

平成 25 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

日本海西部で漁獲されるムシガレイを、資源量指数、資源密度指数、コホート解析によって評価した。資源量指数および資源密度指数は近年低下傾向にある。コホート解析による資源計算でも資源量は 2009 年以降減少傾向にある。加入量も近年大きく減少しているが、産卵親魚量は安定し B_{limit} を上回っている。資源水準は中位、動向は減少と判断した。現状の漁獲圧および再生産成功率が 1993 年以降の中央値であるならば、資源量、漁獲量ともに増加するので、 F_{limit} を F_t (F_{2012} $F_{current}$) として漁獲した場合の 2014 年の漁獲量を ABC 算定規則 1-1)-(1)に基づき算出し ABC_{limit} とした。

	2014 年 ABC (百トン)	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	10	F_{2012}	0.30	23%
ABC_{target}	9	$0.8 \cdot F_{2012}$	0.24	19%

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
2011	42	11	0.36	27%
2012	40	9	0.31	23%
2013	42	-	-	-

2013 年の資源量は加入量を仮定した値。

水準：中位 動向：減少

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漁船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、成長等の知見によると（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 11cm、2 歳で 17cm、3 歳で 21cm、4 歳で 25cm となる。4 歳以降は雌雄差が大きくなり、5 歳で雌雄それぞれ 29、27cm、6 歳で 32、29cm、7 歳で 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）。親魚量の計算では、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

日本海南西海域におけるムシガレイの漁獲の殆どは底びき網によるものであり、底びき網以外では、刺し網、釣・はえ縄等でも漁獲される。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であり、本系群の分布域とほぼ一致する。

(2) 漁獲量の推移

2 そうびき沖底（浜田以西）の漁獲量は、1970 年代末の約 4,000 トンをピークとし 1980 年代前半に大きく減少した。その後は低水準で推移したが、2012 年は 630 トンと過去 2 番目に少ない漁獲量となった。他の漁業種類を加えた合計漁獲量では、2012 年の漁獲量は 940 トンと過去最少である（図 4、表 1）。

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、2012 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 年代前半の約 8 万網をピークに 2009 年には約 22 千網まで減少し、その後 2012 年まで低水準で推移している（図 5）。

4. 資源の状態

(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（浜田西）の資源量指数は、1980 年代に減少し 1990 年以降は、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、2011～2012 年には約 16,000 に低下した（図 6）。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、資源量指数に比べて大きく増減している（図 7）。

(3) 漁獲物の年齢組成

1993～2012 年の年齢別漁獲尾数（図 8、補足表、補足資料 3）には、3 回の漁獲尾数のピークが見られるが、近年では 2008 年をピークに減少傾向が続いており、2012 年の総漁獲尾数は過去最少であった。例年、1～2 歳魚が主体で漁獲されるが、2012 年は 2011 年と比べ 1～2 歳魚が減少した。1996～2012 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（補足表）に示す。解析は、1 歳魚以上について行った。

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、その後は 2008 年まで横ばいであったが、近年は減少傾向にある。漁獲割合は 1996、

2003、2006 年にピークがみられ、2009 年以降は低下している。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。近年の加入量は、2008 年以降減少傾向が続き、2012 年の加入量は過去最低であった。一方、親魚量は加入量に比較して安定している。

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。2012 年は過去最も低い値であった。

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 2012 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

資源水準の指標は再生産関係から求まる（後述） B_{limit} （親魚量=3,000 トン）を中位と下位の境界とした。2012 年の親魚量は B_{limit} を上回っており中位と判断した。

資源動向については、過去 5 年間のコホート解析から求めた資源量が低下していることから減少と判断した。

(6) 資源と漁獲の関係

漁獲係数 F （各年齢の F の単純平均）は増減しながらも 2009 年までは 0.5 前後であったが、2010 年以降は低下傾向を示している。沖底の有効努力量も長期的に減少傾向を示している（図 14）。

年齢別選択率に 2012 年の値を仮定して 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 ($F_{2012}=0.30$) は $F_{0.1}=0.26$ より高いが $F_{30\%SPR}=0.39$ より低く、再生産成功率 (RPS) を 1993 年以降の中央値と仮定して計算した $F_{med}(1.4F_{2012}=0.43)$ よりもかなり低い。

(7) B_{limit} 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（3,000 トン）を資源管理基準である B_{limit} とした。

5. 2014 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、近年低下傾向にある。コホート解析による資源計算では、加入量は大きく減少し、資源量は 2009 年以降減少傾向にあるが、産卵親魚量は B_{limit} を上回った。以上のことから 2012 年の資源水準は中位、動向は減少と判断した。

(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 B_{limit} 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。2013 年の F は 2012 年と同じ。2014 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 0.61、2 歳 1、3 歳 1）。2013 年以降の再生産成功率は、1993～2011 年の中央値(13.1 尾/kg)で一定とした。これらの仮定のもとで現状の F(F2012)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 2012 年の F とした。計算された漁獲量 ABClimit は 1,033 トン、ABCtarget は、 α を標準値の 0.8 として計算された漁獲量 852 トンとした。

	2014 年 ABC (百トン)	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	10	F2012	0.30	23%
ABCtarget	9	0.8・F2012	0.24	19%

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（2012 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、 $F=0.43(1.4F2012 \div F_{\text{med}})$ のとき、漁獲量・資源量ともに安定するが、現状の F でも 2017 年には同等の漁獲量となる。

F	基準値	漁獲量 (百トン)						
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0.24	0.8F2012	9	9	9	10	11	13	15
0.30	1.0F2012	9	9	10	11	12	14	15
0.37	1.2F2012	9	9	12	12	13	14	14
0.43	1.4F2012	9	9	14	13	14	14	14
0.49	1.6F2012	9	9	15	14	14	13	13

F	基準値	資源量 (百トン)						
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0.24	0.8F2012	40	42	46	52	61	69	78
0.30	1.0F2012	40	42	46	49	55	60	66
0.37	1.2F2012	40	42	46	47	50	52	55
0.43	1.4F2012	40	42	46	45	45	45	45
0.49	1.6F2012	40	42	46	43	42	40	39

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
2012 年漁獲量	2012 年漁獲量の確定
2012 年年齢別漁獲尾数、資源量指数	2012 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 (当初・再評価)	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)
2012 年 (当初)	Fcurrent	0.30	79	18	15	
2012 年(2012 年再評価)	Fcurrent	0.40	51	13	12	
2012 年(2013 年再評価)	Fcurrent	0.44	40	13	11	9
2013 年 (当初)	F2011	0.32	50	13	11	
2013 年(2013 年再評価)	F2011	0.36	42	11	9	

加入量が当初予測よりも大きく減少したため、再評価において資源量が大きく減少した。

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 歳魚の割合が高く、単価の安い小型魚が多く漁獲されている（図 8）。また、商品サイズ以下の小型魚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. 水大研報, 53,21-34.
- 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そうびき沖底	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
2012	630	96	28	187	940



図1. ムシガレイ日本海系群の分布

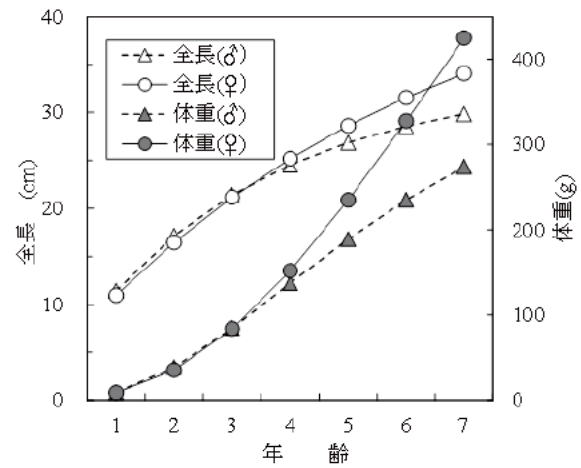


図2. 年齢と成長

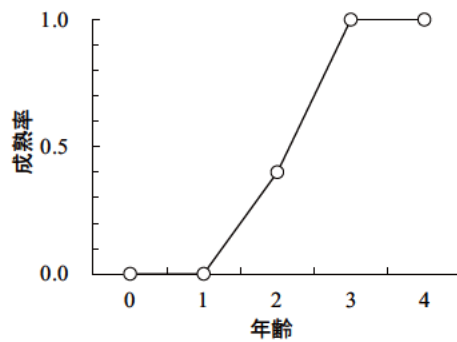


図3. 年齢と成熟率

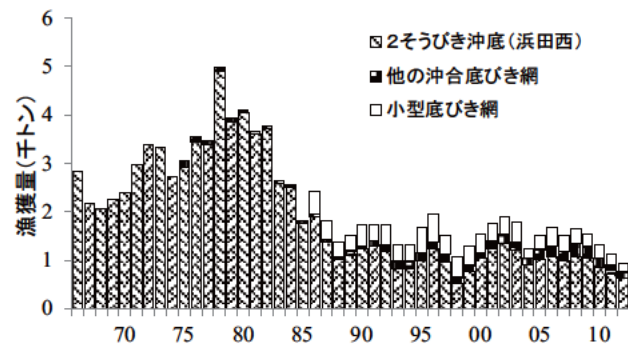


図4. 漁業種類別漁獲量の推移

(1986年以前の小底のデータは無い)

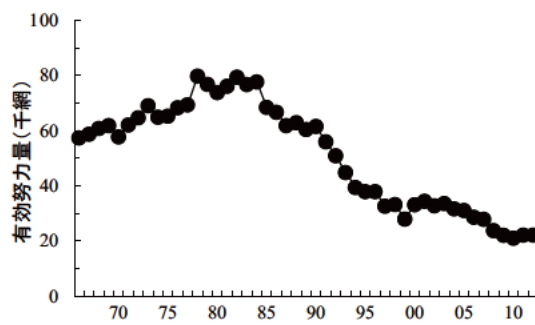


図5. 有効漁獲努力量

(2そう沖底、浜田以西)

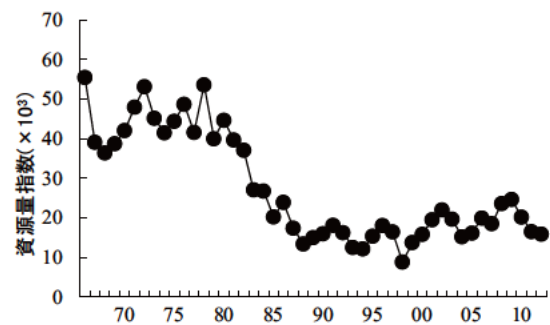


図6. 資源量指数

(2そう沖底、浜田以西)

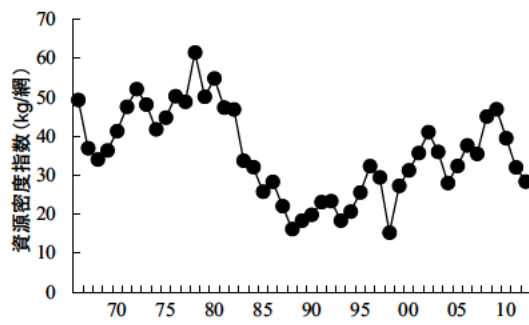


図 7. 資源密度指数 (2 そう沖底、浜田以西)

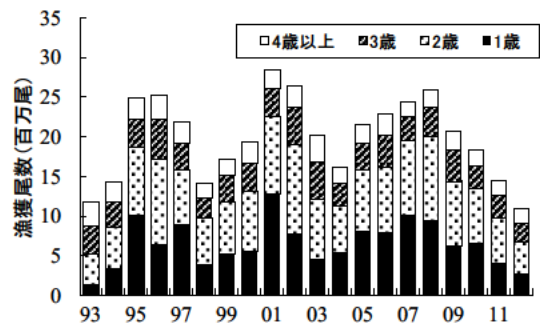


図 8. 年齢別漁獲尾数

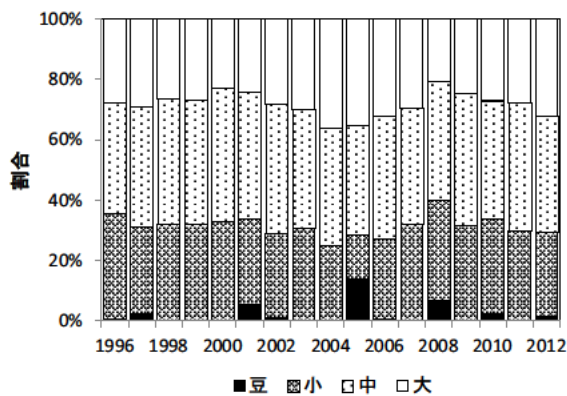


図 9. 標本船による銘柄別漁獲割合
(山口県小底)

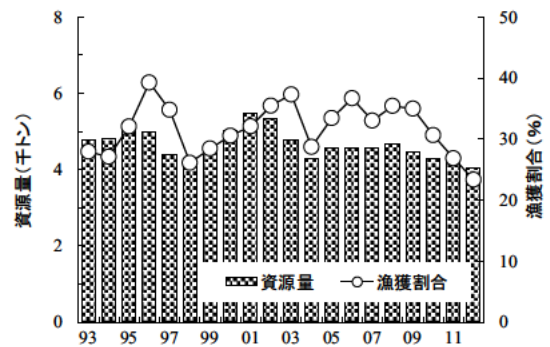


図 10. 漁獲割合と資源量

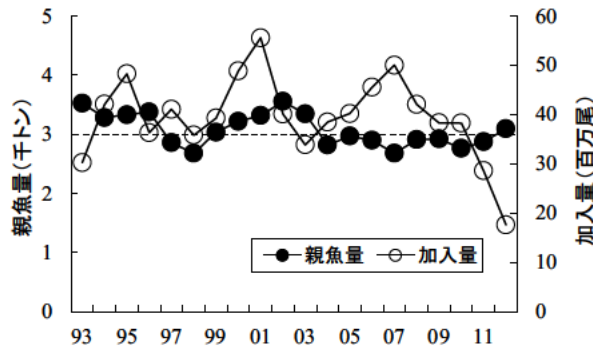


図 11. 親魚量と加入量 (1 歳魚)
破線は中位と低位の境界とした
Blimit。

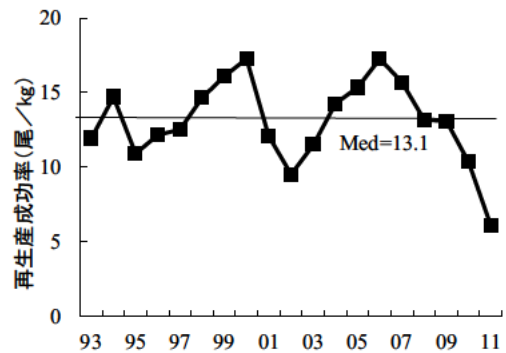


図 12. 再生産成功率 (翌年の加入量
(1 歳魚) ÷ 当該年の親魚量)
実線は全期間の中央値。

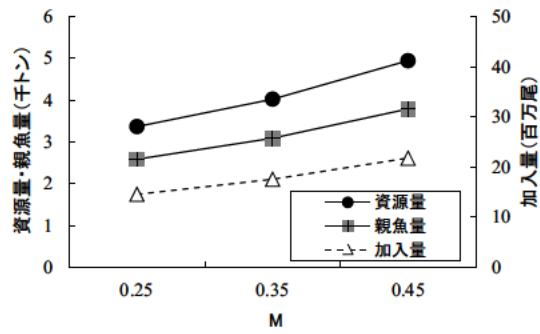


図 13. M と 2011 年資源量、親魚量、加入量の関係

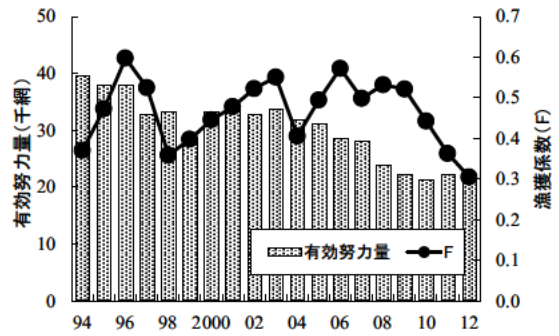


図 14. F と 2 そうびき沖底（浜田以西）の有効努力量

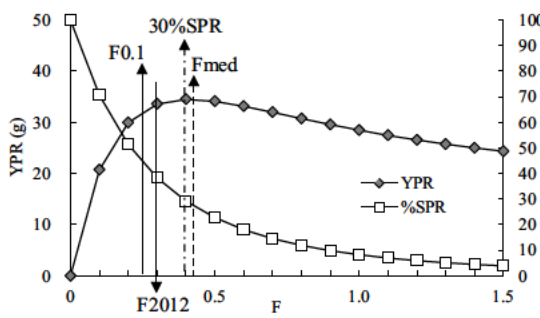


図 15. YPR と SPR

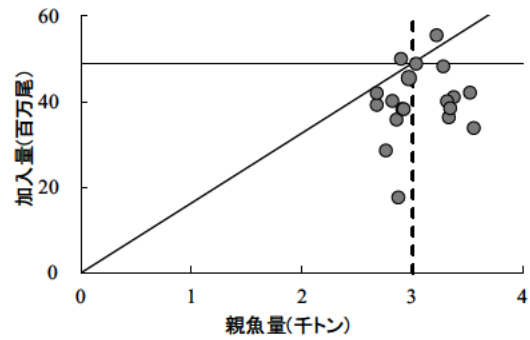


図 16. 親魚量と加入量 (1 歳魚) の関係

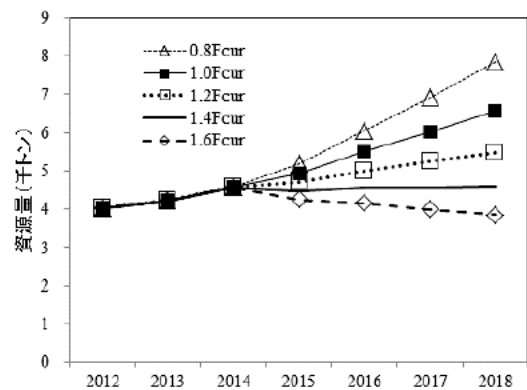
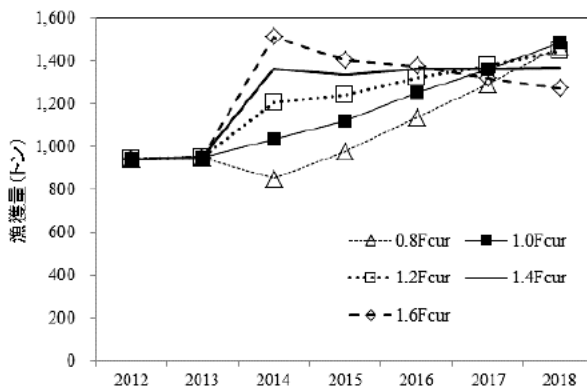
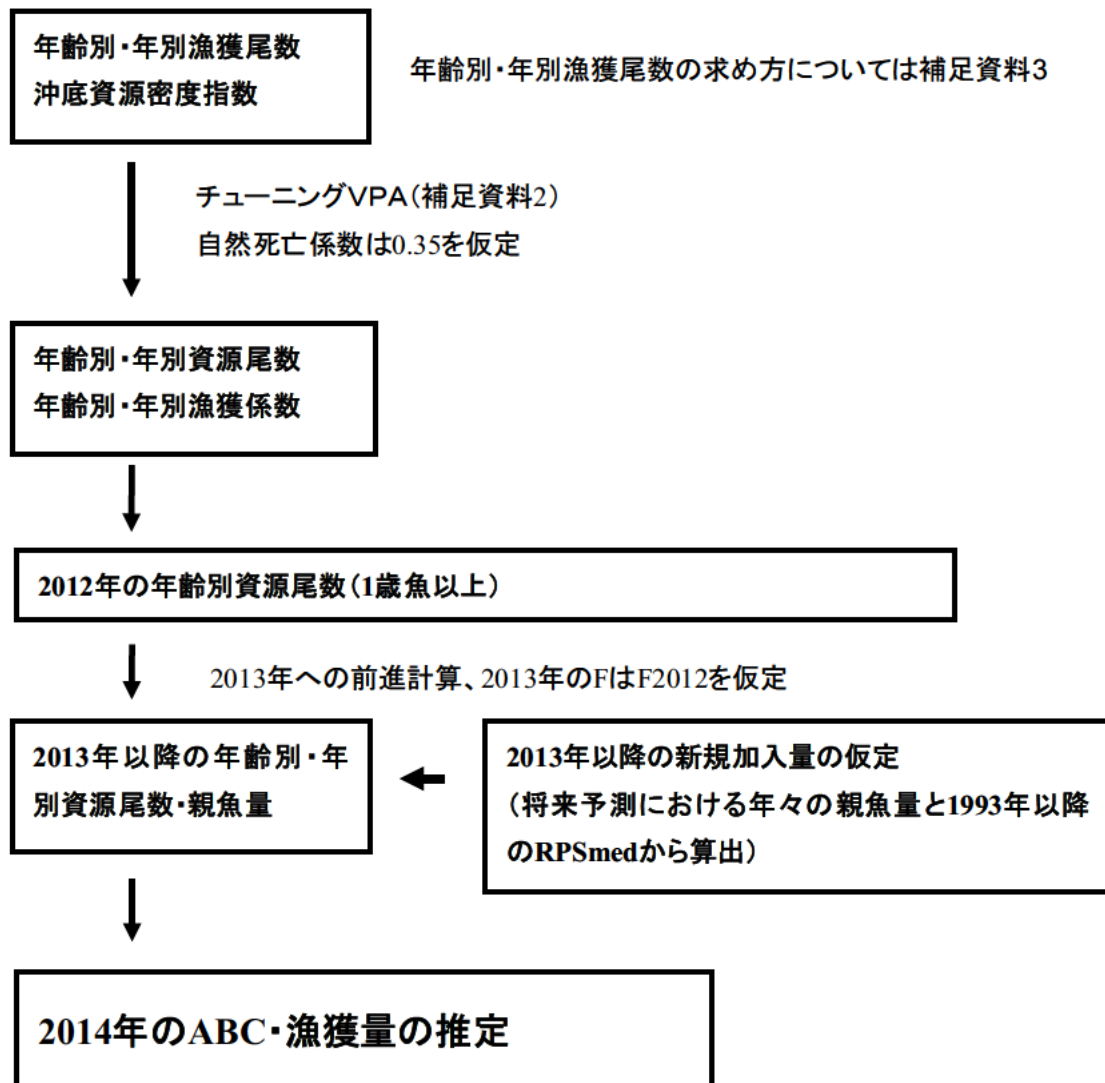


図 17. 様々な F による漁獲量と資源量の予測

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、最高年齢群は 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。1993～2012 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。2013 年以降の 4+ の体重は、1993～2012 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。

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

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

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 2012 年の年齢別選択率が過去 3 年平均（2009～2011 年）とした。

$$\text{最小} \sum_{y=2002}^{2012} \left\{ \ln(q \cdot B_y) - \ln(CPUE_y) \right\}^2 \quad (5)$$

$$q = \left(\frac{\prod_{y=2002}^{2012} CPUE_y}{\prod_{y=2002}^{2012} B_y} \right)^{\frac{1}{11}} \quad (6)$$

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. 東海水研報,28,1-200.

補足資料 3 年齢別漁獲尾数

1993～2012 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～2012 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）変換表を作成し（入り数銘柄は 53 種、散銘柄は 8 種）、1993～2012 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 月における年齢体長相関表（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、用いた年齢体長相関表は、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 分柁目）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 分升目の漁区に細分し、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、漁船の漁区の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、資源密度指数は密度が高い漁区の平均であるので過大となる。一方、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。

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の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、コホート計算のチューニングには資源量指数を用いた。

補足表 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	2012
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	2,732
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	4,039
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	2,454
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	1,700
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	10,926
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	2012
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	0.28	0.31	0.22	0.23	0.18	0.20
2歳	0.29	0.38	0.48	0.71	0.52	0.39	0.44	0.48	0.50	0.64	0.53	0.42	0.52	0.61	0.58	0.64	0.59	0.46	0.39	0.34
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	0.57	0.59	0.64	0.54	0.44	0.34
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	0.57	0.59	0.64	0.54	0.44	0.34
平均	0.35	0.37	0.47	0.60	0.52	0.36	0.40	0.45	0.48	0.52	0.55	0.41	0.49	0.57	0.50	0.53	0.52	0.44	0.36	0.30
漁獲割合(%)																				
	28	27	32	39	35	26	28	31	32	35	37	29	33	37	33	35	35	31	27	23
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	2012
1歳	30,225	42,081	48,239	36,315	41,032	35,798	39,251	48,839	55,546	40,070	33,846	38,457	40,171	45,545	49,987	42,011	38,297	38,247	28,576	17,591
2歳	18,196	20,085	26,849	25,456	20,269	21,459	21,890	23,235	29,688	28,462	21,712	19,993	22,503	21,513	25,425	26,741	21,636	21,725	21,366	16,755
3歳	9,980	9,612	9,705	11,715	8,864	8,507	10,209	9,923	10,099	12,641	10,613	8,980	9,271	9,387	8,247	9,995	9,948	8,425	9,626	10,194
4歳以上	9,005	7,827	7,434	6,887	6,345	5,643	6,355	7,165	6,772	6,895	7,589	6,076	6,376	6,116	5,299	5,415	6,030	5,952	5,920	7,062
合計	67,406	79,605	92,227	80,374	76,510	71,407	77,705	89,162	102,105	88,067	73,759	73,506	78,321	82,561	88,959	84,161	75,911	74,348	65,489	51,602
年齢別資源重量、親魚量(トン)、再生産成功率RPS(尾/kg)及び沖合底びき網漁業の資源量指数(トン/網)																				
年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1歳	609	848	973	732	827	722	791	985	1,120	808	682	775	810	918	1,008	847	772	771	576	355
2歳	1,054	1,163	1,555	1,474	1,174	1,242	1,267	1,345	1,719	1,648	1,257	1,158	1,303	1,246	1,472	1,548	1,253	1,258	1,237	970
3歳	1,150	1,107	1,118	1,350	1,021	980	1,176	1,143	1,164	1,456	1,223	1,035	1,068	1,081	950	1,152	1,146	971	1,109	1,174
4歳以上	1,950	1,707	1,589	1,435	1,366	1,199	1,350	1,536	1,463	1,439	1,617	1,319	1,378	1,316	1,138	1,137	1,273	1,286	1,268	1,530
合計	4,763	4,826	5,234	4,991	4,388	4,144	4,585	5,010	5,465	5,351	4,779	4,287	4,559	4,562	4,568	4,684	4,444	4,285	4,191	4,029
親魚量	3,521	3,280	3,329	3,375	2,856	2,677	3,034	3,218	3,314	3,555	3,342	2,817	2,968	2,896	2,677	2,908	2,920	2,760	2,872	3,092
RPS	11.95	14.71	10.91	12.16	12.53	14.66	16.10	17.26	12.09	9.52	11.51	14.26	15.35	17.26	15.69	13.17	13.10	10.36	6.12	
資源量指数	12,480	12,151	15,322	18,019	16,402	8,793	13,728	15,806	19,510	21,985	19,640	15,194	16,114	19,926	18,494	23,593	24,633	20,182	16,488	15,849