水産研究・教育機構 機関リポジトリ
FRA Japan Fisheries Research and Education Agency Institutional Repository

日本海西部海域産アカムツの資源動態

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 水産大学校 公開日: 2024-10-11 キーワード (Ja): キーワード (En): Doederleinia berycoides; red sea bass; sea water temperature; virtual population analysis 作成者: 今井, 千文, 道根, 淳, 村山, 達朗 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2012102

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

本論文　　Journal of National Fisheries University 65 (4) 217-222 (2017)

日本海西部海域産アカムツの資源動態

今井千文[1†]，道根　淳[2]，村山達朗[3]

Stock-recruitment relationship of red sea bass *Doederleinia berycoides* from the western Sea of Japan

Chifumi Imai [1†], Atsushi Michine [2] and Tatsurou Murayama [3]

The western Sea of Japan stock of red sea bass *Doederleinia berycoides* was analysed for stock-recruitment relationship using virtual population analysis. The biomass of spawning females increased from 230 t in 1996 to 620 t in 2007, and varied around 500t thereafter. Recruitment (number of age 1 fish of next year) ranged from 3.2 million in 1994 to 27.5 million in 2013. The strong year-classes were observed three years interval after 1998. The Ricker type stock-recruitment model, $\hat{R}=36.2Pe^{-0.000160P}$, was derived. An index of year class strength was evaluated from the relative distance from the Ricker curve, $RR = (R - \hat{R}) / \hat{R}$. The RR of 1998 year class was maximum of 1.63, and of 1994 was minimum of -0.65. Significant positive correlations were observed between *RR* and sea water temperature at west of the Oki Islands in August . It was considered that recruitment success of red sea bass may be enhanced by high temperatures in summer spawning season.

Key words: *Doederleinia berycoides*, red sea bass, sea water temperature, virtual population analysis

緒　論

アカムツ *Doederleinia berycoides* はスズキ目ホタルジャコ科の魚類で，全長40cm程度まで成長する。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，産卵期は夏の７－９月である[1)]。性転換の有無は不明であるが，年齢とともに雌の割合が増加する。山口県下関漁港と島根県浜田漁港に在籍する２隻曳沖合底曳網漁船（以下では「日本海西部沖合底曳網」と略称する）が漁獲対象とする魚類資源の中で，漁獲量は上位に位置し，高単価な魚種[1)]であるため，最重要資源の１つである。

本研究では日本海西部沖合底曳網および山口県と島根県の小型底曳網第一種漁業による銘柄別漁獲箱数統計から集計した年齢別漁獲尾数資料に対しコホート解析法により資源量計算を実施した。得られた年齢別資源尾数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使用する年齢別漁獲尾数資料の推計精度の良し悪しが解析の結果を大きく左右する。アカムツの年齢別漁獲尾数の推計に用いた資料は日本海西部沖底の水揚げ市場である下関中央魚市場㈱と浜田市漁協の銘柄別水揚げ箱数資料であり，水揚げのほぼ全量についてデータが得られるため，年齢別漁獲尾数の推計精度は高い。データが利用可能であった期間は，下関漁港では1992年から2015年，浜田漁港では1998年から2015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３から７列に並べた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 $\overline{TLn}$（cm）は，市場調査から求めた入数別の全長平均値に，べき乗関数をあてはめて平滑

1　水産大学校水産学研究科（Graduate School of Fisheries Science, National Fisheries University）
2　島根県水産課（Fisheries Division, Shimane Prefectural Government）
3　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

化した値を用いた。[2)]

べき乗関数は，下関漁港では，

$$\bar{TL}n = 80.8n^{-0.349} \quad \cdots\cdots (1\text{-}1)$$

である。浜田漁港では島根県水産技術センターが2004年に調査した銘柄別平均全長から，

$$\bar{TL}n = 70.8n^{-0.299} \quad \cdots\cdots (1\text{-}2)$$

を使用した。

アカムツの小型魚は，「散」（ばら）と称されるが，下関漁港では1997年以前は豆と豆々の２銘柄，1998年以降は，大，中，小，豆の４銘柄にさらに細分されている。これらの銘柄別の平均体長と平均入数は市場調査データより求めた。浜田漁港では小型個体は細分が無いため，入数を計数し，その全長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[3)]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。アカムツの成長モデルは，小嶋[4)]が対馬の東と西の海域別に求めた年齢毎の全長の平均値から求めた，海域込み，雌雄込みの，von Bertalanffy model,

$$TL_t = 43.7\{1 - e^{-0.228(t + 0.0540)}\} \quad \cdots\cdots (2)$$

を使用した。なお，アカムツの年齢起算日は８月１日とした。年齢区分は１歳から６歳および７歳魚以上を７+歳としてまとめた。アカムツの t 歳，y 年の漁獲尾数 $C_{t,y}$は，沖合底曳網の下関漁港 $CS_{t,y}$と浜田漁港 $CH_{t,y}$および山口県の小型底曳網第一種漁業　$CY_{t,y}$を別々に求め，合算した。島根県の小型底曳網第一種漁業の漁獲重量を重量比例配分して引き延ばした。なお，1992年～1997年については，浜田港の資料が得られなかったため，1998年～2015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れの回帰式

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

を求め，これに$CS_{t,1992\text{-}1997}$ を代入して求めた。

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[5)]を使用して，t 歳，y 年の資源尾数 $N_{t,y}$を，

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

により計算する。ここで，自然死亡係数　Mは田内，田中の式[6)]，$M = 2.5 / T$（Tは最高年齢）において $T = 8$ 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，$N_{7+,1992\text{-}2015}$ を求める必要があり，その方法として，平松のリンキングコホート法[7)]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，

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

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

により計算した。したがって，

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

である。

計算の手順は，最初に次式，

$$\mathrm{Nt,y} = \frac{F_{t,y} + M}{F_{t,y} \cdot \{1 - e^{-(F_{t,y} + M)}\}} \cdot \mathrm{Ct,y} \quad \cdots\cdots (8)$$

で，$N_{7+,2015}$ を計算する。この時，初期値として，$F_{7+,2015} = 1$ を与えておく。続いて，式（7），（6），（5）を使用して，2015年６歳以前の $N_{t,y}$ を計算する。$N_{7+,2015}$が計算されているので，式（5）により N_{562014} が計算できる。以下同様にさかのぼって計算する。

この時点で2014年以前の$F_{6,y}$が計算でき，平松[7)]は 最近年の漁獲係数 に過去３年間のFの平均値を採用した。しかし，ヤナギムシガレイとキダイの解析では，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[8,9)]。アカム

ツについても同様に有意な関係が認められたため，漁獲係数の漁獲尾数に対する直線回帰式を求め，これに2015年の漁獲尾数を与えて求めた。以下同様に$F_{1\text{-}5,2015}$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$F_{7+,2015}$が$F_{6,2015}$と等しくなるよう，$F_{7+,2015}$を調整した。

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。性比と成熟割合は標本調査より求めた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。

Table 1 Biological data for evaluating spawning female biomass of red sea bass

Age	Sex ratio	Maturity Rate	Body weight (g)
3	0.68	0.68	200
4	1	0.97	323
5	1	1	447
6	1	1	565
7	1	1	671

再生産モデルは，汎用的に使用されるBeverto-Holt型，Ricker型[6]，に加え，線形モデルについて，最尤法により推定し，AIC[8]が最少であったRicker 型，

$$\hat{R} = aPe^{-bp} \quad \cdots\cdots (9)$$

を採用した。

モデルからの相対距離である卓越度RR,

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

を再生産成功度の指標に用いた。

水温資料

得られた年別卓越度の年変動は，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，アカムツの分布域の水温年変動との関係を検討した。これまでの研究[9,10]では，水温資料は産卵場周辺の五島灘（長崎県）から隠岐島西（島根県）までの広い範囲のものを使用していた。しかし，隠岐島西以外の観測結果は2007年以降非公開となった。したがって，本研究では水温資料は，1992年から2013年までの長期資料が利用可能な隠岐島西（島根県水産技術センター）における定点観測結果を使用した。

結　果

年齢別漁獲尾数の経年変動

得られたアカムツの年齢別漁獲尾数の経年変化をFig. 1に示す。日本海西部沖合底曳網では資源保護のため，毎年５月16日から８月15日までの約３ヶ月を休漁としている。アカムツはこの休漁開けの８月に集中して漁獲される。１歳魚については８月には漁獲対象サイズに達していない個体が多く，年末にかけて少量が漁獲される。１歳魚の漁獲尾数は2.5万～370万尾であった。漁獲尾数は２歳魚が最も多く，約47万～1,280万尾であった。1992年～1997年は200万尾以下の低水準であった。2000年に全期間で最大の1280万尾が漁獲され，以後は変動が大きいものの高水準の漁獲があった。続いて，３歳魚が多く漁獲され，1999年までは100万尾以下であったが，2000年に100万尾を越え，以後は100万尾以上の年が多く，2010年が最大の188万尾であった。4歳魚の漁獲尾数は，1996年の10万尾が最少で，2008年が最大の51万尾であった。

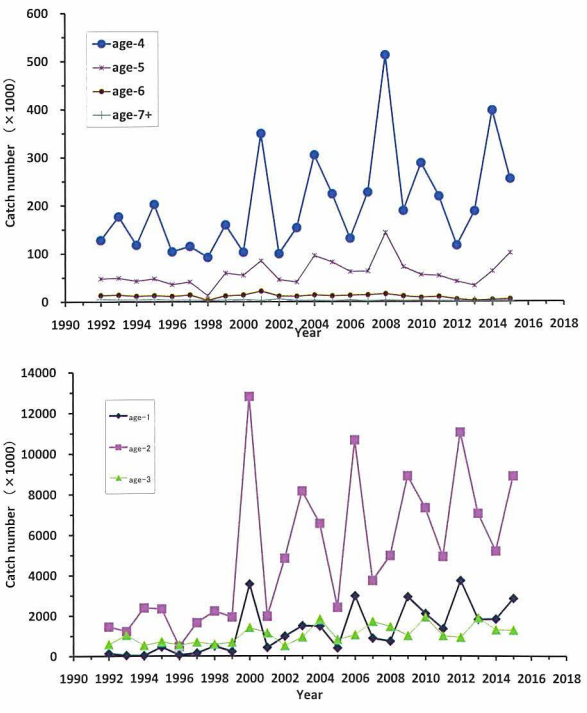

Fig. 1 Yearly fluctuation of catch in number at ages t, $C_{t,y}$ of red sea bass.

コホート解析法による資源計算結果

コホート解析法により求めた年齢別資源尾数をFig. 2 に示す。１歳魚の資源尾数は1995年の320万尾から2014年の2,750万尾まで変動した。1992年～1997年は500万尾以下の低水準であったが，1999年に2,000万尾と急増し，以後は2004年に940万尾とやや少なかったのを除き1,000万尾以上の高水準であった。2014年には期間最大の2,750万尾なった。２歳魚の資源尾数は200万～1,880万尾の範囲で，変動傾向は１歳魚の１年遅れとなっている。1999年以降は1,2歳魚ともに変動は大きいものの，緩い増加傾向を示した。３歳魚以上についても１歳魚の変動に時間遅れとなった変動で，その変動幅は年齢とともに小さくなっている。４歳魚の資源尾数は2008年と2014年に70万尾を越え，期間で最高水準であった。５歳魚は４歳魚に１年遅れで同様な変動傾向を示した。６歳魚の資源尾数は2001年に最大の3.2万尾となった後，減少を続け，2015年には最少の７千尾となった。７+歳魚は６歳魚よりさらに少なく同様に近年の資源尾数は減少傾向であった。

年齢別漁獲係数の年変動をFig. 3 に示す。１歳魚の漁獲係数は0.01～0.60と低い値で，2000年が0.60で最大で，多くの年は0.2以下の低い値であった。２歳魚以上の漁獲係数は高く，２を越える年齢もあった。

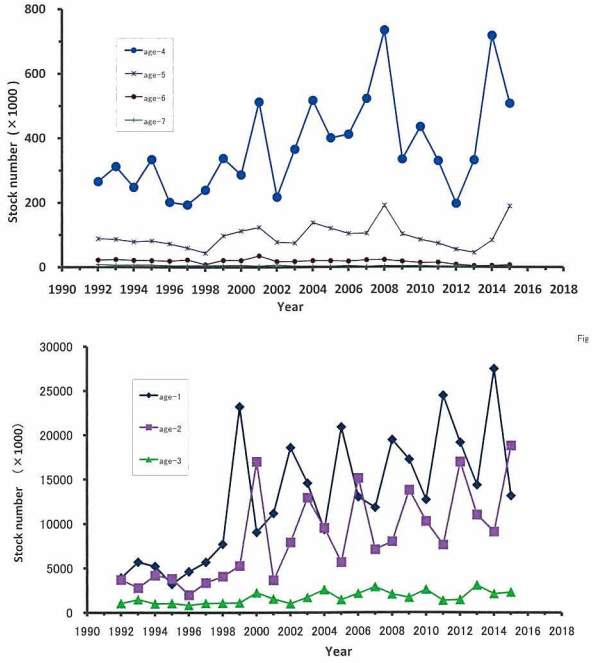

Fig. 2 Yearly fluctuation of stock in number at ages t, $N_{t,y}$ of red sea bass.

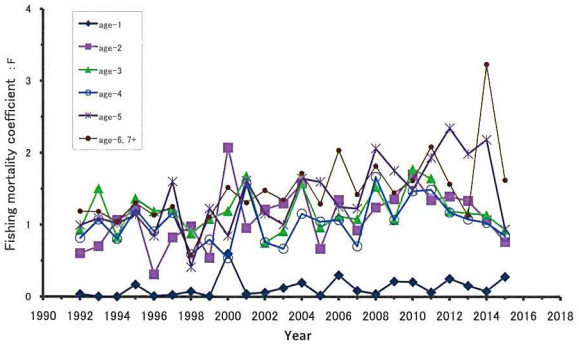

Fig. 3 Yearly fluctuation of fishing mortality coefficient at age t, $F_{t,y}$ of red sea bass.

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歳魚資源尾数を加入尾数として再生産関係を作図した（Fig. ４）。図には得られたRicker型の再生産モデル，

$$\hat{R} = 36.2Pe^{-0.000160P} \quad \cdots\cdots (11)$$

が描かれている。

雌親魚資源量は1996年には最少の230トンであったが，その後増加し，2000年に470トン，2007年に最大値の620トンになった。2012年に290トンまで減少したが，2013年から2015年は500トン以上に回復した。

一方で，加入尾数は，1994年級が最少の320万尾であったが，1998年級が卓越し，2,320万尾であった。その後もほぼ３年おきに2,000万尾を越える卓越年級が出現し，2013年級が全期間で最大の2,750万尾となった。

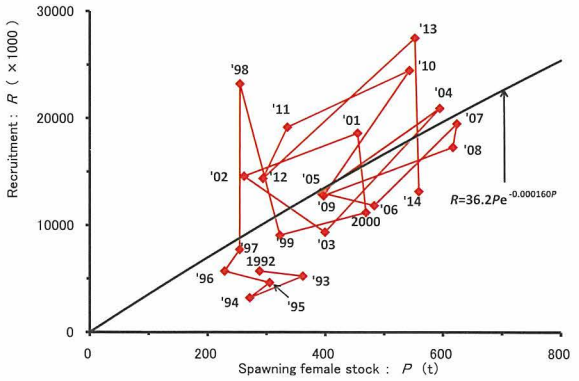

Fig. 4 Stock-recruitment relationship of red sea bass. Recruitment R is number of age-1 fish of the next year.

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アカムツの卓越度 RR を

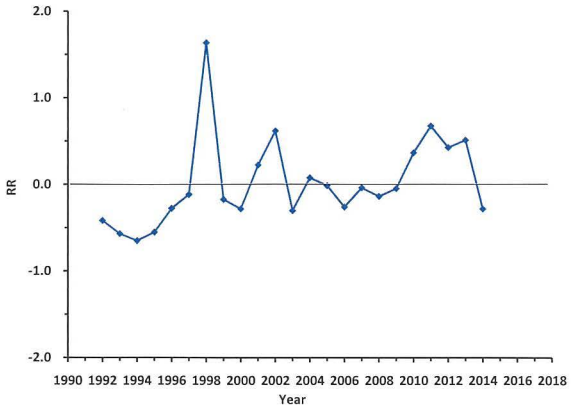

Fig. 5 Yearly fluctuation of year class strength index *RR* of red sea bass.

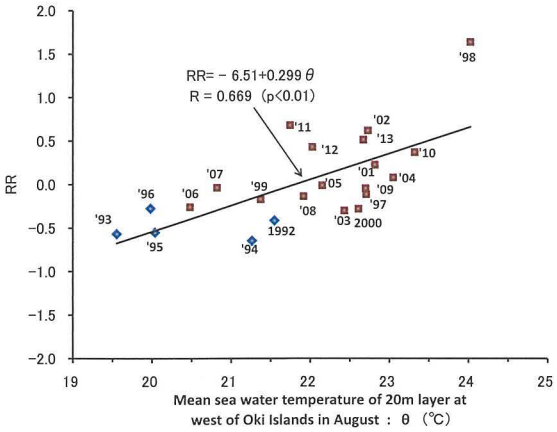

Fig. 6 Relationship between year class strength index *RR* of red sea bass and mean temperature of the 20m sea water layer at west of Oki Islands in August.

求め，その経年変化をFig. 5 に示す。1992年～1997年まで*RR*は負の値であったが，1998年級では1.63と期間最高の値であった。その後は2001年，2002年，2004年，2010年～2013年に正の値を示した。一方で1999年，2000年，2003年，2005年～2009年は負の値であったが，2003年の *RR* = -0.31が最少で，年級群強度はやや弱い程度であった。

*RR*と隠岐島西海域における８月から11月の各層平均水温との相関係数をTable 2に示す。相関係数は８月の０m，10m，20m層の水温との間に有意な値が得られた。相関係数が*R*=0.669（p<0.01）で最大であった８月の20m層の平均水温と*RR*の相関図をFig. 6 に示す。平均水温の範囲は19.6～24.3℃で，22年間の平均値は21.9℃であった。図には菱形のプロットにより1992年～1996年を，正方形により1997年以降を示している。菱形の1996年以前は*RR*が負であり，水温は21.9℃未満であった。逆に*RR*が正の領域には正方形の1998年以降のみが分布し，水温はすべて21.9℃以

Table 2 Coefficient of correlation between index of year class strength RR of red sea bass and mean sea water temperature at west of Oki Islands from 1992 to 2013

Depth	Month	Coefficient of correlation	Depth	Month	Coefficient of correlation
0m	August	0.435*	0m	October	0.401
10m		0.522*	10m		0.380
20m		0.669**	20m		0.398
30m		0.203	30m		-0.046
50m		0.190	50m		-0.022
75m		0.357	75m		0.005
100m		0.128	100m		-0.022
150m		-0.181	150m		-0.019
200m		-0.091	200m		-0.244
300m		-0.062	300m		-0.260
400m		0.012	400m		0.051
500m		-0.019	500m		-0.022
0m	September	0.186	0m	November	0.265
10m		0.224	10m		0.273
20m		0.169	20m		0.030
30m		0.311	30m		0.267
50m		0.274	50m		-0.054
75m		0.181	75m		-0.128
100m		-0.003	100m		-0.117
150m		-0.243	150m		-0.098
200m		-0.315	200m		-0.122
300m		-0.078	300m		-0.189
400m		0.084	400m		0.105
500m		0.474	500m		0.123

* significant at 5% level
** significant at 1% level

上である。*RR*の最小値は1994年の-0.65で水温は21.4℃，最大値は1998年の1.63で水温は期間で最も高い24.0℃であった。

考　察

資源の動向

今回得られたアカムツの年齢別資源尾数の解析結果から１歳魚の資源尾数は1998年までは800万尾以下の低水準であったが，1999年に2,300万尾と急増し，その後は３年おきに1,800万尾以上の高い値が観察された。2009年も1,700万尾，2012年にも1,900万尾であり，1998年以後のアカムツの再生産関係は良好な状態であると考えられる。しかし，２歳魚以上に対する漁獲圧は高く，高齢魚の資源尾数は減少傾向にあるため，成長乱獲の状態にあると考えられる。再生産曲線は直線に近い形状であるため，漁獲係数を下げ，雌親魚資源量を増やすことで，アカムツ資源はより健全な状態になると推察される。

卓越度の変動と水温の関係

日本海西部沖合底曳網ではアカムツとともに多くの底魚類が漁獲され，その多くが水深120m以浅で水温８℃以上となる海底付近に生息する暖水性魚類である。[11] こうした暖水種であるヤナギムシガレイの卓越度と長崎県五島灘から島根県隠岐島西までの海域の３～５月の平均水温には正の相関が認められた[9]。キダイについても９月と11月の水温との間に有意な正の相関が得られた[10]。

今回，アカムツの卓越度についても同海域の水温との関係を検討し，最も東の海域である隠岐島西の平均水温との間に有意な正相関が認められた。しかし，アカムツは東シナ海や対馬海峡などにも広く分布する。本研究では利用できる水温資料が2006年までに限られるため，山口県以西の水温と卓越度の関係は記述しなかったが，この海域でも正の相関は観測された。

次に相関係数は，８月に有意な値が観察され，９月～11月には有意な相関係数は得られなかった。アカムツの産卵期は夏の７月～９月[1] であるため，産卵前後の水温が高いことがアカムツの再生産に好影響を与えたと考えられる。９月以降の水温との間には有意な相関が得られなかった要因として，RRが最大値を示した1998年の水温が８月には22年間で最高であり，平均値より２℃以上高かったのに対し，1998年の９月～11月は高い値であるものの22年間の最高値ではなく，平均値との差が１℃未満であったことがあげられる。

謝　辞

本研究で使用したアカムツ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㈱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）山田梅芳，時村宗春，堀川博史，中坊徹次：東シナ海の魚類史，東海大学出版会，秦野，556-561（2007）
2）今井千文，山本圭介：写真画像計測を応用した漁獲物体長測定汎用法－日本海西部海域産キダイの銘柄別体長組成推定への応用－．水大校研報，**55**，123-131（2007）
3）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）
4）小嶋喜久雄：日本海西南海域産アカムツの年齢と成長．西海水研研報，（48），93-113（1976）
5）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）
6）田中昌一：水産資源学総論．恒星社厚生閣，東京（1998）
7）平松一彦：VPAの入門と実践．資源管理談話会報，**20**，9-28（1999）
8）櫻本和美：漁業管理のＡＢＣ　－ＴＡＣ制がよくわかる本－．成山堂，東京（1998）
9）今井千文，道根　淳，村山達朗：日本海西部海域産ヤナギムシガレイの再生産関係．水大校研報，**62**，31-38（2013）
10）今井千文，道根　淳，村山達朗：日本海西部海域産キダイの再生産関係．水大校研報，**62**，91-97（2014）
11）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）