

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 (2011年度)	資源評価方法	2011年度の 資源状態	2011～2012年度 の資源動向
2011年1月1日 ～2011年12月31日	CPUE	中水準	減少

*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¹⁾。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²⁾。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3)。

(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、2011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。なお、2011年の後志管内大型船の操業日数が不明のため、留萌管内大型船の操業日数との比率から予想した値を暫定的に用いた。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³⁾、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 1.89，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～2 月のえびこぎ網漁業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。これを，表 3 に従い年齢変換し年齢別漁獲尾数とした。

・年齢別資源尾数および重量

解析に用いたパラメータを表 4 に示す。年齢別資源尾数はチューニング VPA により推定した。当該資源の場合，抱卵個体に対する漁獲係数は非抱卵個体と異なることから（図 1），最高齢である 11 歳（非抱卵雌）の漁獲係数 $F_{11,y}$ と最高齢-2 歳の 9 歳の（非抱卵雌）の漁獲係数 $F_{9,y}$ が同じ値と仮定した。そして， $F_{9,2011}$ および $F_{10,2011}$ に適当な初期値を代入し，各年齢の F および資源尾数を以下の式で計算した。

2011 年の各年齢および各年の 11 歳の資源尾数は (1) 式，その他の資源尾数は (2) 式，2011 年の 8 歳以下の F は (3) 式，各年の 8 歳以下の F は (4) 式で求めた。

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

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

$$F_{a,y} = \frac{F_{a,y-1} + F_{a,y-2} + F_{a,y-3} + F_{a,y-4} + F_{a,y-5}}{F_{11,y-1} + F_{11,y-2} + F_{11,y-3} + F_{11,y-4} + F_{11,y-5}} \cdot F_{11,y} \quad (3)$$

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

ここで， a は年齢， y は年， F は漁獲係数， C は漁獲尾数， N は資源尾数， M は自然死亡係数を表す。計算された各年齢の資源尾数に年齢別平均体重を乗ずることで資源重量を算出した。

また，主漁獲対象となる非抱卵雌（7，9，11 歳）の漁獲尾数の合計値 $\sum_{a=4}^6 C_{2a-1,y}$ を標準化努力量で除した値を VPA のチューニングに用いる資源尾数指数 I_y とし，非抱卵雌資源尾数

$\sum_{a=4}^6 N_{2a-1,y}$ と資源尾数指数 I_y が最もよく合ように，目的関数

$$SSQ = \sum (\ln(I_y) - \ln(q \sum_{a=4}^6 N_{2a-1,y}))^2 \quad (5)$$

が最小になるような $F_{9,2011}$ を Microsoft EXCEL ソルバーを用いて探索した。ここで，比例係数 q

は

$$\hat{q} = \exp \left(\sum_{y=1989}^{2011} \ln \left(\frac{I_y}{\sum_{a=4}^6 N_{2a-1,y}} \right) / 23 \right) \quad (6)$$

とした。これによって $F_{10,2011}$ の値が変化するため、 $F_{10,2011}$ を求める繰り返し計算とソルバーによる $F_{9,2011}$ の探索を両方の値が変化しなくなるまで繰り返し、年齢別資源尾数を推定した。

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 4)。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おり、2011 年は 2,500 トンをやや下回り、2,420 トンであった。

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やや減少し、2012 年 3 月には 29 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)。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、2008 年以降には廃業および休業により再び 4,500 前後に減少した。

(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 526 になった (図 6)。2007 年には 365 になり、2000 年以降初めて 400 以下に落ち込んだが、2008 年以降は再び 400 以上に回復した。2011 年は前年よりやや減少し、445 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 年は前年より大幅に減少し、300 になった (図 7)。

チューニング VPA によって推定された 4 歳以上の資源尾数は、1989~1991 年には 10 億尾程度であったが、1992 年以降増加し、2000 年には約 17 億尾になった (図 8)。資源尾数

が大幅に増加した要因として、減船による漁獲努力量の減少やかご目合の適正化による小型エビへの漁獲圧の減少が考えられる。その後、2008年まではおおむね17億尾前後で推移した。2009～2011年には、17～19億尾とさらに増加傾向を示した。

資源重量(4歳以上)も、資源尾数とおおむね同様の変動パターンを示している(図8)。1989～1992年までは5～6千トンであったが、1993年以降増加し、2001年には約1万2千トンになった。その後、資源量は11,000～12,000トンと横ばいで推移していたが、2007年以降は増加傾向を示し、2010～2011年の資源量は12,000トンを超え、2001年の過去最高の水準にせまった(図8)。

しかし、このVPAの結果に反して、漁獲物の甲長組成は小型化するとともに、えびかごCPUEは減少傾向にあり、典型的な資源が悪化する兆候を示している(図3, 6)。そこでチューニングVPAの推定結果について検証した。チューニングVPAで推定された高齢エビ(8～11歳)の資源尾数は、2001年以降減少傾向が続き、高齢エビの年齢別漁獲尾数の動向とよく一致していた(図8)。一方で、若齢エビ(4～7歳)の資源尾数は、2000～2007年までは横ばいで推移し、2008年以降増加していたのに対して、漁獲尾数は2003年以降から大幅な増加傾向を示した。このことは、えびかごCPUEと高齢エビ(8～11歳)の漁獲尾数は減少傾向を示していることと合わせて考えると、漁獲のターゲットが大型エビから小型のエビにシフトしている可能性を示している。その結果、近年の4～7歳の若齢エビの漁獲率は増加傾向を示した(図9)。このことにより、最近年の漁獲係数はVPAの(3)式の仮定が当てはまらず、近年の若齢エビの資源尾数を過大推定している可能性がある。

資源水準を示す指標としてチューニングVPAによって推定された資源量を用いた場合、資源量に占める割合の高い4～5歳の推定値の誤差の影響を強く受けた結果を用いることになる。一方、えびかごCPUEの場合、若齢エビの漁獲量に占める割合は資源量に比べて低く、若齢エビの漁獲の多寡による水準への影響は相対的に小さくなると考えられる。したがって、現時点では若齢エビの資源量を補正する客観的なデータが存在しないことから、チューニングVPAの結果よりもえびかごCPUEのほうが、近年の資源状態を表していると考えられる。

(3) 評価年の資源水準：中水準

上述した理由から、資源水準はえびかごCPUEにより判断することとした。

2011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。デフォルトである 100 ± 40 の範囲を中水準とすると、ほとんどの年が中水準と評価される。しかし、漁業者および現場の担当者の実感としてCPUEおよび漁獲量の多かった2001年は高水準であると判断されるため、 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。2011年の資源水準指数は125であり中水準と判断される(図10)。

(4) 今後の資源動向：減少

2011年の資源動向を判断するため、12月～2月が盛漁期であるえびこぎ網漁業のCPUEを参考にした。えびこぎ網漁業では大陸棚縁辺部に集群したふ化群（7, 9, 11歳）を対象としている。これらふ化群は非抱卵雌となり2012年漁期にえびかご漁業の主漁獲対象となる。えびかご漁業による非抱卵雌の1日1隻あたりの漁獲量とえびこぎCPUEの変動パターンはよく一致している（図7）。2011年12月～2012年2月のえびこぎCPUEは前年度盛漁期の416から300に大幅に減少している。したがって、えびかご漁業の主漁獲対象となる非抱卵雌の資源動向は減少すると考えられ、全体の資源動向も、その影響を受けて減少すると考えられる。

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) 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）
- 5) 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(2012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
		後志管内	1	3月1日から12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 S58~	留萌沖 S58~	留萌大型	留萌小型
S60	1985	2000個	3/1~11/20	留萌小型 9月:7回	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 3/1~11/20 ↓ 3/1~11/30 (宗谷留萌沿岸海域)	留萌小型 9月:12回 無制限		廃止		417	440
H12	2000	留萌大型						434	725
H13	2001	2,000個→2,200個 (10/1~翌1/31)			留萌大型 5~7月:46回		天売沖	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			5~7月:48回		廃止	570	886
H21	2009	2,000個→2,250個 (10/1~翌1/31)	留萌小型					605	980
H22	2010		2,000個→2,050個 (通年)					618	1,019
H23	2011							584	852

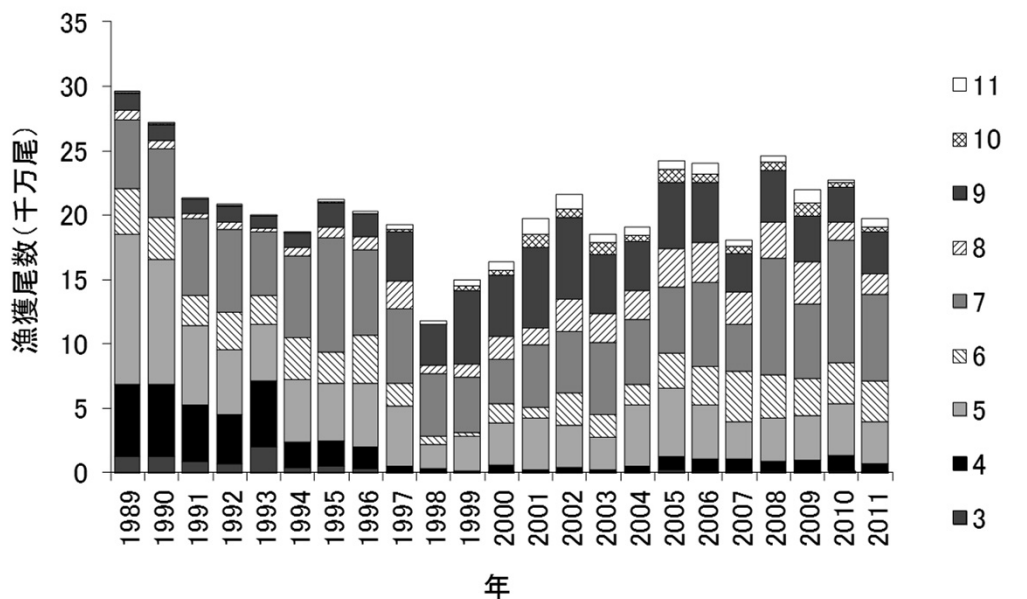


図1 日本海海域におけるホッコクアカエビの年齢別漁獲尾数

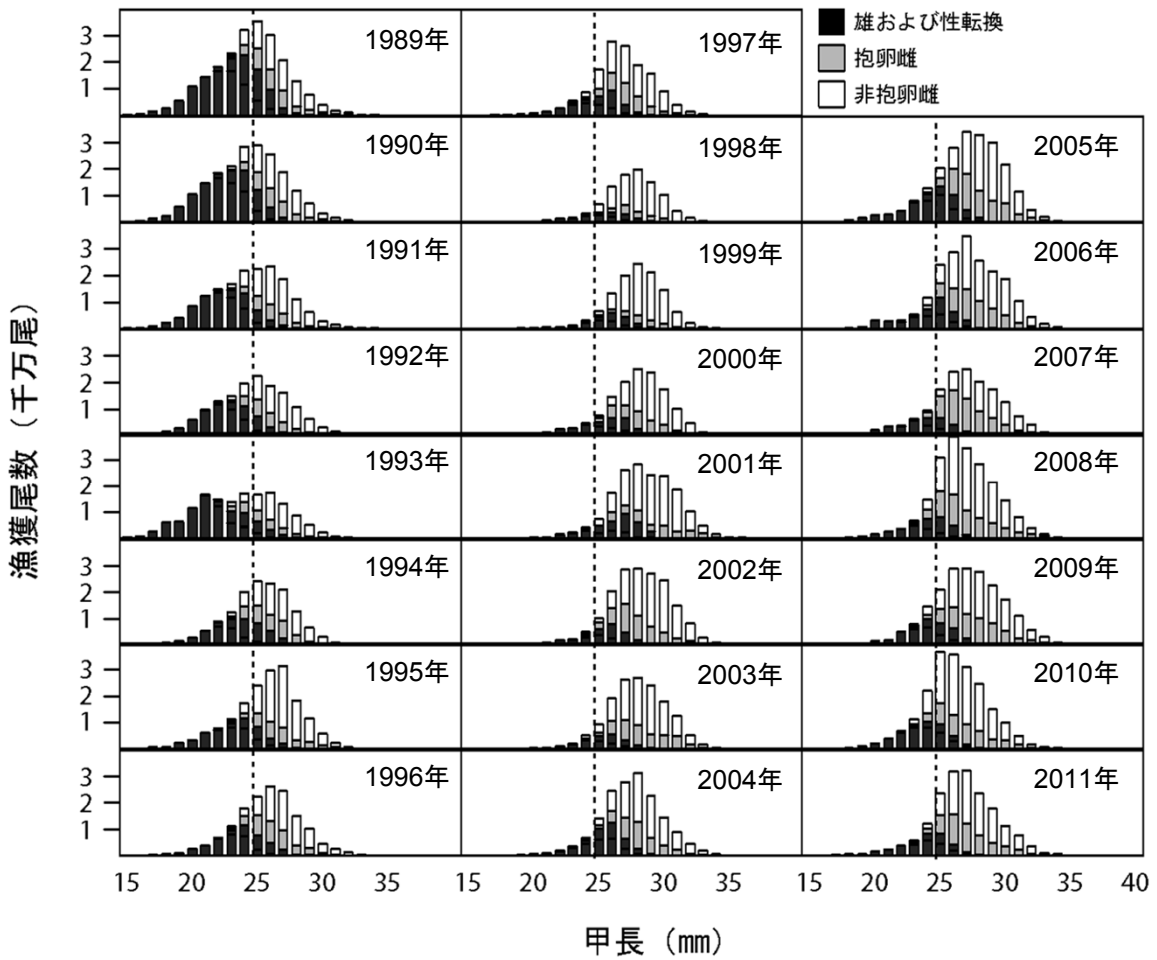


図2 知事許可えびかご漁業によるホッコクアカエビの甲長階級別漁獲尾数

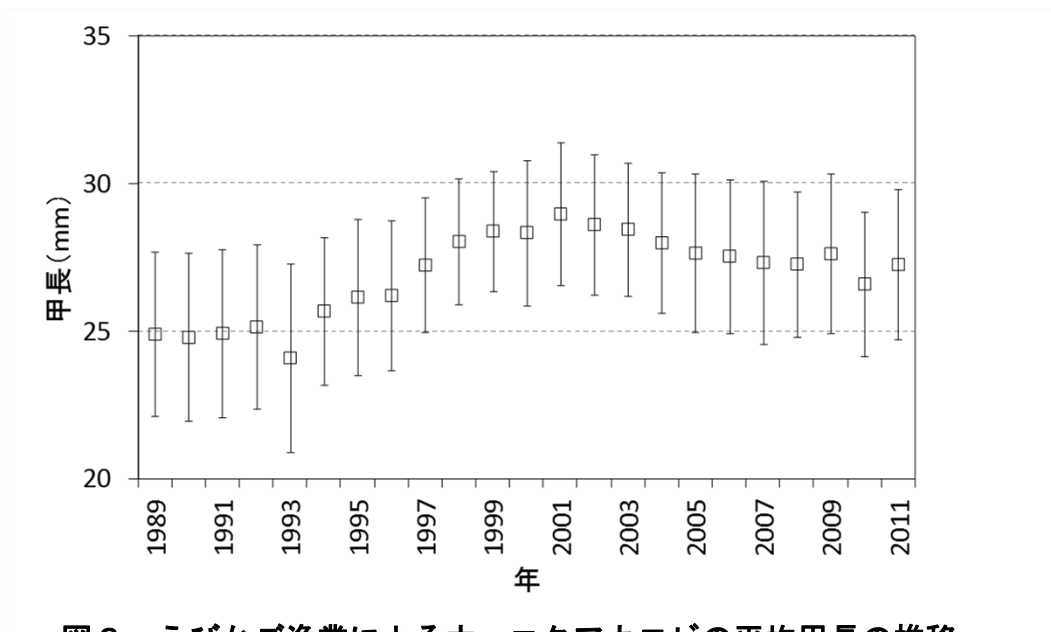


図3 えびかご漁業によるホッコクアカエビの平均甲長の推移 (エラーバーは標準偏差)

表3 ホッコクアカエビの年齢, 甲長, 発育段階, 体重および抱卵数

年齢	甲長と発育段階	体重(g)	抱卵数
1	14mm未満の雄	0.6	
2	14mm以上 17mm未満の雄	1.9	
3	17mm以上 20mm未満の雄	3.3	
4	20mm以上 23mm未満の雄	5.2	
5	23mm以上の雄, 性転換	7.8	
6	28mm未満の抱卵雌	11.2	2,031
7	29mm未満の非抱卵雌	10.9	
8	28mm以上 31mm未満の抱卵雌	15.5	2,912
9	29mm以上 32mm未満の非抱卵雌	15.0	
10	31mm以上の抱卵雌	18.8	3,498
11	32mm以上の非抱卵雌	18.1	

平成4年度稚内水産試験場事業報告書⁶⁾を一部改変

表4 解析に用いたパラメータ

項目	値または式	方法
自然死亡係数	0.23(寿命11歳)	田内・田中の方法 ⁴⁾
最高齢(11歳)の F	9歳の F に等しいと仮定	平松 ⁵⁾
最近年の F (4~10歳)	$F_{a,y} = \frac{F_{a,y-1} + F_{a,y-2} + F_{a,y-3} + F_{a,y-4} + F_{a,y-5}}{F_{11,y-1} + F_{11,y-2} + F_{11,y-3} + F_{11,y-4} + F_{11,y-5}} \cdot F_{11,y}$	

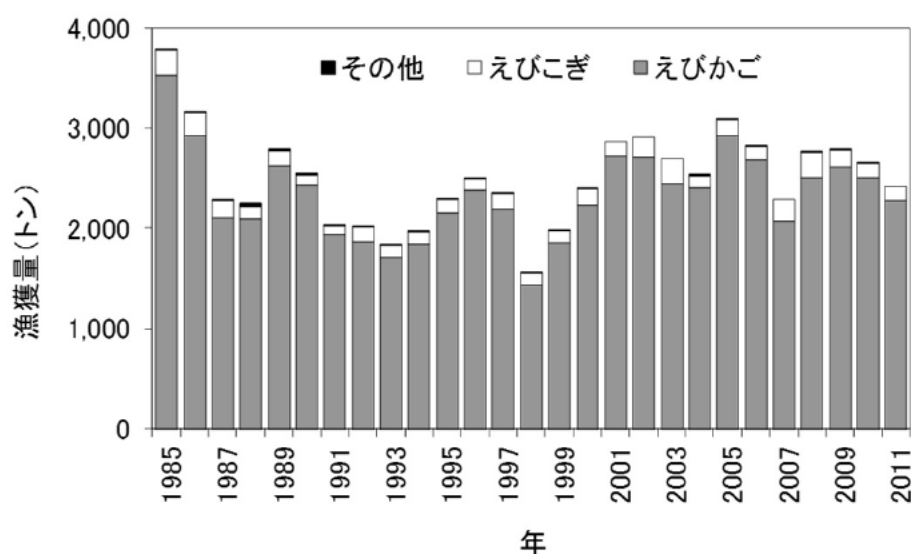


図4 日本海海域におけるホッコクアカエビの漁獲量の経年変化

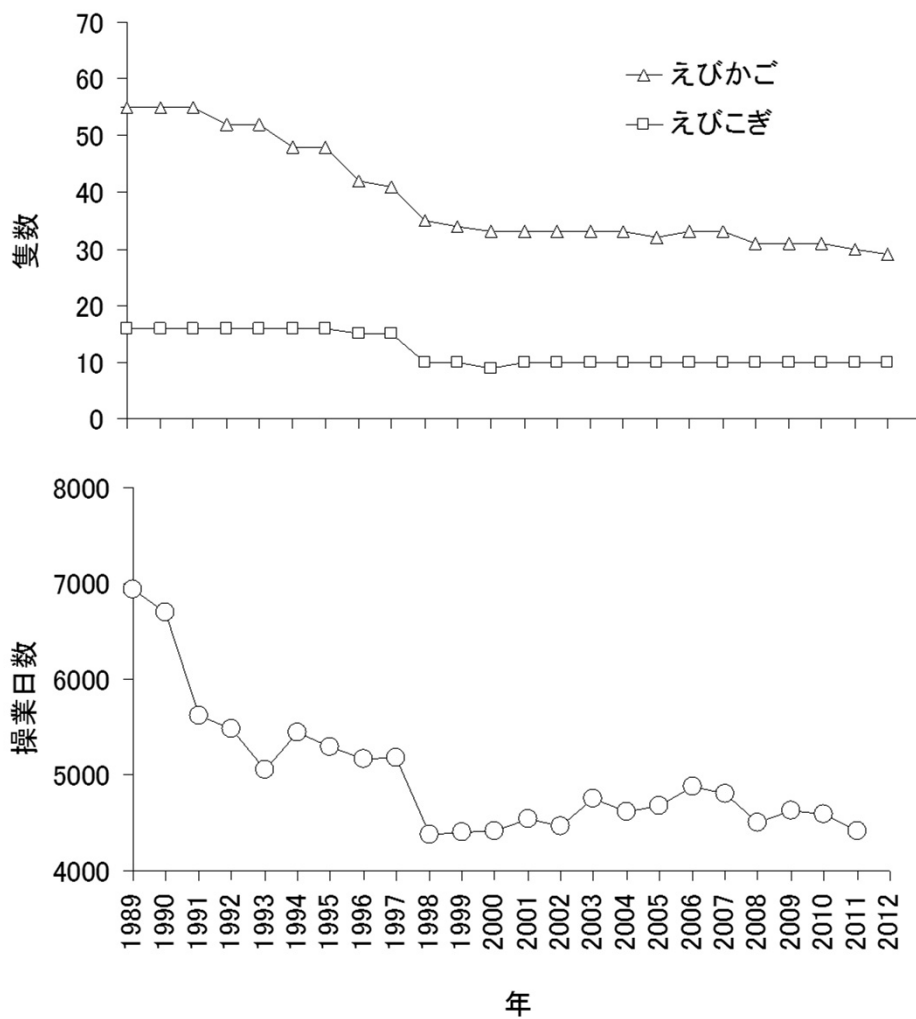


図5 えびかごおよびえびこぎ網漁業の隻数(上), えびかご漁業の操業日数(下)の推移

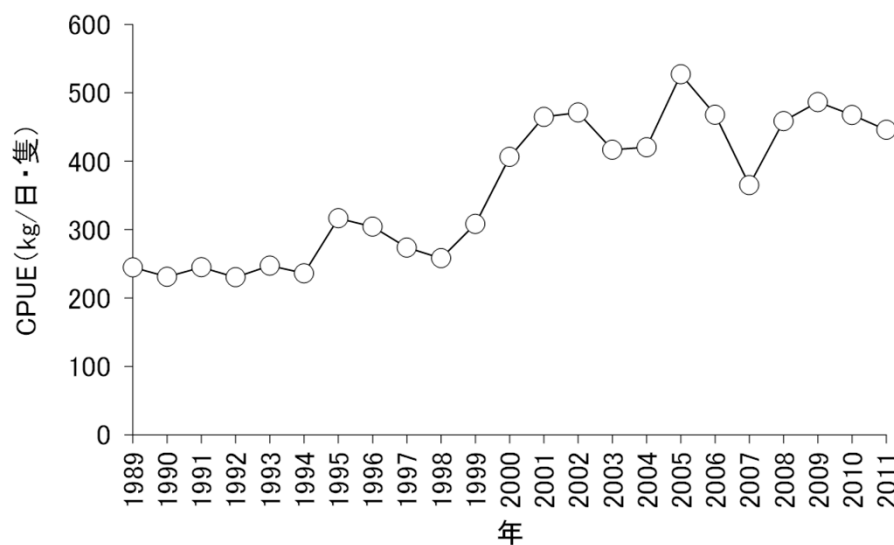


図6 えびかごCPUEの経年変化

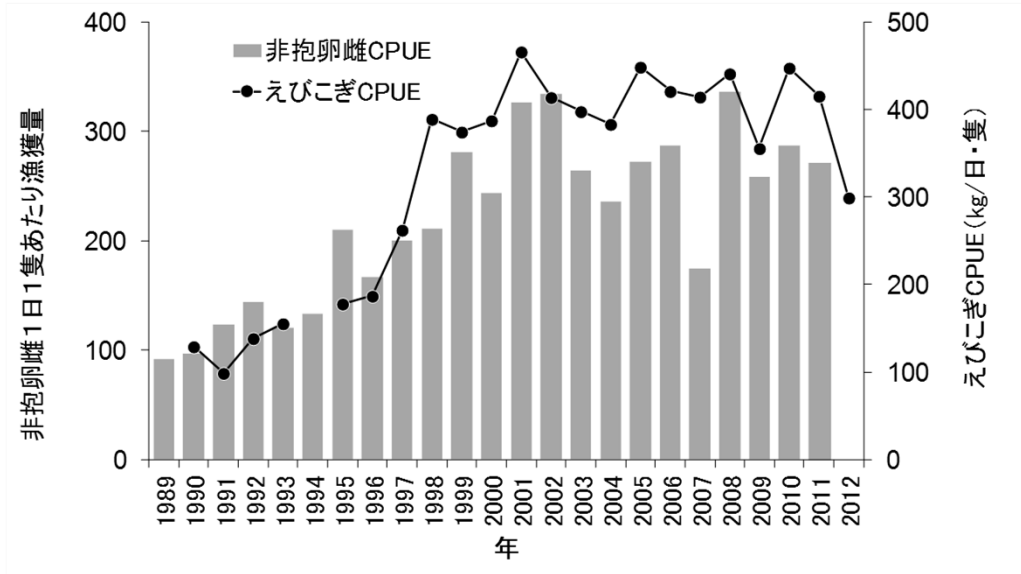


図7 えびこぎCPUEとえびかご漁業による非抱卵雌の1日1隻あたりの漁獲量の経年変化

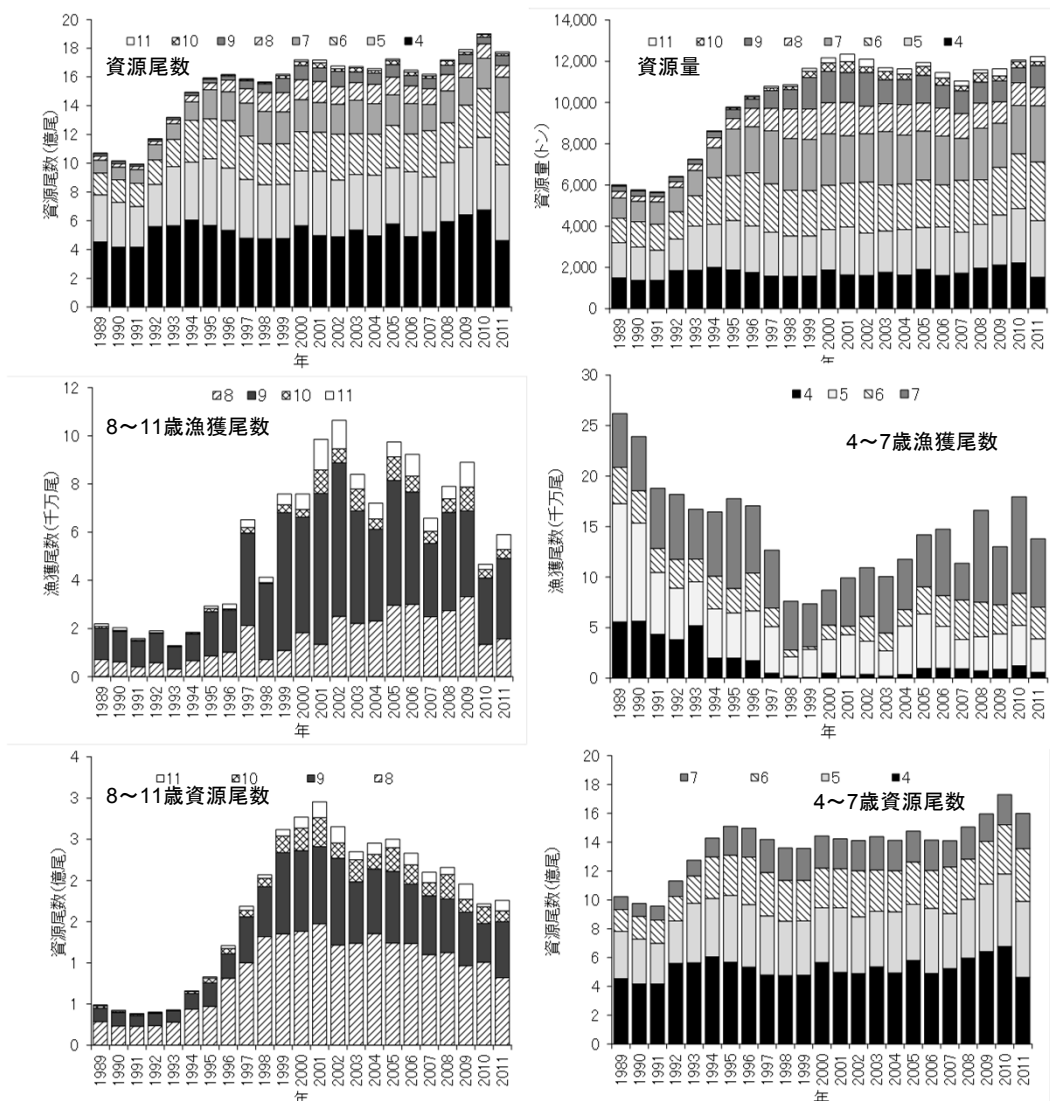


図8 年齢別漁獲尾数およびVPAによって推定された資源量および資源尾数

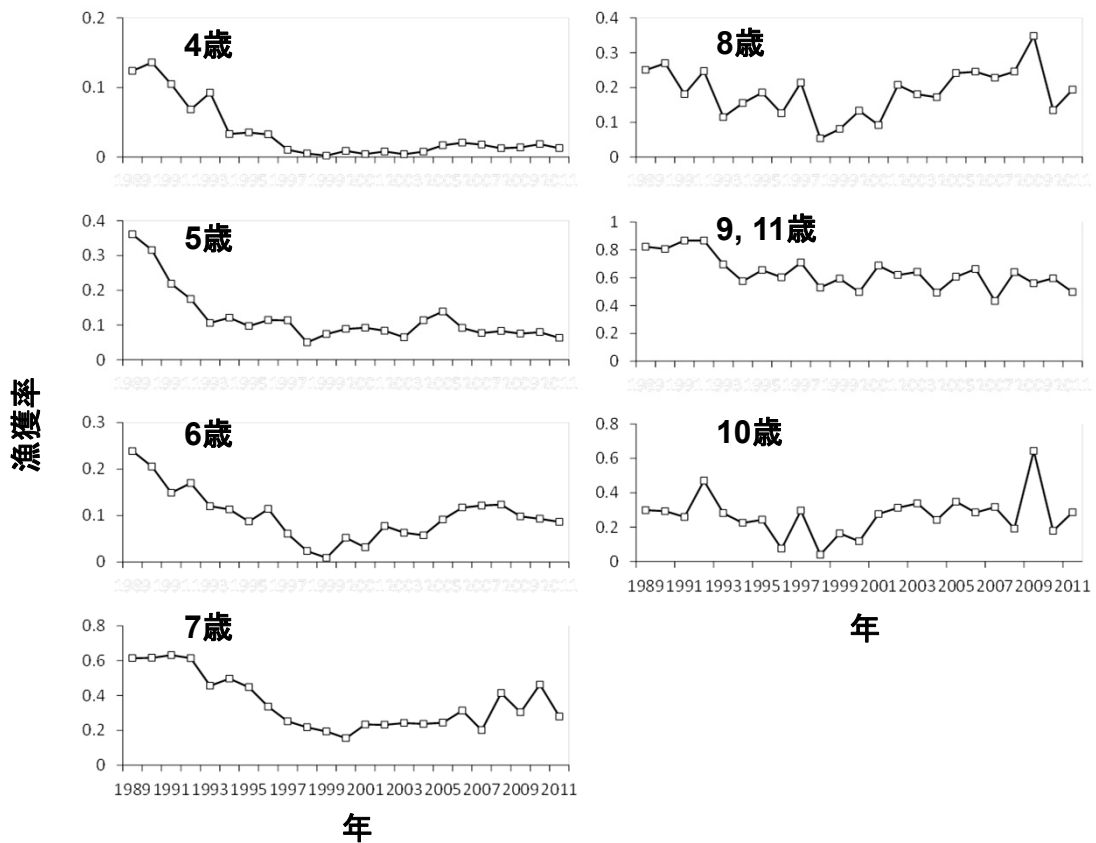


図9 各年齢の漁獲率の経年変化

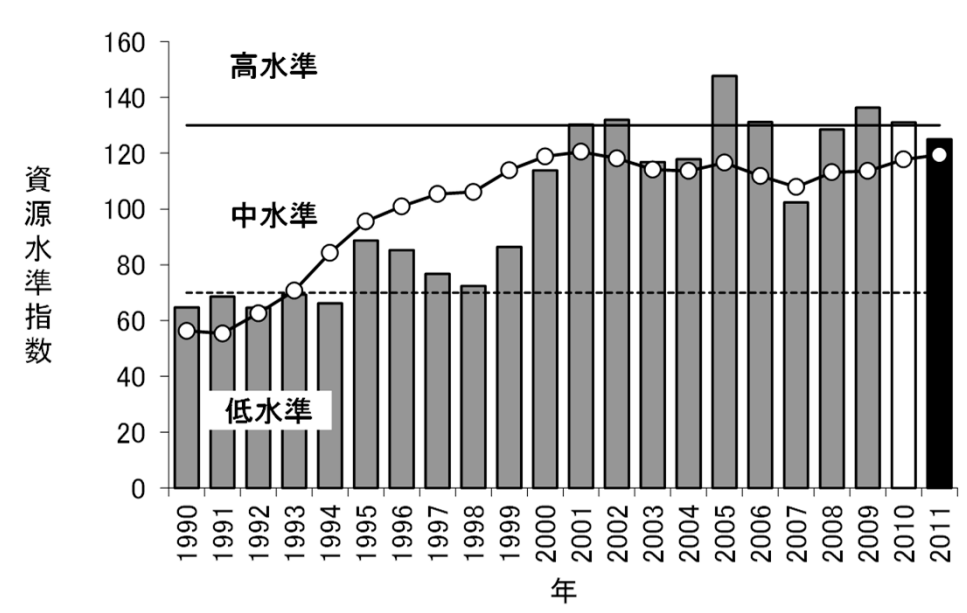


図10 日本海海域におけるホッコクアカエビの資源水準
(資料はえびかごCPUE, 折れ線は去年までの指数)

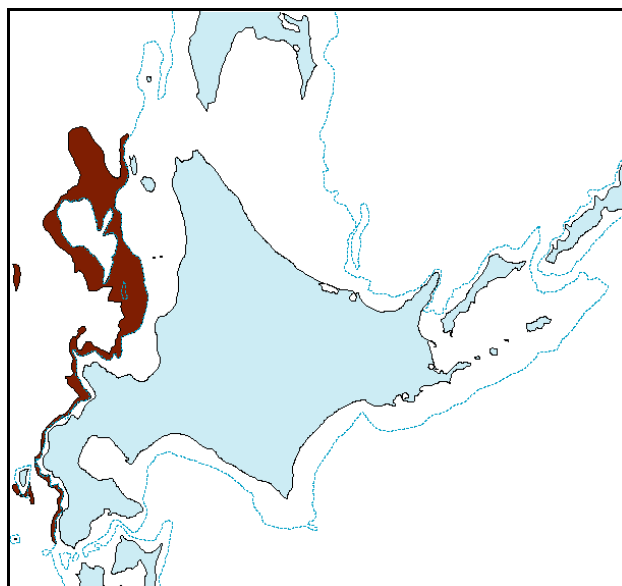
生態表 魚種名：ホッコクアカエビ 海域名：日本海海域

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：3月1日）

(5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	11歳
甲長(mm)	10	15	18	21	24	25	26	28	29	31	32
体重(g)	0.6	1.9	3.3	5.2	7.7	10.0	9.8	13.9	13.5	18.8	18.1

) 甲長：中明¹⁾より) 体重：平成4年度稚内水試事業報告書²⁾より

*) 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¹⁾。

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¹⁾。
- ・産卵場：不明である。

5. その他

6. 文献

- 1) 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）
- 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）