

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 10 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22370024

研究課題名（和文）藻類における雌雄非対称性の成立とオルガネラ遺伝の方向を決める形態と構造の探索

研究課題名（英文）Sex asymmetry and morphological structure deciding the direction of organellar inheritance in the algae

研究代表者

河野 重行（KAWANO SHIGEYUKI）

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：70161338

研究成果の概要（和文）：動物においても、植物においても、雌雄は正確に2つであって、大きな雌(♀)の配偶子と小さな雄(♂)の配偶子になる。ただ、同形や異形という中間体があるのは藻類において他になく、アオサ藻綱のヒラアオノリは同形と異形の中間段階にある。その配偶子には4本の鞭毛根（1d, 1s, 2d, 2s）があり、眼点は1dと2sで区切られた面にあって、雌(♀)の接合装置は眼点と同面に、雄(♂)のそれは反対面にあった。この雌雄非対称性はオルガネラ遺伝の方向性と同じであることが分かった。

研究成果の概要（英文）：In animals and in plants, the number of sexuality is correctly two and they turn into a big female gamete and a small male gamete. There are evolutionary intermediates as called “isogamete” and “anisogamete” in the algae. The Ulvophyceae, *Ulva compressa* is at an early evolutionary stage between isogamy and anisogamy. There are four flagellar roots (1 d, 1s, 2 d, 2s) in the two gametes. The eye spot is located in the field directed in 1d and 2s. A female mating-structure is located in the same field of the eye spot whereas male one is located in the opposite side. This sex asymmetry has been revealed to be synonymous with the directivity of organelle inheritance

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	5,400,000円	1,620,000円	7,020,000円
2011年度	4,400,000円	1,320,000円	5,720,000円
2012年度	4,400,000円	1,320,000円	5,720,000円
年度			
年度			
総計	14,200,000円	4,260,000円	18,460,000円

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・形態・構造

キーワード：形態形成

1. 研究開始当初の背景

アオサ藻と褐藻は起源も形態も全く異なる分類群（植物とストラメノパイル）に属しているが、有性生殖の進化は同じで、同形配偶子から異形配偶子を経て卵と精子の生殖へと進化する。雌雄に大小を生じさせたものは何か？ 雌(♀)が大きく雄(♂)が小さくなる

のはなぜか？ オルガネラ遺伝の方向に関して、4系統8株の網羅的交雑とF2、F3世代の解析から、交配型や雌雄非対称性との連鎖の有無を確かめ、比較形態学的手法を用いて雌雄が大小2つの性に収斂する謎を解き明かしたい。

葉緑体の母性遺伝に関する決定的な研究

はクラミドモナスでなされた。薬剤耐性株を用いて葉緑体 DNA(cpDNA)が交配型プラス親(mt+)から遺伝することが突き止められ(Sager and Lane 1972)、雌雄配偶子の接合直後に交配型マイナス親(mt-)に由来する葉緑体の核様体が選択的に消失することが示された(Kuroiwa *et al.* 1982)。ミトコンドリアは、葉緑体と比べると、DNA 量が少なく、顕微鏡で mtDNA の選択的分解を実証するのが困難であった。最初にミトコンドリア(mt)核様体の消化が報告されたのは真正粘菌で、接合時に片親由来の mt 核様体が一斉に小さくなって完全に消失する。今では、メダカの受精卵などでも、精子由来の mtDNA の消失が観察できるようになっている。

卵と精子、2つの性は、大きさの違いとして最初に生じたとされる。大型で栄養を蓄えた配偶子と、小型で運動性に富む配偶子が形成され、中間的なものが脱落することで、卵と精子、2極性の性が進化した。配偶子が大小2つの性に分極化することは、初期のコンピュータシミュレーションでも確かめられている。有性生殖が出現したとき、配偶子がほぼ同じ大きさだったことは確実で、おそらくは小さなものであったろう。動物の場合、現存する種はほぼ例外なく卵と精子による受精で、同形配偶子接合や異形配偶子接合は見られない。一方、藻類には、褐藻、黄緑藻、アオサ藻、緑藻など、それぞれ独立に同形配偶子生殖から異形配偶子生殖を経て卵生殖になった分類群が見られる。

同形配偶子生殖のクラミドモナスが2つの交配型(mt+, mt-)をもつことはよく知られている。アオサ藻で同形配偶子生殖する種の交配型も2つである。交配型を雌雄と読み換えれば、雌(♀)が大きくなり、雄(♂)は小さくなったのであって、大きい配偶子が雌(♀)に、小さい配偶子が雄(♂)になったのではなさそうだ。大小で雌雄が決まったのではないとすれば、雌雄を決める性的二形性とは何だったのだろうか？

2. 研究の目的

本研究課題では、アオサ藻(ヒラアオノリ)と褐藻(カヤモノリやムチモ)を用いて、同形から異形への配偶子の進化で、大小よりも前に分化する性的二形性とは何かを、免疫サブトラクション法に加え、FE-SEM(走査電顕)と連続切片法によるTEM(透過電顕)によって明らかにする。また、雌雄性とオルガネラ遺伝の方向に連鎖が認められるか？ 網羅的な交雑にF2、F3以降の解析も加えて明らかにする。

ポストゲノムが標榜されて久しいが、藻類の多くは古典的ではあっても、ゲノム研究はもちろん遺伝学さえない種がほとんどである。地球温暖化と環境破壊が報じられるなか、

生物の多様性に大きな関心が寄せられており、藻類の新たなモデル生物を開拓する好機でもある。褐藻にはヒバマタ、コンブ、ジャイアントケルプといった海洋資源も多く、ゲノム研究を含めた総合的な研究が求められている。褐藻シオミドロのゲノムプロジェクトが欧州で完了し、新型シーケンサーの普及で藻類でもゲノム研究がブレイクする可能性がある。

アオサ藻と褐藻を用いて、何が雌雄の配偶子に大小を生じさせたかを明らかにしたい。オルガネラ遺伝とその方向性を決める配偶子の性的二形性とは何かを明らかにしたい。アオサ藻も、褐藻も、単一系統群で独立に同形から異形を経て卵生殖への進化が観察できるので、雌雄性の起源とオルガネラ遺伝との関係に多くの知見を与えるだろう。ヒラアオノリという新たなモデル生物を提供するという意味で野心的である。また、「免疫サブトラクション法」は、ホルマリン固定した配偶子をもそのまま表層抗原として抗血清を作製し、それを別の交配型の配偶子で吸着することができる。原理的には全ての種に应用可能で、藻類の雌雄性研究に極めて大きなブレイクスルーとなる。

3. 研究の方法

本研究計画では、「免疫サブトラクション法」の再現性を検討するとともに、逆のサブトラクションで、雄(♂)の接合装置に特異的な抗体を調製する。サブトラクションの方法を工夫することで、雌雄に特異的な抗体を複数ずつ調整できるのではと期待している。

<平成 22 年度>

(1) 雌雄と連鎖する性的二形性(配偶子の大小、交配型、接合部位の配向、オルガネラ遺伝の方向性)とは何か？ アオサ藻綱のヒラアオノリは単相(n)と複相(2n)の葉状体は形態的に区別できない。また、接合に関与できなかった配偶子(n)は、単為発生で葉状体を形成し、再度配偶子を放出することが知られている。遺伝解析ではこれらの個体を区別する必要がある。加えて、系統関係を明瞭にするためにも、マイクロサテライトマーカーとオルガネラ DNA マーカーが必要となる。マイクロサテライトに関しては SNX リンカー・オリゴプローブ法(Hamilton *et al.* 1999)で単離し、葉緑体とミトコンドリアもゲノム配列が公開されているアオサ藻綱の近縁種 *Pseudendoclonium akinetum* の遺伝子配置を参照し、PCR-RFLP で識別できる DNA マーカーを得た。

(2) 免疫サブトラクション法と FE-SEM を用いて、配偶子の細胞表層に接合装置の性的二形性を検出できないか、その再現性を調査すると同時に、雌(♀)ではなく、雄(♂)の接

合装置を認識する抗体を調製できないか検討した。免疫サブトラクション法は簡便で、ゲノムデータが十分でない藻類でも雌雄の性的二形性に関わる遺伝子を軒並み同定できるようになる可能性がある。免疫サブトラクション法は雌雄の配偶子が別々に単離できれば可能なので、培養可能な緑藻や褐藻はもちろん、培養が難しいものでも野外採集した配偶体から放出された配偶子を使うことにした。

<平成 23 年度以降>

(3) 接合部位の非対称性を形作る、鞭毛根、眼点顆粒、接合装置の配偶子形成期のダイナミクスを、連続切片法を用いた TEM 観察で明らかにした。免疫サブトラクション法と FE-SEM と TEM の免疫電顕、予備的な研究で、FE-SEM を用いて眼点と接合装置を同時に観察する「乾燥ストレス法」を開発した。この方法なら、FE-SEM を用いて、眼点と接合装置を同時に観察できる。同形配偶子接合といわれているクラミドモナスでも接合装置に明らかな性的二形性(雌の接合管)が見られるが(Miyamura et al. 2009)、進化の極初期の同形配偶子は両者が全く同じ構造をしていたらと想像される。ヒラアオノリは配偶子放出を同調できる。配偶子誘導した雌雄それぞれの配偶体で、配偶子形成に従って眼点と接合装置が形成される過程を追跡することで、雌雄の非対称性がどうやって形成されるのかそのダイナミクスを解析した。眼点顆粒は光顕でも電顕でも容易に識別できるので、その形成と移動は追跡しやすい。接合装置に関しては「免疫サブトラクション法」で調製した特異抗体が役だった。

(4) 母性遺伝で消失する葉緑体とミトコンドリアと雌雄の非対称性との関連を探る。ヒラアオノリ 4 系統 8 株を用いて予備的に葉緑体とミトコンドリアの遺伝様式を予備的に調べている。F2、F3 世代の解析も準備をすすめた。多くの種で葉緑体もミトコンドリアも基本的には片親遺伝すると考えられているが、藻類などでも網羅的な交雑でオルガネラ遺伝の方向性を調査したものはない。ヒラアオノリで調査中の交雑例を見ると、予想される以上に父性や両性遺伝が多いことがわかる。また、葉緑体とミトコンドリアでは異なる交雑例で父性や両性遺伝が見られることから、葉緑体とミトコンドリアでは異なる原理でオルガネラの排除が行われている可能性がある。ヒラアオノリでは、4 系統 8 株を用いて母性遺伝に加え、父性や両性遺伝する交雑の選択ができるので、相反する組合せで起こるオルガネラの形態構造変化を、TEM の連続切片法と三次元立体構築で解析することを可能にした。

本研究課題では、鞭毛装置と鞭毛根に対する対称性という観点から、遺伝するオルガネ

ラと排除されるオルガネラ、リソソームとの関係を解析した。

4. 研究成果

免疫サブトラクション法の再現性を検討するとともに、正逆のサブトラクションで、雄(♂)の接合装置に特異的な抗体の調製ができた。主な成果は以下の通りである。

(1) ヒラアオノリの培養系統をさらに増やし、配偶子の大小が真正の性的二形性なのか単なる地域差なのかを解析した。系統関係を明瞭にするためにマイクロサテライトマーカーとオルガネラ DNA マーカーを単離した。マイクロサテライトに関しては SNX リンカー・オリゴプローブ法で単離することに成功しているし、葉緑体とミトコンドリアもゲノム配列が公開されているアオサ藻網の近縁種の遺伝子配置を参照し、PCR-RFLP で識別できる DNA マーカーを得ることができた。

(2) FE-SEM は、試料の乾燥法を工夫することで、眼点や接合装置など細胞表層からは識別が難しい構造を観察できるようにした。「凍結乾燥法」を工夫もて、雌(♀)の接合装置に特異な顆粒状の構造を観察できるようにした。透過電顕も用いることで、雄(♂)の表層や接合装置に何か特異的な構造を観察できるようにした。

(3) ヒラアオノリの培養方法を再検討して雌雄配偶子の大量供給を可能にした。このことで雌雄配偶子の EST ライブラリー構築、ゲノムシーケンス、プロテオーム解析が可能となった。

(4) ヒラアオノリのマイクロサテライトマーカー、葉緑体とミトコンドリアの DNA マーカーを取得することができ、葉緑体とミトコンドリアの遺伝様式の大規模解析を実施した。

(5) 抗雌(♀)抗血清と抗雄(♂)抗血清を用いて蛍光抗体染色をおこない、雌雄に特異的な細胞構造の発見に務めている。接合装置だけでなく雌雄の膜が融合する領域の染色にも成功した。

(6) 雌雄配偶子で 67~69 万リード規模の EST を構築した。また、雌雄配偶子で 77~95 万リード数程度ではあるが全ゲノム解析を行った。さらに、共同研究で、雌雄配偶子の細胞膜分画をマスでプロテオーム解析した。いずれも限られた規模なので、3 つのデータをそれぞれ補完することで、雌雄特異的な遺伝子群の同定を可能にした。

(7) 免疫サブトラクション法で配偶子の細胞表層に接合装置の性的二形性を検出した。ウェスタンブロット解析から、免疫サブトラクション法の抗原となっているタンパク質 (250kDa と 80kDa) を確認した。サブトラクションの方向を逆にして、雌(♀)ではなく、雄(♂)の接合装置を認識する抗体も調製でき

ることを確かめた。

(8) ヒラアオノリの雌雄配偶子を用いて、EST とゲノミックライブラリーを構築し、シーケンスレベルのサブトラクションで雌雄に特異的な遺伝子を同定できないかを検討した。「ゲノム支援」の全面的な協力を受け、植物から動物まで広く保持し、雄性配偶子で特異的に発現する GCS-1 に注目し、その雌雄のゲノム構造や発現様式を解析した。

(9) 雌雄配偶子の非対称性について GCS-1 抗体と FE-SEM を用いて解析した。GCS-1 抗体は、雄(♂)配偶子の接合装置付近の表層抗原を認識しており、接合時に雌雄の接合を特異的に阻害することが明らかとなった。雄(♂)の接合装置の表面構造と GCS-1 との関係に関しては金コロイドを用いた免疫 FE-SEM で解析している。これらの解析で雌雄配偶子の接合装置の非対称性に直接関わる因子を明らかにできることが分かった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 50 件)

- ① Imoto, Y., Kuroiwa, H., Yoshida, Y., Ohnuma, V., Fujiwara, T., Yoshida, M., Nishida, K., Yagisawa, F., Hirooka, S., Miyagishima, S., Misumi, O., Kawano, S. and Kuroiwa, T.: Single membrane bounded peroxisome division revealed by isolation of dynamin-based machinery. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. In printed (2013). 査読有
DOI:10.1073/pnas.1303483110
- ② Yamazaki, T., Owari, S., Ota, S., Sumiya, N., Yamamoto, M., Watanabe, K., Nagumo, T., Miyamura, S. and Kawano, S.: Localization and evolution of septins in algae. Plant J. in press (2013). 査読有
DOI: 10.1111/tpj.12147
- ③ Wayama, M., Ota, O., Matsuura, M., Nango, N., Hirata, A., and Kawano, S.: Three dimensional ultrastructural study of oil and astaxanthin accumulation during encystment in the green alga *Haematococcus pluvialis*. PLoS ONE, 8(1): e53618 (2013). 査読有
DOI: 10.1371/journal.pone.0053618
- ④ Mizuno, Y., Sato, A., Watanabe, K., Hirata, A., Takeshita, T., Ota, S., Sato, N., Zachleder, V., Tsuzuki, M., and Kawano, S.: Sequential accumulation of starch and lipid induced by sulfur deficiency in *Chlorella* and *Parachlorella* species. Bioresour. Technol. 129, 150–155 (2013). 査読有
DOI: org/10.1016/j.biortech.2012.11.030
- ⑤ Terauchi, M., Nagasato, C., Kajimura, N., Mineyuki, Y., Okuda, K., Katsaros, C., Motomura, T.: Ultrastructural Study of plasmodesmata in the brown Alga *Dictyota dichotoma* (Dictyotales, Phaeophyceae). Planta 236: 1013-1026 (2012). 査読有
DOI: 10.1007/s00425-012-1656-4
- ⑥ Kazama, Y., Nishihara, K., Fujiwara, M., T. Abe, T., and Kawano, S.: SIWUS1; A novel X-linked gene having no homologous Y-linked copy in *Silene latifolia*. G3, 2, 1269-1278 (2012). 査読有
DOI: 10.1534/g3.112.003749
- ⑦ Sumiya, N., Owari, S., Watanabe, K., and Kawano, S.: The role of multiple FtsZ rings in chloroplast division under oligotrophic and eutrophic conditions in the unicellular green alga, *Nannochloris bacillaris* (Chlorophyta, Trebouxiophyceae). J. Phycol. 48, 1187-1196 (2012). 査読有
DOI: 10.1111/j.1529-8817.2012.01204.x
- ⑧ Nishikawa, T., Moriyama, Y., Sato, M., Sano, T., Hasezawa, S., Ota, S., and Kawano, S.: Isolation of mitochondrial and plastid ftsZ genes and analysis 1 of the organelle targeting sequence in the diatom *Chaetoceros neogracile* (Diatoms, Bacillariophyceae). Phycol. Res. 60, 123-136 (2012). 査読有
DOI: 10.1111/j.1440-1835.2012.00644.x
- ⑨ Fujita, N., Torii, C., Ishii, K., Aonuma, W., Shimizu, Y., Kazama, Y., Abe, T., and Kawano, S.: Narrowing Down the Mapping of Plant Sex-Determination Regions Using New Y Chromosome Specific Markers and Heavy-Ion-Beam Irradiation-Induced Y Deletion Mutants in *Silene latifolia*. G3, 2, 271-278 (2012). 査読有
DOI: 10.1534/g3.111.001420
- ⑩ Vítová, M., Binová, K., Hlavová, M., Kawano, S., Zachleder, V., and Biřková, M.: *Chlamydomonas reinhardtii*: duration of its cell cycle and phases at growth rates affected by temperature. Planta 234, 599-608 (2011). 査読有
DOI 10.1007/s00425-011-1427-7
- ⑪ Vítová, M., Biřková, K., Umysová, D., Hlavová, M., Kawano, S., Zachleder, V., and Čížková, M.: *Chlamydomonas reinhardtii*: Duration of its cell cycle and phases at growth rates affected by light intensity. Planta 233, 75-86 (2011). 査読有

- DOI: 10.1007/s00425-010-1282-y
- ⑫ Itoh, K., Izumi, A., Mori, T., Dohmae, N., Yui, R., Maeda-Sano, K., Shirai, Y., Kanaoka, M.M., Kuroiwa, T., Higashiyama, T., Sugita, M., Murakami-Murofushi, K., Kawano, S. and Sasaki, N.: DNA Packaging Proteins Glom and Glom2 Coordinately Organize the Mitochondrial Nucleoid of *Physarum polycephalum*. *Mitochondria* 11, 575-586 (2011). 査読有
DOI:10.1016/j.mito.2011.03.002
- ⑬ Kimura, K., Nagasato, C., Kogame, K., Motomura, T.: Disappearance of male mitochondrial DNA after the 4-celled stage sporophyte of the isogamous brown alga *Scytosiphon lomentaria* (Scytosiphonales, Phaeophyceae). *J. Phycol.* 46:143-152, 2010. 査読有
DOI: 10.1111/j.1529-8817.2009.00779.x
- ⑭ Motomura, T., Nagasato, C., Kimura, K.: Cytoplasmic inheritance of organelles in brown algae. *J. Plant Res.* 123:185-192 (2010). 査読有
DOI: 10.1007/s10265-010-0313-x
- ⑮ Nagasato, C., Inoue, A., Mizuno, M., Kanazawa, K., Ojima, T., Okuda, K., Motomura, T.: Membrane fusion process and assembly of cell wall during cytokinesis in the brown alga, *Silvetia babingtonii* (Fucales, Phaeophyceae), *Planta* 232, 287-298, (2010). 査読有
DOI: 10.1007/s00425-010-1188-8
- ⑯ Katsaros, C., Varvarigos, V., Gachon, C. M. M., Brand, J., Motomura, T., Nagasato, C., Küpper, F. C.: Comparative immunofluorescence and ultrastructural analysis of microtubule organization in *Uronema* sp., *Klebsormidium flaccidum*, *K. subtilissimum*, *Stichococcus bacillaris* and *S. chloranthus* (Chlorophyta). *Protist* 162:315-331 (2010). 査読有
DOI: 10.1016/j.protis.2010.10.004
- ⑰ Moriyama, Y. and Kawano, S.: Maternal inheritance of mitochondria: multipolarity, multiallelism and hierarchical transmission of mitochondrial DNA in the true slime mold *Physarum polycephalum*. *J. Plant Res.* 123, 139-148 (2010). 査読有
DOI: 10.1007/s10265-009-0298-5
- ⑱ Koizumi, A., Yamanaka, K., Nishihara N., Kazama, Y., Abe, T., and Kawano, S.: Two separate pathways including SICLV1, SISTM and SICUC that control carpel development in a bisexual mutant of *Silene latifolia*. *Plant Cell Physiol.* 51, 282-293 (2010). 査読有
DOI: 10.1093/pcp/pcp187
- ⑲ Yoshida, Y., Kuroiwa, H., Misumi, O., Yoshida, M., Ohnuma, M., Fujiwara, T., Yagisawa, F., Hirooka, S., Imoto, Y., Matsushita, K., Kawano, S. and Kuroiwa, T.: Chloroplasts divide by contraction of a bundle of nanofilaments consisting of polyglucan. *Science* 329, 949-953 (2010). 査読有
DOI: 10.1126/science.1190791
- ⑳ Cock, J.M., Sterck, L., Rouzé, P., Scornet, D., Allen A.E., Amoutzias, G., Anthouard, V., Artiguenave, F., Aury, J.M., Badger, J.H., Beszteri, B., Billiau, K., Bonnet, E., Bothwell, J.H.F., Bowler, C., Boyen, C., Brownlee, C., Carrano, C.J., Charrier, B., Cho, G.Y., Coelho, S.M., Collén, J., Corre, E., Delage, L., Delaroque, N., Dittami, S.M., Doubeau, S., Elias, M., Farnham, G., Gachon, C.M.M., Gschloessl, B., Heesch, S., Jabbari, K., Jubin, C., Kawai, H., Kimura, K., Kloareg, B., Küpper, F.C., Lang, D., Bail, A.L., Leblanc, C., Lerouge, P., Lohr, M., Lopez, P.J., Martens, C., Maumus, F., Michel, G., Miranda-Saavedra, D., Morales, J., Moreau, H., Motomura, T., Nagasato, C., Napoli, C.A., Nelson, D.R., Nyvall-Collén, P., Peters, A.F., Pommier, C., Potin, P., Poulain, J., Quesneville, H., Read, B., Rensing, S.A., Ritter, A., Rousvoal, S., Samanta, M., Samson, G., Schroeder, D.C., Ségurens, B., Strittmatter, M., Tonon, T., Tregear, J., Valentin, K., von Dassow, P., Yamagishi, T., Van de Peer, Y., Wincker, P. The *Ectocarpus* genome and the independent evolution of multicellularity in the brown algae. *Nature* 465: 617-621 (2010). 査読有
DOI: 10.1038/nature09016

[学会発表] (計 60 件)

- ① 河野重行: 藻類バイオとは何か、第 13 回 東京大学生命科学シンポジウム (2013 年 6 月 8 日、伊藤国際学術研究センター、東京大学、東京都)
- ② Suzuki, R., Endo, M., Mogi, Y., Miyamura, S., Kuwano, K. and Kawano, S.: Allo-authentication revealed by sexual asymmetry and uniparental organelle inheritance of male- and female gametes in the green alga, *Ulva compressa*. International Symposium

- on the Mechanisms of Sexual Reproduction in Animals and Plants. Joint Meeting of the 2nd Allo authentication Meeting and the 5th Egg-Coat Meeting (MCBEEC). (November 12-16, 2012, Hotel Nagoya Garden Palace, Nagoya, Japan)
- ③ Kawano, S., Watanabe, K., and Ota, S. : Establishment of innovative technology to create new microalgal strains increasing biofuel production by polyploidization and heavy-ion beam irradiation. The 90th Anniversary Meeting, The Society for Biotechnology, Japan International Symposium on Biotechnology for Green Growth. (October 24-26, 2012, Kobe International Conference Center, Kobe, Japan)
- ④ Imoto, Y., Ohnuma, M., Yoshida, Y., Kuroiwa, H., Kuroiwa, T., and Kawano, S. : Division behavior of mitochondrion and microbody in the red algae *Cyanidioschyzon merolae*. 10th International PhD Student Conference on Experimental Plant Biology. (September 3-5, 2012, Brno, Czech Republic)
- ⑤ 古関靖道、遠藤幹也、鈴木亮吾、宮村新一、桑野和可、河野重行 : ヒラアオノリ雌雄配偶子の非対称性と雌雄に特異的なタンパク質のサブトラクション法、日本藻類学会第36回大会(2012年7月13日～7月15日、北海道大学、札幌市)
- ⑥ Ota, S., Wayama, M., Nango, N., Hirata, A. and Kawano, S. : Three-dimensional ultra-structural study of encystment and astaxanthin accumulation in the green alga, *Haematococcus pluvialis*. Protist 2012, 19th ISEP and 62nd ISOP joint meeting. (July 29-August 3, 2012, Oslo, Norway)
- ⑦ 梅澤歩、横田真吾、宮村新一、南雲保、河野重行、浜地貴志、野崎久義 : *Gonium pectorale* の配偶子における接合装置の空間配置と交配型の関係、日本藻類学会第36回大会(2012年7月13日～7月15日、北海道大学、札幌市)
- ⑧ Zachleder, V., Šítalová, J., Bišová, K., and Kawano, S. : Comparison of starch and oil production by *Chlamydomonas reinhardtii* and other algae. The 15th International Conference on the Cell and Molecular Biology of *Chlamydomonas* (June 5-10, 2012 Potsdam, Germany)
- ⑨ Yamamoto, M., Handa, S., Miyamura, S., Nagumo, T. and Kawano, S. : The filament and colony formation caused by deficiency of cleavage and dissociation of the mother cell wall in Trebouxiophyceae. The 6th Asian Pacific Phycological Forum (October 9-14, 2011 Yeosu, Korea)
- ⑬ Zachleder, V. and Kawano, S. : Microalgae novel highly-efficient producers of starch or oil. 5th European Phycological Congress (September 4-9, 2011 Rhodes Island, Greece)
- ⑭ Matsuura, H., Wayama, M., Hirata, A. and Kawano, S. : Microstructure of the astaxanthin accumulating cell induced by the light stress in *Haematococcus*. 5th European Phycological Congress, 5th European Phycological Congress, (September 4-9, 2011 Rhodes Island, Greece)
- ⑯ 佐藤康太、茂木祐子、桑野和可、河野重行 : ヒラアオノリ接合子内でのオルガネラ DNA 消失と葉状体形成にともなうオルガネラ分離. 日本藻類学会第35回大会(2011年3月26日～3月28日 富山大学 富山市)
- ⑰ 森山陽介、高野博嘉、河野重行 : 真正粘菌の原始的な性とミトコンドリアの遺伝. 日本植物学会第74回大会(2010年9月9日～9月11日 中部大学 春日井市)

[図書] (計3件)

Katsaros, C., Nagasato, C., Terauchi, M., Motomura, T.: Cytokinesis of brown algae. In *Advances in Algal Cell Biology* (Eds. Kirsten Heimann, K. and Katsaros, C.). Walter de Gruyter, 124-142pp (2013)

[その他]

ホームページ等

<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/pls/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河野 重行 (KAWANO SHIGEYUKI)
 東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授
 研究者番号 : 70161338

(2) 研究分担者

本村 泰三 (MOTOMURA TAIZOU)
 北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター
 研究者番号 : 30183974
 宮村 新一 (MIYAMURA SHINICHI)
 筑波大学・生命環境科学研究科・准教授
 研究者番号 : 00192766