

ボトムアップとトップダウン・コントロールによる 常磐・鹿島灘のヤナギムシガレイの資源変動の可能性

高橋正和^{1*}, 二平 章², 桜井泰憲³

Possibility of bottom-up and top-down controls of the population fluctuations in willow flounder, *Tanakius kitaharai*, in Joban Kashima-nada, Japan

Masakazu TAKAHASHI^{1*}, Akira NIHIRA² and Yasunori SAKURAI³

Population of willow flounder, *Tanakius kitaharai* in the waters of Joban Kashima-nada fluctuate heavily throughout their recruitments although the mechanisms are poorly understood. In addition to assessing the relationship between parent and offspring flounder, we analyzed statistically the relationship between flounder recruitment size index, abiotic and biotic factors such as water temperature at various depths and zooplankton biomass. We found that recruitment size index was significantly linking with water temperatures at a depth of 100 m in May, suggesting bottom-up control caused by environmental factors was influencing the flounder's population level. However, in addition to bottom-up control by environmental factors, strong influence from top-down control factor caused by competition with pelagic fish fed the same zooplankton are also suspected, due to an increase in feeding activity caused by a large number of Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, migrating in the waters of Joban Kashima-nada before mid-1990s. We concluded that bottom-up and top-down processes are equally important in the survival success of willow flounder through the recruitment process.

Key words: willow flounder, catch fluctuation, recruitment, environmental effects, bottom-up and top-down control, Joban Kashima-nada

はじめに

ヤナギムシガレイ *Tanakius kitaharai* は、日本海側では北海道から九州沖に、太平洋側では青森県から千葉県沖に広く分布し、特に太平洋側では常磐・鹿島灘海域の大陸棚上で密に分布する(橋本, 1955)。茨城県沖を含む常磐・鹿島灘は、大陸棚が発達し、南下する親潮と北上する黒潮が互いに接する海域であり、底魚資源が豊富なことから底曳網漁業が盛んである。茨城県沖では、オッターコントロールによ

る沖合底曳網漁業と小型底曳網漁業(以下両漁業を併せて底曳網漁業とする)が操業しており、これらの底曳網漁業で漁獲される魚種は、「常磐もの」として市場での評価も高い。その中でも、ヤナギムシガレイは高級干物用素材として利用され、底曳網漁業の経営上重要な資源となっている。茨城県の底曳網漁業で水揚される魚種のなかで、本種の順位は水揚量よりも水揚金額の方が上位となっている(二平・青木, 1998)。

茨城県におけるヤナギムシガレイの年間漁獲量は、1994年までは10トン以下であったが、1995年以降は次第に増加し、1997年には100トンを超えている。しかし、その後は徐々に減少して30トン台で推移している(山廻邊・高橋, 2002; 高橋ほか, 2003)。このように、本種の漁獲量の経年変化は大きく、茨城県を含む北部太平洋海域においては水産資源の持続的利用を図るため、2002年にキアンコウ *Lophius litulon*、キチジ *Sebastes macrochir*、サメガレイ *Clidoderma asperrimum* とともに、太平洋北区沖合性カレイ類資源回復計画の対象種に設定された(成松ほか,

2011年7月10日受付, 2011年12月27日受理

¹ 茨城県水産試験場

Ibaraki Prefectural Fisheries Experimental Station, Hiraiso, Hitachinaka, Ibaraki 311-1203, Japan

² 茨城大学地域総合研究所

Institute of Regional Studies, Ibaraki University, Bunkyo, Mito, Ibaraki 310-8512, Japan

³ 北海道大学大学院水産科学研究院

Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Minatocho, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan

* mas-takahashi@pref.ibaraki.lg.jp

2006). さらに, 2003年には茨城県日立市と鹿嶋市の沖合2箇所に保護区が設置され, 4-6月までの3ヶ月間保護区内での底曳網漁業の操業を禁止し, 幼魚を保護する取組が始まった. 当初5ヶ年計画で資源回復計画の取組が始まったが, 5ヶ年経過した現在でも, この取組は継続実施されている.

本種の生活史や生態に関しては, これまでに東シナ海・黄海(最首, 1957; 真子, 1957), 日本海山口県(中原, 1969), 若狭湾(南, 1983; Yabuki, 1989; 山崎・大木, 2003; 岩尾ほか, 2004; 柳下ほか, 2005), 太平洋岸福島県(高越, 1975; 島村・五十嵐, 2000)等の海域において研究が進められており, 本種の分布様式や年齢・成長, 繁殖生態などが明らかにされている. さらに, 若狭湾では, 京都府海洋センター(2001)が実施した本種の漁獲実態調査に基づき, 漁業者による自主的漁業規制として, 網目拡大による小型魚の保護が実践されている(山崎ほか, 2001).

常磐・鹿島灘海域におけるヤナギムシガレイは, 漁獲量変動とともに加入量変動もきわめて大きいことが指摘されているが(二平ほか, 2003), その変動メカニズムについては不明な点が多い. さらに, 本種を含む底魚類の資源変動は, 漁獲圧よりも, 海洋環境の温暖・寒冷レジームシフトに大きく影響されていると報告されている(二平ほか, 2002). しかし, 海洋環境要因が本種の加入変動に与える影響について解析した研究はない.

また, 親潮域において, 海洋環境のレジームシフトに伴う基礎生産量の変化が, 動物プランクトン現存量に影響している可能性(ボトムアップ・コントロール)が指摘されている(Chiba et al., 2006). さらに, 動物プランクトンを捕食するマイワシ資源量の急激な変化が, 動物プランクトンの現存量に影響している可能性(トップダウン・コントロール)も示唆されている(Tadokoro et al., 2005).

そこで本研究では, 常磐・鹿島灘海域におけるヤナギムシガレイの産卵期から浮遊仔魚期である1-6月の冬期から春期の海洋環境(水深別水温, 動物プランクトン湿重量)と年級豊度との関係を調べ, 本種の加入量変動に影響する海洋環境要因を解析した. さらに, 冬期から春期の常磐・鹿島灘海域が, マイワシ未成魚越冬群と成魚北上群の回遊経路であることから(近藤ほか, 1976; 近藤, 1988), マイワシの当海域への来遊量変動がヤナギムシガレイの加入量変動に与える影響についても解析した. これらの解析によって, 海洋環境の変化によるボトムアップ・コントロールとマイワシの来遊量の変動によるトップダウン・コントロールが本種の加入量変動に与える影響について検討した.

材料と方法

常磐・鹿島灘のヤナギムシガレイ加入量変動に影響する要因を調べるため, ヤナギムシガレイ加入量の指標となる加

入量指数を求めた. まず, 親子関係を明らかにするために, 本種の年別総産卵量を推定して, 加入量指数との関係を解析した. つぎに, 海洋環境と加入量の関係を明らかにするために, 水深別水温, 動物プランクトン湿重量と加入量指数との対応を解析した. さらに, 常磐・鹿島灘海域に來遊するマイワシの影響を確認するために, ヤナギムシガレイの漁獲量とマイワシ漁獲量の変動を比較した.

漁業情報

常磐・鹿島灘におけるヤナギムシガレイの漁獲動向を把握するために, 福島県水産試験場の福島県海面漁業漁獲高統計(1969-2005年)および茨城県水産試験場漁獲統計(1991-2005年)を使用した. 漁獲物の全長は, 福島県水産試験場および茨城県水産試験場が実施した沖合底曳網漁業および小型機船底曳網漁業の市場水揚物測定結果を使用した. なお, 1998年10月-1999年6月までの期間は福島県水産試験場の測定データを, 1999年9月-2006年3月までの期間は茨城県水産試験場の測定データを用いた.

加入量指数の推定

当海域で操業する底曳網漁業においては, 本種の経済的価値が高いことから, 漁獲対象種のかなでも本種の優先順位は高く, 本種を目的に操業することが多い. 加えて, 小型魚でも市場価値があることから, 若齢魚も水揚げされ, 漁獲物に占める若齢魚の割合が高い(島村・五十嵐, 2000). よって, 「平成18年度ヤナギムシガレイ太平洋北部の資源評価(以下資源評価とする)」(成松ほか, 2006)に掲載されている各年のヤナギムシガレイの1歳魚資源尾数を, 加入量指数として解析に用いた. なお, 評価書での解析に用いられた生物データは, 福島県水産試験場および茨城県水産試験場が太平洋北部における本種の主漁場である常磐・鹿島灘の大陸棚海域で実施した調査から得たものである. 本種の資源評価が実施されているのは1998年からである. そこで, まず1999-2004年の年齢別漁獲係数を平均し, 年齢 n ($n=1, 2, 3, 4$; 5歳以上は個体数が少ないことから, 5歳以上を含めたプラスグループとして評価されているため除外した)の漁獲係数 F_n (/年)とした. この年齢別漁獲係数と1998年の年齢 n の資源尾数 N_n から, 以下の式より, 1995-1997年までの年齢別資源尾数を求めた.

$$N_{n-1} = N_n e^{F_{n-1} + M} \quad (1)$$

なお, 自然死亡係数 M (/年)は, 10歳以上の個体が非常に少ないことから, 最大年齢 λ を10歳とし, 田内・田中の式(田中, 1960)より $2.5/\lambda=0.25$ とした. 以上より, 1995-2005年の1歳魚資源尾数すなわち加入量指数を求めた.

総産卵量の推定

年別総産卵量は, 年齢別のような卵数に各年齢群の資源尾数, 成熟率および雌雄比を乗じたものを合計して求めた. なお, 年齢別のような卵数は, 3歳魚が60,000粒, 4歳魚が

75,000粒, 5歳以上の魚が250,000粒とし(高越, 1975), 雌の年齢別成熟率は3歳で50%, 4歳以上で100%とした(高橋正和, 未発表). 資源評価に基づき, 3, 4歳と5歳以上の雌雄比をそれぞれ1:1と0:1とした. 推定した年は, 資源評価によって年齢別漁獲尾数が明らかとなっている1998–2004年である. 本種の親子関係を明らかにするために, 年別総産卵量とそれに由来する1歳魚資源尾数すなわち加入量指数との間の相関係数を求めた.

海洋環境要因の抽出

海洋環境に関する資料は, 茨城県水産試験場が毎月茨城県から千葉県沖の4定線で行っている海洋観測調査データを用いた(Fig. 1). 水温は各観測地点においてCTDにより測定されている. 次に, 海底直上からの改良型ノルパックネット(口径45cm, 側長130cm, 網目0.33mm)の鉛直曳きによって採集した動物プランクトンの総湿重量(g)を用いた. これを, ネットに取り付けた濾水計の回転数から求められた濾水量(m³)で除し, 動物プランクトン湿重量(g/m³)に換算した. 茨城県沖の観測地点のうち, 本種の分布密度が最も高い水深100m付近の定点は, A-3(会瀬定線), O-4(大洗定線)およびK-2(鹿島定線)の3点である. さらに, これら3観測地点のうちプランクトン採集を実施している調査点はA-3である. よって, 水温観測とプランクトン採集の両方を実施している観測点A-3におけるデータを解析に用いた. ただし, 1月はプランクトン採集を実施していない年が多いため解析から除外し, 2–6月の観測データを解析に用いた. なお, 1990年1月–2008年12月までの海洋観測データを用いた水深毎のクラスター解析によると, A-3, O-4およびK-2の観測地点は同一海域に分類さ

れている(小日向, 2010). ここでは, 海洋観測点A-3における1–6月の水深0, 50および100mの水深別水温, 2–6月の動物プランクトン湿重量の関係を調べた.

魚類資源の初期生残に影響する適水温の存在が指摘されている(桜井ほか, 2005; 佐藤1996; 友田, 1999). 桜井ほか(2005)は, スルメイカふ化幼生の生残できる水温範囲は18–23°C, 特に19.5–23°Cであると推定している. さらに, ヤナギムシガレイのふ化仔魚から着底稚魚までの飼育水温は, 佐藤(1996)は10°C, 友田(1999)は12–15°Cが最適であると報告している. これらのことから, 本種の加入過程における適水温の有無を調べるために, ある年の水深別水温とその翌年の加入量指数との間に2次関数をあてはめ, χ^2 検定により適合度の有意性を判定した.

ヤナギムシガレイとマイワシの漁獲量変動

本研究で求められたヤナギムシガレイの加入量指数(1995–2005年)は, マイワシ太平洋系群の資源の低水準期にあたる. よって, マイワシが本種の加入量変動に与える影響を明らかにするためには, マイワシ太平洋系群の資源が低水準期であった期間だけではなく高水準期であった期間も含めて, マイワシ資源量とヤナギムシガレイの加入量の関係を明らかにする必要がある. しかし, マイワシ資源が高水準期であった期間の本種の加入量は求められていない. そこでマイワシ資源が高水準であった期間を含む1986–2005年の茨城県マイワシ漁獲量と福島県のヤナギムシガレイ漁獲量の変動を比較した. さらに, 海洋観測点A-3における1986–1994年の水深別水温, 茨城県のマイワシ漁獲量および福島県のヤナギムシガレイ漁獲量との関係について検討した.

結果

漁獲動向

福島県と茨城県の漁獲統計から集計した1969–2005年間の漁獲動向を求めた(Fig. 2). 茨城県の漁獲統計が整備されている1991年以降の漁獲量は, 両県とも同じ動向であっ

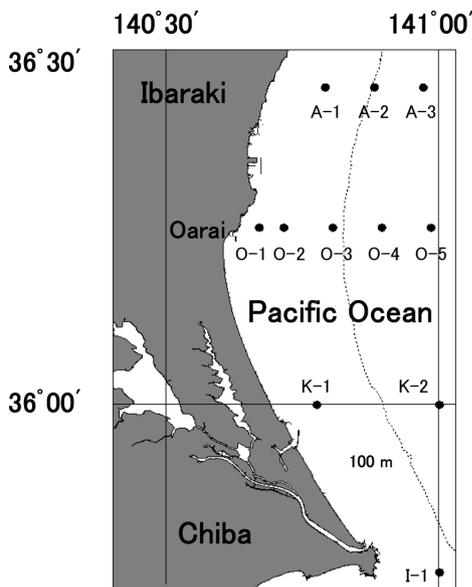


Figure 1. Study area. Monthly observation stations by the Ibaraki Prefectural Fisheries Experimental Station.

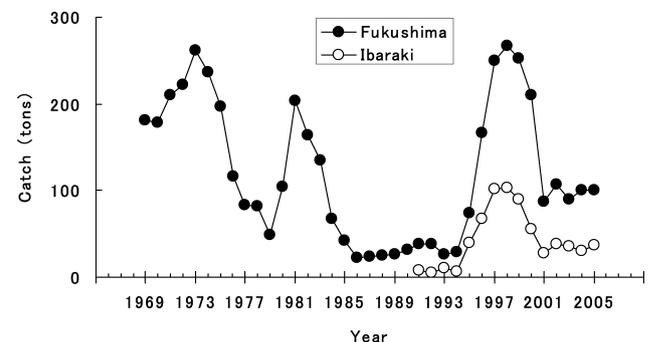


Figure 2. Annual changes of willow flounder, *Tanakius kitaharai*, catch by trawl net fisheries in Fukushima and Ibaraki Prefectures from 1969 to 2005.

た。長期の漁獲データが残されている福島県におけるヤナギムシガレイの漁獲量は、1970年代前半までは200トン前後で推移していたが、1970年代後半は100トン以下まで減少した。1980年代になると再び200トン前後まで漁獲量は増加したが、長続きはしなかった。その後、1983年までは100トン以上あったが、1984年以降は急激に減少した。そして、1994年まで漁獲量が50トンを下回る期間が長く続き、漁獲量は1994年に29トンにまで落ち込んだ。しかし、漁獲量は1995年に急激に増加し、1998年には267ト

ンに達した。その後、漁獲量は2000年までは200トンを超えていたが、2001年以降再び減少して、100トン前後で推移していた。

漁獲物組成

市場水揚げ物測定結果を集計して、1998年度から2005年度のヤナギムシガレイの年度別全長組成を求めた (Fig. 3)。その結果、1998, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005年度の全長組成には、全長17cm以下の小型個体が認められたのに対し、1999, 2000年度にはこのサイズの個体は認められなかった。全長17cm以下の小型サイズのヤナギムシガレイは1歳魚が主体であることから (島村・五十嵐, 2000)、漁獲物の全長組成には1歳魚が出現する年度と出現しない年度があったことを示している。

加入量指数の推定

1995-2005年の常磐・鹿島灘海域におけるヤナギムシガレイの加入量指数を求めた (Fig. 4)。この間の加入量指数は1,247千尾から9,173千尾で推移しており、多い年と少ない年で約7.4倍の差があった。1997と1998年の加入量指数は他の年と比べて高く、8,000千尾以上であった。これらの年に次いで加入量指数が多かったのは2004年で5,000千尾程度であった。他の年は4,000千尾未満であり、1999, 2000, 2002年は2,000千尾未満であった。

産卵量と加入量

1998-2004年の本種の親子関係を検討するために各年毎の総産卵量を推定したところ、年別総産卵量は272億粒 (1998年) から862億粒 (2003年) で、多い年は少ない年の約3.2倍であった。この年別推定総産卵量と、加入量指数との間の相関係数は0.5 ($p > 0.05$) で、両者の間には、有意な相関関係は認められなかった (Fig. 5)。

海洋環境と加入量の関係

1994-2004年の1-6月の海洋観測点A-3における水深0, 50および100m水温と加入量指数との間に2次関数をあてはめ χ^2 検定によって得られた p 値と、1994-2004年の2-6月

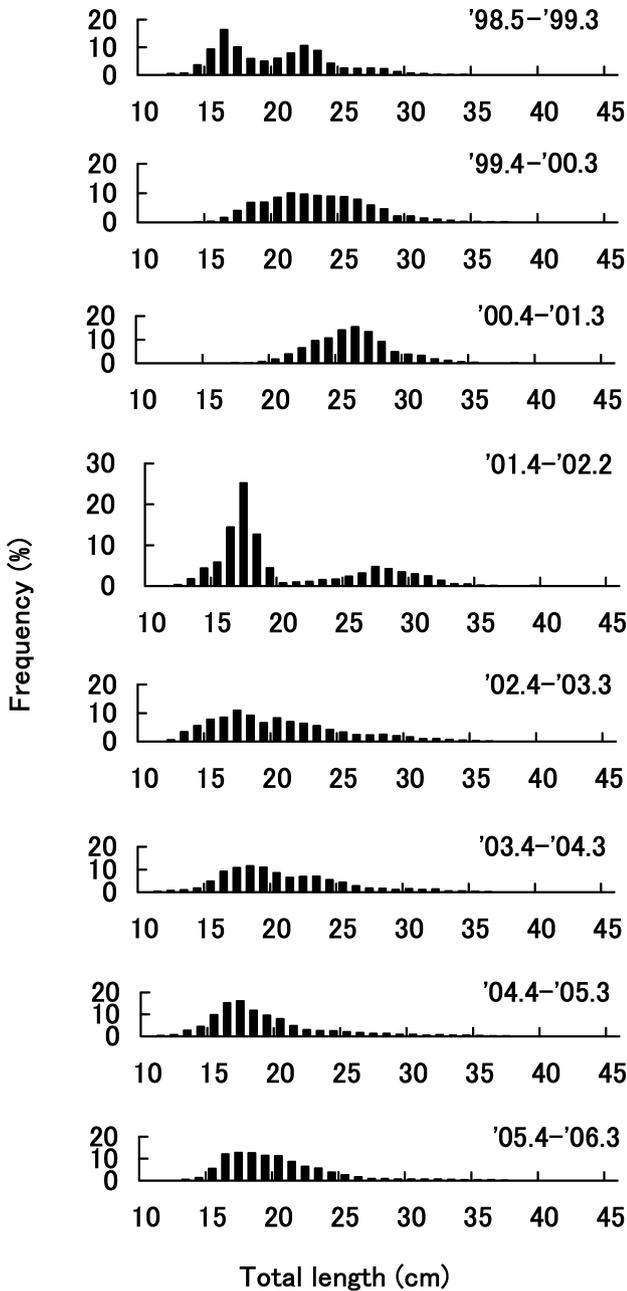


Figure 3. Total length distribution of willow flounder, *Tanakius kitaharai*, caught by trawl net in Ibaraki from 1998 to 2006.

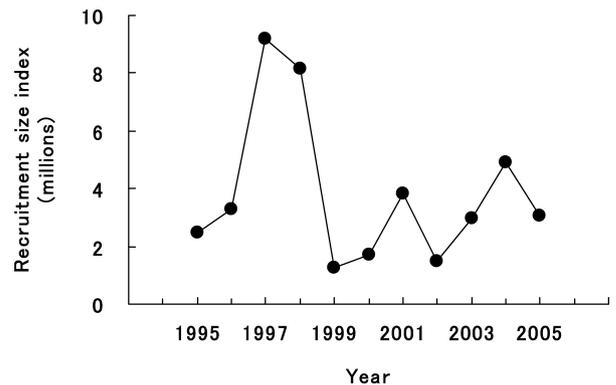


Figure 4. Time series of recruitment size index of willow flounder, *Tanakius kitaharai*, in the waters of Joban Kashimanada, from 1995 to 2005.

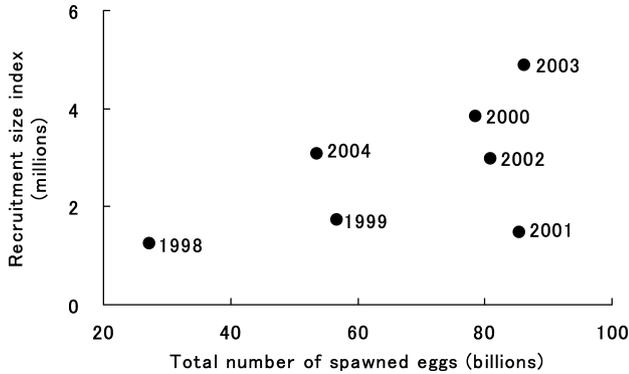


Figure 5. Relationship between recruitment size index in year $(t+1)$ and total number of spawned eggs in year t of willow flounder, *Tanakius kitaharai*, in the water of Joban Kashimanada, from 1998 to 2004. Numbers show year t ($t=1998, 1999, 2000, \dots, 2004$).

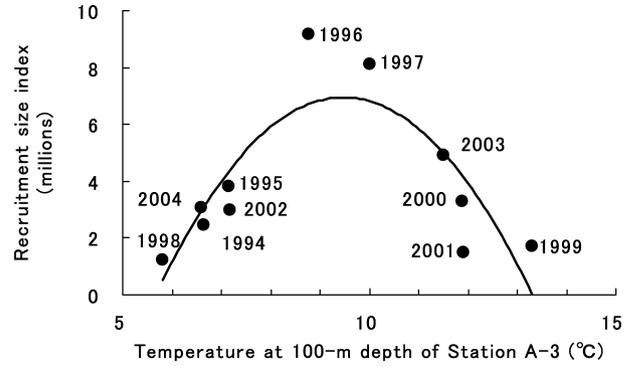


Figure 6. Relationship between recruitment size index in year $(t+1)$ and temperature in year t at 100-m depth of Station A-3, May 1994–2004 ($p < 0.01$). Numbers show year t ($t=1994, 1995, 1996, \dots, 2004$).

Table 1. P -value (p) of χ^2 -test for testing fitness of the relationship between recruitment size index and temperature for the quadratic function, and correlation coefficient (r) between recruitment size index and wet-weight of zooplankton at Station A-3, 1994–2004 and its p -value (p).

Month	P -values (p) of χ^2 -test			Correlation coefficient between recruitment size index, for wet-weight of zooplankton	
	Depth (m)			(r)	(p)
	0	50	100		
January	0.477	0.246	0.613	—	—
February	0.168	0.186	0.260	0.36	0.284
March	0.283	0.216	0.0085	-0.38	0.340
April	0.070	0.233	0.062	-0.07	0.827
May	0.186	0.034	0.0036	0.01	0.972
June	0.448	0.435	0.230	-0.25	0.406

の海洋観測点A-3における動物プランクトン湿重量と加入量指数との相関係数を Table 1 に示した。水深水温と加入量指数の間に2次関数をあてはめた結果、3月の100m深 ($p < 0.01$), 5月の50m深 ($p < 0.05$) および100m深 ($p < 0.01$) の水温が有意であった。5月のA-3地点の100m深水温と加入量指数との関係 (Fig. 6) をみると、100m深の水温が8–11°Cの範囲であった年の加入量指数は高く、水温がこの範囲外であった年の加入量指数は低い傾向が認められた。一方、動物プランクトン湿重量とヤナギムシガレイの加入量指数との間に有意な関係はみられなかった。

ヤナギムシガレイとマイワシの漁獲量変動

茨城県のマイワシの漁獲量が多いと福島県のヤナギムシガレイの漁獲量は少なく、強い負の相関が認められた ($n=20, r=0.62, p < 0.01$) (Fig. 7)。前述の通り、海洋観測点A-3における5月の深度100mの水温が8–11°Cの範囲であった年に加入量指数が高いという関係が示唆されている。マイワシの低水準期である1990年代後半に、水温が8–11°Cの範

囲であった年は1996と1997年であった。これらの年級群が漁獲加入する1,2年後の1997–1999年のヤナギムシガレイの漁獲量は、249–267トンであった (Fig. 7の▲で表示)。逆にマイワシの高水準期である1980年代から1990年代前半に8–11°Cの範囲の水温が確認された年は、1989と1990年であった。これらの年級群が漁獲加入する1–2年後の1990–1992年のヤナギムシガレイの漁獲量は、32–39トンであった (Fig. 7の●で表示)。

考 察

本研究では、常磐・鹿島灘海域におけるヤナギムシガレイ資源の1994年以降の加入量変動に与える要因について解析を行った。1995年級は1994年級を上回る加入量があり、さらに1996年級と1997年級の加入量は1994年級の約4倍であった (Fig. 4)。このように、1994年から1997年にかけて加入量の大きい年級が複数年続いたために、常磐・鹿島灘海域におけるヤナギムシガレイの漁獲量は1995年以

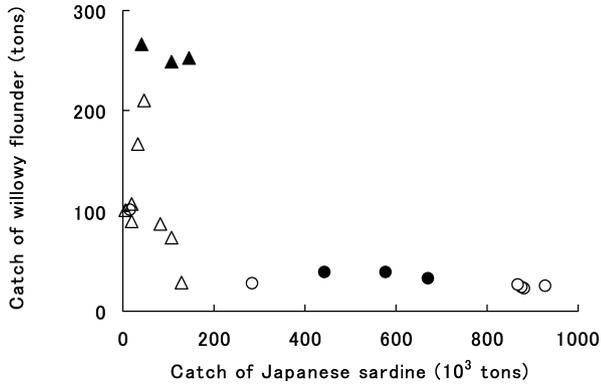


Figure 7. Comparison of willow flounder catch in Fukushima Prefecture and Japanese sardine catch in Ibaraki Prefecture, from 1986 to 2005. Open circle: high-level period of Japanese sardine population from 1986 to 1989 and in 1993, solid circle: high-level period of Japanese sardine population from 1990 to 1992, that is one or two years after a period when 100-m temperature at Stn A-3 ranged from 8 to 11°C in 1989 and 1990, open triangle: low-level period of Japanese sardine population from 1994 to 1996 and from 2000 to 2005, solid triangle: low-level period of Japanese sardine population from 1997 to 1999, that is one or two years after a period when 100-m temperature at Stn A-3 ranged from 8 to 11°C in 1996 and 1997.

降増加傾向を示し、1998年にピークに達したと考えられる。その後、1998、1999年と2年連続で加入量の小さい年級が続いたが、2000年までの漁獲量は、1996と1997年生まれの卓越年級に支えられ、減少せずに維持されていたと考えられる。しかし、2001年になると、この年級はそれぞれ4歳、5歳となり資源量は減少し、福島県、茨城県の漁獲量は大きく減少したと考えられる。また、平川・富永(1998)は、1979年に卓越年級が発生したことにより1980年から漁獲量は増加したが、その後の卓越年級は1983年までは発生していないと報告している。加えて、漁獲量は1982年から減少が始まり、1984年には大きく減少して1994年まで低水準が続いたことを指摘している。

総産卵数と加入量指数との間には有意な相関関係は認められず、明確な親子関係はないものと推定された。ヤナギムシガレイは、ふ化から着底までの期間が約3ヶ月間とカレイ類の中でも長い(南, 1983)。これまでの調査結果から、当海域における本種の産卵期は1-3月であり(島村・五十嵐, 2000)、2-6月はヤナギムシガレイの浮遊生活期と推定される。本研究では、2-6月の動物プランクトンの生物量と本種の加入量指数には有意な関係は認められなかったことから、本種の加入量変動に対する浮遊生活期の餌豊度の影響は見いだせなかった。各年の加入量指数と各月の水温との関係を解析した結果、5月の深度50mおよび100mの水温が8-11°Cの間にある年に加入量は大きくなり、その範囲外の水温では小さくなっていることから、ヤ

ナギムシガレイの生残には5月の水温が影響していると考えられた(Fig. 6)。常磐・鹿島灘海域では、6月に水深100mと125mの海底で稚魚が採捕され始めることから、本種の浮遊期仔魚は5月中に着底生活に移行すると推定されている(高橋正和, 未発表)。また、本種の種苗生産に関する研究の結果、浮遊期から着底期における仔魚は、水温が15°C以上になると斃死が多くなり(佐藤, 1996)、飼育水温については、佐藤(1996)は10°C、友田(1999)は12-15°Cが最適であると報告している。異体類の着底期は、浮遊生活から底生生活に移行するための形態変化が起こり、生態と形態発育の不均衡による生残に対する危機が存在するクリティカル・ピリオドであると指摘されている(南, 1984)。このことから、この時期の環境条件が本種の生残に影響を及ぼすことが十分に考えられる。高津・伊村(2004)は、陸奥湾のヤナギムシガレイについて、本種の初期生残には、環境中の餌豊度が生残に関与する割合は低く、水温の年変動の方が強く年級群変動に関与すると指摘している。これは本研究の結果を支持する。

以上のことから、ヤナギムシガレイの生残には、浮遊期から着底期への移行期と考えられる5月の水深100mにおける8-11°Cの適水温環境が重要な役割を果たすと考えられた。このように、水温環境が異体類の資源変動に影響を与えていることについては、北海道噴火湾のアカガレイ *Hippoglossoides dubius* (Nakatani et al., 2002)、福井県のアカガレイ(森山・安達, 2002)などの報告がある。常磐・鹿島灘に生息するヤナギムシガレイの加入量変動にも、海洋環境変動によるボトムアップ・コントロールが働いている可能性が示唆された。

二平(2007)は、常磐・鹿島灘における底魚類は1990年代に入り多くの種で漁獲量が増加した理由は、当海域において1987/88年を境に親潮第一貫入が北退し、寒冷レジームから温暖レジームへ海洋環境がシフトした結果、暖水性の底魚類の生息領域が広がったためであると説明している。また、1987/88年の寒冷から温暖へのレジームシフト後でも、特に1994年以降に多くの底魚類で資源量が増加した。この間の海洋環境の変化と底魚類の資源変動には数年間の遅れが生じているが、それはマイワシ *Sardinops melanostictus* の急激な資源の増減、すなわち常磐・鹿島灘海域に來遊するマイワシの群れの捕食圧が当該海域の動物プランクトン現存量に影響する可能性が指摘されている(二平, 2007)。すなわち、1988年以降連続して新規加入に失敗したマイワシも、1990年代半ばまでは1987年以前生まれの年級群が常磐・鹿島灘海域には高水準で集群しており、マイワシの捕食圧を受けていた動物プランクトンが増加したのは1990年代半ば以降であるとしている。あわせて、多くの底魚類はふ化後成熟するまで3年以上かかることから、新規加入資源が産卵親魚となるまで時間を要したと指摘している(二平, 2007)。

茨城県のマイワシの漁獲量が多い1980年代は、福島県のヤナギムシガレイの漁獲量は少なく、マイワシの漁獲量が少ない1990年代は、逆にヤナギムシガレイの漁獲量は多くなっていった (Fig. 7)。海洋観測点A-3における5月の100m深水温が8–11°Cの範囲にあった年は、1996と1997年であった。これらの年は、近年ではヤナギムシガレイ資源の最も卓越した年級が発生した年であり、それらの年級群が漁獲加入した1, 2年後の1997–1999年の漁獲量は大きく増加している (Fig. 2)。1989と1990年にも、それと同様の適水温環境は確認できるものの、本種の漁獲量は低水準のまま推移していることから、生き残りは悪かったと考えられる。

ヤナギムシガレイの仔魚は、主にカイアシ類のノープリウスおよび成体ならびに珪藻類を捕食している (南, 1983)。また、房総およびその周辺海域に來遊するマイワシは、珪藻類、カイアシ類、オキアミ類を捕食している (平本, 1981)。したがって、ヤナギムシガレイとマイワシとは餌をめぐる競合していることも想定されるが、本研究では明確な関係は見いだせなかった。ただし、二平 (2007) がババガレイ *Microstomus achne* について指摘しているのと同様に、常磐・鹿島灘海域は1987/88年を境に寒冷から温暖レジームへと海洋環境がシフトしたことによって、ヤナギムシガレイの再生産-加入過程の成否にとって好適な水温環境となった可能性が高い。一方、1989, 1990年は好適な水温環境にもかかわらず、マイワシ資源は依然高水準であったため、餌の競合および卵仔魚への高い捕食圧により加入量が増加しなかったことが想定される。しかし、1994年以降はマイワシの当該海域への來遊量が激減したため、1996, 1997年の好適水温の時には、本種はマイワシと餌をめぐる競合関係が減り、加入量を増やすことに成功したと推定される。なお、本研究のヤナギムシガレイの加入量変動解析は、マイワシによるトップダウン・コントロールの影響が低くなった1994年以降における限定的な解析であるため、今後の経年的変化を追跡調査する必要がある。

ヤナギムシガレイの1歳魚を多く漁獲する現在の漁業では、できるだけ早い段階で加入量を把握することが、その後の産卵親魚の確保などの持続的な資源利用に向けた対策を図るうえで重要である。具体的には、当該海域における本種の浮遊仔魚と着底幼魚の分布・豊度、および海洋環境の定期的なモニタリング調査、餌をめぐる競合者となりうる浮魚類の來遊動向の把握、それらの胃内容物解析などの継続が重要と判断された。

謝辞

本研究に関する有益な情報や資料を提供していただいた福島県農林水産部水産課の山廻邊昭文主任主査ならびに独立行政法人水産総合研究センター東北区水産研究所八戸支所

成松庸二博士、また、本論文の内容に関して有益な助言を頂いた東京大学大気海洋研究所の岩田容子博士、さらに本研究に対し、多くの協力と支援をいただいた茨城県水産試験場の川前政幸前場長及び鈴木正伸場長以下、旧・現スタッフの皆様へ厚く感謝申し上げます。本研究の一部は、水産庁・(独)水産総合研究センター「我が国周辺漁業資源評価調査事業」として実施した。

引用文献

- Chiba, S., K. Tadokoro, H. Sugisaki and T. Saino (2006) Effects of decadal climate change on zooplankton over the last 50 years in the western subarctic North Pacific. *Glob. Change Biol.*, **12**, 907–920.
- 橋本良平 (1955) 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.
- 平川英人・富永 敦 (1998) 常磐・鹿島灘におけるカレイ類資源の加入動向. 水産海洋研究, **62**, 24–26.
- 平本紀久雄 (1981) マイワシ太平洋系群の房総およびその周辺海域における発育と生活に関する研究. 千葉水試研報, **39**, 1–127.
- 岩尾敦志・山崎 淳・柳下直巳・大木 繁 (2004) 若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの分布と移動. 京都海洋学研報, **26**, 1–8.
- 小日向寿夫 (2010) 茨城県の漁業対象種と海況の関係について. 平成21年度東北ブロック水産海洋連絡会報, **40**, 8–13.
- 近藤恵一 (1988) 資源量高水準期における日本産マイワシの分布・移動について. 東海水研研報, **124**, 1–33.
- 近藤恵一・堀 義彦・平本紀久雄 (1976) マイワシの生態と資源 (改訂版). 水産研究叢書, **30**, 33–62.
- 京都府立海洋センター (2001) ヤナギムシガレイの資源管理. 季報, 京都府立海洋センター, **71**, 1–10.
- 真子 渺 (1957) 成熟・産卵・稚魚. 東海・黄海における底魚資源の研究, **4**, 55–60.
- 南 卓志 (1983) ヤナギムシガレイの初期生活史. 日水誌, **49**, 527–532.
- 南 卓志 (1984) 異体類の初期生活史. 海洋と生物, **34**, 384–387.
- 森山 充・安達辰典 (2002) 福井県沿岸のアカガレイ漁況変動に及ぼす海況の影響. 水産海洋研究, **66**, 84–87.
- 中原民男 (1969) 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. 山口外海水試研報, **11**, 1–70.
- Nakatani, T., T. Maeda, K. Sugimoto, T. Takatsu and T. Takahashi (2002) Possible causes of annual change in the year class strength of flat-head flounder *Hippoglossoides dubius* (Pisces, Pleuronectiformes) in Funka Bay, Hokkaido. *Fish. Oceanogr.*, **66**, 216–223.
- 成松庸二・伊藤正木・服部 努 (2006) 平成18年度ヤナギムシガレイ太平洋北部の資源評価. 平成18年度我が国周辺海域の漁業資源評価, 水産庁増殖推進部・(独)水産総合研究センター, **3**, 1346–1357.
- 二平 章 (2007) レジーム・シフトと底魚資源. 「レジームシフト」. 川崎 健・花輪公雄・谷口 旭・二平 章編, 成山堂, 東京, 157–173.
- 二平 章・安藤隆二・須能紀之 (2002) 常磐海域における底魚類のレジームシフト. 東北底魚研究, **22**, 59–72.
- 二平 章・青木雅志 (1998) 常磐・鹿島灘海域における底魚類の加入量変化. 茨城水試研報, **36**, 23–27.
- 二平 章・須能紀之・高橋正和 (2003) 三陸・常磐海域における底魚類のレジームシフト. 月刊海洋, **35**, 107–116.
- 最首光三 (1957) 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**, 50–55.

- 桜井泰憲・酒井一明・宮長 幸・山本 潤・森 賢 (2005) 新しい再生産仮説に基づくスルメイカ冬生まれ群の再生産海域の推定. 地球規模海洋生態系変動研究 (GLOBEC)—海洋生態系の総合診断と将来予測—. 月刊海洋, **37**, 586–591.
- 佐藤 修 (1996) ヤナギムシガレイ種苗生産技術開発研究. 新潟水試事業報告 (平成8年度), 126–127.
- 島村信也・五十嵐 敏 (2000) 福島県沿岸で漁獲されたヤナギムシガレイについて. 福島水試研報, **9**, 29–52.
- Tadokoro, K., S. Chiba, T. Ono, T. Midorikawa and T. Saino (2005) Inter-annual variation in *Neocalanus* biomass in the Oyashio waters of the western North Pacific. *Fish. Oceanogr.*, **14**, 210–222.
- 高越哲男 (1975) 昭和49年度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結果報告書. 福島水試調査研究資料, **134**, 1–33.
- 高橋正和・二平 章・山廻邊昭文 (2003) 常磐海域におけるヤナギムシガレイの資源生態と管理方策. 東北底魚研究, **23**, 1–5.
- 高津哲也・伊村一雄 (2004) 陸奥湾におけるヤナギムシガレイの年齢組成とレジームシフトの関係. 水産海洋シンポジウム「1998年に日本周辺でレジームシフトは起こったか?」講演要旨集, 38–39.
- 田中昌一 (1960) 水産生物のPopulation Dynamicsと漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1–200.
- 友田 努 (1999) ヤナギムシガレイ. 平成11年度日裁協事業年報, 202–204.
- Yabuki, K. (1989) Age determination of yanagimushigarei *Tanakius kitaharai* (Pleuronectidae) from otoliths in the Sea of Japan off Kyoto Prefecture. *Fish. Sci.*, **55**, 1331–1338.
- 柳下直巳・大木 繁・山崎 淳 (2005) 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.
- 山廻邊昭文・高橋正和 (2002) ヤナギムシガレイの資源動向について. 「第16回常磐・鹿島灘の漁業を考える」講演要旨集, 32–34.
- 山崎 淳・大木 繁 (2003) 若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの産卵期と成熟サイズ. 京都府海洋センター研報, **25**, 1–8.
- 山崎 淳・大木 繁・飯塚 覚 (2001) 桁曳網試験操業によるヤナギムシガレイの網目選択性. 日水誌, **67**, 1082–1088.