

平成 27（2015）年度マイワシ太平洋系群の資源評価

責任担当水研：中央水産研究所（渡邊千夏子、上村泰洋、由上龍嗣、赤嶺達郎、岸田達）

参画機関：北海道区水産研究所、東北区水産研究所、北海道立総合研究機構釧路水産試験場・函館水産試験場、地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産試験場、茨城県水産試験場、千葉県水産総合研究センター、東京都島しょ農林水産総合センター、神奈川県水産技術センター、静岡県水産技術研究所、愛知県水産試験場漁業生産研究所、三重県水産研究所、和歌山県水産試験場、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課、大阪府水産技術センター、香川県水産試験場、高知県水産試験場、愛媛県水産研究センター、大分県農林水産研究指導センター水産研究部、宮崎県水産試験場、鹿児島県水産技術開発センター、

要 約

本系群の資源量について資源量指標値を考慮したコホート解析により計算した。資源量は、1970 年代後半に増加し、1980 年代は 1,000 万トン以上の高い水準で推移したが、1990 年代に入って減少して 1994 年に 100 万トンを下回り、その後さらに減少し、2002 年以降 2007 年まで 10 万トン前後の低い水準で推移した。その後 2008～2014 年に比較的良好な加入が続いたこと、および漁獲圧が低下したことにより、資源量は、2013 年は 74 万トン、2014 年は 92 万トンと増加している。同様に親魚量は 2002 年以降 10 万トンを下回る水準で推移したが、2013 年は 504 千トン、2014 年は 548 千トンに増加した。2014 年の資源量が 50 万トン以上、親魚量が Blimit（1996 年水準、221 千トン）を上回っていることから資源水準は中位、最近 5 年間の資源量の推移から動向は増加と判断した。本系群は海洋環境の影響を受ける再生産成功率（ $RPS = \text{加入量} / \text{親魚量}$ ）の年変化が大きく、毎年の加入量が大きく変化する。再生産成功率の低い年にも一定水準以上の加入量を確保し、高い年には良好な加入量とするためには、親魚量を Blimit 以上とすることが望ましい。2016 年の ABC は親魚量を Blimit 以上に維持することを目標とし、今後 RPS が過去の資源量中位水準年の RPS 中央値で継続した場合に、現状の漁獲圧の維持（ F_{current} ）および親魚量の維持（ F_{med} ）の各漁獲シナリオで期待される漁獲量を計算した。

漁獲シナリオ (管理基準)	Limit/ Target	F 値 (Fcurrent との比較)	漁獲 割合 (%)	将来漁獲量 (千トン)		確率評価(%)		2016 年 ABC (千トン)
				5 年後	5 年 平均	2014 年 親魚量 を維持 (5 年後)	Blimit を 維持 (5 年後)	
現状の漁獲 圧の維持* (Fcurrent)	Limit	0.32 (1.00 Fcurrent)	19	196～ 626	305	94	100	205
	Target	0.25 (0.80 Fcurrent)	16	190～ 611	280	98	100	169
親魚量の 維持* (Fmed)	Limit	0.59 (1.89 Fcurrent)	32	136～ 587	323	41	89	340
	Target	0.47 (1.49 Fcurrent)	27	156～ 686	326	66	98	286

コメント

- ・ 本系群の ABC 算定には規則 1-1)-(1)を用いた。
- ・ 本系群は加入量および年齢別選択率の年変動が大きく、将来予測における不確実性は高い。
- ・ 海洋生物資源の保存および管理に関する基本計画第 3 に記載されている本系群の中期的管理方針では、「資源水準の維持若しくは増大を基本方向として、漁獲動向に注意しつつ、管理を行うもの」とされており、親魚量の維持シナリオから得られる漁獲係数以下であれば、現状の資源水準を維持または増大させることができると考えられる。同方針に合致するシナリオには*を付した。
- ・ 親魚量の維持シナリオでの 2014 年の親魚量を維持する確率は 50%未満となったが、これは管理開始後に安定維持される親魚量が 2014 年をやや下回る水準であるため、およびシミュレーションに用いた再生産成功率の分布が平均よりも小さいほうに偏っているためである。

Limitは、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルのF値による漁獲量、Targetは、資源変動の可能性や誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待されるF値による漁獲量である。Ftarget=αFlimitとし、係数αには標準値0.8を用いた。Fcurrentは2012～2014年のFの平均値、Fmedは不確実性が高い最近年（2014年）を除く過去の資源中位水準と判断される年（1991～2000、2012～2013年）の再生産成功率の中央値（RPSmed：21.1尾/kg）に対応するF、漁獲割合は2016年の漁獲量／資源量、F値は各年齢の単純平均値である。将来漁獲量の幅は80%区間を示す。漁獲シナリオにある「親魚量の維持」は中長期的に安定する親魚量での維持を指す。将来漁獲量の5年後は2020年の漁獲量の80%区間、5年平均は2016～2020年の平均、確率評価は漁獲を行った翌年の親魚量で判断（5年後は2021年当初）した。

年	資源量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合
2013	735	133	0.34	18%
2014	920	192	0.30	21%
2015	907*	—	—	—

*2015 年級群の加入量を調査船調査結果から推定した値。

指標	値	設定理由
Bban	資源量 22 千トン	過去の資源低水準期 (1950～60 年代) における推定最低資源量
Blimit	親魚量 1996 年水準 (221 千トン)	これ以下では加入水準が低下する
2014 年	親魚量 1996 年水準以上 (548 千トン)	

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) 主要港水揚量 (北海道～鹿児島 (21) 道府県、関係県) 体長組成調査 (水研セ、北海道～鹿児島 (21) 道府県等) : 市場測定 体長－体重調査・体長－年齢調査 (水研、北海道～鹿児島 (21) 道府県等) : 市場測定、調査漁獲物
資源量指数 ・産卵量 ・加入量指数 ・沖合域分布量 ・未成魚越冬群指数 ・資源量指標値	卵採集調査 (水研セ、関係都道府県) : ノルパックネット 移行域幼稚魚調査、(水研セ) : 中層トロール 北西太平洋北上期浮魚類資源調査 (西部北太平洋サンマ資源調査・北上期浮魚類資源調査、水研セ) : 中層トロール、計量魚探 北西太平洋秋季浮魚類資源調査 (水研セ) : 中層トロール、計量魚探 房総～常磐海域まき網漁況 (千葉水総研、茨城水試) 北部まき網 CPUE・漁場分布に基づく資源量指数 (JAFIC)
自然死亡係数 (M)	年当たり $M=0.4$ を仮定 (田中 1960)
2015 年加入量	5～6 月移行域幼稚魚調査・加入量指数 6～7 月北西太平洋北上期浮魚類資源調査・0 歳魚分布量
漁獲努力量指数	北部まき網漁獲努力量 (JAFIC、分布回遊状況調査)

1. まえがき

マイワシ太平洋系群は、数十年スケールの地球規模の大気～海洋生態系の構造の転換 (レジーム・シフト) と同期して大きく資源変動することが知られている (Kawasaki 1992、Klyashtorin 1998)。高水準となった 1930 年代や 1980 年代の北西太平洋の海洋環境は「寒冷レジーム」と呼ばれる状態にあり、資源高水準期はこのような環境状態においてみられる

短期的なものであり、持続可能な状態ではないと考えられる。従って、本資源を持続的に利用するためには、高水準の維持を目標にするのではなく、中水準での維持を目標にすることが望ましいと考えられる。1990年代はマイワシの再生産に好適でない環境条件において1990年代末から2000年代にかけては高い漁獲圧がかかり、2002～2009年の親魚量は10万トンに満たない極めて低い水準で推移した。仮に漁獲圧を削減していたなら1990年代の水準で維持ができたとの指摘があり（Yatsu and Kaeriyama 2005）、2000年代後半以降の比較的高い再生産成功率をもたらしている環境条件において現状よりも資源を増加させることができた可能性が高い。再生産成功率の年変化が大きい本系群の毎年の加入量を一定水準以上にするためには、漁獲圧の調整により親魚量を一定水準以上で維持することが望ましい。

2. 生態

(1) 分布・回遊

幼稚魚の分布・回遊は、生育初期の海流による移送のされ方によって大きく2つの形態に分けられる。黒潮周辺でふ化後、沿岸域への流れにとりこまれて本邦沿岸域で成長し、沿岸漁場でシラス～幼魚期から漁獲対象となるもの（以下、沿岸加入群）、および黒潮によって東方へ移送され、本邦近海から東経165～170度に及ぶ黒潮親潮移行域で成長して道東～千島列島東方沖の亜寒帯域で夏季の索餌期を過ごし、秋冬季に南下して漁場に参加するもの（以下、沖合加入群）がある（川端ほか2011、図1）。沖合加入群の分布範囲は海流の移送に依存するため、加入量の多寡を反映せず、加入量が低くても広域に分布する。沿岸と沖合のいずれの加入群になるかは、産卵場周辺の海況条件に因って偶然に決まると考えられる。また、両者にはふ化日組成に違いがみられ、沿岸加入群には、2-(3)に後述のように長期間に亘る産卵期を反映して、様々なふ化日の個体が出現するが（落合2009、長谷川・日越2011）、沖合加入群には、近年の調査結果からは、稚仔魚期が春季ブルーミング時期と一致する、ほぼ3～5月（4月中心）にふ化した個体だけがみられる（落合2009、高木ほか2010、須原2014）。沿岸加入群と沖合加入群は独立した群ではないが、主たる発生時期や生育場が異なり、加入動向は必ずしも一致しない。

1歳以上では、黒潮周辺で越冬、産卵後、夏秋季には黒潮周辺の沿岸域で滞留あるいは小規模な索餌回遊を行うもの、および北方へ索餌回遊するものがある。北方への索餌回遊範囲は資源量水準によって大きく変化する。1980年代の高水準期には、三陸～道東沖から千島列島東方沖の天皇海山付近～西経域に達する広大な亜寒帯域を回遊した（伊東1991、黒田1991）。資源量が減少し、100万トンを下回った1990年代には三陸北部～道東沖の親潮域までに、さらに50万トンを下回った2000年代には常磐海域の黒潮続流周辺から三陸南部の親潮の南縁付近までに縮小した。最近では2010年級群の加入によって資源量が増加し、2011年以降、三陸北部～道東沖まで回遊がみられている。

(2) 年齢・成長

寿命は7歳程度、最大体長（被鱗体長）は22～24 cm程度。年齢と体長の関係は、海域による違いもあるが、資源水準により大きく変化する。親潮域を索餌回遊するものでは、1980年代の高水準期には1歳以上の成長速度が低下し、各満年齢時でおおむね1歳：14・15 cm、2歳：15・16 cm、3歳：17・18 cm、4歳：18・19 cm、5歳：19・20 cm、6歳：20 cm以

上であったが、近年の低・中水準期では、1歳：15・16 cm、2歳：18・19 cm、3歳以上：20 cm 以上である。本評価の将来予測で用いた年齢別平均体長と体重（2012～2014 年漁獲物平均値）を図2および補足表3-1に示した。

(3) 成熟・産卵

年齢と成熟率の関係を図3に示した。資源高水準期には成長速度が低下して成熟が遅れたが、近年は1歳で成熟が始まり、2歳ではほとんどの個体が成熟する。本評価では、1998年以降の年齢別成熟率を1歳：50%、2歳以上：100%とした。

卵の出現分布状況から、産卵期は11～6月、盛期は2～4月である。産卵場は、資源水準によって変化した。資源の少なかった1950～60年代は日向灘から関東近海にかけての各地の黒潮内側域に形成された（黒田1991）。資源が増加し始めた1970年代前半は土佐湾とその周辺や関東近海での産卵が増加した。1976年からは薩南海域にも産卵場が形成され、1980年から1990年頃までの高水準期には薩南から紀伊半島沖にかけての黒潮域に大規模な産卵場が形成された。1990年代の資源の減少に伴い、薩南海域の産卵場は消滅し、これ以降は四国沖から関東近海の各地の黒潮内側域に形成されている。

(4) 被捕食関係

仔稚魚期は小型の動物プランクトンを捕食し、成長に伴いより大きい動物プランクトンを捕食するようになる。成魚は鰓耙が発達し、動物プランクトンに加えて珪藻類も濾過摂餌する。中・大型の魚類やイカ類、海産ほ乳類、海鳥類などに捕食される。ヒゲクジラ類の胃内容からは、資源高水準期には多く出現して主要な餌生物であった（Kasamatsu and Tanaka 1992）。1990年代以降は資源減少とともに出現しなくなっていたが（Tamura and Fujise 2002）、2012年には道東海域のミンククジラからまとまった出現がみられ（JARPNII 調査結果）、マイワシの分布量がヒゲクジラ類の捕食対象となるまで増加したと考えられる。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

主要漁業は、幼魚～成魚を対象とする大中型まき網、中型まき網、定置網である。船曳網等によってシラスも漁獲される。近年の総漁獲量の7～9割は三重県以東海域（太平洋北・中区）における漁獲であり、和歌山県以西海域（南区、瀬戸内海区）における漁獲は少ない（図4、表1）。とくに房総以北海域の大中型まき網（北部まき網）による漁獲が資源水準にかかわらず多くを占める。1980年代の資源高水準期には、常磐～三陸海域のほか、夏秋季の道東海域で大規模な漁場が形成され、200万トン以上が漁獲された。1990年代の資源の減少に伴って索餌回遊範囲が縮小し、道東漁場は1994年以降形成されなくなった。高い漁獲圧によって2000年代にはさらに資源が減少したため三陸北部海域でも漁場がほとんど形成されなくなり、房総～常磐海域での0、1歳魚をおもな対象とした漁獲が中心となった。最近、2-（1）に前述の通り、資源が増加して索餌回遊範囲が拡大し（図1）、2012年以降は道東海域でまとまった漁場が形成されており、道東海域における漁獲量は2012年の6千トンから2014年は39千トンに増加した。なお、1994年以降、我が国排他的経済水域（EEZ）内における外国漁船による漁獲はない。

(2) 漁獲量の推移

本評価の漁獲量には、漁業・養殖業生産統計年報の北海道太平洋側～宮崎県並びに瀬戸内海区の合計値に、太平洋区以外に所属する漁船による太平洋海域における漁獲量を加え、さらに太平洋区に所属する漁船による太平洋海域以外での漁獲量(漁獲成績報告書による、2014 年は北海道まき網漁業協同組合調べ)を差し引いた値を用いた(図 4、表 1)。1964～1967 年は 1 万トンを下回っていたが、その後増加し、1983～1989 年は 250 万トンを越える極めて高い水準で推移した。その後減少し、1993 年には 100 万トンを下回り、1995～2001 年は 10 万～30 万トン台で推移した。2002～2010 年は 10 万トンを下回る低い水準で推移したが、2011 年以降は 10 万トン以上に増加し、2014 年は 19.2 万トンであった。2014 年は愛知県以西の海域で漁獲量が増加し、その主体は 0 歳魚であった。これは前述の沿岸加入群であった可能性が高い。

(3) 漁獲努力量

漁業情報サービスセンター(JAFIC)による北部まき網の年間有効努力量および各月の有効努力量の推移を図 5 に示した。2000 年以降、資源量の減少に伴い努力量は年々減少する傾向にあったが、2009 年以降は資源の増加に伴ってやや増加している(図 5 左)。2000 年以降は、いずれの年も夏季を中心に増加する傾向がみられる(図 5 右)。

F の年推移を図 6 および表 1 に示した。近年では、1990 年代末から 2000 年代初めにかけて F は高く、まき網努力量の減少に伴って低下し、最近は低い水準にある。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

資源評価のフロー図を補足資料 1 に示した。関係試験研究機関による資源評価調査(補足資料 2)で収集された漁獲量、漁獲物の体長組成、体長-体重関係、体長-年齢関係の解析データより年齢別漁獲尾数を求め、チューニング VPA(コホート解析)を行った(補足資料 3)。チューニング指数には、2005 年以降の、秋季浮魚類調査による亜寒帯域 0 歳魚現存量、大中型まき網による冬季の 0 歳魚 CPUE から計算される未成魚越冬群指数、および潮岬以東海域の産卵量を用い(表 3、補足資料 2)、これらチューニング指数に適合するように 2014 年の年齢別 F を探索的に求めた。F_{current}(現状の漁獲係数)は近年 3 年(2012～2014 年)の平均とした。計算に用いたデータ数値、および資源量等の推定結果は表 1～3 に示した。

(2) 資源量指標値の推移

親魚量の指標となる産卵量は、親魚量の極めて少なかった 2000 年代前半には太平洋側全体で 100 兆粒を下回る低い水準であったが、最近では親魚量の増加に伴って増加してきており、とくに潮岬以東での増加が顕著である(図 7、表 3-1)。

加入量の指標となる各種調査による資源量指数を図 8 および表 3-2～表 3-5 に示した(調査内容は補足資料 2)。いずれの指数も、近年において高い加入量と推定される 2010 年に高い値を示し、2005 年や 2009、2011 年といった比較的高い加入量の年に比較的高い値を示すなど、加入量の多寡をよく指標していると考えられる。なお、越冬期のまき網漁況に基づく未成魚越冬群指数は、満 1 歳時の資源量をよく指標すると考えられるが、2000 年以

前は高い漁獲圧を反映して近年の動向よりも全体的に高い値を示していると考えられ、漁獲圧が低下している近年と直接の比較は出来ない。

これらの指数のうち、移行域幼稚魚調査による加入量指数や北西太平洋浮魚類調査による北上期移行域～親潮域 0 歳魚分布量、秋季亜寒帯域 0 歳魚現存量など沖合の調査による指数は、沖合の生育場～索餌場における調査のため、2-(1) に前述の沖合加入群だけを指標する。例えば 2008 年級群は、沿岸でのシラス漁獲量や定置網等の幼魚の漁獲量が多かったが、沖合の調査による指数は高くなく、加入量は沿岸加入群では多かったが沖合加入群ではとくに多くはなかったと推定された。反対に 2010 年級群は、沿岸加入群は少なく、沖合加入群が近年では卓越して多かった。移行域幼稚魚調査による加入量指数は、2010 年に最も高く (391.4)、2014 年は 1996 年以降で 3 番目 (158.0) と比較的高い数値であった。2015 年は 101.5 と近年では低いものの 1996 年以降では 6 番目の高い水準であった。北上期調査による分布量は 2014 年に高かった。

(3) 漁獲物の年齢組成

近年の漁獲の主体は 0、1 歳魚であり、漁獲量に占める 1 歳魚の割合が高い。2012、2013 年は近年では加入量の多い 2、3 歳魚 (2010、2011 年級群) の割合も高かった。2014 年は 0 歳魚の割合が近年では非常に高かった (図 9、表 2)。特に愛知県以西の海域で 0 歳魚の漁獲量が多く、沿岸加入群がまとまって漁獲されたと考えられる。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

資源量は、1970 年代に増加し、1980 年代は 1,000 万トン以上の高い水準で推移したが、1990 年代に入って減少して 1994 年に 100 万トンを下回り、その後 1999 年まで 70 万～90 万トン程度で推移した後再び減少し、2002 年以降 2007 年まで 10 万トン台の低い水準で推移した (図 10、表 2)。その後 2008～2014 年に比較的良好な加入が続いたことと後述のように漁獲割合が低下したことにより、2013 年は 74 万トン、2014 年は 92 万トンと増加している。同様に親魚量は 2002 年以降 10 万トンを下回る水準で推移していたが、2013 年は 504 千トン、2014 年は 548 千トンと増加した。

漁獲割合は、努力量の推移と対応して 1990 年代末から 2000 年代始めにかけて 40～50% 台まで高くなり、資源量の減少につながった (図 10、表 1)。その後は、2007 年に 60% と高まったのを除けば低下傾向となり、最近では 20% 前後と低い水準で推移している。資源量と F の関係を図 11 に示した。1980 年代末から 1990 年代、2000 年代始めにかけては、資源量の減少とともに F が上昇する、資源を減少させるような関係がみられたが、最近の F は低下しており (表 1)、資源の減少を進める状況にはないと判断される。

コホート解析における自然死亡係数 M の感度解析として、M を本評価で仮定する 0.4 から 0.3 と 0.5 にそれぞれ変化させた場合の 2014 年の資源量、親魚量を推定した (図 12)。M を大きく (小さく) 設定すると資源量、親魚量は大きく (小さく) 推定されるが、M の変化による違いは大きくない。

(5) 再生産関係

親魚量と加入量の関係を図 13 に示した。1990 年代後半以降は、再生産成功率 (RPS = 加入量 / 親魚量) は、1999 年を除き、低くはないものの、高い漁獲圧によって親魚量が低

い水準となり、特に親魚量が 1996 年水準（221 千トン）を下回った 2001～2009 年には、加入量は 30 億尾未満の低い水準となった。また、1988 年以降の環境下では、加入量は多くても 200 億尾台で最大 273 億尾（1992 年）であり（図 14、表 1）、1970～80 年代にみられた高水準の加入はない。

（6）Blimit の設定

前項の通り、親魚量が 1996 年水準を下回ると加入量の水準が低下したことから、本系群の資源回復水準（Blimit）を 1996 年の親魚量（221 千トン）とした。禁漁水準（Bban）は、Wada and Jacobson（1998）による 1950～60 年代の資源低水準期における推定最低資源量である 2.2 万トンとした。この値は、1910 年以降で、我が国漁獲量が最低であった 1965 年における太平洋側の漁獲量 7 千トンから、漁獲割合を 2000 年代の資源低水準期の平均的な値の 30%と仮定して推定される資源量と同程度である。

（7）資源の水準・動向

資源水準の区分は、1976 年以降の資源量の推移から、資源が増大し、密度効果で成長、肥満度の低下がみられた、1977 年以降 1980 年代の資源量 500 万トン以上の水準を高位、1990 年代以降の資源量 50 万トン以上、親魚量が 1996 年水準（Blimit、221 千トン）以上で成魚の索餌回遊が三陸北部以北の親潮域までみられるような水準を中位、資源量、親魚量がこれらを下回り、成魚の索餌回遊が常磐海域以南に縮小するような水準を低位とした（図 10）。

資源水準は、2014 年の資源量が 92 万トン、親魚量が 548 千トンであることから中位と判断した。動向は近年 5 年間の資源量の推移から増加と判断した（図 10）。

（8）今後の加入量の見積もり

RPS の推移を図 14、表 1 に示した。RPS は、1976～1981 年は、1979 年を除き、36.0～65.6 尾/kg と高く、加入量、親魚量が増大した。1982～1987 年は 20 尾/kg 前後で推移し、高い親魚量によって高水準の加入が続いた。レジーム・シフト直後の 1988～1991 年は 0.9～1.7 尾/kg と極めて低く、加入量水準が大きく低下して親魚量が急激に減少した。1992 年以降 2000 年代前半までは、1999 年に 5.4 尾/kg と低く、1996 年に 60.7 尾/kg と高かったほかは 12～24 尾/kg の範囲で推移した。2000 年代後半以降は、30 尾/kg 以上の高い年の頻度が高くなり、10 尾/kg 以下の低い年はほとんどみられない。

本系群は海洋環境のレジーム・シフトと同期して資源変動し、寒冷レジームにおいて資源が増大したことが知られている。資源量は、1976/77 年のレジーム・シフト（Yasunaka and Hanawa 2002）と同期して増大し、1980 年代は 1,000 万トン以上の高い水準で推移したが、1988/89 年のレジーム・シフトと同期して、海洋環境の影響によると考えられる 1988～1991 年の連続した再生産成功率の低下がみられ（Watanabe et al. 1995）、加入量が大きく減少して激減した。1990 年代後半以降は 100 万トン未満の水準で推移している。古文書の記録によれば、1980 年代のような資源の増大は、1930 年代やそれ以前にも 50～100 年程度の間隔で繰り返し起こり、漁獲圧が近年よりはるかに低い状況においても高水準期は十年～数十年間程度で終わり、長期間に亘って持続することはなかったと推定されている（伊東 1961、1991、坪井 1988）。資源高水準期には、密度効果による成長速度の低下、成魚の肥満度の

低下、卵質の低下（Wada and Kashiwai 1991、Kawasaki and Omori 1995、Morimoto 1996、Kawabata et al. 2011）など、親魚の再生産能力の低下につながる生物学的な変化が確認されており、資源量が高水準にあることは持続的な状態とは思われない。寒冷レジームにおける資源増大のメカニズムは明らかではないが、稚仔魚の生育場である黒潮続流域において、アリューシャン低気圧の勢力が強化されて風が強まり、下層からの栄養塩の供給が増えて餌料プランクトンが増加し、加入量の増大が可能になったという説がある（Yatsu et al. 2008）。逆にいえば、過去の資源動向からみて、寒冷レジームでなければ高水準期のような高い加入はないとも考えられる。

加入動向と環境指標との関係としては、冬春季の親潮南下指数が高いと RPS が高い（海老沢・木下 1998）、あるいは黒潮続流南側再循環域（KESA）の冬季水温が低いと加入までの死亡率が低い（Noto and Yasuda 1999、能登 2003）、といった関係が示されている。前者は、親潮によって稚仔魚生育場の餌量が増加して生残率が高くなると推察されている。後者は、上述の寒冷レジームのシフトに関係した環境変化と資源の増減をおもに指標したと考えられ、近年は関係が不明瞭である。

このほか、毎年 RPS の変化に対する直接的な環境要因の解明を目的とした研究が進められている。Ambe et al. (2010) は、水温と流速の解析場を用いた粒子追跡実験を行って各年の卵、仔魚の産卵場～生育場における経験水温を推定し、適水温を経験する個体が多い年は RPS が高いことを指摘した。Okunishi et al. (2012) は、衛星観測データに基づく環境場において成長、回遊モデルを構築して仔稚幼魚を移送、回遊させる実験を行い、30～60 日齢の稚仔魚期に適水温や高クロロフィル（高い餌量）を経験した個体が早く成長して加入に成功し、そのような個体の割合の高い年は加入量が高くなると推察した。これらに関連して、天然海域で得られた仔稚魚の成長解析から、成長率の高い個体が優先して発育ステージが進み、選択的に生残率が高くなると考えられること（落合 2009、須原ほか 2014）、仔稚魚の平均成長率の高い年は RPS が高い関係がみられること（Takahashi et al. 2008）、が報告されている。将来的にはこのような知見をもとに加入量の推定精度を向上させることが期待される。そのためには、このような解析に加え、飼育実験等により初期成長、生残への環境要因、母性効果等の影響を直接的に評価することが必要である。

今後の加入量について、2015 年の加入量は、加入量との相関関係が認められる移行域加入量指数から推定した（ $r = 0.80$ 、 $p < 0.01$ ）。調査が行われた 1996～2015 年のうち、加入量指数が 1 以下と著しく低かった年（2001～2004、2006 年）以外の年の加入量指数と加入量の回帰式を用いた。2015 年の加入量指数は 101.5 であり、2012～2013 年（123.1～158.0）を下回ったものの、2010 年以前の水準に比べれば高く、近年の比較的高い水準を維持した（図 8、表 3）。回帰式と 2015 年の加入量指数から推定される加入量は 71 億尾となり、これを 2015 年の加入量とした（補足資料 3）。

2016 年の加入量は、1988 年のレジーム・シフト後の環境下では 1970～80 年代にみられたような高水準の加入はないと考えられることから、仮定する加入量の上限を 1988 年以降の最大値である 273 億尾（1992 年水準）とした。その上で、1988 年のレジーム・シフト後において、推定値の不確実性の高い最近年（2014 年）を除き、中位水準と判断される 1991～2000 年および 2012～2013 年の再生産成功率の中央値（RPS_{med} : 21.1 尾/kg）をコホー

ト解析で求められる親魚量に乗じて仮定した^{*1}。

(9) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

F と %SPR、YPR との関係を図 15 に示した。現状の漁獲圧（ $F_{current}$ ）は、資源を現状維持するとされる F_{med} 、 F_{msy} の代替値とされる基準値の $F_{0.1}$ より低いことから、その水準は低いと判断される。

5. 2016 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源の水準、動向は、中位、増加と判断した。2008 年以降、比較的高い RPS による高い加入量と漁獲圧の低下によって資源は増加し、親魚量は B_{limit} 以上へ回復した。現状の漁獲圧は高くなく、将来的に過去の中位水準年の RPS 中央値が維持されれば、資源を増加できる水準である。現在の海洋環境は、太平洋十年規模振動（PDO）といった各環境指標の動向からみて、1970 年代後半から 1980 年代のような資源の増大を可能とさせたような寒冷レジームにあると判断することは難しく、近い将来に高水準期へ移行していくことは考えにくい。

(2) 漁獲シナリオに対応した漁獲量の算定

親魚量は B_{limit} を上回っており、ABC 算定規則の 1-1)-(1)により F を設定した。資源中位水準で想定される再生産関係のもとで B_{limit} 以上の現状の親魚量水準の維持を図る漁獲シナリオとして、過去の中位水準年の RPS_{med} (21.1 尾/kg) に対応する F_{med} 、現状の漁獲圧であり資源の増大が可能な $F_{current}$ 、およびこれらの予防的措置を講じた F を設定し、それぞれの漁獲シナリオに従って 2016 年の ABC を算定した。コホート解析によるそれぞれの F における推定漁獲量と資源量の予測値を以下の表と図 16 および表 4 に示す。

^{*1} 2013 年度評価では近年 10 年間の RPS 中央値を仮定したが、この期間には低水準の親魚量のもとでの高い RPS の年が多いため中央値が高くなり、加入量が過大に見積もられて ABC が過大に算定される恐れがあることから 2014 年度より変更した。

漁獲シナリオ（管理基準）		F値	漁獲量（千トン）						
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Limit	0.32	192	181	205	240	289	358	434
	Target	0.25	192	181	169	208	262	340	419
親魚量の維持 (Fmed)	Limit	0.59	192	181	340	320	317	321	319
	Target	0.47	192	181	286	295	318	351	380
			資源量（千トン）						
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Limit	0.32	920	907	1,063	1,264	1,540	1,889	2,300
	Target	0.25	920	907	1,063	1,329	1,695	2,180	2,645
親魚量の維持 (Fmed)	Limit	0.59	920	907	1,063	1,024	1,023	1,027	1,024
	Target	0.47	920	907	1,063	1,120	1,218	1,332	1,446

Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量、Target は、資源変動の可能性や誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。Fcurrent は 2012～2014 年の F の平均値、Fmed は不確実性が高い最近年（2014 年）を除く過去の資源中位水準と判断される年（1991～2000、2012～2013 年）の再生産成功率の中央値（RPSmed：21.1 尾/kg）に対応する F である。

現状の漁獲圧は高くなく、Fcurrent を維持した場合、将来予測で資源量、親魚量は増加する。現状よりも漁獲圧を高める Fmed では、資源量、親魚量は 2014 年より高い水準で維持される。将来的な漁獲量は、Fcurrent が Fmed を上回る。

（3）2016 年 ABC、加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

環境の影響の大きい RPS の年変動に伴う加入量の不確実性を考慮した将来予測を検討した。2016 年以降の加入量を、親魚量に応じて過去の RPS 観測値をリサンプリングして仮定する将来予測シミュレーションを行った。シミュレーションの条件設定の詳細は補足資料 4 に示した。F は前述の各漁獲シナリオの Fmed、Fcurrent、およびそれらに予防的措置を講じた場合を設定した。このような将来予測をそれぞれ 1,000 回行い、各シナリオの管理効果を資源量、漁獲量、親魚量の試算値から検討した。

将来予測の結果、試算値の動向は前項で述べた不確実性を考慮せずに加入量を与えた場合とほぼ同様であった（図 17）。

漁獲シナリオ (管理基準)	Limit/ Target	F 値 (Fcurrent との比較)	漁獲 割合 (%)	将来漁獲量 (千トン)		確率評価(%)		2016 年 ABC (千トン)
				5 年後	5 年 平均	2014 年 親魚量 を維持 (5 年後)	Blimit を 維持 (5 年後)	
現状の漁獲 圧の維持 (Fcurrent)*	Limit	0.32 (1.00 Fcurrent)	19	196～ 626	305	94	100	205
	Target	0.25 (0.80 Fcurrent)	16	190～ 611	280	98	100	169
親魚量の 維持 (Fmed)*	Limit	0.59 (1.89 Fcurrent)	32	136～ 587	323	41	89	340
	Target	0.47 (1.49 Fcurrent)	27	156～ 686	326	66	98	286

コメント

- ・ 本系群の ABC 算定には規則 1-1)-(1)を用いた。
- ・ 本系群は加入量および年齢別選択率の年変動が大きく、将来予測における不確実性は高い。
- ・ 海洋生物資源の保存および管理に関する基本計画第 3 に記載されている本系群の中期的管理方針では、「資源水準の維持若しくは増大を基本方向として、漁獲動向に注意しつつ、管理を行うもの」とされており、親魚量の維持シナリオから得られる漁獲係数以下であれば、現状の資源水準を維持または増大させることができると考えられる。同方針に合致するシナリオには*を付した。
- ・ 親魚量の維持シナリオでの 2014 年の親魚量を維持する確率は 50%未満となったが、これは管理開始後に安定維持される親魚量が 2014 年をやや下回る水準であるため、およびシミュレーションに用いた再生産成功率の分布が平均よりも小さいほうに偏っているためである。

Limitは、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルのF値による漁獲量、Targetは、資源変動の可能性や誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待されるF値による漁獲量である。Ftarget=αFlimitとし、係数αには標準値0.8を用いた。Fcurrentは2012～2014年のFの平均値、Fmedは、不確実性が高い最近年（2014年）を除く過去の資源中位水準と判断される年（1991～2000、2012～2013年）の再生産成功率の中央値（RPSmed：21.1尾/kg）に対応するF、漁獲割合は2016年の漁獲量／資源量、F値は各年齢の単純平均値である。将来漁獲量の幅は80%区間を示す。漁獲シナリオにある「親魚量の維持」は中長期的に安定する親魚量での維持を指す。将来漁獲量の5年後は2020年の漁獲量の80%区間、5年平均は2016～2020年の平均、確率評価は漁獲を行った翌年の親魚量で判断（5年後は2021年当初）した。現状親魚量は2014年親魚量を指す。

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
漁獲量（漁業養殖業生産統計年報）2013 年確定値並びに 2014 年概算値 過去に遡及した資料の追加、改訂による年別・年齢別漁獲尾数の見直し	年齢別漁獲尾数
2014 年の主要港月別漁獲量、生物測定結果 2014 年秋季～2015 年春季における資源量指数	2014 年の年齢別漁獲尾数、年齢別体重 2014、2015 年級群に対応した資源量指数 これらに基づく資源計算による漁獲係数、選択率、資源量、SPR、Fmed の改訂

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (千トン)	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千トン)
2014 年(当初)	Fmed	1.08	814	310	269	
2014 年(2014 年再評価)	Fmed	0.67	773	260	220	
2014 年(2015 年再評価)	Fmed	0.59	920	302	255	192
2015 年(当初)	Fmed	0.67	875	283	240	
2015 年(2015 年再評価)	Fmed	0.59	907	298	252	

2014 年および 2015 年の ABC について本評価による推定結果により再評価を行った。F 値は年齢別 F の単純平均である。

2014 年については、2013 年級群の加入量が 2014 年再評価で下方修正されたが、本年再評価では上方修正された。F 値は年齢別選択率が変化したことにより下方修正された。F 値は減少したものの資源量が増加したため、ABC は 2014 年再評価から上方修正された。

2015 年については、2015 年再評価において、0 歳魚（2015 年級群）の加入量が 2014 年当初評価から下方修正されたが、1 歳魚（2014 年級群）が上方修正されたため、全体の漁獲尾数は下方修正されたが資源量は上方修正された。このため ABC は当初評価から上方修正された。2015 年級群の過大評価は、仮定した RPS（中位水準年の RPSmed）から見積もられた加入量が過大であったことが一因である。

6. ABC 以外の管理方策への提言

現状では、0、1 歳魚が漁獲の主体となっているが、全ての個体が成熟する年齢は 2 歳と推定されていることから、資源の増加、維持に重要である一定水準以上の親魚量の確保のために、未成魚に過大な漁獲圧がかからないような年齢別の漁獲方策を検討することも必要であろう。将来、資源の増大を可能とする寒冷レジームへシフトした場合には、加入量が増大して資源高水準期へ移行する可能性がある。過去の経緯をみると、資源高水準期への移行は、海洋生態系の変化を伴い、水産業等社会への影響が大きいことから、ある程度予測されることが望ましい。関連調査研究を進展させるとともに、環境の変化とそれに伴う加入群の大発生などの資源の動向を注視していく必要がある。

7. 引用文献

- Ambe, D., K. Komatsu, A. Okuno, M. Shimizu, and A. Takasuka (2010) Survival response during early larval stage of Japanese sardine to physical oceanic conditions leading to their recruitment, *Proceedings of Techno-Ocean 2010*, 2010.
- 海老沢良忠・木下貴裕(1998) 房総～三陸海域の水溫環境とマイワシの再生産指数について. 茨城水試研報, 36, 49-55.
- 長谷川雅俊・日越貴大(2011) 駿河湾西部における春季から初夏のマイワシ仔稚幼魚の出現. 黒潮の資源海洋研究, (12), 125-130.
- 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. 日水研年報, (9), 1-227.
- 伊東祐方(1991) 日本のマイワシーその生活と資源. 魚油とマイワシ (松下七郎編著), 恒星社厚生閣, 191-255.
- Kasamatsu, F., and S. Tanaka (1992) Annual changes in prey species of minke whales taken off Japan 1948-87. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54, 637-651.
- Kawabata, A., H. Yamaguchi, S. Kubota and M. Nakagami (2011) Growth and fatness of 1975-2002 year classes of Japanese sardine in the Pacific waters around northern Japan. *Fish. Sci.*, 77, 291-299.
- 川端淳・西田宏・高木香織・高橋正知・中神正康・巢山哲・上野康弘・納谷美也子・山下夕帆(2011) 北西太平洋におけるマイワシ 0～1 歳魚の季節的分布回遊. 平成 21 年度資源評価調査成果報告書・第 59 回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告, 189-194.
- Kawasaki, T. (1992) Climate-dependent fluctuations in far eastern sardine population and their impacts on fisheries and society. *Climate variability, climate change and fisheries* (Glantz, M.H. ed), Cambridge University press, 325-354.
- Kawasaki, T. and M. Omori (1995) Possible mechanisms underlying fluctuations in the Far Eastern sardine population inferred from time series of two biological traits. *Fish. Oceanogr.*, 4, 238-242.
- Klyashtorin, L.B. (1998) Long-term climate change and main commercial fish production in the Atlantic and Pacific. *Fish. Res.*, 37, 115-125.
- 黒田一紀(1991) マイワシの初期生活期を中心とする再生産過程に関する研究. 中央水研研報, (3), 25-278.
- Morimoto, H. (1996) Effects of maternal nutritional conditions on number, size and lipid content of hydrated eggs in the Japanese sardine from Tosa Bay, southwestern Japan. *Survival strategies in early life stages of marine resources* (Watanabe, Y. et al. eds), AA Balkema, 3-12.
- Noto, M. and I. Yasuda (1999) Population decline of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, in relation to sea surface temperature in the Kuroshio Extension. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 56, 973-983.
- 能登正幸(2003) 北西太平洋の水溫変動とマイワシ資源・分布の関係. 月刊海洋, 35, 32-38.
- 落合伸一郎(2009) マイワシとウルメイワシ当歳魚の比較生態学的研究. 東京大学農学生命研究科修士論文, 1-95.
- Okunishi, T., Ito, S., Ambe, D., Takasuka, A., Kameda, T., Tadokoro, K., Setou, T., Komatsu, K., Kawabata, A., Kubota, H., Ichikawa, T., Sugisaki, H., Hashioka, T., Yamanaka, Y., Yoshie, N., and Watanabe, T. (2012) A modeling approach to evaluate growth and movement for

- recruitment success of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) in the western Pacific. Fish. Oceanogr., 21, 44-57.
- 須原三加・川端淳・久保田洋・高木香織・本田聡・渡邊千夏子・加賀敏樹・山下紀生・巢山哲・中神正康(2014) 黒潮親潮移行域以北に出現するマイワシ太平洋系群当歳魚の孵化日組成と成長. 黒潮の資源海洋研究, 15, 109.
- 高木香織・高橋素光・西田宏(2010) マイワシ太平洋系群・資源低水準期における稚魚の生態特性. 平成 20 年度資源評価調査成果報告書・第 58 回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告, 172-178.
- Takahashi, M., H. Nishida, H. Yatsu, and Y. Watanabe (2008) Year-class strength and growth rates after metamorphosis of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) in the western North Pacific Ocean during 1996-2003. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 65, 1425-1434.
- Tamura, T. and Fujise, Y. (2002) Geographical and seasonal changes of the prey species of minke whale in the northwestern Pacific. ICES J. Mar. Sci., 59, 516-528.
- 坪井守夫(1988) 本州・四国・九州を一周したマイワシ主産卵場 (3), 東海区水研業績 C 集・さかな, (40), 37-49.
- Wada, T. and L. D. Jacobson (1998) Regimes and stock-recruitment relationships in Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*), 1951-1995. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 55, 2455-2463.
- Wada, T. and M. Kashiwai (1991) Changes in growth and feeding ground of Japanese sardine with fluctuation in stock abundance. Long-term variability of pelagic fish populations and their environment (Kawasaki, T. et al. eds), Pergamon, 181-190.
- Watanabe, Y., H. Zenitani, and R. Kimura (1995) Population decline of the Japanese sardine *Sardinops melanostictus* owing to the recruitment failures. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 52, 1609-1616.
- Yasunaka, S and K. Hanawa (2002) Regime shifts found in the northern hemisphere SST field. J. Meteor. Soc. Japan, 80, 119-135.
- Yatsu, A, K.Y. Aydin, J.R. King, G.A. McFarlane, S. Chiba, K. Tadokoro, M. Kaeriyama, and Y. Watanabe (2008) Elucidating dynamic responses of North Pacific fish populations to climatic forcing: Influence of life-history strategy. Prog. Oceanogr. 77, 252-268.
- Yatsu, A and M. Kaeriyama (2005) Linkages between coastal and open-ocean habitats and dynamics of Japanese stocks of chum salmon and Japanese sardine. Deep-Sea Res. II, 52, 727-737.

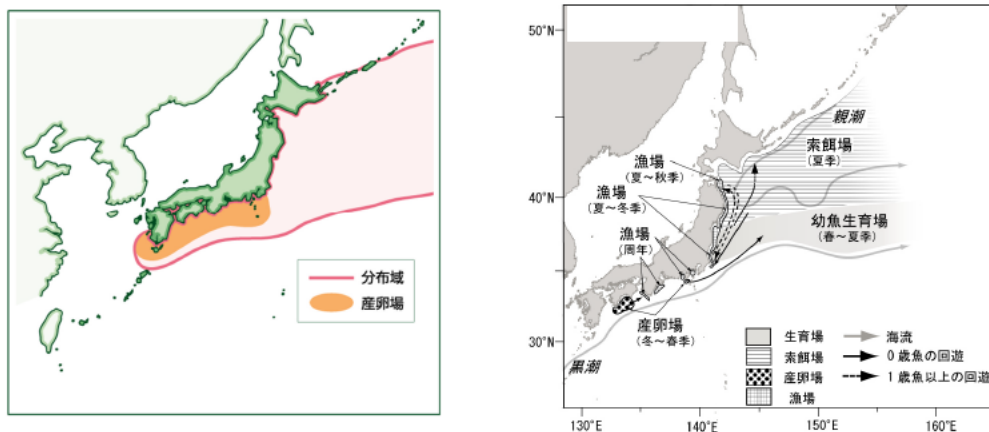


図1. 分布・回遊および生活史と漁場形成の模式図

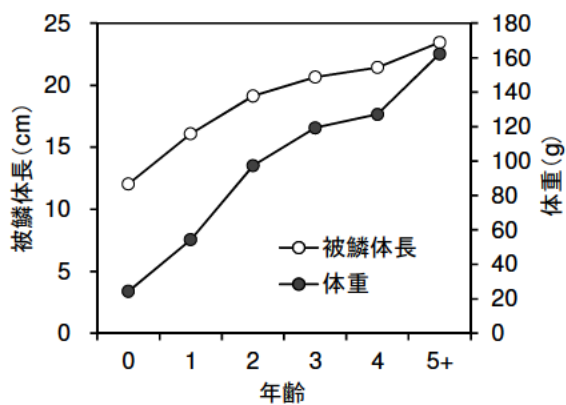


図2. 年齢と成長（2012～2014年漁獲物平均値）

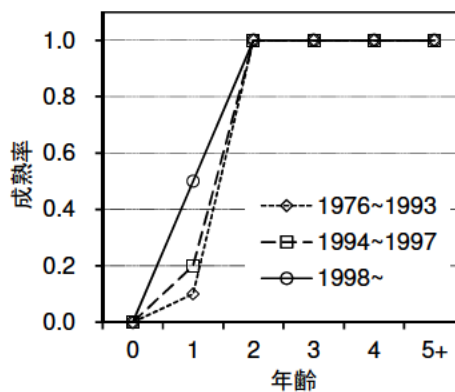


図3. 年齢と成熟率

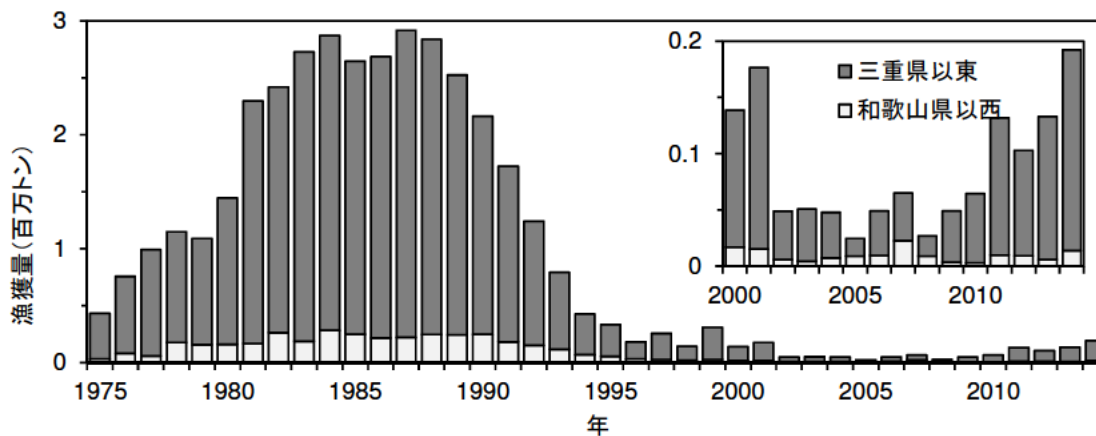


図4. 漁獲量の推移

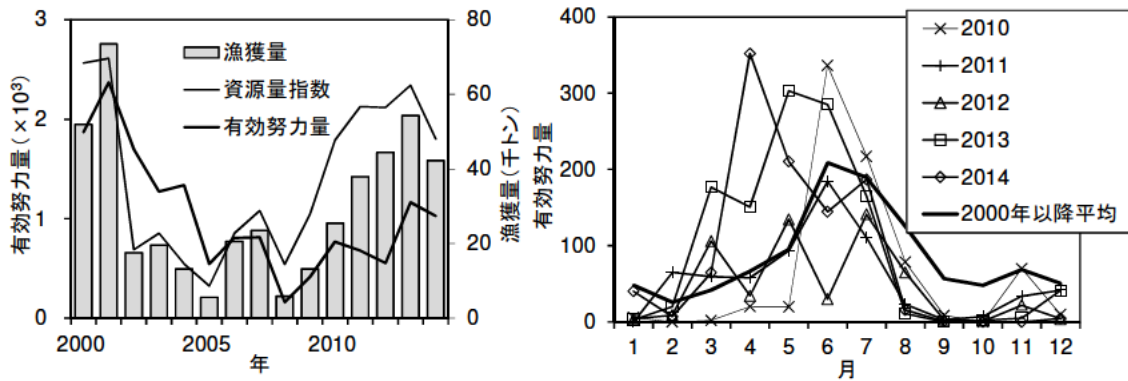


図5. 北部まき網の有効努力量と資源量指数、漁獲量の推移 (JAFIC 集計値)

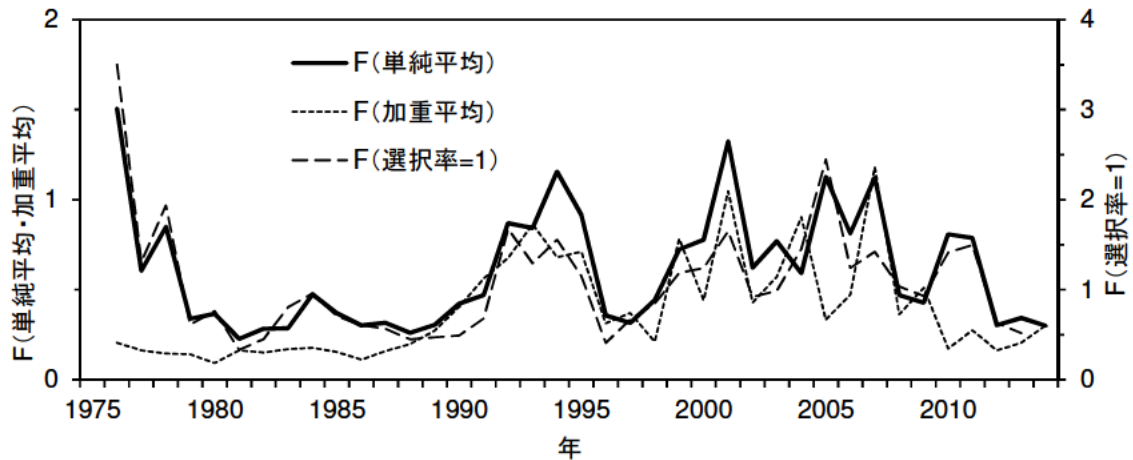


図6. 漁獲係数 F の推移 年齢別 F の単純平均値、年齢別資源尾数に応じた加重平均値、および年齢別 F の最大値 (選択率=1)。

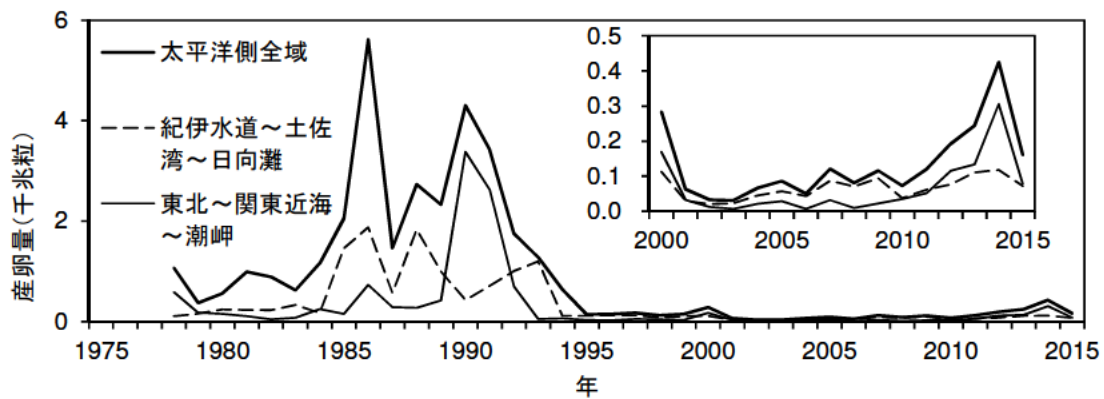


図7. 産卵量の推移 卵稚仔調査協議会による前年10月から9月までの集計値。2015年は5月までの概算値。太平洋側全域は同協議会の区分の海区Ⅰ～Ⅳ、紀伊水道～土佐湾～日向灘は海区Ⅲ、東北～関東近海～潮岬は海区Ⅰ・Ⅱの値。

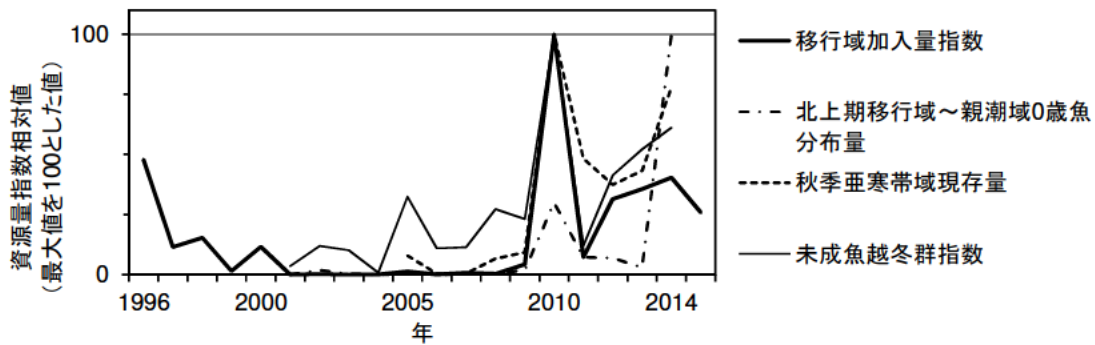


図8. 加入量の指標となる資源量指数の推移 各指数については補足資料2、表8を参照。
未成魚越冬群指数は前年の加入量と対応するので1年ずらし、2002年以降を示した。

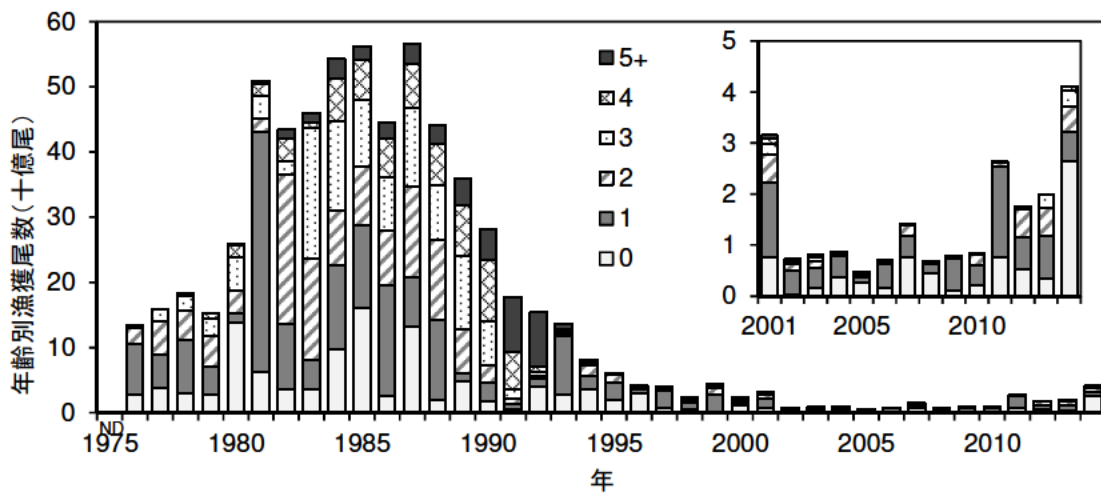


図9. 年齢別漁獲尾数

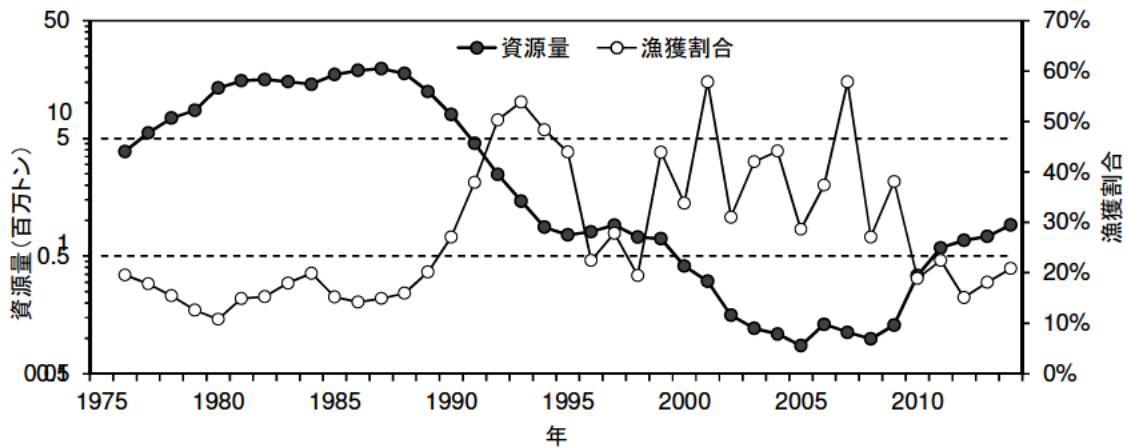


図10. 資源量と漁獲割合の推移 図中破線は資源水準区分の資源量の目安。

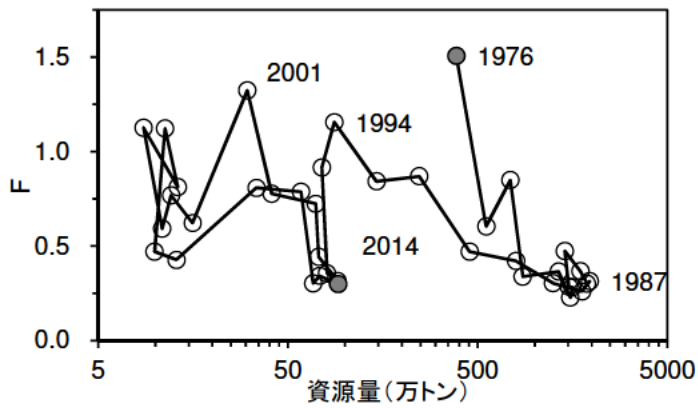


図 11. 資源量と F (年齢別 F の単純平均値) の関係

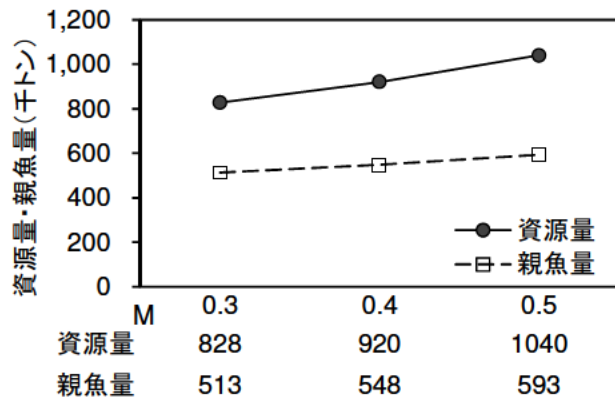


図 12. M と資源量、親魚量の関係 M の変化に対する 2014 年の推定値の感度解析。

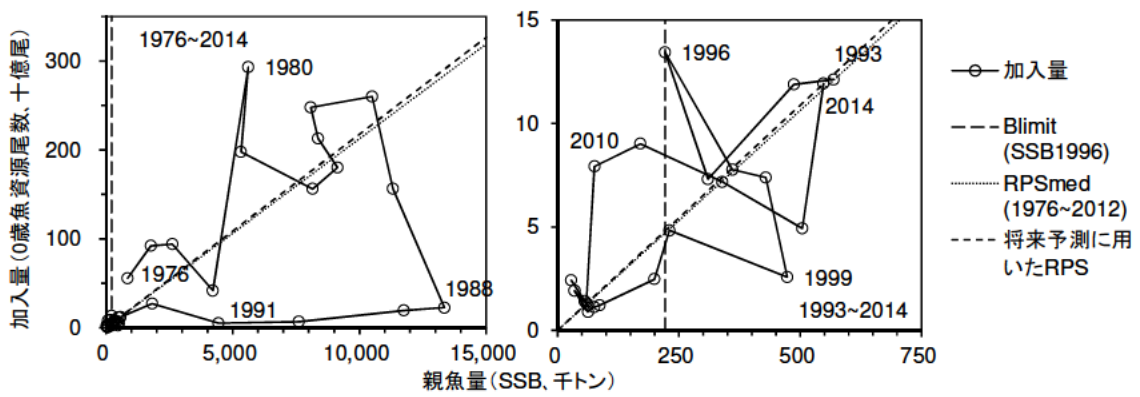


図 13. 親魚量と加入量の関係

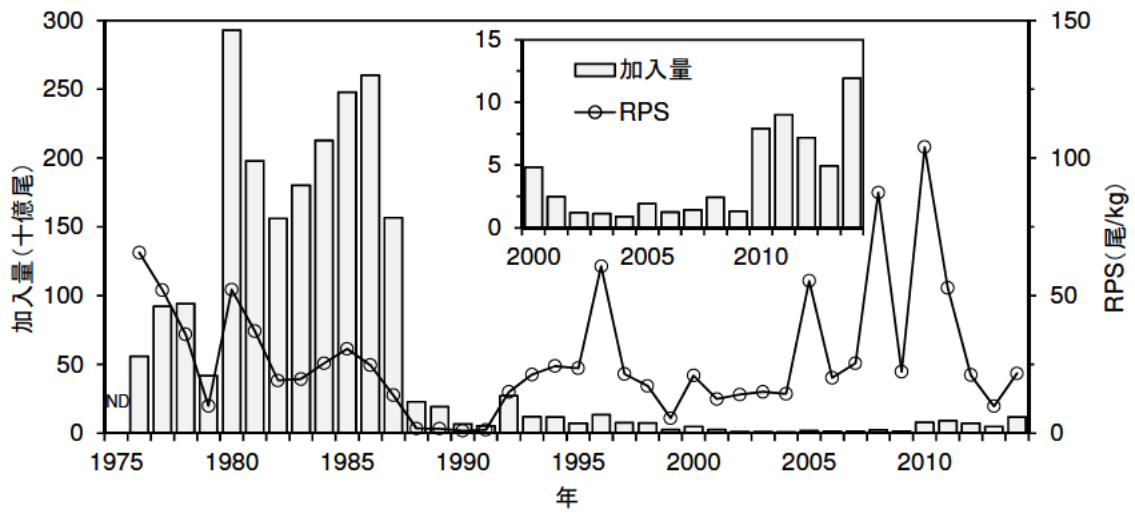


図 14. 加入量および再生産成功率（RPS）の推移

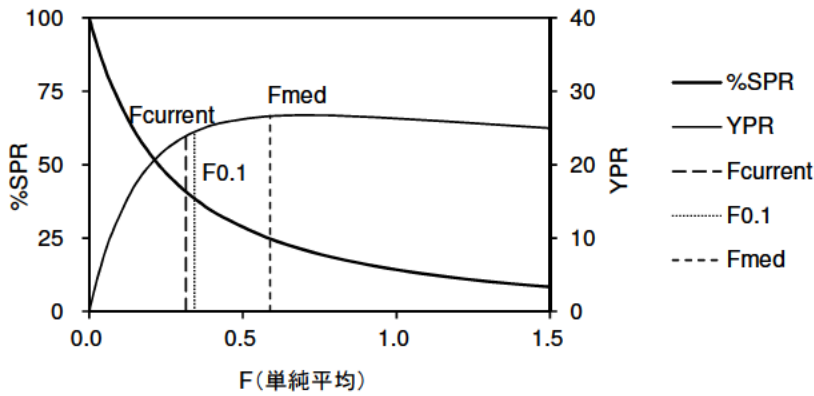


図 15. F と %SPR、YPR の関係 F_{med} は中位水準年における RPS_{med} に対応した値。

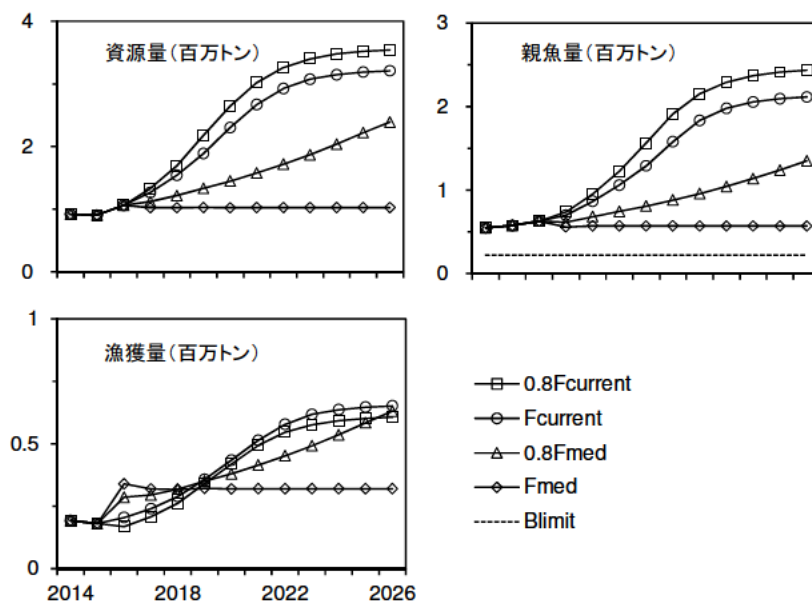


図 16. 各漁獲シナリオの F において予測される資源量、親魚量、漁獲量の推移

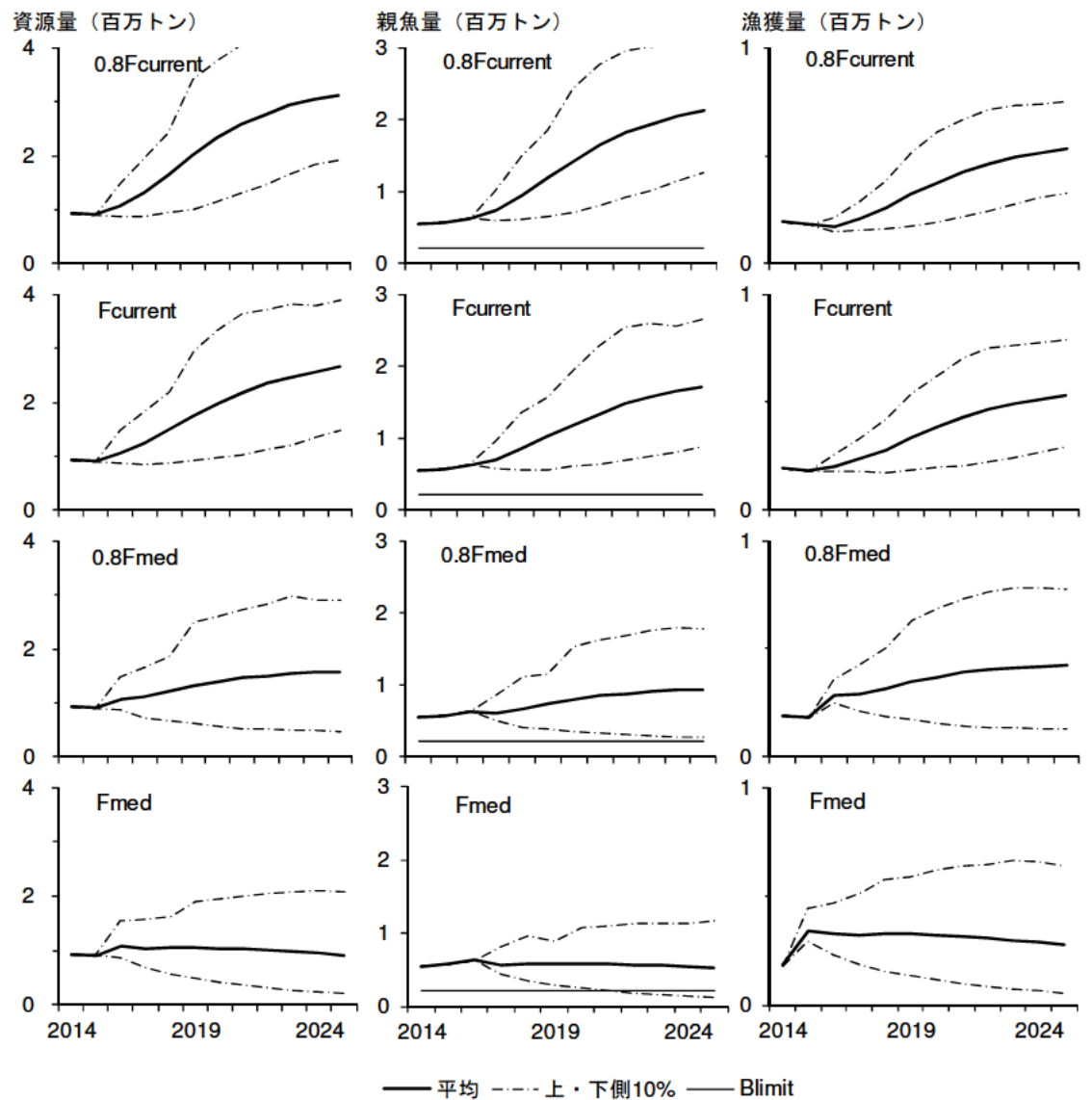


図 17. 各漁獲シナリオにおける加入量の不確実性を考慮した将来予測による資源量、親魚量、漁獲量の推移

表 1. 漁獲量とコホート解析結果

年	漁獲量 (千トン)			資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	加入量 (億尾)	漁獲 割合 (%)	再生産 成功率 (尾/kg)	F単純平均
	太平洋系群 計	三重県 以東	和歌山県 以西						
1975	430	400	30						
1976	756	677	79	3,862	852	559	20	65.6	1.51
1977	991	934	56	5,553	1,774	923	18	52.0	0.60
1978	1,149	975	174	7,440	2,620	942	15	36.0	0.85
1979	1,089	933	156	8,647	4,219	419	13	9.9	0.34
1980	1,445	1,286	159	13,366	5,613	2,930	11	52.2	0.37
1981	2,296	2,129	167	15,415	5,325	1,978	15	37.1	0.23
1982	2,419	2,158	261	15,830	8,158	1,562	15	19.2	0.28
1983	2,725	2,539	186	15,151	9,140	1,802	18	19.7	0.29
1984	2,870	2,589	281	14,419	8,368	2,128	20	25.4	0.47
1985	2,644	2,397	247	17,392	8,079	2,479	15	30.7	0.37
1986	2,685	2,471	214	18,881	10,499	2,600	14	24.8	0.30
1987	2,916	2,696	220	19,542	11,322	1,565	15	13.8	0.32
1988	2,838	2,593	244	17,774	13,354	228	16	1.7	0.26
1989	2,524	2,280	243	12,507	11,754	194	20	1.7	0.30
1990	2,162	1,916	246	7,981	7,609	69	27	0.9	0.42
1991	1,724	1,544	180	4,546	4,439	53	38	1.2	0.47
1992	1,240	1,089	152	2,465	1,819	273	50	15.0	0.87
1993	791	675	116	1,467	569	121	54	21.3	0.84
1994	425	357	68	879	487	119	48	24.4	1.16
1995	332	277	55	756	310	73	44	23.6	0.92
1996	181	150	31	805	221	134	22	60.7	0.36
1997	255	228	27	916	360	78	28	21.6	0.32
1998	142	124	18	727	429	74	19	17.2	0.44
1999	308	281	27	701	473	26	44	5.4	0.72
2000	139	122	17	411	231	48	34	21.0	0.78
2001	177	162	15	305	199	25	58	12.4	1.32
2002	49	43	6	157	87	12	31	14.1	0.62
2003	51	46	5	121	75	11	42	15.0	0.77
2004	48	41	7	109	63	9	44	14.3	0.59
2005	25	16	9	87	35	19	29	55.4	1.13
2006	49	40	10	131	62	12	37	20.1	0.81
2007	65	42	23	113	56	14	58	25.4	1.12
2008	27	18	9	99	28	24	27	87.5	0.47
2009	49	46	3	129	59	13	38	22.3	0.43
2010	65	62	3	341	76	79	19	104.0	0.81
2011	132	122	10	587	171	90	22	52.8	0.79
2012	103	93	9	680	339	72	15	21.2	0.30
2013	133	127	6	735	504	49	18	9.8	0.34
2014	192	178	14	920	548	119	21	21.8	0.30

表 2. コホート解析結果の詳細

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
0歳	2,688	3,838	3,043	2,828	13,733	6,276	3,578	3,601	9,656	16,152	2,612	13,293
1歳	7,763	5,052	8,106	4,208	1,500	36,761	10,028	4,538	12,952	12,648	16,897	7,413
2歳	2,542	5,224	4,401	4,714	3,591	1,964	22,951	15,526	8,377	8,947	8,340	13,945
3歳	278	1,636	2,353	2,750	4,998	3,654	2,007	20,050	13,665	10,192	8,256	12,206
4歳	98	53	346	745	1,790	1,845	3,494	874	6,671	6,217	5,976	6,746
5歳以上	1	1	27	19	324	348	1,365	1,358	2,958	2,039	2,452	2,929
合計	13,370	15,803	18,276	15,264	25,937	50,849	43,422	45,946	54,278	56,194	44,532	56,533

年齢別漁獲量 (千トン)

年齢\年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
0歳	67.2	80.6	66.9	96.1	288.4	119.2	68.0	43.2	77.2	290.7	26.1	79.8
1歳	434.7	293.0	421.5	231.4	103.5	1,396.9	411.1	190.6	531.0	505.9	709.7	348.4
2歳	213.5	438.8	369.7	381.8	290.9	167.0	1,216.4	916.0	452.4	438.4	492.1	753.0
3歳	29.2	171.8	247.1	288.8	509.8	354.5	182.7	1,343.4	929.2	682.8	619.2	817.8
4歳	11.6	6.2	40.8	87.9	211.3	214.1	370.4	81.2	560.3	516.0	555.7	600.4
5歳以上	0.1	0.1	3.4	2.5	41.2	44.2	170.6	150.7	319.4	210.0	281.9	316.4
合計	756.3	990.5	1,149.5	1,088.5	1,445.0	2,295.9	2,419.1	2,725.1	2,869.6	2,643.8	2,684.7	2,915.8

年齢別平均体重(g)

年齢\年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
0歳	25	21	22	34	21	19	19	12	8	18	10	6
1歳	56	58	52	55	69	38	41	42	41	40	42	47
2歳	84	84	84	81	81	85	53	59	54	49	59	54
3歳	105	105	105	105	102	97	91	67	68	67	75	67
4歳	118	118	118	118	118	116	106	93	84	83	93	89
5歳以上	127	127	127	127	127	127	125	111	108	103	115	108

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
0歳	55,899	92,252	94,204	41,921	292,971	197,812	156,249	180,202	212,801	247,911	259,954	156,475
1歳	31,999	35,269	58,696	60,656	25,786	185,141	127,459	101,808	117,844	134,739	152,955	172,114
2歳	7,185	15,094	19,506	32,709	37,214	16,056	94,007	77,228	64,529	68,389	79,963	88,695
3歳	520	2,735	5,841	9,472	18,066	22,005	9,155	44,224	39,056	36,396	38,518	46,773
4歳	123	121	494	1,989	4,097	8,018	11,759	4,493	13,228	14,992	16,053	19,060
5歳以上	1	3	39	52	742	1,512	4,592	6,983	5,866	4,916	6,586	8,276
合計	95,728	145,473	178,779	146,797	378,876	430,545	403,221	414,937	453,324	507,344	554,029	491,392

年齢別資源量 (千トン)、親魚量 (千トン)、再生産成功率 (RPS、尾/kg)

年齢\年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
0歳	1,397	1,937	2,072	1,425	6,152	3,758	2,969	2,162	1,702	4,462	2,600	939
1歳	1,792	2,046	3,052	3,336	1,779	7,035	5,226	4,276	4,832	5,390	6,424	8,089
2歳	604	1,268	1,638	2,649	3,014	1,365	4,982	4,556	3,485	3,351	4,718	4,790
3歳	55	287	613	995	1,843	2,134	833	2,963	2,656	2,439	2,889	3,134
4歳	15	14	58	235	483	930	1,246	418	1,111	1,244	1,493	1,696
5歳以上	0.2	0.3	5	7	94	192	574	775	633	506	757	894
合計	3,862	5,553	7,440	8,647	13,366	15,415	15,830	15,151	14,419	17,392	18,881	19,542
親魚量	852	1,774	2,620	4,219	5,613	5,325	8,158	9,140	8,368	8,079	10,499	11,322
RPS	65.6	52.0	36.0	9.9	52.2	37.1	19.2	19.7	25.4	30.7	24.8	13.8

漁獲係数(F)

年齢\年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
0歳	0.06	0.05	0.04	0.09	0.06	0.04	0.03	0.02	0.06	0.08	0.01	0.11
1歳	0.35	0.19	0.18	0.09	0.07	0.28	0.10	0.06	0.14	0.12	0.14	0.05
2歳	0.57	0.55	0.32	0.19	0.13	0.16	0.35	0.28	0.17	0.17	0.14	0.21
3歳	1.06	1.31	0.68	0.44	0.41	0.23	0.31	0.81	0.56	0.42	0.30	0.38
4歳	3.50	0.76	1.94	0.61	0.76	0.33	0.45	0.27	0.96	0.71	0.61	0.57
5歳以上	3.50	0.76	1.94	0.61	0.76	0.33	0.45	0.27	0.96	0.71	0.61	0.57
単純平均	1.51	0.60	0.85	0.34	0.37	0.23	0.28	0.29	0.47	0.37	0.30	0.32
漁獲割合	19.6%	17.8%	15.5%	12.6%	10.8%	14.9%	15.3%	18.0%	19.9%	15.2%	14.2%	14.9%

表 2. コホート解析結果の詳細 (続き)

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0歳	1,857	4,733	1,831	482	4,003	2,806	3,518	1,973	2,948	725	451	61	1,071
1歳	12,465	1,177	2,798	775	1,190	8,933	2,090	2,533	651	2,638	993	2,606	255
2歳	12,176	6,865	2,632	944	363	317	1,789	1,231	336	449	490	1,108	377
3歳	8,351	11,210	6,753	1,373	738	321	319	193	128	139	148	421	320
4歳	6,310	7,801	9,491	5,685	768	329	125	42	28	30	142	174	235
5歳以上	3,073	4,185	4,655	8,525	8,352	932	328	60	12	10	71	59	89
合計	44,231	35,971	28,160	17,784	15,414	13,637	8,168	6,033	4,103	3,990	2,295	4,428	2,347

年齢別漁獲量 (千トン)

年齢\年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0歳	22.3	47.3	9.2	1.9	72.1	16.8	38.7	66.8	99.9	20.3	10.8	2.2	31.7
1歳	610.8	52.9	114.7	23.2	64.3	544.9	117.0	123.3	31.7	168.8	51.7	155.6	11.1
2歳	706.2	405.0	152.6	82.1	30.1	25.1	168.1	103.8	28.3	44.4	38.7	85.0	28.7
3歳	626.3	840.8	533.5	133.2	70.9	35.9	38.3	22.8	15.1	16.1	14.9	39.9	30.9
4歳	561.6	725.5	863.7	562.8	76.0	44.1	16.9	6.1	3.9	4.0	16.6	17.6	25.3
5歳以上	310.4	452.0	488.8	920.7	927.1	124.0	46.0	9.4	1.8	1.5	8.7	7.6	11.0
合計	2,837.5	2,523.5	2,162.5	1,724.0	1,240.4	790.7	425.0	332.1	180.7	255.2	141.5	307.9	138.7

年齢別平均体重(g)

年齢\年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0歳	12	10	5	4	18	6	11	34	34	28	24	35	30
1歳	49	45	41	30	54	61	56	49	49	64	52	60	44
2歳	58	59	58	87	83	79	94	84	84	99	79	77	76
3歳	75	75	79	97	96	112	120	118	118	116	101	95	96
4歳	89	93	91	99	99	134	135	143	143	134	118	102	107
5歳以上	101	108	105	108	111	133	140	156	150	154	122	127	123

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0歳	22,847	19,437	6,923	5,308	27,329	12,127	11,889	7,312	13,445	7,777	7,388	2,580	4,838
1歳	94,004	13,794	9,154	3,142	3,163	15,042	5,832	5,090	3,286	6,599	4,619	4,583	1,679
2歳	109,302	52,808	8,283	3,845	1,472	1,146	2,769	2,198	1,338	1,669	2,263	2,283	938
3歳	48,037	63,299	29,778	3,398	1,805	690	509	392	466	622	752	1,116	624
4歳	21,359	25,363	33,252	14,432	1,153	605	200	80	104	207	303	383	404
5歳以上	10,402	13,608	16,310	21,641	12,546	1,716	524	114	46	68	152	131	154
合計	305,952	188,309	103,700	51,765	47,468	31,326	21,722	15,185	18,684	16,942	15,478	11,076	8,636

年齢別資源量 (千トン)、親魚量 (千トン)、再生産成功率 (RPS、尾/kg)

年齢\年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0歳	274	194	35	21	492	73	131	248	455	218	177	91	143
1歳	4,606	621	375	94	171	918	327	248	160	422	241	274	73
2歳	6,340	3,116	480	335	122	91	260	185	113	165	179	175	71
3歳	3,603	4,747	2,352	330	173	77	61	46	55	72	76	106	60
4歳	1,901	2,359	3,026	1,429	114	81	27	11	15	28	36	39	43
5歳以上	1,051	1,470	1,713	2,337	1,393	228	73	18	7	11	19	17	19
合計	17,774	12,507	7,981	4,546	2,465	1,467	879	756	805	916	727	701	411
親魚量	13,354	11,754	7,609	4,439	1,819	569	487	310	221	360	429	473	231
RPS	1.7	1.7	0.9	1.2	15.0	21.3	24.4	23.6	60.7	21.6	17.2	5.4	21.0

漁獲係数(F)

年齢\年	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0歳	0.10	0.35	0.39	0.12	0.20	0.33	0.45	0.40	0.31	0.12	0.08	0.03	0.32
1歳	0.18	0.11	0.47	0.36	0.62	1.29	0.58	0.94	0.28	0.67	0.30	1.19	0.20
2歳	0.15	0.17	0.49	0.36	0.36	0.41	1.56	1.15	0.37	0.40	0.31	0.90	0.68
3歳	0.24	0.24	0.32	0.68	0.69	0.84	1.45	0.92	0.41	0.32	0.27	0.62	0.99
4歳	0.45	0.47	0.43	0.66	1.68	1.09	1.45	1.05	0.39	0.19	0.85	0.81	1.24
5歳以上	0.45	0.47	0.43	0.66	1.68	1.09	1.45	1.05	0.39	0.19	0.85	0.81	1.24
単純平均	0.26	0.30	0.42	0.47	0.87	0.84	1.16	0.92	0.36	0.32	0.44	0.72	0.78
漁獲割合	16.0%	20.2%	27.1%	37.9%	50.3%	53.9%	48.3%	43.9%	22.5%	27.9%	19.5%	43.9%	33.8%

表 2. コホート解析結果の詳細 (続き)

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳	753	24	152	375	260	172	750	459	121	209	760	521	339	2,635
1歳	1,466	471	410	399	101	464	430	178	620	406	1,769	620	835	585
2歳	564	137	127	71	22	43	206	36	29	206	76	577	559	499
3歳	196	50	73	13	35	23	20	16	11	14	15	25	246	306
4歳	103	27	31	8.8	46	13	7.5	2.5	5.7	10	5.5	4.4	7.8	85.2
5歳以上	71	17	12	5.2	22	3.1	2.8	1.1	1.6	7.6	7.6	0.6	4.6	3.4
合計	3,154	725	804	872	486	718	1,416	692	788	852	2,634	1,747	1,992	4,114

年齢別漁獲量 (千トン)

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳	12.7	0.8	2.9	10.2	6.2	3.7	20.2	11.7	2.6	6.2	23.2	13.7	7.6	63.9
1歳	79.2	26.9	25.2	27.3	4.1	37.5	22.7	9.8	41.9	30.9	97.0	34.6	45.9	31.8
2歳	44.7	10.9	9.9	7.2	1.9	3.6	19.0	2.9	2.7	23.9	8.3	50.8	50.2	48.5
3歳	19.0	5.1	7.8	1.6	3.8	2.7	2.0	1.9	1.1	1.6	1.8	3.0	27.6	36.5
4歳	11.8	3.0	3.6	1.0	5.6	1.5	0.8	0.3	0.7	1.1	0.6	0.6	1.0	10.8
5歳以上	9.2	2.2	1.6	0.6	3.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.9	0.9	0.1	0.8	0.5
合計	176.7	48.9	51.0	48.0	24.8	49.2	65.1	26.9	49.2	64.6	131.9	102.8	133.1	192.1

年齢別平均体重(g)

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳	17	33	19	27	24	21	27	26	21	30	31	26	22	24
1歳	54	57	61	68	41	81	53	55	68	76	55	56	55	54
2歳	79	79	78	102	88	83	92	82	93	116	109	88	90	97
3歳	97	102	107	124	109	118	99	123	108	117	122	119	112	119
4歳	115	112	117	111	122	113	111	123	115	109	108	128	128	127
5歳以上	129	132	138	118	143	108	110	142	127	119	119	175	181	162

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳	2,483	1,220	1,134	895	1,920	1,241	1,420	2,429	1,313	7,926	9,024	7,185	4,936	11,932
1歳	2,366	1,047	798	636	293	1,074	691	338	1,253	781	5,141	5,427	4,390	3,031
2歳	917	386	317	199	100	114	340	112	81	332	192	1,998	3,130	2,259
3歳	320	153	146	108	76	49	41	59	45	30	54	66	867	1,640
4歳	156	54	62	38	62	22	14	11	27	22	9	24	24	380
5歳以上	108	34	24	23	30	5	5	5	8	17	12	3	14	15
合計	6,350	2,895	2,481	1,900	2,479	2,506	2,512	2,954	2,726	9,108	14,432	14,703	13,362	19,258

年齢別資源量 (千トン)、親魚量 (千トン)、再生産成功率 (RPS、尾/kg)

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳	42	41	21	24	46	26	38	62	28	236	275	189	111	290
1歳	128	60	49	43	12	87	37	19	85	59	282	303	241	165
2歳	73	31	25	20	9	9	31	9	8	39	21	176	281	220
3歳	31	16	16	13	8	6	4	7	5	4	7	8	97	196
4歳	18	6	7	4	8	2	2	1	3	2	1	3	3	48
5歳以上	14	4	3	3	4	1	1	1	1	2	1	1	3	2
合計	305	157	121	109	87	131	113	99	129	341	587	680	735	920
親魚量	199	87	75	63	35	62	56	28	59	76	171	339	504	548
RPS	12.4	14.1	15.0	14.3	55.4	20.1	25.4	87.5	22.3	104.0	52.8	21.2	9.8	21.8

漁獲係数(F)

年齢\年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳	0.46	0.02	0.18	0.72	0.18	0.19	1.04	0.26	0.12	0.03	0.11	0.09	0.09	0.31
1歳	1.41	0.80	0.99	1.45	0.54	0.75	1.42	1.03	0.93	1.01	0.55	0.15	0.26	0.27
2歳	1.39	0.57	0.67	0.57	0.31	0.62	1.35	0.50	0.59	1.41	0.67	0.43	0.25	0.31
3歳	1.38	0.50	0.94	0.16	0.83	0.83	0.91	0.39	0.33	0.84	0.41	0.63	0.43	0.26
4歳	1.65	0.92	0.92	0.33	2.45	1.24	1.01	0.32	0.30	0.78	1.50	0.26	0.52	0.32
5歳以上	1.65	0.92	0.92	0.33	2.45	1.24	1.01	0.32	0.30	0.78	1.50	0.26	0.52	0.32
単純平均	1.32	0.62	0.77	0.59	1.13	0.81	1.12	0.47	0.43	0.81	0.79	0.30	0.34	0.30
漁獲割合	57.9%	31.1%	42.0%	44.1%	28.6%	37.4%	57.8%	27.1%	38.1%	18.9%	22.5%	15.1%	18.1%	20.9%

表 3. 各種調査による資源量指数 下線の値はコホート解析のチューニングに用いた値

表 3-1. 産卵量（兆粒）前年 10 月から 9 月までの集計値（2014 年は 5 月までの概算）

産卵量	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
I・II 区	150	109	43	79	244	153	734	285	277	420	3,379	2,632
I～IV 区	562	989	892	622	1,158	2,052	5,614	1,462	2,727	2,328	4,304	3,423
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
	697	48	61	26	22	49	42	35	170	32	12	7
	1,754	1,280	638	143	148	172	121	145	283	63	33	31
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	21	<u>29</u>	<u>7</u>	<u>32</u>	<u>10</u>	<u>22</u>	<u>35</u>	<u>52</u>	<u>115</u>	<u>133</u>	<u>306</u>	79
	67	86	50	121	81	116	73	120	192	244	425	160

表 3-2. 黒潮親潮移行域幼稚魚調査（5～6 月）による加入量指数（補足資料 2）

移行域 加入量指数	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	187.4	45.0	60.1	6.1	45.7	0.1	0.8	0.1	0.6	5.0	0.4
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
	3.2	1.2	16.8	391.4	28.8	123.2	139.1	158.0	101.5		

表 3-3. 北西太平洋北上期中層トロール調査（5～7 月）による移行域～親潮域における推定分布量（万尾）

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳魚	19	495	80	<u>0</u>	65	0	58	82	485	7,769	1,877
1歳以上	1,854	169	798	77	1	2	1	0	32	460	995
	2012	2013	2014								
	1,790	771	25,943								
	1,407	1,432	1,078								

表 3-4. 北西太平洋秋季浮魚類資源調査（9～10 月）による亜寒帯域における 0 歳魚推定分布密度（尾/km²）および現存量（百万尾）

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
分布密度	1,284	62	70	1,236	1,792	19,645	9,199	5,569	7,765	13,140
現存量	<u>1,203</u>	<u>63</u>	60	<u>1,018</u>	<u>1,415</u>	<u>15,258</u>	<u>7,359</u>	<u>5,715</u>	<u>6,601</u>	<u>11,892</u>

表 3-5. 未成魚越冬群指数（千葉水総研、茨城水試）

越冬群指数	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
	7,592	4,109	16,840	11,653	2,853	53,698	41,207	6,740	50,085	41,197	62,928
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
	42,986	39,659	1,588	5,944	224	30	30,541	5,802	5,054	239	8,481
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	1,136	5,763	0	8,480	122	404	342	28	<u>1,093</u>	<u>371</u>	<u>385</u>
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015				
	<u>921</u>	<u>780</u>	<u>3,374</u>	<u>408</u>	<u>1,397</u>	<u>1,757</u>	<u>2,065</u>				

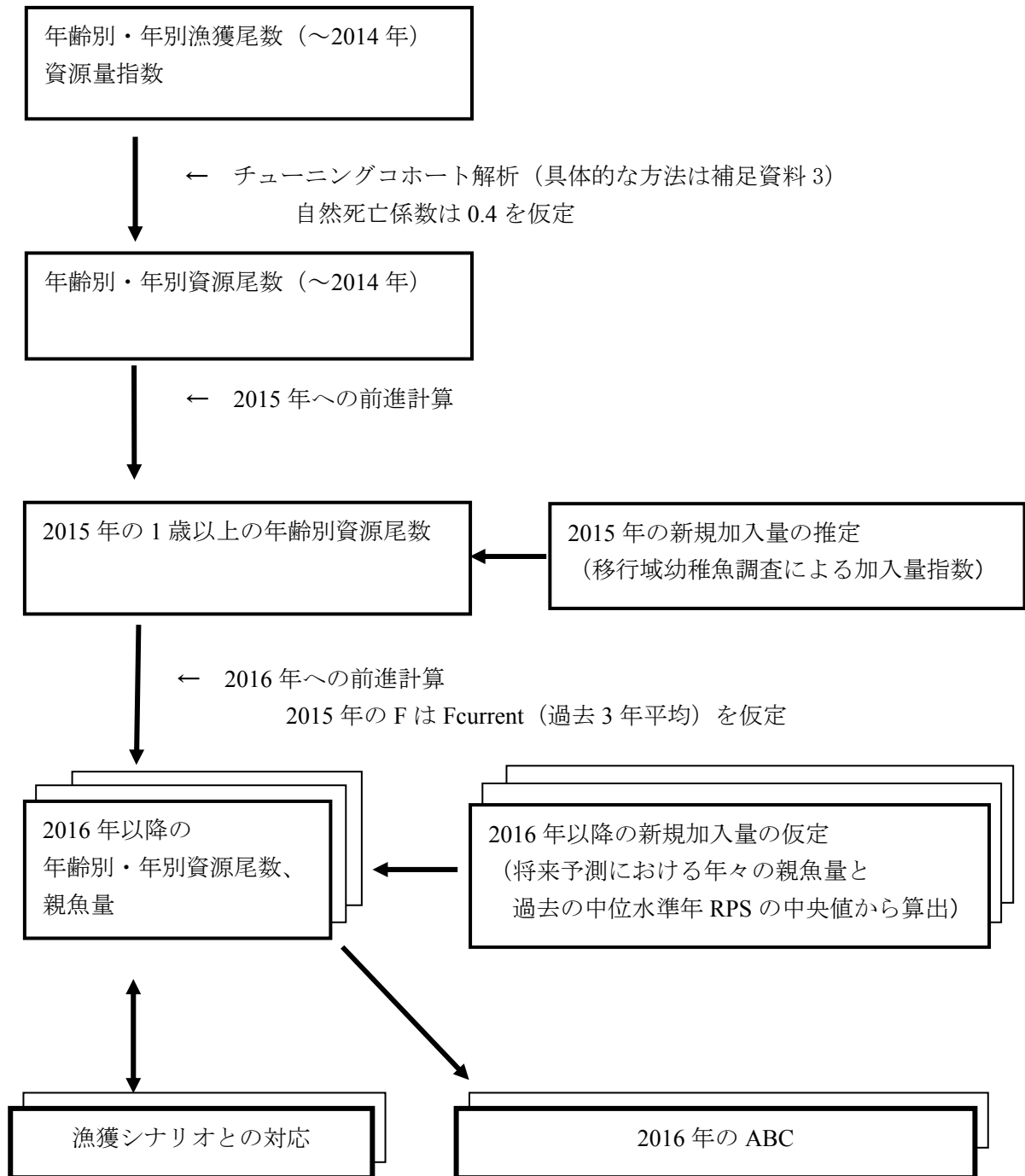
表 4. 各漁獲シナリオにおける将来予測

Fcurrent								0.8Fcurrent							
漁獲係数(F)															
年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
0歳	0.31	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.31	0.16	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	
1歳	0.27	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.27	0.23	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	
2歳	0.31	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.31	0.33	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	
3歳	0.26	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.26	0.44	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	
4歳	0.32	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.32	0.36	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	
5歳以上	0.32	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.32	0.36	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	
単純平均	0.30	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.30	0.32	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
資源尾数 (百万尾)															
年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
0歳	11,932	7,085	13,263	14,731	18,246	22,345	27,183	11,932	7,085	13,263	15,528	20,124	25,843	27,300	
1歳	3,031	5,842	4,027	7,539	8,373	10,371	12,701	3,031	5,842	4,027	7,792	9,122	11,822	15,182	
2歳	2,259	1,553	3,118	2,150	4,024	4,469	5,535	2,259	1,553	3,118	2,250	4,353	5,096	6,604	
3歳	1,640	1,106	747	1,500	1,034	1,936	2,150	1,640	1,106	747	1,603	1,157	2,238	2,620	
4歳	380	849	478	323	649	447	837	380	849	478	353	757	546	1,057	
5歳以上	15	192	485	449	359	470	427	15	192	485	483	418	589	569	
計	19,258	16,626	22,119	26,691	32,686	40,038	48,835	19,258	16,626	22,119	28,008	35,931	46,134	53,331	
資源量 (千トン)															
年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
0歳	290	172	323	359	444	544	662	290	172	323	378	490	629	665	
1歳	165	321	221	415	460	570	699	165	321	221	429	502	650	835	
2歳	220	142	286	197	369	410	508	220	142	286	206	399	467	606	
3歳	196	129	87	175	121	226	251	196	129	87	187	135	261	306	
4歳	48	108	61	41	83	57	107	48	108	61	45	97	70	135	
5歳以上	2	33	84	78	62	81	74	2	33	84	83	72	102	98	
計	920	907	1,063	1,264	1,540	1,889	2,300	920	907	1,063	1,329	1,695	2,180	2,645	
親魚量 (千トン)															
年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1歳	82	161	111	207	230	285	349	82	161	111	214	251	325	417	
2歳	220	142	286	197	369	410	508	220	142	286	206	399	467	606	
3歳	196	129	87	175	121	226	251	196	129	87	187	135	261	306	
4歳	48	108	61	41	83	57	107	48	108	61	45	97	70	135	
5歳以上	2	33	84	78	62	81	74	2	33	84	83	72	102	98	
計	548	574	629	699	865	1,060	1,289	548	574	629	736	954	1,225	1,563	
漁獲量 (千トン)															
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
0歳	64	21	40	45	55	68	82	64	21	33	38	50	64	67	
1歳	32	54	37	69	77	95	117	32	54	30	58	68	89	114	
2歳	49	33	66	46	85	95	117	49	33	55	39	76	89	116	
3歳	37	37	25	51	35	66	73	37	37	21	45	33	63	74	
4歳	11	27	15	10	21	14	27	11	27	13	9	20	14	28	
5歳以上	1	8	21	19	16	20	18	1	8	17	17	15	21	20	
計	192	181	205	240	289	358	434	192	181	169	208	262	340	419	
漁獲割合	21%	20%	19%	19%	19%	19%	19%	21%	20%	16%	16%	15%	16%	16%	

表 4. 各漁獲シナリオにおける将来予測（続き）

Fmed								0.8Fmed							
漁獲係数(F)															
年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
0歳	0.31	0.16	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.16	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
1歳	0.27	0.23	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.27	0.23	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	
2歳	0.31	0.33	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.31	0.33	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
3歳	0.26	0.44	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.26	0.44	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	
4歳	0.32	0.36	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.32	0.36	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	
5歳以上	0.32	0.36	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.32	0.36	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	
単純平均	0.30	0.32	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.30	0.32	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	
資源尾数（百万尾）															
年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
0歳	11,932	7,085	13,263	11,760	12,038	12,040	11,993	11,932	7,085	13,263	12,949	14,373	15,674	17,003	
1歳	3,031	5,842	4,027	6,534	5,793	5,930	5,931	3,031	5,842	4,027	6,949	6,784	7,530	8,212	
2歳	2,259	1,553	3,118	1,764	2,862	2,537	2,597	2,259	1,553	3,118	1,921	3,314	3,235	3,591	
3歳	1,640	1,106	747	1,125	636	1,032	915	1,640	1,106	747	1,273	784	1,353	1,321	
4歳	380	849	478	221	333	188	305	380	849	478	260	444	273	472	
5歳以上	15	192	485	327	186	176	124	15	192	485	375	247	269	211	
計	19,258	16,626	22,119	21,730	21,848	21,904	21,866	19,258	16,626	22,119	23,727	25,946	28,335	30,810	
資源量（千トン）															
年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
0歳	290	172	323	286	293	293	292	290	172	323	315	350	382	414	
1歳	165	321	221	359	319	326	326	165	321	221	382	373	414	452	
2歳	220	142	286	162	263	233	238	220	142	286	176	304	297	329	
3歳	196	129	87	131	74	121	107	196	129	87	149	92	158	154	
4歳	48	108	61	28	43	24	39	48	108	61	33	57	35	60	
5歳以上	2	33	84	57	32	30	21	2	33	84	65	43	46	36	
計	920	907	1,063	1,024	1,023	1,027	1,024	920	907	1,063	1,120	1,218	1,332	1,446	
親魚量（千トン）															
年齢\年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1歳	82	161	111	180	159	163	163	82	161	111	191	187	207	226	
2歳	220	142	286	162	263	233	238	220	142	286	176	304	297	329	
3歳	196	129	87	131	74	121	107	196	129	87	149	92	158	154	
4歳	48	108	61	28	43	24	39	48	108	61	33	57	35	60	
5歳以上	2	33	84	57	32	30	21	2	33	84	65	43	46	36	
計	548	574	629	558	571	571	569	548	574	629	614	682	743	806	
漁獲量（千トン）															
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
0歳	64	21	70	62	64	64	63	64	21	58	56	63	68	74	
1歳	32	54	63	102	90	93	93	32	54	52	90	88	98	107	
2歳	49	33	108	61	99	88	90	49	33	92	56	97	95	105	
3歳	37	37	40	60	34	55	49	37	37	34	58	36	62	61	
4歳	11	27	25	11	17	10	16	11	27	21	11	19	12	21	
5歳以上	1	8	34	23	13	12	9	1	8	29	22	15	16	13	
計	192	181	340	320	317	321	319	192	181	286	295	318	351	380	
漁獲割合	21%	20%	32%	31%	31%	31%	31%	21%	20%	27%	26%	26%	26%	26%	

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料2 資源評価のために実施されている調査の概要

(1) 主要港、各地漁場における漁獲物調査、漁況調査

関係試験研究機関により、主要港における水揚量、および水揚物の体長、体重、年齢、成熟度等のデータ収集が行われている。収集データから体長－体重、体長－年齢、年齢－成熟関係等を解析するとともに、農林統計による漁獲量から年齢別漁獲量を推定している。また、各地漁場における漁獲状況調査、標本船調査、各地地先海域における分布量、加入量調査が実施されている。冬季の房総～常磐海域においては、千葉県水産総合研究センター、茨城県水産試験場により、大中型まき網の CPUE、漁場分布および漁獲物組成の調査が行われ、資源量の指標となる未成魚越冬群指数が求められている。

(2) 産卵量調査

産卵状況を把握するために、関係試験研究機関により、改良型ノルパックネット（口径 45 cm リング、目合 0.335 mm）の鉛直曳による採集調査が実施されている。各都府県試験研究機関は、地先沿岸に定線を設定し、月 1 回程度の頻度で周年に亘って実施している。水研センターは、産卵の多い 2～3 月に関東近海から薩南の黒潮周辺域において大規模な調査を実施しているほか、その他の沖合の海洋・資源調査において随時採集を実施している。得られた結果は卵稚仔調査協議会がとりまとめ、海区ごとの産卵量を推定している。海区区分は、海区Ⅰ：常磐以北、Ⅱ：房総～熊野灘、Ⅲ：紀伊水道外域～日向灘、Ⅳ：薩南としている。

(3) 加入量調査・沖合分布調査

漁場外の沖合域における資源の状況を把握するため、次の調査が実施されている。

- ① 移行域幼稚魚調査：水研センターが 1996 年以降 5～6 月の黒潮親潮移行域において幼稚魚用中層トロール（網口 25 m、コッド目合 10 mm）による幼稚魚採集調査を実施し、加入量指数を西田ほか（2001）を改変した次の方法で算出している。

加入量指数＝ Σ [表面水温 1℃ の各水温帯における有漁獲点 CPUE 中央値（尾数/網）] × [表面水温 1℃ の各水温帯における有漁獲点割合] × [表面水温 1℃ の各水温帯の調査対象海域全体に対する面積割合]。

調査対象海域は北緯 35～42 度、東経 143～165 度の範囲。

- ② 北西太平洋北上期浮魚類資源調査（西部北太平洋サンマ資源調査、北上期浮魚類資源調査）：水研センターが 2001 年以降 5～7 月の移行域～親潮域において中層トロール（網口 30 m、コッド目合 17 mm）による漁獲調査を実施し、分布量を推定している。
- ③ 北西太平洋秋季浮魚類資源調査：水研センターが 2005 年以降 9～10 月の三陸～道東～千島列島東方沖海域において、計量魚探機音響資源調査、および中層トロール（網口 30 m、コッド目合 17 mm）による漁獲調査を実施し、1 歳以上の分布状況を把握するとともに、東経 145～170 度の亜寒帯域の表面水温 10～15℃域における 0 歳魚の現存量を推定している。
- ④ 三陸～道東海域流し網調査：北海道立総合研究機構釧路水産試験場により、春～秋季の三陸～道東海域において流し網調査が行われ、漁場外の沖合における魚群の分布状況や体長・年齢組成等が把握されている。

補足資料3 資源量の計算方法について

チューニングコホート解析により年齢別漁獲係数、資源尾数、資源重量を推定した。生活史と漁獲の季節性から1月を起点とし、0～4歳、および5歳以上をまとめた最高齢グループ（5+歳、プラスグループ）の年齢構成で行った。産卵期は秋季～春季に亘るが、 $y-1$ 年秋季～ y 年春季に産卵する親魚は y 年の親魚とした。計算にはPope（1972）の近似式を用いた。最高齢グループの計算については平松（1999）の方法を用いた。自然死亡係数（ M ）は、田内・田中の式： $M=2.5/\text{寿命}$ と寿命7歳から0.4とした（田中1960）。近縁種であるカリフォルニアマイワシ（*Sardinops sagax caerulea*）の資源評価でも成魚の M として0.4が採用されている（US Dept. Commerce 2007）。

ステップ1

年齢別年別資源尾数は（1）式により計算した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (1)$$

ここで、 $N_{a,y}$ および $C_{a,y}$ は、 y 年における a 歳魚のそれぞれ資源尾数、漁獲尾数。

ただし、最近年（ t 年、ここでは2013年）、および最高齢グループ（添え字 p 、ここでは5+歳）、最高齢-1歳魚（ $p-1$ 、ここでは4歳）の資源尾数はそれぞれ（2）、および（3）、（4）式によった。

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

$$N_{p,y} = \frac{C_{p,y}}{C_{p,y} + C_{p-1,y}} N_{p,y+1} \exp(M) + C_{p,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (3)$$

$$N_{p-1,y} = \frac{C_{p-1,y}}{C_{p,y} + C_{p-1,y}} N_{p,y+1} \exp(M) + C_{p-1,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (4)$$

漁獲係数 F の計算は、最近年および最高齢グループ以外は（5）式によった。

$$F_{a,y} = -\ln\left\{1 - \frac{C_{a,y}}{N_{a,y}} \exp\left(\frac{M}{2}\right)\right\} \quad (5)$$

最高齢グループの F は、全ての年で最高齢-1歳の F に等しいとした。

2015年の1歳以上の資源尾数は、コホート解析の前進法を用い、次の（6）、（7）式で求めた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad \text{※} a < p-1 \text{ の場合} \quad (6)$$

$$N_{p,y+1} = (N_{p,y} + N_{p-1,y}) \exp(-F_{p,y} - M) \quad \text{※最高齢グループ} \quad (7)$$

各年の年齢別体重は年齢別漁獲物平均体重とした。2015年については2012～2014年の平

均値とした（補足表 3-1）。

ステップ 2

ステップ 1 で得られた 2014 年の年齢別選択率（年齢別 F の最大値で各年齢の F を除した値、補足表 3-1）のもとで、資源量指数の経年動向とコホート解析により推定される資源量とが適合するようにターミナル F ($F_{a,t}$) を調整（チューニング）した。ただし本年度は、0 歳魚の選択率をステップ 1 で得られた選択率に等しいと仮定すると、2014 年 0 歳魚の資源尾数が極めて多く、2013 年 0 歳魚の 10 倍以上という高い値に推定される。このような変動幅は過去に観測された加入量変動幅より大きく現実的でないこと、2014 年 0 歳魚の高い漁獲尾数は沿岸加入群の好漁によるところが大きく、過去の経緯から、沿岸加入群は 0 歳時～1 歳の早い時期に多獲されても、その後の漁獲にはつながらない傾向があることの 2 点を勘案し、2014 年の 0 歳魚の F はチューニングによって直接推定し、1 歳魚以上についてはステップ 1 で得られる選択率に従い、1 歳魚以上の年齢別 F の最大値をチューニングによって推定することとした。用いた指数と対応する推定値は以下の 3 つとした（補足表 3-2）。

- ① 2005～2014 年の秋季浮魚類調査の亜寒帯域 0 歳魚現存量 (I_1)・0 歳魚資源尾数 (N_0)
- ② 2006～2015 年の未成魚越冬群指数（千葉水総研、茨城水試、 I_2)・1 歳魚資源量 (B_1)
- ③ 2005～2014 年の潮岬以東海域（海区 I・II）における産卵量 (I_3)・親魚量 (SSB)

ただし、①の秋季浮魚類調査 0 歳魚現存量の 2007 年については、推定対象海域に対して、調査海域が狭くカバー率が低かったことから推定精度が低い（過小推定）と考えられ、チューニングから除外した。

これらから、次の目的関数（(8) 式）を求め、目的関数を最小とするよう、2014 年の 0 歳および 1 歳以上の年齢別 F の最大値を探索的に推定した。ただし 5+歳の F は 4 歳の F に等しいとした。

$$SSQ = \sum_y (\ln(I_{1,y}) - \ln(q_1 N_{0,y}))^2 + \sum_y (\ln(I_{2,y}) - \ln(q_2 B_{1,y}))^2 + \sum_y (\ln(I_{3,y}) - \ln(q_3 SSB_y))^2 \quad (8)$$

比例係数 q は以下の (9) 式で求めた。

$$\hat{q}_i = \exp \left\{ \frac{1}{n} \sum_{y=1}^n \ln \left(\frac{I_{i,y}}{X_{i,y}} \right) \right\} \quad (9)$$

ここで X は、指標値①では $X_1=N_0$ 、②では $X_2=B_1$ 、③では $X_3=SSB$ である。

2015 年の 0 歳魚資源尾数は、1996～2014 年の移行域加入量指数 (I) から推定した。昨年までは全期間のデータを用いて推定していたが、分布量が少なかったため調査でほとんどマイワシ 0 歳魚が漁獲されなかった 2001～2004、2006 年（指数が 1 以下）を含めると値が低く推定されることから、これらの年を除いた期間において、コホート解析による 0 歳魚資源尾数 (N_0 、億尾) との関係から得られた回帰式を用いて推定した。2015 年の加入量指数は 101.5 であり、0 歳魚資源尾数は 73 億尾と推定された（補足図 3-1）。

2016 年以降の 0 歳魚資源尾数は、過去の資源水準が中位の年の再生産成功率の中央値 (21.0 尾/kg) に親魚量を乗じて求めた。1 歳以上の資源尾数は、コホート解析の前進法を

用い、(7)式で求めた。年齢別 F は各漁獲シナリオ(本文 5-(2))によるものとした。年齢別体重は 2012~2014 年の漁獲物の平均値とした(補足表 3-1)。

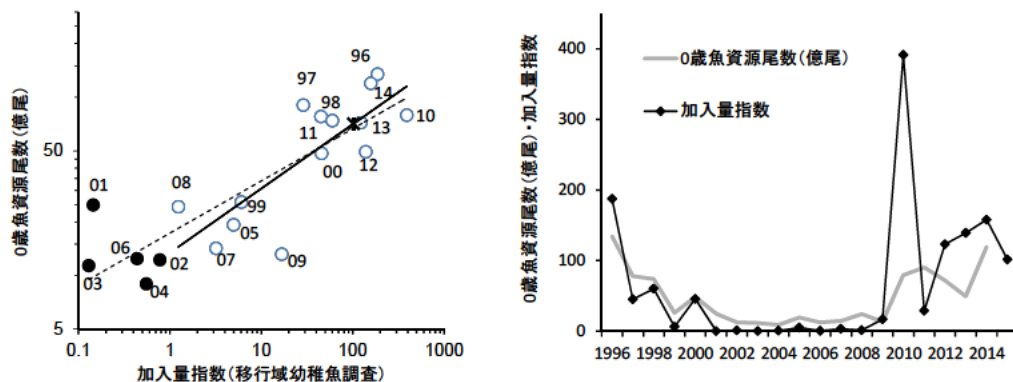
年齢別漁獲尾数は次の(10)式で求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \{1 - \exp(-F_{a,y})\} \exp(-\frac{M}{2}) \quad (10)$$

なお、本系群へのチューニングコホート解析の適用については、本系群の年齢別選択率の年変動が大きく、「近年の年齢別選択率が安定している」という仮定の下でのターミナル F の設定では正確な評価を行うことができないこと(平松 2009)等の指摘がされている。本年度は 0 歳魚の選択率についてはステップ 1 で得られる選択率に等しいという仮定をはずして対応したが、引き続き年齢別選択率の与え方、チューニング方法の改善など検討する必要がある。

引用文献

- 平松一彦(1999) VPA の入門と実際. 水産資源管理談話会報, 20, 9-28.
- 平松一彦(2009) マイワシ太平洋系群の資源評価に用いられる VPA の信頼性の検討. 日水誌, 75, 661-665.
- 西田宏・渡邊千夏子・谷津明彦(2001) 黒潮親潮移行域における稚魚採集結果に基づくマイワシ・マサバの加入量水準予測. 黒潮の資源海洋研究, 2, 77-82.
- Pope (1972) An investigation of the accuracy of virtual population using cohort analysis. Res. Bull. inst. Comm. Northw. Atlant. Fish., 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.
- U.S. Department of Commerce (2007) Assessment of the Pacific sardine resource in 2007 for U.S. management in 2008. NOAA Technical Memorandum NMFS, pp.183.



補足図 3-1. 1996~2015 年の移行域調査加入量指数と 0 歳魚資源尾数 右図は指数と資源尾数の経年変化、左図は両者の関係を示す。左図の黒丸は 1996~2014 年のうち、指数が 1 以下と著しく低かった年(2001~2004、2006 年)、白丸はそれ以外の年を示す。図中の数字は年を示す。破線は全データによる回帰直線、実線は指数の低い年を除外した場合の回帰直線($r^2=0.63$)を示し、2015 年の 0 歳魚資源尾数は後者の回帰式から推定した(左図中の*)。