

## 平成 27 (2015) 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、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。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、資源量推定値は 2011 年以降増加しており、2013 年および 2014 年は 25 万トンを超えた。2015 年の資源量は若干減って 19 万トンと推定された。また、2014 年の漁獲量は 29,527 トンであった。2015 年の資源量から、資源水準は高位、直近 5 年間（2011～2015 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。マダラは成長が非常に早いため、ある程度の加入量があれば資源が大きく減少することはない。そこで、親魚までの生き残りを促しつつ親魚量を確保することを管理目標、F20%SPR を管理基準として、ABC 算定のための基本規則 1-3)-(1)に基づき 2016 年 ABC を算定した。

管理基準	Limit/ Target	F 値	漁獲割合 (%)	2016 年 ABC (百トン)
F20%SPR	Limit	0.41	32	546
	Target	0.33	27	454

Limit は、管理基準値の下で許容される最大レベルの漁獲量である。

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できる漁獲量である。

ABC 算定規則 1-3)-(1)を用い、 $F_{target} = \alpha F_{limit}$  とし、係数  $\alpha$  には標準値 0.8 を用いた。

F 値（漁獲係数）は各年齢の平均値で、ABC は百トン未満で四捨五入した。

年	資源量 (百トン)	漁獲量 (百トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2013	2,789	308	0.14	11
2014	2,669	295	0.14	11
2015	1,900	—	—	—

2014 年の漁獲量は暫定値である。

水準：高位 動向：増加

本件資源評価に使用するデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査など
年別漁獲量	県別漁獲統計（農林水産省） 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、水研セ） ・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（水研セ） ・着底トロール マダラ・スケトウダラ新規加入量調査（水研セ、青森～茨城(5)県） ・着底トロール
成熟年齢、 年齢別抱卵数	月別精密測定調査（水研セ、青森県） 底魚類資源量調査（水研セ）
自然死亡係数(M)	年当たりM=0.313を仮定（田中1960）
2015年級加入量	カレイ類・マダラ0歳魚分布調査（水研セ） ・着底トロール

## 1. まえがき

マダラは、底魚類の中でも個体数が多く、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。太平洋北部海区（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年の発生量が極めて少なく、資源は一度減少した。その後は加入が安定しており、2011年には2、3歳魚も多く高い水準になった。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、2015年は2013、2014年よりは少なくなったものの19万トンと推定された。

## 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、北日本太平洋岸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海域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100～550mで (服部ほか 2002)、季節的な浅深移

動を行う（橋本 1974、Narimatsu et al. 2015）。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いる（成松 2006、Narimatsu et al. 2010）。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、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海域における 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し、成熟後は毎年産卵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。

## (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・頭足類である（山村 1993、Takatsu et al. 1995、2002）。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、漁船の被災や放射性セシウムの拡散

による操業規制、魚価安などにより、漁獲圧は低くなっている。

## (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）、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年には漁船の復旧により、福島県および茨城県における漁獲がほぼ0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29,527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）。2013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、定置網や刺し網では産卵期に接岸する個体も漁獲している。

## 4. 資源の状態

### (1) 資源評価の方法

1995年以降、毎年10～11月に青森県沖～茨城県沖の水深150～900mで着底トロール調査を行っている（調査年ごとの定点数57～150点）。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、調査点は本海域のマダラの垂直、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。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。詳細な計算方法については補足資料2を参照されたい。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（1歳魚0.64、2歳魚0.54、3歳以上0.12）、調査で求めた値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5）。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安により、操業形態が変化していると考えられる。2013年に比べて2014年は若干減少しているが、総じて高い水準で推移している。

## (3) 漁獲物の体長組成

2014年に宮城県石巻港に水揚げされたマダラの体サイズ組成を図6に示した。体長15~75cmの個体が多く見られ、15~23cm、25~33cmおよび44~70cmが漁獲の中心となっていた。震災前には漁獲の中心は体長40cm以下の小型魚だったが、2014年はそのサイズの個体も多く含まれているものの、それ以上の個体も多く含まれていた。平均的な成長をした個体では、満1、2、3歳の体長はそれぞれ17.9cm、33.8cm、47.4cmであるため(図2)、宮城の漁獲の中心は1歳魚と3歳魚以上であり、4歳以上の個体も多く含まれていたと考えられる。

## (4) 資源量と漁獲割合の推移

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2013、2014年には26万トンを超えた。2015年には減少して19万トンであった。2014年級の加入量(2015年の1歳魚)は6,183トンで、この値は加入が最も良かった1997年級および1998年級の1/5程度で、過去10年間の平均値よりも低い。一方、5歳以上の資源量が過去20年で最も多かった。また、4歳魚も過去20年で2014年に次いで多く、2、3歳魚は3番目に多い。したがって、1歳魚は少なく、2~5歳以上が高い水準にあるというのが現在の資源構造の特色である(表2)。2015年の資源は震災前と比べると2~5歳魚が多いものの、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は減少している(図7、表3)。

漁獲割合は、1997年以降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8)。震災以降には漁獲圧の低下と資源の増大により大幅に減少し、2014年は11%であった。

1998~2014年に調査および商業的に漁獲されたマダラ満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、年間で大きく異なっていた(2014年は1.0%)。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、抱卵数の結果を盛り込んで資源全体の産卵数を求め、加入尾数との関係から再生産関係を求めた。

その結果、過去17年間では、明瞭な再生産関係は認められなかった(図9)。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産卵数は2兆個前後と過去12年の中でもかなり低水準であった。逆に2007年には、比較的産卵数が多い中で過去最低の加入となった。また、再生産関係(加入尾数/個体群産卵数)にもばらつきが大きく、過去17年では最大100倍以上の差が生じている(図10)。2014年級は、個体群の産卵数は過去最高だったが(図9)、再生産成功率が低かったため(図10)、加入尾数は1998~2013年の平均値よりも少なかった。再生産関係に大きなばらつきが生じる要因に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、親魚の年齢組成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短期間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。再生産関係を用いた資源量、漁獲量の推移を補足資料5に示した。なお、震災以降は、再生産関係や1歳魚の加入

自体はさほど良くないが、漁獲加入後の漁獲圧が低いために資源が増加したと考えられる。

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 (補足資料 2 参照)、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図 11 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。

図 12 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は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。

#### (5) 資源の水準・動向

沖底 CPUE (有漁網数当たり漁獲量) では長期間の時系列データが得られているが、近年は年変動が大きく、海域による推移に差も認められる。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 20 年間の資源量推定値が得られている。そこで、本系群の資源水準および動向は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 27.9 万トン (2013 年) の間を変動している (図 7)。2015 年の資源量は 19 万トンで過去 20 年で 3 番目に多く、さらに 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。このような状況になった背景には、震災による漁獲圧の低減が強く影響していると考えられる。そのため、資源水準の判断基準には、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、2015 年の資源量は震災以前の平均値の 454% に相当することから、資源水準は高位と判断した (図 7、表 3)。また、過去 5 年間 (2011～2015 年) の資源量は 2013 年まで漸増後、2015 年にかけて減少しているが、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。

#### (6) 資源と漁獲の関係

1990 年代後半には漁獲割合は資源量と反比例の関係にあり、資源状態がよいと低く、悪いと高い傾向にあったが、2004 年以降の漁獲割合は資源量が増加しているにもかかわらず高い傾向にある (図 8)。震災以降は漁獲圧の低下により漁獲割合が低くなっている。トロール調査で求めた年齢別資源量から年齢別の生残率を求め (表 4)、後述のように自然死亡係数を一定とし、漁獲方程式を用いて F を求めた。その結果、震災前の 2006～2010 年における F は 0.50 で、 $F_{max}$  のほぼ 2 倍に相当する。また、14.3%SPR に相当することからも、震災前 5 年間の漁獲圧は一般にいわれる管理基準値に比べて高いことが明らかになった (図 13)。さらに、若齢魚に対する漁獲圧が高いのも特徴で、同期間における 1 歳魚の F は 0.78 である。なお、震災以降は資源が増加し、漁獲圧が減少したこともあり、震災以前に比べて F 値は 0.14 と低くなっている。

## 5. 2016 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。本資源は若齢魚中心に構成されていることもあり、その変動は、加入量に大きく依存する。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くなる。震災以降にはやや高齢魚が多くなっているが、加入が資源状態に影響する状況には変わりはない。ただし、マダラの成長は非常に早いため、ある程度の加入があれば資源が大きく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。そこで、親魚までの生き残りを高めることで現有資源を有効利用しつつ、次世代の加入を促すことが重要である。

### (2) ABC の算定

2016 年の ABC 算定は次のように行った。まず、資源量調査の結果から各年齢の生残率  $S$  を求め、以下の式から年別、年齢別  $F$  値を求めた。なお、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。

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

年齢別の現状の  $F$  には震災以前の直近 5 年間の平均値を用い、2015 年以降の年齢別の  $F$  の比率（選択率）はその 5 年間の平均値と同じと仮定した（2 歳を 1 とすると、1 歳=1.92, 3 歳以上=1.15）。2011 年におきた震災による 2012 年～2015 年の漁獲圧への影響を県別、漁業種別に求めた（補足資料 4 参照）。この値を現状の  $F$  に乗じることで 2014、2015 年の年齢別の  $F$  とした。

雌の 50%成熟体長は 48.3cm で、1996～2015 年の満 3 歳魚の平均成熟率に従い、満 3 歳魚の成熟割合を 0.4 とした。また、2 歳魚はすべて未熟で、4 歳以上ではほとんどの個体が成熟するため、それぞれ 0 および 1 とした。

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 9、図 10）。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 2015 年 6 月の調査結果から、2015 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 13,159 千尾、南部海域で 137,052 千尾となり、合計 150,211 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 9）、将来予測における 2017 年以降の 1 歳魚の加入量には、過去 10 年の加入量（2006～2015 年）の中央値を用いた（45,658 千尾、7,659 トン）。

この条件のもとで漁船の被災および復旧状況を考慮した漁獲が 2015 年末まで続くとすると、2016 年の初期資源量は 188,364 トンになると推定された。

本系群には明瞭な再生産関係は認められていないため、親魚量や産卵量に基づく将来予測は容易ではない（試算は補足資料 5 参照）。しかし、成長が非常に早いため、ある程度の

加入量が確保できれば資源が大きく減少することはない。そのため、加入量の将来予測に基づく長期的な展望を視野に入れた管理よりも現在いる資源の生き残りを促し、一定の親魚量を確保して卓越年級の加入を阻害しないといった管理の方が現実的と考えられる。そこで F20%SPR を管理基準値として用いた。資源は高位増加と判断されるので、ABC 算定のための基本規則 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、F に不確実性を考慮した安全率  $\alpha$  (0.8) を乗じたものを  $F_{target}$  とした。

その結果、 $ABC_{limit}=54,633$  トン、 $ABC_{target}=45,374$  トンと算出された。

管理基準	Limit/ Target	F 値	漁獲割合 (%)	2016 年 ABC (百トン)
F20%SPR	Limit	0.41	32	546
	Target	0.33	27	454

Limit は、管理基準値の下で許容される最大レベルの漁獲量である。

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できる漁獲量である。

ABC 算定規則 1-3)-(1)を用い、 $F_{target}=\alpha F_{limit}$  とし、係数  $\alpha$  には標準値 0.8 を用いた。

F 値 (漁獲係数) は各年齢の平均値で、ABC は百トン未満で四捨五入した。

### (3) ABC の評価

最近 5 年間で見ると資源量は増加しているが、2015 年は 2013、2014 年に比べると 3~4 歳魚が少ないため、合計資源量は減少した。そのため、同じ基準値 (F20%SPR) を用いても、2014 および 2015 年に比べて 2016 年の ABC は低い値となっている。

F20%SPR を  $F_{limit}$  として漁獲すると、2016 年の漁獲量は 5.5 万トンになり過去最高を大きく上回る。また、2016 年以降の漁獲量は高い水準で維持され、資源量は徐々に減少していくが、少なくとも 2020 年までは震災以前の最高レベルが維持される。

ABC 算定の基準値とした F20%SPR と参考として F30%SPR、F0.1、F=M および F2006-2010 (震災以前の 2006~2010 年の年齢別 F の平均) による漁獲量と資源量の将来予測を以下の表と図 14 に示す。その結果、2016~2020 年の資源は、震災以前の漁獲圧 (2006~2010 年の平均値) が続くと資源は 2016 年をピークに減少し、5 年後の 2020 年の資源量は 8.5 万トンになる。F30%SPR および F0.1 (42.6%SPR に相当) まで漁獲圧を下げると 2020 年の資源量はそれぞれ 15.7 万トンおよび 21.3 万トンとなり、漁獲量も 3.4 万トン、3.3 万トンになるが、2016 年の漁獲量はそれぞれ 4.2 万トン、3.1 万トンとなる。F20%SPR で漁獲すると、2016 年の漁獲量は 5.5 万トンと 2014 年以前の最高になり、2020 年の漁獲量は 3.1 万トンで維持される上に資源量も 11.2 万トンとなる。

F	管理基準	漁獲量 (百トン)						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.00		295	573	0	0	0	0	0
0.22	F0.1	295	573	311	343	353	344	332
0.26	0.64 F20%SPR	295	573	374	394	387	364	340
0.30	Fmax	295	573	416	424	404	371	339
0.30	F30%SPR	295	573	424	429	407	371	338
0.33	0.8 F20%SPR	295	573	454	448	416	372	335
0.39	F=M	295	573	520	486	429	368	321
0.40	0.8 F2006-2010	295	573	536	493	431	366	316
0.41	F20%SPR	295	573	546	499	431	364	313
0.50	F2006-2010	295	573	640	536	430	341	282
0.60	1.2 F2006-2010	295	573	735	559	413	308	246
F	管理基準	資源量 (百トン)						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.00		2,669	1,900	1,884	2,826	3,424	3,985	4,468
0.22	F0.1	2,669	1,900	1,884	2,248	2,259	2,207	2,126
0.26	0.64 F20%SPR	2,669	1,900	1,884	2,133	2,053	1,929	1,801
0.30	Fmax	2,669	1,900	1,884	2,058	1,923	1,790	1,609
0.30	F30%SPR	2,669	1,900	1,884	2,044	1,899	1,728	1,574
0.33	0.8 F20%SPR	2,669	1,900	1,884	1,991	1,811	1,618	1,452
0.39	F=M	2,669	1,900	1,884	1,874	1,622	1,388	1,207
0.40	0.8 F2006-2010	2,669	1,900	1,884	1,847	1,579	1,337	1,154
0.41	F20%SPR	2,669	1,900	1,884	1,828	1,550	1,304	1,120
0.50	F2006-2010	2,669	1,900	1,884	1,666	1,309	1,033	851
0.60	1.2 F2006-2010	2,669	1,900	1,884	1,504	1,088	805	638

F 値 (漁獲係数) は各年齢の平均値。

F2006-2010 は 2006~2010 年の F の平均、 F=M となる F は 2 歳魚基準。

#### (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
2013 年漁獲量確定値	2013 年漁獲量の確定
2014 年漁獲量	2014 年漁獲量の暫定値
2015 年資源量確定値	2015 年資源量の確定

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)
2014 年 (当初)	F20%SPR	0.41	3,064	857	710	
2014 年 (2014 年再評価)	F20%SPR	0.41	2,669	736	609	
2014 年 (2015 年再評価)	F20%SPR	0.41	2,669	736	609	295
2015 年 (当初)	F20%SPR	0.41	2,533	706	585	
2015 年 (2015 年再評価)	F20%SPR	0.41	1,900	520	430	

漁獲量は暫定値

2014 年の ABClimit は当初 857 百トンであったのに対し、再評価では 736 百トンとなった。これは資源量が当初の推定よりもやや少なかったことと震災後に減少した漁船の稼働率の上昇が想定よりも早かったことによる。また、2015 年の資源量は当初よりも若干減少した。これは 2 および 3 歳魚は想定よりも多かった一方で 1、4 および 5 歳以上は少なく、全体として想定よりも少なかったことが主な要因である。

## 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。2012、2013 年の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っ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.
- 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., T. Sohtome, M. Yamada, Y. Shigenobu, Y. Kurita, T. Hattori and R. Inagawa (2015) 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

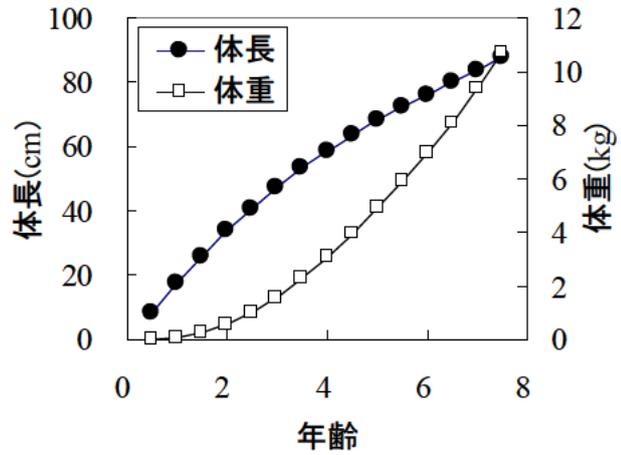


図2. 太平洋北部におけるマダラの成長

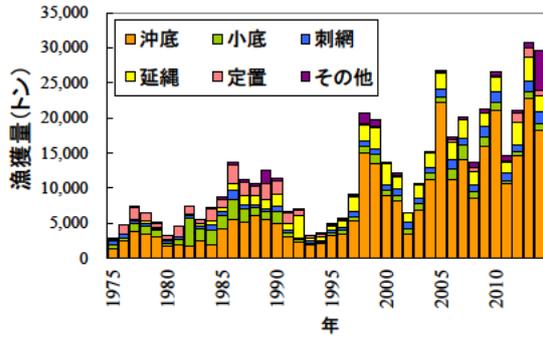


図3. 太平洋北部におけるマダラの漁業種別漁獲量 2014年は暫定値。

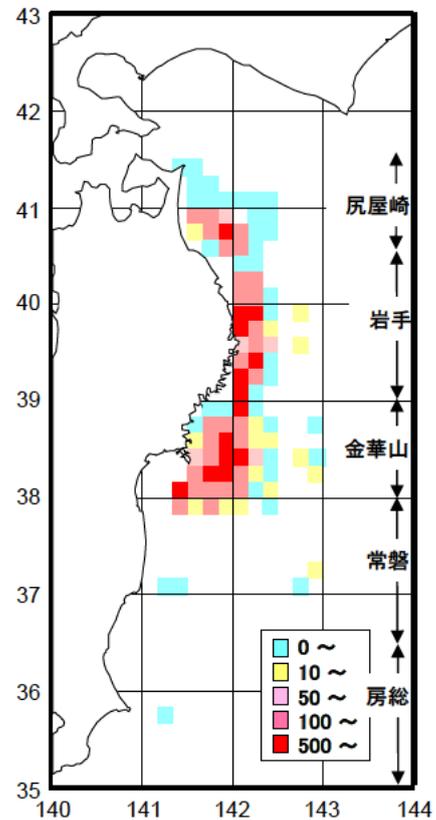


図4. 沖底による2013年の漁獲量(トン)の分布

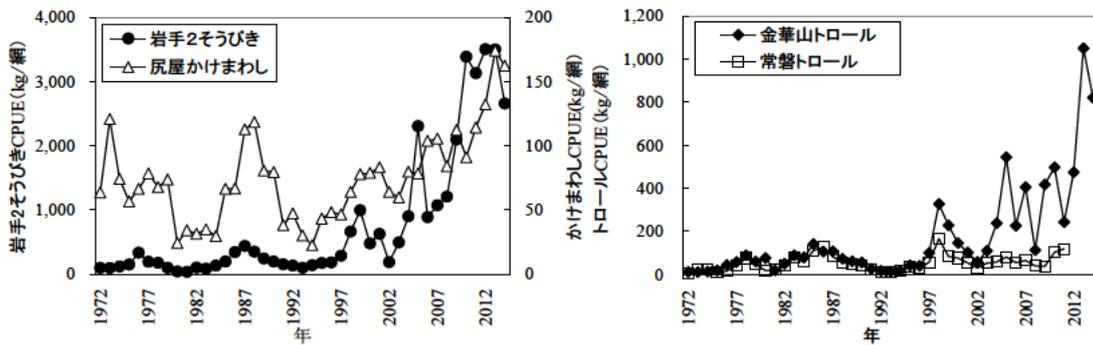


図 5. 沖底による CPUE の経年変化  
 左：2 そうびきとかけまわし  
 右：トロール. 2014 年は暫定値

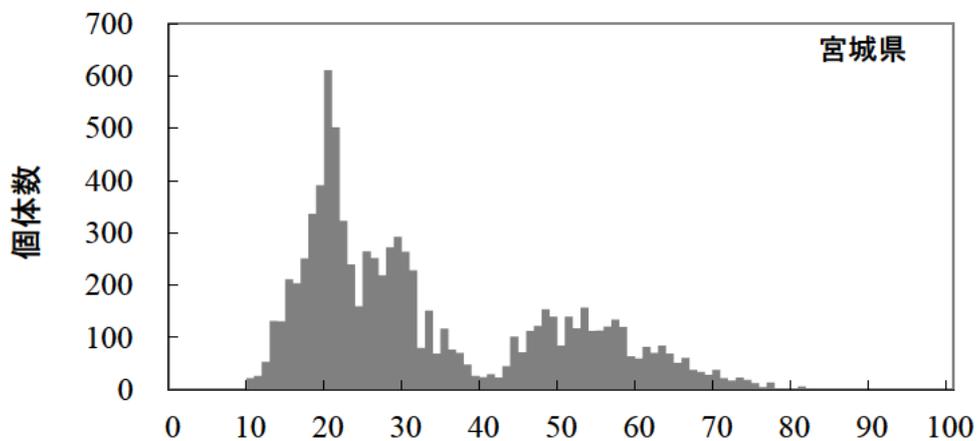


図 6. 2014 年に宮城県（石巻）に水揚げされたマダラの標準体長組成 (cm)

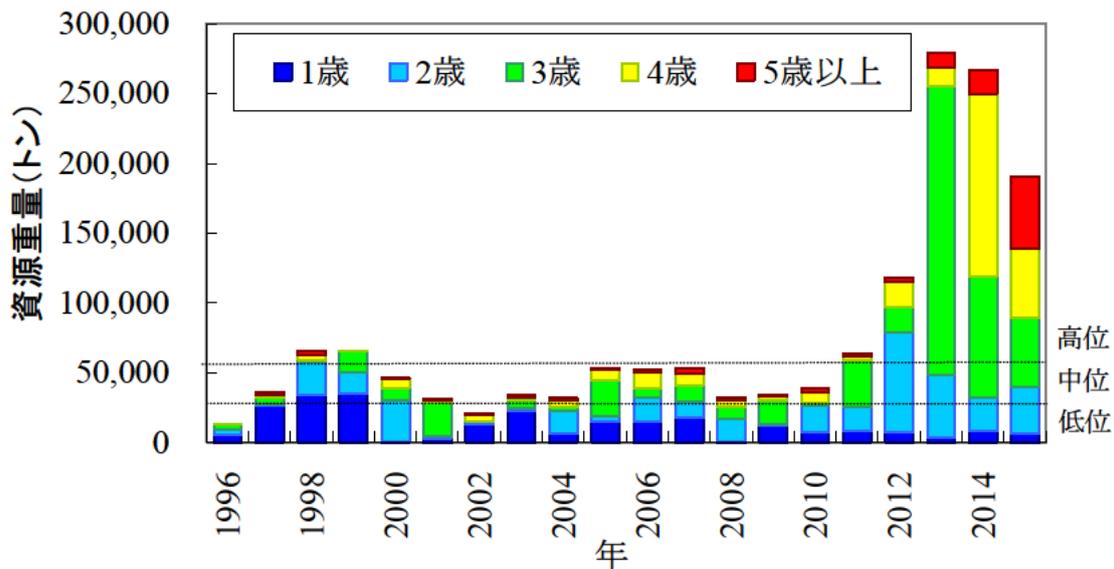


図 7. 年齢別資源量の経年変化  
 図中の破線は水準判断基準を示す。

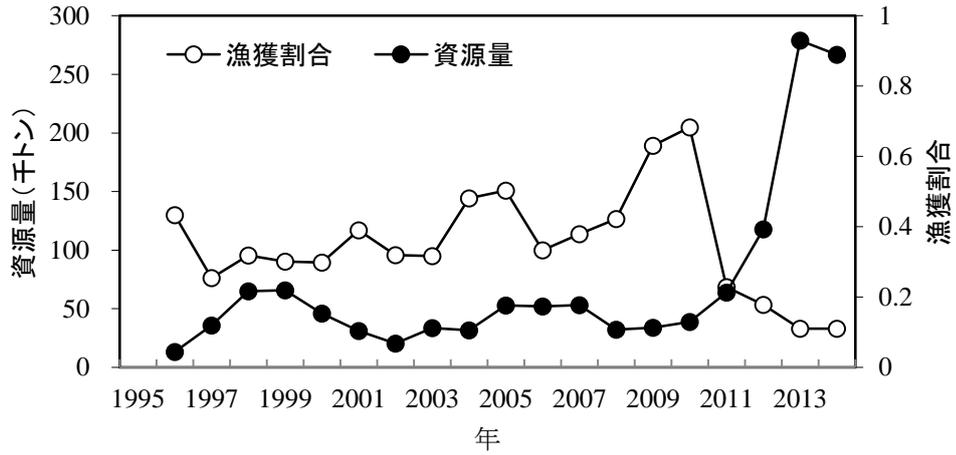


図8. 資源量と漁獲割合の経年変化 2014年の漁獲割合は暫定値。

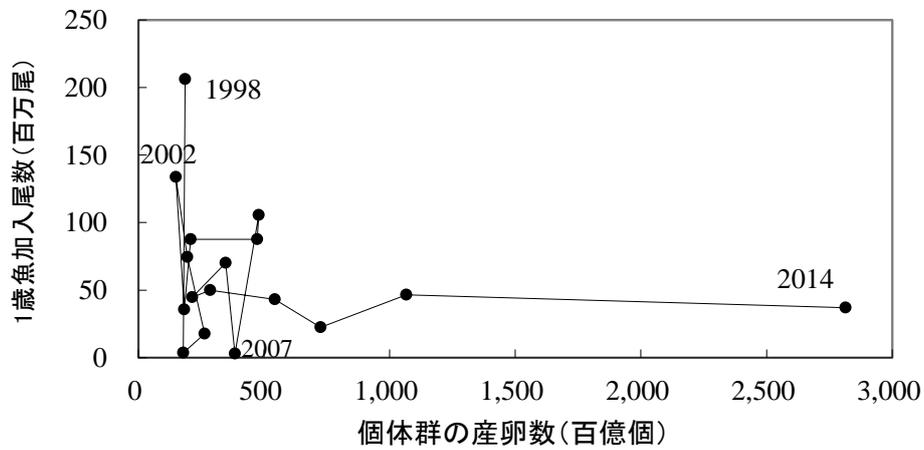


図9. 再生産関係(個体群産卵数と加入尾数の関係) 数字は加入個体の年級。

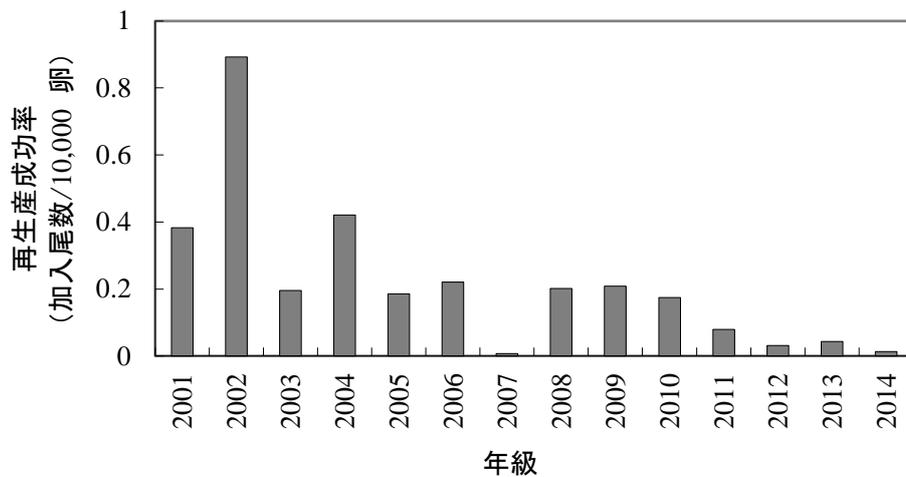


図10. 再生産成功率の時系列変化

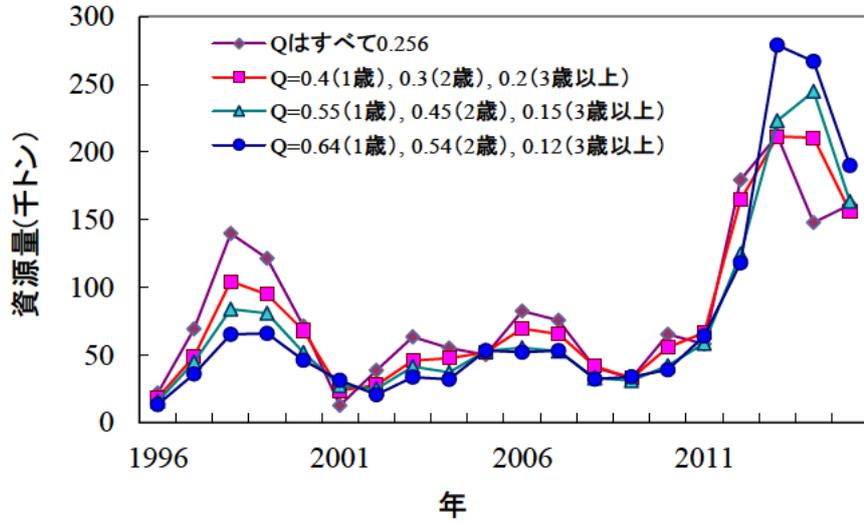


図 11. Q を変化させたときの資源量変化

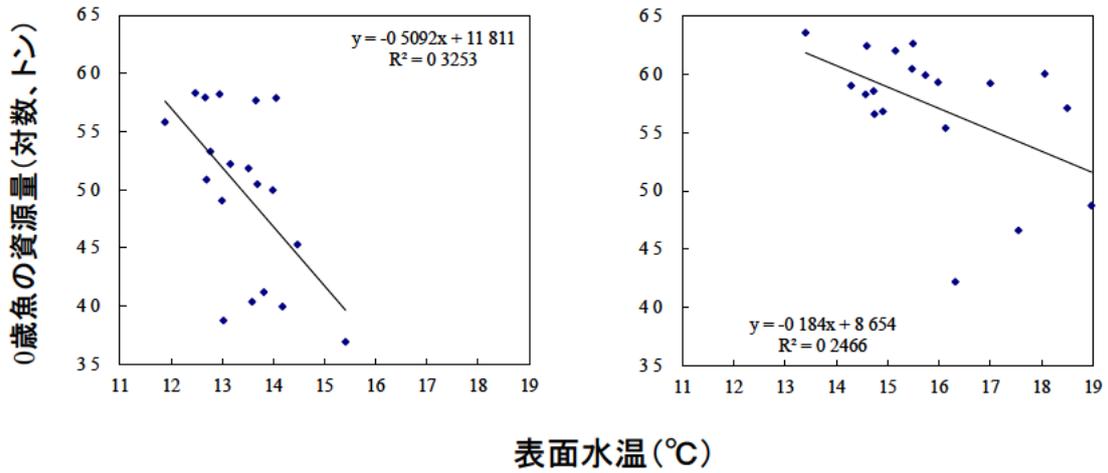


図 12. 太平洋北部における表面水温と 0 歳魚の資源量の関係 (1996~2014 年)  
左：北部海域、右：南部海域。

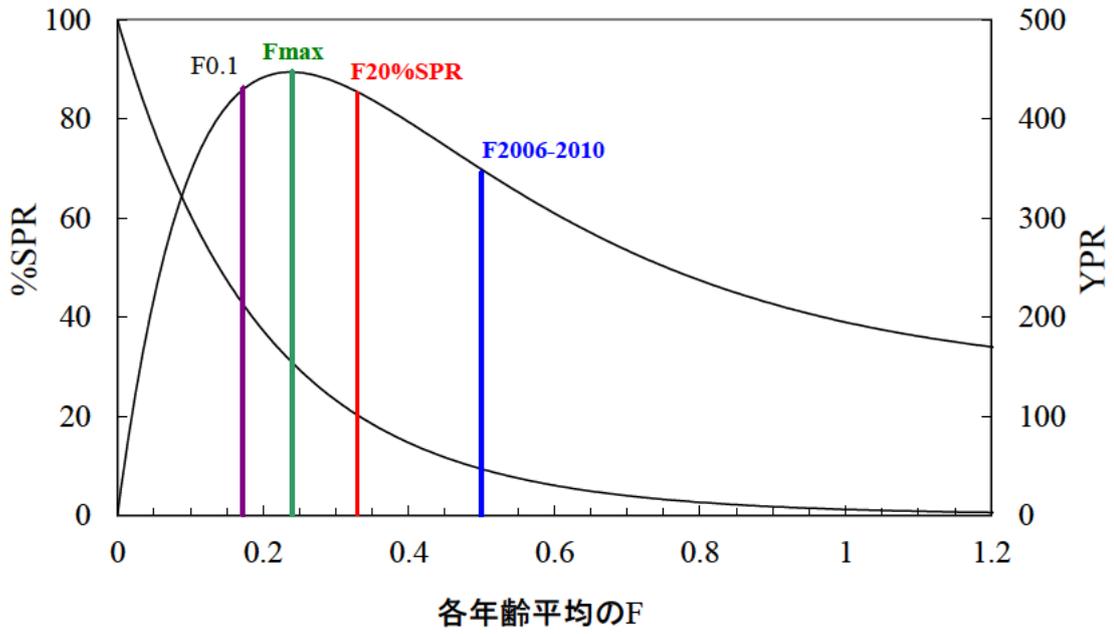


図 13. 漁獲係数 F と %SPR および YPR の関係

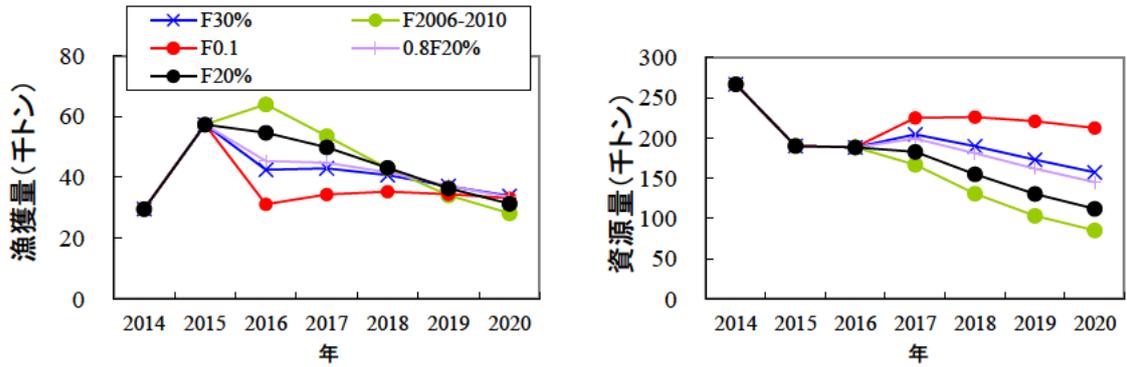


図 14. さまざまな管理方策に基づく漁獲量 (左図) と資源量 (右図) の将来予測

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
沖底	22,101	11,236	13,981	8,556	15,896	21,039	10,543	14,674	22,841	18,309
小底	955	1,565	2,194	850	1,457	1,116	569	319	847	837
刺網	1,070	1,253	947	951	1,411	1,595	1,015	957	1,594	1,764
延縄	2,243	2,401	2,595	2,067	1,865	1,976	1,515	2,999	3,295	2,196
定置	190	463	72	437	140	216	264	800	1,334	836
その他	171	396	358	717	528	546	718	345	877	5,585
計	26,729	17,314	20,147	13,578	21,296	26,488	14,624	20,093	30,787	29,527

2014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
1	49,802	42,989	22,532	46,540	36,857
2	20,197	87,236	53,964	29,328	41,009
3	16,627	8,861	123,559	51,972	29,260
4	771	5,023	3,775	40,617	15,565
5以上	415	435	1,668	2,833	8,796
合計	87,812	144,544	205,498	171,290	131,487

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-密度法で求め、採集効率(Q)は1才魚0.64、2才魚0.54、3才魚以上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
1	8,355	7,212	3,780	7,808	6,183
2	16,628	71,821	44,429	24,146	33,763
3	33,613	17,912	207,035	87,084	49,028
4	2,817	18,357	13,798	130,541	50,024
5以上	2,529	2,631	9,904	17,322	51,021
合計	63,942	117,934	278,945	266,901	190,019

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-密度法で求め、採集効率(Q)は1才魚0.64、2才魚0.54、3才魚以上0.12とした。

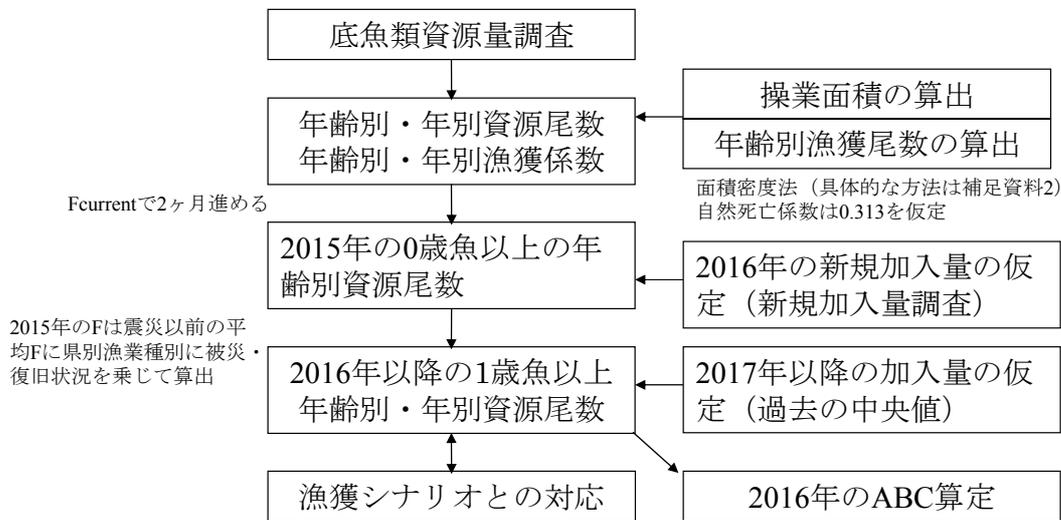
表 4. トロール調査により推定したマダラ太平洋北部系群の年齢別生残率

年齢	年	1996- 97	1997- 98	1998 99	1999- 2000	2000- 01	2001- 02	2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06
1-2		0.04	0.18	0.09	0.18	0.57	0.15	0.04	0.15	0.14	0.24
2-3		0.52	0.63	0.26	0.22	0.32	0.14	0.95	0.41	0.62	0.62
3-4		0.23	0.37	0.19	0.26	0.13	0.10	1.91	0.55	1.71	0.26

年齢	年	2006- 07	2007- 08	2008 09	2009- 10	2010- 11	2011- 12	2012- 13	2013- 14	2014- 15
1-2		0.17	0.19	0.30	0.33	0.45	1.75	1.26	1.30	0.88
2-3		0.26	0.29	0.43	0.96	0.72	0.44	1.42	0.96	1.00
3-4		0.68	0.22	0.19	0.25	0.96	0.30	0.43	0.33	0.50

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。

$$d_{ij} = \frac{C_{ij}}{a_{ij}} \tag{1}$$

$$d_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} d_{ij} \tag{2}$$

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。

$$B_i = A_i \cdot d_i \tag{3}$$

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

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)。また、着底トロール調査の結果と漁獲物の年齢および体長組成をもとに求めた過去のコホート解析の結果から、着底トロールにおける年齢別の採集効率を求めたところ、年齢によって採集効率は異なり、2 歳魚では 0.54 であるのに対し 3 歳魚では 0.12 であることが示されている(上田ほか 2006)。マダラの食性や生息場所は成長とともに変わる。若齢期には遊泳力が弱く砂泥底付近を群泳し、オキアミ類や小型頭足類を捕食する。大型、高齢化とともに岩礁域に生息場所を移し、魚類や頭足類を主食とするようになる。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と考えられる。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。なお、1 歳魚は 2 歳魚よりもさらに漁獲されやすいと考えられるため、探索的に求めた(0.64)。

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。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。

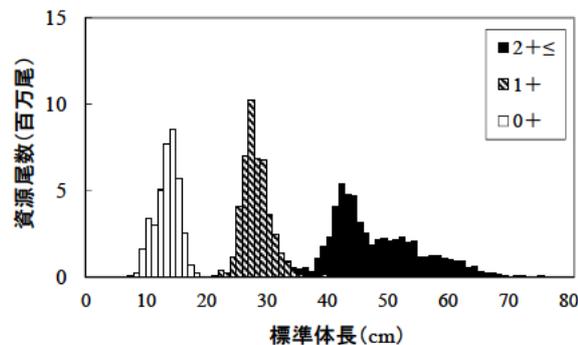
$$SE_{Bi} = \frac{A_i \cdot SD_{di}}{\sqrt{n_i}} \quad (5)$$

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

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

## 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.

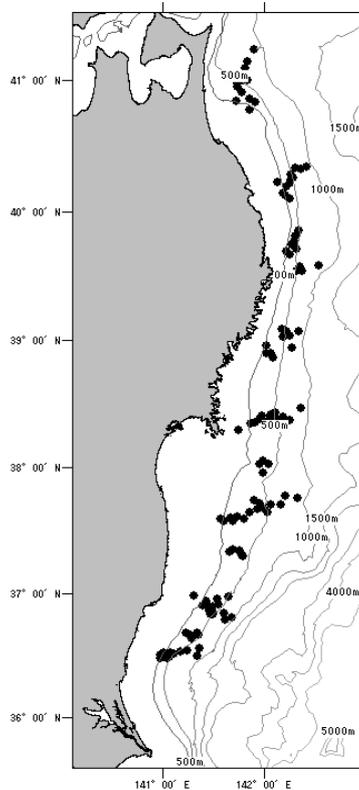


補足図 2-1. 調査におけるマダラの年齢別体長組成  
年齢別採集効率は本文参照。

### 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。

2014 年 10～11 月の調査では、水深 150～900m において計 110 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 歳魚は平均よりやや少ない程度の水準であることが明らかになった。また、体長 37～60cm の 2 および 3 歳魚が極めて多かった。なお、2014 年の調査における年齢別の CV は 0 歳魚で 0.35、1 歳魚で 0.37、2 歳魚で 0.16 であり、全年齢合計では 0.28 であった（補足表 3-1）。



補足図 3-1. 2014 年 10～11 月の資源量調査点

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	159,335	224,703
資源尾数のCV	0.156	0.266	0.257	0.210	0.272	0.176
資源尾数のSE(千尾)	54,228	22,869	20,540	20,298	43,336	39,572
95%信頼区間(下限、千尾)	24,026	40,553	38,483	56,070	72,470	145,555
95%信頼区間(上限、千尾)	45,660	131,494	121,077	137,488	246,199	303,850

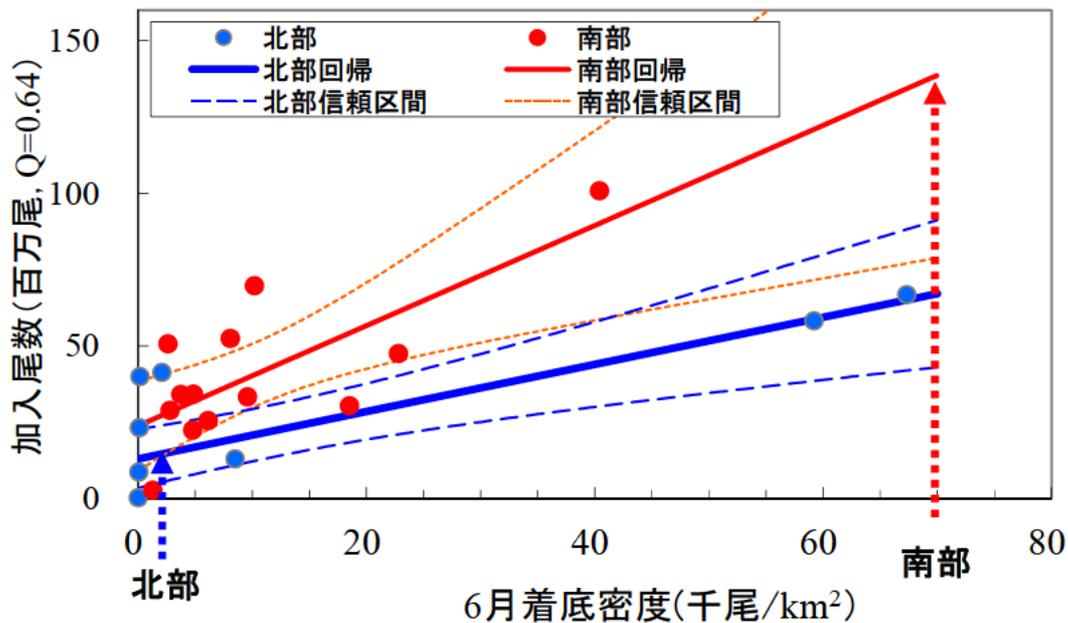
  

年	2013	2014
調査地点数	113	110
資源尾数(千尾)	185,442	143,801
資源尾数のCV	0.197	0.280
資源尾数のSE(千尾)	36,511	40,254
95%信頼区間(下限、千尾)	112,518	63,461
95%信頼区間(上限、千尾)	258,367	224,140

#### 補足資料4 2016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9)、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、2015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2015年級の加入個体数を推定した。

その結果、2015年6月の北部海域（八戸沖）の密度は136尾/km<sup>2</sup>、南部海域（仙台湾沖）の密度は69,012尾/km<sup>2</sup>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13,159千尾、南部海域で137,052千尾となり、合計150,211千尾と推定された（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2015年の加入量推定値を示す。

#### 補足資料5 2015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（2015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（2016年）の資源尾数を求めており、2016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量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2015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2015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。
- ・ 福島県の試験操業の頻度は2014年と同程度とした。
- ・ 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。
- ・ この値を2006～2010年の年齢別Fの平均値に乗じて2015年の年齢別のFを求めた。

その結果、青森県から茨城県の操業の稼働率は、沖底で2.9～100%、小底で2.9～100%、沿岸漁業で0～100%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(94.8%)、小底、沿岸漁業の稼働率が低い傾向が認められた(87.2%、85.3%、補足表5-3)。これらを統合した結果、2015年のマダラ漁業の漁獲率は震災前の92.3%に減少することが示されたことから、2015年の漁獲死亡係数Fは最近5年間の値に0.923を乗じたものとした。

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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2012年6月19日に八戸沖の漁獲物から120Bq/kgで操業自粛</li> <li>・ 2012年8月9日に太平洋岸の漁獲物から130Bq/kgで出荷制限</li> <li>・ 2012年11月1日から出荷制限解除</li> </ul>
岩手県	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2012年5月2日より宮城県県境で出荷制限</li> <li>・ 2013年1月より出荷制限解除</li> </ul>
宮城県	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2012年4月26日に130Bq/kg検出で出荷制限</li> <li>・ 2012年9月1日より1kg以下の個体について出荷制限解除</li> <li>・ 2013年1月より1kg以上の個体についても出荷制限解除</li> </ul>
福島県	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 震災以降から2015年1月まで操業停止</li> <li>・ 2015年1月14日より水深約110m以深の海域で出荷制限解除</li> <li>・ 2015年2月24日より全海域で出荷制限解除</li> </ul>
茨城県	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2012年6月8日より県南部で操業自粛</li> <li>・ 2012年10月26日自粛解除</li> <li>・ 2012年11月6日から出荷制限</li> <li>・ 2014年11月20日から出荷制限解除</li> </ul>

補足表5-2. 2015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(d)	稼働率(f)	e*f
青森	0.108	1.000	0.108	0.529	1.000	0.529	0.290	1.000	0.290
岩手	0.455	1.000	0.455				0.360	0.888	0.320
宮城	0.399	0.963	0.384	0.400	0.768	0.307	0.310	0.768	0.238
福島	0.038	0.029	0.001	0.037	0.029	0.001	0.035	0.000	0.000
茨城	0.001	1.000	0.001	0.034	1.000	0.034	0.005	0.922	0.004
合計	1.000		0.948	1.000		0.872	1.000		0.853

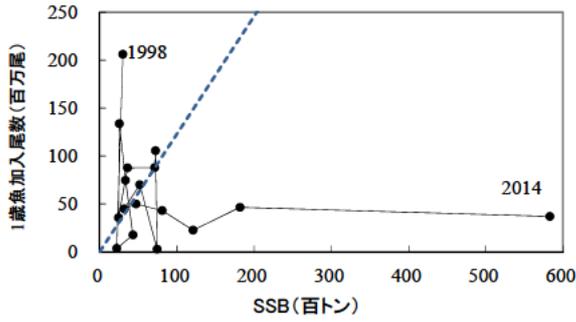
補足表5-3. 2015年の全体の漁獲に占める漁法別の比率と稼働率

	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	0.948	0.687
小底	1,404	0.071	0.872	0.062
沿岸漁業	4,055	0.205	0.853	0.174
合計	19,813	1.000		0.923

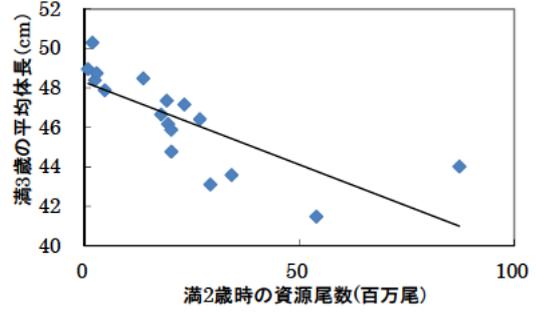
## 補足資料6 再生産関係

1998年級から2014年級で求めた再生産関係に基づき、RPSのメジアンを求めた（補足図6-1）。その結果、RPSのメジアンは12.29尾/kgと推定された。この値を元に $RPS \times SPR = 1$ となる $F(F_{med})$ を求めると2歳魚の $F$ は0.760と推定された。この値は震災前の $F$ 値(0.50)よりもかなり高い値である（図13参照）。マダラは資源の状態によって成長や初回成熟年齢、年齢別成熟率が変化することが明らかになっている（補足図6-2、6-3、6-4）。そこで、2歳時の資源尾数によって満3歳時の体重ならびに3歳および4歳時の成熟率を変化させるシミュレーションを行い、RPSメジアンを達成する $F$ 値を探索的に求めた。なお、年齢別の選択率は震災前の平均値と同じとした。

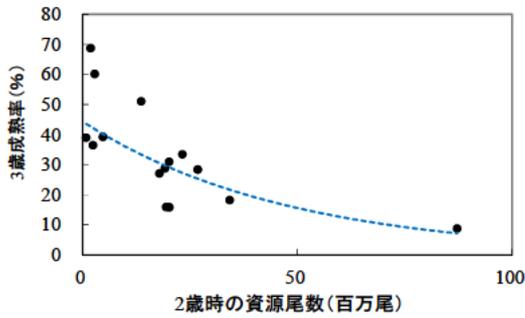
その結果、2歳魚の $F$ の平均値は0.665（各年齢平均は0.810）となり、今後10年間の資源量、漁獲量はそれぞれ17.6万～23.7万トン、8.6万～12.6万トンで推移すると推定された（補足図6-5）。このように親魚量のパラメータを資源の状態に可塑的に反応させても、現実よりもかなり高い漁獲、資源量が示された。この要因には、現状が特異な資源状態である上に、トロール調査では高齢の個体の資源量を推定できていない可能性がある。また、調査を開始した1998年代後半以降は、資源は増減を繰り返しつつもある程度高い水準を維持しており、それは近年の漁獲量の増加にも反映されている。つまり、ここで示した再生産関係は資源の状態が良いフェーズに得られたものであることから、楽観的なシミュレーション結果となった可能性が高く、ABC算定には用いていない。



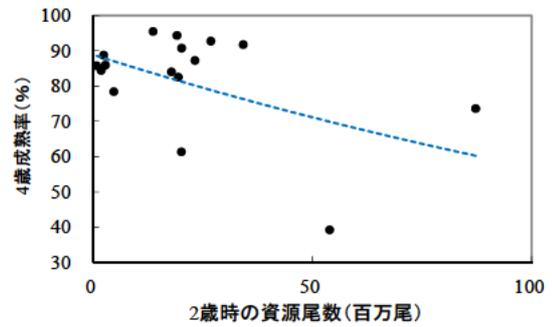
補足図 6-1. 1998~2014年級における再生産関係  
破線はRPSメジアンを示す。



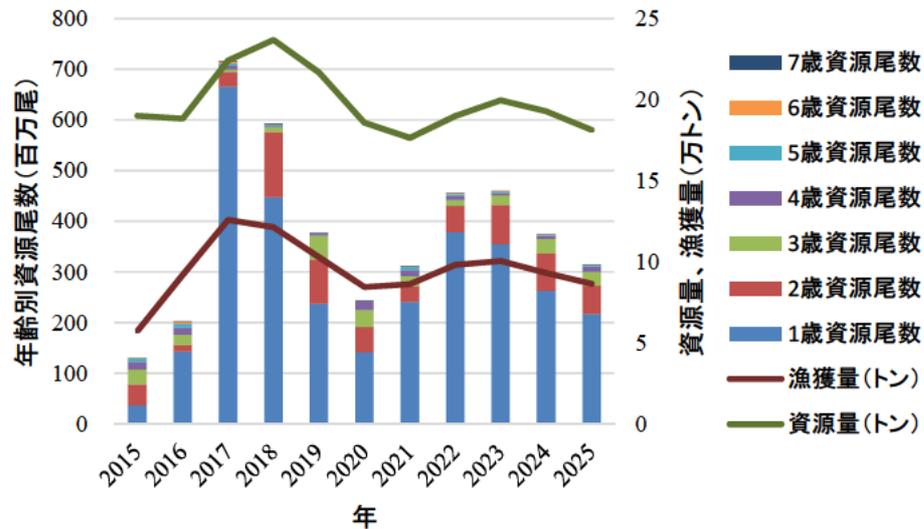
補足図 6-2. 1998~2013年における満2歳時の資源尾数と3歳時の平均体長



補足図 6-3. 1998~2013年における満2歳時の資源尾数と3歳時の成熟率



補足図 6-4. 1998~2013年における満2歳時の資源尾数と4歳時の成熟率



補足図 6-5. 再生産関係を用いた資源量および漁獲量の将来予測