

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24657046

研究課題名(和文) コレンス交雑と高速4Dスクリーニング法による植物の雌雄異株性の解明

研究課題名(英文) An investigation into the plant dioecism by Correns' cross and the high throughput 4D screening

研究代表者

河野 重行 (Kawano, Shigeyuki)

東京大学・新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：70161338

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：植物の雌雄性と性染色体の関わりをコレンス交雑を通じて明らかにする。雌雄異株×雌雄同株の正逆交雑には方向性があり、雌雄異株()×雌雄同株()のみが種子をつける。これが育種家の間でよく知られているコレンス交雑(1928)である。雌雄異株のヒロハノマンテマに重イオンビームを照射して、多数の染色体部分欠失株と無性花と両性花を単離して、コレンス交雑が、Y染色体の急激な進化によるものか、X染色体のインプリンティングによるものかを明らかにする。この交雑の鍵を握るのは雌雄同株のシロバナムシトリナデシコによる正逆交雑と高速4Dスクリーニング法による交雑可能な「無性花」と「両性花」の単離である。

研究成果の概要(英文)：The dioecious plant species, *Silene latifolia*, has a sex determination mechanism based on an active Y chromosome. We used inter-specific hybrids (Correns' cross, 1928) in the genus *Silene* to study the effects of gene complexes on the Y chromosome. If the function of Y-linked genes has been maintained in the same state as in the hermaphrodite progenitor species, it should be possible to substitute such genes by genes coming from the related hermaphrodite species, *S. viscosa*. In the inter-specific hybrid, *S. latifolia* × *S. viscosa*, anthers indeed develop far beyond the early bilobal stage characteristic of XX in *S. latifolia* female plants. We also examined a detailed comparative histological comparison of anther development in hybrids and in wild-type males and Y-deletion mutants generated by heavy-ion beam irradiation. These mutant phenotypes were classified into two groups: a hermaphrodite group and an asexual group with defects in their gynoceium and/or stamen.

研究分野：分子細胞生物学

キーワード：SIAP3 欠失 性染色体 重イオンビーム 雌雄異株植物 ヒロハノマンテマ 雌雄同株 コレンス交雑

1. 研究開始当初の背景

コレンス(Carl E. Correns)は、「メンデルの遺伝の法則を再発見(1900)」した1人として知られているが、「オシロイバナの斑入りが非メンデル遺伝する(1909)」ことの発見はあまり知られていない。コレンスは、「性」も遺伝形質の1つだと考えていて、種間での正逆交雑を試みることで、「雌雄異株と雌雄同株の正逆交雑では、雌雄異株を種親(♀)にして、雌雄同株を花粉親(♂)にしないと結実しない(1928)」ことを見いだした。植物でもエピゲノム研究が盛んになった昨今、この「コレンス交雑」は植物の雌雄性を解く鍵として再び注目されている(Zlucova ら 2005, Markova ら 2006, Gabriel ら 2011)。

コレンス交雑は、異種間の交雑障害に雌雄異性という新たな視点を加え、雌雄異株を育種する際に極めて重要な知見となる。植物性染色体とインプリンティングという視点からのエピゲノム研究が可能になる点も見逃せない。雌雄異株植物には、ハウレンソウ、アスパラガス、ホップ、ナガイモ、キウイ、パパイヤ、ポプラなどお馴染みの農作物や樹木も多い。「重イオンビーム照射」と「4D 高速スクリーニング」による「植物 XY 性染色体欠失ライブラリー」構築は、雌雄異株植物を用いた育種で、遠縁種間ハイブリッド作物の作出など多くの貢献をなすことが期待される。コレンスの研究がそうであったように、「性」と「形態」を強く意識することで、創造的な研究が生まれると期待される。

本研究のチャレンジ性は、「重イオンビーム照射」と雌雄の花の形態的差異に注目した「高速 4D スクリーニング」によって、染色体に任意の欠失を生じさせた突然変異体を単離する方法の確立であり、そうやって構築した「植物 XY 性染色体欠失ライブラリー」を用いた雌雄異株植物の解明である。重イオンビームは理研のリングサイクロトロンで発生させたものを用いる。植物の雌雄異株性と性染色体に注目するのがこの研究の学術的な特色と独創性であろう。雌雄異株×雌雄同株の正逆交雑の方向性(コレンス交雑)を解析する際には、重イオンビームの染色体微小切断技術の有用性も再認識されよう。

シロイヌナズナは抽薹(bolting)しても10cm程度でスクリーニングは室内でできるが、ヒロハノマンテマは抽薹すると1mを超えるようになりスクリーニングは困難を極めるし、優良株が単離できたときの株の保存にも工夫が必要である。ただ、栽培種の雌雄異株がほとんどそうであるように、ヒロハノマンテマも多年草なので、圃場に植わった株そのものを一種の「植物 XY 性染色体欠失ライブラリー」として管理しておくことができる。こうした圃場管理の方法は、産業的に注目される雌雄異株植物の種苗生産や育種現場にも活かされるであろうし、雌雄異株植物の形態学的研究のリソースとしてなくてはならないものとなる。

2. 研究の目的

コレンス交雑を解析するなかで、植物の雌雄性と性染色体の関わりを明らかにしたい。雌雄異株×雌雄同株の正逆交雑には方向性がある。雌雄異株(♀)×雌雄同株(♂)のみが種子をつける。これが「コレンス交雑」で、雌雄異株を専らにする育種家の間ではよく知られている。雌雄異株のヒロハノマンテマに重イオンビームを照射して単離した多数の染色体部分欠失株を用いて、(1)コレンスの交雑がY染色体の急激な進化によるものなのか、(2)X染色体のインプリンティングにあるのかを明らかにしたい。その必須アイテムが「4D 高速スクリーニング」と「植物 XY 性染色体欠失ライブラリー」である。これは草丈が1メートルにもなる大型の雌雄異株植物(例えばヒロハノマンテマ)を圃場でスクリーニングする際の新技术で、植物のエピゲノム研究にはもとより、雌雄異株植物の育種や品種改良にも貢献するだろう。

(1)雌雄異株×雌雄同株の正逆交雑の一方性(コレンス交雑)を、雌雄の形態に注目しながら、ヒロハノマンテマ(*Silene latifolia*)×シロバナムシトリナデシコ(*S. viscosa*)、*S. latifolia*×ヒメシラタマソウ(*S. conica*)、*S. latifolia*×ツキミセンノウ(*S. noctiflora*)で調査する。(2)重イオンビーム照射で*S. latifolia*のXY性染色体部分欠失株を作出し、一方性の原因が、(i)Y染色体の急激な進化にあるのか、(ii)X染色体のインプリンティングや量比にあるのかを明らかにする。(3)上記異種交雑で染色体構造が異質二倍体化した人為的な雌性両全異株を作出し、重イオンビームを照射して非組換え領域をもった擬似性染色体を出現させる。このため、雌雄の形態異常の差異に注目した「4D 高速スクリーニング」によって、「植物 XY 性染色体欠失ライブラリー」を構築する。

コレンス交雑の打破をテコに雌雄異株植物から人為的に雌性両全異株を作出する。これには「重イオンビーム照射」と「4D 高速スクリーニング」によって構築された「植物 XY 性染色体欠失ライブラリー」が有用だろう。これは雌雄異株植物の花芽形成を形態学的に解析するためにも有用なリソースとなるだろう。ナデシコ科マンテマ属では、2,400万~800万年前の間に、両性花の雌雄異株化が独立して2回起こったとされている。XY型の性染色体ができたのはこの時期だから、動物の性染色体の出現が2.4~3.2億年前であることを考えると、植物性染色体の出現は極めて新しい。人為的に作出した雌性両全異株に重イオンビーム照射することでY染色体の進化の再現を目指す。

3. 研究の方法

マンテマ属4種ヒロハノマンテマ(*S. latifolia*)、シロバナムシトリナデシコ(*S. viscosa*)、ヒメシラタマソウ(*S. conica*)、ツキミセンノウ(*S. noctiflora*)で、コレンス交雑の

再現性を調査する。結実する交雑と結実しない交雑で受粉後の胚や胚乳の発達状態を調査する。交雑個体の稔性比率から、インプリンティングとXY性染色体との関係を明らかにする。また、重イオンビーム照射・高速4Dスクリーニング法を確立し、1回スクリーニング分の9,216個体の花の形態を圃場でスクリーニングする。雄(♂)由来の両性花個体と雌(♀)由来のX染色体部分欠失個体を単離し、それを雌雄同株個体あるいは雌性両全異株に交雑することでコレンス交雑を打破できるか調査する。稔性個体に関しては欠失部位の詳細マッピングとFISHを実施する。また、各染色体の対合の有無を減数分裂期の二価染色体で観察し、不對合の異形染色体の有無を調査する。XY染色体のこういった欠失がコレンス交雑を打破するか明らかにする。

本研究には「重イオンビーム照射」と「高速4Dスクリーニング」による「植物XY性染色体欠失ライブラリー」の構築が必須である。これで植物の雌雄異株性が生み出される形態学的特徴を明らかにできる。

(1) ヒロハノマンテマにおける重イオンビーム照射条件の検討：理化学研究所の仁科加速器研究センターにあるサイクロトロンを利用し、重イオンビームを種々の照射条件で照射し、「無性花」と「両性花」の出現頻度を調査する。Y染色体上の「雄蕊(♂)促進領域(SPF)」を欠失すれば無性花、「雌蕊(♀)抑制領域(GSF)」を欠失すれば両性花になるので、一連のSTSマーカーでY染色体の欠失部を同定する。Lebel-Hardenackら(2002)のSTSデータに、新たに単離したSTSマーカーを加えてより詳細に欠失マップを作製する。最近、Y染色体のマッピングは「各個体の欠失総数が最少となるマーカーの順列を求める」という巡回セールスマン問題に帰着して推定することが可能になっているので、今後、コレンス交雑の打破に関連するような遺伝子領域も特定したい。

(2) 重イオンビーム照射高速4Dスクリーニング：ヒロハノマンテマから採取した花粉に、欠失部位の大きさを10~100bp程度になるように、重イオンビーム(Cイオン、135 MeV/n、LET: 22.5 keV/μ、0-100Gy)を照射する。照射花粉を授粉して採種する。実生が育ったところで、本葉の一部からDNAを抽出し、96穴プレート96枚に保存する。全40種のDNAプールを鋳型として、目的遺伝子を増幅するプライマーを用いたPCRを行う。配列が10~100bp欠失し、短くなったバンドをアガロースゲル電気泳動で検出し、対応する個体を変異体とする。目的遺伝子としてY染色体コードのSIAP3Yの他、X染色体コードのSIAP3XとSIWUSX、シロイヌナズナのメリステム関連遺伝子のオーソログとして同定されている、常染色体コードのSIWUSAやSICUV3、SICUC、SISTM、SISUPを候補とするほか、XY染色体のSTSマーカーについても全て調べる。

(3) 両性花の圃場のスクリーニング：高速4Dスクリーニングは、表現型を見る前に遺伝子型(欠失)を調べ、圃場でしか栽培できないような大型植物の特定遺伝子の欠失変異体を単離する手法である。これを用いて植物XY性染色体欠失ライブラリーを構築し、「無性花」と「両性花」を単離し、コレンス交雑に用いる。

4. 研究成果

雌雄異株のヒロハノマンテマに重イオンビームを照射して、多数の染色体部分欠失株と両性花(雌雄同株)変異体を単離して、コレンスの交雑が、(1)Y染色体の急激な進化によるものか、(2)X染色体のインプリンティングにあるのかを明らかにするための必須アイテムが、「4D高速スクリーニング」と「植物XY性染色体欠失ライブラリー」である。

また、コレンス交雑の解析に先立ち、ヒロハノマンテマにおける重イオンビーム照射条件を検討しておく必要がある。重イオンビームを種々の照射条件で照射し、「無性花」と「両性花」の出現頻度を調査した。ヒロハノマンテマのY染色体上には、雌蕊を抑制する領域(GSF: gynoeceum suppression factor)、雄蕊を促進する領域(SPF: stamen promoting factor)、雄蕊の成熟に関わる領域(MFF: male fertility factor)がある。このうちGSF領域を欠失させることで両性花を作出することができる。両性花には1つの花に雄蕊と雌蕊が両方存在するため、コレンス交雑をはじめ雌雄異株状態では調べられなかった様々な仮説を検証することが可能になる。

第1にヒロハノマンテマにおいて雌雄同株植物に普遍的に存在する他家受粉を担保する機構があるかどうかを検証できる。近縁種シロバナムシトリナデシコにおいては雌雄異熟と雌雄離熟の両方が見られているが、ヒロハノマンテマの両性花においてもこうした機構があるか興味もたれる。第2に雌雄異株の進化に必要な条件として考えられている雌雄トレードオフがあるかどうかを検証できる。雌雄同株から雌雄異株へ進化する種には、雄蕊と雌蕊の資源分配の間にトレードオフの関係があることが予測されている(Charlesworthら1978, Charnovら1982)。両性花を単離することでこの2つの仮説についても調べることが可能となることに加え、Y染色体を部分欠失した変異体をY染色体STSマーカーでマッピングすることで、GSF、SPF、MFF領域をより精細に知ることが可能にたつた。

Y染色体部分欠失変異体と両性花、野生型雄花の花粉に重イオンビームや線などの変異原を照射し、雌花に受粉させてM1世代2,722個体を作出した。この集団から4つのY染色体STSマーカー1.雌蕊抑制領域近傍:MK17、2.雄蕊促進領域近傍:ScQ14、3.Bクラス遺伝子SIAP3XY、4.Y染色体コントロール:MS4を用いてPCRによるスクリーニン

グをした。M1 世代を圃場で栽培し、花表現型に異常のある変異体をスクリーニングし、合計で両性花 9 個体を含む 38 個体の変異体を得た。

トランスクリプトームデータから得られた性染色体リンクの mRNA(Bergero et al. 2011)を活用して新たに 53 個のマーカーを作成した。38 個体の変異体に対して合計 78 個の STS マーカーで Y 染色体欠失マップを作成した。GSF、SPF 近傍に多数のマーカーがマッピングされた。従来言われていた ESS と EGP には集中した欠失が見られたのに対し、ISS と LSS には集中した欠失が見られなかった。

XY 型性決定する生物は Y 染色体の退化によって遺伝子が失われてしまうと、雄(XY)と雌(XX)で遺伝子発現量が変わってしまう。これを是正する遺伝子量補償がコレンス交雑に影響する可能性もある。ヒロハノマンテマにおいて実際に性染色体遺伝子の消失によって対立遺伝子の発現量が増加することを調べるため、B クラス遺伝子 SIAP3X/Y に着目し、欠失変異体を単離し遺伝子発現量を雌雄間で調べようと考えた。

重イオンビーム、線を照射した M1 世代において 4 つ STS マーカーのスクリーニングをしたところ、4 個体 SIAP3Y 欠失変異体を得られた。そのうちの 1 個体 slap3y-3 は野生型と全く同じ表現型だった。SIAP3Y と SIAP3X は同じ機能を担っていることが考えられた。対立遺伝子 SIAP3X を欠失させるため、slap3y-3 を花粉親として雌花に受粉させ得られた種子に重イオンビームや線を照射して M2 世代 1240 個体を作成した。M2 世代の子孫分離比は XX:XY = 991 : 249 4 : 1 で XY 個体が十分得られなかったこともあり、SIAP3X/Y 両方欠失した変異体は得られなかった。一方、XX 型 991 個体の中から SIAP3X をヘテロで欠失した変異体が 10 個体得られた。これらはすべて野生型雌花と同じ表現型だった。

SIAP3Y 欠失変異体と SIAP3X ヘテロ欠失変異体における遺伝子発現量を調べるため、RT-PCR によって野生型雄花と雌花と 2 つの変異体の遺伝子発現量を SlclF4A をコントロールにして比較した。野生型雄花(XY)は SIAP3X と SIAP3Y が花弁・がくおよび雄蕊で発現していた。これに対して野生型雌花(XX)は SIAP3X が花弁・がくおよび雄蕊区画で発現していた。SIAP3Y は雌花において発現していなかったが、その分 SIAP3X の発現量が野生型雄花より多かった。SIAP3Y 欠失変異体における SIAP3X の発現量は野生型の雄花と比較して増大しており、SIAP3Y が欠失したことによって SIAP3X の発現量が補償されていた。SIAP3X ヘテロ欠失変異体では、SIAP3X が 1 遺伝子になっているにもかかわらず、SIAP3X の発現量は野生型雌花の発現量と変わらなかった。今回の実験は Y 染色体遺伝子の欠失のみならず、X 染色体の欠失も

補償されることを示した。

コレンス交雑では、雌雄異株(♀)×雌雄同株(♂)は結実し、その種子は発芽して両性花をつける。この交雑では Y 染色体が失われるので基本的には雌花(♀)になるが、花粉親となった雌雄同株のゲノムが Y 染色体を相補して雄蕊(♂)が生じる。この雄蕊(♂)の形態学的特徴を調べることで、X 染色体しか持たない交雑で失われる Y 染色体を相補しているのは何なのかを類推することができる。この交雑の鍵を握るのが雌雄同株のシロバナムシトリナデシコである。この種の雄蕊はヒロハノマンテマと同様に 5 本の先熟雄蕊と 5 本の後熟雄蕊にわかれ、花弁の下に垂れ下がっていた。雌蕊は 3 本の花柱がまっすぐ伸びる構造をしていた。雄蕊は常に雌蕊よりも長く、雌雄離熟が見られた。先熟雄蕊と後熟雄蕊の成熟期間はそれぞれ 6-24 HAF、18-48 HAF でヒロハノマンテマと同じだったが、雌蕊の成熟期間は 42-138 HAF であり、雄蕊と雌蕊の成熟期間が異なる雌雄異熟も見られた。

また、コレンス交雑の打破するような変異体を探し出すために、高速 4D スクリーニングと圃場でのスクリーニングを終えたヒロハノマンテマ変異体をシロバナムシトリナデシコに正逆交雑して、*S. latifolia* (♀) × *S. viscosa* (♂)以外でも結実するものをスクリーニングするため、胚珠や花粉の数量や稔性試験を実施している。

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 24 件)

- Vítová, M., Bišová, K., Kawano, S., and Zachleder, S.: Accumulation of energy reserves in algae: From cell cycles to biotechnological applications. *Biotechnology Advances in press* (2015). 査読有
Doi:10.1016/j.biotechadv.2015.04.012
- Takeshita, T., Ota, S., Yamazaki, T., Hirata, A., Zachleder, V., and Kawano, S.: Starch and lipid accumulation in eight strains of six *Chlorella* species under strong illumination and aeration culture conditions. *Bioresour. Technol.* 158, 127-134 (2014). 査読有
DOI:10.1016/j.biortech.2014.01.135
- Ishii, K., Nishiyama, R., Shibata, F., Kazama, Y., Abe, T., and Kawano, S.: Rapid degeneration of noncoding DNA regions surrounding SIAP3X/Y after recombination suppression in a dioecious plant, *Silene latifolia*. *G3*, 3, 2121-2130 (2013). 査読有
DOI:10.1534/g3.113.008599
- Ohnuki, S., Nogami, S., Ota, S., Watanabe, K., Kawano, S., Ohya, Y.:

Image-based monitoring system for green algal *Haematococcus pluvialis* (Chlorophyceae) cells during culture. *Plant Cell Physiol.* 54, 1917-1929 (2013). 査読有 DOI: 10.1093/pcp/pct126
Ota, S., Matsuda, T., Takeshita, T., Yamazaki, T., Kazama, Y., Abe, T., Kawano, S.: Phenotypic spectrum of *Parachlorella kessleri* (Chlorophyta) mutants produced by heavy-ion irradiation. *Bioresour. Technol.* 149, 432-438 (2013). 査読有 DOI:10.1016/j.biortech.2013.09.079
Imoto, Y., Kuroiwa, H., Yoshida, Y., Ohnuma, M., Fujiwara, T., Yoshida, M., Nishida, K., Yagisawa, F., Hirooka, S., Miyagishima, S.Y., Misumi, O., Kawano, S., Kuroiwa, T.: Single membrane bounded peroxisome division revealed by isolation of dynamin-based machinery. *Proc Natl Acad Sci USA.* 110, 9583-9588 (2013). 査読有 DOI:10.1073/pnas.1303483110
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.* 74, 605-614 (2013). 査読有 DOI: 10.1111/tpj.12147
Wayama, M., Ota, S., 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
Aonuma, W., Shimizu, Y., Ishii, K., Fujita, N., and Kawano, S.: Maturation timing of stamens and pistils in the dioecious plant *Silene latifolia*. *J. Plant Res.* 126, 105-112 (2013). 査読有 DOI:10.1007/s10265-012-0510-x
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
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
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
Fujita, N., Aonuma, W., Shimizu, Y., Yamanaka, K., Hirata, A., Hood, M.E., and Kawano, S.: A petal-less flower caused by a *Microbotryum violaceum* mutant. *Int. J. Plant Sci.* 173, 1-11 (2012). 査読有 DOI: 10.1086/665587
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

[学会発表](計 65 件)

河野重行: 微細藻類の先端育種: クロレラと重イオンビームの可能性、藻類産業創成コンソーシアム講習会、つくば国際会議場(茨城県、つくば市)2015年2月4日

河野重行: 藻類の雌雄非対称性の成立、ゲノム支援公開シンポジウム 東京国際フォーラム(東京都、千代田区)2014年12月12日

河野重行: 微細藻類の先端育種: クロレラと重イオンビームの可能性、科学技術振興機構 さきがけ・CREST 公開シンポジウム、新宿 NSビル 30階 NSスカイカンフェランス(東京都、新宿区)2014年12月4日

河野重行: 植物のオスとメスはどのようにできたか? 染色体学会第65回年会 市民公開講座、倉敷市芸文館アイシアター(岡山県、倉敷市)2014年10月25日

河野重行: 藻類バイオ: 微細藻類の先端育種とその可能性について、日本植物学会第78回大会、明治大学生田キャンパス(神奈川県、川崎市)2014年9月13日

川元寛章、石井公太郎、風間裕介、阿部知子、河野重行: 雌蕊も雄蕊もないヒロハノマンテマの無性化変異体に黒穂菌を感染させると起きる変化、日本植物学会第78回大会、明治大学生田キャンパス(神奈川県、川崎市)2014年9月13日

石井公太郎、風間裕介、川元寛章、河野重行、阿部知子: Y染色体遺伝子アレイを用いたヒロハノマンテマ性分化ステージの発現プロファイリング、日本植物学会第78回大会、明治大学生田キャンパス(神奈川県、川崎市)2014年9月12日

風間裕介、石井公太郎、池田時浩、川元

寛章、河野重行、阿部知子、巡回セールスマン問題を応用したヒロハノマンテマ雄性決定領域の欠失マッピング、日本植物学会第 78 回大会、明治大学生田キャンパス（神奈川県、川崎市）2014 年 9 月 12 日
川元寛章、石井公太郎、風間裕介、阿部知子、河野重行：ヒロハノマンテマへの黒穂菌を感染によって生じる薬に Y 染色体の関与はあるか、日本植物形態学会第 26 回総会・大会、明治大学生田キャンパス（神奈川県、川崎市）2014 年 9 月 11 日

Ota, S., Takeshita, T., Yamazaki, T., Vítová, M., Zachleder, V., Abe, T., Kawano, S.: Phenotypic spectrum and 3D/TEM analysis of *Parachlorella kessleri* mutants produced by heavy-ion irradiation. BioTech2014 and 6th Czech-Swiss Symposium, (Prague, Czech Republic) 13 June, 2014

田中若奈、河野重行、平野博之：3 つの TOB1 様 YABBY 遺伝子はイネの花と花序の形態を制御する、日本遺伝学会第 85 回大会、慶応大学 日吉キャンパス（神奈川県、横浜市）2013 年 9 月 19 日
河野重行（東京大・院・新領域・先端生命）：有性生殖と生活環制御が切り拓く藻類バイオの新戦略、日本植物学会第 77 回大会、北海道大学 高等教育推進機構、札幌市（2013 年 9 月 13 日）

青沼航、川元寛、石井公太郎、風間裕介、阿部知子、河野重行：ヒロハノマンテマ XY 性染色体にある B クラス遺伝子 SIAP3X/Y の欠失変異、日本植物学会第 77 回大会、北海道大学 高等教育推進機構（北海道、札幌市）2013 年 9 月 13 日

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, Kobe International Conference Center (Kobe, Japan) October 24-26, 2012

青沼航、川元寛章、石井公太郎、風間裕介、阿部知子、河野重行：ヒロハノマンテマの SIAP3 欠損変異体を含む Y 染色体部分欠損変異体の網羅的単離、日本植物学会第 76 回大会、兵庫県立大学 姫路書写キャンパス（兵庫県、姫路市）2012 年 9 月 15 日～17 日

石井公太郎、青沼航、西山りゑ、風間裕介、阿部知子、河野重行：ヒロハノマンテマ性染色体の組換え抑制によって生じた SIAP3X/Y 周辺の構造変化、日本植物学会第 76 回大会、兵庫県立大学 姫路書写キャンパス（兵庫県、姫路市）2012 年 9 月

15 日～17 日

風間裕介、石井公太郎、青沼航、阿部知子、河野重行：ヒロハノマンテマの 2 つのホモログ遺伝子 SISUP と SIWUS の発現と性染色体座乗、日本植物学会第 76 回大会、兵庫県立大学 姫路書写キャンパス（兵庫県、姫路市）2012 年 9 月 15 日～17 日

石井公太郎、風間裕介、青沼航、川元寛章、阿部知子、河野重行：雌雄異株植物ヒロハノマンテマの効率的な染色体標本の作製、日本植物形態学会第 24 回大会、兵庫県立大学姫路書写キャンパス（兵庫県、姫路市）2012 年 9 月 14 日

青沼航、川元寛章、石井公太郎、風間裕介、阿部知子、河野重行：雌雄異株植物ヒロハノマンテマの雌雄開花同調性と両性花変異体の単離と雌雄同調性解析、日本植物形態学会第 24 回大会、兵庫県立大学姫路書写キャンパス（兵庫県、姫路市）2012 年 9 月 14 日

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 (Brno, Czech Republic) September 3-5, 2012

〔図書〕(計 4 件)

河野重行：藻類バイオとは何か - 微細藻類の物質生産 - 増補新訂版 サイエンスビュー - 生物総合資料、長野敬・牛木達男監修、実証出版、pp. 280-281 (2014).

Noguchi, T., Kawano, S., Tsukaya, H., Matsunaga, S., Sakai, A., Karahara, I., Hyashi, Y., (eds): Atlas of Plant cell Structure, Springer, pp1- 202 (2014).

河野重行：同形配偶子生殖から卵精子生殖への進化、「動植物の受精学：共通機構と多様性（澤田均編）」、化学同人、pp. 267-285 . (2014).

河野重行：重イオンビーム照射とバイオ燃料増産株作出に関する新技術、藻類オイル開発研究の最前線 - 微細藻類由来バイオ燃料の生産技術研究、エヌ・ティー・エス、pp51-81 (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