cm、4 歳で約 25cm となり、顕著な雌雄差はみられないが、4 歳以降雌雄差が大きくなり、5 歳で雌雄それぞれ約 29、27cm、6 歳で約 32、29cm、7 歳で約 34、30cm となる。（図 2、今井・宮崎 2005）。寿命は 7 歳程度と推察される。幼魚は浅海に生息し、成長するにつれ沖合へ移動する（今岡 1977）。

(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 月上旬に産卵盛期を迎える（今岡 1971）。コホート解析においては、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。さらに全長約 18cm から魚類を捕食する（今岡 1972）。島根県の精密測

定・胃内容物観察では、エンコウガニ類、エビジャコ類が高い頻度で出現している（島根県水産技術センター 未発表）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

ムシガレイは、日本海南西海域において、底びき網や刺し網、釣・はえ縄等で漁獲されるが、漁獲の殆どが底びき網漁業によるものである。底びき網漁業でも浜田港と下関港を基地とする2そうびき沖底（浜田以西）の漁獲が多く、漁業種類別統計が概ね整備された1986年以降では、総漁獲量の47～78%を占める（図4、表1）。また2そうびき沖底（浜田以西）にとってムシガレイは最も重要な漁獲対象種であり、その漁場は対馬南西域から隠岐周辺と本系群の分布域とほぼ一致する。

(2) 漁獲量の推移

沖底の漁獲量は1970年代に2,000トン前後から4,000トン前後に増加したが、1980年代前半に減少した。その後は近年まで低水準で推移している（図4、表1）が、後述のように努力量の減少も継続している。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たが、2011年は1,126トンと過去2番目に少ない漁獲量となった。

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。韓国全域では2006年以降、例年2万トン以上のカレイ類が漁獲され、2011年も2.0万トンであったが、このうちのムシガレイの割合は明らかではない。

(3) 漁獲努力量の推移

2そうびき沖底（浜田以西）の有効漁獲努力量（補足資料4）は1980年代前半には8万網程度あったが、その後減少し、2011年には約2.2万網と努力量の減少傾向は現在も引き続き認められる（図5）。

4. 資源の状況

(1) 資源評価の方法

1993年以降に限られるが年齢別漁獲尾数を求め、コホート解析により評価を行った。これに加え、1966年以降の日本海南西海域（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・山口各県の小底について、漁獲量、漁獲努力量等の情報を収集するとともに、統計資料が整備されている2そうびき沖底（浜田西）の漁獲成績報告書から資源密度指数、資源量指数等（補足資料4）を算出した。

(2) 資源量指標値の推移

2そうびき沖底の資源量指数は、1980年代に低い水準まで減少し、1990年以降は、若干、年変動しつつ概ね低水準で推移した。近年では2008、2009年に約24,000とやや高い値を示したが、2011年には16,488まで低下した（図6）。なお、昨年までの資源水準の判断基準は、過去の最高（およそ60,000）から0までを3等分した値（20,000と40,000）としていた。資源密度指数は、資源量指数と概ね同様の変動を示すが、1990年代以降、資源量指

数は横ばいから若干の増加に対し、資源密度指数はかなり増加している（図 7）。

（3）漁獲物の年齢組成

1993～2011 年の年齢別漁獲尾数を求めた（図 8、付表、補足資料 3）。小底および 1 そうびき沖底の漁獲物は、2 そうびき沖底と同様と仮定した。例年、1～2 歳魚が主体で漁獲されている。また、1996～2011 年の山口県の小底標本船の銘柄別漁獲割合（図 9）には大きな変化はみられなかった。

（4）資源量と漁獲割合の推移

コホート解析により推定された資源量を図 10（付表）に示す。解析は、1 歳魚以上について行い、値は 0 歳魚を含まない漁獲対象資源を表す。

資源量は長期的には安定しているが、2001 年に緩やかなピークがあり、2004 年にやや減少したもののその後は横ばいにある。漁獲割合は 1996、2003、2006 年にピークがみられるが、近年は減少している。1 歳魚の資源尾数を加入量とし、その経年変化を親魚量とともに図 11 に示す。加入量は、2003 年に低い値を示した後、2007 年まで増加したが、2008 年以降減少傾向が続く、2011 年の加入量は 1993 年を除く過去最低であった。一方、親魚量は加入量に比較して長期的に安定している。

再生産成功率（加入量÷親魚量）は、翌年（N+1 年）の加入量（1 歳魚）を親魚量（N 年）で除して求めた（図 12）。再生産成功率は、2000 年と 2006 年にピークがみられ、2007 年から低下傾向が続いている。2011 年は過去 2 番目に低い値であった。

コホート解析に用いた自然死亡係数($M=0.35$)が推定値に与える影響をみるために、 M を 0.25 から 0.45 まで変化させた場合の 2011 年の資源量、親魚量、加入量を図 13 に示す。 M が大きくなるにつれて、いずれも大きくなる。

（5）資源の水準・動向

昨年まで資源水準の指標として用いていた資源量指数では、コホート解析を行った 1993 年以降、資源水準は低位から中位の境界付近としており、この間には高水準に相当する年はないとしていた。今年度よりコホート解析の結果を重視し、中位と下位の境界を後述する B_{limit} である 2005 年の親魚量とした。2011 年の親魚量は 2005 年の親魚量を上回っており中位と判断した。なお、資源量指数は未成熟魚を含めた資源量の指標値であり、コホート解析による親魚量とは違いがある。

資源動向については、2007 年以降の資源量は安定しており横ばいと判断した。

（6）資源と漁獲の関係

コホート解析による資源量は長期的には安定し、漁獲割合は 2009 年以降低下している（図 10）。漁獲係数 F （各年齢の F の単純平均）は増減しながらも長期的には横ばいから減少傾向を示し、沖底の有効努力量も減少傾向を示している（図 14）。

年齢別選択率を一定（=2011 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。現状の $F(F_{2011}=0.32)$ は $F_{max}=0.35$ や $F_{30\%SPR}=0.34$ よりもやや低く、 $F_{med}(1.4F_{2011} \quad 0.45)$ よりもかなり低い。

(7) Blimit の設定

コホート解析を行った 1993～2011 年の再生産関係を図 16 に示す。この期間において、加入量の上位 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あたる親魚量に近い 2005 年の親魚量 2,979 トンを資源管理基準である Blimit とした。

5. 2013 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

2 そうびき沖底の資源量指数および資源密度指数は、1970 年代の高水準から 1980 年代に大きく減少して低水準となり、1990 年代以降は横ばいから増加傾向を示している。2011 年の産卵親魚量は Blimit を上回っており、Blimit を低位と中位の境界として資源水準を中位と判断した。コホート解析で推定された資源量は安定しており、資源動向は横ばいと判断した。

漁獲統計による努力量の指標値、コホート解析による F 値および漁獲割合は低下傾向を示しており、近年の漁獲圧は比較的低い水準にある。

以上のことから、本系群の 2011 年の資源水準は中位、動向は横ばいと判断され、現状の漁獲圧および近年の再生産成功率の下であれば、資源量、漁獲量ともに増加すると考えられる。

(2) ABC 並びに推定漁獲量の算定

資源量が推定されており、現状の親魚量は Blimit を上回っていることから ABC 算定規則 1-1)(1)により ABC を算定する。

$$\begin{aligned} \text{Flimit} & \quad \text{基準値} \\ \text{Ftarget} & \quad \text{Flimit} \times \alpha \end{aligned}$$

ABC の算定および「(3) ABClimit の評価」では、以下の仮定を行った。2012 年の F は 2011 年と同じ。2013 年以降の年齢別選択率は直近 3 年の平均 (4 歳以上の選択率を 1 とすると、1 歳 0.46、2 歳 0.96、3 歳 1)。2012 年以降の再生産成功率は、昨年までは過去 5 年の平均値としていたが、最近年の値が大きく低下したことから、より安全な値を採用し(1993～2010 年の中央値 13.5 尾/kg)一定とした。これらの仮定のもとで現状の F(F2011)で漁獲した場合、後述のように資源量と漁獲量の増加が見込めることから Flimit を 2011 年の F とした。計算された ABClimit は 1,314 トンであった。 α を標準値の 0.8 として計算された ABCtarget は 1,087 トンであった。

	2013 年 ABC (百トン)	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	13	F2011	0.32	24%
ABCtarget	11	0.8・F2011	0.26	20%

漁獲割合は $\text{ABC} \div \text{資源量}$ 。F 値は各年齢の単純平均。

(3) ABClimit の評価

ABC 算定と同じ仮定のもとで、現状の F（2011 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 に示す。なお、 $F=0.45(1.41F_{2011} \div F_{med})$ のとき、漁獲量・資源量ともに安定するが、現状の F でも 2016 年には同等の漁獲量となる。

F	基準値	漁獲量（百トン）						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0.26	0.8F ₂₀₁₁	11	12	11	13	15	17	19
0.29	0.9F ₂₀₁₁	11	12	12	14	15	17	19
0.32	1.0F ₂₀₁₁	11	12	13	14	16	17	19
0.35	1.1F ₂₀₁₁	11	12	14	15	16	18	19
0.38	1.2F ₂₀₁₁	11	12	15	16	17	18	18
0.42	1.3F ₂₀₁₁	11	12	16	16	17	17	18
0.45	1.4F ₂₀₁₁	11	12	17	17	17	17	17
0.45	1.41F ₂₀₁₁	11	12	17	17	17	17	17

F	基準値	資源量（百トン）						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0.26	0.8F ₂₀₁₁	46	50	55	63	73	84	96
0.29	0.9F ₂₀₁₁	46	50	55	62	70	78	88
0.32	1.0F ₂₀₁₁	46	50	55	60	67	73	80
0.35	1.1F ₂₀₁₁	46	50	55	59	63	68	73
0.38	1.2F ₂₀₁₁	46	50	55	57	61	64	61
0.42	1.3F ₂₀₁₁	46	50	55	56	58	59	61
0.45	1.4F ₂₀₁₁	46	50	55	54	55	56	56
0.47	1.41F ₂₀₁₁	46	50	55	54	55	55	55

F 値は各年の F の単純平均。

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2011 年漁獲量	2011 年漁獲量の確定
2011 年資源量指数、資源密度指数（2 そうびき沖合底びき網漁業）	水準、動向判断
2011 年年齢別漁獲尾数	2011 年までの資源尾数、漁獲係数、再生産関係、年齢別選択率

評価対象年	管理基準	F 値	資源量 (百トン)	ABClimit (百トン)	ABCtarget (百トン)	漁獲量 (百トン)
2011 年（当初）	Fcurrent	0.31	89	20	17	
2011 年（再評価）	Fcurrent	0.30	68	15	13	
2011 年 (2012 年再評価)	Ft	0.49	46	16	13	11
2012 年（当初）	Fcurrent	0.30	79	18	15	
2012 年（再評価）	Ft	0.40	51	13	12	

加入量が当初予測よりも大きく減少したため、過去に遡って資源量が減少となった。しかし、逆に評価時点で参照した F 値が上昇したため ABC は資源量ほどには減少しなかった。

6. ABC 以外の管理方策の提言

年齢別漁獲尾数は、1995 年以降、1～2 歳魚の割合が 60～80%と高く、単価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）。また、商品サイズにならない小型個体が投棄されている可能性があり（石川県水産総合センターほか 1994）、今後、小型魚の保護策について検討する必要がある。

7. 引用文献

- 今井千文・宮崎義信(2005)耳石解析によるムシガレイ日本海西部群の成長モデルの再検討。水産大学校研究報告,53(1),21-34.
- 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（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.

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(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 IV. 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.

表 1. 漁業種類別漁獲量 (単位: トン)

年	2そうびき沖底		1そう沖底	小型底	計
	浜田西	島根東部	日本海西部	びき網	
1966	2,829				2,829
1967	2,169				2,169
1968	2,069				2,069
1969	2,247				2,247
1970	2,384				2,384
1971	2,954				2,954
1972	3,371				3,371
1973	3,322				3,322
1974	2,711				2,711
1975	2,920	137			3,057
1976	3,436	109			3,545
1977	3,384	75			3,460
1978	4,906	86			4,991
1979	3,848	100			3,948
1980	4,048	46			4,094
1981	3,604	64			3,668
1982	3,721	38	2		3,761
1983	2,588	27	11		2,625
1984	2,490	50	6		2,546
1985	1,764	49	4		1,817
1986	1,887	72	2	456	2,417
1987	1,364	61	4	379	1,808
1988	1,017	40	1	314	1,373
1989	1,107	89	1	317	1,514
1990	1,221	68	5	428	1,722
1991	1,292	101	3	331	1,726
1992	1,187	139	2	393	1,722
1993	821	141	6	362	1,330
1994	814	157	5	333	1,308
1995	970	175	2	531	1,678
1996	1,225	140	2	593	1,960
1997	960	126	31	408	1,526
1998	507	115	17	444	1,083
1999	763	110	22	411	1,305
2000	1,037	107	10	377	1,531
2001	1,228	161	18	347	1,754
2002	1,346	179	12	362	1,899
2003	1,210	151	16	406	1,783
2004	887	110	37	197	1,231
2005	1,007	199	15	303	1,524
2006	1,076	191	22	385	1,674
2007	990	164	29	326	1,509
2008	1,074	243	24	318	1,659
2009	1,037	236	11	270	1,554
2010	833	172	32	276	1,313
2011	710	174	22	220	1,126

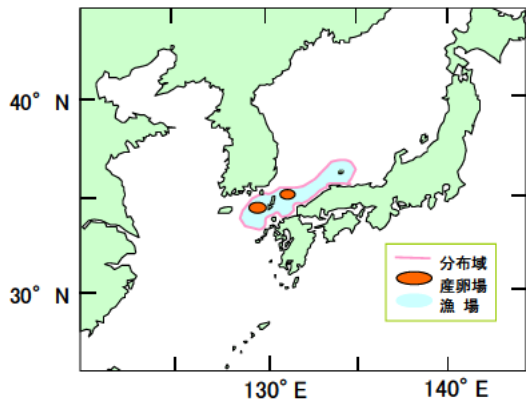


図1. ムシガレイ日本海系群の分布

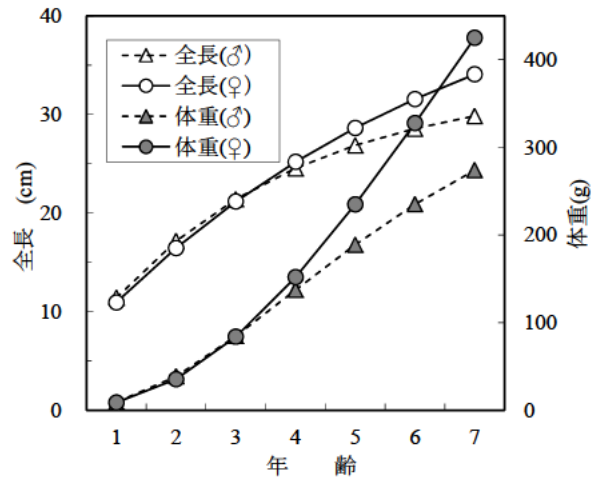


図2. 年齢と成長

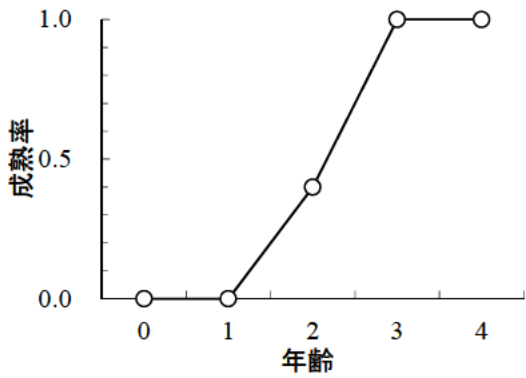


図3. 年齢と成熟率

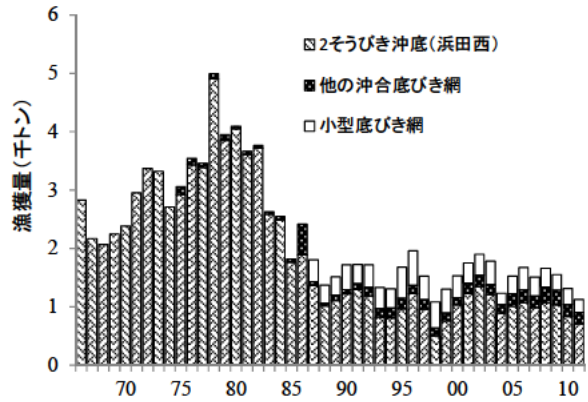


図4. 漁業種類別漁獲量の推移
(1986年以前の小底のデータは無い)

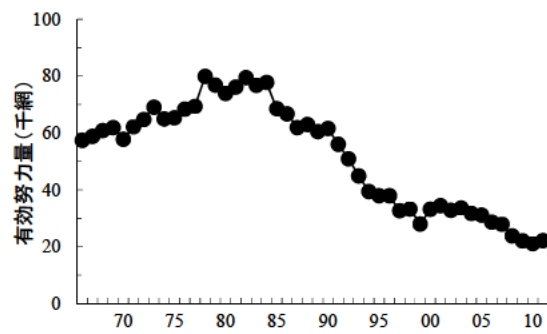


図5. 有効漁獲努力量
(2そう沖底、浜田以西)

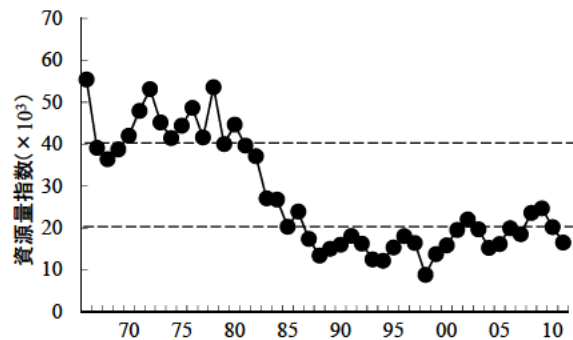


図6. 資源量指数(2そう沖底、浜田以西)
破線は最高値(約60,000)の三分位

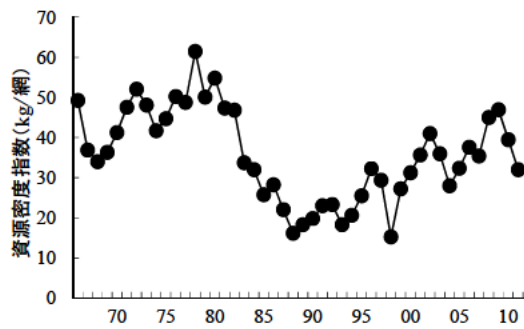


図 7. 資源密度指数 (2 歳魚、浜田以西)

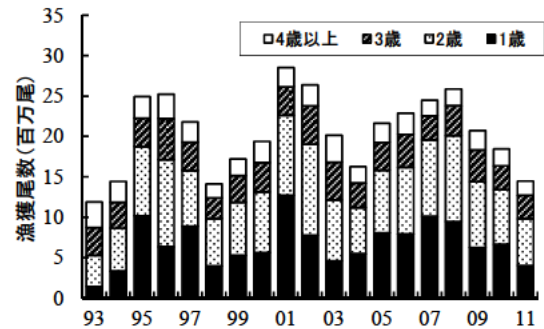


図 8. 年齢別漁獲尾数

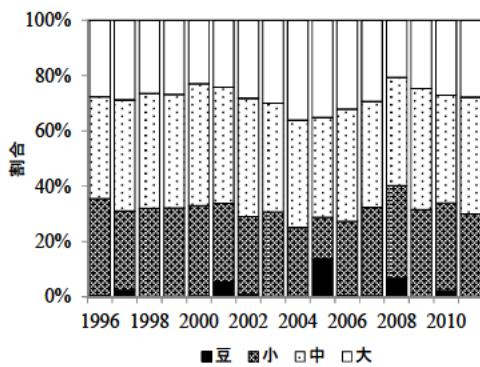
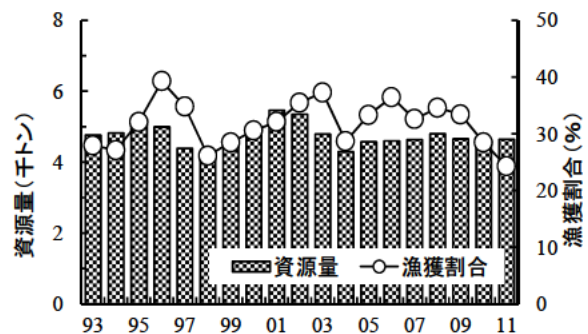
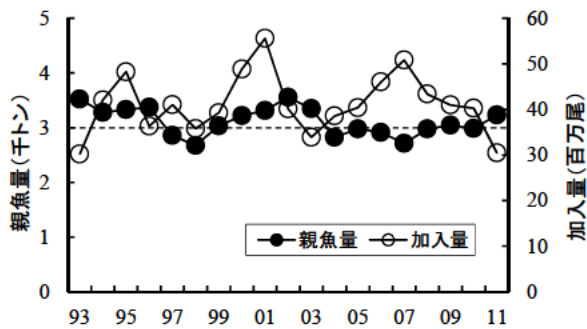
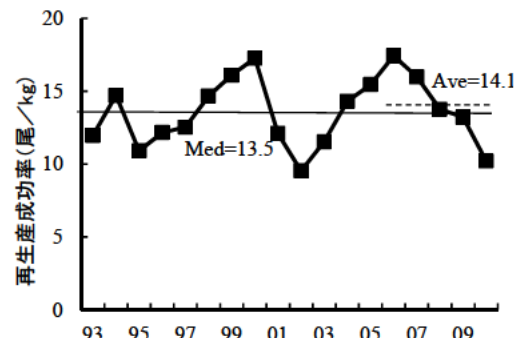
図 9. 標本船による銘柄別漁獲割合
(山口県小底)

図 10. 漁獲割合と資源量

図 11. 親魚量と加入量 (1 歳魚)
破線は中位と低位の境界とした
2005 年親魚量。図 12. 再生産成功率 (翌年の加入量
(1 歳魚) ÷ 当該年の親魚量)
実線は全期間の中央値、破線
は直近 5 ヶ年の再生産成功率
の平均。

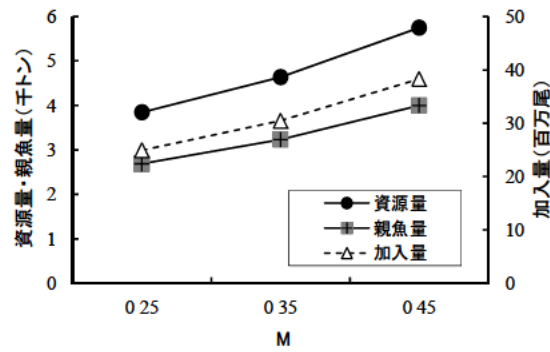


図 13. M と 2011 年資源量、親魚量、加入量の関係

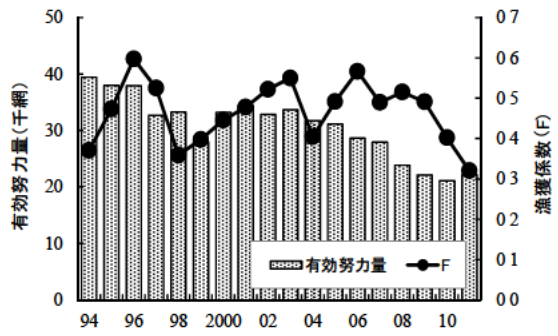


図 14. F と 2 そうびき沖底（浜田以西）の有効努力量

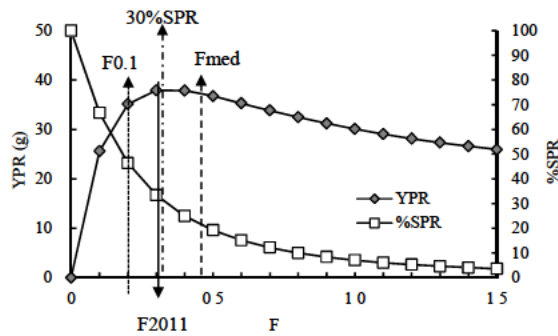


図 15. YPR と SPR

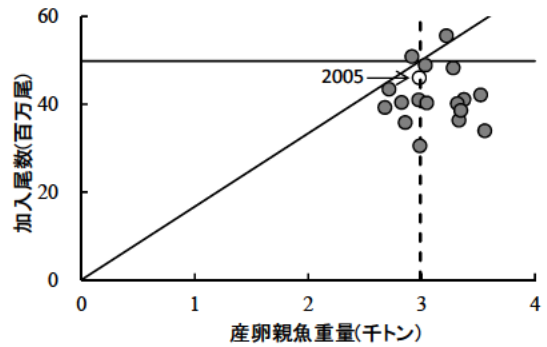


図 16. 親魚量と加入量（1 歳魚）の関係

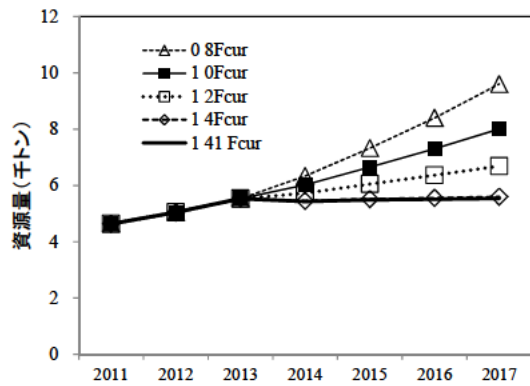
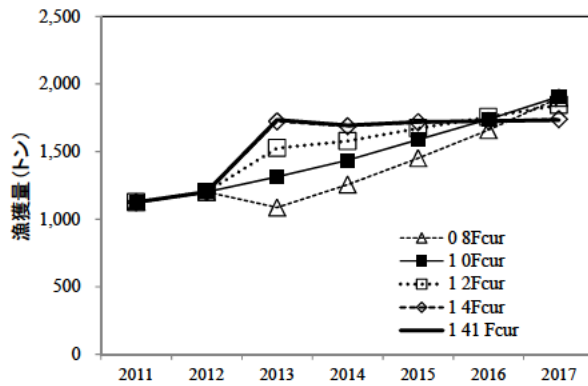
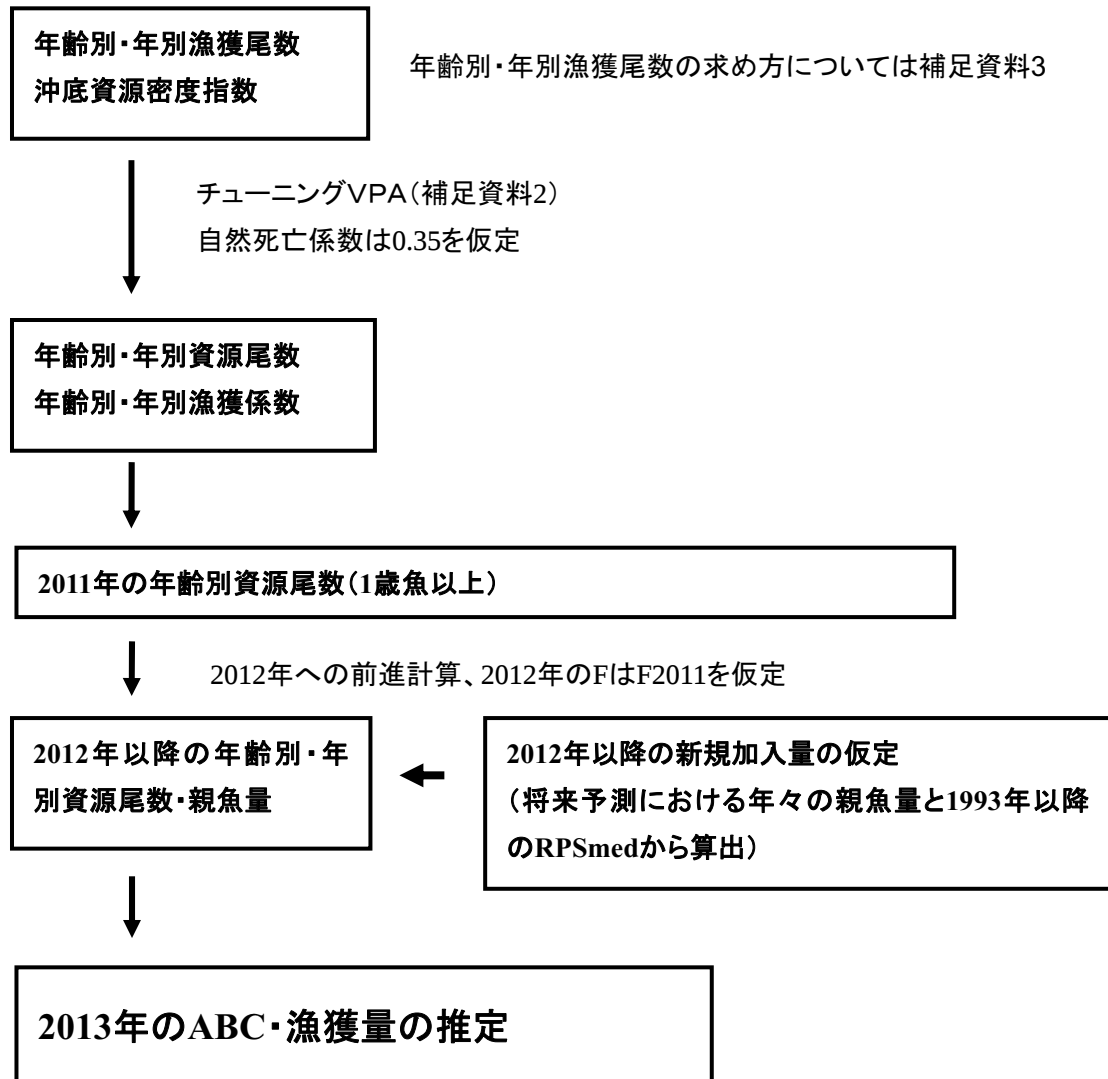


図 17. 様々な F による資源量と漁獲量の予測

補足資料1 資源評価のフロー



補足資料2 コホート解析

0 歳魚は漁獲されないため、1 歳魚以上の漁獲対象資源について、最高年齢は 4 歳以上とした（以下、4+と表す）。用いた各年齢の体重と成熟率は下表に示す。1993～2011 年の 4+の体重は、各年の 4 歳と 5 歳以上の割合で重み付けした平均値を用いた。2012 年以降の 4+の体重は、1993～2011 年の平均値（=214g）で一定とした。自然死亡係数 M は、田内・田中の式（田中 1960）により、寿命を 7 歳として求めた（ $M = 2.5 \div 7 \text{ 歳} \div 0.35$ ）。

年齢	1	2	3	4	5+
体重(g)	20	58	115	188	331
成熟率(%)	0	40	100	100	100

年齢別資源尾数の推定には 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。3 歳魚は(2)式、4 歳以上は(3)式により計算した。

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

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

ただし、最近年については全年齢を(4)式により計算した。

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

以上の計算の後、資源量指数を用いて最近年の 3 歳と 4+歳の F を式(5)、(6)でチューニングした。1 歳と 2 歳の F は 2011 年の年齢別選択率が過去 3 年平均（2008～2010 年）とした。

$$\text{最小} \sum_{y=2002}^{2011} \left\{ \ln(q \cdot B_y) - \ln(CPUE_y) \right\}^2 \quad (5)$$

$$q = \left(\frac{\prod_{y=2002}^{2011} CPUE_y}{\prod_{y=2002}^{2011} B_y} \right)^{\frac{1}{10}} \quad (6)$$

ここで、 B は資源量、 $CPUE$ は沖合底びき網（2 そうびき）の資源量指数。

・引用文献

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.

補足資料 3 年齢別漁獲尾数

1993～2011 年に島根県浜田漁港において、2 そうびき沖底により水揚げされたムシガレイの年齢別漁獲尾数をベースに、評価対象資源全体の年齢別漁獲尾数を求めた。

1. 浜田漁港の全長組成

島根県浜田漁港における 2 そうびき沖底の水揚げ物には、サイズ依存性のある入り数銘柄と散銘柄がある。両銘柄について、2002 年 3 月～2011 年 12 月までの市場調査データを基に、雌雄込みの銘柄別全長組成（箱内尾数）Key を作成し（入り数銘柄は 53 種、散銘柄は 8 種）、1993～2011 年の各月において、島根県浜田漁港に 2 そうびき沖底により水揚げされたムシガレイの全長組成（漁獲尾数）を算出した。

2. 年齢分解

1989～2003 年に日本海南西海域における試験操業による採集物ならびに市場購入した水揚げ物のムシガレイ 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）の年齢査定結果に基づく、3～5 月、6～8 月、9～11 月、および 12～2 月における Age-Length Key（平成 17 年資源評価報告書）を用い、浜田漁港における 2 そうびき沖底により入り数・散銘柄として水揚げされたムシガレイの各月の年齢別漁獲尾数を算出した。なお、用いた ALK は、本種の起算日を 3 月 1 日としており、1 月と 2 月の各年齢群は+1 歳群として扱った。

3. 全体への引き延ばし

入り数・散銘柄として水揚げされたムシガレイの各月の年齢別漁獲尾数を、サイズ依存性のない他の銘柄の漁獲量を含む浜田 2 そうびき沖底の全体の漁獲量の年齢別漁獲尾数に、各月で引き延ばした。さらに、各月の年齢別漁獲尾数を 3～5 月、6～8 月、9～11 月、12 月および 1～2 月の期間で合算し、各期間の、山口県下関及び島根県東部 2 そうびき沖底、1 そうびき沖底及び小底の漁獲量を含む評価対象である総漁獲量の年齢別漁獲尾数に引き延ばした。これらの総和を、各年（暦年）における評価対象の年齢別漁獲尾数とし、コホート解析に用いた。

補足資料 4 2 そうびき沖底の漁獲成績報告書を用いた資源量指標値の算出方法

2 そうびき沖底の漁獲成績報告書では、月別漁区（10 分柵目）別の漁獲量と網数が集計されている。これらより、月 i 漁区 j における CPUE(U)は次式で表される。

$$U_{i,j} = \frac{C_{i,j}}{X_{i,j}}$$

上式で C は漁獲量を、 X は努力量（網数）をそれぞれ示す。

集計単位（月または小海区）における資源量指数(P)は CPUE の合計として次式で表される。

$$P = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J U_{i,j}$$

集計単位における有効漁獲努力量(X')と漁獲量(C)、資源量指数(P)の関係は次式のように表される。

$$P = \frac{CJ}{X'} \quad \text{すなわち} \quad X' = \frac{CJ}{P}$$

上式で J は有漁漁区数であり、資源量指数(P)を有漁漁区数(J)で除したものが資源密度指数(D)である。

$$D = \frac{P}{J} = \frac{C}{X'}$$

広がりのある漁場内では魚群の密度は濃淡があるのが通常であり、魚群密度が高いところに漁船が集中して操業した場合、総漁獲量を総網数で割った CPUE は高い方に偏る。そこで漁場を 10 分柵目の漁区に細分し、漁区内での密度は一樣と仮定して、魚群や努力量の偏りを補正し、資源量を指数化したのが資源量指数と資源密度指数である。

2 そうびき沖底のように有漁漁区数が減少した場合、漁船の漁区を選択性が資源量指数と資源密度指数に影響を与える。底びき網は複数の魚種を対象とし、魚種によって分布密度が高い場所が異なるため、有漁漁区数の減少は漁獲の主対象となる魚種の分布密度が高い漁区に操業が集中することが考えられる。このような場合、資源密度指数で有漁漁区数が多い時代と減少した時代を比較すると、資源密度指数は密度が高い漁区の平均であるので有漁漁区数が減少した時代は過大となり、資源量指数では密度が低い漁区のデータが無いのでその分だけ過小となる。一方漁獲の主対象ではない魚種では、その魚種の分布密度に影響されにくいため、漁区数の減少は合計値である資源量指数を過小とすることから資源密度指数の方が良い指標値と考えられる。

ムシガレイは 2 そうびき沖底の最重要魚種であり、その分布密度が漁区選択に影響を与えると考えられることから、ムシガレイ資源の指標値としては資源量指数の方が資源密度指数よりも適当と考えられる。

付表 コホート計算に用いた年齢別漁獲尾数と計算結果

年齢別漁獲尾数(千尾)																			
年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1歳	1,446	3,341	10,169	6,339	8,882	3,974	5,272	5,632	12,723	7,773	4,596	5,477	8,095	7,945	10,108	9,494	6,268	6,654	4,029
2歳	3,825	5,300	8,583	10,811	6,881	5,853	6,555	7,474	9,864	11,250	7,528	5,739	7,708	8,235	9,438	10,597	8,126	6,771	5,793
3歳	3,476	3,188	3,501	5,074	3,523	2,590	3,309	3,646	3,561	4,762	4,689	3,008	3,466	4,058	2,996	3,731	3,937	2,939	2,872
4歳以上	3,137	2,596	2,682	2,983	2,522	1,718	2,060	2,633	2,388	2,597	3,353	2,036	2,383	2,644	1,925	2,021	2,387	2,076	1,766
計	11,884	14,424	24,935	25,208	21,808	14,135	17,195	19,384	28,536	26,382	20,165	16,259	21,652	22,882	24,466	25,842	20,717	18,441	14,459

年齢別漁獲係数と漁獲割合(%)																			
年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1歳	0.06	0.10	0.29	0.23	0.30	0.14	0.17	0.15	0.32	0.26	0.18	0.19	0.27	0.23	0.27	0.30	0.20	0.22	0.17
2歳	0.29	0.38	0.48	0.70	0.52	0.39	0.44	0.48	0.50	0.64	0.53	0.42	0.52	0.60	0.57	0.62	0.56	0.42	0.36
3歳	0.54	0.50	0.56	0.73	0.64	0.45	0.49	0.58	0.54	0.60	0.75	0.51	0.59	0.72	0.56	0.57	0.60	0.49	0.37
4歳以上	0.54	0.50	0.56	0.73	0.64	0.45	0.49	0.58	0.54	0.60	0.75	0.51	0.59	0.72	0.56	0.57	0.60	0.49	0.37
平均	0.35	0.37	0.47	0.60	0.52	0.36	0.40	0.45	0.48	0.52	0.55	0.40	0.49	0.57	0.49	0.52	0.49	0.40	0.32
漁獲割合(%)	28	27	32	39	35	26	28	31	32	35	37	29	33	36	33	35	33	28	24

年齢別資源尾数(千尾)																			
年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1歳	30,225	42,081	48,239	36,316	41,035	35,802	39,258	48,854	55,568	40,109	33,913	38,580	40,393	46,020	50,838	43,374	40,961	40,261	30,471
2歳	18,197	20,085	26,849	25,457	20,270	21,461	21,893	23,239	29,699	28,477	21,739	20,040	22,589	21,669	25,760	27,340	22,596	23,603	22,786
3歳	9,980	9,612	9,705	11,716	8,864	8,508	10,210	9,925	10,103	12,648	10,624	8,999	9,305	9,448	8,358	10,230	10,371	9,102	10,949
4歳以上	9,005	7,827	7,434	6,887	6,345	5,643	6,355	7,167	6,774	6,899	7,597	6,089	6,399	6,156	5,370	5,542	6,286	6,430	6,734
合計	67,406	79,605	92,228	80,376	76,514	71,413	77,716	89,184	102,143	88,133	73,873	73,709	78,686	83,293	90,325	86,487	80,214	79,396	70,940

年齢別資源重量、親魚量(トン)及び再生産成功率RPS(尾/kg)																			
年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1歳	609	848	973	732	827	722	792	985	1,120	809	684	778	814	928	1,025	875	826	812	614
2歳	1,054	1,163	1,555	1,474	1,174	1,243	1,268	1,346	1,720	1,649	1,259	1,160	1,308	1,255	1,491	1,583	1,308	1,367	1,319
3歳	1,150	1,107	1,118	1,350	1,021	980	1,176	1,143	1,164	1,457	1,224	1,037	1,072	1,088	963	1,179	1,195	1,049	1,261
4歳以上	1,950	1,707	1,589	1,435	1,366	1,199	1,351	1,537	1,463	1,440	1,618	1,322	1,383	1,325	1,153	1,164	1,327	1,389	1,443
合計	4,763	4,826	5,234	4,991	4,388	4,144	4,586	5,011	5,467	5,355	4,785	4,297	4,578	4,596	4,633	4,800	4,656	4,616	4,638
親魚量	3,521	3,280	3,329	3,375	2,856	2,677	3,034	3,218	3,315	3,557	3,346	2,823	2,979	2,915	2,713	2,975	3,045	2,984	3,232
RPS	11.95	14.71	10.91	12.16	12.53	14.67	16.10	17.27	12.10	9.53	11.53	14.31	15.45	17.44	15.99	13.77	13.22	10.21	