

平成 16 年カタクチイワシ対馬暖流系群の資源評価

責任担当水研：西海区水産研究所（大下誠二）

参画機関：日本海区水産研究所、青森県水産総合研究センター、秋田県水産振興センター、山形県水産試験場、新潟県水産海洋研究所、富山県水産試験場、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府立海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター、鳥取県水産試験場、島根県水産試験場、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

本資源は 1997 年から 1999 年まで資源量が多かったが、2000 年から 2002 年まで資源量は減少した。2003 年は 2002 年を上回った。対馬暖流域の日本の漁獲量をみると、1998 年から 2000 年までは 10 万トンを超えていたが、2001 年には 6 万 5 千トン、2002 年には 6 万 6 千トン、2003 年には 7 万 7 千トンであった。これは 2003 年の加入が良かったため、過去 2 年の漁獲量を上回ったと判断される。2004 年以降も加入状況次第で資源量は変化するが、2001 年から 2003 年までの平均程度の加入を見込み、2004 年の資源量を維持する F を F_{limit} として ABC を計算した。 ABC_{target} は予防的措置の観点から $0.8 \times F_{limit}$ とした。

	2005 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	75 千トン	F_{sus}	0. 33	33%
ABC_{target}	73 千トン	$0.8 \times F_{limit}$	0. 27	28%

ただし、鹿児島県のシラスを含む値である。

年	資源量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合
2002	1022	66 (3)	0. 13	6. 4%
2003	363	77 (3)	0. 82	21. 2%
2004	—	—	—	—

ただし、 F は各月齢に対するすべての月の平均値である。() 内は鹿児島県のシラスの漁獲量である。2003 年の資源量はやや過小推定の可能性がある（補注 1）。2004 年の資源量は 2003 年の資源量が確定してないため、本報告では暫定的な値しか推定されないため記述していない。

水準：中位 動向：横ばい

1. まえがき

本資源は、日本海北区(石川県から新潟県)では主に定置網・敷網により漁獲され、日本海西区(山口県から福井県)では主に大中型まき網・中型まき網・定置網・敷網により漁獲されている。東シナ海区(福岡県から鹿児島県)では、おもに中型まき網により漁獲される。なお、日本海および東シナ海では一部の海域を除いて、太平洋や瀬戸内海のようなシラス

を対象とした漁業は発達していない。

2. 生態

(1) 分布・回遊

カタクチイワシは日本海では日本、朝鮮半島、沿海州の沿岸域を中心に分布する(落合・田中 1986)。近年では、日本海の中央部や間宮海峡以南の北西部でも分布が確認されている(ベリヤーエフ・シェルシェンコフ 1997; シェルシェンコフ 1999)。東シナ海では、日本、朝鮮半島、中国の沿岸域を中心にして沖合域にも分布することが報告されている(Iversen et al. 1993; Ohshimo 1996)。日本の漁船が漁獲するカタクチイワシの主漁場は沿岸域である(図 1)。

日本海および東シナ海におけるカタクチイワシの詳細な回遊経路は不明である。卵の出現状況からみて、対馬暖流域の産卵は、春から夏にかけて対馬暖流の影響下にある水域で主に行われ、さらに能登半島以南の水域では秋季まで継続する(内田・道津 1958)。

(2) 年齢・成長

対馬暖流域におけるカタクチイワシの成長に関する研究はほとんどないが、季節発生群により成長が異なることが知られている。本報告では、耳石に形成される日周輪を解読した結果、および月別の体長組成の推移により、孵化後半年後には被鱗体長で約 9cm 程度に成長するものと仮定している(図 2)。

(3) 成熟・産卵生態

本報告では孵化後 6 ヶ月以後から産卵に参加すると仮定した(図 3)。カタクチイワシは厳冬期を除く周年にわたり産卵することが知られている。

(4) 被補食関係

カタクチイワシは動物プランクトンのうち主にカイアシ類を主食とする。カタクチイワシを餌とする生物は多く、仔稚魚期には動物プランクトンやマアジ・マサバなどの魚類に、未成魚・成魚期には魚類の他に、クジラやイルカなどの海産ほ乳類や海鳥類などにも捕食される。

3. 漁業の状況

(1) 主要漁業の概要

カタクチイワシ対馬暖流系群の主要漁業は中型まき網と大中型まき網であり、ほかにすくい網などがある。日本海では大中型まき網による漁獲が盛んであるが、東シナ海では大中型まき網の主対象魚となっていない。

(2) 漁獲量の推移

日本海では、日本海北区の漁獲量は 1995 年に約 9 千トンまで増加した後、1997 年を除いて 5 千トン以上を維持してきたものの、2001 年は 393 トンまで減少した。2002 年には 7 千トン、2003 年には約 5 千トンであった(図 4・表 1)。日本海西区の漁獲量は 1994 年を除いて 1991 年から 1998 年(7 万トン)まで増加した。その後 2000 年まで 5 万トン以上で推移していたが、2001 年以降は 2 万トン前後で推移している(図 4・表 1)。

東シナ海区での漁獲量は 1991 年以降 2000 年まで増加傾向(2000 年は 6 万 5 千トン)にあったものの、2001 年以降は 4 万トン～4 万 5 千トンで推移している(図 4・表 1)。対馬

暖流系全体をみると、1997 年を除いて 1996 年から 2000 年まで 10 万トンを超える漁獲量があったが、2001 年は 6 万 5 千トン 2002 年は 6 万 6 千トン、2003 年は 7 万 7 千トンであった。熊本県や鹿児島県の沿岸域で行われるカタクチイワシのシラスを対象とした漁業では、2002 年の春季にシラスの水揚げが 2001 年に比べて大きく減少した。2003 年は 2002 年よりもやや増加した。

韓国の漁獲量は、1995 年以降 20 万トンを超えており、2000 年以降は増減を繰り返している(表 1)。韓国近海のカタクチイワシの漁場は韓国南岸および東岸である(韓国国立水産振興院 2000)。中国のカタクチイワシの漁獲量は、1997 年以降 100 万トンを越えている。漁獲量のピークは 1998 年である。

4. 資源の状態

(1) 資源評価方法

資源評価には、1)産卵調査、2)計量魚群探知機による調査と沿岸域の CPUE、3)新規加入量調査、4)各月の月齢別漁獲尾数を用いたコホート解析を用いた。

(2) 資源量指標値の推移

図 5 に日本海における卵豊度の推移を示した。また表 2 には日本海と東シナ海における卵豊度の結果を示した。日本海および東シナ海とも 1998 年に卵豊度が急激に増加した。この卵豊度の高位水準は 2000 年まで持続したものの 2001 年は卵豊度が減少したが、2002 年・2003 年はやや持ち直している。

図 6 に夏季に九州西岸から対馬海峡で行っている計量魚群探知機調査の結果(現存量指標値; Ohshimo 2004)と同時に進行されている中層トロールの CPUE (kg/有漁網数)を示した。現存量指標値は 1998 年から 2001 年まで高い水準で、2002 年・2003 年は減少した。中層トロールの CPUE は 1999 年を除き、1997 年以降は漸減傾向にあった。

図 7 に 6 月と 8・9 月に実施したニューストンネットによる 1 網あたりのカタクチイワシのシラスの密度(尾数/有効網)の変化を示した。2003 年は他の年に比べて多い結果となった。2004 年のシラスの密度は 2003 年よりも下回ったが、2002 年と同程度であった。

(3) 漁獲物の年齢組成

図 8 に 2003 年に各県水産試験研究機関および水産総合研究センターが測定したカタクチイワシ対馬暖流系群の月別の体長組成から推定した月齢別漁獲尾数の割合を示した。

(4) 資源量の推移

資源量を推定するにあたって、昨年度と同様に自然死亡係数 M はシラス期を高く、成長とともに低くなるように設定した(表 5)。

図 9 に計算された資源量、漁獲割合および F を示した。1991 年以降 1996 年まで資源量は 55 万トンから 89 万トンであったが、1997 年以降 1999 年まで 100 万トンを越え、2000 年には 77 万トン、2001 年には 44 万トン、2002 年には 102 万トン、2003 年は 36 万トンと推定された。ただし、2003 年の資源量推定値は、2003 年 12 月までの漁獲量や月齢組成を使っており、2003 年級群が完結するまで、やや過小推定の可能性がある。

また、月齢に対する M の値をいろいろと変えたときの資源量を図 10 に示した。その時の各月齢に対する M を表 5 に示した。資源量は高水準期にやや仮定間で差が認められたが、2003 年の推定された資源量には差はなかった。

図 11 にカタクチイワシ対馬暖流系群の再生産関係を、図 12 に%SPR と YPR の図を、図 13 に産卵親魚量と F との関係を示した。

(5) 資源水準・動向の判断

カタクチイワシ対馬暖流系群の資源水準は 1991 年以降もっとも低い水準にある。1990 年以前の資源量は推定できてないが、漁獲量の推移(図 4)などから判断して資源水準は中位にあると判断された。

2003 年 12 月までの資源量の推移で判断すると、資源動向は横ばいと判断された。

5. 資源管理の方策

コホート解析による資源量の推定が 1991 年からであり、やや解析期間が短いため、はっきりとは言えないが、図 9 をみると、漁獲割合は高くても 20%程度であり、過大な漁獲圧がかかっているとは言えない。管理目標としては、加入が現状のまま続くのであれば、現状程度の漁獲圧でよいものとする。

1991 年以降の各種資源評価調査の結果から、カタクチイワシの資源が高水準の時には産卵親魚量が多いこと、卵豊度が高いことが分かった。1997 年から 1999 年までがカタクチイワシの高水準期であったと考えられるが、1998 年は東シナ海および日本海で水温が著しく高い傾向にあった。Davidova and Shevchenko (2002)は日本海のロシア沿岸域(ピョートル大帝湾)で 1998 年に多くのカタクチイワシの産卵された卵を観察している。したがって、1998 年の高水温がカタクチイワシの分布域・産卵域を北へと広げ、その結果加入量が多くなったと考えられる。カタクチイワシの寿命は 2 年程度と考えられているので、2000 年以降には 1998 年に発生した高い豊度のカタクチイワシ資源が寿命により減少したと思われる。1990 年代はカタクチイワシの漁獲量が 1980 年代よりも高く、1988 年以降に各地で観察されている海水温の上昇がカタクチイワシの資源量を増加させている可能性もある。しかしながら、2000 年以降もプラス偏差の海水温であったことから、2001 年、2002 年のカタクチイワシの資源量の減少を海水温だけでは説明できない。カタクチイワシの餌生物である動物プランクトンの現存量の経年変化や、魚食性生物の現存量の経年変化などの原因を探る必要がある。

6. 管理目標・管理基準値・2005 年 ABC の設定

(1) 資源評価のまとめ

各月の月齢別漁獲尾数からコホート解析により計算された資源量は 1997 年から 1999 年まで 100 万トンを超えていたが、2001 年・2002 年は大幅に減少し、30 万トン台程度と推定された。産卵調査でも 1998 年から 2000 年までは日本海および九州西岸域で高い卵豊度を示し、計量魚群探知機による音響調査の結果、CPUE などから判断しても、ほぼコホート解析と同じ変動傾向を示した。

(2) 資源管理目標

カタクチイワシは若齢魚が漁獲の対象となり、その漁獲量は加入量の水準により大きく変化する。図 11 の産卵親魚量と 1 ヶ月魚の加入尾数との関係をみると、産卵親魚量が多ければ加入量が多くなる傾向があるが、海洋環境の条件などの影響もあると判断される。資源水準と動向は中位・横ばいなので、漁獲制御ルール 1-3)-(2)を採用した。ABC を計算

するための式は次のとおりである。

$$F_{\text{limit}} = \text{基準値} (F_{30\%}, F_{0.1}, F_M \text{等}) \times \beta$$

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

ただし、 β は 1 以下、 α の標準値は 0.8 である。

(3) 2005 年 ABC の設定

2005 年の ABC を設定するにあたって、2004 年および 2005 年の加入量は次のように仮定した。まず、2004 年と 2005 年の各月の加入尾数は、2001 年から 2003 年の各月の 1 ヶ月魚の資源尾数の平均値とした。2004 年の各月の各月齢魚に対する F は 2001 年から 2003 年の各月の各月齢に対する F と同じとした。これは、2003 年の後半の F がやや過大に推定されていると判断したためである。2005 年の各月の各月齢に対する F は 2004 年の各月の各月齢の F に係数を乗じ、この係数を変化させることによって、資源量や漁獲量が計算できるようにした。

資源は中位で横ばいであるので、漁獲圧を抑えて産卵親魚量を増加させるほどではない。したがって、2001 年から 2003 年の平均の F 程度で漁獲しても資源は 2004 年を維持すると判断されるのでこれを F_{limit} とする。なお、2001 年から 2003 年の平均の $F(0.33)$ は 2003 年の $F(0.82)$ よりもかなり小さく、加入が 2001 年から 2003 年の平均程度にあれば、資源は横ばいで推移する。予防的措置の観点から、 F_{target} は $0.8 \times F_{\text{limit}}$ とする。

	2005 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	75 千トン	F_{sus}	0.33	33%
ABC_{target}	73 千トン	$0.8 \times F_{\text{limit}}$	0.27	28%

(4) F 値の変化による資源量・漁獲量の推移

下表に F_{sus} を基準にして、 F を変化させたときの 2005 年の資源量および漁獲量を示した(図 14)。

表 F_{sus} を基準にして F を変化させたときの 2005 年の漁獲量と資源量

		漁獲量 (万トン)	資源量 (万トン)
F	基準値	2005 年	2005 年
0.07	$0.2 \times F_{\text{sus}}$	4.3	44.9
0.13	$0.4 \times F_{\text{sus}}$	6.1	36.1
0.20	$0.6 \times F_{\text{sus}}$	6.9	30.2
0.27	$0.8 \times F_{\text{sus}}$	7.3	25.9
0.33	$1.0 \times F_{\text{sus}}$	7.5	22.7
0.41	$1.2 \times F_{\text{sus}}$	7.6	20.1

(5) ABC_{limit} の検証

本種は若齢魚から漁獲しており、加入が良いと資源量が急速に増加する。各種資源調査などで、加入が良好と判断された場合は ABC_{limit} はこれ以上にしても良い。

(6) 過去の管理目標・基準値・ABC のレビュー

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	資源量	ABC _{limit}	ABC _{target}	漁獲量	管理目標
2003 年(当初)	F _{current}	18.8	1.8	1.5	7.7	資源量維持
2003 年(2003 年 再評価)	F _{current}	51.2	6.7	—	7.7	資源量維持
2003 年(2004 年 再評価)	F _{current}	102.2	—	—	7.7	資源量維持
2004 年(当初)	F _{30%}	61.7	6.1	5.3	—	資源量回復
2004 年(2004 年 再評価)	F _{sus}	—	8.1	7.9	—	資源量回復

なお、単位は万トン。

7. ABC 以外の管理方策の提言

本資源は日本以外にも韓国が漁獲しており、韓国のデータを加えた場合、日本の ABC は変更される可能性がある。中国もカタクチイワシを多く漁獲しているが、本系群との交流の程度が不明である。

8. 引用文献

- ベリヤーエフ V. A. ・シエルシェンコフ S. Y. (1997) 日本海における近年のカタクチイワシの資源尾数の動向. 日ロ漁業専門家・科学者記録(非公開). 水産庁研究部, PP 191-194.
- Davidova, S. V. and Shevchenko, A. V. (2002) Spawning of Japanese anchovy Engraulis japonicus (Engraulidae) in Peter the Great Bay (the Sea of Japan) in 1996-1998. J. Ichthyol., 42, 205-214.
- 韓国国立水産振興院(2000) 韓国 EEZ 内における資源と生態. 314p.
- Iversen, S. A., Zhu, D., Johannessen, A. and Toresen, R. (1993) Stock size, distribution and biology of anchovy in the Yeallow Sea and East China Sea. Fish. Res., 16, 147-163.
- 落合明・田中克(1986) 新版魚類学(下). 恒星社厚生閣, 140p.
- Ohshimo, S. (1996) Acoustic estimation of biomass and school character of the Japanese anchovy Engraulis japonicus in the East China Sea and the Yellow Sea. Fish. Sci., 62, 344-349.
- シエルシェンコフ S. Y. (1999) 1998 年日本海ロシア海里水域における多獲性浮魚資源の分布と状況. 日ロ漁業専門家・科学者会議記録 (非公開). 水産庁資源生産推進部, pp. 177-185.
- 内田恵太郎・道津善衛(1958) 第 1 篇 対馬暖流水域の表層に現れる魚卵・稚魚概説. 対馬暖流開発調査報告書 第 2 輯, 水産庁, pp. 3-65.

表1 カタクチイワシの漁獲量（トン）

年	日本海北区	日本海西区	東シナ海区	韓国	中国
1974	3, 294	6, 401	50, 140	173, 457	
1975	4, 312	7, 026	50, 806	175, 451	
1976	2, 659	11, 854	40, 727	126, 202	
1977	5, 306	17, 532	49, 476	140, 842	
1978	1, 360	14, 545	34, 521	183, 211	
1979	902	7, 255	22, 511	171, 539	
1980	787	4, 913	38, 523	169, 657	
1981	1, 077	8, 032	33, 089	184, 351	
1982	2, 663	10, 751	59, 867	162, 256	
1983	3, 112	20, 184	47, 801	131, 859	
1984	1, 174	15, 343	42, 342	155, 124	
1985	2, 027	11, 128	31, 480	143, 512	
1986	1, 305	20, 441	40, 172	201, 642	
1987	2, 025	13, 261	26, 478	167, 729	
1988	3, 309	13, 434	34, 977	126, 112	
1989	2, 039	14, 596	37, 066	131, 855	
1990	5, 065	7, 964	28, 793	168, 101	
1991	4, 457	32, 089	39, 894	170, 293	
1992	3, 428	36, 001	44, 343	168, 235	
1993	2, 024	32, 008	34, 181	249, 209	557, 000
1994	1, 505	32, 832	22, 503	193, 398	439, 000
1995	8, 968	39, 950	44, 185	230, 679	489, 000
1996	2, 488	61, 791	49, 244	237, 128	678, 000
1997	6, 471	26, 605	45, 369	230, 911	1, 202, 000
1998	7, 074	70, 273	50, 903	249, 519	1, 373, 000
1999	5, 868	65, 764	56, 397	238, 934	1, 097, 000
2000	4, 821	57, 481	64, 872	201, 192	1, 143, 000
2001	393	18, 941	45, 853	273, 927	1, 261, 000
2002	7, 418	17, 682	40, 413	236, 315	
2003	5, 268	28, 259	43, 356	250, 106	

ただし、近年の石川県の属地統計から北海道道東海域で漁獲した値を引いてある。



図1 カタクチイワシ対馬暖流系群の分布

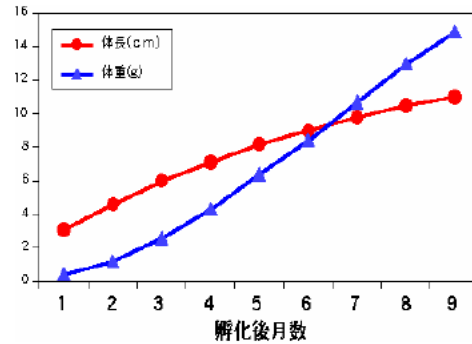


図2 カタクチイワシの成長様式

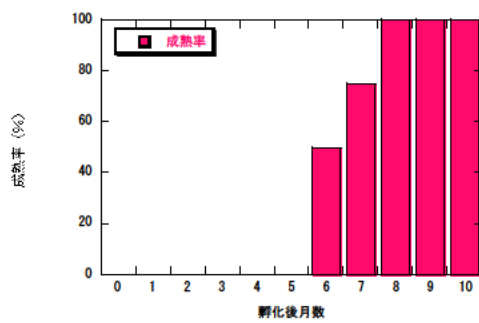


図3 月齢別の成熟率

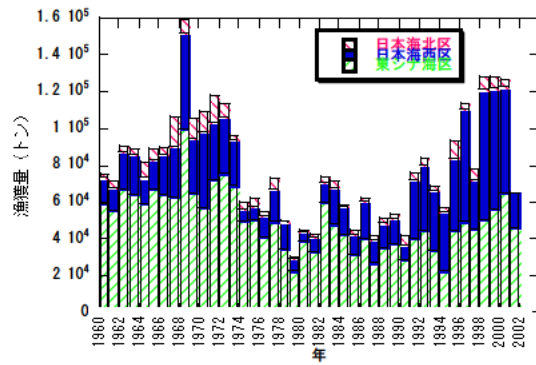


図4 対馬暖流域におけるカタクチイワシの漁獲量

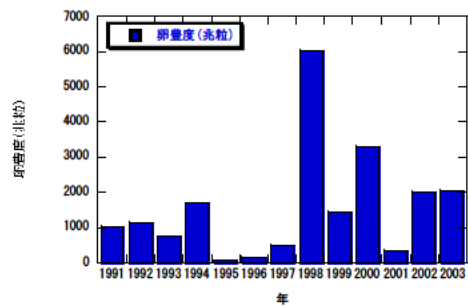


図5 日本海における卵豊度

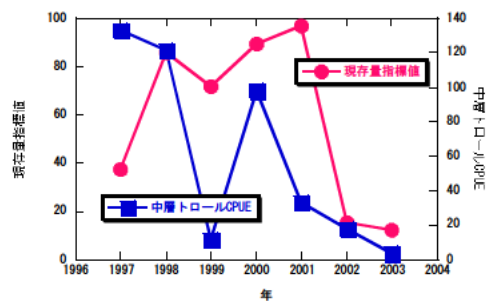


図6 対馬海峡から五島周辺までの現存量指標値と、中層トロールのCPUE

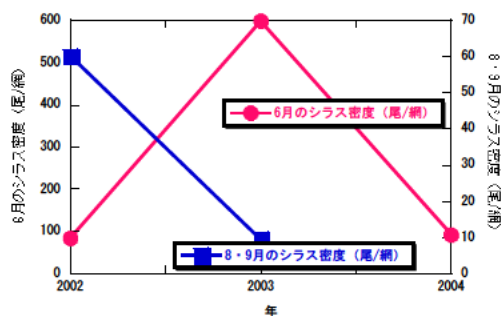


図7 ニューストンネットによるシラスの密度

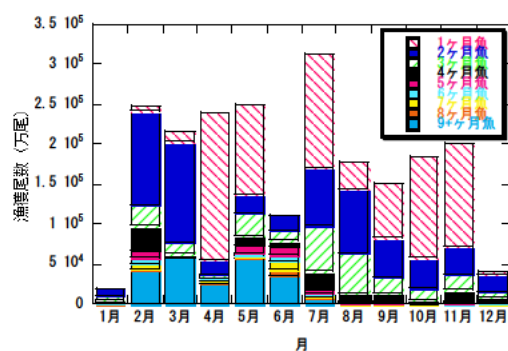


図8 2003年の月齢別漁獲尾数

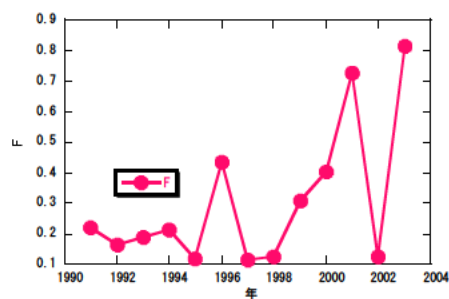
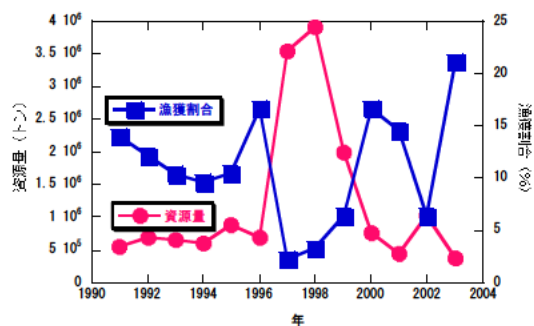


図9 左：推定された資源量と漁獲割合、右：Fの推移

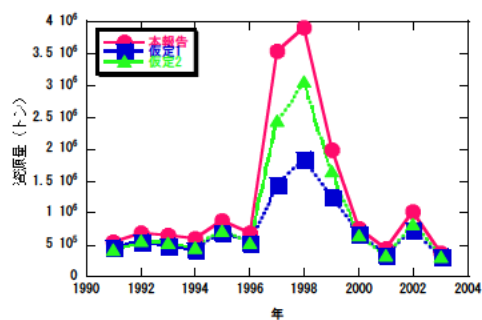


図10 Mの仮定の違いによる資源量の推定値

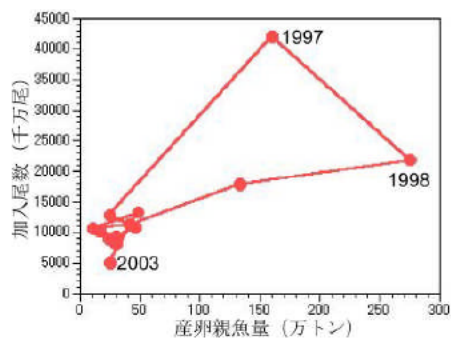


図11 再生産関係

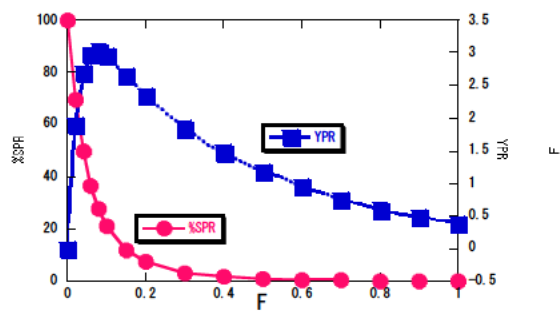


図 12 F と %SPR および YPR との関係

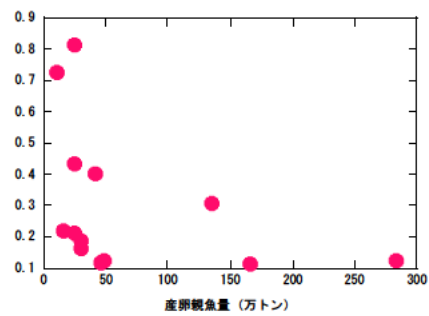


図 13 産卵親魚量と F との関係

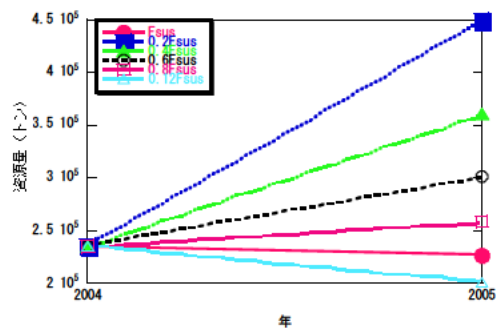


図 14 F_{sus} を基準に漁獲圧を変えた場合の資源量の推移

補注1 カタクチイワシの資源量の推定方法

資源量は、各月の月齢別漁獲尾数を推定して、コホート解析を行なうことによって算定した。月別漁獲量を銘柄別に求めた後、その銘柄に対応した体長組成を使って各月で月齢組成を推定した。孵化後1カ月魚から8カ月魚までは月齢別漁獲尾数を推定したが、9カ月よりも上の月齢魚は月齢別漁獲尾数を推定するのが困難なためプラスグループとして取り扱った。解析期間は1991年1月から2003年12月である。資源量の計算のための過程は次の通りである。

2003年12月の9+月魚の資源尾数と漁獲尾数をそれぞれ $N_{2003,12,9+}$ と $C_{2003,12,9+}$ とする。この時の漁獲係数 $F_{2003,12,9+}$ と自然死亡係数 M とを用いて、 $N_{2003,12,9+}$ は次の式で求めることができる。

$$N_{2003,12,9+} = \frac{C_{2003,12,9+} \times \exp(\frac{M}{2})}{(1 - \exp(-F_{2003,12,9+}))} \quad (\text{式 1})$$

次に、2003年11月の8カ月魚の資源尾数と漁獲尾数をそれぞれ $N_{2003,11,8}$ と $C_{2003,11,8}$ とすると、式1で求めた資源尾数から

$$N_{2003,11,8} = \frac{C_{2003,11,8} \times N_{2003,12,9+} \times \exp(M)}{(C_{2003,11,8} + C_{2003,11,9+})} + C_{2003,11,8} \times \exp(\frac{M}{2}) \quad (\text{式 2})$$

で求めることができる。

1カ月魚から7カ月魚については次の式を用いてそれぞれ計算した。

$$N_t = N_{t+1} \times \exp(M) + C_t \times \exp(\frac{M}{2}) \quad (\text{式 3})$$

ただし、 t は月である。

2003年の8ヶ月魚の漁獲係数 F は次の式で求めることができる。

$$F = -\ln(1 - \frac{C_{2003,11,8} \times \exp(\frac{M}{2})}{N_{2003,11,8}}) \quad (\text{式 4})$$

1991年1月から2003年11月までの9+月魚の資源尾数については、次の式を用いた。

$$N_{t,9+} = C_{t,9+} \times \frac{N_{t,8}}{C_{t,8}} \quad (\text{式 5})$$

問題点として、2003年12月の時点で2003年級群のコホートが完結しておらず2004年の値がないと正確な資源量などが推定できない。例年12月はカタクチイワシが最も漁獲されない時期であるので、最新年の資源量は毎年過小評価されている可能性が高い。

付表 1 資源計算に用いた月齢別漁獲尾数 (1000 万尾)

	2000 年												2001 年											
月 齢	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	16.1	0.3	20.5	318	522	44.5	45.8	7.8	12.8	354	158	208	112	13.5	266	158	518	124	56.3	0.7	11.6	13.9	160	7.1
2	4.7	1.0	11.8	71.7	137	38.6	26.0	11.8	3.1	38.6	52.3	46.6	62.4	27.5	58.1	35.1	147.8	73.2	55.1	11.9	3.0	1.3	64	1.4
3	3.6	0.1	6.4	70.3	19.2	3.4	20.2	3.8	2.1	35.5	24.6	42.9	30.0	6.0	21.2	35.2	50.4	15.2	28.5	7.3	2.5	1.5	13.2	1.6
4	0.6	0.2	1.9	10.3	9.8	5.0	21.0	2.7	0.3	18.2	56.2	10.9	6.1	1.9	3.1	35.3	6.0	5.2	13.2	3.2	0.8	4.9	3.3	0.2
5	0.3	0.4	1.5	0.4	9.3	4.0	7.1	4.2	1.2	19.2	9.5	3.7	0.7	0.3	0.1	28.8	5.5	4.2	4.1	0.9	9.4	8.3	4.1	0.0
6	0.5	0.7	3.7	0.5	10.9	4.6	8.4	20.2	5.3	51.9	0.4	1.1	0.6	0.0	0.1	33.6	5.7	4.9	3.9	1.8	41.0	9.4	5.5	0.0
7	0.6	0.8	2.0	0.2	3.8	1.9	18.2	24.8	4.5	62.3	0.5	0.2	0.3	0.0	0.0	11.3	2.7	2.3	5.0	2.5	22.0	8.4	6.8	0.1
8	0.4	0.6	0.4	0.2	1.6	2.2	21.0	32.7	2.6	25.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	3.5	0.8	5.0	1.6	4.6	5.5	8.0	0.1
9+	37.0	39.7	78.2	20.5	4.7	41.8	38.5	29.1	15.7	10.0	1.3	0.0	34.3	14.5	0.7	0.0	7.5	0.9	5.6	9.3	1.1	0.0	0.0	0.0

	2002 年												2003 年											
月 齢	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.5	3.3	83.3	93.9	2.2	23.5	6.1	53.1	313	231	193	202	0.0	5.9	12.2	184	112	0.0	142	32.6	67.6	127	127	3.0
2	91.9	7.2	16.6	36.6	0.4	2.4	69.7	33.9	102	66.5	16.2	27.5	7.1	117	126	19.0	22.3	18.3	72.9	79.6	49.1	39.3	35.9	21.9
3	29.5	4.6	6.1	8.8	15.1	2.8	56.0	94.0	30.3	0.6	0.0	0.1	4.4	25.4	14.1	0.8	29.2	12.2	56.5	50.5	19.5	13.3	19.1	6.7
4	11.0	2.9	4.4	2.1	8.5	7.8	16.0	23.6	29.5	0.7	0.0	0.0	2.6	31.3	2.4	1.0	11.7	7.2	21.3	10.8	10.0	4.3	12.9	3.8
5	2.3	0.6	1.8	0.1	3.4	4.8	6.8	12.4	28.5	4.2	0.0	0.0	1.1	9.6	0.1	0.4	8.6	10.5	5.8	1.8	2.3	0.6	3.5	2.2
6	3.5	0.4	1.8	0.3	2.6	2.6	3.7	10.0	26.1	14.9	0.1	0.1	0.9	7.9	0.0	1.5	3.9	7.6	2.8	0.8	1.2	0.3	1.2	1.7
7	2.0	0.2	1.7	1.9	3.5	3.0	1.3	6.9	23.3	18.5	0.3	0.2	0.9	5.4	0.0	2.9	1.9	11.1	2.4	0.7	0.8	0.4	0.4	0.9
8	0.7	0.4	0.8	3.4	2.9	3.5	0.2	1.8	9.9	13.9	0.7	0.5	0.4	1.9	0.2	3.6	2.2	8.6	1.1	0.1	0.1	0.4	0.1	0.2
9+	2.5	4.1	5.1	25.3	13.5	10.2	0.5	1.3	45.8	17.7	1.8	1.3	0.8	43	60.4	26.2	57.4	35	8.4	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0

付表2 コホート解析の結果得られた月齢別資源尾数（1000 万尾）

	2000 年												2001 年											
月 齢	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1001	788	966	1725	2160	299	289	508	514	1097	912	935	685	509	1077	1364	3088	904	378	283	301	535	745	675
2	268	426	343	408	542	597	101	96	216	216	245	293	270	224	213	293	490	1005	313	127	123	123	224	219
3	41	169	274	212	205	239	354	44	52	137	108	115	151	124	122	91	161	197	588	157	73	77	78	93
4	102	27.1	124	195	95	133	173	242	29	37	70	58	48	85	86	72	36	75	132	407	109	51	55	46
5	7.3	79.4	21	95	143	65	100	166	186	22	12	5	36	32	65	64	24	23	54	91	314	84	35	40
6	3.5	5.6	63	15	76	106	49	74	89	148	1	2	1	28	25	52	26	15	15	39	72	244	60	25
7	6.9	2.4	4.0	49	12	52	84	33	43	69	75	0	0.3	0.0	23	21	12	16	8	8	31	22	193	45
8	5.2	5.3	1.3	2	41	7	43	54	5	32	1	63	0.1	0.0	0.0	19	7	8	11	2	5	6	11	157
9+	459	361	275	163	121	132	78	48	30	13	6	4	57	17	1.4	0.5	16	9	13	11	1	0	0	2

	2002 年												2003 年											
月 齡	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1506	708	1895	1531	1633	2180	399	443	964	558	724	608	552	544	293	538	542	498	601	350	329	347	306	9
2	290	656	306	771	606	711	935	170	158	213	91	188	132	241	233	119	113	162	217	168	131	99	67	49
3	140	113	417	184	468	390	456	546	82	20	84	45	99	79	61	49	62	55	90	81	45	45	32	14
4	67	77	79	300	127	330	283	286	320	34	14	61	33	69	36	32	35	20	30	18	16	16	22	7
5	36	42	58	58	232	91	250	207	202	223	26	11	48	24	26	26	24	17	10	4	4	4	9	5
6	32	27	34	45	46	183	69	194	154	127	175	21	9	37	10	21	21	12	4	3	2	1	3	4
7	21	23	22	26	37	36	149	54	152	104	99	145	17	7	24	8	16	14	3	1	1	0.6	0.7	1
8	38	16	20	17	20	28	27	125	39	107	71	84	122	13	1	20	4	12	1	0.3	0.2	0.4	0.1	0.2
9+	135	144	132	124	93	82	80	91	181	136	178	210	248	315	238	148	116	47	10	0.8	0.4	0.1	0.0	0.0

付表3 推定された漁獲係数

	2000 年												2001 年											
月 齢	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.02	0.00	0.03	0.33	0.46	0.26	0.27	0.02	0.04	0.67	0.30	0.41	0.29	0.04	0.47	0.19	0.29	0.23	0.26	0.00	0.06	0.04	0.40	0.02
2	0.02	0.00	0.04	0.25	0.38	0.08	0.39	0.17	0.02	0.25	0.31	0.22	0.34	0.17	0.42	0.16	0.47	0.10	0.25	0.12	0.03	0.01	0.44	0.01
3	0.11	0.00	0.03	0.49	0.12	0.02	0.07	0.10	0.05	0.36	0.31	0.57	0.26	0.06	0.23	0.60	0.46	0.09	0.06	0.06	0.04	0.02	0.22	0.02
4	0.01	0.01	0.02	0.06	0.12	0.04	0.15	0.01	0.01	0.83	2.41	0.24	0.16	0.03	0.04	0.82	0.21	0.08	0.12	0.01	0.01	0.11	0.07	0.01
5	0.05	0.01	0.08	0.00	0.08	0.07	0.08	0.04	0.01	3.18	1.88	1.81	0.02	0.01	0.00	0.70	0.29	0.23	0.09	0.01	0.03	0.12	0.14	0.00
6	0.17	0.15	0.07	0.04	0.17	0.05	0.21	0.36	0.07	0.49	0.77	1.41	3.02	0.00	0.00	1.25	0.28	0.46	0.34	0.05	0.98	0.04	0.11	0.00
7	0.10	0.46	0.78	0.01	0.41	0.04	0.27	1.74	0.12	4.02	0.01	1.25	3.28	0.62	0.00	0.89	0.27	0.17	1.20	0.38	1.48	0.53	0.04	0.00
8	0.09	0.13	0.37	0.15	0.04	0.42	0.76	1.07	0.85	1.93	0.29	0.00	1.04	2.39	0.82	0.09	0.74	0.11	0.62	2.27	8.61	8.40	1.49	0.00
9+	0.09	0.13	0.37	0.15	0.04	0.42	0.76	1.07	0.85	1.93	0.29	0.00	1.04	2.39	0.82	0.09	0.74	0.11	0.62	2.27	8.61	8.40	1.49	0.00

	2002 年												2003 年											
月 齢	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.00	0.01	0.07	0.10	0.00	0.02	0.02	0.20	0.68	0.99	0.52	0.70	0.00	0.02	0.06	0.73	0.38	0.00	0.44	0.15	0.37	0.81	0.99	0.72
2	0.50	0.01	0.07	0.06	0.00	0.00	0.10	0.29	1.62	0.49	0.25	0.20	0.07	0.94	1.12	0.22	0.28	0.15	0.54	0.89	0.63	0.68	1.09	0.80
3	0.28	0.05	0.02	0.06	0.04	0.01	0.15	0.22	0.56	0.04	0.00	0.00	0.05	0.47	0.32	0.02	0.80	0.30	1.32	1.29	0.71	0.42	1.18	0.77
4	0.21	0.04	0.06	0.01	0.08	0.03	0.07	0.10	0.11	0.02	0.00	0.00	0.09	0.72	0.08	0.04	0.47	0.51	1.65	1.20	1.17	0.36	1.13	0.89
5	0.07	0.02	0.03	0.00	0.02	0.06	0.03	0.07	0.17	0.02	0.00	0.00	0.03	0.61	0.08	0.02	0.50	1.16	1.12	0.58	1.00	0.19	0.59	0.80
6	0.13	0.02	0.06	0.01	0.06	0.02	0.06	0.06	0.21	0.13	0.00	0.00	0.12	0.27	0.00	0.08	0.23	1.20	1.26	0.43	1.00	0.33	0.69	0.67
7	0.11	0.01	0.09	0.08	0.11	0.10	0.01	0.15	0.18	0.21	0.00	0.00	0.06	2.15	0.00	0.47	0.14	2.22	2.19	1.50	1.02	1.37	1.05	1.15
8	0.02	0.03	0.04	0.25	0.17	0.15	0.01	0.02	0.32	0.15	0.01	0.01	0.00	0.16	0.32	0.21	0.77	1.62	2.56	0.82	1.34	4.75	1.93	2.67
9+	0.02	0.03	0.04	0.25	0.17	0.15	0.01	0.02	0.32	0.15	0.01	0.01	0.00	0.16	0.32	0.21	0.77	1.62	2.56	0.82	1.34	4.75	1.93	2.67

付表 4 推定された資源量、漁獲割合およびF

年	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
資源量	54.1	68.0	64.7	58.6	87.5	67.0	340.0	379.8	195.7	76.0	44.1	100.7	36.1
漁獲割合	14.1	12.3	10.5	9.7	10.6	16.9	2.3	3.4	6.5	16.7	14.8	6.5	21.2
F	0.22	0.17	0.19	0.22	0.12	0.44	0.12	0.13	0.31	0.40	0.73	0.13	0.82

ただし、資源量の単位は万トン、漁獲割合の単位は％である。

付表 5 産卵親魚量（SSB）と RPS の経年変化

年	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
SSB	15.7	29.7	29.6	24.2	45.2	24.3	159.9	274.8	132.5	41.1	10.5	48.2	24.6
RPS	0.65	0.31	0.27	0.36	0.24	0.52	0.26	0.08	0.13	0.27	1.01	0.27	0.20

ただし、産卵親魚量の単位は万トン、RPS の単位は尾/ g である。

付表6 月齢組成を求めるための体長一月齢キー
春季発生群

体長	0 ケ 月	1 ケ 月	2 ケ 月	3 ケ 月	4 ケ 月	5 ケ 月	6 ケ 月	7 ケ 月	8 ケ 月	9+ ケ 月
0-4.9	100									
5-9.9	100									
10-14.9	100									
15-19.9	100									
20-24.9	100									
25-29.9	50	50								
30-34.9		100	30							
35-39.9		100	100							
40-44.9		70	100							
45-49.9			80	20						
50-54.9			20	80						
55-59.9				100						
60-64.9				80	20					
65-69.9				20	80					
70-74.9					80	20				
75-79.9					10	60	30			
80-84.9						40	40	20		
85-89.9						20	50	30		
90-94.9							20	60	20	
95-99.9								20	40	40
100-104.9									20	80
105-109.9										100
110-114.9										100
115-119.9										100
120-124.9										100
125-129.9										100
130-										100

秋季発生群

体長	0 ケ 月	1 ケ 月	2 ケ 月	3 ケ 月	4 ケ 月	5 ケ 月	6 ケ 月	7 ケ 月	8 ケ 月	9+ ケ 月
0-4.9	100									
5-9.9	100									
10-14.9	100									
15-19.9	100									
20-24.9	100									
25-29.9	50	50								
30-34.9		100								
35-39.9		90	10							
40-44.9		70	30							
45-49.9		10	90							
50-54.9			90	10						
55-59.9			80	20						
60-64.9				80	20					
65-69.9				40	60					
70-74.9					80	20				
75-79.9					20	70	10			
80-84.9						20	70	10		
85-89.9							40	50	10	
90-94.9							20	60	20	
95-99.9								30	60	10
100-104.9									40	60
105-109.9									20	80
110-114.9										100
115-119.9										100
120-124.9										100
125-129.9										100
130-										100

なお、体長-月齢組成の算出は耳石日輪解析（一丸 未発表）と体長組成の月別変化から推定した。

付表7 コホート計算をする際に仮定したMの値

月齢	1 カ月	2 カ月	3 カ月	4 カ月	5 カ月	6 カ月	7 カ月	8 カ月	9+ カ月
本報告	0.83	0.44	0.31	0.25	0.22	0.19	0.17	0.16	0.15
仮定1	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
仮定2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15