

平成 16 年マ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 1980 年代後半から 1990 年代前半に漁獲量が多く、その後急速に減少した。2003 年の漁獲量は 9 百トン(速報値)であり、2002 年の漁獲量 13 百トンと同じく極めて低水準であった。産卵調査の卵豊度や各種調査船調査の結果によると、資源は極めて低い水準であった。コホート解析の結果、対馬暖流系マイワシの資源量は 1990 年代に急速に減少し、2003 年には過去最低となった。1990 年代後半以降の加入水準は低い状態が続いており、資源水準は低位で動向は減少と判断した。資源は極めて悪い状況であるので、可能な限り漁獲しないほうがよい。

	2005 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	—	—	—	—
ABCTarget	—	—	—	—

資源量が減少しており、早急な資源管理が必要である。可能な限りマイワシを漁獲しないほうがよい。

年	資源量 (百トン)	漁獲量 (百トン)	漁獲割合	F 値
2002	32	13	40.2	1.8
2003	17	10	61.1	1.9
2004	—	—	—	—

	指標	値	設定理由
Bban	資源量	5 千トン	平成 14 年以降、過去最低の漁獲量より下回っている。当面の目標として、最低限 5 千トン（資源量）以上にはすべき。
Blimit	未設定	—	—
2003 年	資源量	Bban 以下 (17 百トン)	

管理の考え方	管理基準	許容漁獲量	評価
漁獲圧を減らして資源の回復を図る。	Flimit	ABClimit —	RPS を過去 5 年平均と置いたときに、混獲程度に漁獲圧を抑えても (0.1

			×現状の F) 2009 年までに Bban 以上とならない。
漁獲圧を減らして資源の回復を図る。予防的措置をとる。	Ftarget	ABCTarget —	同上

参考値

現状の資源量を維持する。	Fsus	270 トン (RPSave5yr の場合)	資源量は低水準で維持する。
現状の漁獲圧を継続する。	Fcurrent	320 トン (RPSave5yr の場合)	資源量はさらに悪化する。

注：資源状態が著しく悪いため、近年の資源量推定の精度も低く、これら参考値を用いることは適切でない。

Bban は、マイワシの漁獲量が多かった 1980 年代以前の最低漁獲量である 1965 年の漁獲量（25 百トン）と近年の漁獲割合程度を勘案して決定した。

水準：低位 動向：減少

1. まえがき

マイワシは 1980 年代後半に日本周辺で最も多獲された魚であり、1988 年には約 450 万トンの漁獲量があった。対馬暖流域でも 1980 年代後半から 1990 年代前半にかけて 100 万トンを超える漁獲量があったが、近年では 1 万トン以下の漁獲量である。漁獲量の減少は連続した加入の失敗と、資源の高齢化にあったとされる。この連続した加入の失敗は人為的な影響というより、むしろ自然環境的な影響であるとの論文がある (Watanabe et al. 1995)。さらに、マイワシでは数十年規模の資源変動をすることが知られている (Klyashtorin, 1998)。したがって、マイワシにとって環境が不適当なため、資源が低水準にとどまっている現在では、漁獲量規制による資源管理を行ったとしても、1980 年代後半のような高水準の資源に回復できるとは限らない。ただし、低水準期のマイワシの加入状況に合わせた資源管理を適切に行なうことにより産卵親魚量を増加させて、マイワシの資源回復期に備えることが必要である。

2. 生態

(1) 分布・回遊

日本周辺のマイワシには 4 つの系群(太平洋・足摺・九州西岸・日本海)があるとされてきた(伊東 1961)。ところが、近年のミトコンドリア DNA の分析結果によると、日本周辺のマイワシを系群に分けるのは困難であるとされる (Okazaki et al. 1996)。ここでは、便宜的に東シナ海と日本海に分布するマイワシを対馬暖流系群として取り扱った。

マイワシは資源量の増減によって、分布域を拡大・縮小していると言われ、日本海においてもその現象が認められている(檜山 1998)。日本海において、本資源の漁獲量が多かった年代には、沖合域に分布が見られたが、現在の漁場は沿岸域に限られ、沖合域に分布するかどうかは不明である(図 1)。

松岡・小西(2001)は、マイワシの資源変動と九州周辺海域における産卵場の変化につい

て報告しており、マイワシの資源水準が高い年代には南で、低い年代には北で産卵場が形成された。

(2) 年齢・成長

マイワシは資源状態により成長速度が異なり、資源水準が高いと成長が悪く、低いと成長がよくなる。対馬暖流系のマイワシの近年の成長は、成育場によるが、満1年で約15cm、2年で18cm、3年で20cm程度に達する(図2)。

(3) 成熟・産卵生態

マイワシは資源が高い時には初回成熟年齢が上がり、低いときには初回成熟年齢が下がることが知られている。近年のようにきわめて低い資源水準のときには、1歳魚から産卵に参加している。図3に年齢別成熟率を示した。

(4) 被補食関係

食性は、仔魚期には動物プランクトンを捕食し、成魚期には珪藻などの植物プランクトンを主体にしている。仔魚期には、動物プランクトンのほか魚類に捕食され、成魚期には魚類の他ほ乳類や海鳥類に捕食される。

(5) 生活史・漁場形成

図4に漁場形成の様式と調査海域を示した。

3. 漁業の状況

(1) 主要漁業の概要

日本周辺では、マイワシは古くから漁獲されていることが知られている。マイワシの漁獲量は1930年代および1980年代に増加した。対馬暖流域では、マイワシはまき網漁業や定置網などで漁獲される。資源が高水準の時はまき網による漁獲がほとんどであったが、資源が低水準の近年ではまき網の主要な漁獲対象魚となっていない。

(2) 漁獲量の推移

対馬暖流域でのマイワシの漁獲量(属人)の推移を図5に示した。日本海北区(青森県～石川県)、日本海西区(福井県～山口県)および東シナ海区(福岡県～鹿児島県)におけるマイワシの総漁獲量は1986年に100万トンを超え、1991年までずっと100万トン以上の漁獲量であったが、その後急速に減少し、1999年には41千トン、2000年には78百トン、2001年には1千トン、2002年には13百トン、2003年には1千トンであった。

対馬暖流域では、日本の他に韓国、ロシアもマイワシを漁獲しており、韓国の漁獲量は1999年に17千トン、2000年には22百トン、2001年には百トン、2002年および2003年はほとんど漁獲されなかった。ロシアの漁獲量は1991年まで20万トンを超えてたが、1992年には7万トンとなり、それ以後の漁獲はないと思われる。表1に対馬暖流域におけるマイワシの漁獲量を示した。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

資源量調査は次の調査から成る。(1) 卵稚仔調査による卵豊度の推定、(2) 新規加入量調査、(3) 地先における標本船調査、(4) 月別の漁獲量・生物測定データからのコホート解析である。なお、コホート解析においては、資源が悪化しているために漁獲量の推定精度

が悪く、測定個体数も極めて少ないために、資源量の推定精度は高いと言えない。そのため相対的な資源量を計算すること、および推定された資源量が Bban 以下かどうかをみるための参考として取り扱うこととする。

(2) 資源量指標値の推移

九州西岸および日本海で実施された卵稚仔調査の結果を図 6 に示した。本資源の卵豊度は減少しており、2001 年には日本海および東シナ海ではまったく卵が採集されなかった。2002 年および 2003 年には、2001 年に比べるとわずかながら増加したものの、依然として極めて低い状態にある。

新規加入量調査は平成 13 年(2000 年)から始められ、各県地先の棒受網や定置網での漁獲量および漁獲サイズを収集している。

図 7 に 1996 年以降の島根県浜田市の中型まき網によるマイワシの CPUE(トン/日)を示した。1996 年および 1999 年に若干 CPUE が高かったものの、2000 年以降は非常に低い水準で推移した。

(3) 漁獲物の年齢組成

月別の漁獲量・体長組成および鱗などの年齢形質を用いて、1989 年～2003 年の年齢別漁獲尾数を推定した(図 8)。1990 年代後半以降、マイワシの高齢魚はほとんど漁獲されてない。また、2003 年の漁獲物の大半は 2 歳魚以下であった。

(4) 資源量の推移

卵稚仔調査によって得られた卵豊度を見ると(図 6、付表 4)、2001 年以降極めて少ない水準で推移している。島根県地先の中型まき網は近年においてマイワシを漁獲しておらず、その他の調査船調査による資源調査においてもマイワシはほとんど漁獲されていない。そのため、資源は極めて低位と判断される。なお、参考として試算したコホート解析においても資源量は 2 千トン以下であった。

(5) 資源の水準・動向の判断

コホート解析(参考)による資源量推定および各種調査・CPUE などから資源水準は極めて低位と判断される。資源の動向も、2003 年の漁獲量は 2002 年とほぼ同じであるが、コホート解析で推定される資源量の 5 年間の推移から減少と判断する。

5. 資源管理の方策

(1) 再生産関係

近年ではコホート解析による資源量の推定精度が悪いので、正確には分らないが、産卵親魚量は極めて低位と判断される。参考までにコホート解析の試算による産卵親魚量と加入尾数との関係を示した(図 9)。2002 年には、産卵親魚量が 1 千トンと極めて少ないために、加入してくる 0 歳魚の量も少ないと推定される。

(2) 今後の加入量の見積もり

近年は産卵調査で得られるマイワシの卵や仔魚も少なく、またコホート解析(参考)で試算された産卵親魚量も極めて少ないことから、加入は多くないと見込まれる。

(3) 漁獲圧と資源動向

資源が極めて低水準で、動向が減少では、現在の漁獲圧を下げて資源量を増加させる必要がある。

(4) 漁獲制御方法

Blimit は現在のように資源が極めて低水準では設定できない。今後シミュレーションなどで求めていく必要がある。Flimit および Ftarget とともに Fcurrent よりも下げ、少しでも資源の回復を助けるべきである。

なお、禁漁の目安となる Bban について次のような理由から資源量で 5 千トンとした。1980 年代にマイワシ資源が高水準となったので、それ以前の最低漁獲量である 1965 年の 25 百トン水準の資源量は最低限度確保しなければならない。当時の資源量は年齢別漁獲尾数などが未整備なため不明であるが、資源が低位である近年の漁獲割合（50%程度）が近いと考えると、資源量は 5 千トン程度となる。

6. 2005 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

日本周辺のマイワシは 1990 年代後半に漁獲量・資源量とも急激に減少した。その要因は加入の連続的な失敗によるものとされる (Watanabe et al. 1995)。太平洋側では卵豊度も高く、仔魚の栄養状態も良かったにも関わらず、未成魚期以降の加入が悪かったことも知られている。したがって、人為的な影響というよりもむしろ自然環境的な要因によって資源が減少したと考えられている。現在は、産卵親魚が減少したことと、未成魚以上への加入が悪いことから資源が好転する可能性は低い。このような状況下で、漁獲量規制により直ちに資源を大幅に増加させることは不可能であるが、極めて低水準の状況下でなるべく資源を保護し、加入量を増加させなければならない。

(2) ABC の設定

当面の Bban を資源量 5 千トンと設定した場合、現在はそれを相当下回る（17 百トン）。したがって、現在の漁獲圧を下げ資源の回復を助けるべきである。したがって、仮にマイワシ漁場が形成されてもそれを漁獲せず、できるだけ漁獲を抑えることを提言する。

	2005 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	—	—	—	—
ABCTarget	—	—	—	—

(3) 管理の考え方と許容漁獲量

近年の RPS は高い水準にあるものの、産卵親魚量が極端に少ないために加入量が多くない状況である。Fcurrent を大幅に削減した漁獲圧の下でも、2009 年に Bban を超える確率は低いため、できるだけ漁獲を抑えるべきである。

(4) ABC の再評価

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	資源量 (トン)	ABClimit	ABCTarget	漁獲量	管理目標
2003 年(当初)	—	6,080	混獲程度	同左	—	資源量回復
2003 年(2003 年 再評価)	—	1,180	混獲程度	同左	—	資源量回復

2003 年(2004 年 再評価)	—	1,709	混獲程度	同左	—	資源量回復
2004 年(当初)	—	1,275	混獲程度	同左	—	資源量回復
2004 年(2004 年 再評価)	—	899	混獲程度	同左	—	資源量回復

7. ABC 以外の管理方策への提言

漁獲を控え、未成魚が増加していると判断される場合でも、成魚まで漁獲を待ち、産卵親魚量を増加させるべきである。

8. コホート解析によるマイワシの資源量（参考）

(1) 漁獲物の年齢構成

月別の漁獲量・体長組成および鱗などの年齢形質を用いて、1989 年～2003 年の年齢別漁獲尾数を推定した(図 8)。1990 年代後半以降、マイワシの高齢魚はほとんど漁獲されてない。また、2003 年の漁獲物の大半は 2 歳魚以下であった。

(2) 資源量の推移

図 10 に $M=0.4$ の時の資源量と漁獲割合および F の経年変化を示した。漁獲量と同様に資源量も 1990 年代に急激に減少し、2001 年以降は 1 万トンを下回っている。2003 年の資源量は 17 百トン（2002 年 32 百トン）と推定された。付表 1 に年齢別漁獲尾数、 F 値および年齢別資源尾数を示した。近年の F 値および漁獲割合が高くなっているのは、資源水準に関係なく M を一定にしていることや、測定された個体数が少なく年齢別漁獲尾数の推定に問題があるためと判断された。問題点があるものの、本報告では以後コホート解析ができているものと仮定して計算を進める。図 11 に M を 0.3 と 0.5 のときの資源量の変化を示した。計算される 2003 年の資源量は極めて少なかった。図 12 に F と資源量との関係を示した。資源量が下がるほど F は高い傾向にあった。

(3) 再生産関係

(4) 今後の加入量の見積もり

図 13 に RPS（再生産成功率；加入尾数÷産卵親魚量）の推移を示した。近年では、RPS がやや高めで推移しており、0 歳魚以上の生き残りがよければ、徐々に産卵親魚量が増加すると思われる。

資源が高水準であった 1980 年代後半までは、対馬暖流域の水温の偏差は低めで経過していたが、1980 年代後半以降には高めで推移した。この結果、産卵期や産卵場、輸送状態などが変化し、日本海沖合域へ仔稚魚が加入できなくなったことと、日本海において植物プランクトンの量が 1990 年代に減少したことから、マイワシの資源への加入量が急速に減少した。現在は、産卵親魚量が極端に少なく、マイワシにとって不適な環境が継続しているため、資源を増加させるだけの加入水準をもった年級群が現れていない。

(5) 加入当たり漁獲量

図 14 に $\%SPR \cdot YPR$ と F との関係を示した。2003 年の $F(=1.8)$ は、資源水準が低位にあるマイワシにとって高い F であると考えられる。現状の F は 3%SPR にあたる。

(6) 漁獲圧と資源動向

2004 年以降の加入を近年 5 年間の RPS の平均値で推移すると仮定した場合、2004 年の推定資源量が維持される F (F_{sus}) は $0.3 \times F_{current}$ ($=0.5$) である (図 15)。下に $F_{current}$ に対して漁獲圧をさまざまに抑制した場合の 2005 年以降の資源量の推移を示した

$F_{current}$ に対して漁獲圧をさまざまに抑制した場合の資源量と漁獲量の推移

	資源量 (百トン)					漁獲量 (百トン)				
年	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
全面禁漁	14.8	19.5	29.8	44.1	62.6	0	0	0	0	0
$0.1F_{current}$	13.6	15.1	20.1	26.2	30.6	1.3	1.9	2.4	2.9	3.5
$0.2F_{current}$	12.2	11.8	14.0	16.4	17.3	2.1	2.7	3.0	3.3	3.6
$0.3F_{current}$	11.0	9.3	9.9	10.4	9.9	2.7	2.9	2.9	2.9	2.8
$0.4F_{current}$	9.9	7.4	7.1	6.7	5.7	3.0	2.8	2.5	2.3	2.0
$0.6F_{current}$	8.1	4.9	3.8	2.9	2.0	3.3	2.4	1.7	1.3	0.9
$0.8F_{current}$	6.8	3.3	2.2	1.4	0.8	3.3	1.8	1.1	0.7	0.4
$F_{current}$	5.7	2.3	1.3	0.7	0.3	3.2	1.4	0.7	0.4	0.2

ただし RPS は近年 5 年間の平均値の場合。

(7) 不確実性を考慮した検討

過去 5 年間の RPS が 2005 年以降ランダムに現れると仮定した上で 1000 回シミュレーションを実施し、 $F_{current}$ 、 F_{sus} および $0.1 \times F_{current}$ で漁獲した場合の資源量の平均値と上下限 10% の範囲を図 16 に示した。 $F_{current}$ では資源は今後も減少する。 F_{sus} では、2004 年の資源量をほぼ維持するものの、2009 年においては信頼性の幅が大きくなった。 $0.1 \times F_{current}$ では、2009 年に B_{ban} (資源量 5 千トン) を超える場合が約 10% あったが、大半は 5 千トン以下であったため、 $F_{current}$ を大幅に引き下げた場合においても資源の回復は当面見込めない。

引用文献

- 檜山義明 (1998) 対馬暖流域での回遊範囲と成長速度. マイワシの資源変動と生態変化 (渡邊良朗・和田時夫編), 恒星社厚生閣, pp. 35-44.
- 伊東祐方 (1961) 日本近海におけるマイワシの漁業生物学的研究. 日本海水研報告, 9, 1-227.
- Klyashtorin, L.B. (1998) Long-term climate change and main commercial fish production in the Atlantic and Pacific. Fish. Res., 37: 115-125.
- 松岡正信・小西芳信 (2001) 1979 年～1995 年の九州周辺海域におけるマイワシの産卵量と分布. 水産海洋研究, 65, 67-73.
- Okazaki, T. Kobayashi, T. and Uotani, Y. (1996) Genetic relationships of pilchards (genus: *Sardinops*) with anti-tropical distribution. Mar. Biol., 126-585-590.
- 水産総合研究センター (2004) 東シナ海・日本海のいわし類の現在. PP1-20.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の population dynamics と漁業資源管理. 東海水研報告., 28, 1-200.
- Watanabe, Y. Zenitani, H. and Kimura, R. (1995) Population decline of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus* owing to the recruitment failures. Can. J. Fish.

Aquat. Sci., 52, 1609-1616.

表1 マイワシ漁獲量(トン)

年	日本海北区	日本海西区	東シナ海 区	韓国	ロシア	対馬暖流域 (日本)
1970	179	1,597	920			
1971	198	2,743	789			
1972	1266	11,346	1,065			
1973	4,314	40,445	2,040			
1974	4,690	76,103	5,860			
1975	7,369	62,811	26,026	3,555		96,206
1976	34,208	169,550	105,513	11,154		309,271
1977	38,969	251,281	138,293	50,299		428,543
1978	61,741	197,330	227,949	53,829	10,000	376,821
1979	93,076	331,824	302,106	47,177	80,000	556,473
1980	96,231	357,381	297,247	38,82	150,000	584,705
1981	119,609	337,312	334,563	63,068	330,000	579,058
1982	131,612	367,215	369,921	81,985	370,000	615,751
1983	162,189	524,465	329,865	139,763	282,000	726,956
1984	192,311	670,558	414,665	177,896	202,000	927,244
1985	138,342	648,313	404,333	107,776	122,000	890,763
1986	185,734	888,432	411,979	160,725	168,000	1,165,057
1987	193,123	886,097	333,071	194,352	300,000	1,148,202
1988	205,550	912,040	488,015	145,870	230,000	1,279,266
1989	230,432	937,632	378,405	182,540	262,000	1,283,914
1990	311,020	712,208	481,751	132,924	310,000	1,210,034
1991	248,910	619,080	412,622	44,531	221,000	1,100,690
1992	166,058	509,009	299,672	46,511	70,000	979,039
1993	117,717	564,318	234,651	31,285		903,315
1994	62,094	458,789	237,191	36,707		724,650
1995	81,852	196,697	87,295	13,539		401,018
1996	37,335	96,026	22,247	18,560		158,679
1997	8,634	13,568	4,151	9,041		37,080
1998	3,952	16,104	5,239	7,595		27,288
1999	6,987	30,722	3,696	17,142		41,953
2000	2,700	3,277	1,784	2,207		7,920
2001	110	243	664	129		1,138
2002	807	401	83	8		1,291
2003	411	280	224			915

ただし、日本海西区・北区および東シナ海区は属人統計である。

対馬暖流域(日本)の値は、属人統計から道東などで漁獲した値を引いた値である。



図1 マイワシの分布図

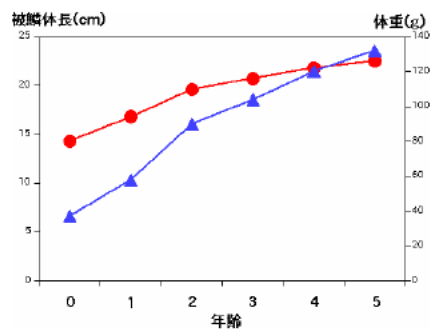


図2 年齢別の体長および体重

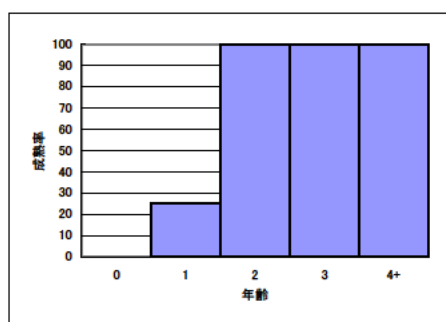


図3 マイワシの年齢と成熟率

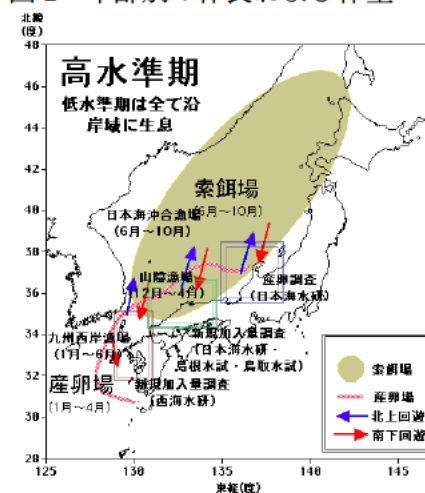


図4 マイワシの漁場形成の様式と調査

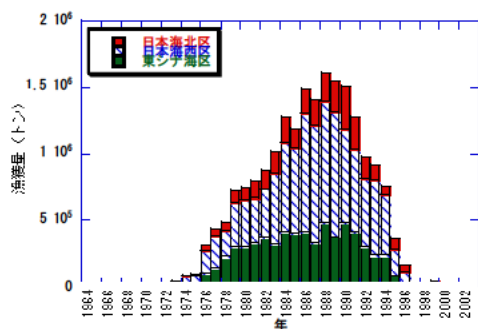


図5 マイワシの漁獲量

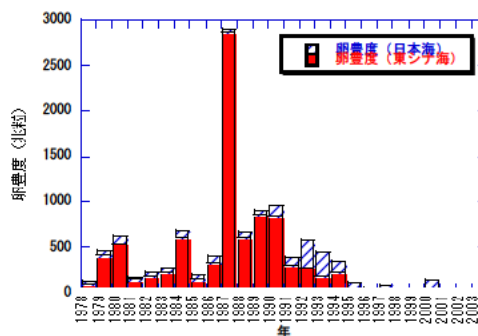


図6 日本海におけるマイワシの卵豊度

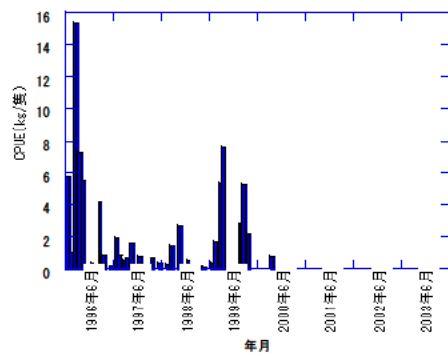


図7 島根県の中型まき網のCPUE

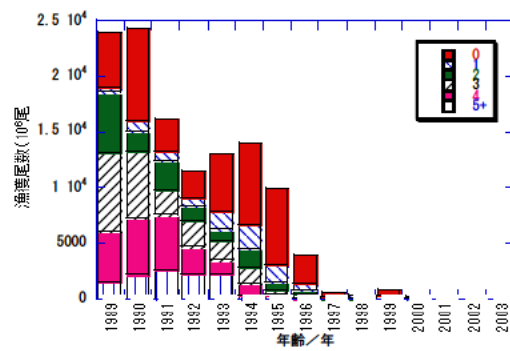


図8 マイワシの年齢別漁獲尾数

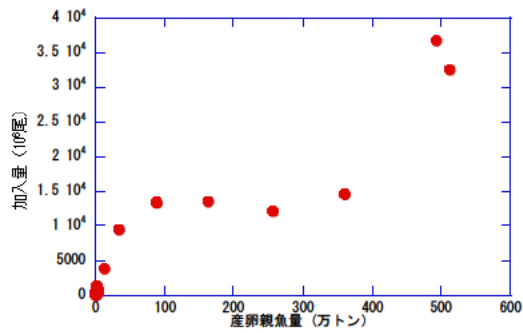


図9 産卵親魚と加入尾数の関係

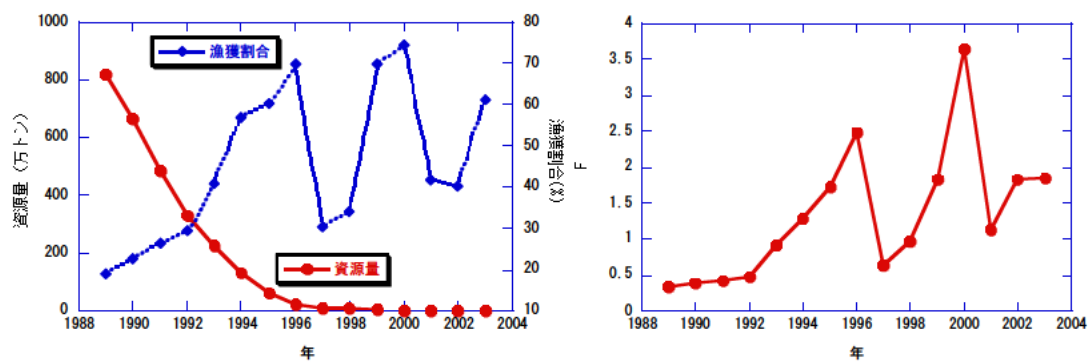


図10 左：マイワシの資源量（●）、漁獲割合（◆）、右：F（●）の推移

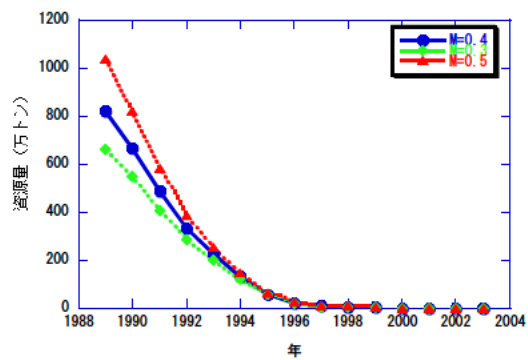


図 11 Mを変化させた時の資源量の違い

▲ : 0.5、● : 0.4、◆ : 0.3

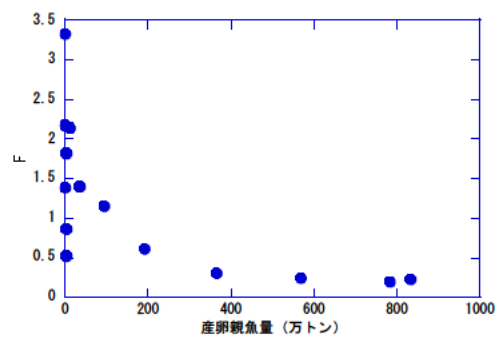


図 12 資源量と F との関係

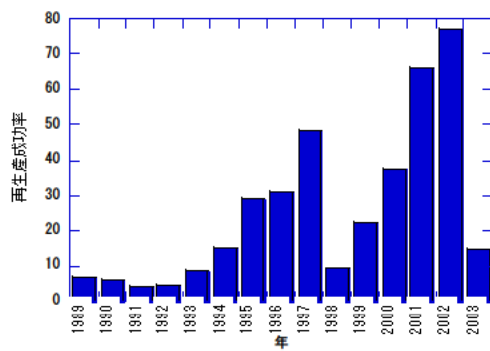


図 13 RPS の推移

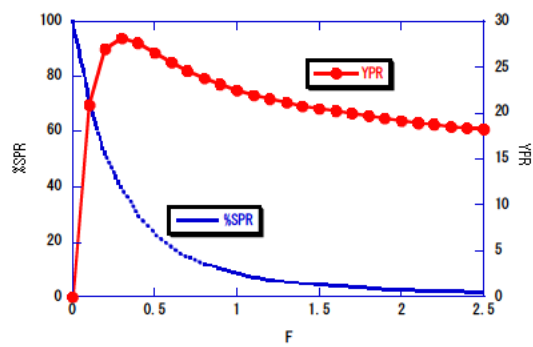


図 14 %SPR・YPR と F の関係

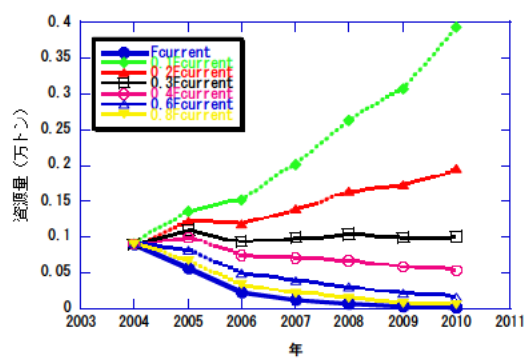


図 15 Fを変化させたときの資源量の推移

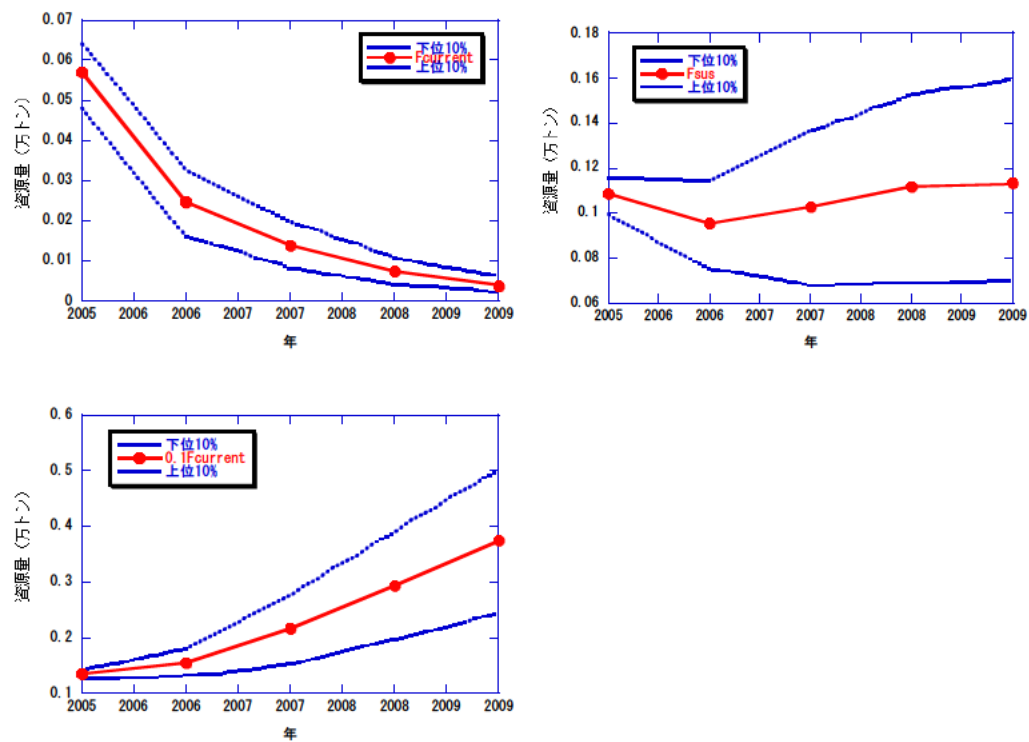


図 16 $F_{current}$ 、 F_{sus} 、 $0.1 \times F_{current}$ の場合で漁獲したときの資源量の変化

左上: $F_{current}$ 、右上: F_{sus} 、左下: $0.1 \times F_{current}$ 。1000 回のシミュレーションを行い、平均値と上下限 10%の値を示した。

補注1 マイワシの資源量の計算

まず、2003 年の最高齢魚 (4+歳魚) の資源尾数と漁獲尾数を、それぞれ $N_{2003, 4+}$ および $C_{2003, 4+}$ としたときに、4+歳魚の資源尾数を漁獲係数 ($F_{2003, 4+}$) と自然死亡係数 (M) から次の式を用いて計算した。

$$N_{2003, 4+} = \frac{C_{2003, 4+} \times \exp(\frac{M}{2})}{(1 - \exp(-F_{2003, 4+}))}$$

0～2 歳魚の資源尾数の計算には次の式を用いた。

$$N_{t, age} = N_{t+1, age+1} \times \exp(M) + C_{t, age} \times \exp(\frac{M}{2})$$

この時の漁獲係数 F は次の式で計算できる。

$$F_{t, age} = -\ln \left\{ 1 - \frac{C_{t, age} \times \exp(\frac{M}{2})}{N_{t, age}} \right\}$$

1989 年～1998 年までの最高年齢 (5+歳魚) と 4 歳魚の資源尾数の計算については次の計算式を用いた。なお、1999 年～2002 年までの 4+歳魚と 3 歳魚の関係も同様の式である。

$$N_{t, 5+} = C_{t, 5+} \times \frac{N_{t, 4}}{C_{t, 4}}$$

$$N_{t, 4} = \frac{C_{t, 4} \times N_{t+1, 5+} \times \exp(M)}{(C_{t, 5+} + C_{t, 4})} + C_{t, 4} \times \exp(\frac{M}{2})$$

なお、1998 年の 3 歳魚の資源尾数 $N_{1998, 3}$ は次の式で推定した。

$$N = \frac{C_{1998, 3} \times N_{1999, 4+} \times \exp(M)}{(C_{1998, 3} + C_{1998, 4} + C_{1998, 5+})} + C_{1998, 3} \times \exp(\frac{M}{2})$$

2002 年の 0～3 歳魚の F は 1998 年～2002 年の各年齢の F の平均値とした。最高年齢とそ
の一歳若い年齢の F は同じとし、 $F_{2003, 4+}$ と $F_{2003, 3}$ が同じ値となるように $F_{2003, 4+}$ を決めた。

2004 年以降の年齢別の漁獲尾数は次の式を用いて推定した。

$$C_{t, age} = N_{t, age} (1 - \exp(-F_{t, age})) \exp(-\frac{M_{age}}{2})$$

ただし、4+歳魚の漁獲尾数については、次の式を用いた。

$$N_{t+1, 4+} = (N_{t, 3} + N_{t, 4+}) \times \exp(-F_{t, 3} - M)$$

2004 年以降の 1 歳魚以上の資源尾数は次の式を用いて推定した。

$$N_{t+1, age+1} = N_{t, age} \exp(-F_{t, age} - M)$$

なお、自然死亡係数 M は田内・田中の式(田中 1960)により 0.4 を用いた。

付表1 コホート解析のための年齢別漁獲尾数と計算された年齢別資源尾数とFおよびパラメーター
マイワシの年齢別漁獲尾数(10⁶尾)

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0 歳	5004	8300	2810	2325	5126	7293	6828	2496	375	11	501	190	13.8	28.0	8.4
1 歳	371	899	905	725	1593	2131	1556	505	118	228	153	22	9.6	5.8	9.3
2 歳	5423	1853	2635	1399	1050	1717	791	538	59	57	116	21	4.7	5.5	9.1
3 歳	7213	6009	2210	2255	1726	1428	312	302	30	20	74	11	0.4	0.4	0.7
4 歳	4460	5020	4980	2423	1265	1049	162	70	3	9	5	17	0.0	0.1	0.0
5 歳	1573	2251	2644	2333	2280	361	312	28	1	4					

計算されたマイワシのF

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0 歳	0.20	0.39	0.27	0.27	0.62	1.10	2.08	1.52	0.46	0.04	2.51	2.02	0.36	0.81	1.15
1 歳	0.02	0.06	0.08	0.13	0.38	0.76	1.00	1.50	0.29	0.77	1.75	1.32	0.67	0.31	0.97
2 歳	0.17	0.13	0.33	0.22	0.35	1.32	0.99	2.24	0.94	0.47	2.11	3.18	2.13	1.73	1.92
3 歳	0.39	0.36	0.28	0.69	0.59	1.86	1.35	3.32	1.18	1.51	1.39	5.87	1.23	3.17	2.61
4 歳	0.64	0.69	0.78	0.77	1.77	1.33	2.47	3.14	0.46	1.51	1.39	5.87	1.23	3.17	2.61
5 歳	0.64	0.69	0.78	0.77	1.77	1.33	2.47	3.14	0.46	1.51					
平均値	0.34	0.39	0.42	0.47	0.91	1.28	1.73	2.48	0.63	0.97	1.83	3.65	1.12	1.84	1.85

マイワシの年齢別資源尾数(10⁶尾)

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0 歳	33287	31225	14472	12117	13563	13379	9523	3899	1233	351	666	268	56	61	15
1 歳	28140	18216	14135	7401	6219	4894	2997	794	570	520	226	36	24	26	18
2 歳	42620	18559	11474	8734	4367	2864	1536	736	119	285	161	26	6	8	13
3 歳	27142	24129	10923	5534	4709	2068	514	382	53	31	120	13	1	1	1
4 歳	11524	12288	11255	5513	1864	1743	217	89	9	11	8	21	0.1	0.2	0.0
5 歳	4064	5510	5977	5309	3359	599	416	36	4	5					

計算に用いた年別の年齢別体重(g)

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0 歳	11	14	24	20	15	16	14	15	29	37	29	6	16	25	13
1 歳	53	62	62	68	69	64	63	62	59	58	58	64	41	46	36
2 歳	66	75	84	95	105	89	90	82	85	90	86	93	80	51	59
3 歳	75	83	90	103	115	114	107	98	101	104	101	110	107	101	85
4 歳	90	90	93	112	117	127	124	119	128	120	120	127	127	140	99
5+魚	107	107	104	114	127	149	151	140	148	132					

計算に用いた年別の年齢別成熟率

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0 歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 歳	0	0	0	0	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
2 歳	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3 歳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4+歳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					

付表2 コホート解析により計算された資源重量(万トン)と漁獲割合(%)

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
資源重量	819	667	484	331	225	133	61	22	9	7	6	1	0.2	0.3	0.2
漁獲割合	18.9	22.6	26.5	29.4	40.7	56.9	60.4	70.0	30.5	34.1	69.8	74.5	41.7	40.2	61.1

付表 3 産卵親魚量と加入尾数および RPS の推移

年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
加入尾数	36812	32547	14660	12139	13587	13397	9527	3899	1233	351	666	268	56	61	15
産卵親魚量	781	834	567	366	192	94	35	13	3	4	3	0.7	0.1	0.1	0.1
RPS	4.7	3.9	2.6	3.3	7.1	14.3	27.4	30.6	45.4	8.9	22.1	37.5	66.3	77.2	14.8

付表 4 日本海および東シナ海の卵豊度の推移

年	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1988	1989	1990	1991	1992	1993
日本海	28.3	53.3	72.0	25.3	36.6	42.3	54.3	47.6	74.5	20.0	56.5	40.1	101.7	76.8	298.8
東シナ海	89.4	414.4	547.1	145.1	187.8	222.6	614.9	151.3	327.1	2872.8	609.4	856.0	849.4	308.7	281.3

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
日本海	126.1	60.0	37.8	73.6	17.7	41.5	129.7	0.0	0.4	0.9					
東シナ海	220.6	47.0	19.1	1.7	13.3	3.2	7.2	0.0	0.4	7.0					

付表 5 2002 年のマイワシの漁業種別漁獲量（トン）

県名	大中まき網	中小まき網	刺網	棒受網	定置網	その他
秋田	0	0	0	0	3	0
山形	0	0	0	0	2	0
新潟	0	0	0	0	13	0
富山	0	0	0	0	159	0
石川	0	0	0	0	317	0
福井	0	0	0	0	0	0
京都	0	0	0	0	12	0
兵庫	0	0	0	0	0	0
鳥取	134	0	0	0	1	1
島根	0	0	0	0	1	23
山口	0	1	0	228	0	0
福岡	0	0	0	0	19	0
佐賀	0	0	0	0	0	0
長崎	0	14	2	0	15	0
熊本	0	0	0	0	8	1
鹿児島	0	20	0	0	2	1
総計	134	35	0	228	552	26

付表 6 年別の漁業種類別漁獲量(トン)

年	大中まき網	中小まき網	刺網	棒受網	定置網	その他
1990	970,946	222,795	386	20,616	88,742	804
1991	840,449	173,101	133	5,076	64,053	552
1992	626,615	210,619	275	7,223	86,985	114
1993	634,117	195,611	337	14,004	69,252	529
1994	475,666	203,710	180	16,190	59,626	549
1995	149,447	129,110	185	4,906	22,530	298
1996	59,203	57,369	130	2,596	12,177	108
1997	11,285	8,913	110	970	5,034	85
1998	2,982	18,055	49	568	2,429	112
1999	5,931	26,806	72	523	4,551	44
2000	3,904	2,089	62	418	1,803	52
2001	308	72	3	248	321	47
2002	134	35	0	228	552	26

※本資源については水研センターは科学的には ABC=0 であると主張したが、「本資源は定置網でも漁獲されるため、漁業実態を踏まえると禁漁は不可能」という意見が出されたため、全国資源評価会議の場において ABC の記述が変更された。