

魚種（海域）：ホッコクアカエビ（日本海海域）

担当：中央水産試験場（山口浩志（現釧路水試）・田中伸幸），稚内水産試験場（後藤陽子）

要約

評価年度：2015年度（2015年1月～2015年12月）

2015年度の漁獲量：1,677トン（前年比0.92）

資源量の指標	資源水準	資源動向
4歳以上の資源重量	中水準	減少

漁獲量は1,677トンと前年より減少した。1989～2001年にかけて減船やえびかごの目合の変更により，漁獲圧が低下したことが影響し，資源量は増加した。2002年以降の資源量は，加入量の変動の影響を受け2008年までに再び増加した後は，2015年まではそれよりもやや減少した水準で推移している。2015年の資源水準は中水準である。近年，えびかご漁船の廃業や休業が相次ぎ，漁獲努力量は減少していることから，現状の漁獲圧においては資源の持続的利用が可能と考えられる。

1. 資源の分布・生態的特徴**(1) 分布・回遊**

日本海海域における主な漁場は水深200～600mの海域である。産卵期の産卵群は深海域，ふ出期の抱卵群は浅海域に分布する傾向がみられる。

(2) 年齢・成長（加齢の基準日：5月1日）

(7月時点)

満年齢	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳
甲長(mm)	9.6	14.5	18.5	21.8	24.4	26.6	28.3	29.8	30.9	31.8
体重(g)	0.5	1.7	3.6	5.8	8.1	12.0	12.6	16.6	16.4	20.3

) 甲長：1999～2011年の北洋丸えびかご調査結果¹⁾より) 体重：平成4年度稚内水試事業報告書²⁾の甲長と体重の関係式から計算

*) 6歳，8歳，10歳の体重は卵重量を含む体重

(3) 成熟年齢・成熟体長

甲長25mm，5.5歳でオスからメスに性転換する。多くはおよそ甲長26mm前後，6歳で初めて産卵して，抱卵メスとなる。メスになってからは隔年で産卵する³⁾。

(4) 産卵期・産卵場

・産卵期：4～5月頃である。抱卵期間は約10ヶ月で，幼生のふ出期は2～3月である³⁾。

- ・産卵場：水深350m以深の海域⁴⁾。

2. 漁業の概要

(1) 操業実勢

漁業	漁期	主漁場	主要な漁具	着業隻数 (2015年度)
えびかご漁業	1～12月 (2月を除く)	武蔵堆周辺, 雄冬沖, 余市沖, 岩内沖	えびかご	留萌管内小型 13隻 留萌管内大型 5隻 後志管内小型 9隻
えびこぎ網漁業	12～3月	天売沖, 留萌沖, 雄冬沖	えびこぎ網	留萌管内 9隻

(2) 資源管理に関する取り組み

- ・ 知事許可えびかご漁業の許可取扱方針では、かご網の目合は、結節から結節までの長さが17mm（10節）以上を用いるよう制限されている。しかし、許可取扱方針の中では掛目数についての制限がないため、一部地域では110～120掛目が使われており、このことが1994年時点で問題となっていた⁵⁾。その後、徐々に漁具の更新とともに改善され、現在では自主的に100掛目が用いられている。1日あたりに海中に敷設するかご数は、留萌管内小型船が、廃業船分の取扱数量確保のため2009年から50個の増加が認められ、通年2,050個以内となった（表1）。留萌管内大型船については、3月1日から8月31日までは2,000個以内、10月1日から1月31日までは2,250個以内、その他の知事許可えびかご船については全操業期間中2,000個以内に制限されている（表1）。
- ・ 8月16日～9月15日の間、天売沖の353海区および354海区の西半分を若齢个体保護のため資源保護区としている（表1）。

3. 漁獲量および漁獲努力量の推移

(1) 漁獲量

漁獲量は1985年には3,778トンであったが徐々に減少し、1998年にはこれまでの最低の1,556トンになった（図1）。1999年以降は徐々に回復し、2001年には2,870トンになった。その後は、おおむね2,500～3000トンの間を推移していたが、2010年以降減少が続き、2015年には1,677トンと過去2番目に少なかった。地域別に見ると、漁獲量のほとんどは留萌および北後志で水揚げされる（図2）。1990年代は北後志における漁獲量が多かったが、2000年以降には留萌における漁獲量が多くなっている。

漁獲金額は、1985年には80億円以上であったが、減少傾向が続き近年は20億円程度で推移している（図1）。

(2) 漁獲努力量

知事許可えびかご船の着業隻数は、1989年には55隻であったが、1998年にかけて減船

によって大幅に減少した。2000年以降、廃業等により着業隻数は漸減し、2015年度には28隻になった(図3)。また、2015年度中に留萌管内大型船1隻が廃業、留萌管内小型船1隻、北後志小型船3隻が休漁した。また、えびこぎ網船の着業隻数は1989年時点では16隻であったが、1998年に大幅に減船し、10隻となっていた。2014年に1隻休漁し、9隻となっている。

知事許可えびかご漁業によるのべ操業日数(日・隻)は1989年には、6,938であった。その後、着業隻数の減少にともないのべ操業日数は漸減し、1998年以降は4,500前後である(図4)。その後、漁船の新造や操業期間の延長により、のべ操業日数は少しずつ増加傾向にあったが、2009年以降には廃業および休業により再び減少する傾向にある。2015年は、上述したように漁期中に廃業および休業が相次ぎ、前年の3,858より大幅に減少し3,518になった。

4. 資源状態

(1) 現在までの資源動向：資源量の推移

漁獲物甲長組成は、1990年にはモードは25mm程度で、雄および性転換個体が60%以上を占めていた(図5)。その後、1990年代にえびかごの掛目が自主的に100掛目に変更され、漁獲サイズが大きくなり、2000年には29mmにモードが存在し、雄および性転換個体の割合は低くなっている。近年は、再び漁獲物のサイズは小さくなり、27mmにモードが存在するが、雄および性転換個体の割合は依然として少ない。

えびかごCPUE(kg/日・隻)は、1989~1994年には250前後、1995~1999年には250~300で推移していたが、2000年には急激に増加して400以上の高い値を示し、2005年には、過去最高の570になった(図6)。2007年には395になり、2000年以降では、初めて400以下に落ち込んだ。2008年以降は再び400以上に回復し、2008~2010年には500以上を示した。2011年以降は再び減少傾向を示し、2014年は過去15年間では最も低い383となった。2015年にはやや増加し400になった。

えびこぎCPUE(kg/日・隻)は、1990~1996年では200以下であったが、その後、急激に増加し、1998年以降は350~500の間で推移していた(図6)。2012~2013年には一時的に300以下に減少したが、2014、2015年は高い値を示しそれぞれ415、498となった。2016年には大幅に減少し236になった。

調査船北洋丸による深海ソリネットを用いた資源調査における4歳の1曳網あたり採集尾数は、104~157の間で推移しており、加入尾数が急激に増加している兆候は得られていない(図7)。

漁獲尾数は、1989~1998年には3億尾から1.2億尾に減少し、その後は2億尾前後で推移した。2015年は1.5億尾であった(図8)。年齢別内訳を見ると1990年代前半は3~7歳が80%以上を占めており、若齢エビの割合が高かったが、1990年代後半には60%程度に減少した。漁獲尾数の主体は、近年では7歳であった。

VPAによって推定された4歳以上の資源尾数は、1990年初頭は11～12億尾前後であったが、1992年以降増加し、2005年には16億尾になった。2006年以降は減少し、2011年には13億尾になった(図9)。2012年以降は再び増加し、2015年には再び16億尾になった。加入尾数(4歳の資源尾数)は、3～6億尾で推移した(図10)。1996、2005、2014、2015年に6億尾程度の高い加入があり(図10)、それらの年の資源尾数は比較的多くなった。

資源重量は、1990年代前半は7,000トン前後であったが、1990年代後半から増加し、2001年には12,000トンになった(図11)。2002～2004年にかけて減少したが、2008年には12,000トンに回復した。その後、再び減少し2011年以降は10,000トン前後で推移した。2015年には前年よりやや増加し10,500トンになった。1990年代の資源重量の増加は、年齢別漁獲係数および選択率は、1990年代は9および10+歳を除いて低下していたことから(図12)、減船や目合の変更によって漁獲圧が減少したことが影響していたと考えられる。また、2000年以降の資源重量の変動は、加入量の変動の影響を受けていたと考えられる。2005年に6億尾の比較的高い加入があり(2001年級)、この年級が漁獲物の主体となる7歳になった2008年にかけて資源重量が増加した(図10、11)。2009年以降は、加入尾数が3～5億尾程度と平均的もしくはそれ以下で推移したため、資源重量は再び減少した。2014、2015年の加入尾数は多く計算されたが(図10)、VPAの性質上誤差が大きい可能性があり、今後の動向に注意する必要がある。

(2)2015年度の資源水準：中水準

チューニングVPAによって推定された資源量により資源水準を判断した。2015年の資源状態を評価するため、1990～2009年の4歳以上の資源量の平均値を100として、各年の値を標準化した。100±30を中水準とし、その上下を高水準、低水準として資源水準を判断した。2015年の資源水準指数は108であり中水準と判断される(図13)。

(3)今後の資源動向：減少

2016年の資源量をVPAの前進計算によって求めたところ、11,600トンになり、2015年より12%増加した。これは、2014、2015年の4歳(2010、2011年級)の資源量が比較的多く推定されたことによる。ただし、深海ソリネット調査では、これら2010、2011年級は2～3歳時までは他の年級よりも採集尾数が多かったものの、4～5歳時には他の年級と同程度の採集尾数となった(図7)。したがって、これら年級群豊度は過大に推定された可能性があるため、今後の漁獲動向に注目する必要がある。

一方、えびこぎ網漁業は、12月～翌年3月に大陸棚縁辺部に集群したふ出直前の卵を抱卵した雌を漁獲対象としているため、その時期のえびこぎ網漁業のCPUEと3月より始まるえびかご漁業のCPUEとの間には正の相関関係がある(図14)。2015年12月～2016年3月のえびこぎCPUEは238と前年同期(415)より大幅に減少しており、過去15年間で最も低い。図14の予測式より計算された2016年のえびかごCPUEは358となり、2015年(400)

よりも減少した。

ここでは直近の漁獲状況が反映されたえびこぎ CPUE による予測結果（図 14）を重視し、資源動向を減少と判断した。

5. 資源の利用状況

(1) 漁獲割合

漁獲割合は、1989 年には 0.25 以上であったが、1998 年にかけて主に減船による隻数および操業日数の減少に伴って低下し、2000 年以降は、0.10 から 0.15 の間で推移した（図 15）。2010 年以降も、廃業による隻数および操業日数の減少に伴って低下し、2014～2015 年は 0.10 以下になった。

(2) 現状の漁獲圧を維持した場合の資源動向

現状の漁獲圧によって、資源量および漁獲量、親エビ資源量（SSB）が、維持されるかどうか、VPA の前進計算によって資源量の将来予測を行い判断した。再生産関係には、Hockey-stick 型（HS 型）と近年（1999-2011 年級）の RPS（RPS 型）の 2 通りを想定した（図 16）。

HS 型を仮定した場合では、平均的には現状の水準よりも高い資源量、漁獲量、SSB が維持された（図 17）。また、RPS 型を仮定した場合では、資源量、漁獲量、SSB が増加傾向を示した。いずれの再生産関係を想定した場合においても、資源量、漁獲量、SSB が減少しなかったことから、現状の漁獲圧は適切であると考えられた。

今後の漁獲圧の動向について検討した。えびかご漁船は、経営難により廃業が続いており減少する傾向にあり、2016 年にも留萌管内の大型船が 1 隻廃業している。したがって、現状よりも当該資源への漁獲努力量が減少することが予想されることから、今後資源に対して現状以上に漁獲圧がかかる可能性は低いと考えられる。

評価方法とデータ

(1) 資源評価に用いた漁獲統計

漁獲量	・ 漁業生産高報告（ただし 2015 年度の値は暫定値）
えびかご漁業の漁獲努力量 および CPUE	・ 知事許可えびかご漁業漁獲成績報告書
えびこぎ CPUE	・ 知事許可えびこぎ網漁業漁獲成績日報

(2) えびかご CPUE の標準化

えびかご漁業の CPUE の算出には、まず、知事許可えびかご漁業漁獲成績報告書の漁獲量を年間のべ出漁隻数で除した値を根拠地振興局・船型別に求めた。大型船の CPUE は小型船と比較して高いが、それぞれの CPUE の変動はほぼ同調しており、次のように標準化した。操業隻数と漁獲量が最も多い留萌管内小型船の CPUE との偏差平方和を最小にする補正係数（後志管内小型船には 0.86，後志管内大型船には 1.69，留萌管内大型船には 1.38）を年間のべ出漁隻数に乗じた値を標準化努力量とした。そして、知事許可えびかご漁業による漁獲量から標準化努力量で除した値をえびかご CPUE とした。

(3) 年齢別漁獲尾数の推定方法

漁獲量の多い北るもい、増毛、余市郡の各漁協におけるえびかご漁業および新星マリン漁協におけるえびこぎ網漁業（2009 年以降）による漁獲物を銘柄別に生物測定を行った。測定結果を漁獲成績報告書の銘柄別漁獲量で引き伸ばし、発育段階別甲長階級別漁獲尾数を推定した。

年齢別漁獲尾数は、発育段階別甲長階級別漁獲尾数と、年齢別平均甲長および標準偏差を用いた IALK 法⁶⁾により推定した。具体的には、まず、年齢別平均甲長および標準偏差に基づいて年齢別混合比が等しい場合の ALK を作成し、それを発育段階別甲長階級別漁獲尾数に適用し、年齢別甲長組成と年齢組成を計算した。その結果に基づき更新された ALK から、再度年齢別甲長組成と年齢組成を計算し、これを年齢組成が変化しなくなるまで繰り返して求められた年齢別組成に基づき年齢別漁獲尾数を計算した。年齢別平均甲長および標準偏差は、1999～2015 年までは、毎年 6～7 月に実施されている調査船調査によって得られた甲長組成を複合正規分布に分解し、毎年推定した。調査船調査を行っていない 1989～1998 年までは、1999～2011 年の平均的な成長に基づく年齢別平均甲長と標準偏差を用いた¹⁾。

(4) 調査船調査

近年の加入動向を調べるため、2012 年から毎年 7 月に道西日本海の全 24 調査点において、調査船北洋丸による深海ソリネットを用いた資源調査を実施している。甲長組成を複合正規分布に分解し、各年齢の 1 曳網あたり採集尾数を求め、近年の 4 歳の加入動向について

検討した。

(5) 資源量の計算方法

年齢別資源尾数は、チューニングVPAにより推定した。解析に用いたパラメータは表2の通り。解析に用いた年齢別漁獲尾数は3～11歳だが、11歳の漁獲尾数は非常に少なく年によってはゼロである年もあることから10歳以上をプラスグループとして扱った。1989～2014年までの3～9歳までの資源尾数は、以下のPopeの近似式(1)を用いた。また、同期間の9、10+歳の資源尾数は、それぞれ(2)、(3)式により求めた。さらに同期間の3～9歳の漁獲死亡係数は(4)式により求めた。最近年(2015年)の年齢別資源尾数は(5)式で計算した。自然死亡係数 M は、田中の方法⁷⁾により寿命(11年)より求め、0.23とした。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1}e^M + C_{a,y}e^{\frac{M}{2}} \quad (1)$$

$$N_{9,y} = \frac{C_{9,y}}{C_{9,y} + C_{10+,y}} N_{10+,y+1}e^M + C_{9,y}e^{\frac{M}{2}} \quad (2)$$

$$N_{10+,y} = \frac{C_{10+,y}}{C_{9,y}} N_{9,y} \quad (3)$$

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y}e^{\frac{M}{2}}}{N_{a,y}}\right) \quad (4)$$

$$N_{a,Y} = \frac{C_{a,Y}}{1 - e^{-F_{a,Y}}} e^{\frac{M}{2}} \quad (5)$$

ここで、 $N_{a,y}$ 、 $C_{a,y}$ および $F_{a,y}$ はそれぞれ y 年 a 歳の資源尾数、漁獲尾数および漁獲死亡係数、 Y は最近年($Y=2015$)、 M は自然死亡係数を表す。また、 $F_{10+,y}=F_{9,y}$ を仮定した⁸⁾。

次に最近年の3～10+歳の漁獲係数を、次のように求めた。えびかご漁業による年齢別CPUEをチューニングに用いる年齢別資源量指数 $I_{a,y}$ とし、以下の目的関数を最小にする $F_{a,y}$ をソルバーで探索した⁹⁾。

$$\sum_{a=3}^{10+} \sum_{y=1989}^{2015} \left\{ \ln(I_{a,y}) - \ln(q_a N_{a,y}) \right\}^2 \quad (6)$$

ここで q_a は以下の(7)式で求められる比例係数を表す。

$$\ln q_a = \sum_{y=1989}^{2015} (\ln I_{a,y} - \ln N_{a,y}) / 27 \quad (7)$$

チューニング前の $\ln I_{a,y}$ と $\ln N_{a,y}$ の関係を図18に示した。

なお、プラスグループに含まれる11歳の資源尾数は、(3)式と同様に、

$$N_{11,y} = \frac{C_{11,y}}{C_{9,y}} \cdot N_{9,y} \quad (9)$$

で求めた。

上述した方法で算出された最近年の4歳(2011年級)の資源尾数(加入尾数)は約10億尾と、過去の加入尾数の範囲(3~6億尾)よりも多い推定結果であった。2012年より調査船北洋丸による深海ソリネットを用いた新規加入量調査を行っているが、2011年級が多いという調査結果は得られていない。そこで、最近年の4歳の資源尾数を深海ソリネットによる4歳の1曳網あたり採集尾数 $n_{4,y}$ を用いて以下の式により外挿した。

$$N_{4,2015} = \frac{\sum_{y=2012}^{2014} N_{4,y}}{\sum_{y=2012}^{2014} n_{4,y}} \cdot n_{4,2015} \quad (10)$$

(6) 将来予測

将来予測に用いた年齢別漁獲係数は、最近3年間(2013~2015年)の平均値を用いた。再生産関係には明瞭な関係が認められないことから(図12)、加入尾数の算出に用いた再生産関係に2通りの関係を想定した。1つ目は、あるSSBの水準以下になれば加入尾数も減少するHockey-stick型再生産関係⁹⁾(HS型)を想定した場合、2つ目として、再生産関係のプロットが1999年を境に2極化していることから(図12)、1999年以降の1999~2011年のRPS(加入尾数/SSB)の中央値を仮定した場合である(RPS型)。なお、それぞれの再生産関係に基づいて算出される加入尾数 R_y は以下の式で表現した。

$$\text{HS型: } R_y = \alpha \text{MIN}(SSB_y, SSB^*) e^{\eta_y - \sigma_1^2/2} \quad (11)$$

$$\text{RPS型: } R_y = RPS_{med}^{1999-2011} SSB_y e^{\phi_y - \sigma_2^2/2} \quad (12)$$

ここで、 SSB^* はHS型再生産関係においてこの値以下になれば加入量が減少する閾値、 α は傾き、 η_y 、 ϕ_y は、それぞれ $N(0, \sigma_1^2)$ 、 $N(0, \sigma_2^2)$ に従う正規乱数、 σ_1^2 、 σ_2^2 は各モデルの期待値と観測値との残差の分散とした。Barrowman and Myersの方法⁹⁾に従って推定された、HS型再生産関係のパラメータは、 $\alpha=0.27 \times 10^6$ 、 $SSB^*=1695$ となった。それぞれの再生産関係のモデルから加入尾数を計算し、1,000個のデータセットを用いて2016~2035年まで20年間の将来予測を行い、資源量、漁獲量、SSBの動向について検討した。

文 献

- 1) Yamaguchi, H., Y. Goto, N. Hoshino, K. Miyashita: Growth and age composition of northern shrimp *Pandalus eous* estimated by multiple length frequency analysis.

- Fish. Sci. 80: 665-678 (2014)
- 2) 中明幸広：I-1.5 エビ類，平成4年度北海道立稚内水産試験場事業報告書，38-67(1993)
 - 3) 中明幸広：武蔵堆周辺海域におけるホッコクアカエビの生殖周期と成長．北水誌研報．37，5-16（1991）
 - 4) Maeda, K. and S. Nishiuchi: Vertical distribution of the Pacific pink shrimp, *Pandalus eous* Makarov, in Ishikari Bay, Sea of Japan. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. 55, 185-196 (1999)
 - 5) 北海道：“III 資源管理実施検討事業”．平成5年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書（広域回遊資源）．31-35（1994）
 - 6) Kimura, D.K. and S. Chikuni: Mixtures of empirical distributions: an iterative application of the age-length key. Biometrics 43: 23-35 (1987)
 - 7) 田中昌一：水産生物の population dynamics と漁業資源管理．東海水研報．28，1-200（1960）
 - 8) 平松一彦：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－．東京，日本水産資源保護協会，104-128（2001）
 - 9) Barrowman, N. J. and R. A. Myers: Still more spawner-recruitment curves: the hockey stick and its generalizations. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57, 665-676 (2000)

表1 知事許可えびかご漁業の漁獲努力量変更に関わる許可取扱方針の変遷

和暦	西暦	1日の使用かご数		操業期間	水揚げ回数制限		資源保護区		漁獲量 (トン)	
		留萌大型	留萌小型		留萌大型	留萌小型	留萌大型	留萌小型	留萌大型	留萌小型
S60	1985	2000個		3/1~11/20	無制限	天塩沖 S58~	留萌沖 S58~	1,116		
S61	1986							823		
S62	1987							749		
S63	1988							633		
H1	1989							304		557
H2	1990							262		383
H3	1991							299		408
H4	1992							307		405
H5	1993							269		379
H6	1994							204		426
H7	1995							374		695
H8	1996			328		543				
H9	1997			365		464				
H10	1998			334		353				
H11	1999	留萌大型 2,000個→2,200個 (11/21~翌1/31)	留萌小型	留萌小型 3/1~11/20 ↓ 3/1~11/30 (宗谷留萌沿岸海域)	留萌小型 9月:10回	天塩沖 ↓ 廃止	天売沖	417		
H12	2000			留萌大型 5~7月:46回				434		
H13	2001			留萌大型 5~7月:46回				585		
H14	2002			留萌大型 5~7月:46回				675		
H15	2003			留萌大型 5~7月:46回				610		
H16	2004			留萌大型 5~7月:46回				657		
H17	2005			留萌大型 5~7月:46回				868		
H18	2006			留萌大型 5~7月:46回				760		
H19	2007			留萌大型 5~7月:46回				588		
H20	2008	留萌大型 2,000個→2,250個 (10/1~翌1/31)	留萌小型 2,000個→2,050個 (通年)	留萌大型 5~7月:48回				570		
H21	2009			留萌大型 5~7月:48回				605		
H22	2010			留萌大型 5~7月:48回		618				
H23	2011			留萌大型 5~7月:48回		584				
H24	2012			留萌大型 5~7月:48回		585				
H25	2013			留萌大型 5~7月:48回		513				
H26	2014			留萌大型 5~7月:48回		417				
H27	2015			留萌大型 5~7月:48回		321				

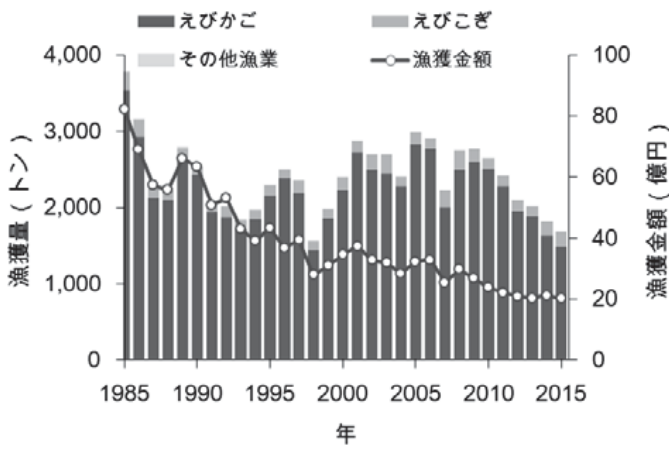


図1 日本海海域におけるホッコクアカエビの漁業種別漁獲量

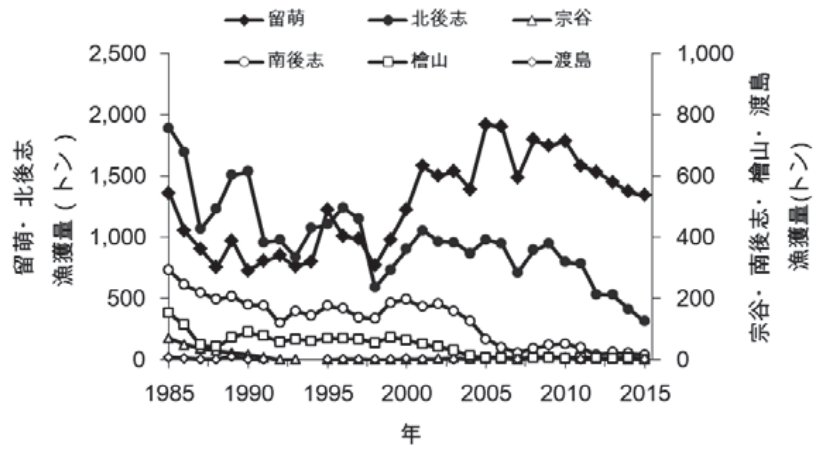


図2 日本海海域におけるホッコクアカエビの振興局別漁獲量

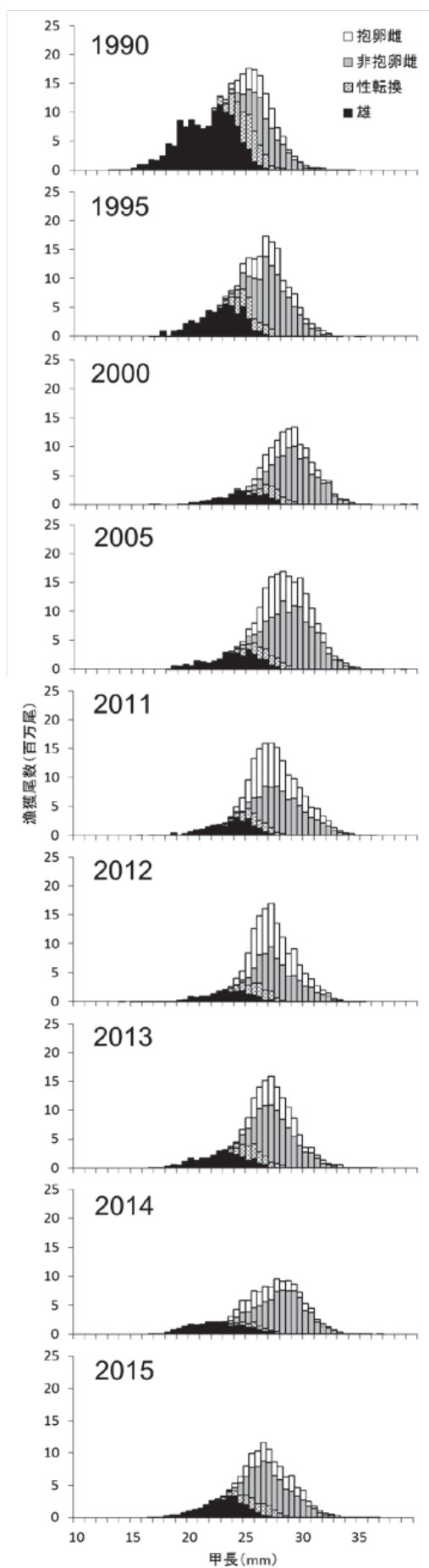


図5 えびかご漁業による甲長組成

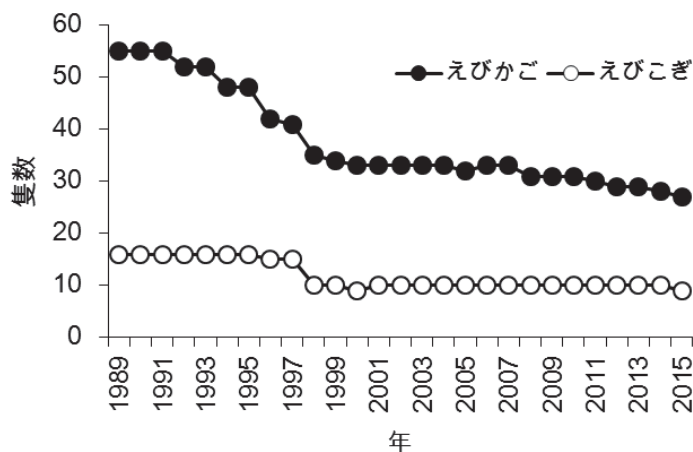


図3 えびかごおよびえびこぎ網漁業の着業隻数

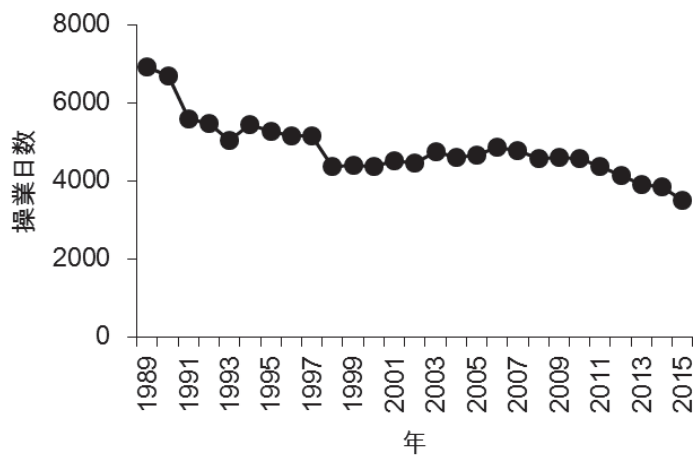


図4 えびかご漁業の操業日数

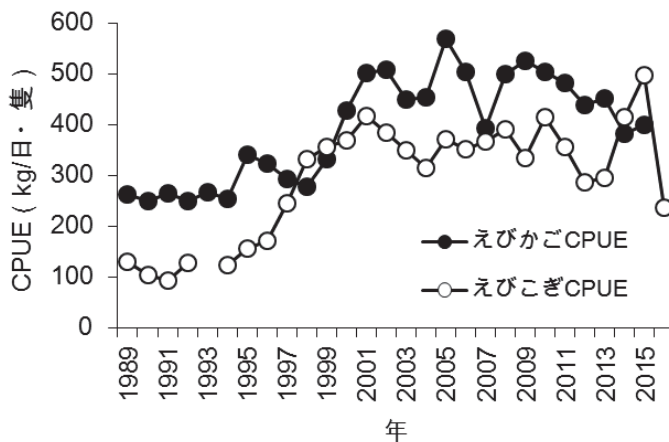


図6 えびかごおよびえびこぎ網漁業によるCPUE

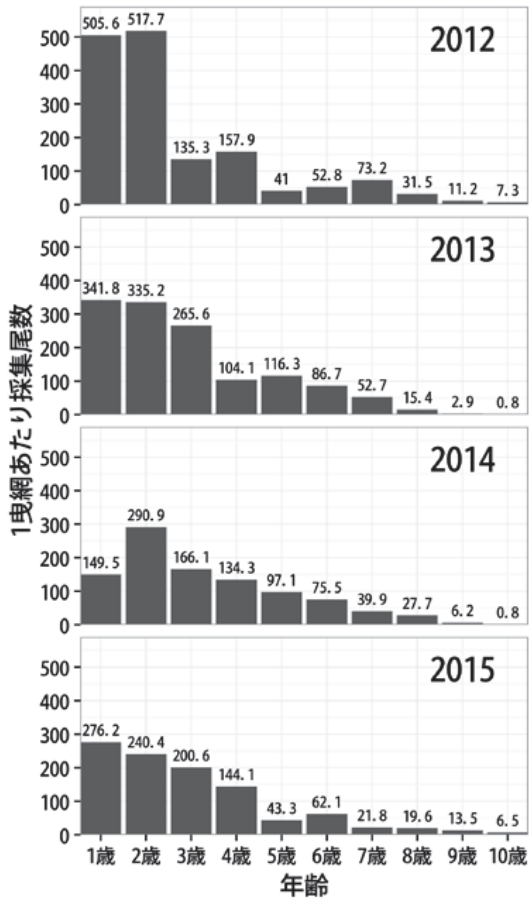


図7 調査船深海ソリネット調査によって採集されたホッコクアカエビの年齢別採集尾数

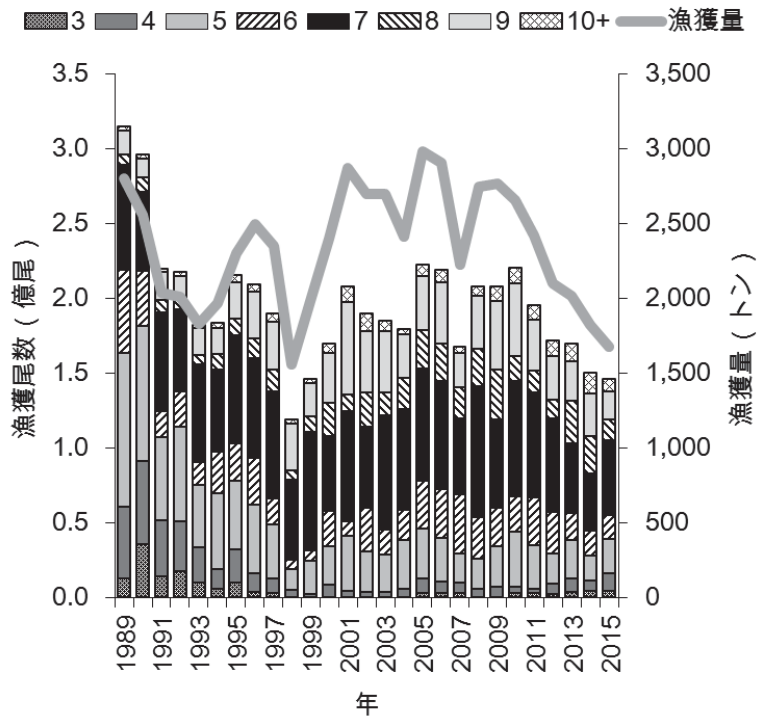


図8 日本海海域におけるホッコクアカエビの年齢別漁獲尾数

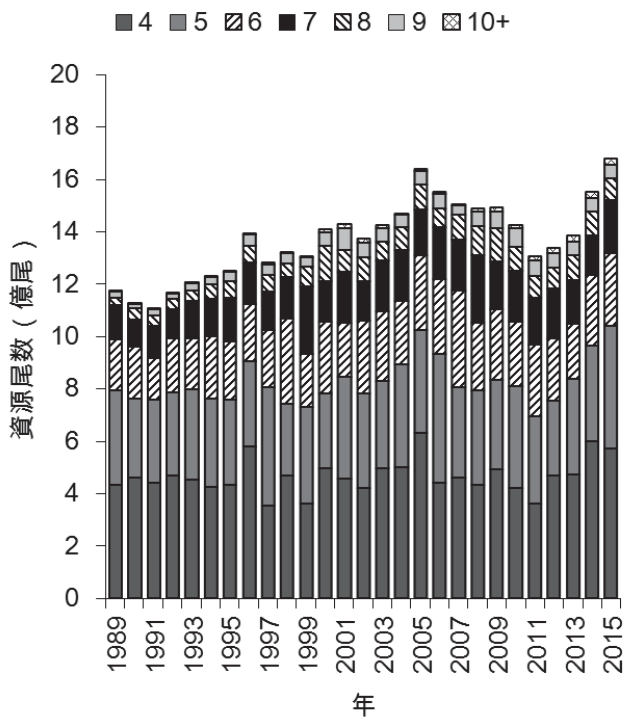


図9 日本海海域におけるホッコクアカエビの資源尾数の推移

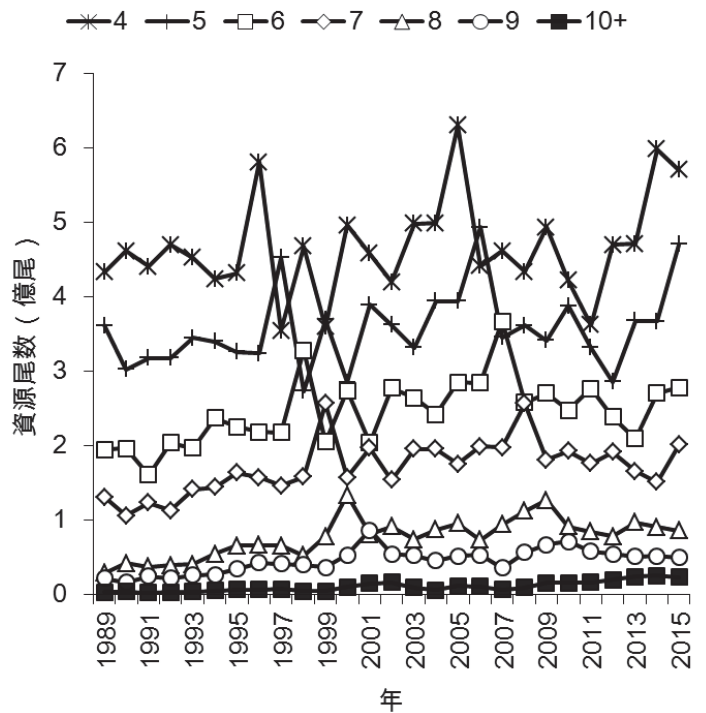


図10 日本海海域におけるホッコクアカエビの年齢別資源尾数の推移

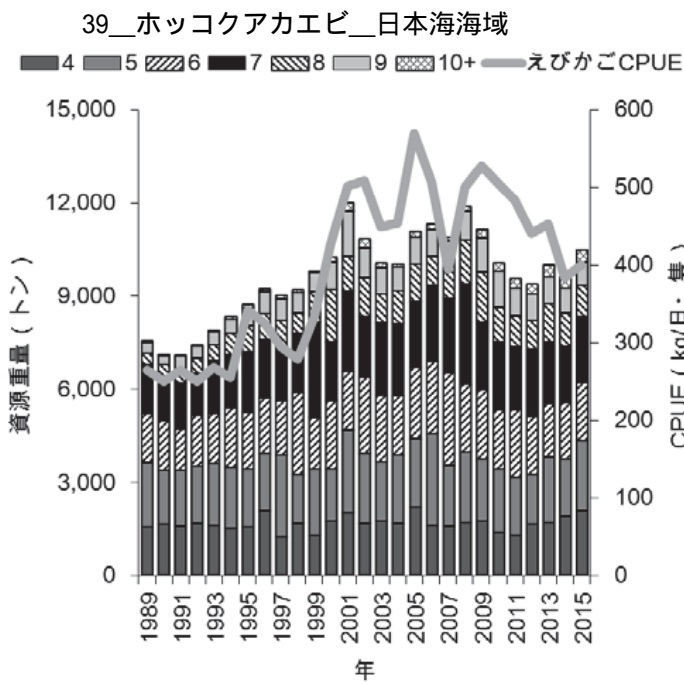


図11 日本海海域におけるホッコクアカエビの資源重量の推移

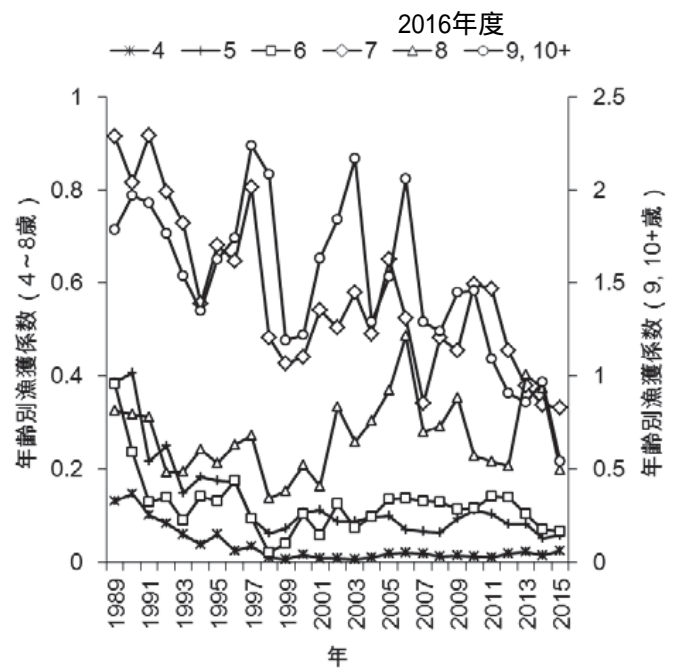


図12 年齢別漁獲係数の推移

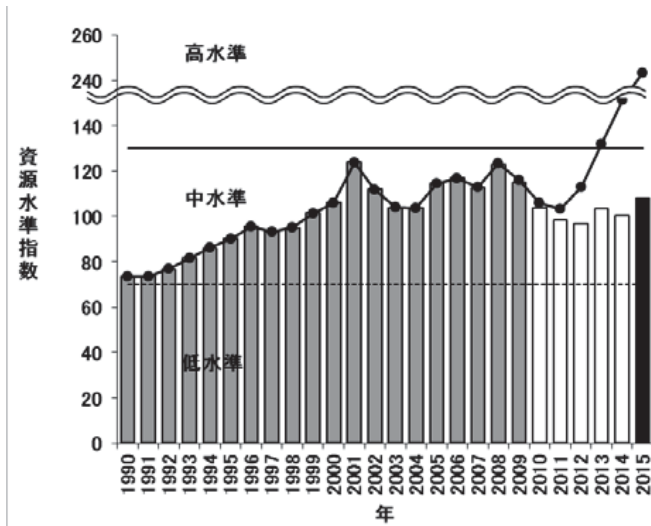


図13 ホッコクアカエビの資源水準（資源重量）（折れ線は去年の資源量指数を用いて計算した場合の資源水準）

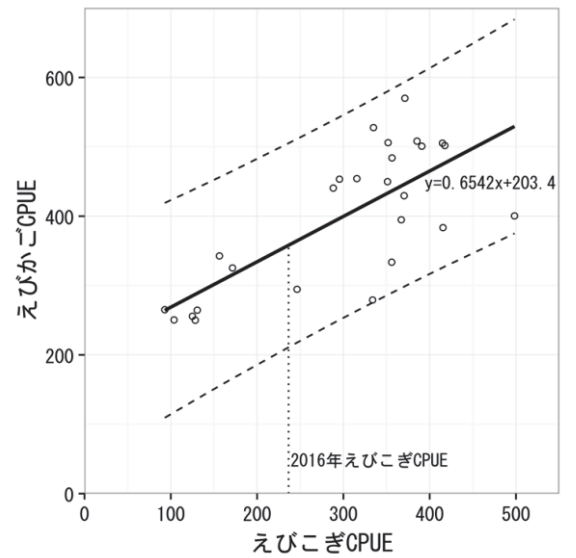


図14 えびこぎCPUEとえびかごCPUEとの関係（破線は予測区間）

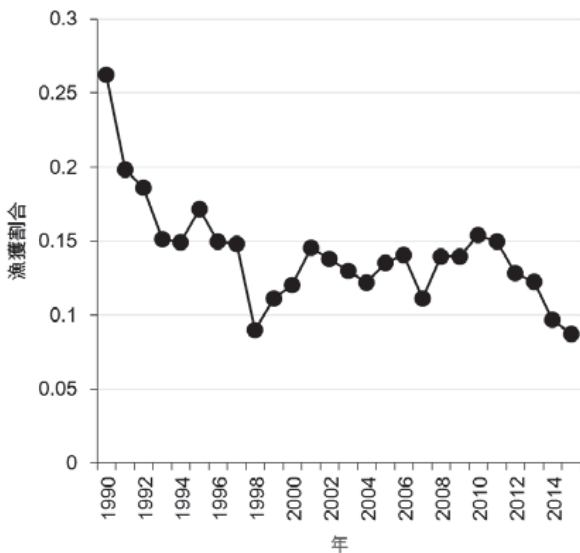


図15 漁獲割合の推移

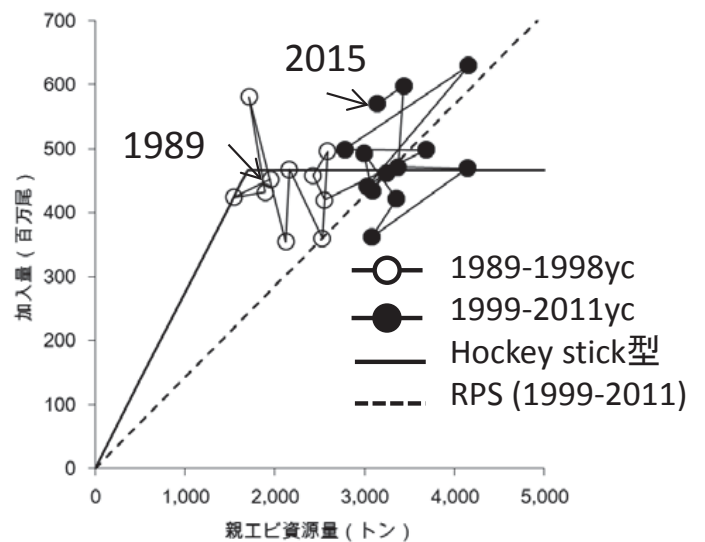


図16 ホッコクアカエビの再生産関係

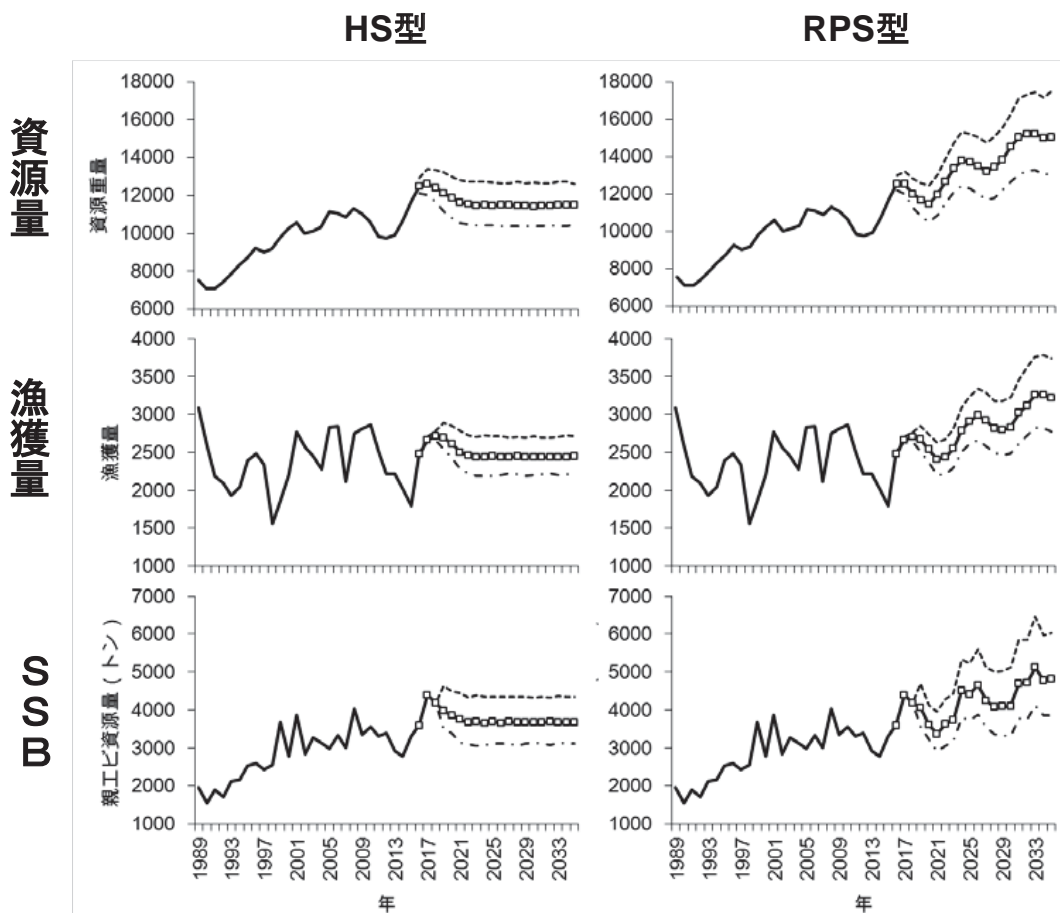


図17 2通りの再生産関係に基づいたVPAの前進計算による資源重量および漁獲量, SSB(親エビ資源量)の将来予測結果(実線は1989~2015年の実測値, 四角は計算結果の中央値, 破線は90パーセントイル区間)

表2 解析に用いたパラメータ

項目	値または式	方法
甲長-体重関係式	非抱卵個体: $BW=6.014 \times 10^{-4} \times CL^{2.976}$ 抱卵個体: $BW=8.235 \times 10^{-4} \times CL^{2.922}$ (卵重量を含む)	中明・三橋 ²⁾
自然死亡係数	0.23 (寿命は11年)	田内・田中の方法 ⁷⁾
最高齢(10+)のF	9歳のFに等しいと仮定	平松 ⁸⁾
最近年のF	目的関数を最小にする $F_{a,2015}$ を探索	平松 ⁸⁾
最近年4歳の資源尾数	調査船調査結果から外挿した	

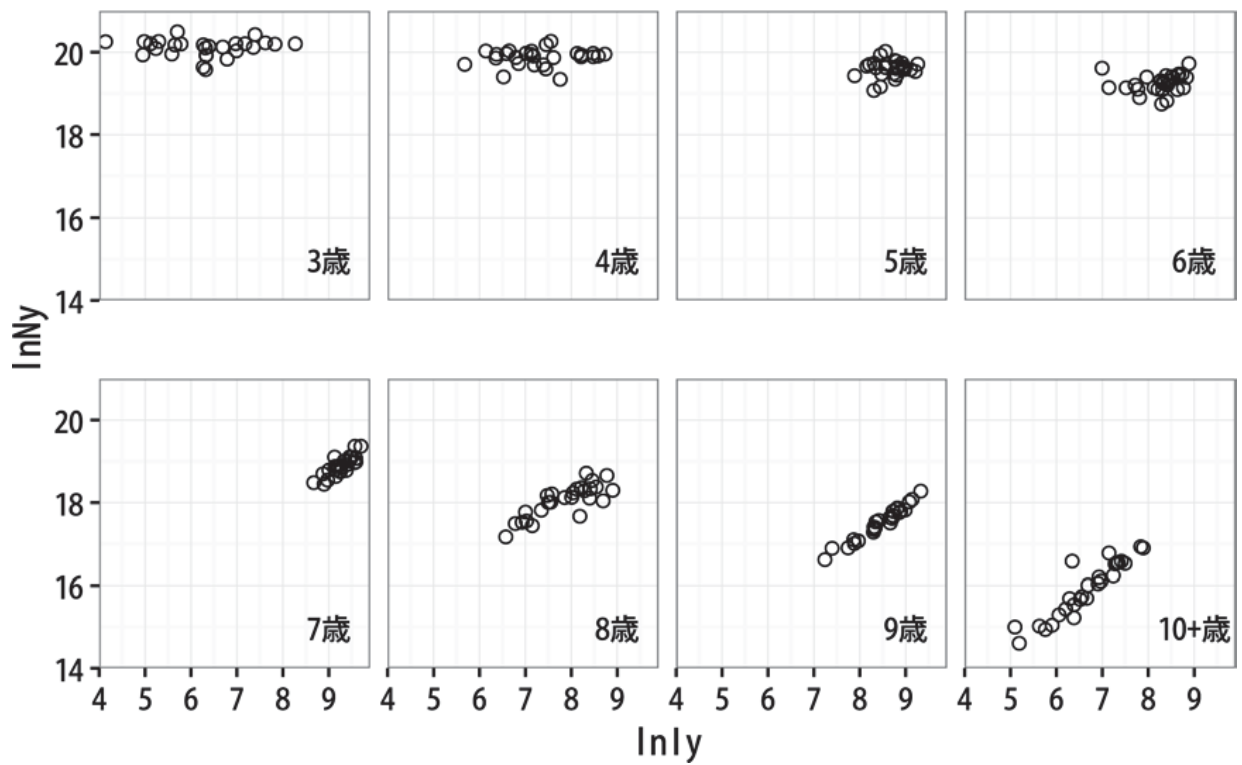


図18 年齢別CPUEとチューニング前の資源尾数の対数値との関係