

夏季調査により推定された富山湾における 若齢ベニズワイの脱皮時期

前田 経雄^{*1*2}・内山 勇^{*1*3}
(2013年10月29日受理)

Molting activity of juvenile beni-zuwai crab *Chionoecetes japonicus* estimated from field surveys during summer in Toyama Bay

Tsuneo MAEDA and Isamu UCHIYAMA

In order to clarify the molting activity of juvenile beni-zuwai crab *Chionoecetes japonicus*, monthly samplings were conducted for crabs from the 3rd to 8th instars of the carapace width (CW) range from 5.5 to 39.9 mm from June to August in the year of 2002 and 2008-2012 in Toyama Bay. The peak molting activity from the 4th to 5th instar occurred in August, because obvious shifts were observed in the mode in CW frequency distributions and abundance from the 4th to 5th instar. The temporal shift in abundance from the 7th to 8th instar and occurrence of soft-shelled crab of the 8th instar during summer (June-August) indicates that the molt of 7th instar to 8th instar occurred in June-August. Increase in abundance of crabs in the 3rd instar from July to August suggests that the crabs at the 2nd instar were inferred to molt to the 3rd instar in August. Considering the molting frequency of juvenile crabs estimated under laboratory conditions in the previous study, these findings suggest that it takes about 3 years for crabs of the 3rd instar to grow up to the 8th instar.

Key words: beni-zuwai crab, *Chionoecetes japonicus*, Toyama Bay, juvenile, molting period

ベニズワイ *Chionoecetes japonicus* は日本海における重要な漁獲対象種の一つで、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(我が国の排他的経済水域内のみ)が最高の44,123トンを記録したが、その後は長期にわたり減少傾向にあり、2003年には12,055トンにまで落ち込んだ(養松 2013)。2004年以降は漁獲量が増加に転じたものの、依然として低い水準で推移したことから、水産庁により我が国 EEZ 内の大臣許可水域および兵庫県の知事許可水域(日韓暫定水域を除く)を対象とした資源回復計画が策定され、休漁期間の延長などの規制措置が講じられた。資源回復計画が終了した平成24年度以降も、新たな枠組みである「資源管理指針・計画」のもと、同様の規制措置が継続して実施されている(養松 2013)。一方、富山県においても漁獲量は1966年に1890トンを記録したのちは長期的に減少傾向にあり、1999年漁期から富山県かにかご漁業保護組合では、漁期中の総漁獲量に上限を設ける自主的な資源管理に取り組んでいる(前田 2012)。

*1 富山県農林水産総合技術センター水産研究所 (Fisheries Research Institute, Toyama Prefectural Agricultural Forestry and Fisheries Research Center, Namerikawa, Toyama 936-8536, Japan)

*2 現所属 公益財団法人環日本海環境協力センター (Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, Toyama 930-0856, Japan)

*3 現所属 富山海区漁業調整委員会 (Toyama Prefectural Marine Fisheries Commissions, Toyama 930-8501, Japan)

2000年以降の漁獲量は650～800トン前後と比較的安定して推移しているが、今後これらの取り組みを効果的に進めてゆくためには、本種の年齢や成長などの生物学的基礎知見を得る必要がある。

これまでに本種の成長については、甲幅の頻度分布にみられる複数モードを正規分布に分解することにより、齢期別サイズが推定されている(前田・辻本 2008, 前田・内山 2013, 鈴木ら 1983, 富山県水産試験場ら 1986, 渡辺・鈴内 1982, 養松ら 2012)。一方、甲殻類の脱皮成長を理解する上で重要な脱皮時期や脱皮頻度(間隔)に関する知見は少なく、中でも脱皮時期についてはほとんど明らかとはなっていない。富山県水産試験場ら(1988)は、甲幅約80～140mmの個体を対象に甲殻硬度を測定して、その季節的な変化から脱皮時期の推定を試みた。しかしながら、脱皮の盛期が冬から初夏に存在すると推定されたものの、個体変異が大きく、本種の脱皮時期は長期にわたることが示されている。また、前田・辻本(2005)は、飼育実験により脱皮の季節性について検討を行っているが、観察された脱皮回数が少なかったこともあり特定の脱皮時期は認められていない。一方、前田・辻本(2008)は、夏季と冬季に富山湾における若齢個体の出現状況を調査し、夏季に第4齢と第6齢が、冬季に第5齢が出現する傾向に着目して、齢期別の脱皮時期を検討している。しかしながら、調査頻度が低いこともあり詳細な時期を特定するには至っていない。若齢ガニの脱皮時期を解明するためには、サイズ頻度分布にみられるモードの経時的な推移から判断する方法が有効であるが(Comeau *et al.* 1998, Sainte-Marie *et al.* 1995)、調査頻度を密にして連続的な採集を実施する必要がある。そこで本研究では、富山湾において、これまでも本種の生態解明のための調査が実施されてきた夏季(6～8月)に毎月採集を行い、甲幅組成に見られるモードの推移や齢期別の分布密度の変化から、若齢ベニズワイの脱皮時期について検討したので報告する。

材料と方法

ベニズワイの採集は、2002年7、8月、および2008～2012年の6～8月に富山湾中央部の水深約1000～1250mの海域(Fig. 1)において行った(Table 1)。採集には、渡部・山崎(1999)を参考に製作されたソリ付の鋼製枠(幅160cm, 高さ151cm, 長さ250cm)に幅160cm, 高さ35cm, 網丈285cm, 目合1.0cmのネットを装着した桁網(Aタイプ)、あるいは幅172cm, 高さ103cm, 長さ150cmのソリ付の鋼製枠に幅165cm, 高さ100cm, 網丈450cm, 目合0.9cmもしくは0.7cmのネットを取り付けた桁網(Bタイプ)を使用した。調査海域周辺にはしばしば漁業者のかご漁具が敷設されていたことから、調査当日の漁具の敷設状況をもとに曳網位置を決定し、なるべく等深線に沿って曳網ラインを定めた。富山県農林水産総合技術センター水産研究所の漁業調査船立山丸(160トン)から、網を海底まで降ろして、船速1～1.5ノットで1～2時間曳網し、曳網距離はワイヤーを出し終えた時点から巻き上げ開始までの船の位置をもとに算出した。調査月ごとの曳網距離、回数はTable 1のとおりであった。2008年から2012年には桁網に記録式水温深度計(JFEアドバンテック社製 COMPACT-TD ATD-HR)を取り付け、1分間隔で水温と水深を計測した。調査海域の底層水温(平均値±標準偏差, 最小値～最大値)は、 0.33 ± 0.02 , $0.27 \sim 0.39^{\circ}\text{C}$ であった。

採集物の中からベニズワイを選別し、全数をサンプルとした。なお、富山湾にはベニズワイと同属のズワイガニ *Chionoecetes opilio* が分布していることから、深滝(1965)および小西ら(2012)

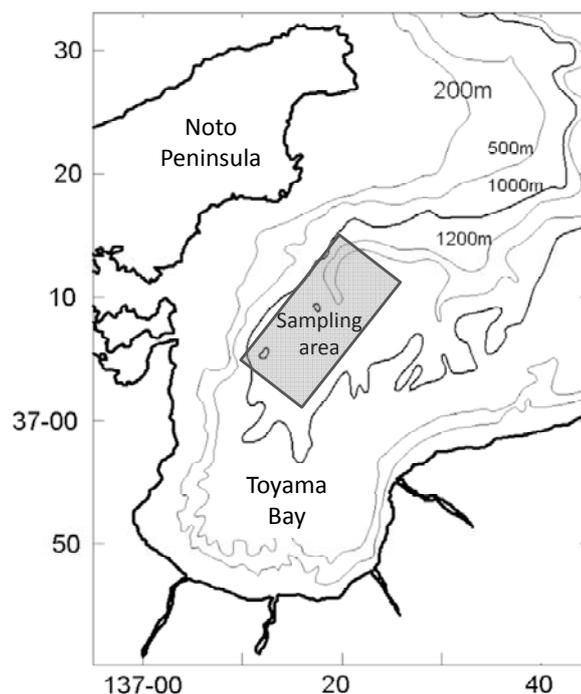
Fig. 1 Map of the sampling area for beni- zuwai crab *Chionoecetes japonicus* in Toyama Bay.

Table 1 Sampling record of beam trawl hauls in Toyama Bay in the year of 2002 and 2008-2012.

Year	Date	Depth (m)	Distance (m)	Area (m ²)	Number of hauls	Type of beam trawl
2002	July 23-25	1,093-1,255	9,485	15,176	6	A
	August 6-8	1,065-1,165	11,683	18,692	6	A
2008	June 9-11, 16 and 17	1,044-1,234	37,055	59,288	11	A
	July 8-11	1,059-1,195	35,058	57,846	8	B1
	August 18-20	1,074-1,117	18,999	31,348	5	B1
2009	June 8-10, 15 and 16	1,114-1,210	24,341	38,945	10	A
	July 7-10	1,100-1,217	26,372	43,514	7	B1
	August 18-21	1,102-1,225	25,008	41,263	8	B1
2010	June 7-9, 14 and 15	1,076-1,159	24,670	39,472	11	A
	July 5-8	1,076-1,159	26,423	43,598	8	B1
	August 17-20	1,076-1,259	24,726	40,797	8	B1
2011	June 6-8, 13 and 14	1,076-1,155	27,842	44,547	11	A
	July 11-14	1,078-1,146	21,519	35,506	9	B1
	August 22-25	1,078-1,140	25,706	42,415	9	B1 or B2
2012	June 11-13, 18 and 19	1,074-1,159	26,398	42,237	10	A
	July 10-13	1,074-1,163	20,873	34,441	8	B2
	August 20-23	1,055-1,161	23,207	38,291	9	B1 or B2

type A: width 160cm, height 35cm, mesh size 1cm

type B1: width 165cm, height 100cm, mesh size 0.9cm

type B2: width 165cm, height 100cm, mesh size 0.7cm

に従い種判別を行った。その結果、本研究で採集されたズワイガニ類はすべてベニズワイと同定された。甲幅およそ30mm以上の個体については、漁獲直後に船上にてデジタルノギスを用いて甲幅を0.1mmの精度で計測し、腹節の形態による雌雄判別を行った。甲幅およそ30mm未満の個体は、99%エタノールで固定保存して実験室に持ち帰り、同様の測定を行った。腹節の形態の雌雄差が不明瞭な小型個体（甲幅およそ10mm以下）については、必要に応じて実体顕微鏡下で腹節内側の観察を行い、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となるものを雄（武田1983）とした。雌雄の判別ができなかった個体は性別不明とした。

本研究では、前田・辻本（2008）を参考に、第8齢以下となる甲幅40mm未満を解析の対象とし、第3齢から第8齢までの各齢期の甲幅範囲をTable 2のとおり定めた。各齢期の甲幅範囲をもとに、月ごとに齢期別の採集個体数を集計して、曳網面積で除することにより、各齢期の分布密度（個体数/1000m²）を月別に算出した。なお、今回使用した採集漁具（桁網AタイプおよびBタイプ）の採集効率はいずれも1と仮定した。

脱皮時期を推定する上で脱皮後の経過時間の短い軟甲ガニの出現状況も重要な判断材料となることから、2012年には採集された甲幅15.0~39.9mm（第6~8齢）の個体について、軟甲ガニであるか甲羅の硬いカニかを調べた。カニの頭胸甲の鰓域を親指で軽く押して、甲殻が柔らかくて凹む個体を軟甲ガニ、甲殻が硬い個体を硬ガニとして、両者を区別した。

Table 2 Size (carapace width) range of male and female beni-zuwai crab *Chionoecetes japonicus* from the 3rd to 8th instar, which was determined based data from Maeda and Tsujimoto (2008)

Instar	Carapace width (mm)	
	Male	Female
3rd	5.5-7.4	
4th	7.5-10.9	
5th	11.0-14.9	
6th	15.0-20.9	15.0-20.4
7th	21.0-28.9	20.5-28.4
8th	29.0-39.9	28.5-39.9

結 果

2002年7、8月および2008年から2012年の6~8月の甲幅40mm未満のベニズワイの月別甲幅組成をFig. 2に示した。2002年の7、8月には主に第4齢、第5齢、第6齢が採集され、8月には7月と比較して第5齢の割合が増加した。2008年の6月には第4齢が認められたが、7、8月にはほとんど認められず、それ以外のサイズでは第7齢と第8齢が3ヶ月間認められた。2009年の6月には第4齢が、7月と8月には第3齢が認められた以外は、採集個体数は少なかった。2010年の6月と7月には第4齢の割合が大きかったが、8月には減少し、第5齢の割合が増加した。また

8月には第3齢が出現した。2011年についても、6月と7月の組成では第4齢の割合が高かったが、8月には低下し、反対に第5齢の割合が増加した。また8月には、2009年や2010年と同様に第3齢が出現した。一方、第6齢が6～8月の3ヶ月間を通して認められた。2012年には、6月から7月に第4齢の占める割合が大きかったが、8月には低下した一方、第5齢の割合が増加しており、2010、2011年と同様の変化が見られた。また、8月の組成に第3齢が見られるのも過去4年と同様のパターンであった。これら以外に、第6齢、第7齢ならびに第8齢も認められたが、調査月による顕著な違いは認められなかった。

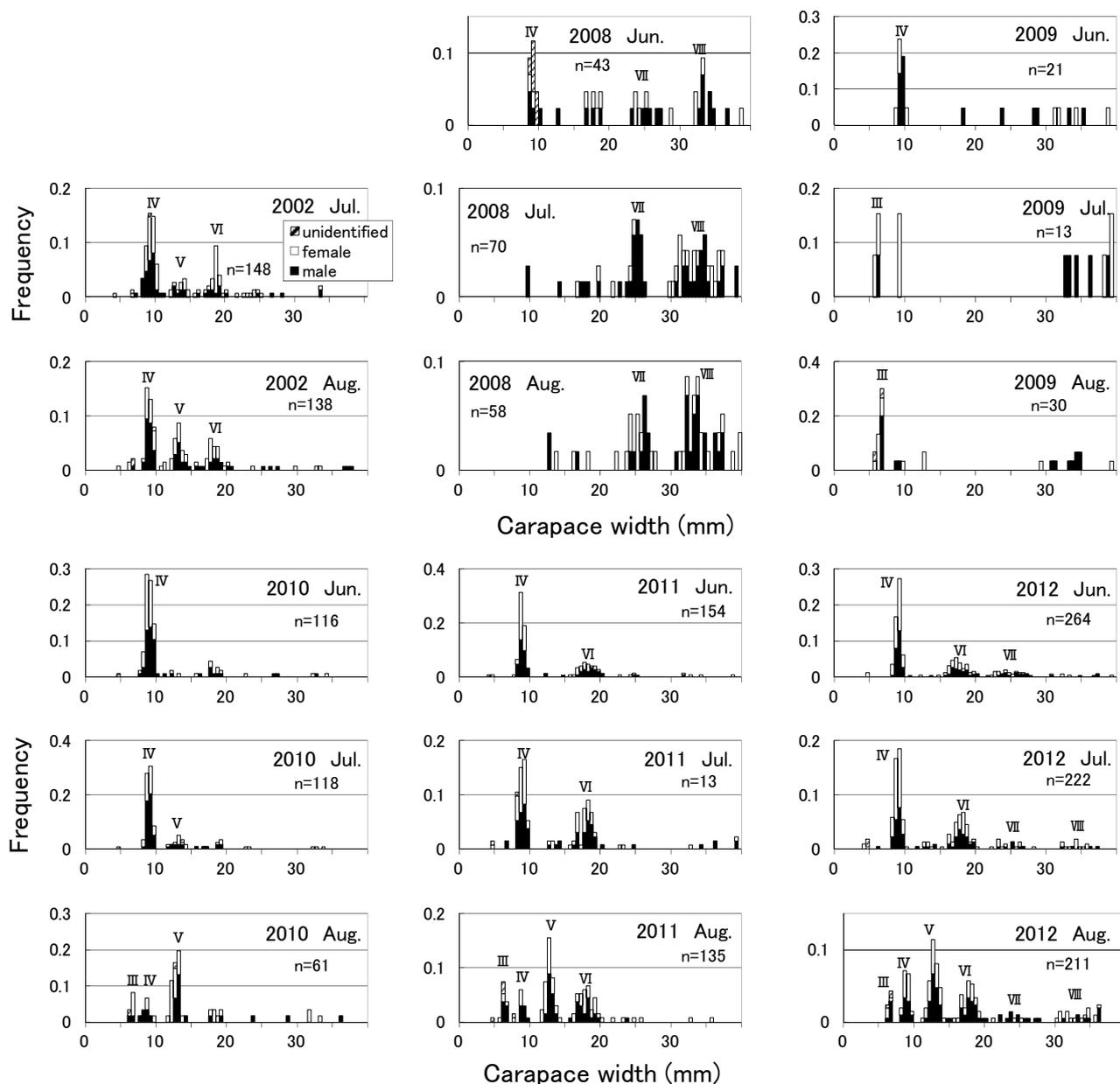


Fig. 2 Size frequency distributions of carapace width of juvenile beni-zuwai crab *Chionoecetes japonicus* collected in Toyama Bay from June to August in the year of 2002 and 2008-2012. Roman numerals above the modes indicate the instars.

各齢期の分布密度を調査月ごとに Fig. 3に示した. 第3齢ではいずれの年も6月には出現が認められず, 7月と8月に出現した. 7月と8月の分布密度を比較すると, ともに出現しなかった2008年を除き, 8月の方が値は高かった. 第4齢では, ほぼすべての年で6月から8月にかけて分布密度が低下した. 3ヶ月間の調査を行った2008年から2012年では, 2008年および2009年ともに6月の分布密度は0.20および0.28個体/1000m²とそれ以降の3年間と比較して低い値であったが, 7月以降はさらに低下して2008年では0.00~0.03個体/1000m², 2009年では0.05~0.07個体/1000m²となった. 2010年から2012年には6月の分布密度が2.09~3.36個体/1000m²と比較的高い

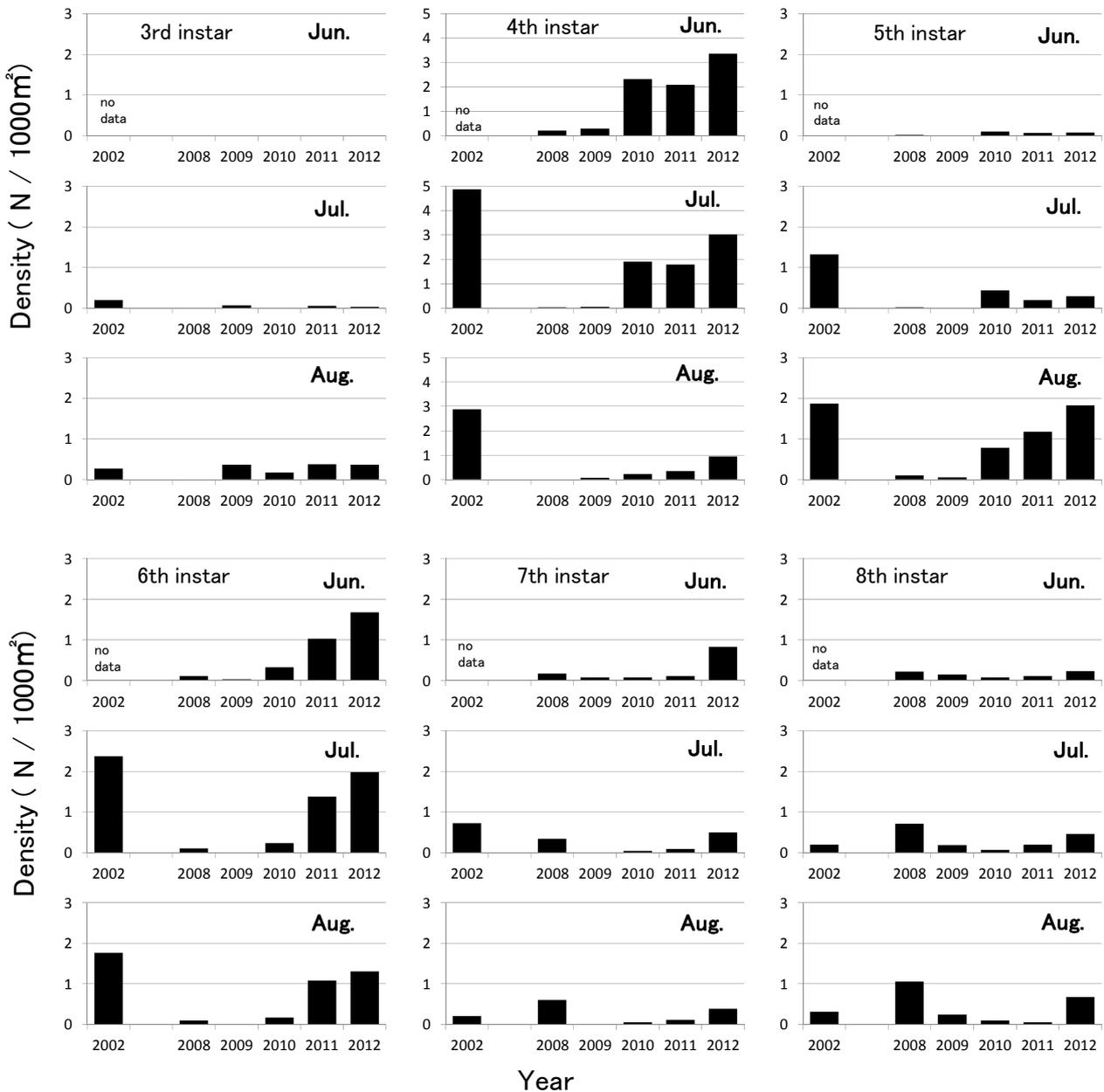


Fig. 3 Density (N / 1000m²) of juvenile beni-zuwai crab *Chionoecetes japonicus* from the 3rd to 8th instar in Toyama Bay in the sampling month (June-August) of the year of 2002 and 2008-2012.

値であったが、7月には1.77~3.02個体/1000m²と少し低下し、8月には0.22~0.94個体/1000m²とさらに低下した。また、7月と8月のみ調査を行った2002年についても、分布密度は7月(4.48個体/1000m²)と比較して8月(2.89個体/1000m²)の方が値は低かった。第5齢については、いずれの年も6月から8月にかけて分布密度は増加した。2008年、2009年には6月と7月の分布密度が0.00~0.02個体/1000m²と低い値であったが、8月になると2008年は0.10個体/1000m²、2009年は0.05個体/1000m²と、6、7月と比較すると値が大きくなった。2010年から2012年には、6月の分布密度が0.07~0.10個体/1000m²であったのが、7月には0.20~0.44個体/1000m²と各年とも増加し、8月になると0.78~1.83個体/1000m²とさらに高い値を示した。第6齢については、6月から8月にかけて分布密度に大きな変化は見られず、年による分布密度の差が大きかった。2008年や2009年には0.00~0.12個体/1000m²と低い値で推移し、2002年や2011年および2012年には1.03~2.37個体/1000m²と比較的高い値で推移した。第7齢については、2008年と2011年以外の年には6月から8月にかけて分布密度が減少したが、顕著な減少傾向は見られなかった。第8齢では、2011年を除き6月から8月にかけて分布密度が増加した。また、第8齢の分布密度は、第7齢の分布密度が高かった2002、2008、2012年に高い傾向を示した。

2012年に採集された甲幅15.0~39.9mm(第6~8齢)の軟甲ガニの割合をFig. 4に示した。6月に採集された第6齢から第8齢の個体のうち軟甲個体の割合は、それぞれ4%、0%、40%であった。7月の第6齢から第8齢の軟甲個体の割合は、3%、0%、50%、8月には同様に0%、0%、46%であった。このように6月から8月にかけて、第6齢と第7齢では軟甲ガニがほとんど認められなかったのに対し、第8齢では40~50%の個体が軟甲ガニであった。

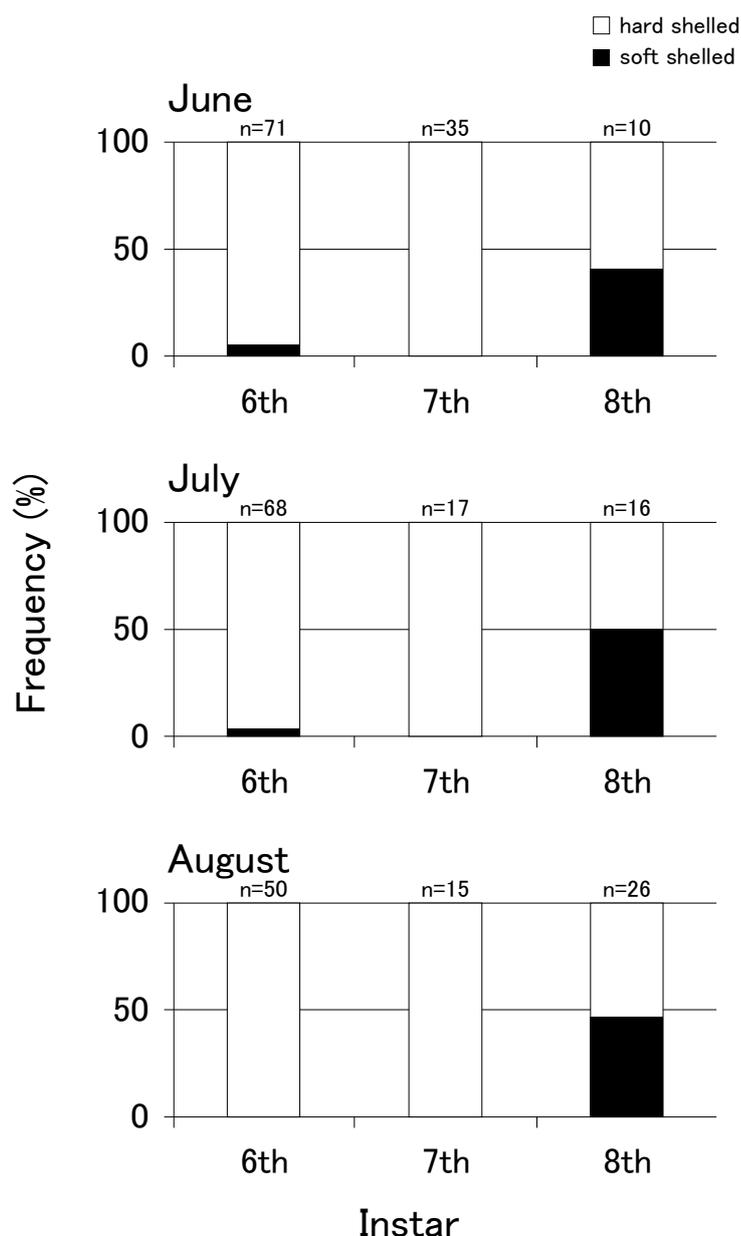


Fig. 4 Ratio of hard and soft shelled juvenile beni-zuwai crab *Chionoecetes japonicus* of 6-8th instars in Toyama Bay from June to August in 2012. Sample size is shown above each bar.

考 察

齢期別の脱皮時期 6月から8月の3ヶ月間の甲幅組成 (Fig. 2) に認められた最も顕著な変化は、2010年から2012年に第4齢の個体数割合が8月に大きく減少したのに対し、第5齢の個体数割合が8月に大きく増加した点であった。分布密度 (Fig. 3) についても、2010年から2012年においては、第4齢の値が6、7月に高かったのが、8月に低下したのに対し、第5齢では反対に6、7月に値が低かったのが、8月に増加した。以上のことから、第4齢のカニは8月に脱皮を行い、第5齢へと成長したと推定される。7月と8月のみ調査を行った2002年についても、第4齢と第5齢の分布密度に同様の変化が見られたが、2010年から2012年に見られた変化と比較すると小さな変化であった。2010年から2012年には7月の採集調査を7月上・中旬に、8月の採集調査を8月中・下旬に実施したのに対し (Table 1)、2002年には7月の採集調査を7月下旬 (23~25日) に、8月の採集調査を8月上旬 (6~8日) に実施しており、2002年の調査時期が他の年と比較して近接していたことが影響したのではないかと考えられる。他方、2008年と2009年には6月および7月における第4齢の分布密度が低かったが、これらの年には第5齢の8月の分布密度も低い値であった。

第6齢では、各年とも6月から8月の甲幅組成 (Fig. 2) や分布密度 (Fig. 3) に大きな変化は認められず、分布密度が高かった年 (2002, 2011, 2012年) にはいずれの月も値が高く、低かった年 (2008, 2009, 2010年) には3ヶ月連続して値が低いといったパターンを示した。また、2012年に調査された軟甲ガニの割合は、調査期間を通して0~4%と一貫して低い値であった (Fig. 4)。以上のことから、第6齢の脱皮時期は6月から8月には存在しないものと判断される。

第7齢と第8齢では、2009年から2011年のほとんどの月で両齢の分布密度が0.20個体/1000m²以下と低く (Fig. 3)、6月から8月にかけて甲幅組成 (Fig. 2) や分布密度 (Fig. 3) に一定の傾向を持った変化は確認されなかった。第7齢の分布密度が比較的高かった2002年、2008年、2012年に着目すると、このうちの2002年と2012年には6月 (あるいは7月) から8月にかけて第7齢の分布密度が低下したのに対し、第8齢の分布密度は3カ年とも6月 (2002年については7月) から8月にかけて増加するのが確認された。また、2012年に調査された軟甲ガニの割合は、第7齢では6月から8月のいずれの月も0%であったのに対し、第8齢では40~50%の比較的高い値を示した (Fig. 4)。以上のことから、6月から8月にかけて第7齢のカニが脱皮を行い、第8齢へと成長したと推測される。

第3齢のカニはいずれの年にも6月には全く出現しなかったが、7月にわずかに出現が認められ、2008年を除き8月にかけて分布密度が増加した (Fig. 3)。このことから、8月に第2齢のカニが脱皮により第3齢へ成長したために、新たに第3齢のカニが出現した可能性が考えられる。しかしながら、2008年から2012年の6月に使用した網の目合は1.0cm (Aタイプの桁網) であったのに対し、7・8月に使用した網の目合0.7cmもしくは0.9cm (Bタイプの桁網) であったことから、6月の採集では第3齢 (甲幅5.5~7.4mm) のカニが網目から抜け落ちたために全く採集されなかった可能性も懸念される。ところが、2002年には7・8月のいずれの採集においても目合1.0cm (Aタイプ) の桁網を使用し、第3齢に該当する甲幅6.0~6.9mmの個体を採集していたこと、また2002年7、8月ならびに2010~2012年の6月には第3齢よりもさらに小さな甲幅4.0~4.9mmの

カニを少数ながら採集していたことから (Fig. 2), 目合1.0cmの桁網 (Aタイプ) を使用することにより第3齢のカニ (甲幅5.5~7.4mm) がすべて網目から抜け落ちたとは考えにくい。以上のことから, 第3齢のカニが2009年から2012年に6月に全く出現せず, 7月と8月に出現し, 8月の分布密度がそれ以前の月と比較して高い傾向にあった (Fig. 3) ことは, 脱皮により第2齢から成長した第3齢の個体が新たに出現していた可能性を示唆していると考えられる。

以上のことから, 富山湾においては, 第4齢から第5齢への脱皮盛期が8月に存在し, 第7齢から第8齢への脱皮が6月から8月に行われたと判断された。また, 第2齢から第3齢への脱皮が8月に行われた可能性が示唆された。このように本研究では, 複数の齢期の脱皮が一定の時期 (夏季) に行われると推定された。日本海におけるベニズワイ幼生のふ出時期は一般的に冬期から春期とされており (養松 1993), 佐渡近海ではズワイガニ属のゾエア幼生が2~4月に, メガロパ幼生が3~4月に出現することが知られている (伊藤・池原1971)。ベニズワイでは幼生のふ出時期が一定の季節にあり, その後の浮遊幼生や着底後の各齢期をある一定の期間で経過することによって, 第3齢から第8齢までの出現時期や脱皮時期が, 本研究で見られたように季節的に定まったパターンを示すものと推測される。

富山湾における若齢ベニズワイの脱皮時期については, 前田・辻本 (2008) が夏季 (6~8月) と冬季 (1~2月) の甲幅組成を比較し, 第4齢から第5齢への脱皮が秋季 (9~12月) に, 第5齢から第6齢への脱皮が春季 (3~5月) に行われている可能性を指摘しつつも, 調査頻度が低いために詳細な脱皮時期は推定できなかつたと結論付けている。本研究では, 夏季の3ヶ月間だけであったが連続的な採集調査により, 夏季に行われるベニズワイの脱皮について, その特徴を初めて明らかにすることができた。しかしながら, 第4齢から第5齢への脱皮が9月以降の何月まで継続したか, また, 第7齢から第8齢への脱皮が, 6月から8月前後も含めどの程度の期間継続したかは明らかにできなかった。今後は, 調査時期を6月から8月以外の時期にも拡大することにより, これらの齢期の脱皮開始から終了までの期間を明らかにできると考えられる。また, 第2齢から第3齢の脱皮時期については, 本研究では第2齢と想定される甲幅5mm未満のカニをほとんど採集することができなかつたことから, 採集漁具の目合をより小さくするなどして, サイズの小さなこれらの齢期のカニを定量的に採集し, より正確な脱皮時期を解明する必要がある。

脱皮時期から推定される若齢期の成長 ベニズワイの脱皮間隔については, 前田・辻本 (2005) が海洋深層水 (水温約0.6~1.1°C) を利用した飼育実験により, 甲幅約10~60mmにおける脱皮前甲幅と脱皮間隔の関係を明らかにしている (脱皮間隔 (日数) = $4.773 \times \text{脱皮前甲幅 (mm)} + 147.3$)。この関係式に, 第5齢から第7齢の雄の甲幅平均値 (前田・辻本 2008) を代入して, 各齢期の脱皮間隔 (各齢期の期間) を推定すると, 第5齢 (13.3mm) では211日, 第6齢 (18.0mm) では233日, 第7齢 (25.4mm) では269日と算出された。これらの期間を合計して第5齢から3回の脱皮を行い第8齢となるまでの期間 (第5齢から第7齢の脱皮間隔日数の合計) は713日 (2.0年) となる。本研究では第4齢から第5齢への脱皮盛期が8月に認められ, また第7齢から第8齢への脱皮も6月から8月に行われると推測された。したがって, 富山湾ではある年の8月に第4齢から第5齢への脱皮を行った個体が, その約2年後の6月から8月に第7齢から第8齢へと成長したと推測される。第3齢と第4齢についても同様に, 前田・辻本 (2005) による脱皮前甲幅と脱皮

間隔の関係式に、雄の甲幅平均値 (各6.4, 9.2mm (前田・辻本 2008)) を代入して外挿により脱皮間隔 (日数) を推定すると、第3齢では178日、第4齢では191日と算出された。これらの期間を合計して第3齢から2回の脱皮を行い第5齢となるまでの期間 (第3齢と第4齢の脱皮間隔日数の合計) は369日 (1.0年) となる。本研究では第2齢から第3齢への脱皮が8月に行われた可能性が示唆され、第4齢から第5齢への脱皮盛期が8月に存在したと推定された。したがって、富山湾ではある年の8月に第2齢から第3齢への脱皮を行った個体が、その1年後の8月に第4齢から第5齢へと成長したと推測される。以上のことから、第3齢のカニが5回の脱皮を行って第8齢に成長するまでの期間はおおよそ3年間と推測できる。

以上に議論してきた若齢期における本種の成長は、齢期別の分布密度の経年変化 (Fig. 3) にも反映していたと考えられる。第4齢の2010年6, 7月における分布密度と、それらが脱皮した後の2010年8月における第5齢の分布密度は、いずれも2008年や2009年の値と比較して高い値となっていたことから、この年級群はその前年や前々年の年級群と比較して豊度の高い年級群であったと推定できる。この年級群は翌年 (2011年) の6月から8月には第6齢で、2年後 (2012年) の6月から8月には第7齢もしくは第8齢で経過すると推測されるが、第6齢の分布密度は2011年6~8月に1.03~1.38個体/1000m²と過去2年 (2009年から2010年) と比較して高い値であり、第7齢と第8齢の2012年6月から8月の分布密度もそれぞれ0.39~0.83個体/1000m², 0.24~0.68個体/1000m²と、過去2年間 (2010~2011年) と比較して高い値であった。一方、8月に第3齢であった個体は、翌年6~7月には第4齢に、8月には脱皮して第5齢になると推測されたが、8月の第3齢の分布密度が低かった2008年について見ると、翌年 (2009年) の第4齢および第5齢の分布密度も同様に低かったのに対し、8月の第3齢の分布密度が比較的高かった2009年から2011年では、翌年の2010年から2012年の6~7月の第4齢、ならびに8月の第5齢の分布密度がいずれも高い値となっていた。このように、富山湾で見られた若齢ベニズワイの分布密度の経年変化は、本研究で推測された若齢ベニズワイの脱皮スケジュールとよく対応していたことから、富山湾においては推測結果と同等の成長をしている、すなわち第3齢 (甲幅: 雄6.4mm, 雌6.5mm (前田・辻本 2008)) のカニがおおよそ3年間かけて5回の脱皮を行い第8齢 (雄33.7mm, 雌32.6mm (前田・辻本 2008)) に成長しているのではないかと推定される。

ズワイガニ属他種との成長比較 ベニズワイ以外のズワイガニ属の成長について、これまでにいくつかの知見が得られている。日本海の兵庫県香住沖のズワイガニは、第1齢から第4齢を12ヶ月間かけて成長し、それ以降は、第5齢の期間が6ヶ月、第6齢以降の各齢は12ヶ月前後と推測されている (伊藤 1970)。この結果をもとに、第3齢 (甲幅 (以下同様): 6~7mm (伊藤 1968)) から第8齢 (37~38mm (伊藤 1970)) へ成長するまでの期間はおおよそ3年間と見積もられる。カナダ東岸のセントローレンス湾北西部におけるズワイガニは、第3齢 (6.6mm) から第8齢 (雄34.5mm, 雌35.5~35.7mm) へ成長するまでには3.3年を要すると推定されている (Sainte-Marie *et al.* 1995, Alunno-Bruscia and Sainte-Marie 1998)。同じくセントローレンス湾東部のボンヌ湾では、第1~5齢までは各齢期の期間が6か月、第6, 7齢の期間は1年と推定されていることから (Comeau *et al.* 1998)、第3齢 (7.0mm) から第8齢 (雄38.3mm, 雌36.2mm) までに3.5年を要すると見積もられる。その一方、北海道南部太平洋 (以下、道南太平洋) のオオズワイガニ *Chionoecetes bairdi* は、着底から第8齢へ成長するまでに8ヶ月を要し、第3齢 (7.2mm) から第8齢 (雄33.0mm,

雌32.9mm) までには7ヶ月間と推定されている(渡辺・丸山 1999)。また、アラスカ北部におけるオオズワイガニは第3齢(雄6.1mm, 雌6.0mm)から第8齢(雄24.6mm, 雌23.9mm)までに12ヶ月を要すると推測されている(Donaldson *et al.* 1981)。以上のことから、ズワイガニ属の第3齢から第8齢までの期間は、3~3.5年となるズワイガニと、8~12ヶ月となるオオズワイガニとで大きく異なるといえる。渡辺・丸山(1999)は、道南太平洋におけるオオズワイガニでは成体に達するまでの期間(2.5年)がアラスカ北部のオオズワイガニの約2分の1、日本海のズワイガニの約4分の1と短く、この要因として生息水温の違いを挙げている。すなわち、道南太平洋におけるオオズワイガニの生息水温(6.9~12.8℃(5~12月))が、アラスカ北部のオオズワイガニの生息水温(3.1~11.2℃)や、日本海(若狭湾)におけるズワイガニの生息水温(2℃前後)よりも高く、一般的に甲殻類の脱皮間隔は水温が高いほど短くなる(Hartnoll 1982)ことや、ズワイガニの飼育実験では水温の上昇に伴い成長が速くなること(小林 1989)を根拠に、道南太平洋のオオズワイガニの成長が速いものと解釈している(渡辺・丸山 1999)。カナダ東岸のセントローレンス湾におけるズワイガニの生息水温は水深50mで-1.5~3℃、水深100mで-1~0.8℃(Sainte-Marie *et al.* 1995)、本研究の富山湾におけるベニズワイの生息水温は約0.3℃と低く、これら2つのケースでも第3齢から第8齢までに3.3~3.5年あるいは3年という比較的長い期間を要すると推測された。以上のことから、ズワイガニ属の第3齢から第8齢への成長に要する期間は生息環境水温との関連が認められ、季節的に10℃以上となる高い水温に生息するオオズワイガニでは8~12ヶ月と短いのに対し、約-1~3℃の低い水温に生息するズワイガニでは3~3.5年と比較的長く、約0.3℃の低温環境下に生息する富山湾のベニズワイについても、ズワイガニと同程度のおよそ3年間を要すると推定された。

謝 辞

本研究を行うにあたり、富山県水産研究所漁業調査船立山丸の石浦光英船長をはじめとした乗組員の方々には、富山湾でのベニズワイの採集で多大なるご協力を賜った。また、本論文をまとめるにあたり、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博士ならびに富山県農林水産総合技術センター水産研究所の大場隆史博士に有益なご助言を賜った。これらの方々には深い感謝の意を表す。なお、本研究の一部は水産庁による「我が国周辺水域資源評価等推進委託事業」の一環として行われた。

要 約

富山湾における若齢ベニズワイの脱皮時期を推定するために、2002年および2008~2012年の夏季(6~8月)に毎月の採集調査を実施し、第3齢から第8齢の甲幅組成や分布密度の経月変化を明らかにした。第3齢のカニが8月に増加したことから、第2齢から第3齢への脱皮が8月に行われた可能性が示唆された。第4齢の甲幅モードが7月から8月にかけて第5齢に移行し、分布密度についても同様の消長が確認されたことから、第4齢から第5齢への脱皮盛期が8月に存在したと推定された。6月から8月に第7齢の分布密度が減少したのに対し、第8齢では増加し

ていたこと、さらに第8齢では軟甲ガニの出現割合が比較的高かったことから、第7齢から第8齢への脱皮が6月から8月に行われたと推定された。これまでに得られている飼育下での脱皮間隔に関する知見を考慮すると、第3齢から第8齢に成長するまでの期間がおおよそ3年間と推測された。

文 献

- Alunno-Bruscia M. and B. Sainte-Marie 1998. Abdomen allometry, ovary development, and growth of female snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura, Majidae), in the northwestern Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, **55**: 459-477.
- Comeau M., G.Y. Conan, F. Maynou, G. Robichaud, J.-C. Therriault and M. Starr 1998. Growth, spatial distribution, and abundance of benthic stages of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) in Bonne Bay, Newfoundland, Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, **55**: 262-279.
- Donaldson W.E., R.T. Cooney and J.R. Hilsinger 1981. 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.
- 深滝 弘 1965. ベニズワイとズワイガニとの雌の外部形態の比較. 日本海区水産研究所報告, **15**: 1-11.
- Hartnoll, R.G. 1982. Growth. pp.111-196, In "The biology of Crustacea" Vol.2, ed. by L.G. Abele, Academic Press, New York.
- 伊藤勝千代 1968. 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究 II. 稚蟹期の形態およびその分布について. 日本海区水産研究所報告, **19**: 43-50.
- 伊藤勝千代 1970. 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. 日本海区水産研究所報告, **22**: 81-116.
- 伊藤勝千代・池原宏二 1971. 佐渡近海におけるズワイガニ属浮遊期幼生の出現と分布に関する二・三の考察. 日本海区水産研究所報告, **23**: 83-100.
- 小林啓二 1989. ズワイガニの成長に及ぼす水温の影響. 水産増殖, **37**: 35-41.
- 小西光一・養松郁子・廣瀬太郎・南 卓志 2012. 日本海の中深層底棲魚に捕食されたズワイガニ属幼生と稚ガニの水深分布について. 日本水産学会誌, **78**: 976-978.
- 前田経雄 2012. 1. 3. 1ベニズワイ調査. pp. 33-34, 平成23年度富山県農林水産総合技術センター水産研究所年報, 富山県農林水産総合技術センター富山県水産研究所.
- 前田経雄・辻本 良 2005. 飼育下におけるベニズワイの脱皮と成長. 水産増殖, **53**: 15-22.
- 前田経雄・辻本 良 2008. 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. 日本水産学会誌, **74**: 592-597.
- 前田経雄・内山 勇 2013. 甲幅組成から推定した富山湾におけるベニズワイ雌の成長と成熟サイズ. 日本水産学会誌, **79**: 666-672.
- Sainte-Marie B., S. Raymond and J.-C. Brethes 1995. Growth and maturation of the benthic stages of male snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae). *Canadian Journal of Fisheries and*

Aquatic Science, 52: 903-924.

- 鈴木康仁・田辺順一・今田良造 1983. 稚ガニ期におけるズワイガニとベニズワイについて. pp. 22-25, 第10回日本海ブロック増養殖研究推進連絡会議議事録, 日本海区水産研究所.
- 武田正倫 1983. カニ類の分類・生態・発生. pp. 149-159, 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.
- 富山県水産試験場・島根県水産試験場・鳥取県水産試験場 1986. 昭和60年度指定調査研究ベニズワイガニの生態と資源に関する研究報告書 66pp.
- 富山県水産試験場・島根県水産試験場・鳥取県水産試験場 1988. ベニズワイの資源と生態に関する研究報告書 昭和60~62年度地域重要新技術開発促進事業報告書, 108pp.
- 渡辺安広・鈴木孝行 1982. 北海道西岸海域におけるベニズワイについて. 北水試月報, 39:147-162.
- 渡辺安広・丸山秀佳 1999. 道南太平洋海域におけるオオズワイガニの成長. 北海道立水産試験場研究報告, 55: 173-183.
- 渡部俊広・山崎慎太郎 1999. 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. 日本水産学会誌, 65: 503-504.
- 養松郁子 1993. ベニズワイの生態について (REVIEW). 日本海ブロック試験研究集録, 29:33-41.
- 養松郁子 2013. 平成24年度ベニズワイガニ日本海系群の資源評価. pp. 1679-1696, 平成24年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁, 東京.
- 養松郁子・廣瀬太郎・白井 滋 2012. 隠岐諸島西方海域におけるベニズワイ雌の成長. 日本水産学会誌, 78: 230-240.