

# オルガネラゲノムの研究成果を基盤とする 有用植物の育成

平成 25 年 4 月 23 日受付

寺 地 徹\*

## 要 旨

植物オルガネラゲノム研究センターでは、有用植物の作出を目的に、葉緑体の遺伝子組換え、細胞融合、作物のミトコンドリアゲノムの構造解析などの研究を行っている。本年度は、葉緑体の遺伝子組換えによるストレス耐性植物の育成、および葉の鉄分含量が増加した植物の育成、ベンサミアナタバコの遺伝子組換え、キャベツとシロイヌナズナの細胞融合個体ならびにダイコンなど各種作物のミトコンドリアゲノムの解読などの実験を行った。

キーワード：葉緑体の遺伝子組換え，タバコ，ミトコンドリアゲノム，ダイコン，細胞融合

## 1. はじめに

食料生産、環境、エネルギーなど、人類が直面する大きな問題の解決のために、植物のさらなる活用が切望されている。その中で遺伝子組換えは、植物が本来持っている優れた能力をさらに高めるため、あるいは植物に全く新しい機能を付与するための極めて有効な手段であり、将来の作物育種や品種改良に必要不可欠のものと考えられる。とりわけ、植物細胞中に存在する葉緑体やミトコンドリアが持つゲノム(オルガネラゲノム)を対象とする遺伝子組換えには、導入された遺伝子が花粉を介して環境中に拡散するリスクが少ない、導入遺伝子のコピー数が多く産物の高レベルの発現が期待される、導入遺伝子はジーンサイレンシングを受けず安定して発現するなど、通常の核遺伝子の組換えと比べ優れた点が多数存在する。植物オルガネラゲノム研究センターでは、植物オルガネラゲノムの遺伝子組換え、ならびにオルガネラゲノム的人為的再編により、人類に有用な植物を育成することを目的に、さまざまな実験・研究を実施している。本研究活動報告では、一連の研究の中で、今年度行った実験と成果の概要を述べる。詳細は「平成 20 年度～平成 24 年度 文部科学省 私立大学戦略的研究基盤形成支援事業 研究成果報告書」(公開)を参照されたい。また、この事業のもとで得られた研究成果をまとめたオリジナル論文が多数発表されている。関心のあるむきは、これらも参照いただきたい。

---

\* 京都産業大学総合生命科学部

## 2. ストレス耐性植物の育成

強光や低温など様々なストレスにさらされると、植物の葉緑体内に有害な活性酸素分子種(ROS)が発生する。ROSは植物の生育へ悪い影響を与え、このことが作物の生産を損なう一因であることが知られていた。そこで本研究プロジェクトでは、葉緑体内のROSを効率良く消去することで、当該植物のストレス耐性を高めることができないか実験により検証した。このROS消去反応を触媒する酵素は複数存在するが、本研究プロジェクトでは、葉緑体内のアスコルビン酸-グルタチオン回路を構成する5つの酵素、すなわち、1)アスコルビン酸過酸化酵素(*apx*)、2)デヒドロアスコルビン酸還元化酵素(*dhar*)、3)モノデヒドロアスコルビン酸還元化酵素(*mdar*)、4)グルタチオン還元化酵素(*gr*)及び5)スーパーオキシドディスムターゼ(*sod*)について、それぞれの酵素遺伝子を単独で、あるいは複数持つ、11種類の異なる組換えタバコ系統を作出し、そのストレス耐性を比較解析した。その結果、これらの組換え系統は、いずれもROSを発生させる薬剤に強い耐性を示すことがわかり、一部の実際には実際に強光ストレスに耐性を示すことが証明された。とりわけ、これらの酵素遺伝子をオペロンの形で複数持つ組換え体は、葉緑体の遺伝子組換えのメリットのひとつを活かしたユニークなものであり、*apx-sod* 系統あるいは *apx-sod-mdar* 系統は、それぞれの遺伝子が単独で導入されたものより、さらにストレス耐性が高まることが予測された。現在、組換え体の系統化を順次進めており、今後、後代(T<sub>2</sub>世代)を用いて、より詳細な解析を行う予定である。

## 3. 鉄分を多く含む植物の育成

鉄分不足は世界の多くの人々が苦しむ栄養障害のひとつで、現在は鉄製剤の配布など栄養障害の克服にむけた努力がなされている。しかし日常の食物から鉄分を十分補給できれば、この栄養障害解決の大きな一助となる。そこで本研究プロジェクトでは、葉緑体内にフェリチンという鉄結合タンパク質を多量に発現させて、葉の鉄含量を飛躍的に増大させることができないかを検討した。タバコを葉物野菜のモデルと考えて実験を進め、品種や導入遺伝子の構造を変えたものなど、合計3種類の組換え系統を確立した。これらの組換え系統の後代を用いて、葉に含まれる鉄含量を測定したところ、通常の生育条件でも、葉に含まれる鉄分が非組換え体の2倍を超えるようになったものが得られ、葉の鉄分増加に対するこのアプローチの有効性が認められた。現在、同様の実験を栽培植物であるレタスを用いて進めている。今年度初めて、葉緑体の遺伝子組換えレタスを得ることができた。今後レタスにおいても、フェリチン遺伝子の導入により葉の鉄分増加が認められるか検討したい。

## 4. ベンサミアナタバコ(*N. benthamiana*)を用いた葉緑体の遺伝子組換え

ベンサミアナタバコは、近年、ジーンサイレンシングを利用した核遺伝子の機能解析など、植物分子生物学の研究に欠かすことができない材料となっている。本研究プロジェクトでは、このベンサミアナタバコを用いて、核と葉緑体の遺伝子間相互作用を解明する実験系を構築することを目的に、葉緑体の遺伝子組換え体の作出を試みた。その結果、タバコの *apx* 遺伝子を葉緑体に持つ組換え体を2

個体得ることができた。この実験は、ベンサミアナタバコを用いて、葉緑体の遺伝子組換えに成功した世界で2番目の例となる。今後、ベンサミアナタバコの葉緑体の遺伝子組換えをルーティン化し、植物科学の基礎的研究に活用したい。

#### 5. ダイコンのミトコンドリアゲノムの構造解析

ダイコン (*Raphanus sativus*) には、雄性不稔を引き起こすオグラ型細胞質が存在する。オグラ型細胞質は他のアブラナ科作物にも雄性不稔を生じさせることから、育種における重要性が高く、基礎と応用の両面から、これまでに多くの研究がなされてきた。その結果、オグラ型細胞質は、我が国の海岸に自生する野生のハマダイコンに起源すること、雄性不稔はミトコンドリアゲノム上にある原因遺伝子 *orf138* の発現によることが明らかとなった。しかし、*orf138* 遺伝子それ自体が、いつ、どこで、どのように生じたのかについては、全くわかっていなかった。そこで、オグラ型細胞質を持つ‘MS-源助’と正常型細胞質を持つ‘打木源助’のダイコン2系統について、次世代シーケンサー (NGS) を用いたミトコンドリアの全ゲノム解読を初めて行い、両ゲノムの構造を詳細に比較した。その結果、オグラ型ゲノムは全長 258,426bp、正常型ゲノムは全長 244,037bp の環状 DNA 分子であることがわかり、雄性不稔の原因遺伝子 *orf138* は、両細胞質の分化にともなうミトコンドリアゲノムの大規模な再構成の過程で偶然生じた、新規遺伝子であることが明らかとなった。

#### 6. キャベツとシロイヌナズナとの細胞融合による新規雄性不稔細胞質の作出

キャベツ (*Brassica oleracea*) は世界的に重要な野菜であり、日本でも周年栽培されている。前述のダイコン同様、キャベツにおいても F<sub>1</sub> 育種が採用されており、雄性不稔細胞質は非常に有用である。現在キャベツは特定の雄性不稔細胞質に頼って F<sub>1</sub> 採種が行われており、遺伝的脆弱性の問題から新しい雄性不稔細胞質の開発が求められている。本研究センターに属する山岸は、以前、シロイヌナズナ‘コロンビア’ (2n=10) とキャベツ品種‘富士早生’及び‘中生サクセッション’ (2n=18) 間で体細胞雑種の作出に成功している。

興味深いことに、この実験で得られた雑種はいずれも雄性不稔を示し、葉緑体ゲノムはキャベツのものを、ミトコンドリアと核のゲノムはシロイヌナズナとキャベツのものを保持していることがわかってきた。そこで本研究プロジェクトでは、戻し交雑により後代が得られているシロイヌナズナ‘コロンビア’とキャベツ品種‘中生サクセッション’との体細胞雑種におけるミトコンドリアゲノムの解析を行い、雄性不稔性との関係を調べた。また、この体細胞雑種に *Brassica oleracea* を連続戻し交雑して得られた後代は、蒴の発達が不十分で、完全な雄性不稔性を示した。これらの雄性不稔の後代についてもサザン解析を行い、ミトコンドリアゲノムの構造を調べた。実験方法の詳細は論文にゆずるが、ゲノム解読の結果、体細胞雑種はキャベツのミトコンドリアゲノム全長の 100% を保有し、さらにシロイヌナズナのミトコンドリアゲノムの約 43% を保有していることが明らかになった。また、サザン解析の結果、*rnm5* など 7 カ所の領域をプローブに用いた時に、体細胞雑種特異的なバ

ンドが検出された。このうち *atp9* は過去に行われた細胞融合実験においても組換えが起きた領域として報告されていることから、塩基配列の詳細な解析を行った。その結果、この体細胞雑種特異的な領域は、シロイヌナズナとキャベツ間で相同性が高い領域を介した組換えにより生じたキメラ配列を含むことがわかり、体細胞雑種のミトコンドリアでは、このキメラ配列が保持されていることが明らかとなった。今後、ミトコンドリアゲノムのキメラ化と雄性不稔性との関係について、研究を進める予定である。

#### 7. コムギ近縁野生種、アブラナ科及びナス科作物のミトコンドリアゲノムの解析

葉緑体の場合とは異なり、高等植物ではミトコンドリアの遺伝子組換えは成功していない。したがって、雄性不稔性を示すなど、作物の育種に役立つミトコンドリアゲノムを得るためには、1) 当該作物の近縁野生種に存在する遺伝的変異を調べ、既知のものとは異なるミトコンドリアゲノムを持つ細胞質を連続戻し交雑などで作物に導入する、2) 細胞融合でサイブリッド個体を得て、ミトコンドリアゲノムのキメラ化を生じさせる、3) *msh1* 遺伝子など、ミトコンドリアゲノムのサブストイキオメトリックシフト (SSS) に関連する遺伝子の働きを人為的に抑えて、ミトコンドリアゲノムを構成する DNA 分子の再編を促すなど、間接的な方法をとらざるを得ない。いずれの場合も、研究対象とする植物のミトコンドリアゲノム構造の情報は極めて有用である。このことに鑑み、本研究プロジェクトでは、コムギの近縁種である、*Aegilops mutica* (2 系統)、*Ae. caudata*、*Ae. speltoides*、*Triticum timopheevi* のミトコンドリアゲノムの解読を NGS により行っている。また、アブラナ科のキャベツ、クロガラシ及び上記 5 で扱ったものとは異なるダイコン 2 品種、ナス科近縁野生種 2 種のミトコンドリアゲノムの解読を終えている。

#### 8. 葉緑体ゲノム断片の核移行パターン

本研究プロジェクトで推進している葉緑体の遺伝子組換え、あるいは将来実現が可能となるであろうミトコンドリアの遺伝子組換えのいずれの場合も、多くの植物種(特に作物)では導入遺伝子が母性遺伝を示し、花粉を通じた環境中への不必要な拡散を防止できる点が大きなメリットである。しかしながら、進化的なタイムスケールでは、葉緑体やミトコンドリアゲノムの一部が断片化して、核ゲノムに取り込まれていることが知られている。このようなゲノム断片の移行は、これまでもシロイヌナズナやイネ (*Oryza sativa*) などのモデル植物で研究が進められてきたが、現在では多くの非モデル植物種の全ゲノム配列が解読され、複数の種でその実態の比較が可能である。多くの種を解析に用いることで、葉緑体ゲノムの核への移行パターンの一般的な傾向を明らかにすることが可能である。本研究センターの河邊のグループでは、オルガネラゲノムのどのような領域が核ゲノムのどこに移行するのか、どれくらいの頻度で維持されているのかを明らかにしようとしている。この解析によってオルガネラゲノムの改変の際にターゲットとしてより有効な領域の特定や組換え遺伝子が核に移行してしまうリスクの評価などが可能になると思われる。これまでに双子葉植物 4 種と単子葉植物(イネ科)3

種を対象とし、核に存在している葉緑体ゲノム断片の網羅的解析を行った。核移行したゲノム断片の維持・消去機構を推測するために、移行した断片長や挿入数、染色体上の挿入位置などのパターンを調査した。また、その移行断片と葉緑体ゲノムとの相同性から、移行時期を推定した。現在までに多くの植物種でオルガネラゲノムは核へ移行した後に速やかに除去されること、除去は挿入配列が断片化することで起こることなどが示唆されている。

## 9. その他

本研究センターは、植物のオルガネラゲノム研究に特化したものではあるが、医薬系の細胞生物学は質、量ともに充実しており、その知見はセンターで実施する研究を行ううえでも積極的に取り込む必要がある。黒坂の研究グループは、例えばダイコンの ORF138 タンパク質をビオチン標識するなど、主に生化学的実験で本研究プロジェクトを直接サポートしたが、その他にも糖転移酵素 (GalNAc-T) の研究で顕著な業績を挙げた。具体的に、黒坂の研究グループは、動物の脳特異的に発現するアイソザイム (GalNAc-T17) の機能解析を行い、T17 の発現を抑制すると培養細胞やゼブラフィッシュの脳において、正常な神経分化の阻害と apoptosis による細胞死が起こることを見だし、ミトコンドリア経路を介した apoptosis が神経細胞の細胞死を引き起こすことを示した。この発見は、細胞の、主にゴルジ膜系で働く酵素 GalNAc-T17 の機能阻害が、細胞質およびミトコンドリアに影響を及ぼすことを示している。植物の雄性不稔における花粉の形成不全に、葯のタペート細胞の apoptosis が関与する可能性が以前から指摘されており、ゴルジ膜系は植物にも存在することから、糖転移酵素とミトコンドリアと花粉形成の関係性など、新たな研究課題が浮上してきた。一方、佐藤の研究グループは、膜タンパク質の分析に長けており、本研究プロジェクトにおいても、ミトコンドリアタンパク質の二次元電気泳動など、技術的なアドバイスを受けている。加えて佐藤はカエル卵細胞膜を用いた受精シグナルの試験管内再構成実験により、ストマチン様タンパク質 2 (SLP2) を同定し、SLP2 が受精卵でチロシンリン酸化を受けていること、リン酸化の場が細胞膜ではなくミトコンドリアであることを示した。現時点で、ストマチンドメインを持つタンパク質の、植物ミトコンドリアにおける役割は未知であるが、その生理的意義を明らかにすることが今後の課題である。

### 研究業績(本学関係者のみ)

#### A) 学術論文

1. Variations in the structure and transcription of the mitochondrial genes in wild *Solanum* species that induce male sterility in eggplant (*S. melongena*)  
Yoshimi, M., Kitamura, Y., Isshiki, S., Saito, T., Yasumoto, K., Terachi, T. and Yamagishi, H.  
Theor Appl Genet. (in press) 査読・有 2013
2. A possible breakage of linkage disequilibrium between mitochondrial and chloroplast genomes during Emmer and Dinkel wheat evolution

- Tsujimura, M., Mori, N., Yamagishi, H. and Terachi, T.  
Genome (in press) 査読・有 2013
3. Genetic diseases associated with protein glycosylation disorders in mammals.  
Nakayama, Y., Nakamura, N., Tsuji, D., Itoh, K. and Kurosaka, A.  
Genetic Disorders (in press) 査読・有 2013
  4. Evolution of the ONSEN retrotransposon family activated upon heat stress in *Brassicaceae*.  
Ito, H., Yoshida, T., Tsukahara, S. and Kawabe, A.  
Gene 518 : 256-61 査読・有 2013
  5. Centromere-targeted de novo integrations of an LTR retrotransposon of *Arabidopsis lyrata*.  
Tsukahara, S., Kawabe, A., Kobayashi, A., Ito, T., Aizu, T., Shin-I, T., Toyoda, A., Fujiyama, A., Tarutani, Y. and Kakutani, T.  
Genes & Development 26 : 705-13 査読・有 2012
  6. A complete mitochondrial genome sequence of Ogura-type male-sterile cytoplasm and its comparative analysis with that of normal cytoplasm in radish (*Raphanus sativus* L.).  
Tanaka, Y., Tsuda, M., Yasumoto, K., Yamagishi, H. and Terachi, T.  
BMC Genomics 13 : 352 査読・有 2012
  7. PKL01, an *Ndr* kinase homologue in plant, shows tyrosine kinase activity.  
Katayama, S., Sugiyama, Y., Hatano, N., Terachi, T., Sueyoshi, N and Kameshita, I.  
J Biochem 152 : 347-353 査読・有 2012
  8. A putative polypeptide N-acetylgalactosaminyltransferase/ Williams-Beuren syndrome chromosome region 17 (WBSCR17) regulates lamellipodium formation and macropinocytosis.  
Nakayama, Y., Nakamura, N., Oki, S., Wakabayashi, M., Ishihama, Y., Miyake, A., Itoh, N., and Kurosaka, A.  
Journal of Biological Chemistry 287 : 32222-32235 査読・有 2012
  9. Phospho-signaling at oocyte maturation and fertilization : Set up for embryogenesis and beyond. Part I. Protein kinases.  
Mahbub Hasan, A.K.M., Matsumoto, T., Kihira, S., Yoshida, J., and Sato, K.  
Embryogenesis : 447-498 査読・有 2012
  10. Phospho-signaling at oocyte maturation and fertilization : Set up for embryogenesis and beyond Part II. Kinase regulators and substrates.  
Mahbub Hasan, A.K.M., Matsumoto, T., Kihira, S., Yoshida, J., and Sato, K.  
Embryogenesis : 499-554 査読・有 2012
  11. Involvement of *Src* in the adaptation of cancer cells under microenvironmental stresses.  
Mahbub Hasan, A.K.M., Ijiri, T., and Sato, K.  
Journal of Signal Transduction (doi : 10.1155/2012/483796) 査読・有 2012
  12. Protein-tyrosine kinase signaling in the biological functions associated with sperm.  
Ijiri, T.W., Mahbub Hasan, A.K.M., and Sato, K.  
Journal of Signal Transduction (doi : 10.1155/2012/181560). 査読・有 2012
  13. Membrane microdomain-associated uroplakin IIIa contributes to *Src*-dependent mechanisms of anti-apoptotic proliferation in human bladder carcinoma cells.  
Kihira, S., Yoshida, J., Kawada, Y., Hitomi, Y., Asada, T., Hisatomi, R., Ohta, A., Iwasaki, T., Mahbub Hasan, A. K.M., Fukami, Y., and Sato, K.

Biology Open 2 (doi : 10.1242/bio.20121115) 査読・有 2012

B) 図書

1. 形質転換プロトコール【植物編】田部井豊(編)第9章-3「ベンサミアナタバコの葉緑体形質転換プロトコール」田中義行, 辻村朋彦, 寺地徹 (ISBN : 978-4-7598-1485-9), 化学同人, pp.408 (in press)
2. Embryogenesis (ISBN 978-953-51-0466-7)  
Sato, K. (as an editor and chapter contributor of the book) InTech Open Access Publisher pp.652 (2012)
3. 研究者が教える動物飼育第3巻 — ウニ, ナマコから脊椎動物へ — (ISBN-13 : 978-4320057203)  
佐藤賢一(コラム執筆担当), 共立出版, pp.173 (2012)

C) 学会発表

【国際学会】

1. American Society for Matrix Biology and Society for Glycobiology Joint Meeting 2012  
Nakayama, Y. Nakamura, N., and Kurosaka, A.  
A Putative Polypeptide N-Acetylgalactosaminyltransferase/WBSCR17 Regulates Cell Adhesion and Endocytic Pathways in HEK293T cells.  
San Diego, USA (2012.11)
2. American Society for Matrix Biology and Society for Glycobiology Joint Meeting 2012  
Nakamura, N. Nakayama, Y., Miyake, A., Itoh, N., and Kurosaka, A.  
Developmental roles of mucin-type glycosylation in zebrafish.  
San Diego, USA (2012.11)
3. The International Symposium on the Mechanisms of Sexual Reproduction in Animals and Plants  
Ijiri, T.W., Kishikawa, J., Imamura, H., Iwao, Y., Yokoyama, K., and Sato, K.  
ATP quantification in *Xenopus laevis* oocyte/egg during maturation and fertilization : for further ATP imaging.  
Nagoya, Japan (2012.11)
4. The International Symposium on the Mechanisms of Sexual Reproduction in Animals and Plants  
Sato, K.  
Membrane microdomain-mediated signaling crosstalk contributes to gamete interaction and signaling in *Xenopus* egg fertilization.  
Nagoya, Japan (2012.11)
5. The 5th Asian Federation of Laboratory Animal Science Associations Congress (AFLAS 2012)  
Kurosaka, A., Nakamura, N., and Nakayama, Y.  
Biological roles of a brain-specific polypeptide GalNAc-transferase in zebrafish.  
Bangkok, Thailand (2012.10)
6. The 5th Asian Federation of Laboratory Animal Science Associations Congress (AFLAS 2012)  
Kawai, T., Kaneda, E., Nakamura, N., Nakayama, Y., and Kurosaka, A.  
Functional analysis of polypeptide N-acetyl-galactosaminyltransferase-like 4 and 8 in zebrafish.  
Bangkok, Thailand (2012.10)
7. Gordon Research Conference on Cell Death  
Sato, K.  
Membrane microdomain-associated uroplakin IIIa contributes to *Src*-dependent mechanisms of anti-apoptotic

proliferation in human bladder carcinoma cells.

Lucca, Italy (2012.7)

8. 2012 Joint Seminar (CU-KSU-MUSC) in Science and Technology

Nakayama, Y., Nakamura, N., and Kurosaka, A.

Roles of mucin-type carbohydrates in endocytosis.

Bangkok/Thailand (2012.3)

9. 2012 Joint Seminar (CU-KSU-MUSC) in Science and Technology

Kurosaka, A., Nakayama, Y., and Nakamura, N.

Roles of Mucin-type Carbohydrates in Zebrafish Development.

Bangkok/Thailand (2012.3)

【国内学会】

1. 日本育種学会第 123 回講演会

Gyawali Yadav Prasad, 寺地 徹

Complete sequence of mitochondrial genome of an alloplasmic line of common wheat with *Aegilops geniculata* cytoplasm.

東京農業大学 (2013.3)

2. 日本育種学会第 123 回講演会

安本景太, 高木宏樹, 寺内良平, 寺地 徹, 山岸 博

オグラ型雄性不稔ダイコンの稔性回復に関わる *Rfi* 遺伝子座の構造解析

東京農業大学 (2013.3)

3. 日本育種学会第 123 回講演会

辻村真衣, 森 直樹, 山岸 博, 寺地 徹

コムギ・エギロプス属植物のミトコンドリアゲノムの解析 2. *Aegilops speltoides* の細胞質を持つ置換系統のミトコンドリアゲノム

東京農業大学 (2013.3)

4. 日本育種学会第 123 回講演会

福永明日美, 辻村朋彦, 植村香織, 寺地 徹

葉緑体の遺伝子組換えを用いた高濃度グルタチオン含有植物の育成

東京農業大学 (2013.3)

5. 日本育種学会第 123 回講演会

井上理恵子, 植村香織, 寺地 徹

ダイズのフェリチン遺伝子を葉緑体ゲノムに持つ組換えレタスの作出

東京農業大学 (2013.3)

6. 日本育種学会第 123 回講演会

大矢悠貴, 寺地 徹

グルタミン酸脱水素酵素遺伝子 (*gdh1*) を葉緑体ゲノムに持つ組換えタバコの作出

東京農業大学 (2013.3)

7. 第 35 回日本分子生物学会年会

和田あゆみ, 中山喜明, 中村直介, 黒坂光

単層培養条件下におけるマウス胚性腫瘍由来 P19 細胞の神経分化誘導



- 福岡 (2012.12)
8. 第 35 回日本分子生物学会年会  
川合多美子, 青木俊輔, 高橋由衣, 中村直介, 中山喜明, 黒坂光  
ゼブラフィッシュ初期発生におけるポリペプチド N-アセチルガラクトサミン転移酵素の機能解  
福岡 (2012.12)
  9. 第 35 回日本分子生物学会年会  
金田鋭一, 中村直介, 中山喜明, 黒坂光  
ゼブラフィッシュにおける N-acetylgalactosaminyltransferase-like4 の機能解析  
福岡 (2012.12)
  10. 第 35 回日本分子生物学会年会  
吉田潤平, 紀平成, 人見侑里子, 井尻貴之, 佐藤賢一  
ヒト膀胱および非膀胱がん細胞におけるウロプラキシン IIIa の発現と機能  
福岡 (2012.12)
  11. 第 35 回日本分子生物学会年会  
紀平成, 吉田潤平, 矢羽大基, 井尻貴之, 佐藤賢一  
血清飢餓培養環境下におけるヒト膀胱がん細胞の *Src* 依存的 MAPK 非依存的増殖機構  
福岡 (2012.12)
  12. 第 35 回日本分子生物学会年会  
マブブハサンAKM, 玖島将太, 松本尚士, 三田勇樹, 戸阪朋樹, 磯崎功明, 小寺啓太, 井尻貴之, 佐藤賢一  
Membrane microdomain-mediated gamete interaction and signaling in fertilization of the frog *Xenopus laevis*.  
福岡 (2012.12)
  13. 第 35 回日本分子生物学会年会  
井尻貴之, 岸川淳一, 今村博臣, 岩尾康宏, 横山謙, 佐藤賢一  
ATP quantification in *Xenopus laevis* oocyte/egg during maturation and fertilization: for further ATP imaging.  
福岡 (2012.12)
  14. 第 31 回日本糖質学会年会  
中山喜明, 中村直介, 黒坂光  
GalNAc-T 様遺伝子 WBSCR17 はエンドサイトーシス経路を調節する  
鹿児島 (2012.9)
  15. 第 83 回日本動物学会大会  
城下歩美, 志賀圭子, 上野智代, 佐藤賢一, 岩尾康宏  
マトリクスメタロプロテアーゼによる電位感受性なツメガエル受精  
大阪 (2012.9)
  16. 日本育種学会第 122 回講演会  
山岸 博  
オルガネラゲノム工学による細胞質雄性不稔の開発  
京都産業大学 (2012.9)
  17. 日本育種学会第 122 回講演会  
寺地 徹  
ダイコンのミトコンドリアゲノムの多様性とミトコンドリアと相互作用する核遺伝子の進化  
京都産業大学 (2012.9)

18. 日本育種学会第 122 回講演会  
福永明日美, 辻村朋彦, 須頭智世, 植村香織, 寺地 徹  
グルタチオン合成酵素(GS)の遺伝子を葉緑体ゲノムに持つ組換えタバコの作出と特徴づけ  
京都産業大学 (2012.9)
19. 第 84 回日本遺伝学会大会  
降旗初佳, 吉田貴徳, 河邊 昭  
葉緑体ゲノム断片の核移行パターン  
九州大学 (2012.9)
20. 第 84 回日本遺伝学会大会  
吉田貴徳, 河邊 昭  
ゲノムインプリンティングされる type I MADS-box 遺伝子の分子進化  
九州大学 (2012.9)
21. 第 84 回日本遺伝学会大会  
河邊 昭, 降旗初佳, 吉田貴徳  
動原体特異性を持つ転移因子 COPIA93/20 ファミリーのアブラナ科植物での存在様式  
九州大学 (2012.9)
22. 第 71 回日本癌学会総会  
佐藤賢一, 深見泰夫  
ヒト膀胱がん細胞の血清飢餓抵抗性増殖機構における *Src* および *uroplakin IIIa* の役割  
札幌 (2012.9)
23. 第 83 回日本動物学会大会  
松本尚士, 攻島将太, 山田力志, 澤田均, 佐藤賢一  
試験管内再構成実験によるツメガエル卵の受精シグナル関連分子の探索  
大阪 (2012.9)
24. 包括脳ネットワーク夏のワークショップ  
中村直介, 中山喜明, 田原聖明, 西村和真, 三宅 歩, 伊藤信行, 黒坂 光  
ゼブラフィッシュ後脳において WBSR17 が関わるムチン型糖鎖の機能解明  
仙台 (2012.7)
25. 第 5 回生殖研究若手の会  
佐藤賢一  
卵細胞膜マイクロドメインを足場とする配偶子間認識と膜融合の分子機構  
三浦 (2012.7)
26. 基礎生物学研究所研究会  
佐藤賢一  
配偶子膜マイクロドメインに焦点をあてた受精シグナル機構の解析  
東岡崎 (2012.5)

## Production of useful plants based on the progress of organelle genome research

Toru TERACHI

### Abstract

In order to produce useful plants, the plant organellar genome research center is performing several research projects such as chloroplast gene-engineering, cell fusion, structure analysis of mitochondrial genomes from crop species including radish. This year we have successfully produced several stress-tolerant plants by chloroplast transformation technology, and demonstrated that over-expression of ROS scavenging enzymes in chloroplast is one of promising approaches toward improvement of crop species. We have also produced transplastomic plants that express iron binding protein (ferritin) in chloroplast, and showed that they have larger amount of iron in leaves than wild-type plant. We developed the method to transform chloroplast genome of *Nicotiana benthamiana*, and determined complete genome sequences of several plant materials including male-sterile plants made by cell-fusion between cabbage and *Arabidopsis*, different varieties of radish and other crop species.

**Keywords :** chloroplast transformation, tobacco, mitochondrial genome, radish, cell fusion