Aquatic Animals

水生動物 第 2023 巻
令和 5 年 11 月

福井県で水揚げされた雌雄間性のズワイガニ

Gynandromorph of the snow crab *Chionoecetes opilio* from Fukui Prefecture

角田啓斗[1]・山野仁司[2]・豊田賢治[1,3,4]*
Keito Tsunoda, Hitoshi Yamano, Kenji Toyota

[1] 東京理科大学先進工学部生命システム工学科, 東京都葛飾区新宿 6-3-1
[2] 越前蟹の蔵やまに水産, 福井県坂井市三国町安島 64-1
[3] 金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設, 石川県鳳珠郡能登町小木ム 4-1
[4]神奈川大学理学部理学科, 神奈川県横浜市神奈川区六角橋3-27-1
[1]Department of Biological Science and Technology, Tokyo University of Science, 6-3-1 Nijyuku, Katsushika-ku, Tokyo, 125-8585, Japan. [2] Yamani Suisan Inc., Tojinbo, Mikuni-cho, Sakai-shi, Fukui, 913-0063, Japan. [3]Noto Marine Laboratory, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 4-1 Ogi, Noto-cho, Hosu-gun, Ishikawa, 927-0553, Japan. [4]Department of Biological Sciences, Faculty of Science, Kanagawa University, 3-27-1 Rokkakubashi, Kanagawa-ku, Yokohama-shi, Kanagawa, 221-8686, Japan.

*Corresponding author, e-mail: toyotak@se.kanazawa-u.ac.jp, Tel +81-768-74-1151.

Abstract

Many morphological abnormalities have been reported in crab species, including intersexual or gynandromorphic individuals with both male and female traits and morphological deformities of the chelipeds and other parts of the body. A gynandromorphic individual of the snow crab *Chionoecetes opilio* was recently captured in Fukui Prefecture, Japan, on November 12, 2023. This specimen had some characteristics of the male with terminal molt such as a huge carapace width and enlarged chela height, on the other hand, it had a female-like widened abdominal width. It also had male-like first pleopods and female-like pleopods with hairs. Although histological observations could not be made because it had been boiled, the gonad appeared to be an ovary. This is a gynandromorphic individual with both male and female morphological characteristics, therefore, a detailed record is hereby provided.

Key words: intersex; morphological abnormality; Sea of Japan

緒言

カニ類の奇形については数多く報告されており、雌雄両方の形質を有する間性個体（伊藤 1965; 荒木・松浦 1995 など）や鉗脚などに見られる形態異常（柳本 2012; 大土ら 2023 など）、全身あるいは部位特異的に生じる白色化などの体色異常など多岐にわたる（篠川・酒井 1998; 角田・豊田 2023 など）。

ズワイガニ *Chionoecetes opilio* は朝鮮半島以東の日本海、オホーツク海、アラスカ半島以北のベーリング海、パリー岬以東のボーフォート海、北西大西洋ではグリーンランド以南からメイン州のカスコ湾までに広く分布し（Jadamec et al. 1999）、水深 50–600 m の砂泥や泥底に生息する（三宅 1983）。本種は福井県や石川県、鳥取県などで重要な水産資源となっているが（酒井 1935）、個体数の減少に伴い漁期や漁獲量の規制、未成熟個体の採捕禁止といった取り組みがなされている（山﨑 1988）。

今回、福井県沖から雌雄両方の特徴を併せ持つ雌雄間性のズワイガニが漁獲されたため、ここに報告する。

材料および方法

2023 年 11 月 12 日、福井県坂井市三国町でズワイガニが水揚げされた。水揚げされたズワイガニを越前蟹の蔵やまに水産が買い取り、甲の大きさから雌雄判別を行なった。雄と判断されたズワ

イガニを福井県ブランド「越前がに」として販売するために茹でていたところ、雌雄両方の特徴を有する間性個体が発見された。本個体は後日、形態計測と写真記録が行なわれた。形態計測はデジタルノギスを用いて 0.1 mm の精度で甲幅（carapace width: CW）、甲長、右鉗脚高（chela height: CH）、左鉗脚高、第 3 腹節幅、第 6 腹節幅を測定した。各部の名称は主に山﨑・桑原（1991）を参照したが、腹節の名称のみ伊藤（1957）に従った。奇形個体は後日剥製標本にされ、越前蟹の蔵やまに水産にて保管・展示される予定である。

結果および考察

検討個体のそれぞれの計測値は、甲幅 124.3 mm、甲長 120.0 mm、右鉗脚高 25.7 mm、左鉗脚高 25.8 mm、第 3 腹節幅 46.5 mm、第 6 腹節幅 39.3 mm であった。

ズワイガニ属はズワイガニ×ベニズワイ *C. japonicus* やオオズワイガニ *C. bairdi* ×ズワイガニなどの交雑種が知られている（Jadamec et al. 1999; Kim et al. 2012）。特に、ズワイガニとベニズワイの交雑種は福井県から記録があり、この交雑種にはベニズワイ同様の鰓域側縁に棘が認められる（山本ら 2018）。しかし、本検討個体には鰓域側縁の棘が認められなかったため、交雑種ではなくズワイガニと断定した。

ズワイガニは雌雄間で成長差が認められ、雄の方が雌より大きくなる（吉田 1951）。成熟雌の甲幅は 70–80 mm が多く、90 mm 以上に達する個体が稀なのに対して、成熟雄では甲幅 150 mm 以上に達する大型個体は珍しくない（伊藤 1965）。またカニ類は一般に腹部の形状で雌雄判別ができ、ズワイガニも例外ではない。つまり腹部の形態が三角形であれば雄、半円形であれば雌と判断できる。検討個体は甲の大きさが雄であるにも関わらず、腹部の形態が雌の特徴を示していた点で間性個体と判断された（Fig. 1）。

山﨑・桑原（1991）や山﨑・桑原（1993）など

Fig. 1. The deformed snow crab *Chionoecetes opilio*. A, dorsal view; B, ventral view. Scale bars indicate 5.0 cm.

は、日本海における雄ズワイガニについて、甲幅に対して相対的に鉗脚高の低い群と高い群を見出し、この 2 群は次式（1）や式（2）により統計的に区分されることを明らかにした。

$$Y_1 = -16.5221\ln CW + 14.5003\ln CH + 33.8949 \quad (1)$$
$$Y_2 = -12.2365\ln CW + 9.5429\ln CH + 28.2777 \quad (2)$$

ここで、Y_1 や Y_2 がそれぞれ-0.01123 や-0.0511 よりも小さい値であれば鉗脚高の低い群に、大きい値であれば鉗脚高の高い群に区別され、鉗脚高の高い群は最終脱皮を終えた個体で構成されている。検討個体は甲幅 124.3 mm、右鉗脚高 25.7 mm であったため、これらの値を式（1）と式（2）に代入すると Y_1 は 1.28889、Y_2 は 0.2457 となる。これらの値はそれぞれ-0.01123、-0.0511 よりも大きいため、検討個体は鉗脚高の高い群に属し、最終脱皮後の個体の特徴を有していると考えられる。太平洋側においても、山﨑・桑原（1993）や上田ら（2007）などが雄ズワイガニの甲幅に対して鉗脚高が大きい群と小さい群に分かれることを明らかにした。両群は次式（3）や式（4）において最終脱皮前と最終脱皮後に区分される。

$$Y_3 = -21.1792\ln CW + 15.5661\ln CH + 51.1591 \quad (3)$$
$$\ln CH' = 1.154\ln CW - 2.389 \quad (4)$$

ここで、Y_3 が-0.6979、lnCH が lnCH'の値より大きければ最終脱皮後、小さければ最終脱皮前と区分される。検討個体の甲幅 124.3 mm、右鉗脚高 25.7 mm であったため、これらの値を式（3）と式（4）に代入すると Y_3 は-0.4466、lnCH'は 3.176 となる。一方 lnCH は 3.246 であるため、検討個体は最終脱皮後であると考えられ、上記式（1）や式（2）で得られた結果と矛盾しない。

検討個体は既に茹でられた後であったため、詳細な体重が不明であった。しかし、日本海における雄の最終脱皮後の体重については、伊藤ら（2014）によって甲幅と体重（body wight : BW）の関係式（5）が得られている。

$$BW = 4.02 \times 10^{-4} CW^{2.97} \quad (5)$$

ここに検討個体の甲幅 124.3 mm を代入すると、体重が 668 g 程度であったことが推定される。

腹部に焦点を当てると、第 3 腹節幅と第 6 腹節幅の比は 1.18 であった。伊藤（1957）によるとズワイガニの雌において、甲幅 30 mm 以上の未成熟個体は第 3 腹節幅と第 6 腹節幅の比が 1.01–1.21 を示し、成熟個体では 1.28–1.44 を示す。検討個体の第 3 腹節幅と第 6 腹節幅の比は 1.18 であったため、腹節のみに着目すると未成熟の雌個体であると考えられた。腹節の形態も伊藤（1957）

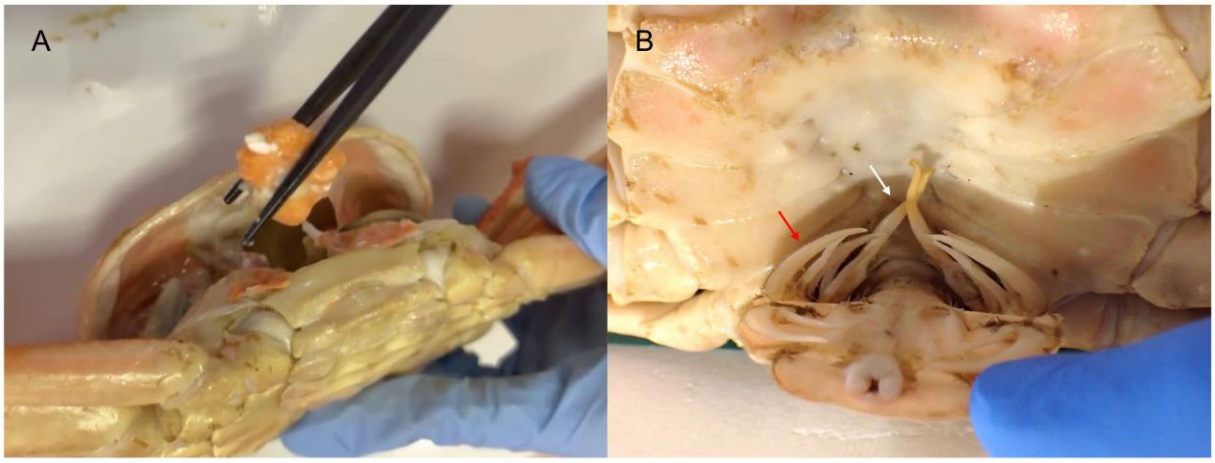

Fig. 2. The ovary (A) and pleopod (B) of the deformed snow crab *Chionoecetes opilio*. White arrow (B) indicates gonopods and red one (B) indicates pleopods of female.

の示す未成熟個体の形態に類似した。また、検討個体から卵巣が認められた（Fig. 2A）。しかし、腹肢に着目すると雄の特徴である大型の第 1 腹肢と、雌の特徴をもつ腹肢、すなわち卵を抱えるための毛を有した同形同大の腹肢が複数存在した（Fig. 2B）。

検討個体は上記の結果から雄と雌両方の特徴を有する珍しい個体であることが明らかになった。本個体の特徴は、伊藤（1965）や朝日新聞デジタル（2023）にて報告された奇形個体と類似する。ズワイガニ以外のカニでは、モクズガニ科の *Brachynotus gemmellari* やアオガザミ *Callinectes sapidus*、ヨーロッパミドリガニ *Carcinus maenas*、コブシガニ科の *Merocryptus tuberculata*、サワガニ *Geothelphusa dehaani*、ケセンガニ科の *Hyas coarctatus*、ケアシガニ科の *Maja brachydactyla*、アシボソベニサンゴガニ *Quadrella coronata* などで雌雄間性の報告がある（Veillet 1945; Hartnoll 1960; Froglia and Manning 1978; Otto 1979; Cargo 1980; Johnson and Otto 1981; Manning and Holthuis 1981; Galil and Tom 1990; 荒木・松浦 1995; Quigley 2020）。

国内において、ズワイガニ属の奇形個体は数多く報告されているが、そのほとんどが付属肢に関する奇形であり（伊藤 1956, 1960, 1965, 1967; 水澤・佐藤 1965; 本尾 1971, 1972, 2002; 鈴木・小田原 1971; 丹下・岩佐 1991; 三橋 1993; 田村 1996; 本尾・豊田 2003; 松井・増田 2004）、雌雄間性に関する報告は少ない（伊藤 1965; 朝日新聞デジタル 2023）。

本研究で報告したズワイガニのように雌雄間性を示す甲殻類は過去にも報告されている。同様に、節足動物全体を見渡しても、昆虫類で正中線の左右で異なる雌雄形質が現れる例は日本国内でも毎年のように報告されている（NHK 首都圏 NEWS WEB 2023; 読売新聞オンライン 2021 など）。この雌雄間性が生じるメカニズムはまだ昆虫類でも詳細は不明であるが、その性決定機構の研究からいくつかの示唆は得られている。我々、ヒトを含む脊椎動物の多くは遺伝的な染色体の構成比によって雌雄の発生運命は規定されるが、個体全身の性形質は生殖腺から分泌される女性ホルモン（エストロゲン）と男性ホルモン（アンドロゲン）の作用によって細胞非自律的に統一される（Nagahama et al. 2021）。その一方で、昆虫類などの節足動物は一般に性ホルモンを持たず、細胞１つ１つが性決定遺伝子カスケードによって細胞自律的に雌雄のアイデンティティを規定する（Toyota et al. 2021）。この性ホルモンに依存しない細胞自律的な性決定機構の側面から、雌雄間性が生じるメカニズムとして二核卵の二重受精、性染色体の喪失、性決定遺伝子の過剰発現／抑制や、突然変異や共生生物による影響などが考えられている（Narita et al. 2010）。一方で、節足動物の中でも例外的に性ホルモンが見つかっているのがカニ類を含む軟甲綱に属する甲殻類である。軟甲綱の雄性分化は、輸精管末端領域に形成される造雄腺と呼ばれる雄特異的な内分泌器官から合成・分泌される造雄腺ホルモン（insulin-like androgenic gland factor: IAG）によって制御されている。いくつかの十脚目甲殻類においてその作用は詳細に調べられており、IAG 遺伝子の発現を抑制すると雌に、逆に雌で IAG 遺伝子の発現を亢進すると雄になる（Levy and Sagi 2020; Toyota et al. 2021）。つまり、ズワイガニを含むカニ類では、例え二核卵の二重受精や性染色体の喪失、性決定遺伝子の過剰発現／抑制が生じたとしても造雄腺から分泌される IAG によって全身の性は細胞非自律的に雄に統一されるはずであり、本報告のような雌雄間性個体が生じるメカニズムはまだうまく説明できない。昆虫ではカイコ *Bombyx mori* で雌雄モザイクが生じる m042 系統などが作出されており、雌雄モザイクの分子機構に迫る研究が進められている（Kusakabe et al. 2004）。その一方で、カニ類を含む甲殻類では雌雄間性個体の発見報告そのものが昆虫類に比べると少ないことに加え、今回のズワイガニのように漁獲された個体は茹でられた後に発見されることもあり、生時の分析が困難なケースもあることから、雌雄間性個体の発生メカニズムに切り込んだ研究はほとんど進展していない。今後、本報告が本種やカニ類の雌雄間性メカニズムの理解増進に役立

つことを願っている。

謝辞

越前蟹の蔵やまに水産の従業員の皆様には本個体の形態計測の際にお世話になった。また、国立研究開発法人水産研究・教育機構の山本岳男博士には文献を提供していただいた。上記の方々に厚く御礼申し上げる。

引用文献

荒木　晶・松浦修平 (1995). サワガニにみられた雌雄モザイク．九州大學農學部學藝雑誌 49: 133–137.

朝日新聞デジタル (2023). https://www.asahi.com/articles/ASR4173FPR3WPUUB00F.html. (accessed on 22 November 2023).

Cargo, D. G. (1980). A bisexual blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, from the Chesapeake Bay. Am. Midl. Nat. 104: 378–382.

Froglia, C., Manning, R. B. (1978). *Brachynotus gemmellari* (Rizza, 1839), the third Mediterranean species of the Genus (Crustacea, Decapoda, Brachyura). Proc. Biol. Soc. Wash. 91: 691–705.

Galil, B., Tom, M. (1990). Histology and external morphology of a gynandromorph of *Quadrellac coronata* Dana (Decapoda: Trapeziidae). J. Crust. Biol. 10: 112–113.

Hartnoll R. G. (1960). An hermaphrodite specimen of the spider crab *Hyas coarctatus* Leach. Crustaceana 1: 326–330.

伊藤勝千代 (1956). ズワイガニの第 2 歩脚指節の奇形．採集と飼育 18: 347.

伊藤勝千代 (1957). ズワイガニ *Chionoecetes opilio* の腹及び脚長節の相対成長とその段階．日本海区水産研究所研究年報 3: 117–129.

伊藤勝千代 (1960). 再び山陰沖から採捕されたズワイガニの奇形．採集と飼育 22: 123–125.

伊藤勝千代 (1965). ズワイガニに見出された奇形 2 例について．日本海区水産研究所研究報告 14: 91–93.

伊藤勝千代 (1967). 左側の歩脚が三本の奇形ズワイガニについて．日本海区水産研究所研究報告 17: 141–142.

伊藤　靖・三浦　浩・澤田竜美 (2014). ズワイガニ保護区の保護効果と生物多様性．水産工学 50: 199–207.

Jadamec, L. S., Donaldson, W. E., Cullenberg, P. (1999). Biological field techniques for Chionoecetes crabs. University of Alaska Sea Grant College Program, Fairbanks.

Johnson, P. T., Otto, S. V. (1981). Histology of a bilateral gynandromorph of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun (Decapoda: Portunidae). Biol. Bull. 161: 236–245.

Kim, W., Jung, H., Chun, Y., Kang, S., Shin, E., Kim, Y., Nam, B., Kong, H., Cha, H. (2012). Genetic evidence for natural hybridization between red snow crab (*Chionoecetes japonicus*) and snow crab (*Chionoecetes opilio*) in Korea. J. Shellfish Res. 31: 49–56.

Kusakabe, T., Kido, K., Kita, K., Banno, Y., Mon, H., Kawaguchi, Y., Koga, K. (2004). Analysis of artificial and spontaneous parthenogenetic development in mosaic mutations and the parthenogenetic strain of *Bombyx mori*. Invertebr. Reprod. Dev. 45: 101–108.

Levy, T., Sagi, A. (2020). The “IAG-Switch”—A key controlling element in decapod crustacean sex differentiation. Front. Endocrinol. 11: 651.

Manning, R. B., Holthuis, L. B. (1981). West African brachyuran crabs (Crustacea: Decapoda). Smithsonian Contrib. Zool. 30: 1–379.

松井芳房・増田恵一 (2004). 右側歩脚が 3 本の奇形ズワイガニについて．兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告（水産編） 37: 9–10.

Nagahama, Y., Chakraborty, T., Paul–Prasanth, B., Ohta, K., Nakamura, M. (2021). Sex determination, gonadal sex differentiation, and plasticity in vertebrate species. Physiol. Rev. 101: 1237–1308.

Narita, S., Pereira, R. A. S., Kjellberg, E., Kageyama, D. (2010). Gynandromorphs and intersexes: potential to understand the mechanism of sex determination in arthropods. Terr. Arthropod Rev. 3: 63–9.

NHK 首都圏 NEWS WEB (2023). https://www3.nhk.or.jp/shutoken-news/20230722/1000095051.html. (accessed on 22 November 2023).

三橋正基 (1993). ベニズワイのはさみ脚掌部の奇形．北水誌だより 23: 21.

三宅貞祥 (1983). 原色日本大型甲殻類図鑑（II）．保育社，大阪．

水澤六郎・佐藤　優 (1965). ベニズワイガニの奇形観察．採集と飼育 27: 340–341.

本尾　洋 (1971). ベニズワイガニ左鉗脚の奇形 2 例．甲殻類の研究 4.5: 184–190.

本尾　洋 (1972). ベニズワイの右鉗脚にあらわれた奇形について．石川県増殖試験場研究報告 2: 21–27.

本尾　洋 (2002). ズワイガニの奇形 2 例．Cancer 11: 3–6.

本尾　洋・豊田幸詞 (2003). 第三顎脚に異常鉗脚を生じた雄ズワイガニ．Cancer 12: 19–22.

大土直哉・大竹純也・杉村達樹 (2023). 鉗脚可動指に著しい過剰指を生じたタイワンガザミ（狭義）（十脚目：ガザミ科）の記録．ニッチェ・ライフ 11: 70–73.
Otto, S. V. (1979). Rare condition found in a Chesapeake Bay blue crab. Commercial Fisheries News (Maryland Department of Natural Resources) 12 (5): 1.
Quigley, D. T. G. (2020). Bi-lateral gynandromorphic common spider crab *Maja brachydactyla* Balss, 1922 (Crustacea: Decapoda: Brachyura) from SE Ireland. Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol. 40: 212–216.
酒井　恒 (1935). 日本蟹類図説．三省堂，東京．
篠川貴司・酒井雅博 (1998). 黄白色の脚を持つモクズガニ．Cancer 7: 19–20.
鈴木　博・小田原利光 (1971). 2 種のカニの鉗脚にあらわれた奇形について．甲殻類の研究 4.5: 191–195.
田村昭夫 (1996). 催物展「山陰海岸のカニ—カニと一緒に記念写真—」から. 郷土と博物館 42 (1): 1–6.
丹下勝義・岩佐隆宏 (1991). 右側鉗脚が 2 本の奇形ベニズワイガニについて. 兵庫県立水産試験場研究報告 (29): 73–76.
Toyota, K., Miyakawa, H., Hiruta, C., Sato, T., Katayama, H., Ohira, T., Iguchi, T. (2021). Sex determination and differentiation in decapod and cladoceran Crustaceans: An overview of endocrine regulation. Genes 12: 305.
角田啓斗・豊田賢治 (2023). 左鉗脚が白化したヒライソガニ *Gaetice depressus* (De Haan, 1835). Cancer 32: e11–e12.
上田祐司・伊藤正木・服部　努・成松庸二・藤原邦浩・吉田哲也・北川大二 (2007). 東北地方太平洋岸沖におけるズワイガニの甲幅組成解析により推定された成長. 日本水産学会誌 73: 487–494.
Veillet, A. (1945). Recherches sur le parasitisme des crabes et des Galathées par les Rhizocéphales et les Epicarides. Ann. Inst. Oceanogr. 22: 193–341.
山本岳男・柳本　卓・児玉晃治 (2018). 福井県沿岸で漁獲されたズワイガニとベニズワイの交雑雌．Cancer 27: 61–66.
山﨑　淳 (1988). 京都府沖合海域におけるズワイガニの生態に関する研究—IV. 京都府立海洋センター研究報告 11: 35–42.
山﨑　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.
山﨑　淳・桑原昭彦 (1993). 大和堆におけるズワイガニの分布と最終脱皮サイズ. 日本水産学会誌 59: 1977–1983.
柳本　卓 (2012). 天皇海山産オオエンコウガニの鉗脚に見られた奇形．Cancer 21: 33–37.
読売新聞オンライン (2021). https://www.yomiuri.co.jp/science/20210923-OYT1T50017/. (accessed on 22 November 2023).
吉田　裕 (1951). 有用カニ類の雌雄の間に見られる大きさの相違と其の原因に就いて．日本水産学会誌 16 (12): 90–92.

Received: 22 November 2023 | Accepted: 25 November 2023 | Published: 27 November 2023