

Research Articles

Hu, Z.^{1,2,3} · Deng, Y.^{1,2,3} · Luo, Z.⁴ · Shang, L.^{1,2,3} · Kong, F.^{1,2,3} · Gu, H.⁴ · Zhao, Z.⁵ · Tang, Y. Z.^{1,2,3}: 中国の膠州湾 Jiaozhou Bay から分離された無殻渦鞭毛藻 *Pseliodinium pirum* (Ceratoperidiniaceae) の特性解明

Zhangxi Hu,^{1,2,3} Yunyan Deng,^{1,2,3} Zhaohe Luo,⁴ Lixia Shang,^{1,2,3} Fanzhou Kong,^{1,2,3} Haifeng Gu,⁴ Zengxia Zhao⁵ and Ying Zhong Tang^{1,2,3}: Characterization of the unarmored dinoflagellate *Pseliodinium pirum* (Ceratoperidiniaceae) from Jiaozhou Bay, China

中国の膠州湾 Jiaozhou Bay から分離された *Pseliodinium pirum* 株について、近年修正された分類体系に基づいて分類し、さらに、光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡、透過型電子顕微鏡による形態および SSU rDNA と部分的 LSU rDNA 配列に基づく系統によって特徴付けた。また、色素組成、生活史、水生動物への影響の可能性についても調査した。著者らは、その頂端構造複合体 (ASC) が環状ループを形成する Ceratoperidiniaceae の典型的な特徴を観察し、分離株の ASC が 4~5 列の小胞を構成し、溝貫入部と接続することを観察した。落射蛍光および透過型電子顕微鏡により、豆形をした細胞の中央に核があり、少なくとも 76 本の染色体の存在を確認した。多数の棒状葉緑体は、不規則な形態のピレノイドと連結していた。色素分析は、ペリディニンが全てのカロテノイドや他の色素の中で、最も豊富に含まれていた。最尤法とベイズ推論を使用した系統解析により、分離株は実在する *Cochlodinium cf. helix* (accession No. KF245459) と同種であることが示されたが、*Ceratoperidinium*, *Kirithra*, および Ceratoperidiniaceae 科における他の未同定の種とは異なっていた。*Pseliodinium pirum* は、垂球形もしくは球形で表面が滑らか (棘や粗い突起がない) であり、性的で薄い壁をもつシストを形成した。シストは 3 日以内に発芽可能であった。*P. pirum* の魚類 *Oryzias melastigma* とワムシ *Brachionus plicatilis* への悪影響はバイオアッセイからは示されず、本種が有害種ではない可能性が示唆された。^(1,3,5) Chinese Academy of Sciences, China, ²Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, China, ⁴Ministry of Natural Resources, China)

Zhu, X.^{1,2} · Zhou, C.^{1,2} · Meng, R.^{1,2} · Li, S.³ · Fang, K.³ · Luo, Z.⁴ · Xu, J.¹ · He, S.² · Luo, Q.¹ · Yan, X.^{1,5}: 近年、記載された種 *Karlodinium zhouanum* (Gymnodiniales, Dinophyceae) の生化学的特性

Xiaojuan Zhu,^{1,2} Chengxu Zhou,^{1,2} Ran Meng,^{1,2} Shuang Li,³ Keyi Fang,³ Zhaohe Luo,⁴ Jilin Xu,¹ Shan He,² Qijun Luo¹ and Xiaojun Yan^{1,5}: Biochemical characteristics support the recently described species *Karlodinium zhouanum* (Gymnodiniales, Dinophyceae)

小型の無殻渦鞭毛藻 *Karlodinium zhouanum* は、近年、中国の沿岸水域で記載された種である。*K. zhouanum* は、典型的な魚毒性ブルームを形成するカルロトキシン産生種の *Karlodinium veneficum* と形態学的に類似しており、光学顕微鏡下でこれら 2 種を区別することは不可能である。本研究では、東シナ海から分離された *K. zhouanum* 株について研究を行った。本種の毒素、毒性、脂質特性、典型的な分子のおよび生理学的特性を分析したところ、*K. zhouanum* はブラインシュリンプに対して無毒であり、また中国の沿岸海域に広く分布することが示された。液体クロマトグラフィー質量分析 (LC-MS) では、カルロトキシン様毒素は検出されなかった。毒性種 *K. veneficum* の重要なステロールである gymnodinosterol の代わりに、27 (nor)-24S-4 α -Methyl-5 α -ergosta-8 (14)-en-3 β -ol (NEE) が *K. zhouanum* で多く検出され、gymnodinosterol は検出されなかった。これらのステロール特性は、*Karlodinium* の有毒種と無毒種の区別を助けるだけでなく、これまで不明であった無毒 *Karlodinium* 種の環境への寄与を区別して理解できる環境調査ツールとして利用される可能性もあるだろう。^(1,2) Ningbo University, China, ³Ningbo Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau Technology Center, China, ⁴State Oceanic Administration, China, ⁵Zhejiang Ocean University, China)

Hovde, B. T.¹ · Steichen, S. A.² · Starkenburg, S. R.¹ · Brown, J. K.²: *Vampirovibrio chlorellavorus* のドラフトゲノム配列解析、アノテーションおよび病原性決定因子の予備的な特性評価

Blake T. Hovde,¹ Seth A. Steichen,² Shawn R. Starkenburg¹ and Judith K. Brown²: *Vampirovibrio chlorellavorus* draft genome sequence, annotation, and preliminary characterization of pathogenicity determinants

Vampirovibrio chlorellavorus は、商業に関連する *Chlorella* 種の病原体として認識されている。藻類感染と生産性 (バイオマス) の全損は、感受性の高い藻類宿主が、屋外のオープンポンドシステムで培養されている場合によく発生する。本細菌の病原性生活環は、実験室および野外での観察において推測されており、開放型藻類リアクターから回収された 2 つのアリゾナ分離株のゲノム解析によって、部分的に裏付けら

れている。*Vampirovibrio chlorellavorus* による捕食は、地理的、そしてまた環境的に多様な条件下で発生すると報告されている。これらの株、および追加で野外から分離した株のゲノム解析をすることにより、宿主と病原体の相互作用に関係する、生態学的多様性および遺伝子に関する新しい情報が解明されることが期待される。アリゾナのソノラ砂漠にある屋外栽培システムから分離した2つの捕食性 *V. chlorellavorus* (Cyanobacteria; Ca. Melainabacteria) 株のドラフトゲノム配列を構築し、注釈づけを行った。ゲノム配列を決定し、米国南西部の藻類生産に非常に適している地域で、バイオ燃料生産に優先的に用いられているクロレラ宿主種に対する捕食、感染および細胞死に関与すると予測される遺伝子 (タンパク質) を特定した。ゲノム解析により、病原性に関与する可能性のある分泌タンパク質をコードするいくつかの遺伝子、および少なくとも3つの完全と思われる病原性 (Vir) 遺伝子のセット、つまり、標準的な VirB1-11 と VirD4 のタンパク質をコードする VirB-VirD 型システムの特徴がそれぞれ同定された。加えて、クオラムセンシングや運動へ関与すると示唆されるタンパク質が推測された。これまでに特徴付けられていなかった2つの *V. chlorellavorus* 分離株のゲノムは、それぞれのヌクレオチドとタンパク質レベルの相違、そして、これまでに解明されている *V. chlorellavorus* ゲノムとの間に相違があることを明確に示した。本研究による新知識は、ユニークなコスモポリタン種のシアノバクテリア型病原体と、その宿主である、バイオ燃料、またはバイオ製品を回収可能なバイオマス供給源として注目されている微細緑藻との間の、界を横断する相互作用に対する基礎理解深化に貢献するだろう。(1 Los Alamos National Laboratory, USA, 2 The University of Arizona, USA)

西村朋宏^{1,2}・内田肇³・鈴木敏之³・Wittaya Tawong^{1,4}・阿部翔太^{1,5}・有光慎吾^{1,6}・足立真佐雄¹：本邦産底生性渦鞭毛藻 *Prorocentrum cf. fukuyoi* のオカダ酸産生能の初報告
Tomohiro Nishimura,^{1,2} Hajime Uchida,³ Toshiyuki Suzuki,³ Wittaya Tawong,^{1,4} Shota Abe,^{1,5} Shingo Arimitsu,^{1,6} Masao Adachi,¹: First report on okadaic acid production of a benthic dinoflagellate *Prorocentrum cf. fukuyoi* from Japan

下病性貝毒の原因毒として知られるオカダ酸やその類縁体であるジノフィシトキシンによる二枚貝の毒化は、本邦を含む世界の二枚貝養殖業において甚大な被害をもたらしている。渦鞭毛藻 *Prorocentrum* 属の底生性の数種は、これらの毒を産生することが明らかにされている。これまでに、本邦産の本属底生性種の培養株について、その形態学的特徴や分子系統学的位置ならびに毒産生能を同時に検討した報告は無い。そこで本研究では、本邦の温帯海域 (水深 < 3 m 地点) より分離した本属藻類培養株について、その形態、分子系統ならびに毒産生能を明らかにすることを目的とした。本邦産の本属藻類である KSK4P 株の培養細胞の形態を観察した結果、その細胞長は

$27.2 \pm 1.3 \mu\text{m}$, 細胞幅は $22.4 \pm 0.9 \mu\text{m}$, 細胞長/幅比は 1.22 ± 0.04 であった。殻板表面は平滑であり、大小の殻板孔が殻板の中央周辺部から殻板の縁辺に向かって放射状に並んでいた。また、殻板の中央部には殻板孔が見られなかった。右殻板の前端部は、狭いV字型の深く切り込んだ鞭毛孔部を有していた。鞭毛孔部は鞭毛孔と補孔ならびに9枚の小板と2枚の翼片を有していた。本株のこれらの形態学的特徴は、*P. fukuyoi* のそれと類似していた。次に、LSU rDNA D1/D3 領域の塩基配列に基づく分子系統解析を行った結果、本株は *P. fukuyoi* complex (subclade F2) に属し、さらに新奇な subclade F2f を形成することが明らかとなった。また、同塩基配列に基づく遺伝距離の比較により、本株は *P. fukuyoi* の基準株が属する subclade F2e とは区別可能であることが明らかとなった。以上により得られた形態学的特徴および分子系統学的位置に基づき、本株を *P. cf. fukuyoi* とした。最後に、LC/MS/MS により毒分析を行った結果、本株はオカダ酸 ($1.5 - 2.7 \text{ fg cell}^{-1}$) を産生することが明らかとなった。本研究により、*P. fukuyoi* complex に属する培養株のオカダ酸産生能が、世界で初めて明らかとなった。(1 高知大学, 2 現所属: Cawthron Institute, New Zealand, 3 水産研究・教育機構, 4 Naresuan University, Thailand, 5 岡山県農林水産部水産課, 6 高知県宿毛漁業指導所)

大田修平¹・山口晴代¹・Vanel, Faustine¹・淵田茂司²・越川海²・山岸隆博³・山本裕史³・河地正伸¹：遅延発光法にもとづく NIES カルチャーコレクション藻類7種における重金属感受性差

Shuhei Ota,¹ Haruyo Yamaguchi,¹ Faustine Vanel,¹ Shigeshi Fuchida,² Hiroshi Koshikawa,² Takahiro Yamagishi,³ Hiroshi Yamamoto,³ Masanobu Kawachi¹: Differential heavy metal sensitivity in seven algal species from the NIES culture collection based on delayed fluorescence assays

海底多金属硫化物 (SMS) 鉱床は将来有望な金属鉱物資源として注目されているが、採掘にともなう海洋環境への有害金属流出とその生態毒性影響が懸念されている。しかし、海産微細藻類、特に外洋性植物プランクトンに対するその生態毒性の知見は少ない。本研究では、鉱石から溶出する可能性のある金属 (亜鉛, 鉛, 銅) について、海産微細藻類7種に対する生態毒性を遅延発光法により評価した。シアノバクテリアの *Synechococcus* sp. と *Cyanobium* sp. は亜鉛と銅に鋭敏に反応した。一方、真核藻類の各金属種に対する反応は藻類種によって異なった。共培養実験では、溶出性金属の種類によってプランクトン群集の組成比に違いが生じた。また、プラシノ藻 *Bathycoccus prasinos* NIES-2670 は3種類すべての金属に感受性を示すことがわかり、溶出性金属を検出するための生態毒性試験株のひとつとして有望であると考えられた。本研究により、SMS 採掘が海洋表層生態系に及ぼす影響を評価するためには、複数の分類群による評価が必要であることが示された。(1,2,3 国立環境研究所)

Le H. N.¹・Muangmai N.^{2,3}・Kheauthong S.⁴・Sun Z.⁵・Zuccarello G. C.⁶: ベトナム南部沿岸で採取された、これまで *G. mammillaris* として認識されてきた平たいオゴノリ属の新種 (*Gracilariales*, *Rhodophyta*), *Gracilaria phuquocensis* sp. nov.

Hau Nhu Le,¹ Narongrit Muangmai,^{2,3} Sunisa Kheauthong,⁴ Zhongmin Sun⁵ and Giuseppe C. Zuccarello⁶: *Gracilaria phuquocensis* sp. nov., a new flattened *Gracilaria* species (*Gracilariales*, *Rhodophyta*), previously recognized as *G. mammillaris*, from the southern coast of Vietnam

藻体の平たいオゴノリ属は南シナ海の海岸に沿って広く分布しており、その数は20種以上を数える。*Gracilaria mammillaris* は南シナ海ではベトナムからしか報告されていないが、この種の分布は西大西洋に限られている可能性が高い。本研究では、形態学的データと分子データを併用し、ベトナムで採取された *G. mammillaris* の分類学的な再検討を行った。我々がベトナムで採取した試料は、西大西洋で採取された真正の *G. mammillaris* や、形態変異とされる平たい *G. mammillaris* とも、形態学的にも遺伝学的にも異なることを明確に示していた。そこで我々は、ベトナムで採取され当初は *G. mammillaris* とされていた試料を、新種の *Gracilaria phuquocensis* sp. nov. として命名することを提案する。*G. phuquocensis* はその小さな藻体、狭い葉幅、多数の髄層、成熟した嚢果内の底部にある豊富な栄養細胞群、四分胞子を含むしたネマテシウムの存在により他の平坦なオゴノリ属の種とは形態学的に識別できる。*rbcL* 塩基配列解析からは、この新種がタイに生育する *Gracilaria rhodymenioides* と姉妹関係にあることが明らかにされており、両種は円柱状のオゴノリ属と近縁な系統群を形成している。我々の研究は、南シナ海の平坦なオゴノリ属の種に属するものと誤って分類されていた試料について、分類学的に正しく区別することに貢献することができた。¹Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam, ²Kasetsart University, Thailand, ³Hiroshima University, ⁴Thai Island and Sea National History Museum, Thailand, ⁵Chinese Academy of Sciences, China, ⁶Victoria University of Wellington, New Zealand)

長里千香子¹・川本広基¹・富岡輝男¹・露崎史朗¹・小杉知佳²・加藤敏明²・本村泰三¹: リアルタイムPCR法を用いた海水サンプル中に含まれるコンブ目藻類遊走子の定量

Chikako Nagasato,¹ Hiroki Kawamoto,¹ Teruo Tomioka,¹ Shiro Tsuyuzaki,¹ Chika Kosugi,² Toshiaki Kato² and Taizo Motomura¹: Quantification of laminarialean zoospores in seawater by real-time PCR

コンブ目藻類は、巨視的な胞子体(複相)と微視的な配偶体と(単相)の間で世代交代を行なっている。世代交代の際には無性もしくは有性生殖細胞が形成され、海水中に放出される。フィールドにおいて目視で遊走子の放出や拡散をモニ

ターすることは困難であり、仮に遊走子が検出されたとしても種を形態のみで同定することは不可能に近い。本研究では、コンブ目藻類の遊走子を高感度かつ迅速に検出する方法について検討を行うために、マコンブ (*Saccharina japonica*) とワカメ (*Undaria pinnatifida*) に対する種特異的なプライマーを設計し、海水中に含まれる遊走子について定量PCRを行なった。DNA試料(環境DNA)は同じ海域で月1,2回程度、2年間採水したものを使用した。マコンブとワカメの遊走子数から推定される胞子体の成熟時期は、採水を行なった地域で報告されている胞子体の成熟時期とほぼ一致していた。このことから、この方法がコンブ目藻類の遊走子放出量を定量する方法として有用であると言える。¹北海道大学, ²日本製鉄(株))

平野智也^{1,2}・佐藤陽一^{2,3}・一瀬勝紀²・山田美恵子²・林依子²・福西暢尚²・阿部知子²: 重イオンビーム照射によるワカメ配偶体の変異体誘発

Tomonari Hirano,^{1,2} Yoichi Sato,^{2,3} Katsunori Ichinose,² Mieko Yamada,² Yoriko Hayashi,² Nobuhisa Fukunishi² and Tomoko Abe²: Mutant induction in gametophytes of *Undaria pinnatifida* (*Phaeophyceae*) by heavy ion beam irradiation

ワカメは主要な食用海藻であり、市場拡大に向けた新品種の開発に関心が集まっている。そうした需要に応えるために、本研究ではアルゴンイオンおよび炭素イオンビームを用いた突然変異誘発法の確立を試みた。照射当代における変異体選抜を行うために、アルゴンイオンおよび炭素イオンビームを照射した遊走子を培養したところ、生育初期に成長阻害または枯死する配偶体が見られた。いずれのイオンビームにおいても高線量照射時に致死効果が高かったが、アルゴンイオンビームの方が細胞分裂や成長に対して高い生物学的効果を持つことが明らかとなった。照射配偶体より、細胞伸長が抑制される変異体を選抜された。この変異体に対する変異率を両ビームで比較したところ、炭素イオンビーム12.5 Gy照射時に0.83%と最も高い値を示した。雌性配偶体あたりに形成される胞子体および胚数を調査した結果、アルゴンイオンビームを高線量照射した際には形成数が減少したことから、アルゴンイオンビームは受精または胚発生過程に対する生物学的効果も高いことが明らかとなった。本研究で確立した重イオンビーム変異誘発法および変異体選抜法は、ワカメのみならず褐藻類における突然変異育種および変異体ライブラリーの構築に有用と考えられる。¹宮崎大学, ²理化学研究所, ³理研食品)

寺田竜太¹・中島悠登²・Iris Ann Borlongan¹・島袋寛盛³・小園淳平¹・遠藤光²・蔦田智⁴・Gregory N. Nishihara⁵: 日本産温帯性褐藻ノコギリモクの高温および低温光感受性を含む光合成活性

Ryuta Terada,¹ Yuto Nakashima,² Iris Ann Borlongan,¹ Hiromori Shimabukuro,³ Jumpei Kozono,¹ Hikaru Endo,² Satoshi Shimada⁴ and Gregory N. Nishihara⁵: Photosynthetic activity including the thermal- and chilling-light sensitivities of a temperate Japanese brown alga *Sargassum macrocarpum*

温帯性褐藻ノコギリモク（ヒバマタ目）の光合成における高温および低温感受性を含む光や温度の影響について、パルス変調クロロフィル蛍光（PAM）測定および溶存酸素センサーを用いて明らかにした。酸素発生速度に基づく水温 8°C, 20°C, 28°C における光合成光曲線は、最大光合成速度 (NP_{max}) と飽和光量が 28°C で最大となり、8°C で最低となった。光量 300 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 8 ~ 36°C における総光合成速度と呼吸速度は、最大総光合成速度 (GP_{max}) が 27.8°C となり、本種の日本における分布南限の夏季水温と一致した。さらに、72 時間の温度暴露下における光化学系 II (PSII) の最大量子収率 (F_v/F_m) は 8 ~ 28°C で安定したが、それ以上の温度で 0 となり、PSII の失活が見られた。水温 8°C, 20°C, 28°C における光量 200 (低光) と 1000 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (強光) の 12 時間連続照射では、強光下で実効量子収率 (Φ_{PSII}) の顕著な低下が見られた。一方、低光条件で照射中の Φ_{PSII} は、20°C と 28°C においては光照射開始前の F_v/F_m (初期値) に似た値で推移したが、8°C では光照射中に急速に低下した。この 8°C の条件では、12 時間の照射後に、さらに 12 時間の暗馴致を行っても、暗馴致終了後の F_v/F_m は初期値まで回復しなかった。また、28°C の条件でも、暗馴致終了後の F_v/F_m が初期値まで回復しなかったことから、高温と低温時の光障害の発生が示唆された。これらの光合成特性は、一般的な環境への適応と、分布域における海水温の季節変化に適応する能力の両方を反映している。(¹ 鹿児島大学, ² 水産研究・教育機構, ³ お茶の水女子大学, ⁴ 長崎大学)

Roy S.¹ · Liu Y.² · Kociolek J. P.^{3,4} · Lowe R. L.^{4,5} · Karthick B.¹ : インドの西ガーツ Western Ghats のラテライト岩の潮溜まりと中国海南省に生育する *Kulikovskiyia* gen. nov. (珪藻綱)

Surajit Roy,¹ Yan Liu,² John Patrick Kociolek,^{3,4} Rex L. Lowe^{4,5} and Balasubramanian Karthick¹: *Kulikovskiyia* gen. nov. (Bacillariophyceae) from the lateritic rock pools of the Western Ghats, India and from Hainan Province, China

インド亜大陸の西ガーツ Western Ghats および中国海南省で発見された新たな三波状の naviculoid 珪藻の属について報告する。新規の分類群である *Kulikovskiyia* gen. nov. は、その体の辺縁沿いと尖部において屈強な円錐形の棘状突起を持ち、外側の殻面には殻の長さに合わせて伸びる縦長の珪質のスラットシステムがある。外側にある遠位縦溝の端は二又に分かれ殻面ととまる。アジアに生育するこの属の種と、米国西部でしか見られない 2 種によって構成されている *Playaensis* 属には体の表面に類似性があるように見える。

本論文では *Kulikovskiyia* 属の分類上のポジションを考察している。左右対称という特性と縦溝の位置による他の双縦溝珪藻属 (biraphid naviculoid diatoms) との類似点を除くと特に指摘できることはなく、さらに細分化したレベルでの分類上の位置づけについては不明である。(¹ Agharkar Research Institute, India, ² Harbin Normal University, China, ³ University of Colorado, USA, ⁴ University of Michigan Biological Station, USA, ⁵ University of Wisconsin, USA)

Wang Y.^{1,2,3} · Liu F.^{2,3,4} · Wang M.^{2,3,4} · Moejes F. W.⁵ · Bi Y.^{1,6} : グリーンタイドを形成するスジアオノリ *Ulva prolifera* (アオサ藻綱, 緑色植物門) における炭酸脱水酵素遺伝子の特徴と転写分析

Yu Wang,^{1,2,3} Feng Liu,^{2,3,4} Mengqiang Wang,^{2,3,4} Fiona W. Moejes⁵ and Yuping Bi^{1,6}: Characterization and transcriptional analysis of one carbonic anhydrase gene in the green-tide-forming alga *Ulva prolifera* (Ulvophyceae, Chlorophyta)

スジアオノリは、2007 年から 2019 年までの黄海におけるグリーンタイドで優占しているグリーンタイド形成藻類である。スジアオノリの指数関数的生長と相関するバイオマスの蓄積は、その炭素固定能力に大きく依存している。藻類の生長において炭素固定は重要であるにも関わらず、スジアオノリにおいて分子特性が把握されている炭素固定に関する遺伝子はない。本研究では、スジアオノリの全長炭酸脱水酵素 (CA) 遺伝子 (*UpaCAI*) を評価するために Rapid Amplification of cDNA Ends (RACE) を使用した。活性分析では、*UpaCAI* は活性している CA を示した。リアルタイム定量 PCR では、温度、光量、塩分および pH は *UpaCAI* の転写レベルに影響を与え、*UpaCAI* は変化する環境要因に対して敏感に反応することが示された。本研究の結果は、スジアオノリの炭素固定における環境要因の影響に対する理解とグリーンタイドの形成において今後の役割に関してさらなる考察を提供した。(¹ Shandong University, China, ² Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), China, ^{3,4} Chinese Academy of Science, China, ⁵ Shandong Academy of Agricultural Sciences, China)

Research Note

Schneider C. W.¹ · Lam D. W.² · Verbruggen H.³ : DNA シーケンスおよび解剖学的手法により *Codium simulans* が Bermuda と Florida の植生において一般的に見られる種であることを示す

Craig W. Schneider,¹ Daryl W. Lam² and Heroen Verbruggen³: DNA sequencing and anatomy demonstrate that Pacific *Codium simulans* is a genetically variable species found in the floras of Bermuda and Florida

Codium isthmocladum ssp. *clavatum* として知られている Bermuda の藻体や元々 *C. decorticatum* であると考えられている Florida 産の最近のコレクションからの DNA 塩基配列を分析すると、これらは太平洋メキシコ産の種である *C. simulans* と遺伝的に合致した。*Codium isthmocladum* ssp. *clavatum* として登録されている歴史的なコレクションは、この太平洋系統が1世紀以上にわたって Bermuda (大西洋) に存在することを示している。したがって、太平洋産であるというごく最近の情報は排除されなければならない。我々は、*C. simulans* が太平洋と大西洋の間を貿易していた初期の商船のバラスト石によって移動した可能性を考える。(¹Trinity College, USA, ²University of Alabama, USA, ³University of Melbourne, Australia)



英文誌 68 巻 1 号表紙

珪藻綱ナビキュラ属の新属新種 *Kulikovskyia triundulata* とそのホロタイプ産地 (インド Maharashtra のラテライト岩の台地) の写真、本号の Roy *et al.* を参照されたい。

Phycological Research

英文誌 68 巻 2 号掲載論文和文要旨

Research Articles

川崎信治^{1,2}・吉田梨沙子²・大越紀一²・豊島拓樹²: ***Coelastrella astaxanthina* sp. nov. (Sphaeropleales, Chlorophyceae)**, 日本の真夏のアスファルト表面から単離された新種の微細藻類

Shinji Kawasaki,^{1,2} Risako Yoshida,² Kiichi Ohkoshi,² Hiroki Toyoshima²: ***Coelastrella astaxanthina* sp. nov. (Sphaeropleales, Chlorophyceae)**, a novel microalga isolated from an asphalt surface in midsummer in Japan

我々は2003年に真夏の乾燥したアスファルト表面土壌から単離された微細藻類 (Ki-4) を分類学的に解析した。栄養細胞は単細胞性を示し、細胞壁表面には子午線状のリブで覆われる装飾を持ち、中空球状の葉緑体とピレノイドが観察された。細胞は劣悪な光酸化ストレス環境下で高いストレス耐性を示し、本培養条件下の細胞は新規なタンパク質として同定された水溶性のアスタキサンチン結合タンパク質由来する赤色化を伴って発達した。18S rDNA と ITS2 塩基配列解析では、Ki-4 は *Coelastrella sensu lato* (Scenedesmus 科) のクレード内に位置することが分かったが、分類学的に属内の他の種と異なる特徴を示した。系統学的な分類と、細胞壁の特徴的なリブを含む形態的な特徴を加味し、我々は Ki-4 を *Coelastrella* 属の未記載の微細藻類と同定し、*Coelastrella astaxanthina* sp. nov. と命名した。(^{1,2} 東京農業大学)

Pongparadon S.¹・Noeek S.²・Prathep A.^{1,2}: 光強度に対するサボテングサ *Halimeda opuntia* の表現型の可塑性と形態的適応

Supattra Pongparadon,¹ Sontaya Noeek² and Anchana Prathep^{1,2}: Phenotypic plasticity and morphological adaptation of *Halimeda opuntia* (Bryopsidales, Chlorophyta) to light intensity

可塑性は形態的に適応するための能力や様々な環境に対する生長を植物に与えている。環境要因は、藻類の生長様式において変化を誘導することができる。サボテングサは、フィールドでの強光や日陰の環境の影響や室内での弱光下における反応を決定するためのモデル生物として使用されている。光は形態的な可塑性を引き起こしている主要因であると知られている。本種の形態学的、解剖学的な特徴を調べるために、61 の特徴とタイ産、日本産およびインドネシア産の 54 サンプルを使用した。加えて、室内において異なる光環境下での反応を調べた。分子系統樹は、種判別に使用される *tufA* マーカーを使用して作成した。葉状部形成、分枝パターンおよび葉片の形とサイズが異なる光環境において応答することが明らかとなった。もろい葉状部の形態は弱光の日陰の環境下において認められ、一方、コンパクトな葉状部の形態は、強光下で認められた。サボテングサの葉片の形は、強光下では腎臓形を示したが、下部の葉状部は深い3裂葉や、日陰の環境下では3つに分かれた形態であった。また、葉片のサイズは、日陰の環境下では明るい環境下よりも長くなり、より高い光環境への露出を確保していると考えられる。この形態的な多様性と可塑性は、フィールドで見られるサボテングサの可塑性の範囲に対する理解を深め、本種が世界的に分布し、様々な場所に生育することができる理由を説明することができるだろう。(^{1,2} Prince of Songkla University, Thailand)

羽生田岳昭¹・青木沙耶²・川井浩史¹: **Myelophycus caespitosus** (新称, ニシイワヒゲ; 褐藻カヤモノリ科) の再評価

Takeaki Hanyuda,¹ Saya Aoki² and Hiroshi Kawai¹: Reinstatement of *Myelophycus caespitosus* (Scytosiphonaceae, Phaeophyceae) from Japan

日本各地から採集した褐藻イワヒゲ属 (広義シオミドロ目) の種の標本, イワヒゲ *Myelophycus simplex* の基礎異名である *Chordaria simplex* の正基準標本, 及び *M. caespitosus* の選定基準標本を対象に DNA 塩基配列の比較を行った結果, 西日本で記載されたが長らくイワヒゲ *M. simplex* の異名と考えられていた *M. caespitosus* Kjellman が独立した種であることが明らかになった。ミトコンドリアコードの *cox1*, *cox3* 遺伝子, 葉緑体コードの *atpB*, *psbA*, *rbcL* 遺伝子の塩基配列を用いた解析で, これまで形態学的な特徴からイワヒゲとされてきたものが, 統計学的に良く支持される2つの系統群 (クレード1, 2) に分かれることが示された。クレード1は本州, 四国及び九州 (青森県の太平洋沿岸と紀伊半島から対馬にかけての西日本沿岸) に, クレード2は三陸から紀伊半島にかけての本州中部沿岸に分布していた。このうち, *cox3* 遺伝子の塩基配列と, *M. simplex* のタイプ産地が伊豆半島下田であることから, クレード2が真の *M. simplex* に対応すると結論した。しかしながら, イワヒゲ属の分類に一般に用いられている形態学的特徴, すなわち直立藻体の高さや直径, 藻体の皮層・亜皮層・髓層を構成する細胞数, 複子嚢の厚さ, 単子嚢の長さや直径などでは, 両系統群は区別できなかった。一方, 核コードの *ocm3* 遺伝子の DNA 塩基配列を用いた解析でも, 両系統群が同所的に分布する紀伊半島の集団を含め, 系統群間の遺伝的な交流は認められなかった。また, 五島列島で採集され, ウプサラ大学・進化博物館に保管されていた *M. caespitosus* と命名された標本は, *cox3* 遺伝子配列の解析結果からクレード1に含まれることが示された。これらのことから, ウプサラ大学進化博物館に保管されていた *M. caespitosus* を選定基準標本に指定するとともに, *M. caespitosus* を独立した種として復活させ, 和名を「ニシイワヒゲ」とすることを提案した。なお, 韓国の済州島及び Wando で報告されているイワヒゲ属の種は *rbcL* DNA 塩基配列から判断すると *M. caespitosus* に相当すると思われる。(1² 神戸大学)

Mayakun J.¹・Prathep A.²・Kim J. H.³: 熱帯潮間帯の藻類群落における初期遷移パターン時の攪乱や, トップダウン型, およびボトムアップ型移行のタイミング

Jaruwan Mayakun,¹ Anchana Prathep² and Jeong Ha Kim³: Timing of disturbance, top-down, and bottom-up driving on early algal succession patterns in a tropical intertidal community

藻類群落の動態に影響を与える主な要因は食害と栄養塩である。しかし, 藻類の生物量への影響は季節的な変動も

ある。本研究では, ケージ (ケージで囲わない処理と完全にケージで囲った処理) と2種類の栄養塩レベル (環境濃度と高濃度) を用い, 初期藻類の遷移パターンに対する食害と栄養塩強化の効果を調査した。季節的な影響を判断するため, 乾季と雨季の両方において実験区画内の死サンゴのパッチを除去した。実験区画で用いた藻類17種のうち, 優占種は *Ulva paradoxa* C. Agardh, *Vaughaniella* 属に含まれる *Padina* の種, *Polysiphonia sphaerocarpa* Børgesen の3種である。この研究における遷移過程では, *U. paradoxa* は最も早く入植し, 開始後1ヵ月で区画を占有し, その割合も $83.33 \pm 1.67\%$ から $88.33 \pm 9.28\%$ と最も高かった。その後, 遷移後期藻類である *Vaughaniella* の *Padina* と *P. sphaerocarpa* に取って代わられた。藻類の量に対する食害と栄養塩強化の効果は, 藻類の種間や季節間で変動していた。乾季には食害も栄養塩強化も *Ulva* の被覆率に影響しなかったが, 雨季には *Ulva* の被覆率は栄養塩強化による影響を受けた。しかし, この遷移初期段階における藻類の生物量は食害や栄養塩強化のいずれによる影響も受けていないように見えた。筆者らが得た結果は, 熱帯潮間帯生物群落における攪乱のタイミングは, 藻類の生物量と遷移パターンに強く影響していることを示唆していた。(1²Prince of Songkla University, Thailand, 3Sungkyunkwan University, South Korea)

Bellgrove, A.¹・青木優和²: 潮間帯の同型世代交代の紅藻の1種では生活史段階の違いで基質への付着強度が異なる

Alecia Bellgrove,¹ Masakazu Aoki²: Attachment strength differs amongst life-history stages of an intertidal, isomorphic red alga

海洋生物における単相と複相の組み合わせによる生活環は, 生活史段階ごとの生態の違いによって維持されていると言える。スギノリ科の紅藻においては, 細胞壁の構成の違いとそれに起因する単相体と複相体の生体力学的な強さの違いも, このような違いのひとつだろう。そこで, 同型世代交代の紅藻であるイボツノマタの配偶体と四分胞子体について, 基質への付着強度を調べる野外実験を行なった。また, 藻体における生殖器官の有無, 波当たりの強い3地点における葉の自然損傷の有無による比較も行なった。全ての藻体のうち79%では, 茎と仮根部の接続部で破断した。生活史段階によって, 基質への付着力 (破断荷重と破断応力) には有意差があったが, 形態 (藻体の長さ・分岐数・湿重量・茎と仮根部の接続部における破断面の断面積) には違いがなかった。四分胞子体では配偶体よりも組織強度と付着力が弱く, このため波による脱離が生じやすかった。しかし生殖器官の有無と損傷の有無は, 波の影響を模した引張破断実験での脱離には必ずしも影響しなかった。四分胞子体が配偶体よりも基質から脱離しやすいことについての生態学的・進化的な意味については, さらなる研究が必要である。(1²Deakin University, Australia, 2東北大学)

中村方哉^{1,2}・熊谷直喜²・玉置雅紀²・有田康一³・石井裕一⁴・中嶋信美^{1,2}・矢部徹²: 強光及び高温条件におけるミナミアオサとアナアオサ (アオサ藻綱) の光合成及び成長と我が国におけるグリーンタイドとの関係

Masaya Nakamura,^{1,2} Naoki H. Kumagai,² Masanori Tamaoki,² Koichi Arita³, Yuichi Ishii,⁴ Nobuyoshi Nakajima^{1,2} and Tohru Yabe²: Photosynthesis and growth of *Ulva ohnoi* and *Ulva pertusa* (Ulvophyceae) under high light and high temperature conditions, and implications for green tide in Japan

海藻ミナミアオサ (*Ulva ohnoi*) は日本の沿岸で生じるグリーンタイドの多くで出現するが、本種の生理学的な特性についてはあまり報告されていない。本研究では、グリーンタイドの形成を促進する環境要因を調べるために、ミナミアオサ (*U. ohnoi*) と日本でよく見られるアナアオサ (*Ulva pertusa*) を比較対象として、様々な光強度や水温に対する生理的反応を調べた。これら2種は形態的に類似していたためPCR制限断片長多型法 (RFLP) を用いて種を特定した。その後、実験室条件下で水温 (5 ~ 35°C) と光合成有効放射 (0 ~ 1000 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$) を変化させて、光合成速度及び暗呼吸速度と相対成長速度を計測し、評価を行った。結果として、ミナミアオサの最大光合成速度はアナアオサよりも大きかったこと、暗呼吸速度には種間、温度条件間での有意差がみられなかったことが明らかになった。また、500 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の光条件下では、ミナミアオサの相対成長速度は高温条件下でアナアオサより大きく、20°Cでその差は最大となった。一方、算出されたミナミアオサやアナアオサの光補償点、飽和放射強度は他の潮間帯生緑藻類のそれらよりも低かった。ミナミアオサは水面近くで浮遊している状況、あるいはグリーンタイド内部の暗い水底に堆積している状況、どちらの条件にも適した生理的特徴を備えており潮間帯の水柱の中で広範囲に生存することが可能であり、どちらの状況下でも急速な成長ができることを明らかにした。干潟、河口域、内湾の沿岸域などでミナミアオサが普通種アナアオサと比較して優占できる理由が示唆された。(1 筑波大学, 2 国立環境研究所, 3 東北工業大学, 4 東京都環境科学研究所)

羽生田岳昭¹・山村健将²・Ga Hun Boo^{3,4}・Kathy Ann Miller⁴・Kira Leonidovna Vinogradova⁵・川井浩史¹: 真の *Gloiopeltis furcata* (紅藻スギノリ目) の同定とその生物地理に関する予備的解析

Takeaki Hanyuda,¹ Kensho Yamamura,² Ga Hun Boo,^{3,4} Kathy Ann Miller,⁴ Kira Leonidovna Vinogradova⁵ and Hiroshi Kawai¹: Identification of true *Gloiopeltis furcata* (Gigartinales, Rhodophyta) and preliminary analysis of its biogeography

紅藻フノリ属 (スギノリ目) には現在、*Gloiopeltis complanata*, *G. dura*, *G. frutex*, *G. furcata* および *G. tenax* の5種が報告されているが、遺伝子マーカーを用いた解析で、本属には現在認識されているより顕著に高い種多様性が見ら

れることが示唆された。すなわち、解析に用いたフノリ属の種の標本は、9つの統計的に良く支持されるクレードを形成し、そのうち6つのクレードは形態学的には *G. furcata* と類似していた。そこで、真の *G. furcata* に相当するクレードを明らかにするため、本種の基礎異名である *Dumontia furcata* Postels & Ruprecht の、コマレフ植物研究所標本室に保管されている正基準標本について、その形態学的観察と遺伝子解析を行った。その結果、タイプ標本と北西及び北東太平洋沿岸に分布する標本から構成されるクレードが真の *G. furcata* に相当することが示された。また、各地の標本のハプロタイプの解析結果から、*G. furcata* のタイプ産地はアラスカ州シトカであると結論した。また、本種の分布域のほとんどを網羅した、各地域集団の遺伝的多様性の解析結果から *G. minuta* と *G. dura* が *G. furcata* の異名であることを確認した。(1² 神戸大学, 3 Muséum National d' Histoire Naturelle, France, 4 University of California, USA, 5 V. L. Komarov Botanical Institute, Russia)

Punchai P.¹・石松惇²・Nishihara N. G.²: メソコスム研究: CO₂ 濃度の上昇がウミトラノオ群落の生産と呼吸に及ぼす影響

Peeraporn Punchai,¹ Atsushi Ishimatsu² and Gregory N. Nishihara²: The effect of elevated CO₂ on the production and respiration of a *Sargassum thunbergii* community: a mesocosm study

人為的に放出された二酸化炭素の約3分の1が海洋に吸収され、海洋をより酸性化させる。気候変動に関する政府間パネル (IPCC) は、RCP (代表濃度経路) 6.0 と 8.5 の気候シナリオでは2100年までに海洋表面のpHはさらに0.3と0.4低下することを示唆している。ウミトラノオとそれに付着する表在性生物からなる大型藻類群集は、天然環境下のpH変動と操作したpH (周囲のpHより0.3~0.4低い) に暴露した。また、光学式溶存酸素センサーを用いて記録した溶存酸素の時系列データから、ウミトラノオ群集の生産量と呼吸量を算出した。また、pHと日射量、溶存酸素濃度は日周 (昼夜) パターンに類似して変化していた。光合成有効放射 (PAR) モデルによると、両区画の光合成係数の平均値は同程度であったが、飽和・補償 PAR と平均最大メソコスム総生産量 (GMP)、日中メソコスム呼吸量は、CO₂ 濃度が高い条件の方が自然条件下よりも高いことがわかった。このことから、CO₂ 濃度の上昇はメソコスムにおけるウミトラノオ群集の酸素生産と消費を促進させることが示唆された。さらに、ウミトラノオ群集のGMPの照度に対する感受性は低下し、高PARで最大生産率を達成した。これらのことから、高CO₂ 環境下においてもウミトラノオ群集が繁栄できる可能性が示唆された。(1² 長崎大学)

Research Notes

山田和正¹・佐藤晋也²・山崎誠司³・吉川伸哉²・桑田晃⁴・一宮睦雄¹：***Triparma* 属に属する新規の珪質ボリド藻クレード (Bolidophyceae, Stramenopiles)**

Kazumasa Yamada,¹ Shinya Sato,² Masashi Yamazaki,³ Shinya Yoshikawa,² Akira Kuwata⁴ and Mutsuo Ichinomiya¹:
New clade of silicified bolidophytes that belong to *Triparma* (Bolidophyceae, Stramenopiles)

微小植物プランクトンのボリド藻綱 *Triparma* 属には、形態の異なる2つのグループ、すなわち、ケイ酸質の殻を持つ珪質種と無殻の鞭毛種(旧 *Bolidomonas* 属)が含まれている。近年の研究で、既存の珪質種4株(*Triparma laevis* f. *inornata*, *T. laevis* f. *longispina*, *T. strigata*, *T. aff. verrucosa*)は、未分類の鞭毛種1株と共に単一のクレードを形成する側系統であること、また、鞭毛種 *T. eleuthera* の姉妹群であることが示されている。本研究で我々は、新たに単離した2株の珪質種について形態と系統を解析し、珪質種の系統的な単一性を再検証した。形態観察の結果、新規培養株はどちらも細胞壁に微細な胞紋を有することから、*T. retinervis* と同定された。18S rDNA および *rbcL* 遺伝子を用いた系統解析の結果、*T. retinervis* は新規の珪質種クレードを形成すること、また、鞭毛種 *T. pacifica* の姉妹群であることが示された。これらの結果から、*Triparma* 属には、珪質種と鞭毛種の両方を含むクレードが少なくとも2つ存在することが明らかとなった。(¹ 熊本県立大学、² 福井県立大学、³ 東京大学、⁴ 水産研究・教育機構)

山野旬郎・秋田晋吾・早川雄飛・藤田大介：褐藻オオバモク *Sargassum ringgoldianum* における無数の生殖器床での再生現象の発見

Shunro Yamano, Shingo Akita, Yuhi Hayakawa and Daisuke Fujita. Finding of regeneration in a large number of wounded receptacles in *Sargassum ringgoldianum* (Phaeophyceae,

Fucales)

1990年代頃から、植食性魚類の食害により本邦沿岸の藻場は急激に減少している。オオバモクは、本州太平洋沿岸の浅所に周年優占し、林冠形成種として重要だが、植食性魚類の影響は調べられていない。千葉県館山市沿岸でオオバモク藻場の状態を周年調査していたところで、偶然にも被食したオオバモクの生殖器床が再生していることを発見した。ヒバマタ目において生殖器床の再生は、2~3種でしか確認されていないため、オオバモクでの詳細を調査した。被食した生殖器床のうち、残存部位が3.0~3.9 mmある階級で最も再生の頻度が高かった。また、生殖器床の柄のみや、生殖器床が形成されていたと思われる枝からも再生が認められた。再生した生殖器床では、造精器や造卵器が認められただけでなく、卵の放出もみられた。したがって、再生した生殖器床でも、次世代の生産にも寄与していることが考えられた。なお、51藻体を野外で観察したところ、3藻体でのみ再生が認められなかった。本研究において、我々は、オオバモクの創傷からの治癒能力について示した。オオバモクで普通に認められた再生現象は、群落を維持していく上で重要な能力だろう。(東京海洋大学)

(阿部真比古, 木村 圭, 島袋寛盛)



英文誌 68 巻 2 号表紙

サボテングサの表現型の可塑性と適応. 詳細は本号掲載の Pongparadon *et al.* を参照されたい.