

魚種（海域）：ホッコクアカエビ（日本海海域）

担当水試：中央水産試験場

### 要約表

評価年の基準 (2013年度)	資源評価方法	2013年度の 資源状態	2013～2014年度 の資源動向
2013年1月1日 ～2013年12月31日	資源量	中水準	横ばい

\*生態については、別紙資料「生態表」を参照のこと。

## 1. 漁業

### (1) 漁業の概要

#### ・漁業の種類

日本海海域においてホッコクアカエビを対象にしている漁業は、えびかご漁業とえびこぎ網漁業がある。えび漁業は1952年にえびこぎ網漁業（当時の名称はえび桁網）によってはじまった。えびこぎ網漁業では当初水深200～300mに生息するトヤマエビを対象とされていたが、すぐに資源が枯渇したため、より深い水深帯に生息するホッコクアカエビを対象とするようになった。1959年に深い水深でも操業が可能なえびかご漁業の試験操業が行われ、1963年に知事許可漁業として制度化された<sup>1)</sup>。現在の当該資源の漁獲量のほとんどはえびかご漁業によるものである。

日本海海域におけるホッコクアカエビの漁獲量の大半を占めるのは、共同漁業権漁場を除く日本海北部海域、宗谷・留萌沿岸海域、石狩湾海域で操業する留萌、後志管内根拠の知事許可えびかご漁業である。知事許可えびかご漁業は30トン未満（実質19トン）の小型船と30トン以上（92～108トン）の大型船の2種類でおこなわれており、両者には操業期間や操業海域に違いがある。また、この他に宗谷、後志、檜山、渡島管内の共同漁業権漁場内でもえびかご漁業が営まれているが、日本海全体の漁獲量に占める割合は少なく1割程度である。えびこぎ網漁業はすべて留萌管内を根拠にしており、えびかご船の操業がおこなわれていない冬季に大陸棚縁辺部に集群したふ出群を狙って操業している。日本海全体に占める、えびこぎ網漁業による漁獲量の割合は1割以下である。沖合底びき網漁業では1995年以降、えびかご漁業、えびこぎ網漁業との間の操業協定によってエビ類を専獲できないことになっている。

#### ・操業時期・隻数

知事許可えびかご漁業とえびこぎ網漁業の操業期間、隻数を表1に示した。知事許可えびかご漁業は根拠地振興局や船種によって操業期間が異なる。

#### ・漁具

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<sup>2)</sup>。その後、徐々に漁具の更新とともに改善され、現在では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2)。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2)。

#### ・漁場

日本海海域の水深200～600m(主漁場は武蔵堆周辺)。

#### ・漁獲物の特徴

1989～1993年には、甲長20～25mmの若齢(4～5歳)の雄個体および性転換個体の全漁獲尾数に占める割合が高く、60%程度であった(図1)。1994年以降には若齢個体の割合が20%程度に減り、漁獲物は大型化し、非抱卵雌が主体となっている。(図2)。その原因として、掛目数の適正化や単価の安い小型エビ(甲長25mm以下)を獲らないような操業形態になったことが挙げられる。2005年以降には、雄個体および性転換個体の漁獲割合が再び増加傾向にあるが1989～1993年の水準と比較して依然として少ない。漁獲物の平均甲長は2001年までは大きくなっていったが、その後、最近年まで小さくなる傾向が続いている(図2)。

### (2) 現在取り組まれている資源管理方策

かごの目合、かご数、操業期間についての規制は上述したとおりである。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個体保護のため資源保護区としている(表2)。

## 2. 評価方法とデータ

### ・漁獲量

漁獲量は、漁業生産高報告の宗谷管内稚内市から留萌、後志、檜山、渡島管内松前町までを集計した。ただし渡島管内の八雲町については、日本海に面している熊石地区(旧熊石町)を集計対象とした。なお、一部地域の漁獲量に知事許可えびかご漁業漁獲成績報告書の値を用いた。また、2013年については水試集計速報値である。

### ・漁獲努力量とCPUE

CPUEは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・船型別に算出した。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<sup>3)</sup>、次のように標準化した。操業実態の良く分かっている小型船のCPUEとの偏差平方和を最小にする補正係数(後志管内大型船には1.82、留萌管内大型船には1.52)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。また、えびこぎ網漁業漁獲成績報告書に基づき、前年 12 月～3 月のえびこぎ網漁業ののべ出漁隻数および漁獲量を集計し、その期間の 1 日 1 隻あたりの漁獲量を求めた（以下えびこぎ CPUE）。

#### ・年齢別漁獲尾数

漁獲量の多い羽幌，増毛，余市の各地区におけるえびかご漁業および留萌地区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，発育段階別甲長別漁獲尾数を推定した。年齢別漁獲尾数は以下のように推定した。まず，性転換年齢に変化がないとして，性転換個体は全て 5 歳とした。1999～2011 年までは，毎年 6～7 月に実施されている調査船によるえびかご調査によって得られた甲長組成を発育段階別に複合正規分布に分解し，その結果に基づいて求めた Age-length-key を発育段階別甲長階級別漁獲尾数に適用し推定した<sup>4)</sup>。調査船調査による結果がない 1989～1998 年および 2012～2013 年の年齢別漁獲尾数については，以下の方法で求めた。1999～2011 年の平均的な年齢別体長組成データから，各年齢の混合比が等しい場合の ALK を作成し，それを求めたい年の発育段階別甲長組成に適用し年齢別甲長組成と年齢組成を求め，ALK を更新した。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（IALK 法<sup>5)</sup>）。

#### ・資源量推定

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。1989～2012 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（2013 年）の年齢別漁獲尾数は (5) 式で計算した。

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

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

$$N_{10+,y} = \frac{C_{10+,y}}{C_{9,y+1}} N_{9,y} \quad (3)$$

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

$$N_{a,2013} = \frac{C_{a,2013}}{1 - e^{-F_{a,2013}}} e^{\frac{M}{2}} \quad (5)$$

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、 $M$ は自然死亡係数を表す。

また、 $F_{10+,y}=F_{9,y}$ を仮定した。

最近年の8歳以下の年齢別漁獲死亡係数は以下の式を仮定した。

$$F_{a,y} = \frac{F_{a,y-1} + F_{a,y-2} + F_{a,y-3} + F_{a,y-4} + F_{a,y-5}}{F_{10+,y-1} + F_{10+,y-2} + F_{10+,y-3} + F_{10+,y-4} + F_{10+,y-5}} \cdot F_{10+,y} \quad (6)$$

最近年の10+歳の漁獲死亡係数は、次のように求めた。えびこぎCPUE ( $CPUE_y^{ST}$ ) をVPA

のチューニングに用いる資源量指数を $I_y$ とし、えびこぎ網漁業の漁獲対象となるふ化群の資源重量(当該年の7, 9歳の資源重量の合計値 $\sum_{a=4}^5 B_{2a-1,y}$ )との変動傾向が合うように、

以下の式を最小化する $F_{10+,2013}$ をソルバーで探索した。チューニングに用いた資源量指数の期間は、えびこぎ網漁業が10隻体制になった以降の1998~2013年とした。

$$MIN = \sum_{y=1998}^{2013} (\ln CPUE_y^{ST} - \ln \hat{q} \sum_{a=4}^5 B_{2a-1,y})^2 \quad (7)$$

$$\ln \hat{q} = \sum_{y=1998}^{2013} (\ln CPUE_y^{ST} - \ln \sum_{a=4}^5 B_{2a-1,y}) / 16 \quad (8)$$

ここで $q$ は比例係数を表す。

資源重量は以下のように求めた。1989~1999年の期間は、1999~2011年の調査船によるえびかご調査結果からその期間の年齢別平均甲長を求め<sup>4)</sup>、甲長-体重関係式に基づいて平均体重を計算した。2000~2013年は、成長の年変動を考慮し、調査船によるえびかごおよびソリネットの調査結果から年ごとに年齢別平均甲長を求め<sup>4)</sup>、同じの関係式から年齢別平均体重を求めた。各年の資源重量は、脱皮前の1月1日における体重であることから、 $(y-1)$ 年の $(a-1)$ 歳の平均体重を年齢別資源尾数に乗じて求めた。

### 3. 資源評価

#### (1) 漁獲量および努力量の推移

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3)。1999年以降は徐々に回復し2001年には2,915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、2013年には1,995トンになった。地域別に見ると、漁獲量のほとんどは宗谷・留萌および北後志で水揚げされる(図4)。1990年代は北後志における漁獲量が多かったが、2000年以降には宗谷・留萌における漁獲量が多くなっている。

知事許可えびかご船の隻数は、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、廃業等により隻数は漸減し、2013年度6月には28隻になった(図5)。また、えびこぎ網船の隻数は1989年時点では16隻であったが、1998年に大幅に減船し、現在では10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5)。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り2013年は3,927になった。

## (2) 現在(評価年)までの資源状態

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524になった(図6)。2007年には363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、400~500の間で推移している。2013年は421であった。

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。2012~2013年には一時的に300以下減少したが、2014年は大幅に増加し415になった(図6)。

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。2013年は1.7億尾であった(図1)。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、若齢エビの漁獲割合が高かったが、1990年代後半には60%程度に減少した。その理由として、えびかごの掛目の改善や単価の安い小型エビを狙わなくなったことが挙げられる。漁獲尾数の主体は、近年では7,9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年代前半は11~12億尾前後であったが、その後、増加し2005年には最高の15億尾になった(図7)。その後、資源尾数はやや減少し、12~14億尾で推移した。2013年は13.8億尾であった。

加入尾数(4歳の資源尾数)は、3~6億尾で推移した(図8)。1996~2005年には、ほぼ隔年で5億尾以上の比較的高い加入があり、2000年以降の漁獲量の増加を支えた。しかし、2006年以降は最近年を除くと2009年以外は高い加入が認められず、特に2010,2011年は4億尾以下の低い加入となっている(図8)。

資源重量は、1990年代前半は7000トン前後であったが、1990年代後半から増加し、2000年には12,000トンになった(図9)。2001~2005年までは10,000~12,000トンの間を推移していたが、2006年以降漸減し2013年には8,300トンになった。資源尾数の変動と比較して、資源重量は2000,2001年と比較して大幅に減少している。8歳以上の高齢エビの減少に加えて、年齢別平均体重の減少が影響していると考えられる(図10)。

## (3) 評価年の資源水準：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を判断した。2013 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。2013 年の資源水準指数は 87 であり中水準と判断される (図 11)。

#### (4) 今後の資源動向：横ばい

2014 年の資源動向を判断するため、(1)式により 2014 年の 5～10+歳までの資源尾数を計算し、加入尾数は近年の平均的な加入動向を踏まえ 4 億尾を仮定した。計算される 2014 年の資源重量は 9,000 トンとやや増加するが、その増加率は小さい。また、ふ化直前の抱卵雌を漁獲対象としているえびこぎ網漁業の CPUE は、えびかご漁業による非抱卵雌 (7, 9 歳) の 1 日 1 隻あたりの漁獲量 (非抱卵雌 CPUE) と比較すると増減パターンはよく一致しており、資源動向を予想するための指標になると考えられた (図 12)。2013 年 12 月～2014 年 3 月のえびこぎ CPUE は前年度盛漁期の 293 から 415 と大幅に増加している。2014 年のえびこぎ CPUE が高かったのは豊度が高かった 2005 年級のふ化年に相当したためと考えられるが、その他の年級の加入状況が良くないことから、前進計算の結果の通り、やや増加程度となると判断した。したがって、資源動向は横ばいと判断した。

#### 4. 文献

- 1) 依田孝：留萌沖のエビ漁業とその資源。北水試月報。32(3)，1-15 (1975)
- 2) 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)
- 3) 山口浩志：I-1.1.6 エビ類，平成 15 年度北海道立稚内水産試験場事業報告書, 26-31 (2004)
- 4) 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. Doi: 10.1007/s12562-014-0758-2 (2014)
- 5) Kimura, D.K. and S. Chikuni: Mixtures of empirical distributions: an iterative application of the age-length key. Biometrics 43: 23-35 (1987)
- 6) 中明幸広，三橋正基：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)
- 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)

表1 日本海海域における主なえび漁業の操業期間と隻数(2014年3月現在)

漁業種	船種	支庁	隻数	期間
えびかご	大型	留萌管内	5	3月1日から8月31日および10月1日から翌年1月31日
	小型	留萌管内	13	3月1日から11月30日
		後志管内	10	3月16日から11月30日
えびこぎ網		留萌管内	10	9月16日から翌年5月31日

共同漁業権漁場内で操業するえびかご漁業は除く

表2 知事許可えびかご漁業の漁獲努力量の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)				
				留萌小型	無制限	天塩沖	留萌沖	留萌大型	留萌小型			
S60	1985	2000個	3/1~11/20	留萌小型	無制限	天塩沖 S58~	留萌沖 S58~	1,116				
S61	1986			9月:7回				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							留萌小型		374	695	
H8	1996		9月:10回		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 3/1~11/20 ↓	留萌小型		廃止		417	440			
H12	2000	留萌大型 2,000個→2,200個 (10/1~翌1/31)	3/1~11/30 (宗谷留萌沿岸海域)	留萌小型 9月:12回	留萌大型 5~7月:46回		天売沖	434				
H13	2001			無制限				585	851			
H14	2002							675	841			
H15	2003							610	786			
H16	2004							657	725			
H17	2005							868	1,045			
H18	2006							760	921			
H19	2007							↓	588	731		
H20	2008	留萌大型 2,000個→2,250個 (10/1~翌1/31)						5~7月:48回	廃止		570	886
H21	2009									605	980	
H22	2010	留萌小型 2,000個→2,050個 (通年)								618	1,019	
H23	2011						584	852				
H24	2012						585	800				
H25	2013						513	808				

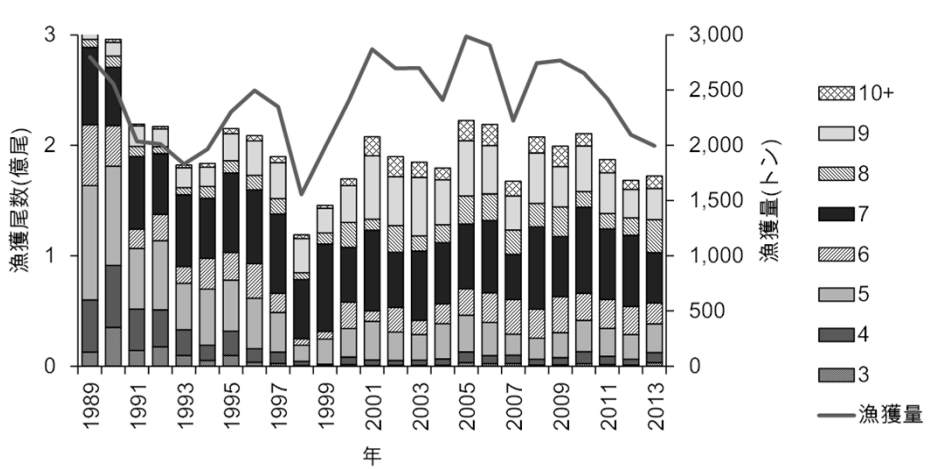


図1 日本海海域におけるホッコクアカエビの年齢別漁獲尾数

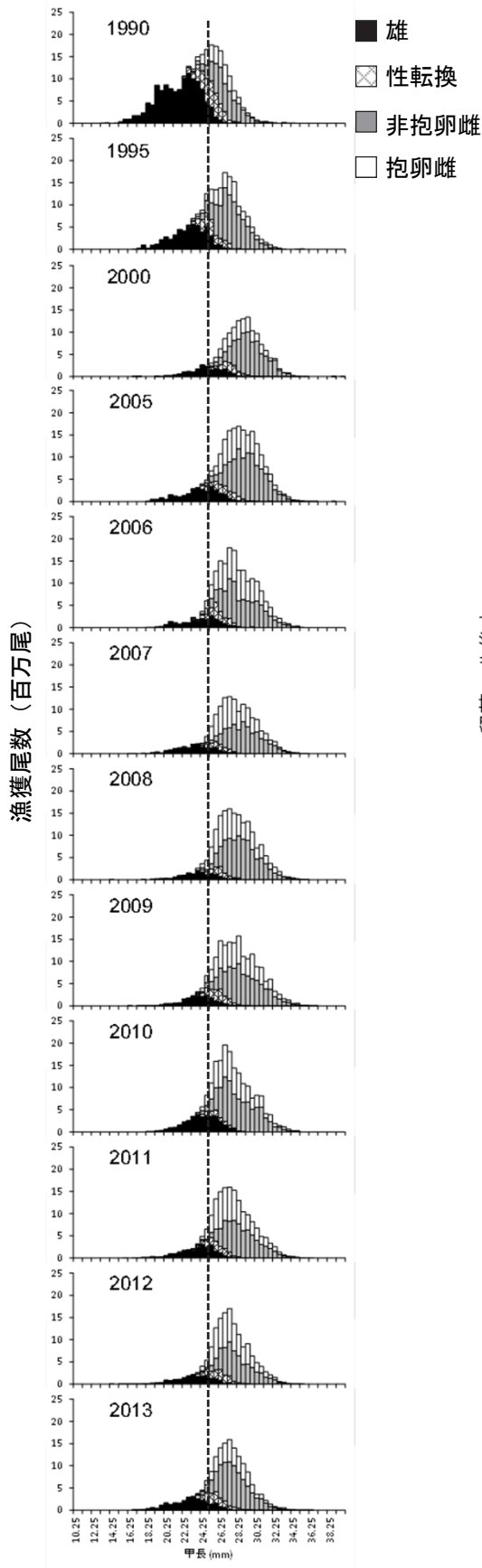


図2 日本海におけるホッコクアカエビの甲長階級別漁獲尾数

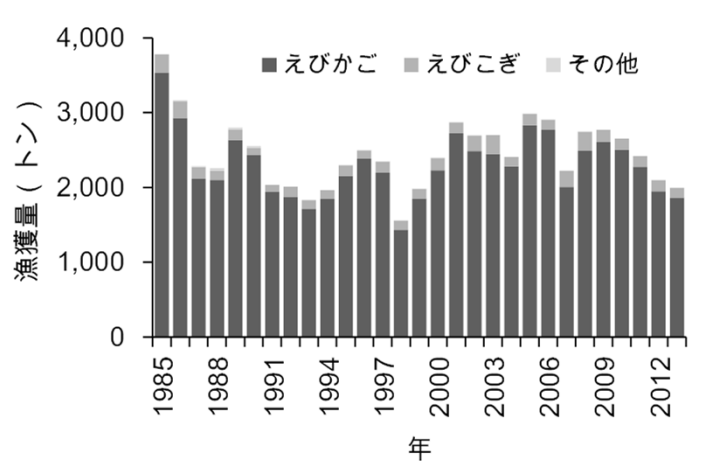


図3 日本海海域における漁法別漁獲量

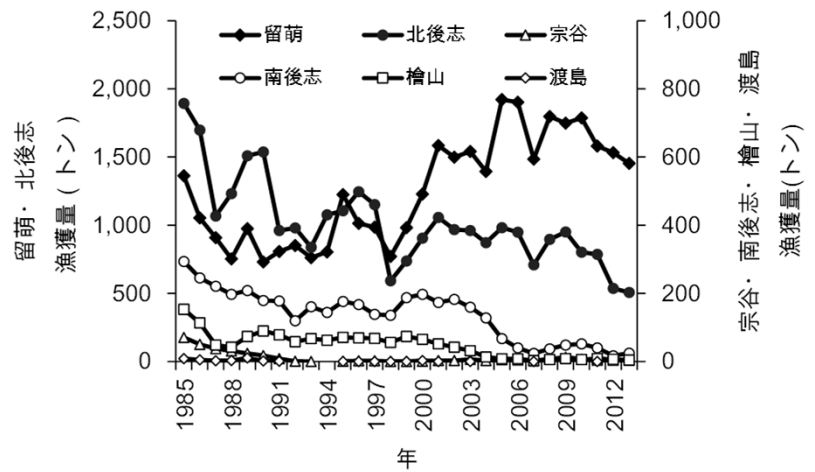


図4 日本海海域における地域別漁獲量



表3 計算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 <sup>6)</sup>
年齢別平均体重	3歳 3.6g, 4歳 5.8g, 5歳 8.1g, 6歳 12.0g, 7歳 12.6g, 8歳 16.6g, 9歳 16.4g, 10+歳 20.3g	Yamaguchi et al. <sup>4)</sup> の結果と 上の甲長-体重関係式から求めた
自然死亡係数	0.23 (寿命は11年)	田内・田中の方法 <sup>7)</sup>
最高齢(10+)のF	9歳のFに等しいと仮定	平松 <sup>8)</sup>
最近年のF	$F_{a,y} = \frac{F_{a,y-1} + F_{a,y-2} + F_{a,y-3} + F_{a,y-4} + F_{a,y-5}}{F_{10,y-1} + F_{10,y-2} + F_{10,y-3} + F_{10,y-4} + F_{10,y-5}} \cdot F_{10,y}$	平松 <sup>8)</sup>

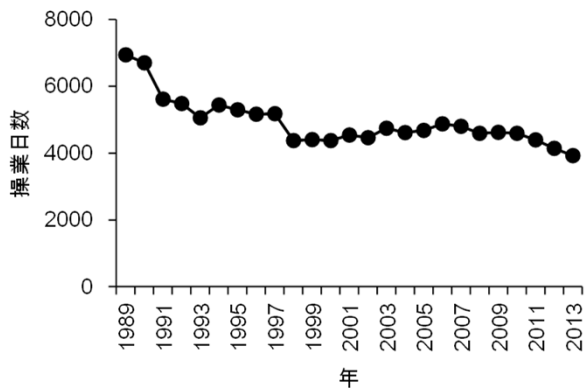
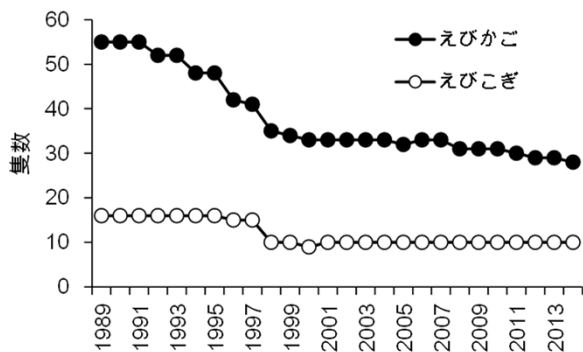


図5 えびかごおよびえびこぎ網漁業の隻数(上), えびかご漁業の操業日数(下)の推移

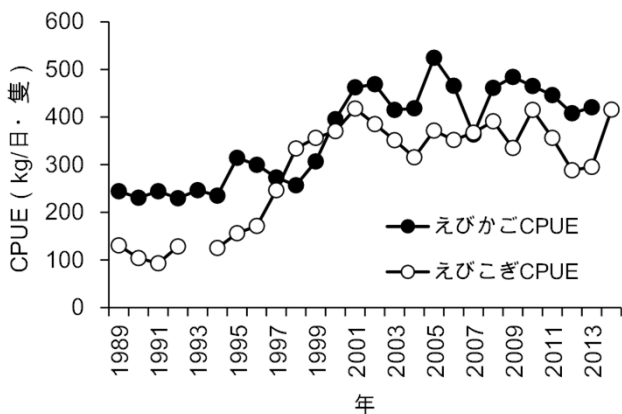


図6 えびかごおよびえびこぎCPUEの経年変化

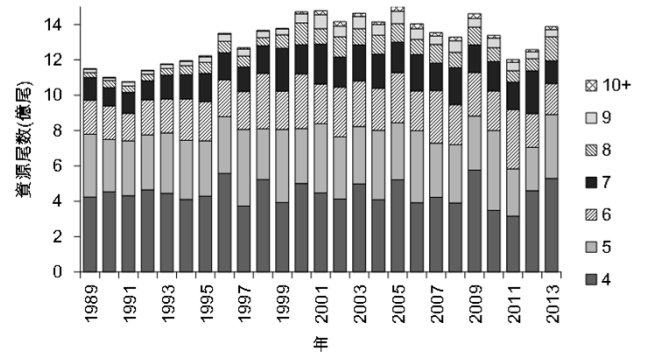


図7 日本海海域におけるホッコクアカエビの資源尾数の推移

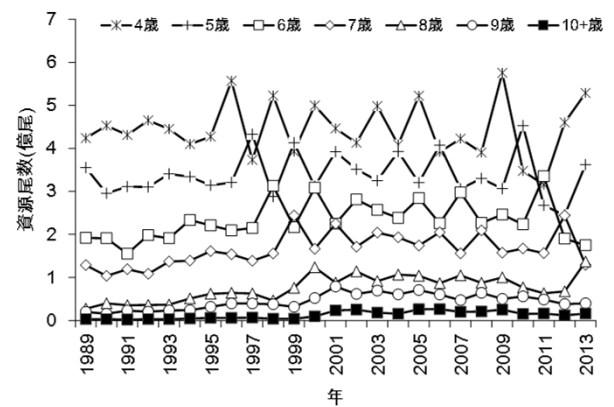


図8 年齢別資源尾数の経年変化

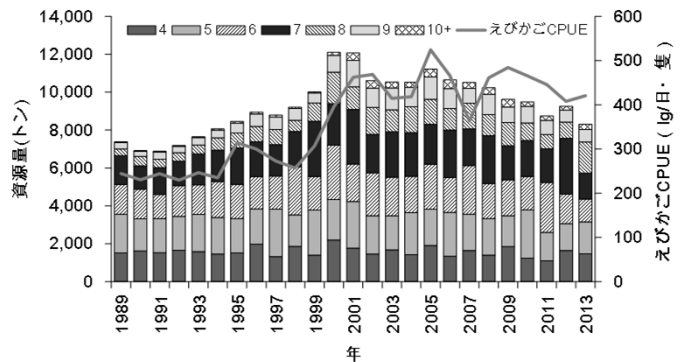


図9 日本海海域におけるホッコクアカエビの資源量の推移

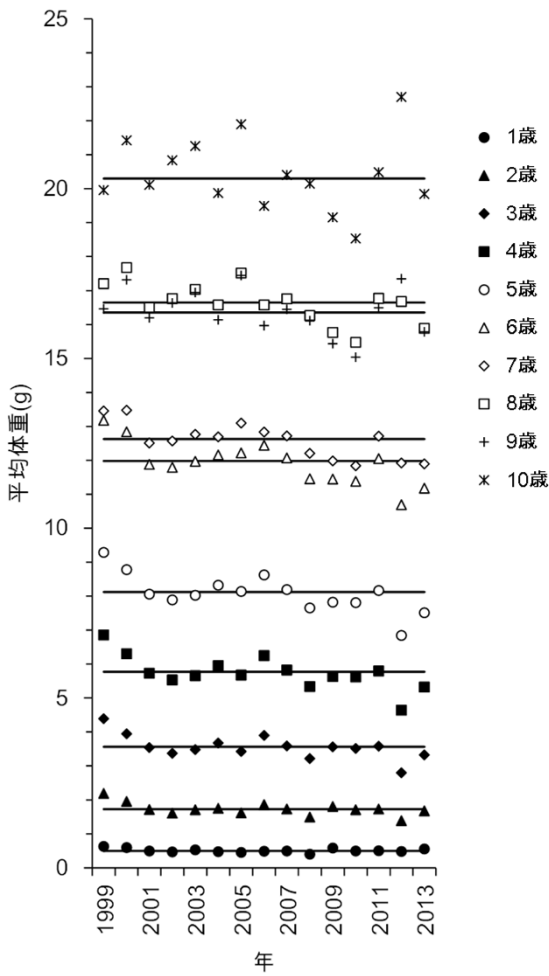


図10 調査船調査によって推定されたホッコクアカエビの年齢別平均体重(横線は1989～1999年の資源重量計算に用いた年齢別平均体重)

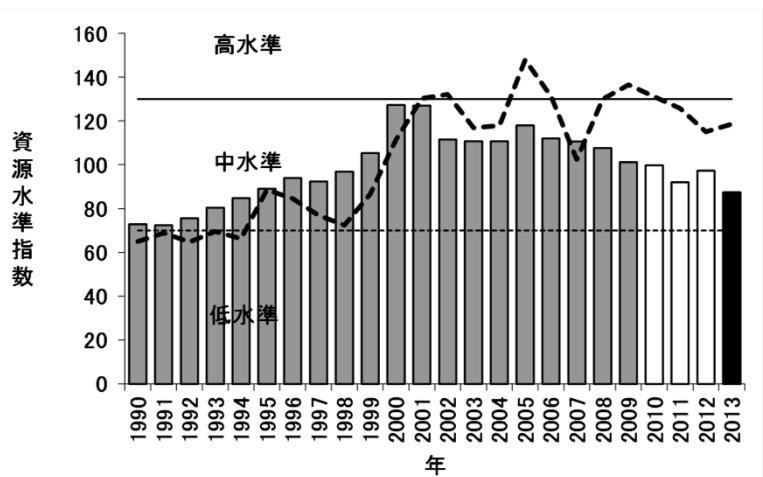


図11 日本海海域におけるホッコクアカエビの資源水準(資料は資源量, 折線は前年度の指標: えびかごCPUE)

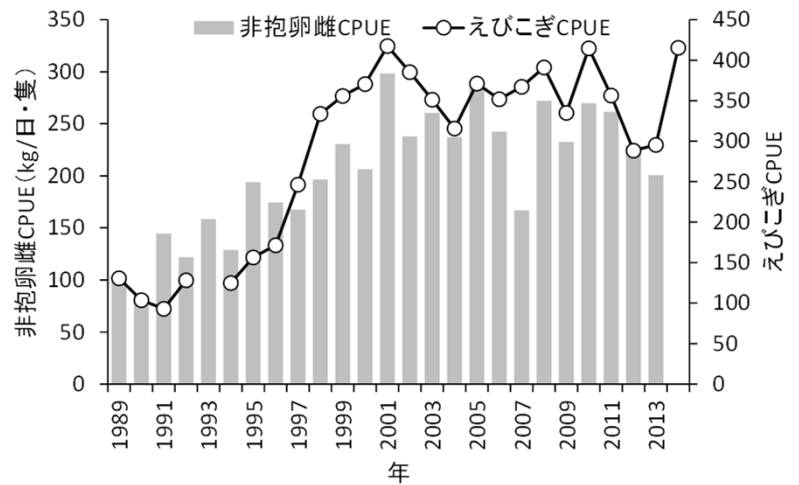


図12 非抱卵雌CPUEとえびかごCPUEの推移

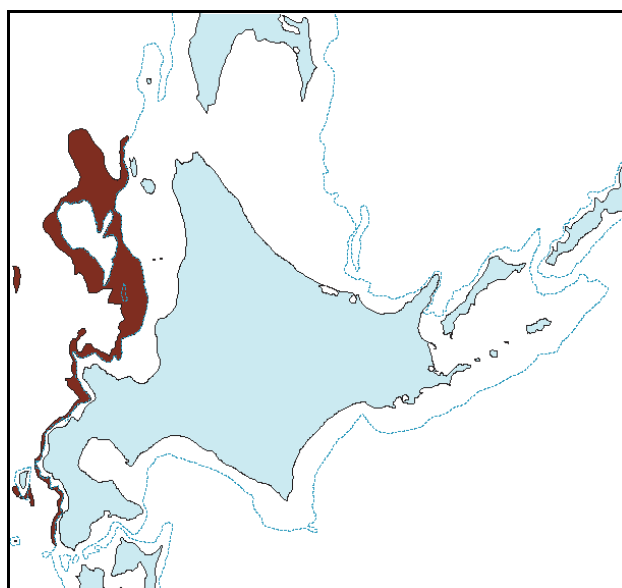
生態表 魚種名：ホッコクアカエビ 海域名：日本海海域

図 ホッコクアカエビ（日本海海域）の漁場図

### 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：1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<sup>1)</sup>より

\* ) 体重：平成4年度稚内水試事業報告書<sup>2)</sup>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<sup>3)</sup>。

### 4. 産卵期・産卵場

- ・産卵期：4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<sup>1)</sup>。
- ・産卵場：不明である。

### 5. その他

### 6. 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. Doi: 10.1007/s12562-014-0758-2 (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,

