

## 平成 26 (2014) 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（八木佑太、藤原邦浩、上原伸二、井関智明）

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

本系群について、日本海南西海域における漁業依存情報に基づき資源評価を行った。コホート解析により推定された親魚量は 2004 年以降  $B_{limit}$  (3,000 トン) を下回っており、資源水準を低位と判断した。資源量は 2009 年以降減少が続いており、資源動向を減少と判断した。親魚量を中位水準に回復させることを管理目標として、ABC 算定規則の 1-1)-(2) に基づき ABC を算定した。2013 年以降の再生産成功率が 1993 年以降の中央値と仮定したときの、 $F_{rec}$  による 2015 年の漁獲量を  $ABC_{limit}$ 、不確実性を考慮した値を  $ABC_{target}$  とした。

	2015 年 ABC (トン)	資源管理基準	F 値	漁獲割合
$ABC_{limit}$	580	$F_{rec}$	0.28	21%
$ABC_{target}$	480	$0.8F_{rec}$	0.23	18%

ABC は 10 トン未満を四捨五入した。F 値は各年齢の単純平均、漁獲割合は  $ABC/資源量$  である。

年	資源量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合
2012	2,988	940	0.44	31%
2013	2,740	826	0.41	30%
2014	2,670	—	—	—

2014 年の資源量は加入量を仮定した値。

水準：低位      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調査 (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 (韓国水産海洋部)
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

ムシガレイは日本近海に広く分布し、日本海南西海域における底びき網漁業の重要な対象種である。本種は韓国でも漁獲されているが詳細が不明であることから、本評価では、日本海南西海域において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っている。

## 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、山口県および島根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）。対馬以東では、秋に対馬北東から見島北西の海域に分布が集中するが、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（三栖ほか 1973）。

### (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。5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、成長にともない沖合へ移動する（今岡 1977）。

### (3) 成熟・産卵

成熟開始年齢は雄2歳、雌3歳である。産卵盛期は、対馬以西では1月下旬～2月下旬、対馬以東では2月上旬～3月上旬である（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）。島根県の漁獲物を対象とした精密測定・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）。被食については不明である。

## 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、釣りおよびはえ縄等でも漁獲される。底びき網でも浜田港と下関港を基地とする2そうびき沖合底びき網漁業（以下、2そうびき沖底）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）。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諸島周辺である。

## (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 5,000 トンをピークとし、1980 年代の前半に約 2,500 トン、後半には約 1,000 トンにまで減少した。その後は低い値で推移しており、2013 年は 551 トンと過去 2 番目に少ない値となった。他の漁業種類を加えた合計漁獲量でも、2013 年の漁獲量は 826 トンと過去最少となった（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、2013 年は 1.8 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 80 千網をピークに 2009 年には 22 千網まで減少した。その後は低い値で安定しており、2013 年は 20 千網であった（図 5）。

## 4. 資源の状態

## (1) 資源評価の方法

1993 年以降の年齢別漁獲尾数を求め、コホート解析（補足資料 2）により資源量を推定した。これに加え、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、山口・島根・鳥取各県の小型底びき網漁業（以下、小底）について、1966 年以降の漁獲情報を収集した。これらのうち、統計資料が整備されている 2 そうびき沖底（浜田以西）の漁獲成績報告書から、資源量指標値（補足資料 4）を算出した。なお、前年度までのコホート解析では、2002 年から直近年までの資源量指数によりチューニングを行っていたが、資源量についてレトロスペクティブ・アナライシスを行った結果、前年度までの方法では過大推定の傾向が強いことが示された。そこで、チューニング年数について検討したところ、2008 年以降までならば資源量推定値と資源量指数には高い相関関係が認められることが示された。よって、今年度のコホート解析では、2008 年から直近年までの資源量指数を用いてチューニングを行った（チューニング方法変更の詳細は補足資料 2 参照）。

## (2) 資源量指標値の推移

2 そうびき沖底（浜田以西）の資源量指数は、1960 年代後半から 1970 年代には 50,000 を超えた年もみられたが、1980 年代に低下し、1990 年以降は 9,000～22,000 で推移した。近年では 2008～2009 年に 24,000 とやや増加したが、2011～2013 年には 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

1993～2013 年の年齢別漁獲尾数（表 2、図 8、補足資料 3）には、3 回のピークがみられる。近年では、2008 年のピークの後に減少傾向が続いており、2013 年の総漁獲尾数はこの間で最少となった。例年、1～2 歳魚が主体で漁獲されるが、近年それらの減少が続いている。山口県における小底標本船の銘柄別漁獲量の比率（1996～2013 年）には、数年に 1 度

「豆」の比率が増加する以外、大きな変化はみられていない（図9）。

#### (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1歳以上の資源量を表2および図10に示す。

資源量は、2001年に5,500トンのピークがあり、2004年にかけてやや減少した後は2008年まで約4,000トンで横ばいであった。2009年以降は減少傾向にあり、2013年の資源量は過去最少の2,740トンであった。漁獲割合は26～39%の間を推移しており、近年では2009年の38%から2013年の30%に低下傾向にある。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表2および図11に示す。加入量は30百万～60百万尾の間で変動していたが、2007年の49百万尾のピークの後には減少が続いている。親魚量は3,000トン前後で比較的安定していたが、2010年以降は減少が続いている。2013年の加入量と親魚量は、それぞれ期間内最小の15百万尾、1,980トンであった。

再生産成功率（加入量÷親魚量）は、翌年（N+1）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年にともに17（尾/kg）のピークがみられ、2007年から低下傾向が続いている。2012年は7.3（尾/kg）とこれまでの最低値であった。

コホート解析に使用した自然死亡係数(M)の値が資源計算に与える影響をみるために、Mを変化させた場合の2013年の資源量、親魚量、加入量を図13に示す。Mを基準値である0.35から0.1増減させたときに生じる資源量、親魚量、加入尾数の増減は概ね20%以下であった。

#### (5) 資源の水準・動向

資源水準の判断には親魚量を用い、再生産関係から求まる Blimit（Blimit の設定参照、親魚量=3,000 トン）を中位と低位の境界とした。2013年の親魚量（1,980 トン）は Blimit を下回っており、資源水準を低位と判断した。

資源動向の判断には資源量を用いた。コホート解析から推定された 2009～2013 年の資源量が減少し続けていることから、資源動向を減少と判断した。

#### (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、長期的には概ね 0.4～0.6 で変動している。近年では 2009 年の 0.58 をピークに、2010 年以降は低下傾向を示している。2013 年の F 値は 0.41 であった。一方、2 そうびき沖底の有効漁獲努力量は長期的に減少傾向を示している（図 14）。

年齢別選択率に 2013 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<sub>2013</sub>=0.41) は F<sub>0.1</sub>(0.26) より高いが、F<sub>30%SPR</sub>(0.41)、F<sub>med</sub>(0.43) より若干低い。なお、F<sub>med</sub> は再生産成功率 (RPS) を 1993 年以降の中央値と仮定して計算した。

#### (7) Blimit の設定

1993～2012 年における親魚量と加入量の関係を図 16 に示す。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 Blimit とした。

## 5. 2015 年 ABC の算定

### (1) 資源評価のまとめ

本系群の漁獲量は、1970 年代末に 4,000 トン以上に増加した後、1980 年代前半から後半にかけて大きく減少した。その後は低い値で推移し、2012 年からは 1,000 トンを下回っている。コホート解析により推定された親魚量は 2004 年以降 Blimit を下回っており、資源水準を低位と判断した。資源量は 2009 年以降減少が続いており、資源動向を減少と判断した。当面は、親魚量を中位水準に回復させることを管理目標とするべきである。

### (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 を下回っていることから、ABC 算定規則 1-1)-(2)  $F_{limit} = F_{rec}$ 、 $F_{target} = F_{limit} \times \alpha$  に基づいて ABC を算定した。 $F_{rec}$  は親魚量を Blimit 以上に回復させることを目標として、 $F_{med}(0.43)$  を  $B/Blimit$  の比率(0.66) で引き下げた値(0.28)とした。

ABC の算定では、以下の仮定を行った。

- ・ 2014 年の F は 2013 年と同値
- ・ 2015 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=0.37、2 歳=0.83、3 歳=1)
- ・ 2014 年以降の再生産成功率は、1993~2012 年の中央値 (12.1 尾/kg) で一定

これらの仮定のもと、 $F_{rec}$  で漁獲した場合、後述のように親魚量、資源量および漁獲量の増加が見込め、5 年後 (2019 年) に親魚量を Blimit 近くに回復させることが可能と計算された。そこで、 $F_{rec}$  により計算された 2015 年の漁獲量 580 トンを ABClimit とした。また、不確実性を考慮して安全率  $\alpha$  に標準値 0.8 を採用し、 $0.8F_{rec}$  により計算された漁獲量 480 トンを ABCtarget とした。

	2015 年 ABC (トン)	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	580	$F_{rec}$	0.28	21%
ABCtarget	480	$0.8F_{rec}$	0.23	18%

ABC は 10 トン未満を四捨五入。F 値は各年齢の単純平均。漁獲割合は ABC の資源量に対する割合。

### (3) ABClimit の評価

ABC 算定と同じ仮定のもとで現在の F 値を変化させた場合に、期待される漁獲量と親魚量および資源量を計算した (次表および図 17)。 $F_{rec}(=0.69F_{current})$  で漁獲した場合、2015 年の漁獲量は減少するが、2016 年以降は資源量の回復とともに漁獲量も増大する。2019 年には親魚量が Blimit である 3,000 トン近くにまで回復し、2019 年の漁獲量は 2013 年の漁獲量を上回る。一方、 $F_{2013}$  で漁獲した場合は、漁獲量と親魚量、資源量いずれもほぼ現状を維持するに留まる。

F	基準値	漁獲量(トン)							
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.16	0.40F2013	826	779	356	451	551	648	767	922
0.23	0.55F2013	826	779	476	570	665	750	852	981
0.28	0.69F2013	826	779	577	656	735	801	878	972
0.33	0.80F2013	826	779	652	713	774	820	874	939
0.41	1.00F2013	826	779	781	795	817	823	834	848
0.49	1.20F2013	826	779	899	853	832	798	768	740
F	基準値	親魚量(トン)							
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.16	0.40F2013	1,980	1,880	1,756	2,360	2,976	3,417	4,015	4,871
0.23	0.55F2013	1,980	1,880	1,756	2,210	2,651	2,930	3,311	3,842
0.28	0.69F2013	1,980	1,880	1,756	2,084	2,392	2,558	2,790	3,111
0.33	0.80F2013	1,980	1,880	1,756	1,991	2,209	2,303	2,445	2,643
0.41	1.00F2013	1,980	1,880	1,756	1,830	1,911	1,906	1,923	1,964
0.49	1.20F2013	1,980	1,880	1,756	1,683	1,659	1,585	1,519	1,468
F	基準値	資源量(トン)							
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.16	0.40F2013	2,740	2,670	2,703	3,307	4,037	4,795	5,671	6,795
0.23	0.55F2013	2,740	2,670	2,703	3,143	3,662	4,170	4,737	5,436
0.28	0.69F2013	2,740	2,670	2,703	3,004	3,359	3,686	4,040	4,461
0.33	0.80F2013	2,740	2,670	2,703	2,901	3,144	3,353	3,573	3,830
0.41	1.00F2013	2,740	2,670	2,703	2,722	2,791	2,824	2,859	2,904
0.49	1.20F2013	2,740	2,670	2,703	2,558	2,486	2,389	2,300	2,215

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
2013 年漁獲量確定値	2013 年漁獲量の確定
2013 年年齢別漁獲尾数、資源量指数	2013 年までの資源尾数、漁獲係数、加入量、親魚量、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 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン)
2013 年(当初)	Fcurrent	0.32	4,640	1,310	1,190	
2013 年(2013 年再評価)	Fcurrent	0.36	4,230	1,120	930	
2013 年(2014 年再評価)	Fcurrent	0.50	2,740	970	820	826
2014 年(当初)	F2012	0.30	4,230	1,030	850	
2014 年(2014 年再評価)	F2012	0.44	2,670	840	700	

2013（当初、2013年再評価）、2014年（当初）のABCは資源量が過大推定されているため高い値となっている。

## 6. ABC以外の管理方策の提言

年齢別漁獲尾数は1～2歳魚の割合が高く（図8）、単価の安い小型魚が多く漁獲されている（図9）。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、小型魚の保護を目的とした資源管理方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）, 118 pp.
- 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.

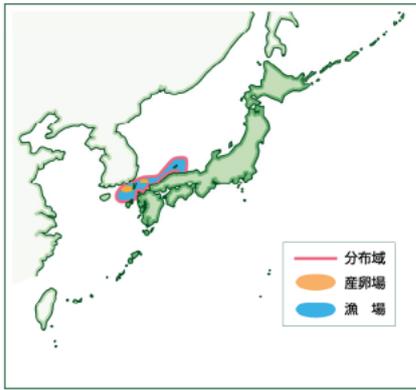


図1. ムシガレイ日本海系群の分布

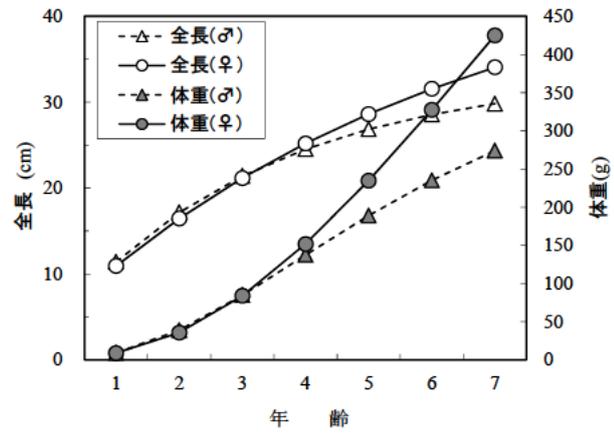


図2. 年齢と成長

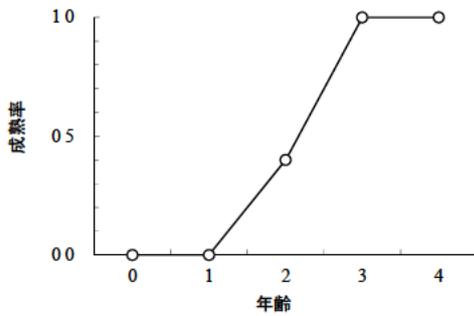


図3. 年齢と成熟率

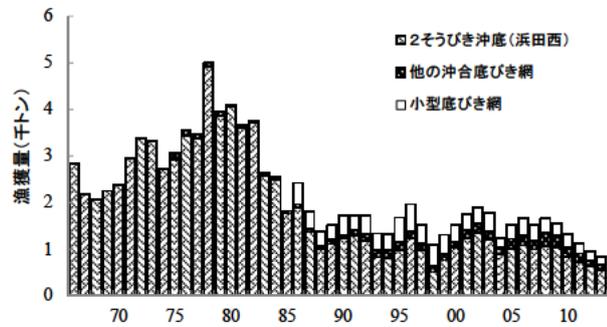


図4. 漁業種類別漁獲量の推移  
(1986年以前の小底のデータは無い)

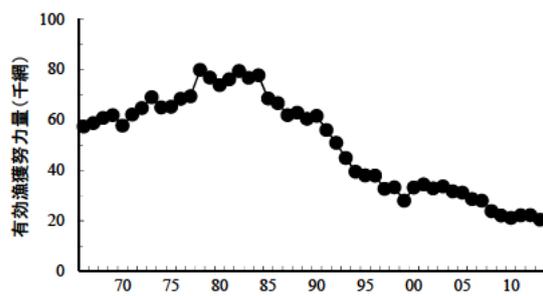


図5. 有効漁獲努力量  
(2そう沖底、浜田以西)

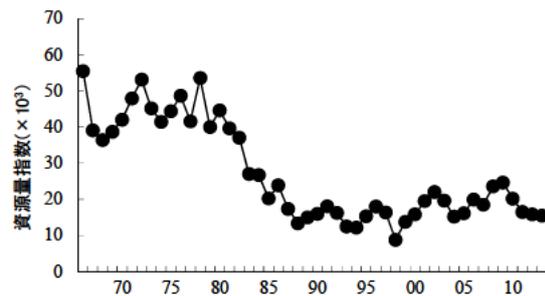


図6. 資源量指数  
(2そう沖底、浜田以西)

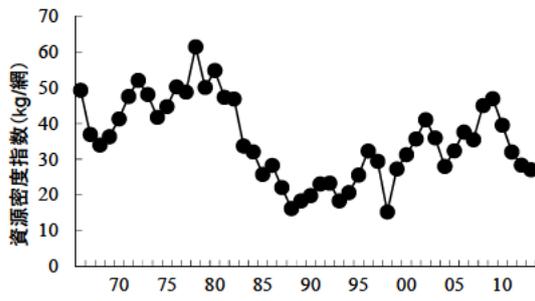


図7. 資源密度指数 (2 そう沖底、浜田以西)

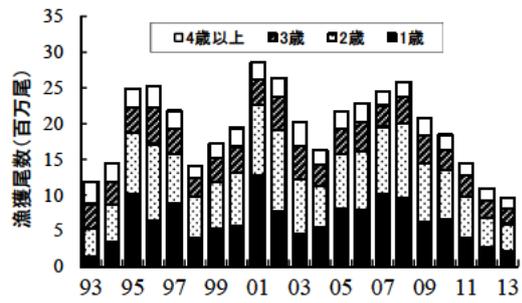


図8. 年齢別漁獲尾数

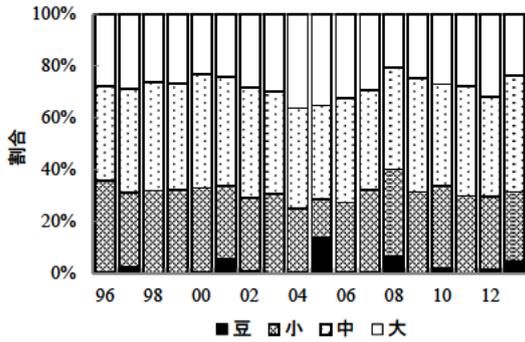


図9. 標本船による銘柄別漁獲量割合 (山口県小底)

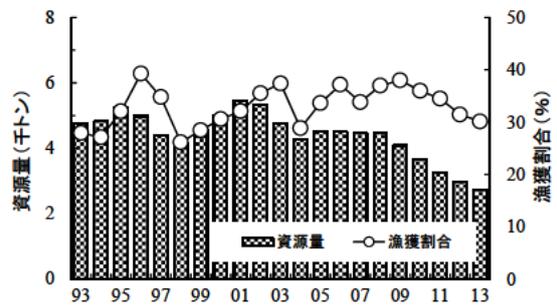


図10. 漁獲割合と資源量

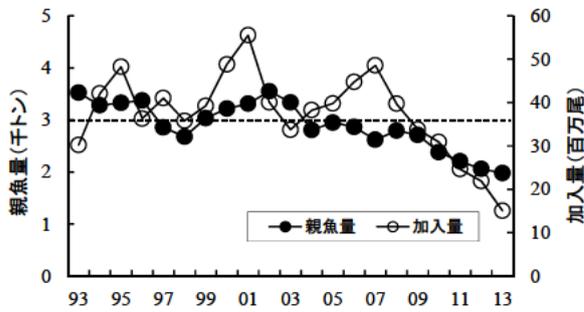


図11. 親魚量と加入量 (1歳魚)  
破線は中位と低位の境界とした Blimit。

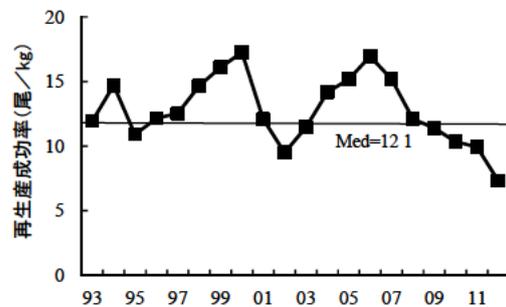


図12. 再生産成功率 (翌年の加入量 (1歳魚) ÷ 当該年の親魚量)  
実線は全期間の中央値。

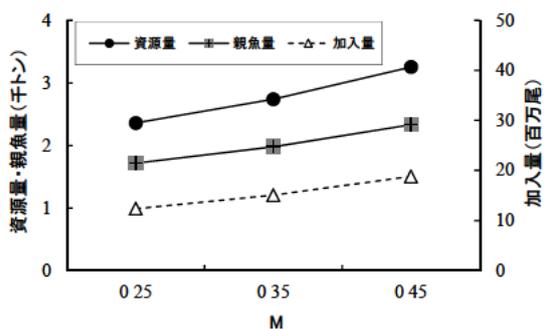


図 13. M と 2013 年資源量、親魚量、加入量の関係

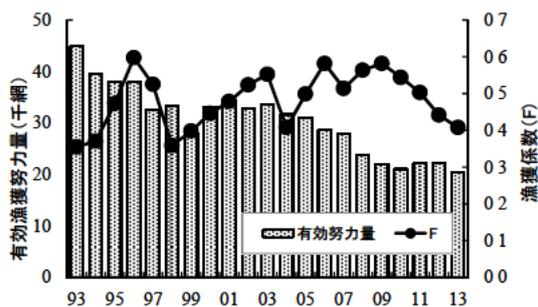


図 14. F と 2 そうびき沖底 (浜田以西) の有効漁獲努力量

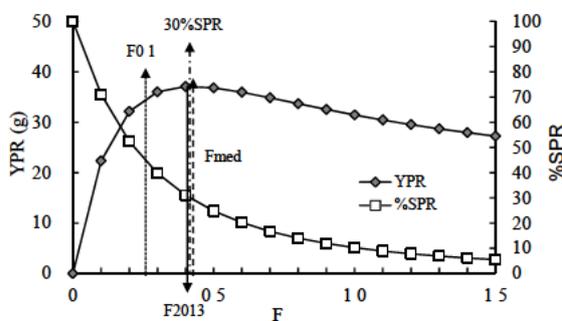


図 15. YPR と SPR

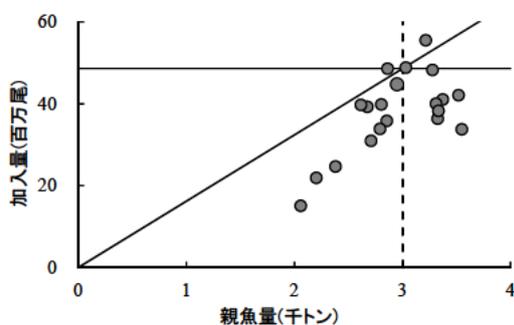


図 16. 親魚量と加入量 (1 歳魚) の関係

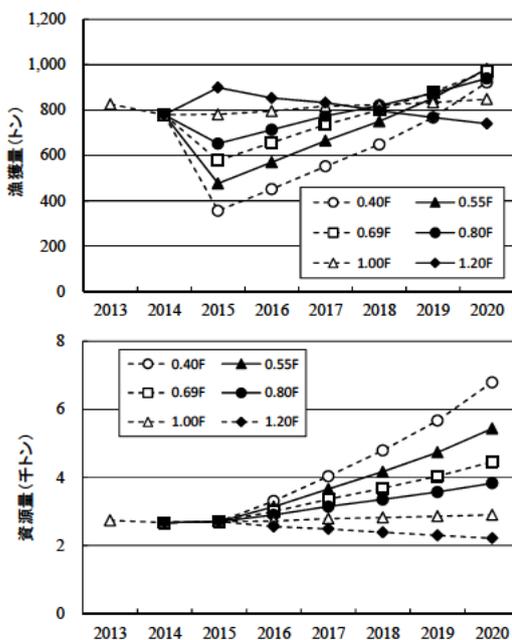


図 17. 様々な F による漁獲量と親魚量および資源量の予測  
 凡例内の F は F2013(0.41)、数値は F2013 に対する係数。  
 0.69F=Frec、0.55F=0.8×Frec。Blimit は親魚量 3,000 トン。

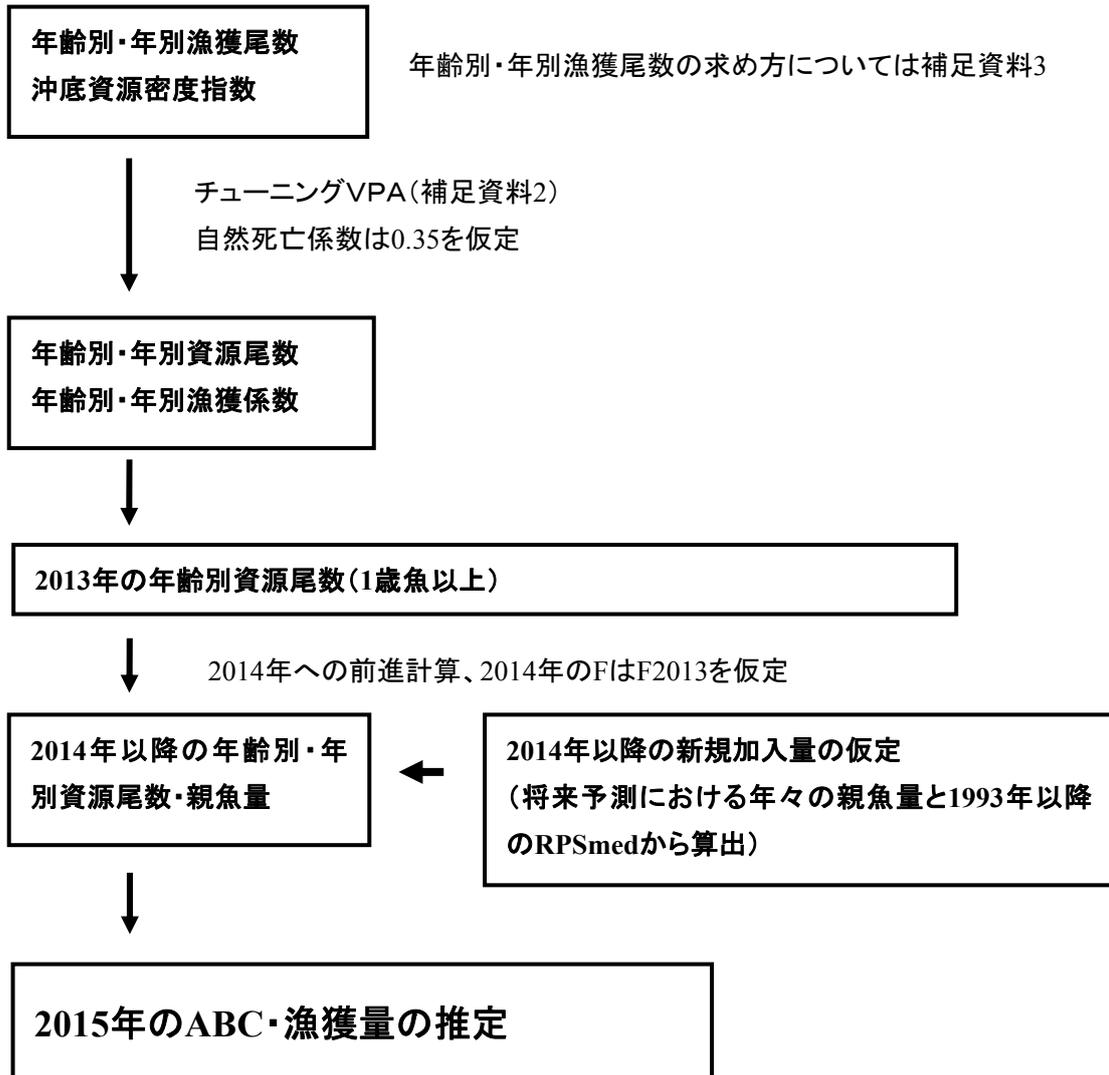
表 1. 漁業種類別漁獲量 (単位: トン)

年	2そうびき沖底		1そうびき沖底	小型底び き網	計
	浜田西	島根東部	日本海西部		
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
2013	551	68	37	169	826

表2. 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)		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
年																							
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	2,167	
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	3,805	
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	2,170	
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	1,448	
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	9,589	
年齢別漁獲係数と漁獲割合(%)		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
年																							
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	0.28	0.24	0.28	0.34	0.25	0.30	0.22	0.16	0.19	
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	0.53	0.62	0.60	0.67	0.66	0.57	0.56	0.42	0.42	
3歳		0.54	0.50	0.56	0.73	0.64	0.45	0.49	0.58	0.55	0.60	0.75	0.51	0.59	0.74	0.58	0.62	0.71	0.65	0.62	0.59	0.51	
4歳以上		0.54	0.50	0.56	0.73	0.64	0.45	0.49	0.58	0.55	0.60	0.75	0.51	0.59	0.74	0.58	0.62	0.71	0.65	0.62	0.59	0.51	
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	0.50	0.58	0.51	0.56	0.58	0.54	0.50	0.44	0.41	
漁獲割合(%)		28	27	32	39	35	26	28	31	32	36	37	29	34	37	34	37	38	36	35	31	30	
年齢別資源尾数(千尾)		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
年																							
1歳		30,224	42,080	48,238	36,313	41,028	35,792	39,240	48,815	55,509	40,004	33,733	38,251	39,798	44,748	48,559	39,723	33,823	30,897	24,660	21,888	15,066	
2歳		18,196	20,085	26,848	25,456	20,268	21,456	21,886	23,227	29,671	28,436	21,665	19,913	22,357	21,250	24,864	25,734	20,023	18,573	16,187	13,996	13,131	
3歳		9,980	9,612	9,705	11,715	8,863	8,506	10,207	9,920	10,094	12,629	10,595	8,947	9,215	9,284	8,062	9,599	9,239	7,289	7,404	6,544	6,472	
4歳以上		9,005	7,827	7,434	6,887	6,345	5,642	6,354	7,163	6,768	6,889	7,576	6,054	6,337	6,050	5,180	5,200	5,600	5,149	4,554	4,533	4,319	
合計		67,405	79,603	92,225	80,371	76,504	71,396	77,686	89,125	102,042	87,957	73,569	73,166	77,709	81,333	86,665	80,257	68,686	61,907	52,806	46,962	38,988	
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)		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
年																							
1歳		609	848	973	732	827	722	791	984	1,119	807	680	771	802	902	979	801	682	623	497	441	304	
2歳		1,054	1,163	1,554	1,474	1,173	1,242	1,267	1,345	1,718	1,646	1,254	1,153	1,294	1,230	1,440	1,490	1,159	1,075	937	810	760	
3歳		1,150	1,107	1,118	1,350	1,021	980	1,176	1,143	1,163	1,455	1,221	1,031	1,062	1,070	929	1,106	1,064	840	853	754	746	
4歳以上		1,950	1,707	1,589	1,435	1,366	1,199	1,350	1,536	1,462	1,438	1,614	1,314	1,370	1,302	1,112	1,092	1,182	1,112	976	982	930	
合計		4,763	4,826	5,234	4,991	4,387	4,143	4,584	5,008	5,462	5,346	4,769	4,269	4,529	4,504	4,460	4,489	4,088	3,650	3,263	2,988	2,740	
親魚量		3,521	3,280	3,329	3,374	2,856	2,676	3,033	3,217	3,312	3,551	3,336	2,806	2,950	2,864	2,617	2,794	2,711	2,382	2,204	2,060	1,980	
RPS		11.95	14.71	10.91	12.16	12.53	14.66	16.09	17.26	12.08	9.50	11.47	14.18	15.17	16.96	15.18	12.11	11.40	10.35	9.93	7.31		
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	15,490	

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。1993～2013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、1993～2013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（ $M=2.5 \div 7 \text{歳} \approx 0.35$ ）。

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、2008年から直近年までの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2013年の年齢別選択率が過去3年平均（2010～2012年）とした。

$$\text{最小} \sum_{y=2008}^{2013} \left\{ \ln(q \cdot B_y) - \ln(CPUE_y) \right\}^2 \quad (5)$$

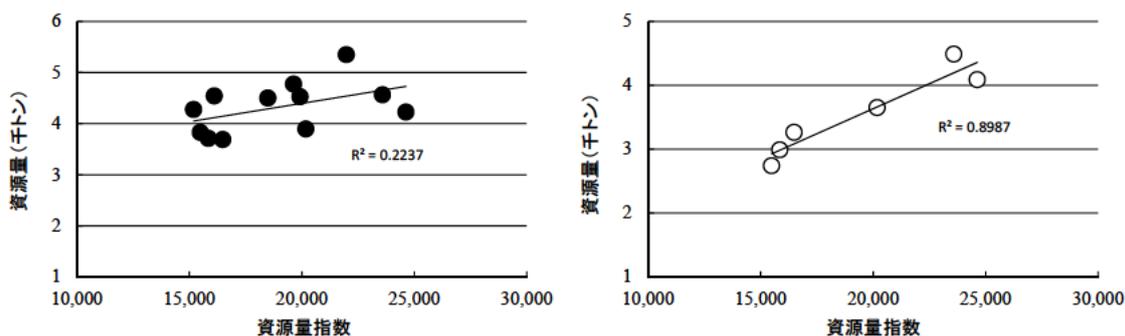
$$q = \left( \frac{\prod_{y=2008}^{2013} CPUE_y}{\prod_{y=2008}^{2013} B_y} \right)^{\frac{1}{6}} \quad (6)$$

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。

※チューニング方法の変更について

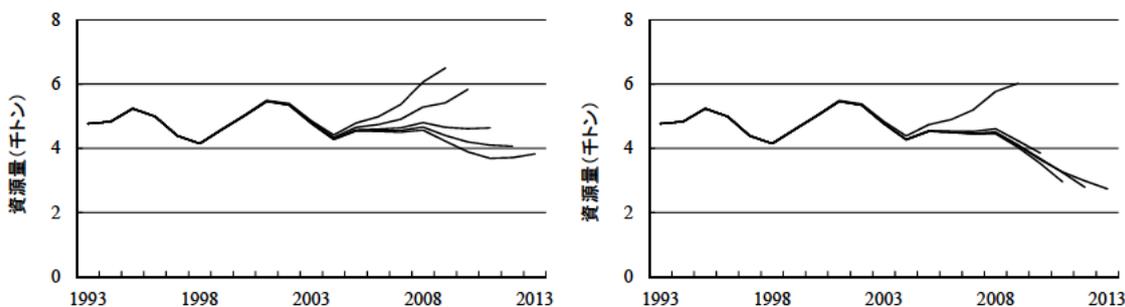
平成 25 年度資源評価におけるコホート解析では、2002 年から直近年までの資源量指数を用いてチューニングを行っていた。その結果、近年加入量が大きく減少しているにも関わらず、資源量および親魚量は長期的には安定していることが報告されている（木下・藤原 2013）。また、資源量推定値と資源量指数の関係が不明瞭であることも示されている（補足図 1）。このような状況の中、近年漁獲量の減少が続いていることなどから、一部の参画機関担当者や漁業関係者は資源状態の悪化を懸念していた。

そこで、近年の資源量について過大推定の可能性を検討するために、レトロスペクティブ・アナライシス（山田・田中 1999）を行った。その結果、前年度までの方法では、各年度評価時に資源量を過大に推定する傾向が強いことが示された（補足図 2）。このことを受けて、チューニング年数について検討を行った結果、2008 年以降までならば資源量推定値と資源量指数には高い相関関係が認められることが示された（補足図 1）。よって、今年度のコホート解析では、2008 年から直近年までの資源量指数を用いてチューニングを行った。今年度の方法でのレトロスペクティブ・アナライシスでは、資源量の推定過誤が前年度までの方法よりも軽減されることが示されており（補足図 2）、本系群の資源状態の実態をより正確に表現できると判断された。



補足図 1. 資源量推定値と資源量指数の関係

前年度（左図）と今年度（右図）の方法による推定結果。



補足図 2. 資源量推定値のレトロスペクティブ・アナライシス

横軸は推定された年数を示す。前年度（左図）と今年度（右図）の方法による推定結果。

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.
- 木下貴裕・藤原邦浩(2013) 平成 25 年度ムシガレイ日本海系群の資源評価. 平成 25 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 3 分冊, 水産庁・水産総合研究センター,1496-1510.
- 山田作太郎・田中栄次(1999) 水産資源解析学, 成山堂書店, 東京

### 補足資料 3 年齢別漁獲尾数

1993～2013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～2013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）、1993～2013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（山口県水産研究センター、島根県水産試験場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では、年齢起算日を3月1日としているため、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、各期間におけ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分柘目）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分柘目の漁区に細分し、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を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切と考え、コホート計算のチューニングには資源量指数を用いた。