

平成 27（2015）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、資源量指数を考慮したコホート解析により資源量および親魚量を推定した。資源量は 4,000～5,000 トンで推移していたが、2009 年以降減少傾向にあり、2014 年は 2,839 トンであった。2014 年の親魚量は 2,087 トンで、Blimit（3,020 トン）を下回っていることから、資源水準を低位と判断した。また、過去 5 年間（2010～2014 年）の資源量が減少し続けていることから、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 2016 年 ABC を算定した。2014 年以降の再生産成功率が過去 3 年間（2011～2013 年）の平均値で継続するとの仮定の下で計算された Frec による 2016 年の漁獲量を ABClimit、不確実性を考慮した値を ABCtarget とした。

管理基準	Limit/ Target	F 値	漁獲割合 (%)	2016 年 ABC（トン）
Frec	Limit	0.20	16	460
	Target	0.16	13	380

F 値は各年齢の F の単純平均、漁獲割合は ABC／資源量である。

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。

Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。

Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

ABC は 10 トン未満を四捨五入した。

年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	F 値	漁獲割合
2013	2,938	826	0.38	28%
2014	2,839	708	0.32	25%
2015	2,840	—	—	—

F 値は各年齢の F の単純平均である。

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）
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、日本海西部海域（東経 135° 以西）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、日本海西部海域において日本漁船によって漁獲される群を評価対象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。日本海側では青森県～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西部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～夏に対馬西海岸に滞留して秋には南西へ回遊、越冬する（三栖ほか 1973）。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）。

(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。

(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。

(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

日本海西部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、釣りおよびえ縄等でも漁獲される。底びき網では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 3、表 1）。2 そうびき沖底にとって、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 そうびき沖底の漁獲量（浜田以西）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。2010 年以降はさらに減少しており、2014 年の漁獲量は 502 トンであった。小型底びき網漁業（以下、小底）の漁獲量は、1986 年以降 300～450 トンで推移していたが、近年は減少傾向にあり、2014 年は 143 トンであった。他の漁業種類を加えた合計漁獲量でも、2014 年の漁獲量は 708 トンといずれも過去最少となった（図 3、表 1）。

(3) 漁獲努力量

2 そうびき沖底の有効漁獲努力量は、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。その後は約 20 千網で安定していたが、2014 年は 16 千網まで減少した（図 4）。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

日本海西部海域で操業する 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。1993 年以降の年齢別漁獲尾数（補足資料 2）を求め、2 そうびき沖底の資源量指数を考慮したコホート解析（補足資料 3）により資源量を推定した。

(2) 資源量指標値の推移

2 そうびき沖底の資源量指数は、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 年代に減少し、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、2011～2014 年は 16,000 前後であった（図 5）。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 6）。

(3) 漁獲物の年齢組成

1993～2014 年の年齢別漁獲尾数（図 7、表 2、補足資料 2）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、2014 年はこの間で最少となる 778 万尾であった。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（1996～2014 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 8）。

(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 1993 年以降の資源量を図 9 および表 2 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。2008 年以降は減少傾向にあり、2014 年の資源量はこれまでで最も少ない 2,839 トンであった。漁獲割合は 25～39%の間を推移しており、近年では 2009 年の 38%から 2014 年の 25%に低下した。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 10 および表 2 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は減少が続き、2014 年はこれまでで最も少ない 17 百万尾となった。親魚量は 2006 年までは 3,000 トン前後で比較的安定していたが、2008 年以降は減少傾向にあった。2014 年の親魚量は、前年よりわずかに増加し、2,087 トンであった。

再生産成功率は、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 11）。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。2013 年は 8.1（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 2014 年の資源量、親魚量、加入量を図 12 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) Blimit の設定

1993～2013 年における親魚量と加入量の関係を図 13 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（3,020 トン）を Blimit とした。

(6) 資源の水準・動向

資源水準の判断には親魚量を用い、再生産関係から求めた Blimit（親魚量 3,020 トン）を中位と低位の境界とした。2014 年の親魚量（2,087 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過去 5 年間（2010～2014 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。

(7) 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 $0.3 \sim 0.6$ 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。2014 年の F 値は 0.32 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 2014 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 （ $F_{2014}=0.32$ ）は $F_{0.1}$ （ 0.26 ）より高いが、 $F_{30\%SPR}$ （ 0.42 ）よりも低い。

5. 2016 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 B_{limit} を下回っており、資源水準を低位と判断した。2010～2014 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。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 の算定

資源量が推定されており、現状の親魚量は B_{limit} を下回っていることから、ABC 算定のための基本規則 1-1-(2) $F_{limit} = F_{rec}$ 、 $F_{target} = F_{limit} \times \alpha$ に基づいて ABC を算定した。5 年後に親魚量を中位水準に回復させることを管理目標として、これを達成する F を F_{rec} とした。 F_{rec} を算定するにあたり、2014 年以降の再生産成功率には、2011～2013 年の平均値（9.3 尾/kg）を用いた。なお、再生産成功率については、前年度評価では調査期間（1993～2012 年）を通じた中央値を用いていたが、今年度評価においては、再生産成功率が 2006 年をピークに減少傾向にあること（図 11）を考慮して、過去 3 年間（2011～2013 年）の平均値を用いた。2015 年の F は 2014 年と同値とした。2016 年以降の年齢別選択率は、2014 年と同値（4 歳以上の選択率を 1 とすると、1 歳＝ 0.32 、2 歳＝ 0.81 、3 歳＝1）とした。

その結果、 $F=0.20$ で漁獲した場合、5 年後（2020 年）に親魚量を中位水準に回復させることが可能と計算された。その際の 2016 年漁獲量は 460 トンで、これを ABC_{limit} とした。また、不確実性を考慮して安全率 α に標準値 0.8 を採用し、 $0.8F_{rec}$ による漁獲量 380 トンを ABC_{target} とした。なお、ABC は 10 トン未満を四捨五入した。

管理基準	Limit/ Target	F 値	漁獲割合 (%)	2016 年 ABC (トン)
Frec	Limit	0.20	16	460
	Target	0.16	13	380

F 値は各年齢の F の単純平均、漁獲割合は ABC ／資源量である。

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。

Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。

$F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

ABC は 10 トン未満を四捨五入した。

(3) ABC の評価

ABC 算定と同じ条件の下で現状の 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 16）。Frec（0.62F2014）で漁獲した場合、2016 年の漁獲量は減少するが、2017 年以降は資源量の回復とともに漁獲量も増大し、親魚量は 5 年後（2020 年）に Blimit である 3,020 トンに回復する。一方、現状の F（2014 年の F、F2014）で漁獲した場合は、漁獲量と親魚量、資源量はいずれもほぼ現状を維持するに留まる。

F	管理基準	漁獲量(トン)						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.13	0.40F2014	708	703	310	374	436	494	562
0.16	0.50F2014	708	703	378	443	503	560	623
0.20	0.62F2014	708	703	463	521	575	622	675
0.26	0.80F2014	708	703	578	615	651	680	710
0.32	1.00F2014	708	703	697	699	707	709	711
0.38	1.20F2014	708	703	808	764	740	713	686
F	管理基準	親魚量(トン)						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.13	0.40F2014	2,087	2,092	2,027	2,509	2,975	3,336	3,776
0.16	0.50F2014	2,087	2,092	2,027	2,426	2,804	3,085	3,423
0.20	0.62F2014	2,087	2,092	2,027	2,323	2,601	2,793	3,020
0.26	0.80F2014	2,087	2,092	2,027	2,183	2,335	2,424	2,526
0.32	1.00F2014	2,087	2,092	2,027	2,038	2,075	2,077	2,078
0.38	1.20F2014	2,087	2,092	2,027	1,903	1,848	1,787	1,715
F	管理基準	資源量(トン)						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.13	0.40F2014	2,839	2,840	2,835	3,339	3,881	4,434	5,042
0.16	0.50F2014	2,839	2,840	2,835	3,251	3,690	4,127	4,598
0.20	0.62F2014	2,839	2,840	2,835	3,141	3,461	3,767	4,088
0.26	0.80F2014	2,839	2,840	2,835	2,991	3,159	3,308	3,458
0.32	1.00F2014	2,839	2,840	2,835	2,835	2,861	2,873	2,881
0.38	1.20F2014	2,839	2,840	2,835	2,689	2,599	2,503	2,409

F 値は各年齢の F の単純平均である。

(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
2014 年漁獲量確定値	2014 年漁獲量の確定
2014 年年齢別漁獲尾数、資源量指数	2014 年までの資源尾数、漁獲係数、加入量、親魚量、年齢別選択率、再生産関係

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)
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	
2014 年(2015 年再評価)	F2012	0.43	2,839	900	760	708
2015 年 (当初)	Frec	0.28	2,703	580	480	
2015 年(2015 年再評価)	Frec	0.20	2,840	470	380	

2015 年の ABC 算定においては、親魚量を中位水準に回復させることを目標として管理基準に Frec を採用している。2015 年 (当初) の Frec は、2014 年以降の再生産成功率を 1993 年～2012 年の中央値と仮定して計算された Fmed を、B (2013 年の親魚量) /Blimit の比率で引き下げた漁獲係数であるが、2015 年 (2015 年再評価) の Frec は、再生産成功率には 2011～2013 年の平均値を仮定し、5 年後に親魚量を中位水準に回復させることを達成する漁獲係数に変更した。2015 年 (2015 年再評価) の資源量は、2015 年 (当初) に比べやや上方修正されているが、管理基準とした Frec が低い値となっているため、ABC はやや低い値となった。

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 7)、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
本評価では、日本海西部海域において日本漁船によって漁獲される群を評価対象系群として取り扱っている。

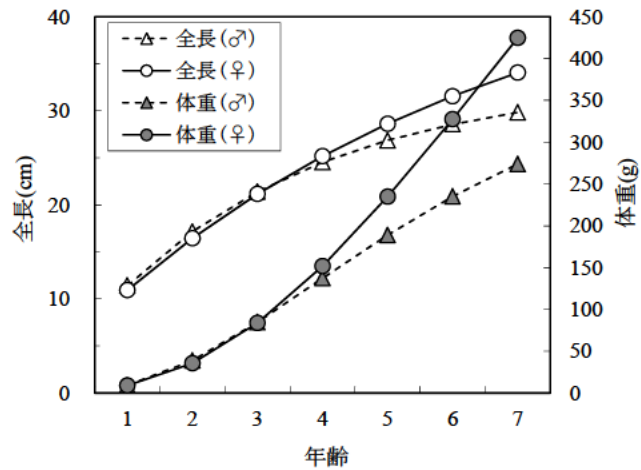


図2. 年齢と成長

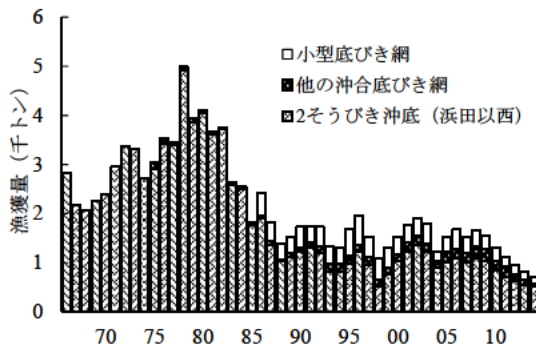


図3. 漁業種類別漁獲量の推移
(1986年以前の小底のデータは無い)

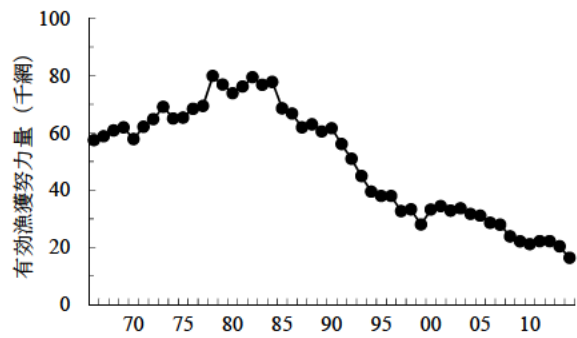


図4. 有効漁獲努力量
(2そうびき沖底、浜田以西)

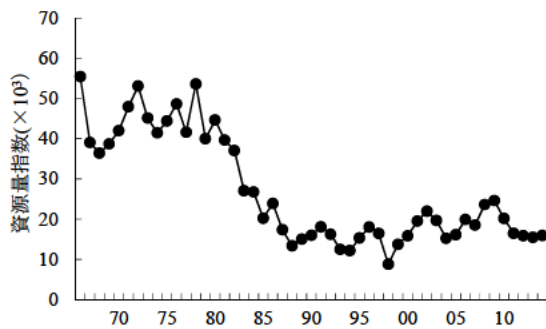


図5. 資源量指数
(2そうびき沖底、浜田以西)

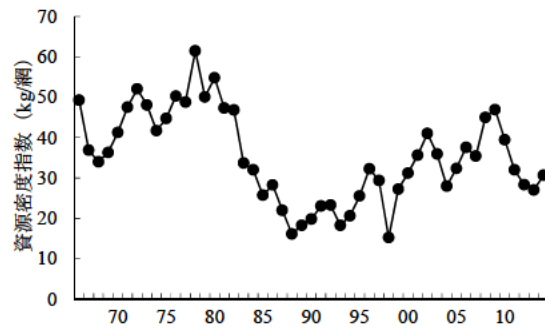


図6. 資源量密度指数
(2そうびき沖底、浜田以西)

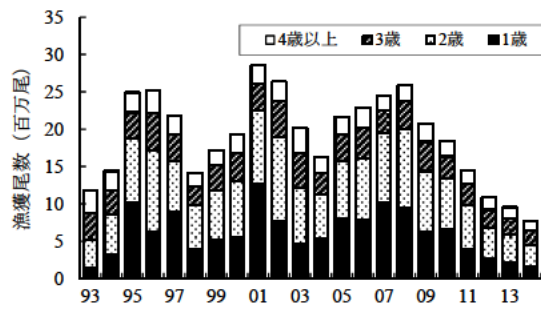


図 7. 年齢別漁獲尾数

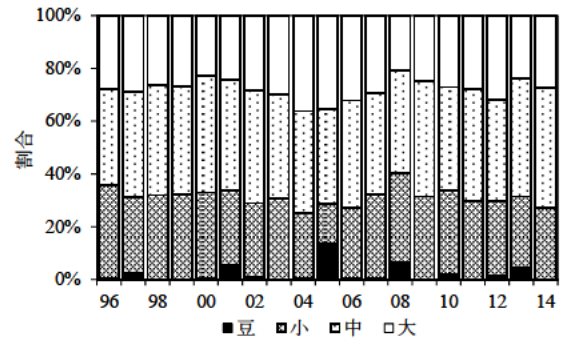


図 8. 標本船による銘柄別漁獲量割合
(山口県小底)

2014 年は対象船廃船のため、10
月までの集計値。

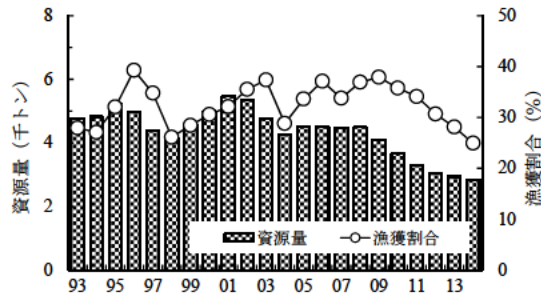


図 9. 資源量と漁獲割合

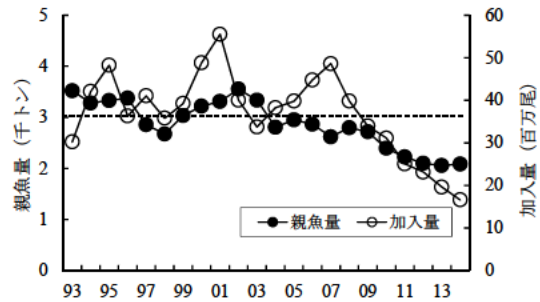


図 10. 親魚量と加入量 (1 歳魚)
破線は中位と低位の境界とした
Blimit。

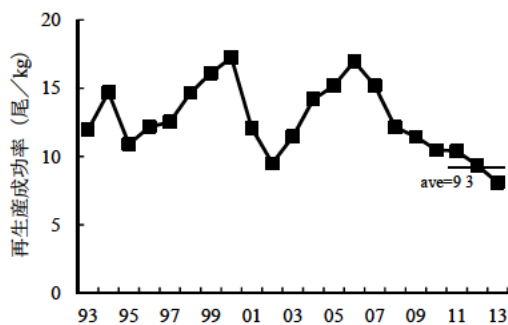


図 11. 再生産成功率 (翌年の加入量
(1 歳魚) ÷ 当該年の親魚量)

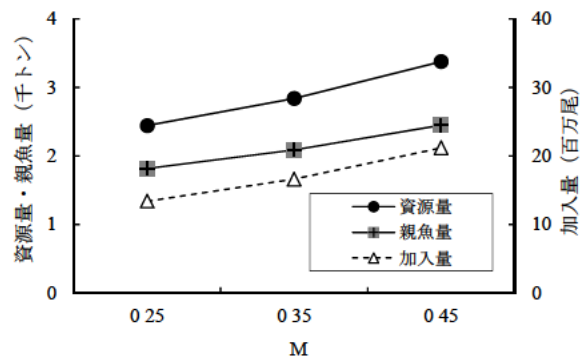


図 12. M と 2014 年資源量、親魚量、
加入量の関係

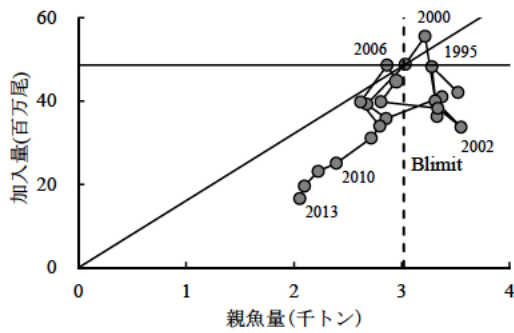


図 13. 親魚量と加入量（1 歳魚）の関係

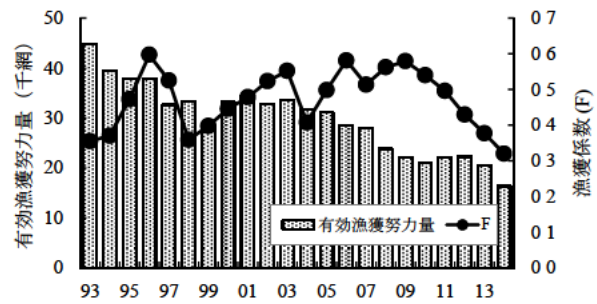


図 14. F と 2 そうびき沖底（浜田以西）の有効漁獲努力量

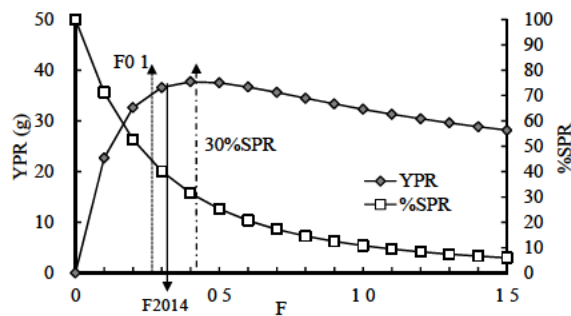


図 15. YPR、%SPR と F の関係

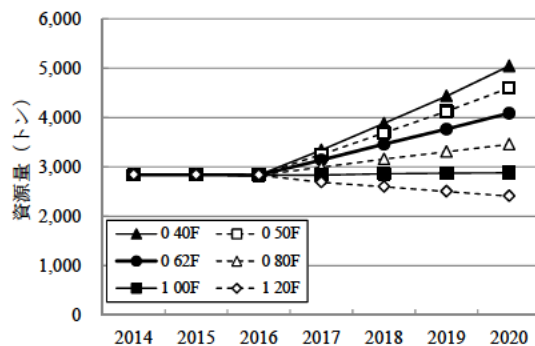
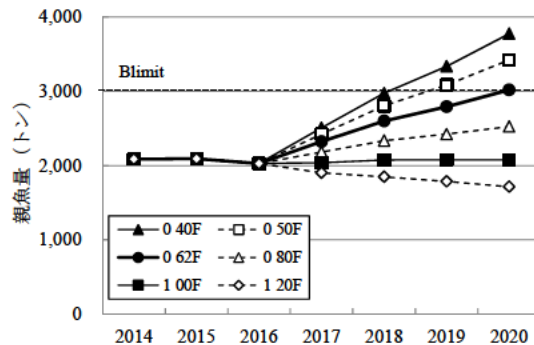
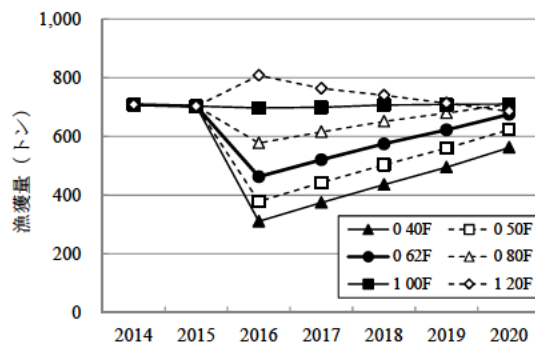


図 16. 様々な F による漁獲量と親魚量および資源量の予測

凡例内の F は F2014(0.32)、数値は F2014 に対する係数。

0.62F=Frec、0.50F=0.8×Frec。Blimit は親魚量 3,020 トン。

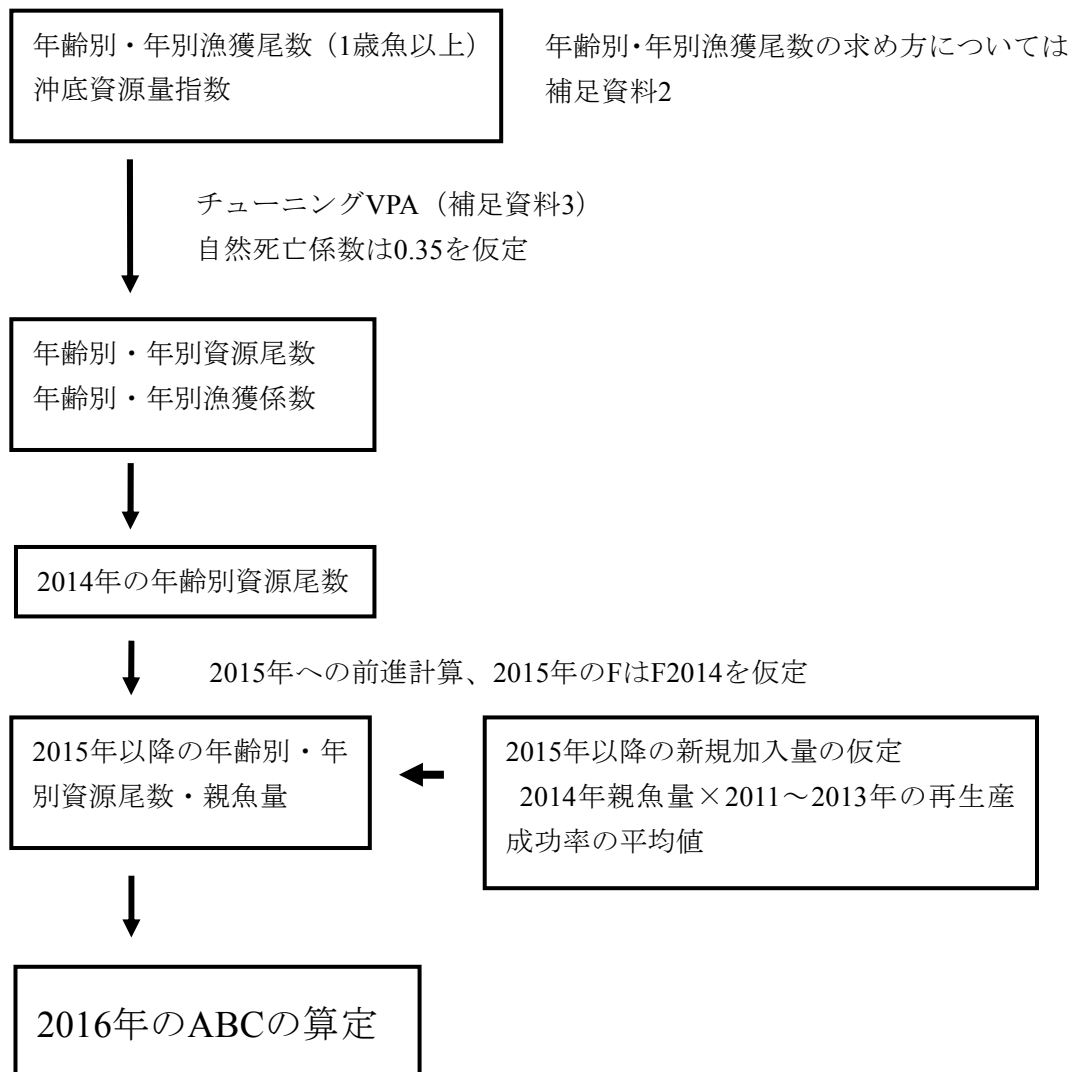
表 1. 漁業種類別漁獲量（単位：トン）

年	2そうびき沖底		1そうびき沖底	小型底びき網	計
	浜田以西	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
2014	502	23	40	143	708

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	2014
年		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	1,693
1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	2,841
2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	1,885
3歳		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	1,357
4歳以上		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	7,776
計																							
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	2014
年		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	0.33	0.25	0.29	0.21	0.15	0.14	0.13
1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	0.55	0.41	0.39	0.33
2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	0.73	0.58	0.62	0.71	0.65	0.61	0.58	0.49	0.41
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	0.73	0.58	0.62	0.71	0.65	0.61	0.58	0.49	0.41
4歳以上		0.35	0.37	0.47	0.60	0.52	0.36	0.40	0.45	0.48	0.52	0.35	0.41	0.50	0.58	0.51	0.56	0.58	0.54	0.50	0.43	0.38	0.32
平均																							
漁獲割合 (%)		28	27	32	39	35	26	28	31	32	36	37	29	34	37	34	37	38	36	34	31	28	25
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	2014
年		30,224	42,080	48,238	36,313	41,029	35,792	39,240	48,816	55,510	40,006	33,737	38,258	39,810	44,774	48,605	39,797	33,968	31,135	25,085	23,153	19,624	16,618
1歳		18,196	20,085	26,848	25,456	20,268	21,456	21,886	23,227	29,672	28,437	21,667	19,916	22,362	21,259	24,882	25,767	20,075	18,675	16,355	14,295	14,023	12,010
2歳		9,980	9,612	9,705	11,715	8,863	8,506	10,207	9,920	10,094	12,629	10,595	8,948	9,217	9,288	8,068	9,612	9,262	7,325	7,476	6,662	6,683	6,688
3歳		9,005	7,827	7,434	6,887	6,345	5,642	6,354	7,163	6,768	6,889	7,576	6,055	6,339	6,052	5,184	5,207	5,614	5,175	4,598	4,615	4,459	4,815
4歳以上		67,405	79,603	92,225	80,371	76,504	71,396	77,686	89,126	102,044	87,961	73,575	73,177	77,728	81,372	86,739	80,383	68,919	62,310	53,514	48,726	44,789	40,131
合計																							
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	2014
年		609	848	973	732	827	722	791	984	1,119	807	680	771	803	903	980	802	685	628	506	467	396	335
1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	1,295	1,231	1,441	1,492	1,162	1,081	947	828	812	695
2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	930	1,107	1,067	844	861	768	770	771
3歳		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	1,303	1,113	1,093	1,185	1,118	985	1,000	961	1,038
4歳以上		4,763	4,826	5,234	4,991	4,387	4,143	4,584	5,008	5,462	5,346	4,769	4,270	4,530	4,506	4,463	4,495	4,100	3,671	3,299	3,062	2,938	2,839
合計		3,521	3,280	3,329	3,374	2,856	2,676	3,033	3,217	3,312	3,552	3,336	2,807	2,950	2,865	2,619	2,797	2,717	2,394	2,225	2,098	2,055	2,087
親魚量		11.95	14.71	10.91	12.16	12.53	14.66	16.10	17.26	12.08	9.50	11.47	14.18	15.18	16.97	15.20	12.14	11.46	10.48	10.40	9.35	8.09	
RPS		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	15,921
資源量指数																							

補足資料1 資源評価の流れ



補足資料 2 年齢別漁獲尾数

1993～2014 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、散銘柄および他の銘柄がある。入り数銘柄および散銘柄について、2002 年 3 月～2014 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）、1993～2014 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、浜田 2 そうびき沖底全体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、各期間における本系群の総漁獲量を用いて、本系群全体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3 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。1993～2014 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。2014 年以降の 4+の体重は、1993～2014 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+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+は(3)式により計算した。

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

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

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 2014 年の年齢別選択率が過去 3 年平均（2011～2013 年）とした。

$$\text{最小} \sum_{y=2008}^{2014} \left\{ \ln(q \cdot B_y) - \ln(CPUE_y) \right\}^2 \quad (5)$$

$$q = \left(\frac{\prod_{y=2008}^{2014} CPUE_y}{\prod_{y=2008}^{2014} B_y} \right)^{\frac{1}{7}} \quad (6)$$

ここで、 B は資源量、 $CPUE$ は 2 そうびき沖底の資源量指数。

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 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 分柁目の漁区に細分し、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実績に影響を与えられ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。