

平成 16 年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 年における加入が極め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、2001 年にはやや多く、2002 年には卓越年級に準ずる水準であった。2003 年の加入は平均よりもやや少ないレベルであるが、前年に発生した個体が多く残っているため、資源の動向は横ばいであると考えられる。また、漁獲量、CPUE は高水準であった 1998 年、1999 年よりは低いが、低水準と考えられる 1980 年代前半や 1990 年代前半よりは高いため、資源水準は中位と考えられる。

ABC 算定のための基本規則(平成 16 年度) 1 - 3) - (2)に基づいて $F\ limit = F20\%SPR$ とし、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。

	2005年ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC limit	99百トン	F20%	0.39	30%
ABC target	83百トン	0.8F20%	0.31	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
2002	250	66	0.36	26%
2003	414	108	0.36	26%
2004	375			

(水準・動向)

水準：中位 動向：横ばい

1. まえがき

マダラは、食味がよい上に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、その後減少傾向にあることから今後の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)。

マダラにはアジア周辺において 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。

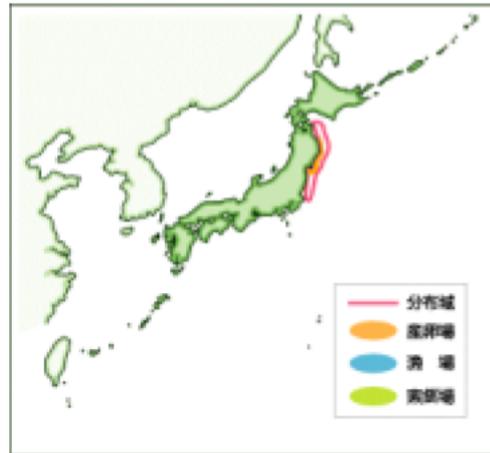


図 1. 太平洋北部におけるマダラ分布

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)。

(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。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

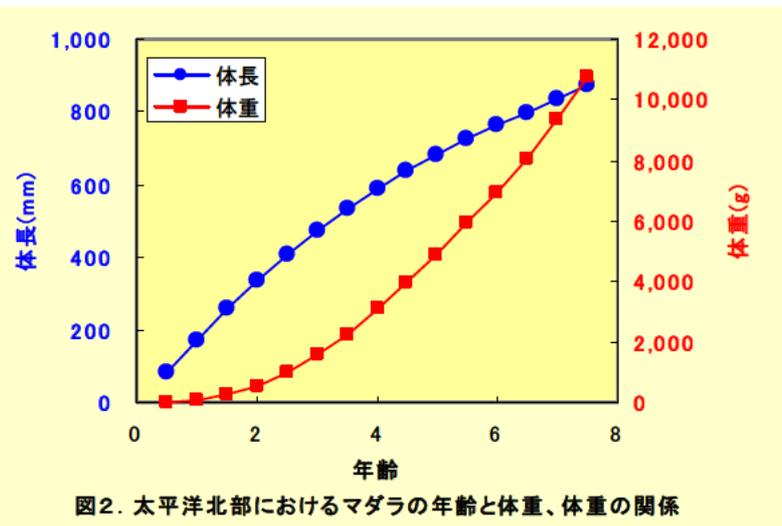


図 2. 太平洋北部におけるマダラの年齢と体重、体長の関係

と考えられている (成松ら 2003)。体長と年齢および体重の関係は下式の通りである。

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

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

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。

(3) 成熟・産卵生態

産卵親魚の来遊および幼魚の出現状況から、本種の産卵場は青森県陸奥湾、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（福田ら 1985; 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、雌雄ペアで、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）。雌は単回産卵で、1繁殖期の産卵数は50万（体長40cm前後）～400万粒（体長80cm前後）である（服部ら 1995）。また、近年の東北における50%成熟体長は雄で46.2cm、雌で47.8cm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。

(4) 被捕食関係

餌生物は浮遊生活期にはかいあし類幼生、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) 主要魚業の概要

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

全漁法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

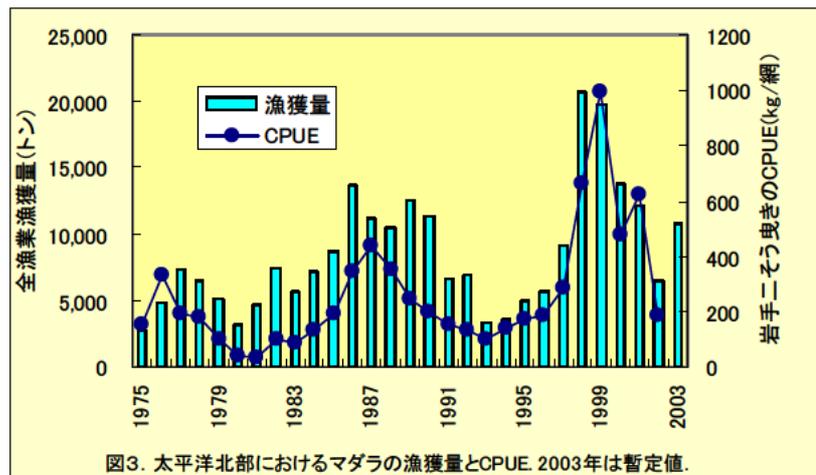


図3. 太平洋北部におけるマダラの漁獲量とCPUE. 2003年は暫定値.

表1. 漁業種別マダラの漁獲量（単位トン）. 2003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
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	7,095
小底	1,897	614	295	157	278	430	701	494	823	1,245	768	764	731	1,548
刺し網	704	372	238	438	166	322	426	897	799	828	786	817	1,004	646
延縄	1,698	886	3,181	395	546	633	806	1,976	2,267	2,981	2,977	1,803	1,298	124
定置	1,803	1,629	807	384	462	278	207	283	239	264	107	153	58	68
その他	333	82	103	88	106	104	201	111	1,552	982	165	393	84	1,310
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	10,791

加に転じ、1998年および1999年にはほぼ2万トンと過去最高の水準となった。その後は減少傾向にあり、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た（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での漁獲が最も多く、次いで延縄、小底および定置網などでの漁獲が多い（表1）。沖底および小底では禁漁期以外の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を狙った漁獲も行われる。

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（計60～100調査点）。この調査点は本海域のマダラの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査定を行い、年齢別に面積—密度法を用いて現存量を推定した。この現存量結果から、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。

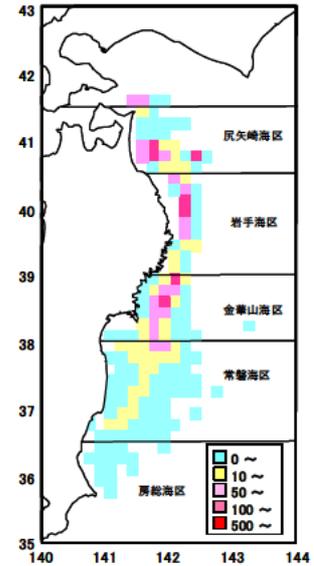


図4. 沖底による漁獲量分布(トン)

(2) 資源量指標値の推移

マダラは沖底で最も多く漁獲されており、長期的な資源変動を知るには沖底のCPUEが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、岩手の2そうびきにおけるCPUE値が概して高い値を示しており、さらに最も変動が大きい（海区区分は図4参照）。また、岩手2そうびきと岩手かけまわしのCPUEは同調する傾向にあるが、金華山トロールや常磐トロールと比べるとピークが1年遅い傾向がある。これは北部と南部で加入パターンに違いがあることに加え、南部海域では比較的若齢期に多く漁獲されているためと考えられる。どの小海区のどの漁法においても1990年代後半のCPUE値は高い傾向が認められるが、近年になって減少する傾向にある。

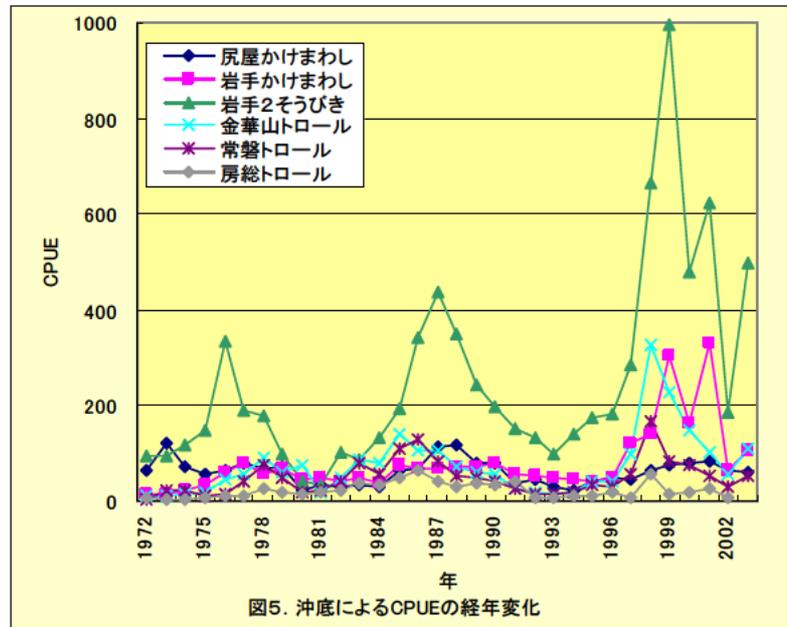


図5. 沖底によるCPUEの経年変化

(3) 漁獲物の体長組成

主要水揚げ港である石巻および小名浜における 2003 年のマダラ漁獲物の体サイズ組成を図 6 に示した。いずれも漁獲の中心は体長 50cm 以下の小型魚であり、特に体長 20-30cm の漁獲が多い。図 2 に示したように 20-30cm の個体は 1 歳魚であるため、2002 年生まれの個体が多く漁獲されたということが明らかになった。また、石巻では体長 70cm 以上の大型魚が若干漁獲されているが、小名浜では個体はほとんど水揚げされていなかった。

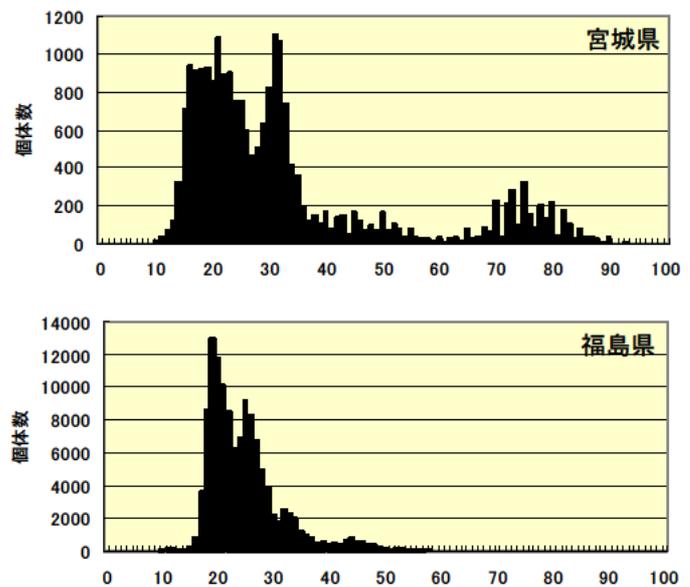


図6. 2003年に宮城県(石巻)および福島県(小名浜)に水揚げされたマダラの体サイズ組成。宮城は体長(cm)、福島は全長(cm)で示している

(4) 資源量の推移

1995～2003 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 150～1000m)、面積一密度法を用いて資源量の推定を行っている。体長組成と耳石の透明帯の読みとりからすべての採集個体について年齢査定を行い、年齢別の現存尾数と重量を求めた。前述のようにマダラは成長とともに食性、生息場所が変わる。若齢期には遊泳力が弱く、砂泥底付近を群泳し、オキアミを専食する。一方、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。そこで 1, 2 歳時には採集効率を高く設定した(それぞれ 0.55、0.45)。また、着底トロール網は岩礁域での曳網が困難で、根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ため、3 歳以上については遭遇率も加味したものを採集効率とし、低く (0.15) 設定した。

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(CV: 0 歳魚 0.32, 1 歳

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
1	35,593	175,562	230,033	239,774	3,934	20,731	86,336	153,846	40,547
2	5,690	1,745	38,596	25,556	48,422	2,615	3,511	4,045	24,545
3	1,343	1,817	578	5,435	3,016	8,704	203	1,856	951
4	77	317	697	113	1,418	412	836	412	1,047
5以上	0	269	303	0	30	151	141	211	179
合計	42,703	179,710	270,207	270,879	56,820	32,613	91,027	160,370	67,269

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0.55, 2才魚0.45, 3才魚以上0.15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
1	7,164	35,335	46,298	48,259	792	4,172	17,377	30,964	8,161
2	5,139	1,576	34,863	23,084	43,738	2,362	3,171	3,653	22,171
3	2,878	3,894	1,238	11,647	6,464	18,654	436	3,978	2,038
4	293	1,206	2,654	432	5,395	1,568	3,182	1,568	3,984
5以上	0	1,545	1,737	0	172	867	806	1,211	1,026
合計	15,474	43,556	86,790	83,422	56,561	27,623	24,972	41,375	37,380

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(5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0.55, 2才魚0.45, 3才魚以上0.15とした。

魚 0.16, 2 歳魚 0.23, 3 歳魚 0.22) 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)。この値に 5 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、体サイズは年によって異なるが、ここでは平均値を用いた。

2004 年と 1996 年から 2003 年までの結果を比較すると、2004 年の 1 才魚の尾数、つまり新規加入尾数は、過去 8 年の平均よりもやや低い値を示している。また、2002 年生まれの 2 歳魚は非常に多く、昨年発生した卓越年級が順調に生き残っていることを示している。3 歳魚は少ないものの、4 歳魚以上が比較的多く分布している。したがって、2002 年生まれの 2 歳魚と 2000 年以前生まれの 4 歳以上の高齢の個体が多く、1 歳および 3 歳魚は少ないというのが現在の資源構造の特色である。

過去 8 年の調査結果では、明瞭な再生産関係は認められていない (図 8)。1990 年代後半に卓越年級が連続して発生したが、その世代が親になっても次世代の大きな加入がないため、このような結果になったと考えられる。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ため、今後のデータの蓄積が必要である。

採集効率 Q を変化させたときの資源量の変化を図 9 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。ここでは前述の理由により、2 歳魚以下と 3 歳魚以上の差を大きくしたものをを用いた。

(5) 資源の水準・動向の判断

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 年以降には減少傾向にある。同様に CPUE も減少傾向にある (図 5) が、現存量推定値を 2004 年と 2003 年

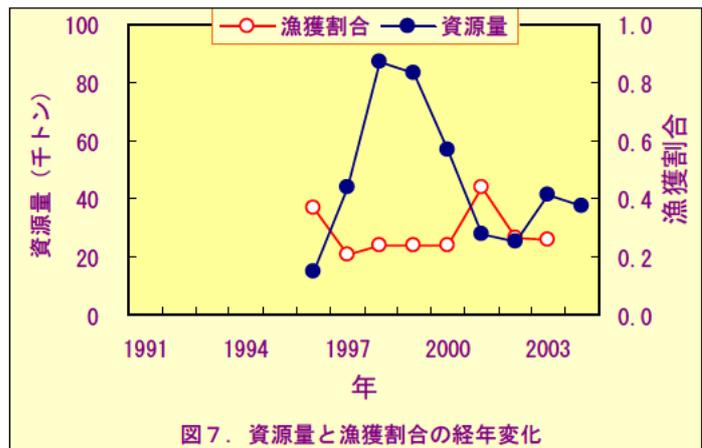


図 7. 資源量と漁獲割合の経年変化

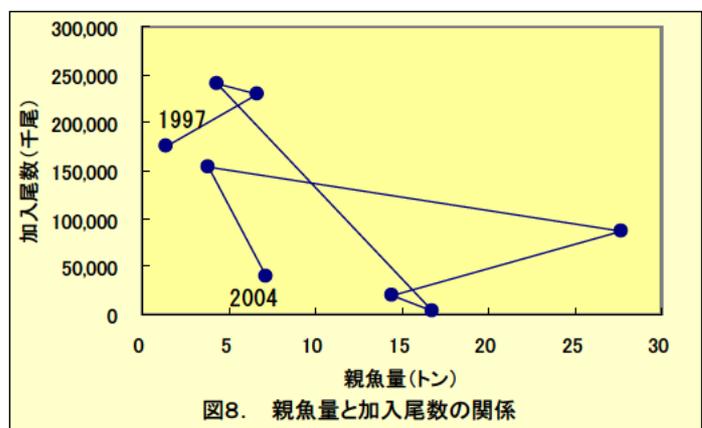


図 8. 親魚量と加入尾数の関係

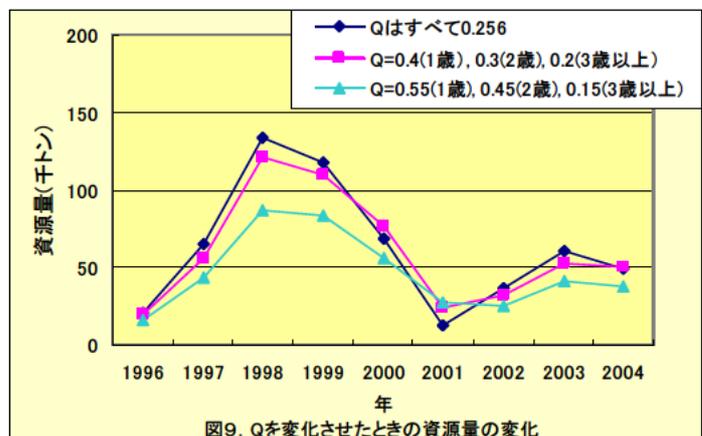


図 9. Q を変化させたときの資源量の変化

以前と比較すると、2004 年は中位に位置している（表 3）ため、現在の資源水準は中程度であると考えられる。また、2003 年級の加入は平均的だが 2002 年級群の加入が多く、その後の生残も良いと考えられることから、資源動向は横ばいと考えられる。

水準：中位 動向：横ばい

5. 資源管理の方策

(1) 資源の変動要因

図 10 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、ここでは産卵親魚量について考慮しておらず、そのメカニズムも明らかになっていないことから、水温ですべてが決まる、と考えるのは早計であり、今後この要因の解明が求められる。

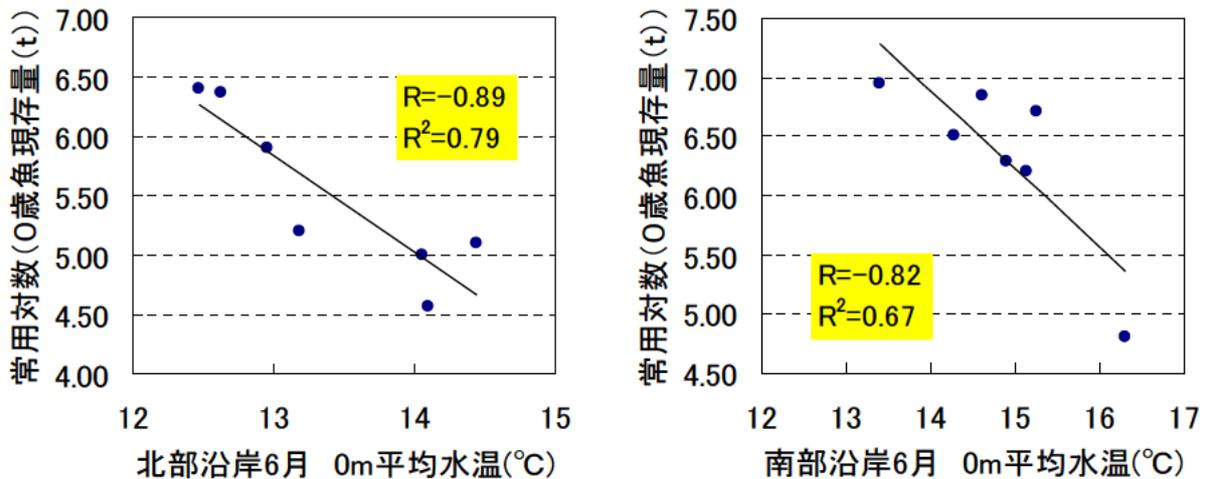


図 10. 太平洋北部海域における表水温と 0 歳魚の現存量の関係

(2) 加入量あたり漁獲量および親魚量

近年の漁獲パターンに基づく YPR 曲線と SPR 曲線を図 11 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、過去 8 年間の 2 歳魚の F は 1.1 で、一般にいわれる管理基準値に比べ

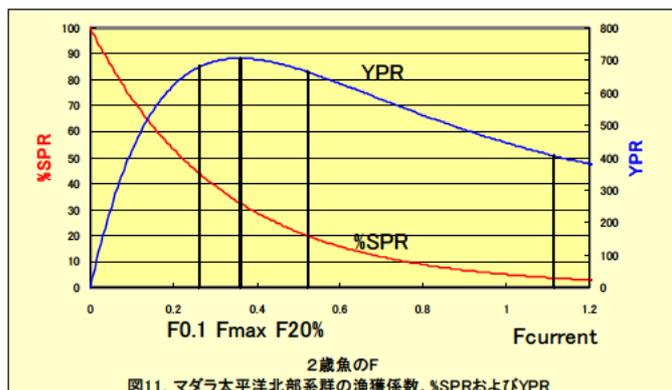


図 11. マダラ太平洋北部系群の漁獲係数、%SPR および YPR

て高いことが明らかになった。これは4%SPRに相当する。また、漁獲物の体長組成にも示されているように(図6)若齢魚に対する漁獲圧が高いのも特徴で、1歳魚も2歳魚に近い値である(F=1.09)。

(2) 資源管理目標

前述のように再生産関係が不明瞭なため、今後の加入動向は不明である。YPR および SPR 曲線より、漁獲圧を制限することにより漁獲量および親魚量の増加が期待できる。現存量調査の結果、2002年生まれ2歳魚が多く、2003年生まれ1歳魚はやや少ないことが明らかになっている。本種の成長は非常に早いため、漁獲圧を制限することにより比較的加入が少ない状況でも資源を回復させることができると考えられる。これらのことから、Fを現状より下げ、資源水準を向上させることを資源管理目標とした。

6. 2005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る。2002年級の発生量は非常に多く、2003年級ではやや少ないため、資源は中位水準と考えられるが、マダラの成長は非常に早いため、適切な漁獲管理を行うことによって1990年代後半レベルに資源を回復させることが可能である。ABC算定のための基本規則(平成16年度)1-3)-(2)に基づいてF limit=F20%とし、この時の漁獲量をABC limitとした。またF target =F limit × 0.8とし、この時の漁獲量をABC targetとした。

(2) ABCの算定

2004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。
- ・ 1995~2003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。
- ・ 2004年以降の年齢別のFの比率(選択率)は1995~2003年の平均値と同じと仮定する。

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)				
		2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
0.00		0	0	0	0	0	33,142	68,071	116,894	172,533	231,192
0.08	0.20 F _{sus}	2,105	4,034	6,436	8,973	11,465	33,142	63,549	102,857	144,368	185,149
0.23	0.35 F _{sus}	5,883	9,850	14,081	17,911	21,187	33,142	55,494	80,190	102,552	121,679
0.31	0.48 F _{sus}	8,271	12,322	15,543	18,211	20,387	33,142	49,614	65,318	78,327	88,936
	ほぼF _{target} に相当										
0.39	0.60 F _{sus}	9,943	13,746	16,490	18,564	20,162	33,142	45,985	57,018	65,357	71,782
	ほぼF _{limit} に相当										
0.65	F _{sus}	14,664	15,935	16,425	16,573	16,718	33,142	35,984	37,283	37,678	38,062
0.83	1.28 F _{sus}	17,213	16,047	15,176	14,551	14,286	33,142	30,765	28,825	27,435	26,844
	ほぼF _{current} に相当										

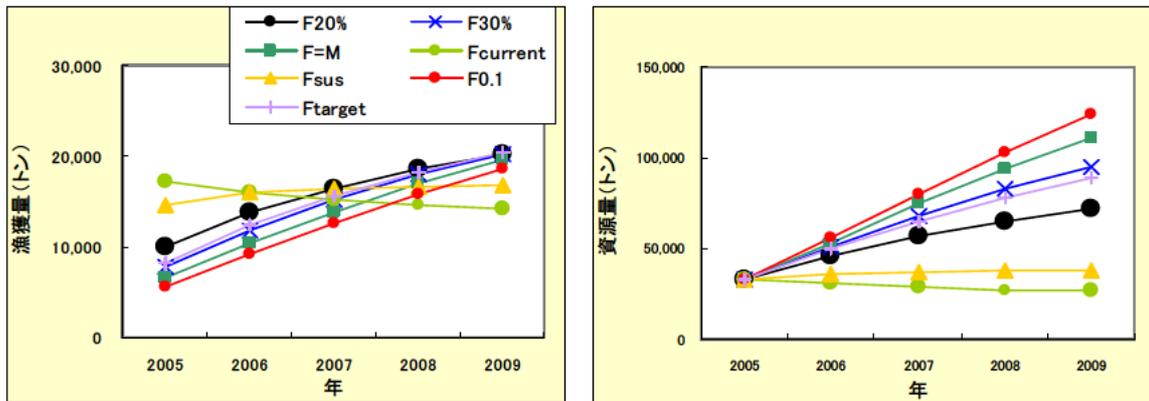


図 12. 様々な管理基準に基づく漁獲量 (左) と資源量 (右) の変動

2 歳を 1 とすると、1 歳=0.99、3 歳以上=0.65 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 478mm で、1995-2003 年では 3 歳魚の 20-75%が成熟していたため、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。
- ・ 1996～1998 年および 2002 年の 0 歳魚の発生は高水準で卓越年級と考えられるため、1996～1998 年および 2002 年を除く 1996～2004 年における平均値を「平均的な加入」として、2005 年以降の加入量とする (37,428 千尾, 7,533 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 2004 年まで続くとする、2005 年の初期資源量は 33,142 トンになる。F30%、F20%、F0.1、F=M、Fcurrent および資源量を 2004 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する。F30%および F=M まで漁獲圧を下げると当面の漁獲量は減少するが、2009 年の資源量はそれぞれ 9 万トン以上および 11 万トン以上となり、卓越年級が発生した 1998-1999 年を超えるレベルに達すると考えられる (図 12、表 4)。F20%とすると、漁獲量を大きく減らすことなく、卓越年級が発生したときに準じる資源水準に増加するため、F20%を Flimit、安全を見越して Flimit に 0.8 を乗じたものを Ftarget とした。その結果、ABC_{limit}=9,943 トン、ABC_{target}=8,271 トンと推定された。

	2005年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC limit	99百トン	F20%	0.39	30%
ABC target	83百トン	0.8F20%	0.31	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。

(3) ABC の再評価

2003 年の ABC_{limit} は当初 107 百トンであったが、その後、2002 年級の加入がよいことが明らかになったため、上方修正された。実際の漁獲量は当初の ABC_{limit} とほぼ等しかった (108 百トン)。2004 年の ABC は当初加入量を多く見積もっていたが、2003 年の加入が多くないことがわかり、再評価では下方修正された (表 5)。

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)
2003年(当初)	F20%SPR(0.41)	314	107	89	
2003年(再評価)	F20%SPR(0.46)	477	143	119	
2003年(再々評価)	F20%SPR(0.36)	414	130	108	108
2004年(当初)	F20%SPR(0.43)	515	156	130	
2004年(再評価)	F20%SPR(0.43)	375	118	98	

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

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、育成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2004年6月のマダラ0歳魚の分布密度は、6,100尾/km²であった(表6)。この値は2002年に比べるとかなり低い。2003年の2倍程度であった。また、2004年の八戸沖の分布密度は67,000尾/km²で、これまでとの比較では極めて高く、仙台湾沖を含めても最も高い値を示している。過去2年の5-6月と10月のマダラの密度を比べると必ずしも比例しておらず、両育成場の資源への貢献度も不明なため、5-6月の結果を加入量推定値として用いなかったが、八戸沖で発生した0歳魚が順調に加入すれば、2005年の資源量は今回推定した値よりも多くなると考えられる。

表6. 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(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

また、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、加入が多少少なくとも、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、今回設定した加入状況で1歳魚を全く獲らず、2歳以上を漁獲対象にすると、現在の漁獲圧でも資源は増加し、2009年の資源量は6万2千トン、漁獲量は2万8千トンとなり、過去最高の漁獲量になる。

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. North Pac. Fish. Comm., Bull. 42, 180-199.
- 成松庸二、北川大二、服部努 (2003) 東北海域におけるマダラの成長の年変化 . 平成 15 年度日本水産学会大会講演要旨集, 83p.
- 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.
- 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.

