

日本海西部海域産ヤナギムシガレイの再生産関係

今井千文^{1†}、道根 淳²、村山達朗²Stock-recruitment relationship of willowy flounder
Tanakius kitaharai from the western Sea of JapanChifumi Imai^{1†}, Atsushi Michine² and Tatsuro Murayama²

Abstract : The western Sea of Japan stock of willowy flounder *Tanakius kitaharai* was analysed for stock-recruitment relationship using virtual population analysis. The biomass of spawning females increased from 417 t in 1998 to 1174 t in 2007, being stable at a high level in later years. Variation in recruitment (number of age 1 fish) were small, ranging from 16.4 million in 1998 to 21.2 million in 2009. The Ricker type stock-recruitment model, $\hat{R}=51.1Pe^{-0.000945P}$, was derived. An index of year class strength was evaluated from the relative distance from the Ricker curve, $RR = (R-\hat{R}) / \hat{R}$. Significant positive correlations were observed between RR and both sea water temperature of the spawning ground and season. It was considered that recruitment success of willowy flounder may be enhanced by high temperatures.

Key words : sea water temperature, *Tanakius kitaharai*, virtual population analysis, willowy flounder

緒 論

カレイ類(カレイ目カレイ科魚類)は日本周辺で操業する底曳網漁業において、非常に重要な漁獲対象である。日本海西部海域で操業する山口県下関漁港および島根県浜田漁港に在籍する農林水産大臣指定漁業の2隻曳網合底曳網漁業(以下では日本海西部沖合底曳網と呼称する)においてもカレイ類は漁獲量、漁獲金額ともに多い重要資源群であり、ムシガレイ *Eopsetta grigorjewi*、ソウハチ *Hippoglossides pinetrum*、ヤナギムシガレイ *Tanakius kitaharai* などが優占種である。

ヤナギムシガレイは北海道南部以南の日本周辺海域、東シナ海、黄海および南シナ海の水深100~200mの砂泥底域に生息し、全長35cm程度まで成長するカレイ類である。日本海西部沖合底曳網によるヤナギムシガレイの漁

獲は1990年代前半には20トン以下と極めて低水準であり、銘柄区分もされずに水揚げされる混獲種であった。しかし、本種はその淡泊な味わいから乾製品として高価で取引される高級魚である。幸いなことに、1990年代後半以降、日本海西部沖合底曳網による漁獲量は増大し、2000年代には250トンを超えるまでに増加し、この期間に顕著な資源の増大があったことは容易に想像される。この資源を維持しながら漁獲するには資源管理が不可欠であり、資源情報の収集は急務である。

これまでにヤナギムシガレイの年齢、成長や成熟など、資源生態学的な研究は数多い¹⁻⁸⁾ものの、資源量を推定した研究は見当たらない。本研究では山口県下関漁港と島根県浜田漁港を基地とする日本海西部沖合底曳網漁船によるヤナギムシガレイの水揚げデータより年齢別漁獲尾数を推計し、コホート解析法により資源量計算を実施した。

¹ 水産大学校海洋生産管理学科 (Department of Fishery Science and Technology, National Fisheries University)

² 島根県水産技術センター (Shimane Prefectural Fisheries Technology Center)

[†] 別刷り請求先 (corresponding author) : cimai@fish-u.ac.jp

この資料から再生産関係を解析し、加入量変動とその要因として重要な環境因子である水温との関係について考察する。

資料と方法

年齢別漁獲尾数の集計

コホート解析法により資源解析を行うには年齢別漁獲尾数の資料が必要である。この推計精度の良し悪しが解析の結果を大きく左右する。ヤナギムシガレイの年齢別漁獲尾数の推計に用いた資料は日本海西部沖合底曳網の水揚げ市場である下関中央魚市場(株)と浜田市漁協の銘柄別水揚げ箱数の電子データである。データが利用可能であった期間は、下関漁港では1998年から2012年、浜田漁港では1998年から2009年である。

日本海西部沖合底曳網の漁獲物は魚体サイズ毎に分類され、規格化された発泡スチロール製または木製の箱に整列して箱詰めされて水揚げされる。大型個体は発泡スチロール箱に2から4列に並べ、10尾から120尾詰めたその数である、入数を銘柄名としている。入数nごとの平均全長 \overline{TL}_n (cm)は、市場調査から求めた入数別の値に、べき乗関数、

下関漁港

$$\overline{TL}_n = 58.8n^{-0.250} \quad (10 \leq n \leq 80, R = -0.933 \text{ p} < 0.01) \quad \cdots(1-1)$$

浜田漁港

$$\overline{TL}_n = 50.1n^{-0.163} \quad (6 \leq n \leq 25 \text{ R} = -0.975 \text{ p} < 0.01) \quad \cdots(1-2)$$

$$\overline{TL}_n = 70.7n^{-0.256} \quad (30 \leq n \leq 120 \text{ R} = -0.968 \text{ p} < 0.01) \quad \cdots(1-3)$$

をあてはめて、平滑化した値を使用した。式に示された相関係数はすべて1%水準で有意であり、入数毎の平均全長はべき乗関数により、良く近似できる。

下関漁港では入数銘柄の他に段数銘柄が存在し、2列から7列に並べて箱詰めされる。浜田漁港では120入より小型の個体は散(バラ)として整列せずに箱詰めされる。段数銘柄と散銘柄については、市場調査により銘柄毎の全長と入数を計測し、その平均値をそのまま使用した。

銘柄別水揚げ箱数資料から年齢別漁獲箱数を求める方法として、年齢-銘柄キー法⁹⁾を使用した。この方法は、各銘柄が前後する2つの年齢群の混合であると仮定し、成長モデルにより求めた平均年齢と2群を混ぜた平均年齢が一致するよう混合比を求める方法である。ヤナギムシガレイの成長モデルは、今井、伊藤⁸⁾が下関漁港の標本から求めた、雌雄込みの、von Bertalanffy model、

$$TL_t = 48.3 \{ 1 - e^{-0.130(t+0.348)} \} \quad \cdots(2)$$

を使用した。年齢区分は1歳から6歳および7歳魚以上を7+としてまとめた。ヤナギムシガレイのt歳、y年の漁獲尾数 $C_{t,y}$ は、下関漁港 $CS_{t,y}$ と浜田漁港 $CH_{t,y}$ を別々に求め、両者を合算した。なお、2009年～2012年については、浜田港の資料が得られなかったため、1998年～2009年の下関漁港と浜田漁港を合算した年齢別漁獲尾数と下関漁港のその回帰式

$$C_{t,y} = CS_{t,y} + CH_{t,y} = a_{t,y} + b_{t,y} \times CS_{t,y} \quad \cdots(3)$$

を求め、これに $CS_{t,2010-2012}$ を代入して求めた。また、1歳魚は下関漁港では水揚げされないため、この方法は適用できない。浜田漁港における2007年～2009年の1歳魚漁獲尾数の平均である、220000尾を2010年～2012年の値として使用した。なお、山口、島根両県の小型底曳網第1種漁業も相当量のヤナギムシガレイを漁獲する。しかし、銘柄組成は不明であるため、漁獲統計のある、島根県の1統当たり漁獲量に山口県、島根県の統数を乗じて小型底曳網第1種漁業による漁獲量を求め、日本海西部沖合底曳網の年齢別漁獲尾数を重量比例配分して引き延ばした。

コホート解析法

コホート解析法は後進法を使用し、Popeの近似式¹⁰⁾を使用し、t歳、y年の資源尾数 $N_{t,y}$ を、

$$N_{t,y} = N_{t+1,y+1} \cdot e^M + C_{t,y} \cdot e^{-M/2} \quad \cdots(4)$$

により計算する。ここで、自然死亡係数Mは田内、田中の式¹¹⁾、 $M = 2.5/T$ (Tは最高年齢)において $T = 8.5$ として、 $M = 0.3$ を採用した。

この計算を実施するには最高齢、7+歳魚の資源尾数、 $N_{7+,1992-2011}$ を求める必要があり、その方法として、平松のリンクコホート法¹²⁾を使用した。この方法は各年の6歳魚と7+歳魚の漁獲係数が等しい、すなわち、 $F_{7+,y} = F_{6,y}$ と仮定する。本研究では、7歳以上をまとめて7+歳としたため、

$$N_{6,y} = \frac{C_{6,y}}{C_{6,y} + C_{7+,y}} \cdot N_{7+,y+1} \cdot e^M + C_{6,y} \cdot e^{M/2} \quad \cdots(5)$$

$$N_{6,y} = \frac{C_{7+,y}}{C_{6,y} + C_{7+,y}} \cdot N_{7+,y+1} \cdot e^M + C_{7+,y} \cdot e^{M/2} \quad \cdots(6)$$

により計算した。したがって、

$$F_{6,y} = F_{7+,y} = \ln \{ (N_{6,y} + N_{7+,y}) / N_{7+,y+1} \} - M \quad \cdots(7)$$

である。

計算の手順は、最初に次式、

$$N_{t,y} = \frac{F_{t,y} + M}{F_{t,y} \cdot \{1 - e^{-(F_{t,y} + M)}\}} \cdot C_{t,y} \dots\dots\dots (8)$$

$$\hat{R} = aPe^{-bP} \dots\dots\dots (9)$$

で、 $N_{7+,2012}$ を計算する。この時、初期値として、 $F_{7+,2012} = 1$ を与えておく。続いて、式(7)、(6)、(5)を使用して、2011年6歳以前の $N_{t,y}$ を計算する。 $N_{7+,2012}$ が計算されているので、式(5)により $N_{6,2011}$ が計算できる。以下同様にさかのぼって計算する。

を採用し、曲線の周りに正規分布すると仮定し、最尤法により、係数 a, b を決定した。

これまで、再生産成功率の指標として、産卵量当たり加入量 RPS が用いられてきた。しかし、上に凸の形状をした再生産曲線上の点は、親魚資源量が大きいほど RPS は小さくなる。このため、再生産成功率の指標としては不適切である。本研究では、再生産曲線からの相対距離、

$$RR = (R - \hat{R}) / \hat{R} \dots\dots\dots (10)$$

を卓越度 RR と定義し、再生産成功度の指標に用いた。

この時点で2011年以前の $F_{6,y}$ が計算でき、平松¹²⁾は $F_{6,2012}$ に過去3年間の F の平均値を採用した。しかし、今回の解析では、年齢別漁獲係数と漁獲尾数の間に有意な正相関が認められた。そこで、漁獲係数の漁獲尾数に対する直線回帰式を求め、これに2012年の漁獲尾数を与えて求めた。以下同様に $F_{1-5,2012}$ を求めて式(8)と(4)により2012年までの全年齢の資源尾数を計算した。最後に $F_{7+,2012}$ が $F_{6,2012}$ と等しくなるよう、 $F_{7+,2012}$ を調整した。

水温資料

得られた年齢卓越度の年変動は、海洋環境要因に依存した生活史初期の生残率を反映したものと考えられ、ヤナギムシガレイの分布域の水温年変動との関係を検討した。使用した水温データはヤナギムシガレイの産卵期と浮遊生活期に対応する3月、4月、5月初旬の0m、50m、100m層水温である。海域は西から五島灘(長崎県総合水産試験場)、玄界灘(佐賀県玄海水産研究センター、福岡県水産海洋研究センター)、響灘(山口県水産研究センター)、隠岐島西(島根県水産技術センター)の5県にわたる。

再生産関係

コホート解析法により得られた年齢別資源尾数から再生産関係を検討するための雌親魚資源量および加入尾数は以下により求めた。雌親魚資源量 P は、年齢別資源尾数に年齢別の性比(雌の割合)と成熟割合をかけて成熟雌尾数を求め、さらに年齢別平均体重を乗じて求めた。性比および成熟割合は柳下ら⁴⁾による若狭湾のデータを、平均体重は今井、伊藤⁸⁾より、雌の成長曲線と全長-体重関係からTable 1 に示す値を使用した。加入尾数 R として翌年の1歳魚資源尾数を用いた。

結 果

年齢別漁獲尾数の経年変動

得られたヤナギムシガレイの年齢別漁獲尾数の経年変化をFig.1 に示す。年齢組成が得られた日本海西部沖合底曳網では浜田漁港船のみが1歳魚を漁獲し、下関漁港船は2歳魚以上を漁獲している。1歳魚の漁獲尾数は少なく、1999年の49.3万尾をさかいに年々減少し、2009年は21.3万尾で最少となった。漁獲尾数は2歳魚が最も多く、約154万~324万尾で年々の変動が大きく、期間を通じての増減傾向は認められなかった。続いて、3歳魚が多く漁獲され、1998年の39万尾から2010年の315万尾まで、明瞭な増加傾向を示した。4歳魚は最少の1998年55万尾から2001年の202万尾まで急増し、その後は96万尾~174万尾

再生産モデルは、Beverton-Holt型¹¹⁾と Ricker型¹¹⁾の内、AICが小さかったRicker型、

Table 1 Biological data for evaluating spawning female biomass

| Age | Sex ratio*1 | Maturity rate*1 | Mean body weight (g)*2 |
|-----|-------------|-----------------|------------------------|
| 2 | 0.4 | 0.05 | 7 |
| 3 | 0.5 | 0.79 | 26 |
| 4 | 0.75 | 0.98 | 105 |
| 5 | 0.8 | 1 | 163 |
| 6 | 1 | 1 | 263 |
| 7+ | 1 | 1 | 304 |

*1 : from Yagishita et al. (2005)

*2 : from Imai and Ito (2007)

の範囲で変動した。5歳魚以上の漁獲尾数は2006年まで増加し、以降はわずかに減少した。

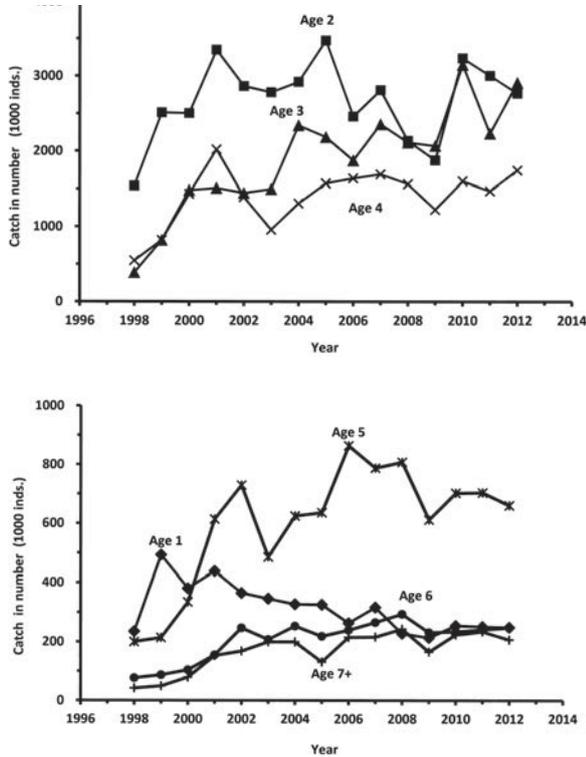


Fig.1. Relationship between fishing mortality coefficient $F_{t,y}$ and catch in number $C_{t,y}$. Large symbols indicate estimated $F_{t,2012}$.

コホート解析による資源計算結果

年齢別の漁獲尾数とコホート解析法により計算した漁獲係数の関係をFig.2に示す。漁獲係数と漁獲尾数との間の相関係数は0.718～0.970と高く、全ての年齢において1%水準で有意であった。したがって、これらの回帰式を用いて2012年の漁獲係数を求めることは合理的であるといえる。

年齢別資源尾数をFig.3に示す。1歳魚の資源尾数は1842万尾～2124万尾と計算され、年変動は極めて小さい。2歳魚は1999年まで増加し、以後は安定している。3歳魚以上についても年齢の増加に従って増大期間が長くなり以後は安定した。

年齢別漁獲係数の年変動をFig.4に示す。1歳魚の漁獲係数は0.01～0.04と2歳魚以上の1/10程度の低い値で、1999年の0.04が最大で年々減少している。2歳魚の漁獲係数は0.16～0.30の範囲で、2001年まで増大した後は横ばいまたは微減傾向にある。3歳魚の漁獲係数は0.14～0.52の範囲で、期間を通じて増大傾向にあり、2001年までは2歳魚よりも低い値であったが、2002年以後は常に2歳魚よりも高い値を示した。4、5歳魚の漁獲係数は最も高く、変動は大きいが全体的に横ばい傾向に

ある。6、7歳魚の漁獲係数は4、5歳魚よりもやや小さく、0.11～0.58の範囲で変動し、2004年まで増大して後は0.4を平均とした変動を示した。

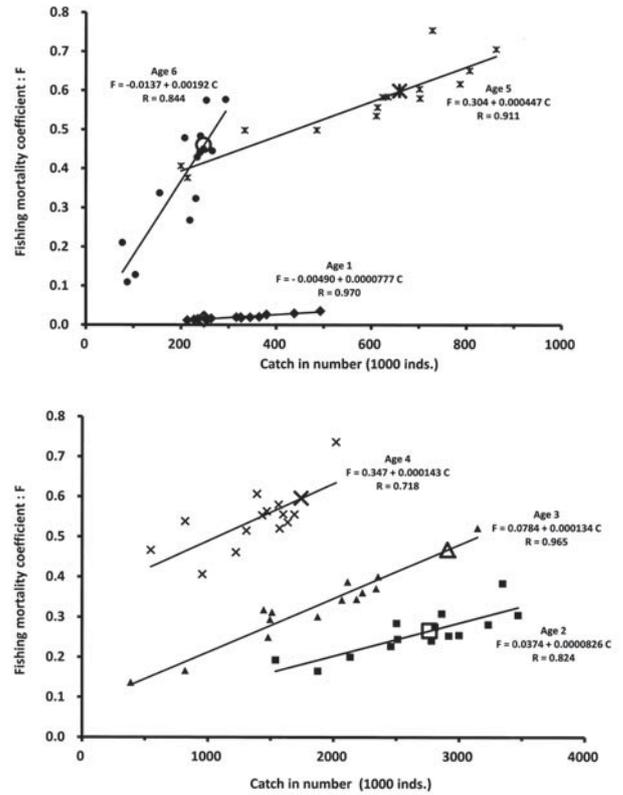


Fig.2. Yearly change in catch in number $C_{t,y}$ of willow flounder.

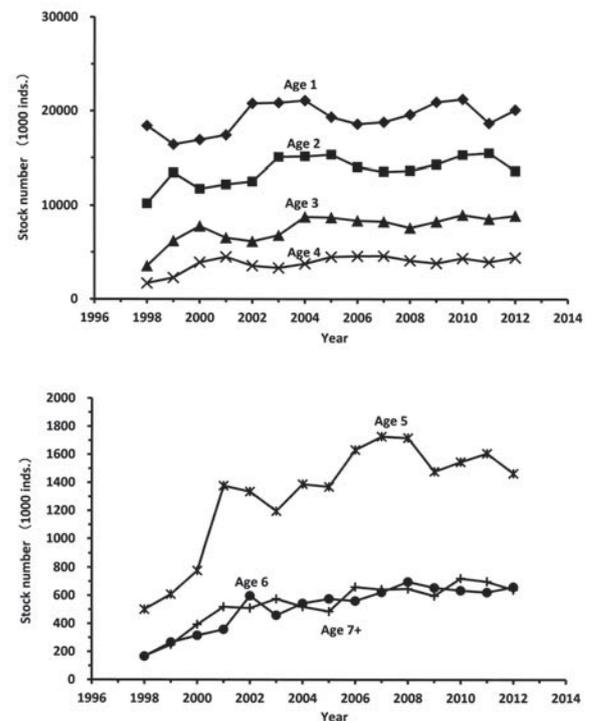


Fig.3. Yearly change in stock number $N_{t,y}$ of willow flounder.

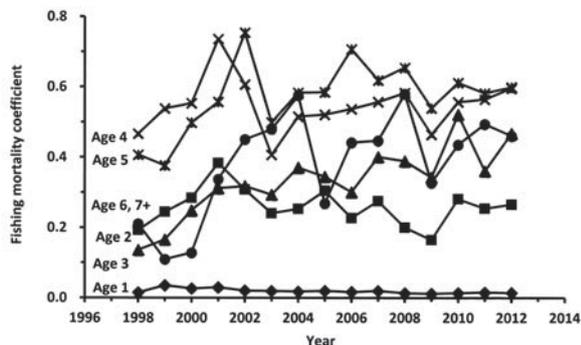


Fig.4. Yearly change of fishing mortality coefficient $F_{i,y}$ of willow flounder.

再生産関係

コホート解析により得られた年齢別資源尾数から Table 1 の生物学特性を用いて雌親魚資源量を求め、翌年の1歳魚尾数を加入量として再生産関係を作図した (Fig.5)。図には得られたRicker型の再生産曲線、

$$\hat{R} = 51.1 P e^{-0.000945 P} \dots\dots\dots (11)$$

を図示している。雌親魚資源量は1998年には417トンであったが、3年後の2001年には倍増の983トンに増大した。その後2002、2003年にわずかに減少したものの再び増加に転じ、2007年に最大の1174トンに達した後も1100トン前後の高い値を持続している。再生産曲線から得られる加入量が最も高いと期待される雌親魚量は P^* は、 $P^* = 1/0.000945 = 1058$ トンであり、2004年以降のヤナギムシガレイ資源はこの値を上回っている。

一方で、加入尾数は1998年級の1644万尾が最低で、2000年以後は常に1800万尾を越える加入があった。1998年級は期間で最小ではあるが、少ない親から生まれていて、再生産曲線の上方にあり、卓越年級であるといえる。以後は、2001～2003年級と2008、2009年級も規模は小さいものの卓越年級であった。逆に2005、2006年級は1800万尾台でやや弱い年級であった。

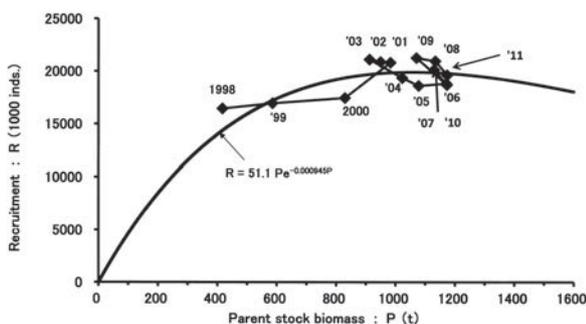


Fig.5. Stock-recruitment relationship of willow flounder.

再生産成功度と水温の関係

前項で示された再生産関係からヤナギムシガレイの卓越度 RR を求め、その経年変化を Fig.6 に示す。 RR は加入量の再生産曲線からの相対距離であり、平均的な加入量では0となる。卓越度は1998年級が0.14で最も高く、2000年が-0.10で最少であった。図から明らかなように、 RR 値は2～4年間で正と負の値が変化する周期的な変動を示した。

ヤナギムシガレイの産卵場および初期生育場と考えられる長崎県海域から鳥根県海域における定点観測結果より、1998年～2010年3月、4月、5月の表層、50m層、100m層の平均水温と卓越度 RR の相関係数を Table 2 に示す。表の39個の相関係数の内、38で正の値が得られ。相関係数の最大値は五島灘の3月100m層の0.770で、50m層でも0.735であり、ともに1%水準で有意であった。他にも7つの平均水温との間に5%水準で有意な相関係数が得られた。最大値を示した五島灘の3月100m層水温と RR の関係を Fig.7 に示す。1999年、2000年を除いた7点は直線付近に並んでいて、水温が高い年に RR が高い傾向が認められた。

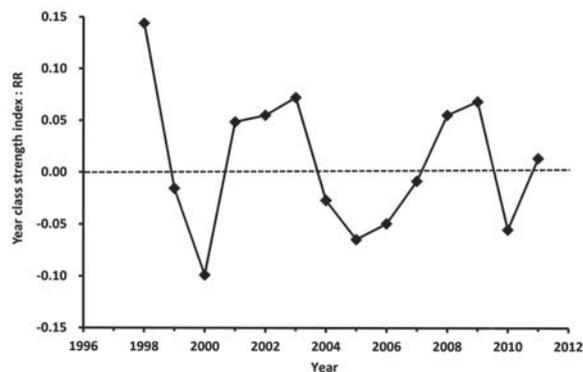


Fig.6. Yearly change in year class strength index RR of willow flounder.

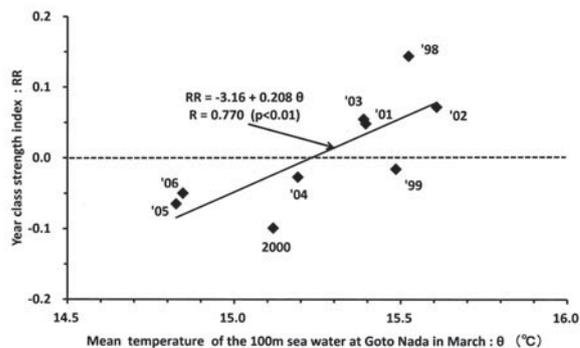


Fig.7. Relationship between year class strength index RR of willow flounder and mean temperature of the 100m sea water layer at Goto-Nada in March.

Table 2 Coefficient of correlation between index of year class strength RR and mean sea water temperature

| Area (Prefecture) | Month | Depth (m) | Data duration | Degree of freedom | Coefficient of correlation |
|-------------------------------|-------|-----------|---------------|-------------------|----------------------------|
| Goto-Nada (Nagasaki) | March | 0 | 1998-2006 | 9 | 0.225 |
| | | 50 | | | 0.735** |
| | | 100 | | | 0.770** |
| | April | 0 | 1998-2006 | 9 | 0.568 |
| | | 50 | | | 0.690* |
| | | 100 | | | 0.680* |
| Genkai-Nada (Saga) | March | 0 | 1998-2006 | 9 | 0.052 |
| | | 50 | | | 0.422 |
| | | 100 | | | -0.035 |
| | April | 0 | 1998-2006 | 9 | 0.418 |
| | | 50 | | | 0.434 |
| | | 100 | | | 0.294 |
| | May | 0 | 1998-2006 | 9 | 0.165 |
| | | 50 | | | 0.343 |
| | | 100 | | | 0.550 |
| Genkai-Nada (Fukuoka) | March | 50 | 1998-2010 | 13 | 0.087 |
| | | 100 | | | 0.180 |
| | April | 50 | 1998-2010 | 13 | 0.460 |
| | | 100 | | | 0.441 |
| | May | 50 | 1998-2010 | 13 | 0.526* |
| | | 100 | | | 0.415 |
| Hibiki-Nada (Yamaguchi) | March | 0 | 1998-2006 | 9 | 0.078 |
| | | 50 | | | 0.110 |
| | | 100 | | | 0.098 |
| | April | 0 | 1998-2006 | 9 | 0.208 |
| | | 50 | | | 0.260 |
| | | 100 | | | 0.039 |
| | May | 0 | 1998-2006 | 9 | 0.538 |
| | | 50 | | | 0.676* |
| | | 100 | | | 0.499 |
| West of Oki Islands (Shimane) | March | 0 | 1998-2010 | 13 | 0.175 |
| | | 50 | | | 0.364 |
| | | 100 | | | 0.574* |
| | April | 0 | 1998-2010 | 13 | 0.458 |
| | | 50 | | | 0.494 |
| | | 100 | | | 0.312 |
| | May | 0 | 1998-2010*1 | 12 | 0.562* |
| | | 50 | | | 0.619* |
| | | 100 | | | 0.373 |

* : Significant at 5% level

** : Significant at 1% level

*1 : No data in 2006

考 察

資源尾数の変動

今回得られたヤナギムシガレイの年齢別資源尾数の解析結果から資源尾数は1、2歳魚ではおよそ5年周期で増減している様子が観察された。一方、3歳魚は2000年、4歳魚は2001年まで増加傾向が認められ、その後は2歳魚と同様な変動傾向を示した。下関漁港の沖合底曳網による水揚げ資料は1992年以降のものが残っている。しかし、1997年以前はヤナギムシガレイの水揚げがわずかであり、銘柄区分されずに水揚げされていたため、年齢別漁獲尾数資料は得られない。1998年の年齢別漁獲尾数から過去の漁獲係数が1998年と等しいと仮定し、1991年級までの加入尾数を計算した (Fig.8)。1995年級までも加入尾数は緩やかに増加しているが、1996年級の加入尾数が前年の1.7倍になっている。1996年以降ヤナギムシガレイの再生産が好転したものと推察される。

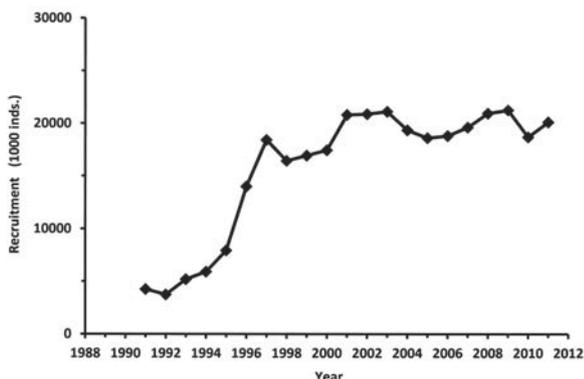


Fig.8. Yearly change in recruitment. Data before 1997 were calculated using F values for 1998.

ヤナギムシガレイは様々な底魚類と同時に漁獲され、大きさ、産卵期、生息水深などの生態が似ているものとしてムシガレイがある。ムシガレイの資源はやはり、1990年代後半に加入量の高い時期があったが、資源の本格的な回復には至っていない。¹³⁾ ヤナギムシガレイが顕著に資源増大した要因として以下の2点が考えられる。第1点は、ヤナギムシガレイの加入量は水温などの海洋環境の影響を受けて変動するものの、変動幅は比較的小さく、高水準の加入量が持続したことである。そして、第2点は他種よりも漁獲圧が小さかったことである。日本海西部沖合底曳網の漁獲対象種の多くは1歳魚から漁獲される。しかし、ヤナギムシガレイの1歳魚漁獲は極めて少なく、また、経年的に減少している。2歳魚についてもムシガレイより漁獲係数は低い値である(今井、未発表データ)。こうした、低年齢魚で漁獲圧が低いのは、ヤナギムシガレイがムシガレイやソウハチよりも体成長が遅く、より高齢の

魚が網目から抜けられるからかもしれない。

加入量変動と水温

本研究では1998年級から2011年級までの加入量に対し、Ricker型の再生産曲線を当てはめて、両者の相対距離を卓越度 RR を定義して、水温変動との関係を検討した。Fig.7 から1999年級、2000年級の RR 値が低く、相関関係を低下させる要因となっている。試みに P^* の値を1300トとしてRicker型再生産曲線を当てはめたところ、再生産曲線は2000年級の直上を通り、水温と卓越度 RR の間の相関係数は、ほとんどの海域で上昇し、1%水準が5点、5%水準が7点得られた。しかし、 P^* の最適値を決定する方法がみあたらないため、ここでは付記するにとどめる。

今回の解析により、ヤナギムシガレイの卓越度と水温との間に正の相関関係が認められた。このことから、ヤナギムシガレイの資源増大に近年の高水温が寄与したことが推察される。ヤナギムシガレイは日本海において、深部に滞留し低温である日本海固有冷水と表層に乗った暖かい対馬暖流系水の境界付近で、暖水側に生息すると考えられる。¹⁴⁾ 1997年以降、日本海の100m以浅の水温は1980年代に比べて高い状態にある。¹³⁾ この高水温状態はヤナギムシガレイの生息適水域を拡大したことが考えられる。

謝 辞

本研究で使用したヤナギムシガレイの銘柄別水揚げ箱数資料を集計するに当たり、下関中央魚市場(株)の水揚げ伝票電子データを使用させていただいた。関係各位のご厚意に厚く感謝する。

文 献

- 1) 最首光三：6. 資源の生物学的研究、II. 重要魚種の年齢と成長. 東海・黄海における底魚資源の研究4、水産庁西海区水産研究所、長崎、50-55 (1957)
- 2) 中原民男：山口県沖合大陸棚に分布する重要底魚類の漁業生物学的特性. 山口外海水試報、11、1-70 (1969)
- 3) Yabuki K: Age determination of yanagimushigarei *Tanakius kitaharai* (Pleuronectidae) from otoliths in the Sea of Japan off Kyoto Prefecture. Nippon Suisan Gakkaishi, 55, 1331-1338 (1989)
- 4) 柳下直己、大木 繁、山崎 淳：若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの年齢と成長および年齢組成. 日水誌、71、138-145 (2005)

- 5) 新潟県水産試験場：ヤナギムシガレイ. 新潟県沿岸域漁業適正化方式報告書、新潟、**31-38** (1987)
- 6) 橋本良平：ヤナギムシガレイの年齢に関する基礎的研究. 東北水研研報、**4**、156-164 (1955)
- 7) 福島県水産試験場：太平洋北区栽培漁業漁場資源生態調査ヤナギムシガレイ・スズキに関する調査報告書. 福島水試調査研究資料、福島、1-33 (1975).
- 8) 今井千文、伊藤玄子：資源増大期におけるヤナギムシガレイの成長モデル. 水大校研報、**57**、57-63 (2008)
- 9) 今井千文、宮崎義信、時村宗春、山本圭介：写真画像計測による体長測定法の開発：ムシガレイ漁獲物の銘柄別全長組成推定への応用. 水産海洋研究、**69**、18-26 (2005)
- 10) Pope J. G. : An investigation of accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res. Bull. int comm. Northw. Atlant. Fish., 9, 65-74 (1972)
- 11) 田中昌一：水産資源学総論. 恒星社厚生閣、東京、406pp. (1998)
- 12) 平松一彦：VPAの入門と実践. 資源管理談話会報、**20**、9-28 (1999)
- 13) 今井千文：水温変動の底魚資源への影響 -地球温暖化は生物資源に悪影響を及ぼすとは限らない-. 海洋水産エンジニアリング、**10**、63-68 (2010)
- 14) 小嶋喜久雄、大森迪夫、北島忠弘、山中完一、久保田勝彦、築山一雄、団野貞明：日本海西南海域における夏季の底生魚類相と大型底生動物相と分布特性. GSK 西日本底魚部会報告、5-24 (1982)