

ISSN 2186-5434

青森県産業技術センター水産総合研究所研究報告

第9号

2015年3月

BULLETIN OF AOMORI PREFECTURAL
INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH CENTER
FISHERIES INSTITUTE

No. 9

地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所

東津軽郡平内町

AOMORI PREFECTURAL INDUSTRIAL TECHNOLOGY
RESEARCH CENTER FISHERIES INSTITUTE

Hiranai, Japan

March 2015

青森県水産関係試験研究機関

地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所

039-3381 青森県東津軽郡平内町大字茂浦字月泊 10

Aomori Prefectural Industrial Technology Research Center

Fisheries Institute

Moura, Hiranai-machi, Aomori 039-3381

TEL (017) 755-2155 FAX (017) 755-2156

地方独立行政法人青森県産業技術センター内水面研究所

034-0041 十和田市大字相坂字白上 344-10

Aomori Prefectural Industrial Technology Research Center

Inland Water Fisheries Institute

Shiraue, Aisaka, Towada 034-0041

TEL (0176) 23-2405 FAX (0176) 22-8041

青森県産業技術センター水産総合研究所研究報告

第 9 号

目 次

本 論 文

青森県沖日本海におけるマガレイの成長・成熟・資源量

伊藤 欣吾・和田 由香・三浦 太智・山中 智之……………1

青森県沖日本海におけるムシガレイの成長・成熟・資源量

伊藤 欣吾・和田 由香・三浦 太智・山中 智之……………15

青森県沖日本海におけるマガレイの成長・成熟・資源量

伊藤欣吾^{1*}・和田由香¹・三浦太智¹・山中智之¹

Growth, maturity and stock size of brown sole *Pleuronectes herzensteini* in the Sea of Japan off Aomori Prefecture

Kingo ITO^{1*}, Yuka WADA¹, Taichi MIURA¹ and Tomoyuki YAMANAKA¹

Abstract

Stock size of brown sole *Pleuronectes herzensteini* in the Sea of Japan off Aomori Prefecture was estimated using VPA from 2003 to 2013. The weight of the brown sole stock decreased from 85 tons (2003) to 24 tons (2013). Recruits of the brown sole increased in 2005 and 2008, but recently decreased to the lowest level. Recruits per spawning (RPS) of brown sole were related to water temperature of January.

キーワード：マガレイ，成長，成熟，資源量，青森県

マガレイ *Pleuronectes herzensteini* は日本海北部から北海道周辺海域の重要な漁業資源となっている（井関ら，2014；下田ら，2006）。青森県沖日本海におけるマガレイの漁獲量は，漁獲統計を開始した1993年の93トンから年々減少し，2013年の16トンまで落ち込んだ。日本海北部海域（青森県～富山県）では，2003年からマガレイ・ハタハタを対象とした資源回復計画が策定され，漁獲努力量の削減措置が講じられたものの，資源量は増加していない。

そこで，青森県沖日本海におけるマガレイの成長と成熟の特性を明らかにし，資源量を推定して資源変動要因について検討した。

材料と方法

漁獲統計調査

青森県日本海側沿岸9漁業協同組合・支所（小泊，下前，十三，鱒ヶ沢，新深浦町漁協本所，風合瀬，深浦，新深浦町漁協鱸作支所，新深浦町漁協岩崎支所）を対象に1993年4月～2014年3月の月別・漁業種別・銘柄別の漁獲量を収集した（付表1）。青森県沖日本海に生息するマガレイの産卵期が4月とされている（青森県，1991）ことから，年齢起算日を4月1日とし，漁獲の集計を4月1日から翌年3月31日までの年度単位とした。

1 地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所，〒039-3381 青森県東津軽郡平内町大字茂浦字月泊10

*Corresponding author: Kingo ITO, Fisheries Research Institute, Aomori Prefectural Industrial Technology Research Center, 10 Tsukidomari, Moura, Hiranai-machi, Aomori 039-3381, Japan (Email: kingo_ito@aomori-itc.or.jp).

標本採集

毎年度、漁業種類別に各銘柄 50~100 尾程度の標本を採集（付表 2, 3）し、全長、標準体長、体重、生殖腺重量の測定、生殖腺の色彩と形状の観察による雌雄判別及び耳石薄片観察による年齢査定を行い、各銘柄の雌雄別年齢組成を調べた。なお、標本は、漁業種類別に漁獲量が最も多い漁協の漁獲盛期に入手した。

また、耳石輪紋形成の年周性を確認するために、新深浦町漁協本所で 2011 年 11 月 9 日に 8 個体、12 月 4 日に 9 個体、2012 年 1 月 22 日に 10 個体、4 月 16 日に 10 個体、5 月 9 日に 11 個体の標本を追加入手した。

年齢査定・成長・成熟

年齢査定は、無眼側の耳石を樹脂包埋した後、厚さ 0.3mm の薄片標本を作製し（図 1）、実体顕微鏡の透過光下で輪紋を観察して行った。

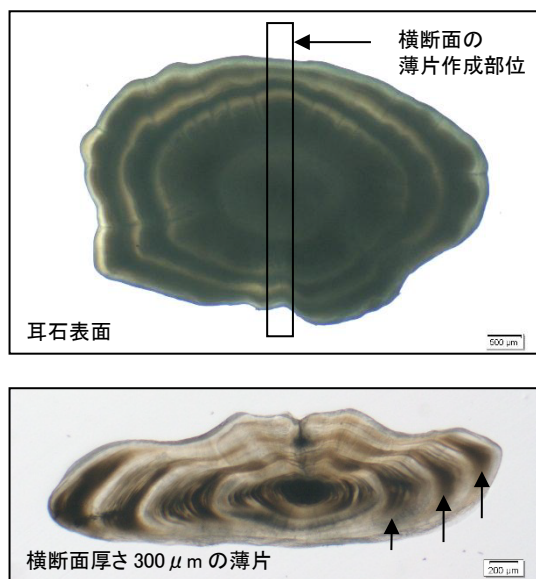


図 1 マガレイの耳石表面（上）と横断面（下）
（矢印は不透明帯を示す）

輪紋形成の年周性を確認するため、2011 年 7 月から 2012 年 7 月までの標本を用いて、耳石縁辺が不透明帯の個体数割合を月別に調べた。その結果、後述するが不透明帯は 3 月から 10 月の間に年 1 回形成されることから、耳石中心の不透明部を除く不透明帯数を年輪として計数した。なお、4 月から 10

月までの標本は、縁辺が不透明帯の場合はその不透明帯を年輪として計数し、縁辺が透明帯の場合は、透明帯の幅が比較的広くこれから不透明帯ができると判断されるものは 1 歳加え、透明帯の幅が比較的狭く不透明帯の形成直後と判断されるものはそのまま不透明帯を年輪とした。また、3 月の標本については、縁辺が不透明帯であってもその不透明帯を年輪として扱わないこととした。

成長式は、標本採集月毎の年齢と平均標準体長のデータを用い、雌雄別に Microsoft Excel のソルバーを用いて最小二乗法によって von Bertalanffy 成長式のパラメータを求めて推定した。なお、7 月に採集された 0 歳魚の標準体長が約 30mm であること（伊藤，2000）から、この点を通る制約条件でパラメータを推定した。得られた成長式について、本研究と同じ海域の 1989 年から 1990 年の標本を用いて Takahashi et al. (1995) が示した成長式と比較するとともに、新潟県（大西，2009）における成長式とも比較した。なお、Takahashi et al. (1995) の成長式は全長で示されていたことから、本研究で得られた全長と標準体長との関係式を用いて、標準体長に換算して扱った。

標準体長と体重との関係式を雌雄別に求めた。

成熟は雌のみを対象に、生殖腺重量指数 GSI（生殖腺重量/体重×100）を求め、年齢別 GSI の季節変化から成熟時期を推定した。なお、成熟の判定については、新潟県沿岸のマガレイにおいて熟度が進んだ透明卵をもった雌の GSI の最小値が 5 であること（和田，1970）を参考にして便宜的に GSI が 5 以上を成熟とみなして解析した。また、成熟時期である 3 月のみの標本を用いて、標準体長 10mm 階級別の成熟個体出現率および年齢別の成熟個体出現率を求め、体長と成熟率との関係および年齢と成熟率との関係を Microsoft Excel のソルバーにより Logistic 曲線にあてはめて表した。なお、成熟年齢は、産卵期の年齢に合わせることで、3 月時点での年齢に 1 歳加えて扱った。

雌雄別年齢別漁獲尾数の推定

年齢別漁獲尾数の推定の手順は、はじめに標本採集漁協の漁業種類別銘柄別漁獲量（付表 4）を標本の銘柄別平均体重（付表 5）で除して尾数換算し、

青森県沖日本海におけるマガレイの成長・成熟・資源量

これを、漁業種類別に標本採集漁協に対する青森県沖日本海の漁獲量の比率で引き伸ばして、青森県沖日本海の漁業種類別銘柄別漁獲尾数を算出した。次に、これを標本の銘柄別雌雄別年齢比率 (age-銘柄 Key) (付表 6) で配分して銘柄別雌雄別年齢別漁獲尾数 (付表 7) を算出し、青森県沖日本海の雌雄別年齢別漁獲尾数 (付表 8) を集計した。

雌雄別資源尾数の推定

得られた 2003~2013 年度の雌雄別年齢別漁獲尾数 (付表 8) を用いて VPA (Virtual Population Analysis) (平松, 2001) により雌雄別の資源尾数を推定した (付表 9)。5 歳以上の漁獲が少ないことから、4 歳以上をプラスグループ (4+) としてまとめて扱った。

y 年 a 歳の資源尾数 ($N_{a,y}$) は、以下の Pope の近似式を用いて算出した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$C_{a,y}$ は y 年 a 歳の漁獲尾数、M は自然死亡係数である。また、y 年 a 歳の漁獲係数 ($F_{a,y}$) は、

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}}\right)$$

とした。y 年 3 歳および y 年 4+歳の資源尾数 ($N_{3,y}$ および $N_{4+,y}$) は、それぞれ以下の通りに算出した。

$$N_{3,y} = \frac{C_{3,y}}{(C_{3,y} + C_{4+,y})} N_{4+,y+1} \exp(M) + C_{3,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$N_{4+,y} = \frac{C_{4+,y}}{(C_{3,y} + C_{4+,y})} N_{4+,y+1} \exp(M) + C_{4+,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

また、最近年の a 歳の資源尾数 ($N_{a,2013}$) を以下の通り求めた。

$$N_{a,2013} = \frac{C_{a,2013}}{1 - \exp(-F_{a,2013})} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

自然死亡係数 M は、本研究で得られた最高齢 (雌雄ともに 9 歳) を寿命とし、田中 (1960) の式より 0.28 とした。漁獲係数 F については、4 歳以上と 3 歳は同じとし、最近年の F は過去 3 カ年にお

ける同一年齢の F の平均値と仮定し、この仮定を達成する最近年における 4 歳以上の F を Microsoft Excel のソルバーを用いて探索的に求めた。

漁獲重量および資源重量については、漁獲年度の間の一斉に漁獲されると仮定し、その時 (1.5 歳, 2.5 歳, 3.5 歳, 4.5 歳) の雌雄の体重を前述の成長式と標準体長-体重の関係式から求め、雌雄別年齢別漁獲尾数および雌雄別年齢別資源尾数にこの雌雄別年齢別体重を乗じて求めた。

再生産成功率

雌の親魚量については、年齢別資源量に年齢別成熟率を乗じて算出した。加入量については、1 歳魚の資源尾数とした。雌の親魚量 (トン) に対する翌年 1 歳魚資源尾数 (千尾) の比を再生産成功率 (RPS) とした。

陸奥湾のマガレイでは、産卵初期の低水温が卓越年級群発生の必要条件となっている (高津, 2003)。そこで、再生産成功率と水温環境との関係を探るため、青森県沖日本海で月 1 回行っている定線観測による各層水温、深浦町地先の 10 時定時観測の海面水温、および深浦町 1km 沖合の海深 25m 地点に設置した底層水温観測ロガーのデータを用いて月別水温データを作成し相関分析を行った。

結果

漁獲量

青森県沖日本海におけるマガレイの漁獲量は、漁獲統計を開始した 1993 年度には 93 トンであったが、1995 年度に大きく減少した後、漸減傾向で推移し、2013 年度に 16 トンまで落ち込んだ (図 2)。

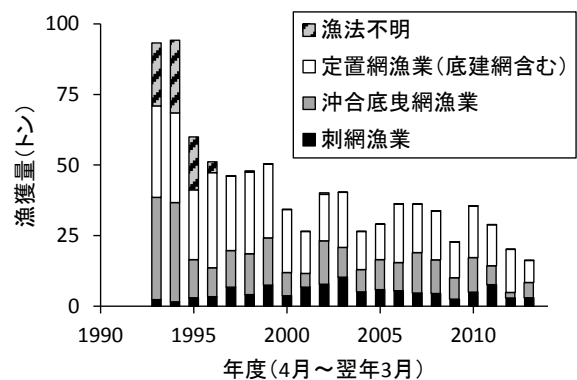


図 2 青森県沖日本海におけるマガレイの漁業種類別漁獲量

年齢査定

耳石縁辺が不透明帯の個体は、3月から出現し7月に最も多くなり10月まで出現したが、11月から2月までは出現しなかった(図3)。この結果から、耳石の不透明帯は年1回形成されることが明らかとなった。

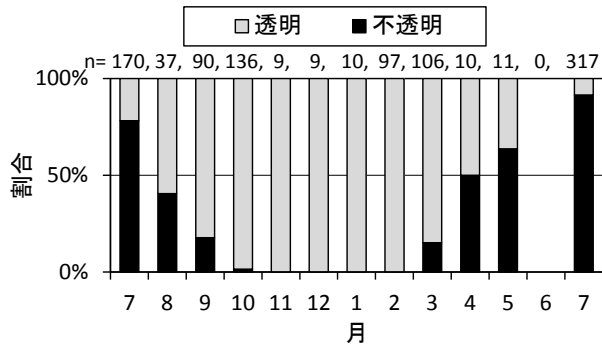


図3 耳石縁辺が不透明帯の個体数割合の経月変化 (2011年7月~2012年7月)

成長式

2003年7月から2014年3月までの標本を用いて、標本採集月毎の年齢と平均標準体長との関係を図4に示した。この年齢と平均標準体長との関係から、以下の成長式が得られた。ここで、SLは標準体長(mm)、tは年齢である。

$$\text{雄: } SL_t = 197.3 [1 - \exp\{-0.551(t + 0.049)\}]$$

$$\text{雌: } SL_t = 261.2 [1 - \exp\{-0.370(t + 0.080)\}]$$

得られた成長式について、既往の知見との比較を試みる(図5)。本研究の成長式で示された標準体長は、同海域の1989年から1990年の標本を用いてTakahashi et al. (1995)が示した成長式に比べると、雌雄ともに、1歳から3歳まで大きく、5歳以上で小さかった。また、新潟県の成長式に比べると、本研究の成長式で示された標準体長は雌雄ともに全年齢で大きかった。

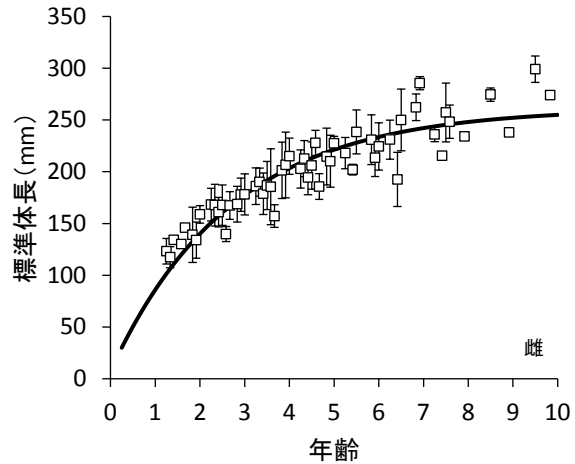
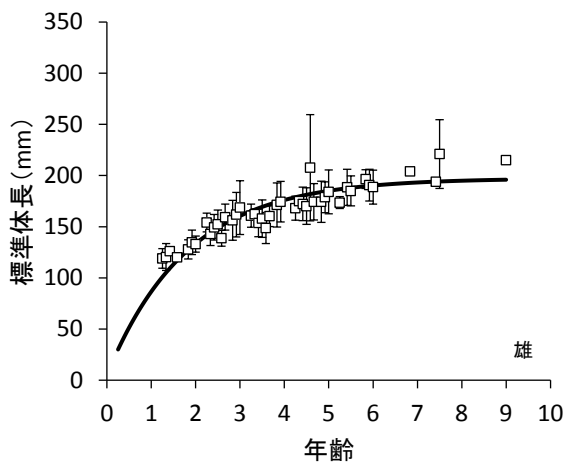


図4 マガレイの年齢と標準体長との関係及び成長式(左:雄, 右:雌, バーは標準偏差)

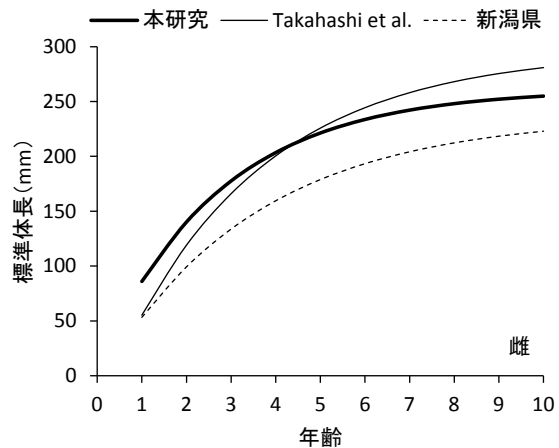
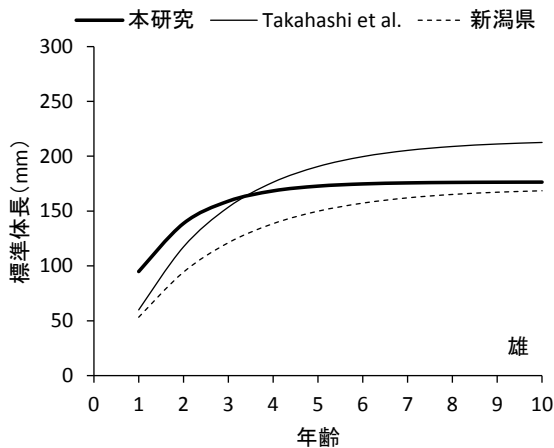


図5 マガレイの成長式の比較

青森県沖日本海におけるマガレイの成長・成熟・資源量

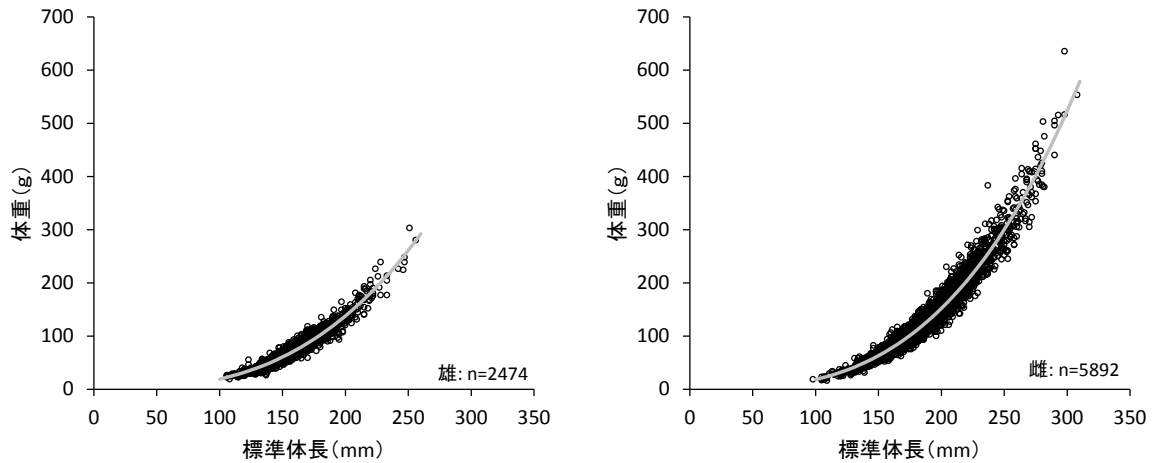


図6 マガレイの標準体長と体重との関係（左：雄，右：雌）

標準体長と体重との関係を図6に示した。この標準体長と体重との関係式は以下のとおりであった。ここで、Wは体重(g)である。

$$\text{雄： } W = 3.66 \times 10^{-5} \times SL^{2.86}$$

$$\text{雌： } W = 1.46 \times 10^{-5} \times SL^{3.05}$$

成熟

2011年7月から2013年7月までの標本を用いて、雌の生殖腺重量指数GSIの経月変化を図7に示した。GSIは2月から4月までが高く、その他の月は低くなっていた。

成熟時期と考えられた3月の雌のデータ(2003～2013年度)を用いて、標準体長10mm階級別にGSIが5以上の成熟個体出現率、および年齢別の成熟個体出現率を求め、それら関係をLogistic曲線にあてはめて図8に示した。Logistic曲線か

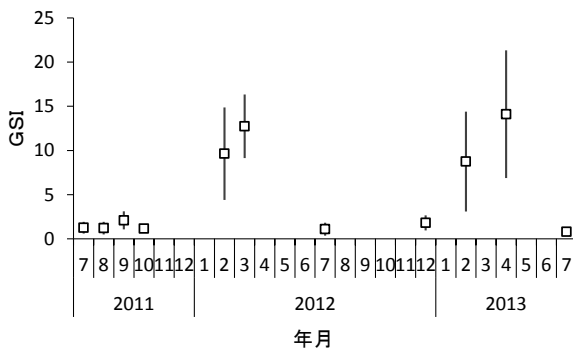


図7 マガレイ雌の生殖腺重量指数(GSI)の経月変化(バーは標準偏差)

ら、雌の50%が成熟する標準体長は142mmと推定された。また、雌の年齢別の成熟率は、2歳で36%、3歳で84%、4歳で94%と推定され、50%が成熟する年齢は2.3歳と推定された。

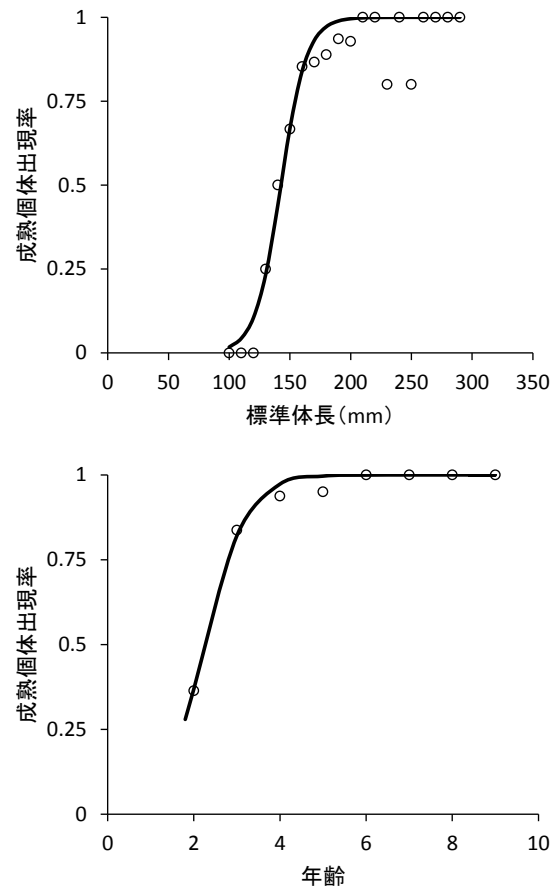


図8 マガレイ雌の標準体長別(上図)および年齢別(下図)の成熟個体出現率

年齢別漁獲尾数

銘柄別雌雄別年齢比率 (age-銘柄 Key) (付表 6) を見ると、年によって異なり、例えば刺網漁業の銘柄「小」の2歳比率は0.06から0.94まで、定

置網漁業の2歳は0.2から0.65までの範囲で年差が生じていた。

青森県沖日本海におけるマガレイの漁業種類別の年齢別漁獲尾数の経年変化を図9に示した。刺

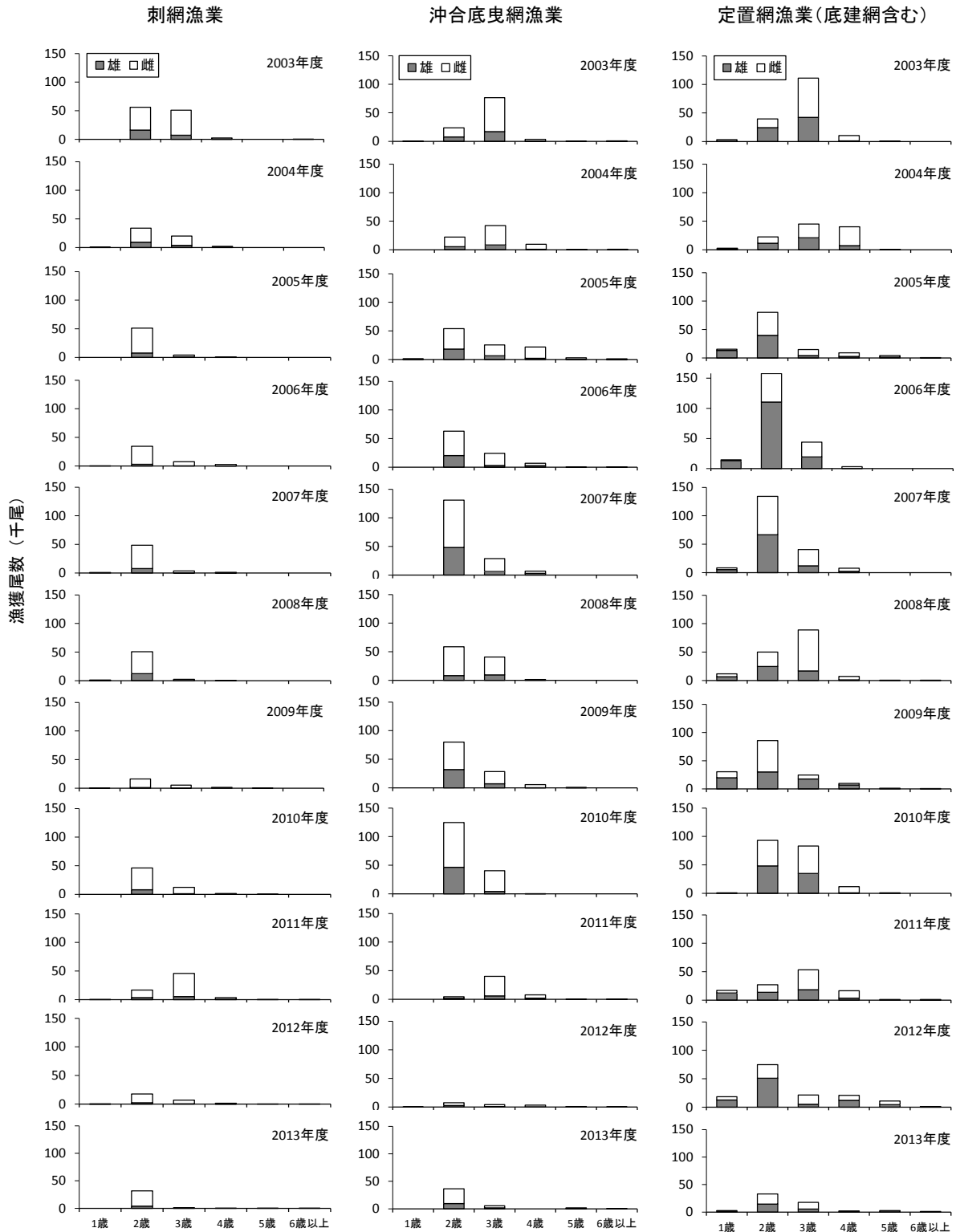


図9 青森県沖日本海におけるマガレイの漁業種類別の年齢別漁獲尾数の経年変化 (単位: 千尾)

青森県沖日本海におけるマガレイの成長・成熟・資源量

網漁業では、2歳の漁獲割合が平均72%と高く、雌の比率が平均84%で雌に偏っていた。沖合底曳網漁業では、刺網漁業ほどではないが、2歳の漁獲割合が平均53%と高く、雌の比率が平均74%で雌に偏っていた。定置網漁業（底建網含む）では、2歳の漁獲割合が平均47%と高く、雌雄比はほぼ同程度であった。

次に、青森県沖日本海における雌雄別年齢別漁獲尾数の経年変化を図10に示した。2003年度以降の年齢別漁獲尾数は、雌雄ともに2歳の漁獲割合が高く平均54%を占め、次いで3歳が32%を占めていた。雌雄比は、雌が高く平均65%を占めていた。

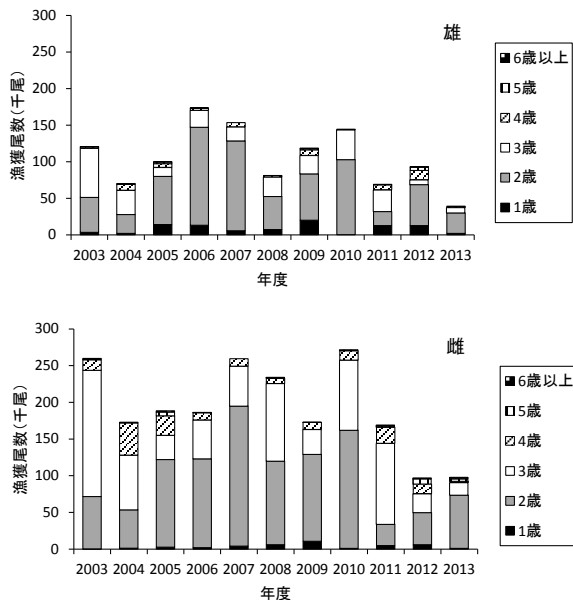


図10 青森県沖日本海におけるマガレイの雌雄別年齢別漁獲尾数の経年変化

資源尾数

VPAによる解析結果を付表9に示した。青森県沖日本海におけるマガレイの雌雄別資源尾数の経年変化を図11に示した。資源尾数は、2006年度と2009年度で多く、2010年度以降に大きく減少した。資源量については、2011年度以降に大きく減少し、2013年度には2010年度の32%にまで低下した（図12）。

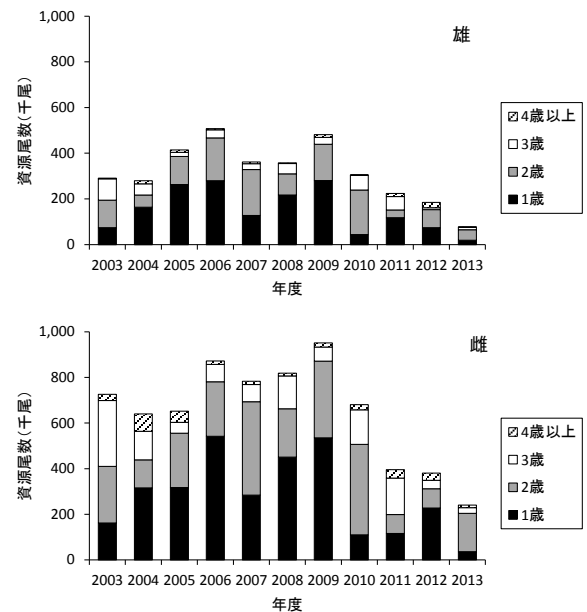


図11 青森県沖日本海におけるマガレイの年齢別資源尾数の経年変化

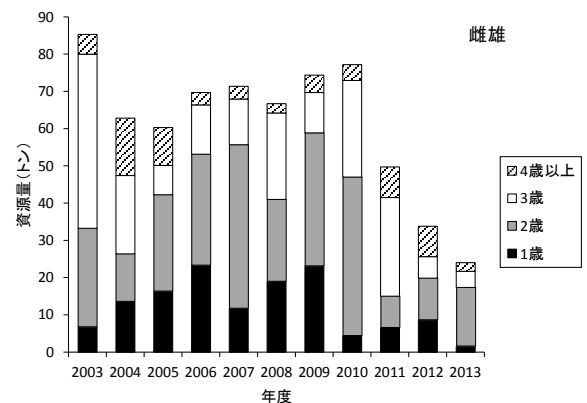


図12 青森県沖日本海におけるマガレイの資源量の経年変化

再生産成功率

雌の親魚量と加入量の経年変化を図13に示した。雌の親魚量は、2003年度の44トンから減少後、2004～2011年度に18～32トンの範囲で変動し、2012年度には12トンまで減少した。加入量は、2005年度と2008年度生まれが多く、2009～2012年度生まれが少なかった。雌の親魚量と加入量との間に明瞭な関係は認められなかった（図14）。

再生産成功率 (RPS) の経年変化を図 15 に示した。再生産成功率は、2005 年、2008 年に高く、2009 年から 2012 年に低くなっていた。

再生産成功率 (RPS) と各種水温観測の月別水温との相関分析を行った結果、有意な相関が認められたのは、深浦地先の 1 月海面水温 (図 16 : $r=0.74$, $P<0.01$) のみであった。ただし、1 月の水温については、定線観測が欠測、底層水温観測ロガーが 3 年間欠測となっていたため、相関分析できなかった。

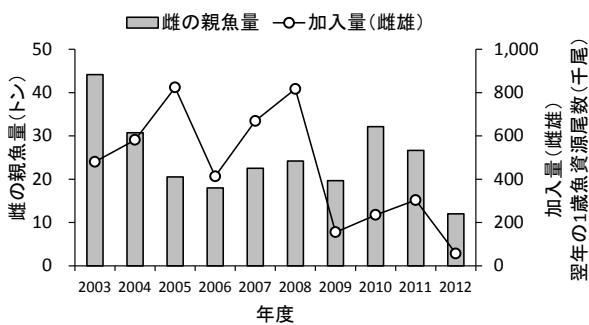


図 13 雌親魚量と加入量の経年変化

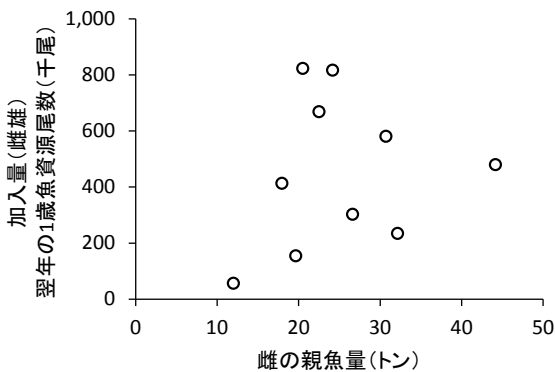


図 14 雌親魚量と加入量との関係

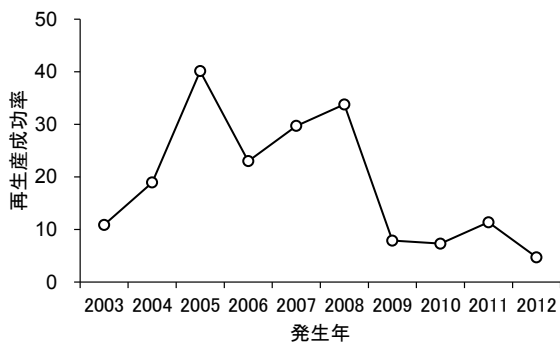


図 15 再生産成功率の経年変化

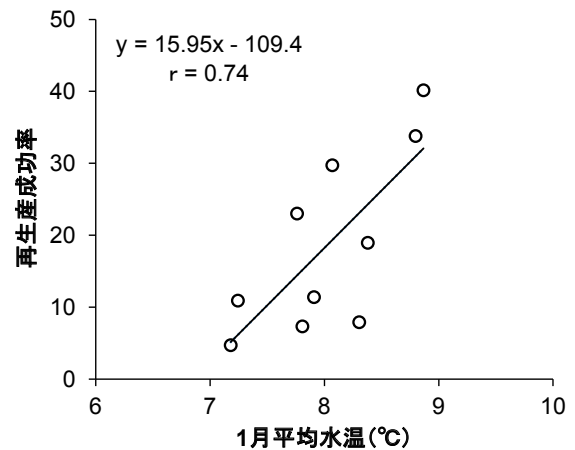


図 16 1 月深浦町地先海面水温と再生産成功率との関係

考 察

本研究の成長式は、Takahashi et al. (1995) が示した成長式に比べると、雌雄ともに 1 歳から 3 歳までの成長が良く、5 歳以上の成長が劣っていた。Takahashi et al. (1995) が用いた標本は、本研究と同じ海域で 1989~1990 年に採集されているが、漁獲量が 111 トン (青森県, 1991) と近年より約 3~7 倍多い年代のものである。また、1989 年は北太平洋の気候が寒冷から温暖に変化し (見延, 2003), 日本海の魚類相も変化した (岸田・木所, 2008) とされ、Takahashi et al. (1995) の標本は 1989 年以前の寒冷な時期に生まれたものが多いという特徴がある。これらのことから、本研究と Takahashi et al. (1995) との成長式の差の要因は、資源量と水温環境の違いによる可能性が考えられた。また、本研究の成長式は新潟県 (大西, 2009) の成長式に比べると雌雄ともに全年齢で成長が良く、この成長差は Takahashi et al. (1995) との差よりも大きい。青森県から富山県沖の日本海に生息するマガレイを同一系群として資源評価 (井関ら, 2014) が行われているが、評価にあたっては青森県と新潟県との成長差を考慮する必要があると考えられた。

成熟時期と成熟年齢を調べた結果、生殖腺重量指数 GSI の経月変化から雌の成熟時期は 2 月から 4 月までと推定され、過去の知見 (青森県, 1991) と概ね一致した。雌の 50% が成熟する標準体長は、

142mm と推定され、新潟県の約 140 mm (和田, 1970) とほぼ一致した。雌の年齢別の成熟率は、2 歳で 36%, 3 歳で 84%, 4 歳で 94% と推定され、過去の知見 (3 歳 70%, 4 歳 100%; 青森県, 1991) と概ね一致し、新潟県 (3 歳から成熟個体が出現し、4 歳で 80%; 富永ら, 1991) より早熟であった。

年齢別漁獲尾数の推定方法については、銘柄別雌雄別年齢比率 (age-銘柄 Key) を見ると年差が大きいことから、より正確な年齢別漁獲尾数を推定するためには、毎年、この比率を調べる必要があると考えられた。また、漁業種類別の年齢別漁獲尾数を見ると、漁業種類によって年齢組成が大きく異なっていることから、より正確な年齢別漁獲尾数を推定するためには、漁業種類別に年齢組成を調べる必要があると考えられた。これら必要と考えられたデータセットに基づいてより正確な年齢別漁獲尾数を推定したところ、刺網漁業と沖合底曳網漁業では、雌の 2 歳魚に漁獲が偏っていた。この要因については、2 歳から漁獲加入するという点で年齢の偏りは理解できるが、雌に偏っていた要因は不明である。

VPA により資源尾数を推定し、雌の親魚量と加入量との関係を見たところ、明瞭な関係は認められなかった。再生産成功率 (RPS) の経年変化は、2005 年、2008 年に高く、2009 年から 2012 年は低くなっていた。VPA では近年の推定値の信頼性が低い特徴があることから (平松, 2001), 2009 年以降の再生産成功率については、データを蓄積して再評価する必要がある。現時点での再生産成功率と水温環境との相関をみたところ、1 月の深浦町地先海面水温との間に有意な正の相関が認められた。1 月は、マガレイの成熟が始まる時期にあたることから、成熟に関係しているかもしれない。しかし、陸奥湾のマガレイでは、卓越年級群は 2 月下旬～3 月の低水温と、6 月の尾虫類とコペポダイトの高い豊度の 2 条件がともに満たされた年に発生すると考えられている (高津, 2003)。青森県沖日本海のマガレイの資源変動要因を明らかにするためには、再生産成功率と餌料環境との関係を調べる必要がある。

要 約

- 1 2003～2013 年の標本を用いて成長式を推定し、1989～1990 年の標本による Takahashi et al. (1995) の成長式に比べて雌雄ともに 5 歳以上の成長が劣っていることを示した。
- 2 雌の年齢別成熟率を 2 歳で 36%, 3 歳で 84%, 4 歳で 94% と推定し、過去の成熟率 (青森県, 1991) と変わらないことを示した。
- 3 年齢別漁獲尾数の推定方法について、age-銘柄 Key の年差が大きいこと、漁業種類による漁獲年齢割合が異なることを明らかにし、より正確な推定値を得るためには、毎年、漁業種類別 age-銘柄 Key の作成が必要であることを示した。
- 4 VPA により資源尾数を推定し、加入量、親魚量を求め、再生産成功率が 2005 年、2008 年に高く、2009 年から 2012 年まで低いことを明らかにした。また、再生産成功率と 1 月の深浦町地先海面水温との間に有意な正の相関があることを示した。

謝 辞

本研究で使用したデータは、水産総合研究所資源管理部の職員が 11 年間に渡って調査したものであり、関わった全ての職員に厚くお礼申し上げます。また、年齢査定に関するご助言を頂いた新潟県水産海洋研究所の中尾令子氏、原稿を御校閲いただいた独立行政法人水産総合研究センター日本海区水産研究所井関智明博士に深く感謝申し上げます。なお、本研究で用いた標本の多くは我が国周辺水域資源評価等推進委託事業で得たものである。

文 献

- 青森県 (1991) 平成 2 年度広域資源培養管理推進事業報告書。青森県, pp51.
- 平松一彦 (2001) VPA (Virtual Population Analysis). 「平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書—資源解析手法教科書—」社団法人日本水産資源保護協会, 東京, 104-128.
- 伊藤欣吾 (2000) ヤリイカ資源管理手法開発試験。平成 10 年度青森県水産試験場事業報告, 28-44.

- 井関智明・上原伸二・八木佑太（2014）平成 25 年度マガレイ日本海系群の資源評価。「我が国周辺水域の漁業資源評価（魚種別系群別資源評価・TAC 種以外）. 第 3 分冊.」水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター，東京，1585-1599.
- 岸田達・木所英昭（2008）日本海の海洋環境と漁業資源の近況. 日本水産学会誌，74，873-875.
- 見延庄士郎（2003）長期変動とレジームシフト. 月刊海洋，35，86-94.
- 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. 新潟県水産海洋研究所研究報告，2，27-35.
- 下田和孝・板谷和彦・室岡端恵・星野昇（2006）北海道北部に分布するマガレイ資源の特徴とコホート解析. 北海道区水産研究所研究報告，71，43-54.
- Takahashi T., Y. Hayakawa, T. Kamiharako, T. Nakatani, and T. Takatsu (1995) Age and growth of brown sole *Pleuronectes herzensteini* in the coastal waters of western Aomori Prefecture, Japan. Fisheries Science, 61, 893-897.
- 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. 日本水産学会誌，69，543-546.
- 田中昌一（1960）水産生物の水産資源 population dynamics と漁業資源管理. 東海区水産研究所研究報告，28，1-200.
- 富永修・梨田一也・前田辰昭・高橋豊美・下等和範（1991）新潟県北部沿岸域におけるマガレイ成魚群の生活年周期と分布. 日本水産学会誌，57，2023-2031.
- 和田克彦（1970）新潟県沖合産マガレイの資源生物学的研究Ⅱ成熟と産卵. 日本海区水産研究所研究報告，22，45-57.

青森県沖日本海におけるマガレイの成長・成熟・資源量

付表1 青森県沖日本海の漁業種類別漁獲量

年度	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
刺網漁業	2,441	1,675	3,089	3,483	6,871	4,199	7,543	3,799	6,890	7,920	10,381	5,190	6,013	5,562	4,779	4,621	2,617	5,107	7,734	2,991	3,102
沖合底曳網漁業	36,145	35,083	13,441	10,151	12,916	14,464	16,715	8,166	4,775	15,260	10,514	7,843	10,568	9,939	14,227	11,838	7,548	12,177	6,655	1,920	5,329
定置網漁業	32,381	31,762	24,744	33,719	26,359	28,838	26,138	22,286	14,830	16,499	19,489	13,453	12,502	20,803	17,183	17,340	12,637	18,292	14,519	15,270	7,838
漁法不明	22,328	25,739	18,743	3,794	100	494	99	2	60	552	3	2	1	0	4	0	1	0	0	0	0
合計	93,294	94,259	60,016	51,147	46,245	47,994	50,495	34,252	26,555	40,232	40,387	26,488	29,085	36,305	36,193	33,798	22,802	35,576	28,908	20,182	16,269

単位:kg

付表2 標本採集の漁協と採集日

年度	刺網漁業		沖合底曳網漁業		定置網漁業	
	漁協名	採集日	漁協名	採集日	漁協名	採集日
2003	新深浦町漁協岩崎支所	2003/7/14~8/1	鯺ヶ沢漁協	2003/9/24~11/10	新深浦町漁協本所	2004/2/10~2/20
2004	新深浦町漁協岩崎支所	2004/7/28~8/23	鯺ヶ沢漁協	2004/9/27~10/19	新深浦町漁協本所	2005/2/7~2/16
2005	新深浦町漁協岩崎支所	2005/7/25	鯺ヶ沢漁協	2005/9/20	新深浦町漁協本所	2006/2/15~3/1
2006	新深浦町漁協岩崎支所	2006/7/24~7/27	鯺ヶ沢漁協	2006/10/2	新深浦町漁協本所	2007/2/5~2/26
2007	新深浦町漁協岩崎支所	2007/7/17~7/25	鯺ヶ沢漁協	2007/9/20	新深浦町漁協本所	2008/2/4~2/25
2008	新深浦町漁協岩崎支所	2008/8/6~8/28	鯺ヶ沢漁協	2008/9/2	新深浦町漁協本所	2009/2/13~2/27
2009	新深浦町漁協岩崎支所	2009/7/21~7/22	鯺ヶ沢漁協	2009/10/23	新深浦町漁協本所	2010/2/9, 3/4
2010	新深浦町漁協岩崎支所	2010/7/21	鯺ヶ沢漁協	2010/9/28	新深浦町漁協本所	2011/2/2
2011	新深浦町漁協岩崎支所	2011/7/21, 8/22	深浦漁協	2011/9/25, 10/12	新深浦町漁協本所	2012/2/17, 3/14
2012	新深浦町漁協岩崎支所	2012/7/9	深浦漁協	2012/10/28, 12/2	新深浦町漁協本所	2013/2/13, 4/10
2013	新深浦町漁協岩崎支所	2013/7/11, 22	深浦漁協	2013/10/7	新深浦町漁協本所	2014/2/9, 3/10

付表3 標本の採集尾数

年度	刺網漁業						沖合底曳網漁業				定置網漁業	合計		
	大	中	小	小小	P	2P	計	特	大	中	小		計	込み
2003	15	113	79	108	104	-	419	52	143	161	252	608	429	1,456
2004	-	81	113	108	141	-	443	-	148	155	172	475	217	1,135
2005	-	39	51	64	82	-	236	-	43	74	151	268	234	738
2006	-	39	50	64	42	-	195	24	42	73	71	210	135	540
2007	-	54	51	73	50	-	228	-	36	111	-	147	315	690
2008	-	-	58	63	44	98	263	-	48	72	-	120	245	628
2009	-	-	48	73	92	-	213	-	57	88	78	223	216	652
2010	-	-	42	67	99	-	208	-	51	79	59	189	212	609
2011	11	36	50	110	-	-	207	-	59	65	102	226	203	636
2012	27	35	49	71	115	-	297	22	40	92	48	202	234	733
2013	-	12	26	65	47	-	150	18	41	60	85	204	234	588

：標本採集できなかったことを示す。「-」：漁獲がなかったことを示す。

付表4 標本採集漁協の漁業種類別銘柄別漁獲量

年度	刺網漁業						沖合底曳網漁業				定置網漁業	合計		
	大	中	小	小小	P	2P	計	特	大	中	小		計	込み
2003	64	736	1,064	1,336	1,158	0	4,358	316	3,188	2,160	649	6,313	11,354	22,025
2004	0	389	1,142	1,507	1,098	0	4,136	254	1,879	1,620	169	3,922	6,502	14,559
2005	45	590	1,436	1,743	1,184	0	4,998	379	1,410	1,528	825	4,141	6,583	15,722
2006	99	1,120	1,560	923	518	0	4,220	125	1,288	807	456	2,675	11,789	18,684
2007	21	250	713	1,450	1,288	0	3,722	0	1,624	2,040	1,532	5,196	9,126	18,044
2008	11	5	387	1,088	1,498	264	3,252	0	1,473	736	34	2,243	9,547	15,042
2009	238	264	228	469	399	0	1,598	0	508	765	587	1,861	7,174	10,633
2010	8	162	445	1,218	1,839	0	3,672	0	313	968	595	1,876	10,195	15,742
2011	42	596	1,348	1,018	346	0	3,350	314	2,991	1,649	676	5,631	7,538	16,519
2012	121	356	429	450	199	0	1,555	252	552	427	337	1,567	8,814	11,936
2013	12	47	246	981	692	0	1,978	492	1,739	1,844	1,189	5,265	4,293	11,535

単位:kg

付表5 標本の銘柄別平均体重

年度	刺網漁業						沖合底曳網漁業				定置網漁業		
	大	中	小	小小	P	2P	計	特	大	中	小	計	込み
2003	259	172	120	89	66	-	250	140	81	52	-	118	118
2004	-	157	113	89	69	-	-	133	84	55	-	122	122
2005	-	169	128	102	79	-	-	154	91	57	-	101	101
2006	-	169	132	100	80	-	280	153	91	59	-	95	95
2007	-	174	131	91	65	-	-	151	84	-	-	90	90
2008	-	-	142	106	77	45	-	138	93	-	-	109	109
2009	-	-	141	96	72	-	-	119	73	43	-	83	83
2010	-	-	151	98	67	-	-	134	82	53	-	96	96
2011	295	180	130	100	-	-	-	166	102	65	-	124	124
2012	243	187	134	93	56	-	288	164	101	69	-	104	104
2013	-	225	129	100	76	-	355	159	109	82	-	132	132

単位:g

：標本採集できなかったことを示す。「-」：漁獲がなかったことを示す。

青森県沖日本海におけるマガレイの成長・成熟・資源量

付表7 青森県沖日本海における銘柄別雌雄別年齢別漁獲尾数

漁獲種別	銘柄漁業														沖合漁業(特)														沖合漁業(特)											
	大				中				小				P				特				大				中				小		込									
	雄	雌	計	計	雄	雌	計	計	雄	雌	計	計	雄	雌	計	計	雄	雌	計	計	雄	雌	計	計	雄	雌	計	計	雄	雌	計	計	雄	雌	計	計				
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4歳	0	273	273	0	0	810	810	0	0	534	534	0	0	330	330	0	0	0	0	0	0	81	446	527	0	0	122	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6歳以上	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	586	586	0	0	10,078	10,078	0	0	1,334	1,334	0	0	6,609	6,609	0	0	15,777	15,777	0	0	162	1,945	2,107	0	0	382	382	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

網がけは様年が異なるため、別の年のデータを採用した。

付表 8 青森県沖日本海における雌雄別年齢別漁獲尾数

漁獲尾数(雄)						漁獲尾数(雌)					
年度	1歳	2歳	3歳	4歳以上	合計	年度	1歳	2歳	3歳	4歳以上	合計
2003	3	48	67	2	120	2003	0	71	172	16	260
2004	2	26	33	9	70	2004	1	52	74	45	173
2005	14	66	12	7	99	2005	3	120	33	34	188
2006	13	134	23	3	173	2006	2	121	53	11	186
2007	5	123	19	6	153	2007	4	191	54	10	259
2008	7	46	26	2	81	2008	6	114	106	8	234
2009	20	64	25	10	119	2009	11	119	34	10	173
2010	0	103	41	1	144	2010	1	161	96	14	272
2011	13	19	30	7	69	2011	5	29	110	25	169
2012	13	56	7	18	93	2012	6	44	26	22	97
2013	2	28	7	2	39	2013	1	73	17	7	98

付表 9 青森県沖日本海におけるマガレイの VPA の解析結果

資源尾数(雄)						資源尾数(雌)					
年度	1歳	2歳	3歳	4歳以上	合計	年度	1歳	2歳	3歳	4歳以上	合計
2003	75	120	94	3	291	2003	162	248	289	27	726
2004	164	54	49	13	280	2004	316	123	126	76	640
2005	263	123	18	11	415	2005	318	238	47	49	652
2006	280	187	35	5	508	2006	543	238	76	15	873
2007	128	201	25	8	362	2007	285	409	75	14	784
2008	217	92	45	3	358	2008	451	212	144	12	819
2009	281	159	30	12	482	2009	535	337	61	18	952
2010	44	196	65	1	306	2010	111	396	152	22	681
2011	118	33	59	14	224	2011	116	83	160	37	396
2012	75	79	9	23	185	2012	228	84	37	31	381
2013	20	46	11	2	79	2013	37	168	25	11	241

漁獲係数F(雄)					
年度	1歳	2歳	3歳	4歳以上	加重平均
2003	0.05	0.62	1.71	1.71	1.23
2004	0.01	0.82	1.48	1.48	1.20
2005	0.06	0.97	1.51	1.51	0.94
2006	0.05	1.73	1.39	1.39	1.55
2007	0.05	1.21	2.05	2.05	1.31
2008	0.04	0.84	1.12	1.12	0.87
2009	0.08	0.62	3.11	3.11	1.27
2010	0.00	0.93	1.28	1.28	1.03
2011	0.13	1.08	0.88	0.88	0.80
2012	0.21	1.70	2.26	2.26	1.65
2013	0.12	1.24	1.47	1.47	1.24

漁獲係数F(雌)					
年度	1歳	2歳	3歳	4歳以上	加重平均
2003	0.00	0.40	1.15	1.15	0.94
2004	0.00	0.67	1.14	1.14	0.99
2005	0.01	0.86	1.57	1.57	1.10
2006	0.00	0.88	1.58	1.58	1.11
2007	0.02	0.77	1.77	1.77	1.00
2008	0.02	0.96	1.85	1.85	1.37
2009	0.02	0.52	1.00	1.00	0.61
2010	0.01	0.63	1.28	1.28	0.89
2011	0.05	0.52	1.56	1.56	1.34
2012	0.03	0.92	1.56	1.56	1.18
2013	0.03	0.69	1.47	1.47	0.88

計算体重(雄)				
	1.5歳	2.5歳	3.5歳	4.5歳
体重	27	60	86	105

計算体重(雌)				
	1.5歳	2.5歳	3.5歳	4.5歳
体重	29	78	134	185

資源量(雄)					
年度	1歳	2歳	3歳	4歳以上	合計
2003	2	7	8	0	18
2004	4	3	4	1	13
2005	7	7	2	1	17
2006	8	11	3	1	22
2007	3	12	2	1	18
2008	6	6	4	0	16
2009	8	10	3	1	21
2010	1	12	6	0	19
2011	3	2	5	1	12
2012	2	5	1	2	10
2013	1	3	1	0	4

資源量(雌)					
年度	1歳	2歳	3歳	4歳以上	合計
2003	5	19	39	5	68
2004	9	10	17	14	50
2005	9	19	6	9	43
2006	16	19	10	3	47
2007	8	32	10	3	53
2008	13	17	19	2	51
2009	16	26	8	3	53
2010	3	31	20	4	59
2011	3	6	21	7	38
2012	7	7	5	6	24
2013	1	13	3	2	20

成熟率(雌)				
	2歳	3歳	4歳	5歳以上
成熟率	36%	84%	94%	100%

親魚量(雌)				
年度	2歳	3歳	4歳以上	合計
2003	7	32	5	44
2004	3	14	13	31
2005	7	5	8	21
2006	7	9	3	18
2007	12	8	2	23
2008	6	16	2	24
2009	10	7	3	20
2010	11	17	4	32
2011	2	18	6	27
2012	2	4	5	12
2013	5	3	2	10

青森県沖日本海におけるムシガレイの成長・成熟・資源量

伊藤欣吾^{1*}・和田由香¹・三浦太智¹・山中智之¹

Growth, maturity and Stock size of Roundnose flounder *Eopsetta grigorjewi* in the Sea of Japan off Aomori Prefecture

Kingo ITO^{1*}, Yuka WADA¹, Taichi MIURA¹ and Tomoyuki YAMANAKA¹

Abstract

Stock size of roundnose flounder *Eopsetta grigorjewi* in the Sea of Japan off Aomori Prefecture was estimated using VPA from 2001 to 2012. The weight of the roundnose flounder stock increased from 95 tons (2001) to 442 tons (2012). Recruits of the roundnose flounder increased in 2004, 2005, 2007 and 2010. Recruits per spawning (RPS) of roundnose flounder were not related to water temperature.

キーワード：ムシガレイ，成長，成熟，資源量，青森県

ムシガレイ *Eopsetta grigorjewi* は北海道～長崎県の日本海，北海道～土佐湾の太平洋，東シナ海，黄海，渤海の水深 200m 以浅に分布している（中防・土居内，2013）。日本海では，島根県および山口県沖の日本海南海域での漁獲量が多く，近年の漁獲量は千トン前後で，資源水準・動向は中位・減少となっている（木下・藤原，2014）。しかし，分布の北限に近い青森県沖日本海では，近年の漁獲量が増加傾向となっている（青森県，2014）。

そこで，青森県沖日本海におけるムシガレイの漁獲量の増加要因を検討するため，漁獲物の年齢組成と資源動向を調べた。

材料と方法

漁獲統計調査

青森県日本海側沿岸 9 漁業協同組合・支所（小泊，下前，十三，鯨ヶ沢，新深浦町漁協本所，風合瀬，深浦，新深浦町漁協鱸作支所，新深浦町漁協岩崎支所）を対象に 1993 年 6 月～2013 年 5 月の月別・漁業種類別・銘柄別の漁獲量を収集した。また，「青森県海面漁業に関する調査結果書」（青森県農林水産部発行）を用いて，2002 年以降の青森県全域の漁獲量を収集した。さらに，漁獲量の多い底建網について，「事業概要」（青森県農林水産部発行）を用いて知事許可数を調べた。青森県沖日本海に生息するムシガレイの産卵期が 5 月中

1 地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所，〒039-3381 青森県東津軽郡平内町大字茂浦字月泊10

*Corresponding author: Kingo ITO, Fisheries Research Institute, Aomori Prefectural Industrial Technology Research Center, 10 Tsukidomari, Moura, Hiranai-machi, Aomori 039-3381, Japan (Email: kingo_ito@aomori-itc.or.jp).

旬から6月中旬とされている(寺島・鶴川, 1961)ことから, 年齢起算日を6月1日とし, 漁獲の集計を6月1日から翌年5月31日までの漁期年単位とした。

標本採集

2002年から2013年の期間, 青森県日本海側で漁獲量の最も多い新深浦町漁協本所において, 漁獲盛期の4~5月に水揚げされたムシガレイを銘柄別に100尾を目安に買い上げし(付表1), 全長, 標準体長, 体重の測定, 生殖腺の色彩と形状の観察による雌雄判別及び耳石薄片観察による年齢査定を行い, 各銘柄の雌雄別年齢組成を調べた。

また, 耳石輪紋形成の年周性を確認するために, 青森県沖日本海で操業した新深浦町漁協の底建網と試験船青鵬丸のオッタートロールの漁獲物より, 2010年10月から2012年6月までの期間, ほぼ毎月標本を入手した(付表2)。

年齢査定

青森県沖日本海におけるムシガレイの年齢査定については, 耳石表面観察法による寺島(1961)と山中(1999)の報告があるが, 星(2012)は耳石の表面観察法よりも横断面法が精度の高い年齢査定方法であるとしている。本研究では, 無眼側の耳石を樹脂包埋した後, 厚さ0.3mmの横断面の薄片標本を作製し, 実体顕微鏡の透過光下で輪紋を観察して行った。

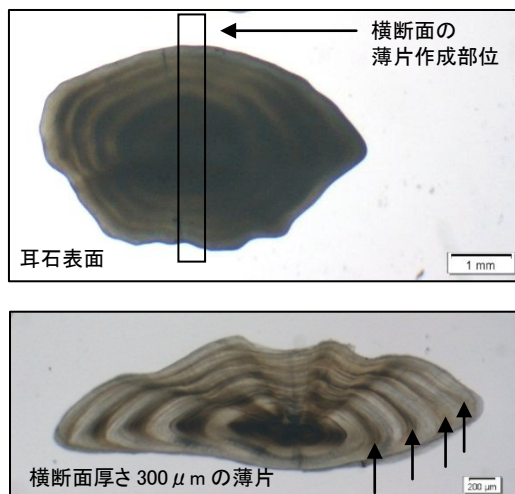


図1 ムシガレイの耳石表面(上)と横断面(下)
(下図の矢印は不透明帯を示す)

輪紋の年周性を確認するため, 2010年10月から2012年6月までの標本を用いて, 耳石縁辺が不透明帯の個体数割合を月別に調べた。その結果, 後述するが不透明帯は3月から12月の間に年1回形成されることから, 耳石中心の不透明部を除く不透明帯数を年輪として計数した。ただし, 4~5月の標本の年齢査定では, 縁辺が不透明帯であってもその不透明帯を年輪として扱わないこととした。

成長式

成長式は, 標本採集月毎の年齢と平均標準体長のデータを用い, 雌雄別に Microsoft Excel のソルバーを用いて最小二乗法によって von Bertalanffy 成長式のパラメータを求めて推定した。なお, ふ化仔魚の全長が3.5mmであること(中西ら, 1997)から, 仮に0歳時に標準体長3.5mmとして, この点を通る制約条件でパラメータを推定した。得られた成長式について, 本研究と同じ海域の1996年から1997年の標本を用いて山中(1999)が示した成長式と比較するとともに, 山口県沖の成長式(今井・宮崎, 2005)とも比較した。ただし, 山口県沖の成長式は全長で示されていたことから, 本研究で得られた全長と標準体長との関係式を用いて, 標準体長に換算して扱った。また, 標準体長と体重との関係式を雌雄別に求めた。

成熟体長・年齢

成熟体長と成熟年齢を調べるため, 2010年から2013年までの4~5月の標本の生殖腺重量を測定した。成熟の判定については, 三陸北部海域におけるムシガレイの未成熟雌の成熟度係数 KG [生殖腺重量(g) / 体長(mm)³ × 10⁶] が3以下であること(石戸, 1982)を参考にして, 便宜的に KG が4以上を成熟個体とみなした。標準体長10mm階級別の成熟個体出現率及び年齢別の成熟個体出現率を求め, 体長と成熟率との関係および年齢と成熟率との関係を Microsoft Excel のソルバーにより Logistic 曲線にあてはめて表した。なお, 成熟年齢は, 産卵期の年齢に合わせることで, 4~5月時点での年齢に1歳加えて扱った。

雌雄別年齢別漁獲尾数の推定

年齢別漁獲尾数の推定の手順は、はじめに標本採集漁協の銘柄別漁獲量（付表 3）を標本平均体重（付表 3）で除して銘柄別漁獲尾数（付表 3）を求め、標本採集漁協の漁獲量に対する青森県沖日本海の漁獲量（付表 4）の比率（付表 4）で引き伸ばして、青森県沖日本海における銘柄別漁獲尾数を算出（付表 4）した。次に、これを標本の銘柄別雌雄別年齢比率（付表 5）で配分して銘柄別雌雄別年齢別漁獲尾数（付表 6）を算出し、青森県沖日本海における雌雄別年齢別漁獲尾数（付表 7）を集計した。

雌雄別資源尾数の推定

得られた 2001 年漁期（2001 年 6 月～2002 年 5 月）から 2012 年漁期までの雌雄別年齢別漁獲尾数（付表 7）を用いて VPA（Virtual Population Analysis）（平松，2001）により雌雄別の資源尾数を推定した（付表 8）。7 歳以上の漁獲が少ないことから、6 歳以上をプラスグループ（6+）としてまとめて扱った。

y 年 a 歳の資源尾数（ $N_{a,y}$ ）は、以下の Pope の近似式を用いて算出した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$C_{a,y}$ は y 年 a 歳の漁獲尾数、M は自然死亡係数である。また、y 年 a 歳の漁獲係数（ $F_{a,y}$ ）は、

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}}\right)$$

とした。y 年 5 歳および y 年 6+歳の資源尾数（ $N_{5,y}$ 、 $N_{6+,y}$ ）は、それぞれ以下の通りに算出した。

$$N_{5,y} = \frac{C_{5,y}}{(C_{5,y} + C_{6+,y})} N_{6+,y+1} \exp(M) + C_{5,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$N_{6+,y} = \frac{C_{6+,y}}{(C_{5,y} + C_{6+,y})} N_{6+,y+1} \exp(M) + C_{6+,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

また、最近年の a 歳の資源尾数（ $N_{a,2012}$ ）を以下の通り求めた。

$$N_{a,2012} = \frac{C_{a,2012}}{1 - \exp(-F_{a,2012})} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

自然死亡係数 M は、本研究で得られた最高齢（雄 10 歳，雌 12 歳）を寿命とし、田中（1960）の式より雄 0.25，雌 0.21 とした。漁獲係数 F については、6 歳以上と 5 歳は同じとし、最近年の F は過去 3 ヶ年における同一年齢の F の平均値と仮定し、この仮定を達成する最近年における 6 歳以上の F を Microsoft Excel のソルバーを用いて探索的に求めた。

漁獲重量および資源重量の推定については、漁期年の中間に一斉に漁獲されると仮定し、その時（1.5 歳，2.5 歳，3.5 歳，4.5 歳，5.5 歳，6.5 歳）の雌雄の体重を前述の成長式と標準体長－体重関係式から求め、雌雄別年齢別漁獲尾数および雌雄別年齢別資源尾数に、この雌雄別年齢別体重を乗じて求めた。

再生産成功率

雌の親魚量については、年齢別資源量に年齢別成熟率を乗じて算出した。加入量については、1 歳魚の資源尾数とした。雌の親魚量（トン）に対する翌年 1 歳魚資源尾数（千尾）の比を再生産成功率とした。

再生産成功率と水温環境との関係を調べるため、青森県沖日本海で月 1 回行っている定線観測による各層水温、深浦町地先の 10 時定時観測の海面水温及び深浦町 1km 沖合の海深 25m 地点に設置した底層水温観測ロガーのデータを用いて月別水温データを作成し相関分析を行った。

結 果

漁獲量

青森県におけるムシガレイの海域別漁獲量を図 2 に示した。青森県沖日本海におけるムシガレイの漁獲量は、漁獲統計を開始した 1993 年漁期から 2000 年漁期にかけて 10～20 トンであったが、2001 年漁期以降増加し、2012 年漁期には 100 トンを超えた。青森県全域におけるムシガレイの漁獲量は、漁獲統計開始の 2002 年漁期から 2006 年漁期にかけて 50 トン前後であったが、2007 年漁

期と 2011 年漁期に急増し、2012 年漁期には 253 トンとなった。

漁獲の多い底建網の知事許可件数は 1993 年の 286 件から 2012 年の 232 件へ漸減していた。

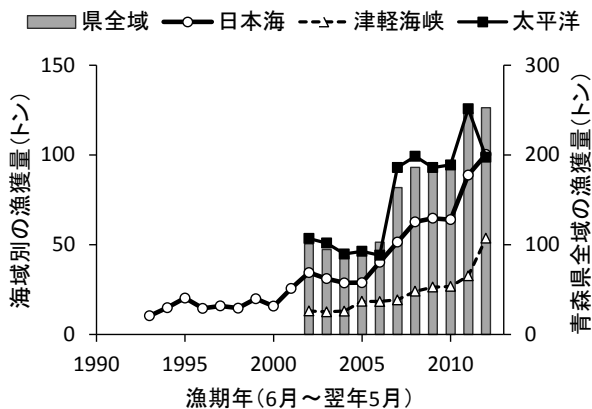


図 2 青森県におけるムシガレイの海域別漁獲量

年齢査定

耳石縁辺が不透明帯の個体は、3 月から出現し 7 月に最も多くなり 12 月まで出現したが、1 月から 2 月までは出現しなかった (図 3)。この結果から、耳石の不透明帯は年 1 回形成されることが明らかとなった。

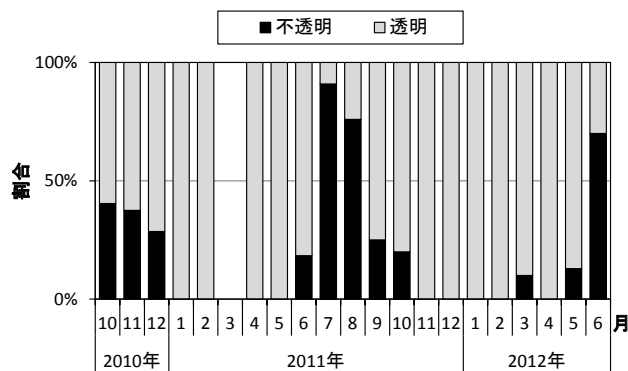


図 3 耳石縁辺が不透明帯の個体数割合の経月変化

成長式

2002 年 4 月から 2013 年 5 月までの標本を用いて、標本採集月毎の年齢と平均標準体長との関係を図 4 に示した。この年齢と平均標準体長との関係から、以下の成長式が得られた。ここで、SL は標準体長 (mm), t は年齢である。

$$\text{雄: } SL_t = 220.4 [1 - \exp \{-0.648 (t + 0.021)\}]$$

$$\text{雌: } SL_t = 341.5 [1 - \exp \{-0.286 (t + 0.031)\}]$$

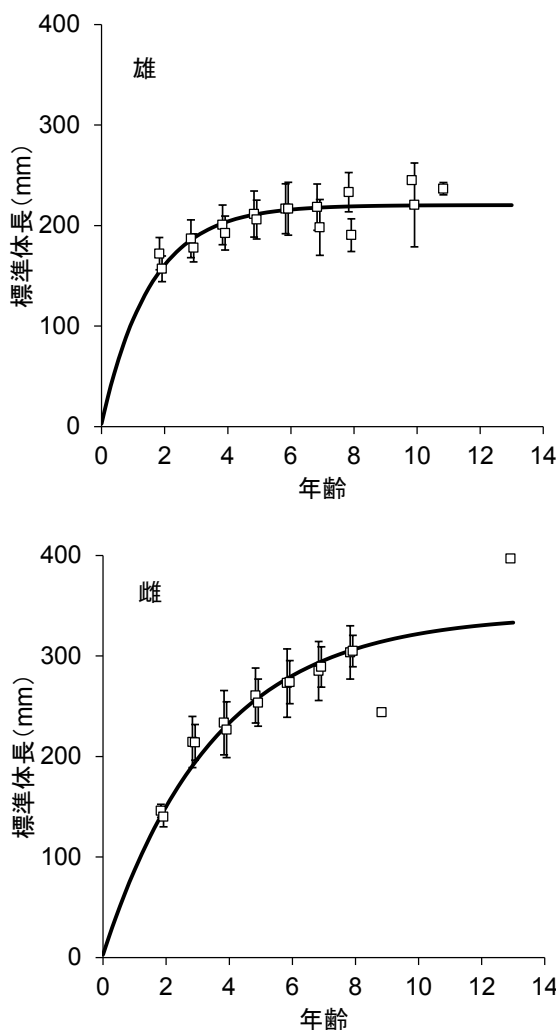


図 4 ムシガレイの年齢と標準体長との関係及び成長式 (上: 雄, 下: 雌, バーは標準偏差)

青森県沖日本海におけるムシガレイの成長・成熟・資源量

得られた成長式について、既往の知見との比較を試みた(図5). 本研究の成長式は、同海域の1996年から1997年の標本を用いて山中(1999)が示した成長式と比較すると、雌雄ともに1歳から4歳までは同程度であるものの、5歳以降の成長が劣っていた。また、山口県沖の成長式(今井・宮崎, 2005)と比較すると、本研究の成長式は、雄では1歳から4歳までは同程度であるものの、5歳以降の成長が劣り、雌では2~6歳で12~20mm

大きくなっていた。

標準体長と体重との関係を図6に示した。この標準体長と体重との関係式は、以下のとおりであった。ここで、Wは体重(g)である。

$$\text{雄: } W = 7.14 \times 10^{-6} \times L^{3.14}$$

$$\text{雌: } W = 4.07 \times 10^{-6} \times L^{3.26}$$

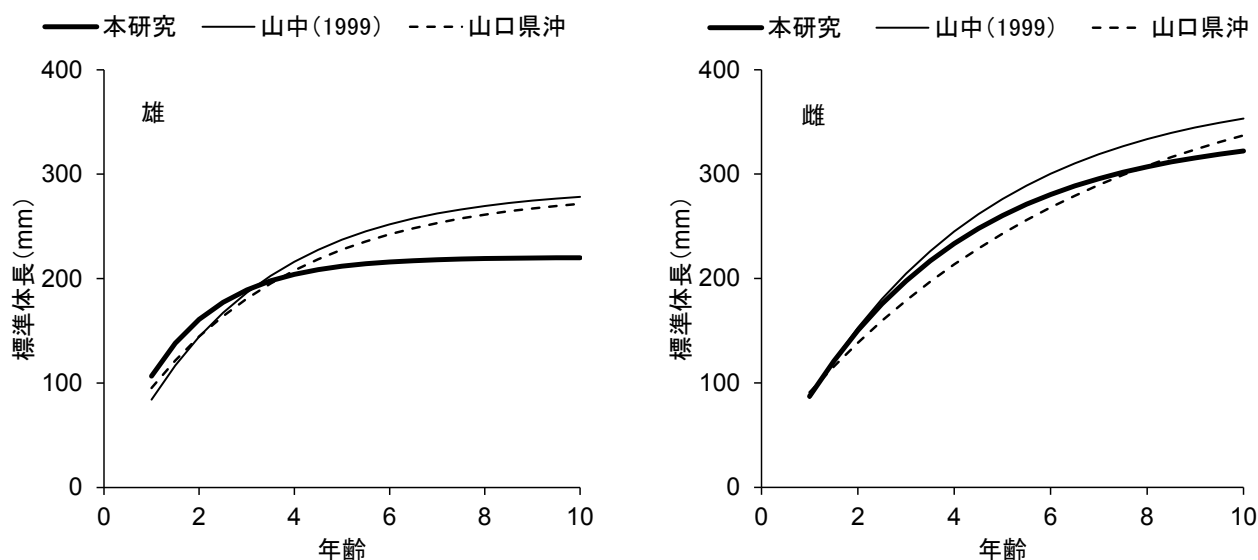


図5 ムシガレイの成長式の比較(左:雄, 右:雌)

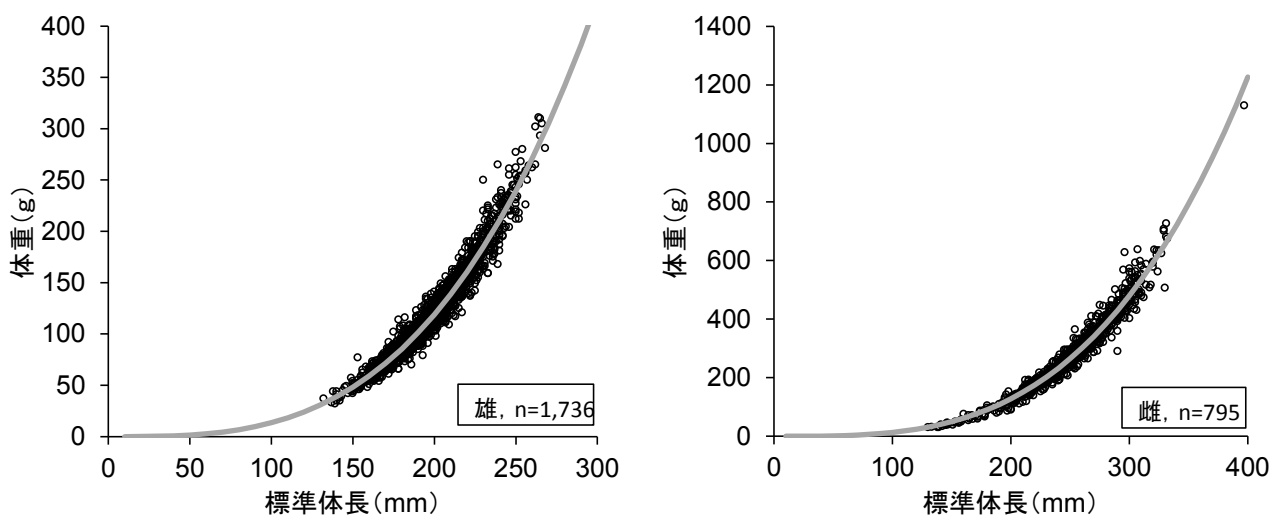


図6 ムシガレイの標準体長と体重との関係(左:雄, 右:雌)

成熟体長・成熟年齢

成熟時期と考えられる 4~5 月の雌のデータ (2010~2013 年) を用いて, KG4 以上を成熟個体とみなして, 標準体長 10mm 階級別の成熟個体出現率, および年齢別の成熟個体出現率を求め, それらの関係を Logistic 曲線にあてはめて図 7 に示した. Logistic 曲線から, 雌の 50% が成熟する標準体長は 173mm と推定された. また, 雌の年齢別の成熟率は, 2 歳で 0%, 3 歳で 85%, 4 歳以上で 100% と推定された.

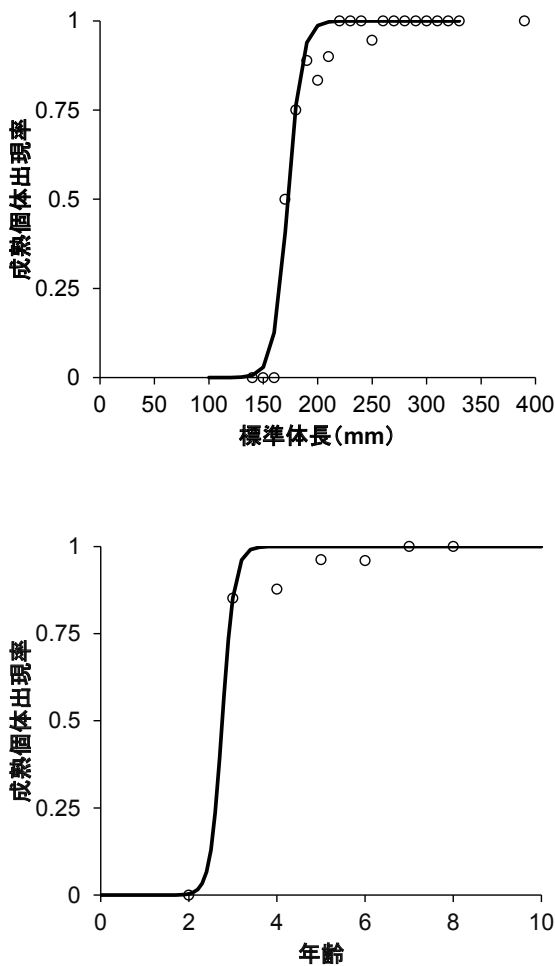


図 7 ムシガレイ雌の標準体長別 (上図) 及び年齢別 (下図) の成熟個体出現率

年齢別漁獲尾数

銘柄別雌雄別年齢比率 (付表 5) を見ると, 年によって異なり, 例えば銘柄「小」の 3 歳雄の比率は 0.05 から 0.55 まで, 銘柄「大」の 3 歳雄の比率は 0.02 から 0.46 までの範囲で年差が生じていた.

青森県沖日本海における雌雄別年齢別漁獲尾数の経年変化を図 8 に示した. 2001 年漁期以降における年齢別漁獲尾数をみると, 雌雄ともに 2 歳から 4 歳までの漁獲割合が高く, その割合は雄では平均 87%, 雌では平均 74% であった. 雌雄比は, 雄が高く平均 63% を占めていた.

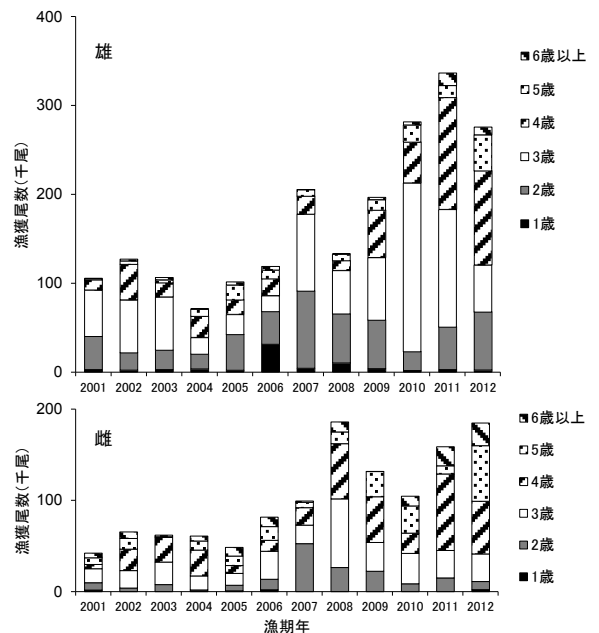


図 8 青森県沖日本海におけるムシガレイの雌雄別年齢別漁獲尾数の経年変化

資源尾数

VPA による解析結果を付表 6 に示した. 青森県沖日本海におけるムシガレイの雌雄別資源尾数の経年変化を図 9 に示した. 資源尾数は, 雌雄ともに 2005 年漁期から増加し, 2012 年漁期が最高となっていた.

資源量は, 2006 年漁期以降に増加し, 2012 年漁期には 2005 年漁期の約 4.5 倍の 442 トンとなった (図 10).

青森県沖日本海におけるムシガレイの成長・成熟・資源量

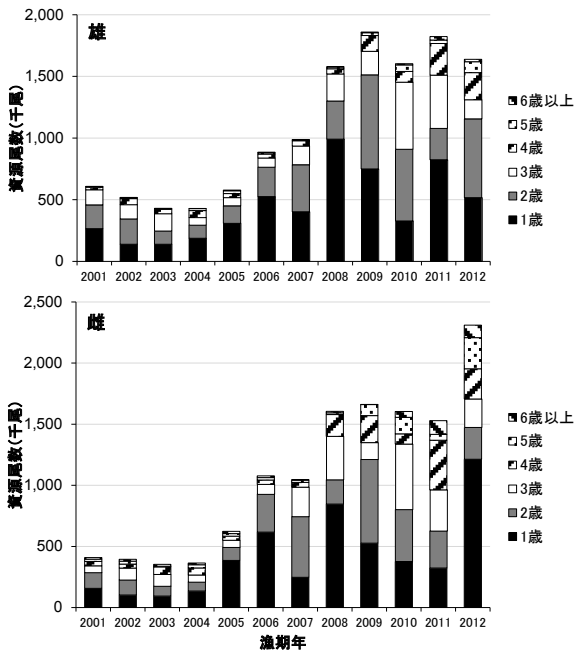


図9 青森県沖日本海におけるムシガレイの雌雄別年齢別資源尾数の経年変化

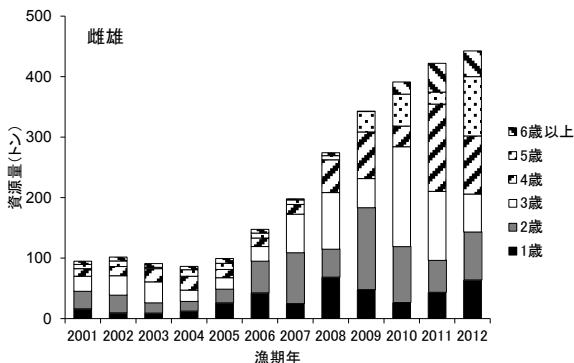


図10 青森県沖日本海におけるムシガレイの資源量の経年変化

再生産成功率

雌の親魚量と加入量（雌雄）の経年変化を図11に示した。雌の親魚量は、2001～2006年漁期には31～41トンの範囲で横ばい、2007年漁期から増加し続けて2011年漁期には226トンまで達した。加入量は年変動を伴いながら増加傾向にあった。雌の親魚量と加入量との関係を図12に示した。親魚量の増加に伴って加入量も増加する傾向は見ら

れるものの、明瞭な関係は認められなかった。再生産成功率の経年変化を図13に示した。再生産成功率は、2005年と2007年に比較的高い値を示したが、2009～2011年は低くなっていた。

再生産成功率と各種水温観測の月別水温との相関分析を行った結果、有意な相関が認められなかった。各種水温のうち、青森県沖日本海の定線観測による水深100m層の月別水温の経年変化を図14に示す。再生産成功率が高かった2005年と2007年に共通する水温の特徴は見られなかった。

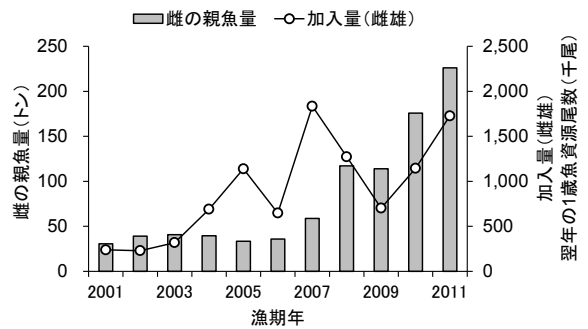


図11 雌親魚量と加入量の経年変化

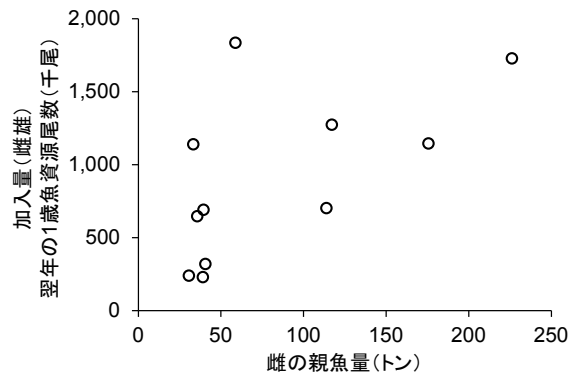


図12 雌親魚量と加入量との関係

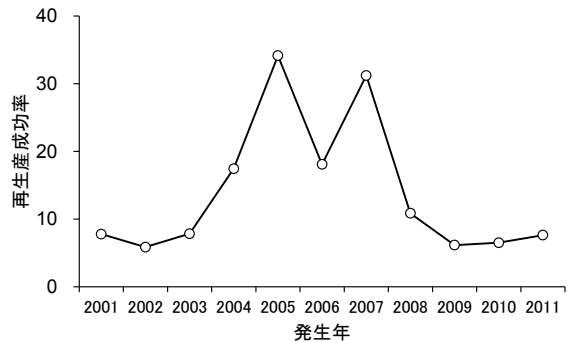


図13 再生産成功率の経年変化

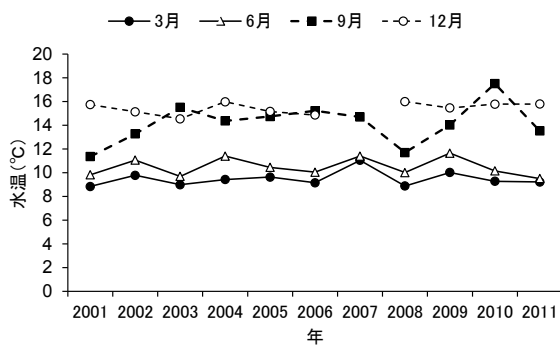


図 14 青森県沖日本海の定線観測による水深 100m 層の月別水温の経年変化

考 察

青森県沖日本海におけるムシガレイの漁獲量は、2001年漁期以降増加し、2012年漁期に10年前の約4倍となった。ムシガレイを多く漁獲している底建網の知事許可件数はこの10年間で減少していた。漁獲物の年齢組成と雌雄比には2001年漁期以降大きな変化はみられず、漁獲物の主体は2歳から4歳、雄率は6割程度であった。2001年から2012年までの標本を用いた本研究の成長式と、1996年から1997年までの標本を用いた成長式を比較したが、漁獲の主体となっている2歳から4歳まではほぼ同程度の成長となっていた。これらのことから、漁獲量の増加の要因は、漁獲努力量、漁獲物の年齢組成や雌雄比および成長量の変化によるものとは考えられない。VPAにより推定した2001年漁期以降の資源量は、2005年漁期から増加し、約3倍に増加した2008年漁期以降横ばいとなっていた。すなわち、2001年漁期以降の漁獲量の増加は資源量の増加によるものと考えられた。なお、資源量を推定する際に用いた銘柄別雌雄別年齢比率（付表5）は、極めて年差が大きかったことから、より正確な年齢別漁獲尾数を推定するためには、毎年、この比率を調べる必要があると考えられた。

資源量の増加要因を検討するため親子関係を調べたところ、親魚量の増加に伴って加入量も増加する傾向は見られるものの、明瞭な関係は認められなかった。再生産成功率は、2005年と2007年に高く、2009年から2011年にかけて低く、年変

動が見られた。異体類では、海洋環境が再生産に影響することが知られており、例えばヒラメでは8月の高水温が（栗田ら、2006）、マガレイでは産卵初期の低水温が（高津、2003）、それぞれの卓越年級発生の必要条件とされている。そこで、再生産成功率の年変動の要因を検討するため生息海域周辺の水温との関係を調べたところ、再生産成功率と今回使用可能であった水温データとの間には明瞭な関係は見出せなかった。なお、VPAは近年の推定値の信頼性が低い特徴があることから（平松、2001）、2009年以降の再生産成功率についてはデータを蓄積し、その上で水温環境との関係を再確認する必要がある。高津（2003）は、底生魚類仔稚魚の場合、摂餌開始期に代表される浮遊生活期の餌との遭遇よりも、着底期前後に高い餌豊度や質の高い餌と遭遇することの方が、生残に強く影響すると報告している。今後、再生産成功率の変動要因を検討するためには、着底期の餌豊度に関する経年的な調査を行うことも重要であると考えられる。

要 約

- 1 青森県沖日本海において、ムシガレイの資源量が増加し、漁獲量も2001年以降増加していることを明らかにした。
- 2 青森県沖日本海において、1996年から1997年までの標本を用いた成長式と、2002年から2013年までの標本を用いた本研究の成長式とを比較し、漁獲の主体となっている2歳から4歳まではほぼ同程度の成長であったことを明らかにした。
- 3 雌の年齢別成熟率を2歳で0%、3歳で85%、4歳以上で100%と推定した。
- 4 年齢別漁獲尾数の推定方法について、銘柄別雌雄別年齢比率の年差が大きいため、より正確な推定値を得るためには、毎年、この比率を調べる必要があることを示した。
- 5 VPAにより資源尾数を推定し、加入量、親魚量を求め、再生産成功率が2005年と2007年に高く、2009年から2011年にかけて低いことを明らかにした。

青森県沖日本海におけるムシガレイの成長・成熟・資源量

謝 辞

本研究で使用したデータは、水産総合研究所資源管理部の職員が 12 年間に渡って調査したものであり、関わった全ての職員に厚くお礼申し上げます。また、原稿を御校閲いただいた独立行政法人水産総合研究センター日本海区水産研究所八木佑太博士に深く感謝申し上げます。

文 献

- 青森県 (2014) ムシガレイ. 「未来につなぐ資源管理 2014 版」. 青森県, 4-5.
- 平松一彦 (2001) VPA (Virtual Population Analysis). 「平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書—資源解析手法教科書—」社団法人日本水産資源保護協会, 東京, 104-128.
- 星 台司 (2012) 青森県沖日本海におけるムシガレイの年齢と成長. 北海道大学水産学部卒業論文, 18pp.
- 今井千文・宮崎義信 (2005) 耳石解析によるムシガレイ日本海西部群の成長モデルの再検討. 水産大学校研究報告, 68, 21-34.
- 石戸芳男 (1982) 三陸北部近海におけるムシガレイの成熟と産卵について. 東北区水産研究所研究報告, 24, 33-44.
- 木下貴裕・藤原邦浩 (2014) 平成 25 年度ムシガレイ日本海系群の資源評価. 「我が国周辺水域の漁業資源評価 (魚種別系群別資源評価・TAC 種以外). 第 3 分冊.」水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター, 東京, 1496-1510.
- 栗田豊・上原伸二・神山孝史・高橋一生・杉崎宏哉・桑田晃・岡崎雄二 (2006) ヒラメ (仙台湾—常磐北部沿岸域). 漁場生産力変動評価・予測調査報告書 (平成 7 年度), 水産総合研究センター東北区水産研究所, 22-32.
- 中防徹次・土居内龍 (2013) カレイ科. 中坊徹次(編), pp.1675-1683, 2229-2230, 1933-1938. 日本産魚類検索全種の同定, 第三版. 東海大学出版会, 東京.
- 中西廣義・涌坪敏明・横山勝幸 (1997) ムシガレイ量産技術開発試験. 平成 7 年度青森県水産増殖センター事業報告, 26, 294-297.
- 寺島 朴 (1961) ムシガレイの資源学的考察 I 成長について. 青森県水産試験場事業概要 (昭和 30 年度), 青森県, 67-74.
- 寺島 朴・鶴川正雄 (1961) ムシガレイの資源学的考察 II 産卵について. 青森県水産試験場事業概要 (昭和 30 年度), 青森県, 75-88.
- 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. 日本水産学会誌, 69, 543-546.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の水産資源 population dynamics と漁業資源管理. 東海区水産研究所研究報告, 28, 1-200.
- 山中崇裕 (1999) ムシガレイ放流技術開発調査. 平成 9 年度青森県水産試験場事業報告, 青森県, 121-127.

付表1 ムシガレイ標本の採集日と尾数

年月日	単位:尾数		
	大	小	計
2002/4/10	64	84	148
2003/4/10	73	67	140
2004/4/14, 15	210	117	327
2005/4/13, 25	128	90	218
2006/4/10, 5/1	118	54	172
2007/4/17, 25	109	70	179
2008/4/9, 10, 30	147	66	213
2009/4/9, 30	122	19	141
2010/4/20, 27	86	83	169
2011/4/18	149	83	232
2012/4/16, 5/9	117	229	346
2013/4/10, 5/9	85	161	246

付表2 耳石輪紋形成の年周性の確認に用いた標本

年月	入手先	漁法	尾数
2010年10月	試験船	オッタートロール	31
2010年11月	試験船	オッタートロール	24
2010年12月	試験船	オッタートロール	14
2011年1月	試験船	オッタートロール	2
2011年2月	試験船	オッタートロール	3
2011年3月	—	—	0
2011年4月	新深浦町漁協本所	底建網	232
2011年5月	調査船	刺網	2
2011年6月	新深浦町漁協本所	底建網	48
2011年7月	試験船	ビームトロール	11
2011年8月	新深浦町漁協岩崎支所	刺網	50
2011年9月	試験船	オッタートロール	4
2011年10月	試験船	オッタートロール	15
2011年11月	試験船	オッタートロール	7
2011年12月	新深浦町漁協本所	底建網	10
2012年1月	新深浦町漁協本所	底建網	10
2012年2月	新深浦町漁協本所	底建網	16
2012年3月	新深浦町漁協本所	底建網	10
2012年4月	新深浦町漁協本所	底建網	121
2012年5月	新深浦町漁協本所	底建網	225
2012年6月	新深浦町漁協本所	底建網	10

付表3 標本採集漁協の銘柄別漁獲量, 標本平均体重, 銘柄別漁獲尾数

魚期年	漁獲量(kg)			平均体重(g)		漁獲尾数(千尾)		
	大	小	計	大	小	大	小	計
2001	7,866	2,524	10,391	251	89	31	28	60
2002	10,837	2,243	13,079	225	91	48	25	73
2003	12,276	1,517	13,793	214	88	57	17	75
2004	9,935	1,293	11,227	259	99	38	13	51
2005	9,344	1,753	11,097	239	96	39	18	58
2006	15,404	2,941	18,345	265	89	58	33	91
2007	17,712	3,513	21,225	199	96	89	37	126
2008	23,599	3,648	27,247	243	88	97	41	138
2009	29,023	4,702	33,725	245	90	119	52	171
2010	24,767	5,810	30,577	196	100	126	58	185
2011	41,959	7,617	49,576	216	93	194	82	276
2012	39,702	7,915	47,617	290	97	137	82	219

付表4 青森県沖日本海の漁獲量, 標本採集漁協に対する比率, 銘柄別漁獲尾数

魚期年	漁獲量(kg)	比率	漁獲尾数(千尾)		
			大	小	計
2001	25,697	2.47	77	70	147
2002	34,515	2.64	127	65	192
2003	31,105	2.26	129	39	168
2004	28,766	2.56	98	33	132
2005	28,876	2.60	102	48	150
2006	40,240	2.19	128	73	200
2007	51,435	2.42	216	89	305
2008	62,726	2.30	224	95	319
2009	64,703	1.92	228	101	328
2010	63,968	2.09	264	122	386
2011	88,843	1.79	348	147	495
2012	100,317	2.11	288	172	460

付表7 青森県沖日本海における雌雄別年齢別漁獲尾数

漁獲尾数(雄) 単位:千尾								漁獲尾数(雌) 単位:千尾							
魚期年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	合計	魚期年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	合計
2001	3	38	52	12	1	0	105	2001	2	8	15	5	7	5	42
2002	2	20	59	40	4	2	127	2002	0	4	19	23	12	7	65
2003	3	22	60	16	3	2	106	2003	0	8	25	27	1	2	62
2004	3	17	19	24	8	0	71	2004	0	2	15	28	10	5	61
2005	2	41	23	16	16	3	101	2005	1	6	13	9	10	9	48
2006	31	37	18	19	10	4	119	2006	2	12	31	12	15	11	82
2007	4	87	86	20	7	0	205	2007	0	53	20	19	6	1	99
2008	10	55	49	11	7	0	133	2008	0	26	75	60	13	11	186
2009	4	55	70	53	12	3	196	2009	0	22	32	50	28	0	132
2010	1	21	190	46	19	4	281	2010	0	9	33	22	30	11	105
2011	3	48	132	126	13	14	336	2011	0	15	30	84	9	21	159
2012	2	65	53	106	40	9	276	2012	2	9	30	58	61	25	185

付表8 青森県沖日本海におけるムシガレイのVPAの解析結果

資源尾数(雄) 単位:千尾								資源尾数(雌) 単位:千尾							
魚期年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	合計	魚期年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	合計
2001	264	192	123	21	6	0	607	2001	155	130	57	35	19	13	409
2002	138	204	116	50	6	3	518	2002	100	124	98	32	25	15	394
2003	138	106	141	38	4	3	429	2003	92	81	97	62	5	15	353
2004	186	105	63	57	15	0	427	2004	133	74	59	57	26	14	363
2005	307	142	67	33	23	5	577	2005	383	107	59	34	21	19	623
2006	525	238	75	32	11	5	884	2006	615	310	82	36	20	14	1,077
2007	401	381	152	43	8	0	985	2007	246	497	242	39	19	5	1,046
2008	990	309	220	42	15	0	1,576	2008	844	199	356	178	14	12	1,605
2009	749	762	191	128	23	5	1,859	2009	524	686	138	222	90	0	1,660
2010	327	580	545	87	53	10	1,601	2010	374	426	537	84	135	48	1,603
2011	823	253	433	257	27	29	1,822	2011	321	304	338	406	48	112	1,528
2012	515	639	155	220	89	19	1,638	2012	1,212	261	233	247	254	103	2,310

漁獲係数F(雄) 単位:千尾							
魚期年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	合計
2001	0.01	0.25	0.65	0.96	0.29	0.29	0.52
2002	0.02	0.12	0.87	2.39	1.00	1.00	1.23
2003	0.02	0.27	0.65	0.66	4.46	4.46	0.72
2004	0.02	0.20	0.41	0.64	0.89	0.89	0.49
2005	0.01	0.39	0.48	0.85	1.57	1.57	0.71
2006	0.07	0.19	0.31	1.11	5.86	5.86	0.86
2007	0.01	0.30	1.03	0.78	4.65	4.65	0.82
2008	0.01	0.23	0.29	0.35	0.80	0.80	0.28
2009	0.01	0.09	0.54	0.64	0.83	0.83	0.46
2010	0.01	0.04	0.50	0.91	0.53	0.53	0.54
2011	0.00	0.24	0.43	0.81	0.82	0.82	0.58
2012	0.00	0.12	0.49	0.79	0.72	0.72	0.57

漁獲係数F(雌) 単位:千尾							
魚期年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	合計
2001	0.01	0.07	0.36	0.16	0.56	0.56	0.39
2002	0.00	0.04	0.25	1.65	0.76	0.76	0.92
2003	0.00	0.11	0.33	0.66	0.15	0.15	0.47
2004	0.00	0.02	0.34	0.81	0.55	0.55	0.65
2005	0.00	0.06	0.28	0.33	0.82	0.82	0.53
2006	0.00	0.04	0.54	0.46	1.78	1.78	0.75
2007	0.00	0.12	0.10	0.79	0.43	0.43	0.28
2008	0.00	0.16	0.27	0.47	5.40	5.40	0.75
2009	0.00	0.04	0.29	0.29	0.42	0.42	0.28
2010	0.00	0.02	0.07	0.35	0.28	0.28	0.28
2011	0.00	0.06	0.10	0.26	0.23	0.23	0.31
2012	0.00	0.04	0.16	0.30	0.31	0.31	0.36

計算体重(雄) 単位:g						
	1.5歳	2.5歳	3.5歳	4.5歳	5.5歳	6.5歳
体重	38	81	112	130	139	144

計算体重(雌) 単位:g						
	1.5歳	2.5歳	3.5歳	4.5歳	5.5歳	6.5歳
体重	36	108	194	273	337	387

資源量(雄) 単位:トン							
魚期年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	合計
2001	10	16	14	3	1	0	43
2002	5	16	13	7	1	0	43
2003	5	9	16	5	0	0	35
2004	7	9	7	7	2	0	32
2005	12	12	7	4	3	1	39
2006	20	19	8	4	2	1	54
2007	15	31	17	6	1	0	70
2008	38	25	25	6	2	0	95
2009	28	62	21	17	3	1	132
2010	12	47	61	11	7	1	140
2011	31	21	48	33	4	4	142
2012	20	52	17	29	12	3	132

資源量(雌) 単位:トン							
魚期年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	合計
2001	6	14	11	10	6	5	52
2002	4	13	19	9	8	6	59
2003	3	9	19	17	2	6	55
2004	5	8	11	15	9	5	54
2005	14	12	11	9	7	7	60
2006	22	34	16	10	7	5	94
2007	9	54	47	11	6	2	128
2008	30	22	69	49	5	5	179
2009	19	74	27	60	30	0	211
2010	13	46	104	23	45	19	250
2011	12	33	66	111	16	43	280
2012	44	28	45	68	85	40	310

成熟率(雌)				
	3歳	4歳	5歳	6歳
成熟率	85%	100%	100%	100%

親魚量(雌) 単位:トン					
魚期年	3歳	4歳	5歳	6歳以上	合計
2001	9	10	6	5	31
2002	16	9	8	6	39
2003	16	17	2	6	41
2004	10	15	9	5	40
2005	10	9	7	7	33
2006	14	10	7	5	36
2007	40	11	6	2	59
2008	59	49	5	5	117
2009	23	60	30	0	114
2010	89	23	45	19	176
2011	56	111	16	43	226
2012	39	68	85	40	232

本号は下記の外部校閲者のご校閲をいただきました。ここに、深く謝意を表するとともに、明記させていただきます。

独立行政法人 水産総合研究センター日本海区水産研究所 井関 智明 博士

独立行政法人 水産総合研究センター日本海区水産研究所 八木 佑太 博士

(敬称略, ABC 順)

編 集 委 員 会

委員長 佐藤 晋一

委 員 桐原 慎二, 伊藤 欣吾, 兜森 良則

青森県産業技術センター水産総合研究所研究報告第 9 号

2015 年 4 月 15 日印刷

2015 年 4 月 28 日発行

発 行 〒039-3381 青森県東津軽郡平内町大字茂浦字月泊 10

青森県産業技術センター水産総合研究所

Bulletin of Aomori Prefectural Industrial Technology
Research Center Fisheries Institute

No. 9, March 2015

CONTENTS

Original Paper

Growth, maturity and Stock size of brown sole *Pleuronectes herzensteini*
in the Sea of Japan off Aomori Prefecture

Kingo ITO, Yuka WADA, Taichi MIURA and Tomoyuki YAMANAKA..... 1

Growth, maturity and Stock size of Roundnose flounder *Eopsetta grigorjewi*
in the Sea of Japan off Aomori Prefecture

Kingo ITO, Yuka WADA, Taichi MIURA and Tomoyuki YAMANAKA..... 15