

平成 28（2016）年度マダラ太平洋北部系群の資源評価

責任担当水研： 東北区水産研究所（成松庸二、服部 努、鈴木勇人、柴田泰宙、永尾次郎）

参 画 機 関： 青森県産業技術センター水産総合研究所、岩手県水産技術センター、
宮城県水産技術総合センター、福島県水産試験場、茨城県水産試験場

要 約

本系群の資源量を着底トロール調査による直接推定法によって推定した。近年の資源量および漁獲量は増減を繰り返しつつも増加傾向にある。特に東日本大震災以降は漁獲圧の低下によって若齢魚の生残が良くなったため、資源量は 2011 年以降増加しており、2014 年には 21 万トンを超えた。2015 年には減少して 15.3 万トンになったが、2016 年には再度増加して 16.5 万トンになった。また、2013 年および 2014 年の漁獲量は約 3 万トンとなり、過去最高水準であった。2015 年は暫定値ながら 2.4 万トンになった。2016 年の資源量から資源水準は高位、直近 5 年間（2012～2016 年）の資源量の推移から動向は増加と判断した。

本系群には明瞭な再生産関係は認められていない。現在の漁獲圧は東日本大震災以前と比べると低く、年齢構成も若齢魚に偏ることなく幅広く分布するため、この漁獲圧が続いても急激に資源が減少することはないと考えられる。そこで、現在の漁獲圧を維持することを目標として、 $F_{current}$ を管理基準とし、ABC 算定のための基本規則 1-3)-(1)に基づき 2017 年 ABC を算定した。

管理基準	Target/ Limit	F 値	漁獲割合 (%)	2017 年漁期 ABC (千トン)	Blimit = -
					5 年後親魚量 (千トン)
$F_{current}$	Target	0.25	18	35	—
	Limit	0.31	22	43	—

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。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、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。 $F_{target} = \alpha \times F_{limit}$ とし、係数 α には 0.8 を用いた。高位水準、増加傾向にあるため、本系群の ABC 算定には規則 1-3)-(1)を用いた。F 値は $F_{current}$ の選択率において選択率が 1 となる年齢（3 歳）の F である。ここでの $F_{current}$ は 2011～2015 年漁期（1 月 1 日～12 月 31 日）の F の平均値に 2016 年の漁船の稼働率/2011～2015 年の漁船の平均稼働率（補足資料 5）を乗じたものである。漁獲割合は 2017 年漁期の漁獲量/資源量である。

漁期年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2012	99		20	0.28	21
2013	176		31	0.23	17
2014	216		30	0.17	14
2015	153		24	0.20	16
2016	165		—	—	—

各年の資源量は漁獲対象資源量を示す。

漁獲量は暦年（1～12月）で集計。

水準：高位 動向：増加

本件資源評価に使用したデータセットは以下の通り

データセット	基礎情報、関係調査等
年別漁獲量	県別漁獲統計（農林水産省・各県水試調べ） 太平洋北区 沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 月別体長組成（宮城県、福島県、水研） ・市場測定
資源量指数 ・資源量 ・加入量指数	底魚類資源量調査（水研） ・着底トロール調査（10～11月） マダラ・スケトウダラ新規加入量調査（水研、青森～茨城(5)県） ・着底トロール調査（4月）
成熟年齢	月別精密測定調査（水研、青森県） 底魚類資源量調査（水研、10～11月）
自然死亡係数(M)	年当たり $M=0.313$ を仮定（田中 1960）
2016 年級加入量	カレイ類・マダラ 0 歳魚分布調査（水研） ・着底トロール調査（6月）

1. まえがき

マダラは、底魚類の中でも分布密度が高く、大型に成長することから各地で重要な漁獲対象種とされている。東北地方においても周年漁獲され、特に冬場の繁殖期を中心として重要な地先資源となっている。太平洋北部（青森県～茨城県沖）は太平洋岸における本種の分布の南限に位置していることもあり、本系群の資源動向は比較的不安定で、増減を繰り返している。1990 年代後半以降の資源量および漁獲量は 1998、1999 年に過去最高を記録したがその後減少し、2004 年以降再び増加傾向にあった。しかし、2007 年級が極めて少なく、資源量は一度減少した。その後は加入が安定しており、2011 年には高位水準になった。さらに東日本大震災（以下、「震災」という）による漁獲圧の低下により、2013 年以降の資源量は極めて高い水準になっており、2016 年は 2013、2014 年よりは少ないものの 16.5 万トンと推定された。

2. 生態

(1) 分布・回遊

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

マダラにはアジア周辺だけでも 10 以上の系群があると考えられている。個々の系群の移動範囲は限られており、これらの系群間の交流は少ない (Bakkala et al. 1984)。青森県の陸奥湾にはマダラの産卵群が存在する。標識放流の結果、その群のほとんどの個体が産卵後に北海道太平洋沿岸に移動し、産卵期になると再び陸奥湾に戻ってくることが明らかになっている (福田ほか 1985)。また、漁獲統計で見ても太平洋北部の漁獲量と陸奥湾周辺における漁獲量の動向には関連が認められない。そのため、陸奥湾で産卵し、北海道太平洋側に回遊する群を太平洋北部系群とは別系群であると判断し、ここでは扱っていない。

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

(2) 年齢・成長

マダラの年齢査定には鱗や背鰭鰭条など、さまざまな硬組織が用いられてきたが、東北海域では耳石の扁平石を用いた年齢査定が行われてきた (服部ほか 1992)。マダラの成長は早く、最高年齢となる 8 歳で体長 90cm、体重 10kg に達する (図 2)。成長は年によって変化し、マダラ自体の密度や春季の親潮第一分枝の流入強度が作用していると考えられており (成松 2006、Narimatsu et al. 2010)、震災以降には成長の鈍化が認められている。標準的な体長と年齢および体重の関係は下式のとおりである。

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

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

ここで、SL は標準体長 (mm)、t は満年齢 (年齢起算日は 1 月 1 日)、BW は体重 (g) である。

(3) 成熟・産卵

産卵親魚の来遊および幼魚の出現状況から、本系群の産卵場は宮城県仙台湾や青森県八戸沖のほか、三陸沿岸各地に小規模なものがあると考えられている (児玉ほか 1990、服部ほか 1999)。夏季から秋季には水深 200m 以深の海域に生息するが、冬季になると産卵親魚は水深数十mの浅瀬に移動し (Narimatsu et al. 2015b)、雌雄ペアあるいは一尾の雌に数尾の雄が群がり、砂泥帯に沈性卵を産む (Sakurai and Hattori 1996)。雌は一繁殖期に 1 回産卵し、その産卵数は 50 万 (体長 40cm 前後) ～400 万粒 (体長 80cm 前後) である (服部ほか 1995)。また、1990 年代後半以降の東北北部における 50%成熟体長は雄で 46.2cm、雌で 48.3cm である。初回成熟年齢は 3 歳 (1～69%) もしくは 4 歳で、4 歳以上はほぼすべての個体が成熟すると考えられていたが (成松 2006、Narimatsu et al. 2010)、震災後には資源の増大に伴い、晩熟化の傾向が見られる。成熟後は毎年産卵すると考えられる。

(4) 被捕食関係

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

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本種の漁獲は沖合底びき網漁業（以下、「沖底」という）で最も多く、2000 年以降の沖底の割合は 51～82% で推移している。次いで延縄、小型底びき網漁業（以下、「小底」という）が多い。これらの漁業では周年漁獲されているが、冬に産卵のために接岸する大型個体を対象にした定置網や刺し網による操業も行われている。漁獲対象となるのは満 1 歳ぐらいからで、狙い操業が多いため漁獲圧が強く、震災前の十数年は特に若齢魚（1 歳魚）に対する漁獲圧が強かったと見られる。震災以降は、漁船の被災、魚価の低迷および操業規制などにより、全体に漁獲圧が下がっており、特に若齢魚に対する下がり幅が大きい。

(2) 漁獲量の推移

全漁業種類合計の漁獲量の経年変化を見ると（図 3、表 1）、1980 年から漁獲量は徐々に増加し、1986～1990 年には 1 万トン以上を記録している。その後は減少し、1993 年および 1994 年には 3 千トン台と 1980 年代前半の水準にまで低下した。1995 年以降再び増加に転じ、1998 年および 1999 年にはほぼ 2 万トンに達した。その後は増減を繰り返しながら増加し、2010 年は 26,488 トンとなった。2011、2012 年は震災の影響により震災以前に比べて少なくなったが、2013 年には福島県および茨城県における漁獲がごくわずかであるにもかかわらず過去最高の 30,787 トンを記録しており、2014 年もそれに準ずる 29,915 トンとなった。2015 年にはやや減少し、暫定値で 24,043 トンとなっている（図 3、表 1）。

漁業種類別の漁獲量を見ると、ほとんどの年で沖底による漁獲が最も多く、次いで延縄、小底および定置網による漁獲が多い（図 3、表 1）。2014 年の沖底では青森県から茨城県の沖合の広い範囲で漁獲されており、特に岩手県沖から宮城県沖での漁獲が多い（図 4）。沖底および小底では 7、8 月の禁漁期を除いて周年にわたり漁獲しているが、定置網や一部の刺し網では産卵期に接岸する個体のみ漁獲の対象となっている。

(3) 漁獲努力量

漁獲努力量の指標として、本系群の漁獲量が最も多い漁法である沖底の海区別の有漁網数（漁船毎のマダラが漁獲された日の網数の合計）を求めた（図 5）。その結果、尻屋崎海区では 1972 年以降長期にわたって漸増傾向にあり、2007 年にはピークとなって 21,000 網を超えた。その後は 13,000～17,000 網で安定している。岩手海区では、1993 年に 6,000 網でピークとなったが、その後減少傾向にある。近年は 2011 年に 1,600 網となった後に 2012～2015 年には年間 2,300～2,600 網で推移している。金華山海区の網数は 1992～2004

年にかけて 15,000～20,000 網と多く、その後減少傾向にある。特に 2011 年以降は操業規制、魚価の低迷などもあり、年間の網数は 6,000～11,000 網と震災以前と比べて少なくなっている。常磐海区の網数は 1989～1991 年に 30,000 網以上を記録していたが、その後増減を繰り返しながらも減少した。特に 2011 年以降は操業規制により急減している。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

資源の状態は、1995 年以降、毎年 10～11 月に青森県沖～茨城県沖の水深 150～900m で実施している着底トロール調査（調査年ごとの定点数 57～150 点）により評価した。秋季には水深 200～250m に水温躍層ができ、マダラはその下方に分布すること、犬吠埼沖が分布の南限であることから、調査点は太平洋北部のマダラの垂直、水平的な分布範囲をほぼ網羅できており、面積密度法で資源量を推定することが可能であると考えられる。このため、調査によって得られたマダラ全個体について年齢査定を行い、面積密度法を用いて年齢別に資源量を推定した（補足資料 1、2）。さらに過去のコホート解析と資源量調査の結果をもとに採集効率を推定し（年齢別採集効率は震災以前：1 歳魚 0.64、2 歳魚 0.54、3 歳以上 0.12、震災以降：1 歳魚 0.38、2 歳魚 0.72、3 歳魚 0.22、4 歳以上 0.12、補足資料 2）、調査で求めた年齢別資源尾数に乗じて資源量を推定した。

(2) 資源量指標値の推移

上述のように本海域のマダラは主要な漁獲対象であり、漁業種別では沖底による漁獲が最も多い。そのため、沖底の CPUE は長期的な資源変動を知るための一つの指標になると考えられる。小海区別に沖底の CPUE を見ると、主漁場である岩手 2 そうびきや金華山トロールにおける CPUE 値が概して高い値を示している。尻屋崎海区のかけまわしを除いて 1990 年代後半の CPUE 値はそれ以前より高くなったが、その後 2002 年にかけて減少した。2003 年以降は各海区共に高い傾向にあるが、岩手 2 そうびきや金華山トロールでは変動が激しい（図 6）。また、震災以降は放射性セシウム拡散の影響による操業規制や魚価の低迷により、操業形態が変化していると考えられる。2013 年に比べて 2015 年は減少しているが、総じて高い水準で推移している。

(3) 漁獲物の体長組成

2015 年に各県に水揚げされたマダラの体サイズ組成を図 7 に示した。青森県、岩手県では 35～45cm にモードが認められ、それ以上のサイズでは 75cm まで漸減傾向にある。一方、宮城県、福島県では複数のモードが認められた。特に宮城県では、震災前には漁獲の中心は体長 40cm 以下の小型魚だったが、2015 年はそれらの小型魚だけではなく、それ以上の個体も多く含まれていた。満 1、2、3、4 歳の平均体長はそれぞれ 17.9cm、33.8cm、47.4cm、58.6cm であることから（図 2）、漁獲の中心は青森県、岩手県では 2、3 歳魚、宮城県では 2 歳魚と 4 歳魚であり、5 歳以上の個体も多く含まれると考えられる。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

資源尾数、資源量は着底トロールによる直接推定法によって推定した。資源量は 1996～

2011 年には 13,126～65,745 トンで推移していたが、震災以降急増し、2014 年には 21 万トンを超えた（図 8、表 2）。その後やや減少し、2016 年には 16.5 万トンであった。2015 年級の加入量（2016 年の 1 歳魚）は 22,916 トンで、この値は 2000 年以降では最も多く、過去 10 年間の平均値の 2 倍以上である。また、5 歳以上の資源量が過去 20 年で 2 番目に多く、2, 3, 4 歳魚は 3 番目に多い。したがって、1 歳魚と 5 歳魚以上が非常に多く、2～4 歳も高い水準にあるというのが現在の資源構造の特色であり、全体に占める 2 歳魚以上の割合も震災以前に比べると高い（図 9、表 3）。2016 年の資源量は震災前と比べてすべての年齢で多かった。しかし、2013、2014 年にはそれぞれ 2、3 歳、3、4 歳魚がきわめて多かったため、その 2 年に比べると全体の資源量は少なかった（図 8、表 2）。

漁獲割合は、1997 年以降、震災まで徐々に増加する傾向にあり、2009 年と 2010 年は 6 割を越していた（図 10）。震災以降には漁獲圧の低下と資源の増大によって大幅に減少し、2015 年は 16%であった。

（5）再生産関係

1998～2016 年に調査および商業的に漁獲された満 3 歳魚の成熟状況を生殖腺重量指数（GSI）と組織学的手法により調べたところ、雌の成熟率は 1.0～68.7%であり、年級間で大きく異なっていた（2016 年は 3.3%）。50%成熟体長は 45.7～53.5cm で推移していた。各年の年齢別の成熟率と資源尾数から雌親魚量を求め、1 歳魚の加入尾数との関係から再生産関係を求めた。

その結果、明瞭な再生産関係は認められなかった（図 11）。1998 年および 2002 年は卓越年級であると考えられるが、これらが発生したときの個体群の親魚量は 1998～2016 年の中でもかなり低水準であった。逆に 2007 年には、比較的親魚量が多い中で過去最低の加入となった。また、再生産成功率（雌親魚 1 kg あたりの加入尾数）にもばらつきが大きく、過去 19 年では最大 100 倍以上の差が生じている（図 12）。2016 年は、加入尾数が過去 4 番目に多かった（図 9、表 3）。ただし、本系群の親魚となる 3 歳以上の資源量が 2014 年に次いで極めて多く（図 8）、再生産成功率で見ると高い水準ではない（図 12）。再生産成功率に大きなばらつきが生じる要因としては、後述のような環境の影響が大きいことが考えられるほか、親魚の年齢の影響なども考えられるが、再生産関係、環境と加入量の間にも 19 年程度の調査結果であることなどの問題点もあり、今後さらなるデータの蓄積が必要である。

（6）資源の水準・動向

沖底 CPUE（有漁網数当たり漁獲量）では 40 年を超える長期間にわたるデータが得られているが、近年は年変動が大きく、海域による差も認められる。また、震災の影響により漁業実態は変化している。一方、1996 年以降はトロール調査による過去 21 年間の資源量推定値が得られている。トロール調査の結果は、海域間および経年的な漁業実態の変化とは独立していることから、本系群の資源水準および動向はトロール調査から得られた資源量推定値を用いて判断した。

1996 年以降の資源量は 1.3 万トン（1996 年）から 21.6 万トン（2014 年）の間を変動している（図 8）。2016 年の資源量は 16.5 万トンで過去 21 年で 3 番目に多く、2011 年以前の

最高値（6.6 万トン、1999 年）よりもかなり高い値である。震災以降の資源の急増に伴い、本系群には成長の鈍化や晩熟化が認められており、高い資源量は一時的な状況である可能性がある。そのため、資源水準を判断するための基準には震災以前のデータを用いた。1996～2011 年の資源量の平均値を求め、それよりも 30%以上多い場合を高位水準、少ない場合を低位水準として判断した。その結果、2016 年の資源量は震災以前の平均値の 395%に相当することから、資源水準は高位と判断した（図 8、表 2）。また、過去 5 年間（2012～2016 年）の資源量は 2014 年まで漸増後、2015 年にかけて減少し、2016 年に再び増加しており、全期間で見ると増えていることから動向は増加と判断した。

（7）今後の加入量の見積もり

前述のように本系群の 1 歳魚の加入量には大きな年変化があり、再生産成功率の変動も大きい（図 11、図 12）。また、特に震災以前には資源や漁獲に占める 1 歳魚の割合が高かったため、1 歳魚の資源量値推定値は重要である。そこで、マダラ仔稚魚の成育場において着底直後の分布密度を調べる調査を毎年行い、過去の調査で得られた 6 月と 10 月の資源量指標値の回帰式と 2016 年 6 月の調査結果から、2016 年級の加入個体数を推定した（補足資料 4）。回帰式から推定した加入尾数（10 月時点）は北部海域で 19,307 千尾、南部海域で 51,727 千尾となり、合計 71,034 千尾と推定した（補足図 4-1）。なお、再生産関係が明瞭ではないため（図 11）、将来予測における 2018 年以降の 1 歳魚の加入量には、過去 10 年の加入量（2007～2016 年）の中央値を用いた（65,861 千尾、11,049 トン）。

図 13 に太平洋北部におけるマダラの加入量と水温との関係を示した。ここでの北部および南部はそれぞれ青森県沖～金華山沖および金華山沖～日立沖を示している。マダラの幼魚が着底する直前の 6 月における表面水温と加入量の間に負の相関があることが示されている（清水ほか 2003）。ただし、ここでは水温以外の要因について考慮しておらず、水温が卵稚仔の生残に作用するメカニズムも明らかになっていないことから今後負の相関が見られた要因の解明が求められる。

（8）資源と漁獲の関係

トロール調査で求めた年齢別資源尾数から年齢別の生残率 S を求め（表 4）、以下の式から年齢別 F 値を求めた。自然死亡係数 M は田内・田中の式（田中 1960）およびこれまでの年齢査定で得られた最高齢の個体（8 歳）から、0.313 とした。なお、年齢別 F を算出する際には直近 5 年分の生残率の平均値を用いた。

$$F = -\ln(S) - M$$

その結果、2011～2015 年における 3 歳魚の F は 0.29 で、 $F_{0.1}$ よりも若干高い程度である。また、39.3%SPR に相当することからも、現在の漁獲圧は比較的低いと考えられる（図 14）。なお、30%SPR に相当する 3 歳魚の F は 0.38 である。現在は 3 歳以上の個体に対する漁獲圧はさほど高くはなく、さらに若齢魚に対する漁獲圧もそれよりも低い値で推移している（1 歳魚の F は 0.24、2 歳魚の F は 0.19）。

5. 2017 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源量調査結果から、現在の資源水準は高位、動向は増加と判断した。震災以前は本資源は若齢魚中心に構成されていたこともあり、その変動は、加入量に大きく依存してきた。そのため、2007 年のように個体数の極めて少ない年級が発生すると、資源状態は急速に悪化した。震災以降は高齢魚が増加しており、この状態であれば加入が極めて少ない年級が発生してもすぐに資源が減少することはない。また、マダラの親魚は市場価値が高いことから、親魚を増やすことは次世代の加入促進と生産額の増大の両面で有効である。このため、多様な年齢構成を維持しつつ、次世代の加入を促すことが重要である。

(2) ABC の算定

ABC を算定する際の情報として資源量が利用できるが再生産関係は不明瞭である。2016 年の資源は高位増加であるため、ABC 算定のための基本規則の 1-3)-(1) (下式) により ABC を算定した。

$$F_{\text{limit}} = \text{基準値}$$

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

ここで、 α は安全率であり、標準値の 0.8 を用いた。将来予測は以下の条件の下で行った、①2016 年級（2017 年の 1 歳魚）の加入尾数は 2016 年 6 月の新規加入量調査結果、②2017 年級以降の加入尾数は直近 10 年級（2006～2015 年級）の中央値、③2016 年以降の年齢別体重は 2011～2015 年の平均値（4 月）、④2016 年以降の年齢別選択率は F_{current} （2011～2015 年の平均的な F ）から算出した値と仮定した。⑤2011～2016 年の漁船の稼働率には大きな経年変化が認められる（補足資料 5）。そのため、2011～2015 年の F の平均値に 2016 年稼働率/2011～2015 年平均稼働率を乗じたものを 2016 年の F とした。⑥2016 年以降の成熟率は、1996～2015 年の結果に従い、満 3 歳魚 0.4、満 4 歳以上 1 とした。

この条件の下で現状の漁獲が 2016 年末まで続くと仮定すると、2017 年の初期資源量は 19.3 万トンになると推定された。

震災以降に資源が増大したこともあり、2011～2015 年の漁獲圧はさほど高くない（図 14）。また、震災前に比べると年齢構成も若齢魚から高齢魚まで幅広く、現在の漁獲圧が続いても急激に資源や高齢魚が減少することはないと考えられる。そこで、現在の漁獲圧を維持することを管理方策とし、 F_{current} を管理基準とした。資源水準は高位、動向は増加と判断されるため、ABC 算定規則 1-3)-(1)に基づいて F_{limit} = 基準値によって ABC_{limit} を算定した。また、不確実性を考慮した安全率 α (0.8) を乗じ、 $F_{\text{target}} = F_{\text{limit}} \times 0.8$ として ABC_{target} を算定した。

その結果、 $ABC_{\text{limit}} = 42,685$ トン、 $ABC_{\text{target}} = 35,099$ トンと算出された。

管理基準	Target/ Limit	F 値	漁獲割合 (%)	2017 年漁期 ABC (千トン)
Fcurrent	Target	0.25	18	35
	Limit	0.31	22	43

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。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、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。Ftarget = $\alpha \times F_{\text{limit}}$ とし、係数 α には 0.8 を用いた。高位水準、増加傾向にあるため、本系群の ABC 算定には規則 1-3)-(1)を用いた。F 値は Fcurrent の選択率において選択率が 1 となる年齢（3 歳）の F である。ここでの Fcurrent は 2011～2015 年漁期（1 月 1 日～12 月 31 日）の F の平均値に 2016 年の漁船の稼働率/2011～2015 年の漁船の平均稼働率（補足資料 5）を乗じたものである。漁獲割合は 2017 年漁期の漁獲量/資源量である。

(3) ABC の評価

Fcurrent を Flimit として漁獲すると、2017 年の漁獲量は 4.3 万トンとなり過去最高となる。また、漁獲量、資源量とも 2019 年にピークを迎え、それぞれ 4.7 万トン、20.2 万トンとなる。その後減少するものの減少ペースは緩やかで、5 年後の 2021 年でも漁獲量、資源量ともに 2016 年を上回る。

ABC 算定の基準値とした Fcurrent とともに F20%SPR、F30%SPR、Fmax、F0.1、0.8Fcurrent による漁獲量と資源量の将来予測を以下の表と図 15 に示す。その結果、資源量、漁獲量のピークは Fcurrent、0.8Fcurrent および F0.1 では 2019 年に、F30%SPR と Fmax では資源量は 2017 年、漁獲量は 2018 年に、F20%SPR では 2017 年に見られた。0.8Fcurrent、F0.1、Fcurrent、Fmax および F30%SPR では 5 年後（2021 年）の資源量、漁獲量が 2016 年推定値を上回るが、F20%SPR では漁獲量は上回るものの資源量では下回る結果となった。

F	管理基準	漁獲量（千トン）						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0.23	0.8Fcurrent	24	38	35	40	43	41	40
0.27	F0.1	24	38	35	41	43	41	40
0.29	Fcurrent	24	38	43	47	47	44	42
0.38	Fmax	24	38	47	50	49	44	42
0.38	F30%SPR	24	38	47	50	49	44	42
0.52	F20%SPR	24	38	61	58	51	43	39
F	管理基準	資源量（千トン）						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0.23	0.8Fcurrent	153	165	193	210	222	214	209
0.27	F0.1	153	165	193	210	222	214	208
0.29	Fcurrent	153	165	193	199	200	187	179
0.38	Fmax	153	165	193	192	188	172	162
0.38	F30%SPR	153	165	193	192	188	172	162
0.52	F20%SPR	153	165	193	173	153	132	121

Limit は、各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。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、各管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。
 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

(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
2014 年漁獲量確定値 2015 年漁獲量 2016 年資源量確定値	2014 年漁獲量の確定 2015 年漁獲量の暫定値 2011～2016 年資源量（採集効率変更による）

評価対象年 （当初・再評価）	管理 基準	F 値	資源量 （千トン）	ABClimit （千ト ン）	ABCtarget （千ト ン）	漁獲量 （千ト ン）
2015 年（当初）	F20%SPR	0.41	253	71	59	
2015 年（2015 年再評価）	F20%SPR	0.41	190	52	43	
2015 年（2016 年再評価）	F20%SPR	0.41	153	43	35	24
2016 年（当初）	F20%SPR	0.41	188	55	45	
2016 年（2016 年再評価）	F20%SPR	0.41	165	48	40	

漁獲量は暫定値。

2015 年の ABClimit は当初 71 千トンであったのに対し、2015 年再評価では 52 千トンと

なった。これは資源量が当初の推定よりも少なかったことによる。また、2016年に行った2015年および2016年の再評価による資源量やABCは昨年行った値よりもやや低い値となった。これは、震災以降のトロール網の採集効率を本年から変えたことで(補足資料2)、年齢別の資源尾数が低めに見積もられるようになったためである。

6. ABC 以外の管理方策への提言

マダラは非常に成長が早く、満1歳で80g程度の個体が、満2歳では550g、満3歳では1,600gに成長する。そのため、加入が多くない状況でも小型魚の漁獲を規制することによって資源量は増大する。2013年以降に資源量が大幅に増大したのは、震災の影響によって漁獲圧が下がり、3歳以上の個体が増えたためと考えられる。ただし、マダラは高次捕食者であることから、資源の増大が生態系におよぼす影響も大きいと考えられるため、今後、成長、分散および繁殖などの生態情報も含めた資源の状態把握が重要と考えられる。

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

- Narimatsu, Y., T. Sohtome, M. Yamada, Y. Shigenobu, Y. Kurita, T. Hattori and R. Inagawa (2015b) Why do the radionuclide concentrations of Pacific cod depend on the body size? In “Impact of the Fukushima nuclear accident on fish and fishing grounds”, eds by K. Nakata and H. Sugisaki, 123-138. Springer.
- Narimatsu, Y., Y. Ueda, T. Okuda, T. Hattori, K. Fujiwara and M. Ito (2010) The effect of temporal changes in life-history traits on reproductive potential in an exploited population of Pacific cod, *Gadus macrocephalus*. ICES J. Mar. Sci., 67, 1659-1666.
- Sakurai, Y. and T. Hattori (1996) Reproductive behavior of Pacific cod in captivity. Fish. Sci., 62, 222-228.
- 清水勇吾・成松庸二・北川大二 (2003) 東北海区水温データによるマダラ現存量予測の可能性. 東北底魚研究, 23, 39-42.
- Takatsu, T., T. Nakatani, T. Mutoh, and T. Takahashi (1995) Feeding habits of Pacific cod larvae and juveniles in Mutsu bay, Japan. Fish. Sci. 61, 415-422.
- Takatsu, T., T. Nakatani, T. Miyamoto, K. Kouka and T. Takahashi (2002) Spatial distribution and feeding habits of Pacific cod (*Gadus Macrocephalus*) larvae in Mutsu Bay, Japan. Fish. Oceanog., 11, 90-101.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, 28, 1-200.
- 山村織生 (1993) 仙台湾沖底生魚類群集における資源分割. 漁業資源研究会議 底魚部会報, 26, 61-70.

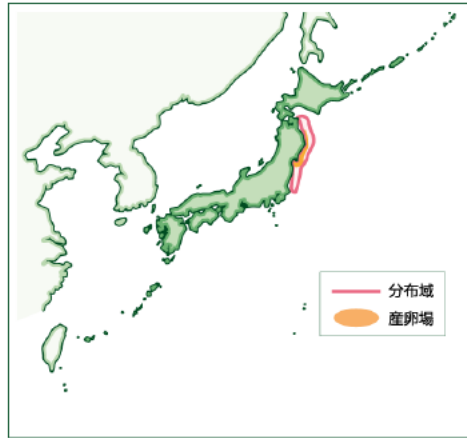


図 1. 太平洋北部におけるマダラ分布

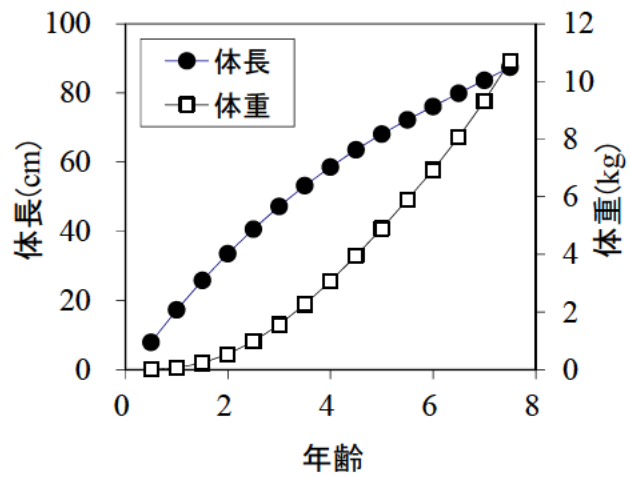


図 2. 太平洋北部におけるマダラの成長

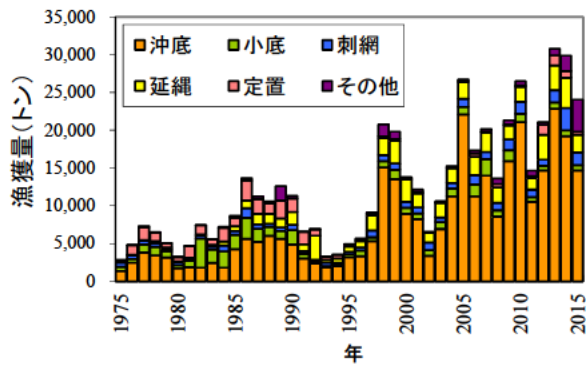


図 3. 太平洋北部におけるマダラの漁業種別漁獲量 2015 年は暫定値。

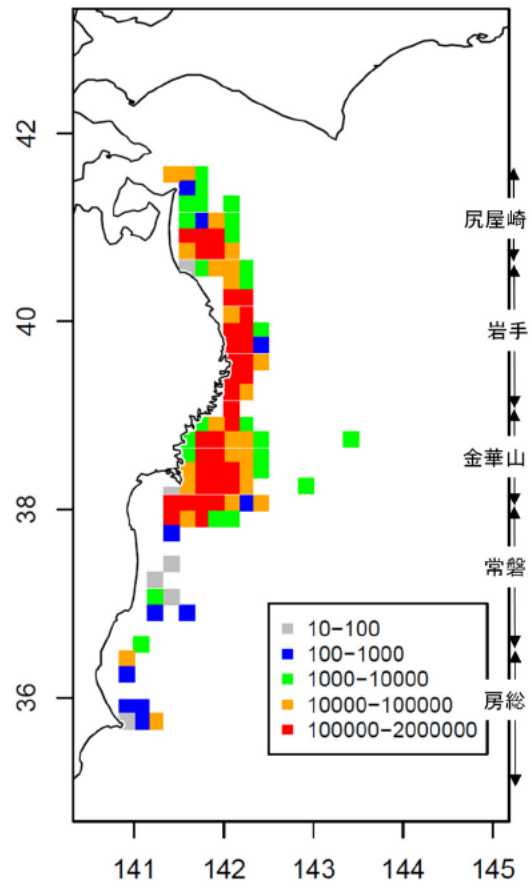


図 4. 沖底による 2014 年の漁獲量 (kg) の分布

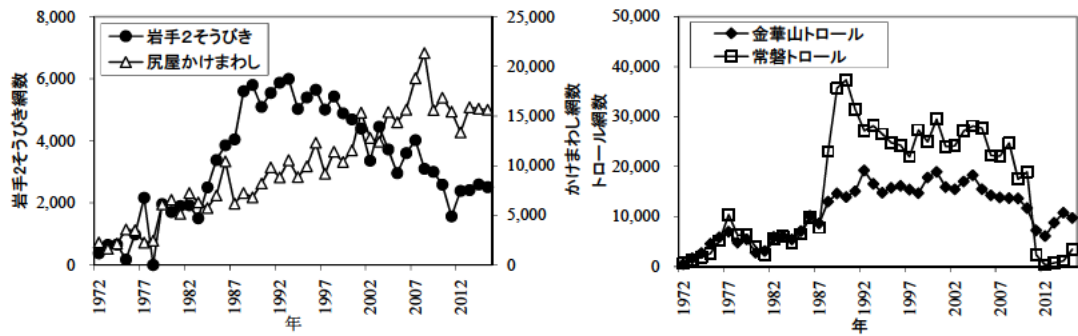


図 5. 沖底による網数の経年変化
左：2 そうびきとかけまわし 右：トロール. 2015 年は暫定値。

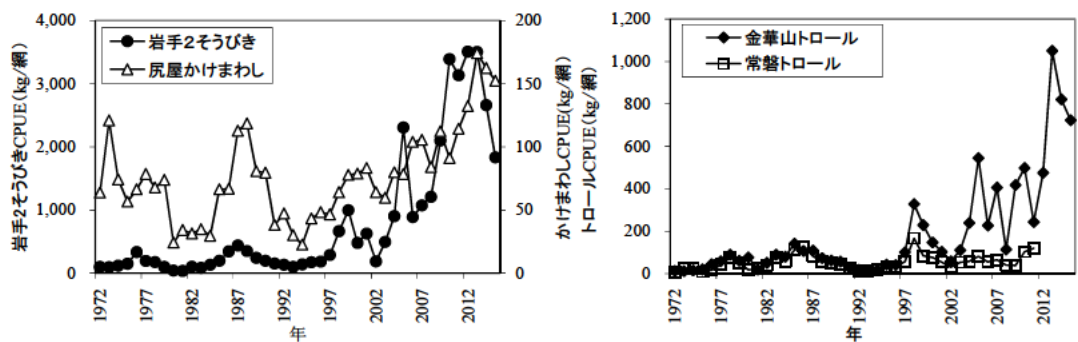


図 6. 沖底による CPUE の経年変化
左：2 そうびきとかけまわし 右：トロール. 2015 年は暫定値。

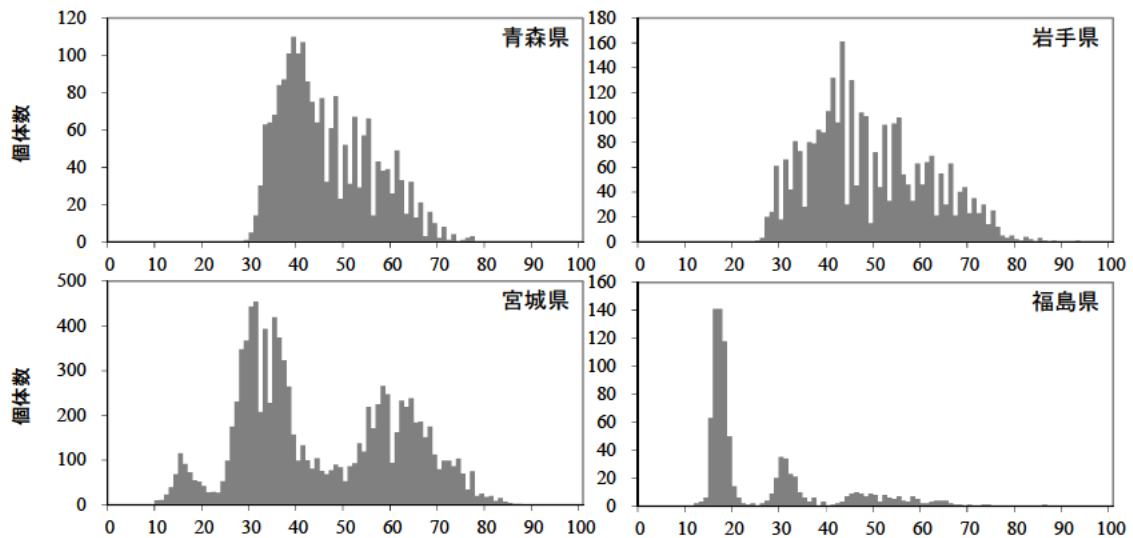


図 7. 2015 年に各県で漁獲されたマダラの体サイズ組成 (cm)
福島県は調査船による漁獲物で全長表記、その他の県は商業船による漁獲物で標準体長表記。

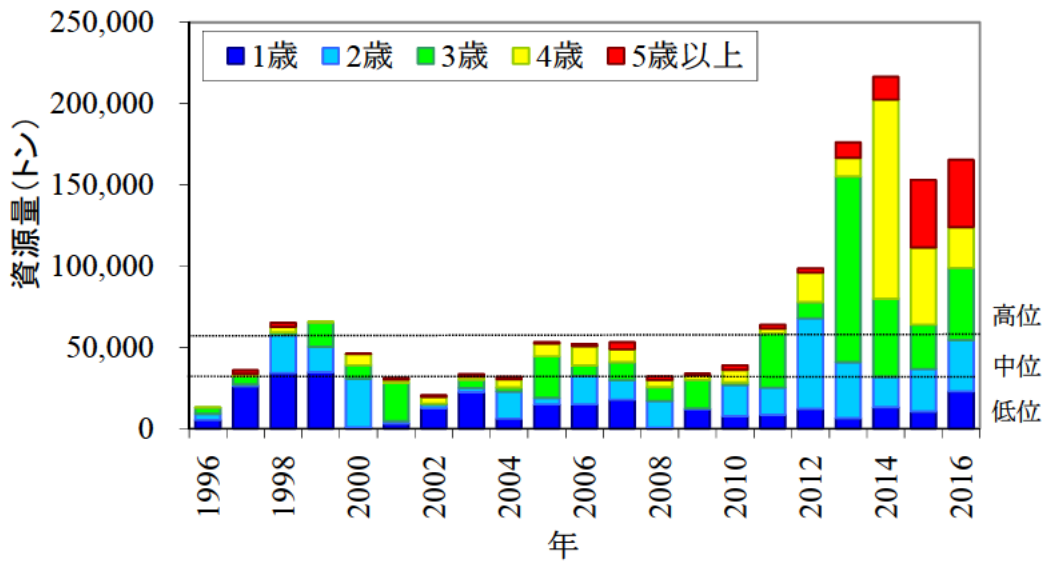


図 8. 年齢別資源量の経年変化
図中の破線は水準判断基準を示す。

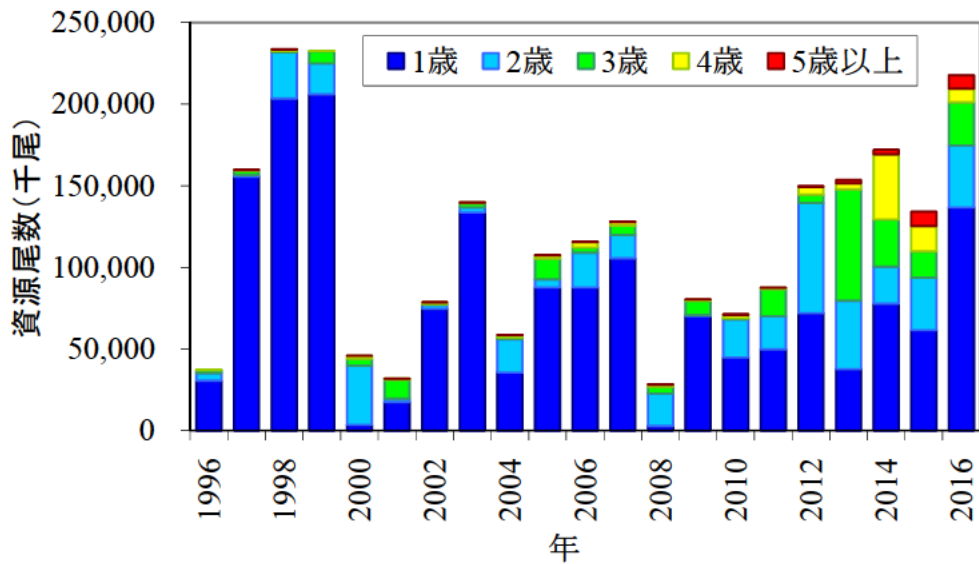


図 9. 年齢別資源尾数の経年変化

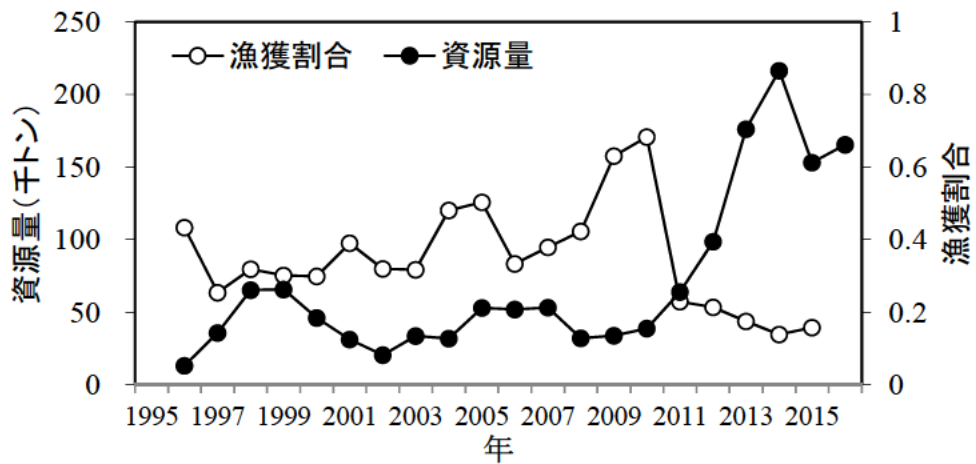


図 10. 資源量と漁獲割合の経年変化 2015 年の漁獲割合は暫定値。

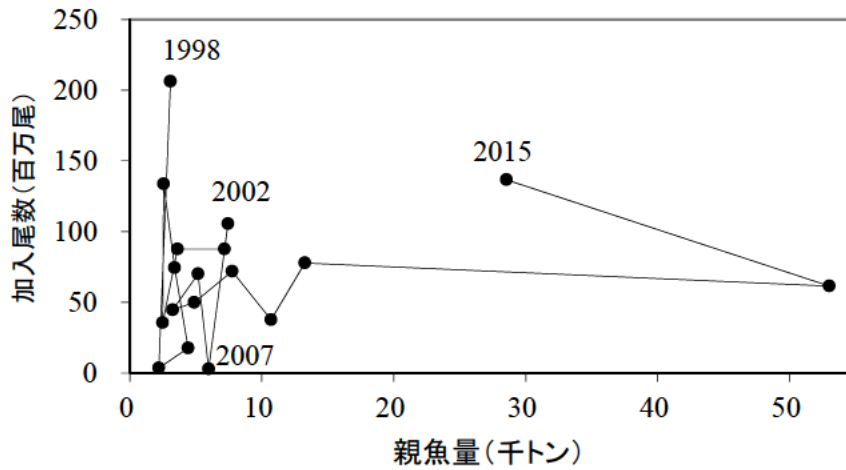


図 11. 再生産関係（雌親魚重量と 1 歳魚加入尾数の関係）
数字は加入個体の年級。

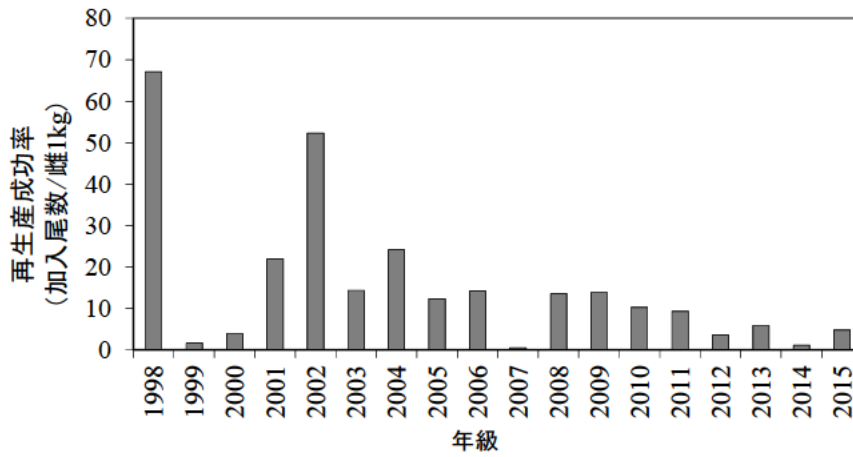


図 12. 再生産成功率の時系列変化

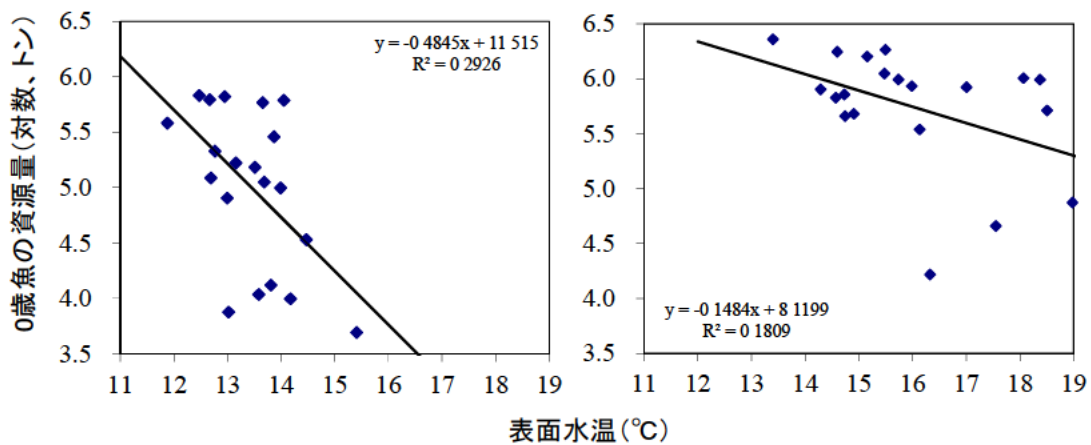


図 13. 太平洋北部における表面水温と 0 歳魚の資源量の関係（1996～2015 年）
左：北部海域、右：南部海域。

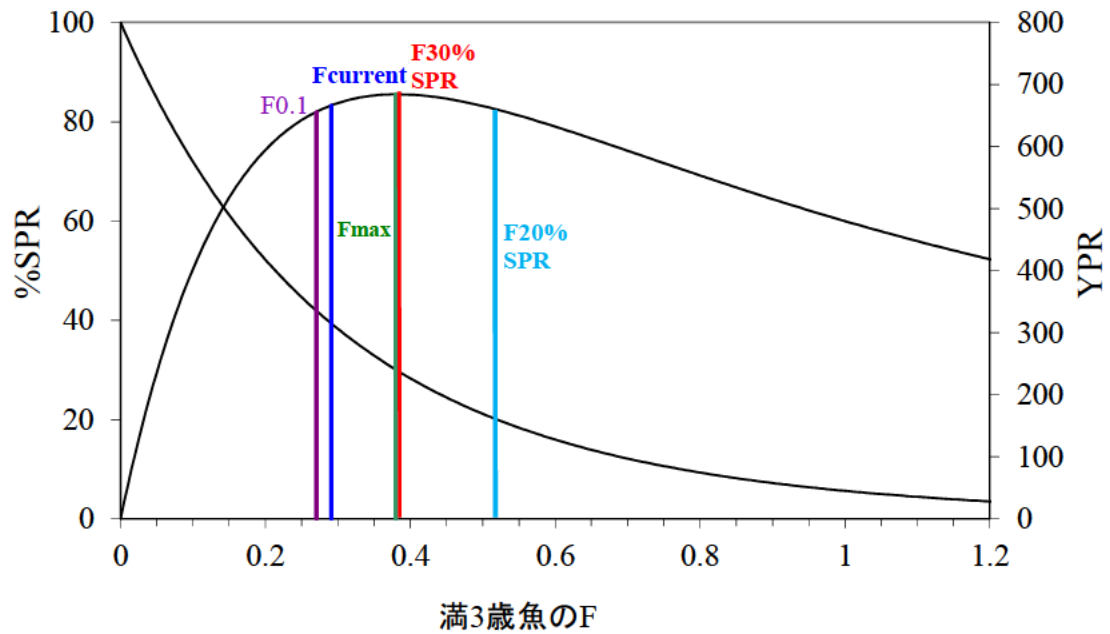


図 14. 漁獲係数 F と %SPR および YPR の関係

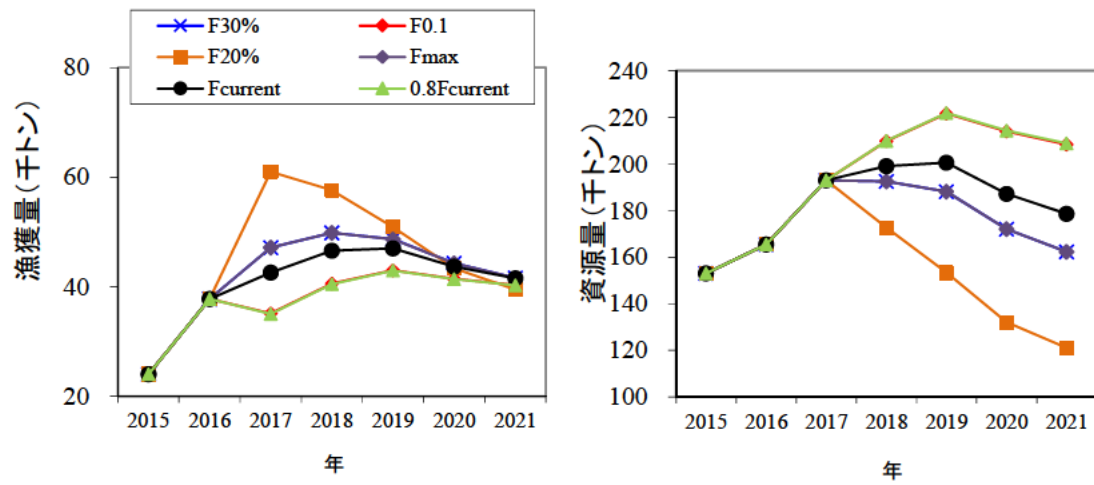


図 15. さまざまな管理方策に基づく漁獲量（左図）と資源量（右図）の将来予測

マダラ太平洋北部系群－18－

表1. 漁業種別のマダラの漁獲量（単位トン）

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
沖底	1,337	2,443	3,779	3,423	3,131	1,723	1,884	1,815	2,439	1,821	4,249	5,620	5,223	6,007	5,613
小底	574	498	1,103	1,108	809	399	848	3,842	1,762	2,130	1,890	2,784	1,731	1,173	1,047
刺網	546	508	495	502	315	414	307	378	410	784	504	1,269	573	428	460
延縄	107	64	88	255	216	92	59	165	234	514	631	1,031	1,415	1,344	1,206
定置	230	1,250	1,694	1,170	566	595	1,537	1,201	679	1,803	1,134	2,620	1,923	1,320	2,336
その他	7	64	166	42	26	13	14	35	71	150	276	320	339	285	1,927
計	2,801	4,827	7,325	6,500	5,063	3,236	4,649	7,436	5,595	7,202	8,684	13,644	11,204	10,557	12,589

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
沖底	4,864	3,016	2,320	1,858	2,013	3,176	3,346	5,333	15,074	13,520	8,946	8,214	3,377	6,903	11,247
小底	1,897	614	295	157	278	430	701	494	823	1,245	768	764	731	911	996
刺網	704	372	238	438	166	322	426	897	799	828	786	817	1,004	648	766
延縄	1,698	886	3,181	395	546	633	806	1,976	2,267	2,981	2,977	1,803	1,298	1,901	1,956
定置	1,803	1,629	807	384	462	278	207	283	239	264	107	153	58	65	63
その他	333	82	103	88	106	104	201	111	1,552	982	165	393	84	182	238
計	11,299	6,599	6,944	3,320	3,571	4,943	5,688	9,094	20,753	19,819	13,749	12,143	6,551	10,610	15,267

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
沖底	22,101	11,236	13,981	8,556	15,896	21,039	10,543	14,674	22,841	19,223	14,657
小底	955	1,565	2,194	850	1,457	1,116	569	319	847	766	691
刺網	1,070	1,253	947	951	1,411	1,595	1,015	957	1,594	2,951	1,685
延縄	2,243	2,401	2,595	2,067	1,865	1,976	1,515	2,999	3,295	3,991	2,308
定置	190	463	72	437	140	216	264	800	1,334	901	450
その他	171	396	358	717	528	546	718	345	877	2,083	4,251
計	26,729	17,314	20,147	13,578	21,296	26,488	14,624	20,093	30,787	29,915	24,043

2015年は各県水試調べによる暫定値。

表2. トロール調査により推定したマダラ太平洋北部系群の年齢別資源量（トン）

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	5,131	26,092	34,116	34,568	589	2,944	12,502	22,420	5,980	14,699	14,708	17,691	473	11,765	7,511
2	3,916	1,029	23,464	15,637	29,927	1,655	2,154	2,486	16,756	4,169	17,658	11,955	16,430	687	19,141
3	3,704	4,998	1,595	14,989	8,319	23,472	578	5,021	2,493	25,499	6,373	11,294	8,408	17,312	1,622
4	374	1,518	3,345	552	7,007	1,955	4,147	1,991	4,976	7,709	11,968	7,827	4,432	2,895	7,833
5以上	0	2,138	2,610	0	231	1,137	1,138	1,562	1,563	1,052	1,226	4,370	2,391	1,124	2,694
合計	13,126	35,776	65,130	65,745	46,073	31,163	20,517	33,480	31,768	53,129	51,933	53,137	32,135	33,784	38,801

年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	8,355	12,051	6,316	13,047	10,332	22,916
2	16,628	55,761	34,508	18,754	26,367	31,385
3	33,613	9,888	114,320	48,086	27,170	44,489
4	2,817	18,238	11,459	122,474	47,426	25,124
5以上	2,529	2,614	9,552	14,103	41,698	41,514
合計	63,942	98,553	176,155	216,464	152,993	165,428

注) 10-11月時点の値から推定した翌年1月の現存尾数に各年齢の平均体重（4月）を乗じたもの。

トロール調査による面積－密度法による推定値。

採集効率（Q）は1996～2011年は1歳魚0.64、2歳魚0.54、3歳魚以上0.12、2012年以降は1歳魚0.38、2歳魚0.72、3歳魚0.22、4歳以上0.12とした。

表3. トロール調査により推定したマダラ太平洋北部系群の年齢別資源尾数（千尾）

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	30,588	155,535	203,361	206,056	3,512	17,551	74,524	133,642	35,646	87,622	87,673	105,457	2,822	70,132	44,775
2	4,757	1,250	28,500	18,993	36,350	2,010	2,616	3,020	20,352	5,064	21,447	14,521	19,957	835	23,249
3	1,832	2,472	789	7,414	4,115	11,611	286	2,483	1,233	12,613	3,153	5,586	4,159	8,564	802
4	102	415	915	151	1,917	535	1,135	545	1,362	2,109	3,275	2,142	1,213	792	2,143
5以上	0	306	253	0	42	204	167	281	135	126	220	394	264	139	452
合計	37,280	159,979	233,818	232,614	45,936	31,911	78,727	139,970	58,729	107,535	115,768	128,101	28,414	80,462	71,421

年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	49,802	71,835	37,651	77,769	61,589	136,601
2	20,197	67,728	41,914	22,779	32,026	38,120
3	16,627	4,891	68,226	28,698	16,215	26,551
4	771	4,991	3,752	40,103	15,529	8,227
5以上	415	432	1,958	2,797	8,776	8,232
合計	87,812	149,877	153,501	172,146	134,135	217,731

注) 10-11月時点の値に年齢別の生残率を乗じ、翌年1月の値を推定したもの。

トロール調査による面積－密度法による推定値。

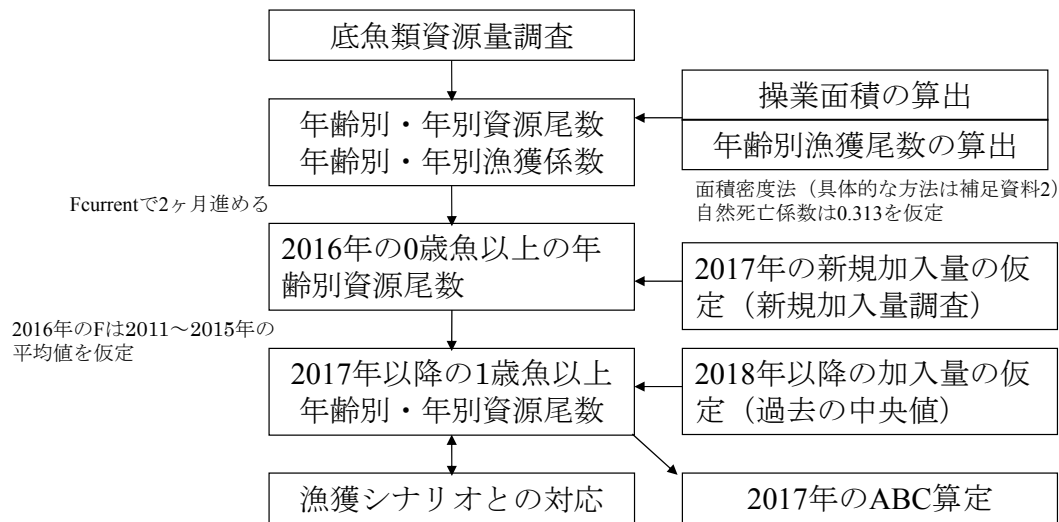
採集効率 (Q) は1996～2011年は1歳魚0.64、2歳魚0.54、3歳魚以上0.12、2012年以降は1歳魚0.38、2歳魚0.72、3歳魚0.22、4歳以上0.12とした。

表4. トロール調査により推定したマダラ太平洋北部系群の年齢別生残率

年齢	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-2000	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10
1-2		0.04	0.18	0.09	0.18	0.57	0.15	0.04	0.15	0.14	0.24	0.17	0.19	0.30	0.33
2-3		0.52	0.63	0.26	0.22	0.32	0.14	0.95	0.41	0.62	0.62	0.26	0.29	0.43	0.96
3-4		0.23	0.37	0.19	0.26	0.13	0.10	1.91	0.55	1.71	0.26	0.68	0.22	0.19	0.25

年齢	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16
1-2	0.45	1.36	0.58	0.61	0.41	0.62
2-3	0.72	0.24	1.01	0.68	0.71	0.83
3-4	0.96	0.30	0.77	0.59	0.54	0.51

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源計算方法

マダラ太平洋北部系群の資源量推定は、調査船による着底トロール調査の結果（補足資料 3）を用いた面積密度法により行った。まず、体長組成（0、1 歳魚）と耳石の透明帯の読みとり（2 歳魚以上）から漁獲されたすべての個体について年齢を査定した。次に北緯 38°50′で調査海域を南北に分け、100～200m、200～300m、300～400m、400～500m、500～600m、600～700m、700～800m および 800～1,000m の 8 水深帯、16 層に海域を層化した。南北および水深帯で層化した層 (i) ごとに各調査点 (j) において網着底から網離底までの距離を求め、それを曳網距離として用いた。オッターレコーダーでオッターボード間隔を測定し、漁具構成から得られたオッターボード間隔と袖先間隔の比 (1 : 0.258) により袖先間隔を推定し、曳網距離に袖先間隔を乗じて i 層 j 地点の曳網面積 (a_{ij}) を求めた。i 層 j 地点の年齢別漁獲重量あるいは年齢別漁獲尾数 (C_{ij}) を a_{ij} で除し、i 層 j 地点の密度 (d_{ij}) を算出し、その平均を i 層における密度 d_i とした。なお、 n_i は i 層の調査地点数を表す。

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

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

さらに、i 層の平均密度 (d_i) に i 層の海域面積 (A_i) を乗じ、i 層の資源量あるいは資源尾数 (B_i) を求め、これらを合計することにより東北海域全体のマダラの資源量あるいは資源尾数 (B) とした。

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

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

資源尾数については、体長 1 cm ごとに計算を行い、資源全体の年齢別体長組成を求めた（補足図 2-1）。

着底トロール調査の結果と漁獲物の年齢および体長組成をもとに求めた過去のコホート解析の結果から、着底トロールにおける年齢別の採集効率を求めてきた（1 歳 0.64、2 歳 0.54、3 歳魚 0.12、上田ほか 2006）。2011 年に起きた東日本大震災以降、漁場および漁獲圧が変化し、それに伴ってマダラ個体群の年齢構成も変化した（図 8）。そのため、コホート解析によって 2011～2015 年の年齢別資源尾数を求め、上田ほか（2006）と同様にトロール調査とコホート解析の年齢別資源尾数の差が最小になる採集効率を年齢別に求めた。その解析によって得られた値を 2011 年以降の採集効率とした（1 歳魚 0.38、2 歳魚 0.72、3 歳魚 0.22、4 歳以上 0.12）。なお、調査で用いている網の高さは 5m 程度で、それよりも上方に分布する個体が入網することはない。また、着底トロール網は岩礁域での曳網が困難で、岩礁域の周辺を生息域とする高齢魚との遭遇率は低くなる。そのため、ここでは遭遇率も加味したものを採集効率とした。

i 層の密度の標準偏差 (SD_{di}) を求め、 n_i と A_i により i 層における資源量あるいは資源尾数の標準誤差 (SE_{Bi}) を計算し、調査海域全体における資源の標準誤差 (SE) および変動係数 (CV, %) を下式により求めた（結果は補足資料 3 に記述）。なお、ここで得られる CV とは資源量および資源尾数の指標値に対する値であり、採集効率の推定誤差は含んでいない。

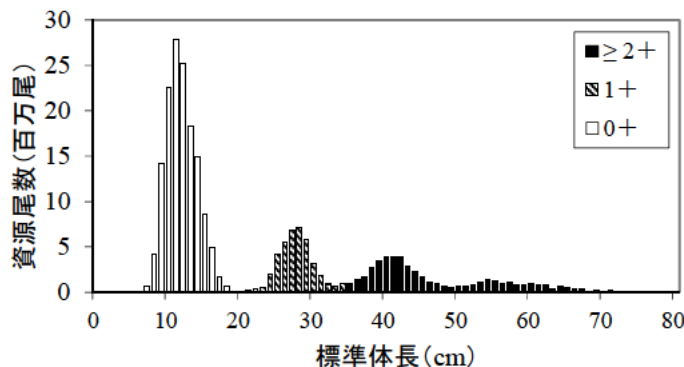
$$SE_{B_i} = \frac{A_i \cdot SD_{d_i}}{\sqrt{n_i}} \quad (5)$$

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

$$CV = \frac{SE \times 100}{B} \quad (7)$$

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.



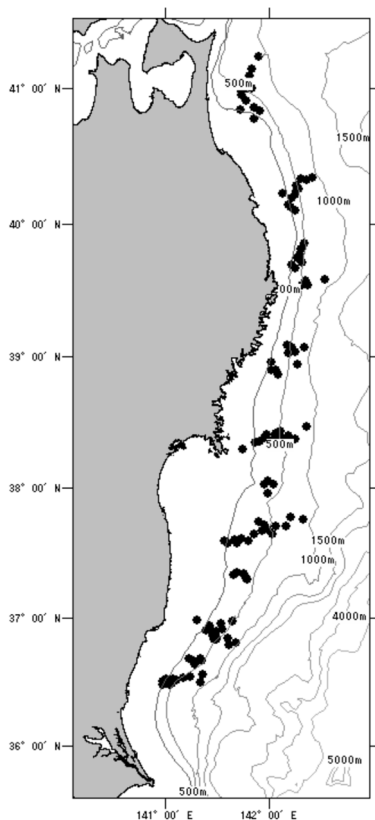
補足図 2-1. 調査におけるマダラの年齢別体長組成。年齢別採集効率は本文参照。

補足資料 3 調査船調査の経過および結果

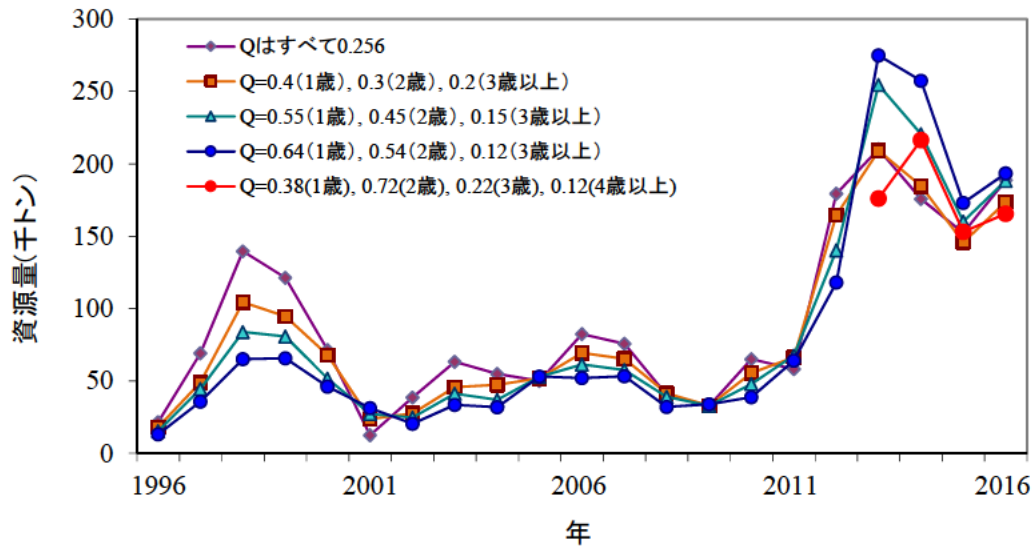
若鷹丸による底魚類資源量調査は、1995 年以降、秋季（10～11 月）に着底トロールを用いて実施されている（補足図 3-1）。この調査で使用している着底トロール網の構成は、袖網長 13.0m、身網長 26.1m、網口幅が 5.4m であり、コッドエンドの長さは 5.0m である。コッドエンドは 3 重構造となっており、内網の目合が 50mm、外網の目合が 8mm 角、すれ防止用の最も外側を覆う網の目合が 60mm であり、小型個体も外網により採集可能な構造となっている。1 回の曳網時間は原則として 30 分間とし、すべての曳網は日の出から日没までの間に船速 2.5～3.5 ノットで行われている。船上で各々の曳網で採集されたマダラの尾数と重量を計数・計量した後、標準体長を計測し、体長 40cm 以上の大型個体については年齢査定用の耳石の採取を実施している。

2015 年 10～11 月の調査では、水深 150～900m において計 122 地点の着底トロール調査を実施した。マダラの分布は水深 150～650m に確認され、250～450m に分布の中心が認められた。面積密度法（補足資料 2）により資源全体に引き延ばした体長組成を推定した。その結果、体長 20cm 以下の 0 歳魚は平均よりかなり多いことが明らかになった。また、体長 37～60cm の 2 および 3 歳魚も多く、体長 50cm 以上の 4 歳以上と考えられる個体も比較的多く認められた。なお、2015 年の調査における年齢別の CV は 0 歳魚で 0.15、1 歳魚で 0.21、2 歳魚で 0.12 であり、全年齢合計では 0.16 であった（補足表 3-1）。

トロール調査と VPA による資源尾数の比較から求めた採集効率（Q）で年齢別資源尾数を調整し（補足図 3-2）、資源診断、ABC 算定に用いたが、感度分析として Q を変化させたときの資源量の変化を補足図 3-2 に示した。直接法による資源量推定のため、年齢別の Q の値によって資源量は大きく変わる。



補足図 3-1. 2015 年 10～11 月の
資源量調査点



補足図 3-2. Q を変化させたときの資源量変化

補足表 3-1. トロール調査により得られたマダラの資源尾数および変動係数 (CV)、信頼区間の年変化

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

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000
調査地点数	57	57	60	61	59	74
資源尾数 (千尾)	41,008	164,376	252,266	253,952	56,622	35,372
資源尾数のCV	0.222	0.574	0.524	0.371	0.234	0.276
資源尾数のSE (千尾)	9,101	94,290	132,313	94,265	13,256	9,747
95%信頼区間 (下限, 千尾)	14,288	-57,456	-24,092	58,603	28,484	15,160
95%信頼区間 (上限, 千尾)	67,728	386,209	528,623	449,301	84,761	55,584

年	2001	2002	2003	2004	2005	2006
調査地点数	71	75	100	145	150	146
資源尾数 (千尾)	83,692	148,447	66,530	116,009	127,173	139,200
資源尾数のCV	0.497	0.292	0.258	0.493	0.218	0.256
資源尾数のSE (千尾)	41,612	43,418	17,192	57,206	27,734	35,606
95%信頼区間 (下限, 千尾)	-6,766	58,468	30,780	-1,524	72,178	68,350
95%信頼区間 (上限, 千尾)	174,150	238,426	10,228	233,542	182,167	210,049

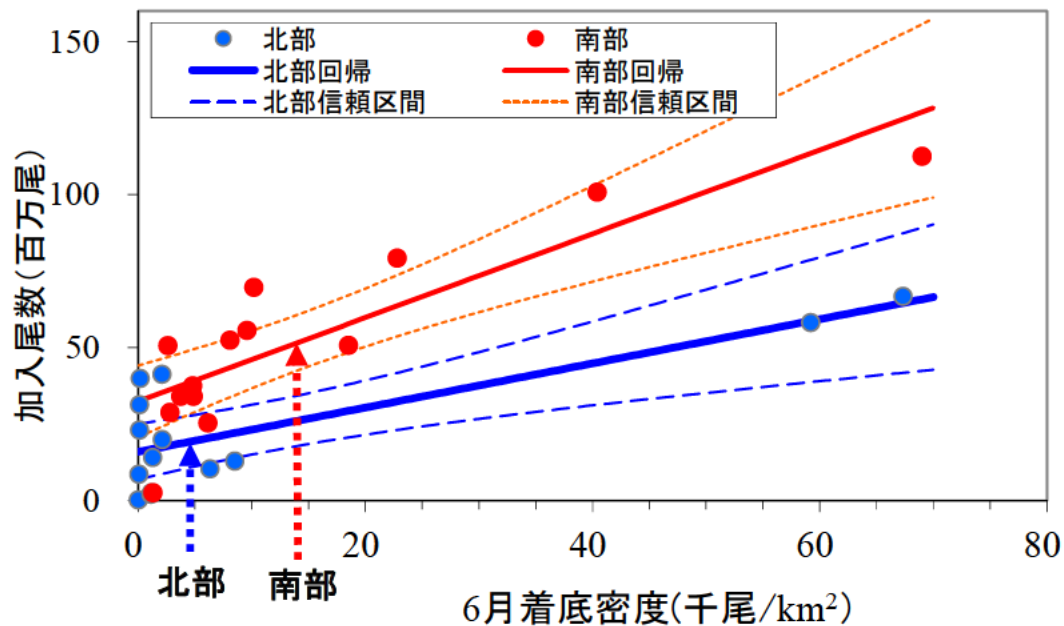
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012
調査地点数	150	148	134	124	124	101
資源尾数 (千尾)	34,843	86,023	79,780	96,779	160,681	165,149
資源尾数のCV	0.156	0.266	0.257	0.210	0.266	0.211
資源尾数のSE (千尾)	54,228	22,869	20,540	20,298	42,684	34,851
95%信頼区間 (下限, 千尾)	24,026	40,553	38,483	56,070	75,123	95,444
95%信頼区間 (上限, 千尾)	45,660	131,494	121,077	137,488	246,239	234,855

年	2013	2014	2015
調査地点数	113	110	122
資源尾数 (千尾)	184,712	143,860	232,164
資源尾数のCV	0.234	0.298	0.157
資源尾数のSE (千尾)	43,197	42,843	36,512
95%信頼区間 (下限, 千尾)	98,432	58,354	159,293
95%信頼区間 (上限, 千尾)	270,991	229,366	304,443

補足資料 4 2017 年 1 歳魚の加入量推定

再生産関係に明瞭な傾向が見られなかったこともあり（図 10）、2007 年までの資源評価では過去の平均的な加入量を用いてきた。しかしながら、前述のように本系群の 1 歳魚の加入量には大きな年変化が認められ、再生産成功率にもばらつきが大きいことから、平均的な値の当てはめには大きな誤差を生む可能性があった。この問題に対処し、ABC を算定する年の加入水準を事前に把握するため、マダラ仔稚魚の成育場において着底直後の分布密度を調べる調査を毎年 6 月に行ってきた。2002～2007 年の調査から、着底直後の密度は加入量の指標になりうることを示されつつあり、2008 年からこの分布密度を用いて加入水準を推定している。今年も同様に、2016 年 6 月の調査結果とこれまでの調査で得られた回帰式から 2016 年級の加入個体数を推定した。

その結果、2016 年 6 月の北部海域（八戸沖）の密度は 4,563 尾/km²、南部海域（仙台湾沖）の密度は 14,080 尾/km²と推定された。回帰式から加入尾数（10 月時点）は北部海域で 19,307 千尾、南部海域で 51,727 千尾となり、合計 71,034 千尾と推定された（補足図 4-1）。南北ともに回帰式の 95%信頼区間は比較的広いことから、ある程度の誤差は発生する可能性が高い。しかし、加入量が最大 70 倍以上も変化している本系群においては、加入量を精度良く把握するためには、着底稚魚の密度を推定することが現段階では最も有効であると考えられる。



補足図 4-1. 6 月の着底密度と 10 月の加入尾数の関係
矢印は 2016 年の加入量推定値を示す。

補足資料 5 2016 年の漁獲状況について

2011 年 3 月 11 日に発生した巨大地震と津波により、東北地方太平洋岸の漁業は壊滅的な打撃を受けた。マダラを漁獲する各漁業種の船舶も数多く被災したこと、広い範囲で漁獲されたマダラから食品の安全基準値を上回る放射性物質が検出され、操業や出荷が規制されたこと（補足表 5-1）から、震災以降の漁獲は 2010 年以前とは異なる様相となっている。本資源評価では、当年（2016 年）の資源尾数に近年の生残率（漁獲死亡＋自然死亡）を乗じて翌年（2017 年）の資源尾数を求めており、2017 年当初の資源尾数を求めるためには、震災以降の年別の漁獲圧の把握が必要となる。被災状況、復旧状況ともに地域、漁業種別に異なり、類型化することは簡単ではないが、ここでは以下の手順で県別、漁業種別に被災ならびに復旧状況をまとめ、震災が漁獲に与えた影響を可能な限り数値化した。

- ・ 青森、岩手、宮城、福島および茨城の漁船について被災状況と復旧状況を調べた。
- ・ 漁業種は沖合底びき網漁業、小型底びき網漁業および沿岸漁業（延縄、刺し網、定置網およびその他）に分けた。
- ・ 被災の状況は、組合等からの聞き取り、各県および水産庁に寄せられた情報から調べ、震災以前の漁船数については農林統計資料も用いた。また、岩手県の沿岸漁業については、2010 年上半期の網数に占める 2016 年上半期の網数から求めた。
- ・ がれき撤去作業を行った船および期間については操業していないとした。
- ・ 9 月以降の操業も上半期と同様とした。
- ・ 2011 年 3 月に被災して 2016 年 8 月までに復旧していない船については 12 月 31 日まで操業を再開しないものとした。
- ・ 県別、漁業種別に操業隻数と操業期間の減少から予測される努力量の減少割合を求め、2005～2009 年の平均漁獲量に占める各県、各漁業種の割合を算出した。それに上で求めた努力量の減少割合を乗じることで、漁獲の状況に応じた重み付けを行った。

その結果、2016 年の青森県から茨城県の操業の稼働率は、沖底で 6.2～100%、小底で 5.2～100%、沿岸漁業で 0.3～100%で、特に、福島県で低かった（補足表 5-2）。また、漁業種別に見ると、マダラの主要な漁法である沖底の稼働率は高かった反面（89.5%）、小底、沿岸漁業の稼働率が低い傾向が認められた（83.2%、85.3%、補足表 5-3）。全漁業種では、88.2%となり、2015 年とほぼ同じであった（補足表 5-4）。

補足表5-1. 2012年4月以降の放射性セシウムによる操業規制、出荷制限に関する情報

県	状況
青森県	・ 2012年6月19日に八戸沖の漁獲物から120Bq/kgで操業自粛 ・ 2012年8月9日に太平洋岸の漁獲物から130Bq/kgで出荷制限 ・ 2012年11月1日から出荷制限解除
岩手県	・ 2012年5月2日より宮城県県境で出荷制限 ・ 2013年1月より出荷制限解除
宮城県	・ 2012年4月26日に130Bq/kg検出で出荷制限 ・ 2012年9月1日より1kg未満の個体について出荷制限解除 ・ 2013年1月より1kg以上の個体についても出荷制限解除
福島県	・ 震災以降から2015年1月まで操業停止 ・ 2015年1月14日より水深約110m以深の海域で試験操業対象種入り ・ 2015年2月24日より全海域で試験操業対象種入り ・ 2015年12月24日から試験操業対象から除外 ・ 2016年1月27日より試験操業対象種入り
茨城県	・ 2012年6月8日より県南部で操業自粛 ・ 2012年10月26日自粛解除 ・ 2012年11月6日から出荷制限 ・ 2014年11月20日から出荷制限解除

補足表5-2. 2016年のマダラの漁獲比率と操業稼働率

県	沖底			小底			沿岸漁業（刺し網、延縄、定置）		
	漁獲比率(a)	稼働率(b)	a*b	漁獲比率(c)	稼働率(d)	c*d	漁獲比率(e)	稼働率(f)	e*f
青森	0.124	1.000	0.124	0.529	1.000	0.529	0.290	1.000	0.290
岩手	0.391	1.000	0.391				0.360	0.888	0.320
宮城	0.384	0.963	0.370	0.400	0.667	0.266	0.310	0.768	0.238
福島	0.097	0.062	0.006	0.037	0.052	0.002	0.035	0.003	0.000
茨城	0.005	1.000	0.005	0.034	1.000	0.034	0.005	0.922	0.004
合計	1.000		0.895	1.000		0.832	1.000		0.853

補足表5-3. 2016年の漁獲に占める漁法別の比率と稼働率

	漁獲量（トン、2005-2009年平均）	漁法別の比率(g)	稼働率(h)	比率g*比率h
沖底	14,354	0.724	0.895	0.649
小底	1,404	0.071	0.832	0.059
沿岸漁業	4,055	0.205	0.853	0.175
合計	19,813	1.000		0.882

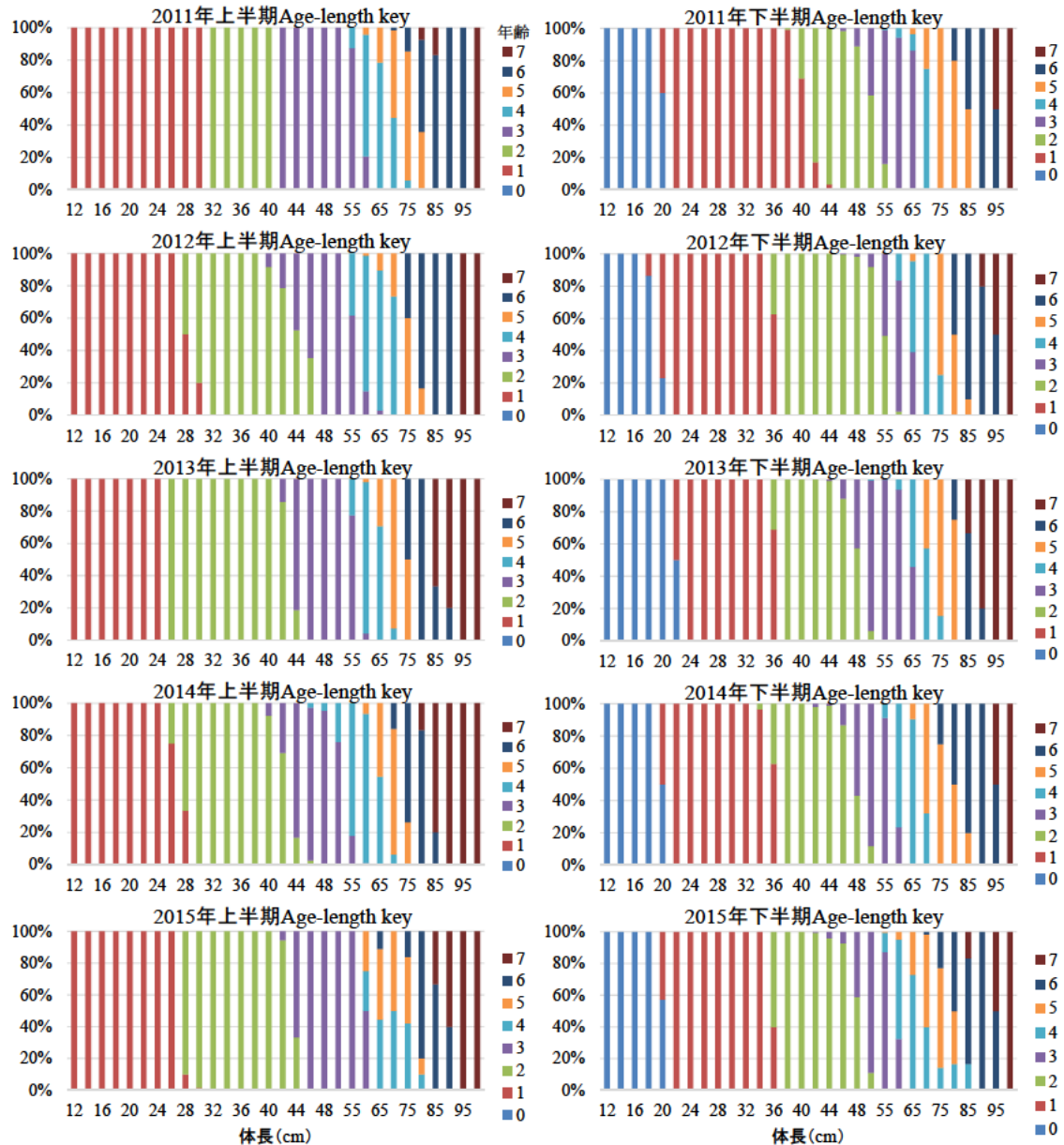
補足表5-4. 2011～2016年における稼働率の推移

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
重み付けした稼働率	0.660	0.622	0.810	0.834	0.882	0.882

補足資料6 Age length key および年齢別漁獲尾数

2011年以降にトロール調査および市場で買い付けたマダラの年齢を査定し、年別半期別にAge length keyを作成した（補足図6-1）。また、青森県および宮城県に水揚げされたマダラの漁獲物の体長組成を求め、Age length keyの結果と併せて年別半期別の年齢別漁獲尾

数を推定した（補足表 6-1）。全体の傾向として 0 歳魚の漁獲は少なく、1 歳以上から漁獲される傾向にあった。また、最高 7 歳魚まで出現していた。青森県と宮城県間で比較すると、青森県では 1 歳魚の漁獲が少なく、2～5 歳が漁獲の中心であるのに対し、宮城県では 1、2 歳魚の漁獲が多く、特に 6 歳以上の漁獲は非常に少ない傾向が見られた。



補足図 6-1. 2011～2015 年の年別半期別 Age length key

補足表6-1. 青森県および宮城県に水揚げされた漁獲物の半期別年齢別尾数

青森県	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳
2011 上半期	0	32,419	357,100	258,490	85,266	118,868	119,607	14,296
2011 下半期	29	240,774	187,207	167,332	53,254	69,818	5,824	224
2012 上半期	0	15,948	543,456	182,236	96,374	46,746	89,021	8,150
2012 下半期	18	147,974	475,102	77,194	38,472	14,314	7,320	680
2013 上半期	0	3,919	537,005	141,386	138,689	186,085	113,016	26,650
2013 下半期	907	306,189	640,427	442,775	183,894	134,877	10,669	3,911
2014 上半期	0	9,533	492,450	303,555	258,114	147,986	132,793	58,339
2014 下半期	19	67,789	189,953	133,639	228,449	193,913	56,418	384
2015 上半期	0	6,842	442,268	145,345	182,988	164,160	91,586	22,857
2015 下半期	65	193,666	613,606	230,809	188,174	126,044	42,854	2,945

宮城県	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳
2011 上半期	0	8,464,710	337,559	499,645	125,473	41,695	2,416	122
2011 下半期	666	3,149,173	115,797	137,950	17,695	6,568	67	0
2012 上半期	0	2,583,014	2,762,048	564,353	288,519	26,794	2,457	0
2012 下半期	1,470	2,025,840	461,123	56,621	15,656	1,138	98	0
2013 上半期	0	5,234,542	10,189,197	1,166,200	441,191	282,574	21,154	0
2013 下半期	829,204	4,722,843	274,671	480,274	83,134	14,748	137	0
2014 上半期	0	41,936,688	1,611,275	992,672	958,881	241,381	32,200	539
2014 下半期	260,144	2,654,326	521,022	519,856	394,547	122,290	21,234	0
2015 上半期	0	181,230	678,131	183,379	881,991	363,601	114,672	6,643
2015 下半期	33,669	740,679	171,959	68,929	216,766	163,418	42,195	1,545