

愛媛県四国中央市の柳瀬ダムにおけるマミズクラゲの出現記録

Occurrence record of freshwater jellyfish *Craspedacusta sowerbii*
in Yanase Dam, Shikokuchuo City, Ehime Prefecture豊田賢治^{1,2,3*}・近藤裕介⁴・小林千余子⁵Kenji Toyota^{1,2,3*}, Yusuke Kondo⁴, Chiyoko Kobayashi⁵¹ 広島大学大学院統合生命科学研究科, 広島県東広島市鏡山 1-4-4² 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 3-27-1³ 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 6-3-1⁴ 広島大学瀬戸内 CN 国際共同研究センターブルーイノベーション部門水産実験所, 広島県竹原市港町 5-8-1⁵ 奈良県立医科大学医学部医学科, 奈良県橿原市四条町 88

¹Department of Bioresource Science, Graduate School of Integrated Sciences for Life, Hiroshima University, 1-4-4 Kagamiyama, Higashihiroshima-shi, Hiroshima 739-8528, Japan. ²Department of Biological Sciences, Faculty of Science, Kanagawa University, 3-27-1 Rokkakubashi, Kanagawa-ku, Yokohama-shi, Kanagawa 221-8686, Japan. ³Department of Biological Science and Technology, Tokyo University of Science, 6-3-1 Nijyuku, Katsushika-ku, Tokyo 125-8585, Japan. ⁴Fisheries Laboratory, Blue Innovation Division, Seto Inland Sea Carbon-neutral Research Center, Hiroshima University, Minato-machi, Takehara-shi, Hiroshima 725-0024, Japan. ⁵Department of Biology, Nara Medical University, 88 Shijo-Chou, Kashihara City, Nara 634-8521, Japan.

*Corresponding author, e-mail: toyotak@hiroshima-u.ac.jp

Abstract

The freshwater jellyfish *Craspedacusta sowerbii* is a small cnidarian belonging to the class Hydrozoa, inhabiting ponds and dam reservoirs. Like other hydrozoans, this species exhibits both an asexual polyp stage and a sexual free-swimming medusa stage. During the asexual stage, minuscule motile "frustules" develop into polyps, leading to enhanced clonal propagation. In contrast, the sexual stage involves the release of eggs and sperm by males and females, resulting in the formation of fertilized eggs. *Craspedacusta sowerbii* exhibits sporadic appearances and is rarely observed continuously in the same location over consecutive years. Even during mass occurrences, it is often the case that only one sex (either male or female) is present within the same site, leaving much of its ecology still shrouded in mystery. In September 2024, our team discovered *C. sowerbii* for the first time at Yanase Dam in Shikokuchuo City, Ehime Prefecture, Japan. Through sexual identification and molecular phylogenetic analysis, we identified that these individuals comprised at least two distinct male and female populations.

Key words: Shikoku; sex; phylogeny, freshwater jellyfish**緒言**

マミズクラゲ *Craspedacusta sowerbii* は、池やダム湖に生息する刺胞動物門ヒドロ虫綱の淡水性の小型クラゲである。本種は、他のヒドロ虫綱と同様、無性生殖するポリプ世代と有性生殖するクラゲ(メデューサ)世代を有する。無性生殖世代はポリプから放出されたフラストレと呼ばれる芽体が再びポリプになり個体増殖が亢進され

る一方で、有性生殖世代は雌雄のメデューサからの放卵/放精によって受精卵を形成する(小林2020)。クラゲ世代は性成熟したもので傘径が1-2 cmほどになり、夏から秋にかけて観察されることが多いため生活史の大部分は体長1 mm以下のポリプの状態である(馬渡1971; 大野1987)。本種は出現が散発的で、同所であっても毎年継続的に観察される例が少ないこと、さらに大量発生

した場合でも同所内では雌雄どちらか一方しか存在しないことが多いなど (久保田・田辺 2006; 久保田 2007; 高村ら 2018)、未だにその生態の多くは謎に包まれている。

マミズクラゲは 1880 年にロンドン (英国) にある the Regent's Park のスイレンハウス内の貯水槽で初めて発見された (Lankester 1880)。現在では、南極大陸を除く全ての大陸でその存在が確認されているが (小林 2020)、その原産地は中国の揚子江流域と考えられている (大野 1987)。日本国内では 1928 年に東京帝国大学農学部 (東京都) の水槽で出現したメデューサが最初の報告とされており (雨宮 1929)、現在では北海道から沖縄に至る全国各地の淡水域・貯水槽で確認されている (Lewis et al. 2012)。

近年、本種の分子系統解析が精力的に進められ、中国大陸のマミズクラゲ属が大きく 3 つのクレード (*Craspedacusta sowerbii*, *Craspedacusta kiatingi*, *Craspedacusta sinensis*) に分類されることが示された (Zhang et al. 2009)。日本国内においては、そのうち、*C. sowerbii*, *C. kiatingi* のクレードが確認されている (小林 2020; Peterson et al. 2022)。しかし、これらの各クレード間では明瞭な形態的特徴は見つかっておらず、今後更なる系統学的・形態学的視点の集積が求められている。

本研究では 2024 年 9 月に愛媛県四国中央市にある吉野川水系銅山川に建設された柳瀬ダムから初めてマミズクラゲのメデューサを発見し、雌雄判別や分子系統解析を行なったので報告する。

材料および方法

筆者らは 2024 年 9 月 18 日に愛媛県四国中央市金砂町小川山の柳瀬ダム管理事務所 (33°56'13.5"N 133°34'12.1"E, Fig. 1A) 近くの湖面において、マミズクラゲのメデューサを確認した。柳瀬ダム管理事務所から堤体を挟んだラインの柳瀬ダム管理事務所側の岸から 5–10 m 付近のところで、水深は 1 m ほどの層に漂っていた。採集日のダム水位は満水位から -7.7 m のほぼ満水で、採集地点周辺の当日の水深は約 46 m であった。管理事務所から湖中央側は岸側を中心に探索したが見つからなかった。採集時間中の水深 1 m の水温は 27.5 °C であった。作業艇から目視によって探索し、目合い 2 mm のタモ網を用いて 20 個体を採集した。採集箇所周辺には他にもマミズクラゲのメデューサを確認したが、採集は 20 個体に留めた。採集個体はダムの水とともに広島大学瀬戸内 CN 国際共同研究センターブルーイノベーション部門水産実験所に持ち帰り標本を作製した。捕獲した個体は飽和メントール海水で麻酔

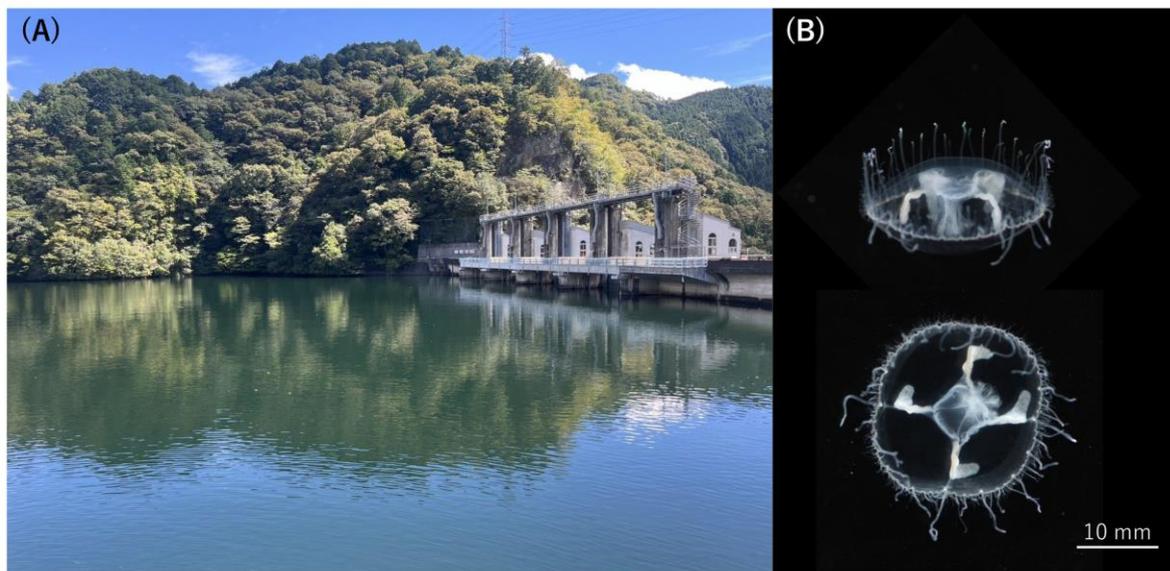


Fig. 1. Survey points of this research in the Yanase Dam, Shikokuchuo City, Ehime Prefecture (A). The freshwater jellyfish *Craspedacusta sowerbii* (B): slightly oblique angle (upper) and top-down view (lower).

後、10%中性ホルマリン（10個体）および無水エタノール（10個体）を用いて液浸標本とし、雌雄判別と分子系統解析に用いる個体（ホルマリン標本5個体；エタノール標本10個体）は奈良県立医科大学に送付した。

雌雄判別は、外部形態の観察または生殖腺の押し潰しによって行なった。さらにエタノール標本から雌3個体、雄1個体を選抜し、口柄または傘部分から組織を一部摘出し、Proteinase Kにて溶解後、フェノール/クロロホルム抽出によりゲノムDNAを精製した。核内リボソームDNA中の18S領域に設計したプライマー（FW-5'ACTACCGATTGAATGGTTTAGTGAGACC3'）と28S領域に設計したプライマー（RV-5'TTTGGGCTGCAGTCCCAAGCAACCCGACTC3'）を用いて18S部分領域、ITS1全領域、5.8S全領域、ITS2全領域、28S部分領域を含む断片をPCR法により増幅し、塩基配列を決定した。これらのプライマーは井川ら（2024）が用いたものと同じである。Zhang et al.（2009）による中国大陸産マミズクラゲの28S配列と井川ら（2024）による愛媛県産マミズクラゲの1S配列を加え、最尤法による分子系統解析に供した。系統樹の作成にはMEGA 11を使用した（Stecher et al. 2020; Tamura et al. 2021）。ノード支持率の信頼性を評価するために、1,000回のリブレーションを含むブートストラップ解析を実施した。

結果と考察

雌雄判別と検討標本

2024年9月18日に採集した20個体のうち、15個体の雌雄判別を実施した。ホルマリンあるいはエタノール標本から外部形態の特徴を観察したところ、14個体（傘径: 14–18 mm）の生殖巣からは粒状に見える卵が観察できた（Fig. 2）。残り1個体（傘径: 12 mm）については、明らかな卵が確認できなかったため、生殖巣の一部を摘出し、スライドガラス上にてカバーガラスで押し潰したところ、精子が観察された（Fig. 3）。マミズクラゲの雌雄の発生運命はポリプの時点で遺伝的に決まっている可能性が高いと考えられていることから（小林 2020）、柳瀬ダムには少なくとも2回、2種類のポリプあるいはフラストレが水草や水生動物に付着して移入し、定着後に個体数を増やし、メデューサの出現に至ったと考えられる。一般的にマミズクラゲは同所的に片方の性のみが観察されることが多いため、今回のように雌雄両方が同時に観察される事例は限られている（高村ら 2018）。

標本は、雌のホルマリン固定標本5個体（EPSM-CN-1397）、雌のエタノール固定標本8個体（EPSM-CN-1396）、雌のエタノール固定標本1個体（ITS配列の登録個体； EPSM-CN-1395）、雄のエタノール固定標本1個体（ITS配列の登録個体；EPSM-CN-1394）の4つに分けて、愛媛県総合

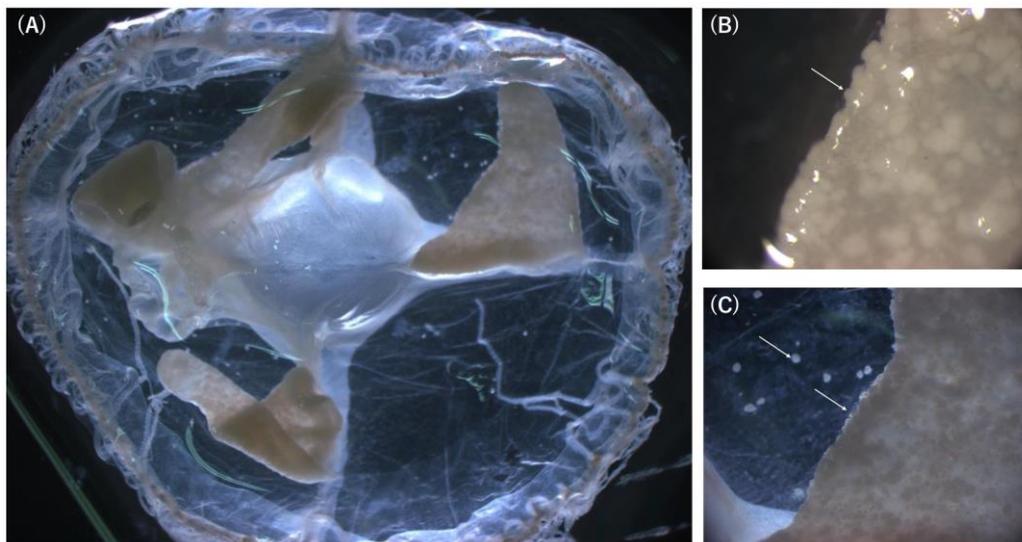


Fig. 2. Entire body of female medusa (A), ovary structure (B), and eggs (C). Arrows indicate eggs.

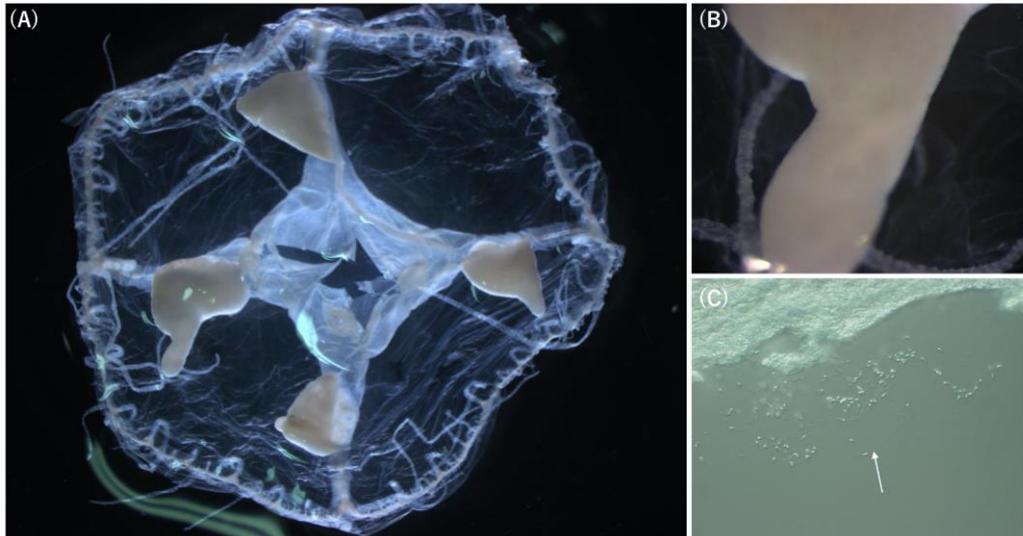


Fig. 3. Entire body of male medusa (A), testes structure (B), and sperms (C). Arrow indicates sperm.

科学博物館に収蔵された。

分子系統解析

エタノール固定標本 10 個体の中から雌 3 個体と雄 1 個体についてゲノム DNA の抽出と塩基配列解析を行い、全長配列が得られた雌雄各 1 個体の配列をデータベースに登録した (accession numbers: LC859028, LC859029)。これら 2 個体の配列はいずれも全長が 1,071 bp であり、18S rDNA の 3' 領域 112 bp、ITS1 全領域 234 bp、5.8S rDNA 全領域 163 bp、ITS2 全領域 304 bp、28S rDNA の 5' 領域 258 bp より構成されていた (Fig. 4)。井川ら (2024) によって報告された愛媛県今治市の木ノ谷池産マミズクラゲの配列は長さも構成も本研究のものと全く同じである (Fig. 4)。愛媛県今治市の木ノ谷池の雄個体と柳瀬ダムの雌個体は全 1,071 塩基が 100 % 一致した一方、柳瀬ダムの雌と雄個体間では ITS1 領域で 1 塩基置換が見られた (Fig. 4)。これは種内変異と考えられる。Zhang et al. (2009) は異なったプライマーを用いているため、18S rDNA と 28S rDNA 領域の分析配列が短かく、全長は 771–804 bp となっている。これらの配列を用いて分子系統解析を行なったところ、柳瀬ダムの雌雄どちらも *C. sowerbii* のクレードに属することが明らかとなった (Fig. 5, [MEGA file](#))。以上のことから、今治市で見つかった系統と本研究で採集された系統は同一系統が

分布域を広げている可能性が示唆された。愛媛県内から報告されているマミズクラゲのメデューサは他に 10 件あるが (Fig. 6)、これらは雌雄判別や分子系統解析は行われていない。

愛媛県内と四国・瀬戸内海の分布記録

マミズクラゲの愛媛県内の記録は井川ら (2024) に網羅されている (Fig. 6)。本調査の採集地は愛媛県四国中央市からの初産地となる。また、柳瀬ダムと同じ吉野川水系でも過去にマミズクラゲの記録は確認できていない。四国や瀬戸内地方の記録に目を向けると Lewis et al. (2012) に 1928–2011 年までの国内の出現記録が網羅されており、愛媛県、高知県、香川県、広島県、岡山県からの記録は確認できる。本情報に加えて、香川県では小豆島個体群が雄で坂出個体群が雌 (植松・立石 1967)、香南町個体群は雌であることなど、県内 12 地点の記録が報告されている (植松 1994)。さらに、高村ら (2018) によって広島県福山市周辺の 4 つの池で出現記録がまとめられている。また、SNS や個人ブログなどから岡山県、山口県、高知県でも目撃事例が発信されているが、徳島県からの出現・目撃情報は得られなかった。

柳瀬ダムの個体群

マミズクラゲが無性生殖 (ポリプ) 世代から有性生殖 (メデューサ) 世代へと繁殖戦略を切り替

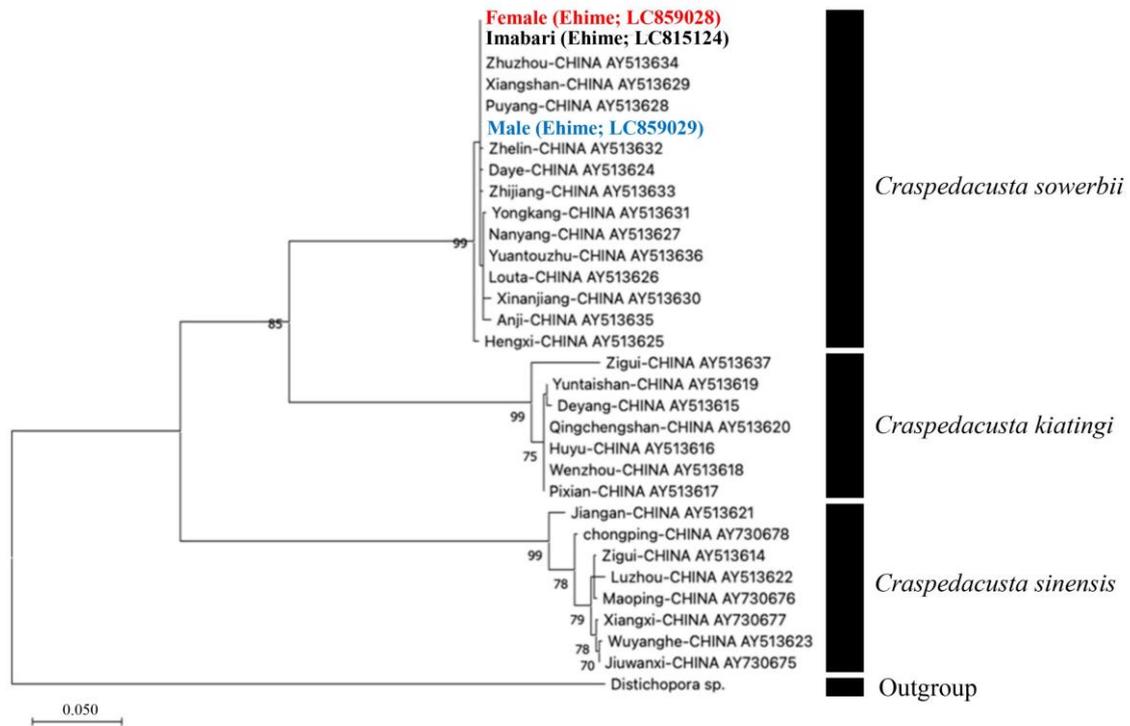


Fig. 5. ML tree of the nucleotide sequences of the ITS from our study (male: LC859029; female: LC859028), other Ehime population (LC815124), and previous study (Zhang et al. 2009). The sequence of *Distichopora* sp. was used as an outgroup. Bootstrap analysis, including 1,000 replications, was applied to assess confidence in nodal support.

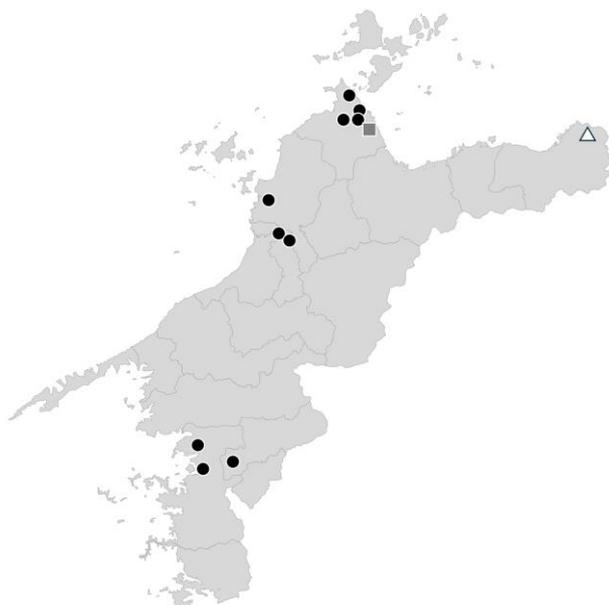


Fig. 6. Occurrence records of freshwater jellyfish *Craspedacusta sowerbii* in Ehime Prefecture. Ten previously observed sites (black circle), Kinotani-ike in Imabari City, where sequence analysis based on ITS regions was conducted (male population; grey square), and Yanase Dam, the collection site in this study (white triangles).

える環境要因として温度が特定されており、実験室内では飼育温度が26°Cを超えるとポリプにメデューサ芽が形成される (小林 2020)。柳瀬ダム水質自動観測装置測定記録 (柳瀬ダム管理事務所提供) に基づく 2015–2024 年の 10 年間に及ぶ柳瀬ダムの水深 1 m 地点の各月平均水温を調べたところ、水温 26°C を超えるのは 7–9 月であった (Fig. 7A)。また、1 年で最も水温が上昇する 8 月の水深毎の水温をダム諸量データベース (<https://mudam.nilim.go.jp/home>; 閲覧日: 2024 年 12 月 31 日) から 2013–2022 年の 10 年で比較してみると、水温が 26°C を超えるのは水深 4 m 以浅であった (Fig. 7B)。このように、水温からは十分にメデューサ発生の条件は満たしている。しかし、過去に柳瀬ダムにてマミズクラゲが見つかった報告や情報は皆無である。水深の浅いため池とは異なり、柳瀬ダムの最深部は 45 m を超える。また、雨量に応じて貯水量も大きく変動することから、もし柳瀬ダムに長年マミズクラゲが定着していたならばそのポリプは幅広い水深に定着していると考えられる。無性生殖世代から有性生殖

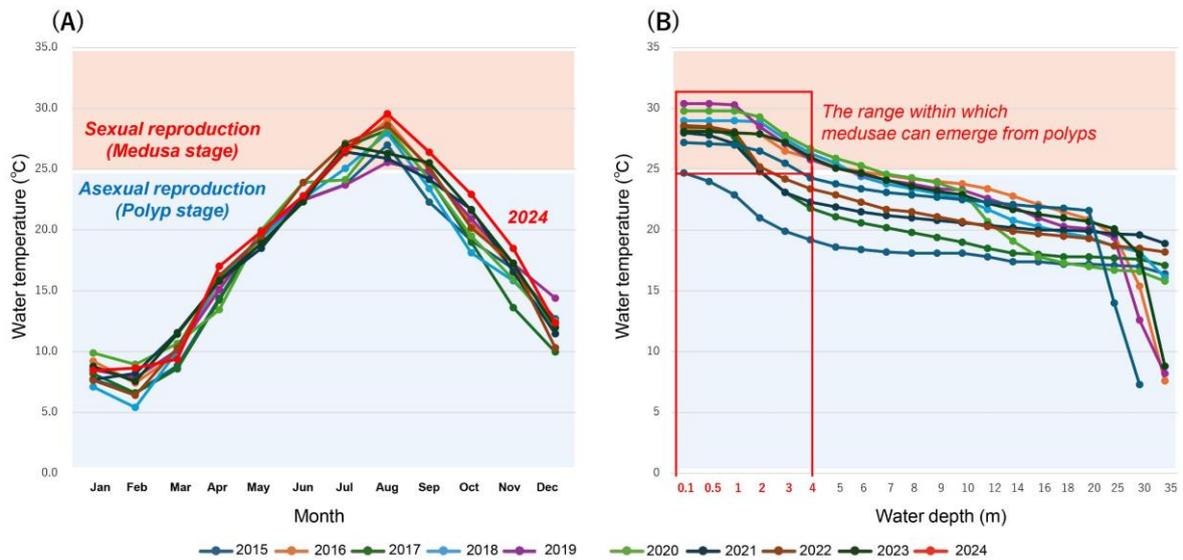


Fig. 7. The average monthly water temperatures at a depth of 1 meter in Yanase Dam from 2015 to 2024 (A) and the depth-specific average water temperatures for August, the month with the highest recorded temperatures (B), at Yanase Dam from 2013 to 2022. The red background indicates water temperatures of 26 °C or higher, where the sexual generation (medusa stage) is expected to appear, while the blue background represents temperatures below 26 °C, where the asexual generation (polyp stage) is present. In August, the warmest month, temperatures exceeding 26 °C, where medusae emerge from polyps, are observed at depths shallower than 4 meters (B, red frame).

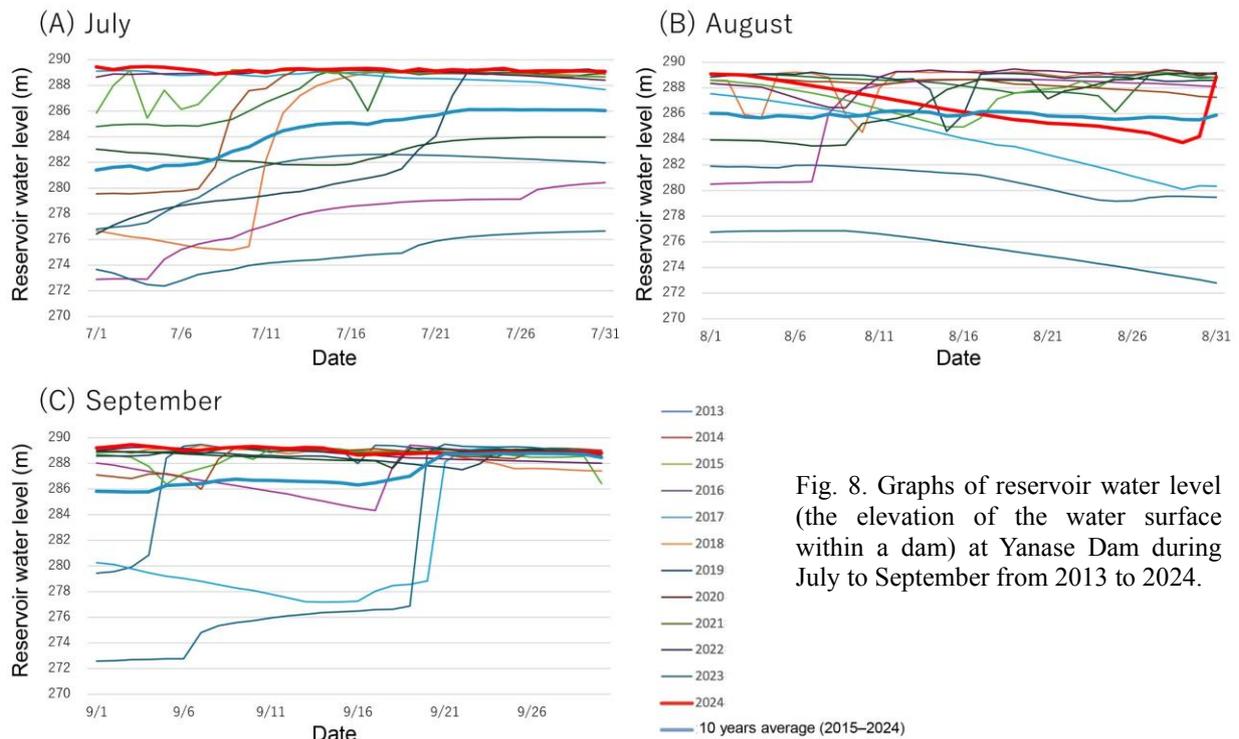


Fig. 8. Graphs of reservoir water level (the elevation of the water surface within a dam) at Yanase Dam during July to September from 2013 to 2024.

世代に切り替わる 7-9 月は大雨／台風による満水状態から降水量の少ない年は渇水状態まで柳瀬ダム水位がダイナミックに変動する時期である。マミズクラゲのポリプは水面に浮かんでい

る落ち葉や水草、木の枝、石、護岸のコンクリートなどに付着していることが報告されているが、ポリプ自体は乾燥に極めて弱い (Winata et al. 2024)。これまでに発生報告がないのは、渇水期

間中の水位の低下によりマミズクラゲポリプが乾燥状態にさらされ、個体数が大きく減少した可能性が考えられる。また、実験室での飼育環境下ではフラストレから変態したポリプがメデューサ芽を形成できるまで成熟するのに1ヶ月、メデューサ芽が形成され、放出された幼若メデューサが成熟するのに2-4週間かかることが報告されている(小林2020)。すなわち、マミズクラゲメデューサが大量発生するには、ポリプ個体数が十分に存在し、かつ、水温が26°Cを超えて1カ月以上水位が安定していることが必要条件となってくる。2024年に関しては、夏季の貯水位が平年より高く、特に7月と9月は満水位に近い水位が維持されていた(Fig. 8)。つまり2024年夏季については、柳瀬ダムは渇水状態には陥っておらず、メデューサ発生の条件を満たしていたと言える。

本年11月5日にも同所にてメデューサが観察されている(気温18°C:水深1mの水温20°C)。来年以降も柳瀬ダムにて継続的なマミズクラゲメデューサ発生状況の調査を実施し、採集される雌雄の比や季節消長の詳細な観察などを通して本種の生態について理解を深めていきたい。また、愛媛県内や瀬戸内地域を含む隣県、さらにはITS配列に基づく国内のマミズクラゲ個体群の大規模な系統地理解析によって国内の個体群の分布についてより詳細な議論が必要である。マミズクラゲは外部形態のみでのクレード判別(*C. sowerbii*, *C. kiatingi*, *C. sinensis*)は困難なため、各地の出現情報の発信公開だけでなく、研究機関における分子系統解析が可能な状態での採集と標本作製方法の周知、そして何よりそれらの標本を収集して研究を先導するチームの確立が急務であろう。

謝辞

現地での採集の際、吉川祥太氏(独立行政法人水資源機構 池田総合管理所柳瀬ダム管理室)と高橋宏彰氏(株式会社アクアテルス)、そして三津田媛琳記者(愛媛新聞東予支所 四国中央編集部)の3名には作業艇の操船やマミズクラゲの採集にご協力いただいた。また、柳瀬ダム管理事務

所の皆様には採集後に柳瀬ダムの環境情報や過去のマミズクラゲに関する目撃情報の有無などのお話を伺えただけでなく、10月以降もマミズクラゲの出現に注意を払っていただいた。また、本研究が実施できたのは、国土交通省 吉野川ダム統管理事務所のX(旧Twitter)の公式アカウントが柳瀬ダムでのマミズクラゲの発見を発信してくれたことに端を発している。この場を借りて謹んで感謝申し上げます。また、そのXの情報を伝えてすぐに柳瀬ダム管理事務所まで出向き、吉川祥太氏らから情報を入手してくれた豊田耕三氏にも感謝の意を表したい。

引用文献

- 雨宮育作(1929). 余の水槽に現はれたる淡水産縁膜水母. 理学界 27: 1063-1064.
- 井川紘子・藤原陽一郎・小林真吾・小林千余子(2024). 愛媛県で確認されたマミズクラゲの出現記録. 愛媛県総合科学博物館研究報告 29: 1-9.
- 小林千余子(2020). 淡水に住むクラゲ—マミズクラゲの生活史. 遺伝 74: 412-419.
- 久保田信・田名瀬英朋(2006). 和歌山県中南部域で採集されたマミズクラゲ(ヒドロ虫綱、淡水クラゲ目、ハナガサクラゲ科)の成熟クラゲの生物学的記録. 日本生物地理学会会報 61: 75-79.
- 久保田信(2007). 和歌山県みなべ町で最近採集されたマミズクラゲ(ヒドロ虫綱、淡水クラゲ目、ハナガサクラゲ科)の成熟クラゲ. くるしお 26: 24-24.
- Lankester, E. R. (1880). On a new jelly-fish of the order Trachomedusae, living in fresh water. Science 1: 34.
- Lewis, C., Migita, M., Hashimoto, H., Collins, A. (2012). On the occurrence of freshwater jellyfish in Japan 1928-2011: eight-three years of records mamizu kurage (Limnomedusae. Olindiidae). Proc. Biol. Soc. Wash. 125: 165-179.
- 馬渡静夫(1971). 日本のマミズクラゲ. 自然科学と博物館 38: 1-12.
- 大野正男(1987). 分布を中心とした日本のマミズクラゲ総説. 日本の生物 1: 44-53.
- Peterson, I. M., Tan, C. K., Collins, A., Kitano, S., Kusuoka, Y., Suzuki, G. T., Migita, M., Isea, I., Pirmo, S., Lindsay, D., Mes, C. L. (2022). A description of a novel swimming behavior in a dioecious population of *Craspedacusta sowerbii*, the rediscovery of the elusive *Astrohydra*

- japonica* and the first genetic analysis of freshwater jellyfish in Japan. *Plankton Benthos Res.* 17: 231–248.
- Stecher, G., Tamura, K., Kumar, S. (2020). Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) for macOS. *Mol. Biol. Evol.* 37: 1237–1239.
- 高村克美・南郁巳・升森洋平・小妻瑞宜・森川裕章・野村晃達・坂 祐来・水上雅晴 (2018). 広島県福山市周辺に生息するマミズクラゲ (ヒドロ虫綱、淡水クラゲ目、ハナガサクラゲ科) の生態. 福山大学内海生物資源研究所報告 28: 8–19.
- Tamura, K., Stecher, G., Kumar, S. (2021). MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 11. *Mol. Biol. Evol.* 38: 3022–3027.
- 植松辰美 (1994). 香川県下のマミズクラゲ 3 出現記録と文献. *香川生物* 21: 51–52.
- 植松辰美・立石 清 (1967). 香川県下のマミズクラゲ. *香川生物* 3: 25–32.
- Winata, K., Zhu, J. A., Hanselman, K. M., Zerbe, E., Langguth, J., Folino-Rorem, N., Cartwright, P. (2024). Life cycle transitions in the freshwater jellyfish *Craspedacusta sowerbii*. *Biology* 13: 1069.
- Zhang, L. Q., Wang, G. T., Yao, W. J., Li, W. X., Gao, Q. (2009). Molecular systematics of medusae in the genus *Craspedacusta* (Cnidaria: Hydrozoa: Limnomedusae) in China with the reference to the identity of species. *J. Plankton Res.* 31: 563–570.

Received: 31 January 2025 | Accepted: 23 March 2025 | Published: 2 April 2025