

## 仙台湾におけるマガレイの資源量推定

岡村 悠梨子\*1・鈴木 貢治\*2

Stock estimation of brown sole (*Pleuronectes herzensteini*) in Sendai Bay

Yuriko OKAMURA\*1 and Mitsuharu SUZUKI\*2

キーワード：仙台湾，マガレイ，成長式，資源量推定

マガレイ (*Pseudopleuronectes herzensteini*) は国内の太平洋側では瀬戸内海以北，日本海側では若狭湾以北に広く分布する底生性魚類で，水深100 m以浅の砂泥域に多く分布している<sup>1)</sup>。宮城県では主に南部の仙台湾において小型底びき網（以下，小底）によって漁獲されており（図1），県では資源管理対象魚種として調査事業を実施している。

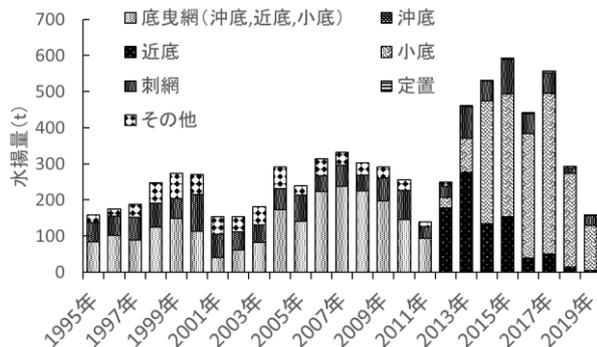


図1 宮城県における漁法別マガレイの水揚量の推移（宮城県総合水産行政システムと市場帳票による）

分離浮性卵を産み沖合を回遊するマガレイは，地域的な遺伝的分化が小さいことが報告されており<sup>2)</sup>，また三陸南部海域から常磐海域で季節的な回遊をしていることが示唆されている<sup>3)4)</sup>ことから同一の地域群である可能性が考えられる。マガレイの資源研究は日本海北部から北海道オホーツク海にかけての海域<sup>5)6)7)</sup>や陸奥湾<sup>8)9)</sup>では多く発表されているが，三陸南部海域から常磐海域でのマガレイに関する資源生態学的知見は少ない。

東北太平洋側では東日本大震災（以下，震災）の後，津波による漁船の被災などにより一時的に漁獲圧が下がったことから，複数の魚種で資源量が増加した可能性が示唆されている<sup>10)11)</sup>。宮城県においても2013年から2017年にマガレイの水揚量が増加したが，2018年と2019年の水揚量は震災前と同程度～低水準まで減少した。このことは震災直後に増加した資源が減少し始めたことを示している可能性があることから，それを実証する資源量の把握が必要であるが，震災後に宮城県沿岸域でマガレイの資源量が推定されたことはない。本研究では震災後の仙台湾におけるマガレイの資源量を推定し，近年の漁獲量減少の要因と今後の対応策について考察したので報告する。

### 材料と方法

2014年3月～2019年2月の期間，石巻魚市場において主に仙台湾で操業する刺網・小底・定置網漁業の水揚魚から，オス234尾，メス1742尾のマガレイをサンプリングして，全長，標準体長，体重を測定し，雌雄の判別後に生殖腺重量を測定した。また年齢査定に用いるため耳石を採取し，表面観察法で耳石縁辺部が透明帯か不透明帯かの確認をした。年齢の起算日は3月1日として輪紋を計数した。仙台湾における本種の成長を明らかにするため，得られた年齢・全長データから von Bertalanffy成長モデルを当てはめてパラメータを

\*1水産技術総合センター，\*2水産技術総合センター一気仙沼水産試験場

表1 仙台湾におけるマガレイの雌雄別Age-Length-Key (上段3月～8月, 下段9月～翌2月)

オス/全長(cm)	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳	メス/全長(cm)	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳
10.1～15.0	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.1～15.0	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.1～20.0	0.23	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	15.1～20.0	0.43	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
20.1～25.0	0.06	0.13	0.11	0.03	0.01	0.00	20.1～25.0	0.08	0.54	0.04	0.00	0.00	0.00
25.1～30.0	0.00	0.05	0.05	0.02	0.01	0.03	25.1～30.0	0.00	0.15	0.46	0.22	0.00	0.00
30.1～35.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.1～35.0	0.00	0.04	0.32	0.40	0.25	0.00
35.1～40.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.1～40.0	0.00	0.00	0.03	0.10	0.24	0.62
40.1～45.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.1～45.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.86
45.1～50.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.1～50.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

オス/全長(cm)	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳	メス/全長(cm)	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳
10.1～15.0	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.1～15.0	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.1～20.0	0.47	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	15.1～20.0	0.49	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
20.1～25.0	0.06	0.13	0.03	0.01	0.01	0.00	20.1～25.0	0.38	0.35	0.03	0.00	0.00	0.00
25.1～30.0	0.00	0.03	0.05	0.02	0.01	0.01	25.1～30.0	0.00	0.73	0.13	0.03	0.00	0.00
30.1～35.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.1～35.0	0.00	0.27	0.48	0.21	0.04	0.00
35.1～40.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.1～40.0	0.00	0.00	0.00	0.46	0.54	0.00
40.1～45.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.1～45.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.95
45.1～50.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.1～50.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

推定した。モデルを特定する3つのパラメータである極大全長 $L_{\infty}$ ・成長係数 $K$ ・全長 $L$ が0 cmの時の年齢 $t_0$ という3つのパラメータは五利江<sup>12)</sup>を参考にMS-Excelのソルバー補正を用いて推定した。

年齢別漁獲尾数の推定のため、3月～8月と9月～翌2月の2期に分けてAge-Length-Key (以下, ALK) を作成した (表1)。マガレイはメスの割合が高く、1年単位ではオスのALKを作るのに十分な個体数のサンプリングができなかったため、2014年3月～2017年2月に測定したオス201尾、メス1073尾でALKを作成した。6歳以上の個体をプラスグループ (6+歳) にまとめた。またサンプル数が少なかった全長10.1 cm～15.0 cm階級と45.1 cm～50.0 cm階級の年齢別存在比の値については、推定した成長式による年齢別推定全長の結果から、前者を雌雄それぞれ1歳に0.5ずつ割り振り、後者はメスの6+歳を1に補正した。

サンプリング調査と同時に石巻魚市場において2013年3月～2019年2月に月10～20回の頻度で、マガレイ水揚魚の全長を測定した。ALKと魚市場における全長組成から、雌雄別年齢別全長階級別に分離した測定個体数を算出し、雌雄別年齢別平均体重と魚市場での測定重量、石巻魚市場の水揚量、仙台湾を漁場にする沿岸漁船が水揚しているその他の各魚市場 (牡鹿, 塩釜, セヶ浜, 閑上, 亘理) の水揚量から、仙台湾の雌雄別年齢別漁獲尾数を推定した。石巻魚市場の水揚量は市場帳票から、その他の魚市場の水揚量は宮城県総合水産行政情報システムから抽出した。

資源尾数は後藤<sup>13)</sup>を参考にして雌雄別年齢別漁獲尾

数からVPA<sup>14)</sup>により推定した。マガレイは3月～翌2月の漁期の中にパルス的な漁獲があるという仮定で、Popeの近似式<sup>15)</sup>を用いて資源尾数を計算した。サンプルの最高齢はオスが9.8歳、メスが12.3歳であったことから、四捨五入して雌雄それぞれの寿命を10歳、12歳と仮定し、田内・田中の式より<sup>16)</sup>自然死亡係数 $M$ はオス、メスそれぞれ0.250, 0.208とした。 $y$ 年における $a$ 歳の漁獲尾数を $C_{a,y}$ 、 $y$ 年における $a$ 歳の資源尾数を $N_{a,y}$ とすると、1～4歳、5歳、6+歳の年齢別資源尾数はそれぞれ(1)～(3)の式で求めた。

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

$$N_{5,y} = (C_{5,y+1} / (C_{5,y+1} + C_{6+,y+1})) * N_{6+,y+1} * \exp(M) + C_{5,y} * \exp(M/2) \quad \dots (2)$$

$$N_{6+,y} = (C_{6+,y+1} / (C_{5,y+1} + C_{6+,y+1})) * N_{6+,y+1} * \exp(M) + C_{6+,y} * \exp(M/2) \quad \dots (3)$$

直近年である2018年の年齢別資源尾数は次式から求めた。

$$N_{a,2018} = C_{a,2018} * \exp(M/2) / (1 - \exp(-F_{a,2018})) \quad \dots (4)$$

1歳～5歳の年齢別漁獲死亡係数 $F_{a,y}$ は次式で求めた。

$$F_{a,y} = -\ln(1 - C_{a,y} * \exp(M/2) / N_{a,y}) \quad \dots (5)$$

直近年である2018年の年齢別漁獲死亡係数は2015年～2017年の平均値と仮定した。6+歳の漁獲死亡係数は5歳の漁獲死亡係数と同じであると仮定し、 $F_{5,2018}$ と $F_{6+,2018}$ が一致するようMS-Excelのソルバーを利用して探索的に $F_{6+,2018}$ を求めた。

また2013年以前は資源量推定をするのに十分な魚体の測定データが存在しないため、単位漁獲努力量当たり漁獲量 (以下, CPUE) の年推移から資源動向を把

握した。2000年～2018年の19年間を対象に、七ヶ浜魚市場に水揚げした刺網漁船、塩釜魚市場に水揚げした小底漁船、亶理魚市場に水揚げした小底漁船について、マガレイの月別の合計水揚量 (kg) と延べ水揚隻数 (隻) を、前述の宮城県総合水産行政情報システムから抽出した。魚市場別漁法別にそれぞれの年の月間水揚量を月間延べ水揚げ隻数で除し、月別CPUEの年平均をそれぞれの漁法のCPUE年指標値とした。

## 結果

### 1 成長式の推定

推定された von Bertalanffy 成長式は、年齢を  $t$  歳、 $t$  歳の時の全長を  $L(t)$  cm とすると、次の式で表された。

(図2-1, 図2-2)

$$\text{オス} : L(t) = 29.5 * (1 - e^{-0.45(t+0.84)}) \quad \dots (6)$$

$$\text{メス} : L(t) = 44.6 * (1 - e^{-0.24(t+0.98)}) \quad \dots (7)$$

メスの方が極大全長が大きい一方で、オスの方が初期の成長が早いという傾向にあった。オスでは全長20 cmの2歳以降、メスでは全長30 cm弱の3歳以降に成長が頭打ちになることが分かった。

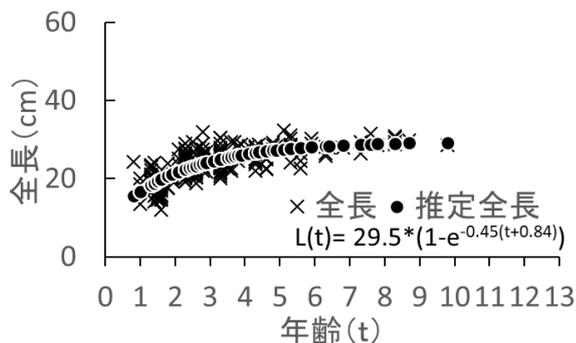


図2-1 仙台湾におけるマガレイ(オス)の成長曲線

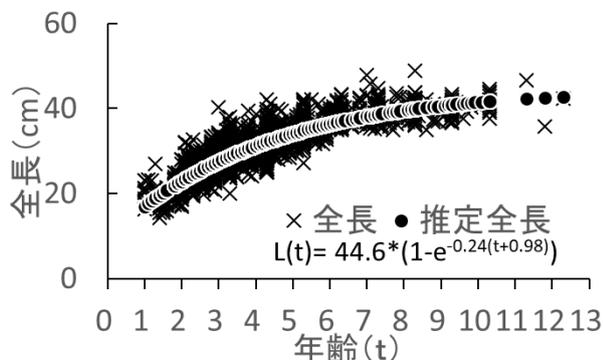


図2-2 仙台湾におけるマガレイ(メス)の成長曲線

### 2 推定された直近年の資源量

仙台湾における雌雄別年齢別漁獲尾数を表2に示した。漁獲の中心となる年齢はオスでは2歳～3歳、メスでは2歳～4歳であった。またVPAにより推定された雌雄別年齢別漁獲死亡係数と資源尾数を表3と表4に示した。

表2 仙台湾におけるマガレイの雌雄別年齢別漁獲尾数

獲尾数		(千尾)					
オス/年齢	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	
1歳	11.6	4.3	11.3	9.8	10.0	6.0	
2歳	41.1	20.8	27.2	24.8	31.2	17.3	
3歳	36.3	20.2	23.4	20.8	26.8	12.8	
4歳	14.5	8.0	9.2	8.1	10.5	5.1	
5歳	6.1	3.8	3.9	3.7	4.6	2.4	
6+歳	8.0	6.8	5.4	5.0	6.3	2.5	
合計	117.6	63.9	80.5	72.3	89.4	45.9	

獲尾数		(千尾)					
メス/年齢	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	
1歳	40.6	12.0	31.4	28.7	32.2	24.3	
2歳	392.9	182.0	252.6	208.8	282.3	146.4	
3歳	336.9	277.4	245.6	213.5	280.1	130.1	
4歳	258.2	246.5	221.8	190.2	233.6	121.8	
5歳	148.3	160.4	159.7	133.7	156.0	91.0	
6+歳	64.1	119.4	136.1	120.7	142.6	90.7	
合計	1241.0	997.7	1047.2	895.6	1126.8	604.4	

表3 仙台湾におけるマガレイの雌雄別年齢別漁獲死亡係数

オス/年齢	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
1歳	0.08	0.05	0.15	0.10	0.15	0.13
2歳	0.41	0.39	0.59	0.37	0.73	0.56
3歳	0.76	0.72	0.95	0.62	1.13	0.90
4歳	0.61	0.58	0.78	0.51	0.92	0.74
5歳	0.48	0.54	0.68	0.49	0.90	0.69
6+歳	0.48	0.54	0.68	0.49	0.90	0.69

メス/年齢	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
1歳	0.02	0.01	0.04	0.02	0.04	0.03
2歳	0.24	0.22	0.35	0.22	0.48	0.35
3歳	0.29	0.44	0.48	0.30	0.60	0.46
4歳	0.36	0.57	0.65	0.40	0.70	0.58
5歳	0.48	0.79	0.94	0.58	0.92	0.81
6+歳	0.48	0.79	0.94	0.58	0.92	0.81

表4 仙台湾におけるマガレイの雌雄別年別年齢別資

源尾数		(千尾)					
オス/年齢	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	
1歳	213.9	190.2	175.8	147.0	116.8	88.8	
2歳	167.1	154.4	140.7	117.8	104.1	78.4	
3歳	99.1	86.4	81.8	60.6	63.7	39.1	
4歳	43.1	36.1	32.7	24.7	25.4	16.0	
5歳	19.6	18.3	15.7	11.7	11.5	7.9	
6+歳	28.2	23.6	17.8	13.2	11.9	6.9	
合計	570.9	509.1	464.5	375.0	333.3	237.0	(千尾)
メス/年齢		(千尾)					
2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年		
1歳	2640.3	2387.7	1925.0	1585.2	1216.9	1296.5	
2歳	2622.0	2099.7	1917.4	1509.0	1256.0	946.6	
3歳	1800.2	1673.7	1361.9	1093.7	984.3	631.3	
4歳	1023.3	1098.4	872.6	686.7	658.8	440.5	
5歳	472.3	580.8	503.5	368.4	374.1	266.1	
6+歳	246.5	384.5	366.3	279.4	295.5	221.4	
合計	8804.7	8224.8	6946.6	5522.3	4785.7	3802.3	

雌雄別年別年齢別資源尾数を合算した年別資源尾数と、それぞれ対応する雌雄別年別年齢別平均体重を乗じて合算した年別資源量の推移を、それぞれ図3-1と図3-2に示した。資源尾数、量共に近年減少傾向にあることが分かった。資源量は高齢魚の資源尾数の減少幅が少ないことから、資源尾数よりも減少が緩やかな傾向にあった。また年齢別資源尾数の推移から、2013年以降極端に大きい年級群は発生していなかった。

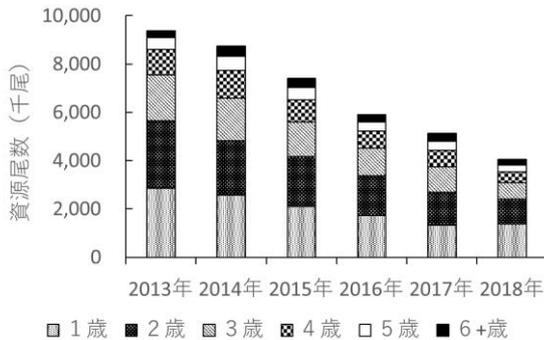


図3-1 仙台湾におけるマガレイの資源尾数の推移

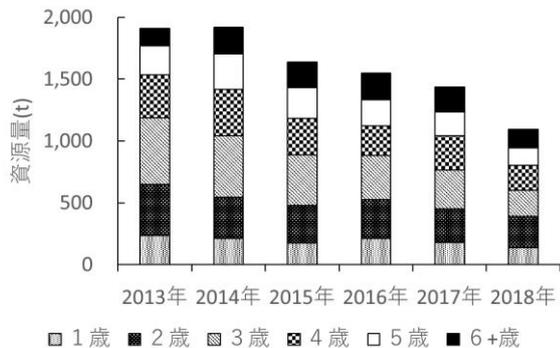


図3-2 仙台湾におけるマガレイの資源量の推移

### 3 長期的なCPUEの推移

2000年からの19年わたるCPUEの推移を見ると(図4-1)、七ヶ浜の刺網と塩釜の小底では震災後にCPUEが増加していることが分かった。一方、亶理の小底では震災が発生した2011年にCPUEが急増した後、2013年にかけて震災前と同程度の水準に戻っていた。同期間の年間延べ水揚げ隻数はいずれの漁法も2011年に減少し、その後は震災前より低い水準で推移していた(図4-2)。

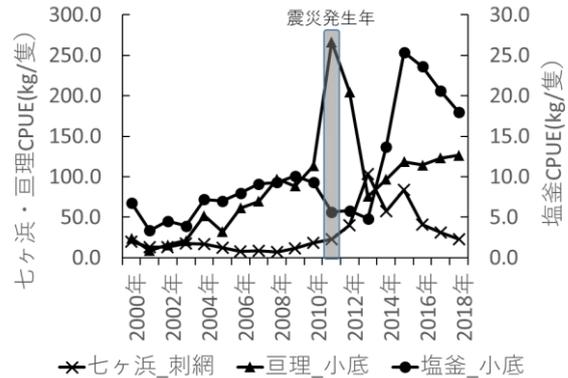


図4-1 仙台湾における主要な市場別漁法別CPUEの推移

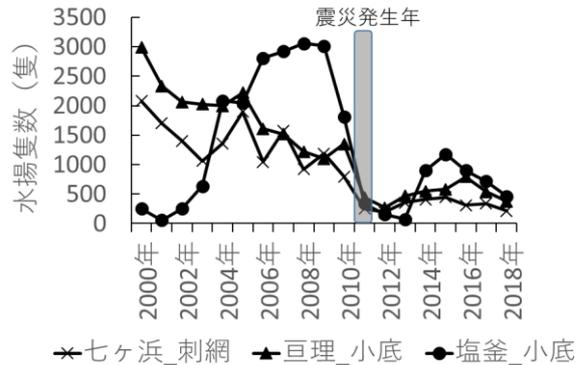


図4-2 仙台湾における主要な市場別漁法別年間延べ水揚げ隻数の推移

### 考察

仙台湾で操業する複数の漁業種により水揚げされるマガレイのCPUEについて、2000年以降の動向を見ると、いずれの漁業種でも短期的ではあるが震災後にCPUEが高くなっていった。仙台湾のマガレイは卓越年級群の発生により資源量に変動していると考えられている<sup>3)</sup>が、今回の結果からは極端に資源尾数が大きい年級は確認されず、近年仙台湾では卓越年級群が発生していないことが推察されたことから、この資源水準の上昇は震災後の漁獲努力減少によるものであると考え

られる。鈴木<sup>17)</sup>は震災後常磐海域において、漁船による本格操業が制限されている状況を加味して、漁獲努力量がないと仮定し、マガレイ資源の将来予測をした結果、2012年～2014年の資源尾数が震災前の2.12倍～2.76倍になると推定した。今回は2013年以降の解析のみであるため震災前後の仙台湾における資源量の比較はできないが、解析期間中の震災後は卓越年級群が発生しておらず、また宮城県漁船稼働隻数は震災前と同程度の水準まで復旧していることから<sup>10)</sup>、今後の資源動向を注視しなくてはならない。

マガレイの資源管理体制を維持するにあたっては、継続的で正確な資源動向の評価が必要である。資源量を推定するにあたって、今回の解析ではALKを複数年まとめて算出したが、マガレイは年によってALKが変化することが指摘されており<sup>6)</sup>、今後の資源量推定の精度を向上させるためには、毎年ALKを更新しなくてはならない。今回はオスの測定尾数が十分ではなかったことから、オスの割合が多い小型個体の測定を重点的に実施する必要があると考えられる。また、今回は漁船漁業のデータから資源量推定をしたが、仙台湾では人工魚礁周辺海域でマガレイやマコガレイを対象とした遊漁が活発に行われており、多いときでは1日1隻で60尾釣獲していた（岡村私信）。これは小底1隻が1日に漁獲する尾数に匹敵する量であり、今後は遊漁船の釣獲実態について標本船調査により釣獲サイズや釣獲尾数に関する情報を収集すると共に、漁船漁業と併せてマガレイ資源への影響を検討することが必要であろう。

資源量の動向に大きな影響を与える卓越年級群の発生については、効果的な資源管理を実施するために漁獲加入前にその発生を把握し、業界に周知する必要があることから、卓越年級群の発生を左右する再生産期の環境条件や着底稚魚加入密度に関するモニタリング調査の継続が重要であると考えられる。卓越年級群が発生する環境条件として、産卵期の前半に当たる2月下旬～3月の産卵場が低水温であること、ふ化したマガレイの仔魚が摂餌を開始する6月に、仔魚が分布する海域において餌となる尾虫類やコペポダイトの豊度が高いことが挙げられている<sup>18)</sup>。マガレイは水深20 m～80 mの海域で産卵することが知られていることから<sup>8)</sup>、仙台湾における再生産期の海洋環境を把握するために、毎月仙台湾で実施している定線観測結果から、近年における3月の水深50 mの水温データを確認した（図

5)。その結果、2012年と2015年は比較的産卵期における産卵場の水温が低かったが、今回解析した期間中には卓越年級が認められなかったことから、マガレイ仔魚が摂餌を始めた6月の餌豊度が十分でなかった可能性が考えられる。今後はこの時期における餌生物調査を充実する必要がある。

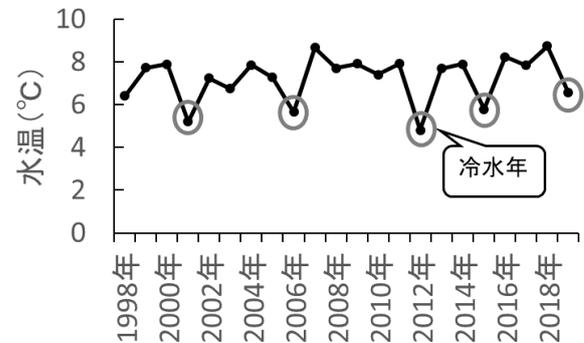


図5 仙台湾における3月の水深50 mの平均水温

仙台湾におけるマガレイ資源の持続的利用を図るためには、マガレイの資源生態や資源変動様式に合った資源管理方法を実施する必要がある。マガレイでは親魚の資源尾数と加入量に明瞭な相関関係は見られないことから<sup>6)</sup>、マガレイの資源管理は産卵親魚や卵を保護することよりも、好適な環境条件により発生した卓越年級群を持続的に利用することが効果的であると考えられる。今回推定された成長式から、マガレイのオスでは全長20 cm程度まで成長が早く、その後成長が頭打ちになることが分かった。魚市場でのマガレイ水揚魚全長測定結果から、全長20 cm以下の小型魚が多い月では水揚尾数の1割を占めていることが確認されたことから、漁獲魚の全長制限を実施することにより、効率的に資源量と漁獲量を維持することができると考えられる。また、三陸南部海域から常磐海域に分布するマガレイは同じ地域群であることから、複数の県による広域にわたる漁獲全長制限の実施が望まれる。三陸南部海域から常磐海域における季節的な分布回遊を把握し、分布域全体での漁獲圧の影響を評価することが重要である。

## 要約

震災後（2013年から2018年）の仙台湾において、マガレイのvon Bertalanffy成長モデルのパラメータと、雌雄別年別年齢別漁獲尾数を推定し、VPAを用いた資源量推定をした。

- 1) 推定された成長式から、オスは全長20 cmの2歳以降に、メスは全長30 cm弱の3歳以降に成長が頭打ちになることが分かった。
- 2) 推定した年齢別漁獲尾数からオスでは2歳～3歳、メスでは2歳～4歳を主体に漁獲していることが示された。推定された資源尾数と資源量は、共に近年減少傾向にあった。今回解析した2013年～2018年の期間中は、卓越年級群の発生は認められなかった。2000年から2018年までのCPUEの推移から見た資源水準の動向は、震災後に高い期間があったが、いずれもその後減少していた。
- 3) 宮城県と福島県のマガレイは1つの地域群であると考えられている。原発事故の影響で常磐海域では試験操業が続いている一方で、宮城県の漁船稼働隻数は震災前と同程度まで復旧しており、今後は三陸南部海域から常磐海域を合わせて資源に対する漁獲の影響を調べる必要がある。
- 4) マガレイの資源変動様式に合わせた効果的な資源管

理を実施するには、卓越年級群の発生を漁獲加入前に把握することが重要であることから、再生産期における海洋環境や着底稚魚分布密度のモニタリング調査体制を構築することが必要である。また、今回の結果から全長20 cm以下の小型魚を保護することで効率的に漁獲量を増加させることができると推察された。

## 謝 辞

VPAによる資源量推定の方法について、大変丁寧にご指導頂いた国立研究開発法人 水産研究・教育機構 本部 漁業情報解析室 情報研究企画グループの柴田泰宙博士に厚く御礼申し上げます。また魚市場での全長測定や実験室での精密測定等のデータ収集に関わった全ての方々と、研究内容に関してご助言を頂いた水産技術総合センター職員の皆様に感謝申し上げます。なお本研究のデータの一部は水産資源調査・評価推進委託事業の一環で得られたものである。

## 参考文献

- 1) 坂本一男 (1984) マガレイ. 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, 338pp.
- 2) 木島明博 (1991) アイソザイム遺伝子からみた海産魚類の集団構造. 化学と生物, **29** (9), 610-612pp.
- 3) 佐伯光広 (2002) 宮城県におけるマガレイの資源生態と近年の資源動向. 東北底魚研究, **22**, 34-36pp.
- 4) 山廻邊昭文 (2007) 福島県における近年のマガレイの漁獲と加入量変動. 福島水試研報, **14**, 1-9pp.
- 5) 大西健美 (2009) VPAを用いた新潟県北部海域におけるマガレイの資源評価. 新潟県海洋研報, **2**, 27-35pp.
- 6) 伊藤欣吾・和田由香・三浦太智・山中智之 (2015) 青森県沖日本海におけるマガレイの成長・成熟・資源量. 青森県産技センター水産研究所研究報告, **9**, 1-14pp.
- 7) 下田和孝・室岡瑞恵・板谷和彦・星野昇 (2006) VPA で求めた北海道北部産マガレイの資源尾数推定値の評価. 日水誌, **72** (5), 850-859pp.
- 8) 伊村一雄・高津哲也・南條暢聡・木村 修・高橋豊美(2004) 陸奥湾におけるマガレイ卵・仔魚の空間分布. 日水誌, **70** (1), 39-47pp.
- 9) 高橋豊美・斉藤重男・前田辰昭・木村 大 (1983) 陸奥湾におけるマガレイとマコガレイ成魚の生活年周期. 日水誌, **49** (5), 663-670pp.
- 10) 雁部総明・鈴木貢治・小野寺恵一 (2018) 底びき網調査の捕獲物からみた東日本大震災前後での宮城県海域の底魚類生息密度の変化について. 宮城県水産技術総合センター研究報告, **18**, 15-24pp.
- 11) 服部努・成松庸二・柴田泰宙・鈴木勇人・森川英祐・永尾次郎・矢野寿和 (2018) 東日本大震災後に増加・減少した沖合底魚資源の特定. 東北底魚研究, **38**, 136-143pp.
- 12) 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), 519-527pp.
- 13) 後藤友明 (2006) VPA によって推定された岩手県沿岸に生息するヒラメ *Paralichthys olivaceus* の資源変動と

加入特性. 日水誌, **72** (5), 839-849pp.

14) 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, 104-128pp.

15) Pope, J. G: (1972) An investigation of virtual population analysis using cohort analysis. *Res. Bull. Int. comm. Northw. Atlant. Fish.*, **9**, 65-74pp.

16) 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**, 1-200pp.

17) 鈴木聡 (2015) 福島県におけるマガレイの統合型VPAによる資源評価. 東北底魚研究, **35**, 60-64pp.

18) 高津哲也 (2003) 底生魚類仔稚魚の時空間分布と餌料環境に関する研究. 日水誌, **69** (4), 543-546pp.