北水試研報　55,173－183(1999)
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長

渡辺 安廣 *1, 丸山 秀佳 *2

Growth of the Tanner crab, *Chionoecetes bairdi* RATHBUN, on the Pacific coast of southern Hokkaido

Yasuhiro WATANABE *1 and Shuka MARUYAMA *2

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 Ⅷ, 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[1]。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，ベー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.*[2] の報告だけである。本報告は，前報[1] 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[3] 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[4] の方法を用いて複数の正規分布に分離した。

報文番号　A 303（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)

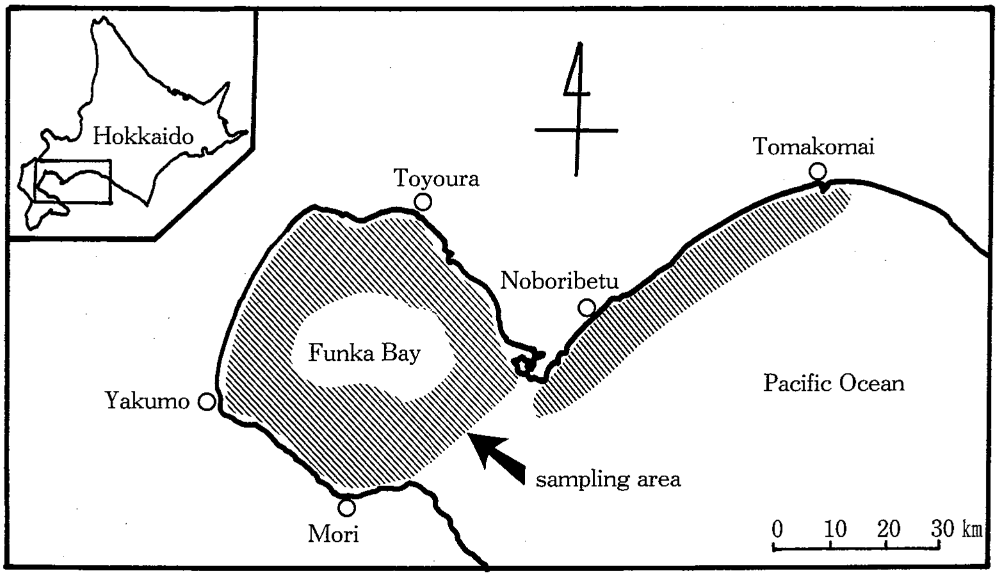

Fig. 1. Map showing the study area, Funka Bay and the Pacific coast of southern Hokkaido.

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
	Nov.	gill net	77		77	49		49
1986	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。

$$Y = -121.35 \ln CW + 97.61 \ln CL + 186.8$$

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[5] 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，おのお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.*[2] 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[6] 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[7] 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，

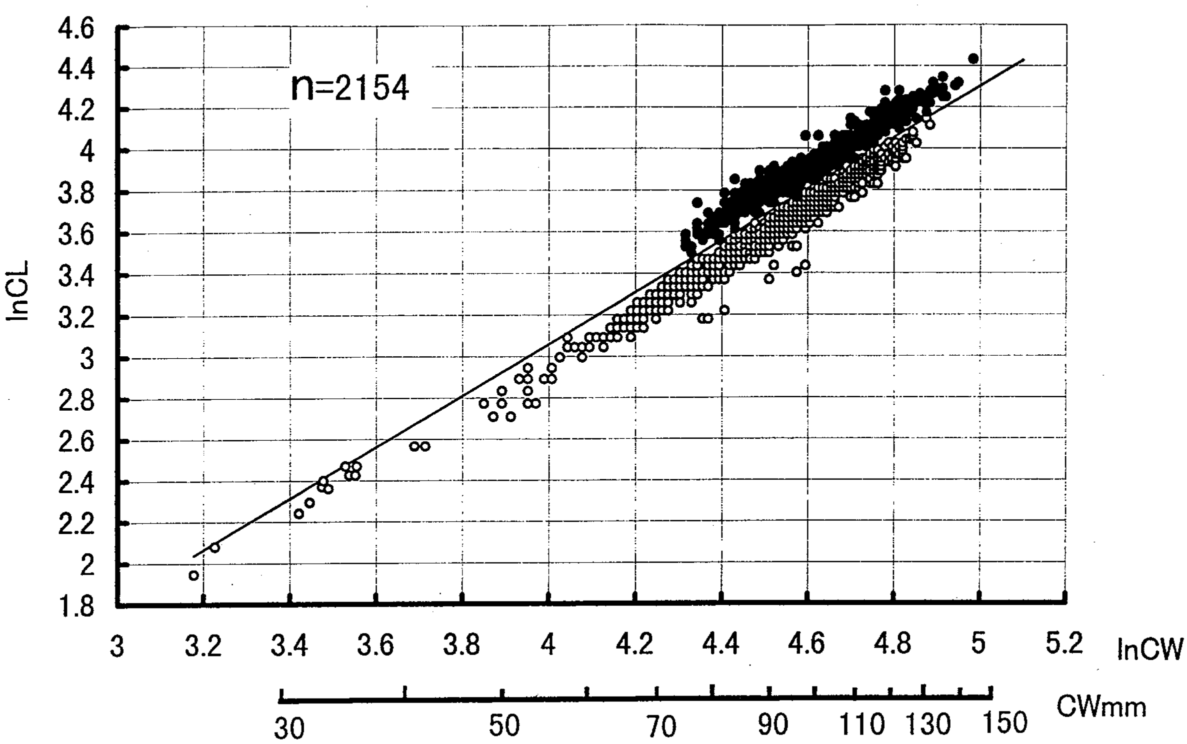

Fig. 2. Realtionship between chela length (CL) and carapace width (CW) in natural logarithms for male Tanner crabs. The line indicates the linear discriminant function. Open and solid circles indicate juvenile and adult males, respectively.

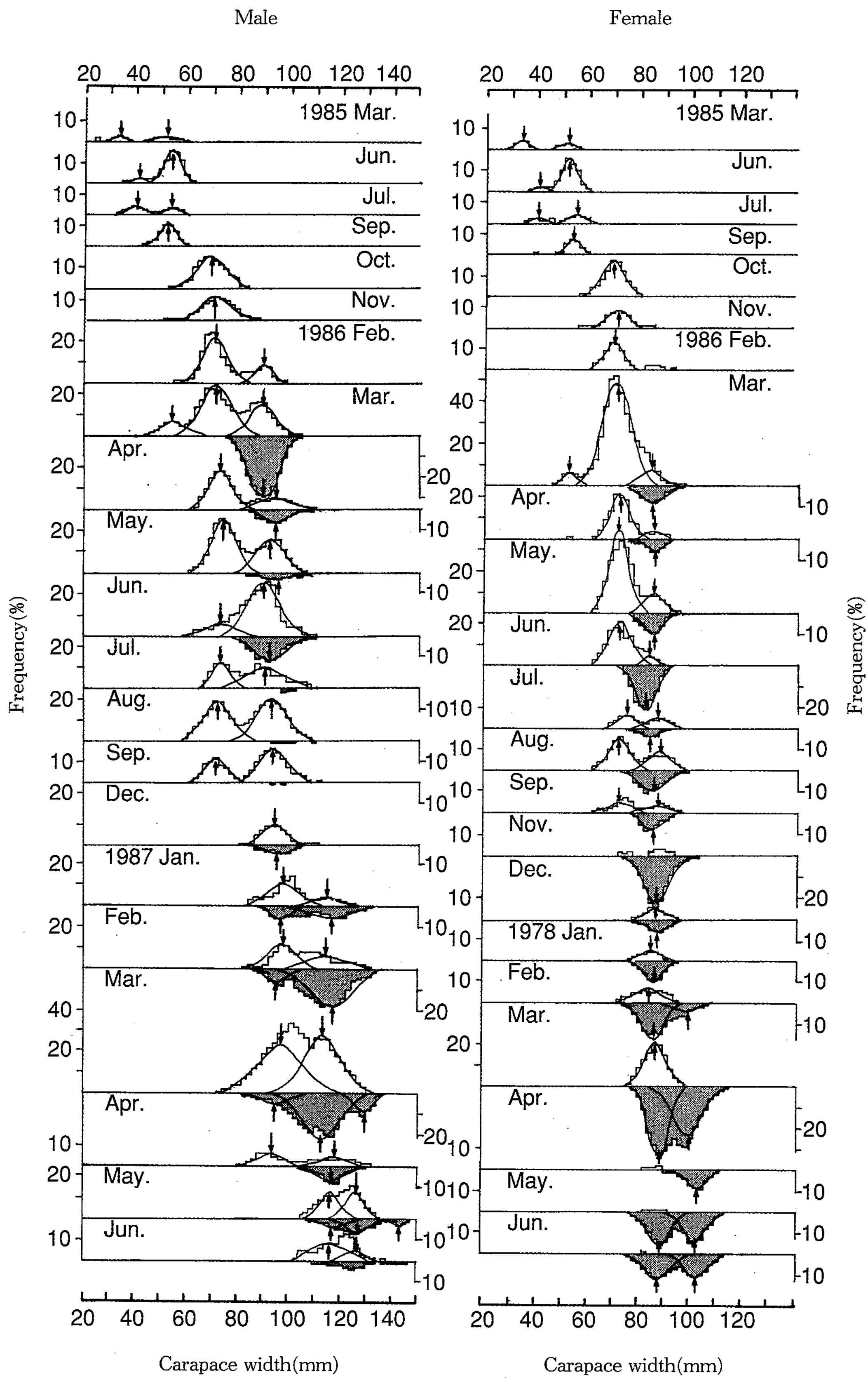

Fig. 3. Size frequency distributions for male and female Tanner crabs caught by crab pots and gill nets, with fitted normal curves to the distribution of each instar. White and black areas indicate juvenile and adult crabs, respectively. Arrows indicate the mean CW of each instar.

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	Juvenile	Juvenile	Juvenile	Juvenile	Adult	Juvenile	Adult	Juvenile	Adult	Adult
1985	Mar.	Male	33±2.4		52.0±4.7								
		Female	32.9±2.3		51.6±3.5								
	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											
		Female						87.2±4.8					
	Dec.	Male					93.6±5.1	95.1±4.8					
		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 x^2 test of goodness of fit between the observed size frequency distributions and fitted normal curves.

Sex		Male								Female							
Stage		Juvenile				Adult				Juvenile				Adult			
Year	Month	N	χ^2	d.f.	P	N	χ^2	d.f.	P	N	χ^2	d.f.	P	N	χ^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齢期群が見られる。ここで最小の齢期群（平均甲幅33mm）をn齢期群とすると，1985年3月は雌雄共にn齢期群とn＋2齢期群（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，齢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齢期群（平均甲幅40mm前後）とn＋2齢期群が出現し，10，11月はn＋3齢期群（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齢期群（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齢期群が再び出現し，さらに成体期のn＋4齢期群（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齢期群とn＋4齢期の未成体群とn＋4齢期の成体群が認められ，12月にはn＋4齢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齢期とn＋5齢期（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齢期（平均甲幅128mm前後）の成体群が加わり，5月にはn＋4齢期群が見られなくなり，n＋6齢期の未成体群とn＋7齢期（平均甲幅141mm）の成体群が加わった。雌では，1月はn＋4齢期群のみが見られ，2，3月はn＋5齢期（平均甲幅100mm前後）の成体群が出現し，4月以降はn＋4齢期とn＋5齢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齢期群から差が認められた。しかし，同一齢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[8,9]。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[10]，Paul and Fuji[11] 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。

齢期と成長の関係　ここでは平均甲幅33mm以下の齢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の異なる齢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[12]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[1]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[3]ので未成体期にのみ適用した。

定差成長式（$L_{n+1}=aL_n+b$）の計算結果は次のとおりである。

雄　未成体期　$L_{n+1}=1.260L_n+1.439$　（$r^2=0.996$）

　　成体期　$L_{n+1}=0.692L_n+50.862$　（$r^2=0.958$）

雌　未成体期　$L_{n+1}=1.334L_n-0.670$　（$r^2=0.993$）

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$L_{n+1}=1.272L_n+1.058$（$r^2=0.997$）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，Ⅰ齢期の甲幅をDonaldson *et al.*[2]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Ⅲ齢期，平均甲幅5.0mmの群はⅡ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Ⅳ齢期群からⅥ齢期群に相当する（Table 5）。さらに，Ⅶ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Ⅰ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。ⅩⅢ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。ⅩⅣ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，ⅩⅢ齢期では約1年と考えられる。

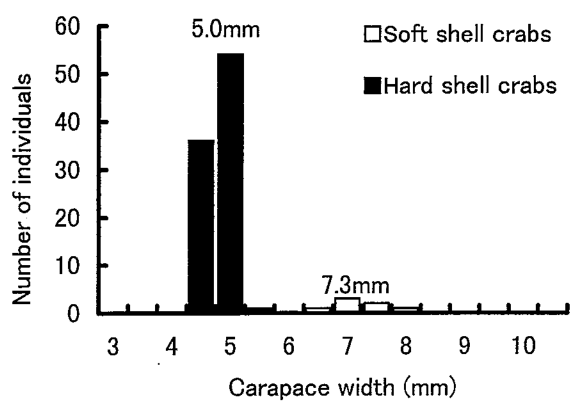

Fig. 4. Size frequency distribution for unsexed Tanner crabs collected by beam trawl in August 1984 on the Pacific coast of Tokachi, eastern Hokkaido. Numbers above the modes indicate the mean carapace widths(Torisawa, unpublished data).

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) Male	Observed CW (mm) Female	Predicted CW (mm)	Age (months after settlement)
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
ⅩⅠ	71.3	71.7	72.0	20
ⅩⅡ	93.2	86.6		26
ⅩⅢ	116.0	101.3		32
ⅩⅣ	128.0			44
ⅩⅤ	142.0			56

*, sex undetermined juvenile

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[1]，浮遊幼生期（ゾエア2期とメガロパ期）の期間をベーリン

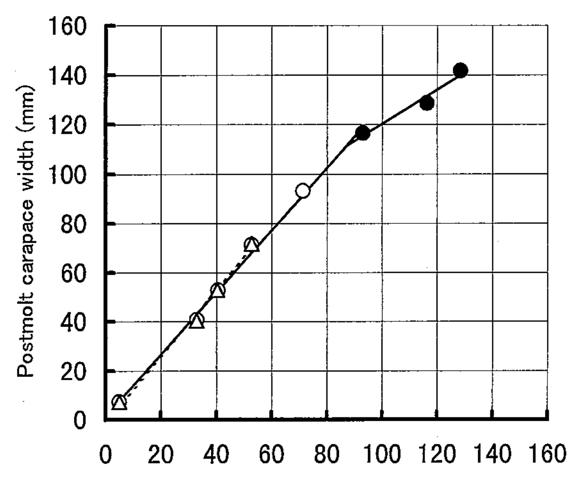

Fig. 5. Graphic representation of Hiatt growth models for juvenile and adult male and juvenile female Tanner crabs. Open and solid circles indicate juvenile and adult males and open triangles indicate juvenile females, respectively. The solid and broken lines indicate the Hiatt growth equations for males and females, respectively.

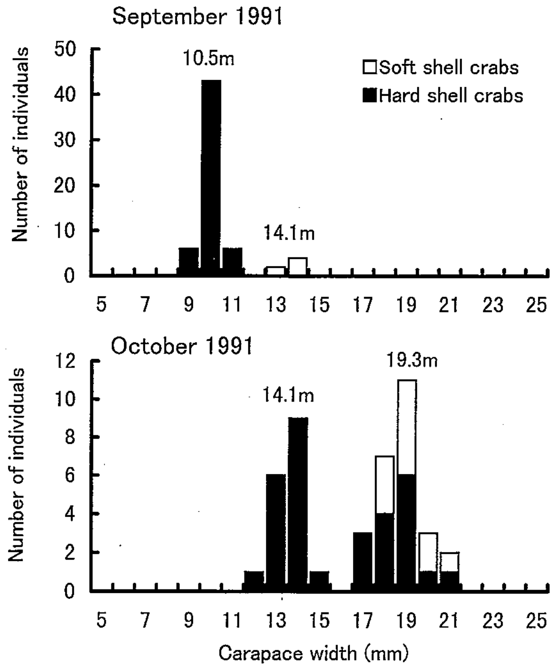

Fig. 6. Size frequency distributions for unsexed Tanner crabs collected by beam trawl in September and October 1991 on the Pacific coast of Kushiro, eastern Hokkaido. Numbers above the modes indicate the mean carapace widths(Sasaki, unpubilshed data).

グ海で報告されている約3カ月[13]と仮定すると，Fig. 4に見られる8月のⅡ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Ⅲ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Ⅴ齢期群（平均甲幅14.1mm），10月下旬にはⅤ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.*[2]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[14]，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[15]と報告されていて，これらから考えると，Ⅲ～Ⅵ齢期群は年に違いはあるが，8月のⅡ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。Ⅱ齢期からⅢ齢期への移行時期が8月上旬，Ⅳ齢期からⅤ齢期へは9月中旬，Ⅴ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，Ⅲ，Ⅳ齢期は0.5カ月，Ⅴ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

Stage		Juvenile								Adult							
Instar		X→XI		XI→XII		XII→XIII		XIII→XIV		XI→XII		XII→XIII		XIII→XIV		XIV→XV	
Year	Month	%	Number	%	Number	%	Number	%	Number	%	Number	%	Number	%	Number	%	Number
1986	Feb.	29.6	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	27.9	544	1.0	293			36.4	256						
	Sep.	0	60	35.9	167	0	107			41.9	62						
	Nov.																
	Dec.			5.0	60	5.2	60			0	21						
1987	Jan.			1.3	77	24.7	102	4.0	25	3.1	32	29.5	133	4.0	25		
	Feb.			0	85	13.4	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	9.3	129			8.6	35	13.8	80	3.9	76
	Jun.					4.8	42	3.3	50			13.6	22	10.9	55	0	52

(B) Females

Stage		Juvenile				Adult			
Instar		X→XI		XI→XII		XI→XII		XII→XIII	
Year	Month	%	Number	%	Number	%	Number	%	Number
1986	Feb.	30.5	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	28.8	128	26.7	138		
	Sep.	0	30	33.3	48	21.9	73		
	Nov.			0	18	0	135		
	Dec.			12.5	40	13.5	37		
1987	Jan.			22.2	36	21.8	55		
	Feb.			24.0	50	23.8	122	85.4	48
	Mar.			0.7	142	5.4	241	25.3	225
	Apr.			0	5			61.4	44
	May			0	7	1.1	88	6.0	84
	Jun.			0	1	0	72	0	69

Fig. 3に見られる1985年3月に出現したⅧ齢期群（平均甲幅33mm）は，Ⅺ齢期（平均甲幅71mm）とⅫ齢期（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，一般に若齢期群の脱皮間隔は高齢期群のそれより短い[10]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齢期群から成長したものと推測できる。したがって，このⅧ齢期群はふ出から1年を経た群と思われる。このⅧ齢期群は，6，7月に出現したⅨ齢期群（平均甲幅40mm）へと成長する。1985年3月に出現したⅩ齢期群（平均甲幅52mm）は10月にはⅪ齢期群へ成長する。1986年の2月のⅪ齢期群は,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齢期群と連続したものではない。2月のⅪ齢期群は1985年6，7月に出現したⅨ齢期群から成長するものと思われ，この群へ成長するⅩ齢期群が1986年3月にまだ見られた。1986年2月に出現したⅫ齢期群は1985年10月のⅪ齢期群が脱皮成長したと思われる。1986年のⅪ齢期群は11月以降雄では出現しなくなり，雌では大きく減少し，Ⅺ齢期群からⅫ齢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齢期群に成長する。1986年のⅫ齢期群は,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ⅩⅢ齢期群が見られないが，9月以降にはⅩⅢ齢期群（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齢期群は，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[3]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ⅩⅢ齢期へ成長したものと推測される。

次に，Ⅰ，Ⅱ齢期とⅥ～Ⅹ齢期の脱皮間隔を考える。Ⅰ，Ⅱ齢期の脱皮間隔は，Ⅲ，Ⅳ齢期では0.5カ月と推定されていること，若齢期の脱皮間隔は高齢期のそれより短いことから0.5カ月かそれ以下と考えられる。Ⅵ，Ⅶ齢期の脱皮間隔は，Ⅵ齢期の出現からⅧ齢期の出現の間隔が5カ月であることから,2.5カ月と推定できる。Ⅷ齢期のそれは，3月に出現したⅧ齢期群が6，7月にⅨ齢期へ脱皮するので，3カ月と推定できる。Ⅹ齢期では，3月に出現した群が10月にはⅪ齢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齢期の脱皮間隔は，6，7月に出現したⅨ齢期群が翌年の2，3月にはⅪ齢期群へ成長すること，Ⅹ齢期群の脱皮間隔が6カ月と推定されたことから，3カ月と考えられる。以上のことから各齢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齢期群とⅩ齢期群は，Ⅷ齢期群が着底後8カ月，Ⅹ齢期群が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カ月間にわたっている[1]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齢期で甲幅30mm台に達し，ⅩⅣ齢期で甲幅90mm以上の成体になると報告されており[2]，道南太平洋のオオズワイガニよりも成長が1，2齢期遅いことになる。ズワイガニでは，日本海[16]及び北西大西洋[17]ともにⅧ齢期で甲幅30mm台に達し，この齢期までは各齢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）。ズワイガニでは齢期と成長の海域による差違は見られないが，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，Donaldoson *et al.*[2] 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,6.5年で甲幅30mm台に成長し,9.5年でⅪ齢期の成体（雌；甲幅77mm，雄；甲幅80mm）に達する[16]。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[13]と仮定すると，ふ出後1年で甲幅30mm（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[9,18]。水温が高いほど成長が早いことは，タラバガニ（*Paralithodes camtschaticus*）[19,20]，イチョウガニの一種（*Cancer magister*）[21]，ケガニ[22]，ズワイガニ[23]でも報告されている。小林[23]は，日本海のズワイガニをⅠ齢期から成体（ⅪまたはⅫ齢期）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[16]の約1/2，8℃区では約1/5の期間である。今[16]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[24]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*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 fonud 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 *et al.* (1995)	Donaldson *et al.* (1981)		This study	
	Male	Female	Male	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
XI	80.0	77.4	79.79	55.0	53.6	71.3	71.7
XII	93.4		96.67	69.5	67.8	93.2	86.6
XIII	105.6		115.34	86.7	82.7	116.4	101.3
XIV	116.7		135.99	108.5	97.0	128.4	
XV	126.8			131.8		141.7	
XVI	135.9			156.8			
XVII	144.2			183.5			
XVIII				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違は見られず，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（$L_{n+1}=1.272L_n+1.058$）とⅠ齢期の甲幅を３mm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，鈴内孝行：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 Ⅲ　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 cllected the plankton. *Mar. Biol.* 84, 93－100 (1984)

14）阿部晃冶，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　攸：ズワイガニ *Chinoecetes 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－Ⅰ（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).