

平成 19 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、伊藤正木、服部 努、上田祐司）

参 画 機 関：青森県水産総合研究センター、岩手県水産技術センター、宮城県水産研究開発センター、福島県水産試験場、茨城県水産試験場

要 約

太平洋北部海域におけるマダラの漁獲量は 1998、1999 年に過去最高を記録した。これは 1996 年から 1998 年における加入が連続して良かったためと考えられる。その後の加入は、1999 年および 2000 年には低調だったが、2002 年には 1990 年代後半の卓越年級に匹敵するほど多かった。2003 年には平均よりもやや少なかったが、2004 年～2006 年には比較的多かったことから資源は増加傾向にあると考えられる。また、2007 年の資源量は過去 12 年で 3 番目に多く、漁獲量、CPUE も高いレベルにあることから、資源水準は高位と考えられる。

資源が高位水準にあるため、資源が安定したときの資源量が現状のレベルに維持されることを目標として F_{sus} を管理基準とした。平成 19 年度 ABC 算定のための基本規則 1 - 3) - (1) に基づいて $F_{limit} = F_{sus}$ のときの漁獲量を ABC limit とした。また、 $F_{target} = F_{limit} \times 0.8$ とし、この時の漁獲量を ABC target とした。

	2008年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC limit	158百トン	F_{sus}	0.44	30%
ABC target	132百トン	$0.8F_{sus}$	0.35	25%

注)F値は各年齢の平均で、ABCは100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
2005	529	241	0.72	45%
2006	510	220	0.67	42%
2007	532			

水準：高位 動向：増加

1. まえがき

マダラは、底魚類の中でも比較的個体数が多く、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。本種は東北太平洋岸を分布の南限にしていることもあり、太平洋北部系群の資源動向は主産地である北海道に比べ不安定である。近年の現存量および漁獲量は 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る。このように近年は大きな資源変動が認められることから、今後の加入や資源動向に注意を払う必要がある。

2. 生態

(1) 分布・回遊

マダラは北部太平洋沿岸に広くみられ、本邦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)。標識放流の結果、陸奥湾産卵群は、ほとんどの個体が産卵後に北海道太平洋岸に移動し、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(福田ら 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。

また、産卵期以外の分布水深は100~550mで(服部ら 2002)、季節的な浅深移動を行う(橋本 1974)。

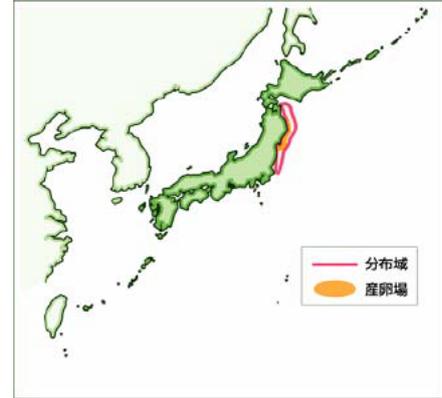


図1. 太平洋北部におけるマダラ分布

(2) 年齢・成長

マダラの年齢査定は耳石の扁平石を用いて行われる。扁平石の薄片を作り、薄片中に見られる透明帯を数えることによって年齢査定が可能である(服部ら 1992)。マダラの成長は早く、8歳になると体長90cm、体重10kg程度に達する(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)。体長と年齢および体重の関係は下式のとおりである。

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

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

ここで、BLは被鱗体長(mm)、tは満年齢(年齢の起算日は1月1日)、BWは体重(g)である。

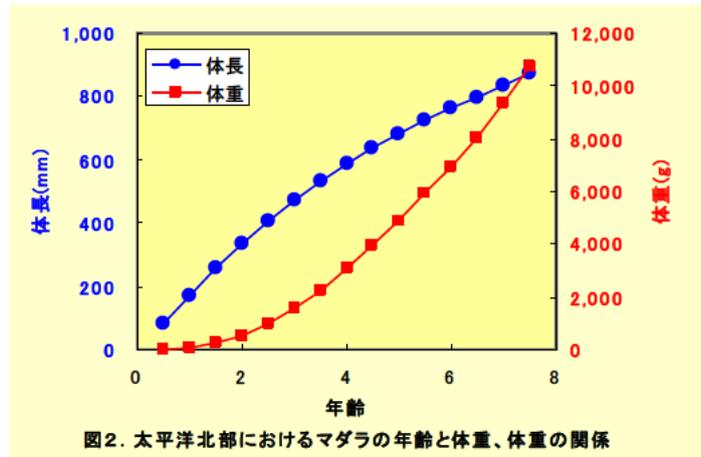


図2. 太平洋北部におけるマダラの年齢と体重、体長の関係

(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(児玉ら 1990; 服部ら 1999)。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(服部ら1995)。また、近年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歳もしくは4歳で、成熟後は毎年産卵すると考えられている(成松2006)。

(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(Takatsu et al. 1995, 2002, 山村1993)。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)。

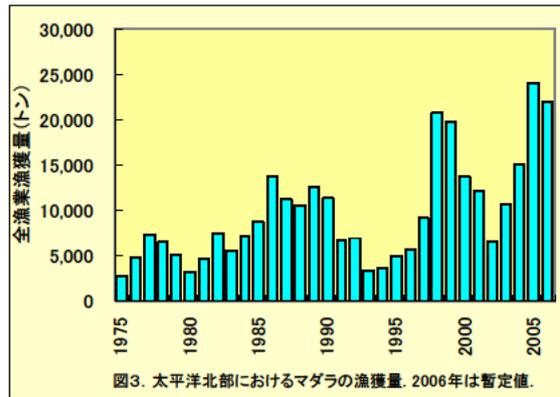
3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

太平洋北部においてマダラは沖合底びき網漁業(以下、沖底)、小型底びき網漁業(小底)、刺し網、延縄および定置網などで漁獲されている。

(2) 漁獲量の推移

全漁業種類合計の漁獲量の経年変化をみると、1980年代前半から漁獲量は徐々に増加し、1985～1990年には1万トン以上を記録している。しかしその後、減少傾向を示し、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。1994年以降に再び増加に転じ、1998年および1999年にはほぼ2万トンになった。その後の変動は大きく、2002年には6千トン台を記録したが、2003年には1万トン台に回復し、2004年には1万5千トン、2005年および2006年には2万トン以上を記録している(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(表1)。2005年の沖底では青森沖から茨城沖の広い範囲で漁獲されており、特に青森沖から宮城沖での漁獲が多い(図4)。沖底および小底では禁漁期

表1. 漁業種別マダラの漁獲量(単位トン)。2006年は各県水試調べによる暫定値。

	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
刺し網	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	10,998
小底	1,897	614	295	157	278	430	701	494	823	1,245	768	764	731	911	996
刺し網	704	372	238	438	166	322	426	897	799	828	786	817	1,004	648	792
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	2,017
定置	1,803	1,629	807	384	462	278	207	283	239	264	107	153	58	65	80
その他	333	82	103	88	106	104	201	111	1,552	982	165	393	84	182	136
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	15,019
	2005	2006													
沖底	18,859	11,674													
小底	955	2,734													
刺し網	1,470	1,436													
延縄	2,474	1,368													
定置	280	115													
その他	61	4,637													
計	24,099	21,965													

を除いて周年にわたり漁獲されているが、定置網や刺網では繁殖期に接岸する個体の漁獲も行われている。

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 57～149 点）。秋季には水深 200m 前後に水温躍層ができ、マダラはその下方に分布するため、この調査点は本海域のマダラの垂直、水平的な分布範囲を網羅している。調査によって得られたマダラ全個体について年齢を推定し、年齢別に面積—密度法を用いて現存量を推定した。この結果から、漁獲係数を変化させた場合の現存量と漁獲量の変化をシミュレートし、ABC を算定した。

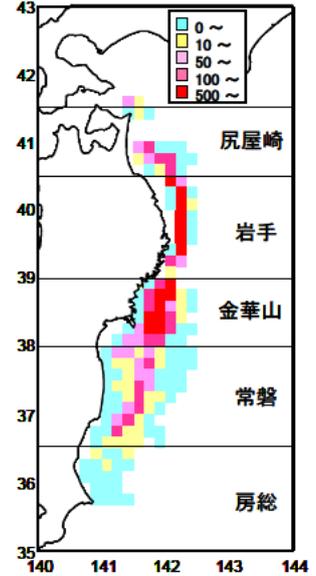


図4. 沖底による漁獲量(トン)

(2) 資源量指標値の推移

先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有力な指標になると考えられる。小海区別に各漁法の CPUE の変化を見ると、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おり、変動も非常に大きい（海区分は図 4 参照）。また、岩手かけまわしもそれらと同調する傾向にある。どの小海区などの漁法においても 1990 年代後半の CPUE 値は高く、その後 2002 年にかけて減少した。近年は増加し、2005 年には岩手 2 そうびきと金華山トロールで過去最高を記録したが、2006 年にはやや低い値となった（図 5）。

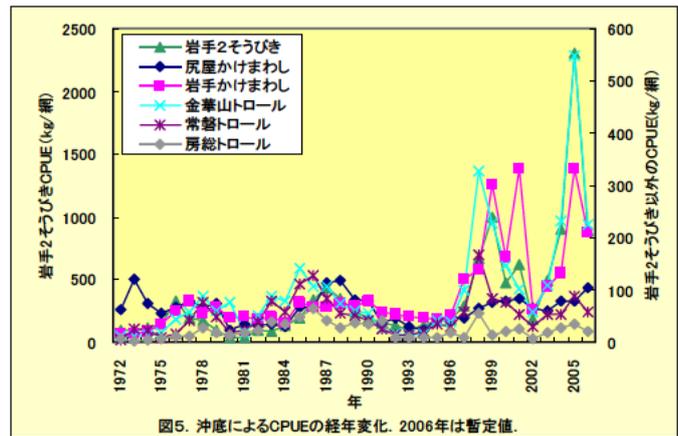


図5. 沖底によるCPUEの経年変化. 2006年は暫定値.

(3) 漁獲物の体長組成

2006 年に宮城県石巻港および福島県小名浜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。漁獲の中心は例年通り体長 40cm 以下の小型魚であり、50cm 以上の個体の割合は非常に低い。

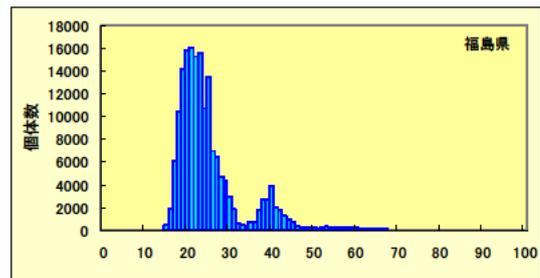
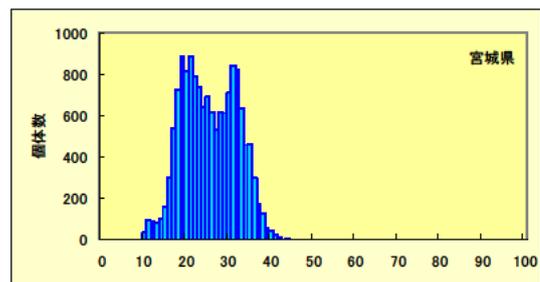


図6. 2006年に宮城県(石巻)および福島県(小名浜)に水揚げされた個体の体長組成. 宮城は被鱗体長(cm)、福島は全長(cm)で示している

(4) 資源量の推移

1995～2006 年の秋季に着底トロール網による

底魚類資源量調査を実施し（水深 150～900m）、面積一密度法を用いて資源量の推定を行っている。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、年齢別の現存尾数と重量を求めた。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。その結果、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 であった（上田ら 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 歳魚については 2 歳魚よりもさらに漁獲されやすいと考えられるため、その採集効率は 0.64 とした。

調査を 10 月中心に行っているため、10 月における各年齢の資源尾数（2006 年の CV: 0 歳魚 0.24, 1 歳魚 0.10, 2 歳魚 0.16, 3 歳魚 0.14）に年齢別生残率を乗じ、翌年 1 月における年齢別尾数を算出した（表 2）。マダラは周年漁獲されているが、近年では漁獲の中心は 1～6 月にあり、上半期に 2/3 程度漁獲されているため、この値に 4 月における体重を乗じたものを各年の初期現存量とした（表 3）。成長には年変化があり、体長や体重は年によって異なるが、ここでは平均値を用いた。

2007 年と 1996 年から 2006 年の結果を比較すると、2006 年級の加入尾数（2007 年の 1 歳魚）は過去 12 年の中で 5 番目に多い。2006 年級よりも多かった 1996～1998 年および 2002 年級は 1 歳時に 1 億 3 千万尾～2 億 1 千万尾で他の年級よりもかなり多い。こういった年級は調査を開始した 1995 年以降の 12 年間で 4 回発生しているが、過去の漁獲量の変動傾向（図 3、図 5）を見ると近年は特に資源状態がよいと考えられることから、長期的にみればむしろ稀に発生している卓越年級と考えられる。2006 年級の加入尾数はこれらに準ずるレベルである。また、2 歳魚（2005 年級）および 3 歳魚も高水準である上に、4 歳および 5 歳以上の資源量も比較的多い。したがって、2004～2006 年級の若齢魚のみならず、それ以前に産まれた高齢魚も比較的高い水準を維持しているというのが現在の資源構造の特色である。

表2. トロール調査による年齢別資源尾数(千尾)

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
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	4,771	1,254	28,585	19,050	36,459	2,016	2,624	3,029	20,414	4,775	20,221	13,742
3	1,779	2,401	766	7,201	3,997	11,277	278	2,412	1,198	12,604	3,150	5,631
4	101	408	899	148	1,883	525	1,114	535	1,337	2,129	3,305	2,255
5以上	0	357	404	0	41	201	185	276	233	168	222	709
合計	37,239	159,955	234,015	232,455	45,892	31,570	78,725	139,893	58,828	107,298	114,572	127,795

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一密度法で求め、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. 太平洋北部海域のマダラの推定資源量(トン)

年齢	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1	5,131	26,092	34,116	34,568	589	2,944	12,502	22,420	5,980	14,699	14,708	17,691
2	3,928	1,032	23,534	15,684	30,017	1,660	2,160	2,494	16,807	3,931	16,648	11,314
3	3,597	4,855	1,549	14,558	8,079	22,798	561	4,876	2,421	25,480	6,368	11,384
4	368	1,491	3,285	542	6,882	1,920	4,072	1,955	4,887	7,780	12,079	8,242
5以上	0	2,100	2,563	0	227	1,117	1,074	1,534	1,505	1,018	1,238	4,547
合計	13,025	35,570	65,048	65,351	45,794	30,438	20,370	33,279	31,600	52,909	51,041	53,179

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一密度法で求め、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。

1996年～2006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、未熟をGSIと組織学的手法により調べたところ、雌の成熟率は9.5～90.7%であり、年級間で大きく異なっていた(別図1)。50%成熟体長は45.6～51.4cmで推移していた。それらの結果を盛り込んで再生産関係を求めたところ、過去10年間では、明瞭な再生産関係は認められていない(図7)。1997, 1998および2002年は卓越年級であるが、これらが発生したときの親魚量は5千トン前後と過去10年の中でもかなり低レベルに属していた。明瞭な再生産関係が認められない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が、再生産関係、環境と加入量の関係ともに短期間の調査結果であること、高齢の親魚量の推定精度が低い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。

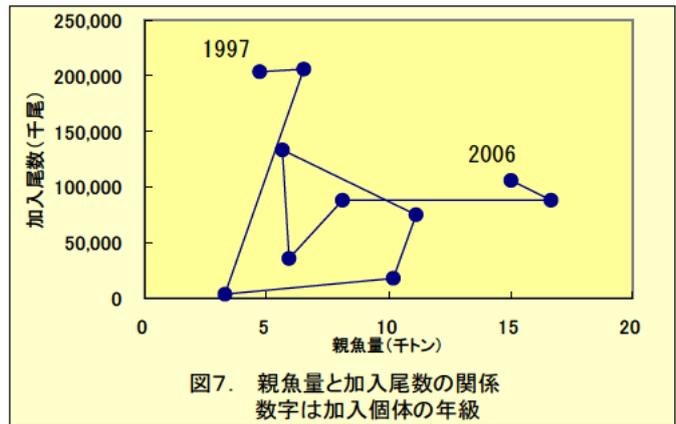


図7. 親魚量と加入尾数の関係
数字は加入個体の年級

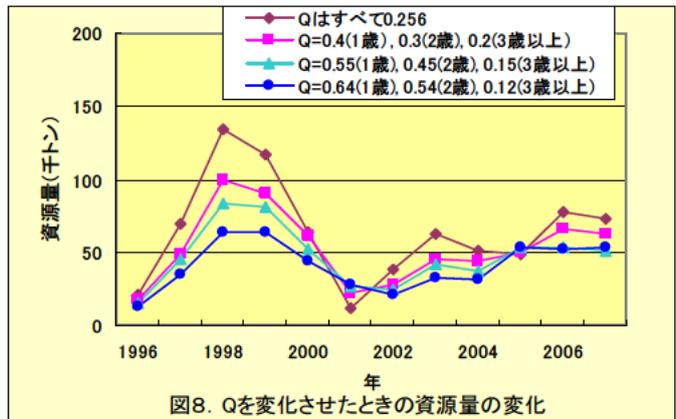


図8. Qを変化させたときの資源量の変化

採集効率 Q を変化させたときの資源量の変化を図8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。ここではいくつかの魚種の平均値(全年齢の Q は0.256)および年齢別に变化させた場合の資源量の変動を示した。先に述べた理由に基づき Q を1歳0.64、2歳0.54、3歳以上0.12に設定したものをこれ以降の資源診断、ABC算定に用いた。

(5) 資源の水準・動向

現存量は1998、1999年には極めて多かったが、加入量の減少により2000年以降には減少した。その後、2002年級が非常に多く2004～2006年級も比較的多かったため、資源状態は良好である。同様に漁獲量やCPUEも2002年を底として増加し、2006年は2005年よりは減少したものの依然として高めで推移している(表1、図5)。現存量推定値を2007年と2006年以前と比較すると、2007年は2005、2006年と並んで2000年以降では最も多く、1990年代後半に準ずるレベルにある(表3、図9)。これらのことから、現在の資源水準は高位であると考えられる。また、直近5年のうちで4年で加入がよく、

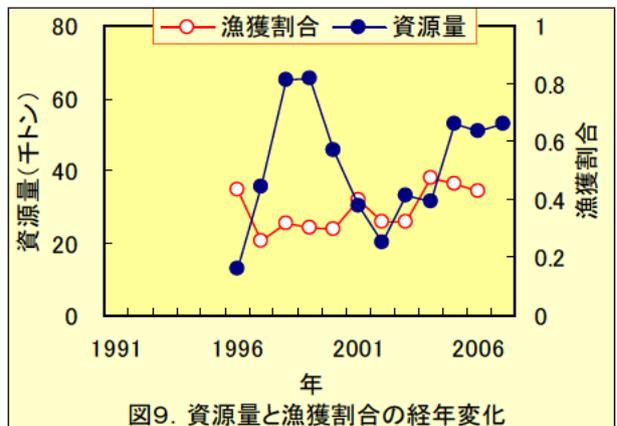


図9. 資源量と漁獲割合の経年変化

さらにいずれの年級でも加入とその生き残りがよく、資源量自体も増加していることから、資源は増加傾向にあると判断される。

水準：高位 動向：増加

5. 資源管理の方策

(1) 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、近年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9)。近年の生物情報に基づくYPR曲線とSPR曲線を図10に示した。年齢別現存量から年齢別の生残率を求め、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、2歳魚のFは0.55で、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。これは7.2%SPRに相当する。また、若齢魚に対する漁獲圧が高いのも特徴で、漁獲開始年齢である1歳魚では1.41である。

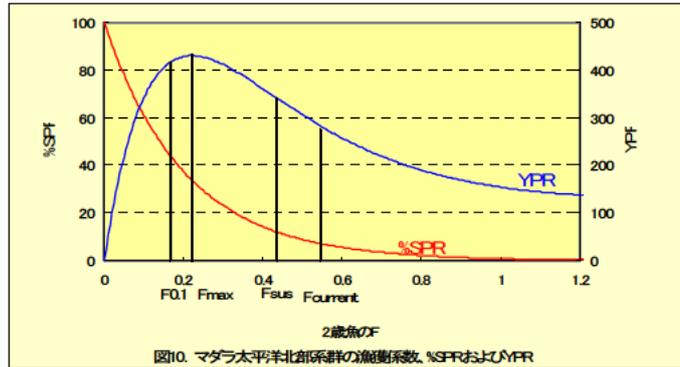


図10. マダラ太平洋北部系群の漁獲係数、%SPRおよびYPR

年齢別現存量から年齢別の生残率を求め、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、2歳魚のFは0.55で、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。これは7.2%SPRに相当する。また、若齢魚に対する漁獲圧が高いのも特徴で、漁獲開始年齢である1歳魚では1.41である。

(2) 資源と海洋環境の関係

図11に太平洋北部海域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海域はそれぞれ青森沖～金華山沖および金華山沖～日立沖を示している。マダラの卵が孵化する2月から幼魚が着底する6月までの水温を月毎に水深0m、50mおよび100mで調べた結果、着底直前の6月における表面水温が加入量決定に大きな影響を及ぼす可能性が示唆された。本海域は太平洋岸におけるマダラの分布の南限に位置することから、この結果は興味深い。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この要因の解明が求められる。

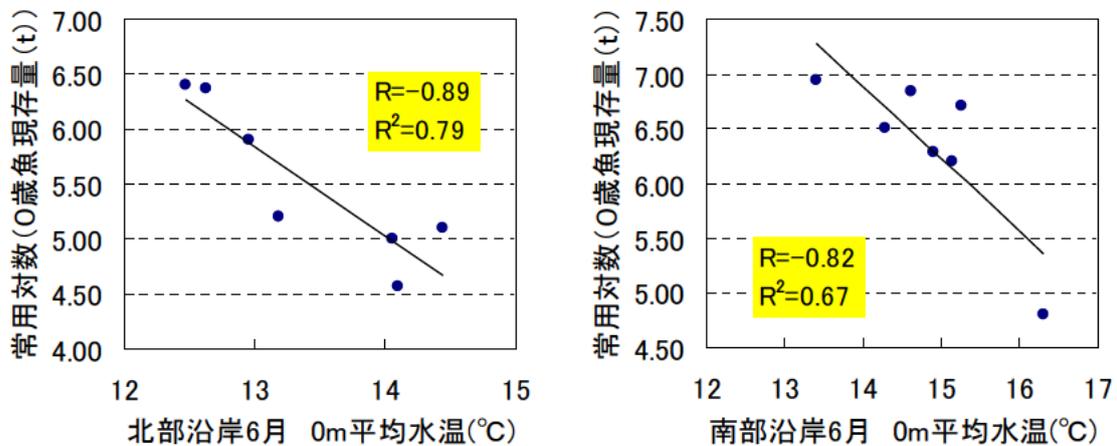


図11. 太平洋北部海域における表面水温と0歳魚の現存量の関係

6. 2008年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

マダラ資源は1990年代後半に大幅に増大したが、その後減少傾向にあった。近年では、2003年級はやや少ないものの2004～2006年級は比較的多い。また、いずれの年級も生き残りが良いと考えられるため、資源は高位水準で増加傾向にあると考えられる。現在は若齢魚に対する漁獲圧が高いがマダラの成長は非常に早いため、若齢魚を取り残す適切な漁獲管理を行うことによって高い水準で資源を維持させることが可能である。資源が高位水準でもあることから、資源量が安定したときの資源水準が現状の資源量(F_{sus})となることを資源管理目標とした。なお、 F_{sus} におけるYPRは $F_{current}$ のときの1.18倍である。平成19年度ABC算定のための基本規則1-3) - (1)に基づいて F_{sus} を管理基準とし、 $F_{limit}=F_{sus}$ としてこの時の漁獲量をABC limitとした。また $F_{target}=F_{limit} \times 0.8$ とし、この時の漁獲量をABC targetとした。

(2) ABCの算定

2008年のABC算定は以下の条件の下で行った。

- ・ 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。
- ・ 2002～2006年に行った現存量調査の結果からもとめた各年齢の生残率の平均値を年齢別生残率 S とし、 S と M との関係から得られた年齢別 F 値を現状の F とした。
- ・ 2007年以降の年齢別の F の比率 (選択率) は2002～2006年の平均値と同じと仮定する。2歳を1とすると、1歳=2.58, 3歳以上=0.74となる。
- ・ 年齢別の体重は図1のとおり。なお、雌の50%成熟体長は483mmで、1995～2006年では満3歳魚の成熟率は平均40%であったため、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歳以上の個体はほぼすべて成熟していたため、それぞれ0および1とした。
- ・ 1990年代後半や2002年には卓越年級が多く発生し、さらに2004年以降も加入状況は良いが、1970年代からの漁獲量やCPUEから見ると近年の加入状況は例外的に良いものと思われる。加入には水温が関与していることが示唆されているものの未だ不明なことも多

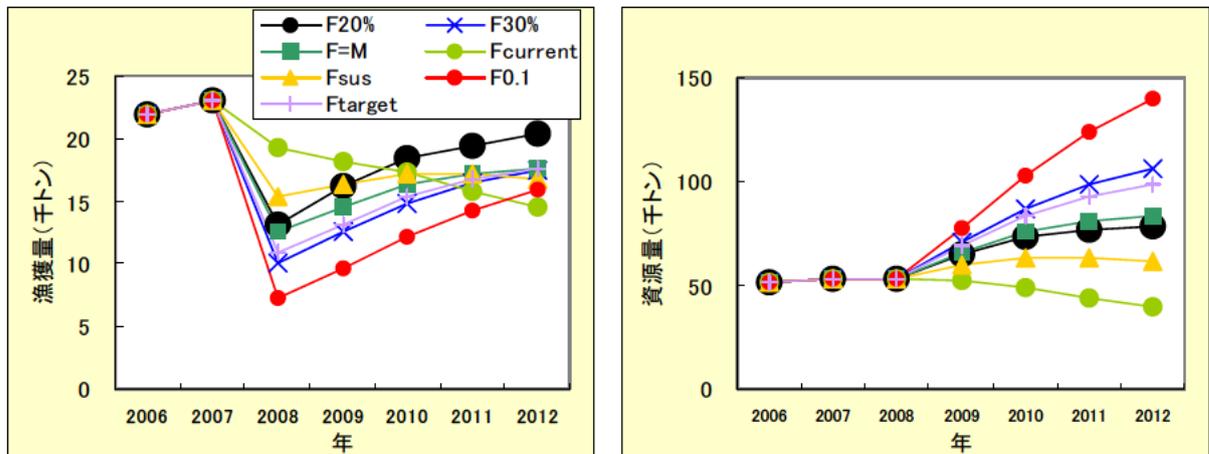


図 12. さまざまな管理方針に基づく漁獲量(左)と資源量(右)の変動

く、今後、近年と必ずしも同じような状況が続くとは限らない。そのため、2008年以降の加入量を過去12年のうち、加入が少なかった6年間の平均値とした(41,574千尾, 6,974トン)。

- ・ 年齢別選択率と漁獲物の体長組成から漁獲開始年齢は満1歳とする。この条件のもとで現在の漁獲が2007年まで続くとする、2008年の初期資源量は53,315トンになる。

(3) 漁獲圧と資源動向

F30%、F0.1、F=M、Fcurrent(年齢別に5年間の平均)および資源が安定したとき(2014年)の資源量を2007年レベルに保つF(Fsus)について検討した。その結果、現状の漁獲圧が続くと資源は減少し、5年後の2012年の資源量は3万9千トンになる(図12、表4)。F30%およびF0.1まで漁獲圧を下げると当面の漁獲量は大きく減少するが、2012年の資源量はそれぞれ10万トン以上および13万トン以上となり、漁獲量も1万6千トン、1万8千トンになる(図12、表4)。Fsusで漁獲すると、資源は一度増加した後若干減少し、2014年に2007年と同レベルの53千トンになり、漁獲量も15千トン前後で安定する。資源が高位水準なので現状の資源水準を維持することを目標とした。そこでFsusをFlimitとし、そのFlimitにおける漁獲量をABC limitとした。またFtargetをFlimit×0.8とし、この基準値における漁獲量をABC targetとした。その結果、ABC limit=15,772トン、ABC target=13,206トンと算出された。

	2008年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC limit	158百トン	Fsus	0.44	30%
ABC target	132百トン	0.8Fsus	0.35	25%

注)F値は各年齢の平均で、ABCは100トン未満で四捨五入した。

(4) ABC limit の検証

FsusをFlimitとして漁獲すると、2008年の漁獲量は1万6千トンと現状よりも減少するものの、2009年には1万4千トンになり、その後も増加する。近年の漁獲係数は特に若齢魚で高い(1歳のF=1.43)ため、%SPRはわずか7.2%しかない。これまでのところ明瞭な再生産関係は認められていないものの、現在の高い水準の資源状態を保つためには親魚量の維持が重要と考え、この管理方策を用いた。

表4 F値の変化による資源量および漁獲量の推移

F	基準値	漁獲量(トン)								資源量(トン)					
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0.00		21,965	23,047	0	0	0	0	0	51,041	53,179	53,315	94,149	148,030	205,261	259,950
0.04	0.1 Fsus	21,965	23,047	1,897	2,874	4,024	5,185	6,245	51,041	53,179	53,315	89,575	135,056	180,990	222,930
0.13	0.3 Fsus	21,965	23,047	5,407	7,543	9,874	11,974	13,704	51,041	53,179	53,315	81,349	112,963	141,446	164,897
0.28	0.67 Fsus	21,965	23,047	10,861	13,171	15,363	16,797	17,653	51,041	53,179	53,315	69,210	83,473	92,807	98,376
	ほぼFtargetに相当														
0.34	0.81 Fsus	21,965	23,047	13,077	14,912	16,531	17,277	17,518	51,041	53,179	53,315	64,512	73,126	77,100	78,382
	ほぼFlimitに相当														
0.42	Fsus	21,965	23,047	15,320	16,367	17,190	17,140	16,760	51,041	53,179	53,315	59,897	63,580	63,357	61,657
0.46	0.8 Fcurrent	21,965	23,047	16,343	16,930	17,335	16,912	16,270	51,041	53,179	53,315	57,839	59,527	57,765	55,091
0.57	1.36 Fsus	21,965	23,047	19,304	18,214	17,281	15,822	14,551	51,041	53,179	53,315	52,054	48,833	43,791	39,401
	ほぼFcurrentに相当														
0.68	1.2 Fcurrent	21,965	23,047	21,948	18,941	16,738	14,494	12,869	51,041	53,179	53,315	47,101	40,533	33,839	28,993

Fcurrentは5年間のFの平均

(5) ABC の再評価

2007年のABClimitは当初131百トンであったが、その後の調査で、2004年級および2005年級の生き残りが良かったことに加えて2005年級の加入量が想定値よりも多かったため、162百トンに上方修正された(表5)。また、2006年当所のABClimitは138百トンであったのに対し、実際の漁獲量は220百トンと大幅に上回った。これは、当時は2005年級の加入量を過小に見積もっていたこともあるが、再評価、再々評価でもABClimitは151~153百トンであるため、漁獲圧が高すぎたためと考えられる。

表5. ABCの再評価

評価対象年 (当初・再評価)	管理 ¹ 基準	資源量 (百トン)	ABClimit (百トン)	ABCtarget (百トン)	漁獲量 (百トン)
2006年(当初)	F20%SPR(0.42)	470	138	114	220
2006年(再評価)	F20%SPR(0.39)	510	153	128	220
2006年(再々評価)	F20%SPR(0.34)	510	151	127	220
2007年(当初)	F20%SPR(0.39)	510	131	108	
2007年(再評価)	F20%SPR(0.34)	532	162	136	

1:ABClimitに対する資源管理基準(略号)とそれに相当するF値(年あたり)
 漁獲量は暫定値

7. 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歳では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規制することによって資源量を回復させることができると考えられる。例えば、2歳魚以上の漁獲圧を現状のままで、1歳魚の漁獲圧を半分にするるとYPRは現在の1.9倍になる。さらに1歳を禁漁にするとYPRは3.2倍になる(図13)。また、1歳の漁獲圧を半分にするると将来の資源量および漁獲量はほぼ横ばいとなり、1歳を禁漁にすると2012年の資源量は10万トン、漁獲量は3万1千トンとなり、過去最高の漁獲量になることから(図14)、若齢魚取り残しの効果は大きい。

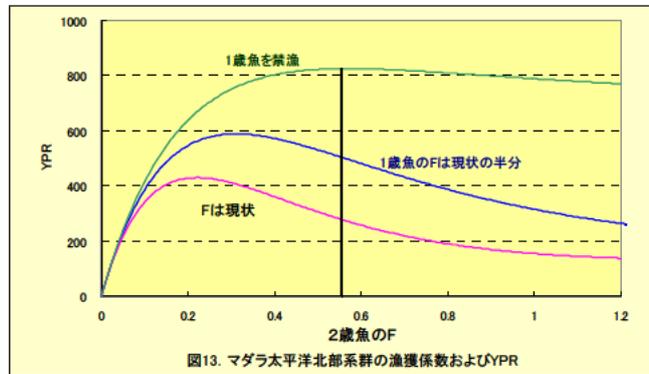


図13. マダラ太平洋北部系群の漁獲係数およびYPR

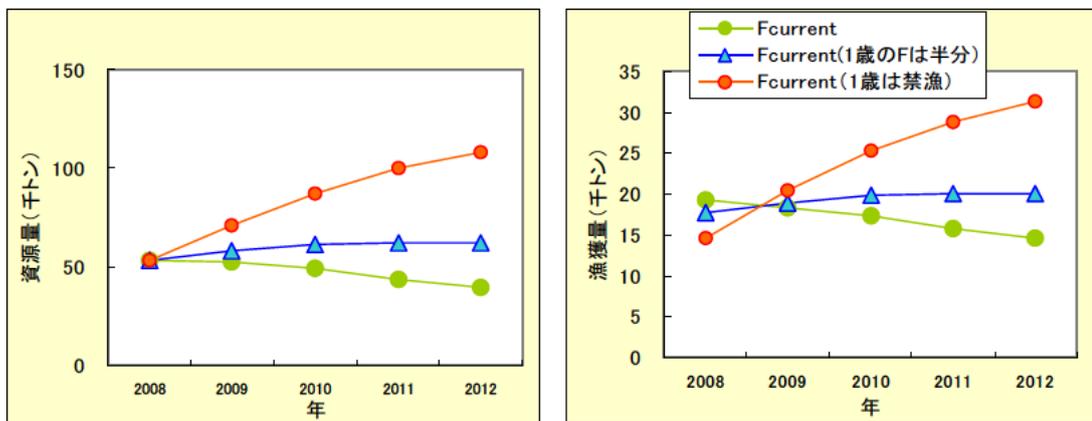


図14. 1歳魚の漁獲圧を変化させたときの資源量(左)と漁獲量(右)の変動

8. 引用文献

- Bakkala, R. S. Westrheim, S. Mishima, C. Zhang and E. Brown (1984) Distribution of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the North Pacific Ocean. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull., 42: 111-115.
- 福田慎作・横山勝幸・早川 豊(1985) 青森県陸奥湾湾口部におけるマダラ成魚の標識放流について. 栽培技研, 14, 71-77.
- 橋本良平(1974) 東北海区漁場におけるマダラの食性と生息水深の変動に関する研究. 東北水研研報, 33, 51-67.
- 服部 努・桜井泰憲・島崎健二(1992) マダラの耳石薄片法による年齢査定と成長様式. 日本水産学会誌, 58: 1203-1210.
- 服部 努・桜井泰憲・島崎健二(1995) 陸奥湾に来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.
- Sakurai, Y. and T. Hattori (1996) Reproductive behavior of Pacific cod in captivity. Fish. Sci., 62: 222-228.
- 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.
- 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.
- 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.

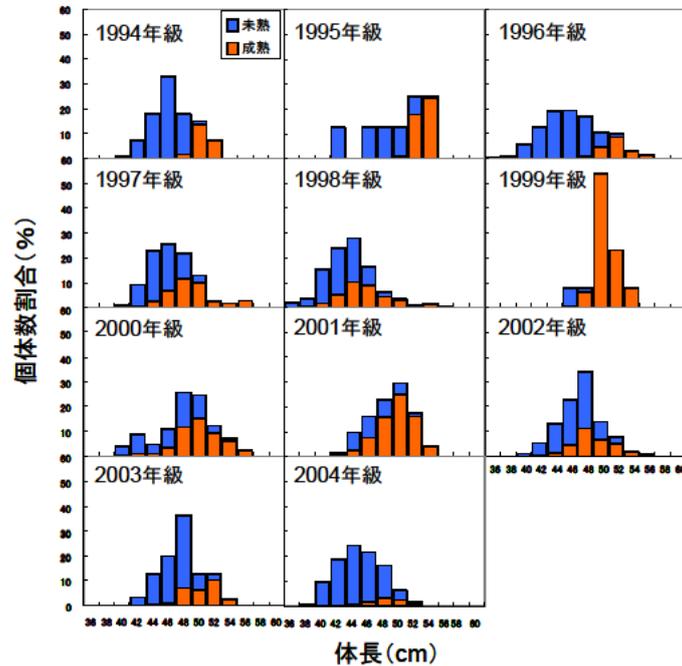
補足資料

図8に示したようにマダラの再生産関係は不明瞭であるため、秋季における調査の親魚量から翌年以降の加入量を推定するのは困難である。そこで、2002年から毎年5～6月に仙台湾沖および八戸沖で着底トロール調査を行い、生育場における着底直後の幼魚の現存量推定を試み

ている。仙台湾における 2007 年 6 月のマダラ 0 歳魚の分布密度は、1310 尾/km²であった(別添表 1)。この値は 2002 年以降最低の値となっている。一方八戸沖では 16 尾/km²であり、2002 年および 2003 年と同じような低い値となっている。これらの結果から、2007 年級は仙台湾沖を中心とした南部海域、八戸沖を中心とした北部海域ともに極めて少ないと考えられる。着底期から陸棚斜面域へ移動する夏季の生残も過去と同様であるならば、2007 年級の加入量は少ないと考えられる。現在は 6 月の着底量と 10 月の陸棚斜面域の現存量との対応関係が不明瞭なため、6 月の調査結果を参考値として扱っているが、データが蓄積する数年後には翌年度の加入量を高精度で推定できると考えられる。

別添表 1. 5-6月における主分布水深帯のマダラ0歳魚の尾数密度、Q=1(尾/km²)

年	仙台湾沖			八戸沖		
	水深帯(m)	調査点数	密度	水深帯(m)	調査点数	密度
2002	40-80	13	40,419	75-150	8	190
2003	40-80	9	2,809	80-150	5	0
2004	40-80	10	6,139	60-110	9	67,325
2005	40-120	13	3,752	60-160	14	59,207
2006	30-120	16	10,205	60-160	15	2,091
2007	30-120	16	1,310	60-160	14	16



別図 1. マダラ雌の満 3 歳魚の体長組成と成熟率の時系列変化