甲幅組成から推定された富山湾における 若齢ベニズワイの成長

前田 経雄,^{a*} 辻本 良

(2007 年 9 月 11 日受付, 2007 年 12 月 17 日受理)

富山県水産試験場

Growth of the juvenile red snow crab *Chionoecetes japonicus* in Toyama Bay
estimated from carapace width frequency distribution

TSUNEO MAEDA AND RYO TSUJIMOTO

Toyama Prefectural Fisheries Research Institute, Namerikawa, Toyama 936-8536, Japan

Red snow crab *Chionoecetes japonicus* were collected from the central part of Toyama Bay at the depth of about 1,000–1,250 m by a beam trawl in summer and winter from 2000 to 2006, in order to investigate their growth in the juvenile stage. Carapace width (CW) measurement revealed six modes of size-frequency distribution in the range of 5–40 mm CW in both males and females. Dividing into the six normal distributions, the mean size in CW in each one was estimated to be 6.4, 9.2, 13.3, 18.0, 25.4 and 33.7 mm in males, and 6.5, 9.0, 12.7, 17.9, 24.3 and 32.6 mm in females, which were thought to mean CW at the 3rd to 8th instars, respectively. There was a tendency for crabs in the 4th and 6th instars to occur dominantly in summer and in the 5th instar to do so in winter.

キーワード : *Chionoecetes japonicus*, 甲幅組成, 成長, 富山湾, ベニズワイ

ベニズワイ *Chionoecetes japonicus* は日本海における重要な水産資源の 1 つであり, 1984 年には日本海 (北海道を除いた本州沿岸) における漁獲量が 53,000 トンのピークに達した。しかしながら, その後漁獲量は減少傾向にあることから, 資源状態の悪化が懸念されており, 2005 年度には, 国および関係県により日本海沖合資源を対象とした資源回復計画が策定された。今後, 本種の資源管理をより効果的に推進して行くためには, 年齢や成長などの生物学的基礎知見が必要であるが, 依然として不明な点が残されている。

ベニズワイを含む甲殻類の成長を明らかにする手法として, Hartnoll¹⁾は, 飼育個体の脱皮成長を観察する方法, 標識放流個体の再捕調査, サイズ頻度分布に見られるモードから年齢別サイズを推定する方法, ならびに脱皮 1 回あたりの成長量と脱皮間隔データを組み合わせる方法の 4 つを挙げている。ベニズワイについても前田, 辻本²⁾は, 飼育実験により本種の脱皮 1 回あたりの甲幅

成長量や脱皮間隔に関するデータを得ているが, 調査されたサイズの範囲が限定されていることや, 特に雄についてはデータ数が少ないことなどから, 本種の成長過程の全貌を明らかにするには至っていない。一方, 甲幅組成から年齢別のサイズを推定する研究がこれまでにされており, 鈴木ら³⁾は甲幅約 3~8 mm の稚ガニにおいて 3 つの年齢群の, 日本海区水産研究所⁴⁾ならびに渡辺, 鈴内⁵⁾は, 雄の甲幅約 20~90 mm および 20~150 mm において, それぞれ 5 齢および 12 齢群の甲幅を推定している。しかしながら, これらの中間のサイズにあたる甲幅 8~20 mm においては, どれだけの年齢が存在するのか, さらにそれらの年齢別サイズは明らかとはされていない。

そこで本研究では, 富山湾においてソリネットを用いて小型のベニズワイを採集し, それらの甲幅組成をもとに年齢別の平均甲幅を推定することにより, 本種の若齢期における成長過程を明らかにしようと試みた。

* Tel : 81-76-444-3293. Fax : 81-76-444-4412. Email : tsuneo.maeda@pref.toyama.lg.jp

^a 現所属 : 富山県水産漁港課 (Fisheries and Fishing Port Division, Toyama Prefectural Government, Toyama 930-8501, Japan)

Table 1 Number and distance of beam trawl hauling in Toyama Bay from June 2000 to February 2006

Year	Date	Depth (m)	Distance (m)	Number of haul
2000	June 5-7 and 27-29	1,064-1,145	12,599	8
	Aug. 21-23	1,078-1,125	11,483	6
2001	July 16-18	1,097-1,168	10,895	6
2002	July 23-25	1,093-1,255	9,485	6*
	Aug. 6-8	1,065-1,165	11,683	6
2003	Jan. 20 and 22	1,040-1,076	3,405	2
	Feb. 24 and 25	1,012-1,131	6,051	3
2004	Jan. 16, 20 and 21	1,040-1,059	6,057	4*
	Feb. 7 and 8	1,082-1,102	7,725	4
2005	June 7, 8 and 13-15	1,104-1,172	21,376	9
	Feb. 6-8	1,125-1,180	12,612	5
total			113,371	59

* includes a haul for half an hour

試料および方法

ベニズワイの採集は、2000～2006年の冬季（1～2月）あるいは夏季（6～8月）に行った（Table 1）。採集漁具は、渡部、山崎⁶⁾を参考に製作されたソリ型曳航台に、幅 150 cm、高さ 35 cm、目合 1 cm のネットを装着したソリネットを使用した。調査海域は、富山湾中央部の水深約 1,000～1,250 m の海域（Fig. 1）とし、ソリネットの曳網定線は、調査海域付近に敷設された漁業者のかご漁具を避けて、調査日ごとに調査海域内に設定した。富山県水産試験場の漁業調査船立山丸（160 トン）から、ソリネットを海底に降ろして、船速約 1 ノットで、原則として 1 回あたり 1 時間曳網した。GPS で測位された船の位置から曳網距離を算出したところ、1 時間あたり平均曳網距離は 1,955 m (SD=421 m, $n=57$) であった。なお、2002 年 7 月および 2004 年 1 月には、30 分間の曳網（距離 1,110 m および 844 m）をそれぞれ 1 回ずつ行った。調査月ごとの曳網回数および距離は Table 1 に示すとおりであった。

採集された漁獲物の中からズワイガニ類を船上にて選別し、凍結または、95% エタノールで固定・保存、あるいは冷海水で活かして保持のいずれかの方法で実験室に持ち帰った。富山湾にはベニズワイと同属のズワイガニ *C. opilio* が分布していることから、採集された個体がいずれの種であるかを深滝⁷⁾に従い識別した。特に甲幅約 40 mm 未満の小型個体については、ベニズワイの特徴として、甲幅の最大部付近の左右に各 1 本の小棘が存在すること⁷⁾に着目して、識別を行った。その結果、本研究で採集された個体はすべてベニズワイと同定

Fig. 1 Map of the sampling area for red snow crab *Chionoecetes japonicus* in Toyama Bay in summer and winter from 2000 to 2006.

された。実験室に持ち帰ったサンプルは、腹節の形態を肉眼で観察することにより雌雄の判別を行った。ただし、腹節の形態の雌雄差が不明瞭な小型個体（甲幅約 10 mm 以下）については、必要に応じて実体顕微鏡を用いて腹肢の観察を行い、ほぼ同じ大きさの腹肢が 4 対（計 8 本）確認できたものを雌、第 1 腹肢が大きな交尾器となっているものを雄⁸⁾として、雌雄判別を行った。なお、甲幅約 7 mm 未満で腹肢が未発達な個体や、腹節が破損したために雌雄判別ができなかった個体については、性別不明として扱った。雌と判別された個体については、さらに、腹節の形態により形態的未成体と成体⁹⁾に区分した。甲幅の測定はデジタルノギスを用いて 0.1 mm の精度で行った。このようにして得られた雌雄別の甲幅組成を、相澤・滝口¹⁰⁾の方法に従い複数の正規分布に分解し、各脱皮齢の頻度、平均甲幅および標準偏差を推定した。

結 果

本研究におけるすべての個体（計 1,901 個体）を用いた甲幅組成を Fig. 2 に示した。甲幅の範囲は 4.4～

Fig. 2 Size (mm, carapace width) frequency distribution of red snow crab *Chionoectes japonicus* collected from Toyama Bay from June 2000 to February 2006.

Fig. 3 Size (mm, carapace width) frequency distribution of juvenile red snow crab *Chionoectes japonicus* (CW < 40 mm) collected from Toyama Bay by season.

117.5 mm にあり、雌雄ともに甲幅 40 mm 未満の小型個体が多く採集されるとともに、複数のモードが認められた。甲幅 52 mm 以上において雌の成体が採集され、特に甲幅およそ 60~80 mm においては雌の成体の採集個体数が多かったのに対し、雄は採集個体数が少なく、甲幅組成に明瞭な分布型を見出すことはできなかった。

採集個体数が比較的多く、複数の甲幅モードが認められた甲幅 40 mm 未満の個体について、甲幅組成を採集時期（夏季（6~8 月）と冬季（1~2 月））に分けて示した（Fig. 3）。夏季調査では、調査を実施したすべて

の年（2000~2002 年および 2005 年）において、甲幅 8~10 mm の個体が全体の 24~56% を、また甲幅 16~20 mm の個体が 10~26% を占めており、比較的多かった。冬季調査においては、夏季調査で多数確認された甲幅 8~10 mm および甲幅 16~20 mm の個体は、2003 年を除きほとんど認められず、甲幅 12~14 mm の個体が 2003~2004 年および 2006 年に 22~29% を占めていた。一方、甲幅 22~28 mm および甲幅 30~37 mm の個体の割合は、2003 年以前には非常に少なかったのに対し、2004 年以降は夏季、冬季調査ともに多く認め

Fig. 4 Size (mm, carapace width) frequency distribution of juvenile red snow crab *Chionoectes japonicus* (CW < 40 mm) collected from Toyama Bay from June 2000 to February 2006. The normal distributions are applied to the distributions.

Table 2 Mean and standard deviation in carapace width at each instar in red snow crab *Chionoectes japonicus* collected from Toyama Bay from June 2000 to February 2006

Instar	p	q	r	s	t	u
Male						
μ	6.4	9.2	13.3	18.0	25.4	33.7
σ	0.5	0.5	0.6	1.2	1.5	2.4
Female						
μ	6.5	9.0	12.7	17.9	24.3	32.6
σ	0.1	0.6	0.7	0.9	1.2	2.4
		*	*		*	*

* represents a significant difference between male and female (*t*-test, $p < 0.01$)

られた。このように、調査を行った年や時期により甲幅組成に違いが認められたものの、調査期間を通じて出現したベニズワイの多くは、限られた甲幅範囲（8～10, 12～14, 16～20, 22～28 および 30～37 mm）にあった。本研究では、調査時期が夏季（6～8月）もしくは冬季（1～2月）に限られていたこと、また各調査時期における採集個体数が必ずしも多くなかったこと、さらには甲幅組成に認められた複数のモードはいずれの調査時期においてもほぼ同様の大きさであったことから、全ての調査期間に採集された個体を一括して、雌雄別の甲幅組成（甲幅 40 mm 未満）を Fig. 4 に示した。雌雄ともに甲幅組成に 6 つの明瞭なピークが認められたことから、これらを 6 つの正規分布に分解したところ、それぞれの甲幅平均値（標準偏差）は、雄では 6.4 (0.5), 9.2 (0.5), 13.3 (0.6), 18.0 (1.2), 25.4 (1.5) および 33.7 (2.4)

mm, 雌では 6.5 (0.1), 9.0 (0.6), 12.7 (0.7), 17.9 (0.9), 24.3 (1.2) ならびに 32.6 (2.4) mm と推定された (Table 2)。ここでは、6 つの正規分布のうち小さい方から順に p, q, r, s, t, u 齢とする。各齢の甲幅平均値を雌雄間で比較してみると、p 齢および s 齢では有意差が見られなかったものの、それ以外の齢においては雌よりも雄の方が有意に大きかった (*t*-test, $p < 0.01$)。

考 察

本研究では、甲幅 4.4～117.5 mm の様々なサイズのベニズワイが採集され、甲幅およそ 60 mm 以上においては、雌の成体の採集個体数が多かったのに対し、雄は採集個体数が少なかった (Fig. 2)。これは、本種の雌が最終脱皮により甲幅およそ 60～80 mm の成体へと成長した後は脱皮を行わない^{9,11)}のに対し、雄はそれよりも大きなサイズにまで脱皮成長を繰り返すこと、加えて本研究で用いた採集漁具（幅 150 cm のソリネット）では大きな個体ほど採集されにくいと推察される。一方、本研究では、甲幅 5～40 mm の小型個体が多数採集され (Fig. 2)、その間に雌雄ともそれぞれ 6 つの齢群が認められた (Fig. 4)。まず、これら 6 つの齢群が連続した齢群であるか検証するために、本研究における雌の各齢の甲幅平均値の差から脱皮 1 回あたりの甲幅成長量を推定したところ、p 齢（甲幅 6.5 mm）で 2.5 mm, q 齢（甲幅 9.0 mm）で 3.7 mm, r 齢（甲幅 12.7 mm）で 5.2 mm, s 齢（甲幅 17.9 mm）で 6.4 mm, t 齢（甲幅 24.3 mm）で 8.3 mm と算出された。飼育条件下における雌の脱皮 1 回あたりの甲幅成長量は、甲幅 8～11 mm において 2.0～3.7 mm, 甲幅 12～14 mm において 3.5～4.9 mm, 甲幅 16～18 mm において 5.0～6.5 mm, 甲幅 22～23 mm において 4.9～7.9 mm と報告されており、²⁾ 本研究で推定された甲幅平均値の差は、飼育条件下における成長の良い個体の成長量とほぼ同様であった。したがって、本研究で推定された甲幅平均値の差は、脱皮による成長を反映したものと考えられ、6 つの齢群は連続したものと推定される。

本研究で明らかとなった 6 つの齢群の甲幅平均値と、これまでの研究により得られている齢別サイズとを比較することにより、6 つの齢群がそれぞれ第何齢の稚ガニに該当するか検討する。Konishi *et al.*¹²⁾ による飼育実験の結果によると、第 1 齢稚ガニ（雌雄不明の 1 個体）の甲幅は 2.7 mm と報告されている。一方、鈴木ら³⁾は若狭湾沖の水深約 300～500 m の海域で小型ベニズワイの採集を行い、雌雄の区別を行っていないが、1～3 齢における甲幅モードをそれぞれ 3.3, 4.7 および 7.1 mm と報告している。また、金丸¹³⁾は京都府丹後半島沖の水深 500～700 m において、こちらも雌雄の区別は行っていないが、甲幅 3.0～4.0 mm および 6.0～7.5

mm の個体を比較的多数採集している。以上のことから、ベニズワイの甲幅は、第1齢で2.7~4.0 mm、第2齢では4.0~5.0 mm、第3齢では6.0~7.5 mm と概ね推測される。本研究においては、僅か2個体だけであるが甲幅4.0~5.0 mm の個体が採集され、推定された最も小さな齢 (p 齢) の甲幅平均値が、雄では6.4 mm、雌では6.5 mm であった。したがって、本研究において甲幅平均値が推定された最も小さな齢 (p 齢) は第3齢であると推定され、本研究で推定された6つの齢群は第3齢から第8齢であると考えられる。

ベニズワイと同属のズワイガニでは、日本海の兵庫県沖の標本をもとに、第3齢の甲幅が6~7 mm (雌雄の区別なし)、第4~8齢においては雌雄ともに9~10, 13~14, 19~20, 27~28 および 37~38 mm と推定されている。^{14,15)} また、若狭湾沖においても、第3~5齢の甲幅平均値は6.5, 9.7, 13.5 mm (雌雄の区別なし)、第6~8齢の雄では19.6, 27.3, 36.8 mm、雌では19.0, 27.9, 37.2 mm と推定されており、¹⁶⁾ 兵庫県沖と同様の値が得られている。本研究で推定されたベニズワイの甲幅は、ズワイガニの齢別サイズと比べて、第3~5齢においてはほぼ同等の大きさであったが、第6齢から第8齢にかけてはベニズワイよりもズワイガニの方が大きく、齢期が進むにつれて、その差は拡大する傾向が認められた。

本研究において、各齢の甲幅平均値を雌雄間で比較したところ、第4, 5, 7 および 8 齢においては雌よりも雄の方が有意に大きかった (Table 2)。これまでのところ本種については、甲幅54 mm 未満では齢別の甲幅に雌雄差が認められておらず、⁵⁾ またズワイガニについても、甲幅約66 mm 未満においては、甲幅の雌雄差は認められていない。^{14,16)} 本研究では、異なった年や時期に採集された個体を一括して解析していたことも含めて考えると、今回観察された甲幅の雌雄差が本種の特徴であるかについては、今後もデータを積み重ねて、さらに検討する必要があるだろう。

日本海区水産研究所⁴⁾は白山瀬で採集されたベニズワイの甲幅組成において、雌雄とも甲幅23 mm にモードを認めており、倉長¹⁷⁾は隠岐島周辺において10月に採集された個体について、雌雄とも甲幅33 mm にモードが見られることを報告している。これらはそれぞれ、本研究で推定された第7齢 (甲幅平均値 雄: 25.4 mm、雌: 24.3 mm) ならびに第8齢 (甲幅平均値 雄: 33.7 mm、雌: 32.6 mm) と同一齢に相当すると考えられる。その一方、大和堆では雌雄とも甲幅31 mm、北大和堆では同様に29 mm において甲幅モード⁴⁾が認められるとともに、北海道西岸海域においては雄28.7 mm、雌29.5 mm の甲幅平均値⁵⁾が推定されている。これらのサイズは、本研究で推定された第7齢と第8齢のほ

ぼ中間にあたり、採集個体数が少なかったサイズである (Figs. 2 and 4)。これら3つの海域では、甲幅約25 mm 未満における甲幅組成が明らかとなっていないことから、より若齢期における甲幅の成長については不明であるが、ベニズワイの齢別のサイズ、すなわち成長の過程が、海域により異なる可能性も考えられる。養松¹⁸⁾は、大和堆や北大和堆ならびに北海道西岸海域といった日本海の沖合域や北方域ほど、成熟した雌ガニの甲幅モードが小型化する傾向を見出しており、本種の成長が海域により異なる可能性も示唆されている。今後は富山湾において、甲幅40 mm 以上の個体を採集することにより、第9齢以降の甲幅を解明して、富山湾におけるベニズワイの成長過程の全貌を明らかにするとともに、他海域におけるサイズと比較することにより、本種の成長の海域差について検討して行くことが必要であろう。

本研究で採集された第4齢から第6齢までの若齢個体の出現状況は、夏季 (6~8月) と冬季 (1~2月) で異なる傾向が認められた (Fig. 3)。夏季調査においては、第4齢 (雄9.2 mm、雌9.0 mm) ならびに第6齢 (雄18.0 mm、雌17.9 mm) の個体が比較的多数認められた一方、冬季調査においては、夏季調査には少なかった第5齢 (雄13.3 mm、雌12.7 mm) が多数採集される傾向にあった。以上のことから、夏季に第4齢であった個体が、秋季 (9~12月) に脱皮を行って第5齢へと成長することにより、冬季には第5齢が多く採集されたと考えられる。また、春季 (3~5月) に再び脱皮を行う個体が多く存在することにより、夏季には第6齢が多く採集された可能性が高いと考えられる。しかしながら、2002年の夏季には第5齢が、2003年冬季には第4齢が多数採集されていることに加え、本研究のように夏季と冬季のみの調査では、詳細な脱皮時期を推定することは現段階では不可能である。今後、本種の齢別の脱皮時期を解明するためには、周年にわたる季節別の詳細な採集調査を行う必要があると考えられる。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、有益なご助言を賜った独立行政法人水産総合研究センター日本海区水産研究所の養松郁子氏に、厚く御礼申し上げます。ベニズワイの採集に際しては、富山県水産試験場漁業調査船「立山丸」乗組員の方々に、多大なるご協力を賜った。ここに記して感謝の意を表します。

本研究の一部は、水産庁複合的資源管理型漁業推進事業ならびに水産総合研究センター日本近海シェアドストック管理調査委託事業により実施された。

文 献

- 1) Hartnoll RG. Growth. In: Abele LG. (ed). *The Biology of*

- Crustacea Vol. 2*. Academic Press, New York. 1982; 111-196.
- 2) 前田経雄, 辻本 良. 飼育下におけるベニズワイの脱皮と成長. 水産増殖 2005; **53**: 15-22.
 - 3) 鈴木康仁, 田辺順一, 今田良造. 稚ガニ期におけるズワイガニとベニズワイについて. 第10回日本海ブロック増養殖研究推進連絡会議議事要録, 日本海区水産研究所, 新潟. 1983; 22-25.
 - 4) 日本海区水産研究所. (ii)中底層水の生成, 移動および生物生産力への影響の研究. 昭和44年度特別研究促進調整費 日本海に関する総合研究報告書, 科学技術庁研究調整局, 東京. 1977; 99-161.
 - 5) 渡辺安広, 鈴木孝行. 北海道西岸海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 1982; **39**: 147-162.
 - 6) 渡部俊広, 山崎慎太郎. 曳航式深海用ビデオカメラによるベニズワイの分布観察. 日水誌 1999; **65**: 503-504.
 - 7) 深滝 弘. ベニズワイとズワイガニとの雌の外部形態の比較. 日水研報告 1965; **15**: 1-11.
 - 8) 武田正倫. カニ類の分類・生態・発生. 「日本の水産 蟹」(酒井 恒, 富山哲夫, 日比谷 京監修) 社団法人全日本水産写真資料協会, 東京. 1983; 149-159.
 - 9) 伊藤勝千代. 日本海におけるベニズワイの成熟と産卵, 特に産卵周期について. 日水研報告 1976; **27**: 59-74.
 - 10) 相澤 康, 滝口直之. MS-Excelを用いたサイズ度数分布から年齢組成を推定する方法の検討. 水産海洋研究 1999; **63**: 205-214.
 - 11) Yosho I. Reproductive cycle and fecundity of *Cnionoecetes japonicus* (Brachyura: Majidae) off the coast of central Honshu, Sea of Japan. *Fish. Sci.* 2000; **66**: 940-946.
 - 12) Konishi K, Matsumoto T, Tsujimoto R. The complete larval development of *Chionoecetes japonicus* under laboratory conditions. In: Crabs in Cold Water Regions: Biology, Management, and Economics, University of Alaska Sea Grant, AK-SG 02-01, University of Alaska, Fairbanks. 2002; 135-146.
 - 13) 金丸信一. 近年の日本海沿岸域におけるズワイガニ類幼稚ガニの出現状態について. 日本海ブロック試験研究集録 1996; **34**: 81-88.
 - 14) 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. 甲幅組成およ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 1970; **22**: 81-116.
 - 15) 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Ⅳ. 新潟県沿岸における着底初期の稚ガニの分布と生態について. 日水研報告 1984; **34**: 19-41.
 - 16) 今 攸, 丹羽正一, 山川文男. ズワイガニに関する漁業生物学的研究—Ⅱ. 甲幅組成から推定した脱皮回数. 日水誌 1968; **34**: 138-142.
 - 17) 倉長亮二. Ⅱ)ベニズワイガニ分布生態調査. 平成11年度鳥取県水産試験場年報, 鳥取県水産試験場, 境港. 2000; 81-87.
 - 18) 養松郁子. 4. 日本海沖合域のベニズワイ. 「エビ・カニ類資源の多様性」(大富 潤, 渡邊精一編) 恒星社厚生閣, 東京. 2003; 45-53.