

## Research Note

Acosta Calderón, J. A.<sup>1</sup>・Rosas Alquicira, E. F.<sup>2</sup>・Gonzalez, N. Q.<sup>3</sup>・de Jesús Trejo Méndez, M.<sup>4</sup>・Villanueva, V. I.<sup>5,6</sup>: 分子系統解析による南部メキシコ太平洋の *Gracilaria parvispora* Abbott 1985 (オゴノリ目, 紅色植物門) の誤同定の判明と新種 *Gracilaria huavensis* sp. nov. の提案

Julio A. Acosta Calderón<sup>1</sup>, Edgar F. Rosas Alquicira<sup>2</sup>, Nataly Quiroz González<sup>3</sup>, María de Jesús Trejo Méndez<sup>4</sup> and Valentina Islas Villanueva<sup>5,6</sup>: Molecular analyses reveal a misidentification of *Gracilaria parvispora* Abbott 1985 (Gracilariales, Rhodophyta) in the southern Mexican Pacific and the proposal of *Gracilaria huavensis* sp. nov.

メキシコ南部太平洋沿岸のラグーンから採取された円柱形の紅藻オゴノリ属を, *Gracilaria huavensis* sp. nov. として新種記載した。本種の *rbcL* および COI-5P の塩基配列, ならびに詳細な形態・解剖・生殖的な特徴に基づいて新種記載した。この種は通常, メキシコ南部太平洋沿岸におけるラグーン内の潮間帯および亜潮間帯に生育している。形態的特徴は, 主軸が円柱形の藻体で, 鋭角的に一方に 1-3 回ほど分枝する小枝を形成する。造精器は *textorii* 型の生殖器巣を持つ。造果器は球状で, 果胞腔の側部および基部に多数の栄養糸を有している。*G. huavensis* は形態的には *G. parvispora* に類似するが, 遺伝的には異なっている。本種はこれまで典型的な *G. parvispora* とされてきたが, 2つの分子マーカーによる系統解析では, メキシコ南部ラグーン産の個体群は, ハワイ, 日本, 韓国, バハ・カリフォルニア・スル産の *G. parvispora* とは配列的に明確に異なっていた。配列の違いは, メキシコ南部太平洋産の個体と *G. parvispora* との間で *rbcL* では 1-1.6%, COI-5P では 2.5-2.7% であった。遺伝的には異なるが, 両種の形態的な類似性が誤同定の主な原因となっていると考えられた。本研究では, アジアに分布する *G. parvispora* がメキシコ南部太平洋に分布していることは確認されず, 分類学的に問題のある種については分子レベルでも確認することが重要であることを提案する。(1,3,6 Universidad del Mar, Mexico, 2 Lane Community College, USA, 4 La Ventana, Investigación y Divulgación Científica para el Desarrollo Regional A.C, Mexico, 5 Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Mexico)

## Research Articles

原口裕次<sup>1</sup>・岡本裕太<sup>1,2</sup>・朝日透<sup>2,3</sup>・清水達也<sup>1</sup>: 持続可能な食料生産のための窒素固定シアノバクテリア抽出物を用いた窒素肥料フリーの微細藻類培養法

Yuji Haraguchi<sup>1</sup>, Yuta Okamoto<sup>1,2</sup>, Toru Asahi<sup>2,3</sup> and Tatsuya Shimizu<sup>1</sup>: Nitrogenous fertilizer-free microalgal culture using nitrogen-fixing cyanobacteria-derived extracts for sustainable food production

我々は効率的な細胞性食品生産システムの確立を目指し, 動物細胞の培養後に生ずる使用済みの培養液(培養廃液)で増殖した微細藻類(*Alvikia littoralis* NBRC 102761)を用いた, 新規の循環型細胞培養システム(Circular Cell Culture, CCC システム)を提案している。本研究では, 窒素固定能を有するシアノバクテリア *Trichormus* sp. PCC 7120 または *Scytonema* sp. NIES-2130 の抽出物を添加した窒素肥料フリー培地で *A. littoralis* の培養を試みた。*Scytonema* 抽出物を添加した人工海水を用いた *A. littoralis* の増殖は, 人工海水の 4.4 倍であったが, 化学肥料を添加した人工海水の 0.8 倍にとどまった。しかし, *Trichormus* 抽出物を用いた場合, *A. littoralis* の増殖は人工海水の 14.6 倍, 化学肥料を添加した人工海水と比較しても 2.1 倍ほど高かった。*Trichormus* 抽出物には, *Scytonema* 抽出物よりも多くのアンモニウム(7.6 倍)が含まれており, これが *A. littoralis* の効率的な増殖と関係したと考えられる。*A. littoralis* は *Trichormus* 抽出物中のアンモニウムの 97% を消費しており, *A. littoralis* が, *Trichormus* sp. が空気中の窒素ガスから合成した窒素源を利用して増殖したことを示唆している。栄養素抽出を行ったところ, *Trichormus* 抽出液で培養した *A. littoralis* の抽出液には化学肥料で培養した *A. littoralis* の抽出液に比べて, アミノ酸の含有量が 2.8 倍高かった。さらに, 動物細胞の培養廃液で *A. littoralis* の培養を試みたところ, *A. littoralis* は動物細胞の培養廃液のみでは 12.6 倍の増殖であったのに対し, *Trichormus* 抽出物を添加した培養廃液では 19.0 倍の増殖を示し, *A. littoralis* の増殖の促進が示された。*Trichormus* 抽出物の添加により培養廃液中のアンモニウム量が増加し, *A. littoralis* はその培養廃液中のアンモニウムの 99% を消費していた。本研究で示された, 窒素固定藻類 *Trichormus* sp. の抽出物を用いた微細藻類培養法は, CCC システムをさらに改善し, 化学肥料・穀物・家畜の使用を削減し, 廃棄物を有効活用する持続可能な細胞性食品生産システムの構築に貢献するものである。(1 東京女子医科大学, 2,3 早稲田大学)

**Kim, B. Y.<sup>1</sup> • Ko, J.-C.<sup>2</sup> • Shan, T.<sup>3</sup> • Choi, H. G.<sup>4</sup> : *Meristotheca papulosa* (ミリン科, 紅色植物門) の再生産能力と果胞子放出および胞子の生長における温度の影響**

Bo Yeon Kim<sup>1</sup>, Jun-Cheol Ko<sup>2</sup>, Tifeng Shan<sup>3</sup> and Han Gil Choi<sup>4</sup>: Reproductive capacity of *Meristotheca papulose* (Solieriaceae, Rhodophyta) and effects of temperature on carpospore release and sporeling growth

*Meristotheca papulosa* は食品, 藻類コロイドや医薬品産業における様々な分野で利活用される経済的に重要な紅藻である。韓国では, 本種は済州島沿岸で観察されるのみである。*M. papulosa* は他の海藻類よりも高価であり, これまでの歴史の中で輸出を目的として集中的に採藻されてきた。このため, 天然資源が減少している。破壊してきた天然藻体資源を回復し, 増えてきている産業的需要に応えるために, 我々は *M. papulosa* の再生産能力を評価した。また, 果胞子放出と生長における温度の影響について, 16, 18, 20, 22, 24, 26°C で調べた。嚢果を有する藻体の再生産能力は, 8 月に高かった ( $5.2 \times 10^7$  spores m<sup>-2</sup>)。果胞子放出数は, 24°C で最も多かった ( $782 \pm 93$  spores cystocarp<sup>-1</sup>)。また, 温度は胞子の生長と発達に大きく影響した。果胞子は直径 17.16 から 159.18 μm まで生長し, 21 日後の最大生長率は 24°C で 10.57% day<sup>-1</sup> であった。また, 胞子は, 28 日後に 22–24°C で直立藻体を生産した。これらの結果は, 天然資源の保全と回復だけでなく, 本種の胞子を基本とした養殖手法の確立において有益な情報を提供する。<sup>(1,2)</sup>National Institute of Fisheries Science, Republic of Korea, <sup>3</sup>Chinese Academy of Sciences, China, <sup>4</sup>Wonkwang University, Republic of Korea)

**Myat Htoo San<sup>1,2</sup> • 川村嘉広<sup>2</sup> • 木村圭<sup>1,2</sup> • Eranga Pawani Witharana<sup>2</sup> • 下桐猛<sup>1</sup> • 藤吉栄次<sup>3</sup> • 永野幸生<sup>1,2</sup> : *Pyropia* 属における葉緑体系統解析での遺伝子系統樹の不一致**

Myat Htoo San<sup>1,2</sup>, Yoshio Kawamura<sup>2</sup>, Kei Kimura<sup>1,2</sup>, Eranga Pawani Witharana<sup>2</sup>, Takeshi Shimogiri<sup>1</sup>, Eiji Fujiyoshi<sup>3</sup> and Yukio Nagano<sup>1,2</sup>: Gene tree conflict in chloroplast-based phylogenies in *Pyropia* species

葉緑体ゲノムは進化関係の解明と系統解析に広く利用されてきたが, 遺伝子系統樹の不一致に正面から取り組んだ研究は少ない。本研究では, 潮間帯に分布する紅藻バンギア科の分類学的に複雑な海藻属 *Pyropia* を対象とし, 葉緑体遺伝子系統樹の衝突を解析した。従来, *Pyropia* 種の分類は形態形質と葉緑体 RuBisCO 大サブユニット (*rbcL*) や核の小サブユニット (SSU) などの短い遺伝マーカーに依存してきた。本研究では, 新たにシーケンスした *Pyropia tanegashimensis*, *P. acanthophora*, *P. pseudolinearis*, *P. kanakaensis*, *P. kinositae* を含む 15 種の葉緑体ゲノムを用いて系統解析を実施した。*P. tanegashimensis* と *P. acanthophora* は, 既報の *P. vietnamensis* と同様の構造変化を示した。解析の結果, *Pyropia* 四大クレード間の系統関係に関して過去研究で報告されたトポロジーの

相違を, 少なくとも葉緑体ゲノム進化の観点から解消できた。一方, 葉緑体ゲノムを単一の進化単位と見なす従来の前提は必ずしも成立せず, 葉緑体遺伝子間で異なるトポロジーパターンが現れることが示唆された。さらに, クレード内部でも個々の遺伝子系統樹と種系統樹の間に複数の不一致が検出された。これらの結果は *Pyropia* の系統解明における複雑性と課題を浮き彫りにし, 今後の進化研究に重要な示唆を与える。<sup>(1)</sup> 鹿児島大学, <sup>(2)</sup> 佐賀大学, <sup>(3)</sup> 水産研究・教育機構)

**Vairo, D. • Bellgrove, A. • Biancacci, C. : 養殖の可能性が考えられるオーストラリア産ヒジキ類の現存量変動と再生産における時間的かつ小規模空間変動**

Daniel Vairo, Alecia Bellgrove and Cecilia Biancacci: Temporal and small-scale spatial variation in standing stock phenology and reproduction of Australian hijiki analogues informs aquaculture potential

養殖を目的としたオーストラリア産ヒバマタ類の調査は, 高い多様性と固有種にも関わらず, あまり実施されていない。ヒジキは, 人が消費するため世界的に高い価値のある海藻である。しかし, 高濃度のヒ素に対する懸念から, 厳しい食品安全規制のある国への輸入は制限されている。我々は, 養殖生産やヒジキの代替のための候補種として, *Cystophora torulosa* と *Caulocystis uvifera* の 2 つのオーストラリア産ヒバマタ類の分布, 量, 藻体長, 再生産および付着生物を調査した。時間的変化はそれぞれの種において 1 つの地点を設け, 12 カ月間 4 回の調査を行った。一方, 小規模な空間変動に関しては, それぞれの種において 1 つの地点で, 潮間帯に生育する *C. torulosa* では高潮線と低潮線を比較し, 潮下帯に生育する *C. uvifera* においては海岸線からの距離を調べた。*C. torulosa* に関しては, 分布, 量, 再生産において有意な差は認められなかったが, 藻体長は 6 月 (冬) にピークとなった。また, 付着生物は全体的に少なかった。*C. uvifera* においては, 11 月 (春) にピークとなる藻体長と再生産, および 2 月 (夏) の付着生物で空間的に有為な変化が認められた。再生産と付着生物の少なさにおける時間的および空間的な一貫性から考えると, *C. torulosa* の養殖は *C. uvifera* よりもより商業的に可能かもしれない。これら 2 種のオーストラリア産ヒジキ類の更なる調査は, 養殖業への投資に向けた情報となり得るだろう。(Deakin University, Australia)

**日山津奈美・吉川伸哉 : セイヨウハバノリ (シオミドロ目, 褐藻綱) における青および緑色光依存的な遊泳細胞放出**

Tsunami Hiyama and Shinya Yoshikawa: Blue and green light-induced release of swimmers in *Petalonia fascia* (Ectocarpales, Phaeophyceae)

環境の変化に応じて遊泳細胞や卵の放出を制御することは生物の生存にとって重要である。本研究では褐藻セイヨウハ

パノリ (*Petalonia fascia*) を用いて、遊泳細胞の放出における、光および概日リズムの影響について解析した。明条件では遊泳細胞を放出した個体の割合 (放出率) が 90% 以上だったが、暗条件では放出が見られなかったため遊泳細胞の放出は光によって促進されると考えられる。光合成阻害剤 DCMU で処理しても放出率の有意な低下はなかったため、光合成は放出に直接関与していないことが示された。遊泳細胞の放出における光質の影響を調べた結果、赤色光と比べて、青と緑色光で放出率が有意に高かった。照射時間と光強度の関係を調べた結果、光強度  $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、1 分間の照射 (総光子量  $3000 \mu\text{mol m}^{-2}$ ) より、 $0.5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、30 分間の照射 (総光子量  $900 \mu\text{mol m}^{-2}$ ) で放出率が有意に高かった。よって、放出の誘導には一定の照射時間が必要であることが示された。遊泳細胞の放出と概日リズムの関係を調べた結果、恒明条件でも 24 時間までは明暗周期がある条件での培養時と同様に、主観的明期開始時に放出量の増加が見られた。この結果は、遊泳細胞の放出は光刺激だけではなく、概日リズムの影響も受けることを示唆している。(福井県立大学)

**Benico, G. A.<sup>1</sup> • Esteban, S. P. C.<sup>1</sup> • 桑田向陽<sup>2</sup> • 岩滝光儀<sup>2</sup> : フィリピン産小型海産渦鞭毛藻の新種 *Scrippsiella luzonensis* sp. nov. (トラコスファエラ目, 渦鞭毛藻綱)**

Garry A. Benico<sup>1</sup>, Samantha Patricia C. Esteban<sup>1</sup>, Koyo Kuwata<sup>2</sup> and Mitsunori Iwataki<sup>2</sup>: *Scrippsiella luzonensis* sp. nov. (Thoracosphaerales, Dinophyceae), a new small marine dinoflagellate from the Philippines

フィリピンのルソン島マニラ湾に発生した魚類斃死赤潮から小型海産渦鞭毛藻を単離し、細胞形態、鎧板配列、そして ITS 領域と LSU rDNA に基づく系統的位置より *Scrippsiella* 属の新種として記載した。細胞は楕円形で、頂端が突出するため涙滴形を呈し、円錐形の上殻は下殻よりやや大きい。走査電顕で観察した鎧板配列 Po, X, 4', 3a, 7'', 6c, 5s, 5''', 2'''' は *Scrippsiella* 属と一致し、前縦溝板にはしばしば形状の変異がみられた。頂孔板と前頂孔板は頂板 2'-4' の隆起部により囲まれており、細長い前頂孔板が特徴的で、これは細い第 1 頂板の半分を超える長さであった。核は横長で細胞中央付近に位置していた。培養株中に形成されたシストは球形で小さく (直径  $10 \mu\text{m}$  程度)、シスト壁は透明で石灰質で覆われず平滑であった。系統樹では、本種は広義の *Scrippsiella* 系統群に含まれたが近縁種は不明であった。本種は細胞、頂孔複合体、核の形状、そして非石灰質のシスト形成により他の *Scrippsiella* とは識別されたため、新種 *Scrippsiella luzonensis* sp. nov. を提案する。非石灰質のシストを形成する別種 *Scrippsiella masanensis* のフィリピンにおける出現も併せて報告する。(1 Central Luzon State University, Philippines, 2 東京大学)

**Chae, H.<sup>1</sup> • Lee, Y. M.<sup>1</sup> • Lee, H.<sup>1</sup> • So, J. E.<sup>1</sup> • So, J.<sup>1,2</sup> • Choi, H. G.<sup>1</sup> • Kim, S.<sup>1</sup> • Kim, J. H.<sup>1</sup>: 南極の地衣類から分離された *Chloroidium* 属 (トレボウクシア藻綱, 緑藻植物門) の新種の形態学および分子学的特徴**

Hyunsik Chae<sup>1</sup>, Yung Mi Lee<sup>1</sup>, Hyodong Lee<sup>1</sup>, Jae Eun So<sup>1</sup>, Jeongha So<sup>1,2</sup>, Han-Gu Choi<sup>1</sup>, Sanghee Kim<sup>1</sup> and Ji Hee Kim<sup>1</sup>: Morphology and molecular characterization of a new *Chloroidium* (Trebouxiphyceae, Chlorophyta) species isolated from lichen in Antarctica

南極の淡水や土壌、雪の厳しい環境において、地衣類と共生関係を形成する独特な特徴をもつ微細藻類が存在している。その中でも、地衣類に共生する光合成真核藻類は主にクロレラの形態を示し、その形態の単純さゆえに同定が困難である。本研究では、南極の地衣類 *Psoroma antarcticum* から分離されたクロレラ様株の形態学および分子系統学的特徴に基づく同定を目的とした。PAMC 29142 株は、側在葉緑体を有する楕円形からほぼ球形の細胞で、等大の自生孢子によって増殖し、*Chloroidium* 属の他の種と非常に類似していた。核の小サブユニットおよび rDNA ITS 配列データを用いた系統解析により、PAMC 29142 株が *Chloroidium* 属内の独立した系統を示すことが確認された。さらに、ITS2 の二次構造と CBC 解析を用いて、この株と他の *Chloroidium* 種との比較を行った。形態学および分子学的データから総合的に判断し、PAMC 29142 を新種 *Chloroidium psoromicola* sp. nov. として提案する。(1 Korea Polar Research Institute, Republic of Korea, 2 University of Science and Technology, Republic of Korea)

**Eissler, Y.<sup>1</sup> • Anabalón, J.<sup>2</sup> • Celis-Plá, P. S. M.<sup>3</sup> • Kieft, B.<sup>4</sup> • Junier, P.<sup>5</sup> • Rivera, P.<sup>6</sup> • Cruces, F.<sup>6</sup> • Ascencio, E.<sup>6,7</sup> • Dorador, C.<sup>8,9</sup> • Molina, V.<sup>10,11,12</sup> : チリ・ウアスコ塩湖の高地湿地から単離された *Nitzschia* 属 (珪藻綱) の 1 種における光合成性能に対する高栄養要求性**

Yoanna Eissler<sup>1</sup>, Jeremy Anabalón<sup>2</sup>, Paula S. M. Celis-Plá<sup>3</sup>, Brandon Kieft<sup>4</sup>, Pilar Junier<sup>5</sup>, Patricio Rivera<sup>6</sup>, Fabiola Cruces<sup>6</sup>, Enrique Ascencio<sup>6,7</sup>, Cristina Dorador<sup>8,9</sup> and Verónica Molina<sup>10,11,12</sup>: High nutrient requirement on the photosynthetic performance of a diatom species of the genus *Nitzschia* (Bacillariophyta) isolated from the high-altitude wetland, Salar de Huasco, Chile

本研究では、標高 3800 m に位置するチリ・ウアスコ塩湖 (Salar de Huasco) の高地湿地から単離された *Nitzschia palea* の、生理生態学的応答と成長動態を解析した。培養は  $17^{\circ}\text{C}$ 、冷白色蛍光灯下、14:10 h の明暗サイクル、および光子束密度  $50 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$  の条件で維持した。形態学および遺伝的に同定をおこない、系統解析により既知の *N. palea* 株との近縁性が確認された。光合成生理応答は、培地条件および温度条件を測定し、Si, Se, ビタミンを異なる濃度で添

加した改変 f/2 培地を用いて試験した。続いて、2 倍濃度の Si を添加した f/2 培地において、3 種類の温度での成長を評価した。最後に、f/2+二倍濃度 Si 培地 (NN: 栄養塩追加なし)、および富栄養状態に調整した f/2 培地 (WN: 栄養塩追加あり) で、17°C と 27–29°C 条件下で培養を行った。最も高い増殖は、17°C の f/2 WN 培地で観察され (5 日目,  $4.46 \times 10^5 \pm 3.15 \times 10^4$  cells mL<sup>-1</sup>)、温度は成長に有意な影響を与えた。17°C 培養では、27–29°C に比べてより高い細胞密度と安定した光合成パラメータが維持された。栄養塩の添加は、特に制御温度条件下で、光合成効率 ( $\alpha$ ETR) や最大量子収率 ( $F_v/F_m$ ) を高めた。光合成性能を高速光応答曲線によって評価したところ、温度および栄養塩依存的な顕著な変動が示された。27–29°C で培養した *N. palea* は、対照条件と比較して相対的最大 ETR ( $rETR_{max}$ , 184.1  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) が上昇した。富栄養処理では、光合成効率は 5 日目にピークに達したが、8 日目には低下した。これらの結果は、*N. palea* が変動する環境条件に適応する能力を有することを示しており、極限環境における栄養塩および温度ストレスに対する珪藻の応答を研究するモデル生物としての可能性を示している。(1,2Universidad de Valparaíso, Chile, 3,10,11Universidad de Playa Ancha, Chile, 4University of British Columbia, Canada, 5University of Neuchâtel, Switzerland, 6,7,12Universidad de Concepción, Chile, 8Universidad de Antofagasta, Chile, 9Universidad de Chile, Chile)

**王非・西堀洋平・北崎翔・神川龍馬・宮下英明：琵琶湖から新たに分離された *Neochloris* sp. (緑藻綱, 緑色植物門) に見られる新しいタイプの遠赤色光順化**

Wang Fei, Yohei Nishibori, Sho Kitazaki, Ryoma Kamikawa and Hideaki Miyashita: A new type of photoacclimation to far-red light found in a newly isolated *Neochloris* sp. (Chlorophyceae, Chlorophyta) from Lake Biwa, Japan

藻類は主に波長 400–700 nm の可視光 (光合成有効放射)

を光合成に利用している。一方、遠赤色光 (波長 700–800 nm の光) では光合成系 II を活性化できないと考えられていたため、藻類はこの波長領域の光のみでは光合成生育ができないと考えられてきた。しかし、近年、一部の藻類は、遠赤色光下で生育できることが報告されている。本稿では、遠赤色光のみを利用して光合成生育できる藻類として琵琶湖から新たに単離された *Neochloris* 属 (ヨコワミドロ目, 緑藻綱) に近縁な単細胞緑藻 *Biwa* 5-2 株の新たなタイプの遠赤色光順化について述べる。遠赤色光下で生育した細胞の吸収スペクトルには、 $Q_y$  吸収ピークの長波長側に、白色光下で生育した細胞には観察されない肩吸収が観察された。しかし、色素組成分析では遠赤色光を吸収できる特別なクロロフィル等は作られていなかったことから、既存のクロロフィルの吸収を長波長シフトさせている可能性が示唆された。白色光から遠赤色光への順化の過程において、クロロフィル *b* 含量が劇的に減少し、遠赤色光下で生育した細胞のクロロフィル *a/b* 比は、白色光下で生育した細胞よりも 7 倍高かった。類似の現象は、これまで報告されていない。本稿は、遠赤色光のみを光源として生育できる最初の緑藻綱藻類株に関する報告であり、また、遠赤色光順化の過程においてクロロフィル *b* の生合成が劇的に抑制されることを示した最初の報告である。(京都大学)



**英文誌 73 巻 2 号表紙**

成熟した *Petalonia fascia* (KU-1293) 培養葉体の表面に形成された多室遊走子嚢 (左) と、遊走子嚢から放出され基質上に着底した遊走子 (右)。本号では日山と吉川が *P. fascia* における遊走子放出を報告している。写真は日山津奈美・吉川伸哉が撮影した。

(木村 圭, 阿部真比古, 島袋寛盛)