

令和 5（2023）年度ブリの資源評価

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（倉島 陽・古川誠志郎・松倉隆一・
宮原寿恵・西澤文吾・森山丈継・岡本 俊・佐々千由紀・
和川 拓・八木達紀・市野川桃子）

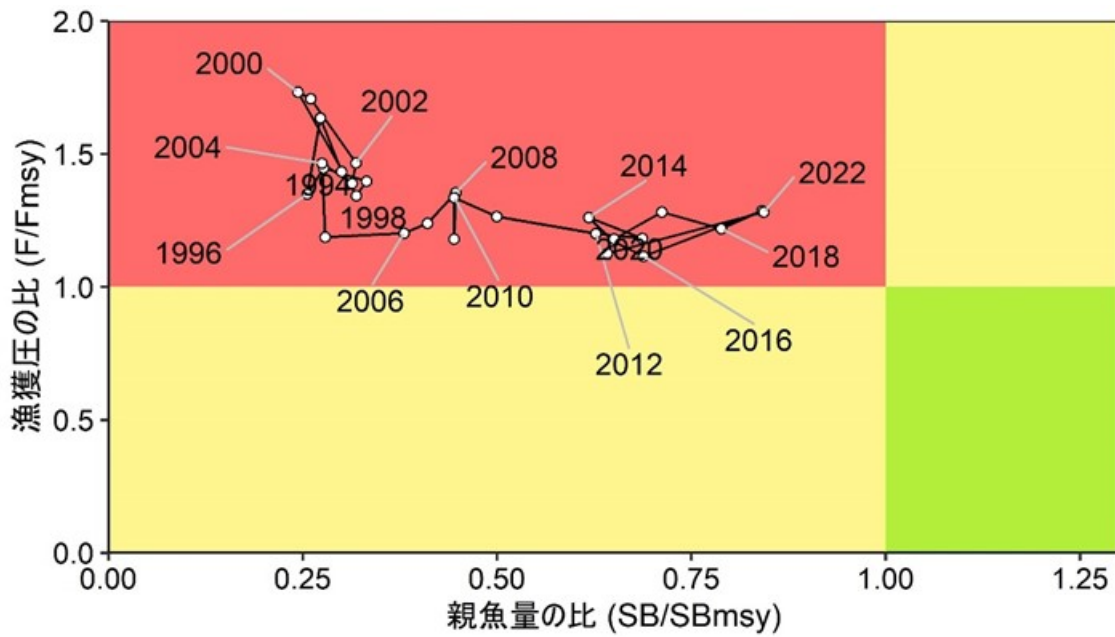
参画機関：北海道立総合研究機構中央水産試験場・函館水産試験場、青森県産業技術センター水産総合研究所、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、秋田県水産振興センター、山形県水産研究所、福島県水産海洋研究センター、茨城県水産試験場、千葉県水産総合研究センター、東京都島しょ農林水産総合センター、神奈川県水産技術センター、新潟県水産海洋研究所、富山県農林水産総合技術センター水産研究所、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、静岡県水産・海洋技術研究所、愛知県水産試験場、三重県水産研究所、京都府農林水産技術センター海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター、和歌山県水産試験場、鳥取県水産試験場、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課、愛媛県農林水産研究所水産研究センター、高知県水産試験場、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、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、漁業情報サービスセンター

要 約

本種の資源量を、我が国と韓国の漁獲情報およびモジヤコ採捕尾数を用いたコホート解析により推定した。資源量は 2008 年まで 14.1 万～22.3 万トンで推移し、2009～2017 年は増加傾向で 25.3 万～36.9 万トンの範囲で推移し、2017 年が最高値であった。その後、減少傾向に転じるが、2022 年の資源量は僅かに増加し、32.6 万トンとなった。親魚量は 1994～2005 年は 5.4 万～7.4 万トンの範囲を横ばいで推移していたが、2006 年以降は増加傾向に転じて、2017 年をピークに 18.7 万トンとなった。2018 年以降の親魚量は減少傾向にあったが、2022 年は再び増加に転じ 1994 年以降で最高となる 18.7 万トンと推定された。令和 3 年 12 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、本種の再生産関係にはリッカー型が適用されており、これに基づき推定された最大持続生産量（MSY）を実現できる水準の親魚量（SB_{msy}）は 22.2 万トンである。この基準に従うと、本種の 2022 年の親魚量は MSY を実現する水準を下回る。また、本種に対する 2022 年の漁獲圧は MSY を実現する水準の漁獲圧（F_{msy}）を上回る。親魚量の動向は直近 5 年間（2018～2022 年）の推移から「横ばい」と判断される。

本種では、管理基準値や将来予測など、資源管理方針に関する検討会の議論をふまえて最終化される項目については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値を暫定的に示した。

要 約 図 表



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	22.2 万トン
2022 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
2022 年の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る
2022 年の親魚量の動向	横ばい
最大持続生産量 (MSY)	13.0 万トン
2024 年の ABC	-
コメント: ・ABC は、本種の漁獲管理規則が「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」を経て定められた後に算定される。	

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、および漁獲割合					
年	資源量 (万トン)	親魚量 (万トン)	漁獲量 (万トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2018	31.9	17.5	11.4	1.22	31
2019	33.0	15.8	12.5	1.28	33
2020	32.5	14.5	11.9	1.18	33
2021	31.9	14.3	11.0	1.13	30
2022	32.6	18.7	11.4	1.28	28
2023	27.8	15.2	10.5	1.28	38
2024	26.6	11.6	-	-	-

・ 2023 年、2024 年の値は将来予測に基づく平均値である。

1. データセット

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) 全国各海域大中まき網漁獲成績報告書(水産庁) 漁法別月別銘柄別(体重別)漁獲量・市場測定(水研、北海道～島根(12)道府県、福岡県、長崎県、岩手～鹿児島(14)県、JAFIC) 九州主要港入り数別水揚量(水研) ぶり養殖用種苗の採捕・養殖・需給実績(水産庁) 水産統計(韓国海洋水産部 https://www.fips.go.kr/p/S020301/)
資源量指標値 ・定置網漁獲量 ・仔魚分布密度 ・モジャコ来遊量指数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省)による定置網漁獲量および漁労体数 ニューストーンネットを用いた新規加入量調査(4月、水研) 鹿児島県海域におけるモジャコ来遊量調査(3～4月、鹿児島県)
自然死亡係数(M)	年あたりM=0.3(0歳(モジャコ期)は0.6)を仮定

2. 生態

(1) 分布・回遊

ブリは沿岸性の回遊魚であり、日本列島の沿岸域に分布している。流れ藻につくブリの稚魚(モジャコ)は、3～4月に薩南海域に出現し、4～5月には九州西岸から長崎県五島列島近海および日向灘から熊野灘に、6月には島根県隠岐周辺海域に分布する(Sakakura and Tsukamoto 1997、Uehara et al. 2006)。未成魚から成魚は、東シナ海から北海道まで広く分布する(図2-1)。成魚は産卵のため、冬から春に南下回遊する。東シナ海へ移動する成魚の回遊パターンとして、北部往復型(北海道沿岸と東シナ海の間を往復回遊)、中・西部往復型(能登半島以西の日本海と東シナ海の間を往復回遊)が確認されている(井野ほか 2008)。太平洋では、遠州灘～四国南西岸回遊群、紀伊水道～薩南回遊群、豊後水道～薩南回遊群のようにいくつかの小規模の回遊群が確認されている(阪地ほか 2010)。長期的な分布域の変化については、温暖レジーム時に漁獲量の重心が北東方向にシフトするなど、環境によって本種の分布域が変化する可能性を示した報告がなされている(Tian et al. 2012、宍道ほか 2016)。北海道におけるブリの漁獲量は2011年以降急激に増加しており、2013年以降は、それまで漁獲の少なかった根室海峡周辺でも漁獲量が増加している。ただし、1950年代においても、漁獲量はわずかであったものの、北海道のオホーツク海沿岸や根室海峡周辺でブリが漁獲されていた(三谷 1960)。このようなブリの分布域の変化は、水温変化のみに起因するだけでなく、資源の増減に伴う分布域の拡大・縮小が生じている可能性を示唆している。図2-1に示す分布図は、分布が拡大した近年の状況を想定しており、1970年代のように資源が低位水準であった年代でも同様の分布域となるのかは、今後も検討が必要である。

(2) 年齢・成長

1月を年齢月の起算とした場合の1月時点での年齢および尾叉長(体重)の関係は、亘

ほか (2019) を参考として、太平洋千葉以西では 1 歳で 41 cm (1.03 kg)、2 歳で 60 cm (3.45 kg)、3 歳で 72 cm (6.03 kg)、4 歳で 80 cm (8.11 kg) (図 2-2、詳細は補足資料 8 (5) 参照)、日本海および太平洋北部では、1 歳で 37 cm (0.88 kg)、2 歳で 53 cm (2.46 kg)、3 歳で 67 cm (4.62 kg)、4 歳で 78 cm (7.12 kg) (図 2-2、詳細は補足資料 8 (5) 参照) である。寿命は 7 歳前後である。東シナ海の年齢と尾叉長の関係 (白石ほか 2011) は太平洋千葉以西と近い関係にある。なお、年齢と成長の関係を求めるのに用いた個体の詳細については、補足資料 8 (5) に示す。また、近年、日本海中北部や三陸など北日本の海域では成長の鈍化が生じている可能性が示唆されているが (辻 2017、池田 2018)、資源全体での成長特性の長期変化については十分な検証がなされておらず、今後の課題となっている (亘ほか 2019)。また、日齢が 100 日以下のモジャコ期の日齢と成長の関係について、長崎県五島列島周辺海域で採捕されたモジャコから得られた日齢と全長の関係 (Sakakura and Tsukamoto 1997) と、鹿児島～三重県の太平洋南区で採捕されたモジャコの成長と体重の関係 (浅見ほか 1967) を図 2-3 に示す。

(3) 成熟・産卵

産卵期は 1 月から始まり、太平洋側では 5 月頃まで、日本海側では 7 月頃までと考えられている (山本ほか 2007、宍道ほか 2019)。日本海能登半島海域で漁獲されたブリ当歳魚の耳石日齢解析による推定ふ化日の範囲は 1～6 月であり、その中心は 3～5 月である (辻ほか 2013)。同様の方法で、太平洋側の高知県沿岸に出現した体長 10 mm 未満の仔稚魚のふ化日の範囲は、2 月中旬から 5 月下旬と推定されている (阪地 2007)。また、鹿児島県沿岸に出現した尾叉長 12.0～116.5 mm の個体においては、1 月中旬にふ化したと推定される個体も含まれていた (宍道ほか 2019)。生殖腺の組織学的観察から九州西岸域におけるブリの産卵盛期は 4～5 月と推定された (白石ほか 2011)。産卵場は東シナ海の陸棚縁辺部を中心として九州沿岸から日本海側では能登半島周辺以西、太平洋側では伊豆諸島以西である (三谷 1960、村山 1992、上原ほか 1998)。東シナ海陸棚縁辺域で産卵初期 (2～3 月) に発生した仔稚魚は太平洋側へ、4～5 月以降に発生した仔稚魚は日本海側へそれぞれ輸送される可能性が高い (村山 1992)。

本種は満 2 歳前後、尾叉長 60 cm 程度から生殖腺が急速に発達することが報告されている (白石ほか 2011)。また、アーカイバルタグによる調査から、日本海から東シナ海へ大規模な産卵回遊を行うのは 3 歳の一部と 4 歳以上のブリと考えられている (井野ほか 2008、渡辺ほか 2010)。白石ほか (2011) は本種の成熟開始年齢が 2 歳であることを報告しているが、年齢別成熟率については明記していない。先に述べた成長の鈍化に伴う晩熟化の懸念等、年齢別成熟率の検討は、今後精査が必要な課題であるが、本資源評価における年齢別成熟率は、0～1 歳で 0%、2 歳で 50%、3 歳以上で 100% の個体が成熟し、親魚となった。

(4) 被捕食関係

流れ藻についた稚魚は、初期にはカイアシ類を中心とする動物プランクトンを捕食し、全長約 3 cm でカタクチイワシなどの魚類を捕食し始め、13 cm 以上で完全な魚食性となる (安楽・畔田 1965)。流れ藻を離れた後は、マアジやカタクチイワシなどの浮魚類の他、

底魚類も捕食する（三谷 1960）。流れ藻に付随した時期には共食いをすることがあるが、その程度や資源量に与える影響は海域や年によって変動すると考えられる（浅見ほか 1967）。ブリの捕食者の研究事例は少ないが、カマイルカやオキゴンドウなどのハクジラ類の胃内容物からブリが出現しており、このうちオキゴンドウの胃内容物からは推定全長 874 mm のブリが確認され（粕谷・宮崎 1981）、未成魚だけでなく成魚も捕食しているものと考えられる。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

漁業・養殖業生産統計年報（以下、農林統計）が整備された 1952 年以降の我が国の漁法別漁獲量の割合と漁獲量をそれぞれ図 3-1 と表 3-1 に示す。なお、農林統計における「ぶり類」には、ブリの他にヒラマサやカンパチ類も含まれており、ブリのみの漁獲量は統計としては把握することができない。しかしながら、ぶり類のうちの 9 割以上をブリが占めるという傍証が得られ始めている（補足資料 9）。今後、ぶり類に含まれるブリの割合を詳細に調べていく必要があるが、本報告書においてはぶり類の漁獲量を全てブリのものとして扱った。

ブリは主に定置網とまき網で漁獲される。定置網の比率は、1952 年には 77%であったが、その後低下し続けて 1962 年には 50%を割り、1970 年代以降 30~40%台で推移した。2018 年以降は再び 50%を超え 2022 年は 54%であった。一方、まき網の比率は 1960 年代に 10%を初めて超え、1970~1980 年代には 20%前後、1990 年代では 30%台、2000 年代では 40~50%台となったが、2019 年以降は 40%を割り、2022 年は 37%であった。2017 年以降では、まき網の比率よりも定置網の方が高い状況にある。刺網と釣り・延縄の比率は 1960~1970 年代には合わせて 40%前後であったが、その後比率は減少し 2010 年以降は 10%前後で、2022 年では釣り・延縄で 6%、刺網で 2%であった。このように、我が国ではブリを漁獲する漁業種類は、かつては定置網中心であったが、近年はまき網および定置網の両漁法が中心となっている。韓国においてもブリは定置網とまき網で主に漁獲されている（補足資料 8 (6)）。韓国の漁法別漁獲量のデータが入手できた 2001~2022 年において、両漁法でブリ類全体の 78~91%が漁獲されていた。このうち、定置網の比率は 2001~2017 年では、まき網の比率よりも低い値（6~39%）で推移していたが、2018 年以降は、まき網を上回る比率（41~68%）となっていた。一方、韓国におけるまき網による漁獲量の比率は、定置網よりも多い 2001~2017 年の期間は 48~84%であったが、定置網よりも少ない 2018~2021 年の期間は 15~42%であった。

ブリの漁法別の漁獲比率を海区分に見た場合、北海道区、日本海北区、太平洋北区、および太平洋南区では定置網が主体で、2022 年における定置網の比率はそれぞれ 99%（他の漁業は 0.5%以下）、73%、97%、62%であった（図 3-1）。太平洋中区では、主にまき網と定置網で漁獲される。2015 年からまき網での漁獲が減少し、定置網の漁獲が増加していたが、近年ではまき網の漁獲量は増加傾向にある。2022 年では定置網の漁獲がやや多い海域となっている。太平洋中区における 2022 年のまき網および定置網の比率はそれぞれ、44%、52%であった。日本海西区および東シナ海区はまき網主体の海域で、2022 年におけるまき網の比率はそれぞれ 64%、56%であった。瀬戸内海区は釣り・延縄が主体

で、2022年における釣り・延縄の比率は45%である。次いで定置網による漁獲が多く、その比率は2022年で34%である。なお、ここで述べた海域区分は農林統計の大海区に準ずるが、海域別のブリの回遊範囲や漁獲動向の類似性から、鹿児島県と沖縄県は太平洋南区に区分した。また、大中型まき網の海区别漁獲量は、農林統計の都道府県ごとの漁獲量が属人統計でありそのまま海区别漁獲量とはならないため、漁獲成績報告書の操業位置情報を活用することにより求めた（補足資料8）。

また、上記の漁業とは別に、東シナ海および高知県以西の太平洋を中心に、関係県が策定する採捕計画に基づいて、養殖用種苗として稚魚（モジャコ）が採捕されている。

（2）漁獲量の推移

ブリに関する農林統計は1952年以降、ぶり類（ブリの他、ヒラマサ、カンパチ類を含む）として集計されており（図3-2、表3-1、3-2、3-3）、日本全体では、1950～1970年代中盤には3.8万～5.5万トン、1970年代終盤～1980年代には漸減して2.7万～4.5万トン、1990年代には増加して4.3万～6.2万トン、2000年代にはさらに増加して5.1万～7.8万トンであった。2014年には過去最高の12.5万トンとなり、2022年で9.3万トンであった。韓国のブリ類の漁獲量は2008年から大きく増加し、2021年まで0.9万～1.9万トンで推移した。2022年の韓国の漁獲量は過去最高の2.1万トンであった。なお、本年度の農林統計の修正に合わせて、2016～2021年の漁獲量も修正した。

2022年の海区别の漁獲動向について、北海道区（北海道太平洋北区および北海道日本海北区の合計）の漁獲量は9,574トンで、前年の69%となった（図3-2、表3-2、補足資料10）。日本海北区ではまき網で1,050トンと前年比207%と漁獲を伸ばした一方、定置網は3,256トンで前年比73%に留まった。日本海西区では定置網が5,397トン（前年比141%）、まき網が11,162トン（前年比91%）で、両漁法とも近年の変動の範囲内であった。東シナ海区はまき網の漁獲量の多い海域であるが、2022年は9,614トンと前年比98%で、2013年以降の最低値であった。東シナ海区の定置網は4,187トンで前年比126%であった。太平洋北区ではまき網よりも定置網の漁獲量が多く、定置網で7,448トン（前年比92%）、まき網で25トン（前年比28%）であった。太平洋中区では、まき網は8,155トン（前年比74%）であったが、定置網は9,653トン（前年比133%）で、1994年以降で最高値であった。太平洋南区では、まき網は4,249トン（前年比141%）で2019年以降増加が続いている。定置網では9,671トン（前年比122%）で、1994年以降で最高値であった。

日本海側の富山県と太平洋側4県（神奈川県、静岡県、三重県、高知県）の定置網におけるブリ銘柄の漁獲量または漁獲尾数を図3-3に示した。2022年の富山県の定置網におけるブリ銘柄（2歳以上）の漁獲量は282トンであった。富山県における1990年代以降のブリ銘柄の漁獲量は、1950年代以前より低いものの、1960～1980年代より高い水準にある。太平洋側の高知県、三重県、静岡県、神奈川県における定置網でのブリ銘柄（6kg以上）の2022年度（10月～翌年9月。高知県は5月まで）の漁獲尾数は62万尾であった。このうち高知県は37万尾、三重県は23万尾で、1970～1980年代と比較すると高い水準の漁獲が続いている。ただし、静岡県のブリ銘柄相当の個体がワラサ銘柄に含まれることがあるため、静岡県のブリ銘柄の漁獲尾数は暫定値を示す。なお、より詳細な海区别主要漁法別の年齢別漁獲量の推移を補足資料10（補足図10-1、10-2）に示す。

また、上記漁業とは別に、関係県が需要を見込んで策定した採捕計画に基づいて養殖用種苗としてモジャコが採捕されており（補足資料 11）、1976～1983 年には 4,000 万尾を超えて採捕されていた年も多く、採捕計画尾数に対する実際の採捕尾数の割合（充足率）が 100%を超える年もあった（補足図 11-1）。1984 年以降、モジャコ採捕尾数は減少傾向となり、1999 年には 1,776 万尾まで減少した。2000～2001 年にモジャコ採捕尾数は短期的に 3,000 万尾以上へと増加したが、以降、再び減少傾向に転じ、2008～2020 年は 1,475 万～1,945 万尾の範囲で推移し、その充足率は 64～86%であった。2021 年は前年から大きく減少し、過去最低の 880 万尾（充足率 39%）であった。2022 年のモジャコ採捕尾数は 1,792 万尾（充足率 79%）となり、2008～2020 年の水準にまで回復した。

1994～2018 年までの重量としてのモジャコの採捕量は、農林統計の「天然産増養殖向け種苗採捕量」に公表されており、その範囲は 75～220 トン（補足図 11-2）で全年齢合計の漁獲量に対する割合は 0.06～0.3%程度であった。2019 年以降、モジャコの採捕量に相当する統計値は公表されておらず、今後も採捕量情報が得られるかは不明である。なお、このモジャコ採捕量をモジャコ採捕尾数で除して得られる 1 尾あたりの重量は 3.3～9.5 g であった（補足図 11-2）。

県別モジャコ採捕尾数の統計データが得られた 2004 年以降の海区別県別モジャコ採捕尾数の推移を補足図 12-1 に示した。モジャコ採捕の大部分は太平洋南区で行われており、全体の 74～92%（806 万～1,747 万尾）のモジャコが採捕されており、その中でも鹿児島県、大分県、高知県でその割合が高くなっていた。東シナ海は、太平洋南区に次いでモジャコ採捕尾数が多く、全体の 8～24%（75 万～442 万尾）を採捕しており、長崎県と熊本県が同海域で採捕の多い県であった。太平洋中区と日本海西区においても 2010 年代前半頃までモジャコ採捕が行われていたが、採捕尾数全体に占める割合は低く、太平洋中区で 3%以下（0.2 万～52 万尾）、日本海西区で 1%以下（2 万～18 万尾）であった。なお、太平洋中区と日本海西区においては、近年の漁獲実績はない。

長崎県、三重県、愛媛県、高知県、大分県および鹿児島県におけるモジャコ採捕調査で採捕されるモジャコの尾叉長の年変化を補足資料 13（補足図 13-1）に示した。これらの調査で採捕されるモジャコのサイズの範囲は広いが、その平均値は、長崎県で平均尾叉長 28～81 mm、三重県では平均尾叉長 16～70 mm、愛媛県では平均尾叉長 15～64 mm、高知県では平均尾叉長 27～73 mm、大分県では平均全長 29～89 mm、鹿児島県では平均全長 36～63 mm の範囲で推移していた。これらの平均尾叉長または平均全長に相当する個体の日齢を上原ほか（1996）および Sakakura and Tsukamoto（1997）を参考に推定すると、その範囲は 26～59 日であった。

（3）漁獲努力量

ブリの漁獲努力量として、全国における大型定置網の漁労体数と日本海・東シナ海で操業する大中型まき網の網数の推移を図 3-4、3-5 にそれぞれ示す。全国の大型定置網の漁労体数は 1960 年代に大きく減少したが、1970 年代以降は概ね横ばい傾向を示している（図 3-4）。なお、1994 年以降は緩やかに減少している。日本海中北部、西部と東シナ海のまき網による網数は、1990 年代中盤以降に低下傾向である。ただし、これらのまき網の漁獲量に占めるブリの割合は近年ではブリを狙った操業が増加していると考えられ、2000 年

以降は高い水準を推移している。なお、2022年の日本海中北部、西部および東シナ海の各海域におけるまき網の漁獲量に占めるブリの割合は、それぞれ26%、8%、6%で、日本海中北部と東シナ海では前年より減少し、日本海西部で前年より増加した（図3-5）。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

年齢別漁獲尾数に基づくコホート解析により資源量の推定を行った（補足資料1、2）。各コホートに相当する年齢または成長段階は、0歳（モジャコ期）、0歳（後期）、1歳、2歳、3歳以上（プラスグループ）の5つとした。我が国における年齢別漁獲尾数は、主要港および主要漁法の銘柄別漁獲量と農林統計の県別・漁法別漁獲量を使用して算出した（補足資料8（1）～（5））。韓国の年齢別漁獲尾数については、漁法別漁獲量の得られている2001年以降については、定置網を主として刺網とその他の漁法を含む「定置網グループ」と、まき網を主として底曳網と釣りを含む「まき網グループ」に分けて、それぞれ新潟～島根県の定置網および東シナ海のまき網で推定した年齢組成・年齢別平均体重を同じと仮定して年齢別漁獲尾数を推定した。1994～2000年の漁法別漁獲量の得られていない年代については（補足資料8（6））、韓国の2001年以降の年別地域別漁法別漁獲量の特徴から2000年以前の漁法別漁獲量を推定し、これを用いて2001年以降と同様に年齢別漁獲尾数を推定した。我が国および韓国での年齢別漁獲尾数および年齢別漁獲量の推移は図4-1および4-2に示した。コホート解析はPopeの近似式（Pope 1972）を使用し、2歳と3歳以上の漁獲係数は等しく、最近年の漁獲係数は過去5年（2015～2019年）の漁獲係数の平均値に等しいと仮定した（補足資料2）。また、0歳（モジャコ期）は1～6月、0歳（後期）は7～12月の半年単位のコホートとし、1歳以上については年コホートとして解析を行った。0歳（モジャコ期）と0歳（後期）を半年コホートとした場合に、同一年内でモジャコを含む全年齢の年齢別資源尾数を足し合わせて、全年齢の資源尾数として集計してしまうと、0歳（モジャコ期）と0歳（後期）の資源尾数でダブルカウントが生じてしまう。そのため、資源尾数の年齢組成を評価する際は、0歳（モジャコ期）を除いた0歳（後期）以上のみを足し合わせた資源尾数に対する各年齢（0歳（後期）～3+歳）の割合を用いることとし、0歳（モジャコ期）の資源尾数は加入量として示すこととした。本種の年齢と成長の関係は海域によって異なるため、海域毎で異なる平均体重を充てて各地の年齢別漁獲尾数を推定しているが、コホート解析で得られた資源尾数から資源量を推定する際に用いる平均体重は、全海域での年齢別漁獲量を各海域で得られる年齢別漁獲尾数の合計値で除すことによって求めた。0歳（モジャコ期）の資源量については、資源尾数と同様にダブルカウントの問題が生じてしまう。そのため、0歳（モジャコ期）の資源量も参考情報として示すにとどめた。なお、0歳（モジャコ期）の資源尾数を資源量に換算するための平均体重には、統計値として公表されているモジャコ漁獲量（補足図11-2）を、モジャコ採捕尾数で除して得られる値を用いた。また、2019～2021年の統計値は公表されていないため、2018年の値を用いた。

コホート解析で使用する自然死亡係数（M）は重要なパラメータの一つである。0歳（モジャコ期）については、旧南海区水産研究所が1963～1965年の3年間で50,978尾のモジャコに標識放流を実施しており、その再捕結果を用いて推定された漁獲係数以外の減

少係数を1年間あたりに換算すると0.99~40.0であった(浅見ほか1967)。しかしながら、この値は漁場からの逸散、標識の脱落、報告率等の影響を除去できておらず、これらの値を0歳(モジャコ期)のMとみなすと、その値を過大評価してしまう可能性が高い。一方で、対象種の観測可能な形質からMを求めるための推定式も多く開発されている(補足資料2(2))。これらの中には成長(年齢)に応じてMが変化することを想定している推定式もあり、代表的なものとしては、Gislason et al. (2010)の式(以下、Gislason 1)、Gislason 1を更新したCharnov et al. (2013)の式(以下、Gislason 2)、Chen and Watanabe (1989)の式等がある。これらの推定式を用いてブリのMの推定を行うと、0歳(モジャコ期)だけでなく、寿命までの殆どの年齢で、昨年度までの本種の資源評価で0歳(後期)以上に適用した0.3(古川ほか2022a)を超える高い値となっていた(補足図2-2)。なお、寿命に関しては諸説あり、亘ほか(2019)では寿命は7歳、久野と岡田(2016)では9歳が報告されている。田内・田中の式(田中1960)では寿命が7歳であるとする0.357であるが(補足資料2)、9歳の場合は0.278となる。したがって、現在採用する0.3は寿命を7歳もしくは9歳とした場合の中間的な値である。また、0歳魚(モジャコ期)のMの検討として、Gislason 1、Gislason 2およびChen and Watanabe (1989)の式により、0歳(モジャコ期)のMが0歳(後期)の何倍に相当するのかを比較した。その結果、Gislason 1で2.15倍、Gislason 2で2.03倍、Chen and Watanabe (1989)の式では1.60倍で、平均で1.93倍であった。この値を参考として、0歳(後期)以上のMを基準として、その2倍に相当する0.6を0歳(モジャコ期)の年あたりのMと仮定した。

(2) 資源量指標値の推移

60年以上の時系列データがあり、かつ漁獲努力量が比較的安定している定置網の漁獲量の推移を図3-6に示す。定置網の漁獲量は1950年代前半には3.5万トン以上であったが、1950年代後半から減少して1970年代から1980年代では2.0万トンに満たない状態が続いた。1990年代ではやや増加して1.8万~2.5万トンとなり、2000年に3.6万トン、2001年に3.0万トンと急増した後、2002年に1.8万トンと再び減少した。2003年以降は増加傾向で、2019年には過去最高の5.9万トンとなった。2022年は前年から0.1万トン増加し、5.0万トンであった。

仔魚期および0歳(モジャコ期)の情報に基づく資源量指標値として、東シナ海で春季に行われるニューストーンネットを用いた新規加入量調査におけるブリ仔魚の平均分布密度(補足図7-1、7-2)と、鹿児島県海域におけるモジャコ調査によるモジャコ来遊量指数(補足図7-3)を補足資料7に示す。ニューストーンネットを用いた新規加入量調査で得られた補正平均個体数密度は2007年から増加し、2011年以降は2012年を除き、それ以前より高い値で推移している。2022年は前年の124.6%に増加し、近年の高い水準を維持している。また、モジャコ来遊量指数の3月と4月の指数の平均値は、1994年以降増加傾向が継続し、2016年に最大となり、以降は3月、4月ともに引き続き高い水準を維持している。2019年以降、4月に調査は行われていないが、2022年の3月の指標は高い水準となっている。なお、倉島ほか(2023a)は、令和3年度のブリ資源評価に用いたデータを用いて、モジャコ来遊量指数を加入量の指標としたチューニングVPAを試行した。その結果、加入量指標の予測値はモジャコ来遊量指数に対する適合が悪く、資源量、加入量および漁獲

係数において強いレトロスペクティブパターンが表れることが確認された。レトロスペクティブバイアスの指標となる Mohn's p 値は資源量、加入量、漁獲係数および親魚量でそれぞれ、1.067、1.175、-0.506 および 1.162 となり、値として推奨される-0.15~0.20 の範囲 (Hurtado-Ferro et al. 2015) を外れていた。

(3) 資源量と漁獲圧の推移

1994 年以降において、0 歳 (後期) と 1 歳の資源尾数の割合は全体 (モジャコ期を除く) の 70~90%を占めている (補足表 2-1)。毎年の 0 歳 (後期) 以上の資源量に占める割合は、0 歳 (後期) が 10~30%、1 歳が 15~39%、2 歳が 12~33%、3 歳以上が 20~47%であった。資源量は 2008 年まで 14.1 万~22.3 万トンで推移し、2009~2017 年は増加傾向で 25.3 万~36.9 万トンの範囲で推移し、2017 年が最高値であった (図 4-3、表 4-1)。近年の資源量は、その後、減少傾向に転じているものの、2022 年の資源量は僅かに増加し、32.6 万トンとなった。(図 4-3、表 4-1)。

漁獲割合は、28~44%の範囲で変動し、2022 年は過去最も低い 28%であった (図 4-3、表 4-1)。

年齢別漁獲係数は、年変動があるものの、1 歳魚が最も高くなる年が多く 0.45~1.10 の範囲で推移しており、次いで 0 歳 (後期) 魚のそれが 0.38~0.88 の範囲で推移していた (図 4-4)。2 歳魚以上の漁獲係数の範囲は 0.35~0.72 で、未成魚の漁獲係数の方が高い傾向があった。0 歳 (モジャコ期) の漁獲係数は他の年齢と比べると低く、1990 年代には 0.4 を超える年もあったが、以降減少傾向となり、2008 年以降は 0.09~0.24 の範囲で推移していた。

加入量 (0 歳 (モジャコ期)) は、1994~2008 年では 7,068 万~13,650 万尾で推移し、2009 年以降は 17,000 万尾前後の高い水準にあったが、2015 年、2016 年および 2018 年では 2009 年以降の加入量では比較的低い加入量となった。2019 年と 2020 年の加入量はそれぞれ、19,150 万尾と 18,089 万尾と増加したものの、2021 年以降は減少に再び転じ、2022 年では 2009 年以降で最低の 9,856 万尾であった (図 4-5、表 4-1)。一方、親魚量は 2006 年から 2017 年にかけて増加し、2017 年に過去最高の 18.7 万トンとなった。2018 年以降、親魚量は減少傾向に転じ、2021 年では 14.3 万トンとなった。しかし、2022 年では親魚量は再び増加し、2017 年と同水準の 18.7 万トンとなった。(図 4-5、表 4-1)。

再生産成功率 (RPS、親魚量あたりの加入量) は、1994~2022 年の RPS は 0.53~2.46 尾/kg の範囲で推移し、その中央値は 1.32 尾/kg であった (図 4-6、表 4-1)。RPS は 1994 年以降、2009 年頃までは変動しつつも経年的な増減傾向もなく横ばいで推移したが、2009 年以降は減少傾向にあり、2018 年に過去最低の 0.68 尾/kg となった。本資源はリッカー型 (RI 型) の再生産関係をあてはめており (古川ほか 2022b)、その再生産関係に従うと、この減少傾向は 2009 年以降増加した親魚量からの密度効果によるものと解釈できる。2019~2020 年は増加傾向に転じたが、2021 年以降は再び減少し、2022 年が過去最低の 0.53 尾/kg となっている。

(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 4-7 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。%SPR は漁獲圧が低いほど大きな値となる。%SPR は 1994~2016 年に 4~10% の範囲で増減を繰り返しながらも緩やかに増加し、2016 年に最高となったが、2017 年以降は減少傾向で、2022 年は 7.58% となった。

現状の漁獲圧に対する YPR と %SPR の関係を図 4-8 に示す。ここで現状の漁獲圧 (F2023) は、選択率に令和 3 年 12 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量 MSY を実現する F (Fmsy) の推定に用いた値 (古川ほか 2022b) を用い、2022 年と同じ %SPR (7.58) となる F とした。また、年齢別平均体重および成熟割合についても Fmsy 算出時の値を使用した。Fmsy は %SPR に換算すると 13% に相当する。現状の漁獲圧 (F2023) は Fmax、F40%SPR、F30%SPR、F10%SPR および F0.1 を上回っている。

(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 4-9 に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」により、本種の再生産関係は、RI 型再生産関係式を適用することが提案された (古川ほか 2022b)。ここで、再生産関係のパラメータ推定に使用するデータは、令和 3 (2021) 年度の資源評価 (古川ほか 2022a) による親魚量・加入量とし、最適化方法には最小二乗法を用いて、加入量の残差の自己相関は考慮していない。再生産関係式の各パラメータを補足表 6-1 に示した。

(6) 現在の環境下において MSY を実現する水準

現在 (1994 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 MSY を実現する漁獲量として上記の「管理基準値等に関する研究機関会議」で推定された値 (古川ほか 2022b) を補足表 6-2 に示す。

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量と漁獲圧を基準にした神戸プロットを図 4-10 に示す。また、2022 年の親魚量と漁獲圧の概要を補足表 6-3 に示す。本種における 2022 年の親魚量は MSY を実現する親魚量 (SBmsy) を下回っており、SBmsy の 0.84 倍である。また、2022 年の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧 (Fmsy) を上回っており、Fmsy の 1.30 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。親魚量の動向は、近年 5 年間 (2018~2022 年) の推移から横ばいと判断された。本種の親魚量は 1994 年以降、常に SBmsy を下回った。漁獲圧も 1994 年以降、Fmsy を常に上回った。

ブリ資源が増加した背景には、漁獲圧の減少が影響している可能性がある。1994~2004 年までの F/Fmsy は 1.34~1.73 と高い水準となっていたが、2005 年に 1.19 に減少し、以降も 1.11~1.35 と同水準を推移している (図 4-10)。特に、2005 年に 1 歳魚における F が大きく下がっており (図 4-4)、結果として %SPR は 2004 年以前の平均 5.41% から 2005 年以降では平均 8.40% まで増加した。これは同じ加入量であっても獲り残す親の量が 1.55

倍になったことを示し、それに応じるように親魚量は 2005 年を境に増加に転じた（図 4-3）。さらに再生産関係からは、親魚量がおよそ 14 万トンまでは親魚が増加することで加入も増加する傾向が示されているため、2005～2014 年の加入の増加は獲り残す親魚が増えたことで親が増加し、その結果加入も増加したと考えられる。これは温暖レジームの影響で北海道での漁獲が増加する 2011 年よりも前から資源が増加傾向にあったことを示している。今後、ブリ資源の変動に影響する環境要因についても解析を進める必要がある。

5. 資源評価のまとめ

資源量は 2005 年までは、14.1 万～17.5 万トンの範囲でほぼ横ばいに推移していたが、2006 年以降増加傾向を示して、2017 年に 37.0 万トンと最高値を示した。その後、減少傾向に転じて 2022 年の資源量は 32.6 万トンとなった。親魚量は、1994～2005 年は 5.4 万～7.4 万トンの範囲を横ばいで推移し、2006 年以降は増加傾向となり、2017 年に最高の 18.7 万トンとなったが、直近 5 年間（2018～2022 年）の推移から横ばいと判断された。本種の親魚量は、資源評価開始年（1994 年）以降、MSY を実現する親魚量（SB_{msy}）を常に下回っており、漁獲圧も MSY を実現する漁獲圧（F_{msy}）を下回ることはなかった。

6. その他

現在のブリの資源評価では、チューニング指標を用いていないコホート解析が採用されている。漁獲可能量制度対象魚種（TAC 種）ではない本種を漁獲する漁業は、日本の沿岸域で広く、そして多様な漁法で行われていることから、現状において漁獲量は資源の豊度を反映していると考えて差し支えない。しかし、漁獲量の多いまき網など漁獲対象種を弾力的に変えられる漁業については、漁獲対象の変更が資源量推定結果に影響を及ぼし得る。今後は、まき網に関する操業情報を収集し、ブリを対象とする漁獲努力の経年的な変遷の有無について把握することにより、資源評価に使用するデータの信頼性を担保することが課題である。一方で、今後本種が TAC 種となった場合、漁獲量における資源豊度の情報量が低下することが懸念される。そのため、年間の漁獲量に占める割合が大きい定置網やまき網、あるいは漁業から独立した調査による資源量指標を探索・開発することが急務である。

また、現在のブリの資源評価では、コホート解析におけるプラスグループは 3 歳魚以上としている。本種の寿命が 7 歳前後と考えられていることを踏まえると、プラスグループには生涯の半分の年齢群が属することになる。高精度な資源解析を実施するには、より多くのコホートに分解することが望ましい。現状のプラスグループの設定には、年齢分解が銘柄-年齢関係により算出していることが影響している（補足資料 8）。3 歳以上の魚はブリ銘柄に集約されるため、それ以上の年齢分解は困難な状況となっている。プラスグループを細分化するため、銘柄内の年齢組成を把握することが今後の課題となっている。

ブリは遊漁対象として親しまれている魚種である。ブリ類の遊漁採捕量は、1997 年、2002 年および 2007 年にそれぞれ、2,528 トン、2,218 トンおよび 3,020 トンと報告されている（農林水産省統計情報部 1998、農林水産省大臣官房統計部 2003、フィッシャリーナ協会 2009）。本採捕量を各年で比較するとブリの遊漁採捕量は全国漁獲量のおよそ 4～5% に相当した。これらの平均採捕量が商業漁獲量と比例すると仮定し試算した結果、令和 4

年度資源評価結果に対して、資源量は3.3～4.3%（平均3.8%）増加した（倉島ほか2023b）。しかしながら、本遊漁採捕量の報告には魚体情報はなく年齢組成が不明であることや資源量が歴史的に高位にある近年のデータが利用できないことから、不確実性は大きいと判断し、本資源評価で考慮に入れることは控えた。今後、資源評価において遊漁の影響を考慮するためには、遊漁採捕量に関して更なる調査・実態把握が必要となっている。

現在の M の設定に関して議論の余地がある。長谷川（2016）は、太平洋沿岸で行われた電子標識による 101 尾の 2 歳と 3 歳以上の魚を対象とした標識再捕結果を用いて、ブリ成魚の殆どは漁獲によって死亡し、M の値が非常に低くなる可能性を述べている。従って、本種の M の設定を再検討するため、近年の標識再捕データを用いた M の推定が今後の課題となっている。

本系群で採用されている RI 型再生産関係はスティープネス（h）が 2.85 と著しく高いため、結果として F_{msy} に対応する SPR は 12.7% と顕著に小さくなる。本再生産関係は、情報量基準（AICc）によるモデルの予測力に加えて、真の再生産関係がホッカー・スティック（HS）型やベバートン・ホルト（BH 型）であった場合、誤って RI 型を想定した管理を行っても短期的、中長期的な漁獲量の損失が小さく、親魚量や資源量の減少リスクがほとんどないという簡易な管理戦略評価（MSE）の結果を踏まえて選択されたものである（古川ほか 2022b）。しかし、本資源の再生産関係の選択は 2010 年以降に見られた加入の密度依存性のデータに大きく依存しているため、データ数が豊富でないことや直近の加入量の推定値の更新、最新年のデータが追加されることによって、HS 型や BH 型などの再生産関係の AICc の方が小さくなる可能性もある。上述のように、真の再生産関係が HS 型や BH 型であったとしても、本評価報告書で提案している管理基準値をもとにした漁獲管理規則による漁獲で漁獲量や資源の損失リスクがほとんどないことは示されている。一方で、上述した資源解析手法の改善や入力データやパラメータの更新や追加によって本資源の再生産関係の知見がどのように更新されるか注視し、必要であれば管理基準値や漁獲管理規則の再検討を行うことが望ましい。なお、再生産関係については情報量基準による予測力の他に、生物学的妥当性など様々な観点を踏まえて再生産関係を決定することについても同時に留意する必要がある（資源評価高度化作業部会 2023）。

ブリの漁況は古くから海況と大きく関係することが知られてきた（伊東 1959、原 1990）。近年では、ブリ資源の長期変動に気候のレジームシフトが影響しているとの報告もある（久野 2004、Tian et al. 2012）。また、2011 年より北海道における漁獲が増加している（補足資料 14）が、これは海洋熱波により水温が上昇したことが影響していると報告されている（Miyama et al. 2021）。このように、海洋環境はブリの分布に影響を及ぼすと考えられるため、環境変化およびそれに伴う生態特性の応答を適切に捉えられるような調査・研究の体制を構築するとともに、これを考慮した管理方策を検討することが必要である。

小型で未成熟の 0、1 歳魚の漁獲圧が高いことから、MSY を実現する水準に親魚量を増加させるにはブリへの漁獲圧を削減し、0、1 歳の生き残りを増やすことが必要である。木幡（1986）は、1950 年代後半から 1980 年代前半におけるブリ銘柄の漁獲量の長期減少傾向の原因として、未成魚への高い漁獲圧をあげた。日本海のブリの資源診断を行った加藤・渡辺（1985）も、漁獲努力量の緩和と漁獲開始年齢の引き上げが必要であると提言している。本資源評価での資源解析期間である 1994 年以降では、0 歳（後期）～1 歳に対

する漁獲圧が高い年が多い（図4-2）。また、漁獲開始年齢を引き上げること、すなわち未成魚への漁獲圧を低減することで YPR（加入量当たり漁獲量）は増加するため、現状よりも更に漁獲量が増加することが期待される（補足図 15-1 上段）。特に、MSY における%SPR（13%）で比較した場合、同じ漁獲圧であっても1歳漁獲開始で1.5倍、2歳漁獲開始で2.2倍にYPRは増加する（補足図 15-1 下段）。一方で、ブリの回遊特性から漁業種類や地域によって漁獲対象となるブリの年齢や漁期等が限定される場合がある。したがって、未成魚の漁獲低減を管理に取り込む場合、海域および漁業種類ごとに資源の利用状況を把握した上で、経済的側面も含めて有効活用を図る方向で、管理方策を検討する必要がある。

7. 引用文献

- 安楽正照・畔田正格 (1965) 流れ藻に付随するブリ稚仔魚の食性. 西水研報, **33**, 13-45.
- 浅見忠彦・花岡藤雄・松田星二 (1967) 産卵および発生初期の生態並びにモジャコの標識放流に関する研究. モジャコ採捕のブリ資源に及ぼす影響に関する研究. 農林技術会議報告書, **30**, 1-60.
- Charnov E. L., Gislason H., Pope J. G. (2013) Evolutionary assembly rules for fish life histories. *Fish and Fisheries*, **14**, 213-224.
- Chen S, Watanabe S. (1989) Age dependence of natural mortality coefficient in fish population dynamics. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**, 205-208.
- Gislason H., Daan N., Rice J. C., Pope J. G. (2010) Size, growth, temperature and the natural mortality of marine fish. *Fish and Fisheries*, **11**, 149-158.
- Hurtado-Ferro, F., Szuwalski, C. S., Valero, J. L., Anderson, S. C., Cunningham, C. J., Johnson, K. F., Licandeo, R., McGilliard, C. R. Monnahan, C. C., Muradian, M. L., Muradian, M. L., K. Kotaro, Vert-Pre, K. A., Whitten, A. R., Punt, A. E. (2015) Looking in the rear-view mirror: bias and retrospective patterns in integrated, age-structured stock assessment models. *ICES Journal of Marine Science*, **72**, 99-110.
- フィッシャリーナ協会 (2009) 遊漁採捕量調査報告書 平成 20 年, 99pp. <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00502002&tstat=000001031445&cycle=8&year=20081&month=0&tclass1=000001031446&tclass2=000001031447>
- 古川誠志郎・加賀敏樹・久保田洋・大島和浩 (2022a) 令和 3 (2021) 年度ブリの資源評価. 令和 3 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構. FRA-SA2021-SC06-01. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20211208/detail_bur_i.pdf (last accessed 15 November 2022)
- 古川誠志郎・加賀敏樹・久保田洋・大島和浩 (2022b) 令和 3 (2021) 年度ブリ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. FRA-SA2021-BRP07-01. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20211208/FRA-SA2021-BRP07-01.pdf (last accessed 15 November 2022)
- 長谷川雅俊 (2016) 太平洋におけるブリ成魚の自然死亡. 黒潮の資源海洋研究, **17**, 81-85.
- 原 哲之 (1990) 日本海沿岸域におけるブリ成魚漁獲量の年変動について. 日水誌, **56**, 25-30.
- 池田 怜 (2018) 新潟および三陸で漁獲されたブリの脊椎骨による成長解析. ブリ資源評

- 価・予報技術連絡会議報告(平成30年度), 19.
- 井野慎吾・新田 朗・河野展久・辻 俊宏・奥野充一・山本敏博(2008) 記録型標識によって推定された対馬暖流域におけるブリ成魚の回遊. 水産海洋研究, **72**, 92-100.
- 伊東祐方(1959) 丹後伊根浦の冬ブリ漁況. 日水研報, **5**, 29-37.
- 粕谷俊雄・宮崎信之(1981) 壱岐周辺のイルカとイルカ被害-三箇年の調査の中間報告-. 鯨研通信, **340**, 25-36.
- 加藤史彦・渡辺和春(1985) 日本海におけるブリ資源の利用実態とその改善. 漁業資源研究会議報, **24**, 99-117.
- 木幡 孜(1986) ブリ太平洋系群成魚の長期減少傾向について. 日水誌, **52**, 1181-1187.
- 久野正博(2004) ブリ資源の長期変動特性と気候のレジームシフト. 黒潮の資源海洋研究, **5**, 29-37.
- 久野正博・岡田誠(2016) 鱗を用いた熊野灘産ブリの年齢査定. 黒潮の資源海洋研究, **17**, 73-79.
- 倉島 陽・古川誠志郎・宮原寿恵・岡本 俊(2023a) モジヤコ来遊量指数を用いたチューニング VPA の試行. FRA-SA2023-BRP04-02. https://www.fra.go.jp/shigen/fisheries_resources/meeting/stok_assesment_meeting/2023/files/2023-06/fra-sa2023-brp04-02.pdf (last accessed 8 November 2023)
- 倉島 陽・古川誠志郎・宮原寿恵・岡本 俊(2023b) 遊漁によるブリ漁獲量を考慮した資源評価の試行および外国漁船によるブリの漁獲状況. FRA-SA2023-BRP04-01. https://www.fra.go.jp/shigen/fisheries_resources/meeting/stok_assesment_meeting/2023/files/2023-06/fra-sa2023-brp04-01.pdf (last accessed 8 November 2023)
- 三谷文夫(1960) ブリの漁業生物学的研究. 近大農学部紀要, **1**, 81-300.
- Miyama, T., Minobe, S., Goto, H. (2021) Marine heatwave of sea surface temperature of the Oyashio region in summer in 2010–2016. *Frontiers in Marine Science*, **7**, 576240.
- 村山達朗(1992) 日本海におけるブリの資源生態に関する研究. 島根水試研報, **7**, 1-64.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.*, **9**, 65-74.
- 阪地英男(2007) 高知県沿岸に出現するブリ稚幼魚の誕生期. 2007年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 20.
- 阪地英男・久野正博・梶 達也・青野怜史・福田博文(2010) 2. 太平洋における成長段階別の回遊様式の把握. (1) 年齢別回遊群について. 水研センター研報, **30**, 35-104.
- Sakakura, Y. and K. Tsukamoto (1997) Age composition in the schools of juvenile yellowtail *Seriola quinqueradiata* associated with drifting seaweeds in the East China Sea. *Fish. Sci.*, **63**, 37-41.
- 資源評価高度化作業部会(2023) 令和5(2023)年度再生産関係の決定に関するガイドライン(令和5年度). FRA-SA2021-ABCWG01-03. https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2023-ABCWG02-05.pdf (last accessed 30 November 2023)
- 農林水産省統計情報部(1998) 遊漁採捕量調査報告書 平成9年, 115pp.
- 農林水産省大臣官房統計部(2003) 遊漁採捕量調査報告書 平成14年, 72pp.
- 宍道弘敏・阪地英男・田 永軍(2016) 漁獲量重心の変動からみたブリ類の漁獲量変動. 水

- 産海洋研究, **80**, 27-34.
- 宍道弘敏・水野紫津葉・小松輝久 (2019) 鹿児島県海域で採集されたモジャコ (ブリ稚魚) の日齢と成長. 水産海洋研究, **83**, 87-92.
- 白石哲朗・大下誠二・由上龍嗣 (2011) 九州西岸域で漁獲されたブリの年齢, 成長および繁殖特性. 水産海洋研究, **75**, 1-8.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の population dynamics と漁業資源管理. 東海区水研報, **28**, 1-200.
- Tian, Y., H. Kidokoro, T. Watanabe, Y. Igeta, H. Sakaji and S. Ino (2012) Response of yellowtail, *Seriola quinqueradiata*, a key large predatory fish in the Japan Sea, to sea water temperature over the last century and potential effects of global warming. J. Mar. Syst., **91**, 1-10.
- 辻 俊宏・田 永軍・斉藤真美 (2013) 能登半島東岸海域で漁獲されたブリ 0 歳魚のふ化日組成とその季節変化. 水産海洋研究, **77**, 266-273.
- 辻 俊宏 (2017) 脊椎骨による日本海のブリ成魚の成長解析. ブリ資源評価・予報技術連絡会議報告 (平成 29 年度), 20.
- 上原伸二・三谷卓美・石田 実 (1996) ブリの加入量・加入前資源量の把握技術の開発. 平成 7 年度我が国周辺漁業資源調査・特定水産資源評価技術開発調査報告書, 95-102.
- 上原伸二・三谷卓美・石田 実 (1998) 東シナ海におけるブリの漁獲と産卵場. 南西外海の資源・海洋研究, **14**, 55-62.
- Uehara, S., C. Taggart, T. Mitani and I. Suthers (2006) The abundance of juvenile yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) near the Kuroshio: the roles of drifting seaweed and regional hydrography. Fish. Oceanogr., **15**, 351-362.
- 渡辺 健・井野慎吾・前田英章・奥野充一 (2010) 日本海における成長段階別の回遊様式の把握. (2) 年齢・海域別回遊群ごとの個体数比率の把握. 水研センター研報, **30**, 17-24.
- 亘 真吾・辻 俊宏・廣畑二郎・及川利幸・池上直也・御宿昭彦・久野正博・猪原 亮・堀江ひかり・田中耕治・久保田洋・古川誠志郎・阪地英男 (2019) 日本周辺水域におけるブリの年齢と成長. 黒潮の資源海洋研究, **20**, 105-110.
- 山本敏博・井野慎吾・久野正博・阪地英男・檜山義明・岸田 達・石田行正 (2007) ブリ (*Seriola quinqueradiata*) の産卵, 回遊生態及びその研究課題・手法について. 水産総合研究センター研究報告, **21**, 1-29.

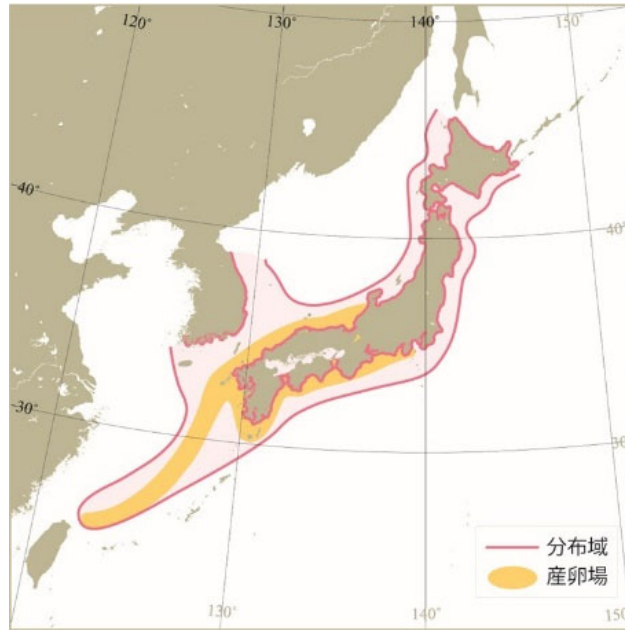


図 2-1. ブリの分布域と産卵場

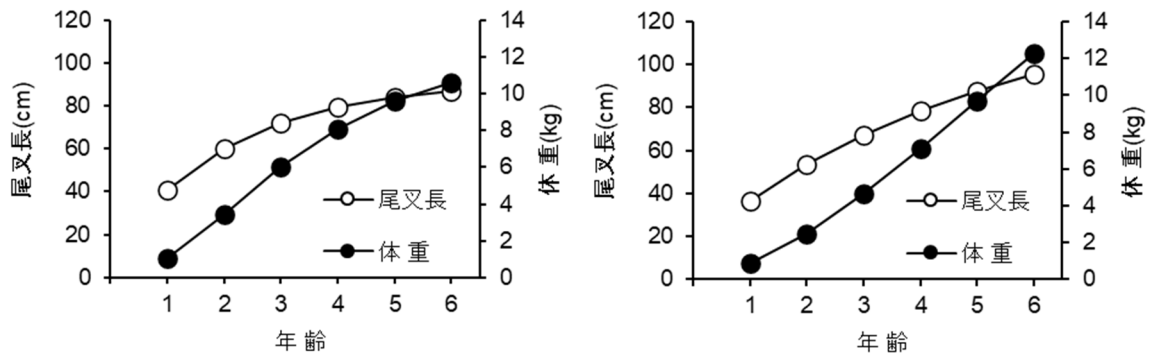


図 2-2. 太平洋千葉以西の年齢と成長（左）と日本海・太平洋北部の年齢と成長の関係（右）

1月を年齢の起算としたときの1月時点での関係を示す。

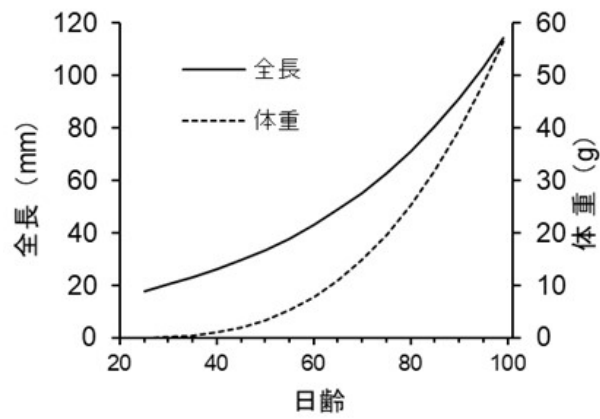


図 2-3. 0 歳（モジャコ期）の日齢と成長の関係

実線は長崎県五島列島周辺海域で採捕されたモジャコから得られた日齢と全長の関係（Sakakura and Tsukamoto 1997）、破線は鹿児島～三重県の太平洋南区で採捕されたモジャコの成長と体重の関係（浅見ほか 1967）を示す。

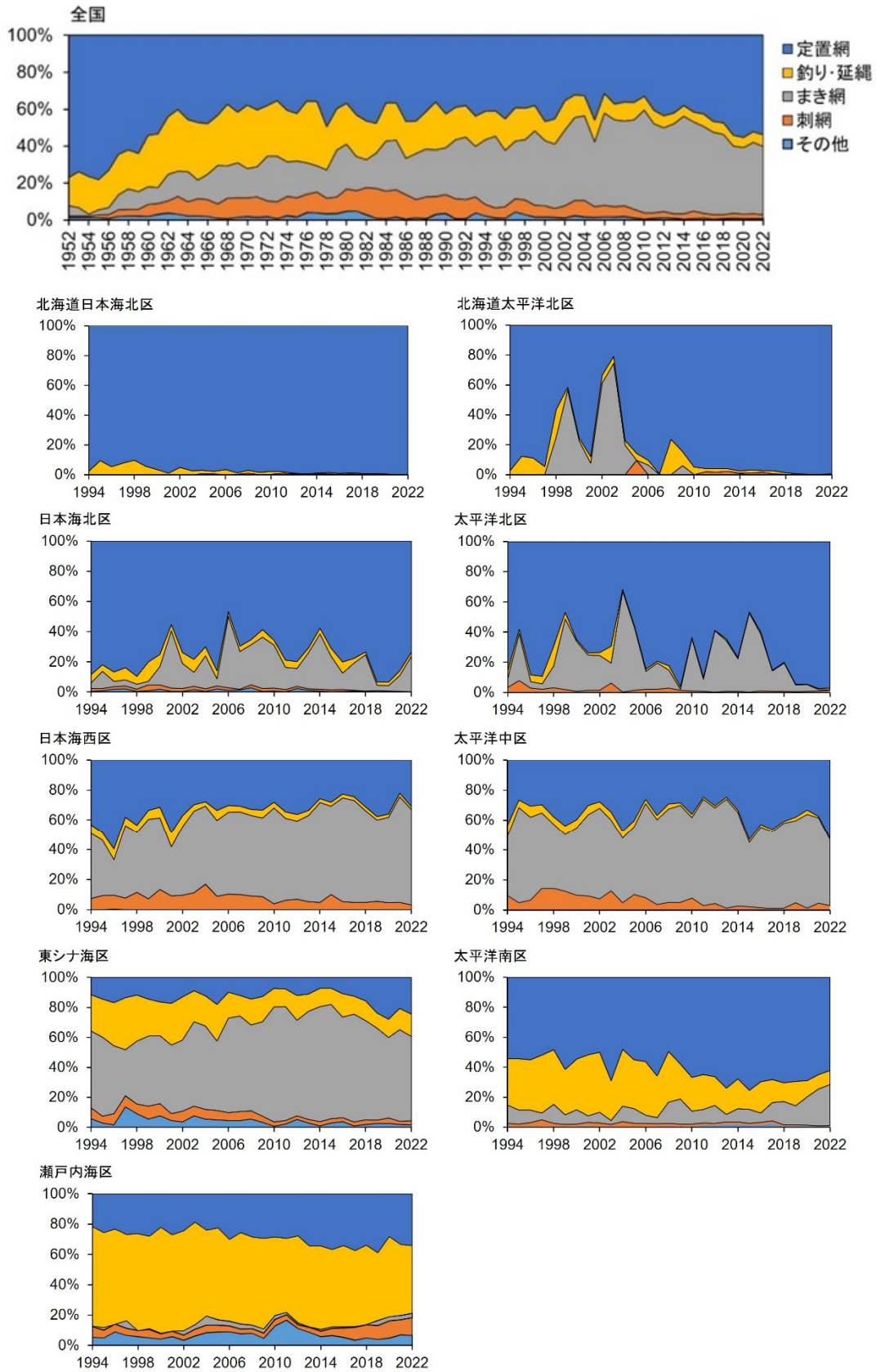
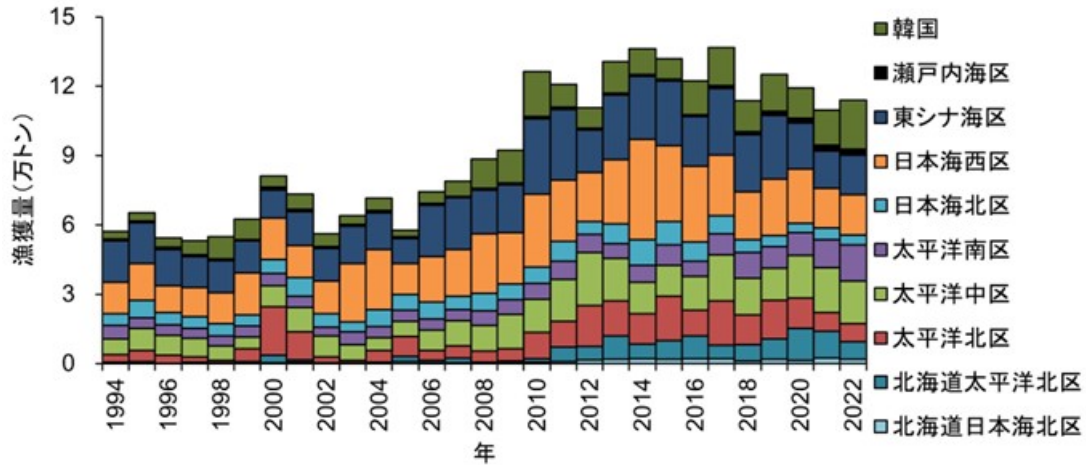
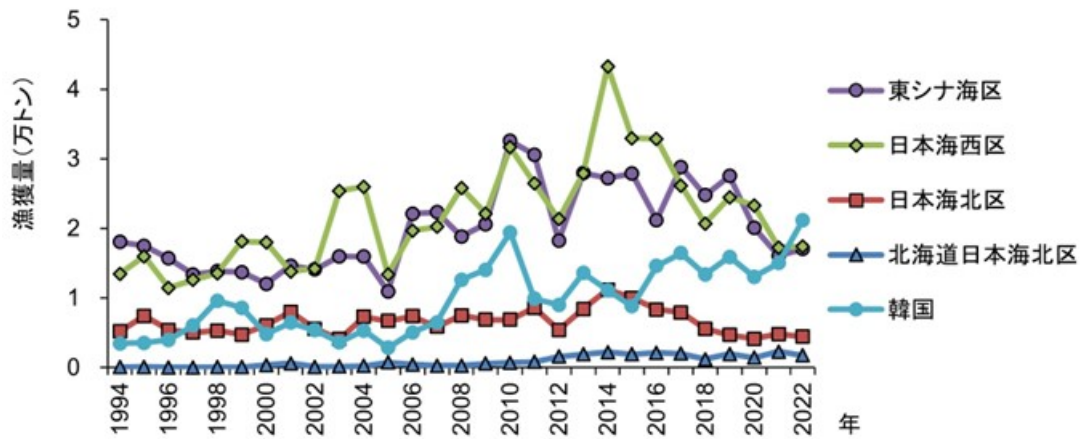


図 3-1. 海区別漁業種類別漁獲比率の推移

我が国と韓国



日本海と東シナ海



太平洋と瀬戸内海

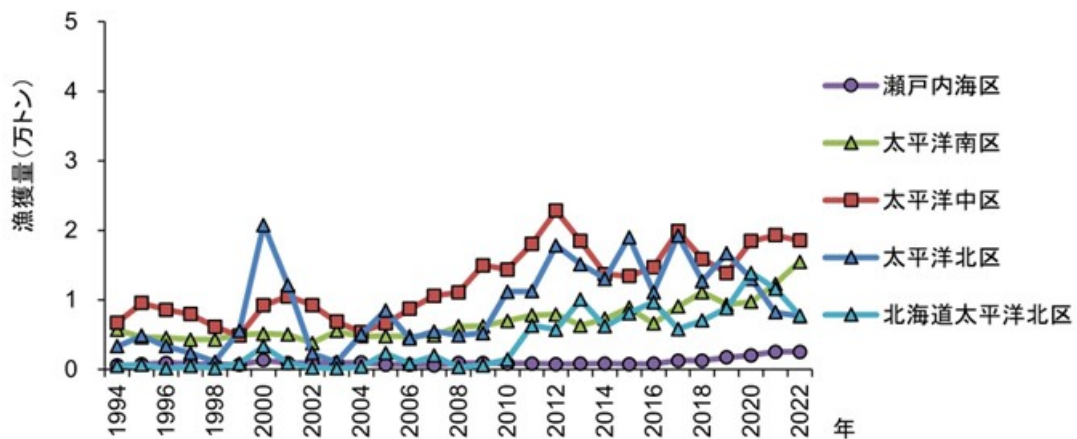


図 3-2. 我が国と韓国（上段）、日本海と東シナ海（中段）、太平洋と瀬戸内海（下段）における海区別漁獲量の推移

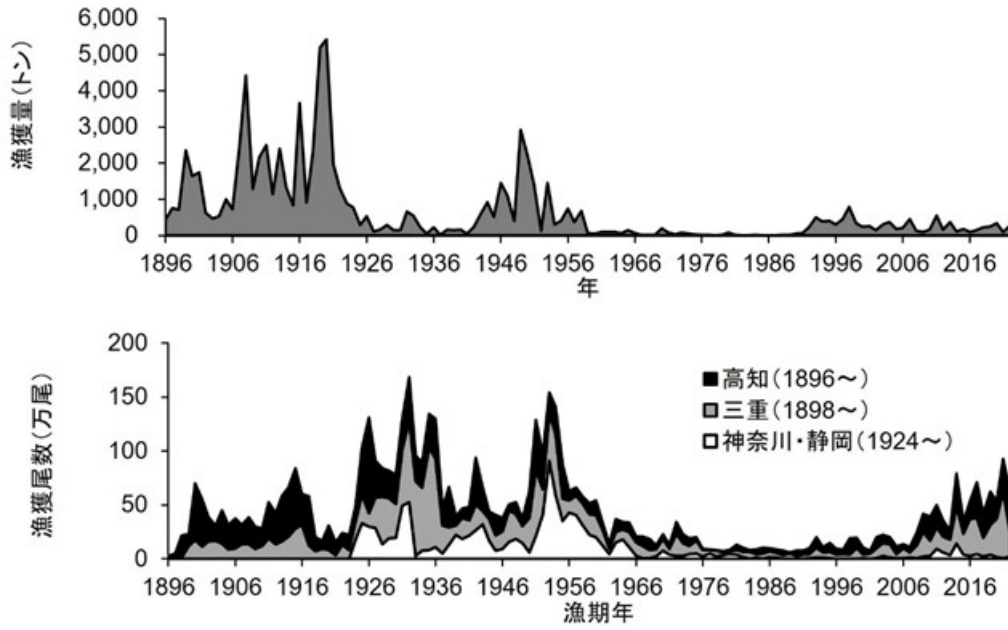


図 3-3. 長期に渡るブリ銘柄の漁獲推移

上段は富山県でのブリ銘柄（2歳以上）の漁獲量（年集計）、下段は神奈川県・静岡県・三重県・高知県でのブリ銘柄（6kg以上）の漁獲尾数（漁期年集計：10月～翌年9月）を示す。なお、神奈川・静岡県のうち2016～2021年の静岡県の漁獲尾数は、各年の漁獲量を2006～2015年のブリ銘柄平均体重（7.3 kg）で除して算出した。

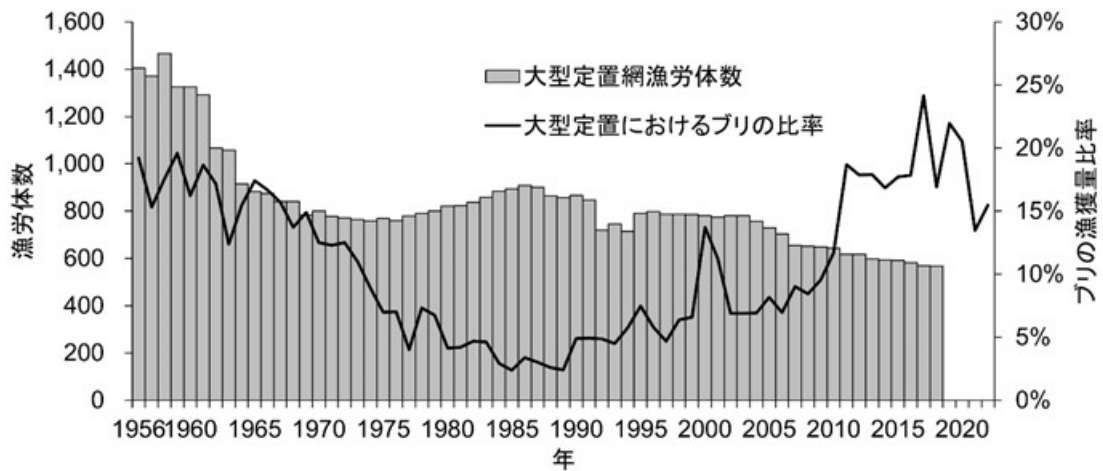


図 3-4. 全国での大型定置網の漁労体数と同漁業における全漁獲物中のブリの比率の推移

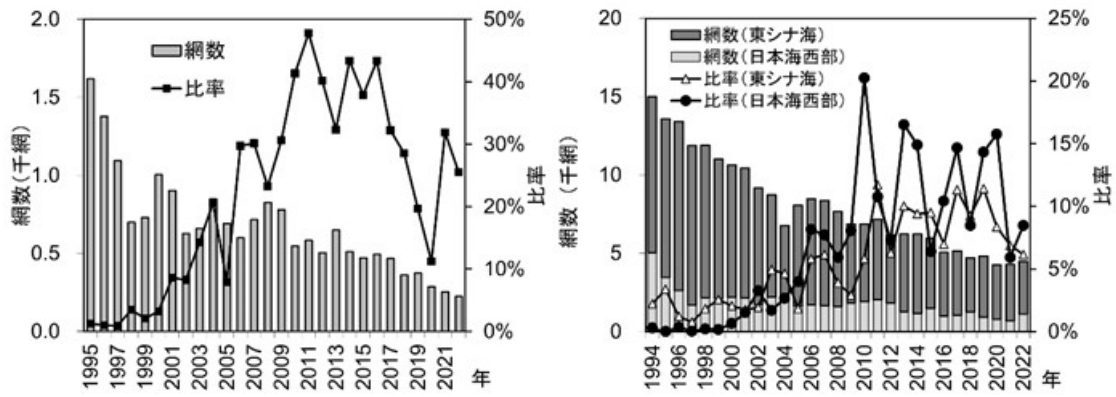


図 3-5. 大中小型まき網の総投網回数と同漁業における全漁獲物中のブリの比率の推移
 左図は日本海中北部（134°30'E 以東）、右図は東シナ海（35°N 以南、130°E 以西）および日本海西部（134°30'E 以西の東シナ海を除く日本海）を示す。

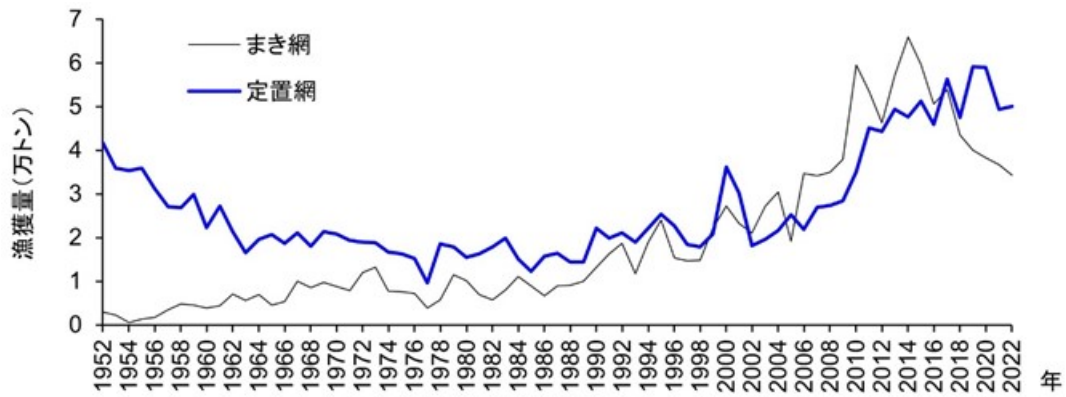


図 3-6. 定置網とまき網の漁獲量の推移

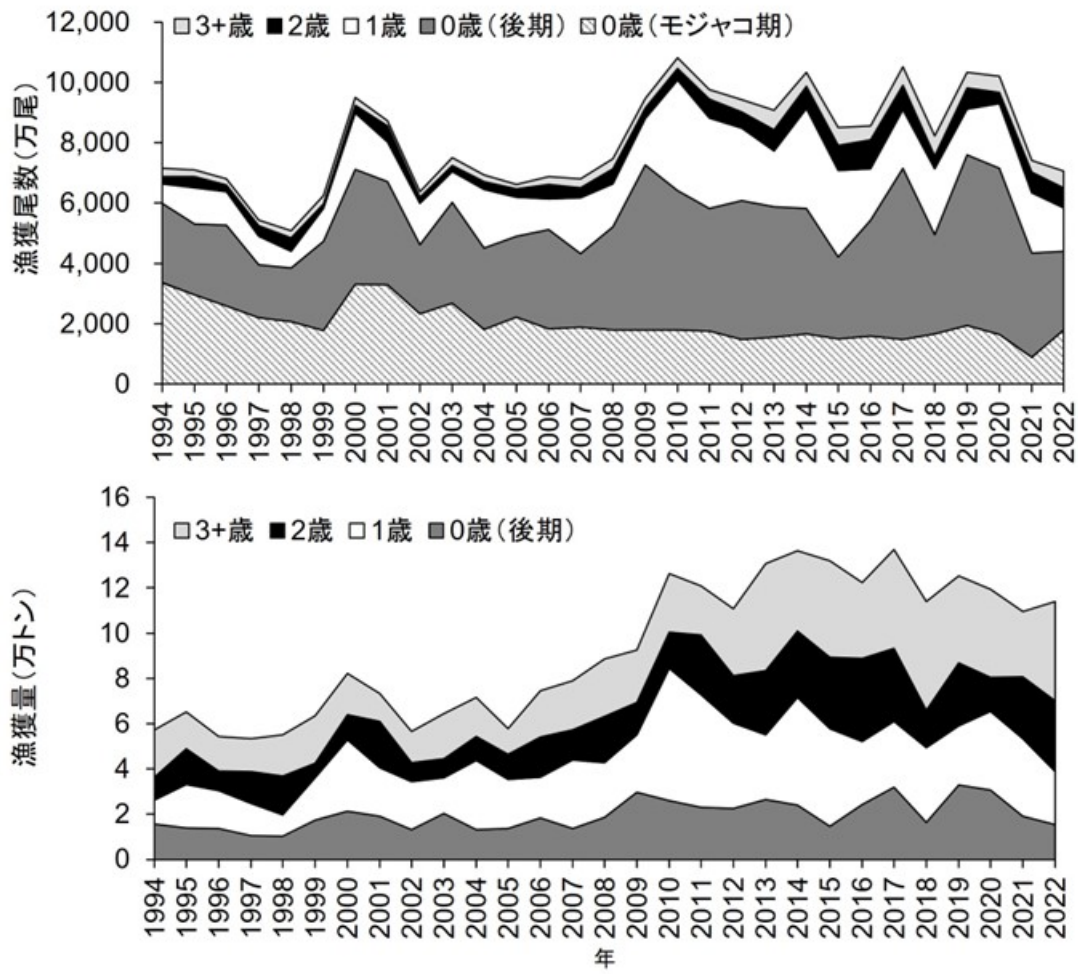


図 4-1. 我が国および韓国での年齢別漁獲尾数（上段）と年齢別漁獲量（下段）の推移
 年齢別漁獲量においてモジャコ漁獲量は僅かであるため図示していない。

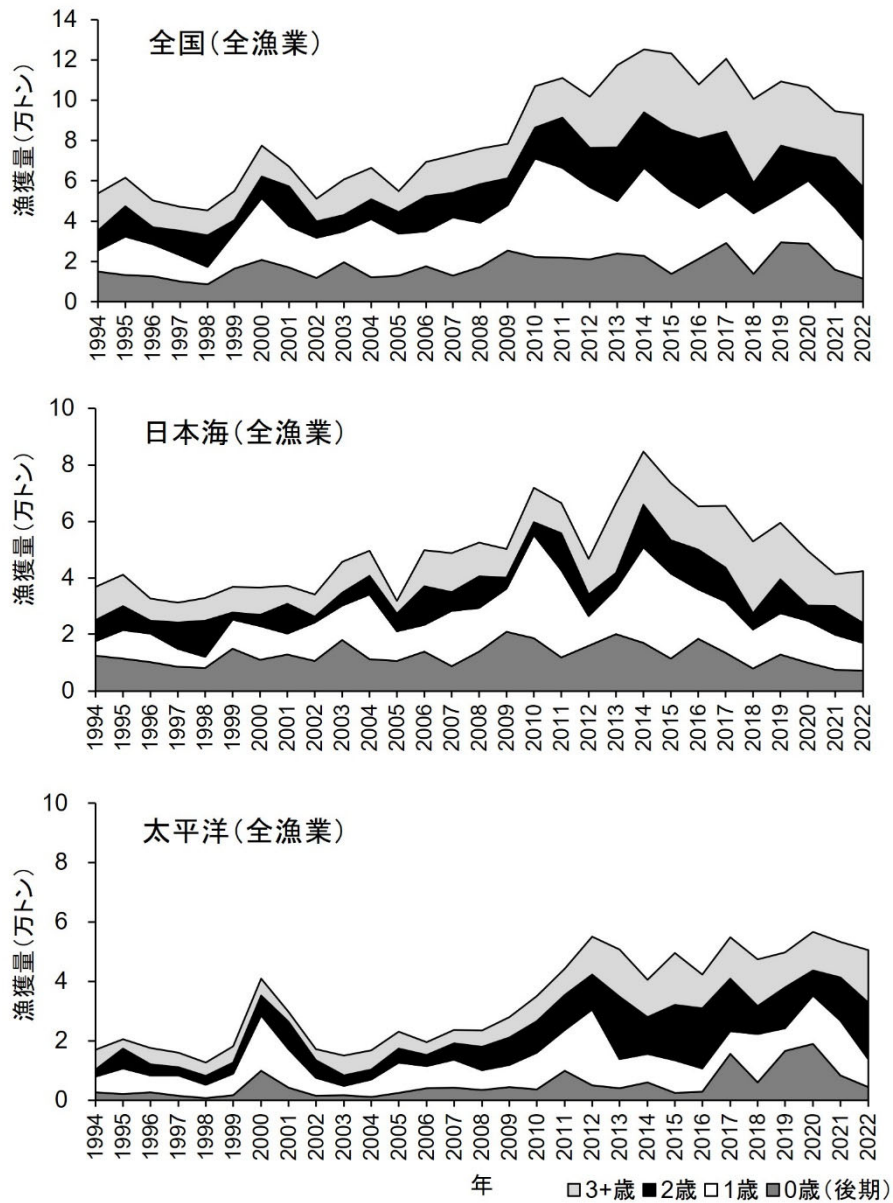


図 4-2. 我が国でのブリの年齢別漁獲量の推移

年齢別漁獲量においてモジャコ漁獲量は僅かであるため図示していない。

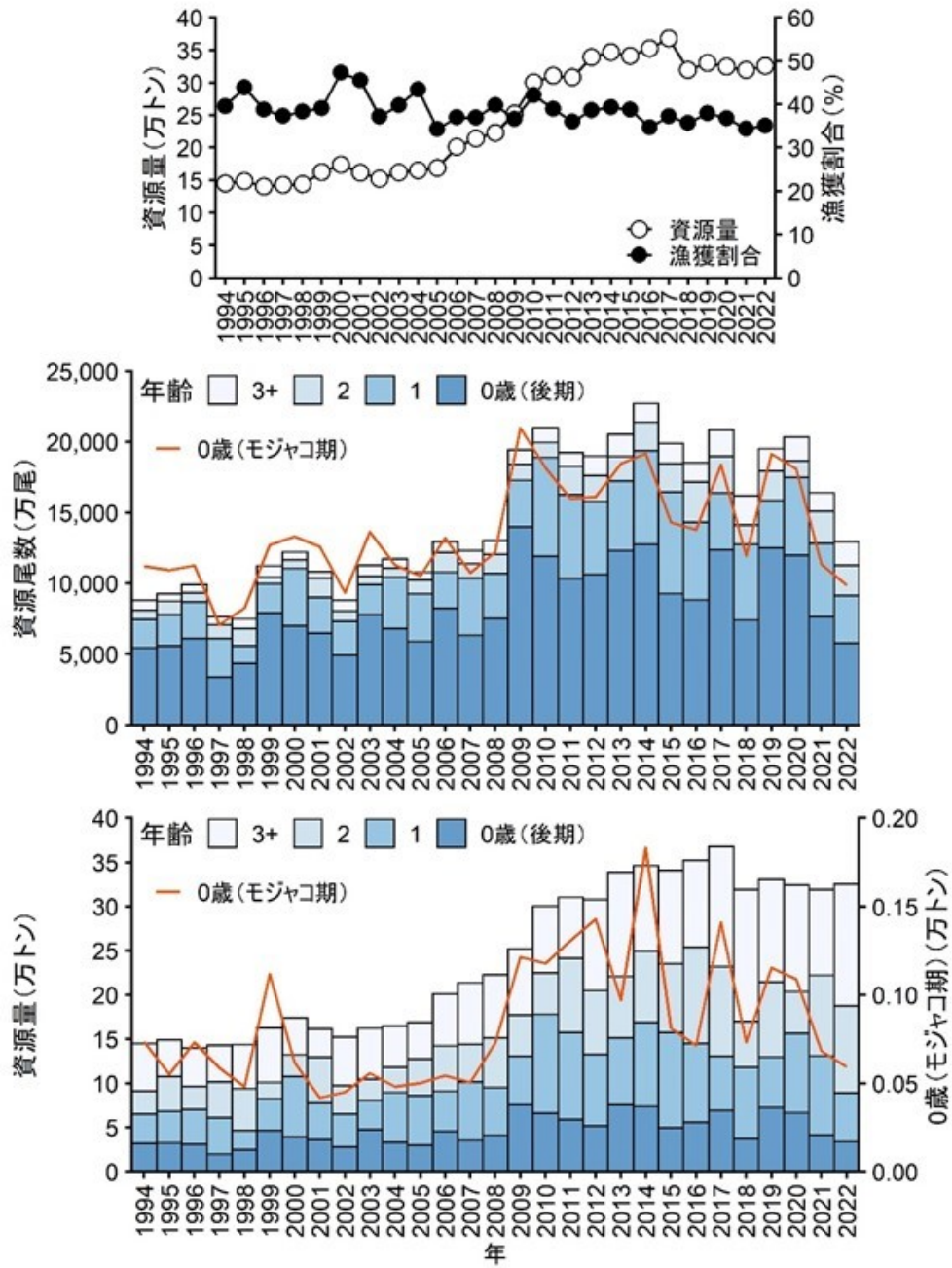


図 4-3. 資源量と漁獲割合の推移（上段）、年齢別資源尾数の推移（中段）、年齢別資源量の推移（下段）

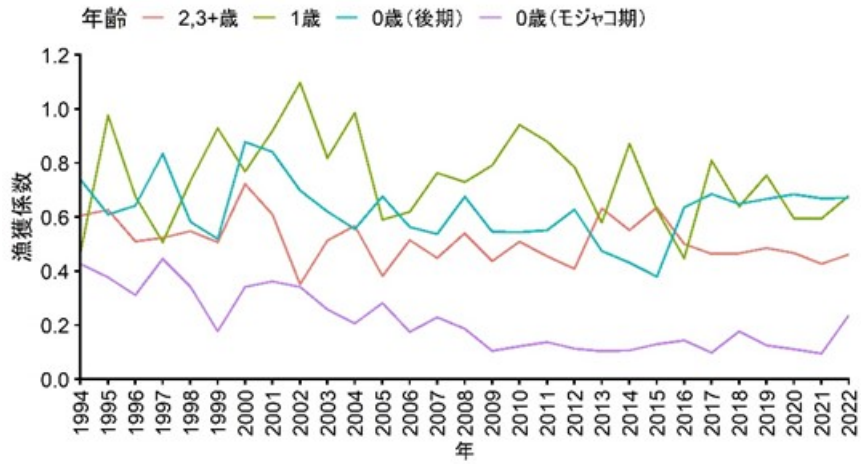


図 4-4. 年齢別漁獲係数の推移

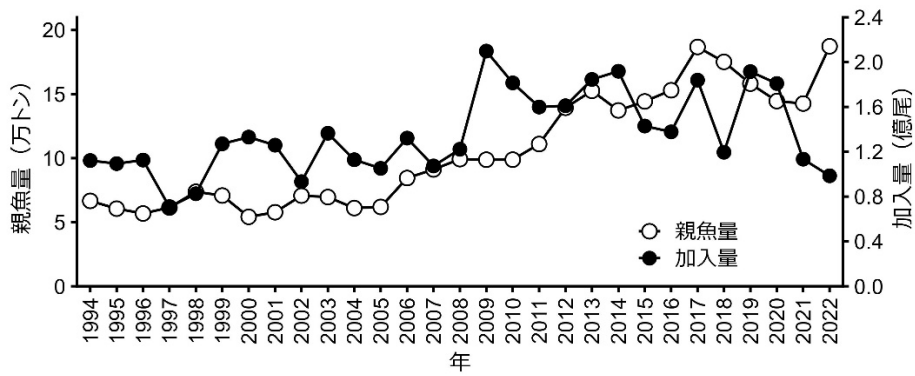


図 4-5. 親魚量と加入量の推移

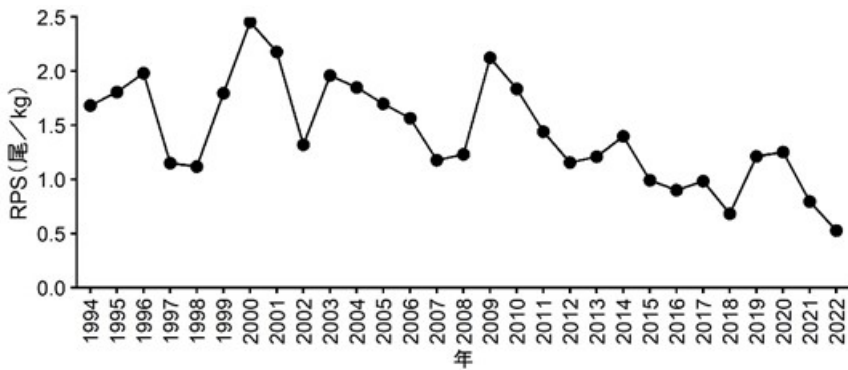


図 4-6. 再生産成功率 (RPS) の推移

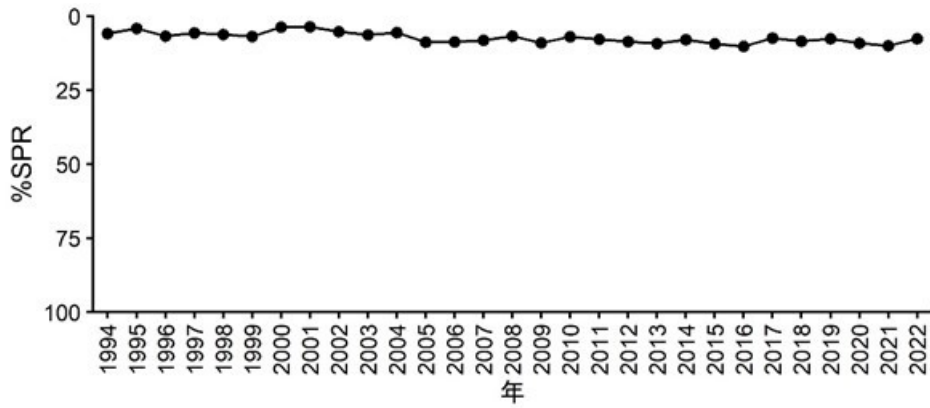


図 4-7. 各年における%SPR 値の推移

%SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F が高い（低い）と%SPR は小さく（大きく）なる。

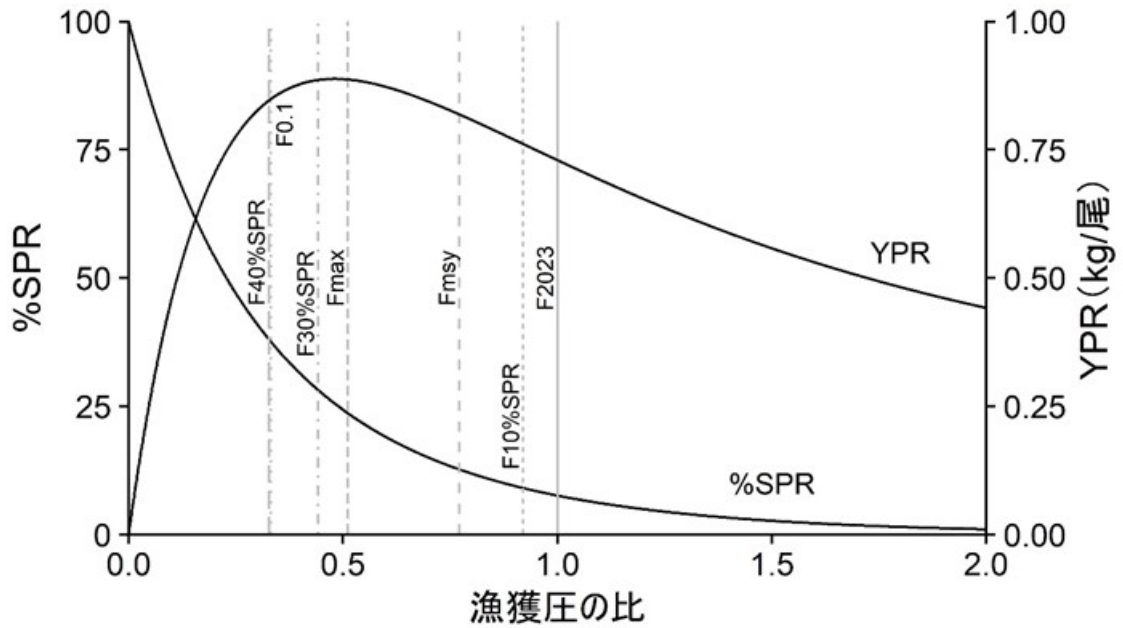


図 4-8. 現状の漁獲圧（F2023）に対する YPR と%SPR の関係

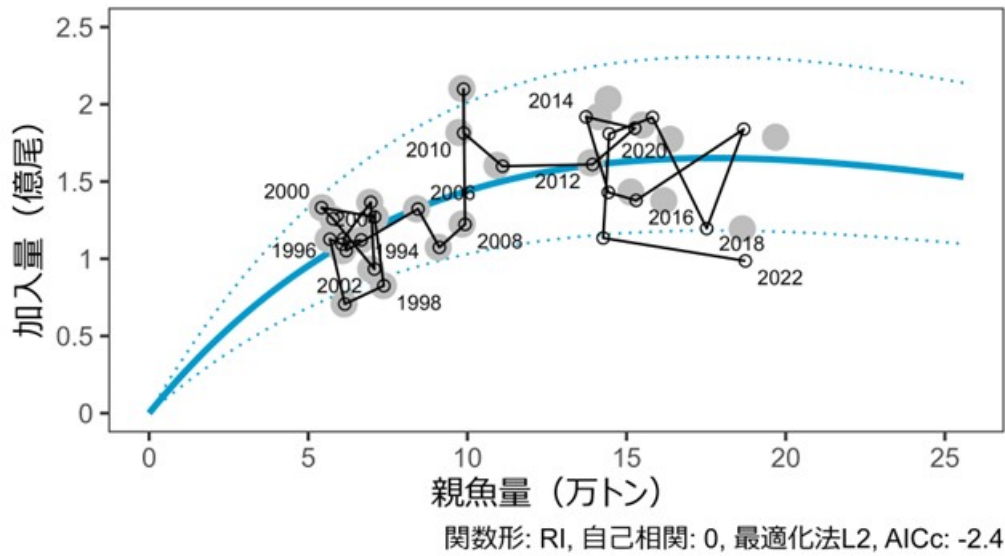


図 4-9. 親魚量と加入量の関係（再生産関係）

灰色の丸は令和 3 年度の資源評価における親魚量と加入量のデータを示し、青線はそれらのデータに基づき令和 3 年 12 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（古川ほか 2022b）で提案された再生産関係を示す。青点線は仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲である。実線と白抜き丸印で示したのは令和 5 年度資源評価で得られた再生産関係のプロット（1994～2022 年）。

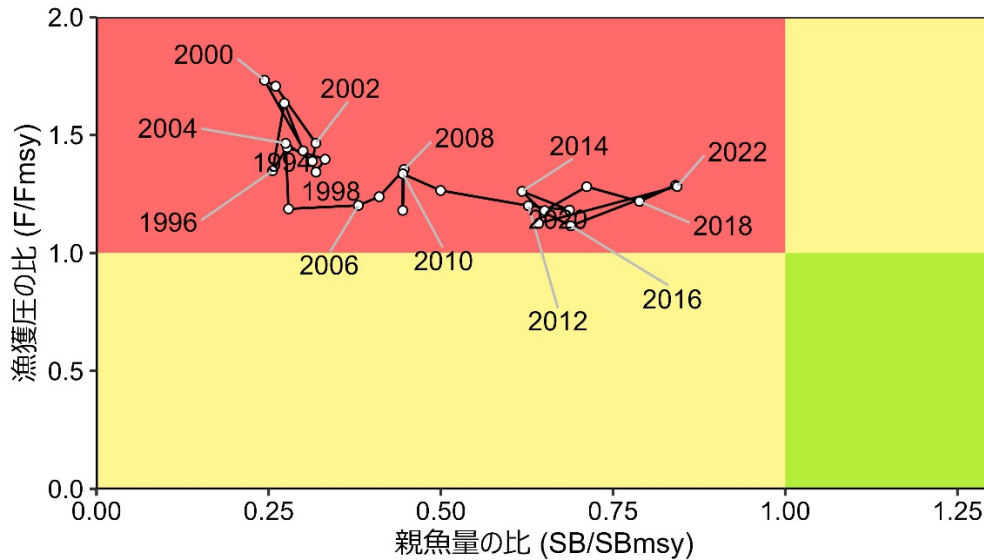


図 4-10. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) と MSY を実現する漁獲圧 (Fmsy) に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

本図は 1994～2022 年における親魚量および漁獲圧の関係を示す。

表 3-1. 漁業種類別漁獲量 (トン)

年	まき網	定置網	釣り・延縄	刺網	その他	日本合計	韓国	合計
1952	2,996	41,644	8,295	368	765	54,068		
1953	2,250	35,843	9,458	308	694	48,552		
1954	480	35,400	9,446	345	615	46,286		
1955	1,373	35,948	7,519	634	566	46,039		
1956	1,706	31,238	8,640	810	386	42,780		
1957	3,424	27,087	9,214	1,485	846	42,056		
1958	4,740	26,776	9,111	1,572	943	43,142		
1959	4,591	29,911	9,629	1,680	964	46,775		
1960	3,901	22,332	11,523	2,682	821	41,259		
1961	4,428	27,274	14,955	2,959	1,533	51,149		
1962	7,048	21,331	15,015	3,157	1,799	48,350		
1963	5,640	16,510	13,609	3,929	1,304	40,992		
1964	6,976	19,597	12,071	3,259	965	42,868		
1965	4,481	20,681	13,619	4,067	971	43,819	1,136	44,955
1966	5,324	18,667	10,632	3,572	760	38,955	1,331	40,286
1967	10,065	21,095	13,208	3,762	491	48,621	1,654	50,275
1968	8,550	18,038	16,123	5,282	369	48,362	2,942	51,304
1969	9,729	21,349	13,939	5,323	782	51,122	2,247	53,369
1970	8,758	20,801	18,757	5,506	1,036	54,858	1,718	56,576
1971	7,831	19,397	14,899	5,290	685	48,102	761	48,863
1972	12,009	18,929	13,643	4,232	925	49,738	1,301	51,039
1973	13,161	18,767	15,802	4,752	434	52,916	1,489	54,405
1974	7,751	16,708	11,348	4,202	968	40,977	1,707	42,684
1975	7,610	16,273	9,805	4,020	608	38,316	2,723	41,039
1976	7,264	15,221	14,343	4,228	1,707	42,763	2,429	45,192
1977	3,829	9,635	9,410	2,995	1,046	26,915	1,863	28,778
1978	5,791	18,521	8,728	3,136	1,238	37,414	1,829	39,243
1979	11,496	17,829	10,048	4,031	1,564	44,968	2,090	47,058
1980	10,180	15,476	9,310	5,042	1,999	42,007	2,089	44,096
1981	6,979	16,250	8,592	4,136	1,816	37,773	1,198	38,971
1982	5,747	17,888	8,038	5,680	1,091	38,444	3,829	42,273
1983	8,061	19,953	6,715	6,663	430	41,822	3,095	44,917
1984	11,124	15,108	8,533	6,141	306	41,212	2,952	44,164
1985	8,946	12,240	6,771	4,946	519	33,422	4,687	38,109
1986	6,621	15,778	6,719	4,493	150	33,761	5,795	39,556
1987	8,879	16,402	6,177	3,430	462	35,350	3,529	38,879
1988	9,069	14,476	6,992	4,144	227	34,908	6,422	41,330
1989	10,051	14,348	10,278	3,790	1,223	39,690	6,218	45,908
1990	13,187	22,191	9,578	5,308	1,834	52,098	5,114	57,212
1991	16,333	19,851	8,929	5,546	335	50,994	4,445	55,439
1992	18,727	21,129	9,420	5,805	346	55,427	2,233	57,660
1993	11,810	18,945	7,092	3,738	1,663	43,248	2,740	45,988
1994	18,918	22,195	8,236	3,255	1,198	53,802	3,501	57,303
1995	24,030	25,299	8,346	3,318	672	61,665	3,586	65,251
1996	15,370	22,739	8,620	3,070	534	50,333	3,977	54,310
1997	14,657	18,475	8,588	3,432	2,060	47,212	6,064	53,276
1998	14,788	17,942	7,811	3,593	1,350	45,484	9,620	55,104
1999	22,117	20,888	7,556	3,485	868	54,914	8,627	63,541
2000	27,296	36,123	8,108	4,712	1,220	77,459	4,814	82,273
2001	23,159	30,210	9,307	3,369	881	66,926	6,475	73,401
2002	21,065	18,089	8,120	3,311	609	51,194	5,374	56,568
2003	27,277	19,663	7,375	5,057	1,414	60,786	3,671	64,457
2004	30,457	21,683	7,151	6,006	1,048	66,345	5,321	71,666
2005	19,267	25,288	6,390	3,162	784	54,891	2,876	57,767
2006	34,658	21,846	7,371	4,277	1,200	69,352	5,073	74,425
2007	34,129	26,963	6,147	4,034	1,197	72,469	6,524	78,993
2008	35,014	27,362	7,832	4,330	1,425	75,963	12,643	88,606
2009	37,942	28,403	7,398	3,736	855	78,334	14,080	92,414
2010	59,570	35,160	8,007	3,626	528	106,891	19,468	126,359
2011	53,561	45,118	7,905	3,385	950	110,919	9,935	120,854
2012	46,304	44,317	6,691	3,200	1,327	101,839	9,021	110,860
2013	57,182	49,424	6,575	2,898	1,094	117,173	13,625	130,798
2014	66,010	47,671	7,320	3,695	526	125,222	11,158	136,380
2015	59,624	51,314	6,390	4,865	995	123,188	8,827	132,015
2016	50,556	45,917	7,207	2,966	1,025	107,671	14,642	122,313
2017	53,966	56,305	6,732	2,671	673	120,347	16,483	136,830
2018	43,533	47,520	6,371	2,292	708	100,424	13,434	113,858
2019	40,083	59,172	6,195	2,861	975	109,286	15,928	125,214
2020	38,323	58,949	5,845	2,374	823	106,314	13,051	119,365
2021	36,749	49,365	5,432	2,403	657	94,606	15,046	109,652
2022	34,319	50,006	5,831	2,012	671	92,839	21,230	114,069

2022 年は暫定値。

表 3-2. ブリ類の大海区別漁獲量 (トン)

年	北海道		北海道		太平洋北區		太平洋中區		太平洋南區		日本海北區		日本海西區		東シナ海區		瀬戸内海區		日本合計		韓国	
	日本海區	太平洋區	太平洋北區	太平洋中區	太平洋南區	日本海北區	日本海西區	東シナ海區	瀬戸内海區	日本合計	韓国											
1994	107	517	3,358	6,772	5,689	5,209	13,477	18,087	587	53,802	3,501											
1995	151	684	4,881	9,557	4,667	7,462	15,999	17,510	753	61,666	3,586											
1996	63	176	3,348	8,608	4,553	5,422	11,493	15,710	959	50,333	3,977											
1997	61	512	2,406	7,962	4,337	5,047	12,625	13,428	832	47,211	6,064											
1998	90	205	1,128	6,161	4,317	5,318	13,579	13,859	758	45,484	9,620											
1999	96	882	5,541	4,859	5,026	4,767	18,146	13,748	697	54,918	8,627											
2000	401	3,362	20,782	9,242	5,166	6,094	18,042	12,072	1,321	77,461	4,814											
2001	613	965	12,143	10,551	5,024	8,048	13,847	14,693	960	66,925	6,475											
2002	147	307	2,345	9,288	3,813	5,602	14,240	14,110	858	51,194	5,374											
2003	171	146	1,077	6,883	5,537	4,130	25,446	16,024	948	60,787	3,671											
2004	254	419	5,050	5,430	4,795	7,312	26,031	15,960	991	66,345	5,321											
2005	754	2,334	8,529	6,622	4,833	6,732	13,400	10,964	721	54,890	2,876											
2006	474	867	4,459	8,734	4,781	7,394	19,718	22,167	700	69,553	5,073											
2007	289	2,019	5,500	10,640	4,907	5,894	20,241	22,358	622	72,470	6,524											
2008	292	317	4,908	11,068	6,203	7,548	25,842	18,861	925	75,964	12,643											
2009	596	617	5,219	14,986	6,235	6,897	22,159	20,635	948	78,334	14,080											
2010	705	1,484	11,217	14,377	7,027	6,884	31,678	32,623	893	106,890	19,468											
2011	845	6,333	11,251	18,064	7,806	8,597	26,519	30,607	896	110,917	9,935											
2012	1,611	5,726	17,852	22,834	7,948	5,435	21,347	18,296	793	101,842	9,021											
2013	1,948	10,060	15,172	18,461	6,348	8,429	27,943	27,992	823	117,175	13,625											
2014	2,257	6,197	13,038	13,751	7,292	11,221	43,324	27,266	863	125,223	11,158											
2015	1,945	8,118	19,038	13,446	8,886	10,070	32,962	27,914	810	123,188	8,827											
2016	2,165	9,718	11,101	14,750	6,628	8,355	32,900	21,229	824	107,671	14,642											
2017	2,022	5,832	19,273	19,893	9,057	7,922	26,191	28,852	1,304	120,348	16,483											
2018	1,229	7,035	12,722	15,910	11,146	5,595	20,695	24,778	1,311	100,421	13,434											
2019	1,981	8,838	16,706	13,880	9,347	4,698	24,491	27,579	1,768	109,286	15,928											
2020	1,448	13,897	13,068	18,491	9,737	4,179	23,310	20,144	2,043	106,315	13,051											
2021	2,338	11,633	8,219	19,319	12,280	4,864	17,299	16,100	2,557	94,608	15,046											
2022	1,785	7,789	7,660	18,563	15,518	4,459	17,456	17,073	2,535	92,838	21,230											

2022年は暫定値。

表 3-3. ブリ類の漁業種類別漁獲量（トン）

年	大中まき	中小まき	定置網	釣り・延縄	刺網	その他	合計
1994	9,999	8,922	22,197	8,240	3,240	1,204	53,802
1995	15,658	8,422	25,304	8,320	3,286	676	61,666
1996	8,895	6,488	22,739	8,592	3,057	562	50,333
1997	4,916	9,878	18,403	8,527	3,412	2,075	47,211
1998	8,248	6,588	17,945	7,777	3,584	1,342	45,484
1999	11,532	10,602	20,890	7,542	3,481	871	54,918
2000	16,257	11,065	36,125	8,087	4,669	1,258	77,461
2001	14,144	9,065	30,218	9,267	3,356	875	66,925
2002	10,625	10,481	18,106	8,093	3,307	582	51,194
2003	11,815	15,529	19,640	7,380	5,056	1,367	60,787
2004	18,441	12,038	21,685	7,145	6,001	1,035	66,345
2005	11,794	7,482	25,286	6,388	3,163	777	54,890
2006	22,659	12,012	21,849	7,369	4,272	1,192	69,353
2007	22,869	11,231	26,966	6,176	4,031	1,197	72,470
2008	20,925	14,199	27,261	7,832	4,326	1,421	75,964
2009	21,308	16,634	28,408	7,399	3,734	851	78,334
2010	38,904	20,670	35,159	8,006	3,626	525	106,890
2011	38,089	15,484	45,120	7,900	3,380	944	110,917
2012	29,938	16,362	44,330	6,689	3,201	1,322	101,842
2013	41,087	16,108	49,421	6,575	2,896	1,088	117,175
2014	40,881	25,139	47,671	7,317	3,693	522	125,223
2015	41,656	17,972	51,317	6,388	4,866	989	123,188
2016	29,781	20,787	45,914	7,209	2,967	1,013	107,671
2017	35,578	18,393	56,300	6,747	2,670	660	120,348
2018	30,339	13,195	47,523	6,385	2,291	688	100,421
2019	26,642	13,451	59,170	6,218	2,862	943	109,286
2020	23,531	14,800	58,953	5,859	2,377	795	106,315
2021	20,434	16,325	49,366	5,465	2,405	613	94,608
2022	18,877	15,452	50,004	5,851	2,012	642	92,838

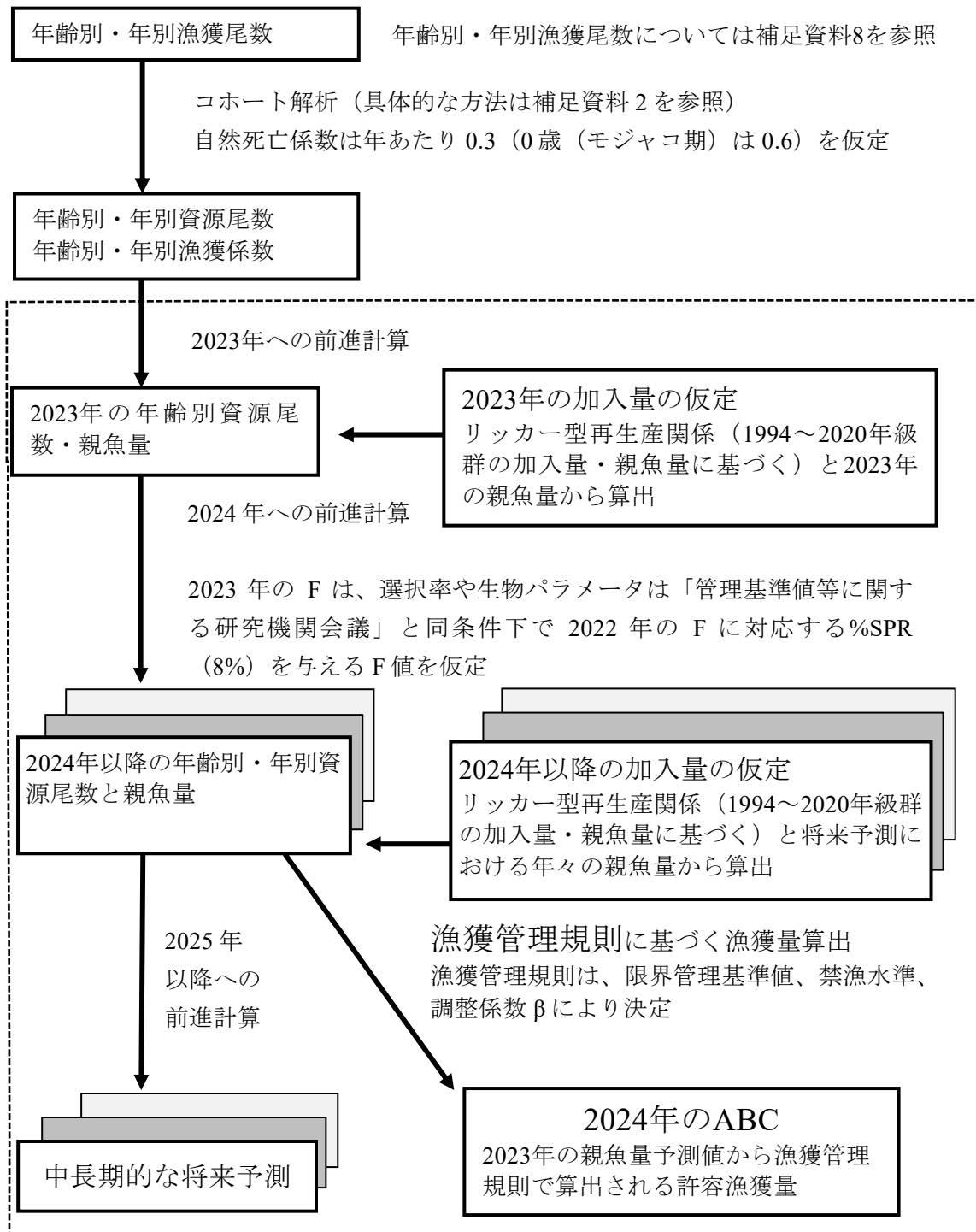
2022年は暫定値。

表 4-1. 資源解析結果の概要

年	漁獲量 (万トン)	資源量 (万トン)	親魚量 (万トン)	加入量 (億尾)	漁獲割合	RPS (尾/kg)	%SPR	F/Fmsy
1994	5.8	14.5	6.7	1.12	37%	1.68	5.89	1.43
1995	6.5	14.9	6.1	1.09	41%	1.81	4.18	1.63
1996	5.4	14.0	5.7	1.13	36%	1.98	6.71	1.35
1997	5.3	14.3	6.1	0.71	33%	1.15	5.63	1.45
1998	5.5	14.4	7.4	0.83	32%	1.12	6.15	1.40
1999	6.4	16.3	7.1	1.27	34%	1.79	6.81	1.34
2000	8.2	17.4	5.4	1.33	44%	2.46	3.66	1.73
2001	7.4	16.1	5.8	1.26	41%	2.18	3.56	1.71
2002	5.7	15.2	7.1	0.93	34%	1.32	5.17	1.47
2003	6.5	16.2	7.0	1.36	37%	1.96	6.24	1.39
2004	7.2	16.5	6.1	1.13	40%	1.85	5.52	1.46
2005	5.8	16.9	6.2	1.05	32%	1.70	8.78	1.19
2006	7.5	20.1	8.4	1.32	34%	1.56	8.63	1.20
2007	7.9	21.4	9.1	1.07	34%	1.18	8.17	1.24
2008	8.9	22.3	9.9	1.22	34%	1.23	6.69	1.35
2009	9.3	25.2	9.9	2.10	31%	2.12	9.01	1.18
2010	12.6	30.0	9.9	1.81	35%	1.84	6.95	1.34
2011	12.1	31.0	11.1	1.60	36%	1.44	7.79	1.26
2012	11.1	30.8	13.9	1.61	33%	1.16	8.60	1.20
2013	13.1	33.9	15.3	1.84	34%	1.21	9.24	1.18
2014	13.7	34.7	13.7	1.92	36%	1.40	7.91	1.26
2015	13.2	34.1	14.4	1.43	36%	0.99	9.30	1.17
2016	12.2	35.2	15.3	1.38	30%	0.90	10.16	1.11
2017	13.7	36.8	18.7	1.84	33%	0.98	7.42	1.29
2018	11.4	31.9	17.5	1.20	31%	0.68	8.43	1.22
2019	12.5	33.0	15.8	1.91	33%	1.21	7.57	1.28
2020	11.9	32.5	14.5	1.81	33%	1.25	9.09	1.18
2021	11.0	31.9	14.3	1.13	30%	0.80	9.93	1.13
2022	11.4	32.6	18.7	0.99	28%	0.53	7.58	1.28

2022 年は暫定値。

補足資料 1 資源評価の流れ



※ 点線枠内は資源管理方針に関する検討会における管理基準値や漁獲管理規則等の議論をふまえて作成される。

(https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html)

補足資料 2 計算方法

(1) 資源計算方法

我が国の 1994～2021 年までの 28 年間の 0 歳（モジャコ期）、0 歳（後期）、1 歳、2 歳および 3 歳以上をプラスグループ（3+歳）とした各年齢（成長段階）別漁獲尾数を用い、コホート解析で資源量推定を行った（Pope 1972）。0 歳（モジャコ期）と 0 歳（後期）については半年コホート、1 歳以上については年コホートとして扱った。年別年齢（成長段階）別漁獲尾数 $C_{a,y}$ から、 a 歳（期）、最近年を除く y 年の資源尾数 $N_{a,y}$ を以下の式で求めた。

$$N_{mojako,y} = N_{0,y} \exp\left(\frac{M_{mojako}}{2}\right) + C_{mojako,y} \exp\left(\frac{M_{mojako}}{4}\right) \quad (1)$$

$$N_{0,y} = N_{1,y+1} \exp\left(\frac{M}{2}\right) + C_{0,y} \exp\left(\frac{M}{4}\right) \quad (2)$$

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

ここで、 $N_{mojako,y}$ 、 $N_{0,y}$ および $N_{1,y}$ はそれぞれ、0 歳（モジャコ期）、0 歳（後期）および 1 歳の資源尾数を表す。 M_{mojako} は 0 歳（モジャコ期）の自然死亡係数、 M は 0 歳（後期）以上の自然死亡係数を示す。0 歳（モジャコ期）、0 歳（後期）および 1 歳以上の漁獲係数 $F_{a,y}$ を以下の式で求めた。

$$F_{mojako,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{mojako,y} \exp\left(\frac{M_{mojako}}{4}\right)}{N_{mojako,y}}\right) \quad (4)$$

$$F_{0,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{0,y} \exp\left(\frac{M}{4}\right)}{N_{0,y}}\right) \quad (5)$$

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}}\right) \quad a \geq 1 \quad (6)$$

また、2 歳と 3+歳の漁獲係数は等しいと仮定し、資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{2,y} = \frac{C_{2,y}}{C_{2,y} + C_{3+,y}} N_{3+,y+1} \exp(M) + C_{2,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (7)$$

$$N_{3+,y} = \frac{C_{3+,y}}{C_{2,y} + C_{3+,y}} N_{3+,y+1} \exp(M) + C_{3+,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (8)$$

最近年 Y の資源尾数は、

$$N_{mojako,Y} = N_{0,Y} \exp\left(\frac{M_{mojako}}{2}\right) + C_{mojako,Y} \exp\left(\frac{M_{mojako}}{4}\right) \quad (9)$$

$$N_0 = \frac{C_{0,Y}}{1 - \exp(-F_{0,Y})} \exp\left(\frac{M}{4}\right) \quad (10)$$

$$N_{a,Y} = \frac{C_{a,Y}}{1 - \exp(-F_{a,Y})} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad a \geq 1 \quad (11)$$

で求めた。0 歳（後期）以上（b 歳）の最近年 Y の漁獲係数は過去 5 年の漁獲係数の平均値に等しいと仮定し、

$$F_{b,Y} = \frac{\sum_{k=1}^5 F_{b,Y-k}}{5} \quad b = 0, 1 \quad (12)$$

で求めた。0 歳（モジャコ期）の最近年の漁獲係数は式（4）と同様の式で算出した。年あたりの自然死亡係数 M について、0 歳以上は田中（1960）と昨年度までの本種資源評価からの一貫性を考慮して 0.3 とした。モジャコの M については 0 歳（後期）以上の M の 2 倍に相当する 0.6 を用いた。

また、5 年間のレトロスペクティブ解析により、データの追加・更新が行われることで資源量推定等に生じる変化を確認した（補足図 2-1）。加入量に変動の大きな年が、親魚量と資源量に上方修正の傾向が、漁獲割合に下方修正の傾向があったが、レトロスペクティブバイアス（Mohn's ρ 、Mohn 1999）は、加入量が 0.149、親魚量が -0.090、資源量が -0.044、漁獲割合が 0.051 と極端に大きくはなかった。

（2）自然死亡係数（M）に関する議論

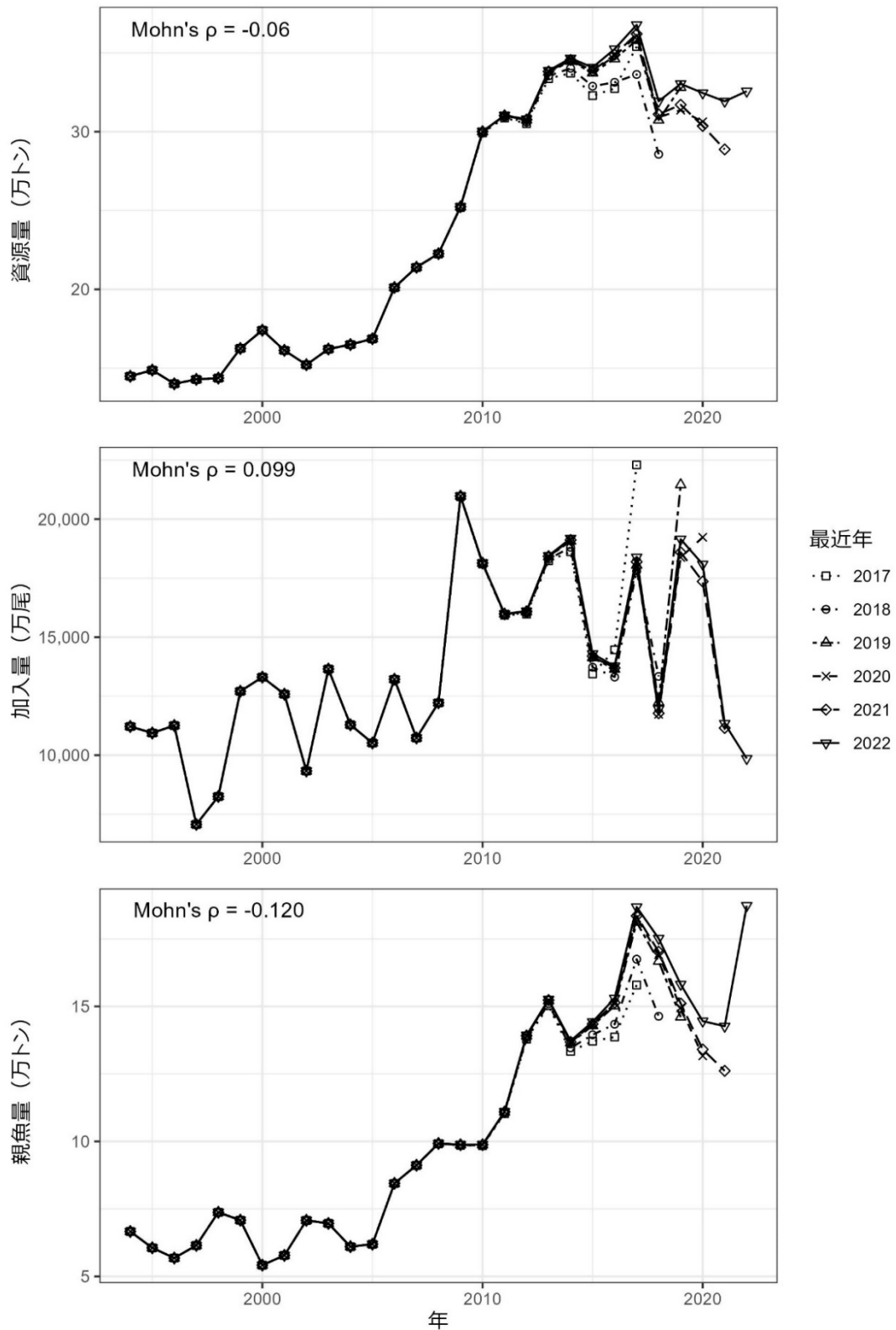
「4.（1）資源評価の方法」で述べたように、コホート解析で使用する自然死亡係数（M）は重要なパラメーターの一つであるが、コホート解析内部での推定が困難であるため、外部で妥当なレベルの値を推定して用いるのが一般的である。そのため、対象種の観測可能な形質から M を求めるための推定式が多く開発されている（補足表 2-2）。まず、対象魚の生活史に基づいたものとして、Pauly の推定式（Pauly 1980）があるが、これは von Bertalanffy 成長曲線の成長係数（K）、極限体長（ L_{∞} , cm）および平均環境水温（T, °C）から求められる。平均環境水温（T）が必要であることから、Pauly の推定式の利用は本種への適用が難しいため、Then et al.（2015）の再解析によって T が除去された Pauly_update の推定式を用いた。Jensen の推定式は K のみから推定されるものである（Jensen 1996）。Gislason 1（Gislason et al. 2010）は M の値が、K と L_{∞} から計算される L の関数として与えられるもので、Gislason 2 は Charnov et al.（2013）によって、Gislason 1 が更新されたものである。また、Chen and Watanabe（1989）は成長の初期段階で M が高く、成長と共に M が減少し、寿命に近づくと再び M が増加するような年齢と M がバスタ

ブリ型の曲線となる関係式を提案している。次に、寿命に基づく推定式として田内・田中の推定式（田中 1960）は本年度に使用したものである。Hoenig（Hoenig 1983）と Hoenig update（Then et al. 2015）も同様に寿命のみから M の値が推定されるものである。FishLife（Thorson et al. 2020）は、系統関係も考慮して 30,000 種以上の魚種の M の値を推定できる R パッケージである。

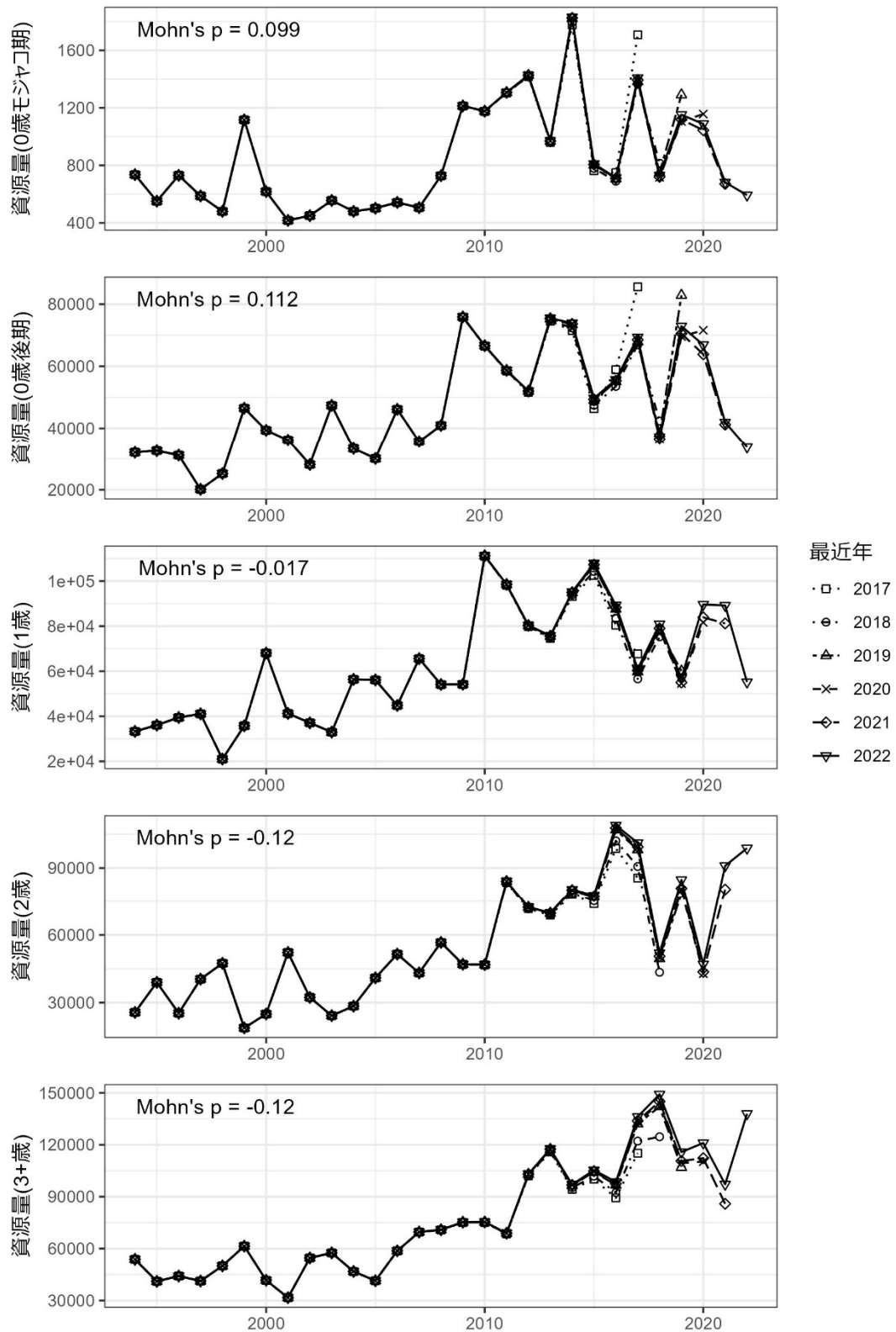
ブリの形質を用いて、それぞれで推定される M の値を求めた（補足表 2-2）。一般的な傾向として、 M の値は寿命が長く L_{∞} が大きいほど低くなり、 K が大きいほど高くなる推定式が多い傾向にあった。本年度に用いた M の値（0.3）は、候補とした推定式の中でも最も低い値で、主要な推定式で求められる M の値の中でも端部に位置するものであった（補足表 2-2）。また、尾叉長および年齢に依存して M が変化する Gislason 1（Gislason et al. 2010）と Gislason 2（Charnov et al. 2013）を用いた M の推定も行ったが、寿命までの殆どの年齢で 0.3 を超える高い値となっていた（補足図 2-2）。また、Chen and Watanabe（1989）の式においても、 M は常に 0.3 以上で、バスタブ型で再び M が増加するのは本種の寿命を超えた 9 歳頃であった（補足図 2-2）。これらの M の候補値を、本種の資源解析に用いることについては、標識放流結果との整合性等、ブリ個別の研究事例と照らし合わせながら今後も慎重に検討していく必要がある。

引用文献

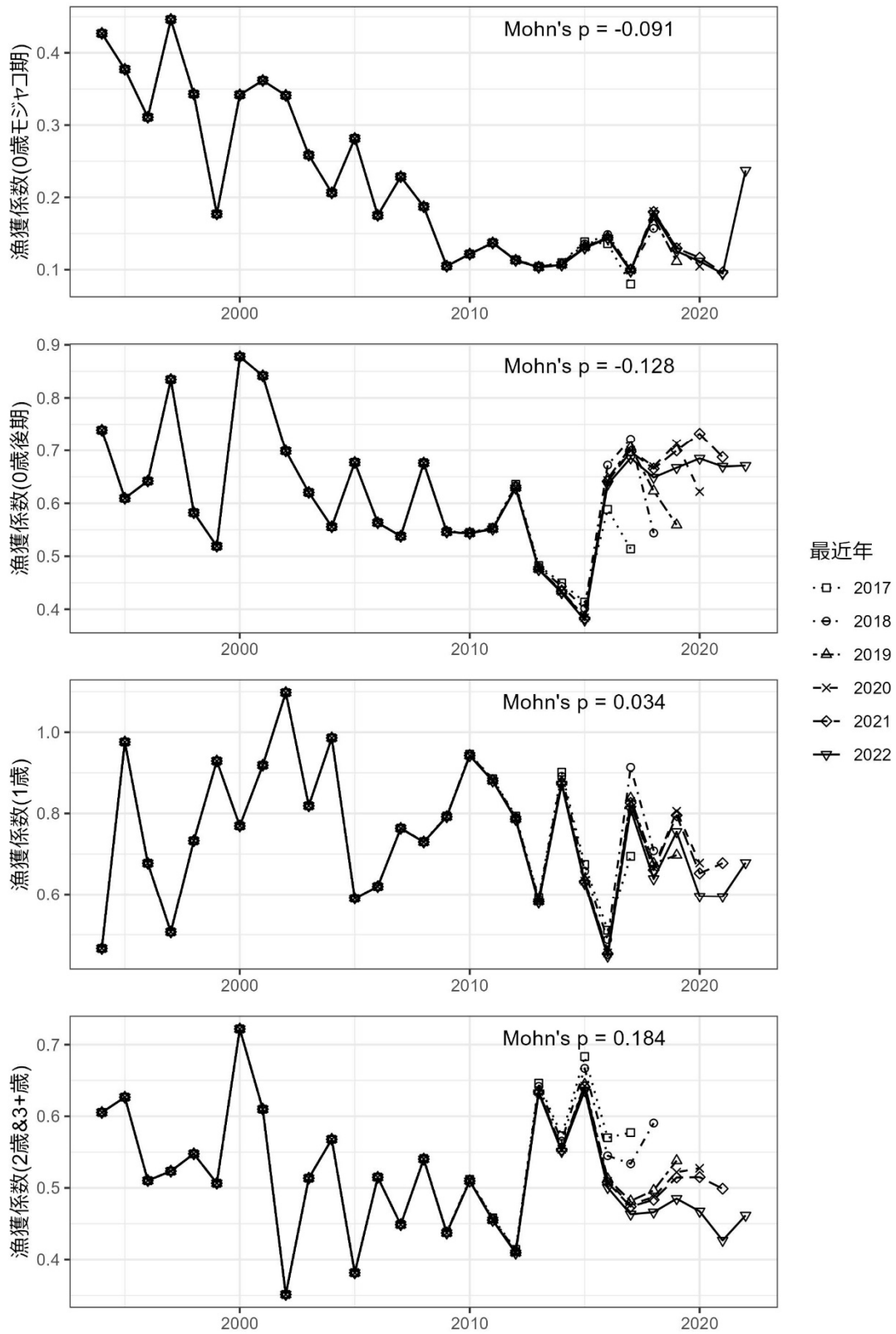
- Charnov E. L., Gislason H., Pope J. G. (2013) Evolutionary assembly rules for fish life histories. *Fish and Fisheries*, **14**, 213-224.
- Chen S, Watanabe S. (1989) Age dependence of natural mortality coefficient in fish population dynamics. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**, 205-208.
- Gislason H., Daan N., Rice J. C., Pope J. G. (2010) Size, growth, temperature and the natural mortality of marine fish. *Fish and Fisheries*, **11**, 149-158.
- Hoenig, J. M. (1983) Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fish. Bull.*, **81**, 898-903.
- Jensen A. L. (1996) Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **53**, 820-822.
- Mohn, R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. *ICES J. Mar. Sci.*, **56**, 473-488.
- Pauly, D. (1980) On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, **39**, 175-192.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.*, **9**, 65-74.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の population dynamics と漁業資源管理. 東海区水研報, **28**, 1-200.
- Then A. Y., Hoenig J. M., Hall N. G., Hewitt D. A. (2015) Evaluating the predictive performance of empirical estimators of natural mortality rate using information on over 200 fish species. *ICES J. Mar. Sci.*, **72**, 82-92.
- Thorson J. T. (2020) Predicting recruitment density dependence and intrinsic growth rate for all fishes worldwide using a data-integrated life-history model. *Fish and Fisheries*, **21**, 237-251.



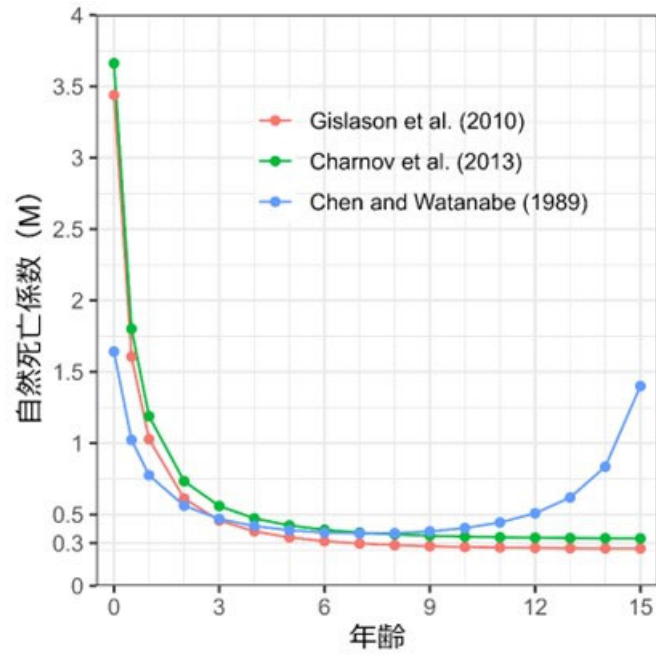
補足図 2-1. 資源量、加入量、親魚量のレトロスペクティブ解析
 凡例の数字は VPA の最近年を示す。



補足図 2-1. (つづき) 年齢別資源量のレトロスペクティブ解析
 凡例の数字は VPA の最近年を示す。



補足図 2-1. (つづき) 年齢別漁獲係数のレトロスペクティブ解析
 凡例の数字は VPA の最近年を示す。



補足図 2-2. 推定式による年齢と自然死亡係数 (M) の関係

Gislason 1 (Gislason et al. 2010) と Gislason 2 (Charnov et al. 2013)、Chen and Watanabe (1989) の推定式を用いた結果を示す。

表 2-1. 資源解析結果 (年齢別漁獲尾数)

年	日本及び韓国(万尾)				太平洋(万尾)				日本海、東シナ海(万尾)				
	0歳(モシヤコ)	0歳(後期)	1歳	2歳	3歳以上	0歳(後期)	1歳	2歳	3歳以上	0歳(後期)	1歳	2歳	3歳以上
1994	3,355	2,628	646	252	276	480	319	45	82	2,058	317	201	160
1995	2,959	2,353	1,195	375	219	326	520	143	40	1,950	648	221	150
1996	2,589	2,686	1,101	214	202	503	354	83	75	2,020	684	121	103
1997	2,190	1,760	947	343	189	293	443	57	62	1,379	449	241	93
1998	2,062	1,777	560	448	242	155	240	64	55	1,413	256	346	111
1999	1,776	2,962	1,087	152	279	292	385	79	70	2,518	644	69	121
2000	3,316	3,796	1,866	270	249	1,808	1,025	157	70	1,903	787	103	136
2001	3,288	3,428	1,296	545	166	779	724	223	41	2,318	506	298	87
2002	2,322	2,293	1,382	189	186	264	323	125	45	1,829	971	58	106
2003	2,676	3,349	1,012	206	265	365	186	72	85	2,901	776	125	152
2004	1,811	2,690	1,950	256	225	200	348	70	80	2,331	1,490	168	118
2005	2,222	2,684	1,289	273	148	491	556	100	72	2,081	689	161	62
2006	1,828	3,284	1,022	478	270	715	423	79	56	2,460	570	383	172
2007	1,888	2,441	1,851	319	297	918	568	120	61	1,410	1,210	168	193
2008	1,796	3,422	1,418	500	337	749	362	187	70	2,457	950	283	164
2009	1,797	5,461	1,548	346	306	1,033	432	217	88	3,763	957	104	140
2010	1,787	4,628	3,666	379	352	759	663	239	112	3,265	2,398	121	168
2011	1,761	4,061	2,996	634	298	1,746	759	271	116	2,103	1,962	328	153
2012	1,478	4,612	2,399	528	402	1,166	1,602	275	169	3,197	690	215	175
2013	1,559	4,321	1,854	699	640	724	604	518	206	3,216	1,072	146	340
2014	1,665	4,151	3,305	740	476	1,225	506	295	163	2,729	2,515	401	259
2015	1,498	2,725	2,865	828	577	482	614	472	235	2,144	2,103	329	278
2016	1,583	3,859	1,700	958	461	562	470	504	156	2,837	1,072	389	217
2017	1,475	5,685	1,926	828	600	3,000	437	443	194	2,231	1,236	326	302
2018	1,668	3,286	2,176	426	669	1,193	970	226	219	1,601	1,006	153	359
2019	1,945	5,650	1,523	693	525	2,891	415	333	153	2,172	889	302	282
2020	1,644	5,512	2,134	374	540	3,365	947	200	176	1,867	954	141	274
2021	881	3,460	2,006	675	395	1,790	1,027	349	155	1,178	746	257	160
2022	1,792	2,612	1,428	677	551	863	502	443	248	1,231	764	186	255

補足表 2-1. (つづき) 資源解析結果 (年齢別漁獲量)

年	日本及び韓国(万トン)					太平洋(万トン)					日本海、東シナ海(万トン)						
	0歳(モジヤコ)	1歳	2歳	3歳以上	0歳(後期)	1歳	2歳	3歳以上	0歳(後期)	1歳	2歳	3歳以上	0歳(後期)	1歳	2歳	3歳以上	
	1994	0.02	1.56	1.07	1.00	2.10	0.26	0.53	0.24	0.66	1.24	0.52	0.74	1.19	1.19	0.52	0.74
1995	0.01	1.38	1.94	1.56	1.65	0.20	0.88	0.66	0.32	1.14	1.02	0.85	1.10	1.10	1.02	0.85	1.10
1996	0.02	1.37	1.67	0.87	1.52	0.27	0.57	0.37	0.55	1.01	1.01	0.46	0.78	1.01	1.01	0.46	0.78
1997	0.02	1.06	1.40	1.42	1.45	0.15	0.68	0.27	0.50	0.85	0.65	0.94	0.68	0.85	0.65	0.94	0.68
1998	0.01	1.03	0.94	1.72	1.82	0.07	0.45	0.30	0.45	0.81	0.40	1.27	0.80	0.81	0.40	1.27	0.80
1999	0.02	1.75	1.86	0.64	2.10	0.17	0.74	0.37	0.54	1.49	1.04	0.25	0.90	1.49	1.04	0.25	0.90
2000	0.02	2.13	3.14	1.10	1.85	0.98	1.87	0.67	0.56	1.10	1.20	0.39	0.97	1.10	1.20	0.39	0.97
2001	0.01	1.91	2.13	2.05	1.24	0.42	1.30	0.93	0.32	1.30	0.74	1.05	0.64	1.30	0.74	1.05	0.64
2002	0.01	1.31	2.13	0.82	1.39	0.14	0.62	0.59	0.36	1.06	1.37	0.21	0.77	1.06	1.37	0.21	0.77
2003	0.01	2.03	1.59	0.84	1.99	0.17	0.31	0.35	0.67	1.81	1.21	0.45	1.11	1.81	1.21	0.45	1.11
2004	0.01	1.32	3.04	1.06	1.75	0.11	0.58	0.33	0.66	1.12	2.30	0.65	0.88	1.12	2.30	0.65	0.88
2005	0.01	1.37	2.15	1.12	1.13	0.24	1.02	0.46	0.58	1.06	1.06	0.61	0.45	1.06	1.06	0.61	0.45
2006	0.01	1.84	1.78	1.78	2.03	0.39	0.76	0.36	0.44	1.38	0.96	1.36	1.27	1.38	0.96	1.36	1.27
2007	0.01	1.38	3.01	1.34	2.17	0.43	0.93	0.54	0.46	0.87	1.96	0.66	1.38	0.87	1.96	0.66	1.38
2008	0.01	1.87	2.41	2.04	2.55	0.33	0.67	0.79	0.55	1.39	1.54	1.11	1.21	1.39	1.54	1.11	1.21
2009	0.01	2.96	2.55	1.43	2.29	0.45	0.73	0.93	0.69	2.09	1.53	0.39	1.02	2.09	1.53	0.39	1.02
2010	0.01	2.59	5.84	1.61	2.59	0.36	1.24	1.06	0.84	1.86	3.66	0.46	1.21	1.86	3.66	0.46	1.21
2011	0.01	2.31	4.96	2.65	2.17	1.00	1.37	1.18	0.89	1.19	3.09	1.31	1.07	1.19	3.09	1.31	1.07
2012	0.01	2.25	3.76	2.09	2.98	0.50	2.56	1.17	1.28	1.61	1.04	0.77	1.26	1.61	1.04	0.77	1.26
2013	0.01	2.65	2.87	2.82	4.75	0.40	0.99	2.10	1.58	2.00	1.62	0.56	2.47	2.00	1.62	0.56	2.47
2014	0.02	2.40	4.77	2.93	3.54	0.59	0.96	1.24	1.27	1.69	3.40	1.50	1.87	1.69	3.40	1.50	1.87
2015	0.01	1.46	4.33	3.15	4.27	0.25	1.08	1.87	1.76	1.14	3.01	1.17	2.04	1.14	3.01	1.17	2.04
2016	0.01	2.43	2.77	3.69	3.34	0.29	0.78	2.03	1.14	1.85	1.75	1.40	1.54	1.85	1.75	1.40	1.54
2017	0.01	3.19	2.92	3.23	4.35	1.57	0.75	1.77	1.41	1.34	1.82	1.20	2.18	1.34	1.82	1.20	2.18
2018	0.01	1.65	3.29	1.67	4.78	0.60	1.63	0.94	1.58	0.79	1.38	0.57	2.55	0.79	1.38	0.57	2.55
2019	0.01	3.29	2.60	2.80	3.83	1.66	0.76	1.38	1.17	1.28	1.48	1.19	2.01	1.28	1.48	1.19	2.01
2020	0.01	3.08	3.46	1.51	3.89	1.90	1.62	0.85	1.30	1.00	1.48	0.53	1.94	1.00	1.48	0.53	1.94
2021	0.01	1.90	3.44	2.72	2.90	0.84	1.84	1.46	1.19	0.76	1.24	1.00	1.14	0.76	1.24	1.00	1.14
2022	0.01	1.53	2.34	3.14	4.39	0.44	0.94	1.90	1.77	0.71	0.98	0.71	1.83	0.71	0.98	0.71	1.83

補足表 2-1. (つづき) 資源解析結果 (年齢別資源尾数・資源量)

年	年齢別資源尾数(万尾)					年齢別資源量(万トン)						
	0歳(モジャコ)	0歳(後期)	1歳	2歳	3歳以上	0歳(モジャコ)	0歳(後期)	1歳	2歳	3歳以上	0歳後期以降計	
1994	11,217	5,422	2,015	645	705	8,786	0.07	3.21	3.33	2.57	5.38	14.49
1995	10,940	5,558	2,228	936	546	9,268	0.06	3.26	3.61	3.9	4.11	14.88
1996	11,259	6,112	2,601	622	587	9,922	0.07	3.12	3.95	2.53	4.42	14.01
1997	7,068	3,352	2,768	979	538	7,636	0.06	2.01	4.11	4.04	4.13	14.29
1998	8,253	4,339	1,252	1,236	666	7,492	0.05	2.52	2.1	4.74	5	14.37
1999	12,708	7,886	2,086	446	815	11,232	0.11	4.65	3.58	1.88	6.14	16.25
2000	13,306	7,003	4,039	610	563	12,215	0.06	3.94	6.81	2.49	4.17	17.41
2001	12,586	6,494	2,506	1,387	422	10,808	0.04	3.62	4.13	5.22	3.17	16.13
2002	9,333	4,916	2,409	741	728	8,793	0.05	2.82	3.71	3.23	5.46	15.22
2003	13,650	7,809	2,103	595	766	11,274	0.06	4.74	3.3	2.42	5.75	16.21
2004	11,288	6,803	3,614	687	603	11,708	0.05	3.34	5.64	2.84	4.68	16.5
2005	10,520	5,881	3,360	999	542	10,782	0.05	3.01	5.61	4.1	4.15	16.86
2006	13,219	8,220	2,572	1,380	779	12,951	0.05	4.61	4.48	5.15	5.87	20.12
2007	10,733	6,326	4,028	1,025	956	12,336	0.05	3.57	6.56	4.32	6.96	21.4
2008	12,224	7,510	3,181	1,391	937	13,020	0.07	4.1	5.41	5.67	7.09	22.27
2009	20,979	13,995	3,289	1,136	1,005	19,425	0.12	7.59	5.42	4.7	7.53	25.24
2010	18,142	11,901	6,979	1,104	1,025	21,009	0.12	6.67	11.13	4.69	7.54	30.02
2011	15,992	10,331	5,950	2,016	948	19,244	0.13	5.87	9.86	8.41	6.9	31.04
2012	16,103	10,657	5,125	1,829	1,393	19,004	0.14	5.21	8.04	7.24	10.31	30.8
2013	18,450	12,326	4,895	1,731	1,586	20,538	0.1	7.55	7.58	6.98	11.77	33.88
2014	19,180	12,776	6,600	2,031	1,306	22,713	0.18	7.39	9.52	8.04	9.71	34.66
2015	14,294	9,301	7,145	2,045	1,425	19,915	0.08	4.97	10.79	7.78	10.54	34.08
2016	13,775	8,842	5,477	2,827	1,361	18,508	0.07	5.57	8.93	10.89	9.85	35.24
2017	18,388	12,353	4,031	2,595	1,881	20,859	0.14	6.93	6.11	10.12	13.62	36.78
2018	11,955	7,421	5,357	1,328	2,086	16,193	0.07	3.72	8.09	5.2	14.92	31.93
2019	19,150	12,512	3,339	2,096	1,587	19,533	0.12	7.29	5.69	8.47	11.58	33.04
2020	18,089	11,986	5,527	1,163	1,680	20,355	0.11	6.69	8.96	4.7	12.1	32.46
2021	11,340	7,643	5,202	2,258	1,320	16,423	0.07	4.2	8.92	9.1	9.71	31.93
2022	9,858	5,760	3,368	2,127	1,730	12,985	0.06	3.38	5.52	9.88	13.79	32.57

補足表 2-1. (つづき) 資源解析結果 (年齢別漁獲係数・年齢別親魚量・年齢別平均体重)

年	年齢別漁獲係数				年齢別親魚量(万トン)				年齢別平均体重(g)								
	0歳 (モジャコ)	0歳 (後期)	1歳	2歳	3歳以上	平均値	0歳 (モジャコ)	0歳 (後期)	1歳	2歳	3歳以上	計	0歳 (モジャコ)	0歳 (後期)	1歳	2歳	3歳以上
1994	0.43	0.74	0.47	0.61	0.61	0.71	0	0	0	1.28	5.38	6.66	7	592	1,652	3,982	7,634
1995	0.38	0.61	0.98	0.63	0.63	0.80	0	0	0	1.95	4.11	6.06	5	587	1,619	4,162	7,531
1996	0.31	0.64	0.68	0.51	0.51	0.66	0	0	0	1.26	4.42	5.68	6	510	1,517	4,067	7,526
1997	0.45	0.83	0.51	0.52	0.52	0.71	0	0	0	2.02	4.13	6.15	8	601	1,483	4,127	7,679
1998	0.34	0.58	0.73	0.55	0.55	0.69	0	0	0	2.37	5.00	7.37	6	582	1,680	3,837	7,518
1999	0.18	0.52	0.93	0.51	0.51	0.66	0	0	0	0.94	6.14	7.08	9	590	1,715	4,212	7,542
2000	0.34	0.88	0.77	0.72	0.72	0.86	0	0	0	1.25	4.17	5.42	5	562	1,685	4,086	7,416
2001	0.36	0.84	0.92	0.61	0.61	0.84	0	0	0	2.61	3.17	5.78	3	557	1,646	3,766	7,504
2002	0.34	0.70	1.10	0.35	0.35	0.71	0	0	0	1.62	5.46	7.08	5	573	1,540	4,361	7,500
2003	0.26	0.62	0.82	0.51	0.51	0.68	0	0	0	1.21	5.75	6.96	4	607	1,568	4,065	7,512
2004	0.21	0.56	0.99	0.57	0.57	0.72	0	0	0	1.42	4.68	6.10	4	490	1,560	4,140	7,757
2005	0.28	0.68	0.59	0.38	0.38	0.58	0	0	0	2.05	4.15	6.19	5	512	1,670	4,101	7,651
2006	0.18	0.56	0.62	0.51	0.51	0.60	0	0	0	2.58	5.87	8.45	4	561	1,743	3,733	7,534
2007	0.23	0.54	0.76	0.45	0.45	0.61	0	0	0	2.16	6.96	9.12	5	564	1,628	4,209	7,282
2008	0.19	0.68	0.73	0.54	0.54	0.67	0	0	0	2.83	7.09	9.93	6	545	1,701	4,074	7,567
2009	0.10	0.55	0.79	0.44	0.44	0.58	0	0	0	2.35	7.53	9.88	6	542	1,649	4,139	7,490
2010	0.12	0.54	0.94	0.51	0.51	0.66	0	0	0	2.34	7.54	9.88	6	560	1,594	4,245	7,358
2011	0.14	0.55	0.88	0.45	0.45	0.62	0	0	0	4.21	6.90	11.10	8	568	1,657	4,174	7,278
2012	0.11	0.63	0.79	0.41	0.41	0.59	0	0	0	3.62	10.31	13.93	9	489	1,568	3,959	7,401
2013	0.10	0.47	0.58	0.63	0.63	0.61	0	0	0	3.49	11.77	15.26	5	612	1,548	4,034	7,418
2014	0.11	0.43	0.87	0.55	0.55	0.63	0	0	0	4.02	9.71	13.73	10	579	1,442	3,959	7,434
2015	0.13	0.38	0.63	0.64	0.64	0.60	0	0	0	3.89	10.54	14.43	6	535	1,510	3,805	7,396
2016	0.14	0.64	0.45	0.50	0.50	0.56	0	0	0	5.45	9.85	15.30	5	630	1,630	3,852	7,241
2017	0.10	0.69	0.81	0.46	0.46	0.63	0	0	0	5.06	13.62	18.68	8	561	1,515	3,899	7,242
2018	0.18	0.65	0.64	0.47	0.47	0.60	0	0	0	2.60	14.92	17.52	6	502	1,510	3,915	7,149
2019	0.13	0.67	0.75	0.48	0.48	0.63	0	0	0	4.24	11.58	15.82	6	583	1,705	4,043	7,296
2020	0.11	0.68	0.60	0.47	0.47	0.58	0	0	0	2.35	12.10	14.45	6	558	1,621	4,043	7,206
2021	0.09	0.67	0.59	0.43	0.43	0.55	0	0	0	4.55	9.71	14.26	6	549	1,714	4,029	7,362
2022	0.24	0.67	0.68	0.46	0.46	0.63	0	0	0	4.94	13.79	18.73	6	587	1,638	4,645	7,972

補足表 2-2. M の推定式の一覧

推定式	数式	M	L_{∞}	K	Amax	引用文献
本資源評価	-	0.300	-	-	-	-
田内・田中	$M = 2.5/A_{max}$	0.357	-	-	7	田中(1960)
Pauly_update	$M = 4.12L_{\infty}^{-0.33}K^{0.73}$	0.397	102.7	0.33	-	Then et al. (2015)
Jensen	$M = 1.5K$	0.495	-	0.33	-	Jensen(1996)
Hoenig	$M = 4.30/A_{max}$	0.614	-	-	7	Hoenig(1983)
Hoenig_update	$M = 4.90A_{max}^{-0.916}$	0.824	-	-	7	Then et al. (2015)
FishLife	-	0.553	-	-	-	Thorson et al. (2020)

Amax は寿命 (年)、 L_{∞} は極限尾叉長 (cm)、K は von Bertalanffy の成長率で、これらのパラメータを各数式に適用することで M の値が求まる。

補足資料 3 管理基準値案と禁漁水準案等

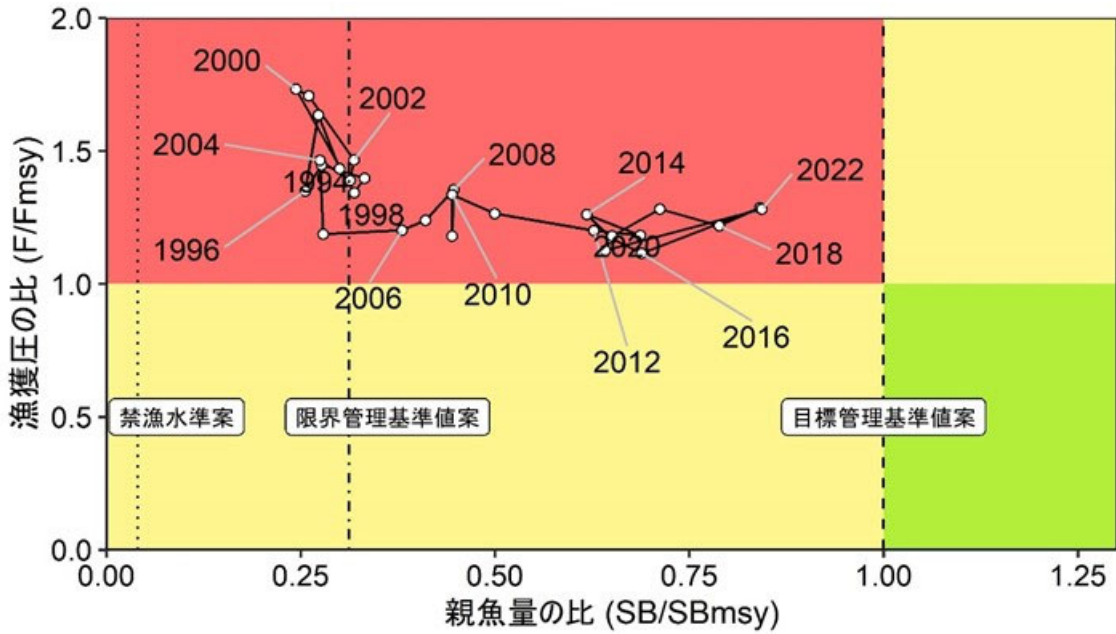
令和 3 年 12 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」により、目標管理基準値 (SBtarget) には MSY 水準における親魚量 (SBmsy : 22.2 万トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には MSY の 60%が得られる親魚量 (SB0.6msy : 6.9 万トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 10%が得られる親魚量 (SB0.1msy : 0.9 万トン) を用いることが提案されている (古川ほか 2022、補足表 6-2)。

目標管理基準値案と、MSY を実現する漁獲圧 (F) を基準にした神戸プロットを補足図 3-1 に示す。コホート解析により得られた 2022 年の親魚量 (SB2022 : 18.7 万トン) は目標管理基準値案を下回るが、限界管理基準値案および禁漁水準案は上回る。本種における 1994 年以降の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧を上回っていたと判断される。

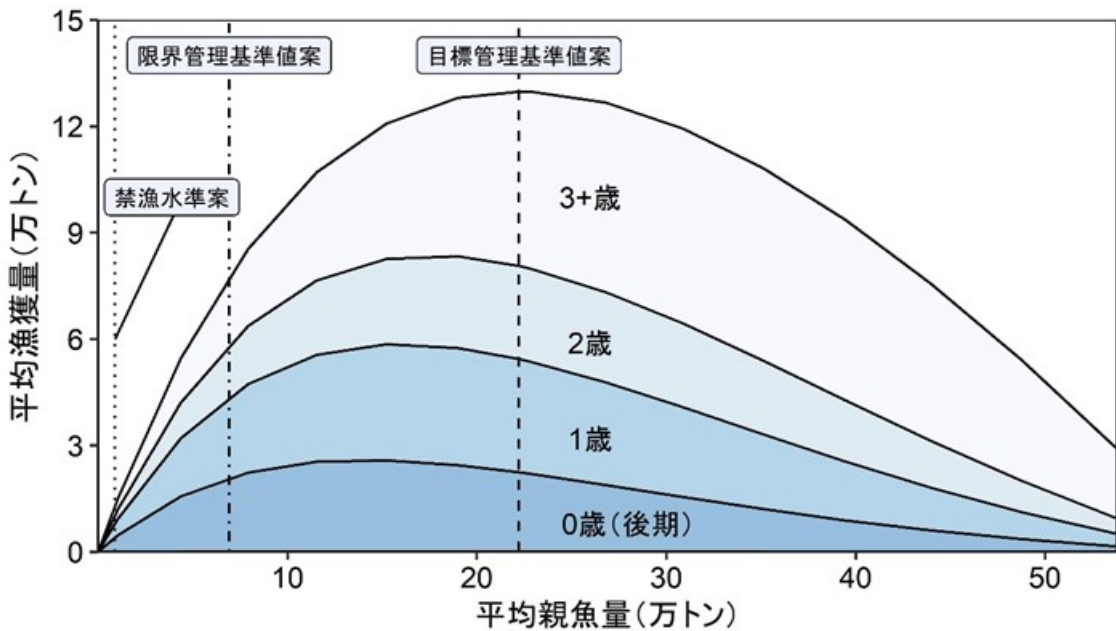
平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を補足図 3-2 に示した。平均親魚量が限界管理基準値以下では 0 歳 (後期) および 1 歳魚が占める割合が高い。しかし、親魚量が増加するにつれて高齢魚の比率が高くなる傾向がみられる。なお、上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」で提案された通り、補足図 3-2 の漁獲量曲線には 0 歳 (モジャコ期) も加算されているが、その割合は極めて少ない。

引用文献

古川誠志郎・加賀敏樹・久保田洋・大島和浩 (2022) 令和 3 (2021) 年度ブリ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. FRA-SA2021-BRP07-01. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20211208/FRA-SA2021-BRP07-01.pdf. (last accessed 8 November 2023)



補足図 3-1. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係 (神戸プロット)



補足図 3-2. 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)

補足資料 4 漁獲管理規則案に対応した将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2022 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2023～2054 年までの将来予測計算を行った（補足資料 5）。将来予測における加入量は、各年の親魚量から予測される値を再生産関係式から与えた。加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差を仮定し、2,000 回の繰り返し計算を行った。2023 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2023）から仮定した。現状の漁獲圧は、管理基準値案を算出した時と同じ選択率や生物パラメータ（平均体重等）の条件下で、今年度評価における 2022 年の %SPR（7.58）を与える F 値とした。2024 年以降の漁獲圧には、各年に予測される親魚量をもとに下記の漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。

(2) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧（F）等を定めたものである。「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値案を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、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 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 4-1 に本種の「管理基準値等に関する研究機関会議」により提案された漁獲管理規則を示した。ここでは例として調整係数 β を 0.8 とした場合を示した。なお、研究機関会議提案では、 β が 0.9 以下であれば、10 年後に 50%以上の確率で目標管理基準値案以上に親魚量を維持できると予想されている。なお、達成確率が 50%になる β は 0.997 であった。

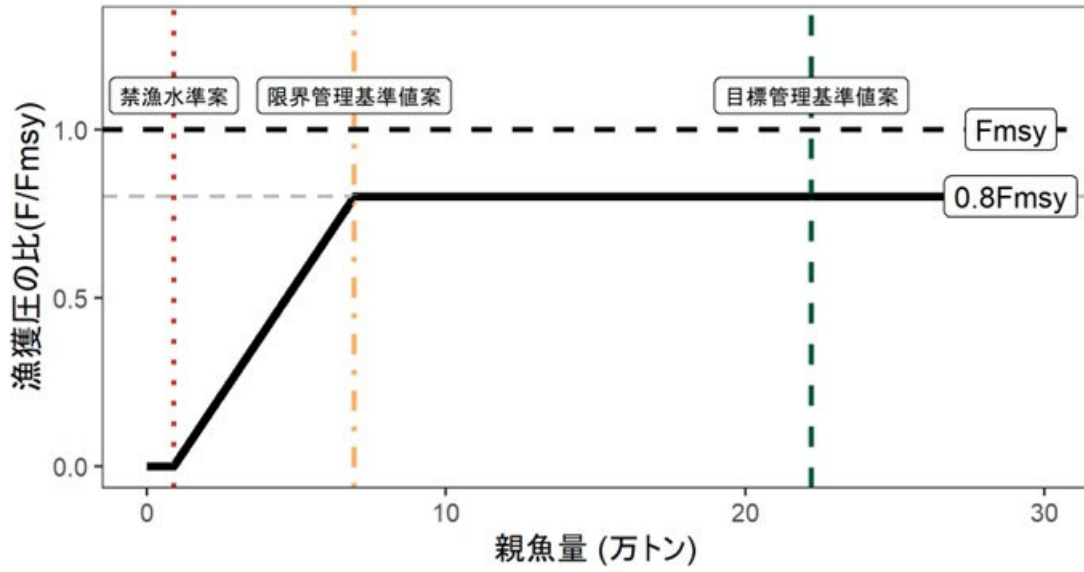
(3) 2024 年の予測値

漁獲管理規則に基づき試算された 2024 年の平均漁獲量は β を 0.8 とした場合には 7.2 万トン、 β を 1.0 とした場合には 8.6 万トンであった（補足表 6-4）。2024 年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 11.6 万トンと見込まれた。

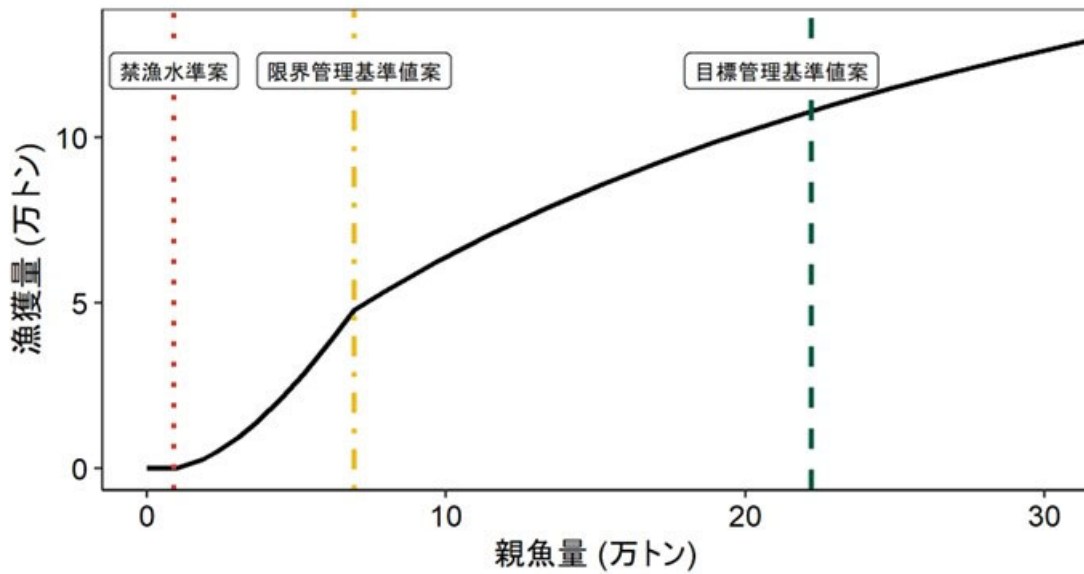
(4) 2025 年以降の予測

2025 年以降も含めた将来予測の結果を補足図 4-2 および補足表 4-1、4-2 に示した。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2034 年の親魚量の予測値は β を 0.8 とした場合には 28.5 万トン（90%予測区間は 24.3 万～33.5 万トン）であり、 β を 1.0 とした場合には 22.3 万トン（90%予測区間は 18.9 万～26.2 万トン）である（補足表 6-5）。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.95 以下で 50%を上回る。現状の漁獲圧（F2023）を継続した場合の 2034 年の親魚量の予測値は 13.0 万トン（90%予測区間は 10.7 万～15.6 万トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 0%、限界管理基準値案を上回る確率は 100%である。

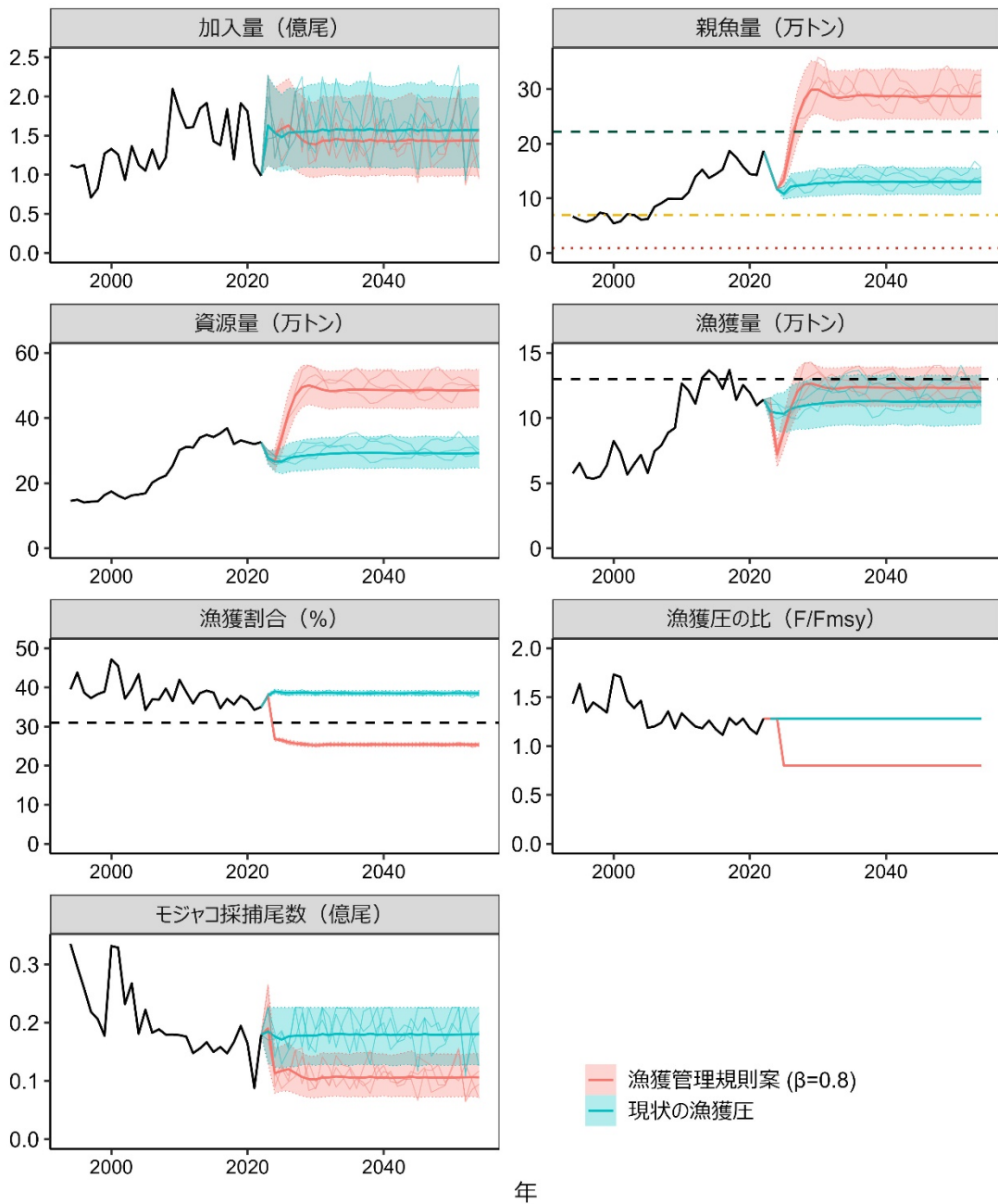
a)



b)



補足図 4-1. 漁獲管理規則案 ($\beta=0.8$ の場合) a) 縦軸を漁獲圧にした場合、b) 縦軸を漁獲量にした場合。



補足図 4-2. 漁獲管理規則案を用いた場合（赤線）と現状の漁獲圧での将来予測（青色）
 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3通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2023年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧（ F_{2023} ）により仮定し、2024年以降の漁獲は漁獲管理規則案（補足図 4-1）に従うものとした。現状の漁獲圧でのモジャコ採捕尾数の将来予測では、最近10年間の採捕計画尾数の平均値をモジャコ採捕尾数の上限とした。調整係数 β には 0.8 を用いた。

補足表 4-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a) 目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.00	0	0	0	0	0	6	20	36	46	49	47	48	48	45	47
0.95	0	0	0	0	1	18	47	67	75	78	76	75	75	73	74
0.90	0	0	0	0	2	38	74	89	93	93	92	91	92	91	92
0.85	0	0	0	0	5	63	93	98	99	99	98	98	97	98	99
0.80	0	0	0	0	13	82	99	100	100	100	100	99	100	100	100
0.75	0	0	0	0	23	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.70	0	0	0	0	37	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.60	0	0	0	0	68	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.50	0	0	0	0	91	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.40	0	0	0	0	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.30	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.20	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.10	0	0	0	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.00	0	0	0	3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

b) 限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.85	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.75	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

太字は漁獲管理規則案に基づく管理開始から10年目となる目標年の値を示す。2024年以降の β を0~1.0で変更した場合、および現状の漁獲圧（F2023）で漁獲した場合の将来予測の結果を示す。2023年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2023）により仮定した。現状の漁獲圧（F2023）は、親魚量が限界管理基準値案以上の場合の漁獲管理規則案において、調整係数 β が1.30のときの漁獲圧に相当する。

補足表 4-2. 将来の親魚量、漁獲量およびモジャコ採捕尾数の平均値の推移

a) 親魚量の平均値の推移 (万トン)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.00	18.7	15.2	11.6	12.4	16.1	18.8	20.4	21.5	22.1	22.3	22.3	22.3	22.3	22.1	22.2
0.95	18.7	15.2	11.6	12.6	16.9	20.1	22.1	23.4	24.0	24.0	23.9	23.8	23.9	23.7	23.8
0.90	18.7	15.2	11.6	12.9	17.7	21.6	24.0	25.5	25.9	25.8	25.5	25.4	25.4	25.3	25.4
0.85	18.7	15.2	11.6	13.2	18.6	23.2	26.0	27.6	27.9	27.6	27.1	26.9	27.0	27.0	27.1
0.80	18.7	15.2	11.6	13.5	19.5	24.9	28.2	29.9	29.9	29.3	28.6	28.4	28.5	28.6	28.7
0.75	18.7	15.2	11.6	13.8	20.5	26.7	30.5	32.3	32.0	31.0	30.1	29.8	30.1	30.3	30.4
0.70	18.7	15.2	11.6	14.1	21.5	28.6	33.0	34.8	34.2	32.6	31.5	31.2	31.6	32.0	32.1
0.60	18.7	15.2	11.6	14.7	23.7	32.9	38.6	40.4	38.5	35.7	33.9	33.8	34.8	35.5	35.5
0.50	18.7	15.2	11.6	15.4	26.1	37.8	45.1	46.6	43.0	38.5	36.0	36.2	38.1	39.2	39.1
0.40	18.7	15.2	11.6	16.1	28.7	43.5	52.7	53.6	47.7	41.2	37.8	38.4	41.6	43.3	42.7
0.30	18.7	15.2	11.6	16.8	31.7	50.0	61.3	61.5	52.9	44.1	39.5	40.4	45.0	47.7	46.4
0.20	18.7	15.2	11.6	17.6	34.9	57.5	71.4	70.5	58.9	47.6	41.5	42.2	48.1	52.7	50.3
0.10	18.7	15.2	11.6	18.4	38.5	66.1	83.1	80.9	66.2	52.4	44.4	44.1	50.6	57.9	54.5
0.00	18.7	15.2	11.6	19.2	42.4	76.0	96.7	93.1	75.5	59.3	49.1	46.7	52.3	62.9	59.5
F2023	18.7	15.2	11.6	10.8	12.1	12.4	12.4	12.6	12.7	12.8	12.9	12.9	13.0	13.0	13.0

b) 漁獲量の平均値の推移 (万トン)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.00	11.4	10.5	8.6	9.8	11.1	12.0	12.5	12.8	12.9	12.9	12.9	13.0	13.0	12.9	12.9
0.95	11.4	10.5	8.3	9.6	11.1	12.1	12.6	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9
0.90	11.4	10.5	7.9	9.4	11.0	12.1	12.7	12.9	12.9	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
0.85	11.4	10.5	7.6	9.2	10.9	12.1	12.7	12.8	12.7	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
0.80	11.4	10.5	7.2	8.9	10.8	12.0	12.6	12.7	12.5	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
0.75	11.4	10.5	6.9	8.7	10.6	11.9	12.4	12.4	12.2	12.0	11.9	11.9	12.0	12.0	12.0
0.70	11.4	10.5	6.5	8.4	10.4	11.7	12.2	12.1	11.8	11.5	11.4	11.5	11.6	11.6	11.6
0.60	11.4	10.5	5.7	7.7	9.8	11.2	11.6	11.3	10.7	10.4	10.3	10.5	10.7	10.7	10.7
0.50	11.4	10.5	4.9	6.9	9.0	10.4	10.6	10.2	9.5	9.0	9.0	9.3	9.6	9.5	9.5
0.40	11.4	10.5	4.0	5.9	7.9	9.2	9.4	8.8	8.0	7.5	7.5	7.9	8.3	8.1	8.1
0.30	11.4	10.5	3.1	4.7	6.5	7.7	7.8	7.2	6.3	5.8	5.8	6.2	6.6	6.5	6.4
0.20	11.4	10.5	2.1	3.4	4.8	5.7	5.8	5.3	4.5	4.0	4.0	4.3	4.7	4.6	4.5
0.10	11.4	10.5	1.1	1.8	2.6	3.2	3.3	2.9	2.4	2.1	2.1	2.2	2.5	2.5	2.4
0.00	11.4	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
F2023	11.4	10.5	10.4	10.3	10.7	10.9	10.9	11.0	11.1	11.2	11.2	11.2	11.3	11.3	11.3

c) モジャコ採捕尾数の推移 (万尾)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.00	1,792	1,901	1,403	1,415	1,490	1,494	1,479	1,468	1,453	1,475	1,458	1,472	1,466	1,474	1,463
0.95	1,792	1,901	1,336	1,357	1,424	1,414	1,387	1,368	1,352	1,374	1,360	1,375	1,369	1,377	1,366
0.90	1,792	1,901	1,270	1,297	1,355	1,327	1,287	1,261	1,246	1,269	1,260	1,275	1,269	1,277	1,266
0.85	1,792	1,901	1,202	1,235	1,281	1,235	1,180	1,148	1,136	1,164	1,160	1,175	1,169	1,175	1,164
0.80	1,792	1,901	1,135	1,172	1,205	1,137	1,068	1,033	1,027	1,059	1,061	1,077	1,070	1,073	1,063
0.75	1,792	1,901	1,067	1,108	1,126	1,037	955	917	918	958	966	981	972	972	963
0.70	1,792	1,901	998	1,041	1,045	934	840	803	814	861	876	890	877	874	866
0.60	1,792	1,901	861	905	878	729	620	589	620	684	710	718	696	687	681
0.50	1,792	1,901	721	763	708	534	423	403	452	528	562	564	531	517	515
0.40	1,792	1,901	580	617	541	361	262	253	310	391	429	426	385	366	370
0.30	1,792	1,901	438	467	382	219	142	142	194	269	308	302	260	238	247
0.20	1,792	1,901	293	313	236	112	64	66	104	160	194	191	157	134	145
0.10	1,792	1,901	147	158	107	41	20	22	39	68	88	90	72	55	62
0.00	1,792	1,901	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2023	1,792	1,851	1,763	1,710	1,764	1,776	1,776	1,782	1,778	1,805	1,788	1,809	1,805	1,807	1,802

太字は漁獲管理規則案に基づく管理開始から 10 年目となる目標年の値を示す。2024 年以降の β を 0~1.0 で変更した場合、および現状の漁獲圧 (F2023) で漁獲した場合の将来予測の結果を示す。2023 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2023) により仮定した。現状の漁獲圧 (F2023) は、親魚量が限界管理基準値案以上の場合の漁獲管理規則案において、調整係数 β が 1.30 のときの漁獲圧に相当する。

補足資料 5 将来予測の方法

得られた資源量をもとに漁獲管理規則案に従う将来予測を行った。2023 年以降の加入量の予測には、令和 3 年 12 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リッカー型関係式 ($a = 2528.175$ 、 $b = 5.632507e-06$ 、 $SD = 0.2031573$) から推定される値を用いた (古川ほか 2022b)。なお、再生産関係のパラメータ推定に使用するデータは、令和 3 (2021) 年度の資源評価 (古川ほか 2022a) に基づく親魚量・加入量とし (補足資料 3)、最適化方法には最小二乗法を用い、加入量の残差の自己相関は考慮していない。

将来予測における漁獲係数 F は、「令和 4 (2022) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2022-ABCWG02-01)」における 1 系資源の管理規則に基づき算出される値を用いた。選択率や漁獲物平均体重等の値には、上述の「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各種管理基準値案の推定に用いた値を引き続き用いた (補足表 5-1)。これらは再生産関係と同じく、令和 3 (2021) 年度の資源評価に基づく値である。2023 年の漁獲圧 (F_{2023}) は、選択率に上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量 MSY を実現する F (F_{msy}) の推定に用いた値を用い、 $\%SPR$ が 2022 年の値 (7.58%) となる F とした。

資源尾数の予測には以下のようにコホート解析の前進法を用いた。

$$N_{s,t}^k = \begin{cases} R(SB_t^k | a, b) \exp(\varepsilon_t^k + \kappa) & S = S_{min} \\ N_{s-1,t}^k \exp\left(-\frac{M_{mojako}}{2} - F_{s-1,t}^k\right) & S = 0 \\ N_{s-1,t-1}^k \exp\left(-\frac{M}{2} - F_{s-1,t-1}^k\right) & S = 1 \\ N_{s-1,t-1}^k \exp(-M - F_{s-1,t-1}^k) & S = 2 \\ N_{s-1,t-1}^k \exp(-M - F_{s-1,t-1}^k) + N_{s,t-1}^k \exp(-M - F_{s,t-1}^k) & S = 3+ \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 S は年齢 (期) を表す添え字で、0 歳 (モジャコ期) は $S = S_{min}$ 、0 歳 (後期) は $S = 0$ とした。また、 M_{mojako} および M は、それぞれ 0 歳 (モジャコ期) の年あたりの自然死亡係数および 0 歳 (後期) 以上の年あたりの自然死亡係数を示す。数式中のその他の記号や、それに相当する値の範囲等については、「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート (令和 4 年度) (FRA-SA2022-ABCWG02-04)」に従い、 k は確率的な将来予測シミュレーションにおける各試行に対する添字で本将来予測では 2,000 回の試行を行った。 $R(SB_t^k | a, b)$ はパラメータ a 、 b と親魚資源量 SB_t を持つ再生産関係式から計算される加入量の期待値、 ε_t は t 年の加入量の予測値と観測値の対数残差、 k はバイアス補正項である。 t 年の資源量 B_t^k と親魚量 SB_t^k は以下の式で計算した。

$$B_t^k = \sum_{s=S_{min}}^{3+} N_{s,t}^k w_s \quad (2)$$

$$SB_t^k = \sum_{s=S_{min}}^{3+} N_{s,t}^k w_s m_s \quad (3)$$

ここで、 w_s と m_s はそれぞれ S 歳（期）の平均体重と成熟率を示す。

2024年以降の将来予測における漁獲圧（ $F_{s,t}^k$ ）は1系資源の漁獲管理規則に従い、以下の式で求めた。

$$F_{s,t}^k = \begin{cases} 0 & SB_t^k < SB_{ban} \\ \beta\gamma(SB_t^k)F_{msy} & SB_{ban} \leq SB_t^k < SB_{limit} \\ \beta F_{msy} & SB_t^k \geq SB_{limit} \end{cases} \quad (4)$$

$$\gamma(SB_t^k) = \frac{SB_t^k - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}} \quad (5)$$

ここで、 F_{msy} 、 SB_{limit} および SB_{ban} はそれぞれ補足表 6-2 に案として示した親魚量の基準値である。

また、 t 年の各年齢（期）の漁獲量は $C_{s,t}^k$ はPopeの近似式を用いて、以下の式で計算した。

$$C_{s,t}^k = \begin{cases} \left(1 - \exp(-F_{s,t}^k)\right) \exp\left(-\frac{M_{mojako}}{4}\right) N_{s,t}^k w_s & s = s_{min} \\ \left(1 - \exp(-F_{s,t}^k)\right) \exp\left(-\frac{M}{4}\right) N_{s,t}^k w_s & s = 0 \\ \left(1 - \exp(-F_{s,t}^k)\right) \exp\left(-\frac{M}{2}\right) N_{s,t}^k w_s & s \geq 1 \end{cases} \quad (6)$$

なお、上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」に提案された通り、0歳（モジャコ期）も1系資源の漁獲管理規則に従い、関係県が需要を見込んで策定される採捕計画尾数を0歳（モジャコ期）の採捕上限として用いることはしなかった。一方で、現状の漁獲圧（F2023）での将来予測においては、上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」での議論の結果を受け、最近10年間の採捕計画尾数の平均値（2,266万尾）を0歳（モジャコ期）の採捕尾数の上限として設定した。

引用文献

- 水産研究・教育機構 水産資源研究所 (2022) 令和4(2022)年度漁獲管理規則およびABC算定のための基本指針. FRA-SA2022-ABCWG02-01.
- 資源評価高度化作業部会 (2022) 再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート. FRA-SA2022-ABCWG02-04.
- 古川誠志郎・加賀敏樹・久保田洋・大島和浩 (2022a) 令和3(2021)年度ブリの資源評価. 令和3年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構.
- 古川誠志郎・加賀敏樹・久保田洋・大島和浩 (2022b) 令和3(2021)年度ブリ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.

補足表 5-1. 将来予測計算に用いた設定

	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2023 (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
0 歳(モジャコ期)	0.21	0.11	0.15	6	0.6	0
0 歳(後期)	0.96	0.51	0.67	560	0.3	0
1 歳	1.00	0.54	0.69	1625	0.3	0
2 歳	0.74	0.39	0.51	3970	0.3	0.50
3 歳以上	0.74	0.39	0.51	7425	0.3	1.00

注 1：令和 3 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 3 年度資源評価での $F_{current}$ の選択率）。

注 2：令和 3 年度研究機関会議で推定された F_{msy} （すなわち、令和 3 年度資源評価での $F_{current}$ に $F_{msy}/F_{current}$ 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 2022 年の年齢別 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 2023 年の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料 6 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 6-1. 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.	ρ
リッカー型	最小二乗法	無	2528.175	5.63×10^{-6}	0.268	-

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、ρ は自己相関係数である。

補足表 6-2. 管理基準値案と MSY

項目	値	説明
SBtarget 案	22.2 万トン	目標管理基準値案。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)。
SBlimit 案	6.9 万トン	限界管理基準値案。MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)。
SBban 案	0.9 万トン	禁漁水準案。MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)。
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳 (モジャコ期), 0 歳 (後期), 1 歳, 2 歳, 3 歳以上)=(0.11, 0.51, 0.54, 0.39, 0.39)	
%SPR (Fmsy)	13%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	13.0 万トン	最大持続生産量 MSY

補足表 6-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2022	18.7 万トン	2022 年の親魚量
F2022	2022 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (0 歳(モジャコ期), 0 歳(後期), 1 歳, 2 歳, 3 歳以上)=(0.24, 0.67, 0.68, 0.46, 0.46)	
U2022	28%	2022 年の漁獲割合
%SPR (F2022)	8%	2022 年の%SPR
管理基準値案との比較		
SB2022/ SBmsy (SBtarget)	0.84	最大持続生産量を実現する親魚量(目標管理基準値案)に対する 2022 年の親魚量の比
F2022/ Fmsy	1.30	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2022 年の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る	
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る	
親魚量の動向	横ばい	

* 2022 年の選択率の下で 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 6-4. 予測漁獲量と予測親魚量

2024年の親魚量(予測平均値):11.6万トン			
項目	2024年の漁獲量(万トン)	現状の漁獲圧に対する比(F/F2023)	2024年の漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	8.6	0.78	32
$\beta=0.8$	7.9	0.62	27
$\beta=0.6$	5.7	0.47	21
$\beta=0.4$	4.0	0.31	15
$\beta=0.2$	2.1	0.16	8
$\beta=0$	0	0	0
F2023	10.4	1.00	38

補足表 6-5. 異なる β を用いた将来予測結果

考慮している不確実性:加入量					
β	2024年の親魚量(万トン)	90%予測区間(万トン)	2024年に親魚量が以下の管理基準値案を上回る確率(%)		
			SBtarget案	SBlimit案	SBban案
$\beta=1.0$	22.3	18.9 – 26.2	48	100	100
$\beta=0.8$	28.5	24.3 – 33.5	100	100	100
$\beta=0.6$	34.8	29.7 – 40.9	100	100	100
$\beta=0.4$	41.6	35.4 – 49.1	100	100	100
$\beta=0.2$	48.1	41.1 – 56.8	100	100	100
$\beta=0$	52.3	45.8 – 59.9	100	100	100
F2023	13.0	10.7 – 15.6	0	100	100

補足資料 7 調査船調査の概要および結果

(1) ニューストンネットによる新規加入量調査

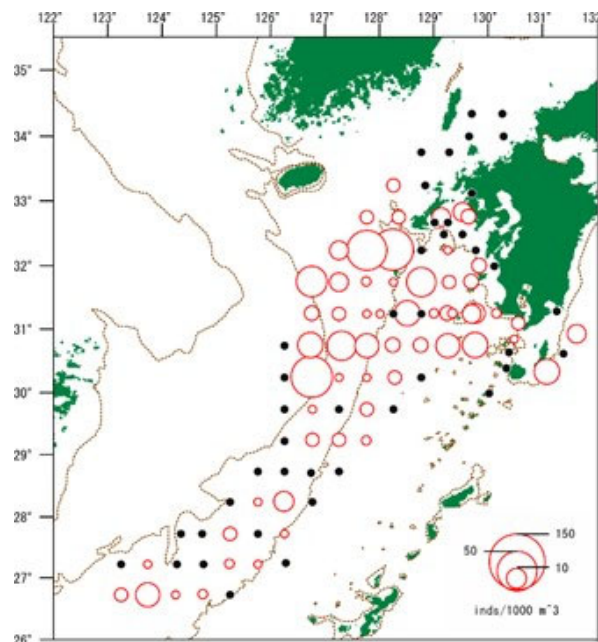
2001年以降、東シナ海で行われている本調査のうち、4月に水産資源研究所長崎庁舎により九州西岸から東シナ海の陸棚縁辺を含む広域で実施されている調査から得られるブリ仔魚（体長 8 mm 未満）の 2022 年の分布図を補足図 7-1 に、また定型的な調査が開始された 2001 年以降の 1 網あたり平均分布密度の推移を補足図 7-2 に示した。平均分布密度は昼夜の採集効率の違いを考慮し補正した値で示した。

(2) 鹿児島県海域におけるモジャコ来遊量調査（3～4 月、鹿児島県）

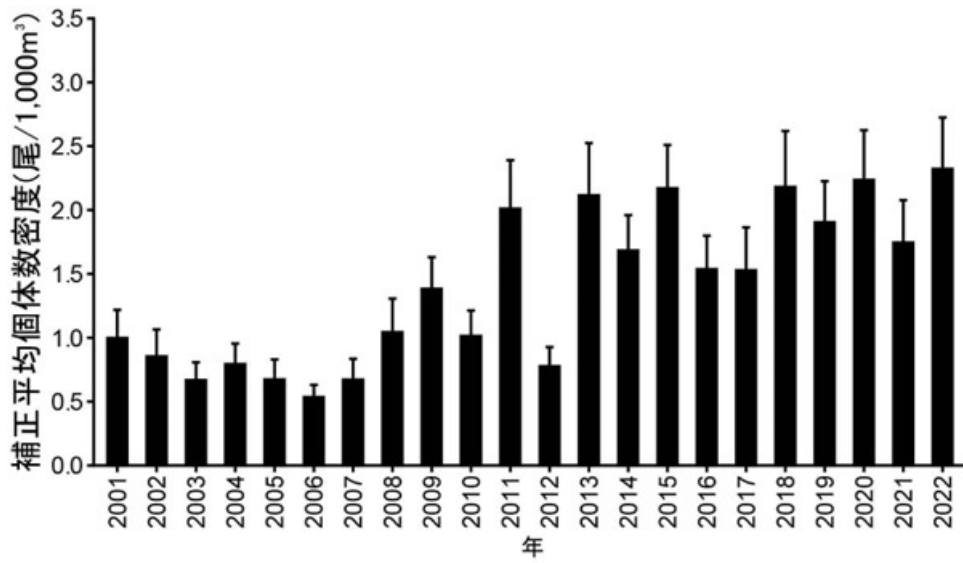
ブリの新規加入量調査の一環として行われているモジャコ来遊量調査のうち、鹿児島県の調査によるモジャコ来遊量指数を補足図 7-3 に示した。この指数は、調査定線を航行しながら視認される流れ藻の分布密度と、一部採集する流れ藻 1 kg あたりに付随するモジャコ尾数とを乗じ、自然対数とした値である（宍道ほか 2016）。

引用文献

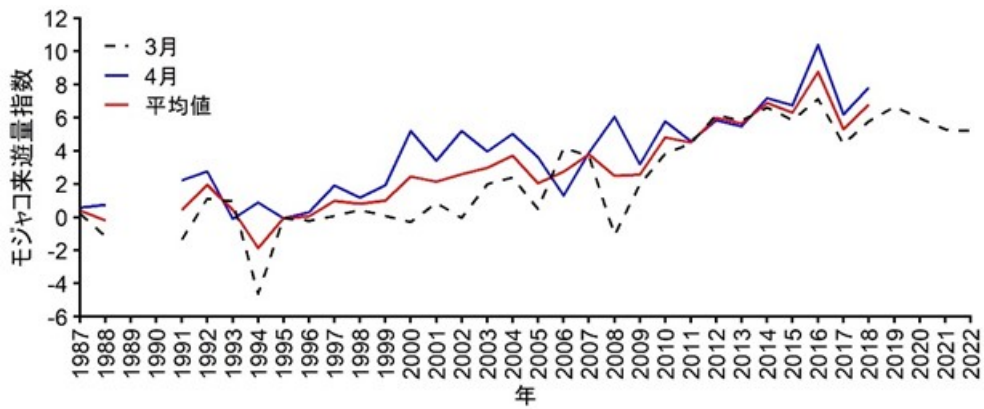
宍道弘敏・亘 真吾・田 永軍・水野紫津葉・小松輝久 (2016) 鹿児島県海域におけるモジャコ来遊量変動とブリ新規加入量の関係. 月刊海洋, **48**, 487-489.



補足図 7-1. ニューストンネットによる新規加入量調査（2022 年 4 月、水産資源研究所長崎庁舎）におけるブリ仔魚の分布



補足図 7-2. ブリ仔魚の補正平均個体数密度（エラーバーは標準誤差）の推移



補足図 7-3. 鹿児島県海域におけるモジャコ来遊量指数の推移（モジャコ採捕尾数は水産庁栽培養殖課が取りまとめた採捕実績に基づく）

補足資料 8 年齢分解

(1) 漁獲統計

漁業・養殖業生産統計年報（以下、農林統計）により、各年・各都道府県の漁法別漁獲量を求めた。

なお、農林統計は属人統計であるため、大中まきが実際に操業した位置を基準とした大海区別の漁獲量が推定できない。このため、漁獲成績報告書に記載された操業位置（緯経度 30 分柁目）ごとの漁獲量から、大中まきの大海区別の漁獲量比を求め、農林統計の大中まき漁獲量（全国計）に掛けることにより、大中まきの大海区別漁獲量を推定した。

大中まきの海区区分について、農林統計での海区区分に近い設定となるよう、下記の通り定義した（補足図 8-1）。なお、太平洋北区と太平洋中区の境界は、農林統計では千葉県と茨城県の県境（35°45'N 付近）であるが、主要港である千葉県銚子港に水揚げされるブリの操業海域が茨城県沖海域に及ぶことを踏まえ、茨城県と福島県の県境付近の 37°N とした。

北海道太平洋北区、北海道日本海北区 41°30'N 以北の海区

太平洋北区 37°N～41°30'N の太平洋の海区

太平洋中区 37°N 以南、136°E 以東の太平洋の海区

太平洋南区 131°E～136°E の太平洋の海区

日本海北区 41°30'N 以南、137°E 以東の日本海の海区

日本海西区 132°E～137°E の日本海の海区

東シナ海区 132°E 以西の日本海、および 131°E 以西の太平洋の海区

(2) 銘柄別漁獲量

年齢別漁獲量および漁獲尾数を推定するため、まき網、定置網、釣りを主とした以下の情報を収集した。

① 大中小型まき網・中型まき網

・九州主要港への大中小型まき網水揚げ日報（重量銘柄、箱数、1 箱あたりの入り数から年齢別月別漁獲尾数および漁獲重量を計算）：1994 年 1 月～2021 年 12 月まで。ただし、1995 年のデータを欠くため、コホート解析にあたっては、1995 年の漁獲物の年齢組成は 1994 年と同一と仮定した。

・月別銘柄別漁獲量

新潟県の主要港：2003～2022 年

石川県の主要港：1994～2022 年

京都府舞鶴港：1994～2022 年

鳥取県境港：1994～2022 年

島根県浜田港：2004～2022 年

千葉県主要港：1994～2022 年

三重県主要港：2002～2022 年

愛媛県：2004～2022年

大分県主要港：2006～2022年

・日別船別水揚物重量範囲

銚子港大中型まき網：2012～2022年

八戸港大中型まき網：2015～2022年

② 定置網の月別銘柄別漁獲量

北海道：太平洋側 2001～2022年、日本海側 2007～2022年

青森県：1997～2022年

島根県：2004～2022年

福岡県：2009～2022年

秋田県、山形県、新潟県、富山県、石川県、福井県、京都府、兵庫県、長崎県、岩手県、千葉県、神奈川県、静岡県、愛知県、三重県、高知県：1994～2022年

宮城県：1995～2022年

茨城県：2007～2022年

和歌山県：1997～2022年

徳島県：2010～2022年

愛媛県：2004～2022年

大分県：2006～2022年

宮崎県：2002～2022年

鹿児島県：2007～2022年

③ 釣りの月別銘柄別漁獲量

石川県：1995～2022年

福岡県：2009～2022年

千葉県：1994～2022年

徳島県：2010～2022年

高知県：1994～2021年

愛媛県：2004～2022年

大分県：2006～2022年

④ 刺網等その他漁業の月別銘柄別漁獲量

石川県：1995～2022年の刺網

宮城県：1995～2022年の刺網

千葉県：1994～2022年の刺網

愛媛県：2004～2022年の刺網等その他漁業

大分県：2006～2022年の刺網

(3) 年齢別漁獲量の推定

道府県の主要水揚港における漁法別月別銘柄別漁獲量を、下記の銘柄と年齢の関係に

より、月別年齢別漁獲量に変換した。銘柄組成のない県、漁法、期間については、同県内の他漁法、近隣県や同大海区内の他県と同漁法等、適切と考えられる銘柄組成に等しいと仮定した。

大中まきに関しては、下記の銘柄組成を適用し、年齢別漁獲量を求めた。

日本海北区：新潟県主要港（大中まき）、石川県主要港（大中まき）

日本海西区：石川県主要港（大中まき）、舞鶴港（大中まき）、境港（大中まき、中まき込み）、浜田港（大中まき、中まき込み）

東シナ海区：130°E 以西には九州主要港への大中型まき網水揚げ日報、130°E～132°E には境港（大中まき、中まき込み）、浜田港（大中まき、中まき込み）

北海道区（太平洋側）と太平洋北区：2014 年以前は岩手県定置網の 1 歳以上の年齢組成、2015 年以降は八戸港の日別船別水揚物重量範囲

太平洋中区：2013 年以前は千葉県主要港の中まき、2013 年以降は銚子港の日別船別水揚物重量範囲

太平洋南区：2003 年までは高知県定置網、2004 年以降は愛媛県のまき網の組成

北海道では、後志振興局の各漁業種（定置網主体）、および渡島振興局の一部の定置網による銘柄別漁獲量、および月別・振興局別漁獲量が把握されている。また、北海道の日本海～オホーツク海では、より北西の海域へと来遊するブリは大型に偏ることが経験的に知られている。以上の知見をもとに、各振興局における月別銘柄組成を下記のように仮定した。

渡島～釧路：渡島振興局の月別銘柄組成

檜山、後志、石狩：後志振興局の月別銘柄組成

留萌、宗谷：後志振興局の月別銘柄組成のうち、フクラギを除いた組成

オホーツク、根室：全てブリ銘柄

以下の表における「2+歳*」は、同県の 1～6 月の 2 歳と 3+歳の割合で 7～12 月の 2+歳を 2 歳と 3+歳に分解していること表示。なお、漁獲量に 0 歳（モジャコ期）は含まれないため、下記の表での 0 歳は全て 0 歳（後期）に相当する。

北海道 太平洋側	月	フクラギ	イナダ	ブリ
	1～6	1 歳	1 歳	2+歳
	7～12	0 歳	1 歳	2+歳

北海道太平洋側ではブリ銘柄は 3 kg 以上。

北海道 日本海側	月	フクラギ	イナダ・ワラサ	ブリ
	1～6	1,2 歳	1,2 歳	3+歳
	7～12	0 歳	1,2 歳	3+歳

北海道日本海側ではブリ銘柄は 5 kg 以上、イナダ・ワラサは 1～5 kg。

青森県	月	シヨッコ・イナダ	フクラギ	ワラサ	ブリ 5 kg 未満	ブリ 5 kg 以上
	1～6	1 歳	1 歳	2 歳	3+歳	3+歳
	7～9	0 歳	1 歳	2 歳	3+歳	3+歳
	10～12	0 歳	0 歳	1 歳	2 歳	3+歳

秋田県、 山形県	月	チベソ・イナダ・アオ・アオコ	ワラサ	ブリ
	1～6		2 歳	3+歳
	7～12		1 歳	2+歳

新潟県	月	イナダ 1.7 kg 未満	小ブリ 1.7 以上 4 kg 未満	中ブリ 4 kg 以上 7 kg 未満	大ブリ 7 kg 以上
	1～6	1 歳	2 歳	3+歳	3+歳
	7～12	0 歳	1 歳	2 歳	3+歳

富山県	月	ツバイソ	フクラギ	ガンド	ブリ	※2005 年以降の分け方
	1～3	1 歳	1 歳	2 歳	3+歳	
	4～8	0 歳	1 歳	2 歳	3+歳	
	9～12	0 歳	0 歳	1 歳	2+歳	

※別途、尾又長組成に基づき 2+歳を 2 歳と 3+歳に分けた年齢別漁獲量を推定。

石川県	月	コゾクラ	フクラギ	ガンド	中ブリ	大ブリ
	1～5	1 歳	1 歳	2 歳	3+歳	3+歳
	6～8	0 歳	1 歳	2 歳	3+歳	3+歳
	9～12	0 歳	0 歳	1 歳	2+歳	3+歳

福井県	月	アオコ	ツバス	ハマチ	ワラサ	ブリ
	1～3		1 歳	2 歳	2 歳	3+歳
	4～5	1 歳	1 歳	1 歳	2+歳	2+歳
	6～8	0 歳	1 歳	1 歳	2+歳	2+歳
	9～12	0 歳	0 歳	1 歳	1 歳	2+歳

京都府	月	ツバス	ハマチ	マルゴ	ブリ
	1～6	1 歳	1 歳	2+歳	2+歳
	7～9	0 歳	1 歳	2+歳	2+歳
	10～12	0 歳	0 歳	1 歳	2+歳

兵庫県 (日本海側)	月	ツバス	ハマチ	マルゴ	ブリ
	1～6	1歳	1歳	2+歳	2+歳
	7～12	0歳	1歳	2+歳	2+歳

鳥取県	月	ツバス	ハマチ	メジロ・マルゴ	ブリ
	1～6	1歳	2歳	3+歳	3+歳
	7～12	0歳	1歳	2歳	3+歳

島根県	月	< 1 kg	1～2 kg	2～3 kg	3～4 kg	4～5 kg	5～7 kg	≥ 7 kg
	1～6	1歳	1歳	2歳	2歳	2歳	3+歳	3+歳
	7～9	0歳	1歳	1歳	2歳	2歳	3+歳	3+歳
	10～12	0歳	0歳	1歳	1歳	2歳	2歳	3+歳

銘柄無し（重量記載なし）は小型とみなし、1 kg 未満と同等に扱った。

福岡県	月	ツバス	ヤズ	ワラサ	ブリ
	1～6	1歳	1歳	2歳	3+歳
	7～9	0歳	1歳	1歳	2+歳*
	10～12	0歳	0歳	1歳	2+歳*

長崎県	月	ヤズ	ワラサ	ブリ
	1～6	1歳	2歳	3+歳
	7～12	0歳	1歳	2+歳*

九州主要港 への大・中・型 まき網水揚げ 日報	推定個 体重量	< 2.0 kg	2.3～ 2.7 kg	3.2 kg	4.0 kg	5.3 kg	8.0 kg	10 kg
	月	8尾以上入	7～6尾入	5尾入	4尾入	3尾入	2尾入	1尾入
	1～3	1歳	2歳	2歳	3歳	3歳	3+歳	3+歳
	4～6	1歳	1歳	2歳	2歳	3歳	3+歳	3+歳
7～12	0歳	1歳	1歳	2歳	2歳	3+歳	3+歳	

岩手県	月	ワカナ	イナダ	ワラサ小	ワラサ大	ブリ
	1～6	1歳	1歳	2歳	3+歳	3+歳
	7～12	0歳	1歳	2歳	2歳	3+歳

ワカナ：大船渡、釜石、宮古、久慈の1 kg 未満銘柄の合計。

イナダ：大船渡イナダ重量÷大船渡の1 kg 以上の漁獲量×1 kg 以上の総量。

ワラサ小：大船渡ワラサ漁獲量÷大船渡の1 kg 以上の漁獲量×1 kg 以上の総量
×（山田イナダ÷山田イナダ・ワラサ合計）。

ワラサ大：大船渡ワラサ漁獲量÷大船渡の1kg以上の漁獲量×1kg以上の総量
 ×（山田ワラサ÷山田イナダ・ワラサ合計）。

ブリ：大船渡「ぶり」銘柄重量÷大船渡の1kg以上の漁獲量×1kg以上の総量。

※1kg以上の総量 大船渡、釜石、宮古、久慈の1kg以上漁獲量の合計。

宮城県	月	アオ	ワカナ	イナダ	ブリ
	1～3	1歳	1歳	2歳	3+歳
	4～6	0歳	1歳	2歳	3+歳
	7～12	0歳	1歳	2歳	3+歳

基本的に石巻の銘柄情報を使用、斜体部分は女川と気仙沼の銘柄情報も使用。

0歳：女川と気仙沼の1kg以下の割合×その月の石巻の総漁獲量。

1歳：その月の石巻の総漁獲量-0、2、3+歳の重量合計。

茨城県、千葉県、 神奈川県、静岡県	月	ワカシ	イナダ	ワラサ	ブリ
	1～5	1歳	1歳	2歳	3+歳
	6～12	0歳	1歳	2歳	3+歳

三重県	月	アブコ ワカナ ツバス	イナダ 1kg未満	イナダ 1～1.5kg 未満	イナダ 1.5kg以上	ワラサ 2.5kg満
	1～3	0歳	1歳	1歳	1歳	2歳
	4	0歳	1歳	1歳	1歳	2歳
	5	0歳	1歳	1歳	1歳	1歳
	6	0歳	0歳	1歳	1歳	1歳
	7～9	0歳	0歳	0歳	1歳	1歳
	10～12	0歳	0歳	0歳	0歳	1歳

三重県	月	ワラサ 2.5～4kg未満	ワラサ 4～5kg未満	ワラサ 5kg以上	ブリ
	1～3	2歳	3+歳	3+歳	3+歳
	4	2歳	2歳	3+歳	3+歳
	5	2歳	2歳	3+歳	3+歳
	6	2歳	2歳	3+歳	3+歳
	7～9	1歳	2歳	2歳	3+歳
	10～12	1歳	2歳	2歳	3+歳

和歌山県	月	ツバス	ハマチ	メジロ	ブリ
	1～5	1歳	1歳	2歳	3+歳
	6～12	0歳	1歳	2歳	3+歳

徳島県	月	ツバス	ハマチ	メジロ	ブリ
	1～6	1歳	1歳	2歳	3+歳
	7～12	0歳	1歳	2歳	3+歳

愛媛県	月	バチロ	ヤズ	ハマチ	ブリ
	1～3	1歳	1歳	2歳	3+歳
	4～9	0歳	1歳	2歳	3+歳
	10～12	0歳	1歳	1歳	2+歳*

大分県	月	ワカシ	イナダ	ワラサ	ブリ
	1～3	1歳	1歳	2歳	3+歳
	4～12	0歳	1歳	2歳	3+歳

鹿児島県	月	ツバス	ヤズゴ	ハマチ	ブリ
	1～8	1歳	1歳	2歳	3+歳
	9～12	0歳	0歳	1歳	2+歳*

八戸大中まき網	月	< 1 kg	1～2 kg	2～3 kg	3～4 kg	4～5 kg	5～6 kg	≥ 6 kg
	1～3	1歳	1歳	2歳	2歳	3+歳	3+歳	3+歳
	4～6	1歳	1歳	2歳	2歳	2歳	3+歳	3+歳
	7～9	0歳	1歳	1歳	2歳	2歳	3+歳	3+歳
	10～12	0歳	1歳	1歳	2歳	2歳	2歳	3+歳

高知県、宮崎県 銚子大中まき網	月	< 1 kg	1～2 kg	2～3 kg	3～4 kg	4～5 kg	5～6 kg	6～7 kg	≥ 7 kg
	1～3	1歳	1歳	2歳	2歳	2歳	3+歳	3+歳	3+歳
	4～6	0歳	1歳	1歳	2歳	2歳	2歳	3+歳	3+歳
	7～9	0歳	1歳	1歳	2歳	2歳	2歳	2歳	3+歳
	10～12	0歳	0歳	1歳	1歳	2歳	2歳	2歳	3+歳

(4) 2歳と3歳以上の分解（一部、1歳と2歳の分解）について

銘柄別年齢分解表に示したとおり、北海道、秋田県、山形県、福井県、京都府、兵庫県
の銘柄別漁獲量は、年間通して、もしくは年後半の一部の月において、2歳以上までの
分解に留まり、また同道府県の年前半等適切な期間における2歳と3歳以上の比率を年後
半に適用するのも適当でない判断した。このうち、富山県の2歳以上については、井野
(2005)の手法により2歳と3歳以上に分割した。その他の道府県では、近隣県の2歳と
3歳以上の比により、2歳以上を分割した。それぞれの道府県において、下記の県で得ら
れた2歳と3歳以上の比を適用した。

北海道：「青森県の日本海側+青森県の太平洋側」の1~12月合計による各年齢比によ
り、北海道太平洋側のブリ銘柄(2+歳)を2歳と3+歳に分割。また、同データの1歳、2
歳の比により、北海道日本海側のイナダ銘柄(1~5 kgで1歳、2歳込み)と1~6月のフ
クラギ銘柄(実質全て1歳であるが、この季節の漁獲量は極めて少ないので、簡便のため
イナダ銘柄と同等に扱う)を1歳、2歳に分割。

秋田県、山形県、福井県、京都府、兵庫県の各定置網：新潟県、富山県、石川県の各
定置網漁獲物で得られる年齢比により2+歳を2歳と3+歳に分割した。

福岡県および長崎県では2+歳*は同県の1~6月の2歳と3+歳の割合で7~12月の2+歳
を2歳と3+歳に分解した。

愛媛県では2+歳*は同県の7~9月の2歳と3+歳の割合で10~12月の2+歳を2歳と3+
歳に分解した。

鹿児島県では2+歳*は同県の1~8月の2歳と3+歳の割合で9~12月の2+歳を2歳と3+
歳に分解した。

(5) 年齢別漁獲尾数の推定（月別年齢別平均体重）

2002～2017年に収集した脊椎骨の輪紋数または体長組成の切断法（0歳（後期）、1歳、2、3+歳それぞれ616、470、375、641個体）により推定した年齢と尾叉長、体重の情報より、年齢-尾叉長関係の von Bertalanffy の成長式と、尾叉長-体重関係のアロメトリー式を推定し、月別年齢別平均体重を算出した（亘ほか 2019）。海域により成長差が観察されたため、類似した成長様式を示した海区の情報をまとめ、2通りの成長式を推定した。各推定式に従って、下の表のとおり、2海域に分けて月別年齢別平均体重を推定し、月別年齢別漁獲重量を尾数に換算する際に適用した。3+歳の月別平均体重は成長式から得られる3歳と4歳の体重の平均とした。また、全国での年齢別漁獲量を、2海域それぞれで換算した漁獲尾数の合計値で除すことにより、本種の年齢別平均体重を算出した（補足表2-1）。なお、0歳（後期）時に北海道太平洋北区、北海道日本海北区、太平洋北区、日本海北区、日本海西区に適用した平均体重が、太平洋中区、太平洋南区、瀬戸内海区、東シナ海区に適用した平均体重よりも大きくなる月が生じている。この理由として、0歳（後期）初期の体重データが十分に得られていないことが原因として考えられ、今後、この範囲のデータ収集体制を充実させて検討していく必要がある。

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0歳				85	135	198	276	368	474	593	725	869
1歳	1,025	1,191	1,366	1,551	1,742	1,941	2,146	2,355	2,569	2,786	3,005	3,226
2歳	3,449	3,672	3,895	4,118	4,340	4,560	4,778	4,994	5,207	5,417	5,625	5,828
3+歳	7,071	7,242	7,409	7,572	7,731	7,886	8,036	8,183	8,325	8,464	8,598	8,728

太平洋中区、太平洋南区、瀬戸内海区、東シナ海区に適用。

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0歳				214	263	319	381	448	522	601	687	778
1歳	875	978	1,087	1,201	1,320	1,445	1,575	1,710	1,850	1,994	2,144	2,297
2歳	2,455	2,617	2,783	2,952	3,126	3,302	3,482	3,666	3,852	4,041	4,232	4,427
3+歳	5,870	6,078	6,286	6,496	6,706	6,918	7,130	7,343	7,557	7,772	7,986	8,202

北海道太平洋北区、北海道日本海北区、太平洋北区、日本海北区、日本海西区に適用。

(6) 韓国の漁法別漁獲量と地域別漁獲量

韓国における漁獲情報について、漁法別漁獲量は 2001 年以降の情報が入手できた。2000 年以前については漁法別漁獲量が入手できていないが、行政区域別の漁獲量が入手できた。これらの漁法別または行政区域別の漁獲量の推移を補足図 8-2 に示した。また、行政区域別かつ漁法別の漁獲量は 2003 年以降について入手できた。2001 年以降の漁法別漁獲量の経月変化を調べた結果、定置網、刺網およびその他の漁法において、5～6 月頃と 10～11 月頃に漁獲のピークが認められた。この経月推移は、我が国の日本海中部地域での漁獲動向に近いと考えられた。一方、まき網、釣りおよび底びきでは、初夏～夏場には漁獲が少なく、11～2 月の冬場に漁獲が集中していた。我が国の東シナ海での漁獲は 1 月から始まり 3～5 月が主漁期となっており、韓国での冬季の漁獲物は、その後東シナ海に來遊する群の一部を構成している可能性があると考えられた。以上の漁獲量の経月変化から、2001 年以降については、定置網を主として刺網とその他の漁法を含む「定置網グループ」と、まき網を主として底曳網と釣りを含む「まき網グループ」に分けて、それぞれ新潟県～島根県の定置網および東シナ海のまき網で推定した年齢組成・年齢別平均体重を同じと仮定して年齢別漁獲尾数を推定した。

また、2003 年以降の年別地域別漁法別漁獲量を調べた結果、各地域には次のような漁法の特徴があることが認められた。

江原道および慶尚北道：殆ど定置網。

釜山広域市：殆どまき網。

済州島：殆ど釣り。年によってまき網も漁獲の主体となる。なお、「釣り」とした大部分は、韓国における漁業区分の「沿岸複合漁業」である。同漁業種は、小型船舶で様々な漁法を行える漁業であるが、ブリを漁獲する場合は釣りを行っていると考えられる。

慶尚南道：底びき、まき網および釣りが主体。なお、データのある初期の年（2003～2004 年）では定置網や刺網の割合も高まるが、60%以上はまき網グループの漁法が占める。

全羅南道：底びきおよび釣りが主体。なお、データがある初期の年（2003～2005 年）では定置網の割合も高まる。最もまき網グループの割合が低かったのは 2003 年で、53%であった。

以上のように、漁獲の主体となっている江原道、慶尚北道、釜山広域市および済州島（以下、主要 4 地域）での主要漁法には、2003 年から現在まで一貫した明瞭な特徴があったが、慶尚南道および全羅南道では時期によって主体となる漁法が変化している可能性があった。ただし、地域別漁獲量を利用する 1994～2000 年において、主要 4 地域計の漁獲量は、韓国全体の漁獲量の 92%以上（7 ヶ年の平均で 96%）を占め、主要 4 地域以外の設定によって年齢構成が大きく変わるものではない。

以上の検討結果から、2000 年以前の韓国の各行政区域別漁獲量を漁法グループ別に分ける際には、当該行政区域において半数以上を占める漁法グループの側に分類することとした。なお、漁獲量が少なく未検討の地域については、便宜的に定置網グループとした。

まき網グループ：釜山・済州島・慶尚南道・全羅南道

定置網グループ：江原道・全羅北道・その他地域

2000年以前の韓国の漁獲量については、上述のように行政区域を2グループに分け、2001年以前の各漁法グループと同様に扱い、年齢別漁獲量・漁獲尾数を推定した。

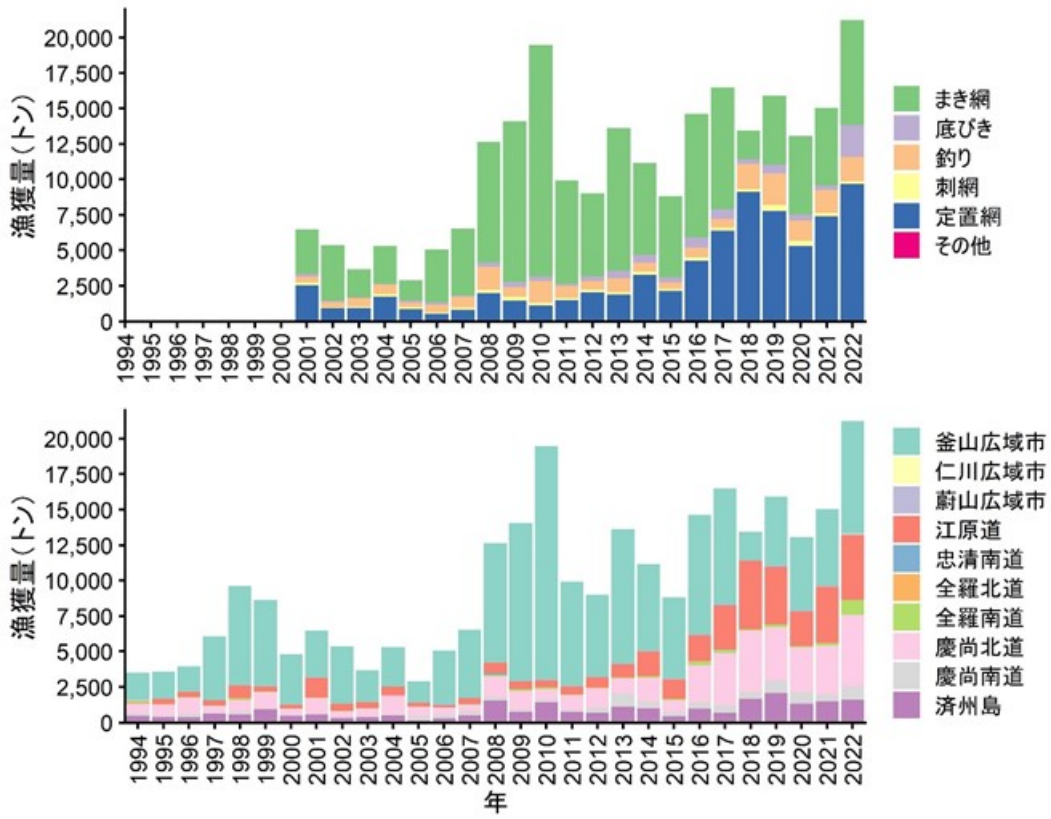
引用文献

- 井野慎吾 (2005) 1996～2003年に富山湾で漁獲されたブリ成魚の年齢構成. 富山水研報, **16**, 1-16.
- 亘 真吾・辻 俊宏・廣畑二郎・及川利幸・池上直也・御宿昭彦・久野正博・猪原亮・堀江ひかり・田中耕治・久保田洋・古川誠志郎・阪地英男 (2019) 日本周辺水域におけるブリの年齢と成長. 黒潮の資源海洋研究, **20**, 105-110.



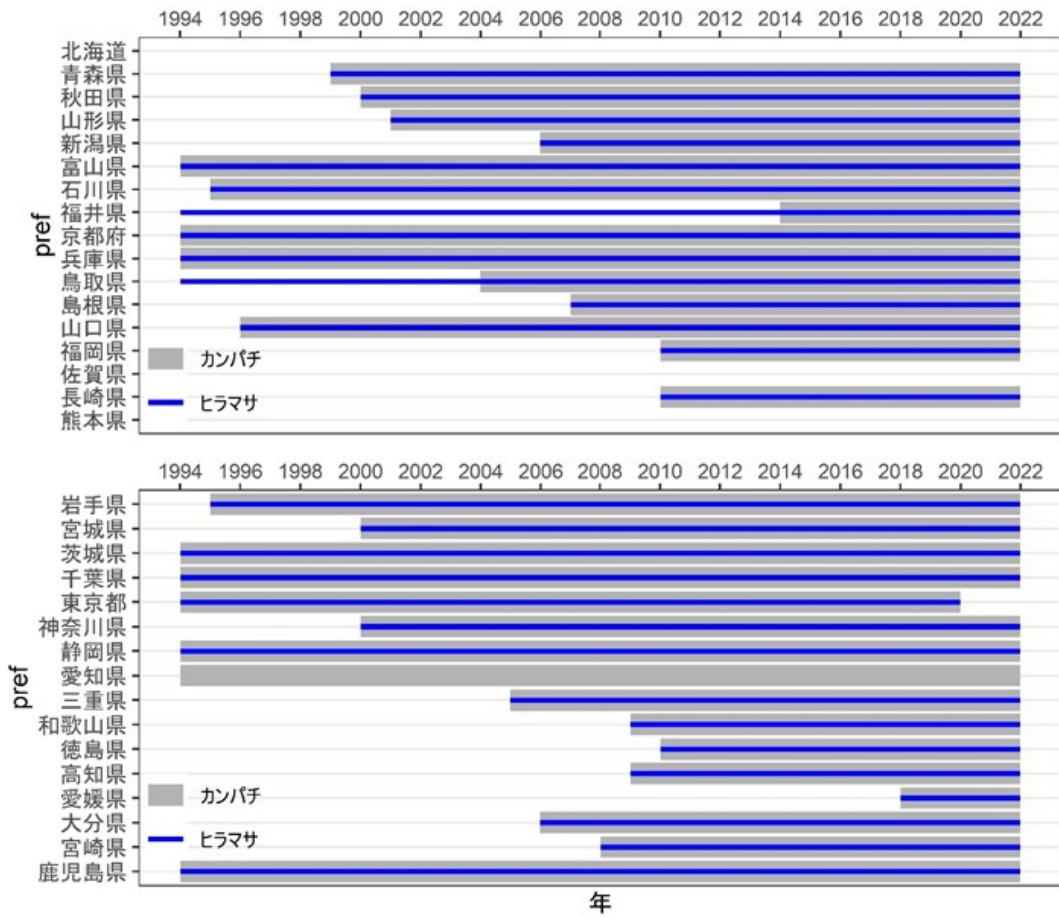
補足図 8-1. ブリにおいて適用している海区区分

大中型まき網以外の海区区分は農林統計に従うが、図中に注記した鹿児島県と沖縄県の海域区分のみ、農林統計と異なる。

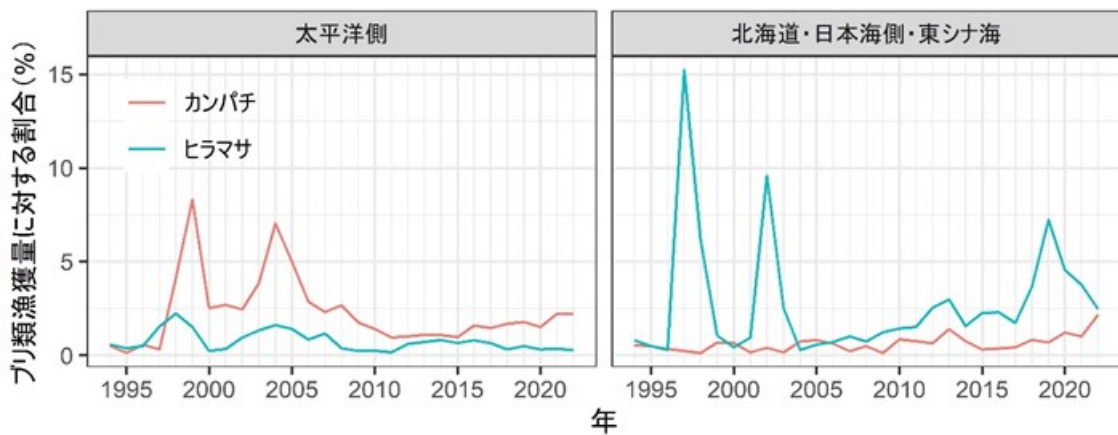


補足図 8-2. 韓国における漁法別漁獲量（上図）および行政区域別漁獲量（下図）の推移

補足資料 9 ヒラマサ、カンパチ類の漁獲量データ収集状況

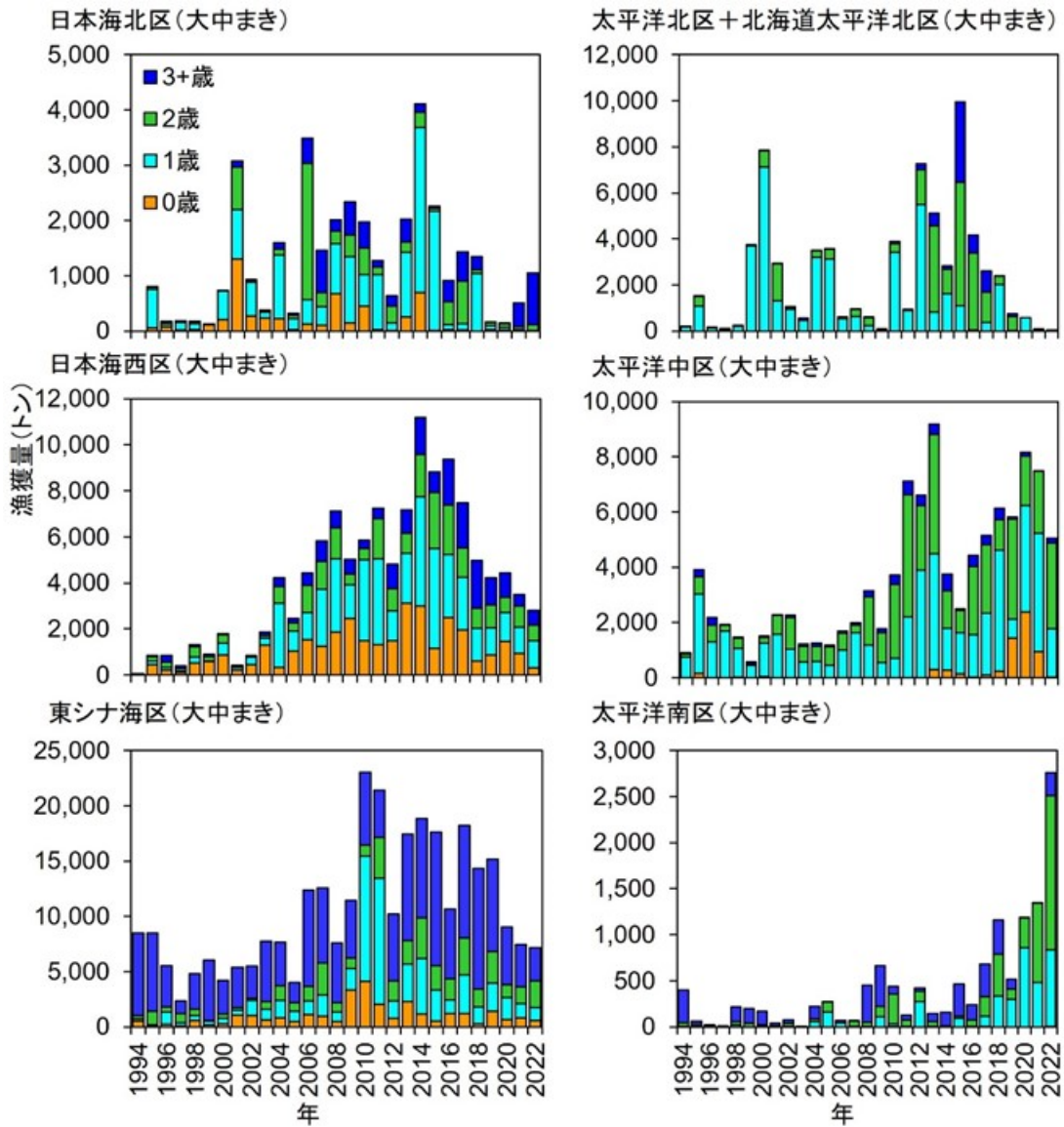


補足図 9-1. ヒラマサとカンパチ類漁獲量の北海道～東シナ海（上段）と太平洋側（下段）での収集状況



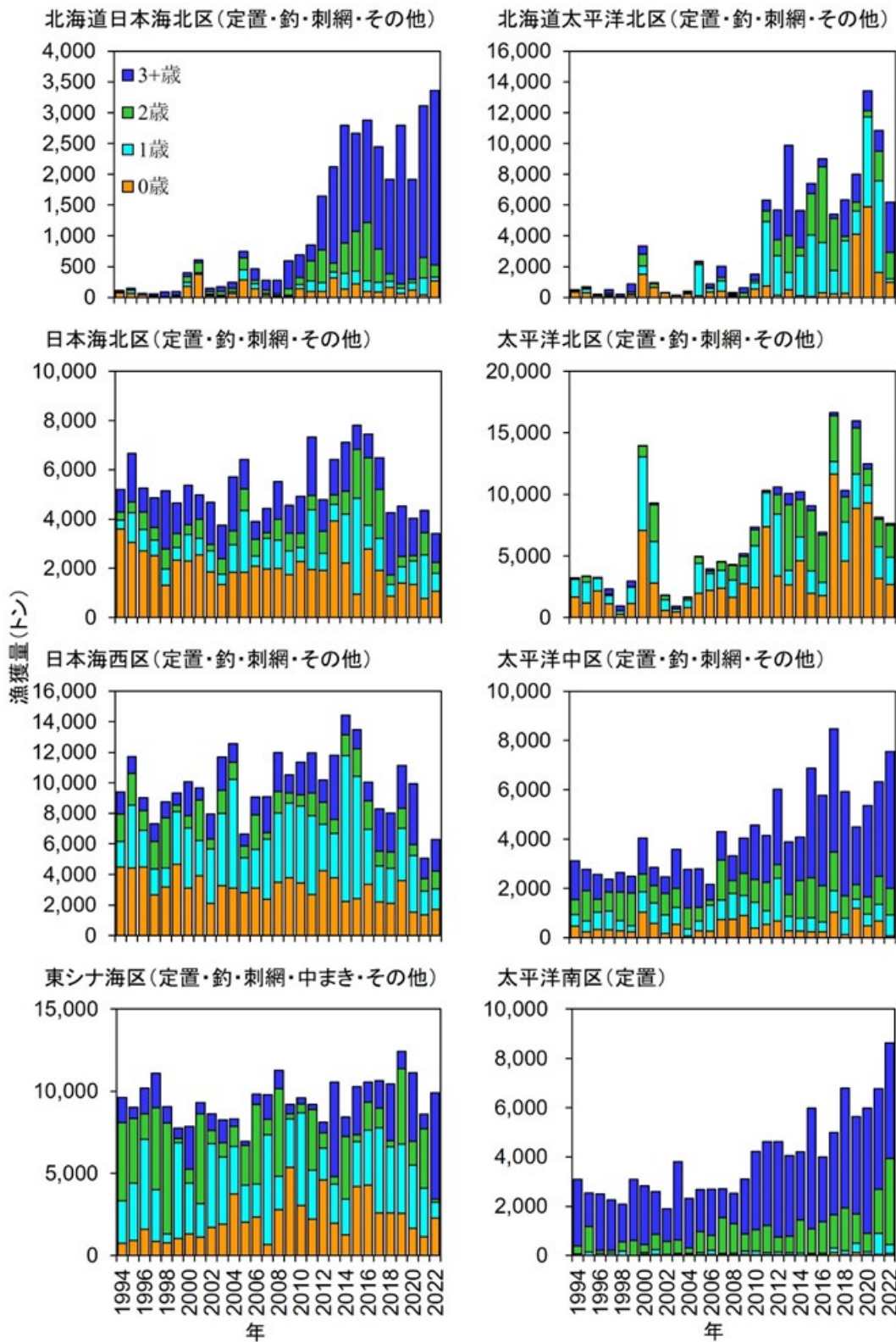
補足図 9-2. 各府県で収集できた漁業種における海域毎のブリ類漁獲量に対するヒラマサおよびカンパチ類の割合

補足資料 10 海区別（または主要地域別）主要漁法別の年齢別漁獲量の推移



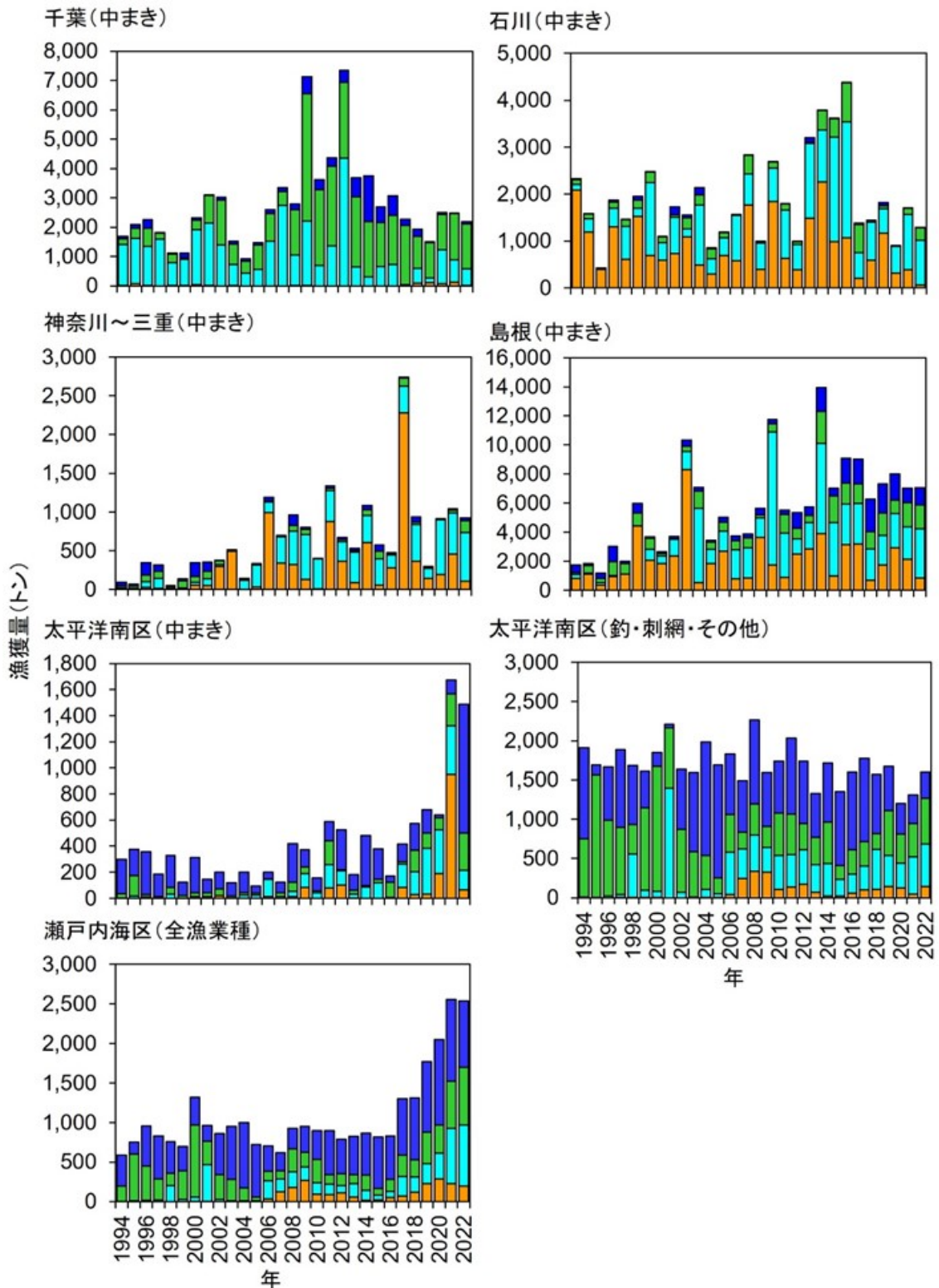
補足図 10-1. 大中まき網の大海区別年齢別漁獲量の推移

0歳は全て0歳（後期）で、0歳（モジャコ期）は含まれない。



補足図 10-2. 定置網、釣り、刺網、中まき、その他の漁法の大海区別年齢別漁獲量の推移

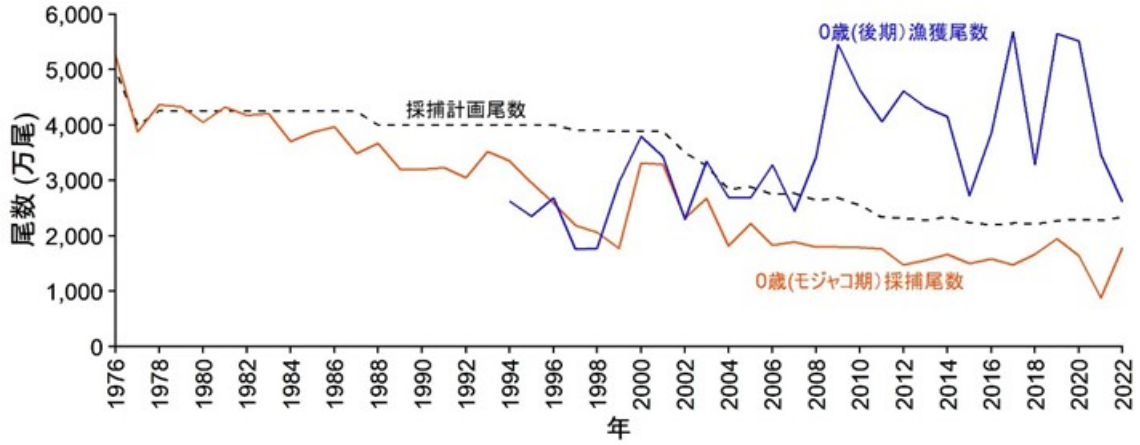
0歳は全て0歳（後期）で、0歳（モジャコ期）は含まれない。



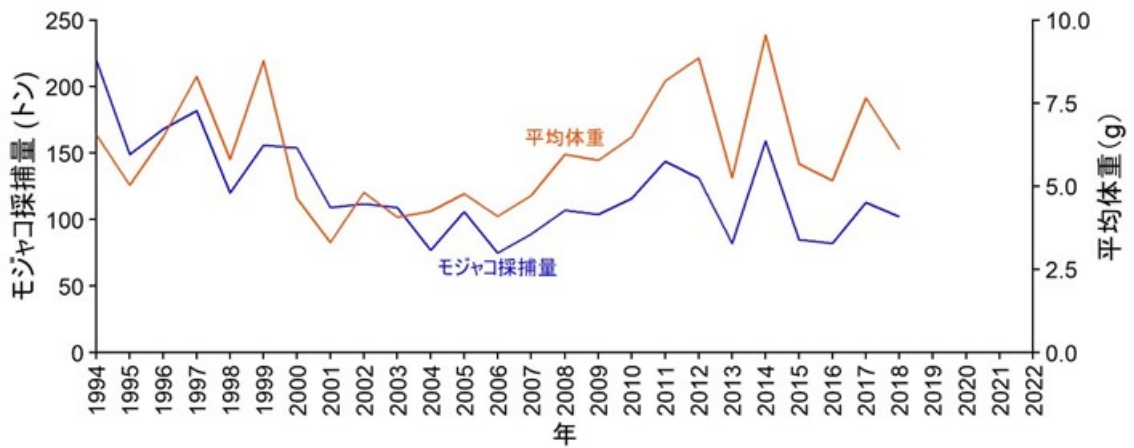
補足図 10-2. (つづき) 定置網、釣り、刺網、中まき、その他の漁法の大海区別年齢別漁獲量の推移

0歳は全て0歳(後期)で、0歳(モジャコ期)は含まれない。

補足資料 11 モジャコ（0歳（モジャコ期））の採捕尾数、採捕計画尾数、採捕量、平均体重



補足図 11-1. モジャコ採捕尾数、採捕計画尾数および0歳（後期）の漁獲尾数の推移



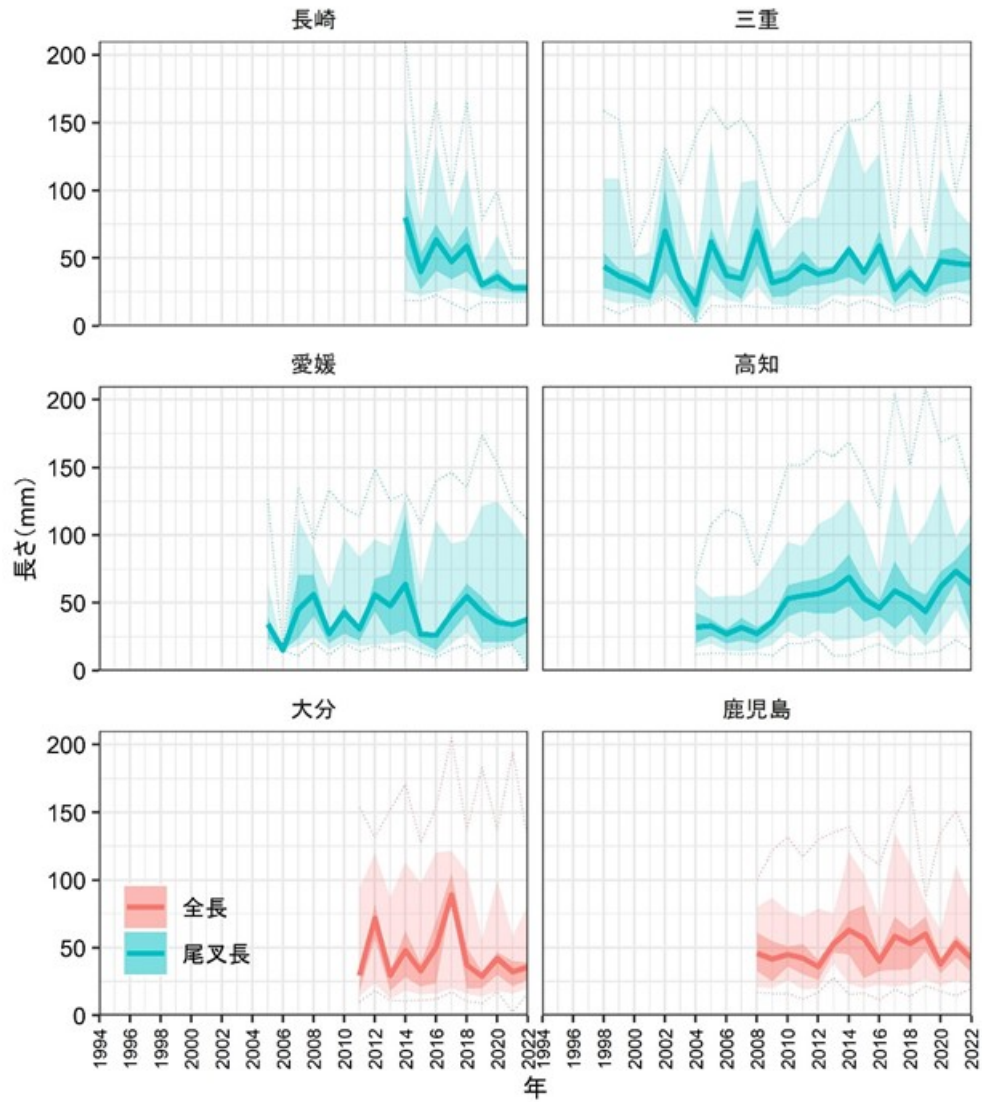
補足図 11-2. モジャコ採捕量（トン）とその推定平均体重（g）の推移
モジャコ採捕量は2018年以降公表されていない。

補足資料 12 モジャコ（0歳（モジャコ期））の海区別県別採捕尾数



補足図 12-1. 0歳（モジャコ期）の海区別県別採捕尾数の推移

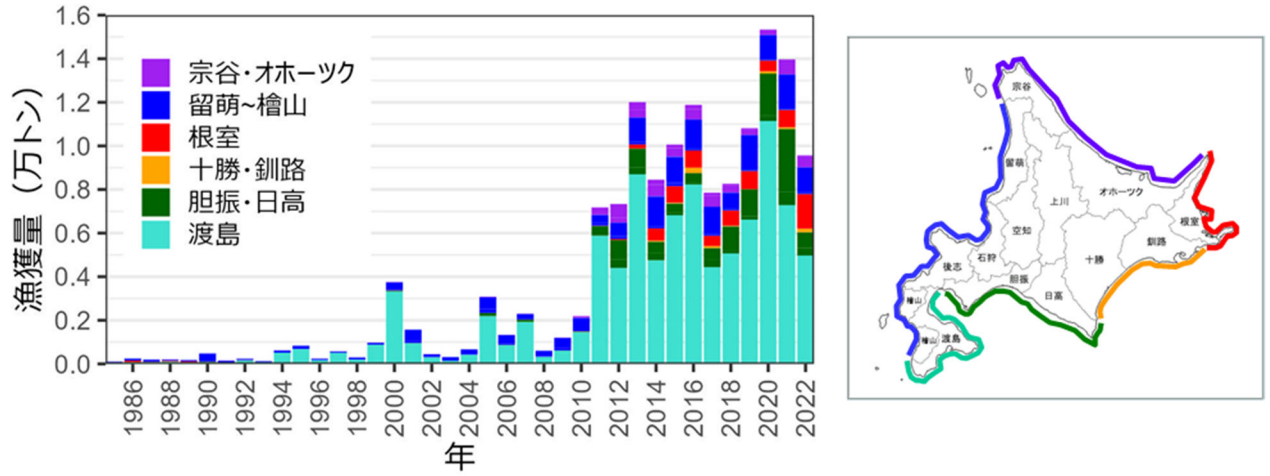
補足資料 13 長崎県、三重県、愛媛県、高知県、大分県、鹿児島県におけるモジャコ採捕調査で採捕されるモジャコの尾叉長の推移



補足図 13-1. 長崎県、三重県、愛媛県、高知県、大分県、鹿児島県のモジャコ採捕調査で採捕されたモジャコの尾叉長または全長の推移

折れ線（実線）は平均値、折れ線（破線）は最大値および最小値、濃い塗り領域は50%区間、薄い塗り領域は95%区間を示す。

補足資料 14 北海道における漁獲量の推移



補足図 14-1. 北海道における地域別漁獲量の推移

補足資料 15 漁獲係数と漁獲開始年齢の関係

漁獲開始年齢および平均漁獲係数 F を変化させて、加入量当たり漁獲量 (YPR) の変化を計算した (補足図 15-1)。YPR は以下の式で求めた。

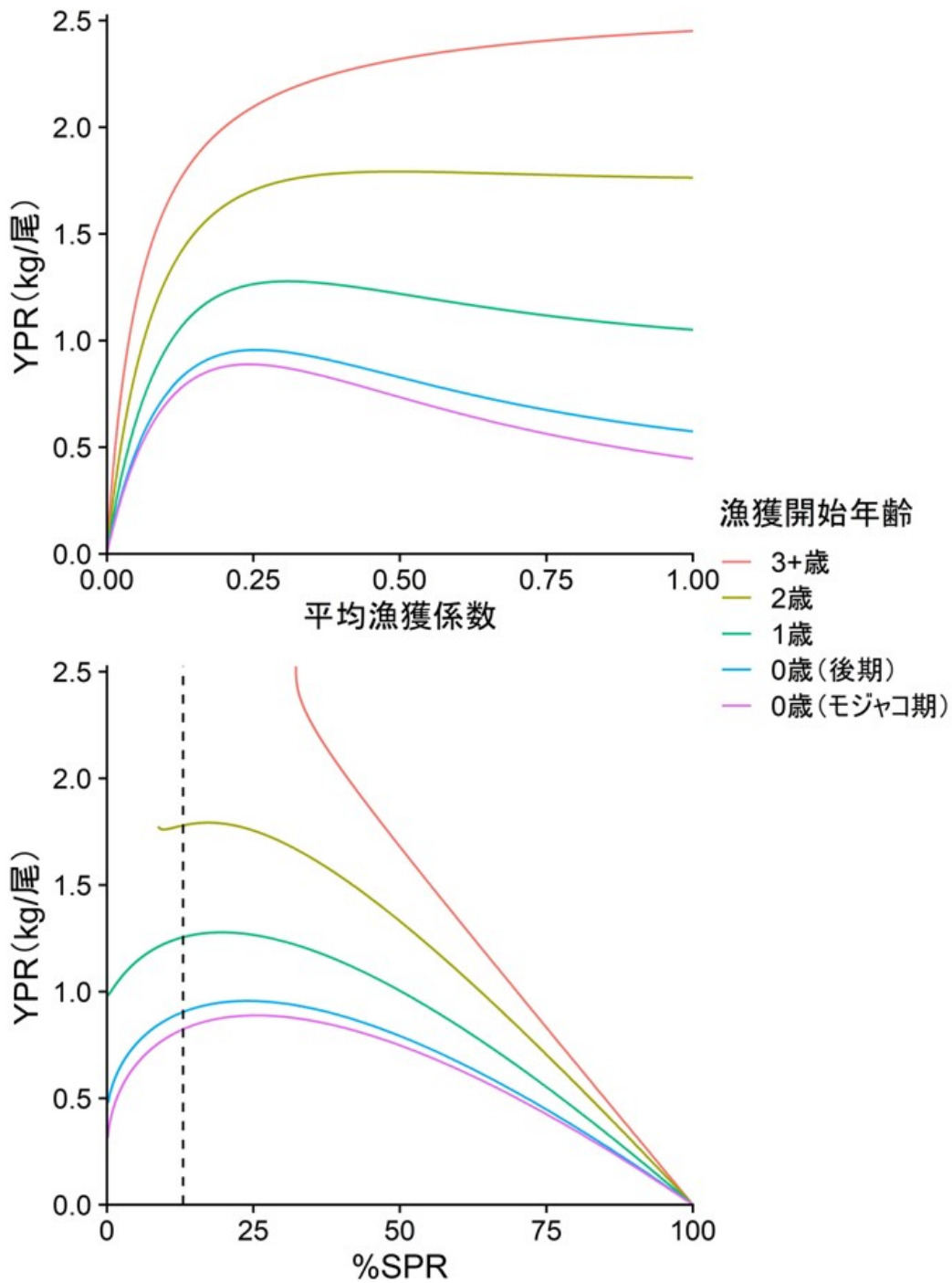
$$YPR = \sum_{a=0}^{3+} \frac{F_a}{F_a + M_a} \{1 - \exp(-F_a - M_a)\} S_a W_a \quad (1)$$

$$S_a = S_{a-1} \exp\{-(F_{a-1} + M_{a-1})\} \quad (2)$$

$$SPR = \sum_{a=0}^{3+} S_a W_a m_a \quad (3)$$

$$\%SPR = SPR/SPR0 \quad (4)$$

ここで、 F_a 、 W_a 、 S_a および m_a は a 歳 (期) の現状の漁獲圧 (F2023)、平均体重、生存率および成熟率で、 a の取り得る値は昇順に 0 歳 (モジャコ期)、0 歳 (後期)、1 歳、2 歳およびプラスグループの 3 歳以上魚 (3+歳) であり、 $SPR0$ は $F=0$ のときの SPR を示す。なお、その他の生物パラメータは令和 5 年度資源評価に従った。漁獲開始年齢を 0 歳 (モジャコ期) とする場合は現状の漁獲圧 (F2023) を F_a としてそのまま用い、0 歳 (後期) 以降とする場合には当該年齢の F_a を 0 として S_a および YPR を計算した。補足図 15-1 (上段) の横軸は 0 を含む用いた F_a のすべての値の平均の F であり、補足図 15-1 (下段) の横軸を $\%SPR$ としたものを示す。



補足図 15-1. 漁獲係数と漁獲開始年齢を変化させたときの加入量当たり漁獲量 YPR (kg/尾)
 横軸を平均漁獲係数とした場合 (上段) と%SPR とした場合 (下段) を示す。破線は MSY に対する%SPR (13%) を示す。現状では 0 歳 (モジャコ期) から漁獲が行われている。