

## 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

佐伯光広\*<sup>1</sup>・富川なす美\*<sup>2</sup>・永島宏\*<sup>3</sup>・児玉純一\*<sup>4</sup>

Estimation of stock number of marbled sole, *Pleuronectes yokohamae* (Günther)  
and Stock management in the Sendai Bay

Mitsuhiro SAEKI, Nasumi TOMIKAWA, Hiroshi NAGASHIMA, Junichi KODAMA

マコガレイは宮城県で漁獲されるカレイ類の中で最も水揚げ量、金額が多い重要魚種である。本種は宮城県沿岸水深50m以浅の砂泥域に多く分布する。宮城県の海岸線は牡鹿半島を境に様相が異なり、北は海岸線が入りくむ急深なりアス式海岸、南部は砂浜域が広がる遠浅な湾となっている。このため、本種の水揚げは牡鹿半島以南の仙台湾における水揚げが8割以上を占めている。宮城県牡鹿半島以北と牡鹿半島以南のマコガレイの成長及び産卵時期については差がみられることが報告されている。この違いは遺伝的に分化した集団の存在によるものではなく、生育環境によるものが大きいと考えられているが<sup>1)</sup>、本稿では成長、成熟時期の資源特性値の違いから別系統群として分け、漁業資源として重要な牡鹿半島以南の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について考察した結果を報告する。

なお、この研究は資源管理型漁業総合対策事業、複合的資源管理型漁業推進対策事業の一環で行ったものである。

### 材料及び方法

#### 1 水揚げ統計調査

図1に示す仙台湾に面している6産地魚市場（石巻市水産物地方卸売市場（以下、石巻魚市場）、牡鹿町水産物地方卸売市場（以下、牡鹿魚市場）、地方卸売市場塩竈市魚市場（以下、塩竈魚市場）、地方卸売市場七ヶ浜漁業協同組合花渚浜魚市場（以下、花渚浜魚市場）、閑上地方卸売市場（以下、閑上魚市場）、地方卸売市場亘理町漁業協同組合魚市場（以下、亘理魚市場））の1996～2001年の水揚げ量を宮城県総合水産情報システムにより集計した。石

巻魚市場についてはマコガレイとマガレイが区別されていないため、魚市場調査によって混獲比を調べ、マコガレイの水揚げ量を推定した。

また、マコガレイの水揚げ量と単価の季節的な変動をみるため、マコガレイ漁獲量のほとんどを占める小型底曳網と刺網の月別水揚げ量と単価の推移を調べた。

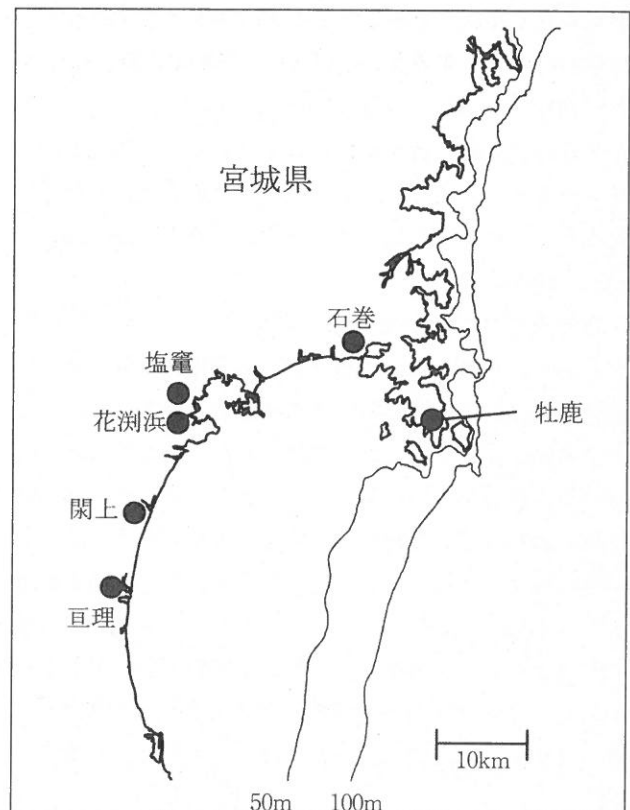


図1 仙台湾に面した魚市場の位置

\*<sup>1</sup>石巻地方振興事務所 \*<sup>2</sup>気仙沼地方振興事務所 \*<sup>3</sup>水産研究開発センター \*<sup>4</sup>栽培漁業センター

## 2 魚市場全長測定調査

1996～2001年にかけて石巻魚市場に水揚げされたマコガレイの全長を測定した。1996年と1997年については花洲浜魚市場、亘理魚市場についても全長測定調査を行った。

## 3 標本船調査

マコガレイの漁獲実態を明らかにするため、1997年4月から1998年3月にかけて、刺網漁船23隻、小型底曳網漁船9隻に操業日誌の記帳を依頼した。調査項目は操業毎の漁獲位置、マコガレイを含めた漁獲物の漁獲量とした。

## 4 資源解析

### (1) 資源尾数の推定

1996年～2001年までの年齢別漁獲尾数を、精密測定個体の耳石による年齢査定の結果から得られた年齢と全長の組成表 (Age-Length-Key) と魚市場調査による全長測定調査及び各魚市場の水揚げ量により推定した。マコガレイの成長は、雄は25cm以降、雌では40cm以降になると成長が顕著に停滞する。このため、正確に年級分離するため Age-Length-Key の作成は毎年行い、1998年以降は明らかに1歳魚と分かる25cm未満の個体は除き25cm以上の個体を中心に年齢査定を行った。年齢の起算日は1月1日とし、季節による成長の違いにより、成長停滞期の1～5月、年間で最も成長する6～7月、再び成長が停滞する8～12月までの3期に分けて Age-Length-Key を作成した。最も測定数の多かった1997年の Age-Length-Key を表1に示した。

石巻魚市場については全ての年について全長組成のデータが得られたが、1998～2001年の花洲浜魚市場、亘理魚市場、1996～2001年の牡鹿魚市場、塩竈魚市場、閑上魚市場については、調査期間にわたり石巻魚市場の水揚げ量が調査対象域の30～40%を占めたことから石巻魚市場の刺網及び底曳網の全長組成のデータを基に年齢別漁獲尾数を算出した。これにより得られた年齢別漁獲尾数から Pope の近似式による後退法のシングルコホート解析により各年、各年齢の漁獲死亡係数と資源尾数を算出した。6歳以上の漁獲尾数は6歳にまとめて処理し、ターミナルFの設定は、以下に示す平松<sup>2)</sup>により決定した。

1) 2001年6歳の漁獲死亡係数 ( $F_{6,2001}$ ) に適当な値を仮定する。

2) 2001年6歳の資源尾数 ( $C_{6,2001}$ ) を次式により算出する。

$$N_{6,2001} = \frac{C_{6,2001} * \exp(1/2M)}{1 - \exp(-F_{6,2001})}$$

3) 2000年5歳の資源尾数 ( $N_{5,2000}$ ) 及び漁獲死亡係数 ( $F_{5,2000}$ ) をそれぞれ次式によって計算する。

$$N_{5,2000} = N_{6,2001} * \exp(M) + C_{5,2000} * \exp(M/2)$$

$$F_{5,2000} = \ln(N_{5,2000}/N_{6,2001}) - M$$

4)  $F_{6,2000} = F_{5,2000}$  とする。

5)  $F_{6,2000}$  を用いて、2) 以下を繰り返し、 $N_{6,2000}$  や  $N_{5,1999}$  を計算する。これを繰り返し、各年の6歳の漁獲死亡係数を計算する。

6) 2001年のコホートについてのFは同じ年齢の過去のFの平均値を仮定し、 $F_{5,2001}$  については、1998年～2000年の3ヶ年の平均値と等しいと仮定して

$$F_{5,2001} = (F_{5,1998} + F_{5,1999} + F_{5,2000}) / 3$$

とする。

7) 6) で求められた  $F_{5,2001} = F_{6,2001}$  として、再び、2) 以下を繰り返し、 $F_{5,2001}$  と  $F_{6,2001}$  が等しくなるまで計算を繰り返す。

8)  $F_{4,2001}$  から  $F_{1,2001}$  までの若齢の部分の漁獲死亡係数をそれぞれ、1998年から2000年の3ヶ年の平均値とする。

(ここで、 $N_{a,y}$ 、 $F_{a,y}$ 、 $C_{a,y}$  はそれぞれ、a歳、y年の資源尾数、漁獲死亡係数、漁獲尾数を示す)

また、自然死亡係数は、雄の寿命を8歳、雌の寿命を12歳として、田中の方法<sup>3)</sup> ( $2.5/\text{寿命}$ ) によって算出した。

### (2) 資源診断

資源診断は加入量あたりの漁獲量 (YPR) および加入量あたり産卵量<sup>4)</sup> (SPR) の2つの方法によって行った。診断に用いた漁獲死亡係数は、前述のコホート解析で求めた1995年級の1歳から6歳までの資源尾数から対数回帰法によって全減少係数 (Z) を算出し、これから田中の方法<sup>3)</sup> により求めた自然死亡係数 (M) を差し引いて求めた。

#### 1) 加入あたり漁獲量 (YPR)

以下の計算により加入1個体あたりの生涯にわたる漁獲量を計算し、等漁獲量曲線による資源診断を行った。

$$\begin{aligned} YPR &= \int_{t_c}^{t_d} N_t F W_t dt / R \\ &= F W_{\infty} \exp\{-M(t_c - t_r)\} \times \sum_{n=0}^3 \Omega_n \exp\{-nK(t_c - t_0)\} \\ &\quad \times \frac{1 - \exp\{-(F+M+nK)(t_d - t_c)\}}{F+M+nK} \end{aligned}$$

(ここで、 $N_t$ : 時間tの資源尾数、F: 漁獲死亡係数、 $W_t$ : 時間tの個体の体重、R: 加入尾数、 $W_{\infty}$ : 最大の



結果及び考察

1 水揚げ統計調査

1996年～2001年の水揚げ量は、1996年の311トンを超えて、2001年の194トンに減少した(図2)。漁法別にみると、小型底曳網は1996年は183トンであったが、2001年は63トンに減少した。一

方、刺網では116～168トンの間で推移し、横這い傾向となっていた。

図3-1に刺網の月別の水揚げ量と単価の推移を示した。いずれの年もマコガレイの産卵期に当たる12月から翌年の1月にかけての水揚げ量が20トン以上と極端に多くなっており、次いで6、7月に多く10トン以上の水揚げとなっていた。平均単価は夏期に高い傾向にあり、7～

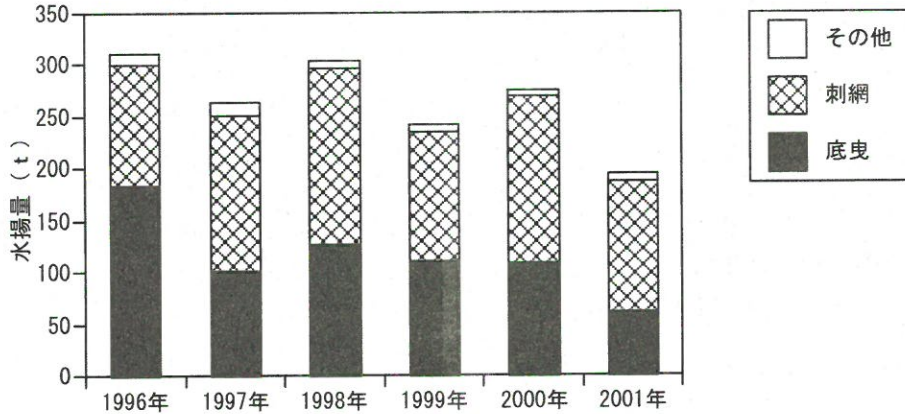


図2 仙台湾におけるマコガレイ水揚げ量の推移

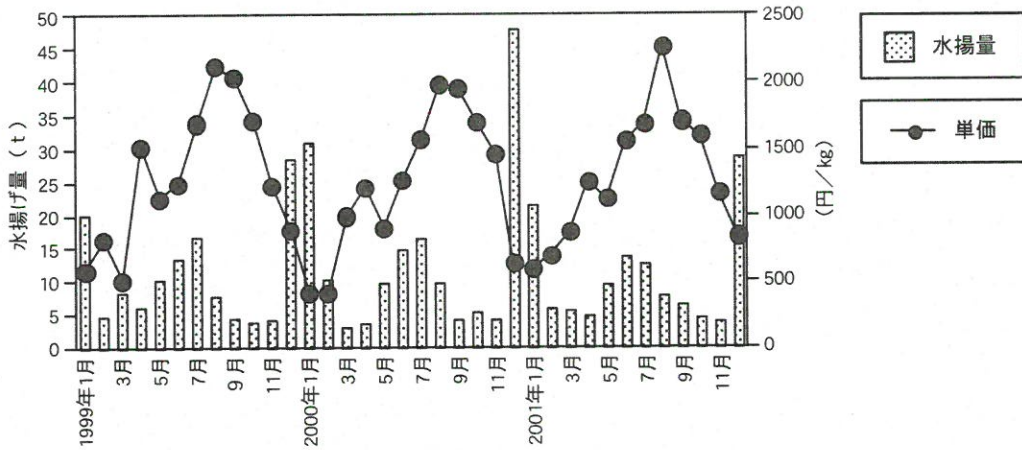


図3-1 刺網の月別水揚げ量と単価の推移

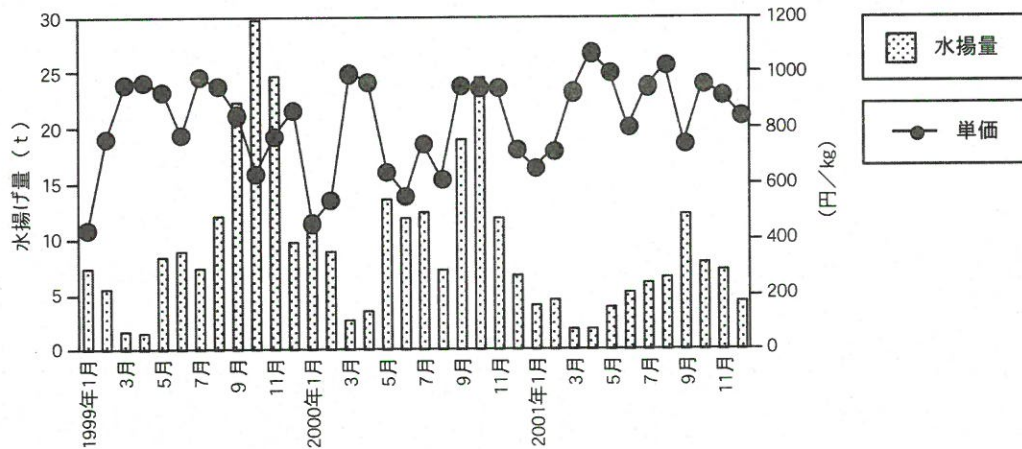


図3-2 小型底曳網の月別水揚げ量と単価の推移

10月は1,500円/kgとなっていたが、産卵期の12月から1月及び産卵後にあたる2～3月にかけていずれの年も1000円/kgと低くなっていた。

図3-2に小型底曳網の月別の水揚量と単価の推移を示した。小型底曳網は、10トン未満の小型底曳網が休漁となるため、3～4月の水揚量がいずれの年も少なく(10～15トン未満の小型底曳網の休漁は7～8月)、1歳魚の漁獲加入が本格化する9～11月にかけての水揚量が多くなっていた。単価は刺網ほど季節的な傾向は無かったが産卵期から産卵後に当たる1月の単価が最も低くなっていた。特に1999年と2000年に500円/kg未満となっていた。

## 2 魚市場全長測定調査

1996～2001年の石巻魚市場における水揚げ魚全長組成の年間推移傾向は同様であり、1996年と1997年の花刈浜魚市場及び亘理魚市場の水揚げ全長組成の傾向は同様であったので、ここでは1997年の調査結果についてのみ図4に示した。石巻魚市場及び花刈浜魚市場の刺網漁業の水揚げ物は、全長20cm未満はわずかであり、ほとんどが20cm以上となっており、全長30cm以上の水揚げも多くなっていた。水揚げ物の年齢組成は2～3歳魚が主体であった。石巻魚市場の小型底曳網による水揚げ物は、20～30cmの個体が主体であったが、漁獲加入した20cm未満の1歳魚の割合が10%以上を占める月もあった。亘理魚市場の小型底曳網による活魚の水揚げ個体は、20～30cm

の個体が主体であったが、鮮魚の水揚げ個体は20cm未満の1歳魚の水揚げ個体が多く、特に5～7月に30%以上となっていた。

## 3 標本船調査

刺網漁業、小型底曳網漁業共に1996年7月から1997年3月までの傾向が翌年の同月の傾向と同様であったので、1997年4月から1998年3月までの結果のみを示した。なお、刺網の調査は県北部の漁業者にも依頼したため、県北部の結果も併せて示してある。

仙台湾の刺網漁業の漁場形成と1反当たりの漁獲量を見ると、5～7月に仙台湾の広い海域で3kg/反程度の漁獲がみられ、9～11月には1kg/反と漁獲は少なくなるが、12～1月の産卵期には3kg/反以上となり、特に12月は5kg/反以上とCPUEが上昇し、産卵場に来遊した親魚を漁獲していることが分かった(図5)。

一方、小型底曳網は、知事許可漁業で操業区域が決まっており、時期別の漁場の中心位置、時期別の漁獲量はあまり変わらなかった。4～9月は水深30～40mで2.5kg/時間未満の漁獲となっていたが、10～3月は2.5kg/時間と漁獲量が多くなり、特に2月に4kg/時間の漁獲となる漁場が水深50～60mに形成された。2月はほとんどの個体が産卵後になっており、魚価の安い時期にもマコガレイが比較的多く漁獲されていることが窺われた(図6)。

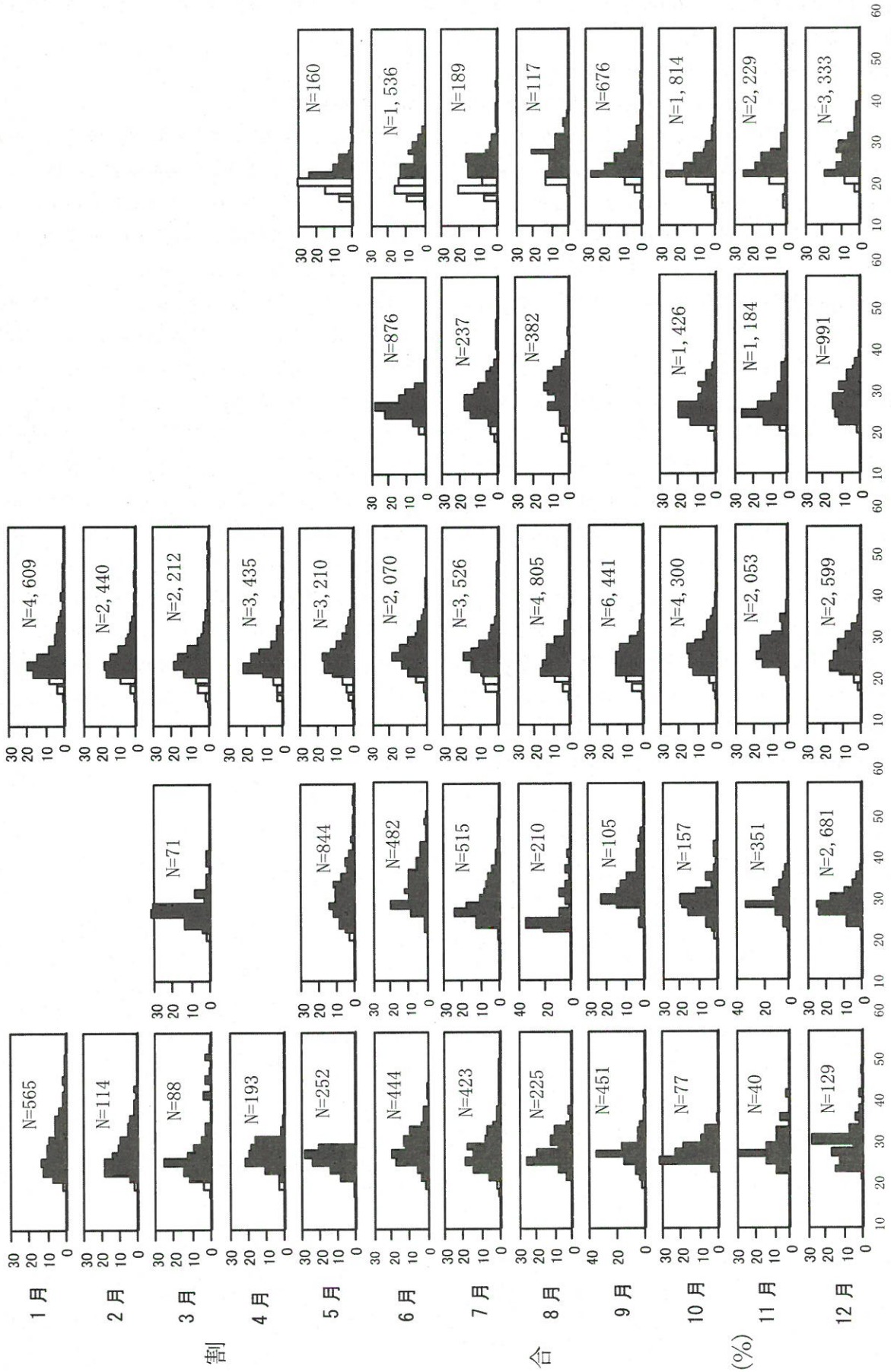


図4 魚市場全長測定調査 (1997年) (単位: cm、白抜きは20cm未満を示す)

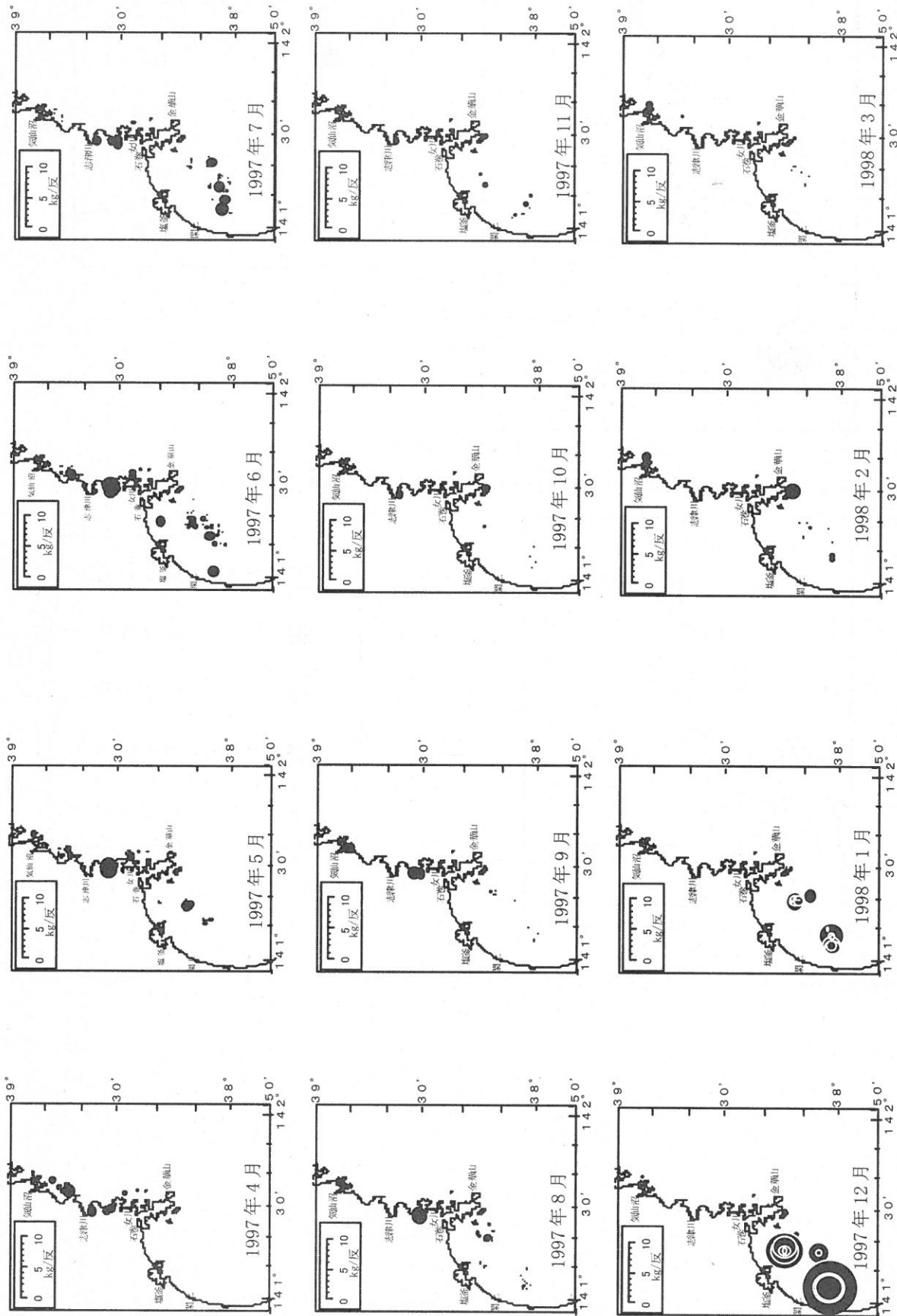


図5 刺網漁業のマコガレイ月別主漁場の位置と1反当たり漁獲量 (1997年4月から1998年3月)

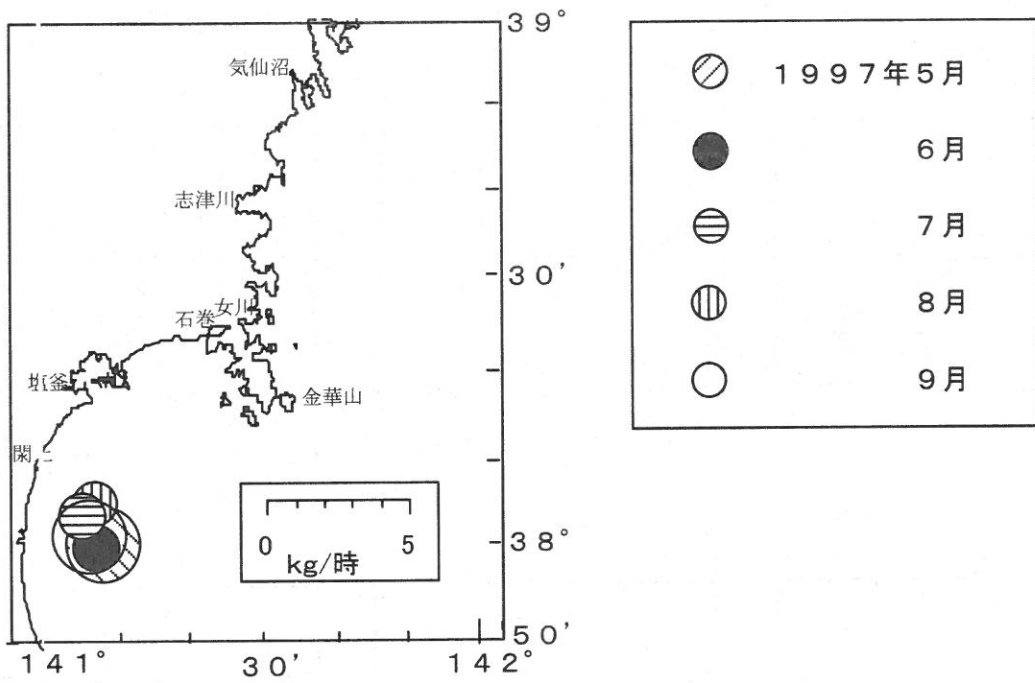


図6-1 小型底曳網漁業のマコガレイ月別主漁場の位置と曳網時間当たり漁獲量（1997年5月～9月）

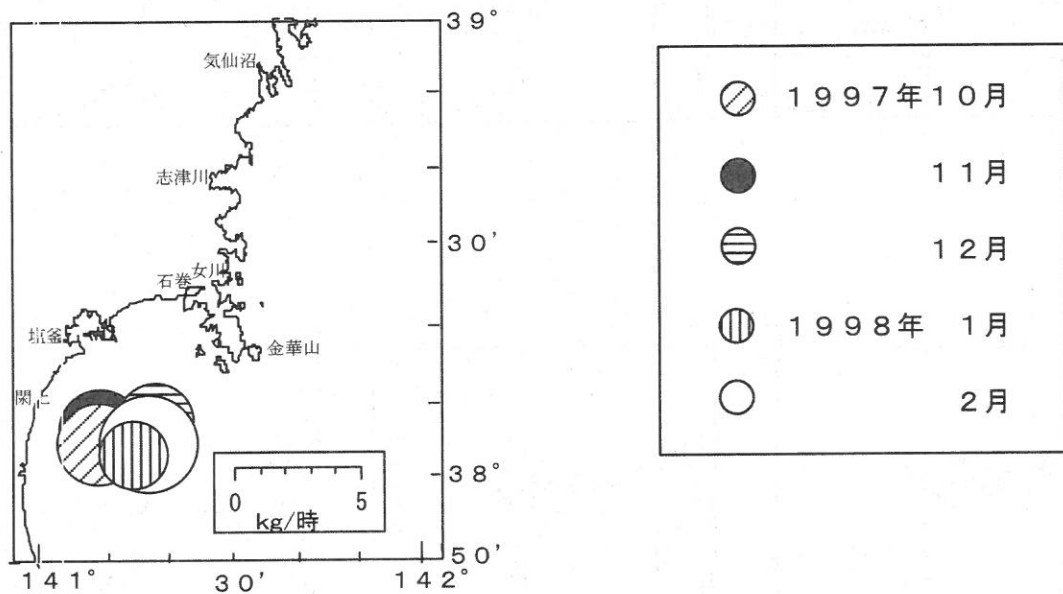


図6-2 小型底曳網漁業のマコガレイ月別主漁場の位置と曳網時間当たり漁獲量（1997年10月～1998年2月）



4 資源解析

(1) 資源尾数の推定

各年の年齢別漁獲尾数を雌雄別にそれぞれ示した(表2-1、表3-1)。また、年齢別漁獲尾数を用い、コホート解析により推定された漁獲死亡係数(表2-2、表3-2)、漁期初めの資源尾数(表2-3、表3-3)を雌雄別にそれぞれ示した。

コホート解析の性質上、最近年及び最高齢の資源尾数

の推定精度は下がるが、雌雄を合計し1歳魚の初期資源尾数の推移をみると、1996年が191万尾と最も多く、1997~1999年は107~140万尾で推移したが、2000年は63万尾、2001年は55万尾に減少した。1歳~6歳までの資源尾数の合計値も1996年が322万尾と最も多く、1997~1999年は240万~273万尾で推移しているが、2000年は173万尾、2001年は130万尾に減少した。

表2-1 年齢別漁獲尾数(雄) (千尾)

	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年
1歳	316.3	96.7	162.4	116.5	69.3	51.5
2歳	284.0	163.6	132.3	193.8	161.5	96.0
3歳	16.2	61.3	57.8	58.7	67.5	40.4
4歳	18.9	6.0	21.7	20.3	20.9	13.0
5歳	12.9	12.3	3.0	4.3	4.3	2.9
6歳	2.2	4.9	2.5	0.6	0.6	0.4
計	650.8	344.0	380.0	394.5	324.4	204.4

表2-2 推定された漁獲死亡係数(雄)

	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年
1歳	0.582	0.240	0.325	0.324	0.043	0.231
2歳	1.117	0.817	0.717	0.985	0.980	0.894
3歳	0.701	0.932	0.943	1.011	1.293	1.083
4歳	0.609	0.734	1.371	1.399	1.604	1.458
5歳	0.881	1.360	1.365	1.626	1.858	1.616
6歳	0.881	1.360	1.365	1.626	1.858	1.616

表2-3 推定された漁期初めの資源尾数(雄) (千尾)

	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年
1歳	838.4	525.1	684.2	492.2	271.2	292.6
2歳	493.6	342.8	302.3	361.6	260.4	190.1
3歳	37.7	118.2	110.8	107.9	98.7	71.5
4歳	48.6	13.6	34.0	31.5	28.7	19.8
5歳	25.8	19.3	4.8	6.3	5.7	4.2
6歳	4.5	7.8	3.6	0.8	0.9	0.6
計	1,448.8	1,027.0	1,139.9	1,000.7	665.8	578.9

表3-1 年齢別漁獲尾数(雌) (千尾)

	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年
1歳	352.4	96.3	195.2	124.5	77.4	57.0
2歳	244.8	232.2	164.1	173.5	154.5	85.7
3歳	37.5	80.8	126.0	124.3	136.6	84.6
4歳	34.6	8.5	27.1	39.8	43.9	29.9
5歳	33.4	10.2	3.7	18.4	21.5	15.9
6歳	13.3	9.1	4.4	1.5	4.0	3.9
計	716.3	437.2	520.7	482.2	438.2	277.3

表3-2 推定された漁獲死亡係数(雌)

	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年
1歳	0.452	0.168	0.317	0.271	0.271	0.286
2歳	0.835	0.623	0.486	0.524	0.646	0.552
3歳	1.059	0.757	0.862	0.878	1.101	0.947
4歳	0.904	0.746	0.631	0.760	0.945	0.779
5歳	0.951	0.759	0.912	1.327	1.418	1.219
6歳	0.951	0.759	0.912	1.327	1.418	1.219

表3-3 推定された漁期初めの資源尾数(雌) (千尾)

	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年
1歳	1,075.9	689.7	798.3	582.3	362.3	254.6
2歳	479.9	556.0	473.1	472.3	360.6	224.4
3歳	63.8	169.1	242.2	236.2	227.1	153.5
4歳	64.6	17.9	64.4	83.0	79.7	61.3
5歳	60.5	21.2	6.9	27.8	31.5	25.1
6歳	24.1	19.0	8.0	2.2	5.9	6.2
計	1,769.1	1,473.1	1,593.2	1,404.1	1,067.5	725.3

(2) 資源診断

1) 漁獲死亡係数の推定

1995年級の1歳から6歳までの資源尾数の推移から、資源尾数と年齢の関係は、雄： $\ln(N) = 15.1 - 1.237t$  ( $R^2 = 0.985$ )、雌： $\ln(N) = 14.9 - 0.896t$  ( $R^2 = 0.992$ ) (ここで、 $N$ ：尾数、 $t$ ：年齢)と表され、雄の全減少係数 ( $Z$ ) は1.237、雌の全減少係数 ( $Z$ ) は0.896となった。田中の方法<sup>3)</sup>により求めた自然死亡係数 ( $M$ ) は雄が0.313、雌0.208と計算され、漁獲死亡係数 ( $F - M$ ) は雄が0.924、雌が0.688となった。

2) 加入量あたり漁獲量 (YPR) による資源診断

資源診断に用いた資源特性値を表4に示した。これらの値によって得られた結果を図7の等漁獲量曲線に示した。雄では、加入量あたり漁獲量の最大が174gに対し、現状は141gとなり、漁獲開始年齢を上げ、漁獲強度を強めれば漁獲量が増加することが示された。一方、雌では最大が417gに対し、現状は261gとなり、雌においても漁獲開始年齢を上げ、漁獲強度を強めれば漁獲量が増加することが示され、特に漁獲開始年齢を4歳前後に引き上げることが有効と診断された。

表4 マコガレイの資源特性値

性別	雄	雌
成長式 <sup>1)</sup>	$TL = 34.1 [1 - \exp\{-0.612(t - 0.144)\}]$	$TL = 48.4 [1 - \exp\{-0.368(t - 0.046)\}]$
全長 (TL:cm) と年齢 (t) の関係		
全長 (TL:cm) ・体重 (W:g) 関係式	$W = 0.013TL^3$ ( $W_{\infty} = 515g$ )	$W = 0.013TL^3$ ( $W_{\infty} = 1,474g$ )
加入年齢 (歳)	1.5	1.5
寿命 (歳) 及び成熟の最高年齢	8	12
全減少係数 (Z)	1.237	0.896
自然死亡係数 (M)	0.313	0.208
漁獲死亡係数 (F)	0.924	0.688

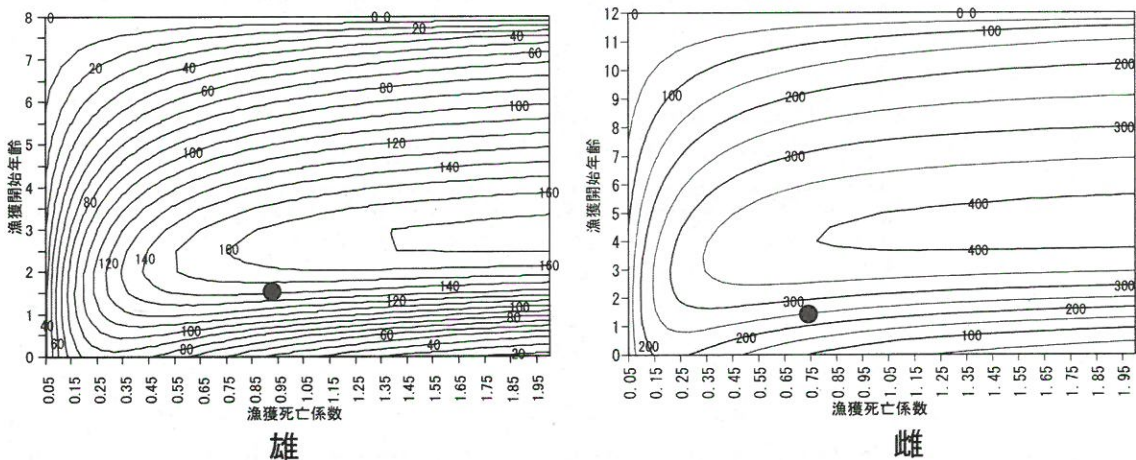


図7 等漁獲量曲線図 (単位：g、●は現状点)

3) 加入量あたりの産卵量 (SPR) による資源診断

図8に等産卵量曲線を示した。マコガレイ雌の漁獲死亡係数は0.688(年間の生残率40.8%)となったので、現状では漁業が行われていない時の10.2%の産卵量しか確保されていないと算出された。加入量あたりの産卵量の基準としては、漁業が行われていない時の産卵量を100%とした場合の20~40%の産卵量(20%SPR~40%SPR)を残すことが推奨されており<sup>4)</sup>、現状は加入乱獲の状態と考えられた。30%SPRの実現のためには現在の漁獲開始年齢であれば、漁獲死亡係数を現状の42%の0.289(年間の生残率60.8%)、現状の漁獲死亡係数であれば、漁獲開始年齢を3.5歳程度に引き上げる

必要があると考えられた。

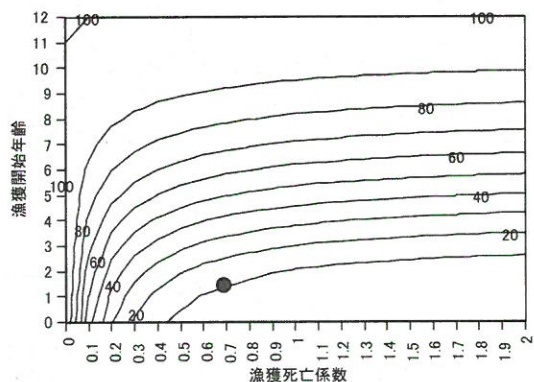


図8 等産卵量曲線図 (単位：%、●は現状点)

## 考 察

マコガレイの生息域は生活史全般に亘って50m以浅の浅い海域にあり、特に稚魚期はごく浅い海域に着底し、幼魚期を過ごすため<sup>5)6)7)8)</sup>、陸上の人為的な活動の影響や近年仙台湾で頻繁に発生している低酸素水<sup>9)</sup>等の物理的な海洋環境が資源に悪影響を与えることは否定できない。水揚げ量は減少傾向を示し、特に1歳魚の新規漁獲加入が減少していることが示され、このことは1歳魚の漁獲が多い小型底曳網の水揚量減少を引き起こしている。

今回行った調査及び資源解析により、漁獲加入以降のマコガレイには強い漁獲圧が加わっていることが推定された。資源解析の結果、加入量あたり漁獲量 (YPR) による資源診断では雄、雌ともいずれ現状の漁獲死亡係数でも漁獲開始年齢を上げれば、漁獲量が増加することが示された。小型底曳網では1歳魚の漁獲加入時期に20cm未満の小型魚の漁獲もみられたことから、漁獲量を増やすためには、サイズ規制が有効であるが、規制サイズ以下の再放流を実施する場合、再放流後の生残率が問題となることから、今後は生残率の検証が必要であろう。YPRによる資源管理方法は、加入した資源から生涯にわたる最大の漁獲量を得ることを目指しており、次世代に残す産卵量を確保するという概念が無く、資源維持に必要な産卵量を確保できずに乱獲を招く危険性がある<sup>3)</sup>。漁獲の主体が2歳魚以上で小型魚は漁獲していないが産卵期に親魚を漁獲している刺網がこの状態にあると思われる。加入量あたり産卵量 (SPR) を考慮した資源管理は、必要な親魚量を確保し、年変動の大きい漁獲加入量の振れを考慮した上で資源の安定化を目指すものである。仙台湾のマコガレイの加入量あたりの産卵量 (SPR) 相対値は10.3%と計算され、現状の漁獲状況では資源の維持・増大に必要な産卵量が確保されていないと推定された。このため、環境条件が悪く漁獲加入までの生残率が低い年が続けば、資源は減少していくことになる。資源解析の結果からやや卓越した平成7年級以降、資源量の多い年級群の発生はなかったことが推定され、資源水準は減少傾向となっている。

このため、今後のマコガレイの資源管理方法としては、

SPRの資源解析結果から産卵親魚数を増やす管理を行うべきであり、親魚の漁獲圧を下げる必要がある。このためには、価格形成も踏まえ年間の漁獲が特に集中する産卵期の親魚の漁獲制限の検討、商品価値の無い産卵後魚の漁獲制限、単価の高い夏期の水揚げ増やす等の、合理的な漁獲方法の検討、産卵期以外にも漁獲規制を行うための保護区の設定等、総合的に漁獲圧を下げる取り組みが今後必要と考えられる。

## 要 約

- 1) マコガレイの水揚げは減少傾向にあり、小型底曳網の水揚げが顕著に減少していた。
- 2) 月別の水揚量と単価を調べたところ、刺網では産卵期に当たる12月から翌年の1月にかけての水揚量が多く、小型底曳網は新規加入時期の9～11月に多い傾向にあった。単価はいずれの漁法も産卵期の12月から翌年の1月に低い傾向にあった。
- 3) 刺網の漁獲サイズは概ね全長20cm以上であったが、小型底曳網では15～20cm未満の小型魚の水揚げが多い時期もみられた。
- 4) 標本船調査の結果、刺網では産卵期のCPUEが高くなっていた。小型底曳網も単価の低い産卵後の個体を漁獲していた。
- 5) 資源尾数をコホート解析により推定したところ、1996年が322万尾と最も多く、1997～1999年は240万～273万尾で推移したが、2000年は173万尾、2001年は130万尾に減少した。
- 6) 得られた資源特性値から、加入量あたり漁獲量および加入量あたり産卵量によって資源診断を行った。いずれの診断方法によっても適正な状態とは言えなかったが、加入量あたり産卵量の診断から、産卵量の不足が特に問題であると考えられた。漁獲が集中する産卵期の漁獲を控える等、漁獲圧を下げる措置が必要と考えられた。

## 謝 辞

本報告をまとめるにあたり、石巻魚市場における水揚げ物の測定調査に御協力頂いた亀山巖氏に感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 佐伯光広 (2001) : 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
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 松宮義晴 (1996) : 水産資源管理概論、水産研究叢書46、社団法人日本水産資源保護協会、1-76
- 5) 宮城県水産試験場 (1975) : 昭和47、48、49年度総括太平洋北区栽培漁業漁場資源生態調査報告書
- 6) 宮城県水産試験場 (1982) : 昭和56年度放流技術開発事業実績報告書 (マコガレイ)
- 7) 宮城県水産試験場 (1983) : 昭和57年度放流技術開発事業実績報告書 (マコガレイ)
- 8) 宮城県 (1986) : 宮城中部海域総合開発事業調査報告書
- 9) 岩井拓郎 (2004) : 近年の仙台湾における貧酸素水発生状況と発生要因の検討、宮城県水産研究報告 4、1-12