

**A01** 熊谷 直喜：夏期の海中林枯死とサンゴ白化の発生機構の比較解析

海藻藻場とサンゴ群集は沿岸生態系の主要な構成要素だが、人為的気候変動によって分布変化などの多大な影響を受けている。近年、夏期に広範囲で生じた暖水塊によって大規模な海中林の枯死やサンゴの白化が生じる例が世界各地から報告されている。国内においては、2013年夏に大規模な海中林枯死とサンゴ白化のいずれもが観察された。これらの大規模で急激な気候変動影響の蓄積が長期的な分布変化に繋がると考えられるため、その発生機構の解明が急務である。そこで本研究では、2013年を中心として夏の国内のサンゴ白化と海中林枯死の事例を収集し、衛星観測による広域の海水温や濁度など環境要因との対応関係、および海中林枯死とサンゴ白化の発生機構の違いを統計モデリングによって解析した。

海中林枯死・白化の生じる環境条件を推定するために使用した水温データはNOAA提供のMulti-scale Ultra-high Resolution (MUR) SST (空間解像度:0.01°(約1 km))である。このデータはMODISなど4観測衛星の観測値の合成であるため信頼性が高い。水温データから計算できる海中林枯死・白化リスクの指標としては、特定的水温を閾値とする判定方法や、過剰水温の積算ストレスを示すDegree Heating Weeks (DHW)などが考案されている。しかし、これらの指標は地理・環境条件によっては海中林枯死・白化リスクを適正に評価できない。このため本研究では、実際の海中林枯死・白化レベルを反映する閾値を統計学的に求め、両者の生じる温度条件など環境要因を比較し報告する。  
(国立環境研究所・気候変動適応センター)

**A03** 松田 悠平<sup>1</sup>・Dominic Belleza<sup>1</sup>・河手 梓<sup>1</sup>・浦江 壮志<sup>1</sup>・谷前 進一郎<sup>2</sup>・當山 健斗<sup>2</sup>・磯田 朱莉<sup>2</sup>・Gregory N. Nishihara<sup>3</sup>：環境要因がノコギリモク (*Sargassum macrocarpum* C.Agardh) の放卵に及ぼす影響

多くのホンダワラ類は同一の個体群では同時に放卵する。この同時放卵について、自然環境下で観測を行った研究では潮汐との関連性が議論されている。しかし、生理学的な観点からすると、潮汐が直接放卵に作用しているのではなく、潮汐に依存する他の環境要因が影響していると考えられる。そこで、本研究は潮汐に依存する水温、光量、水圧に着目し、放卵のタイミングとの関係を検証した。

本研究は長崎県五島列島中通島有川湾に自生するノコギリモクを対象とした。観測期間は、成熟時期である8月から9月初旬とした。放卵の有無を確認するため、2019年では日中に1回、2020年では日出と日没に目視観測を行った。同時期に、ロガーを用いて水温、光量、水圧を観測した。更に2020年では、観測期間中の大潮時に、水圧の変化と放卵の関係を野外実験により調べた。野外実験では、生殖器床を、海面、海面から2 m、海底に設置し、日出と日没に観察した。

この結果、大潮と小潮に放卵が確認され、先行研究における観測結果と一致した。更に水温は放卵に抑制的に働き、光量子量は促進的に働いた。このことは先行研究の培養実験でも示唆されており、自然環境下でも同じ反応を示すことが明らかになった。水圧条件は放卵には影響しなかった。  
(<sup>1</sup>長崎大・院・水環境, <sup>2</sup>長崎大・水産, <sup>3</sup>長崎大・海洋機構)

**A02** 日野出 賢二郎<sup>1</sup>・Gregory N. Nishihara<sup>2</sup>：アマモの葉上附着珪藻と葉上動物の季節動態

海草に附着する珪藻類の生産量は海草の約20～60%であると示されているが、その実態は未解決な部分が多く、葉上附着珪藻類の生態学的な知見が求められている。沿岸域は非常に水環境の変化がダイナミックであるため、葉上附着珪藻類の増殖は浮遊性珪藻類と比較して水温や塩分などの影響を受けにくく、それよりも宿主の特異性や生理状態、葉上動物の捕食圧の影響を受けやすいと考えられている。

そこで、本研究では宿主植物 (*Zostera marina*) の生理状態と葉上動物の個体数密度の変化が葉上附着珪藻の細胞密度に影響を与えると仮説を立てた。この仮説を検証するために、2017年5月から2018年12月に *Z. marina* 葉面積と葉上附着珪藻、葉上動物の季節的な変化を定量化した。 *Z. marina* 葉面積、葉上附着珪藻の細胞密度、葉上動物の個体数密度の時系列データの解析を行った。葉面積は宿主植物の生理状態を表す指標として用いた。

*Z. marina* 葉面積のピークは6月であり、約4ヶ月後が葉上附着珪藻のピーク、さらにその4ヶ月後が葉上動物のピークであった。 *Z. marina* 葉面積の増加期に葉上附着珪藻の細胞密度は低く、葉上動物の個体数密度は高かった。また、 *Z. marina* 葉面積の減少期に葉上附着珪藻の細胞密度が高く、葉上動物の個体数密度は低かった。このことから、葉上附着珪藻の細胞密度は宿主植物の生理状態と葉上動物の個体数密度の両方に影響を受けていることが示唆された。  
(<sup>1</sup>長崎大・院・水環, <sup>2</sup>長崎大・海洋機構)

**A04** 河手 梓<sup>1</sup>・松田 悠平<sup>1</sup>・Dominic Belleza<sup>1</sup>・井上 幸男<sup>4</sup>・日野出 賢二郎<sup>1</sup>・浦江 壮志<sup>1</sup>・谷前 進一郎<sup>2</sup>・寺田 竜太<sup>3</sup>・Gregory N. Nishihara<sup>4</sup>：藻場の砂漠化と生態系総一次生産量の減衰

熱帯雨林に匹敵する一次生産力を持つ藻場は、砂漠化(衰退現象)が確認されており、一次生産力の低下が懸念されている。これまで砂漠化による一次生産量の減少量は、主に室内や短期的な現場実験から推定されてきた。しかし、藻場の一次生産量は季節によって変化する海藻の現存量や環境要因に影響を受ける。そのため、一次生産量への砂漠化の影響は季節によって異なると考えられる。本研究は、長期観測によって藻場の砂漠化による生態系総一次生産量 (GEP) への影響を明らかにすることを目的とした。

調査を五島列島の有川湾のガラモ場で2017年4月から2020年12月まで行った。環境観測用ロガー(溶存酸素濃度、水温、光量子量)を設置し、測定間隔は10分とした。得られたデータから1日当たりのGEPを算出した。2018年からガラモ場の優占種であるノコギリモク *Sargassum macrocarpum* の個体数密度調査を行い、その結果から藻場の砂漠化前後を定義した。GEPが砂漠化前後と環境要因によって受ける影響を解析した。

水温は2月と3月に低く、8月に高くなった。光量子量は5月から8月に高くなった。GEPは砂漠化前よりも砂漠化後で低くなった。砂漠化前後のGEPの違いは、ノコギリモクの繁茂期(3月～6月)に顕著であった。本結果から、砂漠化によりGEPが減少し、その減少量は季節によって異なることが示唆された。  
(<sup>1</sup>長崎大・院・水環境, <sup>2</sup>長崎大・水産, <sup>3</sup>鹿大・院・連農, <sup>4</sup>長崎大・海洋機構)

**A05** ○松井 悠一郎<sup>1</sup>・貴家 永人<sup>2</sup>・池田 大誠<sup>2</sup>・原野 晃一<sup>1</sup>・芹澤 (松山) 和世<sup>2</sup>・芹澤 如比古<sup>2</sup>: 甲府盆地におけるオオイシソウ自生地 2ヶ所の環境と水生植物相

演者らによりこれまでに山梨県内では甲府盆地の6ヶ所で絶滅危惧紅藻のオオイシソウが確認されている。本種が繁茂する2ヶ所の生育環境と水生植物相を明らかにすることを目的に、中央市の小水路では2019年4月～2020年12月、今川では2019年11月～2020年12月に毎月調査を行った。また、今川では2020年2月と8月に1時間毎に24時間連続の環境測定を行った。

その結果、大型藻と水草(沈水・浮遊・抽水植物)は小水路で13種と14(6・2・6)種、今川で8種と11(6・3・2)種が確認され、県内の他の河川より水生植物の種数が多かった。小水路と今川の水温は13.8～21.6℃と12.6～19.8℃、電気伝導率(EC)は184～212 μS cm<sup>-1</sup>と177～215 μS cm<sup>-1</sup>、塩分は0.09～0.10 PSUと0.08～0.10 PSU、pHは6.8～7.6と6.8～7.8、流速は0.14～0.63 m s<sup>-1</sup>と0.40～0.69 m s<sup>-1</sup>で月による大きな変化は認められなかったが、濁度は0.04～37.5 FNUと0.05～13.6 FNUで1月に小水路、6・7月に今川で顕著に高かった。周年調査を行った甲府市相川と水温、EC、塩分を比較すると、変動幅は両地点で小さく、特に水温差は相川の17.2℃に対し、小水路で7.8℃、今川で7.2℃と顕著であった。今川の24時間調査では2・8月の気温は0～16.3・24.3～32.6℃、水温は13.5～15.0・19.3～22.1℃、ECは201～203・194～198 μS cm<sup>-1</sup>、塩分は0.10・0.09 PSU、濁度は0.48～1.34・1.90～3.68 FNU、pHは6.6～7.5・6.8～7.2といずれも変化が小さかった。中央市小水路と今川の2ヶ所には多量の湧水が噴出あるいは流入していると考えられ、それが多様な水生植物の生育を可能にしていると推察された。

(<sup>1</sup>山梨大・院・生命環境, <sup>2</sup>山梨大・教育)

**A07** ○中西 紀代子<sup>1</sup>・工藤 勲<sup>2</sup>: 北海道忍路湾における小型・大型海藻の生物量と栄養塩利用動態の季節変化

近年、水温変動により藻場は衰退、種構成の変化などの影響を受けている。IPCCによると今後も水温上昇の傾向は続いていくことが予測され、今後の藻場への影響を予測していくことは、重要であると考えられる。本研究では海藻の生長には欠かせない栄養塩と海藻の関係に着目し、水温上昇による今後の海藻群落構造変化の予測を行う上で必要である海藻の栄養塩取り込み特性と生物量の季節変化の現状を報告する。

2か月に1度の頻度で北海道小樽市忍路湾より海藻を採取し実験を行った。大型海藻としてホソメコンブ(*Saccharina japonica* var. *religiosa*)、小型海藻として主にアカバギンナンソウ(*Mazzaella japonica*)を実験に供した。ケモスタット培養を用いてNO<sub>3</sub>とNH<sub>4</sub>濃度を変化させた際の栄養塩取り込み速度を求めた。

小型・大型海藻の藻体乾重量あたりの現場取り込み速度(V)は、幼芽である1月で高い値を示した。小型海藻のV[NO<sub>3</sub>], V[NH<sub>4</sub>]はそれぞれ23, 1.2 μmol g<sup>-1</sup> dw h<sup>-1</sup>であり、大型海藻のV[NO<sub>3</sub>], V[NH<sub>4</sub>]はそれぞれ24, 4.6 μmol g<sup>-1</sup> dw h<sup>-1</sup>であった。また各藻類の藻場全体における被覆面積を考慮した調査地点全体での取り込み速度は多くの月で小型海藻が大型海藻より高かった(例: 20年1月のNO<sub>3</sub>で小型は6.43 mmol h<sup>-1</sup>, 大型は0.47 mmol h<sup>-1</sup>)。本研究では小型・大型海藻ともに幼芽の時期には高い藻体乾重量あたりの取り込み速度を持っているが、被覆面積を考慮した場合、小型海藻がより高い現場取り込み速度を持っていることが明らかとなった。従って小忍路湾全体では小型海藻の方が多くの栄養塩を利用していることが明らかになった。

(<sup>1</sup>北大・院・環境, <sup>2</sup>北大・院・環境/水産)

**A06** ○森下 祐太郎<sup>1</sup>・中村 誠司<sup>2</sup>・松井 悠一郎<sup>1</sup>・芹澤 (松山) 和世<sup>3</sup>・芹澤 如比古<sup>3</sup>: 本栖湖と西湖における車軸藻類の垂直分布と湖水環境

富士北麓に位置する本栖湖と西湖は最大水深が121.6 mと73.2 mの貧栄養湖であり、これまでに西湖では4種、本栖湖では3種の車軸藻類が確認されている。本研究では車軸藻類の垂直分布と生育環境の調査を行った。9～10月に西湖(2017年)では分布下限水深、本栖湖(2020年)では水深19 mまで、4定線でスキューバ潜水による目視により水深1 m毎に各種の繁茂状況をCR法により4段階(概略的な確認頻度; CC > 60, 60 ≥ C > 20, 20 ≥ R > 5, 5 ≥ RR > 0%)で評価した(本栖湖の19 m以深では生育の有無のみ確認)。また、2020年1～12月に両湖で環境調査を実施した。

その結果、共通して出現した種の分布水深・繁茂水深(CCが1定線またはCが2定線以上)は本栖湖と西湖でヒメフラスコモが水深9～27 m・9～19 m(11～13 mを除く)と7～15 m・8～12 m、カタシャジクモが3～17 m・4～9 mと2～9 m・7 m、シャジクモが3～16 m(14～15 mは出現なし)・13 mと1～9 m・3～8 mであり、西湖でのみ出現したオトメフラスコモが0～3 m・2 mであった。本栖湖と西湖の透明度、消散係数、および相対光量の年平均値はそれぞれ11.7 mと5.6 m, 0.164と0.325, および水深10 mで15.8%と3.1%, 20 mで4.3%と0.2%であった。西湖より光環境が良好であった本栖湖では、共通して出現した3種の分布下限水深および繁茂水深が西湖より深く、水中光量の影響が示唆された。また、国内における車軸藻類の確認深度は十和田湖で最大の29 m(ヒメフラスコモ)と報告されており、本栖湖のヒメフラスコモの確認深度はこれに次ぐ値であった。

(<sup>1</sup>山梨大・院・生命環境, <sup>2</sup>山梨大・院・工, <sup>3</sup>山梨大・教育)

**A08** ○米盛 裕希子<sup>1</sup>・遠藤 光<sup>2</sup>・Gregory N. Nishihara<sup>3</sup>・寺田 竜太<sup>4</sup>: 鹿兒島産ヒジキの光合成に対する環境ストレスの影響

ヒジキの光合成については光や温度の応答が報告されているが、これらの複合ストレスや乾燥、塩分の影響については十分に把握されていない。本研究では光や温度、乾燥、塩分が本種の光合成に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。材料は鹿兒島市で採取し、DOセンサーとImaging-PAMを用いて測定した。光合成・光曲線は、白色光下の水温4, 20, 28℃で作成すると共に、青, 赤, 緑色光下の20℃でも作成した。温度に対する実効量子収率 $\Phi_{PSII}$ の応答は4～40℃で72時間培養して測定すると共に、光量1000 μmol photons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>、水温4, 20, 28℃での光と温度の複合ストレス下でも量子収率を測定した。塩分の応答では、0～60 psuで6日間培養して $\Phi_{PSII}$ を測定した。また藻体を乾燥状態におき、経過時間ごとの $\Phi_{PSII}$ を測定する供に、生育地で干出前後の藻体もDiving-PAMで $\Phi_{PSII}$ を測定した。光合成・光曲線の結果は、水温4, 20, 28℃では最大光合成速度 $P_{max}$ が高温ほど高い値を示したが、顕著な光阻害は見られず、赤, 緑, 青, 白色光下では全光源と同程度の $P_{max}$ を示した。藻体を4～40℃で72時間培養した結果 $\Phi_{PSII}$ が4℃で低下し、36℃以上は0となった。複合ストレスの実験では $\Phi_{PSII}$ が4℃で著しく低下した。塩分の実験では、 $\Phi_{PSII}$ が20～50 psuで高く維持されたが、15 psu以下と60 psuでは低下した。乾燥中の藻体は含水率AWCの低下と共に $\Phi_{PSII}$ が低下したが、AWCが20%以上では海水に浸すと回復した。また、生育地の群落は藻体が重なり合って干出することから、干出中も外気に露出しない部分は水分が失われず $\Phi_{PSII}$ は高い値で維持された。

(<sup>1</sup>鹿大・院・農水, <sup>2</sup>鹿大・水, <sup>3</sup>長崎大・環シナ海七, <sup>4</sup>鹿大・院・連農)

**A09** ○中村 誠司<sup>1</sup>・池田 大誠<sup>2</sup>・貴家 永人<sup>2</sup>・原野 晃一<sup>3</sup>・芹澤(松山) 和世<sup>2</sup>・芹澤 如比古<sup>2</sup>：甲府盆地に生育するオオイシソウの藻体と単胞子の季節変化

熱帯から温帯に分布する淡水紅藻のオオイシソウは最大1 mに達し、日本では夏季または冬季に消失または減少することが知られている。山梨県では2018年に本種が発見され、季節変化に関する調査を中央市の小水路で開始したが、護岸工事のため継続が不可能となった。しかし、新たに昭和町今川で本種の繁茂が確認され、周年調査を行ったので併せて報告する。

山梨県中央市の小水路では2019年6～12月、昭和町今川では2019年11月～2020年12月に大きめの藻体の採集を行い、藻長(主軸長)、軸径(主軸の最大径)、個体乾重を測定するとともに、単胞子を放出させて直径を測定した(今川産では母藻の藻長、軸径、個体湿重も測定)。

藻体は両地点とも調査期間を通して確認され、藻長の月平均値は今川産が20.2(3月)～100.5(1月)cm、中央市小水路産が11.3(8月)～34.8(12月)cmであった。今川では秋季から冬季にかけて藻長、個体重、軸径が増加し、3月および8月に急減したことから、晩冬と晩夏に大きい個体が消失すると考えられた。なお、今川産の最大藻長は175.9 cmであり、世界最大級の大型の個体であった。また、単胞子の放出は今川の6月を除き毎月認められ、単胞子の直径は時期的な差異が小さく、調査期間平均は今川産が19.0 μm、中央市小水路産が20.5 μmであった。今川産の単胞子の直径と母藻の藻長、軸径、個体重との間には相関は認められず( $R^2 \leq 0.006$ )、母藻の大きさに関係なく単胞子の直径はほぼ一定であることが判明した。

(<sup>1</sup>山梨大・院・工, <sup>2</sup>山梨大・教育, <sup>3</sup>山梨大・院・生命環境)

**A11** ○原田 実<sup>1</sup>・本村 泰三<sup>2</sup>・Yacine Badis<sup>3</sup>・J. Mark Cook<sup>3</sup>・Susana M. Coelho<sup>4</sup>・長里 千香子<sup>2</sup>：マイクロインジェクションを用いたCRISPR-Cas9による褐藻のゲノム編集

2010年に褐藻モデル生物シオミドロの全ゲノムが解読されたが、遺伝子導入を含めて個々の遺伝子の機能を解析するための手法は限定されてきた。近年、CRISPR-Cas9を用いた遺伝子編集技術が様々な生物群で報告されている。我々は、シオミドロ32 m胞子体の単子嚢に対して、マイクロインジェクションを用いた遺伝子ノックアウトの手法を確立したので報告する。最初に、APT(adenine phosphoribosyltransferase)遺伝子を破壊することで2-fluoroadenine耐性を示す個体をスクリーニングする手法を確立した。次に、APT遺伝子に加えて別の遺伝子をターゲットにするダブルノックアウトを試みた。褐藻は、ストラメノパイル系統群に属し、遊泳細胞の長い前鞭毛にマシゴネマと呼ばれる小毛が付着することを大きな特徴としている。マシゴネマが付着することで、オピストコンタと異なり、遊泳方向が逆転すると考えられている。そこで、褐藻マシゴネマのシャフト部分のタンパク質をコードしている遺伝子(Mas1; Ec-04\_001260.1)を破壊することを試みた。マシゴネマを有さない褐藻配偶子の遊泳様式についても報告する。

(<sup>1</sup>北大・院・環境科学, <sup>2</sup>北大・北方セ, <sup>3</sup>フランス・ロスコフ臨海実験所, <sup>4</sup>ドイツ・マックス・プランク発生生物学研究所)

**A10** ○申元<sup>1</sup>・本村 泰三<sup>2</sup>・長里 千香子<sup>2</sup>：褐藻ムチモ(異形世代交代)の生活環を通じたミトコンドリアの形態と挙動

ミトコンドリアは細胞活動に必須のアデノシン三リン酸(ATP)を生産する細胞小器官である。ミトコンドリアの形態は生物種や発生、分化、生理条件によって異なることが報告されており、そのダイナミクスは融合や分裂の繰り返しによって生じていると考えられる。多細胞藻類におけるミトコンドリアの形態ダイナミクスに関する研究は少なく、生活環を通じた比較も行われていない。本研究では、異形世代交代を示し異形配偶子接合を行う褐藻ムチモを用いて、その形態について微細構造を観察し、生活環の各ステージ(配偶体、配偶子形成、配偶子、接合子発生、胞子体)で比較を行った。

本研究では、ムチモの生活環の各ステージに対してTEM連続画像を撮影し3D像を作成した。それにより、ミトコンドリアの数、表面積、体積を求め、形態比較を行った。その結果、ミトコンドリア1個当たりの体積は、生活環を通して大きく変化していないことが明らかになった。しかしながら、受精後、最初の細胞分裂前後では、ミトコンドリアの数に変化はないが、体積が約2倍増加していることが示された。配偶体と胞子体の体細胞では、ミトコンドリアの形態に顕著な差はなく、基本的に棒状、盤状を呈するミトコンドリアが多く観察された。一方、雌雄配偶子や受精直後ではミトコンドリアは球形を示していることが分かった。このことから、細胞内に占める液胞の割合が高くなると棒状や盤状のミトコンドリアが増加することが示唆された。

(<sup>1</sup>北大・院・環境科学, <sup>2</sup>北大・北方セ)

**A12** ○武内 友映<sup>1</sup>・山口 智大<sup>1</sup>・佐藤 晋也<sup>1</sup>・本村 泰三<sup>2</sup>・長里 千香子<sup>2</sup>・吉川 伸哉<sup>1</sup>：褐藻アカモクの精子核に含まれるヒストンH1の生理・系統学的解析

褐藻ホンダワラ科の藻類は、顕著な精子核の凝縮が観察される。精子核のタンパク質の生化学的解析から、精子核の凝縮にヒストンH1の関与が示唆されているが、精子特異的なヒストンH1遺伝子は同定はなされていない。アカモク(*Sargassum horneri*)を用いて、ヒストンH1遺伝子の同定と精子特異的なヒストンH1遺伝子の発現解析を行った。RNA-seq解析から、アカモクのゲノムは少なくとも6種類のヒストンH1(a-f)を含むことが示された。SDS-PAGEとLC-MS/MSによる精子核のヒストンH1の解析によりヒストンH1b, c, dが精子核に含まれることが示された。RT-PCR・リアルタイムPCR法を用いて、栄養組織、雌と雄の生殖器床におけるH1b, H1c, H1dと、コアヒストンの一つであるヒストンH4の発現量を解析した。その結果、ヒストンH1dは栄養組織や雌の生殖器床ではほとんど発現せず、雄の生殖器床にのみ発現していた。加えて、ヒストンH1dの発現は精子のマシゴネマを構成するタンパク質をコードする遺伝子と同様のパターンを示し、精子形成前の生殖器床に比べ精子形成完了後の生殖器床では、発現量が約25000倍に増加した。以上の結果は、ヒストンH1dが精子特異的に発現していることを示唆している。さらに発表では、褐藻類全体のヒストンH1配列を用いた系統解析を通じて、アカモクの精子核形成様式の進化について考察する。

(<sup>1</sup>福井県大・海洋, <sup>2</sup>北大・北方セ)

**A13** ○Myat Htoo San<sup>1</sup>・Yoshio Kawamura<sup>1</sup>・Yukio Nagano<sup>1</sup>・Kei Kimura<sup>1</sup>・Genta Kobayashi<sup>1</sup>・San San Aye<sup>2</sup>・Khin Thu Thu Min<sup>3</sup>・Cherry Aung<sup>3</sup>・Moe Moe Khaing<sup>4</sup> : **Physiological and molecular characterization of heat-tolerant *Pyropia* species from Myanmar**

*Pyropia* species known as nori are red algae belonging to the family Bangiaceae and are common in shallow-water habitats. In August 2019, during the rainy season, we collected nori from Maw Tin, on the southwest coast of Myanmar. The water temperature was around 30°C and Myanmar nori were in the form of leaf blades while Japanese nori can show those characteristics only in winter. We compared growth between Myanmar and Japanese conchocelis of nori, incubated at different temperatures: 20°C, 25°C, and 30°C. We observed that Myanmar nori grew at 30°C while Japanese ones didn't. In addition, for Myanmar nori, conchosporangia were found among conchosporangial branches at the temperature of 30°C but not at 20°C and vice versa for Japanese nori. As a consequence, in Myanmar nori, the release of conchospores followed by leaf blade formation occurred only at higher temperatures while Japanese nori required low temperatures for leaf formation. Moreover, phylogenetic analysis using *rbcl* sequences revealed that our collected specimens exist in a sister clade to *Pyropia vietnamensis* from India.

(<sup>1</sup>Saga Univ., <sup>2</sup>Mawlamyine Univ., <sup>3</sup>Patheingyi Univ., <sup>4</sup>Univ. Myeik)

**A15** ○水谷 雪乃<sup>1</sup>・永野 幸生<sup>2</sup>・川村 嘉広<sup>1</sup>・木村 圭<sup>1</sup> : **メタゲノム解析によるスサビノリ定着細菌の網羅的な検出および代謝系の解明**

藻類は食糧や機能性物質の原料など、幅広い利用価値をもつ海洋資源である。藻類とそこに定着している細菌の間には、ビタミンやアンモニウム塩などの栄養源の交換や、植物ホルモンなどのシグナル伝達物質のやりとりなど、幅広い代謝機能にわたり作用し合っているため、このような定着細菌の機能を解明することは、有用な藻類を養殖するうえで非常に重要である。しかし、紅藻のスサビノリは商業的な利用価値が高いにもかかわらず、本分野の研究は遅れている。そこで、研究室で長年培養されてきたスサビノリ 34 株の糸状体のメタゲノム解析を行うことによって、本生物の定着細菌種と代謝機能との関係性を推定した。

34株のスサビノリ糸状体から得られた配列情報を SqueezeMeta (Tamames & Puente-Sánchez 2018) を用いて解析した結果、全てのサンプルから Flavobacteriia, Alphaproteobacteria および Gammaproteobacteria が検出されたが、その優占度はサンプルによって大きく変化した。また、多くの紅藻類が外部からの供給に依存しているビタミン B12 や、藻体の生長を促す植物ホルモンの一種であるインドール酢酸の合成細菌が、全てのサンプルから検出された。しかし、これらの合成遺伝子をもつ細菌種はサンプルごとに異なっていた。このように、ノリの定着細菌はさまざまな代謝機能を介して宿主に有用な作用をもつことが示唆されたが、それらの働きは常に同じ細菌種が担っているわけではなく、柔軟に変化していることが考えられた。

(<sup>1</sup>佐賀大・農, <sup>2</sup>佐賀大・分析セ)

**A14** ○永野 幸生・木村 圭・小林 元太・川村 嘉広 : ***Pyropia* 属 39 個体の全ゲノムレベルの多様性**

佐賀大学の研究グループは、*Pyropia* 属の数 100 個体の全ゲノム解析を行い、日本のノリの全容解明を目指している。そのパイロット研究として、39 個体の全ゲノム解析を行ったので報告する。本研究では、特にスサビノリを調べることとし、有明海等で養殖されている株、および、養殖場周辺から採取した野性株を中心に供試した。また、葉緑体とミトコンドリアのゲノムについては、比較対象として、中国・山東省のスサビノリ野性株のデータも用いた。葉緑体とミトコンドリアのゲノムの解析では、少なくとも供試したスサビノリについては、日本のものの方が、中国・山東省のものに比べて、遺伝的多様性が極めて低いことがわかった。核ゲノムの解析を行ったところ、スサビノリとアサクサノリの交雑種では、約 90% の領域が異質二倍体化していることがわかった。また、核ゲノムの解析でも、供試した日本のスサビノリの遺伝的多様性は低かった。調べた野性株は、いずれも養殖株と遺伝的に近縁であった。一方、核ゲノム解析の分解能は抜群であり、株内の遺伝的变化さえも識別ことができた。(佐賀大学)

**A16** ○川井 浩史<sup>1</sup>・羽生田 岳昭<sup>1</sup>・成 倩<sup>2</sup>・Kathy A. Miller<sup>3</sup>・Akira F. Peters<sup>4</sup> : **褐藻ウイキョウモ属 (広義シオミドロ目) の分子系統解析と分類の再検討**

褐藻ウイキョウモ属 *Dictyosiphon* には、現在 8 種が認められており、日本にはそのうち 3 種、タイプ種であるウイキョウモ *D. foeniculaceus*、フトバウキョウモ *D. chordaria* 及び *D. corymbosus* が報告されている。今回、世界各地から採集した本属の標本について、ミトコンドリア *cox1*, *cox3*、葉緑体 *atpB*, *psaA*, *psbA*, *rbcl* 遺伝子の DNA 塩基配列を用いた分子系統学的解析と形態学的観察による分類の再検討を行った。その結果、北太平洋沿岸には 3 つの、それぞれ種に相当すると考えられる系統群が分布し、日本にはそのうち 2 つが分布することが示された。しかし、真の *D. foeniculaceus*, *D. chordaria* のいずれも太平洋沿岸には分布せず、日本でこれらの種に同定されていた系統群は未記載の新種であることが明らかになった。なお、サロマ湖から報告された *D. corymbosus* については、現在は *D. foeniculaceus* のシノニムとされているほか、Iwamoto (1960) が本種と同定した標本は直立藻体の先端に褐藻毛を有することからウイキョウモ属の種ではないと考える。一方、北太平洋の冷水域に分布するもう一つの系統群もこれまで *D. foeniculaceus* と同定されてきたが、別種であることが示された。北米太平洋沿岸では *D. sinicola*, *D. tenuis* の 2 種が記載されており、両種のタイプ標本を調査した結果、遺伝子解析は行えなかったが、形態学的観察により *D. tenuis* はウイキョウモ属とは別属の種であることが示された。一方、*D. sinicola* はウイキョウモ属の種であることが確認され、その藻体のサイズは異なるが、解剖学的な特徴は北米太平洋沿岸で *D. foeniculaceus* と同定されてきた系統群と一致することが示され、この系統群は *D. sinicola* と同定することが妥当であると結論した。

(<sup>1</sup>神戸大・内海域, <sup>2</sup>神戸大・理, <sup>3</sup>Univ. California, Berkeley, USA, <sup>4</sup>Bezhin Rosco, France)

**A17** ○西辻 光希<sup>1</sup>・有本 飛鳥<sup>1</sup>・與那城 由尚<sup>2</sup>・近藤 忍<sup>2</sup>・久田 香奈子<sup>1</sup>・藤江 学<sup>3</sup>・川満 真由美<sup>3</sup>・將口 栄一<sup>1</sup>・佐藤 矩行<sup>1</sup>: 形態的に異なるオキナワモズク *Cladosiphon okamuranus* 4 株の比較ゲノム解析

海藻類のゲノム情報は、その重要性にもかかわらず、いまだわずかな種でしか報告されていない。褐藻ナガマツモ目ナガマツモ科のオキナワモズク *Cladosiphon okamuranus* は、重要な食用海藻の1つであり、そのほとんどを養殖している沖縄では特徴的な複数のオキナワモズクが株化されている。培養条件によらずこれらの株の特徴は保持されるため、その情報はゲノム、遺伝子レベルで決定付けられていることを示唆している。そこで本研究では2016年に我々がゲノム解読したオキナワモズク S 株の遺伝子モデルの改良に加え、他の K, O, C 株についてのゲノムを解読し、4 株の比較ゲノム解析を行った。

解析の結果、各株とも約 13,000 遺伝子を含む 135 Mb 程度のゲノム情報の取得に成功し、ナガマツモ目モズク科モズク *Nemacystus decipiens* やシオミドロ目シオミドロ科シオミドロ *Ectocarpus siliculosus* と比較してオキナワモズク 4 株のゲノム配列の保存度は高いことが明らかになった。一方オキナワモズク 4 株間においては、各株固有の遺伝子群が多数見つかった。これらの結果から、解析したオキナワモズク 4 株は亜種であることが示唆された。得られたゲノム情報は、新規株の単離など今後のモズク類養殖に有用なツールとなり得るものである。

(<sup>1</sup>OIST・MGU, <sup>2</sup>沖縄県・水技セ, <sup>3</sup>OIST・SQC)

**A19** ○市原 健介<sup>1</sup>・山崎 誠和<sup>2</sup>・河野 重行<sup>3</sup>: 緑藻スジアオノリにおけるゲノム編集技術の確立と応用

アオサ属藻類は世界中の沿岸域に広く分布する海藻類である。アオサ属の仲間は沿岸域で、しばしば大量発生し、グリーンタイドを引き起こす原因種としても知られてるが、同時にその生長率の高さから、バイオ燃料等の材料としても着目されている。近年アオサ属でも、ゲノム情報が公開されたが、形質転換法などについては十分な検討がなされておらず、逆遺伝学的な手法の研究が遅れているのが現状であった。

本発表では、近年様々な生物種で用いられるゲノム編集技術 CRISPR-Cas9 システムを緑藻スジアオノリに適用し、効率的なゲノム編集技術を確立することに成功したので報告する。最初に、効率的なゲノム編集株のスクリーニング系を作出するため、プリンサルベージ経路に関与する adenine phosphoribosyltransferase (APT) を標的とした実験を行った。APT は選択マーカー遺伝子として知られており、野生株はアデニンアナログである 2-Fluoroadenine (2-FA) 存在下では生育できないが、ゲノム編集によって APT の機能が欠損した株は 2-FA を含む培地で生育できる。ポリエチレングリコール法により、Cas9 タンパク質と gRNA からなる RNP 複合体をスジアオノリ配偶子へ導入を試みたところ、2-FA を含む培地で多数の葉状体の発生が観察され、これらの個体では APT 遺伝子に様々な変異が導入されていることが確認された。さらに、この実験系を応用し、複数遺伝子への変異導入や、標的遺伝子への蛍光タンパク質 GFP の連結にも成功したので、合わせて報告する。

(<sup>1</sup>北大・北方セ, <sup>2</sup>東京大・院・新領域・先端生命, <sup>3</sup>東京大・FC 推進機構)

**A18** ○Christophe Vieira<sup>1</sup>・Gary Saunders<sup>2</sup>・Shingo Akita<sup>3</sup>・Hiroshi Kawai<sup>1</sup>: Diversity, biogeography and evolution of Hildenbrandiales (Florideophyceae, Rhodophyta)

Members of the most basal Florideophycean order, Hildenbrandiales (Florideophyceae, Rhodophyta), represent notable component of the vegetation in both marine and freshwater habitat globally in warm and temperate waters as saxicolous algae. We re-examined the diversity, phylogeny, biogeography and evolution of this group using molecular and fossil data. We applied species delimitation methods to define evolutionary lineages, from which we reassessed the species diversity and reconstructed the first time-calibrated tree. Molecular species delimitations we inferred from phylogenetic trees based on *rbcL* and 18S rDNA sequences. Species boundaries inferred from the molecular phylogenetic reconstructions were then used to time-calibrate Hildenbrandiales phylogenetic tree using a fossil record of freshwater *Hildenbrandia* from the Triassic and secondary time points. Species delimitation analyses resulted in the identification of 39 lineages. The time tree suggested an origin of the order within the Devonian, and the origin of the freshwater clade during the late Permian. The low diversity identified within this old order is possibly associated to the asexual evolution marking this group, which lacks sexual reproductive structures and reproduces clonally. Two major evolutionary events marked this order, i.e., invasion of freshwater habitat and symbiosis with a systematic fungus. Phylogenetic and morphological evidences clearly indicate that *Apophlaea* should be transferred to *Hildenbrandia*.

(<sup>1</sup>Kobe University Research Center for Inland Seas, <sup>2</sup>Centre for Environmental and Molecular Algal Research, Biology Department, University of New Brunswick, <sup>3</sup>Ochanomizu University)

**A20** Jayvee A. Saco・関田 諭子・○峯 一朗: 葉状緑藻ボタンアオサにおける葉緑体の細胞内位置と光合成活性の明暗周期による変動

葉状緑藻アオサ属藻類の藻体は二層の細胞層からできており、各細胞が有する単一の側壁性の葉緑体は、明期に藻体の表面側に、暗期には側壁に定位するという日周運動を行うことが知られている。また過去の研究により、葉緑体が明期に藻体表面側に位置するときには藻体の光合成活性が高く、暗期に側壁に沿って位置するときには低くなることが知られている。本研究では、このような葉緑体の日周運動に伴う光合成活性の変化をより詳しく明らかにするために、ボタンアオサ単藻培養株における藻体吸光度、酸素発生、パルス振幅変調クロロフィル蛍光を測定した。藻体吸光度は葉緑体が藻体表面側に位置するとき、側壁に沿って位置するときよりも大きくなったため、藻体吸光度を葉緑体位置の定量的な指標として用いた。光合成速度と藻体吸光度は明期の開始後 3 ~ 9 時間で最大に達し、その後徐々に低下、暗期開始後に最も低くなった。また、最大光合成速度や光化学系 II の量子効率などの光合成活性の指標において藻体吸光度との相関が認められた。さらに、コルヒチン処理により葉緑体運動を停止させた場合でも、葉緑体位置に光合成の各指標が依存することが明らかになった。

(高知大・院・黒潮圏)

### A21 ○石川 達也<sup>1</sup>・竹内 大介<sup>1</sup>・玉山 (加藤) 葉<sup>2</sup>・倉島 彰<sup>2</sup>：三重県早田浦のガンガゼ類除去区における海藻被度、ウニ類相および有用貝類個体密度の変化

三重県南部ではガンガゼが優占する磯焼け海域が多く認められている。県南部に位置する尾鷲市早田浦では2010年2月から継続的なガンガゼ除去による藻場再生活動が行われている。本研究では早田浦のガンガゼ除去区における海藻被度、ウニ類相およびサザエやアワビ類の個体密度の変化を調査した。

早田浦の磯焼け海域にガンガゼ除去区を3区設け、2010年2月から2019年2月の期間にダイバーは金属製の棒、船舶からはタモとヤスを用いてガンガゼ類の除去を計24回行った。加えて、2019年9月にナガウニ類の除去を実施した。各区に40-45mの調査ライン1本を設定し、2009年12月から2019年12月の期間に計29回、調査ライン上の海藻被度とウニ類、サザエ、アワビ類の密度をSCUBA潜水で調査した。

継続的な除去によってガンガゼ類密度が低く保たれた結果、除去区の実効量収率も測定した。DFの測定に際しては、暗処理10秒間の後に励起光を1秒間照射し、その後の100秒間に1000回測定した。乾燥や光、温度に対するDFの応答は、PAMの実効量子収率の応答と概ね似た結果となった。胞子体の5分および15分間の乾燥では、DFが乾燥中に低下し、その後海水に戻しても回復しなかった。胞子体の光量1000 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (以下 μmol)、水温24°Cの6時間暴露では、DFが半分以下まで低下し、馴致後も十分に回復しなかったが、光量200 μmolでは元の状態まで回復した。一方、配偶体では、光量1000 μmolの6時間暴露でも12°Cと20°Cでは概ね回復したが、4°Cでは十分に回復しなかった。PAMの実効量子収率は励起光や蛍光の割合から計算される「比率」だが、DFは組織片全体の蛍光強度の実測値であり、組織片の生物量で値も変化する点が異なる。本研究の結果から、海藻の生理状態を評価する手法として、遅延蛍光測定法も有効であると考えられた。(鹿大・院・連農)

### A23 ○鈴木 はるか・阿部 博哉・今藤 夏子・熊谷 直喜・中嶋 信美・山野 博哉：四国南西岸におけるヒイラギモクの遺伝構造

気候変動に伴う水温上昇により、藻場の衰退や消失、藻場構成種の分布域の北上や種組成の変化が各地で報告されている。四国南西岸(豊後水道東側)では南北で著しい水温勾配が生じており、それに沿って藻場構成種が変化している。このような海域で藻場構成種の遺伝構造の空間パターンを調べることは、将来の水温上昇に伴う分布拡大の予測や分布拡大能力を評価する上で有効である。

南方系のホンダワラ類であるヒイラギモクは、1989年に四国南西端付近で確認されて以降、温暖化に伴って土佐湾へと東方への分布拡大が報告されている。四国南西端から豊後水道を北上することも予想されるが、当該海域における報告は少ない。

本研究では、四国南西岸におけるヒイラギモクの分布拡大能力の評価を目的とし、分布状況および遺伝構造を調べた。2018～2020年の各年の5～6月に高知県土佐清水市から愛媛県伊方町にかけて現地調査と採集を行った。事前の聞き取り調査により、愛媛県西予市では近年になってヒイラギモクの存在が認識されており、現地調査でもこれより北側では出現しなかった。ヒイラギモクは概ね水深3～5mに分布したが、高知県大月町や愛媛県愛南町では潮間帯のみに分布する地点もあった。採集した葉片からDNAを抽出し、MIG-seq法で個体間に見られる一塩基多型を検出して集団遺伝解析を行った。ヒイラギモク個体群間の遺伝的構成が似ていた場合、土佐湾に拡大した個体群が水温上昇に伴って北上したと推察され、高い分布拡大能力を持つと示唆される。今回はその結果を報告する。(国立環境研究所)

(国立環境研究所)

### A22 寺田 竜太：光合成遅延蛍光測定を用いた海藻類の新たな環境応答測定

光合成遅延蛍光(Delayed Fluorescence, DF)は、PAMなどで知られるクロロフィル蛍光とは発光起源が異なり、光合成の逆反応で後ろ向きの電子伝達が生じ、光化学系IIの反応中心で電荷が再結合した結果、遅れて蛍光する現象である。蛍光がナノ秒単位であるPAMと比べ、DFは数秒から数分単位で持続し、発光強度がPAMの1%未満と微弱な点が異なる。最近、光電子倍增管を用いた機器が開発されたことから、本研究では、海藻類の新たなストレス応答の指標として、DF測定を評価することを目的とした。

材料には佐賀産のナラウスサビノリを用いた。実験には浜松ホトニクス製の測定器C13796を用い、胞子体や配偶体の遅延蛍光における乾燥や光、温度の影響を測定すると共に、同じ材料・処理条件に対してWalz製のImaging-PAMを用いて実効量子収率も測定した。DFの測定に際しては、暗処理10秒間の後に励起光を1秒間照射し、その後の100秒間に1000回測定した。

乾燥や光、温度に対するDFの応答は、PAMの実効量子収率の応答と概ね似た結果となった。胞子体の5分および15分間の乾燥では、DFが乾燥中に低下し、その後海水に戻しても回復しなかった。胞子体の光量1000 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (以下 μmol)、水温24°Cの6時間暴露では、DFが半分以下まで低下し、馴致後も十分に回復しなかったが、光量200 μmolでは元の状態まで回復した。一方、配偶体では、光量1000 μmolの6時間暴露でも12°Cと20°Cでは概ね回復したが、4°Cでは十分に回復しなかった。PAMの実効量子収率は励起光や蛍光の割合から計算される「比率」だが、DFは組織片全体の蛍光強度の実測値であり、組織片の生物量で値も変化する点が異なる。本研究の結果から、海藻の生理状態を評価する手法として、遅延蛍光測定法も有効であると考えられた。(鹿大・院・連農)

### A24 ○藤谷 紳平<sup>1</sup>・関 有理<sup>1</sup>・窪田 理沙<sup>2</sup>・桑野 和可<sup>1</sup>：アカモクおよびヒジキの室内種苗生産法の検討

アカモクやヒジキの種苗生産では、種苗を健全な状態で長期間維持することが課題である。昨年度は、N、Pの濃度を抑え、Fe-EDTAや微量元素を十分に与えることで混入藻の繁茂を抑え、アカモク、ヒジキが有利になる条件の実現を目指したが、成長が著しく抑制され、混入藻が繁茂した。鉄源としてFeSO<sub>4</sub>を用いると、藻体の状態が改善され、成長を再開した。そこで今年度は、鉄源にFeSO<sub>4</sub>のみを用いた種苗の育成法を検討した。ヒジキについては、干出時にFeSO<sub>4</sub>溶液を藻体に直接噴霧した。培養初期はある程度成長したが、N、Pの供給を抑えたため色落ちが生じた。噴霧時のFeSO<sub>4</sub>濃度を高めることで改善を図ったが、種苗の状態はむしろ悪化した。N、Pの供給量を増やし、さらにブラックライト蛍光管を用いてUVを照射したところ、新しい葉が形成され、一部の種苗は沖出し時期まで維持することができた。アカモクについては、N、Pの濃度を抑えるとともに、光量を下げて種苗を管理した。FeSO<sub>4</sub>の供給はかき少なくて種苗は健全だった。FeSO<sub>4</sub>を加えなくても枯死することはなかったが、やや色落ち気味であった。沖出し前に成長を促進するため光量を上げ、UVを照射し、N、Pの濃度を上げた。その結果、新しい葉が新生して種苗プレート全体を覆うほどになり、十分な大きさの種苗を沖出しすることができた。

(<sup>1</sup>長崎大・院・水環、<sup>2</sup>長崎大・水産)

## A25 ○孫 忠民<sup>1</sup>・姚 建亭<sup>1</sup>・藤田 大介<sup>2</sup>・田中 次郎<sup>2</sup>: 中国長山列島における藻場状況および近年の変化

長山列島は中国の遼東半島と山東半島に挟まれた渤海海峡位置する一連の島群である。列島沿岸の海藻は比較的繁茂していると言われてきた。しかし、交通が不便であるため、藻場の構成種や分布に関する研究はほとんど行われていない。演者らは、2016年から毎年1~2回、代表的な島において潜水調査を行っており、今回はその一部を報告する。各島では、集落や港の付近には海藻が少ないが、人間が行きにくい崖の下に藻場が広がっている。このような場所では水深9メートルまで海藻が生育し、マコンブ、ワカメ、アカモク、ヨレモク、タマハハキモク、フシスジモクなどの大型褐藻が優占種となっている。また、2016年からスジメ群落が認められてきた。年配の潜水漁業者の情報では、昔より藻場の面積は徐々に減り、構成種も変わり、従来ホンダワラ類が生育していた場所にマコンブとワカメが移入して占有したという。2018年以降、キタムラサキウニの大量発生により深所の大型海藻は食べ尽くされ、エゾイシゴロモなどの無節サンゴモの群落が広がり、磯焼けが顕在化している。ウニはアカモクの基部を齧るため、切れた藻体が流れ藻になることも確認されている。この海域は、最終氷河期後に海水が流入して形成された浅い湾であるため、冷水性の海藻が優占し、種多様性は低い。生態ニッチに空きがあることが、移入種が定着しやすくなっている原因の一つと考えられる。今後、藻場の状況および経年変化を把握するために、定点を定めるモニタリング調査を行っていく必要がある。

(<sup>1</sup>中国科学院海洋研究所, <sup>2</sup>海洋大)



日本藻類学会第45回大会準備委員会のリモート会議風景

**B01** ○宮内 啓喜・石川 禎治・岡田 克彦・藤原 祥子・都筑 幹夫：  
固相表面上培養におけるトレボウクシア藻綱 *Parachlorella*  
細胞の光合成特性および環境応答

[背景・目的]

発表者らは固相上に藻類を付着させバイオフィームを形成させた培養系の開発を進めている。本研究で扱う固相に付着した藻類の生理学的特徴の分析は、CO<sub>2</sub>の固定化技術開発の上で重要であるのみならず、基礎研究としても自然界における付着藻の生理生態学研究という点で重要である。そこで液体培養した細胞を固相に付着させた時の生育、光合成の特性の変化および生理学的応答を調べ、固相上環境への順応を考察した。

[結果・考察]

固相上での細胞あたりの光合成活性は、細胞密度が低い条件ではCO<sub>2</sub>濃度が律速となり、高CO<sub>2</sub>濃度下では液相と同程度の値を示した。一方、細胞密度が高い条件ではバイオフィーム下層まではCO<sub>2</sub>が供給されていない可能性が示唆された。そこで、固相表面形状を工夫して細胞間隙を確保すると、CO<sub>2</sub>拡散障害は緩和され、固相面積当たりのCO<sub>2</sub>固定速度を向上させることができた。

細胞を固相に付着させた12時間後には、細胞あたりのchl含有量およびa/b比は減少していた。さらに、PSIIの実効量子収量も固相培養に移すと低下し、その後24時間では回復していた。また、固相培養に移した細胞は光化学系の循環的電子伝達系や活性酸素種消却系に関連する遺伝子発現の変動がみられたことから、これらの系が光化学系の損傷の抑制に寄与して環境ストレスに対し順応することで、高いCO<sub>2</sub>固定速度を維持していると考えられる。

(東薬大・生命)

**B03** ○木下 あかり<sup>1</sup>・辻 敬典<sup>1</sup>・新川 はるか<sup>2</sup>・山野 隆志<sup>1</sup>・福澤 秀哉<sup>1</sup>：  
緑藻クラミドモナスのC/Nストレス応答におけるDYRK型キナーゼ、TAR1とDYRK1の関連性の解明

藻類は、高CO<sub>2</sub>かつ窒素欠乏条件(C/Nストレス条件)で、トリアシルグリセロール(TAG)やデンプンの蓄積を促進するとともに、クロロフィル(Chl)を分解し光合成を抑制する。緑藻クラミドモナスでは、C/Nストレス条件でTAG蓄積を抑制する因子として、二重特異性チロシンリン酸化制御キナーゼ(DYRK)ファミリーに属するtriacylglycerol accumulation regulator1(TAR1:酵母のYAK1オルソログ)と、植物特異的DYRK(DYRK1)の二つのタンパク質リン酸化酵素が知られているが、両者の関係は不明である。本研究では、TAR1とDYRK1の関係を調べるため、*tar1*と*dyrk1*の各単独変異株、および二重変異株を作成した。*tar1*変異株および*dyrk1*変異株のTAG蓄積量は野生株より多かったが、*tar1/dyrk1*二重変異株のTAG蓄積量は野生株と同程度であった。その理由として、二重変異株ではTAR1とDYRK1以外のTAG蓄積抑制因子が働いている可能性が考えられた。また、Chlの減少と細胞分裂については、DYRK1は関与せず、TAR1が担っていることが明らかになった。以上の結果から、TAR1とDYRK1が異なる経路でC/Nストレス応答を制御していることが示唆された。

(<sup>1</sup>京大・院・生命、<sup>2</sup>石川県大・生物資源)

**B02** ○大波 千恵子<sup>1</sup>・西堀 洋平<sup>2</sup>・植野 嘉文<sup>3</sup>・須田 彰一郎<sup>4</sup>・神川 龍馬<sup>5</sup>・秋本 誠志<sup>3</sup>・宮下 英明<sup>2</sup>：  
ハマサンゴの骨格から分離した糸状緑藻 *Phaeophila dendroides* による遠赤色光の利用

造礁サンゴの骨格内は遠赤色光(波長700nm以上の光)が優占する環境であり、骨格内に共生するアオサ藻綱ハネモ目 *Ostreobium* sp. は、Chl *a*の吸収を可逆的に長波長側にシフトさせること(レッドシフト)により遠赤色光を光合成に利用していることが知られている。サンゴ骨格には、アオサ藻綱アオサ目 *Phaeophila* が共生していることが報告されており、*Phaeophila* も遠赤色光を利用できるのではないかと考えた。そこで、遠赤色LED光による単色光培養を繰り返すことで、ハマサンゴ *Porites* sp. の骨格からSa-1株を分離した。形態観察と分子系統解析により、Sa-1株を *Phaeophila dendroides* と同定した。さらに、白色光と遠赤色光でそれぞれ培養したSa-1株細胞の増殖速度、低温吸収スペクトル、色素組成、蛍光スペクトルの比較を行った。その結果、Sa-1株が遠赤色光のみで生育できること、細胞の遠赤色光の吸収が増加すること、特別なクロロフィル等は誘導されないことがわかった。また、光化学系I由来の蛍光強度が、光化学系II由来の蛍光と比較して顕著に増加した。以上より、Sa-1株はクロロフィルのレッドシフトや光化学系の量比を変化させることによって、遠赤色光を光合成に利用してサンゴ骨格内で生育していると考えられる。さらに、ハネモ目 *Ostreobium* とアオサ目 *Phaeophila* が目を越えてChl *a*のレッドシフトにより遠赤色光を利用する仕組みをもつことから、この仕組みがアオサ藻綱内に広く分布している可能性が示唆された。

(<sup>1</sup>京都大・総合人間、<sup>2</sup>京都大・院・人間・環境、<sup>3</sup>神戸大・院・理、<sup>4</sup>琉球大・理、<sup>5</sup>京都大・院・農)

**B04** ○Fei Wang・Hideaki Miyashita：  
Acclimation to far-red light of a new green alga strain Biwa 5-2 (新規単細胞緑藻株 Biwa 5-2 における遠赤色光順化の特性)

Biwa 5-2 is a new green alga that was isolated from the enrichment culture incubated under the far-red light condition. This alga was closely related to the genus *Neochloris* (Chlorophyceae), while no zoospores have been observed. Biwa 5-2 grew under the far-red light, while the growth rate was relatively slower than that under the white light. Cells grown under the far-red light showed an additional absorption peak as a shoulder absorption of Qy absorption, which was not observed in the cells grown under the white light. Moreover, the most interesting phenomenon during the acclimation process was the drastic decrease of Chl *b* content in the cells. As its results, the Chl *a/b* ratio in the cells grown under the far-red light was 40–160, while that in the cells grown under the white light was 1.5–4.1. This indicates that the strain produces a special light-harvesting antenna with red-shifted Chl *a* through its acclimation process to the far-red light. This is the first report on chlorophycean alga which acclimate to far-red light and also the first report on the change of Chl *a/b* ratio during the acclimation process.

(Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University)



**B05** ○神尾 郁<sup>1</sup>・根来 健<sup>2,3</sup>・河村 綾子<sup>2</sup>・石井 健一郎<sup>1,2</sup>・宮下 英明<sup>1</sup>: 琵琶湖から単離された多様な微細藻類のクロロフィラーゼ活性

クロロフィラーゼはクロロフィルのフィチル基を加水分解し、クロロフィリドとフィトールを生成する酵素である。クロロフィル分解過程において重要な役割を果たしているが、それ以外の役割については不明である。陸上植物や藻類がもつクロロフィラーゼ活性は、生物種において大きく異なることが知られている。海洋微細藻類のクロロフィラーゼ活性については報告がある一方で、淡水性藻類のクロロフィラーゼ活性についてはほとんど報告がない。そこで本研究では、琵琶湖から単離された多様な淡水藻類のクロロフィラーゼ活性を測定し、活性の有無および強弱が系統を反映するかどうかを明らかにすることを目的とした。また、抽出方法の違いによるクロロフィラーゼ活性の値の違いについても検討した。クロロフィルとクロロフィリドの光吸収特性はほぼ同じであり、分光分析では、これらを区別して測定することは困難であることから、HPLCを用いた色素分析を行った。微細藻類から色素を抽出し、HPLC分析を行ったところ、緑藻綱ヨコワミドロ目 *Pediastrum duplex* および車軸藻綱チリモ目 *Cosmoecium constrictum* において、高いクロロフィラーゼ活性が見られた。一方で、*P. duplex* と系統的に近い *Monactinus simplex* のクロロフィラーゼ活性はほとんど見られなかった。このことから、淡水性の微細藻類におけるクロロフィラーゼ活性の有無および強弱は、藻類株依存的であり系統を反映していないことが分かった。また、色素抽出方法の違いによってクロロフィラーゼ活性の値が大きく異なることも分かった。(<sup>1</sup>京大・院・人間環境, <sup>2</sup>(株)SeedBank, <sup>3</sup>琵琶湖博)

**B07** ○伴 広輝<sup>1</sup>・桑田 晃<sup>2</sup>・中村 洋路<sup>2</sup>・佐藤 晋也<sup>3</sup>・吉川 伸哉<sup>3</sup>・山田 和正<sup>3</sup>・一宮 睦雄<sup>4</sup>・緒方 博之<sup>1</sup>: シリカ被殻を持つ真核藻類: パルマ藻・珪藻の比較ゲノム解析

パルマ藻はシリカで出来た被殻をもつ真核微細藻類であり、同じくシリカで出来た被殻を持つ珪藻の姉妹群である。珪藻は高い種多様性と現存量を誇り、水圏の基礎生産において極めて重要な役割を果たしている。一方で、パルマ藻は世界の海洋に広く分布しているが、多様性と現存量は珪藻と比較すると極めて低い。珪藻と近縁でありながら、生態系内で対照的な位置を占めるパルマ藻は、珪藻の繁栄を可能とした生理代謝の特徴、細胞壁の起源、初期進化といった重要課題の解明に資する可能性を秘めた研究対象である。

本研究ではパルマ藻7種8株のゲノムと、すでに公開されている珪藻5株のゲノムとあわせて比較ゲノム解析を行った。遺伝子組成の比較から、パルマ藻はファゴサイトーシスを行う混合栄養生物であることが示唆され、珪藻系統の初期においてファゴサイトーシスに関連する遺伝子の大量欠失が生じたことを明らかにした。また珪藻は、パルマ藻と比べると栄養塩の取り込み、細胞周期制御過程、ストレス応答過程に関わる遺伝子を多様化させており、これらは珪藻が動的な環境に適応し素早く増殖する能力を支えていると考えられる。またパルマ藻は珪藻同様にシリカ構造形成に関わる *silicanin* 遺伝子を持ち、その起源が共通祖先にまで遡ることを示した。一方、パルマ藻は脂質・脂肪酸に関連する遺伝子を多様化させており、パルマ藻特有の生理過程の存在が示唆された。

(<sup>1</sup>京大・化研, <sup>2</sup>水産研究・教育機構, <sup>3</sup>福井県大, <sup>4</sup>熊本県大)

**B06** ○鎌倉 史帆<sup>1</sup>・出井 雅彦<sup>2</sup>・佐藤 晋也<sup>1</sup>: 珪藻 *Pleurosira laevis* における塩濃度に依存したシリカ細胞壁形態の可塑性の変化

*Pleurosira laevis* は世界中の淡水～汽水域に生育する広塩性の珪藻である。そのシリカ細胞壁(被殻)の殻面には眼域とよばれる構造が存在する。眼域からは粘液が分泌され、細胞の基質への付着、および群体形成に寄与している。また、形態の差異にもとづいていくつかの変種や品種が記載されており、そのうち、眼域が突出せず平らな殻面をもつ *P. laevis* f. *laevis* と、眼域が数マイクロメートル突出し殻面が隆起した *P. laevis* f. *polymorpha* の存在が知られている。なお、Li & Chiang (1979) は、*P. laevis* において眼域の形態が環境の塩濃度に影響を受けることを示唆する観察結果を報告している。

本研究では *P. laevis* の4株(沖縄県産、福井県産、アメリカ産の *P. laevis* f. *laevis*、およびアメリカ産の *P. laevis* f. *polymorpha*) を異なる塩濃度条件下で培養し、形成された被殻を観察した。その結果、いずれの株も、塩濃度に応じて眼域の突出しない被殻(*laevis*型)と突出した被殻(*polymorpha*型)の両方を形成できることが分かった。さらに、その形態を分ける塩濃度の境界はいずれの株でも2%~7%の間に存在しており、形態の変化は可塑性であった。数%のわずかな塩濃度操作によって細胞壁形態を明瞭に変化させることができるという特徴は、珪藻の形態形成研究において有用である可能性がある。

(<sup>1</sup>福井県大・海洋生物, <sup>2</sup>文教大・教育学部生物)

**B08** ○諸見里 怜奈<sup>1</sup>・平川 泰久<sup>2</sup>: クロララクニオン藻のピレノイドを構成するタンパク質の同定

ピレノイドは炭素固定酵素である RubisCO タンパク質が集積した構造で、藻類の葉緑体内部に一般的に見られる。近年、モデル緑藻のクラミドモナスにおいて、RubisCO を繋ぎとめるリンカータンパク質やCO<sub>2</sub>濃縮に関与する酵素などがピレノイドに局在することが報告されている。しかし、他の多くの藻類では、ピレノイドを構成するタンパク質はほとんど解っていない。本研究では、緑藻由来の二次葉緑体を持つクロララクニオン藻において、ピレノイドを構成するタンパク質の同定を行った。我々は日本藻類学会第44回大会において、クロララクニオン藻の一種 *Amorphochlora amoebiformis* より単離したピレノイドを用いてプロテオーム解析を行ったことを報告した。この解析により、ピレノイドに含まれる約150個の候補タンパク質が推定されていた。本研究では、候補タンパク質の中からピレノイドを構成するタンパク質をGFP標識や免疫抗体を用いて複数同定した。また、同定されたタンパク質に関して分子系統解析を行うことで、クロララクニオン藻のピレノイドの進化を考察する。

(<sup>1</sup>筑波大・生命地球科学, <sup>2</sup>筑波大・生命環境系)

### B09 ○田中 健児<sup>1</sup>・岸 正敏<sup>2</sup>・戸田 龍樹<sup>1</sup>: 藍藻 *Arthrospira platensis* のバイオマス生産における夜間培養温度の影響

内陸域や高地での藻類屋外培養では昼夜の気温差が激しく、夜間に培養温度が低下する。低い夜間培養温度はバイオマス生産性を低下させることが報告されているが、一方で夜間の呼吸による藻体損失を小さくさせることも知られている。このような夜間温度と生産性の関係を総合的に評価した研究は限られている。本研究は屋外環境で商業的に生産されている *Arthrospira platensis* を対象に、日中生産性と夜間藻体損失の両方を考慮した純生産性に対する夜間温度の影響を評価することを目的とした。

培地は改変 SOT 培地を用い、*A. platensis* NIES-39 を 9-15 日間半連続培養した。光量子束密度は  $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  で統一し、明暗周期を 12 時間明期:12 時間暗期とした。明期の温度を  $35^\circ\text{C}$  で一定とし、夜間温度を  $10-35^\circ\text{C}$  の 5 条件とした。試料採取は明期と暗期の終わりに行い、日中の生産性 ( $\text{g-DW L}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) と夜間藻体損失 (% 乾燥重量) を測定し、純生産性 ( $\text{g-DW L}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) を評価した。

低い夜間温度 ( $10, 15^\circ\text{C}$ ) の純生産性および日中の生産性は、高い夜間温度 ( $25, 30^\circ\text{C}$ ) の生産性よりも有意に低く、最大で 30% 低下した。夜間温度は、C:N 比と負の相関があり、夜間の呼吸速度と正の相関がみられた。これは、夜間の低温によって藻類の代謝速度が下がり、タンパク質合成が抑えられたことを示唆している。夜間は藻類の光合成に必要なタンパク質が合成される重要な期間である。よって夜間、藻類が低温に晒されると、タンパク質合成が抑えられ、純生産性が低下することが示唆された。

(<sup>1</sup>創価大・院・理工, <sup>2</sup>創価大・プランクトン工学研究所)

### B11 ○高野 智之<sup>1</sup>・野崎 久義<sup>2</sup>・坂山 英俊<sup>1</sup>: 兵庫県及び京都府から発見された接合藻類アオミドロ属における一未記載種

接合藻類アオミドロ属 (*Spirogyra*) は陸上植物を含むストレプト植物に属する糸状藻類であり世界中の淡水域に広く生育する。世界で 500 種以上が記載され、日本では約 80 種が知られている。アオミドロ属の種同定には接合様式、接合胞子の形態観察が重要である。接合には 2 つの糸状体間の細胞が接合するはしご状接合と、一つの糸状体の隣り合った細胞同士が接合する側方接合がある。糸状体の直径が大きな種は主にはしご状接合のみを行い、側方接合する種は非常にまれである。

我々はアオミドロ属の属内系統関係を明らかにすることを目的として野外サンプルから培養株を確立し接合誘導で種同定を行ってきた (Takano *et al.* 2019, *Sci. Rep.*)。本研究で西日本を中心とした野外調査を実施した結果、兵庫県たつの市及び京都府宇治市の水田から糸状体の直径が  $100 \mu\text{m}$  以上であるにも関わらず側方接合を行う種が発見された。これらについて培養株を確立し形態を観察したところ糸状体の直径は  $100-140 \mu\text{m}$  であり、細胞ごとの葉緑体数は 9-13 本であった。はしご状接合と側方接合の両方が観察され、接合胞子は楕円形であり接合胞子中層にはしご模様が観察された。この種は偏圧しない楕円形の接合胞子をもつ点で、類似した形態をもつ *Spirogyra jassiensis* とは区別された。確立された培養株の葉緑体 *rbcL* 遺伝子及び *atpB* 遺伝子の配列を決定したところ、既存の配列とは一致しなかった。

(<sup>1</sup>神戸大・院・理, <sup>2</sup>東大・院・理)

### B10 ○渡辺 実咲<sup>1</sup>・村田 隆<sup>2</sup>・堤 元佐<sup>3,4</sup>・大友 康平<sup>3,4</sup>・根本 知己<sup>3,4</sup>・西山 智明<sup>5</sup>・土金 勇樹<sup>6</sup>・関本 弘之<sup>1,6</sup>: ヒメミカヅキモにおける蛍光標識 *CenH3* タンパク質の発現による染色体可視化

接合藻ヒメミカヅキモは、遺伝子導入による安定形質転換体作出が可能であり、近年植物の有性生殖の進化、陸上進出背景を考える上で注目されている。ゲノム解読の結果、交配群 I-E (NIES-67, 68 株) のヒメミカヅキモのゲノムサイズは  $0.34-0.36 \text{ Gbp}$  と見積もられたが、その染色体数についての知見は得られていなかった。本研究では染色体数を調べる方法を確立することを目的とした。まず一般的な核染色法である DAPI 染色を行い、共焦点レーザー顕微鏡で観察したところ、染色体数が約 80 本と見積もられた。しかし、DAPI 染色では染色体全体が染まり個々の分離が困難のために計測誤差が大きく、正確な測定に至らなかった。そこで、セントロメアに特異的に存在するヒストンバリエーションである *CenH3* に着目した。*CenH3* 遺伝子に蛍光タンパク質をコードする *mCitrine* 遺伝子を連結した複数のコンストラクトをヒメミカヅキモに形質転換し、蛍光を示した細胞について、共焦点レーザー顕微鏡および 2 光子スピニングディスク共焦点顕微鏡を用いて観察した。その際、生じた輝点を個々の染色体としてカウントした。最終的に、NIES-67 株の染色体数が約  $70 \pm 2$  本と見積もられた。

(<sup>1</sup>日本女子大・院・理, <sup>2</sup>神奈川工科大・応用バイオ, <sup>3</sup>NINS・生命創成探究セ, <sup>4</sup>NINS・生理研, <sup>5</sup>金沢大・学際, <sup>6</sup>日本女子大・理)

### B12 ○山岸 潮音<sup>1</sup>・金原 僚亮<sup>1</sup>・山本 荷葉子<sup>1</sup>・豊岡 博子<sup>1,2</sup>・東山 哲也<sup>1,3</sup>・野崎 久義<sup>1</sup>: 緑藻 *Volvox* 節における雌雄同体種から雌雄異体種への進化と *MID* 遺伝子

ボルボックス系列緑藻のヘテロタリックの生物では同型配偶の交配型マイナス、異形配偶や卵生殖の雄が *MID* を特異的にもち、性決定や精子形成に関与することが知られている (Geng *et al.* 2014, *PLOS Biol.*)。本系列の *Volvox* 節は雌雄同体が祖先的で雌雄異体が派生的に進化した生物群である (Hanschen *et al.* 2018, *Evolution*)。本節ではこれまでに雌雄同体種 *V. ferrisii* (Yamamoto *et al.* 2017, *PLOS One*) と雌雄異体種 *V. perglobator* の雄 (Hanschen *et al.* 2018, *Evol. Ecol. Res.*) で *MID* が報告されていただけであった。我々は本節における性表現の進化の分子基盤を明らかにする目的で *MID* に着目した研究を実施している (山岸ら 2020, 本学会鹿児島大会)。今回、新規に縮重プライマーと種特異的プライマーを作成して同体種 6 種と異体種 1 種 (*V. rousseletii*) の *MID* のゲノム配列を調査し、比較解析した。その結果、すべての同体種と異体種の雄の *MID* 全長配列が明らかになり、dS と dN を比較したところ、同体種と異体種では顕著な機能的制約の差異は認められなかった。一方、異体種 *V. rousseletii* の雌でイントロンを含む配列と含まない配列の 2 種類の *MID* ゲノム配列の一部が明らかになった。

(<sup>1</sup>東京大・院・理, <sup>2</sup>法政大・生命科学, <sup>3</sup>名大・ITbM)

**B13** ○横内 洗<sup>1</sup>・鈴木 光次<sup>2</sup>・堀口 健雄<sup>1</sup>: *Paragymnodinium* 属渦鞭毛藻種の光合成特性の比較 — 色素組成, 光吸収スペクトル, 可変クロロフィル蛍光

*Paragymnodinium* 属渦鞭毛藻には独立・混合栄養性種の両方が含まれ, 渦鞭毛藻の栄養獲得様式の多様化を議論する上で有用である。本属の渦鞭毛藻の光合成特性を種ごとに検証し比較するため, 十分な栄養および光条件下で培養した混合栄養性種 *P. stigmaticum* および独立栄養性種 *P. asymmetricum*, *P. inerme* を対象に, UHPLC による色素組成, 分光光度計による光吸収スペクトル, FRe および WATER-PAM 蛍光光度計による可変クロロフィル蛍光の解析を行った。

色素組成は全ての種が渦鞭毛藻に典型的なペリディニン型であった。独立栄養性の2種ではクロロフィル *a* に対するペリディニンのモル比が約1であったのに対し, *P. stigmaticum* では0.23と低い値を示した。クロロフィル *a* 濃度で規格化した400~700 nmにおける吸光係数の平均値は, *P. asymmetricum* で  $0.020 \text{ m}^2 (\text{mg chl. } a)^{-1}$ , *P. inerme* で  $0.038 \text{ m}^2 (\text{mg chl. } a)^{-1}$  であった。一方, *P. stigmaticum* ではその値が  $0.050 \text{ m}^2 (\text{mg chl. } a)^{-1}$  と比較的高く, クロロフィルタンパク質複合体由来の Qy 帯のピークが約10 nm長波長側に現れた。*P. stigmaticum* における光化学系 II の光化学反応の最大量子収率と相対電子伝達速度は顕著に低い値を示し, 同種の低い光合成活性が示唆された。

(<sup>1</sup> 北大・院・理, <sup>2</sup> 北大・院・地)

**B15** ○武井 萌・西川 完途・宮下 英明: カエルの卵塊に共生する藻類の特性

一部のカエルでは, 産卵直後に透明または白濁色だった卵塊が, 卵塊の周囲に集まる藻類やゼリー層に共生する藻類によって, 徐々に緑色を帯びる現象が知られている。北米での先行研究では, ゼリー層に緑藻綱オオヒゲマワリ目 *Oophila* 属藻類が共生すると報告されている。一方, 本研究では, 日本固有のカエルの卵塊のゼリー層に, *Phacotinia* sp. や黄金色藻類が共生することを明らかにしている(未発表)。このことは, 日本のカエルの卵塊に共生する藻類が北米の結果とは異なり多様であることを示唆した。そこで本研究では, 日本固有のヤマアカガエル及びニホンアカガエルの卵塊に共生する藻類の多様性とそれらに共通する特徴を明らかにすることを目的とした。日本各地から卵塊を採集し顕微鏡観察したところ, 卵塊には1種から4種の藻類が共生しており, ヤマアカガエルの卵塊では *Euglena* 属藻類, 黄金色藻綱藻類, オオヒゲマワリ目藻類が, ニホンアカガエルの卵塊では, 黄金色藻綱藻類, オオヒゲマワリ目藻類が観察された。藻類細胞の短径は, *Euglena* 属藻類(短径約20 μm)を除き2.5-10 μmであった。また, いずれも生活環の中で鞭毛をもつステージを有する藻類であったことから, カエルの卵塊のゼリー層に共生する藻類は, 低温下で生育し游泳能力をもつという共通性を有することが分かった。以上の結果より, ゼリー層に共生する藻類は, 卵塊の周囲に生育しており, 卵塊に由来する何らかの誘引物質(胚の排出する CO<sub>2</sub> や NH<sub>3</sub> など)に反応して, 卵塊に集合・侵入してきた藻類であると考えられる。

(京都大・院・人環)

**B14** ○Wai Mun Lum<sup>1</sup>・Garry Benico<sup>2</sup>・Chui Pin Leaw<sup>3</sup>・Sandric Chee Yew Leong<sup>4</sup>・Po Teen Lim<sup>3</sup>・Muawanah<sup>5</sup>・Arief Rachman<sup>6</sup>・Kazuya Takahashi<sup>7</sup>・Sing Tung Teng<sup>8</sup>・Hikmah Thoha<sup>6</sup>・Aletta T. Yñiguez<sup>9</sup>・Mitsunori Iwataki<sup>7</sup>: *Phylogeny and distribution of Chattonella marina* complex and *C. subsalsa* in Southeast Asia

Two genotypes of the noxious marine raphidophyte *Chattonella*, *C. marina* complex (*C. marina* var. *antiqua/marina/ovata*) and *C. subsalsa*, has been distinguished by their phylogenetic positions. The former has been well studied in Japan since the extensive fisheries damages in the Seto Inland Sea in the 1970s, and the only genotype that has been detected from coastal waters of East Asia. On the other hand, *Chattonella* has been scarcely reported from Southeast Asia and both genotypes, *C. marina* in Indonesia and *C. subsalsa* in the Philippines, have recently been detected. For better understanding of *Chattonella* distribution in Southeast Asia, morphology and phylogeny of *Chattonella* cultures isolated from Southeast Asian coasts were examined. Nineteen cultures of *Chattonella* were established from Indonesia, Japan, Malaysia, Philippines, Russia and Singapore. Molecular phylogeny inferred from LSU rDNA and ITS region demonstrated the presence of *C. marina* complex in Indonesia, Japan, Malaysia and Russia; and *C. subsalsa* in the Philippines and Singapore. However, these two genotypes had no distinctive morphological characters observed by light microscopy, i.e., overlapping cell sizes, and the presence of posterior tail and large button-like granules on the cell surface. Both genotypes, including Japanese strains of *C. marina* complex, released obovate-shaped mucocysts when stained with neutral red. The genotype distribution of *Chattonella* in Southeast Asia suggested that the causative species for the historical fisheries damages by *Chattonella* in Johor Strait (Malaysia/Singapore) and Bolinao, Philippines might be *C. subsalsa* present in those areas.

(<sup>1</sup>Graduate School of Agricultural and Life Sciences, University of Tokyo, <sup>2</sup>Department of Biological Sciences, Central Luzon State University, <sup>3</sup>Institute of Ocean and Earth Sciences, University of Malaya, <sup>4</sup>Tropical Marine Science Institute, National University of Singapore, <sup>5</sup>Main Center for Marine Aquaculture of Lampung, Directorate General of Aquaculture, <sup>6</sup>Research Center for Oceanography, LIPI, <sup>7</sup>Asian Natural Environmental Science Center, University of Tokyo, <sup>8</sup>Faculty of Resource Science and Technology, Universiti Malaysia Sarawak, <sup>9</sup>The Marine Science Institute, University of the Philippines Diliman)

**B16** ○阿部 信一郎<sup>1</sup>・合屋 国祐<sup>2</sup>・高橋 真司<sup>3</sup>・竹門 康弘<sup>4</sup>・井口 恵一朗<sup>2</sup>: 河川を流下する付着藻類由来の粒状有機物の発生における藻食魚アユの役割

アユは, 付着藻類を採食することで, その現存量と種類組成を変えて河川一次生産力に影響を及ぼすだけでなく, 食べこぼしたり, 糞を排泄したりして, 付着藻類由来の粒状有機物を発生させている。特に, アユは活発に増殖している付着藻類群落を採食するため, 生きた藻類細胞を剥離し, 河川水中に懸濁させていると予想される。河川を流下する藻類のうち珪藻は容易に識別でき, 色素体の有無で細胞の生死を判別できる。そこで, 2018年~2020年の7月に, 京都市内を流れる鴨川に6カ所の調査地点(2018年および2019年は3地点で調査した)を設け, 潜水観察によりアユの個体数密度を調べたほか, 河川水1 L中に懸濁する珪藻被殻および色素体のある珪藻細胞(生細胞)を計数した。その結果, 流下珪藻(珪藻被殻+生細胞)に占める生細胞の割合は, アユの個体数密度が高いほど大きくなる傾向がみられた。生細胞の割合は上流側で大きい傾向が認められたが, アユの個体数密度が下流側で高かった2018年の調査では下流側で大きく, アユの個体数密度が上流側で高かった2020年の調査では上流側で大きくなった。一方, アユの個体数密度が極端に低かった2019年の調査では, 流量変化はみられなかった。アユが集まる場所では, 生きた細胞を多く含む付着藻類由来の粒状有機物が生成されていると考えられる。

(<sup>1</sup> 茨大, <sup>2</sup> 長大, <sup>3</sup> 東北大, <sup>4</sup> 京大防災研)

**B17** ○吉田 和広<sup>1</sup>・太田 洋志<sup>2</sup>・岩永 卓也<sup>2</sup>・三根 崇幸<sup>2</sup>・木村 圭<sup>1</sup>: 珪藻 *Skeletonema* の有明海奥部における年間動態: *Skeletonema* 種判別定量 PCR 法の開発

珪藻 *Skeletonema* 属は、有明海の奥部海域で年間通して大増殖する。その結果、夏季には、大規模な貧酸素水塊形成の引き金となり、冬季には増殖に伴う栄養塩の取込によってノリの色落ちを招くなど、大きな漁業被害を与えている。このような「*Skeletonema* 赤潮」を理解・予測するには、いつ、どのような *Skeletonema* 種が赤潮化するかを解明する必要がある。しかしながら、*Skeletonema* 種は微細形態により分類され、光学顕微鏡で種ごとに定量することは不可能である。そのため、環境中の *Skeletonema* の生理生態研究は、属レベルでしか議論できなかった。そこで本研究では、分子生物学的に有明海奥部海域で出現する 8 種の *Skeletonema* を同定・定量できる種判別定量 PCR 法を開発した。この手法を現場調査に適用した結果、夏季と冬季では、赤潮化する種が異なることが明らかとなった。2019 年 6 月-2020 年 8 月では、夏季には *S. costatum* および *S. tropicum* が、冬季には *S. japonicum* および *S. dohrnii* がそれぞれ赤潮化していた。また、上記 4 つの赤潮原因種は増殖パターンが異なり、*S. costatum* および *S. japonicum* は短期間の増殖イベントで強烈に増殖するのに対し、*S. tropicum* および *S. dohrnii* は中規模で継続的な増殖を示した。各種の増殖傾向と各種環境因子の多変量解析によって、冬季赤潮種では総じて低水温が、夏季赤潮種では栄養塩濃度や光利用度など複合的な要因が赤潮を引き起こすトリガーとなっていたことが明らかとなった。  
(<sup>1</sup> 佐賀大農, <sup>2</sup> 有明水産振興セ)

**B19** ○西村 朋宏<sup>1</sup>・J. Sam Murray<sup>1</sup>・Muharrem Balci<sup>2</sup>・Holly Bowers<sup>3</sup>・Michael J. Boundy<sup>1</sup>・Kirsty F. Smith<sup>1</sup>・D. Tim Harwood<sup>1</sup>・Lucy Thompson<sup>1</sup>・Jacqui Stuart<sup>1</sup>・Sarah Challenger<sup>1</sup>・Tony Bui<sup>1</sup>・Catherine Moisan<sup>1</sup>・Lesley L. Rhodes<sup>1</sup>: ニュージーランド沿岸域における浮遊性珪藻 *Pseudo-nitzschia* 属の種組成と記憶喪失性貝毒産生能

海産浮遊性珪藻 *Pseudo-nitzschia* 属は約 55 種から構成され、そのうちの約半数の種は、記憶喪失性貝毒を産生することが知られている。二枚貝養殖業が盛んなニュージーランドにおいて、本毒に起因する食中毒の発生リスクを評価するためには、本属藻類の種組成および本毒産生能を明らかにすることが重要である。本研究では、2018 年から 2020 年にかけて、ニュージーランド沿岸域の 21 地点より海水試料を採取した。それらより 99 株の本属藻類培養株を確立し、これらについて ITS 領域などに基づく分子系統解析を行った。その結果、99 株は 14 種 (*P. americana*, *P. arenysensis*, *P. australis*, *P. calliantha*, *P. cuspidata*, *P. delicatissima*, *P. fraudulenta*, *P. galaxiae*, *P. hasleana*, *P. heimii*/*P. subpacific*, *P. multiseri*, *P. multistriata*, *P. plurisecta* および *P. pungens*) にそれぞれ属した。さらに、*P. delicatissima* は 2 つの subclade (I, II) に分かれた。これら 14 種に属する 38 代表株の記憶喪失性貝毒産生能を LC-MS/MS などを用いて分析した結果、2 種 (*P. australis* および *P. multiseri*) の培養株が本毒を産生することが明らかとなった。本研究は *P. arenysensis*, *P. delicatissima* subclade II, *P. galaxiae*, *P. hasleana* および *P. plurisecta* の本国初の分布報告となった。

(<sup>1</sup>Cawthron Institute, New Zealand, <sup>2</sup>Istanbul Univ., Turkey, <sup>3</sup>Moss Landing Marine Labs, USA)

**B18** 中村 真子・吉田 和広・木村 圭: 有明海奥部堆積物中における *Skeletonema* 種ごとの休眠期細胞の存在量

ノリ養殖の盛んな有明海奥部海域では、毎年のように珪藻 *Skeletonema* による赤潮が発生している。有明海では、この赤潮を原因として、毎年のようにノリの色落ちが起こっており、重大な問題となっている。*Skeletonema* 赤潮の対策を考える上では、有明海底泥中に存在する休眠期細胞の分布を理解することが重要となる。しかしながら、*Skeletonema* 属珪藻は、光学顕微鏡下での形態による種分類が極めて難しく、各 *Skeletonema* 種の休眠期細胞分布を詳細に理解することは難しい。我々の研究室では、有明海に生息する 8 種の *Skeletonema* 種を判別する PCR 法の開発に成功した。本研究では、この種判別 PCR 法に、海底泥中の生きたまま存在する休眠期細胞を推定する限界希釈法を組み合わせた MPN-PCR 法を開発し、有明海奥部の各 *Skeletonema* 種の休眠期細胞分布を調査した。2019 年~2020 年に、有明海の 7 地点から採取された泥の間隙水を mSWM3 培地で 1/10 ずつ 6 段階まで希釈し、各希釈段階の試料を 6 well ずつ 48 穴培養プレートに播種した。20°C, L:D=12:12 の条件で 5 日間培養し、各 well 中の培養試料から DNA を抽出した。各 DNA 試料に対して、各 *Skeletonema* 種の特異的プライマーで PCR を行い、DNA 増幅の有無を確認し、各種細胞がどの希釈段階まで存在したかという情報から休眠期細胞数を推定した。本調査の結果、有明海底泥中には、*S. costatum*, *S. japonicum*, *S. dohrnii* の休眠期細胞が、他の種に比して多いことが判明した。また *Skeletonema* 全体の休眠期細胞量は西部海域で相対的に多くなっていること、そして各 *Skeletonema* 種の休眠期細胞分布は、種によって異なっていることが明らかになった。これは、各 *Skeletonema* 赤潮の発生時期、パターンの違いを反映しているものと推察される。  
(佐賀大・農)

**B20** ○高橋 迪子<sup>1</sup>・和田 啓<sup>2</sup>・高野 義人<sup>1</sup>・増田 雄一<sup>1</sup>・新井 和乃<sup>1</sup>・村山 雅史<sup>1</sup>・外丸 裕司<sup>3</sup>・田中 幸記<sup>1</sup>・長崎 慶三<sup>1</sup>: 海底泥コアにおける *Heterocapsa circularisquama* RNA virus の時系列分布の解析

赤潮原因渦鞭毛藻 *Heterocapsa circularisquama* は 1 本鎖 RNA ウイルス *Heterocapsa circularisquama* RNA virus (HcRNAV) に感染する。HcRNAV の性状や *H. circularisquama* との生態的関係性については 2001 年以降研究されてきたが、それ以前のデータは限られている。本研究では、高知県浦ノ内湾で採取された海底堆積物コア中の HcRNAV の時系列分布を、年代測定法と逆転写 PCR によって明らかにした。HcRNAV は *H. circularisquama* が初めて赤潮を起こした 1988 年より遙か前から浦ノ内湾に棲息していたことが明らかになった。さらに、HcRNAV 由来配列は 5 タイプのバリエーションに分けられ、これらが時間の経過とともに海底堆積物コアに分布していたことがわかった。このことから、NCBI に登録されている HcRNAV 配列は HcRNAV の多様化の歴史の中で出現したバリエーションの一部にすぎないことが示唆された。本アプローチは、水圏ウイルスの棲息した履歴を遡及的にアプローチすることの有用性を示したと言える。

(<sup>1</sup> 高知大, <sup>2</sup> 宮崎大, <sup>3</sup> 水産研究・教育機構・瀬水研)

### B21 ○高橋 和也・岩滝 光儀：祖先的渦鞭毛藻 1 種にみられたハプト藻型葉緑体獲得

渦鞭毛藻の中で、光合成性種は渦鞭毛藻核の存在などから特徴づけられるコア渦鞭毛藻系統群のみにみられ、これより早期に分岐した系統では報告されていない。本研究では、2019年に陸奥湾より採集された小型渦鞭毛藻 1 種の単藻培養株について、顕微鏡、走査電顕、透過電顕で形態観察するとともに、宿主核と葉緑体コード rDNA 配列に基づく系統関係を調べた。培養株は現在までの 17 ヶ月間、独立栄養的に増殖している。細胞は長さ幅がそれぞれ 9  $\mu\text{m}$ 、5  $\mu\text{m}$  程度と細長く、波打つ横鞭毛と細胞後方に伸びる縦鞭毛をもつ。葉緑体は黄色で、細胞あたり主に 2 個観察された。走査電顕では、横鞭毛に多数の小毛が観察され、縦鞭毛はこれを欠いていた。透過電顕では、粒状の凝集体と繊維状の基質からなる核が観察され、凝集体は渦鞭毛藻核染色体に特有のコレステリック液晶模様を示さなかった。葉緑体にはハプト藻に似る電子密度の高い埋没型ピレノイドが観察された。葉緑体以外に、共生体由来の核やミトコンドリアなどの細胞小器官は観察されなかった。核コード 18S rDNA に基づく分子系統解析では、本種はコア渦鞭毛藻群と海洋アルベオラータ群 II に近縁となり、これら 2 系統群の外で分岐した。本種の葉緑体コード 16S rDNA は、ハプト藻 *Chrysochromulina camella* と 99% 以上一致した。一般的な光合成性渦鞭毛藻がアピコンプレクサとの共通祖先から葉緑体を受け継いだとすれば、これらの間に位置する本種はこの祖先的葉緑体から別起源のハプト藻型葉緑体に置換したと考えられた。(東京大・アジアセンター)

### B23 松田 向平・○平川 泰久：クロララクニオン藻への改良型遺伝子導入法

海産の単細胞藻類であるクロララクニオン藻は、緑藻を細胞内に取り込むことで葉緑体を獲得したグループである。そのため、二次共生による葉緑体進化を研究するうえで、興味深い藻類である。分子細胞生物学的な実験を可能にするため、我々は本藻の一種 *Amorphochlora amoebiformis* において、遺伝子導入系の開発を進めてきた。これまでにパーティクルガンやエレクトロポレーションを用いて遺伝子導入に成功している。しかし、これまでの遺伝子導入系には二つの問題があった。一つは、薬剤による遺伝子導入細胞の選抜系が確立していないこと。もう一つは、実験者によって導入効率が大きく変動してしまうことであった。これらの問題を解決するために、本研究では改良型遺伝子導入法と薬剤選抜系の開発を行った。遺伝子導入法に関しては、エレクトロポレーションの際にサケ精子 DNA をキャリアーとして用いることで、安定して高い導入効率を実現した。薬剤選抜系に関しては、ハイグロマイシン耐性遺伝子を用いた導入細胞のスクリーニングを進めている。本発表では、それらの結果を報告する。(筑波大・生命環境)

### B22 ○松崎 令<sup>1,2</sup>・大田 修平<sup>2</sup>・河地 正伸<sup>2</sup>・野崎 久義<sup>3</sup>・鈴木 石根<sup>1</sup>：*Chlamydomonas* とされている米国産氷雪性緑藻 1 株の分類学的再検討

山岳地域や極域の残雪が緑色や赤色などに色付いたように見える「彩雪」現象は、寒冷適応した微細藻類が残雪中でブルームを形成することによって引き起こされる。彩雪中には寒冷環境でのみ増殖可能な好冷性の種だけでなく、中温環境の方が増殖に適しているが寒冷環境でも増殖可能な寒冷耐性種も含まれる (Hoham & Remias 2020, J. Phycol.). 彩雪中に優占する単細胞遊泳性緑藻は、主に伝統的な *Chloromonas* や *Chlamydomonas* に分類される。一方、世界各地の培養株保存施設にはそれらの培養株も多数保存されているが、種の重要な識別形質とされるシストを実験的に形成させることが困難なこともあり、培養株の多くは正確な種同定が実施されていなかった。我々は近年、培養株の詳細な比較形態解析と分子データを組み合わせることで、シストの情報がなくとも氷雪性緑藻の種を正確に識別できることを報告し (Matsuzaki *et al.* 2014, Phycologia), 培養株に基づく氷雪性緑藻の多様性解明を進めている。

本研究では、米国テキサス大学の株保存施設 (UTEX) で維持されていた米国産氷雪性緑藻, "*Chlamydomonas*" sp. UTEX SNO52 の分類学的再検討を実施した。その結果、栄養細胞の形態形質と分子データから、本株は中温性の属と考えられていた *Ostravomonas* (緑藻綱, ボルボックス目) に分類されることがわかった。また、本株の種レベルの分類学的研究、並びに近縁な日本産 2 株も用いた寒冷環境 / 中温環境における増殖能についても報告する。(筑波大・生命環境, <sup>2</sup> 国立環境研・生物, <sup>3</sup> 東京大・理・生物)

### B24 石井 公太郎<sup>1</sup>・風間 裕介<sup>2</sup>・浅野 円花<sup>3</sup>・竹下 毅<sup>4</sup>・阿部 知子<sup>1</sup>・○河野 重行<sup>3,5</sup>：クロレラの内部倍数性と Ar・Fe イオンビーム照射による染色体の分断化と再構成

クロレラをはじめとする微細藻類の染色体数を顕微鏡観察で決めようとする研究は少ない。ただ、クロレラのように母細胞内で分裂を繰り返し 2 ~ 16 あるいは 32 の内生胞子を生み出すような種の増殖期の染色体数や内部倍数性は興味深い。*Parachlorella kessleri* の核と中期染色体を SYBR Green I で染色し、蛍光ビーズを使って核と染色体の DNA を蛍光定量した。染色体数は通常 7 本 (A 染色体) で数が一定しない B 染色体が最大 3 本あることがわかった。定常期の核の相対蛍光輝度の平均 0.64 を 1C とすると、対数増殖期の核の DNA 量の分布は 1 ~ 9.7C と大きく広がっており平均 4.3C となっていた。中期染色体の DNA 量を直接測定すると、染色体数は増加しないにも関わらず、核当たりの DNA 量が 8C になっているものまであった。増殖期の内部倍数性の昂進は染色体の多糸化によるものとした。こうした増殖期の *P. kessleri* に、理研・仁科センターで Ar や Fe の重イオンビームを照射し、照射後に分裂期に移行した細胞集団の染色体を観察したところ、染色体が 30 本以上の小断片になっているものが 14% (49 個中 7 個) もあった。それらを継代培養したところ、4 回の継代培養後でも Fe75 Gy 照射では 3% の細胞で 20 本以上の染色体がみられた。2 系統の株をシーケンスし、全ゲノム変異解析を行った。Fe75-1-3H 株では 10 か所のジャンクション部位からなる染色体再編成が検出され、Ar75-1-2C 株では 16 kb の転座が生じていた。

(<sup>1</sup> 理研・仁科センター, <sup>2</sup> 福井県大・生物資源, <sup>3</sup> 東京大・院・新領域・先端生命, <sup>4</sup> (株) アルガルバイオ, <sup>5</sup> 東京大・フューチャーセンター推進機構)

## B25 ○大田 修平<sup>1</sup>・平川 泰久<sup>2</sup>・河地 正伸<sup>1</sup>: 重金属暴露ストレス下で見られる緑藻の PI3P 局在と LysoTracker 局在の比較解析

環境ストレスに応答する細胞内機構の一つであるオートファジー (ATG) は、真核生物において進化的に広く保存されている。ホスファチジルイノシトール3リン酸 (PI3P) は ATG 過程の上流でセカンドメッセンジャーとしての役割をもつリン脂質である。動物細胞や菌類では PI3P 細胞内動態の研究が進んでいるが、植物・藻類ではまだ詳しく調べられていない。昨年度の藻類学会では、緑藻クラミドモナス (*Chlamydomonas reinhardtii* NIES-2235) や生態毒性試験に用いられる緑藻ムレミカツキモ (*Raphidocelis subcapitata* NIES-35) を材料とし、金属ストレス曝露下での PI3P 細胞内動態について報告した。本研究では、PI3P に特異的に結合する PX ドメインをもつタンパク質 (p40<sup>phox</sup>) を用いて、PI3P の細胞内動態をフローサイトメトリーと蛍光顕微鏡により詳しく調べた。クラミドモナスは ATG 誘導試薬ラパマイシンや重金属により惹起され、細胞内 PI3P 量の増加が見られた。この条件下で間接蛍光抗体法を利用したイメージングにより、細胞内の PI3P 局在解析を行ったところ、顆粒状の構造やドーナツ型の構造が観察された。また、細胞内の酸性コンパートメントを生体染色する LysoTracker を用いて蛍光観察を行ったところ、p40<sup>phox</sup> と同様の顆粒状の構造やドーナツ型構造を確認し、ATG 構造を可視化できることが示唆された。今後は p40<sup>phox</sup> で可視化された構造をフリーズフラクチャーによる電子顕微鏡法や超解像顕微鏡法により詳しく観察を行う予定である。  
(<sup>1</sup> 国立環境研究所, <sup>2</sup> 筑波大・生命環境系)

## B27 ○植木 紀子<sup>1</sup>・若林 憲一<sup>2</sup>: 緑藻ボルボックス目における鞭毛の光反応様式の多様性

進化における生物の体の大型化は、被捕食の回避という大きなメリットがある。微生物はその大型化を、多細胞化によって成し遂げた。一方で、遊泳性の微細藻類のように、光合成に適した光環境に移動しなければいけない微生物は、その大型化の過程でも光環境応答行動を維持しなければならないという制約がある。多細胞化・大型化による体制の変化と、光環境応答行動の維持は、進化の過程でどのように両立されてきたのか。この疑問に答えるため、我々は、多細胞化進化のモデル生物群である緑藻ボルボックス目に着目した研究を推進している。このグループの単細胞種クラミドモナスは、通常は2本の鞭毛を「織毛型」波形で平泳ぎのように打って前進遊泳し、光刺激を受けると「鞭毛型」へと波形変換して後退遊泳する。一方、細胞数約5,000で球状の体を持つボルボックスの一種は、通常は各細胞から2本ずつ生える鞭毛を織毛型波形で個体後端方向に打って前進遊泳し、光刺激を受けると球体は遊泳を停止する。このとき、各細胞から生える鞭毛の波形は織毛型のままだが、前方の細胞は鞭毛の運動方向をほぼ逆転させ、後方の細胞は後端への運動を続けることによって、球全体の推進力が相殺されて停止するのである。このように細胞数に応じた異なる鞭毛の光応答様式の変遷過程を探るべく、今回、ボルボックス目の中間的な細胞数を持つ種の光刺激後の鞭毛の応答を調べた。その結果、上記の2つの応答様式に加えて「鞭毛運動の停止」「反応なし」様式があることを見出した。これらの結果から、個体サイズと鞭毛の光応答様式の関係について考察する。

(<sup>1</sup> 法政大・自然科学センター, <sup>2</sup> 東工大・化生研)

## B26 ○鈴木 重勝・山口 晴代・河地 正伸: 全ゲノム解析から明らかにする緑色植物初期分岐系統における遊泳細胞の誘導と進化

緑色植物の初期分岐系統の多くはピコプランクトンであり、不動球状細胞以外の細胞ステージが未発見の種が複数存在する。近年、全ゲノム解析の結果から、不動球状性の *Prasinoderma* や *Chloropicon* において鞭毛遺伝子が見いだされており、潜在的な遊泳細胞ステージの存在が推測されている。遊泳細胞ステージは、藻類の生態や環境応答の理解に重要であるが、多くの藻類において、培養条件下で遊泳細胞を誘導することは困難である。*Pycnococcus provasolii* も基本的に不動球状性であり、記載時に遊泳細胞が数細胞のみ観察されているが、それ以来、遊泳細胞の報告はない。我々は、*P. provasolii* NIES-2893 の完全ゲノム配列を解読し、鞭毛のほぼすべての構成要素を含む165遺伝子を同定した。このことは *P. provasolii* における遊泳細胞ステージの存在を支持する。さらに、遊泳細胞の誘導を試みた結果、自由生活性バクテリア PCB-4 株と有機物を培地中に添加することで、2本の不等長の鞭毛をもつ遊泳細胞を再現性良く誘導できた。また、綱レベルで異なるバクテリア PDB-3 株によっても、遊泳細胞が誘導されたことから、誘導バクテリアの種特異性は低いことが示唆された。系統的に離れた *Prasinoderma* や *Chloropicon* においても同様の方法を用いることで、遊泳細胞が誘導された。したがって、遊泳細胞ステージの存在や、バクテリアによる誘導機構が、緑色植物の共通祖先で既に獲得されていたと考えられる。  
(国立環境研究所)

**P01** 高江洲 萌<sup>1</sup>・Gregory N. Nishihara<sup>2</sup>・寺田 竜太<sup>3</sup>: 緑藻クビレズタの光合成特性: 実は乾燥に弱い海ぶどう

沖縄や奄美で養殖されているクビレズタは、海水から取りあげて出荷後、海水のない状態で数日間、ポリ容器等で常温保存可能である。しかし、これは、吸水シートを同梱することで、容器内の湿度が飽和状態にあるところが大きく、脱水に伴う生理状態の変化は不明である。本研究では、脱水を含めた環境ストレスが光合成に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

材料には奄美産の養殖株を用い、溶存酸素センサーとパルス変動クロロフィル蛍光測定器で測定した。光量 200  $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (以下  $\mu\text{mol}$ )、水温 8 ~ 40°C で測定した光合成・温度曲線は、総光合成速度が 30.7°C で最大となった。光量 0 または 50  $\mu\text{mol}$  での量子収率 ( $F_v/F_m$  と  $\Delta F/F_m'$ ) も、16 ~ 30°C で高い値を示したが、それ以外では低下した。水温 16, 24, 32°C において測定した光合成・光曲線は、高温ほど最大光合成速度 ( $P_{max}$ ) は高くなったが、いずれも強光障害が見られた。また、光と温度の複合的な応答では、光量 200 と 400  $\mu\text{mol}$ 、水温 16, 24, 32°C の条件の組み合わせで 6 時間暴露し、その後 12 時間薄明光条件 (20  $\mu\text{mol}$ ) で馴致した結果、暴露中はいずれも  $\Delta F/F_m'$  が低下したものの、24, 32°C では馴致後に概ね回復した一方で、16°C では馴致後も回復しなかった。乾燥に対する応答では、湿度 50% で 8 時間乾燥させ、乾燥中と海水に再浸漬後に  $\Delta F/F_m'$  を測定した。その結果、含水率 (AWC) が 90% 以下になると  $\Delta F/F_m'$  が顕著に低下し、海水に再浸漬しても回復しなかった。これらのことから、クビレズタは強光や低温での耐性が低いと併に、乾燥に対する耐性も低いことが示唆された。出荷される製品は、容器内の湿度が飽和することで、藻体からの脱水が妨げられていることが大きい。(<sup>1</sup>鹿大・水、<sup>2</sup>長大・海洋機構、<sup>3</sup>鹿大・院・連農)

**P03** 貞包 和希・鈴木 秀和・神谷 充伸: 紅藻ツノマタ類 2 種における配偶体と孢子体の比較

同形世代交代型の海藻は、配偶体と孢子体の形態が似ており、各世代がどのような役割を担っているか不明な点が多い。同形世代交代型紅藻ツノマタ属は、レゾルシノール試験により簡単に世代を識別可能なため、生態的な研究が比較的進んでおり、環境によって世代比が異なることが報告されているが、種間で生態特性を比較した研究は少ない。そこで本研究では、関東沿岸域の 6 地点 (銚子・安房小湊・館山・城ヶ島・真鶴・下田) で採取したツノマタとイボツノマタについて、レゾルシノール試験によって世代比を求めるとともに、世代間で水分含有量と成熟率を比較した。全ての採集地において、ツノマタの配偶体率 (採集個体のうち配偶体が占める割合) が 40% 以下だったのに対し、イボツノマタは 60% 以上であった。成熟率に関して、ツノマタは配偶体 (80 ~ 100%) と孢子体 (55 ~ 100%) で大きな違いは見られなかったが、イボツノマタでは多くの採集地において配偶体 (10 ~ 72%) よりも孢子体 (50 ~ 100%) の方が成熟率は高かった。2 種が同所的に生育している場合でも、種間で世代の割合や成熟率に差が見られたことから、種によって各世代の特性が異なる可能性が示唆された。水分含有量は、ほとんどの採集地において両種とも配偶体が 1 ~ 3% 高い値を示した。城ヶ島において潮間帯上部と下部に分けてイボツノマタを採集したところ、上部は下部に比べて配偶体率が約 30% 高かったことから、より水分含有量の高い配偶体の方が乾燥に対する耐性が高く、干出ししやすい高所ほど配偶体が優占しやすい可能性がある。(海洋大・院・藻類)

**P02** Man-Gu Kang<sup>1</sup>・Ryu Higa<sup>1</sup>・Hiroto Fujiwara<sup>2</sup>・Kimiaki Sakaguchi<sup>1</sup>・Akira Kurashima<sup>1</sup>: Ecological studies of *Pyropia katadae* and its host species in Ise City, Mie Prefecture

*Pyropia katadae* is designated on the Red List of Japan's Department of Fisheries as a quasi-endangered species. Its main territory is Ise City, Mie Prefecture, Japan. However, the range of habitat is very limited. *P. katadae* lives epiphytically on *Grateloupia catenata* and *Gracilaria vermiculophylla*. Therefore, the distribution of the host is important. The survey was performed by randomly placing quadrates at the mouth of the Miyagawa River in Ise City and counting the coverage of the hosts within the quadrates along with the number of *P. katadae* attached to the hosts from November 2017 to January 2021. The sediment was collected and analyzed wherever *P. katadae* and host species appeared. In addition, 7 added survey points were selected to determine and analyze the new habitat of *P. katadae*. *G. vermiculophylla* coverage was the highest, 4.7%, in January 2020 with *G. catenata* being the highest, 2.3%, at the same time. The density of *P. katadae* to *G. vermiculophylla* was the highest, 0.39 ind.  $\text{cm}^{-1}$ , in January 2020 and *G. catenata* was highest, 5.06 ind.  $\text{cm}^{-1}$ , in January 2021. The mouth of the Miyagawa River is directly affected by typhoons every year. Consequently, topographical changes are occurring constantly. One reasonable guess might be that *P. katadae* and the habitat of the host species are being disturbed. There is very little precedent research on *P. katadae*. It is a non-aquaculture species and has research value as a new aquaculture target species. Based on the physiological, ecological, and aquaculture study of *P. katadae*, this research will contribute to the preservation of endangered species and further to the entire aquaculture industry. (<sup>1</sup>Graduate school of Bioresources, Mie University, <sup>2</sup>Techno Chubu)

**P04** 坂田 奨太郎<sup>1</sup>・栗原 暁<sup>2</sup>: 福岡市幸川におけるオキチモズクの生育状況

淡水大型紅藻オキチモズク (チスジノリ目) は、日本では愛媛県、九州・沖縄、東京都で確認されているが、その分布は局所的である。福岡市西区を流れる幸 (さや) 川で福岡県では 2 地域目となる本種の生育がみられたので、生育状況及び内部形態の観察結果について報告する。

幸川は、九州大学伊都キャンパス内の幸の神湧水を起源とする河川で、大原川に合流して博多湾に出る。本種は九州大学統合移転計画に伴って 2000 年 6 月から実施された環境監視調査で 2010 年 3 月に初めて本河川での生育が確認され、以後現在まで個体群が維持されている。

調査は、2020 年 6, 8, 11, 12 月 (計 4 回) に目視による生育状況の観察と河川環境測定を行い、その際に採取した標本 (ホルマリン固定) を用いて内部形態観察を行った。

幸川は 3 面コンクリート張りの全長 760 m で、本種はその上流部約 100 m の区間で見られ、生育水深は 0.5 ~ 1.5 cm であった。生育区間内における密度は極めて高い箇所から全く見られない箇所まで様々であった。特に密度が高い箇所は区間上流側にみられ、直線状に水が流れ、兩岸の植生が少なく、日陰の少ない環境であった。逆に、植生が多く、日陰の割合が多い区間では密度は低く、針葉樹や常緑樹の天蓋下では確認されなかった。藻体長は 6 月は最大 20 cm、8 月は僅かに老生個体 (直立体) が確認でき、12 月に数 mm から最大 40 cm までの個体を多数確認した。内部形態観察では同化糸様の細胞列に頂生する孢子囊が認められたが、有性生殖器官 (造果器、造胞糸等) を確認できておらず、孢子囊の判別には至っていない。

(<sup>1</sup>九州大・院・生資環、<sup>2</sup>九州大・院・農)

**P05** ○仙田 和輝・鈴木 秀和・神谷 充伸：埼玉県妙音沢における *Sheathia* 属（真正紅藻綱，カワモズク目）の分類学および生態学的研究

チャイロカワモズク *Sheathia arcuata* は日本全国に広く分布するが、近年の分子系統学的解析により多系統群であることが明らかとなり、9種に区別することが提唱された。しかし、国内における本種の分子系統学的解析はほとんど行われていないため、本研究では、埼玉県新座市妙音沢に生育する *Sheathia* 属藻類を対象とした系統解析を行った。また、カワモズク類は、微視的な胞子体（シャントランシア体）が通年生育し、冬から春に巨視的な配偶体が胞子体上から直接発生するが、配偶体の消長や胞子体の成熟に影響を与える環境因子について不明点が多いため、野外での生態調査と水質測定も行った。

かつてチャイロカワモズクと同定された9種のうち、本藻は果胞子体、造果器、輪生枝の直径が *S. longipedicellata* と最も近かったが、*rbcL* を用いた分子系統解析ではどの種ともクレードを形成せず、未記載種の可能性が示唆された。配偶体は2019年12月～2020年3月、12月に確認され、環境要因（水温、pH、塩濃度、DO、各種イオン濃度、流速、気温、降水量、日照時間、全日日射量）のうち、 $PO_4^{3-}$  濃度が生物量と有意な正の相関（ $r = 0.81, p < 0.05$ ）を示した。また、密集した微小な配偶体（粘子球）のみが観察された上流部は流速が大きく、低流速条件下で配偶体の生長が促進される可能性が示唆された。今後、培養実験によって各世代の生理的特性を分析する予定である。（海洋大・院・藻類）

**P07** ○姫野 絢圭<sup>1</sup>・Gregory N. Nishihara<sup>2</sup>・遠藤 光<sup>1</sup>・寺田 竜太<sup>3</sup>：褐藻アントクメの光合成に対する光や温度、塩分、乾燥の影響

本研究では、褐藻アントクメ胞子体の光合成活性に対する光や温度、塩分、乾燥の耐性や応答を明らかにすることを目的とした。

水温 8～40°C の10条件、光量 0, 50, 100  $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ （以下  $\mu\text{mol}$ ）で72h培養し、最大量子収率（光量 0  $\mu\text{mol}$ ,  $F_v/F_m$ ）及び実効量子収率（光量 50, 100  $\mu\text{mol}$ ,  $\Phi_{PSII}$ ）を測定した結果、 $\Phi_{PSII}$  の方が温度による変化が顕著となり、24°Cがピークとなった。また、水温 8～28°Cの4条件、光量 200  $\mu\text{mol}$  で6h照射後に12h暗馴致させると、8・28°Cで $\Phi_{PSII}$  が顕著に低下し、回復も阻害された。同温度条件下での光合成・光曲線でも同様の傾向が見られ、最大純光合成速度（ $NP_{max}$ ）が8°Cで最低、20°Cで最高、28°Cで光阻害が見られたことから、分布境界線付近では、光が阻害要因になりうるということが示唆された。一方、この光合成・光曲線を水温 20°C、赤・緑・青・白色光下で測定して作成した結果、赤色光で $NP_{max}$  が最小となり、青・緑色光では白色光と概ね同様であったことから、漸深帯の光環境下での光合成が高効率であることが推察された。また、塩分 10～60 の7条件で5日間培養すると、20以下で $\Phi_{PSII}$  は時間の経過と共に低下し、50以上で0となった。本種を海水から取り出し、湿度 45% 下で最大 8h 曝露した結果、開始 1h 以上で顕著に低下し、海水に戻しても回復しなかった。その上、 $\Phi_{PSII}$  の低下は藻体の含水率（AWC）が 50% 未満で顕著であったことから、水分の消失が光合成に影響を与えたと推察された。塩分と乾燥に対する低い耐性は、本種が潮間帯や汽水域に生育できない要因の一つであると考えられた。

(<sup>1</sup> 鹿大・水、<sup>2</sup> 長大・海七、<sup>3</sup> 鹿大・院・連農)

**P06** ○鶴亀 里咲<sup>1</sup>・秋田 晋吾<sup>2,3</sup>・嶌田 智<sup>3</sup>：褐藻アラメ属、カジメ属の配偶体保存株の成熟誘導

褐藻アラメ属 *Eisenia* 及びカジメ属 *Ecklonia* の生活環は、巨視的な胞子体世代と微視的な配偶体世代の2つで構成される。成熟した胞子体に形成された子嚢斑から放出された遊走子は、着底後、雌雄の配偶体となり、速やかに成熟する。しかし、室内で長期間保存されている未成熟の配偶体保存株を効率的に成熟誘導する方法は不明である。

本研究では、5種類の配偶体を用いて効率的に成熟させるための条件を模索した。使用した配偶体は、神戸大学海藻類系統株コレクション（KU-MACC）のアラメ *Eisenia bicyclis*、カジメ属の一種 *Ecklonia maxima* 及び *Ecklonia radiata* と、2019年11月に長崎県平戸市獅子で採集したツルアラメ *Ecklonia cava* subsp. *stolonifera* var. *stolonifera* から作製した配偶体、及び2019年11月に千葉県館山市坂田で採集したカジメ *Ecklonia cava* subsp. *cava* から作製した配偶体である。配偶体は全て水温 20°C、明暗条件 9L:15D で培養し、光質（赤色光・白色光）と光量（20, 40  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ）の組み合わせを変えた。その結果、赤色光の光量 20  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  から白色光の光量 40  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  へ配偶体を移動させた場合に、最も効率良く成熟することが明らかになった。これにより、研究室内で長期保存されているアラメ属とカジメ属の配偶体でも、都合の良いタイミングで成熟を誘導できる。今後は、様々なコンブ目海藻の配偶体を成熟させる条件を模索し、効率的な種苗生産に貢献したいと考えている。

(<sup>1</sup> お茶大・理、<sup>2</sup> 学振 PD、<sup>3</sup> お茶大・基幹研究院)

**P08** ○新井 嵩博・鈴木 秀和・神谷 充伸：褐藻アミジグサの野外調査と成熟誘導による世代比の検証

褐藻アミジグサは外形が同じ胞子体と配偶体を繰り返す世代交代をとるため、未成熟個体の世代判別は困難である。本種は、野外で成熟胞子体が多く成熟配偶体が稀であることが知られている。この成熟胞子体の優占を検証するために2020年4～12月にかけて千葉県館山市と静岡県下田市で成熟個体の割合を毎月調査したところ、4月（下田）、7月（館山・下田）、12月（下田）で成熟胞子体が50%以上だったのに対し、成熟配偶体はどの月も7%以下だった。多くの調査月で未成熟個体が優占していたため、採集時に未成熟だった55～192個体を毎月培養し、成熟誘導を試みた。最大で培養個体の50%に生殖細胞が形成され、成熟誘導に成功した個体の95～100%が胞子体であったことから、成熟した配偶体が野外で少ないのは、配偶体が胞子体より成熟しにくいことが原因の一つと考えられる。また、温度（15°C、20°C、25°C）と塩分（16.5‰、23.5‰、33.5‰）を変えて胞子体と配偶体を培養したところ、世代間で相対生長率に有意差はみられず、世代間の生長特性に違いは見られなかった。本種は、胞子体から放出された四分胞子は配偶体となること、四分胞子が胞子体となるアポミクシスは確認されていないことを考えると、放出された四分胞子の大部分は個体群の維持に寄与していない可能性がある。今後、より詳細な培養実験による各世代の生理特性の解明と未成熟個体の世代判別により、野外で成熟胞子体が優占する要因の特定を試みる。

(海洋大・院・藻類)



**P09** ○谷前 進一郎<sup>1</sup>・Gregory N. Nishihara<sup>2</sup>・寺田 竜太<sup>3</sup>・井上 幸男<sup>2</sup>・松田 悠平<sup>4</sup>：アマモ場の大気-海洋境界面における酸素フラックスの推定

藻場は気候変動や産業活動によって衰退しており、その一次生産力も失われつつある。一方、海藻養殖の需要が高まり、養殖場の面積は世界的に増加している。これに伴い、海藻養殖場が一次生産の場としての機能が注目され、その実用性が調査され始めている。

生態系の一次生産量は、現場の生物や環境要因から影響を受けるため、時間による変動が激しい。そのため、一次生産量を時系列で推定できる開放型溶存酸素法が用いられてきた。しかし、海藻養殖場では海藻が海面付近に位置するため、大気-海洋間の酸素フラックスが一次生産量の推定に強く影響する可能性がある。そこで本研究では、海面近くに位置する植生直上の酸素フラックスの特徴を明らかにすることを目的とした。

長崎県新上五島町有川湾のアマモ場において、2020年8月から2020年11月に酸素フラックスを測定する実験を実施した。実験時の環境要因はデータロガーを用いて10分間隔で測定した。気温を気象庁の公開データから収集した。得られたデータを統計解析ソフトRにて処理し、酸素フラックスが環境要因から受ける影響を調べた。

光合成による酸素生産がない夜間において、風速および水温と気温の差が酸素フラックスに影響していた。このことから、これらの物理的要因が沿岸域表層の一次生産量の推定値に影響することが示唆された。

(<sup>1</sup>長崎大・水産、<sup>2</sup>長崎大・海洋機構、<sup>3</sup>鹿大・院・連農、<sup>4</sup>長崎大・院・水環境)

**P11** ○浦江 壮志<sup>1</sup>・Gregory N. Nishihara<sup>2</sup>・Dominic Belleza<sup>1</sup>・松田 悠平<sup>1</sup>：藻場における魚類群集とその季節変動

藻場は水生生物の餌場や隠れ場となるため、沿岸域の中でも高い生物多様性を持つ生態系である。近年、九州西岸の岩礁域では、四季藻場から春藻場への変化が観測されている。春藻場は、夏から冬にかけて海藻が衰退するため、水生生物の餌場や隠れ家が季節的に減少する。そのため、春藻場への変化はアワビなどの磯根資源や魚類の生産量を減少させる可能性がある。春藻場への変化が水生生物に与える影響を予測するためには、春藻場に生息する魚種やその個体数変動を明らかにする必要がある。そこで、本研究では春藻場の魚類群集とその特徴を明らかにする。また、磯焼け帯の魚類群集と比較することで春藻場の有無が魚類群集に与える影響を明らかにする。

調査は、長崎県新上五島町有川湾のガラモ場、磯焼け帯の2地点を対象に、2020年8月から12月まで毎月行った。両地点に20mのロープを設置し、その左右1mの範囲内で観察された魚種の種、個体数、全長および海藻被度を記録した。更に、データロガーを用いて水温、光量を連続的に観測し、観察された魚種やその全長との関係を調べた。

調査期間を通して、合計28科46種、2195個体の魚類を観察した。磯焼け帯よりもガラモ場の方が観察された魚種と個体数が多かった。また、ガラモ場では磯焼け帯より栄養段階が高い魚種が多く生息していた。このことから、植生によって魚類群集が変化することが示唆された。

(<sup>1</sup>長崎大院・水環境、<sup>2</sup>長崎大・海洋機構)

**P10** ○松田 悠平<sup>1</sup>、磯田 朱莉<sup>2</sup>、Gregory N. Nishihara<sup>3</sup>：アマモ場における海洋ごみの影響

アマモ場は、生物多様性の維持や底質の安定化に貢献し、沿岸域の重要な生態系である。しかし、1978年頃からアマモ場の減少が確認されており、その要因の調査と除去が必要とされている。気候変動や沿岸開発など様々な要因が指摘されているが、近年、問題となっている海洋ごみもアマモ場の減少に影響している可能性がある。海洋ごみに関する報告は、魚類や海生哺乳類による誤飲に関するものが多い。しかし、サンゴ礁域では漁網が絡まり、サンゴを破壊することが指摘されるなど、ベントス生物への影響も考慮する必要がある。サンゴ礁と同様の現象はアマモ場でも発生する可能性がある。そこで、本研究では、海洋ごみがアマモ場に絡むことでアマモ場を破壊している、という仮説を検証した。

本研究は、長崎県五島列島中通島有川湾に自生しているアマモ場で行った。塩ビパイプとロープを用いて、3種のごみ(空き缶、ビニール袋、釣り糸)をそれぞれ海底に固定した。それぞれのごみを設置した場所と対象区のアマモ被度を、1ヶ月ごとに調査した。調査期間は2020年7月から11月とした。

実験期間を通じて、全てのごみの設置場所と対照区のアマモ被度に違いは見られなかった。しかし、実際の現場では、いくつかのごみの下にはアマモが生育していなかった。そのため、今回実験に用いたごみでは、大きさや実験期間も問題から影響しなかったと考えられ、今後、更なる検討が必要である。

(<sup>1</sup>長大院・水環境、<sup>2</sup>長大・水、<sup>3</sup>長大・海洋機構)

**P12** ○玉山 葉<sup>1</sup>・石川 達也<sup>2</sup>・姜 萬求<sup>1</sup>・竹内 大介<sup>2</sup>・藤原 寛斗<sup>3</sup>・駒田 真希<sup>1</sup>・比嘉 瑠<sup>1</sup>・前川 行幸<sup>1</sup>・倉島 彰<sup>1</sup>：三重県沿岸におけるサガラメの回復過程群落と極相群落の比較

大型褐藻のサガラメ *Eisenia nipponica* は水産的・生態的に重要な藻場を形成する。三重県南部に位置する尾鷲湾はサガラメ分布域のほぼ南限である。しかし、2013-2014年にかけて磯焼けが発生し、藻場は消失した。その後、平均潮位0.4-2.0mのごく浅い海域に群落形成の兆候が見られたため、永久枠を設置しサガラメ群落の回復過程の動態を記録した。

尾鷲湾南岸に10×10mの永久方形枠を設置し、2015年12月から2020年12月まで半年に1度調査を行なった。形態を幼体、側葉のある幼体、成体に区別し、位置を記録した。また、調査海域に1×2m永久枠を設置し同様の調査を毎月行なった。また、調査海域近辺に水温記録ロガー(tidbit)を設置し、水温を記録した。

10m方形枠内の総個体数は冬から夏に増加し、夏から冬に減少する傾向が見られた。成体数は毎年増加傾向にあったが2020年12月に大きく減少した。1×2m永久枠では加入の少なかった2015年、2019年級群を除き、翌年まで生残した個体数が6個体以上を示した。水温は生育限界の30°Cを超える日は見られなかった。

調査海域における藻場消失後の回復過程の群落の動態は極相群落のギャップ更新とは異なる加入と生残を示した。極相群落での新規加入数は、林冠を形成する成体数つまり林冠に遮られる光量に制限される(前川1988)。一方、回復過程の群落では林冠形成の最中であるため光量は制限されず、新規加入数は常に増加傾向にあると考えられた。

(<sup>1</sup>三重大院・生物資源、<sup>2</sup>尾鷲市役所、<sup>3</sup>テクノ中部)

**P13** 杉中 渉<sup>1</sup>・高 軼初<sup>1</sup>・野口 遥平<sup>2</sup>・藤田 大介<sup>1</sup>：神奈川  
 県城ヶ島地先中根のムラサキウニ・サザエ除去による藻場回復

城ヶ島地先中根浅所のウニ焼け域（ムラサキウニやサザエが多産しサンゴモが優占）で藻場を回復させるため、ウニ・サザエ除去に加えて有節サンゴモ剥離とカジメスポアバッグ設置を行った。2018年8月に岩盤約25 m<sup>2</sup>をステンレス製チェーンで囲み除去区とし、区内のウニとサザエを毎月除去・計数した。当初平均密度はムラサキウニ3.8個体 m<sup>-2</sup>、サザエ1.8個体 m<sup>-2</sup>、ガンガゼ0.1個体 m<sup>-2</sup>であった。除去区と非除去区の各4か所に永久コドラート（0.25 m<sup>2</sup>）を設置し海藻の種と被度を毎月記録した。2019年5月にha除去区と非除去区の各3か所に永久コドラートを設置し、ブラシとスクレーパーで有節サンゴモを剥離した。結果、海藻の被度は非除去区と比べて除去区で高く（2019年5月～2020年3月）、2018年8月以降の除去区のコドラートでは褐藻4種、紅藻5種、緑藻1種の計10種、2019年5月以降の除去剥離区では褐藻6種、紅藻6種、緑藻3種の計15種が出現した。2019年10月にカジメのスポアバッグを設置した結果、2か月後の12月には幼体が確認でき、2020年3月には除去剥離区で9.3個体 m<sup>-2</sup>、除去区で8個体 m<sup>-2</sup>、非除去区で4個体 m<sup>-2</sup>、非除去剥離区で2.6個体 m<sup>-2</sup>となった。以上、波浪の影響によりウニ侵入防止用フェンスを設置できないウニ焼け域ではそれに代わる対策を組み合わせることで海藻を増やせることが示されたが、さらにアイゴによる食害への対策が必要である。  
 （<sup>1</sup>海洋大・院・応用藻類、<sup>2</sup>神奈川水技）

**P15** 田中 博之・藤田 大介：千葉県漁港斜路海藻植生の現地  
 視察と航空写真判読

漁港の斜路は海藻植生が豊富で、天然の岩礁海岸と比べてアクセスが容易で安全であることから、演者らは藻場のモニタリングサイトとして注目し、全国各地で植生調査を行っている。千葉県では延長534.3 kmの海岸線があり、特に房総半島の太東岬（外房）から富津岬（内房）までの間は岩礁域が多く、天然の藻場も発達している。県沿岸には大小68漁港（分区を含めると72漁港）があり、43漁港（同45漁港）が外房、25漁港（同27漁港）が内房に分布し、岩礁域では特に密である。漁港は多くが複数の斜路を有し、傾斜が穏やかで幅広い斜路が多く、Google Earth（GE）画像が高頻度に更新・追加されていて海藻繁茂期の情報も含まれる。2016年春と2021年冬の現地調査では、ほぼ全漁港斜路にアオサ・アオノリ類、岩礁域漁港の斜路に、アマノリ類、フノリ類、ホンダワラ類などが生育しており、明瞭な帯状分布が認められた。一部の漁港では、アラメ、ワカメ、エビアマモなども確認されたが、東京湾奥や九十九里浜に面する漁港の斜路はほぼアオサ・アオノリ類のみで貧相であった。各斜路では、堆砂、張りブロック穴や溝、滑り材やカキ殻、斜路上方からの排水、斜路縁辺での海水の這い上がりなどにより植生パターンが変化し、複数の斜路を有する漁港では開口部との位置関係により斜路毎の植生の違いも認められた。鮮明なGE画像（2014年3月、2015年10月、2020年3月など）でも斜路の海藻の帯状分布や上記の変更植生の確認、広域比較や時系列比較が可能であった。  
 （海洋大・院・応用藻類）

**P14** 橋本 友明・藤田 大介：日本におけるアメフラシ類による  
 海藻の摂餌観察例

藻場や海藻養殖では植食動物による食害が深刻な問題となる。植食動物ではウニや植食性魚類による被害が甚大で、近年、磯焼けに関連して研究も増えた。一方、サザエや小型巻貝、アメフラシなどの腹足類も海藻を盛んに摂餌するが、知見が乏しい。演者らはアメフラシ類が海藻に及ぼす影響を調べることを目的として、館山市坂田地先で摂餌試験（第44回大会で報告）を行う一方、出現調査（2018年3月～2021年1月）、未発表資料の整理、文献調査および漁業関係者への聞き取りを行った。坂田地先の現地調査では2018年3月（開始）～7月、2018年12月～2019年6月、2020年1～5月および2020年11月～2021年1月（継続）の期間にアメフラシ、クロヘリアメフラシ、アマクサアメフラシ、ミドリアメフラシの4種の出現を確認した。イソモク、オオバモク、トゲモクなどホンダワラ類の葉上に付着し摂餌している様子を観察した。なお、神奈川県城ヶ島地先中根では2017年と2018年の春にワカメ群落にアメフラシの大量発生が認められ、中肋を残して葉状部が消失した。文献調査（1955～2018年）と聞き取り調査では、日本海側では山形県以南、太平洋側では岩手県以南の日本各地で海藻の食害の事例を確認できた。この中ではアマクサアメフラシが最も多く、アメフラシがこれに次ぎ、食害が認められた海藻はワカメ、カジメなどの褐藻が多かった。特にワカメ養殖場での食害事例が目立ち、1～6月（15～20℃）に集中していた。紅藻や緑藻の摂餌は関東以南で散見された。  
 （海洋大・院・応用藻類）

**P16** 寺田 竜太<sup>1</sup>・阿部 拓三<sup>2</sup>・神谷 充伸<sup>3</sup>・川井 浩史<sup>4</sup>・倉  
 島 彰<sup>5</sup>・長里 千香子<sup>6</sup>・坂西 芳彦<sup>7</sup>・島袋 寛盛<sup>8</sup>・田中 次郎<sup>3</sup>・  
 上井 進也<sup>4</sup>・青木 美鈴<sup>9</sup>：環境省モニタリングサイト1000沿  
 岸域調査における藻場のモニタリング 2020年の成果

環境省モニタリングサイト1000の藻場モニタリングは2008年から始まり、北海道室蘭、宮城県志津川、静岡県下田、兵庫県淡路島由良、兵庫県竹野、鹿児島県薩摩長島の6サイトで実施している。調査は垂直分布を把握した上で、生育帯ごとに設置した永久方形枠内の主な構成種と被度を記録している。

調査の結果、室蘭ではマコンブ、志津川ではアラメ、下田と由良ではカジメ、竹野ではクロメやヤナギモクなどが見られたが、長島サイトのアントクメは消失したままだった。また、ここ数年の植生との比較をしてみると以下のとおりだった。1) 室蘭では、マコンブ群落が浅所や岩塊の上部に限られていたが、永久枠内はマコンブやスガモなどが繁茂していた。2) 志津川のアラメは、群落の分布下限付近の個体が2014年に消失したままだが、浅所では繁茂していた。3) 下田のカジメは、葉状部が消失した状態で激減していた。4) 竹野では、樹冠を構成するホンダワラ類の種類や被度に大きな変化は見られなかったが、一部の方形枠でクロメの被度が顕著に増加した。5) 由良では、カジメ、ヨレモクモドキの被度が増加したが、ヤナギモク、アカモクが顕著に減少した。6) 東シナ海に面した長島サイトのアントクメは消失したままだが、八代海内では例年通り見られた。

（<sup>1</sup>鹿大・院・連農、<sup>2</sup>南三陸NC、<sup>3</sup>海洋大、<sup>4</sup>神戸大・内海城セ、<sup>5</sup>三重大・院・生資、<sup>6</sup>北大・北方セ、<sup>7</sup>水研機構・水資研・新潟、<sup>8</sup>水研機構・水資研・甘日市、<sup>9</sup>日本国際湿地保全連合）

### P17 北山 太樹：八丈島のミル属（アオサ藻綱ハネモ目）について

孤島の海藻相は、いわゆる普通種を欠くことがある。2017年から2019年にかけて、国立科学博物館の館内プロジェクト「黒潮」の一環として、絶海の孤島八丈島の海藻相を調査する過程で、ミル属 *Codium*（ハネモ目ミル科）が海岸から5種、同島沖の漂流物から1種が採取されたので報告する。

八丈島の沿岸（底港、神湊、旧八重根、エダマ）から、クロミル *C. subtubulosum*, ハイミル *C. lucasii*, ヒゲミル *C. barbatum*, ホソエダモツレミル（仮称）*C. edule*, モツレミル *C. intricatum* が採集された。過去に記録のあるエゾミル *C. yezoense*, コブシミル *C. spongiosum*, タマミル *C. minus*, ナガミル *C. cylindricum*, ミル *C. fragile* などは採取できなかった。日本新産となるホソエダモツレミルは藻体が又状に分岐し、各所に仮根糸の束を出して互いに接着して絡みあう点でモツレミルに似るものの、藻体が扁円ではなく、直径2-4 mmの円柱状で、分岐の間隔が長く、括れのない円柱形から棍棒形、洋梨形の小囊（直径112-254 μm）をもつことから、ハワイ（タイプ産地）、ミクロネシア、フィリピン、インド洋などに分布が知られる *C. edule* Silva に同定された。一方、同島2 km 沖を漂流していた漁業用ブイからはミルが得られた。ミルはエゾミルと外観が酷似し、文献上の「ミル」がミルではないおそれがある。国立科学博物館に所蔵されている唯一の八丈島産「ミル」（TNS-AL 165961, 1965年7月、神湊産）の標本を観察したところ、小囊の頂端が鈍円で刺状突起がなく、エゾミルであることが明らかとなった。褐藻アカモク *Sargassum horneri* と同様（北山・羽生田 2020）、ミルも黒潮によって八丈島まで漂着しながら定着には至っていない可能性がある。（国立科博）

### P19 ○星野 雅和<sup>1</sup>・北山 太樹<sup>2</sup>・小亀 一弘<sup>1</sup>：真正紅藻ヒビロウド属（*Dudresnaya*）の系統分類

ヒビロウド属（リュウモンソウ科）は、単軸構造で柔らかく、不規則に分枝する直立体、互いに接着しない皮層枝などを特徴とする。現在20種が認められ、日本からは4種が知られる。これらの種は、精子囊のつき方や、四分孢子囊の分裂様式、世代交代様式など、様々な形質に多様性がみられるが、上述の共有形質をもとに同属に纏められる。今回、沖縄島から形態的に新種と思われるヒビロウド属の1種（沖縄種）を得たので、この記載とヒビロウド属の分子系統解析を目的とした。沖縄種と博物館標本（*D. japonica*, *D. minima*, *D. kuroshioensis*, *D. babbittiana*）から、*cox1*, *rbcL*, 28S rDNA の部分配列を得て、GenBank 登録配列とともに系統解析を行ったところ、ヒビロウド属は多系統群であった。*D. minima* と *D. littleri* は他のヒビロウド属の種と遠縁で、*Kraftia* 属や *Dasyphloea* 属、ナミノハナ科の種と高い支持率でクレードを形成した。これら2種を除けば、ヒビロウド属は単系統だが、よく分岐した3クレード（i-iii）に分かれた：i と ii が姉妹、iii がそれらの外群。上述の属内の形質の多様性を分子系統と照らし合わせると属内のクレードを概ね説明できる。ヒビロウド属は複数の属に分けるのが妥当と思われるが、タイプ種 *D. verticillata* の GenBank 登録配列がクレード ii と iii にそれぞれ含まれる。今のところ、どちらが真の *D. verticillata* かわからず、クレード i-iii の分類の整理は難しい。（<sup>1</sup>北大・院・理, <sup>2</sup>国立科博）

### P18 ○笹森 里菜<sup>1</sup>・近藤 理美<sup>2</sup>・北山 知代<sup>2</sup>・鈴木 秀和<sup>1</sup>・神谷 充伸<sup>1</sup>：アオウミガメ消化管内の海藻に関する形態学的および分子系統学的研究

海藻や海草を主食とするアオウミガメの摂餌生態は不明な点が多いため、食性や摂餌海域を明らかにするために消化管内に残存する海藻の形態および遺伝的多様性を調査した。2019年3月に小笠原諸島父島で捕獲された22頭のアオウミガメから海藻片を採取し、形態観察を行った。アオサ藻3種、褐藻10種、紅藻3種が同定され、特に亜熱帯性の褐藻が優占していた。このうち扇形のアミジグサ科藻類が7種確認され、ミトコンドリア *cox3* 領域を用いて分子系統解析を行ったところ、ハイオオギ属2種、シマオオギ属1種は未記載種である可能性が示唆された。一方、温帯性種も確認されており、特にキントキやハリガネが多くのアオウミガメから検出された。これらの海藻が摂餌された海域を推定するため、2019年3月および2020年3～5月に同海域で捕獲されたアオウミガメから得た海藻片に加えて、日本各地の海藻標本を対象としてミトコンドリア *cox1* 領域の遺伝子解析を行った。消化管のキントキから5つ、ハリガネから3つのハプロタイプが検出された。岩手県や伊豆諸島（三宅島及びび根島）、韓国のキントキと一致するハプロタイプもあったが、ハリガネは解析した標本のどのハプロタイプとも一致しなかった。これらの地域で摂餌した可能性もあるが、現時点では日本各地の海藻の遺伝子情報が少ないため、今後このようなハプロタイプ調査を全国的に展開することにより、アオウミガメの摂餌海域を特定できると考えられる。（<sup>1</sup>海洋大・院・藻類, <sup>2</sup>ELNA）

### P20 ○猪野 千尋<sup>1</sup>・星野 雅和<sup>1</sup>・阿部 剛史<sup>2</sup>・四ツ倉 典滋<sup>3</sup>・Nina G. Klochkova<sup>4</sup>・小亀 一弘<sup>1</sup>：北海道産紅藻クシベニヒバ属（*Ptilota*）の系統分類学的研究

北海道には、クシベニヒバ *Ptilota filicina*, カタワベニヒバ *P. asplenioides*, コバノクシベニヒバ *P. phacelocarpoides* の3種のクシベニヒバ属が生育する。クシベニヒバは本州太平洋岸北部、北海道、千島列島、カムチャッカ、北米大陸西岸に分布し、カタワベニヒバは北海道東部、千島列島、カムチャッカ、アラスカ、北米大陸西岸に、コバノクシベニヒバは本州太平洋岸北部、北海道、ロシア沿海州に生育する。今回、北海道産のこれら3種の分子系統学的解析を行った。研究では、北海道産の標本に加え、カムチャッカ、サハリンの標本を使用した。これらの標本から、*cox1* と *rbcL* のDNA塩基配列を決定し、分子系統解析を行った。結果として、クシベニヒバについては、北海道産の標本とタイプ地産（バンクーバー島）に近い地域の標本はそれぞれ異なるクレードを形成し、それらのクレードの遺伝距離は別種と判断できるほど離れていた。カタワベニヒバにおいても、北海道産の標本とタイプ地産（アラスカ）に近い地域の標本はそれぞれ異なるクレードを形成した。北海道産クシベニヒバとカタワベニヒバは新種である可能性が高い。コバノクシベニヒバは、クシベニヒバと同種であると疑われることもあったが、今回の系統解析で独立した種であることが示された。（<sup>1</sup>北海道大・院・理, <sup>2</sup>北海道大・総合博物館, <sup>3</sup>北海道大・北生圏フィールド科学センター, <sup>4</sup>Kamchatka State Tech. Univ.）

**P21** ○山岸 幸正・江木 綾華・花木 優太・馬場 泰志・三輪 泰彦：  
*cox3* 解析から推測されるアカモクの分散能力について

これまでの瀬戸内海しまなみ海域(芸予諸島)におけるアカモク集団のミトコンドリア *cox3* 解析により, 多くの地点でハプロタイプ 18 が優占する中で, 因島八重子島および大三島宗方ではハプロタイプ 13 が優占する集団が存在することが明らかとなり, これらと近隣地点間では遺伝的交流が制限されている可能性が示唆された。そこで本研究では, 八重子島周辺のアカモク集団間の遺伝的交流の程度を推定するために, 2020 年に次の地点からアカモク個体を採集して *cox3* 解析を行った: 八重子島から 16 個体, 八重子島の対岸約 450 m の大浜海岸から 16 個体, 大浜と大川河口(幅約 100 m)を挟んだ中庄海岸の河口側(中庄 A とした)から 13 個体, 河口から少し離れた海岸(中庄 B とした)から 10 個体。

本解析の結果, 八重子島では 2012 年, 2017 年, 2020 年の各年度ともハプロタイプ 13 の頻度が高い集団(それぞれ 81%, 83%, 100%)が維持されていた。大浜では, これまでシダモクから検出されていたハプロタイプ 24 (37.5%)を除くと, 残りすべてはハプロタイプ 13 (62.5%)であった。一方中庄 A では, ハプロタイプ 1 が 92%, ハプロタイプ 18 が 8% という八重子島や大浜と大きく異なる構成であった。中庄 B ではハプロタイプ 1 が 30% のほか, 八重子島に多いハプロタイプ 13 (20%) と因島の他地点に多いハプロタイプ 18 (50%) の両方がみられた。母性遺伝するミトコンドリアの *cox3* は卵(胚)の系統を示すと考えられ, 今回の結果は, 小さな河口域や転石間の砂泥地などがアカモクの胚の分散を妨げる障壁となっている可能性を示唆する。(福山大・生命工)

**P23** ○高木 聖実<sup>1</sup>・関口 卓磨<sup>2</sup>・江村 望<sup>2</sup>・森田 晃央<sup>3</sup>・倉島 彰<sup>3</sup>・佐藤 陽一<sup>4</sup>・上井 進也<sup>1</sup>: 日本沿岸におけるワカメの遺伝的多様性とヒロメの位置づけ

ワカメは形態的, 遺伝的多様性が大きいことで知られている。同属のヒロメとの分布境界域では両種の間形質をもつ個体も報告されており, ミトコンドリア (Mt) ハプロタイプに基づく解析では種ごとの単系統性は示されなかった。本研究では, 核ゲノムに基づくワカメの地理的集団構造とヒロメとの遺伝的関係を明らかにすることを目的とし, Mt ハプロタイプが明らかになっている日本沿岸のワカメ属約 350 個体, 計 43 集団についてマイクロサテライト 12 マーカーを用いた集団遺伝学的解析を行った。

STRUCTURE 解析では, Mt ハプロタイプに基づく地理的グループと矛盾のない結果が得られ, 徳島県鳴門のワカメ集団を含む北日本(北海道から福島県)のワカメ集団は, 関東・東海(千葉県から三重県)のワカメ集団と明確に区別された。本州日本海沿岸(山形県, 兵庫県, 島根県)のワカメ集団では, Mt ハプロタイプでは見られなかった北日本のワカメ集団の影響が検出された。さらに, 三重県沿岸のヒロメ集団は同県のワカメ集団と同じグループに含まれた。主座標分析では, 関東・東海のワカメ集団は三重県のヒロメ集団とまとまり, 北日本のワカメ集団から大きく離れた。遺伝的分化の指標となる Jost's  $D_{st}$  においても, 三重県のヒロメ集団と関東・東海のワカメ集団間の値は, 同ワカメ集団と北日本のワカメ集団間の値より小さかった。したがって, ヒロメは遺伝的にワカメの地域集団の一つだと認識できることが示された。

(<sup>1</sup> 神戸大・内海域, <sup>2</sup> 新潟大院・自然, <sup>3</sup> 三重大院・生物資源, <sup>4</sup> 理研食品)

**P22** ○羽生田 岳昭・川井 浩史: 日本沿岸におけるヒイラギモク(褐藻ホンダワラ属)の遺伝的多様性解明と系統地理学的解析

ヒイラギモクは褐藻ホンダワラ亜属(ヒバマタ目)に属し, 熱帯・亜熱帯域に広く分布している。近年, 海南島(4 地点), 台湾(17 地点)と日本(2 地点)から採集されたヒイラギモクを対象とした系統地理学的解析の結果が報告された(Ng *et al.* 2019)が, 日本沿岸での詳細な研究は行われていない。本研究では, 近年日本沿岸での分布が拡大しているとの報告があるヒイラギモクの遺伝的多様性を明らかにし, 系統地理学的な考察を行うことを目的として, 日本におけるヒイラギモクの分布のほぼ全域から得られた約 100 個体についてミトコンドリアゲノムの塩基配列約 2.7 kbp (*cox3*, *nad3*-16S rDNA)を決定した。

その結果, 23 のハプロタイプが認められた。解析したうち約半数の個体が同一のハプロタイプを示し, このハプロタイプが沖縄から九州, 四国, 近畿, 中部まで広く分布していた一方, 各地域に固有のハプロタイプが認められた。地域毎に中立性検定を行った結果, 近畿と九州が Tajima's  $D$  で有意な負の値を示し, 集団サイズの拡大が示唆された。地域間のペアワイズ  $\phi_{st}$  は全 10 組中 7 組で有意な値を示し, 地域間の遺伝的分化を示した。ミスマッチ分布解析の結果は解析したどの地域も多峰型を示し, 過去にボトルネックのような個体数の大きな増減を繰り返していることが示唆された。加えて現在ミトコンドリア *cox1* 遺伝子の塩基配列を進めており, 日本沿岸において 9 ハプロタイプが認められた。(神戸大・内海域セ)

**P24** ○佐藤 陽一<sup>1</sup>・名越 日佳理<sup>1</sup>・Gregory N. Nishihara<sup>2</sup>・寺田 竜太<sup>3</sup>: 宮城県産養殖ワカメ胞子体の光合成における水温と光量の影響

海藻養殖による二酸化炭素固定能力の定量化が世界的に求められている。その算出のための基本情報として, 種別の光合成特性の把握は欠かせない。そこで, 宮城県松島湾の養殖ワカメを用いて光合成に対する光量および水温の影響を明らかにし, 既報のコンブ目褐藻の結果と比較した。

ワカメの成熟した葉片については, 水温 8, 15, 22°C における光量 0 ~ 1000  $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (9 条件)の純光合成速度を, 光学式溶存酸素センサーを用いて測定した。また, 水温 8 ~ 36°C (4°C 間隔 8 条件)の純光合成速度と呼吸速度も同様に測定した。さらに, 成熟した葉片と幼胞子体については, 水温 4 ~ 36°C (4°C 間隔, ただし 12 ~ 24°C は 2°C 間隔)の 12 条件)の最大量子収率 ( $F_v/F_m$ ) をパルス変調クロロフィル蛍光 (PAM) 測定器で測定した。また PAM を用いて, 光量 100, 1000  $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , 水温 8, 15, 22°C を組み合わせた 6 条件に藻体を 6 時間曝露し, 実効量子収率 ( $\Phi_{PSII}$ ) の経時変化と, その後の暗馴致による  $F_v/F_m$  を測定した。

ワカメの純光合成速度は, 他のコンブ目褐藻よりも比較的低温で飽和し, 暗所適応的な特性を示した。また, 光合成最適水温は多年生コンブ目褐藻で得られた値よりも低く, 本種が 1 年生であり夏季の水温環境では生育できない特性を反映していると考えられた。 $\Phi_{PSII}$  は成熟藻体および幼胞子体のいずれにおいても水温, 光量に関わらず経時的に低下し, 暗馴致後は特に幼胞子体では  $F_v/F_m$  はほぼゼロを示したことから, 養殖初期は高光量を避けるような水深調整の必要性が示唆された。

(<sup>1</sup> 理研食品, <sup>2</sup> 長大・海洋機構, <sup>3</sup> 鹿大・院・連農)

**P25** ○進藤 蒼<sup>1</sup>・遠藤 光<sup>2</sup>・Gregory N. Nishihara<sup>3</sup>・寺田 竜太<sup>4</sup>：  
マコブの光合成に対する環境ストレスの影響

漸深帯に生育するマコブの生理生態を把握することを目的とし、本種の光合成における光の波長、温度、乾燥、塩分の影響やストレス応答を調べた。

材料は北海道室蘭市で採取し、溶存酸素センサーとパルス変動クロロフィル蛍光器を用いて測定した。前者は水温 16°C 下で白、赤、青、緑色の波長をそれぞれ光量 0 ~ 1000  $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (以下  $\mu\text{mol}$ ) で変化させ、光合成・光曲線を作成した。後者は光量 0 と 50  $\mu\text{mol}$ 、水温 4 ~ 36°C 間の 9 条件で培養し、72 時間後の量子収率 ( $F_v/F_m$  と  $\Phi_{PSII}$ ) を測定した。乾燥耐性実験では、16°C、湿度 50% を維持した室内で 0.5 ~ 8 時間乾燥させ、 $\Phi_{PSII}$  を測定した。加えて、乾燥後は海水に戻して 30 分、24 時間後に再び測定し、回復の有無を調べた。塩分の実験では、塩分 0 ~ 60 psu 間の 8 条件で 5 日間培養し、 $\Phi_{PSII}$  を測定した。光合成・光曲線は、青色光が白色光と同等以上の  $P_{max}$  を示し、赤色が利用できる水深での光合成能力が示唆された。量子収率の温度に対する影響は、光のある方が温度の影響が顕著に見られ、特に  $\Phi_{PSII}$  が低温 (8°C 以下) で低下した。乾燥の実験では、乾燥時間が 30 分までは  $\Phi_{PSII}$  の大きな変化は見られなかったが、60 分を超えると顕著に低下した。特に、藻体の含水率 AWC が 60% を下回ると  $\Phi_{PSII}$  が低下し、再び海水に浸しても回復しなかった。一方、生育地の群落最上部に生育するマコブでは、干出中に  $\Phi_{PSII}$  が低下したが、波や飛沫で完全に乾燥することはなく、再び水浸することで回復していた。塩分の実験では、10 から 40 psu の範囲では値は大きく変化せず、塩分 0 と 50、60 psu では培養時間に比例して  $\Phi_{PSII}$  は低下した。

(<sup>1</sup> 鹿大・院・農水、<sup>2</sup> 鹿大・水、<sup>3</sup> 長崎大・環シナ海セ、<sup>4</sup> 鹿大・院・連農)

**P27** ○香川 理<sup>1</sup>・内田 翔太<sup>1</sup>・山崎 大志<sup>2</sup>・大澤 祐美子<sup>3</sup>・伊藤 舜<sup>1</sup>・千葉 聡<sup>1,2</sup>：緑藻カイゴロモと宿主スガイにおける共生的相互作用と付着環境の条件

「共生」は海洋生態系においても多様な分類群で見られる。しかしながら共生の生態的、進化的役割については、多くの海洋生物で未だよくわかっていない。緑藻カイゴロモは、潮間帯の巻貝スガイの貝殻上にだけ付着し、密接な共生系を獲得している。そこで、この系に着目し、両者の相互作用と共生が生じる環境条件を明らかにした。

まずカイゴロモが、宿主スガイの干潮時の熱ストレスを軽減するかという仮説を実験的に検証した。その結果、カイゴロモの存在は、スガイの貝殻内部の温度上昇を抑制し、スガイの生存率を高めた。したがって、カイゴロモはスガイにとって耐熱服としての機能をもつと考えられる (Kagawa & Chiba 2019)。

しかし、カイゴロモは全てのスガイに付着するわけではなく、生息環境によって異なる。そこで私たちは、付着の環境条件を詳しく調べるため、市民参加型調査を立ち上げ、SNS 上でスガイの情報を募った (Kagawa *et al.* 2020)。集まった情報を用いた階層ベイズモデルの結果、カイゴロモは、スガイの利用する基質サイズが大きいほど付着していた。スガイは夏場の干潮時に砂泥に潜ることで熱を回避するとされる一方で、砂泥が少ない岩場では、カイゴロモの付着によって熱を回避していると考えられる。以上から、カイゴロモによる耐熱服としての利益が両者の共生系の維持に寄与したことを示唆する。

(<sup>1</sup> 東北大院・生命科学、<sup>2</sup> 東北大・東北アジア研究センター、<sup>3</sup> 九州大院・天草臨海)

**P26** ○石井 悠<sup>1,2</sup>・石井 宏憲<sup>1</sup>・高橋 俊一<sup>3,4</sup>・黒羽 剛<sup>1</sup>・篠原直貴<sup>1</sup>・横山 隆亮<sup>1</sup>・出口 竜作<sup>2</sup>・西谷 和彦<sup>1</sup>・皆川 純<sup>3,4</sup>・河田 雅圭<sup>1</sup>・丸山 真一朗<sup>1</sup>：褐虫藻が低 pH 条件下でグルコースを分泌するメカニズムと意義

褐虫藻 (Symbiodiniaceae 科渦鞭毛藻) は単細胞から多細胞生物まで多くの生物と細胞内外で共生する。中でも刺胞動物とは低 pH の細胞内オルガネラで共生し、光合成産物を宿主に「渡す」。光合成産物がどのように宿主に渡されるかは、共生成立機構の進化を考える上で重要だが、その仕組みは不明である。我々はグルコース分泌メカニズム解明のため、低 pH 条件下の代謝産物解析、細胞表面構造観察、光合成活性測定、網羅的遺伝子発現量比較を行ったところ、褐虫藻 *Breviolum* sp. が宿主のいない単独培養時でも、低 pH 条件下でグルコースを分泌することを発見した。また、低 pH 条件下で、光合成活性の低下、解糖系および細胞壁合成・分解に関わる遺伝子発現量の変動、細胞表面の壁構造が剥離しやすくなること、などが明らかになった。以上より、光合成活性が抑制される条件では、解糖系によるエネルギー合成のため、細胞壁をグルコースへ分解し、細胞質内への再取込み・再利用が亢進すると予想される。しかし低 pH 環境など、細胞壁分解がうまく制御されない条件では、細胞外にグルコースが「漏れる」と考えられた。本研究から、褐虫藻は、宿主非依存的な単純なストレス応答としてグルコースを排出する能力を持ち、これが多くの生物と共生する能力の獲得につながった可能性が考えられる。

(<sup>1</sup> 東北大院・生命、<sup>2</sup> 宮教大・教育、<sup>3</sup> 基生研・環境光生物、<sup>4</sup> 総研大・生命)

**P28** ○小山 寛<sup>1</sup>・和田 智竹<sup>1</sup>・工藤 榮<sup>1,2</sup>・伊村 智<sup>1,2</sup>・Kvideroová Jana<sup>3,4</sup>・Šimek Miloslav<sup>3,5</sup>・Verleyen Elie<sup>6</sup>・Wilmotte Annick<sup>7</sup>・Elster Josef<sup>3,4</sup>：東南極、宗谷海岸露岩域における湖底微生物マット中の光合成微生物相

東南極、宗谷海岸露岩域には多様な湖沼が点在している。この地域は低温や少雨などの影響から陸上の生物多様性は低い。一方で湖沼には微生物マットと呼ばれる、シアノバクテリアや微細藻類、コケが優占し、湖沼ごとに変化に富む底生生物相の存在が知られている。しかし、その実態に関する知見は少ない。そこで微生物マットの生物相や生態学的機能を解明することを目的とし、4 つの氷河後退湖と 1 つの海址湖における微生物マット中の光合成微生物について、顕微鏡観察による細胞容積の定量、次世代シーケンサーによる 16S rRNA 群集解析、窒素固定能の分析による生態学的機能の定量を組み合わせた多面的なアプローチで分析した。その結果、糸状性シアノバクテリアのコロニーが優占する湖沼、珪藻類が優占する湖沼、糸状性シアノバクテリアと糸状性緑藻類が優占する湖沼が確認され、微生物マットの群集組成は湖沼間で有意に異なっていた (PERMANOVA,  $p < 0.05$ )。また窒素固定能の分析については、夏季に微生物マットが窒素固定を行なっている可能性が 4 湖沼で示された。以上から、湖沼の微生物マットに優占する生物群集は、それぞれの湖沼によって異なり、窒素固定能といった生態学的機能も異なることが示唆された。

(<sup>1</sup> 総合研究大学院大学、<sup>2</sup> 国立極地研究所、<sup>3</sup> University of South Bohemia、<sup>4</sup> Institute of Botany CAS、<sup>5</sup> Biology Centre CAS、<sup>6</sup> Ghent University、<sup>7</sup> University of Liège)

**P29** ○水戸 誠也・吉田 和広・木村 圭：Chaetoceros 属珪藻に対する RNA ウイルスの感染特性

珪藻は地球上の生態系で重要な役割を担っている。そして、この珪藻に感染するウイルスも、珪藻の動態に影響すると考えられることから、生態学的重要性は大きいと考えられている。一方で、珪藻ウイルスに関しては未解明な部分が多く、特に珪藻ウイルスの感染特性やその機構についてはほとんど分かっていない。そこで本研究では、珪藻ウイルスの感染特性を理解するため、ウイルスの感染過程の解明や、ウイルスの感染多様性の解明に取り組んだ。一般的に、ウイルス感染を決定づけるのは「ウイルスの細胞への吸着の可否」か「細胞内でのウイルス複製の可否」のいずれかと考えられている。本研究では、珪藻の RNA ウイルスを対象に、ウイルスゲノムを直接細胞内に導入することで、「吸着過程を素通りさせた時」に感染が成立するかどうかを検証した。珪藻 *C. tenuissimus* に感染する CtenRNA virus 粒子からゲノム RNA を抽出し、このウイルスゲノムを *C. neogracilis* 細胞に直接導入した。導入後にウイルスの複製が観察されたことから、吸着がウイルス感染の可否を決定づけていると示唆された。一方で、複数の CtenRNA virus 株を 57 株の *Chaetoceros* 属珪藻と数十種の *C. tenuissimus* に感染させる感染多様性試験を行った。結果的に、このウイルスの感染が種とは異なる要因で感染成立の可否が決定する事が判明した。これらの結果から、珪藻 RNA ウイルスの感染成立は吸着の成立に関与する細胞表層の因子に依存しているのでは無いかと考えられる。(佐賀大・農)

**P31** ○宮岡 利樹<sup>1,2</sup>・本多 大輔<sup>2,3</sup>：ラビリンチュラ類 *Aplanochytrium* 属株が捕食する微細藻類の解明

原生生物であるラビリンチュラ類は、世界中の海洋に生息し、環境中の有機物を分解吸収する分解者として認識されてきた。しかし最近、*Aplanochytrium* 属株が生きている珪藻 *Skeletonema* 属株を捕食することが明らかとなり、生食連鎖の一部を担っていることが示唆された (Hamamoto & Honda 2019, PloS ONE 14: e0208941)。そこで本研究では、*Aplanochytrium* 属株と多様な微細藻類を二員培養することで、珪藻以外の微細藻類を捕食の対象としている可能性を調査し、その生態学的な役割の解明に向けた基礎情報を蓄積することを目的とした。その結果、シアノバクテリアについては捕食されている様子などは観察されなかったが、ハプト藻類および渦鞭毛藻類、緑藻類については捕食の対象とする可能性が示された。ただし、いずれも *Skeletonema* 属株との二員培養で観察されたほど、その捕食量や細胞の反応は顕著ではなかった。これらの微細藻類は外洋でも豊富に存在し、生態学的にも重要な一次生産者であると認識されており、ラビリンチュラ類が影響を及ぼす範囲について、改めて検討が必要なることを示している。

(<sup>1</sup>甲南大院・自然科学, <sup>2</sup>甲南大・統合ニューロ研, <sup>3</sup>甲南大・理工)

**P30** ○横山 亜紀子・東 博紀・中田 聡史・越川 海：沿岸珪藻 3 種の水温と光量に対する増殖応答と優占種遷移への関与

瀬戸内海東部における冬季の優占種は、過去 50 年間に *Skeletonema* 属から *Chaetoceros* 属等の小型珪藻種へと変化し、その後 *Eucampia* 属へと遷移した。*Skeletonema* 属の出現量と日射量は正の相関があるといわれている一方、*Eucampia* 属の優占化は、長期的な水温上昇や水中光環境 (透明度や日射量) 変化が影響したとも報告される。優占種遷移に関わる各々の種の水温と光量に対する増殖応答は古くから調べられてきたが、研究ごとに培養条件 (水温範囲, 塩分, 明暗周期, 培地等) が異なるため、既報に基づいて種間の増殖応答の差を議論することは容易ではない。本研究では、瀬戸内海東部を代表する優占珪藻 3 種 *Skeletonema marinoi-dohrnii* complex, *Chaetoceros debilis*, *Eucampia zodiacus* について、条件を揃えた培養を行い、水温と光量に対する増殖応答の種間比較を行った。培養試験では、水温は 8 ~ 32.5°C の間で 9 条件、光量は 4 ~ 1160  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  の間で 10 条件を設定した。*In vivo* クロロフィル蛍光値から比増殖速度を求め、水温ごとに強光障害を考慮したモデルで回帰し、水温と光量に対する比増殖速度の応答分布図を作成した。その結果、1) 低光量条件では、水温にかかわらず *S. marinoi-dohrnii* complex, 2) 水温 10°C 付近の高光量条件では *C. debilis*, 3) それ以外の幅広い培養条件では *E. zodiacus* の比増殖速度が優位となることが示された。瀬戸内海東部の播磨灘と大阪湾における水温・光環境と植物プランクトンの出現の関係を解析したところ、珪藻種の出現パターンは、本研究の比増殖速度の応答分布図から推定されるパターンと概ね整合した。したがって、これらの海域における出現種の選択には、水温と光の相互作用が強く影響したと考えられた。

(国立環境研究所)

**P32** ○馬詰 悠<sup>1,2</sup>・石橋 洋平<sup>3</sup>・伊東 信<sup>3</sup>・早川 靖彦<sup>4</sup>・本多大輔<sup>2,5</sup>：マルチパルスエレクトロポレーション法を用いた *Parietichytrium* sp. (ラビリンチュラ類) への遺伝子導入の検討

ラビリンチュラ類 *Parietichytrium* 属は、鎖長伸長と不飽和化の酵素反応をくり返す多価不飽和脂肪酸を合成する経路を持っていることから、遺伝子破壊などによって、中間体となる脂肪酸の生成を制御し得るため注目されている。しかしながら、パーティクルガン法の適用が知られているだけであり、遺伝子導入の効率も低い状況となっている。そこで本研究では、エレクトロポレーション法を用いた、*Parietichytrium* sp. への遺伝子導入法を検討した。まず DNA の代わりに FITC-dextran を用いて、細胞内の蛍光を観察することで、物質の取り込みに適したパルスの電気条件を検討した。その結果、近縁種 *Aurantiochytrium* 属に適用されるエレクトロポレーション法と同程度の電圧条件に加え、物質を細胞内に送達するための低電圧を複数回与えるマルチパルスの優位性が確認された。しかしながら、この条件による DNA を用いたエレクトロポレーションでは、形質転換体を得ることが出来なかった。そのため、これまで用いていた *Thraustochytrium* 属から得られたプロモーターではなく、*Parietichytrium* 属の複数のプロモーターを組み合わせてコンストラクトを設計し、この DNA を用いてマルチパルスエレクトロポレーション法による形質転換体の獲得について検討した。

(<sup>1</sup>甲南大院・自然科学, <sup>2</sup>甲南大・統合ニューロ研, <sup>3</sup>九大院・農, <sup>4</sup>ネッパジーン (株), <sup>5</sup>甲南大・理工)

**P33** ○石原 朋樹<sup>1,2</sup>・森本 冬海<sup>2,3</sup>・谷内 由貴子<sup>4</sup>・奥西 将之<sup>5</sup>・本多 大輔<sup>1,2</sup>：環境 DNA としてのみ認知されるラビリンチュラ系統群の分離株確立への試み

ラビリンチュラ類はストラメノパイルに属する葉緑体を持たない真核微生物である。海水、藻類やデトリタス、動物プランクトンの糞便ペレットなどの様々な基質から普遍的に分離されるため、海洋生態系において重要な生物として注目されている。しかし、これまでの環境 DNA の網羅的解析で認識された主要群の中には、分離株の報告がなく、その学名はもちろん、形態を含む性状が全く不明の系統群が複数存在している。よって、生態学的役割の解明には、これらの未分離の主要系統群に位置するラビリンチュラ類について、他生物との捕食-被食関係や増殖特性などの情報を蓄積することが不可欠な状況となっている。そこで本研究では、沿岸や外洋域において環境 DNA としてのみ認知されている系統群の株を確立することを目指した。海水や泥、動物プランクトンなどの採取物に対して、植物性や動物性の様々な釣り餌を使用し、抗生物質の入った寒天培地に塗布することで分離を行った。現時点では、目的とする未分離の系統群に位置する株の確立には至っていないが、*Aplanochytrium* や *Ulkenia*, *Schizochytrium* などの系統群の株が分離できていることを確認した。

(<sup>1</sup>甲南大・理工, <sup>2</sup>甲南大・統合ニューロ研, <sup>3</sup>甲南大院・自然科学, <sup>4</sup>水産機構・資源研, <sup>5</sup>鹿児島大・水産)

**P35** ○半田 信司<sup>1</sup>・溝瀧 綾<sup>1</sup>・中原-坪田 美保<sup>2</sup>・坪田 博美<sup>3</sup>：長崎と沖縄で確認された気生藻 *Spongiochrysis* スポンギオクリシス属 (シオグサ目, アオサ藻綱) の未記載種の系統と分類

アオサ藻綱シオグサ目に属する *Spongiochrysis* スポンギオクリシス属は、陸上に生育する気生藻類で、*S. hawaiiensis* の1種のみがオアフ島 (ハワイ) のトクサバモクマオウの樹皮から報告されている。本種は昨年日本藻類学会第44回大会で石垣島と西表島にも産することを発表した。今回新たに同属で形質がやや異なる藻株を分離し、系統、分類学的研究を行ったので報告する。サンプルを採取したのは、長崎県大村市の石垣と、沖縄本島のサンゴ岩および石垣島のブロック塀などで、いずれも海岸に近い場所である。*Spongiochrysis hawaiiensis* は直径10-20 μmの球形で、単細胞性、培養によっても糸状体になることは稀である。一方、今回確認された藻体では、球形だけではなく樽型や細長い筒形の細胞からなる糸状体が観察され、BBM寒天平板上での培養形態は、分枝した糸状体が主体となった。核18S rRNA 遺伝子の塩基配列により系統解析を行った結果、今回確認された株は、それぞれ数塩基の相違はあるものの単一のクレードを形成し、*S. hawaiiensis* のクレードと姉妹群となった。さらに、両者を含むクレードは *Pseudocladophora horii* および *P. conchopheria* からなる *Pseudocladophoraceae* カイゴロモ科のクレードと姉妹群となった。現在 *Spongiochrysis* は *Cladophoraceae* シオグサ科に属すとされているが、今後カイゴロモ科との関係性も含めて検討する必要がある。

(<sup>1</sup>広島県環境保健協会, <sup>2</sup>千葉中央博・共同研究員, <sup>3</sup>広島大・院・統合生命)

**P34** ○福岡 将之・鈴木 秀和・神谷 充伸・田中 次郎：日本産海藻附着藍藻イワヒゲノコブ *Placoma adriaticum* の分類学的再検討

イワヒゲノコブ *Placoma adriaticum* (クロオコッカス目, エントフィサリス科) は、アドリア海産紅藻カタオバクサ上から *Oncobyrsa adriatica* として記載されたが、オンコビルサ属の細胞配列が列状となる点からプレウロカプサ目に移された後、本種の細胞配列がプラコマ属に類似するとして新組合せが提唱された。日本では、岡村 (1916) が褐藻イワヒゲ上の藍藻を本種と初めて同定して以降、イワヒゲ以外の海藻からは報告がなかったが、近年演者らはカタオバクサを含む紅藻3種から本藻を採集した。さらに、初めてイワヒゲノコブの16S rRNA 遺伝子解析に成功したので、異なる海藻上から得られた藻体の分子系統解析と形態比較を行った。遺伝子解析の結果、本藻はプレウロカプサ目藻類に近縁であることが明らかになった。プレウロカプサ目の共有派生形質は内生孢子形成と列状の細胞配列とされているが、イワヒゲノコブの内生孢子形成は確認されていない。Mareš (2017) は、本目が多系統であり、その一部が内生孢子を形成しないクロオコッカス目のクレードに含まれるとしたが、本研究はこの見解を支持する結果となった。異なる海藻基質から得た試料を比較したところ、塩基配列は完全に一致し、形態についても、イワヒゲ附着藻塊直径 (2.3 ± 0.9 mm) が紅藻附着藻塊直径 (0.4 ± 0.3 mm) よりも大きい点以外に違いは見られなかった。(海洋大・院・藻類)

**P36** ○犬飼 菜由加・浅川 航輝・藤原 祥子：円石藻 *Pleurochrysis* における石灰化関連タンパク質の解析

円石藻は海洋性の単細胞藻類で、細胞内で形成された円石 (炭酸カルシウムの結晶を含む鱗片) で細胞表面が覆われている。円石藻 *Pleurochrysis haptonemofera* の細胞は、生活環の違いによって円石形成細胞 (coccolith bearing cell, C-cell) と非形成細胞 (naked cell, N-cell) があり、我々はこれらの細胞を用いた cDNA アレイ解析を行い、C-cell 特異的発現遺伝子を標的とした RNAi 法により石灰化関連遺伝子のスクリーニングを行ってきた。また、細胞から円石の基盤となるベースプレート単離し、それを用いて *in vitro* で石灰化を行わせる系を確立した。この際に SDS/DTT 熱抽出によってベースプレートからタンパク質を除去すると石灰化が抑制されることから、石灰化とタンパク質の関与が示されている。本研究では、石灰化の分子機構の解明を目指し、この円石に含まれるタンパク質の同定及び機能の検討を行った。

SDS/DTT 抽出画分に含まれるタンパク質について nano LC-MS/MS による解析を行い、*P. haptonemofera* データベースから Mascot search により探索した結果、このタンパク質は *ConC12* の翻訳産物であることが示唆された。*ConC12* は cDNA アレイ解析で見出された C-cell 特異的発現遺伝子の1つであり、RNAi 法を用いて mRNA レベルを抑制すると円石の形成が阻害されることが分かっている。*ConC12* の全長配列を決定し、大腸菌による組み換えタンパク質を抗原としてポリクローナル抗体を作製し、この抗体を用いてベースプレートや細胞抽出液を使った実験を行う予定である。また、脱灰処理によって円石を除去した細胞は12時間ほどで円石を再形成する特徴に着目し、円石の形成と *ConC12* の発現パターンに相関があるかどうかをリアルタイム PCR によって明らかにする。(東葉大・生命)

**P37** ○佐保 好亮<sup>1</sup>・豊島 拓樹<sup>1</sup>・高市 真一<sup>2</sup>・川崎 信治<sup>1,2</sup>：  
過酷な環境から単離された微細藻類の新規光酸化ストレス耐性機構の解析

光合成生物は強光が付随する乾燥、高塩濃度などの環境ストレス下では、光酸化ストレスの影響により生育が困難となる。我々はこのような過酷な環境から約 100 株の微細藻類をこれまでに単離・保存し、単離株が持つ環境ストレス耐性機構について研究している。真夏のアスファルトから単離したイカダモ科の微細藻類 *Coelastrella astaxanthina* Ki-4 (2019 年に新種として同定) は、光酸化ストレス存在下で赤色化を伴い長期間生存した。この赤色化は、真核光合成生物では報告例がない水溶性のカロテノイド結合タンパク質と判明し、アスタキサンチンを結合することから AstaP と命名した。沖縄で単離した Oki-4N 株 (*Scenedesmus* sp. Oki-4N) からは、ピンク色の AstaP-pink が単離されるなど、現在までに計 4 種のオルソログを報告したが (*Commun. biol.* 3: 490, 2020)、まだ他の微細藻類からの報告例はない。

本学会では、*C. astaxanthina* Ki-4 株が持つユニークな光酸化ストレス耐性機構の全容解明を目的としてオミックス解析を行ったので報告する。トランスクリプトーム解析の結果、ストレス初期に誘導される誘導率 Top 30 遺伝子群の半数以上は機能未知の遺伝子として同定された。プロテオーム解析の結果、細胞内に高濃度に蓄積する AstaP タンパク質に匹敵する蓄積量をもつタンパク質が同定された。またメタボローム解析の結果、糖やアミノ酸、カロテノイド、脂質などストレス付与後の経時的な代謝変動を観察した。本学会では、これらの解析結果をもとに Ki-4 株が持つユニークな光酸化ストレス防御機構を発現する分子プログラムを同定したので報告する。(<sup>1</sup>東農大・院・バイオ、<sup>2</sup>東農大・分子微生物)

**P38** ○片山 智代<sup>1</sup>・Helena Khatoon<sup>2</sup>・Mohd Effendy Abd Wahid<sup>3</sup>・高橋 一生<sup>1</sup>・古谷 研<sup>4</sup>：マレーシア養殖池から得られた高アンモニア耐性をもつ有用微細藻類の探索

微細藻類はエイコサペンタエン酸 (EPA) などの多価不飽和脂肪酸を生成することから、機能性脂質生産量の高い微細藻類の大量培養が近年注目されている。藻類の増殖に欠かすことのできない窒素源として硝酸態に比べ同化効率に優れたアンモニア態窒素を利用することは、培養コスト削減や水産養殖場や工場からの汚水浄化等に繋がるため、応用が期待されている。しかし、多くの微細藻類では高濃度のアンモニア存在下で成長阻害が起こることから、アンモニア耐性を有し、且つ脂質生産量の高い新規微細藻類株を見出す必要がある。本研究では、高濃度のアンモニア環境にさらされやすい養殖池から、アンモニア耐性を有する脂質高生産微細藻類を探索することを目的とした。マレーシアの海産エビ養殖池から単離された計 52 の藻類株について、まず脂質生産能のスクリーニングを行うため、ナイルレッド染色した細胞の蛍光値から脂質生産能の高い株を選定した。次に、これら上位株を対象に、硝酸ナトリウムを窒素源とした通常の人工培地と塩化アンモニウムを窒素源とした改変人工培地 (両培地の窒素濃度は 1.4 mM) での増殖能を比較した結果、4 株がアンモニア耐性を示した。より高濃度のアンモニア存在下でのこれら 4 株の増殖能を調べたところ、緑藻 *Oocystis heteromucosa* は 10 mM-NH<sub>4</sub> の高濃度でも 1.4 mM-NH<sub>4</sub> と同程度に増殖した。他 3 株は > 1.4 mM-NH<sub>4</sub> で顕著な増殖阻害が見られたが、このうち珪藻 *Thalassiosira weissflogii* の 2 株は徐々に高濃度のアンモニアに順化させることで、10 mM-NH<sub>4</sub> まで増殖することが出来た。EPA 含量が *O. heteromucosa* よりも多かった *T. weissflogii* は、アンモニア態窒素を利用した大量培養において期待できる藻類株であることが示された。

(<sup>1</sup>東京大・院・農、<sup>2</sup>Chittagong Veterinary Animal Sci. Univ., <sup>3</sup>Univ. Malaysia Terengganu, <sup>4</sup>創価大・院・理工)

## ポスター発表要旨 (高校生)

**PH1** ○新田 福人・塩谷 大和・濱名 りかこ・松本 岳生：海藻から抽出した色素の吸光度について

植物の色素による蛍光量が、液体窒素による低温状況下 (-196°C) で減少するということが報告されている。本研究では、身近な海藻 (アオサ *Ulva* sp., イワノリ *Porphyra pseudolinearis*, カジメ *Ecklonia cava*, アカモク *Sargassum horneri*, ワカメ *Undaria pinnatifida*) の色素に着目し、含まれる色素の種類と低温下での吸光度の変化について、研究を行った。まず、薄層クロマトグラフィー法で各海藻の含有色素を特定した。このとき、抽出液はアセトン、展開液は石油エーテル：アセトン = 3:1 の溶液を用いた。これにより海藻ごとの含有色素を同定し、特にクロロフィル *a* は全ての海藻に共通して含まれていることが分かった。次に、70% エタノールで海藻から色素を抽出し、常温 (20°C) と低温 (12°C) で 2 時間保存した後、吸光スペクトルを比較した。その結果、全ての海藻において 12°C での吸光度が 20°C の場合より、425 ~ 450 nm (青色光) と 660 ~ 680 nm (赤色光) の波長域で大きく上回っていた。この結果から、海藻に含まれる色素は 12°C 程度の低温でも吸光度が変化することが示された。色素の吸光域より、それぞれの色素の吸光度の変化をみると、クロロフィル *a* (青色光と赤色光を主に吸収) は冷蔵により吸光度が大きく増加し、フェオフィチン *a* (紫色光を吸収) とフィコエリスリン (緑色光を吸収) では吸光度が変化しないことが分かった。これら以外の色素は吸光域が重複していたため、吸光度の差を確認できなかった。

(石川県立七尾高等学校)

**PH2** ○池田 有彩・本多 康生・渡邊 瑞萌・大石 夏士・藤岡 美菜・長崎 誠也・桑原 菜々子・福岡 諒太・澤田 祐志・山下 純基：熊本県内の淡水産ヌマエビ類に見られる共生生物の生息状況

本校生物部は数年前から熊本県内に生息する淡水産ヌマエビ類についての研究を行っている。今回はヌマエビ類にどのような共生生物がいるか、またどのようにして共生するかを明らかにするために研究を行った。県内の河川 14 地点でエビヤドリモ、線虫、ワムシ、ツリガネムシ、エビヤドリツノムシ 5 種類の共生生物を確認した。文献調査を行ったところ、エビヤドリモは 1950 年埼玉で発見され、愛媛と鹿児島県の標本を基に 1971 年に 1 属 1 種の新種 *Cladogonium ogishimae* と記載され (Hirose & Akiyama 1971)、宮崎、佐賀、福岡 (芹澤 (松山) ら 2014; 芹澤ら 2016)、鹿児島 (今井ら 2017) で報告されていた。しかし、それ以外での報告が見つからず、エビヤドリモの生息や生活環を明らかにするため飼育実験を行った。

昨年エビヤドリモを確認した水無川で 2020 年 2 月下旬、7 月中旬に採集したエビではエビヤドリモは未確認だったが、5 月末採集したエビでエビヤドリモを確認できた。また、2 月下旬に採集したエビを飼育したところ、6 月頃からエビヤドリモの発生を確認した。エビヤドリモを確認したエビを用いて別の地点のエビと混合飼育を行ったが、別の地点のエビではエビヤドリモの発生は確認できなかった。

エビヤドリモが発生する時期に季節性がある可能性が考えられる。また、混合飼育した別の地点のエビではエビヤドリモは発生しなかったことから、発生には前年にエビヤドリモと接触することが必要だと考えられる。飼育実験を継続し、検証していきたい。

(熊本県立東稜高校生物部)



# 日本藻類学会第 45 回大会 シンポジウム

## 「藻類研究：多様なアプローチ，見えてきたこと，これから求められること」

主催：日本藻類学会

日時：2021 年 3 月 16 日（火）14:00～17:00

会場：Zoom ウェビナー（LINC Biz からお入りください）

進行：藤田 大介（海洋大）

講演者：野崎 久義（東大），真山 茂樹（東京珪学研），堀口 健雄（北大），奥田 一雄（高大），川井 浩史（神戸大）

本シンポジウムは、現地開催が中止となった第 44 回大会で予定されていたもので、以下の企画趣旨・要旨は「藻類」第 68 巻第 1 号に掲載されたものの再掲になります（要旨中の「本大会」は「第 44 回大会」を指します）。

### 企画趣旨

藻類は、30 億年以上に及ぶ長くて複雑な進化や環境への適応を経て、現在に至る多様化をとげてきた。また、藻類自体が種多様に富んだ生き物であると共に、藻類をよりよく理解するためのアプローチも多様である。特に、前世紀末や今世紀に入ってから研究手法の劇的な技術革新によって、我々の想像をはるかに超える多様な世界が見えるようになってきた。本シンポジウムでは、藻類研究に関する多様なアプローチについて、各分野を切り開いてきた第一人者の研究を通して、「見えてきたこと」や「これから求められること」について論じることを目的とした。

### S01 野崎 久義：湖沼調査から新たなブレークスルーを目指して

私は 20 代までは主に水田産のボルボックス類を研究対象としており、それなりに珍しい属 (*Astrephomene*, *Volvulina*, *Pyrobotrys*) が出てきたので (野崎 1986, 藻類), 特に湖沼に対する興味はなかった。湖沼研究への転換は 1999 年から始まった学部 4 年生を対象とした卒業研究直前の研究室実習であった。生物学科の他の研究室では味わえないことをしなければならないと思い、現地で採集した材料からの新規培養株の確立と形態・分子同定を実施することにした。このためには 6 月の実習の期日に現地に行ってボルボックス類を採集することが必要であった。しかし、ボルボックスは気まぐれで出現する場所も時間も限られており、現地の最新情報がないと採集できないのが普通である。また、文京区本郷から現場に行って帰ってからその日の内に実習室で培養株を確立しなければならないという条件もあった。思い出したのが相模湖・津久井湖の水質を定期的に調査している神奈川県谷ヶ原浄水場の斎藤昭二さんであった。1988 年にこれらダム湖の水質検査で出現するボルボックス類の問い合わせがあったのだ。この浄水場ならばいつでもボルボックス類が出現しているという最新の情報を持っていると思い、浄水場に連絡してみると斎藤さんは若くして他界していた。しかし、後任の有井静江さんが我々に約 20 年もの長いあいだボルボックス類の出現状況を提供して下さった。その御蔭で、相模湖産のプレオドリナの新種とオス特異的遺伝子 "*OTOKOGI*" (*PlestMID*) の発見がもたらされ、ボルボックス類の性進化研究のブレークスルーとなった (Nozaki *et al.* 2006, *Curr. Biol.*; Ferris *et al.* 2010, *Science*; Hamaji *et al.* 2018, *Commun. Biol.*)。更に 2013 年から開始した古代湖の琵琶湖調査ではボルボックスのヘテロタリック新種と近縁なホモタリック日本新産種を明らかにした (Nozaki *et al.* 2015, *PLoS ONE*)。現在、これら 2 種の新種を全ゲノム解析を実施してボルボックスのホモタリック種進化の分子遺伝学的基盤を解明しつつある。更に熱帯の古代湖は進化生物学的に非常に興味深いと思い、2018 年からアフリカの古代湖の調査も開始した。しかし、相模湖・津久井湖の研究は終わってはいない。私の定年間に突然参入した若き 2 名が本湖沼のボルボックス類を対象に性の進化学のブレークスルーの芽生えとなる研究を開始した (本大会で発表予定)。  
(東大・理学系・生物科学)

### S02 真山 茂樹：珪藻殻の多様性を理解する

珪藻は単細胞性でありながら、推定 20 万種とも言われるほど多様に分化した藻類である。これは珪藻がガラス質の細胞壁(殻)を持つことで、多様な形態表現を可能としたことがその一因であろう。この殻の美しさは長年の間、多くの人々を魅了する一方、類似した殻形態は同定において常に人々を悩ませてきた。光学顕微鏡の時代では、平面的な殻の形と模様が全てであったが、電子顕微鏡の登場により、特定の殻の微細構造の「ある・なし」が重要視されるようになった。しかし、そのような形質を欠くグループでは電子顕微鏡観察は無効であった。これを補完するものとして連続的に変化する形質をクラスターとして捉える多変量解析を用いた計量形態分析が登場した。これらの分析結果と分子系統データの組み合わせが今日では、より信頼性の高い分類を提供するようになった。

どの遺伝子が殻形態の何をどこまで決定するかについては未だ謎が多い。しかし、殻構造における最も小さな部品である、胞紋を閉ざす薄皮とその穿孔の類似構造は、珪素イオンと長鎖ポリアミンの物理化学反応で *in vitro* で合成が可能である。また、殻に縞模様を与える条線構造は、殻の大小にかかわらず密度がほぼ一定であるが、その数は変動する。さらに、殻の有基突起の数は環境変動により数が変動する。これらの事実は、遺伝子が殻の形の全てを直接に決定しているわけではないことを示している。殻の形態を理解するためには、その形成過程を知ることも重要である。ガラスは硬く、形は変わらないと思われがちだが、珪藻の殻形成の初期段階では、重合したシリカ粒子により作られた構造は形を変えることができる。進化における放射相称の模様を持つ中心珪藻から、左右相称の模様をもつ羽状珪藻への変化は、殻の模様のパターンセンターがリング形の中心環から線形の中肋へ変化したことを意味するが、この形態の変化は無縦溝珪藻の殻形成の初期段階で観察される。また、無縦溝珪藻から縦溝珪藻への進化は、原始縦溝珪藻や縦溝珪藻の殻形成の過程に反映されている。

多くの人が見る珪藻の殻は、珪藻が生物として構造を作るプロセスの最終段階のものである。しかし、形態形成に関わる遺伝子の研究や細胞骨格による形の誘導など、解き明かさなければならない問題は未だ山積みである。今後の当該分野における活発な研究を期待したい。  
(東京珪学研)

### S03 堀口 健雄：渦鞭毛藻研究～多様性・進化・細胞内共生～

渦鞭毛藻類は、単細胞の真核生物で淡水から海水まで広く分布する。他の生物群にはみられない特殊な核（渦鞭毛藻核）をもつなど生物学的にも興味深い生物群である。演者は長年、渦鞭毛藻類の分類学的研究に携わってきた。また、透過型電子顕微鏡を用いて細胞内構造を調べることも多く、その過程で細胞内共生の存在に気づくこともあり、実際それをきっかけに渦鞭毛藻類における細胞内共生の研究もおこなってきた。本講演では、演者の研究室で実施してきた渦鞭毛藻類の種多様性研究の概要を報告するとともに渦鞭毛藻類における細胞内共生と葉緑体進化に関する研究成果についても紹介したい。

演者の研究室では、渦鞭毛藻類の大部分（約70%）を占める海産のプランクトン性種はほとんど研究対象とはせず、砂浜の砂粒の間隙などに生息する底生性渦鞭毛藻類、タイドプールに特異的に生息する種、海産無脊椎動物などに寄生する寄生性の種、淡水域に生息する淡水産種などを主な研究対象としてきた。ここではこれらの成果について簡単に紹介するが、特に底生性渦鞭毛藻類に関しては、鹿児島島の馬毛島沖水深30～50mの海底に生息する砂地性の渦鞭毛藻類の多様性研究および北海道の海岸の砂浜の下に広がる暗黒の地下水脈に生息する砂地性渦鞭毛藻類の多様性研究と言った全く異なるハビタットに関する研究成果も含む。私達が長年実施してきた様々な渦鞭毛藻類をターゲットとした分類学的研究の多様な展開について紹介できればと思う。

渦鞭毛藻類の中には少数（<20種）ながら、細胞内に珪藻を共生させ、その珪藻由来の葉緑体を光合成に利用している種が知られる。これらの渦鞭毛藻はディオトムと呼ばれ、全てのディオトムは単系統である。従って、ディオトムは共通祖先の段階で1種類の珪藻を取り込んで細胞内共生を確立し、その後、多様化したと考えられるが、実際には多様化した系統でそれぞれ何回も共生珪藻を入れ替えていることを私達は見いだした。この点も含め、私達の描いたディオトムの進化の物語は想像をはるかに超えて複雑なものであった。

(北大・院・理)

### S04 奥田 一雄：海産多核緑藻の細胞分裂と体づくり

海に生育している藻類は海藻です。私たちの目に触れる大型の海藻のなかまは大きく分けて3つあります。1つ目は紅藻（こうそう）で、おにぎりを包む海苔とかテングサなどを含んでいます。2つ目はワカメやマコンブなどの褐藻（かっそう）です。そして、3つ目がアオサ、アオノリなどを含む緑藻（りょくそう）です。緑藻の祖先から陸上へ進出した系統はいわゆる陸上植物と言われているコケ植物とシダ植物と種子植物です。一方、紅藻と褐藻の祖先から陸上へ進出した系統はありません。

講演のタイトルにあります海産多核（たかく）緑藻というのは、海に生育する緑藻に含まれており、以下に示すように、他の藻類や植物とはまったく異なるきわだった特徴をもっています。

1. 細胞が大きすぎる（数ミリメートル～数センチメートル）。
2. 1つの細胞は数百から数千個の核をもつ。
3. 種によって細胞の形が（細胞の成長の仕方が）違う。
4. 細胞をつぶしても生き残って再生する。

講演では、多核緑藻3種（サイノメアミハ、キッコウグサ、バロニア）のそれぞれにおいて、特有の細胞分裂と体のつくりを紹介します。これらの細胞分裂の進み方とそれに伴う体のつくられ方の特徴や、細胞分裂に影響を及ぼす物理的・化学的要因、さらに細胞分裂に関与する細胞骨格（微小管とアクチンフィラメント）の挙動についても触れていきたいと思います。

細胞分裂の進み方は次の通りです。原形質が同時に複数のかたまりに分離し、それらが娘細胞に発達するという分割細胞分裂があります。隔壁の形成はありません。分割細胞分裂には微小管が関与する様式（サイノメアミハ）とアクチンフィラメントが関与する様式（キッコウグサ）があること。それに対してバロニアでは、細胞の一部分で原形質が円盤状に集合し、その原形質を円盤の周囲から中心方向へ切り採るように隔壁ができ、母細胞の表面に出芽するようにレンズ状の細胞が形成します。これはレンズ状細胞形成という独特の細胞分裂様式です。この細胞分裂には原形質の移動と局在、さらに隔壁の進行に関わるいくつかの特別な微小管系が見つかりました。

みなさんには、多核緑藻の生きざまを通して、まだまだ知られていない奇妙で多様な生物と生命現象に興味と関心を持ってもらえれば幸いに思います。

(高知大)

### S05 川井 浩史：コンブ類の初期進化と系統分類

コンブ、ワカメやジャイアントケルプに代表されるコンブ類は、褐藻の中でももっとも大型で複雑な形態の藻体を作り、また両半球の寒帯から亜熱帯までの広い範囲に分布し、沿岸生態系の重要な構成要素となっている。これらコンブ類の目レベルの分類は、「大型の胞子体と、卵生殖を行う小形の配偶体の中で異形世代交代を行う」と「介生成長する成長帯や光合成産物の輸送に関係するトランペット形細胞糸などの胞子体の特徴的な形態」によって褐藻類の他の目（分類群）とは明確に区別可能であるとされてきた。このため、ツルモ類は胞子体の形状は大きく異なるがコンブ目に含められ、その祖先的な系統群であると考えられてきた。しかしその一方で、コンブ目の形態が独特であるが故に、褐藻類の他の系統群との類縁関係については不明な部分が多かった。その後、分子系統学的解析の導入により、褐藻類の各系統群間の進化的な類縁関係が明らかにされると、それまで形態学的な根拠から類縁関係が示唆されていたコンブモドキやニセツルモ類がコンブ類と姉妹群であることが確認され、また意外なことにシオミドロ目とコンブ目が系統的には近縁であることも明らかになった。しかしながら、依然としてコンブ類の一般的なコンブ類と、これらの祖先的な系統群の間には非常に大きな進化的なギャップが見られ、また一般的なコンブ類の科レベルの分類もやや混乱した状況にある。すなわち、比較的単純な形態で一年生の胞子体をもつ祖先的なグループと、葉状部・莖状部・ハブテラ状の付着器が分化し、大型で多年生の胞子体を持つグループの間をつなぐコンブ類がどのようなものであったのかは依然として不明であり、また伝統的な形態学的特徴に基づく種、属、科レベルの分類についても多くの疑問が残されている。ここでは、演者がこれまでに行ってきたコンブ類の初期進化についての研究の概要と、アナメ類、カジメ・アラメ類の分類学的な再検討の結果について紹介する。

(神戸大・内海域)