

## 令和 6（2024）年度マダラ本州太平洋北部系群の資源評価

水産研究・教育機構

水産資源研究所 水産資源研究センター（藤原邦浩・鈴木勇人・森川英祐・  
時岡 駿・三澤 遼・富樫博幸・永尾次郎・櫻井慎大）

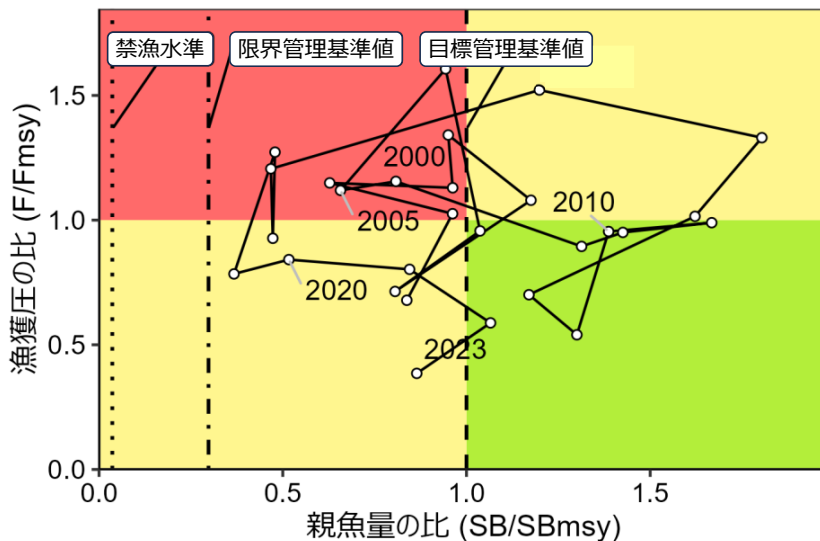
参画機関：青森県産業技術センター水産総合研究所、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産海洋研究センター、福島県水産資源研究所、茨城県水産試験場、海洋生物環境研究所

### 要 約

着底トロール調査結果をチューニング指数としたコホート解析により本系群の資源量を推定した。資源量（1歳以上の総重量）は、1996～2010年漁期（4月～翌年3月）には2.3万～6.0万トンの範囲で推移し、東日本大震災（以下、「震災」という）以降の2012～2013年漁期には6.6万～8.4万トンに増加した。その後大きく減少し、2016年以降は2万トン前後で推移している。2023年漁期の資源量は2.3万トンであった。親魚量は1996～2006年漁期にかけて0.7万～1.3万トンの範囲で比較的安定して推移していたが、2007年漁期から増減を繰り返しながらも増加し、2014年漁期には2.0万トンに達した。その後、急激に減少し、2016～2020年漁期に0.4万～0.6万トンになったが、2022年漁期は1.2万トンに回復し、2023年漁期は0.9万トンとなった。加入量（1歳魚の資源尾数）は、1997～2014年漁期には1.6千万～6.3千万尾と比較的高い水準で推移したが、2015～2022年漁期は0.6千万～1.7千万尾と少ない年が続いた。2023年漁期は前漁期から増加し1.9千万尾であった。

令和3年3月および8月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において本系群の再生産関係式にはリッカー型再生産関係（RI）を適用するとされた。そして、令和5年8月に開催された「資源管理方針に関する検討会」および「水産政策審議会」を経て、本系群の目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準を含む漁獲シナリオが定められた。目標管理基準値である最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）は、RI型再生産関係を適用し推定した、1.09万トンである。2023年漁期の親魚量はSBmsyを下回る。また2023年漁期の漁獲圧はSBmsyを維持する水準を下回る。親魚量の動向は直近5年間（2019～2023年漁期）の推移から「増加」と判断される。漁獲シナリオに基づき、2025年漁期の親魚量および資源量の予測値から算出される2025年漁期のABCは1.18万トンである。

要 約 図 表



最大持続生産量 (MSY)、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量 (SBmsy)	1.09 万トン
2023 年漁期の親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
2023 年漁期の漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る
2023 年漁期の親魚量の動向	増加
MSY	2.02 万トン
2025 年漁期の ABC	1.18 万トン
コメント: ・ ABC の算定には、令和 5 年 8 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオに則した漁獲管理規則を用いた。 ・ 調整係数 $\beta$ は、0.75 が用いられる。 ・ 近年の加入量が再生産関係から期待される平均値を継続して下回っていることにより、資源量が少ない状態が続いていることに留意する必要がある。	

直近 5 年と将来 2 年の資源量、漁獲量、F/Fmsy、および漁獲割合					
漁期年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2019	20.2	4.0	6.7	0.78	33
2020	23.8	5.6	7.1	0.84	30
2021	25.7	9.2	7.3	0.80	28
2022	21.7	11.6	6.5	0.58	30
2023	23.1	9.4	4.7	0.38	20
2024	35.9	12.3	13.3	0.72	37
2025	32.9	10.9	11.8	0.74	36
<ul style="list-style-type: none"><li>・ 2024、2025 年漁期の値は将来予測に基づく平均値である。</li><li>・ 2025 年漁期の漁獲には ABC の値を用いた。</li><li>・ ABC の値は、2019～2023 年漁期の月別平均漁獲比率を用いて、7 月～翌年 6 月の値に換算した値である。</li></ul>					

## 1. データセット

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・漁期年別漁獲量、漁獲尾数	<ul style="list-style-type: none"> <li>・県別漁獲統計(農林水産省・各県水試調べ)</li> <li>・太平洋北区 沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計資料(水産庁)</li> <li>・市場測定(八戸、宮古、石巻)による漁獲物の体長組成</li> <li>・着底トロール調査漁獲物(4月、10～11月)および市場漁獲物を用いた ALK(各年半期別に作成)</li> </ul>
資源量指数 ・資源量指標値 ・親魚量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・底魚類資源量調査(水産機構、着底トロール調査(10～11月))による現存量*</li> <li>・着底トロール調査(10～11月)および市場漁獲物(12月～翌年3月)の精密測定データを用いた年別年齢別成熟率</li> </ul>
自然死亡係数 (M)	年当たり $M=0.357$ を仮定(田中 1960)

\*はコホート解析におけるチューニング指数である。

本系群の漁期は4月～翌年3月であり、年齢の起算日は4月1日としている。

## 2. 生態

## (1) 分布・回遊

マダラは北部太平洋沿岸に広くみられ、我が国周辺では日本海から東シナ海北部、北日本太平洋およびオホーツク海に分布する(Bakkala et al. 1984)。太平洋における分布の南限は茨城県沖とされている(Mishima 1984、図 2-1)。

マダラにはアジア周辺だけでも 10 以上の系群があると考えられており、個々の系群の移動範囲は限定的であるため、系群間の交流は少ないとされている(Bakkala et al. 1984)。ただし、国内に分布するマダラのミトコンドリア DNA 解析では、山陰地方に分布する群れ以外では明瞭な遺伝的差異は認められていない(Suda et al. 2017)。青森県の陸奥湾ではマダラの産卵群が形成される。標識放流の結果、その群れの多くの個体が産卵後に北海道太平洋沿岸に移動し、産卵期になると再び陸奥湾に戻ってくることが明らかになっている(福田ほか 1985、三浦ほか 2019)。また、漁獲統計で見ても東北地方太平洋沖の漁獲量と陸奥湾周辺における漁獲量の動向には関連が認められない。そのため、陸奥湾で産卵し、北海道太平洋側に回遊する群を本州の太平洋北部の群れとは別系群であると判断した。なお、ここでは青森県大間崎以南以東で漁獲される個体を本系群として扱っている。

仔稚魚や産卵回遊期以外の分布水深は 40～550 m で(服部ほか 2002、Narimatsu et al. 2015a)、季節的な浅深移動を行う(橋本 1974、Narimatsu et al. 2015b)。南北移動については明らかになっていない。

## (2) 年齢・成長

マダラの年齢査定には鱗や背鰭鱗条など、さまざまな硬組織が用いられてきたが、東北地方太平洋岸(以下、「東北海域」という)では、耳石の扁平石を用いた年齢査定が行われ

てきた（服部ほか 1992）。マダラの成長は早く、最高年齢となる 8 歳で体長 90 cm、体重 10 kg に達する（図 2-2）。成長は年によって変化し、分布密度や春季の親潮第一分枝の流入強度が作用していると考えられており（成松 2006、Narimatsu et al. 2010）、震災以降には成長の鈍化が認められている（補足資料 4）。標準的な体長と年齢および体重の関係は下式のとおりである。

$$SL = 1255.2(1 - \exp(-0.16(t - 0.036)))$$

$$BW = 7.07 \times 10^{-6} \times SL^{3.12}$$

ここで、SL は標準体長（mm）、t は満年齢（ここでの年齢起算日は 1 月 1 日）、BW は体重（g）である。なお、成長に雌雄差はないことが確認されていることから（服部ほか 1992）、雌雄差は考慮していない。

### (3) 成熟・産卵

産卵親魚の来遊および幼魚の出現状況から、本系群の産卵場は宮城県仙台湾や青森県八戸沖のほか、三陸沿岸各地に小規模なものがあると考えられている（児玉ほか 1990、服部ほか 1999）。夏季から秋季には水深 200 m 以深の海域に生息するが、冬季になると産卵親魚は水深 100 m 以浅に移動し（Narimatsu et al. 2015b）、雌雄ペアあるいは一尾の雌に数尾の雄が群がり、砂泥帯に沈性卵を産む（Sakurai and Hattori 1996）。雌は一繁殖期に 1 回産卵し、その産卵数は 50 万（体長 40 cm 前後）～400 万粒（体長 80 cm 前後）である（服部ほか 1995）。成熟後は毎年産卵すると考えられる。

1990 年代後半以降の東北北部における 50%成熟体長は雄で 46.2 cm、雌で 48.3 cm である。初回成熟年齢は 3 歳もしくは 4 歳で、成長同様に 3 歳魚の成熟率には資源状態と負の関係がある（Narimatsu et al. 2010）。4 歳以上はほぼすべての個体が成熟すると考えられていたが（成松 2006、Narimatsu et al. 2010）、震災後には成長の鈍化とともに晩熟化の傾向が見られる（補足図 5-1、5-2）。1996～2023 年の平均成熟率は 3 歳で 28%、4 歳で 76%となっている。

### (4) 被捕食関係

餌生物は浮遊生活期にはカイアシ類幼生、魚卵、および十脚目幼生、若魚期にはオキアミ類、成魚期には魚類・頭足類・大型甲殻類である（山村 1993、Takatsu et al. 1995、2002、伊藤ほか 2014）。また、小型のマダラは、同種の大型個体に捕食されることが示されている（橋本 1974）。

## 3. 漁業の状況

### (1) 漁業の概要

本種の漁獲は沖合底びき網漁業（以下、「沖底」という）で最も多く、2000 年漁期以降の全漁獲量に占める沖底の割合は 37～76%で推移している（表 3-1）。その他では延縄、刺網、定置網、小型底びき網漁業（以下、「小底」という）の漁獲が多い。定置網での漁獲は冬季中心で、その他の漁業では禁漁期を除いて周年漁獲されている。漁獲対象となるのは主に

満1歳以降である。

## (2) 漁獲量の推移

全漁業種類合計の漁期年（4月～翌年3月）での漁獲量の経年変化を見ると（図3-1、表3-1）、1980年漁期から漁獲量は徐々に増加し、1986～1990年漁期には1万トン台となった。その後は減少し、1993および1994年漁期には0.3万トン台と1980年代前半の水準にまで低下した。1995年漁期以降再び増加に転じ、1998年漁期には2.4万トンに達した。その後は増減を繰り返しながら長期的には増加し、2010年漁期は2.6万トンとなった。2011、2012年漁期は震災の影響により震災以前に比べて減少したが、2013年漁期には福島県および茨城県における漁獲がごくわずかであるにもかかわらず3.1万トンを記録した。しかしその後減少し、2016年漁期には1.0万トン、2023年漁期は暫定値で0.5万トンとなっている。

漁業種類別に漁獲量を比べると、ほとんどの年で沖底による漁獲が最も多く、次いで延縄、刺網、小底および定置網による漁獲が多い（図3-1、表3-1）。2022年漁期の沖底では青森県から茨城県の沖合の広い範囲で漁獲されており、特に青森県沖から宮城県沖での漁獲が多い（図3-2）。また、県別漁獲量では、岩手県、宮城県の漁獲量が多く、近年では青森県の割合も高くなっている（表3-2）。

年齢別漁獲尾数を補足表2-1に示す。全体として1、2歳魚の漁獲尾数が多い傾向にある。震災後の2012～2015年漁期には3～6歳以上の個体も比較的多く漁獲された。2016年漁期以降は全年齢合計の漁獲尾数は減少傾向にある。2023年漁期には1歳と6歳以上が2016年漁期以降では比較的多いが、3歳と4歳は少ない。

## (3) 漁獲努力量

漁獲努力量の指標として、各漁法の中で本系群の漁獲量が最も多い沖底の海区別の有漁網数（漁船毎のマダラが漁獲された日の網数の合計）を求めた（図3-3）。尻屋崎海区の有漁網数は1972年漁期以降長期にわたって漸増傾向にあり、2008年漁期には2.1万網を超えた。その後は1.5万網前後で安定していたが、2018～2020年漁期は1.0万網程度で推移し、2023年漁期は7.8千網となっている。岩手海区の2そうびきは、1993年漁期に6.0千網でピークとなったが、その後減少傾向にある。近年は2011年漁期に1.6千網となった後に2012年漁期以降、年間2.0千～2.6千網で推移している。金華山海区のオッターコントロールは1992～2004年漁期にかけて1.5万～1.9万網と多く、その後、震災まで緩やかに減少した。震災以降3年ほどは落ち込んだが、2014年漁期以降は震災以前よりは少ないものの1.0万～1.1万網で安定している。常磐海区のオッターコントロールは1989～1991年漁期に3万網以上を記録していたが、その後、震災まで増減を繰り返しながらも減少した。2011年漁期以降は操業規制や操業自粛により非常に低い値で推移しており、2022、2023年漁期はそれぞれ3.1千、2.2千網であった。このように、震災以降には、とくに常磐海区や金華山海区において沖底の操業形態が変化していると考えられる。

#### 4. 資源の状態

##### (1) 資源評価の方法

4月～翌年3月を漁期年とし、Pope (1972) の近似式を用いたチューニング VPA (コホート解析) により資源量を推定した (補足資料 2)。VPA に用いる年齢別漁獲尾数は、漁期年を上半期 (4～9月) と下半期 (10月～翌年3月) に分け、青森県、岩手県および宮城県の主要港で得られた体長組成を、年別半期別に求めた age-length key で年齢分解して求めた。なお、年齢分解は1～6歳以上を対象とし、0歳魚は近年漁獲量が少なく対象としなかった。自然死亡係数 (M) は定期的に見られる上限年齢 (7歳) を寿命として、田内・田中の式 (田中 1960) から 0.357 とした。また、トロール調査で求めた年齢別の現存量 (補足表 2-1、詳細は補足資料 4 参照) を資源量指標値としてチューニングの指数に用いた。

##### (2) 資源量指標値の推移

トロール調査の結果では、現存尾数は1歳魚で最も多く、加齢とともに減少する傾向にある (図 4-1、補足表 4-1)。1歳魚の尾数は、年変化が大きく、1996～2023 年漁期には 37 万～69 百万尾で推移している。1歳魚の尾数が 2011～2015 年漁期には比較的多く、この頃、全年齢合計の尾数も多かった。現存尾数に漁期年別、年齢別体重を乗じて求めた現存量にも大きな年変化が認められ、1996～2023 年漁期では 0.6 万～9.0 万トンで推移した (図 4-2、補足表 4-2)。しかし、2013 年漁期以降は減少し、2017 年漁期以降は 3 万トンを下回った。2022 年漁期には 0.6 万トンとなり、2001 年漁期に次ぐ低水準となったが、2023 年漁期にはやや増加し、1.4 万トンとなった。

漁業情報による資源量指標値として小海区別に沖底の CPUE の時系列変化を求めた。尻屋崎海区のかけまわしを除いて 1990 年代後半の CPUE はそれ以前より高かったが、その後 2002 年漁期にかけて減少した (図 4-3)。2012～2014 年漁期にはすべての海区の CPUE が高かったが、その後すべての海区で減少し、2017 年漁期以降は低い値になっている。震災前後での操業形態の変化が全域の漁獲状況にも影響していると考えられる。また、2023 年漁期は前漁期年 (2022 年漁期) と比較すると、尻屋崎、岩手海区では増加し、金華山、常磐海区では微減となっている。CPUE の動向が海域間で異なりつつあると考えられる。

以上の資源量指標値のうち、漁業情報には震災前後での操業形態の変化の影響が認められることやトロール調査の結果には年齢別の情報があることから、トロール調査結果をコホート解析のチューニング指数として用いた。

##### (3) 資源量と漁獲圧の推移

コホート解析によって推定した年齢別資源尾数、年齢別資源量、親魚量および再生産成功率 (RPS、親魚 1kg あたりの加入 (1歳魚) 尾数) を図 4-4、4-5、4-6、表 4-1 に示す (詳細は補足資料 2 参照)。資源尾数に占める 1、2歳魚の割合は高く、若齢魚中心の資源となっている。2004 年漁期の加入量 (1歳魚の資源尾数) は 6.3 千万尾でこれまでで最も多かったが、その後は増減を繰り返しながら減少し、2021 年漁期には過去最低の 0.6 千万尾となった。2023 年漁期には増加して 1.9 千万尾となった。2023 年漁期は 1歳魚がやや多く、全年齢の合計は 2.9 千万尾となっている。

資源量は 1996～2010 年漁期には 2.3 万～6.0 万トンで推移していたが、震災以降増加し、

2013年には8.4万トンとなった。2014年以降は減少し、2016～2023年漁期では2.1万～2.6万トンの間で推移している。年齢別で見ると、2023年漁期の1歳魚は6.5千トン、6歳以上は3.1千トンとやや増加したものの、3歳と4歳は少ない。

親魚量は1996年漁期以降増減を繰り返しながらも増加し、2014年漁期に2.0万トンでピークとなった(図4-5)。その後、急激に減少し、2016～2020年漁期に0.4万～0.6万トンになったが、2022年漁期は1.2万トンに回復した。2023年漁期は0.9万トンであった。

再生産成功率(RPS、1歳魚加入尾数/親魚量)は、2002～2006年漁期には4.3～5.6尾/kgと高かったが、2008～2015年漁期には0.7～2.7尾/kgと低下した。2016～2019年漁期には2.6～3.4尾/kgとやや回復したが、親魚量自体が少ないため、大きな加入にはなっていない。また、2020年漁期には1.1尾/kgまで低下したが、その後、増加して2022年漁期では1.6尾/kgとなった。

漁獲係数Fは年変動があるとともに年齢によっても異なり、高齢の個体ほど高い傾向にある(図4-7)。1歳魚のFは2008～2019年漁期では低かったが、2020～2021年漁期ではやや高かった。2022および2023年漁期には再び低下した。また、2～4歳魚のFは類似する傾向にある。

Mを0.3～0.4で変化させた場合の1996～2023年漁期の資源量は、Mが0.3では1.8万～7.8万トン、Mが0.4では2.2万～8.9万トンと推定される。Mが0.357のときと比較すると前者で90～93%、後方で106～108%となる(図4-8)。

#### (4) 加入量当たり漁獲量(YPR)、加入量当たり親魚量(SPR)および現状の漁獲圧

選択率の影響を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量(SPR)を基準に、その漁獲圧が無かった場合との比較を行った。図4-9および表4-1に、年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合のSPRに対する、漁獲があった場合のSPRの割合(%SPR)の推移を示す。1996～2020年漁期の%SPRは1.9～15.7%と低い傾向にあり、現状の漁獲圧として直近3年間(2020～2022年漁期)の平均F値から%SPRを算出すると(このときの%SPRは2018～2020年漁期の生物パラメータの平均値を使用した)10.5%となった(補足表3-3)。

Fmsyに対するYPRと%SPRの関係を図4-10に示す。このときFの選択率としては令和2年8月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」においてSBmsyを維持する漁獲圧F(Fmsy)の推定に用いた値(成松ほか2021a)を用い、10.5%SPRを達成するようなFを現状の漁獲圧とした。また、Fmsyや他の管理基準値と現状の漁獲圧を比較する際に用いた生物パラメータは2020～2022年漁期の平均値を使用した。Fmsyは%SPRに換算すると5.9%に相当する。Fmsyは、現状の漁獲圧(F2020-2022)やFmax、F30%SPRを上回る。

#### (5) 再生産関係

親魚量(重量)と加入量(尾数)の関係(再生産関係)を図4-11に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係式にはリッカー型再生産関係が適用されている(成松ほか2021a)。ここで、再生産関係式のパラメータ推定に使用するデータは、令和2(2020)年度の資源評価(成松ほか2021b)に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法には最小二乗法を用いている。加入量の残差の自己相関は考慮している。



再生産関係式の各パラメータを補足表 3-1 に示す。

(6) 現在の環境下において MSY を実現する水準および管理基準値等

令和 2 年 8 月に公開された「管理基準値等に関する研究機関会議」(成松ほか 2021a) で推定された現在 (1996 年以降) の環境下において最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)、および SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) を補足表 3-2 に示す。令和 5 年 8 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て、SBmsy (10.9 千トン) が資源管理基本方針の漁獲シナリオに目標管理基準値として定められた (<https://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/#link1>)。また、MSY の 60% が得られる親魚量 (SB0.6msy : 3.2 千トン) が限界管理基準値 (SBlimit)、MSY の 10% が得られる親魚量 (SB0.1msy : 0.4 千トン) が禁漁水準 (SBban) と定められた。平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係 (成松ほか 2021a) を図 4-12 に示す。平均親魚量が限界管理基準値以下では 3 歳以下の個体がほとんどの割合を占めている。しかし、親魚量が増加するにつれて高齢魚の比率が高くなる傾向がみられる。

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量 (SBmsy) と SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) を基準にした神戸プロットを図 4-13 に示す。また、2023 年の親魚量と漁獲圧、それらの値と管理基準値との比較結果を補足表 3-3 に示した。本系群における 2023 年漁期の親魚量は SBmsy (すなわち目標管理基準値) を下回っており、2023 年漁期の親魚量は SBmsy の 0.86 倍である。また、2023 年漁期の漁獲圧は、Fmsy を大きく下回っており、Fmsy の 0.39 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比 (F/Fmsy) とは、各年の F の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を %SPR 換算して求めた値と、各年の F 値との比である。2022 年漁期の F/Fmsy は、資源量が上方修正され、F 値が下方修正されたことにより昨年度解析結果よりも低下している (補足資料 2)。

親魚量の動向は、直近 5 年間 (2019~2023 年漁期) の推移から増加と判断される。本系群の親魚量は 2007~2015 年漁期には SBmsy を上回っていたが、漁獲圧の上昇や加入量の減少によって 2016~2020 年漁期は SBmsy を大きく下回っていた。2021 年漁期以降はやや回復し、SBmsy の前後の水準に維持されている。

## 5. 将来予測

### (1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2023 年漁期の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2024~2045 年漁期までの将来予測計算を行った (補足資料 2)。なお、将来予測に用いる各種パラメータには表 5-1 および補足表 2-2 の値を用いた。

本系群は年代によって成熟率が変化することが知られており、資源状態と関係が指摘されている (Narimatsu et al. 2010)。近年のデータでも年齢別資源尾数と成熟率には負の相関が認められており (補足図 2-5、詳細は補足資料 2 参照)、将来予測には資源尾数の増減による年齢別成熟率の変化を考慮して親魚量を計算した。ただし、年齢別成熟率の最大値、最小値はそれぞれ過去に観測された値の範囲内にあると仮定した。

2024年漁期の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧(F2020-2022)から仮定した。2025年漁期以降の漁獲圧は、「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオに従い、各漁期年に予測される親魚量をもとに算出した。

## (2) 漁獲管理規則

資源管理基本方針で定められた本系群の漁獲シナリオに則した漁獲管理規則を図5-1に示す。この漁獲管理規則は、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には  $F_{msy}$  に調整係数  $\beta$  を乗じた漁獲圧とし、親魚量が限界管理基準値を下回った場合には禁漁水準まで直線的に漁獲圧を削減する規則であり、調整係数  $\beta$  には 0.75 が用いられる。

## (3) 2025年漁期の予測値とABCの算定

漁獲シナリオに即した漁獲管理規則から算定される2025年漁期の平均漁獲量である1.18万トンをABCとして提示する(表5-3、補足表3-4)。2025年漁期に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値を上回り、平均1.09万トンと見込まれた。

## (4) 2026年漁期以降の予測

2026年漁期以降も含めた将来予測の結果を図5-2、表5-2、5-3、および補足資料3に示す。漁獲シナリオに即した漁獲管理規則に基づく管理を継続した場合、2034年漁期の親魚量の予測値は平均11.8千トン(90%予測区間は6.8千~19.3千トン)であり、 $\beta$ を1.0とした場合には平均7.3千トン(90%予測区間は3.9千~12.4千トン)である(表5-3、補足表3-5)。

参考情報として、異なる $\beta$ を使用した場合および現状の漁獲圧(F2020-2022)を継続した場合の将来予測結果についても示す。2034年漁期の親魚量の予測値が目標管理基準値を上回る確率は $\beta$ が0.75以下で50%を上回る。限界管理基準値を上回る確率は $\beta$ が1.0でも90%を上回る。現状の漁獲圧(F2020-2022)を継続した場合の2034年漁期の親魚量の予測値は平均12.1千トン(90%予測区間は7.0千~19.7千トン)であり、目標管理基準値を上回る確率は57%、限界管理基準値を上回る確率は100%である。

漁獲シナリオに基づく管理を継続した場合、2025年漁期以降で親魚量が目標管理基準値を50%以上の確率で上回る漁期年は、2033年漁期になると予測された(表5-2)。また、限界管理基準値を50%以上の確率で上回る漁期年は、2025年漁期と予測された。

## 6. 資源評価のまとめ

本系群の資源量は、1996~2013年漁期にかけて2.3万から8.4万トンへと増加したが、2014年漁期以降は減少し、2016~2023年漁期では2.0万~2.6万トンで推移している。親魚量も資源量同様に1996年漁期から2014年漁期にかけて0.7万~2.0万トンの間で変動しつつも増加した。しかし、その後、急激に減少し、2016~2020年漁期は0.4万~0.6万トンで推移したが、その後増加し、2023年漁期は0.9万トンとなっている。

2023年漁期の親魚量はMSYを実現する水準を下回り、その動向は直近5年間(2019~2023年漁期)の推移から増加と判断された。2023年漁期の漁獲圧は、 $SB_{msy}$ を維持する

漁獲圧 (Fmsy) を大きく下回る。

## 7. その他

近年はやや鈍化が見られるもののマダラは成長が非常に早い。また、これまでも比較的短期間で資源の回復が認められていることもあり、高すぎる漁獲圧を与えるようなことがなければ、親魚量が速やかに増加することが期待される。近年加入が少ない年が続いていたが、2023年漁期は、1歳魚がやや多く、ある程度加入したと推察されることから、この年級を獲り残しつつ資源回復を促すことが重要である。

## 8. 引用文献

- Bakkala, R., S. Westrheim, S. Mishima, C. Zhang and E. Brown (1984) Distribution of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the North Pacific Ocean. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull., **42**, 111-115.
- 福田慎作・横山勝幸・早川 豊 (1985) 青森県陸奥湾湾口部におけるマダラ成魚の標識放流について. 栽培技研, **14**, 71-77.
- 橋本良平 (1974) 東北海区漁場におけるマダラの食性と生息水深の変動に関する研究. 東北水研研報, **33**, 51-67.
- 服部 努・桜井泰憲・島崎健二 (1992) マダラの耳石薄片法による年齢査定と成長様式. 日水誌, **58**, 1203-1210.
- 服部 努・桜井泰憲・島崎健二 (1995) 陸奥湾に來遊するマダラの孕卵数. 東北水研報, **57**, 1-5.
- 服部 努・北川大二・今村 央・野別貴博 (1999) 1998年の底魚類資源量調査結果. 東北底魚研究, **19**, 77-91.
- 服部 努・北川大二・成松庸二・佐伯光広・片山知史・藤原邦浩・小谷健二・本田学志 (2002) 2001年の底魚類現存量調査結果. 東北底魚研究, **22**, 82-98.
- 伊藤正木・服部 努・成松庸二・柴田泰宙 (2014) 東北沖太平洋におけるマダラによるズワイガニの補食について. 東北底魚研究, **34**, 123-132.
- 児玉純一・永島宏・和泉祐司 (1990) 金華山海域に生息するマダラについて. 東北海区底魚研究チーム会議報告, 東北区水産研究所, **11**, 43-46.
- Mishima, S. (1984) Stock assessment and biological aspects of Pacific cod (*Gadus macrocephalus* Tilesius) in Japanese waters. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull., **42**, 180-199.
- 三浦太智・吉田雅範・山田嘉暢・野呂恭成・伊藤欣吾・東 信行 (2019) マダラ陸奥湾産卵群の分布と回遊. 水産増殖, **67**, 19-24.
- 成松庸二 (2006) マダラの生活史と繁殖生態 -繁殖特性の年変化を中心に-. 水研センター研報, 別冊 **4**, 137-146.
- Narimatsu, Y., S. Takehi, S. Ito, Y. Okazaki, R. Inagawa and T. Yano (2015a) Impact of the Great East Japan Earthquake tsunami on growth and survival of Pacific cod, *Gadus macrocephalus*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **72**, 1629-1638.
- Narimatsu, Y., T. Sohtome, M. Yamada, Y. Shigenobu, Y. Kurita, T. Hattori and R. Inagawa (2015b) Why do the radionuclide concentrations of Pacific cod depend on the body size? In: Impact of

- the Fukushima nuclear accident on fish and fishing grounds, ed. K. Nakata and H. Sugisaki, Springer Japan, Tokyo, pp. 123-138.
- 成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・三澤 遼・金森由妃・富樫博幸・柴田泰宙 (2021a) 令和 3 (2021) 年度マダラ本州太平洋北部系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構, 1-50. FRA-SA2021-BRP02-1.  
[https://www.fra.affrc.go.jp/shigen\\_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail\\_madara\\_pacN\\_RIM\\_quickVer\\_20210930.pdf](https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_madara_pacN_RIM_quickVer_20210930.pdf) (last accessed 21 July 2022).
- 成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・三澤 遼・金森由妃・富樫博幸・柴田泰宙 (2021b) 資源評価報告書, 1-31. FRA-SA2021-RC05-2.  
<http://abchan.fra.go.jp/digests2021/details/202134.pdf>
- Narimatsu, Y., Y. Ueda, T. Okuda, T. Hattori, K. Fujiwara and M. Ito (2010) The effect of temporal changes in life-history traits on reproductive potential in an exploited population of Pacific cod, *Gadus macrocephalus*. ICES J. Mar. Sci., **67**, 1659-1666.
- Sakurai, Y. and T. Hattori (1996) Reproductive behavior of Pacific cod in captivity. Fish. Sci., **62**, 222-228.
- Suda, A., N. Nagata, A. Sato, Y. Narimatsu, H. H. Nadiatul and M. Kawata (2017) Genetic variation and local differences in Pacific cod *Gadus macrocephalus* around Japan. J. Fish Biol., **90**, 61-79.
- Takatsu, T., T. Nakatani, T. Mutoh and T. Takahashi (1995) Feeding habits of Pacific cod larvae and juveniles in Mutsu bay, Japan. Fish. Sci., **61**, 415-422.
- Takatsu, T., T. Nakatani, T. Miyamoto, K. Kouka and T. Takahashi (2002) Spatial distribution and feeding habits of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) larvae in Mutsu Bay, Japan. Fish. Oceanogr., **11**, 90-101.
- 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.
- 山村織生 (1993) 仙台湾沖底生魚類群集における資源分割. 漁業資源研究会議底魚部会報, **26**, 61-70.

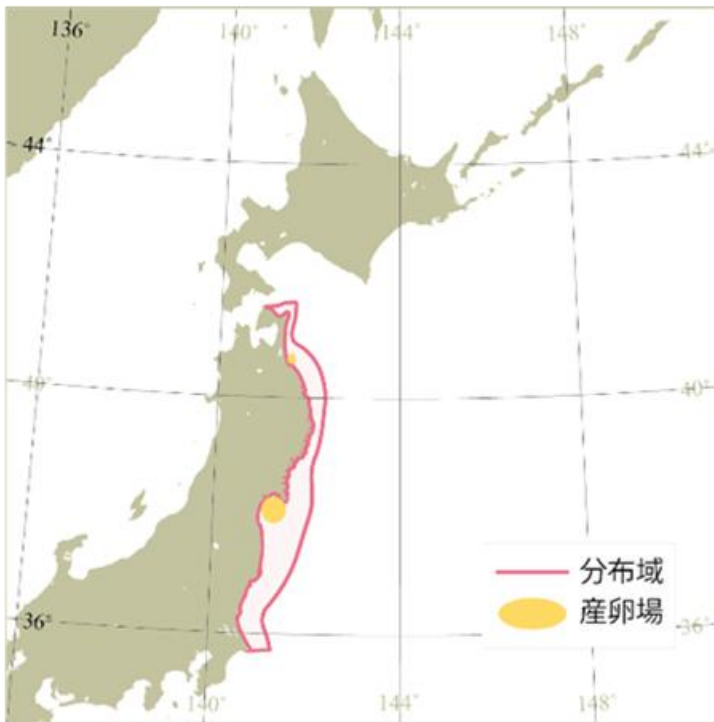


図 2-1. 本州太平洋北部におけるマダラ分布

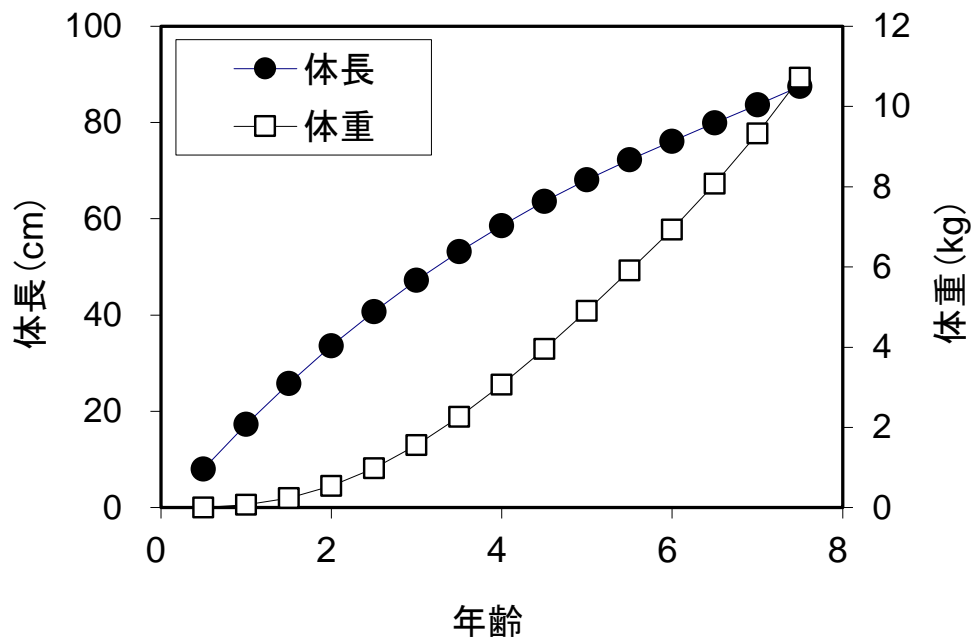


図 2-2. 本州太平洋北部におけるマダラの成長

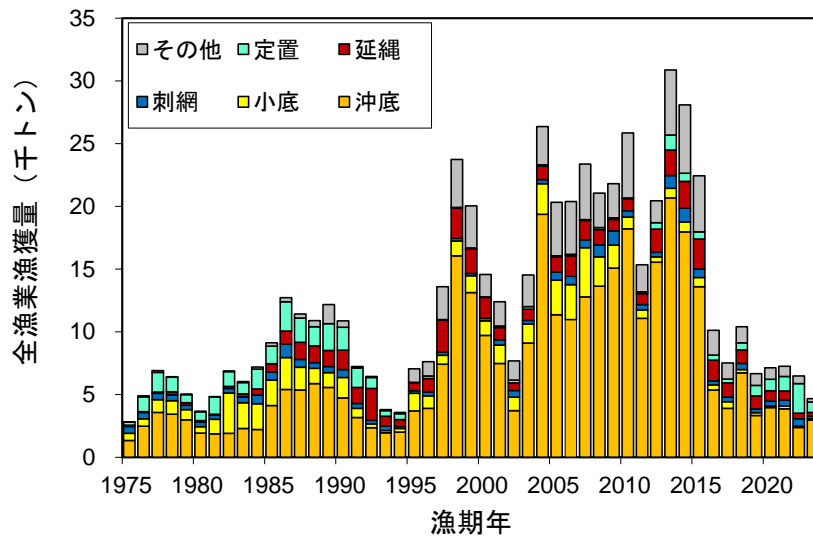


図 3-1. 本州太平洋北部におけるマダラの漁業種別漁獲量 2023 年漁期は暫定値。

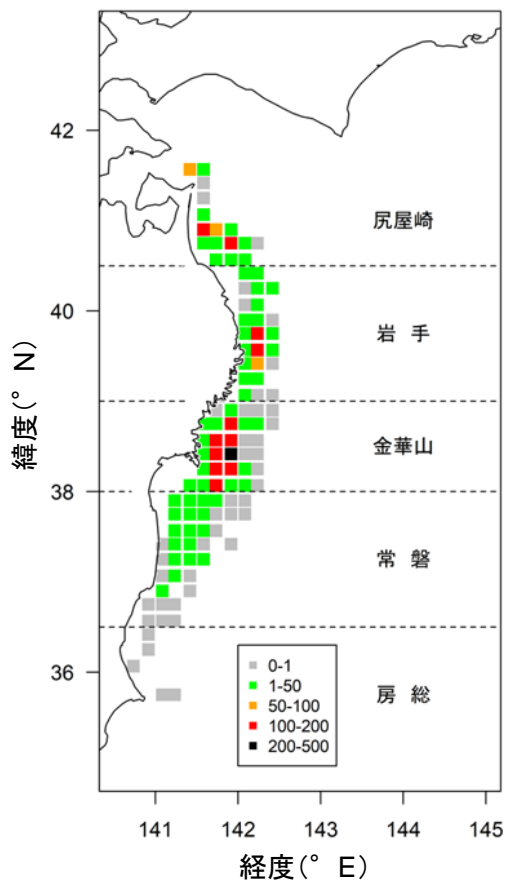


図 3-2. 沖底による 2022 年の漁獲量 (トン) の分布

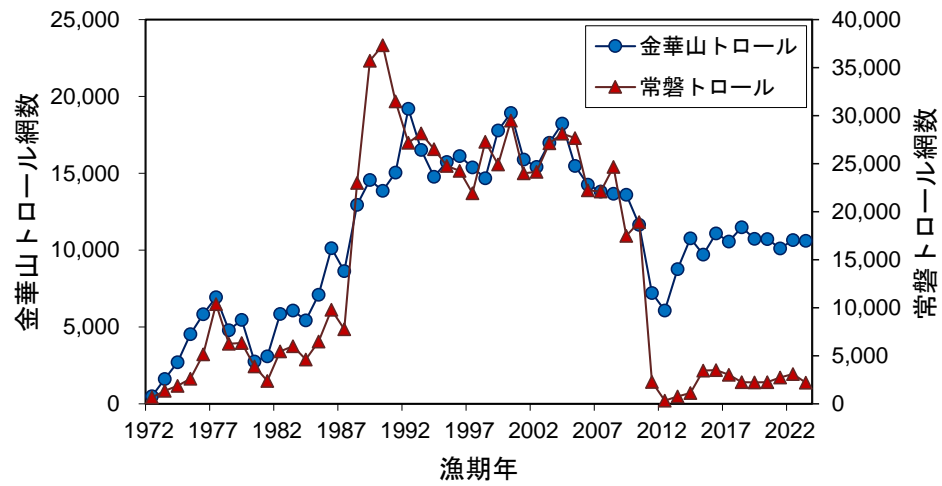
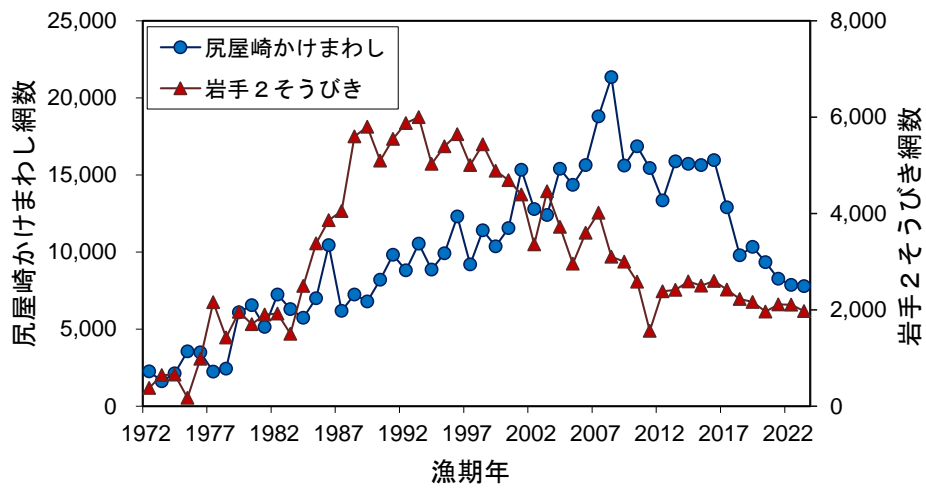


図 3-3. 沖底による有漁網数の推移

上：2そうびきとかけまわし 下：トロール 2023年漁期は暫定値。

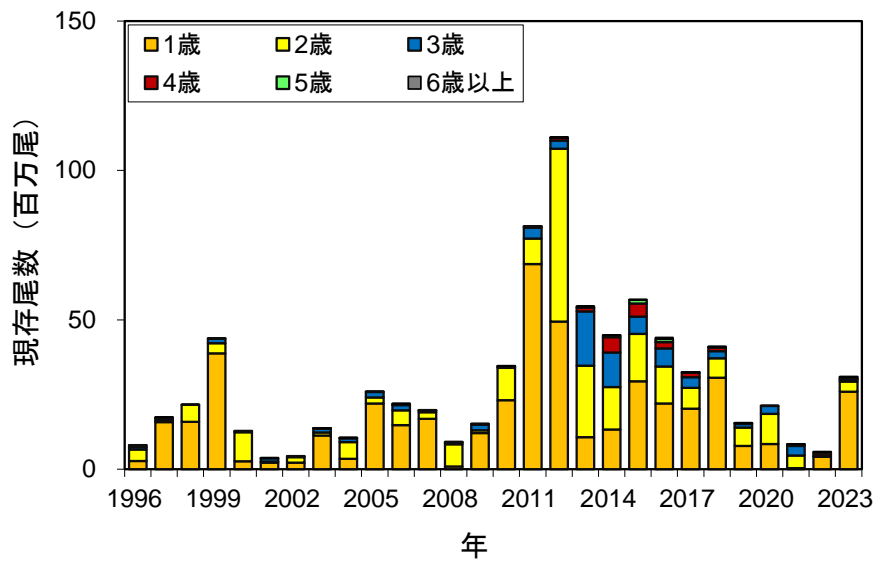


図 4-1. トロール調査によって求めた年齢別現存尾数の推移

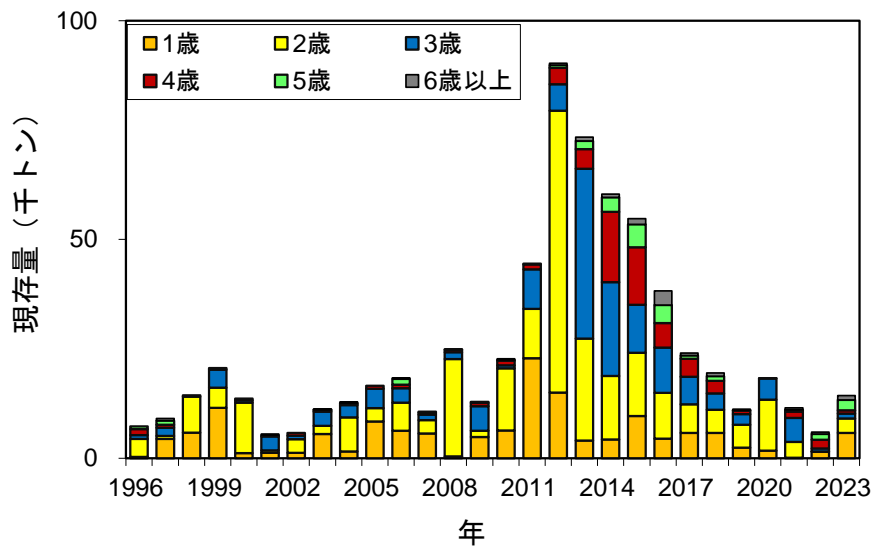


図 4-2. トロール調査によって求めた年齢別現存量（資源量指標値）の推移



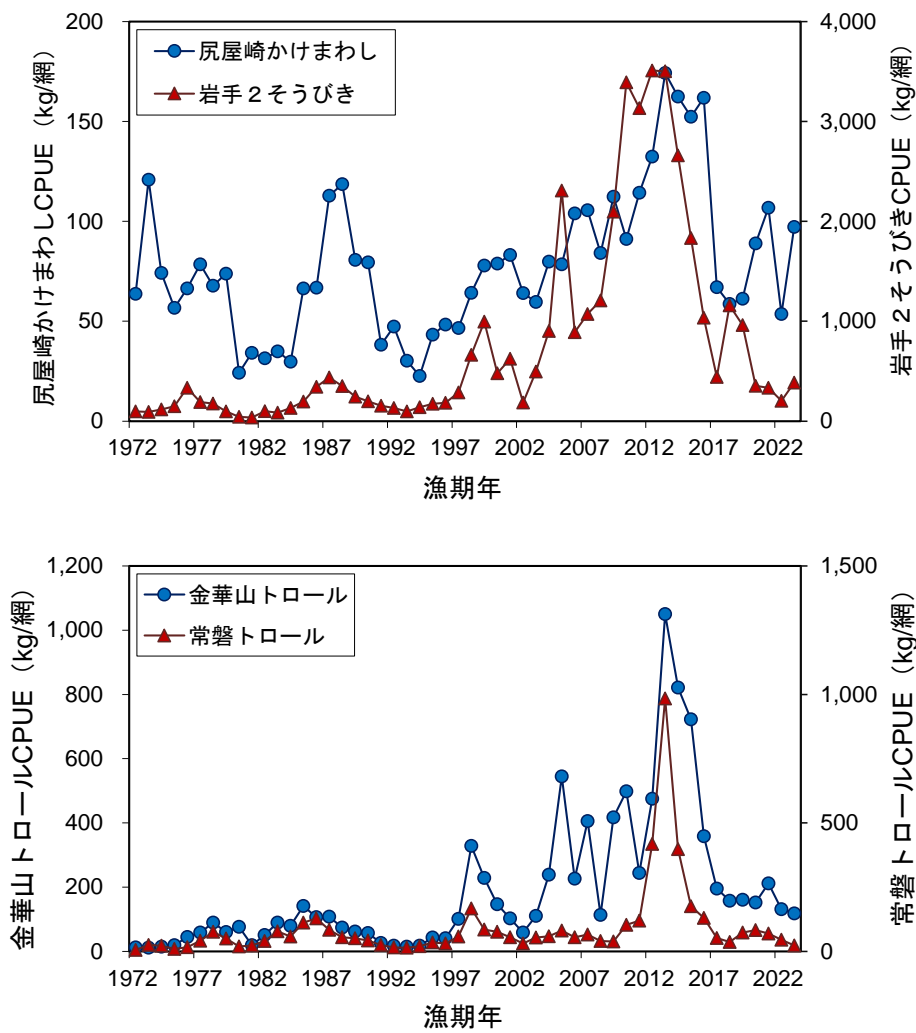


図 4-3. 沖底による CPUE の推移

上：2 そうびきとかけまわし 下：トロール 2023 年漁期は暫定値。

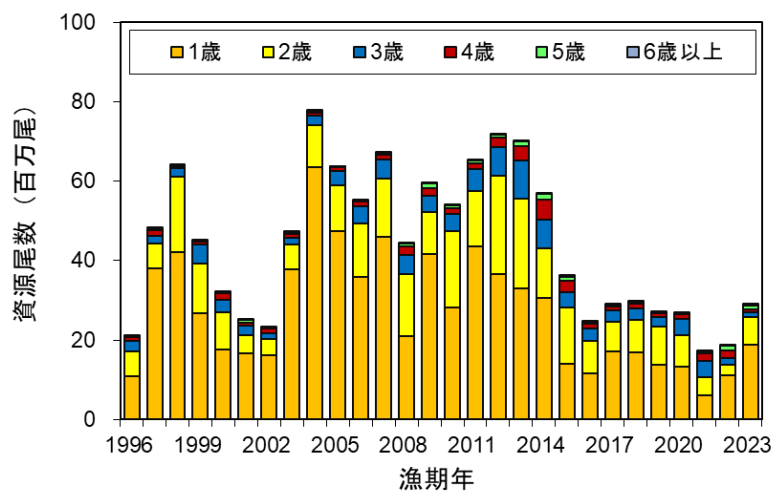


図 4-4. 年齢別資源尾数の推移

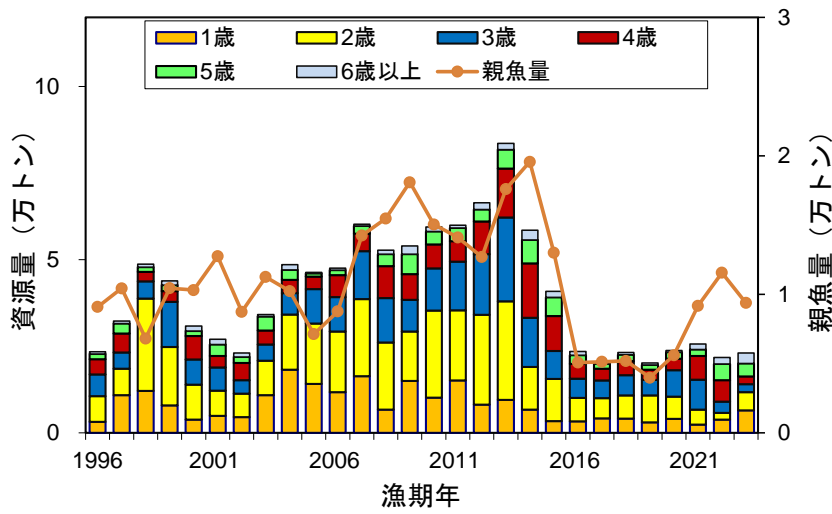


図 4-5. 年齢別資源量および親魚量の推移

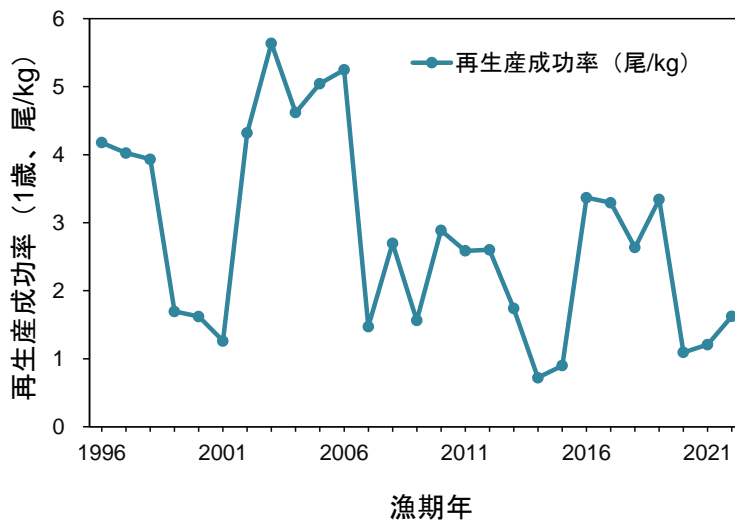


図 4-6. 再生産成功率の推移

ここでは1歳魚の加入した漁期年を示しており、親魚量は前年の漁期年の値である。

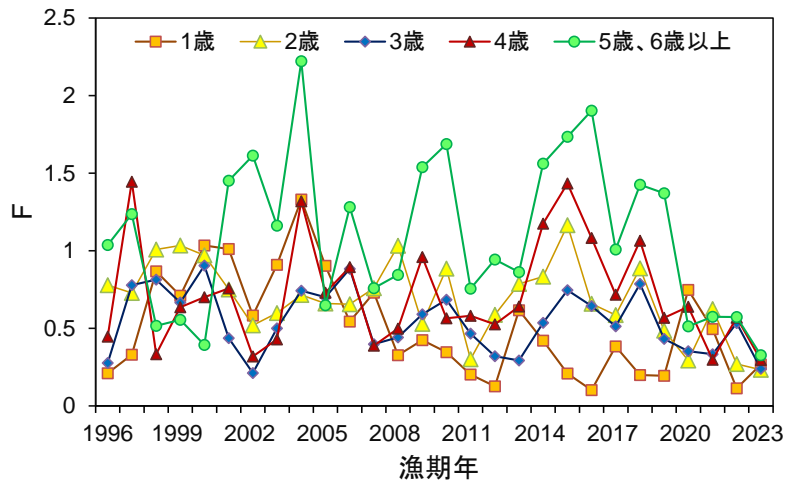


図 4-7. 漁獲係数 F の推移

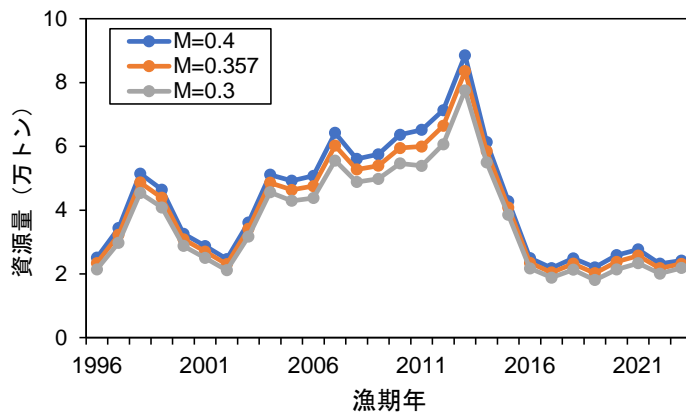


図 4-8. M を変化させたときの資源量の変化

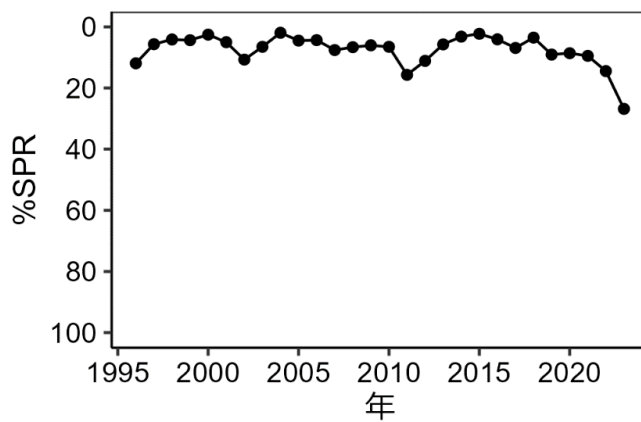


図 4-9. %SPR の推移

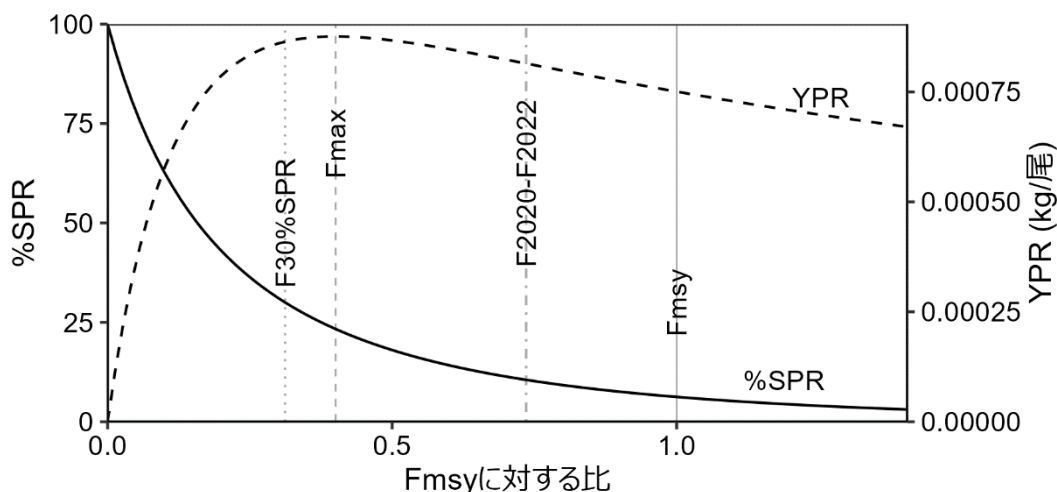


図 4-10. Fmsy に対する YPR と %SPR の関係

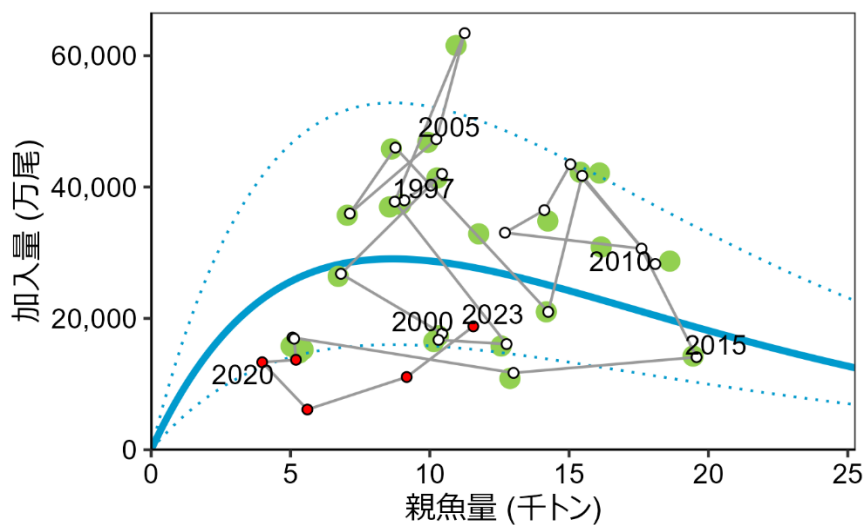


図 4-11. 親魚量と加入量（1 歳魚尾数）の関係（再生産関係）

緑色の丸および青線は令和 3 年 8 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（成松ほか 2021a）で提案された観測値（1996～2018 年の親魚量と 1997～2019 年の加入量）とリッカー型の再生産関係式。点線は観測データの 90%が含まれると推定される範囲を示す。白色の丸と赤色の丸は令和 6（2024）年度の資源評価における資源量と加入量のデータであり、白色の丸は 1996～2020 年のデータ、赤色の丸は 2019～2023 年のデータである。

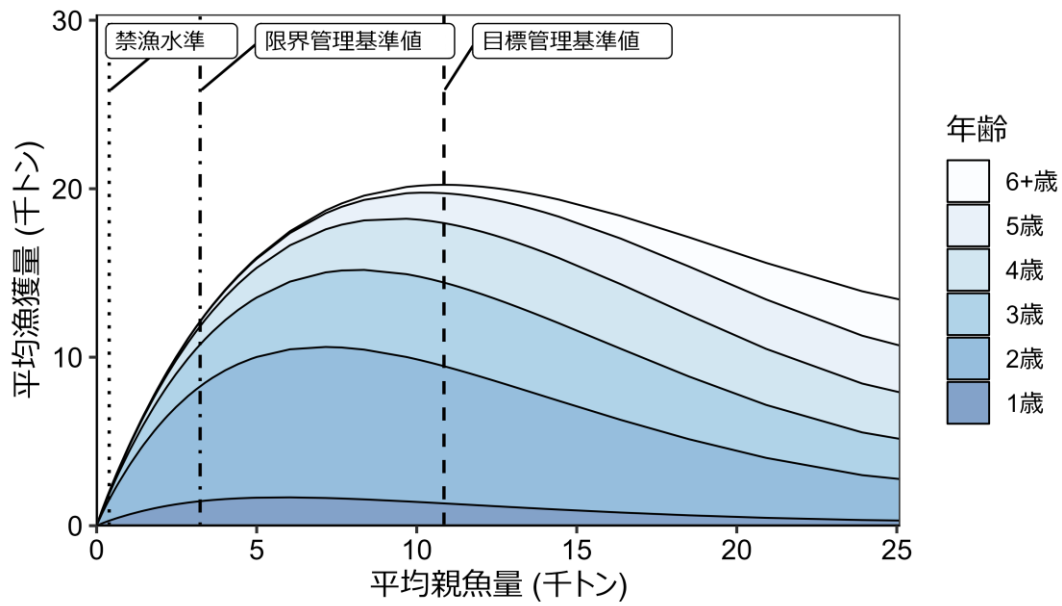


図 4-12. 平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係（漁獲量曲線）

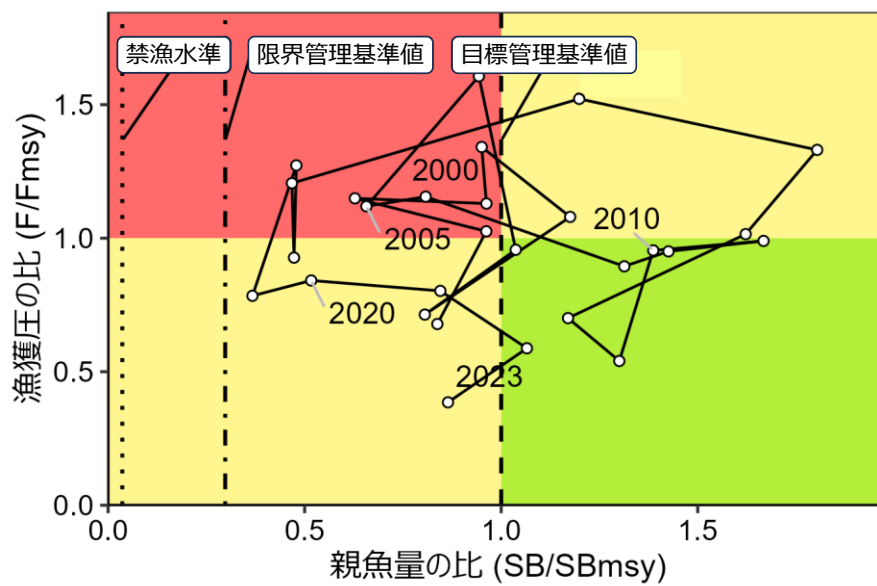


図 4-13. 最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）および SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）に対する、親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

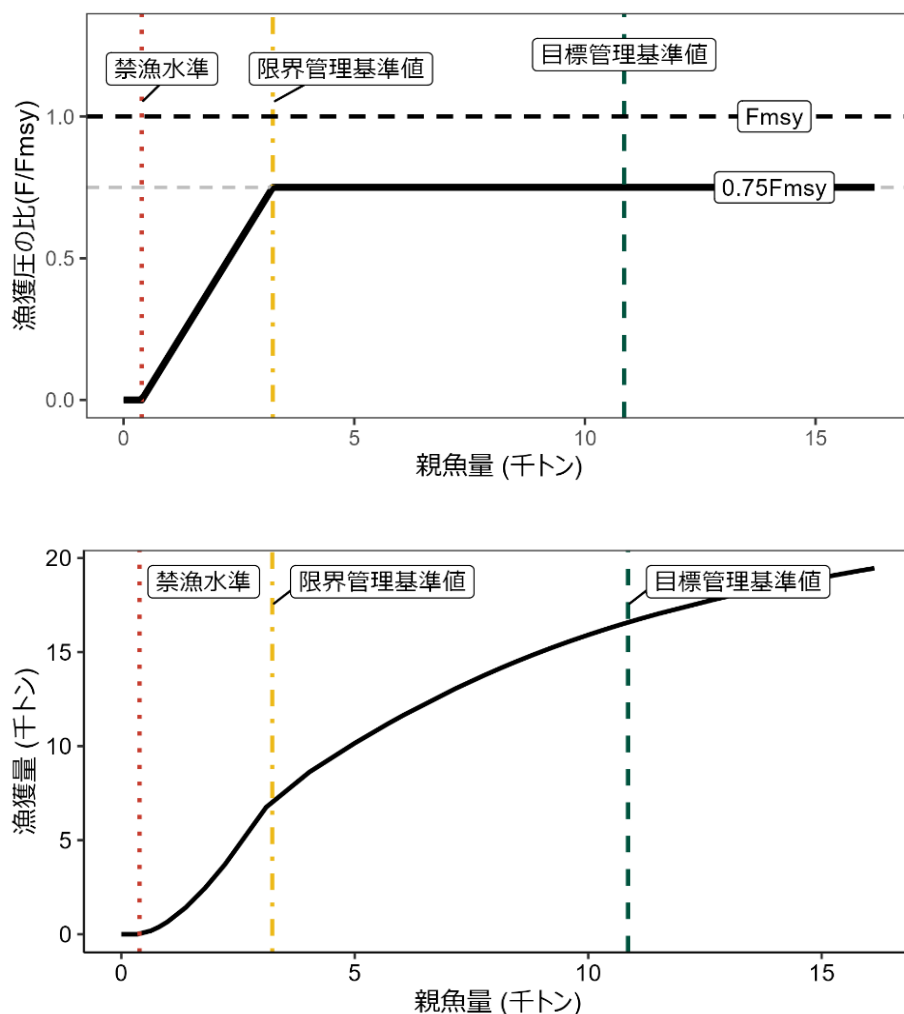


図 5-1. 漁獲管理規則 (HCR)

目標管理基準値 (SBtarget) は RI 型再生産関係に基づき算出した  $SB_{msy}$  である。限界管理基準値 (SBlimit) および禁漁水準 (SBban) にそれぞれ標準値を用いている。調整係数  $\beta$  は漁獲シナリオに用いられる 0.75 とした。黒破線:  $F_{msy}$ 、灰色破線:  $0.75F_{msy}$ 、黒太線: HCR、赤点線: 禁漁水準、黄色一点鎖線: 限界管理基準値、緑色破線: 目標管理基準値を示す。上図は縦軸を漁獲圧にした場合、下図は縦軸を漁獲量で表した場合である。下図については、漁獲する年の年齢組成によって漁獲量は若干異なるが、ここでは平衡状態における平均的な年齢組成の場合の漁獲量を示した。

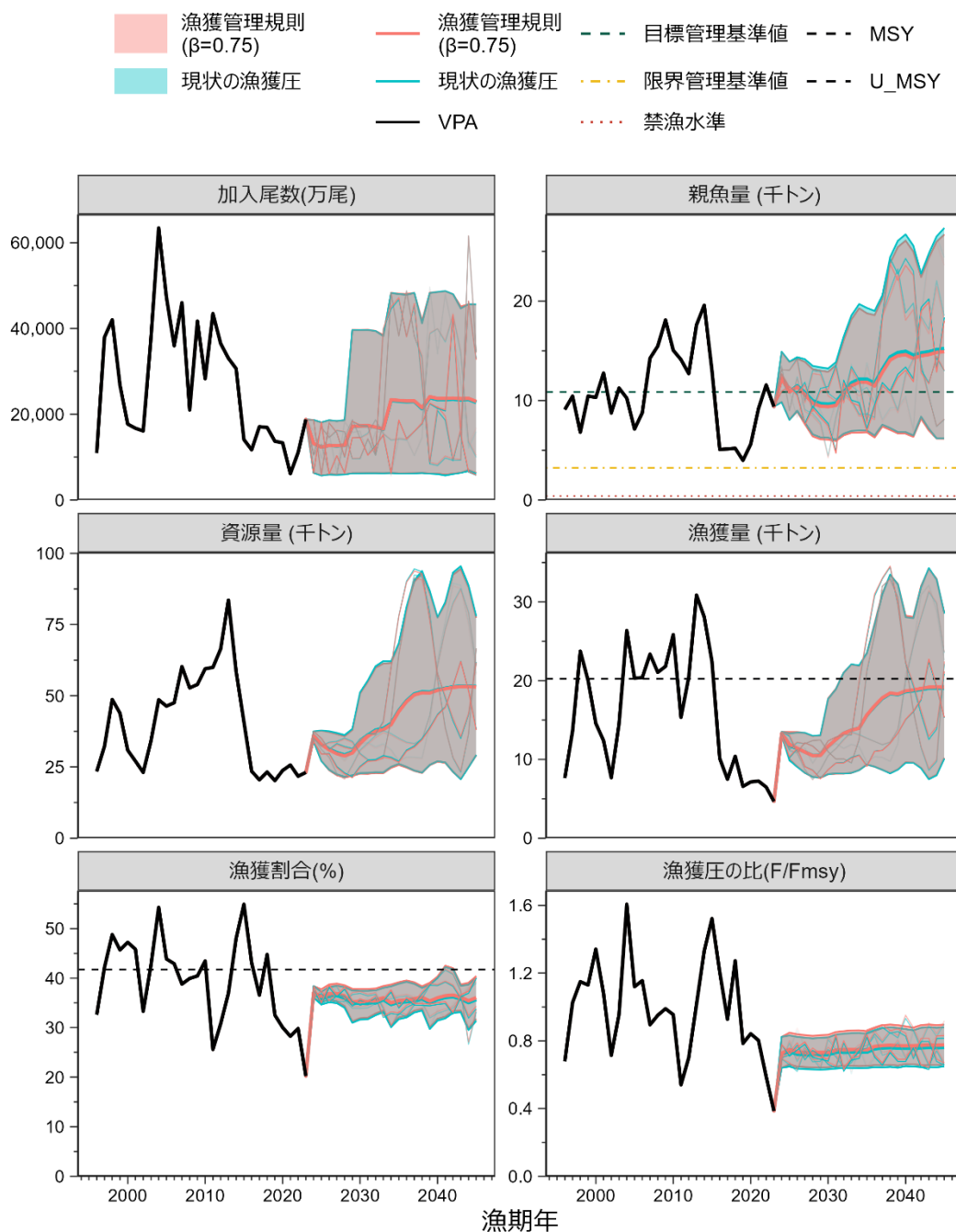


図 5-2. 漁獲シナリオに即した漁獲管理規則に従って漁獲を続けた場合（赤線）と現状の漁獲圧（F2020-2022）で漁獲を続けた場合の将来予測（青線）  
 太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 5 通りの将来予測の例示である。漁獲量の図の黒破線は最大持続生産量 MSY を、漁獲割合の図の黒破線は目標管理基準値を維持する漁獲割合の水準（Umsy）を示す。本系群の漁獲シナリオでは調整係数  $\beta$  に 0.75 が用いられる。2024 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2020-2022）により仮定した。

表 3-1. 漁業種類別の漁獲量の推移（漁期年集計：トン）

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
沖底	1,337	2,472	3,567	3,431	2,992	1,919	1,855	1,902	2,284	2,202	4,117	5,399	5,371
小底	574	583	1,028	1,070	795	506	1,166	3,208	2,068	2,054	2,032	2,541	1,793
刺網	546	511	498	478	351	388	329	373	453	702	635	1,086	642
延縄	107	72	106	229	205	103	76	160	260	494	666	1,029	1,358
定置	230	1,178	1,573	1,160	645	709	1,377	1,178	885	1,579	1,403	2,347	1,935
その他	7	70	138	56	26	15	17	37	76	156	266	317	330
計	2,801	4,886	6,909	6,424	5,014	3,641	4,821	6,857	6,026	7,186	9,119	12,719	11,428
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
沖底	5,860	5,568	4,727	3,160	2,349	1,935	2,013	3,690	3,899	7,413	16,055	13,119	9,716
小底	1,227	1,169	1,630	735	318	189	278	1,400	990	706	1,172	1,347	1,154
刺網	450	487	632	397	280	379	166	213	323	242	235	191	215
延縄	1,336	1,285	1,535	1,274	2,546	762	546	639	1,068	2,575	2,397	1,971	1,661
定置	1,522	2,142	1,848	1,548	857	447	462	29	193	43	51	59	36
その他	497	1,523	501	116	99	92	106	1,080	1,154	2,623	3,837	3,357	1,796
計	10,892	12,174	10,873	7,229	6,447	3,805	3,571	7,051	7,627	13,602	23,747	20,045	14,577
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
沖底	7,477	3,712	9,109	19,365	11,355	10,976	12,786	13,628	15,070	18,215	11,068	15,552	20,661
小底	1,467	1,088	1,511	2,453	2,773	2,778	3,912	2,353	1,838	921	678	431	773
刺網	415	516	281	317	644	674	642	940	1,144	510	430	359	1,027
延縄	981	610	909	1,069	1,173	1,619	1,532	1,229	900	959	879	1,849	2,027
定置	117	236	198	105	101	131	63	172	131	74	131	503	1,201
その他	1,928	1,514	2,526	3,061	4,279	4,216	4,435	2,741	2,733	5,166	2,160	1,752	5,179
計	12,385	7,677	14,535	26,370	20,325	20,395	23,369	21,062	21,817	25,846	15,344	20,447	30,867
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023			
沖底	17,963	13,600	5,364	3,887	6,729	3,318	3,953	3,853	2,376	2,958			
小底	803	731	406	544	253	241	119	222	103	127			
刺網	1,089	658	320	351	500	304	384	503	581	194			
延縄	2,129	2,408	1,643	1,151	1,069	1,024	853	703	454	300			
定置	657	569	407	294	580	842	910	1,161	2,363	816			
その他	5,449	4,465	1,979	1,285	1,262	942	919	809	604	273			
計	28,091	22,431	10,118	7,512	10,393	6,671	7,138	7,251	6,481	4,668			

各県水試調べによる。  
漁期年は4月～翌年3月。



表 3-2. 県別漁業種類別の漁獲量の推移 (漁期年集計：トン)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
青森																								
沖底	1,375	1,439	791	1,228	1,406	1,274	2,210	2,595	2,216	1,636	2,199	1,529	2,318	3,271	2,275	3,203	1,343	714	708	725	978	981	729	1,077
小底	424	521	581	439	614	480	915	1,170	437	713	641	414	337	608	278	308	115	52	60	73	54	126	48	83
刺網	0	0	53	81	86	146	167	121	337	420	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
定置	10	14	42	147	14	11	21	14	70	75	18	33	48	69	89	71	61	66	60	50	77	283	1,201	461
その他	356	342	214	133	136	146	195	394	461	543	847	1,130	493	1,903	2,020	1,622	930	543	617	560	508	367	407	173
岩手																								
沖底	3,150	2,247	614	2,565	8,161	3,377	3,998	4,310	6,414	8,237	9,426	5,992	8,613	8,136	6,802	4,273	1,856	1,284	3,828	990	861	660	614	812
小底	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
刺網	75	266	379	87	39	128	153	238	283	371	248	170	207	227	340	141	125	143	258	199	217	271	419	176
延縄	1,559	896	553	784	762	948	1,488	1,315	1,118	809	846	838	1,847	2,006	2,099	2,352	1,629	1,139	1,062	1,019	851	702	453	298
定置	12	10	191	29	64	22	28	9	57	50	23	32	224	529	198	162	46	45	215	381	479	293	960	329
その他	182	146	117	62	128	144	15	55	18	10	4	17	30	34	65	43	30	23	34	22	23	25	25	22
宮城																								
沖底	4,490	3,114	1,381	3,826	8,527	5,099	3,751	4,603	4,419	4,034	5,982	3,528	4,620	9,254	8,789	5,889	2,034	1,796	2,105	1,512	1,986	2,144	981	1,048
小底	615	904	465	902	1,689	2,114	1,798	2,695	1,826	1,035	229	236	92	165	477	375	270	478	180	158	63	92	50	43
刺網	94	130	48	65	76	234	222	233	261	329	261	259	152	799	749	517	195	207	240	101	165	221	161	17
延縄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	30	16	1	21	18	22	13	8	7	5	2	1	1	0
定置	13	93	3	22	28	68	82	40	44	6	34	67	231	602	370	337	299	183	306	411	354	585	202	26
その他	1,211	1,422	1,180	2,506	2,743	3,979	4,003	3,982	2,259	2,178	4,314	1,012	1,230	3,242	3,363	2,797	1,019	718	608	360	388	418	172	77
福島																								
沖底	693	674	923	1,478	1,256	1,591	1,009	1,271	565	1,145	579	0	0	0	45	144	94	76	86	90	127	67	52	20
小底	81	34	33	91	70	99	46	37	70	71	25	0	0	0	0	0	0	4	4	5	1	3	4	0
刺網	46	19	37	49	115	137	131	50	59	24	1	0	0	0	0	0	0	1	3	4	3	10	0	0
延縄	32	47	38	73	128	130	63	114	63	61	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	46	18	3	24	52	10	3	3	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
茨城																								
沖底	8	4	3	12	15	13	9	8	14	18	29	18	0	0	52	91	37	17	2	1	1	1	0	0
小底	34	8	9	80	80	81	19	10	19	19	26	28	2	0	48	48	21	11	9	6	1	0	0	1
刺網	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
延縄	69	38	19	53	179	95	68	102	48	17	30	24	1	0	12	33	1	3	0	0	0	0	0	0
定置	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0

各年水試調べ

表 4-1. マダラ本州太平洋北部系群の資源解析結果

漁期年	漁獲量 (千トン)	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	加入量(1歳 魚、百万尾)	漁獲割合 (%)	F単純平 均	再生産成 功率 (尾/kg)	F/Fmsy	%SPR
1996	7.6	23.4	9.1	11	33	0.63	4.2	0.68	11.9
1997	13.6	32.2	10.4	38	42	0.96	4.0	1.03	5.7
1998	23.7	48.7	6.8	42	49	0.68	3.9	1.15	4.1
1999	20.0	43.9	10.4	27	46	0.69	1.7	1.13	4.3
2000	14.6	30.9	10.3	18	47	0.73	1.6	1.34	2.5
2001	12.4	27.0	12.8	17	46	0.98	1.3	1.08	5.0
2002	7.7	23.1	8.7	16	33	0.81	4.3	0.71	10.7
2003	14.5	34.1	11.3	38	43	0.79	5.6	0.96	6.5
2004	26.4	48.6	10.2	63	54	1.42	4.6	1.61	1.9
2005	20.3	46.3	7.1	47	44	0.72	5.0	1.12	4.5
2006	20.4	47.5	8.8	36	43	0.92	5.2	1.16	4.3
2007	23.4	60.2	14.3	46	39	0.63	1.5	0.89	7.6
2008	21.1	52.7	15.5	21	40	0.67	2.7	0.95	6.6
2009	21.8	54.0	18.1	42	40	0.93	1.6	0.99	6.0
2010	25.8	59.5	15.0	28	43	0.98	2.9	0.95	6.5
2011	15.3	60.0	14.1	43	26	0.51	2.6	0.54	15.7
2012	20.4	66.4	12.7	36	31	0.57	2.6	0.70	11.1
2013	30.9	83.6	17.6	33	37	0.68	1.7	1.02	5.7
2014	28.1	58.5	19.6	31	48	1.01	0.7	1.33	3.2
2015	22.4	40.9	13.0	14	55	1.17	0.9	1.52	2.3
2016	10.1	23.5	5.1	12	43	1.05	3.4	1.21	4.1
2017	7.5	20.5	5.1	17	37	0.70	3.3	0.93	6.9
2018	10.4	23.2	5.2	17	45	0.96	2.6	1.27	3.5
2019	6.7	20.2	4.0	14	33	0.74	3.3	0.78	9.1
2020	7.1	23.8	5.6	13	30	0.51	1.1	0.84	8.6
2021	7.3	25.7	9.2	6	28	0.48	1.2	0.80	9.5
2022	6.5	21.7	11.6	11	30	0.44	1.6	0.59	14.5
2023	4.7	23.1	9.4	19	20	0.28		0.39	26.8

再生産成功率は各漁期年における1歳魚の資源尾数を前年の親魚量で除した値である。

表 5-1. 最大持続生産量 (MSY) を実現する水準の推定に用いたパラメータ表 (成松ほか 2021)

年齢	自然死亡係数	成熟割合 (平均値)	平均体重 (g)	選択率 (注1)	Fcurrent (注2)
1	0.357	0	285	0.16	0.23
2	0.357	0	1,239	0.53	0.74
3	0.357	0.22	2,402	0.48	0.68
4	0.357	0.73	3,999	0.66	0.93
5	0.357	1.00	5,788	1.00	1.40
6+	0.357	1.00	8,065	1.00	1.40

注1: MSYを実現する水準の推定の際に使用した選択率は、令和2(2021)年度でのFcurrentの選択率(2017~2019年漁期の平均Fの選択率)である。

注2: 令和2(2020)年度資源評価でのFcurrent(2017~2019年漁期の平均F値)。

表 5-2. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値を上回る確率

## a) 目標管理基準値を上回る確率 (%)

$\beta$	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	81	49	16	1	0	0	0	1	6	8	10	9
0.95			22	4	1	1	1	2	9	13	15	15
0.9			32	10	3	2	2	4	13	20	23	23
0.85			41	18	8	6	6	9	19	29	31	32
0.8			51	29	16	13	13	16	29	39	41	42
0.75			60	44	30	25	24	27	43	50	54	55
0.7			70	58	45	41	40	41	55	62	66	66
0.65			77	71	62	59	57	55	67	74	75	76
0.6			85	82	77	75	73	70	78	83	83	84
0.55			90	91	88	87	85	81	87	88	88	89
0.5			94	97	95	94	94	90	92	92	92	92
0.4			98	100	100	100	99	99	98	97	95	95
0.3			100	100	100	100	100	100	100	99	96	95
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	98	93
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	97
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧					64	48	34	29	28	31	46	54

## b) 限界管理基準値を上回る確率 (%)

$\beta$	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	100	100	100	100	99	98	98	98	99	98	99	99
0.95			100	100	99	99	99	99	99	100	99	100
0.9			100	100	100	100	100	99	100	100	100	100
0.85			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.75			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.65			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.55			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧					100	100	100	100	100	100	100	100

$\beta$  を 0.0~1.0 で変更した場合の値。2024 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2020-2022) から予測される 13.3 千トンとし、2025 年漁期から漁獲シナリオによる漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2020-F2022、 $\beta = 0.74$  に相当) で漁獲を続けた場合の値も示した。

表 5-3. 将来の親魚量および漁獲量の平均値の推移

## a) 親魚量の平均値の推移 (千トン)

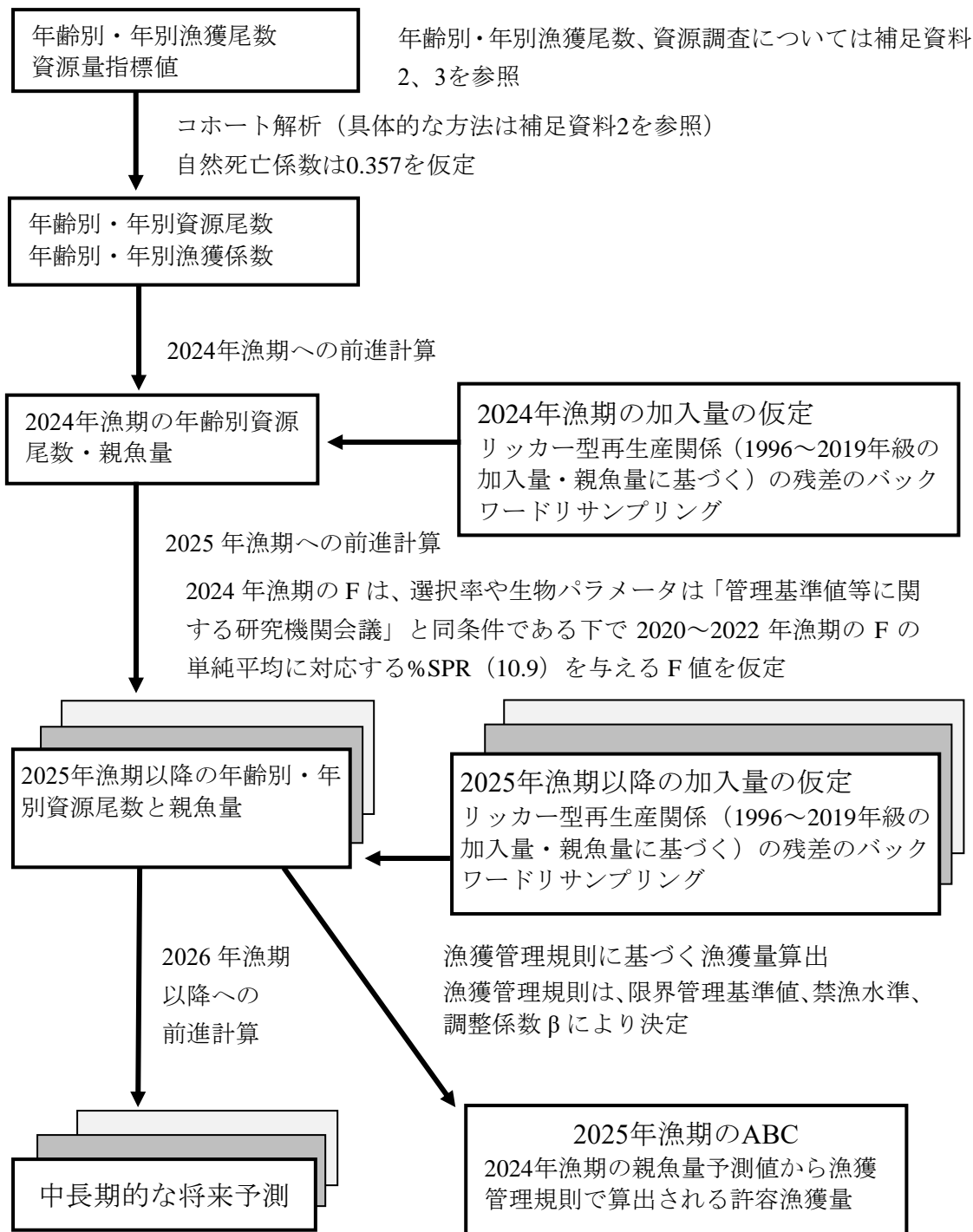
$\beta$	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	12.3	10.9	9.5	7.5	6.3	6.1	6.1	6.3	6.9	7.2	7.3	7.3	
0.95			9.8	8.0	6.9	6.6	6.6	6.6	6.8	7.6	8.0	8.1	8.1
0.9			10.2	8.6	7.5	7.2	7.2	7.2	7.4	8.3	8.8	8.9	8.9
0.85			10.6	9.2	8.2	7.9	7.9	7.9	8.0	9.0	9.6	9.8	9.8
0.8			10.9	9.9	8.9	8.6	8.6	8.6	8.7	9.8	10.5	10.8	10.8
0.75			11.4	10.6	9.7	9.4	9.4	9.4	9.5	10.6	11.5	11.8	11.8
0.7			11.8	11.4	10.6	10.4	10.4	10.3	10.3	11.5	12.5	12.9	12.9
0.65			12.2	12.2	11.7	11.4	11.4	11.3	11.3	12.4	13.5	14.0	14.1
0.6			12.7	13.1	12.8	12.7	12.7	12.5	12.3	13.4	14.5	15.1	15.3
0.55			13.1	14.1	14.1	14.1	14.1	13.8	13.5	14.4	15.5	16.2	16.4
0.5			13.6	15.1	15.5	15.6	15.6	15.4	14.8	15.5	16.5	17.1	17.5
0.4			14.7	17.4	18.9	19.6	19.6	19.3	18.1	17.8	18.2	18.5	19.0
0.3			15.8	20.2	23.2	25.0	25.0	24.8	22.7	20.8	19.6	18.9	19.2
0.2			16.9	23.4	28.7	32.3	32.3	32.7	29.5	25.1	21.2	18.5	17.8
0.1			18.2	27.1	35.7	42.4	42.4	44.5	40.3	32.8	25.2	19.4	16.3
0.0			19.6	31.5	44.8	56.8	56.8	62.5	58.4	48.1	36.8	27.4	20.6
現状の漁獲圧			11.5	10.8	10.0	9.7	9.6	9.7	10.9	11.8	12.1	12.2	

## b) 漁獲量の平均値の推移 (千トン)

$\beta$	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	13.6	13.9	11.6	10.4	9.9	10.1	11.1	11.7	12.1	12.3	13.2	15.2
0.95		13.5	11.6	10.5	10.0	10.3	11.4	12.0	12.5	12.7	13.6	15.6
0.9		13.1	11.6	10.6	10.2	10.5	11.6	12.3	12.8	13.1	13.9	15.8
0.85		12.7	11.5	10.7	10.3	10.6	11.7	12.5	13.1	13.4	14.1	16.0
0.8		12.3	11.4	10.8	10.4	10.7	11.8	12.7	13.3	13.6	14.3	16.0
0.75		11.8	11.3	10.8	10.5	10.8	11.9	12.7	13.4	13.8	14.3	15.9
0.7		11.3	11.2	10.9	10.6	10.8	11.8	12.7	13.4	13.8	14.3	15.7
0.65		10.8	11.0	10.9	10.6	10.8	11.7	12.5	13.2	13.6	14.1	15.4
0.6		10.2	10.7	10.8	10.6	10.7	11.5	12.2	12.9	13.3	13.8	15.0
0.55		9.6	10.4	10.7	10.6	10.6	11.2	11.8	12.4	12.9	13.3	14.4
0.5		9.0	10.0	10.6	10.5	10.5	10.9	11.2	11.7	12.2	12.7	13.7
0.4		7.6	9.1	10.0	10.2	10.1	10.1	9.9	10.0	10.3	10.8	11.9
0.3		6.1	7.7	9.0	9.4	9.3	9.0	8.3	7.9	7.7	8.1	9.2
0.2		4.3	5.9	7.2	7.9	8.0	7.5	6.6	5.7	5.1	5.1	6.0
0.1		2.3	3.4	4.4	5.1	5.3	5.1	4.4	3.6	2.8	2.5	2.7
0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現状の漁獲圧		11.7	11.3	10.8	10.5	10.8	11.9	12.7	13.4	13.8	14.3	15.9

$\beta$  を 0.0~1.0 で変更した場合の値。2024 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2020-2022) から予測される 13.3 千トンとし、2025 年漁期から漁獲シナリオによる漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2020-F2022、 $\beta = 0.74$  に相当) で漁獲を続けた場合の値も示した。なお、2025~2035 年漁期の漁獲量の平均値は、2019~2023 年漁期の月別平均漁獲比率 (補足表 6-1) を用い、7 月~翌年 6 月までの漁獲量の値に換算した値 (補足表 6-2) を示した。

補足資料 1 資源評価の流れ



## 補足資料 2 計算方法

### (1) 資源計算方法

1996～2023年の1～6+歳（6歳以上をまとめて6+（プラスグループ）と表記する）の漁期年別の資源尾数、漁獲係数および資源量をコホート解析により推定した。1996年以降に着底トロール調査および市場で買い付けたマダラの年齢を査定し、年別半期別にAge length keyを作成した。また、漁期年を4月～翌年3月とし、上半期を4～9月、下半期を10月～翌年3月とした。1996～2015年は青森県および宮城県、2016年以降は青森県、岩手県および宮城県に水揚げされたマダラの漁獲物の体長組成を求め、Age length keyの結果と併せて半期別の年齢別漁獲尾数を推定した（補足表 2-1）。得られた年齢別漁獲尾数を用いて、以下に示すVPAにより年別年齢別資源尾数を推定した。東北海域のマダラは8歳頃まで生きることが報告されているが、7歳以上の個体が非常に少ないことから、ここでは6歳以上をプラスグループとした。寿命は7歳とし、田内・田中の式（田中 1960）より自然死亡係数は $2.5/7=0.357$ で一定とした。また、着底トロール調査で得られた年齢別現存量を指標値としてチューニングを行った。

Popeの近似式を用いた資源尾数の計算（ステップ1）

各年齢、各年における資源尾数 $N_{a,y}$ を、以下のPope（1972）の近似式を用いて計算した。

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

ここで $N_{a,y}$ は $y$ 年における $a$ 歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$ は $y$ 年における $a$ 歳魚の漁獲尾数である。最近年（2023年漁期）、最高齢（6歳、プラスグループ）および最高齢-1歳魚の資源尾数はそれぞれ以下の式で求めた。

$$N_{a,2023} = C_{a,2023} \exp(M/2) / (1 - \exp(-F_{a,2023})) \quad (2)$$

$$N_{6+,y} = C_{6+,y} / (C_{6+,y} + C_{5,y}) \times N_{6+,y+1} \times \exp(M) + C_{6+,y} \times \exp(M/2) \quad (3)$$

$$N_{5,y} = C_{5,y} / (C_{6+,y} + C_{5,y}) \times N_{6+,y+1} \times \exp(M) + C_{5,y} \times \exp(M/2) \quad (4)$$

ターミナルFを除く漁獲死亡係数F値の計算は（5）式で求めた。

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

最高齢のFは最高齢-1歳魚のFと等しくなるように求めた。コホート解析における最近年である2023年漁期のFは、1～5歳魚では近年3年間（2020～2022年漁期）のFの平均値とした。プラスグループ（最高齢）のFでは、最高齢-1歳と等しくなるように探索的に求めた。その後、ステップ2の方法により最近年のFを調整した。

最近年のFの調整（ステップ2）

チューニング指数とした年齢別の資源量指標値には、着底トロール調査で得られた各年

10月の1～6歳以上の年齢別現存尾数（補足表2-1）に各年の年齢別体重を乗じたものを用いた。

最近年（2023年漁期）の各年齢の漁獲係数Fを以下のようにチューニングし、資源尾数およびFを推定した。最近年の1～6歳以上のFの年齢別選択率には、チューニングをしないVPA（ステップ1）から推定された2020～2022年の平均値を用いた。（平松2001）に基づき、(6)式を最小化する最近年のqおよびFtをそれぞれ解析的および探索的に求めた。

$$\sum_a \sum_y (I_{a,y} - q_a B_{a,y})^2 \quad (6)$$

ここでaは年齢、yは年、Iは1996～2023年漁期におけるトロール調査による現存量、BはVPAによる資源量である。

「令和6（2024）年資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針（FRA-SA2024-ABCWG02-03）」に従って、本系群の評価に用いたVPAの統計学的妥当性や仮定に対する頑健性について診断した。指標値の観測値とモデルの予測値の残差では、各年齢ともに年変動が大きく、残差も大きい傾向にあった（補足図2-1）。各漁期年のデータの追加、更新の影響を検証するレトロスペクティブ解析では、資源量は残差も小さく安定した。F値については、残差は大きい傾向はない。また、2022年漁期の解析結果については、資源量が上方修正され、F値は下方修正されている（補足図2-2）。

## (2) 将来予測の方法

得られた資源量（補足表2-1）をもとに漁獲管理規則に基づく将来予測を行った。2024年以降の加入量予測については、令和3年8月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において提案された1996～2018年級の親魚量と1997～2019年漁期の加入量に基づくリッカー型再生産関係（ $a=9,116$ 、 $b=1.15 \times 10^{-4}$ 、 $SD=0.36$ ）に基づいている（補足資料3、補足表3-1）。ただし、2014年級の加入量（2015年漁期の1歳魚の加入尾数）から再生産関係から予測されるより低い加入量が続いている（図4-11）。今後も同様の傾向が続くことが予測されることから、近年における加入状況を取り入れた将来予測を行った。2024年漁期以降の加入量を予測する際、観測値と再生産関係式の残差を過去に遡って期間を5年ごとに区切ってリサンプリングを行うバックワードリサンプリングを採用した（補足図2-3）。この方法により、短期的には直近の環境条件を反映するような加入を想定し、中長期的にはそれ以前の過去の条件を反映するような加入を想定した。

- ・将来予測の1～5年目：過去5年分（2019～2023年漁期）の残差のみから重複を許してリサンプリングする。
  - ・将来予測の6～10年目：過去5年分（2019～2023年漁期）の残差、または6～10年前（2014～2018年漁期）の残差のどちらかをランダムに選び、選んだ方の5年分の残差の重複を許してリサンプリングした。
  - ・将来予測の11年目以降：上記の手順で5年ごとに残差をリサンプリングする範囲を追加した。2044年以降の予測は全残差データのリサンプリングとなる。
- これらの将来の加入の残差は補足図2-4に示した。

将来予測における 2025 年漁期以降の漁獲圧は、漁獲シナリオに従い調整係数  $\beta$  に 0.75 を用いた漁獲管理規則に従った。その際、選択率には、MSY の算出に用いた選択率（すなわち、令和 2 年度資源評価での将来予測に用いた 2017～2019 年漁期の平均年齢別 F 値に基づく選択率）を引き続き使用した。2024 年漁期の F 値には、現状の漁獲圧 (F2020-2022) を用いた。F2020-2022 は、上記の選択率の下で 2020～2022 年漁期の年齢別の平均 F 値と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算し探索的に求めた。なお、後述のように将来予測には資源尾数の増減による年齢別成熟率の変化を考慮して親魚量を計算した。ただし、年齢別成熟率の最大値、最小値はそれぞれ過去に観測された値の範囲内にあると仮定した（補足図 2-5）。資源尾数の予測には、コホート解析の前進法を用いた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (1 \sim 5 \text{ 歳魚}) \quad (1)$$

$$N_{6+,y+1} = (N_{6+,y} + N_{5,y}) \exp(-F_{5,y} - M) \quad (6 \text{ 歳以上}) \quad (2)$$

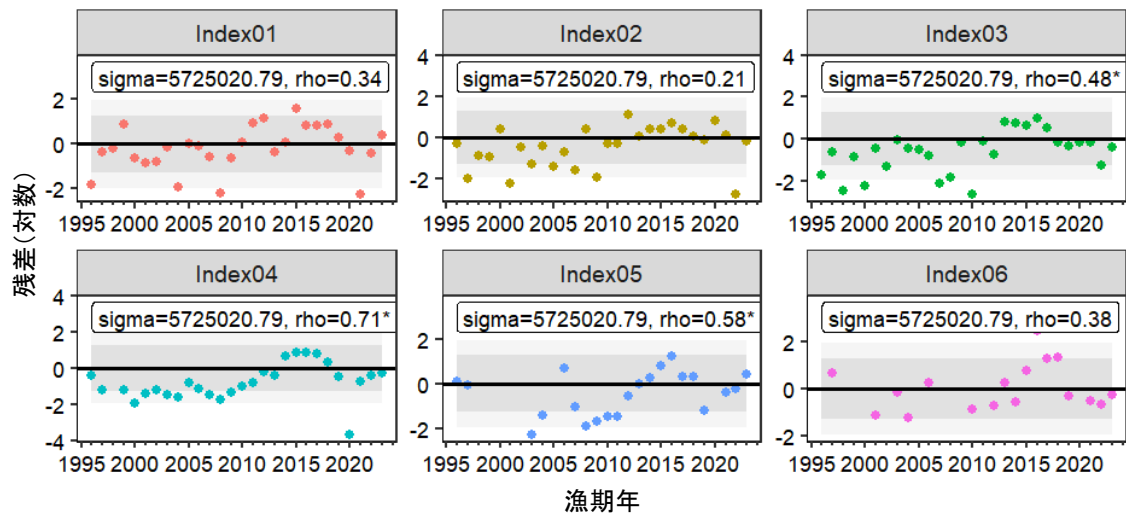
また、漁獲尾数は上記で求めた資源尾数と各漁獲シナリオから仮定される F 値をもとに以下の式から求めた。

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

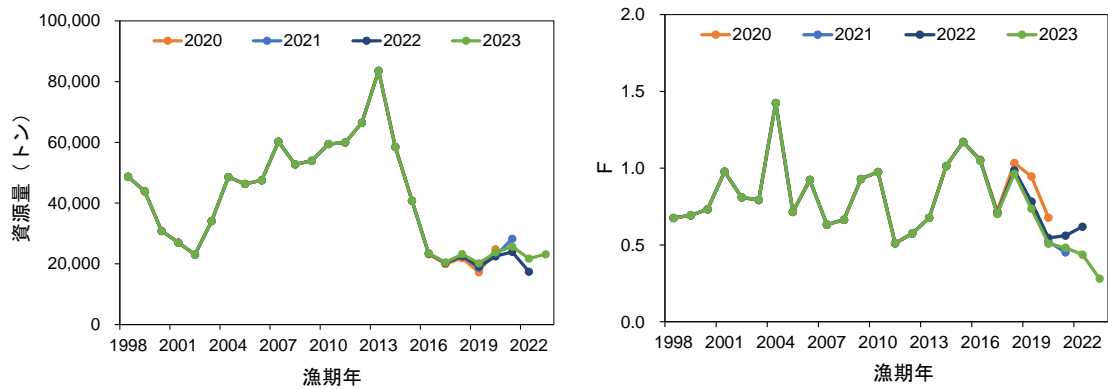
#### 引用文献

- 平松一彦 (2001) VPA (Virtual Population Analysis). 「平成 12 年度 資源評価体制確立推進事業報告書」. 日本水産資源保護協会, 104-129.
- Pope, J. G (1972) An investigation of accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res. Bull. int. 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.

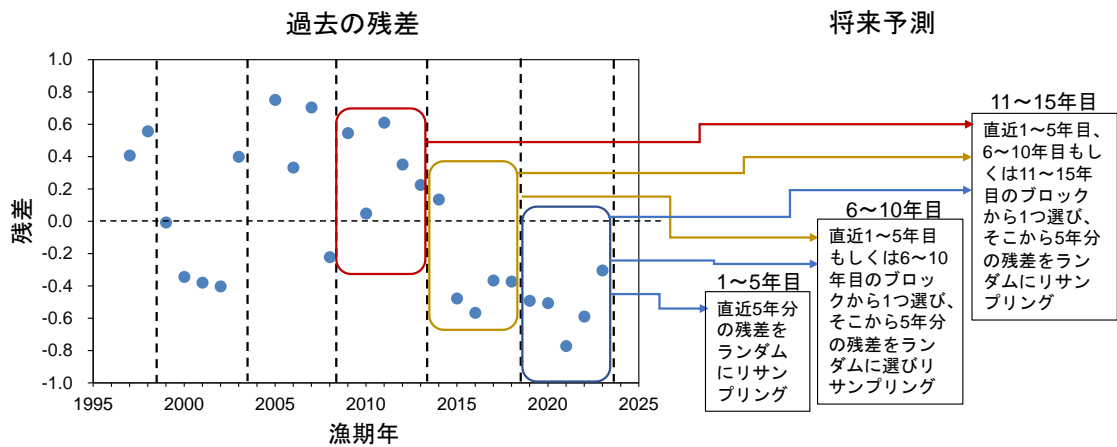




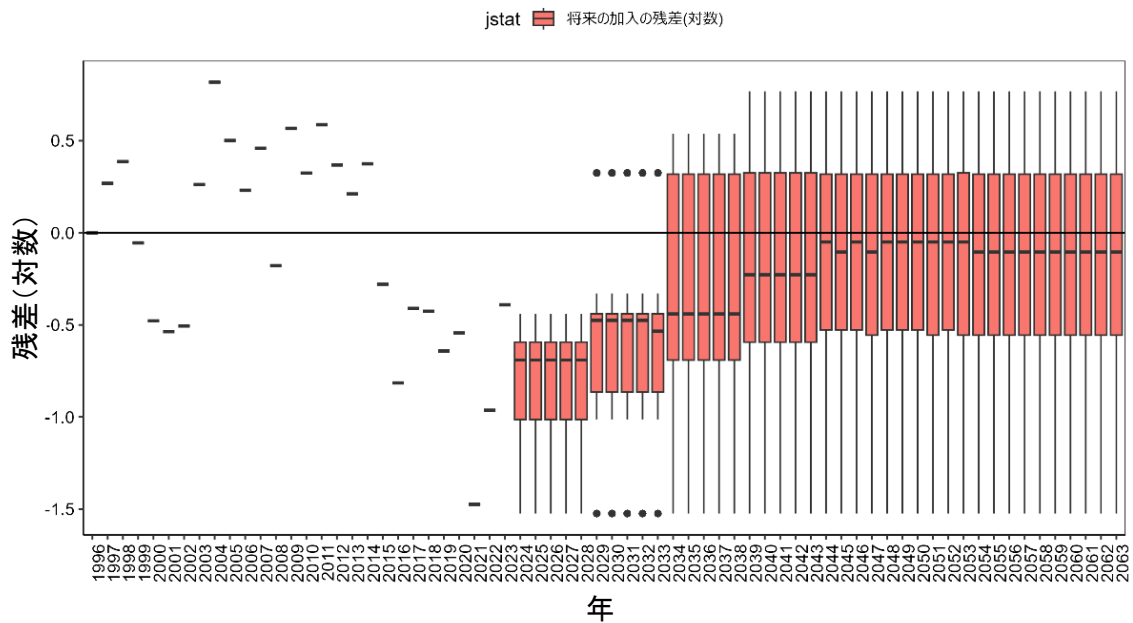
補足図 2-1. 資源量指標値の観測値とモデルの期待値の差を示す残差プロット  
 Index01～Index06 はそれぞれ 1 歳魚～6 歳以上を示す。



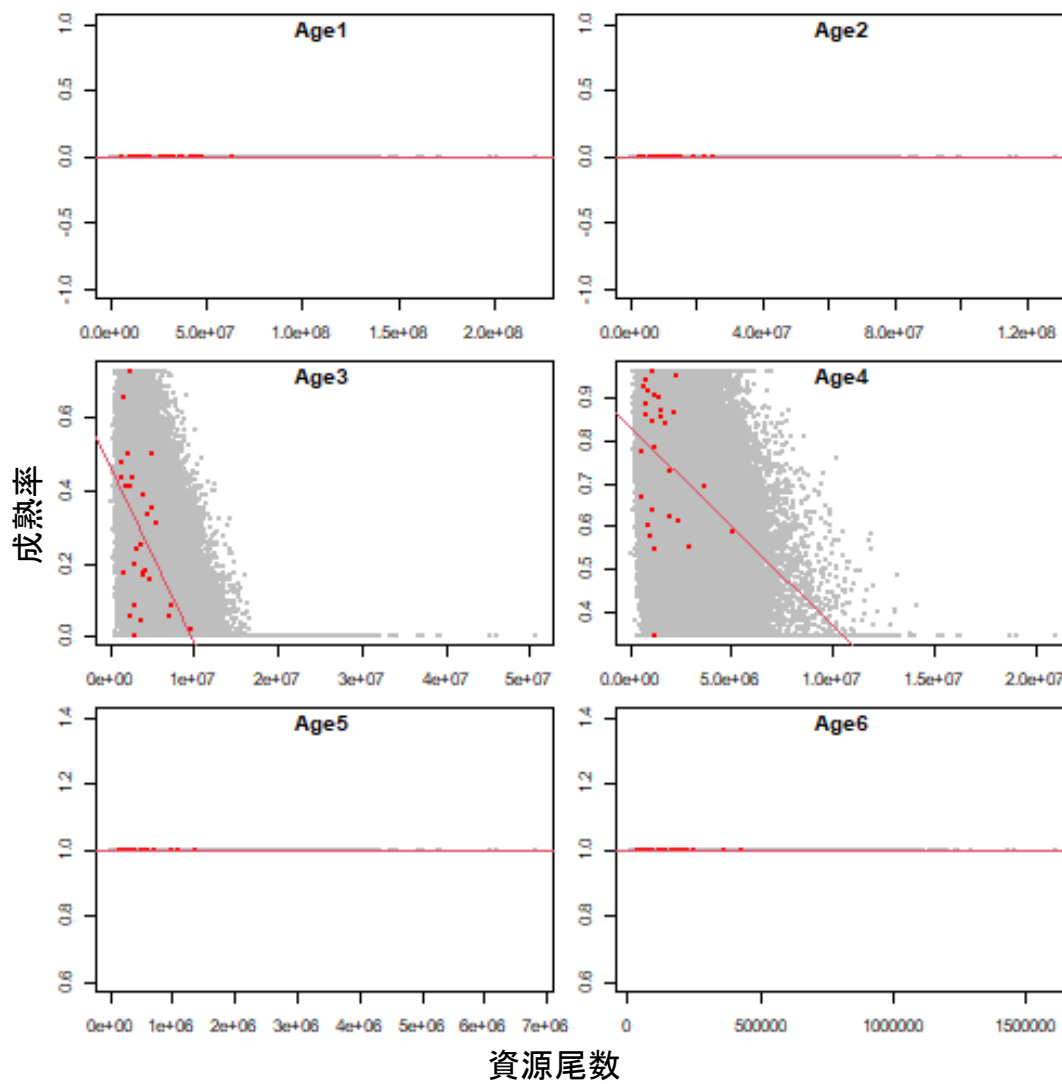
補足図 2-2. 資源量 (左) および F (右) のレトロスペクティブ解析結果



補足図 2-3. バックワードリサンプリングの概念図



補足図 2-4. 将来の加入の残差 (対数)



補足図 2-5. 年齢別資源尾数と成熟率の関係

赤点は実測値、赤線はその回帰、灰色点は将来予測における推定値である。

補足表 2-1. コホート解析に用いたデータ (1996~2010 年漁期)

年齢別漁獲尾数 (千尾)															
年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	1,745	8,938	20,378	11,396	9,537	8,905	5,951	18,864	39,039	23,528	12,633	19,932	4,898	12,051	6,921
2	2,753	2,684	10,145	6,658	4,790	1,946	1,442	2,369	4,551	4,747	5,388	6,495	8,362	3,643	9,388
3	534	884	977	1,986	1,530	724	233	583	1,058	1,536	2,080	1,339	1,428	1,442	1,810
4	335	892	149	256	737	387	252	240	460	349	627	330	752	1,112	540
5	140	296	78	112	66	390	191	322	280	56	164	161	277	639	393
6以上	42	50	40	52	50	129	89	33	101	15	40	29	67	142	122
合計	5,548	13,743	31,766	20,460	16,710	12,481	8,157	22,412	45,489	30,231	20,931	28,286	15,784	19,031	19,174

年齢別平均体重 (g)															
年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	287	287	288	296	216	294	283	287	287	299	326	355	320	359	358
2	1,229	1,229	1,396	1,365	1,094	1,645	1,595	1,584	1,498	1,484	1,309	1,526	1,249	1,346	1,318
3	2,381	2,381	2,371	2,676	2,372	2,752	2,679	2,653	2,560	2,732	2,336	2,844	2,673	2,371	2,788
4	3,930	3,930	4,379	4,765	3,882	3,784	4,459	4,900	5,091	4,474	5,012	4,109	4,050	3,462	4,614
5	5,825	5,825	5,841	5,591	5,980	5,475	6,054	7,247	7,721	6,606	5,504	6,059	5,913	5,854	6,509
6以上	8,110	8,110	7,286	8,174	7,769	7,573	8,869	8,982	11,099	8,174	8,110	7,929	8,174	11,035	7,300

年齢別成熟割合															
年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.44	0.41	0.50	0.35	0.24	0.73	0.43	0.66	0.41	0.25	0.18	0.50	0.16	0.39	0.33
4	0.96	0.90	0.77	0.93	0.84	0.92	0.84	0.89	0.86	0.94	0.78	0.91	0.95	0.86	0.86
5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6以上	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

漁獲死亡係数 (F)															
年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	0.21	0.33	0.87	0.71	1.03	1.01	0.58	0.91	1.33	0.90	0.54	0.73	0.33	0.42	0.35
2	0.78	0.73	1.01	1.03	0.97	0.75	0.52	0.60	0.71	0.66	0.65	0.76	1.03	0.53	0.88
3	0.28	0.78	0.81	0.67	0.90	0.44	0.21	0.50	0.74	0.70	0.88	0.40	0.44	0.59	0.68
4	0.45	1.45	0.33	0.64	0.70	0.76	0.32	0.43	1.32	0.73	0.89	0.39	0.50	0.96	0.56
5	1.04	1.24	0.52	0.56	0.39	1.45	1.61	1.16	2.22	0.65	1.28	0.76	0.85	1.54	1.69
6以上	1.04	1.24	0.52	0.56	0.39	1.45	1.61	1.16	2.22	0.65	1.28	0.76	0.85	1.54	1.69
平均	0.63	0.96	0.68	0.69	0.73	0.98	0.81	0.79	1.42	0.72	0.92	0.63	0.67	0.93	0.98

チューニング指標値 (調査現存量)															
年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	301	4,451	5,895	11,509	1,212	1,272	1,262	5,530	1,591	8,434	6,285	5,661	448	4,882	6,362
2	4,141	692	8,191	4,663	11,485	539	3,146	1,914	7,763	3,033	6,462	3,098	22,259	1,446	14,211
3	869	1,843	330	4,096	588	3,190	795	3,220	2,828	4,415	3,292	1,233	1,507	5,573	655
4	1,371	662		374	367	326	615	362	300	693	812	439	592	762	1,071
5	635	978						81	177		1,307	219	110	240	203
6以上		467				250		188	225		263				262

チューニングVPAによって推定した資源尾数 (千尾)															
年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	10,952	37,971	42,011	26,793	17,693	16,723	16,090	37,772	63,430	47,281	35,967	46,002	20,995	41,719	28,281
2	6,082	6,205	19,094	12,352	9,216	4,404	4,253	6,282	10,652	11,729	13,404	14,601	15,517	10,594	19,112
3	2,631	1,953	2,096	4,875	3,074	2,442	1,454	1,770	2,414	3,647	4,237	4,873	4,785	3,864	4,366
4	1,112	1,395	627	650	1,750	871	1,103	822	751	804	1,267	1,225	2,290	2,153	1,497
5	259	498	230	314	241	608	286	561	375	141	271	362	581	973	577
6以上	78	84	118	145	184	201	132	58	136	39	66	65	140	217	179
合計	21,114	48,105	64,177	45,129	32,158	25,248	23,318	47,266	77,757	63,641	55,213	67,129	44,308	59,520	54,012

チューニングVPAによって推定した資源量 (トン)															
年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	3,148	10,914	12,103	7,922	3,828	4,921	4,560	10,857	18,232	14,126	11,723	16,353	6,718	14,993	10,134
2	7,475	7,625	26,656	16,865	10,080	7,244	6,784	9,950	15,952	17,402	17,546	22,283	19,385	14,259	25,197
3	6,264	4,650	4,971	13,045	7,290	6,720	3,894	4,696	6,181	9,963	9,899	13,860	12,787	9,160	12,172
4	4,369	5,482	2,747	3,097	6,794	3,295	4,918	4,030	3,823	3,598	6,349	5,033	9,273	7,455	6,908
5	1,506	2,900	1,343	1,757	1,439	3,328	1,729	4,067	2,894	928	1,493	2,195	3,436	5,698	3,755
6以上	635	678	861	1,187	1,433	1,519	1,174	523	1,506	317	532	518	1,144	2,392	1,305
合計	23,397	32,249	48,681	43,873	30,864	27,027	23,060	34,124	48,588	46,335	47,542	60,242	52,744	53,956	59,470

注) 資源尾数に各年各年齢の平均体重を乗じたもの。

補足表 2-1. コホート解析に用いたデータ (2011~2023 年漁期)

年齢別漁獲尾数 (千尾)													
年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	6,684	3,609	12,725	8,814	2,231	949	4,551	2,549	2,033	5,870	2,003	1,002	3,691
2	3,050	9,232	10,249	5,903	8,092	3,231	2,745	4,011	3,122	1,673	1,713	517	1,206
3	1,721	1,660	2,047	2,490	1,671	1,218	972	1,311	691	1,038	976	572	249
4	569	830	1,457	2,914	1,873	696	483	664	333	422	443	750	146
5	264	308	484	897	751	349	159	245	183	122	144	389	191
6以上	43	116	109	240	174	118	36	60	50	22	66	82	119
合計	12,332	15,755	27,072	21,257	14,793	6,562	8,946	8,839	6,411	9,148	5,345	3,313	5,602

年齢別平均体重 (g)													
年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	349	224	288	218	241	284	243	243	220	302	387	345	344
2	1,445	1,045	1,266	990	867	850	789	819	804	813	985	750	762
3	2,541	2,411	2,503	1,979	2,128	1,791	1,776	2,040	1,908	1,832	2,093	1,971	1,678
4	3,827	3,916	3,855	3,108	3,436	3,422	3,027	3,345	3,186	3,106	3,356	2,999	3,247
5	6,443	5,633	5,460	4,996	4,913	5,021	4,828	4,798	4,813	5,089	4,718	4,398	4,569
6以上	8,110	8,627	7,748	7,762	6,891	6,636	7,044	7,022	7,033	7,689	8,797	8,005	5,991

年齢別成熟割合													
年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.31	0.09	0.02	0.06	0.04	0.01	0.20	0.08	0.06	0.18	0.17	0.17	0.48
4	0.87	0.61	0.70	0.59	0.55	0.34	0.64	0.54	0.60	0.57	0.62	0.73	0.67
5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6以上	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

漁獲死亡係数 (F)													
年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	0.20	0.13	0.62	0.42	0.21	0.10	0.38	0.20	0.20	0.75	0.50	0.11	0.27
2	0.30	0.59	0.79	0.83	1.17	0.66	0.59	0.89	0.49	0.29	0.62	0.27	0.23
3	0.47	0.32	0.29	0.54	0.75	0.64	0.51	0.79	0.43	0.35	0.33	0.53	0.24
4	0.58	0.53	0.64	1.17	1.43	1.08	0.72	1.06	0.57	0.64	0.30	0.57	0.30
5	0.76	0.94	0.86	1.56	1.73	1.90	1.01	1.43	1.37	0.51	0.58	0.57	0.33
6以上	0.76	0.94	0.86	1.56	1.73	1.90	1.01	1.43	1.37	0.51	0.58	0.57	0.33
	0.51	0.57	0.68	1.01	1.17	1.05	0.70	0.96	0.74	0.51	0.48	0.44	0.28

チューニング指標値 (調査現存量)													
年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	22,846	15,017	4,046	4,303	9,692	4,513	5,794	5,836	2,441	1,744	149	1,495	5,840
2	11,287	64,404	23,311	14,498	14,432	10,462	6,559	5,275	5,248	11,682	3,636	81	3,255
3	9,018	6,054	38,816	21,478	10,967	10,341	6,300	3,707	2,410	4,837	5,455	711	1,137
4	1,127	3,748	4,445	16,033	13,142	5,576	4,082	2,917	837	23	1,445	1,948	760
5	217	601	1,907	3,332	5,251	4,115	780	1,001	107		417	1,309	2,363
6以上		443	854	722	1,304	3,235	549	761	178		426	422	992

チューニングVPAによって推定した資源尾数 (千尾)													
年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	43,466	36,483	33,047	30,624	14,097	11,701	17,089	16,907	13,698	13,320	6,126	11,073	18,784
2	14,001	24,825	22,511	12,480	14,057	7,998	7,394	8,152	9,698	7,885	4,410	2,612	6,910
3	5,521	7,246	9,649	7,179	3,796	3,067	2,894	2,878	2,349	4,175	4,118	1,653	1,395
4	1,541	2,424	3,682	5,040	2,941	1,259	1,127	1,212	917	1,066	2,053	2,065	678
5	596	603	1,001	1,357	1,090	491	298	385	292	364	393	1,067	817
6以上	98	228	226	363	253	166	69	94	81	66	180	226	510
合計	65,222	71,808	70,117	57,043	36,232	24,681	28,871	29,627	27,036	26,876	17,281	18,695	29,095

チューニングVPAによって推定した資源量 (トン)													
年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	15,167	8,176	9,521	6,668	3,391	3,321	4,151	4,107	3,007	4,023	2,371	3,824	6,465
2	20,230	25,939	28,488	12,361	12,184	6,800	5,837	6,679	7,801	6,410	4,344	1,958	5,269
3	14,028	17,468	24,149	14,209	8,079	5,492	5,138	5,872	4,482	7,649	8,619	3,259	2,340
4	5,897	9,491	14,193	15,666	10,106	4,307	3,413	4,054	2,923	3,311	6,890	6,192	2,203
5	3,838	3,395	5,468	6,781	5,354	2,465	1,441	1,846	1,408	1,851	1,855	4,690	3,734
6以上	794	1,967	1,752	2,814	1,741	1,100	483	658	566	509	1,585	1,807	3,057
合計	59,953	66,435	83,571	58,499	40,855	23,485	20,463	23,216	20,186	23,754	25,665	21,731	23,068

注) 資源尾数に各年各年齢の平均体重を乗じたもの。

補足表 2-2. 将来予測計算に用いたパラメータ

	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2020-2022 (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟割合 (注 4)
1 歳	0.16	0.23	0.17	285	0.357	0
2 歳	0.53	0.75	0.55	1,239	0.357	0
3 歳	0.48	0.69	0.51	2,402	0.357	0.02~0.72
4 歳	0.66	0.95	0.70	3,999	0.357	0.34~0.96
5 歳	1.00	1.42	1.05	5,788	0.357	1
6 歳以上	1.00	1.42	1.05	8,065	0.357	1

注 1：令和 2 年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率（すなわち、令和 2 年度資源評価での Fcurrent の選択率）。

注 2：令和 2 年度研究機関会議で推定された Fmsy（すなわち、令和 2 年度資源評価での Fcurrent に Fmsy/Fcurrent を掛けたもの）。

注 3：上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2020~2022 年漁期の年齢別の平均 F と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算して算出した。この F 値は 2024 年漁期の漁獲量の仮定に使用した。

注 4：将来予測における 3、4 歳の成熟割合（Maa）はそれぞれ以下の式による。なお、N はそれぞれの年齢における資源尾数である。

$$3 \text{ 歳} : \text{Maa} = -5.24 * 10^{(-8)N_{\text{age}3}} + 0.48 \quad (0.72 \geq \text{Maa} \geq 0.02)$$

$$4 \text{ 歳} : \text{Maa} = -5.67 * 10^{(-8)N_{\text{age}4}} + 0.87 \quad (0.96 \geq \text{Maa} \geq 0.34)$$

## 補足資料 3 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 3-1. 再生産関係式のパラメータ

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	$\rho$
リッカー型	最小二乗法	有	9,116	$1.15 \times 10^{-4}$	0.36	0.63

a と b は各再生産関係式の推定パラメータ、S.D.は加入量の標準偏差、 $\rho$  は自己相関係数である。

補足表 3-2. 管理基準値と MSY

項目	値	説明
SBtarget	10.9 千トン	目標管理基準値。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit	3.2 千トン	限界管理基準値。MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban	0.4 千トン	禁漁水準。MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Fmsy	SBmsy を維持する漁獲圧 (漁獲係数 F) (1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳以上) =(0.23, 0.75, 0.69, 0.95, 1.42, 1.42)	
%SPR (Fmsy)	5.9%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	20.2 千トン	最大持続生産量

補足表 3-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2023	9.4 千トン	2023 年漁期の親魚量
F2023	2023 年漁期の漁獲圧(漁獲係数 F) (1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳以上) =(0.27, 0.23, 0.24, 0.30, 0.33, 0.33)	
U2023	20%	2023 年漁期の漁獲割合
%SPR (F2023)	26.8%	2023 年漁期の%SPR
%SPR (F2020-2022)	10.5%	現状(2020~2022 年漁期)の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値との比較		
SB2023/ SBmsy (SBtarget)	0.86	最大持続生産量を実現する親魚量(目標管理基準値)に対する 2023 年漁期の親魚量の比
F2023/ Fmsy	0.39	SBmsy を維持する漁獲圧に対する 2023 年漁期の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る	
漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る	
親魚量の動向	増加	

\* 2023 年漁期の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率。



補足表 3-4. 予測漁獲量と予測親魚量

2025 年漁期の ABC (千トン)	2025 年漁期の親魚量 予測平均値 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2020-2022)	2025 年漁期の 漁獲割合(%)
11.8	10.9	0.74	36

コメント:

- ABC の算定には、令和 5 年 8 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオに則した漁獲管理規則を用いた。
- ABC の値は、2019～2023 年漁期の月別漁獲比率を用いて、集計期間を 7 月～翌年 6 月とした場合に換算した値である(補足資料 6)。
- 近年の加入量が再生産関係から期待される平均値を継続して下回っていることにより、資源量が減少傾向を示していることに留意する必要がある。

補足表 3-5. 異なる  $\beta$  を用いた将来予測結果

考慮している不確実性:加入量					
$\beta$	2034 年漁期 の平均親魚量 (千トン)	90% 予測区間 (千トン)	2034 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲シナリオで使用する $\beta$					
$\beta=0.75$	11.8	6.8 – 19.3	54	100	100
上記と異なる $\beta$ を使用した場合					
$\beta=1.0$	7.3	3.9 – 12.4	10	99	100
$\beta=0.9$	8.9	4.9 – 14.9	23	100	100
$\beta=0.8$	10.8	6.1 – 17.8	41	100	100
$\beta=0.7$	12.9	7.4 – 20.9	66	100	100
$\beta=0.6$	15.1	8.7 – 24.4	83	100	100
$\beta=0.5$	17.1	10.0 – 27.8	92	100	100
F2020-2022	12.1	7.0 – 19.7	57	100	100

補足表 3-5. (続き)

考慮している不確実性:加入量			
$\beta$	親魚量が管理基準値を 50%以上の確率で上回る年(漁期年)		
	SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲シナリオで使用する $\beta$			
$\beta=0.75$	2026 年	2025 年	2025 年
上記と異なる $\beta$ を使用した場合			
$\beta=1.0$	2055 年以降	2025 年	2025 年
$\beta=0.9$	2045 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.8$	2045 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.7$	2032 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.6$	2026 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.5$	2026 年	2025 年	2025 年
F2020-2022	2026 年	2025 年	2025 年

#### 補足資料 4 調査結果の概要

マダラ本州太平洋北部系群の資源量指標値は、東北海域における調査船による着底トロール調査の結果を用いた面積密度法により行った。調査エリアは青森県～宮城県沖の水深 100～1,000 m であり、本系群の垂直分布範囲を網羅している。本系群の分布範囲は青森県～茨城県沖であるが、本文 3. 漁業の状況 (3) 漁獲努力量で示したように、震災以降、福島沖の網数が大幅に減少し、2021 年 3 月まで試験操業しか行われていなかったことを考慮すると、震災以降の年齢別漁獲尾数には偏りが生じていると考えられる。そこでチューニングに用いる指標値には青森～宮城県沖の現存量値を用いた。調査で漁獲されたマダラについては、体長組成 (0、1 歳魚) と耳石の透明帯の読みとり (2 歳魚以上) からすべての個体について年齢を査定した。次に北緯 38°50' で調査海域を南北に分け、100～200 m、200～300 m、300～400 m、400～500 m、500～600 m、600～700 m、700～800 m および 800～1,000 m の 8 水深帯、16 層に海域を層化した。南北および水深帯で層化した層 (i) ごとに各調査点 (j) において網着底から網離底までの距離を求め、それを曳網距離として用いた。オッターレコーダーでオッターボード間隔を測定し、漁具構成から得られたオッターボード間隔と袖先間隔の比 (1 : 0.258) により袖先間隔を推定し、曳網距離に袖先間隔を乗じて i 層 j 地点の曳網面積 (a<sub>ij</sub>) を求めた。i 層 j 地点の年齢別漁獲重量あるいは年齢別漁獲尾数 (C<sub>ij</sub>) を a<sub>ij</sub> で除し、i 層 j 地点の密度 (d<sub>ij</sub>) を算出し、その平均を i 層における密度 d<sub>i</sub> とした。なお、n<sub>i</sub> は i 層の調査地点数を表す。

$$d_{ij} = \frac{C_{ij}}{a_{ij}} \quad (1)$$

$$d_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} d_{ij} \quad (2)$$

さらに、i 層の平均密度 (d<sub>i</sub>) に i 層の海域面積 (A<sub>i</sub>) を乗じ、i 層の現存量あるいは現存尾数 (B<sub>i</sub>) を求め、これらを合計することにより東北海域全体のマダラの現存量あるいは現存尾数 (B) とした。

$$B_i = A_i \cdot d_i \quad (3)$$

$$B = \sum B_i \quad (4)$$

現存尾数については、体長 1 cm ごとに計算を行い、資源全体の年齢別体長組成を求めた。

i 層の密度の標準偏差 (SDd<sub>i</sub>) を求め、n<sub>i</sub> と A<sub>i</sub> により i 層における現存量あるいは現存尾数の標準誤差 (SEB<sub>i</sub>) を計算し、調査海域全体における資源の標準誤差 (SE) および変動係数 (CV, %) を下式により求めた。なお、ここで得られる CV とは現存量および現存尾数の指標値に対する値であり、採集効率の推定誤差は含んでいない。

$$SE_{B_i} = \frac{A_i \cdot SD_{d_i}}{\sqrt{n_i}} \quad (5)$$

$$SE = \sqrt{\sum SE_{B_i}^2} \quad (6)$$

$$CV = \frac{SE}{B} \quad (7)$$

なお、信頼区間の上限と下限は、 $\exp(\log(N)-1.96 \times CV)$  および  $\exp(\log(N)+1.96 \times CV)$  により求めた。

着底トロール調査の結果と漁獲物の年齢および体長組成をもとに求めた過去のコホート解析の結果から、着底トロールにおける年齢別の採集効率を求めた(1歳 0.64、2歳 0.54、3歳魚 0.12、上田ほか 2006)。

なお、調査で用いている網の高さは曳網中で 3~4 m 程度で、それよりも上方に分布する個体が入網することはない。また、着底トロール網は岩礁域での曳網が困難で、岩礁域の周辺を生息域とする高齢魚との遭遇率は低くなる。そのため、ここでは遭遇率も加味したものを採集効率とした。

その結果、1996~2023年漁期の現存尾数は4百万尾~111百万尾で推移していた(図4-1、補足表4-1)。資源量指標値とした現存量は6千トン~90千トンで推移しており、2012年に90千トンを記録した後に急激に減少した。2023年には増加して14.3千トンとなっている(図4-2、補足表4-2)。

なお、1996~2023年の調査における年齢別現存尾数のCVは0.11~0.51で、2023年は0.20であった(補足表4-3)。

## 引用文献

上田祐司・成松庸二・服部 努・伊藤正木・北川大二・富川なす美・松石 隆 (2006) VPAと着底トロール調査による資源量から推定された東北海域におけるマダラの漁獲効率. 日水誌, **72**, 201-209.

補足表 4-1. トロール調査から推定した年齢別現存尾数 (千尾)

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1歳	2,760	15,806	15,848	38,757	2,630	2,247	2,196	11,253	3,509	22,042
2歳	3,871	518	5,695	3,452	9,758	332	1,798	1,060	5,570	2,018
3歳	752	749	74	1,519	360	1,125	286	1,287	1,313	1,779
4歳	554	123	0	49	105	96	128	103	69	156
5歳	103	123	0	0	0	0	0	14	21	0
6歳以上	0	62	0	0	0	25	0	18	24	0
合計	8,040	17,381	21,618	43,777	12,853	3,826	4,407	13,734	10,508	25,995
年齢	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	14,743	16,866	893	12,057	23,066	68,679	49,374	10,688	13,297	29,436
2歳	4,936	2,219	7,449	921	10,863	8,487	57,884	23,993	14,172	15,807
3歳	1,736	550	597	1,957	299	3,685	2,718	18,083	11,600	5,842
4歳	223	107	111	190	237	343	899	1,327	5,091	4,362
5歳	244	36	16	29	39	49	105	357	680	1,230
6歳以上	20	0	0	0	25	0	40	97	111	189
合計	21,901	19,779	9,066	15,155	34,529	81,243	111,019	54,546	44,949	56,866
年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
1歳	22,036	20,272	30,588	7,803	8,449	372	4,189	25,959		
2歳	12,327	6,957	6,559	6,088	10,026	4,249	96	3,379		
3歳	6,096	3,554	2,377	1,243	2,665	3,157	346	757		
4歳	2,105	1,442	1,180	262	7	481	786	204		
5歳	1,015	187	282	23	0	98	319	573		
6歳以上	476	82	111	33	0	81	67	146		
合計	44,055	32,493	41,098	15,453	21,148	8,437	5,802	31,017		

注) 10～11月時点の値

トロール調査による面積一密度法による推定値。  
 採集効率 (Q) は1歳魚0.54、2歳魚以上0.12を使用。

補足表 4-2. トロール調査から推定した年齢別現存量 (トン)

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1歳	301	4,451	5,895	11,509	1,212	1,272	1,262	5,530	1,591	8,434
2歳	4,141	692	8,191	4,663	11,485	539	3,146	1,914	7,763	3,033
3歳	869	1,843	330	4,096	588	3,190	795	3,220	2,828	4,415
4歳	1,371	662	0	374	367	326	615	362	300	693
5歳	635	978	0	0	0	0	0	81	177	0
6歳以上	0	467	0	0	0	250	0	188	225	0
計	7,316	9,094	14,416	20,643	13,653	5,577	5,819	11,295	12,883	16,575

年齢	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	6,285	5,661	448	4,882	6,362	22,846	15,017	4,046	4,303	9,692
2歳	6,462	3,098	22,259	1,446	14,211	11,287	64,404	23,311	14,498	14,432
3歳	3,292	1,233	1,507	5,573	655	9,018	6,054	38,816	21,478	10,967
4歳	812	439	592	762	1,071	1,127	3,748	4,445	16,033	13,142
5歳	1,307	219	110	240	203	217	601	1,907	3,332	5,251
6歳以上	263	0	0	0	262	0	443	854	722	1,304
計	18,421	10,650	24,916	12,902	22,764	44,494	90,267	73,380	60,366	54,789

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1歳	4,513	5,794	5,836	2,441	1,744	149	1,495	5,840
2歳	10,462	6,559	5,275	5,248	11,682	3,636	81	3,255
3歳	10,341	6,300	3,707	2,410	4,837	5,455	711	1,137
4歳	5,576	4,082	2,917	837	23	1,445	1,948	760
5歳	4,115	780	1,001	107	0	417	1,309	2,363
6歳以上	3,235	549	761	178	0	426	422	992
計	38,242	24,064	19,497	11,221	18,285	11,527	5,966	14,347

注) 10~11月時点の値

トロール調査による面積-密度法による推定値。

補足表 4-3. トロール調査により得られたマダラの現存尾数および変動係数 (CV)、信頼区間の年変化

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001
調査地点数	22	36	37	35	50	55
現存尾数(千尾)	3,497	17,381	21,618	43,777	12,853	3,826
現存尾数のCV	0.511	0.127	0.188	0.176	0.218	0.349
現存尾数のSE(千尾)	1,787	2,205	4,059	7,720	2,799	1,335
95%信頼区間(下限、千尾)	1,285	13,556	14,962	30,984	8,387	1,930
95%信頼区間(上限、千尾)	9,520	22,287	31,235	61,852	19,698	7,583

年	2022	2003	2004	2005	2006	2007
調査地点数	47	56	80	80	79	81
現存尾数(千尾)	4,407	13,734	10,508	25,995	21,901	19,779
現存尾数のCV	0.321	0.240	0.200	0.205	0.140	0.166
現存尾数のSE(千尾)	1,417	3,300	2,100	5,337	3,061	3,291
95%信頼区間(下限、千尾)	2,347	8,575	7,103	17,383	16,653	14,275
95%信頼区間(上限、千尾)	8,276	21,997	15,546	38,874	28,802	27,405

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013
調査地点数	81	71	67	66	60	64
現存尾数(千尾)	9,066	15,115	34,529	81,242	159,256	74,541
現存尾数のCV	0.224	0.267	0.225	0.466	0.111	0.193
現存尾数のSE(千尾)	2,034	4,042	7,761	37,862	17,725	14,349
95%信頼区間(下限、千尾)	5,843	8,986	22,227	32,590	128,042	51,113
95%信頼区間(上限、千尾)	14,074	25,561	53,642	202,530	198,078	108,706

年	2014	2015	2016	2017	2018	2019
調査地点数	61	65	64	60	62	60
現存尾数(千尾)	56,759	70,038	54,327	38,290	46,563	20,526
現存尾数のCV	0.181	0.167	0.147	0.178	0.290	0.256
現存尾数のSE(千尾)	10,284	11,695	8,009	6,801	13,516	5,251
95%信頼区間(下限、千尾)	39,793	50,488	40,694	27,033	26,361	12,433
95%信頼区間(上限、千尾)	80,959	97,157	72,528	54,235	82,249	33,888

年	2020	2021	2022	2023
調査地点数	79	71	75	60
現存尾数(千尾)	29,503	11,977	5,882	17,242
現存尾数のCV	0.239	0.420	0.331	0.202
現存尾数のSE(千尾)	7,045	5,027	1,948	3,487
95%信頼区間(下限、千尾)	18,476	5,261	3,073	11,600
95%信頼区間(上限、千尾)	47,111	27,266	11,258	25,629

注) CV、信頼区間は各年齢に分けて求めた資源尾数、SEから求めたものである。

#### 補足資料 5 震災以降の成長の鈍化と成熟割合の変化

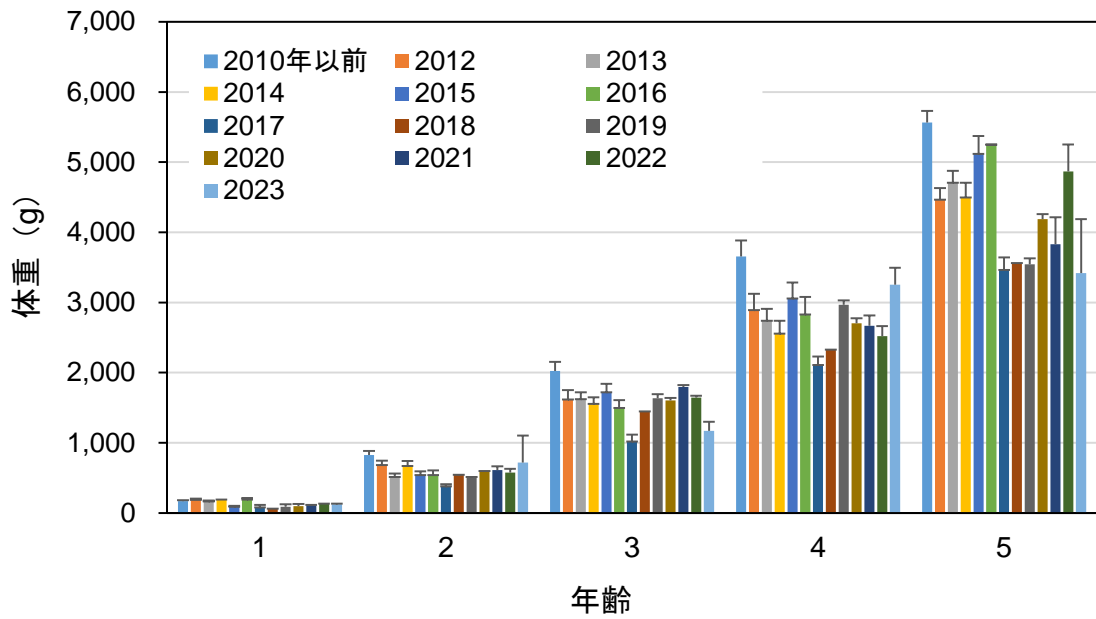
震災以降、マダラの成長には鈍化傾向が認められてきた。震災以前にもマダラの成長には加入尾数と負の相関があることが示されていたことから (Narimatsu et al. 2010)、震災以降の急激な資源の増加に伴い、成長が鈍化したと考えられる。しかし、2017 年および 2018 年 4 月に行った調査で漁獲されたマダラは、震災以降の 2012～2016 年に漁獲されたマダラと比べても著しく年齢別の体重が軽い傾向が認められた(補足図 5-1)。それらの年では、体重が震災前の 3～4 割程度にまで下がっている年齢も認められた。2022 年\*では、全体として 2017 年や 2018 年と比べると回復しているが、資源状態があまり良くない状態が続いているにもかかわらず震災前の水準にまでは回復していない。また、成長の鈍化に伴い、年齢別の成熟割合も特に 3 歳および 4 歳を中心に低下した。(補足図 5-2)。

\*2023 年 4 月の調査は実施できていない。

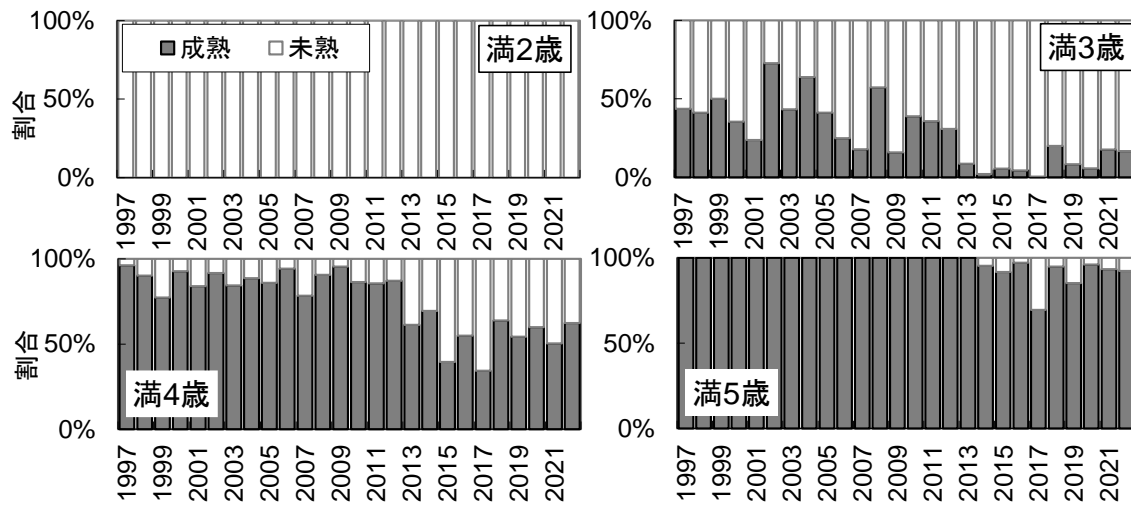
#### 引用文献

Narimatsu, Y., Y. Ueda, T. Okuda, T. Hattori, K. Fujiwara and M. Ito (2010) The effect of temporal changes in life-history traits on reproductive potential in an exploited population of Pacific cod, *Gadus macrocephalus*. ICES J. Mar. Sci., **67**, 1659-1666.





補足図 5-1. マダラの年齢別体重の時系列変化



補足図 5-2. マダラの成熟割合の時系列変化

## 補足資料 6 月別漁獲比率

本系群の漁獲量は冬季に産卵するマダラの生物特性を考慮し、4月～翌年3月で集計し、資源評価を行っている。一方、漁期や底びき網漁業の禁漁期などを考慮した場合には4月～翌年3月とは異なる集計期間として資源管理を行う方が適切な場合も想定される。そこで、異なる集計期間を適用した際の予測漁獲量を、最近5年間および3年間の月別漁獲比率を用いて、2025年漁期および2026年漁期の平均の月別漁獲量を算出した。

各県水試調べによる直近5年間の月別漁獲量とそれらに基づく月別漁獲比率を補足表 6-1 に示す。月別漁獲比率は1、2月に高く、それぞれ漁期年間漁獲量の0.28、0.20であった。異なる $\beta$ に基づく月別漁獲量の平均値を補足表 6-2 に示す。 $\beta=0.75$ における2025年漁期の予測漁獲量は、本評価の漁期年（4月～翌年3月）で11.9千トンであり、集計期間を7月～翌年6月とした場合では11.8千トンであった。

同様に直近3年間の月別漁獲量とそれらに基づく月別漁獲比率を用いた場合（補足表 6-3）でも、月別漁獲比率は1、2月に高く、それぞれ漁期年間漁獲量の0.34、0.20であった。 $\beta=0.75$ における2025年漁期の予測漁獲量は、本評価の漁期年（4月～翌年3月）で11.4千トンであり、集計期間を7月～翌年6月とした場合では11.8千トンであった（補足表 6-4）。

補足表 6-1. 直近 5 年間（2019～2023 年漁期）の月別漁獲量（トン）と平均漁獲比率

月別漁獲量	2019	2020	2021	2022	2023	平均漁獲量	平均漁獲比率
4	586	711	956	308	296	571	0.09
5	584	771	634	295	396	536	0.08
6	410	289	467	189	234	318	0.05
7	280	153	105	55	43	127	0.02
8	201	182	61	28	9	96	0.01
9	465	236	99	79	80	192	0.03
10	391	295	173	118	128	221	0.03
11	244	304	288	126	199	232	0.04
12	390	361	552	657	504	493	0.08
1	1,206	1,399	2,086	2,897	1,337	1,785	0.28
2	1,180	1,435	1,407	1,323	1,025	1,274	0.20
3	733	1,002	422	406	417	596	0.09
合計	6,671	7,138	7,251	6,481	4,668	6,442	1.00

補足表 6-2. 異なる  $\beta$  に基づく月別平均漁獲量（直近 5 年間の平均使用）

2025年漁期													
項目	平均漁獲量 漁期年計（千トン）	月別平均漁獲量（2025年4月～2026年3月）（千トン）											
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
$\beta=1.00$	14.5	1.28	1.20	0.71	0.29	0.22	0.43	0.50	0.52	1.11	4.01	2.86	1.34
$\beta=0.80$	12.5	1.11	1.04	0.62	0.25	0.19	0.37	0.43	0.45	0.95	3.46	2.47	1.15
$\beta=0.75$	11.9	1.06	0.99	0.59	0.24	0.18	0.35	0.41	0.43	0.91	3.30	2.36	1.10
$\beta=0.70$	11.3	1.01	0.94	0.56	0.22	0.17	0.34	0.39	0.41	0.87	3.14	2.24	1.05
$\beta=0.60$	10.1	0.90	0.84	0.50	0.20	0.15	0.30	0.35	0.36	0.77	2.80	2.00	0.94
F2020-2022	11.8	1.04	0.98	0.58	0.23	0.18	0.35	0.40	0.42	0.90	3.26	2.32	1.09
月別漁獲比率（過去5年平均）		0.09	0.08	0.05	0.02	0.01	0.03	0.03	0.04	0.08	0.28	0.20	0.09

2026年漁期													
項目	平均漁獲量 漁期年計（千トン）	月別平均漁獲量（2026年4月～2027年3月）（千トン）											
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
$\beta=1.00$	11.9	1.06	0.99	0.59	0.23	0.18	0.35	0.41	0.43	0.91	3.30	2.36	1.10
$\beta=0.80$	11.6	1.03	0.96	0.57	0.23	0.17	0.34	0.40	0.42	0.89	3.21	2.29	1.07
$\beta=0.75$	11.4	1.01	0.95	0.56	0.23	0.17	0.34	0.39	0.41	0.87	3.16	2.26	1.06
$\beta=0.70$	11.2	0.99	0.93	0.55	0.22	0.17	0.33	0.38	0.40	0.86	3.11	2.22	1.04
$\beta=0.60$	10.7	0.95	0.89	0.53	0.21	0.16	0.32	0.37	0.38	0.82	2.96	2.11	0.99
F2020-2022	11.4	1.01	0.95	0.56	0.22	0.17	0.34	0.39	0.41	0.87	3.15	2.25	1.05
月別漁獲比率（過去5年平均）		0.09	0.08	0.05	0.02	0.01	0.03	0.03	0.04	0.08	0.28	0.20	0.09

補足表 6-3. 直近3年間（2021～2023年漁期）の月別漁獲量（トン）と平均漁獲比率

月別漁獲量	2021	2022	2023	平均漁獲量	平均漁獲比率
4	956	308	296	520	0.08
5	634	295	396	442	0.07
6	467	189	234	297	0.05
7	105	55	43	67	0.01
8	61	28	9	33	0.01
9	99	79	80	86	0.01
10	173	118	128	140	0.02
11	288	126	199	204	0.03
12	552	657	504	571	0.09
1	2,086	2,897	1,337	2,106	0.34
2	1,407	1,323	1,025	1,252	0.20
3	422	406	417	415	0.07
合計	7,251	6,481	4,668	6,133	1.00

補足表 6-4. 異なる  $\beta$  に基づく月別平均漁獲量（直近3年間の平均使用）

2025年漁期		月別平均漁獲量（2025年4月～2026年3月）（千トン）											
項目	平均漁獲量 漁期年計（千トン）	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
$\beta=1.00$	14.5	1.23	1.04	0.70	0.16	0.08	0.20	0.33	0.48	1.35	4.97	2.95	0.98
$\beta=0.80$	12.5	1.06	0.90	0.60	0.14	0.07	0.17	0.28	0.42	1.16	4.29	2.55	0.84
$\beta=0.75$	11.9	1.01	0.86	0.58	0.13	0.06	0.17	0.27	0.40	1.11	4.09	2.43	0.81
$\beta=0.70$	11.3	0.96	0.82	0.55	0.12	0.06	0.16	0.26	0.38	1.06	3.90	2.31	0.77
$\beta=0.60$	10.1	0.86	0.73	0.49	0.11	0.05	0.14	0.23	0.34	0.94	3.47	2.06	0.68
F2020-2022	11.8	1.00	0.85	0.57	0.13	0.06	0.16	0.27	0.39	1.09	4.04	2.40	0.80
月別漁獲比率（過去3年平均）		0.08	0.07	0.05	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.09	0.34	0.20	0.07

2026年漁期		月別平均漁獲量（2026年4月～2027年3月）（千トン）											
項目	平均漁獲量 漁期年計（千トン）	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
$\beta=1.00$	11.9	1.01	0.86	0.58	0.13	0.06	0.17	0.27	0.40	1.11	4.09	2.43	0.81
$\beta=0.80$	11.6	0.98	0.83	0.56	0.13	0.06	0.16	0.26	0.39	1.08	3.98	2.36	0.78
$\beta=0.75$	11.4	0.97	0.82	0.55	0.13	0.06	0.16	0.26	0.38	1.06	3.92	2.33	0.77
$\beta=0.70$	11.2	0.95	0.81	0.54	0.12	0.06	0.16	0.26	0.37	1.04	3.85	2.29	0.76
$\beta=0.60$	10.7	0.90	0.77	0.52	0.12	0.06	0.15	0.24	0.36	0.99	3.66	2.18	0.72
F2020-2022	11.4	0.96	0.82	0.55	0.12	0.06	0.16	0.26	0.38	1.06	3.90	2.32	0.77
月別漁獲比率（過去3年平均）		0.08	0.07	0.05	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.09	0.34	0.20	0.07