

タカアシガニ成体雌の飼育生残日数に及ぼす 海洋深層水利用の効果と最終脱皮存在の可能性

岡本一利*¹

タカアシガニ成体雌の飼育生残日数への海洋深層水利用の影響について、表層水や調温水利用などの結果と比較することにより、検討を行った。平均生残日数を比較すると、表層水自然水温区(平均77.6日, 水温12~27°C)が一番短く、397m海洋深層水自然水温区(1,218.7日, 10°C)と687m海洋深層水自然水温区(979.3日, 8°C)のグループが一番長く、それらの中間に位置するのが循環表層水15°C区(287.2日), 表層水15°C区(367.6日), 397m海洋深層水15°C区(345.8日), 687m海洋深層水15°C区(272.0日)のグループであった。海洋深層水を利用したことによる本種の生残日数の増加は、海洋深層水の特徴の一つである低水温性が大きく関与していた。1,798日の最長生残個体を含む飼育156個体すべてにおいて、脱皮は観察されなかったことは、本種でも最終脱皮が存在することを示唆し、その場合最終脱皮後5年程度は生残可能であった。

キーワード: タカアシガニ, *Macrocheira kaempferi*, 海洋深層水, 飼育, 成体雌, 生残日数, 最終脱皮

海洋深層水は清浄性, 低水温性, 富栄養性等の特徴を有し^{1,2)}, 水深350~700mの駿河湾深層水では, 生菌数は表層海水の約100分の1, 水温は5~10°C, 無機栄養塩類の濃度は表層海水の約3~70倍であることが知られている³⁾。静岡県では, 駿河湾の水深397mと687mより2種類の海洋深層水を汲み上げ, 海洋深層水の水産利用研究を実施してきた⁴⁾。その結果, サクラエビ *Lucensosergia lucens*, アカザエビ *Metanephrops japonicus*, オオエンコウガニ *Chaceon granulatus*などの深海性甲殻類の飼育生残に海洋深層水は好影響をもたらすことが判明し^{5~7)}, 特に飼育困難であったサクラエビではその長期飼育に成功した⁵⁾。

一方, タカアシガニ *Macrocheira kaempferi* は, 深海性の甲殻類であり, 世界最大の節足動物として知られ, 静岡県の底曳網漁業やカゴ漁業で漁獲される地域特産種として人気が高い。国内外の水族館などでも飼育展示が行われているものの, 本種は大型であるため, 実験的に多数の個体を飼育するには, 飼育水槽の確保等に困難を生じる。そのため, 本種の成体を実験的に飼育した事例はほとんどなく, 唯一表層水を利用した飼育水温の影響

についての報告があるのみである⁸⁾。

そこで今回は, 海洋深層水の利用がタカアシガニ成体雌の飼育生残日数に及ぼす影響について検討を行った。

ところで, 多くのカニ類では, 成熟脱皮以降は脱皮をしない, いわゆる最終脱皮が報告されている^{9~14)}。今回, 長期間飼育することにより, 本種の最終脱皮に関する若干の知見を得たので, 併せて報告する。

本文に先立ち, カニの入手に協力していただいた戸田漁業協同組合の方々, 伊豆沿岸の底曳網ならびにカニ籠漁業者の方々, 飼育等にご協力下さった静岡県栽培漁業センター(当時)及び静岡県水産技術研究所駿河湾深層水水産利用施設の職員の各位に御礼申し上げます。

材料及び方法

1. 供試カニ

1987年から2006年の間, 静岡県伊豆半島各地の沿岸で漁獲された156個体の成体雌のタカアシガニを入手した。タカアシガニの雌は成体になると腹節が広くなり, 甲幅17 cm以上の雌は成体であることが報告されていることから^{*2)},

2019年1月4日受理

静岡県水産技術研究所(本所)業績第1172号

*¹静岡県水産技術研究所

*²岡本一利(1993): タカアシガニの脱皮成長. 日本生態学会大会講演要旨集, 238.

表1 タカアシガニ成体雌の飼育条件と供試カニのデータ

Table 1 Rearing conditions and data for adult female *Macrocheira kaempferi*

Rearing conditions*	S-N	S15-R	S15	397D15	687D15	397D-N	687D-N
Site of pumping up seawater (Coast of inner or center Suruga Bay)	Numazu city (inner)	Numazu city (inner)	Yaizu city (center)	Yaizu city (center)	Yaizu city (center)	Yaizu city (cente)	Yaizu city (center)
Water quality (Depth of pumping up seawater)	Surface seawater (5m)	Surface seawater (5m)	Surface seawater (24m)	Deep seawater (397m)	Deep seawater (687m)	Deep seawater (397m)	Deep seawater (687m)
Water flow system	Running	Recirculation	Running	Running	Running	Running	Running
Culture tank volume	2.0m ³	2.0m ³	5.0m ³	5.0m ³	5.0m ³	5.0m ³	5.0m ³
Rate of exchanging fresh seawater	5times/day	1time/day	4times/day	4times/day	4times/day	4times/day	4times/day
Water temperature (natural or controled)	12~27°C (natural)	15±1°C (controled)	15±2°C (controled)	15±2°C (controled)	15±2°C (controled)	10±1°C (natural)	8±1°C (natural)
Number of cultured crabs	67	41	9	9	8	11	11
Year of acquisition and starting culture of crabs	1987~1991	1989~1993	2003~2005	2003~2005	2003~2005	2004~2006	2004~2006
Carapace width (cm)	17.3~22.8	17.3~21.0	18.1~20.4	18.5~20.8	17.3~20.0	18.3~20.1	18.6~19.3
Culture density	3~4 ind./tank (1.5~2.0 ind./m ³)	3~4 ind./tank (1.5~2.0 ind./m ³)	4~5 ind./tank (0.8~1.0 ind./m ³)	4~5 ind./tank (0.8~1.0 ind./m ³)	4 ind./tank (0.8 ind./m ³)	5~6 ind./tank (1.0~1.2 ind./m ³)	5~6 ind./tank (1.0~1.2 ind./m ³)

*: Frozen squid, clam, shrimp and fish as food for crabs.

33腹節の形態と甲幅のサイズにより成体雌を判断した。入手したカニの甲幅は17.3~22.8cmであった。入手したカニは静岡県栽培漁業センター(当時、沼津市)もしくは静岡県水産技術研究所駿河湾深層水水産利用施設(焼津市)まで輸送し飼育を行った。

2. 飼育条件

入手した156個体の飼育条件を表1に示した。表層水自然水温(S-N)区、循環表層水15°C(S15-R)区、表層水15°C(S15)区、397m海洋深層水15°C(397D15)区、687m海洋深層水15°C(687D15)区、397m海洋深層水自然水温(397D-N)区、687m海洋深層水自然水温(687D-N)区の計7区を設定した。なお、S-N区、S15-R区については、岡本・石渡⁸⁾のデータの一部を用いた。

S-N区とS15-R区の2区では、駿河湾奥部に位置する沼津市沿岸の水深5mから汲み上げた表層水を砂を基質とするろ材により簡易ろ過して使用した。S15区では、駿河湾中央部に位置する焼津市沿岸の水深24mから汲み上げた表層水を微粒な発泡スチロールを基質とするろ材により簡易ろ過して使用した。397D15区、687D15区、397D-N区、687D-N区では、駿河湾中央部に位置する焼津市沿岸の各々水深397m、687mから汲み上げた海洋深層水を使用した。

S-N区では、2m³容水槽に3~4個体ずつ計67個体収容し、約5回転/日程度の換水率となるようにろ過海水を掛け流し式で注入し、調温せず自然水温(12~27°C)とした。

S15-R区では、2m³容水槽に3~4個体ずつ計41個体収容し、約1回転/日程度の換水率となるようにろ過海水を注入し、飼育水循環式により水温を15±1°Cに調温した。S15区では、5m³容水槽に4~5個体ずつ計9個体収容し、約4回転/日程度の換水率となるように15°Cに調温したろ過海水を掛け流し式で注入し、飼育水温を15±2°Cとした。397D15区では、5m³容水槽に4~5個体ずつ計9個体収容し、約4回転/日程度の換水率となるように15°Cに調温した海洋深層水(397mから取水)を掛け流し式で注入し、飼育水温を15±2°Cとした。687D15区では、5m³容水槽に4個体ずつ計8個体収容し、約4回転/日程度の換水率となるように15°Cに調温した海洋深層水(687mから取水)を掛け流し式で注入し、飼育水温を15±2°Cとした。397D-N区では、5m³容水槽に5~6個体ずつ計11個体収容し、約4回転/日程度の換水率となるように海洋深層水(397mから取水)を掛け流し式で注入し、飼育水温を10±1°Cとした。687D-N区では、5m³容水槽に5~6個体ずつ計11個体収容し、約4回転/日程度の換水率となるように海洋深層水(687mから取水)を掛け流し式で注入し、飼育水温を8±1°Cとした。

実験は、表1記載の期間に行った。これらのカニに餌料として冷凍のイカ・アサリ・エビ・魚などを毎日投与し、生残を確認するとともに、残餌、糞等は適宜サイホンで除去した。各区の生残日数については、Steel-Dwass法で解析し、比較検討を行った。

結 果

飼育条件別の生残率の推移を図1に示した。S-N区は実験開始直後から生残率の急激な低下がみられた。それ以外の区では、実験開始直後のへい死はなく、生残率の減少が開始する初期には、減少率は高めなものの徐々に減少率が低下し、長期間生残する個体が確認された。実験開始後の高い生残率が長期に維持されるほど、生残日数が長い傾向が見られた。

飼育条件別の飼育生残日数を、さらには各区の生残日数についてSteel-Dwass法で比較検討した結果を図2に示した。最短～最長生残日数は、S-N区で1～192日、S15-R区で129～554日、S15区で152～928日、397D15区で115～829日、687D15区で85～755日、397D-N区で772～1,798日、687D-N区で664～1,798日であった。平均生残日数±S.D.は、S-N区で77.6±50.2日、S15-R区で287.2±94.2日、S15区で367.6±250.3日、397D15区で345.8±220.8日、687D15区で272.0±212.4日、397

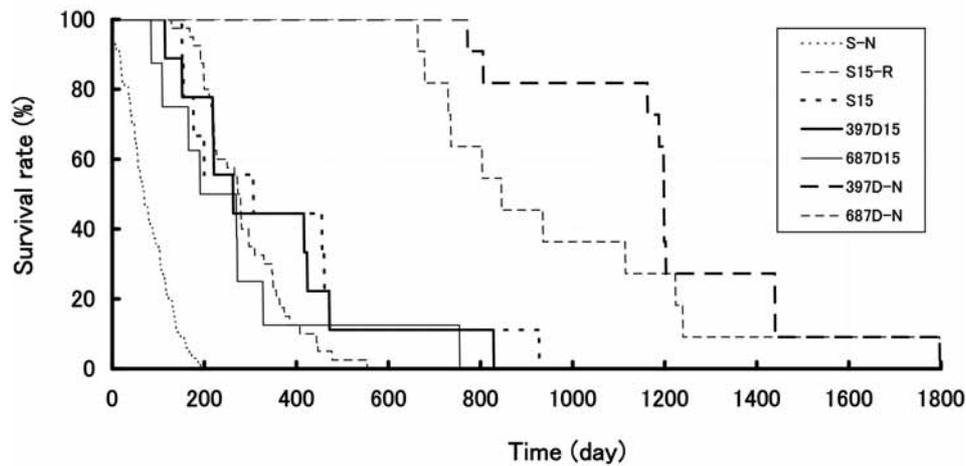


Fig. 1 Change of survival rate of adult female crab *Macrocheira kaempferi* in each of the rearing conditions.

図1 タカアシガニ成体雌の飼育条件別の生残率の推移

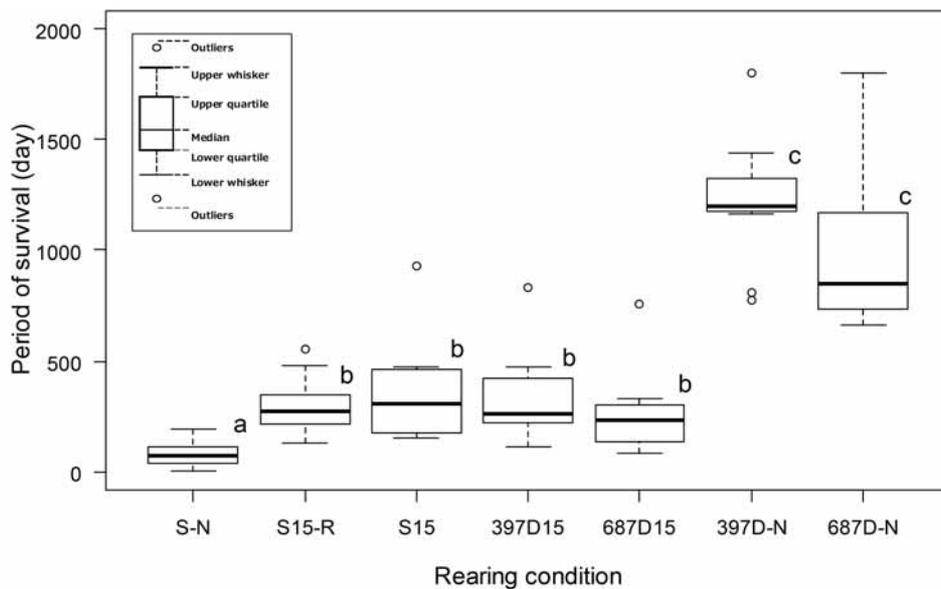


Fig. 2 Box-and-whisker plot of period of survival of adult female crab *Macrocheira kaempferi* in each of the rearing conditions.

Different letters indicate significant differences (Steel-Dwass—test, $P < 0.05$)

図2 タカアシガニ成体雌の飼育生残日数の分布を飼育条件別に表す箱ひげ図異なる記号間において有意差(Steel-Dwass法, $P < 0.05$)を示す。

D-N区で $1,218.7 \pm 284.4$ 日, 687D-N区で 979.3 ± 343.2 日であった。生残日数についてSteel-Dwass法で比較検討した結果, S-N区が一番短く, 397D-N区と687D-N区のグループが一番長く, それらの中間に位置するのがS15-R区, S15区, 397D15区, 687D15区のグループであった。使用水が同じで, 異なる水温の組合せ, すなわち, S-N区とS15-R区・S15区, 397D15区と397D-N区(10°C), 687D15区と687D-N区(8°C)の間で比較すると, 水温の低い区のほうが生残日数が明らかに長かった。水温が同じで, 異なる使用水の組合せ, すなわち, 表層海水ならびに海洋深層水を 15°C に調温した4区(S15-R区, S15区, 397D15区, 687D15区)の比較において, 生残日数の明確な差が認められなかった。さらには, 海洋深層水自然水温の区, すなわち, 397D-N区, 687D-N区の比較においても, 生残日数の明確な差は認められなかった。

1,798日の最長生残個体を含む飼育156個体すべてにおいて, 脱皮は観察されなかった。

考 察

今回, 甲殻類の飼育生残に好影響をおよぼすことが知られている海洋深層水を⁵⁻⁷⁾, タカアシガニ成体雌の飼育に利用することによる生残日数について検討した結果, 調温しないS-N区, 397D-N区, 687D-N区の3区の比較において, 海洋深層水を利用した後2区の平均生残日数は極端に長く, 今回記録した1,798日は, 過去の最長生残日数1,174日⁸⁾を大きく越える結果となった。調温しない表層水区(S-N区)は飼育開始直後から減耗が大きく, 本種を長期間飼育するには適さないことが判明した。

異なる使用水を用いた水温を 15°C に調温した試験区間では, 生残日数の明確な差が認められなかった。また, 10°C に調温した表層水を用いた過去の飼育事例⁹⁾と水温 $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ で管理した深層水を用いた試験区(397D-N区)では, いずれも400日まではほとんどへい死がみられず, 同様の生残状況を示した。これらのことから, 水温以外の海洋深層水の特徴である清浄性, 富栄養性に関しては, 本種の生残日数に大きく影響しないことが示唆された。飼育下のサクラエビ成体の生残, 成長では, 同じ水温での海洋深層水区と表層水区の比較において, 海洋深層水区において明らかに生残日数は長く, 脱皮回数も多いことが報告されている⁵⁾。今回のタカアシガニの結果は, 海洋深層水の有効性が明確に示されたサクラエビの事例⁵⁾とは異なることが判明した。

使用水が同じで水温の低い区が生残日数が明らかに長かったことは, 水温が本種の生残日数に大きく影響していることを示している。水温 $10 \sim 15^{\circ}\text{C}$ で飼育することにより越冬が可能となることは既に報告されており⁸⁾, この結果はそれを裏付けるものとなった。すなわち, 海洋深層水を利用したことによる本種の生残日数の増加は, 海洋深層水の特徴の一つである低水温性が大きく関与したことが明らかになった。

ところで, 海洋深層水を利用した飼育において, 深海性甲殻類のサクラエビ, アカザエビ, オオエンコウガニでは, 脱皮により成長することが確認されているが⁵⁻⁷⁾, 今回タカアシガニの成体雌では, 1,798日の最長生残個体を含む飼育156個体中1個体も脱皮が観察されなかった。

多くのカニ類で報告されている最終脱皮⁹⁻¹⁴⁾については, タカアシガニでは確認されていない。今回飼育したすべての成体雌で脱皮が確認されなかったことは, タカアシガニでも最終脱皮が存在することを示唆する。最終脱皮があるとして, 最終脱皮後5年程度は生残可能であることも明らかになった。

今回海洋深層水を飼育水に利用することにより, タカアシガニ成体雌の長期飼育が可能となった。今回得られた結果は, 長期蓄養などの水産利用への活用が期待できるほか, 今後タカアシガニの生理生態の解明や, 生物学的情報に基づいた資源管理方策の立案に役立つものと期待される。

文 献

- 1) Nakashima T., Toyota T., Yamaguchi M. (1994): Value of deep seawater as a resource and its utilization. *Proc. Oceanology International '94*, **5**, 1~15.
- 2) 中島敏光(2002): 21世紀の循環型資源-海洋深層水の利用. 緑書房, 東京, 263pp.
- 3) 安川岳志・筒井浩之・三森智裕・黒山順二・豊田孝義・中島敏光(2002): 駿河湾海洋深層水取水予定域における海水特性, 海洋深層水研究, **3**, 77~82.
- 4) 岡本一利(2010): 海洋深層水の水産利用研究, そして異業種連携, 地域連携. 日本水産学会誌, **76**(4), 724.
- 5) 岡本一利(2006): 成体サクラエビ *Sergia lucens* の生残, 成長におよぼす海洋深層水の影響. 海洋深層水研究, **7**(1), 1~7.

- 6) Okamoto K (2008) : Use of deep seawater for rearing Japanese scampi lobster (*Metanephrops japonica*) broodstock. *Reviews in Fisheries Science*, **16** (1-3), 391~393.
- 7) 岡本一利(2014) : 飼育条件下におけるオオエンコウガニ成体雌の生残, 脱皮および繁殖状況. 静岡県水産試験場研究報告, **46**, 17~22.
- 8) 岡本一利・石渡俊郎(1996) : タカアシガニの成体の生存に及ぼす飼育水温の影響. 静岡県水産試験場研究報告, **31**, 15~18.
- 9) Hartnoll R. G.(1963) : The biology of spider crabs: A comparison of British and Jamaican species. *Crustaceana*, **9**, 1~16.
- 10) Hines A. H.(1982): Coexistence in a kelp forest: Size, population dynamics, and resource partitioning in guild of spider crabs(Brachyura, Majidae). *Ecological Monographs*, **52**(2), 179~198.
- 11) Hartnoll R. G.(1985): Growth, sexual maturity and reproductive output. In: Wenner A. M. (eds) Crustacean issues 3 Factors in adult growth, A. A. Balkema, Rotterdam. 101~128.
- 12) 渡邊精一(1997) : 短尾類の成長と繁殖: 特に種苗放流に関連して. 水産増殖, **45**(2), 305~313.
- 13) 山崎 淳・桑原昭彦(1991) : 日本海における雄ズワイガニの最終脱皮について. 日本水産学会誌, **57**, 1839~1844.
- 14) 養松郁子・白井 滋・廣瀬太郎(2007) : ベニズワイ *Chionoecetes japonicus* 雄の相対成長の変化と最終脱皮の可能性. 日本水産学会誌, **73**, 668~673.

Survival and terminal molting of adult female giant spider crabs (*Macrocheira kaempferi*) in deep seawater captivity

Kazutoshi Okamoto

Abstract Adult female giant spider crabs (*Macrocheira kaempferi*, n=156) were obtained from the coast of the Izu peninsula, Shizuoka prefecture, between 1987 and 2006, and were reared in the laboratory. The carapace width of the specimens ranged from 17.3 to 22.8cm. In order to determine the benefits of rearing giant spider crabs in deep seawater (DSW), the present study compared the survival of the captured crabs under seven rearing conditions: natural surface seawater (S-N), 12 - 27°C; recirculated surface seawater (S15-R), 15±1°C; temperature controlled surface seawater (S15), 15±2°C; temperature controlled DSW from 397m (397D15), 15±2°C; temperature controlled DSW from 687m (687D15), 15±2°C; natural DSW from 397m (397D-N), 10±1°C; and natural DSW from 687m (687D-N), 8±1°C. The average periods of survival under these conditions were 77.6 d in S-N, 287.2 d in S15-R, 367.6 d in S15, 345.8 d in 397D15, 272.0 d in 687D15, 1218.7 d in 397D-N, and 979.3 d in 687D-N. These results demonstrated that natural DSW is suitable for rearing adult crabs and that one of the properties of DSW, low temperature, improve crab longevity. The observations of the present study, namely that adult females can survive long periods without molting, confirm the hypothesis of terminal molting in the species. Indeed, *M. kaempferi* specimens can live ≥5 years after the terminal molt. The present study demonstrates that DSW can be used to improve the long-term culture of adult giant spider crabs, thereby promoting ecological studies of the species.

Key words: giant spider crab, *Macrocheira kaempferi*, deep seawater, rearing, adult female, survival day, terminal molt