

平成 17 年キダイ日本海・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(依田真里)

参画機関:日本海区水産研究所、水産総合研究センター開発調査部、島根県水産試験場、山口県水産研究センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター

要 約

本種を対象とする漁業種類が多く、すべてをまとめて資源量を推定するのは現状では難しいことから、主要な漁業種類である以西底びき網漁業および沖合底びき網漁業の漁獲対象となっているキダイ資源について資源量推定を行った。推定されたキダイ資源量は最近 20 年間でみると中位で増加傾向にあり、現状の漁獲圧は妥当であると判断した。再生産成功率(加入量÷親魚量)が最近 10 年(1994～2003 年)の中央値で継続し、以西底びき網漁業と沖合底びき網漁業では現状の漁獲係数で漁獲した場合の漁獲量を求めた。これにその他の漁業種類では 2002～2004 年の平均漁獲量で漁獲した場合の漁獲量を足し合わせて ABClimit、それよりやや少なく不確実性を見込んだ漁獲量を ABCtarget とした。

	2006 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC _{limit}	56 百トン	F _{current}	-	-
ABC _{target}	46 百トン	0.8 F _{current}	-	-

*F は漁業種類ごとに計算した(本文参照)

年	資源量(トン)	漁獲量(百トン)	F 値	漁獲割合
2003	—	49	—	—
2004	—	*55	—	—
2005	—	—	—	—

*2004 年については概数値。

水準:中位 動向:増加

1. まえがき

本種は以西底びき網漁業および沖合底びき網漁業の主たる漁獲対象の一つである。このほかに小型底びき網漁業・釣り・はえ縄等で漁獲される。本種資源は東シナ海において大正末期から昭和初期に急速に減少したが、戦争により資源の回復をみたことで知られている。しかし、戦後漁業が再開されると再び選択的に漁獲されたため、一時的に回復した資源は数年で戦前の水準に戻るようになった。東シナ海においては中国・韓国の漁船によっても漁獲されているとみられるが、両国の漁獲統計において、キダイは「タイ類」の中に含まれており、漁獲量は不明である。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本州中部以南・東シナ海・台湾・海南島等の暖水域に広く分布する。東シナ海においては大陸棚縁辺部の水深 100m 以深 200m 以浅に多く分布する(図 1)。

本種の移動は小さく、大規模な回遊は知られておらず、夏季は浅みに、冬季は深みにという深浅移動を行う程度である。

(2) 年齢・成長

ふ化後 1 年で尾叉長 90～110mm、2 年で 150～160mm、3 年で 190～220mm、4 年で 220mm、5 年で 270～300mm に達し(Oki and Tabeta 1998) (図 2)、初回成熟年齢は 2 歳である (図 3)。本種の寿命は 8～9 年で最大尾叉長 35cm となる(真道 1960)。

(3) 成熟・産卵

特に産卵のための接岸、深浅移動は認められず、分布域内(五島西沖～済州島、沖縄北西の大陸棚縁辺、台湾北東の大陸棚縁辺、浙江、福建近海)で産卵するものと考えられている(山田 1986)(図 1)。産卵期は春と秋の年 2 回で、2 つの発生群が認められている(Oki and Tabeta 1998)。幼魚および親魚の分布域はほぼ重なっており、親魚の分布域と産卵・発育場はほとんど変わらないとみられる。しかし、稚魚はほとんど採集されないことから、本種の稚魚段階での分布様式は成魚や漁獲対象となる幼魚のそれとは異なることが想定されている(木曾 1977)。

(4) 被捕食関係

本種の主たる餌料生物は甲殻類である。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本種の漁獲の主体は沖合底びき網漁業、以西底びき網漁業、小型底びき網漁業、延縄、釣り、である。県別でみると、島根・山口・長崎県の漁獲量が多い。かつては日本海西部海域から東シナ海南部まで広く漁場が形成されていたが、現在は日本海西部海域から九州西岸にかけてが中心である。

(2) 漁獲量の推移

2 そうびき沖合底びき網漁業(以下、沖底 2 そう)および 2 そうびき以西底びき網漁業(以下、以西 2 そう)によるものが全体の漁獲量のおよそ半分以上を占める(2004 年、図 4、表 1)。沖底 2 そうによる漁獲量は 1992 年から増加し、1994 年以降は 1 千トン前後で安定している(図 4、表 1)。一方、以西 2 そうによる漁獲量は減少傾向にあったが、2001 年からは増加が続いている(図 4、表 1)。その他の漁業種類による漁獲量は 2 千トン前後であったが、2002 年以降増加傾向にあり、全体を合わせた漁獲量は 2004 年には 5 千トンを越えた(図 4、表 1)。中国・韓国でも漁獲されており、中国については詳しい情報がないが、1999 年のタイ類の漁獲が 78,100 トン(「中国漁業統計年鑑」、2001)、韓国では 2004 年にマダイ・クロダイ以外のタイの漁獲量は 1,408 トンである(「漁業生産統計」韓国統計庁)ことから、これらの中に本種も含まれると考えられる。

(3) 漁獲努力量

沖底 2 そうおよび以西 2 そうともに漁獲努力量は減少傾向にある(図 5a,b)。2004 年における総網数を 1980 年代と比較すると沖底 2 そうではおよそ 3 分の 1 であるのに対して、以西 2 そうでは約 3%にまで大幅に減少している。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

単一の漁業種としては漁獲の大きな割合を占める以西 2 そうおよび沖底 2 そうの漁獲対象となるキダイ資源についてコホート計算を行い、資源量を計算した(補足資料 1, 2-2)。これ以外の漁業の漁獲対象となっているキダイ資源については漁獲量の動向から資源状態を判断した(表 1)。

(2) 資源量指標値の推移

以西 2 そうでは 1996 年に CPUE が下がったものの、その後増加傾向にあり、2004 年には最近 20 年間で最高であった(図 5a)。沖底 2 そうの CPUE は 1997 年まで増加傾向で 1998 年以降減少傾向に転じたが(図 5b)、2002 年には再び増加し、2004 年も同じ水準を維持しており、最近 20 年間でみると高い水準にある。資源量指数も沖底 2 そう、以西ともに 2000 年から増加している(図 6a, b)。

(3) 漁獲物の年齢組成

沖底 2 そうおよび以西 2 そうの漁獲物について年齢別漁獲尾数を求めた(図 7a, b)。以西 2 そう、沖底 2 そうでは漁獲物の主体となるのは 1, 2 歳魚であった。山口県小型底びき網漁業(以下、山口小底)の標本船による銘柄別漁獲箱数を図 7c に示した。2004 年は山口小底では豆銘柄の漁獲量が高かった。

(4) 資源量の推移

以西 2 そう漁獲対象資源については 1980 年代前半から減少傾向にあったが、2001 年以降は増加傾向にあり(図 8、補足資料 1)、2004 年は約 4 千トンと計算された。沖底 2 そう漁獲対象資源については 1980~1990 年には 1 千~2 千トンの資源量で推移していたが、その後増加し、1995 年には 3 千トンに達し、2001 年まで 3 千トン前後で安定していたが、2002 年以降再び増加に転じ、2004 年には 4 千トンを超えた(図 8、補足資料 1)。

これ以外の漁業種類によるキダイ漁獲量も沖底 2 そうと同じく 2002 年以降増加している(表 1)。

加入量(資源計算の 0 歳魚資源尾数)は以西 2 そうでは 1980~1996 年まで減少傾向にあったが、その後、横ばい傾向になっている(図 9a)。沖底 2 そうでは加入量は変動しながらも増加傾向にあり、2001 年以降横ばいである(図 9b)。親魚量は以西 2 そうでは加入量の動向と同じ傾向を示し、沖底 2 そうでは 1980~1987 年まではやや減少傾向にあったが、その後増加し、1997~2001 年には横ばいだったが、2002 年以降は増加している(図 9a,b)。

再生産成功率(加入量÷親魚量)は、(親魚量と産卵量に比例関係があるとして)、発生初期の生き残りの良さの指標値になると考えられる。再生産成功率は以西 2 そう沖底 2 そうともに変動が大きく、以西 2 そうでは 2001 年以降、沖底 2 そうでは 2002 年以降減少傾向にある(図 10a, b)。

コホート計算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見るために、Mを変化させた場合の 2004 年の資源量、親魚量、加入量を図 11a, b に示す。Mが大きくなると、いずれ

も大きくなる。

(5) 漁獲係数

漁獲係数 F (各年齢の F の単純平均) は、以西 2 そうでは 1996 年以降、沖底 2 そうでは 1998 年以降減少傾向を示している (図 12a, b)。

資源量と F の関係を見ると (図 13a, b)、ばらつきが大きく、はっきりとした関係はみられない。

年齢別選択率を一定 (2002～2004 年平均) として F を変化させた場合の加入量当り漁獲量 (YPR) と加入当り親魚量 (SPR) を図 14a, b に示す。現状の $F(F_{\text{current}})$ を年齢別選択率が 2002～2004 年平均 (以西 2 そう: 0 歳=0.19、1 歳=1、2、3 歳以上=1.57; 沖底 2 そう: 0 歳=0.12、1 歳=1、2、3 歳以上=1.42) で、各年齢の F の単純平均値が 2004 年と同じ F (以西 2 そう: 0.33、沖底 2 そう: 0.40) である F とする。以西 2 そう、沖底 2 そうともに F_{current} は $F_{30\%SPR}$ と同程度である。

(6) 資源の水準・動向の判断

以西 2 そうでは資源量水準は最近 20 年間では低い水準にあり、最近 5 年間で見ると増加傾向にある。沖底 2 そうでは資源量水準は、最近 20 年間では高い水準にあり、最近 5 年間で見ると増加傾向にある、CPUE や資源量指数なども高い水準を維持している。以西 2 そうでは 2004 年 CPUE は最近 20 年間では最高を記録したが、操業形態の変化や漁獲努力量の減少に伴う優良船の選抜等の効果を考慮に入れると必ずしも高い資源水準にあるとはいえない。沖合底びき網漁業、以西底びき網漁業を除いた漁獲量は最近 20 年間では高い水準にあり、増加傾向にある。これらを総合的に判断して、資源水準は中位、動向は増加とした。

5. 資源管理の方策

(1) 再生産関係

再生産関係を図 15 に示した。1980～2004 年の親魚量と加入量には正の相関があり (1%有意水準)、親魚量が少ない場合には高い加入量が出現しない傾向がある。以西 2 そうでは近年、親魚量が低い水準にあり、加入量の大幅な増加はあまり期待できない。一方、沖底 2 そうでは近年、親魚水準、加入量水準ともに高い水準にある。以西 2 そうでは親魚量を現在の水準以上に増やすことが望ましい。

再生産成功率と親魚量には相関関係は見られず、密度効果が働いていないと考えられる (図 16)。

回復の閾値 (B_{limit}) を検討する。親魚量と加入量の 25 年間の計算値のうちで、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は以西 2 そうでは約 4 千トン、沖底 2 そうでは約 1 千 3 百トンである (図 15)。それぞれを B_{limit} と考え、それ以下の親魚量では資源の回復措置をとるのが妥当である。

(2) 今後の加入量の見積もり

2004 年の加入量は 2001～2003 年の平均値とし、2005 年以降の加入量については再生産成功率が最近 10 年間 (1994～2003 年) の中央値 (以西 2 そう: 0.0055 尾/g、沖底 2 そう: 0.0084 尾/g) と設定する。

(3)加入当り漁獲量

現状では 0 歳魚には高い漁獲圧がかかっていないものの、1 歳からは高い漁獲圧がかかっている。漁獲開始年齢を引き上げれば、より大きな加入当り漁獲量が得られると考えられる。

(4)漁獲圧と資源動向

設定した加入量の条件(再生産成功率:以西 2 そう: 0.0055 尾/g、沖底 2 そう: 0.0084 尾/g)のもとで、F を変化させた場合の漁獲量と親魚量を図 17、18 に示す。以西 2 そうで設定した F_{sus} は、SPR が、180.6g ($1 \div 0.0055$)、沖底 2 そうで設定した F_{sus} は SPR が 119.4g($1 \div 0.0084$)となる F。いずれも年齢別選択率は 2002～2004 年と同じとした。

コホート計算結果、加入量の条件及び $F_{current}$ から、2005 年の漁獲量は以西 2 そうでは 1,305 トン、沖底 2 そうでは 1,538 トンと見積もられる。

6. 2006 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

以西 2 そうの資源量は低い水準にあるが、沖底 2 そうでは高い水準にあり、増加傾向がみられる。この他の漁業種類による漁獲量も増加傾向を示している。設定された今後の加入量の条件では、以西 2 そうの現状の漁獲圧でも資源量はゆるやかに増加する。また、以西底びき網漁業では漁獲努力量の減少が続いており、漁獲圧が急激に高まる可能性は低い。沖底 2 そうの場合には現状の漁獲圧で、高い漁獲量を実現しながら、資源の増加が期待できる。現状の漁獲を続けるのが妥当である。

(2) ABC の算定

ABC 算定規則 1-1)-(1)により、

$$F_{limit} = \text{基準値}$$

$$F_{target} = F_{limit} \times \alpha$$

上記の検討から、基準値として $F_{current}$ を採用する。不確実性を見込んだ α は標準値の 0.8 とする。

その他の漁業種類については漁獲量が増加しており、高水準とみられるので、最近 3 年間(2002～2004 年)の平均漁獲量とする。

全体の ABC はこれらを足し合わせたものとする。

2006 年 ABC_{limit}

漁業種類		資源管理基準	F 値	漁獲割合
以西 2 そう	14 百トン	$F_{current}$	0.33	29%
沖底 2 そう	17 百トン	$F_{current}$	0.40	32%
その他の漁業	25 百トン	Cave3-yr	-	-

2006 年 ABC_{target}

漁業種類		資源管理基準	F 値	漁獲割合
以西 2 そう	11 百トン	0.8 F _{current}	0.27	24%
沖底 2 そう	14 百トン	0.8 F _{current}	0.32	26%
その他の漁業	20 百トン	0.8 C _{ave3-yr}	-	-

2006 年 ABC		資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC _{limit}	56 百トン	F _{current}	—	—
ABC _{target}	46 百トン	0.8F _{current}	—	—

(3) ABC の再評価

評価対象年(当初・再評価)	管理基準	ABC _{limit}	ABC _{target}	漁獲量
2004 年当初	1.3 C _{ave3-yr}	59	47	-
2004 年(2004 年再評価)	1.3 C _{ave3-yr} (日本海) 0.5 C _{ave3-yr} (東シナ海)	41	33	55
2004 年(2005 年再評価)	F _{current}	48	39	55
2005 年当初	1.3 C _{ave3-yr} (日本海) 0.5 C _{ave3-yr} (東シナ海)	41	33	-
2005 年再評価	F _{current}	51	43	-

単位: 百トン

7. ABC 以外の管理方策の提言

外国漁船による漁獲の影響を強くうけると考えられる東シナ海の漁場では資源水準の悪化が懸念されるが、周辺国の漁獲統計がないため、実際の資源状態を把握するのは困難な状況にある。現状では東シナ海で操業する我が国の以西底びき網漁船隻数はかなり減少しており、これ以上の我が国側の努力によって資源量の大幅な増加が見込めるかは疑問が残る。

8. 引用文献

- 木曾克裕(1977) 東シナ海から採集されたレンコダイの幼稚魚について. 西海区水産研究所研究報告, 50, 9-18.
- 木下貴裕(1991) 山陰沖における底魚類の分布について. 西海ブロック底魚調査研究会報, 1・2, 59-68.
- Oki, D. and O. Tabeta(1998) Age, growth and reproductive characteristics of the Yellow Sea Bream *Dentex tumifrons* in the East China Sea. Fishery Science, 64(2), 191-197.
- 真道重明(1960) 東海におけるレンコダイ資源の研究. 西海区水産研究所研究報告, 20, 1-19
- 山田梅芳(1986) 東シナ海・黄海のさかな. 西海区水産研究所, 232-233.

年	沖底 2	沖底 1	以西 2	以西 1	その他	総漁獲量
1979	483	8	4,040	0	2,029	6,559
1980	578	7	3,924	0	1,893	6,401
1981	1,053	4	3,964	0	2,164	7,185
1982	716	1	4,054	0	2,028	6,799
1983	636	2	3,959	12	2,714	7,323
1984	620	2	3,098	25	1,957	5,702
1985	653	1	2,580	6	2,386	5,626
1986	444	1	2,620	71	1,755	4,890
1987	404	1	2,740	55	1,793	4,993
1988	672	2	2,388	119	1,941	5,122
1989	658	2	2,751	159	2,395	5,965
1990	622	1	2,438	236	1,851	5,148
1991	688	1	2,706	98	1,382	4,875
1992	941	1	2,517	248	1,501	5,207
1993	986	3	2,405	110	1,564	5,068
1994	1,441	3	2,014	125	1,726	5,310
1995	1,118	3	1,652	106	1,869	4,747
1996	1,407	2	867	106	1,964	4,346
1997	1,597	5	1,054	116	2,047	4,820
1998	1,263	5	1,108	171	2,244	4,792
1999	1,289	8	911	187	1,979	4,373
2000	1,049	3	427	33	1,937	3,449
2001	971	3	891	-	1,894	3,760
2002	1,453	3	917	12	2,470	4,855
2003	1,181	14	1,157	-	2,539	4,890
2004	1,491	21	1,378	-	2,639	5,529

表 1. キダイ漁獲量(単位:トン)

表 2. キダイ月別漁獲量 (単位: kg)

県/漁業種類	島根	山口	熊本	沖底 2 そう	以西 2 そう
1 月	17,330	5,822	3,830	170,780	141,139
2 月	14,037	4,935	5,201	136,060	170,614
3 月	19,276	7,690	3,591	122,180	206,675
4 月	33,564	8,402	3,132	126,260	169,212
5 月	33,380	14,175	1,772	72,260	140,741
6 月	7,805	7,157	1,229	-	-
7 月	6,126	7,070	0	-	-
8 月	8,446	47,948	0	49,380	85,764
9 月	104,940	53,235	0	111,940	125,991
10 月	82,040	18,060	1,033	104,180	116,347
11 月	144,733	84,780	4,219	119,900	126,087
12 月	78,519	38,699	0	328,100	95,849

島根：主要 7 港(沖底除く)、山口：主要 4 漁協、熊本：あまくさ漁協

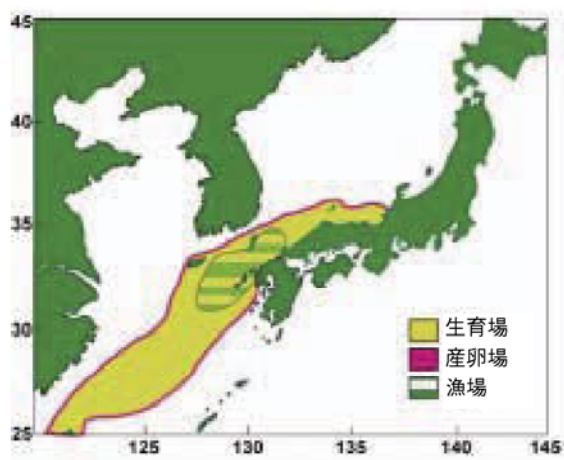


図1 キダイ分布・回遊図

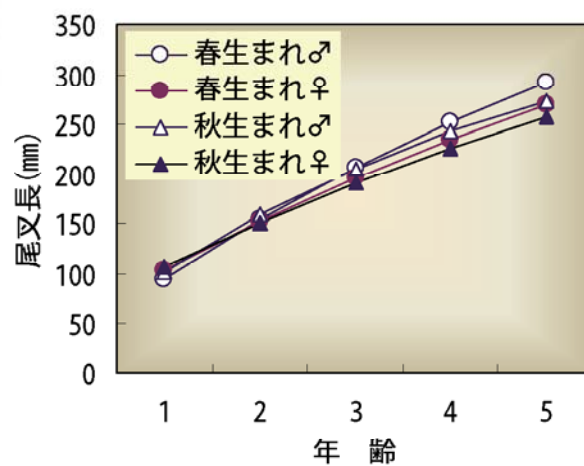


図2 キダイ年齢と成長

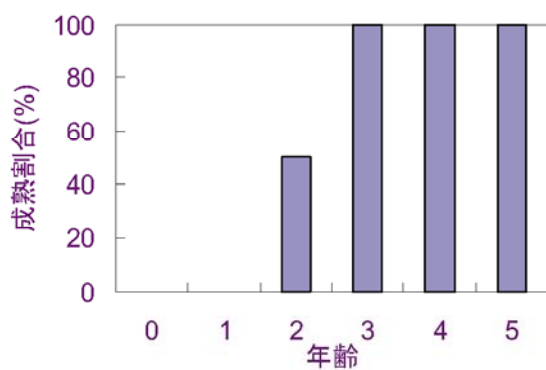


図3 キダイ年齢と成熟率

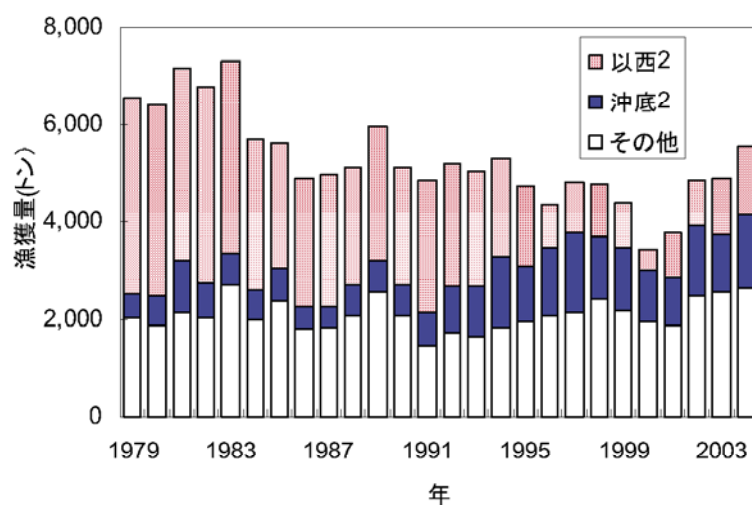


図4 キダイ漁獲量 (以西2: 2 そうびき以西底びき網漁業
沖底2: 2 そうびき沖合底びき網漁業)

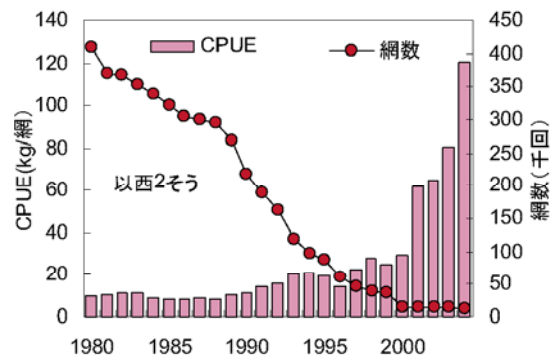


図 5a. CPUE と漁獲努力量の推移（以西 2 そう）

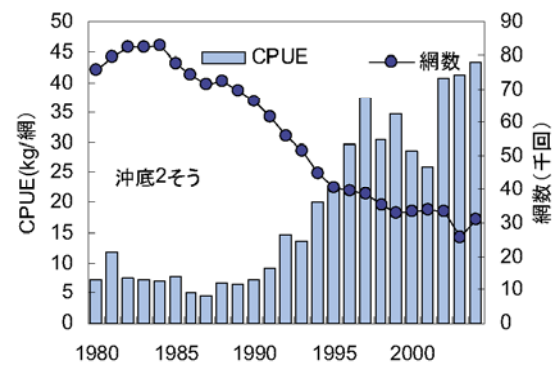


図 5b. CPUE と漁獲努力量の推移（沖底 2 そう）

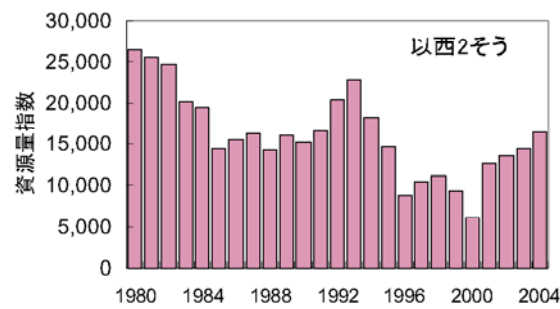


図 6a. キダイ資源量指数（以西 2 そう）

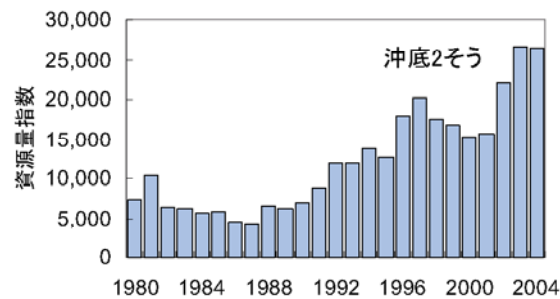


図 6b. キダイ資源量指数の推移（沖底 2 そう）

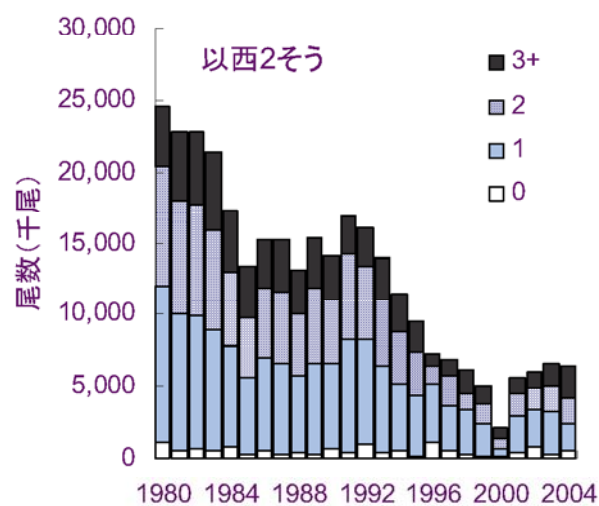


図 7a. 年齢別漁獲尾数（以西 2 そう）

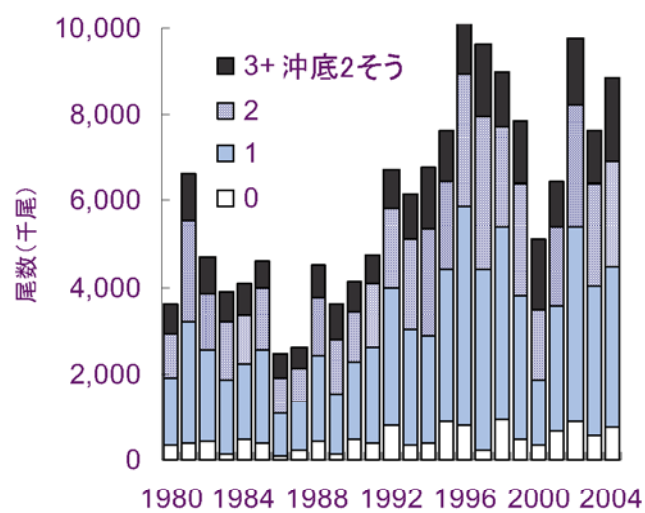


図 7b. 年齢別漁獲尾数（沖底 2 そう）

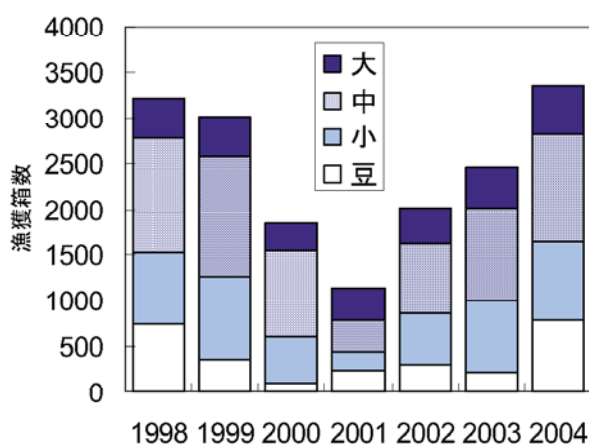


図 7c. 小型底びき網漁業による銘柄別漁獲箱数（山口県標本船）

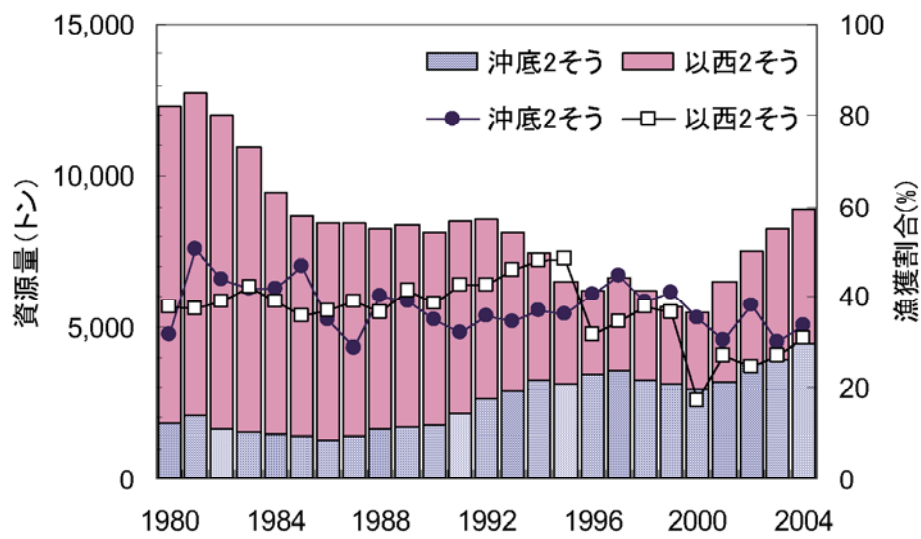


図 8. 資源量（棒グラフ）と漁獲割合（%）

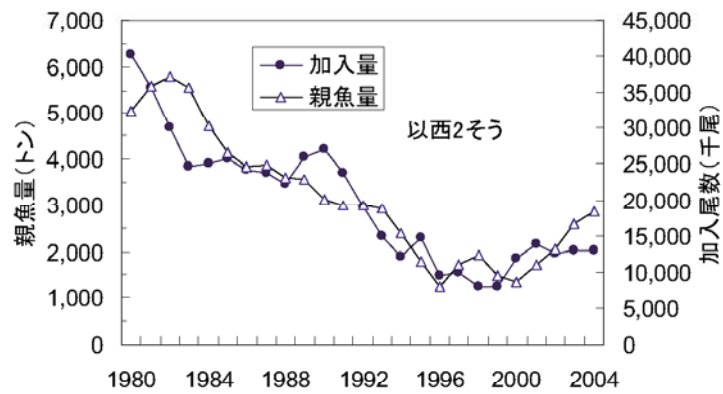


図 9a. 加入量と親魚量（以西 2 そう）

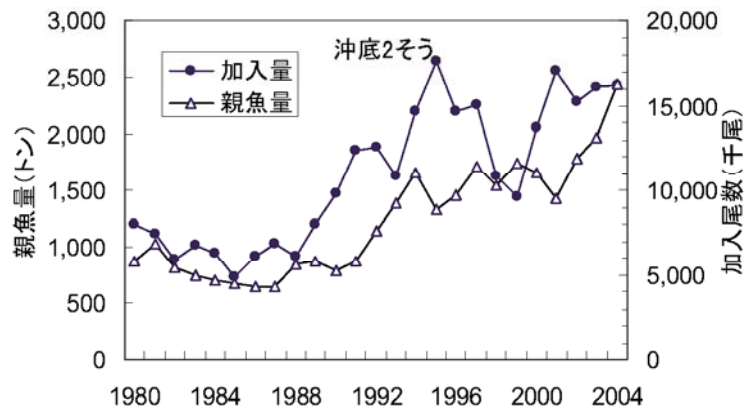


図 9b. 加入量と親魚量（沖底 2 そう）

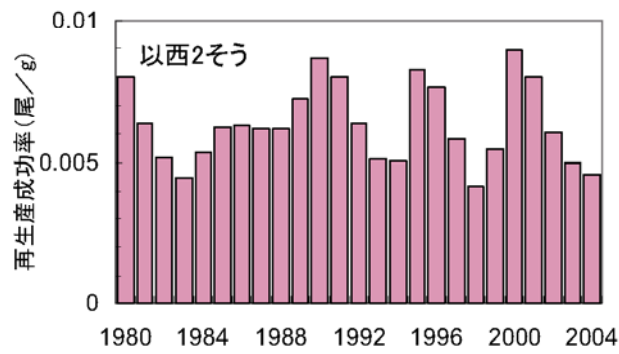


図 10a. 再生産成功率(以西 2 そう)

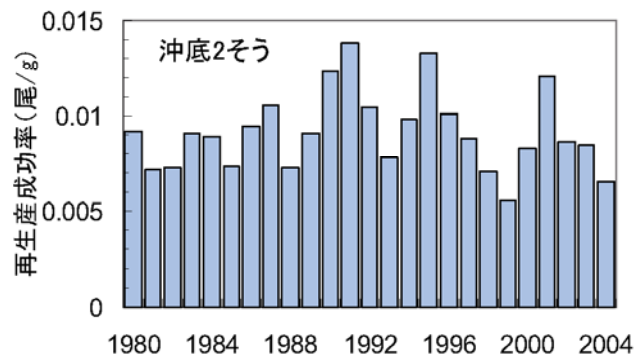


図 10b. 再生産成功率(沖底 2 そう)

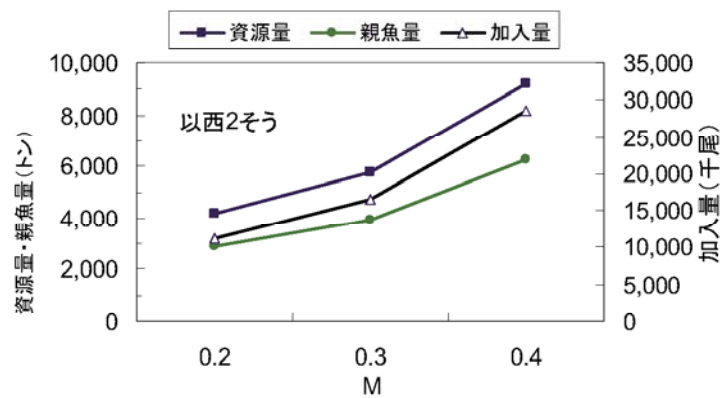


図 11a. M と 2004 年資源量、親魚量、加入量の関係(以西 2 そう)

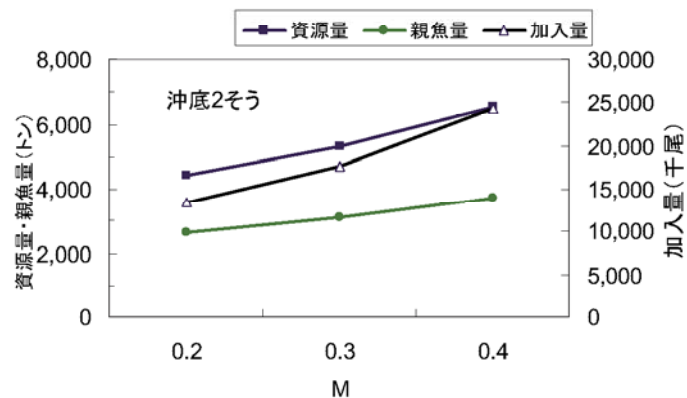


図 11b. M と 2004 年資源量、親魚量、加入量の関係(沖底 2 そう)

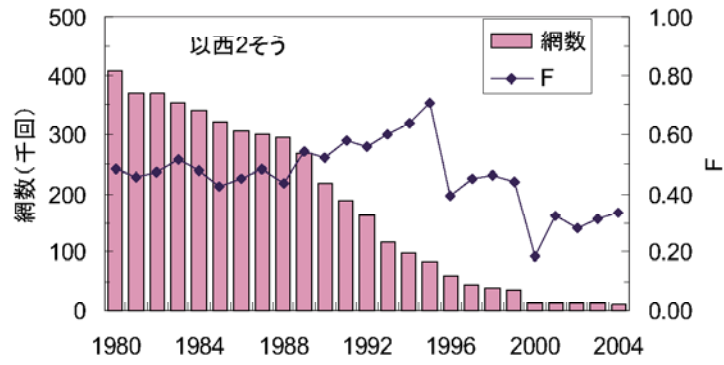


図 12a. F と網数(以西 2 そう)

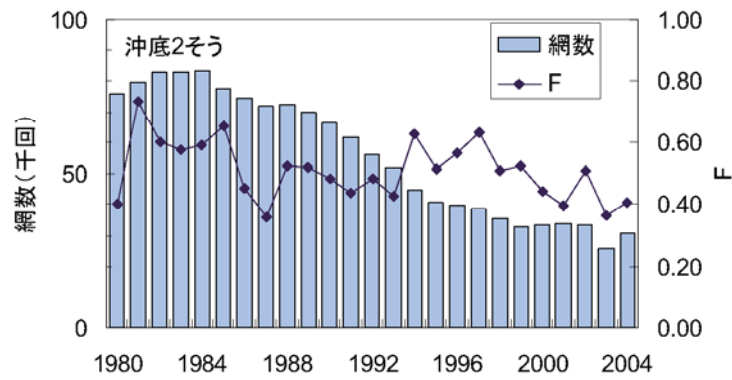


図 12b. F と網数(沖底 2 そう)

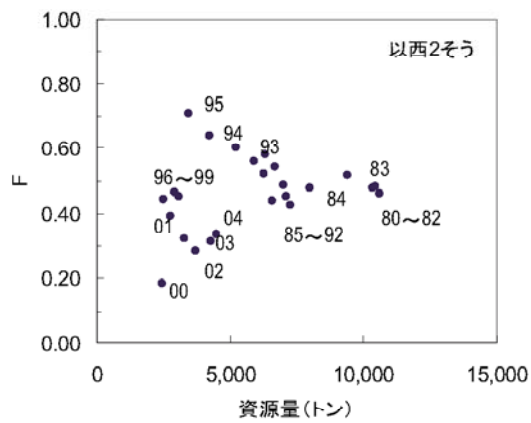


図 13a. 資源量と F の関係(以西 2 そう)

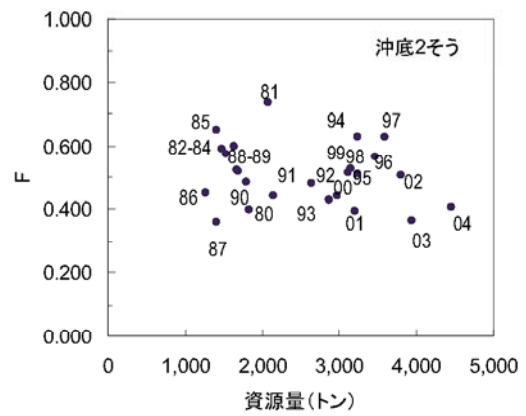


図 13b. 資源量と F の関係(沖底 2 そう)

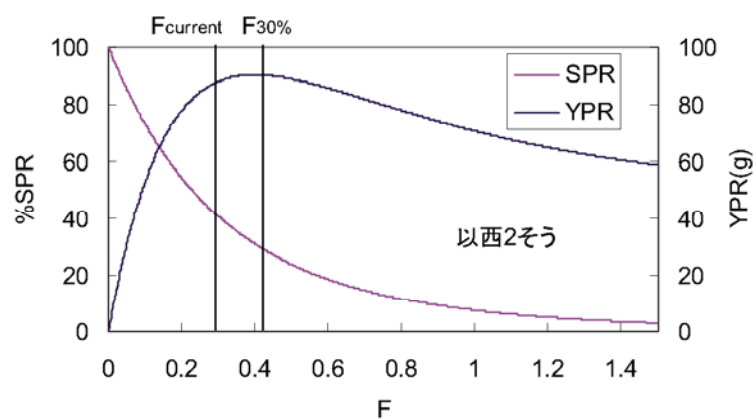


図 14a. YPR と SPR (F は 1 歳時、年齢別選択率は 2002～2004 年平均) (以西 2 そう)

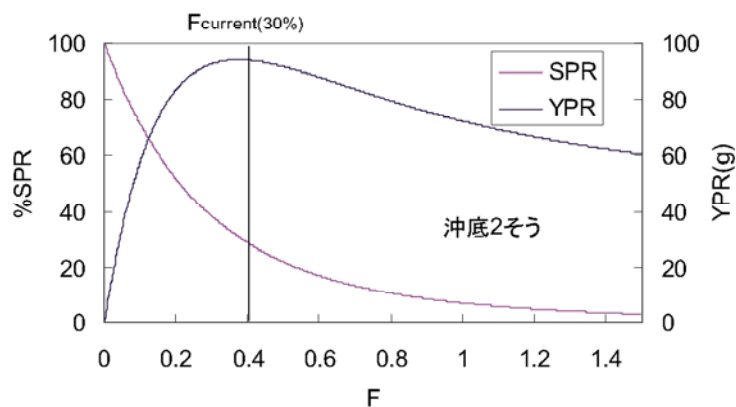


図 14b. YPR と SPR (F は 1 歳時、年齢別選択率は 2002～2004 年平均) (沖底 2 そう)

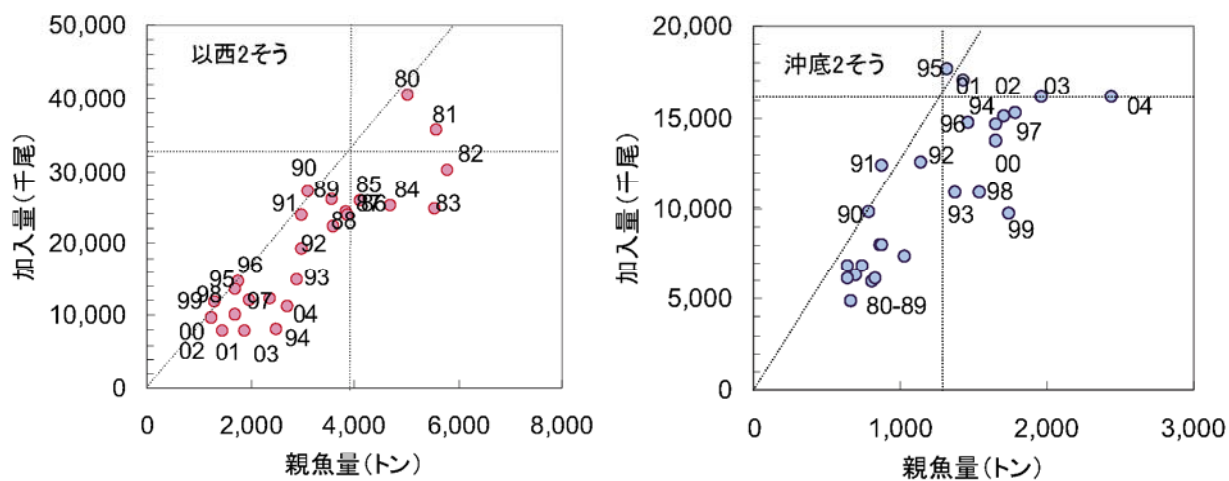


図 15. 親魚量と加入量の関係 (1980～2004 年)

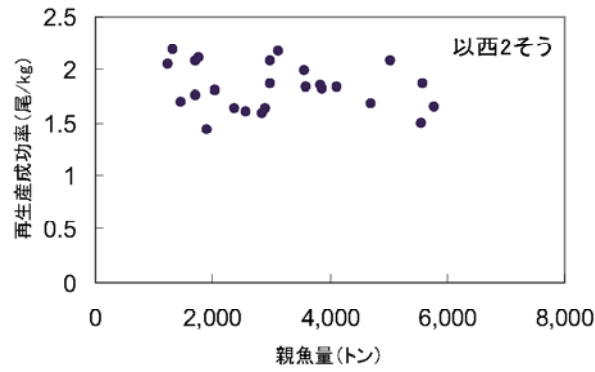


図 16a. 親魚量と再生産成功率の関係(以西 2 そう)

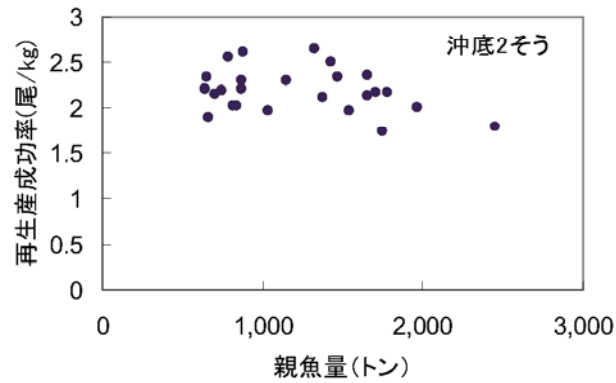


図 16b. 親魚量と再生産成功率の関係(沖底 2 そう)

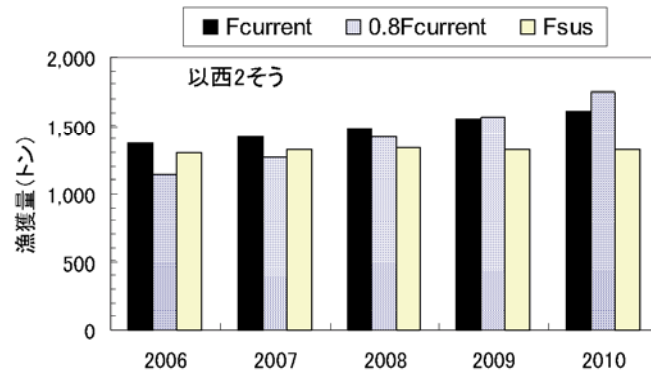


図 17a. F による漁獲量の変化(以西 2 そう)

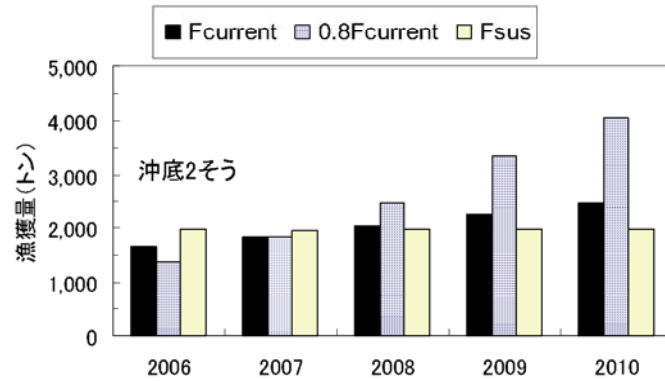


図 17b. F による漁獲量の変化(沖底 2 そう)

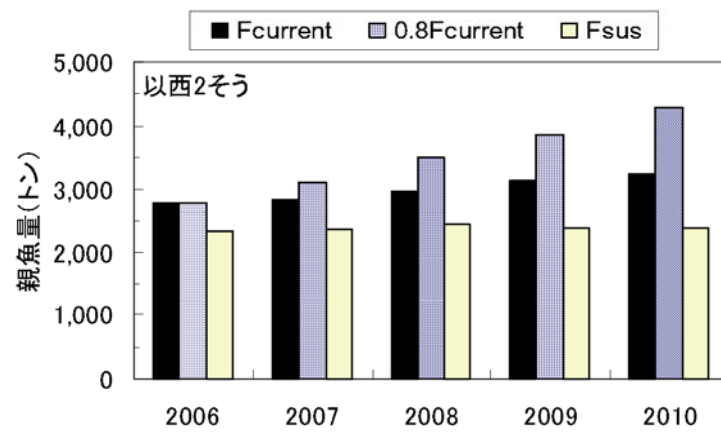


図 18a. F による親魚量の変化(以西 2 そう)

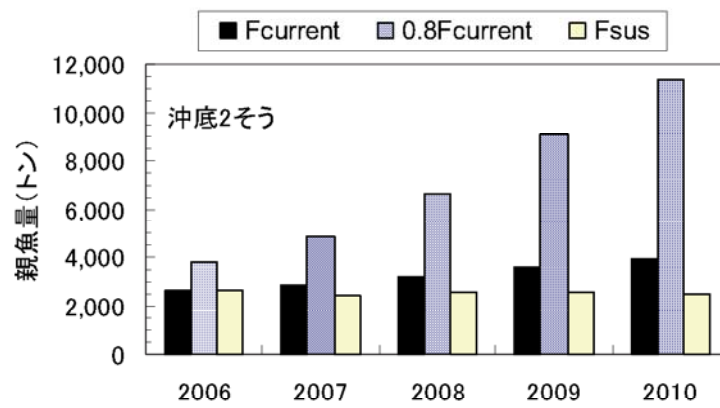


図 18b. F による親魚量の変化(沖底 2 そう)

補足資料 1

表 1. キダイ日本海・東シナ海系群のコホート計算 (2 そうびき以西底びき網漁業対象資源)

年\年齢	漁獲尾数(千尾)				漁獲重量(トン)				漁獲係数 F				資源尾数(千尾)			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1980	1,050	10,945	8,370	4,139	38	766	1,507	1,613	0.03	0.44	0.73	0.73	40,339	33,715	17,814	8,810
1981	498	9,508	7,964	4,741	18	666	1,433	1,847	0.02	0.41	0.70	0.70	35,634	31,434	17,351	10,328
1982	648	9,253	7,772	5,091	23	648	1,399	1,984	0.02	0.45	0.71	0.71	30,071	28,152	16,789	10,999
1983	503	8,416	7,035	5,353	18	589	1,266	2,086	0.02	0.50	0.77	0.77	24,728	23,554	14,388	10,948
1984	843	7,014	5,149	4,233	30	491	927	1,650	0.04	0.51	0.68	0.68	25,190	19,395	11,446	9,410
1985	321	5,277	4,132	3,735	12	369	744	1,455	0.01	0.36	0.67	0.67	25,850	19,462	9,352	8,453
1986	577	6,464	4,861	3,263	21	452	875	1,272	0.03	0.43	0.67	0.67	24,168	20,459	10,932	7,339
1987	348	6,222	5,058	3,545	13	436	910	1,381	0.02	0.45	0.73	0.73	23,900	18,879	10,684	7,488
1988	369	5,345	4,321	3,137	13	374	778	1,222	0.02	0.38	0.68	0.68	22,271	18,869	9,634	6,994
1989	270	6,335	5,302	3,447	10	443	954	1,343	0.01	0.51	0.82	0.82	25,881	17,543	10,397	6,759
1990	666	5,945	4,354	3,116	24	416	784	1,214	0.03	0.39	0.83	0.83	27,014	20,529	8,467	6,061
1991	430	7,762	6,018	2,730	15	543	1,083	1,064	0.02	0.52	0.89	0.89	23,817	21,084	11,197	5,080
1992	931	7,321	5,077	2,712	34	512	914	1,057	0.06	0.56	0.81	0.81	19,110	18,729	10,047	5,366
1993	484	5,971	4,571	2,943	17	418	823	1,147	0.04	0.60	0.88	0.88	14,933	14,505	8,552	5,506
1994	496	4,675	3,581	2,629	18	327	645	1,024	0.05	0.59	0.96	0.96	12,146	11,552	6,361	4,670
1995	138	4,137	3,100	2,050	5	290	558	799	0.01	0.67	1.08	1.08	14,713	9,304	5,135	3,396
1996	1,158	3,973	1,309	800	42	278	236	312	0.14	0.47	0.48	0.48	9,584	11,684	3,813	2,329
1997	528	3,115	2,130	1,113	19	218	383	434	0.06	0.72	0.51	0.51	9,975	6,658	5,856	3,060
1998	346	2,987	1,077	1,778	12	209	194	693	0.05	0.57	0.61	0.61	7,984	7,533	2,594	4,282
1999	152	2,160	1,442	1,269	5	151	260	494	0.02	0.50	0.63	0.63	8,043	6,098	3,403	2,994
2000	80	673	701	644	3	47	126	251	0.01	0.13	0.30	0.30	11,898	6,318	2,979	2,738
2001	370	2,572	1,466	1,113	13	180	264	434	0.03	0.36	0.45	0.45	13,781	9,476	4,470	3,393
2002	856	2,499	1,499	1,133	31	175	270	442	0.08	0.30	0.37	0.37	12,460	10,729	5,321	4,023
2003	302	2,872	1,909	1,543	11	201	344	601	0.03	0.42	0.40	0.40	12,894	9,236	6,388	5,162
2004	563	1,748	1,825	2,328	20	122	328	907	0.05	0.21	0.53	0.53	13,045	10,078	4,864	6,206

表 2. 漁獲量とコホート表計算結果（2 そうびき以西底びき網漁業対象資源）

	資源重量	漁獲重量	親魚量	加入量	漁獲割合	再生産成功率
年	(トン)	(トン)	(トン)	(千尾)	(%)	(尾/g)
1980	10,452	3,924	5,036	40,339	38	0.00801
1981	10,631	3,964	5,586	35,634	37	0.00638
1982	10,361	4,054	5,797	30,071	39	0.00519
1983	9,395	3,959	5,561	24,728	42	0.00445
1984	7,992	3,098	4,697	25,190	39	0.00536
1985	7,270	2,580	4,135	25,850	35	0.00625
1986	7,130	2,620	3,844	24,168	37	0.00629
1987	7,023	2,740	3,879	23,900	39	0.00616
1988	6,582	2,388	3,593	22,271	36	0.00620
1989	6,665	2,751	3,570	25,881	41	0.00725
1990	6,295	2,438	3,124	27,014	39	0.00865
1991	6,328	2,706	2,987	23,817	43	0.00797
1992	5,898	2,517	2,995	19,110	43	0.00638
1993	5,238	2,405	2,915	14,933	46	0.00512
1994	4,211	2,014	2,392	12,146	48	0.00508
1995	3,429	1,652	1,785	14,713	48	0.00824
1996	2,757	867	1,251	9,584	31	0.00766
1997	3,072	1,054	1,719	9,975	34	0.00580
1998	2,950	1,108	1,902	7,984	38	0.00420
1999	2,496	911	1,473	8,043	36	0.00546
2000	2,474	427	1,335	11,898	17	0.00891
2001	3,286	891	1,724	13,781	27	0.00799
2002	3,725	917	2,047	12,460	25	0.00609
2003	4,272	1,157	2,586	12,894	27	0.00499
2004	4,469	1,378	2,856	13,045	31	0.00457

表 3. キダイ日本海・東シナ海系群のコホート計算 (2 そうびき沖合底びき網漁業対象資源)

年\年齢	漁獲尾数 (千尾)				漁獲重量 (トン)				漁獲係数 F				資源尾数 (千尾)			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1980	307	1,568	1,018	702	11	110	183	273	0.04	0.31	0.62	0.62	7,968	6,591	2,418	1,666
1981	359	2,846	2,361	1,065	13	199	425	415	0.06	0.72	1.09	1.09	7,392	6,120	3,895	1,757
1982	433	2,133	1,285	820	16	149	231	319	0.09	0.54	0.88	0.88	5,904	5,611	2,400	1,531
1983	152	1,681	1,369	683	5	118	246	266	0.03	0.56	0.85	0.85	6,793	4,351	2,615	1,304
1984	445	1,796	1,087	726	16	126	196	283	0.08	0.47	0.90	0.90	6,241	5,316	2,004	1,339
1985	388	2,146	1,443	587	14	150	260	229	0.09	0.72	0.90	0.90	4,869	4,611	2,674	1,088
1986	115	951	838	572	4	67	151	223	0.02	0.35	0.71	0.71	6,111	3,561	1,807	1,233
1987	223	1,121	772	459	8	78	139	179	0.04	0.30	0.55	0.55	6,815	4,802	2,013	1,196
1988	404	2,021	1,348	701	15	141	243	273	0.08	0.55	0.73	0.73	6,059	5,270	2,857	1,486
1989	148	1,389	1,239	851	5	97	223	332	0.02	0.42	0.81	0.81	7,980	4,502	2,440	1,677
1990	455	1,832	1,137	699	16	128	205	272	0.05	0.39	0.74	0.74	9,783	6,273	2,381	1,463
1991	386	2,195	1,497	644	14	154	269	251	0.04	0.39	0.66	0.66	12,387	7,445	3,407	1,466
1992	771	3,214	1,832	919	28	225	330	358	0.07	0.46	0.69	0.69	12,532	9,595	4,026	2,019
1993	343	2,662	2,101	1,050	12	186	378	409	0.04	0.38	0.65	0.65	10,847	9,369	4,851	2,423
1994	472	3,018	2,952	1,748	14	174	438	562	0.04	0.51	0.99	0.99	14,620	8,399	5,155	3,053
1995	897	3,495	2,022	1,223	32	245	364	477	0.06	0.42	0.79	0.79	17,648	11,311	4,067	2,459
1996	780	5,107	3,047	1,212	28	358	549	472	0.06	0.55	0.82	0.82	14,713	13,362	5,976	2,377
1997	242	4,173	3,546	1,687	9	292	638	657	0.02	0.54	0.98	0.98	15,073	11,111	6,203	2,951
1998	939	4,420	2,387	1,257	34	309	430	490	0.10	0.53	0.70	0.70	10,828	11,880	5,222	2,749
1999	472	3,327	2,594	1,468	17	233	467	572	0.06	0.63	0.71	0.71	9,648	7,852	5,620	3,180
2000	345	1,513	1,594	1,649	12	106	287	643	0.03	0.26	0.74	0.74	13,760	7,321	3,361	3,477
2001	660	2,892	1,834	1,063	24	203	330	415	0.04	0.35	0.59	0.59	17,066	10,734	4,529	2,626
2002	880	4,505	2,872	1,511	32	315	517	589	0.07	0.48	0.74	0.74	15,258	13,106	6,046	3,180
2003	566	3,459	2,346	1,272	20	242	422	495	0.04	0.41	0.51	0.51	16,114	11,459	6,525	3,537
2004	737	3,692	2,461	1,956	27	258	443	762	0.05	0.40	0.58	0.58	16,146	12,426	6,127	4,871

表 4. 漁獲量とコホート表計算結果（2 そうびき沖合底びき網漁業対象資源）

	資源重量	漁獲重量	親魚量	加入量	漁獲 割合	再生産 成功率
年	(トン)	(トン)	(トン)	(千尾)	(%)	(尾/g)
1980	1,833	578	867	7,968	32	0.0092
1981	2,080	1,053	1,035	7,392	51	0.0071
1982	1,634	716	813	5,904	44	0.0073
1983	1,528	636	743	6,793	42	0.0091
1984	1,479	620	702	6,241	42	0.0089
1985	1,404	653	665	4,869	47	0.0073
1986	1,275	444	643	6,111	35	0.0095
1987	1,410	404	647	6,815	29	0.0105
1988	1,680	672	836	6,059	40	0.0072
1989	1,695	658	873	7,980	39	0.0091
1990	1,790	622	784	9,783	35	0.0125
1991	2,152	688	878	12,387	32	0.0141
1992	2,634	941	1,149	12,532	36	0.0109
1993	2,864	986	1,381	10,847	34	0.0079
1994	3,232	1,189	1,654	14,620	37	0.0088
1995	3,117	1,118	1,324	17,648	36	0.0133
1996	3,467	1,407	1,464	14,713	41	0.0101
1997	3,587	1,597	1,708	15,073	45	0.0088
1998	3,233	1,263	1,541	10,828	39	0.0070
1999	3,148	1,289	1,745	9,648	41	0.0055
2000	2,968	1,049	1,658	13,760	35	0.0083
2001	3,204	971	1,431	17,066	30	0.0119
2002	3,794	1,453	1,783	15,258	38	0.0086
2003	3,935	1,181	1,966	16,114	30	0.0082
2004	4,452	1,491	2,450	16,146	33	0.0066

補足資料 2

1. 調査船調査

5～6月に東シナ海陸棚縁辺部で行った着底トロール調査によって推定された1歳魚を主体とする分布量を以下に示す（調査海域 138 千 km²、漁獲効率を 1 とした計算）。調査海域はキダイの主分布域とほぼ重なっている。

年	2000	2001	2002	2003	2004	2005
現存量推定値	3,221	4,297	2,145	2,965	3,729	3,453

2. コホート計算

キダイの年齢別漁獲尾数を推定し、コホート計算によって資源尾数を計算した。使用した年齢別平均尾叉長、体重は 2000～2004 年にかけて行った生物測定結果および成長式などの既往の知見より推定した。成熟率については 2 歳の前期で 3 割が、後期には 7 割前後の個体が成熟卵を持つとされているので（真道 1960）、ここでは 2 歳の成熟率を 0.5 とし、3 歳以上については 1 とした。

年齢	0	1	2	3+
尾叉長(cm)	10.5	14.6	19.0	25.0
体重(g)	36	70	180	390
成熟率(%)	0	0	50	100

年齢別漁獲尾数は、以西底びき網漁業と沖合底びき網漁業の銘柄別漁獲量からそれぞれ推定を行った。中国・韓国の漁獲については考慮していない。

年齢別資源尾数の計算にはコホート計算を用い、最高年齢群 3 歳以上と 2 歳の各年の漁獲係数 F は等しいとした。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M_a) \quad (1)$$

$$N_{3+,y+1} = N_{3+,y} \exp(-F_{3+,y} - M_{3+}) + N_{2,y} \exp(-F_{2,y} - M_2) \quad (2)$$

$$C_{a,y} = N_{a,y} \frac{F_{a,y}}{F_{a,y} + M_a} (1 - \exp(-F_{a,y} - M_a)) \quad (3)$$

$$F_{3+,y} = F_{2,y}$$

ここで、 N は資源尾数、 C は漁獲尾数、 a は年齢（0～3 歳）、 y は年、 F の計算は、平松（内部資料）、平松（2000）が示した、石岡・岸田（1985）の反復式を使う方法によった（補注 2）。最近年（2004 年）の 1 歳および最高齢の F は、以西底びき網漁業対象資源については、以西底びき網漁業の CPUE（一網当たり漁獲量の有漁漁区平均）および着底トロールによる

現存量推定値の変動傾向と、資源量の変動傾向がもっとも合うように決めた（補注3）。あわせる期間は現存量推定値が得られる2000～2004年とした。沖合底びき網漁業対象資源については、沖合底びき網漁業のCPUE（一網当り漁獲量）変動傾向と、各年の資源量の変動傾向がもっとも合うように決めた。あわせる期間は漁獲努力量がほぼ同じ水準の1999～2004年とした。

$$\sum_{a=0}^3 \sum_{y=2000}^{2004} \{\ln(q_{1,a} B_{a,y}) - \ln(I_{a,y})\}^2 \quad (\text{以西})$$

$$\sum_{a=0}^3 \sum_{y=1999}^{2004} \{\ln(q_{2,a} B_{a,y}) - \ln(CPUE_{a,y})\}^2 \quad (\text{沖底})$$

$$q_{1,a} = \left(\frac{\prod_{y=2000}^{2003} I_{a,y}}{\prod_{y=2000}^{2003} B_{a,y}} \right)^{\frac{1}{4}}, q_{2,a} = \left(\frac{\prod_{y=1999}^{2004} CPUE_{a,y}}{\prod_{y=1999}^{2004} B_{a,y}} \right)^{\frac{1}{8}}$$

ここで、Bは資源量、Iは指標値（補注3）。その結果、以西では $F_{1,2004}=0.21$, $F_{2,2004}=0.53$ 、沖底では $F_{1,2004}=0.40$, $F_{2,2004}=0.58$ と推定された。2001～2003年の平均加入量と仮定した $F_{0,2004}$ については、沖底ともに0.05と推定された。

補注1. 年齢別漁獲尾数を以下のように推定した。以西底びき網漁業については1996年から詳細な入り数別漁獲箱数の情報が集計されているので、1996～2004年については、入り数別漁獲箱数と入り数別体長組成から推定を行った。1995年以前については大・中・小・芝の4銘柄区分での漁獲統計しかない。そこで、1996～2003年についてそれぞれの銘柄区分にどの入り数が対応するかを調べ、1995年以前について銘柄別漁獲量を入り数別漁獲量に換算したのち、体長別漁獲尾数を算定した。これと月ごとに定めた各年齢の体長範囲により、年齢別漁獲尾数を推定した。

補注2. 石岡・岸田（1985）は、VPAで使われる生残の方程式と漁獲方程式

$$N_{a+1} = N_a \exp(-F_a - M) \quad (A1)$$

$$C_a = \frac{F_a}{F_a + M} N_a \{1 - \exp(-F_a - M)\} \quad (A2)$$

から反復計算によりFを求める方法として、

$$F_a^{new} = \ln \left\{ 1 + \frac{C_a}{N_{a+1}} \exp(-M) \frac{F_a + M}{F_a} \frac{1 - \exp(-F_a)}{1 - \exp(-F_a - M)} \right\} \quad (A3)$$

を示した。(2)式において(3)式による C_{a+y} と $C_{a-1,y}$ を使って N_{a+y} と $N_{a-1,y}$ を消去す

ると

$$N_{a+y+1} = \frac{C_{a+}(\alpha F_{a-1} + M)}{\alpha F_{a-1}(\exp(\alpha F_{a-1} + M) - 1)} + \frac{C_{a-1}(F_{a-1} + M)}{F_{a-1}(\exp(F_{a-1} + M) - 1)} \quad (A4)$$

さらに、

$$\begin{aligned} \exp(F_a + M) - 1 &= \exp(F_a + M) \frac{1 - \exp(-F_a - M)}{1 - \exp(-F_a)} \{1 - \exp(-F_a)\} \\ &= \frac{1 - \exp(-F_a - M)}{1 - \exp(-F_a)} \exp(M) \{\exp(F_a) - 1\} \end{aligned} \quad (A5)$$

を使って変形すると

$$\begin{aligned} N_{a+y+1} &= \frac{C_{a+}(\alpha F_{a-1} + M)(1 - \exp(-\alpha F_{a-1}))}{\alpha F_{a-1}(1 - \exp(-\alpha F_{a-1} - M))} \exp(-M) \frac{1}{\exp(\alpha F_{a-1}) - 1} \\ &\quad + \frac{C_{a-1}(F_{a-1} + M)(1 - \exp(-F_{a-1}))}{F_{a-1}(1 - \exp(-F_{a-1} - M))} \exp(-M) \frac{1}{\exp(F_{a-1}) - 1} \end{aligned} \quad (A6)$$

さらに (A3) 式を参考に F について変形すると

$$\begin{aligned} \exp(F_{a-1}) - 1 &= \frac{1}{N_{a+y+1}} \frac{C_{a+}(\alpha F_{a-1} + M)(1 - \exp(-\alpha F_{a-1}))}{\alpha F_{a-1}(1 - \exp(-\alpha F_{a-1} - M))} \exp(-M) \frac{\exp(F_{a-1}) - 1}{\exp(\alpha F_{a-1}) - 1} \\ &\quad + \frac{1}{N_{a+y+1}} \frac{C_{a-1}(F_{a-1} + M)(1 - \exp(-F_{a-1}))}{F_{a-1}(1 - \exp(-F_{a-1} - M))} \exp(-M) \\ F_{a-1}^{new} &= \ln \left[1 + \frac{1 - \exp(-F_{a-1})}{N_{a+y+1} F_{a-1}} \exp(-M) \right. \\ &\quad \left. \times \left\{ \frac{C_{a+}(\alpha F_{a-1} + M)}{\alpha(1 - \exp(-\alpha F_{a-1} - M))} \exp((1 - \alpha)F_{a-1}) + \frac{C_{a-1}(F_{a-1} + M)}{1 - \exp(-F_{a-1} - M)} \right\} \right] \end{aligned}$$

平松（内部資料）より抜粋。

補注 3. 5～6 月に行われた着底トロール現存量推定調査で得られた現存量推定値のうち(補足資料 2-1)、1 歳魚の分布が主体である海域の現存量推定値を 1 歳魚の指標とし、2 歳魚以上が分布の主体である海域の現存量推定値を 2 歳魚以上の資源量の指標とした。各年、各年齢ごとに以西底びき網漁業の CPUE と相乗平均したものに、資源量の動向を合わせた。0 歳魚については現存量推定調査ではほとんど漁獲されないと考えられるため、現存量推定値は考慮に入れなかった。

	年	2000	2001	2002	2003	2004
現存量推定値	(1 歳魚主体)	784	927	553	785	857
	(2 歳魚以上主体)	223	1894	698	492	607

(単位：トン)

		2000	2001	2002	2003	2004
CPUE	0 歳	0.2	0.9	2.2	0.8	1.8
	1 歳	3.3	12.6	12.6	14.0	10.7
	2 歳	8.9	18.4	19.4	23.8	28.6
	3 歳以上	17.7	30.2	31.7	41.7	79.1

(単位：トン)

		2000	2001	2002	2003	2004
指標値	0 歳	0.2	0.9	2.2	0.8	1.8
	1 歳	51	108	83	105	96
	2 歳	45	187	116	108	132
	3 歳以上	63	239	149	143	219