

Research Notes

Nelson, W. A.^{1,2}: *Clymene sutherlandiae* sp. nov.: 南半球で発見されたウシケノリ目(紅藻植物門)の新種

Wendy A. Nelson^{1,2}: *Clymene sutherlandiae* sp. nov.: A new species of Bangiales (Rhodophyta) from the southern hemisphere

南半球で発見された *Clymene* 属の新種, *C. sutherlandiae* について, ニュージーランド南島南東オタゴ沿岸, および西タスマニアの一部から採集されたサンプルをもとに記載する。本種は, 開けた沿岸部における潮間帯中上部の岩礁上に生育している。本種は本属の 2 番目の種である。これまでは, ニュージーランド北島, 南島北部およびチャタム諸島で発見されたタイプ種 *C. coleana* のみが知られていた。(¹National Institute of Water and Atmospheric Research Ltd, New Zealand, ²University of Auckland, New Zealand)

Leblond, J. D.・Sabir, K.・Graeff, J. E.: ペリディニン含有非ハプト藻由来色素体を持つカレニア科の非典型種 *Gertia stigmatica* (渦鞭毛藻綱) のガラクト脂質組成

Jeffrey D. Leblond, Kyra Sabir and Jori E. Graeff: Galactolipid composition of *Gertia stigmatica* (Dinophyceae), an atypical member of the Kareniaceae with a peridinin-containing, non-haptophyte-derived plastid

Gertia stigmatica はカレニア科の非典型種で, カレニア属, カルロディニウム属, タカヤマ属に見られるようなハプト藻由来の三次色素体(プラスチド)ではなく, (アシルオキシ)ペリディニンを含む色素体を有している。*G. stigmatica* の色素体の起源は, 記載当初の記述では不明であり, ハプト藻由来の色素体を獲得する前または後に起源があるとする仮説があるものの, 記載されている本種の微細構造と遺伝的特徴は, 本種がカレニア科に属することを明確に示している。光合成を行う色素体を持つ生物である *G. stigmatica* は, 他の藻類と同様に, 色素体の光合成膜に, 2つのガラクト脂質, モノおよびジガラクトシルジアシルグリセロール(MGDG, DGDG)を有している。MGDGとDGDGは, ペリディニンを含有する渦鞭毛藻において, 広範囲に特性が評価されており, これらの渦鞭毛藻は2つのクラスターに分離されることが明らかにされている。一つはMGDGとDGDGが, 多価不飽和C18/C18脂肪酸(sn-1/sn-2 regiochemistry)のオクタデカペンタエン酸(18:5(n-3))とオクタデカテトラエン酸(18:4(n-3))を有するクラスターであり, もう一つはsn-2位置に多価不飽和C18脂肪酸を保持し, sn-1にエイコサペンタエン酸(20:5(n-3))を保有するクラスターである。一方, *Karenia*

*brevis*と*Karenia mikimotoi*は, ペリディニン含有渦鞭毛藻には珍しく, 18:5(n-3)/14:0 MGDGやDGDGのようなMGDGやDGDG種を多く含むことが観察されている。本研究では, *G. stigmatica*のガラクト脂質の特徴を明らかにし, 残存する14:0脂肪酸含有ガラクト脂質などを, ペリディニン含有渦鞭毛藻や, 他のカレニア科の藻類と比較することで, 色素体の進化を明らかにすることを目的としている。本研究の結果, *G. stigmatica*は, 20:5(n-3)/18:5(n-3)のMGDGとDGDGを主要なガラクト脂質として有しており, *K. brevis*や*K. mikimotoi*で多く含まれるガラクト脂質種は, ほとんど確認できないことが明らかになった。本論文では, この結果に基づいて, *G. stigmatica*色素体の進化について議論する。(Middle Tennessee State University, USA)

Research Articles

岡崎良亮¹・寺本成美¹・Carlson, A. K.¹・中西紀代子¹・工藤 勲^{1,2}: 大型藻類 *Saccharina japonica* var. *religiosa* (褐藻綱) と *Ulva australis* (アオサ藻綱) による栄養塩取り込み速度測定へのケモスタット培養法の適用

Ryosuke Okazaki¹, Narumi Teramoto¹, Andrew K. Carlson¹, Kiyoko Nakanishi¹ and Isao Kudo^{1,2}: Application of chemostat culture to nutrient uptake rate measurements by the macroalgae *Saccharina japonica* var. *religiosa* (Phaeophyceae) and *Ulva australis* (Ulvophyceae)

大型藻類の栄養塩取り込み速度を測定する方法としてケモスタット培養法を初めて適用した。2種類の大型海藻 *Saccharina japonica* var. *religiosa* と *Ulva australis* の栄養塩取り込み速度の測定について, ケモスタット培養法と従来法のバッチ培養法を比較検討した。ケモスタット培養法においてはオートアナライザーを用いて培地内の栄養塩濃度変化をリアルタイムで測定した。その際, 藻類の栄養塩取り込みによる濃度減少分を補うために栄養塩を逐次添加し, 培地中の栄養塩濃度を一定に維持した。ケモスタット培養法で得られた栄養塩取り込み速度は, ミカエリス・メンテン式に良く適合した。バッチ培養法においては大型海藻による急速な取り込みにより栄養塩濃度は, 直線的もしくは指数関数的に減少した。バッチ培養法で得られた取り込み速度と栄養塩濃度との関係は, ばらつきが大きく, ミカエリス・メンテン式への適合度は低かった。この理由として, バッチ培養法においてサンプリング間隔における栄養塩濃度変化が大きいことが挙げられる。しかし, 栄養塩濃度をリアルタイムで測定しないかぎり, 適切な栄養塩濃度変化が得られるようにサンプリング

間隔を適正化することは不可能である。大型藻類の栄養塩取り込み速度測定にケモスタット培養法を適用することにより、栄養塩取り込みに関する動力学的理解が大いに進歩することが期待される。(1,2 北海道大学)

山口晴生¹・在間雅輝²・足立真佐雄¹・外丸裕司³・浅原時泰^{4,5}・西脇永敏^{4,5}：珪藻 *Chaetoceros tenuissimus* によるリン源の選択利用：核磁気共鳴法による解析を通じて

Haruo Yamaguchi¹, Masaki Zaima², Masao Adachi¹, Yuji Tomaru³, Haruyasu Asahara^{4,5} and Nagatoshi Nishiwaki^{4,5}: Selective utilization of phosphorus compounds by *Chaetoceros tenuissimus* (Bacillariophyceae): Approach using ³¹P nuclear magnetic resonance analysis

いくつかの珪藻は、無機形態のリンだけでなく、有機形態のそれをもリン源として直接利用できる。本研究では、核磁気共鳴をベースにした手法により、海産珪藻 *Chaetoceros tenuissimus* のリン利用機作を明らかにしようとした。新たに検討したリン抽出法・標準リン等を核磁気共鳴法と共に用いることで、海水に含まれる様々なリン化合物を網羅的かつ定量的に捉えることが可能となった。続いて、3つの異なる形態（無機の正リン酸態、有機のリン酸モノエステル態およびリン酸ジエステル態）のリン化合物が混在する培地に *C. tenuissimus* NIES-3715 を接種し、培養期間中、先の抽出法・核磁気共鳴法により各種リン化合物の濃度を経時的に調べた。その結果、供試藻は正リン酸塩を優先して利用、それを消費し尽くしたのちにリン酸モノエステル化合物を利用し始めるという利用選択性を示した。一方、リン欠乏状態に陥った同藻の試料に対して、前述した3つのリン化合物が供給された場合は、いずれもが同時に利用された。これらのことから、細胞のリン充足状態ならびに環境水中のリン組成に応じて、珪藻 *C. tenuissimus* は利用するリン源を目まぐるしく変えていると示唆される。(1,2 高知大学, 3 水産研究・教育機構, 4,5 高

知工科大学)

西辻光希¹・西辻淑恵¹・與那城由尚²・佐藤矩行¹：褐藻オキナワモズク盤状体の雌雄判別 DNA マーカーの開発

Koki Nishitsuji¹, Yoshie Nishitsuji¹, Yoshitaka Yonashiro² and Noriyuki Satoh¹: Development of DNA markers that distinguish male and female haploid germlings of the brown alga, *Cladosiphon okamuranus*

オキナワモズク *Cladosiphon okamuranus* は食用褐藻の1つであり、年間22キロトン（約50億円）が収穫されている。オキナワモズクの生活環は複雑であり、単相（N、雄および雌）および複相（2N）において自己増殖することができるが、食用の藻体になるのは複相の「種」（盤状体）だけである。単相と複相の盤状体は形態から区別できないため、モズク養殖時にしばしば誤って使用され、収穫効率が低下することが問題となっている。さらに単相盤状体の雌雄の特定は、交雑育種によるモズク品種の開発に必要な情報でもある。これらを解決するために、オキナワモズク単相盤状体のRNA-seq解析を行った。解読済みのオキナワモズクゲノムとトランスクリプトーム情報を使用して、雄または雌の単相盤状体に特異的に発現する269の遺伝子を同定した。近縁種である褐藻シオミドロ *Ectocarpus siliculosus* の遺伝子モデルとのBLAST解析により、269遺伝子のうち9つがオキナワモズクの性決定関連遺伝子の可能性があることが明らかになった。これら9遺伝子のための特異的プライマーを設計してPCRしたところ、単相の雄と雌および複相の盤状体を区別することができるようになった。このツールにより、モズク養殖者は単相盤状体が含まれない複相盤状体だけを養殖に使用できるようになる。このDNAマーカーを使用することで、沖縄で栽培されるモズクの量が増加することが期待できる。(1 沖縄科学技術大学院大学, 2 沖縄県水産海洋技術センター)



英文誌 70 巻 3 号表紙

紅藻の新種 *Clymene sutherlandiae* のホロタイプ（左）、潮間帯で成長した試料（中）、ニュージーランド・ダニーデンのブライトンビーチのタイドプールで観察された試料。写真提供：J. Sutherland.

Research Articles

**Lee, N.-J.¹ • Kim, T.² • Kim, D.-H.¹ • Ki, J.-S.² • Lee, O.-M.¹ :
Edaphophycus epilithus gen. et sp. nov. (ユレモ目, シア
ノバクテリア) の形態と分子系統の記載**

Nam-Ju Lee¹, Taehee Kim², Do-Hyun Kim¹, Jang-Seu Ki²
and Ok-Min Lee¹: *Edaphophycus epilithus* gen. et sp. nov.
(Oscillatoriales, cyanobacteria) with a description of the
morphology and molecular phylogeny

韓国のソウルと京畿道の2ヶ所から2系統の半気生藍藻類を採取し、形態学および分子生物学的形質を調べた。Coleofasciculaceae科に属する*Edaphophycus*属は、タイプ属である*Coleofasciculus*属や*Kastovskya*属と形態的に非常に類似している。しかしながら、*Coleofasciculus*属と*Roseofilum*属は、チラコイドが放射状に配置するのに対し、Coleofasciculaceaeに属する*Anagnostidinema*属、*Geitlerinema*属、*Kastovskya*属、*Wilmottia*属では、チラコイドが周縁に配置することが報告されており、本研究対象である*Edaphophycus*属もチラコイドが周縁に配置していた。16S rRNAの系統解析の結果、*Edaphophycus epilithus*の2株は同じクレードに属し、*Anagnostidinema*属と姉妹関係を形成することが示された。このことから、本種はColeofasciculaceae科に属することが示唆された。また、*E. epilithus*のITS構造は、*Coleofasciculus*属や*Anagnostidinema*属と比較すると、異なる特徴を示していた。これらの結果から、*E. epilithus* sp. nov.は、形態および分子形質において固有の特徴を有することが示された。したがって、本種はColeofasciculaceae科、*Edaphophycus* gen. nov.に属する、新種であると提案する。¹Kyonggi University, Korea, ²Sangmyung University, Korea)

**笹川絵莉子¹ • Santiañez, W. J. E.² • 小亀一弘³ : フィリピン
産の新種 *Asterocladon ednae* (アステロクラドン目, 褐藻綱)**

Eriko Sasagawa¹, Wilfred John E. Santiañez² and Kazuhiro
Kogame³: *Asterocladon ednae* sp. nov. (Asterocladales, Phaeophyceae)
from the Philippines

褐藻アステロクラドン目の藻類は、星形の葉緑体配列が特徴で、葉緑体は突出したピレノイド複合体を中心として集まっている。この目には、3種からなるアステロクラドン属のみが所属する。他の小形糸状海藻と同様に、アステロクラドン属に関する研究はわずかで、その多様性についての理解は不十分である。このギャップを埋めるため、沖縄県とフィリピン・セブ島で採集した7つの培養株をもとに、分子解析を利用した分類学的研究を行った。その結果、フィリピンから分

離された1株は、形態学的解析と*rbcl*および*psaA*遺伝子を用いた分子解析により、アステロクラドン属の新種であることが明らかとなり、*Asterocladon ednae*として本研究で記載した。その他の培養株は、*A. rhodochortonoides*と同定された。*A. ednae*は、*A. rhodochortonoides*と形態および分子系統学的に最も近縁であったが、長楕円形の複子嚢を持つことにより区別された。本報告は、フィリピンにおけるアステロクラドン属の最初の報告であり、フィリピンにおける海藻の多様性をさらに増すものである。^{1,3}北海道大学, ²University of the Philippines, Philippines)

**Hasan, A. H.¹ • Van der Aa, P.² • Küpper, F. C.^{1,3} • Al-Bader D.⁴ •
Peters, A. F.^{1,5*} : *Kuwaitiella rubra* gen. et sp. nov. (ウシケ
ノリ目, 紅藻植物門), 北西インド洋から発見された糸状新属
と新種**

Amal Hajiya Hasan¹, Pierrot Van der Aa², Frithjof C. Küpper^{1,3},
Dhia Al-Bader⁴ and Akira F. Peters^{1,5*}: *Kuwaitiella rubra* gen. et
sp. nov. (Bangiales, Rhodophyta), a new filamentous genus and
species from the north-western Indian Ocean

新しい糸状海産紅藻 *Kuwaitiella rubra* gen. et sp. nov. (ウシケノリ目, 紅藻植物門) を、北西アラビア湾(または、ペルシャ湾と呼ばれる)のクウェートより記載する。本種は、水没した釣り糸上で発見された。長さ1 cmまでの非常に赤い直立した葉状体は、ひとつの星状色素体を持つ細胞で構成される。葉状体は、最初は単列であるが、球状の生殖細胞、おそらく原胞子に変化すると、その遠位部から2列になる。2列の幅広い部位は、ウシケノリ目の他の糸状藻類とは形態的に異なる点である。培養において、*Kuwaitiella*属胞子の二極非対称性の発芽は、新しい世代の独立した直立葉状体に繋がり、無色の仮根によって基質に固着する。小サブユニット核リボソームDNA(18S)部分配列と葉緑体にコードされたリブローソム-1,5-ビスリン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ大サブユニット(*rbcl*)の分子系統解析によると、この新種はウシケノリ目の新しい系統を形成し、他の分類群とは遺伝的類似度は限られていた(SSUで最大91%, *rbcl*で90%)。ウシケノリ目の他の既知の系統との関係性は明確ではないが、ニュージーランド産糸状種 *Minerva* 属や *Dione* 属とは弱い関連性が認められた。SSUの分子系統解析では、ウシケノリ目において基部系統を形成し、目内全ての他の種の姉妹群として *M. aenigmata* と *D. arcuata* と結びついた。*rbcl*の分子系統解析では、多系統群の一部を構成し、*D. arcuata* と最も近縁であった。今のところ、*Kuwaitiella* 属は糸状のウシケノリ目の8つ目の系統を形成する。^{1,3}University of Aberdeen, UK, ²Ghent

University, Belgium, ⁴Kuwait University, Kuwait, ⁵Bezhin Rosko, France)

原 淑乃¹・大竹佑衣¹・秋田晋吾²・山崎誠和³・高橋文雄⁴・吉川伸哉⁵・鳶田 智¹: 海中林構成種である褐藻アラメの高水温ストレス下での遺伝子発現

Yoshino Hara¹, Yui Otake¹, Shingo Akita², Tomokazu Yamazaki³, Fumio Takahashi⁴, Shinya Yoshikawa⁵ and Satoshi Shimada¹: Gene expression of a canopy-forming kelp, *Eisenia bicyclis* (Laminariales, Phaeophyceae), under high temperature stress

海中林構成種の高水温ストレス順応を理解するため、日本沿岸の海中林の主要構成種である褐藻アラメの培養株を用いてRNA-seq解析をおこなった。本種の分布最北端の個体群から培養株を確立し、幼孢子葉の光化学系II活性を測定した。その結果、光化学系II活性は5–15°Cよりも25°Cの方が低かったため、15°Cと25°Cで培養したアラメ幼孢子葉の間で比較RNA-seq解析をおこなった。発現遺伝子を比較した結果、25°Cで発現上昇した277の遺伝子と発現減少した327の遺伝子が検出された。最も発現量が増加した遺伝子は、脂肪酸分解に関連する3-ケトアシル-CoAチオラーゼであった。この酵素は、シロイヌナズナ(アブラナ科)のアブジン酸(ABA)シグナルを正に制御していることが報告されている。また、熱ショックタンパク質、ATP合成酵素、NADH-dehydrogenase、L-ascorbate peroxidaseが25°Cで発現上昇していた。25°Cで最も発現量が減少した遺伝子は、タウリン異化ジオキシゲナーゼTauD/TfdAであった。そのほかにも脂肪酸代謝、光合成、細胞壁成分の合成に関連する遺伝子の発現量が25°Cで減少していた。これらの結果から、褐藻アラメは、タンパク質の安定化、エネルギー生産、抗酸化プロセスに関わる遺伝子を発現上昇させることで、高温ストレスに対抗していると考えられる。逆に、高温ストレスに耐えられず、光合成やその他の代謝プロセスが損なわれている可能性がある。

(¹お茶の水女子大学, ²北海道大学, ³JAXA, ⁴東邦大学, ⁵福井県立大学)

Niedzwiedz, S.¹・Diehl, N.¹・Fischer, P.²・Bischof, K.¹: カラフトコンブ *Saccharina latissima* (コンブ目, 褐藻綱) の熱波耐性の季節変動および年変動

Sarina Niedzwiedz¹, Nora Diehl¹, Philipp Fischer² and Kai Bischof¹: Seasonal and inter-annual variability in the heatwave tolerance of the kelp *Saccharina latissima* (Laminariales, Phaeophyceae)

カラフトコンブのような基質に生えるケルブの地理的分布は主に気温によって左右される。地球規模での海面温度の上昇と海洋熱波のさらなる激化により、すでに世界中のケルブが局地的に減少している。本研究では、2018年6月、2018年8月、2019年8月にヘルゴランド(ドイツ湾)から採集したカラフトコンブ天然孢子体の熱波によるストレス応答を評価し、光化学系IIの最大量子収率(F_v/F_m)および色素組成、生存率と成長を分析することで、カラフトコンブの熱感受性の時間変化を調査した。生存率は実験温度の上昇とともに減少した。成長は季節により異なり、8月よりも6月の方が高く、 F_v/F_m はサンプリング時間とは無関係に気温の上昇とともに減少した。また集光性色素の濃度が増加し、処理温度が高くなるとキサントフィルサイクルの脱エポキシ化状態が増加することがわかった。この傾向は実験前の環境温度が高いほど顕著に生じた(2018年6月<2019年8月<2018年8月)。これらの結果は、夏の熱波に対するカラフトコンブの熱耐性は、以前に経験した環境履歴によって大きく影響されることを示していた。(¹University of Bremen, Germany, ²Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Germany)

(阿部真比古, 木村 圭, 島袋寛盛)



英文誌 70 巻 4 号表紙

韓国の亜好気性種 *Edaphophycus epilithus* gen. et sp. nov. (Oscillatoriales, Cyanobacteria) の写真。新記載種を含む。天然試料(左)、フィラメント内のトリコームの詳細像(中)、フィラメント同士が絡み合う様子(右)。縮尺は未設定。写真提供: Nam-Ju Lee. 本号の Lee et al. を参照されたい。