

# 日本海中部海域におけるホッコクアカエビの 生態と資源について

貞 方 勉

(石川県水産試験場)

## 1 はじめに

ホッコクアカエビ (*Pandalus borealis*) が日本海で本格的に漁獲されるようになったのは、機船底びき網漁業が導入された1920年代になってからである。さらに1960年代には新潟県と石川県で籠漁業も導入されて、今日、ホッコクアカエビは日本海で最大のエビ資源である。一方、本種は北半球に広く分布する環北極種であり、高緯度ほど生息水深の浅い傾向がある(伊東, 1976)。このため、北欧や北アメリカでは研究対象の容易性から調査・研究の歴史があるが(Frechette and Parsons, 1983等)、日本海では最も深海性であることが影響して、生息と資源については未知の点が多く残されていた。しかし、1986年に農林水産省の特定研究課題の指定を受け、深海性エビ類の組織的研究としては国内で初めてともいえる調査・研究を、福井・石川・新潟・山形の4県水産試験場が5年計画で共同して実施する機会を与えられ、多くの知見を得ることができた。本報告では、これまで得られた成果について、石川県加賀海域の事例を中心に述べる。なお、内容に関しては、共同研究県の協力に基づいた成果が多いことを申し添える。

報告では、漁獲実態、分布、移動・産卵生態、成長、資源評価、そして資源管理の問題に触れる。なかでも成長に関しては、甲殻類の場合、その解明が難しい課題とされている。本調査では、資源水準が低いなかで現われた1984年生まれ of 卓越年級群の存在が明らかとなり、これを追跡することで成長を実証的に解明することができた。また、その他の様々な問題を解く端緒ともなった。そして、1984年は異常低水温として注目された年でもある。これらのことから、本報告では、1984年生まれ of 卓越年級群に

表 1 試験船と標本漁船で採集した試料の内訳

西暦年	試験船		標本漁船 底びき網	合計
	白山丸	緑剛丸		
1986	168	962	2,813	3,943
1987	797	1,135	2,774	4,706
1988	2,262	929	3,317	6,508
1989	2,655	1,008	3,602	7,265
1990	3,995	1,257	2,617	7,869

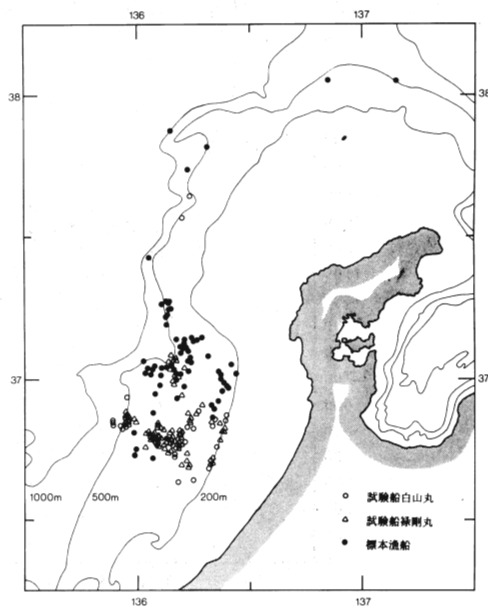


図 1 試料の採集位置

スポットを当てて話を進める。

なお、解析では、試験船と標本漁船で1986～1990年に石川県加賀海域において採集した試料を用いた(表1, 図1)。

## 2 水揚量の動向

ホッコクアカエビの水揚量統計の歴史は浅く、本州日本海側で整備のできた1975年以降の水揚量からは、鳥取・兵庫県、福井・石川県、新潟県をそれぞれ中心とする漁場の存在と、押し並べて近年の水揚量の減少傾向が明らかである

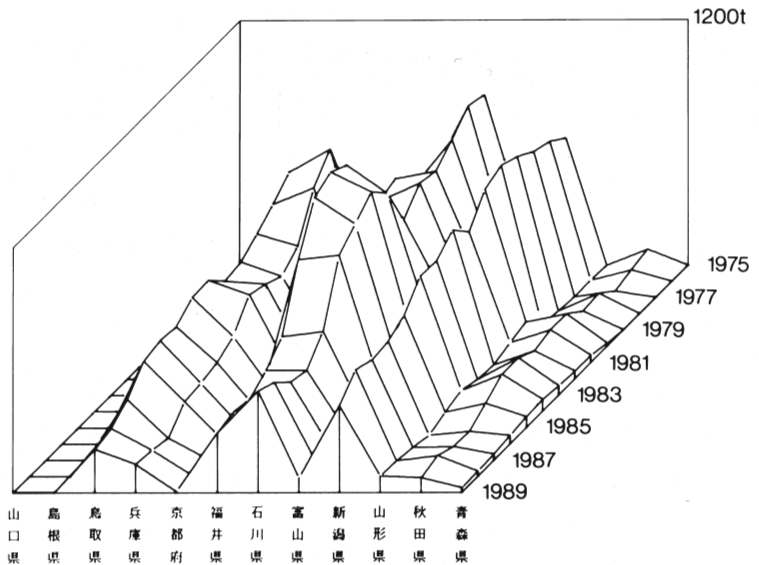


図2 本州日本海側における水揚量

(図2). ちなみに本州日本海側の水揚量は、1982年に約4,000tであったのが1989年には約2,000tに半減しており、特に1985年の急減少が大きな特徴となっている。また、日本海では、北海道で本州日本海側に匹敵する水揚量を示しているが、ここでも近年の減少が顕著となっている。

石川県の水揚量は、農林水産統計で1969年以降について整備されており、それ以前については不明である(図3)。しかし、底びき網漁業によるエビ類の水揚量が1953年から整備されており、トゲザコエビやエビジャコ類の水揚量が増加し出す1975年頃までホッコクアカエビ水揚量の経年変化とほぼ一致することから、1950年代で200～300tの水揚量があったと推定される。その後の水揚量は、底び

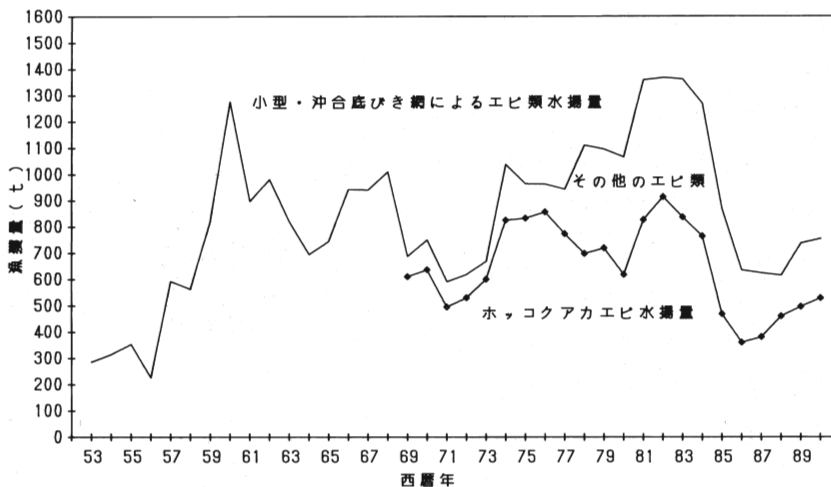


図3 石川県における水揚量の経年変化

き網漁船の大型化に呼応した増加の歴史をたどって来た。そして近年の水揚量は、本州日本海側の経年変化と同様、1982年に統計史上最高の914tを記録したが、1985年の急減少を契機として短期間で半減した。しかし、詳しくは、1986・1987年を最低として1988年以降は若干増加しており、後述する1984年生まれの高年級群が漁獲対象の主群を占めるようになったためである。以上のように本種の資源は、近年の水揚量の急激な減少に示されるように不安定となっており、原因の究明と資源管理の確立が急務の課題である。

なお、石川県を対象漁業は、底びき網と籠漁業で、いずれも加賀海域を主漁場としており、近年では水揚量の約1割を籠漁業が占める。

### 3 生態的特性

#### 3.1 底びき網漁業にみられる生態的特性

県内水揚量の約3分の1を占める金沢市漁協所属の底びき網漁船による水揚量動向は、これまで記した傾向と同様、1982年を最高として近年の水揚量の減少が著しい。そして、水揚量の減少と前後して沖合底びき網漁船の大和堆出漁が特徴となっている(図4)。そのあらまは、1982年当時では沿岸休漁期の7月に出漁する程度であったが、1987年では5月から10月まで出漁して同地区水揚量の約3分の1を占めるまでになった。その後、大和堆資源の保護や沿岸水揚量の回復によって出漁は横這いであるが、今や日本海の重要な漁場として位置づけられる。

大和堆産を除いた水揚量の周年変化は、沿岸休漁期の7・8月を挟んだ前後に最も多く、11月から3月はズワイガニ漁期であることと時化が影響して少ない。

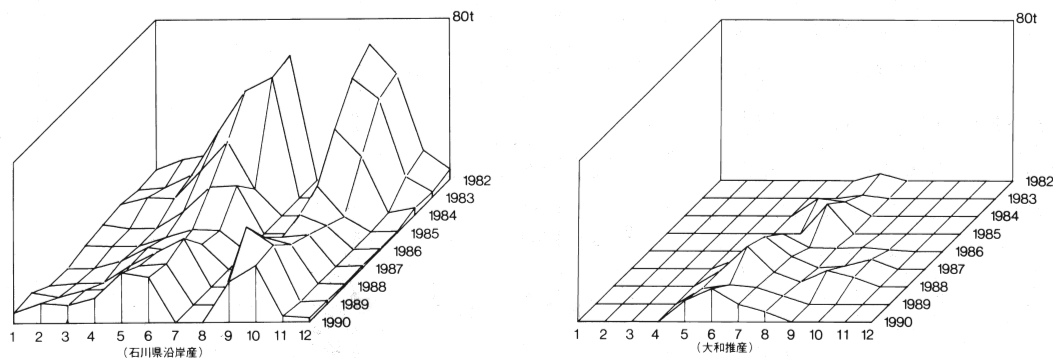


図4 金沢市漁協所属底びき網漁船による水揚量

底びき網標本漁船の4-10月の5分柁目における1網平均漁獲量は、水深500mに沿った海域に最も多く、経年変化も小さい(図5)。ここは、底層水温が0.5°C前後、底層塩分が34.00前後で周年変化の少ない安定した環境である。しかも、ホッコクアカエビが分布する水温環境としては、世界的にみて最も低い方に属する(伊東, 1976)。

14.9トン型標本漁船の年間の水深別操業回数と1網平均漁獲量の関係は、操業が各水深帯にわたっているのに対して、ホッコクアカエビの漁獲量は水深500m前後に最も多い。このうち抱卵個体は、もう少し深い水深600m前後に多い(図6)。さらに月別に分けた周年変化からは、4-10月にホッコクアカエビ漁場、11-3月に水深400m以浅のズワイガニ漁場で主に操業していることがわかる。また、水深600m前後に分布する抱卵個体は、9月頃から徐々に浅海へ移動し、2月には水深200-300mに達する移動生態がわかる(図7)。

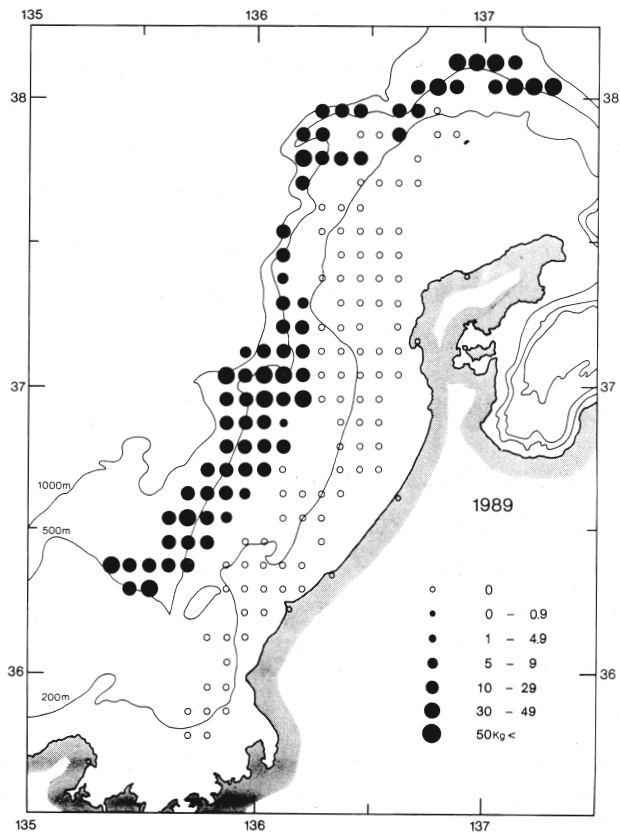


図5 底びき網標本漁船の緯経度5分柁目における1網平均漁獲量(4-10月)

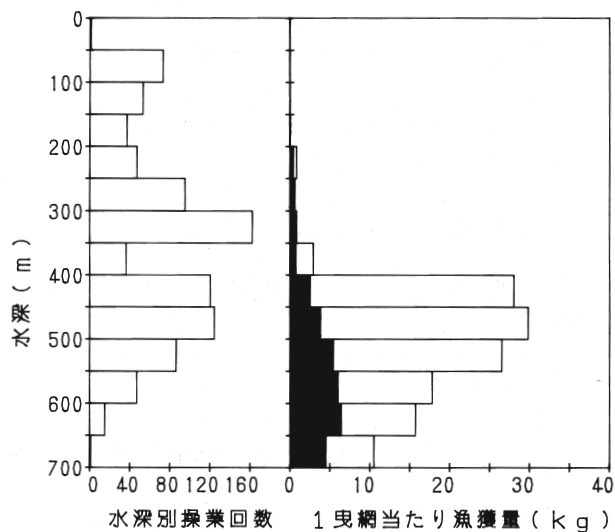


図6 14.9トン型底びき網標本漁船の年間の水深別操業回数と1網平均漁獲量(黒塗り:抱卵個体)

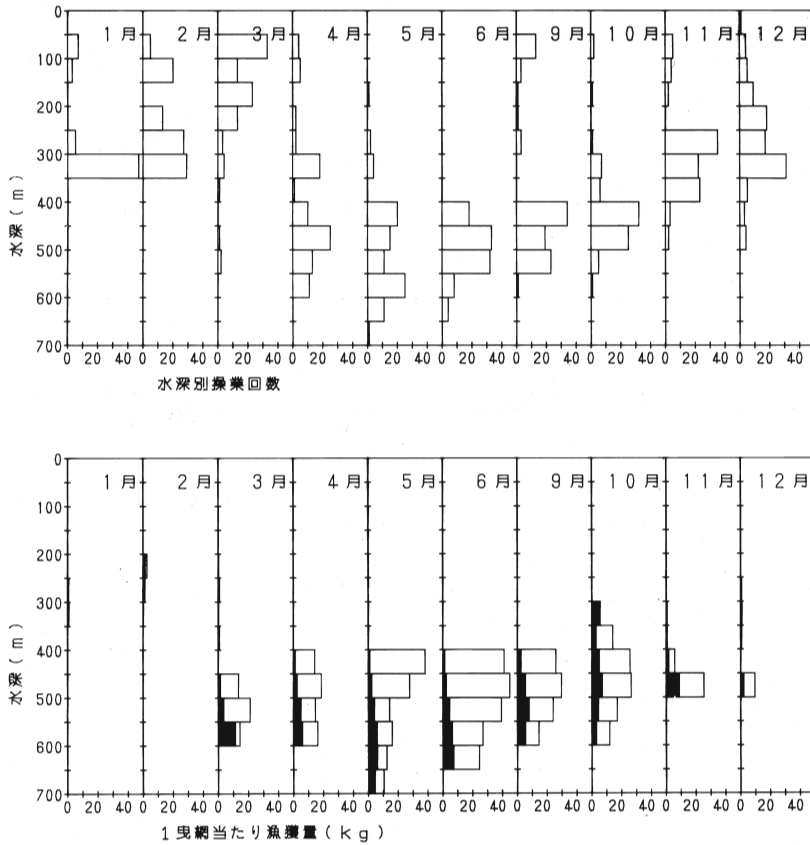


図7 14.9トン型底びき網標本漁船の月別の水深別操業回数と1 網平均漁獲量 (黒塗り：抱卵個体)

### 3. 2 籠漁業にみられる生態的特性

県内で唯一の籠漁業基地である西海漁協所属の籠漁船による水揚量動向は、底びき網漁業と同様、近年の水揚量の減少が著しい(図8)。しかし、籠漁業は操業区域を概ね水深350m以浅に制限されている関係で底びき網漁業とは異なる水揚量変化を示し、1984年生まれの卓越年級群の影響も明確でない。また、漁期は1月6日から8月25日までである。したがって、籠漁業は、底びき網漁業にみられる生態的特性でも示された浅海へ移動して来る抱卵個体を主な漁獲対象としており、漁獲銘柄も1-2月は抱卵個体、2-3月は大銘柄、3月以降は中銘柄が多い。大銘柄は幼生ふ出後の個体である。これらのことから、幼生ふ出期は1-2月で、幼生ふ出後の個体はすみやかに深海へ移動することがわかる。そして籠漁業は、漁場の制限と近年の資源悪化によって、漁期末まで操業を続ける漁船は少ない。

籠標本漁船の5分柁目における1連(40籠)平均漁獲量は、抱卵個体と大銘柄では北緯36度50分から北緯37度10分までの水深200~300mに多い。ここは、石川県加賀海域で最大の幼生ふ出海域と推測できる。中銘柄では操業区域の外縁線に沿った海域に多く、ここは底びき網漁業の漁場と一部を競合する(図9)。

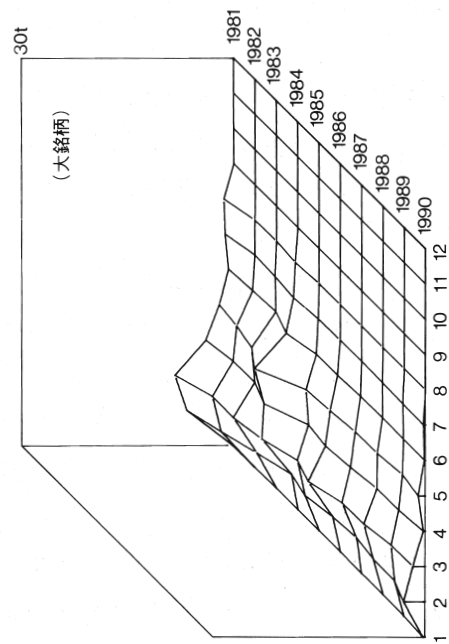
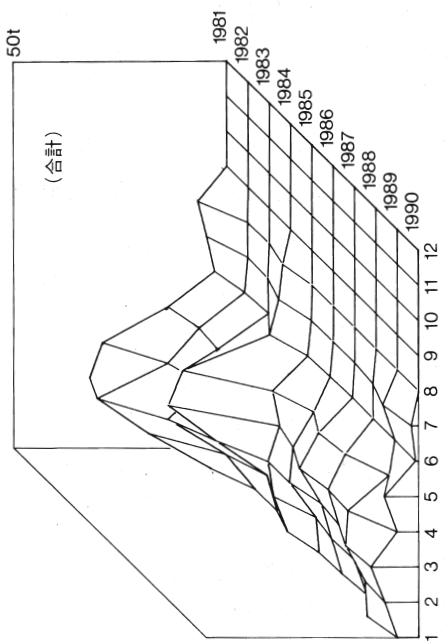
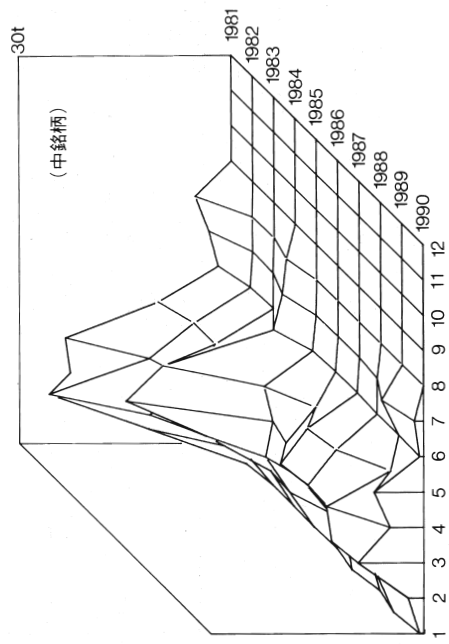
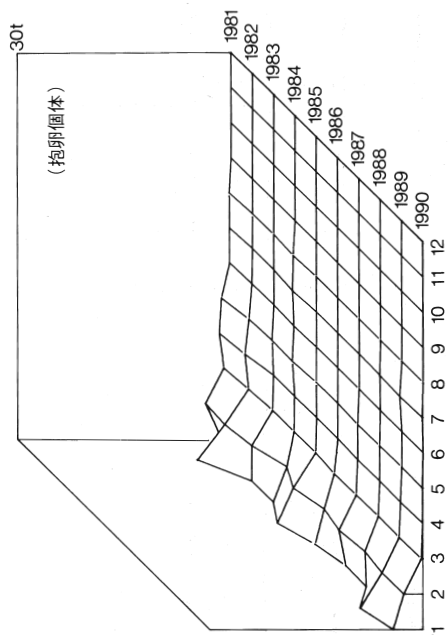


図8 西海漁協所属籠漁船による水揚量

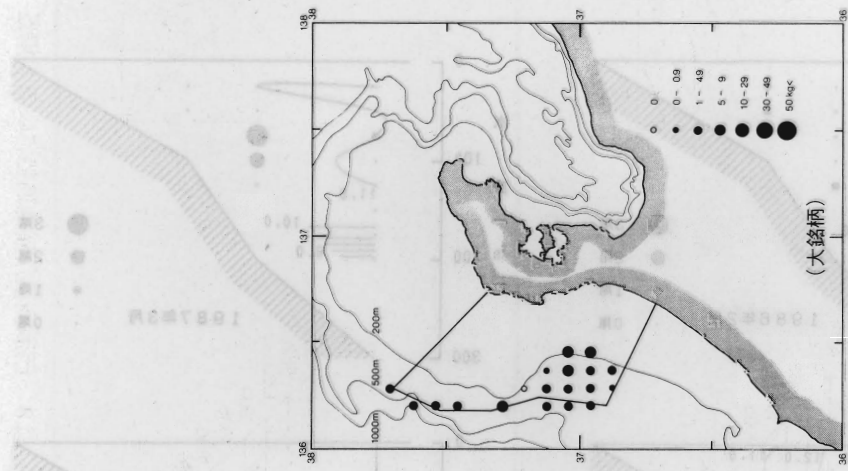
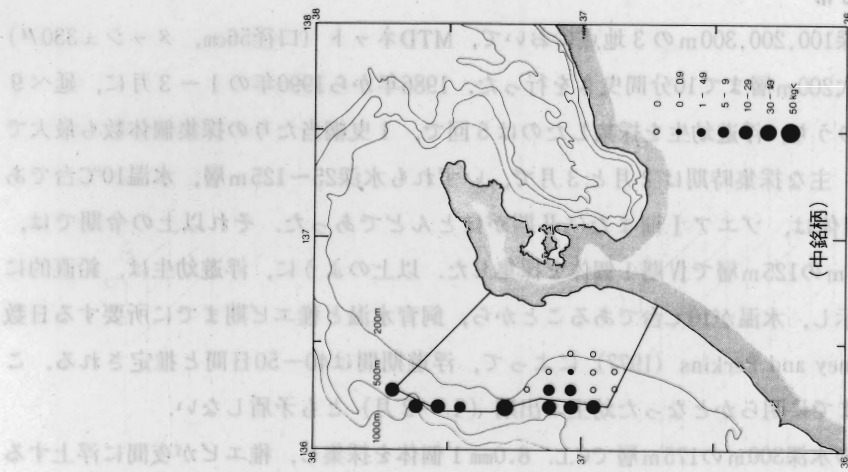


図9 籠標本漁船の緯経度の5分柁目における1連(400籠)平均漁獲量

### 3. 3 浮遊幼生期の分布

幼生ふ出海域の水深100,200,300mの3地点において、MTDネット（口径56cm, メッシュ330 $\mu$ ）により25m間隔に最大200m層まで10分間曳きを行った。1986年から1990年の1-3月に、延べ9回の調査をした。このうち、浮遊幼生を採集したのは5回で、1曳網当たりの採集個体数も最大で3個体と少なかった。主な採集時期は2月と3月で、いずれも水深25~125m層、水温10°C台であった（図10）。採集個体は、ゾエアⅠ期またはⅡ期がほとんどであった。それ以上の令期では、1986年2月の水深200mの125m層でⅣ期1個体を採集した。以上のように、浮遊幼生は、鉛直的に厚みをもった分布を示し、水温が10°C台であることから、飼育水温と稚エビ期までに所要する日数の関係を求めたStickney and Perkins (1977) によって、浮遊期間は40-50日間と推定される。この浮遊期間は、これまでに明らかとなった幼生ふ出期（1-2月）とも矛盾しない。

また、1990年3月の水深300mの175m層でC.L. 8.0mm 1個体を採集し、稚エビが夜間に浮上する可能性も示唆された。

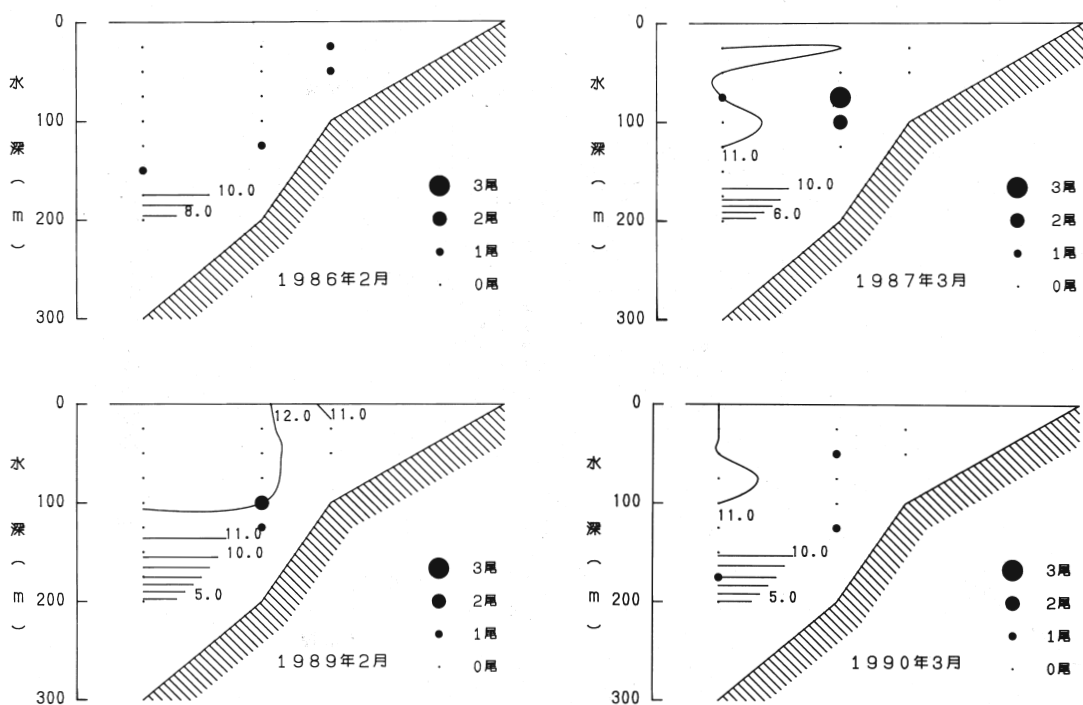


図10 浮遊幼生の分布と水温

浮遊幼生期の分布については、北海道周辺海域で調査した倉田（1964）の報告があり、表層近くで多く採集されてその時の表面水温は6.4~8.0°Cであった。今回の調査との相違は、浮遊幼生の適水温と適水温域の分布の違いによると推察されるが、さらに調査の必要がある。



### 3. 4 試験船による調査結果

底びき網および籠漁業によって、ホッコクアカエビの分布は、幼生ふ出期に最大の特徴を有することが明らかである。このことから、試験船白山丸（総トン数189）のかけ廻しによって1986～1990年の各1月に石川県加賀海域の水深200～600mで水深別分布調査を行った（図11）。これから、底びき網および籠漁業にみられる生態的特性で示されたように、幼生ふ出直前の抱卵個体が水深200～300mに分布する傾向が明らかである。また、着底後の稚エビは、成長にしたがって水深の深い方へ分布量の多くなる関係が認められる。なお、浮遊幼生の着底水深は、稚エビの採集を目的とした後述をするソリ付桁網調査によって、当歳エビが水深300m以深で採集されていることから、300m前後と推定される。さらに水深別分布の特徴として、産卵前の内卵保有個体が水深400～500mに多い。なかでも水深500m前後は内卵保有個体を含めて大型エビが最も多く分布し、交尾・産卵海域と推定できる。このような分布傾向は各年ともほぼ同様であり、水深500m前後が底びき網漁業の最大の漁場となる理由と考えられる。

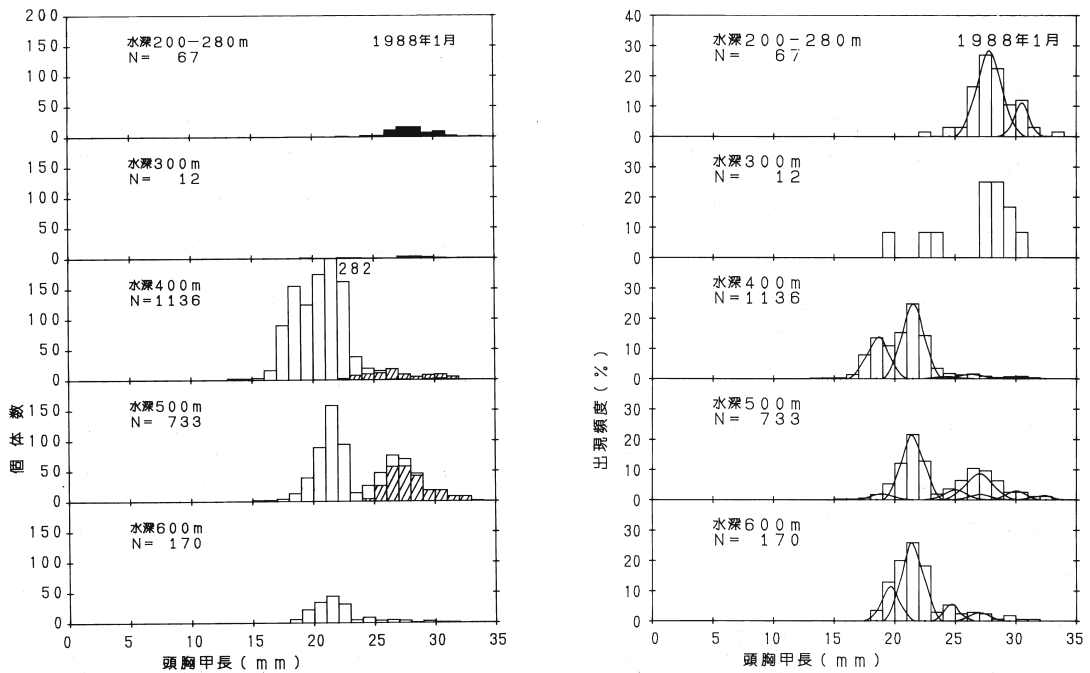


図11 水深別の頭胸甲長組成と年級群分離（斜線：内卵保有個体，黒塗り：抱卵個体）

産卵期については、試験船で1989・1990年の各1～3月に採集した試料によって、内卵保有個体と抱卵個体の増減傾向から3月が盛期と推定される（図12）。

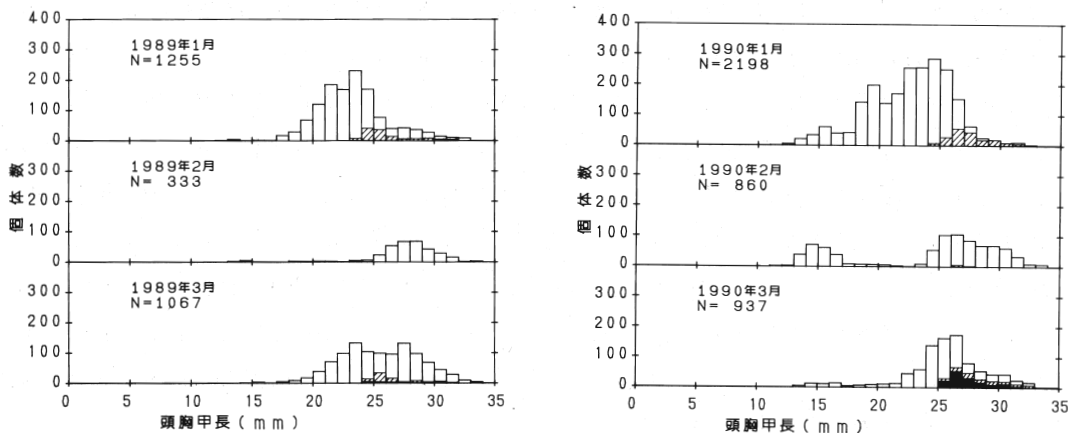


図12 内卵保有個体と抱卵個体の月別出現量 (斜線：内卵保有個体，黒塗り：抱卵個体)

以上のことから、次のような移動・産卵生態が示される。すなわち、卵からふ出後に40-50日間の浮遊期間を過ごした幼生は、水深300m前後に着底する。着底後の稚エビは成長にしたがって水深の深い方へ移動して成熟し、交尾・産卵する。産卵海域は水深500m前後、産卵盛期は3月で、いくつかの年級群が交尾・産卵に加わる。産卵後の抱卵個体は、分布域を一旦水深600m前後に移した後、秋頃から徐々に水深の浅い方へ移動する。そして、幼生ふ出期には最も浅い水深200~300mに分布し、1-2月に幼生をふ出する。したがって、抱卵期間は約11ヶ月に及ぶ。産卵期とふ出期は、伊東(1976)が新潟県で調査した結果とはほぼ一致するが、水温環境による地理的変異も大きく、外国水域との比較では低温ほど抱卵期間の長い関係が認められる(伊東, 1976)。なお、1尾当たりの抱卵数は成長に比例して多くなり、2,700~4,200粒で、幼生ふ出までには一部卵の脱落が認められる(石川水試, 1990)。

### 3. 5 漁場形成の分析

これまでに明らかとなった本種の生態的特性について、14.9トン型底びき網標本漁船1隻の5分柁目における年漁獲量を、漁獲量の多かった年代と少なかった年代の漁場形成を比較することによって検証する(図13)。これから、漁獲量の多かった1982年には漁場形成が広く、漁獲量の急減した1985年には漁場形成が狭い関係がわかる。すなわち、移動生態から、漁獲量が多く安定した年代は、水深の浅い方からの加入量が継続して多いために、漁場形成は広くなると考えられる。そして、1984年生まれの子年級群が漁獲対象の主群を占めるようになった1988・1989年の漁場形成は、再び水深の浅い方からの加入量が多くなったことを示している。しかし、1982年ほどではない。

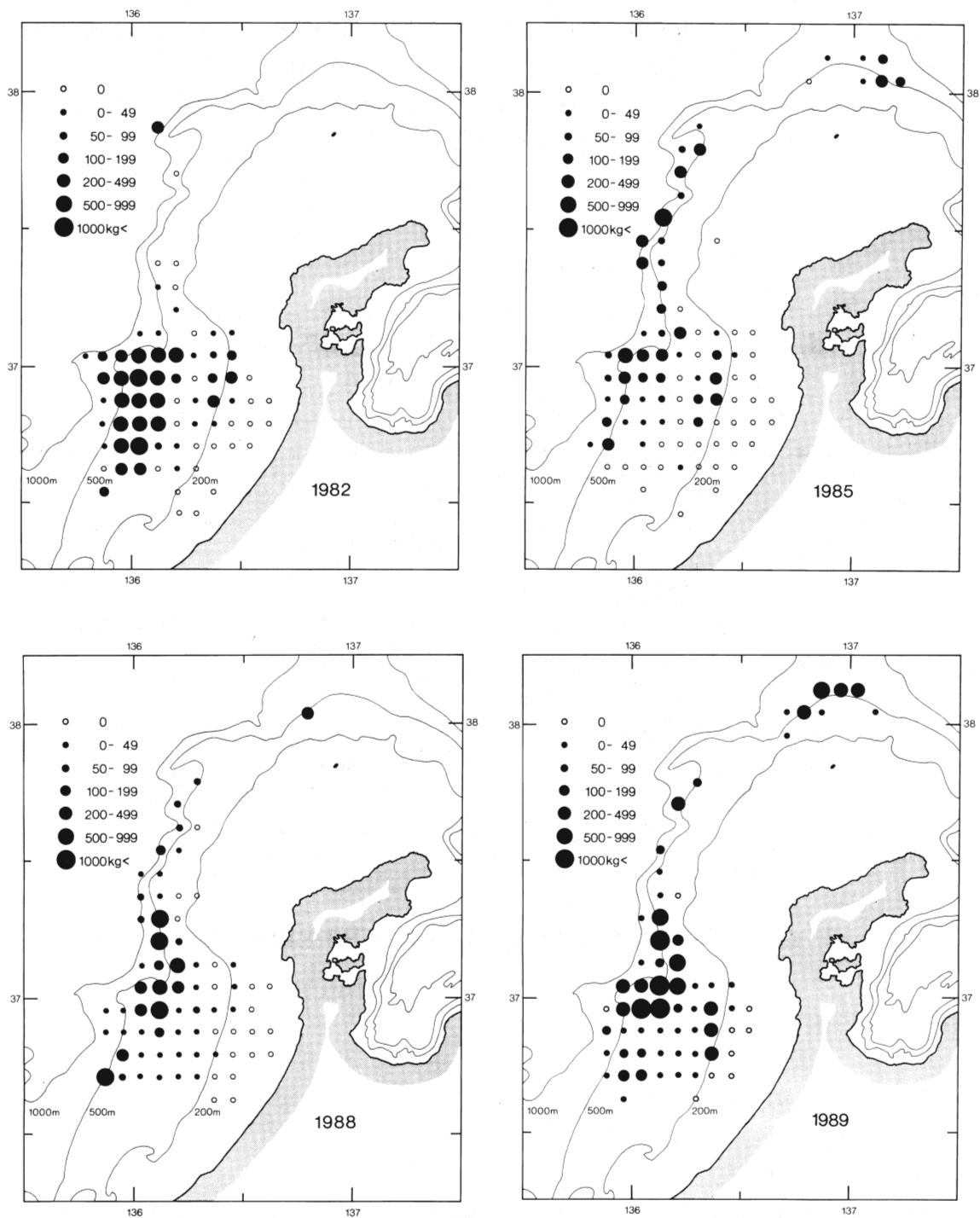


図13 14.9トン底びき網標本漁船の緯経度5分柁目における漁獲量の年変化

このような加入量の多寡は、水深別の漁獲量に分けることでさらに明瞭となる(図14)。すなわち、加入量が多いと広い水深帯で漁場形成される。しかし、加入量が少ないと漁場は水深500m前後に狭まる。しかも、その後に水深200~300mで漁獲される幼生ふ出群の減少へつながる関係が、水深別の漁獲量の年変化によって認められる。そして、1988・1989年の水深別の漁獲量は、加入量の増加を裏付けている。したがって、漁場の拡大と縮小は本種の移動生態を反映しており、水深別の漁場形成は、加入群の大きさや資源量変動と密接に関係する。

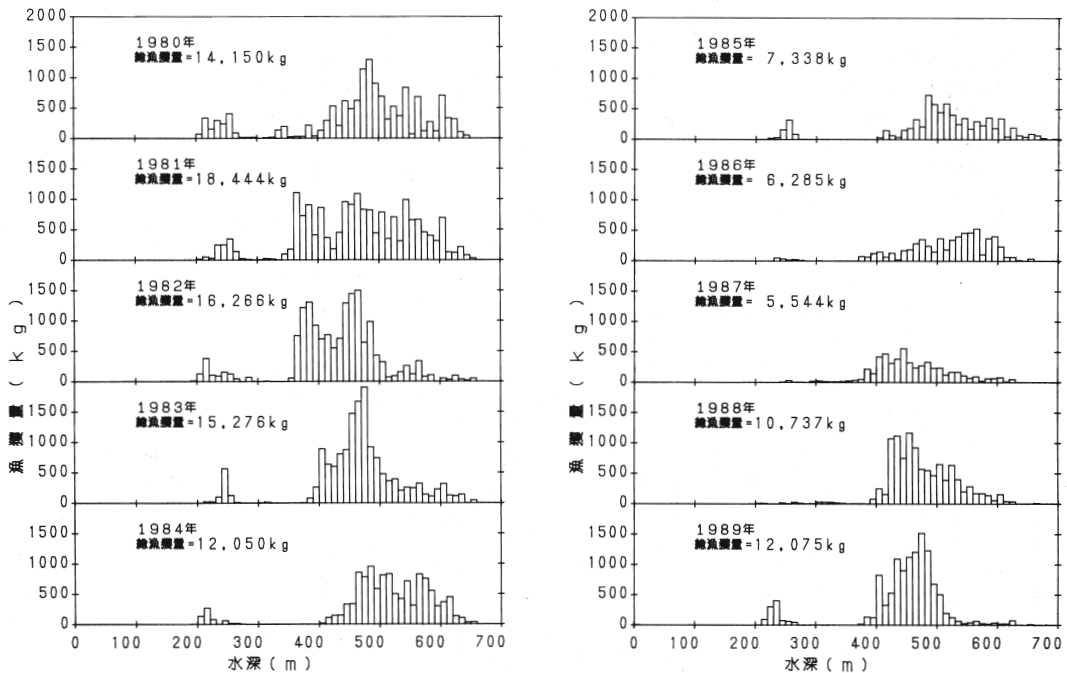


図14 14.9トン型底びき網標本漁船による水深別漁獲量の年変化

### 3.6 成長

石川県加賀海域において試験船と標本漁船で1986~1990年に採集した試料の頭胸甲長(C.L.)組成を月別に整理した(図15)。これから、最も小型の個体群が毎年C.L.10mm前後で現われ、満1歳を示す年級群と考えられる。

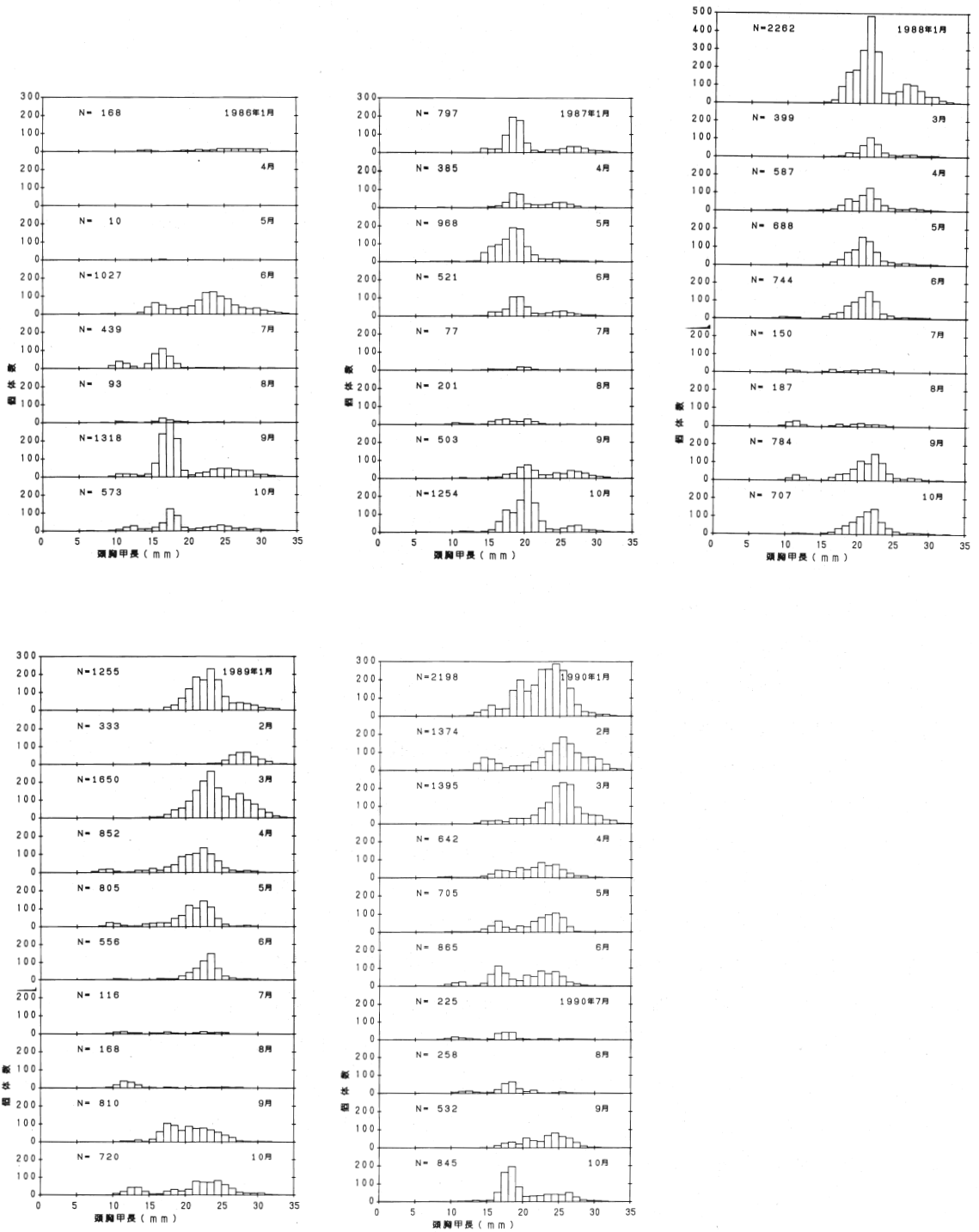


図15 試験船と標本船で採集した試料による頭胸甲長組成の月変化

また、1986年から1989年まで個体数の多い群が継続的に認められ、卓越年級群の存在が明らかであった。ここで卓越年級群は、1986年で1年若年級群が認められることから1984年生まれと推定できる。以上のことから、卓越年級群を追跡することによって年齢と成長の関係がわかる。幼生ふ出期の1月を基準月とすると、1986年（満2歳）でC.L.14mm、1987年（満3歳）でC.L.18mm、1988年（満4歳）でC.L.21mm、1989年（満5歳）でC.L.24mmに成長したことがうかがえる（図16）。しかし、これ以上の成長については、成長量の低下と個体数の減少によって頭胸甲長組成が不明瞭となるため、幼生ふ出期の産卵生態を利用した。すなわち、試験船で1986～1990年の各1月に水深別調査によって採集した試料を、抱卵個体、内卵保有個体、それ以外の個体に分けて、田中（1957）の方法で年級群分離することによって求めた（図17）。これから、大型個体では抱卵か内卵保有のいずれかであり、いずれも3つの年級群に分けることで、成長量も合理的な結果がえられた。また、内卵保有個体よりも抱卵個体の方が全体的に大型で、抱卵期間が約11ヶ月に及ぶことから隔年産卵と推定できる。さらに抱卵と内卵保有以外の個体群は、卓越年級群の追跡によっても示された満5歳まで年級群分離でき、5歳から6歳になるまでの間に性転換\*して内卵保有個体になったと考えるのが妥当である。生殖腺を組織学的に観察した中村（1988）によっても性転換期を裏付ける結果が得られている。したがって、性転換後は隔年産卵で生涯に最大で3回産卵することから、寿命は11年と推定できる。

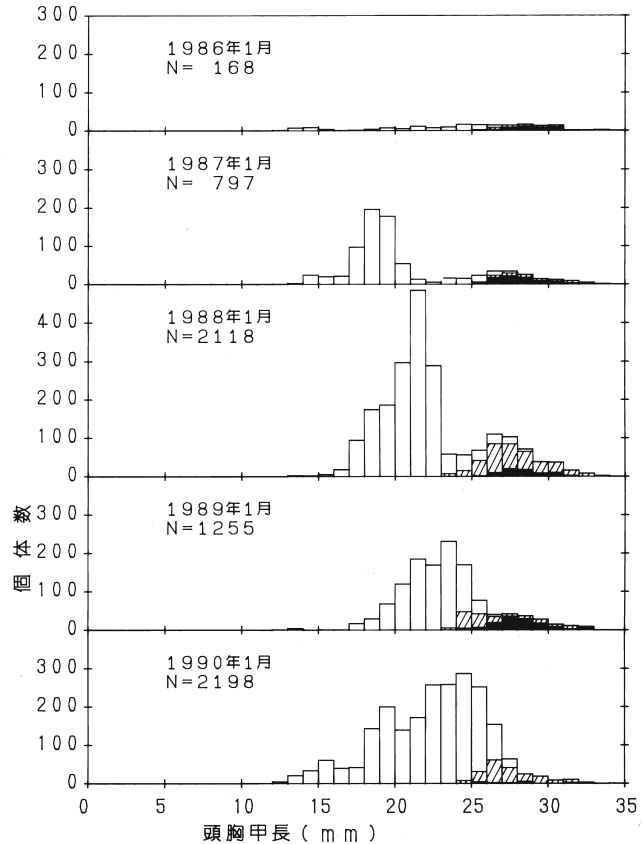


図16 試験船の水深別調査で採集した試料による頭胸甲長組成の年変化 (斜線：内卵保有個体，黒塗り：抱卵個体)

\*本種は雄性先熟の雌雄同体現象で、雄から雌へ変わる現象を正確には「性変化」あるいは「性の移行」とすべきであるが、ここでは卵巣が発達して精巣の小葉が縮小する過程を一般的に用いられている「性転換」と定義する。

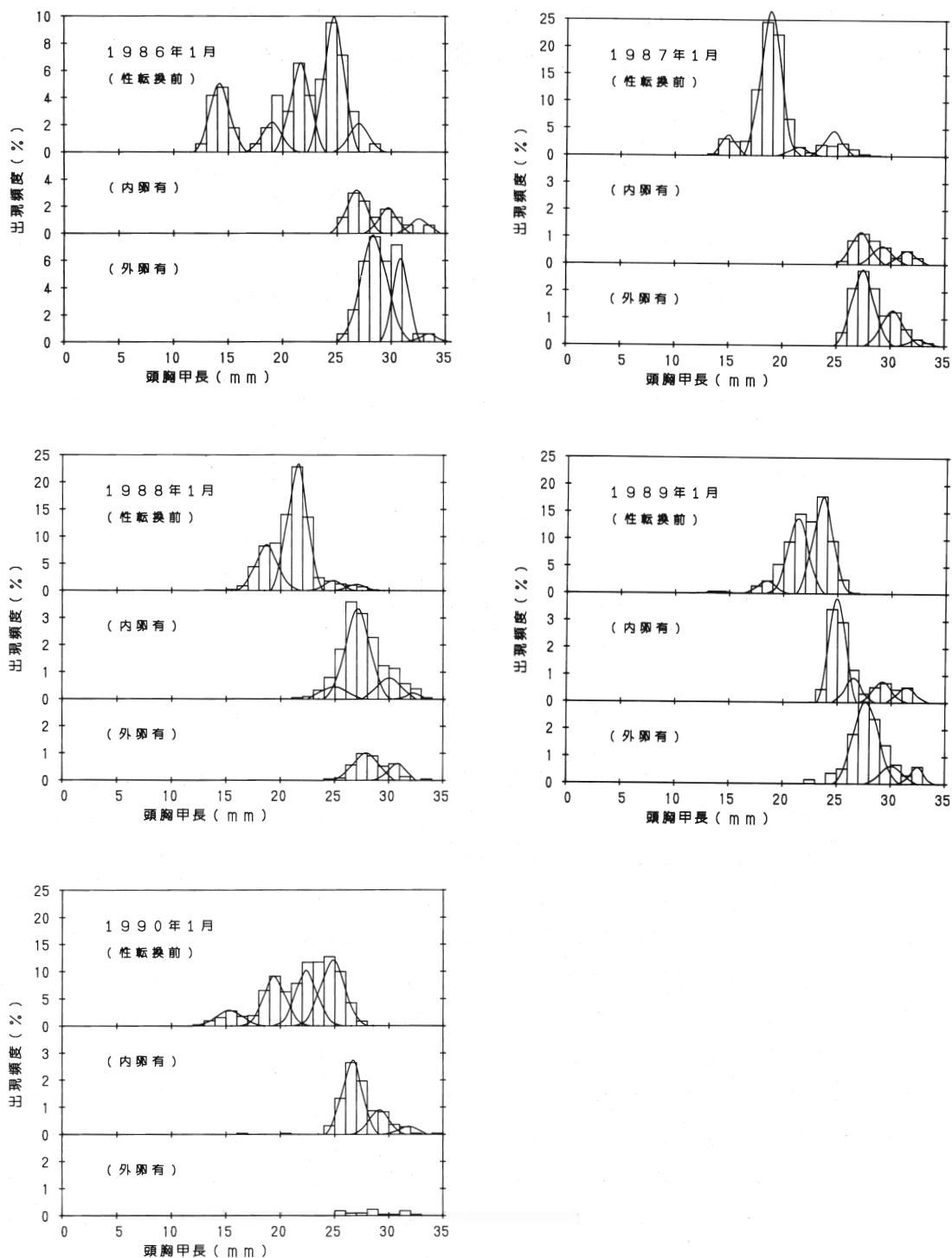


図17 試験船の水深別調査で採集した試料の年級群分離

以上のようにして得られた年齢と成長の関係は、試験船による1月の水深別採集試料を年級群分離した横断的な値を von Bertalanffy の成長式に当てはめてもほぼ同様の結果が得られた (図18)。すなわち、成長量の年変化は小さく、海底の水温環境が安定しているためと考えられる。

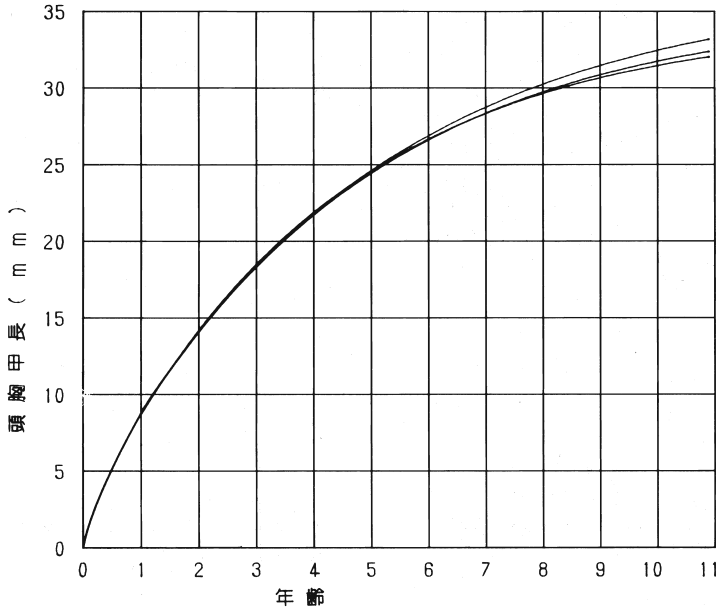


図18 ホッコクアカエビの成長

なお、性転換年齢について、ここでは5歳から6歳になるまでの間としたが、内卵保有個体と抱卵個体の頭胸甲長組成の年変化から、固定的に扱えないことが示されている (図19)。すなわち、1988年の内卵保有個体および1989年の抱卵個体には、いずれも小型群が多く認められた。これは、産卵群の成長が悪かったためではなく、1984年生まれの卓越年級群のうち大型個体の一部が4歳から5歳になるまでの間に性転換したと考えられる。このような現象は、1987~1988年にも少し認められた。また、試験船による1月の水深別採集試料を年級群分離した結果から、満6歳に相当する大きさで雄の例も認められた。したがって、性転換年齢は、5歳から6歳になるまでの間に存在するケースが多いが、前後に弾力的である。性転換年齢が異なる原因について、Rasmussen (1969) は成長の早い個体と遅い個体で性転換の時期が異なることを述べている。また、Apollonio et al. (1986) は水温が低いと産卵年齢が高くなることを述べている。しかし、今回の場合、底層水温に変化は無く、ほとんど1984年生まれの卓越年級群に限って発現しているため、性転換するある種の魚類 (例えばキンギョハナダイ) のように、雄と雌の個体数の違い等を原因とする社会的調節の考えも否定できない。

本種が性転換することは、Berkeley (1930) によって既でに明らかとされている。しかし、成長に関しては外国水域でも評価が様々で、実証的に確かめられたのは今回が初めてと考えられる。そ



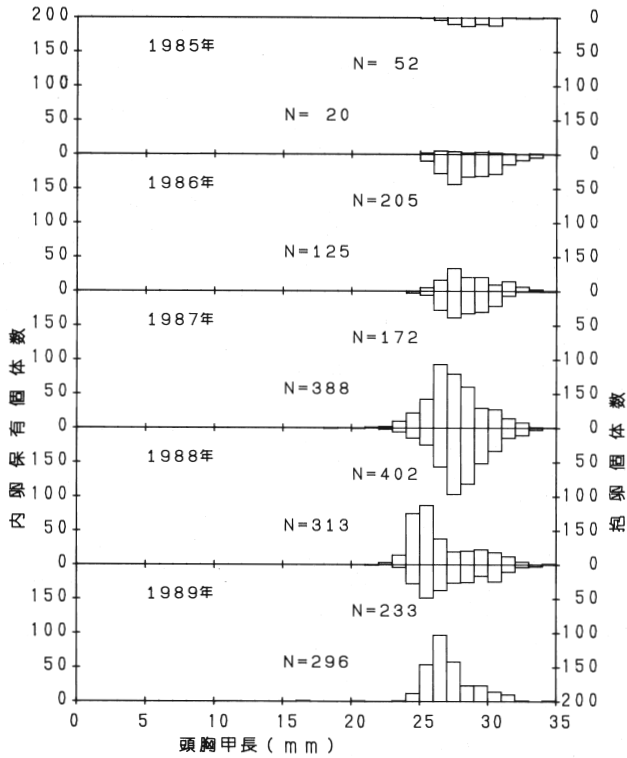


図19 内卵保有個体と抱卵個体の頭胸甲長組成の年変化

して、得られた結果は、日本周辺海域でこれまでに報告（倉田，1957；伊東，1976；山田・内木，1976；新潟県，1986等）されたなかでは最も成長・性転換年齢とも遅く、寿命が長い。外国水域と比較しても、成長が最も遅い方に属し（伊東，1976），低水温の影響で物質代謝の速度が遅いためと考えられる。

以上のように成長が明らかになったことで、石川県加賀海域における分布の中心ともいえる北緯37度線を断面とするホッコクアカエビの生活史を整理すると、図20のように要約できる。

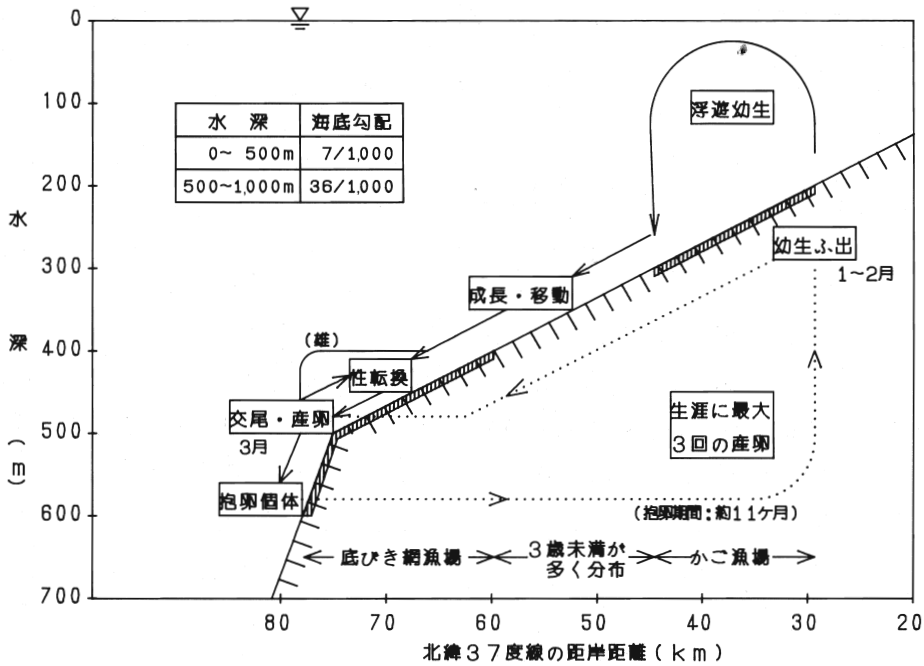


図20 ホッコクアカエビの生活史

#### 4 資源評価

浮遊幼生の定量的採集に成功していないことは既述に述べた。ここでは、着底初期の稚エビの採集個体数によって資源評価を試みた。用いた採集漁具は、間口が3.0×1.5mのソリ付桁網（網目12節）である（図21）、これを試験船禄剛丸（総トン数32）によって1986～1990年の各4～10月に石川県加賀海域の水深200, 300, 350, 400, 500mで約30分間曳網した。

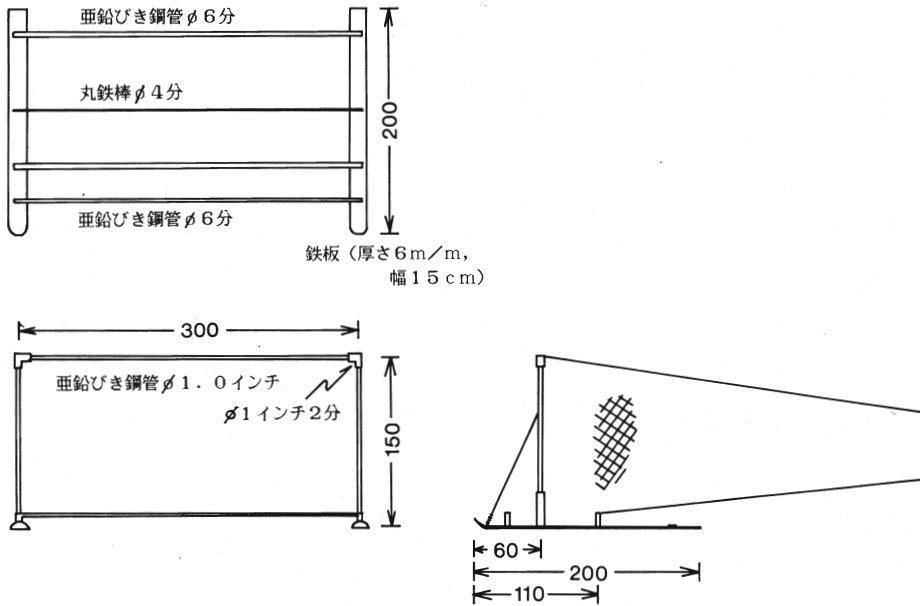


図21 採集漁具（ソリ付桁網）

採集した試料の月別頭胸甲長組成から、全体的に満1・2歳の採集個体数が多く、稚エビ採集に適していることが示された（図22）。これから、曳網別の採集個体数を満1歳と満2歳に年齢分けして、年計した値を曳網回数で割って満1歳と満2歳の1網平均採集個体数を求めた（表2）。なお、水深200mでホッコクアカエビの採集はほとんど無かったため、曳網回数から除外した。

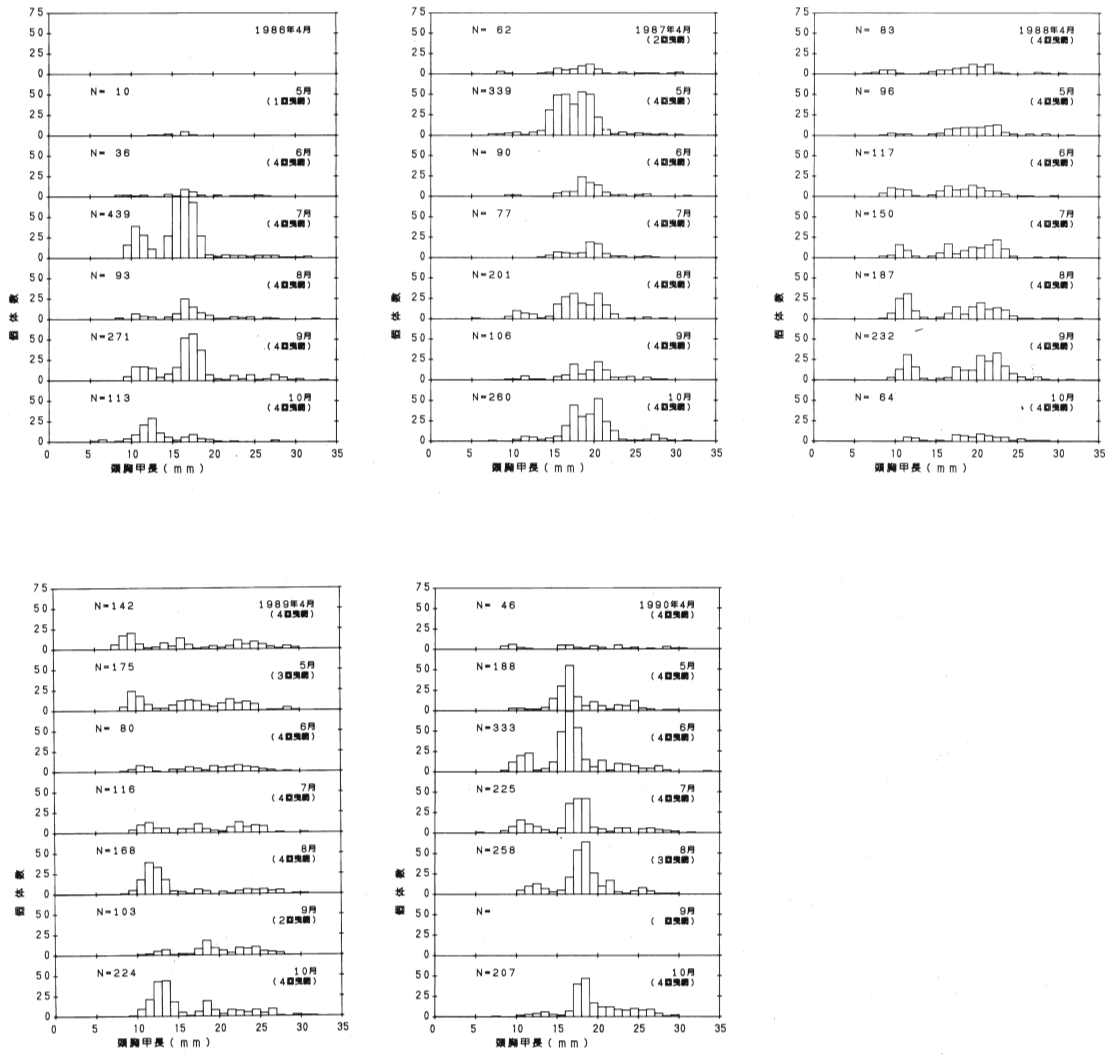


図22 ソリ付桁網で採集した試料による頭胸甲長組成の月変化

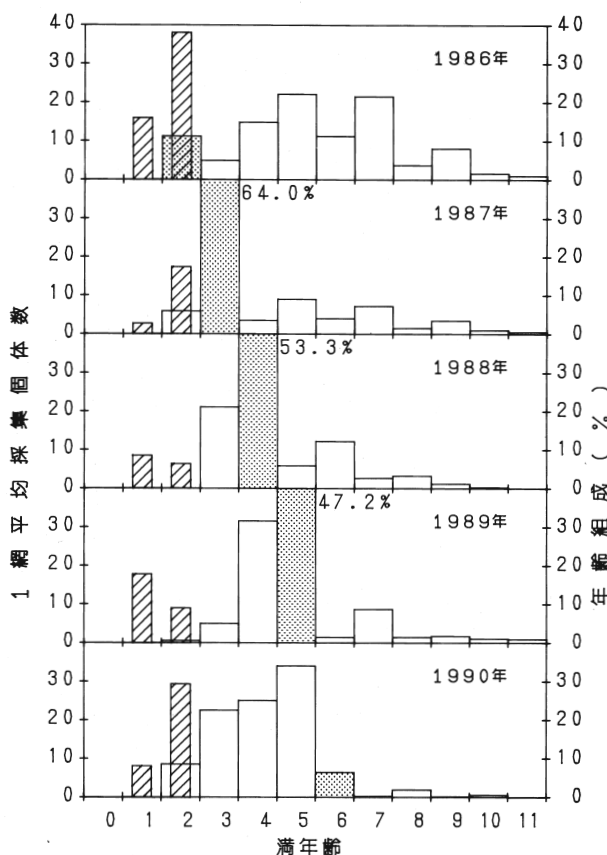
表2 ソリ付桁網で採集した試料の年齢組成

年 月	水深別漁獲尾数					年齢別漁獲尾数		
	200m	300m	350m	400m	500m	満1歳	満2歳	満3歳以上
1986. 4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	10	-	-	-	0	10	0
6	0	3	-	24	9	7	21	8
7	0	0	-	293	146	94	315	30
8	0	11	-	18	64	16	59	18
9	0	10	-	138	123	58	178	35
10	1	97	-	15	0	80	25	8
合 計	1	131	-	488	342	255	608	99
1 曳網当たり漁獲尾数					(16回曳網)	15.9	38.0	6.2
年 月	水深別漁獲尾数					年齢別漁獲尾数		
	200m	300m	350m	400m	500m	満1歳	満2歳	満3歳以上
1987. 4	-	15	-	47	-	4	18	40
5	-	0	144	145	50	12	159	168
6	-	3	2	59	26	4	16	70
7	-	0	3	39	35	0	22	55
8	-	38	72	68	23	27	98	76
9	-	10	39	38	19	9	36	61
10	-	7	52	176	25	15	103	142
合 計	-	73	312	572	178	71	452	612
1 曳網当たりの漁獲尾数					(26回曳網)	2.7	17.4	23.5
年 月	水深別漁獲尾数					年齢別漁獲尾数		
	200m	300m	350m	400m	500m	満1歳	満2歳	満3歳以上
1988. 4	-	3	32	31	17	14	17	52
5	-	9	19	59	9	8	25	63
6	-	10	39	50	18	33	30	54
7	0	17	20	95	18	32	28	90
8	0	37	32	71	47	76	30	81
9	-	87	38	80	27	65	33	134
10	-	2	24	35	3	10	17	37
合 計	0	165	204	421	139	238	180	511
1 曳網当たりの漁獲尾数					(28回曳網)	8.5	6.4	18.2
年 月	水深別漁獲尾数					年齢別漁獲尾数		
	200m	300m	350m	400m	500m	満1歳	満2歳	満3歳以上
1989. 4	-	42	61	26	13	52	36	54
5	-	53	97	25	-	58	56	61
6	-	17	8	34	21	19	18	43
7	1	3	18	72	22	39	29	48
8	0	102	13	44	9	118	14	36
9	-	-	-	79	24	18	38	47
10	-	2	71	118	33	141	35	48
合 計	1	219	268	398	122	445	226	337
1 曳網当たり漁獲尾数					(25回曳網)	17.8	9.0	13.5
年 月	水深別漁獲尾数					年齢別漁獲尾数		
	200m	300m	350m	400m	500m	満1歳	満2歳	満3歳以上
1990. 4	-	13	20	11	2	13	12	21
5	-	4	53	106	25	8	123	57
6	-	7	17	296	13	59	208	66
7	0	1	16	194	14	50	127	48
8	0	0	82	176	-	38	170	50
9	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	4	15	119	69	20	111	76
合 計	0	29	203	902	123	188	751	318
1 曳網当たり漁獲尾数					(23回曳網)	8.2	32.6	13.8

※曳網回数（水深300-500m）

次に、ここで求めた満1歳と満2歳の1網平均採集個体数を、試験船のかけ廻し（網目10節）によって1986～1990年の各1月に水深別調査で採集した試料の年齢組成の百分率と比較した（図23）。これから、2つの方法で求めた年齢別の組成には縦断的な関係が明らかである。なかでも1984年生まれは、豊度が高く卓越年級群を裏付けている。卓越年級群は、試験船による年齢組成の百分率で、1986年に満2歳で採集されて以降、1987年の満3歳で64.0%、1988年の満4歳で53.3%、1989年の満5歳で47.2%を占めた。しかし、1990年の満6歳ではかなり減少し、これまでの漁獲の影響と考えられる。一方、1983年生まれは、豊度が低く劣勢年級群を示しており、

図23 ソリ付桁網による満1歳と満2歳の1網平均採集個体数（斜線）と試験船の水深別調査で採集した試料の年齢組成百分率（黒塗りは1984年生まれの卓越年級群）



卓越年級群が際立つ原因ともなっている。ここで、ソリ付桁網による稚エビ調査の結果から近年の発生年級群豊度を推定すると、1984年生まれを最高に1988年生まれ、1985年生まれの順に豊度が高く、1986・1987年生まれは豊度が低いことが分かる。なお、ソリ付桁網の採集個体数は、全体的に満1歳より満2歳の方が多く（約1.37倍）、網目の関係で満2歳の選択率が高いためと考えられる。したがって、発生年級群豊度の指標値として、ここでは満2歳の採集個体数を用いるのが適当である。

以上のとおり、ソリ付桁網の満2歳の採集個体数によって1984年以降の発生年級群豊度を定量的に把握できたので、次に1983年以前について推定した。

まず始めに資源特性値として、全減少係数を求めた。試験船の水深別調査によって、1986年以降の石川県加賀海域における若齢期を除いた資源の年齢組成の百分率がおおむね既知であることから、各年の標本漁船の1網平均漁獲量（4～10月平均）に引き延ばすことによって年齢別の漁獲尾数を求めた（表3）。このうち、同一年級群について、1網平均漁獲尾数の経年変化を追うと一つの傾きに収束し、生残率は $S=0.45$ （ $Z=0.798$ ）位に推定できる（図24）。これから、年級群別の漁獲尾数の経年変化に対数回帰法または $S=0.45$ の傾きをもった対数回帰直線を当てはめることによって、完全利

表3 14.9トン型底びき網標本漁船の1網平均年齢別漁獲尾数

満年齢	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年
1	0	0	0	0	0
2	157	140	0	20	421
3	69	1,516	789	166	1,106
4	207	83	1,994	1,048	1,228
5	310	213	221	1,566	1,669
6	157	95	456	50	318
7	301	171	101	289	15
8	52	36	123	50	98
9	112	81	45	60	10
10	22	24	11	36	29
11	14	12	0	33	0
合計尾数	1,401	2,369	3,741	3,317	4,893
1網平均漁獲量(kg)	15.1	14.8	26.6	29.3	32.5

用と考えられる満4歳の相対資源尾数を1984年以前について計算した。そして、1984年の発生年級群豊度を基準に、1983年以前の豊度の相対値を推定した(表4)。さらに、発生年級群豊度の経年変化から、石川県沖の資源が悪化した1986・1987年の漁獲量が約300tになるような満1歳の資源尾数を求めた。これから、ソリ付桁網の満2歳の採集個体数から満1歳の資源尾数の絶対量への変換は、およそ5千万倍であった。また、1976-1989年級群の満1歳の資源尾数は、1.2-22.0億尾の範囲で推定され、発生年級群豊度の高い時と低い時では加入尾数に約20倍の差が認められた。

以上のようにして求めた1976年以降の発生年級群豊度の経年変化は、不規則に大きな変化を示し、近年では1984年生まれ、過去には1977年生まれの豊度が高いのに対して、1983年生まれの豊度が低い(図25)。そして、ある年級群が最大資源量に達する年齢は、バイオマス解析他(石川水試, 1990)で4歳近くである。したがって、発生年級群豊度は4年後の漁獲量に最も大きな影響を及ぼすと推定でき、石川県の水揚量の経年変化を4年前へずらした結果をみても明らかである(図25中の破線)。これから、1985年の漁獲量の急減少は、発生年級群豊度の低い年が

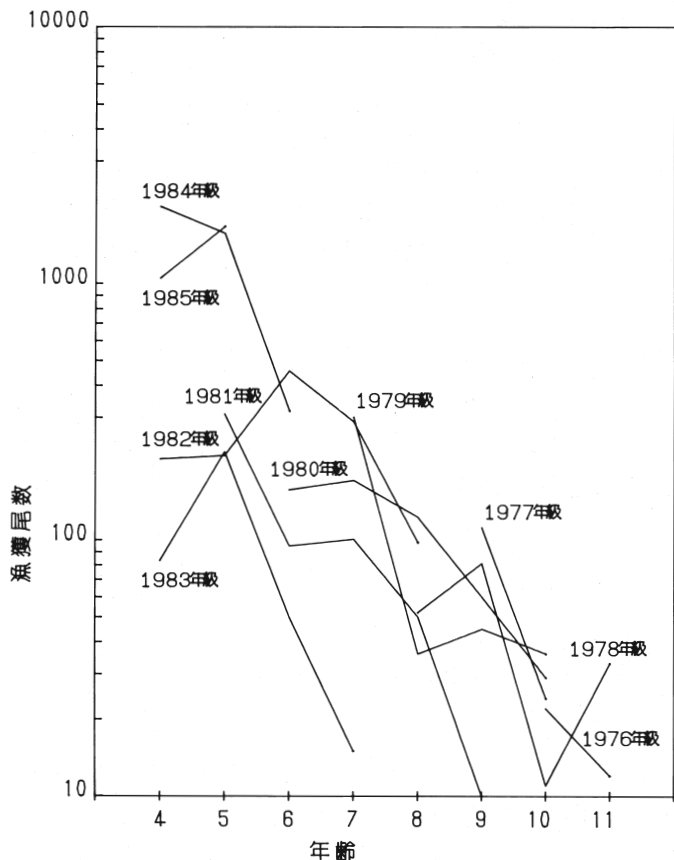


図24 年級群別1網平均漁獲尾数の経年変化

続いたことによって起きた現象と説明できる。そして、今後の漁獲量動向は、1988年生まれの年級群によって1992年を頂点に一旦は増加するが、その後再び減少する不安定な漁況が続くと予想された。

表4 発生年級群豊度の推定

発生年級群	年級群豊度	推定年級群豊度	満4歳の相対資源尾数	回帰式 (適用年齢)	満1歳の資源尾数 (万尾)
1976	-	12.7	832	$\ln Y = 9.152 - 0.607 \cdot X (10-11)$	63,562
1977	-	44.0	2,881	$\ln Y = 11.158 - 0.798 \cdot X (10)$	220,100
1978	-	26.7	1,749	$\ln Y = 10.571 - 0.776 \cdot X (8-10)$	133,619
1979	-	15.8	1,033	$\ln Y = 9.396 - 0.614 \cdot X (7-10)$	78,918
1980	-	8.0	525	$\ln Y = 8.035 - 0.443 \cdot X (6-10)$	40,108
1981	-	9.9	650	$\ln Y = 9.481 - 0.751 \cdot X (5-9)$	49,658
1982	-	7.2	473	$\ln Y = 9.351 - 0.798 \cdot X (5)$	36,136
1983	-	2.5	164	$\ln Y = 7.749 - 0.662 \cdot X (4-7)$	12,529
1984	38.0	-	2,487	$\ln Y = 11.495 - 0.919 \cdot X (4-6)$	190,000
1985	17.4	-	-	-	87,000
1986	6.4	-	-	-	32,000
1987	9.0	-	-	-	45,000
1988	32.6	-	-	-	163,000
1989	11.2	-	-	-	56,000

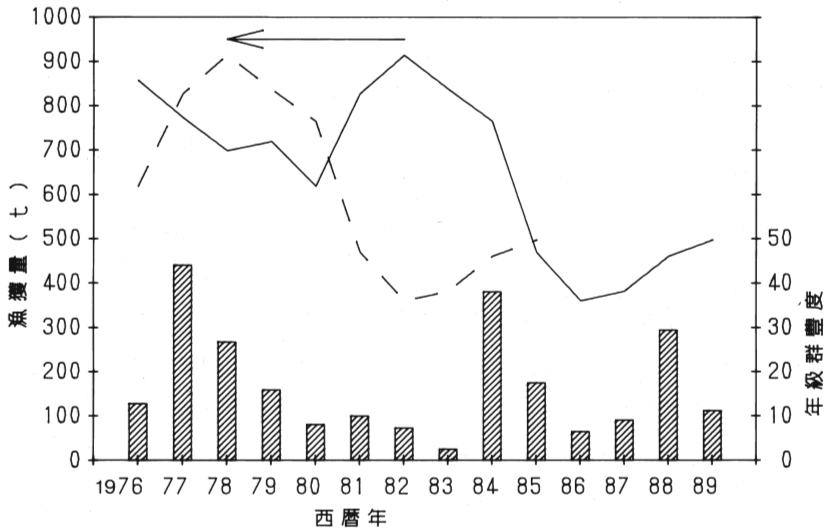


図25 発生年級群豊度と石川県における水揚量の経年変化

## 5 ま と め

石川県加賀海域のホッコクアカエビ資源の現状は、土井 (1977) の方法で資源診断した結果、産卵親エビ数は処女資源に対して33.5%に低下していることが示された (石川水試, 1990; 図26)。産卵親エビ数は、処女資源に対してどの程度であればよいか不明であるが、資源量が減少している現在、産卵親エビ数を現状より多くして行く必要があると言わざるを得ない。

次に、近年の石川県沖における平均的漁獲量 (約300t) が平衡状態にあることを仮定し、Beverton and Holt (1957) の等漁獲量曲線上で漁業の適正な方向を検討するため、現状 (漁獲係数: 0.287, 漁獲開始年齢: 3.8歳) と産卵親エビ数 (再生産力) が処女資源に対して50%の位置を挿入した (石川水試, 1990; 図27)。これから、再生産力を処女資源の50%に近づける形で資源を維持して行くため

には、漁獲努力量を現状の64%程度に落とすか、漁獲開始年齢を引き上げることが必要と判断される。しかし、水揚量のほとんどを占める底びき網漁業の漁獲努力量を大巾に削減することは現実的に無理なので、ここでは、漁獲開始年齢を引き上げることが重要と考えられる。特に、サイズ別の価格は、大きさに対して指数関数的に増加し、底びき網漁業と籠漁業では鮮度の関係で価格に約1.5倍の差が認められる (図28)。すなわち、漁獲開始年齢を高くして鮮度を保持することが、最大水揚金額を持続する最大の要素であり、そのための最適漁獲開始年齢は4歳から5歳になるまでの間と推定できる。

本種は、発生年級群豊度が不規則に大きく変化することを述べたが、卓越年級群の発生した1984年は、20年以上に1回の出現確率である異常低水温 (日水研, 1985) であった。そこで、幼生ふ出海域に近い沿岸定線観測の定点について、浮遊幼生の分布する3月の表面から水深100mまでの水温を積

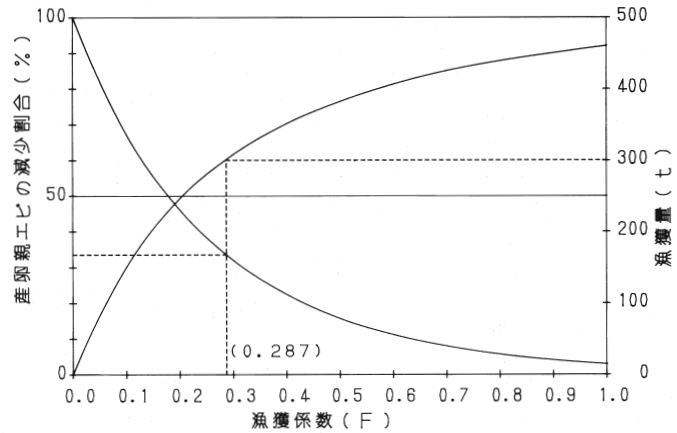


図26 漁獲係数と産卵親エビ量、漁獲量の関係と漁業の現状

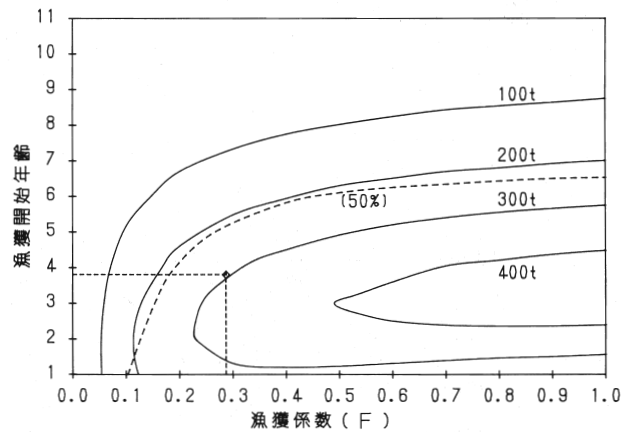


図27 等漁獲量曲線上の再生産力50%線と漁業の現状



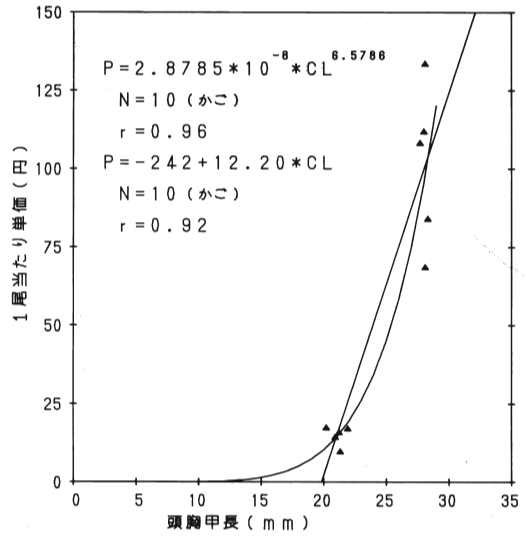
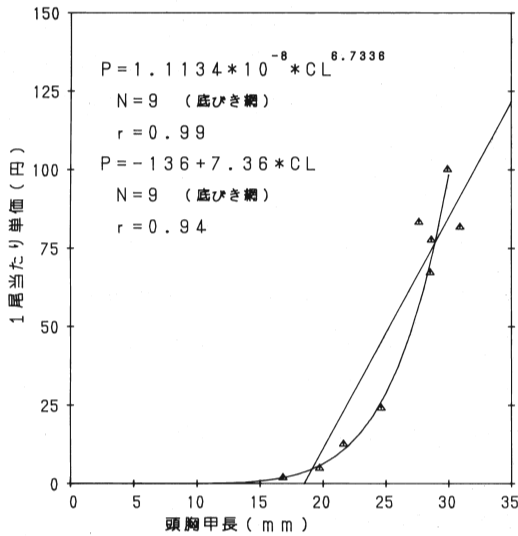


図28 頭胸甲長と1尾当たりの単価の関係

分した値を水深で割った平均水温を1976年以降について求め、発生年級群豊度と比較した(図29)。これから、全体的には水温の低い年に発生年級群豊度の高い傾向はあるが、絶対的な関係ではない。また、親子関係も確かめられていないことから、再生産関係は現状では不明である。しかし、1984年生まれの卓越年級群が福井県から山形県までの広範囲で同時に発生したことが確かめられており(日本海ホッコクアカエビ研究チーム, 1991)水温環境が直接的あるいは間接的に強く働いたことは間違いないようである。

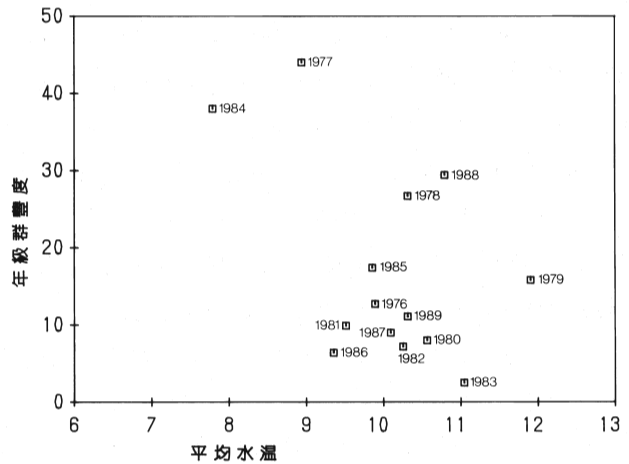


図29 沿岸定線観測の定点における3月の平均水温と発生年級群豊度の関係

しかし、本種の資源管理は、環境従属的であればよいということでは無く、産卵親エビを量的に確保したり、経営的に苦境にある底びき網漁業や籠漁業を少しでも産業的に有利な方向へ導くことが必要である。すなわち、1984年生まれの卓越年級群では満2歳から漁獲して再生産に結びつく以前にほとんど獲り尽くして有効利用できなかったのが実態である。したがって、今回の教訓を生かした資源管理を今後展開して行かなければならない。その資源管理方策とは、漁獲開始年齢が4歳から5歳になるまでの間となるような網目を用いることその他、漁獲開始前に発生年級群豊度を知って量的水準に合わせて漁獲強度を変化させ、資源を有効に利用することである。特に、本種は雄から雌へ性転換

するため、漁獲年齢を高くしても産卵親エビの漁獲強度が過大とまらない注意が必要である。

そして、資源管理を進めて行くうえで不可欠な資源評価では、発生年級群豊度を早期に知ることが重要であることを述べた。具体的な方法としては、浮遊幼生の定量的採集に成功していない現在、着底初期の稚エビ分布量によって発生年級群豊度を推定することが有効と思われる。

## 文 献

- Apollonio, S., Stevenson, D. K. and Dunton, E. E. (1986) Effects of temperature on the biology of the northern shrimp, *Pandalus borealis*, in the Gulf of Maine. NOAA Technical Report NMFS, (42), 22pp.
- Berkeley, A. A. (1930) The post-embryonic development of the common pandalids of British Columbia. Contrib. Can. Biol., N. S. (6), 79-163.
- 土井長之 (1973) 東シナ海・黄海産マダいの適正漁獲係数を見積る簡便法. 日水誌, 39(1), 1-5.
- 土井長之 (1977) メキシコ産あわびの資源診断. 日本水産資源保護協会月報, (154), 5-13.
- Frechette, J. and Parsons, D. G. (1983) Report of shrimp aging workshop held at Ste. Foy, Quebec, in May and at Dartmouth, Nova Scotia, in November 1981. NAFO Sci. Coun. Studies, (6), 79-100.
- 新潟県 (1986) 昭和60年度新潟県沿岸域漁業管理適正化方式開発調査報告書.
- Hopkins, C. C. E. and Nilssen, E. M. (1990) Population biology of the deepwater prawn (*Pandalus borealis*) in Balsfjord, northern Norway: 1. Abundance, mortality, and growth, 1979-1983. J. Cons. int. Explor. Mer., (47), 148-166.
- 石川県水産試験場 (1990) 平成元・2年度特定研究開発促進事業 地域性重要水産資源管理技術開発総合研究報告書. 石川水試資料, (171), 74pp.
- 伊東 弘 (1976) 日本海産ホッコクアカエビに関する2・3の知見. 日水研報告, (27), 75-89.
- 倉田 博 (1957) 増毛沖におけるホッコクアカエビの生態. 北水試月報, 14(4), 162-171.
- 倉田 博 (1964) 北海道産十脚甲殻類の幼生期. 北水研報, (28), 23-34.
- 南 卓志 (1986) ホッコクアカエビの生活史に関する知見. 底魚研究連絡会議資料, 35pp.
- 中村 将 (1988) ホッコクアカエビ生殖腺の組織学的観察結果について (未発表資料)
- 中園明信・桑村哲生 編 (1987) 魚類の性転換. ix+283pp. 東海大学出版会, 東京.
- 日本海ホッコクアカエビ研究チーム (1991) 特定研究開発促進事業 地域性重要水産資源管理技術開発総合研究 総合報告書. 120pp.
- 日本海区水産研究所 (1985) 日本海における水温の平均像—1953-1980年の平均水温とその標準偏差—. 日本海ブロック試験研究集録, (5), 100pp.
- 能勢幸雄・石井丈夫・清水 誠 (1988) 水産資源学. 217pp. 東京大学出版会, 東京.
- Rasmussen, B. (1969) Variations in protandric hermaphroditism of *Pandalus borealis*. FAO Fish. Rep., 57(3), 1101-1106.
- 鈴木克美 (1989) 硬骨魚類の雌雄同体現象. 栽培技術18(1), 45-55.

田中昌一（1956）Polymodalな度数分布の一つの取扱方法及びそのキダイ体長組成解析への応用．東海水研報告，(14)，1－13.

山田悦正・内木幸次（1976）加賀海域におけるホッコクアカエビの生態に関する研究．石川水試研報，(1)，1－12.

