

北 水 試 研 報

Sci. Rep.

Hokkaido Fish. Exp. Strn.

CODEN :HSSHEE

ISSN : 0914 - 6830

# 北海道立水産試験場研究報告

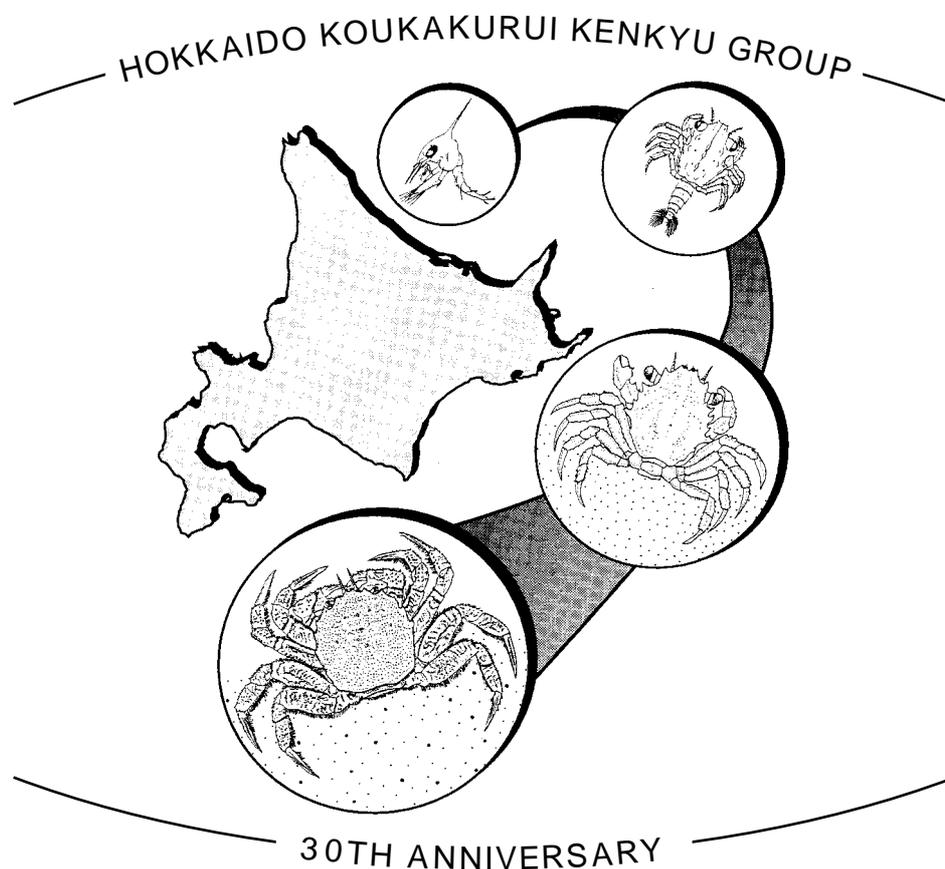
第 55 号

SCIENTIFIC REPORTS

OF

HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No.55



北海道立中央水産試験場

北海道余市町

1999年3月

Hokkaido Central Fisheries  
Experimental Station

Yoichi, Hokkaido, Japan

March, 1999

北海道立水産試験場は、次の機関をもって構成されており、北海道立水産試験場研究報告は、これらの機関における研究業績を登載したものである。

## 北海道立水産試験場

北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)	046 - 8555 余市郡余市町浜中町238 (Yoichi, Hokkaido 046 - 8555, Japan)
北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	042 - 0932 函館市湯川町1 - 2 - 66 (Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042 - 0932, Japan)
北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	051 - 0013 室蘭市舟見町1 - 133 - 31 (Funami - cho, Muroran, Hokkaido 051 - 0013, Japan)
北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)	085 - 0024 釧路市浜町2 - 6 (Hama - cho, Kushiro, Hokkaido 085 - 0024, Japan)
北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	099 - 3119 網走市鱒浦31 (Masuura, Abashiri, Hokkaido 099 - 3119, Japan)
北海道立網走水産試験場紋別支場 (Monbetsu Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	094 - 0011 紋別市港町7 (Minato - machi, Monbetsu, Hokkaido 094 - 0011, Japan)
北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)	097 - 0001 稚内市末広4 - 5 - 15 (Suehiro, Wakkanai, Hokkaido 097 - 0001, Japan)
北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture)	041 - 1404 茅部郡鹿部町字本別539 - 112 (Shikabe, Hokkaido 041 - 1404, Japan)

# 北海道立水産試験場研究報告

## 第 55 号

### 目 次

佐々木 潤 道東太平洋におけるケガニの生殖周期 .....	1 - 27
佐々木 潤, 桑原康裕 ケガニの齡期判別法と成長 .....	29 - 67
桑原久実, 水島敏博 オホーツク海のケガニ浮遊幼生の動態に関する基礎研究 .....	69 - 77
高柳志朗, 宇藤 均, 依田 孝, 上田吉幸 噴火湾および周辺海域におけるケガニおよびクリガニ浮遊幼生の分布 .....	79 - 87
依田 孝, 高柳志朗, 宇藤 均, 上田吉幸 噴火湾におけるケガニ ( <i>Erimacrus isenbeckii</i> ), クリガニ ( <i>Telmessus cheiragonus</i> ) 幼生の鉛直分布と日周移動 .....	89 - 96
上田吉幸, 高柳志朗, 宇藤 均, 依田 孝 噴火湾周辺海域におけるケガニ ( <i>Erimacrus isenbeckii</i> ), クリガニ属 ( <i>Telmessus</i> ) 幼生の出現盛期 .....	97 - 103
水島敏博 室内飼育によるケガニおよびクリガニの稚ガニの成長 .....	105 - 107
宇藤 均, 高柳志朗, 上田吉幸 噴火湾におけるケガニおよびクリガニ稚ガニの分布 .....	109 - 113
佐々木正義, 田中伸幸, 上田吉幸 1991年秋季における噴火湾及び胆振太平洋沿岸域の雄ケガニの分布特性と 海洋構造の関係 .....	115 - 122

三原栄次，佐々木正義 標識放流試験からみた道南太平洋の成体雄ケガニの移動 .....	123 - 130
西内修一 ケガニかごの雄ケガニに対する網目選択性 .....	131 - 139
阿部晃治 ケガニの資源管理の問題 .....	141 - 153
佐々木 潤，吉田英雄 道東太平洋岸潮間帯におけるハナサキガニ <i>Paralithodes brevipes</i> の初期成長 .....	155 - 160
鳥澤 雅，河野象威，坂本樹則，博田 功 ハナサキガニの初期成長 .....	161 - 167
佐々木 潤，栞原康裕 根室半島の潮間帯におけるハナサキガニの食性 .....	169 - 172
渡辺安廣・丸山秀佳 道南太平洋海域におけるオオズワイガニの成長 .....	173 - 183
前田圭司，西内修一 石狩湾におけるホッコクアカエビの鉛直分布（英文） .....	185 - 196
水島敏博，高谷義幸 ホッカイエビ幼生の分布と発生量の年変動 .....	197 - 205
鳥澤 雅，西内修一，三橋正基，永井雄幸 石狩湾におけるシャコ <i>Oratosquilla oratoria</i> (De Haan) の巣穴分布と底質 .....	207 - 216
依田 孝 小樽東部海域におけるシャコ ( <i>Oratosquilla oratoria</i> ) の移動回遊 .....	217 - 226

SCIENTIFIC REPORTS  
OF  
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 55

CONTENTS

Jun SASAKI Reproductive cycle of the hair crab, <i>Erimacrus isenbeckii</i> (BRANDT) (Crustacea : Decapoda : Brachyura), in the northwestern North Pacific off Hokkaido .....	1 - 27
Jun SASAKI and Yasuhiro KUWAHARA A growth model of the hair crab, <i>Erimacrus isenbeckii</i> (BRANDT) (Crustacea : Brachyura : Decapoda): Apprication of morphological methods and innovatory statistical methods for identification of crab instars ..	29 - 67
Hisami KUWAHARA and Toshihiro MIZUSHIMA Study on the distribution of hair crab <i>Erimacrus isenbeckii</i> , larvae in the Sea of Okhotsk .....	69 - 77
Shiro TAKAYANAGI, Hitoshi UTOH, Takashi YORITA and Yoshiyuki UEDA Distibution and abundance of larvae of the atelecyclid crabs, <i>Erimacrus isenbeckii</i> (BRANDT) and <i>Telmessus cheiragonus</i> (TILESIUS) in Funka bay and adjacent waters during April to early June 1989-1992 ...	79 - 87
Takashi YORITA, Shiro TAKAYANAGI, Hitoshi UTOH and Yoshiyuki UEDA Diurnal changes in the vertical distributions of larvae of the atelecyclid crabs, <i>Erimacrus isenbeckii</i> and <i>Telmessus cheiragonus</i> in Funka Bay, Hokkaido .....	89 - 96
Yoshiyuki UEDA, Shiro TAKAYANAGI, Hitoshi UTOH and Takashi YORITA Appearance period of larvae of <i>Erimacrus isenbeckii</i> and <i>Telmessus</i> spp. in adjacent waters of Funka Bay, Hokkaido .....	97 - 103
Toshihiro MIZUSHIMA Growth of juveniles of two species of Atelecyclidae, <i>Erimacrus isenbeckii</i> (Brandt) and <i>Telmessus cheiragonus</i> (Tilesius) (Decapoda, Brachyura) reared in the laboratory .....	105 - 107
Hitoshi UTOH, Shiro TAKAYANAGI and Yoshiyuki UEDA Distribution of juvenile Atelecyclid crabs, <i>Erimacrus isenbeckii</i> (BRANDT) and <i>Telmessus cheiragonus</i> (TILESIUS)in Funka Bay, southern Hokkaido .....	109 - 113
Masayoshi SASAKI, Nobuyuki TANAKA and Yoshiyuki UEDA Relationship between the oceanic structure and distribution of male hair crabs <i>Erimacrus isenbeckii</i> in the coastal waters of southeastern Hokkaido, fall 1991 .....	115 - 122

Eiji MIHARA and Masayoshi SASAKI	
Migration of adult hair crab, <i>Erimacrus isenbeckii</i> , in the coastal waters of southwestern Hokkaido observed by tagging experiments .....	123 - 130
Shuichi NISHIUCHI	
Mesh selectivity of hair crab pots for male hair crabs ( <i>Erimacrus isenbeckii</i> ) .....	131 - 139
Koji ABE	
Problem of the resource management of the hair crab, <i>Erimacrus isenbeckii</i> , in Hokkaido .....	141 - 153
Jun SASAKI and Hideo YOSHIDA	
Growth on the juvenile Hanasaki crabs, <i>Paralithodes brevipes</i> (Lithodidae, Anomura, Decapoda), at the littoral zone near the Rosoku-Rock in Buyuma, Kushiro Town, Hokkaido, Japan .....	155 - 160
Masaru TORISAWA, Shouji KOHNO, Kinori SAKAMOTO and Isao HAKATA	
Growth in the Early Life Stage of the Spiny King Crab <i>Paralithodes brevipes</i> (Decapoda, Anomura) in the Pacific Ocean off the Coast of the Eastern Hokkaido .....	161 - 167
Jun SASAKI and Yasuhiro KUWAHARA	
Stomach contents of the Hanasaki crab, <i>Paralithodes brevipes</i> (Lithodidae, Anomura, Decapoda) sampled from the littoral zone off Nemuro Peninsula .....	169 - 172
Yasuhiro WATANABE and Shuka MARUYAMA	
Growth of the Tanner crab, <i>Chionoecetes bairdi</i> RATHBUN, on the Pacific coast of southern Hokkaido .....	173 - 183
Keiji MAEDA and Shuichi NISHIUCHI	
Vertical distribution of the Pacific pink shrimp, <i>Pandalus eous</i> Makarov, in Ishikari Bay, Sea of Japan .....	185 - 196
Toshihiro MIZUSHIMA and Yoshiyuki TAKAYA	
Annual changes in distribution and abundance of larvae of grass shrimp, <i>Pandalus latirostris</i> (Decapoda, Pandalidae) .....	197 - 205
Masaru TORISAWA, Shuichi NISHIUCHI, Masaki MITSUHASHI and Yukou NAGAI	
Distribution of burrows of the Japanese mantis shrimp <i>Oratosquilla oratoria</i> (De Haan) and sand types in Ishikari Bay, Hokkaido, Japan .....	207 - 216
Takashi YORITA	
Migration of the mantis shrimp, <i>Oratosquilla oratoria</i> , on the east coast of Otaru, Sea of Japan .....	217 - 226

# 道東太平洋におけるケガニの生殖周期

佐々木 潤 \*

Reproductive cycle of the hair crab, *Erimacrus isenbeckii* (BRANDT)  
(Crustacea: Decapoda: Brachyura),  
in the northwestern North Pacific off Hokkaido

Jun SASAKI \*

In male and female hair crabs (*Erimacrus isenbeckii*), reproduction related events: 1) molting period; 2) mating period; 3) spawning period; 4) ovigerous period; 5) hatching period; were inferred from observations following instar from X to XVII: a) monthly changes of molt-stage; b) monthly changes of G.S.I. (Gonad Somatic Index); c) occurrence of sperm plugs; d) appearance of the spent gonad stage; e) monthly changes of embryo stage; f) relationships between molt-stage and G.S.I.; g) relationships between G.S.I. and maturity (coloration of gonads). The results indicate that the reproductive cycle of males appears to require about one year, while females require two or three years.

キーワード : ケガニ, 短尾類, 甲殻類, 生殖周期

Hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, Brachyura, Crustacea, Reproductive cycle

## まえがき

ケガニ *Erimacrus isenbeckii* (BRANDT) は、朝鮮海峡、鳥取県～北海道、茨城県～北海道、サハリン、オホーツク海、千島列島、カムチャッカ、アラスカ沿岸に分布する有用種であり<sup>1)</sup>、北海道沿岸では重要な漁業対象種となっている。このため北海道においては古くからその資源管理が行われており、資源管理のために必要な基礎データとしての生理・生態的知見の収集が進められてきた。

生殖に関する知見、特に生殖周期は、個体群の変動を解明する上で重要かつ基礎的なものであると考えられる。しかし、その解明には、得られるデータが断片的なものが多く、また、必要なデータを得ることが非常に困難であるため、研究が進んでいないのが現状である。

天然個体のケガニの生殖周期に関する報告としては、古くは川上<sup>2)</sup>、平野<sup>3・4)</sup>、吉田<sup>5・6)</sup>、最近では Nagao *et al.*<sup>7)</sup> があげられる。いずれも少数かつ断片的なデータをもとにメスの生殖周期（主に産卵周期）について2年～3年としている。

また、飼育個体については、尾身と山下<sup>8・9)</sup> の報告がある。これは例数が少ないものの、メスの生殖周期（交

尾周期）が飼育環境下においてほぼ2～3年という結果を得ている。

ここでは、生殖腺の変化、交尾、産卵などのイベントからケガニの生殖周期として、交尾から次の交尾までの周期である交尾周期と産卵から次の産卵までの周期である産卵周期を推定する。通常、短尾類において交尾期の推定は野外での行動観察をしない限り困難であるが、ケガニについては交尾栓の有無により可能である<sup>10)</sup>。

また、ケガニを含めた甲殻類は脱皮という大きな生理的变化によって成長するため、この脱皮というイベントを軸として生殖などの他のイベントが展開する<sup>11)</sup>。例えば、ケガニのメスにおいては交尾可能な脱皮ステージが限定されている<sup>12)</sup>。したがって、脱皮周期を事前に解明しておくことは生殖周期を推定する上で非常に重要であるため、ここでは同時に脱皮周期も推定する。

本研究は、過去20年以上にわたり北海道立釧路水産試験場が北海道東部太平洋岸で収集したケガニのデータを用いて生殖周期の仮説を構築し、その検証を試みるものである。

報文番号 A 288 (1999年1月30日受理)

\* 北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station, Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-3119, Japan)

## 材料及び方法

1. 材料 本研究に使用したデータは、北海道立釧路水産試験場（以下釧路水試）で行っているケガニ資源調査の一環として収集・所蔵されていたものである。そのうち用いたのは、比較的データが完備されていた1971年～1978年と1980年～1988年までのものを選択した。なお、1971年～1978年のデータはおもに元北海道立水産孵化場長の阿部晃治氏と現北海道立函館水産試験場の小池幹雄氏によって、1980年～1986年のデータはおもに現北海道立網走水産試験場の鳥澤雅氏によって、1986年～1987年のデータはおもに現北海道立函館水産試験場室蘭支場の上田吉幸氏によって、1988年のデータはおもに著者によって収集されたものである。

研究に用いたケガニは、1971年1月～1978年12月まで、1980年1月～1988年12月までに北海道東部太平洋岸

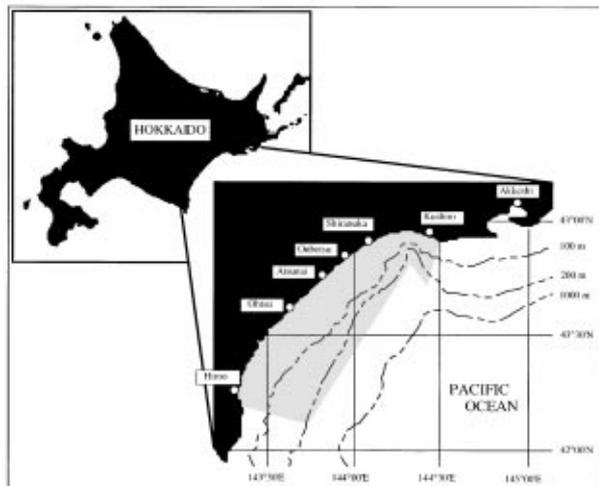


Fig. 1. Map showing the sampling area (shaded) of hair crabs, *Erimacrus isenbeckii*.

の釧路沖～広尾沖の水深5～300m（オス：6～250m，メス：5～300m）で、けがにカゴ漁船または元釧路水試用船第5天昭丸によってカニかご（網目合2寸），または刺網（網目合5寸5分～6寸）で採集された（Fig. 1）。解析に用いた個体は，オス：7 577個体，メス：6 584個体である。なお，けがにカゴ漁船による採集は，ケガニ資源調査時に，特別採捕許可をとって行ったものである。

2. 方法 採集されたケガニは，雌雄別に甲長・体重を測定し，脱皮ステージを確認した。メス個体については，さらに交尾栓の有無と胚（外卵）を観察した。その後，標本を解剖して生殖腺を摘出し，重量を測定するとともにその色調を観察した。方法の詳細を以下に示す。

甲長は，ノギスを用いて額角2歯中央の切れ込みから頭胸甲後縁中央までを0.1mm単位で測定した。体重は，メトラー社製の電子天秤を用いて湿重量を0.1g単位で測定した<sup>13)</sup>。

脱皮ステージの区分については，Drach<sup>14-15)</sup>，Drach & Tchernigovtzeff<sup>16)</sup>，Aiken<sup>17)</sup>の方法が一般に受け入れられている。これら方法は，主に顎脚の棘などを用いて外骨格の状態からステージ区分したものである（以下，国際的基準と記す）。しかし，国際的基準は顕微鏡技術を要することから，野外での調査は困難である。そこで，ここでは現場測定での簡便性を重視し，O'Halloran & O'Dor<sup>18)</sup>がズワイガニで行った研究を参考にして，体色・体の堅さによってI～Vのステージに区分した。佐々木（未発表）の予備的観察では，ズワイガニの場合と同様に，ほぼ両者の方法には対応関係が認められた。Table 1に本研究での基準を示すとともに，国際的基準との比較を行った。

上記の測定後，解剖を行ない生殖腺を摘出した。メスについては，ここでは熟度としてTable 2のように卵巣

Table 1. Description of molt-stages of hair crab, *Erimacrus isenbeckii* used in this study.

Molt stage	Period	Carapace condition	Characteristics	Drach's (1939) stage
I	Postmolt	(newly molted) -soft shell	integument soft, body flaccid and full of water; shell color pale white	A
II	Postmolt	paper shell	integument soft, flexible; shell color pale pink	B
III	Postmolt	paper-hard shell	all areas of body hard except for merus; shell color yellowish;	C <sub>1</sub> - C <sub>3</sub>
IV	Intermolt - (Premolt)	hard shell - (proecdysis)	all parts of carapace and other shell areas rigid; shell color brown	C <sub>4</sub> - (D <sub>3</sub> )
V	Premolt	proecdysis (peeler)	major portion of skeletal resorption, ecdysial sutures open	D <sub>3</sub> - D <sub>4</sub>

Table 2. Description of ovary maturity stages of *Erimacrus isenbeckii* used in this study.

Stage	Maturity	Color of ovary	Characteristics
I	immature	white	oocytes not visible with the naked eye
II	immature	cream	oocytes not visible with the naked eye
III	premature	orange	oocytes visible with the naked eye
IV	mature	red	oocytes visible with the naked eye
Spent	spent	colorless to yellow	red residual atretic oocytes visible with the naked eye

の色調に基づき I ~ Spent の各ステージに区分し、その湿重量を0.1g単位で測定した。オスに関しては、精巢と輸精管(vas deferens)を含めその湿重量を0.01g単位で測定した。

さらにメスについては、その交尾期を推定するために交尾栓の有無を確認した。ただし、データ処理に用いた個体は佐々木<sup>10,12)</sup>にしたがい脱皮ステージIのものとした。

抱卵個体については、腹肢に付着した胚を腹肢から分離して重量を0.1g単位で測定した。また、その胚の状態によって以下の3つのステージに区分した。

- ・未発眼胚(Uneyed embryo): 胚に発眼が認められないもの。
- ・発眼胚(Eyed embryo): 胚に発眼が認められるもの。
- ・孵化後(Hatch-out): 幼生孵化後で、卵殻のみのもの。

データ処理は、佐々木・栗原<sup>19)</sup>の解析結果をもとに、雌雄ともに甲長を第10齢期~第17齢期に分類して行った。ケガニは第9齢期で生理的に成熟すると考えられるが<sup>19)</sup>、第9齢期はデータ数が少なく(オス:79個体、メス61個体)、解析に耐えないため除外した。甲長データの齢期への判別には、齢期の平均甲長と標準偏差からマハラノビス距離による判別点を算出し、その齢期の甲長を前の齢期の判別点以上、次の齢期の判別点未満とした(Table 3)。ただし、第17齢期については、第16齢期との判別点以上、第17齢期の平均値+標準偏差とした。

生殖腺重量指数(Gonad Somatic Index: G.S.I.)の算出は、以下の式によった。

$$\text{オス: G.S.I.} = (\text{精巢} + \text{輸精管重量}) / \text{体重} \times 1,000$$

$$\text{メス: G.S.I.} = \text{卵巣重量} / (\text{体重} - \text{胚重量}) \times 100$$

収集したデータは、すべての年度のデータをプールして月別に集計して用いた。なお、欠測事項がある個体かなりの数存在したため(オスの欠測率:62.2%,メ

スの欠測率:14.4%)、各項目での調査個体数にはかなりの変動がみられた。

さらに、以上で述べたものを補足するために以下の観察を行った。

2.1. 産卵中メスの生殖腺の観察 産卵前後の個体のG.S.I.値を得るために、1988年に採集した個体を北海道立釧路水産試験場に収容し、産卵行動がみられた個体を解剖して生殖腺について観察した。

2.2. 胚発生の観察 ケガニの抱卵期間を推定するためのデータとして、飼育環境下での胚発生の観察を試みた。観察のため1990年11月に釧路沖から採集したケガニのメスを北海道立釧路水産試験場に輸送し、同水試内のケガニ飼育用に改良した飼養用機(循環式:容量1トン)に収容した。水温は9℃に設定し、1日おきに細断した冷凍エビ(Pandalidae spp., Crangonidae spp.)を餌料として与えた。胚のステージ区分は、今<sup>20)</sup>にしたがった。

## 結 果

1. 脱皮ステージの月変化 脱皮直後である脱皮ステージIの出現によって前の齢期からの加入時期、脱皮直前であるステージVの出現によって次の齢期への加入時期が推定可能である。すなわち、前の齢期のステージIの出現期とその齢期のステージVの出現期からその齢期の脱皮期が推定可能である。

オスの月別の各脱皮ステージの各齢期別出現率を Fig. 2 (第10齢期), Fig. 3 (第11齢期), Fig. 4 (第12齢期), Fig. 5 (第13齢期), Fig. 6 (第14齢期), Fig. 7 (第15齢期), Fig. 8 (第16齢期), Fig. 9 (第17齢期)に示した。第10齢期ではステージI, Vのデータはともに得られなかった。第11齢期ではステージIが1月に、ステージVが12~1月に出現した。第12齢期ではステージIの

Table 3. Relationship between instar and carapace length(CL) in the hair crab, *Erimacrus isenbeckii* (after Sasaki & Kuwahara, 1999).

Instar	Male			Female		
	CL Mean (mm)	CL SD	Discriminant point by Mahalanobis distance	CL Mean (mm)	CL SD	Discriminant point by Mahalanobis distance
I	5.1	0.3		5.1	0.3	
			5.8			5.8
II	6.9	0.5		6.9	0.5	
			8.1			8.1
III	9.2	0.5		9.2	0.5	
			10.4			10.5
IV	12.2	0.8		12.2	0.7	
			13.9			13.8
V	15.6	0.8		15.9	0.9	
			18.0			17.9
VI	21.0	1.0		21.1	1.5	
			23.6			24.0
VII	27.8	1.6		27.5	1.8	
			30.9			30.6
VIII	34.5	1.9		33.9	1.9	
			38.8			36.7
IX	44.1	2.3		42.1	3.7	
			46.4			45.7
X	50.5	4.2		47.8	2.1	
			54.4			51.3
XI	57.1	3.0		54.4	1.9	
			61.9			56.1
XII	64.7	1.8		58.6	2.7	
			66.8			61.5
XIII	71.0	3.5		63.3	1.7	
			76.1			65.3
XIV	80.5	3.0		67.2	1.6	
			84.3			69.1
XV	88.5	3.4		71.2	1.7	
			92.6			74.0
XVI	95.3	2.3		76.3	1.4	
			98.3			79.2
XVII	104.1	4.5		83.0	1.8	

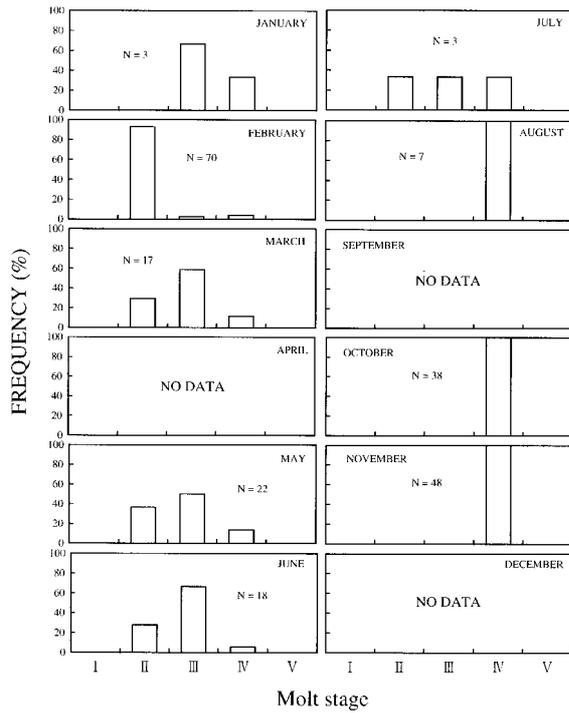


Fig. 2. Monthly changes of molt-stage for instar X of male hair crab. Molt-stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table 1 and 3).

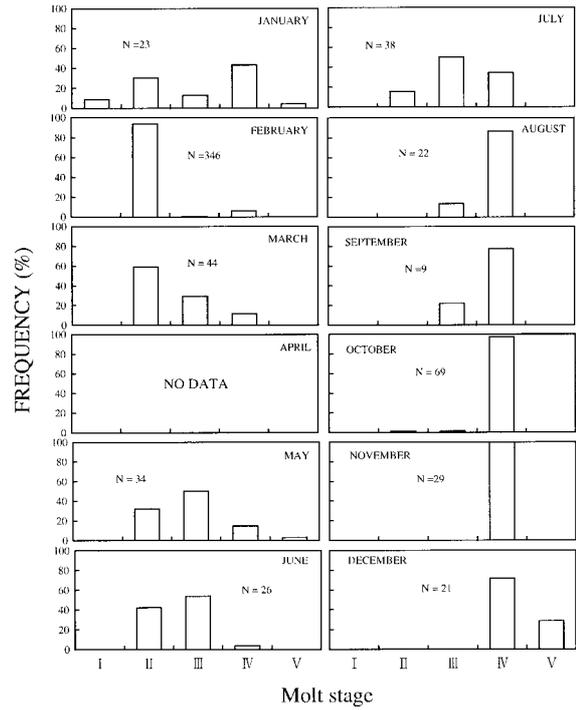


Fig. 3. Monthly changes of molt-stage for instar XI of male hair crab. Molt-stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table 1 and 3).

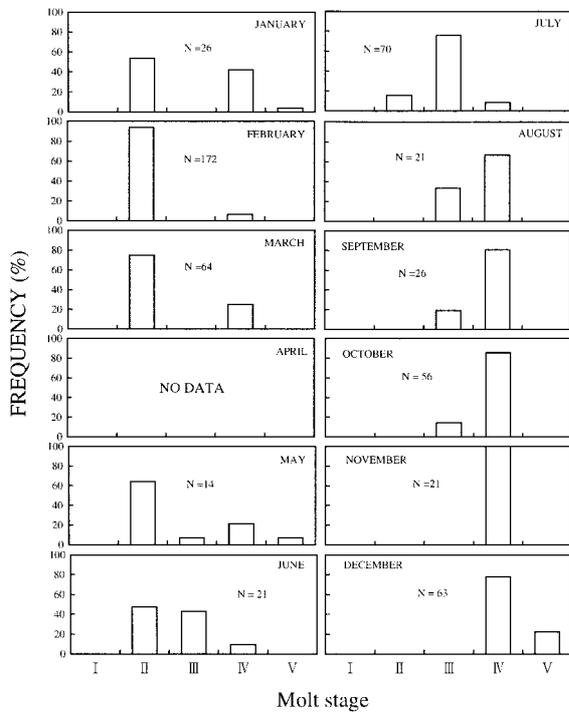


Fig. 4. Monthly changes of molt-stage for instar XII of male hair crab. Molt - stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table1 and 3).

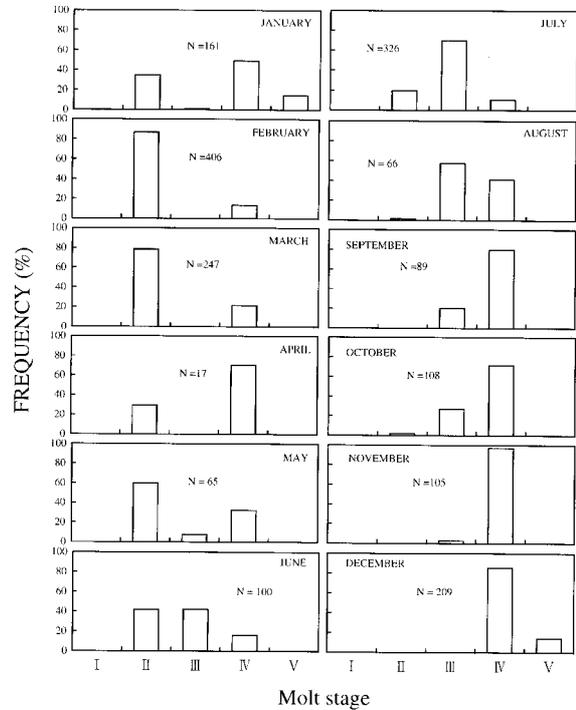


Fig. 5. Monthly changes of molt-stage for instar XIII of male hair crab. Molt-stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table 1 and 3).

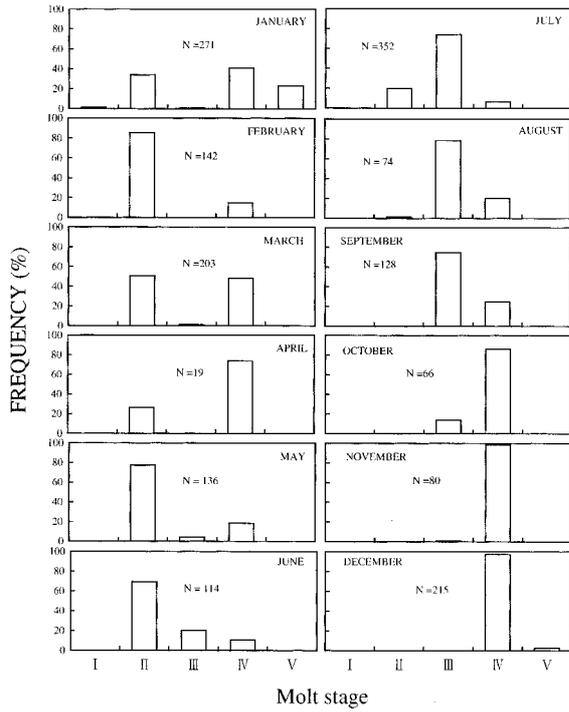


Fig. 6. Monthly changes of molt-stage for instar XIV of male hair crab. Molt-stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table 1 and 3).

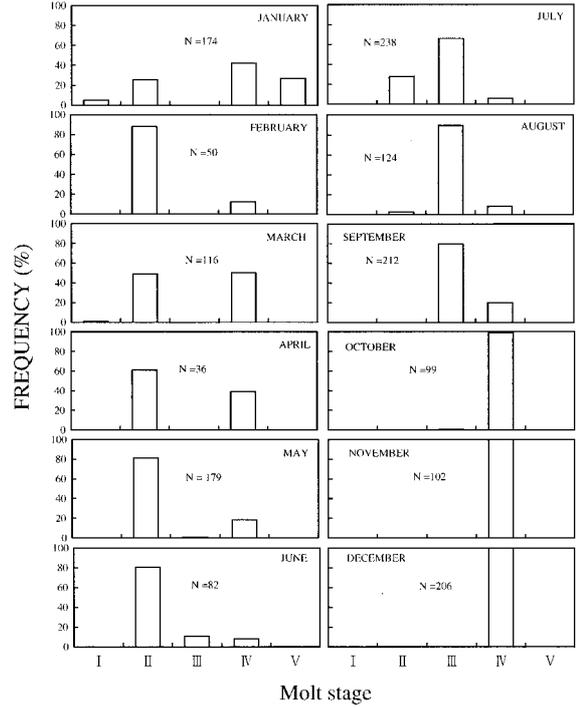


Fig. 7. Monthly changes of molt-stage for instar XV of male hair crab. Molt-stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table 1 and 3).

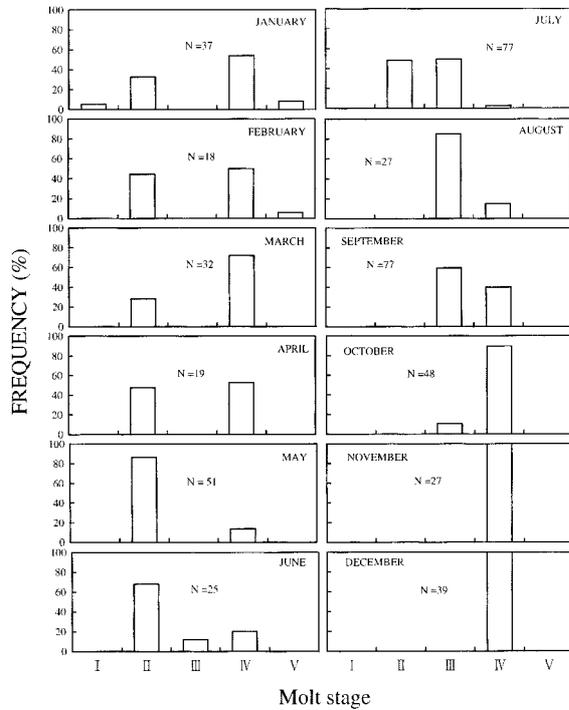


Fig. 8. Monthly changes of molt-stage for instar XVI of male hair crab. Molt-stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table 1 and 3).

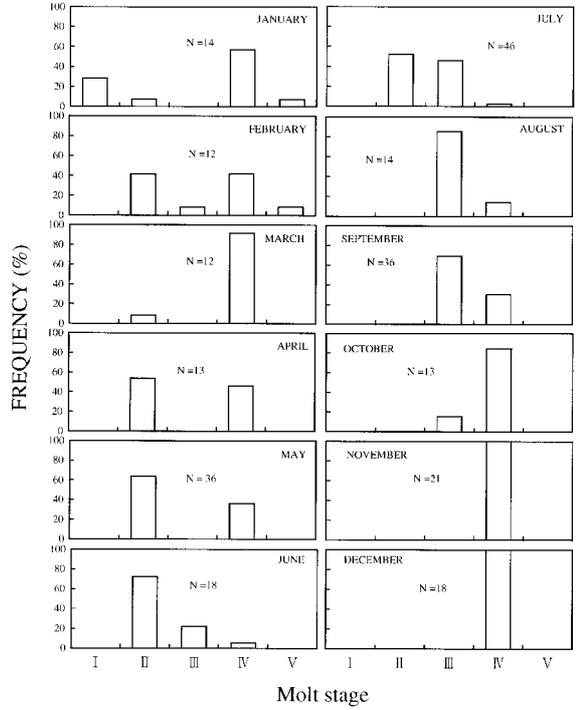


Fig. 9. Monthly changes of molt-stage for instar XVII of male hair crab. Molt-stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table 1 and 3).

データは得られなかったが、ステージVは12月～1月と5月に出現した。第13齢期ではステージIが1月に、ステージVが12月～1月に出現した。第14齢期ではステージIが1月に、ステージVが12月～1月に出現した。第15齢期ではステージIが1月と3月に、ステージVが1月に出現した。第16齢期ではステージIが1月に、ステージVが1月～2月に出現した。第17齢期ではステージIが1月に、ステージVが1月～2月に出現した。

オスと同様に、メスの月別の各脱皮ステージの各齢期別出現率を Fig. 10(第10齢期) Fig. 11(第11齢期) Fig. 12(第12齢期), Fig. 13(第13齢期), Fig. 14(第14齢期), Fig. 15(第15齢期), Fig. 16(第16齢期), Fig. 17(第17齢期)に示した。第10齢期ではステージIが2月～3月に、ステージVが6月と12月に出現した。第11齢期ではステージIが12～2月と7月～8月に、ステージVが7月～8月と12～2月に出現した。第12齢期ではステージIが7月～8月と12月～3月に、ステージVが1月～2月, 5月, 8月と11月に出現した。第13齢期ではステージIが8月～9月と12月～2月に、ステージVが1月, 6月, 8月～9月と11月に出現した。第14齢期ではステージIが6月～9月と11月～3月に、ステージVが8月と11月に出現した。

現した。第15齢期ではステージIが8月～1月に、ステージVが8月と10月に出現した。第16齢期ではステージIが8月～1月に、ステージVが6月に出現した。第17齢期ではステージIが6月と11月～1月に出現したが、ステージVのデータは得られなかった。

2 .G.S.I.の月変化 オスの齢期別のG.S.I.の月別変化を Fig. 18(第10齢期), Fig. 19(第11齢期), Fig. 20(第12齢期) Fig. 21(第13齢期), Fig. 22(第14齢期), Fig. 23(第15齢期), Fig. 24(第16齢期), Fig. 25(第17齢期)に示した。また,その齢期別メジアンの変化を Fig. 26に示した。さらに齢期毎に月別のG.S.I.データを検定した結果,各齢期ともにメジアン検定<sup>23)</sup>( $P < 0.05$ ), Kruskal-Wallis 検定<sup>23)</sup>( $P < 0.02$ )で有意な差みられたことから,隣接する2カ月毎に Mann-Whitney の片側検定<sup>23)</sup>を行った。その結果を Fig. 26に  $P < 0.05$ で有意なものについて+(前の方の月の方が低い値)または-(前の方の月の方が高い値)で,有意でないものについては0で示した。G.S.I.の月別変化にピークがあれば,それは+から-に変化する月と考えられる。それをG.S.I.のピークとするとその月は,第10齢期,第12齢期,第16齢期～第17齢期ではデータ不足のため推定不可能であったが,第11齢期では7月,第13

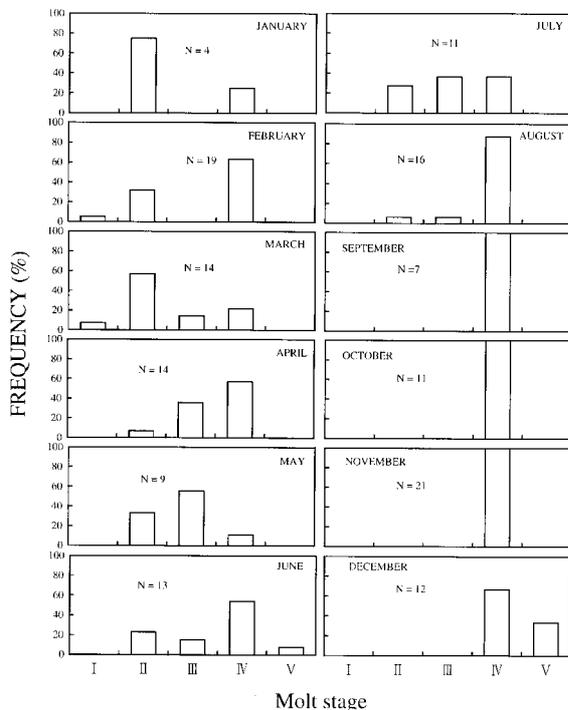


Fig. 10. Monthly changes of molt-stage for instar X of female hair crab. Molt-stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table 1 and 3).

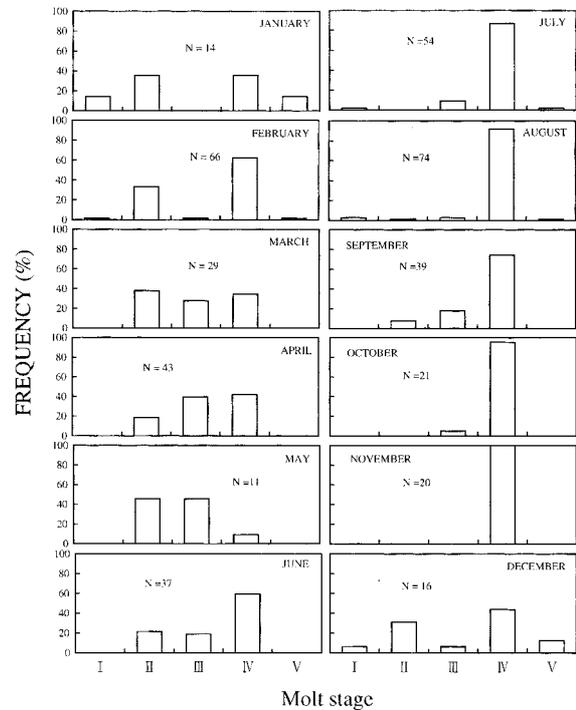


Fig. 11. Monthly changes of molt-stage for instar XI of female hair crab. Molt-stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table 1 and 3).

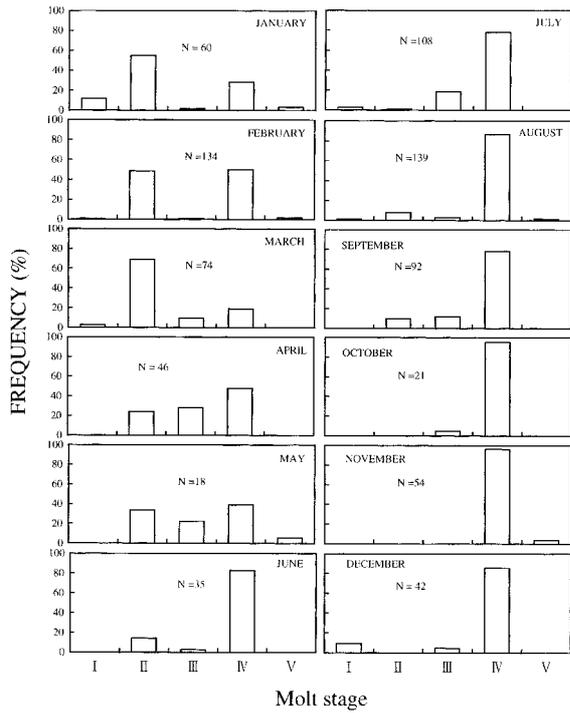


Fig. 12. Monthly changes of molt-stage for instar XII of female hair crab. Molt-stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table 1 and 3).

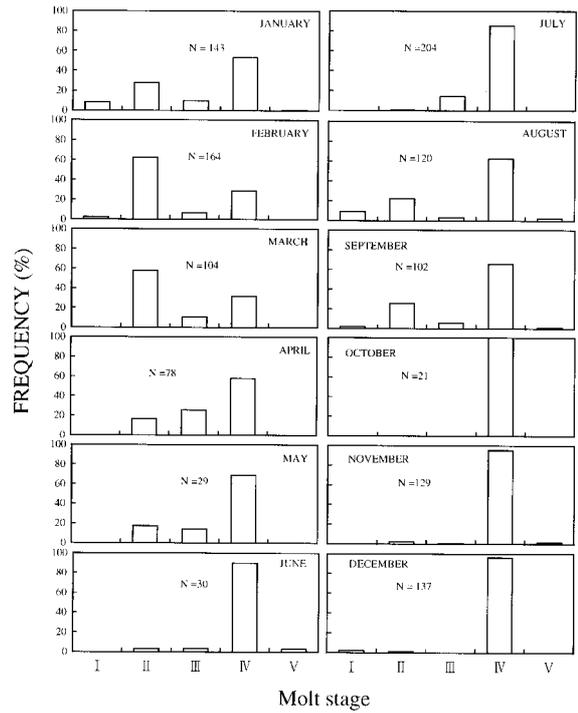


Fig. 13. Monthly changes of molt-stage for instar XIII of female hair crab. Molt-stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table 1 and 3).

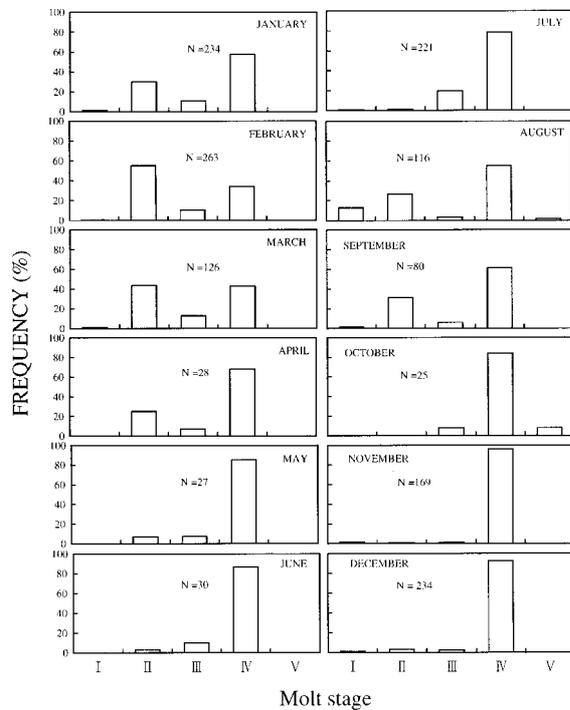


Fig. 14. Monthly changes of molt-stage for instar XIV of female hair crab. Molt-stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table 1 and 3).

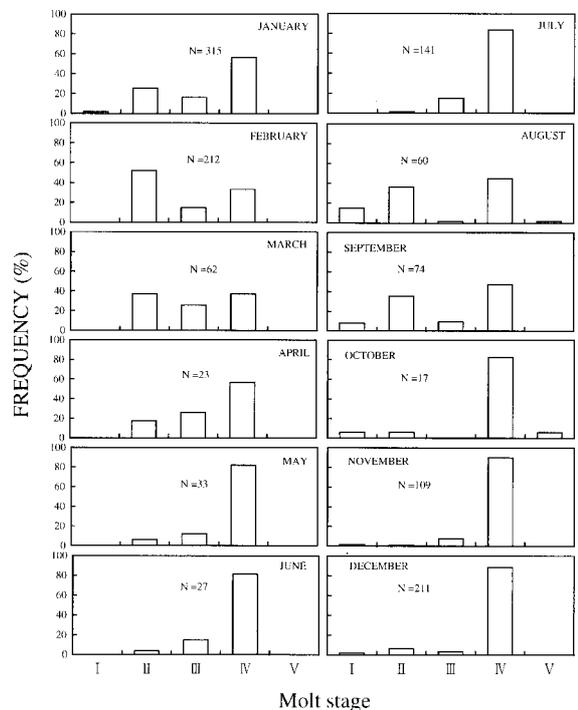


Fig. 15. Monthly changes of molt-stage for instar XV of female hair crab. Molt-stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table 1 and 3).

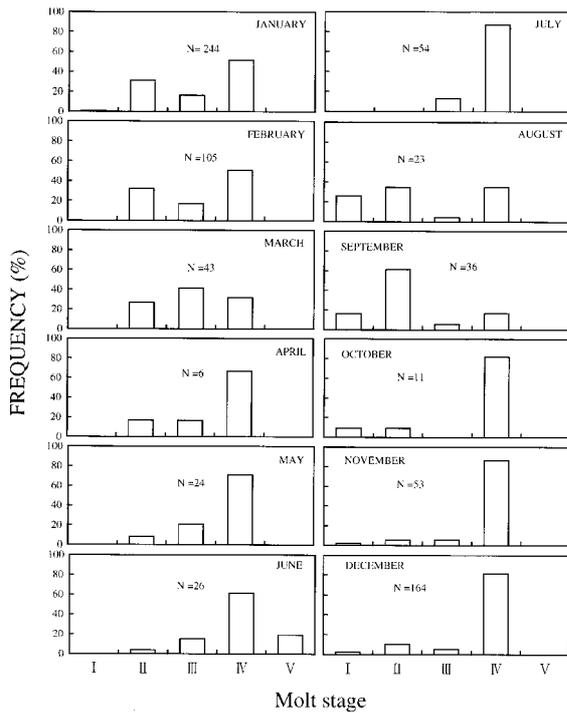


Fig. 16. Monthly changes of molt-stage for instar XVI of female hair crab. Molt-stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table 1 and 3).

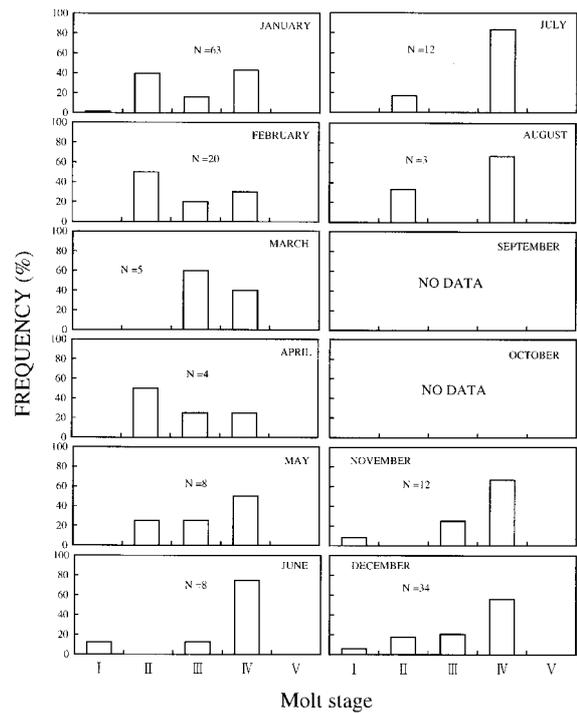


Fig. 17. Monthly changes of molt-stage for instar XVII of female hair crab. Molt-stages are defined as follows: I, soft shell; II, paper shell; III, paper-hard shell; IV, hard shell; V, proecdysis (see Table 1 and 3).

齢期では8月と12月, 第14齢期~第15齢期では12月であった。

オスと同様に齢期別のメスのG.S.I.の月別変化を Fig. 27(第10齢期), Fig. 28(第11齢期), Fig. 29(第12齢期), Fig. 30(第13齢期), Fig. 31(第14齢期), Fig. 32(第15齢期), Fig. 33(第16齢期), Fig. 34(第17齢期)に示した。図中の黒塗り部分は抱卵個体を示す。いずれの齢期においても, 0~2という低い値を示すものが高い頻度で年間を通じ出現した。同様に抱卵個体も, 0~2とい低い値を示した。また, その齢期別メジアンの変化を Fig. 35に示した。さらに齢期ごとに月別のG.S.I.データを検定した結果, 第17齢期を除き各齢期ともにメジアン検定( $P < 0.01$ ), Kruskal-Wallis 検定( $P < 0.01$ )で有意な差がみられたことから, 隣接する2カ月毎に Mann-Whitney の片側検定を行った。その結果をオスの場合と同様に Fig. 35に  $P < 0.05$ で有意なものについて+ (前の月の方が低い値) または- (前の月の方が高い値) で, 有意でないものについては0で示した。オスの場合と同様な考え方をすると, G.S.I. がピークの月は, 第10齢期では9月, 第11齢期では7月と11月, 第12齢期では3月, 第13齢期~第16齢期では7月と12月であった。

なお, 後述するように抱卵個体は各齢期ともにほぼ年

間を通じて出現しているが, 生殖腺重量を測定していない個体に関する情報はここに加味されていない。

3. 産卵後メスの出現状況 齢期別に分類した月別のSpentステージの出現率を Fig. 36に示した。Spentステージは, 第10齢期では3月~4月, 第11齢期では2月~3月と11月~12月, 第12齢期では7月と11月~3月, 第13齢期では2月~4月, 7月~8月と11月~12月, 第14齢期では2月~3月と11月~12月, 第15齢期では3月, 7月と11月~12月, 第16齢期では2月と11月~12月, 第17齢期では12月に出現した。

4. 交尾栓保有メスの出現状況 齢期別に分した月別の交尾栓を保有する脱皮ステージIのメスの出現率を Fig. 37に示した。交尾栓を保有するメスは, 第10齢期では2月~3月, 第11齢期では1月~2月と8月, 第12齢期では7月~8月と12月~3月, 第13齢期では8月~9月と12月~2月, 第14齢期では3月, 7月~9月と11月~1月, 第15齢期では8月~1月, 第16齢期では8月~9月と11月~1月, 第17齢期では11月~12月に出現した。

5. 抱卵個体の胚の状態 齢期別に分類した抱卵個体の胚の状態を月別に示した (Fig. 38)。また, 齢期別に分類した孵化後の卵殻を腹肢に付着させた個体の出現率を Fig. 39に示した。

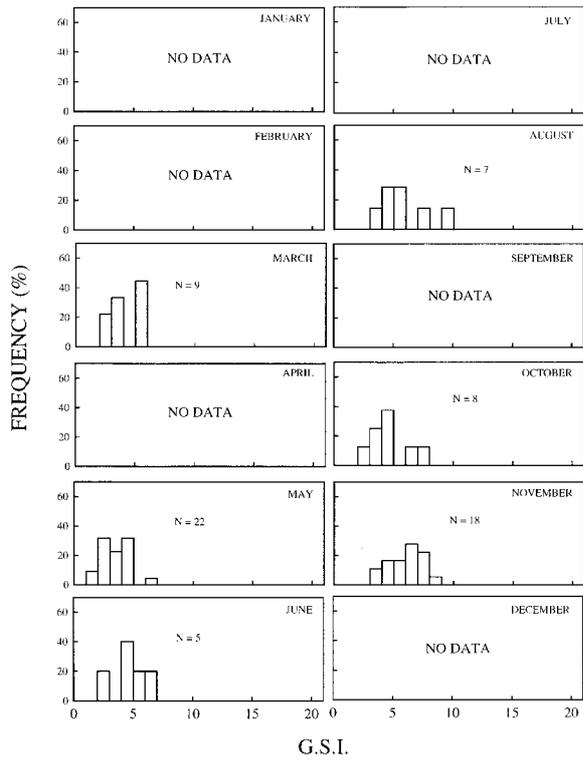


Fig. 18. Monthly changes of G.S.I. (Gonad Somatic Index) in instar X of male hair crab. G.S.I.= Gonad weight (including vas deferens) / Body weight  $\times$  1,000 (see also Table 3).

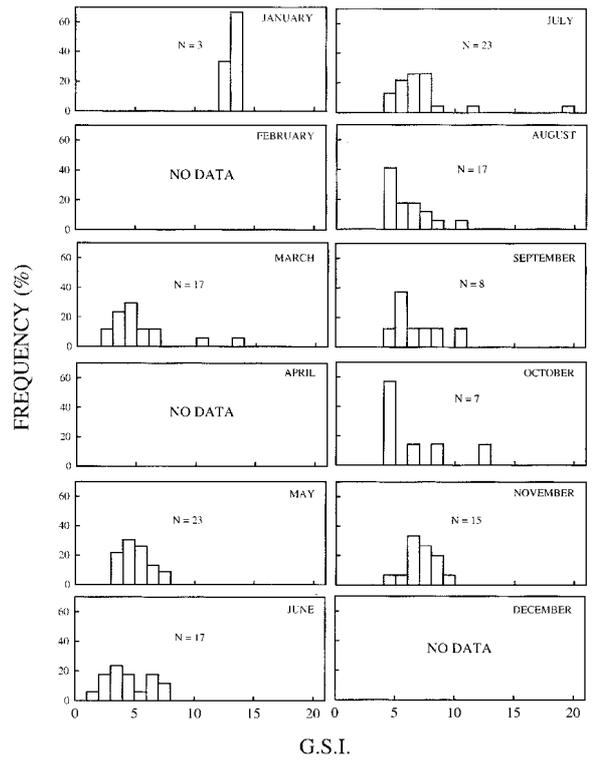


Fig. 19. Monthly changes of G.S.I. in instar XI of male hair crab. G.S.I.=Gonad weight (including vas deferens) / Body weight  $\times$  1,000 (see also Table 3).

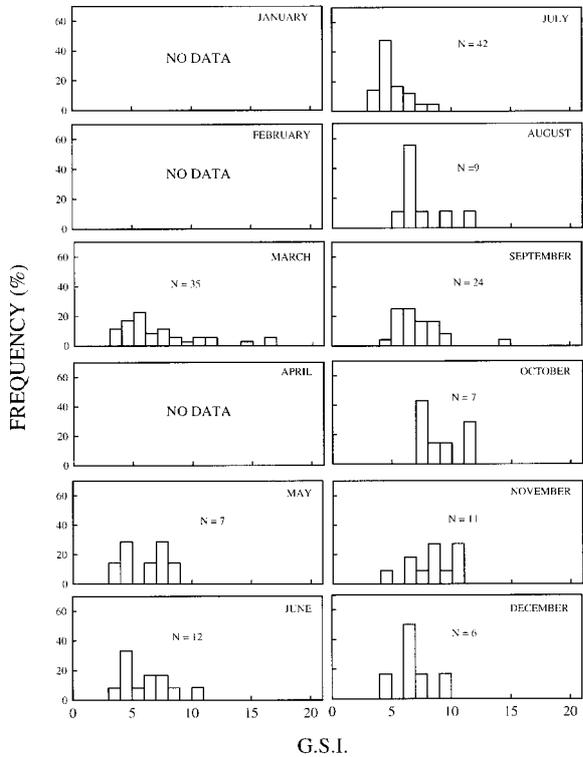


Fig. 20. Monthly changes of G.S.I. in instar XII of male hair crab. G.S.I.=Gonad weight (including vas deferens) / Body weight  $\times$  1,000 (see also Table 3).

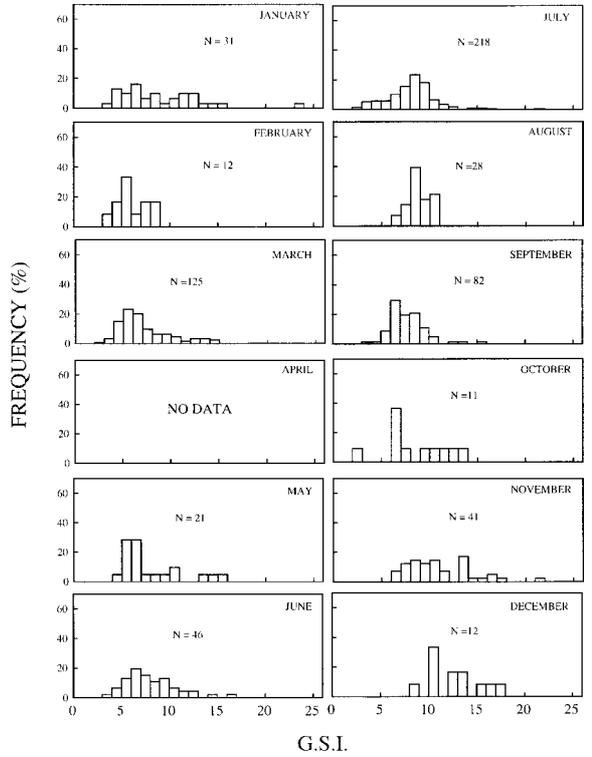


Fig. 21. Monthly changes of G.S.I. in instar XIII of male hair crab. G.S.I.= Gonad weight (including vas deferens) / Body weight  $\times$  1,000 (see also Table 3).

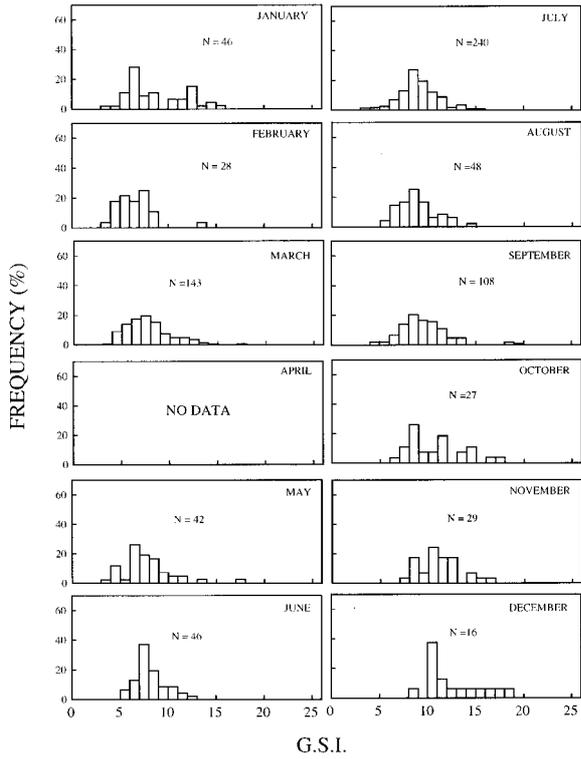


Fig. 22. Monthly changes of G.S.I. in instar XIV of male hair crab. G.S.I.=Gonad weight (including vas deferens) / Body weight  $\times$  1,000 (see also Table 3).

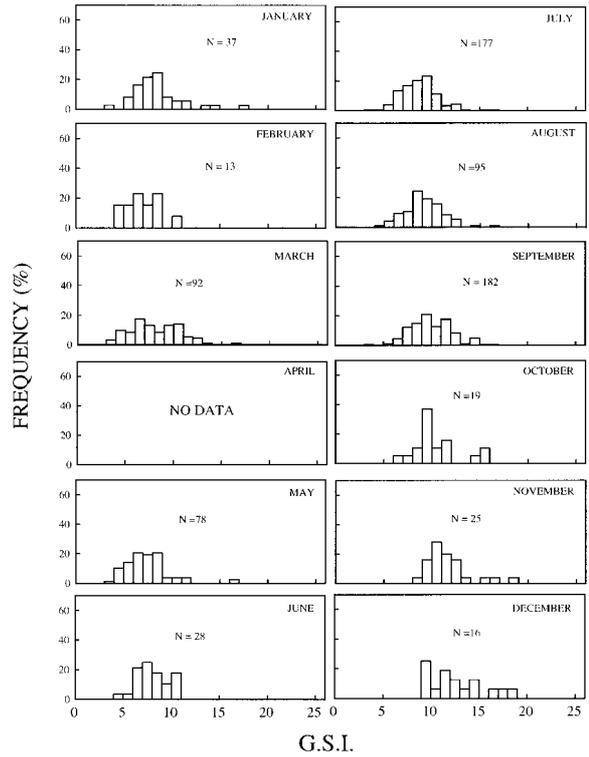


Fig. 23. Monthly changes of G.S.I. in instar XV of male hair crab. G.S.I.=Gonad weight (including vas deferens) / Body weight  $\times$  1,000 (see also Table 3).

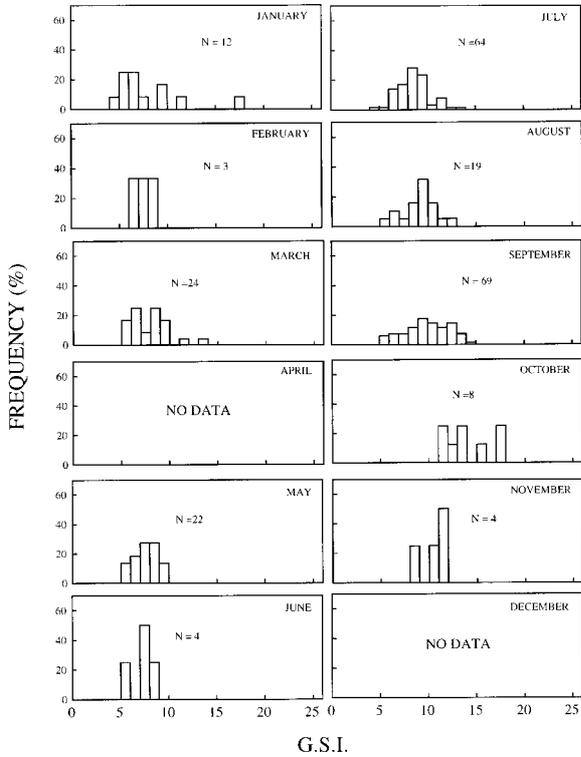


Fig. 24. Monthly changes of G.S.I. in instar XVI of male hair crab. G.S.I.=Gonad weight (including vas deferens) / Body weight  $\times$  1,000 (see also Table 3).

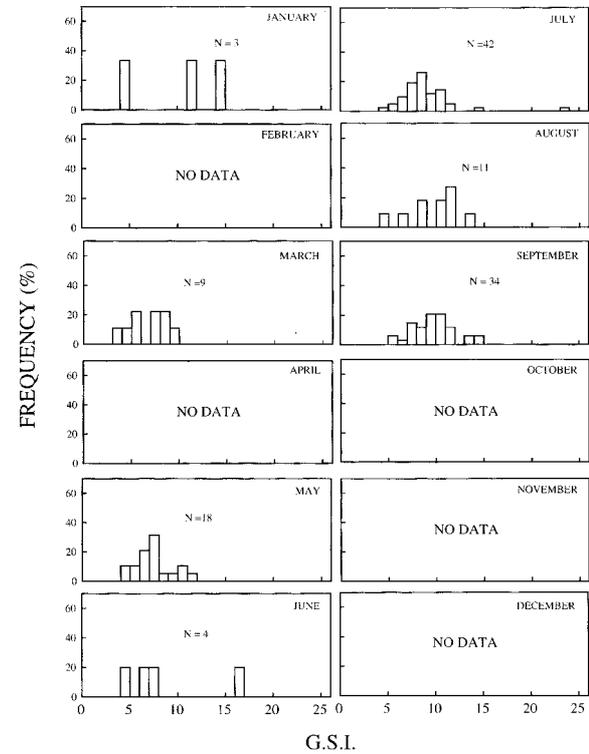


Fig. 25. Monthly changes of G.S.I. in instar XVII of male hair crab. G.S.I.=Gonad weight (including vas deferens) / Body weight  $\times$  1,000 (see also Table 3).

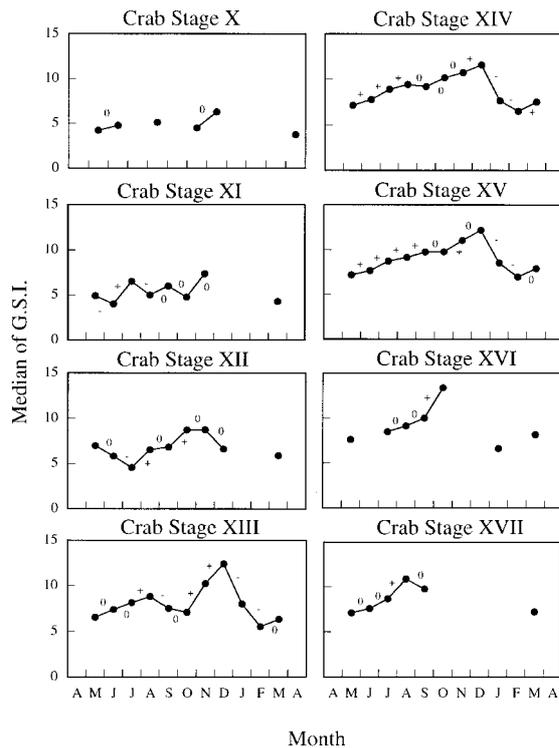


Fig. 26. Monthly changes of median G.S.I. in male hair crab instars. G.S.I. significantly differ between months for each instar tested; Median test ( $P < 0.05$ ) and Kruskal-Wallis test ( $P < 0.02$ ); + or - indicate significant by Mann-Whitney test ( $P < 0.05$ ), 0 indicates not significant.

抱卵個体は、いずれの齢期においてもほぼ周年出現した。各胚のステージの出現率が急に变化する月に注目すると、第10齢期では未発眼胚は3月、発眼胚は2月、孵化後個体は6月に、第11齢期では未発眼胚は3月と8月、発眼胚は2月、孵化後個体は6月に、第12齢期では未発眼胚は3月と8月、発眼胚は9月~10月、孵化後個体は5月~6月に、第13齢期では未発眼胚は3月と7月~8月、発眼胚は1月と10月、孵化後個体は5月~6月に、第14齢期では未発眼胚は2月、8月と11月、発眼胚は10月、孵化後個体は5月に、第15齢期では未発眼胚は7月~8月と11月、発眼胚は10月、孵化後個体は5月に、第16齢期では未発眼胚は1月、発眼胚は10月、孵化後個体は10月のデータ数が少ないのでそれを無視すれば5月に出現率の増加がみられた。第17齢期では抱卵個体のデータは得られなかったが、孵化後個体は6月~7月に出現率の増加がみられた。

6. 脱皮ステージとG.S.I.との関係 脱皮ステージとG.S.I.との間の関係を知るために、第10齢期~第17齢期までの雌雄全齢期個体のプールしたデータを用いて脱皮ステージ毎にG.S.I.の頻度分布を作成し、そのメジアン

を算出した。その結果をオスについてFig. 40、メスについてFig. 41に示した。

オスにおいてG.S.I.は、各脱皮ステージともに単峰型の分布を示した。G.S.I.は、脱皮ステージIでメジアンが6.63、脱皮ステージIIでメジアンが7.02、脱皮ステージIIIでメジアンが8.79、脱皮ステージIVでメジアンが8.70であった。脱皮ステージVのデータは得られなかった。メジアン検定 ( $P < 0.001$ )、Kruskal-Wallis検定 ( $P < 0.001$ )ともに4ステージの差は有意であったので、各2ステージ毎にMann-Whitneyの片側検定を行ったところ、ステージIIとステージIII ( $P < 0.001$ )、ステージIIIとステージIV ( $P < 0.001$ )に有意な差がみられた。

メスにおいてG.S.I.は、脱皮ステージI~脱皮ステージIVと脱皮ステージVで単峰型の分布を示し、ステージIからステージIIに進むにしたがい、徐々に右裾の長い分布を示した。ステージIIIでは、2峰型の分布を示した。各ステージのメジアンは、脱皮ステージIで1.52、脱皮ステージIIで1.89、脱皮ステージIIIで2.78、脱皮ステージIVで6.39、脱皮ステージVで1.78であった。メジアン検定 ( $P < 0.001$ )、Kruskal-Wallis検定 ( $P < 0.001$ )ともに5ステージの差は有意であったので、各2ステージ毎にMann-Whitneyの片側検定を行ったところ、ステージIとステージII ( $P < 0.001$ )、ステージIIとステージIII ( $P < 0.001$ )、ステージIIIとステージIV ( $P = 0.005$ )、ステージIVとステージV ( $P < 0.001$ )、ステージIとステージIII ( $P < 0.001$ )、ステージIとステージIV ( $P < 0.001$ )、ステージIIとステージIV ( $P < 0.001$ )、ステージIIIとステージV ( $P < 0.001$ )、ステージIVとステージV ( $P < 0.001$ )に有意な差がみられた。ステージIIIとステージV ( $P = 0.322$ )には、有意な差がみられなかった。

7. G.S.I.と熟度との関係 熟度とG.S.I.との間の関係を知るために、第10齢期~第17齢期までのメス全齢期個体のプールしたデータを用いて熟度毎にG.S.I.の頻度分布を作成し、そのメジアンを算出した。その結果をFig. 42に示した。G.S.I.の分布は、各熟度ともに単峰型を示した。メジアンは、ステージIで1.69、ステージIIで2.18、ステージIIIで4.78、ステージIVで9.94、ステージSpentで0.99であった。メジアン検定 ( $P < 0.001$ )、Kruskal-Wallis検定 ( $P < 0.001$ )ともに5ステージの差は有意であったので、各2ステージ毎にMann-Whitneyの片側検定を行ったところ、すべてのステージの組み合わせに有意な差がみられた ( $P < 0.001$ )。

8. 産卵中メスの生殖腺の観察 水槽に収容した個体のうち、1988年11月~12月に3個体に産卵行動がみられた。以下に観察結果を示した。

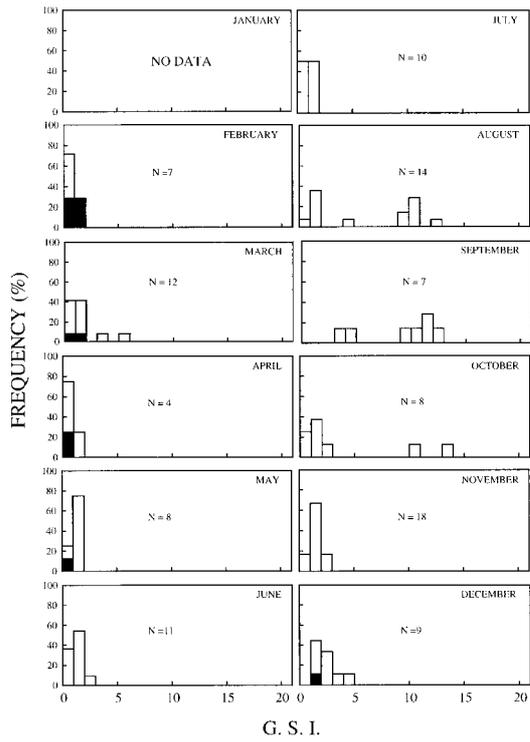


Fig. 27. Monthly changes of G.S.I. in instar X of female hair crab. G.S.I.= Gonad weight / Body weight  $\times$  100; Solid bars show ovigerous female (see also Table 3).

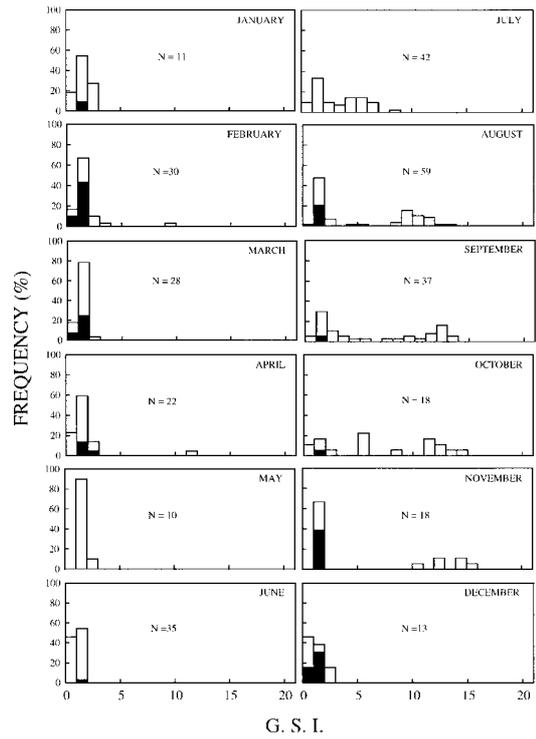


Fig. 28. Monthly changes of G.S.I. in instar XI of female hair crab. G.S.I.= Gonad weight / Body weight  $\times$  100; Solid bars show ovigerous female (see also Table 3).

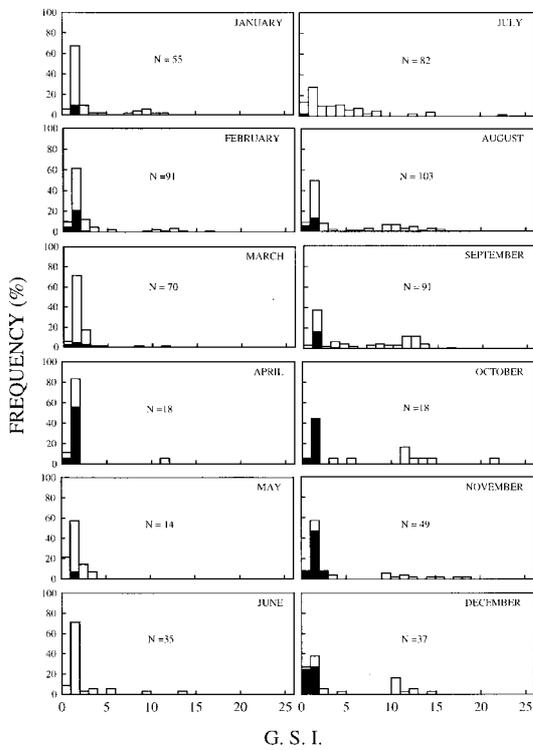


Fig. 29. Monthly changes of G.S.I. in instar XII of female hair crab. G.S.I. = Gonad weight / Body weight  $\times$  100; Solid bars show ovigerous female (see also Table 3).

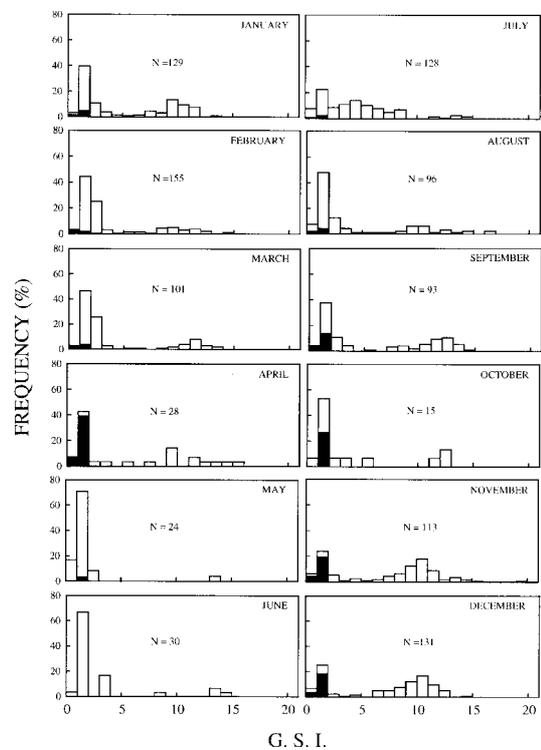


Fig. 30. Monthly changes of G.S.I. in instar XIII of female hair crab. G.S.I. = Gonad weight / Body weight  $\times$  100; Solid bars show ovigerous female (see also Table 3).

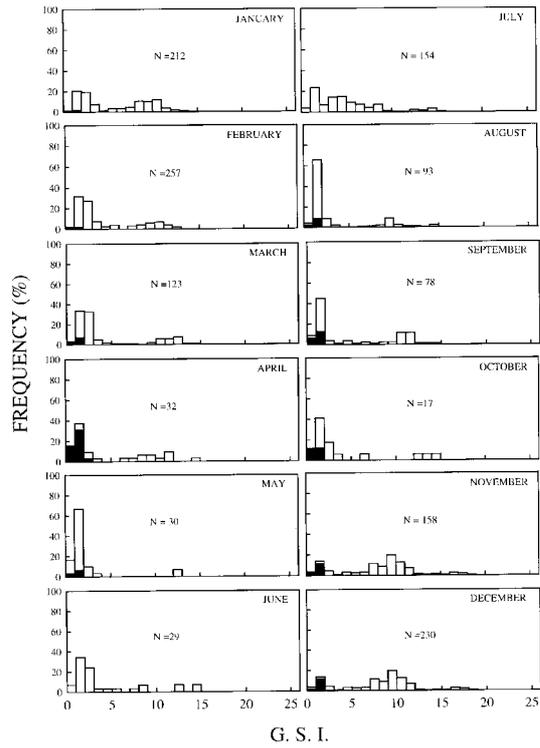


Fig. 31. Monthly changes of G.S.I. in instar XIV of female hair crab. G.S.I. = Gonad weight / Body weight  $\times$  100; Solid bars show ovigerous female (see also Table 3).

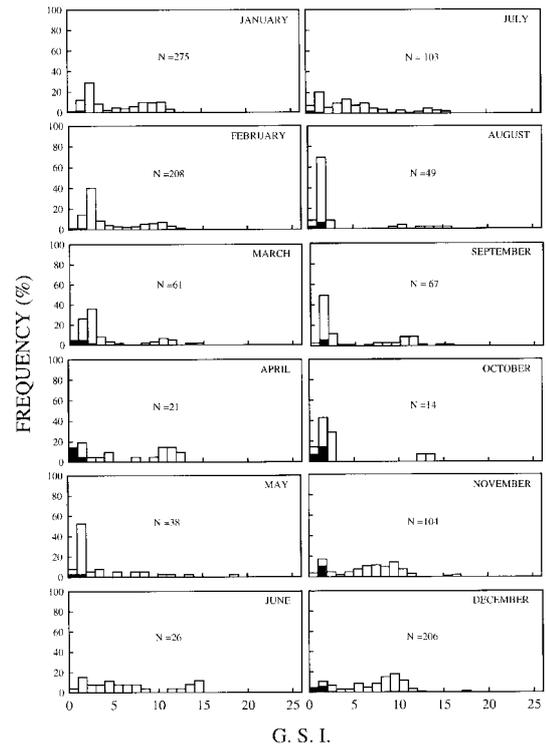


Fig. 32. Monthly changes of G.S.I. in instar XV of female hair crab. G.S.I. = Gonad weight / Body weight  $\times$  100; Solid bars show ovigerous female (see also Table 3).

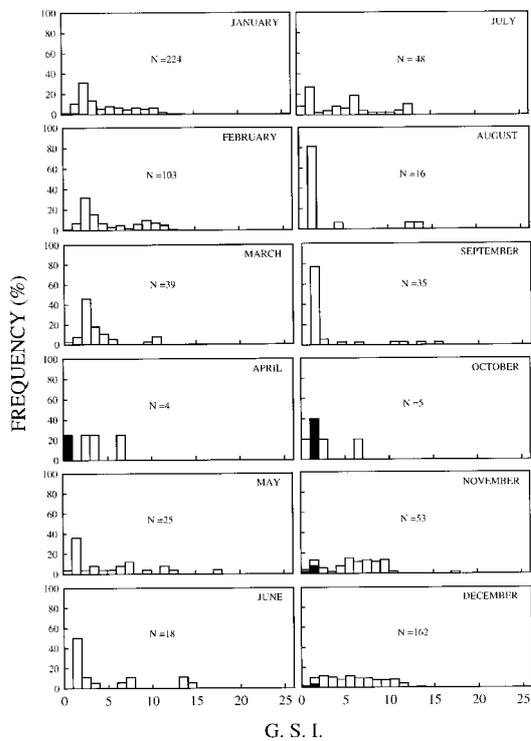


Fig. 33. Monthly changes of G.S.I. in instar XVI of female hair crab. G.S.I. = Gonad weight / Body weight  $\times$  100; Solid bars show ovigerous female (see also Table 3).

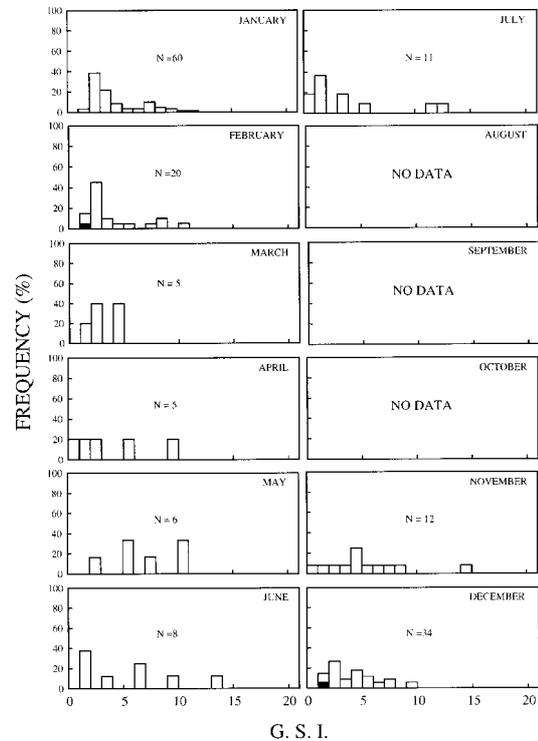


Fig. 34. Monthly changes of G.S.I. in instar XVII of female hair crab. G.S.I. = Gonad weight / Body weight  $\times$  100; Solid bars show ovigerous female (see also Table 3).

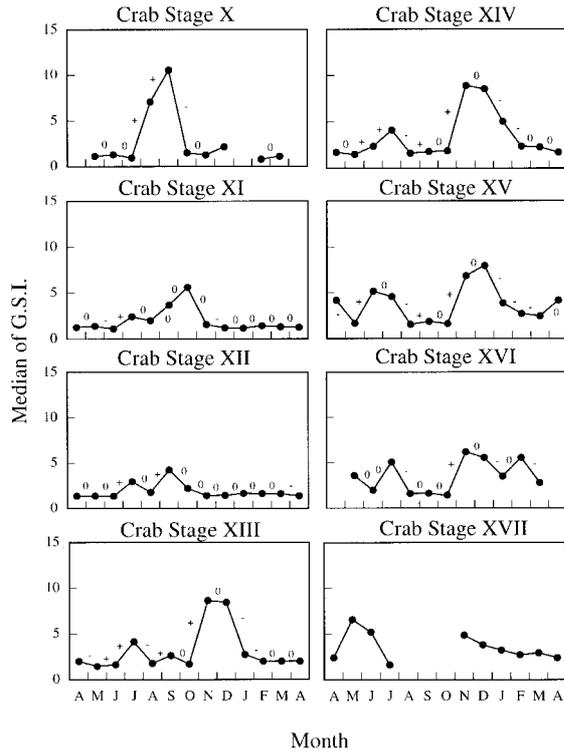


Fig. 35. Monthly changes of median G.S.I. in female hair crab instars. G.S.I. significantly differ between months for each instar tested; Median test ( $P < 0.01$ ) and Kruskal-Wallis test ( $P < 0.01$ ); + or - indicate significant by Mann-Whitney test ( $P < 0.05$ ), 0 indicates not significant.

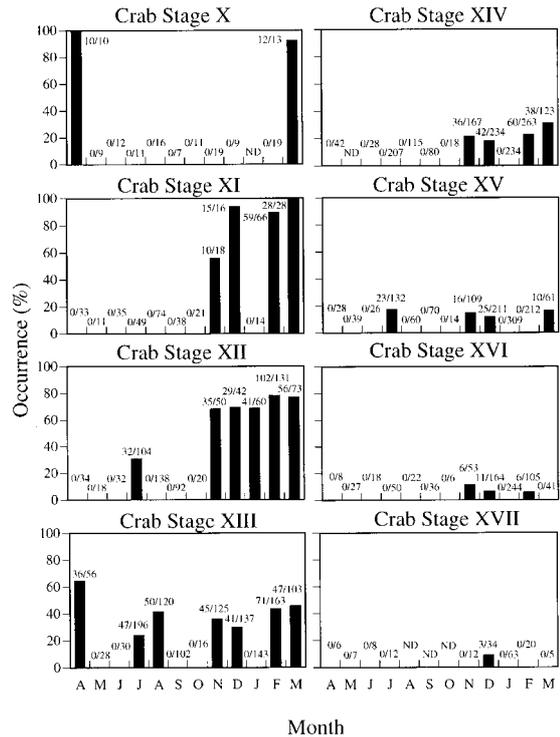


Fig. 36. Monthly changes for individual instars in the occurrence of female hair crabs with spent stage ovaries. Numbers above bars indicate the number of crabs which were spent/sample size; ND, no data.

・産卵直前に解剖した個体のデータ

1988年12月7日, 甲長67.0mm, 脱皮ステージ, 熟度, G.S.I. 8.7

・産卵中に解剖した個体のデータ

1988年12月5日, 甲長70.0mm, 脱皮ステージ, 熟度, G.S.I. 9.7, 胚重量3.3g

・産卵直後に解剖した個体のデータ

1988年11月18日, 甲長73.6mm, 脱皮ステージ, 熟度 Spent, G.S.I. 0.6, 胚重量7.0g (ただし, ほとんどの胚が腹肢から脱落)

9 胚発生の観察 収容したケガニのうち, 1990年12月2日に2個体が産卵し, この2個体の胚を観察した。原則として胚は実体顕微鏡下で生きた状態で観察したが, 詳細な観察が必要な場合はブアン氏液で固定した。胚は母体であるメスが生存中は, 腹肢に付けたままにしたが, メス死亡後は腹肢から切り離し, ネットに収容した。胚の観察結果を Table 4 に示した。水温は9 に設定したが, ほぼ9~10 の範囲で変動した。観察開始後 220 日をもってすべての胚が死亡したが, この時点で胚は複眼

色素形成期に達していた。

考 察

1. 生殖周期仮説設定のための各イベントの推定

1.1. 脱皮期 甲殻類の脱皮周期は, (脱皮 脱皮後期 脱皮間期 脱皮前期 脱皮) という周期で繰り返される<sup>21)</sup>。これらの期間のうち, 脱皮期は通常一瞬の出来事である場合が多いため, 野外で実際に脱皮中の個体を観察する機会は少ない。したがって, ある集団の脱皮期を知るためには脱皮前期(本研究ではステージV)あるいは脱皮後期(本研究ではステージI)の出現率を調査することとなる。

結果1の脱皮ステージの月変化よりオスの脱皮期は, 第10齢期が1月, 第11齢期~第13齢期が12月~1月, 第14齢期が12~3月, 第15齢期が1月, 第16齢期~第17齢期が1月~2月と推定された。また, 脱皮ステージの月変化から, 全齢期において過半数以上の個体が1年周期で脱皮すると推察される。しかし, 第12齢期以上の3月の図にみられるように, ステージ とステージ のみが出現する月が存在することから, 一部の個体は2年以上

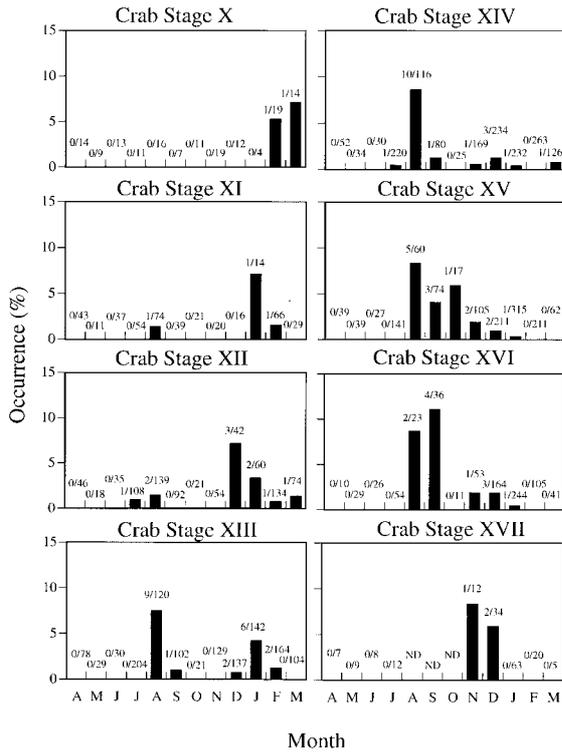


Fig. 37. Monthly changes for individual instars in the occurrence of female hair crabs with sperm plugs. Numbers above bars indicate the number of plaged female/sample size; ND, no data.

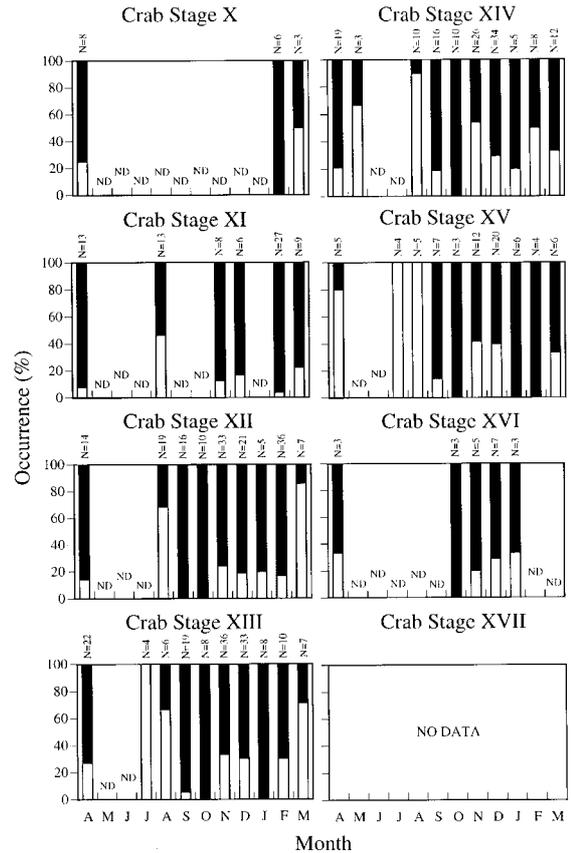


Fig. 38. Monthly changes of the frequency of embryonic stages for instars of ovigerous female hair crabs. Open bars indicate uneyed embryos, solid bars eyed embryos; numbers above bars show the sample size.

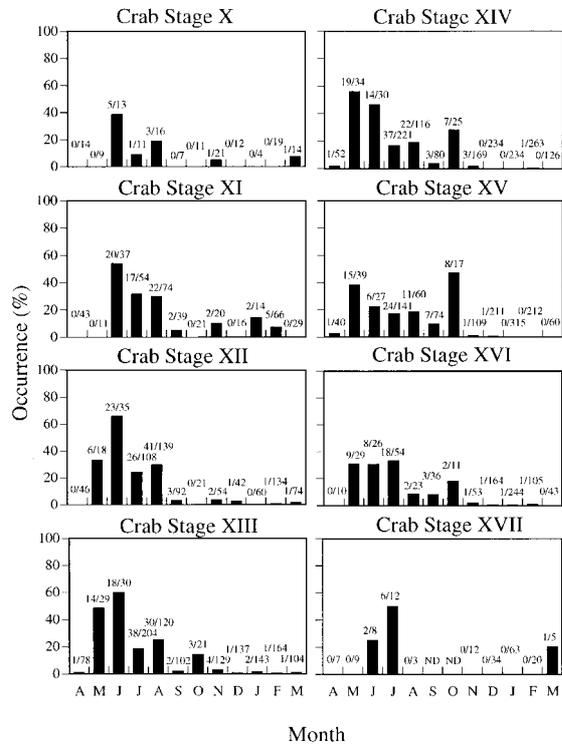


Fig. 39. Monthly changes of occurrence of hatch-out stage (attached egg cases to the pleopods) by instars of female hair crab. Numbers above bars show the number of hatch-out stage/sample size; ND, no data.

の周期で脱皮するものと思われる。

メスの脱皮期は、第10齢期～第11齢期が6月～8月と12月～3月、第12齢期が5月～9月と11月～2月、第13齢期が6月～9月と11月～3月、第14齢期～第15齢期が8月～1月、第16齢期が6月と11月～1月と推定されたが、第17齢期は不明であった。また、全齢期でほぼ通年脱皮間期であるステージが出現することから、脱皮周期は1年とは考えられない。

1. 2. 交尾期 オスの交尾期は、飼育条件下での配偶行動の観察結果<sup>12)</sup>と天然での配偶個体の採集結果<sup>22)</sup>から、脱皮間期の個体が交尾可能であると考えられる。また、交尾期にはG.S.I.値が増加すると考えられる。

脱皮間期(本研究ではステージ)の個体が高い割合で出現するのは、結果1の脱皮ステージの月変化(Figs. 2-9)から、第10齢期が7月～1月(高い割合で出現するのは7月～11月)、第11齢期が5月～1月(高い割合で出現するのは7月～12月)、第12齢期が6月～1月(高い割合で出現するのは8月～12月)、第13齢期が5月

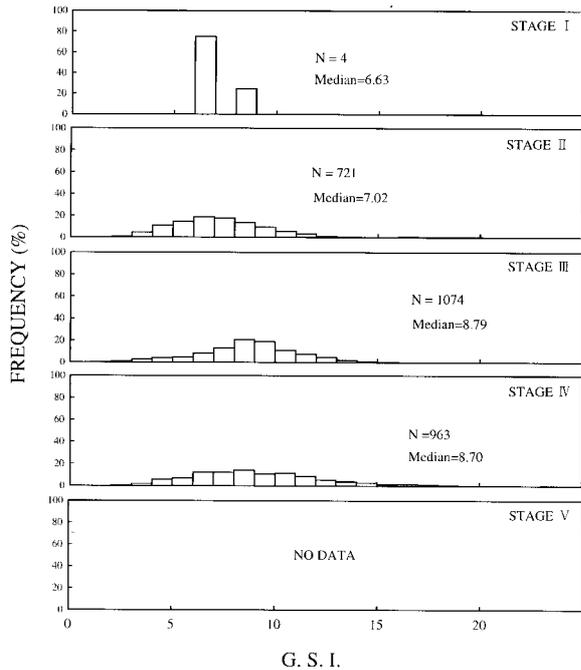


Fig. 40. Frequency distribution of G.S.I. with each molt-stage in male hair crabs (pooled total instar data). G.S.I. are significantly different between the four molt-stages by Median test ( $P < 0.001$ ) and Kruskal-Wallis test ( $P < 0.001$ ). Molt-stages are defined as follows: Stage I, soft shell; Stage II, paper shell; Stage III, paper-hard shell; Stage IV, hard shell; Stage V, proecdysis (see also Table 1).

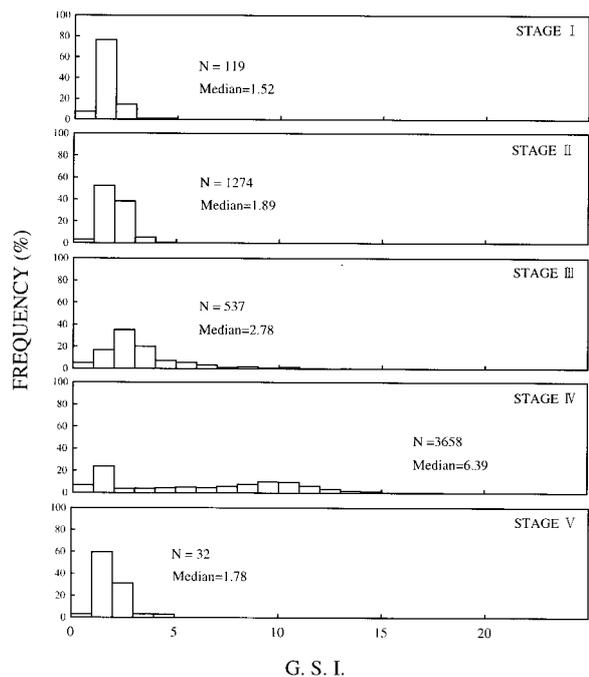


Fig. 41. Frequency distribution of G.S.I. with each molt-stage in female hair crabs (pooled total instar data). G.S.I. are significantly different between the five molt-stages by Median test ( $P < 0.001$ ) and Kruskal-Wallis test ( $P < 0.001$ ). Molt-stages are defined as follows: Stage I, soft shell; Stage II, paper shell; Stage III, paper-hard shell; Stage IV, hard shell; V, proecdysis (see also Table 1).

～1月(高い割合で出現するのは8月～12月), 第14齢期～第16齢期が5月～1月(高い割合で出現するのは10月～12月), 第17齢期が5月～1月(高い割合で出現するのは10月～1月)であった。

また G.S.I. 値が増加したのは結果2の G.S.I. の月変化より, 第11齢期では7月, 第13齢期では8月と12月, 第14齢期～第15齢期では12月であった。

よって, オスの交尾期は第10齢期が7月～1月, 第11齢期が5月～1月で盛期が7月, 第12齢期が6月～1月, 第13齢期が5月～1月で盛期が8月と12月, 第14齢期～第15齢期が5月～1月で盛期が12月, 第16齢期～第17齢期が5月～1月と推定される。

メスが交尾可能なのは脱皮直後であることが明らかにされている<sup>12)</sup>。したがって, メスの場合, 脱皮期と交尾期が同調していることになる。ケガニの場合, 交尾したメスは交尾栓を有することから, 交尾期は脱皮後期(本研究ではステージI)でかつ交尾栓を有した個体の頻度が増加した月ということになる。さらに, 組織学的観察によると交尾時のメスの卵巣は周辺仁期～卵黄胞期の卵細胞で占められ, その熟度はステージIであることが報

告されている<sup>24)</sup>。

以上の条件をみたまものは, 結果1の脱皮ステージの月変化, 結果2の G.S.I. の月変化と結果4の交尾栓保有メスの出現状況より, 第10齢期で2月～3月, 第11齢期で1月～2月と8月, 第12齢期で7月～8月と12月～3月, 第13齢期で8月～9月と12月～2月, 第14齢期で7月～9月と11月～3月, 第15齢期で8月～1月, 第16齢期で8月～9月と11月～1月, 第17齢期で11月～12月と推定される。

1.3. 産卵期 産卵可能なメスは, 結果8の産卵中メスの生殖腺の観察から脱皮間期(ステージ )であり, その G.S.I. が9以上のものと考えられる。この値は結果7の G.S.I. と熟度との関係での熟度ステージ のメジアン(9.94)とほぼ一致する。したがって, 産卵可能なメスの熟度はステージ と考えられる。

また, 産卵期後には Spent ステージの頻度が増加し, 未発眼卵を抱卵した個体の頻度も増加すると期待される。すなわち, 産卵に至る過程は 卵巣卵の成熟(G.S.I. の増加) 産卵 未発眼卵を抱卵した個体の増加, 卵巣の Spent ステージの増加という図式で進行するもの

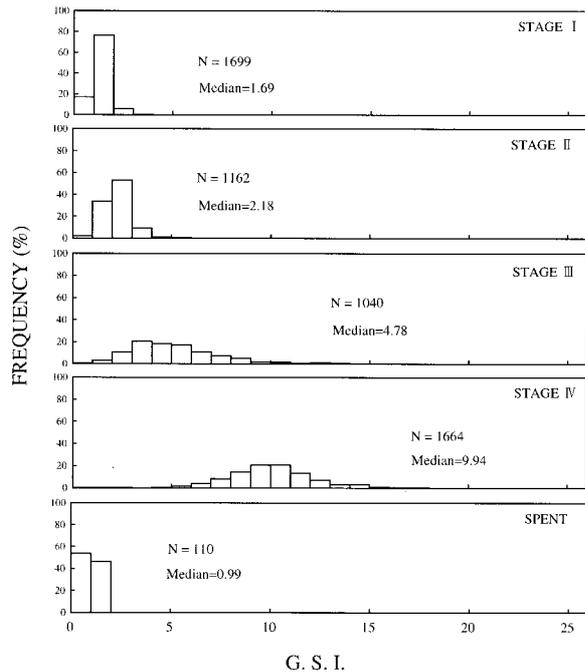


Fig. 42. Frequency distribution of G.S.I. with each maturity in female hair crabs (pooled total instar data). G.S.I. are significantly different between the five maturity-stages by Median test ( $P < 0.001$ ) and Kruskal-Wallis test ( $P < 0.001$ ). Maturity are defined as ovary colors: Stage I, white; Stage II, clear; Stage III, orange; Stage V, red; Spent stage, colorless to yellow by case, characterized by residual atretic oocytes (see Table 2).

と考えられるので、産卵期は と ， との間にあると推測される。ただし、卵巣が成熟したからといって、必ずしも産卵するとは限らないので指標としては、 ， が重要と考えられる。

さらに、結果6の脱皮ステージとG.S.I.との関係で、脱皮間期であるステージ のG.S.I.の分布が2峰型を示すこと、結果2のG.S.I.の月変化で、抱卵個体がG.S.I.値0~2という低い値を示していることから、脱皮間期の個体で産卵と抱卵が行われることが推測される。

脱皮間期の出現頻度は、結果1の脱皮ステージの月変化からどの齢期においても周年みられることがわかっている。

G.S.I.値が9を越える個体が出現するのは、結果2のG.S.I.の月変化から第10齢期で8月~10月、第11齢期で2月、4月と8月~11月、第12齢期~第13齢期で7月~4月、第14齢期~第15齢期で1月~12月、第16齢期で5月~9月と11月~3月、第17齢期で4月~7月と11月~2月であった。G.S.I.のメジアンピークは第10齢期で9月、第11齢期で7月と9月、第12齢期で3月、第13齢期~第16齢期で7月と12月、第17齢期は不明であった。

Spentステージの頻度が増加するのは、結果3の産卵後メスの出現状況から第10齢期で3月~4月、第11齢期で2月~3月と11月~12月、第12齢期で7月と11月~3月、第13齢期で2月~4月、7月~8月と11月~12月、第14齢期で2月~3月と11月~12月、第15齢期で3月、7月と11月~12月、第16齢期で2月と11月~12月、第17齢期で12月であった。

未発眼卵を抱卵した個体の頻度が増加するのは、結果5の抱卵個体の胚の状態から第10齢期で3月、第11齢期で3月と8月、第12齢期~第13齢期で3月と8月、第14齢期で3月と7月~8月、第15齢期で2月、8月と11月、第16齢期で7月~8月と11月、第17齢期で1月であった。

以上から推測される産卵期の盛期は、第10齢期が3月~4月、第11齢期が2月~3月と8月、第12齢期が3月と7月~8月、第13齢期~第14齢期が2月~3月と7月~8月、第15齢期が7月~8月と11月~3月、第16齢期が7月~8月と11月~12月、第17齢期が12月~1月である。

1.4. 孵化期 現在までに天然でのプランクトン調査結果から、道東太平洋岸でゾエアI期が出現するのは4~5月であることから、孵化期は、4月と推定されている<sup>25-28</sup>。孵化後の卵殻を腹肢にもつメス(Hatch-out)の出現率が増加するのは、結果5の抱卵個体の胚の状態から第10齢期~第11齢期で6月、第12齢期~第13齢期で5月~6月、第14齢期~第16齢期で5月、第17齢期で6月~7月であった。孵化期は、孵化後の卵殻を腹肢にもつメスが出現率が増加する前にあることが期待されることから、その盛期は全齢期とも4月~5月であると推測される。

1.5. 抱卵期間 抱卵期間は、産卵期~孵化期の間として推定できると考えられる。また、それは結果9の胚発生の観察から、少なくとも7ヶ月以上であると推定される。飼育観察からは、13~16ヶ月という結果が得られている<sup>8</sup>。

1.6. 交尾から産卵までの期間 飼育観察から9~12ヶ月という結果が得られている<sup>8</sup>。

2. 生殖周期モデルの構築 前述した結果と考察(概略をオスについてTable 5、メスについてTable 6に示した)をもとにして、雌雄別に第10齢期~第17齢期までの生殖周期モデルを構築した。

オスのモデルを構築するにあたり、(脱皮(交尾)脱皮)という周期を繰り返すことを前提条件とした。甲殻類の脱皮周期は通常、高齢になるにしたがい長くなるものと考えられるが<sup>21</sup>、ここでは脱皮のスキップ<sup>29</sup>は考慮しなかった。

以上の条件から構築したオスのモデルをFig. 43に示

Table 4. Case study of embryonic development of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*.

Observation date	Embryonic stage	Temperature( )	Progress date	Events
2 December 1990	Pre-cleavage stage	9	0	Spawning 2 indiv. female: CL 71.4 & 69.6 mm
3 December 1990	1cell stage	9	1	
4 December 1990	1cell stage	9	2	
5 December 1990	1cell stage	10	3	
6 December 1990	1cell stage	10	4	
7 December 1990	1-4 cell stage	10	5	
8 December 1990	4-8 cell stage	10	6	
9 December 1990	8-16 cell stage	9	7	
10 December 1990	16-32 cell stage	10	8	
11 December 1990	64 cell stage	9	9	
12 December 1990	128 cell stage	9	10	
14 December 1990	128 cell stage	9	12	
15 December 1990	Blastula stage	10	13	
17 December 1990	Blastula stage	9	15	
20 December 1990	Blastula stage	9	18	
25 December 1990	Blastula stage	10	23	
5 January 1991	Blastula stage	9	34	
11 January 1991	Gastrula stage	9	40	
21 January 1991	Gastrula stage	9	50	
31 January 1991	Gastrula stage	9	60	
8 February 1991	Gastrula stage	9	68	
22 February 1991	Naupliar stage	9	82	Dead 1 ovigerous female (CL 69.6 mm)
2 March 1991	Naupliar stage	9	90	
12 March 1991	Naupliar stage	9	100	Dead 1 ovigerous female (CL 71.4 mm); Removing embryos from pleopods
22 March 1991	Naupliar stage	9	110	
11 April 1991	Meta-naupliar stage	9	130	
24 April 1991	Meta-naupliar stage	10	143	
13 May 1991	Meta-naupliar stage	10	163	
21 May 1991	Meta-naupliar stage	10	170	
10 June 1991	Meta-naupliar stage	9	190	
21 June 1991	Pigmented-eye stage	10	201	
1 July 1991	Pigmented-eye stage	9	211	
10 July 1991	Pigmented-eye stage	10	220	All embryos dead

した。全齢期ともに脱皮周期が同調したモデルとなった。結果1の脱皮ステージの月変化と考察1.1の脱皮期から、脱皮から次の脱皮までの周期(脱皮周期), G.S.I.のピークから次のピークまでの周期ともに、大多数の個体は1年周期と思われる。したがって、ここでは1年周期のモデルのスキームを示した。しかし、第13齢期以上で一部の個体が2年以上の周期で脱皮するものと示唆されたが、この場合は1年周期のモデルに1年以上を加算した周期のモデル(脱皮間期である脱皮ステージだけが加算された年数分続く)となる。

メスの生殖周期モデルは、(脱皮・交尾 産卵 (孵

化) 脱皮・交尾)という周期を繰り返すことを前提条件とした。また、同一齢期で1年に2回の脱皮期、交尾期、産卵期がみられたため、それぞれ2つのグループに分割してモデルを構築した。

以上の条件から構築したメスのモデルを Fig. 44に示した。全齢期において、交尾から次の交尾までの期間(交尾周期)、脱皮から次の脱皮までの期間(脱皮周期)、産卵から次の産卵までの周期(産卵周期)とともに、約2年または約3年周期のモデルとなった。交尾周期と脱皮周期は完全に同調したが、産卵周期とは同調しなかった。

Table 5. Comparison of monthly reproductive events by instar in male hair crab, *Erinacrus isenbeckii*.

Instar /Event	Copulation period	Peaks of G.S.I.	Molting period	Molt stages				
				Stage I	Stage II	Stage III	Stage IV	Stage V
X	Jul. - Jan.	?	Jan.	?	Feb. - Jun.	Mar. - Jun.	Jul. - Jan.	?
XI	May - Jan.	Jul.	Dec. - Jan.	Jan.	Jan. - Jul.	Mar. - Sep.	May - Jan.	Dec. - Jan.
XII	Jun. - Jan.	?	Dec. - Jan.	?	Jan. - Jun.	Jun. - Oct.	Jun. - Jan.	Dec. - Jan.
XIII	May - Jan.	Aug. & Dec.	Dec. - Jan.	Jan.	Jan. - Jul.	May - Oct.	May - Jan.	Dec. - Jan.
XIV	May - Jan.	Dec.	Dec. - Mar.	Jan.	Jan. - Jul.	Jun. - Oct.	May - Jan.	Dec. - Jan.
XV	May - Jan.	Dec.	Jan.	Jan. & Mar.	Jan. - Jul.	Jun. - Sep.	May - Jan.	Jan.
XVI	May - Jan.	?	Jan. - Feb.	Jan.	Jan. - Jul.	Jun. - Oct.	May - Jan.	Jan. - Feb.
XVII	May - Jan.	?	Jan. - Feb.	Jan.	Feb. - Jul.	Jun. - Oct.	May - Jan.	Jan. - Feb.

Table 6. Comparison of monthly reproductive events by instar in female hair crab, *Erimacrus isenbeckii*.

Instar /Event	Copulation period	Peaks of G.S.I.	Spawning period	Hatching-out period	Embryos condition				
					Uneyed	Peak of uneyed	Eyed	Peak of eyed	
X	Feb. - Mar.	Sep.	Mar. - Apr.	Apr. - May	Mar. - Apr.	Mar.	Feb. - Apr.	Feb.	
XI	Jan. - Feb. & Aug.	Jul. & Sep.	Feb. - Mar. & Aug.	Apr. - May	Feb. - Apr., Aug. & Nov. - Dec.	Mar. & Aug.	Feb. - Apr., Aug. & Nov. - Dec.	Feb.	
XII	Jul. - Aug. & Dec. - Mar.	Mar.	Mar. & Jul. - Aug.	Apr. - May	Aug., Nov. - Apr.	Mar. & Aug.	Aug. - Apr.	Sep. - Oct.	
XIII	Aug. - Sep. & Dec. - Feb.	Jul. & Dec.	Feb. - Mar. & Jul. - Aug.	Apr. - May	Jul. - Sep., Nov. - Dec. & Feb. - Apr.	Mar. & Jul. - Aug.	Aug. - Apr.	Jan. & Oct.	
XIV	Jul. - Sep. & Nov. - Mar.	Jul. & Dec.	Feb. - Mar. & Jul. - Aug.	Apr. - May	Aug. - Sep. & Nov. - Apr.	Feb., Aug. & Nov.	Aug. - Apr.	Oct.	
XV	Aug. - Jan.	Jul. & Dec.	Jul. - Aug. & Nov. - Mar.	Apr. - May	Jul. - Sep., Nov. - Dec. & Mar. - Apr.	Jul. - Aug. & Nov.	Sep. - Apr.	Oct.	
XVI	Aug. - Sep. & Nov. - Jan.	Jul. & Dec.	Jul. - Aug. & Nov. - Dec.	Apr. - May	Apr. & Nov. - Jan.	Jan.	Apr. & Oct. - Jan.	Oct.	
XVII	Nov. - Dec.	?	Dec. - Jan.	Apr. - May	?	?	?	?	

Table 6. Continued.

Instar /Event	Molting period	Molt stages				
		Stage I	Stage II	Stage III	Stage IV	Stage V
X	Jun. - Aug. & Dec. - Mar.	Feb. - Mar.	Jan. - Mar.	Apr. - Jul.	Jan. - Dec.	Jun. & Dec.
XI	Jun. - Aug. & Dec. - Mar.	Dec. - Mar. & Jul. - Aug.	Aug. - Sep. & Dec. - Jun.	Mar. - Jun. & Sep. - Oct.	Aug. - Nov.	Jul. - Aug. & Dec. - Feb.
XII	May - Sep. & Nov. - Feb.	Jun. - Aug. & Dec. - Mar.	Jan. - Jun. & Aug. - Sep.	Mar. - May & Jul. - Sep.	Jan. - Dec.	Jan. - Feb., May, Aug. & Nov.
XIII	Jun. - Sep. & Nov. - Mar.	Aug. - Sep. & Dec. - Feb.	Jan. - May & Aug. - Sep.	Jan. - Sep.	Jan. - Dec.	Jan., Jun., Aug. - Sep. & Nov.
XIV	Aug. - Jan.	Jun. - Sep. & Nov. - Mar.	Jan. - Apr. & Aug. - Sep.	Jan. - Dec.	Jan. - Dec.	Aug. & Oct.
XV	Aug. - Jan.	Aug. - Jan.	Jan. - Apr. & Aug. - Sep.	Nov. - Sep.	Jan. - Dec.	Aug. & Oct.
XVI	Jun. & Nov. - Jan.	Aug. - Jan.	Jan. - Apr. & Aug. - Sep.	Nov. - Sep.	Jan. - Dec.	Jun.
XVII	?	Jun. & Nov. - Jan.	Jan. - Apr.	Nov. - Jun.	Jan. - Dec.	?

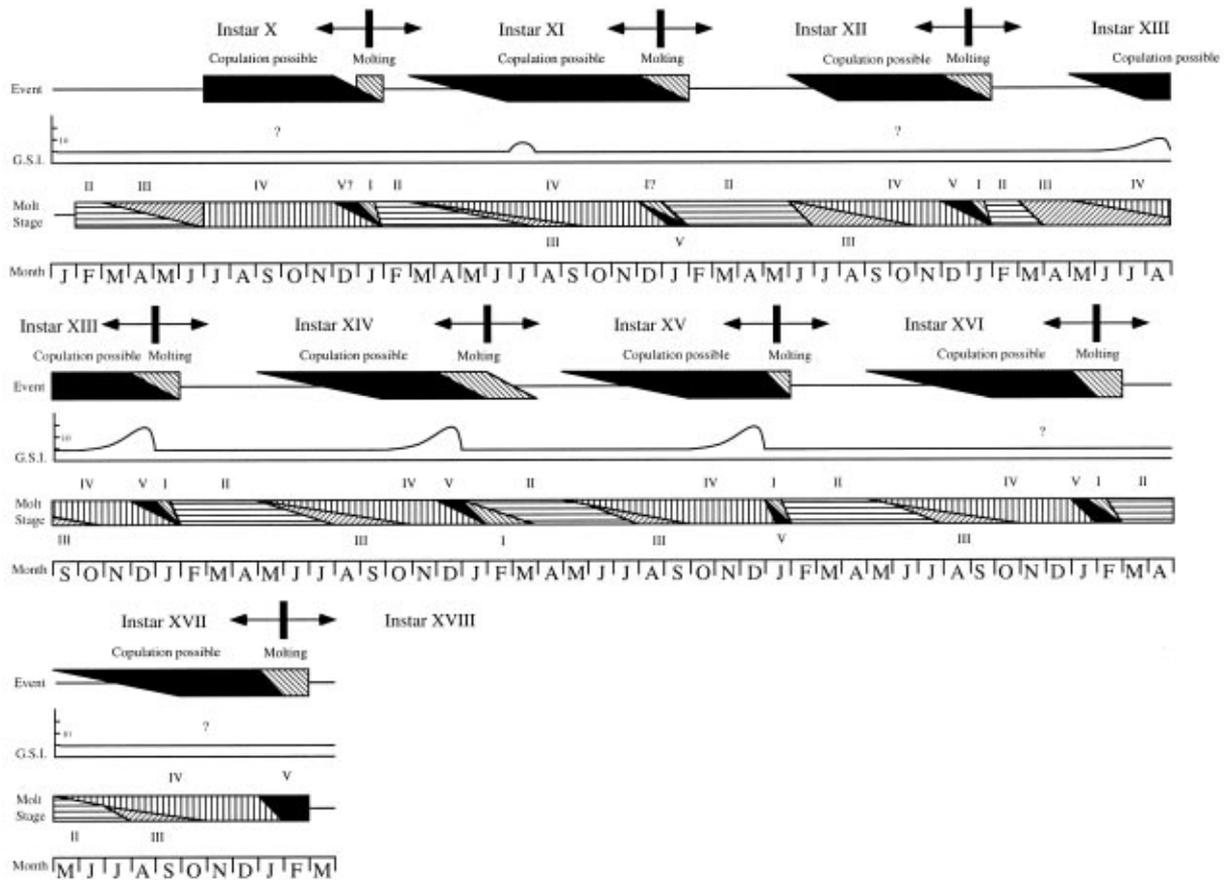


Fig. 43. Scheme showing the reproductive cycles of instar X to XVII in male hair crab.

2. 構築したモデルの検証 本研究では、すべての年度のデータをプールして解析したため、脱皮のスキップを考慮することができなかった。このことから、オスについては脱皮期が同調していたため、その脱皮周期を完全には解明できなかった。また、抱卵期間については、胚発生の観察が完全ではなかったことと、採集標本での詳細な観察を行っていないことから、実証できていない。

以上の問題については、これからの研究により検証を行ない、このモデルの再構築を行なう必要がある。

ここで過去の研究結果と構築したモデルとの比較を行なうことにする。まず、これまでのケガニの生殖周期に関する研究で特徴的なことをあげると、それは脱皮周期と関連させた研究がないこと、すべてがメスに関するものであること、かつ、ほとんどが産卵周期に関するものであることである。さらにいえば、年齢別に解析した事例は存在しない。また、ほとんどの研究が北海道の材料で行われていることがあげられる。川上<sup>2)</sup>は、噴火湾八雲沖の材料を用いてメスの脱皮期が3月～4月、産卵期が3月上旬～中旬と推測した。平野<sup>3-4)</sup>は、川上と同様に噴火湾

八雲沖の材料を用いてメスの交尾期が11月～1月、産卵期が3月～4月で隔年産卵（産卵周期が2年）と推測した。吉田<sup>5-6)</sup>は、北朝鮮産の材料を用いてオスの脱皮期が2月下旬～4月頃、メスの脱皮期と交尾期が1月頃、産卵期が年二回で春（4月～5月）と秋（11月～12月）、孵化期が2月～5月と推測した。Nagao, *et al.*<sup>7)</sup>は、噴火湾の材料を用いてデータが少ないながら組織学的な卵巣熟度の変化から、産卵周期を3年と推定した。また、飼育による唯一の事例として尾身・山下<sup>8-9)</sup>は胚からの長期飼育個体を用いて、1月～2月に交尾したメスがその9～12ヶ月後の12月～1月に産卵・抱卵し、胚は13～16ヶ月後の12月～4月に孵化すること、幼生を孵化させたメスは1～16ヶ月後の3月～7月に脱皮と交尾を行ない、その6ヶ月後の12月～1月に再び産卵したことを報告した。すなわち、交尾周期は約2年～約3年（23ヶ月～34ヶ月）産卵周期も約2年～約3年（20ヶ月～38ヶ月）ということになる。

本研究で構築した生殖周期のモデルは、ほぼ上記の研究結果を裏付けるものとなった。これまでの研究結果が

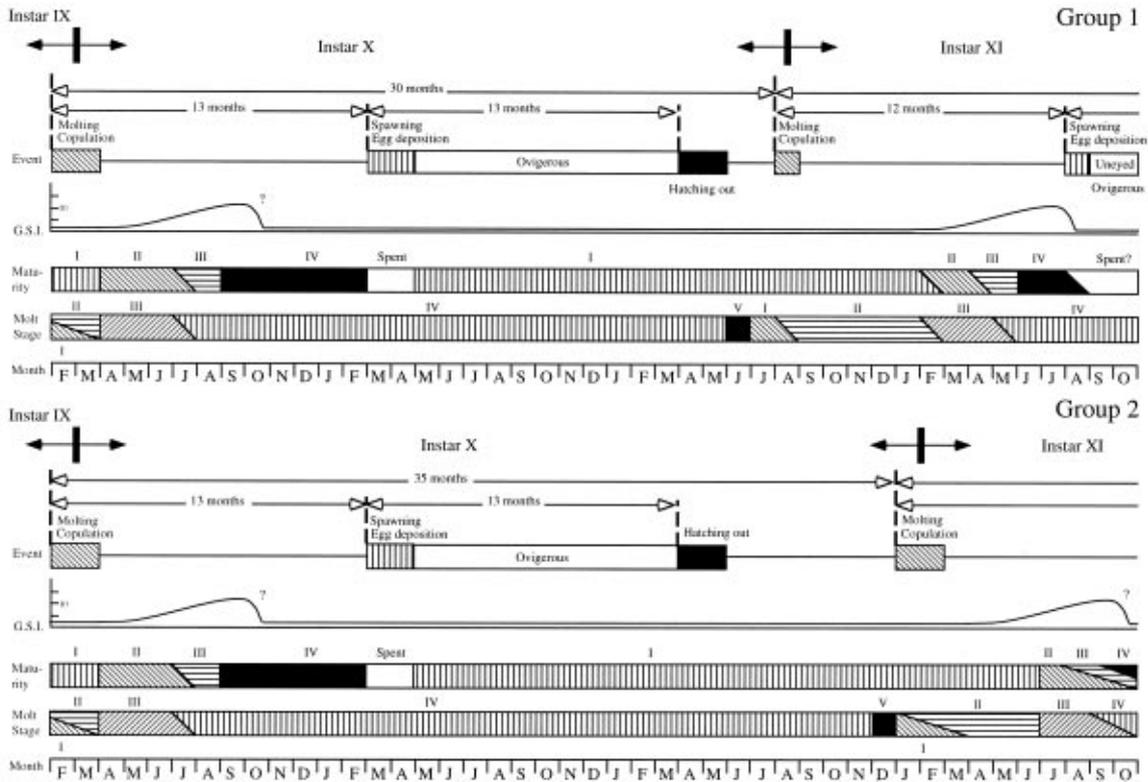


Fig. 44. Scheme showing the reproductive cycles of instar X to XVII in female hair crab.

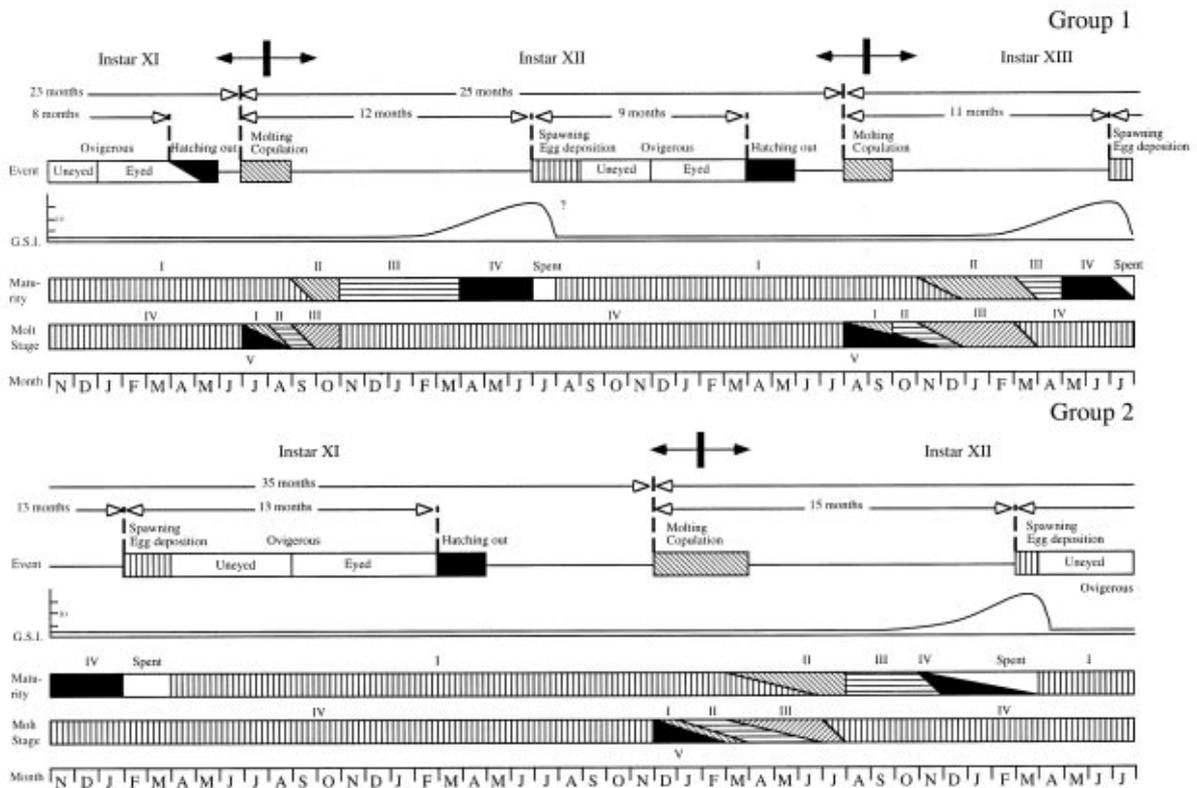


Fig. 44. Continued.

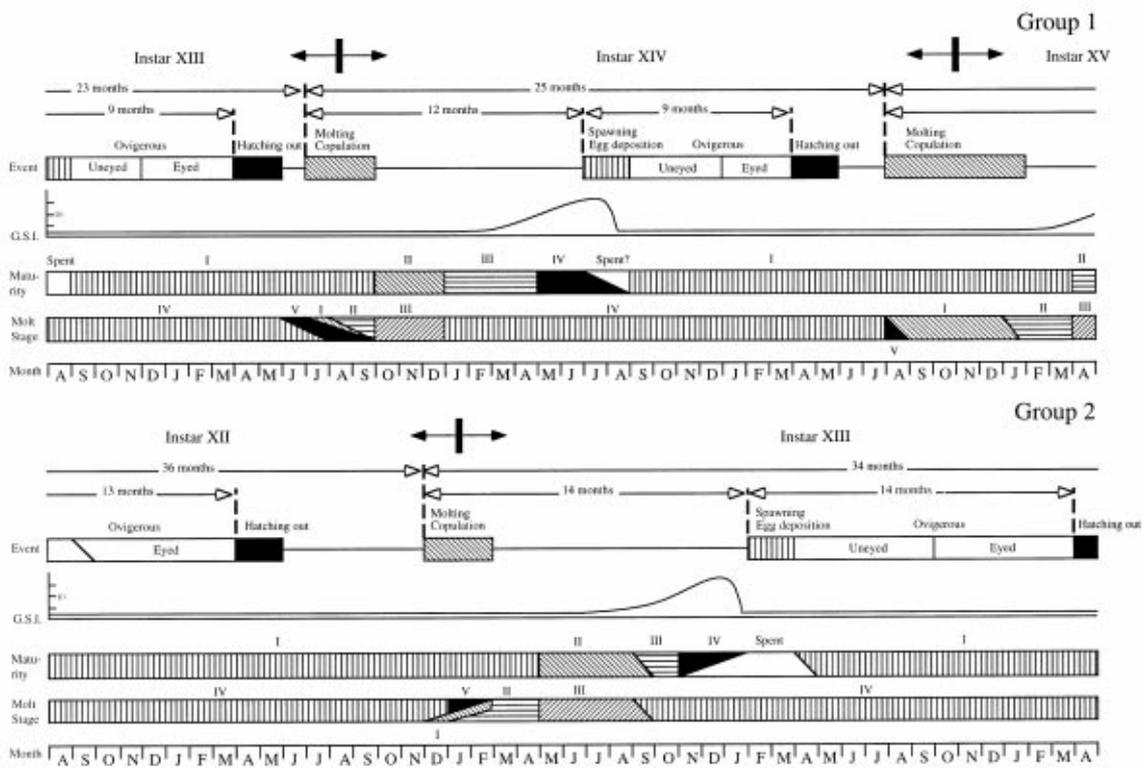


Fig. 44. Continued.

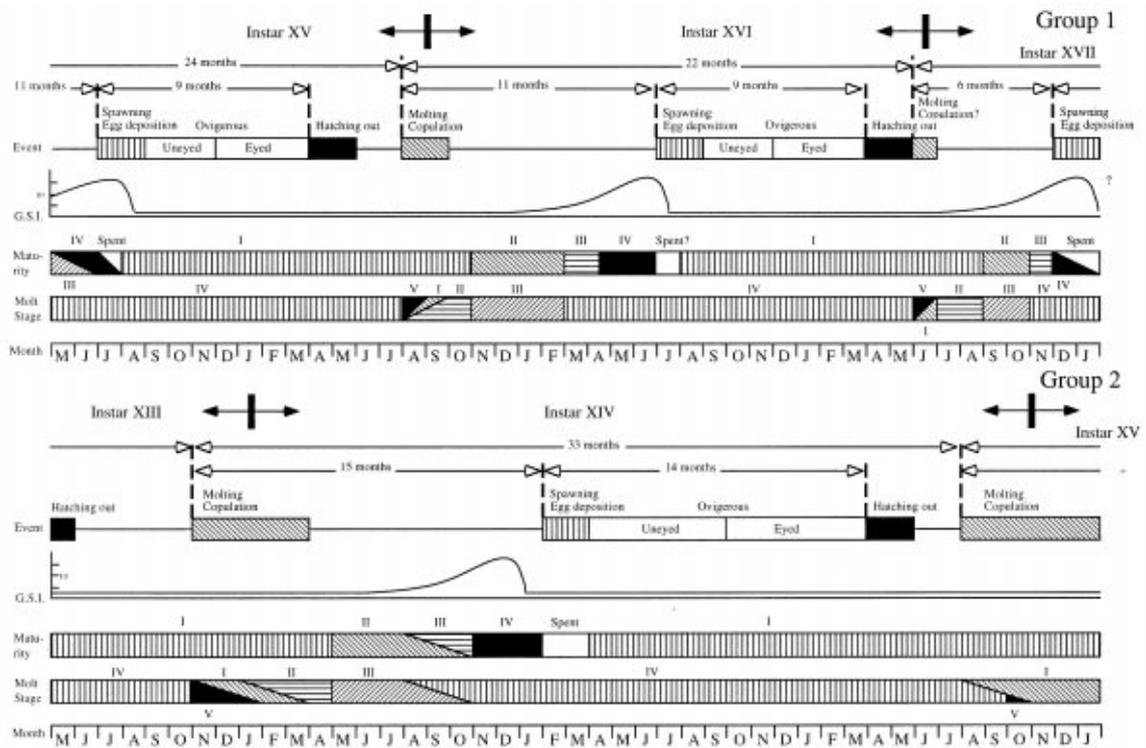


Fig. 44. Continued.

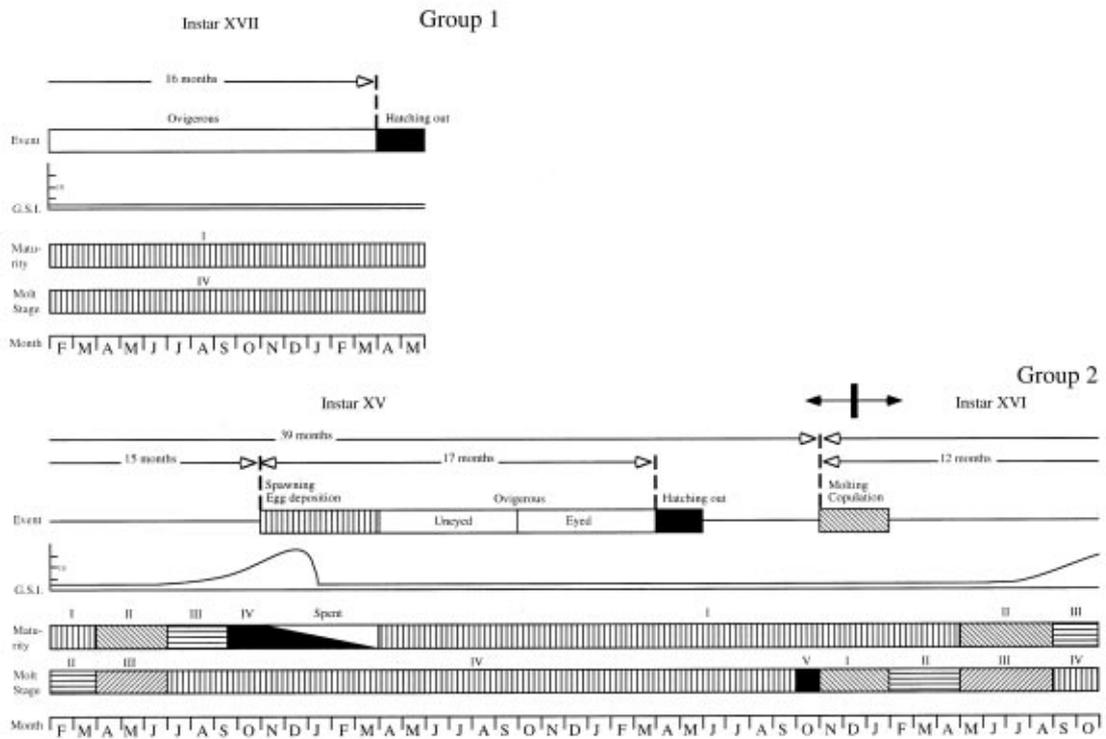


Fig. 44. Continued.

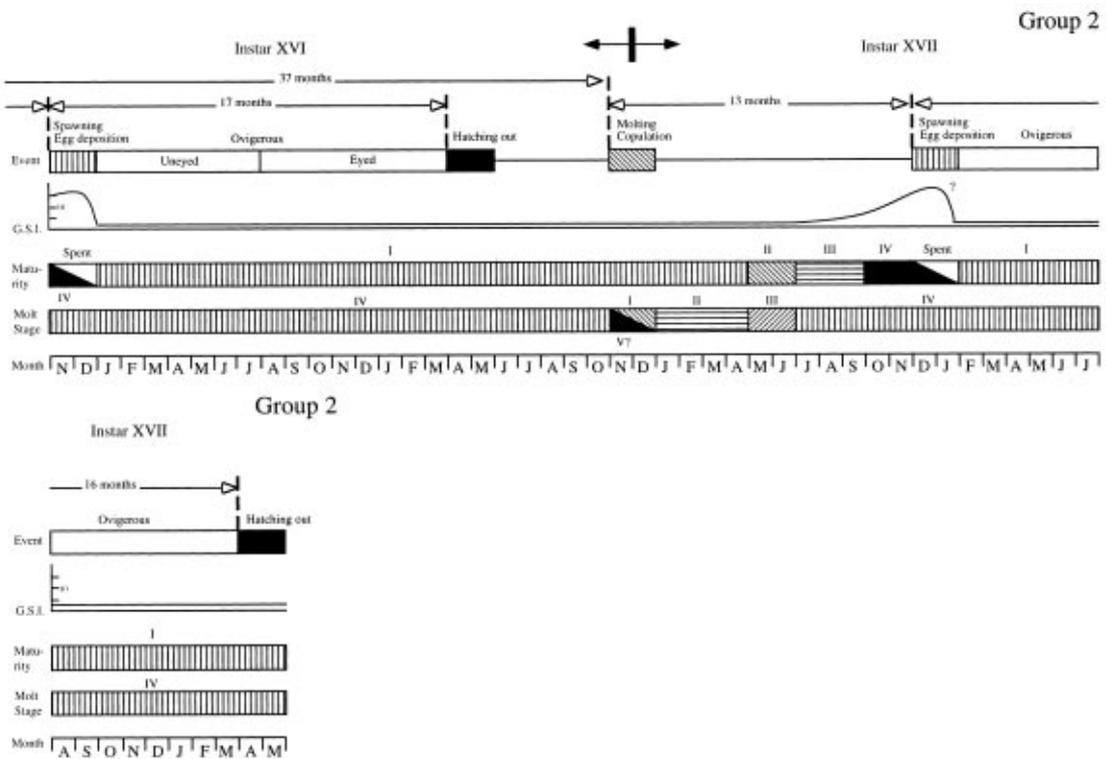


Fig. 44. Continued.

らは、吉田が年2回の産卵期を指摘しているものの、産卵周期が2年~3年というあいまいなものであった。しかし、本研究結果から同一齢期においても産卵周期が約2年と約3年の2群存在することが推定された。この周期の差は、初回産卵群が幼生孵化後にすぐ脱皮・交尾を行なうか、あるいはある程度の期間を置いて脱皮・交尾を行なうかという違いに起因されると推測される。

3. 他種との比較 メスに関するものがほとんどであるが生殖周期の推定は、資源管理上必要なこともあり、他の有用カニ類でもいくつかの報告がある。クモガニ科のズワイガニ *Chionoecetes opilio* では、産卵周期が1~1年半<sup>20)</sup> あるいは2年<sup>30)</sup> と推定されている。クモガニ科では、一度成熟脱皮したメスはそれ以上成長せず、1回の交尾で何回かの産卵を行なうため、ケガニとの比較はできない。しかし、ワタリガニ科のガザミ *Portunus trituberculatus* では、抱卵期間が14~22日であることから<sup>31)</sup> ケガニと同様にメスの産卵周期は長いといえる。

ケガニと比較的近縁と考えられ有用種を多く含むイチョウガニ科については、Shields による総説<sup>32)</sup> があり、種によってかなりの変異があるものの、脱皮期、交尾期については1年1回であることが知られている。ただし、抱卵期間は、種により40~265日とまちまちであり、概して大型で北方系、生息水深が深い種で長くなっている。産卵期については *Cancer setosus* で1年に2回であることが知られている。

また、交尾期、産卵期が1年の2期に分かれているものとしては他に、イワガニ科の *Hemigrapsus oregonensis*、オウギガニ科の *Lophopanopeus bellus* で知られている<sup>33)</sup>。

## 要 約

ケガニの第10齢期~第17齢期までの雌雄についてその脱皮周期、交尾期、抱卵期間、孵化期の推定結果から、交尾周期、産卵周期からなる生殖周期モデルを構築した。生殖周期モデルは、オスでは大多数が1年周期のモデル、メスでは約2年あるいは約3年のモデルとして構築された。

## 謝 辞

本研究をまとめるにあたり、調査の実施に協力いただいた釧路市漁業協同組合・釧路市東部漁業組合・白糠漁業協同組合・大津漁業協同組合・大樹漁業協同組合・広尾漁業協同組合、釧路西部地区水産技術普及指導所・十勝地区水産技術普及指導所、浦幌町・大樹町・広尾町の関係各位、元北海道立釧路水産試験場用船第5天昭丸乗組員各位、特に元機関長名平勇氏に感謝の意を表す。また、膨大な測定データの収集について元北海道立水産

孵化場、阿部晃治氏・北海道立函館水産試験場、小池幹雄氏・北海道立網走水産試験場、鳥澤雅氏・北海道函館水産試験場室蘭支場、上田吉幸氏らの労をここに記してねぎらうとともに深くお礼申しあげる。

## 文 献

- 1) 三宅貞祥：原色日本大型甲殻類図鑑( )。大阪、保育社、1983、277p。
- 2) 川上四郎：毛蟹調査(其の一)(昭和九年度),(其の二)。北水試旬報。258, 259, 16p。(1934)。
- 3) 平野義見：毛蟹調査(昭和九年度)。北海道水産試験場事業旬報。296, 18(1935)。
- 4) 平野義見：毛蟹の交接に関して。北海道水産試験場事業旬報。512, 1113(1941)。
- 5) 吉田裕：北鮮産有用蟹類の生殖に就いて。1. ケガニ *Erimacrus isenbeckii*(Brandt)。水産研究誌 35(8), 412(1940)。
- 6) 吉田裕：有用カニ類の雌雄に見られる大きさの相違と其の原因に就いて。日水会誌。16(12), 9092(1951)。
- 7) Nagao, J., H. Munehara and K. Shimazaki: Spawning cycle of horsehair crab (*Erimacrus isenbeckii*) in Funka Bay, southern Hokkaido, Japan. High Latitude Crabs: Biology, Management, and Economics. Alaska Sea Grant College Program, AK SG 96 02. 1996, 315-331。
- 8) 尾身東美, 山下 幸悦: " . 甲殻類種苗培養技術開発試験。3. ケガニ." 昭和54年度北海道立栽培漁業総合センタ-事業報告書。58-67(1980)。
- 9) 尾身東美, 山下幸悦: " . 甲殻類種苗培養技術開発試験。3. ケガニ." 昭和56年度北海道立栽培漁業総合センタ-事業報告書。32-38(1982)。
- 10) 佐々木潤: 交尾栓保有率から推定した道東太平洋におけるケガニ *Erimacrus isenbeckii* (Brandt) 雌の性的成熟サイズ。北水試研報, 46, 19-21(1995)。
- 11) Nelson, K.: Scheduling of reproduction in relation to molting and growth in malacostracan crustaceans. (Wenner, A. and A. Kuris eds.), Crustacean Issues 7. Crustacean Egg Production. Rotterdam, A.A. Balkema. 1991, 77-113。
- 12) 佐々木潤: ケガニ *Erimacrus isenbeckii* (Brandt) の配偶行動(予報)。北日本底魚部会報, 漁業資源研究会誌, 24, 41-54(1991)。
- 13) 北海道立水産試験場: 北水試 魚介類測定・海洋観測マニュアル。北海道立水産試験場, 1996。
- 14) Drach, P.: Mue et cycle d'intermue chez les

- Crustacés Décapodes. *Ann. inst. océanog.* (Paris). 19, 103 391 (1939).
- 15) Drach: Etude préliminaire sur le cycle d'intermue et son conditionnement hormonal chez *Leander serratus* (Pennant). *Bull. Biol. Fr. Belg.* 78 40 62 (1944).
- 16) Drach, P. and C. Tchernigovtzeff: Sur la méthode de détermination des stades d'intermue et son application générale aux Crustacés. *Vie et Milieu.* 18, 596 610 (1967).
- 17) Aiken, D.E.: Proecdysis, setal development, and molt prediction in the American lobster (*Homarus americanus*) injected with ecdysterone. *J. Fish. Res. Board Can.* 32, 1843 1845 (1973).
- 18) O'Halloran, M.J. and R.K. O'Dor: Molt cycle of male snow crabs, *Chionoecetes opilio*, from observations of external features, setal changes, and feeding behavior. *J. Crustacean Biol.* 8 (2), 164 176 (1988).
- 19) 佐々木潤, 栗原康裕: ケガニの齢期判別法と成長. 北水試研報 55, (印刷中)(1999).
- 20) 今攸: "第3章 胚期発生". ズワイガニ *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius) の生活史に関する研究. 新潟大学理学部付属佐渡臨海実験所特別報告第2集. 1980, 25 34.
- 21) Passano, L.M.: Molting and its control. (Waterman, T.H. ed.), *The Physiology of Crustacea. Volume I. Metabolism and Growth.* New York, Academic Press. 1960, 473 536.
- 22) 佐々木潤, 上田吉幸: 天然から採集されたケガニの配偶サイズ. 甲殻類の研究. 21, 147 152 (1992).
- 23) Sokal, R.R. and F.J. Rohlf: *Biometry, The principles and practice of statistics in biological research.* Third Edition. W.H. Freeman and Company. 1995.
- 24) 佐々木潤, 古板博文, 小西光一: 短尾類の精包崩壊について(予報). 1993年度日本甲殻類学会大会(第31回大会)講演要旨集 1993, p. 30.
- 25) 丸川久俊, 安成一二: 毛ガニ又はおおくりがに *Erimacrus isenbeckii* (B.) Megalopa 及びその直後幼生に就いて. 水産研究誌. 26(3), 69 74 (1931).
- 26) 丸川久俊, 全炳哲: おおくりがに *Erimacrus isenbeckii* (B.) Larval stage に就いて. 水産研究誌(楽水会誌). 28, 1 11(499 509)(1933).
- 27) 倉田博: 北海道産十脚甲殻類の幼生期1. クリガニ科3種. 北水研報. 27, 13 24 (1963).
- 28) 阿部晃治: 道東太平洋沿岸における各種幼稚仔類について. 北水試月報. 25(7), 14 30 (1968).
- 29) McCaughran, D.A. and G.C. Powell: Growth model for Alaska king crab (*Paralithodes camtschatica*). *J. Fish. Res. Board Can.* 34, 989 995 (1977).
- 30) Sainte-Marie, B.: Reproductive cycle and fecundity of primiparous and multiparous female snow crab, *Chionoecetes opilio*, in the Northwest Gulf of Saint Lawrence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50, 2147 2156 (1993).
- 31) 大島信夫: 瀬戸内海「がざみ」調査. 水産試験場報告. 9, 141 - 212, pls. I V (1938).
- 32) Shields, J.D.: The reproductive ecology and fecundity of *Cancer* crabs. (Wenner, A. and A. Kuris eds.), *Crustacean Issues 7. Crustacean Egg Production.* Rotterdam, A.A. Balkema. 1991, 193 213.
- 33) Knudsen, J.W.: Observations of the reproductive cycles and ecology of the common *Brachyura* and crablike *Anomura* of Puget Sound, Washington. *Pacific Science.* 17, 3 33, 1964.



# ケガニの齡期判別法と成長

佐々木 潤\*, 桑原 康裕\*

A growth model of the hair crab, *Erimacrus isenbeckii* (BRANDT)  
(Crustacea: Brachyura: Decapoda):  
Application of morphological methods and innovatory statistical methods  
for identification of crab instars

Jun SASAKI\* and Yasuhiro KUWAHARA\*

We examined morphological changes of larval and post-larval juveniles of the hair crab, *Erimacrus isenbeckii* BRANDT, and made statistical analyses of their growth for both laboratory-reared and field collected specimens. Sexual dimorphism in external morphology is recognizable from crab II stage. Using external morphological characteristics, crab stage I to IX are identifiable. Further, using bivariate normal distributions for the carapace length and body weight, crab stages X to XVII were identified. Analysis of monthly size frequency-distributions of the carapace length revealed the growth pattern of crab I to X stages. By re-examination of a previous growth model, an alternative growth model with a linear combination of size increments and Heaviside's function for this species is proposed.

**キーワード:** ケガニ, 甲殻類, 齡期判別, 正規分布, 成長モデル

Hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, Crustacea, Normal distribution, Growth model

## まえがき

ケガニ (*Erimacrus isenbeckii*) は北海道の重要な水産資源であり, 北海道立水産試験場・日本栽培漁業協会を中心にその資源管理・増殖事業が行われてきた。これらの事業の基礎となるケガニの生理・生態学的研究も上記機関を中心に進められているが, 未解明の部分も多く残されている。

ここでは, ケガニの成長様式に関して形態学的手法と統計学的手法を用い, 1つのモデルを提示することにする。過去のケガニの成長に関する研究としては阿部<sup>1,2)</sup>があげられ, 現在行われている資源管理のための資源量計算等にはこの研究結果が用いられている。しかし, この10年余りでめまぐるしく発展したコンピュータ技術により当時では考えられなかった大量データの高速処理が可能になったばかりか, それに伴ってコンピュータを利用しなければ不可能な非線形問題を扱った統計学的手法も一般のパーソナルコンピュータで十分使用可能となった。そこで, 追試の意味も含めここでもう一度ケガニの成長に関する考察を行なうことは十分意義があると考えられる。

本論文は, 以下の4つから構成される。

1. 形態による齡期の判別: 形態学的観点から, 天然採集個体と飼育個体の両方についてケガニの齡期判別を試みた。

2. サイズ分布による齡期の判別: 形態で判別できなかったケガニについて, 天然採集個体のサイズ分布に統計学的解析を行ない, 齡期判別を試みた。

3. 稚ガニのサイズ分布の追跡: 天然採集稚ガニのサイズ分布を月ごとに追跡し, そのサイズ分布に統計学的解析を行った。それにより, 前述した形態学的齡期判別法を検証するとともに, 若齡期の絶対成長について考察を加えた。

4. ケガニの成長に関する仮説の提示: 前述1~3の結果をもとに, ケガニの絶対成長についてのモデルを提示した。

## 材料及び方法

1. 形態による齡期の判別 標本の採集は, 元北海道立釧路水産試験場用船第5天昭丸(12.16トン)で, 1989年9月~1992年9月に北海道東部太平洋岸釧路町昆布森沖水深30~60mの15点 (Fig. 1) において稚ガニ採集用に関与された「名平式ビームトロール」<sup>3)</sup>を用いて行った。

報文番号 A 289 (1999年1月30日受理)

\* 北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station, Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-3119, Japan)

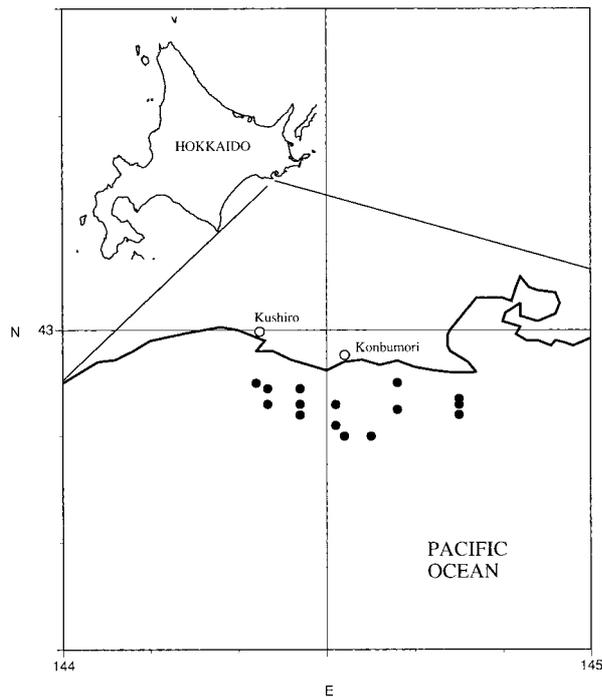


Fig. 1. Map showing sampling sites (circles) of juvenile hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: off Konbumori at 30-60 m depth in Oct. 1989 to Nov. 1992.

採集物は、ただちに北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station: HKFES) 研究室に輸送され、10%ホルマリン溶液で固定された。その後、採集物を水洗し、ケガニのみを選別した。近似種のクリガニとの判別は、尾身<sup>8)</sup>によった。これらの標本は、形態観察に供するまで70%エタノール溶液に保存された。

また、飼育観察のため5天昭丸で1989年と1990年6月の午後1時~2時頃に釧路沖でマルチネットによる表層曳を行ない、ケガニの第5期ゾエアとメガロバを採集した。飼育はHKFESの8に設定された恒温室内において、海水を満たし洗浄した砂を敷いたピーカに1個体ずつ隔離し、各ピーカごとにエアレーションをする方法で行った。餌は1日おきに冷凍エビを細断したものを与え、投餌後海水を交換した。

形態観察に供したケガニは、上記の昆布森沖採集の天然個体とHKFESの飼育個体に加え、北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture: HIM) において飼育された標本である。

標本の観察は、実体顕微鏡 (Wild社製) 下で行なった。観察の手順は以下のとおりである。

まず、70%エタノールに保存した標本の甲長をノギス、または実体顕微鏡に装着した測微計を用いて測定した。

次に標本をグリセリン溶液に移し、実体顕微鏡下で微針を用いて観察部位を解剖した。観察部位は、場合によりメチレンブルー染色液で染色し、実体顕微鏡に装着した描画装置を用いて原図とした。甲長等の基本的測定方法は、「北水試 魚介測定・海洋観測マニュアル」<sup>5)</sup>に準じた。

2. サイズ分布による齢期の判別 解析に使用したデータは、北海道東部太平洋岸十勝沖~釧路沖においてHKFESで実施されているケガニ資源調査時に、カニかご (網目合2寸) および刺網 (網目合5寸5分または6寸) によって採集され、測定・所蔵されていたものの一部である。オスについては、1955年~1983年までのそれぞれ2月、5月、6月分の測定資料のうち、脱皮間期の甲長と体重がそろっていた5,301個体 (甲長範囲31.7~130.0mm, 体重範囲18.5~1,240.0g) のデータを使用した。メスについては、1955年~1983年までのそれぞれ2月、6月、10月、12月分の測定資料のうち、脱皮間期の甲長と体重がそろっていた936個体 (甲長範囲41.4~89.0mm, 体重範囲40.0~450.0g) のデータを使用した。

データ解析は、甲長と体重の2変量を用いて2変量正規分布への当てはめを行った。パラメータの推定は最尤法により、Windows 95™上で動作する著者の一人である栗原が開発したコンピュータ・プログラム、CMS 2 ver. 4.20.00で行った。

$x_1, x_2$ に関する2変量正規分布の確率密度関数は、

$$f(x_1, x_2) = \frac{1}{2\sqrt{\sigma_{11}\sigma_{22}(1-\rho^2)}} \times \exp\left\{-\frac{1}{2(1-\rho^2)}\left[\left(\frac{x_1-\mu_1}{\sqrt{\sigma_{11}}}\right)^2 + \left(\frac{x_2-\mu_2}{\sqrt{\sigma_{22}}}\right)^2 - 2\left(\frac{x_1-\mu_1}{\sqrt{\sigma_{11}}}\right)\left(\frac{x_2-\mu_2}{\sqrt{\sigma_{22}}}\right)\rho\right]\right\} \quad (1)$$

ただし、 $\mu_i$  = 平均値、 $\sigma_{ii}$  = 分散、 $\sigma_{ij}$  = 共分散、 $\rho =$  相関係数である ( $i = 1, 2$ )。

いま、分散共分散行列を  $\Sigma$  とすると

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{12} & \sigma_{22} \end{pmatrix} \quad (2)$$

であるから、その逆行列は

$$\Sigma^{-1} = \frac{1}{\sigma_{11}\sigma_{22} - \sigma_{12}^2} \begin{pmatrix} \sigma_{22} & -\sigma_{12} \\ -\sigma_{12} & \sigma_{11} \end{pmatrix} \quad (3)$$

相関係数は

$$\rho = \frac{\sigma_{12}}{\sqrt{\sigma_{11}\sigma_{22}}} \quad (4)$$

の行列式は

$$|\Sigma| = \sigma_{11}\sigma_{22} - \sigma_{12}^2 \quad (5)$$

$i$  番目のデータ ( $x_{1i}, x_{2i}$ ) および平均値 ( $\mu_1, \mu_2$ ) をそれぞれ、ベクトル

$$x_i = \begin{pmatrix} x_{1i} \\ x_{2i} \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$\mu = \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \end{pmatrix} \quad (7)$$

とおくと,

2変量正規分布の確率密度関数(1)は,式(2),(3),(4),(5),(6),(7)から

$$N_2(x|\mu, \Sigma) = \frac{1}{2\sqrt{|\Sigma|}} e^{-(1/2)(x-\mu)^T \Sigma^{-1}(x-\mu)} \quad (8)$$

と表すことができる。

当てはめたモデルは式(8)と確率  $p$  の積の線形結合により,

$$Model(N) = \sum_{i=1}^N p_i N_2(\mu_i, \Sigma_i) \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^N p_i = 1 \quad (10)$$

$$0 < p_i \leq 1 \quad (11)$$

として構成し,

オスについては,  $n = 1 \sim 14$ , メスについては,  $n = 1 \sim 9$  のモデルについて計算を行った。

モデルの選定の規準として, AIC (Akaike Information Criterion)<sup>6)</sup>,

$$AIC = -2 \times (\text{モデルの最大対数尤度}) + 2 \times (\text{モデルの自由パラメータ数}) \quad (12)$$

このとき, データ  $x_{1i}, x_{2i}$  ( $i=1, \dots, n$ ) に対する対数尤度は, 式(9)より

$$l(\mu, \Sigma) = \sum_{i=1}^n \log \left[ \sum_{j=1}^N \left\{ \frac{p_j}{2\sqrt{|\Sigma_j|}} e^{-(1/2)(x_i - \mu_j)^T \Sigma_j^{-1}(x_i - \mu_j)} \right\} \right] \quad (13)$$

となる。ここで収束するまで反復計算を行ない各モデルの最大対数尤度を求め, AIC が極小となるパラメータセットをもったモデルをデータに対する最適モデルとして選定した。

3. 稚ガニのサイズ分布の追跡 用いたデータは, 1 で述べた昆布森沖で採集された標本のものである。

データ解析は, 採集年の月ごとに得られた甲長データに対して正規分布への当てはめを行った。パラメータの推定は最尤法により, コンピュータ・プログラム CMS 2 ver 4.20.00で行った。

正規分布の確率密度関数は式(8)の1変数の場合であり,

$$f(x|\mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (14)$$

ただし,  $\mu$  = 平均値,  $\sigma^2$  = 分散

当てはめたモデルは式(9)と同様に,

$$Model(N) = \sum_{i=1}^N p_i N_2(\mu_i, \Sigma_i^2) \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^N p_i = 1 \quad (16)$$

$$0 < p_i \leq 1 \quad (17)$$

として構成し,

データセットにより適宜  $n = 1 \sim 6$  のモデルを当てはめ, モデルの選定は AIC (式(12)) によった。

このとき, データ  $x_i$  ( $i=1, \dots, n$ ) に対する対数尤度は,

$$l(\mu, \Sigma) = \sum_{i=1}^n \left[ \log \sum_{j=1}^N \left\{ \frac{p_j}{\sqrt{2\pi}\sigma_j} e^{-\frac{(x_i - \mu_j)^2}{2\sigma_j^2}} \right\} \right] \quad (18)$$

となる。ここで収束するまで反復計算を行ない各モデルの最大対数尤度を求め, AIC が極小となるパラメータセットをもったモデルをデータに対する最適モデルとして選定した。

さらに, 1 で述べた形態学的手法での判別結果と統計的解析結果との比較を行った。

## 結 果

1. 形態による齢期の判別 形態学観点から, 雌雄ともに第9齢期までの判別が可能であった。外部形態から判別される性分化は第2齢稚ガニに認められた。以下にそれぞれの齢期の特徴を記載した。

また, 各齢期毎の形質分類表を雌雄別に Table 1 - 2 に示した。

## DESCRIPTIONS

Megalopal stage (Fig. 2. A-H) Sexual differentiation absent.

Size: CL:  $4.3 \pm 0.2$  mm (range: 4.1-4.5 mm), 9 specimens, in reared from Zoeae V (HKFES),  $3.9 \pm 0.2$  mm (range: 3.2-4.9 mm), 100 specimens, in reared from eggs (HIM);  $4.4 \pm 0.2$  mm (range: 3.6-4.8 mm), 200 specimens, in the field (off Kushiro),  $4.4 \pm 0.2$  mm (range: 3.9-4.8 mm), 100 specimens, in the field (Funka Bay).

Pleopods (Fig. 2. D-G): Pleopods on 2nd-5th abdominal somite; Endopods small with 5-9 curved processes (= hooks), 2nd-5th pairs respectively with  $8 \pm 1$  (range: 7-9),  $7 \pm 1$  (range: 6-8),  $7 \pm 1$  (range: 6-8),  $6 \pm 1$  (range: 5-7) setae; Exopods fringed with 23-36 plumose natatory setae, 2nd-5th pairs respectively with  $30 \pm 3$  (range: 26-36),  $29 \pm 1$  (range: 26-31),  $28 \pm 1$  (range: 26-29),  $24 \pm 1$  (range: 22-26) setae.

Uropods (= pleopod on 6th somite) (Fig. 2. H): Uniramous with  $17 \pm 1$  (range: 15-18) +1 plumose

natatory setae.

Sternum (Fig. 2. A): Rocking mechanisms are absent. A pair of coxal spines on 5th pereopods.

Abdomen (Fig. 2. B-C): Six abdominal somites and telson; Postero-lateral margin of 2nd-5th abdominal somites broadly truncate.

First crab stage (Fig. 2. I-P): Post-larval phase

Sexual differentiation absent. Size: CL:  $5.2 \pm 0.3$  mm (range: 4.5-5.9 mm), 70 specimens, in reared from Megalopae (HKFES),  $4.8 \pm 0.6$  mm (range: 4.1-5.9 mm), 9 specimens, in reared from Megalopae (HIM),  $4.5 \pm 0.2$  mm (range: 4.2-4.5 mm), 22 specimens, in reared from eggs (HIM)<sup>4)</sup>,  $5.1 \pm 0.3$  mm (range: 4.5-5.4 mm), 13 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro).

Pleopods (Fig. 2. L-O): Pleopods on 2nd-5th abdominal somites; Reduced; Endopods on 2nd-5th pleopods smaller than exopods.

Uropods (= pleopod on 6th somite) (Fig. 2. P): Small buds.

Sternum (Fig. 2. I): A pair of rocking mechanisms on 6th thoracic sternite. Coxal spine on 5th pereopods absent over this stage.

Abdomen (Fig. 2. J-K): Six abdominal somites and telson.

Second crab stage (Fig. 3): Juvenile phase

Sexual differentiation present over this stage.

Male (Fig. 3. A-H)

Size: CL:  $6.8 \pm 0.5$  mm (range: 6.0-7.6 mm), 18 specimens, in reared from Megalopae (HKFES),  $6.0 \pm 0.5$  mm (range: 5.4-6.8 mm), 6 specimens, in reared from eggs (HIM),  $6.9 \pm 0.5$  mm (range: 6.4-7.4 mm), 5 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro),  $7.2 \pm 0.3$  mm (range: 7.0-7.6 mm), 3 specimens, in the field (Funka Bay).

Pleopods (Fig. 3. D-H): Pleopods on 1st-5th abdominal somites; 1st pleopods absent endopods (over this stage), flat in shape; 2nd-3rd pleopods present endopods and exopods; Exopods on 2nd pleopods shorter than endopods; Endopods on 3rd pleopods reduced; 4th-5th pleopods absent endopods.

Uropods (= pleopod on 6th somite): Absent over this stage.

Sternum (Fig. 3. C): A pair of rocking mechanisms on 6th thoracic sternite.

Abdomen (Fig. 3. A-B): Six abdominal somites and telson; Postero-lateral margin of 2nd-3rd abdominal

somites broadly elongate.

Female (Fig. 3. I-O)

Size: CL:  $6.7 \pm 0.5$  mm (range: 5.7-7.6 mm), 40 specimens, in reared from Megalopae (HKFES),  $6.9 \pm 0.6$  mm (range: 6.4-7.7 mm), 4 specimens, in reared from eggs (HIM),  $6.9 \pm 0.5$  mm (range: 6.2-7.7 mm), 8 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro),  $7.3 \pm 0.4$  mm (range: 6.5-7.7 mm), 6 specimens, in the field (Funka Bay).

Pleopods (Fig. 3. L-O): Pleopods on 2nd-5th abdominal somites, Present endopods and exopods; Endopods on pleopods 2nd-4th shorter than exopods; Endopods and exopods on 5th pleopods, small, equal in length. Uropods: Absent over this stage.

Sternum (Fig. 3. K): A pair of rocking mechanisms on 6th thoracic sternite.

Abdomen (Fig. 3. I-J): Six abdominal somites and telson; Postero-lateral margin of 2nd-3rd abdominal somites broadly elongate.

Third crab stage (Fig. 4)

Male (Fig. 4. A-E)

Size: CL:  $9.0 \pm 0.7$  mm (range: 8.0-10.1 mm), 8 specimens in reared from Megalopae (HKFES),  $8.3 \pm 0.1$  mm (range: 8.1-8.3 mm), 3 specimens, in reared from eggs (HIM),  $9.2 \pm 0.5$  mm (range: 8.4-10.3 mm), 43 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro).

Pleopods (Fig. 4. D-E): Pleopods on 1st-2nd abdominal somites; 1st pleopods 2 segmented, flat in shape; 2nd pleopods present endopods and exopods; endopods on 2nd pleopods cylindrical; Exopods on 2nd pleopods shorter than endopods.

Sternum (Fig. 4. C): A pair of rocking mechanisms on 6th thoracic sternite; A pair of initial of male gonopores appear on between 8th thoracic sternite and coxa of 5th pereopods.

Abdomen (Fig. 4. A-B): Six abdominal somites and telson; 3rd-5th abdominal somites fused partially; Postero-lateral margin of 3rd abdominal somite broadly elongate; 6th abdominal somite elongate for tip.

Female (Fig. 4. F-L)

Size: CL:  $9.4 \pm 0.6$  mm (range: 8.2-10.2 mm), 15 specimens in reared from Megalopae (HKFES),  $8.1 \pm 1.5$  mm (range: 6.5-10.9 mm), 10 specimens, in reared from eggs (HIM),  $9.2 \pm 0.5$  mm (range: 8.2-10.3 mm), 56 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro).

Pleopods (Fig. 4. I-L): Pleopods on 2nd-5th abdominal

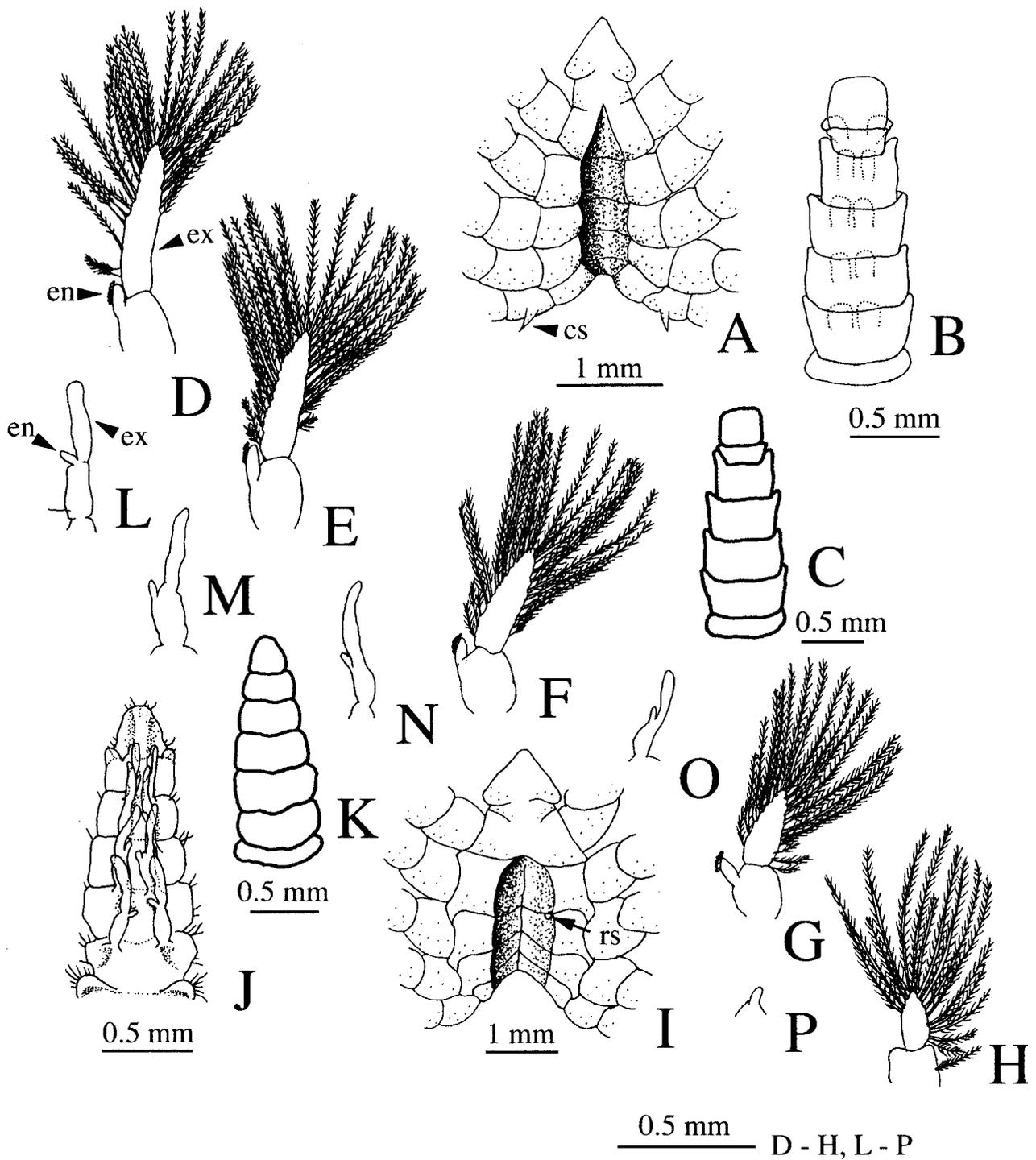


Fig. 2. Megalopal stage and first crab stage of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: A-H, Megalopal stage; I-P, First crab stage. A. Sternum (cs, coxal spine); B. Ventral view of abdomen; C. Dorsal view of abdomen; D. Second pleopod (en, endopod; ex, exopod); E. Third pleopod; F. Fourth pleopod; G. Fifth pleopod; H. Uropod (= pleopod on sixth somite); I. Sternum (rs, rocking mechanism); J. Ventral view of abdomen; K. Dorsal view of abdomen; L. Second pleopod (en, endopod; ex, exopod); M. Third pleopod; N. Fourth pleopod; O. Fourth pleopod; P. Fifth pleopod.

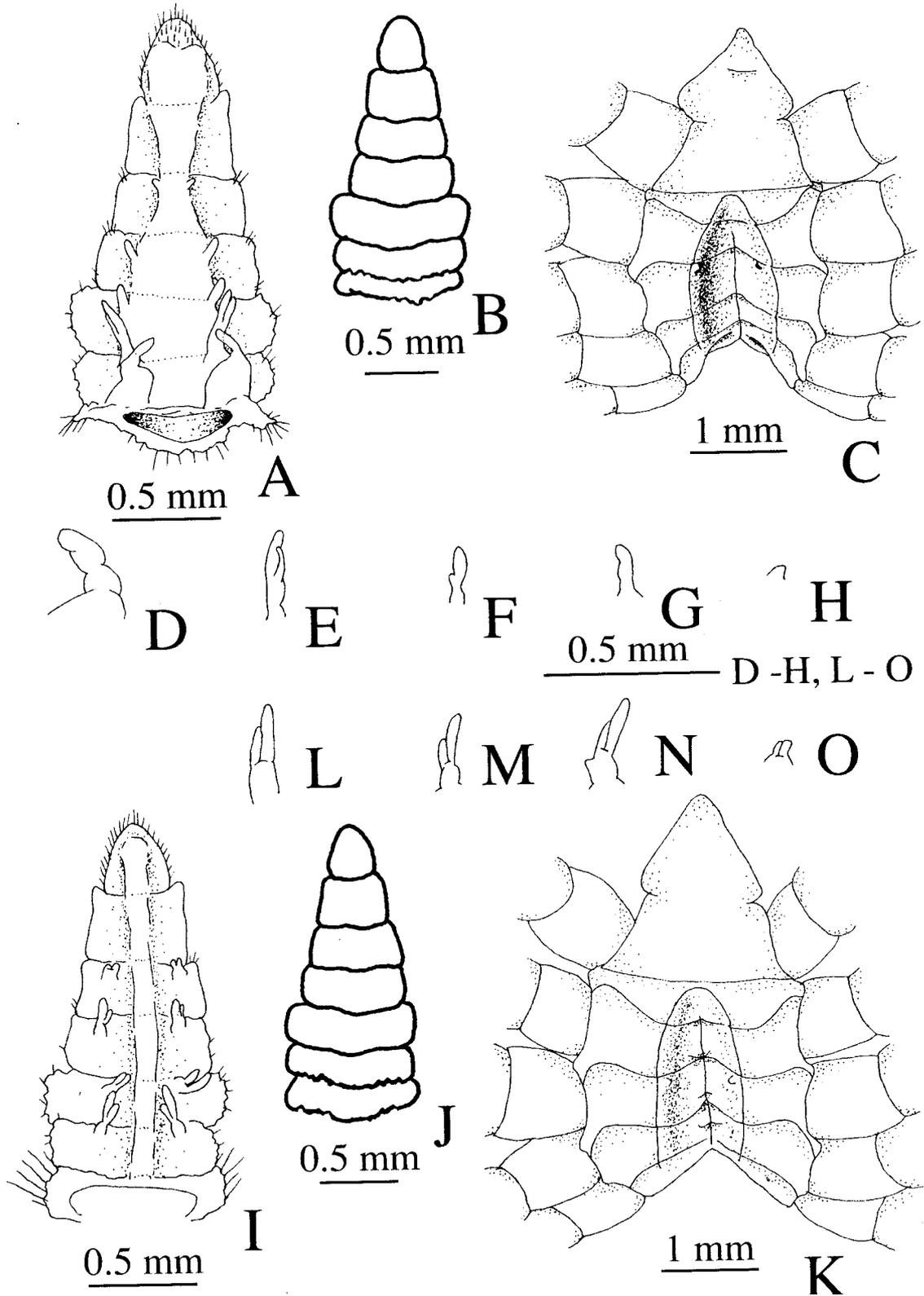


Fig. 3. Second crab stage of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: A-H, male; I-O, female. A. Ventral view of abdomen; B. Dorsal view of abdomen; C. Sternum; D. First pleopod; E. Second pleopod; F. Third pleopod; G. Fourth pleopod; H. Fifth pleopod; I. Ventral view of abdomen; J. Dorsal view of abdomen; K. Sternum; L. Second pleopod; M. Third pleopod; N. Fourth pleopod; O. Fifth pleopod.

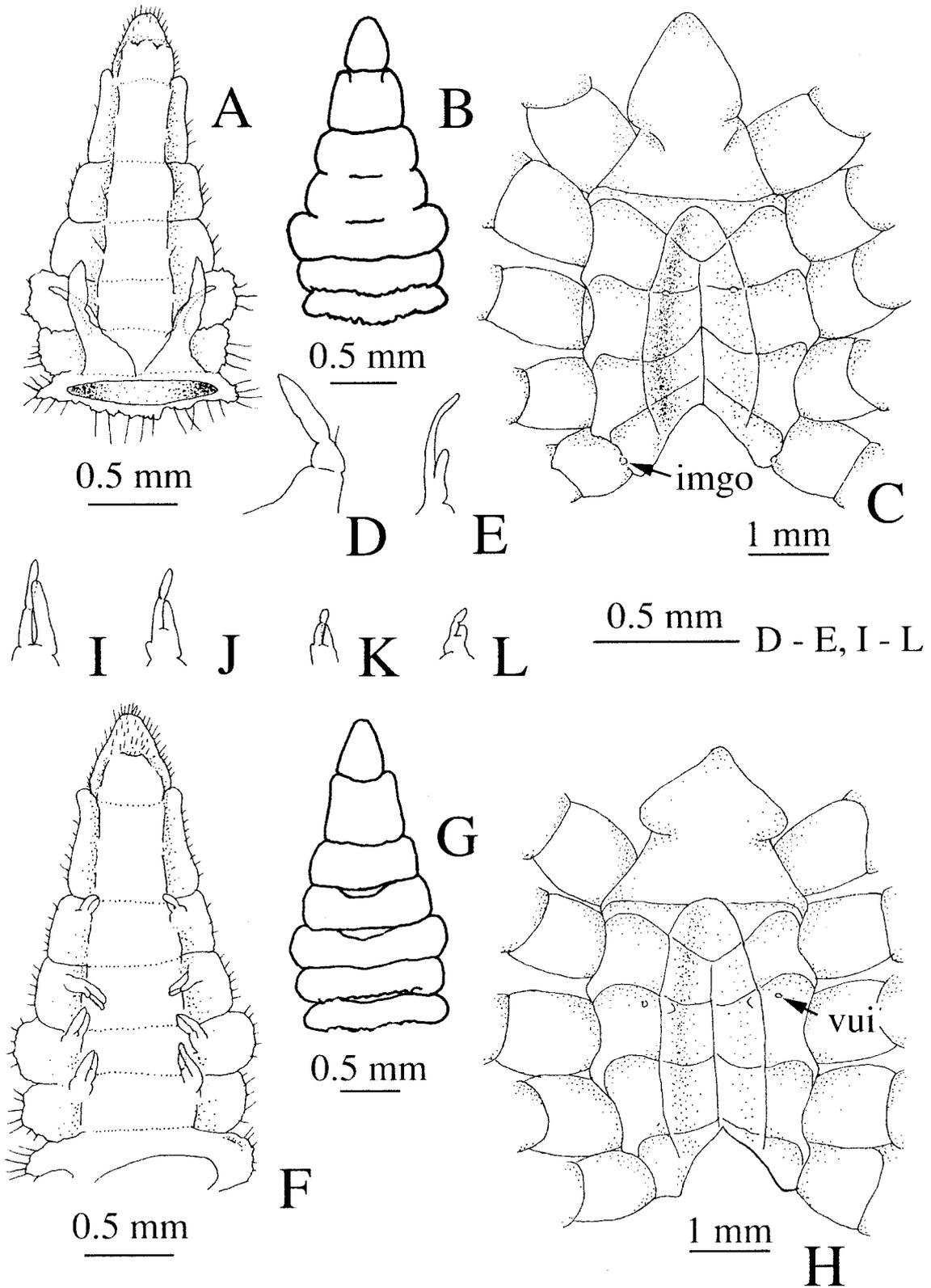


Fig. 4. Third crab stage of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: A-E, male; F-L, female. A. Ventral view of abdomen; B. Dorsal view of abdomen; C. Sternum (imgo, initial of male gonopore); D. First pleopod; E. Second pleopod; F. Ventral view of abdomen; G. Dorsal view of abdomen; H. Sternum (vui, initial of vulva); I. Second pleopod; J. Third pleopod; K. Fourth pleopod; L. Fifth pleopod.

somites; Present endopods and exopods; Endopods 2 segmented; Exopods shorter than endopods.

Sternum (Fig. 4. H): A pair of rocking mechanisms on 6th thoracic sternite; A pair of initial vulvae appear on 6th sternite.

Abdomen (Fig. 4. F-G): Six abdominal somites and telson; 6th abdominal somite elongate for tip, lateral margin somewhat curved in.

Fourth crab stage (Fig. 5-6.)

Male (Fig. 5. A-D, Fig. 6. A-C)

Size: CL:  $12.6 \pm 1.1$  mm (range: 11.1-13.6 mm), 15 specimens, in reared from Megalopae (HKFES),  $10.6 \pm 0.5$  mm (range: 10.3-11.2 mm), 3 specimens, in reared from eggs (HIM),  $12.2 \pm 0.8$  mm (range: 10.0-15.1 mm), 95 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro).

Pleopods (Fig. 5. A-D): Pleopods on 1st-2nd abdominal somites; 1st pleopods 3 segmented, compressed in shape, dorsal outer surface of tip covered with some fine spines, inner margin open slit except tip, long plumose setae on distal inner  $\pm$  lateral margin of protopods and outer lateral margin of segment 1; 2nd pleopods tapering, long plumose setae on distal outer lateral margin of protopods and proximal outer lateral margin of segment 1, exopods disappeared.

Sternum (Fig. 6. C): A pair of rocking mechanisms on 6th  $\pm$  thoracic sternite; A pair of penises appear between 8th thoracic sternite and coxa of 5th pereopods, but ejaculatory duct not open.

Abdomen (Fig. 6. A-B): Six abdominal somites and telson; 3rd-5th abdominal somites fused partially; Postero-lateral margin of 3rd abdominal somite broadly elongate; 6th abdominal somite elongate for tip.

Female (Fig. 5. E-H, Fig. 6. D-G)

Size: CL:  $12.2 \pm 0.8$  mm (range: 11.2-13.1 mm), 6 specimens in reared from Megalopae (HKFES),  $10.2 \pm 1.0$  mm (range: 8.7-11.9 mm), 8 specimens, in reared from eggs (HIM),  $12.2 \pm 0.7$  mm (range: 10.5-13.8 mm), 93 specimens in the field (off Konbumori, near Kushiro).

Pleopods (Fig. 5. E-H): Pleopods on 2nd-5th abdominal somites; Present endopods and exopods; Endopods 2 segmented, some simple setae appear inner margin of endopods on 2nd-4th pleopods; Exopods shorter than endopods.

Sternum (Fig. 6. F): A pair of rocking mechanisms and initial vulvae on 6th thoracic sternite; hollow around

initial vulvae.

Abdomen (Fig. 6. D-E): Six abdominal somites and telson; 6th abdominal somite elongate for tip, lateral margin somewhat curved in.

Reproductive system (Fig. 6. G): Vaginae absent; Ovary and spermathecae absent in naked eye observation.

Fifth crab stage (Figs. 7-8.)

Male (Fig. 7. A-E, Fig. 8. A-C)

Size: CL: 14.5 mm, 15.2 mm (2 specimens) in reared  $\pm$  from Megalopae (HKFES),  $12.2 \pm 1.9$  mm (range: 12.8-15.3 mm), 3 specimens, in reared from eggs (HIM);  $15.6 \pm 0.8$  mm (range: 14.1-17.3 mm), 26 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro).

Pleopods (Fig. 7. A-E): Pleopods on 1st-2nd abdominal somites; 1st pleopods 3 segmented, stout and straight in shape, dorsal outer surface of tip covered with fine spines, the latter having rhombus opening and the former having slit, long plumose setae on distal inner lateral margin of protopods and outer lateral margin of segment 1, simple setae on inner median lateral margin of segment 2; 2nd pleopods 3 segmented, slender and elongate, with apex triangular, long plumose setae on distal outer lateral margin of protopods and proximal outer lateral margin of segment 2.

Sternum (Fig. 8. C): A pair of rocking mechanisms on 6th thoracic sternite; A pair of penises on between 8th thoracic sternite and coxa of 5th pereopods, but ejaculatory duct not open.

Abdomen (Fig. 8. A-B): Six abdominal somites and telson; 3rd-5th abdominal somites fused partially; Postero-lateral margin of 3rd abdominal somite broadly elongate; 6th abdominal somite elongate for tip, lateral margin curved in.

Female (Fig. 7. F-I, Fig. 8. D-G)

Size: CL:  $16.0 \pm 0.8$  mm (range: 15.2-16.8 mm), 3 specimens, in reared from Megalopae (HKFES),  $12.9 \pm 1.3$  mm (range: 11.3-14.0 mm), 10 specimens, in reared from eggs (HIM),  $15.9 \pm 0.9$  mm (range: 14.8-18.1 mm), 25 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro).

Pleopods (Fig. 7. F-I): Pleopods on 2nd-5th abdominal somites; Present endopods and exopods; Endopods 2 segmented, simple setae on inner and outer lateral margin; Exopods shorter than endopods, plumose setae on outer lateral margin.

Sternum (Fig. 8. F): A pair of rocking mechanisms and

initial vulvae on 6th thoracic sternite; initial vulvae hollow. Abdomen (Fig. 8. D-E): Six abdominal somites and telson; 6th abdominal somite elongate for tip, lateral margin curved in.

Reproductive system (Fig. 8. G): Initial of vulvae hollow; Vaginae absent; Ovary and spermathecae present.

Sixth crab stage (Figs. 9-10.)

Male (Fig. 9. A-F, Fig. 10. A-C)

Size: CL:  $17.0 \pm 1.9\text{mm}$  (range: 14.3-19.7mm), 7 specimens, in reared from eggs (HIM),  $21.0 \pm 1.0\text{mm}$  (range: 20.0-22.9 mm), 9 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro).

Pleopods (Fig. 9. A-F): Pleopods on 1st-2nd  $\pm$  abdominal somites; 1st pleopods 3 segmented, stout and straight in

shape, dorsal outer surface of tip covered with fine spines, the latter having rhombus opening and the former having slit, long plumose setae on distal inner lateral margin of protopods and outer lateral margin of segment 1, also median plumose setae on inner median lateral margin of segment 2; 2nd pleopods 3 segmented, slender and elongate, with apex conical, long plumose setae on distal inner and outer margin of protopods and proximal outer lateral margin of segment 2. At 0% (N = 9) indiv., 2nd pleopods inserted into 1st pleopods.

Sternum (Fig. 10. C): A pair of rocking mechanisms on 6th thoracic sternite; A pair of penises on between 8th thoracic sternite and coxa of 5th pereopods, but ejaculatory duct not open.

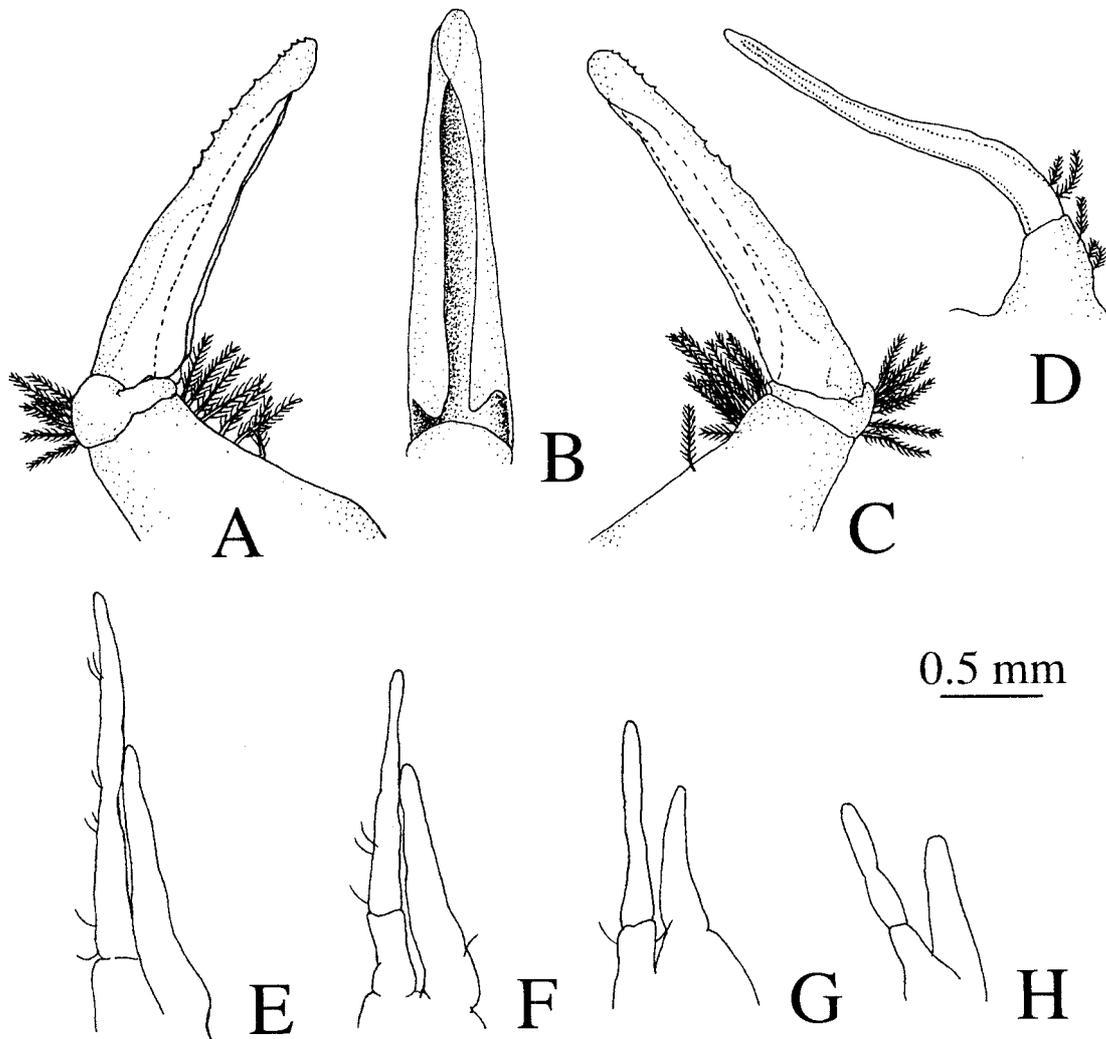


Fig. 5. Fourth crab stage of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: A-D, male; E-H, female. A. Anterior view of first pleopod (right); B. Lateral view of first pleopod (right); C. Posterior view of first pleopod (right); D. Second pleopod; E. Second pleopod; F. Third pleopod; G. Fourth pleopod; H. Fifth pleopod.

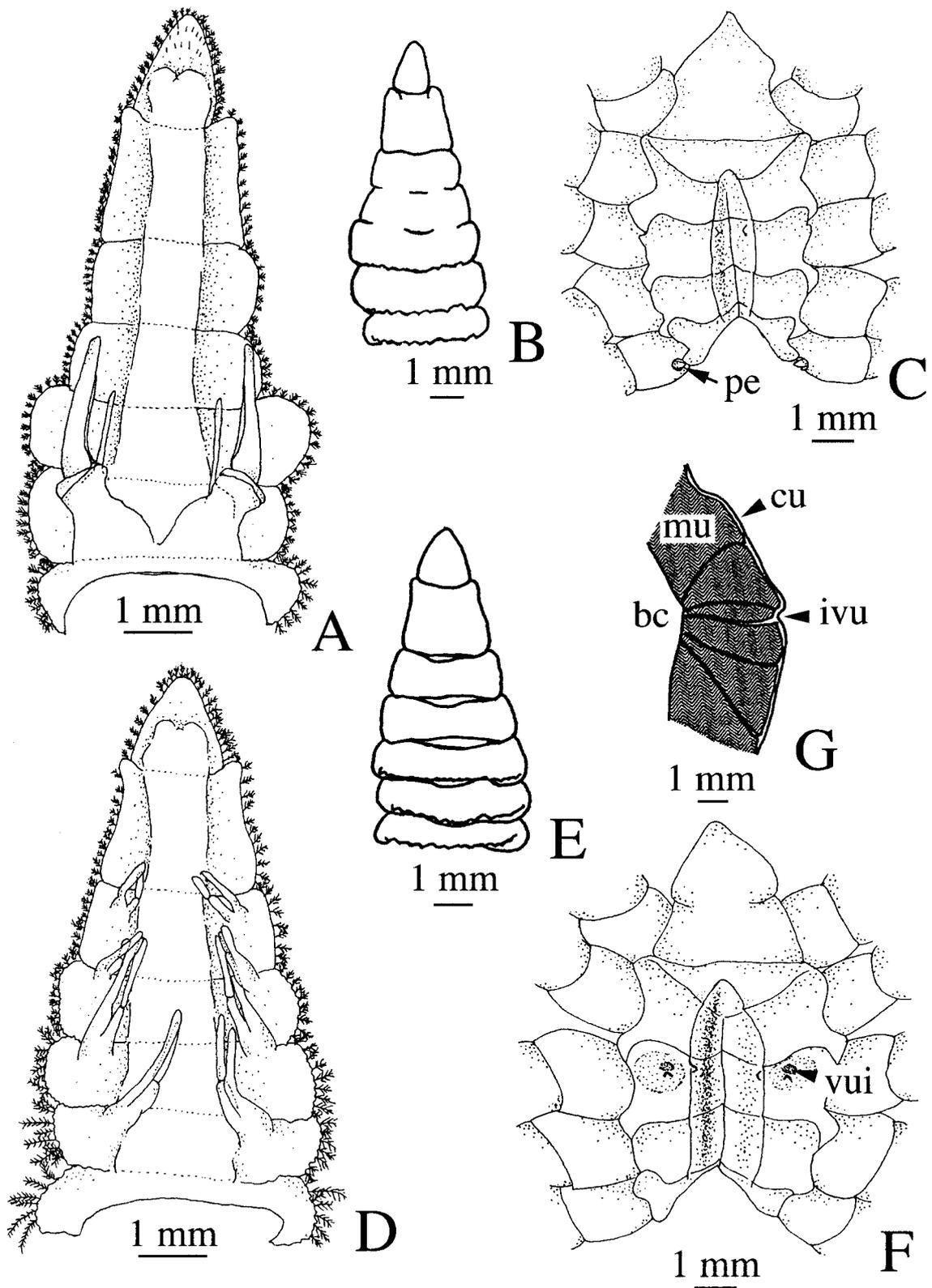


Fig. 6. Fourth crab stage of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: A-C, male; D-G, female. A. Ventral view of abdomen; B. Dorsal view of abdomen; C. Sternum (pe, penis); D. Ventral view of abdomen; E. Dorsal view of abdomen; F. Sternum (vui, initial of vulva); G. Longitudinally section of sternum through initial of vulva (bc, body cavity; cu, cuticle; ivu, initial of vulva; mu, muscle).

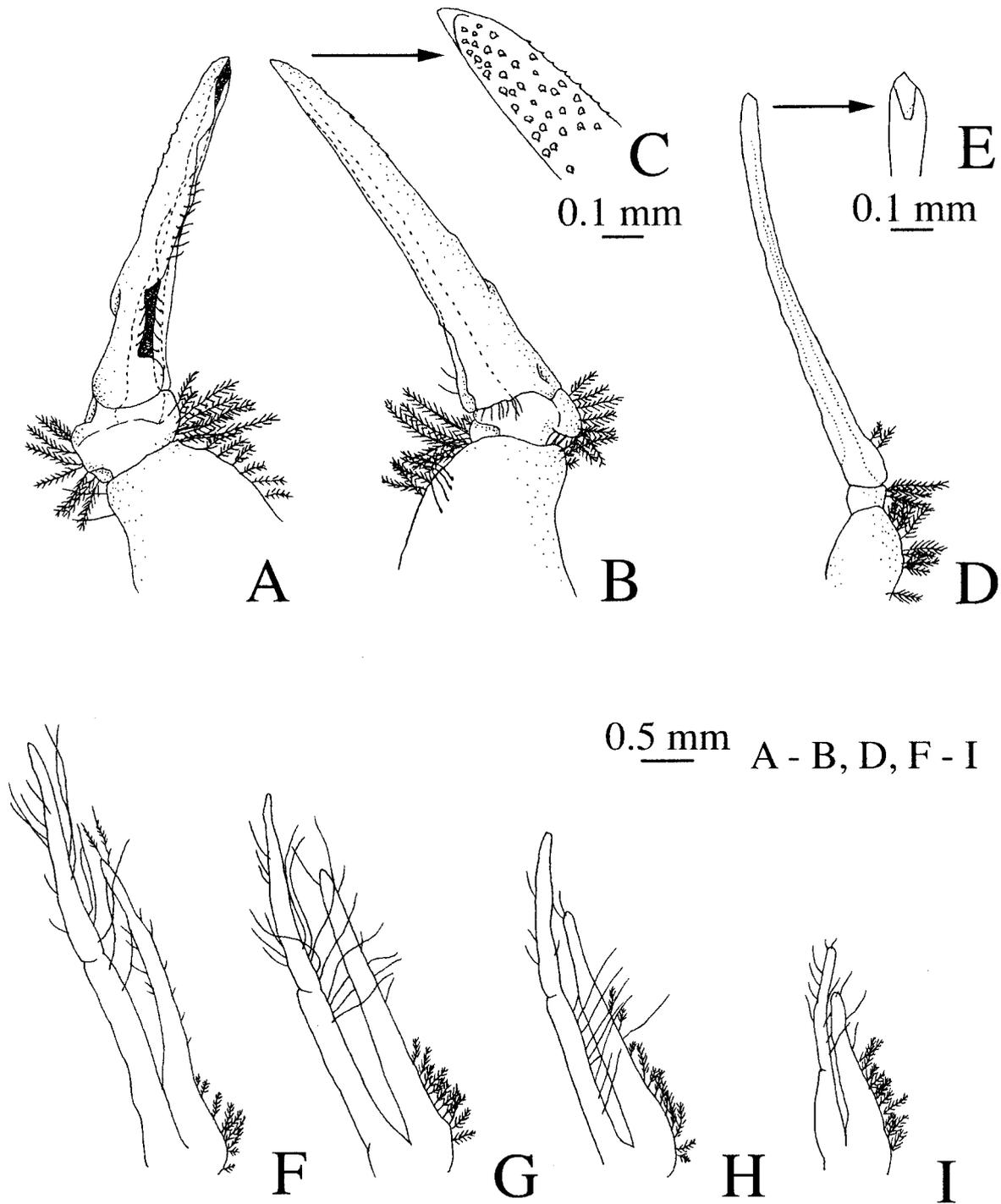


Fig. 7. Fifth crab stage of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: A-D, male; F-I, female. A. Anterior view of first pleopod (right); B. Posterior view of first pleopod (right); C. Tip of first pleopod; D. Second pleopod; E. Tip of second pleopod; F. Second pleopod; G. Third pleopod; H. Fourth pleopod; I. Fifth pleopod.

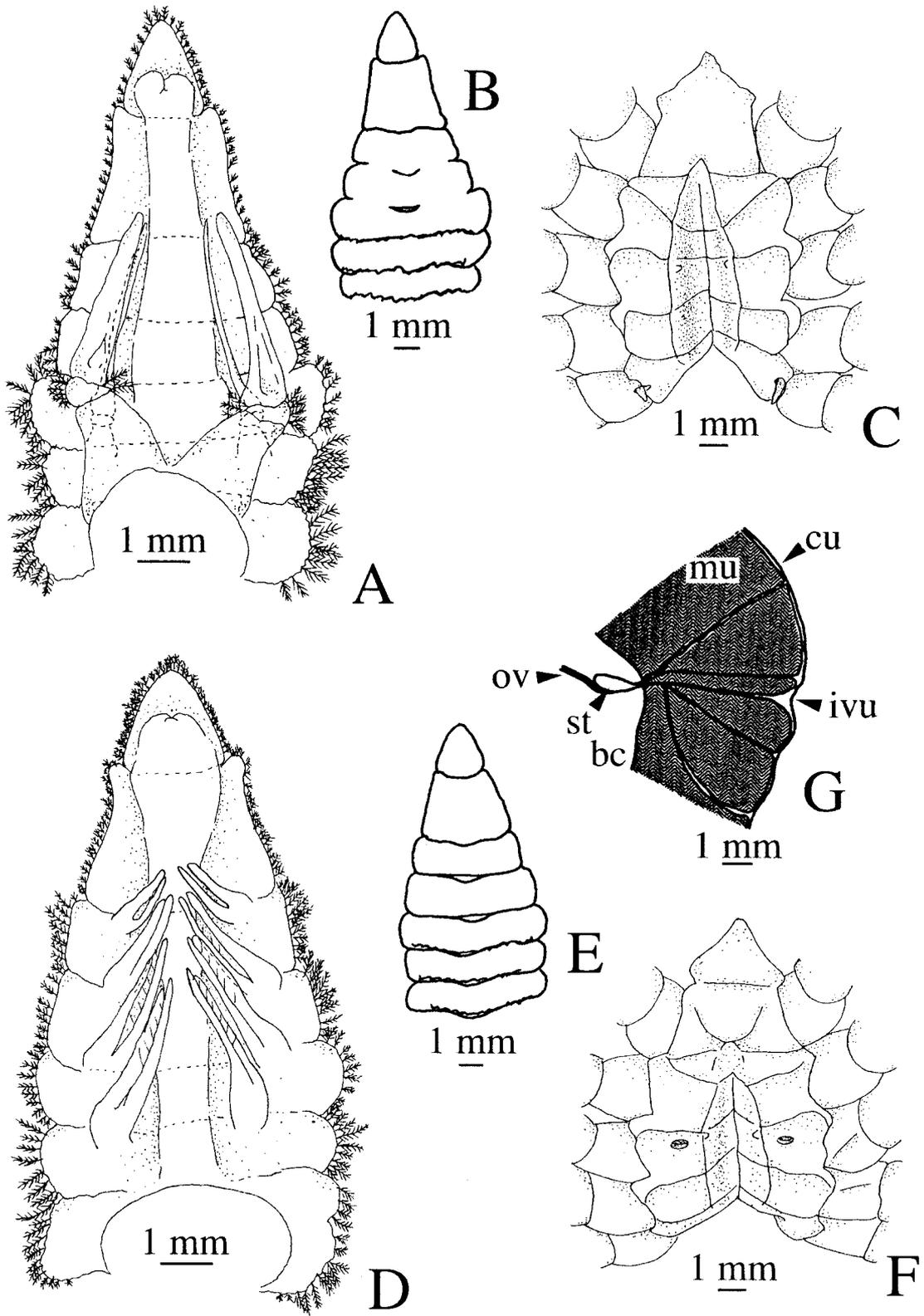


Fig. 8. Fifth crab stage of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: A-C, male; D-G, female. A. Ventral view of abdomen; B. Dorsal view of abdomen; C. Sternum; D. Ventral view of abdomen; E. Dorsal view of abdomen; F. Sternum; G. Longitudinally section of sternum through initial of vulva (bc, body cavity; cu, cuticle; ivu, initial of vulva; mu, muscle; ov, ovary; st, spermatheca).

Abdomen (Fig. 10. A-B): Six abdominal somites and telson; 3rd-5th abdominal somites fused partially; Posterior-lateral margin of 3rd abdominal somite broadly elongate; 6th abdominal somite elongate for tip, lateral margin curved in.

Female (Fig. 9. G-J, Fig. 10. D-G)

Size: CL:  $16.0 \pm 1.5\text{mm}$  (range: 13.8-18.4mm), 11 specimens, in reared from eggs (HIM),  $21.1 \pm 1.5\text{mm}$  (range: 19.2-23.5 mm), 6 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro).

Pleopods (Fig. 9. G-J): Pleopods on 2nd-5th abdominal somites; Present endopods and exopods; Endopods 2 segmented, simple setae on inner and outer lateral margin; Exopods shorter than endopods, plumose setae on outer lateral margin of protopods, simple setae  $\pm$  on inner and outer lateral margin except protopods.

Sternum (Fig. 10. F): A pair of rocking mechanisms and initial vulvae on 6th thoracic sternite; initial vulvae hollow.

Abdomen (Fig. 10. D-E): Six abdominal somites and telson; 6th abdominal somite elongate for tip, lateral margin curved in.

Reproductive System (Fig. 10. G): Initial of vulvae hollow; Vaginae absent; Ovary and spermathecae present.

Seventh crab stage (Fig. 11, Fig. 12.)

Male (Fig. 11. A-F, Fig. 12. A-C)

Size: CL:  $22.8 \pm 2.6\text{mm}$  (range: 19.4-26.1mm), 6 specimens, in reared from eggs (HIM),  $27.8 \pm 1.6\text{mm}$  (range: 24.3-31.4 mm), 40 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro).

Pleopods (Fig. 11. A-F): Pleopods on 1st-2nd abdominal somites; 1st pleopods 3 segmented, stout and straight in shape, dorsal outer surface of tip covered with fine spines, tip triangular process, the latter having oval opening, the former having slit, long plumose setae on distal inner lateral margin of protopods and outer lateral margin of segment 1, also median plumose setae on inner median lateral margin of segment 2; 2nd pleopods 3 segmented, slender and elongate, with apex conical, long plumose setae on distal inner and outer margin of protopods and proximal outer lateral margin of segment 2. At 5 % (N = 40) indiv., 2nd pleopods inserted into 1st pleopods.

Sternum (Fig. 12. C): A pair of rocking mechanisms on 6th thoracic sternite; A pair of penises on between 8th thoracic sternite and coxa of 5th pereopods, ejaculatory

duct opening.

Abdomen (Fig. 12. A-B): Six abdominal somites and telson; 3rd-5th abdominal somites fused partially; Posterior-lateral margin of 3rd abdominal somite broadly elongate; 6th abdominal somite elongate for tip, lateral margin curved in.

Female (Fig. 11. G-J, Fig. 12. D-I)

Size: CL:  $21.1 \pm 2.2\text{mm}$  (range: 17.8-24.0mm), 10 specimens, in reared from eggs (HIM),  $27.5 \pm 1.8\text{mm}$  (range: 24.2-30.7 mm), 24 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro).

Pleopods (Fig. 11. G-J): Pleopods on 2nd-5th abdominal somites; Present endopods and exopods; Endopods 2 segmented, simple setae on inner and outer lateral margin; Exopods shorter than endopods, plumose setae on inner and outer lateral margin.

Sternum (Fig. 12. E): A pair of rocking mechanisms and initial vulvae on 6th thoracic sternite; initial vulvae invaginate.

Abdomen (Fig. 12. D, F): Six abdominal somites and telson; 6th abdominal somite elongate for tip, lateral margin curved in.

Reproductive systems (Fig. 12. G-I): Initial of vulvae invaginate; Initial of vagina present, not forming duct; Ovary and spermathecae present.

Eighth crab stage (Fig. 13, Fig. 14.)

Male (Fig. 13. A-F, Fig. 14. A-C)

Size: CL:  $29.0 \pm 3.2\text{mm}$  (range: 23.5-32.4mm), 6 specimens, in reared from eggs (HIM),  $28.7 \pm 2.1\text{mm}$  (range: 24.8-31.5 mm), 11 specimens, in reared (HIM)<sup>4)</sup>,  $34.5 \pm 1.9\text{mm}$  (range: 30.6-38.8mm), 67 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro).

Pleopods (Fig. 13. A-F): Pleopods on 1st-2nd abdominal somites; 1st pleopods 3 segmented, stout and straight in shape, dorsal outer surface of tip covered with fine spines, tip triangular process, the latter having oval opening, the former having slit, long plumose setae on distal inner lateral margin of protopods and outer lateral margin of segment 1, also median plumose setae on proximal inner lateral margin of protopods and inner median lateral margin of segment 2; 2nd pleopods 3 segmented, slender and elongate, with apex conical, long plumose setae on outer lateral margin of protopods and segment 2. At 17.9 % (N = 67) indiv., 2nd pleopods inserted into 1st pleopods.

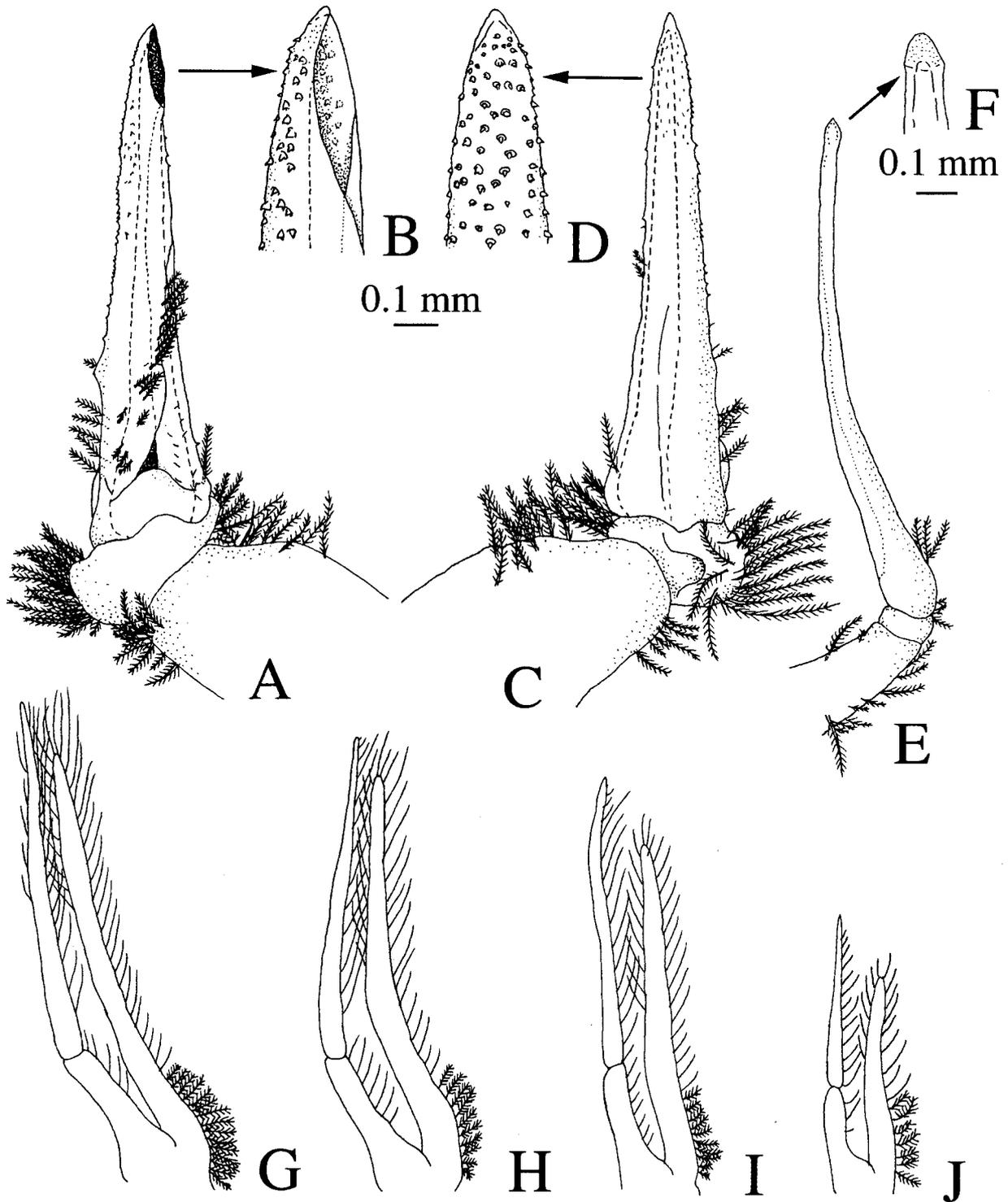


Fig. 9. Sixth crab stage of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: A-F, male; G-J, female. A. Anterior view of first pleopod (right); B. Tip of anterior view of first pleopod; C. Posterior view of first pleopod (right); D. Tip of posterior view of first pleopod; E. Second pleopod; F. Tip of second pleopod; G. Second pleopod; H. Third pleopod; I. Fourth pleopod; J. Fifth pleopod.

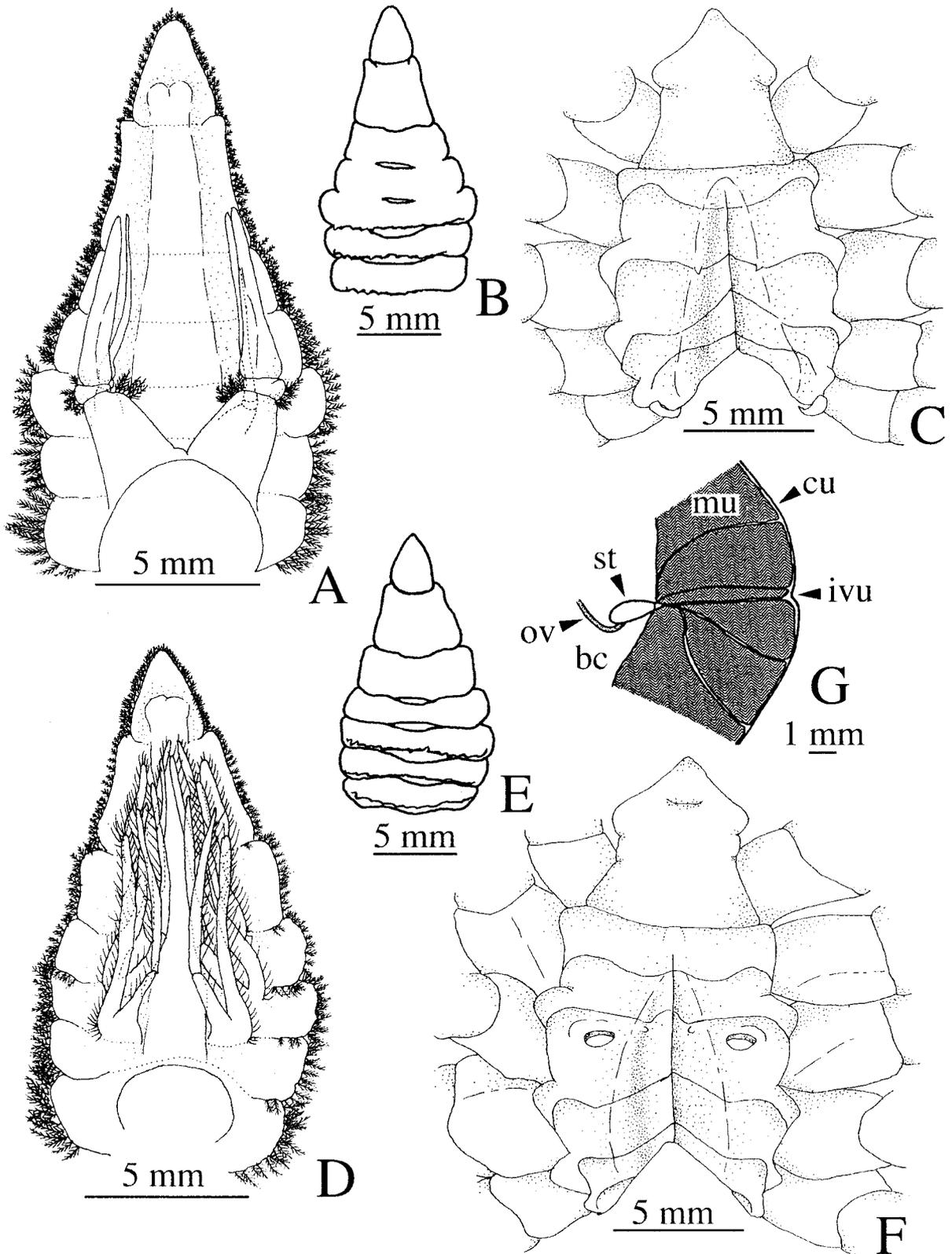


Fig. 10. Sixth crab stage of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: A-C, male; D-G, female. A. Ventral view of abdomen; B. Dorsal view of abdomen; C. Sternum; D. Ventral view of abdomen; E. Dorsal view of abdomen; F. Sternum; G. Longitudinally section of sternum through initial of vulva (bc, body cavity; cu, cuticle; ivu, initial of vulva; mu, muscle; ov, ovary; st, spermatheca).

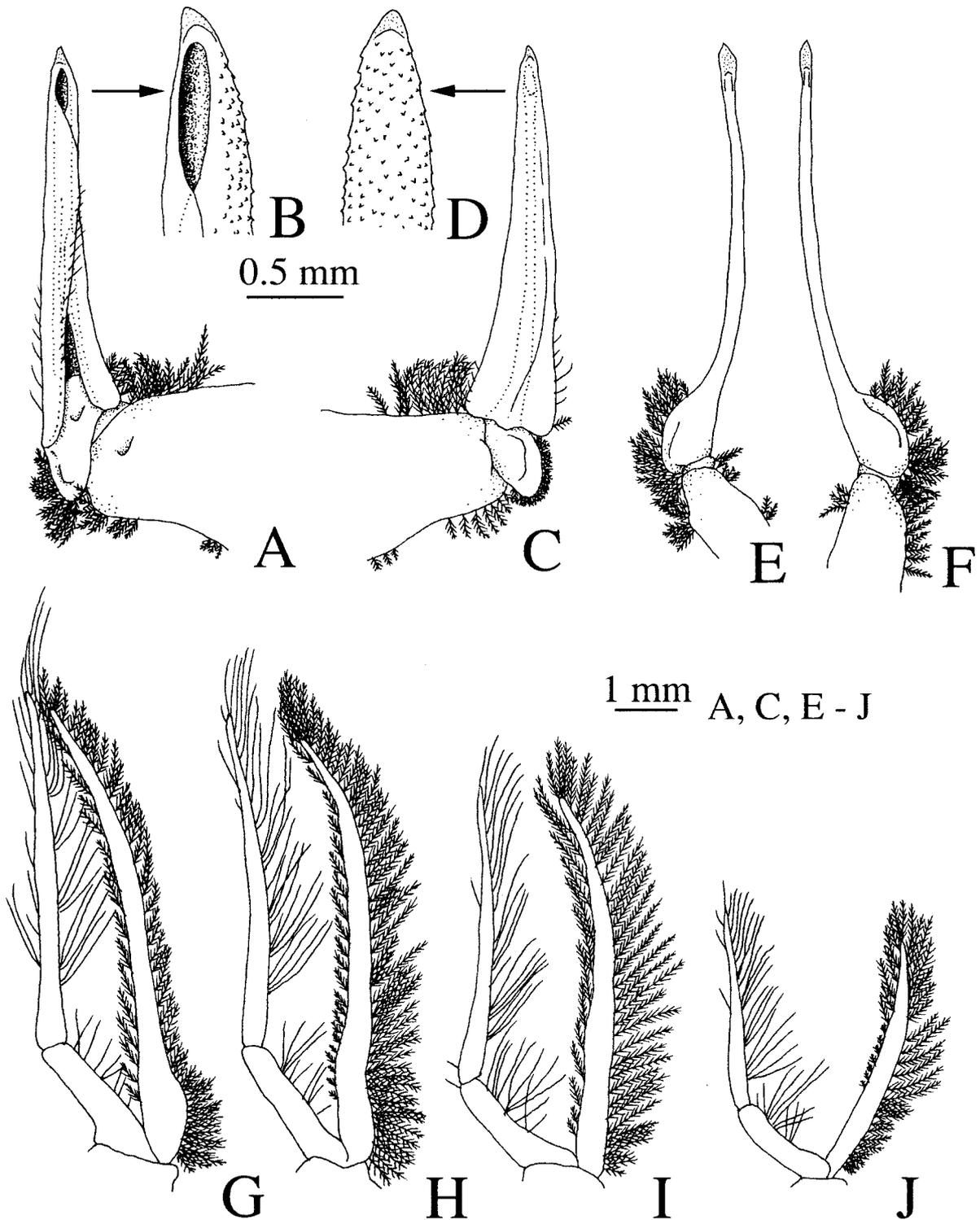


Fig. 11. Seventh crab stage of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: A-F, male; G-J, female. A. Anterior view of first pleopod (right); B. Tip of anterior view of first pleopod; C. Posterior view of first pleopod (right); D. Tip of posterior view of first pleopod; E. Anterior view of second pleopod (right); F. Posterior view of second pleopod (right); G. Second pleopod; H. Third pleopod; I. Fourth pleopod; J. Fifth pleopod.

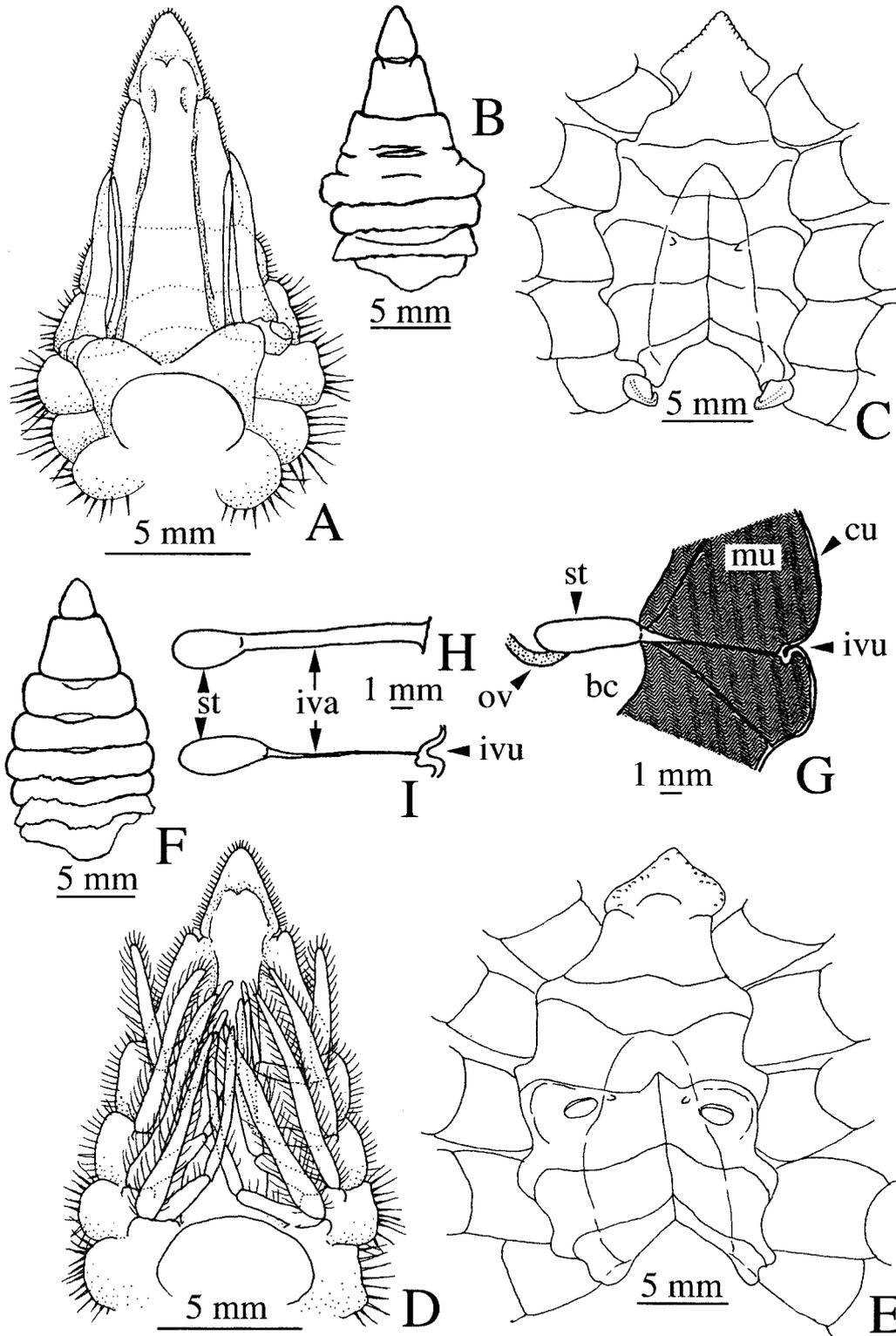


Fig. 12. Seventh crab stage of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: A-C, male; D-I, female. A. Ventral view of abdomen; B. Dorsal view of abdomen; C. Sternum; D. Ventral view of abdomen; E. Sternum; F. Dorsal view of abdomen; G. Longitudinally section of sternum through initial of vulva (bc, body cavity; cu, cuticle; ivu, initial of vulva; mu, muscle; ov, ovary; st, spermatheca); H. Upper view of spermatheca (iva, initial of vagina; st, spermatheca); I. Lateral view of spermatheca (iva, initial of vagina; ivu, initial of vulva; st, spermatheca).

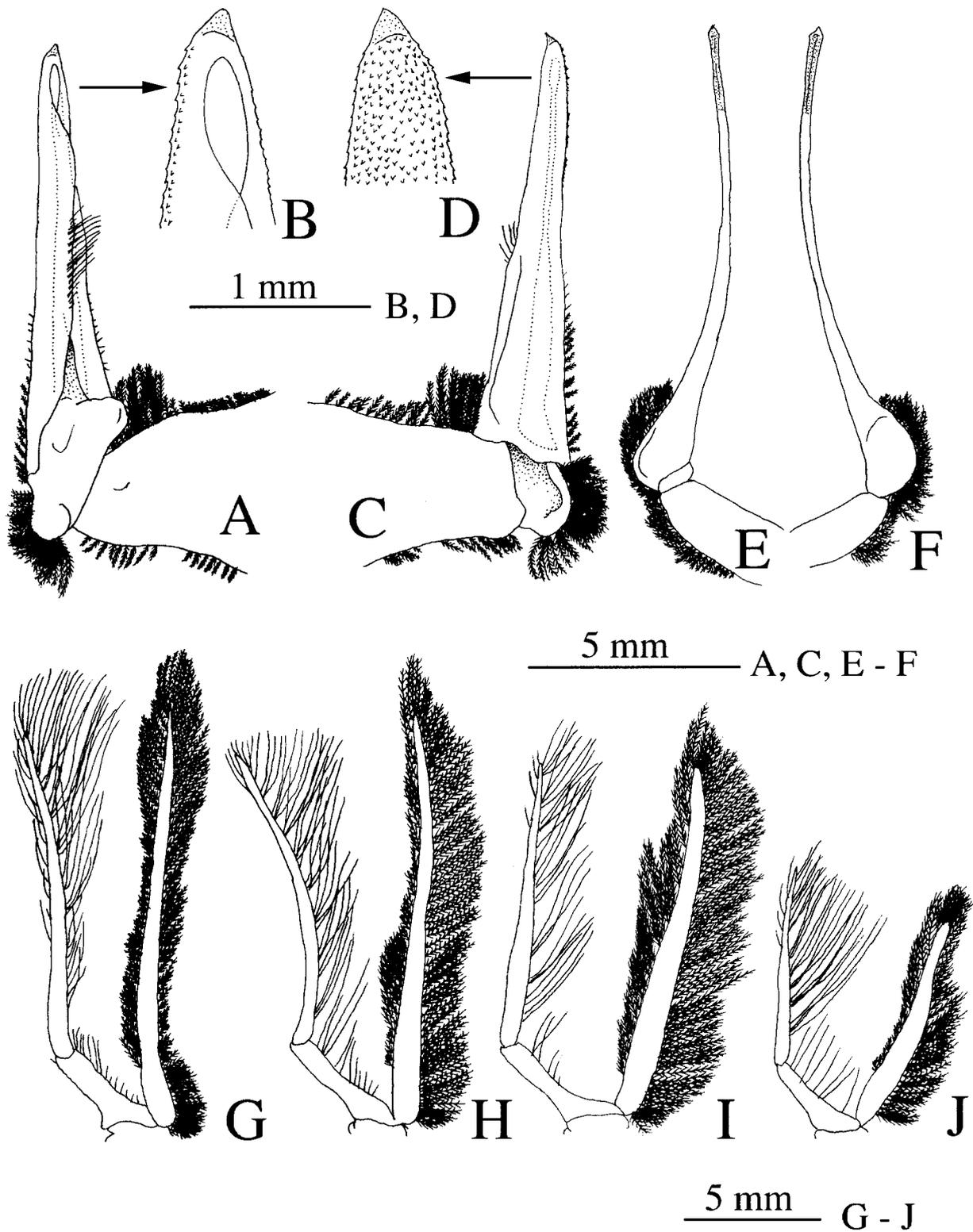


Fig. 13. Eighth crab stage of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: A-F, male; G-J, female. A. Anterior view of first pleopod (right); B. Tip of anterior view of first pleopod; C. Posterior view of first pleopod (right); D. Tip of posterior view of first pleopod; E. Anterior view of second pleopod; F. Posterior view of second pleopod; G. Second pleopod; H. Third pleopod; I. Fourth pleopod; J. Fifth pleopod.

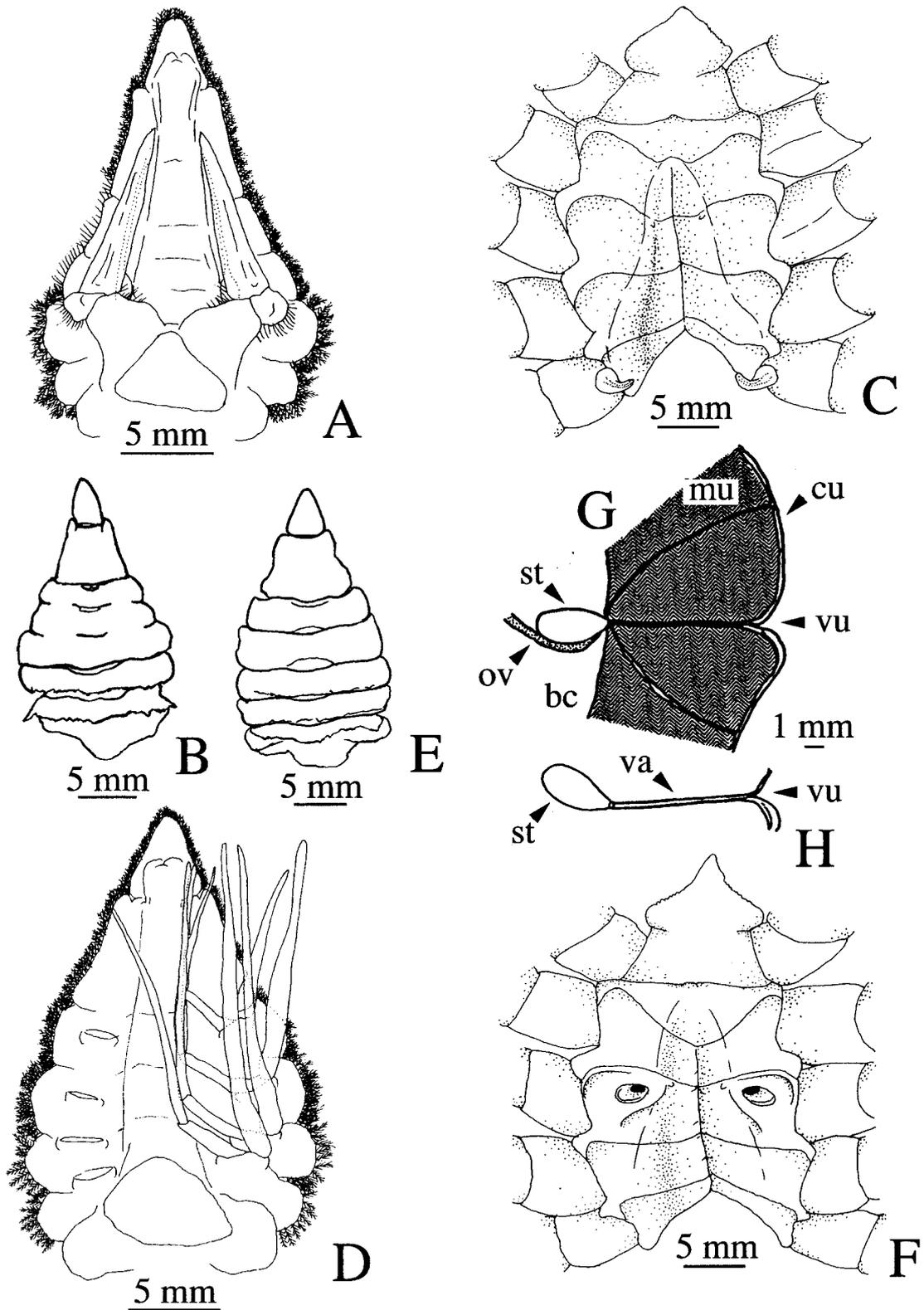


Fig. 14. Eighth crab stage of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: A-C, male; D-H, female. A. Ventral view of abdomen; B. Dorsal view of abdomen; C. Sternum; D. Ventral view of abdomen; E. Dorsal view of abdomen; F. Sternum; G. Longitudinally section of sternum through vulva (bc, body cavity; cu, cuticle; vu, vulva; ov, ovary; st, spermatheca); H. Lateral view of spermatheca (vu, vulva; va, vagina; st, spermatheca).

Sternum (Fig. 14. C): A pair of rocking mechanisms on 6th thoracic sternite; A pair of penises on between 8th thoracic sternite and coxa of 5th pereopods, ejaculatory duct open.

Abdomen (Fig. 14. A-B): Six abdominal somites and telson; 3rd-5th abdominal somites fused partially; Posterior-lateral margin of 3rd abdominal somite broadly elongate; 6th abdominal somite elongate for tip, lateral margin curved in.

Female (Fig. 13. G-J, Fig. 14. D-H)

Size: CL:  $26.3 \pm 2.5\text{mm}$  (range: 21.8-30.1mm), 10 specimens, in reared from eggs (HIM),  $29.5 \pm 1.9\text{mm}$  (range: 25.6-31.4 mm), 11 specimens, in reared (HIM)<sup>4)</sup>,  $33.9 \pm 1.9\text{mm}$  (range: 30.9-38.3mm), 56 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro).

Pleopods (Fig. 13. G-J): Pleopods on 2nd-5th abdominal somites; Present endopods and exopods; Endopods 2 segmented, cylindrical, simple setae on inner and outer lateral margin; Exopods shorter than endopods, compressed spatulate, plumose setae on inner and outer lateral margin.

Sternum (Fig. 14. F): A pair of rocking mechanisms and vulvae on 6th thoracic sternite.

Abdomen (Fig. 14. D-E): Six abdominal somites and telson; 6th abdominal somite elongate for tip, lateral margin curved in.

Reproductive systems (Fig. 14. G-H): Vulvae and vagina present, vagina present as narrow ducts; Ovary and spermathecae present.

Ninth crab stage (Fig. 15, Fig. 16): Adult phase

Male (Fig. 15. A-F, Fig. 16.A-C)

Size; CL:  $37.2 \pm 4.2\text{mm}$  (range: 30.2-41.1mm), 5 specimens, in reared from eggs (HIM),  $36.0 \pm 2.1\text{mm}$  (range: 31.8-38.8 mm), 11 specimens, in reared (HIM)<sup>4)</sup>,  $44.1 \pm 2.3\text{mm}$  (range: 39.8-48.4mm), 24 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro).

Pleopods (Fig. 15. A-F): Pleopods on 1st-2nd abdominal somites; 1st pleopods 3 segmented, stout and straight in shape, dorsal outer surface of tip covered with fine spines, tip triangular process, the latter having oval opening, the former having slit, long plumose setae on distal inner lateral margin of protopods and outer lateral margin of segment 1, also median plumose setae on proximal inner lateral margin of protopods and inner median lateral margin of segment 2; 2nd pleopods 3

segmented, slender and elongate, with apex conical, long plumose setae on outer lateral margin of protopods and segment 2. All characters same as adult ones. At 50 % (N = 24) indiv., 2nd pleopods inserted into 1st pleopods, 1st and 2nd pleopods functionally for morphological.

Sternum (Fig. 16. C): A pair of rocking mechanisms on 6th thoracic sternite; A pair of penises on between 8th thoracic sternite and coxa of 5th pereopods, ejaculatory duct open.

Abdomen (Fig. 16. A-B): Six abdominal somites and telson; 3rd-5th abdominal somites fused partially; Posterior-lateral margin of 3rd abdominal somite broadly elongate; 6th abdominal somite elongate for tip, lateral margin curved in.

Reproductive Systems: Spermatophores present in posterior vas deferens.

Female (Fig. 15. G-J, Fig. 16. D-H)

Size: CL:  $34.7 \pm 4.4\text{mm}$  (range: 25.5-38.9mm), 8 specimens, in reared from eggs (HIM),  $37.7 \pm 2.4\text{mm}$  (range: 32.9-40.8 mm), 11 specimens, in reared (HIM)<sup>4)</sup>,  $42.1 \pm 3.7\text{mm}$  (range: 38.3-48.2 mm), 5 specimens, in the field (off Konbumori, near Kushiro).

Pleopods (Fig. 15. G-J): Pleopods on 2nd-5th abdominal somites; Present endopods and exopods; Endopods 2 segmented, cylindrical, simple setae on inner and outer lateral margin; Exopods shorter than endopods, compressed spatulate, plumose setae on inner and outer lateral margin. All characters same as adult ones.

Sternum (Fig. 16. F): A pair of rocking mechanisms and vulvae on 6th thoracic sternite.

Abdomen (Fig. 16. D-E): Six abdominal somites and telson; 6th abdominal somite elongate for tip, lateral margin curved in.

Reproductive systems (Fig. 16. G-H): Vulvae, vagina, ovary, and spermathecae present. All characters same as adult ones.

**2. サイズ分布による齢期の判別** オス甲長と体重データに対する2変量正規分布の当てはめ結果を Fig. 17, Table 3 - 4 に示した。10の2変量正規分布を当てはめたモデルのAICが極小となった(Table 3)。このモデルのパラメータを Table 4 に示した。

メス甲長と体重データに対する2変量正規分布の当てはめ結果を Fig. 18, Table 5 - 6 に示した。8つの2変量正規分布を当てはめたモデルのAICが極小となった(Table 5)。このモデルのパラメータを Table 6 に示した。

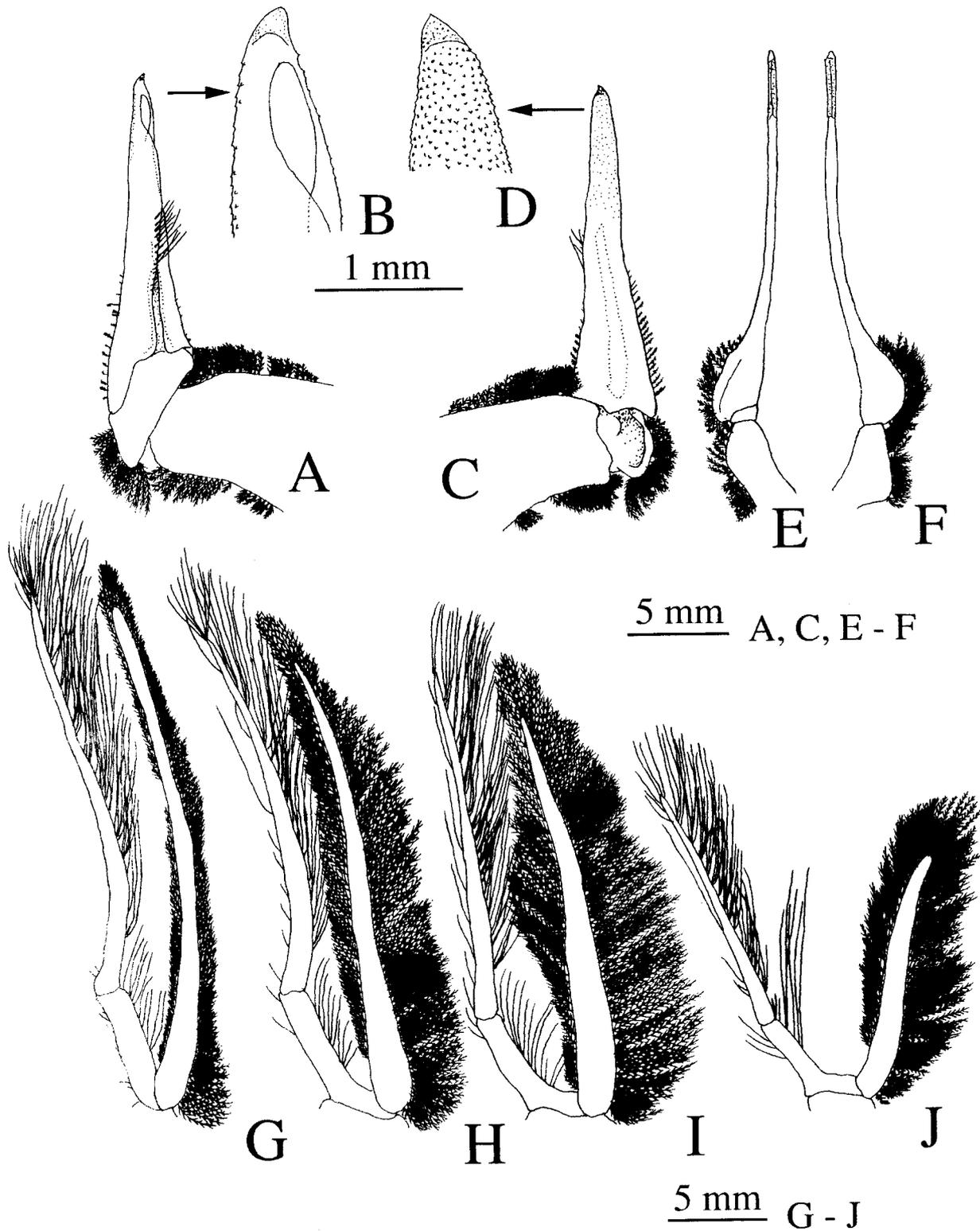


Fig. 15. Ninth crab stage of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: A-F, male; G-J, female. A. Anterior view of first pleopod (right); B. Tip of anterior view of first pleopod; C. Posterior view of first pleopod (right); D. Tip of posterior view of first pleopod; E. Anterior view of second pleopod; F. Posterior view of second pleopod; G. Second pleopod; H. Third pleopod; I. Fourth pleopod; J. Fifth pleopod.

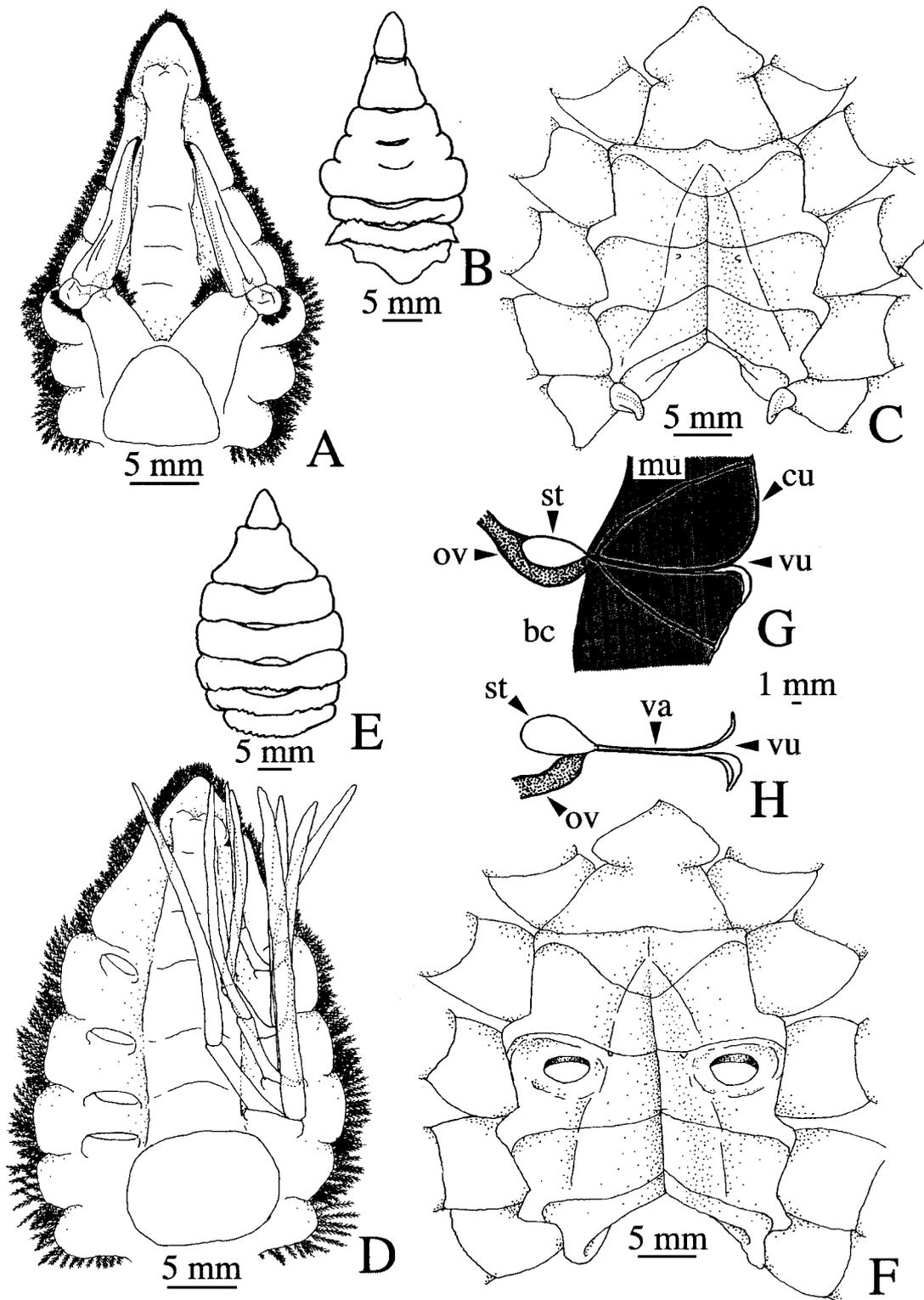


Fig. 16. Ninth crab stage of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: A-C, male; D-H, female. A. Ventral view of abdomen; B. Dorsal view of abdomen; C. Sternum; D. Ventral view of abdomen; E. Dorsal view of abdomen; F. Sternum; G. Longitudinally section of sternum through vulva (bc, body cavity; cu, cuticle; vu, vulva; mu, muscle; ov, ovary; st, spermatheca); H. Lateral view of spermatheca (vu, vulva; va, vagina; ov, ovary; st, spermatheca).

Table 1. Comparison of morphological characteristics of megalopal and juvenile crab stages of male hair crab, *Erimacrus isenbeckii*.

Stage	Carapace length (mm)		Sexual differentiation	Fusion of somites		Presence of somites		Abdomen		Uropods		Stemum		Reproductive system
	mean ± SD	range		sample No.	Fashion of	Presence	Exopods on	Tip of	Plumose setae	Plumose setae	2nd inserted	Uropods	U.S.	
				of 1st apex	of 1st apex	2nd	1st	on 1st preopod	on 2nd preopod	into 1st				
Megalopa:														
	A	4.3 ± 0.2	4.1-4.5	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
	B	3.9 ± 0.2	3.2-4.9	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
	C	4.4 ± 0.2	3.6-4.8	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
	C'	4.4 ± 0.2	3.0-4.8	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
Crab stage I:														
	A	5.2 ± 0.3	4.5-5.9	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
	B	4.8 ± 0.6	4.1-5.9	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
	B'	4.5 ± 0.2	4.2-4.5	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
	C	5.1 ± 0.3	4.5-5.4	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
Crab stage II:														
	A	6.8 ± 0.5	6.0-7.6	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
	B	6.0 ± 0.5	5.4-6.8	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
	C	6.9 ± 0.5	6.4-7.4	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
	C'	7.2 ± 0.3	7.0-7.6	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
Crab stage III:														
	A	9.0 ± 0.7	8.0-10.1	+	3-5	+	-	-	-	-	+	+	-	-
	B	8.3 ± 0.1	8.1-8.3	+	3-5	+	-	-	-	-	+	+	-	-
	C	9.2 ± 0.5	8.4-10.3	+	3-5	+	-	-	-	-	+	+	-	-
Crab stage IV:														
	A	12.6 ± 1.1	11.1-13.6	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
	B	10.6 ± 0.5	10.3-11.2	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
	C	12.2 ± 0.8	10.0-15.1	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Crab stage V:														
	A	14.5 ± 0.2	14.5-15.2	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
	B	12.2 ± 1.9	12.8-15.3	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
	C	15.6 ± 0.8	14.1-17.3	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Crab stage VI:														
	A	17.0 ± 1.9	14.3-19.7	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
	B	21.0 ± 1.0	20.0-22.9	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Crab stage VII:														
	A	22.8 ± 2.6	19.4-26.1	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
	B	27.8 ± 1.6	24.3-31.4	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Crab stage VIII:														
	A	29.0 ± 3.2	23.5-32.4	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
	B	28.7 ± 2.1	24.8-31.5	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
	C	34.5 ± 1.9	30.6-38.8	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
Crab stage IX:														
	A	37.2 ± 4.2	30.2-41.1	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
	B	36.0 ± 2.1	31.8-38.8	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-
	C	44.1 ± 2.3	39.8-48.4	+	3-5	-	-	-	-	-	+	+	-	-

e.s.: oval spine, f.a.: necking apparatus, pen.: penis, e.d.: ejaculatory duct, +: present, -: absent  
 A: reared from planktonic larvae (BKTES), B: reared from eggs (HIMA), C: reared from eggs (HIMA), C': field sample from Kushiro, C: field sample from Funaka Bay.

Table 2. Comparison of morphological characteristics of megalopal and juvenile crab stages of female hair crab, *Erimacrus isenbeckii*.

Stage	Carapace length (mm)		Sexual differentiation	Abdomen		Sternum		Reproductive system				
	mean ± SD	range		sample No.	Pleopods	Setae on	c.s.	r.a.	vul.	vag.	st.	ov.
				Segmentation of endopods	Sizes between endopods & exopods	Setae on endopods	Uropods	Uropods	Setae on exopods			
Megalopa:												
A	4.3 ± 0.2	4.1-4.5	9	Yes	Endop. < Exop.	Curved process	+	+	plm natatory	-	-	-
B	3.9 ± 0.2	3.2-4.9	100	Yes	Endop. < Exop.	Curved process	+	+	plm natatory	-	-	-
C	4.4 ± 0.2	3.6-4.8	200	Yes	Endop. < Exop.	Curved process	+	+	plm natatory	-	-	-
C'	4.4 ± 0.2	3.9-4.8	100	Yes	Endop. < Exop.	Curved process	+	+	plm natatory	-	-	-
Crab stage I:												
A	5.2 ± 0.3	4.5-5.9	70	No	Endop. < Exop.	-	+	+	-	-	-	-
B	4.8 ± 0.6	4.1-5.9	9	No	Endop. < Exop.	-	+	+	-	-	-	-
B'	4.5 ± 0.2	4.2-4.5	22	No	Endop. < Exop.	-	+	+	-	-	-	-
C	5.1 ± 0.3	4.5-5.4	13	No	Endop. < Exop.	-	+	+	-	-	-	-
Crab stage II:												
A	6.7 ± 0.5	5.7-7.6	40	No	Endop. > Exop.	-	-	+	Initial	-	-	-
B	6.9 ± 0.6	6.4-7.7	4	No	Endop. > Exop.	-	-	+	Initial	-	-	-
C	6.9 ± 0.5	6.2-7.7	8	No	Endop. > Exop.	-	-	+	Initial	-	-	-
C'	7.3 ± 0.4	6.5-7.7	6	No	Endop. > Exop.	-	-	+	Initial	-	-	-
Crab stage III:												
A	9.4 ± 0.6	8.2-10.2	15	Yes	Endop. > Exop.	-	-	+	Initial	-	-	-
B	8.1 ± 1.5	6.5-10.9	10	Yes	Endop. > Exop.	-	-	+	Initial	-	-	-
C	9.2 ± 0.5	8.2-10.3	56	Yes	Endop. > Exop.	-	-	+	Initial	-	-	-
Crab stage IV:												
A	12.2 ± 0.8	11.2-13.1	6	Yes	Endop. > Exop.	Few smp	-	+	Initial	-	-	-
B	10.2 ± 1.0	8.7-11.9	8	Yes	Endop. > Exop.	Few smp	-	+	Initial	-	-	-
C	12.2 ± 0.7	10.5-13.8	93	Yes	Endop. > Exop.	Few smp	-	+	Initial	-	-	-
Crab stage V:												
A	16.0 ± 0.8	15.2-16.8	3	Yes	Endop. > Exop.	A few smp	-	+	Initial	-	+	+
B	12.9 ± 1.3	11.3-14.0	10	Yes	Endop. > Exop.	A few smp	-	+	Initial	-	+	+
C	15.9 ± 0.9	14.8-18.1	25	Yes	Endop. > Exop.	A few smp	-	+	Initial	-	+	+
Crab stage VI:												
B	16.0 ± 1.5	13.8-18.4	11	Yes	Endop. > Exop.	smp	-	+	Initial	-	+	+
C	21.1 ± 1.5	19.2-23.5	6	Yes	Endop. > Exop.	smp	-	+	Initial	-	+	+
Crab stage VII:												
B	21.1 ± 2.2	17.8-24.0	10	Yes	Endop. > Exop.	smp	-	+	Initial	-	+	+
C	27.5 ± 1.8	24.2-30.7	24	Yes	Endop. > Exop.	smp	-	+	Initial	-	+	+
Crab stage VIII:												
B	26.3 ± 2.5	21.8-30.1	10	Yes	Endop. > Exop.	smp	-	+	plm	-	+	+
B'	29.5 ± 1.9	25.6-31.4	11	Yes	Endop. > Exop.	smp	-	+	plm	-	+	+
C	33.9 ± 1.9	30.9-38.3	56	Yes	Endop. > Exop.	smp	-	+	plm	-	+	+
Crab stage IX:												
B	34.7 ± 4.4	25.5-38.9	8	Yes	Endop. > Exop.	smp	-	+	plm	-	+	+
B'	37.7 ± 2.4	32.9-40.8	11	Yes	Endop. > Exop.	smp	-	+	plm	-	+	+
C	42.1 ± 3.7	38.3-48.2	5	Yes	Endop. > Exop.	smp	-	+	plm	-	+	+

smp.: simple setae, plm.: plumose setae, c.s.: coxal spine, r.a.: rocking apparatus, vul.: vulva, vag.: vagina, st.: spermatheca, ov.: ovary, +: present, -: absent  
A: reared from planktonic larvae (HKFES), B: reared from eggs (HIM), B': reared from eggs (HIM), C: field sample from Kushiro, C': field sample from Funka Bay.

3. 稚ガニのサイズ分布の追跡 1989年9月～1991年9月までの甲長組成の変化と甲長組成への正規分布の当てはめ結果を Fig. 19 に示した(甲長組成への正規分布の当てはめ結果の各パラメータは, Appendix を参照)。形態による分類結果を参考にして, それぞれの正規分布に対応する齡期を決定した。多少の年変動はあるものの, 各年とも各月の甲長組成はほぼ一致していた。

すなわち甲長組成を追跡すると, 以下のような傾向が認められた(最も早く出現した月と最も遅く出現した月の範囲を示す)。

- ・第1齡稚ガニは, 7月～8月に出現した(1990年7月には1個体の変態直前のメガロバが採集された)。
- ・第2齡稚ガニは, 8月～9月に出現した。
- ・第3齡稚ガニは, 9月に出現した。
- ・第4齡稚ガニは, 9月～10月に出現した。
- ・第5齡稚ガニは, 10月～11月に出現した。
- ・第6齡稚ガニは, 11月～翌6月まで出現した。
- ・第7齡稚ガニは, 6月～10月まで出現した。
- ・第8齡稚ガニは, 9月～10月まで出現した。
- ・第9齡期のケガニは, 5月～9月まで出現した。
- ・第10齡期のケガニは, 5月～9月まで出現した。

## 考 察

1. 形態による齡期の判別 観察標本において, 天然と飼育個体間での外部形態の差異は認められなかった。しかし, HIM の卵からの飼育個体の例では高齡期において平均甲長が天然採集のものよりほぼ1齡ほど小さかった(Figs. 20-21)。また, 同じ飼育個体でも HKFES のメガロバからの飼育個体では第5齡稚ガニまでは天然個体と大差なかった。このような例は, ワタリガニ科の *Carcinus maenas* やハリナガミジンコ *Daphnia longispina* などで知られており, 一般に餌の不足から起こるとされているが<sup>7)</sup>, むしろ HIM の個体の例は, 単一な初期餌料を幼生期に与え続けたことに問題があったと推測される。さらに, HKFES の例も勘案すると, ケガニにおいては幼生期の餌料環境がその後の成長に大きく影響すると考えられる。

本研究結果より, ケガニの外部形態の性分化は第2齡稚ガニから認められることが判明したが, このような観点からの観察はいくつかの報告にもみられる。尾身<sup>8)</sup>は, 「雌雄の外形上の差は第5期になると現れ, 雄の第1腹肢が交接器に分化する。」と報告している。また, 阿部<sup>1)</sup>は, 「平均甲長5.2mm 群のものは外形状は性徴未分化であり, 腹肢はメガロバ幼生と同じく第2～6腹節に各1対ずつ認められるが, その外肢は小さくなり, また, 羽状毛は消失している。平均甲長7.0mm 群になると腹肢に性

徴分化の兆候があらわれ, 平均甲長群8.7mm になると腹肢の雄化, 雌化が明瞭となる。」と報告している。

いずれの報告も形態のスケッチを明示していないが, 後者の方がほぼ正確な観察をしていたことになる。

本研究結果から外部形態においては, 第9齡期でほぼ成体型と同一であった。メス個体については, これを裏付ける報告があり<sup>9, 10)</sup>, また, オス個体についても輸精管後部(Posterior vas deferens)に精包の貯蔵が認められたことから, ともに生理的には成熟に達していると考えられる。

性的外部形態変化に関する他のカニ類での例は, 古くはワタリガニ科の *Carcinus maenas* について Shen<sup>11)</sup> が, イワガニ科のショウジンガニ *Plagusia dentipes* について村岡<sup>12)</sup> が, ワタリガニ科の *Callinectes sapidus*, オウギガニ科の *Rhithropanopeus harrisi*, *Menippe mercenaria* について Payen<sup>13)</sup> が報告している。最近では, アサヒガニ科のアサヒガニ *Ranina ranina* について Minagawa<sup>14)</sup> が, イワガニ科のモクスガニ *Eriocheir japonicus* について Lee<sup>15)</sup> が, ワタリガニ科のガザミ *Portunus trituberculatus* について浜崎<sup>16)</sup> が報告している。いずれの報告も外部形態の性分化に議論が集中しており, 本研究のような視点での議論はなされていない。

これらの報告をもとにケガニでの結果を含め比較すると, 以下の傾向が認められた。

- ・第1齡稚ガニから性分化が認められるアサヒガニ, ショウジンガニを除き, 第1齡稚ガニでは性分化が認められない。
- ・性分化は上記の2種とモクスガニ, *Menippe mercenaria* を除き第2齡稚ガニ以降で認められる。
- ・ケガニの外部形態変化は, 他種と比較してゆっくりとしたスピードで進行している。このようなゆっくりとした外部形態変化のため第9齡期までの齡期判別が可能であったと考えられる。

2. サイズ分布による齡期の判別 ケガニのサイズ分布に多峰型正規分布を当てはめようとする試みは, 阿部<sup>1)</sup>によってなされている。阿部の方法は, 「3点移動平均によって度数分布を平滑化してから, 単峰型には正規分布曲線をあてはめ, 多峰型には Harding の方法を用いて各正規分布成分の分離を行った」ものであった。

ところが本来, 多峰型正規分布の当てはめは非線形の問題となることから, 解法には最尤法を用いるべきである。また, いくつかの分布を当てはめるかは恣意であってはならず, 何らかの基準が必要である。さらに, 度数分布に正規分布を当てはめる場合は, 度数の切り方により正規分布のパラメータが変化してしまうことから, あら

かじめデータに最適な度数の切り幅を最尤法により推定しておく必要がある<sup>17)</sup>。

Table 7に本研究結果と阿部<sup>1, 2)</sup>による齢期別平均甲長の比較を示した。第9齢期までそれ程の差異が認められないのは、若齢期のサイズ分布があまり重なりがなく明瞭に出現するためと考えられる(Fig. 19)。逆に第10齢期以降に大きな差異が認められるのは、各齢期分布が重なりあい、その境界が不明瞭になるためと考えられる。このようなデータに3点移動平均をかけた場合は情報量の減少は顕著である。

近年のめまぐるしいコンピュータ技術の発達により、10年前まではほとんど不可能に近かった最尤法での解法が一般のパーソナルコンピュータでも使用できるよ

Table 3. Results of fitting bivariate normal distributions to the size distributions of male hair crab, *Erimacrus isenbeckii*.

Models	No. of Parameters	AIC
1	5	96833.8
2	11	93151.7
3	17	92177.1
4	23	91789.9
5	29	91703.2
6	35	91533.1
7	41	91530.5
8	47	91524.7
9	53	90756.1
10	59	90702.2
11	65	90847.1
12	71	91012.4
13	77	91012.1
14	83	90930.4

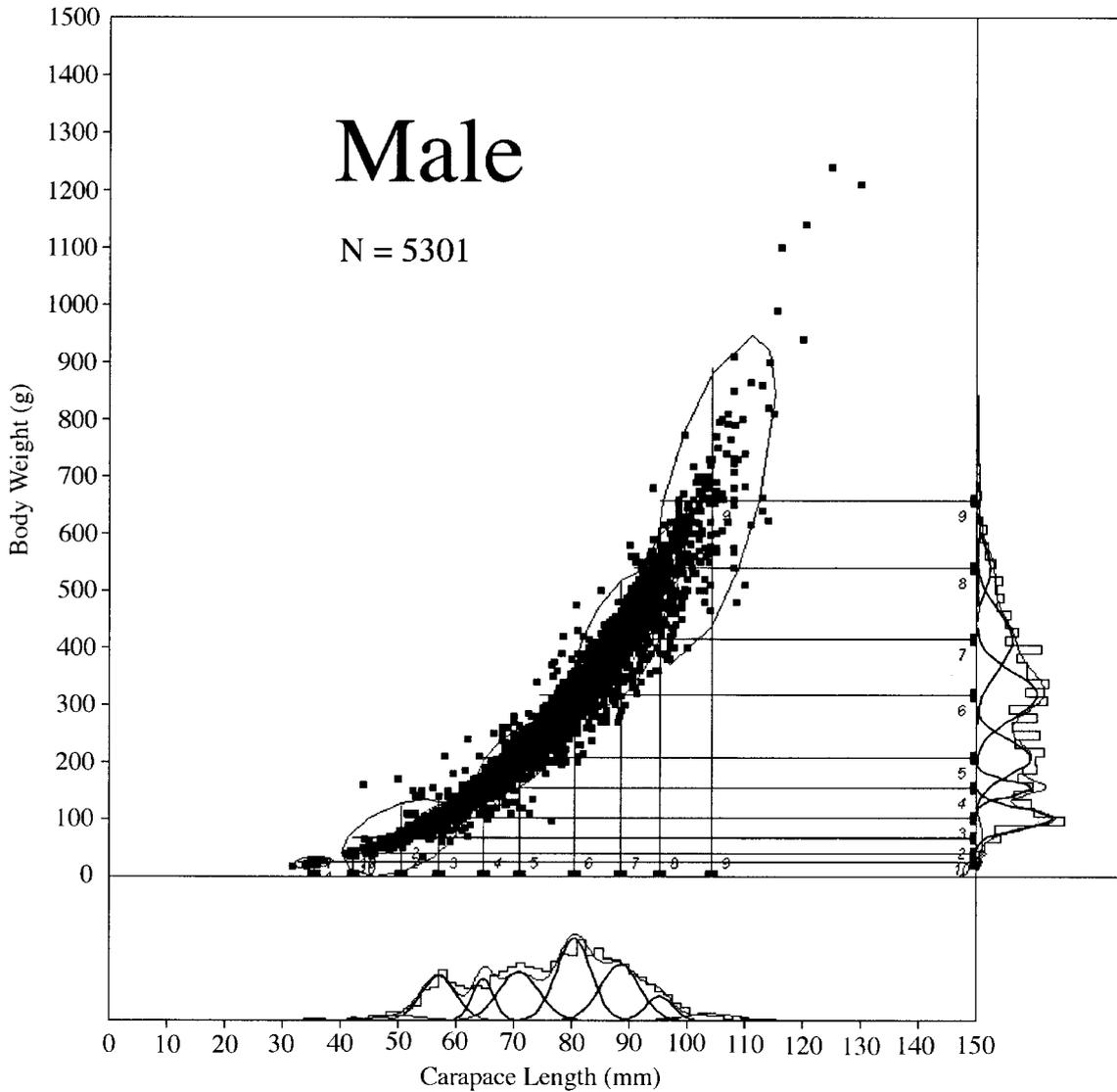


Fig. 17. Results of fitting bivariate normal distributions to the carapace length and body weight of male hair crab, *Erimacrus isenbeckii*.

Table 4. Parameter sets of Model 10(see Table 3).

	Parameter	sets
1	CL Mean	35.447
	CL SD	1.359
	BW Mean	24.707
	BW SD	4.570
	Covariance	1.859
	Probability	0.002
2	CL Mean	42.262
	CL SD	0.506
	BW Mean	39.518
	BW SD	2.555
	Covariance	1.063
	Probability	0.002
3	CL Mean	50.452
	CL SD	4.164
	BW Mean	67.943
	BW SD	27.276
	Covariance	48.465
	Probability	0.019
4	CL Mean	57.054
	CL SD	2.995
	BW Mean	102.362
	BW SD	17.352
	Covariance	44.346
	Probability	0.145
5	CL Mean	64.715
	CL SD	1.829
	BW Mean	154.782
	BW SD	13.641
	Covariance	19.921
	Probability	0.083
6	CL Mean	70.964
	CL SD	3.508
	BW Mean	207.710
	BW SD	31.095
	Covariance	77.692
	Probability	0.183
7	CL Mean	80.468
	CL SD	2.983
	BW Mean	317.423
	BW SD	40.169
	Covariance	105.075
	Probability	0.267
8	CL Mean	88.456
	CL SD	3.409
	BW Mean	414.324
	BW SD	52.792
	Covariance	108.100
	Probability	0.207
9	CL Mean	95.263
	CL SD	2.283
	BW Mean	540.338
	BW SD	39.451
	Covariance	72.266
	Probability	0.060
10	CL Mean	104.150
	CL SD	4.499
	BW Mean	658.711
	BW SD	117.844
	Covariance	341.184
	Probability	0.033

うになった。さらに、AIC の登場により統計学的なモデルの比較が可能となった。また、本研究で行ったように 1 変量では正規分布を当てはめるのが困難な問題<sup>18)</sup>も 2 変量を用いて 2 次元に展開することにより可能になると考えられる。

3. 稚ガニのサイズ分布の追跡 データの解析結果から、着底から 3 年後までの成長が明らかになった。すなわち、7 月から 8 月に着底したケガニは年内に第 6 齢稚ガニまで成長、冬季間は成長せず、翌年の 7 月から成長を再開し年内に第 8 齢稚ガニまで成長する。翌年 5 月までには第 9 齢期のケガニに成長し、それ以降（このデータから確実に言えるのは第 10 齢期までであるが）は年 1 回程程度の成長（脱皮）となると推測される（Fig. 19）。この成長様式は阿部<sup>1, 2)</sup>による報告とほぼ一致した。第 9 齢期以降に成長様式が変化するのは、前述したように第 9 齢期で生理的成熟を迎えるためと考えられる。

4. ケガニの成長に関する仮説の提示 ケガニの成長に関する仮説を提示するにあたり、これまでの結果を一度整理するため齢期と甲長との関係図を Figs. 20 21 に示した。これらの図には時間軸が欠除しているため絶対成長とはいえないが、雌雄ともに生理的成熟を迎える第 9 齢期を境にして成長に変化が見られる。メスにおいて第 9 齢期以降の成長がオスより低下しているのは産卵することによる影響と考えられる。

さて、ケガニの絶対成長モデルを構成するにあたり、データの不足からいくつかの仮定が必要であった。したがって、ここで提示するモデルはあくまで仮説であり、今後の研究により立証されるべきものである。

#### 前提条件

- ・阿部<sup>2)</sup>と比較するため、4 月 1 日を基準とするモデルとした。
- ・ケガニは脱皮により成長するので階段状のモデルとした。
- ・各齢期のサイズは本研究結果を用いた。

Table 5. Results of fitting bivariate normal distributions to the size distributions of female hair crab, *Erimacrus isenbeckii*.

Models	No. of Parameters	AIC
1	5	14385.8
2	11	13958.4
3	17	13718.3
4	23	13700.3
5	29	13669.1
6	35	13692.1
7	41	13635.2
8	47	13599.9
9	53	13641.8

・若齢期の成長様式は本研究結果を用いた。

仮定した条件

- ・第1～5 齢期の正確な所要日数が不明なため、日本栽培漁業協会<sup>19)</sup>による飼育結果を使用した。すなわち、第1 齢期が14日(平均水温 9.1 )、第2 齢期が21日(平均水温 9.8 )、第3 齢期が17日(平均水温 9.3 )、第4 齢期が24日(平均水温 24 )、第5 齢期が31日(平均水温 11.9 )である。
- ・オスについては、第11 齢期以降の脱皮周期が不明であるが、ここでは年1回(1月1日)とした。脱皮のスキップ<sup>20)</sup>については考慮しない。
- ・メスについては、第10 齢期以降交尾・産卵可能として、いくつかのモデルを示した。抱卵期間は1年半とし、脱皮(交尾) 産卵(抱卵) 脱皮(交尾)の期間を

3年とした。すなわち、交尾後は3年おきに脱皮を繰り返すものとした。

- モデル1：第10 齢期以降産卵を繰り返した場合。
- モデル2：第11 齢期以降産卵を繰り返した場合。
- モデル3：第12 齢期以降産卵を繰り返した場合。
- モデル4：第13 齢期以降産卵を繰り返した場合。
- モデル5：第14 齢期以降産卵を繰り返した場合。
- モデル6：産卵せずに毎年成長した場合。

上記条件から構成した絶対成長のモデルを Figs 22-23 に示した。この階段状の成長モデルは、ヘヴィサイド関数(Heaviside's function)<sup>21)</sup>と各齢期ごとのサイズ増加分の積の線形結合として、以下のように記載することが可能である。すなわち、

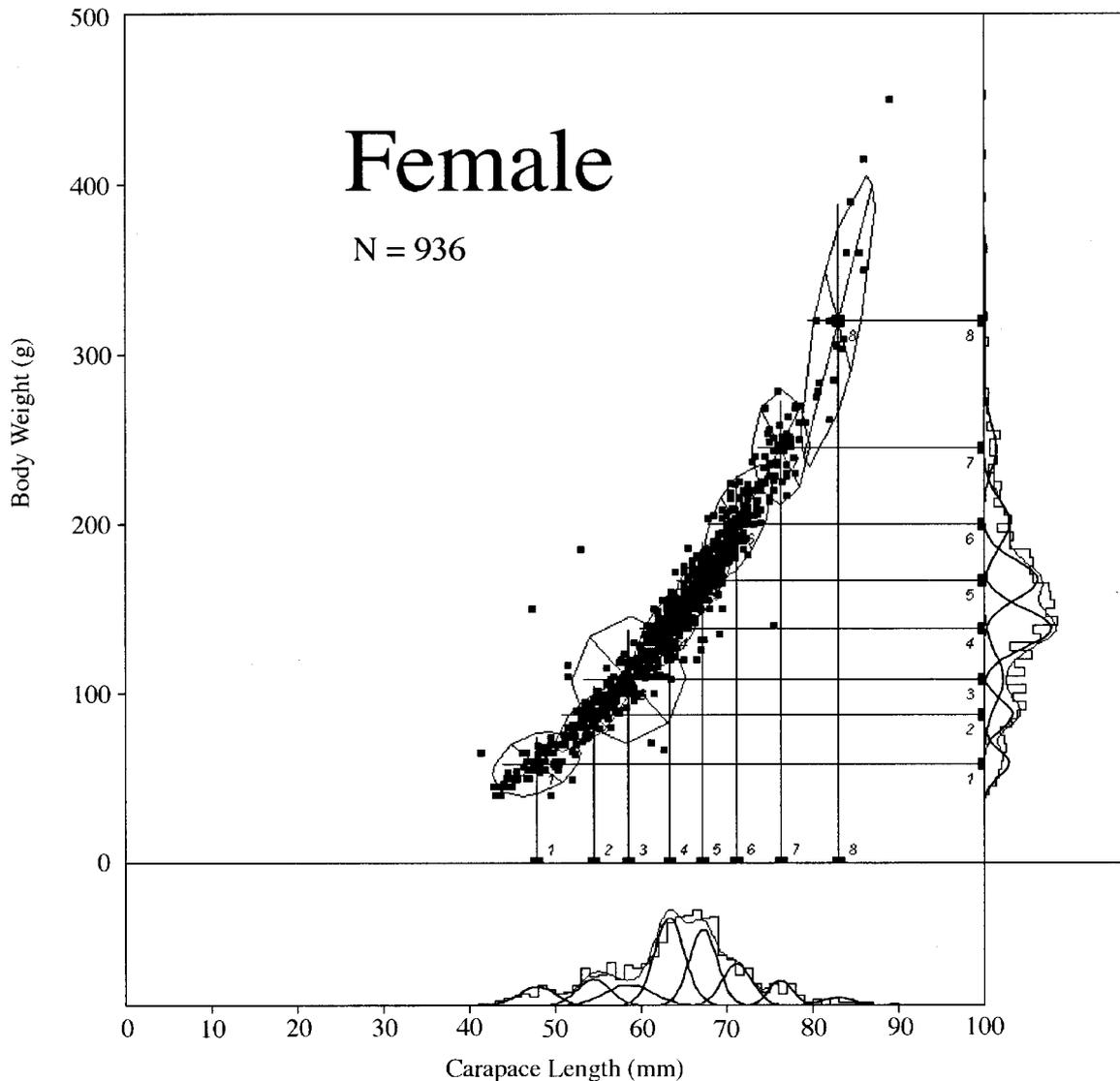


Fig. 18. Results of fitting bivariate normal distributions to the carapace length and body weight of female hair crab, *Erimacrus isenbeckii*.

Table 6. Parameter sets of Model 8 (see Table 5).

Parameter sets		
1	CL Mean	47.844
	CL SD	2.082
	BW Mean	58.599
	BW SD	7.860
	Covariance	5.545
	Probability	0.073
2	CL Mean	54.441
	CL SD	1.861
	BW Mean	87.129
	BW SD	8.694
	Covariance	12.758
	Probability	0.091
3	CL Mean	58.572
	CL SD	2.714
	BW Mean	108.130
	BW SD	15.183
	Covariance	2.417
	Probability	0.105
4	CL Mean	63.298
	CL SD	1.730
	BW Mean	138.382
	BW SD	11.399
	Covariance	13.732
	Probability	0.284
5	CL Mean	67.222
	CL SD	1.594
	BW Mean	166.711
	BW SD	11.346
	Covariance	13.222
	Probability	0.227
6	CL Mean	71.202
	CL SD	1.704
	BW Mean	200.263
	BW SD	14.281
	Covariance	15.066
	Probability	0.131
7	CL Mean	76.288
	CL SD	1.360
	BW Mean	245.092
	BW SD	13.805
	Covariance	1.015
	Probability	0.062
8	CL Mean	82.972
	CL SD	1.758
	BW Mean	319.850
	BW SD	34.844
	Covariance	47.353
	Probability	0.026

Crustacean growth model :

$$S(t) = \prod_{i=1}^N s_i H(t - U_i) \quad \begin{cases} t < U_i; H = 0. \\ t \geq U_i; H = 1. \end{cases}$$

ただし,  $N$  は観察された齢期数,  $U_i$  は各齢期に移行した時点(脱皮時)の年齢(日)であり,  $j-1$  齢期から  $j$  齢期までの所要日数  $u_{j-1,i}$  の線形結合として,

$$U_i = \sum_{j=1}^i u_{j-1,i} = u_{01} + u_{12} + \dots + u_{i-1,i}$$

このとき,  $u_{01} = 0$  とおくと, 孵化時の年齢  $U_1 = u_{01} = 0$  となる。

ゆえに, 最初のサイズは,  $S(0) = s_1$  であり, 各齢期のサイズ増加分は,  $s_i = S(U_i) - S(U_{i-1})$ ,  $i \geq 2$  であるから, 齢期  $i$  のサイズは  $S(U_i \leq t < U_{i+1}) = \prod_{j=1}^i s_j$  と一致する。

ケガニの成長モデルについては, この式のうち  $S(U_i)$  は既知であり,  $u_{j-1,i}$  については部分的に確定していることになる。

この式によってほぼすべての甲殻類の成長モデルの記載が可能になると考えられることから, ここに甲殻類の成長モデルの一般式として提唱したい。

現在, 北海道立水産試験場で行われているケガニの資源量計算には阿部<sup>1)</sup>のモデルが用いられている。このモデルと本研究で提示したモデルとを比較すると, 本研究のモデルの方が漁獲規制サイズ(第14齢期)が7才と, 阿部のモデルより2年あまり長くなっている。ここで提示したオスのモデルでは, 第10齢期以上が毎年脱皮成長すると仮定したが, 一般的に短尾類の脱皮間隔は成長が進むにしたがい長くなるとされる<sup>22)</sup> ことから, 第14齢期で7才というも過小評価している可能性が高い。また, McCaughran & Powell<sup>20)</sup> が報告したような脱皮のスキップが起こることも考えられ, この場合も年齢の過小評価につながる。メスについては, ここに示した簡単な成長のシミュレーションからも成熟サイズ以降の年齢の特定はほぼ不可能と考えられる。

今後も適正なケガニの資源量推定を行うにあたって, 本研究のような形態・初期成長に関する基礎データの解析はますますその重要性を増すものと思われる。

#### 要 約

1. 形態学的手法を用いて第9齢期までのケガニを判別した。
2. 甲長と体重のデータに2変量正規分布を当てはめることにより第17齢期までのケガニを判別した。
3. 月別に甲長組成の変化を追跡することにより着底後から第10齢期までのケガニの成長を明らかにした。
4. ケガニの成長モデルを提示するとともに甲殻類一

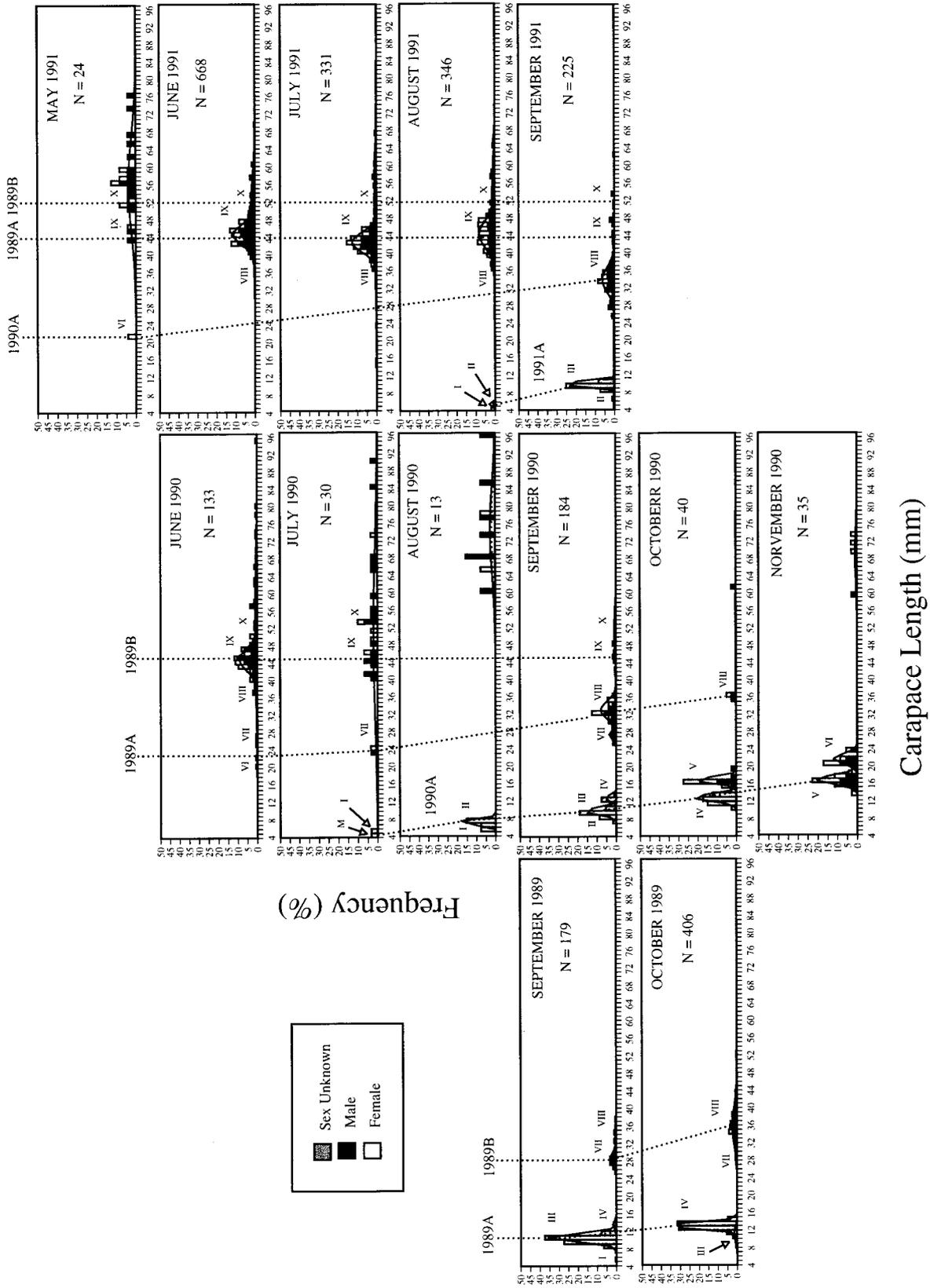


Fig. 19. Monthly changes in size distribution of hair crabs, *Erimacrus isenbeckii*, and results of fitting normal distributions to the size distributions: M. Megalopal stage; I-X. Crab stage I to Crab stage X; 1989A. Tracing settlement in 1989; 1990A. Tracing settlement in 1990; 1990A. Tracing settlement in 1990; 1989B. Tracing settlement in 1988.

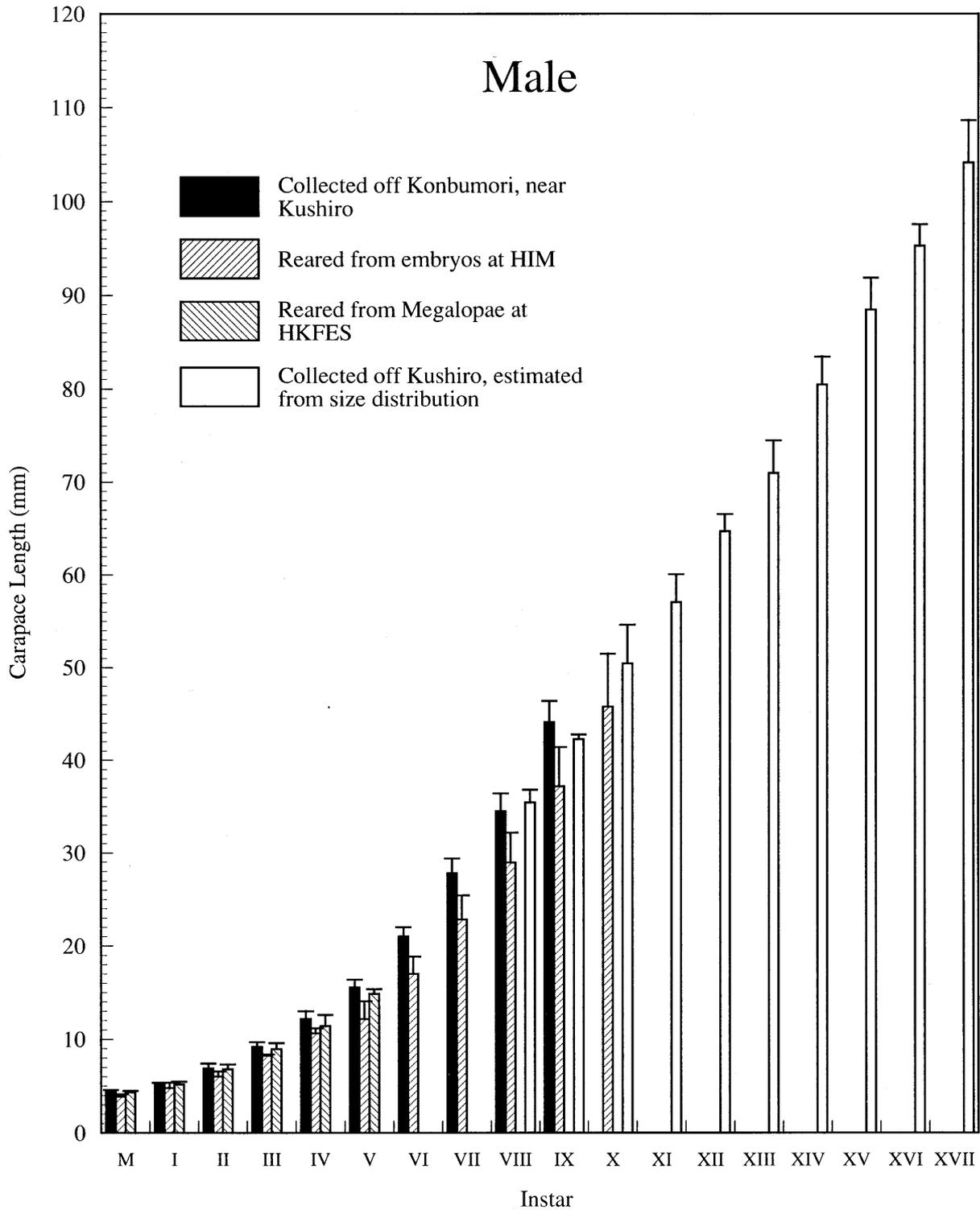


Fig. 20. Relationships of between instars and carapace length of male hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: M. Megalopal stage; I-XVII. Crab stage I to XVII; HIM. Hokkaido Institute of Mariculture; HKFES. Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station. Error bars show SD.

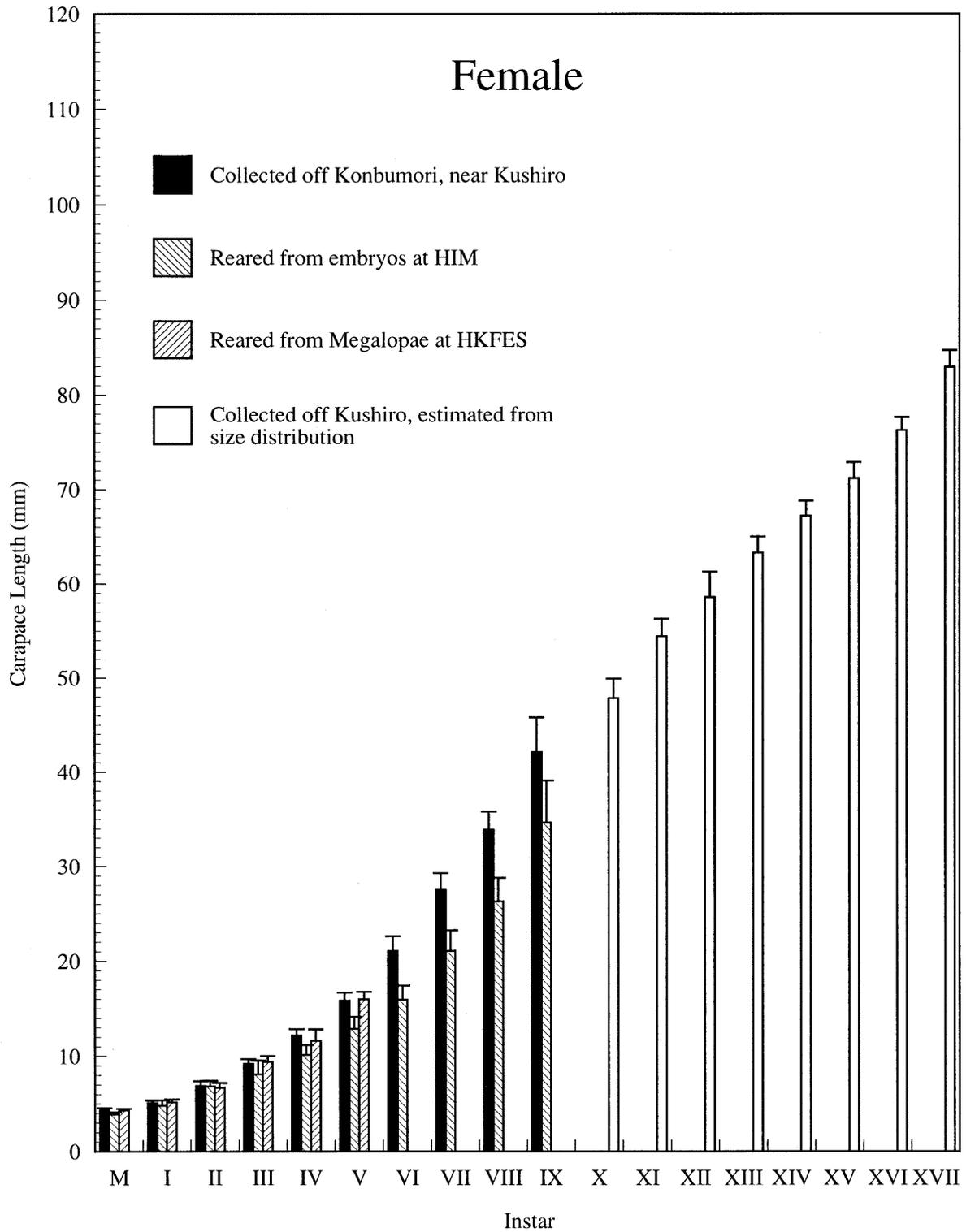


Fig. 21. Relationships of between instar and carapace length of female hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: M. Megalopal stage; I-XVII. Crab stage I to XVII; HIM. Hokkaido Institute of Mariculture; HKFES. Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station. Error bars show SD.

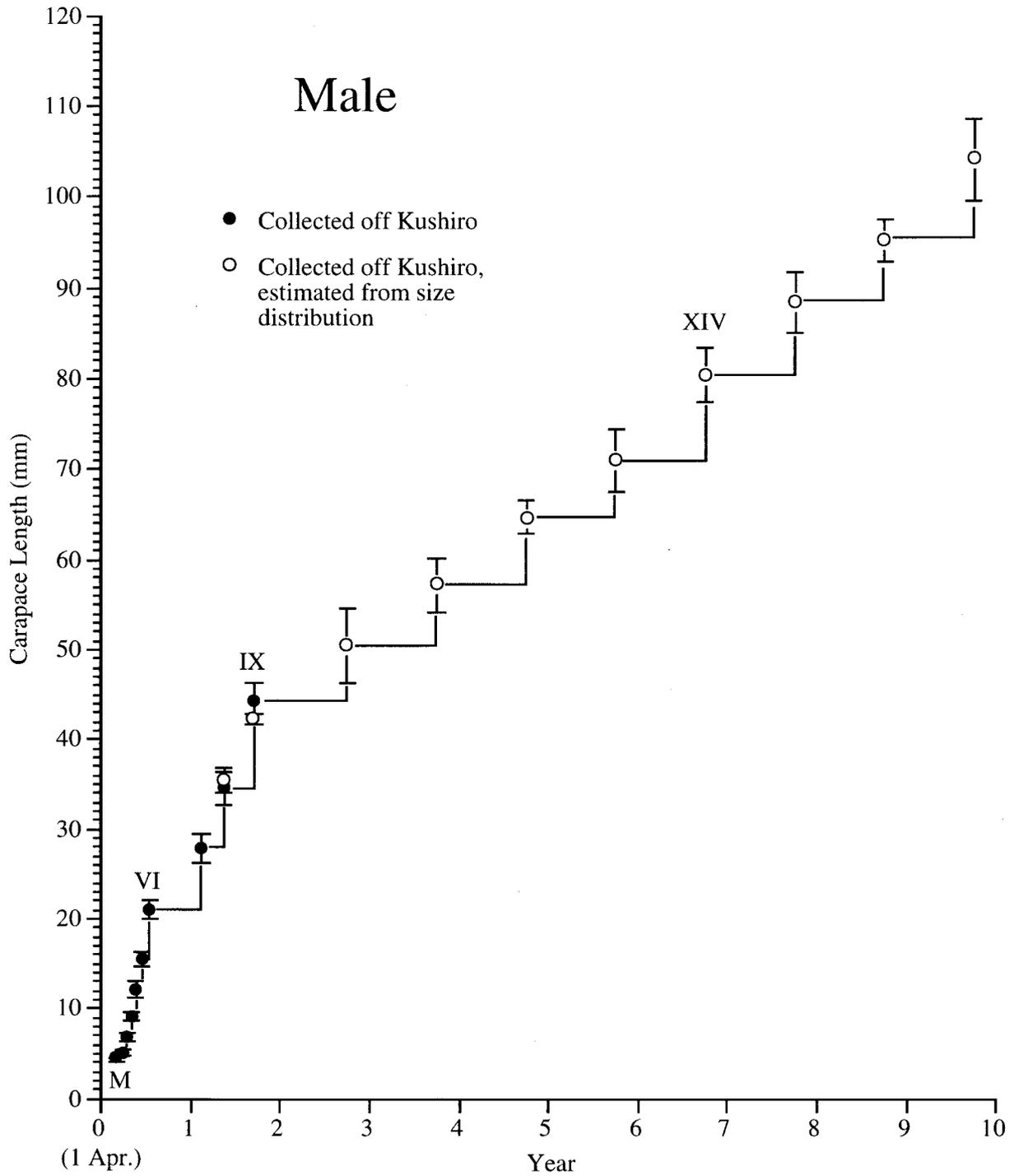


Fig. 22. Absolute growth model for male hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: starting from 1st April; M, Megalopal stage; VI, Crab stage VI (1 year old); IX, Crab stage IX (2 years old); XIV, Crab stage XIV (minimum regular size in Hokkaido).

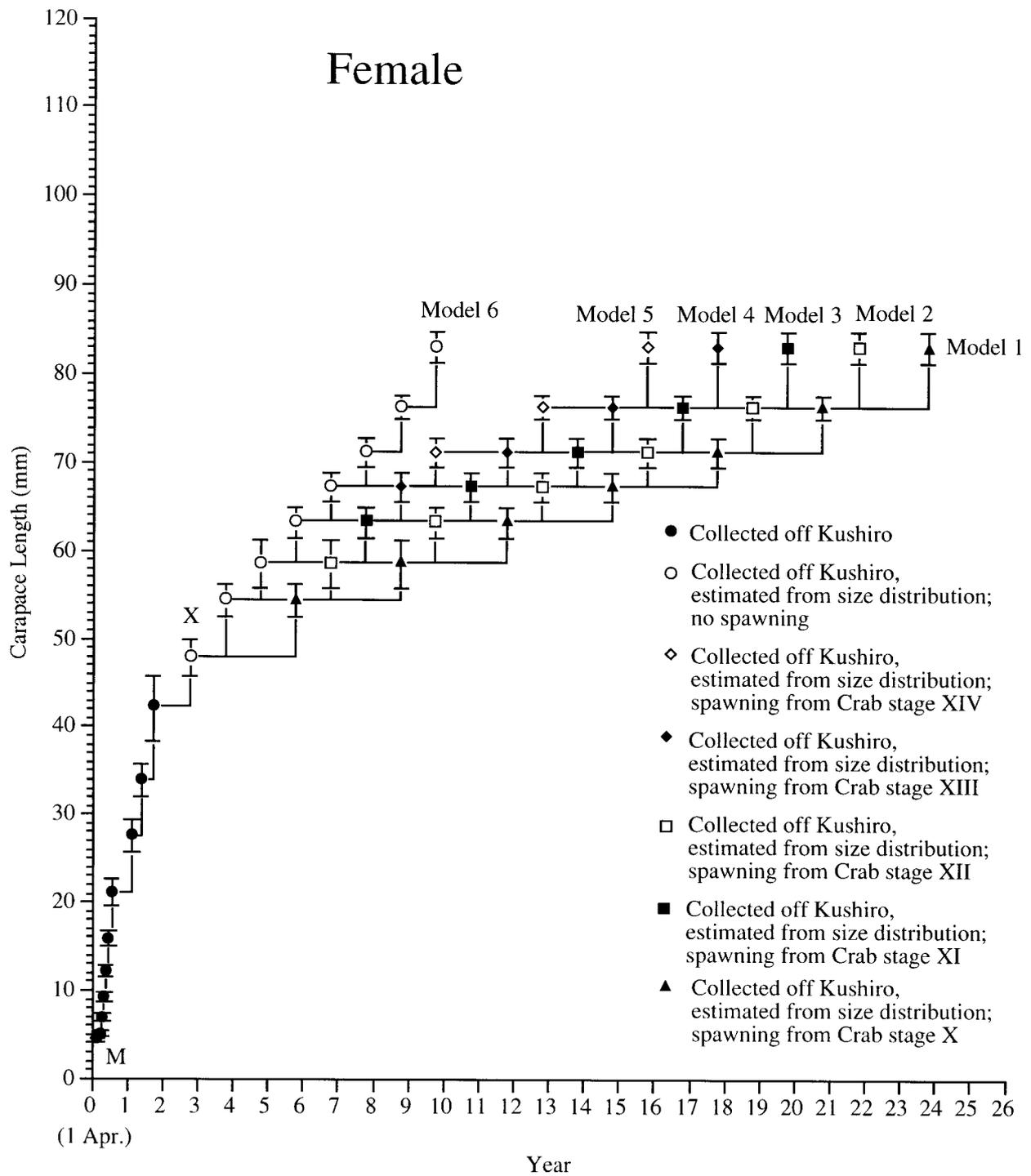


Fig. 23. Absolute growth model for female hair crab, *Erimacrus isenbeckii*: starting from 1st April; M, Megalopal stage; X, Crab stage X. Details of Model 1-6 in text.

Table 7. Difference in relationships between crab instars and carapace length (mm) of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, comparison between this study and previous studies.

Instars	this study		Abe (1982)		Abe (1992)	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female
I	5.1	5.1	5.2	5.2	-	-
II	6.9	6.9	7.0	7.0	-	-
III	9.2	9.2	8.7	8.7	-	-
IV	12.2	12.2	12.5	12.5	-	-
V	15.6	15.9	15.6	15.6	-	-
VI	21.0	21.1	20.4	20.4	20.4	20.4
VII	27.8	27.5	27.4	27.4	-	-
VIII	34.5	33.9	33.5	33.5	-	-
IX	44.1	42.1	46.4	46.4	46.4	46.4
X	50.5	47.8	59.1	55.9	59.1	55.9
XI	57.1	54.4	73.3	65.8	73.3	65.8
XII	64.7	58.6	88.2	74.1	88.2	-
XIII	71.0	63.3	103.5	84.0	-	-
XIV	80.5	67.2	117.5	-	-	-
XV	88.5	71.2	-	-	-	-
XVI	95.3	76.3	-	-	-	-
XVII	104.1	83.0	-	-	-	-

般の成長モデル式としてヘヴィサイド関数の応用を提唱した。

#### 謝 辞

本論文を作成するにあたり、標本の採集に尽力いただいた元北海道立釧路水産試験場用船第5天昭丸乗組員の皆様、特に機関長だった名平勇氏に感謝の意を表す。並びに北海道立栽培漁業センターの標本をご提供下さった北海道立中央水産試験場の尾身東美氏に感謝の意を表す。また、図版の製作にご協力を願った吉館樹里氏に厚くお礼申し上げる。さらに、調査にご協力下さった漁業協同組合関係各位にお礼申し上げる。最後に御校閲と御指導を賜った水産庁養殖研究所の小西光一博士に深くお礼申し上げる。

#### 文 献

- 1) 阿部晃治：ケガニの脱皮回数と成長について。日水誌。48(2), 157-163 (1982)。
- 2) Abe, K.: Important crab resources inhabiting Hokkaido waters. *Mar. Behav. Physiol.* 21, 153-183 (1992)。
- 3) 佐々木潤, 名平勇：新しい若齢ケガニの採集器具と採集結果。北水試研報。35, 29-36 (1990)。
- 4) 尾身東美, 山下幸悦：2. ケガニ。甲殻類種苗培養技術開発試験。昭和55年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書。27-36 (1981)
- 5) 北海道立水産試験場：北水試 魚介類測定・海洋観測マニュアル。北海道立水産試験場, (1996)。

- 6) Akaike, H.: Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. 2nd Inter. Symp. on Information Theory (Petrov, B. N. and F. Csaki eds), Akademiai Kiado, Budapest, 1973, 716-723.
- 7) Hartnoll, R.G.: Growth. (Abelle, L.G. ed.), The Biology of Crustacea. Volume 2. Embryology, Morphology, and Genetics. New York, Academic Press, 1982, 111-196.
- 8) 尾身東美：ケガニの稚ガニ二期における形態と近縁種クリガニの差異。かに類養殖技術開発企業化試験。昭和45年度報告。北水研他。1971, 32-37。
- 9) 佐々木潤, 上田吉幸：天然から採集されたケガニの配偶サイズ。甲殻類の研究。21, 147-152 (1992)。
- 10) 佐々木潤：交尾栓保有率から推定した道東太平洋におけるケガニ *Erimacrus isenbeckii* (Brandt) 雌の性的成熟サイズ (短報)。北水試研報 46, 19-21 (1995)。
- 11) Shen, C.J.: An Investigation of the post-larval development of the shore-crab *Carcinus maenas*, with special reference to the external secondary sexual characters. *Proc. Zool. Soc. London.* 1, 20 (1935)。
- 12) 村岡健作：ショウジンガニ (*Plagusia dentipes* de Haan) の後期幼生の第二次性徴について。甲殻類の研究。1, 54-65 (1963)。
- 13) Payen, G.: Morphogenesése sexuelle de quelques Brachyours (Cyclometopes) au cours du développement embryonnaire, larvaire et postlarvaire. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, Zoologie* 139, 209-262 (1974)。
- 14) Minagawa, M.: Relative growth and sexual dimorphism in the Red frog crab *Ranina ranina* (Decapoda: Raninidae). *Nippon Suisan Gakkaishi* 59, 2025-2030 (1993)。
- 15) Lee, T.-H., M. Yamauchi and F. Yamazaki.: Sex differentiation in the crab *Eriocheir japonicus* (Decapoda, Grapsidae). *Invert. Reprod. Dev.* 25, 123-138 (1994)。
- 16) 浜崎活幸：ガザミの生殖と発育に関する研究。社団法人日本栽培漁業協会 特別研究報告。8, 1-124 (1996)。
- 17) 坂元慶行, 石黒真木夫, 北川源四郎：情報量統計学。共立出版株式会社, 1983, 1-236。
- 18) Botsford, L.W.: Models of growth. (Wenner, A.M. ed.), Crustacean Issues 3. Factors in adult growth. Rotterdam/Boston, A.A. Balkema. 171-188 (1985)。
- 19) 日本栽培漁業協会：日本栽培漁業協会事業報告書 昭和57年度。1983。

- 20) McCaughran, D.A. and G. C. Powell : Growth model for Alaska king crab (*Paralithodes camtschatica*). *J. Fish. Res. Board Can.* **34**, 989-995 (1977).
- 21) 佐野理: キーポイント微分方程式。岩波書店, 1993, 166-169.
- 22) Passano, L.M.: Molting and its control. (Waterman, T.H. ed.), *The Physiology of Crustacea. Volume 1. Metabolism and Growth.* New York, Academic Press. 1960, 473-536.

## APPENDICES

Append. 1. Results of fitting normal distributions to size data of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in September 1989 (see also Fig. 19).

Models	No. of Parameters	AIC
1	2	1227.4
2	5	772.3
3	8	747.5
4	11	744.2
5	14	748.5

Append. 2. Parameter sets of Model 4 (see Append. 1).

1	CL Mean	9.988
	CL SD	0.900
	Probability	0.812
2	CL Mean	13.387
	CL SD	0.402
	Probability	0.027
3	CL Mean	28.029
	CL SD	1.369
	Probability	0.109
4	CL Mean	33.014
	CL SD	2.710
	Probability	0.053

Append. 3. Results of fitting normal distributions to size data of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in October 1989 (see also Fig. 19).

Models	No. of Parameters	AIC
1	2	3006.0
2	5	1868.4
3	8	1786.8
4	11	1794.5
5	14	1778.7

Append. 4. Parameter sets of Model 3 (see Append. 3).

1	CL Mean	12.530
	CL SD	0.684
	Probability	0.683
2	CL Mean	10.460
	CL SD	1.622
	Probability	0.063
3	CL Mean	35.296
	CL SD	4.236
	Probability	0.254

Append. 5. Results of fitting normal distributions to size data of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in June 1990 (see also Fig. 19).

Models	No. of Parameters	AIC
1	2	1001.9
2	5	924.2
3	8	930.9
4	11	935.1

Append. 6. Parameter sets of Model 2 (see Append. 5).

1	CL Mean	44.648
	CL SD	2.482
	Probability	0.574
2	CL Mean	51.771
	CL SD	14.646
	Probability	0.426

Append. 8. Parameter sets of Model 1 (see Append. 7).

1	CL Mean	50.155
	CL SD	18.732
	Probability	1.000

Append. 7. Results of fitting normal distributions to size data of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in July 1990 (see also Fig. 19).

Models	No. of Parameters	AIC
1	2	265.0
2	5	272.6
3	8	266.2

Append. 9. Results of fitting normal distributions to size data of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in August 1990 (see also Fig. 19).

Models	No. of Parameters	AIC
1	2	131.2
2	5	100.4
3	8	107.7

Append. 10. Parameter sets of Model 2 (see Append. 9).

1	CL Mean	6.688
	CL SD	0.585
	Probability	0.309
2	CL Mean	74.090
	CL SD	10.157
	Probability	0.691

Append. 11. Results of fitting normal distributions to size data of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in September 1990 (see also Fig. 19).

Models	No. of Parameters	AIC
1	2	1481.9
2	5	1235.9
3	8	1167.7
4	11	1146.6
5	14	1135.5
6	17	1141.3
7	20	1141.8

Append. 12. Parameter sets of Model 5 (see Append. 11).

1	CL Mean	9.404
	CL SD	0.795
	Probability	0.330
2	CL Mean	12.422
	CL SD	0.592
	Probability	0.094
3	CL Mean	26.862
	CL SD	0.879
	Probability	0.077
4	CL Mean	32.638
	CL SD	1.991
	Probability	0.395
5	CL Mean	48.165
	CL SD	4.477
	Probability	0.103

Append. 13. Results of fitting normal distributions to size data of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in October 1990 (see also Fig. 19).

Models	No. of Parameters	AIC
1	2	935.5
2	5	227.3
3	8	216.8

Append. 14. Parameter sets of Model 3 (see Append. 13).

1	CL Mean	12.354
	CL SD	0.800
	Probability	0.463
2	CL Mean	16.349
	CL SD	0.728
	Probability	0.395
3	CL Mean	48.903
	CL SD	23.425
	Probability	0.142

Append. 15. Results of fitting normal distributions to size data of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in November 1990 (see also Fig. 19).

Models	No. of Parameters	AIC
1	2	298.7
2	5	206.2
3	8	197.4

Append. 16. Parameter sets of Model 3 (see Append. 15).

1	CL Mean	20.992
	CL SD	1.116
	Probability	0.339
2	CL Mean	16.217
	CL SD	1.013
	Probability	0.535
3	CL Mean	68.410
	CL SD	5.427
	Probability	0.126

Append. 17. Results of fitting normal distributions to size data of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in May 1991 (see also Fig. 19).

Models	No. of Parameters	AIC
1	2	185.1

Append. 18. Parameter sets of Model 1 (see Append. 17).

1	CL Mean	55.524
	CL SD	10.516
	Probability	1.000

Append. 19. Results of fitting normal distributions to size data of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in June 1991 (see also Fig. 19).

Models	No. of Parameters	AIC
1	2	4117.3
2	5	3896.5
3	8	3903.0

Append. 20. Parameter sets of Model 2 (see Append. 19).

1	CL Mean	44.019
	CL SD	2.301
	Probability	0.646
2	CL Mean	49.689
	CL SD	6.888
	Probability	0.355

Append. 21. Results of fitting normal distributions to size data of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in July 1991 (see also Fig. 19).

Models	No. of Parameters	AIC
1	2	2251.3
2	5	2011.7
3	8	2018.6

Append. 22. Parameter sets of Model 2 (see Append. 21).

1	CL Mean	42.070
	CL SD	2.198
	Probability	0.699
2	CL Mean	49.399
	CL SD	11.173
	Probability	0.301

Append. 23. Results of fitting normal distributions to size data of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in August 1991 (see also Fig. 19).

Models	No. of Parameters	AIC
1	2	2537.8
2	5	2445.5
3	8	2238.9
4	11	2246.2

Append. 24. Parameter sets of Model 3 (see Append. 23).

1	CL Mean	4.850
	CL SD	0.351
	Probability	0.029
2	CL Mean	43.784
	CL SD	3.142
	Probability	0.639
3	CL Mean	49.548
	CL SD	9.175
	Probability	0.332

Append. 26. Parameter sets of Model 3 (see Append. 25).

1	CL Mean	9.458
	CL SD	0.546
	Probability	0.449
2	CL Mean	22.082
	CL SD	12.805
	Probability	0.115
3	CL Mean	33.297
	CL SD	2.813
	Probability	0.436

Append. 25. Results of fitting normal distributions to size data of hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in September 1991 (see also Fig. 19).

Models	No. of Parameters	AIC
1	2	1602.1
2	5	1162.5
3	8	1109.9
4	11	1150.2



# オホーツク海におけるケガニ浮遊幼生の動態に 関する基礎研究

桑原 久実 \* · 水島 敏博 \*

Study on the distribution of hair crab *Erimacrus isenbeckii*, larvae in the Sea of Okhotsk

Hisami KUWAHARA \* and Toshihiro MIZUSHIMA \*

This paper examined the fluctuation mechanism of resources of *Erimacrus isenbeckii* in the Sea of Okhotsk. We notice the relationship between the physical environment and the behavior of hair crab larvae in the sea.

1) Experiments, 2) Numerical simulations, 3) Field surveys were carried out.

1) The swimming velocity of zoea of *E. isenbeckii* is less than 20mm/s. From this we consider that *E. isenbeckii* larvae are moved passively by the Soya warm current.

2) Sinking flow was generated by the cabbeling effect in the boundary between Soya warm current and intermediate cold water in the Sea of Okhotsk. The area of sinking flow corresponded with the area of high density of *E. isenbeckii*.

3) Samples in early June, 1994 were mainly of young stage zoea that were distributed in the north, but samples in the end of June were mainly stage 5 zoea and megalopa that were distributed in the offshore area of the Cape of Notori.

キーワード：ケガニ浮遊幼生，漁場形成，沈降流，宗谷暖流，オホーツク海。

## まえがき

南西部オホーツク海では、オホーツク海固有の冷水域に宗谷海峡から対馬暖流の支流として宗谷暖流が流入し、顕著なフロントが形成される<sup>1)</sup>。

ケガニは、北海道沿岸の重要な水産資源であるが、なかでもこの南西部オホーツク海では道内の3分の2が漁獲され好漁場を形成している。当海域のケガニ資源は、漁獲量から見ると8年前後の周期で卓越年級群が発生する(例えば、網走水産試験場事業報告書<sup>2)5)</sup>)と言われているが、その変動のメカニズムについてはまだ十分に解明されていない。

一般にオホーツク海のケガニは、1雌当たり3~6万粒を抱卵し、3~4月にゾエアとして孵出する。ケガニの幼生は、ゾエア期、メガロツパ期の約3ヶ月の浮遊期間を経て着底する<sup>6)</sup>が、長期間の浮遊時期を有する他の甲殻類と同様に、この浮遊期における減耗が大きいものと考えられ、資源の補充およびその変動に大きな影響を与えるものと思われる。

カニ類幼生の分布動態と補充の関係については、

Johnson<sup>7)</sup>がチェサピーク湾沖合い陸棚域における青ガニ *Callinectes sapidus* 幼生について、風による吹送流が生育場への輸送に重要な役割を果たしていることを指摘している。また、Hobbs *et al.*<sup>8)</sup>も、ワシントンからカリフォルニア北部のイチョウガニ *Cancer magister* について、沿岸域に広がる生育場への風による輸送を明らかにしている。さらに、Yanagi *et al.*<sup>9)</sup>は、燧灘におけるガザミ *Portunus trituberculatus* のメガロツパ幼生の移動・分散について現地調査と数値解析を行い、海の流れに加えて幼生の成長に伴う日周鉛直移動パターンの変化が、生育場への回帰に深く関係していることを示している。

この様にカニ類の浮遊幼生の挙動は、海洋環境と密接に関係しており、産卵場から生育場へうまく輸送されるか否かによって、その後の資源の補充に大きな影響を与えるものと考えられる。したがって、浮遊幼生の分布動態を明らかにすることは、資源変動のメカニズムを明らかにする上で極めて重要な意味を持つといえる。しかしながら、浮遊幼生の分布動態の研究は、幼生の生物学的な特性と海洋の物理環境とが複雑に絡み合い非常に難し

い。田中<sup>10)</sup>は、魚類の初期減耗の研究に当たり、現場観測系、飼育実験系および数値モデル系の独自の深化と有機的な関連の強化が求められていることを強調している。

著者らは、このような観点から、オホーツク海におけるケガニ浮遊幼生の分布動態を把握するため、以下の実験・調査を行い、いくつかの知見を得たので報告する。

#### ケガニ浮遊幼生の運動特性に関する室内実験

#### 浮遊幼生出現時期の海洋構造と流況に関する数値シミュレーション

#### ケガニ浮遊幼生の分布構造に関する現地調査

### 1. ケガニ浮遊幼生の運動特性に関する室内実験

#### 目的

ケガニ浮遊幼生の移動・分散を明らかにするには、海流の流れなどによる受動的な移動とケガニ浮遊幼生自体がどれほど能動的な遊泳力を有しているかを究明する必要がある。本実験は、ケガニ浮遊幼生の遊泳方法や遊泳能力がどの程度あるかを知ることが目的として実施した。

#### 方法及び材料

実験に用いたゾエア幼生は、日本栽培漁業協会厚岸事業場で種苗生産用に飼育されていたものの一部の供与を受け網走水産試験場に1995年4月6日に運搬した。実験水槽は、厚さ3mmの透明塩化ビニール板を素材とした長さ50cm、幅3cm、深さ60cmの直方体のものを用いた。水槽にはろ過海水(塩分32.3psu)を深さ30cmまで注入し、実験用のケガニ浮遊幼生を入れた。浮遊幼生の挙動は水槽前面にビデオカメラを設置して撮影し、撮影後、映像を解析した。解析には浮遊幼生の移動位置を1秒間隔で約60秒間追跡し測定したものをを用いた。

なお、実験は、ゾエア1期から4期の齢期別に各々10個体入れて観察し、各齢期毎の特性を調べた。実験中の室温は空調により4℃に一定とし、サーカディアンリズムを考慮して<sup>6)</sup>、明暗各々12時間とし、AM. 7~PM. 7は室内の電灯を点灯し(水槽中央部で約25lux)、PM. 7~AM. 7は消灯した。また、撮影はいずれの場合もPM. 1~PM. 4の間に実施した。実験は、ゾエア幼生を運搬してから3日以内に行った。

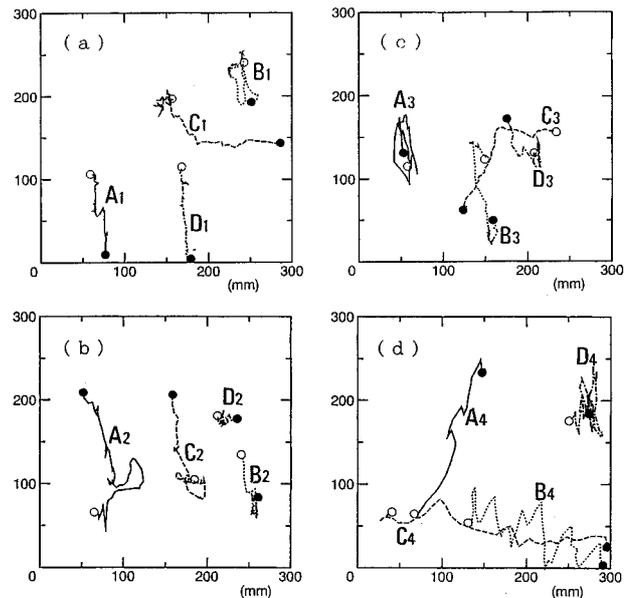


Fig. 1. Behavior of *Erimacrus isenbeckii* larvae in a water tank. Sea water is 4 and 32.3psu.(a)shows 1st stage zoea, (b)2nd stage, (c)3rd stage and (d)4th stage.

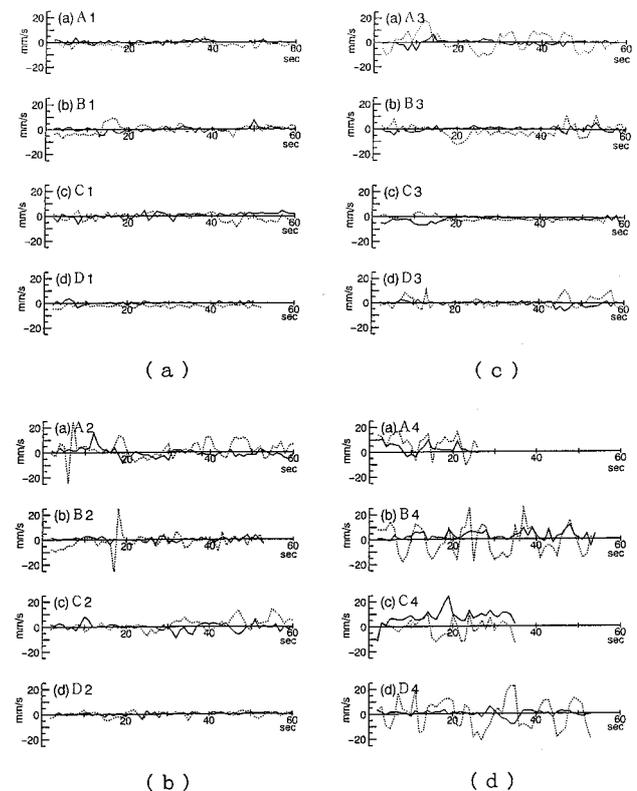


Fig. 2. Velocity of movement of *E. isenbeckii* larvae in a water tank. Solid and dotted lines show the velocity of horizontal movement and vertical movement. These figures were calculated from Fig.1. (a)shows 1st stage zoea, (b)2nd stage, (c)3rd stage and (d)4th stage.

結 果

Fig. 1 (a)~(d)には、ゾエア1期~4期の各期の水槽正面から見た移動状況を示した。映像解析を行った際の初期位置、は最終位置を示している。

ゾエアの遊泳状況を観察すると、通常、静水中では遊泳毛を運動させて、ある位置に留まったり、ゆっくり移動したり、安定した遊泳が可能であることがわかった。この動きの他に、遊泳毛の運動を停止させ頭部から鉛直下向きに大きく降下する運動、腹筋を急速に収縮させることによって、背後方向に大きく進む運動が時々見られた。

Fig. 2(a)~(d)は Fig. 1(a)~(d)をもとにケガニ浮遊幼生の水平・鉛直方向の移動速度を求めたものである。実線は水平、破線は鉛直方向の動きを表している。いずれの齢期のゾエアも上下運動しながら水平方向に移動する傾向がある。また、水平および鉛直の両方向の移動速度は最大で20mm/s程度であった。

2. 浮遊幼生出現時期の海洋構造と流況に関する数値シミュレーション

目 的

宗谷暖流は、水位差によって宗谷海峡からオホーツク沿岸を流下しており、水平的にはオホーツク海固有の冷水域との境界では渦の発生が認められる<sup>11)</sup>。また、鉛直的には、宗谷暖流が高温・高塩分、オホーツク海が低温・低塩分であるため、これらの海水が接する領域では海水の密度が大きくなり沈降するキャベリング現象が生じているものと考えられる<sup>12)</sup>。このような海洋構造に伴う流動環境は、ケガニ等の浮遊幼生の移動に大きく影響するものと思われる。

ここでは、ケガニ幼生の浮遊期における宗谷暖流フロント域の流動環境を見るために、流体数値モデルの1つである2次元マルチレベルモデルを用いて3次元的に見ることにする<sup>13)</sup>。

方 法

(a) 基礎方程式

(運動方程式)

$$\frac{U}{t} + (U \cdot \nabla)U + W \frac{U}{z} + f \times U = - \frac{1}{\rho} \nabla p + \nu_h \nabla^2 U + \nu_v \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} \quad (1)$$

$$\rho \left( \frac{W}{t} + (U \cdot \nabla)W + W \frac{W}{z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial z} + \rho g + \rho \alpha (T - T_0) \quad (2)$$

(自由表面の式)

$$p = \rho g (z - z_0) \quad (3)$$

(水温の拡散方程式)

$$\frac{T}{t} + (U \cdot \nabla)T + W \frac{T}{z} = k_h \nabla^2 T + k_v \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (4)$$

(塩分の拡散方程式)

$$\frac{S}{t} + (U \cdot \nabla)S + W \frac{S}{z} = K_h \nabla^2 S + K_v \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} \quad (5)$$

ここに、U：水平2次元流速ベクトル、W：鉛直流速、 $\nabla$ ：水平微分演算子、f：コリオリパラメーター、k：鉛直単位ベクトル、 $\rho_0$ ：基準密度、p：圧力、 $\nu_h, \nu_v$ ：水平、鉛直動粘性係数、 $\nabla^2$ ：水平2次元ラプラシアン、g：重力加速度、 $z_0$ ：平均水面からの水位、 $\rho$ ：海水密度、T：水温、S：塩分、 $k_h, k_v$ ：水温の水平、鉛直乱流拡散係数、 $K_h, K_v$ ：塩分の水平、鉛直乱流拡散係数である。水温、塩分から海水密度の算出は Knudsen の式を用いている。基礎方程式の時間積分法は、陽形式を用いた。

解析の対象にした海域は、Fig. 3 に示す宗谷海峡からオホーツク海の北海道沿岸であり、水深100m付近はケガニの好漁場となっている。解析対象領域は、水平方向には5.25km 間隔で、鉛直方向には水深10、30、60、100m 及び海底の5層に分割している。計算の時間間隔  $\Delta t$  は C.F.L. 基準から25sec とした。

初期条件は、Table. 1 に示すオホーツク固有の海水<sup>1)</sup>が全域に分布するものとし、水位は全域ゼロとする。また Fig. 3 には開境界及び陸岸境界も示している。A は宗谷暖流の流入境界、B は自由流出の境界で、岸及び沖の境界は、壁境界である。A の境界条件は宗谷暖流を想定し Table. 2 のような高温、高塩分<sup>1)</sup>を与えている。

計算方法は、始めの1日間(24時間)でAの水位を30cmに上昇させ、定常的な流動環境が得られるように、その後10日間Aの水位を一定にして計算を行った。Bの水位は0cmで初期条件と同一である。A水位の上昇量を30cmにしたのは、ケガニ幼生の出現時期を想定し Wakatsuchi and Martin<sup>14)</sup>の結果を参考にした。なお、計算に用いた定数は、種々の文献(例えば、藤原ら<sup>15)</sup>)を参考に Table. 3 のものを用いた。コリオリ係数は、 $2 \sin \phi$  (ここに、 $\omega$ ：地球自転角速度、 $\phi$ ：緯度)である。

結 果

Fig. 4 には、層別水温の分布を示した。各層とも沿岸線と平行するように等水温線が表れている。等水温線の間隔が狭くなっている領域がオホーツク固有水と宗谷暖流の境界で、フロントが形成されていることを示す。

また、日本海側の北海道沿岸に冷水域が見られているが、これは、初期条件で設定した海水 (Table. 1) がオホーツク海側に流れず、残留したためと思われる。

Fig. 5 には、層別の塩分の分布を示した。水温の分布とほぼ同様な傾向にあり、沿岸線と平行するように等塩分線が表れている。

Fig. 6 には、流速ベクトルの分布を示した。稚内から網走方向に沿岸を流れ、宗谷暖流の流軸は距岸20km程度で、流速は50~100cm/s となっており計算結果は青田<sup>1)</sup>の調査結果と良く一致している。

Fig. 7 は、鉛直流速の分布を示した。ここでの正の値は鉛直上向き、負の値は下向きである。1層目はほとんど鉛直方向の流速はないが、2, 3層となるとオホーツク海の北海道沿岸に鉛直下向きの流速が表れる。

Table 1. Initial conditions.

Layer	Water depth(m)	Temperature ( )	Salinity (psu)
1	0 ~ 10	7.0	32.6
2	10 ~ 40	0.0	32.8
3	40 ~ 100	-2.0	33.0
4	100 ~ 200	1.0	33.2
5	200 ~ bottom	2.0	33.6

Table 2. Inflow and outflow open boundary conditions.

Layer	Water depth (m)	A Inflow open boundary		B Outflow open boundary	
		Temperature ( )	Salinity (psu)	Temperature ( )	Salinity (psu)
1	0 ~ 10	7.0	32.6		
2	10 ~ 40	0.0	32.8		
3	40 ~ 100	-2.0	33.0	Free out flow condition	
4	100 ~ 200	1.0	33.2		
5	200 ~ bottom	2.0	33.6		

Table 3. Parameters used in the numerical experiment.

Parameter	
Coriolis parameter	$5.1 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$
Drag coefficient at the bottom	0.0026
Horizontal eddy viscosity	$100 \text{ m}^2 / \text{s}$
Horizontal diffusivity	$100 \text{ m}^2 / \text{s}$
Vertical eddy viscosity	$0.00001 \text{ m}^2 / \text{s}$
Vertical diffusivity	$0.00001 \text{ m}^2 / \text{s}$

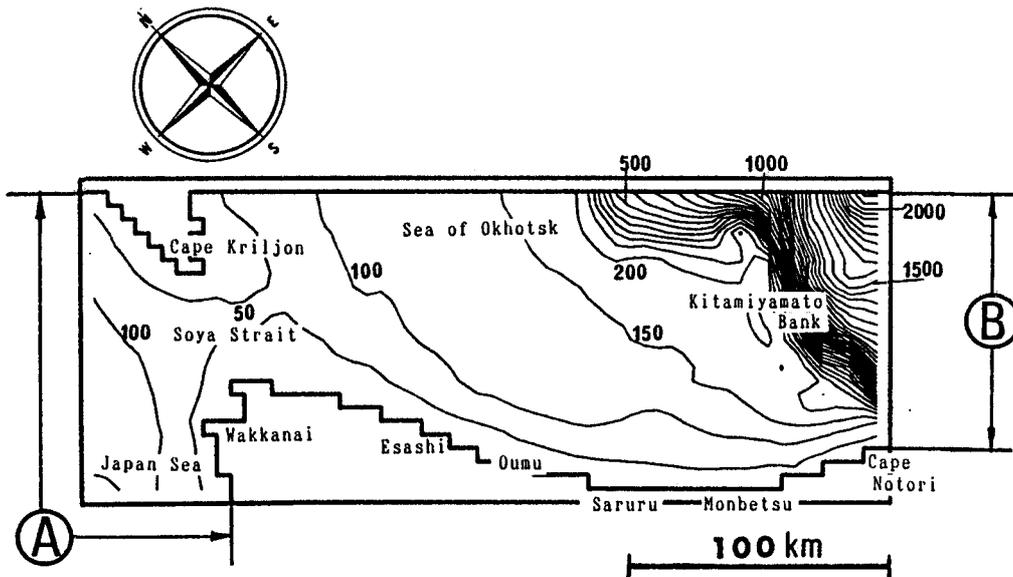


Fig. 3. Bathymetric map (contours in meters) off the Hokkaido coast in the sea of Okhotsk. A and B indicate open boundaries.

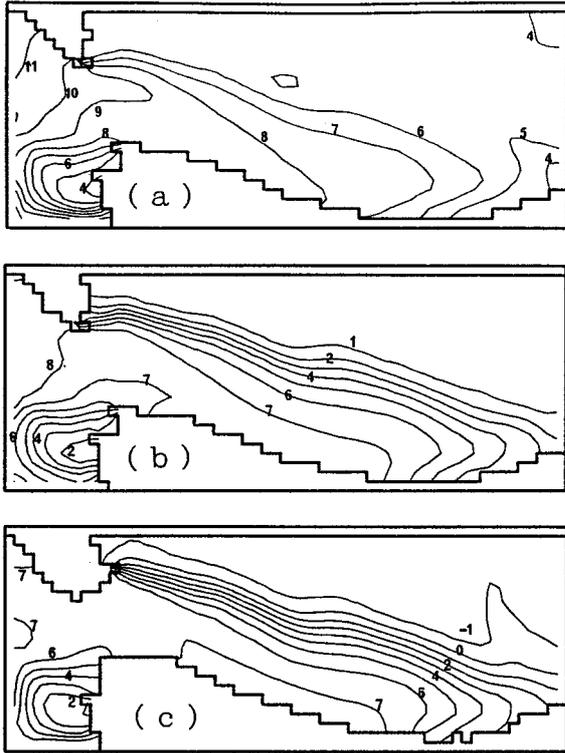


Fig. 4. Distribution of temperature (contours in  $^{\circ}\text{C}$ ) in the Sea of Okhotsk. (a) shows 1st layer (0-10m), (b) 2nd layer (10-40m) and (c) 3rd layer (40-100m)

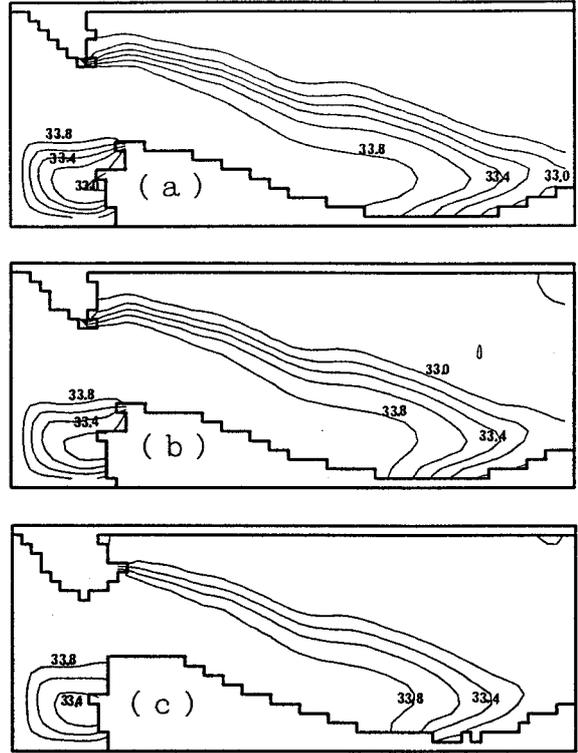


Fig. 5. Distribution of salinity (contours in psu).

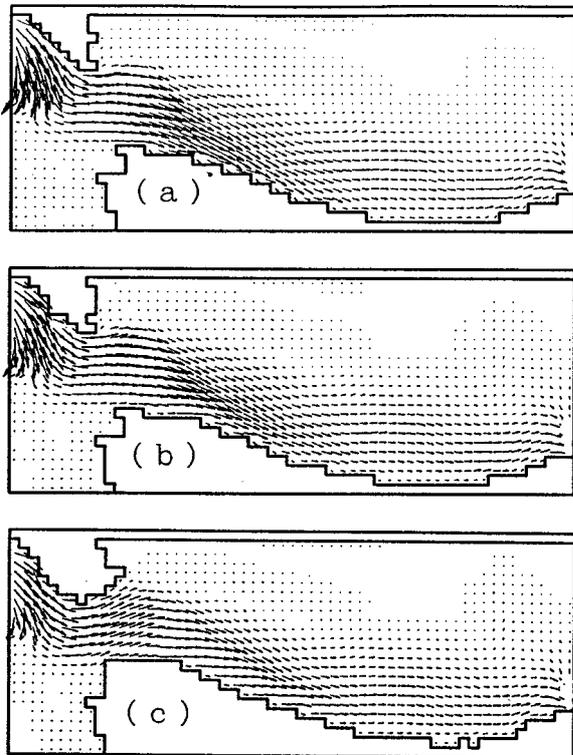


Fig. 6. Distribution of the vector of horizontal velocity.

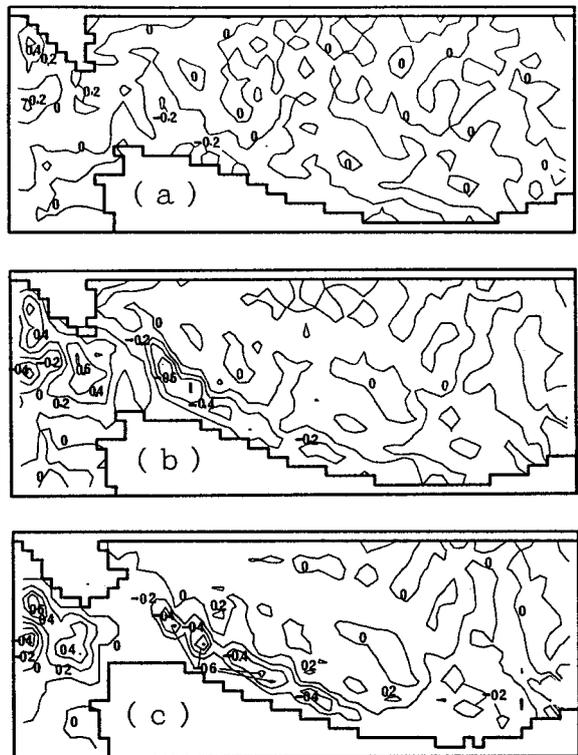


Fig. 7. Distribution of the vertical velocity (contours in mm/sec). Positive values indicate the velocity in an ascending vertical direction and negative values in a descending vertical direction.

### 3. ケガニ浮遊幼生の分布構造に関する現地調査

#### 目 的

従来から、稚内及び網走の両水産試験場では、オホーツク海のケガニ浮遊幼生の表層における分布について調査を行ってきた。大槻<sup>16)</sup>によれば、オホーツク海沿岸の沖から岸に向かって中冷水の侵入が見られ、その舌状先端付近にケガニ浮遊幼生が数多く分布するとしている。しかしながら、ケガニの浮遊幼生分布が時空間的にどのように変化するのかなど浮遊幼生の分布の実態については未解明な部分が多い。

この様な背景から、1994年6月上旬及び下旬にわたってオホーツク海におけるケガニ浮遊幼生の分布調査を海洋観測と併せて実施した。

#### 方法及び材料

調査は、稚内水産試験場試験調査船北洋丸により1994年の6月6～8日および6月20～22日の2回実施した。調査はFig.8に示した海洋観測点で行った。調査項目は、CTD及びSTDによる海洋観測、マル稚ネット(口径1.3m, 網目, GG32, 表層曳き, 2ノット10分間曳網)によるカニ類浮遊幼生の採集である。採取したサンプルは10%中性ホルマリン海水で固定した。なお、観測は昼夜連続して行った。

#### 結 果

1994年6月上旬のケガニのゾエア3期, ゾエア4期, クリガニおよびズワイガニの分布をFig.9に示した(なお, ここでは, クリガニおよびズワイガニのゾエアについて年齢を区分していない)。ケガニのゾエア3期幼生は宗谷岬や枝幸の沖側に1,000個体/曳を超える高密度域が形成されている。しかし, 中部域やそれ以南での分布は見られない。ゾエア4期も分布域は3期とほぼ重複するが密度分布は3期よりかなり低い。なお, 2期以下および5期以上の個体はほとんど出現しなかった。

クリガニのゾエアの分布域もケガニとほぼ同様の傾向を示しているが, 分布密度はケガニよりかなり低かった。ズワイガニは, 枝幸沿岸と沖合域, サロマの沖合いに1,000個体/曳以上の高密度域が見られた。

6月下旬の調査では, ケガニの浮遊幼生はゾエア5期及びメガロバが多く出現し(Fig.10), ゾエア5期は枝幸沖から能取岬沖, さらに知床岬沖で100個体/曳以上の高密度域が形成された。メガロバはサロマ以北では全く分布が見られず, 能取岬沖と知床岬沖で50個体/曳以下の密度分布となっていた。

クリガニおよびズワイガニはこの時期, 能取岬沖での

集中分布がみられ, ことにズワイガニでは能取岬の約30km 沖を中心に高密度域が形成された。しかし, 両種ともこの海域を除いてはほとんど分布が見られなかった。

#### 総合考察

オホーツク海におけるケガニ資源の変動機構を明らかにするため浮遊幼生の動態に着目し, 室内実験, 数値シミュレーションおよび現地調査を行った結果, 次のことが明らかとなった。

先に室内飼育実験での観察から, ケガニのゾエア幼生の遊泳速度は, 年齢が進むにつれ活発になるが, 鉛直・水平方向とも最大で20mm/s 程度であることを示した。これまでの宗谷暖流の観測値や今回のシミュレーションの結果から50cm/s に近い流速のあることが明らかとなっている。実際にこの様な流速下でのゾエア幼生の動きを観察していないが, 宗谷暖流の流速に較べてゾエアの遊泳力は極めて小さいことから, 海流の流れによって受動的に移動させられているものと考えられる。

そこで, 今回のケガニの年齢別ゾエアおよびメガロバの時間的および空間的な分布状況の変化から, 宗谷岬から知床半島までの調査海域での分布を考えてみた。6月上旬では北西側に3～4期のゾエアが遍在し, 南東側には出現していない。その2週間後には, 各種の幼生とも北西側では逆に密度分布は低下し, 南東側で高くなっている。これは6月上旬に宗谷海域にあったケガニの3～4期ゾエア幼生が, オホーツク海沿岸を成長しながら南下し, 6月下旬には能取岬の沖合でゾエア5期・メガロバとして集積する可能性を示している。

ただし, ケガニ浮遊幼生の鉛直分布には日周期性があるとされている<sup>6)</sup>。今回の調査は昼夜問わず連続的かつ, 表層だけの採集をしている。従って, 今回の採集結果が浮遊幼生の分布を反映しているか否かについては今後更に検討する必要がある。

海洋構造の面から見ると, 高温・高塩分の宗谷暖流と低温・低塩分のオホーツク海の境界ではキャベリング現象により海水密度が大きくなり下向きの流速が生じる<sup>12)</sup>。沈降流の生じる海域の表層では浮遊幼生を集積させることが考えられ, さらに沈降流の発生領域では, 底層に向かう浮遊幼生も多くなると思われる。着底する稚ガニの生息場所に関する知見はオホーツク海域ではほとんど無いが, 沈降流の発生場所とケガニ密度調査<sup>23)</sup>で得られた高分布域とが良く一致する傾向が見られ(Fig.11), その後のケガニ漁場の形成と密接に関係しているものと推定される。

以上を総合すると, 沖合い水深100m 周辺域に宗谷暖流

と中冷水との混合域が形成され、そこでのキャベリング効果によるケガニ浮遊幼生の集積が生じる。稚ガニの沈着場所は特定されていないが、浮遊幼生は宗谷側の北西部から齢期を増しながら南下し、その周辺に着底する可能性のあることが明かとなった。

今後、ケガニ幼生の発生場所および沈着場所の特定、逸散と滞留のメカニズムを海洋構造との関わりから究明、補充までの変動（卓越年級群含む）は発生量が生残率か等を究明する必要があると考える。

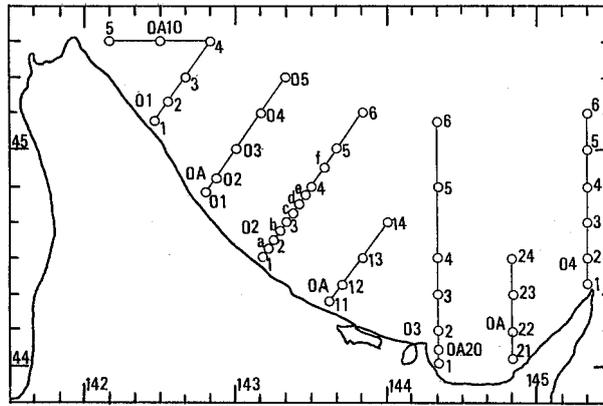


Fig. 8. Stations of field survey where the distribution of *E. isenbeckii* larvae were investigated.

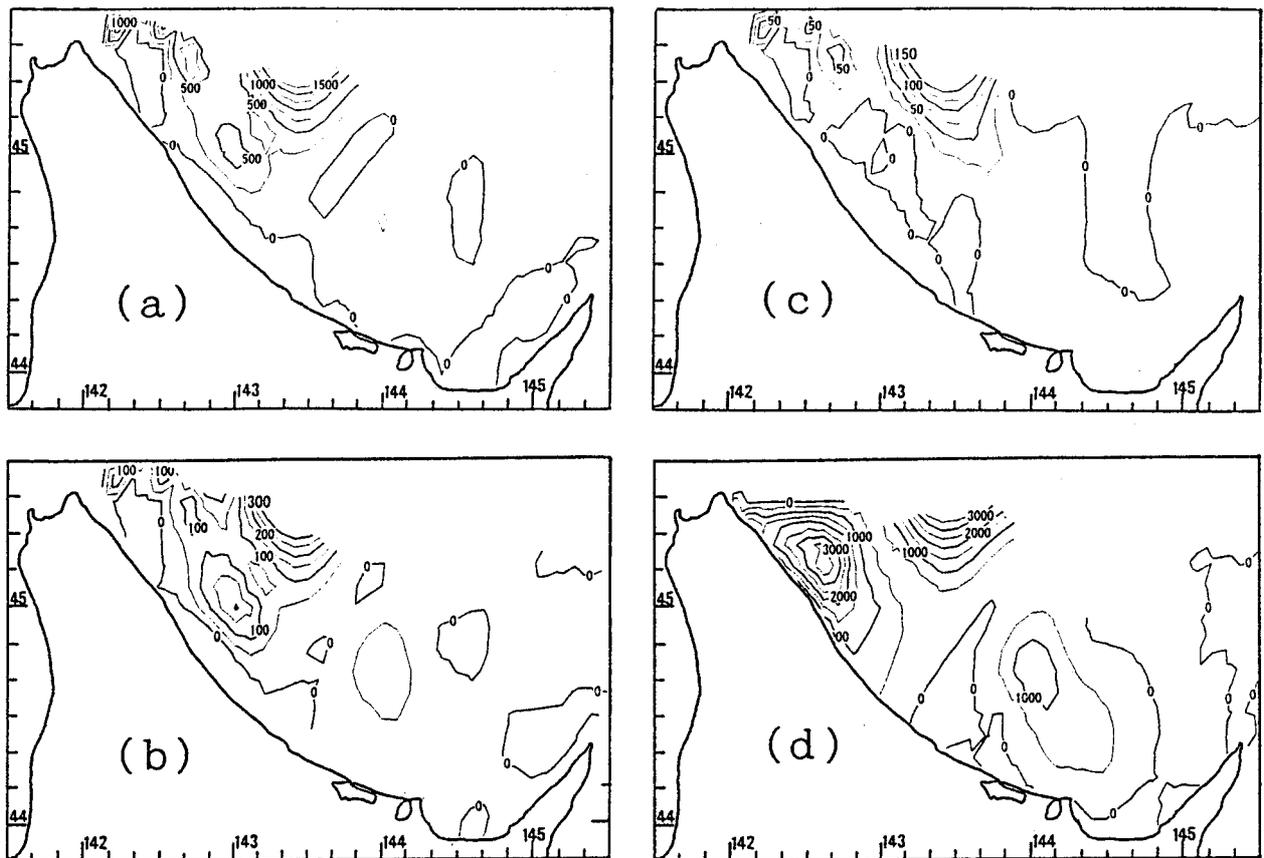


Fig. 9. Distribution of crab larvae off Hokkaido in the Sea of Okhotsk.

Investigations were carried out by hauling of a GG32 net for 10 minutes at a speed of 10 knots (Jun. 6 ~ 8, 1994). Contours indicate the number of larvae with one haul. (a) shows 3rd stage zoea (*E. isenbeckii*), (b) 4th stage zoea (*E. isenbeckii*), (c) larvae of *Telmessus cheiragonus* and (d) larvae of *Chionoecetes opilio*.

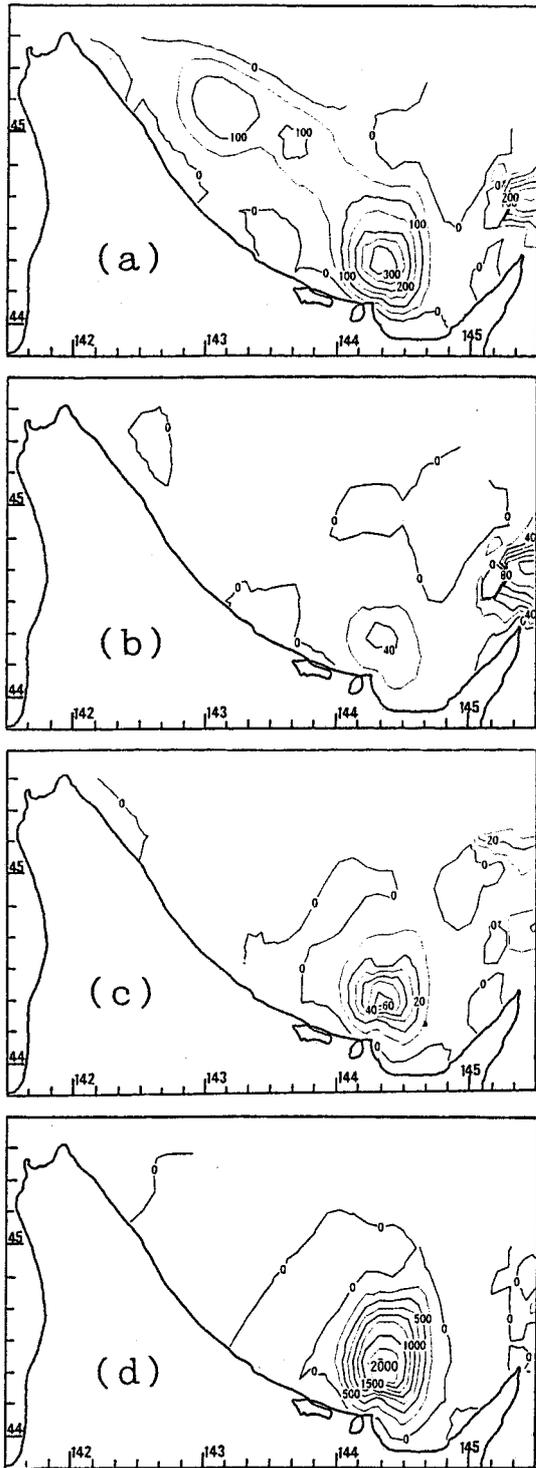


Fig. 10. Distribution of crab larvae off Hokkaido in the Sea of Okhotsk. Investigations carried out by hauling of a GG32 net for 10 minutes at the speed of 10 knots (Jun. 20 ~ 22, 1994). Contours indicate the number of larvae with one haul. (a) shows 5th stage zoea (*E. isenbeckii*), (b) megalopa (*E. isenbeckii*), (c) larvae of *Telmessus cheiragonus* and (d) larvae of *Chionoecetes opilio*.

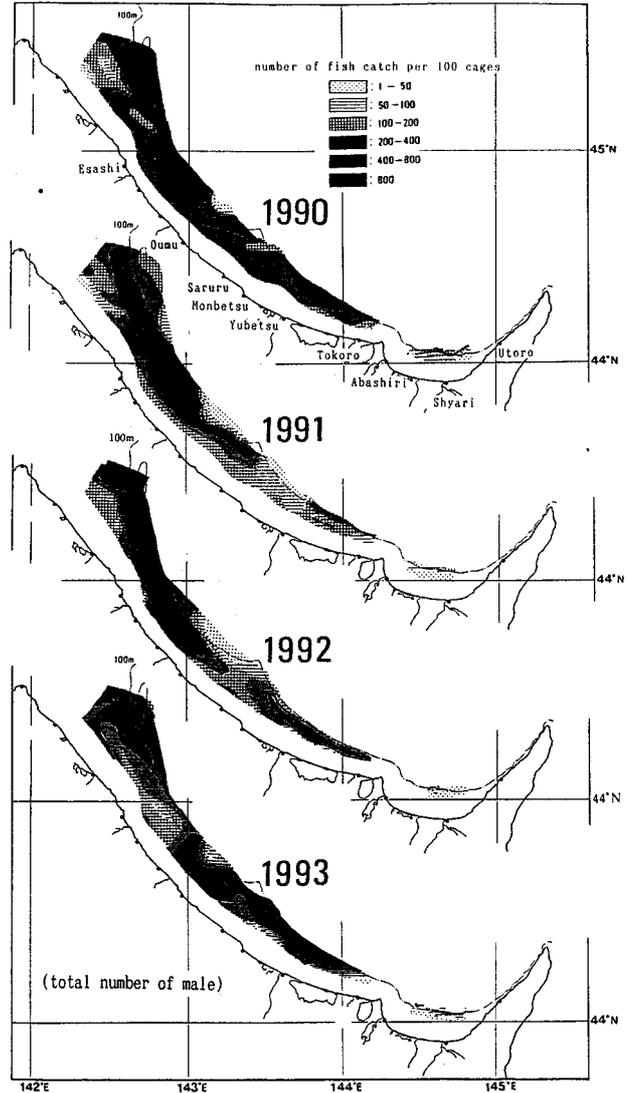


Fig. 11. Density distribution of *E. isenbeckii* in the Sea of Okhotsk from 1990 to 1993. Annual report of Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station from 1992 to 1995 was referred.

### 要 約

本研究では、オホーツク海におけるケガニ資源の変動機構を明らかにするため浮遊幼生の動態に着目し、室内実験、数値シミュレーションおよび現地調査を行った。その結果、次のことが明らかとなった。

1. ケガニのゾエア幼生の遊泳速度は、齢期が進につれ活発になるが、垂直・水平方向とも最大で20mm/s程度であることから、遊泳力は小さく海洋の流れによって受動的に移動させられているものと考えられた。
2. 宗谷暖流と中冷水の境界ではキャベリング現象による下向きの沈降流が生じ、このような沈降流の発生領域とケガニ密度調査の高分布域と良く一致した。沈降流

はケガニ漁場の形成と密接に関係しているものと考えられる。

3. 1994年6月上旬宗谷海域にあったケガニの3~4期ゾエア幼生は、北海道のオホーツク海沿岸を南下し、6月下旬には能取岬の沖合でゾエア5期・メガロパとして集積する可能性を示した。

#### 謝 辞

本報告をまとめるにあたり、原稿の校閲をいただいた、北海道水産学部梨本勝昭博士、松石 隆博士に感謝の意を表します。また、本実験に用いたケガニ浮遊幼生の提供をいただいた日本栽培漁業協会厚岸事業場、前今村茂生場長、中川雅弘氏をはじめ多くの方々のお世話になった。また、水産庁水産工学研究所、武内智行室長には数値計算に対して、ご教示頂いた。さらに、東京農業大学、町田龍二氏（当時学生）には図面の作製をはじめ種々協力していただいた。ここに記して御礼申し上げる。

#### 文 献

- 1) 青田昌秋：宗谷暖流の海峡変動，沿岸海洋研究ノート，22(1)，30-39(1984)。
- 2) 網走水産試験場：ケガニ，平成2年度事業報告書，24-39(1992)。
- 3) 網走水産試験場：ケガニ，平成3年度事業報告書，58-74(1993)。
- 4) 網走水産試験場：ケガニ，平成4年度事業報告書，67-81(1994)。
- 5) 網走水産試験場：ケガニ，平成5年度事業報告書，59-72(1995)。
- 6) 佐野満広，高橋 忠：オホーツク海におけるケガニ浮遊幼生の出現状況について，昭和59年度北海道ケガニ研究会議事録(1984)。
- 7) Johnson, D. R.: Wind-forced dispersion of blue crab larvae in the Middle Atlantic Bight, Cont. Shelf Res., 4,733-745(1985)。
- 8) Hobbs, R. C. and L. W. Botsford: Influence of Hydrographic Conditions and Wind Forcing on the Distribution and Abundance of Dungeness crab, *Cancaer magister* Larvae, *Can.J.Fish. Aquant.Sci.*,49,1379-1388(1992)。
- 9) Yanagi,T., H. Tsukamoto, S. Igawa and K. Siota: Recruitment strategy of swimming crab, *Portunus trituberculatus*, in Hiuchi-Nada, Japan., *Fish. Oceanography*,4(3)217-222(1994)。
- 10) 田中 克，渡辺良朗：魚類の初期減耗研究，水産学シリーズ98，恒星社厚生閣，149-154(1994)。
- 11) Ohshima,K.I. and M.Wakatsuchi: A Numerical Study of Barotropic Instability Associated with the Soya Warm Current in the Sea of Okhotsk, *Journal of Physical Oceanography*, 20(4), 570-584(1990)。
- 12) Miyake, H., J. Fukuoka and N. Matsuura: Surface Cold Water Belt and Dome-like Density Distributions off Abashiri in the Okhotsk Sea, *Umi to Sora*, 65(1), 29-47(1989)。
- 13) 中田喜三郎，堀口文男，田口浩一，瀬戸口泰史：追波湾の三次元潮流シミュレーション *Bull.Nat.Inst.Poll. & Res.*12,17-36(1983)。
- 14) Wakatsuchi, M. and J. Martin: Water Circulation in the Kuril Basin of the Okhotsk Sea and its Relation to Eddy Formation. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, 47, 152-168(1991)。
- 15) 藤原正幸，明田定満，武内智行：マルチレベル密度流モデルの開発と人工湧昇流への適用 *水工研技報(水産土木)*,14,13-35(1992)。
- 16) 大槻知寛：オホーツク海における海洋前線域の構造 - 水産海洋研究の一つのすすめ方についての模索 - ，昭和60年度漁業資源部門担当者会議議事録(北海道立水産試験場)，46-69(1987)。



# 噴火湾および周辺海域におけるケガニ およびクリガニ浮遊幼生の分布

高柳 志朗<sup>\*1</sup>, 宇藤 均<sup>\*1</sup>, 依田 孝<sup>\*1</sup>, 上田 吉幸<sup>\*2</sup>

Distribution and abundance of larvae of the atelecyclid crabs, *Erimacrus isenbeckii* (BRANDT) and *Telmessus cheiragonus* (TILESIIUS) in Funka Bay and adjacent waters during April to early June 1989-1992

Shiro TAKAYANAGI<sup>\*1</sup>, Hitoshi UTOH<sup>\*1</sup>, Takashi YORITA<sup>\*1</sup>, and Yoshiyuki UEDA<sup>\*2</sup>

The distribution and abundance of larvae of the atelecyclid crabs, *Erimacrus isenbeckii* (Brandt) and *Telmessus cheiragonus* (Tilesius), were investigated in Funka Bay and adjacent waters, southern Hokkaido, during April to early June over 4 years from 1989 to 1992. The larvae were collected during the daytime by surface tows of a ring net (mouth diameter: 1.3 m or 1.5 m, side length: 4.5 m, mesh aperture: 0.63 mm).

The larvae of *E. isenbeckii* were generally distributed throughout the study area, although high densities of over 10,000 inds./net haul were found at several stations. The above two species showed aggregated distributions and had a tendency to overlap habitat each other. High density areas and the abundance of their larvae changed depending on the month and also between years, indicating that these pattern are associated with oceanographic conditions and currents.

キーワード：噴火湾，ケガニ，クリガニ，幼生，水平分布，海洋条件

## まえがき

本道周辺に分布し，重要な漁業資源であるケガニは，噴火湾周辺海域においては資源の減少が著しく，資源管理や種苗放流等による資源回復の対策が急がれている。このため，北海道は，1984年には操業許可隻数・操業期間の制限などの漁業管理方策を実施し，また1988年からケガニの栽培漁業に向けた取り組みを開始した。この中で，我々は資源管理のための資源予測や天然採苗技術開発に不可欠である，ケガニ幼生の分布や出現時期などの生態を解明する目的で調査研究を行ってきた。噴火湾を含めた北海道周辺海域において，ケガニの年齢別の出現時期<sup>1-4)</sup>，分布様式や分布量を調べた報告はみられるが<sup>5, 6)</sup>，いずれも断片的であり，広域にわたりかつ経時的に分布を把握した研究はみられない。我々は，4月～6月初旬，噴火湾およびその周辺海域の広い範囲において，ケガニ浮遊期幼生の分布調査を行い，分布の特徴や分布様式，分布量を把握するとともに，分布に関する要因

として海洋条件との関連を検討した。なお，同時に得られたクリガニに関するデータについても整理・解析した。

## 材料及び方法

1989～1992年の4年間の各年に，特にケガニメガロバ期幼生の出現時期や分布状況を把握することを主目的とし，4月上旬（1次），4月下旬（2次），5月上旬（3次），5月中下旬（4次）および5月末～6月初旬（5次）の5回，噴火湾とその周辺海域において25～98の調査点を設け，ケガニおよびクリガニ浮遊幼生の採集を行った（Fig. 1, Table 1）。調査には函館水試所所属の試験調査船金星丸（総トン数 68.0トン）および数隻のケガニ籠漁船（5トン未満）を用いた。浮遊幼生の採集には，目合 GG32，口径130cm（一部 150cm）の稚魚ネットを使用した。採集は日の出から日没までの明るい時間帯に実施し，原則として稚魚ネットのリングの3分の2程度が海面下に没するように調整し，舷側から表層を10分間曳網

報文番号 A 291 (1999年2月25日受理)

\*1 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Experimental Station, Hamanaka-cho, Yoichi, Hokkaido, 046-8555, Japan)

\*2 北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido, 051-0013, Japan)

した。ただし、海域や時期により、珪藻類が多く、ネットが目詰まりを起こしそうな場合は、5分間とした。採集した幼生はその場で5~10%の海水ホルマリンで固定し、その後実験室で種査定、齢期区分および計数を行った。種査定、齢期区分は倉田<sup>7)</sup>に従った。採集された幼生は、採集数が多い場合は、各調査点ごとに200個体前後を抽出し、種組成および齢期組成を作成したのち、抽出率で除しておおのの幼生数を求めた。解析に当たっては、口径130cmの稚魚ネット10分間の1曳網あたり採集数を標準として取り扱い、口径150cmで得られた場合には、口径比(130/150)の2乗を乗じて、また5分間曳網の場合には、2倍にして採集数とした。各調査点

では、CTD(ニールブラウン社製)、STD(アレック社製)あるいは棒状温度計を用いて水温の計測を実施した。

結 果

1. ケガニ幼生の採集数 1989年~1992年の4カ年、4月上旬~6月初旬に各調査点において採集されたケガニ浮遊幼生の全齢期を合計した採集数の頻度分布をTable 2に示した。

稚魚ネット10分間1曳網あたりの採集数が1万を超えた調査点は、1989年では、4月上旬4点、5月上旬と下旬で各1点であり、1990年では4月上旬4点、4月下旬から5月下旬では各1点であった。また、1991年では4月上旬1点、4月下旬では6点になったが、1992年では5月上旬にわずかに2点にとどまった。

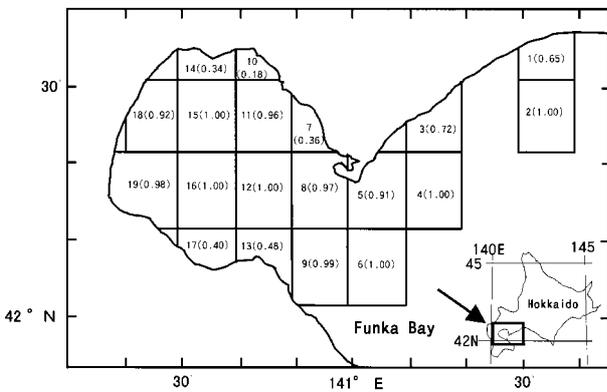


Fig. 1. Survey area in Funka Bay and adjacent waters. The 19 strata that were used to calculate the abundance index and to compare with composition of larval stages are shown. Numerals in parentheses are area indices which were used to calculate densities of larvae. Strata 1 - 6 and 7 - 19 are outside of and inside of Funka Bay, respectively.

Table 1. Survey period and number of sampling stations in this study.

Year	Cruise	Temporal coverage	No. of stations
1989	1	8 -11 April	32
	2	25-27 April	39
	3	9 -10 May	33
	4	24 -25May	36
	5	30 May - 1 June	101
1990	1	11 -12 April	37
	2	22 -25 April	38
	3	7 -9 May	38
	4	22-23May	37
	5	30 May -6 June	98
1991	1	9 -11 April	29
	2	23-24 April	65
	3	7 -9 May	33
	4	20-22 May	32
	5	28-30 May	62
1992	1	10 -13 April	24
	2	21 -24 April	62
	3	6 -9 April	33
	4	18 -20 May	33
	5	28 -30 May	69

Table 2. Frequency distribution of number of *E. isenbeckii* larvae collected per net haul.

Year	Cruise	Number of larvae					Total	
		0	1-9	10-99	100-999	1,000-9,999		10,000-
1989	1	6	4	5	6	7	4	32
	2	27	6	4	2			39
	3	1	8	5	12	6	1	33
	4	0	4	10	16	5	1	36
	5	3	18	35	28	17		101
1990	1	3	1	10	15	4	4	37
	2	1	3	12	13	8	1	38
	3	1	1	5	20	10	1	38
	4	3	1	8	18	6	1	37
	5	10	26	44	15	3		98
1991	1	2	1	7	11	7	1	29
	2	3	8	13	24	11	6	65
	3	2	2	5	12	12		33
	4	1	3	16	13			33
	5	3	25	24	10			62
1992	1	7	1	5	10	1		24
	2	23	16	7	16			62
	3	0	3	6	15	7	2	33
	4	1	1	13	14	4		33
	5	6	18	28	14	3		69

1 曳網あたりの採集数がもっとも多かったのは、1989年ではゾエア1期(以下Z)が7,100個体、ゾエア2期(同Z)が52,800個体、ゾエア3期(同Z)が87,000個体、ゾエア4期(同Z)が15,500個体で、いずれも4月上旬に同一調査点で採集され、また5月上旬にゾエア5期(同Z)が57,800個体、5月下旬にメガロバク(同M)が13,510個体採集された。1990年では、Zが1,900個体、Zが18,600個体、Zが19,700個体がいずれも4月上旬に採集され、4月下旬にZが8,900個体、5月上旬にZが10,400個体、5月下旬にMが12,000個体採集された。1991年では、4月上旬にZが2,500個体、4月下旬にZが9,600個体、Zが24,900個体、Zが6,600個体採集された。5月上旬にZが3,900個体、5月下旬にMが575個体採集された。1991年では、4月上旬にZが2,600個体、5月上旬にZが3,500個体、Zが21,100個体、Zが22,500個体、Zが525個体、5月下旬にMが396個体採集された。

1 調査点あたりの平均幼生採集数は以下の通りであった。1989年では4月上旬7,850,4月下旬37,5月上旬2,550,5月下旬1,100,5月末~6月初旬768であった。1990年では4月上旬2,950,4月下旬1,680,5月上旬1,080,5月下旬1,170,5月末~6月初旬130であった。1991年では4月上旬1,130,4月下旬5,100,5月上旬2,820,5月下旬1,190,5月末55であった。1992年では4月上旬312,4月下旬63,5月上旬2,610,5月下旬433,5月末~6月初旬126であった。

以上のように、各齢期の最多採集数や、1調査点あたり平均採集数などのケガニ幼生採集数には、大きな年変動がみられた。

2. ケガニ幼生の水平分布と分布密度 ケガニ浮遊幼生の全齢期を合計した調査点別の採集数を Fig 2 に示した。調査期間を通してみると、ケガニ幼生はゾエア1期(Z<sub>1</sub>)~ゾエア5期(Z<sub>5</sub>)およびメガロバ(M)が採集された。いずれの時期において、調査を行ったほとんどの調査点で採集され、調査海域全体に広く出現することが確認された。ただし、1989年4月下旬では、幼生が採集されなかった調査点が数多くみられたが、うねり

が大きかったためネットの採集効率が極端に低下したものと考えられた。

ケガニ幼生の1曳網あたり採集数1,000個体以上の高密度域をみると、1989年の4月上旬では湾外沿岸域と噴火湾南西部を中心に南側部分、5月上旬では噴火湾中央部を中心に北部にかけての海域、5月下旬では湾内北東部沿岸域、5月末では湾内北東部沿岸域と南西部の海域に形成された。1990年の4月上旬では、噴火湾内北部沿岸域、4月下旬は4月上旬同様噴火湾内北部沿岸域に高密度域が存在していたほか、湾口部北部沿岸域にもみられた。5月上旬には湾口部が分布の中心となり、5月下旬では湾内北部海域と苦小牧沖沿岸域、5月末~6月初旬では湾内中央部西側海域に高密度域が形成された。1991年の4月上旬では、高密度域は数カ所に分散していたが、4月下旬では湾口から湾中央部、さらには南西部にかけて広範囲に拡大した。5月上旬では、湾内では再び高密度域は分散傾向を示したが、苦小牧沖にもまとまった高密度域がみられた。5月下旬および5月末では高密度域は消滅していた。1992年の4月上旬では、湾中央部から東部の海域に高密度域がみられたが、4月下旬ではまとま

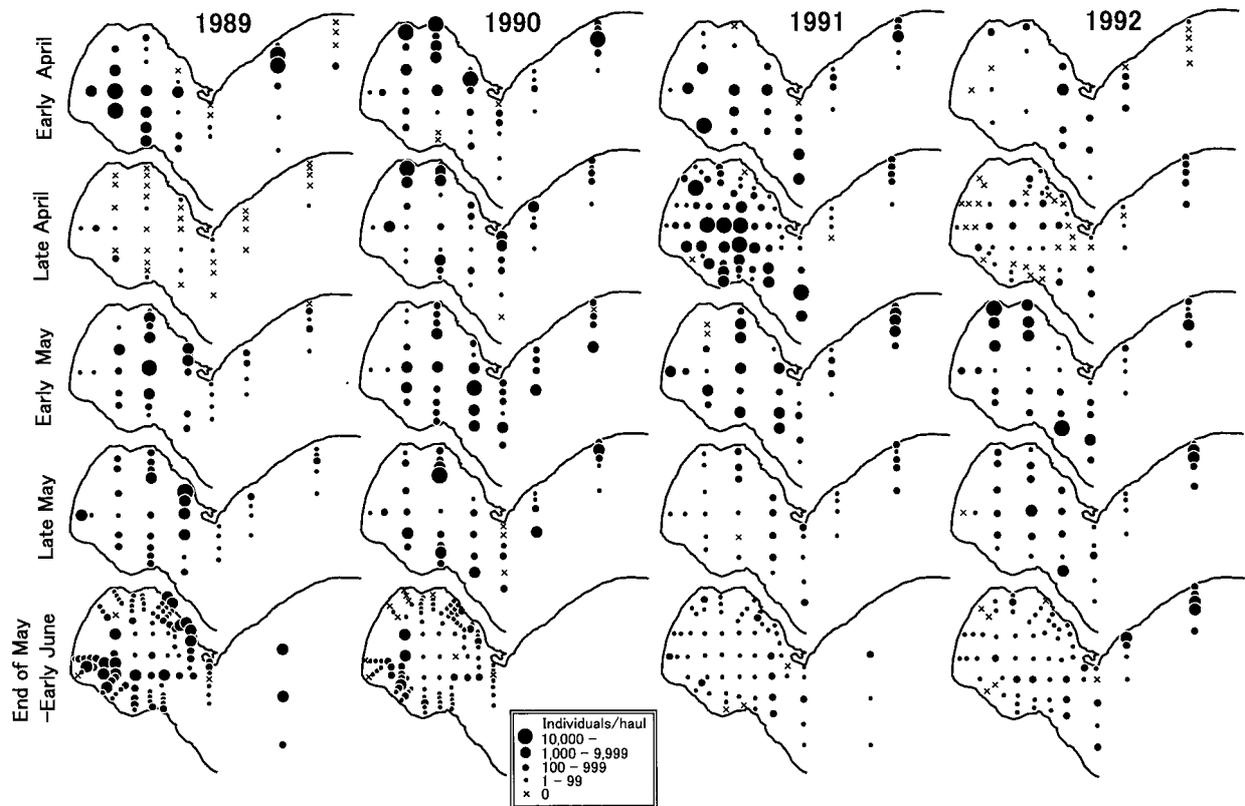


Fig. 2. Temporal and spatial distributions and larval abundance of the hair crab, *E. isenbeckii*, during April to early June, 1989 - 1992.

った高密度域はみられなくなった。5月上旬では、湾内北部沿岸域と湾口南部に、5月下旬は湾中央部と苦小牧沖に高密度域が認められた。5月末では、苦小牧沖の高密度域は引き続き存在していたが、湾内にはみられなくなった。このように、ケガニ幼生の高密度分布域は時期により、また年により変化していた。

3. 分布量 各時期の幼生の分布量およびその変化を検討するため、緯経度10分升目の海区を標準として海区の区分けを行い (Fig. 1), 次の式を用いて分布量を指数化した。  $P = \sum A_i d_i$  (P: 分布量指数,  $A_i$ :  $i$  海区の面積,  $d_i$ :  $i$  海区の幼生平均採集数), 面積は10分×10分を1として、面積比で表した。Table 3 に噴火湾内と湾外に区分し、各年齢の分布密度指数を示した。

全年齢を合計した調査海域全域の分布密度指数は、1989年では4月上旬 121,373, 4月下旬 672, 5月上旬 30,519, 5月下旬 11,630, 5月末～6月初旬では5,924であり、荒天のため採集効率が極端に低かったと考えられた4月下旬を除くと指数は漸減した。1990年では指数は4月上旬 28,159, 4月下旬 22,675, 5月上旬 17,542, 5月下旬 17,535, 5月末～6月初旬では1,253であり、1989年と同様に、減少傾向を示したが、各時期の減少幅は非常に小さかった。一方、1991年では、指数は4月上旬 20,943, 4月下旬 44,984, 5月上旬 18,041, 5月下旬 2,609, 5月末では804であり、指数がもっとも高かったのは4月下旬であった。また、1992年では、指数は4月上旬 5,607, 4月下旬 1,593, 5月上旬 33,917, 5月下旬 6,220, 5月末では2,850であり、指数の最高値は5月上旬であった。

5月上旬以降の分布量の4ヵ年の変化をみると、1989年や1991年では分布量は湾内と湾外では双方とも減少し、また変化傾向もほぼ同じであったが、1990年と1992年では湾内では分布量が減少したものの、湾外では増加した。このように、時期により分布量は大きく増減するこ

と、分布量やその変動傾向にも年変動が認められた。さらに、4ヵ年の幼生分布量の豊度を比較するため、メガロパの分布密度指数の最高値をみると、1989年では11,472(5月下旬), 1990年では16,388(5月下旬), 1991年では958(5月下旬), 1992年では606(5月末)であり、その変動幅は27倍に達した。

4. 海域別年齢組成 ケガニ幼生年齢別の採集割合を上記に示した緯経度10分升目の海区に区分し、Fig. 3 に示した。1989年4月上旬では、噴火湾内南側では、湾内北部沿岸域から湾口北部や湾外に比べ、年齢の進んだ個体の割合が多かった。5月上旬では採集数の少ない湾内南部沿岸を除いて、湾内全域でZ が卓越し、湾外に比べ年齢が進んでいた。1990年4月上旬では湾内北部沿岸と湾外西部沿岸を除く湾外でZ の割合がもっとも高く、湾奥部や南部より若齢が多かった。4月下旬では湾内奥部ではZ 以上の割合が多く年齢が進んでいたが、湾口から湾外ではZ が多く出現していた。5月上旬では、湾口北部沿岸から湾外にかけての海域はZ の出現頻度が高かったが、それに比べ湾内全体では年齢が進んでいた。5月下旬は湾内はほとんどがM で占められており、湾外に比較し年齢は進んでいた。1991年4月上旬では湾奥部から湾内南部や湾口南部にかけてはZ が多く、湾内北部から湾外ではZ 中心であった。4月下旬でも4月上旬にみられた傾向は変わらず、湾奥部から湾内南部や湾口南部にかけてはZ の割合が高く、湾内北部から湾外ではZ が多かった。なお、湾外北部で大きく異なる組成を示したが、採集数は極端に少ない。5月上旬の湾内中央部から南部沿岸にかけての海域はZ 幼生が出現の中心で、湾外ではZ は少なく、Z が多くを占めた。なお、湾内北部沿岸が他の海区と明らかに異なる年齢組成を示していた。5月下旬の湾外東部、湾外西部沿岸および湾口北部以外の海区ではM で占められ、また5月末

Table 3. Density indices of six larval stages of *Erimacrus isenbeckii* inside and outside of Funka Bay.

Cruise	Year	Whole Waters						Inside of Funka Bay						Outside of Funka Bay								
		Z I	Z II	Z III	Z IV	Z V	M	Total	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	M	Total	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	M	Total
1	1989	13,607	39,234	55,186	13,168	178	0	121,373	4,288	31,691	50,694	9,474	173	0	96,320	9,319	7,543	4,491	3,665	5	0	25,023
2		1	7	184	398	82	0	672	0	0	160	392	81	0	633	1	7	25	6	1	0	40
3		24	482	1,130	4,851	22,904	1,128	30,519	9	176	832	4,781	22,859	1,120	29,777	15	306	297	71	45	8	742
4		0	0	0	7	151	11,472	11,630	0	0	0	5	74	11,306	11,385	0	0	0	2	77	165	244
5		0	0	0	9	55	5,860	5,924	0	0	0	9	55	5,860	5,924	—	—	—	—	—	—	—
1	1990	1,621	12,695	11,705	1,696	442	0	28,159	1,095	10,680	10,811	1,606	438	0	24,630	526	2,014	894	90	5	0	3,529
2		345	2,407	8,192	7,874	3,857	0	22,675	214	1,908	6,378	6,702	3,666	0	18,868	132	499	1,814	1,172	191	0	3,808
3		9	151	610	1,422	13,378	1,972	17,542	0	1	34	389	11,400	1,684	13,508	9	150	577	1,033	1,978	288	4,035
4		0	0	1	29	1,117	16,388	17,535	0	0	1	15	436	10,615	11,067	0	0	0	15	680	5,774	6,469
5		0	0	0	0	0	1,253	1,253	0	0	0	0	0	1,253	1,253	—	—	—	—	—	—	—
1	1991	6,902	11,509	2,337	165	30	0	20,943	5,107	10,334	2,257	162	30	0	17,890	1,796	1,175	80	3	0	0	3,054
2		439	10,436	24,527	8,343	1,239	0	44,984	301	8,927	18,692	6,910	1,236	1	36,067	138	1,509	5,836	1,433	3	0	8,919
3		271	241	2,249	4,691	10,401	188	18,041	226	214	702	2,688	9,334	158	13,322	45	27	1,546	2,003	1,067	31	4,719
4		0	0	3	507	1,141	958	2,609	0	0	0	131	809	581	1,521	0	0	3	376	333	377	1,089
5		0	0	0	0	19	785	804	0	0	0	0	6	668	674	0	0	0	0	13	117	130
1	1992	3,535	1,990	74	7	1	0	5,607	2,787	1,766	58	3	0	0	4,614	748	224	16	4	1	0	993
2		207	623	608	134	9	12	1,593	51	305	435	113	8	10	922	156	318	173	21	1	2	671
3		339	2,630	12,294	17,772	860	22	33,917	277	1,541	11,200	17,207	803	21	31,049	62	1,089	1,094	565	57	1	2,868
4		0	612	2,783	1,929	775	121	6,220	0	217	1,785	1,679	530	93	4,304	0	395	997	250	244	28	1,914
5		0	201	734	557	752	606	2,850	0	29	98	131	200	197	655	0	172	636	426	552	409	2,195

では、採集数が非常に少ない湾外北部を除いたすべての海区において M 期幼生が占めていた。1992年4月上旬では、調査海域のほぼ東西で齢期組成が異なり、西半分は Z 以上が多く、東の海域では Z が優占していた。4月下旬では湾外沿岸で Z が多く、湾外沖合や湾口では Z<sub>1</sub>、湾内では Z<sub>2</sub> が多くを占めていた。5月上旬では湾外から湾口・湾内北部にかけての海域は Z<sub>1</sub> と Z<sub>2</sub> の割合が多く、湾内と湾口南部では Z<sub>3</sub> が多かった。5月下旬の湾内では海区により齢期組成は大きな差異がみられたが、湾外沿岸域と東側ではその他の海区に比べ若い齢期が多かった。5月末では湾外東側と湾口南部では Z<sub>1</sub> から M がほぼ同じ割合で出現していたが、湾内沿岸は Z<sub>1</sub> や M が多く、5月下旬同様海域間による齢

期組成の差異は大きかった。

以上のように、いずれの時期でも湾外の胆振沿岸東部では他の海域に比べ若い齢期の割合が高かった。また、湾外、湾口部さらに湾奥部の西側に移るほど、齢の進んだ幼生が多くなる傾向を示した。これに対し、湾内では、北側部分で、時には反対に南側部分で、幼生の齢期組成が進んでいる場合もみられたが、一定の傾向は認められなかった。さらには、海域間で大きな差違がある場合もみられた。

5. 幼生2種の分布集中度 I 指数<sup>8)</sup>を用いて、ケガニおよびクリガニ幼生の分布集中度判定を行った (Table 4) 各調査時で優占していた齢期について各調査点の採集数を用いて算出した。4カ年で I はケガニでは2.52

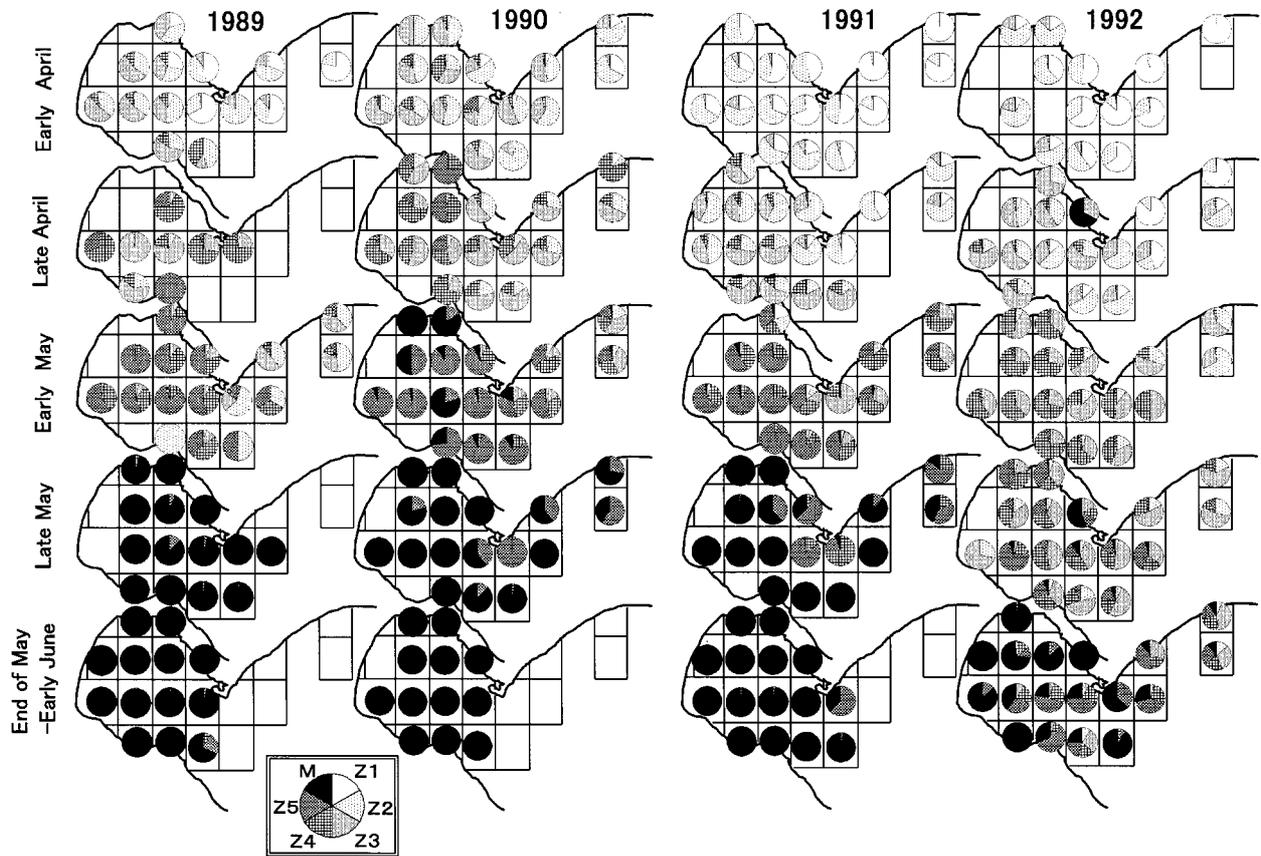


Fig. 3. Larval stage composition of *E. isenbeckii* in the 19 strata in Funka Bay and adjacent waters during April to early June, 1989 - 1992.

Table 4. Measure of the dispersion of individuals (I :Morishita, 1959) of *E. isenbeckii* and *T. cheiragonus*. Dominant larval stage in each period in parentheses.

Cruise	1989		1990		1991		1992	
	<i>E. isenbeckii</i>	<i>T. cheiragonus</i>						
1	12.48 (Z3)	4.57 (Z2)	8.02 (Z2)	6.69 (Z4)	5.87 (Z2)	6.09 (Z2)	6.27 (Z1)	10.67 (Z2)
2	4.11 (Z4)	7.99 (Z4)	12.56 (Z3)	7.05 (Z4)	7.04 (Z3)	5.32 (Z4)	2.61 (Z2)	15.78 (Z2)
3	19.60 (Z5)	12.39 (Z5)	5.60 (Z5)	2.67 (M)	2.52 (Z5)	6.00 (Z5)	9.24 (Z4)	6.65 (Z3)
4	6.75 (M)	3.83 (M)	5.45 (M)	9.81 (M)	2.62 (Z5)	9.34 (Z5)	6.49 (Z3)	2.69 (Z3)
5	6.72 (M)	4.50 (M)	5.90 (M)	6.84 (M)	4.70 (M)	3.39 (M)	5.08 (Z5)	6.95 (M)

(1991年5月上旬Z) ~ 19.6(1989年5月上旬Z), クリガニでは2.6(1990年5月上旬M) ~ 15.7(1992年4月下旬Z)で, いずれも1以上であったことから, 集中分布をしていたと考えられた。

6. ケガニとクリガニ幼生分布の関連 分布関連度指数(C<sup>9</sup>)を用いて, ケガニとクリガニ幼生分布の関連を検討した(Table 5)。C 算出には各時期で採集された全齢期のデータを使用した。20件の計算結果のうち 0.2以下は3件, 0.2 ~ 0.4は2件, 0.4 ~ 0.6は4件で, 0.8以上が9件あった。この結果, ケガニとクリガニ幼生の分布には, かなり強い関連性があると考えられた。

7. 表層および30m層水温水平分布 ケガニ幼生分布調査時に得られた表面水温水平分布を Fig. 4 に示した。表面水温は4月上旬では, 1989年2 ~ 5, 1990年4 ~ 6, 1991年3 ~ 6, 1992年2 ~ 4 で, 4月下旬では, 1989年3 ~ 6, 1990年5 ~ 6, 1991年4 ~ 9, 1992年2 ~ 5 であった。また, 5月上旬では, 1989年4 ~ 6, 1990年6 ~ 9, 1991年6 ~ 9, 1992年3 ~ 7 であり, 5月下旬では, 1989年8 ~ 10, 1990年7 ~ 10, 1991年7 ~ 13, 1992年5 ~ 12 であった。

また 30m層の水温水平分布を Fig. 5 に示し, 海洋構造および水の動きを以下に推察した。1989年4月上旬では,

胆振沿岸から湾内に親潮系水が流入し, 4月下旬 ~ 5月上旬には時計回りの環流が形成され, 湾内は閉鎖的になった。5月下旬に再び親潮系水が流入し, その後湾口付近にまで影響を与えた。1990年では, 4 ~ 5月上旬には小規模な渦はみられるものの, まとまった流れはなかったようである。5月下旬になり湾内外への水の流動があったと想定され, その後5月末には時計回りの渦が形成された。1991年では, 4月上・下旬に親潮系水の流入があり, それ以降湾外から閉鎖した構造を呈していたが, 渦構造は弱いとみられた。1992年では, 4月下旬までに親潮系水が湾内に流入し, 5月上旬には強い環流が存在し, さらに5月下旬から末にかけて湾内の水の入替わりは大きかったと推察された。

Table 5. Measure of the interspecific association (C<sup>9</sup>: Morishita, 1959) of *E. isenbeckii* and *T. cheiragonus*.

Cruise	1989	1990	1991	1992
1	0.132	0.633	0.290	0.906
2	0.939	0.468	0.846	0.075
3	0.956	0.376	0.181	0.934
4	0.802	0.335	0.375	0.800
5	0.932	0.517	0.811	0.463

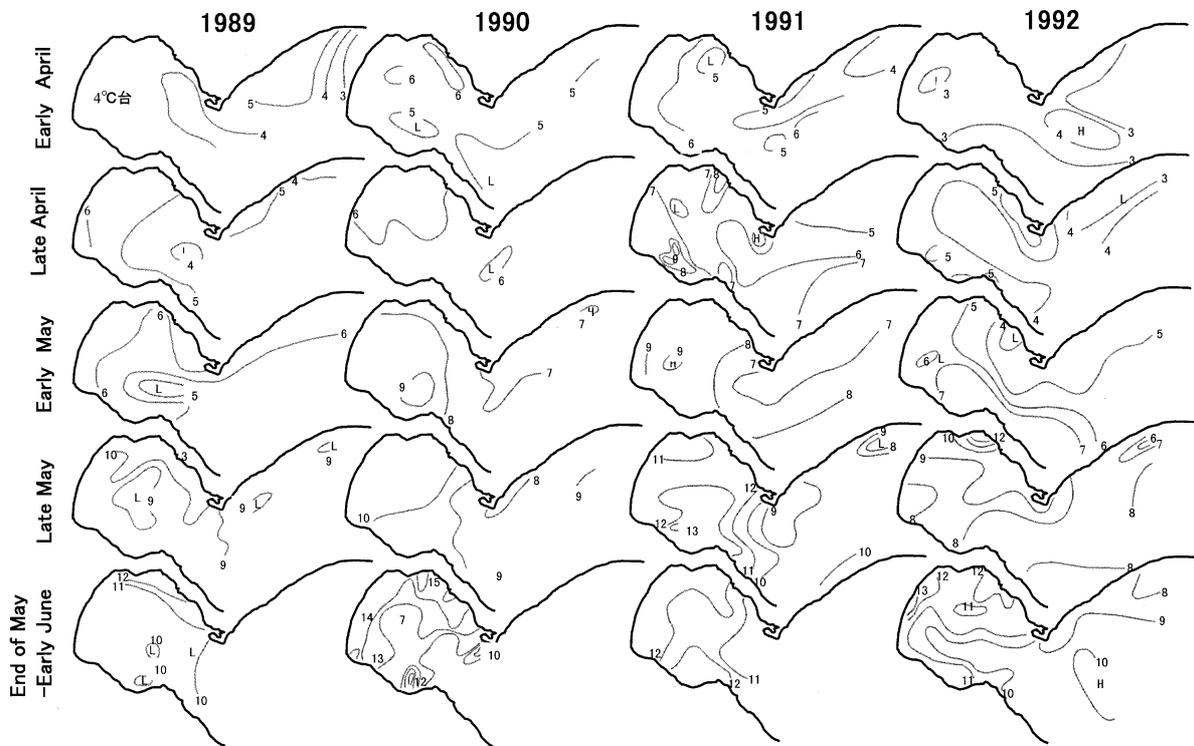


Fig. 4. Horizontal distribution of surface water temperature in Funka Bay and adjacent waters.

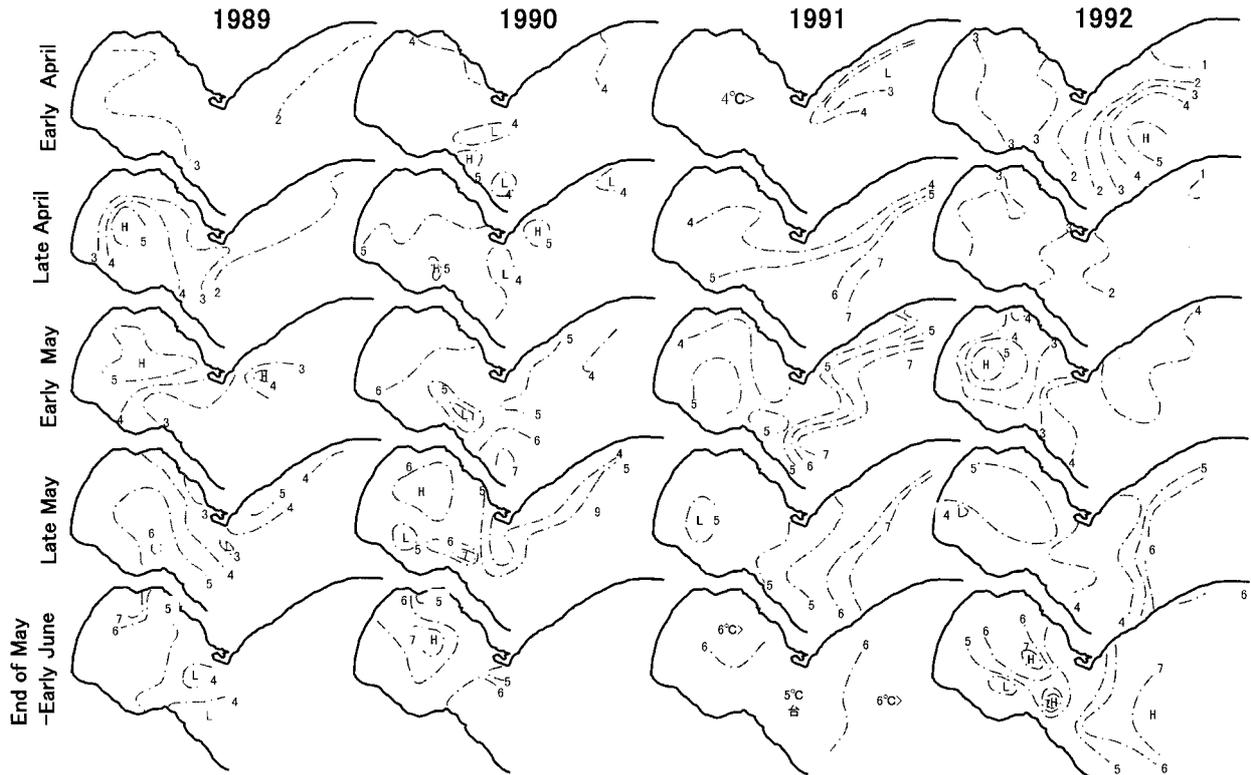


Fig. 5. Horizontal distribution of water temperature at 30 m depth in Funka Bay and adjacent waters.

### 考 察

噴火湾および周辺海域では4月上旬から6月初旬にかけて、調査海域全域の広い範囲わたりケガニ幼生は出現した。また、海域間で齢期組成に違いがみられ、噴火湾内の方がより齢期の進んだ幼生が多かった。

噴火湾周辺海域でケガニ幼生がふ出する海域は、苫小牧から噴火湾内の沿岸域、水深数十メートルの広い範囲に存在すると推定される<sup>9)</sup>。ケガニのふ出時期は、2月下旬から4月であり<sup>10)</sup>、親1個体が幼生をふ出する期間は、約2週間と比較的長期にわたる<sup>11)</sup>。調査海域の表面および30m層の水温水水平分布をみると、湾外の東側でいつも冷たく、噴火湾内で湾外に比べ水温が高い傾向にある。また、浮遊期間中、幼生は海水の流動により、移送・分散される。噴火湾周辺海域では、本調査結果でも推察されたように、胆振沿岸を南西方向に向かう流れがあり、この流れが強いときには、幼生は噴火湾内に流入する<sup>12)</sup>。上流域に当たる胆振沿岸域に分布していた幼生はこの流れにより順次湾内に移送され、幼生が湾内に集積・混合する。すなわち、上述した海域間の水温差や海水の流動のため、湾内では齢期が進んだ幼生の割合が高く、また湾内では齢期組成に顕著な違いは認められなかったものと考えられる。ただし、詳細については、産卵場を特定し、ゾエア期からの検討が必要である。

ケガニ幼生の分布様式は集中分布であり、稚魚ネット表層10分曳で多いときには数万のオーダーで採集され、また1万個体以上採集されることも数多くあった。北海道周辺の他の海域で実施された採集結果<sup>2, 6), 13)</sup>と比較して、噴火湾でのケガニ幼生の採集数は多く、また幼生が広範囲に分布することも考慮すると、噴火湾および周辺海域では他海域に比べて、ケガニ幼生の分布密度が高いと考えられる。しかし、ケガニ漁獲量からはみれば、噴火湾はオホーツク海に比べ親ガニの分布密度は低いと考えられるため、噴火湾および周辺海域でみられた幼生の高分布密度は、親の密度を反映していないと言えよう。高密度の集中分布の要因の一つとして、ケガニ幼生の渦流域あるいは湧昇域における集積が考えられ<sup>3, 6)</sup>、ケガニ幼生の分布と海洋構造の関連を知ることが重要である。春季にみられる親潮系水の流入と、その後の湾内での環流形成と閉鎖性といった海洋特性が噴火湾にはあり<sup>14)</sup>、このことが、幼生高密度分布を引き起こす要因となっていることは十分考えられる。ただし、噴火湾およびその周辺海域でみられたケガニ幼生の高密度分布が親の密度の反映ではなく、他の海域に比べ初期減耗率が非常に高いためなのかどうか、初期減耗やその減耗過程に関する知見が全くないため、現時点では明らかではなく、今後各海域での研究が待たれる。いずれにしても、ケガニ幼

生がパッチ状の分布をすることはベーリング海でも報告されており<sup>15)</sup>、高密度海域が形成される要因を把握することは、天然採苗の面からも重要な課題である。

一方では、幼生の高密度域は短期間に移り変わることが示された。また、分布密度指数から検討した調査海域内の時期別分布量に、大きな変動が認められた。オホーツク海ではケガニ幼生の出現域は宗谷暖流と中冷水とのフロント域に対応し<sup>16)</sup>、そのフロントは短期間に変動する<sup>17)</sup>ので、分布域もそれと伴って変化すると考えられる。すなわち、海洋構造や海水の流動はケガニ浮遊幼生の分布域や分布量変動を引き起こす大きな要因となる。調査海域内や噴火湾内における幼生分布量の変化について、30m層水温水平分布から推察した水の流れとの関連でみる。噴火湾内の分布量指数が大きく減少したのは、1990年では5月下旬から5月末にかけて、1991年では5月上旬から5月下旬の間、1992年では5月上旬から5月下旬の間と5月下旬から5月末にかけてであった。海洋構造をみると、1990年5月下旬から末にかけて、海洋構造に変化がみられ、湾内外での海水が流動したと想定される。また、1992年では湾内は5月上旬には強い渦構造を示していたが、一転して5月下旬以降、湾内水が大きく流出する構造を呈していた。また、1991年では4月に親潮系水の流入がみられた後の5月上旬に、湾内は一時閉鎖的環境になるが、渦構造は弱く湾内は流動的であると考えられた。このように、海洋構造が大きく変化する、すなわち海水流動の大きいときに湾内の幼生分布量が大きく減少するといった対応関係が認められた。なお、海水の動きを知るために行われた海流クラゲ放流調査の回収報告によれば、1990年5月下旬および1991年4月下旬に投入分は湾外に多く流出した<sup>18-19)</sup>。これは前述の海水流動の推論を支持する。一方、海洋構造に大きな変化はなかったと推察された1990年4月～5月上旬は幼生分布量の変化が非常に少なかった。以上のことから、幼生の分布量の変化は、海洋構造の変化とそれに伴う海流の挙動との密接な関連を示唆するものと考えられる。さらに、幼生の移送範囲は今回の調査海域外にまでの広範囲に及ぶと推察される。

幼生の分布量にも年変動が認められたが、この原因については、幼生をふ出する雌ガニの数、ふ出後の生残率、ふ出時期の変動あるいは幼生の海域からの逸散などが考えられる。本調査結果から、逸散もその一つの重要な要因として指摘できるが、詳細については不明であり、今後雌ガニの分布や再生産に関わる知見が必要である。また、幼生の分布量の年変動が、その後の漁獲対象資源の変動とどのように関連しているのか興味深く、今後詳しい解析が望まれる。

ケガニ幼生は日没時に表層に集中分布することが知られているが<sup>20)</sup>、他のカニ類幼生では潮汐と関連した鉛直分布も報告されている<sup>21)</sup>。着底直前のメガロバ期幼生が必ずしも沿岸よりに多く分布していなかったが、鉛直移動を行うことによって着底環境を能動的に選択する可能性もある。また、重複度を用いて検討した結果、ケガニとクリガニ浮遊幼生の分布は、ほぼ重なるとの結果が得られたが、集積しやすい海洋特性を通しての分布の重なりなのか、生態的な関わりなのかは不明である。

今後、資源管理や栽培漁業を進める上で、さらに初期生活史や雌ガニの生態および再生産関係の解明が必要である。

## 要 約

1989年～1992年、4月から6月初旬に各年5回、北海道南部の噴火湾とその周辺海域に25～101の調査点を設け、ケガニおよびクリガニ浮遊幼生の分布様式や分布量を明らかにするための調査を行った。稚魚ネット(口径130cmまたは150cm、網地の長さ4.5m、目合0.63mm)を用いて、日の出から日没までの明るい時間帯に表層10分間曳きにより幼生の採集を行った。ケガニ・クリガニともゾエア～期とメガロバ期の幼生が採集された。ケガニおよびクリガニ幼生は調査海域のほぼ全域にわたって分布した。ケガニ幼生は多いところでは1曳網あたり数万尾を超え、1万以上採集された調査点も数多く、この海域のケガニ幼生の分布密度は高いと考えられた。2種の幼生は集中分布をしており、お互いの分布はおおむね重複すると考えられた。ケガニ幼生の高密度域の出現状況は時期・年によって変化し、同時に調査海域内の分布量も時期・年によって大きく変動した。これらは噴火湾周辺の海洋構造や水の流動と深く関連することが示唆された。

## 謝 辞

海洋構造や環境に関する有益な助言を頂いた函館水産試験場室蘭支場西田芳則研究員、分布調査の分担・協力や多くの助言を頂いた北海道立栽培漁業総合センター杉本主任研究員、中島幹二貝類第一科長、北海道立函館水産試験場渡辺安廣主任研究員、北海道立中央水産試験場佐々木正義栽培科長および北海道立稚内中央水産試験場田中伸幸研究員、海上調査に多大な協力をして頂いた北海道立水産試験場所属金星丸の乗組員の方々や、渡島北部および室蘭地区水産技術普及指導所、噴火湾けがに中間育成技術推進連絡協議会の関係者の方々に、心より感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 丸川久俊, 全 炳哲: おおくりがに *Erimacrus isenbeckii* (BRABNDT) の larval stage について. 楽水会誌 .28(6), 1-11(1933).
- 2) 竹内 勇: 北海道北東部および東部海域におけるオオクリガニおよびズワイガニ幼生の分布について. 北水研報告 35 20-43(1969).
- 3) 阿部晃治: 道東近海におけるけがにの初期生活. 水産海洋研究会報 31 ,14-19(1977)
- 4) 尾身東美, 山下幸悦: 甲殻類種苗培養技術開発試験 2 ケガニ. 昭和55年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書 27-36(1981).
- 5) 阿部晃治: 道東太平洋沿岸における各種幼稚仔類について(1). 北水試月報 .25(7),14-30(1977).
- 6) 佐野満廣, 高橋 忠: オホーツク海におけるケガニ浮遊幼生の分布と出現状況について. 昭和59年度ケガニ研究会議事録(謄写版).(1984).
- 7) 倉田 博: 北海道産十脚甲殻類の幼生期 クリガニ科3種. 北水研報告 .27 ,13-24(1963).
- 8) 伊藤嘉昭, 山村則男, 嶋田正和: 動物生態学. 東京, 蒼樹書房 ,1992 ,509p.
- 9) 三原栄次, 上田吉幸: 噴火湾周辺海域におけるケガニ資源管理対策調査. 平成 8 年度北海道立函館水産試験場事業報告書 67-84(1997).
- 10) Nagao, J. and H.Munehara: Spawning cycle of horse hair crab (*Erimacrus isenbeckii*) in Funka Bay, southern Hokkaido, Japan. *Alaska Sea Grant College Program* • AK-SG-96-02. (1996).
- 11) 上田吉幸: ケガニ幼生放出数の日変化. 北水試研報. 51, 83-87 (1997).
- 12) 大谷清隆: 噴火湾の物理環境. 沿岸海洋研究ノート .19(1) 68-80(1981).
- 13) 佐々木 潤: ケガニ浮遊幼生調査. 平成 8 年度北海道立網走水産試験場事業報告 .60-82(1998).
- 14) 大谷清隆, 木戸和男: 噴火湾の海洋構造. 北大水産彙報 .31(1) 84-114(1980).
- 15) Armstrong D.A., L.S. Incze, D.L. Wencker, and J.L.Armstrong: Distribution and abundance of decapod crustacean larvae in the southeastern Bering Sea with emphasis on commercial species. *Final Rep. Natl. Oceanic Atmos Admin.* (1983).
- 16) 大槻知寛, 丸山秀佳, 山本正義: 春季オホーツク海のケガニ漁場にみられる海況 . 日本水産学会北海道支部大会講演要旨集 . 3(1984).
- 17) 大槻知寛: オホーツク海北海道沖における夏季冷水フロントの変動. 北水試月報 .40(9 ,10) 211-226 (1984).
- 18) 高柳志朗, 宇藤 均, 上田吉幸, 中田 淳, 中道克夫, 佐々木正義, 田中伸幸: ケガニ資源増大技術開発試験. 平成 2 年度北海道立函館水産試験場事業報告書 .145-165(1992).
- 19) 宇藤 均, 上田吉幸, 佐々木正義, 田中伸幸: ケガニ資源増大技術開発試験. 平成 3 年度北海道立函館水産試験場事業報告書 226-247(1993).
- 20) 依田 孝, 宇藤 均, 高柳志朗, 上田吉幸: 噴火湾におけるケガニ (*Erimacrus isenbeckii*) およびクリガニ (*Telmessus cheiragonus*) 幼生の鉛直分布と日周移動. 北水試研報 .55, (印刷中).
- 21) 田中 克, 曾 朝曙: 幼生の接岸と着底の機構. 千田哲資, 木下 泉(編). 水産学シリーズ 116. 東京. 恒星社厚生閣 ,1998 ,100-112.



# 噴火湾におけるケガニ (*Erimacrus isenbeckii*), クリガニ (*Telmessus cheiragonus*) 幼生の鉛直分布と日周移動

依田 孝<sup>\*1</sup>, 高柳 志朗<sup>\*1</sup>, 宇藤 均<sup>\*1</sup>, 上田 吉幸<sup>\*2</sup>

Diurnal changes in the vertical distributions of larvae of the atelecyclid crabs,  
*Erimacrus isenbeckii* and *Telmessus cheiragonus* in Funka Bay, Hokkaido

Takashi YORITA<sup>\*1</sup>, Shiro TAKAYANAGI<sup>\*1</sup>, Hitoshi UTOH<sup>\*1</sup>, Yoshiyuki UEDA<sup>\*2</sup>

In order to examine the diurnal changes in the vertical distributions of larvae of *Erimacrus isenbeckii* and *Telmessus cheiragonus*, a series of the MTD net samples (depths of 0, 10, 20, 30, and 40 m) were carried out at station 26 (63 m bottom depth) in Funka Bay, southern Hokkaido, in April and May for 3 years from 1989 to 1991. Sampling for an examination of phototactic response was made at the same station on May 23, 1989. Differences in the vertical distributions between species and between larval stages were not found. These larvae dispersed from the surface to 30 m depth in daytime, but migrated to and aggregated at the surface at sunset. We suggest that the larvae of both species have phototactic behaviors relating to their vertical distribution.

キーワード：ケガニ，クリガニ，幼生，鉛直分布，日周移動，噴火湾

## まえがき

噴火湾周辺海域におけるケガニ漁獲量は近年減少が著しく、1989年以降は200トン前後の低水準で推移している。このため、資源管理方策の一環として、漁獲対象を甲長8 cm以上の雄ガニに限定するとともに、1985年からは漁獲努力量（隻数、操業期間）が削減されている。また、1984年と1990、1991年には全面休漁措置がとられた。これらの取り組みにもかかわらず、当海域のケガニ資源は依然として低水準で推移している。

北海道は資源の回復を図るべく、資源管理方策の徹底に加えて、1988年から栽培漁業技術の導入を目指した試験調査を開始した。本研究は、この調査の一環として実施され、ケガニのメガロバ期幼生の天然採苗技術に関わる基礎的知見を得ることを目的とした<sup>1)</sup>。北海道周辺におけるケガニおよびクリガニ幼生の分布については、これまでもいくつかの報告があるが<sup>2-7)</sup>、鉛直分布に関する知見は極めて限られている。

本研究では、1989～1991年に噴火湾中央部でMTDネットを用いて、ケガニ・クリガニの幼生を採集し、鉛直

分布およびその日周変化などについて知見を得たので報告する。

## 材料及び方法

調査は、函館水産試験場所属調査船「金星丸」(68.0トン)を用いて、1989年5月下旬に第1次、1990年5月上旬に第2次、下旬に第3次、1991年4月下旬に第4次の合計4回実施した。調査地点は水深が十分確保され、また同時に実施された表層における地理的分布調査の結果から幼生が多く採集された噴火湾中央部のSt.2(水深63m)に設定した(Fig.1)。

各調査ともMTDネット20分曳きによる層別(0, 10, 20, 30, 40mの5層)採集を、日没前後と日の出前後に合わせて、2～4時間間隔で一昼夜実施した。採集した幼生は、船上で直ちに5%海水ホルマリン溶液で固定した。幼生の種およびステージの査定は倉田<sup>8)</sup>にしたがった。なお、佐々木<sup>9)</sup>によると、クリガニ属(クリガニ、トゲクリガニ)のゾエア期幼生は倉田<sup>8)</sup>の分類では査定困難とされている。しかし、本調査海域に出現するメガロバ

報文番号 A292 (1999年1月30日受理)

\*1 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

\*2 北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan)

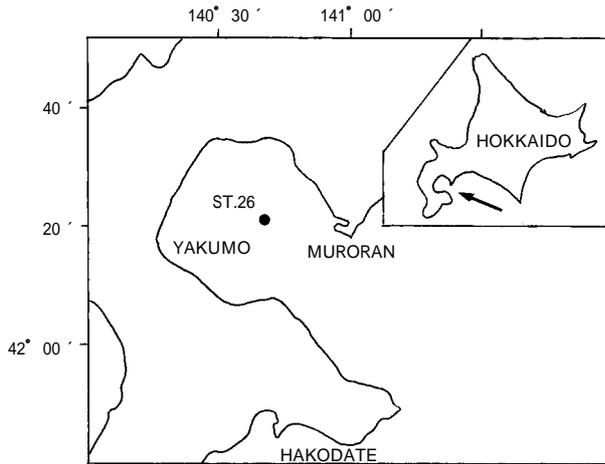


Fig. 1. Survey station of MTD net sampling. Bottom depth of the station is 63 m.

にトゲクリガニは全く採集されないことから、ここではクリガニとして扱った。調査点で採集数が多い場合は幼生のステージに応じて、分割器あるいは重量法によって200個体前後の部分標本を抽出して行った。また、第1次調査の際にMTDネットによる調査終了後の夜間、引き続きSt.26においてメガロバ期幼生の走光性試験を実施した。試験は、暗条件として甲板上で照度2ルクス以下、明条件として同じく照度800ルクスの明るさの下で、稚魚ネット（NGG32、口径130cm）を用いた水面下5mからの垂直曳きによって実施した。なお、明条件にはイカ釣り用の集魚灯を点灯した。停船状態で実施したが、試験中に風や潮流の影響で流されることを考慮し、できるだけ幼生の分布密度の偏りの影響を受けないよう、両条件での採集を次の順とし、それを3回繰り返して行った。まず、暗条件下30分経過後に3回連続して採集し、その後点灯して明条件として30分経過後に3回連続して採集した後、再び消灯して暗条件下とした。稚魚ネットによる採集の際は、ネットの昇降の影響を無くするため、いずれの場合もネットを降ろしてから5分間静止した後に揚網した。

## 結 果

各調査のMTDネットによるケガニおよびクリガニ幼生の層別採集数とその割合をそれぞれFig.2 Fig.3に示した。なお、幼生のステージによる顕著な相違は認められなかったので一括して表示したが、Table. 1 1~4, 2 1~4に示すとおり、各調査で採集された幼生のステージは、調査時期によって異なっていた。ケガニ、クリガニともに、第1次調査および第3次調査ではメガロバ期幼生、第4次調査ではゾエア期幼生、第2次調査ではメガ

ロバ期とゾエア期幼生が多かった。

ケガニの採集個体数は、いずれの調査でも日没後の表層にピークが認められる（Fig. 2, Table. 1 1~4）。第1次調査では調査開始時の19時台に、第2次調査では調査終了時の21時台に、第3次調査では調査開始時の19時台に、第4次調査では調査終了時の18時台にピークが認められ、そのほとんどが0m層で採集されている。また、各調査に共通して、8時から16時の日中に比べて、18時から4時の日没から日の出までの夜間に採集個体数が多かった。

同じくクリガニの場合、第1次調査では4時台にピークが認められ、10m層の採集個体数が多い（Fig. 3, Table. 1 1）。第2次および第4次調査では、ケガニと同様に日没後にピークが認められ、そのほとんどが0m層で採集されている。なお、第3次調査の場合、採集数は少ないが、18時台の0m層にピークが認められる。また、ケガニと同様、日中に比べて夜間の採集個体数が多かった。

次にケガニの層別採集割合の経時変化をみると、第1次調査の場合、夜間には0m, 10m層で集中的に採集されているが、日中は水深40m層を含む各層に分散して採集された。日没後には再び0, 10m層で集中して採集される傾向が見られる。このような傾向は、第4次調査でも、日中の0m層における採集割合が高く10m以深での採集割合が比較的低い点を除くと、共通している（Fig.2）。一方、第2, 3次調査の場合、第1次、第4次調査と同じく、日中には各層に比較的分散して採集され、日没後に0, 10m層で集中的に採集されているが、夜間には必ずしも表層で集中的に採集されていない点で、第1次、第4次調査の結果と異なっている（Fig.2）。同じくクリガニの場合も、第1次調査の夜間に0m層よりも10m層の採集割合が高い点を除いて、ほとんどケガニと同様な結果である（Fig.3）。Table 3に、ケガニとクリガニメガロバ期幼生の走光性試験の結果を示した。両種とも、明条件下での採集数が有意に多かった。

## 考 察

佐野・高橋<sup>7)</sup>は、北海道オホーツク海沖合のケガニゾエア期幼生の分布を調べ、稚魚ネット表層曳きによる採集数が日中よりも夜間に、特に日没時に多いことを報告している。本研究のMTDネットを用いた鉛直分布調査でも同様の結果が得られ、特に日没後の表層における採集数が他の水深層に比べて際だって多いのが特徴的であった。また、日中には採集数は少ないが、比較的深部までの各層で採集されていた。なお、佐野らはMTDネットによる鉛直分布調査も実施しており、日中には比較的

Table 1 1. Temporal changes in the number of larvae of *E.isenbeckii* collected at the survey station during 22-23rd May 1989. Sunset and sunrise time 18:57pm and 04:09am, respectively.

Stage	Depth(m)	Starting time of MTD net haul							
		19:18	22:00	01:08	04:00	08:05	12:00	16:00	18:00
Megalopa	0	710	269	104	15	2			48
	10	1		15	40	14	31	16	37
	20	5	3	2	23	28	9	14	10
	30				4	19	19	23	5
	40	1			2	10	12	7	4

Table 1 2. Temporal changes in the number of larvae of *E.isenbeckii* collected at the survey station during 9-10th May 1990. Sunset and sunrise time 18:43pm and 04:22am, respectively.

Stage	Depth(m)	Starting time of MTD net haul								
		18:26	22:28	01:32	04:28	08:22	12:30	15:19	18:21	21:55
Zoea	0			46	75	4		1	5	1,840
	10	27	6	5	1		5	3	1	12
	20	2	1	11		1	4	3	1	5
	30		2	5						1
	40	1								
Zoea	0			20	246		3	8	11	
	10	28	18	37	11	19	37	6	2	122
	20	16	19	28	2	6	16	30	19	11
	30		1	3		1	4	6	5	1
	40				2	1		1	3	
Zoea	0	1			53	3		2	4	25
	10	22	4	6	2		3	4		6
	20	11	6	7		2	2	16	7	2
	30		2					2	1	1
	40								1	
Megalopa	0		1		21					2
	10	9					2			1
	20	2	3	1				1		
	30		1							
	40		1							

Table 1 3. Temporal changes in the number of larvae of *E.isenbeckii* collected at the survey station during 23-34th May 1990. Sunset and sunrise time 18:58pm and 04:08am, respectively.

Stage	Depth(m)	Starting time of MTD net haul							
		19:00	22:00	01:00	04:02	08:00	12:00	15:30	18:59
Zoea	0	1,242	21	5	44	1	2	2	46
	10		12	4	2	2	4	2	
	20		19	9	2			7	
	30		18	12			3	1	
	40		6	3					
Megalopa	0	1							
	10			4					
	20								
	30								
	40								

Table 1 4. Temporal changes in the number of larvae of *E.isenbeckii* collected at the survey station during 24-26th April 1991. Sunset and sunrise time 18:27pm and 04:43am, respectively.

Stage	Depth(m)	Starting time of MTD net haul							
		18:41	21:58	02:09	04:52	08:29	13:05	16:30	18:47
Zoea	0								
	10								
	20						1		
	30								
Zoea	0	292	205	57	39	1		17	330
	10					1			
	20							5	
	30								
Zoea	0	1,148	1,155	651	583	10	14	197	4,347
	10			1	1	3	7	18	1
	20					1	3	5	
	30								
Megalopa	0	3,420	1,824	965	1,257	26	55	407	8,911
	10	1	1	1	1	3	9	17	7
	20		1	1		3	6	135	2
	30				1			4	



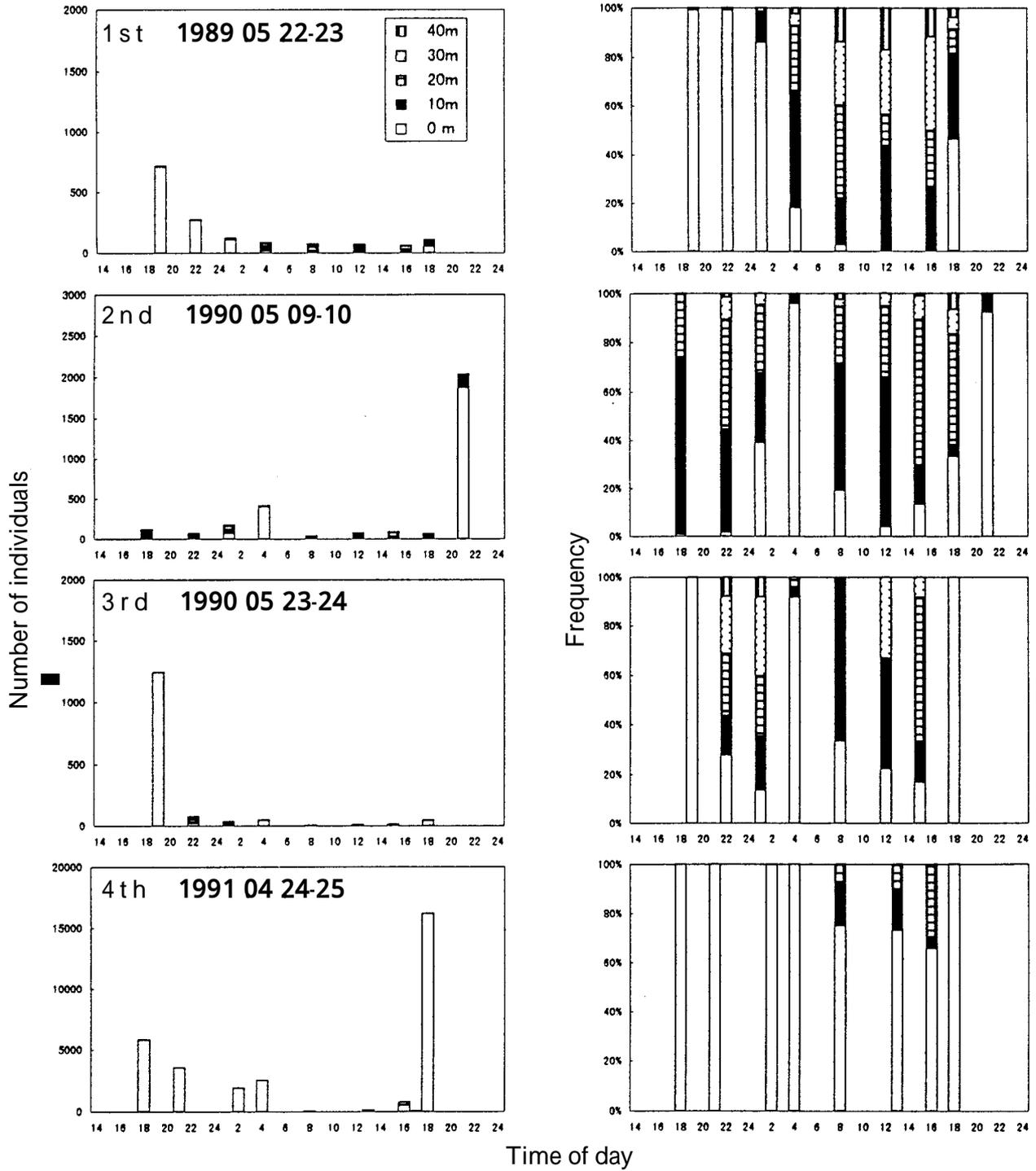


Fig. 2. Temporal changes in number and proportion of *E. isenbeckii* larvae collected from 5 depth layers (0 m, 10 m, 20 m, 30 m and 40 m)

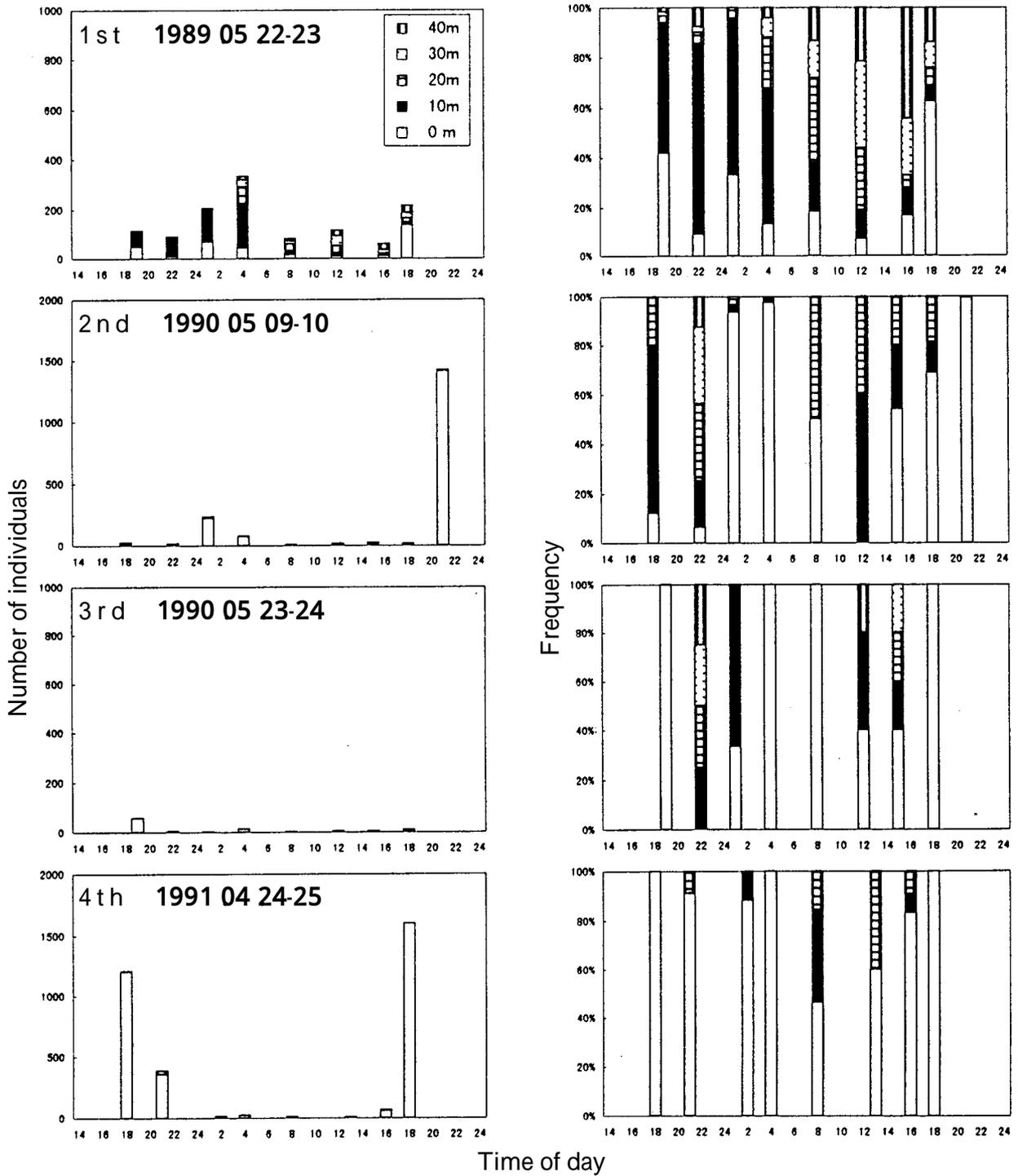


Fig. 3. Temporal changes in number and proportion of *T. cheiragonus* larvae collected from 5 depth layers (0 m, 10 m, 20 m, 30 m and 40 m)

Table 3. Results of phototaxis examination of megalopa larvae.

Species photo condition	<i>E. isenbeckii</i>		<i>T. cheiragonus</i>	
	darkness	lighting	darkness	lighting
Sample 1	5	80	23	51
Sample 2	18	60	27	42
Sample 3	47	55	30	39
Sample 4	N.D.	71	N.D.	48
Sample 5	31	61	14	50
Sample 6	26	26	24	34
Sample 7	11	17	4	26
Sample 8	12	38	7	33
Sample 9	11	11	13	27
Total	161	419	142	350
Average	20.1	46.6	17.8	38.9
df		15		15
t		2,686		4,548
p		0.017		0.000

表層に分布するが、夜間には中・深層に分布するとし、表層曳きの結果と矛盾する結果を報告している。彼らの鉛直分布調査で得られた採集個体数は極めて少なく、必ずしも鉛直分布の実態を正確に反映していなかった可能性があり、これが矛盾した結果をもたらしたものと考えられる。

本研究で得られた結果から、ケガニおよびクリガニ幼生の鉛直分布と移動の特徴を示すと、いずれの幼生も日中には比較的深部までの各層に分散して分布するが、日没時に浮上し表層に集中的に分布することが示唆される。その後の分布移動については、第1次および第4次調査の結果からは、夜間表層に留まり、日の出とともに徐々に下層に分散することが示唆されるが、第2次および第3次調査の結果は、夜間にあっても下層に分散することがあることを示唆している。これは、日没時に浮上した幼生が、その後降下し各層へ分散する仕組みが昼夜で異なっていることを示しているのかも知れない。なお、これらの結果はメガロバ期（第1次、3次調査）とゾエア期（第4次）に共通して認められ、夜間の分布にみられた調査間（第1次、4次と第2次、3次）の相違もステージによるものではなかった。このように、本研究の結果からケガニおよびクリガニ幼生の鉛直分布には日周性が認められ、特に日没時の浮上と表層への集中分布が際だっていることが明らかとなった。鉛直分布およびこれから想定された鉛直移動の日周性は、動物プランクトンに広く認められる現象であり、日没時に浮上する仕組みについても様々な議論があるが<sup>10)</sup>、本研究結果から、両種のメガロバ期幼生には走光性があることが明らかであ

り、日没時の急激な光条件の変化が幼生の浮上行動に関与している可能性が示唆される。

噴火湾では、ケガニの栽培漁業技術開発の一環として、ネット採集によるメガロバ期幼生の採苗試験が実施されたが、年によって採苗が安定せず、現在実施されていない。今後、効率的採苗方法を検討する際には、本研究で明らかとなった、日没後に表層に集中分布する習性や走光性を利用することも一考に値するものと考えられる。

#### 要 約

1989年～1991年、噴火湾でMTDネットによるケガニ・クリガニ幼生を採集し、鉛直分布及び日周移動について検討した。また、メガロバ期幼生の走光性に関する試験を実施した。

1. 種およびメガロバ期とゾエア期の間で、鉛直分布に顕著な相違はみられなかった。
2. 夜間、特に日没後の表層で採集数が多いのに対し、日中は各水深層に分散し、採集数は少なかった。
3. 日没時に浮上し、表層近くに集中分布する傾向が示唆された。
4. ケガニおよびクリガニのメガロバ期幼生に走光性が認められた

#### 謝 辞

調査に際し北海道立函館水産試験場の試験調査船金星丸船長ほか乗組員各位には海上調査に多大な協力をいただき、心から深く感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 宇藤 均：ケガニ増殖技術開発の現状．北水試だより，15, 1-10(1991)．
- 2) 丸川久俊、全 炳哲：おおくりがに *Erimacrus isenbeckii* (Brandt) の Larval stage について．楽水会誌，28(6) 1-11(1933)．
- 3) 土門 隆：宗谷・網走沿岸沖合のケガニについて．北水試月報，21(6)，3-15(1964)．
- 4) 阿部晃治：道東太平洋沿岸における各種幼稚仔類について(1)．北水試月報，25(7)，14-30(1968)．
- 5) 竹内 勇：北海道北東部および東部海域におけるオオクリガニおよびズワイガニ幼生の分布について．北水研報告，35, 20-43(1969)．
- 6) 阿部晃治：道東近海におけるけがにの初期生活．水産海洋研究会報，31, 14-19(1977)．
- 7) 佐野満廣，高橋 忠：オホーツク海におけるけがに浮遊幼生の分布と出現状況について．昭和59年度北海道けがに研究会議事録．(謄写版)(1984)．
- 8) 倉田 博：北海道産十脚甲殻類の幼生期 クリガニ科3種．北水研報告，27, 13-24(1963)．
- 9) 佐々木潤：ケガニ浮遊幼生調査．平成8年度北海道立網走水産試験場事業報告書，60-82(1998)．
- 10) 元田 茂：動物プランクトンの生態 特に日周鉛直移動の習性について．日本海洋学会誌，28(6)，278-292(1972)．

# 噴火湾周辺海域におけるケガニ (*Erimacrus isenbeckii*), クリガニ属 (*Telmessus* spp.) 幼生の出現盛期

上田吉幸<sup>\*1</sup>, 高柳志朗<sup>\*2</sup>, 宇藤 均<sup>\*2</sup>, 依田 孝<sup>\*2</sup>

Appearance period of larvae of *Erimacrus isenbeckii* and *Telmessus* spp.  
in adjacent waters of Funka Bay, Hokkaido.

Yoshiyuki UEDA<sup>\*1</sup>, Shiro TAKAYANAGI<sup>\*2</sup>, Hitoshi UTOH<sup>\*2</sup> and Takashi YORITA<sup>\*2</sup>

*Erimacrus isenbeckii* and *Telmessus* spp. larvae were collected in Funka Bay and adjacent waters from 1989 to 1995. The peak season of occurrence for each larval stage of *Erimacrus isenbeckii* was estimated as follows, zoea larvae was from the middle March to early April, zoea larvae was from early April to late April, zoea larvae was from early April to the middle May, zoea larvae was from late April to the middle May, zoea larvae was from early May to late May, megalopa larvae was from late May to the middle June. The peak season of occurrence for each larval stage of *Telmessus* spp. larvae was estimated as follows, zoea larvae was the middle March, zoea larvae was from early April to late April, zoea larvae was from the middle April to the middle May, zoea larvae was from late April to early May, zoea larvae was from early May to late May, megalopa larvae was from early May to the middle June. Duration for each larval stage of *Erimacrus isenbeckii* was inferred as follows, zoea and larvae required approximately twenty days, zoea, and larvae required approximately ten days. Duration for each larval stage of *Telmessus* spp. was inferred as follows, zoea larvae required approximately thirty days, zoea and larvae required approximately fifteen days, zoea larvae was less than ten days, zoea larvae required approximately ten days. Hatching of *Erimacrus isenbeckii* was estimated to occur from late February to the middle March, and megalopa larvae was estimated to settle onto the bottom from the middle June to early July. On each cruise, the larval composition of *Erimacrus isenbeckii* showed many young zoea stages compared with *Telmessus* spp. and this is suggested to be due to differences in the hatching season. Appearance period of larvae varies by each year, and it was observed that hatching was late and growth speed was gentle on the year of low water temperature.

キーワード：ケガニ，クリガニ属，幼生，ステージ，出現盛期，噴火湾周辺

## まえがき

噴火湾に面する渡島支庁と胆振支庁をあわせたケガニの漁獲量は，多い年は1,000トン近くになるが，少ない年には200トンを下まわることもあり，変動が激しい。また，1982年以降は資源の減少傾向が続いている。ケガニの資源回復を図るため，日本栽培漁業協会厚岸事業場では，胚を保育中の親ガニを採集して幼生を孵化させ，メガロバ期まで飼育する種苗生産を開始した。そして，これらの種苗を噴火湾内で中間育成し，稚ガニにして放流して

きた<sup>1)</sup>。しかし，胚を保育中の親ガニを安定して確保することや，限られた陸上施設で大量にメガロバ期幼生を生産することには限界があるものと考えられた。

北海道立函館水産試験場では，1989年から噴火湾周辺海域に出現するケガニのメガロバ期幼生を効率的に採集し，中間育成して放流するため，幼生の分布状況や出現盛期を明らかにする調査を行ってきた。また，クリガニ属幼生についてもケガニとの分離採集のため，分布や出現盛期に関する資料が必要であった。

報文番号 A 293 (1999年 1月30日受理)

- \* 1 北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051 0013, Japan)
- \* 2 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046 8555, Japan)

北海道周辺におけるケガニおよびクリガニ属幼生の分布や出現時期については、これまで東部太平洋岸とオホーツク海岸についての報告<sup>2-8)</sup>が多くある。しかし、噴火湾周辺海域におけるこれら幼生の出現については、1979~1981年と1984年に森町沖合で調査された結果<sup>9-12)</sup>があるだけであり、ステージ毎の出現盛期を検討するにはいたっていない。筆者らは1989~1995年に噴火湾周辺海域において稚魚ネットを用いて幼生を採集し、各ステージの出現盛期を推定した。また、ケガニとクリガニ属の出現時期の違いや、出現時期の年変動についても検討した。

材料及び方法

ケガニおよびクリガニ属幼生は、噴火湾とその周辺海域において、函館水産試験場所属の調査船金星丸(69.0トン)によって採集された。採集期間は2~6月である。採集のための航海数は、1989年に5航海、1990、1991年にそれぞれ6航海、1992年に7航海、1993年に4航海、1994、1995年にそれぞれ2航海、総計32航海であった。幼生の採集地点は、年によって一部変更したが、基本的にはFig. 1に示した38地点である。幼生は目合0.630mm(NGG32)、口径130cmのまる稚ネットを舷側から出し、海面を10分間水平引きすることによって採集された。ただし、採集数が多く、目詰まりを起こしそうな採集地点では5分間引

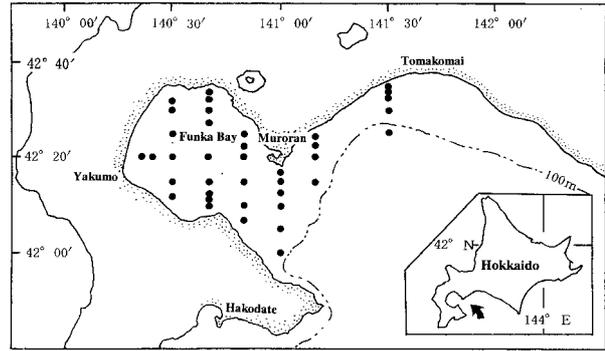


Fig. 1. Sampling stations (closed circles) of *Erimacrus isenbeckii* and *Telmessus* spp. larvae.

きとした。採集時間は日出から日没までとし、夜間の採集は行わなかった。採集された幼生は、船上でただちに5%ホルマリン海水で固定された。幼生の採集直前には、CTD(ニールブラウン社製)によって海底までの水温と塩分を測定した。

ケガニ、クリガニ属幼生の種およびステージの分類は、倉田<sup>13)</sup>にしたがった。ただし、佐々木<sup>8)</sup>の指摘にあるとおり、クリガニとトゲクリガニ幼生の分類には不明な点があるため、両者をあわせてクリガニ属とした。査定する尾数は、メガロバ期幼生を除き、採集地点毎にケガニ、クリガニ属あわせて100尾以上とした。採集数の多い標本は、ステージ組成によって、分割器を使用して一部を抽

Table 1. Number of larvae for each stage of *Erimacrus isenbeckii* and *Telmessus* spp. for each cruise.

Sampling Date	Number of Stations		<i>Erimacrus isenbeckii</i>						<i>Telmessus</i>							
	Zoea	Zoea	Zoea	Zoea	Zoea	Megalopa	Total	Zoea	Zoea	Zoea	Zoea	Megalopa	Total			
1989	Apr.8th-Apr.11th	30	19,682	76,424	114,084	24,308	179	0	234,676	11,790	74,858	23,731	467	0	0	110,846
	Apr.25th-Apr.27th	34	1	7	306	790	163	0	1,267	0	10	1,014	5,184	2,055	0	8,264
	May.9th-May.10th	35	43	1,051	3,189	13,690	68,030	3,368	89,372	36	22	718	14,434	110,653	12,692	128,555
	May.22th-May.25th	29	0	0	0	7	269	35,326	35,602	0	0	0	0	456	16,174	16,630
	May.30th	21	0	0	0	3	96	14,208	14,307	0	0	0	0	24	15,110	15,134
1990	Apr.11th-Apr.12th	37	7,082	51,781	44,036	5,352	765	0	109,016	284	3,386	18,431	18,223	3,266	0	43,590
	Apr.22th-Apr.27th	38	909	7,341	23,789	21,308	10,449	0	63,796	18	1,224	16,186	40,852	19,326	87	77,693
	May.8th-May.9th	38	16	321	1,338	3,310	30,883	5,357	41,225	1	2	230	867	2,022	14,954	18,076
	May.22th-May.23th	37	0	0	1	54	3,435	39,660	43,150	0	0	0	8	994	188,973	189,975
	May.30th	14	0	0	0	0	0	4,254	4,254	0	0	0	0	0	11,177	11,177
Jun.19th-Jun.21th	38	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	1	1	
1991	Apr.9th-Apr.12th	29	13,033	16,937	2,618	165	30	0	32,783	1,670	3,739	1,675	254	0	0	7,338
	Apr.23th-Apr.24th	28	404	26,953	59,907	19,720	2,063	0	109,046	3	1,462	21,588	55,506	8,355	7	86,923
	May.7th-May.9th	33	425	420	4,780	11,329	23,148	348	40,450	408	380	1,874	30,720	57,840	8,730	99,952
	May.20th-May.22th	33	0	0	5	984	2,799	2,396	6,184	0	0	0	256	25,019	22,783	48,058
	May.29th	18	0	0	0	0	11	1,808	1,819	0	0	0	0	4	18,162	18,167
Jun.17th-Jun.19th	33	0	0	0	0	0	54	54	0	0	0	0	0	86	86	
1992	Mar.12th-Mar.18th	30	2,277	78	1	0	0	0	2,356	621	13	0	0	0	0	634
	Apr.9th-Apr.13th	24	4,512	3,089	207	8	1	1	7,818	6,025	24,297	7,843	416	0	0	38,581
	Apr.21th-Apr.24th	26	589	1,400	1,103	118	1	2	3,213	304	2,761	842	55	1	0	3,693
	May.6th-May.9th	33	710	6,730	32,700	44,186	1,919	23	86,268	27	2,357	9,691	1,822	5	556	14,458
	May.18th-May.20th	33	0	1,340	6,884	4,285	1,575	237	14,321	0	109	1,478	1,148	408	600	3,743
	May.26th-May.27th	27	0	436	2,173	1,692	2,237	1,554	8,092	0	90	785	917	920	1,885	4,597
Jun.16th-Jun.18th	33	0	0	0	0	0	2,158	2,158	0	0	0	0	0	6,518	6,518	
1993	Feb.24th-Feb.26th	15	21	3	0	0	0	0	24	41	0	0	0	0	0	41
	Apr.21th-Apr.23th	33	1,156	13,558	91,096	5,211	4	0	111,025	10	710	1,555	83	3	0	2,361
	May.17th-May.19th	33	0	129	5,383	9,528	5,945	2,287	23,272	0	16	302	444	431	3,506	4,699
	May.31th-Jun.6th	28	0	0	1,405	3,644	7,769	16,354	29,172	0	0	0	0	0	58,685	58,685
1994	May.10th-May.11th	33	258	10,466	19,600	13,228	4,882	83	48,517	0	338	1,782	2,624	355	1,723	6,822
	May.31th-Jun.7th	32	0	0	0	0	0	20,470	20,470	0	0	0	0	0	52,409	52,409
1995	May.9th-May.10th	31	0	169	3,190	4,638	6,881	887	15,765	0	93	1,883	9,723	3,379	1,031	16,109
	May.31th-Jun.1st	32	0	0	45	73	282	3,265	3,665	0	0	0	0	0	8,457	8,457

出査定し，総数に引きのばす方法と，一部を査定し，その湿重量を総湿重量に引きのばす方法とを併用した。荒天や漁具の敷設によって採集の欠損点があったり，保存が悪く査定困難な標本があったため，各航海で採集地点数が異なることがある。また，1990年6月19日～21日，1991年6月17～19日，1993年2月24～26日の各航海は幼

生の採集数が少なく主群を採集できなかったものと判断し，解析から除いた。

結 果

航海毎のケガニ，クリガニ属幼生のステージ別の総採集数を表1に，航海時期を旬別に整理したステージ組成をFig. 2に示した。なお，地点別あるいは海域別のステ

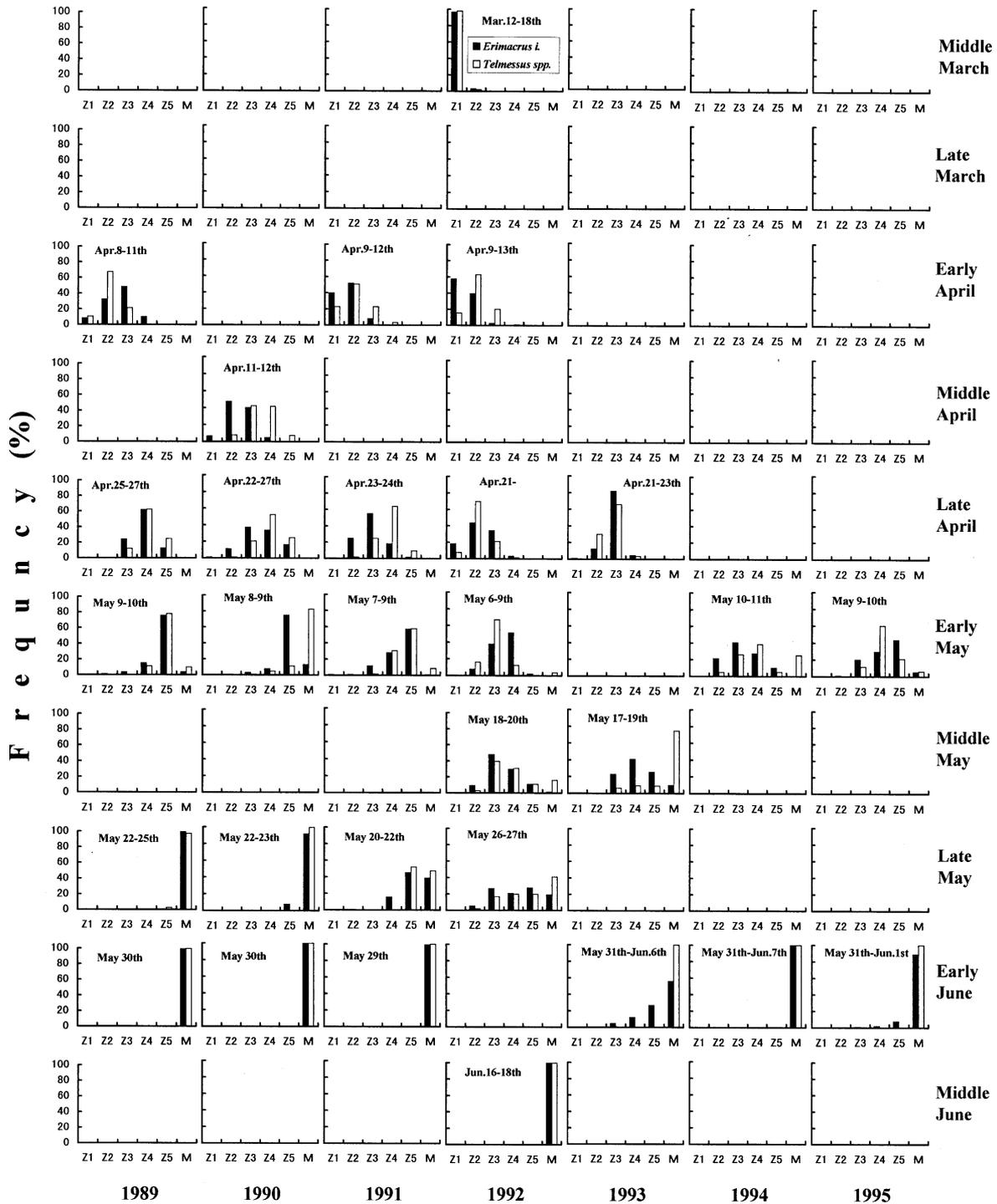


Fig. 2. Frequency distribution of larval stages for *Erimacrus isenbeckii* and *Telmessus* at every ten days in Funka Bay and adjacent waters.

Z1, Z2, Z3, Z4, Z5 and M indicate zoea , zoea , zoea , zoea , zoea and megalopa, respectively.

ージ組成に若干の相違が認められたが<sup>14)</sup>、ここでは本調査海域の平均的な出現状況を検討するため、全採集地点の資料を合計して扱った。

ゾエア 期はケガニ、クリガニ属ともに1992年3月12～18日の3月中旬から1989年5月9～10日の5月上旬の航海までみられた。ゾエア 期の出現頻度が最も高かった組成は、ケガニでは1992年3月12～18日と1992年4月9～13日の航海でみられ、クリガニ属では1992年3月12～18日の航海でみられた。

ゾエア 期はケガニ、クリガニ属ともに1992年3月12～18日の3月中旬から1992年5月26～27日の5月下旬の航海までみられた。ゾエア 期の出現頻度が最も高かった組成は、ケガニでは1991年4月9～12日、1990年4月11～12日、1992年4月21～24日の3航海でみられ、クリガニ属では1989年4月8～11日、1991年4月9～12日、1992年4月9～13日、1992年4月21～24日の4航海でみられた。1989～1995年の調査結果を通じてみると、ゾエア 期は、ケガニ、クリガニ属ともに4月上旬～下旬に最も高い出現がみられた。

ゾエア 期は、ケガニでは1992年3月12～18日の3月中旬から1993年5月31～6月6日の6月上旬までみられた。クリガニ属では1989年4月8～11日の4月上旬から1992年5月26～27日の5月下旬までみられた。ゾエア 期の出現頻度が最も高かった組成は、ケガニでは1989年4月8～11日、1990年4月22～27日、1991年4月23～24日、1992年5月18～20日、1993年4月21～23日、1994年5月10～11日の6航海でみられた。同なじく、クリガニ属では1990年4月11～12日、1992年5月6～9日、1992年5月18～20日、1993年4月21～23日の4航海でみられた。旬別に採集結果を整理すると、ケガニのゾエア 期は4月上旬～5月中旬に最も高い出現頻度がみられ、クリガニ属のゾエア 期は4月中旬～5月中旬に最も高い出現頻度がみられた。

ゾエア 期は、ケガニでは1989年4月8～11日の4月上旬から1993年5月31～6月6日の6月上旬までみられた。クリガニ属では1989年4月8～11日の4月上旬から1992年5月26～27日の5月下旬までみられた。ゾエア 期の出現頻度が最も高かった組成は、ケガニでは1989年4月25～27日、1992年5月6～9日、1993年5月17～19日の3航海でみられた。同じく、クリガニ属では1989年4月25～27日、1990年4月22～27日、1991年4月23～24日、1994年5月10～11日、1995年5月9～10日の5航海でみられた。旬別に整理すると、ケガニのゾエア 期は4月下旬～5月中旬に出現頻度が最も高く、クリガニ属のゾエア 期は4月下旬～5月上旬に最も出現頻度が高かった。

ゾエア 期は、ケガニでは1989年4月8～11日の4月上旬から1993年5月31～6月6日の6月上旬までみられた。クリガニ属では1990年4月11～12日の4月中旬から1991年5月29日の6月上旬までみられた。ゾエア 期の出現頻度が最も高かったのは、ケガニでは1989年5月9～10日、1990年5月8～9日、1991年5月7～9日、1991年5月20～22日、1992年5月26～27日、1995年5月9～10日の6航海、クリガニ属では1989年5月9～10日、1991年5月9～10日、1991年5月20～22日の3航海であり、いずれも5月上旬～下旬であった。

メガロバ期幼生は、ケガニでは1992年4月9～13日の4月上旬から1991年6月17～19日の6月中旬までみられた。クリガニ属では1990年4月22～27日の4月下旬から1991年6月17～19日の6月中旬までみられた。ケガニのメガロバ期幼生の出現頻度が最も高かったのは、1989年5月22～25日、1989年5月30日、1990年5月22～23日、1990年5月30日、1991年5月29日、1992年6月16～18日、1993年5月31～6月6日、1994年5月31～6月7日、1995年5月31～6月1日の9航海であり、5月下旬～6月中旬にわたっている。クリガニ属のメガロバ期幼生の出現頻度が最も高かったのは、ケガニと同じ航海に1990年5月8～9日、1992年5月26～27日、1993年5月17～19日の航海を加えた、5月上旬～6月中旬であった。

29航海のうち、ケガニとクリガニ属のステージ組成で出現頻度の最も高いステージが一致しなかったのは、1989年4月8～11日、1990年4月11～12日、1990年4月22～27日、1990年5月8～9日、1991年4月23～24日、1992年4月9～13日、1992年5月6～9日、1992年5月26～27日、1993年5月31～6月6日、1994年5月10～11日、1995年5月9～10日の11航海でみられた。このうち8航海では、ケガニの最頻ステージがクリガニ属の最頻ステージより発育段階が遅れていた。

Fig. 4 に各航海における幼生採集地点の深度10m平均水温の推移を年別に示した。各年とも航海時期が遅くなるにしたがい、平均水温が高くなる傾向がみとめられた。

## 考 察

1. 各幼生ステージの所要日数 1989～1995年の採集結果をあわせて、ケガニ、クリガニ属幼生のステージ毎の出現期間と出現盛期を次のように旬別に整理した。ステージ毎に幼生が1尾以上確認された各航海時期の合計期間を出現期間、幼生の出現頻度が最も高かった各航海時期の合計期間を出現盛期とした。ケガニ、クリガニ属ともに、旬が進むにしたがい出現盛期はゾエア 期からメガロバ期へと進み、右上がりの傾向を示した(Fig. 3)。各ステージの出現盛期の中間点を追跡することによつ

て、ケガニおよびクリガニ属幼生の所要日数を検討した。ケガニゾエア期の出現盛期の中間点は3月下旬であり、ゾエア期の出現盛期の中間点は4月中旬であるので、ゾエア期の所要日数は約20日間と考えられる。同様に、ゾエア期、ゾエア期、ゾエア期については約10日間、ゾエア期については約20日間と考えられる。クリガニ属の幼生についても同様に、ゾエア期の所要日数は約30日間、ゾエア期と期は約15日間、ゾエア期は約10日間と考えられる。また、ゾエア期と期の出現盛期が重なることから、ゾエア期の所要日数は10日間以下と考えられる。

尾身ら<sup>15-19)</sup>は、飼育によってケガニ幼生の各ステージまでの到達期間を測定している。これらの結果によると水温約9℃で、ゾエア期の所要日数は8~11日間、ゾエア期、期、期の所要日数は6~9日間、ゾエア期は10~13日間と推定されている。ゾエア期と期の所要日数が、ゾエア期、期、期の所要日数より長いことで今回の調査結果と一致している。ただし、今回の結果は、飼育結果に比べすべてのステージで所要日数がやや長く推定されている。これは旬別の整理であることと、採集地点の平均水温の多くが4月中旬までは9℃以下(Fig. 4)であったことによるものと考えられる。

2. ケガニの孵化盛期と着底盛期 ケガニの幼生は、プリゾエアで孵化し、その後、約30分以内でゾエア期になることが知られている<sup>20, 21)</sup>。このことから、ゾエア期の出現盛期はケガニの孵化盛期とほぼ同一と考えられる。ただし、ゾエア期の所要日数が約20日間と考えられるので、孵化盛期はゾエア期の出現盛期より20日程早いものと考えられる。したがって、噴火湾周辺海域におけるケガニの孵化盛期は、遅くとも2月下旬~3月中旬と考えられる。噴火湾内から腹部に保持する胚が孵化直前あるいは一部孵化が進んでいる雌個体を採集し、実験室で飼育した結果では、孵化盛期は2月下旬~3月中旬と考えられており<sup>11, 21)</sup>、今回推定した孵化盛期と一致した。

オホーツク海におけるケガニ幼生の出現時期は、ゾエア期が3~4月、ゾエア期は4~5月、ゾエア期は5~6月、ゾエア期、期は6月、メガロバ期は6月下旬であることが報告されている<sup>7)</sup>。道東太平洋ではケガニのゾエア期は4~5月、ゾエア期、期は5~6月、ゾエア期、期は6月、メガロバ期は6~7月に出現すると推測されている<sup>22)</sup>。これらの海域と比較すると噴火湾周辺海域のケガニは、すべてのステージで出現が早い傾向がみられる。

メガロバ期以降のケガニは、脱皮間近の個体から底生生活に移行する<sup>6)</sup>。噴火湾内の森町沖でケガニの幼生を月

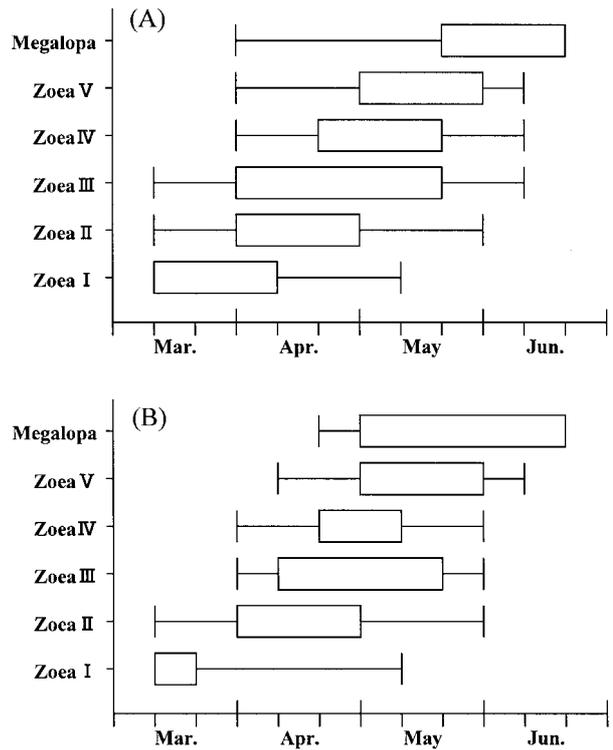


Fig. 3. Occurrence and peak season for each larval stage of *Erimacrus isenbeckii*(A) and *Telmessus* spp.(B) in Funka bay and adjacent waters. Horizontal bars and rectangles indicate the occurrence and peak season, respectively.

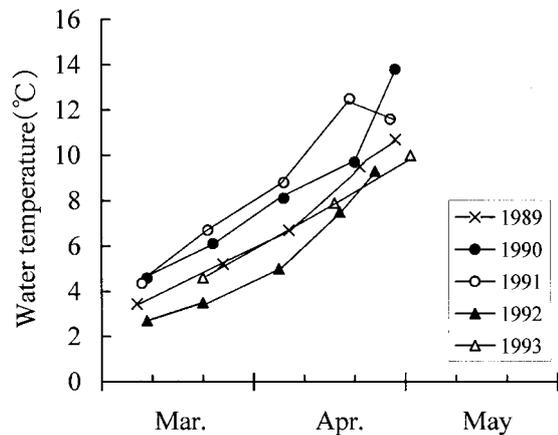


Fig. 4. Annual changes of the mean water temperature of 10m depth at all sampling stations for each cruise.

別に採集した尾身らによると、幼生は6月下旬~7月上旬には稚ガニになって浮遊生活を終え、底生生活にはいると考えられている<sup>11)</sup>。今回の結果からケガニのメガロバ期幼生の出現盛期は、5月下旬~6月中旬であり、飼育実験から推定されているメガロバ期の所要日数が4週間以上である<sup>23)</sup>ことと合わせると、ケガニの幼生が着底

の盛期をむかえる時期は6月中旬～7月上旬以降と考えられる。この結果は先の尾身らの観察とほぼ一致する。

### 3. ケガニ幼生とクリガニ属幼生の出現時期の比較

航海のケガニとクリガニ属のステージ組成をみると、出現頻度の最も高いステージが一致しなかったのは29航海中11航海あり、そのうち8航海においてケガニの最頻ステージはクリガニ属の最頻ステージより若かった (Fig. 2)。そこで、航海毎にケガニとクリガニ属のステージ組成の平均値を求め、その差を検定したところ有意な差が認められた ( $P < 0.01$ )。その結果、ケガニの組成はクリガニ属の組成に比べて若いステージが多く、平均値差は0.28ステージ (95%信頼区間は0.11～0.44ステージ)であった。このことからケガニの孵化時期がクリガニ属より早いことと、ケガニの各ステージの所要日数がクリガニ属より長いことが考えられる。しかし、各ステージの所要日数はクリガニ属の方が若いステージでケガニより長いいため、孵化時期の影響の方が大きいものと推測される。

4. 出現時期の年変動 これまでは観測した1989～1995年のデータを一括して、出現盛期や所要日数を検討してきた。しかし、同様の時期に採集しても年によってステージ組成が異なることがある (Fig. 2)。これは年による孵化時期の遅速、孵化時期が同じでもその後の成長速度の遅速、異なったステージ組成の個体が調査海域外から移入すること等によって起こるものと考えられる。ただし、年によるステージ組成の変化はケガニとクリガニ属で同じ傾向を示していることから、共通の要因が考えられる。また、ケガニ、クリガニ属ともに出現盛期は、旬が進むにしたがい順に次のステージに進む傾向がみられ、異なったステージの移入は、あったとしても大きいものではないものと考えられる。尾身らはケガニの幼生を飼育し、飼育水温が高いほど脱皮間隔が短くなり、脱皮成長が早まることを確かめている<sup>15)</sup>。そこで航海毎の深度10mにおける幼生採集地点の平均水温を年別に比較すると、1992年の平均水温は他の年に比べ常に低く推移した。また、1992年のケガニ、クリガニ属幼生の各採集時期におけるステージ組成は、他の年の組成に比べ若いステージの頻度が高かった (Fig. 2)。したがって、水温の低い年には孵化盛期の遅れや脱皮成長の緩やかなことが考えられる。今後、噴火湾周辺海域におけるケガニ、クリガニ属幼生の出現盛期を予測する際には、水温の影響を考慮することで、精度の向上がはかれるものと考えられる。

## 要 約

1989～1995年に噴火湾周辺海域においてケガニおよびクリガニ属幼生を採集し、ステージ毎の出現盛期を検討した。

1. ケガニの出現盛期は、ゾエア 期は3月中旬～4月上旬、ゾエア 期は4月上旬～4月下旬、ゾエア 期は4月上旬～5月中旬、ゾエア 期は4月下旬～5月中旬、ゾエア 期は5月上旬～5月下旬、メガロバ期は5月下旬～6月中旬と推定された。

また、クリガニ属の出現盛期は、ゾエア 期は3月中旬、ゾエア 期は4月上旬～4月下旬、ゾエア 期は4月中旬～5月中旬、ゾエア 期は4月下旬～5月上旬、ゾエア 期は5月上旬～5月下旬、メガロバ期は5月上旬～6月中旬と推定された。

2. ケガニ幼生の各ステージの所要日数は、ゾエア 期では約20日間、ゾエア 期、期、期では約10日間、ゾエア 期では約20日間と考えられた。また、クリガニ属幼生の所要日数は、ゾエア 期では約30日間、ゾエア 期と期は約15日間、ゾエア 期は10日間以下、ゾエア 期は約10日間と考えられた。

3. ケガニの孵化盛期は、遅くとも2月下旬～3月中旬と考えられ、着底の盛期は6月中旬～7月上旬以降と推測された。

4. 各航海において採集されたケガニの組成はクリガニ属の組成に比べて若いステージが多く、この差は孵化時期の違いによるものと考えられた。

5. 幼生の出現時期には年変動がみられ、水温の低い年には孵化時期の遅れや脱皮成長の緩やかなことが考えられた。

## 謝 辞

幼生の採集にご協力いただいた函館水産試験場試験調査船金星丸の乗組員の皆様に感謝申しあげる。

## 文 献

- 1) 日本栽培漁業協会：平成5年度特定魚種漁場整備開発事業 (ケガニ) 調査報告書 .1993 A4P .
- 2) 丸川久俊, 全 炳哲：おおくりがに *Erimacrus isenbeckii* (Brandt) の Larval stage について . 楽水会誌 28(6), 11(1933) .
- 3) 土門 隆：宗谷, 網走沿岸沖合いのケガニについて . 北水試月報 21(6), 3 15(1964) .
- 4) 阿部晃治：道東太平洋沿岸における各種幼稚仔類について(1) . 北水試月報 25(7), 14 30(1968) .
- 5) 竹内 勇：北海道北東部および東部海域におけるオオクリガニおよびズワイガニ幼生の分布について . 北

- 水研報告 35 20 43(1969).
- 6) 阿部晃治：道東近海におけるけがにの初期生活．水産海洋研究会報 31,14 19(1977).
- 7) 佐野満廣，高橋 忠：オホーツク海におけるけがに浮遊幼生の分布と出現状況について．昭和59年度北海道けがに研究会議事録．(謄写版)(1984).
- 8) 佐々木潤：ケガニ浮遊幼生調査．平成8年度北海道立網走水産試験場事業報告書 60 82(1998).
- 9) 尾身東美，山下幸悦：甲殻類種苗培養技術開発試験 3ケガニ．昭和54年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書 58 67(1980).
- 10) 尾身東美，山下幸悦：甲殻類種苗培養技術開発試験 2ケガニ．昭和55年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書 27 36(1981).
- 11) 尾身東美，山下幸悦：甲殻類種苗培養技術開発試験 3ケガニ．昭和56年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書 32 38(1982).
- 12) 丸 邦義，山下幸悦：甲殻類種苗培養技術開発試験 2ケガニ．昭和59年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書 8 13(1985).
- 13) 倉田 博：北海道産十脚甲殻類の幼生期 クリガニ科3種．北水研報告 27,13 24(1963).
- 14) 高柳志朗，宇藤 均，依田 孝，上田吉幸：噴火湾のケガニ浮遊幼生の分布．北水試研報 55,(印刷中)(1999).
- 15) 尾身東美，山下幸悦：甲殻類種苗培養技術開発試験 2ケガニ．昭和48年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書 60 68(1973).
- 16) 尾身東美，山下幸悦：甲殻類種苗培養技術開発試験 2ケガニ．昭和49年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書 45 50(1974).
- 17) 尾身東美，山下幸悦：甲殻類種苗培養技術開発試験 3ケガニ．昭和50年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書 64 78(1975).
- 18) 尾身東美，山下幸悦：甲殻類種苗培養技術開発試験 2ケガニ．昭和51年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書 54 70(1976).
- 19) 尾身東美，山下幸悦：甲殻類種苗培養技術開発試験 3ケガニ．昭和52年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書 54 62(1978).
- 20) Sasaki, J. and Y. Mihara : Early larval stages of the hair crab *Erimacrus isenbeckii* (Brandt) (Brachyura : Atelecyclidae), with special reference to its hatching process. *Journal of Crustacean Biology*. 13(3) 511 522 (1993).
- 21) 上田吉幸：ケガニ幼生放出数の日変化．北水試研報 51 83 87(1997).
- 22) Abe, K. : Important crabs resources inhabiting Hokkaido waters. *Mar. Behav. Physiol.* 21,153 183 (1992).
- 23) 日本栽培漁業協会：日本栽培漁業協会事業年報．昭和57年度 232 242(1983).



# 室内飼育によるケガニおよびクリガニの稚ガニの成長

水島 敏博 \*

Growth of juveniles of two species of Atelecyclidae, *Erimacrus isenbeckii* (Brandt) and *Telmessus cheiragonus* (Tilesius) (Decapoda, Brachyura) reared in the laboratory

Toshihiro MIZUSHIMA \*

Rearing experiments were carried out to estimate the growth during this juvenile stages of *Erimacrus isenbeckii* and *Telmessus cheiragonus*.

The relationship between the number of stages (N) and carapace length (L, mm) is applicable to the Brooks formula and can be expressed by the following exponential curve.

$$L = 4.154 \cdot 0.261^N \text{ for } E. \text{ isenbeckii}$$

$$L = 2.883 \cdot 0.248^N \text{ for } T. \text{ cheiragonus}$$

*E. isenbeckii* required 19-20 days and *T. cheiragonus* required 13-18 days to grow from juvenile instar 1 to 4, respectively.

In relative growth of carapace length/carapace width, *T. cheiragonus* is smaller than *E. isenbeckii* after the second juvenile stage, and it is possible to distinguished between the two species by their relative growth.

キーワード：ケガニ，クリガニ，稚ガニの成長，相対成長

## まえがき

ケガニ *Erimacrus isenbeckii* (Brandt) は北海道でも最も重要な漁業資源の一つである。クリガニ *Telmessus cheiragonus* (Tilesius) はケガニと同じクリガニ亜科に属する近縁種であるものの、道東や道南の一部で漁獲されているのみで漁獲量は少ない。これまでケガニの幼生期の成長については、倉田<sup>1)</sup> のゾエア～メガロバ期、尾身<sup>2)</sup> の稚ガニ二期、阿部<sup>3)</sup> の天然の稚ガニ等の報告がある。

また、クリガニに関しては、倉田<sup>1)</sup> の幼生期、尾身<sup>2)</sup> の稚ガニ二期の形態に関する報告がされているものの、クリガニの稚ガニ期の成長に関してはほとんど知見がない。

そこで、クリガニの稚ガニ期の成長の解明とケガニとの成長を比較するため、北海道南部の噴火湾において、両種の天然メガロバ幼生を同時に採集し、室内で稚ガニ4齢(クリガニは5齢)まで飼育した。ここでは稚ガニ期の成長を体サイズと齢期の長さから比較する。

## 材料及び方法

飼育試験に用いたケガニおよびクリガニのメガロバ幼

生は、1987年の5月下旬に噴火湾の砂原沖において、丸稚ネット(口径130cm 網目、GG54)により表層を曳網し、採集したものである。両種の天然メガロバ幼生を倉田<sup>1)</sup> の記載によるサイズおよび形態から判別した後、道立栽培センターに持ち帰り飼育に供した。両種のメガロバから6月初旬に稚ガニに脱皮したものをスチロール水槽、たて350×よこ200×高さ245(mm)に各々10個体入れた。水温は12～13(平均水温、12.3)に設定し、4齢稚ガニに達するまで止水で飼育した。飼育中の餌は毎日冷凍オキアミを解凍し、適宜与えた。各齢期の甲長と甲幅は脱皮殻を万能投影機で計測し求めた。なお、脱皮による成長率は以下の式によって求めた。

$$\text{成長率(\%)} = (L_{n+1} - L_n / L_n) \times 100$$

ただし、 $L_n$ はある齢期の甲長を示す。

また、稚ガニの齢期と甲長の関係は、甲殻類の幼生の成長に一般的なBrooksの法則に当てはめて、次式で表した。

$$L = a \cdot b^N$$

ここで、 $L$ は甲長(mm)を、 $N$ は稚ガニの齢期を表わす。

報文番号 A 294 (1999年2月25日受理)

\* 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555 Japan)

結果と考察

成長 ケガニおよびクリガニのメガロバ幼生と4齢稚ガニまでの両者の齢期と甲長の関係を Fig.1に示した。

ケガニのメガロバ幼生の甲長は  $4.69 \pm 0.10$  (平均 ± 標準偏差, 単位はmm, 以下略), 1齢稚ガニ,  $5.39 \pm 0.12$ , 2齢稚ガニ,  $7.01 \pm 0.19$ , 4齢では11.8に達した。脱皮による成長率は平均30%前後であった。

ケガニの1齢から4齢までの齢期(N)と甲長(mm)の関係は次式のように表せた。

$$L = 4.154 \cdot 0.261^N$$

$$(N = 4, R^2 = 0.998)$$

一方, クリガニのメガロバ幼生の甲長は  $3.12 \pm 0.09$  (平均 ± 標準偏差, 単位は mm, 1齢稚ガニは  $3.71 \pm 0.07$ , 2齢稚ガニは  $4.65 \pm 0.18$ , 4齢では  $7.70 \pm 0.18$  であり, 成長式は以下ようになった。

$$L = 2.883 \cdot 0.243^N$$

$$(N = 4, R^2 = 0.998)$$

1回の脱皮による成長量は25~28%でケガニの方が大きいことから, 齢期が進む毎にクリガニとの甲長のサイズの差は大きくなる傾向が見られた。

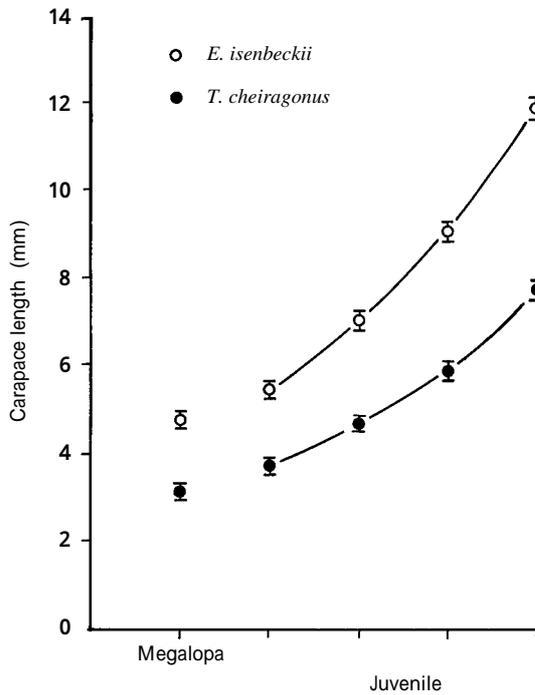


Fig. 1. Growth in carapace length of megalopa and juvenile. Each bar indicates the standard deviation. Growth curves are expressed as  $L = 4.154e^{0.261N}$  for *E. isenbeckii*, and  $L = 2.883e^{0.243N}$  for *T. cheiragonus*, respectively.

ケガニの稚ガニの背甲はクリガニにくらべて縦長の形態をしている。両者の各齢期の甲長と甲幅の相対比の変化を Fig.2に示した。稚ガニの1齢では両者とも1.3前後でほとんど差が見られない。しかし2齢以降になると, クリガニの相対比が小さくなり, 4齢では1.01と甲長と甲幅とがほぼ同長となった。一方, ケガニの4齢は1.14と甲長側が長く, 相対成長では両者に明瞭な差異がみられた。

クリガニとケガニの稚ガニ期の形態について, 尾身<sup>2)</sup>は額域の頭角数と甲殻後側縁の棘数により明確に区分している。今回の結果から相対成長によっても区別が可能であることが明らかになった。

稚ガニの齢期間所要日数 両種のそれぞれの稚ガニ期の各齢期への所要日数を Fig.3に示した。ここでは各齢期に達した個体が過半数を占めた日を平均到達日とした。ケガニは1齢から4齢まで, 各齢期間の所要日数は19~20日であった。クリガニは1齢から3齢まではそれぞれ13~15日であり, 4~5齢はやや長く17日であった。いずれの齢期ともクリガニの方が6日程度短く, ケガニが4齢に達した時点ではクリガニは5齢になっており, 60日間で1齢の差異が生じた。

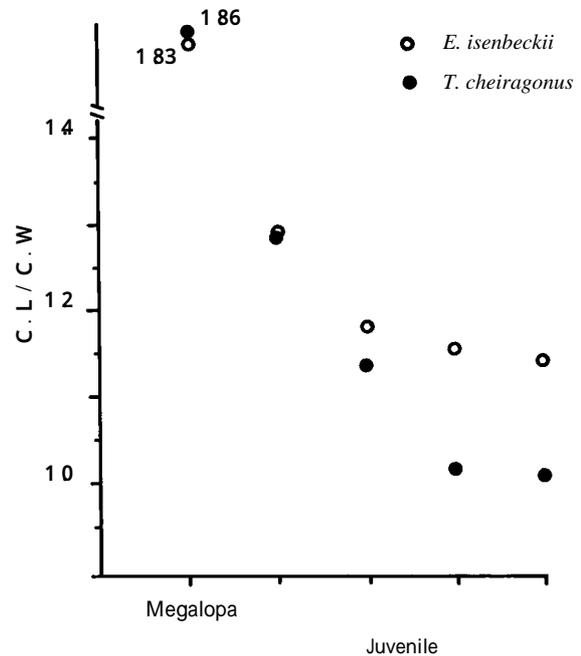


Fig. 2. Relative growth in carapace length / carapace width for each instar.

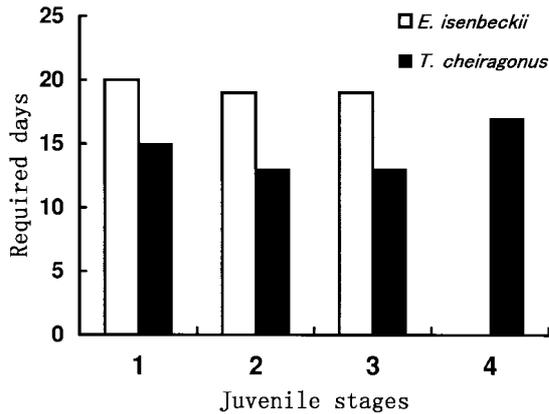


Fig. 3. The number of days required each juvenile instar.

なお、ケガニの稚ガニのサイズについては尾身<sup>2)</sup>の報告よりも若干大きい、阿部<sup>3)</sup>の天然稚ガニよりは小さい値となっている。なお、クリガニについてはこれまで天然での成長に関する知見がなく、今後の研究が待たれる。

#### 要 約

噴火湾のケガニとクリガニのメガロパ天然幼生を採集し、室内において水温12℃で60日間飼育し、成長について次の結果を得た。

1. ケガニおよびクリガニの稚ガニ1齢から4齢までの各齢期(N)と甲長(L, mm)甲長の関係は、それぞれ指数曲線的な成長式で示された。

$$L = 4.154 \cdot 0.261^N \quad (R^2 = 0.998) : \text{ケガニ}$$

$$L = 2.883 \cdot 0.243^N \quad (R^2 = 0.998) : \text{クリガニ}$$

2. ケガニとクリガニの稚ガニ1～3齢での齢期間所要日数はケガニでは19～20日、クリガニでは14日前後でクリガニが6日前後短かった。

3. クリガニとケガニのそれぞれの甲長と甲幅の相対成長は、稚ガニ2齢以降はクリガニの相対比が小さくなり、ケガニとの識別が可能である。

#### 謝 辞

本報告をまとめるに当たり、天然メガロパの採集にご協力をいただいた砂原町水産課の各位に感謝の意を表します。

#### 文 献

- 1) 倉田 博:北海道産十脚甲殻類の幼生期1クリガニ科3種. 北水研報. 27, 13-24(1963).
- 2) 尾身東美:ケガニ天然幼生の飼育. 北水試月報 28 2-7(1971).
- 3) 阿部晃治:ケガニの脱皮回数と成長について. 日水

誌. 48, 157-163(1982).

- 4) 尾身東美:ケガニの稚ガニ二期における形態と近縁種クリガニの差異. かに類養殖技術開発企業化試験経過報告 水産庁(1971).



# 噴火湾におけるケガニおよびクリガニ稚ガニの分布

宇藤 均<sup>\*1</sup>, 高柳 志朗<sup>\*1</sup>, 上田 吉幸<sup>\*2</sup>

Distribution of juvenile Atelecyclid crabs, *Erimacrus isenbeckii* (BRANDT) and *Telmessus cheiragonus* (TILESIIUS) in Funka Bay, southern Hokkaido

Hitoshi UTOH<sup>\*1</sup>, Shiro TAKAYANAGI<sup>\*1</sup> and Yoshiyuki UEDA<sup>\*2</sup>.

Distribution of juvenile Atelecyclid crabs, *Erimacrus isenbeckii* and *Telmessus cheiragonus*, was investigated by dredging with a dragnet in Funka Bay during August to October in 1988, 1989 and 1991. Juveniles of both species were found abundantly in the eastern and southern parts of the Bay, while only a few or none in the inner and western parts of the Bay. In the eastern part, *E. isenbeckii* distributed on the bank which extends to the offshore, while *T. cheiragonus* tended to be limited to the coastal region. In the southern part, the sea bottom slopes down steeply, and both species were limited to the coastal region. *Erimacrus isenbeckii* were found at depths from 10 to 80 meters, while *Telmessus cheiragonus* were found mainly at depths from 10 to 50 meters. They were rarely found in sediments with a mud-content of more than 50%.

キーワード : ケガニ, クリガニ, 稚ガニ, 噴火湾, 分布, 底質

## まえがき

噴火湾周辺海域におけるケガニの漁獲量は近年減少が著しく,1989年以降は200トン前後の低水準で推移している。このため,漁獲サイズや漁獲努力量の制限などの資源管理策がとられるとともに,資源回復への積極的方法として種苗放流が試験的に実施されている<sup>1)</sup>。しかし,種苗放流の実施に必要な天然稚ガニの生態や生育場に関する知見は少なく,北海道東部太平洋海域における阿部<sup>2)</sup>,鳥澤<sup>3)</sup>および佐々木他<sup>4,5)</sup>の報告があるに過ぎない。本研究では噴火湾内で初めて,ケガニおよびクリガニ稚ガニの分布および底質などに関する調査を実施したので,その結果を報告する。

## 材料及び方法

調査の実施時期はメガロバ期幼生の出現時期から判断して稚ガニへの変態が終了するとみなされる8月以降とした。1988年は8月2日から9月21日の間,1989年は9月5日から10月2日の間,1991年は9月17日から10月30日の間である。調査点数は1988年が32点,1989,1991年がそれぞれ64点である。調査は主に沿岸漁業協同組合所属の漁船(10トン未満)を用いて実施したが,1989,91年の沖合の11点

については北海道立函館水産試験場所属試験調査船金星丸(69.0トン)を用いて実施した。

稚ガニの採集には, Fig. 1に示す桁網を用いた。なお,当初の網地は目合7.6 mmのテトロンラッセル網を使用していたが,泥はけが悪いことから1989年には網地をナイロンモジ網に変え,前部2.5mを目合10.6 mm,中央部3mを目合8.6 mm,後部2mを目合4.8 mmとした。1991年には更に改良を加えて海底基質の掘削および掘削物入網の効率化を図った<sup>6)</sup>。曳網は各調査点で一回,以下に示

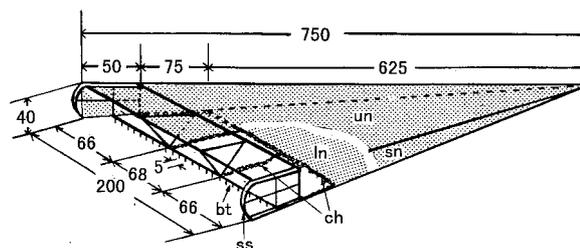


Fig. 1. Schematic diagram showing the dragnet used for this survey (mm). Abbreviations: bt; beam with teeth, ss; stainless steel sledge, ch; chain, ln; lower net (7.6mm mesh), un; upper net (7.6mm mesh), sn; side net (7.6mm mesh).

報文番号 A 295 (1999年2月 25日 受理)

\*1 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Experimental Station, Hamanaka-cho, Yoichi, Hokkaido, 046-8555, Japan)

\*2 北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muran Branch, Hokkaido Hakodate Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido, 051-0013, Japan)

すいずれかの方法で実施した。1) 桁網を船上から投入後水深および曳網距離を考慮して任意に船を移動してアンカーで係留したのち、桁側のロープを毎分約10 mの速度で巻き上げた。なお、桁側のロープには曳網距離の計測用として5m間隔の目印を付けた。2) 桁網投網後船速毎分約35 mで曳網した。曳網距離は1の曳網方法では巻き上げたロープの長さによって求めた。2)の曳網方法では船速と曳網時間から算出したが、1991年には日本無線社製GPSも使用した。この場合、曳網開始と同時に自船位置をプロット、数分後の曳網終了時に再び自船位置をプロットして移動距離を出力した。なお、曳網距離は調査点の底質や底棲生物の入網状況によって異なり、主に20~100mであった。

採集物を船上にて選別後、選別された稚ガニを10%ホルマリン水溶液で固定して持ち帰り、後日種の査定および甲長の測定を行った。種の査定は、尾身<sup>7)</sup>に従った。なお、本研究で用いた資料は前年発生群と区別するため、甲長20 mm未満の個体に関するものとした。主に甲長7~10 mmの第2,3齢期の稚ガニ<sup>8)</sup>、総計ケガニ73個体、クリガニ247個体である (Table 1, Fig. 2)。

稚ガニの採集と平行して、アレックス社製メモリーSTDを用いて底層までの水温、塩分を測定した。また、1988, 89年には一部の調査点を除き、スミス・マッキンタイヤ型採泥器 (採泥面積0.05 m<sup>2</sup>) により海底基質を採取した。採取した試料は持ち帰って生物やごみなどを取り除いた後、ウエントワースの粒径区分にしたがい、乾式によって粒度別重量組成を求めた。

## 結 果

年別および水深別の調査点数, 採捕地点数, 採捕総個体数, 採捕地点の曳網100m当たり採捕数の平均および海底近くの水温範囲を Table1に示した。稚ガニの採捕地点は1988, 89年には総調査点の20%以上を占めたが, 1991年

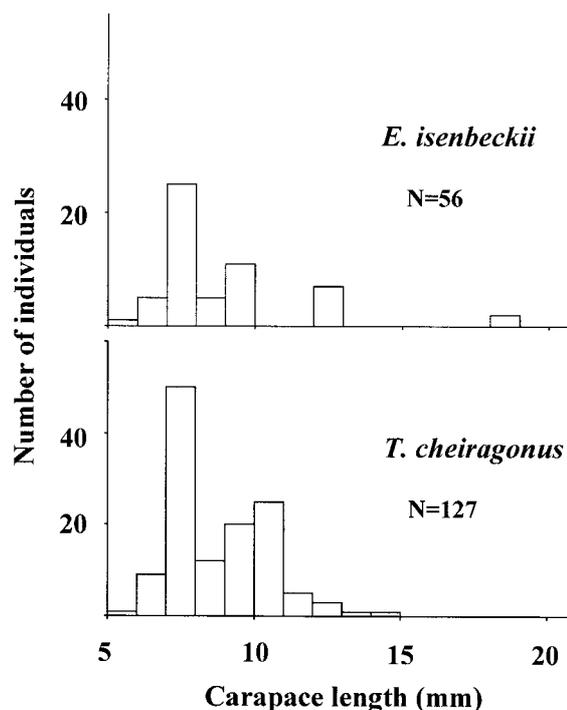


Fig. 2. Frequency distributions of carapace length for juvenile *Erimacrus isenbeckii* and *Telmessus cheiragonus* collected by dragnet from Funka Bay during August to October in 1988 and 1989.

Table 1. Summary data of the catch in this study.

Year	Depth	No. of stations	<i>E. isenbeckii</i>			<i>T. cheiragonus</i>				
			No. of stns with catch	No. of catch	Mean catch <sup>*1</sup>	Temperature range(°C) <sup>*2</sup>	No. of stns with catch	No. of catch	Mean catch <sup>*1</sup>	Temperature range(°C) <sup>*2</sup>
1988		32	8	19	6.8	9.9-16.9	7	51	7.7	15.8-18.2
1989		64	13	43	6.2	8.1-18.2	13	194	10.9	8.2-19.7
1991		64	7	11	3.1	6.1-16.4	1	2	5.0	6.1
	0-9m	1	0	0	0.0	-	0	0	0.0	-
	10-19m	22	2	3	4.5	16.9	7	20	4.1	15.8-19.7
	20-29m	20	7	17	6.6	13.0-18.2	5	11	5.0	13.0-18.0
	30-39m	19	5	7	2.7	10.2-16.4	4	136	23.6	10.2-16.7
	40-49m	32	3	6	6.2	9.9-14.9	2	76	24.5	9.5-11.1
	50-59m	27	3	7	8.9	10.5-11.8	0	0	0.0	-
	60-69m	20	6	29	5.6	7.7-11.8	2	2	1.9	8.2-9.0
	70-79m	8	1	3	7.5	6.1	1	2	5.0	6.1
	80-89m	10	1	1	2.0	8.1	0	0	0.0	-
	90-99m	1	0	0	0.0	-	0	0	0.0	-

\*1 Mean number of juvenile collected per 100m haul by a dragnet for the stations with catch.

\*2 Ranges of bottom temperature at the stations with catch.

には11%と少なかった。また、両種の稚ガニ採捕総数、採捕地点の曳網100 m 当たり採捕数の平均も1991年は1988、'89年に比べて少なかった。

ケガニおよびクリガニの調査点毎の曳網100 m 当たりの稚ガニ採捕数を、それぞれ Fig. 3 A に示した。年によ

る採集地点や採捕数の相違があるが、ケガニは湾東部海域では水深10m~70mにかけての海底段丘上に広く分布し、水深帯や地域による大きな片寄りは見られなかった (Fig. 3)。一方、湾奥から湾南部湾口にかけての海域では、いずれの年も湾南部の沿岸域に集中した分布を示し

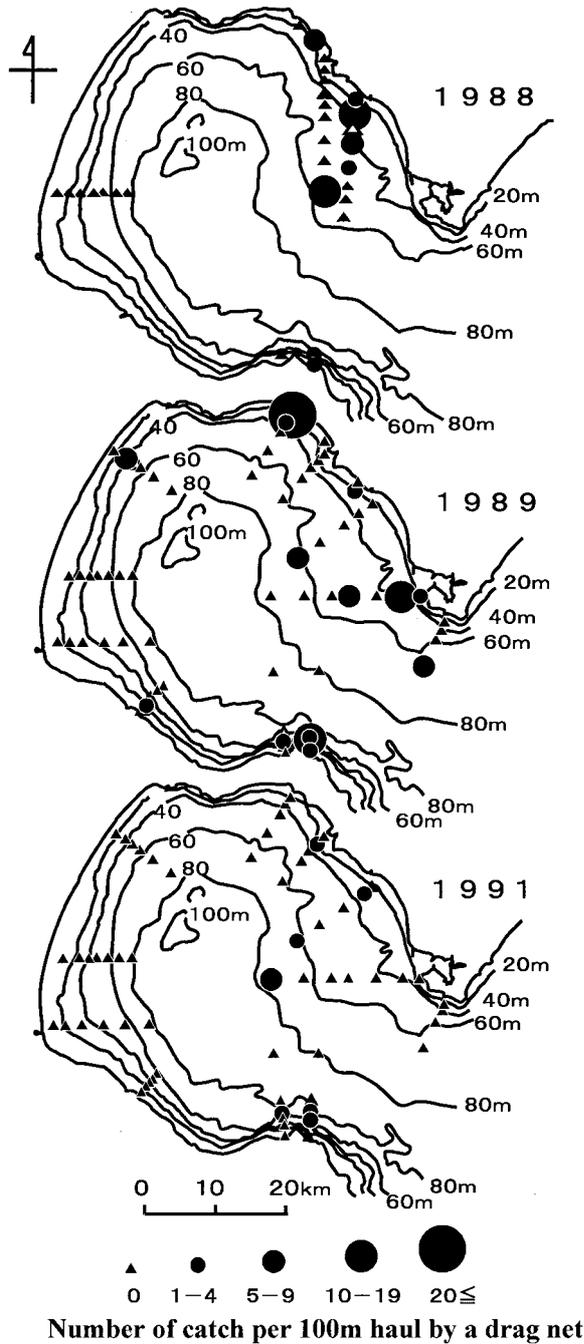


Fig. 3. Distribution of juvenile *Erimacrus isenbeckii* in Funka Bay.

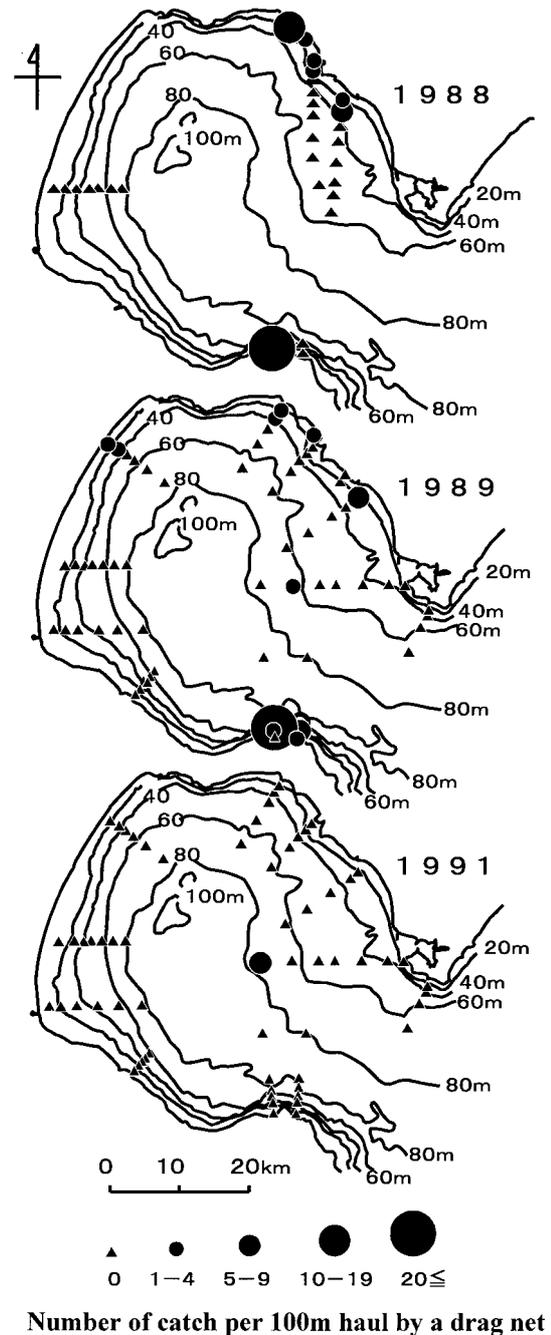


Fig. 4. Distribution of juvenile *Telmessus cheiragonus* in Funka Bay.

ており、湾奥および湾西部海域ではほとんど採捕されていなかった。採捕地点の水深帯は湾奥および湾西部では40m以浅、湾南部では水深20m～80mであった。また、水温範囲は6.1～18.2であった（Table 1）。

クリガニはケガニに比べて採捕地点数が限られており、1991年にはわずかに1地点のみであった（Fig. 4）。1988年と89年をみると、湾奥から湾南部湾口にかけての海域ではケガニと同様に湾南部に集中した分布を示しており、湾奥および湾西部海域での分布は少なかった。湾東部海域ではケガニに比べて海底段丘上や湾口寄りの海域での採捕は少なかった。また、全域的にみても主な分布水深帯は50m以浅であり、ケガニに比べて沿岸に片寄って分布する傾向がうかがえる。採捕地点の水温は6.1～19.7であった（Table 1）。

両種の稚ガニ採捕の有無と底質に占めるシルト・粘土の頻度との関係を Fig. 5 に示した。両種ともに、シルト・粘土が50%以上を占める地点での採捕は14地点中1例と少なかった。ケガニはこれ以外では、どのような粒度組成の地点でも採捕されており、底質と分布に特定の関係は認められなかった。これに対してクリガニの場合は、粒径0.25mm以上の粗粒子成分が40%以上を占める地点での採捕が見られない点で若干異なっていた（Fig. 6）。

### 考 察

北海道東部太平洋において、阿部<sup>2)</sup>は12齢期の稚ガニの生息場所について調べ、砂泥、細砂に生息しているとしている。同じく鳥澤<sup>3)</sup>は地理的分布と海底地形や底質について調べ、特に底質との関連が強いとし、稚ガニはシルト・粘土あるいは礫が50%をこえる地点では採集されず、それ以外ではどのような粒度組成の地点でも採

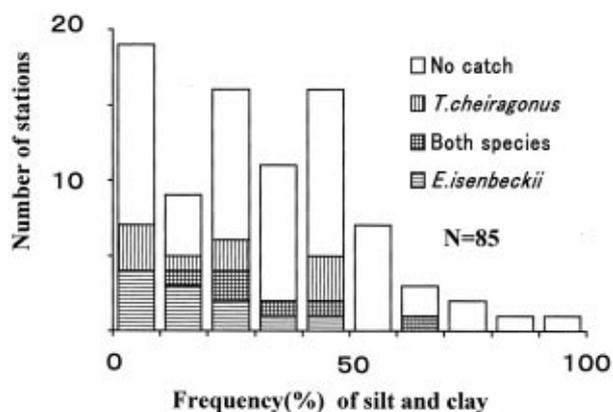


Fig. 5. Histogram of number of stations with no catch, with catch of *T. cheiragonus*, *E. isenbeckii* and both species by the frequency of silt and clay in the bottom sediments.

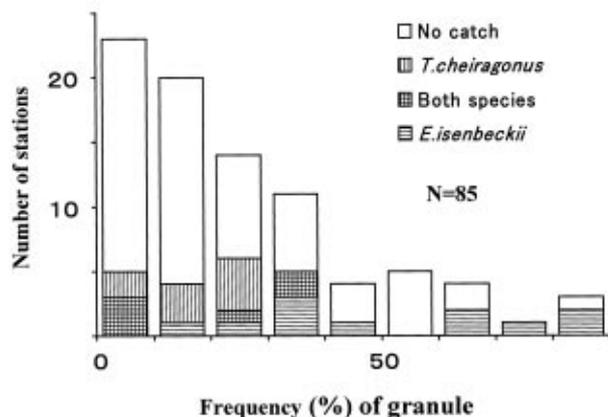


Fig. 6. Histogram of number of stations with no catch, with catch of *T. cheiragonus*, *E. isenbeckii* and both species by the frequency of granule more than a diameter 0.25 mm in the bottom sediments.

集されるが、特に微粒砂を主とした底質に多く分布することを報告している。本研究結果から噴火湾でも、シルト・粘土を主とした地点での採捕例は少なく、これ以外ではいずれの粒度組成の地点でも稚ガニが採集された。湾内の海底地形と底質を概観すると、水深40m以浅と湾口部および湾東部海底段丘上を除いて広くシルト・粘土を主とする底質に覆われている<sup>9)</sup>。ケガニ稚ガニは主に湾口寄りの海域および湾東部海底段丘上に分布していた。従って、噴火湾におけるケガニ稚ガニはシルト・粘土が主体の底質を選別して分布しているようにも思われる。しかし、シルト・粘土成分は湾内に広く分布しており、道東に比べてシルト・粘土の比較的多い底質にも稚ガニが分布していることも噴火湾の特徴と言える。

中島<sup>10)</sup>はケガニ稚ガニの底質選択性に関する室内実験の結果から、細粒砂を主とした底質を選択することを明らかにしたが、同時に、比較した中では最も細かい粒度組成の底質が選択されたとしている。本研究ではケガニの採集された地点が極細粒砂や細粒砂を主とする底質の地点に集中したり、そこでの採捕数が特に多いといった結果は得られなかった。これは、稚ガニの分布が底質によって一義的に決定されていないことを示しているのかも知れない。なお、稚ガニが採捕された海域の底質が複雑で、採泥器によって採取された試料が必ずしも稚ガニの生息していた底質でなかった可能性も否定できない。中島<sup>10)</sup>の実験では微粒砂やシルト・粘土分を主体とした底質は使用されなかった。今後、更に細かな底質の選択性に関する室内実験も必要であろう。これは、シルト・粘土成分の比較的多い噴火湾において、種苗放流の

場所を選定する上でも極めて重要である。

クリガニの分布は若干ケガニと異なっていた。クリガニは中粒砂以上の粒径成分が40%をこえる地点からは採捕されておらず、採捕の少なかった湾東部海底段丘上から湾口にかけての海域が比較的粗い粒度組成の底質で覆われていることと一致している。

稚ガニの分布には、両種とも底質のみならず水の流れや餌、メガロバ期幼生の着底機構など多くの要因が複雑に関係していると考えられる。今後、これらについても明らかにする必要がある。

### 要 約

1988, 89, 91年の8月から10月に北海道南部の噴火湾において、桁網を用いてケガニおよびクリガニの稚ガニの分布を調べた。

両種の稚ガニは主に湾東部海域および湾南部海域にみられ、湾奥および湾西部海域では少なかった。湾東部海域ではケガニは沖に張り出す海底段丘上に広く分布していたが、クリガニは沿岸域に片寄る傾向がみられた。湾南部海域では海底の傾斜がきつく、両種の分布は沿岸に片寄っていた。ケガニは水深10~80mに、クリガニは主に水深10~50mに分布した。両種ともシルト・粘土が50%以上を占める地点では少なかった。

### 謝 辞

宮川洋一元砂原町水産課長はじめ、噴火湾中間育成技術推進連絡協議会の関係者、渡島北部ならびに室蘭地区水産技術普及指導所、北海道立函館水産試験場所属試験船金星丸の方々には、海上調査に多大な協力を頂いた。本研究は、北海道が実施した「ケガニ資源増大技術開発試験」の一環として実施された。北海道立栽培漁業総合センター杉本卓主任研究員および中島幹二研究員、北海道立函館水産試験場渡辺安廣主任研究員および嶋田宏研究員、北海道立中央水産試験場佐々木正義科長、北海道立稚内水産試験場田中伸幸研究員は関連課題の担当者として調査に参加し、本研究に協力と助言を惜しなかった。これらの諸氏に心から感謝する。

### 文 献

- 1) 宇藤 均：ケガニ増殖技術開発の現状．北水試だより .15 ,1-10 (1991) ．
- 2) 阿部晃治：道東近海におけるケガニの初期生活．水産海洋研究会報 31 ,14-19 (1977) ．
- 3) 鳥澤 雅：北海道東部太平洋海域におけるケガニ稚ガニの分布と成長．栽培技研 .15(1) A3-49 (1986) ．
- 4) 佐々木潤，名平 勇：新しい若齢ケガニの採集器具

と採集結果．北水試研報 35 ,29-36 (1990) ．

- 5) 佐々木潤，三宅博哉，本間隆之：水中テレビカメラによる若齢ケガニの観察（短報）．北水試研報 35 ,63-64 (1990) ．
- 6) 宇藤 均，上田吉幸，佐々木正義，田中伸幸，杉本卓，中島幹二：ケガニ資源増大技術開発試験．平成3年度北海道立函館水産試験場事業報告書 226-247 (1993) ．
- 7) 尾身東美：ケガニ天然幼生の飼育．北水試月報 28(5) 2-7 (1971) ．
- 8) 阿部晃治：ケガニの脱皮回数と成長について．日水誌 48(2) ,157-163 (1982) ．
- 9) 大嶋和雄，横田節哉：'3．噴火湾 地質"．日本全国沿岸海洋誌．東京，東海大学出版会 ,1985 ,89-101 ．
- 10) 中島幹二：ケガニ稚ガニ期の底質選択性．北水試研報 38 ,1-7 (1992) ．



# 1991年秋季における噴火湾及び胆振太平洋沿岸域の 雄ケガニの分布特性と海洋構造の関係

佐々木 正義<sup>\*1</sup>, 田中 伸幸<sup>\*2</sup>, 上田 吉幸<sup>\*3</sup>

Relationship between the oceanic structure and distribution of male hair crabs  
*Erimacrus isenbeckii* in the coastal waters of southeastern Hokkaido, fall 1991

Masayoshi SASAKI<sup>\*1</sup>, Nobuyuki TANAKA<sup>\*2</sup> and Yoshiyuki UEDA<sup>\*3</sup>

The relationship between the distribution of male hair crabs and the oceanic structure were investigated in the coastal waters of southeastern Hokkaido from late September to early October, 1991. Adult crabs (50 mm rostral length) occurred primarily offshore where the bottom temperature was between 4 and 10 (approximately 60-80 m depth in Funka Bay, 90-110m depth outside of Funka Bay) whereas juvenile crabs (50 mm > rostral length) occurred primarily nearshore between 9 and 14 (approximately 50-70 m depth in Funka Bay, 60-80 m depth outside Funka Bay). These specific distributions of hair crabs corresponded to distributions of water masses on the bottom. These specific distribution of hair crab seems to be related to differences between adults and juveniles in their adaptation to temperature and the distribution of water masses on the bottom.

キーワード：ケガニ，分布特性，海洋構造

## まえがき

ケガニは北海道の沿岸漁業における重要な資源であり，噴火湾から胆振太平洋沿岸域（室蘭～鶴川までの沿岸域，以後噴火湾も含めて胆振太平洋沿岸域と記す）は，重要なケガニ漁場の一つである。しかし，この海域のケガニ漁業は，1984年に急激な資源の減少のため休漁となり，翌年から許可隻数や操業日数を大幅に減少させ，漁業を再開したものの，1990年，1991年の2年間再び資源減少のため休漁となった。このような経緯は，実施された漁業規制の内容が，十分な生態的知見やこれを基にした資源評価によってなされなかったためと考えられる。したがって，今後，この海域のケガニ資源の維持・増大を図るには，多くの生態を解明し，これを基に資源評価を行い，漁業管理を実施していく必要がある。

この海域のケガニの生態的研究は，1930年代に川上<sup>1)</sup>や

平野<sup>2)</sup>によってなされ，基礎的な知見が得られている。しかし，資源評価や漁業管理を行なうにあたって重要な系統群や漁場形成機構などは，ほとんど明らかにされていない。これらの解明には，この水域のケガニの周年にわたる分布・移動やこれらと海洋構造との関係を把握することが重要であると考えられる。

著者らは，1991年9月下旬～10月上旬に調査を行い，これまでほとんど知見の得られていない秋季の雄ケガニの分布特性を把握し，さらに海洋構造との関係を検討したので報告する。

## 材料及び方法

調査は，1991年9月25日～10月8日に，胆振支庁鶴川沖合から渡島支庁森沖の水域で行った。調査地点は鶴川，苫小牧，白老，虎杖浜，室蘭，登別，伊達，豊浦，長万

報文番号 A 296(1999年2月25日受理)

- \*1 北海道立中央水産試験場(Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Hamanaka-cho, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)
- \*2 北海道立稚内水産試験場(Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station, Suehiro, Wakkanai, Hokkaido 097-0001, Japan)
- \*3 北海道立函館水産試験場室蘭支場(Muroran Branch, Hokkaido Hokodate Fisheries Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051-0013, Japan)

部、森のそれぞれの沖合水域に水深別に5点計50地点を設置した (Fig. 1)。調査地点の水深は室蘭～鶴川までの水域 (以後湾外と記す) では、原則として40m 60m 80m 100m 120m、噴火湾海域 (以後湾内と記す) では40m 50m 60m 70m 80mとしたが、時化等で若干変更したところもあった。調査船には各漁業協同組合所属の漁船を使用し、ケガニの採集は1地点40～50個のケガニ籠を海底に1昼夜設置 (室蘭は時化のため、3昼夜設置) して行った。採集されたケガニは、船上でただちに雄と雌に区分され、雄は1地点最高300尾 (300尾に満たない場合は全数) について脱皮後の回復状況を調べるとともに、甲長を測定し、それ以外のものは計数のみ行った。甲長はノギスにより、額角の中央の切り込みから頭胸甲の後縁中央までの長さを計測した。甲長群の区分は阿部<sup>9)</sup>を参考にし、以下に示す甲長範囲で行った。

- 1) 甲長50mm 未満
- 2) 甲長50mm 以上65mm 未満
- 3) 甲長65mm 以上80mm 未満
- 4) 甲長80mm 以上95mm 未満
- 5) 甲長95mm 以上

海洋観測は任意の定線で STD (ギルド・ライン社製) によって水温・塩分の測定を行ったが、豊浦沖、伊達沖の一部の地点では北原式採水器によって海底直上の海水を採水し、これを船上で棒状温度計によって測温のみ行った。

## 結果

1.1 ケガニの甲長群別水平分布 Figs. 2-a, 2-b に甲長群別の密度分布を示した。甲長50mm 未満群は、湾内では森沖の水深90m や伊達沖の水深50～60m 台、豊浦沖の水深50m 台の地点で10を越えることがみられ、特に伊達沖の50m 台の地点では30を越えていた。しかし、水深50m 以浅や70m 以深の地点では0もしくは5未満が多かった。一方、湾外では室蘭沖の水深80m、登別南方の70m、白老沖の60 80m、鶴川沖の70m の地点で10を越えているが、水深50m 以浅や100m 以深の地点では5未満が多かった。甲長50mm 以上65mm 未満群は、湾内では森沖の水深90m 地点と各沿岸域の水深60～70m 台の地点で50を越えており、その他の水深帯の地点は50未満となっていた。湾外では室蘭北東水域および苫小牧水域の水深60m 台の地点と、残りの水域のほぼ90～100m 台の地点で50を越えており、特に室蘭北東水域、苫小牧沖、鶴川沖の地点では300を越えていた。しかし、その他の地点では50未満となっていた。甲長65mm 以上80mm 未満群は湾内では豊浦沖で50を越える地点がみられたが、その他の地点は50未満となっていた。湾外で各水域ともほぼ水深90～120m の地点で50を越えており、室蘭沖、白老沖を除く水域では、水深90～100m 台の地点で300を越えていたが、これより水深の浅い地点は0もしくは50未満となっていた。甲長80mm 以上95mm 未満群は、湾内では各地点とも50未満もしくは0と全体的に低密度であった。一方、湾外では水深100m もしくはそれ以深にある地点のほと

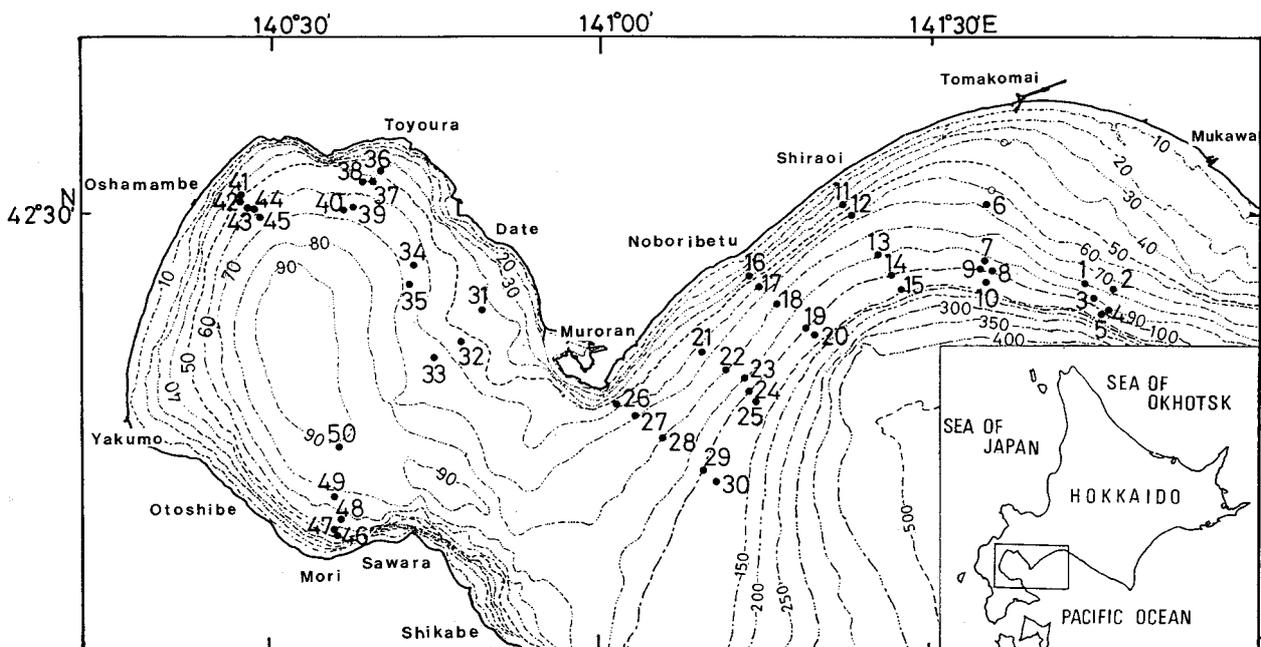


Fig. 1. Map of the coastal waters of southeastern Hokkaido, showing localities and depth contours (m) .

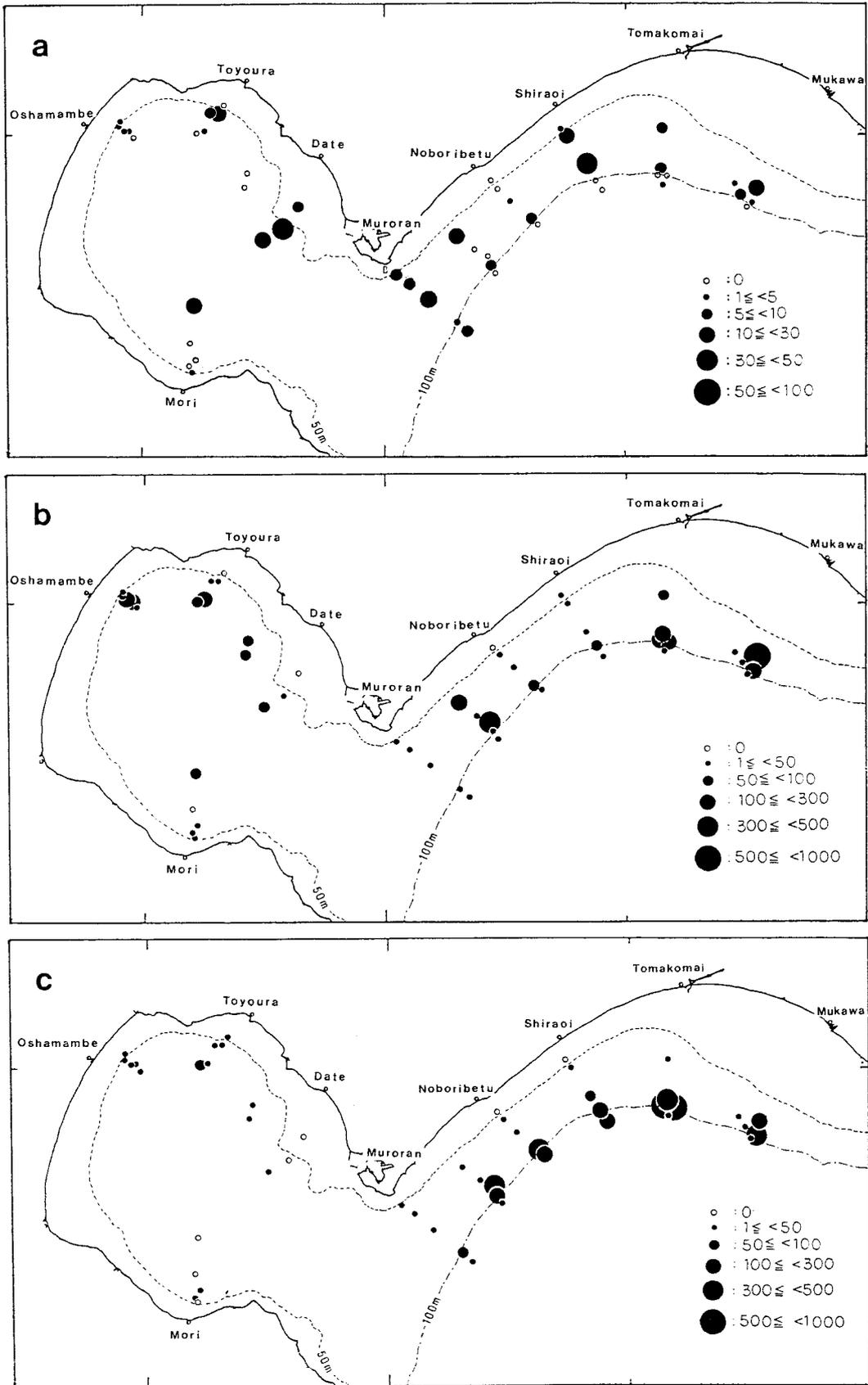


Fig. 2-a. Distributions of male hair crabs of various rostral length ranges from late September to early to October 1991.  
 Circles denote the number captured per 100 pots .  
 a : less than 50mm in carapace length, b : 50-65mm, c : 65-80mm

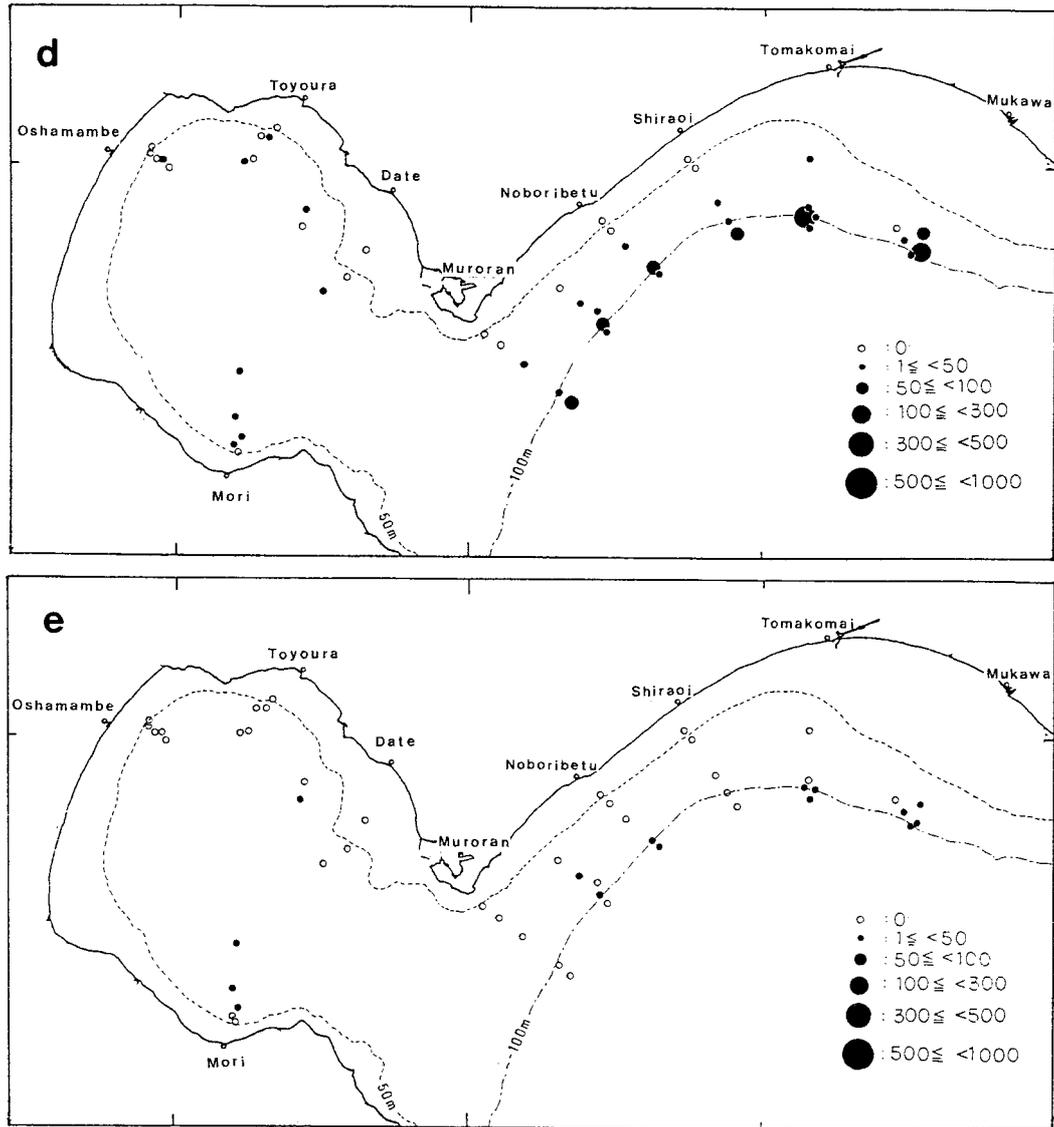


Fig. 2-b. Distributions of male hair crabs of various rostral length ranges from late September to early to October 1991.

Circles denote the number captured per 100 pots .

d : 80-95mm in carapace length, e : more than 95mm

んどで50を越え、特に90~110mにある地点で密度が高いが、これより浅い水域のほとんどの地点では50未満もしくは0となっていた。甲長95mm以上群は各地点とも0であることが多かったが、各水域の沖合域の地点に分布がみられた。以上のように甲長50mm未満群は、湾内では水深50~60m台、湾外では水深60~80m台に、一方甲長50mm以上の各甲長群は、湾内では水深60~70m台、湾外ではほぼ90m~110mの水深域にそれぞれ主要な分布域を形成していた。

1.2 水温と分布密度 海底水温と各甲長群の密度の関係を Fig. 3に示した。ただし、密度が極めて低かった甲長95mm以上の群を除いた。甲長50mm未満群は3

~16台で、ほとんどが10以下で採集されているが、9~14台に20以上が数点みられた。甲長50mm以上65mm未満群および甲長65mm以上80mm未満群は、3台~14台で採集され、ほとんどが100以下であったが、4~9台に200以上の地点がみられ、特に9前後では400以上の地点もみられた。甲長80mm以上95mm未満群は、3~11台で採集され、10以上では0の地点が多く、ほとんどが10以下となっているが、4~9台では50以上の地点が比較的多くみられ、特に9前後で100以上の地点もみられた。

このように、各甲長群の密度は、甲長50mm未満群では水温9~14台で、一方甲長50mm以上の各甲長群で

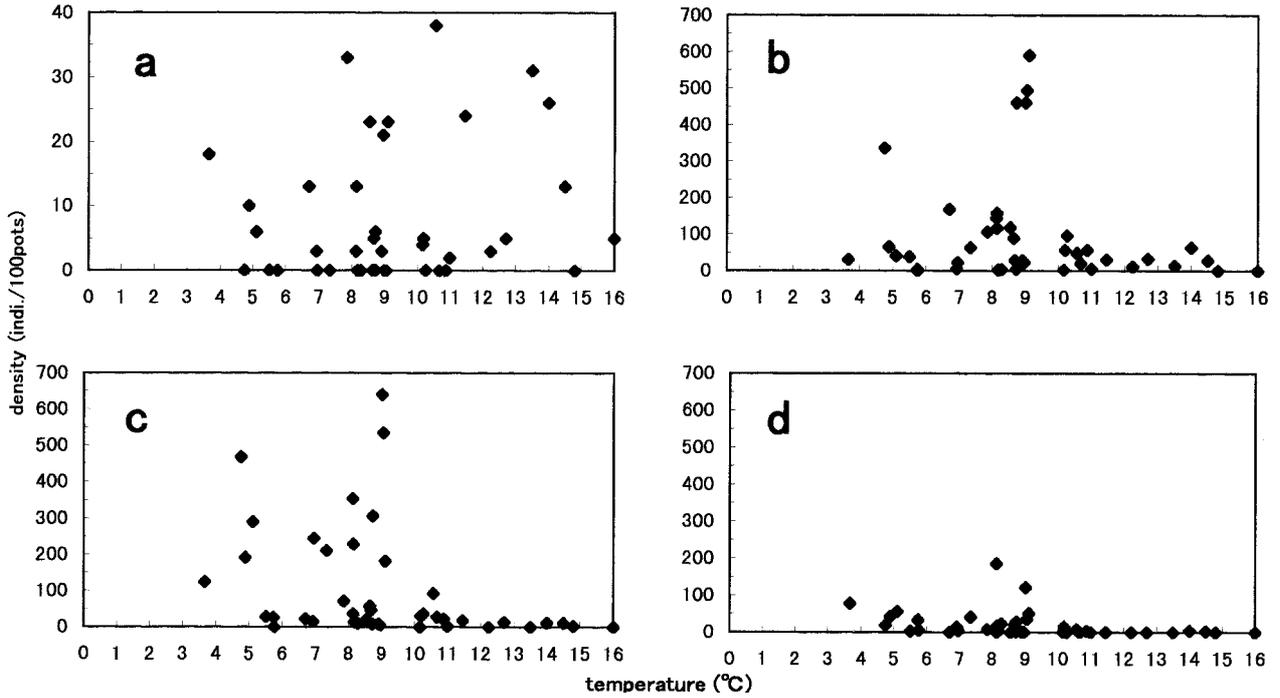


Fig. 3. Relationship between bottom temperature and density (individuals/100 pots) of various size ranges of male hair crabs collected with pots . a : less than 50mm in carapace length, b : 50-65mm, c : 65-80mm, d : 80-95mm,

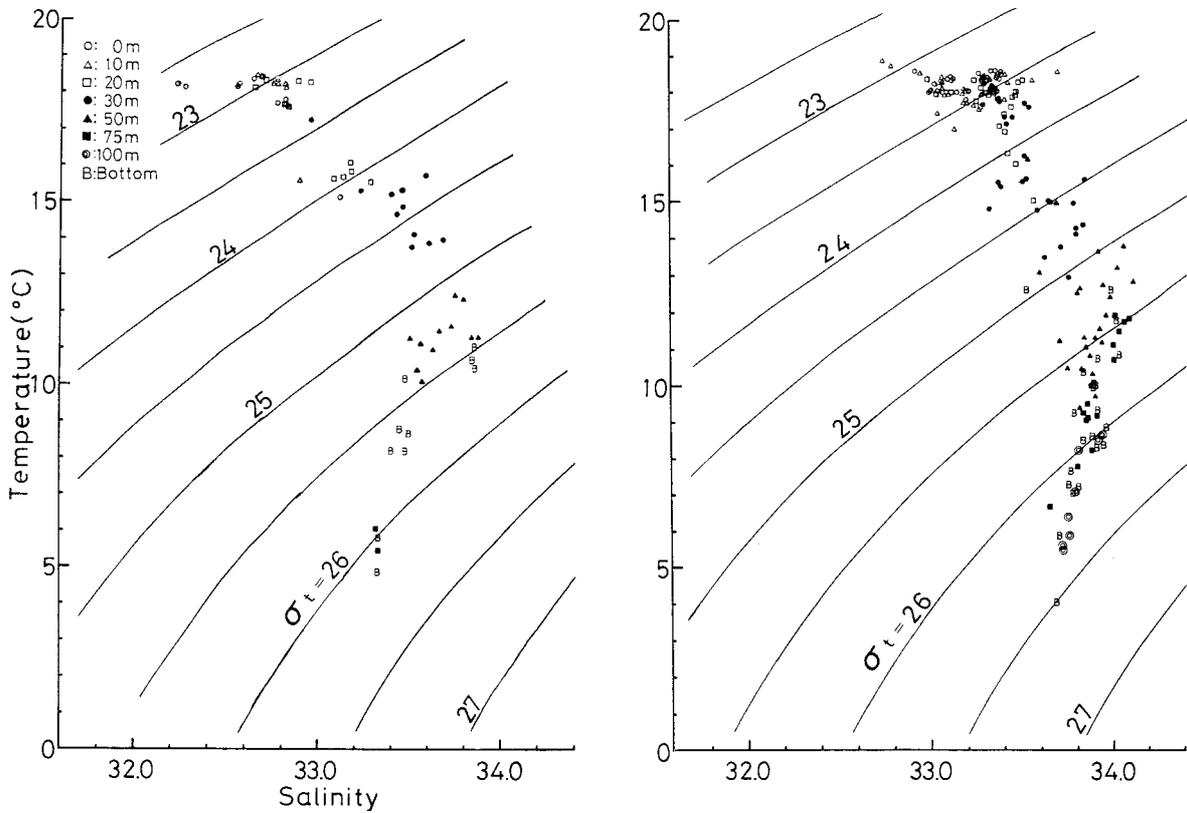


Fig. 4. Temperature-salinity diagrams constructed from collected data .  
Left : in Funka Bay, Right : outside of Funka Bay .

は水温4～9 台で相対的に高かった。

1.3 海底の海洋構造とケガニの分布 海底の水温、塩分の分布を水塊の分布としてとらえるため、水塊区分を行った。水塊の区分にあたっては、噴火湾には冬季から春季にかけて親潮系水、夏季から秋季にかけて津軽暖流水が流入し、これらが湾内に滞留する間に変質して噴火湾特有の水塊が形成される<sup>4,5)</sup>ので、ここでは湾外、湾内に区分してT-Sダイアグラムを作成した(Fig. 4)。湾外では前田<sup>6)</sup>を、湾内では大谷<sup>5)</sup>によって区分された水塊及びその水温、塩分値を参考にすると共に、さらに出現時期<sup>4,8)</sup> 変質過程<sup>4,5,7,8)</sup>を参考にして5つの水塊に区分した。すなわち、湾外では、1)主に50m以深から海底にかけてみられる水温8～13、塩分33.8以上の水塊、2)水深20～30m以浅にみられる水温16以上、塩分32.8～33.5の水塊、3)水温約4、塩分約33.7台の水塊、4)1と2の間にある水塊、5)2と3の中間にみられる水塊、また、湾内では1)水温10～12台、塩分33.8前後の水塊、2)20m以浅にみられる水温17～18、塩分32.2～33.0の水塊、3)海底や海底近くの層にみられる4～6台、塩分33.4前後の水塊、さらに4)1と3の間にある水塊、5)2と3の間にある水塊に区分した。これらのうち、湾内の1)や湾外の1)は津軽暖流水、湾内の2)は大谷<sup>5)</sup>の基準からすると塩分が高いが、出現時期からみて夏季噴火湾水<sup>5)</sup>、湾内の3)は冬季噴火湾水<sup>5)</sup>の変質水、湾外の

2)は親潮系表層水<sup>6)</sup>、湾外の3)は親潮系底層水<sup>6)</sup>であり、これらの中にあるものは各水塊が混合したものと解釈した(Table.1-a, b)。

区分された水塊の海底における分布をFig. 5に示した。津軽暖流水は室蘭沖および登別～苫小牧沖の水深50～100m、室蘭沖噴火湾口～豊浦の水深50～70mに分布している。津軽暖流水と親潮系底層水の混合水は室蘭～苫小牧の水深100m以深の沖合に広く分布するが、室蘭～登別では水深50mまで張り出し、さらにその沖合には親潮系底層水が浅みに向かって張り出している。噴火湾内の冬季噴火湾水は、噴火湾中央部の水深80m以深にみられ、それを取り巻くように冬季噴火湾水と津軽暖流水の混合水が分布している。これらの水塊の分布とケガニの分布の関係をFig. 6に示した。なお、甲長50mm未満群と甲長50mm以上群で高密度地点の水温範囲に相違が認められたことから、ここではこの両群に分けて検討した。甲長50mm未満群の高密度地点は、湾外および湾内ともほぼ津軽暖流水にみられ、その外の水塊内の密度は低かった。一方甲長50mm以上群の高密度地点は、湾外では一部について、津軽暖流水と親潮系深層水の混合水と親潮系深層水の境域でみられるものの、そのほとんどは前記混合水と津軽暖流水の境域にみられ、湾内では津軽暖流水もしくはこれと冬季噴火湾水変質水の混合水の境域にあった。

Table 1-a. Salinity and temperature characteristics for the water masses in Funka Bay from analysis on a temperature-salinity diagram for late September - early October 1991.

Water mass name	Temperature( )	Salinity
Summer Funka Bay Water (Fs)	16	33.0
Tsugaru Warm Water (Tw)	7 < 13	33.8
Transformed water of Winter Funka Bay Water (T.Fw)	< 7	< 33.4
Mixed water with Tw and Fs	13 < 15	33.0 < 33.8
Mixed water with Tw and T.Fw	7 < 11	33.4 < 33.8

Table 1-b. Salinity and temperature characteristics for the water masses outside of Funka Bay from the analysis on a temperature-salinity diagram for late September- early October 1991.

Water mass name	Temperature( )	Salinity
Oyashio surface layer water (Os)	16	33.0
Tsugaru Warm current (Tw)	8 < 13	33.8
Oyashio bottom layer water (Ob)	5	33.7
Mixed water with Tw and Os	13 < 15	33.7 < 33.8
Mixed water with Tw and Ob	7 < 11	33.4

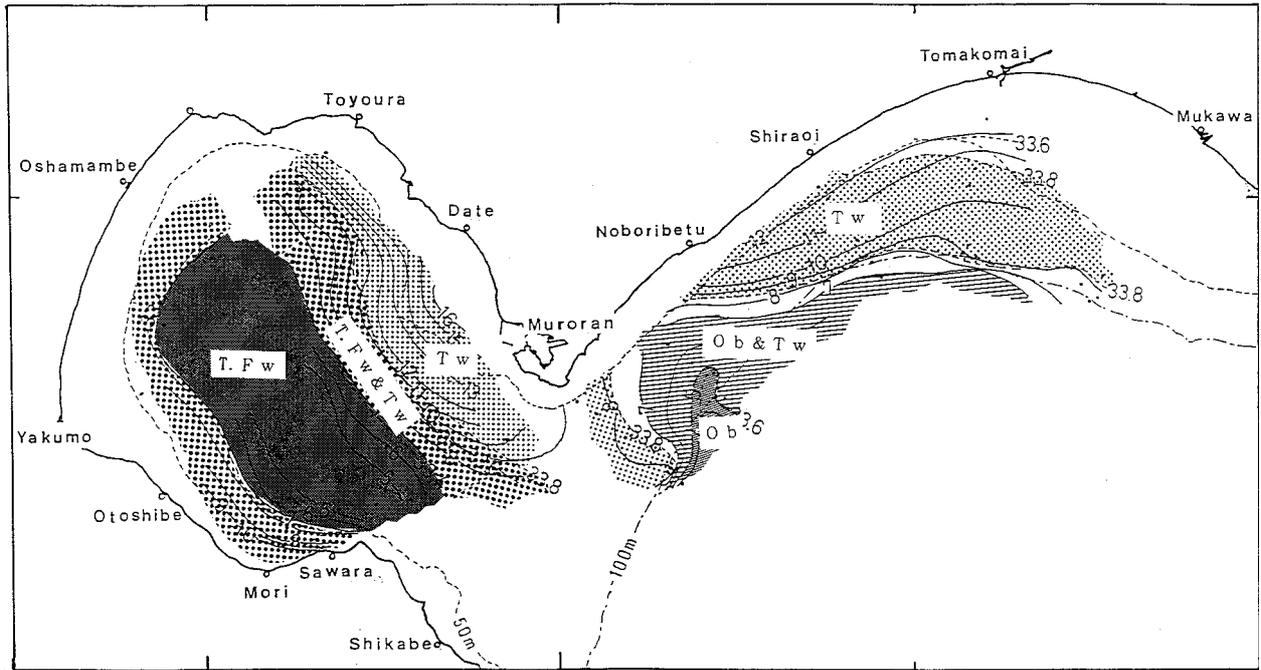


Fig. 5. Distribution of water masses on the sea bottom from late September to early October 1991.  
 Tw : Tsugaru Warm Water, T. Fw : Transformed water of Winter Funka Bay Water , Ob : Oyashio bottom layer water

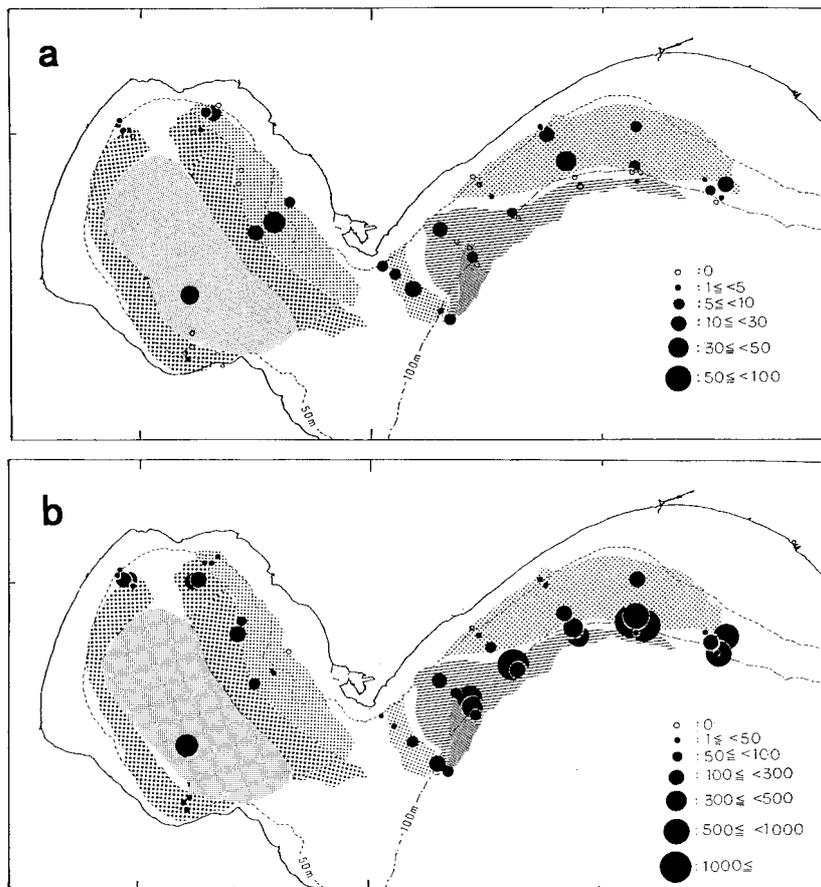


Fig. 6. Distribution of water masses on the sea bottom and male hair crabs .  
 a : less than 50mm in carapace length, b : more than 50mm

## 考 察

本調査において、甲長50mm未満群と甲長50mm以上の各甲長群では主な分布域や生息水温に違いがみられた。すなわち、甲長50mm未満群は、湾内では水深50~60m台、湾外では水深60~80m台に、一方、甲長50mm以上の各甲長群は、湾内では水深60~70m台で、湾外ではおおそ水深90m以上にそれぞれ主要な分布域がみられた(Fig. 2-a,b)。また、甲長50mm未満の密度は水温9~14の範囲内で高く、一方甲長50mm以上の各甲長群の密度は水温10以下、特に水温4~9台で高かった(Fig. 3)。

阿部はケガニの成長定差図において、甲長50mm前後のところに屈折点を見だし、この屈折点は性成熟に達したことによって生じると推察している<sup>3)</sup>。このことから、前述した甲長群間の相違は成体期、未成体期という发育段階の相違といえる。このような未成体群と成体群における分布域の相違は、夏季の北海道十勝沖でもみられ、これは成体ガニが沿岸の高水温を避けて、沖合へ移動するのに対して、未成体ガニはそのまま残っていたことによって生じたと推定されている<sup>9)</sup>。これらのことからケガニの分布を決定する要因の一つとして、发育段階による水温適応の相違すなわち適水温や水温耐性の相違が考えられる。

さらに、この海域に出現する水塊を検討したところ、湾内では津軽暖流水、夏季噴火湾水<sup>5)</sup>、冬季噴火湾水<sup>3)</sup>の変質水、湾外では津軽暖流水、親潮系表層水、親潮系底層水の各水塊に区分され(Fig. 4)、これらの海底直上の水塊配置とケガニの分布に対応が見られた(Fig. 5)。すなわち、未成体の高密度地点のほとんどは、湾外および湾内とも津軽暖流水内で、成体の高密度地点は湾外では主に津軽暖流水と親潮系底層水の混合水と津軽暖流水の境域に、湾内では津軽暖流水とこれと冬季噴火湾水変質水の混合水の境域にあった(Fig. 6)。このことは、津軽暖流水を中心とした海底直上の水塊配置も雄ケガニの分布に影響を与えていたと考えられる。

以上の結果から、1991年秋季における噴火湾及び胆振太平洋沿岸域の甲長50mm未満の未成体と甲長50mm以上の成体の分布の違いは、发育段階による水温適応すなわち適水温や水温耐性の相違とこの時期の海底直上の津軽暖流水を中心とした水塊配置によって引き起こされたと考えられた。

今後は、この海域の周年にわたるケガニの分布・移動を把握するため、冬季~夏季のケガニの分布や海洋構造の関係を明らかにする必要がある。さらに、分布・移動に及ぼす環境要因は、時期の推移に伴うケガニの生態的及び生理的な変化によっても異なると考えられることから、これらについても明らかにしていく必要がある。

## 要 約

1. 秋季における北海道噴火湾及びその周辺水域の雄ケガニの分布と海洋構造の関係を明らかにするため、1991年9月下旬~10月上旬に調査を行った。
2. 甲長50mm未満の未成体は沿岸の水温9~14の水域に、甲長50mm以上の成体はその沖合の水温4~9台の水域に主として分布していた。
3. このケガニの分布は津軽暖流水を中心とした水塊分布と対応していた。
4. これらのことから、このような分布特性は、发育段階による水温適応の相違とこの時期の水塊配置によって引き起こされたと考えられた。

## 謝 辞

本報告をとりまとめるに当たり、標本採集に多大なご協力を頂いた関係漁業協同組合、室蘭地区および渡島東部水産技術指導所並びに胆振支庁水産課の関係各位に感謝の意を表します。また、御校閲と有益なるご助言を賜った前北海道立水産孵化場場長阿部晃治氏に衷心より感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) 川上四郎:毛蟹調査(其1)(昭和9年度). 北水試旬報. 259, 5-16 (1933).
- 2) 平野義見:毛蟹調査(昭和9年度). 北水試旬報. 296, 1-10 (1934).
- 3) 阿部晃治:ケガニの脱皮回数と成長. 日水誌. 48(2), 157-163 (1982).
- 4) 大谷清隆, 秋葉芳雄:噴火湾の海況変動の研究. 湾水の周年変化. 北大水産彙報. 20(4), 303-312 (1970).
- 5) 大谷清隆:噴火湾の海況変動の研究. 噴火湾に流入・滞留する水の特性. 北大水産彙報. 22(1), 58-66 (1971).
- 6) 前田辰昭, 高橋豊美, 上野元一:噴火湾周辺水域におけるスケトウダラの漁場学的研究 - III 海況の季節変化. 日水誌. 45(9), 1137-1142 (1979).
- 7) 大谷清隆, 秋葉芳雄, 吉田賢二, 大槻知寛:噴火湾の海況変動の研究. 親潮系水の流入・滞留期の海況. 北大水産彙報. 22(2), 129-142 (1971).
- 8) 大谷清隆, 秋葉芳雄, 伊藤悦朗, 小野田 勝:噴火湾の海況変動の研究. IV. 津軽暖流水の流入・滞留期の海況. 北大水産彙報. 22(3), 221-230 (1971).
- 9) 阿部晃治:道東近海におけるケガニの初期生活. 水産海洋研究会報. 31, 14-19 (1977).

# 標識放流試験からみた道南太平洋の成体ケガニの移動<sup>\*1</sup>

三原 栄次<sup>\*2</sup>, 佐々木 正義<sup>\*3</sup>

Migration of adult hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in the coastal waters of southwestern Hokkaido observed by tagging experiments<sup>\*1</sup>

Eiji MIHARA<sup>\*2</sup> and Masayoshi SASAKI<sup>\*3</sup>

The horizontal migration of adult hair crabs was estimated from examination of 517 recapture data records from tagging experiments conducted between 1975 and 1991 along the coastal region of southwestern Hokkaido. The recapture rates were 2.13 % in males and 0.35 % in females. Average displacement distance was 8.2 km in males and 21.4 km in females. Male hair crabs scarcely migrated in Funka Bay and in the western waters of Hidaka, but in the waters from the northeastern mouth of Funka Bay to Monbetsu-cho, they migrated in a westward direction including a movement from the northeastern mouth to the inner part of Funka Bay. We suggest that they migrate in a westward direction with the progress of their life cycle. Average displacement distance of females is longer than in males, however a movement in any certain direction was not found in females. We consider that female hair crabs migrate extensively with changes in the life cycle, i.e., mating, feeding, spawning and hatching.

キーワード：ケガニ，標識放流試験，道南太平洋

## まえがき

噴火湾からえりも町までの道南太平洋沿岸域は重要なケガニ漁場となっている。著者らは本海域におけるケガニ *Erimacrus isenbeckii* の系統群や漁場形成機構を把握するため、周年の分布・移動及び分布特性と海洋構造との関係の解明を課題として設定した<sup>1)</sup>。

本海域のケガニの分布・移動に関しては、秋季の雄ケガニの分布特性と海洋構造の関係<sup>1)</sup> や、噴火湾での標識放流試験の再捕結果から短期的な水平移動<sup>2)</sup> が報告されている。しかし、噴火湾外の移動や湾内外のケガニの交流、また長期的な移動については、これまで報告されていない。

北海道立函館水産試験場では、これまで本海域で数多くの標識放流試験を行い、放流から1年以上経過後の再捕を含む多くの再捕報告を得た。本報ではその内、噴火湾から様似町までの海域で行われた標識放流試験の再捕結果から成体ケガニの水平移動を検討した。

## 材料と方法

標識放流試験は1975年4月～1991年3月に噴火湾から様似町までの沿岸域 (Fig. 1) で、合計75回160地点で行われた (Table 1)。標識放流に用いたケガニは資源調査や分布調査時に、かに籠により採集されたものである。採集されたケガニは直ちに船上で甲長と脱皮周期段階、雌はその他に交尾栓の有無と抱卵の状態 (抱卵の有無、胚の発眼の有無、孵化後の卵殻の有無) を測定し、甲殻側面の縫合線上に黄色のアンカータグを装着して放流した。ただし、一部のものは陸上の流水式水槽に数日間蓄養後、同様の方法で測定及び標識を装着して放流した。合計放流尾数は雄が21,015尾、雌が867尾、雌雄不明が6,542尾、合計で28,424尾であった (Table 1)。再捕データは各種漁業者からの報告とケガニ資源調査時の再捕から得た。再捕された個体は放流時の甲長が全て50mm以上であり、性成熟していると考えられる<sup>3)</sup> ことから、全て成体とみなした。また、本海域の雌ケガニの生殖周期

報文番号 A 297 (1999年2月25日受理)

\*1 本研究の一部は平成10年度日本水産学会春季大会で口頭発表した。

\*2 北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042-0932, Japan)

\*3 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

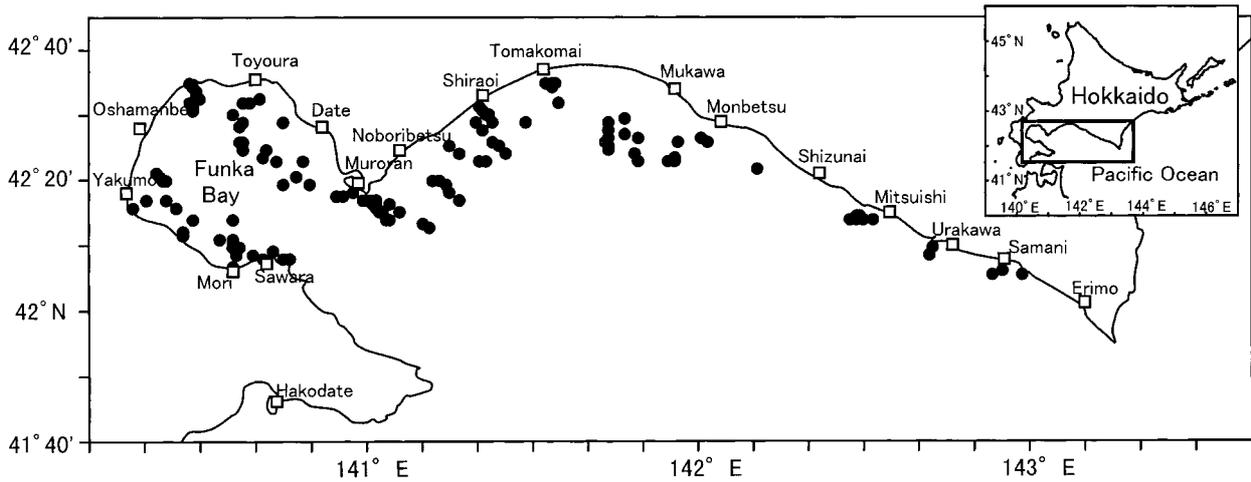


Fig. 1. Map showing the release sites (closed circles) of tagged hair crabs off southwestern Hokkaido, 1975-1991.

Table 1. Release and recapture data for tagged hair crabs released off southwestern Hokkaido.

Numbers in parentheses are values except recapture from sex unknown data at release.

Area of release	Year of release	Date of release	Number released				Number recaptured				Recapture rate* (%)		
			Males	Females	Unknown	Total	Males	Females	Unknown	Total	Males	Females	Total
A	1984-1987	Mar. 5 - Apr. 7	1,551	100	0	1,651	24	0	0	24	1.55	0.00	1.45
B	1984-1987	Mar. 5-Apr. 7	472	62	0	534	7	0	0	7	1.48	0.00	1.31
	1991	Oct. 2	187	0	0	187	0	0	0	0	0.00	-	0.00
C	1984-1987	Mar. 4 - Apr. 9	1,586	322	0	1,908	16	1	0	17	1.01	0.31	0.89
D	1984-1988	Mar. 1-Apr. 9	1,041	50	0	1,091	32	0	0	32	3.07	0.00	2.93
	1991	Oct. 26	192	98	0	290	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
E	1983-1991	Oct. 3-28	199	35	0	234	1	0	0	1	0.50	0.00	0.43
	1984	Apr. 2	-	-	387	387	2(0)	-	2	4	-	-	1.03
F	1991	Oct. 8	184	60	0	244	0	1	0	1	0.00	1.67	0.41
G	1987	Mar. 18	1,481	0	0	1,481	37	0	0	37	2.50	-	2.50
H	1975-'76, '81, '87-'89	Mar. 2 - Apr. 26	3,822	0	1,283	5,105	127(100)	22(0)	24	173	2.62	-	3.39
	1985	June 30	-	-	187	187	0	0	0	0	-	-	0.00
	1983, 1991	Oct. 1 - Nov. 2	738	28	11	777	5	0	0	5	0.68	0.00	0.64
I	1991	Sep. 3 - Oct. 2	884	0	0	884	0	0	0	0	-	-	0.00
	1984	Mar. 29	-	-	324	324	1(0)	0	0	1	-	-	0.31
J	1985-1986	June 25-26	662	57	0	719	12	0	0	12	1.81	0.00	1.67
	1981, 1991	Sep. 3-26	341	0	3,316	3,657	9(1)	1(0)	25	35	0.29	-	0.29
K	1981	May 16	-	-	502	502	1(0)	3(0)	3	7	-	-	1.39
	1984-1986	Mar. 12-27	843	10	279	1,132	47(45)	1	0	48	5.34	10.00	4.24
	1991	Oct. 4	917	0	0	917	3	0	0	3	0.33	-	0.33
L	1985-1986	Mar. 12-14	1,269	40	0	1,309	39	0	0	39	3.07	0.00	2.98
	1985-1986	June 24-26	860	4	0	864	45	0	0	45	5.23	0.00	5.21
	1991	Oct. 4	665	1	0	666	2	0	0	2	0.30	0.00	0.30
M	1984-1986, 1991	June 26-27	1,181	0	0	1,181	21	0	0	21	1.78	-	1.78
N	1978	Jan. 30	-	-	83	83	0	0	0	0	-	-	0.00
	1986-1991	June 23-28	1,400	0	0	1,400	50	0	0	50	3.57	-	3.57
P	1985-1986	July 3-5	51	0	0	51	3	0	0	3	5.88	-	5.88
Q	1975	Apr. 15	-	-	170	170	0	0	0	0	-	-	0.00
	1989-1991	June 7-27	489	0	0	489	4	0	0	4	0.82	-	0.82
Total			21,015	867	6,542	28,424	488(447)	29(3)	54	571	2.13	0.35	2.01

\* Sex unknown data were excluded from calculating recapture rates for males and females.

は3年と考えられており<sup>4)</sup>、脱皮・交尾期、抱卵期、索餌期などの生活周期別に分布・移動を検討する必要があるが、再捕された雌ケガニの放流時及び再捕時のデータから生活周期を特定することはできなかった。しかし、抱卵個体は含まれていないことから、全て抱卵期以外の個体であった。

本報で扱った標識放流試験は、非常に回数が多く、放流場所も広範囲に亘るため、海域を Fig. 2 に示すように A ~ Q の17海区に区分して、放流海区別の移動距離や海

区間の水平移動を検討した。G と H の境界線は、噴火湾と湾外の共同漁業権漁場の境界で、その他は各市町村の境界線上で海域を区分した。それぞれの海区にあたる市町村は、A が砂原町、B が森町、C が八雲町、D が長万部町、E が豊浦町と虻田町、F が伊達市、G が室蘭市の噴火湾内、H が室蘭市の噴火湾外、I が登別市、J が白老町、K が苫小牧市、L が厚真町及び鶴川町、M が門別町、N が新冠町及び静内町、O が三石町、P が浦河町、Q が様似町である。また、A ~ G は噴火湾、H ~ L は噴火湾

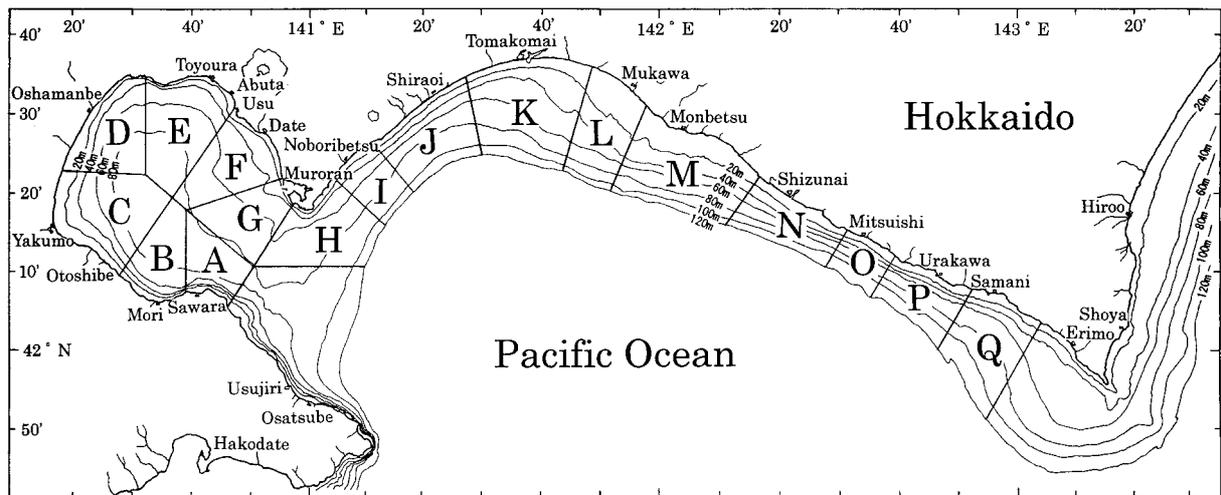


Fig. 2. Map showing the sea areas of the Pacific Ocean off southwestern Hokkaido.

を除く胆振支庁沿岸域（胆振太平洋），M ~ Q は日高支庁の西部海域（日高西部海域）にあたる。

### 結果

再捕尾数は、雄が488尾、雌が29尾、放流時、再捕時とも雌雄不明は54尾、合計571尾であった。再捕率は雄が2.13%、雌が0.35%、雌雄合計で2.01%と非常に低かった。雄について、再捕尾数が多く再捕率も比較的高かったのは、D、G、H、K、L、Nで放流されたものであった。雌の再捕報告は、C、F、H、J、Kで放流されたものだけであった（Table 1）。

雄の放流から再捕までの直線移動距離（以後、移動距離と記す）は、全海区の平均で8.2km、経過日数365日以上でも平均約10km、最も遠くへ移動したものは43.6km（経過日数105日）であった。海区別の平均移動距離を見ると、Hで放流したものは10.1kmで比較的最長、A ~ G（噴火湾）のものは6.9km、M ~ Q（日高西部海域）のものは7.0kmと短かった。また、A ~ Gで放流した個体の平均移動距離は、経過日数を経るに従って長くなる傾向にあった。しかしHで放流したものは、120日を過ぎるとその傾向は見られず、J ~ Qではその傾向は全く見られなかった（Table 2）。

雌の移動距離は、全海区の平均で21.4km、経過日数365日以上で平均25.8kmであり、雄よりも長かった。最も遠くへ移動した個体の移動距離は80.9km（経過日数113日）であった。海区別の平均移動距離を見ると、噴火湾内のCとFで放流したものは再捕が1例ずつであったがCで放流したものは5.0km（188日）、Fで放流したものは8.0km（346日）で経過日数が長いにもかかわらず、H、J、Kで放流したものより短かった。また、H、J、Kで放

流した個体の移動距離は、経過日数とともに長くなる傾向にあるが、365日を過ぎるとその傾向は見られなかった（Table 3）。

雄の海区間の移動について、放流から再捕までの経過日数が1年未満のものを見ると、噴火湾のA ~ Eで放流したものは全て噴火湾内で再捕され、ほとんどの個体が放流した海区で再捕された。G ~ Mで放流したものは、放流した海区で再捕された個体も多いが、西方へ移動したものも多かった。N ~ Qで放流したものは、ほとんど放流した海区で再捕された（Table 4）。経過日数が1年以上のものも、1年未満のものと同様の傾向を示すが、H ~ Nで放流したものは放流海区での再捕より他海区での再捕の方が多かった（Table 5）。

雌の海区間の移動を見ると、放流した海区で再捕されたのは、Hで放流した1尾のみで、残り28尾は全てそれ以外の海区で再捕された。また、Hで放流したものは、東西両方向で再捕されたが、その他の海区（C、F、J、K）で放流したものは、全て西方で再捕された（Table 6）。

雄の季節移動を見るため、G、H、K、L、Mで放流した個体の時空間的な再捕状況をFig. 3に示した。なお、再捕場所は、再捕された漁業種類の漁場によって偏りが出るのであるため、漁具別に再捕状況を示した。1987年3月18日にGで放流した個体の再捕は、4 ~ 6月に限られ、ほとんどGとFであった。1975 ~ 1991年の3 ~ 4月または10 ~ 11月にHで放流した個体の再捕時期は、主としてカレイ刺網の盛漁期やかに籠漁期（Table 7）の重なる3 ~ 7月であった。再捕はE ~ Iであり、ほとんどが放流海区以西であった。しかし、隣接する東方海域のJやKでは、カレイ刺網やかに籠の漁場となっているにもかかわらず、再捕がなかった。Kで放流した個体の再捕

Table 2. Recapture frequencies of male hair crabs categorized by the displacement distance (straight line from release to recapture site) and by days until recaptured.

Area of release	Days after release	Displacement distance (km)						Average (km)	Total
		<10	10-20	20-30	30-40	40-50	unknown		
A - G	≤30	2						0.7	2
	30-60	7					2	3.7	9
	60-90	15	2				1	6.9	18
	90-120	47	8				3	6.6	58
	120-365	16	6					7.2	22
	365<	4	5		1			12.2	10
	Total	91	21	0	1	0	6	6.9	119
H	≤30	10					2	5.7	12
	30-60	12	1	1			2	7.9	16
	60-90	13	3					7.3	16
	90-120	27	23	7	1	2	3	12.0	63
	120-365	8	9	2			5	10.6	24
	365<	1	1					11.2	1
	Total	70	37	10	1	2	12	10.1	132
I - L	≤30	20	5	1			3	8.1	29
	30-60	36	1				1	5.5	38
	60-90	14	4	1				7.9	19
	90-120	13	3				2	7.6	18
	120-365	23	12	5			6	10.3	46
	365<	2	2				4	8.8	8
	unknown						1		1
	Total	108	27	7	0	0	17	8.0	159
M - Q	≤30	9	3				1	6.6	13
	30-60		1					10.7	1
	60-90								0
	90-120								0
	120-365	19	6				29	6.7	54
	365<	4	1				3	7.1	8
	unknown		2					11.6	2
	Total	32	13	0	0	0	33	7.0	78
Total		301	98	17	2	2	68	8.2	488

Table 3. Recapture frequencies of female crabs categorized by the displacement distance (straight line from release to recapture site) and by days until recaptured.

Area of release	Days after release	Displacement distance (km)							average (km)	Total
		<10	10-20	20-30	30-40	40-50	...	80-90		
C, F	≤30									0
	30-60									0
	60-90									0
	90-120									0
	120-365	2								6.5
	365<									0
	Total	2	0	0	0	0		0	6.5	2
H	≤30	1	2	1						12.3
	30-60	1	2	1						15.3
	60-90	1		1						17.9
	90-120	1	2	1				1	1	27.4
	120-365			1	2					32.8
	365<		1	1					1	22.8
	Total	4	7	6	2	0		2	21.4	22
J, K	≤30	1			1					19.9
	30-60									0
	60-90									0
	90-120									0
	120-365				2					32.2
	365<				1					31.8
	Total	1	0	0	4	0		0	27.2	5
Total		7	7	6	6	0	0	2	21.4	29

Table 4. Recapture frequencies of male hair crabs, recaptured within a year after release, categorized by recapture and release areas. Bold-faced squares indicate the release areas.

Year of release	Month of release	Days after release	Area of release	Area of recapture																Total
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1984-1987	Mar. - Apr.	30-190	<b>A</b>	24																24
1984, 1985	Mar. - Apr.	10-238	<b>B</b>	1	2															3
1984-1987	Mar. - Apr.	86-188	<b>C</b>		1	7	2													10
1984-1986, 1988	Mar. - Apr.	83-141	<b>D</b>				32													32
1984, 1991	Apr., Oct.	169-288	<b>E</b>				1	2												3
1987	Mar.	34-104	<b>G</b>						15	20	2									37
'81, '83, '87-'89, '91	Mar., Oct.	15-321	<b>H</b>						4	22	46	49	1							126
1984	Mar.	36	<b>I</b>										1							1
1981, '85, '86, '91	June, Sep.	17-337	<b>J</b>										1	1	17					19
1981, '84-'86, '91	Mar., Oct.	47-297	<b>K</b>										4	46						50
1985, 1986, 1991	Mar., June, Oct.	15-316	<b>L</b>										1	31	44	1				77
1984-1986	June	17-281	<b>M</b>											13	4					17
1986-1990	June	28-338	<b>N</b>													43	2			45
1985, 1986	July	221-288	<b>P</b>														1	2		3
1989, 1991	June	17-245	<b>Q</b>																	4

Table 5. Recapture frequencies of male hair crabs, recaptured after passing a year after release, categorized by recapture and release areas. Bold-faced squares indicate the release areas.

Year of release	Month of release	Days after release	Area of release	Area of recapture																Total
				A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O		
1985	Mar.	394-847	<b>B</b>		4															4
1984, 1986	Mar. - Apr.	423-469	<b>C</b>	1		4	1													6
1981	Mar.	413	<b>H</b>							1										1
1981	May	445	<b>K</b>								1									1
'85, '86, '91	Mar., June, Oct.	388-672	<b>L</b>											3	2					5
1984, 1986	June	390-753	<b>M</b>												2					2
1986, 1988	June	595-1806	<b>N</b>														4	1		5

Table 6. Recapture frequencies of female hair crabs categorized by recapture and release areas. Bold-faced squares indicate the release areas.

Date of release	Days after release	Area of release	Area of recapture													Total
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
Apr. 9, 1984	188	<b>C</b>	1												1	
Oct. 8, 1991	346	<b>F</b>				1									1	
Mar. 31, 1981	25-269	<b>H</b>					4	8	1	2	3			1	19	
	376-484	<b>H</b>						1	1	2					3	
Sep. 3, 1981	54	<b>J</b>								1					1	
May 16, 1981	41	<b>K</b>									1				1	
	330-490	<b>K</b>								1	1				2	
Mar. 12, 1986	135	<b>K</b>									1				1	

も、東方海域にカレイ刺網やかにかごの漁場があるにもかかわらず、KとJだけであった。LとMで放流した個体の再捕も、放流海区以西に偏っていた。これはMやNにカレイ刺網が少ないことが一因になっている可能性もある。しかし、MやNがかにかごの漁場になっていることを考えれば、東方への移動は少ないと考えられる。また、Mでのかにかごによる再捕が2～3月に偏っているのは、かにかご漁期の違い (Table 7) によるものと考えられる。

雌の季節移動を見るため、1981年3月31日にHで行っ

た標識放流試験について、雄と同様、漁具別の時空間的な再捕状況を Fig. 4 に示した。放流した年の4～7月の再捕は、放流海区より西方のF、Gで多かったが、東方海区でも80km以上離れたMを含め、3個体あった。その後、9月～翌年4月はIとJだけで、5月以降はGとJで1個体ずつであった。かにかごでの再捕は、時期によって放流海区の東西に偏りがあるが、これは噴火湾 (A～G) と胆振太平洋 (H～L) のかにかご漁期の違いによるものと考えられる (Table 7)。

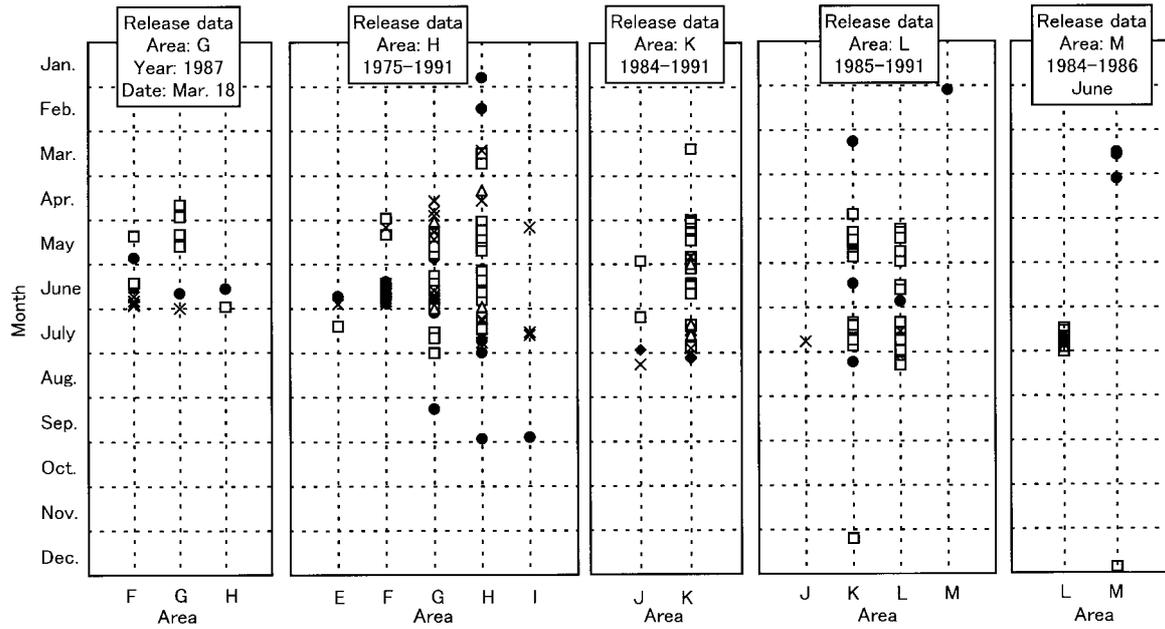


Fig. 3. Relationships between the area where recapture occurred and the month for male hair crab release in five areas G, H, K, L and M in 1975-1991. Fishing gear used for recapture are shown by closed circles for hair crab pot, open squares for flatfish gillnet, open triangles for the others and crosses for unknown.

Table 7. Fishing season for hair crab pots in the three regions of the Pacific Ocean off southwestern Hokkaido.

Year	Funka Bay (A-G)		Outside of Funka Bay (H-L)		Western Hidaka (M-Q)	
	Beginning	End	Beginning	End	Beginning	End
1975-1980	Apr. 15	Oct. 15	Sep. 1	Apr. 30	Jan. 1	Apr. 30
1981	Apr. 15	Oct. 15	Aug. 10	Mar. 30	Jan. 1	Apr. 30
1982	Apr. 15	Oct. 15	Aug. 10	Mar. 30	Jan. 1	Apr. 30
1983	May 15	Aug. 31	Aug. 10	Oct. 5	Jan. 1	Apr. 30
1984	prohibition of fishing		prohibition of fishing		Jan. 11	Apr. 20
1985	June 5	July 4	July 10	Aug. 8	Jan. 21	Apr. 20
1986	June 9	July 8	July 10	Aug. 8	Jan. 21	Apr. 20
1987	June 11	June 30	July 11	July 30	Feb. 1	Mar. 21
1988	June 10	July 4	July 7	July 31	Feb. 1	Mar. 22
1989	June 12	July 1	July 6	July 25	Feb. 1	Mar. 22
1990	prohibition of fishing		prohibition of fishing		Feb. 1	Mar. 22
1991	prohibition of fishing		prohibition of fishing		Feb. 1	Mar. 22

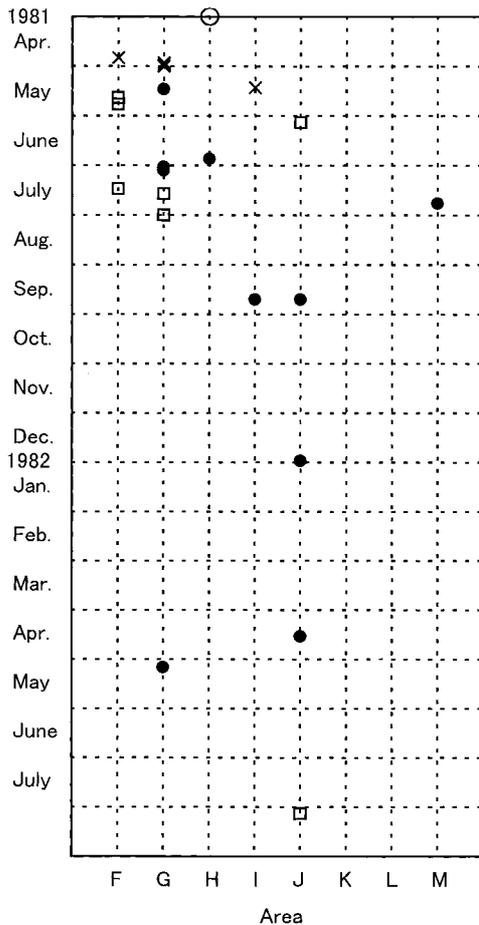


Fig. 4. Relationship between the area where recapture occurred and the month of female hair crab release in area "H" on March 31, 1981. Release point and fishing gear used for recapture are shown by open circle for release point, closed circles for hair crab pot, open squares for flatfish gillnet and crosses for unknown.

考 察

道南太平洋の成体雄ケガニの移動について、標識放流試験の再捕結果からまとめると次のようになる。放流後1年以内に再捕されたものをみると、噴火湾内のA～Eと日高西部海域のN～Qで放流した個体は、ほとんど放流した海区に留まっていた。G～Mで放流した個体も、多くが放流した海区に留まるが、西方へ移動する個体も多い (Table 4)。ただし、再捕時期が、噴火湾 (A～G) では4～10月、胆振太平洋 (H～L) では3～9月、日高西部海域 (M～Q) では2～7月に偏るため、それら以外の時期の移動については言及できない。しかし、少なくとも春から夏にかけて、成体雄ケガニは、噴火湾 (A～E) や門別町を除く日高西部海域 (N～Q) では、ほとんど水平移動をせず、噴火湾湾口北東部から門別町までの海域 (G～M) では、大きな移動はしないものの、湾口北東部から湾奥部への移動を含め、西方へ移動する

個体も多い。

放流後1年以上経過して再捕されたものも、1年未満の再捕と同様の傾向を示す (Table 5) ことから、長期的にみても噴火湾 (A～E) や門別町を除く日高西部海域 (N～Q) のケガニは、ほとんど水平移動をしないと考えられる。また、噴火湾湾口北東部から門別町までの海域 (H～M) におけるケガニの西方移動は季節的な移動の可能性もあるが、1年以上経過後の再捕では西方海域へ移動した個体の割合が高くなっていることから、長期的にみても西方へ移動している可能性がある。

平野<sup>2)</sup> は標識放流試験の短期的な再捕結果から、噴火湾の雄ケガニは大きな移動をせず、規則的移動もしないとした。本報の再捕結果は、これを裏付けるとともに、噴火湾の雄ケガニは1～3年といった長期間でみても顕著な移動はしない (Table 5) ことや噴火湾外から湾内への移動があることを示した。

阿部<sup>5,6)</sup> は道東太平洋のケガニについて、東側海域が主な再生産の場となっており、孵化した幼生は海流などの影響により西側海域へ移送されて着底し、着底後は年々東側海域へ移動すると推定している。また、北海道オホーツク海沿岸域のケガニは、地域性が強いものの深淺移動の過程で年々北西方向へ移動する傾向があると考えられている<sup>7)</sup>。

このように、他海域のケガニも、長期的に一定方向へ移動することが知られている。また、噴火湾はケガニの資源量は少ないものの、大型個体の比率が高いこと (小型個体が少ない) が認められている<sup>2)</sup>。これらのことから、道南太平洋における雄ケガニの西方移動は季節的なものでなく、長期的な移動であることが示唆される。

阿部<sup>6)</sup> は標識放流試験の再捕水深から、道東太平洋の雄ケガニは8～9月に深所へ移動し、11月頃には再び浅所に戻ってくるとし、北海道オホーツク海でも分布調査や標識放流試験の結果から、ケガニの深淺移動が推定されている<sup>7,9)</sup>。本報で扱った標識放流試験では、再捕された漁具の設置水深が時期によって変わることなどから、ケガニの深淺移動については検討できなかった。しかし、佐々木ら<sup>1)</sup> は道南太平洋の秋季の海洋構造とケガニの分布の関係について、成体の雄ケガニは噴火湾内では津軽暖流・冬季噴火湾水変質水の混合水と津軽暖流水の境界域、胆振太平洋では津軽暖流・親潮系深層水の混合水と津軽暖流水の境界域に高密度域が見られることから、秋季は津軽暖流を避け、深所へ移動すると推定した。このことから、本海域においても、雄ケガニは前述の水平移動の他に、各海域で季節的な深淺移動を行っていると考えられる。

雌ケガニの分布・移動を検討する場合、脱皮・交尾期、

索餌期、抱卵期などの生活周期別に調べる必要があるが、再捕された雌ケガニの放流時及び再捕時のデータから生活周期を特定することはできなかった。ただし、抱卵個体は含まれていないことから、全て抱卵期以外の個体であった。本報の再捕結果から検討すると、雌は雄よりも移動距離が長く (Table 3)、全再捕個体29尾中28尾が放流海区以外で再捕された (Table 6)。移動方向は、雄のように顕著な西寄りの傾向がなく、規則性は見られなかった (Table 6)。雌と雄は、交尾期以外は分布域が異なっていると考えられており<sup>9), 10)</sup>、また、雄はほとんど水平移動をしないなどのことから、雌は交尾、索餌、産卵、幼生の孵出といった生活周期に対応して、広範囲に移動している可能性がある。

北海道のケガニ漁業では、甲長制限、雌ケガニの所持・販売の禁止、漁期の制限、漁獲量制限など多くの漁業規制が行われていることから、標識放流試験の再捕率は低く、再捕も周年を通しては得られにくい。今後は、分布調査などの結果から、時期別の分布特性を把握するとともに、分布・移動に影響を及ぼしている要因を生理・生態と関連づけて解明していく必要がある。

#### 要 約

1975年4月～1991年3月に道南太平洋で実施されたケガニの標識放流試験の再捕結果から、水平移動について検討した。

1. 再捕尾数は、雄が488尾、雌が29尾、雌雄不明が54尾で、再捕率は雄が2.13%、雌が0.35%、雌雄合計で2.01%と非常に低かった。
2. 放流から再捕までの直線移動距離の平均は、雄が8.2km、雌が21.4kmで、雌の方が長かった。また、胆振太平洋で放流した個体は、雌雄ともに他海域で放流した個体より移動距離が長かった。
3. 雄ケガニは、噴火湾や門別町を除く日高西部海域では、ほとんど水平移動をしないが、噴火湾湾口北東部から門別町までの海域では、湾外から湾内への移動を含め、西方への移動がみられた。西方移動は、季節的なものでなく、長期的な移動であることが示唆された。
4. 雌ケガニは、移動距離が雄より長い、移動方向は雄のように顕著な西寄り傾向はなく、規則性は見られなかった。雌は交尾、索餌、産卵、幼生の孵出といった生活周期に対応して、広範囲に移動していることが示唆された。

#### 謝 辞

本報で使用した標識放流および再捕の資料の内、1975～1982年分が元北海道立函館水産試験場室蘭分場田中

富重氏及び同飯田尚雄氏、1983～1986年分が現北海道立中央水産試験場資源管理部開発科長丸山秀佳氏、1987～1989年分が現北海道立函館水産試験場資源管理部主任研究員渡辺安廣氏の多大なご努力によって収集されたものである。本研究に対して貴重な助言を戴いた元函館水産試験場長阿部晃治氏に深謝する。標識放流試験および再捕報告に協力頂いた噴火湾、胆振太平洋、日高西部海域の各漁業協同組合、渡島北部地区水産技術普及指導所、室蘭地区水産技術普及指導所、日高西部地区水産技術普及指導所、日高東部地区水産技術普及指導所の関係各位に謝意を表す。

#### 文 献

- 1) 佐々木正義, 田中伸幸, 上田吉幸: 1991年秋季における噴火湾及び胆振太平洋沿岸域の雄ケガニの分布特性と海洋構造の関係. 北水試研報. (55) (印刷中).
- 2) 平野義見: 毛蟹調査 (昭和9年度). 北水試旬報. (296), 1-10 (1935).
- 3) 阿部晃治: ケガニの脱皮回数と成長について. 日水誌 48(2), 157-163 (1982).
- 4) Nagao, J., H. Munehara and K. Shimazaki: Spawning cycle of horsehair crab (*Erimacrus isenbeckii*) in Funka Bay, southern Hokkaido, Japan. Symposium on high latitude crabs: biology, management, and economics. Alaska sea grant college program. (2), 315-331 (1996).
- 5) 阿部晃治: 道東近海におけるケガニの初期生活. 第8回北洋研究シンポジウム. 水産海洋研究会報. (31), 14-19 (1977).
- 6) 阿部晃治: ケガニの移動と分布. 釧路水試だより 42, 7-10 (1978).
- 7) 山本正義: 網走支庁管内におけるケガニ資源について. 北水試月報 23(12) 15-33 (1966).
- 8) 高橋 忠, 佐野満廣: 昭和57年度事業成績書, 稚内市, 北海道立稚内水産試験場, 1983 20-74.
- 9) 土門 隆, 鈴木春彦, 山本正義, 森 格, 原田 昭, 館岡清治: オホーツク海におけるオオクリガニ (ケガニ) 資源調査. 北水試月報. 13(7), 8-23 (1956).
- 10) 三原栄次, 上田吉幸: “4. 噴火湾周辺海域におけるケガニ資源管理対策調査”. 平成8年度事業報告書, 函館市, 北海道立函館水産試験場, 1997 67-84.

# ケガニかごの雄ケガニに対する網目選択性

西内 修一 \*

Mesh selectivity of hair crab pots for male hair crabs (*Erimacrus isenbeckii*)

Shuichi NISHIUCHI \*

This paper describes the mesh selectivity of hair crab pots for male hair crabs (*Erimacrus isenbeckii*). A fishing experiment was conducted during 1987 to 1989 in the fishing ground off Abashiri subprefecture, Hokkaido. Mesh openings used in the experiment were 57, 72, 87, 102, and 117 mm. I used the SELECT (Share Each Length's Catch Total) method for estimating the mesh selectivity, and AIC (Akaike's Information Criterion) for selecting the most likely model. The selection curve fitted a logistic curve. To determine the mesh selectivity of pots, the 50% retention length and selectivity range (75% retention length to 25% retention length) were estimated. Moreover, in order to obtain the selectivity curve of an arbitrary mesh opening, the mesh selectivity master curve was estimated.

The 50% retention length of four mesh openings; 72, 87, 102, and 117 mm, were estimated at 53.7, 63.4, 74.6, and 83.0 mm, respectively, and relative fishing intensities of the SELECT method increased with increasing mesh opening. The current Hokkaido prefectural minimum size is 80 mm rostral length for hair crab. The optimum mesh opening which would retain legal-sized crabs but allow undersized ones to escape is estimated to be 112 mm, and its selectivity range is estimated at 5.2 mm. This indicates that the mesh selection of hair crab pots is fairly sharp.

キーワード：ケガニ，かご，網目選択性，最尤法，AIC，*Erimacrus isenbeckii*

## まえがき

北海道ではケガニ (*Erimacrus isenbeckii*) の資源管理のために、雌ガニと甲長80mm未滿の雄ガニの採捕が禁止されており、ケガニ漁業は選択性の良いかご漁法によることが基本方針となっている。現行のサイズ規制に対応した115mm(3寸8分)以上の網目規制が導入されたのは、つい最近の1994年である<sup>1)</sup>。この網目規制の根拠となったのは、1987年及び1988年にオホーツク海沿岸で行われた網目試験結果から、石田<sup>2)</sup>の方法によって求められた雄のケガニに対する網目選択性曲線である<sup>3)</sup>。ケガニかごでは、雌の漁獲尾数が雄に比べて非常に少ないため、選択性に関する調査研究では、規制サイズ以上の雄ガニを選択的に漁獲する技術開発が重要課題となっている。しかし、ケガニかごの網目選択性が十分に理解されているとは言えない。それは、これまでの選択性曲線推定には2つの仮定が置かれており、それらの仮定の妥当性が評価されていないことによる。第1の仮定は操業試験に

用いる各目合のかごに対するケガニの遭遇確率が等しいことであり、第2の仮定は同じ選択率を示す目合と甲長との間に比例関係が成り立つことである。ここでいう遭遇確率は、選択性を含まない漁具の相対的な漁獲効率に相当する。近年、Millar and Walsh<sup>4)</sup>とMillar<sup>5)</sup>が開発したSELECTモデルとTokai and Kitahara<sup>6)</sup>が開発したマスターカーブ法を利用することにより、これらの仮定の妥当性評価が可能となった。

SELECTモデルは、2つ以上の漁具の比較操業試験データを解析する統計モデルであり、選択性曲線のパラメータ推定と同時に、操業試験に用いた各漁具の選択性を含まない相対的な漁獲効率を評価できる。Millar<sup>5)</sup>はこの相対的な漁獲効率を "relative fishing intensity" と呼んでいる。

一方、Tokai and Kitahara<sup>7)</sup>のマスターカーブ法は、同じ選択率を示す目合と体長が単純な比例関係になっていない場合にも、変数  $l_0$  と  $m_0$  を導入することにより、標準化した選択性曲線の推定を可能にした方法である。

報文番号 A 298 (1999年2月25日受理)

\* 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

これらの方法が、かごの網目選択性や脱出口の選択性の解析に適用可能なことが報告されており<sup>7,8)</sup>、アナゴかごとズワイガニかごの網目選択性解析に実際に利用されている<sup>9,10)</sup>。

本研究では、雄ガニを対象に、SELECT モデルとマスターカーブ法を用いて、上述の仮定を置くモデルと置かないモデルのもとで網目選択性曲線を推定し、赤池の情報量規準 (AIC) によって適切なモデルの選択を行い、仮定の妥当性を評価した。また、このようにして選択されたモデルのもとで得られた網目選択性曲線から、ケガニかごの網目選択性の特徴を検討した。

#### 材料及び方法

1. 操業試験 1987~1989年の6~7月に、北海道網走支庁管内のオホーツク海沿岸、水深70~96mのケガニかご漁場において、漁船を用船して20回の網目選択性試験を実施した。試験には、オホーツク海で漁業者が通常使用している円錐台形型のケガニかごを用いた (Fig. 1) かごの主要部分の寸法を実測値で Fig. 1 に示した。上輪の直径は約47cm、下輪の直径は約89cm、かごの高さは約42cmである。上輪と下輪は6本の側枠に固定されている。かごの上面に直径約30cmの入口1個があり、入口には返しがついている。試験に用いた目合内径 (2脚1節長) は57mm、72mm、87mm、102mm、117mmの5種類である。網糸は直径1.33mmのポリエチレン製であり、網地は蛙又結節である。餌には冷凍スケトウダラの切り身を1かご当たり約120g、餌缶に入れて使用した。

かごの配列を Fig. 2 に示した。系統誤差を小さくするために、5種類のかごを1ブロックとし、各ブロック毎に

かごの配列を乱数表により決定した。1回の試験には、各目合のかごを10個ずつ使用した。幹綱へのかごの取り付け間隔は約10.7mである。網が破損したかごや餌を入れ

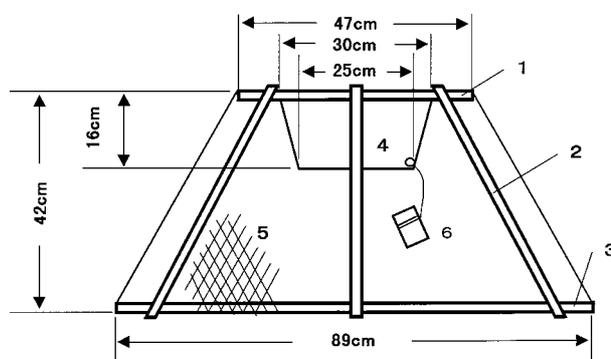
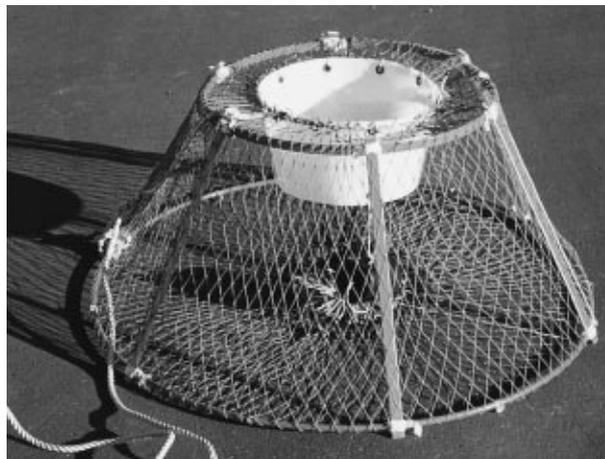


Fig. 1. Photo (top) and diagram (bottom) of the hair crab pot used in the experiments. 1, upper ring of plastic; 2, lateral bars of plastic; 3, lower ring of vinyl-coated steel; 4, polyethylene cylinder entrance; 5 diamond polyethylene mesh; 6, bait can.

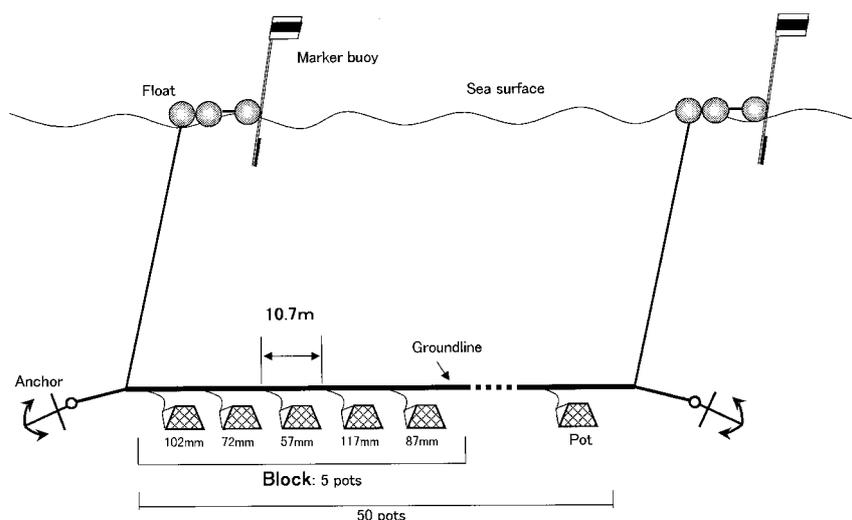


Fig. 2. Schematic diagram of setting method of the experimental gear. Each block is composed of five pots with different mesh openings; 57 mm, 72 mm, 87 mm, 102 mm, and 117 mm. The pots are arranged at random in each block.

忘れたかごがあった場合には、そのブロック内のかごをすべて結果から除外した。このため、解析の対象としたかご数は、各目合とも196個である。かごの浸漬時間は1昼夜を原則としたが、荒天のため3回の試験では2昼夜となった。

漁獲したケガニは、直ちに船上において腹部の形状と雌性生殖孔の有無により雌雄の判別が行われ、ノギスにより甲長を1mm単位で測定した。

なお、ケガニのサイズ規制に用いられている甲長は、“carapace length”ではなく、額棘の2歯の切れ込みから甲の後縁中央部までの長さである“rostral length”を意味しており、本報でもrostral lengthを甲長と呼ぶこととする。

2. 目合別の網目選択性曲線の推定方法 Millar and Walsh<sup>4)</sup>が開発したSELECTモデルを利用して、最尤法により網目選択性曲線を推定した。

ケガニが通過できる最小目合は甲長の1.53倍であることが知られているので<sup>11)</sup>、最小の57mm目合は、甲長50mm以上のケガニに対して無選択であると仮定できる。そこで57mm目合とそれよりも大きいある目合の2種類のかごを、Millar and Walsh<sup>4)</sup>のズボン式試験網に見立て、72mm、87mm、102mm、117mmの4種類の目合の網目選択性曲線を求めた。

2種類の目合に遭遇するケガニのみに着目するとき、甲長 $L$ のケガニが大きい目合に遭遇する確率を $p$ とすると、最小目合に遭遇する確率は $1-p$ となり、両目合により漁獲されるケガニのうち大きい目合で漁獲される割合 $r(L)$ は、大きい目合の選択率 $r(L)$ を含む条件付確率で与えられる。

$$r(L) = \frac{p \times r(L)}{(1-p) + p \times r(L)} \quad (1)$$

選択性曲線にlogistic式を用いると、

$$r(L) = \frac{1}{1 + \exp(a + bL)} \quad (2)$$

$$p(L) = \frac{p}{1 + (1-p) \times \exp(a + bL)} \quad (3)$$

となる。ここで、 $a, b$ はlogistic式のパラメータである。

2種類の目合で甲長 $L$ のケガニが $N_L$ 尾漁獲されるとき、大きな目合で $C_L$ 尾が漁獲される確率 $P(C_L)$ は、次式(4)の二項分布で表される。

$$P(C_L) = \frac{N_L!}{(N_L - C_L)! C_L!} (L)^{C_L} (1 - (L))^{N_L - C_L} \quad (4)$$

甲長階級 $(L_1, \dots, L_n)$ 毎に $N_L$ 尾のうち $C_L$ 尾が漁獲される確率は、二項分布の積となり、

$$P(C_L, L=L_1, \dots, L_n) = \prod_{L=L_1}^{L_n} \frac{N_L!}{(N_L - C_L)! C_L!} (L)^{C_L} (1 - (L))^{N_L - C_L} \quad (5)$$

となる。これを、logistic式のパラメータ $a, b$ 及び遭遇確率 $p$ の関数とみなすと尤度関数は、

$$L(a, b, p, C_{L_1}, \dots, C_{L_n}, N_{L_1}, \dots, N_{L_n}) = \prod_{L=L_1}^{L_n} \frac{N_L!}{(N_L - C_L)! C_L!} (L)^{C_L} (1 - (L))^{N_L - C_L} \quad (6)$$

となる。パラメータの推定には、(6)式の両辺の対数を取り、パラメータ推定に影響しない定数項を除いた次式(7)の対数尤度関数を用いた。

$$\ln L(a, b, p, C_{L_1}, \dots, C_{L_n}, N_{L_1}, \dots, N_{L_n}) = \sum_{L=L_1}^{L_n} \{ C_L \ln(L) + (N_L - C_L) \ln(1 - (L)) \} \quad (7)$$

操業試験で得られたデータのもとで、(7)式を最大にするパラメータを表計算ソフトMS-Excelのソルバーにより探索した<sup>7)</sup>。

目合の異なるかごに対するケガニの遭遇確率を等しいと仮定すべきかどうかを検討するため、2つのモデルの比較を行った。モデル1は2種類のかごに対するケガニの遭遇確率が等しい( $p=0.5$ )と仮定するモデル、モデル2は遭遇確率を等しいと仮定しないモデルである。これらのモデルについてパラメータの推定を行い、次式(8)の赤池の情報量規準(AIC)によりモデル選択を行った<sup>12)</sup>。

$$AIC = -2 \ln L_{max} + 2k \quad (8)$$

ここで、 $\ln L_{max}$ は(7)式で得られる最大対数尤度、 $k$ は自由パラメータ数である。

3. 網目選択性マスターカーブの推定方法 Tokai and Kitahara<sup>6)</sup>のマスターカーブ法を用いた。選択率を目合内径で標準化した甲長の関数として表し、Millar<sup>5)</sup>が釣針と刺網の選択性推定で紹介したSELECTモデルにより選択性曲線のパラメータを推定した。

マスターカーブの推定において、異なる目合のかごに対するケガニの遭遇確率を等しいと仮定すべきかどうか、同じ選択率を示す目合と甲長が比例関係にあると仮定すべきかどうかを検討するため、Table 1に示した4つのモデルを比較検討した。

いま、5種類の目合のかごに遭遇するケガニのみに着目する。甲長 $L$ のケガニの各目合 $m$  ( $m=m_1, \dots, m_5$ )に対する遭遇確率を $p_m$ 、各目合の網目選択率を $r(L, m)$ とすると、甲長 $L$ のケガニがある目合 $m_j$ で漁獲される割合は次式(9)の条件付確率で与えられる。

$$(L, m_j) = \frac{p_{m_j} \times r(L, m_j)}{\prod_{m=1}^{m_5} p_m \times r(L, m)} \quad (9)$$

ただし,

$$\prod_{m=1}^{m_5} p_m = 1 \quad (10)$$

である。5種類の目合で甲長  $L$  のケガニが合計  $N_L$  尾漁獲される時、各目合で  $C_{Lm1}, C_{Lm2}, C_{Lm3}, C_{Lm4}, C_{Lm5}$  尾漁獲される確率  $P$  は多項分布となり、次式 (11) で表される。

$$P(C_{Lm}, m=m_1, \dots, m_5) = \frac{N_L!}{\prod_{m=1}^{m_5} C_{Lm}!} \prod_{m=1}^{m_5} (L, m)^{C_{Lm}} \quad (11)$$

各甲長階級 ( $L=L_1, \dots, L_n$ ) 毎に  $C_{Lm1}, \dots, C_{Lm5}$  尾が漁獲される確率は積多項分布となり、次式 (12) で与えられる。

$$P(C_{Lm}, L=L_1, \dots, L_n; m=m_1, \dots, m_5) = \prod_{L=L_1}^{L_n} \left[ \frac{N_L!}{\prod_{m=1}^{m_5} C_{Lm}!} \prod_{m=1}^{m_5} (L, m)^{C_{Lm}} \right] \quad (12)$$

網目選択性曲線として logistic 式を用い、Tokai and Kitahara<sup>6)</sup> のマスターカーブ法における変数  $l_0$  (本報告では  $L_0$  と表記する) と  $m_0$  を導入すると、網目選択率は、

$$r(L, m) = \frac{1}{1 + \exp[ a + b \{ (L - L_0) / (m - m_0) \} ]} \quad (13)$$

となる。このとき、尤度関数は、

$$L(a, b, L_0, m_0, p_m) = \prod_{L=L_1}^{L_n} \left[ \frac{N_L!}{\prod_{m=1}^{m_5} C_{Lm}!} \prod_{m=1}^{m_5} \left( \frac{p_m \times r(L, m)}{\prod_{m=1}^{m_5} p_m \times r(L, m)} \right)^{C_{Lm}} \right] \quad (14)$$

となる。

パラメータの推定には式 (14) の両辺の対数を取り、パラメータ推定に影響しない定数項を除いた次式 (15) の対数尤度関数を用いた。

$$\ln L(a, b, L_0, m_0, p_m) = \prod_{L=L_1}^{L_n} \prod_{m=1}^{m_5} C_{Lm} \ln \left[ \frac{p_m \times r(L, m)}{\prod_{m=1}^{m_5} p_m \times r(L, m)} \right] \quad (15)$$

パラメータの探索及びモデル選択は、目合別の網目選択性曲線の推定と同様の方法で行った。ただし、式 (10) の条件があるので、モデル3及びモデル4の  $p_m$  のパラメータ数は目合の数より1つ少ない4となる。

Table 1. Models for estimating mesh selectivity master curve.

Model	Parameter	Parameter number
1	$a, b$	2
2	$a, b, L_0, m_0$	4
3	$a, b, p_m (m=1, \dots, 5)$	6
4	$a, b, L_0, m_0, p_m (m=1, \dots, 5)$	8

4. 選択性の指標 目合別選択性曲線の比較及びケガニかごの網目選択性の特徴を調べるために、選択性の指標として、50%選択甲長  $L_{50}$  及び選択性レンジ  $SR(L_{75} - L_{25})$  を求めた。ここで、 $L_{75}$  及び  $L_{25}$  はそれぞれ75%選択甲長及び25%選択甲長である。目合別選択性曲線におけるこれら選択性の指標については、陳ら<sup>13)</sup> と同様に logistic 曲線のパラメータを用いて、 $L_{50} = a/b$ ,  $SR = 2 \ln(3)/b$  により求めた。また、マスターカーブにおける選択性の指標は、式 (13) に  $r(L, m) = 0.25, 0.5$ , および  $0.75$  をそれぞれ代入し、次式 (16) と (17) により求めた。

$$L_{50} = - \frac{a(m - m_0)}{b} + L_0 \quad (16)$$

$$SR = L_{75} - L_{25} = - \frac{2(m - m_0) \ln(3)}{b} \quad (17)$$

### 結果

1. 漁獲物の甲長組成 操業試験で漁獲されたケガニは、雄2074尾、雌118尾であった。2 mm 間隔の雄の甲長組成を Table 2 に示した。漁獲された雄の甲長は49~108mm の範囲にあった。目合57mm と72mm の甲長組成はよく類似していたが、87mm 以上の目合では、目合が大きいほど小型個体の漁獲が少く、網目の選択作用が働いたことは明らかであった。しかし、各目合の甲長80mm 以上の漁獲尾数に大きな違いはみられなかった。

2. 目合別の網目選択性曲線 雄のケガニに対する網目選択性曲線の推定を行った。目合別、モデル別の網目選択性曲線のパラメータ推定値、遭遇確率の推定値およびAICの値を Table 3 に示した。AICによるモデル選択では、目合72mm を除きモデル2が選択された。選択されたモデルにおけるケガニの遭遇確率  $p$  は、いずれの目合でも0.5以上であり、目合が大きいほど高い傾向にあった。SELECT モデルでは、漁獲割合 ( $L$ ) を得られたデータに対して適合させる。そこで、選択されたモデルと操業試験データとの適合の状況を見るため、Fig. 3 に網

Table 2. Observed numbers by rostral length class of male hair crabs (*Erimacrus isenbeckii*) caught by experimental fishing with different mesh openings during 1987 to 1989 in the fishing ground off Abashiri subprefecture, Hokkaido.

Rostral length class (mm)	Mesh opening (mm)				
	57	72	87	102	117
47-48	0	0	0	0	0
49-50	0	0	1	0	0
51-52	3	1	0	0	0
53-54	8	3	0	0	0
55-56	15	12	0	1	0
57-58	24	18	0	0	0
59-60	14	22	2	0	1
61-62	17	16	3	0	0
63-64	19	22	10	2	0
65-66	23	21	20	1	1
67-68	22	38	44	2	0
69-70	54	43	68	5	0
71-72	63	64	69	17	0
73-74	56	67	65	39	1
75-76	54	49	56	48	1
77-78	48	39	44	45	5
79-80	25	32	28	27	11
81-82	26	26	41	26	21
83-84	23	24	14	18	27
85-86	16	20	29	19	17
87-88	10	6	8	18	10
89-90	4	11	9	9	12
91-92	4	7	5	12	6
93-94	5	7	3	5	9
95-96	4	4	3	3	4
97-98	3	3	3	4	6
99-100	3	0	1	0	2
101-102	0	1	1	2	2
103-104	1	1	1	1	3
105-106	1	0	0	0	0
107-108	0	0	0	0	1
109-110	0	0	0	0	0
Total	545	557	528	304	140
Total ≥ 80	108	124	130	132	126

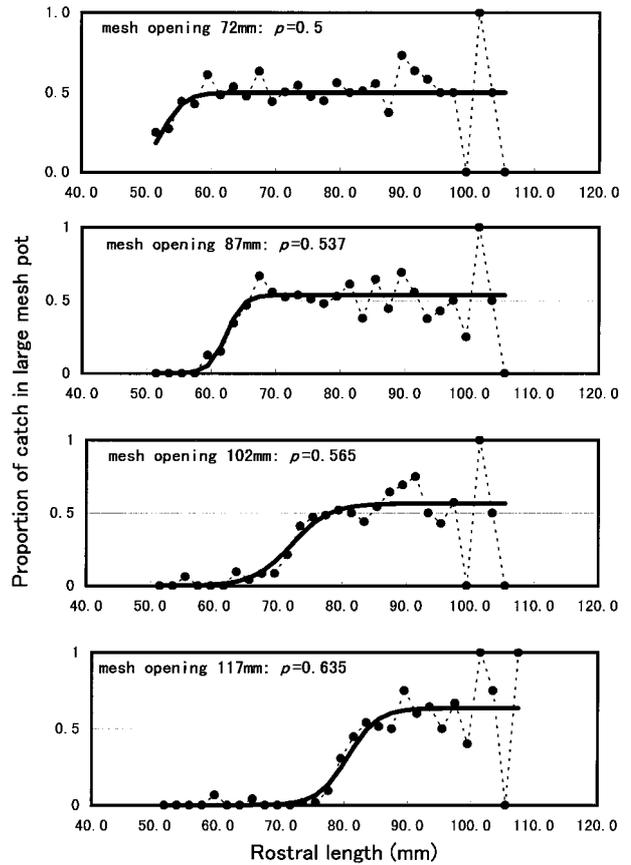


Fig. 3. Plots of the observed (points and dotted lines) and estimated (solid lines) proportion of each length class's total catch taken in the large mesh pot. The control mesh is 57 mm, and the large meshes are 72, 87, 102, and 117 mm.

Table 3. Selection curve parameters and AIC (Akaike's information Criterion) values determined by the maximum-likelihood method for each mesh opening. Parameter estimates and AIC values are given from fits of the logistic selection curves for both the equal ( $p=0.5$ ) and unequal relative fishing intensity assumptions.

Mesh opening (mm)	Model	$a^{*1}$	$b^{*1}$	$p^{*2}$	$L_{50}^{*3}$	SR <sup>*4</sup>	AIC	The most likely model
72	1	30.8	-0.574	0.5	53.7	3.8	1528.0	○
	2	28.6	-0.530	0.513	53.9	4.1	1529.4	
87	1	51.9	-0.824	0.5	62.9	2.7	1399.6	
	2	48.7	-0.786	0.537	63.4	2.9	1396.5	○
102	1	28.4	-0.389	0.5	73.1	5.7	952.2	
	2	25.3	-0.339	0.565	74.6	6.5	949.9	○
117	1	39.3	-0.486	0.5	80.8	4.5	449.9	
	2	35.2	-0.424	0.635	83.0	5.2	443.3	○

\*1 The parameters of logistic equation,  $r(L)=1/[1+\exp(a+bL)]$ , where  $r$  is the retention probability and  $L$  is the rostral length.

\*2 Parameter  $p$  denotes the relative fishing intensity of the SELECT method.

\*3 The rostral length of 50% retention.

\*4 The selectivity range ( $L_{75} - L_{25}$ ).

目選択性曲線を求めた4種類の目合について、最小目合57mm との合計漁獲尾数に対する漁獲割合を甲長階級別に示した。操業試験で得られたデータから直接計算した漁獲割合は、目合72mm では大きな甲長階級で0.5付近に

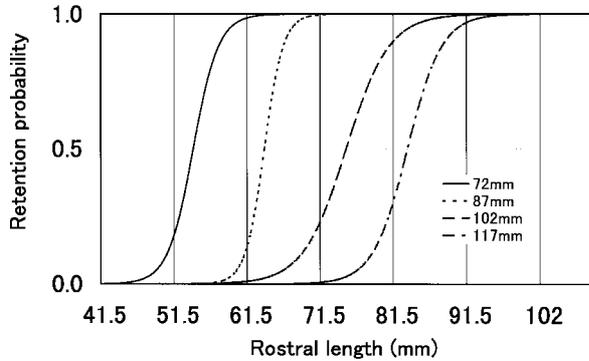


Fig. 4. Mesh selectivity curves of hair crab pots of 72, 87, 102, and 117 mm mesh openings for male hair crab (*Erimacrus isenbeckii*).

プロットされたが、目合117mm では明らかに0.5のラインよりも上に多くプロットされた。各目合で AIC により選択されたモデルにおける漁獲割合の推定値は、標本数の多い甲長階級では、試験データのプロットによく一致していた。

Table 3 で選択されたモデルにおける網目選択性曲線を Fig. 4 に示した。50% 選択甲長  $L_{50}$  は、目合 72mm ,87mm ,102mm および117mm でそれぞれ 53.7mm ,63.4mm ,74.6mm および83.0mm であった。大きな目合ほど50%選択甲長は大きく、選択性曲線は右側に位置しており、大きな目合ほど選択性が良いことが明らかになった。一方、選択性レンジSRは、目合 72mm ,87mm ,102mm および117mm でそれぞれ 3.8mm 2.9mm 6.5mm および5.2mm であった。目合 72mm および87mm の選択性レンジは、目合102mm 及び117mm の選択性レンジよりも狭かったが、50%選択甲長ほど明瞭な傾向はみられなかった。

モデル1とモデル2の50%選択甲長と選択性レンジを

Table 4. Parameters of mesh selectivity master curve and AIC values determined by the maximum-likelihood method for four models shown in Table 1. Parameter estimates and AIC values are given from fits of logistic selection curves.

Model	$a^{*1}$	$b^{*1}$	$L_0^{*1}$	$m_0^{*1}$	$\rho_1^{*2}$	$\rho_2^{*2}$	$\rho_3^{*2}$	$\rho_4^{*2}$	$\rho_5^{*2}$	AIC	The most likely model
					(57)	(72)	(87)	(102)	(117)		
1	32.3	-45.6	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	5791.9	
2	32.9	-55.0	8.6	-4.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	5774.7	
3	30.9	-42.8	0	0	0.154	0.159	0.177	0.187	0.323	5768.7	
4	23.5	-36.7	24.2	25.2	0.164	0.171	0.193	0.194	0.278	5764.2	○

\*1 The parameters of logistic equation:  $r(L)=1/[1+\exp\{a+b(L-L_0)/(m-m_0)\}]$ , where  $r$  is the retention probability,  $L$  is the rostral length, and  $m$  is mesh opening. In both models 1 and 3, parameters  $L_0$  and  $m_0$  are fixed at zero.

\*2 Parameter  $\rho$  denotes the relative fishing intensity of the SELECT method. In both models 1 and 2, parameter  $\rho$  is fixed at 0.2. Numbers in parentheses are mesh openings.

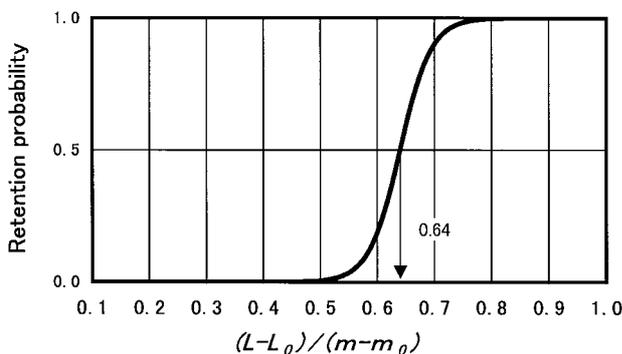


Fig. 5. Mesh selectivity master curve of hair crab pots for male hair crab (*Erimacrus isenbeckii*), estimated by model 4 shown in Table 4. Parameters  $L_0$  and  $m_0$  are 24.2 mm and 25.2 mm, respectively.

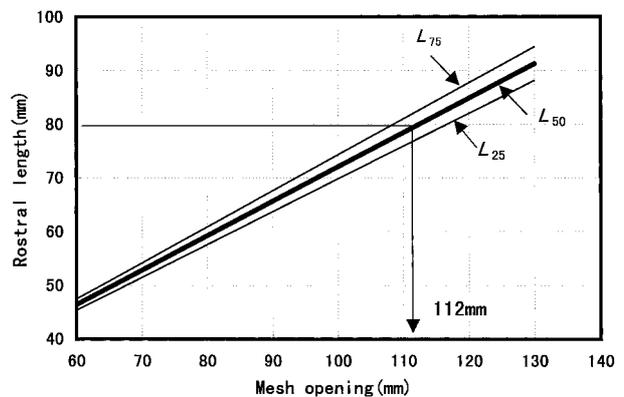


Fig. 6. Relationship of  $L_{25}$ ,  $L_{50}$ , and  $L_{75}$  to mesh opening, obtained by mesh selectivity master curve shown in Fig.5.  $L_{25}$ ,  $L_{50}$ , and  $L_{75}$  denotes the rostral length of 25%, 50%, and 75% retention, respectively.

比較すると、各目合ともモデル2での推定値の方が大きかった。

3. 網目選択性マスターカーブ Table 1に示した4つのモデルにおける網目選択性曲線マスターカーブのパラメータ推定値、遭遇確率の推定値およびAICの値をTable 4に示した。AICの値はパラメータ数が最も多いモデル4で最も小さく、各目合のかごに対するケガニの遭遇確率を等しいと仮定せず、マスターカーブ法における変数 $L_0$ と $m_0$ を導入したモデルが適切なモデルとなっていた。モデル4において推定された $L_0$ 及び $m_0$ はそれぞれ24.2mmおよび25.2mmであった。また、目合57mm、72mm、87mm、102mmおよび117mmのかごに対するケガニの遭遇確率の推定値は、それぞれ0.164、0.171、0.193、0.194、0.278であった。ケガニの遭遇確率は目合が大きいほど高い傾向にあり、目合別の選択性曲線推定の場合と同様の結果が得られた。モデル4のもとで得られたマスターカーブをFig. 5に、目合とマスターカーブから求めた25%、50%および75%選択甲長との関係をFig. 6に示した。選択率は $(L-L_0)/(m-m_0)$ の値が0.6~0.7の範囲で急激に変化し、選択率が50%となる $(L-L_0)/(m-m_0)$ の値は0.64であった。Fig. 6に示した目合と甲長との関係から、現行の規制サイズである甲長80mmが50%選択甲長となる目合内径と選択性レンジを求めると、それぞれ112mmおよび5.2mmとなった。

### 考 察

本研究では、これまでのケガニかごの網目選択性曲線推定における2つの仮定の妥当性評価に主眼をおいた。すなわち、操業試験に用いた各目合のかごへのケガニの遭遇確率が等しいとする仮定と、同じ選択率を示す目合と甲長との間には比例関係が成り立つという仮定である。

目合別選択性曲線推定の場合にも、網目選択性マスターカーブの推定の場合にも、AICにより適切と判断されたモデルにおける遭遇確率は、目合が大きいほど高くなる傾向にあったことから、各目合のかごへのケガニの遭遇確率が等しいという仮定は妥当とはいえない。このことは、これまでの選択性曲線推定では、選択性と遭遇確率の2つの要因に分離して解析すべき操業試験データを、選択性のみで解析していたことを意味する。モデル1で推定された50%選択甲長と選択性レンジは、いずれの目合でもモデル2による推定値よりも小さいことから、遭遇確率を等しいと仮定して選択性曲線を求めた場合、大きい目合では選択性の良さを過小評価し、選択性の鋭さを過大評価する可能性が高い。SELECTモデルを利用することにより、選択性と遭遇確率を分離して取り

扱えるようになり、選択性曲線の推定はより適切に行えるようになったといえる。しかし、遭遇確率の違いが何に起因するかは明らかでない。Xu and Millar<sup>10)</sup>はズワイガニかごで同様に大きな目合のかごにおいて遭遇確率が高いことを報告しており、その理由を、大きな目合では小型、中型のカニが逃避することにより、より多くのカニが入かごするためだろうと述べている。Miller<sup>14)</sup>は、カニを用いた一連の野外実験及び室内実験から、入かごが減少する原因として、かご内のカニが、かごの外のカニを威嚇することを上げている。また、威嚇は臭い、音、威嚇の姿勢、あるいはこれらの複合によるだろうとし、臭いを最も有望視している。ケガニにおいても、このような威嚇があるとすると、その影響はかごの外部にいるケガニの大きさにより異なる可能性がある。SELECTモデルでは、遭遇確率を対象生物の大きさとは無関係に扱っているが、このような取り扱いがケガニかごで妥当かどうかは、今後、検討する必要がある。

一方、同じ選択率を示す目合と甲長の間には比例関係が成り立つという仮定も、マスターカーブ推定において、 $L_0$ 及び $m_0$ を変数としたモデル4が選択されたことから、妥当とはいえない。選択性を決定する体部位は、甲長よりもむしろ甲長と同じラインの体周長と考えられており<sup>12)</sup>、甲長と体周長との関係が比例関係にあるか否かを調べる必要がある。

ケガニの規制サイズに対応した適正目合の判断基準の1つに50%選択甲長がある。目合別選択性曲線の推定結果から、規制サイズ80mmが50%選択甲長となる目合は、106mmと121mmの間であると考えられるが、特定するにはいたらない。しかし、マスターカーブを用いると、任意の目合の選択性曲線を得ることができる。Fig. 2に示したマスターカーブから、規制サイズ80mmが50%選択甲長となる目合内径は112mmと推定された。また、現行の網目規制サイズ115mm(3寸8分)を目合内径に換算し、50%選択甲長を求めると79mmとなり、甲長80mmに対する選択率は59%と推定される。1994年に北海道が網目規制を許可条件に盛り込む際、漁獲量の減少に対する漁業者の不安を考慮して、甲長80mmに対する選択率が70%となる目合として115mm(3寸8分)を選択している<sup>1)</sup>、したがって、今回の推定値はそれを約10%下回る。しかし、目合拡大により遭遇確率が高まることを考慮すると、実質的な差は小さいと考えられる。

また、網目の選択性を評価する上で、50%選択甲長とともに重要なのが、選択性レンジである。甲長80mmが50%選択甲長となる目合112mmの選択性レンジは、5.2mmと推定された。Xu and Millar<sup>10)</sup>は目合133mmのズワイガニかごの選択性レンジを16.5mmと推定している。50%選

折甲長も94.6mm と大きいため、ケガニかごと直接比較できないが、選択性レンジを50%選択甲長で標準化した  $SR/L_{50}$  の値を比較すると、ズワイガニかごの0.174に対し、ケガニかごでは0.065と著しく小さい。このことから、ケガニかごの網目選択性は鋭いと判断される。ケガニが網目の選択作用を受けるのは、かごに入ろうとして網面を移動する時と、かごに入った後に脱出しようとする時と考えられる。Watanabe and Sasakawa<sup>11)</sup>によれば、甲長50mm以上のケガニは151mm以下の目合を登ることができるから、本研究において選択性曲線の推定に用いた甲長50mm以上の個体は、最も大きい目合である117mmの目合を登ることができるといえる。したがって、網面を移動するときを受ける選択作用は小さく、ケガニかごにおける網目の選択作用は、かごに入ったケガニが脱出しようとする時に働いていると考えられる。このことから、ケガニかごにおいて網目選択性が鋭いことは、ケガニの脱出行動と深く関係していると推察される。

次に、研究結果の漁業現場における活用上の留意点について検討した。本研究では、目合として目合内径を用いたが、漁業現場では外径(2脚2節長)が一般的に用いられる。ところが、外径を規準とした場合、網糸の太さが異なると、外径が同じでも網目内周が異なるため、選択性に違いが生ずる恐れがある。たとえ目合内径が同じであっても、結節の種類によって網目周長は異なる上<sup>9,15)</sup>、選択性は網目の形状や網地の張り具合にも影響を受けると考えられている<sup>14)</sup>。ケガニかごの基本構造は各地域に共通しているが、かご枠や網地、網面の傾斜には工夫が施されており、地域間に微妙な違いがみられる。このような違いにより、たとえ目合が同じであっても選択性に違いが生ずる可能性があるため、網目規制サイズの変更を行う場合には、各地域ごとに漁業者が実証試験を行うことが望ましい。

### 要 約

ケガニかごの雄ケガニに対する網目選択性を調べるため、1987~1989年の6~7月に、オホーツク海沿岸のケガニ漁場において網目選択性試験を実施した。得られたデータをもとに、SELECTモデルおよびマスターカーブ法を利用してケガニかごの網目選択性を調べた。

1. 目合別に求めた網目選択性曲線から、目合72mm, 87mm, 102mm および117mmの50%選択甲長は、それぞれ53.7mm, 63.4mm, 74.6mm および83.0mmと推定され、大きな目合ほど選択性が良いことが明らかとなった。
2. 赤池の情報量規準(AIC)によるモデル選択の結果、目合の大きいかごほどケガニの遭遇確率が高くなる傾向があった。

3. ケガニかごの雄ケガニに対する網目選択性マスターカーブを、Logistic式により次のとおり求めた。

$$r(L,m) = \frac{1}{1 + \exp\{23.5 - 36.7(L-24.2)/(m-25.2)\}}$$

4. 網目選択性マスターカーブから、現行の規制サイズである甲長80mmが50%選択甲長となる目合は112mmと推定された。また、この目合の選択性レンジは5.2mmと推定され、ケガニかごの網目選択性の鋭いことが確認された。

### 謝 辞

操業試験を実施するに当たり、多大なご協力をいただいた雄武漁業協同組合所属の第58喜宝丸船長古山茂明氏に厚くお礼申し上げます。また、試験の立案と計画策定に有益な助言をいただいた北海道立水産試験場甲殻類研究グループの諸氏に感謝します。

### 文 献

- 1) 佐藤一, 西内修一: ケガニ漁業における小型カニ規制と選択漁獲方策. 月刊海洋 29(6) 362-366(1997).
- 2) 石田昭夫: 刺網の網目選択性曲線について. 北水研報告 25 20-25(1962).
- 3) 西内修一: ケガニかごの漁獲性能に関する試験. 昭和63年度北海道立網走水産試験場事業報告書 40-56(1989).
- 4) Millar, R. B. and S. J. Walsh: Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls. *Fish. Res.* 13, 205-220(1992).
- 5) Millar, R. B.: Estimating the size-selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch. *J. Am. Stat. Assoc.* 87, 962-968(1992).
- 6) Tokai, T. and T. Kitahara: Methods of determining the mesh selectivity curve of trawl net. *Nippon Suisan Gakkaishi.* 55, 643-649(1989).
- 7) 東海正, 三橋延央: 比較操業実験から選択性曲線を求める SELECT モデルについて. 水産海洋研究. 62(3), 235-247(1998).
- 8) 東海正, 底曳網の網目選択性曲線の決定法とその資源管理への応用. *Nippon Suisan Gakkaishi.* 64(4), 597-600(1998).
- 9) 内田圭一, 東海正, 胡夫祥, 松田皎: カバーネット法によるマアナゴに対するかご網の網目選択性. *Nippon Suisan Gakkaishi.* 64(5), 815-821(1998).
- 10) Xu, X. and R. B. Millar: Estimation of trap selectivity for male snow crab (*Chionoecetes opilio*) using the

- SELECT modeling approach with unequal sampling effort. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **50**(11), 2485-2490(1993).
- 11) Watanabe, Y. and Y. Sasakawa: A preliminary note on pot selection for the size of the rock crab. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* **35**(4), 225-233(1984).
- 12) 鈴木義一郎:情報量規準による統計解析入門. 東京, 講談社, 1995, 182P.
- 13) 陳俊徳, 松田皎, 周耀然, 東海正: 台湾海峡における底曳網の角目袋網の網目選択性. 日水誌 **58**(4) 627-635(1992).
- 14) Miller, R. J. : Effectiveness of crab and lobster traps. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **47**(6), 1228-1251(1990).
- 15) 青山恒雄: 底びき網の網目の選択作用. 日水誌. **31**(10) 848-861(1965).



# ケガニの資源管理の問題

阿部 晃治 \*1\*2

Problem of the resource management of the hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in Hokkaido

Koji ABE \*1 2

To maintain and increase the hair crab resource now at a crisis, the Hokkaido Government office has been conducting since 1968 the resource management by the catch quantity quota system. However, the resource remains at a low level, and the system has not been evaluated as an effective resource management method.

In this report, referring to the background and evolution of this system adopted, we will elucidate that the number of problematical points that existed from the very start have been left unsolved and that the crisis has resulted from this poor management. We will then consider how the hair crab resource management should be in future.

キーワード：ケガニ，漁獲量割当方式，ケガニ資源，ケガニかご漁業

## まえがき

北海道は漁獲量割当方式によるケガニの資源管理を1968年3月12日付けで採用決定，同年3月28日付けで関係機関に通知して周知徹底を図っている。この結果，1968年漁期から，オホーツク海域と十勝海域で，続いて69年漁期からは釧路西部海域でこの方式による資源管理が実施されている。一方，他海域における実施は遅れたが，1989年漁期から釧路東部海域，1992年漁期から胆振太平洋海域と噴火湾海域でも実施となり，現在は根室海域と宗谷海峡海域を除くほぼ全道のケガニ漁場が本方式による資源管理体制に入っている。しかし，今日に至ってもケガニの資源水準は低く，実効性のある資源管理方式として評価されていない状況にある。本書では本方式を採用するに至った経緯と背景を述べ，当初から存在した問題点を明らかにして，今後のケガニの資源管理の在り方について考察した。

なお，漁獲量割当方式という名称は，別に許容漁獲量制度<sup>1,2,3)</sup> ノルマ制<sup>1,4)</sup>，漁獲量限定方式<sup>4)</sup>，漁獲許容量制度<sup>4)</sup> などとも呼ばれている。68年3月12日付けの本方式採用の決定書では漁獲量割当方式と明記されているが，これが同年3月28日付けの関係機関に対する通知文では

漁獲許容量方式と表現されており，当初から言葉を厳密に定義して使用していないことがわかる。なお，この通知文では「漁獲許容量については，従来の実績と資源状況に応じて関係地区別に配分」と記されているように，先ず，水産試験場からの報告に基づき系統群全体（または海域全体）の許容漁獲量を決め，次にその配分が行政上の大きな課題であったことがわかる。事実，本方式を施行する上で，配分を巡っての階層間，漁業間，地域間の争いが，以後大きな漁業調整上の問題として浮上してきたことから，本書においては，漁獲量割当方式という表現を，本来の趣旨に適ったものと考えて用いることにした。

## 漁獲量割当方式導入前の背景

### 1. 生産量の推移と生産事情背景

漁獲量割当方式導入前の漁獲量や加工製品生産量の推移を Table 1 に示した。これによると漁獲量は1950年代は宗谷，網走海域（オホーツク海沿岸域）が本道の生産量の大半を占め，54，55年には飛躍的な増大を示したが，その後は急減し，1960年代に入るとその他海域（主に道東太平洋沿岸域）の増加が著しい。また，煮がにの生産量

報文番号 A299（1999年2月25日受理）

\*1 元北海道立水産試験場（Hokkaido Fisheries Experimental Station）

\*2 現住所：島田建設株式会社札幌支店（Present address: Sapporo Branch, Shimada Corporation, Kogure Building, Nishi 3-1-6, Kita3, Chuo-ku, Sapporo, Hokkaido 060-0003 Japan）

Table 1. Evolution of hair crab Catch Quantity and Production of Canned and Boiled hair crab in Hokkaido, 1951 to 1966.

Year	Soya and Abashiri Seas			Other Seas			Hokkaido (Total)		
	Catch	Can	Boiled crab	Catch	Can	Boiled crab	Catch	Can	Boiled crab
1951	2,205	16,253	-	1,249	24,487	-	3,454	40,740	-
1952	4,669	29,703	-	866	32,908	-	5,535	62,611	-
1953	4,752	44,885	-	457	25,450	-	5,209	70,335	-
1954	21,207	233,282	-	704	65,448	-	21,911	298,730	-
1955	26,513	304,701	-	873	57,475	-	27,386	362,176	727
1956	18,675	296,452	-	1,181	7,961	-	19,856	304,413	581
1957	16,695	249,711	-	1,834	6,565	-	18,529	256,276	572
1958	7,091	125,977	38	2,834	8,831	1,161	9,925	134,808	1,199
1959	6,243	104,488	101	3,986	30,056	1,504	10,229	134,544	1,605
1960	10,169	143,734	62	5,591	64,840	1,037	15,760	208,574	1,099
1961	7,443	140,619	49	4,661	45,614	172	12,104	186,233	221
1962	6,225	100,291	136	2,821	18,859	887	9,046	119,150	1,023
1963	3,418	49,818	91	6,032	42,362	2,232	9,450	92,180	2,323
1964	2,116	20,120	352	10,760	87,287	4,446	12,876	107,407	4,798
1965	2,890	28,208	792	8,842	52,747	4,446	11,732	80,955	5,258
1966	4,663	62,727	580	7,326	34,538	3,681	11,989	97,265	4,261

Notes: 1) Units: Tons for catch quantity and boiled hair crab, Number of cases 4 dozens of crab cans No.2 for canned hair crab.

2) Tentatively one case containing 4 dozens of crab cans No. 2 has been considered equivalent to 60 kg of fresh hair crab. However, the yield depending on the mixing ratio of soft-shell crabs, the conversion value differs in terms of processing factories (56.3 kg, 67.9 kg, etc.)<sup>6)</sup>.

3) The statistics for boiled hair crab include some crabs other than hair crab.

Source: Hokkaido Fishery Production Statistic Table for 1951 year, Present State of Hokkaido Fishery for 1952 to 1957 years, and Present State of Hokkaido Fisheries Industry for 1958 and on. For canned hair crab, the statistic figures are those given by Matsutani<sup>6)</sup>.

が相対的に増大して缶詰生産量に変わっていくのが特徴的である。

1954, 55年の漁獲量増大の原因については、道が63年に発表した「北海道におけるケガニ漁業対策」に記されている<sup>1)</sup>。すなわち、タラバガニ刺し網漁業の生産減退に伴い、缶詰工場はケガニ缶詰工場に重点をおきかえ、原料確保のため競って仕込その他の好条件を持って沿岸かにかご業者を勧誘した。特に、この漁業が共同漁業権の内容となって漁業共同組合の自主的規制のみに依存していたため十分な資源管理が行われず着業船が急激に増加し(54年271隻, 55年305隻), 漁獲量も55年に最高を

マークしたと記されている。このように、当時のケガニかご漁業は、缶詰工場の仕込とその主導の下におかれ、漁業の展開は缶詰工場の経営と生産動向に深い係わりをもっていた<sup>1)</sup>。具体的にはTable 2に缶詰生産と漁業生産が深い係わりを持ちながら推移したことを示した。本表からわかるように、この現象は宗谷、網走支庁管内で顕著にあらわれているが、その高い生産量は長続きしなかった。

## 2. けがにかご漁業の許可制度の変遷と業界の反応

1951年から56年は戦後の漁業制度の改革により、一部が第2種共同漁業として扱われ、その区域外の操業は自由

Table 2. Evolution of the number of processing factories, canned production and Fishery production amount for hair crab by Subprefectural Government office.

Year	Item	Subprefectural Government Office				Total
		Soya・Abashiri	Nemuro	Kushiro	Others	
1951	Number of Processing Factories	13	15	9	6	43
	Canned Volume	16,253	1,090	7,593	15,804	40,740
	Catch Quantity	2,205	87	375	787	3,454
1956	Number of Processing Factories	27	14	8	0	49
	Canned Volume	296,452	2,731	5,230	0	304,413
	Catch Quantity	18,675	139	51	991	19,856
1961	Number of Processing Factories	21	8	7	6	42
	Canned Volume	140,619	24,860	15,489	5,266	186,234
	Catch Quantity	7,443	1,391	1,468	1,802	12,104
1966	Number of Processing Factories	10	9	1	0	20
	Canned Volume	62,727	32,225	2,313	0	97,265
	Catch Quantity	4,663	3,294	2,192	1,840	11,989

Notes: 1) Unit: Ton for catch quantity, and case for canned, volume (refer to Table 1).

2) Breakdown of other processing factories: 3 for Oshima and Iburi, 1 for Tokachi and 2 for others (1951 year), and 4 for Oshima and Iburi, 1 for Hidaka and 1 for Tokachi (1961 year).

Source: Matsutani<sup>6)</sup> for number of factories and canned volume and Hokkaido Fishery Production Statistic Table and Present State of Hokkaido Fisheries Industry for Catch Quantity.

漁業とされていたが、漁獲量が下降線に入った 57年には漁業調整規則が改正され、ケガニの雌、及び甲長 7 cm 未満の雄の採捕禁止、さらに、それまで自由漁業とされてきた地区のけがにかご漁業を知事許可漁業に移行した。この結果、けがにかご漁業は、漁業権に基づく関係漁協の漁業管理と、許可に基づく知事の漁業管理との二本立てとなる<sup>13)</sup>。

しかし、Table 1に示すように、その後もオホーツク海域における資源の減少に歯止めをかけることはできなかった。この資源減少の原因は、このような二本立の管理では実際効果期待されず<sup>1)</sup>、ケガニかご漁業の缶詰原料確保のための乱獲、さらには、一部底びき網漁業などによる乱獲が続いたためと推定されている<sup>5)</sup>。このような状況を受けて、道は 63年に漁業権の切り替えを契機としてけがにかご漁業を知事許可に移行した。また、今後は道の責任において規制措置を講ずる目的で、漁業の現況

分析と基本方針を示した「北海道におけるケガニかご漁業対策」を発表すると共に、オホーツク海ケガニ対策実施要領、ケガニかご試験操業許可取扱要領、および、64年漁期オホーツク海に於けるケガニかご許可方針を打ち出している<sup>14)</sup>。このなかでは、太平洋海域は比較的乱獲に陥っていないので、65年漁期から具体的対策をたてるが、噴火湾海域だけはケガニの小型化が進んでいるので、別途自主規制するよう強力指導する。そして、オホーツク海域は資源が激減しているので、北見海域（枝幸、雄武、佐呂間沖）は資源調査のための試験操業を除いて禁漁、宗谷北部及び斜里海域は減船、これにともなう遊休船に対する転換策を定めている。さらに、雄がにの甲長制限を 7 cm から 8 cm に引き上げ、他種漁業の混獲規制の適切措置、調査船（北見海域）や当業船（その他の海域）による資源調査の実施、漁獲物は原則的に缶詰以外の方法で処理する等としている。

これらの方針に対する業界の波紋は大きく、道水産部に対する陳情が行なわれている<sup>5)</sup>。すなわち、漁業者側は転換漁業対策や低利、長期の資金融資など補償を明確にし、さらには、沖合い底びき網の操業規制を迫っている。また、缶詰業者側はパッカーの地元漁業者に対するこげつき償権については漁業者が他漁業に転換した場合でも、その水揚げ金額のうちから返済するよう行政指導をすること、さらには、漁獲物を缶詰にまわさず煮がに業

者に流す意向調査船操業には、多額の仕込資金を出してきた缶詰業者は憤激し、全面禁漁を強固に迫っている。

#### 新たな資源管理方向の模索

このような中、道は1967年漁期には資源の回復がみられると判断して、オホーツク海域での試験操業を廃止して許可操業を解禁、隻数も50隻から67隻に増隻するなどの規制緩和を行っている (Table 3)。しかし、ケガニが

Table 3. Evolution of authorized number of fishing vessels in hair crab fishery around the introduction of Catch Quantity Quota System

Year	Okhotsk Sea		Tokachi and Kushiro West Seas			
	Soya pots	Abashiri pots	Tokachi		Kushiro	
			pots	gill net	pots	gill net
1961	94	150	84	0	25	33
1962	86	144	183	0	25	Unknown
1963	74	81	183	0	25	20
1964	25	25	183	0	25	42
1965	25	25	171	0	25	41
1966	25	25	179	0	25	64
1967	31	36	147	0	25	40
1968	37	37	110	0	25	40
1969	37	37	109	0	25	40
1970	37	37	131	Unknown	25	40
1971	37	37	130	89	25	40
1972	37	37	120	94	25	40
1973	37	37	116	102	25	51
1974	37	37	101	102	25	51
1975	37	37	100	102	25	146
1976	37	37	100	102	25	146
1977	37	37	100	102	25	146
1978	37	37	100	102	25	146
1979	37	37	47	75	25	99

Notes: 1) Year : year in which season began, season sometimes extends into following year.

2) Gill net fisheries for hair crab by special catch have been authorized for 1975 to 1984 years in Soya Subprefectural Government Office and for 1975 to 1978 years in Abashiri Subprefectural Government Office. Number of fishing boats have not been given.

3) The gill net fisheries in the West Sea of Kushiro were limited to the fishing vessels belonging to Shiranuka Fishery Cooperative Association until 1974, but the converted boats from gill net fisheries for flounder belonging to Kushiro Fishery Cooperative Association participated from 1975 year on.

Source: Hokkaido Fisheries Experimental Station.

ご漁業の収益性が高いことから、多数の実績者からの経営参加の希望が多く、業界は実績者を対象として、多くは共同経営の形態をとることになる。この人選にもれた漁業者の生活は深刻であったことが、下記に示す宗谷管内における一漁業者の小学6年生の子弟から知事へ寄せられた手紙の内容からも察せられる。

「ぼくの家では、ぼくが生まれる前から毛がにをとっていましたが、ぼくが3年生の時、船がへらされ、ぼくの家は毛がにをとることができなくなったのです。父はよその人三人と共同でにしん漁をやりましたが、にしんはぜんぜんとれず、何百万もの借金が組合に残りました。…省略…知事さんどうかぼくの家にも今までのように毛がにをとらせて下さい。お願いします。ぼくの願いをきいてください(以上原文のまま)」

このようななか、道は現地とは増隻数の調整を進めながらも、新たなる資源管理の方向を模索し、最終的には漁獲量割当方式の採用を決めることになる。当時の行政担当者の証言から、道としては、これまでの一連の規制強化や本方式の採用に対する現地からの強力な反対はあったが、缶詰業者の仕込みによる漁業をこのまま続けてはケガニ資源の枯渇を招くという危機感を持って決断したことが伺われる。

ただし、この決断の背景には64年に町村金五知事がオホーツク海沿岸視察の折り、岸壁に投げ捨てられている多数の脱皮ガニや小ガニをみて、水産部長にケガニの資源管理を特命で降ろしたことや、漁業者の間にも資源枯渇に対する危機感が生まれていたことなどから、ケガニの資源問題に関する認識は社会全体が共有するものとなっていたことがあげられる。また、68年2月16日にはソ連が資源領有を主張する大陸棚宣言を公布しており、日本沿岸の資源管理が日本漁業の再生産方式にかかわる内的問題として重要であるという共通認識が高まりつつある時代でもあった。しかし、当時の北海道の沿岸漁業は、その主要資源のニシン、ホタテ、カニ、サケなどの凶漁やスルメイカなどの激しい漁況変化などにより、零細な技術、低い生産力、権利の賃借や仕込などのおくれた諸関係などを残したまま全般的に疲弊し、多かれ少なかれ窮乏化の過程をたどりつつあるのが一般の姿であった<sup>7)</sup>ことから、廃業に追い込まれた多数の漁業者の他漁業への転換は容易でなかったことが伺われる。

#### 漁獲量割当方式の採用

北海道は、1968年漁期からオホーツク海海域では漁獲量割当方式でケガニの資源管理を行うことを68年2月6日に起案、3月12日に決定している。この決定書の内容は次のようである。

『オホーツク海海域におけるケガニかご漁業について  
1.ケガニの資源管理に当たっては次の記(1)(2)の基本的な考え方にたつて、漁獲量割当方式とする。

#### (1) 漁獲量割当方式にする理由

(ア) 現行の規制のみでは全体漁獲量の制限ができない。

(イ) 漁船、漁具、漁法の改善で漁獲努力が今後増大していく。

(ウ) 資源管理上、脱皮がに、小がにの漁獲量を抑制し、品質の良い値段の高いかにのみを漁獲対象に操業させることが出来る。

(エ) 生産計画の樹立により経営の安定化を期し得る等から資源管理の基本的対策として漁獲制限をする必要がある。

#### (2) 漁獲量把握のための管理体制

(ア) 従来より“ケガニ”については共販で取り扱われてきたこと。

(イ) “ホタテガイ”がこの方式をとっており関係組合が経験済みであること。

(ウ) 操業船の漁獲量については、従来より各関係組合が的確に把握してきたこと等を勘案すると管理体制の確立に当たっては別段支障がない。なお、本年はこの方式の実施初年でもあるので、実態に即さない点があれば逐次改善していきたい。

2. 昭和43年漁期オホーツク海海域におけるけがにかご漁業許可取扱いに当たっては、下記(案)により措置する。なお、これに伴い別途現行許可方針の所用事項を一部改正する。

#### (1) 漁獲量の制限

けがに資源保護と恒久的利用をはかるため本年以降、稚内・網走水産試験場がケガニ資源調査に基づき算定された許容漁獲量の範囲内で操業させるものとする。昭和43年の許容漁獲量については現在関係水試が検討中の資料報告に基づき決定する。なお、昭和44年漁期の許容漁獲量を決定するため本年漁期中に網走管内1隻、宗谷管内1隻計2隻の調査船を運行させる。

#### (2) 操業海域

従前どうりとする。

#### (3) 操業期間

他種漁業との競合による紛争防止と秩序維持の面から4月1日以降5ヶ月以内とする。ただし、知事が必要と認めて指定した操業期間は除く。

#### (4) 操業隻数

本年の操業隻数は関係支庁の要望(許可の正常化)もあり、次表(Table 4)のとおり増隻の上、網走管内37隻、宗谷管内37隻計74隻とする。なお、今後増隻しない

Table 4. Number of authorized vessels in hair crab fishery in Okhotsk sea

Year	Abashiri *								Soya *				
	Shari	Abashiri	Tokoro	Yubetsu	Monbetsu	Saruru	Oumu	Total	Esashi	Tonbetsu	Sarufutsu	Soya	Total
1967	4	5	3	3	6	6	9	36	10	9	6	6	31
1968	4	5	3	3	6	6	10	37	13	10	8	6	37

\* : Subprefectural Government Office

ものとする。

#### (5) かご数

海中に施設するかご数は、1500個以内とする。(従来は1000個)

#### (6) 漁獲量の把握

漁獲許容量に達した場合は許可になった操業期間中であっても操業を停止させることとするため、数量把握については次のように措置する。

(ア) 所属組合毎に荷さばき場を定める。

(イ) 操業船は所属組合の指定する荷さばき場以外に陸揚げ出来ないように規制する。

(ウ) 特定の組合職員が常時計量に立ち会い適格に数量を把握するものとする。

(エ) 組合は所属船の操業日毎の漁獲成績をとりまとめ、遅くとも翌日中に支庁あて報告するものとする。

(オ) 必要に応じ当庁職員が現地駐在のうえ指導監督に当たるものとする。』

このように、漁獲量割当方式の導入は、従来うまくいってなかった漁獲努力量の制限や、脱皮ガニ、小ガニの保護により、資源維持が図られるばかりでなく、品質の良かのにの漁獲により、漁家の経営向上にもつながり、さらに、計画的な経営や事業運営が可能なものとして期待された。だが、管理体制の確立については、これまでの浜の取り組み状況から別段支障がないとするなど、その後の組織ぐるみの漁獲超過等の違反操業や刺し網漁業の混獲が大きな問題となったことからみても<sup>2,3)</sup>楽観的な展望が随所にみられる。新しい制度の実施を急ぐあまり、現状分析の甘さ、問題点の抽出や解決に向けての努力が不十分であったことが伺われる。また、漁業者による自主的な漁業管理組織結成に向けての視点はなく、現地の協力を得ながらの官中心の管理体制となっている。漁獲量割当制の導入に伴い、漁業者によってオホーツク海ではケガニ漁業協議会<sup>2,3)</sup>、十勝や釧路西部海域ではケガニ資源対策協議会<sup>9)</sup>が組織され、さらに、オホーツク海域には支庁別にケガニ資源対策協議会ないしはケガニ漁業対策協議会が既に存在していた<sup>2)</sup>。しかし、これらの役割は各漁業共同組合への漁獲量の割当、沖合底びき対策、操業秩序の維持、操業に係わる問題の行政への要望、行

政的要請の検討、実施などで、管理はほとんど行っていないなかった。

さらに、道はこの決定に基づいて、「68年漁期オホーツク海海域におけるけがにかご漁業の漁獲許容量及び許可などに関する取扱い方針について」を3月28日付けで宗谷支庁、網走支庁、そして北海道漁業共同組合連合会などに通知して、施行に当たっての周知徹底を図っている。なお、この通知文では、冒頭にも述べたように、漁獲量割当方式は漁獲許容量方式という表現に変わっている。許容漁獲量は宗谷支庁管内が4000トン、網走支庁管内が3400トン、両支庁に対する留意事項として、1. 許容漁獲量については、従来の実績と資源状況に応じて関係地区別に配分し当庁あて回報されたい 2. 操業期間中は常時関係船の操業状況と漁獲量の適正な把握に努められたいと記されている。漁獲量の配分と把握が支庁の重要な任務となったわけである。しかし、取り扱い方針の改正点の中には、決定書にうたわれた漁獲量把握のための所用事項である、特定組合職員の常時計量立ち会いと漁協から支庁宛の漁獲成績書の報告日が遅くとも翌日中とすることなどが削除され、現地における管理への協力体制の困難さが伺われる。

当時の現地の実情を示す一例として、網走支庁が水産部長宛に出した68年2月12日付け公書「網走支庁管内けがにかご漁業における漁獲量割当方式について」がある。その内容をみると、西部(雄武、沙留、紋別)海域は比較的資源も回復し、水試の調査結果もでているので、現地では割り当てられた漁獲量の範囲内で、高品質なかにをとり、水揚げ金額で競争するという要望がでているが、資源回復の不十分な中部、東部海域では経営採算上の合ような漁獲量を欲しているため、西部海域は本年度から、中部、東部海域は明年度以降から漁獲量割当方式の実施を要望するというものである。この公書の発せられた日付が、漁獲量割当方式採用に向けての決定書の起案日と重なることからみても、この要望は現地サイドの独自の発案というよりは、本庁、支庁連携のもとに官指導型で、現地の理解を得ながら進めてきたものを、道が現地からの要望を受けて進める形にしたものと推察される。しかし、本方式の趣旨が漁業者に十分に浸透したと

は思われない。むしろ、現地では経営採算重視の声が大きく、特に、資源の少ない海域では行政としても十分な対応策がとれないままに推移していることが伺われる。

道が次に取り組んだのは沖合底びき網漁業におけるケガニの混獲問題である。激化した底びきと沿岸の対立の縮図をそのまま持ち込んだ形で、ケガニの乱獲や資源配分の問題を解決することが、大きな課題となってくるのである。1968年10月19日の北海道新聞には次のように報道されている。

『スケトウダラの魚価低落などで経営採算の悪化している沖合い底びき漁船は、従来見向きもしなかった高値のケガニ漁に乗りだし、オホーツク海、十勝沖などで沿岸漁業者とトラブルを起こしている。道水産部は沖合い底びき漁業者に対し、ケガニ漁の自粛を要請、また、底びき漁業は大臣許可で、道はかに漁を規制できないため、水産庁に対し資源維持上から指導をしてほしいと申し入れる。』

この道のけがに漁自粛要請の通知文は10月15日付けで道内の各機船漁業協組合と北海道での入り会い操業が認められている青森県機船底びき網漁業連合会と八戸機船底びき網漁業協同組合あてに出されている。その内容は次の通りである。

『底びき網漁業のケガニ採捕について

本道の特産品たるけがにについては、その資源保護をはかるため昭和39年以降オホーツク海及び太平洋海域におけるけがにかご漁業者に対し、隻数、操業期間、敷設かご数等の規制措置を講ずるとともに、北海道海面漁業調整規則により雌がに及び甲長8cm未満の雄がに採捕を禁止してきたのであるが、昭和43年漁期は、更にオホーツク海域の資源枯渇の要因を検討し、同海域の資源保護の徹底を期すべく資源量に見合う漁獲量を定めて、その数量の範囲内の操業方式を実施したが、引き続き太平洋海域にもこの方式を実施する予定で検討を進めているのであります。

については、これらの厳しい規制内容で操業しているケガニかご漁業者が自主的に前浜資源の保護をはかろうとする機運が高まりつつある現在、底びき漁業者により周年しかもケガニかご終了後においてケガニの稚がに雌がにを含めて大量に漁獲されることは、これら一連の資源保護体制を根底からくつがえすこととなるので、ケガニ資源の保護培養をはかる見地にたつて、貴管下の底びき漁業者に対し、ケガニを漁獲対象としないよう自粛操業の周知徹底について指導願います。

なお、本件については、北海道海面漁業調整規則第35条第2項「ケガニの雌がに及び甲長8cm未満の雄がにには採捕してはならない」の規定が適用され取締の対象と

なるので、遺憾のないよう併せて指導願います。』

この通知以後も、底びき網漁業によるケガニの混獲は続いており<sup>1)</sup>、沿岸漁業との紛争の火種となっている。これは、沿岸漁業と沖合底びき網漁業との階層間の対立でもあるが、北海道沿岸域の同一資源を対象としながら、前者は知事許可、後者は大臣許可とに分けられている複雑な許可の実態が資源管理の推進を阻む一要因となっている事例でもある。管理対象種を他の漁業が自由に獲れるような状況下での資源管理はありえないと考える。

次に、この通知文にも示された、太平洋海域における漁獲量割当方式の導入について述べる。太平洋海域では1968年漁期から十勝海域で、69年漁期から釧路西部海域で本方式が実施されることになる。これらの地域は、前述の63年の「北海道におけるけがに漁業対策」にも示されているように、当時は資源は比較的乱獲に陥っていないが、増田<sup>2)</sup>も述べているように漁業管理の困難性が漁業者の多さと多様性にある地域である。このことは、当時の支庁別のケガニかご漁業の規制概要からも明らかで（Table 5）、オホーツク海域に比べて、漁船規模は小さく、海中敷設かご数も少ないが、十勝は188隻以内、釧路西部海域では26隻以内（Table 3によると実際の許可隻数はこれを下回っている）となっている。また、他にもケガニ刺し網漁船や多量にケガニを混獲するかれいなどの刺し網漁船が存在していることが伺われる（Table 3）。

1968年当時のケガニ資源対策関係の会議資料をみると4月の釧路のケガニ資源検討会議には、道、支庁、水試、漁連、信漁連、漁協の担当者、それにかにかごと刺し網漁業者の代表らが集まり、ケガニ刺し網の自主規制による隻数制限や禁漁時期の設定、或は、クロガシラガレイとババガレイ刺し網漁業におけるケガニの混獲問題などが論議されているが、沿岸漁業者からは沖合底びきの夜間びきによる小ガニの混獲などに対する批判が続出している。また、8月の十勝海域の会議では、道、支庁、水試の担当者等が集まり、資源水準に見合ったかにかご漁船数の削減が現段階では不調に終わったことから、今後は道の方針に沿って、漁獲量割当方式で資源管理をしていくことが決められている。混獲問題や資源に見合った漁獲努力量の制限など漁業調整上の困難な問題を未解決なままでの見切り発車とも言える。

以上のように、漁業調整上の困難な問題解決を先送りしたなかで、新しい資源管理の方策として、漁獲量割当方式による漁業秩序の構築が図られていくことになる。この結果、割当量はケガニかご漁業や従来からのケガニ刺し網漁業ばかりでなく、これまでケガニを混獲して問題となっていたかれいなどの刺し網漁業の一部をケガニ

Table 5. Outline of the regulation for hair crab fishery by Subprefectural Government Office. (as of September 1988)

Subprefectural Government Office	Number of Authorized Vessels	Fishing Vessels Used (tons)	Fishing Period	Pot Limit	Others	Remarks
Abashiri	37	< 20	Any period up to 5 months after April 1	1,500	Catching the molting hair crab prohibited	Catch quantity quota system implemented from the fishing season in 1968 year. Catch quantity: 3,400 tons
Soya	37	< 20	Any period up to 5 months after April 1	1,500	Catching the molting hair crab prohibited	Catch quantity quota system implemented from the fishing season in 1968 year. Catch quantity: 4,000 tons
Hidaka	140	< 5	4 months from among December 1 to April 30	200	Catching the molting hair crab prohibited	
Tokachi	188	< 5	From November 20 to March 25	700	Catching the molting hair crab prohibited	1. Scheduled is the implementation of the catch quantity quota system from the fishing season in the 1968 year. 2. Self-imposed control of the number of the pots held is under way in response to the classes of the fishing vessels.
Kushiro	26 in the West Sea 40 in the East Sea	< 15	From December 1 to April 30 in the West Sea From April 15 to August 31 in the East Sea	700	Catching prohibited of molting hair crab and female hanasaki crab	
Nemuro	31	10 < 30	From May 1 to October 20	1,000	Catching the molting hair crab prohibited	

Source: Fishery Department, the Hokkaido Government Office

Table 6. Evolution of Catch Quantity Quota and Catch Quantity.

Year	Okhotsk Sea										Tokachi and Kushiro West Seas																		
	Soya					Abashiri					Tokachi					Kushiro					Offing fishing ground								
	Catch		Quota		Hair crab pots	Catch		Quota		Hair crab pots	Hair crab gill nets		Flounder gill nets		Total	Hair crab pots		Hair crab gill nets		Flounder gill nets		Total	Quota		Total	Hokkaido trawl fishery		Hatinohe trawl fishery	
	Quota	Catch	Quota	Catch		Hair crab gill nets	Hair crab gill nets	Quota	Catch		Hair crab gill nets	Flounder gill nets	Quota	Catch		Hair crab gill nets	Flounder gill nets	Quota	Catch	Hair crab gill nets	Flounder gill nets		Quota	Catch		Hair crab gill nets	Flounder gill nets	Quota	Catch
1964	-	1,481	-	397	-	3,109	2,766	-	343	-	923	593	219	111	-	1,545	18	1,527	-	-	-	-	-	-	1,545	18	1,527	-	-
1965	-	1,743	-	647	-	2,354	2,266	-	88	-	1,596	879	534	183	-	3,202	167	3,035	-	-	-	-	-	-	3,202	167	3,035	-	-
1966	-	2,501	-	2,091	-	872	835	-	37	-	1,157	300	668	189	-	169	20	149	-	-	-	-	-	-	169	20	149	-	-
1967	-	4,400	-	3,884	-	686	673	-	13	-	739	326	350	63	-	93	8	85	-	-	-	-	-	-	93	8	85	-	-
1968	4,000	3,639	3,400	1,932	600	721	619	-	102	-	454	177	260	17	-	110	20	90	-	-	-	-	-	-	110	20	90	-	-
1969	3,300	1,236	2,000	815	1,000	517	471	-	46	700	464	221	215	28	0	54	31	23	-	-	-	-	-	0	54	31	23	-	-
1970	1,500	1,315	850	744	1,000	911	798	101	12	700	677	265	306	106	0	387	218	169	-	-	-	-	-	0	387	218	169	-	-
1971	1,700	1,149	850	850	1,200	1,027	840	160	27	850	606	230	306	70	0	859	598	261	-	-	-	-	-	0	859	598	261	-	-
1972	1,350	1,373	900	892	1,010	1,163	930	209	24	715	820	261	339	220	575	480	407	73	-	-	-	-	-	575	480	407	73	-	-
1973	1,300	1,344	850	934	1,018	949	598	209	142	722	736	141	344	251	440	444	362	82	-	-	-	-	-	440	444	362	82	-	-
1974	2,800	2,720	2,800	2,614	468	487	325	109	53	332	882	160	158	564	200	189	160	29	-	-	-	-	-	200	189	160	29	-	-
1975	2,400	2,285	2,400	2,460	655	775	496	154	125	603	1,141	172	371	598	280	314	310	4	-	-	-	-	-	280	314	310	4	-	-
1976	1,500	1,303	1,500	1,573	655	529	281	167	81	465	1,278	179	313	786	280	249	228	21	-	-	-	-	-	280	249	228	21	-	-
1977	1,300	922	1,300	1,025	336	238	131	85	22	239	535	62	151	322	125	37	14	23	-	-	-	-	-	125	37	14	23	-	-
1978	1,000	610	1,000	450	336	61	9	25	27	239	158	9	78	71	125	14	4	10	-	-	-	-	-	125	14	4	10	-	-
1979	700	671	700	592	168	123	51	56	16	120	605	36	44	525	63	95	82	13	-	-	-	-	-	63	95	82	13	-	-

Notes: 1) Year : year in which season began, season sometimes extends into following year.

- 2) The quota was weighted out respectively to the hair crab pot fishery and hair crab gill net fishery, and from the 1972 year, to the offshore trawl fisheries in Tokachi and Kushiro West Seas except for the common of fishery vessels from Honsyu.
- 3) The flounder gill net fishery in the Kushiro West Sea admitted the mixed catch of hair crab within the adjustment frame (4 to 7% of the quota for Kushiro West Sea).
- 4) Though there is no mention about the catch quantity by the gill net fishery in Soya and Abashiri Seas, the hair crab gill net fishery by special catch was permitted and quota allotted from 1975 to 1984 years (to 1978 year for Abashiri).

Source: Hokkaido Fisheries Experimental Station, Hachinohe Branch of Tohoku National Fisheries Research Institute.

刺し網漁業に転換させ、これに割当量を配分するとともに、沖合底びき網漁業にも割当量を配分している（Table 3, 6）。ただし、刺し網漁法では陸上で網はずしの作業をすることから、漁獲禁止となっているかに、特に雌がにを多量に殺すことが問題となっていた。そのため、抱卵雌ガニなどの混獲防止を目的として、漁業者には試験研究機関の指導のもと、自主的に禁漁区を設定するような行政指導が並行して行なわれていた<sup>9)</sup>。

特に、問題として指摘したいことは Table 3, 6からもわかるように、漁獲量に見合わない隻数の多さである。年によっては、これで漁業経営が成り立つのかと思うような一隻当たりの割当量となっている。これでは違反操業必至の状況とも言える。このようななか、少しでも、漁業経営を安くするために、1978年に十勝海域ではかにかご漁業からかに刺し網漁業への転換陳情が出されている。因みに、十勝管内の漁業協同組合から出た資料によると、その当時のかにかご漁業とかに刺し網漁業（括弧内）の収支は、平均水揚げ金額273万円（172万円）に対して、支出は漁網漁具費45万円（3万円）、餌料費46万円（無し）、人件費100万円（30万円）などとなっており、漁業経営のいかにかにかご漁業の経営は苦しかったことが推察される。

以上、漁獲量割当方式を採用するに至った経緯と背景を問題点を指摘しながら概観した。次に、漁獲量割当方式実施後の資源動向について若干触れてみたい。漁獲量は Table 6からも明らかのように、1960年代から70年代には減少傾向が続き、管理効果がみられない。1980年代に入ってから、オホーツク海域では資源は穏やかな増加に転じてきたが<sup>3)</sup>、漁獲量割当は1990年代にはいつからも1500トンから1700トンのレベルで回復は十分でない（道水産林務部資料）。また、十勝、釧路西部海域では1980年代から1990年代にかけてもさらに悪化し、1991年度漁期の漁獲量割当は両海域合わせて僅か125トン、翌年漁期から94年漁期には休漁措置に追い込まれている（道水産林務部資料）。

オホーツク海域の回復の兆しをみせた原因は、1985年漁期のケガニ刺し網漁法の廃止、93年漁期のかれい刺し網によるケガニの混獲禁止、刺し網からかご漁法への転換（92年漁期にははにかれい刺し網から特別採捕による一部転換、95年漁期には刺し網から本許可による転換）、94年の網目規制（3寸5分を3寸8分とする）などの規制強化に加えて、ケガニ資源減少に対する危機感とホタテガイやサケの漁獲量の増大が背景にあって、漁獲量規制が守られてきたことがあげられている<sup>3)</sup>。一方、十勝、釧路西部海域でも、次第に規制強化が図られてきた。すなわち、底びき網の操業自粛、保護区域の設定、操業期

間の短縮、網目規制（1995年漁期から実施に向け協議）、ケガニ刺し網からケガニかご漁法への転換（十勝海域は1983から85年漁期で、釧路西部海域は84年から85年漁期で数名の共同経営による転換）などが図られている。

なお、この漁法転換の際、休漁やさけ定置漁業への転換に追い込まれた漁業者を、1987年には魚価安による転換先の経営逼迫と、ケガニ資源の若干の好転を理由にけがにかご漁業に再収容する事態が生じている（道水産林務部資料）。沿岸域に代替資源の乏しいこの海域ではケガニ資源に対する依存度も強く、漁獲努力量の削減は容易でない。加えて、漁業協同組合員でない員外者の密漁も後を絶たない海域である。

#### 試験研究の対応

ケガニの研究は、ケガニを缶詰原料として利用し始めた生産事情を背景に1930年代に入ってから行なわれ<sup>10)</sup>、ケガニの成長、繁殖、移動などの生物特性が明らかされてきた。その後の研究は、ケガニの缶詰生産の飛躍的増大と資源の将来に不安の生じた1950年代中頃からみられ<sup>16)~18)</sup>、オホーツク海域における浮遊幼生の分布、生殖、脱皮、漁場の底質環境、成体ガニの移動や分布などの生態学的研究と資源の評価、予測などが行われている。しかし、これらの研究においては観察材料の不充分さなどから、多くの未解決な課題や疑問とされるものも残されていた。また、海域別にみると、オホーツク海域の研究が比較的進んでいたが、道東太平洋における研究は殆ど皆無状態であった。したがって、当初は漁獲量割当設定の基となる水試の許容漁獲量の推定に当たっては、各水産試験場はそれまでの研究蓄積から有益な示唆を得ながらも、次に示すように独自の取り組みで進めざるを得ない状況にあった（資料；各水産試験場資料、1969年2月開催のケガニ担当者会議議事録）。

網走水産試験場；1964年から本格的な資源調査に入り、65年からは水産試験場の用船（採集漁具にはかにかごを使用）による密度分布調査を常呂海域で、66年からは雄武から網走にかけて実施、この調査で得た資源量指数で資源評価を行っている。許容漁獲量は、前年までの漁期中の資源調査結果に基づき、翌年の残存資源量と加入群量を推定し、これに加わる漁獲努力量が過度にならないように求めている。具体的には、67年の漁獲量と漁獲効率（標識放流がにの短期採捕率の2倍）から67年の漁期前資源量を推定し、これからその年の漁獲量を引いたものを67年の残存資源量とする。次に残存資源量の脱皮成長による増重量と推定新加入群量を加えたものを68年の推定資源量とする。次に、前年よりも資源水準が低下しないような漁獲効率（漁獲強度）を求め、それから

許容漁獲量を推定する。

稚内水産試験場；1964年から基礎調査に入り、漁獲量、漁獲努力量、漁獲物調査などの陸上調査を行う。67年には底びきによる、68年にはかご網による海上調査を開始、69年からは網走水産試験場の手法により水産試験場の用船による密度分布調査で得た資源量指数で資源評価を行う。なお、初年の許容漁獲量は水揚げ港の漁獲物調査で得た甲長別漁獲物曲線から推定している。

釧路水産試験場；1964年から分布や標識放流による移動などの生態調査を、67年から本格的な資源調査を開始している。ケガニかご漁船の漁獲報告書と一斉漁場調査（指定当業船による特定漁場、特定かご数の標本調査）から得た資料を用いて資源量指数を求め、その解析により資源評価を行っている。また、市場庭帳による漁獲量調査、水産試験場用船や刺し網漁船からの標本採集による生態調査を行っている。なお、初年の許容漁獲量は、米国太平洋岸のオヒョウの管理例にならって、推定漁獲量の70～80%と決め、その後の推移をみながら是正していく試行錯誤的な方法で求めている。資源量指数は密度面積法で求め、次年度の資源量指数は年間の減少率と加入率から推定している。また、漁獲量は相関法で求めた資源量指数と漁獲量との一次式から外挿法で推定している。

当初の許容漁獲量は以上のような方法で求められたが、その後は各場とも密度面積法で求めた資源量指数の解析による資源評価を根拠としていくことになる。ただし、調査は網走、稚内両水試は水試の用船により、釧路水試はケガニかご漁船の協力のもとに実施する。この釧路水試の進め方は、漁業者の資源管理意識を向上させるとともに、少ない水試独自の予算を生態研究や漁期後の資源調査に向けることを意図していたが、用船調査に比較して資料の精度に問題点もあった。

本格的な調査に入ってから、生物学的な知見や経年データの不足から、漁模様が予想と大きくずれるなどの問題が生じている。また、水試の出す許容漁獲量は上限と下限の幅が大きく推定されており、漁獲量割当を決定しなければならない行政の現場に混乱を生じさせていた。それは、時には、行政担当者に水試は漁師の反発を恐れて、責任回避をしているのではないかとの疑いを持たせるほどのものであった。このように、水試にとっては当初から予測精度向上の問題が緊急課題であり、そのためには、今後は、系統群、再生産機構、産卵場や雌ガニの量の把握、成体ガニの移動、脱皮間隔、年齢と成長、雌ガニの生殖周期、自然死亡量や加入量の推定などの研究を行って、ケガニの生活のパターンと漁業用海図の作成を進めるとしている（69年2月、第1回ケガニ担当者

会議資料）。すなわち、当時、北海道立水産試験場、北海道区並びに東海区水産研究所の資源、海洋研究のなかから生まれた新しい研究の方法論<sup>7,19)</sup>の強い影響のもと、許容漁獲量算定というルーチンワーク的な作業を進めながらの実践的な資源研究を展開していくことになる。

#### 漁獲量割当方式を進めるうえでの課題

ケガニの資源管理の問題として、主にオホーツク海域についていくつかの指摘が報告されている。すなわち、各船ノルマ、使用かご数、雌および8 cm 未満雄ガニの海中還元などの規制についての違反が、地区毎の組織的なものも含めて、度々行われていたこと<sup>1)</sup>、資源密度の薄い海域では軟甲ガニへの過度の漁獲努力量の投入も必然化していたこと<sup>1)</sup>、各種漁業規制の不徹底さと、管理チェック体制が不備であること<sup>4)</sup>、刺し網漁業のケガニの漁獲量と海中還元による生き残りの問題があること<sup>2)</sup>、けがニ対策協議会が個々の漁業者の連合であり、組織として強制力をもたず、確固として漁業管理を推進しようとする主体が形成されている状態にもないこと<sup>2)</sup>、ケガニを混獲する刺し網漁業や沖合底びき網漁業についての規制の実効があがっていないこと<sup>1)</sup>などがあげられている。これらのことがらはオホーツク海域特有の問題ではなく、太平洋海域にもみられる共通の問題である。さらに、釧路、十勝海域では漁業者の多さと多様性が漁業管理の困難性を増していることがあげられている<sup>2)</sup>。

本書では、漁獲量割当方式に至った経緯と背景を示しながら、当初から後に指摘を受けてたような問題が存在していたが、これらに対しての具体的な対策がないままに漁獲量割当方式に移行したことを明らかにした。当時のケガニ資源減少の深刻さと、漁業秩序の乱れに対する緊急的で、実効性のある対策として浮上してきたのが、漁獲量割当方式による資源管理であったとしても、この方法は資源管理の一手段にすぎない。したがって、本方式を実施するに当たっては、各種の規制を併用しながら効果的に進めていけるような環境作りが必要であった。

今後の在り方として、現在、資源管理型漁業の推進のなかで、漁業者の自主的管理への動きが高まりつつある。すなわち、オホーツク海と道東太平洋のケガニ資源については、行政、水試、漁業者などが策定した「資源管理推進指針」に基づいて、関係漁業者の自主的な「資源管理計画」の樹立と資源管理の実践、資源管理効果の把握や評価のためのモニタリング調査への協力が始められている<sup>20)</sup>。さらに、プール方式による経営方式をとるものもみられる<sup>1)</sup>ように個別経営を越える新たな生産関係を構築する動きや、商品ガニサイズの軟甲個体を海へ戻して、翌年、堅ガニとなってから獲ることや<sup>3)</sup>、脱皮期の操業を

打ち切る<sup>21)</sup>などの高付加価値化にむけての動きがみられる。これらの漁業者の自主的な実践例は、いずれも、資源管理型漁業実現に影響するものとして評価される。資源管理型漁業は資源管理そのものより、漁業経営の“危機管理”こそが問題であった<sup>22)</sup>という主張を裏付ける具体的な動きでもある。一方、この漁業者の自主管理による経営危機の克服といった主張には政策的手詰まりを背景とする、漁業者への上からの自助努力の押しつけにつながるものだという批判がある<sup>23)</sup>。しかし、この批判は漁業者の自主管理を否定したのではない。漁業者の競争意識や倫理の欠如が乱獲に走る根本的な理由としてあげられているだけに、今後は何のために管理するのかという理念をもたせるためにも、漁業者による自主管理を進めていかねばならない。

ケガニは深淺移動を行う<sup>9,25)</sup>。その過程で、例えば9~10月に深みへ移動した時は沖合底びき網のハタハタ漁場に、6~7月の浅みへ移動した時はかれい刺網のマガレイ漁場に分布する。生態的にみても他種漁業による混獲問題が起こることは必然的とも言える。また、多くの漁業者は収益性の高いケガニを獲ることを望んでいる。多数の家族労作中心の経営基盤の弱い漁業者の利害が錯綜している地域漁業のなかで、個別の資源や漁業を対象とし、しかも資源の維持だけを目的とした内容では、ケガニの漁獲量割当方式がうまくいかなかったのも当然と言える。新しい地域漁業や漁家経営の在り方を展望し、地域全体の漁業生産の向上を図っていくなかで、ケガニの資源管理も位置づけし、地域漁業者の理解を得ながら進めていくことが大切である。

廣吉<sup>24)</sup>は、「管理型」が現在の漁家・漁協・漁村の現状や問題克服と一体となった自主的な運動にならない限り、漁協を主体とした新しい漁業管理方策（漁場利用関係の変更）は大方の漁民の参加と合意を得られないと思う。管理型を下からの広範な実践活動に導くためには地域漁業の進路を明示した基本的理念の提示こそ重要であり、かつ早急であると強調したいのであると提言している。

外国の漁業管理制度の中には、今後の進め方に示唆的なものがある。例えば、EU（欧州連合）は毎年、ICES（海洋調査国際理事会）の勧告とEUの閣僚理事会の決定に基づくTAC（漁獲可能量）を各国に割り当て、漁獲努力数などの各種規制を併用しながら漁業管理を進めているが、同時に有償による経営基盤強化のための減船対策や魚価の最低保証制度などを導入するなど<sup>26)</sup>、TAC制度を総合水産政策の一部としている。これらの提言やEUの例をみても、行政がどのような理念をもって漁業管理を推進していくかということが重要である。規則そ

のものでなく、規則の精神を理解し、生かしていけるような環境作りが大切である。

次に、試験研究の在り方について触れてみたい。水産試験場の漁業資源部門の仕事は事実を探求することに問題を制限する実証的な自然科学の分野である。多くの事実についての知識を与え、そこから、行政や漁業者にいかにあるべきかという価値判断ができるようにする。例えば前記の軟甲ガニを海へ戻してやると、翌年には高価値な堅甲ガニとして獲れるという判断は、これまでの研究で5歳以上雄のケガニの脱皮周期が2年以上<sup>25,27)</sup>であるという事実の知識に基づいている。

これまでのケガニの資源管理の問題点の指摘の中には、現状の試験研究の課題設定の在り方に係わるものも多い。その一例として、ケガニの漁獲量割当が系統群単位で、漁協の地区ごとに、個別、分割的にケガニ資源を利用する方式がとられてきたため、実際の漁業においては、漁獲実績に大きな格差を生じ、資源密度の低い海域では軟甲ガニへの過度の漁獲努力量の投入を必然化し<sup>1)</sup>、共通の規制に対して納得しない地域もでてくるので<sup>2)</sup>、今後は、漁場形成に見合う、より広域的な漁場利用方式、ないしは、漁場管理方式とすべきとの提案がある<sup>1)</sup>。ケガニは量的にも<sup>16,27)</sup>、質的にも<sup>16,17)</sup>一様に分布するのではなく、また、季節的<sup>16,28)</sup>、生活年周期<sup>9)</sup>による移動をするので、この提案に対しては、現在の系統群単位の研究から回遊群単位、魚群単位の集合特性を明らかにする研究へと進め、ケガニの生活をより具体的にしていくことが研究課題として求められてくる。次に、これまでの違反が起きた原因として、水試の資源調査結果と漁業者の資源状態についての認識が異なったことが指摘されている<sup>2)</sup>が、最近では予測精度が高まり、水試の予報は信頼されるようになった<sup>3)</sup>。予測精度が向上した理由は密度面積法による資源量指数が、翌年の加入群量を含めて比較的簡単に求められるようになったこと<sup>3,4)</sup>、経年の科学的資料の蓄積<sup>3,4)</sup>、年齢と成長に関する研究成果<sup>4,25)</sup>などによる。しかし、ケガニ資源管理モデルの構造と限界のなかでも批判されているように<sup>22)</sup>、資源量や漁獲量が漁獲努力量の関数として扱われているだけで、環境要因の影響が無視されている。ケガニ資源には周期的に出現する卓越年級群が存在するが<sup>4)</sup>、この発生メカニズム解明には、親と子の量的関係ばかりでなく、環境要因の影響が大きいことが仮説されている。しかし、具体的な研究の進展はなく、長期的な展望で資源管理を行っていくためにも、今後、解明を急がねばならない研究課題である。

資源管理に必要な科学的知見を得るための多くの研究課題が残されていることを例示した。研究現場では、TAC制が日本でも導入されるなどにより、ルーチンワーク的

な事業量がますます増え、確信の持てない作業の下積みとなって苦しむことが多くなるかもしれない。しかし、どのような状況下でも、漁業の生産実践と結びつきながら、役に立つ研究を地道に進めていくことが大切である。そのためにも、これまでの研究のレビューを踏まえた新たな研究の展開が期待される。

## 文 献

- 1) 鈴木 旭：オホーツク沿岸海域におけるけがにかご漁業の漁業管理について。北日本漁業 .15,107-117 (1958)。
- 2) 増田 洋：オホーツク海における毛ガニかご漁業管理。平成3年度資源管理型漁業指導普及事業先進事例調査報告書。全国漁業協同組合連合会, 1992,17-41。
- 3) 佐藤 一：北海道におけるケガニの漁業管理。北日本漁業 .26,1-8 (1998)。
- 4) 北海道：沿岸域漁業管理適正化方式開発調査報告書，北海道オホーツク海沿岸域（ケガニ）。1985,97p。
- 5) 北海道水産部：水産行政だより。水産北海道 .17(12), 38-39 (1967)。
- 6) 松谷三郎：北海道毛蟹産業発展の歩み。小樽，北海道缶詰工業協同組合, 1969, 330p。
- 7) 苦米地洋文：第1編序説，第1章 本調査試験の背景。昭和36～40年度実施北海道漁業資源調査並びに漁業経営試験報告書。北海道立水産試験場, 1967,1～6。
- 8) 北海道水産部：水産行政だより。水産北海道, 19(1)85-88 (1969)。
- 9) 阿部晃治：200カイリ時代における北海道沿岸漁業の今後の問題点 5 ケガニ。日本水産学会漁業懇話会 ,14,52-60 (1979)。
- 10) 丸川久俊, 安成一二：毛蟹又はおほくりがに *Erimacrus isenbeckii* (BRANDT) *Megalopa* 及びその直後幼生について。水産研究誌 26(3), 1-6 (1931)。
- 11) 丸川久俊, 全柄哲：おほくりがに *Erimacrus isenbeckii* (BRANDT) の larval stage に就いて。楽水誌 28(6), 499-509 (1933)。
- 12) 川上四郎：毛蟹調査（其の1）（昭和九年度）北水誌旬報 .258, 1-4 (1934)。
- 13) 川上四郎：毛蟹調査（其の2）（昭和九年度）。北水誌旬報 .259,5-16 (1934)。
- 14) 平野義見：毛蟹調査（昭和九年度）。北水誌旬報 .296, 1-10 (1935)。
- 15) 吉田 祐：北鮮産有用蟹類の生殖に就いて .1, ケガニ *Erimacrus isenbeckii* (BRANDT) 水産研究誌 35(8), 4-12 (1940)。
- 16) 土門 隆, 鈴木春彦, 山本正義, 森 格, 原田 昭, 館岡清治：オホーツク海におけるオオクリガニ（ケガニ）資源調査。北水誌月報 .13(7), 8-23 (1956)。
- 17) 土門 隆, 宗谷 綱走沿岸沖合のケガニについて。北水誌月報 .21(6), 3-15 (1964)。
- 18) 山本正義：網走支庁管内におけるケガニ資源について。北水誌月報 .23(12), 15-33 (1966)。
- 19) 佐藤 栄：魚の生活の研究における問題点。ミチュールン生物学研究 .1(1), 27-50 (1965)。
- 20) 北海道水産林務部：'97北海道漁業白書，北海道水産業のすがた .182-183 (1998)。
- 21) 山口宏史：釧路東部海域におけるケガニ資源有効利用の取り組みについて。釧路水試だより .73,1-3 (1995)。
- 22) 宮澤晴彦：資源管理型漁業と漁業経営。日本水産資源保護協会月報 .313, 11-21 (1990)。
- 23) 高山隆三：漁場利用の経済的諸問題 - 分析基軸 - , 漁業経済研究 .28(1,2) (1983)。(宮澤22からの引用)
- 24) 廣吉勝治：沿岸漁業経営の展望と「資源管理型漁業」の意義。日本水産源保護協会月報 .306,8-18 (1989)。
- 25) Abe, K.: Important crab resources inhabiting Hokkaido waters. *Mar. Behav. Physiol.*, 21,153-183 (1992)。
- 26) 桜本和美：漁業管理のABC。初版。東京都，成山堂書店, 1998,200P
- 27) 山本正義：標識放流試験の再捕結果から見たケガニの成長について。北水誌月報 .28(4), 8-13 (1971)。
- 28) 山本正義, 阿部晃治：第3編 重要沿岸資源についての研究, 第13章ケガニ（オオクリガニ）北海道漁業試験調査並びに漁業試験報告書。北海道立水産試験場, 1967, 255-275。



# 道東太平洋岸潮間帯におけるハナサキガニ *Paralithodes brevipes* の初期成長

佐々木 潤<sup>\*1</sup>, 吉田 英雄<sup>\*2</sup>

Growth of juvenile Hanasaki crabs, *Paralithodes brevipes* (Lithodidae, Anomura, Decapoda), in the littoral zone, northwestern North Pacific off Hokkaido

Jun SASAKI<sup>\*1</sup> and Hideo YOSHIDA<sup>\*2</sup>

Growth of Hanasaki crabs (*Paralithodes brevipes*), an important fisheries species in Hokkaido, was investigated in the littoral zone near the Rosoku-Iwa in Buyuma, Kushiro Town, during 1990-1991. In this littoral zone, larvae of Hanasaki crab seem to settle around June; Hanasaki crabs remain in this zone for at least three years after settlement. Hanasaki crabs grew from Spring to Autumn, but did not grow in the winter season. In addition, as first collecting record, an individual of the second instar stage is described.

キーワード：ハナサキガニ，タラバガニ科，甲殻類，初期成長，正規分布

Hanasaki crab, *Paralithodes brevipes*, Lithodidae, Decapoda, Juvenile, Normal distribution

## まえがき

タラバガニ科のハナサキガニ *Paralithodes brevipes* は有用種であるにもかかわらず、その分布が狭いこともあり、同じ有用種で同科のタラバガニ *Paralithodes camtschaticus* に比較すると研究例が非常に少なく、成長に関する研究もハナサキガニの成体についてのみである<sup>1)</sup>。

ハナサキガニの全生活史は未だ不明な点が多く、小型個体が潮間帯で生活することも現地では「コンブガニ」と呼称されるほど良く知られているにもかかわらず、これに関する調査報告はない。

本研究は、潮間帯でのハナサキガニの成長を明らかにすることを目的として、採集された個体の甲長データを齢期群に分離し、その変化を月毎に追跡した。また、新記録として調査時に採集された第2齢稚ガニについて報告する。

## 材料及び方法

研究に供した標本は、1990年5月から1991年10月まで釧路町冬床窓ローク岩付近の潮間帯 (42°56'39.4" N, 144°38'36.8" E ~ 42°56'36.1" N, 144°38'36.5" E の範囲)

から採集した。標本の採集は、胴付き長靴を着用して干潮時に行ない、潮間帯の岩をおこして岩の下にいるハナサキガニを徒手で捕獲した。各採集日の時間、最低潮位、採集個体数、採集に参加した人数のデータを Table 1 に示した。採集した標本は、北海道立釧路水産試験場に輸送し、10%ホルマリン溶液で固定後、70%エチルアルコール溶液で保存し、甲長を「北水試 魚介測定・海洋観測マニュアル」<sup>2)</sup> にしたがって測定した。

また、1990年7月22日に採集された甲長 2.28 mm の個体については、齢期を同定するために、実体顕微鏡下で解剖して原図とした。

甲殻類は脱皮によって跳躍的に成長するため、ある個体群の齢期のサイズ分布は正規分布で近似されると期待される。このことから、サイズデータに正規分布を当てはめることにより齢期に対応したサイズ分布を分離することが可能であると考えられる。そこでまず、測定した個体の全甲長データを用いて、1変量正規分布への当てはめを行った。6~9の正規分布を当てはめたモデルのパラメータ (平均値, 分散, 確率) 推定は最尤法により

報文番号 A300 (1999年1月30日受理)

\*1 北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station, Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-3119, Japan)

\*2 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

Table 1. Collecting data of Hanasaki crab, *Paralithodes brevipes*, in the littoral zone near Rosoku-Iwa in Buyuma, Kushiro Town.

Date of collection	Collecting time	Lower tidal level (cm)	Collected individuals	Number of collectors
26 May 1990	9:30-11:00	-15	155	6
23 Jun. 1990	9:00-10:30	-11	276	8
22 Jul. 1990	8:00-10:00	-3	388	8
21 Aug. 1990	8:30-10:00	13	36	9
7 Oct. 1990	22:30-23:30	6	200	2
4 Dec. 1990	22:00-23:00	-12	101	2
16 May 1991	9:30-11:00	-13	176	9
14 Jun. 1991	9:30-11:30	-14	526	9
11 Jul. 1991	8:00-9:30	-4	367	5
9 Aug. 1991	8:00-9:00	3	144	5
25 Oct. 1991	21:30-22:30	1	86	2

行ない、モデルの選定の規準としてはAICを用いた。モデルの作成、計算方法は、佐々木・栗原<sup>3)</sup>と同様の方法によりWindows 95™上で動作する北海道立網走水産試験場栗原康裕氏が開発したコンピュータ・プログラムCMS 2 ver.4.20.00で行った。次に、選定されたモデルの平均値と分散からマハラノビス距離による判別点を算出し、齢期の甲長範囲の分離を行った。このようにして得られた齢期毎の甲長範囲を月別の甲長データに参照させ、齢期の比率の変化を追跡することによってハナサキガニの成長を推測した。

## 結 果

### 1. 潮間帯から採集された新記録の個体について

1990年7月22日に採集された甲長2.28 mmの個体の原図をFig. 1に示した。この個体は、直径約1 mの岩の下に付着したヒドロゾアの間からシワガニ *Dermaturus mandii* のメガロバと第1齢稚ガニ、ショウジョウガニ *Hapalogaster grebnitzkii* の第1齢稚ガニとともに1個体だけ採集された。

倉田<sup>3)</sup>のハナサキガニに関する記載から、この個体は第2齢期のオスであることが同定された。同定の根拠は、甲長では第1齢期(2.2 mm)に近いが腹肢が全く消

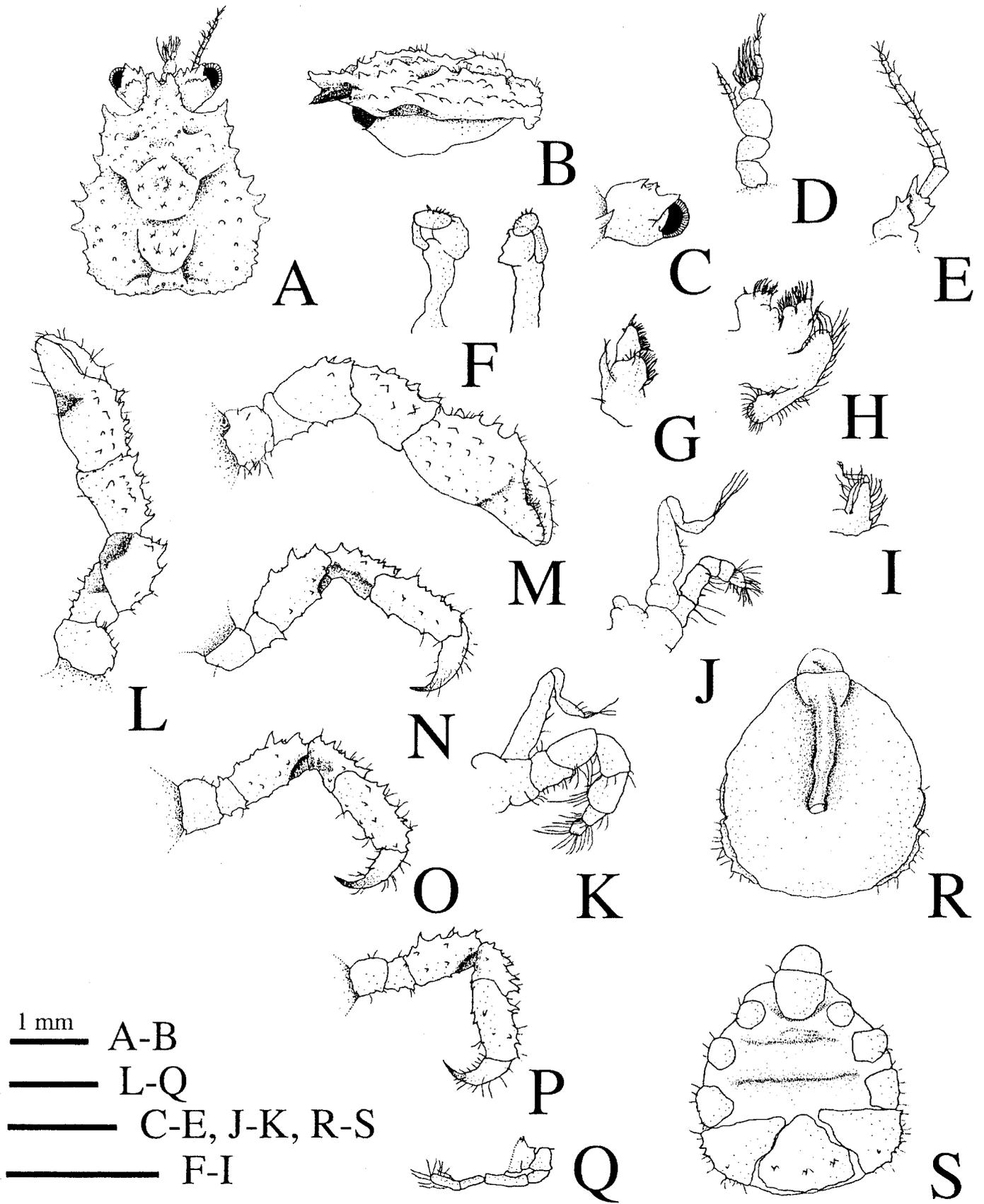
失していること、第1触角外鞭が3+3節であったことである。さらに、これは日本栽培漁業協会厚岸事業場で卵から飼育していたハナサキガニの第2齢期個体との比較からも裏付けられた。倉田<sup>4)</sup>が記載した個体は、メガロバ期(原文はグローコテ)から飼育したものであるため、天然からの採集例はこの報告が初めてである。

### 2. 正規分布の当てはめによる齢期の分離と分離された齢期の月変化

採集されたハナサキガニは、甲長2.28 ~ 60.20 mmまでの2,455個体であった。

正規分布への当てはめ結果をFig. 2に、推定した正規分布のパラメータセットをTables 2, 3に示した。6~9の正規分布を当てはめたモデルのうち、8つの正規分布を当てはめたモデルのAICが極小となり、このモデルが選定された(Table 2)。そのモデルのパラメータセットをTable 3に示した。この結果をもとにマハラノビス距離による判別点を求めた(Table 4)。しかし、8つめの正規分布はその分散が他のものに比べて非常に大きいためその信頼性は低いと考えられたため、このパラメータは除外した。また、最初と最後の判別には平均値 - 標準偏差と平均値 + 標準偏差を用いた。各分離された甲長群を齢期に対応させるにあたり、現在のところ他に参照す

Fig. 1. The second crab instar of *Paralithodes brevipes* (A. Milne Edwards & Lucas, 1841) ♂ Male, CL = 2.28 mm, CW = 2.20 mm, collected from the lower littoral zone of Buyuma near Konbumori, 22 July 1990. A) dorsal view of carapace; B) lateral view of carapace; C) eye in lateral view; D) antennule; E) antenna; F) mandible; G) maxillule; H) maxilla; I) first maxilliped; J) second maxilliped; K) third maxilliped; L) left cheliped; M) right cheliped; N) right second pereopod; O) right third pereopod; P) right fourth pereopod; Q) right fifth pereopod; R) ventral view of abdomen; S) dorsal view of abdomen. Scale bars = 1 mm.



るデータがないことから最初の齢期数が不明である。そこで、分離された最小の甲長群から順に  $x + i \dots x + vii$  齢期と表現することにする (Table 4)。得られた齢期毎の甲長範囲を月別の甲長組成に参照させたのが、Fig. 3 である。齢期の頻度変化は、1990年、1991年ともに月による類似性がみられた。すなわち、5月～8月には  $x + i \sim x + ii$  齢期の個体の比率が高く、9月には  $x + iii$  齢期、10月には  $x + iv \sim x + v$  齢期、12月には  $x + vi$  齢期の比率が高かった。また、比率は高くはないが5月～7月に  $x + v \sim x + vii$  齢期、8月に  $x + vii$  齢期、12月に  $x + i$  齢期が出現した。

考 察

1個体のみであるが、7月に第2齢期のハナサキガニが採集されたこと、水温 8～10 において、メガロバ期から第2齢期までの所要日数は約45日という飼育例<sup>5)</sup>があることから推察して、少なくともハナサキガニは6月

前後にはメガロバ期から稚ガ二期への変態を終え、着底すると想定される。

齢期に対応させた甲長組成の月別変化を追跡すると、6月前後に着底を終えた個体は12月には  $x + i$  齢期まで成長することが想定される。5月にも  $x + i$  齢期の個体が高い比率で見られることから、冬季間は成長せず、着底の約1年後の5月～7月には  $x + ii$  齢期に成長し、8月には  $x + iii$  齢期、9月には  $x + iv$  齢期と成長を続け、12

Table 2. Results of fitting normal distributions to the size distributions of Hanasaki crab, *Paralithodes brevipes* (see also Fig.2).

Models	No. of Parameters	AIC
6	17	15557.2
7	20	15527.5
8	23	15478.3
9	26	15487.8

Table 3. Estimated parameter sets of selected by AIC (see Table 2).

Parameters/Normal distribution	1	2	3	4	5	6	7	8
CL Mean	9.5	11.8	14.3	17.2	20.8	23.2	26.8	30.3
CL SD	1.57	1.44	1.27	1.62	0.67	1.03	2.10	9.47
Probability	0.17	0.28	0.17	0.11	0.04	0.05	0.09	0.09

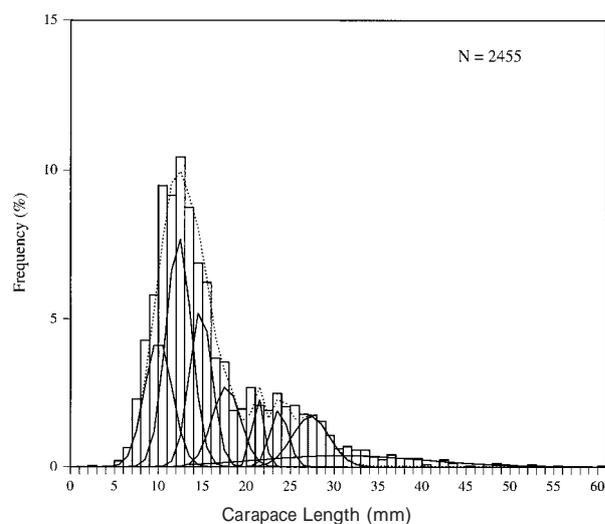


Fig. 2. Results of fitting normal distributions to the size distribution of Hanasaki crabs, *Paralithodes brevipes*.

Table 4. Relationships between crab stage and carapace length (CL) of Hanasaki crab, *Paralithodes brevipes*.

Instar	CL Mean (mm)	CL SD	Discriminant point by Mahalanobis distance
$x + i$	9.5	1.57	
$x + ii$	11.8	1.44	10.7
$x + iii$	14.3	1.27	13.1
$x + iv$	17.2	1.62	15.6
$x + v$	20.8	0.67	19.7
$x + vi$	23.2	1.03	21.7
$x + vii$	26.8	1.03	25.0

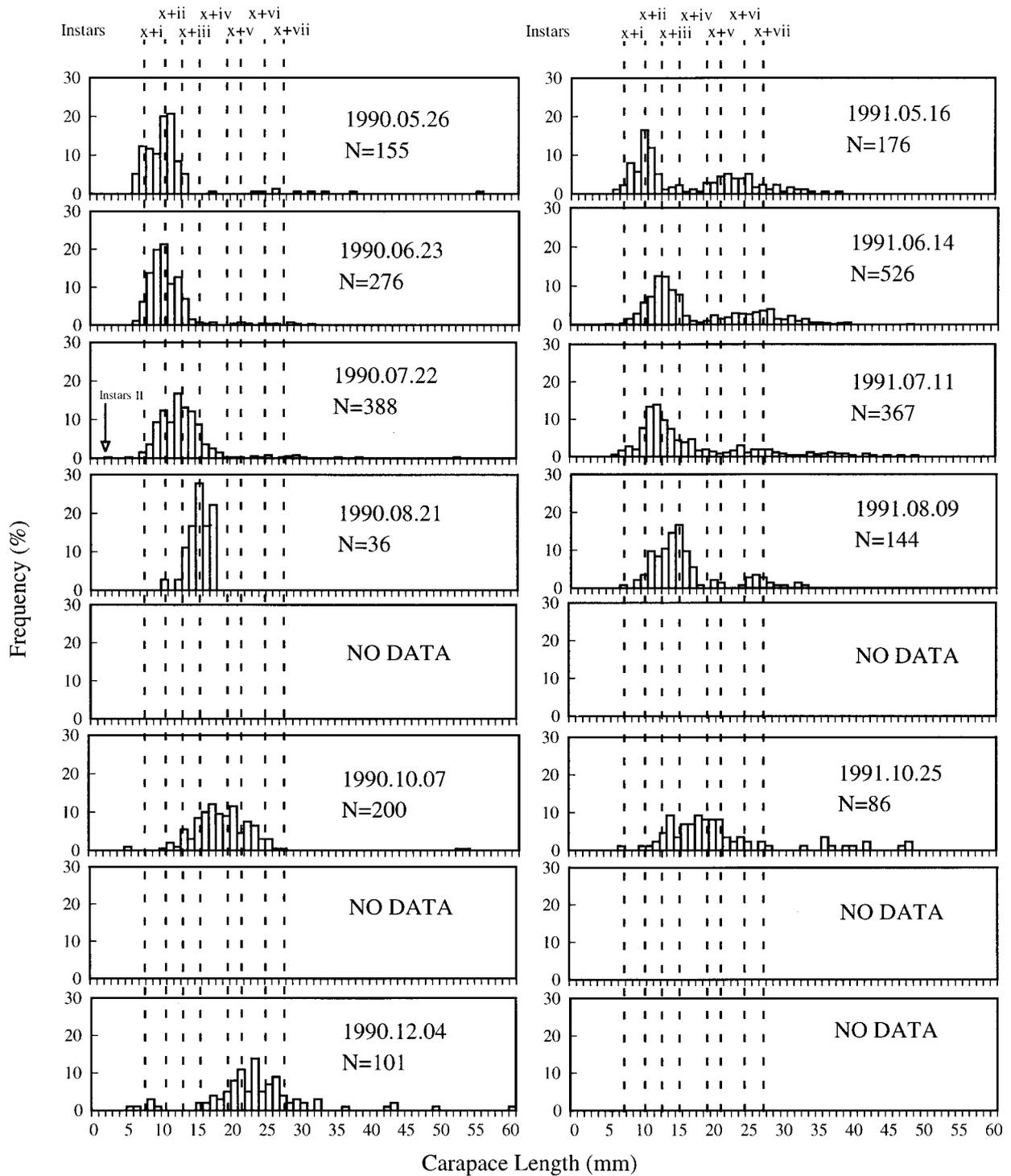


Fig. 3. Monthly changes of size distributions of Hanasaki crabs *Paralithodes brevipes*. Vertical lines show the discriminant points between the carapace length ranges of the crab instars. Discriminant points were estimated by Mahalanobis distance (see Table 4). Instar II shows an individual which was identified from morphological observations (see Fig. 1).

月には  $x + vi$  齢期に達すると想定される。翌5月にも  $x + vi$  齢期の個体がみられることから、冬季間は成長せず、約2年後の5月～7月には  $x + vii$  齢期まで成長するものと想定される。同様な成長様式を以降も続けると仮定すると、ハナサキガニは少なくとも3年間は潮間帯で生活するものと思われる。さらに、齢期の比率変化は  $x + iv$  齢期以降で明瞭ではなく、成長にかなりのばらつきがあることが示唆される。

また、採集されたハナサキガニの甲長範囲は、60.2 mm 以下であったことから、潮間帯には小型個体のみが生息していると思われる。このような例はタラバガニ科では本種以外の報告はない。

本研究に供試した標本は徒手採集のため、採集時の天候、潮位、時間、水温などの条件によってサンプリングの偏りが懸念された。

しかし、ハナサキガニ採集数と最低潮位との関係は、スピアマンの順位相関 ( $r_s = -0.38, p = 0.25$ )、ケンドールの順位相関 ( $\tau = -0.24, p = 0.31$ ) とともに有意ではなかった。また、ハナサキガニ採集数と採集人員数との関係もスピアマンの順位相関 ( $r_s = 0.24, p = 0.31$ )、ケンドールの順位相関 ( $\tau = 0.30, p = 0.21$ ) とともに有意ではなかった。

本研究では、着底直後の第1齢期稚ガニからの追跡ができなかったことから、正規分布で分離した甲長群を完全に齢期に対応させることができなかった。この問題を解決するために今後は、調査方法の改良と飼育等によってハナサキガニのサイズと齢期との関係をさらに解明することが必要である。

## 要 約

- ・釧路町冬床窓ローソク岩付近潮間帯で、1990年～1991年の2年にわたってハナサキガニを調査した。
- ・天然では初めて2齢期個体が採集された。
- ・甲長組成の変化から6月前後に幼生が着底すること、潮間帯では3年程度生活すること、成長は春から秋まで行ない、冬季間はほとんどしないことが推定された。

## 謝 辞

コンピュータ・プログラムの使用を快諾していただいた北海道立網走水産試験場 栗原康裕氏に厚くお礼申し上げます。また、採集に協力していただいた当時の北海道立釧路水産試験場職員の皆様、ハナサキガニの飼育個体を提供していただいた日本栽培漁業協会厚岸事業場に感謝する。

## 文 献

- 1) 阿部晃治, 小池幹雄: ハナサキガニの成長について. 北水試報. 24: 1-14 (1982)
- 2) 北海道立水産試験場: 北水試 魚介類測定・海洋観測マニュアル. 北海道立水産試験場, 1996.
- 3) 佐々木潤, 栗原康裕: ケガニの齢期判別法と成長. 北水試研報. 55: (印刷中) (1999)
- 4) 倉田博: 北海道産十脚甲殻類の幼生期 6. Lithodidae (Anomura) 北水研報. 29, 49-65 (1964)
- 5) 中島幹二, 杉本卓: "ハナサキガニ". 1.1 栽培漁業技術開発試験研究. 1.1.1 甲殻類種苗培養技術開発試験. 平成3年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書. 9-12 (1992).

# ハナサキガニの初期成長

鳥澤 雅<sup>\*1</sup>, 河野 象威<sup>\*1</sup>, 坂本 樹則<sup>\*2</sup>, 博田 功<sup>\*3</sup>

Growth in the Early Life Stage of the Spiny King Crab, *Paralithodes brevipes*  
(Decapoda, Anomura) in the Pacific Ocean off the Coast of the Eastern Hokkaido

Masaru TORISAWA<sup>\*1</sup>, Shouji KOHNO<sup>\*1</sup>, Kinori SAKAMOTO<sup>\*2</sup> and Isao HAKATA<sup>\*3</sup>

Growth in the early life stage of the spiny king crab *Paralithodes brevipes* in the Pacific Ocean off the coast of the eastern Hokkaido was studied. The objects of study were larvae and young crabs collected in the fields of the eastern Hokkaido, and young crabs of artificial seeds reared in nets or cages in the sea. The collected larvae indicated that the metamorphosis from the megalopa stage to the first-instar crab (C<sub>1</sub>) occurred after July at first. The smallest carapace length groups of young crabs collected in the fields had peak locations at 5-7 mm or 13-14 mm between April and May. The mean carapace length of artificial seeds reared in the sea grew from 2.0-2.7 mm in the first June to 7.1-10.3 mm in the first December. Their mean carapace length was 7.7 mm in the second April and did not increase during the winter. These results indicate that the young *P. brevipes* reach about 10 mm in mean carapace length at most by the April following the hatch.

キーワード：ハナサキガニ, *Paralithodes brevipes*, 成長, 浮遊幼生, 稚ガニ, 未成体ガニ, 人工種苗, 中間育成.

## まえがき

ハナサキガニ *Paralithodes brevipes* の分布範囲は千島列島, サハリン, シベリア沿岸, オホーツク海, カムチャツカ半島, ベーリング海で, タラバガニ属3種(ハナサキガニ, タラバガニ *P. camtschaticus*, アブラガニ *P. platypus*) の中で最も狭く, 分布水深も浅い<sup>1)</sup>。北海道周辺では襟裳岬から納沙布にかけての太平洋沿岸, 根室半島北側のオホーツク海に分布し, 中でも浜中湾から納沙布岬にかけて多く分布する<sup>2,3)</sup>。わが国でハナサキガニが商業漁獲されるのも, ほぼ浜中湾から納沙布岬にかけてと, その周辺の海域に限られる。しかしハナサキガニは, 北海道にとっては観光資源としても非常に重要である。ハナサキガニの主要産地である根室地方では, 乱獲による資源の減少が著しくなったため, 1981年から3年間 禁漁措置がとられた<sup>4)</sup>。一方, これと並行して, ハナサキガニ人工種苗の生産技術開発が行われ<sup>5)</sup>, その後も種苗生産のための成体確保と採卵<sup>6)</sup>, 種苗生産技術の開発<sup>7)</sup>, 生産された種苗の資源添加技術開発<sup>8)</sup> が継続して行われてい

る。

このようなハナサキガニの資源管理や人工種苗の生産・資源添加技術開発に当たっては, ハナサキガニの成長を把握しておくことが必要となる。当該海域におけるハナサキガニの成長については阿部・小池<sup>9)</sup>の報告がある。本研究では, 特に初期の成長に焦点を絞って, ハナサキガニの成長を再検討した。

## 材料及び方法

浮遊幼生の採集 1984年4月20日～7月17日の間9回, 1985年5月7日～6月15日の間7回, Fig. 1に示した根室半島落石沖の定点のうち, 各回ごとに1～4定点において稚魚ネットを用いて浮遊幼生の採集を行った。採集には丸稚Aネット(口径130cm, 長さ4.5m)を8/13に縮小して新たに作成したネット(口径80cm, 長さ2.7m)を用いた。なおネットに用いた網地は丸稚Aネットと同じGG54であった。ネット前方の曳網ロープにはデプレッサーを取り付け, 曳網深度が表面下10～15mとなるよ

報文番号 A301 (1998年1月30日受理)

- \* 1 北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station. Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-3119, Japan)
- \* 2 北海道水産林務部 (Department of Fisheries and Forestry, Hokkaido Government. Sapporo, Hokkaido 060-8588, Japan)
- \* 3 根室市役所 (Nemuro City Office, Tokiwa, Nemuro, Hokkaido 087-0041, Japan)

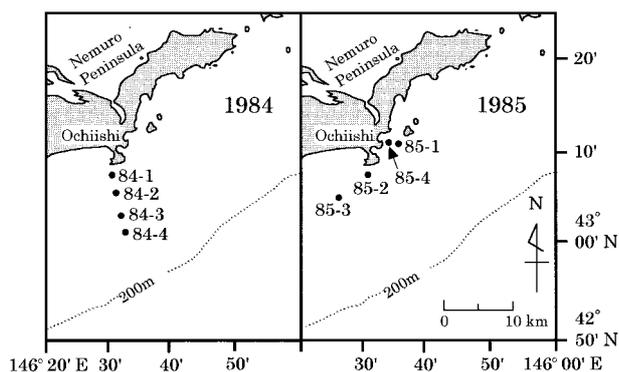


Fig. 1. Map showing sampling stations of larval spiny king crab *Paralithodes brevipes*.

うに曳網するロープ長と船速を調整しながら船外機船で5分間曳網した。濾水計は装着しなかった。また、1984年はSt.84 1で、1985年はSt.85 1で、毎回深度15m層の水温を観測した。

採集物は標本瓶に入れて、市販の溶液を100%とした10%中性ホルマリンによって固定・保存した。固定・保存された標本から、後日、実体顕微鏡下で倉田<sup>10)</sup>に基づきハナサキガニ幼生を抽出し、個体ごとに幼生ステージを同定し、それぞれ計数した。

天然未成体ガニの採集 1982~1987年の各4~12月の間 Fig. 2 に示した St. 2~8の各地点でハナサキガニの天然未成体ガニの採集を行った。採集地点はいずれも潮間帯で、採集は大潮前後の干潮時に徒手により行った。採集したカニは生鮮のまま、または10%ホルマリンで固定後、甲長 (Fig. 3) をノギスを用いて0.1mm単位で測定した。

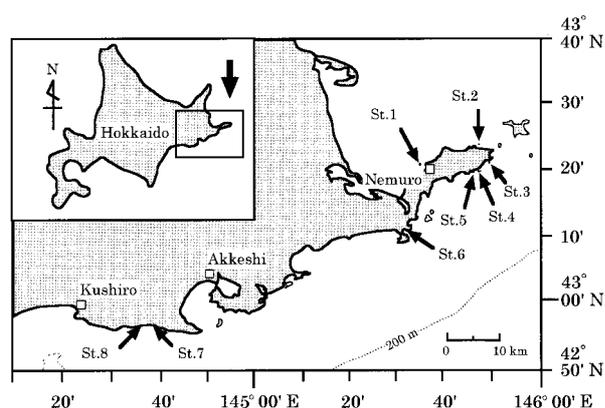


Fig. 2. Map showing sampling and rearing stations of young spiny king crab *Paralithodes brevipes*.

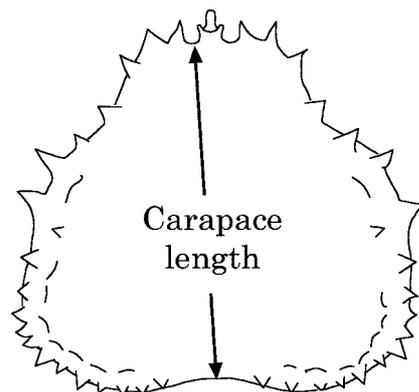


Fig. 3. Carapace length measured in this study.

人工種苗未成体ガニの成長追跡 ハナサキガニ人工種苗の中間育成調査で得られた甲長測定資料に基づき、人工種苗未成体ガニの成長を追跡した。資料は調査を実施した社団法人日本栽培漁業協会厚岸事業場並びに根室海域ハナサキガニ資源調査協議会から提供していただいた。用いた資料は、1982~1986年の間毎年、社団法人日本栽培漁業協会厚岸事業場で生産された第1齢稚ガニを、通称タマネギ袋 (長さ45cm, 幅35cm, 目合1.5mm) またはトリカルネット製容器 (幅80cm, 奥行80cm, 高さ40cm, 目合2mm) に移して飼育し、定期的に測定して得たものである。なお飼育場所は Fig. 2 に示した St. 1で、飼育密度並びに給餌条件を含む飼育方法は年により異なっていた<sup>11-14)</sup>。ただし解析には、これらすべてを込みにして扱った。甲長 (Fig. 3) はノギスによって0.1mm単位で測定された。

### 結 果

浮遊幼生の採集結果 浮遊幼生の採集結果を Table 1 に示した。1984年には、ハナサキガニの浮遊幼生は4月20日と4月27日にはまったく採集されず、5月14日に St. 84 1で10個体が採集された。5月14日の採集個体はすべてゾエア1期であった。その後、6月11日には St. 84 1でゾエア2期1個体とゾエア3期4個体の計5個体が採集され、6月20日にはゾエア3期が1個体採集された。その後は6月27日から採集を終了した7月17日までの間、ハナサキガニ浮遊幼生は1個体も採集されなかった。

1985年には、ハナサキガニ浮遊幼生は採集を開始した5月7日から終了した6月15日までの間、6月11日を除き、毎回いずれかの地点でハナサキガニの浮遊幼生が採集された (Table 1)。採集された幼生のステージは採集を開始した5月7日にはすべてがゾエア1期であったが、その後は時間の経過に伴い、次第により進んだステージへ移行し、採集を終了した6月15日にはすべてが最

Table 1. The number of individuals of larval *Paralithodes brevipes* collected by a larva-net in the Pacific Ocean off the coast of Nemuro Peninsula in 1984 and 1985.

Date	St.	Stage			
		Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	M
April 20, 1984	84-1	0	0	0	0
	84-2	0	0	0	0
	84-3	0	0	0	0
	84-4	0	0	0	0
April 27, 1984	84-1	0	0	0	0
	84-2	0	0	0	0
	84-3	0	0	0	0
	84-4	0	0	0	0
May 14, 1984	84-1	10	0	0	0
	84-2	0	0	0	0
	84-3	0	0	0	0
	84-4	0	0	0	0
June 11, 1984	84-1	0	1	4	0
June 20, 1984	84-1	0	0	1	0
June 27, 1984	84-1	0	0	0	0
	84-2	0	0	0	0
July 6, 1984	84-1	0	0	0	0
	84-1	0	0	0	0
July 17, 1984	84-1	0	0	0	0
May 7, 1985	85-1	6	0	0	0
	85-2	19	0	0	0
	85-3	10	0	0	0
May 17, 1985	85-1	0	0	0	0
	85-2	2	6	0	0
May 24, 1985	85-1	0	26	7	0
	85-2	0	3	1	0
May 31, 1985	85-1	0	2	5	0
	85-2	0	4	20	0
June 5, 1985	85-1	0	0	12	0
	85-2	0	0	3	0
June 11, 1985	85-1	0	0	0	0
	85-1	0	0	0	0
June 15, 1985	85-2	0	0	0	3
	85-3	0	0	0	1

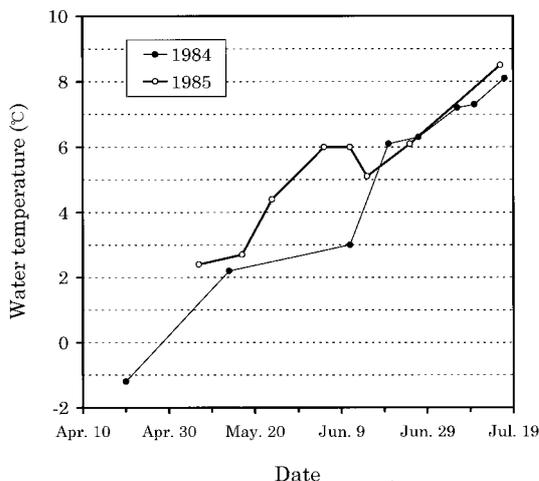


Fig. 4. Water temperature at a depth of 15 m in sea water at St. 84-1 in 1984 and at St. 85-1 in 1985.

終幼生期のメガロバとなった。なおハナサキガニの最終幼生期の呼称は、これまでわが国におけるほとんどの報告において「グローコテ」が用いられているが、本研究では佐々木<sup>15)</sup>に倣い、「メガロバ」とした。

調査海域における深度15mの水温は1984年、1985年とも調査期間中 - 2 ~ 9 の間にあり、時期を経るに従ってしだいに昇温した(Fig. 4)。その中、ハナサキガニの浮遊幼生が採集された期間の水温は兩年とも概ね 2 ~ 6 の範囲にあった。

天然未成体ガニの甲長組成 1982~1987年に野外で採集された個体の甲長測定資料から、4~12月各月ごとに、階級幅を1mmとした甲長組成を求めた(Fig. 5)。なお甲長組成は、年、調査地点に関わらず、測定個体数をそのまま単純に加算して作成した。また比較のため、4月の甲長組成を12月の甲長組成の下にも重複して示した。

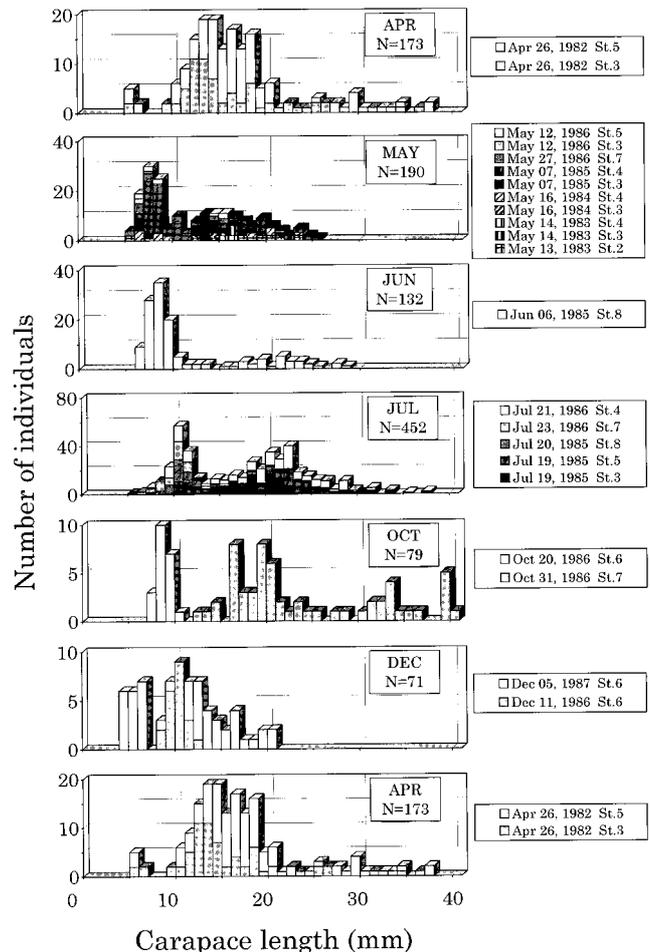


Fig. 5. Frequency distributions of carapace length of the young spiny king crab *Paralithodes brevipes* collected by hand in the tidal zone along the coast of eastern Hokkaido between 1983 and 1986.

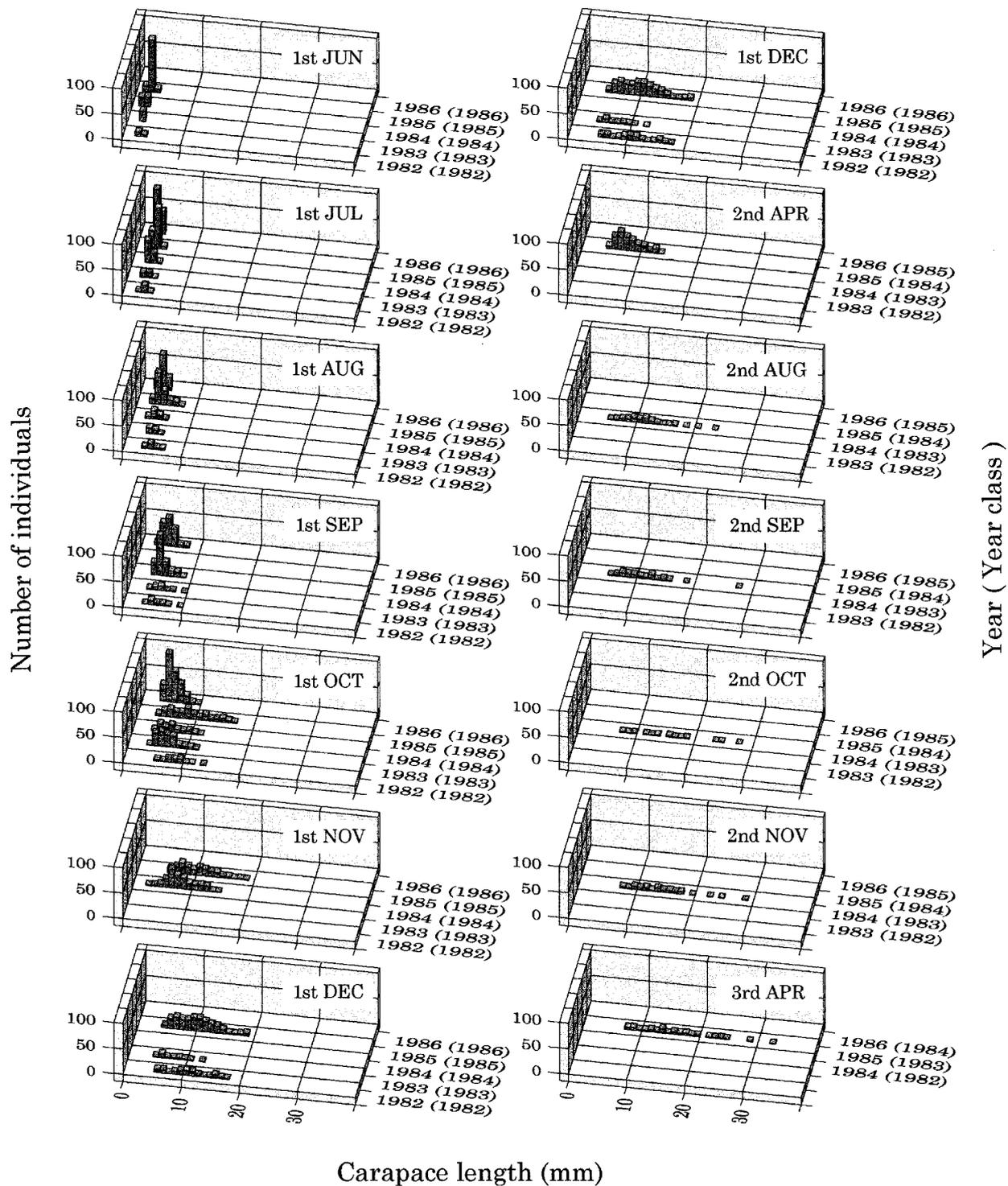


Fig. 6. Frequency distributions of carapace length in the artificial seeds of the spiny king crab, *Paralithodes brevipes* reared from C1 stage in the sea.

Fig. 5を見ると、4月には甲長5mm台と13~14mm台に峰を持つ甲長群と、それらより大きな甲長20mmを超える甲長群が認められる。これらの甲長群のうち前者は、5月には7mm台と13~15mm台に峰を持つ甲長群に移行し、その後7月までの間は、それぞれさらに大きな方へ移行し、この間成長していることがうかがえる。なお4月に見られた甲長20mmを超える甲長群から連続すると思われる甲長群は、5~7月の間にはほとんど見られず、それらの成長を追跡することは困難であった。10月になると、7月に見られた最小の甲長群より小型の甲長8mm台に峰を持つ甲長群が現れた。さらに12月には、10月に出現した最小の甲長群よりさらに小型の甲長5~8mmの甲長群が現れた。この12月の最小の甲長群は、4月における甲長5mm台に峰を持つ最小の甲長群にほぼ相当する大きさであった。

人工種苗未成体ガニの甲長組成 ハナサキガニ人工種苗の中間育成調査で得られた甲長測定資料から、飼育開始年次を第1年次とし、測定年次(および年級)ごとに区別して、階級幅を1mmとした月別甲長組成を求めた(Fig. 6)。なお図が2列に亘ったので、連続して比較しやすくするため、第1年次12月の結果を第2列目初頭にも重複して示した。その結果、飼育開始第1年次の6月の平均甲長(範囲)は2.0~2.7mm(1.8~3.1mm)であったが、その後は個体による甲長のばらつきが大きくなりながら、月を追うに従って順次全体的に大きくなっていった。なお年によっては成長に差が見られた。第1年次12月の平均甲長(範囲)は、1982年(1982年級)は10.3mm(5.0~17.0mm)に、1983年(1983年級)は7.1mm(4.5~12.2mm)に、1985年(1985年級)は10.3mm(4.7~18.8mm)に達した。

第2年次の甲長も、4月から11月まで個体間のばらつきはさらに大きくなりながら、しだいに大きくなっていった(Fig. 6)。第2年次各月の平均甲長(範囲)は、1985年4月(1984年級)に7.7mm(4.0~13.3mm)、1984年8月(1983年級)には11.0mm(5.5~23.5mm)、1984年9月(1983年級)では10.8mm(5.6~27.4mm)、1984年10月(1983年級)では14.7mm(7.0~27.3mm)、1984年11月(1983年級)においては13.3mm(7.0~28.0mm)であった。ただし1984年級の第2年次である1985年4月の平均甲長7.7mm(範囲4.0~13.3mm)は、これらが越冬前の第1年次である1984年11月の平均甲長7.8mm(範囲2.3~14.0mm)とほぼ同じであり、年級は異なるものの、前述第1年次12月における1982年(1982年級)、1983年(1983年級)および1985年(1985年級)の各平均甲長ともほぼ等しいかむしろ小さな値を示した。

第3年次の資料は1985年4月(1983年級)のものしか得られなかった。このときの平均甲長(範囲)は14.7mm(7.1

~32.8mm)であり、同一年級である1983年級の2年次、1984年11月の甲長より平均値で1.4mm大きいだけであった。

## 考 察

阿部・小池<sup>9)</sup>は天然採集されたハナサキガニの甲長組成と標識放流結果から、ハナサキガニの年齢と成長を推定した。それによると、幼生のふ化時期が3月下旬から4月中旬であることから<sup>16,17)</sup>、4月1日を0歳として、満1歳で平均甲長31mm、満2歳で平均甲長48.6~56.2mmになるとしている。しかし、これまでに述べた本研究で得られた結果からは、彼らの推定したハナサキガニの初期成長速度は過大に評価されていると考えられた。以下にその理由を述べる。

本研究で得られた浮遊幼生の採集結果からは、浮遊幼生が最終幼生期であるメガロバ期に達したのは、1984年、1985年とも6月以降であったと考えられた。したがって、少なくともその年にふ化した浮遊幼生が5月以前に着底変態して稚ガニになることは考えられない。岩本ら<sup>5)</sup>によれば、水温が概ね7~9の飼育条件下で、メガロバ期の経過日数は20~24日(平均22日)、ふ化から第1齡稚ガニ(C<sub>1</sub>)までの経過日数は43~51日(平均47.3日)で、このときの飼育水の積算温度は346.8~368.3・日(平均359.0・日)であった。本研究においてハナサキガニの浮遊幼生が採集された期間の採集地点付近の水温(深度15m)は両年とも概ね2~6の範囲にあり、岩本ら<sup>5)</sup>の飼育水温に比べ明らかに低い。このことから、当該海域におけるハナサキガニの浮遊幼生期間は、水温条件からは、岩本ら<sup>5)</sup>が飼育条件下で報告した日数より長くなると考えられ、当該海域でメガロバ期を過ごす期間は、少なくとも彼らが飼育条件下で得た20~24日を超えるであろう。当該海域でハナサキガニのゾエア3期からメガロバ期への移行が確認されたのは6月中旬であることから、第1齡稚ガニへの変態は少なくとも7月上旬以降になると考えられる。本研究で得られた浮遊幼生から第1齡稚ガニに至るまでの各期の移行過程をFig. 7に模式的にまとめた。

以上のことから、少なくとも4~6月の間に天然採集で得られた未成体ガニは、すべて採集年の前年以前にふ化した個体であると考えられる。一方、人工種苗を海中で中間育成した個体の平均甲長は、第1年次の11~12月には7.1~10.3mm、第2年次の12月には13.3mmになったものの、その後それぞれの翌年4月までの冬季間はほとんど成長せず、第2年次の4月には7.8mm、第3年次の4月には14.7mmであった。したがって、天然採集で得た4~5月の未成体ガニの甲長組成の中、4月の5mm台、5月の

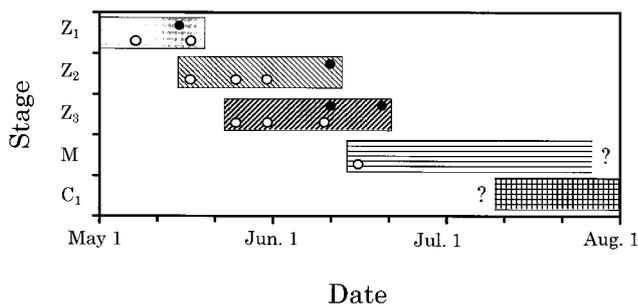


Fig. 7. The schematic diagram summarizing seasonal development of the spiny king crab *Paralithodes brevipes* in the early life stage. Closed and open circles indicate actual captures of larvae at each stage in 1984 and 1985, respectively.  
Z1: 1st zoea stage; Z2: 2nd zoea stage; Z3: 3rd zoea stage;  
M: megalopa stage; C1: 1st crab stage

7 mm 台に峰を持つ甲長群は満 1 歳の個体で、10月に出現した 8 mm 台に峰を持つ甲長群と12月に出現した 5 ~ 8 mm の甲長群がその年にふ化した当歳の個体であると考えられた。中間育成個体の結果を当てはめれば、4月の13~14mm、5月の13~15mm台に峰を持つ甲長群は満 2 歳となる。しかし、天然海域とはいえ、人工環境下で長期飼育した個体から得た結果をそのまま天然個体に当てはめるのは危険である。さらに、本研究では資料の都合上、天然採集個体の月別甲長組成は複数年の資料を合成して作らざるを得なかった。そのため得られた甲長組成には年による成長差を含んでおり、甲長組成の推移を明瞭に追跡することができなかった。したがって、4月に13~14 mm、5月に13~15mm台に峰を持つ甲長群は、これらも満 1 歳と考えることもでき、現段階ではこれらの甲長群の年齢を判定できない。しかし本研究の結果からは、少なくとも阿部・小池<sup>9)</sup>が推定した満 1 歳で平均甲長31mm という初期成長は過大であると判断された。

本研究の天然採集標本では、単一年の各月に亘る連続標本が得られなかった。したがって複数年の資料を合成して甲長組成の推移を見た。そのため、その中には年による成長差を含んでおり、結果として、満 1 歳以降の成長を甲長組成から追跡することが困難であった。今後は単一年の各月に亘る連続標本を得るなどして、その後の成長を再検討する必要がある。

### 要 約

1. 北海道東部太平洋沿岸および根室半島沿岸においてハナサキガニの浮遊幼生および未成体ガニを採集し、幼生ステージの同定と未成体ガニの甲長測定を行った。また、海中で中間育成されていたハナサキガニ人工種苗の甲長測定資料を得た。これらに基づき、ハナ

サキガニの初期成長について考察した。

2. 浮遊幼生は5月から6月の間に採集され、時期を追うに従ってより進んだステージの幼生が採集された。最終幼生ステージのメガロパには、6月に入ってから移行すると考えられた。飼育によるメガロパ期経過期間などから推定して、第 1 齡稚ガニに変態するのは、少なくとも7月上旬以降であると考えられた。
3. 天然採集されたハナサキガニの未成体ガニには、4月には甲長 5 mm 台と13~14mm台に峰を持つ甲長群と、それらより大きな甲長21~38mm の甲長群が認められた。これらは、その後7月までの間、それぞれさらに大きな方に移行した。10月になると、7月に見られた最小の甲長群より小型の甲長 8 mm 台に峰を持つ甲長群が現れ、さらに12月には、10月に出現した最小の甲長群よりさらに小型の甲長 5 ~ 8 mm の甲長群が現れた。この12月の最小の甲長群は、越冬後の4月における最小の甲長群にほぼ相当する大きさであった。
4. ハナサキガニ人工種苗の中間育成調査で得られた甲長は、飼育開始第 1 年次6月の平均甲長は2.0~2.7mmであったが、その後は月を追うに従って順次大きくなっていき、第 1 年次12月の平均甲長は7.1~10.3mmに達した。第 2 年次の甲長も4月から11月まで次第に大きくなり、第 2 年次11月には平均13.3mm になった。ただし第 2 年次4月と第 3 年次4月の甲長はそれぞれ平均7.7mmと14.7mmで、これらは冬期間ほとんど成長しないと考えられた。
5. 以上のことから、少なくとも4~6月の間に天然採集で得られた未成体ガニは、すべて採集年の前年以前にふ化した個体であると考えられ、得られた甲長組成から、満 1 歳の4月になっても甲長10mm前後にしか成長しないと考えられた。したがって阿部・小池<sup>9)</sup>が満 1 歳で平均甲長31mmとしたハナサキガニ初期成長の推定は過大であると判断された。

### 謝 辞

本論文の執筆に当たり、適切なお指摘とご助言をいただいた北海道立網走水産試験場鈴内孝行資源管理部長、並びに社団法人日本栽培漁業協会厚岸事業場 昭夫場長に心より感謝する。また人工種苗の測定資料を提供してくださった社団法人日本栽培漁業協会厚岸事業場、種々の調査に協力してくださった根室地区水産技術普及指導所、釧路西部地区水産技術普及指導所、根室市水産経済部水産課、根室漁業協同組合、齒舞漁業協同組合、落石漁業協同組合、根室湾中部漁業協同組合の各職員の皆様に厚くお礼申し上げる。なお本研究の一部は根室海域ハナサキガニ資源調査推進協議会が調査主体として行

った根室海域八ナサキガニ資源調査の一環として行われた。

文 献

- 1) 丸川久俊:「たらばがに」調査. 水産試験場報告 4, 1 152(1933).
- 2) Abe, K.: Important crab resources inhabiting Hokkaido waters. *Mar. Behav. Physiol.* 21, 153-183 (1992).
- 3) 鳥澤 雅: "八ナサキガニ *Paralithodes brevipes*". 漁業生物図鑑北のさかなたち, 長澤和也・鳥澤 雅編. 札幌, 北日本海洋センター 298-303(1991).
- 4) 鳥澤 雅, 小池幹雄, 山下 豊: 八ナサキガニ資源調査. 昭和56年度事報 釧路水試. 142(1982).
- 5) 岩本明雄, 長倉義智, 村上直人: 八ナサキガニの種苗生産. 栽培技研. 11(2) 21-27(1982).
- 6) 芦立昌一: 八ナサキガニ. 日裁協事業年報平成8年度 42 (1997).
- 7) 芦立昌一: 八ナサキガニ. 日裁協事業年報平成8年度. 168-169(1997).
- 8) 芦立昌一: 八ナサキガニ. 日裁協事業年報平成8年度 278-281(1997).
- 9) 阿部晃治, 小池幹雄: 八ナサキガニの成長について. 北水試研報 24, 1 14(1982).
- 10) 倉田 博: 八ナサキガニの幼生について. 北水研報. 14, 25-34(1956).
- 11) 日本栽培漁業協会: 八ナサキガニ. 日裁協事業年報 昭和57年度 347-351(1983).
- 12) 日本栽培漁業協会: 八ナサキガニ. 日裁協事業年報 昭和58年度 264-271(1984).
- 13) 日本栽培漁業協会: 八ナサキガニ. 日裁協事業年報 昭和59年度 316-318(1985).
- 14) 日本栽培漁業協会: 八ナサキガニ. 日裁協事業年報 昭和60年度. 334-335(1986).
- 15) 佐々木 潤: "八ナサキガニ". 釧路の魚. 釧路, 釧路史編さん事務局, 173-179(1993).
- 16) 佐藤 栄, 阿部芳吉: 八ナサキガニの産卵数について. 北水試旬報 481 244-246.
- 17) 倉田 博: 北海道産十脚甲殻類の幼生期. 北水研報 29 49-65.



# 根室半島の潮間帯におけるハナサキガニの食性

佐々木 潤\*, 桑原 康裕\*

Stomach contents of the Hanasaki crab, *Paralithodes brevipes* (Lithodidae, Anomura, Decapoda) sampled from the littoral zone off Nemuro Peninsula

Jun SASAKI\* and Yasuhiro KUWAHARA\*

Hanasaki crabs (*Paralithodes brevipes*) collected from the littoral zone at Isomoshiri Islet off Nemuro Peninsula, were examined stomach contents. Results indicate that Hanasaki crabs fed mainly on *Laminaria longissima* and *Corallina pilulifera*.

キーワード：ハナサキガニ，食性，根室半島

Hanasaki crab, *Paralithodes brevipes*, Stomach contents, Nemuro Peninsula

## まえがき

ハナサキガニ *Paralithodes brevipes* は北海道における重要な水産資源である。ハナサキガニが生活初期に潮間帯に生息することはあまり知られておらず、その生態も不明な点が多い。ここでは、潮間帯で採集したハナサキガニの胃内容分析からその食性の傾向をみることにする。

## 材料及び方法

研究に供した標本は、1991年7月13日の干潮時に根室市齒舞地区イソモシリ島の潮間帯から亜潮間帯（43°19' 57.6"N，145°46' 38.2"E）にかけての転石下に生息していた個体を徒手で捕獲したものである。採集されたハナサキガニは、ただちに10%ホルマリン溶液で固定され、北海道立釧路水産試験場に輸送された。輸送後、標本の甲長を測定<sup>1)</sup>した。測定後、便宜的に甲長10mm毎のサイズクラスに区分し、実体顕微鏡下で解剖してそれぞれの個体の胃内容物を検索した。

雌雄別サイズクラス別に求めた胃内容物の出現率をもとに、オス群とメス群間での結合を確認し、定量化するために正準相関分析<sup>2)</sup>を行った。

また、胃内容物を検索後、ハナサキガニ個体における胃内容物出現種間の類似性を確認する目的で雌雄別にハナサキガニ個体を対象とし、胃内容物出現種を属性とした二値属性によるマトリックスを作成してQモードの類似

度によるクラスター分析を行った。さらに、胃内容物出現種におけるハナサキガニのサイズ間の類似性を確認する目的で胃内容物出現種を対象とし、ハナサキガニ個体を属性とした二値属性によるマトリックスを作成してRモードの類似度によるクラスター分析を行った。クラスター分析の手順は、Sneath and Sokal<sup>3)</sup>にしたがった。類似係数としては、単純見合い係数 (Simple matching coefficient) を用い、UPGMA によってクラスター化した。生成されたクラスターのうち、CPhenetic correlation coefficient<sup>4)</sup> が最大になるものを選択し、ブートストラップ試行<sup>5)</sup>を100,000回行ない、各小クラスターの出現頻度を求めた。

分析は、Windows95™上で動作する著者の一人である桑原が開発したコンピュータ・プログラム、CMS2 ver.4.20.00で行った。

## 結 果

採集されたハナサキガニは、甲長範囲8.2~31.2mmのオス42個体と甲長範囲9.0~30.5mmのメス51個体であった。

胃内容物としては、緑色植物門2種、不等毛植物門6種、紅色植物門3種、刺胞動物門1種、軟体動物門1種、環形動物門数種、節足動物門9種の他、種不明の卵、デトリタス、砂が検出された。胃内容物出現種とその出現頻度を Table 1 に示した。不等毛植物門コンブ目のナガコンブ *Laminaria longissima* (コード：LAM) と紅色植

Table 1. Results of stomach content analysis of Hanasaki crab, *Paralithodes brevipes*.

Stomach contents	Item code	Occurrence(%)														
		Male & Female					Male					Female				
		CL size range in mm					CL size range in mm					CL size range in mm				
		n=5	n=58	n=27	n=3	n=93	n=3	n=26	n=11	n=2	n=42	n=2	n=32	n=16	n=1	n=51
<10.0	10.0-19.9	20.0-29.9	30.0-39.9	Total	<10.0	10.0-19.9	20.0-29.9	30.0-39.9	Total	<10.0	10.0-19.9	20.0-29.9	30.0-39.9	Total		
DIVISION CHLOROPHYTA																
ORDER ULVALES																
<i>Enteromorpha</i> sp.	ENT	0.0	0.0	0.0	33.3	1.1	0.0	0.0	0.0	50.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	
ORDER ACROSIPHONIALES																
<i>Spongomorpha</i> sp.	SPO	0.0	0.0	3.7	33.3	2.2	0.0	0.0	0.0	50.0	2.4	0.0	0.0	6.3	0.0	2.0
DIVISION HETEROKONTOPHYTA																
ORDER BIRAPHIDALES																
<i>Navicula</i> sp.	NAV	0.0	0.0	3.7	33.3	2.2	0.0	0.0	9.1	50.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
ORDER ECTOCARPALES																
<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye	ECT	0.0	0.0	0.0	33.3	1.1	0.0	0.0	0.0	50.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	
<i>Pilayella littoralis</i> (Linnaeus) Kjellman	PIL	0.0	0.0	0.0	33.3	1.1	0.0	0.0	0.0	50.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	
ORDER DICTYOSIPHONALES																
<i>Coilodesme japonica</i> Yamada	COI	0.0	1.7	0.0	0.0	1.1	0.0	3.8	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	
ORDER SPHACELARIALES																
<i>Halopteris scoparis</i> (Linnaeus) Sauvageau	HAL	0.0	0.0	0.0	33.3	1.1	0.0	0.0	50.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0		
ORDER LAMINARIALES																
<i>Laminaria longissima</i> Miyabe in Okamura	LAM	80.0	55.2	66.7	100.0	61.3	66.7	53.8	54.5	100.0	57.1	100.0	56.3	75.0	100.0	64.7
DIVISION RHODOPHYTA																
ORDER CORALLINALES																
<i>Corallina pilulifera</i> Postels et Ruprecht	COR	80.0	74.1	44.4	66.7	65.6	100.0	76.9	36.4	100.0	69.0	50.0	71.9	50.0	0.0	62.7
ORDER CRYPTONEMIALES																
<i>Gloiopeltis furcata</i> (Postels et Ruprecht) J.Agardh	GLO	0.0	0.0	0.0	33.3	1.1	0.0	0.0	0.0	50.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	
ORDER GIGARTINALES																
<i>Chondrus</i> sp.	CHO	0.0	0.0	0.0	33.3	1.1	0.0	0.0	0.0	50.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	
PHYLUM CNIDARIA																
ORDER HYDOROIDA fam. gen. sp.	HYD	0.0	10.3	14.8	33.3	11.8	0.0	3.8	27.3	0.0	9.5	0.0	15.6	6.3	100.0	13.7
PHYLUM MOLLUSCA																
CLASS BIVALVIA ord. fam. gen. spp.	BIV	0.0	3.4	0.0	0.0	2.2	0.0	3.8	0.0	0.0	2.4	0.0	3.1	0.0	0.0	2.0
ORDER VENEROIDA																
<i>Raeiellops pulchella</i> (A.Adams et Reeve)	RAE	0.0	0.0	3.7	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0	2.0
PHYLUM ANNELIDA																
CLASS POLYCHAETA ord. fam. gen. spp.	POL	0.0	5.2	3.7	33.3	5.4	0.0	7.7	0.0	50.0	7.1	0.0	3.1	6.3	0.0	3.9
PHYLUM ARTHROPODA																
ORDER HARPACTICOIDA																
<i>Tigriopus japonicus</i> Mori	TIG	0.0	0.0	3.7	0.0	1.1	0.0	0.0	9.1	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Idomene forficata</i> Philippi	IDM	0.0	3.4	0.0	0.0	2.2	0.0	3.8	0.0	0.0	2.4	0.0	3.1	0.0	0.0	2.0
ORDER ISOPODA																
<i>Dynoidea dentisimus</i> Shen	DYN	0.0	1.7	0.0	0.0	1.1	0.0	3.8	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Idotea ochotensis ochotensis</i> Brandt	IDN	0.0	13.8	0.0	33.3	9.7	0.0	11.5	0.0	50.0	9.5	0.0	15.6	0.0	0.0	9.8
<i>Cleantiella isopus</i> (Grube)	CLE	0.0	3.4	3.7	33.3	4.3	0.0	7.7	9.1	50.0	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ORDER AMPHIPODA																
<i>Hyalo</i> sp.	HYA	0.0	3.4	3.7	0.0	3.2	0.0	7.7	9.1	0.0	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Amphithoe</i> sp.	AMP	0.0	5.2	0.0	0.0	3.2	0.0	3.8	0.0	0.0	2.4	0.0	6.3	0.0	0.0	3.9
Corophiidae gen. sp.	COP	0.0	6.9	3.7	0.0	5.4	0.0	15.4	9.1	0.0	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ORDER DECAPODA																
<i>Pagurus</i> sp.	PAG	0.0	1.7	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	2.0
OTHERS																
Unidentified eggs	EGG	20.0	13.8	37.0	66.7	21.5	0.0	11.5	27.3	50.0	16.7	50.0	15.6	43.8	100.0	27.5
Detritus	DET	40.0	48.3	22.2	33.3	39.8	0.0	53.8	9.1	0.0	35.7	100.0	43.8	31.3	100.0	43.1
Sands	SND	20.0	8.6	3.7	33.3	8.6	0.0	7.7	0.0	0.0	4.8	50.0	9.4	6.3	100.0	11.8
Empty	EMP	0.0	8.6	25.9	0.0	12.9	0.0	19.2	36.4	0.0	21.4	0.0	0.0	18.8	0.0	5.9

物門サンゴモ目サンゴモ科のピリヒバ *Corallina pilulifera* (コード: COR) が, どのサイズクラスにおいても高い比率で出現した。

オス群とメス群との間で求めた正準相関分析結果は非常に有意であった(正準相関係数;  $R = 0.986$ ;  $\chi^2 = 130.020$ ,  $d.f. = 16$ ,  $p < 0.001$ )。

また, 雌雄ともにQモードの類似度によるクラスター分析結果から, ナガコンブとピリヒバは小クラスターを形成しており, これは他のものから分離された(Figs. 1-2)。Rモードの類似度によるクラスター分析結果からは, 雌雄ともに明確な傾向が認められなかった。

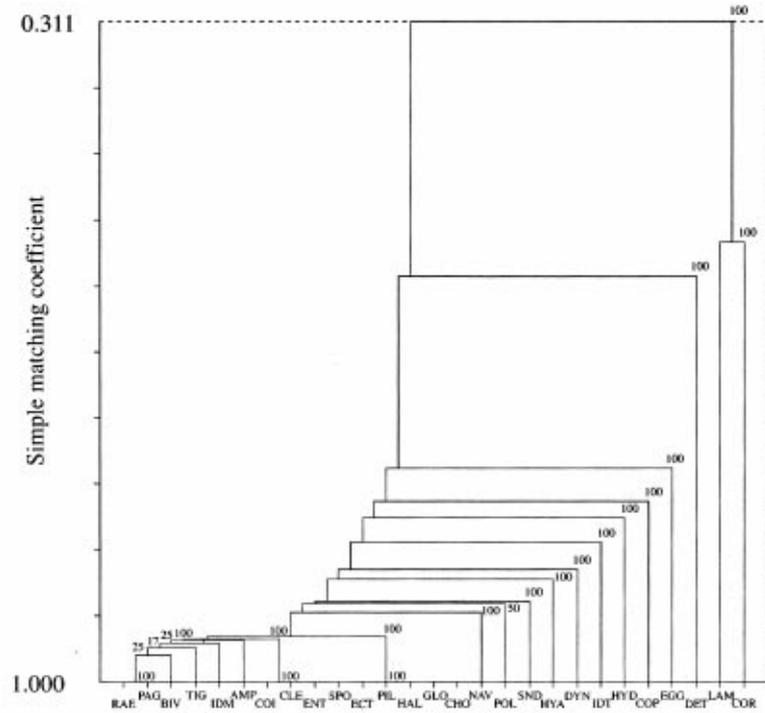


Fig. 1. Dendrogram resulting from UPGMA cluster analysis for male Hanasaki crabs, *Paralithodes brevipes*, individual similarity (evaluated by simple matching coefficient) among stomach contents (see Table 1 for abbreviations of codes). The bootstrap confidence level (from 100,000 replications) is indicated at the node of each cluster. CPCC=0.986.

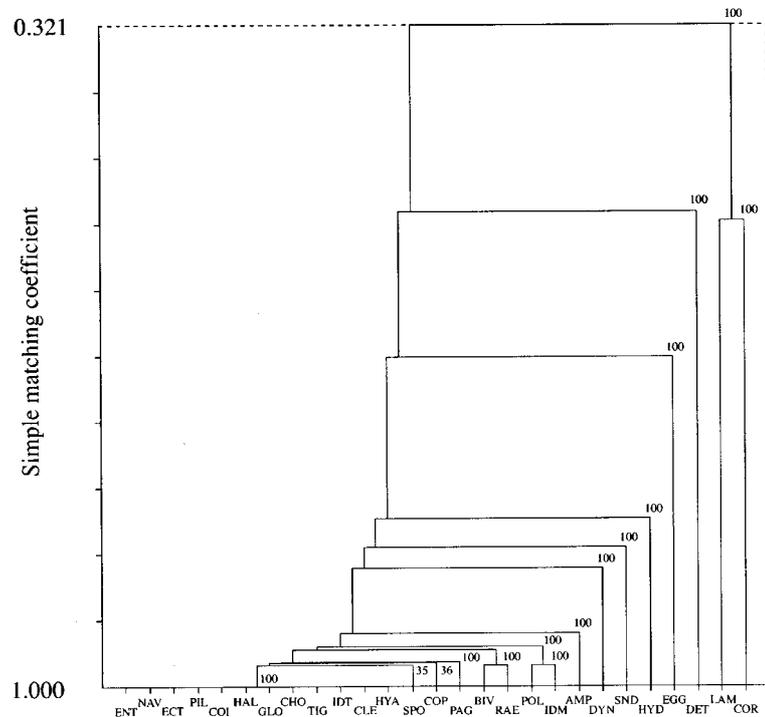


Fig. 2. Dendrogram resulting from UPGMA cluster analysis for female Hanasaki crabs, *Paralithodes brevipes*, individual similarity (evaluated by simple matching coefficient among stomach contents (see Table 1 for abbreviations of codes) The bootstrap confidence level (from 100,000 replications) is indicated at the node of each cluster. CPCC=0.995.



# 道南太平洋海域におけるオオズワイガニの成長

渡辺 安廣<sup>\*1</sup>, 丸山 秀佳<sup>\*2</sup>

Growth of the Tanner crab, *Chionoecetes bairdi* RATHBUN,  
on the Pacific coast of southern Hokkaido

Yasuhiro WATANABE<sup>\*1</sup> and Shuka MARUYAMA<sup>\*2</sup>

Growth of the Tanner crab (*Chionoecetes bairdi*) was examined from samples caught by crab pots and gill nets between March 1985 and June 1987 from Funka Bay and the Pacific coast of southern Hokkaido. Juvenile males of 28 - 134mm CW were divided into seven instars, with mean sizes of 33.0, 40.6, 52.8, 71.3, 92.7, 116.6, and 128.4mm CW and adult males of 75 - 148mm CW into four instars, 93.8, 116.0, 128.5, and 141.7mm CW. Juvenile females of 28 - 98mm CW were divided into five instars, with mean sizes of 32.9, 40.4, 52.7, 71.7, and 85.6mm CW and adult females of 76 - 114mm CW into two instars, 86.1 and 101.3mm CW. The growth pattern was similar for males and females during the juvenile stage, but differed after maturity. The size increment was similar for juvenile males and females molting to an adult stage compared with those molting to another juvenile stage. Tanner crabs 1 year after hatching attain 33mm CW at instar I, at 2 years 71mm CW for instar XI, and adult for instar XII at 2.5 years.

キーワード：オオズワイガニ，成長，齢期，年齢

## まえがき

道南太平洋に分布するオオズワイガニ (*Chionoecetes bairdi* RATHBUN) は,1983年頃から漁獲され始め,1984年,1985年の漁獲量は100 t 台であったが,1986年に2300 t,1987年に1,400 t の大量の漁獲があった<sup>1)</sup>。しかし,その後1990年を除くと100 t 台の漁獲量で推移している。

本種の生態に関する研究は,主にアラスカ湾,ベ-リング海で行われているが,着底後の成長に関する研究は少なく,Donaldson *et al.*<sup>2)</sup> の報告だけである。本報告は,前報<sup>1)</sup> と同様に1984年から1987年の間に大量出現した群の生態調査から,成長に関する資料をとりまとめたものである。

## 材料及び方法

本研究に用いた材料は,1985年3月から1987年6月にかけて Fig. 1 に示す道南太平洋海域でカレイ刺し網の混獲とケガニ調査時にかごで漁獲されたものである (Table 1)。全標本について甲幅(棘を除く最大幅),体重を計測し,さらに1985年を除く標本で甲殻状態の観

察を行った。甲殻状態は,鰓域を指で押して凹む個体を軟甲,凹まない個体を硬甲とし,旧甲殻の内面に新甲殻が形成された脱皮間近の個体を“フタカワ”と称した。雄はこの他に左の鉗脚長節長を計測し,雌では腹部の外部形態と腹肢付着卵の有無を調べた。なお,雄の鉗脚が欠損もしくは再生により正常でない個体は除いた。甲幅と鉗脚長節長はノギスを用いて mm 単位で計測した。

成体と未成体の区分は,雌では Hilsinger<sup>3)</sup> が報告した腹部の外部形態(成体では腹部の幅が広い)と腹肢付着卵の有無により行った。雄では,甲幅と鉗脚長節長との相対成長関係から線形判別関数によって区別した。

甲幅の測定値から階級幅 2 mm の甲幅組成を月別,雌雄別,成体・未成体別に作成し,卓越発生群の成長を追跡した。甲幅組成の解析は,3点移動平均によって度数分布を平滑化してから,齢期群の度数分布が正規分布をすると仮定し,単峰型には正規分布曲線をあてはめ,多峰型には Harding<sup>4)</sup> の方法を用いて複数の正規分布に分離した。

報文番号 A303 (1999年1月30日受理)

\* 1 北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042-0932, Japan)

\* 2 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

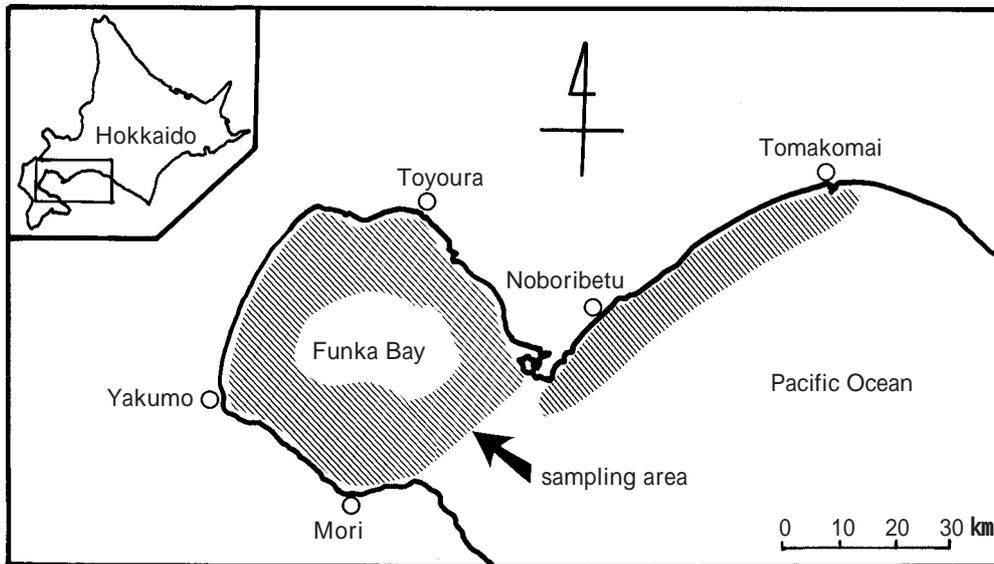


Fig. 1. Map showing the study area, Funka Bay and the Pacific coast of southern Hokkaido.

Table 1. Number of specimens used in the analysis of size frequency distributions.

Year	Month	Fishing gear	Male			Female		
			Juvenile	Adult	Total	Juvenile	Adult	Total
1985	Mar.	pot	24		24	23		23
	Jun.	gill net	78		78	66		66
	Jul.	gill net	28		28	24		24
	Sep.	gill net	44		44	24		24
	Oct.	gill net	109		109	88		88
1986	Nov.	gill net	77		77	49		49
	Feb.	gill net	162		162	65		65
	Mar.	pot	590	423	1013	787	44	831
	Apr.	gill net	155	39	194	114	27	141
	May	gill net	525	21	546	225	44	269
	Jun.	gill net	239	90	329	133	106	239
	Jul.	gill net	146	3	149	58	18	76
	Aug.	gill net	543	5	548	125	60	185
	Sep.	gill net	166	2	168	46	41	87
	Nov.	gill net				14	134	148
	Dec.	gill net	61	23	84	26	29	55
1987	Jan.	gill net	104	87	191	21	47	68
	Feb.	gill net	134	214	348	46	120	166
	Mar.	pot	477	262	739	113	323	436
	Apr.	gill net	34	45	79	5	45	50
	May	gill net	130	65	195	7	163	170
	Jun.	gill net	84	40	124	2	133	135
Total			3910	1319	5229	2061	1334	3395

## 結果と考察

甲幅と鉗脚長節長との相対成長 雄の対数変換した甲幅に対する鉗脚長節長関係は Fig. 2 に示すように、甲幅 75mm 以上では甲幅に対して相対的に鉗脚長節長の長い成体群と短い未成体群の 2 群が見られた。この 2 群は次の線形判別関数で統計的に区分できた。

$$Y = -121.35 \ln CW + 97.61 \ln CL + 186.8$$

$$\text{誤判別の確率 } P = 0.00926$$

ここで、CW は甲幅 (mm)、CL は鉗脚長節長 (mm) である。上式で Y の値が負であれば未成体で、正であれば成体と判別されるが、未成体を成体、成体を未成体と誤って判別する確率は 0.9% であった。この誤判別の確率は、Conan and Comeau<sup>5)</sup> が北西大西洋のズワイガニ (*Chionoecetes opilio*) の鉗脚掌節長を用いた線形判別関数による誤判別の確率 (0.9~1.1%) とほぼ一致していた。

甲幅組成からの齢期群の分離 1985年3月から1987年6月までの甲幅組成を正規分布に分解した結果、雄の未成体では甲幅 28~134mm の範囲で 7 群に分離され、成体では甲幅 75~148mm の範囲で 4 群に区分された (Fig. 3)。雌の未成体では、甲幅 28~98mm の範囲で 5 群に、成体は甲幅 76~114mm の範囲で 2 群に分離された (Fig. 3)。分離した雌雄の平均甲幅と標準偏差を Table 2 に示

した。雌雄ともに月別の各甲幅群の平均甲幅は、おのこの近似した値を示した。以上得られた結果の適合度を  $X^2$  検定で検討した結果、良い適合を示した (Table 3)。

本研究で分離された月別の各甲幅群の全体の平均値から求めた前後の甲幅群の甲幅差 (成長量) は 7~24mm であり、成長率 (%) ( $(L_{n+1} - L_n) / L_n \times 100$  で示され、ここで  $L_n$  は脱皮前の甲幅、 $L_{n+1}$  は脱皮後の甲幅である) は 10~35% の範囲にある (Table 4)。Donaldson *et al.*<sup>2)</sup> はアラスカ湾で行なった本種の飼育実験の成長量 ( $L_{n+1} - L_n$ ) を甲幅 30~139mm の範囲で 11~25mm、成長率を 15~31% であると報告している。さらに、渡辺、鈴内<sup>6)</sup> は同属のベニズワイ (*Chionoecetes japonicus*) の成長量を 7~16mm と報告し、そのデータから成長率を計算すると 6~36% となる。伊藤<sup>7)</sup> が報告したズワイガニでは本研究で用いたオオズワイガニと同じ甲幅範囲の成長量と成長率は、各々 6~18mm、5~32% であった。以上のように、他海域のオオズワイガニ、同属のベニズワイとズワイガニの成長量および成長率と比較しても近似していること、平均甲幅の間隔に規則性がみられることなどから、本研究の甲幅差は脱皮による差を意味し、甲幅群は齢期群と見なして差し支えないと考える。

次に、月別に各齢期群の出現状況を見ると (Fig. 3,

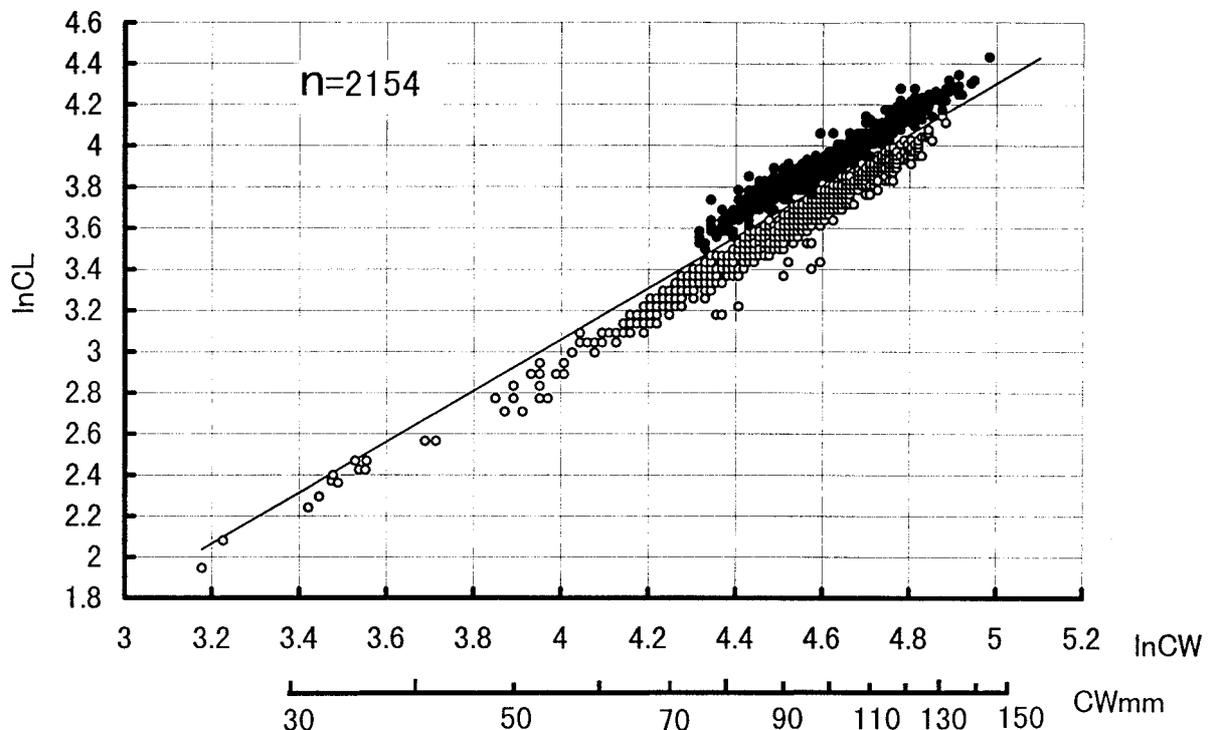


Fig. 2. Relationship between chela length (CL) and carapace width (CW) in natural logarithms for male Tanner crabs. The line indicates the linear discriminant function. Open and solid circles indicate juvenile and adult males, respectively.

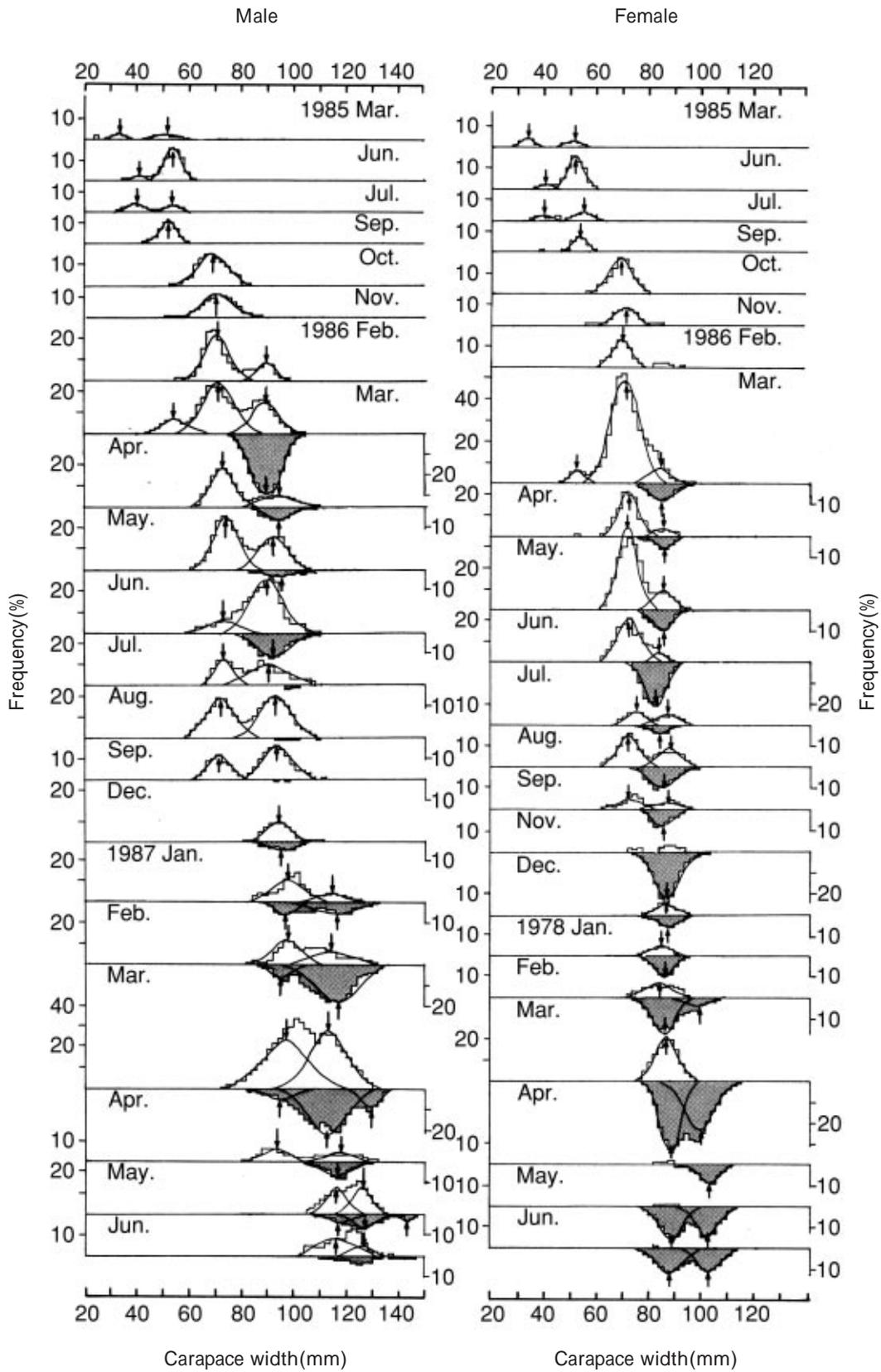


Fig. 3. Size frequency distributions for male and female Tanner crabs caught by crab pots and gill nets, with fitted normal curves to the distribution of each instar. White and black areas indicate juvenile and adult crabs, respectively. Arrows indicate the mean CW of each instar.

Table 2. Mean carapace width (mm) and standard deviation of male and female Tanner crab instars estimated from analysis of size frequency distributions.

Year	Month	Sex	Instar															
			n		n+1		n+2		n+3		n+4		n+5		n+6		n+7	
			Juvenile	Adult	Juvenile	Adult	Juvenile	Adult	Juvenile	Adult	Juvenile	Adult	Juvenile	Adult	Juvenile	Adult	Juvenile	Adult
1985	Mar.	Male	33±2.4															
		Female	32.9±2.3		52.0±4.7													
	Jun.	Male		41.1±3.8	53.5±3.4													
		Female		40.0±2.0	51.6±2.9													
	Jul.	Male		39.7±3.6	53.7±2.8													
		Female		40.7±4.3	54.4±3.8													
	Sep.	Male			51.6±3.3													
		Female			53.4±2.6													
	Oct.	Male				69.1±5.8												
		Female				69.2±4.4												
Nov.	Male				70.1±5.4													
	Female				70.6±5.4													
1986	Feb.	Male			70.1±4.7				88.8±3.3									
		Female			70.0±3.6													
	Mar.	Male			53.3±4.4	70.7±5.7	88.5±4.8	88.8±5.2										
		Female			52.6±2.7	71.1±5.5	84.4±4.5	85.0±4.0										
	Apr.	Male				72.3±4.4	93.6±7.0	93.2±4.6										
		Female				72.6±3.7	85.8±3.4	85.7±4.3										
	May	Male				73.4±4.8	91.8±5.4	94.4±6.0										
		Female				72.2±3.6	85.5±3.8	85.2±3.8										
	Jun.	Male				72.6±6.2	89.0±6.1	91.9±6.0										
		Female				72.9±4.6	83.9±2.8	82.7±3.9										
	Jul.	Male				72.6±3.4	90.0±7.7											
		Female				73.1±3.6	86.4±4.9	84.0±3.6										
Aug.	Male				71.5±5.4	92.7±5.6												
	Female				72.2±4.1	87.9±4.4	85.6±4.9											
Sep.	Male				71.0±4.2	93.2±5.4												
	Female				72.9±4.6	86.6±5.2	85.7±3.9											
Nov.	Male							87.2±4.8										
	Female							95.1±4.8										
Dec.	Male							93.6±5.1	87.5±4.1									
	Female							86.5±4.1	87.5±4.1									
1987	Jan.	Male						97.3±5.9	96.4±3.8	114.5±4.9	115.3±7.9							
		Female						84.6±3.9	86.4±3.6									
	Feb.	Male							97.3±5.2	95.1±3.8	114.5±7.6	116.6±8.1						
		Female							83.4±5.6	86.8±4.7		100.6±4.7						
	Mar.	Male							97.6±6.6	95.4±5.9	114.4±6.4	112.7±6.9		129.4±3.1				
		Female							87.0±4.2	88.4±3.6		99.9±5.6						
	Apr.	Male							94.6±5.8		118.1±7.3	117.0±5.4						
		Female										101.6±4.7						
	May	Male									118.4±5.9	118.2±4.7	128.7±2.9	127.6±4.3	141.7±4.1			
		Female									88.2±4.1	101.9±4.3						
	Jun.	Male									119.8±6.2		128.1±2.7					
		Female									87.4±4.6	102.4±4.9						

Table 3. The  $\chi^2$  test of goodness of fit between the observed size frequency distributions and fitted normal curves.

Year	Month	Sex	Stage	Male																Female															
				Juvenile								Adult								Juvenile								Adult							
				N	$\chi^2$	d.f.	P	N	$\chi^2$	d.f.	P	N	$\chi^2$	d.f.	P	N	$\chi^2$	d.f.	P																
1985	Jun.			78	0.73	3	0.86											66	0.39	2	0.82														
	Sep.			44	0.22	4	0.99												24	0.005	1	0.94													
	Oct.			109	2.24	10	0.99												88	1.98	7	0.96													
	Nov.			77	8.02	8	0.43												49	0.76	6	0.99													
1986	Feb.			162	10.13	10	0.43												58	0.21	5	0.92													
	Mar.			590	17.55	22	0.73	423	3.25	12	0.99								787	17.04	15	0.32	44	0.28	5	0.99									
	Apr.			155	2.03	12	0.99	39	0.11	3	0.99								114	2.99	6	0.81	27	1.12	1	0.29									
	May			525	9.31	19	0.96	21	0.01	1	0.99								225	6.78	11	0.81	44	0.71	3	0.87									
	Jun.			239	7.75	14	0.90	90	4.34	9	0.88								133	2.94	7	0.89	106	2.10	6	0.91									
	Jul.			146	5.62	13	0.96												58	2.26	4	0.69	18	0.04	1	0.84									
	Aug.			543	8.16	21	0.99												125	2.09	11	0.99	60	1.96	6	0.92									
	Sep.			166	4.74	15	0.99												46	2.60	2	0.27	41	1.93	4	0.74									
	Nov.																					134	2.68	9	0.97										
	Dec.			61	0.27	6	0.99	23	0.97	1	0.32								26	0.37	1	0.54	29	0.33	3	0.96									
	1987	Jan.			104	10.69	8	0.22	87	5.39	9	0.80							21	0.22	1	0.64	47	0.42	4	0.98									
		Feb.			134	7.87	9	0.55	214	15.18	17	0.58								46	1.1	4	0.89	120	4.99	8	0.76								
Mar.				477	8.85	20	0.98	262	5.21	15	0.99								113	0.92	7	0.99	323	5.07	12	0.96									
Apr.				34	0.46	3	0.92	45	1.70	5	0.88											45	3.22	5	0.67										
May				130	5.00	8	0.76	65	0.58	2	0.75											163	3.01	11	0.99										
Jun.				84	8.29	6	0.22															133	0.93	11	0.99										

Table 2), 各月とも2ないし3 齡期群が見られる。ここで最小の齡期群(平均甲幅33mm)をn 齡期群とすると,1985年3月は雌雄共にn 齡期群とn + 2 齡期群(平均甲幅50mm 台)が見られた。さらに,雄では尾数が少なく正規分布曲線に当てはめることができず,齡期群として特定できなかったが,甲幅24mm 台の出現個体が認められた。6,7月はn + 1 齡期群(平均甲幅40mm 前後)とn + 2 齡期群が出現し,10,11月はn + 3 齡期群(平均甲幅70mm 前後)のみが見られた。1986年2月以降に新たにn + 4 齡期群(雄の平均甲幅90mm 前後,雌の平均甲幅85mm 前後)が出現し,3月にはn + 2 齡期群が再び出現し,さらに成体期のn + 4 齡期群(雄の平均甲幅90mm 前後,雌の平均甲幅85mm 前後)が見られた。4月以降は9月までn + 3 齡期群とn + 4 齡期の未成体群とn + 4 齡期の成体群が認められ,12月にはn + 4 齡期の未成体群と成体群が見られた。1987年の雄は,1~2月にn + 4 齡期とn + 5 齡期(平均甲幅115mm 前後)の未成体群と成体群が出現し,3月にはn + 6 齡期(平均甲幅128mm 前後)の成体群が加わり,5月にはn + 4 齡期群が見られなくなり,n + 6 齡期の未成体群とn + 7 齡期(平均甲幅141mm)の成体群が加わった。雌では,1月はn + 4 齡期群のみが見られ,2,3月はn + 5 齡期(平均甲幅100mm 前後)の成体群が出現し,4月以降はn + 4 齡期とn + 5 齡期の成体群のみが認められた。

雌雄の成長には,成体期にはいるn + 4 齡期群から差が認められた。しかし,同一齡期の未成体群と成体群の平均甲幅は雌雄とも一致しており,未成体期から同じ未成体期と未成体期から成体期への移行時の成長差は認められなかった(Table 4)。

成長率は,Table 4に見られるように成体期で減少していた。脱皮による成長率は一般に甲幅の増大とともに減少し,性成熟以降に大きく減少する<sup>8,9)</sup>。これは摂餌によって得られたエネルギーが,再生産に向けられ,体成長への配分がその分減少するためであり<sup>10)</sup>, Paul and Fuji<sup>11)</sup> は北部アラスカ湾のオオズワイガニについてエネルギー収支を検討し同様の結果を報告している。

齡期と成長の関係 ここでは平均甲幅33mm 以下の齡期群は認められなかった。しかし,海域は異なるが,1984年8月に道東太平洋の十勝沿岸で平均甲幅5.0mm と7.3mm の異なる齡期群と思われる稚ガニが桁網で採集された(Fig. 4)(鳥澤,未発表資料)。この稚ガニ群が甲幅33mm の群につながると仮定して,この稚ガニとTable 4の平均甲幅にHiatt<sup>12)</sup>の定差図法を適用した。雄は未成体期と成体期の2本の直線式で表され,その交点の脱皮後甲幅は111mm となり渡辺<sup>1)</sup>が報告した雄の50%成熟体長(甲幅113mm)とほぼ一致する(Fig. 5)。雌では成体に達すると成長しない<sup>3)</sup>ので未成体期にのみ適用した。

定差成長式( $L_{n+1} = a L_n + b$ )の計算結果は次のとおりである。

$$\text{雄 未成体期 } L_{n+1} = 1.260 L_n + 1.439 \quad (r^2 = 0.996)$$

$$\text{成体期 } L_{n+1} = 0.692 L_n + 50.862 \quad (r^2 = 0.958)$$

$$\text{雌 未成体期 } L_{n+1} = 1.334 L_n - 0.670 \quad (r^2 = 0.993)$$

ここで, $L_{n+1}$ は脱皮後の甲幅, $L_n$ は脱皮前の甲幅である。雌雄の未成体期の定差成長式には有意差はなかった(共分散分析,傾き $P = 0.336$ ,切片 $P = 0.258$ )ので,雌雄をまとめて再計算すると,式は $L_{n+1} = 1.272 L_n + 1.058$  ( $r^2 = 0.997$ )となった。

Table 4. Average carapace width and increment of instars of male and female Tanner crabs estimated from the arithmetic mean of the mean carapace width of each instar in Table 2.

Instar	Stage	Average carapace width (mm)		Increment (%)	
		Male	Female	Male	Female
n	Juvenile	33.0	32.9		
n+1	Juvenile	40.6	40.4	23.0	22.8
n+2	Juvenile	52.8	52.7	30.1	30.5
n+3	Juvenile	71.3	71.7	35.1	36.0
n+4	Juvenile	92.7	85.6	30.0	19.5
	Adult	93.8	86.1	31.5	20.2
n+5	Juvenile	116.6		25.7	
	Adult	116.0	101.3	23.7	15.5
n+6	Juvenile	128.4		10.1	
	Adult	128.5		10.8	
n+7	Adult	141.7		10.4	

次に、平均甲幅33mm と平均甲幅7.3mm との間の齢期群の甲幅とそれらの齢期を推定するために、上式を用いて、初期値を33mm として甲幅の小さい方に外挿して計算した。ここで、 齢期の甲幅を Donaldson *et al.*<sup>2)</sup> に従い3 mm と仮定すると、Table 5 に示すように平均甲幅33mm の齢期群はⅧ 齢期、平均甲幅7.3mm の群は 齢期、平均甲幅5.0mm の群は 齢期と推定された。1991年9月と10月に釧路沿岸での桁網調査により Fig. 6 に示す平均甲幅10.5mm ,14.1mm ,19.3mm の3群が採集された(佐々木, 未発表資料)。これらの3群は、年や海域に差異はあるが、定差式により推測された 齢期群からⅥ 齢期群に相当する(Table 5) さらに、Ⅷ 齢期に相当する甲幅25mm 前後の個体が1985年3月に2尾と少ないが認められていた(Fig. 3)。この様に、甲幅30mm 以下の齢期群は 齢期群を除くと天然で採集されたことになり、年や海域が異なる等の問題点は残るものの、定差成長式から推測された成長と齢期の関係は妥当なものと考えられる。

**脱皮時期** ある齢期から次の齢期への脱皮時期が明らかになるように、脱皮前齢期群の“フタカワ”個体と脱皮後齢期群の軟甲個体とを合わせて脱皮後の齢期群の脱皮率とし、その結果を Table 6 に示した。各齢期群とも脱皮時期は広範囲であるが、脱皮率が高い主脱皮時期はⅪ 齢期(平均甲幅71mm)では雌雄ともに2月に見られ、Ⅻ 齢期では雄(平均甲幅93mm)が8, 9月に、雌(平均甲幅86mm)はこの時期と1, 2月にも認められた。

齢期は、雄(平均甲幅116mm)では1, 2月に、雌(平均甲幅101mm)では2, 4月に主脱皮時期が見られた。 齢期は雄(平均甲幅128mm)のみであるが、5, 6月にそれが見られた。同一齢期では成体と未成体で脱皮時期に差違は認められなかった。これらの主脱皮時期

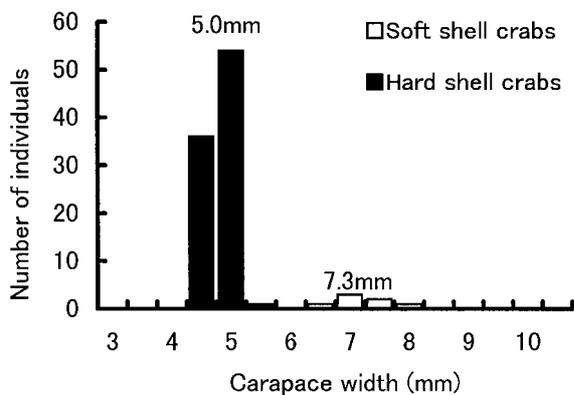


Fig. 4. Size frequency distribution for unsexed Tanner crabs collected by beam trawl in August 1984 on the Pacific coast of Tokachi, eastern Hokkaido. Numbers above the modes indicate the mean carapace widths(Torisawa, unpublished data).

Table 5. Carapace width (CW) and age of instars of male and female Tanner crabs from the Pacific coast of southern Hokkaido. Predicted CW was derived from the juvenile growth equation ( $Ln+1=1.272Ln+1.058$ ).

Instar	Observed CW (mm)		Predicted CW (mm)	Age (months after settlement)
	Male	Female		
I			3.0	
II		5.0*	4.8	0.5
III		7.3*	7.2	1
IV			10.2	1.5
V			14.0	2
VI			18.9	3
VII			25.1	5.5
VIII	33	32.9	33.0	8
IX	40.6	40.4	43.0	11
X	52.8	52.7	55.8	14
X I	71.3	71.7	72.0	20
X II	93.2	86.6		26
X III	116.0	101.3		32
X IV	128.0			44
X V	142.0			56

\*. sex undetermined juvenile

から見た各齢期の脱皮間隔は、Ⅺ 齢期とⅫ 齢期では約6カ月で、 齢期では約1年と考えられる。

**齢期と年齢** 各齢期群の月別出現状況と脱皮時期から各齢期群の年齢を検討してみる。

道南太平洋のふ出期は1~5月と報告されており<sup>1)</sup>、浮遊幼生期(ゾエア2期とメガロバ期)の期間をベーリン

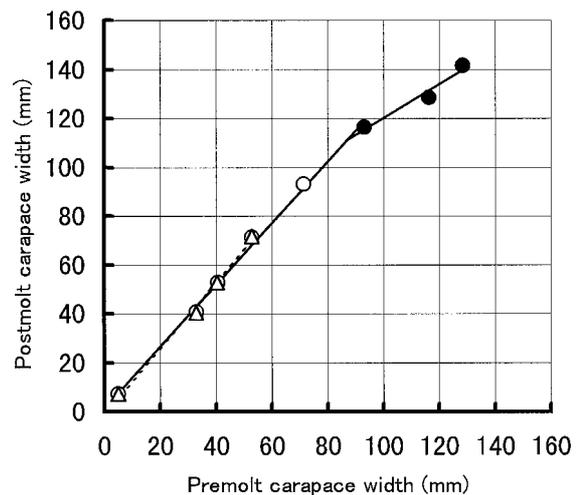


Fig. 5. Graphic representation of Hiatt growth models for juvenile and adult male and juvenile female Tanner crabs. Open and solid circles indicate juvenile and adult males and open triangles indicate juvenile females, respectively. The solid and broken lines indicate the Hiatt growth equations for males and females, respectively.

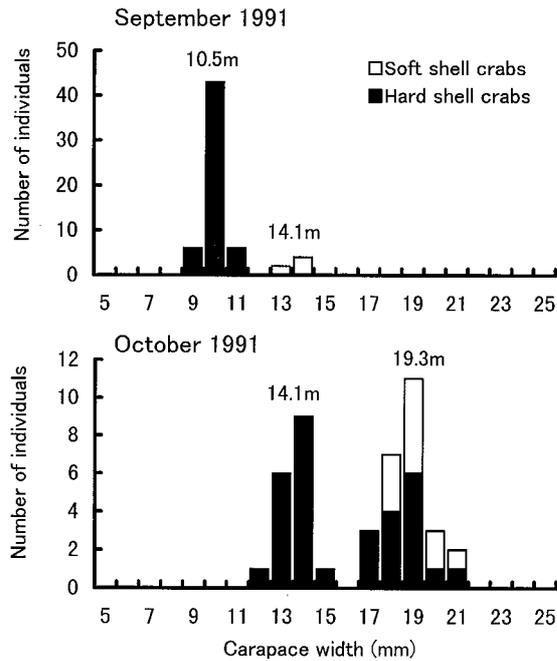


Fig. 6. Size frequency distributions for unsexed Tanner crabs collected by beam trawl in September and October 1991 on the Pacific coast of Kushiro, eastern Hokkaido. Numbers above the modes indicate the mean carapace widths(Sasaki, unpublished data).

グ海で報告されている約3カ月<sup>13)</sup>と仮定すると, Fig. 4に見られる8月の 齢期群(平均甲幅5 mm)は同じ年にふ出した群と考えられる。8月上旬には軟甲の 齢期群(平均甲幅7.3mm)も出現していた。9月中旬にはIV 齢期群(平均甲幅10.5mm)と軟甲の 齢期群(平均甲幅14.1mm),10月下旬には 齢期群と一部軟甲のVI 齢期群(平均甲幅19.3mm)が見られた。Donaldson *et al.*<sup>2)</sup>は北部アラスカ湾のオオズワイガニでは甲幅20mm未満の 齢期群の脱皮間隔を1~2カ月と報告しており, 道東沿岸域のハナサキガニ (*Paralithodes brevipes*) では甲長31mm未満の個体の脱皮間隔は1カ月前後<sup>14)</sup>, 同海域のケガニ (*Erimacrus isenbeckii*) でも甲長20mm未満では脱皮間隔は1カ月程度<sup>15)</sup>と報告されており, これらから考えると, ~VI 齢期群は年に違いはあるが, 8月の 齢期群からの成長を示し,10月下旬にはVI 齢期に達すると推測される。 齢期から 齢期への移行時期が8月上旬, IV 齢期から 齢期へは9月中旬, 齢期からVI 齢期へは10月中旬と考えられるので, 各 齢期の脱皮間隔は, , IV 齢期は0.5カ月, 齢期は1カ月と推定される。

Table 6. Percentage molting activity for male and female Tanner crab from instar XI to instar XV. Maximum values for molting activity by each instar are underlined.

(A) Males																	
Year	Stage Instar	Juvenile								Adult							
		X→X I		X I→X II		X II→X III		X III→X IV		X I→X II		X II→X III		X III→X IV		X IV→X V	
Month	%	Number	%	Number	%	Number	%	Number	%	Number	%	Number	%	Number	%	Number	
1986	Feb.	<u>29.6</u>	125	0	161	0	36		0	125							
	Mar.	0.3	344	1.3	524	0	180		2.0	767							
	Apr.	2.1	106	2.6	155	0	57		1.4	146							
	May	0.6	309	8.0	538	0.4	239		4.8	331							
	Jun.	0	70.5	5.0	240	7.1	169		6.2	161							
	Jul.	0	71	12.8	148	3.5	86		9.3	75							
	Aug.	0.8	251	<u>27.9</u>	544	1.0	293		<u>36.4</u>	256							
	Sep.	0	60	<u>35.9</u>	167	0	107		<u>41.9</u>	62							
	Nov.																
	Dec.			5.0	60	5.2	60		0	21							
	1987	Jan.			1.3	77	<u>24.7</u>	102	4.0	25	3.1	32	<u>29.5</u>	133	4.0	25	
Feb.				0	85	<u>13.4</u>	135	4.0	50	0	35	8.8	264	4.0	50		
Mar.				0	325	7.1	478	0.5	186	0	74	7.6	476	2.7	223		
Apr.						9.1	33	0	33			0	43	0	35		
May						5.2	58	<u>9.3</u>	129			8.6	35	<u>13.8</u>	80	3.9	76
Jun.						4.8	42	<u>3.3</u>	50			13.6	22	<u>10.9</u>	55	0	52
(B) Females																	
Year	Stage Instar	Juvenile				Adult											
		X→X I		X I→X II		X I→X II		X II→X III									
Month	%	Number	%	Number	%	Number	%	Number									
1986	Feb.	<u>30.5</u>	59	1.5	67			3.1	64								
	Mar.	0.6	667	2.8	743			3.1	713								
	Apr.	1.0	100	0	114			0	128								
	May	0	184	2.2	228			2.2	229								
	Jun.	0.9	113	8.2	134			5.4	222								
	Jul.	0	32	14.0	57			11.8	51								
	Aug.	0	79	<u>28.8</u>	128			<u>26.7</u>	138								
	Sep.	0	30	<u>33.3</u>	48			<u>21.9</u>	73								
	Nov.							0	135								
	Dec.			12.5	40			13.5	37								
	1987	Jan.			<u>22.2</u>	36			<u>21.8</u>	55							
Feb.				<u>24.0</u>	50			<u>23.8</u>	122								
Mar.				0.7	142			5.4	241								
Apr.				0	5				25.3								
May				0	7				<u>61.4</u>								
Jun.				0	1			1.1	88								

Fig. 3に見られる1985年3月に出現したⅧ齡期群(平均甲幅33mm)は、Ⅺ齡期(平均甲幅71mm)とⅫ齡期(雄平均甲幅93mm,雌平均甲幅86mm)の脱皮間隔が6か月と推定されており、一般に若齡期群の脱皮間隔は高齡期群のそれより短い<sup>10)</sup>ので、その脱皮間隔は6カ月以下と考えられ、10月下旬のⅥ齡期群から成長したものと推測できる。したがって、このⅧ齡期群はふ出から1年を経た群と思われる。このⅧ齡期群は、6、7月に出現したⅨ齡期群(平均甲幅40mm)へと成長する。1985年3月に出現したⅩ齡期群(平均甲幅52mm)は10月にはⅪ齡期群へ成長する。1986年の2月のⅪ齡期群は雌雄ともに脱皮率が高く新たに脱皮加入した群と考えられるので、1985年10月のⅪ齡期群と連続したものではない。2月のⅪ齡期群は1985年6、7月に出現したⅨ齡期群から成長するものと思われ、この群へ成長するⅩ齡期群が1986年3月にまだ見られた。1986年2月に出現したⅫ齡期群は1985年10月のⅪ齡期群が脱皮成長したと思われる。1986年のⅪ齡期群は11月以降雄では出現しなくなり、雌では大きく減少し、Ⅺ齡期群からⅫ齡期群への脱皮盛期が8、9月であることから、10月までには大部分がⅫ齡期群に成長する。1986年のⅫ齡期群は、脱皮間隔が6カ月と推定されており、6、7月に“フタカワ”個体も出現していることから、1987年1、2月までⅩ齡期群が見られないが、9月以降にはⅩ齡期群(雄平均甲幅116mm,雌平均甲幅101mm)へ脱皮すると思われる。1987年のⅫ齡期群は、雄では5月以降出現しなくなり、雌では成体に達すると脱皮成長しない<sup>3)</sup>ため成体群は出現しているが、未成体群は4月以降大きく減少しており、この時期までにⅩ齡期へ成長したものと推測される。

次に、Ⅹ齡期とⅥ～Ⅷ齡期の脱皮間隔を考える。Ⅹ齡期の脱皮間隔は、Ⅳ齡期では0.5カ月と推定されていること、若齡期の脱皮間隔は高齡期のそれより短いことから0.5カ月がそれ以下と考えられる。Ⅵ、Ⅶ齡期の脱皮間隔は、Ⅵ齡期の出現からⅧ齡期の出現の間隔が5カ月であることから2.5カ月と推定できる。Ⅷ齡期のそれは、3月に出現したⅧ齡期群が6、7月にⅨ齡期へ脱皮するので、3カ月と推定できる。Ⅹ齡期では、3月に出現した群が10月にはⅪ齡期に脱皮すると考えられるので、脱皮間隔は6カ月と推定される。Ⅸ齡期の脱皮間隔は、6、7月に出現したⅨ齡期群が翌年の2、3月にはⅪ齡期群へ成長すること、Ⅹ齡期群の脱皮間隔が6カ月と推定されたことから、3カ月と考えられる。以上のことから各齡期群の着底後の月齢はTable 5のように推定される。1985年3月に出現したⅧ齡期群とⅩ齡期群は、Ⅷ齡期群が着底後8カ月、Ⅹ齡期群が14カ月でその差は6カ月あること、ふ出時期が1～5月の5カ月に

わたっている<sup>1)</sup>ことから、同じ1984年にふ出した可能性があると考えられる。

年齢に関する論議 北部アラスカ湾のオオズワイガニは、Ⅸ齡期で甲幅30mm台に達し、Ⅹ齡期で甲幅90mm以上の成体になると報告されており<sup>2)</sup>道南太平洋のオオズワイガニよりも成長が1、2齡期遅いことになる。ズワイガニでは、日本海<sup>16)</sup>及び北西大西洋<sup>17)</sup>ともにⅧ齡期で甲幅30mm台に達し、この齡期までは各齡期の平均甲幅は道南太平洋のオオズワイガニの平均甲幅と近い値を示している(Table 7)。ズワイガニでは齡期と成長の海域による差は見られないが、オオズワイガニでは道南太平洋と北部アラスカ湾で海域差が認められた。

北部アラスカ湾のオオズワイガニの年齢は、Donaldson *et al.*<sup>2)</sup>が報告したように、ふ出後満1年で甲幅14mm、満2年で甲幅31mmとなり、甲幅90mm以上の成体に達するのに6年余りかかる。日本海のズワイガニは、ふ出後1年で甲幅4.6mm、5年で甲幅30mm台に成長し、9.5年でⅪ齡期の成体(雌;甲幅77mm,雄;甲幅80mm)に達する<sup>16)</sup>。一方、道南太平洋のオオズワイガニは、浮遊期を3か月前後<sup>13)</sup>と仮定すると、ふ出後1年で甲幅30mm(Ⅷ齡期)、2年で甲幅71mm(Ⅺ齡期)に成長し、Ⅻ齡期の成体に達するのは2.5年である。この様に、道南太平洋のオオズワイガニは成長が早く、成体に達するのに要する期間は、北部アラスカ湾のオオズワイガニの約1/2、日本海のズワイガニの約1/4である。

甲殻類の脱皮間隔は、水温によって変化し、高水温ほど脱皮間隔は短くなるのが一般的である<sup>9,18)</sup>。水温が高いほど成長が早いことは、タラバガニ(*Paralithodes camtschaticus*)<sup>19,20)</sup>、イチョウガニの一種(*Cancer magister*)<sup>21)</sup>、ケガニ<sup>22)</sup>、ズワイガニ<sup>23)</sup>でも報告されている。小林<sup>23)</sup>は、日本海のズワイガニをⅩ齡期から成体(ⅪまたはⅫ齡期)まで飼育し、3区(2.3~5.2)では成体に達するまでの期間を約4.1年、8区(7.0~10.2)ではその期間を約1.8年と報告している。この成体までの期間は、3区では天然の成長<sup>16)</sup>の約1/2、8区では約1/5の期間である。今<sup>16)</sup>は、日本海(若狭湾)のズワイガニの着底後の生息水温を2前後と報告しており、飼育実験の結果であるが、水温が1上昇しても成体までの成長が約2倍早くなる。Paul and Paul<sup>24)</sup>は北部アラスカ湾のオオズワイガニの生息環境に近い水温が3.1~11.2の範囲であると報告していた。道南太平洋の平均水温<sup>\*</sup>は5月から12月で6.9~12.8であり、北部アラスカ湾の同時期の水温より2前後高い。さらに日本海のズワイガニの生息水温よりも5~10も高い。

したがって、道南太平洋のオオズワイガニは北部アラスカ湾のオオズワイガニや日本海のズワイガニより成長

\* 水温は、北緯42度20分、東経140度20分の観測点の水深50m(道南太平洋のオオズワイガニの生息水深の中心)の水温を1985年~1988年の間で月別に平均して求めた。

Table 7. Comparison of the mean carapace width of Tanner crab (*Chionoecetes bairdi*) instars found by Donaldson *et al.* (1981) in the northern Gulf of Alaska and this study in the Pacific coast of southern Hokkaido and for snow crab (*Chionoecetes opilio*) instars found by Kon (1980) in the Sea of Japan and Sainte-Marie *et al.* (1995) in northwestern Gulf of St. Lawrence.

Instar	Snow crab			Tanner crab			
	Kon (1980)		Sainte-Marie <i>et al.</i> (1995)	Donaldson <i>et al.</i> (1981)		This study	
	Male	Female		Male	Female	Male	Female
I	3.1*		3.19	3.5	3.4	3.0*	
II	4.6*		5.12	4.6	4.5	4.8*	
III	6.5*		7.65	6.1	6.0	7.2*	
IV	9.7*		10.97	8.1	7.9	10.2*	
V	13.5*		15.32	10.7	10.4	14.0*	
VI	19.6	19.0	21.02	14.1	13.7	18.9*	
VII	27.3	27.9	28.48	18.6	18.1	25.1*	
VIII	36.8	37.2	38.25	24.6	23.9	33.0	32.9
IX	49.2	49.6	50.73	32.5	31.6	40.6	40.4
X	65.2	66.2	64.53	42.9	41.7	52.8	52.7
X I	80.0	77.4	79.79	55.0	53.6	71.3	71.7
X II	93.4		96.67	69.5	67.8	93.2	86.6
X III	105.6		115.34	86.7	82.7	116.4	101.3
X IV	116.7		135.99	108.5	97.0	128.4	
X V	126.8			131.8		141.7	
X VI	135.9			156.8			
X VII	144.2			183.5			
X VIII				212.1			

\*, sex undetermined juvenile

が早く、成体に達するまでの期間がより短いのは、生息水温の高いことが大きく影響していると考えられる。

### 要 約

噴火湾から胆振太平洋海域で、1985年3月から1987年6月にかけて漁獲されたオオズワイガニの年齢と成長について検討し、次の結果を得た。

1. 雄の成体と未成体は、甲幅に対する鉗脚長節長の関係から  $Y = -121.35 \ln CW + 97.61 \ln CL + 186.8$  の判別関数により区分できた。ここで CW は甲幅、CL は鉗脚長節長である。
2. 甲幅組成を正規分布に分解した結果、未成体雄は甲幅28~134mm の範囲で7 齢期群、成体雄は甲幅75~148mm の範囲で4 齢期群が認められた。雌では、未成体の甲幅28~98mm の範囲で5 齢期群、成体の甲幅76~114mm の範囲で2 齢期群が分離された。
3. 未成体群では雌雄の同一齢期群の平均甲幅に差は見られず、雌雄間の成長差は認められなかった。成体

期では雌雄の成長に大きな差が見られた。

4. 同一齢期の成体群と未成体群の平均甲幅は雌雄とも有意差はなく、成体期と未成体期への移行時の成長差は見られない。
5. 未成体期の Hiatt の定差式 ( $L_{n+1} = 1.272 L_n + 1.058$ ) と 齢期の甲幅を3 mm 前後と仮定することにより、甲幅33mm の群を VIII 齢期と推測した。
6. 脱皮時期と各齢期群の出現状況から、ふ出後1年で甲幅33mm (VIII 齢期)、2年で甲幅71mm (XI 齢期) に成長し、XII 齢期の成体に達するのは2.5年と推定された。

### 謝 辞

本研究を進めるにあたり、未発表の資料を快く提供いただいた網走水産試験場の鳥澤雅博士、同じく佐々木潤氏に感謝の意を表す。

## 文 献

- 1) 渡辺安廣：道南太平洋海域におけるオオズワイガニの成熟と産卵．北水試報告 39, 21 - 34(1992).
- 2) Donaldson, W. E., R. T. Cooney and J. R. Hilsinger : Growth, age and size at maturity of Tanner crab *Chionoecetes bairdi* M. J. RATHBUN, in the northern Gulf of Alaska (Decapoda, Brachyura). *Crustaceana*. **40**(3), 286 - 302 (1981) .
- 3) Hilsinger, J. R.: Aspects of the reproductive biology of female Alaskan tanner crab, *Chionoecetes bairdi*, from Prince William Sound and the adjacent Gulf of Alaska. *Mar. Sci. Commun.* **2** , 201 - 225 (1976).
- 4) Harding, J. P.: The use of probability paper for graphical analysis of polymodal frequency distribution. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* **28**, 141 - 153 (1949).
- 5) Conan, G. Y. and M. Comeau: Functional maturity and terminal molt of male snow crab, *Chionoecetes opilio*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **43**, 1710 - 1719 (1986).
- 6) 渡辺安廣，鈴木孝行：北海道西岸域におけるベニズワイについて 第1報 齢期と成長．北水試月報．39(7), 147 - 162 (1982).
- 7) 伊藤勝千代：日本海におけるズワイガニの生態に関する研究 甲幅組成及び甲殻硬度の季節変化から推測される年齢と成長について．日水研報告 22, 81 - 116 (1970).
- 8) 倉田 博：甲殻類の脱皮時における長さの増大について．北水研報告 22, 1 - 48 (1960).
- 9) Hartnoll, R. G.: "Growth". The biology of Crustacea. Vol 2 . New York, Academic Press, 1982, 111 - 196.
- 10) Hartnoll, R. G.: "Growth, sexual maturity and reproductive output." Crustacean issues 3 : factors in adult growth. Rotterdam, A.A. Balkema, 1985, 101 - 128.
- 11) Paul, A. J., and A. Fuji : Bioenergetics of the Alaskan crab *Chionoecetes bairdi* (Decapoda: Majidae). *J. Crustacean Biol.* **9** , 25 - 36 (1989).
- 12) Hiatt, R. W.: The biology of the lined shore crab, *Pachygrapsus crassipes* RANDALL. *Pac. Sci.* **2** , 135 - 213 (1948).
- 13) Inzes, L. S., D. L. Wencker and D. A. Armstrong: Growth and average growth rates of Tanner crab zoeae collected the plankton. *Mar. Biol.* **84**, 93 - 100 (1984)
- 14) 阿部晃治，小池幹雄：ハナサキガニの成長について．北水試報告 24, 1 - 14 (1982).
- 15) Abe, K.: Important crab resources inhabiting Hokkaido waters. *Mar. Behav. Physiol.* **21**, 153 - 183 (1992).
- 16) 今 俊：ズワイガニ *Chionoecetes opilio* (O. FABRICIUS) の生活史に関する研究．新潟大学理学部付属佐渡臨海実験所特別報告．2 , 1 - 64 (1980) .
- 17) Sainte-Marie, B., S. Raymond, and J.-C. Brethes.: Growth and maturation of the benthic stages of male snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **52**, 903 - 924 (1995).
- 18) Kurata, H.: Studies on the age and growth of Crustacea. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* **24**, 1 - 115 (1962).
- 19) 中西 孝：タラバガニの飼育条件に関する研究．日水研報告 37, 57 - 161 (1987)
- 20) Stevens, B. G. : Temperature-dependent growth of juvenile red king crab (*Paralithodes camtschatica*) and its effects on size-at-age and subsequent recruitment in the eastern Bering Sea. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **47**, 1307 - 1317 (1990).
- 21) Wainwright, T. C. and D. A. Armstrong : Growth patterns in the Dungeness crab (*Cancer magister* DANA): synthesis of data and comparison of models. *J. Crustacean Biol.* **13**, 36 - 50 (1993).
- 22) 尾身東美：ケガニ若齢期の成長におよぼす水温の影響 - (予報)．かに類養殖技術開発企業化試験 昭和47年度報告書．29 - 35 (1973).
- 23) 小林啓二：ズワイガニの成長に及ぼす水温の影響．水産増殖 37( 1 ) 35 - 41 (1989).
- 24) Paul, A. J. and J. M. Paul : Second clutch viability of *Chionoecetes bairdi* RATHBUN (Decapoda: Majidae) inseminated only at the maturity molt. *J. Crustacean Biol.* **12**, 438 - 441 (1992).



# Vertical distribution of the Pacific pink shrimp, *Pandalus eous* Makarov, in Ishikari Bay, Sea of Japan

Keiji MAEDA \* and Shuichi NISHIUCHI \*

Vertical distribution of the Pacific pink shrimp, *Pandalus eous* Makarov, was investigated in Ishikari Bay, Sea of Japan, over a three year period, 1993-1995. A total of 340 shrimps were sampled with surface-to-bottom pot fishing gear and ORI net during the six surveys, of which 290 specimens were sampled from mid-waters. All adult stages of *Pandalus eous*, i.e., males, transitionals, non-ovigerous females and ovigerous females, were found in the mid-water layer in Japanese waters. However, the pink shrimp caught in mid-water were composed mostly of males. From the average depth distribution in each adult group and the relationship between carapace lengths of males and their collecting depths, it is clear that younger shrimps are distributed at shallower depths than older ones. In addition, it was found that *P. eous* were distributed in water below the "Tsushima Warm Current Intermediate Waters".

Key word: *Pandalus eous* , pink shrimp , vertical distribution , surface-to-bottom pot fishing , ORI net sampling , ontogenic vertical migration

## Introduction

The Pacific pink shrimp, *Pandalus eous* Makarov, is distributed in the north Pacific Ocean and adjacent waters (Bering Sea, Sea of Japan and Sea of Okhotsk), and is one of the most important shrimps for Japanese fisheries. In Hokkaido, *P. eous* is generally caught by shrimp pot and beam trawl on the continental slope off the coast of northwestern Hokkaido from 300 to 650 m depths<sup>1)</sup> with annual landings of about 2,500 metric tons.

Diel vertical migration is known for the pink shrimp in Kachemak Bay, Alaska<sup>2,3)</sup>. The Atlantic pink shrimp *P. borealis* which has recently been taxonomically separated from the Pacific pink shrimp<sup>4)</sup>, is also known to migrate into mid-water in Greenland waters<sup>5)</sup>, in the Gulf of Maine<sup>6)</sup> and in other waters.

Although several investigations on the vertical distribution of *Pandalus* spp. have been conducted in the northeastern Pacific and Atlantic waters, there is still little information on the vertical distribution of the shrimp in Japanese waters. In Japanese waters, *Pandalus eous* except for larvae<sup>7,8)</sup> and a single juvenile<sup>9)</sup> have not been

collected in water. Most Japanese fishermen also believe that the pink shrimp is exclusively a benthic species, because *P. eous* are usually fished on the bottom using various kinds of trawl and pot fishing techniques<sup>10)</sup>. However, indirect evidence suggests vertical migration of the shrimp would occur. Trawl fishermen in Yamato Bank (Honshu)<sup>11)</sup> and Mashike (Hokkaido) in the Sea of Japan state that the amount of pink shrimp captured on bottom is less at night. The same phenomenon was found in other waters<sup>12)</sup>.

The purpose of this study is to examine whether or not *P. eous* in Japanese waters indeed vertically migrate into waters above the sea bottom and to describe the characteristics of their distribution pattern.

## Materials and methods

Pot fishing Six surveys were conducted during 1993-1995 aboard the R. V. "Oyashio-Maru" (178 gross tons) in waters west of Yoichi Spur which is one of the most important fishing grounds for pandalid shrimps in Ishikari Bay, Sea of Japan (Fig. 1, Table 1). Most

報文番号 A304 (1999年2月25日受理)

\* Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, 238 Hamanaka-cho, Yoichi-cho, Hokkaido 046-8555, Japan  
(e-Mail; Maeda: [maedak@fishexp.pref.hokkaido.jp](mailto:maedak@fishexp.pref.hokkaido.jp), Nishiuchi: [nishiuchis@fishexp.pref.hokkaido.jp](mailto:nishiuchis@fishexp.pref.hokkaido.jp))

shrimps in this study were collected with surface-to-bottom pot fishing gear which was slightly modified from the collection device used by Barr and McBride<sup>2)</sup>. The structure of the gear is as follows: the main rope was

suspended from a buoy and an anchor from sea surface to bottom with pots intermittently attached (Fig. 2). A sandbag (about 100 kg weight) was used for an anchor. Fishing pots were fixed with a short rope to the main

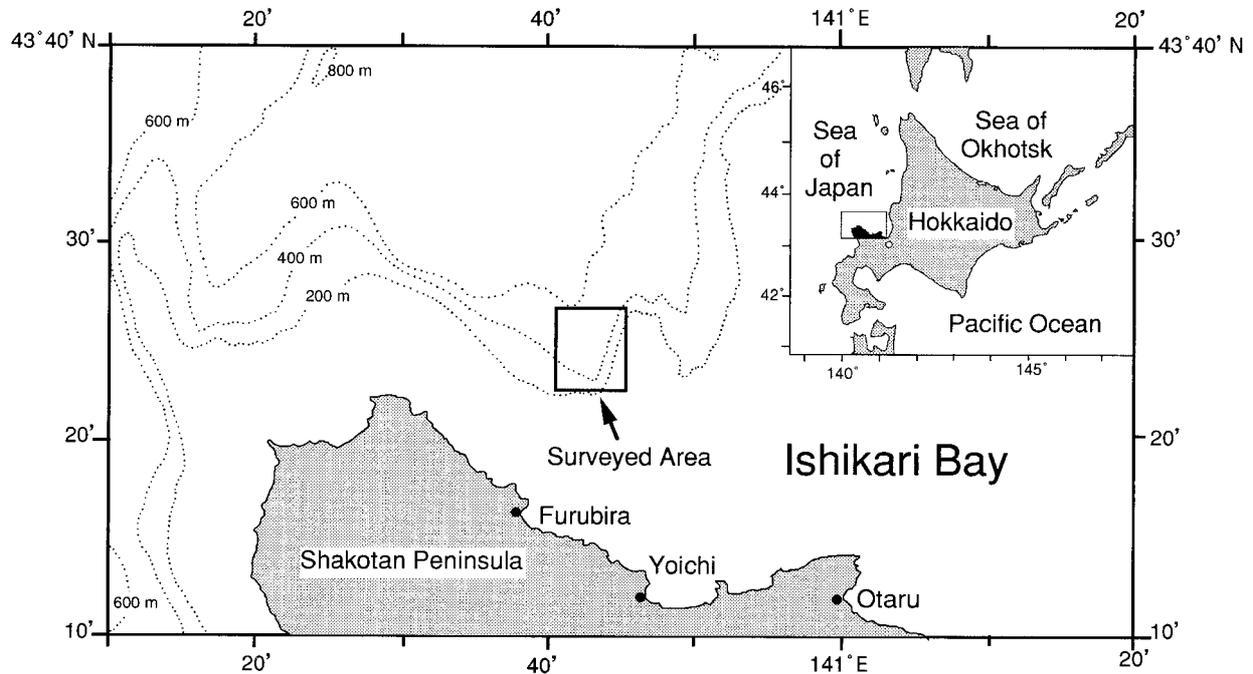


Fig. 1. Map showing the area surveyed by R.V. Oyashio-Maru between 1993 and 1995.

Table 1. Sampling data of surface-to-bottom pot fishing surveys for 1993-1995.

Survey	Exp. No.	Main lope length	Pots Interval	Locality		Depth of Bottom	Year	Setting		Pulling		Experimental period**
				Latitude (N)	Longitude (E)			Date	Time	Date	Time	
1st survey	1-1	300 m	50 m	43° 22.8'	140° 39.3'	295-330*	1993	17, Aug.	18:55	18, Aug.	5:10	N
	1-2	300 m	50 m	43° 22.6'	140° 39.4'	291	1993	17, Aug.	19:30	18, Aug.	4:15	N
	1-3	300 m	50 m	43° 22.4'	140° 39.5'	283	1993	18, Aug.	4:57	18, Aug.	18:13	D
	1-4	300 m	50 m	43° 22.4'	140° 39.4'	279	1993	18, Aug.	5:26	18, Aug.	18:42	D
	1-5	250 m	50 m	43° 22.5'	140° 38.8'	249	1993	18, Aug.	18:45	18, Aug.	4:23	N
	1-6	250 m	50 m	43° 22.5'	140° 38.8'	250	1993	18, Aug.	18:46	18, Aug.	4:38	N
2nd survey	2-1	400 m	20 m	43° 23.6'	140° 40.3'	372	1994	18, May	19:59	18, May	23:55	N
	2-2	400 m	20 m	43° 23.1'	140° 40.4'	376	1994	18, May	20:26	19, May	0:20	N
	2-3	400 m	20 m	43° 23.2'	140° 40.5'	386	1994	19, May	0:40	19, May	5:00	N-D
	2-4	400 m	20 m	43° 23.5'	140° 40.4'	373	1994	19, May	1:02	19, May	5:30	D
	2-5	400 m	20 m	43° 23.7'	140° 40.3'	376	1994	19, May	6:05	19, May	10:26	D
	2-6	400 m	20 m	43° 23.7'	140° 40.5'	387	1994	19, May	6:21	19, May	9:58	D
	2-7	500 m	20 m	43° 25.0'	140° 40.1'	483	1994	19, May	11:07	19, May	15:00	D
	2-8	500 m	20 m	43° 25.0'	140° 40.3'	487	1994	19, May	11:30	19, May	14:38	D
	2-9	500 m	20 m	43° 27.5'	140° 45.3'	467	1994	19, May	16:08	19, May	20:30	N
	2-10	500 m	20 m	43° 27.6'	140° 45.1'	491	1994	19, May	16:34	19, May	20:00	N
3rd survey	3-1	340 m	20 m	43° 23.8'	140° 39.3'	334	1994	29, Aug.	17:56	31, Aug.	18:10	N-D-N-D
	3-2	340 m	20 m	43° 23.5'	140° 39.7'	336	1994	29, Aug.	18:14	30, Aug.	4:54	N
	3-3	340 m	20 m	43° 23.5'	140° 39.7'	336	1994	30, Aug.	5:32	30, Aug.	18:16	D
	3-4	340 m	20 m	43° 23.5'	140° 39.3'	336	1994	30, Aug.	18:52	31, Aug.	18:10	N-D
4th survey	4-1	340 m	20 m	43° 22.7'	140° 42.1'	338	1994	9, Nov.	15:27	10, Nov.	3:12	N
	4-2	340 m	20 m	43° 22.6'	140° 42.1'	332	1994	9, Nov.	15:45	10, Nov.	3:31	N
5th survey	5-1	340 m	20 m	43° 22.6'	140° 43.2'	340	1995	27, Feb.	17:31	28, Feb.	6:30	N
	5-2	340 m	20 m	43° 23.0'	140° 43.6'	341	1995	27, Feb.	18:35	1, Mar.	7:12	N-D-N
	5-3	340 m	20 m	43° 22.5'	140° 42.9'	336	1995	28, Feb.	6:57	28, Feb.	17:32	D
	5-4	340 m	20 m	43° 22.5'	140° 42.9'	343	1995	28, Feb.	18:02	1, Mar.	6:46	N
6th survey	6-1	240 m	20 m	43° 22.4'	140° 43.2'	236	1995	21, Aug.	17:52	23, Aug.	17:47	N-D-N-D
	6-2	340 m	20 m	43° 22.6'	140° 43.0'	340	1995	21, Aug.	18:08	23, Aug.	18:19	N-D-N-D
	6-3	440 m	20 m	43° 23.0'	140° 42.8'	437	1995	21, Aug.	18:27	23, Aug.	18:27	N-D-N-D

\* The sampling gear drifted.

\*\* N: Nighttime, D: Daytime

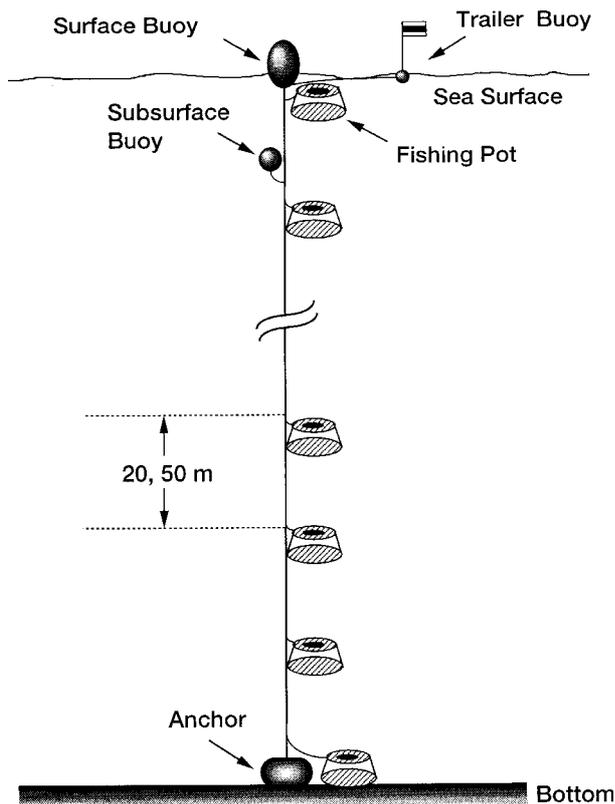


Fig. 2. Diagrammatic illustration of the sampling gear for *Pandalus eous*.

rope at intervals of 50 or 20 m. Each fishing pot was 70 cm in diameter at the bottom ring, with  $19 \times 19$  mm mesh apertures. A plastic funnel-shaped entrance of 30 cm in diameter was attached to the upper surface of the pot. Four walleye pollock per pot were used as bait.

Sampling data are shown in Table 1. The first preliminary survey (August 1993) was carried out to initially check the suitability and operational procedure of pot fishing and to examine the vertical distribution of pink shrimps. In the second survey, 4 hour-interval samplings were conducted to examine the diel migration of the shrimp. In the third to fifth surveys, four different interval experiments (nighttime, daytime, 1 day and 2 days) were carried out to compare the number and developmental stages of shrimps collected at different depths. Most of the experiments in the fourth survey were not successfully accomplished owing to stormy weather. During the 6th survey, 2 days interval samplings were carried out at areas with bottom depths of 240, 340 and 440 m depth.

ORI net sampling Supplemental net samplings were carried out in 1994 and 1995 using a 160-cm opening-

closing plankton net: Ocean Research Institute net (ORI net). The structure of the ORI net is described in detail by Omori *et al.*<sup>13)</sup>. Actual towing depths were monitored on the ship with an acoustic net recorder system (FCV10 and FNR-80, Furuno Co. Ltd.), and depths were controlled by changing the wire lengths and towing speeds (about 1.5-2.0 knots). The filtering section of the ORI net has  $2 \times 2$  mm mesh apertures. Horizontal tows were carried out during the 3rd, 4th and 5th surveys. During the 6th survey, oblique tows were done in three different depth layers (300-200 m, 200-100 m, 100-0 m). Data and sampling procedures using the ORI net are shown in Table 2.

Measurement and definition of sexual groups After sampling, specimens were immediately preserved at  $-20$  °C. Oblique carapace lengths (OCL), distance between posterior margin of orbit eye and posterodorsal margin of the carapace<sup>14)</sup>, were measured to the nearest 0.1 mm with digital calipers. *Pandalus eous* matures and functions first as "male", passes through the "transitional" phase before becoming "female"<sup>12)</sup>. The sexual stage of each individual was determined based on the shape of the endopodite of the first pair of pleopods<sup>16)</sup>. Females spawn every other year in the Sea of Japan. "Females" were divided into "ovigerous female" and "non-ovigerous female" according to the presence or absence of external eggs. Immature specimens and mature males were grouped as "male".

Oceanographic observations Water temperature and salinity near the sampling sites were measured with a CTD (conductivity temperature depth recorder; Sea Bird Model SB-9/11). The CTD data were collected at one meter intervals in the first to fifth survey. In the sixth survey, data were obtained only at the standard depths used in the periodic oceanographic observations by the Hokkaido Fisheries Experimental Station, i.e., 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 300, 400 m, and the vicinity of the bottom.

Statistical analysis Data of the third survey were statistically analyzed for comparison of distributions, using SPSS ver. 8.0 using a one factor analysis of variance (ANOVA) with a Tukey HSD test.

## Results

Pot fishing In the preliminary survey in 1993, a total of 39 specimens of *Pandalus eous* were sampled only during

Table 2. Data of ORI net samples.

Towing depth (m)	Towing direction	Depth of bottom (m)	Date	Time of day		Sampling site				Numbers of individuals*		OCL** (mm)
						Starting point		Finishing point		M	T	
				Start	Finish	Lat. (N)	Long. (E)	Lat. (N)	Long. (E)			
200	Horizontal	302~305	29, Aug. 1994	13:15	13:51	43° 22.7'	140° 41.0'	43° 23.0'	140° 39.0'	0	0	—
300	Horizontal	409~412	30, Aug. 1994	9:33	10:03	43° 24.9'	140° 39.0'	43° 25.4'	140° 38.0'	0	0	—
205	Horizontal	380~409	30, Aug. 1994	16:18	16:49	43° 25.2'	140° 38.6'	43° 24.5'	140° 39.2'	0	0	—
180	Horizontal	348~350	31, Aug. 1994	20:07	20:37	43° 22.7'	140° 40.1'	43° 24.1'	140° 39.2'	2	0	8.9~10.8
140	Horizontal	362~368	1, Sep. 1994	0:14	0:44	43° 22.7'	140° 39.5'	43° 24.6'	140° 38.7'	0	0	—
140	Horizontal	385~604	9, Nov. 1994	13:59	14:29	43° 26.6'	140° 42.1'	43° 27.4'	140° 42.3'	0	0	—
150	Horizontal	413~495	27, Feb. 1995	13:41	14:11	43° 22.3'	140° 42.8'	43° 23.1'	140° 42.7'	0	0	—
250	Horizontal	487~521	27, Feb. 1995	14:49	15:19	43° 25.1'	140° 42.9'	43° 24.1'	140° 42.9'	0	0	—
150	Horizontal	481~538	27, Feb. 1995	23:15	23:44	43° 24.9'	140° 42.9'	43° 24.1'	140° 43.0'	6	0	6.4~11.2
250	Horizontal	484~523	28, Feb. 1995	0:13	0:43	43° 24.9'	140° 42.9'	43° 24.3'	140° 43.0'	1	0	21.7
300~200	Oblique	419~445	21, Aug. 1995	21:09	21:40	43° 23.9'	140° 40.8'	43° 24.5'	140° 40.2'	2	1	13.0~18.8
200~100	Oblique	406~455	21, Aug. 1995	22:14	22:44	43° 24.4'	140° 40.6'	43° 23.7'	140° 40.6'	0	0	—
100~0	Oblique	340~367	21, Aug. 1995	0:25	0:54	43° 23.8'	140° 39.7'	43° 24.6'	140° 38.7'	1	0	13.6
300~200	Oblique	390~468	22, Aug. 1995	4:44	5:14	43° 24.5'	140° 39.3'	43° 25.1'	140° 39.5'	0	0	—
200~100	Oblique	395~442	22, Aug. 1995	7:26	7:56	43° 24.7'	140° 39.6'	43° 24.5'	140° 39.3'	0	0	—
100~0	Oblique	431~472	22, Aug. 1995	8:41	9:10	43° 24.7'	140° 40.6'	43° 24.1'	140° 40.4'	0	0	—
100~0	Oblique	364~411	22, Aug. 1995	20:22	20:51	43° 23.7'	140° 39.8'	43° 24.4'	140° 39.8'	0	0	—
200~100	Oblique	360~427	22, Aug. 1995	21:09	21:39	43° 24.1'	140° 40.2'	43° 23.5'	140° 39.8'	0	0	—
300~200	Oblique	446~459	22, Aug. 1995	22:30	23:00	43° 24.2'	140° 40.6'	43° 24.8'	140° 40.0'	1	1	19.3~22.3
100~0	Oblique	425~455	23, Aug. 1995	4:49	5:18	43° 23.9'	140° 40.4'	43° 24.5'	140° 40.4'	0	0	—
200~100	Oblique	408~440	23, Aug. 1995	5:38	6:08	43° 24.4'	140° 40.3'	43° 23.8'	140° 40.2'	0	0	—
300~200	Oblique	427~459	23, Aug. 1995	6:30	7:00	43° 23.9'	140° 40.3'	43° 24.5'	140° 40.6'	0	0	—

\* M:males, T:transitionals

\*\* OCL: Oblique carapace length

the nighttime experiment. Six of them were collected in a pot set 50 m above the bottom (about 250 m), while the others were sampled on the bottom (Fig. 3). These six shrimps taken in mid-water were composed of five males ranging from 17.5 to 23.0 mm OCL and one transitional of 25.9 mm OCL (Fig. 4). These specimens were the first records of adult pink shrimps collected in waters above the sea bottom in Japanese waters. Most of the shrimps sampled on the bottom were composed of transitionals. The carapace length of the shrimps caught on the bottom ranged from 18.9 to 27.3 mm and the modal frequency at 25 mm was observed.

The 4 hour-interval fishing experiments were carried out in May 1994, and a total of ten *P. eous* were captured in the first (bottom) and second pots. These shrimps were composed of six males ranging from 14.8 to 19.0 mm OCL, four non-ovigerous females of 25.6 to 26.7 mm OCL and an ovigerous female of 25.6 mm OCL. Six of them were collected in the second pots 20 m above the bottom pot (first pot). However, these second pots had

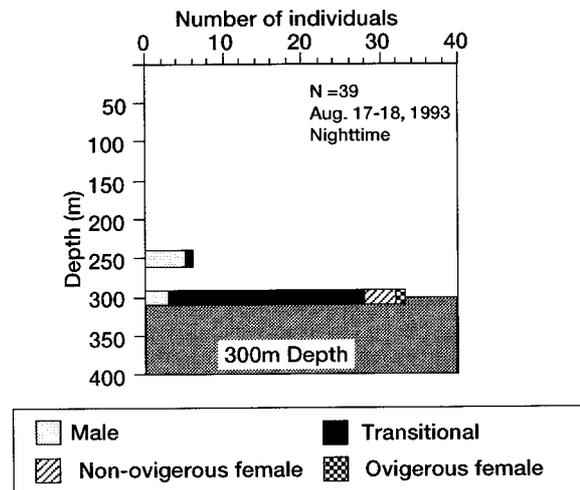


Fig. 3. Vertical distribution of *P. eous* in the nighttime experiments during the 1st survey, August 1993.

apparently come in contact with the sea bed as captures of snow crabs and brittle-stars occurred in the same pots.

In the third survey (August 1994), the four fishing experiments were carried out with different periods

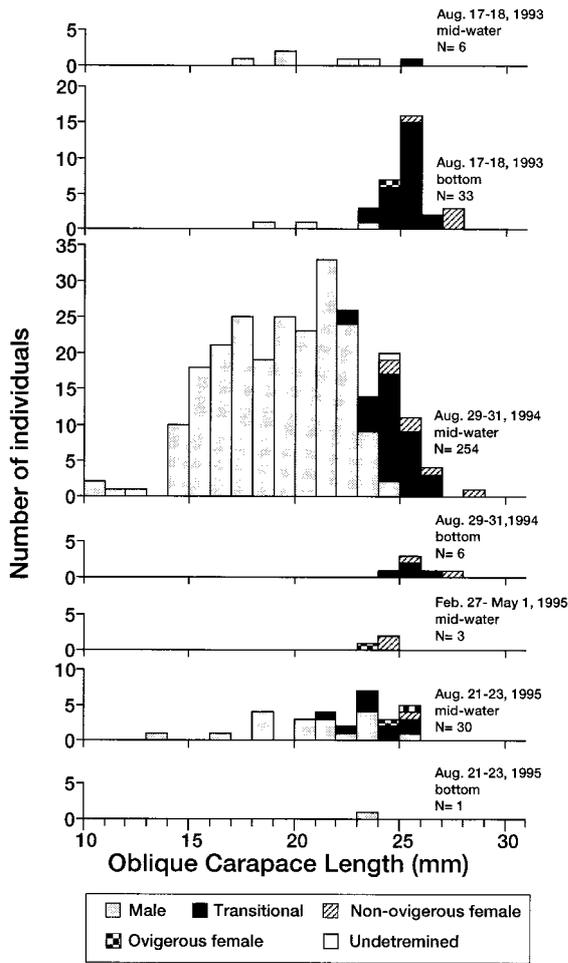


Fig. 4. Oblique carapace length frequency distributions of *Pandalus eous* caught in Ishikari Bay by surface-to-bottom pot fishing between 1993 and 1995.

between setting and pulling the pots; i.e., "Nighttime", "Daytime", "1 Day" and "2 Days". A total of 254 *P. eous* were caught in the mid-waters except for the "Daytime" sampling. No shrimps were captured during the daytime, not only from the mid-water but also on the bottom. Vertical distributions of the pink shrimp showed similar patterns among the three experiments (Fig. 5). The upper limit of distribution was observed at approximately 120 m depth. Maximum concentrations were observed in the upper part of their vertical distribution (120 - 220 m). Few shrimps were sampled at the bottom or in the vicinity of the bottom.

Only a nighttime experiment was carried out in the 4th survey owing to stormy conditions, but no shrimps were captured during the experiment.

Only three specimens were collected in the 5th survey (Fig. 6), although important information was obtained from these specimens. A female collected at mid-water depth of 200 m was ovigerous with pigmented eyed eggs. Further two non-ovigerous females collected in the water above the bottom possessed breeding setae on the protopodites of their pleopods.

The 6th survey was conducted to compare vertical distribution patterns among three grounds with different bottom depths. *Pandalus eous* were observed at almost the same depth in all three grounds; 180-220 m in water at 240 m deep ground, 220-300 m in water at 340 m deep ground, and 220-280 m in water at 440 m deep ground (Fig. 7). The distribution pattern at the deepest ground (440 m) was similar to the pattern observed in the third

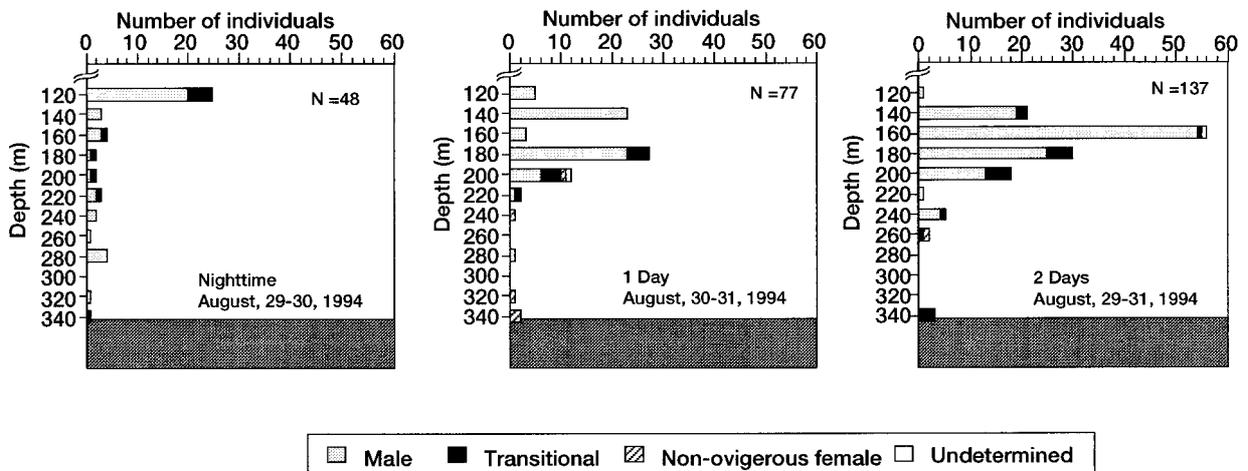


Fig. 5. Vertical distribution of *P. eous* during the third survey in August 1994. No specimens were caught during the daytime sampling.

survey, i.e., a maximum concentration depth near the upper limit of distribution, and a small number of shrimps caught in waters just above the sea bottom.

**ORI net sampling** Fig. 8 shows the number of individuals collected by ORI net with data of the time of day, category of daytime or nighttime and sexual stages. A total of 14 individuals were captured by ORI net. All of the specimens were males except for one transitional specimen, and all were sampled during the nighttime tows.

**Hydrography** Vertical profiles of water temperature and salinity are shown in Fig. 9. A steep seasonal thermocline was recognized in August, at depths of between 50 and 70 m in 1993, between 20 and 40 m in

1994, and between 30 and 70 m in 1995, respectively. In August, high-salinity subsurface water (34.2 PSU) derived from the Tsushima Warm Current was found at depths from 50 to 150 m in 1993, and from 40 to 140 m in 1995, with a maximum salinity at 80 m deep in both years. On the other hand, in August 1994, high-salinity water was recognized at a shallower level at depths between 30 and 100 m with a maximum salinity at 50 m. Well mixed water was found in the upper 100 m in November 1994, and high-salinity water was lying beneath the mixed water. In late winter (February 27 to March 1, 1995), well mixed water was recognized in the upper 120 m. Although the water between 40 and 120 m showed a slight increase in salinity in early spring, high

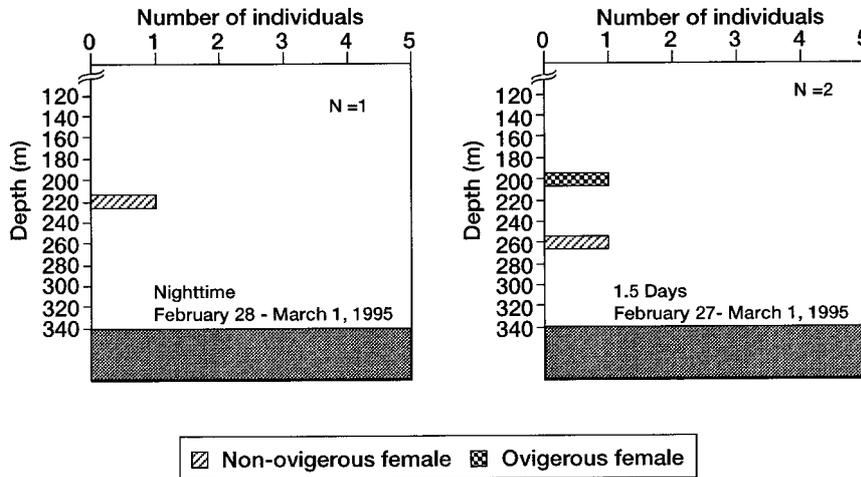


Fig. 6. Vertical distributions of *P. eous* in the nighttime and 1.5 days experiments on the 5th survey in February-March 1995. Results are based on the experiments capturing specimens.

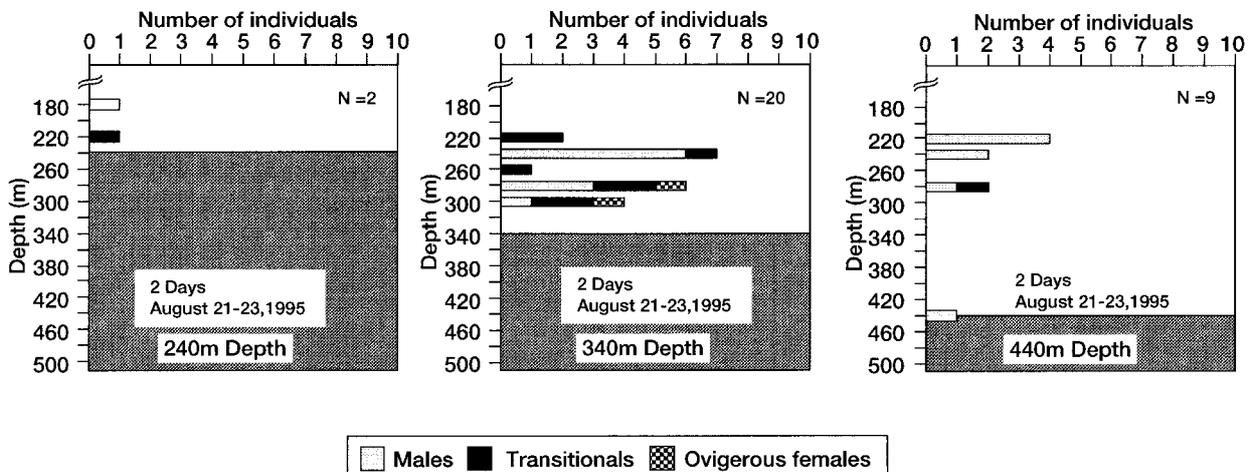


Fig. 7. Vertical distribution of *P. eous* sampled during the 6th survey in August 1995.

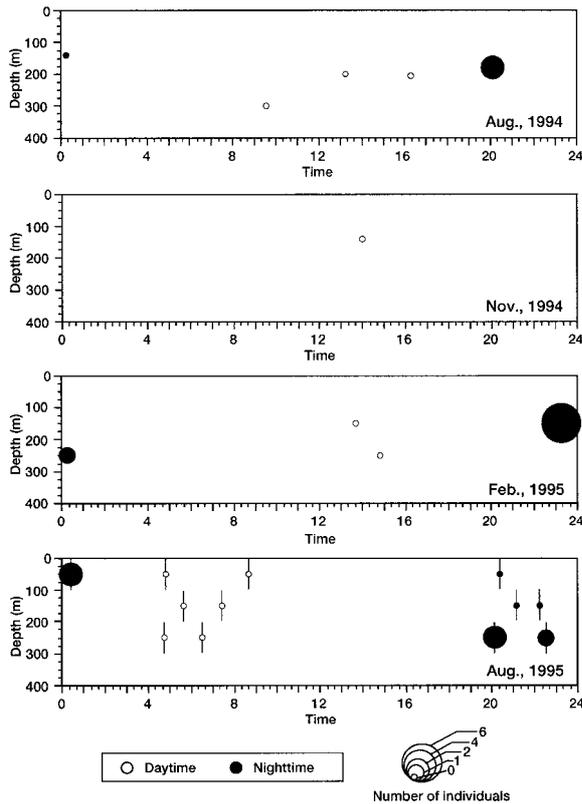


Fig. 8. Number of *Pandalus eous* collected by ORI net sampling in 1994 and 1995.

Vertical bars indicate the towing depth for oblique tows.

salinity water as in summer was not observed. In late spring (May 1994), there was no distinct thermocline and no high salinity water.

#### Discussion

Vertical distribution of *Pandalus eous* adult stages  
From the data presented here, it is clear that *P. eous* in Ishikari Bay distribute in mid-water. A large number of pink shrimps were caught in water above the bottom using both surface-to-bottom pot fishing and an ORI net. It was thought that *P. eous* in Japanese waters was a benthic species, because most investigations for adult *P. eous* in Japanese waters had been carried out on the bottom using pots or trawls. In addition, it was difficult to collect an adult pink shrimp with plankton nets or larval nets owing to their marked escape ability. Actually no shrimps were caught in our survey with the ORI net during daytime (Fig. 8).

*Pandalus eous* shows similar protandric sexual development as other pandalid shrimps. The first point

to be consider is the difference in distribution patterns among the four sexual groups. Sexual stages of *Pandalus* spp. collected in mid-water have been described in some reports. In the Gulf of Maine, five mature males and one spent female of *Pandalus borealis* were collected in water above the bottom with a Scharfe mid-water trawl or an Isaacs Kid mid-water trawl<sup>16)</sup>. In our surface-to-bottom pot fishing experiments, 81.7% in numbers of all the shrimps caught in water above bottoms were male. In addition, all the shrimps collected with the ORI net were also males except for one transitional specimen. Shrimps distributed in water above the sea bottom were mostly composed of males.

Ovigerous females are known not to show vertical migrations<sup>17)</sup>, because ovigerous females have never been collected in water above the bottom in spite of many examinations on the vertical distribution of *Pandalus* spp. Some authors have pointed out that ovigerous females do not migrate vertically owing apparently to their decreased ability to swim<sup>12)</sup>. However, ovigerous females were sampled from mid-water. Why do ovigerous females migrate to shallower waters with a great energy expenditure in spite of a probable lessened swimming ability? Three females collected in February 1995 yielded important information. One of them was ovigerous with pigmented eggs. The others had breeding setae on the protopodites of the pleopods. On Musashi Bank off northwestern Hokkaido, hatching occurs in the period between February and March<sup>15)</sup>. Yorita<sup>18)</sup> demonstrated ovigerous females moved from deep grounds (from the Otaru Bank to the west of Musashi Bank, 300 m) to shallow grounds (the margin of continental shelf, 200-250 m) where the larvae hatch out. If ovigerous females vertically migrate to shallow waters and hatch larvae out there, such a behavior may promote dispersal of the planktonic larvae. The fact that ovigerous females were sampled in shallower water in February (200 m) than in August (280-300 m) support the possibility that hatching of eggs occurs in mid-water.

Then, the next problem that should be discussed is the relationship between vertical position of *P. eous* in the water column and its sexual stages. Kurata<sup>7)</sup> found larvae of *P. eous* at the surface in Ishikari Bay and at a water depth of 10 m off the Kushiro Pacific Coast. Abe<sup>8)</sup> also caught larvae of *P. eous* at water depths from 50 to 0 m on the Pacific coast of Kushiro. A juvenile shrimp (8.0 mm

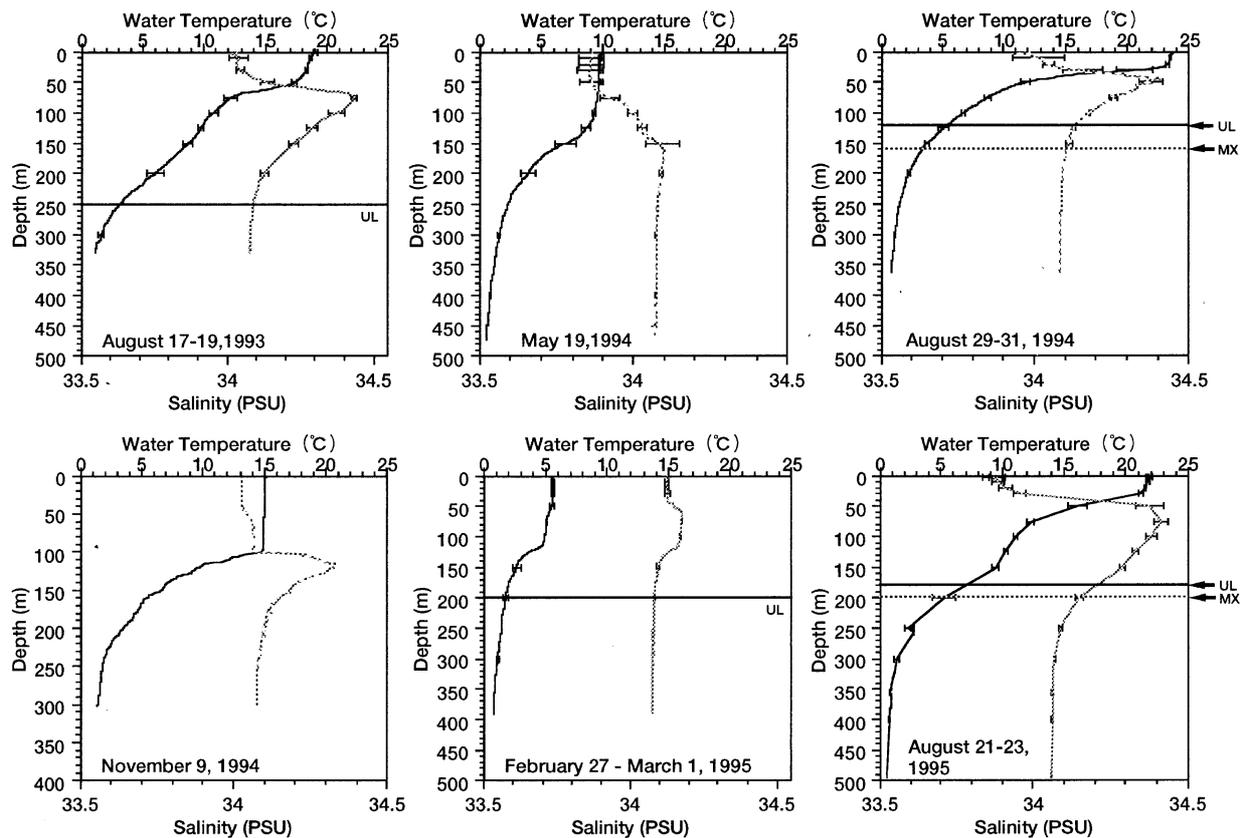


Fig. 9. Vertical profiles of water temperature (solid lines) and salinity (dotted lines) adjacent to the sampling stations in 1993, 1994 and 1995.

Values are means at 1 m intervals except for data in 1995. Horizontal bars indicate SD at standard depths (10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 300, 400 m) of the periodic oceanographic observations of the Hokkaido Fisheries Experimental Station. Horizontal lines indicate the upper limit of distribution (solid line: UL) and the depth of maximum capture (dotted line: MX), respectively.

Table 3. Comparison of distribution depths of the four maturity stage groups.

		Sexual group			
		Male	Transitional	Non-ovigerous female	Ovigerous female
	Number of individuals (N)	213	37	6	0
August 1994	Depth range (m)	120 - 280	120 - 340	160 - 340	—
	Mode depth (m)	160	180/200	340	—
	Mean depth $\pm$ SD*	165.35 $\pm$ 34.03a	197.84 $\pm$ 60.51a	270.00 $\pm$ 76.68a	—

\* Same superscript indicates significant difference between the two mean depths (one factor ANOVA  $p < 0.01$ ).

CL) was captured with a MTD net at a water depth of 175 m off the coast of Ishikawa Prefecture in the Sea of Japan<sup>9</sup>). In this study, it was found that all the sexual groups of *P. eous*, i.e., males, transitionals, non-ovigerous females and ovigerous females, were found in the water column in Ishikari Bay. Table 3 indicates the comparison of the average depths among the four sexual groups of *P. eous* in the third survey conducted at the same depth. The mean depths of pink shrimps were 165.35  $\pm$  34.03 for

males, 197.84  $\pm$  60.51 for transitionals, and 270.00  $\pm$  76.68 for non-ovigerous females. Significant difference were observed in mean depth distribution between all groups (i.e., male, transitional and non-ovigerous female groups) collected in the third survey by ANOVA with Turkey HSD test. This indicates that the average depth of distribution of *P. eous* increases with the advance of sexual stages.

### Relationship between the body size and depth

The relationship between the body weight of *P. eous* and the depth has been examined in some studies. Barr<sup>3)</sup> compared the average weights of shrimps captured at different depths and showed that the proportion of small shrimp was usually much higher in catches from mid-water than in those from the bottom. He concluded that "small *Pandalus borealis* have a greater tendency to migrate vertically than the larger individuals". On the contrary, Carlsson<sup>19)</sup> reported that "larger shrimps were participating in the migration to a greater extent than smaller shrimps" in Disko Bay (Greenland), on the basis that "while there was a decline in catches at night, the number of shrimps per kg rose".

The relationship between sampling depths and carapace lengths in males, (the main sexual group in mid-water), is represented (Fig. 10). Smaller carapace length specimens have a tendency to be found in shallower depths. This suggested that smaller shrimps vertically migrate to a greater extent to shallower waters than larger ones. Our results are consistent with Barr's results obtained in Kachemak Bay. In addition, an interesting result on the activity of *P. eous* in a laboratory experiment is reported. Nakanishi and Nishiyama<sup>20)</sup> studied the differences of the activity of *P. eous* between daytime and nighttime, and between small and large shrimps. They showed that activity was higher in smaller pink shrimps than in larger shrimps, and also higher at nighttime than at daytime.

In the present study, males were found in shallow waters than transitional and females as already shown above. Furthermore, it is found that smaller males are more abundant in shallow waters than larger ones. Younger shrimps, in other words, migrate further than older ones. Activity vertical migration into mid-water probably reduces with development. It is known that some species of copepods and euphausiids perform an "ontogenic vertical migration"; namely, the vertical position of distribution changes with ontogenic development<sup>21, 22)</sup>. The features of the vertical distribution observed in *P. eous* are similar to the ontogenic vertical migration as shown in copepods that moves from shallower to deeper water with ontogenic development.

Relationship between vertical distribution and hydrography One of the most important factors

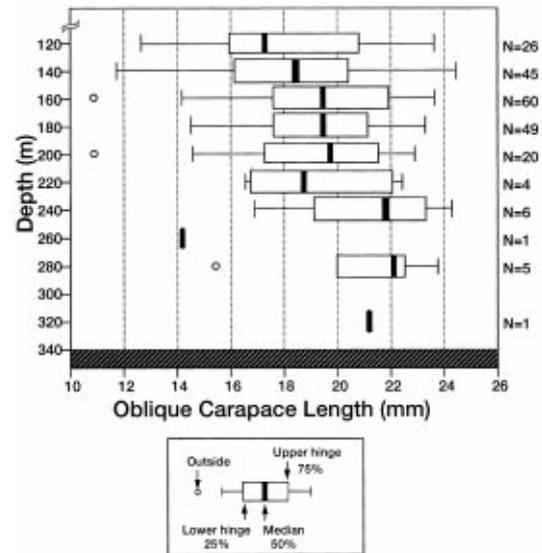


Fig. 10. The relationship between the carapace length of males and sampling depths.

determining the distribution of *P. eous* is water temperature<sup>11, 23)</sup>. For example, Apollonio and Dunton<sup>17)</sup> showed that vertical migration did not occur through the thermocline in the Gulf of Maine. It is important to note the upper limits of distribution of pink shrimps in this study were at depths ranging within 60 m where the thermocline was found (Fig. 9). But, the water temperature at the upper limit varied from 1.8 (February to March 1995) to about 6 (August 1995). The vertical distribution pattern of *P. eous* in Ishikari Bay is not strictly determined by water temperature. However, it may be related to hydrographic features of the water mass. Because the upper limits of the distribution of *P. eous* in Ishikari Bay were observed below the "Tsushima Warm Current Intermediate Waters"<sup>24)</sup> characterized as warm (7-14 °C) and high-salinity (34.0 < PSU) waters, and the depths at which the maximum concentration of *P. eous* was observed were 20-60 m below this limit. The upper limit and maximum concentration stratum were observed at shallower depths in 1994 than in 1995. These results are probably explained by the difference in hydrographical features between the two years: the Tsushima Warm Current was weaker in 1994 than in 1995.

Diel vertical migration Barr<sup>3)</sup> collected a large number of *P. eous* using surface-to-bottom pot fishing with a three-hour interval and demonstrated that the

shrimp apparently left the vicinity of the bottom about dusk and returned to the bottom about dawn. However, evidence of a diel periodicity in vertical migration was not confirmed for *P. eous* in this study. Four-hour interval experiments in the second survey were attempted to examine the periodicity of diel vertical migration, but no catch of *P. eous* occurred. If *P. eous* show a diel migration pattern as found in Kachemak Bay<sup>3)</sup>, the species will be distributed in the daytime in the vicinity of the bottom. But there was no catch on the bottom in the daytime in the third survey (August 1994). In addition, the number of individuals collected in the vicinity of the bottom did not increase with experimental periods, though the total number of shrimps increased with experimental periods (Fig. 11).

The reason for failing to obtain evidence of a diel vertical migration pattern in our experiments would be related intimately with the next question as follows: Why did the pots above the bottom catch more shrimps than on the bottom? The results of our surface-to-bottom pot fishing (Figs. 5, 7), except for that of the experiment in August 1993 (Fig. 3), indicate that the *P. eous* is more abundant in water above the bottom rather than on the bottom. Two alternative interpretations are available for this result.

The first is the case that the shrimps caught in the upper layer are transported from adjacent waters by a current. In this case, the catch in the upper layer is independent of that on the bottom, and of composition of sexual groups and abundance. Shrimps were probably less abundant in the areas surveyed in August 1994 and 1995 on the bottom. The interpretation can explain no catch on the bottom in the daytime in spite of diel vertical migration, because the bottom pot will not catch shrimp if the specimens do not exist on the bottom.

The second is related with the composition of the sexual groups of shrimps in the area surveyed. If the depth distribution of shrimps is correlated with the sexual stages, the composition of sexual groups in the area surveyed will influence the vertical distribution pattern. Our results suggest that younger shrimps are distributed in shallower waters than older ones, as mentioned above. The most abundant layer would be in shallow waters in the area where males are dominant, while it would be on the bottom in the area where females are dominant. Although, in this interpretation,

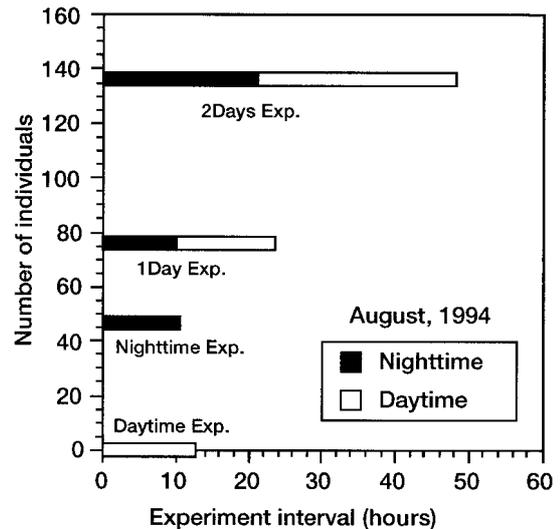


Fig. 11. Relationship between the experimental interval and the number of individuals in the third survey.

males are always distributed in water above the bottom, a lot of males are caught on the bottom during commercial pot fishing. However, this inconsistency will be solved in the following consideration. The bottom depths ranged from 240 to 440 m in the 6th survey, though the shrimps were found at almost the same depth in the three grounds. This result suggests that *P. eous* selects a specific depth in the water column. The distance from the bottom, in other words, is probably not important for the shrimps. If the depth of the upper limit of distribution are located at the bottom depth, shrimps would abundant on the bottom.

The second interpretation does not demonstrate the diel periodicity of vertical migration. If *P. eous* shows diel vertical migration, it is necessary to explain the reason for no capture during the daytime on the bottom. As Barr<sup>3)</sup> pointed out, "the lack of any catch of shrimp does not unquestionably prove the absence of shrimps in the vicinity". This is one of the most likely reasons that *P. eous* were not attracted to the baits in the daytime owing to their lower feeding activity.

So far we have discussed the possibility of diel vertical migration in *P. eous*, but evidence for diel periodicity in vertical migration could not be shown in this study due to the problems with the sampling methods. Many factors affect the catchability of pot fishing, e.g., water motion<sup>25)</sup> (underwater current), water temperature, predators (for shrimps or bait), and so on. For example underwater

currents can influence the stability of the pot, and water temperature<sup>25)</sup> is related with the activity and appetite of crustaceans and with the rate of molecular diffusion from the bait. Most of them are, however, inevitable problems for pot fishing using bait. On the other hand, ORI net sampling is a direct sampling method, but its collecting efficiency is too low to examine the abundance of adult *P. eous* in mid-water. Further examinations on sampling methods are necessary to demonstrate any diel periodicity of vertical migration in Japanese waters. Additionally, a broader investigation examining a distribution of larvae and juveniles is required to be able to discuss the role and implications of the ontogenic vertical migration on the life history and fishery of *P. eous*.

#### Summary

- 1) A total of 290 specimens of *Pandalus eous* in Japanese waters were caught in mid-water using surface-to-bottom pot fishing and ORI net sampling in Ishikari Bay, Sea of Japan, Hokkaido.
- 2) All sexual groups (male, transitional, non-ovigerous female, and ovigerous female) of *P. eous* migrate into the water column leaving the bottom. Most shrimps swimming in the mid-water strata were composed of males.
- 3) Ovigerous females are able to migrate into the water column.
- 4) Small and young shrimps were distributed in shallower waters than large and old ones. The results show that the vertical distribution moves to deeper waters with ontogenic development.
- 5) Upper limit of distribution was observed below the "Tsushima Warm Current Intermediate Waters".

#### Acknowledgements

We thank Dr. Shuhei Nishida of Ocean Research Institute of Tokyo University for lending the ORI net equipment to us. We wish to thank Dr. Tomoyuki Komai of Natural History Museum and Institute, Chiba, for his useful advice. We thank to officers and crew of R.V. Oyashio-Maruru for their help in the field investigation and their useful advice for modification of collection gear. Thanks also to all the members of Fisheries Management Division, Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, for their advice.

#### Literature cited

- 1) Mitsuhashi, M. : "*Pandalus borealis*". Fishes and Marine Invertebrates of Hokkaido, Biology and Fisheries. Sapporo, Kita-nihon Kaiyo Center, 1991, 286-289 (1991). (in Japanese)
- 2) Barr, L. and R. McBride : Surface-to-bottom pot fishing for pandalid shrimp. *U. S. Fish Wild. Serv., Spec. Sci. Rep.* 560, 1-7 (1967).
- 3) Barr, L. : Diel vertical migration of *Pandalus borealis* in Kachemak Bay, Alaska. *J. Fish. Res. Board Can.* 27(4), 669-676 (1970).
- 4) Squires, H. J. : Recognition of *Pandalus eous* Makarov, 1935, as a Pacific species not a variety of the Atlantic *Pandalus borealis* Krøyer, 1838 (Decapoda). *Crustaceana.* 63(3), 257-262 (1992).
- 5) Holsted, S. A. and E. Smidt : The deep sea prawn (*Pandalus borealis* Kr.) in Greenland waters. *Medd. Dan. Fisk. Havunders. N.S.* 1(11), 1-116 (1956).
- 6) Hynes, E. B. and R. L. Wigley : Biology of the pink shrimp, *Pandalus borealis*, in the Gulf of Maine. *Trans. Am. Fish. Soc.* 98, 67-76 (1969).
- 7) Kurata H. : Larvae of decapod Crustacea of Hokkaido 3. Pandalidae. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* (28), 23-34 (1964). (in Japanese with English Summary)
- 8) Abe, K. : On the larvae and juveniles of several species off the Pacific coast of east Hokkaido. *Monthly Rep., Hokkaido Fish. Exp. St.* 25(7), 352-368 (1968). (in Japanese)
- 9) Sadakata, T. : On the biology and resources of pink shrimp in the middle of Sea of Japan. *Contrib. Fish. Res. Japan Sea Block* 22, 11-38 (1991). (in Japanese)
- 10) Kurata, H. : "Pandalid shrimp fisheries of Japan". Proceedings of the International Pandalid Shrimp Symposium, Kodiak, Alaska, February 13-15, 1979. *Univ. Alaska, Sea Grant Rep.* 81-3, 89-159 (1989).
- 11) Nashida, K. : Distribution of *Pandalus eous* in (Yamato Bank) middle region of Sea of Japan. *Contrib. Fish. Res. Japan Sea Block* 21, 33-42 (1991). (in Japanese)
- 12) Shumway, S. E., H. C. Perkins, D. F. Schick and A. P. Stickney : Synopsis of biological data on the pink shrimp, *Pandalus borealis* Krøyer, 1838. *NOAA Tech. Rep. NMFS* 30, *FAO Fisheries Synopsis* No. 144, 57p, (1985).
- 13) Omori, M., R. Marumo and Y. Aizawa : A 160 cm opening-closing plankton net-I. Description of the gear. *J. Oceanogr. Soc. Japan* 21, 212-220 (1965).

- 14) Rasmussen, B. : On the geographical variation in growth and sexual development of deep sea prawn (*Pandalus borealis* Kr.). *Rep. Norw. Fish. Mar. Invest.* 10(3), 160p. (1953).
- 15) Nakame, Y. : Reproductive cycle and growth of pink shrimp, *Pandalus borealis*, around Musashi Bank in Japan Sea off Hokkaido, Japan. *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. St.* (37), 5-16 (1991). (in Japanese with English Summary)
- 16) Kurata, H. : The biology of the prawn, *Pandalus borealis*, off Mashike. *Monthly Rep., Hokkaido Fish. Exp. St.* 14(4), 42-51 (1957). (in Japanese)
- 17) Apollonio, S. and E. E. Dunton Jr. : The northern shrimp (*Pandalus borealis*). *Maine Department of Marine Research Completion Report*, Project 3-12 R, 81p (1969). Cited in Shumway, S. E., H. C. Perkins, D. F. Schick and A. P. Stickney (1985)<sup>12)</sup>.
- 18) Yorita, T. : Shrimp fisheries and resources off Rumoi, 2nd report, On the life history of a pink shrimp. *Monthly Rep., Hokkaido Fish. Exp. St.* 41, 119-132 (1984). (in Japanese)
- 19) Carlsson, D. M. : Research and management of the shrimp, *Pandalus borealis*, in Greenland waters. *Rapp. P. -V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 175, 236-239 (1979).
- 20) Nakanishi, T. and T. Nishiyama : The distribution, swimming, cardiac and scaphognathite activities at daytime and those at nighttime of the pink shrimp (*Pandalus borealis*) in the laboratory. *Bull. Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab.* 34, 43-51 (1984).
- 21) Foxton, P. : The vertical distribution of pelagic decapods [Crustacea, Natantia] collected on the Sond Cruise 1965. II. The Penaidea and general discussion. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 50, 961-1000 (1970).
- 22) Sekiguchi H. : The origin and adaptation of ontogenic vertical migrations of the pelagic zooplankton in the Sea (1). *Mar. Sci. Month.* 8(2), 63-69 (1976). (in Japanese)
- 23) Allen, J. A. : 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 (1959).
- 24) Watanabe, T. : Oceanographical and environmental characteristics in northern Hokkaido. *Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr.* 53(1), 47-52 (1989). (in Japanese)
- 25) Miller, R. J. : Effectiveness of crab and lobster traps. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47(16), 1228-1251 (1990).

# ホッカイエビ幼生の分布と発生量の年変動

水島 敏博<sup>\*1</sup>, 高谷 義幸<sup>\*2</sup>

Annual changes in distribution and abundance of the larvae of  
grass shrimp, *Pandalus latirostris* (Decapoda, Pandalidae)

Toshihiro MIZUSHIMA<sup>\*1</sup> and Yoshiyuki TAKAYA<sup>\*2</sup>

Annual changes in the distribution and abundance of larvae of the grass shrimp, *Pandalus latirostris* (Decapoda, Pandalidae)

Annual fluctuations in the distribution and abundance of larvae of the grass shrimp, *Pandalus latirostris* Czerniavskii, were investigated using a Marutoku B net in Notsuke Bay, a cove on the eastern coast of Hokkaido, from 1978 to 1987.

Larvae were most abundant in the inner part of the bay in the years of low density, whereas their distribution extended in the whole area in the years of high density.

The abundance of larvae varied about eight folds over the research period, with a maximum of 180.4 individuals per haul in 1987 and a minimum of 22.2 individuals per haul in 1984.

There was a significant correlation between larval abundance and female distribution and abundance. The density of the sea grass was so high that the water current is slow in the inner part of the bay, which acts as an important nursery area for juvenile shrimps. Hatched juvenile shrimps immediately creep on the leaves of the eel grass, *Zostera marina*, showing adaptation to the benthic life.

Most of the larvae were not dispersed out of the bay and remained within the bay. This operates as an adaptive strategy to enhance the larval recruitment.

**キーワード：**ホッカイエビ，幼生発生量，親と幼生の分布，野付湾

## まえがき

ホッカイエビ (*Pandalus latirostris*) は、雄性先熟の雌雄同体種で、北海道東部の野付湾やサロマ湖などアマモ (*Zostera marina*) 場の発達した潟湖や内湾に生息し、沿岸漁業の重要な魚種の一つとなっている。

これまで、本種の生活史や生態に関しては、厚岸湾の Aoto<sup>1)</sup>、野付湾の久保<sup>2)</sup>、水島<sup>3)</sup>、山田湾の柏木<sup>4,5)</sup> などの報告があるものの、個体群の動態に関する研究は少なく、わずかに久保<sup>6)</sup> が1950年代の野付湾の資源状況について報告しているにすぎない。

野付湾での本種の漁獲量は年変動が大きく、ことに1980年代の前半から資源状態が悪化し、漁獲量も低下したことから、資源の変動要因の解明が重要な課題となっ

ている。

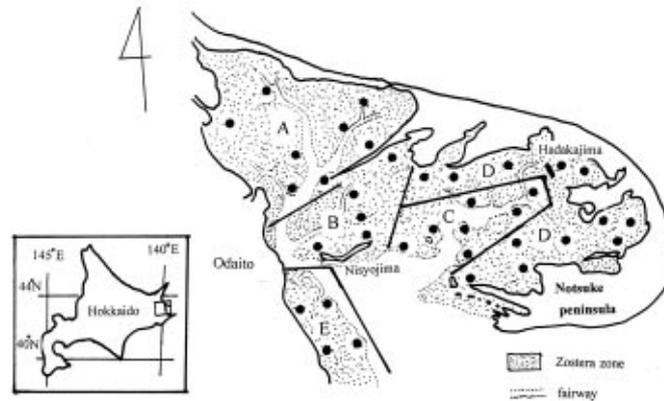
また、ホッカイエビの抱卵数は350個前後<sup>2,7)</sup> と少ない。このような少産タイプの種から発生した幼生が、藻場という特異的な生息環境のなかでどのように資源に添加するのか、その生き残り戦略も含めて再生産機構を解明することは、藻場の機能に対応した生態学的な仕組みや仔稚魚を含む生態系の動態についての情報が乏しいとされる状況の中で<sup>8)</sup>、興味のある問題と考えられる。

著者らは以前に本種の幼生の分布について報告しているが<sup>10)</sup>、その後さらに調査を進める中で、幼生の分布および発生量の年変化とそれに関連する親(雌)エビとの関連等について知見を得たので報告する。

報文番号 A305 (1999年2月25日受理)

\*1 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido, 046-8555, Japan)

\*2 北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Murooran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Funami, Murooran, Hokkaido 051-0013, Japan)



A: North part B: Backside of Nisyojima C: Central part  
D: Inner part E: East area of mouth part

Fig. 1. General topography of Notsuke Bay and the sampling station(●).

#### 材料及び方法

野付湾の地勢は Fig.1に示したように、砂しで形成された東西10 km、南北8 kmの面積が35 km<sup>2</sup>の内湾で、湾内の約70%の面積にはアマモが生育しており、濃密な藻場が形成されている。

1978年から1987年の10年間で、野付湾におけるホッケイエビのふ出期に当たる5月下旬～6月上旬<sup>7)</sup>に、雌の分布状況を把握するため、湾内の藻場内に設定した36定点 (Fig.1) で、打瀬網 (網目10節、網口の幅5m) により藻場内を曳網した。曳網距離は各点100mとした。採集した雌は船上で体長の測定し、併せて抱卵 (放卵) 状況を観察した。

これと同時に、ふ出幼生の分布状況を把握するため、打瀬網の曳網と併せて、中井式マル特Bネット (口径45cm、網目GG35) を用いて同じく藻場の中～底層を100m水平曳した。幼生は10%海水ホルマリンで固定し、後日、実体顕微鏡下で Kurata<sup>9)</sup> の記載にもとづいて Stage1～5に区分し、齢期毎の個体数を計数した (ただし、今回は5齢以上の幼生は全て5齢に含めた)。

なお、湾東奥部の通称裸島の東側は禁漁区となっている。

#### 結 果

1 雌の分布 1978年から1987年にかけて10年間のふ出期における雌の水平分布を Fig.2に示した。

1978年は湾東奥部の禁漁区に20尾以上 (打瀬網1曳当たり、以下略す) の高密度域が形成され、湾中央部のミオ周辺部でも10尾以上の分布域がみられた。1979年は湾東部から湾中央部の沿岸域に20尾以上の分布域がみられるが、湾口部や湾中央部のミオ周辺域は低密度となっ

いた。

1980、81年は10尾以上の密度域が湾全域に広がり、さらに20尾以上の高密度域は1980年では湾中央部から湾東部にかけて、1981年は湾中央部を中心に形成された。ところが1982年以降1984年にかけては年々密度が低下する中で、高密度域は湾東奥部などの一部の水域に偏り、湾口西部、湾中央ミオ周辺、湾北部は低密度となった。

減少した雌を増やすため、抱卵雌を漁獲対象にしていた秋漁\*を禁漁にした1984、85年ではまだ湾北部や湾中央部ミオ周辺での低密度は続いているものの、二所島の北側や湾口西部での密度が高くなった。その後、1986、87年には雌の20尾以上の密度域が湾口部から湾東部にかけて広範囲に拡がるとともに、これまで少なかった40尾以上の定点が多くなり、特に1987年にはそれが卓越した。さらに、低密度であった湾北部でも10尾以上のところが目立つようになり、雌エビの高密度分布域が広範囲に拡がった。

2. 幼生の分布 雌と同様に、各年のふ出期におけるホッケイエビ幼生の水平分布を Fig.3に示した (ただし、1985年はサンプリングエラーが多いため、今回の結果からは除いた)。

1978年は50尾以上/特Bネット一曳当たり (以下、省略する) の高密度域が湾東奥部や湾口西部の一部にみられたほか、10～25尾の密度域が卓越していた。1979年は全湾的に10尾以下の低密度になっているが、これは調査時の放卵率の低さおよび幼生の齢期組成からみてふ出の遅れが影響しているためと思われる。

野付湾では夏漁 (6-7月) と秋漁 (9-11月) の2漁期があり、1983年～1985年の3年間は秋漁を禁漁にした。

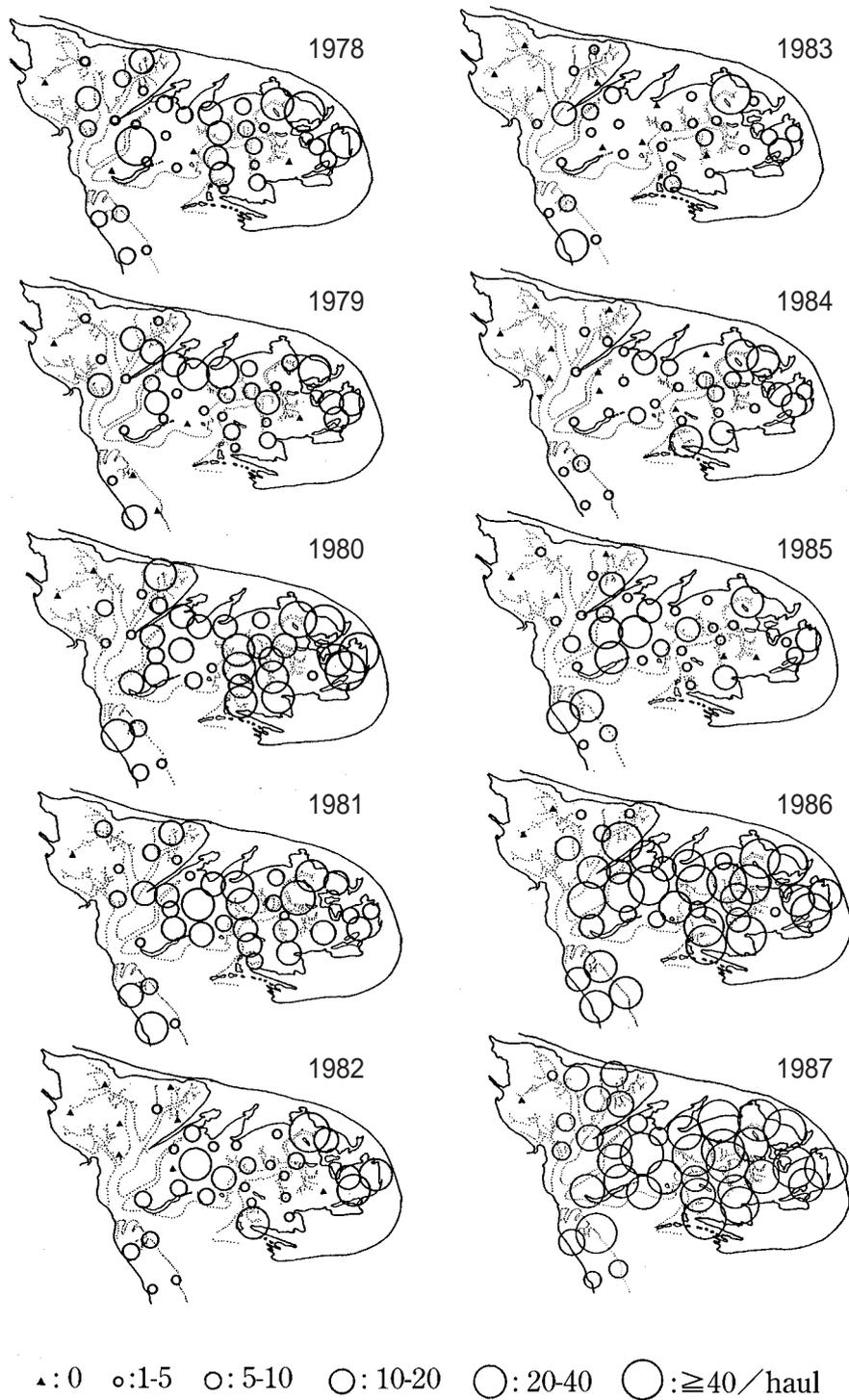


Fig. 2. Abundance and distribution of female of *Pandalus latirostris* during the hatching period in Notsuke Bay from 1978 to 1987.

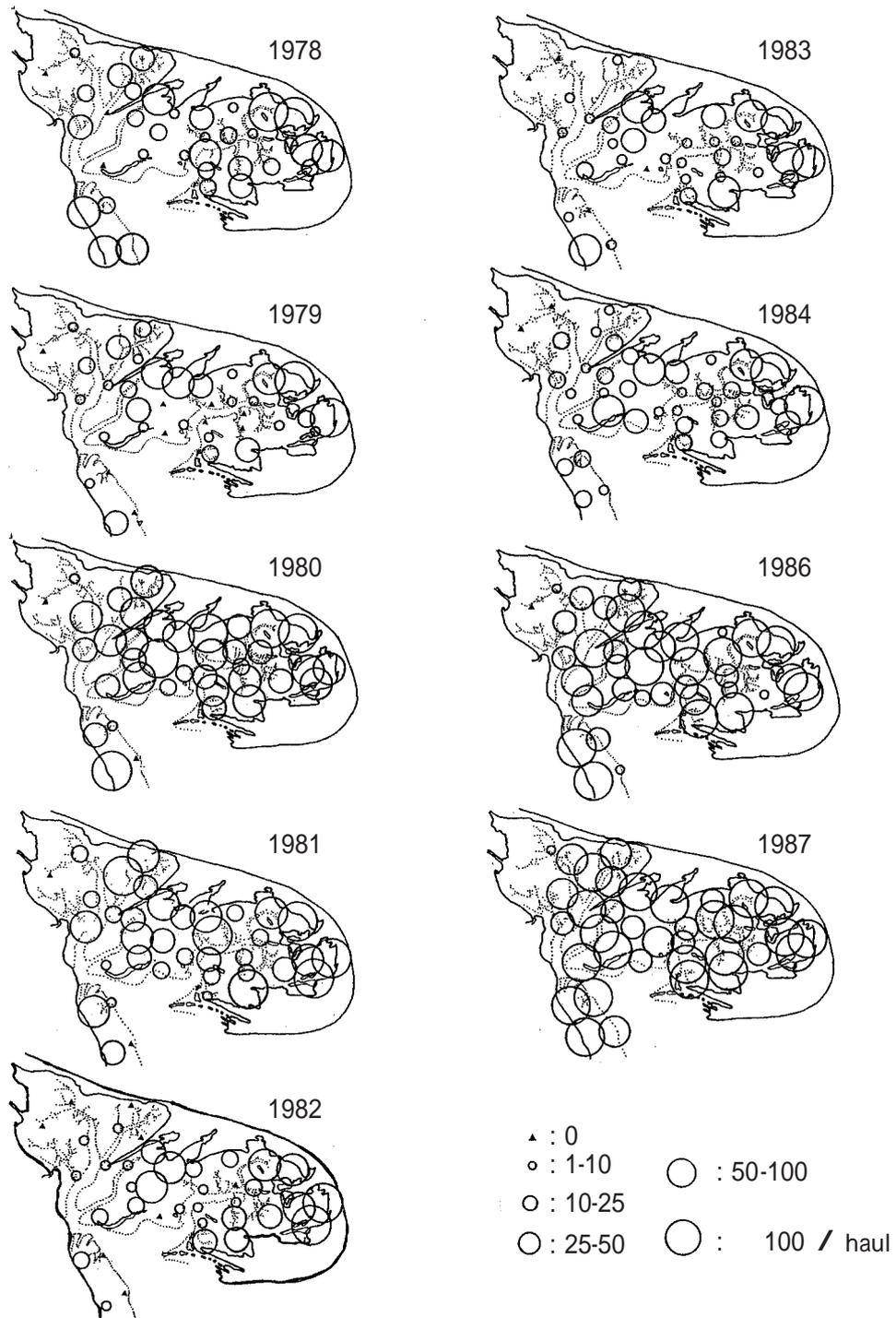


Fig. 3. Abundance and distribution of larvae of *Pandalus latirostris* in Notsuke Bay from 1978 to 1987 (except for 1985).

一方、1980、81年は50尾以上の高密度域が湾全域に拡がった。なかでも湾東奥部の沿岸域や二所島北側が高密度になっており、湾北部でも25尾以上の分布域が目立った。

1982年では湾中央部のミオ周辺では10尾以下となり、湾口西部や湾北部も同様に低かった。この傾向は1983、84年にも引き続き、特に1984年には25尾以下の密度域が湾の大半を占めた。

1986年になると50尾以上の高密度域が湾中央部から湾東奥部に広がり、1987年にはさらに100尾以上の高密度域が広範囲に形成された。また、これまで密度の低かった湾北部でも50尾以上の地点が多くなった。これより、ふ出幼生も雌と同様、分布域及び密度分布に年変動が大きいが明らかになった。

3 ふ出期の年変動 野付湾のホッケイエビのふ出期は5月下旬から6月上旬とされている。<sup>5)</sup> 年によってどの程度時間的な変動があるかを知るために、ここでは1978年から1987年の雌の放卵状態からふ出期を推定した。

雌の各年の放卵率は Table 1 に示した通り、調査時期は年により若干のズレがあるものの、放卵率が高いのは1980、83、87年で97%以上が既に放卵を終えていた。逆に放卵率が低いのは1979年、81、84年で、30%以上がまだ抱卵しており、ことに1981年は約半数が抱卵していた。

これとは別に、ふ出した幼生の年齢組成からふ出の遅速も推定できる。Table 2 には各年の幼生の年齢組成を示した。1983、87年は高齢幼生が多いのに対し、1979、1981年は若齢幼生の占める割合が高く、平均年齢も低いことからふ出が遅いことを示している。

4 ホッケイエビ幼生の年齢別分布 野付湾でのホッケイエビのふ出は湾奥で早く始まり、湾口や湾中央部周辺域では遅れる傾向があることが知られている<sup>5)</sup>。これと湾内の幼生の成長および分布とがどのように関連しているかを次にみた (Fig.4)。

ふ出の遅れた1979年の場合、1~3齢幼生は湾口や湾中央部のミオ周辺にはみられず、湾奥の沿岸部に集中していた。

ふ出時期が早く、1~5齢までの幼生が多く出現した1983年では1齢幼生は、すでにふ出盛期からかなりの時間を経過しているため出現数は少なく5尾以上の地点はすでにみられない。2齢幼生はほぼ湾全域に等密度的に出現する。3齢幼生では湾口から湾中央部のミオ周辺域では密度が低く、10尾以上の高密度域は全て湾奥部の沿岸部に限定されている。4齢以上の幼生の出現は、湾東奥部や二所島北側などの一部の地域に限られ、湾中央部のミオ周辺や湾口部にはほとんど分布がみられないのが特徴的である。

Table 1. Frequency of ovigerous and non-ovigerous female of *Pandalus latirostris* during the hatching period from 1978 to 1987.

Year	Date	Ovigerous female		Non-ovigerous female		Total number of females
		Number	%	Number	%	
1978	23 - 25 May	42	14.1	257	85.9	299
1979	28 - 30 May	128	44.1	162	55.9	290
1980	2 - 4 June	21	3.1	684	96.9	669
1981	28 May - 3 June	239	51.2	228	48.8	467
1982	27 - 30 May	43	14.6	251	85.4	294
1983	30 May - 1 June	6	3.0	191	97.0	197
1984	6 - 8 June	76	37.4	127	62.6	203
1985	28 - 30 May	36	11.0	289	89.0	325
1986	2 - 4 June	368	25.7	1,065	74.3	1,433
1987	2 - 4 June	23	1.4	1,757	98.6	1,782

Table 2. Number and composition of each larval stage of *Pandalus latirostris* in Notsuke Bay.

Year	Date	Larval stage (%)					Total number	Mean instar
		1	2	3	4	5		
1978	23 - 25 May	37.7	60.8	1.5	0	0	1,448	1.64
1979	28 - 30 May	47.4	49.4	3.2	0	0	755	1.56
1980	2 - 4 June	16.3	39.0	36.2	6.7	1.7	2,106	2.38
1981	28 May-3 June	45.8	47.3	6.9	0	0	1,908	1.61
1982	27 - 30 May	23.7	47.6	25.5	2.4	0.7	945	2.09
1983	30 - 31 May	3.2	15.5	38.1	28.4	14.7	795	3.35
1984	6 - 8 June	24.2	42.1	25.5	6.5	1.7	925	2.19
1986	2 - 4 June	37.6	38.5	21.7	2.2	0	3,410	1.89
1987	2 - 4 June	3.7	16.1	37.1	17.9	17.3	6,854	3.35

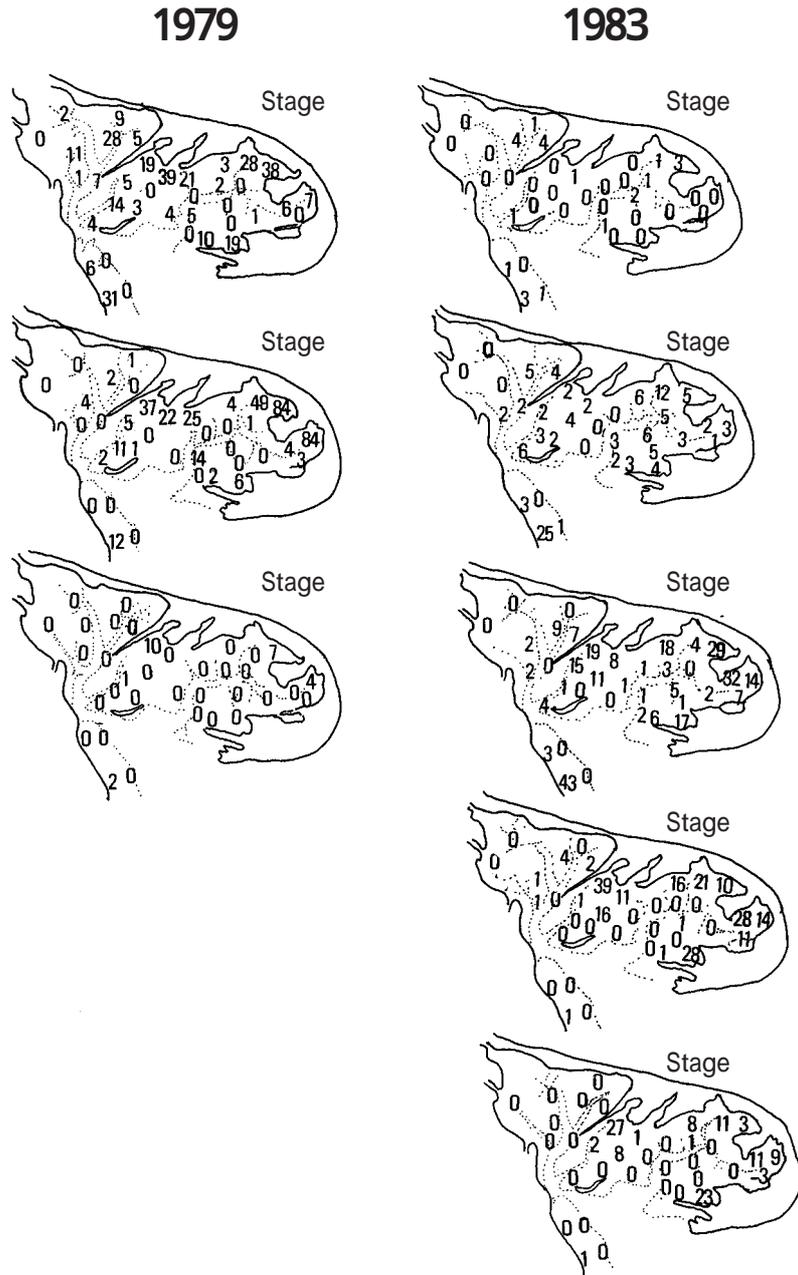


Fig. 4. Distribution of larvae of each stage of *Pandalus latirostris* in 1979 and 1983. Numerals show the number of larvae per haul by a Marutoku B net.

5 雌および幼生数出現量の経年変化 雌および幼生の出現量の水準を比較するため、ここでは各年の打瀬網および特Bネット各々の一曳当りの平均採集数を Table 3 に示した。雌の場合は1978, 79年が7尾台であったのが、1980年は17尾台と高くなり、81年は12尾台となった。1982年から1984年にかけては下降傾向を示し5尾台にまで低下した。その後秋漁を禁漁にし、雌の保護に努めた1986年には35尾と大幅に増加し、翌1987年には更に44尾

になり、1983, 84年の8倍以上の水準に達した。

抱卵された卵はふ出期間中に最終的には数個の卵を残してほぼ全部が放卵されるが、ふ出幼生は、調査時でのふ出率が年によって異なっているため、Table 1より雌からのふ出率を100%に換算した数値に補正した。その結果、1978年から1981年にかけて、幼生は40尾台から100尾台に漸時的に増加傾向を示した。それが1982年から1984年にかけては20~30尾台に低下した。その後、1986年から

は120尾に上昇し,1987年は180尾と最大値を示した。  
 このように雌と幼生の量は年によって大きく変動して  
 いるが,両者の1978年~1987年(1985年を除く)の量的

な相関を Fig.5に示した。両者の関係は一次直線式に回帰  
 され,明らかに正の相関関係のあることがわかった。

Table 3. Annual change in average number of larvae and females of *Pandalus latirostris* caught by Marutoku B net and Utase trawl from 1978 to 1987.

Year	Average No. of females/haul	Average No. of larvae/haul	Hatching rate %	Corrected average* No. of larvae/haul
1978	7.9	38.1	85.9	44.4
1979	7.7	20.9	55.9	37.4
1980	17.9	61.2	96.9	63.2
1981	12.0	51.6	50.1	103.0
1982	7.9	25.5	85.4	29.9
1983	5.3	21.5	97.0	22.2
1984	5.4	24.3	62.6	38.8
1985	8.3	-	89.0	-
1986	35.8	89.0	74.3	119.8
1987	44.6	177.9	98.6	180.4

\* Average number of larvae / haul × 1 / hatching rate.  
 Hatching rate after Table 1.  
 - No data

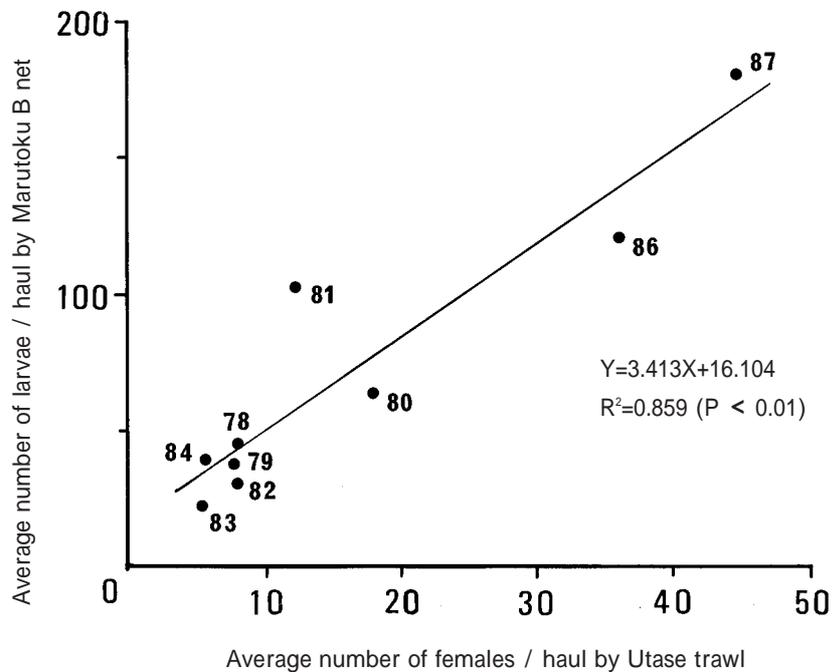


Fig. 5. Relationship between the average number of females and that of larvae of *Pandalus latirostris* in Notsuke Bay during the hatching season from 1978 to 1987.

## 考 察

野付湾のホッケイエビ幼生の分布特性については、湾東奥部に密度が高く、ミオ周辺域では低いこと、幼生と親の分布域とは極めて近似することを先に示した<sup>10)</sup>。今回の調査結果でもその傾向は変わらないが、年によって分布密度や分布域が変化することが明らかになった。すなわち、雌の個体群密度が高い年は、雌の高密度分布域が湾全体に広がり、それに伴って幼生の高密度域も広がるのに対し、雌個体群の密度が低い年は、雌の分布域が狭まるとともに、幼生の高密度域も湾東奥部に限定されるなど、分布域に偏りが生ずる傾向がみられた。最首<sup>11)</sup>によれば、海産魚の産卵域は、産卵群が十分に大きい時には産卵域はほぼ完全に利用されるが、資源が減り、産卵群が少なくなると利用されない部分が地域的に現れてきて縮小されるとしている。

野付湾のホッケイエビの場合、1982～1984年および1986～1987年に、湾北部と湾口西部域において、雌の密度分布の低下と上昇に伴う分布域の縮小と拡大の現象が顕著に現れており、そのことが幼生の分布様式にも大きく反映した結果となっている。

鈴木<sup>12)</sup>によれば、甲殻類の初期幼生は一般に長期の浮遊幼生期を有する場合が多く、甲殻短尾類の各種ゾエア幼生では、水平、垂直の分布様式が成体の生息地や産卵放出地域の位置と大きさ、および幼生の行動特性によって決定されるとしている。

ホッケイエビ幼生の分布様式は他の Pandalidae (タラバエビ科) の幼生や、他の十脚甲殻類の幼生とはかなり異なっている。すなわち、北海道周辺の *Pandalus borealis*<sup>13)</sup>、*P.hyposinotus*<sup>13)</sup>、カムチャッカでの *P.borealis*<sup>14)</sup>、アラスカ Kachemak 湾での4種<sup>15)</sup>(*P.borealis*、*P.hyposinotus*、*P.goniurus*、*P.dispar*) は Pandalidae のなかでも小卵多産型のものが多く、各種の浮遊期幼生とも沖合でふ出した後、一旦分散し、年齢が進むに連れて沿岸域に接岸したり、一定の場所に集合する傾向があるとされている。

また、伊勢湾のラスパンマメガニ<sup>16)</sup>のように浮遊期をもつ種や、駿河湾のサクラエビ<sup>17)</sup>のように卵で発生する種の発生場所は、湾奥の一部の海域に限定され、発育にともない湾全域に分散することが知られている。

ホッケイエビの場合は、雌からふ出した幼生が先に示した Pandalidae の幼生とは異なって浮遊生活はせず、直ちにアマモ葉上でほふく生活をする。ふ出が早く始まる湾奥に高齢幼生が多く存在し若齢幼生が少ないこと、一方、ふ出の遅い湾中央部のミオ周辺域ではその逆の傾向があることは、幼生はふ出場所を中心に成長し、あまり移動しない可能性が高いことを示唆している。

また、野付湾でのホッケイエビ幼生の生息密度は、ア

マモの成育密度と正の相関があり<sup>18)</sup>、アマモの成育密度は水深と関連し、湾奥の浅所がアマモの濃密域となっている。その結果、ホッケイエビ幼生は湾奥部のアマモ濃密域に高密度分布域が形成される傾向がある。

菊池<sup>19)</sup>はホッケイエビ幼生が発生の進んだ段階でふ出することは、生息場所のアマモ場から逸散しないための生活史戦略であるとしている。これに加えて、同じ湾内でも、流れの影響の最も少ない湾奥の静穏域をふ出場所にすることも、逸散を回避するために大きな意味をもつのではないかと推察される。

次に幼生の発生量についてみると、発生量は年により大きく変動しており、最大であった1987年と最小の1984年とでは約8倍の差があった。なお、幼生の発生量と親エビの出現量の年変化とは極めてよく一致し、両者には直線回帰的な正の相関関係が見られた。

これまで、十脚甲殻類幼生の発生量の長期的な変動、さらに親の量との関連について報告された例は必ずしも多くないが、上述のような両者の量的変動が良く同調する要因として、先に示した幼生の分布特性から湾外への逸散が少ないことが親の量的水準と発生した幼生量とが直接的に結びつくであろうと推察される。この点について、一般に卵、稚仔の生き残りには流れによって稚仔が成育可能な場所に適切な時間とサイズで送り届けられることが必要な条件の一つとなる<sup>20)</sup>といわれている。一方、ペントス個体群の存続機構の一つとして、水の流れに影響されないような繁殖特性(例えば直達発生、短期間の幼生など)<sup>21)</sup>もあるとされている。

ホッケイエビの場合は生活場所であるアマモ場から流失しないことが生き残り個体群存続の重要な条件と考えられる。ただし、親および幼生の個体群密度が1986～1987年のように大幅に高まった時は、ミオ周辺域にも高密度分布域が形成され、湾外への幼生の逸散の可能性も考えられる。今後、湾口域やミオ周辺で逸散の有無を含めてその実態を把握する必要がある。

なお、雌エビの年変動の要因としては、漁獲圧による影響が大きいことが明らかになっている<sup>22)</sup>。すなわち、1982年から1984年にかけての減少は漁獲過多によるものである。一方、1985年以降の増大は秋漁を禁漁にして雌エビの保護に努めた結果であり、雌の個体群変動は人為的な影響が強いことを如実に示した。

さらに、ふ出幼生数の多寡は資源に添加する1年半後の補充群量とも密接に関連しているが、これら本種の再生産関係については改めて報告したい。

## 要 約

1978年から1987年にかけて、北海道東部の濃密なアマ

モ場を形成する野付湾の36定点において、ホッカイエビの親と幼生の分布と出現量の年変動を、マルチBネット（口径45cm、網目GG35）と打瀬網（網口幅5m、網目10節）を用いて調査した。

1. 親エビの出現密度は5.3~44.6尾/打瀬網/曳、幼生は22.2~180.4尾/マルチBネット/曳と年変動が大きく、親、幼生とも最大で8倍の差が見られた。
2. 両者の9年間の出現量の変動はよく一致し、幼生発生量は親の量に規定されることが明らかになった。
3. 親、幼生の分布は、密度が高い年は湾全域に拡がり、低い年は湾東奥部に集中する特徴が見られた。
4. 親と幼生の発生量の相関の高さについて、ふ出幼生の形態とアマモ場の持つ環境特性との関連から、湾外への逸散の少ないことを推察するとともに、ホッカイエビの繁殖特性との関係についても考察した。

#### 謝 辞

本報告をまとめるに当たり、原稿の校閲とご助言をいただいた北大水産学部五嶋聖治博士に厚くお礼申し上げます。また、本研究を進めるに当たり、調査にご協力をいただいた野付漁業協同組合およびエビ部会、別海町水産課、根室北部地区水産技術普及指導所、釧路水試増殖部の関係職員に感謝する。さらに、英文の校閲をいただいた、水産庁遠洋水産研究所、長澤和也博士にお礼を申し上げます。

#### 文 献

- 1) Aoto, T.: Sexual phases in the prawn, *Pandalus kessleri* CZERNIAVSKY, with special reference to reversal of sex. *Jour.Fac.Sci.Hokkaido Univ.Ser. Zool.* 11(1), 1-20 (1952).
- 2) 久保伊津男: ホッカイエビの生態学的研究. 日水誌, 16(12), 71-81 (1951).
- 3) 水島敏博, 尾身東美: 野付湾におけるホッカイエビの成長と性相. 北水試報 24, 15-27 (1982).
- 4) 柏木正章: 山田湾産ホッカイエビの生態学的研究 - 成長および抱卵期間について. 日水誌 40(10), 635-642 (1974).
- 5) 柏木正章: 山田湾産ホッカイエビの生態学的研究 - エビの成長に伴う性の発達ならびにその転換について. 日水誌 40(10), 985-992 (1974).
- 6) 久保伊津男, 森下恵一: 野付湾産ホッカイエビの漁業, 資源, 繁殖保護. 資源研彙報 33:32-46 (1954).
- 7) 水島敏博, 尾身東美: 野付湾産ホッカイエビの産卵期, ふ出期ならびに産卵行動. 北水試月報 36(4), 53-63 (1979).
- 8) 中田英昭: 漁業環境. 恒星社厚生閣, 東京. 水産学

シリ - ズ 100, 230-236 (1993).

- 9) Kurata, H.: The post embryonic development of the prawn *Pandalus kessleri*. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab* 30, 1-15 (1955).
- 10) 水島敏博, 角田富男: 野付湾におけるホッカイエビ幼生の分布. 北水試月報 37(5), 87 - 101 (1980).
- 11) 最首光三: 魚類生産の資源学 - 主として東シナ海, 黄海の底魚類を例に. ミチュ - リン生物学研究 7(2), 106-118 (1971).
- 12) 鈴木広志: 九州天草富岡湾における甲殻短尾類幼生の分布と回帰. 月刊海洋 23(10), 640-645 (1991).
- 13) 倉田 博: 北海道産十脚甲殻類の幼生期 3. Pandalidae. 北水研報, 28, 23-34 (1964).
- 14) Makarov, R. R.: Larvae of the shrimps, hermit crabs and crabs of the West Kamchatkan Shelf and their distribution. *Nauka, Moscow*. 163p. 1966.
- 15) Haynes, E.: Distribution and abundance of larvae of King Crab, *Paralithodes camtschatica*, and pandalid Shrimp in the Kachemak Bay Area, Alaska, 1972 and 1976. *NOAA Technical Report NMFS SSRF* (1983).
- 16) Sekiguchi, H.: Distribution of larvae of *Pinnixa rasubuni* Sakai (Decapoda: Pinnotheridae) in Ise Bay and its neighbouring coastal waters, central Japan. *Bull. Jap. Sci. Fish.*, 45, 141-146 (1979).
- 17) Omori, M.: The biology of a sergestid shrimp *Sergestes lucens* Hansen. *Bull. Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo*, 41-83 (1969).
- 18) 水島敏博: ホッカイエビ幼生密度とアマモの密度との関係. 北水試月報, 42(1, 2), 14 - 25 (1985).
- 19) 菊池泰二: 海産無脊椎動物の繁殖生態と生活史 - . 海洋と生物, 16, 360-365 (1981).
- 20) 中田英昭, 杉本隆成: 資源変動にかかわる輸送環境の研究. 水産海洋環境論. 恒星社厚生閣, 東京. 136-147 (1987)
- 21) 向井 宏: ベントス研究における「幼生分散と流れ」の重要性. 月刊海洋, 25(5), 249-250 (1993).
- 22) 水島敏博, 高谷義幸: 野付湾ホッカイエビの資源変動とその要因. 日本水産学会北海道支部例会講演要旨 (1989).



# 石狩湾におけるシャコ *Oratosquilla oratoria* (De Haan) の 巣穴分布と底質

鳥澤 雅<sup>\*1</sup>・西内 修一<sup>\*2</sup>・三橋 正基<sup>\*3</sup>・永井 雄幸<sup>\*4</sup>

Distribution of burrows of the Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* (De Haan)  
and sand types in Ishikari Bay, Hokkaido, Japan

Masaru TORISAWA<sup>\*1</sup>, Shuichi NISHIUCHI<sup>\*2</sup>, Masaki MITSUHASHI<sup>\*3</sup> and Yukou NAGAI<sup>\*4</sup>

In studies of Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* (De Haan) in Ishikari Bay, Hokkaido, Japan, relationships between densities of burrows and sand types on sea bottoms, and between the sizes of burrows and the sizes of occupants were examined. There were burrows of mantis shrimp on all sea bottoms studied with each sand type observed. Significant correlation was not observed between the densities of burrows and the sand types of sea bottoms. Diameters of the larger openings of each burrow's two openings were correlated with diameters of the smaller openings. However, the frequency distribution of larger opening diameters overlapped that of smaller opening diameters. Furthermore, there was no significant correlation between the diameters of openings of burrows and the carapace lengths of occupants, nor between the lengths of burrows and the carapace lengths.

キーワード：シャコ, *Oratosquilla oratoria*, 石狩湾, 巣穴, 底質, 堆積物, 粒度

## まえがき

シャコ *Oratosquilla oratoria* は北海道では主に日本海に分布し, 中でも石狩湾に多産する<sup>1)</sup>。石狩湾では, シャコは第二次世界大戦以前は底曳網によって漁獲されていたが, その後漁法は刺網に転じ, 現在ではほとんどが刺網によって漁獲されている<sup>1)</sup>。石狩湾におけるシャコの漁獲量は年変動が大きく, 1980年代前半にはシャコの漁獲量が急激に落ち込んだことから<sup>1)</sup>, 有効な資源管理方策の導入が求められている。しかし, 石狩湾産シャコの基本的生態については, 依田<sup>2)</sup> が生活史の概要について, 濱野・永井<sup>3)</sup> が巣穴の形状と幼生の分布およびシャコの移動について, Hamano *et al.*<sup>4)</sup> が巣穴の形状と密度について, 鳥澤ら<sup>5)</sup> が産卵期について報告している程度である。

シャコは海底に巣穴を掘ってその中で生活し, 生息場所の底質は泥または砂泥であるとされている<sup>1,2,4,5)</sup>。しかし, 具体的にどのような底質であるのかについての報告は見あたらず, 濱野・永井<sup>3)</sup> が石狩湾においてシャコの巣穴が観察できた底質はシルト~粘土が主体であった, と報告している程度である。また, シャコはふだん巣穴内で生活し, 海が荒れて海底が濁るようなときに, 一斉に巣穴から出てくる<sup>1,3)</sup>。したがって, シャコの漁獲状況は海象によって大きく左右されることから, 漁獲情報から資源量を把握することには困難が伴う。

そこで巣穴計数によるシャコ資源量の直接推定の可能性を検討するため, 石狩湾におけるシャコの巣穴分布と底質の関係, 並びに巣穴の大きさとシャコの大きさとの

報文番号 A306 (1999年1月30日受理)

- \*1 北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station. Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-3119, Japan)
- \*2 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station. Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)
- \*3 北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station. Suehiro, Wakkanai, Hokkaido 097-0001, Japan)
- \*4 株式会社フィッシャーメンズコンサルタント (Fisherman's Consultant Company, Shinkotoni, Kita Sapporo, Hokkaido 001-0912, Japan)

材料及び方法

海底堆積物の採集および巣穴の計数・計測 調査は石狩湾の水深23m以浅の海域で行った (Fig. 1)。海底堆積物の採集は1990年5月25日6地点, 5月28日4地点, 6月24日20地点, 6月31日15地点, 8月6日9地点, 8月7日9地点の計63地点で行い, 5月25日~6月15日の調査では熊田式採泥器により, 8月6~7日の調査ではダイバーによる徒手によって採集した。

巣穴の計数は1990年8月6~7日の採泥地点と同じ18地点, 1991年10月3日2地点, 10月9日6地点, 10月11日7地点の計33地点で潜水により行った。潜水による巣穴の計数は, まず5m間隔に印を付けた長さ100mのロープ両端にアンカーを付けて海底にできる限りまっすぐに張り, そのロープに沿って5m間隔ごとの巣穴の数を計数した。ただし計数者は長さ2mの棒を持ち, ロープから幅2m以内にある現在使用されていると思われる巣穴の数を計数した。シャコの巣穴は大小1対の開口部を有していることから<sup>3,4,7)</sup>, 対になる開口部を確認し, 計数範囲内にある大きい方の開口部のみを計数し, 巣穴の数とした。なお, 巣穴内部が砂泥で埋まっておらず, 巣穴開口部周縁がきれいに成形されている巣穴を現在使用されている巣穴とし, 巣穴内部が砂泥で埋まっているか, 巣穴開口部周縁の形状が崩れている巣穴は, 現在使用されていない巣穴とみなした。

巣穴の計測は1992年8月6日および8月11日に石狩湾の水深11~21mの海域において潜水により行った。計測

は32の巣穴に対して行い, 巣穴大小二つの開口部それぞれの長径および短径, 並びに巣穴の長さ(大小二つの開口部間の距離)と巣穴の向き(大きい開口部から小さい開口部に向けての方角)を計測した (Fig. 2)。また巣穴内のシャコを捕獲し, Kubo *et al.*<sup>8)</sup> に習い, 第3歩脚前基部の雄性突起の有無により性の判定を行った。つぎに雌雄ごとに甲長, 体長をノギスを用いて測定した。なお甲長は額板を除く頭胸甲前縁から突起部を含む頭胸甲後縁までの正中線に沿った長さ, 体長は額板基部から尾節中央切れ込みの正中線上前縁までの長さとした (Fig. 3)。

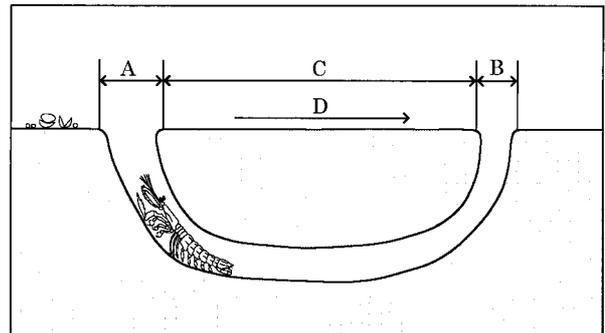


Fig. 2. Measured parts of burrow in this study.

- A : Diameter of larger opening (major axis and minor axis)
- B : Diameter of smaller opening (major axis and minor axis)
- C : Length of burrow
- D : Direction of burrow

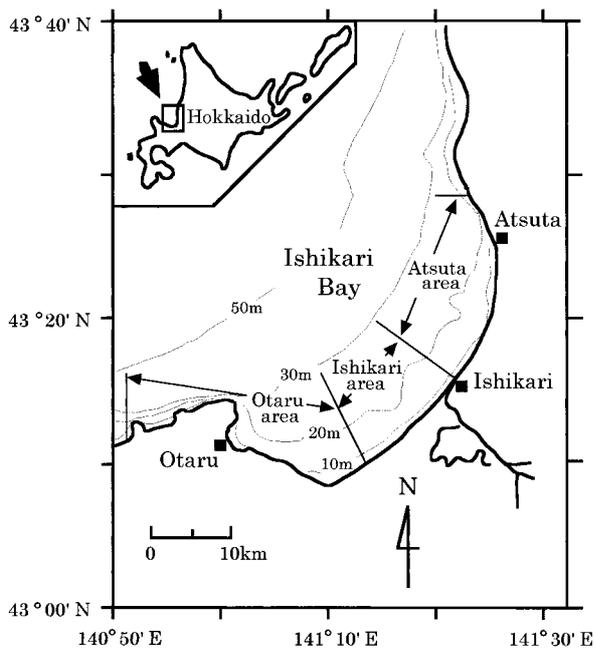


Fig. 1. Map showing study sites in Ishikari Bay.

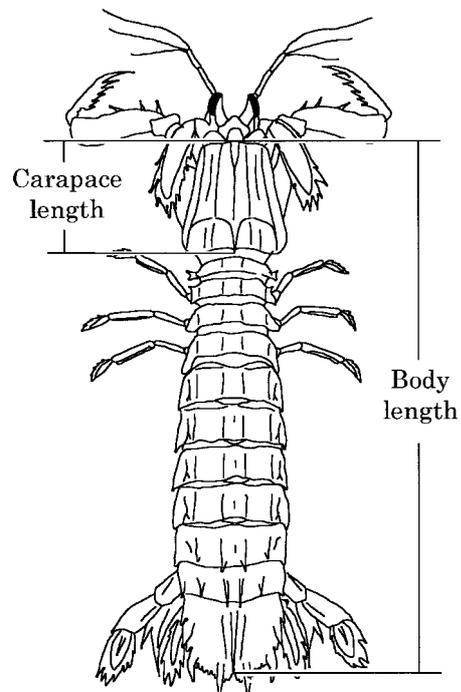


Fig. 3. Size measurements of the Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria*.

堆積物の粒度分析 海底堆積物標本は研究室に持ち帰り、自然乾燥させた後、適量を90 に設定した温風乾燥機内で約6時間乾燥した。このうち各標本から約100g を分析ふるいを用いてふるい震とう器で10分間震とうさせて各粒度に分離させた後、各粒度の重量を秤量した。用いたふるいの目合は0.500mm,0.250mm,0.177mm,0.125mm,0.105mm,0.063mmの6種類であった。得られた粒度組成から、佐藤<sup>9)</sup>の三成分百分率 (Table 1) により型分けを行った。

結 果

堆積物粒度分類型の分布 検出された堆積物粒度の分類型は 0, 1, 2, 1, 1, 1および の7型であった。各型はつぎのように海域によって偏って分布していた。すなわち0型は小樽海域の張碓(はりうす)から新川沖にかけて、1型は上記海域の周縁に、2型は厚田海域の知津狩(しらつかり)から安瀬(やすすけ)沖にかけてと石狩湾新港から石狩川河口にかけての沖合域、および朝里の沖合域に、1型は高島から朝里沖にかけて、2型は石狩川河口域沖にそれぞれまとまって見られた。ま

Table 1. Sand types by Sato (1959) .

Type \ Diameter(mm)*	2.50	2.50 ~ 3.25	> 3.25	
	0.177	0.105 ~ 0.176	0.105 >	
0	0 ~ 30	70 ~ 100	0 ~ 30	very well sorted fine sand
1	5 ~ 45	50 ~ 70	5 ~ 45	well sorted fine sand
2	20 ~ 40	40 ~ 50	20 ~ 40	commonly sorted sand
1	0 ~ 20	0 ~ 50	30 ~ 80	commonly sorted very fine to fine sand
2	0 ~ 20	0 ~ 20	80 ~ 100	well sorted very fine sand
1	30 ~ 80	0 ~ 50	0 ~ 20	commonly sorted mediate to fine sand
2	80 ~ 100	0 ~ 20	0 ~ 20	coarse sand
1	20 ~ 80	0 ~ 40	20 ~ 80	ill sorted sand
2	40 ~ 60	0 ~ 20	40 ~ 60	very ill sorted sand
	0 ~ 5	40 ~ 70	25 ~ 60	very well sorted fine to very fine sand
	25 ~ 60	40 ~ 70	0 ~ 5	well sorted fine to mediate sand
	100	0	0	coarse sand to gravel
	0	0	100	silt to mud

\* calculated from 2'

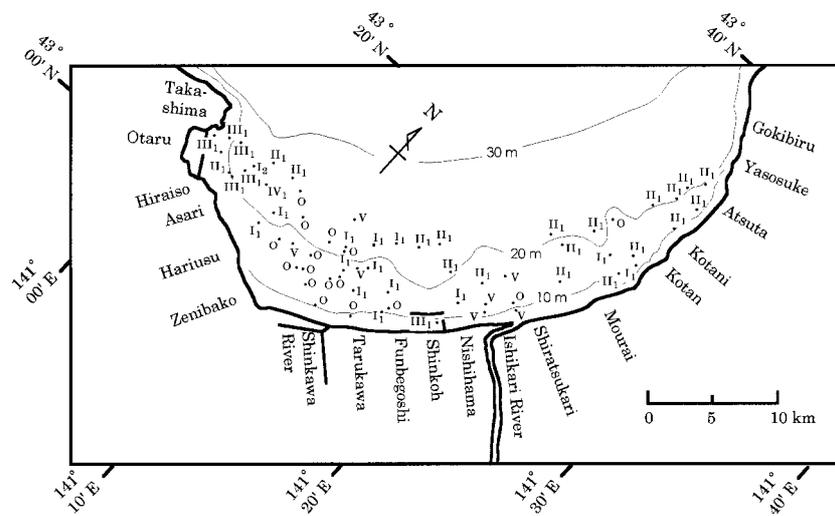


Fig. 4. Distribution of sand types in Ishikari Bay.

た、型および、型は、それぞれ平磯沖および朝里沖の各 1 地点においてのみ見出された(Tables 2, 3, Fig. 4)。 極端に粗い組成の型や、すべてがシルト～泥によってなる型は調査海域からは見出されなかった。

Table 2. Sand types on sea bottoms in Ishikari Bay.

Date	St.	Location				Class of sand diameter(mm)				Sand type
		Off	Latitude	Longitud	Depth (m)	Frequency(%)				
						0.117	0.105 0.176	0.105 >	Total	
May 25, 1990	1	Takashima	43 12.9 'N	141 2.1 'E	18	57.7	37.2	5.1	100.0	1
	2	Takashima	43 13.1 'N	141 2.9 'E	22	65.7	32.0	2.3	100.0	1
	3	Hiraiso	43 11.7 'N	141 3.8 'E	20	56.5	38.0	5.5	100.0	1
	4	Hiraiso	43 12.4 'N	141 4.1 'E	22	56.7	29.1	14.2	100.0	1
	5	Hariusu	43 11.3 'N	141 8.4 'E	18	11.9	70.7	17.4	100.0	0
	6	Hariusu	43 12.5 'N	141 8.5 'E	20	12.3	80.3	7.4	100.0	0
May 28, 1990	7	Zenibako	43 11.0 'N	141 10.5 'E	18	14.5	76.3	9.2	100.0	0
	8	Zenibako	43 12.4 'N	141 10.6 'E	22	9.3	85.1	5.6	100.0	0
	9	Shinkawa River	43 11.7 'N	141 12.5 'E	18	4.8	84.9	10.3	100.0	0
	10	Shinkawa River	43 12.7 'N	141 11.6 'E	22	3.4	79.3	17.3	100.0	0
July 24, 1990	11	Shinkoh	43 12.9 'N	141 18.3 'E	11	47.2	45.9	6.9	100.0	1
	12	Ishikari River	43 15.6 'N	141 21.5 'E	15	4.9	58.1	37.0	100.0	
	13	Ishikari River	43 15.8 'N	141 21.1 'E	18	26.7	56.5	16.8	100.0	0
	14	Ishikari River	43 16.5 'N	141 19.6 'E	21	16.0	44.6	39.4	100.0	
	15	Nishihama	43 14.7 'N	141 20.2 'E	15	4.3	59.3	36.4	100.0	
July 24, 1990	16	Nishihama	43 14.9 'N	141 19.9 'E	18	5.6	61.8	32.6	100.0	
	17	Nishihama	43 15.5 'N	141 18.9 'E	22	14.1	49.7	36.2	100.0	1
	18	Nishihama	43 14.2 'N	141 18.6 'E	20	7.1	61.0	31.9	100.0	1
	19	Nishihama	43 14.8 'N	141 17.0 'E	22	3.6	46.7	49.7	100.0	1
	20	Funbegoshi	43 11.8 'N	141 15.6 'E	15	23.0	69.1	7.9	100.0	1
	21	Funbegoshi	43 12.1 'N	141 15.7 'E	18	11.7	71.2	17.1	100.0	0
	22	Funbegoshi	43 12.6 'N	141 15.1 'E	22	17.2	67.2	15.6	100.0	1
	23	Tarukawa	43 10.8 'N	141 14.4 'E	15	1.8	73.6	24.6	100.0	0
	24	Tarukawa	43 11.7 'N	141 13.5 'E	20	8.5	68.4	23.1	100.0	1
	25	Tarukawa	43 13.6 'N	141 12.9 'E	22	1.5	67.1	31.4	100.0	
	26	Shinkawa River	43 11.3 'N	141 12.1 'E	20	5.6	78.0	16.4	100.0	0
	27	Shinkawa River	43 10.0 'N	141 12.5 'E	15	3.6	77.5	18.9	100.0	0
	28	Shinkawa River	43 10.5 'N	141 11.4 'E	20	4.1	77.4	18.5	100.0	0
	July 31, 1990	29	Hariusu	43 11.5 'N	141 10.4 'E	22	3.2	74.6	22.2	100.0
30		Hariusu	43 11.9 'N	141 10.1 'E	22	3.6	73.1	23.3	100.0	0
31		Shiratsukari	43 17.8 'N	141 22.3 'E	15	10.9	38.2	50.9	100.0	1
32		Shiratsukari	43 18.9 'N	141 21.0 'E	18	15.1	43.3	41.6	100.0	1
33		Shiratsukari	43 18.9 'N	141 20.0 'E	22	15.5	48.9	35.6	100.0	1
34		Mourai	43 19.6 'N	141 24.5 'E	15	9.2	39.4	51.4	100.0	1
35		Mourai	43 20.0 'N	141 23.5 'E	18	6.8	61.9	31.3	100.0	1
36		Mourai	43 20.2 'N	141 21.9 'E	21	5.3	35.1	59.6	100.0	1
37		Kotan	43 20.4 'N	141 24.8 'E	15	9.7	65.9	24.4	100.0	1
38		Kotan	43 20.5 'N	141 24.5 'E	18	8.8	47.7	43.5	100.0	1
39		Kotan	43 21.1 'N	141 22.3 'E	21	5.8	55.3	38.9	100.0	0
40		Kotani	43 22.5 'N	141 25.1 'E	19	8.1	41.0	50.9	100.0	1
41		Kotani	43 22.8 'N	141 23.3 'E	22	6.0	14.6	79.4	100.0	1
42		Atsuta	43 23.8 'N	141 25.4 'E	18	8.0	41.0	51.0	100.0	1
43		Atsuta	43 23.6 'N	141 24.0 'E	22	6.2	32.4	61.4	100.0	1
44		Yasosuke	43 24.3 'N	141 24.1 'E	22	1.9	37.1	61.0	100.0	1
45		Yasosuke	43 24.9 'N	141 24.8 'E	22	11.3	31.0	57.7	100.0	1



Table 5. Chi square testing on the relationship between sand types and densities of burrows.

Sand type	Number of sites	Total number of observed burrows	Expectation number of burrows	Chi square	df	P
0	1	2	6.0			
1	7	45	42.0			
2	1	4	6.0			
1	5	35	30.0	7.298	6	0.2942
1	1	7	6.0			
1	1	8	6.0			
	2	7	12.0			
Total	18	108	108.0			

Table 6. Measurements of burrows and the occupants of the Japanese mantis shrimp in Ishikari Bay.

No.	Date	Area	Larger opening		Smaller opening		Length of burrow (mm)	Direction of burrow	Sex	Occupant	
			Major axis (mm)	Minor axis (mm)	Major axis (mm)	Minor axis (mm)				Carapace length (mm)	Body length (mm)
1	August 6, 1992	Ishikari	30	30	15	15	480	180	1	25.8	113.3
2	August 6, 1992	Ishikari	40	38	25	25	730	270	1	31.0	143.9
3	August 6, 1992	Ishikari	45	40	25	20	890	80	1	29.9	134.5
4	August 6, 1992	Ishikari	48	47	47	46	840	180	2	34.1	155.1
5	August 6, 1992	Ishikari	50	40	43	38	900	180	1	30.1	136.5
6	August 6, 1992	Ishikari	50	50	50	50	660	270	1	33.1	148.6
7	August 6, 1992	Ishikari	55	50	40	35	1000	180	1	31.8	140.6
8	August 6, 1992	Ishikari	60	50	60	50	730	220	2	30.4	141.1
9	August 6, 1992	Ishikari	65	55	30	25	905	180	1	31.4	143.8
10	August 6, 1992	Ishikari	85	65	65	60	690	70	2	27.9	125.4
11	August 11, 1992	Otaru	40	35	10	10	850	270	2	38.0	168.0
12	August 11, 1992	Otaru	50	40	30	30	270	270	1	32.4	146.2
13	August 11, 1992	Otaru	50	50	15	10	800	180	1	30.6	137.7
14	August 11, 1992	Otaru	60	50	25	25	1020	270	2	36.0	173.5
15	August 11, 1992	Otaru	70	60	14	10	750	270	1	36.2	161.8
16	August 11, 1992	Otaru	70	60	30	25	830	0	2	36.2	163.1
17	August 11, 1992	Otaru	75	60	60	50	720	0	1	32.4	141.8
18	August 11, 1992	Otaru	75	70	25	25	810	0	2	37.2	171.4
19	August 11, 1992	Otaru	80	75	40	40	610	90	2	21.5	92.2
20	August 11, 1992	Otaru	80	75	40	35	560	90	1	34.2	153.8
21	August 11, 1992	Otaru	80	75	50	45	670	90	1	35.5	160.6
22	August 11, 1992	Otaru	100	85	80	70	470	90	1	31.4	142.4
23	August 11, 1992	Otaru	60		55		685	270	1	35.8	154.1
24	August 11, 1992	Otaru	60		40		810	0	1	33.6	142.1
25	August 11, 1992	Otaru	70		40		680	210	2	35.8	162.2
26	August 11, 1992	Otaru	90		40		450	180	1	42.4	191.8
27	August 11, 1992	Otaru	90		20		930	230	2	34.1	153.8
28	August 11, 1992	Otaru	110		25		770	270	2	35.3	162.1
29	August 11, 1992	Otaru	110		60		740	10	1	33.3	151.1
30	August 11, 1992	Otaru	120		70		410	240	1	33.0	146.2
31	August 11, 1992	Otaru	150		60		670	210	1	36.7	161.3
32	August 11, 1992	Otaru	150		60		670	210	1	34.0	148.6

1 : male, 2 : female

の間には相関関係を見出せなかった (Fig. 8)。  
 一方、巣穴に住むシャコの大きさと巣穴の大きさとの関係では、甲長と巣穴の大きな開口口径 (Fig. 9), 甲

長と巣穴長 (Fig. 10) のいずれにも相関関係を見出すことができなかった。

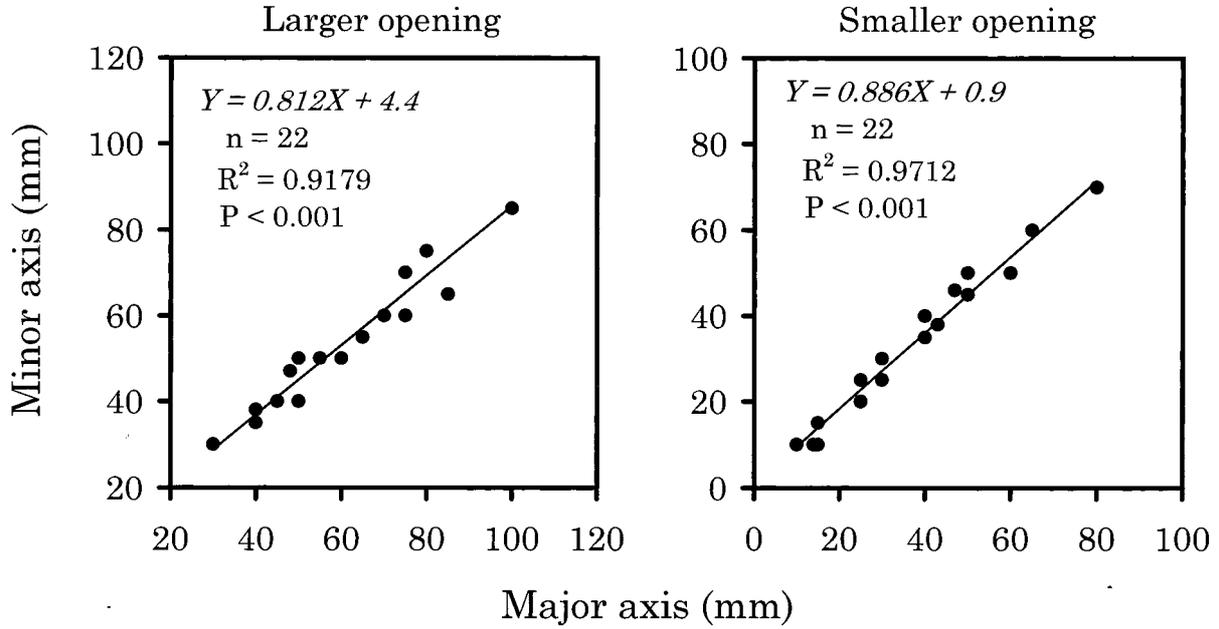


Fig. 5. Relationship between the major axis and the minor axis of opening in the burrow of the Japanese mantis shrimp.

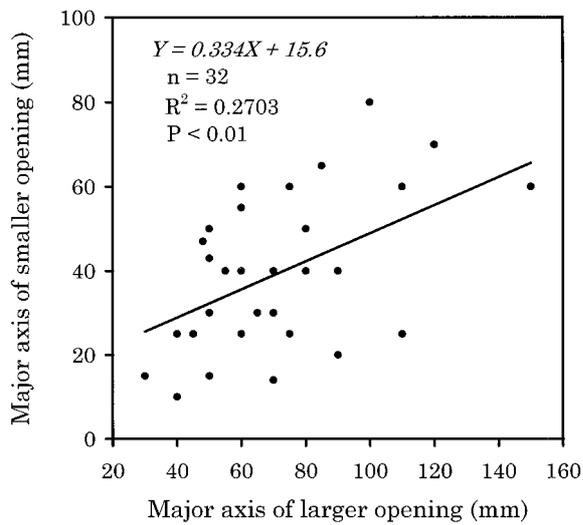


Fig. 6. Relationship between the major axis of larger opening and the major axis of smaller opening in the burrow of the Japanese mantis shrimp.

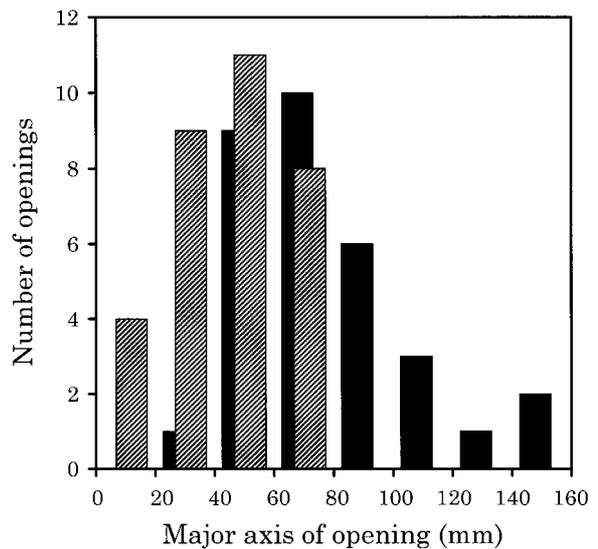


Fig. 7. Frequency distributions of major axis in openings of burrows.

■ Larger opening  
 ▨ Smaller opening

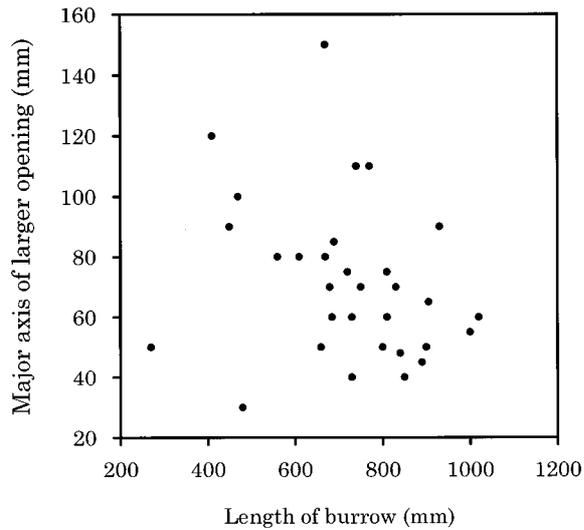


Fig. 8. Relationship between the length of burrow and the major axis of larger opening.  
The correlation between two variables was not significant (n = 32, r = - 0.2389, P = 0.1880).

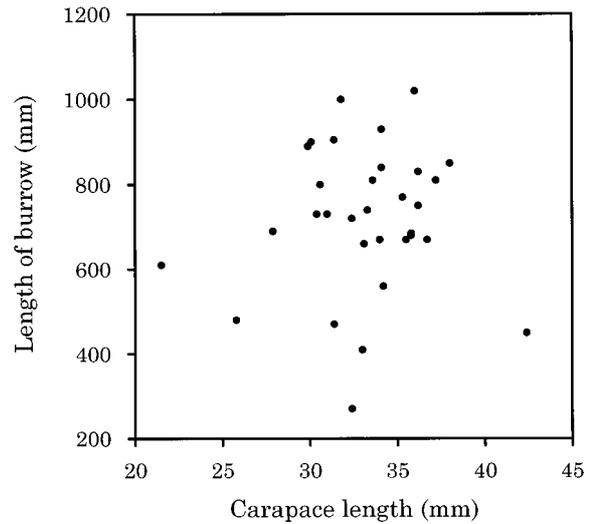


Fig. 10. Relationship between the carapace length of inhabitant in the burrow and the length of burrow.  
The correlation between two variables was not significant (n = 32, r = 0.0736, P = 0.6891)

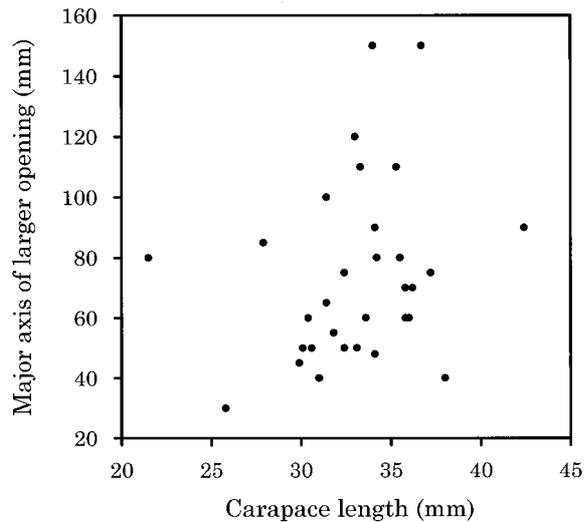


Fig. 9. Relationship between the carapace length of inhabitant in the burrow and the major axis of larger opening.  
The correlation between two variables was not significant (n = 32, r = 0.2389, P = 0.1878).

巣穴の向き 方角を東西南北それぞれを中心として4等分し、各巣穴の向きを該当するこれらいずれかに分類した。巣穴の向きは東西南北いずれの向きにも同じ確率で掘られると仮定して、カイ二乗検定により巣穴の向きの発生頻度を検定したところ、巣穴の向きの発生頻度の方角による偏りがあるとはいえないという結果が得られた (Table 7)。

考 察

シャコの巣穴は石狩湾におけるシャコ漁場となっている小樽から厚田にかけての水深10~23mのすべての調査地点から見つかった。また巣穴の見つかった調査地点の堆積物粒度分類型は、佐藤<sup>9)</sup>の設定した13分類型のうち、極端に粗い組成の型やすべてがシルト~泥によってなる型などを除く7分類型で、比較的広範にわたっていた。また堆積物粒度分類型の分布が海域によって偏っていたにもかかわらず、巣穴分布密度に底質による偏りが見られなかったことは、少なくとも今回の調査で見出された7分類型の底質では、いずれもシャコは海底を掘って十分に営巣できることを示している。

シャコの巣穴はこれまで砂泥質あるいはシルト~粘土の海底に掘られるとされてきた。しかし本研究の結果から、比較的泥やシルトの少ない底質でも、シャコは巣穴を掘ることができることが分かった。

今回調査した海域は石狩湾の水深10~23mの範囲であり、この水深帯以外の地点については調査されなかった。

Table 7. Chi square testing on the directions of burrows.

Direction of burrow (degree)	Frequency	Expectation	Chi square	df	P
315 - 44	5	8.0	3.250	3	0.3547
45 - 134	6	8.0			
135 - 224	11	8.0			
225 - 314	10	8.0			
Total	32	32.0			

したがって調査水深帯外の底質やシャコの巣穴分布については論ずることができない。しかし、調査海域は石狩湾におけるシャコ漁場をほぼ網羅しており、小樽から厚田にかけてのこれらの水深帯はほぼ全域、シャコが巣穴を掘って生息できる底質であるということができよう。

海底に巣穴を掘る生物と巣穴の大きさに関しては、スナモグリの仲間の mud shrimp *Callinassa subterranea* で、甲長と巣穴容積および巣穴内径などに正の相関関係があることが報告されている<sup>10)</sup>。シャコでは有明海の干潟での観察結果で甲長と巣穴長に、人工巣穴を用いた実験でも人工巣穴に入ったシャコの甲長と人工巣穴の内径に、それぞれ正の相関関係が認められている<sup>7)</sup>。しかし本研究では、甲長を指標とした巣穴居住者であるシャコの大きさと、開口部径または巣穴長を指標とした巣穴の大きさととの間に相関関係を見出すことはできなかった。

石狩湾におけるシャコ刺網によって漁獲されるシャコは、北寄りの厚田海域で小型で、南寄りの小樽海域ほど大型であることや<sup>2,5)</sup>、幼生は対馬暖流に乗って北上すると想定されることから、着底後のシャコは成長しながら南に移動するのではないかと考えられている<sup>3)</sup>。また海が時化たときには多くの個体が巣穴から出てくると考えられている<sup>13)</sup>。実際、現在使用されていないと思われる巣穴が相当数観察されたことは、シャコが何らかの理由により巣穴を放棄することがよくあることを示している。このようにそれまで住んでいた巣穴を出た後、移動先で新たに巣穴を掘るのではなく、空の巣穴を巣穴の大きさにそれほど左右されずに利用することがあるとすれば、シャコの大きさと巣穴の大きさに相関関係が見られなくなることもあるであろう。しかし、このようなことが実際にあるのか否かについては、実験などによって確かめる必要がある。また、シャコの大きさとその巣穴の大きさに関する資料として、本研究で入手できたシャコの甲長は、範囲が21.5~42.2mm、平均±標準偏差が33.2mm±3.8mmと比較的狭い範囲に限られていたことから、シャコの大きさとその巣穴の大きさとの関係については、今後、より広い甲長範囲のデータを入手して検討する必要がある。

巣穴は潮通しの良否などから、巣穴の向きが潮流方向と関係して掘られる場合が想定される。また日照や傾斜など、その他の物理環境と関係して掘られる場合も想定される。しかし本研究の結果では、巣穴の向きに一定の傾向を見出すことはできなかった。本研究では巣穴の向きを計測した地点で、これらの物理環境を正確に計測していないので、これらの物理環境と巣穴の向きとの相関関係について論ずることはできない。ただし、巣穴の向きを計測した2箇所の調査地点では、それぞれ比較的狭

い範囲の中にあつた巣穴に対して計測が行われており、それぞれこれらの物理環境に大きな差があつたとは考えられないのにも関わらず、それぞれ、まったく異なる向きに掘られた巣穴が観察されていることから、仮に潮流方向などに関連して巣穴を掘る向きに指向性があつたとしても、その指向性はそれほど強いものではないと考えられる。

Hamano *et al.*<sup>4)</sup> は、巣穴の計数によりシャコの生息密度を推定した。前述のとおり、海象条件によって漁獲状況が大きく変わるシャコ刺網漁業の場合、漁獲情報から資源量を推定することは非常に難しい。しかし巣穴の計数により生息数を直接推定することができれば、資源管理のためにも非常に都合がよい。潜水観察による巣穴計数が生息密度の推定に非常に有効であることは本研究によっても示された。しかし潜水調査は調査水深に制限があり、コスト面でも難がある。そこで水中ビデオを用いた巣穴計数が考えられる。西内<sup>11)</sup> は実際に水中ビデオを使用して、シャコの巣穴計数を行い、自然光での撮影が可能で、海底の起伏が少ない場合には水中ビデオによる巣穴計数が可能であるが、水深が深く照明を必要とする場合や、海底に起伏が多い場合には大幅な技術改良が必要であるとしている。さらに、ひとつの巣穴に2つある開口部のいずれか一方のみを計数して巣穴の数とするにしても、巣穴の大小開口部径に大きな重複が見られたことから、開口部大小の区別が困難であること、また巣穴に住むシャコの大きさとその巣穴の大きさに相関関係が見られなかったことから、仮に巣穴計数によってシャコの生息密度が把握できても、甲長組成までを推定することは困難である。したがって、水中ビデオを用いて巣穴計数によるシャコの生息密度とその組成を把握するためには、潜水調査と、選択性のあまりない漁具を用いた漁獲物調査との併用が必要となろう。

#### 要約

1. 石狩湾の水深10~23mの海域で海底堆積物の粒度分析とシャコ巣穴の計数及び巣穴と巣穴内に生息していたシャコの計測を行った。
2. 堆積物粒度の分類型は適用した13分類型のうち7分類型が見出され、いずれの分類型の海底からもシャコの巣穴が見つかった。
3. 海底のシャコ巣穴の密度が底質によって異なるという結果は得られなかった。
4. 巣穴の大小2つの開口部径間には正の相関関係が見られたが、そこに生息するシャコの甲長と巣穴開口部径または巣穴長との間には、いずれも相関関係が見られなかった。
5. シャコの大きさと巣穴の大きさに相関関係が見られ

なかったことと、巣穴計数によるシャコ資源量の推定方法などについて考察した。

#### 謝 辞

本論文の推敲に当たり、多くのご助言をいただいた北海道立網走水産試験場の鈴木孝行資源管理部長に厚くお礼申し上げます。さらに、本研究を行うに当たり、調査に精力的に協力して下さった小樽市、石狩、厚田各漁業協同組合職員の皆様、小樽市、石狩町（現石狩市）、厚田村の各市町村職員の皆様、後志北部地区および石狩地区水産技術普及指導所職員の皆様、潜水作業を行って下さった角田博義氏をはじめ株式会社海洋探査の皆様、ならびに調査のため漁船の提供と運航をして下さった小樽市漁業協同組合成田正夫氏にも、心よりお礼申し上げます。

#### 文 献

- 1) 鳥澤 雅：“シャコ *Oratosquilla oratoria* (De Haan)”. 漁業生物図鑑北のさかなたち(長澤和也, 鳥澤 雅編), 札幌, 北日本海洋センター, 1991, 316-321.
- 2) 依田 孝：石狩湾のシャコについて. 北水試月報. 29 (11) 2-14 (1972).
- 3) 濱野龍夫, 永井雄幸：石狩湾におけるシャコの巣穴と幼生, および個体群動態に関する予察. 水産増殖. 37, 157-161 (1989).
- 4) Hamano, T., M. Torisawa, M. Mitsuhashi and K. Hayashi : Burrow of a stomatopod crustacean *Oratosquilla oratoria* (De Haan, 1844) in Ishikari Bay, Japan. *Crust. Res.*, 23, 5-11 (1994).
- 5) 鳥澤 雅, 三橋正基, 永井雄幸：沿岸刺網漁業, 石狩湾におけるシャコの産卵期, 日水誌. 64(3) 453-461 (1998).
- 6) Komai, T. : Stomatopoda of Japan and Adjacent localities, *Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ.*, B3(3), 307-333 (1927).
- 7) Matsuura, S and Hamano, T : Selection for artificial burrows by the Japanese mantis shrimp with some notes on natural burrows. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 50 (12), 1963-1968 (1984).
- 8) Kubo, I., S. Hori, M. Kumemura, M. Naganawa and J. Soedjono : A biological study on a Japanese edible mantis-shrimp, *Squilla oratoria* De Haan. *J. Tokyo Univ. Fish.*, 45, 1-25 (1959).
- 9) 佐藤任弘：能代沖の底質 ( ) (砂の分類に関する一考察), 水路要報. 981, 45-51 (1959).
- 10) Rowden, A. A. and M. B. Jones : The burrow structure of the mud shrimp *Callinassa subterranea* (Decapod : Thalassinidea) from the North Sea. *J. Nat. Hist.*, 29, 1155-1165 (1995).
- 11) 西内修一：水中ビデオによるシャコの資源量推定技術開発調査. 平成4年度北海道立中央水産試験場事業報告書. 203-208 (1993).

# 小樽東部海域におけるシャコ (*Oratosquilla oratoria*) の移動回遊

依田 孝 \*

Migration of the mantis shrimp, *Oratosquilla oratoria*,  
on the east coast of Otaru, Sea of Japan

Takashi YORITA \*

Tagging experiments were carried out on the east coast of Otaru, Sea of Japan, in early November between 1975 and 1977, to study the migration of adult mantis shrimps. Examination of the distance between release and recapture points found that *O. oratoria* does not migrate over a great distance except for during the post-spawning season. Results show that *O. oratoria* is a resident species. In addition, adult mantis shrimp do not molt at least within ten months, since a tagged mantis shrimp was recaptured almost one year after release.

キーワード：シャコ，標識放流，移動回遊

## まえがき

北海道でシャコ漁業が行われているのは石狩湾のみであり，湾内では重要な沿岸漁業となっている。この石狩湾内に棲息するシャコの生活についてはすでに報告されているが<sup>1)</sup>，成体期における移動回遊については断片的な知見だけである<sup>2-5)</sup>。特に，移動回遊の実態については漁業者の経験的な知識で定着性が強く，大きな移動はないものと推測されているにとどまり，その実態はほとんど解明されていないのが現状である。

その後，筆者はシャコの標識放流試験を行う機会を得て，索餌期，産卵期～産卵後期の移動回遊について，いくつかの知見を得たので報告する。

## 材料及び方法

1975年，1976年，1977年の11月上旬，放流日に通常の漁場の小樽市朝里～高島沖で当業船が漁獲したシャコ（体長11～16cm）を対象とした。放流時期は過去の知見から<sup>1)</sup>，10月上旬～中旬には甲殻の柔らかい脱皮直後の個体が比較的多いことから，各年とも脱皮回復個体が出現する11月上旬の索餌期に実施した。標識放流の方法は，標識個体の活動に支障の生じない尾節の基部に取り付けたナイロンファスナー（長さ12cm）にプラスチック製の赤色板（直径1.2cm）を通す方法と，タッグガンでアンカータッグ（長さ3cm）を尾節の末端部に貫通させる2つの方法で行い，前者は4回の計698尾，後者は3回の計445

尾の合計7回で1,143尾を放流した。なお，放流点は索餌期～産卵期における長期間の移動回遊を確かめるため，通常の漁場よりやや沖合（水深25m以深）で放流した。再捕位置については，シャコ刺し網漁業関係者からの聞き取りによって確認した。生活年周期は依田<sup>1)</sup>に従い，時期別，卵巣重量，性比，密度分布，甲殻の状態から，大きく索餌期（10月～），産卵期（～6月中旬），産卵後期（6月下旬～）の三つに規定した。

## 結果と考察

各年の再捕結果を Table 1. に示した。この再捕された状況を年次別，生活年周期別（索餌期，産卵期，産卵後期）に図示した（Fig. 1-3）。

1975年放流の場合，索餌期に短期間で再捕された個体は皆無であった（Fig. 1）。これは放流時期が漁期後半で，放流場所が通常の漁場より沖合であったためである。しかし，長期間を経ての再捕は産卵期に放流点より南側の朝里沖で経過日数210日，移動距離8.7kmを経て1尾，産卵後期は放流点より東側の張碓沖で経過日数272日，移動距離10.2kmを経て1尾と，放流点よりかなり東側の石狩川灯台沖で経過日数280日，移動距離22.8kmで，移動速度（放流点～再捕点の距離/再捕までの経過日数）は81m/dayを経て1尾の計2尾，合計3尾が再捕された。再捕率は1.20%であった。

1976年については Fig. 2 でも明らかのように索餌期は

Table 1. Release and recovery data for tagged mantis shrimps in east coast of Otaru.

Release					Recovery						
Date	Location	Number of release			Date	Location	Distance from coast (m)	Number of recoveries	Days after release		
		Nylon fastener tag	Anchor tag	Total							
Nov., 11, 1975	off Takasima, Otaru NE 2.0 mile Depth 31m	248	0	248	Jun., 6, 1976	off Asari river	200	1	210		
					Aug., 9, 1976	off Hariusu river	800	1	272		
		150	140	290	Aug., 17, 1976	off Isikari river	800	1	280		
Nov., 8, 1976	off Hariusu, Otaru NE 3.4 mile Depth 25m				Nov., 10, 1976	off Hariusu	500	1	2		
					Nov., 14, 1976	off Ebisujima	500	1	6		
					Nov., 17, 1976	off Hariusu	800	1	9		
					Nov., 17, 1976	off Hariusu	800	1	9		
					Nov., 18, 1976	off Hariusu	500	1	10		
					Nov., 18, 1976	off Otaru port	800	1	10		
					Nov., 20, 1976	off Asari	1,000	1	12		
					Nov., 21, 1976	off Hariusu	500	1	13		
					May 23, 1977	off Asari	1,500	1	196		
					Jun., 17, 1977	off Hariusu	600	1	221		
					Jun., 17, 1977	off Ebisujima	500	1	221		
					Jun., 18, 1977	off Ebisujima	1,000	1	222		
					Jun., 18, 1977	off Asari	2,000	1	222		
					Jun., 20, 1977	off Asari	500	1	224		
					Jun., 22, 1977	off Funahama	1,500	1	226		
			Jun., 22, 1977	off Funahama	1,500	1	226				
		100	105	205	Nov., 12, 1976	off Syukuzu	5,000	1	2		
Nov., 10, 1976	off Takasima, Otaru NE 3.4 mile Depth 25m				Nov., 16, 1976	off Bentenjima	1,000	1	6		
					Nov., 18, 1976	off Otaru port	800	1	8		
					Nov., 18, 1976	off Otaru port	800	1	8		
					Nov., 25, 1976	off Otaru port	100	2	15		
					Apr., 27, 1977	off Otaru port	300	1	168		
					May, 10, 1977	off Otaru port	900	1	181		
					Jun., 19, 1977	off Asari	1,000	1	221		
					Jun., 20, 1977	off Asari	1,500	1	222		
					Jun., 22, 1977	off Funahama	1,500	1	224		
					Jun., 22, 1977	off Funahama	1,500	1	224		
					late Jun., 1977	off Funahama	no data	1	no data		
				200	200	400	Nov., 11, 1977	off Kayasiba	200	1	2
							Nov., 15, 1977	off Otaru port	600	1	5
							Nov., 15, 1977	off Otaru port	600	2	5
							Nov., 15, 1977	off Takasima	1,000	2	5
					Nov., 15, 1977	off Takasima	300	1	6		
					Nov., 18, 1977	off Takasima	500	1	8		
Nov., 10, 1977	off Syukuzu, Otaru E 2.0 mile Depth 27m				May, 9, 1978	off Siraiso	500	1	180		
					May, 30, 1978	off Funahama	500	1	201		
					Jun., 8, 1978	off Asari	400	1	210		
					Jun., 11, 1978	off Asari	500	1	213		
					Jun., 13, 1978	off Asari	500	1	215		
					Jun., 26, 1978	off Asari	200	1	228		
					Jul., 1, 1978	off Hariusu	300	1	233		
					Jul., 16, 1978	off Asari	200	1	248		
					Jul., 18, 1978	off Asari	500	1	250		
					Aug., 29, 1978	off Hariusu	300	1	292		
					Oct., 31, 1978	off Asari	500	1	355		

短期間を経て、放流点から沿岸寄りの高島～張碓沖にかけてあまり移動していないので、経過日数2～15日、移動距離4.1～6.3kmを経て計14尾が再捕された。産卵期のものは長期間を経て、放流点から沿岸寄りのやや東側の朝里～張碓沖で、経過日数196～221日、移動距離3.9～6.8kmを経て計8尾、産卵後期も産卵期同様、朝里～張碓沖で7尾、合計29尾がそれぞれ再捕された。再捕率は5.85%である。

1977年は前年同様、再捕状況は類似しており(Fig. 3)、索餌期のものは短期間を経て、放流点より沿岸寄りの高島～朝里沖にかけて、経過日数1～8日を経て計10尾が再捕された。産卵期のものは長期間を経て、放流点からあまり移動していない南側の朝里沖で、経過日数180～213日で計7尾、産卵後期は産卵期よりやや東側の朝里～張碓沖で経過日数228～292日を経て計5尾が、それぞれ再捕されている。また、1978年10月31日の索餌期に長期間を経て、放流点より沿岸寄りのあまり移動していない朝

里沖で、経過日数355日目に1尾が再捕されている。なお、再捕尾数は21尾で再捕率は5.25%であった。

以上の再捕状況から、索餌期に短期間で再捕されているが(1975年を除く)、これは放流時期に低気圧が日本海から本道を通るため荒天模様がが多く、標識シャコ(平均体重40g前後)が着底するまで、遊泳力が乏しいため潮流などの影響を受けやすく、沿岸域に流される可能性が強いことが推測される。また、11月の漁期後半における密度分布や漁況の移り変わりなどから、漁場は朝里～高島沖に集中するため、この時期のシャコは放流点より東側の銭函沖より南側の朝里～高島沖での短期再捕が多いものと考えられる。なお、索餌期の性比は沿岸域に雌、やや沖合に雄が多く分布する傾向にあり、雌と雄の中心域が相対的に分離しており、今回の再捕報告では性別の記載が明確でないが、雌と雄によって分布域が異なるものと推測される<sup>1)</sup>。

産卵期は各年とも長期間を経て、放流点から沿岸寄り

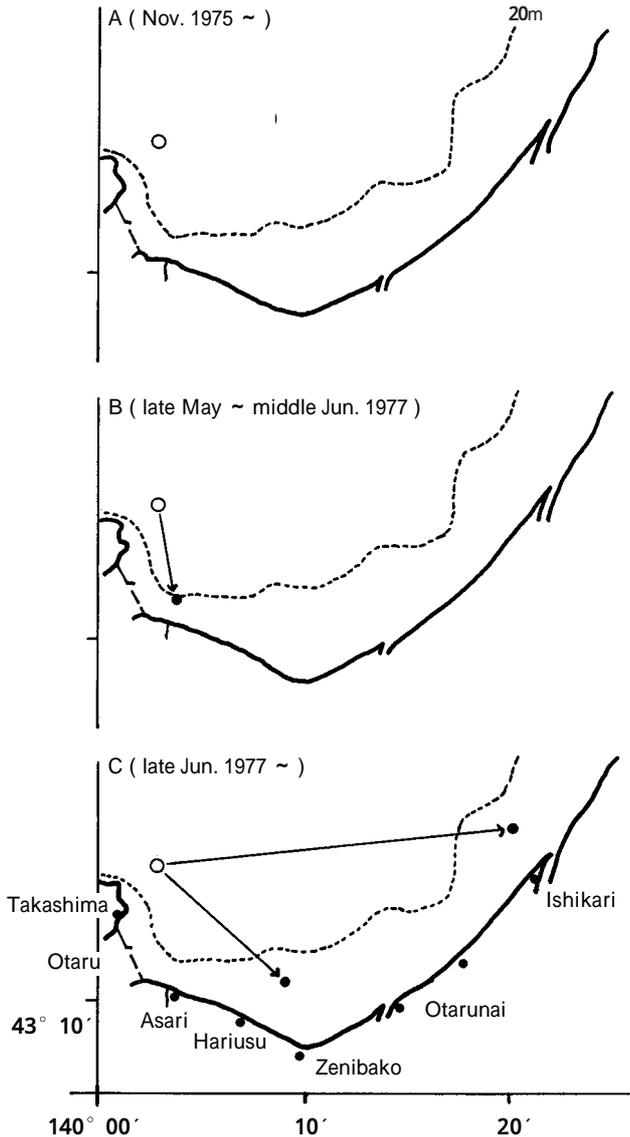


Fig. 1. Map showing the recapture sites of *O. oratoria* released in November 1975.

A: feeding season, B: spawning season, C: post-spawning season. Open circles and closed circles indicate release points and recapture points, respectively.

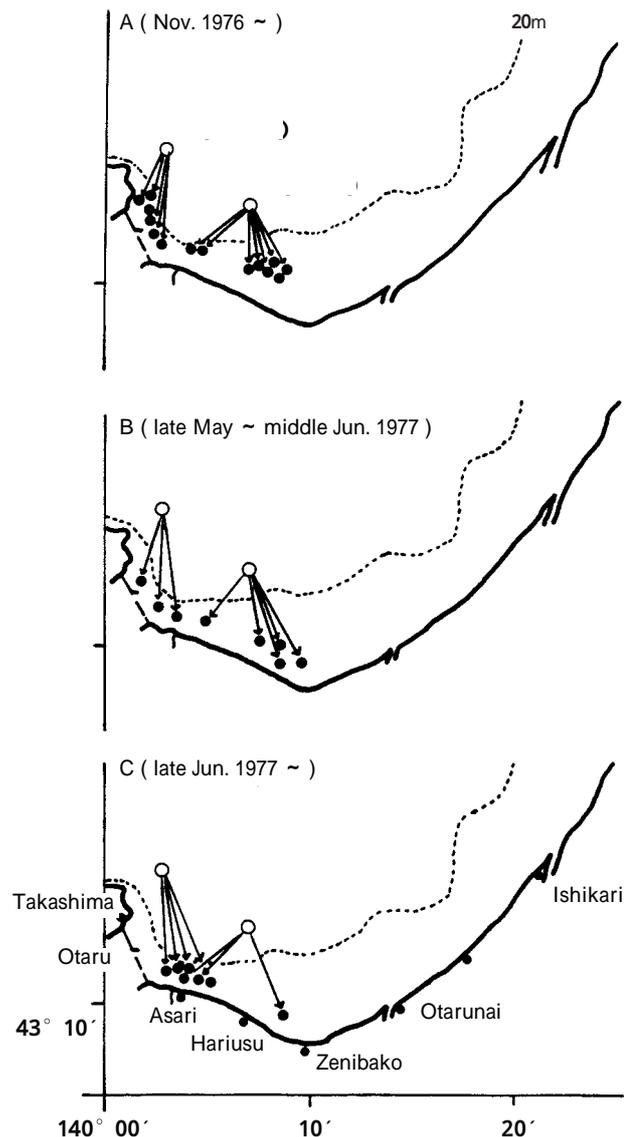


Fig. 2. Map showing the recapture sites of *O. oratoria* released in November 1976.

A: feeding season, B: spawning season, C: post-spawning season. Open circles and closed circles indicate release points and recapture points, respectively.

の朝里～張碓沖にかけて、あまり移動しないで再捕されているが、前述した放流時での潮流などの影響を受けて、索餌期に大部分のものは沿岸域に流されたものと考えられる。産卵後期は産卵期より、やや東側の張碓～銭函沖で再捕されているが、これは産卵期における性比が6月中旬まで雌が過半数を占め、下旬になると雄が多くなることから、生活年周期の違いにより、シャコの群行動に

変化が生じるため、産卵後期には一部のものは東方に大きく移動するものと思われる。

シャコの再捕された海域は、図でも明らかなようにすべて水深20m以浅の沿岸域で、長期間を経て再捕されたにもかかわらず、産卵期、産卵後期における移動距離を索餌期のそれと比較すると、あまり大きな移動はしておらず、定着性の強いことが示唆される。その後、1989～

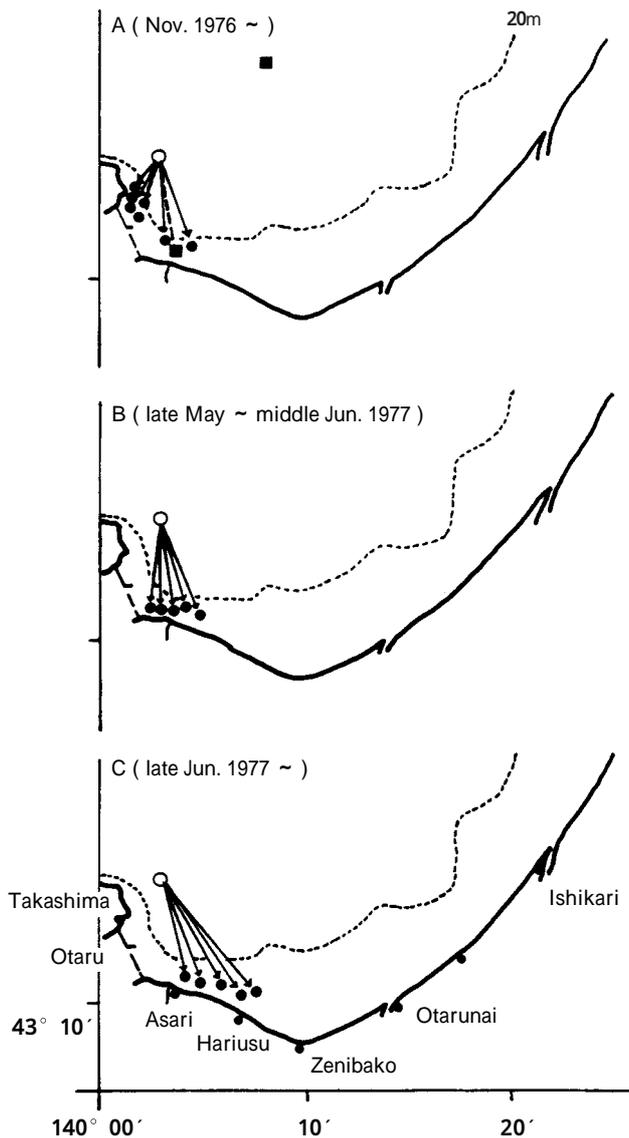


Fig. 3. Map showing the recapture sites of *O. oratoria* released in November 1977.

A: feeding season, B: spawning season, C: post-spawning season. Open circles and closed circles indicate release points and recapture points, respectively.

1991年に同海域で実施した標識放流調査結果でも<sup>3)-5)</sup>放流地点近くで短期間に再捕されており大きな移動が認められなかった。これは、シャコの習性として泥砂底に穴(U字状)を掘って棲息することから<sup>6)</sup>、成体期における分布は沿岸域に限定されるためである。また、ほぼ1年近くを経て再び索餌期に再捕された個体がいる事実から、少なくとも一部の個体は、索餌期から産卵期、産卵

後期までの約10カ月間、脱皮しないことが明らかである。それ以降については、脱皮による標識の脱落と自然死亡が考えられる。なお、1976、1977年に実施した標識方法(ナイロンファスナー、アンカータグ)別の再捕結果には顕著な差は認められなかった。今後は石狩・厚田沖で標識放流試験を行い小樽東部海域との群行動の関連を究明することが、重要な課題でもある。

#### 要 約

1975、1976、1977年の11月上旬、成体期におけるシャコの移動回遊を確かめるため、小樽東部海域で標識放流試験を実施し、次のことが判明した。

1. 年次別、生活年周期別の再捕状況から、産卵後期の一部を除いては、あまり大きな移動はしておらず、定着性の強いことが示唆される。
2. 一部の個体は、索餌期から産卵期、産卵後期までの約10カ月間、脱皮しないものと思われる。

#### 謝 辞

調査に際して標識放流の実施に多大な協力をいただいた小樽市高島の大橋勝紘氏、祝津の荒内善二氏と小樽市経済部水産課・小樽市漁業協同組合職員の関係各位に厚くお礼申し上げます。

#### 文 献

- 1) 依田 孝：石狩湾のシャコについて．北水試月報 29 (11) 2-14(1972)．
- 2) 依田 孝：シャコの成体期の群行動について．昭和49年度日本水産学会北海道支部大会講演要旨(1975)．
- 3) 鳥澤 雅，三橋正基：シャコ資源管理技術開発調査．平成元年北海道立中央水産試験場事業報告 88-101 (1990)．
- 4) 鳥澤 雅，三橋正基：シャコ資源管理技術開発調査．平成2年北海道立中央水産試験場事業報告 72-79 (1991)．
- 5) 鳥澤 雅，三橋正基：シャコ資源管理技術開発調査．平成3年北海道立中央水産試験場事業報告 80-91 (1992)．
- 6) 濱野龍夫，永井雄幸：石狩湾におけるシャコの巣穴と幼生，および個体群動態に関する予察．水産増殖 37(3), 157-161(1989)．

## 道東太平洋におけるケガニの生殖周期

佐々木 潤

道東太平洋岸の第10齢期～第17齢期のケガニについて、雌雄の脱皮ステージの月変化、G S J.の月変化、産卵後メスの出現状況、交尾栓保有メスの出現状況、抱卵個体の胚の状態、産卵中メスの生殖腺の観察、脱皮ステージとG S J.との関係、G S J.と熟度との関係、胚発生の観察から、それぞれの脱皮期、交尾期、産卵期、孵化期、抱卵期間の推定を行った。これら推定結果から生殖周期モデル（交尾周期、産卵周期）の構築を行ない、オスについては大多数が1年周期、メスについては約2年あるいは約3年周期のモデルを得た。

A 288 北水試研報 55 1 - 27 1999

## ケガニの齢期判別法と成長

佐々木 潤, 栗原 康裕

北海道東部太平洋のケガニの成長モデルを提示した。まず、形態学的観点から、天然採集個体と飼育個体の両方について齢期判別を試み、第9齢期までを判別した。次に、形態で判別できなかったケガニについて、天然採集個体のサイズ分布に統計学的解析を行なった。甲長と体重のデータに2変量正規分布を当てはめることにより第17齢期までを判別した。さらに、天然採集稚ガニのサイズ分布の変化を月ごとに追跡することにより、着底後から第10齢期までのケガニの成長を明らかにした。最後に、ケガニの成長モデルを提示するとともに、甲殻類一般の成長モデル式としてヘヴィサイド関数の応用を提唱した。

A 289 北水試研報 55 29 - 67 1999

## オホーツク海におけるケガニ浮遊幼生の動態に関する基礎研究

桑原 久実, 水島 敏博

オホーツク海におけるケガニ資源の変動機構を明らかにするため浮遊幼生の動態に着目し、室内実験、数値シミュレーションおよび現地での浮遊幼生分布調査を行った。

1) ケガニのゾエア幼生の遊泳速度は、齢期が進につれ活発になるが、垂直・水平方向とも最大で20 mm / s程度であり、海洋の流れによって受動的に移動させられているものと考えられた。2) 宗谷暖流と中冷水の境界ではキャベリング現象による下向きの沈降流が生じ、このような沈降流の発生領域とケガニ密度調査の高分布域と良く一致した。3) 1994年6月上旬宗谷海域にあったケガニの3～4期ゾエア幼生は、北海道のオホーツク海沿岸を南下し、6月下旬には能取岬の沖合でゾエア5期・メガロバとして集積する可能性を示した。

A 290 北水試研報 55 69 - 77 1999

## 噴火湾および周辺海域におけるケガニおよびクリガニ浮遊幼生の分布

高柳 志朗, 宇藤 均, 依田 孝, 上田 吉幸

1989年～1992年、4月から6月初旬に各年5回、北海道南部の噴火湾とその周辺海域に25～101の調査点を設け、ケガニおよびクリガニ浮遊幼生の分布様式や分布量を明らかにするための調査を行った。稚魚ネット（口径130cm または150cm、網地の長さ4.5m、目合0.63mm）を用いて、日の出から日没までの明るい時間帯に表層10分間曳きにより幼生の採集を行った。ケガニ・クリガニともゾエア～期とメガロバ期の幼生が採集された。ケガニおよびクリガニ幼生は調査海域のほぼ全域にわたって分布した。ケガニ幼生は多いところでは1曳網あたり数万尾を超え、1万尾以上採集された調査点も数多く、この海域のケガニ幼生の分布密度は高いと考えられた。2種の幼生は集中分布をしており、お互いの分布はおおむね重複すると考えられた。ケガニ幼生の高密度域の出現状況は時期・年によって変化し、同時に調査海域内の分布量も時期・年によって大きく変動した。これらは噴火湾周辺の海洋構造や水の流動と深く関連することが示唆された。

A 291 北水試研報 55 79 - 87 1999

噴火湾におけるケガニ (*Erimacrus isenbeckii*), クリガニ (*Telmessus cheiragonus*) 幼生の鉛直分布と日周移動

依田 孝、高柳 志朗、宇藤 均、上田 吉幸

1989年～1991年の4,5月に噴火湾でMTDネット(水深0,10,20,30,40m)によってケガニ, クリガニ幼生を採集し, 鉛直分布と日周移動について検討した。

両種の間で鉛直分布に顕著な相違はみられなかった。また, ソエア期とメガロバ期の間にも, 顕著な相違はみられなかった。

幼生は, 日中, 水深0～40m層に分散して分布しているが, 日没後に浮上して表層近くに集中分布していた。また, 両種のメガロバ期幼生には走光性が認められ, 浮上行動との関連が示唆された。

A 292 北水試研報 55 89 - 96 1999

噴火湾周辺海域におけるケガニ (*Erimacrus isenbeckii*), クリガニ属 (*Telmessus*) 幼生の出現盛期

上田 吉幸、宇藤 均、高柳 志朗、依田 孝

1989～1995年に噴火湾周辺海域においてケガニおよびクリガニ属幼生を採集した結果, ケガニのソエア期は3月中旬～4月上旬, ソエア期は4月上旬～4月下旬, ソエア期は4月上旬～5月中旬, ソエア期は4月下旬～5月中旬, ソエア期は5月上旬～5月下旬, メガロバ期は5月下旬～6月中旬に出現盛期がみられた。クリガニ属のソエア期は3月中旬, ソエア期は4月上旬～4月下旬, ソエア期は4月中旬～5月中旬, ソエア期は4月下旬～5月上旬, ソエア期は5月上旬～5月下旬, メガロバ期は5月上旬～6月中旬に出現盛期がみられた。これらの結果から, ケガニおよびクリガニ属幼生のステージ毎の所要日数, ケガニの孵化盛期や着底の盛期を推測した。また, ケガニとクリガニ属の組成の違いや, 水温による幼生の出現時期の年変動についても検討した。

A 293 北水試研報 55 97 - 103 1999

室内飼育によるケガニおよびクリガニの稚ガニの成長

水島 敏博

噴火湾のケガニとクリガニの天然メガロバを採集し, 室内水槽により, 水温12℃で稚ガニの4～5齢まで飼育し, 両種の成長を比較した。稚ガニ4齢までの成長はいずれも指数曲線的な成長を示した。脱皮1回当たりの成長量はケガニの方が大きかったが, 各齢期間の脱皮所要日数はクリガニが6日前後短かった。また, 稚ガニ2齢からは甲幅と甲長の相対成長が異なることを示した。

A 294 北水試研報 55 105 - 107 1999

噴火湾におけるケガニおよびクリガニ稚ガニの分布

宇藤 均、高柳 志朗、上田 吉幸

両種の稚ガニは主に湾東部海域および湾南部海域にみられ, 湾奥および湾西部海域では少なかった。湾東部海域ではケガニは沖に張り出す海底段丘上に広く分布していたが, クリガニは沿岸域に片寄る傾向がみられた。湾南部海域では海底の傾斜がきつく, 両種の分布は沿岸に片寄っていた。ケガニは水深10～80mに, クリガニは主に水深10～50mに分布した。両種ともシルト・粘土が50%以上を占める地点では少なかった。

A 295 北水試研報 55 109 - 113 1999

1991年秋季における噴火湾及び胆振太平洋沿岸域の雄ケガニの分布特性と海洋構造の関係

佐々木正義, 田中 伸幸, 上田 吉幸

北海道噴火湾及びその周辺水域における秋季の雄ケガニの分布と海洋構造の関係を明らかにするため, 1991年9月下旬~10月上旬にかけて調査を行った。沿岸の水温9~14の水域に甲長50mm未満の未成体, その沖合の水温4~9に甲長50mm以上の成体が主として分布し, 津軽暖流水を中心とした水塊分布と対応していた。このことから, このような分布特性は, 発育段階による水温適応の相違とこの時期の水塊配置によって引き起こされたと考えられた。

A 296 北水試研報 55 115 - 122 1999

標識放流試験からみた道南太平洋の成体ケガニの移動

三原 栄次, 佐々木正義

1975年4月~1991年3月に道南太平洋で実施されたケガニの標識放流試験の再捕結果から, 水平移動について検討した。放流から再捕までの直線移動距離の平均は, 雄が8.2km, 雌が21.4kmであった。雄ケガニは, 噴火湾や日高西部海域では, ほとんど水平移動をしないが, 噴火湾湾口北東部から門別町までの海域では, 西方への移動がみられた。西方移動は, 季節的なものでなく, 長期的な移動であることが示唆された。雌ケガニは雄よりも移動距離が長い, 移動方向に規則性は認められなかった。雌は生活周期の変化に対応して, 広範囲に移動していると示唆された。

A 297 北水試研報 55 123 - 130 1999

ケガニかごの雄ケガニに対する網目選択性

西内 修一

目合内径57mm, 72mm, 87mm, 102mm および117mmの5種類のケガニかごを用いて操業試験を実施し, SELECTモデルおよびマスターカーブ法を用いて網目選択性を調べた。赤池の情報量規準(AIC)によるモデル選択を行った結果, 目合の大きいかごほどケガニの遭遇確率が高くなる傾向がみられた。マスターカーブの推定においては, 変数 $L_0$ と $m_0$ の導入の妥当性が示された。マスターカーブから, 現行の規制サイズである甲長80mmが50%選択甲長となる目合内径は112mmと推定された。また, この目合の選択性レンジは5.2mmと推定され, ケガニかごが鋭い網目選択性を有することが確認された。

A 298 北水試研報 55 131 - 139 1999

ケガニの資源管理の問題

阿部 晃治

1968年漁期から北海道は危機的な状態にあったケガニ資源の維持, 増大を図るため, 漁獲量割当方式による資源管理を行ってきた。しかしながら, 今日においてもケガニ資源は依然として低位傾向にあり, 実効性のある資源管理方式として評価されていない状況にある。

本書では, 本方式を採用するに至った経緯と背景を述べながら, 当初から存在していた多くの問題点の有効な解決策が図れないままに推移してきたことが, ケガニ資源の減少の原因であったことを述べた。また, 今後のケガニ資源管理のあり方について考察した。

A 299 北水試研報 55 141 - 153 1999

道東太平洋におけるハナサキガニ *Paralithodes brevipes* の初期成長

佐々木 潤, 吉田 英雄

釧路町冬床窓口ーソク岩付近潮間帯で, 1990年~1991年の2年にわたってハナサキガニを調査した。その結果, 天然では初めて第2齡期個体が採集された。また, 甲長組成の変化から6月前後に幼生が着底すること, 潮間帯では3年程度生活すること, 成長は主に春季から秋季にみられ, 冬季間はほとんど成長しないことが想定された。

A 300 北水試研報 55 155 - 160 1999

ハナサキガニの初期成長

鳥澤 雅, 河野 象威, 坂本 樹則, 博田 功

北海道東部太平洋沿岸および根室半島沿岸において採集したハナサキガニの浮遊幼生および未成体ガニ, ならびに海中で中間育成されていたハナサキガニ人工種苗の甲長測定資料に基づき, ハナサキガニの初期成長を検討した。その結果, 少なくとも4~6月の間に天然採集で得られた未成体ガニは, すべて採集年の前年以前にふ化した個体であると考えられ, ハナサキガニは満1歳の4月になっても甲長10mm前後にしか成長しないと考えられた。したがって, これまでに報告のあった満1歳で平均甲長31mmとする初期成長の推定は過大であると判断された。

A 301 北水試研報 55 161 - 167 1999

根室半島の潮間帯におけるハナサキガニの食性

佐々木 潤, 栗原 康裕

根室市齒舞地区イソモシリ島潮間帯から採集したハナサキガニの胃内物を分析した。その結果, 主にナガコンブとピリヒバを摂餌していることが明らかになった。

A 302 北水試研報 55 169 - 172 1999

道南太平洋海域におけるオオズワイガニの成長

渡辺 安廣, 丸山 秀佳

噴火湾から胆振太平洋海域で, 1985年3月から1987年6月にかけて漁獲されたオオズワイガニの年齢と成長について検討した。甲幅組成を正規分布に分解した結果, 未成体雄は甲幅28~134mmの範囲で7齡期群, 成体雄は甲幅75~148mmの範囲で4齡期群が認められた。雌では, 未成体の甲幅28~98mmの範囲で5齡期群, 成体の甲幅76~114mmの範囲で2齡期群が分離された。未成体期の雌雄間で成長差は認められなかった。成体期では雌雄の成長に大きな差が見られた。雌雄ともに同一齡期では未成体期から成体期への移行時の成長差は見られない。ふ出後1年で甲幅33mm(VIII齡期), 2年で甲幅71mm(XI齡期)に成長し, XII齡期の成体に達するのは2.5年と推定された。

A 303 北水試研報 55 173 - 183 1999

石狩湾におけるホッコクアカエビ (*Pandalus eous*, Makarov) の鉛直分布

前田 圭司, 西内 修一

石狩湾におけるホッコクアカエビの鉛直分布を調べる目的で、1993年～1995年に計6回の調査を実施した。表層から海底まで鉛直に設置したロープにえびかごを取り付けた漁具と開閉式のORIネットを使用して、計340個体のホッコクアカエビを採集した。そのうちの290個体は中層から採集されたもので、浮上群の大部分は雄で構成されていた。しかし、性転換、非抱卵雌、抱卵雌も少数ながら採集されたことから、ホッコクアカエビはすべての発育段階において中層に分布することが明らかになった。発育段階別に分布深度を比較すると、雄が最も浅い深度帯に分布し、性転換、雌の順に分布深度が深くなった。さらに雄については小型の個体ほど浅い深度帯に分布することが示され、成長に伴って鉛直移動の分布深度が深くなることが示唆された。水温および塩分から分布域の水塊構造を分析した結果、ホッコクアカエビは対馬暖流中層水より下層に分布することが判明した。

A 304 北水試研報 55 185 - 196 1999

ホッカイエビ (*Pandalus latirostris*) 幼生の分布と発生量の年変動

水島 敏博, 高谷 義幸

1978年～1987年の北海道東部の野付湾におけるホッカイエビ幼生の分布域および発生量の年変動は、ふ出期の親の分布域および密度の変化とよく同調し、発生量の多い年は湾全域に、少ない年は湾東奥部に多く分布する傾向が見られた。調査期間中の幼生の発生量の年変動は最大が1987年の180尾/丸特ネット/曳、最小が1983年の22尾/曳、で約8倍の差があった。ふ出期の幼生発生量と雌との量的な年変動は良く一致し、両者の量の年変動が同調する要因としては、幼生の直達的な発生で、浮遊生活をせずに直ちにアマモ葉上での匍匐生活をするこゝと、さらに流れの影響の少ない湾奥のアマモの濃密域をふ出の中心域とすることで、幼生が湾内から湾外へ逸散しないという繁殖特性が大きく影響していると考えられた。

A 305 北水試研報 55 197 - 205 1999

石狩湾におけるシャコ *Oratosquilla oratoria* (De Haan) の巣穴分布と底質

鳥澤 雅, 西内 修一, 三橋 正基, 永井 雄幸

石狩湾の水深10～23mの海域で海底堆積物の粒度分析とシャコ巣穴の計数及び巣穴と巣穴内に生息していたシャコの計測を行った。堆積物粒度の分類型は適用した13分類型のうち7分類型が見出され、いずれの分類型の海底からもシャコの巣穴が見つかった。また海底のシャコ巣穴密度が底質によって異なるという結果は得られなかった。巣穴の大小2つの開口部径間には正の相関関係が見られた。しかし巣穴開口部径または巣穴長とそこに生息するシャコの甲長との間に相関関係は見られなかった。

A 306 北水試研報 55 207 - 216 1999

小樽東部海域におけるシャコ (*Oratosquilla oratoria*) の移動回遊

依田 孝

1975, 1976, 1977年の11月上旬、成体期におけるシャコの移動回遊を確かめるため、小樽東部海域で標識放流試験を実施し、生活年周期別(索餌期, 産卵期, 産卵後期)の移動状況を検討した。

年次別, 生活年周期別の再捕状況から、産卵後期の一部を除いては、あまり大きな移動はしておらず、定着性の強いことが示唆された。また、一部の個体は、索餌期から産卵期, 産卵後期までの約10カ月間、脱皮しないものと思われる。

A 307 北水試研報 55 217 - 226 1999



北海道立水産試験場研究報告 第55号

---

1999年3月25日 発行

編集兼  
発行者

北海道立中央水産試験場

〒046 - 8555 北海道余市郡余市町浜中町238

電 話 総合案内 0135(23)7451(総務課)

図書案内 0135(23)8705(企画情報室)

F A X 0135(23)8141

Hamanaka-cho 238, Yoichi-cho, Hokkaido 046 - 8555, Japan

印刷所

株式会社 須田製版

〒063 - 8603 札幌市西区二十四軒2条6丁目1番8号

電話 (011)621 - 0275

---