

淡水産のエビに外部寄生するエビヤドリモ属 *Cladogonium* (緑藻, シオグサ科) の再確認

芹澤 (松山) 和世¹・今井 正²・中曾雅之³・芹澤如比古^{1*}

¹ 山梨大学教育人間科学部 (〒 400-8510 山梨県甲府市武田 4-4-37)

² (独) 水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所増養殖部 (〒 761-0111 香川県高松市屋島東町 234)

³ クロレラ工業株式会社 (〒 833-0056 福岡県筑後市久富 1343)

Kazuyo Matsuyama-Serisawa¹, Tadashi Imai², Masayuki Nakaso³ and Yukihiro Serisawa^{1*}: Reconfirmation of *Cladogonium* (Chlorophyta, Cladophoraceae) being ectoparasitic on freshwater shrimp. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 62: 1-6, March 10, 2014

Two ectoparasitic green algae attaching on the abdomen of shrimp were collected from a river flowing through Saga and Miyazaki prefectures, southern Japan and cytological observations were carried out. Characteristics of the two ectoparasitic algae were identical to *Cladogonium* (erect portion and rhizoidal portion were uniseriate and filamentous with branches and consisted of colorless cells, branches of erect portion terminated at swollen mature cells which were furnished with green chloroplasts, rhizoidal portion intruded into the abdomen muscle of shrimp). There have been described only one species in *Cladogonium*, however, some characteristics (size of vegetative cell and sac of reproductive cell and morphology of basal cell and rhizoidal cell) of the ectoparasitic algae from Saga Prefecture were different from *C. ogishimae*. Therefore, a possibility that multiple species exists in *Cladogonium* was suggested. New characteristics of *Cladogonium* or present species from Saga Prefecture was confirmed, which some parts of the vegetative cell are green colored possibly possessing chloroplasts or its trace and rhizoidal cells are mono nucleus. As a new host of *Cladogonium*, *Neocaridina denticulata* was found and as a new locality of *Cladogonium*, Saga and Miyazaki prefectures are reported.

Key Index Words: *Cladogonium*, *Cladophorales*, *freshwater shrimp*, *parasitic alga*

¹ Faculty of Education and Human Sciences, University of Yamanashi, Yamanashi 400-8510, Japan

² Stock Enhancement and Aquaculture Division, National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Fisheries Research Agency, Kagawa 761-0111, Japan

³ Chlorella Industry Co., Ltd., Fukuoka 833-0056, Japan

* Author for correspondence: yserisawa@yamanashi.ac.jp

はじめに

淡水産のエビに寄生する緑藻 *Cladogonium ogishimae* Hirose et Akiyama は 1 属 1 種の日本固有種である (Hirose & Akiyama 1971, Bourrelly 1990)。Hirose & Akiyama (1971) によると, *C. ogishimae* は直立して枝を持ち, 糸状体は 1-2 mm と小さく, 仮根はエビの腹部筋肉に侵入する。また, 本種の直立部の細胞は葉緑体を持たず無色であり, 4-8 個の核を持ち, 枝の先端に大きな棍棒状の生殖細胞嚢を形成するが, 生殖細胞としては遊走子のみが確認されており, それは複数の円盤状の葉緑体を持つ 4 鞭毛性であるという。

エビヤドリモ属藻類は 1950 年に荻島により埼玉県で初めて発見され (荻島 1950), その後, 上田により 1956 年に愛媛県で, 1962 年に鹿児島県で発見された (上田 1963, 1970)。愛媛県と鹿児島県で採集された標本と荻島の報告 (荻島 1950) を基に, Hirose & Akiyama (1971) はヌカエビ *Paratya improvisa*, ミゾレヌマエビ *Caridina leucosticta*, ミナミテナガエビ *Macrobrachium longipes* に寄生するシオグサ科 Cladophoraceae の新属藻類として *Cladogonium ogishimae* を上記の様に記載した。しかし, このエビヤドリモ属藻類は記載以降全く確認されていないため図鑑等 (廣瀬・山岸 1977, 秋山・大谷 1994, 山岸 2007) を除き情報がなく, 本属藻類の形態に

関する詳細な観察も行われていないのが現状である。

著者らはこれまでに海産の巻貝スガイ *Turbo coreensis* や, 淡水産のカメ類やタニシ類などの動物に着生するシオグサ科藻類について研究を行っており (e.g. 松山 1999, 松山ら 1999, 2000, 芹澤ら 2013), 今回幸運にも, エビヤドリモ属藻類が寄生した淡水産のエビを発見することができた。そこで本研究では採集された藻体についての詳細な形態観察を行い, *C. ogishimae* の原記載と比較するとともに, 新たに情報が得られた本属藻類の宿主と産地について報告する。

材料と方法

佐賀県多久市の牛津川において 2011 年 9 月に腹部に緑藻が寄生したエビを採集した。エビの種同定は鈴木・佐藤 (1994), 林 (2007), 鈴木・成瀬 (2011) に従った。エビに寄生した状態での藻体の観察は実体顕微鏡を用いて行った。またエビを氷漬けにして活性を弱め, 実体顕微鏡下でピンセットを用いてエビの腹部から引き抜いた 1 mm 前後の藻体をプレパラートし, 詳細な観察とスケッチを生物顕微鏡とそれに付属させた描画装置を用いて行った。細胞の大ききの測定は栄養細胞 (直立部の基部細胞と先端細胞を除いた細胞) については 10 藻体の十数細胞ずつ, 計 121 細胞をスケッチし, その

スケッチを測定することにより行い、細胞の直径と長さ、長さとの比を求めた。同様に基部細胞については13藻体の計52細胞、エビの筋肉に侵入した仮根系細胞については10藻体の計30細胞、生殖細胞嚢については4藻体の計30細胞をスケッチし、直径、長さ、長さとの比を求めた。

幼体および筋肉に侵入した仮根系を詳細に観察するため、エビを10% フォルマリン水溶液で固定し、実体顕微鏡下で藻体が着生しているエビの腹部筋肉を殻ごと剥ぎ取り、丁寧に藻体を抜き取って、生物顕微鏡を用いて観察した。

核の観察はエビの腹部から引き抜いた藻体をカルノアで固定し、酢酸鉄ヘマトキシリンで染色し(安井 2003)、軽く押し潰したもののについて生物顕微鏡を用いて行った。3藻体の先端と基部を除く藻体中部の計30細胞で1細胞内に含まれる核の数を測定した。また、同じ部位で13藻体の39細胞から輪郭が明瞭に見える核、計148個をスケッチし、核の直径を測定した。

2005年7月に宮崎県延岡市の沖田川から採集され提供された、腹部に緑藻が寄生したエビについても、その寄生藻の顕微鏡観察と写真撮影を行った。

結果

本研究において佐賀県で採集された淡水産エビは額角と前側角部の形状から、ミナミヌマエビ *Neocaridina denticulata* と同定された (Fig. 1a)。その腹部の殻上に1-2 mm 程度突出した緑藻は単列の糸状体で枝分かれをしており、大きく膨らんだ先端細胞は緑色であったがそれ以外は無色で、仮根系をミナミヌマエビの腹部の筋肉に侵入させ、寄生していた (Fig. 1b, 1c)。

藻体はエビの腹部から直立しており、直立部が少数の細胞から成る非常に小さな幼体 (Fig. 2a-c) や、糸状体の長さが短い成体 (Fig. 2d) や長い成体 (Fig. 2e) など様々な成長段階の糸状体が観察された。いずれの藻体も数個の短い基部細胞を持っており (Fig. 2; 矢頭)、基部細胞より上では盛んに分枝し、分岐した枝はほとんどが1細胞から成っていた。枝となった先端細胞の一部は、直立部の総細胞数が15細胞を超えた幼体では無色のまま著しく長くなり (Fig. 2b, 2c; 矢印)、成体ではさらに大きく膨れて棍棒状となり、黄緑色から緑色を呈した生殖細胞嚢となっていた (Fig. 2d, 2e, Fig. 3a, 3b)。側枝の先端部に形成される生殖細胞嚢は、藻長が1 mm 未満の成体では藻体の下部、基部細胞の比較的近くで確認されたが (Fig. 2d)、藻長が1 mm 以上に生長した成体では基部付近の側枝は脱落しており、藻体の中部や上部で確認された (Fig. 2e)。また生殖細胞嚢は藻体の下部に形成されているものほど緑色が濃く、大きく膨らんでいた (Fig. 2d, 2e)。なお、充分生長した成体の主枝の多くは基部から先端までの栄養細胞の数が10細胞前後となっていた。

成体の直立部の細胞の大きさ (最小 - (平均) - 最大) は、エビの筋肉付近にある基部細胞では直径17-(22.5)-31 μm 、長さ12-(18.9)-28 μm 、長さとの比 (LD 比) は0.5-(0.9)-1.4

であり、多くは直径より長さが短かった。基部細胞より上の細胞は長く、分枝またはその痕跡が頻繁に見られた。分岐部位は発出した枝が隔壁により分けられる前の状態では主枝の細胞の上端部に認められたが、枝が生長して隔壁により分けられ、側枝が完成された状態では主枝の細胞の中間部に位置していた。直立部の細胞は大きく膨らんだ先端細胞を除きほぼ無色であったが、細胞内にはわずかに葉緑体またはその名残と考えられる黄緑色の部分が確認された (Fig. 3c)。基部と先端の細胞を除く栄養細胞の大きさは直径17-(28.7)-42 μm 、長さ41-(123.6)-200 μm 、LD 比は1.8-(4.3)-6.2であり、藻体の上部や下部といった部位による細胞の大きさの差異や傾向は認められなかった。エビ腹部の筋肉に侵入した仮根系細胞は直径6-(7.9)-12 μm 、長さ28-(47.3)-66 μm 、LD 比は4.3-(6.1)-8.5であり、直立部の細胞より細く円筒状で分枝が少なく、分岐部には隔壁が認められた。

緑色で大きく膨らんだ生殖細胞嚢内には細胞壁で仕切られた細胞が確認された (Fig. 3b)。しかし、放出直後の遊走細胞を観察することはできなかったため、生殖細胞が遊走子であるか配偶子であるかの区別はできなかった。細胞壁で仕切られた細胞が複数確認できる程成熟の進んだ生殖細胞嚢の大きさは直径83-(119.6)-165 μm 、長さ366-(501.4)-656 μm 、LD 比は3.1-(4.2)-5.2であった。また、平均値で比較すると生殖細胞嚢の直径は栄養細胞の4.2倍、長さは栄養細胞の4倍であった。

直立部の栄養細胞の多くには4個の核が認められ (Fig. 3d)、一部の細胞では8個の核が確認された。先端と基部を除く藻体中部の栄養細胞の核の直径は5.7-11.3 μm であった。またエビの腹部筋肉に侵入させていた仮根系細胞は単核であった (Fig. 3e)。

宮崎県で採集されたエビの腹部に寄生していた緑藻 (Fig. 1d) も単列の糸状体で枝分かれをしており、仮根系をエビの腹部の筋肉に侵入させていた (Fig. 1e)。詳細な測定は行えなかったものの、直立部の栄養細胞は無色で、側枝先端にある生殖細胞嚢は緑色を呈し、生殖細胞嚢は上記の佐賀県産の藻体よりも著しく長大であった (Fig. 1f)。なお、宿主となったエビは採集者からの情報によるとヌマエビ *Paratya compressa* の亜種であろうとのことであった。

考察

これまでに、淡水産のエビに寄生する緑藻として報告されているのは Hirose & Akiyama (1971) による *Cladogonium ogishimae* のみである。本研究において佐賀県と宮崎県で採集された淡水産のエビの腹部に寄生した緑藻にはエビヤドリモ属の特徴 (Hirose & Akiyama 1971) である、1) 糸状体は直立部と仮根から成る、2) 直立部は分枝し、無色で多核の細胞から成る、3) 仮根は無色の細胞から成る、という3点が確認された。生殖細胞嚢に内包された生殖細胞は緑色であることは確認されたが、それが遊走子であることまでは確認できなかったため、4) 枝の先端は膨れた遊走子嚢

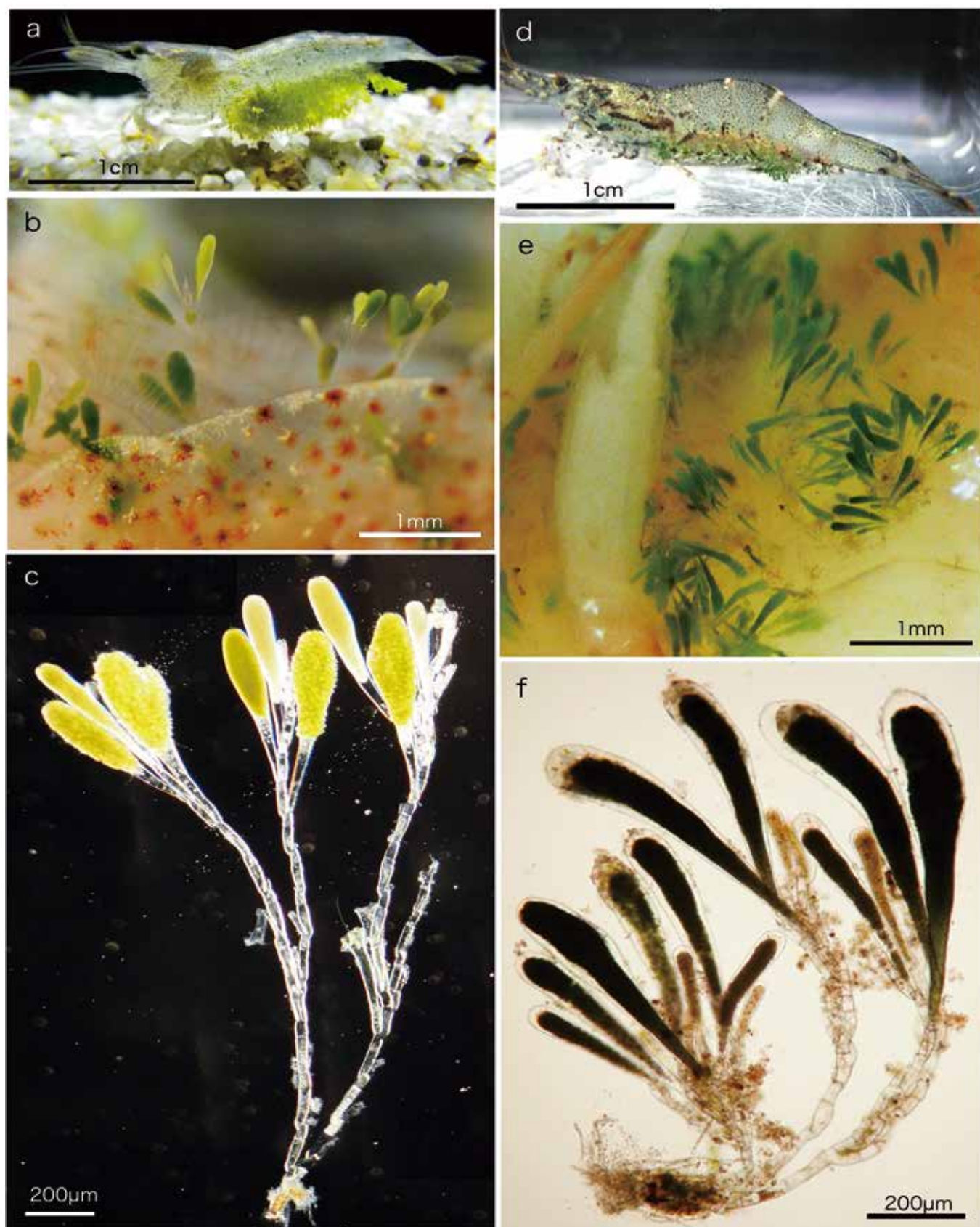


Fig. 1. Photographs showing *Cladogonium* sp. collected in Saga Prefecture (a-c) and Miyazaki Prefecture (d-f). A host shrimp with the parasitic alga *Cladogonium* sp. (a, d), *Cladogonium* sp. growing on the abdomen of shrimp (b, e), algal morphology of *Cladogonium* sp. (c, f).

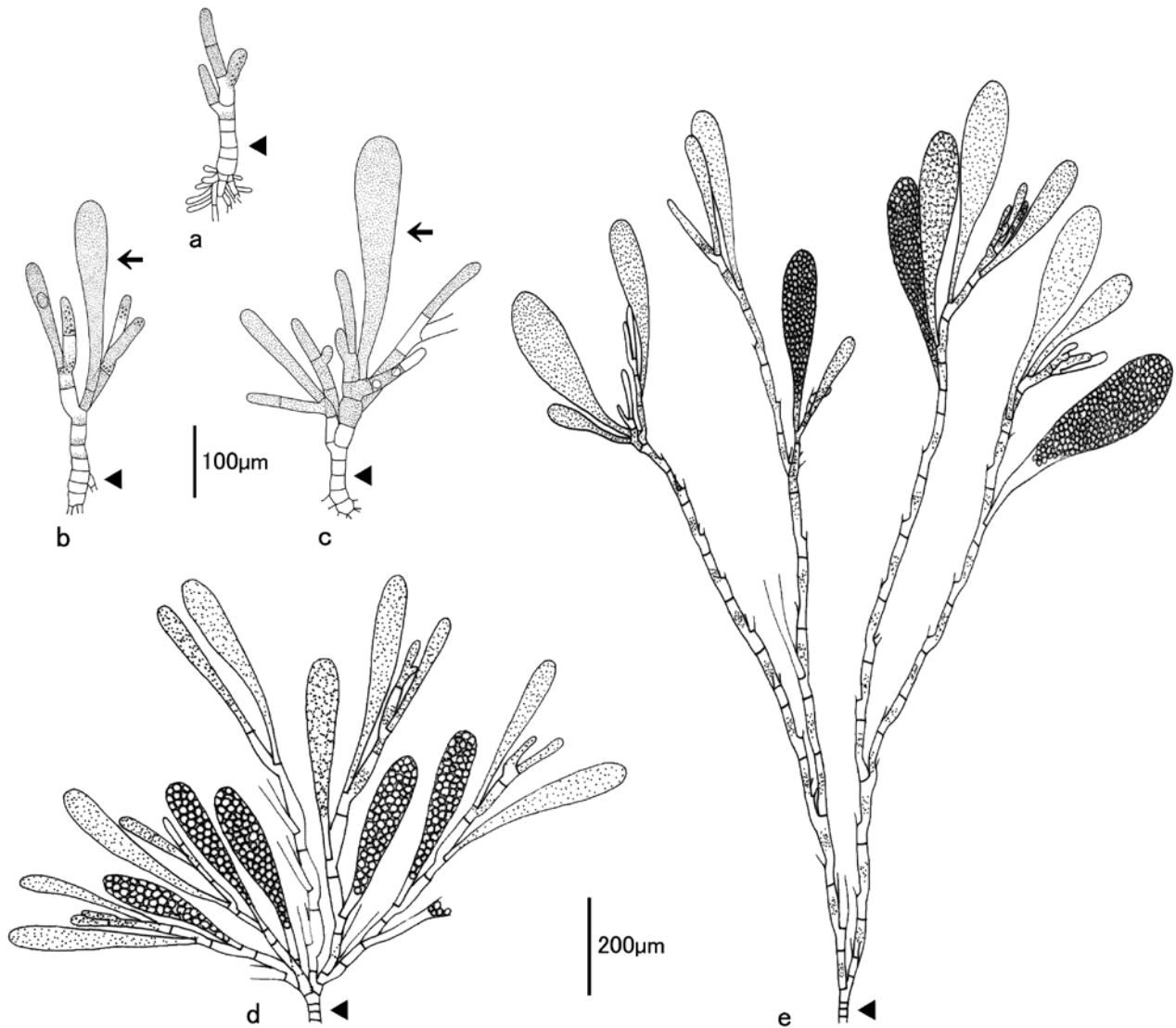


Fig. 2. Sketches of young plants (a-c) and adult plants (d, e) of *Cladogonium* sp. collected in Saga Prefecture. Some elongated and swollen apical cells without reproductive cells (b, c; arrows) and with many reproductive cells (d, e). Arrowheads show short basal cells.

と成る, 5) 遊走子は緑色の葉緑体を持つ, の2点については確認できなかった。しかし 1-3 の特徴が確認されたことから, 両藻体はエビヤドリモ属 *Cladogonium* の一種であると考えられ, 記載論文以降, 約 40 年ぶりの本属藻類の発見となった。近年, 淡水産や汽水産のシオグサ科藻類の一部は Boedeker *et al.* (2012) によりアオミソウ科 Pithophoraceae に移されているが, エビヤドリモ属については論じられていない。エビヤドリモ属の系統関係については今後の課題としたい。

今回発見した佐賀県産の藻体について行った細胞学的観察の結果から, 本種は細胞数の少ない若い藻体でも生殖細胞嚢に変成すると考えられる巨大細胞を先端部に形成すること, 主枝は頻繁に分枝しながら伸長して側枝の先端部には巨大細胞が形成され, 主枝の下部で分枝した側枝の先端部から順に生殖細胞嚢に変成することが確認された。また, 側枝の分枝部位はまず主枝の細胞の上端から枝が切り出されるために主枝細胞の上部に

位置するが, 主枝細胞の伸長生長に伴い側枝が完成されると主枝細胞の中間部へと移動していくことが確認された。

Cladogonium ogishimae の原記載 (Hirose & Akiyama 1971) とは異なる佐賀県産の藻体の特徴として, 1) 栄養細胞にはわずかに葉緑体またはその名残と考えられる黄緑色の部分が存在すること, 2) どの成長段階においても, 直立部と仮根系の間に基部細胞を持つこと, 3) 仮根系細胞の分岐部にも隔壁が見られることが明らかとなった。佐賀県産藻体と *C. ogishimae* の原記載 (Hirose & Akiyama 1971) を詳細に比較すると, 両種の栄養細胞の直径はほとんど同じであったが, 長さは佐賀県産藻体の方がやや長いことがわかった。また, 佐賀県産藻体の生殖細胞嚢は *C. ogishimae* より細長く, 栄養細胞に対する生殖細胞嚢の大きさは直径も長さも佐賀県産藻体の方が小さかった。しかし, 今回の観察では佐賀県産藻体の生殖細胞嚢に含まれる細胞が遊走子であるか

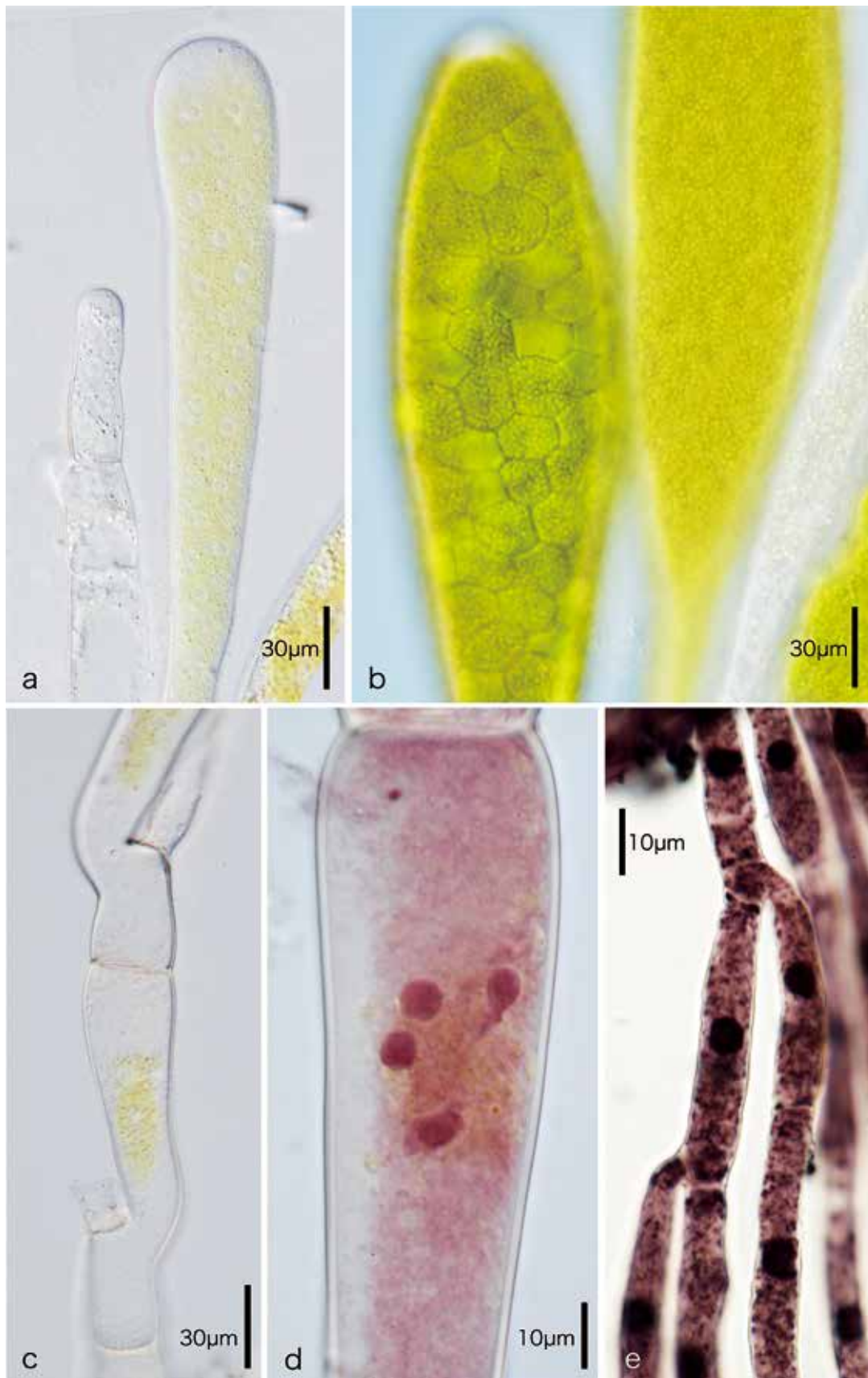


Fig. 3. Photographs showing *Cladogonium* sp. collected in Saga Prefecture. Early stage of maturation (a) and latter stage of maturation (b), chloroplasts or their traces in a cell of erect portion (c), four nuclei in a cell of erect portion (d), single nuclei in cells of rhizoidal portion (e).

否かの確認ができていないので、今後の課題としたい。

さらに、佐賀県産藻体の仮根糸細胞は単核であることが明らかになった。原記載では仮根糸細胞の核数については述べられていないので、本形質はこれまでに報告されていない、特異な本属の新たな形質、または佐賀県産藻体に特徴的な形質であると考えられる。

Cladogonium ogishimae の原記載では、埼玉県産、愛媛県産、鹿児島県産の藻体を同一種として扱っている。荻島 (1950) に記されたスケッチから換算した埼玉県産藻体の栄養細胞の直径、長さおよび LD 比はそれぞれ 40-(53)-63 μ m, 91-(145)-197 μ m, 1.6-(2.8)-3.3 であり、遊走子囊のそれは 128 μ m, 1100 μ m, 8.6 であった。また、遊走子の直径は 61.5 μ m であった。*Cladogonium ogishimae* の原記載に記された藻体 (表記はないが、恐らく愛媛県産か鹿児島県産) の栄養細胞の直径、長さおよび LD 比 (平均値から算出) はそれぞれ 17-(26.5)-35 μ m, 40-(99)-180 μ m, 3.7 であり、遊走子囊のそれは 130-(161.5)-210 μ m, 440-(561.5)-790 μ m, 3.5 であった。また、遊走子の直径は 8-12 μ m であった。これらを比較すると埼玉県産藻体の栄養細胞は *C. ogishimae* の原記載より著しく太く長く、LD 比は小さく、遊走子囊はやや細いが倍近く長く、LD 比は倍以上大きく、遊走子の直径は約 6 倍と顕著に大きいことがわかった。これらの違いは、種内変異の範囲を越えていると考えられる。また、本研究で観察された宮崎県産藻体は生殖細胞嚢が長大であるという特徴を持ち、埼玉県産の藻体に良く似ていた。したがって、エビヤドリモ属藻類は 1 属 1 種ではなく、複数種存在する可能性が示唆された。

これまでエビヤドリモ属の寄生が確認されている淡水産のエビは、埼玉県に生息していたヌカエビ、愛媛県のミゾレヌマエビ、鹿児島県のミナミテナガエビの計 3 種である (荻島 1950, 上田 1963, 1970, Hirose & Akiyama 1971)。本研究によりミナミヌマエビを新たな本属藻類の宿主として、佐賀県と宮崎県をエビヤドリモ属藻類の新産地として確認することができた。なお、宮崎県で採集されたエビヤドリモ属藻類の寄生が確認された淡水産のエビについては、種の同定までは行えておらず、今後の課題としたい。

エビヤドリモ属藻類の宿主である淡水産エビ 4 種は、いずれもコエビ下目に属し、産卵脱皮した雌に雄が腹肢を使って精包を渡して交尾し、雌は産卵して受精させた卵を腹部に抱く繁殖行動をとる (Bauer 2004)。このような繁殖行動は腹部に寄生しているエビヤドリモ属藻類にとって、寄生する機会を増やす要因となる可能性が考えられる。一方宿主となるエビにとっては、本属藻類の寄生が雄では精包の受け渡しの障害となり、雌では抱卵を阻害するなど、負の要因となる可能性が考えられる。本種の寄生経路については解明されていないことから、本種の生殖細胞を放出させ、それを観察するだけでなく、エビへの寄生が繁殖行動の際に行われるのか、生殖細胞が遊泳して行われるのかを確かめ、生活環を明らかにする必要がある。また、エビヤドリモ属藻類が寄生してい

る各地の淡水産のエビを入手することは困難を極めるが、本研究により本属には複数種が存在する可能性が示唆されたことから、各種の記載を行った上で、宿主特異性があるのか、宿主のヌカエビで知られている地域集団への遺伝的分化 (池田 1999) が本属藻類でも進んでいるのか否か等、解明すべき点は多く残されており、今後様々な方面から研究を継続していく必要がある。

謝辞

宮崎県在住の黒木克幸氏には宮崎県沖田川でエビヤドリモ属藻類が寄生した淡水産エビを採集し、ご送付いただくとともに、エビの写真をご提供いただいた。また、福岡県在住の中尾恭子氏には佐賀県牛津川での採集にご協力いただいた。謹んで感謝の意を表す。

引用文献

- 秋山優・大谷修司 1994. *Cladogonium ogishimae* Hirose et Akiyama. 堀輝三 (編) 藻類の生活史集成. pp. 214-215. 内田老鶴圃. 東京.
- Bauer R. T. 2004. Remarkable shrimps: Adaptations and natural history of the carideans. University of Oklahoma Press. Norman.
- Boedeker C., O'Kelly C.J., Star W. & Leliaert F. 2012. Molecular phylogeny and taxonomy of the *Aegagropila* clade (Cladophorales, Ulvophyceae), including the description of *Aegagropilopsis* gen. nov. and *Pseudocladophora* gen. nov. J. Phycol. 48: 808-825.
- Bourrelly P. 1990. Les algues d'eau douce. Tome 1. Les algues vertes. (2nd ed.) N. Boubée et Cie. Paris.
- 林健一 2007. 日本産エビ類の分類と生態 II. コエビ下目 (1). (ヒオドシエビ上科・イトアシエビ上科・ヌマエビ上科・サンゴエビ上科・オキエビ上科・イガグリエビ上科). 生物研究社. 東京.
- 廣瀬弘幸・山岸高旺 (編) 1977. 日本淡水藻類図鑑. 内田老鶴圃. 東京.
- Hirose H. & Akiyama M. 1971. A colorless, filamentous chlorophyceous alga, *Cladogonium ogishimae* gen. et sp. nov., parasitic on fresh-water shrimps. Bot. Mag. Tokyo 84: 137-140.
- 池田実 1999. 遺伝学的にみたヌマエビの「種」. 海洋と生物 123: 299-307.
- 上田常一 1970. 日本淡水エビ類の研究 (改訂増補版). 園山書店. 松江.
- 上田常一 1963. 奄美大島・屋久島・種子島の淡水エビ類 (続日本淡水エビ類の研究, 第 1 部). 島根大学論集 (自然科学) 13: 1-28.
- 松山和世・矢部隆・芹澤如比古・田中次郎 2000. 蓑ガメに寄生するシオグサ目藻類の形態. 藻類 48: 80.
- 松山和世・有賀祐勝・田中次郎 1999. カイゴロモ (アオサ藻綱, シオグサ科) の生態および形態. 植物研究雑誌 74: 136-141.
- 松山和世 1999. 日本産シオグサ科藻類 (緑色植物門, アオサ藻綱) の形態分類学的研究. 平成 10 年度東京水産大学博士学位論文.
- 荻島睦巳 1950. ヌカエビに寄生する緑藻類の 1 種. 採集と飼育 12: 322-323.
- 鈴木廣志・成瀬貫 2011. 日本の淡水産甲殻十脚類. 川井唯史・中田和義 (編). エビ・カニ・ザリガニ 淡水甲殻類の保全と生物学. pp. 39-73. 生物研究社. 東京.
- 鈴木廣志・佐藤正典 1994. かごしま自然ガイド 淡水産のエビとカニ. 西日本新聞社. 福岡.
- 芹澤如比古・藤澤ひかる・渋谷里夏・芹澤 (松山) 和世 2013. 山梨県に生育するシオグサ目藻類について. 藻類 61: 56.
- 山岸高旺 2007. 淡水藻類 - 淡水産藻類図鑑. 内田老鶴圃. 東京.
- 安井肇 2003. 3-3 細胞核の観察法. 地球環境調査計測事典 第 3 巻 沿岸域編. pp. 781-783. フジ・テクノシステム. 東京.

(Received Jul. 10, 2013; Accepted Feb. 5, 2014)