

令和元（2019）年度マダラ日本海系群の資源評価

担当水研：日本海区水産研究所

参画機関：青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県水産振興センター、山形県水産試験場、新潟県水産海洋研究所、富山県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

要 約

本系群の資源状態について、資源量指標値（沖底の標準化 CPUE および刺網の CPUE）をチューニング指標値として用いたコホート解析により評価した。資源水準の指標値である親魚量は、2005 年に 88 百トンとなった以降徐々に減少し、2016 年に 62 百トンとなった後、再び増加した。2018 年の親魚量は 75 百トンであり、資源水準を高位と判断した。資源量は過去最低であった 2001 年（63 百トン）から急増して 2005 年に過去最高（130 百トン）となったのち、2016 年（104 百トン）にかけて緩やかに減少した。2017 年以降増加し、2018 年は 111 百トンであった。資源動向は、過去 5 年間（2014～2018 年）における資源量の推移から横ばいと判断した。今後も良好な資源状況を維持するべく、親魚量の維持を管理目標として基本規則の 1-1)-(1)に基づき 2020 年 ABC を算定した。

管理基準	Target/ Limit	2020 年 ABC (百トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの 増減%)
Fmed	Target	26	23	0.35 (-5%)
	Limit	31	28	0.44 (+19%)

・ Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、より安定的な資源の維持が期待される F 値による漁獲量である。

・ Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。

・ $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、 α には標準値 0.8 を用いた。

・ 現状の F 値（Fcurrent）は 2018 年の F 値であり、0.37 である。

・ 漁獲割合は 2020 年の漁獲量／資源量、F 値は各年齢の平均値である。

・ ABC の値は十の位を四捨五入した。

年	資源量 (百トン)	親魚量 (百トン)	漁獲量 (百トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2015	106	63	32	0.46	30
2016	104	62	30	0.49	29
2017	107	69	25	0.47	23
2018	111	75	26	0.37	24
2019	111	73	27	0.37	24
2020	112	69	—	—	—

2019 年および 2020 年の資源量と親魚量、および 2019 年の漁獲量は、将来予測において加入量および F 値を仮定した値。2020 年の親魚量は、Fmed (0.44) での漁獲を想定した値。
水準：高位 動向：横ばい

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
年齢別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） 水揚量（青森～石川（6）県） 体長組成調査（青森県、山形県、石川県）、精密測定調査（水研、青森県、秋田県、山形県、新潟県、石川県）
資源量指標値	沖合底びき網漁業標準化 CPUE（青森県、秋田県、山形県、新潟県、石川県）* 刺網漁業 CPUE（青森県、秋田県、石川県）* 底びき網漁業 CPUE（秋田県、山形県、新潟県、石川県）
自然死亡係数（M）	年あたり M=0.28 を仮定（田中 1960）
漁獲努力量等	漁場別漁獲状況調査 沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁）
若齢魚の発生状況	新規加入量調査（青森県：4～9 月、秋田県：9～12 月、山形県：6～7 月、新潟県：4～5 月） 日本海北部底魚資源調査（水研：7～8 月） 日本海ズワイガニ等底魚資源調査（水研：5～6 月）

*はコホート解析におけるチューニング指数である。

1. まえがき

マダラは石川県以北における重要魚種であり、冬季を中心に沖合底びき網（以下「沖底」）、小型底びき網（以下「小底」）、刺網、定置網、はえ縄および釣等により漁獲される。漁業の主対象は冬季に接岸する被鱗体長（以後体長と表記）50 cm 以上の産卵親魚であり、30 cm 台の若齢期から漁獲の主対象となる北海道（千村ほか 2019）および太平洋北部（成松ほか 2019）と漁業の状況が異なる。

2. 生態

(1) 分布・回遊

マダラは北太平洋の沿岸域に広くみられ、我が国周辺では東シナ海北部、日本海、太平洋東北沖及びオホーツク海に生息する (Bakkala et al. 1984)。本系群は日本海北部の大陸斜面 (水深 200～400 m 前後) に分布するが (図 1)、冬季には産卵のため浅海に移動する (三島 1989、水産庁 1989)。マダラの定着性は高いとされるが (Bakkala et al. 1984)、大規模な回遊に関する知見も存在する (菅野ほか 2001)。なお、日本海西部に分布するマダラは、石川県以北と遺伝的に異なると考えられ (Suda et al. 2017)、漁獲動向も日本海北部と西部で異なる。福井県以西における生態および漁業に関しては補足資料 6 に記載した。

(2) 年齢・成長

マダラは成長が早く、2 歳で 30 cm、3 歳で 43 cm、7 歳で 70 cm 台に達する (図 2)。若齢期には体重の増加が著しく、1～2 歳、2～3 歳の間にそれぞれ約 7 倍および約 2.7 倍に成長する (図 2)。なお、本評価におけるマダラの年齢は、ふ化からその年の年末までを 0 歳とし、以降暦年に従って加齢するものとする。寿命は漁獲物の年齢査定結果から 9 歳とされる (後藤・藤原 2015)。

(3) 成熟・産卵

日本海のマダラは、雄で体長 40 cm 以上、雌で体長 50 cm 以上で成熟し (中田ほか 1995)、成熟年齢は 3～4 歳と考えられる。なお、本評価では 3 歳および 4 歳以上の成熟率をそれぞれ 50%、100%と仮定している (図 3)。産卵期は 1～3 月で、産卵場は局所的に分布する。産卵場の底質は、卵の採集状況から、泥底、砂泥底、砂礫底および礫底と考えられる (與世田ほか 1992)。毎年の産卵は 1 度の放卵によって完了する (桜井・吉田 1990)。

(4) 被捕食関係

未成魚、成魚ともに魚類、頭足類、甲殻類 (エビ類) を餌料とする (水産庁 1989、柴田 1994、中田ほか 1995)。本種の主たる捕食者は不明である。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群の漁業には、沖底、小底、刺網、定置網、はえ縄および釣等が含まれる。沖底および小底を含む底びき網の漁期は 9 月～翌年 6 月である。刺網および定置網は周年行われるが、いずれも産卵群を主対象とした漁業であり、主漁期は 1～3 月である。本系群全体で見ると、1～3 月の漁獲量が全体の約 50%を占める。なお、福井県以西の日本海では底びき網による漁獲が 90%以上を占める (補足資料 6)。

(2) 漁獲量の推移

漁獲量は、1980 年代中頃まで 17 百～42 百トンの中で、1989 年に過去最高 (52 百トン) となった後 1992 年から 2004 年までは 10 百～21 百トンの中で、いずれも周期的に変動した (図 4、表 1、2)。2005 年以降は概ね 30 百トン前後で推移していたが、2016 年以降減少

傾向にあり、2018 年は 26 百トンとなった。漁獲量の少なかった 1990～2005 年頃までは青森県と秋田県が全体の約 50%を漁獲したが、近年は新潟県および石川県の漁獲量が全体の 50%程度を占める。漁業種類別では、1980 年代以降、沖底と小底を合わせた底びき網が系群全体の 50%程度を、刺網と定置網が 40%程度を、それぞれ漁獲している（図 5、表 2）。

（3）漁獲努力量

沖底小海区区分のうち本系群の範囲に相当する男鹿北部、男鹿南部、新潟沖、能登沖および加賀沖（図 6）における沖底の有効漁獲努力量（補足資料 4）は、概ね減少傾向にある（図 7、表 3）。1980 年代以降 50 千網前後であったが、1990 年代前半には 30 千網程度に減少し、2000 年代に入ってから 20 千網台で推移した。2018 年は過去最低レベルの 18 千網であった。県別ののべ出漁隻数では、底びき網（沖底、小底）で増加もしくは横ばい（図 8）、刺網で横ばいもしくは減少傾向にあった（図 9）。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

チューニング VPA（コホート解析）により、2000～2018 年の年齢別資源尾数および資源重量を推定した（補足資料 1、2）。計算には漁業種類別漁獲統計（表 2）、漁獲物の体長組成（底びき網および刺網）、年齢-体長関係および体長-体重関係（図 2、補足資料 8）を用いた。自然死亡係数（ M ）は田内・田中の式（田中 1960）に基づき寿命（9 歳）から 0.28 とした。

（2）資源量指標値の推移

男鹿北部から能登沖における沖底の資源密度指数（kg/網、補足資料 4）を図 10 および表 3 に示す。資源密度指数は漁獲量と同様、周期的に変動した。近年では、2009 年に過去最高（38.5）となって以降、減少傾向にあったが、2018 年は増加して 24.2 であった。主漁期（1～3 月）における底びき網および刺網の CPUE（図 11、12、補足資料 2）は県ごとに異なる変動傾向を示した。また、沖底の標準化 CPUE（補足資料 7）は近年減少傾向にあったものの、2018 年は増加した。

（3）漁獲物の年齢組成

年齢別漁獲尾数を図 13 および補足資料 8 に示す。2000 年以降、漁獲物の主体は一貫して 4 歳以上の成魚であり、近年は 4～6 歳の漁獲尾数が全体の 60～70%程度を占める。一方、3 歳魚の漁獲尾数は全体の 1%から 27%まで、年によって大きく変化した。2018 年度は 3～5 歳の割合が高く、それぞれ 20%程度であった。

（4）資源量と漁獲割合の推移

資源量は過去最低であった 2001 年（63 百トン）から 2005 年（130 百トン）にかけて増加した後、増減を繰り返しながら緩やかに減少したが、2016 年（104 百トン）以降増加し、2018 年は 111 百トンであった（図 15、表 4、補足資料 3）。親魚量は、2005 年に最高（88 百トン）となって以降高い水準で推移し、2018 年は 75 百トンであった。（表 4）。漁獲割合

は 2003 年に最低 (14%) となった後、2007 年 (32%) および 2011 年 (33%) にかけて上昇した (図 15、表 4)。2018 年は 24% であった。3~8+ 歳における F 値の単純平均は、2007 年以降、2006 年以前と比較して高かったが、2016 年から 2017 年にかけて低下し、2018 年 ($F_{current}$) は 0.37 であった (図 16、補足資料 3)。F 値の変動は年齢ごとに異なり、特に 2007 年に 7 歳以上で高い値が見られた。

加入量 (3 歳魚の資源尾数) は、2003 年に過去最高 (2,635 千尾) となった後、1,500 千~2,500 千尾台で推移し、2017 年は 2,353 千尾であった (図 14、表 4、補足資料 3)。2018 年の加入尾数は 2015 年の親魚量と再生産成功率 (後述) の積より、1,832 千尾と計算された。

コホート解析に使用した自然死亡係数 (M) の値が資源計算に与える影響を見るため、 M を ± 0.1 変化させた場合の 2018 年の資源量と親魚量を推定した。2018 年の資源量および親魚量は、ともに M が大きくなると増加し、 M が小さくなると減少した (図 17)。また、これらの M を用いた際も資源量および親魚量のトレンドは変化せず、親魚量は B_{limit} を上回っていた。

(5) 再生産関係

本系群の資源量は過去最高となった 2005 年以降安定的に推移しており、低水準期のデータが 2000 年以降数年間に限られ、加入量の変動範囲も狭い (図 18)。再生産成功率 (RPS) は 2001~2004 年に大きく低下したが、2005 年に上昇して以降は安定して推移している (図 19)。2000~2014 年における再生産成功率の中央値 (RPS_{med}) は 0.29 尾/kg であった。本系群の加入量変動に関する知見は少なく、今後調査研究の充実を図る必要がある。

(6) B_{limit} の設定

過去最低の親魚量 (41 百トン) から比較的良好な加入が生じた 2000 年を基準として、 B_{limit} を 41 百トンに設定した。2018 年の親魚量は 75 百トンであり、 B_{limit} を上回っている。

(7) 資源の水準・動向

資源水準は親魚量から判断し (図 20)、高位と中位の境は最高値 (88 百トン) と B_{limit} (41 百トン) との中間 (65 百トン)、中位と低位の境は B_{limit} とした。2018 年の親魚量は 75 百トンであり、資源水準は高位と判断した (図 20)。資源動向は、直近 5 年間 (2014~2018 年) の資源量の推移から横ばいと判断した (図 15)。

(8) 今後の加入量の見積もり

調査船調査結果に基づく年級群豊度には変動があり、近年では 2015、2016、2018 年級群で低く、2014、2017 年級群で高かった (補足資料 5)。資源計算では、2018 年以降の加入量を、2000~2014 年の再生産成功率の中央値 (RPS_{med} 、0.29 尾/kg) と各年における親魚量の積により推定した。ABC 算定年である 2020 年の加入尾数 (3 歳魚、2017 年級群) は 2,033 千尾と推定された (表 4、補足資料 3)。なお、コホート解析に基づく直近年の加入量は不確実性が高いことから、直近年 (2018 年) の加入量を RPS_{med} と親魚量の積により推

定した。

(9) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

本系群の YPR と %SPR を、直近 3 年間（2015～2017 年）の平均選択率に基づく F 値により求めた（図 21）。F_{current}（0.37）は経験的管理基準値である F_{0.1}（0.22）より高い一方、親魚量を維持する F_{med}（0.44）より低く、0.8F_{med}（0.35）および経験的に適正とされる F_{30%SPR}（0.40）に近い値である。従って、長期的には、現状の漁獲圧のもとで親魚量が増大すると見込まれる。

5. 2020 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

コホート解析により得られた資源量および親魚量に基づき、本系群の資源水準を高位、資源動向を横ばいと判断した。資源量は過去最低であった 2001 年（63 百トン）から急増して 2005 年に過去最高（130 百トン）となったのち、2016 年（104 百トン）にかけて緩やかに減少した。2017 年以降は増加、2018 年は 111 百トンであった。親魚量は、2005 年に 88 百トンとなった以降徐々に減少し、2016 年に 62 百トンとなった後、再び増加した。2018 年の親魚量は 75 百トンであった。資源は 2000 年代前半と比較して高い水準にあり、今後とも良好な資源状況を維持するべく、親魚量の維持を管理目標とした。

(2) ABC の算定

親魚量は B_{limit} を上回っており、親魚量と再生産関係が利用可能であるため、ABC 算定規則の 1-1)-(1)を適用し、以下の式に基づいて ABC を算定した。

$F_{limit} = \text{基準値}$

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

ここで、 α は安全率であり、標準値の 0.8 を用いた。管理基準値（F_{limit}）には「親魚量の維持（F_{med}）」を採用した。選択率の過去 3 年平均（2015～2017 年）および 2000～2014 年の再生産成功率の中央値（RPS_{med}、0.29 尾/kg）を用いて F 値を探索的に求めたところ、F_{med} は 0.44 であった。なお、2018 年の F 値（F_{current}）は 0.37 であった。2020 年の ABC をコホートの前進計算に基づく将来予測により求めた。将来予測における加入量は「4. (8) 今後の加入量の見積もり」で設定した条件に従うものとし、2019 年の F 値は 2018 年と同一値、ABC 算定年（2020 年）以降の F 値は漁獲シナリオに基づく値とした。2020 年の資源量は 112 百トンと予測され、ABC_{target} は 26 百トン、ABC_{limit} は 31 百トンと算定された。

管理基準	Target/ Limit	2020 年 ABC (百トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの 増減%)
Fmed	Target	26	23	0.35 (－5%)
	Limit	31	28	0.44 (＋19%)

・ Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、より安定的な資源の維持が期待される F 値による漁獲量である。

・ Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。

・ $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、 α には標準値 0.8 を用いた。

・ 現状の F 値 ($F_{current}$) は 2018 年の F 値であり、0.37 である。

・ 漁獲割合は 2020 年の漁獲量／資源量、F 値は各年齢の平均値である。

・ ABC の値は十の位を四捨五入した。

(3) ABC の評価

ABC の算定に基準値として使用した Fmed および現状の F 値である $F_{current}$ に加え、F0.1、0.8Fmed および F30%SPR による漁獲量、資源量および親魚量の将来予測を以下の表および図 22、23、24 に示す。 $F_{current}$ (0.37) は管理基準値として採用した Fmed (0.44) より低く、0.8Fmed (0.35) および経験的に適正とされる F30%SPR (0.40) に近い値である。Fmed および F30%SPR による漁獲量予測値は、2018 年から 2020 年まで増加したのち、ほぼ横ばいで推移した(補足資料 3)。また、 $F_{current}$ および 0.8Fmed では、2025 年にかけて緩やかに増加した。F0.1 では、2020 年に大きく減少した後、2025 年には 2018 年と同程度まで回復した。資源量は、Fmed ではほぼ横ばい、 $F_{current}$ 、0.8Fmed および F30%SPR では微増、F0.1 では大きく増加した。親魚量は Fmed で 2020 年にかけてやや減少するものの、その後横ばいで推移した。また、F30%SPR では横ばい、 $F_{current}$ および 0.8Fmed では微増、F0.1 では大きく増加した。

管理基準	F 値	漁獲量 (百トン)							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
F0.1	0.22	26	27	18	20	22	24	25	27
Fcurrent	0.37	26	27	27	27	27	28	29	30
F30%SPR	0.40	26	27	29	28	28	29	29	30
0.8Fmed	0.35	26	27	26	26	27	28	29	30
Fmed	0.44	26	27	31	29	29	29	30	30
		資源量 (百トン)							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
F0.1	0.22	111	111	112	124	133	143	154	163
Fcurrent	0.37	111	111	112	114	117	120	123	125
F30%SPR	0.40	111	111	112	112	115	117	118	119
0.8Fmed	0.35	111	111	112	115	119	123	126	129
Fmed	0.44	111	111	112	110	112	113	112	112
		親魚量 (百トン)							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
F0.1	0.22	75	73	82	90	98	105	112	120
Fcurrent	0.37	75	73	72	74	77	79	81	82
F30%SPR	0.40	75	73	71	71	74	76	76	76
0.8Fmed	0.35	75	73	74	76	80	82	84	86
Fmed	0.44	75	73	69	68	71	71	71	70

Fcurrent=2018 年の F 値である。表中の F 値は各年齢の F 値の単純平均である。

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2017 年の漁獲量確定値 2018 年の漁獲量暫定値	2017、2018 年の漁獲量 2017、2018 年の年齢別漁獲尾数の確定
2018 年の努力量確定値	2018 年の CPUE および資源量指標値
2018 年の年齢別漁獲尾数	2018 年までの資源量、親魚量など

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (百トン)	ABClimit (百トン)	ABCtarget (百トン)	漁獲量 (百トン) (実際の F 値)
2018 年 (当初)	Fmed	0.39	106	26	22	
2018 年 (2018 年再評価)	Fmed	0.49	121	35	30	
2018 年 (2019 年再評価)	Fmed	0.44	111	29	26	26 (0.37)
2019 年 (当初)	Fmed	0.49	124	37	31	
2019 年 (2019 年再評価)	Fmed	0.44	111	31	28	

ここで 2019 年再評価時の Fmed は、2020 年 ABC 算定に用いた値 (0.44)、再生産成功率 (RPS) は 2000～2014 年の中央値 (0.29 尾/kg) とした。コホート解析の年齢は、2018 年 (2017 年当初) のみ 2～8+歳、それ以外では 3～8+歳とした。2019 年再評価において、2018 年 ABClimit は 35 百トンから 29 百トンに下方修正された。これに対し 2018 年の漁獲量は 26 百トンであった。2019 年 ABClimit は 37 百トンから 31 百トンに下方修正された。これは、年齢別漁獲尾数を更新したことおよび年齢別体重を変更したこと (補足資料 8)、ならびに本年からチューニング指標値に沖底標準化 CPUE を用いたこと (補足資料 7) により、Fmed が当初評価よりも下降したためと考えられる。

6. ABC 以外の管理方策の提言

本系群の漁業は産卵親魚を主対象とし、未成魚の漁獲は極めて少ない。今後も資源を持続的に利用していくため、成魚を中心とする漁業を継続し、今まで同様、未成魚の漁獲を混獲程度にとどめることが重要である。

タラ類の資源変動は大きく、本系群の漁獲量も過去に大きな変動を繰り返してきた。一方、本系群の資源変動要因に関する知見は限られている。加入量予測を通じて将来予測の精度を高めるため、今後も継続的に調査船調査によりデータを蓄積するとともに、水温や生物生産といった海洋環境を考慮した調査研究を行うことが求められる。

7. 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.
- 千村昌之・境 磨・石野光弘・山下紀生 (2019) 平成 30 (2018) 年度マダラ北海道の資源評価. 平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 2 分冊, 水産庁・水産研究・教育機構, 934-957.
- 後藤常夫・藤原邦浩 (2015) 平成 26 (2014) 年度マダラ日本海系群の資源評価. 平成 26 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 2 分冊, 水産庁・水産総合研究センター, 924-945.
- 菅野泰次・上田祐司・松石 隆 (2001) 東北地方および北海道太平洋側海域におけるマダラの系群構造. 日水誌, **67**, 67-77.
- 三島清吉 (1989) 日本周辺におけるマダラ (*Gadus macrocephalus* TILESIIUS) の資源とその生物学的特性. INPFC 研報, **42**, 172-179.
- 中田凱久・早川 豊・佐藤恭成 (1995) まだらの生態と資源に関する研究 (まだら資源高度利用管理技術開発研究). 平成 5 年度 青森県水産試験場事業報告, 170-174.
- 成松庸二・柴田泰宙・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・永尾次郎 (2019) 平成 30 (2018) 年度マダラ太平洋北部系群の資源評価. 平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 2 分冊, 水産庁・水産研究・教育機構, 958-985.
- 桜井泰憲・吉田英雄 (1990) 我が国におけるマダラ資源とその生態. 水産技術と経営, 40-54.
- 柴田 理 (1994) 地先資源漁場形成要因研究事業 (マダラの生態と資源に関する研究). 平成 5 年度秋田県水産振興センター事業報告書, 103-111.
- 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.
- 水産庁 (1989) 我が国漁獲対象魚種の資源特性 (Ⅱ). 水産庁研究部, 1-96.
- 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.
- 與世田兼三・広川 潤・長倉義智・有瀧真人・小林真人 (1992) 石川県能登島周辺海域におけるマダラ成魚の成熟状況と卵・稚仔魚の分布. 栽培技研, **21**, 21-30.

(執筆: 佐久間啓、藤原邦浩、上田祐司、吉川 茜)



図 1. マダラ日本海系群の分布

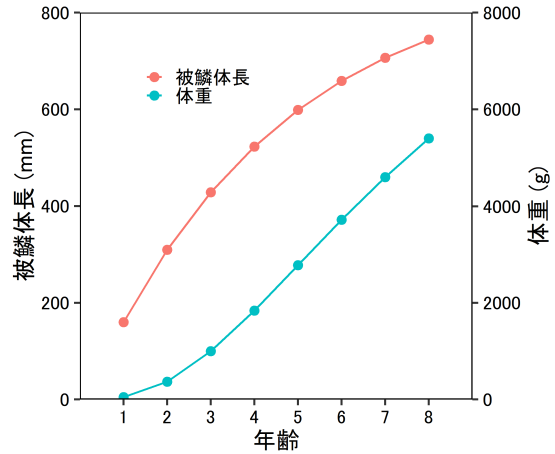


図 2. 日本海におけるマダラの成長

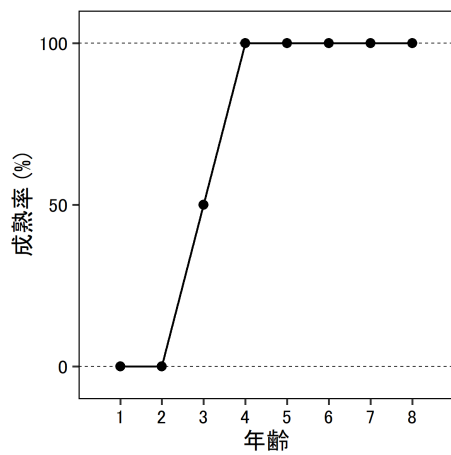


図 3. 日本海における年齢別成熟率

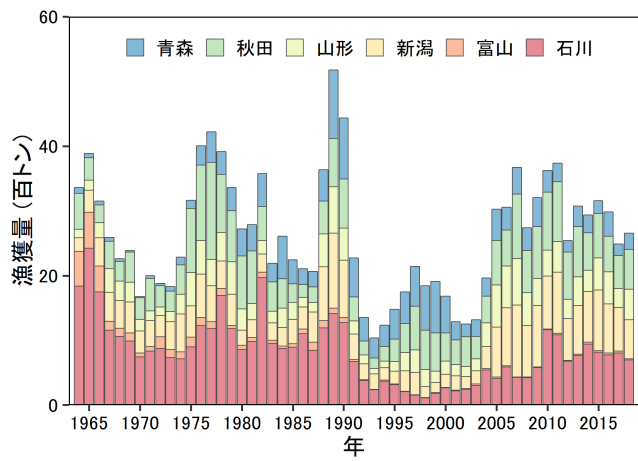


図 4. 県別漁獲量

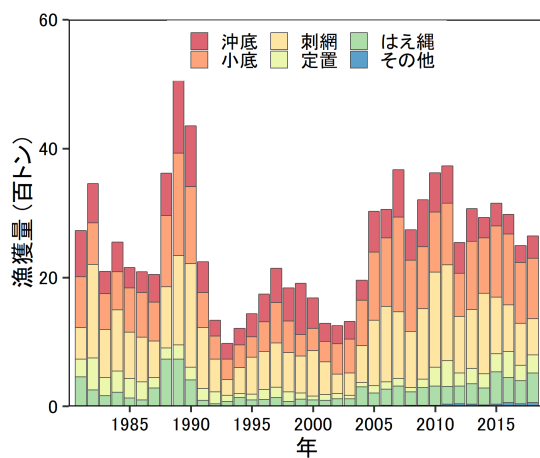


図 5. 漁業種類別漁獲量



図 6. 沖底の小海区区分

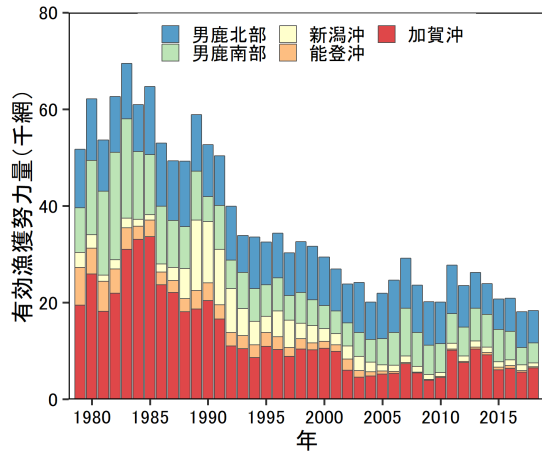


図 7. 沖底の小海區別有効漁獲努力量

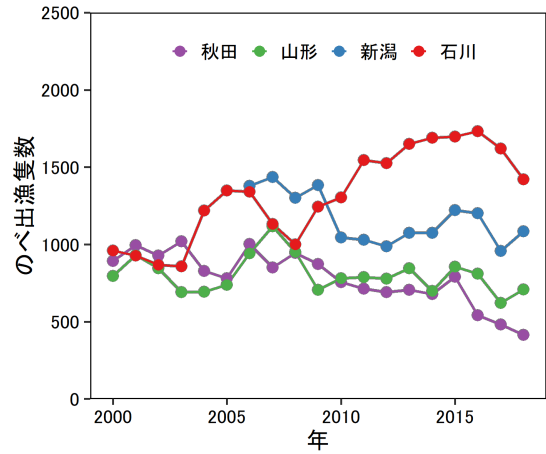


図 8. 主漁期（1～3 月）における
底びき網の努力量

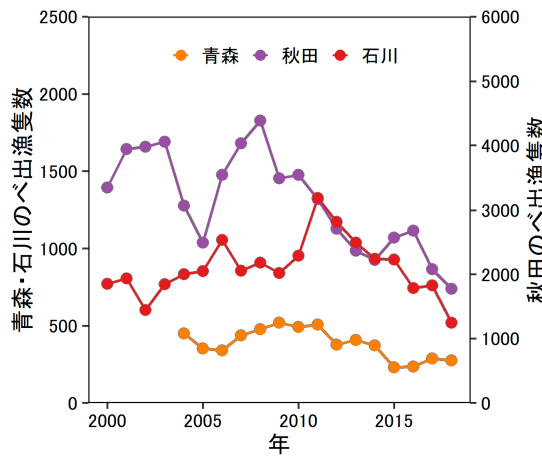


図 9. 主漁期（1～3 月）における
刺網の努力量

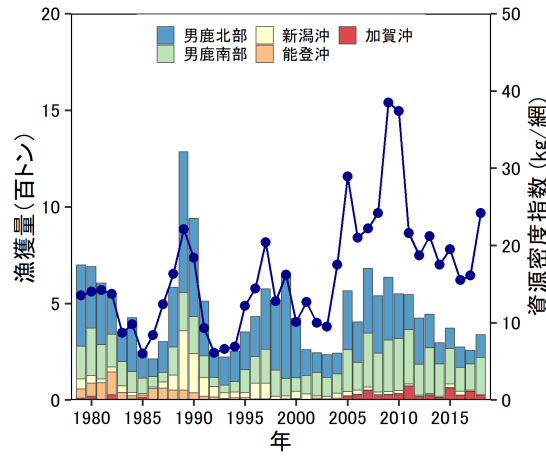


図 10. 沖底の小海區別漁獲量（棒グラフ）
と資源密度指数（折れ線グラフ）

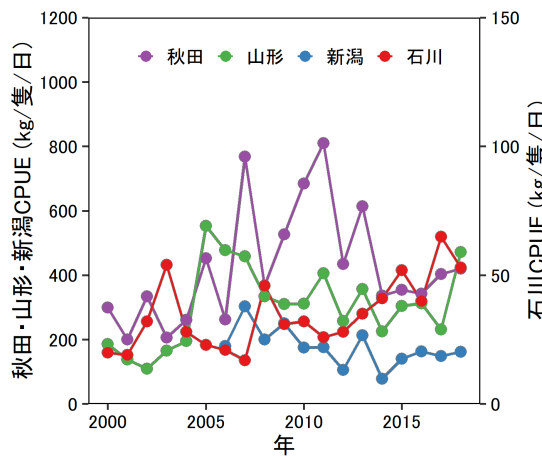


図 11. 主漁期（1～3 月）における
底びき網の CPUE

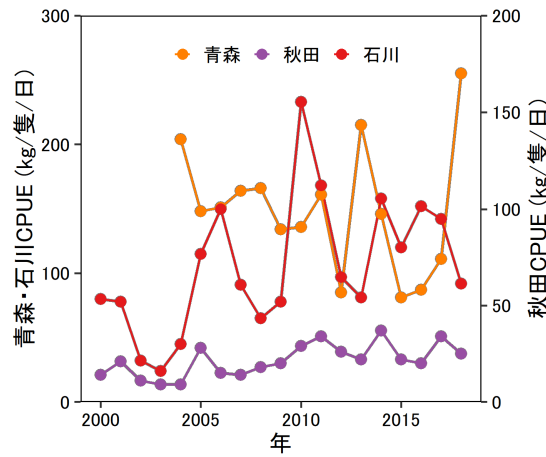


図 12. 主漁期（1～3 月）におけ
る刺網の CPUE

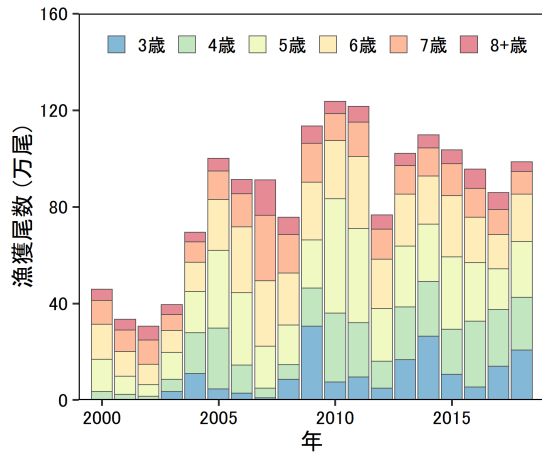


図 13. 年齢別漁獲尾数

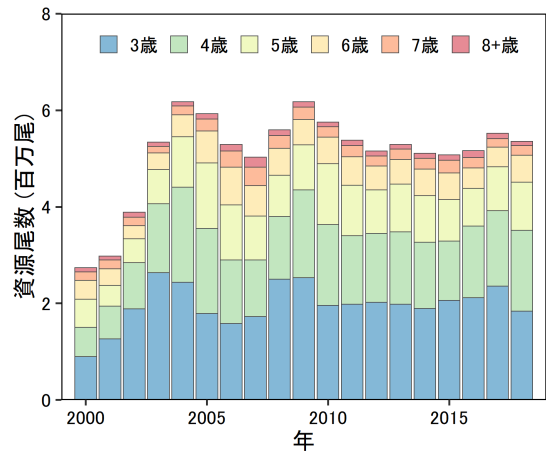


図 14. 年齢別資源尾数

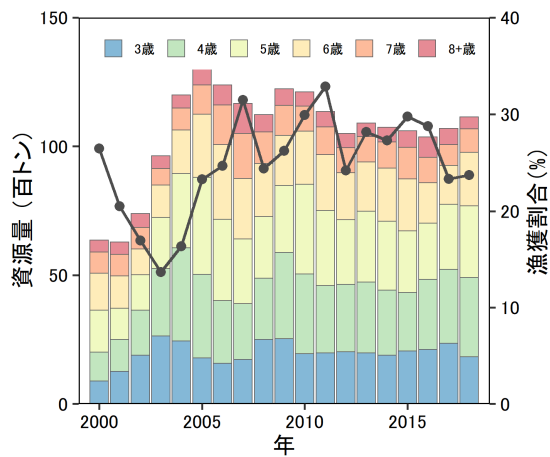


図 15. 年齢別資源量（棒グラフ）と
漁獲割合（折れ線グラフ）

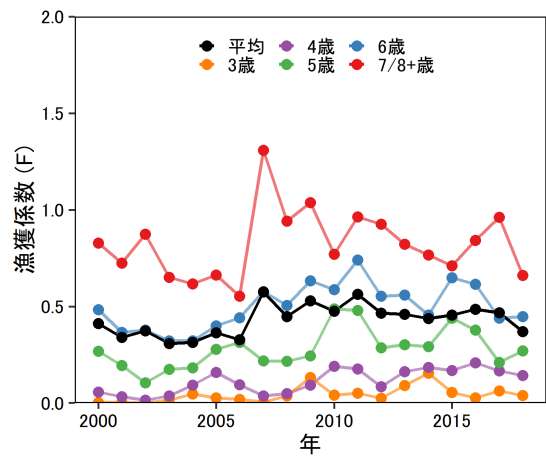


図 16. 年齢別 F 値

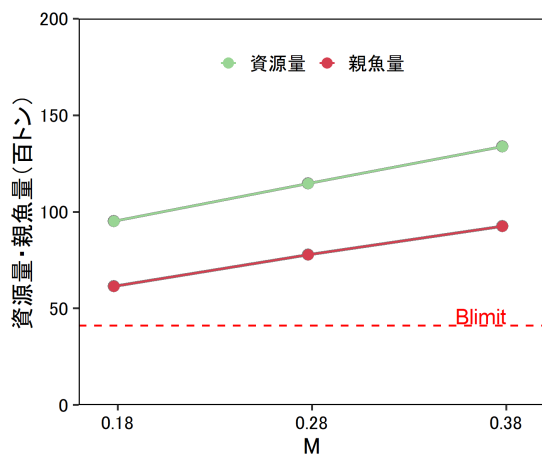


図 17. M を変化させた場合の 2018
年資源量および親魚量

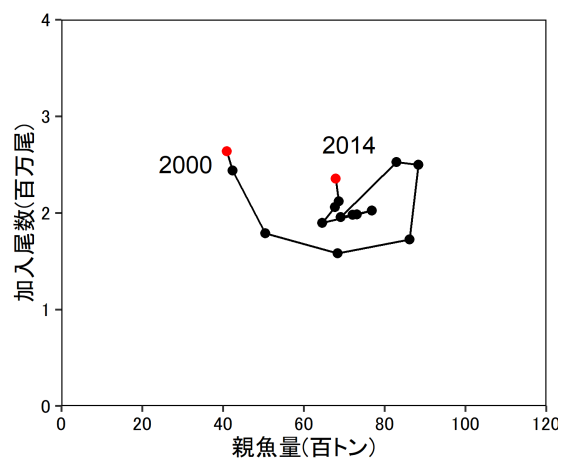


図 18. 加入量（3 歳魚資源尾数）
と親魚量の関係

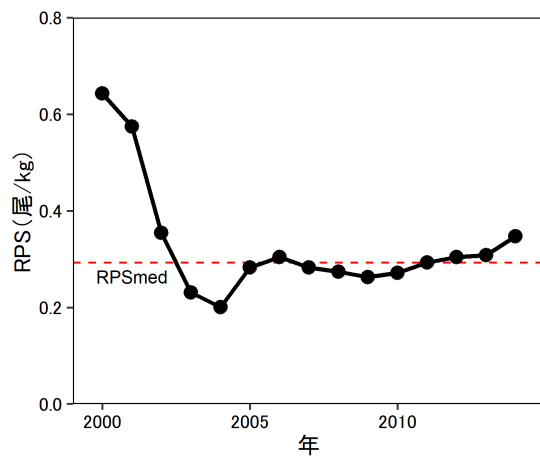


図 19. 再生産成功率 (RPS) の推移

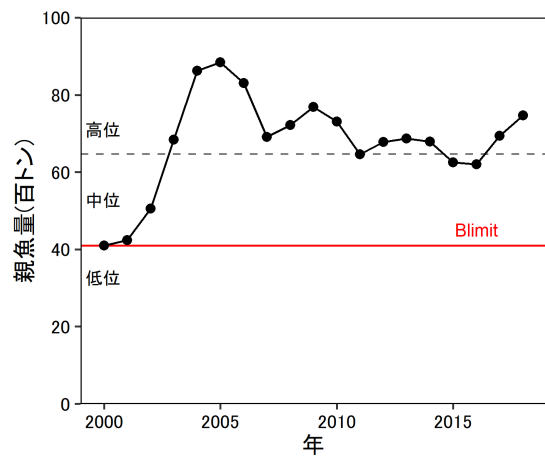


図 20. 親魚量の推移および資源水準の境界

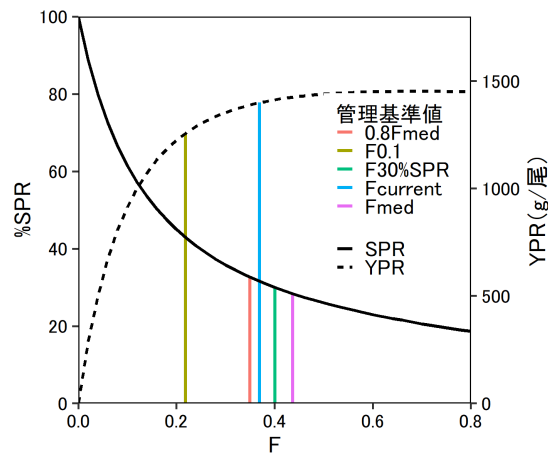


図 21. F 値に対する YPR および%SPR

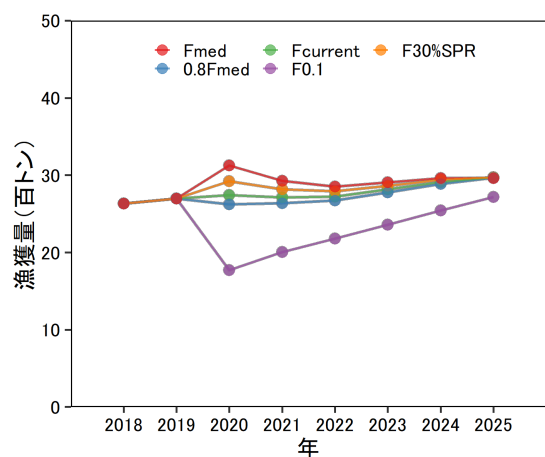


図 22. 漁獲量の将来予測

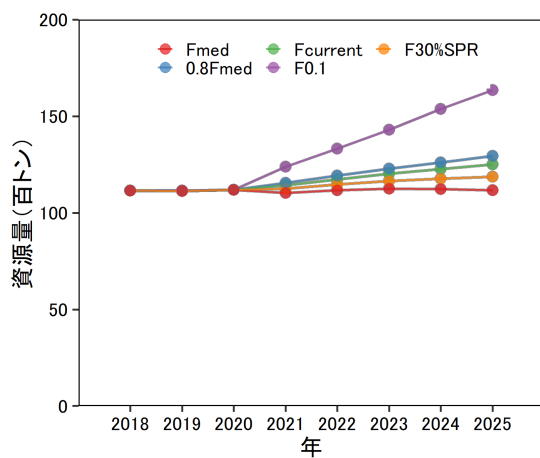


図 23. 資源量の将来予測

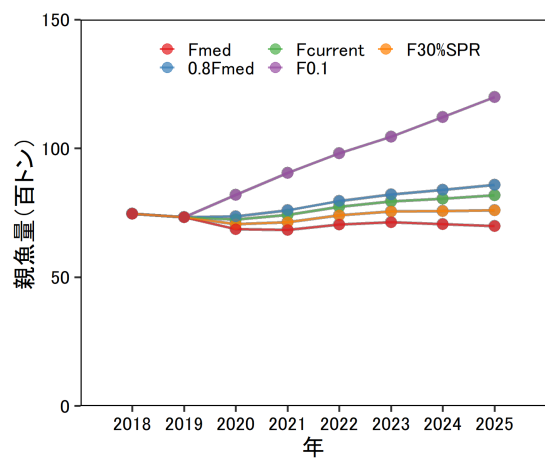


図 24. 親魚量の将来予測

表 1. 県別漁獲量（単位：トン）

年	日本海系群							日本海 西部 ^{*2}	計	韓国
	青森 ^{*1}	秋田	山形	新潟	富山	石川	計			
1964	85	555	134	210	536	1,837	3,357	1,118	4,475	-
1965	63	347	158	337	557	2,421	3,883	619	4,502	2,252
1966	57	277	231	438	402	1,745	3,150	418	3,568	2,211
1967	58	428	364	444	141	1,154	2,589	274	2,863	2,286
1968	37	306	300	431	127	1,057	2,258	530	2,788	2,218
1969	19	471	301	479	126	988	2,384	1,132	3,516	3,279
1970	19	332	178	341	59	746	1,675	81	1,756	2,753
1971	45	497	154	398	70	835	1,999	38	2,037	2,571
1972	37	329	130	331	181	872	1,880	18	1,898	757
1973	73	313	155	432	126	730	1,829	119	1,948	717
1974	123	453	301	588	110	711	2,286	420	2,706	1,365
1975	128	989	515	483	148	900	3,163	273	3,436	1,653
1976	299	1,161	519	671	127	1,225	4,002	216	4,218	435
1977	468	1,498	407	558	108	1,178	4,217	229	4,446	1,456
1978	351	895	445	425	107	1,691	3,914	139	4,053	1,841
1979	355	790	500	482	50	1,180	3,357	251	3,608	1,883
1980	421	818	330	229	66	858	2,722	277	2,999	844
1981	407	811	250	276	55	985	2,784	468	3,252	3,646
1982	508	528	209	280	83	1,967	3,575	369	3,944	4,462
1983	289	451	182	266	51	950	2,189	185	2,374	3,784
1984	658	457	293	287	39	874	2,608	158	2,766	902
1985	368	291	261	377	50	895	2,242	113	2,355	2,996
1986	245	201	148	340	72	1,101	2,107	118	2,225	919
1987	240	238	150	464	127	843	2,062	207	2,269	839
1988	484	508	507	832	110	1,192	3,633	168	3,801	1,200
1989	1,055	750	715	1,159	80	1,415	5,174	183	5,357	3,020
1990	945	762	493	883	77	1,277	4,437	136	4,573	487
1991	603	368	202	397	29	672	2,271	57	2,328	665
1992	368	214	140	240	17	376	1,355	39	1,394	439
1993	314	161	85	235	9	234	1,038	27	1,065	481
1994	331	230	98	193	19	365	1,236	25	1,261	473
1995	456	350	149	198	12	312	1,477	29	1,506	273
1996	490	448	277	320	7	203	1,745	39	1,784	472
1997	617	674	344	347	4	154	2,140	29	2,169	481
1998	685	608	265	166	5	113	1,842	33	1,875	476
1999	790	596	171	156	19	174	1,906	31	1,937	894
2000	569	436	204	198	11	263	1,681	30	1,711	1,766
2001	275	384	174	222	12	217	1,284	34	1,318	2,458
2002	199	457	157	187	13	239	1,252	68	1,320	1,968
2003	252	348	188	203	24	299	1,314	101	1,415	1,826
2004	277	412	367	339	22	542	1,959	121	2,080	2,641
2005	484	684	655	766	27	408	3,024	156	3,180	4,272
2006	352	559	644	896	14	590	3,055	327	3,382	6,810
2007	410	998	717	1,112	8	424	3,669	381	4,050	7,533
2008	352	649	509	796	9	422	2,737	502	3,239	5,396
2009	447	799	422	949	8	578	3,203	491	3,694	6,870
2010	335	900	399	820	11	1,160	3,625	705	4,330	7,289
2011	285	926	473	944	22	1,086	3,736	1,076	4,812	8,585
2012	181	729	300	641	14	678	2,543	1,011	3,554	8,682
2013	312	779	441	755	15	769	3,071	844	3,915	9,134
2014	274	582	329	781	28	943	2,937	1,034	3,971	13,401
2015	195	686	498	935	28	813	3,155	1,289	4,444	7,821
2016	375	549	501	758	28	773	2,984	925	3,909	4,994
2017	184	504	293	679	25	805	2,490	670	3,160	6,475
2018 ^{*3}	246	618	471	604	17	696	2,652	646	3,298	6,475

各府県農林水産統計年報、漁業・養殖業生産統計年報に基づく。

^{*1} 岩崎～小泊。^{*2} 福井～島根。^{*3} 暫定値。

表 2. 漁業種類別漁獲量（単位：トン）

年	沖底	小底	刺し網	定置	釣・延縄	その他	計	農林統計値 ^{*1}
1981	716	785	490	279	453	2	2,725	2,784
1982	607	647	1,448	500	250	1	3,453	3,575
1983	345	555	749	283	157	4	2,093	2,189
1984	456	594	950	328	217	0	2,545	2,608
1985	319	686	716	302	126	5	2,154	2,242
1986	324	696	691	282	95	2	2,090	2,107
1987	430	603	565	162	281	2	2,043	2,062
1988	658	1,106	948	175	729	1	3,617	3,633
1989	1,249	1,592	1,385	222	725	5	5,178	5,174
1990	943	1,200	1,603	198	409	0	4,353	4,437
1991	476	540	945	186	91	2	2,240	2,271
1992	245	356	510	184	37	1	1,333	1,355
1993	245	316	245	95	75	2	978	1,038
1994	260	351	402	63	133	2	1,211	1,236
1995	359	318	574	88	98	1	1,438	1,477
1996	429	457	593	157	100	2	1,738	1,745
1997	531	630	684	165	132	1	2,143	2,140
1998	519	490	604	149	76	1	1,839	1,842
1999	795	335	570	99	107	1	1,907	1,906
2000	474	346	705	56	100	1	1,682	1,681
2001	279	318	511	89	87	3	1,287	1,284
2002	278	472	299	84	115	2	1,250	1,252
2003	275	524	347	49	116	3	1,314	1,314
2004	309	709	574	64	296	5	1,957	1,959
2005	631	1,056	1,018	112	201	6	3,024	3,024
2006	445	1,062	1,172	109	256	12	3,056	3,055
2007	731	1,471	1,036	115	311	4	3,668	3,669
2008	470	1,103	874	64	210	16	2,737	2,737
2009	731	961	1,091	129	278	14	3,204	3,203
2010	606	936	1,472	293	298	17	3,622	3,625
2011	578	957	1,486	401	273	35	3,730	3,736
2012	473	670	879	206	275	36	2,539	2,543
2013	505	1,059	916	239	313	34	3,066	3,071
2014	314	865	1,246	221	264	19	2,929	2,937
2015	355	1,103	883	276	505	31	3,153	3,155
2016	304	1,102	718	410	388	55	2,977	2,984
2017	259	944	654	236	362	37	2,492	2,490
2018 ^{*2}	347	935	561	283	462	55	2,643	2,652

各府県農林水産統計年報、漁業・養殖業生産統計年報に基づく。

^{*1} 合計値と農林統計値の差は農林統計における秘匿値および県統計値と農林統計値の差による。資源計算では漁業種類別漁獲量を用いた。

^{*2} 暫定値。

表 3. 沖底の漁獲動向

年	漁獲量（トン）						有効漁獲努力量（網）						資源密度指数 (kg/網)
	男鹿北部	男鹿南部	新潟沖	能登沖	加賀沖	計	男鹿北部	男鹿南部	新潟沖	能登沖	加賀沖	計	
1979	421	169	52	48	8	698	12,085	9,269	3,076	7,837	19,435	51,702	13.5
1980	318	245	40	68	19	690	12,753	15,348	2,791	5,312	25,928	62,132	14.0
1981	319	177	20	86	3	605	10,559	17,350	1,341	6,183	18,194	53,627	14.2
1982	202	169	27	118	26	542	11,602	22,155	1,952	5,036	21,907	62,652	13.7
1983	147	127	33	36	3	346	11,496	20,516	1,976	4,473	31,041	69,502	8.7
1984	278	109	18	16	4	425	9,730	13,985	1,436	2,729	33,085	60,965	9.8
1985	138	80	7	13	12	250	14,127	12,431	1,080	3,419	33,675	64,732	6.0
1986	92	53	9	56	2	212	13,018	11,976	1,642	2,626	23,721	52,983	8.4
1987	160	49	32	60	1	302	12,333	9,729	2,686	2,461	22,118	49,327	12.4
1988	309	145	78	49	1	582	13,561	8,644	6,276	2,657	18,129	49,267	16.3
1989	729	197	307	51	0	1,284	11,764	10,109	14,562	3,850	18,638	58,923	22.1
1990	508	192	203	36	1	940	10,749	5,172	12,634	3,666	20,420	52,641	18.4
1991	283	112	98	18	0	511	10,294	9,065	11,458	2,898	16,638	50,353	9.3
1992	137	49	53	15	0	254	11,087	5,938	9,055	2,777	11,042	39,899	6.1
1993	147	39	30	7	0	223	7,636	7,510	5,563	2,728	10,461	33,898	6.6
1994	158	53	30	11	0	252	10,669	6,747	4,867	2,658	8,609	33,550	6.9
1995	195	117	29	10	0	351	8,821	6,526	3,356	2,888	10,909	32,500	12.2
1996	207	138	82	5	0	432	9,231	6,831	5,312	2,658	10,295	34,327	14.4
1997	313	175	83	4	0	575	8,894	5,106	5,596	1,833	8,897	30,326	20.4
1998	356	136	16	3	0	511	10,477	6,407	3,212	2,130	10,377	32,603	12.8
1999	544	91	16	4	0	655	11,032	5,374	3,582	1,397	10,261	31,646	16.2
2000	306	71	38	6	0	421	10,045	4,786	2,656	1,374	10,569	29,430	10.1
2001	133	95	29	2	0	259	8,653	4,722	2,321	1,351	9,892	26,939	12.7
2002	102	121	13	5	3	244	8,033	4,740	2,721	2,278	6,047	23,819	10.0
2003	119	98	13	3	2	235	10,364	4,883	2,963	1,347	4,594	24,151	9.5
2004	109	100	26	6	2	243	7,666	4,688	2,054	817	4,844	20,069	17.5
2005	304	217	23	2	18	564	9,352	5,446	1,318	592	5,219	21,927	28.9
2006	209	143	22	2	27	403	10,828	6,774	1,270	407	5,398	24,677	21.0
2007	336	279	16	1	49	681	10,328	9,871	1,331	271	7,352	29,153	22.2
2008	297	202	14	0	26	539	9,772	7,066	1,175	158	5,436	23,607	24.2
2009	326	267	14	1	27	635	8,984	6,025	1,036	207	3,900	20,152	38.5
2010	230	269	17	1	31	548	8,622	5,978	763	242	4,512	20,117	37.4
2011	181	281	10	1	71	544	10,016	6,198	1,136	274	10,139	27,763	21.6
2012	239	159	6	1	18	423	8,562	5,962	1,166	238	7,572	23,500	18.7
2013	174	237	7	1	25	444	7,360	6,784	1,283	422	10,356	26,205	21.2
2014	108	169	5	3	10	295	6,360	6,755	1,169	452	9,194	23,930	17.5
2015	105	183	19	5	59	371	6,261	6,707	1,116	544	6,120	20,748	19.5
2016	104	125	19	2	23	273	6,848	5,857	1,272	501	6,424	20,902	15.5
2017	69	137	6	1	43	256	7,390	3,595	1,176	330	5,583	18,074	16.1
2018	117	192	6	0	23	338	6,679	4,124	840	210	6,511	18,364	24.2

沖合底びき漁業の漁獲成績報告書による。

集計方法が異なるため農林統計値と異なる場合がある。資源計算では漁業種類別漁獲量の値を用いた。

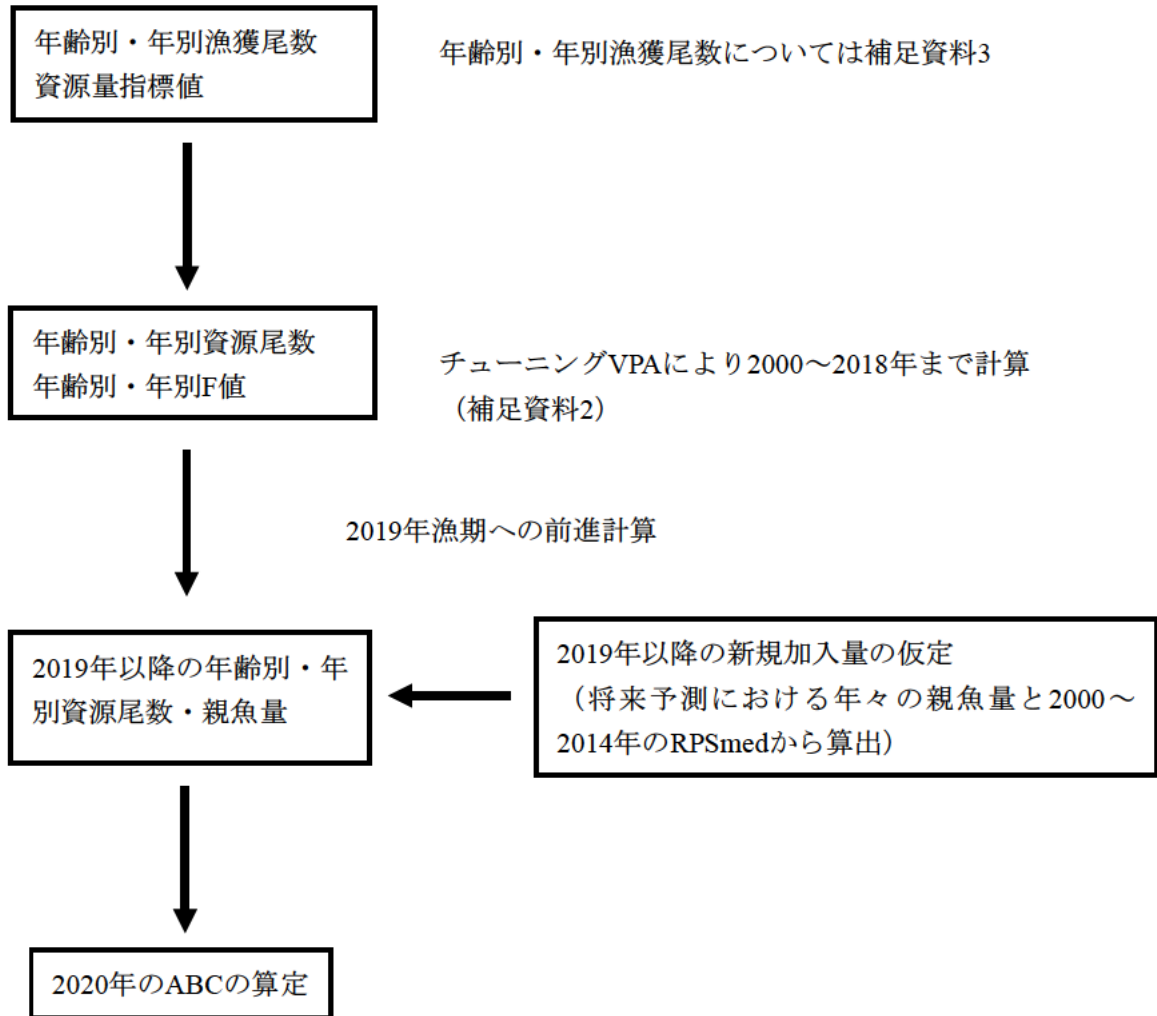
表 4. 資源解析結果

年	漁獲量 ^{*1} (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	3歳時加入尾数 (千尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)
2000	1,682	6,361	4,100	2,635	26	0.64
2001	1,287	6,287	4,241	2,436	21	0.57
2002	1,250	7,393	5,054	1,788	17	0.35
2003	1,314	9,639	6,839	1,580	14	0.23
2004	1,957	11,988	8,622	1,724	16	0.20
2005	3,024	13,012	8,838	2,494	23	0.28
2006	3,056	12,388	8,301	2,525	25	0.30
2007	3,668	11,661	6,915	1,952	32	0.28
2008	2,737	11,229	7,214	1,976	24	0.27
2009	3,204	12,230	7,692	2,020	26	0.26
2010	3,622	12,113	7,310	1,981	30	0.27
2011	3,730	11,356	6,461	1,892	33	0.29
2012	2,539	10,500	6,776	2,058	24	0.30
2013	3,066	10,896	6,868	2,117	28	0.31
2014	2,929	10,742	6,790	2,353	27	0.35
2015	3,153	10,602	6,253	1,832 ^{*2}	30	—
2016	2,977	10,360	6,200	1,816 ^{*2}	29	—
2017	2,492	10,697	6,942	2,033 ^{*2}	23	—
2018	2,643	11,148	7,471	2,187 ^{*2}	24	—

^{*1} 漁業種類別漁獲量の合計値。

^{*2} 2015～2018年の3歳時加入量は親魚量とRPSmedに基づく仮定値。

補足資料1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源計算方法

1) 年齢別漁獲尾数

マダラ日本海系群の年齢別漁獲尾数は、漁業種類別漁獲統計（暦年）および漁獲物の体長組成に基づき求めた。青森県～富山県の底びき網、刺網、および石川県の全漁業の年齢別漁獲尾数は、それぞれの漁獲物体長測定データ（刺網：青森県産業技術センター水産総合研究所、底びき網：山形県水産試験場、石川県全漁業：石川県水産総合センター）から漁獲物の体長組成を得たのち、年齢－体重関係および体長－体重関係により年齢組成および平均体重を求め、漁業種類別漁獲量を平均体重で除して得られた総個体数を年齢組成に基づき按分して算出した。青森県～富山県のその他の漁業（定置網、延縄、釣等）に関しては、漁獲量を底びき網および刺網に均等に割り振ることで、年齢別漁獲尾数に加えた。なお、2000～2004 年の刺網については測定データが得られなかったため、底びき網と刺網の体長組成比（2005～2014 年平均）に底びき網の組成を乗じて求めた。

2) 資源量推定

年齢別資源尾数、資源量、漁獲割合および年齢別 F 値は、チューニング VPA（コホート解析）により求めた。解析の起点を 1 月 1 日、年齢構成を 3～7 歳および 8 歳以上をまとめたプラスグループ（8+）とした。計算には Pope（1972）の近似式を用い、年齢の起算日および漁獲を、マダラ的生活史および漁業の特性に基づいて 2 月 1 日とした。最高齢グループの計算については平松（2000）の方法を用いた。計算には年齢別漁獲尾数と年齢別平均体重を用い、自然死亡係数（M）は田内・田中の式（田中 1960）に基づき寿命（9 歳）との関係から 0.28 とした。

各年の年齢別資源尾数 $N_{a,y}$ は（1）式により計算した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{12}\right) \quad (1)$$

ここで、 $N_{a,y}$ 、 $C_{a,y}$ および M は、それぞれ、 y 年における a 歳魚の資源尾数、漁獲尾数および自然死亡係数である。7 歳及び 8+ 歳の資源尾数 $N_{7,y}$ および $N_{8+,y}$ は、以下の（2）および（3）式により求めた。

$$N_{7,y} = \frac{C_{7,y}}{C_{7,y} + C_{8+,y}} N_{8+,y+1} \exp(M) + C_{7,y} \exp\left(\frac{M}{12}\right) \quad (2)$$

$$N_{8+,y} = \frac{C_{8+,y}}{C_{7,y} + C_{8+,y}} N_{8+,y+1} \exp(M) + C_{8+,y} \exp\left(\frac{M}{12}\right) \quad (3)$$

最近年の 4 歳以上の年齢別漁獲尾数 $N_{a,y}$ は最近年の年齢別 F 値を用いて（4）式により求め、3 歳の年齢別漁獲尾数については 2000～2014 年の再生産成功率の中央値（RPSmed、0.29 尾/kg）と 2015 年親魚量の積により推定した。

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{12}\right)}{1 - \exp(-F_{a,y})} \quad (4)$$

最近年を除く各年の年齢別 F 値 $F_{a,y}$ は (5) 式により求めた。7 歳と 8+歳の F 値は等しいと仮定した。

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{12}\right)}{N_{a,y}}\right) \quad (5)$$

各年の親魚量 SSB_y は漁獲後の 2 月 1 日時点の値として (6) 式により求めた。

$$SSB_y = \sum_{a=3}^{8+} \left(N_{a,y} \exp\left(-\frac{M}{12}\right) - C_{a,y}\right) m_a w_a \quad (6)$$

ここで、 m_a および w_a はそれぞれ、 a 歳における成熟率および体重である。

チューニングでは、資源量と資源量指標値の残差平方和を (7) および (8) 式により求め、これを最小化するような最近年の 8+歳の F 値を探索的に求めた。指標値には沖底標準化 CPUE (補足資料 7) および青森県、秋田県、石川県の刺し網 CPUE を、全年の平均が 1 となるよう基準化したのち用いた。チューニング期間はすべての指標値が利用可能となる 2004～2018 年とした。

$$SS = \sum_i \sum_y r_{i,y} (I_{i,y} - q_i B_y)^2 \quad (7)$$

$$\hat{q}_i = \frac{\sum_y I_{i,y} B_y}{\sum_y B_y^2} \quad (8)$$

ここで B_y は 1 月 1 日時点の資源量、 $I_{i,y}$ は漁業 i の資源量指標値、 $r_{i,y}$ は漁業 i が y 年の漁獲量に占める割合である。沖底標準化 CPUE は底びき網漁業を代表すると仮定し、底びき網漁業の占める割合を $r_{i,y}$ に用いた。3～6 歳の F 値については、過去 3 年間の平均選択率に従い (9) 式により求めた。

$$F_{a,y} = \frac{F_{a,y-1} + F_{a,y-2} + F_{a,y-3}}{F_{8+,y-1} + F_{8+,y-2} + F_{8+,y-3}} F_{8+,y} \quad (9)$$

チューニングでは、以下に示す資源量指標値を用いた (補足表 2-1)。

- ① 日本海沖合底びき網漁業の標準化 CPUE (補足資料 7)
- ② 主漁期 (1～3 月) における青森県主要 3 港における刺網 (マダラを水揚げした出漁隻数 1 隻あたり漁獲量)
- ③ 主漁期 (1～3 月) における秋田県における刺網 (出漁隻数 1 隻あたり漁獲量)
- ④ 主漁期 (1～3 月) における石川県主要 10 港における刺網 (マダラを水揚げした出漁隻数 1 隻あたり漁獲量)

なお、本系群の分布する日本海北部では、1～3 月にマダラの産卵群を狙った操業が行われる。また、本系群における 1 年間の漁獲量の約 50% が 1～3 月に漁獲されており、刺網の指標値は各年の資源状況を反映していると考えられる。個々の CPUE に関しては補足表 2-1 および本評価の「4. (2) 資源量指標値の推移」を参照されたい。

3) 将来予測

得られた資源量、親魚量、F 値および選択率を用いて将来予測を行った。資源尾数の予測は (10) 式に基づく前進計算で求めた。

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

8+歳については、前年の7歳および8+歳の和から前進させて求めた。

加入量は、2000～2014年の再生産成功率の中央値 (RPSmed、0.29 尾/kg) と各年における親魚量の積により推定し、上限を過去最高の2,635 千尾とした。

将来予測における選択率には直近年と同様に、過去3年間 (2015～2017年) の平均値、当年 (2019年) のF値は最近年 (2018年) と同値、ABC算定年 (2020年) 以降のF値は漁獲シナリオに基づく値とした。漁獲尾数は、上記の選択率、F値、資源量および加入量に基づき、(11) 式により求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \left(1 - \exp(-F_{a,y})\right) \exp\left(-\frac{M}{12}\right) \quad (11)$$

引用文献

- 平松一彦 (2000) VPA. 平成12年度資源評価体制確立推進事業報告書－資源解析手法教科書－, 水産資源保護協会, 104-128.
- 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. 東海水研報, **28**, 1-200.

補足表 2-1. コホート解析のチューニングに使用した CPUE

年	刺網CPUE (kg/隻/日)			沖底標準化CPUE (kg/隻/日)
	青森県	秋田県	石川県	
2004	204	9	45	5
2005	148	28	115	11
2006	151	15	150	8
2007	164	14	91	10
2008	166	18	65	9
2009	134	20	78	12
2010	136	29	233	10
2011	161	34	168	10
2012	85	26	97	9
2013	215	22	81	9
2014	146	37	158	8
2015	81	22	120	8
2016	87	20	152	8
2017	111	34	142	7
2018	255	25	92	9

補足資料3 コホート解析および将来予測結果の詳細

(1) 資源解析結果 (2000～2018 年)

年齢別漁獲尾数 (千尾)

年齢	年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
3		1	2	2	35	109	45	28	9	86	305	75	95	48	166	264	106	54	140	207
4		32	21	14	51	170	253	116	40	60	158	284	224	112	219	226	187	272	234	218
5		135	75	48	111	170	321	299	174	164	199	474	391	220	252	238	300	241	169	231
6		144	102	83	91	122	211	273	270	215	239	241	299	204	215	199	254	189	142	196
7		98	91	102	66	83	118	138	271	160	160	111	142	125	118	116	133	120	104	94
8+		46	44	56	41	41	53	59	148	72	72	52	66	58	51	54	57	79	70	40
合計		458	334	304	394	694	1,001	913	912	756	1,134	1,237	1,216	766	1,021	1,097	1,035	955	859	985

年齢別F値

年齢	年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
3		0.002	0.002	0.001	0.014	0.047	0.026	0.019	0.005	0.036	0.132	0.040	0.051	0.025	0.090	0.154	0.054	0.026	0.063	0.038
4		0.056	0.032	0.015	0.037	0.092	0.159	0.094	0.036	0.049	0.093	0.191	0.176	0.084	0.163	0.185	0.169	0.209	0.166	0.143
5		0.268	0.195	0.105	0.174	0.183	0.277	0.313	0.218	0.217	0.245	0.488	0.480	0.286	0.301	0.292	0.440	0.377	0.211	0.270
6		0.483	0.365	0.378	0.321	0.322	0.399	0.442	0.577	0.505	0.632	0.586	0.740	0.552	0.559	0.456	0.649	0.614	0.439	0.447
7		0.827	0.724	0.874	0.650	0.617	0.663	0.552	1.308	0.941	1.037	0.771	0.964	0.925	0.823	0.767	0.711	0.842	0.962	0.660
8+		0.827	0.724	0.874	0.650	0.617	0.663	0.552	1.308	0.941	1.037	0.771	0.964	0.925	0.823	0.767	0.711	0.842	0.962	0.660
平均		0.411	0.340	0.374	0.308	0.313	0.364	0.329	0.575	0.448	0.530	0.475	0.562	0.466	0.460	0.437	0.456	0.485	0.467	0.369

年齢別資源尾数 (千尾)

年齢	年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
3		891	1,263	1,883	2,635	2,436	1,788	1,580	1,724	2,494	2,525	1,952	1,976	2,020	1,981	1,892	2,058	2,117	2,353	1,832
4		607	674	955	1,425	1,969	1,761	1,319	1,174	1,299	1,822	1,676	1,421	1,423	1,493	1,371	1,229	1,477	1,562	1,674
5		588	434	495	713	1,040	1,360	1,138	910	858	937	1,258	1,049	903	991	961	863	786	908	1,002
6		385	341	271	337	454	656	781	630	554	523	556	585	492	514	556	544	421	408	557
7		179	180	179	141	185	249	333	380	268	253	211	234	212	215	222	267	215	173	199
8+		85	87	98	88	90	113	141	207	120	115	99	108	99	93	102	114	142	117	84
合計		2,734	2,979	3,881	5,338	6,174	5,926	5,292	5,026	5,594	6,176	5,751	5,374	5,148	5,287	5,105	5,075	5,159	5,521	5,348

年齢別資源量 (トン)

年齢	年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
3		892	1,264	1,885	2,636	2,437	1,789	1,581	1,725	2,496	2,526	1,954	1,977	2,022	1,982	1,893	2,060	2,119	2,355	1,833
4		1,116	1,240	1,758	2,624	3,624	3,240	2,428	2,161	2,391	3,354	3,084	2,615	2,619	2,748	2,524	2,262	2,719	2,875	3,081
5		1,631	1,205	1,373	1,979	2,887	3,774	3,158	2,525	2,382	2,602	3,492	2,911	2,506	2,751	2,668	2,396	2,182	2,520	2,781
6		1,430	1,266	1,006	1,253	1,686	2,438	2,901	2,341	2,059	1,944	2,064	2,174	1,827	1,908	2,064	2,020	1,565	1,517	2,069
7		823	827	824	647	852	1,146	1,534	1,749	1,233	1,166	969	1,077	973	987	1,023	1,226	991	794	917
8+		469	485	547	500	502	625	786	1,160	668	638	550	602	553	520	570	638	784	636	467
合計		6,362	6,288	7,392	9,638	11,989	13,012	12,388	11,662	11,230	12,230	12,112	11,357	10,499	10,897	10,742	10,602	10,359	10,696	11,148

年齢別親魚量 (トン)

年齢	年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
3		435	616	920	1,271	1,136	851	758	839	1,176	1,081	917	918	964	885	793	953	1,008	1,080	792
4		1,031	1,174	1,693	2,470	3,228	2,701	2,160	2,038	2,226	2,987	2,490	2,143	2,354	2,282	2,050	1,866	2,156	2,379	2,610
5		1,220	970	1,208	1,625	2,350	2,796	2,256	1,984	1,873	1,989	2,095	1,761	1,839	1,989	1,947	1,508	1,462	1,994	2,075
6		862	859	674	888	1,194	1,598	1,822	1,285	1,214	1,010	1,122	1,014	1,028	1,066	1,278	1,032	827	955	1,294
7		352	392	336	330	449	577	863	462	470	404	438	401	377	423	464	588	417	297	463
8+		200	230	223	255	265	315	442	307	255	221	248	224	214	223	258	306	330	237	236
合計		4,100	4,241	5,053	6,838	8,622	8,839	8,300	6,914	7,215	7,691	7,311	6,462	6,776	6,869	6,790	6,254	6,200	6,943	7,469

(2) 2019 年以降に Fmed で漁獲を行った場合の将来予測 (2019～2025 年)

年齢別漁獲尾数 (千尾)

年齢	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
3	65	86	93	91	85	85	88
4	160	201	224	241	236	221	220
5	254	215	226	252	271	266	249
6	204	255	178	187	208	224	220
7	127	149	150	105	110	123	132
8+	52	79	79	80	64	61	64
合計	862	985	950	956	974	980	973

年齢別漁獲量 (トン)

年齢	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
3	65	86	93	91	85	85	88
4	294	370	412	443	435	407	406
5	705	597	628	698	751	737	690
6	758	947	661	695	773	831	816
7	586	684	692	483	508	564	607
8+	292	441	441	444	358	338	355
合計	2,700	3,125	2,927	2,854	2,910	2,962	2,962

年齢別F値

年齢	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
3	0.038	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044
4	0.143	0.169	0.169	0.169	0.169	0.169	0.169
5	0.270	0.319	0.319	0.319	0.319	0.319	0.319
6	0.447	0.528	0.528	0.528	0.528	0.528	0.528
7	0.660	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780
8+	0.660	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780
平均	0.370	0.437	0.437	0.437	0.437	0.437	0.437

年齢別資源尾数 (千尾)

年齢	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
3	1,816	2,033	2,187	2,146	2,010	2,003	2,065
4	1,227	1,325	1,473	1,585	1,555	1,456	1,451
5	1,099	806	847	942	1,014	995	932
6	579	636	444	467	519	558	548
7	270	281	284	198	208	232	249
8+	111	149	149	150	121	114	120
合計	5,102	5,230	5,384	5,488	5,427	5,358	5,365

年齢別資源量 (トン)

年齢	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
3	1,817	2,034	2,189	2,148	2,011	2,004	2,066
4	2,259	2,438	2,711	2,917	2,863	2,680	2,671
5	3,051	2,237	2,352	2,616	2,814	2,762	2,586
6	2,153	2,362	1,648	1,733	1,928	2,074	2,035
7	1,242	1,292	1,306	912	959	1,066	1,147
8+	619	832	833	840	676	638	671
合計	11,141	11,195	11,039	11,166	11,251	11,224	11,176

年齢別親魚量 (トン)

年齢	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
3	855	951	1,023	1,004	940	937	966
4	1,913	2,012	2,238	2,407	2,362	2,212	2,204
5	2,276	1,589	1,671	1,858	1,999	1,961	1,837
6	1,346	1,361	950	999	1,111	1,195	1,173
7	627	578	585	408	429	477	514
8+	312	373	373	376	302	286	300
合計	7,329	6,864	6,840	7,052	7,143	7,068	6,994

補足資料 4 沖底漁獲成績報告書を用いた資源量指標値の算出方法

沖底漁獲成績報告書では、月別漁区（10 分柁目）別の漁獲量と網数が集計される。これらより、月 i 漁区 j における CPUE (U) は次式で表される。

$$U_{i,j} = \frac{C_{i,j}}{X_{i,j}}$$

上式で C は漁獲量を、 X は努力量（網数）を、それぞれ示す。

集計単位（小海区）における資源量指数 (P) は CPUE の合計として、次式で表される。

$$P = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J U_{i,j}$$

集計単位における有効漁獲努力量 (X') と漁獲量 (C)、資源量指数 (P) の関係は次式のよう表される。

$$P = \frac{CJ}{X'} \quad \text{すなわち} \quad X' = \frac{CJ}{P}$$

上式で J は有漁漁区数（対象魚が 1 kg 以上漁獲された農林漁区（緯度経度 10 分柁目）の数）であり、資源量指数 (P) を有漁漁区数 (J) で除したものが資源密度指数 (D) である。

$$D = \frac{P}{J} = \frac{C}{X'}$$

本評価では、資源状態を示す指数として資源量指数を有漁漁区数で除して得られる資源密度指数を用いた。多魚種混獲を特徴とする日本海の底びき網漁業において、漁獲成績報告書で報告される最小単位（船ごと日ごと）からマダラ狙いの網だけを抽出することは困難であり、すべての操業を同等に扱わざるを得ない。一方、狙い操業の多寡が漁区数や資源量指数に影響すると予想される。従って、長期間にわたる資源密度の指標として、各漁区における CPUE の平均値である資源密度指数を使用することが適当と判断した。

補足資料 5 新規加入量調査の経過および結果

日本海区水産研究所（日水研）および青森県、秋田県、山形県、新潟県が実施した調査船調査の結果に基づき、マダラ当歳魚および1歳魚の加入量に関して検討した。

2012～2019年の5～6月にかけて、石川県沖合（水深190～550 m）において着底トロール調査を行い（但州丸、兵庫県）、面積密度法により1歳魚（体長250 mm以下）の現存尾数を得た。着底トロール調査におけるマダラの採集効率は年齢によって変化することが知られるが（上田ほか 2006）、日本海において年齢別採集効率を検討した事例はない。ここでは、年齢ごとの採集効率の変化を仮定せず、東北沖太平洋における1～9歳の採集効率（上田ほか 2006）の平均値から0.24とした。2012～2019年の調査に基づく1歳魚（2011～2017年級群に相当）の現存尾数を補足図5-1に示す。1歳魚の現存尾数は2011、2014、2017年級群で多く、2013、2015、2016、2018年級群で少なかった。

青森県産業技術センター水産総合研究所による調査結果を補足図5-2に示す。調査は2007～2018年の4～9月にかけて、青森県沖（水深50～150 m）で着底トロールを用いて行われた（青鵬丸）。面積密度法（採集効率を0.24と仮定）による当歳魚および1歳魚の現存尾数（青森県産業技術センター）は、いずれも、2010、2012年級群で多く、2007、2011、2013、2015年級群で少なかった。また、2014年級群の現存尾数は当歳魚で少なかったものの、1歳魚で多かった。

秋田県水産振興センターでは2007～2017年に底びき網（かけ回し）による調査を年間20～30曳網程度、通年行っており、1曳網当たりのCPUEが得られている（千秋丸、補足図5-3）。CPUEの年平均は2009、2011年級群で高く、2007、2013、2015年級群で低かった。

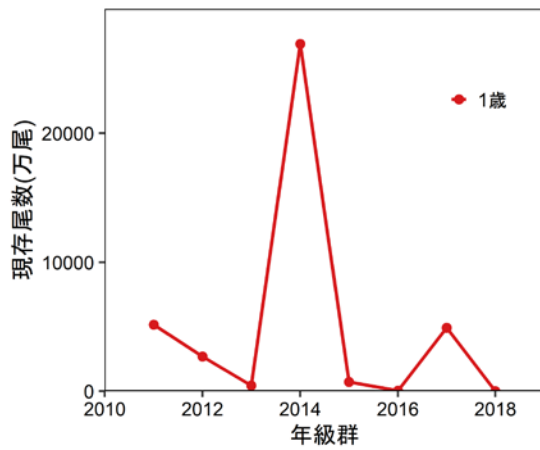
山形県沖における自家用餌料びき網のCPUE（6～7月、山形県水産試験場、最上丸）は、2014年級で顕著に高かった（補足図5-4）。

新潟県沖では、日本海区水産研究所と新潟県水産海洋研究所が2005～2018年の4～5月にかけて小型底びき網漁船による用船調査を行った。かけ回しによるCPUEは2012、2017年級群で多く、2007、2015、2018年級群で低かった（補足図5-5）。

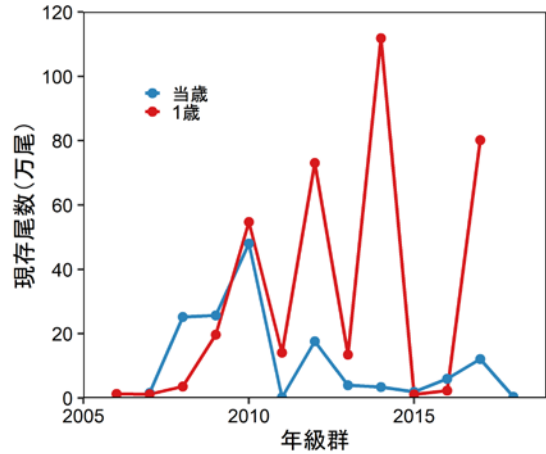
系群全体の比較から、2014、2017年級群の豊度が高かったのに対し、2015、2016、2018年級群の豊度は低かったことが示唆された。今後、新規加入量を資源計算にて利用するため、これらの調査結果をもちいて日本海系群全体の加入量水準を代表する指標値の開発を行う予定である。

引用文献

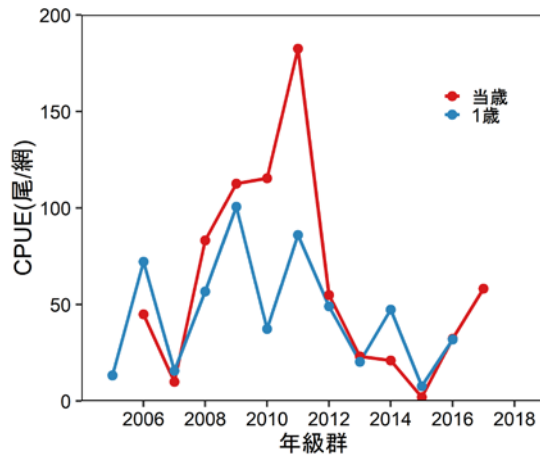
上田祐司・成松庸二・服部 努・伊藤正木・北川大二・富川なす美・松石 隆 (2006) VPAと着底トロール調査による資源量から推定された東北海域におけるマダラの漁獲効率. 日水誌, 72, 201-209.



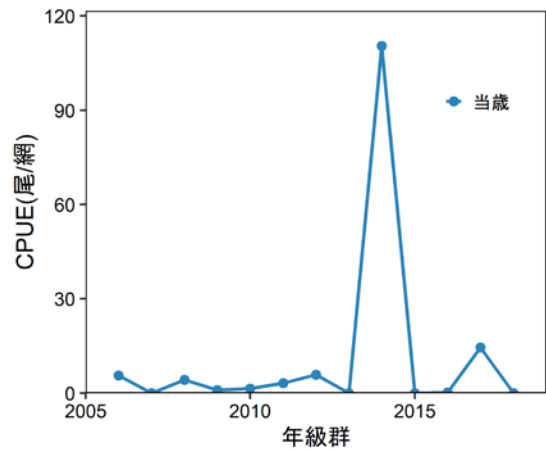
補足図 5-1. 能登半島西岸におけるマダラ 1 歳魚の現存尾数



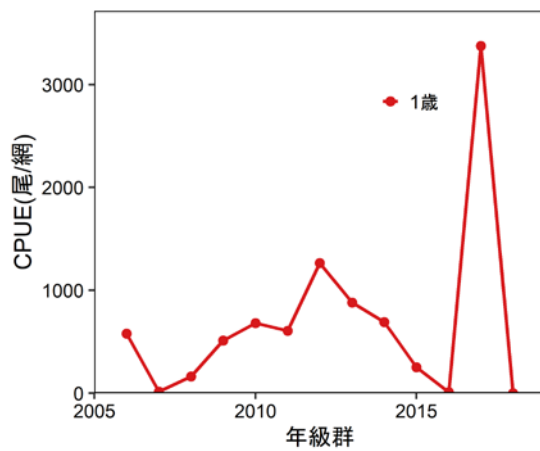
補足図 5-2. 青森県日本海側におけるマダラ当歳魚および 1 歳魚の現存尾数



補足図 5-3. 秋田県沖におけるマダラ当歳魚および 1 歳魚の CPUE



補足図 5-4. 山形県沖におけるマダラ当歳魚の CPUE



補足図 5-5. 新潟県沖におけるマダラ 1 歳魚の CPUE

補足資料 6 日本海西部海域におけるマダラの資源評価に向けた検討

日本海西部（島根県以東、福井県以西）におけるマダラの分布、漁業の状況および資源の状況に関して、以下の通りまとめた。

6-1. 分布

日本海西部のマダラは韓国東岸から能登半島にかけての本州沿岸に分布する。着底トロール調査の結果、隠岐諸島以西で分布密度が高く、但馬沖および若狭沖で低いことが示された（補足図 6-1）。トロール調査（日本海ズワイガニ等底魚資源調査）に基づく 2012～2019 年の体長階級別現存尾数（補足図 6-2、採集効率を 0.24 とした）からは、2012、2014 年等、加入豊度の高い年を除き、体長 400 mm 以上の個体（2 歳以上と考えられる）が主に分布することが示された。日本海西部のマダラは本系群で扱う石川県以北のマダラと遺伝的に区別可能とされ、これらは韓国近海（釜山沖）を産卵場とする来遊群と考えられている（Suda et al. 2017）。

6-2. 漁業の状況

漁業の主体は底びき網であり、2018 年には漁獲量全体の 74%が沖底、23%が小底により漁獲された（補足図 6-3、補足表 6-1）。漁獲量は 1960 年代に約 11 百トン、1970～80 年代に約 5 百トン进行ピークとして、周期的に変動した。1990 年代に百トン以下で推移したのち 2000 年代に急増し、2010 年代には再び 10 百トン台となった。2018 年は 647 トン（暫定値）であった。日本海西部における漁獲量の変動パターンは韓国に類似する（補足図 6-4、補足表 6-2）。府県別に見ると、1960 年代は兵庫県と鳥取県、1970～1980 年代は福井県、1990 年代は兵庫県、2000～2010 年代は鳥取県と島根県が、それぞれ漁獲量の 5 割以上を占めた。沖底小海区における若狭沖、但馬沖、隠岐北方、隠岐周辺、浜田沖および迎日南部における有効漁獲努力量（補足資料 4）は周期的に変動し、近年では 2012 年に過去最高（134 千網）となって以降、減少傾向にある。2018 年は 74 千網であった（補足図 6-5、補足表 6-3）。

6-3. 資源の状況

日本海西部のマダラについて、漁業の主体である沖底の資源密度指数（補足資料 4）を用いて資源水準および資源動向を判断した。資源密度指数は、1981 年に 1 度目のピーク（3.8）を迎えたのち、2000 年代初頭まで概ね 1 以下の低い水準で推移した。2000 年代後半からは上昇に転じ、2015 年に 2 度目のピーク（17.8）を迎えたが、2016 年には急落し、2018 年は 7.6 であった（補足図 6-6、補足表 6-3）。資源水準の区分を過去最高値と最低値の間を 3 等分する境界としたところ、高位と中位、中位と低位の境界は、それぞれ 11.9 および 6.0 であった。2018 年は 7.6 であり、中位と判断した。直近 5 年間（2013～2018 年）の資源密度指数から、資源動向を減少と判断した。

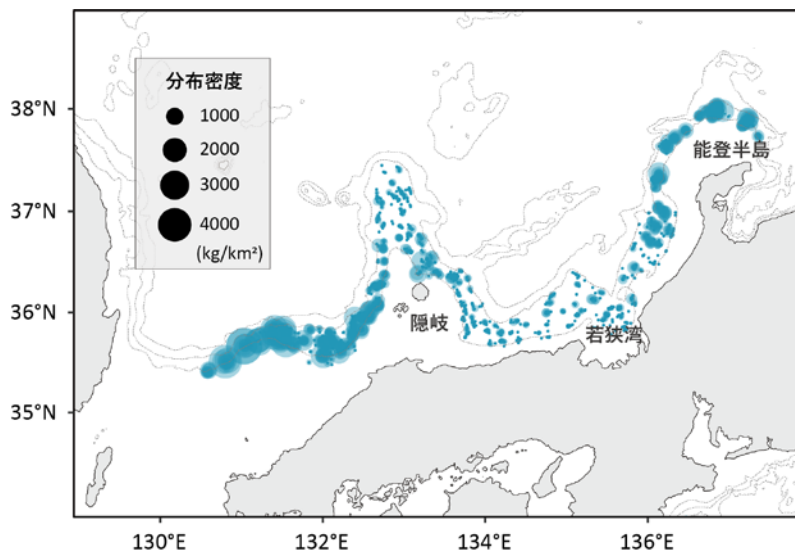
6-4. 2020 年 ABC の試算

漁獲量と資源量指標値が使用できることから、ABC 算定規則 2-1)に従い、直近 5 年の漁獲量の平均値（Cave 5-yr）および資源量指標値（沖底の資源密度指数）の傾きと平均値に

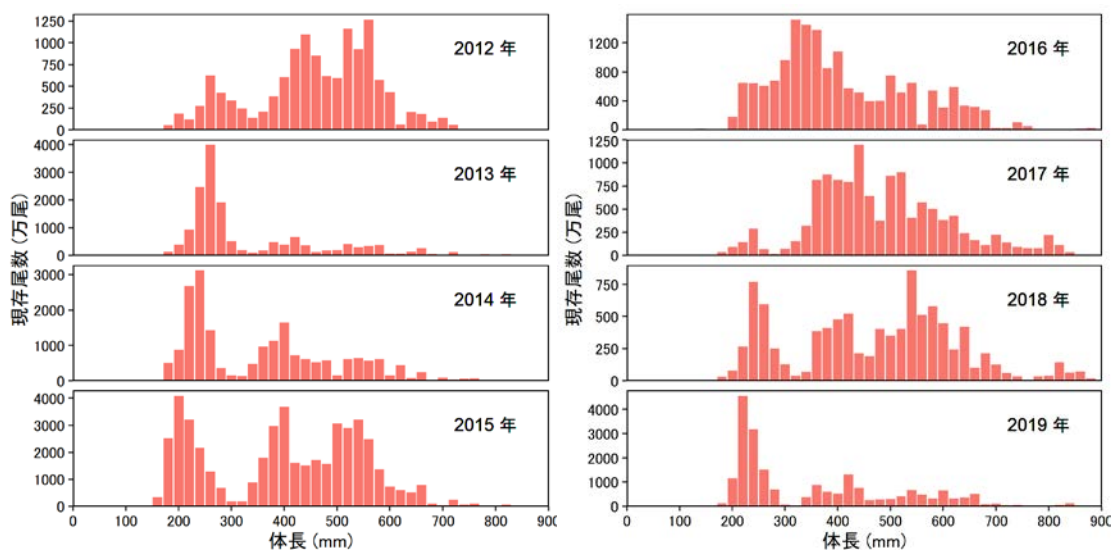
基づいて 2020 年の ABC を試算した。許容される最大漁獲量である ABClimit は 11 百トン、安全率を 0.8 とした ABCtarget は 9 百トンとそれぞれ算定された。

引用文献

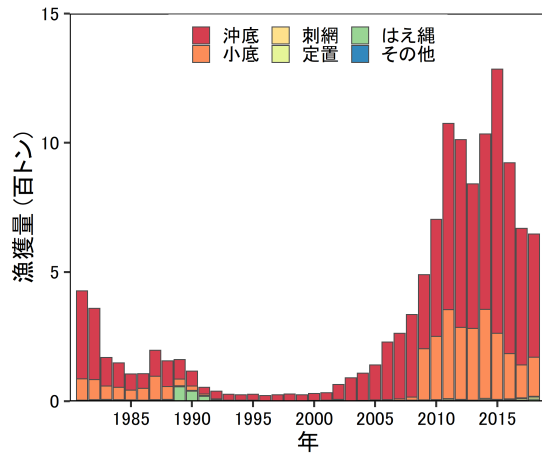
Suda, A., N. Nagata, A. Sato, Y. Narimatsu, H. H. Nadiatul and M. Kawata (2017) Genetic variation and local differences in Pacific cod *Gadus macrocephalus* around Japan. J. Fish Biol., **90**, 61-79.



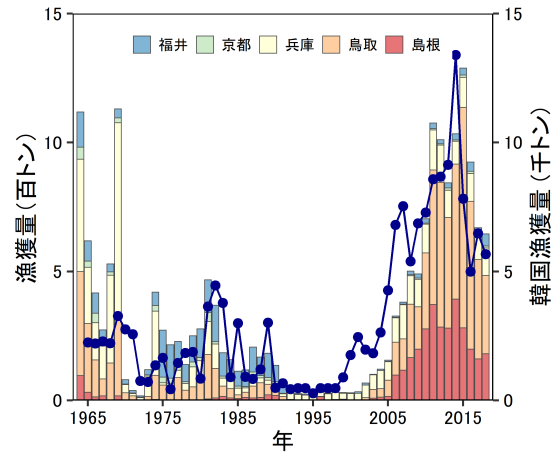
補足図 6-1. 2003～2019 年のトロール調査（日本海ズワイガニ等底魚資源調査）におけるマダラの分布密度



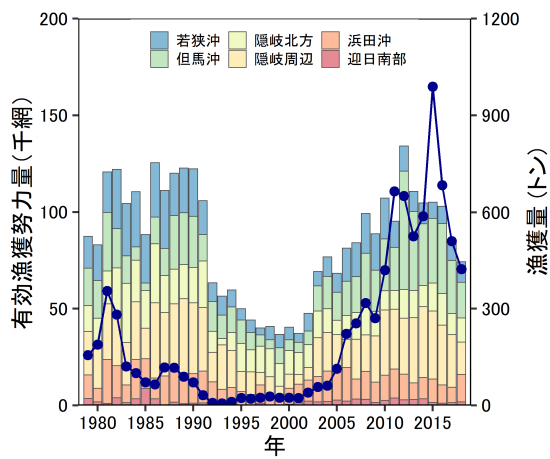
補足図 6-2. 日本海西部におけるマダラの年別体長組成 浜田沖～若狭沖における被鱗体長 20 mm 区分ごとの現存尾数にて示した。



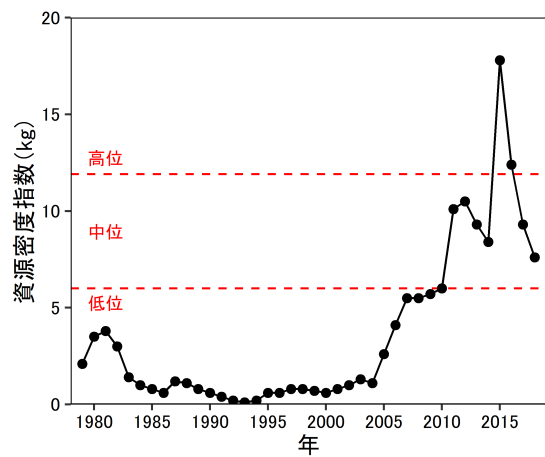
補足図 6-3. 漁業種類別漁獲量



補足図 6-4. 府県別漁獲量（棒グラフ）および韓国の漁獲量（折れ線グラフ）



補足図 6-5. 沖底の有効漁獲努力量（棒グラフ）および漁獲量（折れ線グラフ）



補足図 6-6. 沖底の資源密度指数

補足表 6-1. 日本海西部における漁業種類別漁獲量（単位：トン）

年	沖底	小底	刺し網	定置	はえ縄	その他	計	農林統計値 ^{*1}
1981	340	83	2	2	0	0	427	468
1982	275	78	1	4	1	0	359	369
1983	110	52	1	5	1	0	169	185
1984	94	48	2	3	1	0	148	158
1985	62	38	2	2	1	0	105	113
1986	56	46	1	2	1	0	106	118
1987	101	90	1	3	2	0	197	207
1988	99	50	2	1	4	0	156	168
1989	75	26	1	3	56	0	161	183
1990	57	17	2	1	39	0	116	136
1991	26	6	2	1	19	0	54	57
1992	30	1	1	1	6	0	39	39
1993	23	2	1	0	1	0	27	27
1994	21	3	1	0	0	0	25	25
1995	23	1	2	0	1	0	27	29
1996	21	0	1	0	0	0	22	39
1997	24	1	0	0	0	0	25	29
1998	27	1	0	0	0	0	28	33
1999	23	1	0	0	1	0	25	31
2000	27	1	0	1	1	0	30	30
2001	29	1	0	3	0	0	33	34
2002	58	0	1	6	0	0	65	68
2003	90	1	0	0	0	0	91	101
2004	105	2	1	0	0	0	108	121
2005	135	3	1	1	0	0	140	156
2006	223	4	1	1	0	0	229	327
2007	254	6	1	1	1	0	263	381
2008	319	12	1	1	2	0	335	502
2009	287	198	1	0	4	0	490	491
2010	453	245	1	2	3	0	704	705
2011	721	344	2	5	3	0	1,075	1,076
2012	726	279	2	3	2	0	1,012	1,011
2013	559	278	1	3	0	0	841	844
2014	679	344	5	6	0	0	1,034	1,034
2015	1,022	256	3	4	0	0	1,285	1,289
2016	739	175	2	3	4	0	923	925
2017	529	127	4	6	3	0	669	670
2018 ^{*2}	477	151	3	8	8	0	647	646

各府県農林水産統計年報、漁業・養殖業生産統計年報に基づく。

^{*1} 合計値と農林統計値の差は農林統計における秘匿値による。

^{*2} 暫定値。

補足表 6-2. 日本海西部における府県別漁獲量（単位：トン）

年	福井	京都	兵庫	鳥取	島根	計	韓国
1964	136	46	436	404	96	2,986	-
1965	78	24	218	267	32	2,552	2,252
1966	79	37	145	143	14	2,370	2,211
1967	46	17	127	66	18	2,223	2,286
1968	31	13	341	144	1	2,497	2,218
1969	35	20	751	308	18	3,083	3,279
1970	17	2	32	27	3	2,048	2,753
1971	10	1	9	17	1	2,008	2,571
1972	5	2	8	3	0	1,990	757
1973	20	5	78	16	0	2,092	717
1974	52	22	249	93	4	2,390	1,365
1975	182	22	9	57	3	2,245	1,653
1976	130	19	15	52	0	2,192	435
1977	98	13	29	89	0	2,206	1,456
1978	67	6	26	39	1	2,116	1,841
1979	102	19	77	52	1	2,229	1,883
1980	111	12	83	70	1	2,256	844
1981	127	34	129	172	6	2,443	3,646
1982	141	9	95	114	10	2,341	4,462
1983	91	7	31	40	16	2,152	3,784
1984	78	5	29	36	10	2,132	902
1985	57	8	26	14	8	2,090	2,996
1986	64	5	17	20	12	2,092	919
1987	97	28	26	46	10	2,184	839
1988	72	8	19	57	12	2,144	1,200
1989	94	10	16	41	22	2,150	3,020
1990	63	6	13	34	20	2,106	487
1991	29	2	10	13	3	2,045	665
1992	10	0	25	4	0	2,031	439
1993	4	0	20	3	0	2,020	481
1994	4	0	19	2	0	2,019	473
1995	4	1	21	2	1	2,023	273
1996	2	0	21	1	15	2,020	472
1997	2	1	24	0	2	2,024	481
1998	2	0	27	0	4	2,027	476
1999	3	0	23	0	5	2,025	894
2000	3	0	26	1	0	2,030	1,766
2001	6	0	27	1	0	2,035	2,458
2002	8	0	49	10	1	2,069	1,968
2003	2	0	56	34	9	2,095	1,826
2004	5	0	70	33	13	2,112	2,641
2005	5	1	71	63	16	2,145	4,272
2006	5	2	94	128	98	2,235	6,810
2007	8	2	132	122	117	2,271	7,533
2008	14	4	111	207	166	2,344	5,396
2009	16	5	107	164	199	2,301	6,870
2010	17	4	112	294	278	2,437	7,289
2011	22	5	155	522	372	2,715	8,585
2012	16	5	144	561	285	2,738	8,682
2013	20	9	105	429	281	2,576	9,134
2014	24	5	88	524	393	2,655	13,401
2015	27	9	116	855	282	3,022	7,821
2016	36	9	108	573	199	2,742	4,994
2017	33	6	85	385	161	2,526	6,475
2018 ^{*1}	47	8	106	304	181	465	6,475

各府県農林水産統計年報、漁業・養殖業生産統計
年報に基づく。

^{*1} 暫定値。

補足表 6-3. 沖底の漁獲量、小海区別有効漁獲努力量、および資源密度指数

年	漁獲量 (トン)	有効漁獲努力量 (網)							資源密度指数 (kg/網)
		若狭沖	但馬沖	隠岐北方	隠岐周辺	浜田沖	迎日南部	計	
1979	156	16,471	19,331	13,513	22,327	12,336	3,510	87,488	2.1
1980	189	18,468	19,561	12,571	23,655	7,052	1,835	83,142	3.5
1981	355	21,044	30,278	16,918	28,790	22,724	1,054	120,808	3.8
1982	282	30,562	20,418	22,628	27,861	16,580	4,009	122,058	3.0
1983	121	26,993	14,218	30,658	21,965	9,082	1,512	104,428	1.4
1984	100	28,590	6,845	21,508	29,901	20,276	3,493	110,613	1.0
1985	72	25,116	3,846	19,539	15,752	15,385	8,779	88,417	0.8
1986	65	28,160	13,873	30,494	38,934	10,694	3,432	125,587	0.6
1987	118	29,954	14,164	19,055	32,788	15,089	184	111,234	1.2
1988	117	21,872	27,834	17,876	34,703	16,068	1,764	120,117	1.1
1989	89	23,027	26,906	17,584	40,137	14,124	968	122,746	0.8
1990	72	24,527	26,398	18,272	36,726	15,254	1,139	122,316	0.6
1991	32	17,526	13,692	24,013	32,912	16,435	1,302	105,880	0.4
1992	8	9,677	15,361	10,911	15,284	12,099	47	63,379	0.2
1993	6	9,741	12,077	3,352	22,998	8,339	0	56,507	0.1
1994	11	8,755	13,320	9,257	19,095	8,174	1,142	59,743	0.2
1995	23	5,867	12,081	14,570	10,331	6,763	435	50,047	0.6
1996	21	6,510	8,853	11,468	11,634	5,402	296	44,163	0.6
1997	24	3,616	5,840	13,508	6,543	9,689	889	40,085	0.8
1998	28	6,914	4,645	14,387	8,873	5,866	169	40,854	0.8
1999	24	6,897	8,216	11,631	6,812	3,021	152	36,729	0.7
2000	24	6,574	5,570	12,162	7,377	8,149	673	40,505	0.6
2001	23	4,660	5,302	11,312	5,041	9,663	1,281	37,259	0.8
2002	40	9,180	6,966	11,882	6,458	10,857	2,296	47,639	1.0
2003	57	7,515	12,990	13,792	19,991	13,163	1,874	69,325	1.3
2004	61	10,061	16,800	12,240	19,976	15,819	1,944	76,840	1.1
2005	114	9,909	14,388	7,511	17,890	15,853	2,832	68,383	2.6
2006	222	17,174	17,605	12,298	14,670	17,388	2,233	81,368	4.1
2007	255	17,461	18,616	13,714	20,641	10,350	3,305	84,087	5.5
2008	318	20,586	24,168	18,016	18,828	14,550	3,122	99,270	5.5
2009	271	18,794	21,282	12,723	23,896	10,518	1,518	88,731	5.7
2010	420	21,114	26,831	9,949	33,654	13,118	2,596	107,262	6.0
2011	664	13,537	22,296	9,760	30,852	15,033	3,839	95,317	10.1
2012	650	12,981	61,224	14,833	29,023	13,237	2,922	134,220	10.5
2013	525	10,296	40,935	13,989	33,759	8,671	2,993	110,643	9.3
2014	587	10,756	31,985	10,924	36,637	10,987	3,432	104,721	8.4
2015	989	8,431	33,460	14,398	35,161	12,142	1,558	105,150	17.8
2016	683	8,810	36,294	16,232	31,016	9,452	1,124	102,928	12.4
2017	510	10,388	27,400	10,933	27,226	7,986	1,408	85,341	9.3
2018	423	10,709	18,374	12,506	16,741	14,132	1,899	74,361	7.6

沖合底びき漁業の漁獲成績報告書による。

集計方法が異なるため農林統計値と異なる場合がある。

補足資料 7 沖底 CPUE 標準化の手法

昨年度の本評価では、主漁期（1～3月）における県別漁業種類別の CPUE が、各県地先の資源動向を反映すると仮定し、各県の底びきおよび刺網漁業の CPUE を 2000～2017 年の平均値で除し、県別漁業種類別漁獲量に基づく加重平均を求め、チューニング指標値として利用した。一方で、資源量の年トレンド情報を CPUE から得るには、月ごとの分布の違い等、時空間的な影響を統計的手法によって取り除く CPUE の標準化を行うことが適切と考えられる。そこで、本年度の評価では、マダラ日本海系群の漁獲量の約 5 割を占める底びき網漁業を代表する指標値として、沖合底びき網漁業（沖底）の CPUE 標準化を行った。日本海北部海域（沖底小海区の男鹿北部、男鹿南部、新潟沖、能登沖、加賀沖に相当、本文 図 6）において沖底船と小型底びき網（小底）船のトン数格差は小さく、漁場も重複することから（補足図 7-1）、沖底の CPUE は底びき網漁業全体の漁獲動向を反映すると考えられる。なお、小底については漁績のカバー率が沖底と比較して高くないことに加え、記載内容の精査が必要なことから、今回の標準化では用いなかった。

漁獲量（航海あたり漁獲量）および漁獲努力量（航海あたり網数）のデータとして 2000 年以降の青森県から石川県を根拠とする沖底の漁獲成績報告書（以下、漁績）のうち、日本海北部海域における操業情報を使用した。操業情報にはマダラの漁獲を含まない“ゼロキャッチ”データが含まれる。従って、“ゼロキャッチ”と“非ゼロキャッチ”にデータを区分し、それぞれに標準化処理を実施するデルタ型 2 段階モデル (Lo et al. 1992) を用いた。第 1 段階のモデルには二項分布を、第 2 段階のモデルには対数正規分布を仮定した。

標準化モデルの説明変数として、第 1 段階のモデルでは暦年、月、県、第 2 段階のモデルでは年、月、県および狙いの有無を候補とし、その主効果と交互作用を赤池情報量基準 (AIC) に基づく総当たり法により選択した。ここで、狙いの有無は Biseau (1998) に従い、年毎にマダラの漁獲量割合が高い順にレコードを並べてマダラ漁獲量の累積値がマダラ総漁獲量のうち一定割合（閾値）となるまでレコードを抽出して狙い操業、残りを非狙い操業とした。閾値には 0.9 および 0.75 を用い、よりモデルの AIC が低かった 0.9 を採用した。

モデル選択の結果、以下の標準化モデルが選択された：

第 1 段階：Positive rate $\sim$ Intercept + Year + Month + Prefecture +
Year*Month + Year*Prefecture + Month*Prefecture + error term

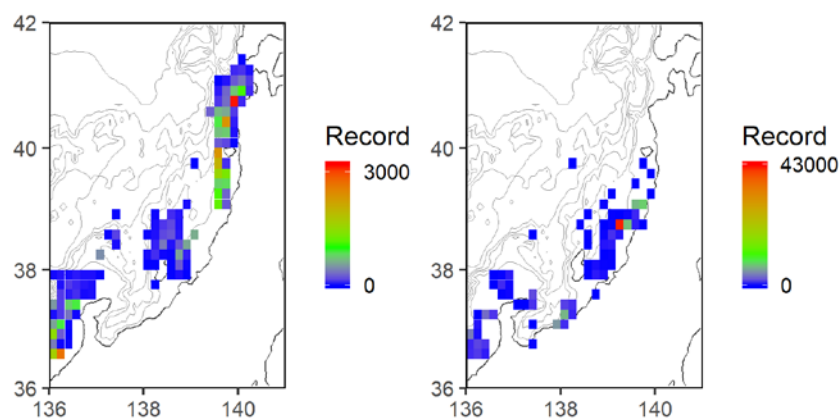
第 2 段階：log(CPUE) $\sim$ Intercept + Year + Month + Prefecture + Targeting +
Year*Month + Year*Prefecture + Month*Prefecture +
Year*Targeting + Month*Targeting + Prefecture*Targeting + error term

ここで Year は暦年、Month は月、Prefecture は漁船の県籍、Targeting は狙いの有無である。選択されたモデルはそれぞれ残差の正規性等が確認できたことから、CPUE 標準化モデルとして妥当であると考えられた（補足図 7-2）。

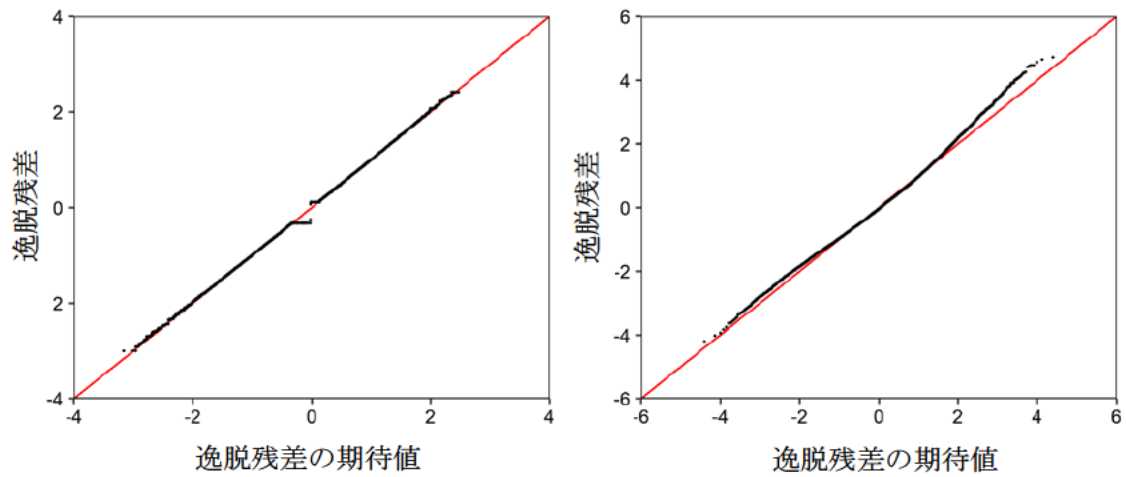
上記の第1段階と第2段階のモデルで、各年について最小二乗平均 (lsmean) を算出し (補足図 7-3)、両者を掛け合わせることで標準化 CPUE を得た (補足図 7-4)。標準化 CPUE とノミナル CPUE (総漁獲量とゼロキャッチを含む総網数より求めた CPUE) を比較したところ、標準化 CPUE では変動幅がより小さくなる傾向が見られた。これは標準化により、含まれる月、県、および狙い等、CPUE の変動幅を極端に大きくする要因が取り除かれたためと考えられる。従って、本年度評価ではチューニング VPA の資源量指標値として標準化された沖底 CPUE を用いることとした。なお、県ごとの最小二乗平均は石川県において 2017 年から 2018 年にかけて顕著に上昇したが (補足図 7-5)、2018 年はズワイガニの漁模様が悪く、漁獲努力がマダラを含む他魚種に向けられたことや一部の海域では例年と異なるマダラの分布状況も確認されたことから、さらなるモデルの改善に向けた検討を引き続き行うこととした。

引用文献

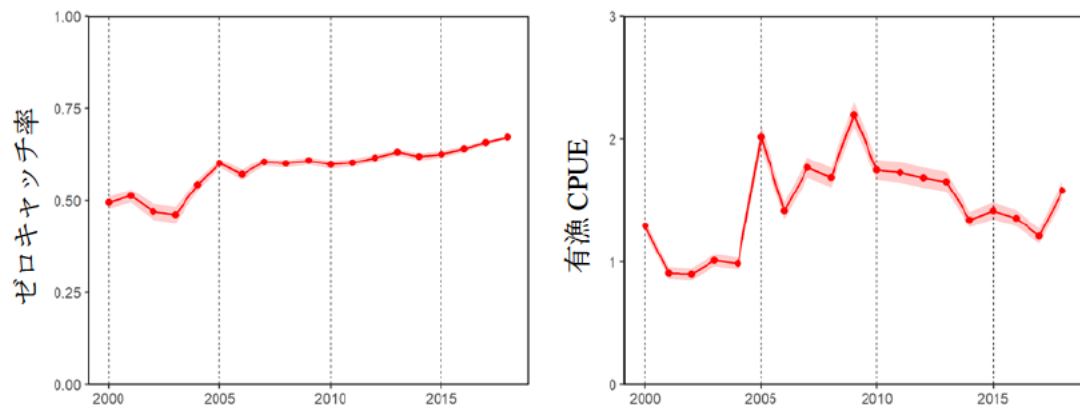
- Biseau, A. (1998) Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessments. *Aquatic Living Resources*, **11**, 119-136.
- Lo, N. C., L. D. Jacobson and J. L. Squire (1992) Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models, *Can. J. Fish. Aqua. Sci.*, **49**, 2515-2526.



補足図 7-1. 日本海北部海域における沖合底びき網漁業 (沖底、左) と小型底びき網漁業 (小底、右) の小漁区あたり漁獲成績報告書レコード数 (通算) 青森県籍の小底は存在しない。



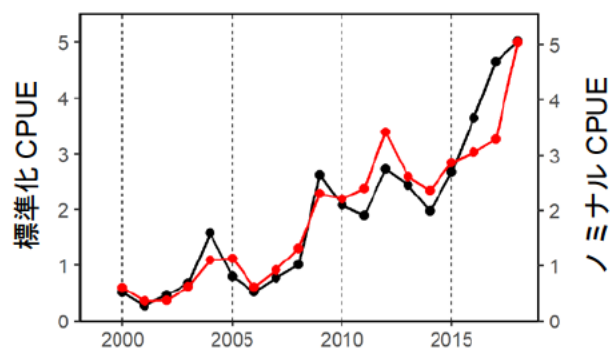
補足図 7-2. 第 1 段階（左）および第 2 段階モデルに関する残差の QQ プロット 縦軸は逸脱残差の値、横軸は逸脱残差の期待値である



補足図 7-3. 第 1 段階（左）および第 2 段階モデルのモデル推定値



補足図 7-4. 標準化 CPUE（赤）と、年で集計したノミナル CPUE（黒） 比較のためいずれの CPUE も全年の平均が 1 となるように基準化している。



補足図 7-5. 石川県における標準化 CPUE（赤）とノミナル CPUE（黒）の推移

補足資料 8 年齢-体長関係、体長-体重関係および年齢別漁獲尾数の更新

8-1. 年齢-体長関係、体長-年齢関係の更新

本評価ではこれまで柴田（1994）に基づく年齢-体長関係および体長-体重関係を用いてきたが、柴田（1994）が使用した標本数は限られており、また 20 年以上前の結果であることから、資源計算を正確なものとするため、より多くの標本を用いて成長式を新たに求める必要がある。そこで 2008～2018 年に精密測定および年齢査定を行い、マダラ日本海系群の年齢-体長関係および体長-体重関係をそれぞれ新規に求めた。また、得られた成長式を既存のものと比較するとともに、新たに作成された成長式をコホート解析開始時（2000 年）の資源量推定に用いる妥当性について、水揚げ物体長組成等の情報をもとに検証した。

2008～2018 年に日本海北部海域で採集されたマダラ 1,440 個体について被鱗体長および全重量を測定するとともに、耳石薄層切片に基づく年齢査定を行い、ベルタランフィアの成長式およびアロメトリー式を以下の通り求めた。

$$L_t = 893 \times (1 - \exp(-0.23 \times (t - 0.13)))$$

$$W_t = 9.33 \times 10^{-6} \times L_t^{3.05}$$

ここで t は標本採集時点の年齢、 L_t は標本採集時点の被鱗体長、 W_t は標本採集時点の全重量である。

新たに求めた体長-体重関係は従来の関係式と大きく異ならなかったが、最近までの測定データの基づく新たな関係式のほうがより妥当であると判断し、資源評価に用いることとした（補足図 8-1）。

一方、年齢-体長関係は従来の関係式と大きく異なり、新規に求めた関係式では特に高齢個体で体長が小さくなる傾向が見られた。従来の関係式では高齢個体の査定個体数が少なかったこと、現存しない年級群の標本についても新規に作成した成長式の当てはまりが良かったこと（補足図 8-1）等から、従来の成長式では年齢別体長を過大に推定している可能性が考えられた。

コホート解析開始時点である 2000 年の年齢-体長関係に新たな成長式を用いる妥当性についてさらに検証すべく、年級群豊度が高かったことが指摘されている 2001 年級群（後藤 2005）および 2006 年級群（後藤ほか 2010）について、2003 年以降の石川県の水揚げ物体長組成においてモードを追跡した。

2001 および 2006 年級群は顕著なモードを示し、容易に識別可能であった（補足図 8-2）。これらの年級群のモードから判断した年齢ごとの体長は、新規に求めた成長式から推定される年齢別体長に類似したため（補足図 8-3）、マダラ日本海系群の成長は 2001 年以降大きく変化していないと考えられた。従って、コホート解析開始時点である 2000 年の年齢-体長関係に新規に求めた成長式を用いることは妥当と判断し、今年度から新たに求めた体長-体重関係および年齢-体長関係を資源計算で用いることとした。

8-2. 年齢別漁獲尾数の更新

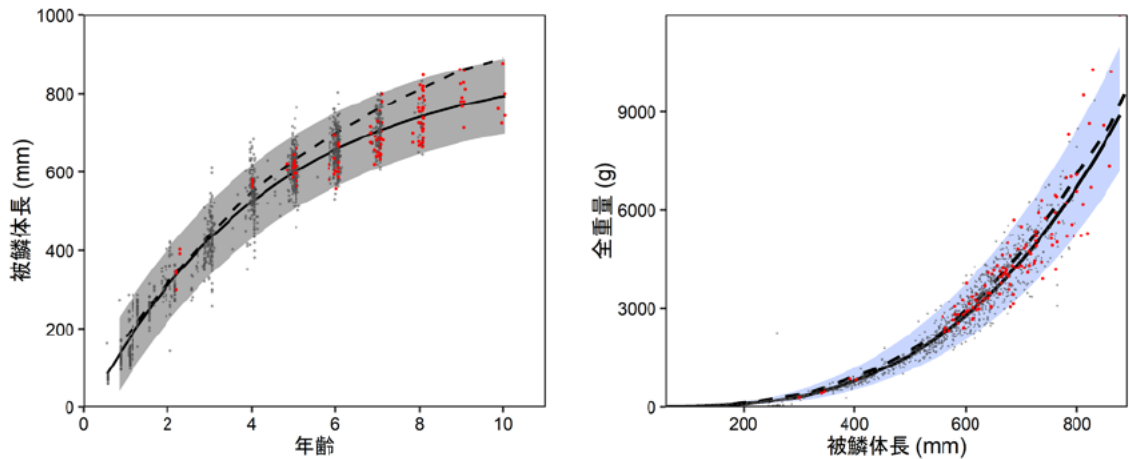
本評価では昨年まで柴田（1994）に基づく年齢-体長表を用いてきたが、前段で述べた年齢-体長関係の更新に伴い、年齢-体長表を新たに作成する必要性が生じた。そこで、2016～2018 年については各年のサンプルに基づいて年齢-体長表を作成し、2015 年以前については 2016～2018 年平均的な組成を、各年のサンプル数で重みづけすることで求めた。

また、昨年まで漁業種類別の年齢別漁獲尾数算出に用いてきた底びき網および刺網の体長測定データ（刺網：青森県産業技術センター水産総合研究所、底びき網：山形県水産試験場）に加え、今年度新たに 2003～2018 年の石川県金沢総合市場における体長測定データ（石川県水産総合センター）が整備されたため、用いることとした。金沢総合市場には石川県内各港から様々な漁業種類により漁獲された個体が集約されるため、測定データは石川県内におけるマダラの漁獲物体長組成を反映していると考えられる。従って今年度は、底びき網（青森県～富山県）、刺網（青森県～富山県）、石川県（全漁業種類）については体長組成、前段で述べた新たな体長-体重関係、および漁獲量から年齢別漁獲尾数を求め、その他の漁業（定置網、延縄、釣等、青森県～富山県）に関しては、漁獲量を底びき網および刺網に均等に割り振った。なお、2000～2003 年については石川県の測定データが得られなかったため、昨年通り、底曳きおよび刺網の漁獲物体長組成のみを用いた。

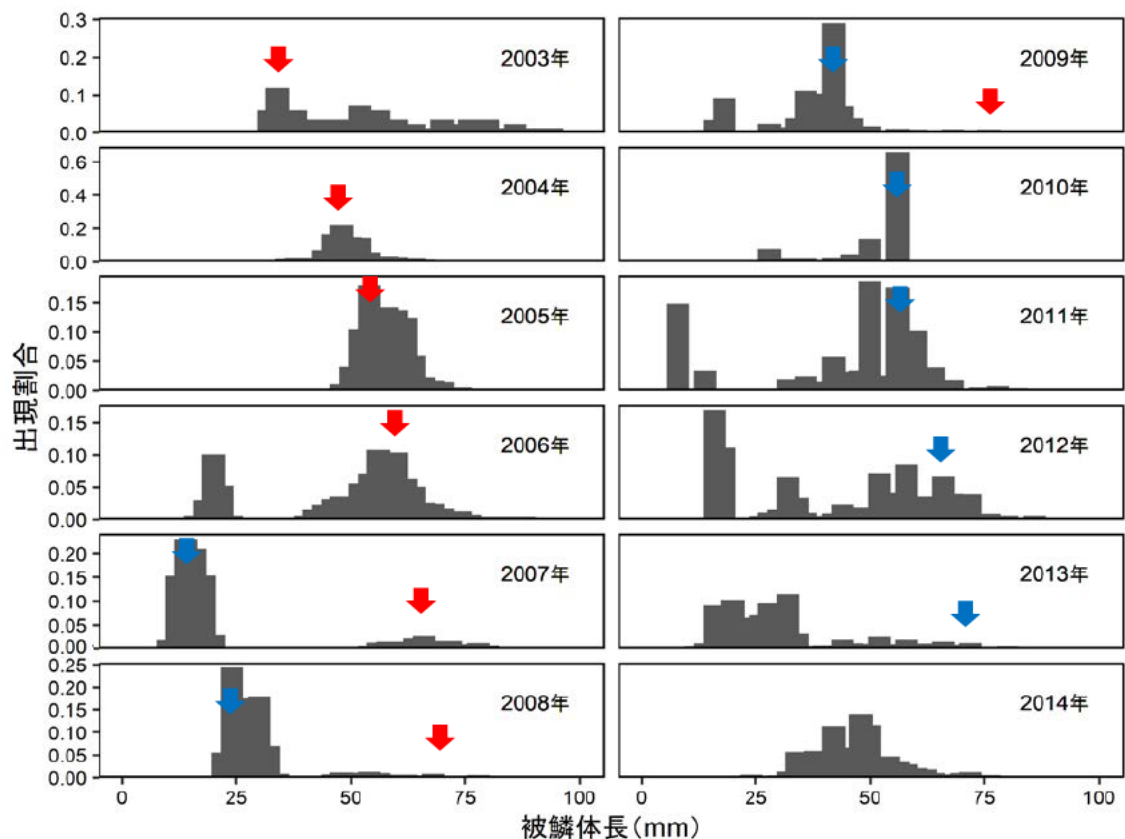
上記 2 点の変更により更新された年齢別漁獲尾数を補足図 8-4 に示す。年齢-体長関係および体長-体重関係の更新に伴い、昨年までと比較して年齢別体重は低下、漁獲尾数は増加した。また、新たに作成した年齢別漁獲尾数では、石川県金沢総合市場における体長組成を加えたことにより若齢魚の漁獲実態が反映されており、年級群豊度が高かったとされる 2001 および 2006 年級群が、それぞれ 2004 年および 2009 年の 3 歳魚として加入に反映されている点等、より実態に即していると考えられる。

引用文献

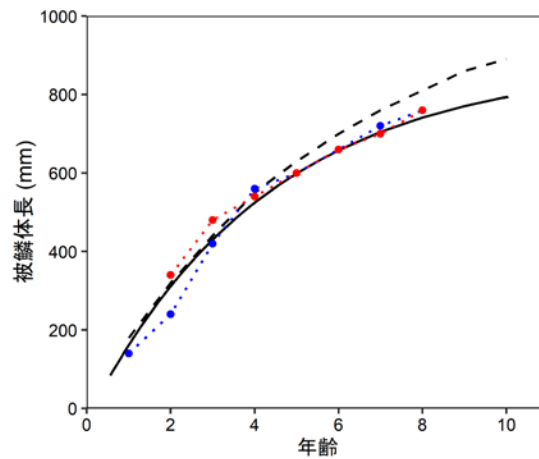
- 後藤常夫 (2005) 平成 17 (2005) 年度マダラ日本海系群の資源評価. 平成 17 年度我が国周辺水域の漁業資源評価第 2 分冊, 水産庁・水産総合研究センター, 732-745.
- 後藤常夫・廣瀬太郎・藤原邦浩 (2010) 平成 22 (2010) 年度マダラ日本海系群の資源評価. 平成 17 年度我が国周辺水域の漁業資源評価第 2 分冊, 水産庁・水産総合研究センター, 895-917.
- 柴田 理 (1994) 地先資源漁場形成要因研究事業 (マダラの生態と資源に関する研究). 平成 5 年度秋田県水産振興センター事業報告書, 103-111.



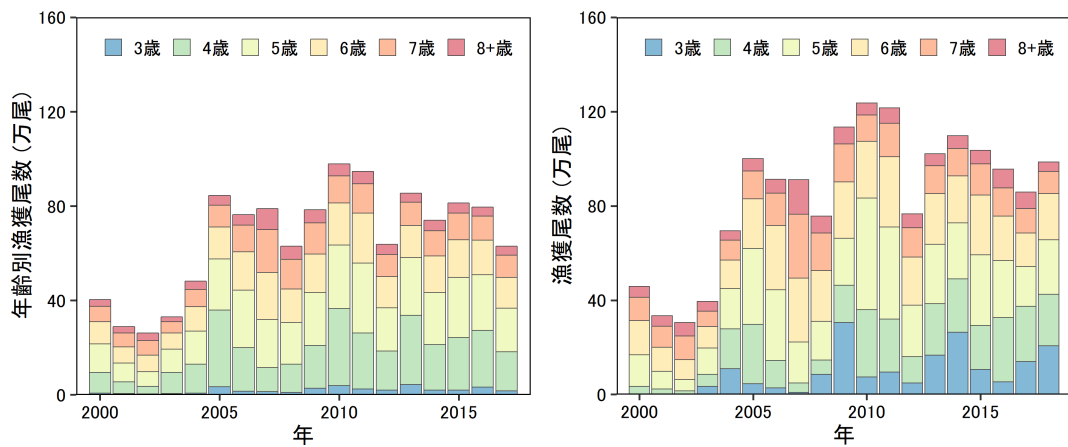
補足図 8-1. マダラ日本海系群の年齢-体長関係（左）および体長-体重関係（右） いずれの図でも、2008 年以降の全標本を用いて新たに作成した関係式を実線で、従来の式（柴田 1994）を破線で示した。黒い点および赤い点はそれぞれ、2010 年以降および 2018 年時点で現存しないと考えられる 2009 年以前の年級群に属する標本を示す。現存する近年の年級群と現存しない比較的古い年級群で成長式の当てはまりは大きく変わらないと判断された。



補足図 8-2. 2003～2014 年の主漁期（1～3 月）に石川県金沢総合市場に水揚げされたマダラの体長組成（石川県水産総合センター）。年級群豊度が高かったとされる 2001 および 2006 年級群のピークを赤および青の矢印でそれぞれ示した。



補足図 8-3. 石川県金沢総合市場に水揚げされたマダラの体長組成のモードから判断した 2001 年級群（赤）および 2006 年級群（青）の年齢別体長 新規に求めた成長式および従来の式（柴田 1994）に基づく成長を黒の実線および破線でそれぞれ示した。



補足図 8-4. 昨年までの年齢別漁獲尾数（左）と今回新たに作成した年齢別漁獲尾数（右）