

平成20年度ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の資源評価

責任担当水研：西海区水産研究所（鈴木 健吾、伏屋 玲子、前野 幸男、吉村 拓）

参画機関：鳥取県栽培漁業センター、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、鹿児島県水産技術開発センター

要 約

本系群のヒラメ推定資源量は1996年までは3,600トン前後で安定していたが、1997年から減少に転じた。2000年以降に資源量は増加に転じたが、これは大型魚の割合が増加したためである。親魚量は高い水準にあるが、再生産成功率（1歳魚資源尾数／親魚量）が低位であることから資源尾数の回復は遅れている。現在の資源水準は中位、資源動向は増加と判断した。2009年の生物学的許容漁獲量ABCを下表のように算出した。2007年以降の再生産成功率を2004年から2006年の平均値とし、各年齢での年齢別選択率が2007年以降変化しないと仮定して資源が緩やかに増加するよう現状よりやや小さい漁獲係数で漁獲した場合の漁獲量をABC_{limit}、それよりやや少なく不確実性を見込んだ漁獲量をABC_{target}とした。

	2009年ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC _{limit}	1,350トン	0.9F _{current}	0.41	31%
ABC _{target}	1,130トン	0.8・0.9F _{current}	0.33	26%

ABCの値は1の位を四捨五入。ABCには0歳魚は含まない。F_{current}は2007年のFとする。

年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	F 値	漁獲割合
2006	4,008	1,419	0.46	35%
2007	4,029	1,381	0.45	34%
2008	4,139	—	—	—

2008年の資源量はコホート解析による最近年3年間の平均的な再生産関係に基づいた予測である。資源量には0歳魚は含まない。

水準：中位 動向：増加

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
年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 月別体長組成調査(鳥取～鹿児島(8 県)) ・市場測定 精密測定調査(熊本県) ・市場測定・耳石測定
自然死亡係数(M)	年当たり M=0.208 を仮定 (田中 1960)
漁労体数・出漁日数 (漁獲努力量参考値)	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省)
人工種苗放流尾数	県別・海区別放流尾数(水産総合研究センター)
人工種苗混入率	市場測定・県単事業過去データ(3 県)

1. まえがき

2007年には全国のヒラメの漁獲量8,179トンに対し、約17%にあたる1,381トンが日本海西部(鳥取県以西)から九州西岸(鹿児島県佐多岬以西)で漁獲されている。本報告では、この海域に分布するヒラメを単一系群として扱う。東シナ海における以西底びき網漁業による漁獲は含まない。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本系群は、鳥取県から山口県にかけての日本海西部海域と福岡県から鹿児島県にかけての九州西岸海域にかけて広く分布する(図1)。1989～1993年に実施された成魚の標識放流結果では、福岡県から長崎県の海域において個体の活発な交流が認められている(田代・一丸1995)。

(2) 年齢・成長

成長はふ化後1年で全長25～30cm、2年で36～46cm、3年で44～58cm、4年で47～67cm、5年で49～73cm程度となる。九州北西部海域のヒラメについては、雌雄別の成長曲線(図2)が下記の式によって示されている(金丸ら2007)。

$$\text{♀ } Lt = 949.7 (1 - e^{-0.2120(t+0.8691)})$$

$$\text{♂ } Lt = 664.4 (1 - e^{-0.2914(t+1.1196)})$$

(Lt: t才魚の全長)

幼魚は5月頃に内湾及び河口域の水深10m以浅の細砂底に多く分布する。2～3ヵ月間を浅海域の成育場で過ごし、成長とともに深い海域へ移動、分散していく。

(3) 成熟・産卵

ふ化後2年で約半数が産卵群に加入し、3年後に全加入する(図3)。寿命は12年とされる。産卵期は南ほど早く、鹿児島沿岸では1月から3月、長崎から熊本沿岸では2月から3月、北九州沿岸では2月から4月、鳥取沿岸では3月から4月とされている。

(4) 被捕食関係

稚魚から幼魚はかいあし類、アミ類、端脚類などの小型甲殻類を主に捕食するが、成長に伴い、イカナゴ、カタクチイワシなどの魚類、エビ類、イカ類などのより大型の生物を餌とする。着底期稚魚の捕食者として同種のヒラメ、アイナメ、ホウボウ、ハゼ類等が報告されている。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群においてヒラメは様々な漁法により漁獲されているが、漁業種類を大別すると刺網によるものが約50%と最も多く、次いで小型底びき網（約19%）、釣り・延縄（約13%）、定置網（約10%）、その他（約8%）となっている。これらの漁業を行う漁労体数は資源解析を行った1986年以降の期間で漸減しており、2005年の漁労体数は1986年と比べて刺し網で約6割、小型底引きで約5割、釣り・延縄で約8割に減少している（図4）。のべ出漁日数においても同様の減少傾向がみられる（図5）。2007年の県別ヒラメ漁獲量は、速報値で長崎県が468トンと最も多く、福岡県276トン、島根県224トンと続いている。体長制限による0歳魚の漁獲規制が行われており、漁獲対象はほとんどが1歳以上の個体と考えられる。本系群における遊漁によるヒラメの漁獲状況は十分把握されていないが、平成9年の遊漁採捕量調査では遊漁採捕量は年間約15トンと小さい。そこで、本報告では遊漁の影響は無視できるとした。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量は1970年の約1,000トンから増加傾向を示し、1984年には1,982トンと最高を記録し、その後1997年までは1,500トンから2,000トンの間で推移していた。しかし、1998年以降減少傾向を示し、2002年には1,103トンとなった。2007年の漁獲量は1,381トンであり、やや増加傾向にある（表1、図6）。日本海西部海域（鳥取県、島根県、山口県）では1997～99年にかけて大きく漁獲量が減少し、その後の漁獲量は低い水準で推移していたが2006年以降の漁獲量はやや増加した。九州西岸海域（福岡、佐賀、長崎、熊本、鹿児島）においても1999年より漁獲量は低い水準となっていたが2006年以降の漁獲量は増加している。全国のヒラメ漁獲量は増減を繰り返しながら5,500トンから8,900トンで推移しており、1997年に8,361トンを記録した後2004年には5,879トンへ減少したが、2007年には8,179トンと増加している。全国のヒラメ漁獲量に対して本系群の占める割合は1995年には23%であったが、2000年には15%台に減少した。2007年には本系群の全国に占める割合が17%程度となっている。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

既存の漁業種類別の年齢組成資料（資源管理型漁業推進事業成果）または最近年の体長測定資料と漁業種類別漁獲量を用いて各県ごとに漁業種類別年齢別漁獲尾数を推定し、それらを合計して得られた1986から2007年の間の年齢別漁獲尾数を用いてコホート解析を行った（表2）。0歳魚の漁獲規制が行われているため、資源への加入年齢は1歳とした。県によって推定されるヒラメの最高齢が異なるので、7歳魚以上の漁獲尾数を7+歳魚として計算した。年別年齢別資源尾数の算出の際は、漁獲は漁期の中央で行なわれるものとしたPopeの近似式を用いた（Pope 1972）。推定した資源尾数に年令別平均体重を乗じ、総和したものを資源量（トン）とした。親魚量は2

歳魚の資源量の半分と3歳以上の資源量を総和した値とした。

(2) 資源量指標値の推移

本系群のヒラメは多種類の漁業によって漁獲されているため漁獲努力量の把握が困難である。資源評価は漁獲物の年齢組成により判断するコホート解析により行ない、CPUE（漁獲努力量あたり漁獲量）によるチューニングは行なっていない。

(3) 漁獲物の年齢組成

本系群ヒラメの年令別漁獲尾数は、1986年から1996年までは概ね横ばいの傾向である。しかし、1997年から1、2歳の若齢魚の尾数が減少した。また、2002年以降3歳以上の漁獲尾数の割合が増加する傾向にある（表2，図7）。重量比では1996年までは全体の55%程度であった1、2歳魚の漁獲量が、現在では35%程度まで低下しており、漁獲対象が大型魚（高齢魚）に移行している（表3，図8）。なお、2005年には日本海沿岸域にクラゲが来遊したことにより小型底びき網の漁場が制限されたため、1歳魚の漁獲量が減少した可能性が指摘される。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

本系群ヒラメの資源量は1997年頃から急減し1999年に2,789トンと最低値を示し、その後回復して2007年の推定資源量は4,029トンとなった（表4）。一方、漁獲係数および漁獲割合（重量割合）は1998年以降減少傾向にある（表5，図9，図15）。資源量の増加は、資源個体群に占める大型魚の割合が高くなったと推定されたため、資源尾数は低いレベルにとどまっている

（表6，図10）。本系群ヒラメの親魚量は1997年まで2,200トン程度で推移し、1998年以降減少したが、2000年以降増加に転じた。一方、1歳魚尾数は1997年頃から減少しており、2000年以降親魚量が増加しても1歳魚の増加は見られない（表7，図11）。再生産成功率（親魚量あたりの1歳魚加入尾数）は1996年から低下傾向にあり、現在も低水準である（図12）。再生産関係図（図13）を見ると、1986～1995年の再生産関係は親魚量が2,200トン前後に対して、1歳魚加入量が3,400千尾程度と安定していた（図中赤丸の範囲）が、その後1996、1997年に1歳魚の加入量が減少し、続いて親魚量の減少が起きている。2000年以降、親魚量は増加に転じたが、1歳魚加入量には増加傾向が見られない。

本報告のコホート解析では、自然死亡係数（M）を寿命から推定し $M=0.208$ とした（田中 1960）。このMの推定値がもたらす誤差によって、コホート解析の結果がどの程度影響を受けるか試算した。その結果、Mの推定値に10%の誤差があった場合、その誤差により2004年の資源量、親魚量、および1歳魚加入尾数の推定値が受ける影響は5%程度と推定された（図14）。

本系群ヒラメ資源の減少は、1997年前後に再生産成功率が低下し加入量が減少したことが発端と考えられる。岩手県沿岸では再生産成功率とヒラメ仔魚浮遊期の水温の間に正の相関があるとの報告（後藤 2005）がある。1986年から2005年までのデータを基にした本系群の再生産成功率と産卵期（1～3月）の海表面水温との相関関係では、相関が高い地点と相関がない地点が混在しており本系群の当該海域全体としては明瞭な関係は認められなかった。また、福岡県奈多地先で2001年から2005年の間、桁網によりヒラメ0歳魚の加入状況を調査した結果とコホート解析による1歳魚の資源尾数を比較した場合、桁網調査では2003年に加入のピークがあったと考えられるが、0歳魚の密度指数の動向と翌年の1歳魚の推定尾数の動向はあまり一致しなかった。本系

群では、顕著な卓越年級群が発生していないこともあり、定点調査では系群全体での加入量の変動傾向よりも地理的な差が大きく現れてしまうものと考えられる。

(5) 資源の水準・動向

本系群の資源量は1999年に2,789トンまで落ち込み、その後増加した。2007年の推定資源量は4,029トンとなり、2005年の4,008トンと比較して増加した(表4)。図10に示すように系群全体での推定資源尾数は微増に止まるが、年齢別漁獲尾数のデータ(表2)で高齢魚の割合が高いため資源における高齢魚(大型魚)の比率が高く推定され、資源量の増加傾向は尾数の増加より大きくなっている。親魚量は1998年以降減少したが、2000年から増加に転じ2003年以降高い水準で推移している(図11)。一方、資源尾数は微増傾向であるものの低い水準にあり、個体群の大きさが回復したとは言えない。コホート解析の結果は最近年の高齢魚の漁獲状況に影響を受けて大きく変動するため、資源動向の判断には慎重を要する。

これらの解析結果から、資源量の水準は中位、動向は増加と判断されるが、再生産成功率は依然として低水準であり、資源尾数の動向には今後も注意する必要があると考えられる。

(6) 資源と漁獲の関係

コホート解析より推定した本系群ヒラメに対する漁獲係数(F:年齢平均値)は、1986年から1996年の間はおおよそ0.6~0.7程度で推移していた。1997年では $F=0.80$ と高くなったが、その後2002年には0.5以下まで下がっている(図15)。現状のF($F_{\text{current}}=0.45$)の大きさは、資源量の維持を目標とした限界値($F_{\text{sus}}=0.51$)の値より小さいため、現状の再生産関係が続くかぎりには加入乱獲のおそれはないと考えられる。しかし、現状のFは加入あたりの漁獲量を最大とする $F_{\text{max}} (=0.31)$ よりも大きいいため成長乱獲傾向と判断される(図16)。ここで、 F_{sus} の算定に当たっては2007年以降の再生産成功率が2004年から2006年の平均的なレベルで続き、各年齢での年齢別選択率が2007年以降変化しないと仮定した。この仮定の下で、1歳魚1個体が一生のうちに残す1歳魚尾数の期待値が1になるような生残率を与えるFを解析的に求めた。親魚量と漁獲係数Fの関係は明瞭な傾向を示さないが、1996年から1999年までの推移はFがやや高く、親魚量が減少した印象を受ける(図17)。しかし、2000年以降はFが低く推移し親魚量も増加しており、現状では加入乱獲の可能性は低いと考えられる。

(7) 種苗放流効果

本系群では、一部の地域を除いて人工種苗由来の個体と天然個体を区別したデータを得ることができないため、系群全体の人工種苗の添加効率を求めることは困難である。本系群における人工種苗放流数と翌年の1歳魚加入数を比較した場合、人工種苗放流数の増加にもかかわらず1996年以降の1歳魚の加入数は減少している(図18)。同様の現象が、鹿児島湾のヒラメ放流種苗を対象とした研究(厚地・増田 2004)でも報告されており、この研究では1歳魚の加入数が減少した期間は放流種苗の添加効率も低下する結果となっている。図18に示すデータから、種苗放流の効果は1996年以降の再生産成功率の低下を補償できるほどではなかったと考えられる。しかし漁獲尾数の30%以上が放流魚と推定される地域もあり、資源を下支えする効果についてはなお検討を要する。

5. 2009年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

本系群のヒラメでは1996年から再生産成功率が低下し、引き続いて親魚量が減少したため資源量が減少した。再生産成功率は依然として低水準であり、資源尾数も低い水準であるが、高齢魚の割合が増えたため2000年から資源量は増加している。同時に親魚量も増加傾向にある。一方、コホート解析により推定された2007年の漁獲係数 (F_{current}) は0.45で F_{max} (=0.31) より大きく、成長乱獲傾向である。しかし、過去3年間の平均と同じ再生産関係が続くと仮定すれば、資源量および親魚量は現状の漁獲強度の下でも増加すると考えられる。

(2) ABC並びに推定漁獲量の算定

本系群において2004年までの資源評価では、親魚量を、漁獲量が安定していた1990年代初頭と同等レベルまで回復させることを資源管理目標としていた。2005年の資源評価で行ったコホート解析では、親魚量は1990年代初頭の水準に回復したものと推定され、本年(2007年)の資源評価でも親魚量は高い水準となった。一方、 F_{current} (=0.45) は F_{sus} (=0.51) より小さいが、加入あたりの漁獲量が最大となる F_{max} (=0.31) より大きく成長乱獲傾向にある。そこでABC算定にあたっては、ルール1-1-(1)を適用し、 F_{limit} は資源動向の増加傾向を維持するよう現状のFよりやや低めとなる $0.9F_{\text{current}}$ (=0.41) とした。以上をふまえ、2009年のABCを次の条件で算定した。まず、2007年と2008年の漁獲係数は現状と同様とした。2009年以降は年齢別選択率を2007年と同様とし、漁獲係数の年齢平均値が各資源管理基準のF値となるよう設定した。また、再生産成功率は2004年から2006年の平均的レベル(=0.72)で推移するとした。コホート解析により、現状のF(=0.45)による2008年の漁獲量は1,410トン、2008年初めの資源量は4,139トン、2009年初めの資源量は4,331トンと推定された。2009年の操業において F_{limit} (=0.41) で漁獲した場合、 ABC_{limit} は1,351トンと算定された。さらに、不確実性を見込んで F_{limit} に $\alpha=0.8$ を乗じた値を F_{target} (=0.33) とすると、2009年の管理目標となる漁獲量の ABC_{target} は1,126トンと算定された。

	2009年ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	1,350トン	$0.9F_{\text{current}}$	0.41	31%
ABC_{target}	1,130トン	$0.8 \cdot 0.9F_{\text{current}}$	0.33	26%

ABCの値は1の位を四捨五入。F値は各年齢の平均値。ABCには0歳魚は含まない。

(3) ABCの再評価

データの更新により再評価された資源量およびABCの値を次ページの表に示す。2007年当初の資源量推定値は、2005年までの漁獲データを使用して、2006年に行った資源評価での推定値、2007年の再評価(2007年)と2008年当初は、2006年までのデータを使用して、2007年に行った資源評価での推定値、2007年再評価(2008年)と2008年再評価(2008年)は2007年までのデータを用いた今回の資源評価での推定値である。

評価対象年(当初・再評価)	管理基準	資源量(トン)	ABClimit	target	漁獲量(トン)	管理目標
2007年(当初)	0.9Fcurrent	3,611	980	820		資源量の増加
2007年(2007年再評価)	0.9Fcurrent	3,771	1,310	1,100		資源量の増加
2007年(2008年再評価)	0.9Fcurrent	4,029	1,270	1,060	1,381(速報)	資源量の増加
2008年(当初)	0.9Fcurrent	3,936	1,364	1,142		資源量の増加
2008年(2008年再評価)	0.9Fcurrent	4,139	1,300	1,080		資源量の増加

6. ABC以外の管理方策への提言

系群全体での放流効果の判定は困難であるが、地域によっては人工種苗由来のヒラメの混入率が30%近くに達する市場もある。このため、放流効果についてはより地域的な検討が必要になると考えられる。

7. 引用文献

- 厚地 伸, 増田育司 (2004) 鹿児島湾におけるヒラメ人工種苗の放流効果. 日本水産学会誌, 70(6), 910-921.
- 後藤友明 (2005) 岩手県沖合におけるヒラメの資源変動. 平成17年日本水産学会大会講演要旨集, p. 189.
- 金丸彦一郎・一丸俊雄・伊藤正博 (2007) 九州北西部におけるヒラメのAge-Length Key, 佐賀玄海水振セ研報, 4, 75-78.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res., Bull., 9, 65-74.
- 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.
- 田代征秋, 一丸俊雄 (1995) 長崎県近海域におけるヒラメの漁業生物学的特性. 長崎県水産試験場研究報告, 第21号, 37-49.

表1. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量

年	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
漁獲量(トン)	995	848	1,224	1,171	1,363	1,293	1,302	1,277	1,566	1,523
年	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
漁獲量(トン)	1,591	1,585	1,772	1,888	1,982	1,736	1,678	1,517	1,640	1,713
年	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
漁獲量(トン)	1,528	1,691	1,902	1,743	1,802	1,780	1,880	1,707	1,368	1,135
年	00	01	02	03	04	05	06	07		
漁獲量(トン)	1,180	1,114	1,103	1,211	1,227	1,110	1,419	1,381		

表2. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別漁獲尾数

漁獲尾数								(千尾)
年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳	合計
1986	1,537	573	201	68	27	13	11	2,431
1987	1,484	525	175	58	23	11	10	2,285
1988	1,647	576	186	61	24	11	10	2,515
1989	1,648	608	199	65	26	12	10	2,568
1990	1,411	554	180	60	22	11	9	2,247
1991	1,598	596	196	65	26	12	11	2,504
1992	1,964	691	208	68	27	12	11	2,981
1993	1,711	635	200	63	25	12	10	2,656
1994	1,944	608	196	65	27	13	11	2,864
1995	1,866	644	188	63	25	13	11	2,809
1996	1,872	685	202	68	28	14	12	2,880
1997	1,355	522	209	89	35	17	12	2,239
1998	976	396	173	79	29	15	11	1,679
1999	827	357	150	63	22	10	7	1,436
2000	812	352	166	65	25	12	8	1,439
2001	853	343	147	59	22	11	6	1,442
2002	777	309	148	65	23	10	9	1,342
2003	848	345	159	69	26	11	11	1,469
2004	602	350	183	74	27	12	14	1,262
2005	403	321	170	71	27	12	13	1,016
2006	638	436	223	86	30	13	13	1,438
2007	500	393	220	87	33	14	16	1,262

表3. 年齢別漁獲尾数から計算したヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別漁獲量

年齢別漁獲量(計算値)								(トン)
年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳	合計
1986	415	504	336	184	101	60	78	1,678
1987	401	462	293	156	85	51	69	1,517
1988	445	507	310	164	90	54	71	1,640
1989	445	535	332	176	95	57	73	1,713
1990	381	488	300	162	83	50	64	1,528
1991	431	525	328	175	97	58	78	1,691
1992	530	608	348	184	100	58	75	1,902
1993	462	559	334	171	93	55	70	1,743
1994	525	535	327	177	99	63	76	1,802
1995	504	567	314	170	93	60	73	1,780
1996	505	603	338	184	105	64	82	1,880
1997	366	459	349	240	131	77	85	1,707
1998	263	348	289	214	109	69	75	1,368
1999	223	314	250	171	81	49	46	1,135
2000	219	310	277	174	92	56	52	1,180
2001	230	302	246	158	82	51	45	1,114
2002	210	272	247	175	87	48	64	1,103
2003	229	303	265	186	96	53	77	1,211
2004	163	308	305	200	99	58	94	1,227
2005	109	282	284	192	100	56	87	1,110
2006	172	384	373	231	112	60	87	1,419
2007	135	346	367	234	121	64	114	1,381

表4. コホート解析によるヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別推定資源量

推定資源量(トン)								
年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳	資源量
1986	814	968	668	412	247	150	193	3,453
1987	823	936	630	388	233	138	187	3,335
1988	877	1,001	653	401	242	141	187	3,501
1989	868	1,016	676	405	246	145	186	3,541
1990	816	990	652	403	236	142	184	3,423
1991	902	1,040	692	419	250	146	197	3,646
1992	992	1,121	706	432	252	146	188	3,835
1993	906	1,067	688	420	255	144	184	3,664
1994	1,001	1,041	689	416	259	155	187	3,748
1995	989	1,109	689	428	247	152	185	3,799
1996	913	1,138	741	447	268	147	188	3,841
1997	699	933	723	480	274	155	169	3,433
1998	579	777	652	441	240	131	144	2,964
1999	529	759	602	435	228	121	115	2,789
2000	527	745	632	425	275	141	132	2,878
2001	541	751	619	426	261	176	156	2,929
2002	541	754	641	454	281	173	230	3,075
2003	573	816	697	482	291	188	273	3,320
2004	516	845	738	529	310	188	307	3,433
2005	506	889	775	525	344	203	314	3,557
2006	561	1,020	888	605	350	238	346	4,008
2007	481	979	916	623	391	230	408	4,029

表5. コホート解析によるヒラメ日本海西部・東シナ海系群の漁獲係数推定値

F matrix								
年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳	F(平均)
1986	0.83	0.86	0.82	0.68	0.60	0.59	0.59	0.71
1987	0.78	0.79	0.72	0.59	0.52	0.53	0.53	0.64
1988	0.83	0.82	0.75	0.61	0.53	0.55	0.55	0.66
1989	0.84	0.88	0.79	0.66	0.56	0.57	0.57	0.70
1990	0.73	0.79	0.71	0.59	0.50	0.49	0.49	0.62
1991	0.76	0.82	0.74	0.62	0.56	0.58	0.58	0.67
1992	0.90	0.92	0.79	0.64	0.58	0.58	0.58	0.71
1993	0.83	0.87	0.77	0.60	0.52	0.55	0.55	0.67
1994	0.87	0.84	0.75	0.64	0.55	0.60	0.60	0.69
1995	0.83	0.84	0.70	0.58	0.54	0.57	0.57	0.66
1996	0.95	0.89	0.71	0.61	0.57	0.66	0.66	0.72
1997	0.87	0.79	0.77	0.81	0.75	0.81	0.81	0.80
1998	0.70	0.69	0.68	0.77	0.70	0.87	0.87	0.76
1999	0.63	0.62	0.62	0.57	0.50	0.59	0.59	0.59
2000	0.62	0.62	0.67	0.61	0.46	0.57	0.57	0.59
2001	0.64	0.59	0.58	0.53	0.43	0.39	0.39	0.51
2002	0.56	0.51	0.56	0.56	0.42	0.37	0.37	0.48
2003	0.59	0.53	0.55	0.56	0.46	0.38	0.38	0.49
2004	0.43	0.52	0.61	0.54	0.44	0.42	0.42	0.48
2005	0.27	0.43	0.52	0.52	0.39	0.37	0.37	0.41
2006	0.42	0.54	0.63	0.55	0.44	0.33	0.33	0.46
2007	0.37	0.50	0.59	0.54	0.42	0.37	0.37	0.45

表6. コホート解析によるヒラメ日本海西部・東シナ海系群の推定資源尾数

推定資源尾数(千尾)								
年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳	合計
1986	3,015	1,100	400	153	66	32	28	4,794
1987	3,046	1,063	377	144	63	29	27	4,750
1988	3,249	1,137	391	149	65	30	27	5,048
1989	3,214	1,155	405	150	66	31	27	5,047
1990	3,021	1,125	390	149	63	30	27	4,806
1991	3,341	1,182	415	155	67	31	28	5,219
1992	3,672	1,274	423	160	67	31	27	5,654
1993	3,354	1,213	412	156	68	31	27	5,260
1994	3,709	1,182	413	154	69	33	27	5,588
1995	3,662	1,261	413	158	66	32	27	5,619
1996	3,382	1,293	443	166	72	31	27	5,414
1997	2,590	1,060	433	178	73	33	24	4,392
1998	2,144	882	390	163	64	28	21	3,694
1999	1,960	862	360	161	61	26	17	3,447
2000	1,952	847	378	158	74	30	19	3,458
2001	2,002	854	371	158	70	38	22	3,514
2002	2,003	857	384	168	75	37	33	3,558
2003	2,123	927	417	179	78	40	39	3,803
2004	1,913	960	442	196	83	40	44	3,678
2005	1,875	1,010	464	194	92	43	45	3,725
2006	2,078	1,159	532	224	94	51	50	4,187
2007	1,783	1,113	549	231	105	49	59	3,888

表7. コホート解析によるヒラメ日本海西部・東シナ海系群の再生産関係

年	親魚量 (トン)	加入量(千尾) (翌年の1歳魚)	再生産 成功率
1986	2,155	3046	1.41
1987	2,044	3249	1.59
1988	2,124	3214	1.51
1989	2,166	3021	1.39
1990	2,112	3341	1.58
1991	2,224	3672	1.65
1992	2,283	3354	1.47
1993	2,225	3709	1.67
1994	2,226	3662	1.65
1995	2,256	3382	1.50
1996	2,359	2590	1.10
1997	2,267	2144	0.95
1998	1,996	1960	0.98
1999	1,880	1952	1.04
2000	1,978	2002	1.01
2001	2,013	2003	0.99
2002	2,157	2123	0.98
2003	2,339	1913	0.82
2004	2,494	1875	0.75
2005	2,606	2078	0.80
2006	2,937	1783	0.61
2007	3,058		

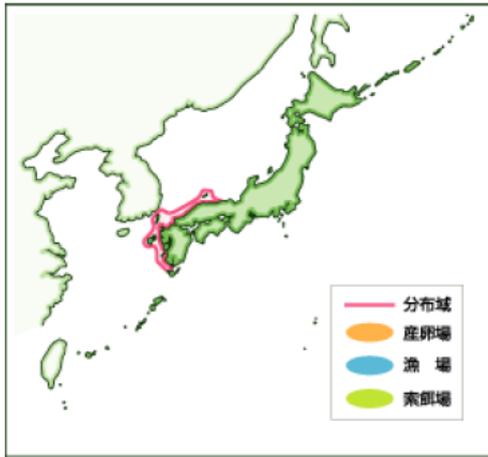


図1 ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の分布水域

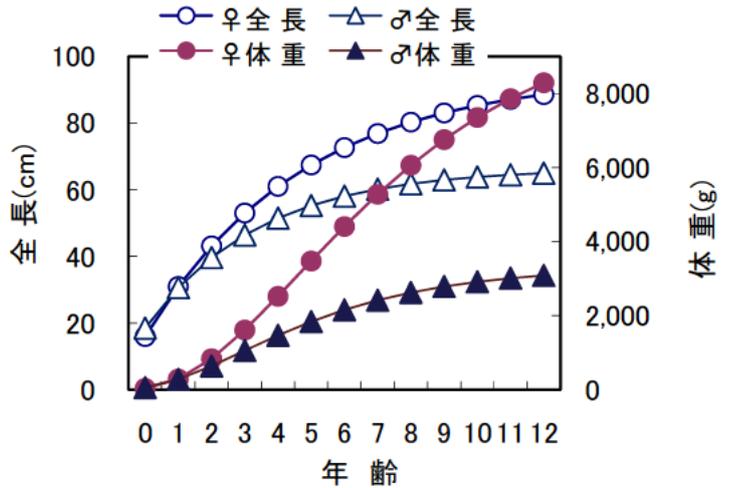


図2 ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の成長

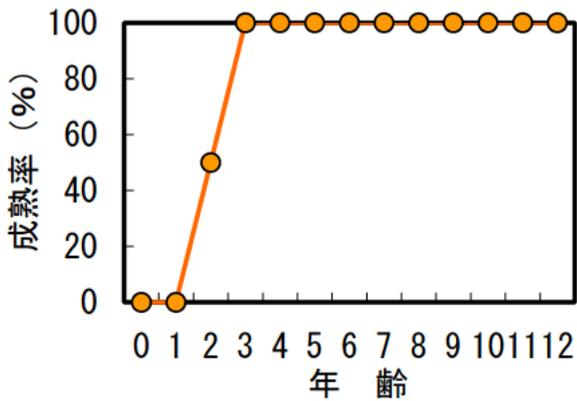


図3 ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の成熟率

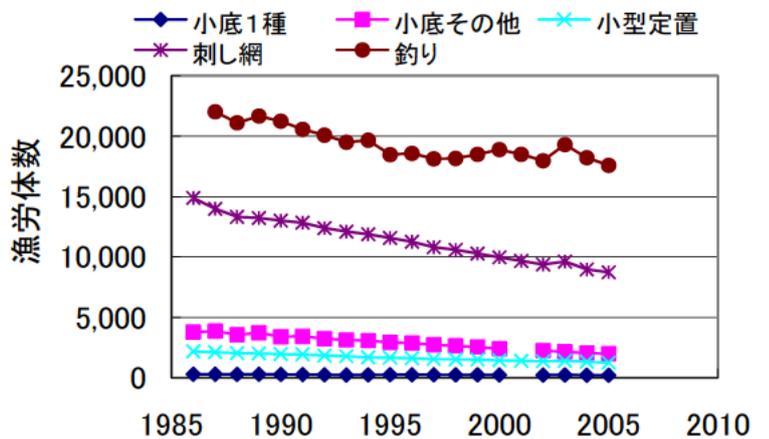


図4 ヒラメ日本海西部・東シナ海系群分布域の主な沿岸漁業漁労体数の推移

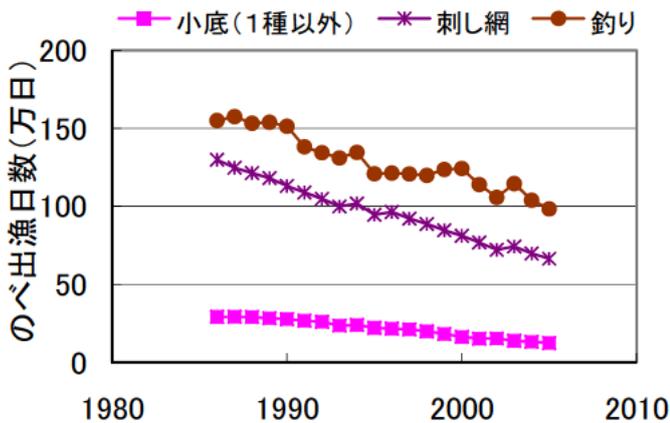


図5 ヒラメ日本海西部・東シナ海系群分布域の主な沿岸漁業出漁日数の推移

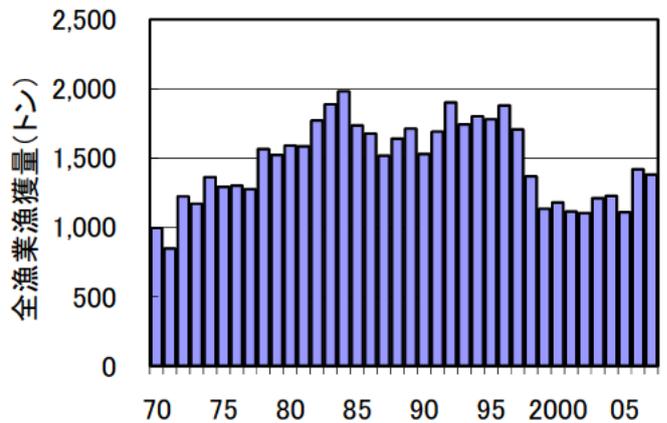


図6 ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量の推移

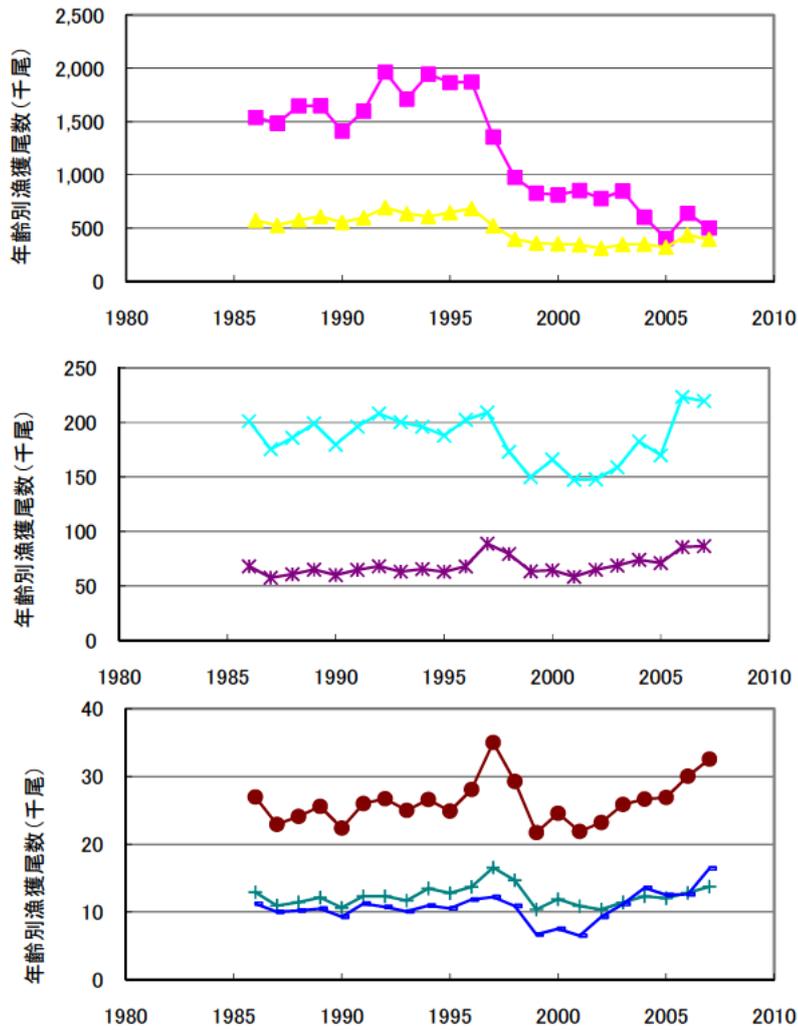


図7 ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別漁獲尾数の推移

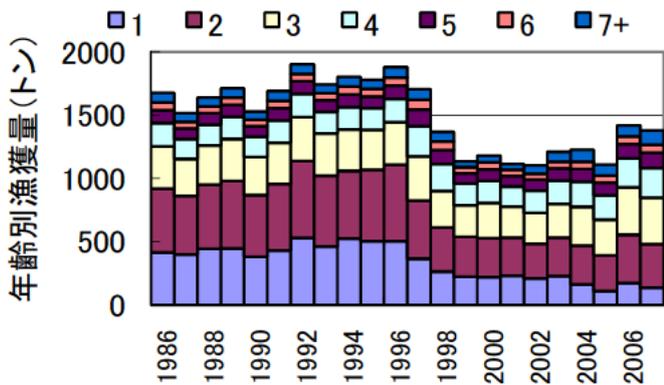


図8 ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別漁獲量の推移

(年齢別漁獲尾数を基にした計算値)

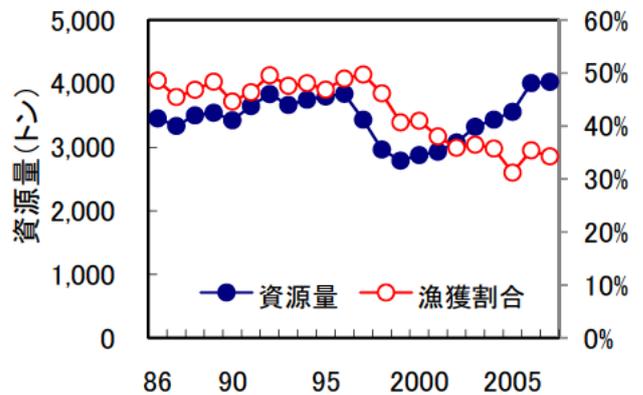


図9 ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の資源量と漁獲割合の推移

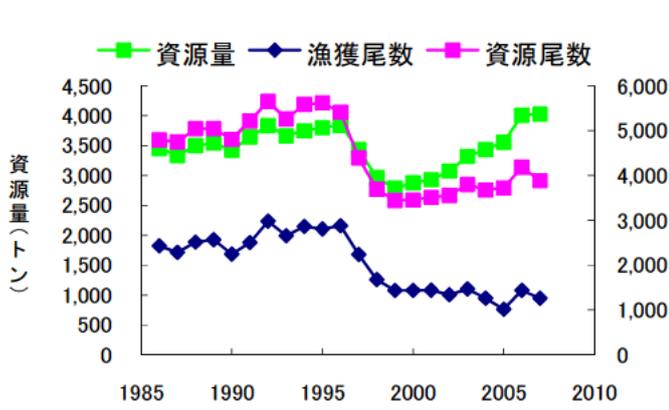


図10 ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の資源量と資源尾数および漁獲尾数の推移

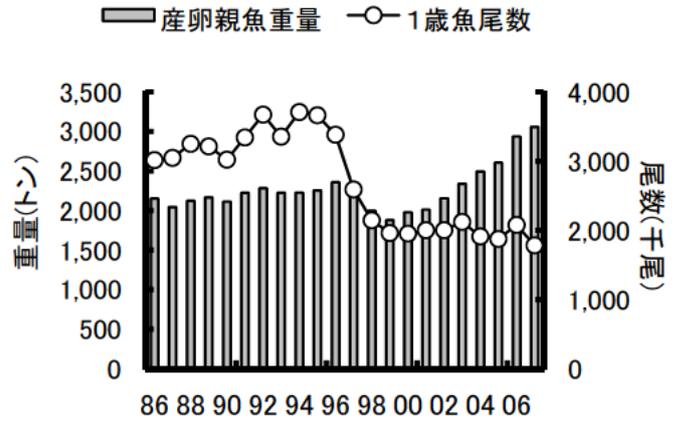


図11 ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の親魚量と1歳魚尾数の経年変化

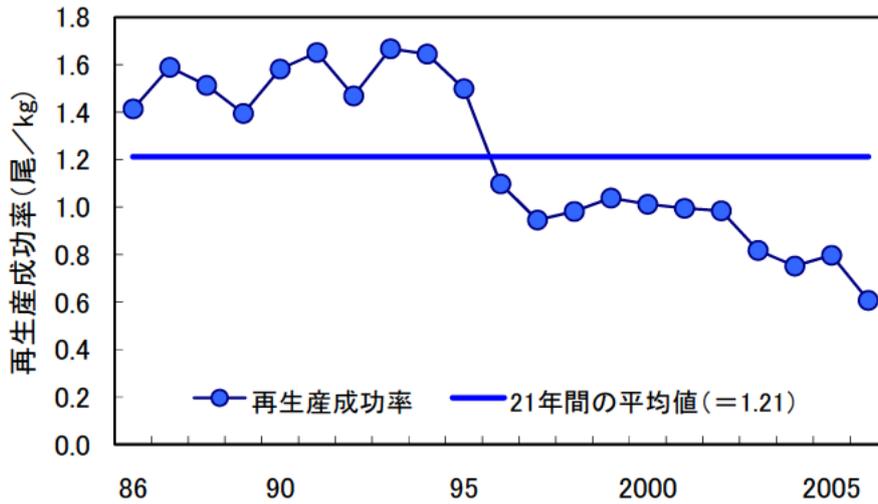
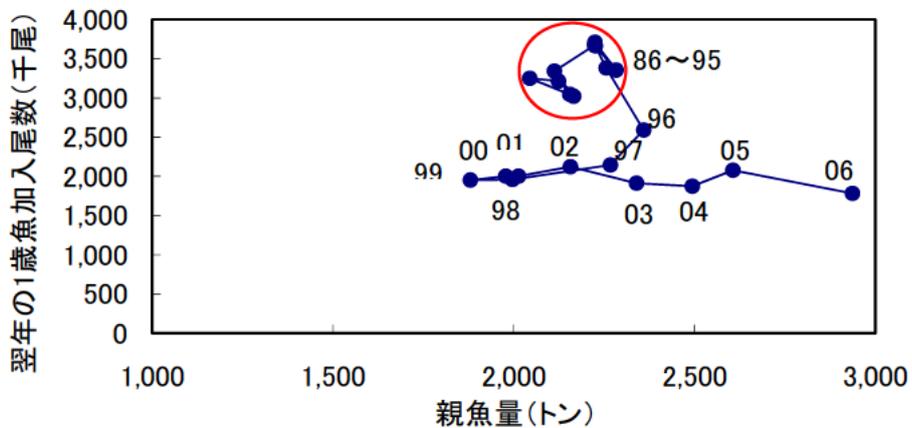


図12 再生産成功率(翌年の1歳魚加入量/親魚量:RPS)の経年変化



赤丸の範囲は資源が安定していた時期の再生産関係

図13 再生産関係図

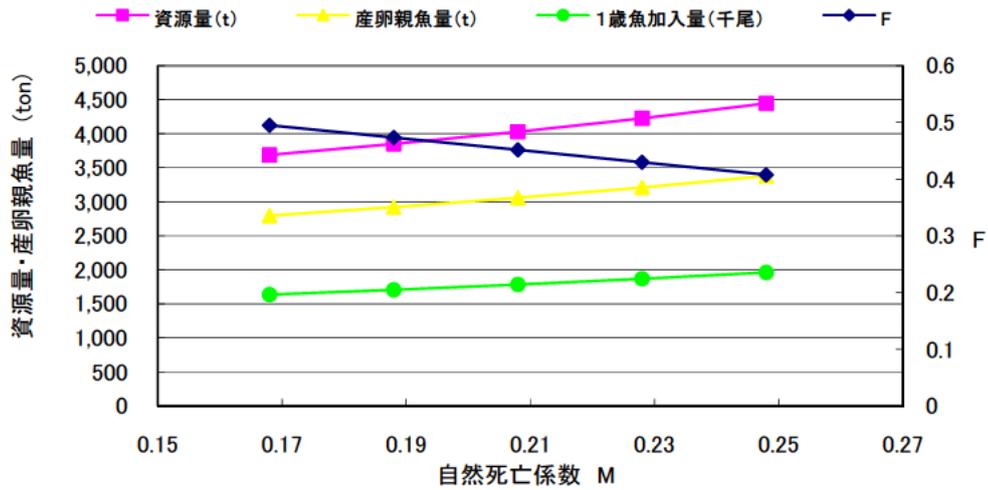


図14 Mを変化させた場合の資源量、親魚量、1歳魚加入尾数およびF(平均値)の推定値の変化

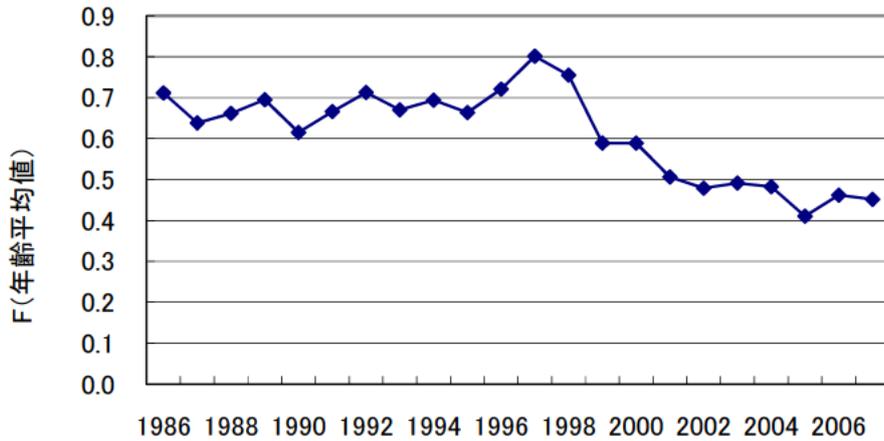


図15 コホート解析により推定されたF値の経年推移

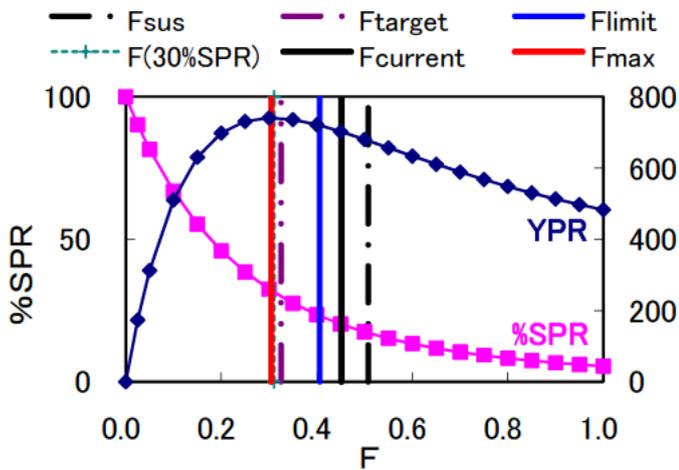


図16 ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の%SPR、YPRおよびFの参考値

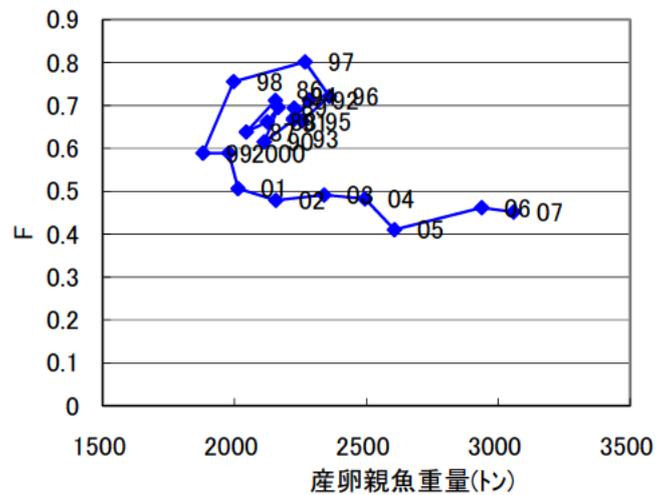


図17 親魚量と漁獲係数Fの関係

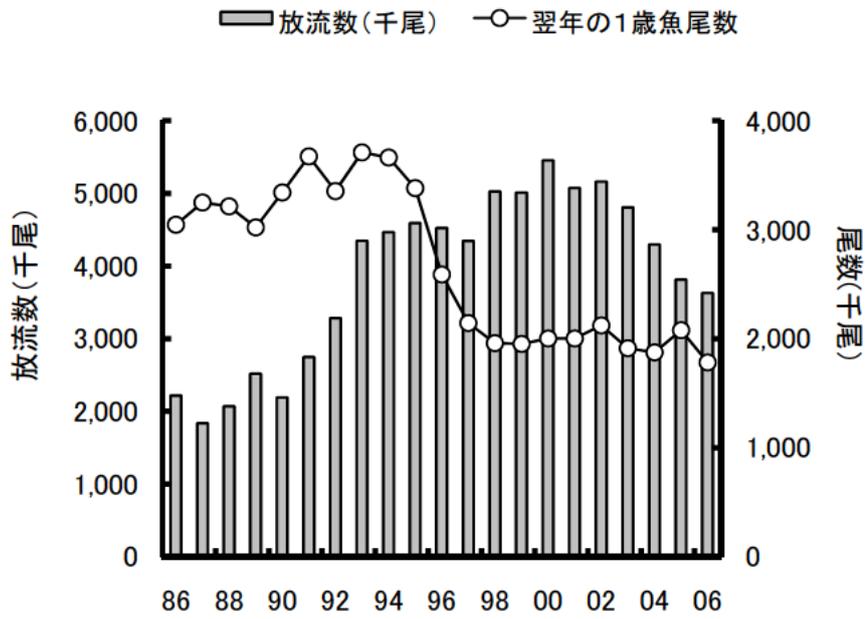


図18 人工種苗放流数と1歳魚加入尾数推定値の推移

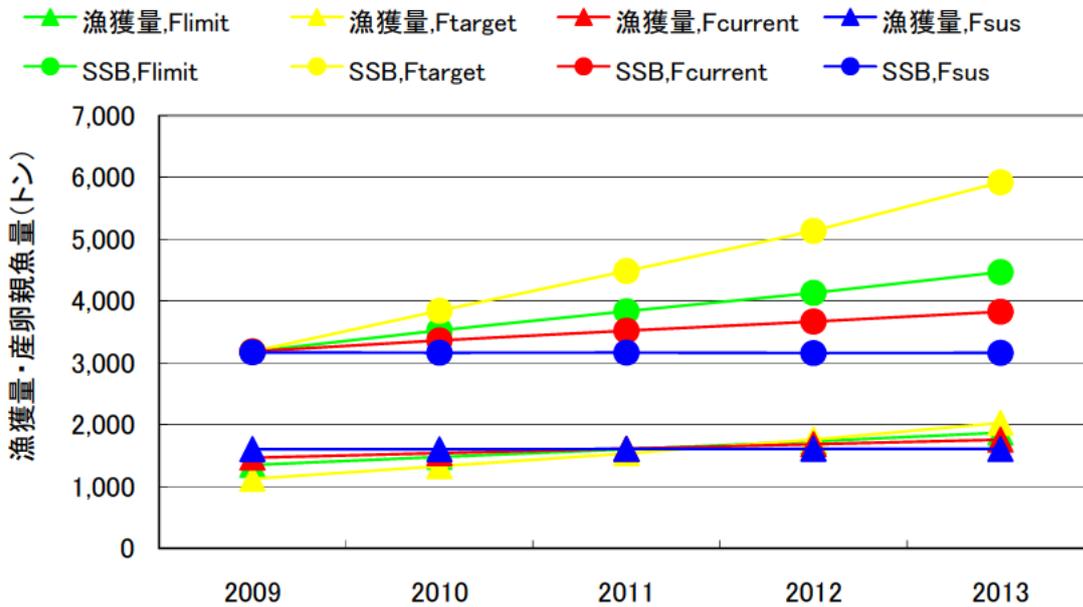
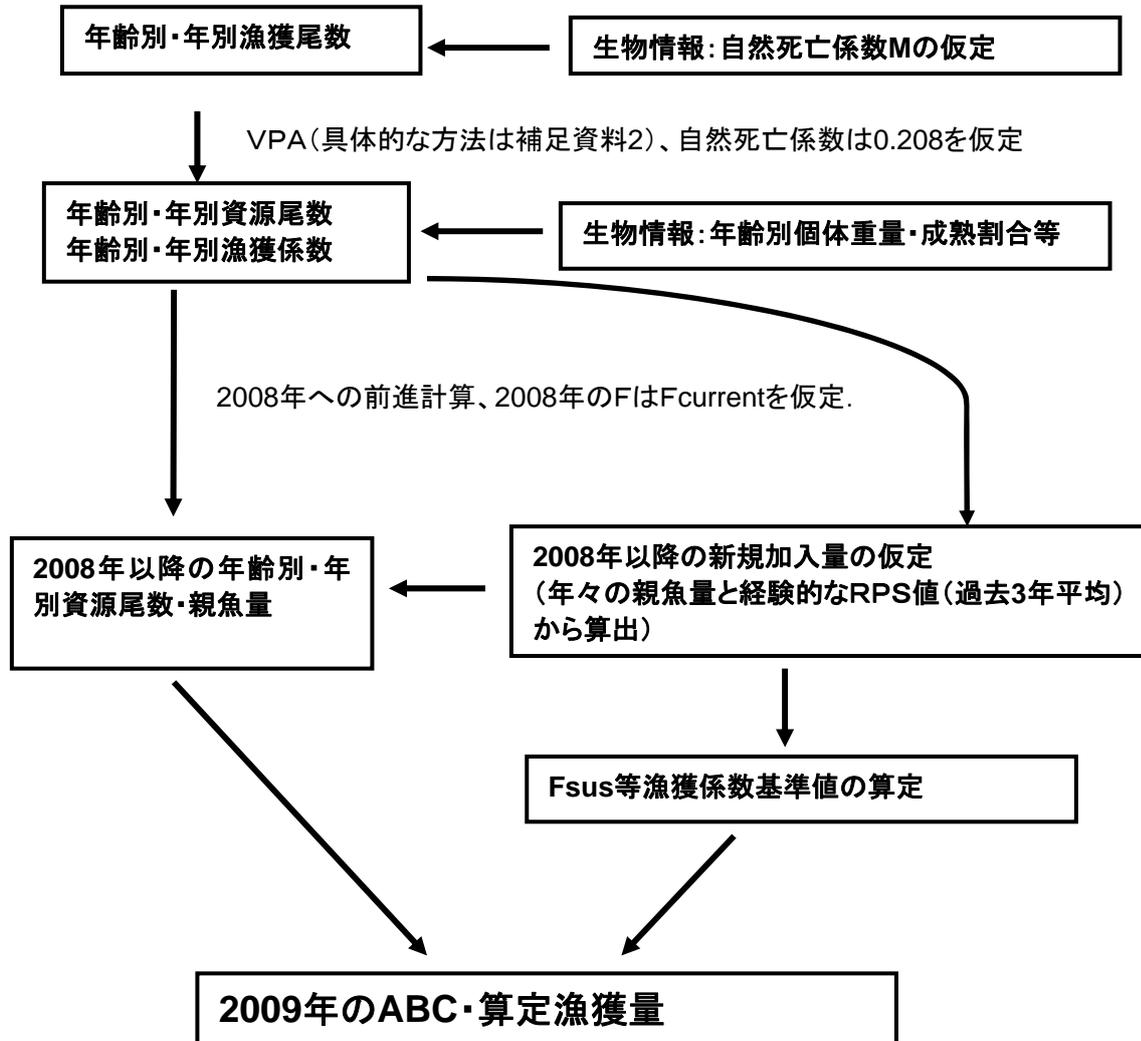


図19 異なるF値による漁獲量と親魚量推移予測の比較

補足資料1

使用したデータと、資源評価の関係を以下のフローを参考に簡潔に記す。



補足資料2

年別年齢別資源尾数の算出は下記のPopeの近似式 (Pope 1972) を用い、チューニングを行わない基本的なVPAにより行った。

$$\text{Popeの近似式} : N_{a,y} = N_{a+1,y+1} e^M + C_{a,y} e^{\frac{M}{2}}$$

ここで $N_{a,y}$: y年のa才魚資源尾数、 $C_{a,y}$: y年のa才魚の漁獲個体数

各県によって推定されるヒラメの年齢組成が違うので、7歳魚以上の漁獲尾数を7+歳魚として計算に用いた。自然死亡係数Mは年齢によらず一定とし、寿命を12年として田内・田中の方法(田中1960) (寿命をn年とすると、 $M=2.5/n$) で求めた0.208を用いた。

コホートがまだ完結していない年級群の最近年の年齢別資源尾数は、各年齢につき過去3年間で平均した漁獲係数を用いて計算した。また、高齢部分の計算には次式を用いた。

$$N_{6,y} = \frac{C_{6,y}}{C_{7+,y} + C_{6,y}} N_{7+,y+1} e^M + C_{6,y} e^{\frac{1}{2}M}$$

$$N_{7+,y} = \frac{C_{7+,y}}{C_{6,y}} N_{6,y}$$

0歳魚の水揚げが規制されたことに伴い、0歳魚の漁獲尾数に偏りが生じていることが考えられる。混獲の可能性はあるものの、0歳魚の漁獲の実態は十分に明らかにはなっていない。このため本系群のヒラメでは1歳魚からの加入として、0歳魚を除いたデータを用いて解析を行った。

ヒラメ日本海西部・東シナ海系群-18-
 添付資料 コホート解析およびF_{sus}の計算に用いた生物パラメーター

M 0.208 RPS(3年平均) 0.72

生物パラメーター	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳
体重(g)	270	880	1,670	2,700	3,730	4,680	6,938
成熟率	0	0.5	1	1	1	1	1
出産率	0	0.38	1.43	2.31	3.18	4.00	5.92

添付資料 異なるFにおける将来予測①

F=F_{current}

年齢別資源尾数(千尾)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	1,783	2,198	2,233	2,291	2,418	2,531	2,638
2	1,113	997	1,229	1,249	1,281	1,353	1,416
3	549	550	492	607	617	633	668
4	231	248	248	222	274	278	286
5	105	109	117	118	105	130	132
6	49	56	58	62	63	56	69
7+	59	60	64	68	72	75	73
計	3,888	4,217	4,442	4,617	4,831	5,056	5,280

年齢別資源量(トン)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	481	593	603	618	653	683	712
2	979	878	1,082	1,099	1,127	1,190	1,246
3	916	918	822	1,014	1,030	1,057	1,116
4	623	669	670	600	740	752	771
5	391	408	438	439	393	484	492
6	230	261	272	292	293	262	323
7+	408	413	444	470	502	519	503
計	4,029	4,139	4,331	4,533	4,738	4,948	5,163

年齢別親魚量(トン)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	0	0	0	0	0	0	0
2	490	439	541	550	564	595	623
3	916	918	822	1,014	1,030	1,057	1,116
4	623	669	670	600	740	752	771
5	391	408	438	439	393	484	492
6	230	261	272	292	293	262	323
7+	408	413	444	470	502	519	503
計	3,058	3,107	3,187	3,365	3,522	3,670	3,828

年齢別漁獲係数

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
2	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
3	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
4	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
5	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
6	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
7+	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
F平均	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

年齢別漁獲尾数(千尾)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	500	617	627	643	679	710	740
2	393	352	434	441	453	478	500
3	220	220	197	243	247	253	267
4	87	93	93	83	103	105	107
5	33	34	36	37	33	40	41
6	14	16	16	17	17	16	19
7+	16	17	18	19	20	21	20
計	1,262	1,348	1,422	1,483	1,551	1,623	1,695

年齢別漁獲量(トン)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	135	167	169	174	183	192	200
2	346	310	382	388	398	420	440
3	367	367	329	406	412	423	446
4	234	251	251	225	278	282	290
5	121	127	136	136	122	151	153
6	64	73	76	82	82	73	90
7+	114	115	124	131	140	145	140
計	1,381	1,410	1,468	1,542	1,615	1,686	1,759

添付資料 異なるFにおける将来予測②

F=F_{sus}

年齢別資源尾数(千尾)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	1,783	2,198	2,233	2,291	2,279	2,275	2,276
2	1,113	997	1,229	1,192	1,223	1,217	1,215
3	549	550	492	570	553	568	565
4	231	248	248	207	239	232	238
5	105	109	117	110	92	106	103
6	49	56	58	59	55	46	54
7+	59	60	64	65	66	64	58
計	3,888	4,217	4,442	4,494	4,508	4,508	4,508

年齢別資源量(トン)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	481	593	603	618	615	614	615
2	979	878	1,082	1,049	1,076	1,071	1,069
3	916	918	822	953	924	948	943
4	623	669	670	558	646	627	643
5	391	408	438	410	341	396	384
6	230	261	272	277	260	216	250
7+	408	413	444	449	456	446	405
計	4,029	4,139	4,331	4,315	4,319	4,317	4,308

年齢別親魚量(トン)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	0	0	0	0	0	0	0
2	490	439	541	525	538	535	534
3	916	918	822	953	924	948	943
4	623	669	670	558	646	627	643
5	391	408	438	410	341	396	384
6	230	261	272	277	260	216	250
7+	408	413	444	449	456	446	405
計	3,058	3,107	3,187	3,172	3,166	3,167	3,159

年齢別漁獲係数

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	0.37	0.37	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
2	0.50	0.50	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
3	0.59	0.59	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
4	0.54	0.54	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
5	0.42	0.42	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
6	0.37	0.37	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
7+	0.37	0.37	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
F平均	0.45	0.45	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51

年齢別漁獲尾数(千尾)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	500	617	690	708	704	703	703
2	393	352	475	460	472	470	469
3	220	220	215	249	241	247	246
4	87	93	102	85	98	95	98
5	33	34	40	38	31	36	35
6	14	16	18	18	17	14	16
7+	16	17	20	20	20	20	18
計	1,262	1,348	1,558	1,577	1,584	1,585	1,585

年齢別漁獲量(トン)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	135	167	186	191	190	190	190
2	346	310	418	405	416	414	413
3	367	367	358	415	403	413	411
4	234	251	274	228	265	257	263
5	121	127	149	140	117	135	131
6	64	73	84	85	80	66	77
7+	114	115	136	138	140	137	124
計	1,381	1,410	1,606	1,603	1,609	1,611	1,609

添付資料 異なるFにおける将来予測③

F=Flimit (F=0.9Fcurrent)

年齢別資源尾数(千尾)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	1,783	2,198	2,233	2,291	2,536	2,758	2,971
2	1,113	997	1,229	1,296	1,330	1,472	1,601
3	549	550	492	638	673	690	764
4	231	248	248	236	305	322	331
5	105	109	117	124	118	153	161
6	49	56	58	65	69	65	85
7+	59	60	64	70	78	85	86
計	3,888	4,217	4,442	4,720	5,109	5,546	5,999

年齢別資源量(トン)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	481	593	603	618	685	745	802
2	979	878	1,082	1,141	1,170	1,296	1,409
3	916	918	822	1,065	1,124	1,153	1,276
4	623	669	670	637	825	870	892
5	391	408	438	463	440	570	601
6	230	261	272	305	322	306	397
7+	408	413	444	488	542	587	599
計	4,029	4,139	4,331	4,717	5,108	5,527	5,976

年齢別親魚量(トン)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	0	0	0	0	0	0	0
2	490	439	541	570	585	648	705
3	916	918	822	1,065	1,124	1,153	1,276
4	623	669	670	637	825	870	892
5	391	408	438	463	440	570	601
6	230	261	272	305	322	306	397
7+	408	413	444	488	542	587	599
計	3,058	3,107	3,187	3,529	3,838	4,134	4,470

年齢別漁獲係数

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	0.37	0.37	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
2	0.50	0.50	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
3	0.59	0.59	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
4	0.54	0.54	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
5	0.42	0.42	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
6	0.37	0.37	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
7+	0.37	0.37	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
F平均	0.45	0.45	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41

年齢別漁獲尾数(千尾)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	500	617	574	589	652	709	764
2	393	352	400	422	433	479	521
3	220	220	182	236	249	255	283
4	87	93	86	82	106	112	114
5	33	34	34	35	34	44	46
6	14	16	15	17	18	17	22
7+	16	17	16	18	20	22	22
計	1,262	1,348	1,307	1,398	1,510	1,637	1,771

年齢別漁獲量(トン)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	135	167	155	159	176	191	206
2	346	310	352	371	381	421	458
3	367	367	304	394	416	426	472
4	234	251	232	220	286	301	309
5	121	127	125	132	126	163	171
6	64	73	70	78	82	78	101
7+	114	115	113	125	138	150	153
計	1,381	1,410	1,351	1,479	1,604	1,731	1,872

添付資料 異なるFにおける将来予測④

F=Ftarget (=0.8×0.9Fcurrent)

年齢別資源尾数(千尾)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	1,783	2,198	2,233	2,291	2,763	3,225	3,690
2	1,113	997	1,229	1,386	1,422	1,715	2,002
3	549	550	492	698	787	807	974
4	231	248	248	262	371	419	430
5	105	109	117	137	144	205	231
6	49	56	58	70	82	87	123
7+	59	60	64	75	90	106	118
計	3,888	4,217	4,442	4,919	5,659	6,563	7,568

年齢別資源量(トン)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	481	593	603	618	746	871	996
2	979	878	1,082	1,220	1,252	1,509	1,762
3	916	918	822	1,165	1,314	1,348	1,626
4	623	669	670	708	1,003	1,131	1,160
5	391	408	438	510	539	763	861
6	230	261	272	329	383	405	574
7+	408	413	444	522	622	733	820
計	4,029	4,139	4,331	5,072	5,859	6,760	7,799

年齢別親魚量(トン)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	0	0	0	0	0	0	0
2	490	439	541	610	626	755	881
3	916	918	822	1,165	1,314	1,348	1,626
4	623	669	670	708	1,003	1,131	1,160
5	391	408	438	510	539	763	861
6	230	261	272	329	383	405	574
7+	408	413	444	522	622	733	820
計	3,058	3,107	3,187	3,844	4,487	5,135	5,921

年齢別漁獲係数

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	0.37	0.37	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
2	0.50	0.50	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
3	0.59	0.59	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
4	0.54	0.54	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
5	0.42	0.42	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
6	0.37	0.37	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
7+	0.37	0.37	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
F平均	0.45	0.45	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33

年齢別漁獲尾数(千尾)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	500	617	474	486	586	685	783
2	393	352	333	376	386	465	543
3	220	220	153	217	245	251	303
4	87	93	72	76	108	121	124
5	33	34	28	32	34	48	55
6	14	16	12	15	17	18	26
7+	16	17	14	16	19	22	25
計	1,262	1,348	1,086	1,218	1,395	1,611	1,859

年齢別漁獲量(トン)

年齢\年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	135	167	128	131	158	185	212
2	346	310	293	331	340	410	478
3	367	367	256	362	408	419	505
4	234	251	194	205	290	328	336
5	121	127	104	121	127	181	204
6	6	3	57	69	81	85	121
7+	114	115	94	110	131	155	173
計	1,381	1,410	1,126	1,330	1,536	1,762	2,029