

## 宮城県牡鹿半島以北海域におけるマコガレイの資源状況

佐伯 光広\*<sup>1</sup>・小野寺 淳一\*<sup>1</sup>・成田 篤史\*<sup>1</sup>・庄子 充広\*<sup>2</sup>・石川 哲郎\*<sup>3</sup>

Stock status of marbled sole *Pseudopleuronectes yokohamae* in the waters off northern Oshika peninsula of Miyagi Prefecture

Mitsuhiro SAEKI\*<sup>1</sup>, Junichi ONODERA\*<sup>1</sup>, Atsushi NARITA\*<sup>1</sup>, Michihiro SHOUJI\*<sup>2</sup>, Tetsuroh ISHIKAWA\*<sup>3</sup>

キーワード：マコガレイ，宮城県牡鹿半島以北海域，資源状況

マコガレイ (*Pseudopleuronectes yokohamae*) は宮城県で漁獲されるカレイ類の中で最も水揚量が多い重要魚種である。本種は100m以浅の砂泥底に生息し，国内では北海道以南から大分県付近まで分布する<sup>1)</sup>。宮城県では100m以浅の遠浅な海域が広がる牡鹿半島以南海域の仙台湾（以下，牡鹿半島以南海域）での水揚げが約8割を占め，リアス式海岸の急深な湾が続く牡鹿半島以北海域での水揚げは少ない。しかしながら牡鹿半島以北海域においてはカレイ類の中で最も水揚量が多く，夏場には高単価で取引される重要魚種である。

これまで宮城県でのマコガレイの資源評価は牡鹿半島以南海域でのみ行われてきた<sup>2-4)</sup>。これは，牡鹿半島以北海域と牡鹿半島以南海域のマコガレイには成長，成熟時期に違いがあり<sup>5)</sup>，牡鹿半島以南海域でのデータを全県に適用できなかったこと，牡鹿半島以北海域では年齢別漁獲尾数を算出するためのサンプルが十分ではなかったことによる。

本研究では，東日本大震災後の2013年～2021年まで行われた調査結果から資源量等を推定し，牡鹿半島以北海域のマコガレイ資源の現状と今後の資源管理方策について考察した結果について報告する。

### 材料と方法

#### 1 水揚統計調査

図1に示す牡鹿半島以北海域に面する，地方卸売市場 気仙沼市魚市場（以下，気仙沼魚市場），南三陸町地方卸売市場

（以下，南三陸魚市場），女川町地方卸売市場（以下，女川魚市場）の1995年から2020年までの水揚量を宮城県総合水産行政情報システムにより集計した。また，

気仙沼，南三陸，女川魚市場においてマコガレイの水揚げのほとんどを占める刺網による年別の水揚量と水揚隻数を同システムにより調べ，各魚市場の年別水揚量の合計を年別水揚隻数の合計で除することにより

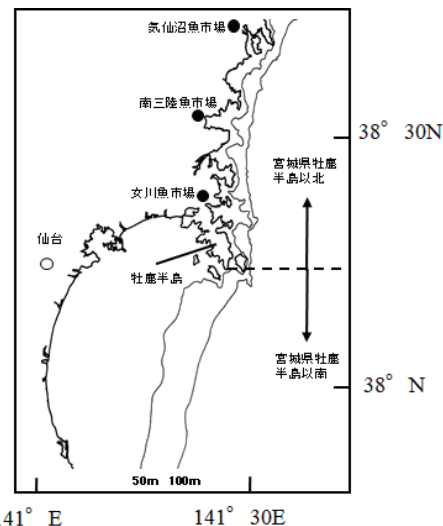


図1 宮城県牡鹿半島以北海域に面した魚市場の位置

\*<sup>1</sup>水産技術総合センター気仙沼水産試験場，\*<sup>2</sup>水産林政部水産業基盤整備課，\*<sup>3</sup>水産技術総合センター

(以下、CPUE)、資源動向を把握した。

## 2 魚市場全長測定調査

2013年から2021年にかけて気仙沼魚市場及び南三陸魚市場で水揚げされたマコガレイの全長を測定した。気仙沼魚市場については各年とも月1回以上調査を行った。1回当たりの測定数は9個体～305個体であった。南三陸魚市場については2014年～2016年及び2019年は年1回～4回、2017年～2018年は毎月1回以上、2020年と2021年は2ヶ月に1回の調査を行った。各回とも原則全数測定としたが、活魚カゴの1カゴの尾数が多く、測定できなかった分については同一カゴの尾数を計数し、同一カゴ中の測定分のデータから引き延ばしを行った。

## 3 資源解析

### (1) 精密測定

2013年～2021年11月にかけて気仙沼魚市場で水揚げされた雄495個体、雌702個体について全長、体重、胃内容重量、生殖腺重量を測定した。月別の生殖腺指数(GSI)を(1)式で計算した。産卵時期を推定するため、生殖腺の成熟状況を肉眼で観察し、雄は腹部を搾取し精液が確認できた個体を成熟、雌は腹部を搾取し卵の排出が確認された個体を成熟と判定した。

$$GSI = GW/BW \times 100 \quad (1)$$

(ここで、GW：生殖腺重量、BW：体重)

また、測定個体から耳石を採取し、表面観察法で透明帯、不透明帯の月別の出現時期を調べ、その出現時期を把握した上で年齢査定を行った。

### (2) 成長式の推定

年齢査定で得られた年齢(t)と全長(TL)の関係からvon Bertalanffyの成長式( $TL(t) = L_{\infty} [1 - \exp\{-K(t-t_0)\}]$ )を当てはめ、パラメータである、極限全長 $L_{\infty}$ ・成長係数 $K$ ・全長0cmの年齢 $t_0$ をMS-Excelのソルバーを用いて推定した<sup>6)</sup>。また、F検定<sup>7)</sup>により、雌雄の成長曲線の差を調べた。

### (3) 全長と体重の関係式

全測定個体の全長と体重を対数変換し、全長と体重の回帰式を求めた。得られた回帰式から全長と体重の指数関数に再変換し、全長と体重の関係式を求めた。

### (4) 資源尾数と資源量の推定

年齢別漁獲尾数を推定するため、2013年～2020年に精密測定に用いた846個体により、Age-Length-Key(以下、ALK)を作成した。ALKは1年毎に作成できなかった

め、2～7月、8月～翌年1月の2期に分けた5cm間隔の階級毎の雌雄比と年齢別出現比を求めた。年齢分解は雌雄とも1～8歳及び9歳魚以上のプラスグループ(以下、9+)とした。魚市場での全長測定調査結果もALKと同じ5cm毎の階級に分け、半期毎の測定重量の合計と半期毎の3魚市場の水揚量の合計値の比により、半期毎のサイズ別漁獲尾数を引き延ばし、ALKとの積により、年齢別漁獲尾数を算出した。

資源尾数は平松<sup>8)</sup>により、雌雄別年齢別漁獲尾数からVPAにより推定した。宮城県北部海域のマコガレイの漁期は2月～翌年1月までとし、漁期の中間にパルス的な漁獲があるとしてPopeの近似式<sup>9)</sup>を用いて資源尾数を算出した。

自然死亡係数Mは田内・田中の式<sup>10)</sup>を用いて、以下の(2)式で計算した。

$$M = 2.5/\lambda \quad (2)$$

$\lambda$ は寿命を示し、本研究では、雄、雌ともに11歳として計算を行った。

y年におけるa年の漁獲尾数を $C_{a,y}$ 、y年におけるa歳の資源尾数を $N_{a,y}$ とし、1～7歳、8歳、9+の年齢別資源尾数をそれぞれ以下の(3)～(5)式で求めた。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} * \exp(M) + C_{a,y} * \exp(M/2) \quad (3)$$

$$N_{8,y} = C_{8,y} / (C_{9+,y} + C_{8,y}) * N_{9+,y+1} * \exp(M) + C_{8,y} * \exp(M/2) \quad (4)$$

$$N_{9+,y} = (C_{9+,y} / C_{8,y}) * N_{8,y} \quad (5)$$

さらに、直近年の2020年の年齢別資源尾数は(6)式で求めた。

$$N_{a,2020} = C_{a,2020} * \exp(M/2) / (1 - \exp(F_{a,2020})) \quad (6)$$

2013年～2019年までの1～8歳の漁獲死亡係数は $F_{a,y}$ は(7)式で求めた。

$$F_{a,y} = -\ln(1 - C_{a,y} * \exp(M/2) / N_{a,y}) \quad (7)$$

直近年である2020年の1歳～8歳までの年齢別漁獲死亡係数は、2017～2019年までの3ヶ年の平均値とした。

$$F_{a,2020} = (F_{a,2017} + F_{a,2018} + F_{a,2019}) / 3 \quad (8)$$

9+の2013年～2019年までの漁獲死亡係数は、8歳と同じとした。

$$F_{9+,y} = F_{8,y} \quad (9)$$

2020年の9+の漁獲死亡係数(ターミナルF)については、2020年の8歳魚と同じになると仮定し、両者の差が0となるようMS-Excelのソルバーを用いて探索した。

## (5) 資源診断

### 1) 加入量当たり漁獲量 (YPR; Yield per Recruitment)

以下の(10)式により加入1個体あたりの漁獲量を計算し、等漁獲量曲線<sup>11)</sup>による資源診断を行った。診断に用いた漁獲死亡係数は、2012年級の3歳～8歳までの資源尾数から対数回帰法によって全減少係数を算出し、自然死亡係数 (M) を差し引いて求めた。1歳と2歳の漁獲個体はほとんど無いことから漁獲加入を3歳として診断を行った。

$$YPR = FW_{\infty} \exp\{-M(t_c - t_r)\} \sum_{n=0}^3 A_n \exp\{-nK(t_c - t_0)\} \times \frac{\{1 - \exp\{-(F+M+nK)(t_{\lambda} - t_c)\}\}}{F+M+nK} \quad (10)$$

ここで、 $A_0=1, A_1=-3, A_2=3, A_3=-1$ である。また、後述する von Bertalanffy の成長式及び全長と体重の関係式から適用したパラメータは、 $W_{\infty}$ :最大の体重、 $K$ :成長係数、 $t_0$ :計算上の全長0cmの年齢である。 $t_c$ は漁獲開始年齢、 $t_{\lambda}$ は観察された最高年齢であり、雄雌とも11歳とした。

### 2) 加入量当たり産卵資源量 (SPR: Spawner per Recruitment)

マコガレイの産卵親魚量が体重に比例するとして、以下の(11)式により、SPRを計算し<sup>12)</sup>、漁獲が全く行われていない場合の産卵親魚量との比 (%SPR) により、資源診断を行った<sup>12)</sup>。漁獲死亡係数 (F) は1～8歳までの漁獲死亡係数が使用できる、2012年級を用いたものと2013年～2019年の年齢別平均漁獲死亡係数を用いたものにより診断を行った。成熟率は0～2歳魚は0%、3歳魚は80%、4歳魚以上は100%とした。

$$SPR = \sum_{t=t_m}^{t_{\lambda}} \exp\{-M(t_c - t_r)\} \exp\{-(F+M)(t_m - t)\} \times \exp\{-(F+M)(t - t_m)\} \times W_t \times r_t \quad (11)$$

(11) 式

$$\%SPR = \frac{\sum_{t=t_m}^{t_{\lambda}} \exp\{-M(t - t_r)\} \times W_t \times r_t}{\sum_{t=t_m}^{t_{\lambda}} \exp\{-M(t - t_r)\} \times W_t \times r_t} \quad (12)$$

ただし、 $t_c$ は漁獲開始年齢(2歳)、 $t_m$ :成熟年齢(3歳)、 $t_r$ :加入年齢(1歳)、 $t_{\lambda}$ :8歳(年級分離を行った最高年齢)、 $W_t$ : $t$ 歳魚の体重、 $r_t$ : $t$ 歳魚の成熟割合(3歳0.8、4歳以降は1)、 $F$ :漁獲死亡係数、 $M$ =自然死亡係数とする。

## 結果

### 1 水揚統計調査

#### (1) 年別水揚量の推移

1995年～2020年までの水揚量は、東日本大震災が起きた2011年を除くと30トン～72トンの間で変動していた(図2)。2005年～2010年までは35トン～42トンの平衡状態で推移していたが、2011年は東日本大震災で漁船、魚市場が震災し、水揚量が大幅に減少した。その後、漁船の復旧とともに増加し、2015年には過去最高であった2000年に並ぶ72トンまで増加した後、2017年にかけて急激に減少し、以降漸減傾向となり、2020年には震災年の2011年を除くと、過去最低の30トンまで減少した。なお、水揚げのほとんどは刺網によるものである。

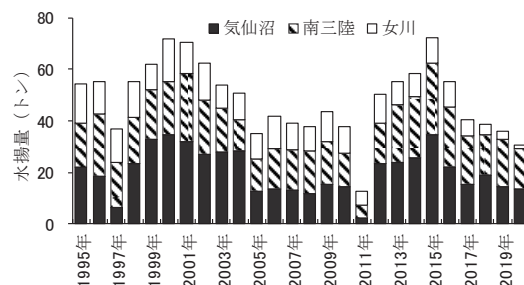


図2 牡鹿半島以北海域におけるマコガレイの水揚量

#### (2) 刺網のCPUEの推移

図3に刺網のCPUEの推移を示した。東日本大震災前の1995年～2010年にかけては、6.5～8.1kg/隻で推移しており、変動は少なかったが、東日本大震災が発生した2011年には11.1kg/隻に上昇した。以後2016年まで10.2～12.5kg/隻で推移した後、2017年～2018年は8.0～8.2kg/隻、2019年は7.5g/隻、2020年は6.9g/隻となり、低下傾向になっていた。

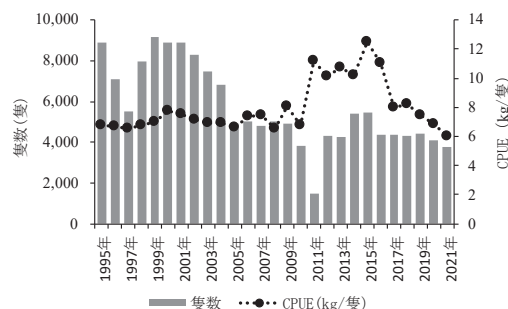


図3 牡鹿半島以北海域3魚市場における刺網による水揚げのCPUEの推移

## 2 魚市場全長測定調査

図4に2013年～2020年までの水揚全長組成を示した。期間中、モードは25cm～32cmの間にあった。20cm以下の個体はほとんど出現しなかった。25cm以下の割合は2013年～2019年までは2015年の5.5%を除き、10%～24%台であったが、2020年は3.0%、2021年(11月まで)は2.7%まで低下した。

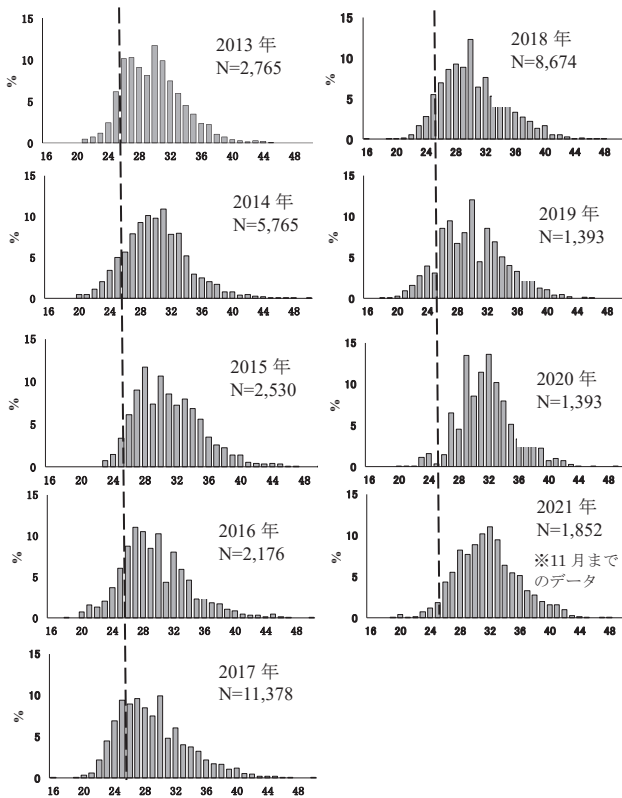


図4 魚市場全長測定調査  
※ 点線は25cmを示す

## 3 資源特性値の推定

### (1) 耳石輪紋の形成時期

不透明帯の出現は3月から見られ、出現割合は6月には77%、7月には78%となり、8月には27%、9月には0%となった(図5)。6～8月にかけて耳石外縁部が透明体であった個体は、不透明帯の形成が終了し、透明体が形成されてから間もない個体であった。このことから不透明帯は春～夏にかけて年1回形成されるものと考えられ、後述する年齢査定基準とした。

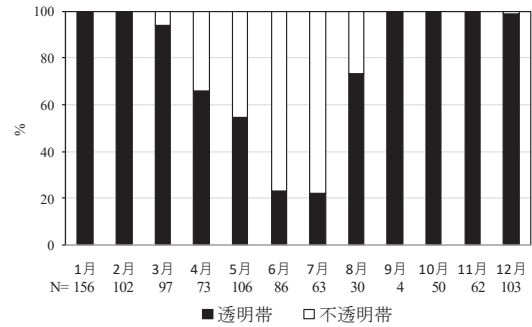


図5 耳石外縁部の不透明帯, 透明帯の出現割合

### (2) 生殖腺指数の推移

図6に雌雄別、月別の生殖腺指数を示した。雄は10月から上昇し、12月に9.2%、翌年1月に9.1%となり、2月に3.7%と低下した。成熟個体は1月～6月にかけて見られた。雌も雄同様に10月から上昇傾向となり、12月に11.7%、翌年1月に18.2%と最高値となり、2月に6.6%と低下した。成熟個体は1月～6月にかけて見られた。産卵の最盛期は成熟個体の出現状況から判断した結果、2月～3月と考えられた。

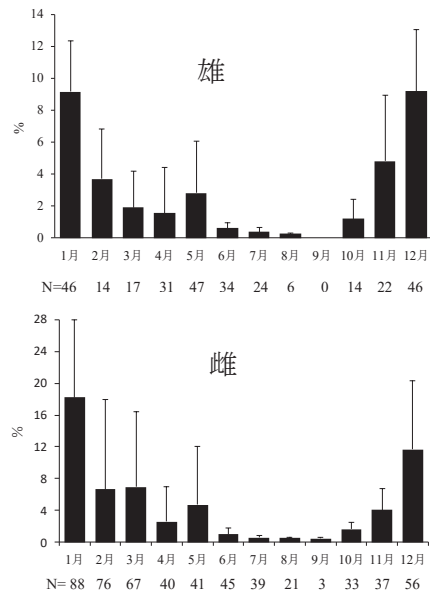


図6 生殖腺指数の推移  
(誤差線は標準偏差)

### (3) 成長式の推定

生殖腺指数の推移と成熟の状況から年齢の起算月を2月として年齢査定を行った。年齢は満年齢に年齢起算月からの経過月数を12で除したものを加えて表した(例えば、8月に観察された2歳魚は2.5歳となる)。



表 1-2 牡鹿半島以北海域におけるマコガレイの雌雄別 ALK (8月～翌年1月)

雌/全長(cm)	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳+
11.0-15.0	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15.1-20.0	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20.1-25.0	0.000	0.211	0.158	0.158	0.000	0.013	0.013	0.000	0.000
25.1-30.0	0.000	0.030	0.089	0.094	0.034	0.039	0.030	0.020	0.005
30.1-35.0	0.000	0.000	0.054	0.047	0.122	0.020	0.000	0.000	0.000
35.1-40.0	0.000	0.000	0.021	0.000	0.021	0.043	0.000	0.000	0.000
40.1-45.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
45.1-50.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表 2 牡鹿半島以北海域におけるマコガレイ雌雄別 年別年齢別漁獲尾数

雌/年齢	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
1歳	0	391	0	3,377	243	43	198	24
2歳	2,942	1,102	5,490	7,246	3,381	1,226	1,405	407
3歳	12,882	10,059	18,467	18,415	11,076	6,559	7,310	3,640
4歳	15,828	14,961	21,824	19,917	11,952	8,302	9,219	5,460
5歳	16,979	17,875	22,605	17,907	11,792	9,793	10,867	8,361
6歳	8,364	9,609	10,046	6,895	4,592	4,520	4,967	3,998
7歳	2,925	3,365	3,533	2,721	1,713	1,464	1,564	1,162
8歳	2,699	2,806	3,236	2,220	1,417	1,382	1,498	1,281
9歳+	1,224	1,384	1,479	997	627	630	700	540
合計	63,843	61,553	86,679	79,694	46,792	33,918	37,727	24,873

表 3 牡鹿半島以北海域におけるマコガレイ雌雄別 年別年齢別漁獲死亡係数

雌/年齢	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
1歳	0.000	0.003	0.000	0.044	0.005	0.001	0.018	0.008
2歳	0.027	0.011	0.064	0.101	0.058	0.031	0.058	0.049
3歳	0.150	0.125	0.258	0.324	0.227	0.158	0.266	0.217
4歳	0.278	0.270	0.452	0.508	0.374	0.274	0.360	0.336
5歳	0.539	0.605	0.886	0.890	0.678	0.627	0.730	0.678
6歳	0.557	0.708	0.884	0.789	0.620	0.629	0.810	0.686
7歳	0.416	0.472	0.645	0.659	0.469	0.421	0.478	0.456
8歳	0.877	0.973	1.305	1.252	0.942	0.932	1.113	0.996
9歳+	0.877	0.973	1.305	1.252	0.942	0.932	1.113	0.996

表 4 牡鹿半島以北海域におけるマコガレイ雌雄別 年別年齢別資源尾数

雌/年齢	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
1歳	144,861	125,610	106,459	87,742	57,316	34,982	12,179	3,275
2歳	123,284	115,411	99,725	84,816	66,890	45,447	27,832	9,527
3歳	103,367	95,595	90,965	74,551	61,106	50,274	35,114	20,920
4歳	73,088	70,855	67,182	55,989	42,958	38,797	34,199	21,451
5歳	45,661	44,101	43,097	34,044	26,829	23,557	23,500	19,018
6歳	21,938	21,223	19,180	14,158	11,140	10,849	10,027	9,022
7歳	9,621	10,012	8,331	6,315	5,125	4,777	4,609	3,555
8歳	5,176	5,055	4,973	3,484	2,602	2,555	2,499	2,276
9歳+	2,347	2,493	2,273	1,565	1,151	1,165	1,167	959
合計	529,343	490,355	442,186	362,664	275,117	212,403	151,127	90,004

表 5 牡鹿半島以北海域におけるマコガレイ雌雄別 年別年齢別資源量

雌/年齢	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
1歳	9.2	8.0	6.8	5.6	3.7	2.2	0.8	0.2
2歳	17.5	16.4	14.1	12.0	9.5	6.4	3.9	1.3
3歳	21.8	20.2	19.2	15.8	12.9	10.6	7.4	4.4
4歳	19.3	18.7	17.7	14.8	11.3	10.2	9.0	5.7
5歳	13.7	13.2	12.9	10.2	8.0	7.0	7.0	5.7
6歳	7.1	6.8	6.2	4.6	3.6	3.5	3.2	2.9
7歳	3.2	3.4	2.8	2.1	1.7	1.6	1.6	1.2
8歳	1.8	1.8	1.7	1.2	0.9	0.9	0.9	0.8
9歳+	0.8	0.9	0.8	0.6	0.4	0.4	0.4	0.3
合計	94	89	82	67	52	43	34	23

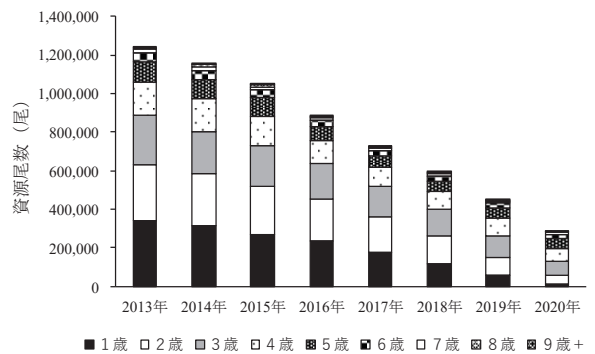


図 10 牡鹿半島以北海域におけるマコガレイの資源尾数の推移 (雌雄合計値)

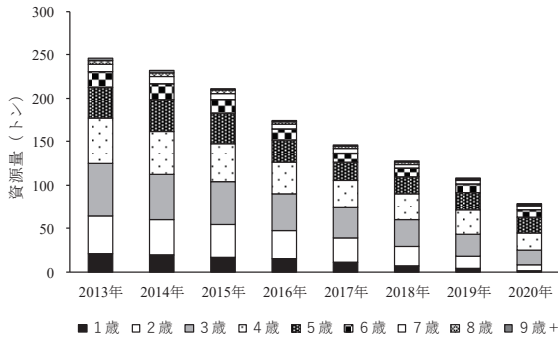


図 11 牡鹿半島以北海域におけるマコガレイの資源量の推移（雌雄合計値）

(2) 加入量当たり漁獲量（YPR）による資源診断

2012年級の雄、雌の漁獲死亡係数(F)はそれぞれ、0.395、0.560となった。図12-1、図12-2に等漁獲量曲線図を示した。雄はYPR最高値212gに対して、現状点は172gとなった。漁獲開始年齢を引き上げてもYPR値は高くなり、漁獲強度を強めればさらに高くなると診断された。雌はYPR最高値262gに対して、現状点は240gとなった。雄同様に漁獲開始年齢を引き上げてもYPR値は高くなり、現状の漁獲開始サイズは適切であり、値は最高値の92%に達していたことから、漁獲開始年齢及び漁獲強度とも最適であると診断された。実際の漁業では雄、雌を区別して漁獲していないことから、現在の漁獲開始年齢、漁獲強度はYPRによる診断ではほぼ適切であると診断された。

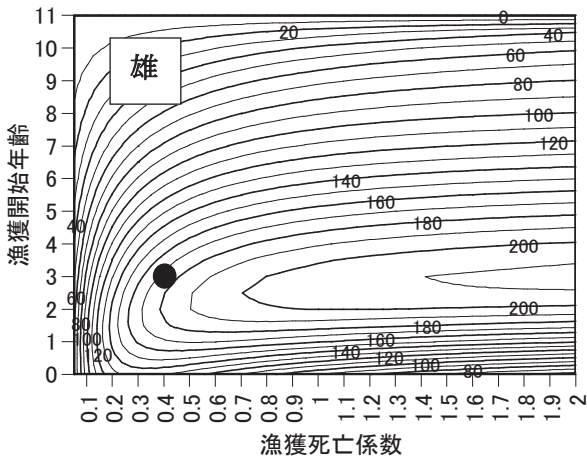


図 12-1 宮城県北部海域におけるマコガレイの等漁獲量曲線図（●は現状点）

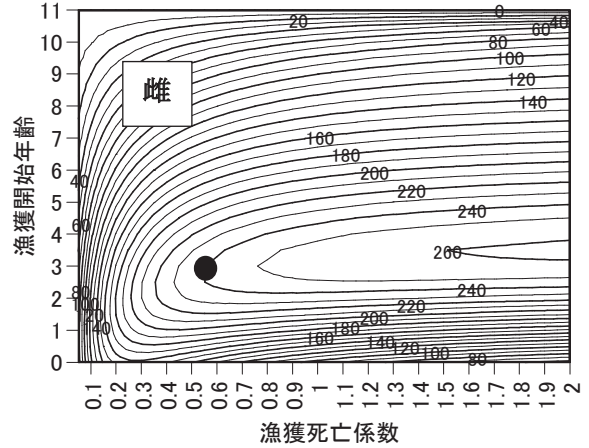


図 12-2 宮城県北部海域におけるマコガレイの等漁獲量曲線図（●は現状点）

(3) 加入量当たり産卵資源量（SPR）による資源診断

表6に%SPRによる診断結果を示した。2012年級については、43.4%SPRと計算され、2013年～2019年までの平均した漁獲死亡係数では44.8%SPRとなった。確保すべきSPRの基準は、30%～40%SPRとされており<sup>12)</sup>、この基準においては加入乱獲ではなく、産卵親魚量は確保されていると診断された。

表 6 牡鹿半島以北海域におけるマコガレイの%SPR

	年齢	F	M	S	尾数	成熟率	体重 (g)	産卵量 (g)	%SPR
2012年級	1歳	0.000	0.227	0.797	1	0	72	0	
	2歳	0.007	0.227	0.791	0.797	0	158	0	
	3歳	0.401	0.227	0.533	0.631	0.8	249	125	
	4歳	0.453	0.227	0.507	0.356	1	329	111	
	5歳	0.611	0.227	0.432	0.170	1	394	67	43.4
	6歳	0.717	0.227	0.389	0.074	1	444	33	
	7歳	0.545	0.227	0.462	0.029	1	481	14	
	8歳	0.689	0.227	0.400	0.013	1	509	7	
	合計							356	
平均のF	1歳	0.005	0.227	0.793	1	0	72	0	
	2歳	0.054	0.227	0.755	0.793	0	158	0	
	3歳	0.291	0.227	0.595	0.598	0.8	249	119	
	4歳	0.367	0.227	0.552	0.356	1	329	117	
	5歳	0.733	0.227	0.383	0.197	1	394	77	44.8
	6歳	0.772	0.227	0.368	0.075	1	444	33	
	7歳	0.477	0.227	0.495	0.028	1	481	13	
	8歳	0.693	0.227	0.398	0.014	1	509	7	
	合計							367	
漁獲なしの場合	1歳	0	0.227	0.797	1.000	0	72	0	
	2歳	0	0.227	0.797	0.797	0	158	0	
	3歳	0	0.227	0.797	0.635	0.8	249	126	
	4歳	0	0.227	0.797	0.506	1	329	166	
	5歳	0	0.227	0.797	0.403	1	394	159	100
	6歳	0	0.227	0.797	0.321	1	444	142	
	7歳	0	0.227	0.797	0.256	1	481	123	
	8歳	0	0.227	0.797	0.204	1	509	104	
	合計							820	

F:漁獲死亡係数, M:自然死亡係数, S:生残率

考 察

1 牡鹿半島以北海域のマコガレイの資源生態について

佐伯等<sup>5)</sup>は、青森県～茨城県までの太平洋沿岸で漁獲されたマコガレイの成長式の内、牡鹿半島以北海域のマコガレイの成長式が牡鹿半島以南海域よりも岩手県海域で漁獲されたものに近く、牡鹿半島以南海域で漁獲されたマコガレイは福島県で漁獲されたものに近いことを報告している。また、成熟時期については、牡鹿半島以北海域では、1月中旬～3月中旬にかけて成熟個体が見られ、個体間によって産卵時期に違いが見られるのに対し、牡鹿半島以南海域では12月下旬～翌年1月中旬にかけて集中した産卵時期があることを報告している。また、牡鹿半島を挟んだ南北の遺伝的な差については、マコガレイのアイソザイム分析を行った結果、遺伝子頻度の異なる分集団が存在するものの、それぞれの遺伝的分化は小さく、遺伝的類縁関係が採集海域間の地理的關係を反映していなかったことから、牡鹿半島南北で見られた成長と産卵時期の差は生育環境によるものが大きいと推定している。本研究においても、牡鹿半島以北海域のマコガレイの成長式は2020年度資源評価報告書<sup>4)</sup>による牡鹿半島以南海域のマコガレイよりも同報告書において岩手県が報告しているマコガレイの成長式に近かった。本研究における牡鹿半島以北海域のマコガレイの産卵時期は、1～6月にわたっていたが、最盛期は2～3月と考えられ、岩手県のマコガレイの産卵最盛期である2月と重なっていた<sup>4)</sup>。水揚げ個体の年齢については、牡鹿半島以南海域では、6歳以上を超える個体は少なく、プラスグループは6歳以上としているが<sup>2-4)14)</sup>、牡鹿半島以北海域では、雌雄とも6歳から8歳の水揚げ個体も多く、6歳以上をプラスグループにまとめることはできなかった。このことから、資源尾数、資源量の算出や資源管理を行うに当たっては、遺伝的な差ではなく、資源特性値の違いから牡鹿半島以北海域のマコガレイと牡鹿半島以南のマコガレイを別々に扱う必要があると考えられた。

## 2 資源動向

刺網のCPUEは2011年に発生した東日本大震災以降、2016年にかけて震災前の水準を上回っていたが、2017年以降は減少傾向になった。魚市場調査とVPAによる資源尾数の算出から卓越年級とみられる年級群は発生しておらず、CPUEの2011年～2016年にかけての上昇はマコガレイでも報告されているように<sup>15)</sup>、震災によって漁

獲努力量の減少した効果と考えられる。2017年以降のCPUEの減少要因はVPAによる資源尾数の推定によれば、2013年以降、1歳魚の漁獲加入が年々減少傾向にあり、それらが漁獲の主体となる3歳～5歳時の資源尾数も年々減少しているためと考えられる。

## 3 資源診断及び加入減少要因について

YPRによる診断では、漁獲死亡係数、漁獲開始年齢とも雌雄ともほぼ最適と判断され、魚市場調査の結果からも小型魚の乱獲は起きていなかった。SPRの診断では、松宮<sup>12)</sup>が推奨している30～40%SPRを超える水準を満たしており、親魚を過剰に漁獲する加入乱獲の状態でもないと判断された。

牡鹿半島以南海域では、鈴木等<sup>3)</sup>が東日本大震災後2012年から2017年までの牡鹿半島以南海域のマコガレイの資源状況について、34%SPRが達成され、産卵量は十分確保されていることを報告している。しかしながら、2020年資源評価報告書<sup>4)</sup>によると、この後、牡鹿半島以南海域の水揚量は急激に減少し、2015年の367トンから2020年には2015年の半分以下の151トンとなった。同報告書では、2017年以降、牡鹿半島以南海域においても1歳魚が減少していることが示されており、牡鹿半島以北海域と同様に漁獲加入の減少が起きていると考えられる。図13に宮城県水産情報システムによって検索した、牡鹿半島以北海域のマコガレイの水揚量と牡鹿半島以南海域のマコガレイの水揚量を標準化（各年の水揚量の平均値からの偏差/標準偏差）した水揚量の推移を示した。1995年～2004年までは変動傾向に違いがみられるが、2005年～2010年までの変動傾向はほぼ一致している。震災年の2011年以降は、漁船の復旧状況による差が原因と思われる水揚量の差は見られるが、震災年の2011年～2015年までの増加傾向、2016年～2020年までの減少傾向はほぼ一致している。2020年には震災年の2011年を除き、牡鹿半島北部海域は過去最低の水揚量となり、牡鹿半島以南海域は2005年に次ぐ、過去2番目に低い水揚量まで低下した。

牡鹿半島以北海域のマコガレイ、牡鹿半島以南海域のマコガレイはいずれも東日本大震災後に漁獲努力量の減少により資源量が増大したものの、増えた資源から産出された卵の漁獲加入に対する貢献は少なく、水揚量が減少したことをうかがわせる。小型卵を産む魚



類の初期生残率は極めて低く、海洋環境変動の影響を受けやすい<sup>16)</sup>。海洋環境には、仔魚～成魚までの生息分布域の物理的環境、被食生物を含めた他の水生生物と関係、餌生物の種類や分布量、浮遊期仔魚の輸送機構等が考えられる。マコガレイの減少に何が影響しているのかは不明であるが、宮城県周辺海域では、地球温暖化が原因と考えられる海水温の上昇がみられており<sup>17-19)</sup>、これまであまり漁獲されてなかった、暖水性魚種のタチウオやサワラ、アカムツ、ガザミ等<sup>19-20)</sup>の魚種が増加し、さば類やいわし類の定置網による漁獲期間の長期化、周年化<sup>18-19)</sup>がみられる他、冷水性魚種のイカナゴの不漁<sup>19)</sup>が問題となっており、海水温上昇による海洋環境の変化が関係していると推察されている。今後、マコガレイのより有効な資源管理を検討するためには、海洋環境の変化と資源変動の関係の解明が必要である。

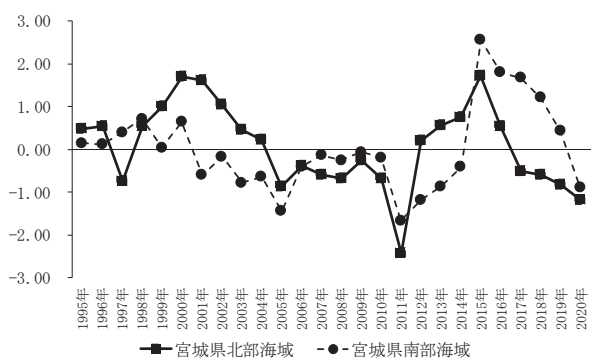


図 13 標準化した牡鹿半島以北海域及び牡鹿半島以南海域におけるマコガレイの水揚量の推移

#### 4 今後の資源管理について

マコガレイの漁獲加入尾数が減っている要因についての詳しいメカニズムは明らかではないが、資源回復のためにできる対策を講じていく必要がある。

宮城県では、2008年に「宮城県マコガレイ資源回復計画」を作成し<sup>14)</sup>、牡鹿半島以北海域、牡鹿半島以南海域のそれぞれで海域特性や漁業種類に応じた、資源回復の取り組みが行われてきた。牡鹿半島以北海域の気仙沼市～南三陸町沿岸では、漁業者の自主的な資源管理の取り組みとして、全長20cm未満再放流、刺網目合3.5寸以上の使用、産卵最盛期の2月に1週間の刺網の網揚げが行われてきた。この他、牡鹿半島以北海域に面する石巻市、女川町沿岸では刺網の目合を3.8寸以上

とする取り組みが行われてきた<sup>14)</sup>。本報告の調査期間中、気仙沼及び南三陸魚市場の全長測定調査から20cm未満のマコガレイはほとんど水揚げされておらず、東日本大震災後も取り組みは遵守されていた。女川魚市場については全長測定調査を行っていないが、使用している刺網の目合から20cm未満の水揚げ個体は少ないものと思われる。一方で、気仙沼市～南三陸町では、東日本大震災前に全長規制、刺網の目合制限と併せて行われてきた、2月の刺網1週間の網揚げは東日本大震災後に行われていない。今後、資源を増やし水揚量を増やしていくためには、産卵期の休漁措置を再開するとともに、産卵期の休漁期間や休漁に取り組む海域を女川町や石巻市沿岸にも拡大し、親魚量を確保していく必要があるだろう。

マコガレイの資源量の減少については、牡鹿半島以北海域と資源特性値が近く、同じく刺網主体とする岩手県でも2014年から減少していることが報告されており<sup>4)</sup>、岩手県三陸沖から宮城県牡鹿半島以南海域にかけて共通した資源減少要因が存在する可能性がある。このため、資源管理の単位として、隣接する岩手県海域も含めて検討することも必要と考えられる。

## 要 約

- 1) 2013年～2020年に行われた、宮城県牡鹿半島以北海域の魚市場全長測定と精密測定により、マコガレイの資源特性値を推定するとともに、Age-Length-Keyを作成した。
- 2) 推定された資源特性値とAge-Length-Keyを用い、年齢別漁獲尾数を算出し、資源尾数、資源量を推定した。
- 3) 2020年の資源尾数と資源量は、それぞれ2013年の23%、33%となった。
- 4) YPR（加入量当たり漁獲量）の診断では、漁獲開始年齢、漁獲圧はほぼ適正な状態と判断された。
- 5) SPR（加入量当たり産卵資源量）の診断では、40% SPRを達成しており、漁獲圧が強い状況ではないと診断された。
- 6) 資源尾数、資源量が減少している要因は、漁獲加入

が減少していることによるものと考えられた。漁獲加入が減少している要因には海洋環境の影響が考えられるが、今後、詳しいメカニズムを明らかにしていく必要がある。

7) 資源回復のためには、できる対策を講じていくことが必要である。このため、減少している漁獲加入尾数を増やすため、産卵期の休漁措置の期間の拡大等、産卵親魚量を増やすため措置が必要である。

8) 資源管理の単位として、資源特性値が近く、漁業の形態も似ている岩手県を含めて検討することも必要である。

## 謝 辞

本研究は、「宮城県資源管理・漁場改善推進協議会」から受託し実施した。記して謝意を表します

## 参考文献

- 1) 坂本一男 (1984) マコガレイ. 益田一尼・岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫編, 日本産魚類大図鑑《解説》, 東京, 東海大学出版会, 338.
- 2) 佐伯光広・富川なす美・永島宏・児玉純一 (2005) 仙台湾におけるマコガレイの資源尾数の推定と資源管理. 宮城県水産研究報告, **5**, 1-11.
- 3) 鈴木貢治・矢倉浅黄 (2018) 仙台湾における東日本大震災後のマコガレイの資源状況について. 宮城県水産研究報告, **18**, 39-45.
- 4) 水産庁ホームページ, 令和2 (2020) 年度資源評価調査報告書. <http://abchan.fra.go.jp/digests2020/index.html> (2021.11.22)
- 5) 佐伯光広・菊地喜彦 (2000) 宮城県沿岸域における異なる海域間で漁獲されたマコガレイの成長, 産卵期及び遺伝的差異について. 宮城県水産研究開発センター研究報告, **16**, 61-70.
- 6) 五利江重昭 (2001) MS-Excelを用いた成長式のパラメータ推定. 水産増殖, **49** (4), 519-527.
- 7) 赤嶺達郎 (2004) 魚類の成長式における検定とモデル選択. 水産海洋研究, **68** (1), 44-51.
- 8) 平松一彦 (2001) 平成12年度資源評価体制確立推進事業報告書. 社団法人日本水産資源保護協会, 104-128.
- 9) Pope JG (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis, *Int. Comn. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.* **9**, 65-74.
- 10) 田中昌一 (1960) 水産生物のPopulation Dynamicsと漁業資源管理. 東海区水産研究所研究報告, **28**, 1-200.
- 11) 能勢幸雄・石井丈夫・清水誠 (1988) 水産資源学. 東京大学出版会, 86-112.
- 12) 松宮義晴 (1996) 水産資源概論. 社団法人日本水産資源保護協会水産研究叢書, **46**, 57-75.
- 13) 高橋清孝・尾形政美・雁部総明・佐伯光広 (2006) 仙台湾におけるマコガレイ親魚保護による資源管理. 宮城県水産研究報告, **6**, 21-26.
- 14) 水産庁ホームページ, 宮城県マコガレイ資源回復計画, [https://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s\\_keikaku/pdf/miyagi\\_makogarei.pdf](https://www.jfa.maff.go.jp/j/suisin/s_keikaku/pdf/miyagi_makogarei.pdf) (2021.12.15)
- 15) 岡村悠梨子・鈴木貢治 (2020) 仙台湾におけるマコガレイの資源量推定. 宮城県水産研究開発センター研究報告, **20**, 1-7.
- 16) 谷津明彦 (2010) 繁殖特性を考慮した水産資源管理. 水産海洋研究, **74** (特集号), 90-93.
- 17) 気象庁ホームページ, 海の健康診断, [https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a\\_1/japan\\_warm/japan\\_warm.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html) (2022.1.6)
- 18) 佐伯光広・稲田真一・小野寺毅・永木利幸 (2016) 宮城県沿岸における海水温の長期トレンド. 宮城県水産研究報告, **16**, 1-9.
- 19) 佐伯光広・稲田真一・小野寺毅・小野寺恵一 (2017) 長期的な気象・海況変化に伴う仙台湾のイカナゴの資源状況. 宮城県水産研究報告, **17**, 17-27.
- 20) 矢倉浅黄 (2021) 仙台湾におけるガザミの漁獲と生態について. 宮城県水産研究報告, **21**, 9-14.