

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

誌名	北海道立水産試験場研究報告 = Scientific reports of Hokkaido Fisheries Experimental Station
ISSN	09146830
著者名	中明,幸広
発行元	北海道立水産試験場
巻/号	37号
巻号補足	
掲載ページ	p. 5-16
発行年月	1991年11月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



武蔵堆周辺海域におけるホッコアカエビの生殖周期と成長

中 明 幸 広

(北海道立稚内水産試験場)

Reproductive cycle and growth of pink shrimp,
Pandalus borealis, around Musashi Bank in
Japan Sea off Hokkaido, Japan

Yukihiro NAKAME

Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station,
Wakkanai, Hokkaido 097, Japan

The reproductive cycle and growth of pink shrimp, *Pandalus borealis*, in the Japan Sea off Hokkaido were studied. Samples were collected from June 1989 to June 1991 by trawls and pots. Seasonal variations in gonad-somatic indexes (GSI) and carapace length frequency distributions were examined.

Sex reversal began in July, spawning occurred in April, and hatching out took place between February and March. GSI values of ovigerous females and females which had not moulted after hatching remained low up to the spawning season. However, GSI values of nonovigerous females reached peak in the spawning season. These results show that females spawn every other year. Furthermore, it is concluded that shrimp spawn three times at the age of 6, 8, 10 years in whole life, and longevity is about 11 years.

はじめに

武蔵堆周辺海域は留萌支庁および後志支庁管内のえび漁業の漁場として主要な海域である。この海域では、えびかご漁業やえびけた網漁業によってホッコアカエビやトヤマエビなどが年間2,700～3,000トン漁獲されており、このうちホッコアカエビは80～90%を占めている。しかし、近年における本海域のホッコアカエビの漁獲量は1985年の3,500トンから1990年の2,400トンに減少しており、資源水準の低下が危ぶまれている。

日本海北海道沖の本種については、増毛沖では倉田(1957)、石狩湾沖では小島ら(1969)、留萌沖では依田(1984)による報告があり、生活史の概要が推定されているが、成長と年齢の関係や一生における産卵回数について疑問な点があった。そこで、ホッコアカエビの生態について調査を行った結果、従来の報告とは異なった知見を得たので報告する。

調査にあたり標本の提供にご協力をいただいた羽幌、苫前、留萌のえびかご漁業者および各漁業協同組合の関係者に謝意を表する。

材 料 と 方 法

材料として用いたホッコクアカエビの標本は、日本海北海道沖の武蔵堆周辺海域 (Fig.1) で操業する留萌支庁管内のえびかご漁業とえびけた網漁業の漁獲物、および稚内水産試験場調査船北洋丸によるトロール調査の採集物から抽出した。えびかご漁獲物からの標本は大・中・小の銘柄別に約 1.5 kg ずつ抽出し、1989 年 6 月から 1991 年 6 月まで 1～3 か月ごとに各月 1～3 回、合計で 24 回抽出した。えびけた網漁獲物からは 1990 年 11 月、12 月、および 1991 年 3 月に大・小の銘柄別に約 1 kg ずつ 3 回抽出した。また、トロール調査による標本は、1 曳網ごとの採集物から約 2～3 kg を無作為に抽出し、1990 年 5 月、7 月、9 月および 1991 年 6 月に合計で 12 回抽出した。

標本はすべて凍結保存し、後日実験室において室温で解凍した後測定を行った。測定項目は、甲長 (頭胸甲長)、体重、性別、卵巢重量、および抱卵の状態である。甲長はノギスを用いて眼窩後端から頭胸甲の背面後端までを 0.1 mm 単位で測定した。性は RASMUSSEN (1953) と倉田 (1957) に準じ、第 1 腹肢内肢の形状によって判別したが、未成年と雌は区別しなかった。また、第 1 腹肢内肢の形状が性転換個体のものは、卵巢が青色を呈し成熟間近と思われるものでも性転換個体とした。雌については抱卵状態から生活周期を区分し、抱卵していない個体 (非抱卵雌) と抱卵している個体 (抱卵雌)、および卵から幼生をふ化させた直後で腹肢にてん絡糸のある個体 (ふ化済み雌) に分けた。さらに、抱卵雌の卵については発眼の有無を確認した。

性転換個体と雌については、卵巢重量と体重の測定値から成熟度指数 ($GSI: 100 \times \text{卵巢重量} / \text{体重}$) を計算し、月ごとに性転換群と雌の生活周期 (非抱卵雌・抱卵雌・ふ化済み雌) 別の最小値・平均値・最大値を求めた。また、発眼卵を持つ雌の出現率 (発眼卵抱卵雌の尾数 / 抱卵雌の尾数) とふ化済み雌の出現率 (ふ化済み雌の尾数 / 発眼卵抱卵雌とふ化済み雌の尾数) を月別に計算した。さらに、甲長の測定結果から、標本ごとに发育段階別の甲長組成を集計した。この場合、脱皮前のふ化済み雌は抱卵雌に含めた。標本を漁獲物から銘柄別に抽出した場合は、銘柄別の標本重量と標本を抽出した際の 1 放し 400 かご、または 1 曳網当りの銘柄別漁獲量によって引きのばし、漁獲物における甲長組成を求めた。

結 果

成熟度指数、発眼率、およびふ化率

性転換群と雌の生活周期別の成熟度の月変化を Fig.2 に示す。性転換個体は 7 月から 1 月まで出現したが、その成熟度指数は 9 月まで平均値で 1 未満と低いが、11～12 月頃から増加して 2 以上の値を示し、1 月に最大となった。非抱卵雌の成熟度指数は性転換個体と同様な形で増加し、平均値は 3 月にピークに達して 5～6 の値となり、4 月には急激に減少して 1～2 となった。一方、抱卵雌の成熟度指数は年間通して 1 未満の低い値を示していた。ふ化済み雌は 3～4 月にだけ出現したが、その成熟度指数は抱卵雌と同様に低い値を示していた。

発眼卵を持つ雌の出現率 (発眼率) とふ化済み雌の出現率 (ふ化率) の月変化を Fig.3 に示す。抱卵雌はほとんど一年中みられ、発眼の開始は 10 月で、11 月には抱卵雌の半数以上が発眼卵を抱いており、12～3 月はほぼすべての卵が発眼していた。しかし、4～9 月には全く発眼卵はみられなかった。また、発眼卵抱卵雌が出現する 10 月以降でふ化済み雌がみられたのは 3～4 月であるので、ふ化済み雌の出現率は 1 月まで 0% で 3～4 月にはほぼ 100% となっている。

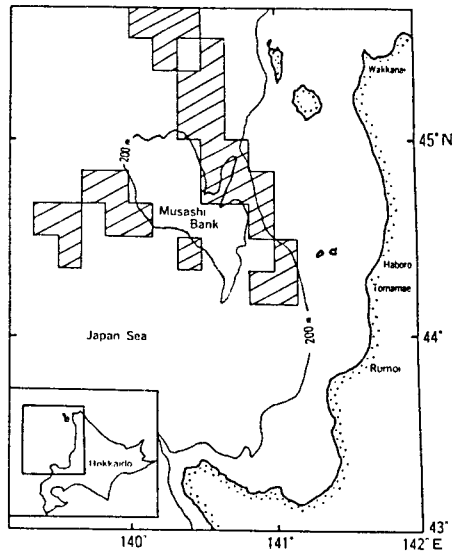


Fig.1. Map of the sampling area (striped portions).

甲長組成

漁獲物から抽出した標本の甲長組成における甲長の範囲とモードをTable 1に示し、トロール調査で採集した標本についてはTable 2に示した。Fig.4は、えびかごおよびえびけた網漁獲物について求めた甲長組成の中から各月1回分ずつを雄、性転換、および非抱卵雌に区別して示したものである。調査期間全体を通して、雄の甲長範囲は15~29mm、性転換群は20~29mm、非抱卵雌は22~35mm、抱卵雌およびふ化済み雌は22~34mmであった。分布の形は、雄では複数のモードからなる多峰形を示す場合が多いが、性転換群の分布はほとんど単峰形でモードは24~25mmではば一定していた。非抱卵雌の分布には単峰形と多峰形があり、モードは一定していないが、抱卵雌の分布におけるモードは25~26mmが多かった。

Fig.5に1990年7月と1991年6月に行ったトロール調査による雄の甲長組成の例を示した。Fig.4のえびかごやえびけた網の漁獲物には甲長15mm未満の個体は含まれないが、トロール調査では7mmから採集されており、9~11mmと15mmにもモードがみられた。

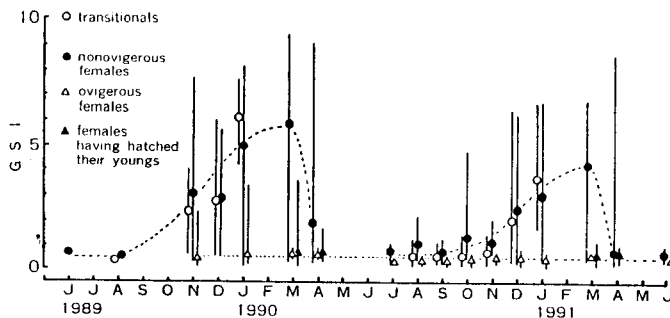


Fig.2. Seasonal variation in gonad-somatic indexes (GSI). The symbols and vertical lines indicate mean values and range of GSI. GSI was calculated as $(100 \times \text{gonad weight} / \text{body weight})$.

考 察

生殖周期

Fig.2とFig.3を基にして生殖周期について次のように推定した。性転換群と非抱卵雌の成熟度指数は11～12月から増加し、3月から4月にかけて急激に減少することから、産卵は4月に集中して行われている。このことは3～4月における発眼率の変化とも一致している。すなわち3月に抱卵されている卵はふ化間近の発眼卵がほとんどであるのに対し、4月になると発眼卵は見られなくなり、産出直後と思われる未発眼卵が大部分となっている。産卵を終えた雌は抱卵雌となり、卵は10月から発眼が始まる。ふ化済み雌が3～4月にみられるため、ふ化期は2～3月が中心である。従って、抱卵期間は4月から翌年の2～3月までの10～11か月となる。また、抱卵雌とふ化済み雌の成熟度指数が低いまま推移していることから、ふ化直後に2年連続して産卵することはないといえる。

本研究では7月から1月まで性転換個体がみられたため、武蔵堆周辺を中心とする日本海北海道沖におけるホッコクアカエビの性転換開始時期は、第1腹肢内肢の形態変化から判断すると7月と考えられる。北海道日本海産のホッコクアカエビの生態について、性転換の時期は増毛沖で夏～冬(倉田 1957)、留萌沖で9月以降(依田 1984)と報告されており、本研究は倉田(1957)とほぼ同じ結果であるが、依田(1984)の結果とは異なる。これは依田(1984)の調査時期が2～5月と9月だけであったためと思われる。なお、北海道周辺の他の海域における性転換開始時期は、太平洋の釧路沖で9月(桜井ら 1961)、オホーツク海の北見沖で9月(岩本ら 1961)と報告されており、本海域よりやや遅いことになる。また、日本海の本州沖では、5月(伊東 1976)、春(山田ら 1976)、4月(日本海ホッコクアカエビ研究チーム1989)と報告されており、本海域よりやや早い。

本海域における産卵期は4月が中心であると推定された。このことは従来の報告(倉田1957、依田 1984)とほぼ同様である。これは北海道の太平洋沖における6～7月(桜井ら 1961、阿部 1967、林 1967)や、オホーツク海沖の5～8月(岩本ら 1961、網走水試 1971)より早い、日本海本州沖の2～5月(伊東

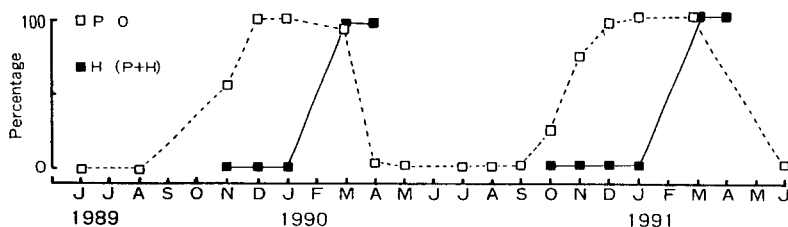


Fig. 3. Seasonal variation in percentage of females bearing pigmented eggs (P/O) and of females having hatched their young (H/(P+H)).

P; number of females bearing pigmented eggs

O; number of ovigerous females

H; number of females having hatched their youngs

1976)、2～4月(福井水試 1987、石川水試 1988、日本海ホッコクアカエビ研究チーム 1989)より遅く、4～5月(山田ら 1976)とほぼ同時期である。

本海域におけるふ化期は2～3月が中心と推定された。これは倉田(1957)や依田(1984)とほぼ同じ結

Table 1. Ranges and modes in carapace length frequency distributions of pink shrimp sampled from commercial catches.

Sample no.	Date	males		transitionals		nonovigerous females		ovigerous females	
		range	mode	range	mode	range	mode	range	mode
		(mm) min-max	(mm)	(mm) min-max	(mm)	(mm) min-max	(mm)	(mm) min-max	(mm)
1	13 June 1989	16-28	17, 22			23-33	26, 32	24-30	25, 29
2	24 Aug. 1989	19-26	22, 23	22-28	25	24-31	26, 30	23-32	25, 29
3	24 Aug. 1989	17-26	23	23-28	24	25-30	25	23-28	23, 25
4	24 Aug. 1989	17-27	18, 20, 22	21-29	24	24-34	27, 32	23-33	25, 31, 32
5	9 Nov. 1989	20-27	20, 23	23-28	25	25-31	28	23-30	26
6	9 Nov. 1989	18-28	18, 20, 25	24-29	27	26-32	28	25-33	26
7	27 Dec. 1989	16-27	20, 23	23-27	25	22-28	25	23-31	25
8	29 Jan. 1990	19-28	20, 23, 27	22-29	25	22-33	26, 32	24-30	26
9	22 Mar. 1990	16-26	17, 20, 23, 25			23-27	24	22-31	24, 26
10	22 Mar. 1990	17-27	24			23-29	25	22-33	25, 29
11	19 Apr. 1990	18-27	21, 24			24-33	26, 30, 31, 32	24-33	26, 31, 32
12	19 Apr. 1990	15-28	15, 19			23-31	26	22-33	25, 26, 29
13	19 Apr. 1990	15-27	15, 24			24-32	26	24-31	26
14	19 July 1990	15-28	22, 24	24-27	24	23-31	26	23-32	26
15	19 July 1990	15-27	21, 24	22-27	24	24-35	26, 31	24-32	27
16	30 Aug. 1990	19-28	23	23-28	25	25-30	26	24-30	26
17	1 Sep. 1990	20-27	23	20-29	24	24-33	26, 32	23-32	26
18	21 Oct. 1990	20-27	20, 22	21-28	24	23-33	28	22-28	22, 25, 27
19	21 Oct. 1990	18-26	22	22-28	25	24-32	26, 28	24-31	25
20	16 Nov. 1990	17-26	22	22-29	24, 25	23-32	23, 28	25-33	27, 32
21	11 Dec. 1990	17-27	19, 23	24-28	24	23-30	26	23-30	26
22	11 Dec. 1990	16-26	20, 22	22-27	25	22-34	26, 28, 33	24-28	25
23	Jan. 1991	17-27	21, 26	23-28	25	22-30	26	23-33	26, 31
24	14 Mar. 1991	21-25	21, 24			24-28	24, 25, 27	22-31	26
25	27 Mar. 1991	15-29	19, 21, 28			23-29	25, 28	23-32	26, 31
26	29 Apr. 1991	16-27	20, 26			22-30	22, 26	23-27	26
27	16 June 1991	19-26	21, 24			24-32	26	23-28	23, 27

果である。なお、太平洋北海道沖では2～4月（桜井ら 1961、阿部 1967、林 1967）と推定されているが、オホーツク海沖では6月まで（岩本ら 1961）、3～4月（網走水試 1971）と若干異なる結果も得られている。また、日本海本州沖では2～4月（伊東 1976）、12～3月（山田ら 1976）、1～3月（福井水試 1987、日本海ホッコクアカエビ研究チーム 1988）および2～3月（新潟水試 1990）と推定されており、本海域より早く始まり、長期間にわたる傾向がある。

本邦以外の海域での産卵期とふ化期についてみると、北米太平洋岸のブリティッシュコロンビアでの産卵期は11月から始まり、ふ化は3月に終了する（BUTLER 1964）。北海の英国ノーサンバーランド沖での産卵期は10～12月でふ化期は3～4月である（ALLEN 1959）。北極海のスピッツベルゲンでの産卵期は7～9月で、ふ化期は4～6月と推定されている（RASMUSSEN 1953）。このように、産卵とふ化の時期は海域によって異なっており、抱卵期間もさまざまであるが、本海域の10～11か月という抱卵期間は他の海域と比較すると最も長いといえる。この抱卵期間が長いということは日本海産ホッコクアカエビの特徴と考えられる。

次に、産卵生態における日本海産ホッコクアカエビの2番目の特徴として、本研究でも明らかになった隔年産卵が挙げられる。このことを最初に報告したのは倉田（1957）で、小島ら（1969）と依田（1984）も同様の結果を得ている。北海道の太平洋沖では1回目のふ化を終えた直後にも産卵することが報告されている

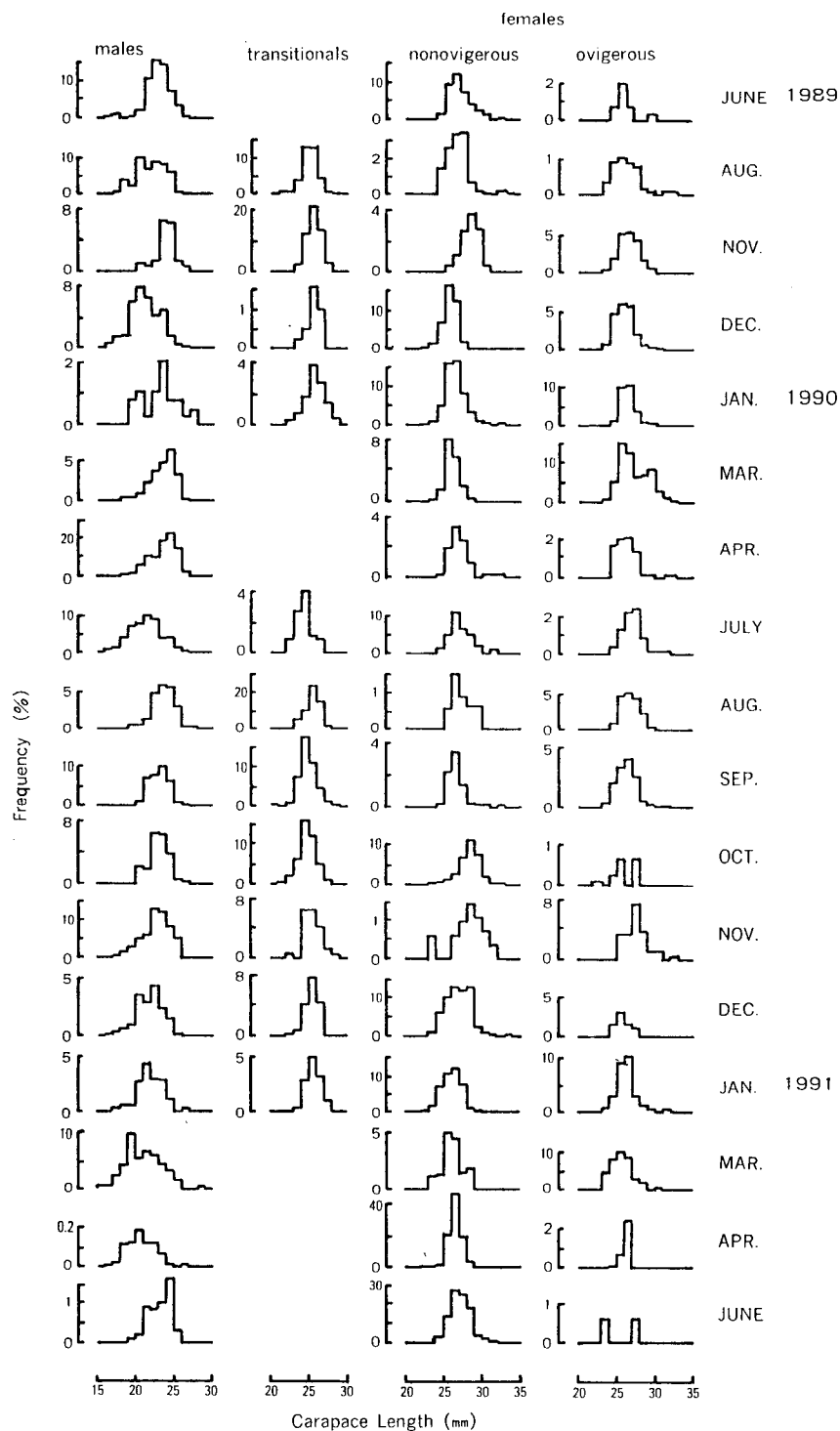


Fig.4. Carapace length frequency distributions of shrimp sampled from commercial catches.

Table 2. Ranges and modes in carapace length frequency distributions of pink shrimp sampled

Sample no.	Date	No. of specimens	males and juveniles		transitionals		nonovigerous females		ovigerous females	
			range	mode	rang	mode	range	mode	range	mode
			(mm) min - max	(mm)	(mm) min - max	(mm)	(mm) min - max	(mm)	(mm) min - max	(mm)
1	16 May 1990	791	11-26	11, 20			24-28	26	23-28	26
2	10 July 1990	340	15-25	19, 23	24-27	25	25-32	27, 30	23-33	25, 32
3	10 July 1990	240	11-28	11, 15, 19, 21, 24, 27			25-34	27, 30, 31	24-34	26, 33
4	11 July 1990	240	12-26	15, 19, 24			27-29	27, 28	23-29	26
5	12 July 1990	178	13-27	15, 16, 19, 22, 23			24-28	27	22-33	22, 25, 32
6	12 July 1990	228	12-26	14, 20, 24	24-28	25	25-28	27	24-33	25, 30, 32
7	11 Sep 1990	290	13-25	15, 20	22-28	25	24-31	24, 28, 30	23-33	25, 30
8	11 Sep 1990	340	13-27	19, 21	23-28	25	25-34	26, 31	24-31	26, 29
9	12 Sep 1990	360	14-27	16, 19	22-28	25			23-32	25, 30
10	18 June 1991	760	10-28	10, 18, 21			23-31	27, 30	24-30	25
11	19 June 1991	332	13-27	13, 18, 23			24-34	27, 33	24-33	26, 31, 32
12	20 June 1991	16	7-21	7, 9, 11, 15, 16, 18, 20						

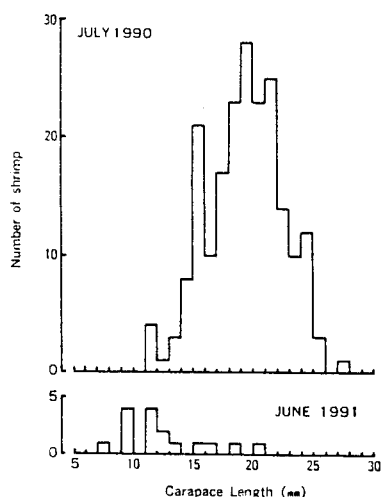


Fig. 5. Carapace length frequency distributions of males and juveniles sampled from trawl surveys.

(林 1967、阿部 1967)。また、オホーツク海北海道沖のホッコクアカエビには、隔年産卵するものと連続産卵するものの両タイプが含まれていることが示唆されている(岩本ら 1961、網走水試 1971)。日本海本州沖では隔年産卵することが山田ら (1976) によって推定されており、石川水試 (1987) や日本海ホッコクアカエビ研究チーム (1989) も同様の報告をしている。

しかし、本邦以外の海域で隔年産卵の可能性が指摘されているのは、スピッツベルゲン (RASMUSSEN 1953)、西カムチャッカ沖 (北野ら 1978)、アラスカ湾およびベーリング海 (イワノフ 1964) など一部の海域に限られている。

成長と年齢

ホッコアカエビの年齢は直接査定することが困難なため、甲長組成と性徴を検討することによる間接的な方法が一般に用いられている (SHUMWAY *et al.* 1985)。ここではホッコアカエビの成長について検討するため、漁獲物とトロール調査によるすべての標本の甲長組成を用いて、各発育段階および生活周期の各段階における甲長の範囲とモードに着目した。Fig.6はTable 1とTable 2に示したすべての標本の甲長組成から雄、性転換群、非抱卵雌および抱卵雌（ふ化済み雌を含む）の甲長範囲とモードの出現回数を月別に示したものである。Fig.6においてモードの出現頻度が高い甲長は、ある年齢群の甲長を代表すると仮定した。さらに、Fig.2とFig.3から推定された生殖周期を考慮して年齢群の分離を行った。

ホッコアカエビは雌性先熟の雌雄同体であり、雄として成熟してから性転換期を経て雌になることから、性転換が一定の年齢で起これば、同一時期にみられる雄と雌は異なる年齢群である。また、雌になってから2年続けて産卵することはないとすると、生涯に2回以上産卵する場合は非抱卵雌、抱卵雌、ふ化済み雌の段階を繰り返すことになる。つまり、生活周期の各段階に複数の年齢群が含まれる場合は、それらの年齢が2年間隔となる。

まず、Fig.4とFig.6をみると性転換個体の甲長範囲は他の発育段階よりも小さく、分布の形は単峰形でモードの位置が24~25mmではほぼ一定していることから、性転換群は単一年齢群とみなせる。

次に、性転換前の雄の甲長範囲は7~29mmまであり、同一月に複数のモードが出現しているの、雄には複数の年齢群が含まれていると考えられる。性転換群が7月から甲長25mm前後で出現していることを考慮すると、3~7月の24mmを中心としたモードは雄におけるほぼ最大のモードであることから、その年に性転換する年齢群を示していると考えられる。また、3月に21mm前後、10~12月に22mmとなる年齢群は翌年に性転換するものと思われる。同様に順次若齢の年齢群を分離すると、3月に18mm前後で12月に20mmとなる年齢群、4月に15mm前後で9月に16mm前後となる年齢群、そして5~7月に10mm前後にみられるモードが最小の年齢群である。10mm前後の採集尾数は少ないが、産卵生態や生息環境が本海域と類似している日本海本州沖での満1歳の甲長が9mm (石川水試 1988)、さらに飼育結果を参考にして満1歳の甲長が8~9mm (日本海ホッコアカエビ研究チーム 1989)と推定されていることから、本海域において5~7月にみられる10mm前後の年齢群の年齢は満1歳と考えられ、従って性転換群は満5歳半と推定される。

雌の年齢群についてみると、3月における甲長25mm前後の非抱卵雌は前年の性転換群（甲長24~25mm）が雌の形態に変化したもので、成熟度が高いこと (Fig.2) から、4月に初回産卵する年齢群と見なせる。また、26mm前後にモードがある抱卵雌は初回抱卵群で、抱卵中は脱皮・成長しないことから、モードの位置はほとんど変化していない。初回抱卵群が2月にふ化を終えると再び非抱卵雌となって4月の26mmから翌年3月の29mm前後まで成長する。2回目の産卵を行った抱卵雌のモードは明瞭ではないが、非抱卵雌に31mm前後のモードがあることから、29mmの抱卵雌が2回目の抱卵群であると考えられる。また、32mm前後にも抱卵雌のモードがあり、一生における産卵・抱卵は3回と推定できる。32mmを越える非抱卵雌のモードはほとんどみられないので、3回目のふ化を終えると寿命を迎えると思われる。性転換個体の年齢を5.5歳と推定すると、初回産卵は満6歳で行われ、7歳でふ化を終える。産卵は1年おきのため、3回目の産卵は満10歳であり、最後のふ化を終える11歳が寿命と考えられる。

以上のように推定した成長と年齢の関係から各年級群の成長過程をFig.6に破線で示した。また、この成長過程が平均的なものであるとして、成長曲線をFig.7に示した。

日本海北海道沖のホッコアカエビの成長と年齢に関するこれまでの報告 (倉田 1957、小島ら 1969、依田 1984)によると、性転換年齢は甲長が25mm前後となる2.5歳で、その後1年おきに2回産卵して寿命は6.5歳と推定されていた。ところが本研究では、性転換期の甲長は従来の知見と同じ24~25mmであるが、その年齢は5.5歳、また、雌となってから3回の産卵・ふ化を行うと考えられたことから寿命は11歳と推定した。すなわち、性転換前に3年、雌になってから2年ほど寿命が長い結果になった。これは従来の報告で用い

た標本に甲長15mm以下の小型個体が含まれていなかったため、若齢の年齢群を見落とした結果と考えられる。

産卵生態が本海域のものと同様である日本海本州沖のホッコアカエビは、性転換年齢が伊東 (1976) や山田ら (1976)、および石川水試 (1987) によって3.5～4歳と報告されていた。しかし、その後小型個体が採集されるようになってから成長と年齢に関する知見が整理され、雄から雌への性転換は5.5歳で行われるが一部には1年早いものや1年遅いものも含まれること、さらに隔年で3回産卵して寿命が11年であることが明らかになってきた (石川水試 1988、日本海ホッコアカエビ研究チーム 1989、新潟水試 1990、山形水試 1990)。従って、日本海本州沖における最近の推定結果と本研究とはほぼ同様であり、成長と年齢に関しては本州沖と北海道沖で大きな違いはないと考えられる。

APOLLONIO *et al.* (1986) は、10海域におけるホッコアカエビの初回産卵年齢を比較し、スピッツベルゲンと西グリーンランドが6年で最も高年齢で産卵することを示しているが、本海域のエビはこれら両海域とともに雌として成熟するのが最も遅いと考えられる。さらに、寿命に関しては7.5年を超えるものはまれであり (SHUMWAY *et al.* 1985)、本海域の11年は SKÚLADÓTTIR (1981) の報告した11.8年とならんで最も長寿のグループに属する。

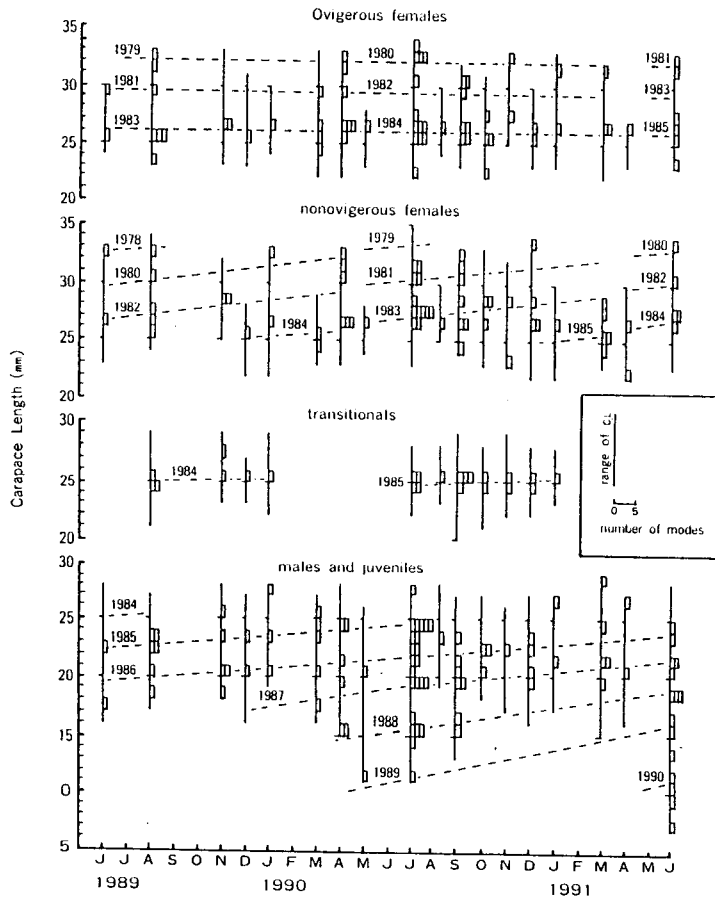


Fig. 6. Seasonal variation in frequency distributions of number of modes in carapace length (CL) frequency distributions. Vertical lines indicate ranges of CL. Dashed curves indicate estimated growth curves of year classes.

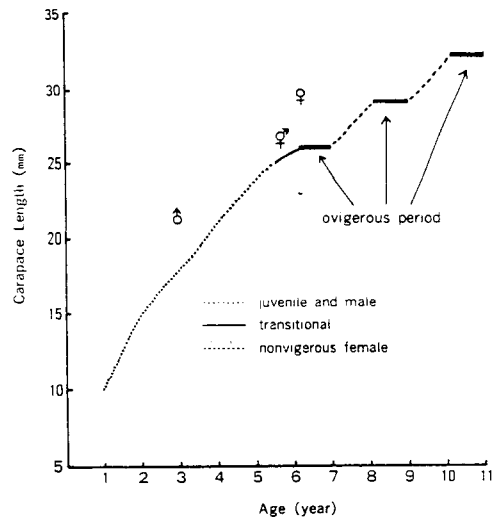


Fig.7. Growth curve of pink shrimp in Japan Sea off Hokkaido, Japan.

要 約

1986年6月から1991年6月にかけて、日本海北海道沖の武蔵堆周辺海域におけるホッコアカエビの生殖周期および成長と年齢について検討し、以下のとおり推定した。

1. 性転換は7月に始まり、産卵期は4月が中心、ふ化期は2～3月が中心、抱卵期間は10～11か月である。
2. おおよその甲長は、満1歳で10mm、2歳は15mm、3歳は18mm、4歳は21mm、5歳は24mmで、25mm前後となる5.5歳で性転換する。
3. 満6歳で初回産卵して甲長26mm前後の抱卵雌となり、7歳でふ化を終えると1年間非抱卵雌で過ごし、8歳になってから甲長29mmで2回目の抱卵雌となる。
4. 9歳でふ化を終え、10歳になってから甲長32mm前後で3回目の抱卵雌となり、ふ化を終える11歳が寿命である。
5. 他の海域と比較すると、本海域のホッコアカエビは雌として成熟する年齢が最も遅く、抱卵期間が長い。また、隔年で産卵することと寿命が長いことが特徴的である。

文 献

- 網走水産試験場 (1971) 網走管内沖合のエビ資源 25p.
 阿部晃治 (1967) 道東太平洋 (ホッコアカエビ) 昭和36～40年度実施、北海道沿岸漁業資源調査並びに漁業経営試験報告書 297～304 北水試
 ALLEN, J. A. (1959) On the biology of *Pandalus borealis* Krøyer, with reference to

- a population off the Northumberland coast. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 38:189-220
- APOLLONIO, S., D. K. STEVENSON, and E. E. DUNTON (1986) Effects of temperature on the biology of the northern shrimp, *Pandalus borealis*, in the Gulf of Maine. U. S. Dep. Commer., *NOAA Tech. Rep. NMFS* 42, 22 p.
- BUTLER, T. H. (1964) Growth, reproduction, and distribution of Pandalid shrimps in British Columbia. *J. Fish. Res. Board Can.* 21:1403-1452
- 福井県水産試験場 (1987) 昭和61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 (ホッコクアカエビ資源) 35 p.
- 林 清 (1967) 襟裳岬以西太平洋 (ホッコクアカエビ) 昭和36~40年度実施 北海道沿岸漁業資源調査並びに漁業経営試験報告書 290-296 北水試
- 石川県水産試験場 (1987) 昭和61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 (ホッコクアカエビの生態と資源管理に関する研究) 41 p.
- 石川県水産試験場 (1988) 昭和62・63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 (ホッコクアカエビの生態と資源管理に関する研究) 77 p.
- 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
- 岩本 薫・山本正義・佐々木 昭 (1961) エビ漁場調査報告書 北見沖合 昭和35年度 北水試網走支場 125 p.
- イワノフ、ベ、ゲ、 (1964) アラスカ湾およびベーリング海における冬期のエビの生態と分布について 松下友成訳 (1965) ソ連北洋漁業関係文献集 68 33-52 北洋資源研究協議会
- 北野 裕・依田 孝 (1978) 西カムチャッカ沖のホッコクアカエビ資源とその開発過程 北水研報告 43 1-20
- 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
- 小島伊織・依田 孝・上野達治 (1969) 石狩湾沖のエビの漁場と生態 北水試報 11 30-40
- 新潟県水産試験場 (1990) 平成元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 (ホッコクアカエビ資源) 46 p.
- 日本海ホッコクアカエビ研究チーム (1989) 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中間報告書 (ホッコクアカエビの生態と資源管理に関する研究) 福井水試、石川水試、新潟水試、山形水試 91 p.
- RASMUSSEN, B. (1953) On the geographical variation in growth and sexual development of the deep sea prawn (*Pandalus borealis* Kr.). *Rept. Norwegian Fish. Mar. Invest.* 10 (3) 160 p.
- 桜井基博・鈴木梅二・佐々木武男 (1961) エビ漁場調査報告書 釧路地方 昭和33・34・35年度 北水試釧路支場 258 p.
- SHUMWAY, S. E., H. C. PERKINS, D. F. SCHICK, and A. P. STICKNEY (1985) Synopsis of biological data on the pink shrimp, *Pandalus borealis* Krøyer, 1838. FAO Fish. Synop. 144, U. S. Dep. Commer., *NOAA Tech. Rep. NMFS* 30, 57 p.
- SKÚLADÓTTIR, U. (1981) The deviation method. A simple method for detecting year-classes of a population of *Pandalus borealis* from length distributions. In Proceedings of the International Pandalid Shrimp Symposium, Kodiak, Alaska, February 13-15, 1979, 283-306. Univ. Alaska, *Sea Grant Rep.* 81-3
- 山形県水産試験場 (1990) 平成元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 (ホッコクアカエビの生態と資源管理に関する研究) 71 p.

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

依田 孝（1984） 留萌沖のエビ漁業とその資源 第2報 ホッコクアカエビの生活に関する二・三の
知見 北水試月報 41 119-132