

日本海

リサーチ & トピックス

2016年3月 第18号



日本海で水揚げされたズワイガニ

- 対馬周辺海域における海底環境の顕著な海域差
- 日本海西部海域におけるズワイガニ保護区の資源分布
- 飼育実験から推定されたズワイガニ稚ガニの成長モデル

編集 日本海区水産研究所



国立研究開発法人
水産総合研究センター

目 次

対馬周辺海域における海底環境の顕著な海域差 木暮陽一（資源環境部・生物生産グループ）	3
日本海西部海域におけるズワイガニ保護区の資源分布 上田祐司（資源管理部・資源管理グループ）	6
飼育実験から推定されたズワイガニ稚ガニの成長モデル 山本岳男・山田達哉（資源生産部・資源増殖グループ） 上田祐司（資源管理部・資源管理グループ） 木下貴裕（中央水産研究所・資源管理研究センター）	9

表紙の解説

日本海で水揚げされたズワイガニ
写真撮影 上田祐司（資源管理部・資源管理グループ）

ズワイガニは、日本周辺では、山陰地方から北海道の日本海、太平洋北部、オホーツク海に分布しています。写真は、福井県越前町漁業協同組合の市場に水揚げされた雄のズワイガニです。いわゆる「越前がに」と呼ばれ、大きさや品質によって厳しく選別されて、競り（セリ）にかけられます。ズワイガニの成長はとても遅く、この「越前ガニ」として水揚げされるまでには、生まれてから8年以上も要します。

対馬周辺海域における海底環境の 顕著な海域差

木暮陽一（資源環境部・生物生産グループ）

【はじめに】

対馬は日本海の南西端に位置する島嶼である。周辺海域は大陸棚が発達し、対馬暖流の影響を強く受けるため、多様な暖海性魚介類の生息場であり、重要な沿岸漁場として利用されている。本海域における底魚類の漁獲量に関しては、海域間で大きく異なることが古くから知られており、特に対馬北東部海域は他海域に比べ、好漁場が形成されている。しかしながら、これまで対馬周辺海域の海底環境に関する知見は限定的であったため、何故、対馬北東部海域に底魚類の好漁場が形成されるのかは不明であった。そこで、対馬北東部海域と南部海域において、堆積物の性状や底生動物の出現状況を調査し、比較・検討を行ったので報告する。

【調査方法】

調査は2013年6月に、みずほ丸（日本海区水産研究所漁業調査船、156トン）により、対馬北東部および南部に位置する水深100m前後の浅海域で実施した。北東部、南部それぞれに格子状調査点を9定点配置し、各点で海底堆積物を採集するとともに、格子の中央点では底生動物の採集を行った（図1）。なお、海底堆積物採集にはスミスマッキンタイア型採泥器を、底生動物採集にはアガシ

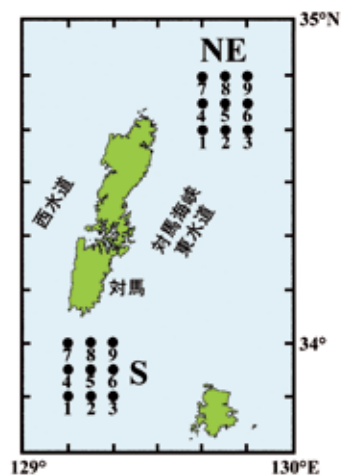


図1. 調査海域と調査定点（木暮，2014から引用・改変）
NE：北東部調査海域、S：南部調査海域を示す。

型ビームトロール（間口2m，目合い2mm）を使用した。採集された堆積物は、海底の粗さの指標となる粒度分析に供するとともに、含有される植物色素量（クロロフィル*a*量），有機物量（炭素，窒素量）の測定に用いた。また、底生動物は主要な分類群ごとに個体数と湿重量を計測して、海域比較の資料とした。

【海底堆積物の海域差】

海底堆積物の粒度を分析した結果、2つの海域間で顕著な差異が見られた。すなわち、北東部では泥や微細な砂が優占したのに対し、南部では砂粒に礫や貝殻破片が含まれる大型粒子が卓越した。実際、堆積物中の泥分（粒径63 μ m以下の粒子）重量比は、北東部で12-49%であったのに対し、南部では2%以下にとどまった（図2）。

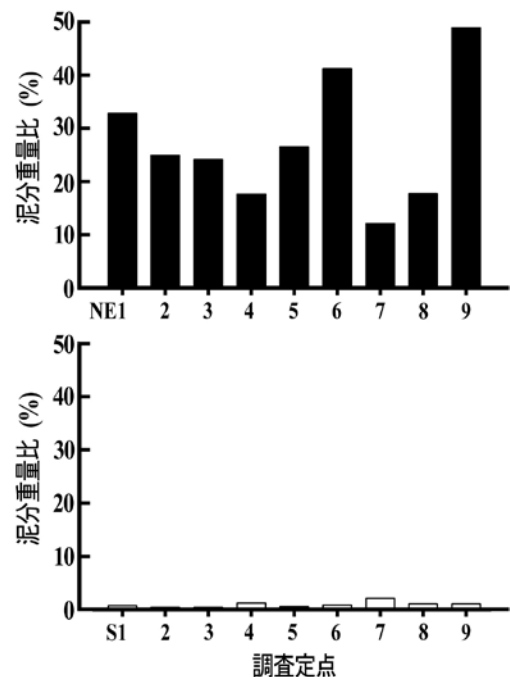


図2. 対馬北東部（NE）および南部（S）調査点堆積物中の泥分重量比（木暮，2014から引用・改変）

また、堆積物中の植物色素含量や有機物含量も、南部に比較して北東部できわめて高い値を示した。1cm²あたりに堆積する植物色素量は北東部で0.5-1.3 μgに達したが、南部では0.1-0.5 μgであった(図3)。堆積物乾燥重量1g当たりの有機物量は、炭素量、窒素量ともに北東部で高く、それぞれ平均値では南部の10倍以上に達した(図4)。北東部で植物色素量、有機物量ともに相対的に高いことは、当該海域が表層からの有機物の沈降および堆積を受容しやすい環境であることを示している。なお、海域全体の炭素と窒素の分布が強い正の相関を示し、回帰直線の傾き(炭素/窒素)が7.3と、海産植物プランクトンの平均的炭素/窒素比=6.6に近似することから、堆積している有機物は北東部、南部ともに海産植物プランクトン由来と考えられる(図4)。

【底生動物出現状況の海域差】

大型底生動物の出現種や1 曳網当たりの採集量も、大きな海域差が認められた。南部においては、カレイ類やカサゴ類等の魚類、クモガニ類、小型エビ類等の甲殻類、ウニ類、ヒトデ類を含む棘皮類等、多様な種が出現した。

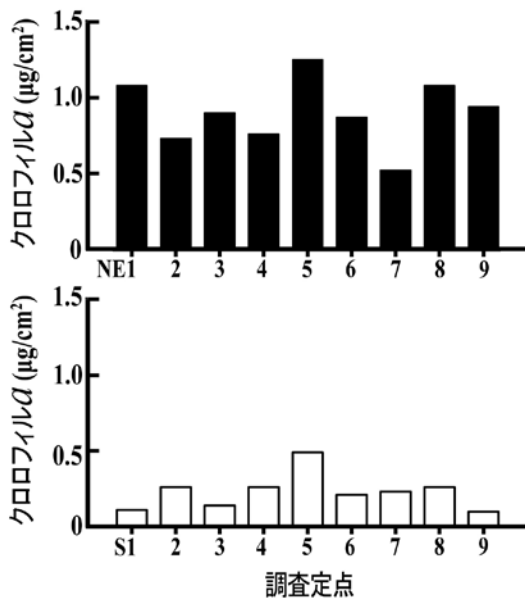


図3. 対馬北東部 (NE) および南部 (S) 調査点堆積物中の植物色素(クロロフィル a) 含量(木暮, 2014 から引用・改変)

一方、北東部では、出現種は限られるものの、一部の種がきわめて多量に出現した。すなわち南部では全く採集されなかった二枚貝類のベニグリ、甲殻類のエンコウガニ等が最優占した(図5)。

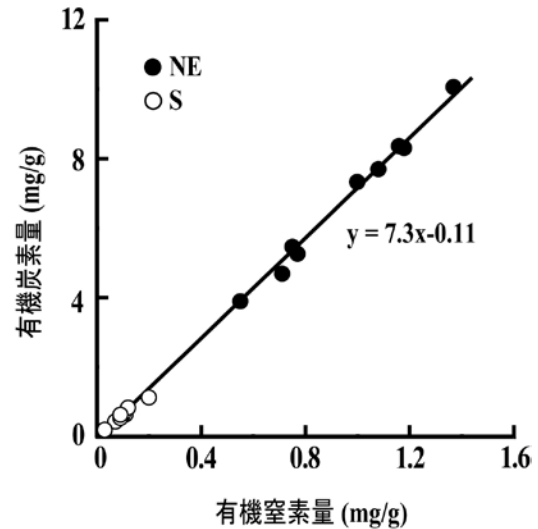


図4. 対馬北東部 (NE) および南部 (S) 調査点堆積物中の有機物(炭素, 窒素) 含量(木暮, 2014 から引用・改変) 図中直線は、炭素, 窒素の回帰直線 ($y=7.3x-0.11$, $r^2=0.998$) を示す。

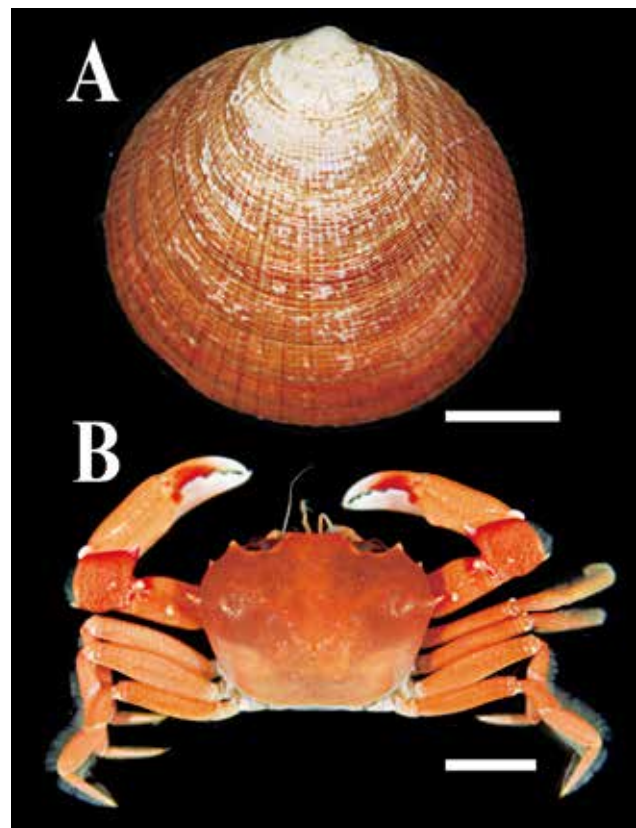


図5. 対馬北東部 (NE5) に最優占した底生動物(木暮, 2014 から引用・改変) A: ベニグリ, B: エンコウガニ, スケールはいずれも 10mm。

このため、1 曳網当たりの底生生物分類群ごとの採集量は個体数、湿重量ともに北東部が南部より高くなる傾向にあった（図6）。なお、水産有用魚種のうち、ヒラメおよびアンコウは北東部にのみ出現した。

【海域差を生じさせる要因】

調査の結果、北東部では有機物に富む微細な粒子が堆積し、砂泥底に適応した多量の底生動物を育む環境が形成されていることが確認された。さらに、このような豊かな生物生産の場が、当該海域に好適な漁場を形成していると考えられる。

対馬北東部において有機物を含む微細な粒子が活発に堆積する現象には、海域周辺の流れが大きく関わっていると推察される。対馬暖流によって流入する粒子の堆積場の形成には、表層で粒子をトラップする流れが必要である。近年、流速計による観測により、対馬北東部には対馬暖流とは逆向きの流れが生じることが明らかにされている（例えばTakikawa *et al.*, 2005）。これは、南西方向からの暖流が対馬で東西の水道部に分かれる際、北東部の島影において流れの剥離が連続的に生じ、その結果発生した渦が反流を形成することに起因するものである。このような反流により、物質の集積や沈降場が局所的に出現すると考えられる。

【おわりに】

海洋表層環境と海底環境との間にどのような連関があるかについては、発展途上の研究分野である。今回の調査結果は、表層の流れが海底環境に影響を及ぼす事例として重要である。当該海域における底魚類の漁場形成メカニズムを解明するうえで、今後は、表層の生産と海底での生産の相互関係についても研究を深化させる必要がある。

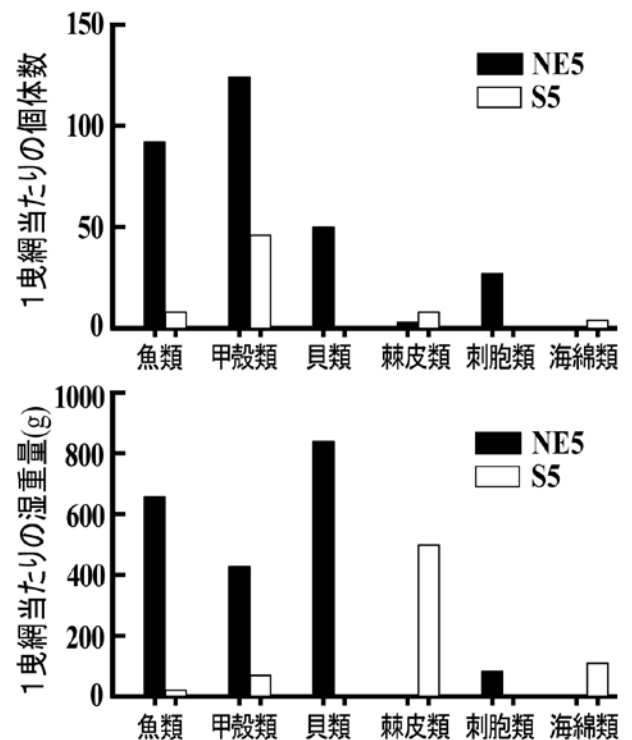


図6. 対馬北東部（NE5）および南部（S5）調査点より採集された底生動物分類群ごとの個体数と湿重量（木暮，2014 から引用・改変）

【引用文献】

- 木暮陽一2014：長崎県対馬北東及び南部海域間の底質・底生動物相の顕著な海域差. 日本生物地理学会会報, 69, 37-44.
- Takikawa, T., Yoon, J.-H. and Cho, K.-D., 2005: The Tsushima Warm Current through Tsushima Straits estimated from ferryboat ADCP Data. *Journal of Physical Oceanography*, 35, 1154-1168.

日本海西部海域のズワイガニ保護区 における資源の分布

上田祐司（資源管理部・資源管理グループ）

【はじめに】

日本海西部（石川県以西）においてズワイガニは最も重要な底魚資源であり、底びき網漁業では、11～3月における漁獲金額の7割程度を本種が占めている。ズワイガニは脱皮により体サイズが成長する（図1）。孵化後、浮遊幼生期を経て6回目の脱皮（6齢期）までに約2年半を要し、以後は概ね1年に1回脱皮を行い、雄では最高で13齢期、雌では11齢期まで成長する。日本海西部におけるズワイガニの水揚げ対象は、雄で12齢期と13齢期、雌で11齢期であり、いずれも孵化から8年以上経過した個体である。これらの齢期では9月頃に脱皮が行われ、脱皮後の漁期には雄はミズガニ、雌はアカコと呼ばれる。翌年漁期まで生存した場合、雄はカタガニ、雌はクロコと呼ばれる。なお、自主規制によりミズガニは京都府と石川県、アカコは石川県から島根県の全ての府県で水揚げ禁止としている。

ミズガニやアカコは脱皮してから間もないので外からの刺激にとっても弱く、ズワイガニ漁期前の

9～10月に底びき網漁業で混獲された場合は、水温も高いため、ほぼすべて死亡する。したがって日本海西部では、9～10月には広大な保護区が設定されている（図2）。保護区は水深帯で設定されており、現在の保護区は、大型漁船による沖合底びき網漁業が主体の西部海区（兵庫県以西）では水深230～300m、小型底びき網漁業による

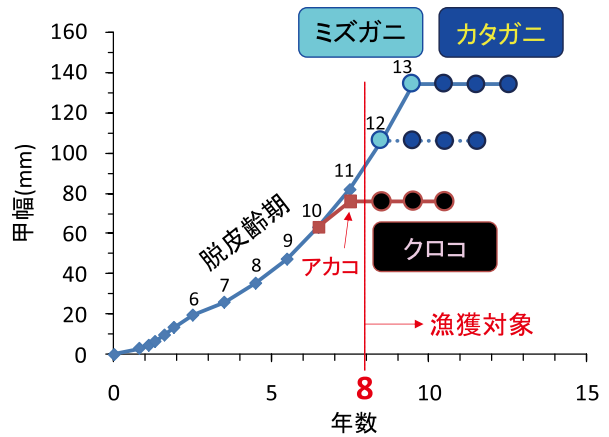


図1 ズワイガニの孵化からの経過年数と脱皮齢期および甲幅の関係

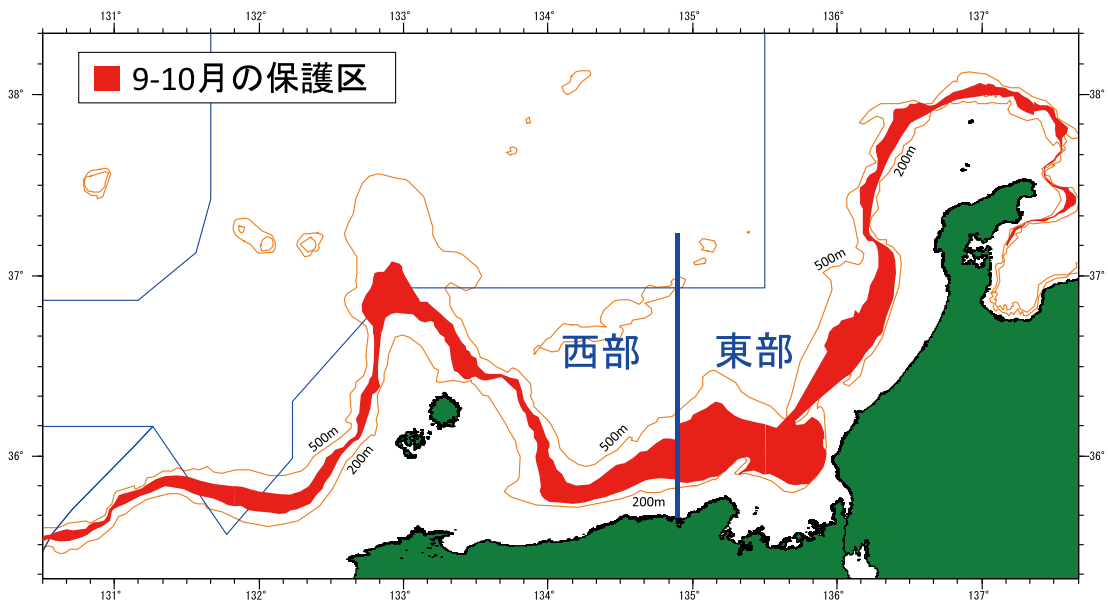


図2 日本海西部海域の9～10月におけるズワイガニの保護区

漁獲が多い東部海区（京都府以東）では水深220～350mである。西部海区では従来230～270mであった保護区を，2013年から230～300mに拡大している。そこで本報では，保護区の資源保護効果の評価に必要な基礎的知見を得るため，ズワイガニの保護区内外における資源の分布について調べた。

【調査および資源量推定法】

日本海西部（図2）の水深190～550mにおいて，2013年5～6月に着底トロール調査（兵庫県立香住高校実習船 但州丸）を行った。船上で行われたズワイガニの生物測定結果，調査点ごとの曳網面積および調査海域の全面積（表1）から，面積密度法により漁期開始時点における銘柄別水深帯別（保護区内外別）資源量を推定した。面積密度法とは，調査点ごとの1km²あたりの資源密度から，調査海域全体の面積に分布する資源量を推定する方法である。銘柄は次の通りとした。

- 雄：小型（12齢期）ミズガニ，大型（13齢期）ミズガニ，小型カタガニ，大型カタガニ
- 雌：アカコ，クロコ

表1 トロール調査による海区、水深帯、面積および調査点数

海区	水深帯 (m)	面積 (km ²)	調査点数	9-10月の保護区
西部	190-230	5,304	26	
	230-270	3,734	19	保護区
	270-300	1,954	14	保護区 (2013年より)
	300-550	9,441	31	
東部	190-220 ¹⁾ 190-240 ²⁾	2,396	7	
	220-350 ¹⁾ 240-350 ²⁾	5,819	23	保護区
	350-550	4,592	13	
	合計	33,240	131	

1) 京都府および福井県沖 2) 石川県沖

【保護区内外における資源の分布】

保護区（東部：水深220～350m，西部：230～300m）内に分布する銘柄別資源量の割合は，東部では大型ミズガニで最も高く66%，クロコは65%であり，最低でも小型カタガニの40%であった（図3）。西部でも，保護区内に分布する資源量の割合が最も高い銘柄は大型ミズガニであり，2012年までの保護区（230～270m）では34%であったが，2013年に拡大した水深270～300mを合わせると55%に上昇した（図4）。一方で雌のアカコでは，保護区内に分布する資源量の割合は28%，クロコでも32%であり，大型ミズガニの半数程度であった（図4）。

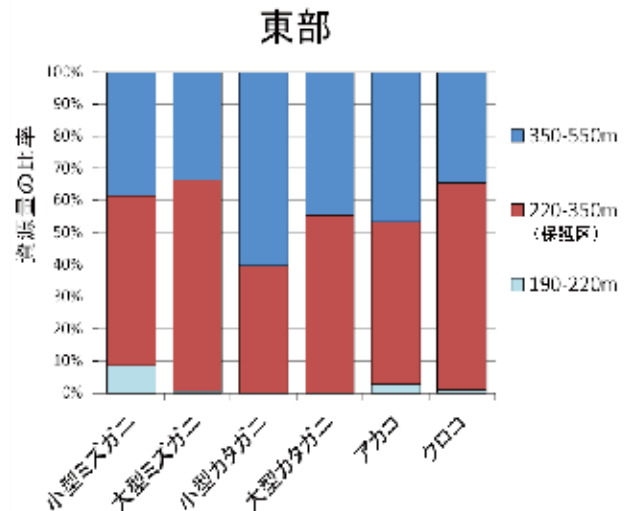


図3 東部における銘柄別水深帯別資源量比率

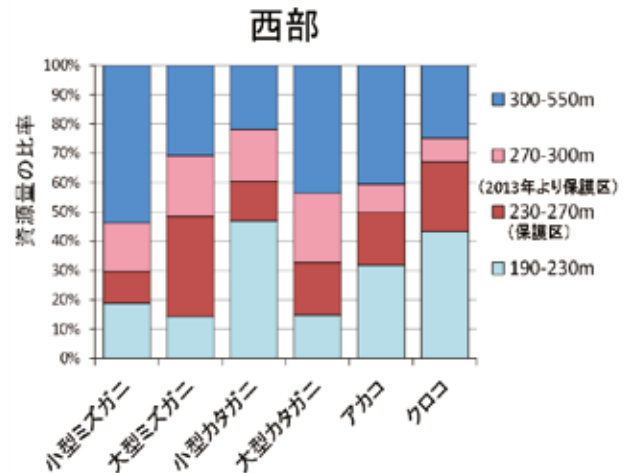


図4 西部における銘柄別水深帯別資源量比率

また、保護区外の浅海域（西部：水深190～230m，東部：190～220m）における銘柄別資源量の割合は、西部の14～47%に対し、東部では0～14%と大きく異なった（図3，4）。これは、隠岐諸島以西などでは冷水が浅海域まで分布しているため、西部では水深200m付近の底水温は概ね4℃以下であるのに対し、東部ではズワイガニの生息に不適な5℃を超える海域が多いためであると考えられる（図5）。

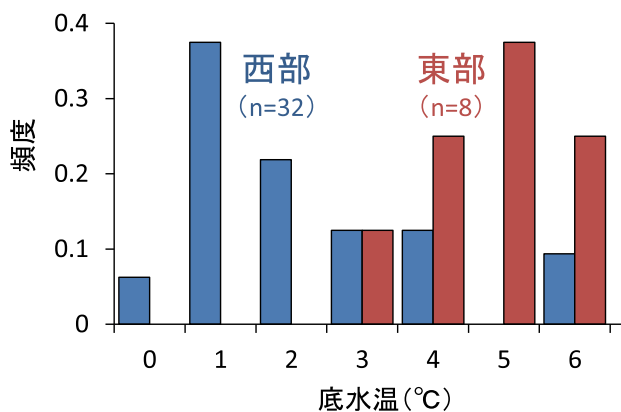


図5 西部と東部の水深 180～220mにおける調査点別底水温分布

西部で保護区を拡大したことで、調査海域全体に対する保護区における銘柄別資源量の割合は雄の大型ミズガニでは東部に近づいた一方、雌のアカコヤクロコでは依然として低いままだった。これは、西部における保護区外の浅海域の銘柄別資源量が大型ミズガニでは少ないのに対し、アカコヤクロコでは比較的多いため、保護区拡大分である水深270～300mの銘柄別資源量が相対的に大型ミズガニで多く、アカコヤクロコでは少なくなっていたためと考えられた。

【おわりに】

現在、西部および東部ともに小型のズワイガニが比較的多く、2016年漁期以降順次水揚げ対象サイズになる見込みである。これらの個体の混獲死亡を低減するためにも、以上に述べた保護区による資源保護を継続することが重要である。加えて、ズワイガニの漁期以外における操業時には、魚を漁獲しつつズワイガニを海底に逃がすことができる「底びき改良網」の使用を徹底することで、保護区外における混獲死亡も低減することができ、ズワイガニの資源状態の維持や向上により効果があるものと期待される。なお、本調査は水産庁委託事業 我が国周辺水域資源評価等推進委託事業によるものである。

飼育実験から推定された ズワイガニ稚ガニの成長モデル

山本岳男・山田達哉（資源生産部・資源増殖グループ）・
上田祐司（資源管理部・資源管理グループ）・
木下貴裕（中央水産研究所・資源管理研究センター）

【はじめに】

ズワイガニは、日本海では主に水深200～500mに分布する。本種はふ化した後、浮遊生活を送る2期のゾエア期とメガロパ期があり、ふ化から数ヶ月で着底して稚ガニに脱皮する（Yamamoto et al. 2014）。その後、雄では9～12回（10～13齢）、雌では10回（11齢）脱皮した後、成長が停止する。

ズワイガニの資源評価や資源管理方策を検討するには、年齢と成長との関係解明が必要である。しかし、甲殻類は一部の種を除いて年齢が分かる組織が存在しないため、両者の関係は標識放流による再捕個体のサイズ組成の解析等により推測するしかなかった。ズワイガニは若齢の小型個体ほど採集が困難なため、若齢期の成長や年齢には不明な点が多い。甲殻類の成長や脱皮間隔には水温が最も影響することが知られている。そこで、今回は、飼育実験により、異なる水温ごとの成長や脱皮間隔を明らかにし、本種の脱皮前甲幅と分布水温をベースとし、稚ガニに脱皮してから8齢に達するまでの成長モデルを作成した。



図1. 脱皮中のズワイガニ稚ガニ
図中の両矢印は測定部位を示す。

【稚ガニの飼育方法】

飼育水温を1, 3, 5, 8℃に設定し、各温度30～60個体の第1齢稚ガニを第8齢に達するまで飼育した。稚ガニをカゴや水槽に個別に収容し、クルマエビ用の配合飼料と解凍したアミ類を与えた。飼育期間中は、稚ガニが脱皮した日と死亡した日を記録し、脱皮殻と死亡個体の甲幅を測定することで、成長と脱皮間隔を調査した。

【水温と成長、脱皮間隔の関係】

稚ガニの脱皮前甲幅に対する脱皮成長量（脱皮後甲幅－脱皮前甲幅（mm））（図1）および脱皮成長率（＝脱皮成長量/脱皮前甲幅×100（％））はともに1, 3, 8℃に比べて、5℃で有意に大きかった（図2）。

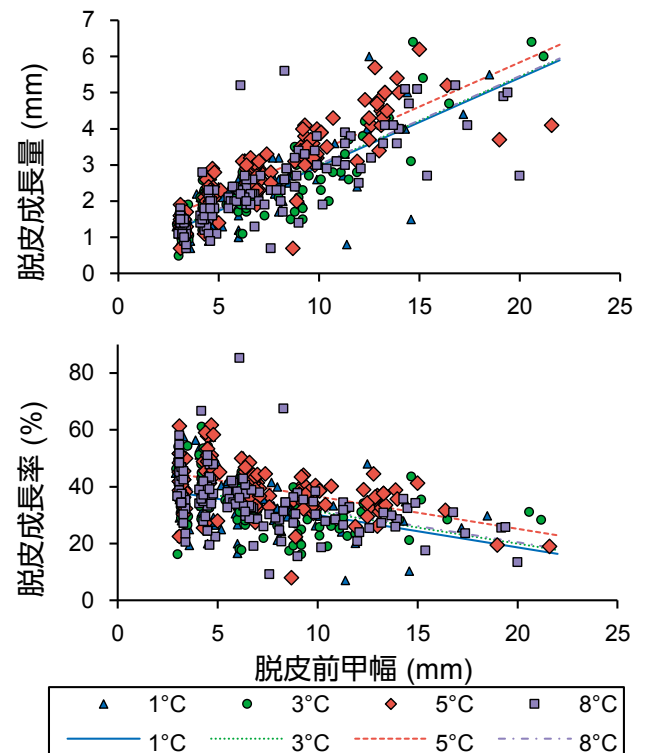


図2. ズワイガニ稚ガニの脱皮前甲幅と脱皮成長量および脱皮成長率の関係

各齢期の脱皮間隔は、多くの甲殻類と同様に水温の上昇に伴って短縮し、両者の関係は、有効積算温度法則の式 ($D = K / T - a$, D : 水温 (°C), K : 熱定数 (°C 日, 積算温度), T : 水温 (°C), a : 発育臨界点 (°C, 成長可能な推定最低温度)) で近似された (図3)。また、各齢期の脱皮前甲幅と熱定数および発育臨界点を散布図にプロットすると両者の関係は漸近式で近似され、成長に伴って熱定数は上昇し、発育臨界点は低下することが分かった (図4)。

【稚ガニの成長モデル】

有効積算温度法則の式をベースとした、天然海域でのズワイガニ稚ガニの成長モデルを作成するため、図4 で示した熱定数と発育臨界点の漸近式に、天然個体の1~7 齢の甲幅を代入し、各齢期における熱定数と発育臨界点を算出した。

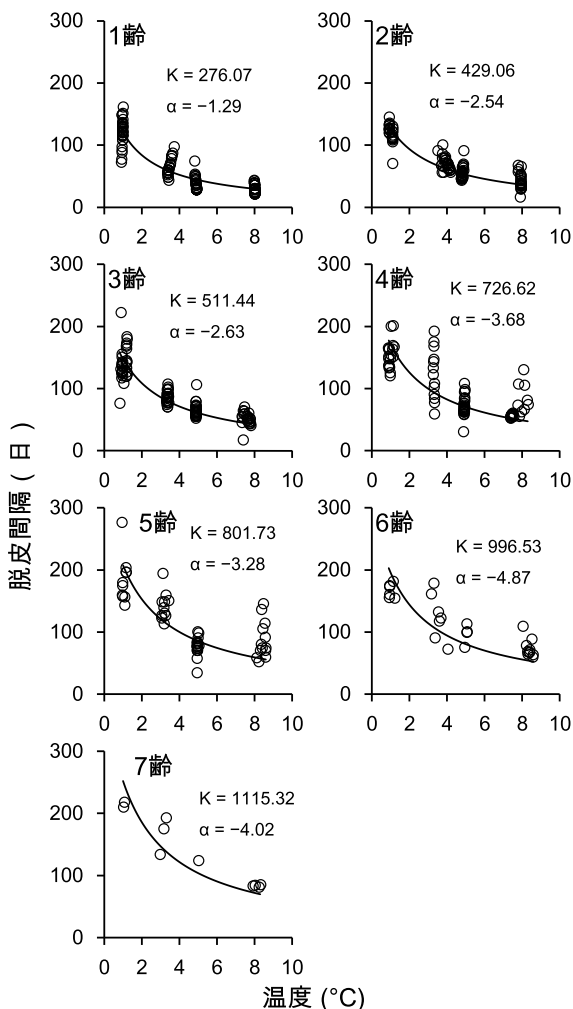


図3. ズワイガニ稚ガニの飼育温度と脱皮間隔の関係 K と a は有効積算温度法則の式の熱定数と発育臨界点。

得られた熱定数と発育臨界点の値、および稚ガニの代表的な分布水温として $-1, 0, 1, 2, 3, 4^{\circ}\text{C}$ を前述の有効積算温度法則の式に代入することで、 $-1\sim 4^{\circ}\text{C}$ の範囲における1 齢に脱皮してから8 齢に達するまでの積算月数を算出し、図示した (図5)。この成長モデル (図5) に天然個体の齢期別甲幅と分布水温が既知 (Alunno-Bruscia & Sainte-Marie 1998, Dionne et al. 2003) であるカナダ・セントローレンス湾北西部における稚ガニの甲幅を代入したところ、推定された生息水温は

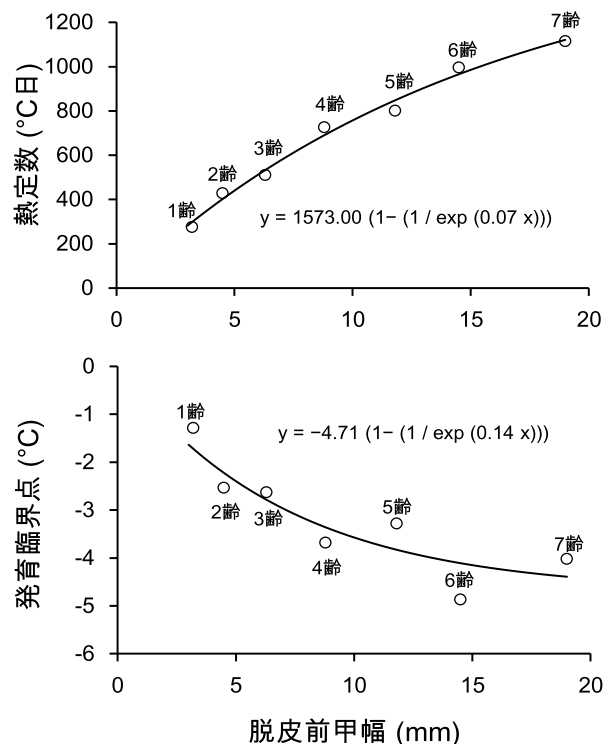


図4. ズワイガニ稚ガニの脱皮前甲幅と熱定数および発育臨界点の関係。

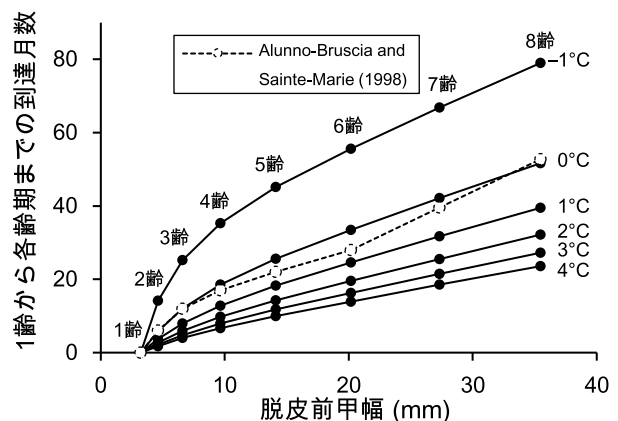


図5. ズワイガニ稚ガニの脱皮前甲幅と、 $-1\sim 4^{\circ}\text{C}$ 下における1 齢から各齢期までの推定到達月数の関係 白丸はカナダ大西洋岸のセントローレンス湾北西部で推定されている月数。

0~1°C の範囲であり、既知の情報と一致したことから、本研究で作成したモデルは、妥当であると判断された。今後、日本海での稚ガニの生息水温が明らかにされると、本研究で作成したモデルを用いて、日本海の稚ガニの年齢を正確に推定することが可能となる。

【おわりに】

本研究により、天然海域におけるズワイガニの年齢推定がある程度可能になった。幼生期の脱皮間隔は既に解明されているので (Yamamoto *et al.* 2014) , さらに大型個体の脱皮間隔を調べることで、ズワイガニが産まれてから成熟および漁獲加入するまでの年数や、成熟後の生存期間を推定することが可能になる。

さらに、日本海区水産研究所が調査している本種の資源量データと組み合わせることで、数年後の資源量がどのように変動するのかを早期に予測し、資源管理に役立てることも可能になる。

なお、本報告は、Yamamoto *et al.* (2015) の内容を要約したものである。

【引用文献】

- Alunno-Bruscia M., Sainte-Marie B., 1998: Abdomen allometry, ovary development, and growth of female snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura, Majidae), in the northwestern Gulf of St. Lawrence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55, 459-477.
- Dionne M., Sainte-Marie B., Bourget E., Gilbert D., 2003: Distribution and habitat selection of early benthic stages of snow crab *Chionoecetes opilio*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 259, 117-128.
- Yamamoto T., Yamada T., Fujimoto H., Hamasaki K., 2014: Effects of temperature on snow crab (*Chionoecetes opilio*) larval survival and development under laboratory conditions. *J. Shellfish Res.*, 33, 19-24.
- Yamamoto T., Yamada T., Kinoshita T., Ueda Y., Fujimoto H., Yamasaki A., Hamasaki K., 2015: Effects of temperature on growth of juvenile snow crabs, *Chionoecetes opilio*, in the laboratory. *J. Crust. Biol.*, 35, 140-148.

発行：国立研究開発法人水産総合研究センター

編集：国立研究開発法人水産総合研究センター日本海区水産研究所
〒951-8121 新潟市中央区水道町1-5939-22
電話：025-228-0451(代) FAX：025-224-0950
<http://jsnfri.fra.affrc.go.jp/>