北水試研報 39, 21－34 (1992)
Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.

道南太平洋海域におけるオオズワイガニの成熟と産卵

渡 辺 安 廣*

Maturity and spawning of Tanner crab, *Chionoecetes bairdi* RATHBUN, in the Pacific coast of southern Hokkaido

Yasuhiro WATANABE

Maturity and spawning of Tanner crab, *Chionoecetes bairdi*, were examined in Funka Bay and the Pacific coast of southern Hokkaido. The samples were collected with gill nets or traps during February-November 1984 (except June and September) and February 1986-June 1987. The carapace width (CW) at which 50% of females exhibited orange ovaries was estimated to be 69㎜. The CW at which 50% of females and males were mature was estimated to be 84 and 113㎜, whereas the onset of maturity was estimated to be 70 and 75㎜ CW, respectively. Primiparous females extruded their eggs between July and September or January and May, while multiparous females extruded the eggs between January and May. Egg-hatching occured in both females between January and May. The number of eggs per brood decreased from an average of 234,000 eggs to 151,000 eggs between the stages just after the egg extrusion and the appearance of embryonic eyes. Mean length of uneyed eggs was 0.50㎜, while that of eyed eggs was 0.65㎜, the latter being significantly larger than the former.

はじめに

オオズワイガニ *Chionoecetes bairdi* RATHBUN は，東部ベーリング海からアリューシャン列島，アラスカ湾から北米オレゴン沖，カムチャッカ半島西岸，北見沖，北海道太平洋沿岸に分布する[1-5]。

本種は，ベーリング海，アラスカ湾で産業重要種となっている。日本近海では，同属のズワイガニ *C. opilio* (O. FABRICIUS) とベニズワイ *C. Japonicus* RATHBUN は重要な漁獲対象種であるが，オオズワイガニは漁獲の対象となっていなかった。しかし，1983年から道南太平洋沿岸，噴火湾内でカレイ刺し網に小型のカニ（甲幅40～50㎜）が混獲され始め，その後カニの成長に伴い漁獲量が急増し，1986年，1987年にはそれぞれ2,300 t，1,400 t に達したが，1988年，1989年には100 t 以下に激減した。このように，道南太平洋海域のオオズワイガニは一時的な増大を示し，消失してしまったかに見えたが，1990年には再び855 t

報文番号　A193（1992年10月13日受理）
*　北海道立中央水産試験場（Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046, Japan）

まで漁獲量が増加した。

日本近海でのオオズワイガニの研究は，分布に関するものがわずかにあるだけで[3, 5]，生態に関する知見は極めて少ない。本報告は，1984年から1987年の間に大量出現した群の生態調査から，成熟と産卵に関する資料を取りまとめたものである。

材料と方法

材料は，1984年2月から11月（6，9月を除く）と1986年2月から1987年6月にかけてFig. 1に示す道南太平洋海域で刺し網とケガニかごで漁獲されたものである。この海域では，オオズワイガニのかごによる漁業は禁止されており，ケガニかごによる漁獲物はケガニ資源調査時に漁獲されたものである。

全標本について甲幅（棘を除く最大幅），体重を計測し，あわせて甲殻状態の観察を行った。雄ではこの他に左の鉗脚長節長を測定し，雌では腹部の外部形態，腹肢付着卵（以下外卵という）の有無と発眼状態を調べた。なお，雄の鉗脚が再生により正常でないものは除いた。雌の標本から20～50尾を無作為に取り出し，外卵重量と卵巣重量を計り，それらの色彩も調べた。甲殻状態は，鰓域を指で押して容易にへこむ個体を軟甲とし，甲殻の色が暗褐色系でへこまない個体を硬甲とした。また，脱皮直前で旧甲殻の内面に新甲殻が形成されているカニを伊藤[6]にならい“フタカワガニ”とした。外卵は，胚発生が進んだ褐色系から黒色系の発眼卵と未発達でオレンジ色系の未発眼卵に区分した。卵巣は，Hilsinger[7]にならい白色系のものを未熟，オレンジ色系を熟度が進んだものとして区分した。

外卵数の計数は，1984年4月と10月の標本で行い，外卵を約10%のホルマリンで固定した後，そこから0.1ｇの卵塊を取り出し，これに含まれる全卵数を数え，これをもとに全体の外卵数を推測した。卵径の測定は，1984年4月の未発眼卵と1987年5月の発眼卵で行い，ホルマリンで固定後，万能投影機を用いて0.05㎜まで計測した。

成体と未成体の区分は，雌ではHilsinger[7]が報告した腹部の外部形態（成体では腹部の幅が広い）と外卵の有無により行った。また雄では，Brown and Powell[8]，Somerton[9]に従い甲幅と鉗脚長の相対成長に出現する性成熟に伴う不連続をもとに成体と未成体とを判別した。

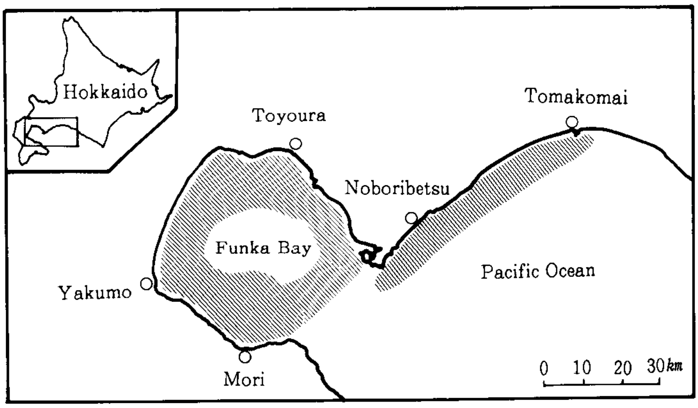

Fig. 1. Map showing study area, Funka Bay and the Pacific coast of southern Hokkaido.

結　　果

1．卵巣が成熟する大きさ

オオズワイガニ雌は，成体に達する時に最終脱皮（成熟脱皮）を行い，生殖門が開き初めて交尾が可能となる[10]。この最終脱皮直後に交尾と産卵が行われるが，卵巣の成熟はこの脱皮以前の未成体期で始まる[7]。未成体雌で熟度が進んだオレンジ色系の卵巣を持つ個体は，Fig. 2 Aに示すように甲幅60mmから出現し，全ての個体の卵巣が成熟する甲幅は86mm以上である。つぎに，Somerton[9]に従い甲幅階級（5mm間隔）毎に熟度の進んだ卵巣を持つ個体の割合（%）をLogistic式（$y=100/(1+\exp(a+bx))$）に適合させて50%甲幅（個体数の50%がその状態となる甲幅）を求めると，69mmと推定される（Fig. 2 B）。

2．成体の大きさ

雌が成体に達する最小甲幅は70mmであり，前述した手法で成体雌の50%甲幅を求めると84mmと推定される（Fig. 3）。なお，雌の最大未成体は甲幅96mmであり，最小成体と最大未成体との間には26mmの甲幅差がある。

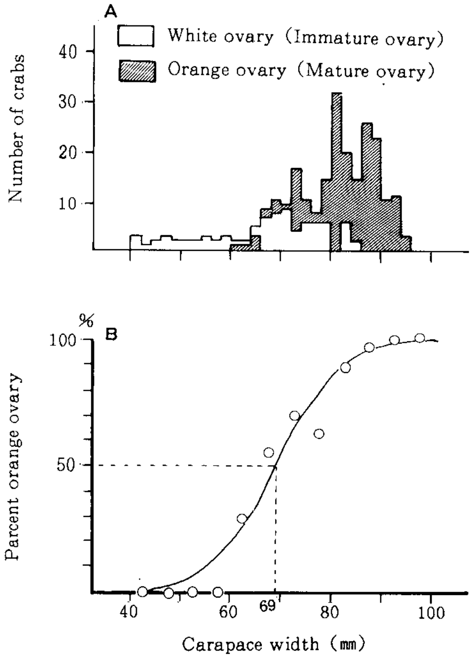

Fig. 2. Relation between carapace width and ovary maturity(A), and relationship between crapace width and percent orange ovary for immature female Tanner crabs in January-March 1984, 1986, and 1987(B). Dotted liens indicate the carapace width corresponding the 50% level of orange ovary appearance on the fitting logistic function (solid line). The logistic function is fitted to the percent orange ovary wihtin 5 mm carapace width intervals.

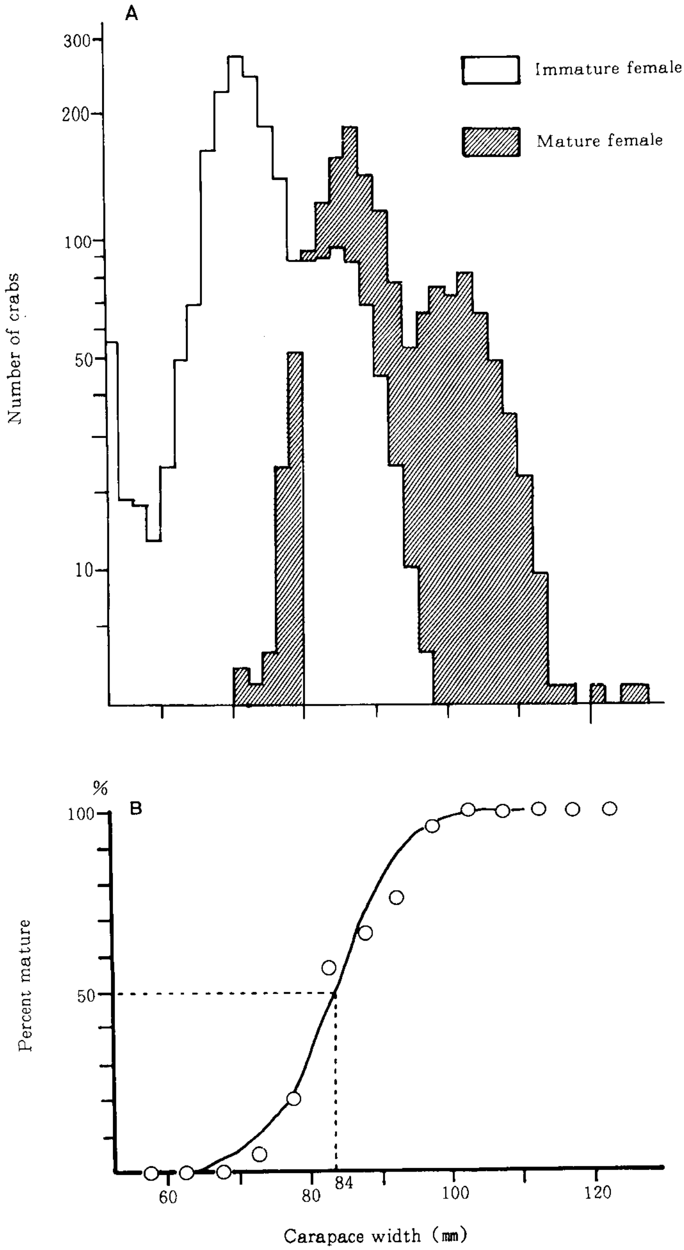

Fig. 3. Carapace width composition of female Tanner crabs from February to November 1984 and February 1986 to June 1987(A), and relationship between carapace width and percent mature for females(B). Dotted lines indicate the carapace width corresponding the 50% maturity level on the fitting logistic function (solid line). The logistic function is fitted to the percent mature wihtin 5 mm carapace width intervals.

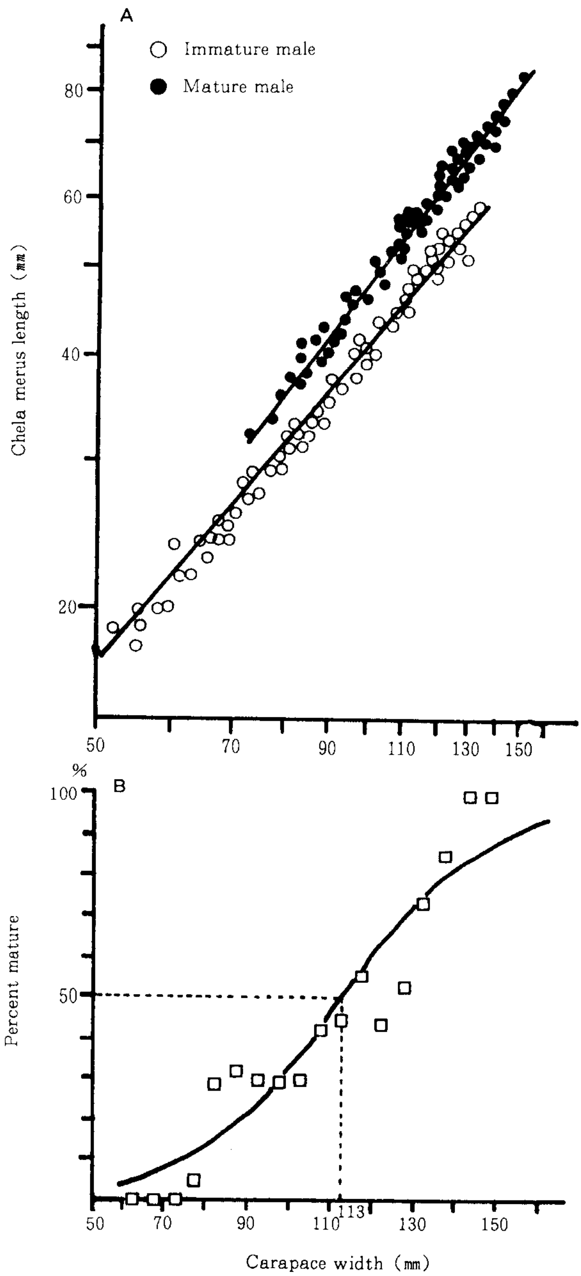

Fig. 4. Relative growth in chela merus length against carapace width(A), and relationship between carapace width and percent mature for male Tanner crabs from February to November 1984 and February 1986 to June 1987(B). Dotted lines indicate the carapace width corresponding the 50% maturity level on the fitting logistic function (solid line). The logistic function is fitted to the percent mature wihtin 5 mm carapace width intervals.

雄の最小成体は，Fig. 4 Aに示す甲幅と鉗脚長節長の関係から甲幅75㎜であり，成体に達する50%甲幅は113㎜と推定される（Fig. 4 B）。最大未成体の甲幅は133㎜で，最小成体との甲幅差は58㎜であり，雌のその差よりかなり大きい。

3．生殖腺指数（ＧＩ）の季節変化

未成体雌の場合は，Fig. 3 Aに示すようにその甲幅組成に複数のモードが認められ，標本

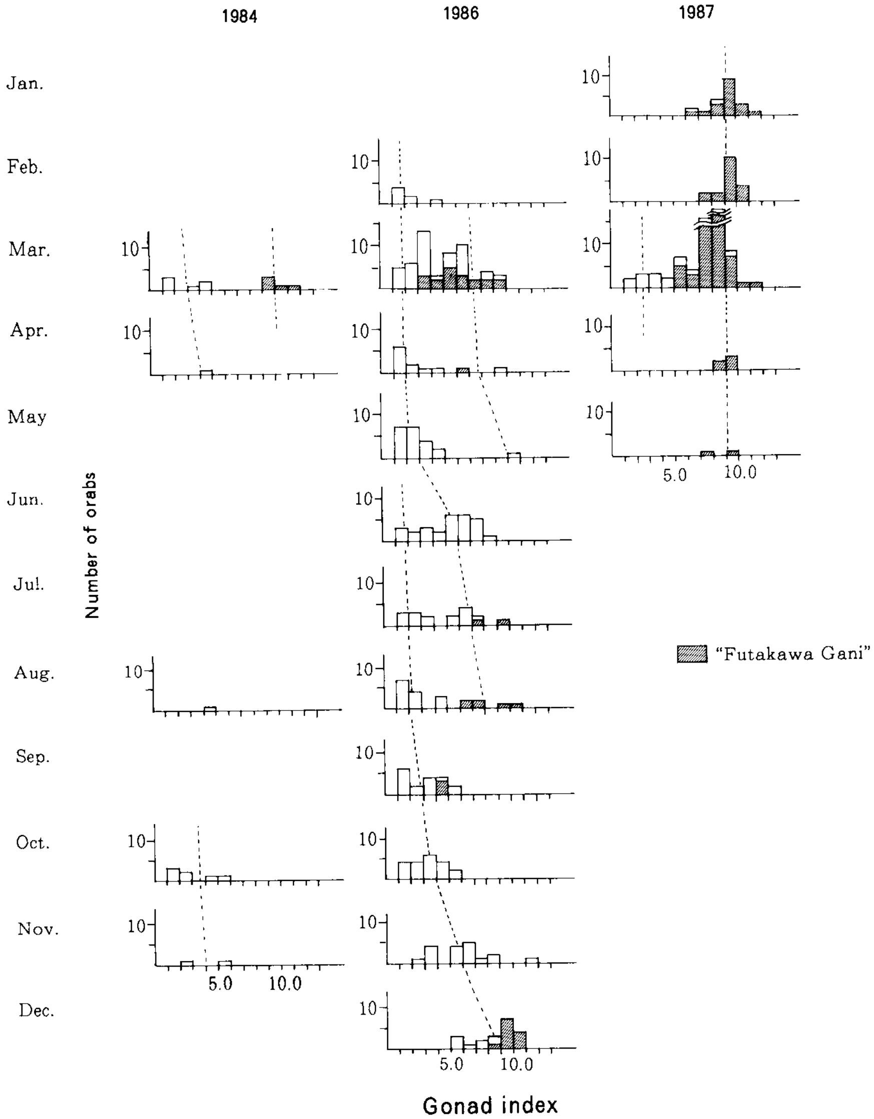

Fig. 5. Monthly change of gonad index of immature female Tanner crabs from February to Movember 1984 and February 1986 to June 1987. "Futakawa Gani" is female just before the final molt into the adult stage. Dotted lines indicate the mean of gonad index.

の中に複数の齢期群が含まれており，成体へ移行しない個体もある。これらの個体の卵巣は成熟しないと考えられる。したがって，白色系の卵巣は季節の推移に伴う変化が判然としないので除き，熟度がさらに進行すると考えられるオレンジ色系の卵巣の生殖腺指数（ＧＩ＝卵巣重量×100／（体重－外卵重量））の月別組成をFig. 5に示した。３月から８月までは低ＧＩ群（ＧＩ<5.0）と高ＧＩ群（ＧＩ≧5.0）の２群が認められる。1986年２月にＧＩの平均値が2.2の低ＧＩ群は５月まではその値が大きく増大しない。６月の高ＧＩ群は，平均値

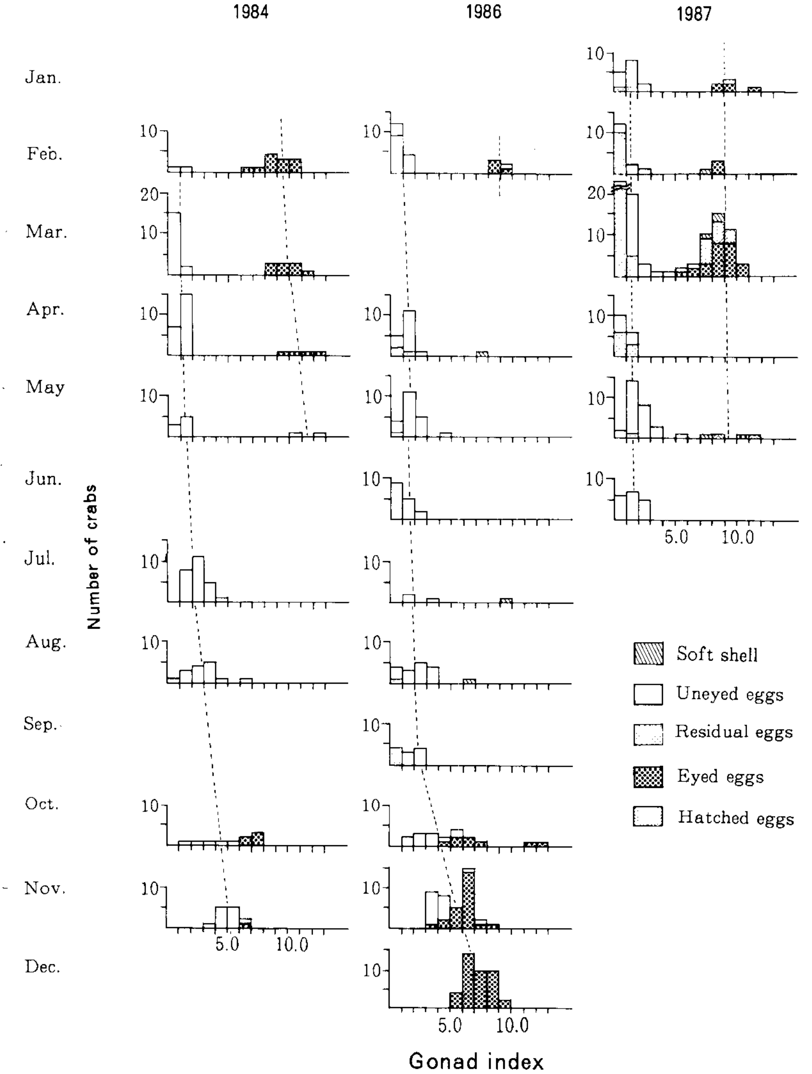

Fig. 6. Monthly change of gonad index of mature female Tanner crabs of the following stages from February to November 1984 and February 1986 to June 1987 : soft shell, females just after final molt and just before spawning ; uneyed eggs, females which carry eggs without conspicuous dark eyes ; eyed eggs, females which carry eggs with dark eyes ; residual eggs, females which have residual eggs in the spent ovaries; hatched eggs, females which have empty egg cases attached to the pleopods. Dotted lines indicate the mean of gonad index.

が5.9と前月より大きく低下し，個体数も増加することから，低ＧＩ群のＧＩ値が急増したものと考えられ，７月，８月には平均値7.0まで高くなる。同年６月の低ＧＩ群（平均ＧＩ値＝1.8）は10月まではあまり増大せず，それ以降急増し12月には最高値（平均ＧＩ値＝9.0）に達し，５月までそれが持続する。この様に，未成体雌のＧＩ値の変化には７月，８月に高くなる場合と12月から５月にかけて高い値に達する場合の２通りが認められる。しかも，この両時期に最終脱皮直前と考えられる“フタカワガニ”の個体も出現している。

成体雌では抱卵個体に着目すると，１月から５月の生殖腺指数（ＧＩ）の値には２群が認められる（Fig. 6）。卵巣が成熟した高ＧＩ群は主に発眼卵を抱卵した個体であり，また低ＧＩ群の多くは産卵直後の明るいオレンジ色の未発眼卵を抱卵し，白色の萎縮した卵巣内に残留卵を有する個体である。２月の平均1.0前後の低ＧＩ群は５月，６月ころまでほとんどＧＩ値が増加しないが，それ以降増大し10月ころから5.0以上の高ＧＩ群に移行し，１月に平均9.0の最高値に達し５月までその値を維持し，６月以降出現しなくなる。また，最終脱皮直後の産卵直前と考えられる軟甲個体は，２月から５月と７月，８月に見られる。なお，この個体のＧＩの値は6.0〜9.0である（Fig. 6）。

４．腹肢付着卵（外卵）の発生

季節の推移に伴う外卵の発生段階別出現状況をTable 1に示した。未発眼卵は12月を除く各月で見られるが，産卵直後と判断されるもの（白色の萎縮した卵巣内に残留卵がある）は１月から５月までと８月，９月に認められた。この１月から５月の産卵直後と考えられる雌の一部と８月，９月のそれは軟甲個体である。胚発生の進んだ発眼卵は10月から出現し５月まで見られ，１月以降はふ化間近いものである。ふ化後の空の卵殻を腹肢に持つ個体は２月から５月に認められる。

５．腹肢付着卵（外卵）の数と卵径

外卵の抱卵数は，４月の未発眼卵で８〜33万粒の範囲であり，平均23.4万粒（甲幅86〜121㎜）である。10月の発眼卵は９〜23万粒の範囲で，平均15.1万粒（甲幅84〜115㎜）である。外卵の抱卵数は甲幅の増大とともに増加する傾向が認められる（Fig. 7）。したがって，抱卵数と甲幅の関係をHaynes *et al.*[11]に従って両対数式で表すと次のようになる。

未発眼卵　$\log_e y = -7.1483 + 2.2108 \log_e x$
（$r = 0.653$, $n = 33$, $P < 0.001$）

発眼卵　$\log_e y = -11.1135 + 3.0159 \log_e x$
（$r = 0.946$, $n = 20$, $P < 0.001$）

ここで，ｙは抱卵数，ｘは甲幅である。次に，未発眼卵と発眼卵の抱卵数の差について共分散分析法を用いて検討すると，両回帰式の回帰係数には有意な差があるとは言えない（$F = 4.882$, $P > 0.05$）が，回帰切片は有意差があり（$F = 20.395$, $P < 0.001$），発眼卵の抱卵数は未発眼卵のそれよりも少なく，抱卵数は10月の発眼期までに約25%減少する。

卵径は，未発眼卵で平均0.50㎜（ＳＤ＝0.042），発眼卵で平均0.65㎜（ＳＤ＝0.017）あり，発眼卵の方が有意に大きい（$t = 15.48$, $df = 49$, $P < 0.001$）。

Table 1. Percent of each developmental stage (uneyed, eyed, and hatched) of external eggs attached to pleopods of female crabs in January-December, 1984, 1986, and 1987. Numbers in parentheses denote percent of females which have residual eggs in their spent ovaries : H, hard shelled females ; S, soft shelled females.

Date		Individuals observed	Uneyed eggs (H S)	Eyed eggs	Hatched eggs
1984	Feb.	15	13	87	
	Mar.	51	78	22	
	Apr.	66	86	14	
	May	22	86	4	10
	Jul.	30	100		
	Aug.	22	100		
	Oct.	11		100	
	Nov.	13		100	
1986	Feb.	29	86(17 28)	14	
	Mar.	46	100(37)		
	Apr.	21	100(19)		
	May	31	100(3)		
	Jun.	74	100		
	Jul.	20	100		
	Aug.	27	100(4)		
	Sep.	21	100(14)		
	Oct.	31	68	32	
	Nov.	140	37	63	
	Dec.	88		100	
1987	Jan.	46	89(7 2)	11	
	Feb.	110	42(14 5)	57	1
	Mar.	313	90(28 6)	12	8
	Apr.	43	100(51 5)		
	May	77	94(10)	3	3
	Jun.	52	100		

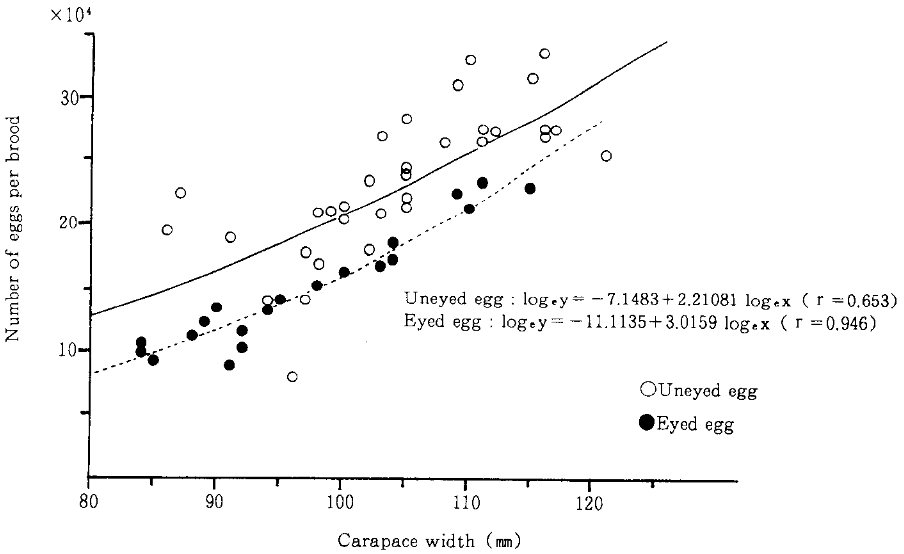

Fig. 7. Regression of brood size against carapace width of Tanner crabs in Funka Bay and the Pacific coast of southern Hokkaido in April (uneyed egg) and October (eyed egg) 1984.

考　　察

1．成体に達する大きさ

クモガニ科（Majidae）のカニは，一般に雌雄とも明らかな形態的変化を伴う成熟脱皮があり，それは最終脱皮でもあり，雌はこの脱皮までは生殖門の構造上交尾・産卵が不可能である[12]。オオズワイガニの雌も同じ成熟脱皮を行い，この脱皮が繁殖活動の開始を意味する。しかし，オオズワイガニでは多くのクモガニ科のカニと異なりこの脱皮前に卵巣が成熟し始める[7]。そして，この脱皮直後に交尾・産卵が行われる。したがって，卵巣が成熟し始める齢期と繁殖可能となる（成体に達する）齢期には差異があり，その大きさも異なる。また，この脱皮が最終脱皮であるため，雌は成体に達すると成長が止まる。

道南太平洋では卵巣が成熟し始める甲幅は60mmからで，その50%甲幅は69mmで，未熟な卵巣を持つ最大甲幅は85mmである。アラスカ湾では卵巣の成熟は甲幅55mmから認められ，50%甲幅は68mmであり[13]，両海域とも大きな差はない。道南太平洋の雌が成体に達する最小甲幅は70mmで，その50%甲幅は84mmで，最大未成体は甲幅96mmになっており，アラスカ湾とほぼ同じ大きさ（各々甲幅73mm，甲幅83mm，甲幅98mm）である[13]。

また，雄が成体に達する50%甲幅は113mmで，ベーリング海の甲幅109～117mm[14]，アラスカ湾の甲幅110mm[8]とほぼ同じである。雄では，最小成体（甲幅75mm）と最大未成体（甲幅133mm）の甲幅差が58mmあり，成体に達する甲幅範囲は広い。Donaldson *et al.*[13] が報告した年齢と成長の関係によると，この甲幅差は３齢期・３歳の幅に相当する。

2．産卵とふ化

初めての産卵（以下初産卵という）の時期は，未成体雌の生殖腺指数（ＧＩ）が７月，８月と12月から５月に高くなり，成熟脱皮直前の個体も同時期に出現する（Fig. 5）こと，さらに産卵まもないオレンジ色の未発眼卵を抱卵し萎縮した卵巣内に残留卵を持つ軟甲個体は８月，９月と１月から５月に見られる（Table 1）ことから，８月，９月にかけてと１月から５月の２期あると推定される。２回目以降の産卵（以下経産卵と呼ぶ）は，抱卵成体雌のＧＩ値が１月から５月に最高に達する（Fig. 6）こと，産卵直後と思われるオレンジ色の未発眼卵を抱卵する硬甲個体が１月から５月に出現することから，１月から５月に行われると考えられる。

アラスカ湾のオオズワイガニの経産卵個体の産卵期は５月，６月で，初産卵個体のそれは経産卵個体よりも早い12月末から５月初めであると報告されている[7,15]。日本海のズワイガニの初産卵の時期は，経産卵の時期（２月から４月）と異なり９月，10月と報告されている[6]。また，桜井他[16] は道東太平洋のケガニも初産卵が10月，11月，経産卵が３月から５月に行われると述べている。いずれの例も初産卵個体の産卵期は経産卵個体のそれと時期的に差異がある。しかし，道南太平洋のオオズワイガニの初産卵個体の産卵期は，経産卵個体のそれと異なる８月，９月およびそれと同じ１月から５月の２回見られ，前述した例と相違がある。松浦[17] は，ベーリング海のオオズワイガニの飼育実験などで初産卵の時期が２月から４月および６月，７月に観察されたと述べており，道南太平洋のオオズワイガニ同様初産卵個体の産卵期が２回あることを示唆している。ただ，道南海域の成体雌には大型と小型が認められ（Fig. 3 A），８月，９月に産卵する個体は小型で成体に達したものが多く，大型で

成体となったものは少ないことから，この初産卵の時期に見られる相違は成体に達する大きさとの関連性を示唆しているものと推察される。

ふ化期は，ふ化間近い発眼卵が1月から5月に認められ，またふ化済みの卵殻を腹肢に付着させている個体が2月から5月に出現していることから，1月から5月と考えられる。したがって，経産卵個体の抱卵期間は1年にわたるものと推定される。初産卵個体のそれは，1月から5月に産卵するものでは1年間と考えられるが，8月，9月に産卵するものでは4～9か月または1年4～9か月の両方考えられる。本種は2回目以降の産卵はふ化直後に行われるため[7]，抱卵期間は卵巣の成熟期間と一致することになる。Fig. 6を見ると，10月から12月にかけてＧＩ値が1.0未満の未熟な卵巣をもつ個体が認められず，8月，9月に産卵した個体は11月，12月にかけて卵巣が急激に発達し1月から5月に再び産卵することも考えられるので，4～9か月の抱卵期間の可能性が示唆される。しかし，1月から5月に産卵した個体の卵巣の成熟に1年を要すること，アラスカ湾のオオズワイガニ[15]や日本海のズワイガニ[18]では初産卵個体の抱卵期間が1年半であること，またケガニ（*Erimacrus isenbeckii*）[19]，タラバガニ（*Paralithodes camtschatica*）[20]，アブラガニ(*P. platypus*)[21]，ハナサキガニ（*P. brevipes*）[22]の抱卵期間が約1年またはそれ以上であると推定されていることから，本種の4～9か月の抱卵期間には疑問が残る。さらに，ズワイガニでは成体雌の成熟段階別の“すみわけ”が示唆されており[23]，10月から12月に卵巣が未熟で未発眼卵を抱卵する個体を採集できなかった可能性も否定できない。したがって，どちらの抱卵期間を考えるにしても明確な証拠を欠き，今後明らかにする必要がある。なお，8月，9月に産卵する初産卵個体の抱卵期間は経産卵個体のそれと差異がある。このことは，日本海のズワイガニやアラスカ湾のオオズワイガニでも見られるが不明な点が多く，今[18]が述べているように外卵の発生過程，ふ化に要する積算水温および生息環境の水温などさらに詳しく検討する必要がある。

3．腹肢付着卵（外卵）の数と卵径

道南太平洋でのオオズワイガニの外卵の抱卵数は，未発眼卵で平均23.4万粒（8～33万粒），発眼卵で平均15.1万粒（9～23万粒）であった。アラスカ湾では，未発眼卵で平均16.9万粒（3～32万粒），発眼卵で平均13.3万粒（2～31万粒）であり[7]，ベーリング海では未発眼卵の抱卵数が平均15.1万粒（7～40万粒）と報告されている[11]。そして，いずれの海域でも甲幅が大きくなるに従い抱卵数が増大する。同じ大きさの個体を比較すると道南太平洋の抱卵数はアラスカ湾のそれよりも多い。しかし，ベーリング海のそれとは同程度と考えられる。抱卵数は初産卵個体と経産卵個体とでは異なることが知られており[24]，アラスカ湾との抱卵数の差はこれらの個体の割合の差異に起因するとも考えられるが，現在のところ不明である。同属のズワイガニの抱卵数（未発眼卵）は多くの個体で3～8万粒（甲幅70～79㎜）で[25]，またベニズワイのそれは2～8万粒（甲幅50～90㎜）であり[26]，オオズワイガニ抱卵数よりもかなり少ない。短尾類（Brachyura）では，背甲内の体腔容積が抱卵サイズ（brood size）を制限する[27]ため，甲幅が大きく，後述するように小型卵を持つオオズワイガニが大きな繁殖能力を持つものと考えられる。

抱卵数が卵発生の進行とともに減少することは，ズワイガニ[28]やタラバガニ[29]でも報告されており，Hilsinger[7]はアラスカ湾のオオズワイガニの抱卵数の減少の原因について異常胚の死亡と卵魂内の寄生虫の捕食によるものと述べている。アラスカ湾のタラバガニではこの寄生虫により抱卵数が低下し，ある海域では加入量の減少の一因ともなっている[30]ため，

今後寄生虫による卵死亡にも着目していく必要があろう。

オオズワイガニの卵径は，未発眼卵で平均0.50mm，発眼卵で平均0.65mmであり，多くの十脚類（Decapoda）で報告されている[31]ように胚の発育に伴う増大傾向を示すと考えられる。これらの卵径はアラスカ湾（未発眼卵平均0.53mm，発眼卵平均0.66mm）[7]や南東ベーリング海（未発眼卵平均0.56mm）[11]で報告されていたものと同じ大きさである。他のズワイガニ属と比較すると，道南太平洋のズワイガニは平均0.67mm（ＳＤ＝0.034）*，日本海のベニズワイは0.58〜0.88mm，平均0.68mm[25]と推定されており，いずれも未発眼卵であるが，オオズワイガニよりも大型である。

要　　約

1984年から1987年にかけて道南太平洋海域に大量出現したオオズワイガニの成熟と産卵について検討し以下の結果を得た。

1．オオズワイガニの卵巣が成熟する最小甲幅は60mmで，その50％甲幅は69mmである。
2．雌が成体に達する最小甲幅は70mm，その50％甲幅は84mmであり，雄のそれは各々甲幅75mmと甲幅113mmと推定された。
3．産卵期は，卵巣の熟度指数などから経産卵では１月から５月，初産卵では８月，９月と１月から５月の２期と推定された。
4．ふ化期は腹肢付着卵の発生状態などから１月から５月と推定された。
5．抱卵期間は１月から５月に産卵する雌については１年と推定されたが，８月，９月に産卵する初産卵雌では４〜９か月と１年４〜９か月の両方の可能性が考えられた。
6．抱卵数は，未発眼期で８〜33万粒（平均23.4万粒），発眼卵期で９〜23万粒（15.1万粒）であり，卵発生の進行とともに減少する。卵径は前者で平均0.50mm，後者で平均0.65mmである。

文　　献

1）Garth, J. S.: Brachyura of the Pacific Coast of America. Oxyrhyncha. *Allan Hancock Pacif. Exp.* 21, 148−161（1958）

2）Hosie, M. J. and Gaumer, T. F.: Southern range extension of the Baird crab（*Chionoecetes bairdi* RATHBUN）. *Cal. Fish. Game.* 60, 44−47（1974）

3）Igarashi, T.: A list of marine decapod crustaceans from Hokkaido, deposited at the Fisheries Museum, Faculty of Fisheries, Hokkaido University. Ⅲ. Brachyura. *Fish. Mus., Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 13, 1−18（1970）

4）Fujita, H., Kawasaki, S. and Takeshita, T.: The occurrence of Baird crab, *Chionoecetes bairdi* RATHBUN, in the waters off western Kamchatka. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.* 15, 91−99（1977）

＊　渡辺（未発表資料）

5) 武田正倫，林　浩之：道東太平洋岸産の異尾，短尾甲殻類の生物地理．日本生物地理学会会報．45 (7)，51－59 (1990)

6) 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 I：初産卵時期と初産群から経産群への添加過程について．日水研報告．17，67－84 (1967)

7) Hilsinger, J. R.: Aspects of the reproductive biology of female snow crab, *Chionoecetes bairdi*, from Prince William Sound and the adjacent Gulf of Alaska. *Mar. Sci. Commun.* 2, 201－225 (1976)

8) Brown, R. B. and Powell, G. C.: Size at maturity in the male Alaskan tanner crab, *Chionoecetes bairdi*, as determined by chela allometry, reproductive tract weights, and size of precopulatory males. *J. Fish. Res. Board Can.* 29, 423－427 (1972)

9) Somerton, D. A.: A computer technique for estimating the size of sexual maturity in crabs. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37, 1488－1494 (1980)

10) Adams, A. E. and Paull, A. J.: Male parent size, sperm storage and egg production in the crab *Chionoecetes bairdi* (Decapoda, Majidae). *Int. J. Invert. Reprod.* 6, 181－187 (1983)

11) Haynes, E., Karinen, J. F., Watoson, J., and Hopson, D. J.: Relation of number of eggs and egg length to carapace width in the brachyuran crabs *Chionoecetes bairdi* and *C. opilio* from the southeastern Bering Ses and *C. opilio* from the Gulf of St. Lawrence. *J. Fish. Res. Board Can.* 33, 2592－2595 (1976)

12) Hartnoll, R. G.: The biology of spider crabs: a comparison of British and Jamaican species. *Crustaceana.* 9, 1－16 (1965)

13) Donaldson, W. E., Cooney, R. T. and Hilsinger, J. R.: Growth, age and size at maturity of Tanner crab, *Chionoecetes bairdi* M. J. RATHBUN, in the northern Gulf of Alaska (Decapoda, Brachyura). *Crustaceana.* 40, 286－302 (1981)

14) Somerton, D. A.: Regional variation in the size of maturity of two species of Tanner crab (*Chionoecetes bairdi* and *opilio*) in the eastern Bering Sea, and its use in defining management subareas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38, 163－174 (1981)

15) Donaldson, W. E. and Adams, A. E.: Ethogram of behavior with emphasis on mating for the Tanner crab *Chionoecetes bairdi* RATHBUN. *J. Crust. Biol.* 9, 37－53 (1989)

16) 桜井基博，山代昭三，尾身東美，阿部晃治：“II－4－(2) カニ”．釧路のさかなと漁業．釧路市，1972，146－152 (釧路叢書，13)

17) 松浦修平：“6．ズワイガニ”．エビ・カニ類の種苗生産 (平野礼次郎編)．東京，恒星社厚生閣，1988，76－91 (水産学シリーズ，71)

18) 今　攸：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，1－64 (1980)

19) 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)，4－12 (1940)

20) 丸川久俊：たらばがに調査．水産試験場報告．4，1－152 (1933)

21) 笹川康雄：西部ベーリング海のアブラガニ資源に関する研究－I：産卵周期．日水誌．39 (10)，1031－1037 (1973)

22) 佐藤　栄，阿部芳吉：「ハナサキガニ」の産卵数に就いて．北水試旬報.481,(1941)

23) 山崎　淳, 生田哲郎, 西広富夫, 内野　憲：京都府沖合海域におけるズワイガニの生態に関する研究－Ⅲ：成熟・産卵にともなう雌ガニの分布. 京都海洋センター研報. 9, 17－22 (1985)

24) Somerton, D. A. and Meyers, W. S. : Fecundity differences between primiparous and multiparous female Alaskan tanner crab (*Chionoecetes bairdi*). *J. Crust. Biol.* 3, 183－186 (1983)

25) 伊藤勝千代：ズワイガニの卵の熟度についての2, 3の考察. 日水研報告. 11, 65－76 (1963)

26) 伊藤勝千代：日本海におけるベニズワイの成熟と産卵, とくに産卵周期について. 日水研報告. 27, 59－74 (1976)

27) Hines, A. H. : Allometric constraints and vaiables of reproductive effort in brachyuran crabs. *Mar. Biol.* 69, 309－320 (1982)

28) 今　攸：ズワイガニに関する漁業生物学的研究－Ⅳ：卵巣内卵数および抱卵数. 日水誌. 40(5), 465－469 (1974)

29) 竹下貢二, 松浦修平：北太平洋のタラバガニ－Ⅰ：生殖と成長. 栽培技研. 18, 35－43 (1989)

30) Kuris, A. M., Biau, S. F., Paul, A. J., Shields, J. D. and Wickham, D. E.: Infestation by brood symbionts and their impact on egg mortality of the red king crab, *Paralithodes camtschatica*, in Alaska : geographic and temporal variation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48, 559－568 (1991)

31) Wear, R. G. : Incubation in British decapod Crustacea, and the effects of temperature on the rate and success of embryonic development. *J. mar. bio. Ass. U. K.* 54, 745－762 (1974)