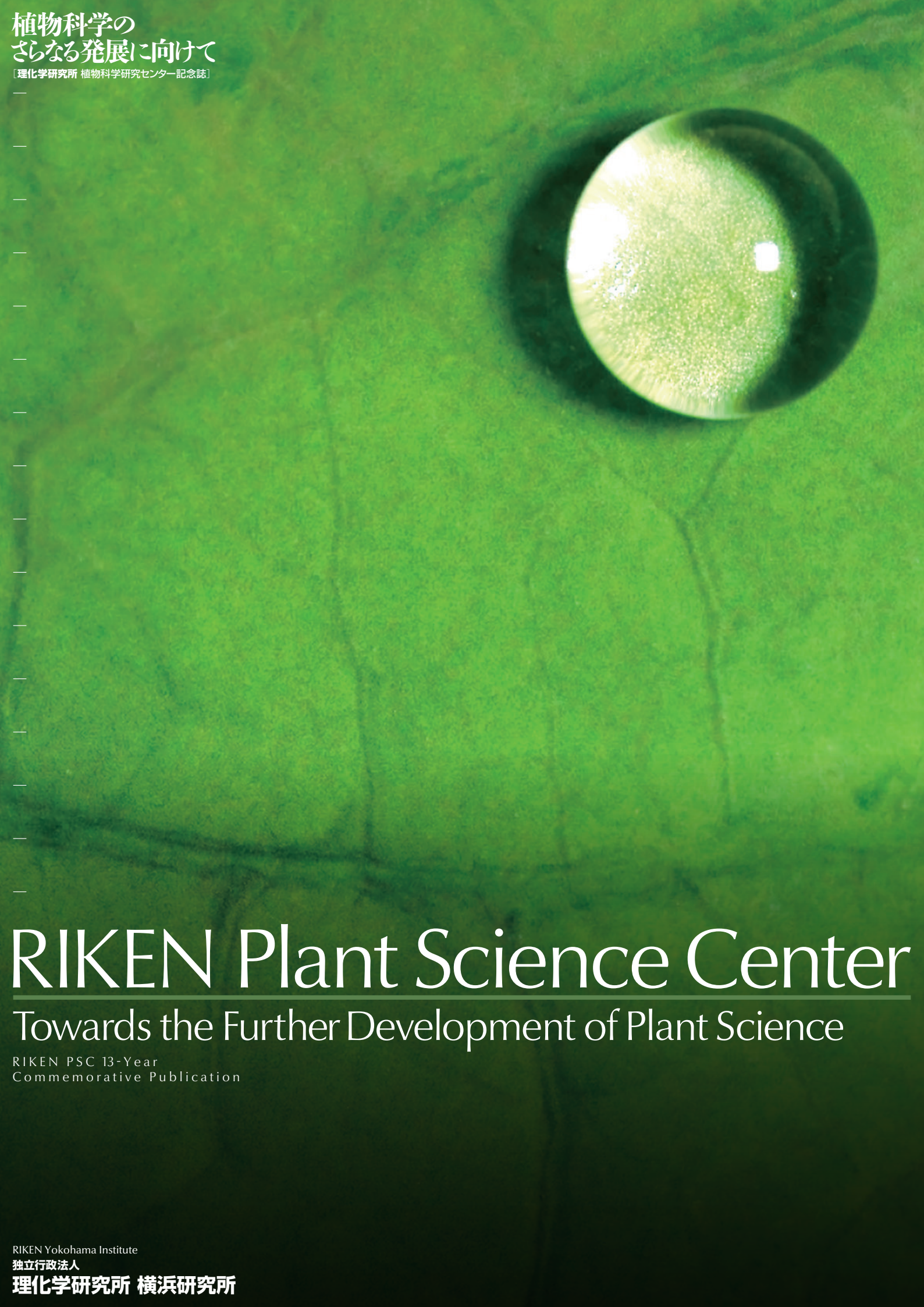
植物科学の
さらなる発展に向けて
［理化学研究所 植物科学研究センター記念誌］



# RIKEN Plant Science Center

## Towards the Further Development of Plant Science

RIKEN PSC 13-Year
Commemorative Publication

RIKEN Yokohama Institute
独立行政法人
理化学研究所 横浜研究所

# 植物科学の
# さらなる発展に向けて

［理化学研究所 植物科学研究センター記念誌］

RIKEN Yokohama Institute

独立行政法人
理化学研究所 横浜研究所

[理化学研究所 植物科学研究センター記念誌]

# 植物科学のさらなる発展に向けて——目次


**ごあいさつ** 003
(独)理化学研究所 横浜研究所／所長——藤田明博
(独)理化学研究所 横浜研究所 植物科学研究センター／センター長——篠崎一雄

**植物科学研究センターの概要** 004
組織の変遷／植物科学研究センターのネットワーク

**植物科学研究センターの13年[2000—2012]** 006

植物科学研究センター 13年記念座談会——❶
**植物科学研究センターの13年をふり返って** 010
杉山達夫／篠崎一雄／吉田茂男

植物科学研究センター 13年記念座談会——❷
**ゲノムとメタボロームの融合** 016
斉藤和季／松井 南／篠崎一雄

植物科学研究センター 13年記念座談会——❸
**植物ホルモン研究の成果** 020
神谷勇治／榊原 均

植物科学研究センター 13年記念座談会——❹
**植物科学研究センターの国際化をめぐって** 024
清水由仁恵／白須 賢

研究分野活動報告——❶ [メタボローム研究推進部門]
**メタボロミクスと代謝ゲノミクス研究** 028

研究分野活動報告——❷ [ゲノム機能·インフォマティクス研究分野]
**変異体リソースと情報基盤構築に向けて** 030

研究分野活動報告——❸ [生長制御·生産機能研究分野——1]
▶生長制御グループ／適応制御研究ユニット
**植物ホルモンの生合成·情報伝達の解明に向けて** 032

研究分野活動報告——❹ [生長制御·生産機能研究分野——2]
▶生産機能研究グループ／細胞機能研究チーム
**生産性向上に役立つ遺伝子の同定と利用** 034

研究分野活動報告——❺ [環境適応·耐性機構研究分野——1／基盤研究]
▶機能開発研究グループ／発現調節研究ユニット／機能調節研究ユニット／基盤研究
**環境ストレスに強い作物の開発に向けて** 036

研究分野活動報告——❻ [環境適応·耐性機構研究分野——2]
▶植物免疫研究グループ／植物プロテオミクス研究ユニット
**持続的生産に貢献する植物免疫機構の研究** 038

植物科学研究センターの13年から
**代表的な研究成果** 040

**植物科学研究センター出身のPI** 052

**受賞記録** 053

**データで見る植物科学研究センターの13年** 056
論文数／国内外特許出願件数／予算／在籍者数




# ごあいさつ

**藤田明博**
[(独)理化学研究所 横浜研究所／所長]


## 植物科学研究の さらなる発展のために

独立行政法人理化学研究所 横浜研究所は日本の生命科学の重要研究拠点として
2000年に開設されました。13年という浅い歴史にもかかわらず、
研究水準は世界の第一線をいくものとなり、所内連携はもとより、
外部の大学や研究機関、企業との関係も広く深く拡がっていると感じております。
植物科学研究センターは横浜研究所の開設と同じ2000年に創立されました。
近年では、植物は、その働きの科学的解明を通じた環境問題等、
現代社会の抱える問題の解決への貢献など社会からの期待も大きくなってきており、
2013年度より始まる理化学研究所の第3期中期計画の中で、植物科学研究センターは
基幹研究所のケミカルバイオロジー分野、触媒化学分野を融合し、
「環境資源科学研究センター」として新たなスタートを切ることとなりました。
本冊子はこれまで13年間の植物科学研究センターの歩みを様々な面から振り返るとともに、
今後の植物科学研究の発展を検討していくために企画されたものです。
これまでの活動に対するご支援に改めてお礼を申し上げますとともに、
引き続きご理解とご協力をよろしくお願い申し上げます。

**篠崎一雄**
[(独)理化学研究所 横浜研究所
植物科学研究センター／センター長]

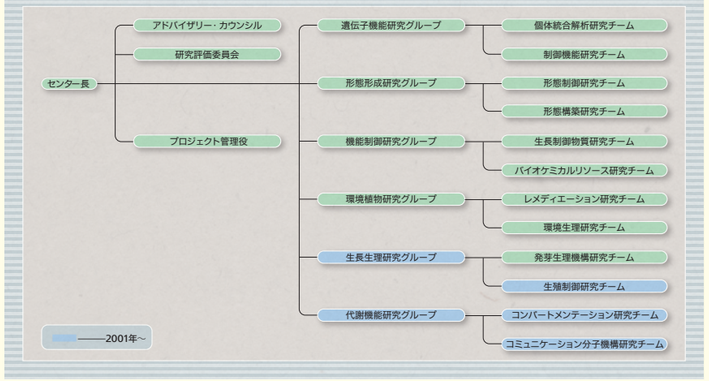

## 13年の実績を 基に新たな挑戦を

植物科学研究センターは2000年にミレニアムプロジェクトとして創立されました。
第1期では、植物ゲノム解読に関連して農水省のイネゲノム研究との連携で
モデル実験植物の機能解明を進め、杉山達夫センター長のもと、
“植物に学び、植物を活かす”をモットーに、基礎植物学研究が大きく進みました。
第2期では、“植物の量的·質的生産力の向上”に関わる植物遺伝子の機能解析と
代謝制御に関わるメタボローム基盤研究を立ち上げ、国際的な基盤へと進展。
高い被引用度の論文を発表し、世界トップレベルの研究拠点に発展しました。
植物科学研究の出口として、食料問題だけでなく環境やエネルギー問題への
社会貢献の期待も大きくなりました。モデル植物のゲノム機能研究から
異分野連携により農業や産業への応用展開が求められています。
2013年度からは植物科学、ケミカルバイオロジー、触媒化学を連携して
「環境資源科学研究センター」として新たなスタートを切ることとなりました。
環境調和型資源の創出と利活用を目指します。植物科学研究センター13年の実績を基に
新たな挑戦を進めていきたいと思います。皆様のご指導ご鞭撻をお願いします。

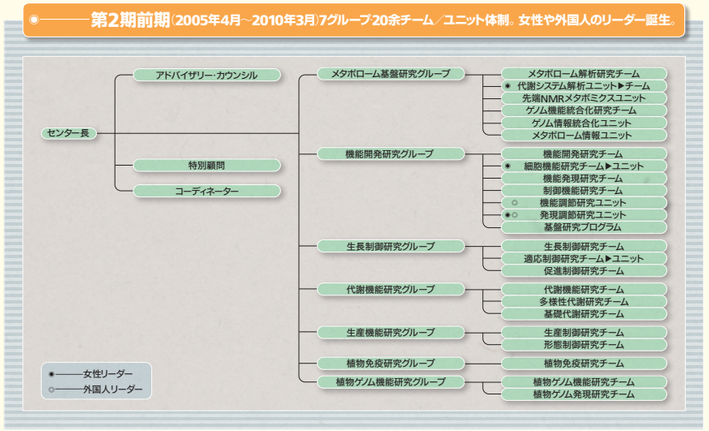
# 植物科学研究センターの概要

●植物科学研究センター(以下PSC)は、2000年に国のミレニアム・プロジェクトとして設立されました。
第1期の5年間では、内外の研究機関と連携し、「植物ホルモンの合成と情報伝達」、「化学、生化学と分子遺伝学の融合」、「シロイヌナズナのゲノム情報とリソース」などの突出した成果を挙げることができました。
●2005年からの第2期では、モデル植物を用いた機能ゲノム解析(トランスクリプトーム、プロテオーム、メタボローム解析など)を基礎に、生長制御、形態形成、光合成や代謝、環境応答などの制御機構をシステム全体として理解するための取り組みを行い、さらには食料増産、健康向上に結びつく遺伝子を探索し、植物の物質生産機能の基盤研究を推進しました。
●こうしたPSC13年間における研究成果は、国際的な植物科学研究機関として高く評価されるとともに、今後も食料、健康、環境の保全に活用され、次世代に続く持続的な社会の構築に貢献します。

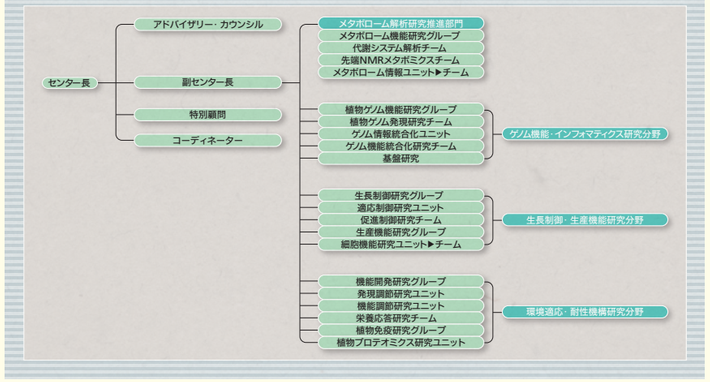
## 第1期(2000年4月~2005年3月)6グループ・12チーム体制




## 第2期前期(2005年4月~2010年3月)7グループ・20余チーム/ユニット体制。女性や外国人のリーダー誕生。




## 第2期後期(2010年4月~2013年3月)7グループ・20余チーム/ユニット。フラットな体制に。




## 植物科学研究センターのネットワーク

[最先端研究基盤事業
**植物科学最先端研究拠点ネットワーク**]

- 東北大学
- 筑波大学
- 東京大学
- 理化学研究所　植物科学研究センター
- 名古屋大学
- 基礎生物学研究所
- 奈良先端科学技術大学院大学
- 京都大学
- 岡山大学

[**主な国内連携先**]

- メタボローム基盤の構築
  - ●かずさDNA研究所
  - ●慶應義塾大学先端生命科学研究所
- コムギに関する研究
  - ●横浜市立大学木原生物学研究所
- イネに関する研究
  - ●農業生物資源研究所
  - ●国際農林水産業研究センター
  - ●岡山県農林水産総合センター 生物科学研究所
- ヒョウタンゴケによる重金属排水処理
  - ●DOWAホールディングス
- バイオマス増産に向けた植物ゲノム科学及びバイオテクノロジー分野
  - ●森林総合研究所

[**連携大学院**]

**横浜市立大学**
木原生物学研究所

**横浜市立大学**
大学院生命ナノシステム科学研究科

**筑波大学**
大学院生命環境科学研究科

**首都大学東京**
大学院理工学研究科

**名古屋大学**
大学院生命農学研究科

**東京大学**
大学院理学系研究科

**東北大学**
大学院農学研究科

**千葉大学**
大学院融合科学研究科

[**国際連携――共同研究**]

研究室単位での共同研究契約

1. International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Colombia (2006-)
2. University of Erlangen-Nuremberg (FAU), Germany (2007-)
3. Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Korea (2007-)
4. Max Planck Institute for Chemical Ecology, Germany (2007-)
5. Michigan State University, USA (2008-)
6. University of Karlsruhe, Germany (2008-)
7. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Australia (2008-)
8. Rajiv Gandhi Centre for Biotechnology (RGCB), India (2009-)
9. International Rice Research Institute (IRRI), Philippines (2008-)
10. Mahidol University, Thailand (2009-)
11. Trent University, Canada (2009-)
12. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Mexico (2008-)
13. Phenomenome Discoveries Inc., Canada (2005-)
14. China Agricultural University, China (2007-)
15. French National Institute for Agricultural Research (INRA), France (2011-)
16. Institute of Agricultural Genetics, Vietnam (2011-)
17. The Brazilian Agricultural Research Corporation, Brazil (2012-)

[**国際連携――研究協力協定**]

研究センターとしての研究交流及び共同研究

- A Max Planck Institute of Molecular Plant Physiology, Germany (2005-)
- B College of Forest and Environment, Nanjing Forestry University, China (2007-)
- C Flanders Institute for Biotechnology (VIB), Belgium (2007-)
- D Leibniz Institute of Plant Biochemistry, Germany (2007-)
- E College of Biological Sciences, China Agricultural University, China (2007-)
- F Umea Plant Science Centre, Sweden (2010-)
- G John Innes Centre and the Sainsbury Laboratory, UK (2007-)
- H Division of Biological Sciences, The University of California, San Diego, USA (2010-)

# 植物科学研究センターの13年

*理化学研究所 横浜研究所で開催されたイベントは場所記載省略

## 植物科学研究センター［PSC］

### 2000年［平成12年］

**第1回PSCシンポジウム**
11月1日 於 理化学研究所 和光本所

**横浜研究所開所式**
11月6日

**第22回理化学研究所 科学講演会**
11月6日 於 パシフィコ横浜会議センター

**植物科学に係わる各省庁研究者の計画発表会**
◉日本学術振興会 植物遺伝子プロジェクト
◉理化学研究所 植物科学研究センター
◉農林水産省 イネゲノムプロジェクト
12月6日 於 クロスタワーホール（東京）

### 2001年［平成13年］

**理化学研究所一般公開2001**
4月21日

**第2回PSC国際シンポジウム "Plant Morphogenesis"**
11月26日、27日 於 東京大学 弥生講堂

**ミレニアム植物科学研究プロジェクト研究成果報告会**
◉未来開拓学術研究推進事業 植物遺伝子研究推進委員会
◉理化学研究所 植物科学研究センター
◉農林水産省 イネゲノムプロジェクト
12月3日、4日 於 安田生命ホール

### 2002年［平成14年］

**PSC各研究室、横浜研へ統合（和光本所や京大より引っ越し）**
4月

**PSCと特定領域研究との共催公開シンポジウム「高等植物におけるシグナル受容と情報伝達」**
4月26日 於 理化学研究所 和光本所

**Joint Meeting between Max-Planck-Institute and PSC "Nutrients, Metabolism and Development"**
5月27日、28日 於 Max-Planck Golm 研究所（Golm、ドイツ）

**横浜研究所一般公開2002**
7月20日

**横浜研究所への統合を記念して、精子発見のイチョウを中田横浜市長とともに植樹**
10月7日

**PSCリトリート**
10月8日、9日 於 かずさアカデミアパーク

**France-Japan Binational Symposium on Plant Biology 2002 "Communication of regulatory signals among cellular compartmentation in plant metabolisms"**
10月29日–31日 於 奈良市新公会堂

**第3回PSC国際シンポジウム Plant Science Center Symposium "Biosyntheses of plant hormones and beyond"**
11月18日、19日 於 理化学研究所 和光本所

**ミレニアム植物科学研究プロジェクト研究成果報告会**
12月2日 於 安田生命ホール

### PIリスト［第1期］

［遺伝子機能研究グループ］――**岡田 清孝**
［個体統合解析研究チーム］――**和田 拓治**
［制御機能研究チーム］――**酒井 達也**
［形態形成研究グループ］――**福田 裕穂**
［形態制御研究チーム］――**出村 拓**
［形態構築研究チーム］――**松岡 健**
［機能制御研究グループ］――**吉田 茂男**
［バイオケミカルリソース研究チーム］――**村中 俊哉**
［環境植物研究グループ］――**山口 勇**
［環境生理研究チーム］――**濱本 宏**
［生長生理研究グループ］――**神谷 勇治**
［生殖制御研究チーム］――**南原 英司**
［代謝機能研究グループ］――**山谷 知行**
［コンパートメンテーション研究チーム］――**高橋 秀樹**
［コミュニケーション分子機構研究チーム］――**榊原 均**

## センター外の主な出来事［理研沿革／国内・海外重大ニュース（青字）］

**4月** 横浜研究所発足
ミレニアム・プロジェクトの一環として植物科学研究センター（4グループ）、遺伝子多型研究センターを開設
発生・再生科学総合研究センター開設（神戸）
ライフサイエンス筑波研究センターを筑波研究所に改称
**8月** シドニーオリンピック
**12月** 白川英樹氏がノーベル賞受賞

**1月** バイオリソースセンター開設（筑波研）
**4月** 小泉内閣発足
**7月** 免疫・アレルギー科学総合研究所センター開設（横浜研）
**9月** 9・11同時多発テロ
**10月** 野依良治氏がノーベル化学賞受賞

**4月** 中央研究所開設
神戸研究所発足
**6月** 第17回サッカーワールドカップ日韓共催
**12月** 小柴昌俊氏、田中耕一氏がノーベル受賞

### 2003年［平成15年］

**第1回 アドバイザリー・カウンシル**
3月12日–14日

**横浜研究所一般公開2003**
6月14日

**産官学共催植物科学シンポジウム「植物に学び植物を活かすバイオサイエンス」―次世代の食と環境を担う植物科学研究の最前線―**
8月25日 於 名古屋大学大学院生命農学研究科

**第13回ドリコールおよびイソプレノイド研究会例会**
9月4日

**PSC国際シンポジウム2003 "Plant Science and the Environment"**
11月10日、11日

**シロイヌナズナワークショップ2003**
11月12日

**PSC サイエンスリトリート**
11月27日

**ミレニアム植物科学研究プロジェクト研究成果報告会**
◉未来開拓学術研究推進事業 植物遺伝子研究推進委員会
◉理化学研究所 植物科学研究センター
◉農林水産省 イネゲノムプロジェクト
12月4日、5日 於 安田生命ホール

### 2004年［平成16年］

**第2回アドバイザリー・カウンシル**
3月

**公開市民講座「暮らしと生命を支える植物の力―ミレニアムプロジェクト研究がもたらしたもの―」**
5月8日 於 東京大学農学部 弥生講堂

**横浜研究所一般公開2004**
6月26日

**タバコBY-2細胞に関する国際ワークショップ**
9月14日–16日

**ミレニアム植物科学研究プロジェクト研究成果報告会**
12月2日、3日 於 コクヨホール（品川）

### 2005年［平成17年］

**PSC第2期開始（5グループ）**
4月

**第6回 国際植物硫黄代謝ワークショップ**
5月17日–21日 於 かずさアカデミアセンター

**PSCのロゴ決定**
5月

**振興調整費課題「イネ完全長cDNAを用いた有用形質高速探索」採択**
5月

**理研と慶大のメタボローム研究に関する基本合意書の調印**
6月1日

**横浜研究所一般公開2005**
6月25日

**France-Japan Workshop on Plant Sciences 2005 "Cellular signaling and development"**
9月25日–29日 於 Sofitel Toulouse Centre, Toulouse, France

**植物免疫研究グループ発足**
10月1日

**Protein Phosphorylation in Plant Signaling**
10月20日、21日 於 つくば国際会議場「エポカルつくば」

**Functional Network of Transcription Factors in Plants**
11月16日、17日 於 つくば国際会議場「エポカルつくば」

**「植物科学研究プロジェクトシンポジウム」―グリーンテクノ計画・植物生産機能の総合的向上を目指して―**
◉農業生物資源研究所
◉理化学研究所 植物科学研究センター
◉大学植物科学者ネットワーク
12月2日 於 コクヨホール

### 2006年［平成18年］

**Max Planck Institute of Molecular Plant Physiology（Golm, Germany）との合同セミナー**
3月16日、17日

**植物ゲノム機能研究グループ、ゲノム科学総合研究センターより異動**
4月1日

**第3回 アドバイザリー・カウンシル**
4月19日–21日

**植物バイオテクノロジー分野の2005年論文引用トップに―メタボローム基盤研究グループ**
4月

**PSCリトリート**
5月12日

**横浜研究所一般公開**
6月24日

**植物代謝およびメタボローム集中セミナー**
8月1日

**植物科学シンポジウム「植物の総合的理解と生産性向上」**
◉大学植物科学者ネットワーク
◉農業生物資源研究所
◉理化学研究所 植物科学研究センター
12月1日 於 コクヨホール

**振興調整費課題「イネ完全長cDNAを用いた有用形質高速探索」のアウトリーチ講演会**
12月23日 於 山陽新聞本社 さん太ホール

**9月** 特殊法人理化学研究所解散
**10月** 独立行政法人 理化学研究所設立
初代理事長に野依良治が就任

**9月** 理研「新発見の113番元素」を発表
**8月** アテネオリンピック
**12月** スマトラ島沖大震災

**3月** ミレニアム・ゲノム・プロジェクト終了
**4月** 知的財産戦略センター開設
**7月** 感染症研究ネットワーク支援センター開設
**9月** 分子イメージング研究プログラム開設
**10月** 放射光科学総合研究センター開設

**1月** 次世代スーパーコンピュータ開発実施本部設置
シンガポール連絡事務所設置
**3月** X線自由電子レーザー計画推進本部設置
**4月** 仁科加速器研究センター開設
**9月** 安倍内閣発足
**10月** 天皇皇后両陛下理研ご視察

## 植物科学研究センター［PSC］

### 2007年［平成19年］

**PSC International Symposium**
**植物ホルモン代謝·新しいホルモン様物質の研究 微量物質分析技術の最先端**
3月1日、2日

**中国南京林業大学と研究協力覚書を締結**
3月14日

**木原生物学研究所記念シンポジウム**
**「食べる医薬」**
**横浜市立大学木原生物学研究所との共催**
6月1日 於 横浜市立大学
エクステンションセンター

**横浜研究所 一般公開**
6月23日

**理化学研究所と親しむ会第13回セミナー**
**「植物科学と産業·環境との関わり」**
11月1日 於 日本工業倶楽部会館

**振興調整費課題**
**「イネ完全長cDNAを用いた有用形質高速探索」のアウトリーチ講演会**
**「未知の植物遺伝子のはたらきを探る」**
11月3日 於 つくば国際会議場
「エポカルつくば」

**JSPS／JST合同国際シンポジウム**
**「アフリカ資源の高度利用に向けた植物科学研究」**
11月20日

**植物科学シンポジウム「植物科学の発展」**
◉大学植物科学者ネットワーク
◉農業生物資源研究所
◉理化学研究所 植物科学研究センター
◉産業総合研究所
12月3日 於 コクヨホール

**シロイヌナズナワークショップ2007**
12月10日

**振興調整費課題「イネ完全長cDNAを用いた有用形質高速探索」のアウトリーチ活動として植物科学研究について高校生との意見交換会を開催**
12月18日 於 岡山県立玉島高等学校

### 2008年［平成20年］

**UK-Japan Workshop: Frontiers in Plant Post-Genomics**
1月18日

**第90回生存圏シンポジウム**
**「未来を開く樹木バイオテクノロジー」開催**
2月18日

**シロイヌナズナの変異体*hmg1*変異体がスペースシャトル「エンデバー号」に搭載·打上げ**
3月11日

**Japan-Korea Symposium**
6月9日、10日

**形質転換ネットワーク説明会の開催**
6月16日

**横浜研究所 一般公開**
7月5日

**第5回 国際植物メタボロミクス会議**
7月15日–18日 於 パシフィコ横浜
（アネックスホール）

**PSCキャッチコピー決定**
「未来を拓く、植物の知から」に
7月

**合同リトリート（理研PSC、かずさDNA研究所、木原生物学研究所）**
10月2日、3日 於 かずさアカデミアパーク

**植物ホルモン技術ワークショップ**
10月28日

**第3回メタボロームシンポジウム**
10月30日–11月1日 於 慶應義塾大学
先端生命科学研究所

**第4回 アドバイザリー·カウンシル**
11月25–27日

**日本植物細胞分子生物学会**
**市民公開シンポジウム「食料、環境、健康、そしてエネルギー·植物バイオテクノロジーの実力と新たな期待」**
11月29日 於 大手町サンケイプラザ

**植物科学シンポジウム**
**「植物の力を人類の未来に活用する」**
12月1日 於 コクヨホール

### 2009年［平成21年］

**2008年度 科学講演会**
2月28日 於 丸ビルホール

**中国農業大学生物学院との共同研究に関する協定を調印**
5月19日

**横浜研究所 一般公開**
7月3日

**PSCリトリート**
9月16日

**第4回 メタボロームシンポジウム**
11月18日–19日 於 横浜市立横浜
サイエンスフロンティア高等学校

**日本植物細胞分子生物学会**
**市民公開シンポジウム**
**「身近な植物バイオテクノロジーのちから」**
11月21日 於 大手町サンケイプラザ

**植物科学シンポジウム「引き出そう植物科学の潜在力·日本発GM植物実現を目指して」**
12月1日 於 コクヨホール

## センター外の主な出来事［理研沿革／国内·海外重大ニュース（青字）］

**4月** 分子イメージング研究プログラムを神戸研究所に開設
**9月** 福田内閣発足

**3月** ゲノム科学総合研究センター廃止
**4月** 第2期中期計画スタート
基幹研究所、オミックス基盤研究領域、生命分子システム基盤研究領域、生命情報基盤研究部門開設
遺伝子多型研究センター、ゲノム医科学研究センターへ改称
**8月** 北京オリンピック
**9月** リーマンショック
麻生内閣発足
**10月** 分子イメージング科学研究センター開設
**12月** 小林誠氏、益川敏英氏、下村脩氏、南部陽一郎氏がノーベル賞受賞

**9月** 民主党による政権交代、鳩山内閣発足
**11月** 理研、内閣府の行政刷新会議による事業仕分けの対象となる

### 2010年［平成22年］

**「植物を利用したグリーンイノベーションに向けてのシンポジウム」**
5月29日 於 日本学術会議講堂

**第21回 国際シロイヌナズナ研究会議**
6月6日–10日 於 パシフィコ横浜

**VIB-PSC meeting**
6月10日

**ICAR2010 Satellite Workshop**
6月11日、12日

**横浜研究所 一般公開**
7月3日

**第1回 国際植物窒素同化代謝会議**
7月26日–30日 於 犬山国際観光センター
フロイデ

**理研よこはまサイエンスカフェ**
「植物がたくましく生きる術」
8月28日 於 横浜中央図書館

**PSCリトリート**
10月2日

**International Symposium on Plant Productivity**
10月24日–26日 於 Trent University, Peterborough, Ontario, Canada

**植物電子顕微鏡若手ワークショップ2010**
11月18日、19日

**植物科学シンポジウム「グリーンイノベーションに向けた新たな植物科学」**
12月1日 於 コクヨホール

### 2011年［平成23年］

**International Plant RNA Workshop 2011**
6月20日、21日

**第5回 アドバイザリー·カウンシル**
7月19日–21日

**2011 合同リトリート**
**（理研PSC、BMEP、木原生物学研究所）**
9月29日、30日 於 理化学研究所 横浜研究所、
横浜市立大学木原生物学研究所

**横浜研究所 一般公開**
10月4日

**2011理研生化学シンポジウム**
**「次世代の分子標的探索に向けて」**
10月20日、21日 於
理化学研究所和光キャンパス

**植物電子顕微鏡若手ワークショップ2011**
11月21日、22日

**植物科学シンポジウム**
**「食料·エネルギー·環境問題の解決に貢献する植物科学」**
12月2日 於 コクヨホール

**先端研究基盤事業植物科学最先端研究拠点ネットワーク／NC-CARP合同ワークショップ**
12月12日 於 東京大学 理学部2号館
大講堂

**RIKEN Science Seminar V**
**第1回 4億年の秘密—日本の美、苔のちから—**
12月16日 於 六本木アカデミーヒルズ

### 2012年［平成24年］

**若手研究会**
**「第二回·新規材料創製を目指した合成生物学」**
1月27日

**Fascination of Plants Day**
**（国際植物の日）**
4月21日–6月22日 於 理化学研究所
和光研究所ほか

**International Symposium of Plant Science**
**"Plant Science for the future"**
11月20日

**植物科学シンポジウム**
**「植物科学最先端研究への期待」**
12月2日 於 コクヨホール

**PIリスト**
**［第2期前期］**

［メタボローム基盤研究グループ］—**斉藤 和季**
［代謝システム解析ユニット］—**平井 優美**
［先端NMRメタボミクスユニット］—**菊池 淳**
［ゲノム機能統合化研究チーム］—**嶋田 幸久**
［ゲノム情報統合化ユニット］—**櫻井 哲也**
［メタボローム情報ユニット］—**有田 正規**
［生長制御研究グループ］—**神谷 勇治**
［適応制御研究チーム］—**南原 英司**
［促進制御研究チーム］—**山口 信次郎**
［多様性代謝研究チーム］—**村中 俊哉**
［基礎代謝研究チーム］—**高橋 秀樹**
［機能開発研究グループ］—**篠崎 一雄**
［細胞機能研究チーム］—**松岡 健**
［機能発現研究チーム］—**和田 拓治**
［制御機能研究チーム］—**酒井 達也**
［生産機能研究グループ］—**榊原 均**
［形態制御研究チーム］—**出村 拓**
［植物免疫研究グループ］—**白須 賢**
［植物ゲノム機能研究グループ］—**松井 南**
［植物ゲノム発現研究チーム］—**関 原明**

**4月** 社会知創成事業開設
バイオマス工学研究プログラム（BMEP）発足
感染症研究ネットワーク支援センターを新興·再興感染症研究ネットワーク推進センターに改称
**6月** 管内閣発足
**7月** 計算科学研究機構開設
**12月** 鈴木章氏、根岸英一氏ノーベル賞受賞

**3月** 東日本大震災
**4月** 生命システム研究センター開設
HPCI計算生命科学推進プログラム開設

**7月** ロンドンオリンピック
**12月** 山中伸弥氏がノーベル賞受賞

# 植物科学研究センターの13年をふり返って

「植物に学び、植物を活かす」のモットーを掲げて、プロジェクトを推進した第1期。
植物の生産力向上を見据えて、メタボローム解析基盤を構築した第2期。
そして、グリーン・イノベーションに関わる新たなフェーズへ。
植物科学研究センターを育て上げ、牽引する3人の研究者たちが、13年の歴史と今後の展望を語る。

## 植物科学の発展とともに歩んだ植物科学研究センター

**篠崎**◉2000年に創設された理化学研究所の植物科学研究センター（以下PSC）は、13年間で大きく発展しました。その間に植物科学も発展し、PSCはそれを牽引してきたと思っています。特に設立当初は、遺伝子組み換えの技術が発達し、モデル植物を使ったゲノム機能研究が進むなど、植物科学に新たな流れが生まれた時期にあたりますが、まず始めに、設立の背景について吉田先生からお話いただけますか。

**吉田**◉設立以前の1999年まで、理研の中では「国際フロンティア研究システム」というわが国初の任期制主軸のユニークな研究システムが動いていました。そこで行われていた生体ホメオスタシスというテーマに基づく植物研究の中で、特に光応答と植物ホルモン機能に関する研究、この2本の流れが強く意識されていたわけです。
そこに国の政策で、21世紀という節目にあたり新たな研究機関をどうするのかという議論が持ち上がっていました。そこで日本の植物研究は植物機能解明を集中的に行うべきだという諮問を行ったわけです。

**篠崎**◉それがPSC誕生のきっかけとなった「ミレニアム・プロジェクト」[*1]につながるということですね。PSCはモデル植物のゲノム機能解析の部分を受け持ち、イネゲノム研究を進めていた農水省と一緒にスタートしたと記憶しています。PSC最初のセンター長であった杉山先生は設立の際、大変ご苦労があったと思うのですが、そのあたりはいかがでしょうか。

**杉山**◉ミレニアム・プロジェクトとして我々に課せられたのは、イネ以外のモデル植物のゲノム機能を解明し、高機能作物や低農薬作物の開発に資することでした。これに伴い、最初に手がけたのが人事の問題です。センター長からグループディレクターを決め、それぞれのグループディレクターがチームリーダーを決め、そしてグループディレクターとチームリーダーが、その所轄のスタッフを決めていくという、いわゆる"新幹線トップダウン方式"に基づいて優秀な人材を集めました。
しかし、当時は施設も散在しており、5年という限られた時間の中で、いかに一体感を持ちながら一つの目標に向かうかは大きな課題でした。なにしろ二つのグループは脳科学総合研究センターに間借りをし、和光から参画した三つのグループは生物科学棟と研究中央棟に。さらに京都大学の理学部植物園の一画を間借りするグループもありました。
そうした状況で、チームやグループごとにセンター長を交えて会食をしたり、ジョイント・セミナーを増やしたりするなど意識的に一体感を保つように努力していました。それだけにPSCとしての統合は悲願だったわけです。そして2002年に、ようやくこの横浜研究所に統合することができました。横浜に引っ越してきて最初に解決したのは、生命線となる植物育成のための共有施設の整備でしたね。

## 初めてのオールジャパン体制

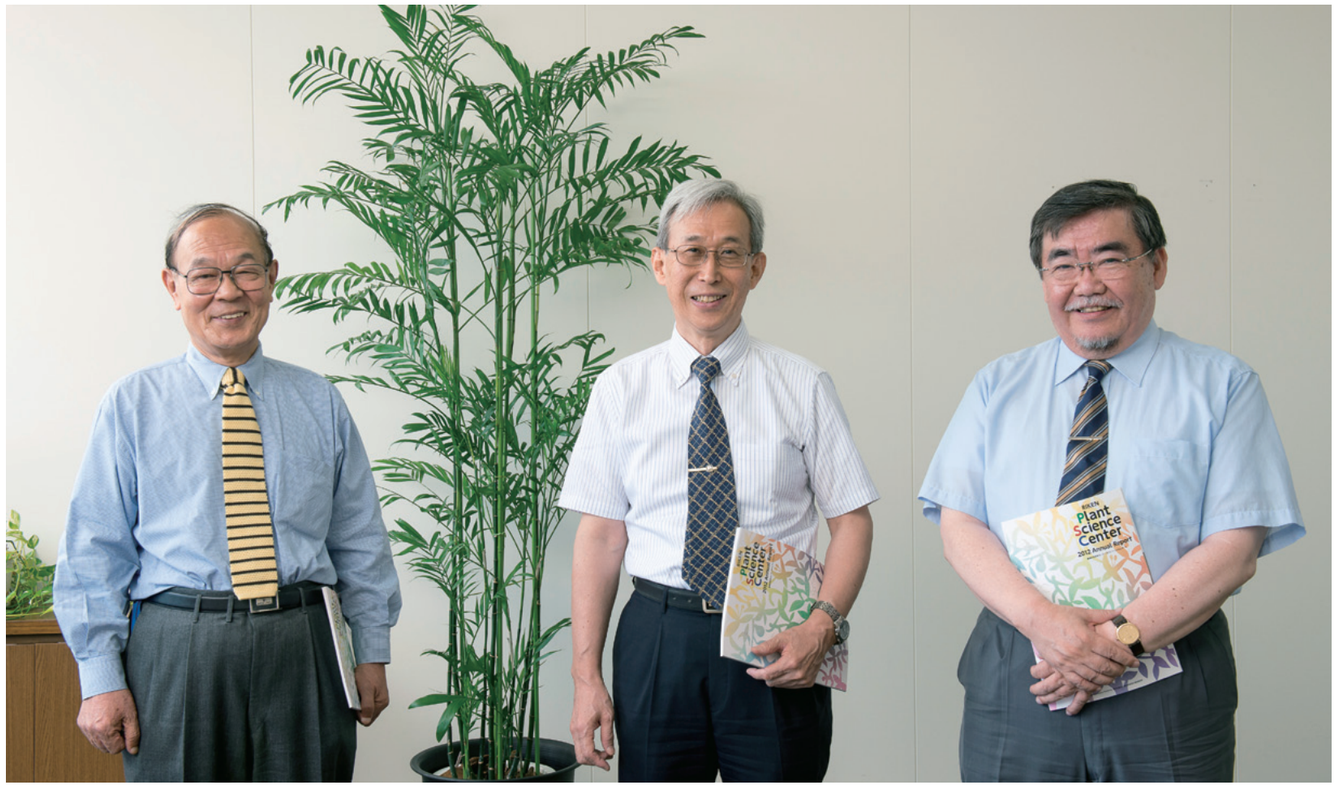
**篠崎**◉第1期は「植物に学び、植物を活かす」というモットーを掲げてプロジェクトを進めていきました。PSCは植物科学の日本一の拠点ということで、農水省や大学などと合同会議がセットされ、オールジャパン体制でプロジェクトを進める際に難しさもあったと思います。

**杉山**◉研究については真っ向勝負をかけました。それが可能だったのは優秀なスタッフと、財政にも恵まれていたからです。ご存じのように生物を一口で定義することはほとんど不可能に近いのですが、ゲノム・サイエンスを背景に何を目指すかと言えば、やはり生物ないし植物固有の属性を研究の対象にすべきではないかと。
一つは光合成による「ものづくり」、光を求め重力に逆らう「かたちづくり」、そして「移動しない」機能ですね。この三つを対象に分子的なからくりを解くことをベースに置きました。ただ、当時は理研が独立行政法人化し、科学技術庁と文部省が融合するなど混乱期にありました。そこで若い人に対しては将来につながる基盤研究、基礎研究に重点を置く一方で、シニアの研究者については、解き明かした分子的なからくりを活用し、植物を活かす視点を持って頂こうと両刀で進めました。
その結果、幸いにして第1期は、一体感と求心力が生まれたのではないかと思います。しかし、日本の植物研究者は大きな国策を受けたことがないわけですから、オールジャパンで一丸となるという気迫には欠けていたと思うんですね。そうした状況を打破しようと、省庁を超えて研究者が一丸となる機会を作る盟約をして、成果報告と情報交換をする場を設けました。

**篠崎**◉12月に行われる植物科学シンポジウムですね。これは年に一度の成果報告会として現在も続いています。オールジャパンでの植物研究の一つの象徴的な活動ではないかと思います。

**杉山**◉私は当時、内閣府などの専門委員会に出席していましたが、縦割り行政に対する疑問は委員から非常に強く出ていました。植物のオールジャパン体制は、一つのエポックになったのではないでしょうか。

**篠崎**◉研究成果では、理研は化学をベースにした植物科学に強いということもあり、植物ホルモン研究や代謝に関する研究が進みました。一方、大学側はシロイヌナズナの分子遺伝学研究、あるいは形態形成などの研究者が集まったということもあり、研究の調和ということでは苦労があっ



### Profile

**杉山達夫**［左］
*Tatsuo SUGIYAMA*／
植物科学研究センター 特別顧問
前センター長
▶1963年名古屋大学大学院農学研究科修了。国際稲研究所研究員、名古屋大学生化学制御研究施設助手、ジョンスホプキンス大学医学部研究員、静岡大学農学部助教授、名古屋大学農学部助教授・教授を歴任。2001年名古屋大学大学院生命農学研究科教授停年。名古屋大学名誉教授。'00–05年理化学研究所植物科学研究センター・センター長、現在同センター特別顧問。農学博士。専門は光合成分子生理学。

**篠崎一雄**［中］
*Kazuo SHINOZAKI*／
植物科学研究センター センター長
▶1974年名古屋大学大学院理学研究科修了。1977年名古屋大学大学院理学研究科にて理学博士取得。国立遺伝学研究所研究員、名古屋大学生物学科助手、同遺伝子実験施設助教授を歴任。1989年理化学研究所植物分子生物学研究室・主任研究員、ゲノム科学総合研究センター・プロジェクトディレクターに就任。2005年理化学研究所植物科学研究センター・センター長に就任。2010年よりバイオマス工学研究プログラムディレクター兼務。

**吉田茂男**［右］
*Shigeo YOSHIDA*／
植物科学研究センター コーディネーター
▶1971年東京大学大学院農学研究科博士課程中退、東京大学農学部助手。1974年学位取得・農学博士。1979年オーストラリア国立大学理学部化学科訪問研究員。1987年理化学研究所薬剤作用研究室副主任研究員。1990年理化学研究所植物機能研究室・主任研究員。2000年理化学研究所植物科学研究センター・グループディレクター兼務。2005年植物科学研究センター・コーディネーター、大阪大学大学院工学研究科特任教授。2011年横浜市立大学木原生物学研究所所長に就任。専門は植物分子生理学あるいは植物生理化学。

［*1］ミレニアム・プロジェクト
1999年12月、内閣総理大臣決定。情報化、高齢化、環境対応の三つの分野について、技術革新を中心とした産学官共同プロジェクトを構築し、明るい未来を切り拓く核を作り上げるとした。

［*2］グリーン・イノベーション
2009年12月、民主党鳩山内閣が閣議決定。「新成長戦略」の中の戦略分野の一つとして「グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略」を位置づけた。

たのではないでしょうか。

**吉田**●実は私と篠崎先生は同じ頃、理研に入ったのですが、当初から植物研究には二つの極があるとの認識でおりました。篠崎先生はゲノム研究のプロジェクトの中で植物を研究し、私が植物の物質応答を受け持つという形ですね。これをオールジャパンで一つにまとめるという構想で始めたわけです。私の研究には、化学と植物生理とがくっつかないとうまく動かない部分があるのですが、当時はなかなか理解されない領域でした。しかし、篠崎先生のグループが一足先にゲノム科学総合研究センター(GSC)の一環として研究を進めておられたので、そこに合流すれば理研の中で

**篠崎一雄**
*Kazuo SHINOZAKI*／
植物科学研究センター
センター長

もうまくまとめられるのではないかという期待感がありました。

**篠崎**●結果的に横浜に集まって、お互いに情報交換できたのはよかったです。人材という基盤があって、今日の発展につながったということはあると思いますね。

**杉山**●理研が持つ化学に強いという利点は最大限に活用してもらおうと思っていました。吉田さんや神谷勇治さんの植物機能研究グループ、山口勇さんの微生物制御研究グループ、この三つに共通する基盤は理研本来の植物科学の財産ですね。大学側からは遺伝子機能を研究する岡田清孝さんのグループ、そして福田裕穂さんは私が最初に申し上げた「かたちづくり」つまり形態形成ですね。さらに今日の生産性に結びつく研究がベースとなる機能解析を行う山谷知行さんの代謝機能研究グループ。これだけの人材がそろったわけですから、いかなることがあっても世界に有数の研究所を作ると。理事長からの命も受けていましたし、その気持ちは一貫してずっと持ち続けていました。

**杉山達夫**
*Tatsuo SUGIYAMA*／
植物科学研究センター 特別顧問
前センター長

## 共同研究が生んだ植物科学研究センターの強さ

**吉田**●大学と異なり、予算を獲得するために成果を強くアピールしなければならない点には研究者もとまどいました。一定のシナリオを想定して、わかりやすいアピールをしないと公的な機関は予想できないファクターで変わっていきますから。

**杉山**●センター長自身も意識改革をするのに相当時間がかかりました。共同研究を増やすために、PSCでは常に「隣は何をする人ぞ」という好奇心をかきたてて下さいとお願いしました。またオールジャパン体制もありましたから、できるだけ他の機関とギブ・アンド・テイクで共同研究を進めるように心がけ、国際的にも、フランスやドイツの植物科学の研究者と二ヵ国間のシンポジウムを開くなど、慣れない仕事をいくつかやりましたね(笑)。

**吉田**●共同研究は大事ですね。実は私の論文の10%近くは篠崎先生との共著論文なんですよ。手法はまったく違うように見えて、同じような現象を違う角度から扱っているケースはたくさんあるんです。

**篠崎**●確かに大学と理研の研究者がうまく融合したという印象はあります。特に横浜ではゲノム科学総合研究センターが大きな活動をしていたので、潤沢な予算を活用しながら発展できた部分もあるのかなと思います。また、若い先生方が入ってくる中で、いろいろな研究成果が上がりましたね。

**杉山**●一つは化学と生理学との融合研究。今日のメタボロームの基盤にもなっている植物ホルモンですね。この分野では吉田さんたちのブラシノステロイド、神谷勇治さんのグループのアブシジン酸、ジベレリンですね。そして榊原均さんのグループのサイトカイニン。この三つを軸に、PSCは世界の植物ホルモン研究をリードしていると思います。

加えて福田裕穂さんたちの形態形成、また岡田清孝さんのグループからも「かたちづくり」の分子的な仕組みについて画期的な成果が生まれています。福田さんのグループによる導管形成の研究も特筆すべきものだと思います。それから山口勇さんのグループによって、環境ホルモンというものに対する植物と微生物の機能を利用した、いわゆる出口に近い技術開発も進みましたね。

こうした研究について、ミレニアム・プロジェクトの外部の評価委員会は「地味ではあるが着実な成果を得ている」と。一方エキスパート集団である国外のアドバイザリー委員会からは「生化学、化学、分子遺伝学をうまく融合させ、世界一流の植物研究機関に成長した」という力強い評価を得ました。

**吉田茂男**
*Shigeo YOSHIDA*／
コーディネーター

我々としてはこれを1期で終わらせないで次につなげようと、センターの中に次期計画委員会を立ち上げました。そこで決まったのが、生化学、生理学、あるいは分子遺伝学といった成果を融合させ、今日で言うメタボローム研究につなげるのが最適であろうということです。

**篠崎**●次のフェーズということでは、「グリーンテクノ計画」という形で、やはりオールジャパンで国に提案していこうという動きがありました。第2期に向かって新たな苦労が生まれた時期ですね。

**杉山**●若い人には、これからは自分たちが中心になり将来責任を持てる研究計画を立案してほしいと話しました。ときには、私も年甲斐もなく大きな声を出したこともありましたね。その結果、やはり落ち着くところはメタボロームでした。メタボロームは植物の多様性につながるんですね。植物の持つ成分は動物よりはるかに多く、20万種をくだらないと言われますが、多様性は植物の持つ属性の一つだと思います。また過去の歴史においても、特に東洋医学では植物がいわゆる薬草として健康保持、病態の治癒に伝統的に使われていますよね。社会貢献という点からもメタボロームに主力を置いてやろうということになったわけです。

**篠崎**●そういう意味で、第2期ではグリーンテクノ計画を踏まえ、植物の生産力を量的にも質的にも向上させるようないろいろな遺伝子、あるいは代謝産物をモデル植物で探索し、実際に作物に持っていくという計画を作りました。そのために質量分析器やNMRを揃えて、新たなメタボローム解析の基盤を作るのが一つの大きな目標でした。もう一つは、ゲノム、トランスクリプトーム、プロテオームを統合化するということですね。吉田先生を中心に遺伝子発現のデータベースの作成が進みました。そういったものと植物ホルモンの機能、あるいは代謝産物の機能を統合するといった研究が進んできたと思います。

## 理研ブランドの確立へ

**篠崎**●第二期では吉田先生にお願いして、産業界との連携や特許をきちんと取得する仕組みを取り入れましたね。

**吉田**●プロジェクトは日本の産業ベースを支えるための基礎研究と位置づけられていますので、その流れを見えるようにしなければいけませんでした。でもそこが、シロイヌナズナというモデル植物を扱う基礎的な分野の研究者にとって難しいところなわけですね。

そこで研究の内容を率直に聞かせていただき、シナリオを書いて知財請求をしていくという流れを作りました。すると非常に件数が上がってきて、やはり具体的な流れを若い研究者の方々に見せるということが非常に重要なんだなと、我々にとっても一つの発見になりました。また企業との連携という視点から、企業の委託研究を冠講座に近いような形でグループまるごと雇ってもらうという形で企業のニーズを反映した研究を行ったりしています。

**篠崎**●知財請求は、第1期で毎年7件くらいだったものが20数件まで増えましたから、意識改革にはなったかなと思います。産業界との連携では「理研と親しむ会」という企業のグループがあるのですが、吉田先生に定期的な交流会「グリーン・イノベーション・プラザ(GrIP)」を開催して頂いて、いくつかライセンシングに至ったところもありました。もう一つ、第2期で特に気をつけたのが、国際化と女性リーダーの採用です。現在、女性では3名のリーダーがいて、外国人も2名いるので、意識して進めた結果が実ってきているかと思います。

**杉山**●1期では女性のリーダーはゼロでしたからね。

**篠崎**◉そうですね。かなり苦労しましたけれども、若くていいリーダーが採用できました。それから第2期に入って大学教授として輩出される人が増えてきました。若い人が伸びて、日本の植物科学の中核を担う人材が育っていると感じます。

また、これは私もびっくりしたんですが、トムソン・ロイターの論文の引用度が大変高いんですね。1論文あたりの引用度という基準で、10年間で500本以上の論文を出している植物科学関係の大学や研究機関を並べてみると、理研は世界で第2位なんです。第1位が国際的にも有名なイギリスのジョンイネス・センター、第3位がドイツのマックスプランク研究所。そこで独立行政法人評価委員会や国際評価のアドバイザリー・カウンシルでもこれをアピールしました。それだけ実力がついて国際的になってきたということは肌で感じますね。

**杉山**◉国内においても、登竜門と言える日本植物生理学会が与える若手への奨励賞をずいぶん受賞しているのではないですか。それと、新しくできた日本学術振興会賞がありますね、それから横浜の木原記念財団学術賞、ここでも素晴らしい業績が賞を受けています。

**篠崎**◉ええ、榊原均さん、白須賢さんが受賞していますね。

**吉田**◉篠崎先生が植物科学分野で5年間トップを続けている論文引用数ランキングの上位には理研やPSCの関係者がずらっといますからね。

**篠崎**◉理研の中で比較しても、植物科学分野の引用度は第2位になっているんです。そういう面からも一つのブランドになったのではないかと思います。

## 産業に向かう アウトプットシステム

**篠崎**◉理研がいわゆる拠点の役割を果たすことによって、国際的にはもちろん、学問分野の中でも植物科学が見えるようになったという意味で、私は理研が植物科学センターで10数年間やってきたことは非常に重みがあると感じています。その中で、現在は、理研の研究が大学とどこが違うのか、常に問われています。

**吉田**◉最近の大学では、かつての講座制が薄れて組織化された研究が非常にやりにくい。逆に、理研のセンター研究では組織で動けるので、これを有効に使うと独特の強みが出せるという気がしますね。

**篠崎**◉もう一つ、第2期は「国際植物メタボロミクス会議」、「国際シロイヌナズナ研究会議」と国際会議を主催できたのはプラスだったかなと思います。それによって、植物メタボローム研究、あるいはシロイヌナズナのゲノム機能研究で理研が一つの中核になっていることが示せたと考えています。しかしながら、2009年、政権交代に伴い事業仕分けがありました。植物科学は社会にどう関わっているのか、農水省の農業生物資源研究所との違いはどうなっているのかとの声が上がり、役割を整理して合併するのもいいんじゃないかという極端な意見も聞こえました。ただその時に力強く思ったのが、パブリック・コメントで植物科学コミュニティとそれに関わる人たちから、植物科学研究の重要性や、拠点としてのセンターは守るべきだという非常に多くのコメントを頂いて、幸いにしてダメージは最少で済んだかなと私は思っています。実際、民主党が推進するグリーン・イノベーション」[*2]に関して植物科学の貢献が必要だとの意見も寄せられ、「植物科学研究とグリーン・イノベーション」というキーワードでかなりの予算が付くようになってきました。一つは理研も中心にして取り組む「最先端研究基盤事業」、これは全部で27億円の機器整備の予算がつきました。その後、「CREST（戦略的創造研究推進事業）」の低炭素化社会に貢献する植物の光合成とバイオマス研究に関するプロジェクトが動きましたし、「グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス事業（GRENE）」という植物のバイオマスを増産して利活用する、大学の研究者が中心になったプロジェクトも動いています。ですから植物科学研究者が一丸となってグリーン・イノベーションに貢献しようという意志を示したことは大きかったと思っています。

**杉山**◉植物ってなかなか社会の眼には見えないんですよ。しかも日本では省庁の縦割りのために連携ができない。たとえば切迫した非常に大きな問題である食料について農水だけでなく、なぜ他の視点で解明された知識を国全体として活用できないのかと。これは行政とサイエンスの大きなねじれだと思いますね。

**吉田**◉技術の進展に伴って、そういう産業の方向に沿ったアウトプットをうまく有効に配置できるような複眼サーベイ・システムを、これからのセンターが持つことは重要なんじゃないかと思いますね。

**篠崎**◉最近バイオマスとかバイオリファイナリーとか言って、植物が作り出すバイオマスをいかに産業に利用するかというプロジェクトが走り出していますね。

**吉田**◉今、農業と工業の区別がだんだんつかなくなっています。特に植物工場とか、組織培養とかの技術もあり、そうすると従来は植物科学の範疇であまり捉えなかったゴムとか油といった工業原料もセンターの重要なターゲットとして捉えられるようになっていくんだろうという気が強くします。

**篠崎**◉代謝研究は、そうした出口に近い研究ではないかと思いますね、油の生産もそうですし、ゴムとか、繊維もそうですよね。それからもう一つ注目されているのは健康に関わる二次代謝産物。健康長寿も今後の研究開発に関する重要なキーワードになるでしょうね。それともう一つ、気候変動に向けての持続的な食料生産は、やはりセンターの重要なミッションです。理研の場合、圃場や大型温室がないという問題はありますが、国内外の研究者との連携で進めるのがいいのかなと思っています。

**杉山**◉確かに現実の植物に関する課題を解くには、植物研究者だけでとか、植物だけを研究すればよいという時代ではないと思いますね。自然界で単独の生き物が持つ現実的な力というのは、ようやく今、理解され始めたのではないでしょうか。

## 未来へのミッション

**篠崎**◉今後、PSCがどのように発展すべきかに話を移したいのですが、現在、理研では二つのグリーン・イノベーションに関わるセンターが企画されています。一つは基幹研に東大から来ておられる十倉好紀先生を中心とした物理系の「創発物性科学研究センター」、もう一つはPSCを中心として、基幹研のケミカル・バイオロジーとグリーン未来物資創成の中のいくつかの分野、これらの研究活動を集めた「環境資源科学研究センター」です。これはまさに異分野融合であり、社会貢献につながるアウトプットを求められるということもあって、かなり難しいチャレンジになるかと思いますが、新しいフェーズに向けて努力していきたいと思っています。

**吉田**◉薬学や材料科学は感覚が近いので、共に進む目標を早くつかめば非常に短期間にまとまるんじゃないかと思います。

**篠崎**◉方向性として、一つは炭素の循環的利活用研究ですね。光合成で作られる植物の代謝産物を高機能化するということで、そこには微生物化学も入るし、合成化学も入るかなと。それから植物側から提案しているのは、ロー・インプットの食料生産をしたらどうだろうかということで、窒素の問題、リンの吸収、水利用の効率を上げるとか、もちろん耐病性の問題も含めて進めたらいいかなと考えています。三つ目の柱として、金属元素の循環的利活用ですね。レアメタルの回収もあるし、水質の保全ということもあるので、植物側からも大きな貢献ができるのではないかと思っています。

**吉田**◉微生物科学分野の人たちが加わってきます。植物・微生物間相互作用の研究領域が昔からありますし、共同研究の展開がスムーズにいく領域だと思います。

**篠崎**◉2010年から理研が「社会知創成事業」という新たな事業を作り出しました。これは理研の研究を単なる研究にとどまらず「社会知」に発展させたいという野依良治理事長の強い希望があって動いているもので、植物科学の分野でもかなり貢献できています。化学工学、特に植物材料から新たなバイオ・プラスチックを作るという企業への橋渡しを目的とするバイオマス工学研究プログラムで、横浜と和光の連携で進んでいます。このプログラムも新しいセンターと共に動いていくことで、植物科学からの応用展開に向けていろいろなスキームが作られるのではないかと期待しています。

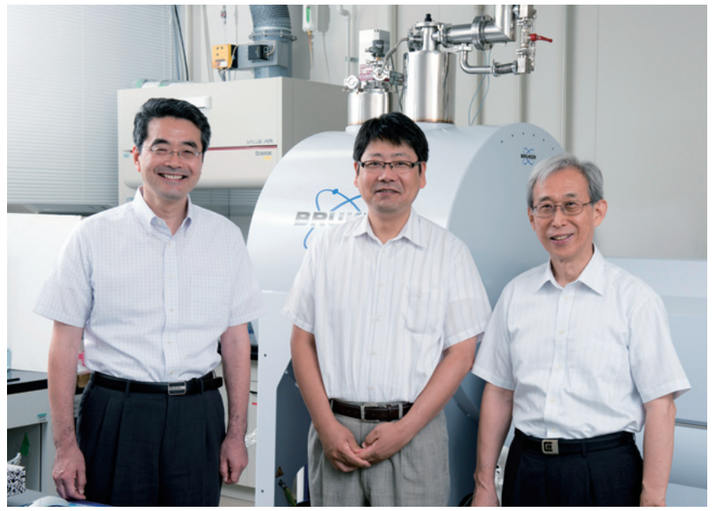
**吉田**◉ある意味、植物科学という名前のミッションは終わったのではないでしょうかね。最初に植物科学研究センターという名前を決めた時に、そんな簡単でいいんですかと言われたんですよ（笑）。しかしこの13年間で植物科学は本当の意味で「サイエンス」になったし、より大きなサイエンスへと発展的に解消するのだから、これでいいと思っています。

**杉山**◉同感ですね。

**篠崎**◉一番難しいのは産業連携ですね。食料だけでなく工業材料としてどうやって使うかとか、健康に貢献するようなものをどうやって見つけるかとか、今後はそういった応用的な研究になっていくのでしょうね。いずれにしても国際連携を含め、連携はこれからの私たちにとって一つのキーワードになっていきますね。

# ゲノムとメタボロームの融合

ゲノム科学総合研究センターが培ってきた研究の流れが、植物科学研究センターに受け継がれ、
そして、2005年、メタボロームを基盤とする新しいゲノム研究へ。
連携のキーワードのもとに学際融合研究を進め、数々の成果をあげてきた3人の研究者たちが、
植物科学研究センターならではの強みと、植物を産業に結びつける次なるステップについて語る。



## シロイヌナズナが主役になった背景

**篠崎**◉この20年ほど、植物科学はゲノムというキーワードの下で発展してきました。理化学研究所、特に横浜研究所もゲノム研究を推進し、植物科学研究センター（以下PSC）はメタボロームという新たなキーワードで、ゲノム研究の一翼を担ってきたと思っています。その過程でポイントになったのがシロイヌナズナとイネゲノムの解読です。国ごとに栽培種のリソースを持っていたイネに対し、商業的な実用性のないシロイヌナズナは最初からオープンに研究に使われていました。それが国際的な連携につながっていったのではないかと思っています。

**斉藤**◉そう思いますね。それともう一つ、ゲノム解読の少し前に、シロイヌナズナについては植物体での形質転換（遺伝子導入）技術が、イネではアグロバクテリウムを使った形質転換技術が確立したということも大きかったのではないでしょうか。

**篠崎**◉そうした技術開発が進んで、2000年のシロイヌナズナのゲノムシークエンスの完全解読、2001年のイネゲノムの概要解読、2004年の完全解読に至るわけですが、それまでにそれぞれのゲノム研究は特徴ある発展を遂げていますね。ゲノム科学総合研究センター（以下GSC）では、ヒトゲノム解析と完全長cDNAの収集、タンパクの構造解析がコアプロジェクトとして動き出し、変異体をたくさん集めて実際の生物の機能を解析しようとする「飽和変異体作成」という流れが生まれ、それがPSCの誕生につながっていきました。変異体や完全長cDNAなどのリソース整備については、GSCの時に国際的ネットワークに日本も貢献するという形で始まりましたね。

**松井**◉個々の遺伝子機能を解析するためには、研究のための資源として、どうしても変異体の整備が重要になってきます。そこで理研では海外との連携も視野に入れ、完全長cDNAや変異体の収集を進めてきました。変異体には2種類あって、一つは遺伝子を破壊する「トランスポゾンタグライン」、もう一つは逆に活性化させる「アクティベーションタグライン」ですね。これらを用いて逆遺伝学的方法で遺伝子の機能を解析してきたわけです。

## メタボローム研究の黎明期と植物科学研究センターの発展

**篠崎**◉2005年にPSCでは、斉藤先生も関わられてメタボロームを基盤とする新しいゲノム研究を立ち上げました。メタボロームがどちらかといえば植物科学中心に動き始めたのには、何か理由はあるのでしょうか。

**斉藤**◉私たちは食料、医薬品原料、工業エネルギー原料として植物を使っていますが、それは植物が本来持つ代謝機能に依存しているわけです。したがって植物の有用性につながる代謝研究をすることは重要だと認識していました。

もう一つには、植物メタボロームの化学的な多様性が際立っていたからだと思います。ヒトがおよそ3000～5000くらいだとすれば、植物は二次代謝産物の数が20万種、最近では100万種という見積もりもありますね。また、研究を始めたちょうどその頃、完全長cDNAや変異体などリソースも整って、時は熟したという感じでしたね。つまりゲノムの機能を代謝物のレベルで一対一で対応させようという、統合オミックス研究がスタートした時期にも重なりました。こういったオミックス研究は大学の研究室ではできませんから、スタート時には“植物科学コミュニティに資する”という、プラットフォーム的な役割を強く意識しました。メタボローム研究は、理研の特色を十分に活かしたプラットフォーム研究でもあったと思います。

**篠崎**◉現在、PSCは世界的にもだんだん有名になってきたことを実感していますが、優れたリーダーが集まったということは大きかったでしょうね。

**斉藤**◉理研の特徴、それはPSCの特徴でもあるのですが、一人一人の研究に対する意識が高く、広く研究コミュニティ全体を引っ張っていこうという意識を持っている点です。そこが世界でリスペクトされている大きな要因だろうと思います。

**松井**◉これだけ集中的に各専門家が集まるセンターは他にないでしょうね。定期的にミーティング、研究発表を行うことでお互いの研究内容がわかりますし、自由に共同研究を進めていますから、新しい発想も生まれ、新しい機器を活用した他に類を見ない研究が行われているのだと思います。

**篠崎**◉新しい機器という意味では、メタボローム研究は質量分析計の発展と共にあったと言えますね。

**斉藤**◉確かにTOF-MS（飛行時間質量分析計）やFT-MS（フーリエ変換質量分析計）、トリプルQのような手法まで、私たちは全部のラインナップを揃える幸運に恵まれました。それともう一つ、特筆すべきなのは横浜研究所にNMRセンターがあったことです。これだけの質量分析計とNMRが同じプラットフォームに隣り合う場所は、世界でおそらくここが唯一だと思います。

## メタボローム研究の学際融合研究

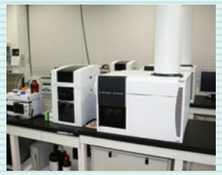
**篠崎**◉連携はPSCの強みですが、特にメタボローム研究者は連携ネットワークを作るのがうまいなと感じます。慶應大学鶴岡キャンパスの冨田勝先生と連携してのキャピラリー電気泳動の質量分析技術の導入、マスバンク（MassBank）[*1]というデータベースを国際的にもシェアするなど、協力が研究全体を進める上で必要だったということですか。

**斉藤**◉一つの理由として、他の基礎生物学やゲノム研究の人ほどアグレッシヴではない（笑）。つまり我々としては、協力しながら進めないとうまくいかない面があります。それともう一つ、コミュニティのサイズが、お互いに協力関係を結ぶのに適当である

### ◉――PSCの質量分析計

▶GC(xGC)-TOF-MS

▶UPLC-Q-TOF-MS



▶CE-TOF-MS

▶LC-FT-ICR-MS

▶UPLC-TriQ-MS

▶700MHz NMR

### Profile

**斉藤和季**[左]
*Kazuki SAITO*／
植物科学研究センター
副センター長
▶1977年東京大学薬学部卒。1982年薬学博士。慶應義塾大学医学部、ベルギーゲント大学を経て、1995年千葉大学大学院薬学研究院教授。2005年理化学研究所植物科学研究センター·グループディレクター、2010年同副センター長兼務。平成22年文部科学大臣表彰科学技術賞（研究部門）、平成23年日本植物細胞分子生物学会学術賞。メタボロミクスを基盤としたゲノム機能科学、植物成分の生合成·代謝とバイオテクノロジーを専門とする。

**松井 南**[中]
*Minami MATSUI*／
植物ゲノム機能研究グループ
グループディレクター
▶1981年埼玉大学理学部生化学科を卒業。1986年京都大学大学院において学位取得（理学博士）。1992年米国エール大学へ留学。帰国後1995年より理化学研究所フロンティア研究システム分子機構研究チームの副チームリーダー。1999年よりゲノム科学総合研究センター植物ゲノム機能情報研究グループのチームリーダー。2006年から現職。シロイヌナズナのアクティベーションタグラインの作成、シロイヌナズナ及びイネ完全長cDNAを用いた遺伝子探索法の開発を行う。

**篠崎一雄**[右]
*Kazuo SHINOZAKI*／
植物科学研究センター
センター長
▶P.011参照。

[*1] MassBank
質量分析で検出した化合物の同定や推定に利用することができるマススペクトルのパブリック·データベース。

[*2] AtMetExpress development
シロイヌナズナの花、根、種子、葉、茎など36部位に含まれる1,500以上の二次代謝産物の蓄積データベース。

ということです。その中から生まれた新規プロジェクトには、たとえばNSF（米国国立科学財団）とJST（科学技術振興機構）による「低炭素社会のためのメタボロミクス」があります。以前から様々な協力関係を結んでいたことが、日米の公的な共同研究の枠組につながった好例であると思います。

**篠崎**◉植物のコミュニティは割とお互いに協力するし、競争になってもうまくシェアしながらやっている気がします。お互いに棲み分けをしながら、それぞれの成果を合わせるというのは植物らしい生き方ですね（笑）。

**斉藤**◉その代わり、ストレスがかかったら毒成分を出すかもしれません（笑）。

**篠崎一雄**
*Kazuo SHINOZAKI／*
植物科学研究センター
センター長

## メタボローム研究の主要成果

**斉藤**◉メタボロームについてはいくつかの成果があがっていますが、特に松井さんたちと行ったイネのゲノム機能を決める研究が挙げられます。最近ではイネのメタボロームQTLの論文も出しました。もう一つはシロイヌナズナを使った研究で、たとえばAtMetExpress［*2］というデータベースから新しい遺伝子の機能を決めていくとか、メタボロームと統合することによってグルコシノレート、フラボノイドという植物の二次代謝産物の重要な遺伝子も決めることができました。応用的な側面では、遺伝子組換え植物の実質的同等性の評価を提案できました。さらに薬用植物でも成果がありました。たとえば甘草（カンゾウ）のグリチルリチンを生産する遺伝子を決めてバイオテクノロジーで生産しようとする研究は、メタボロームから派生した新しい研究の成果だと思います。

**篠崎**◉私たちのグループも環境ストレスに関して、斉藤先生との共同研究で成果があがりました。遺伝子発現だけでなく代謝産物も一緒に網羅的に比較しながら見るという方法論が非常に有効で、ストレスに関わる細胞を守る新規の代謝産物も見つかりましたし、発現解析を一緒に行うことで遺伝子を制御している重要な転写因子もわかりました。この解析システムで今後も新しい成果がどんどんあがってくるのではないかと思っています。

## 形質転換ネットワークの立ち上げ

**篠崎**◉基礎的な研究から実際の作物への展開を見出すために、2008年に松井さんたちと「形質転換ネットワーク」というものを立ち上げたのですが、これはある意味でPSCの一つの方向を決めたという気がしています。

**松井**◉PSCがサポートする「形質転換ネットワーク」は、各形質転換の専門家にお願いしてシロイヌナズナ、あるいは他の植物からとられた有用遺伝子を実用的な植物に導入することによって、その形質の検証を図るというシステムです。実際に用いたのはトマト、ダイズ、ナタネで、それぞれ筑波大学の江面浩先生、北海道農業試験センターの石本政男先生、玉川大学の今村順先生に協力を仰ぎました。運用が始まると、かなりリクエストがあり、現在、解析を進めているところです。

**篠崎**◉形質転換に関係したところで、2003年には理研の技術･インフラを提供するベンチャー会社「インプランタイノベーションズ」を立ち上げましたね。

**松井**◉横浜研究所としては植物初のベンチャーで、機能付加を総合的に行うシステム、それから遺伝子のマッピング、形質転換、この三つを柱に会社を立ち上げました。現在もいろいろな有用植物の形質転換の開発を共同研究で進めています。

## 植物の有用性を活用した将来への展開

**篠崎**◉今後の発展に話を移したいのですが、メタボロームという基盤からはいかがでしょうか。

**斉藤和季**
*Kazuki SAITO／*
植物科学研究センター
副センター長

**斉藤**◉明らかに言えることは、モデル植物と言われる限られた種から、20万種くらいある植物全体に向かってゲノム研究が展開していくだろうということです。

また、トランスクリプトームやプロテオームをどうやって統合していくかという観点から、植物が持つ有用性にフォーカスしたオミックス研究は重要だと思います。たとえばエネルギー植物であれば、脂質とか糖質のようなエネルギーの素になる物質がどういうメカニズムでできるのかを網羅的な研究手法で研究していく。薬用植物なら、特有の代謝物がどうやってできるのかを研究していくということですね。

最終的には基礎研究領域だけではなく、グリーン･イノベーションやライフ･イノベーションにおける工業、バイオエネルギー原料、医薬品、健康成分、それからもちろん食料増産へという私たちの生活に関わるところに展開していかなければならないと思います。

**篠崎**◉私も同じ意見ですが、百科事典を作るようなこれまでのゲノム研究に対し、今度はそれぞれの生物のシステムに関わる教科書を書いていく段階に来ている印象を受けます。ですからそれぞれの遺伝子の関係を結びつけ、実際にどういう機能に持っていくかという研究が進むでしょう。もう一つは合成生物学の応用になりますが、人間が生物に働きかけることによって新たな付加価値が作れる時代に来ているのかなと感じます。2010年にはPSCが中心になって「バイオマス工学研究プログラム」を立ち上げましたね。

**松井**◉合成生物学はおそらくこの先5年くらいで重要になってくる気がします。種々の生物のゲノムが解読されることによって得た遺伝子情報を利用して、いかに新しい経路を植物の中に導入し、有用な代謝物を効率よく作らせることができるか。また、バイオマスであるとか、バイオプラスチックといった物質生産のための新しい代謝経路、あるいは合成的な経路をいかに導入していくかが重要になってくるでしょうね。

**松井 南**
*Minami MATSUI／*
植物ゲノム機能研究グループ
グループディレクター

## 植物科学が果たす今後の役割

**篠崎**◉現在、理化学研究所は組織の統合、再編を進めており、環境エネルギーと資源に関わるセンターを創設することになっています。その中でPSCはケミカル･バイオロジーとか、あるいは合成化学、触媒化学と連携しながら、国が示すグリーン･イノベーションに貢献する研究を担おうということで検討が進んでいます。食料生産はもちろん、植物、微生物などの生物をベースにした環境にやさしい持続的な生産システムを追求していくチャレンジですね。そこで植物科学が非常に重要な役割を果たすという認識は皆さん一緒だと思うのですが。

**斉藤**◉ケミカル･バイオロジーや触媒化学との融合を考えてみると、光合成で二酸化炭素を同化して、微生物の力も借りて最終的に高付加価値のものにしていくという生合成プラットフォームは、PSCの成果を発展させる大きなキーワードになると思います。狭い意味でのメタボローム研究だけでなく、ストレス･バイオロジーや形態形成、ホルモン･アクションなどすべて関係しているシステムです。最終的な出口として合成生物学も入ってくるでしょう。

**松井**◉化学と植物、微生物は当然結びつくべくして結びつく分野かなという気がします。日本のような工業を中心とした国においては、植物の光合成をいかに物質生産に結びつけるかという研究が、興味深いものになってくるでしょう。バイオマス工学研究プログラムも、新しいセンターに入ることによって植物を産業的に結びつける一つの役割を果たすことができるのではないかと考えています。

**篠崎**◉野依良治理事長が大事にしている言葉に、アナン第7代国連事務総長が掲げた人類の最優先課題「WEHAB+P（Water=水、Energy=エネルギー、Health=健康、Agriculture=農業、Biodiversity=生物多様性+Poverty=貧困）」があります。今回のセンターはこれらの解決につながる出口を求めて、基礎的な研究を推進していくということになるのでしょうね。

# 植物ホルモン研究の成果

国内の植物ホルモン研究の流れは、植物科学研究センターにも受け継がれ、
センターの一つの核となっていく。
厳しい外部評価のプレッシャーの中、着実に実を結ぶ作物生産性向上に貢献する研究の数々。
化学遺伝学、生化学、分子生物学的視点からの植物ホルモンの探究を進める2人の研究者が、
これまでの植物ホルモン研究の成果と、これからの研究に対する情熱を語る。

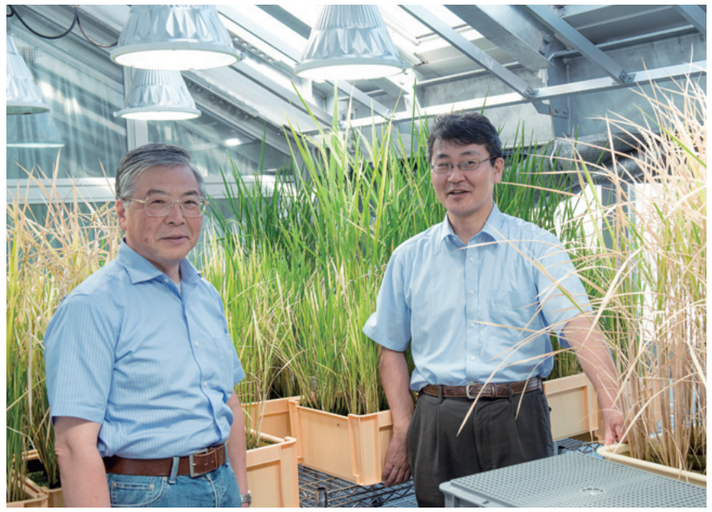
## 植物ホルモン研究前史と質量分析器の活用

**神谷**◉植物科学研究センター（以下PSC）設立の背景には植物ホルモン研究の歴史があります。戦後まもなく、理化学研究所元副理事長の住木諭介先生がイネ馬鹿苗病菌の生産する毒素として化学構造を決定したのが初期の重要な研究でした。住木先生がジベレリンに好意的だった事もあって日本で研究が進みました。

最初にジベレリンが植物の内生ホルモンである事を見つけたのは、理研の植物薬理研究室にいた川原田璋先生ですね。温州ミカンの徒長枝（とちょうし）を獲ってきて、イネの生物検定を使いながら徒長を起こさせる物質を探し、ジベレリンのA1だという事を発見した。この画期的な研究はもっと高く評価されるべきですが、Jake MacMillanによるインゲンマメの未熟種子のジベレリンに関する研究論文の方が引用されています。

高橋信孝先生が理研の主任研究員、研究担当理事になられたという経緯もあって、1975年頃から、理研でも植物ホルモンの研究が始まりました。僕も先生の勧めでジベレリンを研究するようになりました。当時は全ゲノムなんて概念はありませんでしたが、ホルモンの酵素をやれば、遺伝子に近づくという感覚は持っていたんですね。

**榊原**◉僕はもともと窒素栄養の研究をしていました。窒素栄養による植物の成長制御にセカンド･メッセンジャー的な役割としてサイトカイニン［*1］という植物ホルモンが関わっているらしいという事はわかっていました。ただ植物栄養学の研究室にいたので、理研に来るまで質量分析計を使った事はありませんでした（笑）。ちょうどPSCができた年にシロイヌナズナの全ゲノムが公開されましたが、シロイヌナズナを用いた「遺伝学」と質量分析計を用いた「化学」を上手に融合させる事ができたのは、やっぱり理研という土壌があったからかなという気がしています。



結局、僕の理研での研究の歴史は質量分析技術発展の歴史みたいなものですね。理研に来た当初は、学生が使うようなロータリーエバポレータ、あれをくるくる回しながら一つ一つ量っていました。それが12個いっぺんに量れるようになって、今は192個までいってますから。しかも試料は100分の1とか1000分の1の量で可能になった。2003年のタンデム四重極のLC-MS（高速液体クロマトグラフ質量分析計）の導入がターニングポイントでした。

**神谷**◉物質を同定する場合に絶対的な信頼値を高めるためには、どうしても分解能の高い装置を導入せざるを得ないでしょう。次の進化は2005年に入れたLC-TOF-MS（高速液体クロマトグラフ／飛行時間質量分析計）だけど、分解能は高くても感度は今一つだった。僕が、この機械を使うとサイトカイニンだけじゃなく、あらゆるものが量れると感じたのは四重極のLC-MSですね。この二つを組み合せることで信頼性の高い解析が可能になった。その後の論文は、すべてホルモンの内生量を正確に定量するようになりました。いずれにしても、研究に人と備品が投入され、あとは考え方さえしっかりしていれば、必ず右肩上がりに論文はよくなっていきますよ。

## 共同研究を可能にする理研スピリット

**神谷**◉そもそも我々は生化学に強かったので、海外の植物の研究室と比較しても闘っているフィールドが少し違うという感覚はありました。特に植物ホルモンのすべてに関与するシトクロムP450（水酸化酵素ファミリーの総称）を扱っていましたから。榊原さんもサイトカイニンの側鎖の水酸化に関して遺伝子をとろうとしていたよね。

**榊原**◉発表は2004年ですね。質量分析計をベースにスクリーニング法を活用したのですが、解析技術が整備されている理研のありがたさは感じました。

**神谷**◉PSCがスタートしてからは、アブシジン酸［*2］に興味を持っていたので、南原英司さんをヘッドハンティングしてきました。南原さんが来ればアブシジン酸とジベレリンと両方やれるからね。彼は二つのテーマを持っていて、一つはアブシジン酸の分解酵素であるシトクロムP450をクローニングする事。これは農業上、すごく大切です。もう一つはアブシジン酸の受容体です。シトクロムP450の機能解析ではカナダのグループが10年近く酵素精製で進んでいたんだけど、逆遺伝学的方法で久城哲夫さんが追いつくのに、実質1年かからなかったと思う。久城さんが最初に買ってほしいと言ったのが、微生物から酵素をとるための昔からあるフレンチプレス（笑）。そんな鉄の塊みたいな機械で酵素の活性を出したのは彼が最初で最後じゃないかと。

**榊原**◉ゲノム情報がわかっても普通は検証する方法を持っていませんから。でも理研では複数のチームで可能だし、大学と違って垣根がないので、勝手に共同研究を始めてしまうような土壌がありますね。

**神谷**◉我々は、“ファミリー”なんですよ。

**榊原**◉同じ船に乗って沈没する時も皆一緒だみたいな（笑）。

**神谷**◉研究上の血縁関係ですね。家族である以上は、狭い自分の部屋に閉じこもるわけにいかないでしょう。

**榊原**◉センターの中で進捗報告会をしていたので、論文になってから皆が知るのではなく、事前に皆で建設的に批判し合う場があったから、共同研究も生まれやすかったと思いますね。神谷さんと僕も共著の論文を三つか四つ発表していますよね。

**神谷**◉高度な技術開発と国際競争力を必要とする理研のような所では全世界にネットワークを持ち、研究者同士の壁をなくして助け合う事がすごく重要。そこに理研の持つ基盤研究的な良さもあると思います。

**榊原**◉PSCは時限のプロジェクトとして始まったために、2年おきとか3年おきに相当厳しい評価が来るから、僕らはすごいプレッシャーの中でやっていました。そうした状況で、2001年から2007年の頭までに、サイトカイニンの生合成の重要な遺伝子三つを明らかにできた事で、サイトカイニン生合成といえば榊原だという形で世界に認識されたのはよかったと思っています。

◉――植物科学研究センターにおける植物ホルモン研究の主な成果

| |
|---|
| ジベレリン、ブラシノステロイド、サイトカイニン、オーキシン、アブシジン酸の生合成と代謝の研究 |
| アブシジン酸、ポリアミン輸送体の同定 |
| 新規植物ホルモン、ストリゴラクトンの発見 |
| 種子の発芽と休眠に関わる植物ホルモンの統合的研究 |
| 植物ホルモンと関連遺伝子発現の一斉解析 |
| 乾燥、塩ストレス、栄養などの環境応答と植物ホルモンの解析 |
| 植物ホルモンの内生量をLC-MS/MSを用いた高感度、高分解能一斉分析 |

### Profile

**神谷勇治**［左］
*Yuji KAMIYA*／
生長制御研究グループ
グループディレクター
▶1975年東京大学農学系大学院博士課程卒業。同年理化学研究所農薬合成第三研究室研究員。1980年から2年間ゲッチンゲン大学研究員。1991年から8年間理化学研究所国際フロンティア研究システムホルモン機能研究チーム･チームリーダー。2000年から5年間理化学研究所植物科学研究センター生長生理研究グループ･グループディレクター。2005年から生長制御研究グループ･グループディレクター。

**榊原 均**［右］
*Hitoshi SAKAKIBARA*／
生産機能研究グループ
グループディレクター
▶1988年名古屋大学農学部卒業。1992年名古屋大学大学院農学研究科博士課程中退。同年同大学助手。1995年農学博士。2000年理化学研究所植物科学研究センターコミュニケーション分子機構研究チーム･チームリーダー、2005年生産制御研究チーム･チームリーダー、2006年より生産機能研究グループ･グループディレクター。

［*1］サイトカイニン
P.034用語註参照

［*2］アブシジン酸（ABA）
植物の生長機能を調節する植物ホルモンの一つ。種子の成熟や休眠、気孔の閉鎖と乾燥耐性の獲得、老化の際の落葉などに関与している。

［*3］ストリゴラクトン
植物の根から分泌され、根寄生植物のストライガなどの種子発芽を誘導する物質の一つとして知られていたが、植物科学研究センターを中心とする国内の共同研究グループが、植物体内では「枝分かれ抑制ホルモン」として機能することを明らかにした。

**神谷勇治**
*Yuji KAMIYA*／
生長制御研究グループ
グループディレクター

ワークを持つ事がいかに重要かという事を感じましたね。

**榊原**●理研のプラント・サイエンス・センターと言えば、どこに行っても皆が知っているという、ブランド作りにもつながるという事ですよね。

**神谷**●僕が2000年から10年間*Annual Review of Plant Biology*のインターナショナル・エディターをやっていた時には、PSCのPI（研究室主宰者）全員に原稿を書いてもらうというのが秘かな願いでした。そうすればPSCの引用数に効いてくるはずだから。プラント・サイエンス・センターという名前の研究所は世界にいくつかありますが、理研の場合はホルモンに関しての生化学が強いという特徴がある。そこに斉藤和季先生が入ってきてメタボロームというまた新たな方向での強さがでてきましたね。

## 理研 植物科学研究センターのブランドを作る

**神谷**●ストリゴラクトン［*3］について山口信次郎さんが研究を始めたのが2006年くらいだったかな。山口さんの生化学に優れた部分と梅原三喜久さんの植物栽培の技術とがうまく融合して、短期間で世紀の発見に結びつきました。ストリゴラクトンは寄生植物のストライガのためにあるのではなく、ひょっとしたら植物ホルモンじゃないかというのが、我々の中に持っていた一つの認識でした。

**榊原**●フランスのグループと同時に、*Nature*の同じ号に載ったんですね。

**神谷**●そう、外国の友だちが同じような論文が出るぞと助言してくれて、では迎え撃とうと（笑）。でも山口さんはものすごく慎重で、必ず受理されるよう完璧な形で投稿したいと。内心ドキドキしたんだけど、ぎりぎりまで待って投稿した。で、発表したら向こうはもう審査に廻っているんだよ。あれはもう危機一髪だった。国際的なネット

僕はね、人がせっかく取り組んでいる分野に土足で入らない方がいいんじゃないかという遠慮があるんです。僕はジベレリンに関しては生合成中心で、情報伝達はTai-ping Sunさん。受容体は東大と松岡信さんたちがやっている。残るトランスポーターは重要だけど皆やっていない。だから瀬尾光範さんがそれに手を上げた時に、次世代の研究として向いているのではと応援しています。要するに、今までは植物全体を抽出してホルモンを分析しているけれど、一つ一つの細胞からどうやって動いて消費されているのかを明らかにする。そこが将来の研究になるわけです。

**榊原**●僕は窒素とサイトカイニンを扱っていましたので、アブシジン酸と拮抗的に働くといった話は、文献では知っていました。

**神谷**●低濃度でアブシジン酸が根の生育を伸ばすという事も知られていて、日本では肥料に入れられています。現実的な農業利用とトランスポーターが関係してきたわけです。

**榊原**●ABCトランスポーターを同定したのが篠崎先生の所の黒森崇さんでしたね。ああ、これがアブシジン酸のトランスポーターかと納得していたところ、瀬尾さんが全く別の方法でスクリーニングしたら、別のタイプの、今までは硝酸イオンのトランスポーターとして同定されている遺伝子が見つかり、皆、驚いた。そういう目で見ると確かに硝酸の栄養とアブシジン酸とが関連する文献はいっぱいありますね。

**神谷**●アブシジン酸の受容体が見つかったからそういう発想が出てきたんです。受容体は一個ではなくコンプレックスを作って

**榊原 均**
*Hitoshi SAKAKIBARA*／
生産機能研究グループ
グループディレクター

ホルモンを認識する、という事を上手に利用した酵母を使ったスクリーニングの系です。アブシジン酸だけでなくほかの植物ホルモンにも適用できる、そこが一つの長所ですね。研究を発表したので皆やり出すと思います。

## 研究者がトレードマークを持つという事

**神谷**●2005年から新たなチームを編成するという時に、笠原博幸さん、瀬尾光範さん、山口信次郎さんと、今後どんな研究をしていくか泊まり込みの勉強会をやった事があるんです。そこで話したのが一人一人、特に若い人がトレードマークを持つ事の重要性。研究者は流行に流されないで、自分の旗を持つことが大事でしょう。僕自身、一つのテーマを決めて、ずっとやり続けてきました。周りからホルモンなんて古いからもうやめろとの声もあったけれど、信条を貫けば必ずいいものが生まれてくると思っています。皆も強い意志を持って自分のやりたい事を続けていかないと。研究って結局、自分が本当にやりたい事をやっている時が一番強いんだから。

**榊原**●理研で植物ホルモンの研究を続けられたのは、生産性とか生長に深く関わっている事をきちんと示せたからという事もありますね。PSCの第2期が始まった時、植物の生産性を30%上げる数値目標のようなものがあったのですが、その過程でジベレリン、サイトカイニンは実際に生産性に関わる植物ホルモンである、だから植物ホルモンの研究は生産性向上のために重要だ、という事を論文としても証明できました。それもPSCの研究の中で植物ホルモン研究が一つの核になり得た理由だと言えると思いますね。

**神谷**●もともと僕は農薬の研究室にいたので、実際に企業の人たちと一緒に研究をしました。農薬全体から見たらジベレリンの市場規模はとても小さいです。でもホルモンによる微調整はすごく重要で、これから植物工場のような所では無菌栽培ができるから、必ず必要になります。

**榊原**●現在、質量分析の技術がさらに向上しているという事もあって、理研の他のセンターではたった一つの細胞試料からの質量分析にチャレンジしている先生もいます。おそらくそれを突き詰めていけば、本当に一つ一つの細胞の植物ホルモンの動態を明らかにする事ができるのではないでしょうか。もう一つ、まだ発見されていないホルモンはいっぱいあると思うんです。そういう意味で、理研が貢献できる余地はたくさんあるのかな、という気がしています。来年度からセンター全体の研究の方向性は変わっていくと思うんですけれども、サイエンスとしての面白さは残していかないと理研の研究でなくなってしまうので、どんどんチャレンジしていけたらなと思っています。それと、これはお世辞ではなく、日本の植物ホルモン研究の代表的な人物であった神谷さんのような方が、いろいろな人とフランクにコミュニケーションしていたからPSCは発展したのだとも感じます。

**神谷**●PSCは生まれながらにして世界に扉を開いていた。それがとても重要な事ですね。僕が学生だった頃、日本の研究者がすごくいい仕事をしても、海外の研究者が個人名ではなく"Japanese Scientist"と呼ぶことにものすごくプライドを傷つけられました。僕は研究を見てその人を尊敬するのであって、どこに所属しているかは問題ではありません。今後PSCがさらに強くなるためには、どのように生まれ変わっていくかがすごく重要で、僕自身、常に変わろうとする意識を持っていたからこそ今まで生き残らせてもらえたと思っています。若い人がポジションを取って変わらなくてはいけないし、ほかの人があまり考えていないような新しい方向に進む事が重要だよね。

**榊原**●そうですね。植物ホルモンの世界にはまだまだ未知なる二匹目、三匹目のドジョウはいると思います（笑）。あとは情熱だけですね。

# 植物科学研究センターの国際化をめぐって

植物科学研究センターは外国人研究者の受け入れのために、
研究環境やサポート体制の整備などを行ってきた。国際化の流れによって、
海外ラボとの共同研究も促進され、植物科学センターのブランドも向上。
理化学研究所外務部で研究人材育成を担当する職員と、植物科学研究センターで
外国人研究者を数多く受け入れてきた研究者が、研究環境の国際化をめぐって語る。

## 理研ブランドを支える基礎科学特別研究員制度

**白須**◉私が植物科学研究センター（以下PSC）に就任したのはセンター設立から5年くらいたった2006年4月ですが、当時は理研にもPSCにも外国人が少なかったですね。理由はいくつかあると思うのですが、外国人へのサポートもほとんどないし、セミナーも基本的に日本語ベースで進められていたため、外国人が入りづらい状況がありました。私自身が海外から帰ってきたため非常に違和感があり、もう少し国際化を進めてもいいんじゃないかと感じていました。

**清水**◉私は2007年に、新たに制度として設けられた外国人版の基礎科学特別研究員（国際特別研究員、FPR）制度［*1］を担当する職員として入所しました。当時、既に1回目の公募が始まっており、2008年から第1期の方が入ってこられました。研究室であらかじめ申請者をセレクトしているので、実際の競争率はとても高いと思います。

**白須**◉PSCにも今まで6名のFPRの方がいらっしゃいました。6人のうち2人は私の研究室なのですが、2人ともとても優秀なオーストラリア人の女性研究者でした。今年はもっと増えて最終的に8人くらいになるかと思います。日本学術振興会（JSPS）が行っている外国人のポスドクを受け入れる制度［*2］で来ている人は、おそらくPSCにも30人位いると思いますが、在籍期間は最長2年なんですね。FPRのように3年いられるポジションはありません。やはりFPRで来た人の方がコアになって研究できると思います。

**清水**◉先生の研究室のアクティヴィティにとって、大きな意味のある制度だったわけですね。

**白須**◉すごく大きいですね。待遇面も含め、FPRは世界でも特別な奨学金システムだと思います。実際、非常に優秀な人材を輩出しているし、国際的なブランドとしての理研を作るハイグレードなシステムとして、成功しているのではないでしょうか。国際化にあたって私がいつも意識しているのは、「クリティカル・マス」ということです。クオリティを保ちながら、常に30%、つまり10人のうち3人が外国人であることを念頭に置いています。私のラボでは、多い時で50%になった時もありますよ。外国人が何人かいれば、お互いに持っている日本で生きるノウハウも情報として動き出すと思います。とはいえ、環境を整備しなければ来てもらえないし、来ないと続けられません。だから常に「来たい!」と思わせるアトラクティヴな環境を作り、受け入れ続けることが必要だと思いますね。常々、海外から来た研究員には、次につながるよう良い印象を持ち帰ってほしいと考えていますが、第一印象はラボの体制ができているかどうかで決まります。3ヵ月だけ在籍した人が、FPRやJSPSを申請するということもありますから、短期の研究者をメッセンジャーとして大事に扱う必要もあるでしょうね。

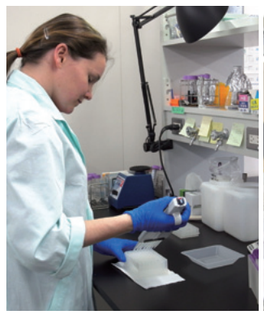
**清水**◉それは私も研究者を受け入れる時に気をつけています。母国に戻った時に、どういう環境でどんな研究をやれたかをポジティヴに宣伝してもらえれば、理研のイメージが変わっていきますから。日本に来た研究者を理研のファンにすることが重要だと思います。

## 植物科学研究センターが進める英語優先化計画

**白須**◉外国人が初めてラボに入った時にまず気になるのは、日本語で書いてある掲示物ですよね。大事なことだから書いてあるのだと予想できても、内容はわからない。それはすごく排他的な環境なんです。だから私のラボではすべての言葉のプライオリティを英語とし、英語が書いていないものは一切認めないと決めました。環境をシェアしている所にもお願いするのですが、面倒だということもあるのか、なかなか難しいですね。

**清水**◉読むことはできても、書くことについて、日本人はためらってしまうところがあるのかもしれません。

**白須**◉メールがそうですね。まずは一斉メールをとにかく英語にしてほしいと。それからメールを書く時には最初に英語で、次に日本語でとお願いしています。なぜなら最初に日本語が目に飛び込んでくると、それだけで外国人は捨ててしまうんですよ。またPSC内のセミナーを全部英語にすることを決定するのには、結果的に1年くらいかかりましたが、私は進めてよかったと思っています。



◉植物科学研究センターの外国人研究者

**清水**◉私も外国語を習得することは必須だと思うのですが、初等教育の段階で、日本語で科学を勉強できることはとても有意義だと感じます。物理でも生物でも、母国語だけで勉強できる国はそんなにないと聞いたことがあるのですが。

**白須**◉いろいろな議論があると思いますが、母国語で思考できるのは非常に強いでしょうね。

**清水**◉母国語と外国語の両方ができたら、日本人は研究の面でも一番強みが持てるんじゃないかなと思います。先日、『科学者たちの自由な楽園――栄光の理化学研究所』（宮田親平著・文藝春秋刊）という本を読んだのですが、明治時代の研究者は文系や理系といった区別をする感覚はあまりなかったのではないかと思います。理研の立ち上げに貢献された池田菊苗［*3］先生という方も、夏目漱石に大きな影響を及ぼしていると書いてあるのを読み、こういう側面があってもいいんじゃないかなという気がしています。

**白須**◉文化人のサイエンティストというあり方は非常に正しいと思います。ただ現在は、情報の量がまったく違いますし、英語でサイエンスができないとかなり厳しい状況であることは間違いありません。一方で、英語を話せるだけではなく、日本文学も理解できてかつ英語で表現できる人が望まれているのかなという気がします。いずれにしても英語もできるし日本語もできるという環境を作っていくことは非常に大事だと思いますね。

## 外国人研究者に対するサポート体制とコミュニティ作り

**清水**◉研究所では英語が通じても、日本語の話せない外国人が生活を始めるのは本当に大変ですよね。いつもどこから始めれ

### Profile

**清水由仁恵**［左］
*Yunike SHIMIZU*／
理化学研究所
外務部研究人材育成課
▶2007年理化学研究所に入所。基礎基盤研究推進部研究業務課にて、外国人ポスドクの制度である国際特別研究員を担当。2010年より外務部研究人材育成課にて、若手研究者を育成する制度を担当。

**白須 賢**［右］
*Ken SHIRASU*／
植物免疫研究グループ
グループディレクター
▶1988年東京大学農学部農芸化学科卒、1993年カリフォルニア大学デービス校遺伝学Ph.D.取得。米国ソーク・ノーブル研究所、英国セインズベリー研究所で研究の後、2000年に同研究所でPIとして独立。2005年に理化学研究所植物科学研究センターのグループディレクターとなる。2008年より東京大学大学院客員教授。

［*1］外国人版の基礎科学特別研究員制度
基礎科学特別研究員制度は若手研究者の育成を目的に、研究課題について自由な発想で主体的に研究できる場を理研が提供するというもの。毎年契約を行う任期制研究員で、所定の評価を経て3年間を限度として更新が可能となる。この外国籍版が国際特別研究員（The Foreign Postdoctoral Researcher）制度。

［*2］日本学術振興会（JSPS）の外国人特別研究員事業
「外国人特別研究員」（博士号取得直後の外国人若手研究者を2年間日本の大学等に受け入れる事業）、「外国人特別研究員（欧米短期）」（欧米諸国から博士号取得前後の若手研究者を比較的短期間日本の大学等に受け入れる事業）、「JSPSサマー・プログラム」（米・英・仏・独・加の博士号取得前後の若手研究者を夏期2ヵ月間日本の大学等に受け入れる事業）の3つのプログラムがある。

［*3］池田菊苗（いけだ・きくなえ）
1864-1936。化学者。1889年帝国大学理科大学化学科を卒業。1901年東京帝国大学理科大学教授となる。1907年に昆布のうまみ成分の研究から調味料グルタミン酸ナトリウムを発見。1917年理化学研究所設立に参画した。

**白須 賢**
*Ken SHIRASU／*
植物免疫研究グループ
グループディレクター

ばよいのか悩みます。

**白須**◉大変なのは日本に来て最初の1週間から2週間ですよね。当初は各ラボである程度サポートしていたのですが、現在、PSCでは専門の担当者を雇用して、面倒を見るようになりました。全員が解決しなければならない問題について、システム化したということですよね。日本に来る前からいろいろな情報を渡して、来た瞬間から「大丈夫ですよ」と声をかけてもらえれば、日本はすごくいい所だなという印象で生活を始められます。そうやって最初の1～2週間をクリアすると、今度はラボの人たちもいろいろヘルプできるようになります。

**清水**◉外務部には翻訳チームがあるのですが、規程もかなりの数が英訳されていますし、外国人の方には便利になってきていると思います。和光の脳科学総合研究センター(BSI)に設置されたヘルプデスクは、見学に来る大学もあります。

**白須**◉たぶん日本の研究所でも大学でも、これだけのサポートをしている所は他にはないと思います。外国人を増やさなければと考える大学は、理研をテンプレートにしていくでしょうね。そういう側面でも、サイエンスの国際化のリーダーになっていくのが理想ですね。一方で、外国人が増えると、日本人が助けなくても自然にコミュニティができる部分もあります。横浜にはセンターを超えた、外国人村のような外国人同士のコネクションがあるんです。もっともそこに至るまでが大変なので、サッカー大会でも何でもよいのですが、サイエンスではないところで交流する機会は重要かと思います。

**清水**◉外務部では基礎特研、国際特別研究員(FPR)、博士課程の学生を対象に「ディスカバリー・イブニング」というイベントを月一回、和光で開催しています。今後、横浜でも開催したいのですが、外国人も日本人も参加できるイベントを企画していきたいですね。

## 植物科学研究センターのブランドと研究環境の情報発信

**清水**◉ドイツでは自分の国以外でポスドクを一回やらないと、キャリア・パスとして認めてもらえないと聞いたことがあるのですが。

**白須**◉そのとおりですね。そこで多くの人はアメリカやイギリスに行くわけですが、その一つに日本があってもいいのではないでしょうか。実際、ドイツ人のポスドクが来て帰ってPI(研究室主宰者)になったケースもありますから。だからこそ理研がブランド力をつけ、良い論文を出し続ける環境を作らなければいけないと思います。理研でいい論文を出してきたなら、この人は英語はもちろん問題ないし、オープン・マインドで取り組める人だろうなというイメージがついてくるでしょうね。PSCも今、生化学的な分野では世界のトップにいます。メタボロームとかホルモンとか微量の化合物を量るというのは、日本の特別な技術であり、農芸化学とか化学の血筋があってこその理研なんですよ。だから、そこの技術を習いたいと言って世界から来る人は多いですね。PSCには、そういう世界にはないファシリティと研究があると思います。

**清水**◉これをやるには理研に、そしてPSCに来なくてはという良さをもっと世界にアピールしたいですね。

**白須**◉時間はかかりますが、情報発信は重要ですね。そういうプラットフォームができて、論文が量産できるようになったのは最近のことですが、甲斐あってPSCの地位は世界的に高くなりました。外国人の優秀なポスドクが来ることのメリットは多く、まず第一に海外のラボと連携が生まれ、日本人だけで研究していた場合と比べてダイナミックなネットワークの広がりが生まれます。マックスプランク研究所などとの共同研究のような形で、ハブがつながっていくということです。植物センターでも世界には非常に強い植物センターがいくつかありますから、ハブとしてつながっていく。言葉だけでつながってもしょうがないので、研究者がちゃんと動いて共同研究を続けながらもそこの人を雇ってくるということが大きいかな。日本人の間にサイエンスは英語でやるんだという意識も育ちます。英語でラボ・ミーティングをやっている人たちのプレゼンテーションはスムーズです。

◉植物科学研究センターの外国人研究者

**清水由仁恵**
*Yunike SHIMIZU／*
理化学研究所
外務部研究人材育成課

◉――理化学研究所における研究系職員(研究員・RA・TS)

| 年度 | 総員 | 外国人在籍数 | 総員に対する外国人の割合 | FPR在籍数 | 外国人−FPR | 対前年比外国人数増減(FPRを除く) | 総員に対する割合(FPRを除く) | 外国人在籍数に対するFPRの割合 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H18 | 2853 | 260 | 9.11% | 0 | 260 | | 9.11% | - |
| H19 | 2671 | 256 | 9.58% | 0 | 256 | -4 | 9.58% | - |
| H20 | 2538 | 241 | 9.50% | 17 | 224 | -32 | 8.83% | 7.05% |
| H21 | 2552 | 288 | 11.29% | 36 | 252 | 28 | 9.87% | 12.50% |
| H22 | 2656 | 332 | 12.50% | 47 | 285 | 33 | 10.73% | 14.16% |
| H23 | 2686 | 352 | 13.10% | 50 | 302 | 17 | 11.24% | 14.20% |

**清水**◉「ディスカバリー・イブニング」も積極的に活用していただければと思います。

**白須**◉コミュニケーションを通して語学能力を身につける機会はなんとか作りたいと思います。英語力によって論文を書くスピードもまったく違ってきます。実験能力は非常に高くても、論文が書けず損をしている人もいるわけです。もう一つは、情報力ですね。海外で学会に出席した際、どこから情報を獲得するかは大事です。学会で発表されている内容に新しい情報はありませんから、誰かのラボを訪ねて一緒に飲みに行く、日本でいう“ノミニケーション”みたいな関係を作ってがっちり情報を獲得してくるような力がないと厳しいと感じます。

## 高い志でチャンスを活かせる場に

**清水**◉今のFPRの制度は、もともとあった基礎科学特別研究員という制度の約150人の枠の3割を外国人に強制的に振り分けています。最終的にはそこを一つにして同じ土俵の上で争い、ある程度の外国人を確実に採っていくという状況が理想だと思うんですよね。そこに至るまでには白須先生がおっしゃるように、ある程度強制的に人数を増やしていく努力をしなければいけないのかなという気はしますね。

**白須**◉選ぶ側も3割が外国人じゃないとフェアじゃないですよね(笑)。だからまず、外国人のPIを増やすのも大事なことだと思います。

**清水**◉そういう意味で、国際主幹研究員として外国人のPIを雇用していることは、相当大きいのではないかと思いますね。

**白須**◉やはり基本は、アトラクティヴな環境作りと、日々努力して意識を変えていくということですね。華になるような外国人のPIが来れば、「来たい!」と思わせる効果も高いでしょう。また、大学院生のエクスチェンジ・プログラムのようなものがあればうれしいですね。

**清水**◉実は今、海外の教授や学生さんと海外でジョイント・シンポジウムのようなものを行う「理研DAY」というイベントを企画しています。その中で「理研に来ませんか」と働きかけられるようなプログラムを考えています。それがPSCで培ってきた国際化の流れに乗れば、さらに理研全体の国際化にもつながるのではと期待しています。

**白須**◉理研には他の大学や研究所にない環境が、既にある程度できあがってきています。これから理研に入る人には、意識を高く持って利用すれば、一歩上に上がれるということを知っていただきたいし、また、そういう方に集まってきてもらいたいと思います。今は海外に行けないけれども、ワンステップを踏んで出ていこうとする志を持つような方にぜひ来ていただきたいですね。

［メタボローム研究推進部門］

# メタボロミクスと代謝ゲノミクス研究

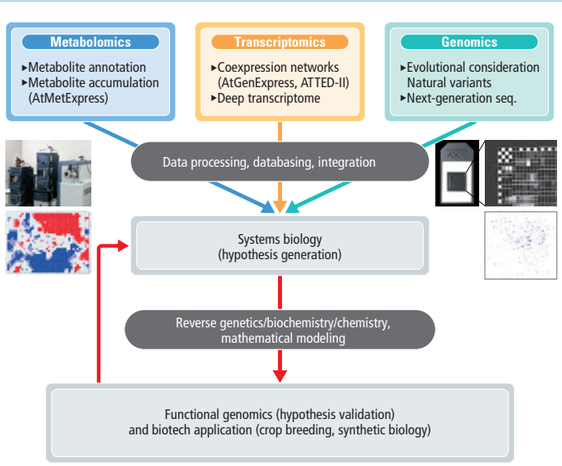
植物の有用性にはその多様な代謝産物が寄与しているため、
メタボロミクス研究は植物において特に重要である。
メタボロームおよび代謝機能研究では、
バイオインフォマティクスを含めた統合オミックスによって
植物における物質生産システムの理解と応用を目指した研究を進めている。

PI［Principal Investigator／研究室主宰者］
［メタボローム機能研究グループ］——斉藤 和季
［代謝システム解析チーム］——平井 優美
［先端NMRメタボミクスチーム］——菊地 淳
［メタボローム情報チーム］——有田 正規

## メタボロミクス研究の重要性

メタボロミクスは網羅的な代謝産物の同定、定量を行ういわゆるオミックス科学の一つである。食料、医薬品･健康機能成分、工業･エネルギー原料などの植物の有用性には植物の多様な代謝産物が寄与しているため、メタボロミクス研究は植物において特に重要である。メタボロミクスはトランスクリプトミクスなどと統合することにより、新規な遺伝子機能を同定するゲノム機能科学やバイオテクノロジー、合成生物学への展開、数理科学との融合によるシステム生物学へも展開できる。このようにメタボロミクスは地球の循環的生物資源や人類の生存や健康に大きく寄与できると考えられている。こうした背景で植物科学研究センターにおいて2005年からメタボロミクス研究が開始された。

メタボロミクスからシステム生物学へ




## メタボロミクス研究プラットフォームの確立

メタボロミクスは、①代謝産物の機器分析、②バイオインフォマティクス、③ゲノム生物学研究への統合展開、の三つの要素から構成される。そこでメタボローム研究推進部門ではこれらの三要素を有機的に連携した研究プラットフォームを構築した。代謝産物解析では、高感度で選択性が高い質量分析（MS）と定量性、非侵襲性などで利点を有する核磁気共鳴（NMR）の二本柱を有する世界に類のない解析プラットフォームを立ち上げることができた。MS分析では複数の高性能分離システム（ガスおよび高速液体クロマトグラフィー、キャピラリー電気泳動）に非ターゲット分析系［*1］を連結して組み合わせることにより、世界ナンバーワンの網羅性を実現した。さらにロボティクスも取り入れたワイドターゲット分析を組み合わせることによって、さらなるハイスループット性と定量性を実現した。また、NMR分析ではメタボロームシグナルの自動帰属ソフトウェアの開発と共に多次元NMR［*2］メタボロミクスを実現した。
バイオインフォマティクス研究はその開発に当初より大きな力を注いだ。それはこのメタボロミクスプラットフォームが理研内や日本国内だけでなく、世界をリードする使命を有していたからである。そのため、世界の研究コミュニティに資するデータベースや解析ソフトウェアを開発した。その成果として、統合メタボロミクス研究のポータルであるPRIMe（Platform for RIKEN Metabolomics）ウェブサイトとそこに納められている多くのデータベース、解析ソフトウェア［*3］が挙げられる。
これらの代謝産物分析とバイオインフォマティクスの統合によるメタボロミクスプラットフォームは、2010年からの最先端研究基盤事業による機器整備支援も受けて、国内の植物科学研究者を中心として広く国内外でメタボロミクス研究の最先端中心として研究推進に貢献している。

［*1］非ターゲット分析とターゲット分析
代謝産物の分析にはあらかじめ分析する対象を限定しない非ターゲット分析（従来の意味でのメタボロミクス）と少数の代謝物に対象を絞ったターゲット分析がある。それぞれ、網羅性、同定、定量性などに長短があるが、最近その中間に位置するワイドターゲット分析も開始された。

［*2］多次元NMR
プロトンと$^{13}$Cのシグナルを同時に計測しそれぞれの相関シグナルから、メタボローム成分の同定や定量を行う手法である。シグナル強度を高めるため$^{13}$C標識した前駆体を投与するなどの手法が同時に用いられる。

## ゲノム代謝機能科学への貢献

20万種から100万種に達すると考えられている植物の持つ化学的多様性の根源はそのゲノムに秘められている。したがって、メタボロミクス研究の大きな目的の一つはこれらの植物機能に関わる遺伝子機能を同定するゲノム機能研究である。植物科学研究センターにはシロイヌナズナを中心として各種のゲノム研究リソースが整備されており、それらのリソースを有効に利用することができた。変異体やストレス処理した植物のメタボローム、トランスクリプトーム統合解析や公共的トランスクリプトームデータから、共起性に基づく遺伝子ー代謝産物の関連性を明らかにし、次にこれらの特定した遺伝子の変異体による逆遺伝学解析や組換えタンパク質を用いた生化学的研究によって、網羅的な遺伝子機能同定や遺伝子ー代謝産物ネットワークの解明研究を推進した。この手法はまずシロイヌナズナで大きな成功を収め［*4］、ついでイネなどの農作物や薬用植物に展開してさらに成功を収めている。

メタボロミクスおよび代謝機能研究8年間の主な研究内容

| | |
|---|---|
| 2006 | ●植物の"硫黄代謝"を調節する転写因子を発見 |
| 2007 | ●植物のフラボノイドの構造を決定する酵素を発見<br>●がん予防成分をアブラナ科野菜に作らせる新規遺伝子を発見<br>●世界最大のNMR施設を活用したメタボローム解析を本格始動<br>●メタボローム解析によって植物代謝ネットワークを解明 |
| 2008 | ●植物が自ら作る抗がん物質に対する自己耐性機構を解明<br>●植物の抗酸化成分フラボノイドの新規生合成経路を発見<br>●低カロリー天然甘味成分を合成する酵素遺伝子を発見<br>●植物二次代謝産物のタンデム型質量分析スペクトルライブラリーを整備<br>●動植物などすべての生体の代謝経路全体を鳥観する新解析法を開発 |
| 2009 | ●30年来の常識を覆し、植物に新たなステロール生合成経路を発見<br>●脂質メタボローム解析でスルホ脂質生合成の鍵となる新規遺伝子を発見<br>●微生物発酵による代謝物全体をリアルタイムで解析する手法を開発<br>●植物概日時計とミトコンドリア機能の蜜月な関係を発見<br>●分析データの新規標準化法の開発 |
| 2010 | ●植物による部位特異的な二次代謝産物生合成の事実を発見<br>●未利用のバイオ資源の有効活用に向け、代謝混合物の新たなNMR評価法を開発<br>●ダダチャ豆の味と香りの成分をメタボローム解析で詳細に分析 |
| 2011 | ●独自の代謝動態解析法で微生物間相互作用を追跡<br>●イネの細胞質型グルタミン合成酵素の代謝バランス調節機能を解明<br>●メタボロミクスで遺伝子組換え作物を客観的に評価<br>●藻類が作り出す代謝物の局在･移動を単一細胞内で初めて確認<br>●植物色素アントシアニンの蓄積に関わる配糖化酵素遺伝子を発見<br>●レアプラント生薬「甘草」の医薬成分を合成する酵素遺伝子を発見 |
| 2012 | ●玄米の代謝成分量を決める遺伝型を網羅的解析<br>●「苦い豆」の原因遺伝子を解明 |

［*3］PRIMeウェブサイトに置かれたデータベース、解析ツール
メタボロミクス研究のためのStandard Spectra, MS/MS Spectral tag（MS2T）, ReSpect, SpinAssign, DropMet, AtMetExpress、トランスクリプトーム研究のためのCorrelation Gene Search, Cluster Cutting, 外部連携によるMassBank, KNApSAcK, Simple BL-SOMなどがある。

［*4］シロイヌナズナでの代謝に関する新規遺伝子、ネットワークの発見
グルコシノレート生合成の酵素および転写因子、フラボノールおよびアントシアニン生合成の酵素、スルホ脂質生合成の酵素、概日時計遺伝子制御の代謝ネットワーク、紫外線照射下での代謝ネットワーク、硫黄代謝調節の転写因子、イソプレノイド経路の代謝ネットワークなどが主要な発見として挙げられる。

## 作物バイオテクノロジーへの展開

メタボロミクス研究は遺伝子機能を同定するばかりでなく、作物育種やバイオテクノロジー、有用物質の合成生物学への展開も可能にした。具体的には、イネなどの主要作物のメタボロームQTL解析や農業形質のメタボローム解析による回帰予測、有用二次代謝産物のバイオテクノロジー生産（グルコシノレート、ポリフェノールなど）、木質バイオマス、バイオエネルギー植物や藻類の代謝機能研究、などが挙げられる。また、メタボロミクスによる遺伝子組換えトマトの実質的同等性評価、単一細胞および液胞のメタボローム解析、酵母での植物トリテルペン生産や光合成微生物でのバイオプラスティック原料生産、医療分野へのNMRメタボロミクスの応用など幅広く多方面への展開を見せている。

## 新たな開拓と挑戦

メタボロミクス研究は植物科学で大きな成果を上げた。しかし、いくつかの課題も残されている。これらは、①代謝物アノテーションの向上、②フラックス、代謝チャネリング、イメージングなどの動的解析、③代謝シミュレーションなど数理科学との融合、などである。
今後、メタボロミクス研究は新規遺伝子機能の同定やシステム生物学など基礎研究領域だけでなく、グリーンおよびライフイノベーションにおける有用物質生産（工業･バイオエネルギー原料、医薬品･健康機能成分など）や食料増収や育種への展開など、我々の生活に関わる研究領域にもますます大きな威力を発揮すると期待される。

［ゲノム機能·インフォマティクス研究分野］

# 変異体リソースと情報基盤構築に向けて

ゲノム機能·インフォマティクス研究分野では、モデル植物シロイヌナズナ研究において重要な遺伝子解析基盤となる変異体や遺伝子リソースの収集を行い、中でも光環境やストレスに関わる遺伝子を解析し、データベース構築を行っている。また有用作物への研究発展のために、種々の植物に対しても同様のデータベース構築に取り組んでいる。

PI［Principal Investigator／研究室主宰者］
［植物ゲノム機能研究グループ］――松井 南
［植物ゲノム発現研究チーム］――関 原明
［ゲノム情報統合化ユニット］――櫻井 哲也

## 研究分野7年のあゆみ

ゲノム機能·インフォマティクス研究分野を構成している植物ゲノム機能研究グループ、植物ゲノム発現研究チーム、ゲノム情報統合化ユニットは、ゲノム科学研究センター（GSC）の植物ゲノム機能情報研究グループを前身としており、1999年よりモデル植物シロイヌナズナの変異体の作成、完全長cDNA等の遺伝子情報の収集とデータベース化を行い、国内外の研究にリソース、データの提供を行ってきた。2006年に植物科学研究センターの植物ゲノム機能研究グループは発足した。同グループは、シロイヌナズナの遺伝子解析ための機能付加型のリソース作成を進め、計10万系統のアクティベーションタグライン［*1］、後述する各種FOXライン（Full-length cDNA over expressor）の作成と解析を行った。これらのリソースは、理研バイオリソースセンター（BRC）の実験植物開発室との協力のもとに国内外の研究者への提供を行っている。またこれらのリソースを用いた植物の光環境への応答についての研究を行ってきた。

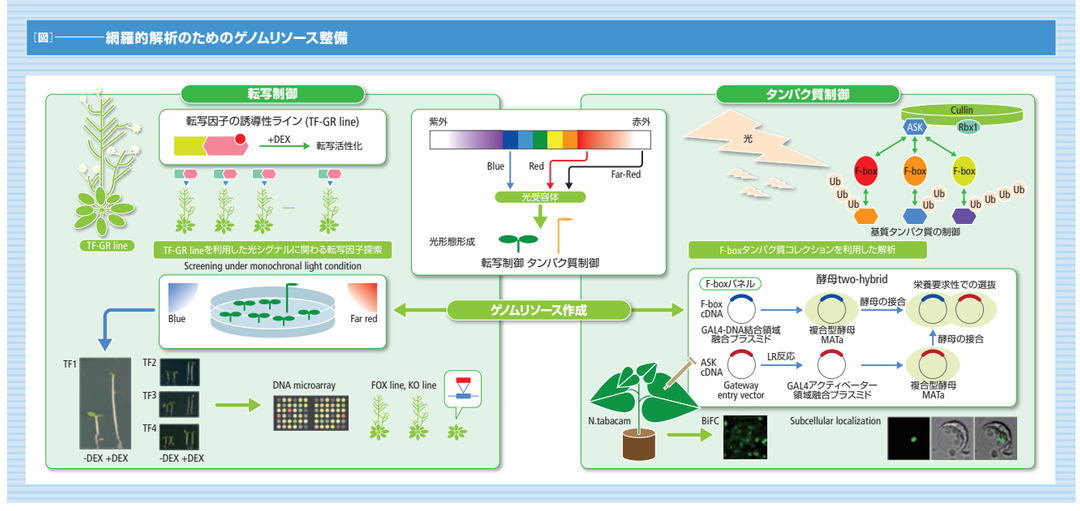
## 植物ゲノム機能研究グループの研究概要

植物ゲノム機能研究グループは、シロイヌナズナ機能付加系統の作成を進めてきた。GSCにおいては、約6万系統のアクティベーションタグ変異体系統とデータベースの構築を行った。またシロイヌナズナ完全長cDNAを過剰発現することにより強制的に機能付加を起こす機能付加変異体シロイヌナズナ系統であるFOXラインを独自に開発した（ナズナFOXライン）。また2005年から農業生物資源研究所、岡山県生物科学研究所との共同研究によって、イネの完全長cDNAを利用して機能解析を行うイネFOXシロイヌナズナ系統（イネFOXライン）を作成することで、異種植物の機能解析プラットフォームの構築を行った。このイネFOXラインからは、乾燥耐性、高温耐性、病害抵抗性、ホルモン変異、二次代謝物の高蓄積系統の単離と迅速な原因遺伝子の同定を行い、ゲノム情報統合化研究ユニットとの共同でデータベース化と公開を行った。また2007年から産業技術総合研究所との共同で、シロイヌナズナ転写因子約2,000遺伝子の全収集と発現誘導ドメインを付した融合転写因子を作成して新規の機能付加系統作成を進めた。また機能開発研究グループとの共同で、ペプチド性タンパク質の高発現ライン作成も進めた。

研究室テーマとしては植物が如何に光環境を捉え、形態形成を行っているかについて種々のリソースを用い解析を行っている。光受容と細胞周期の研究からCYCA2;1、CYCA2;3が植物の核内倍加に重要な働きをしていることを見出した。さらに青色光特異的な形態を示すナズナFOXライン、融合転写因子ラインから新規遺伝子を単離して解析を推進。また種々の生理機能に重要なタンパク質の特異的分解に関わるF-BOXタンパク質についても網羅的収集とゲノム的機能解析を進めた［図］。

2010年より発足したバイオマス工学研究プログラムでは、合成ゲノミクス研究チームとして研究を分担している。同チームでは、ゲノム解析技術や遺伝子導入技術、植物での複合的な遺伝子共発現システム（IRES）を用いて植物の光受容を利用したバイオマテリアル生産のための基礎技術の開発をマレーシア等との国際連携で行っていく。

［図］――網羅的解析のためのゲノムリソース整備




## ゲノム情報統合化ユニット

発現配列タグ（expressed sequence tag; EST）［*3］などの配列情報を活用し、植物が持つ遺伝子機能の理解、ゲノム概観の獲得等を推進している。ポプラ、ダイズ、キャッサバの完全長cDNAを収集し、その配列を解析することで、樹木、作物の研究資源整備およびゲノム研究を推進した。配列情報および解析結果をデータベースとしてインターネットに公開した。また、ダイズゲノム解読、ムギ類の遺伝子地図統合および全長タンパク質コード配列（TriMEDB, TriFLDB）、各種シロイヌナズナ変異体表現形質（RAPID, Chloroplast Function Database, RiceFOX）、転写因子（LegumeTFDB）などの解析やデータベース構築、メタボロミクス関連ツール（PRIMe）の開発を支援し、関連研究の推進に貢献した。

## 植物ゲノム発現研究チームの概要

ゲノム科学的方法により、環境ストレス応答に関与するRNAやエピジェネティック制御機構の解明や新規ペプチドの同定を目指して研究を行っている。RDR（RNA依存性RNAポリメラーゼ）により環境ストレス条件下でアンチセンス鎖RNA［*2］が生成することを見出した。シロイヌナズナヒストン脱アセチル化酵素HDA6の変異株が酢酸合成経路の活性化を介して乾燥ストレス耐性を示すこと、酢酸をシロイヌナズナ植物体に投与するだけで乾燥耐性が付与されることを明らかにした。ストレス耐性に関与するペプチドをコードすると考えられる短い遺伝子候補の幾つかに関して、過剰発現体がストレス耐性を示すことを見出した。網羅的なゲノムネットワーク解析技術を開発し、植物遺伝子の同定·機能解析を共同研究により推進した。コロンビア、タイ、ベトナムの研究者と共同してキャッサバのゲノム解析基盤を構築し、その分子育種を推進した。

●――研究分野7年間の主な研究内容

| | | | |
|---|---|---|---|
| 01 | 光応答、細胞周期に関わる機能付加変異体の解析 | 09 | 乾燥·低温·塩·高温ストレス応答に関与する新規ペプチドの探索 |
| 02 | アクティベーションタグライン、ナズナFOXライン、イネFOXライン合計10万系統の機能付加型変異体作成 | 10 | 作物の発現遺伝子の完全長cDNA の収集と発現解析 |
| 03 | シロイヌナズナ転写因子収集と機能誘導形質転換系統の作成および、光受容関連転写因子の解析 | 11 | キャッサバのゲノム解析基盤の構築と分子育種の推進 |
| 04 | タンパク質分解に関わるF-BOXタンパク質の収集と網羅的相互作用解析 | 12 | 次世代シーケンサーによるエピゲノム解析、トランスクリプトーム解析の推進（植物科学最先端研究拠点ネットワークの事業） |
| 05 | 植物での多重遺伝子発現系の開発 | 13 | 樹木、作物の研究資源整備およびゲノム研究を推進 |
| 06 | 作物研究推進のための形質転換ネットワークの運営 | 14 | ダイズ、ムギの遺伝子地図統合 |
| 07 | 乾燥·低温·塩·高温ストレスやABA応答に関するRNA、エピジェネティック制御機構の解析 | 15 | シロイヌナズナ変異体表現形質データベース構築 |
| 08 | クロマチンの構造変換やRNAによる転写制御および転写後制御機構の解析 | 16 | メタボロミクス関連ツール開発支援 |

［*1］アクティベーションタグライン
転写のエンハンサーを植物ゲノム中に無作為に導入することで、挿入部位近傍の遺伝子の発現を高めて機能付加を起こさせた変異体系統。

［*2］アンチセンス鎖RNA
センス鎖に対してそれと対合するアンチセンス鎖から転写されるRNA。

［*3］発現配列タグ
（expressed sequence tag; EST）植物組織から調製したRNAをcDNA等に変換した後、配列決定を行うことで、実際にmRNAとして発現していることを確認した配列のこと。

［生長制御・生産機能研究分野――1］ ▶生長制御グループ／適応制御研究ユニット

# 植物ホルモンの生合成・情報伝達の解明に向けて

生長制御（生長生理）研究グループでは、オーキシン、ジベレリン、アブシジン酸、サイトカイニン等、植物の生長と分化を調節する植物ホルモンの生合成研究と情報伝達の解明に取り組んでいる。さらに、これらの研究を通して、植物の生産力向上に貢献している。

PI［Principal Investigator／研究室主宰者］
［生長制御研究グループ］――神谷 勇治
［適応制御研究ユニット］――瀬尾 光範

## 生長制御（生長生理）研究グループ13年のあゆみ

2000年秋に発足した生長生理研究グループは発芽生理機構研究チーム（PI 神谷勇治）と2001年4月にスタートした生殖制御研究チーム（PI 南原英司）の2チーム体制であった。発芽生理機構研究チームは、発芽にジベレリン（GA）が必須であるシロイヌナズナ種子を用いてGAの生合成と代謝研究を進め、主要なGA生合成酵素の制御機構を明らかにした。生殖制御研究チームは休眠に着目し、アブシジン酸（ABA）の代謝と遺伝子発現プロファイリングを進め、ABA不活性化酵素遺伝子とその機能を明らかにした。

組織改変に伴い、2005年からは生長制御研究グループ（PI 神谷勇治）、適応制御研究チーム（PI 南原英司）、促進制御研究チーム（PI 山口信次郎）の3チーム体制でプロジェクトを推進した。山口はGA研究に加えて2008年にストリゴラクトンを新しい植物の枝分かれ抑制ホルモンとして同定した。ストリゴラクトンの植物ホルモン［＊1］としての機能発見は輝かしい成果である。2011年に山口は東北大学教授として転出した。生長制御グループの笠原博幸（上級研究員）は半世紀にわたって不明であったオーキシンの生合成経路を*YUCCA*遺伝子の機能解析から明らかにし、2011年にさきがけ研究員に選ばれた。2008年に南原のトロント大学への転出に伴い、瀬尾光範をフランスから迎えて新しい適応制御ユニットを編成した。瀬尾は植物ホルモン受容体を用いた独創的なホルモン輸送体の単離方法を開発し、窒素代謝に関わるABAの新規輸送体を発見した。

●――生長制御（生長生理）研究グループの主な研究内容

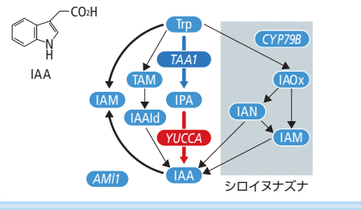
| | |
|---|---|
| 01 | ジベレリン生合成の制御と受容・情報伝達に関する研究 |
| 02 | アブシジン酸（ABA）生合成・代謝に関する研究 |
| 03 | ABA量調節機構の解明（生合成の調節、生合成部位と輸送） |
| 04 | 側芽休眠と種子休眠に関与する因子の探索 |
| 05 | 種子のトランスクリプトーム解析 |
| 06 | ジャスモン酸、ブラシノステロイド、オーキシン生合成とその制御に関する研究 |
| 07 | ホルモン一斉分析システムの構築、従来の方法では測定しにくいホルモンの高感度分析と中間体の測定 |
| 08 | 葉緑体のイソプレノイドや二次代謝物の生合成阻害剤の探索 |
| 09 | ジテルペン生合成における非メバロン酸経路の役割と有用物質の生産 |
| 10 | ホルモン生合成に関わるP450遺伝子の機能解析 |
| 11 | 植物ホルモン量の調節を基盤とした生長調節技術の開発 |
| 12 | 植物ホルモン関連遺伝子やケミカルを利用した生長調節技術の開発 |
| 13 | ストリゴラクトンをはじめとする植物の生長や形態を制御する新規低分子信号物質の探索 |

このように、本グループは13年の間、植物ホルモン研究で世界に貢献してきた。

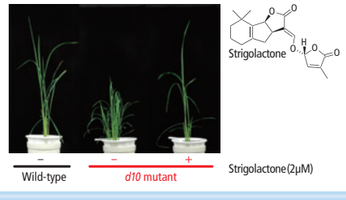
## 生長制御研究グループの概要と成果

植物ホルモン研究は個別研究が主流であったが、植物科学研究センターは発足当時からマイクロアレイを用いた全ホルモン関連遺伝子の発現解析を進めた。2005年からはメタボロームグループの参加に伴い、LC-MS/MSを用いてホルモンとその中間体を一斉に高感度で分析するホルモノーム研究に推移した。生長制御研究グループは高感度分析システムと長年培ってきたGA、ABA、ブラシノステロイド、ジャスモン酸等の生合成研究を融合させ、植物ホルモン生合成に関わる酵素およびその遺伝子の単離と機能解析を推進してきた。笠原は2007年からオーキシンの生合成研究にもチャレンジし、YUCCA酵素の機能発現に成功して、主要なオーキシン生合成経路を明らかにした［図1］。オーキシン生合成酵素阻害剤の共同研究は、新規植物生長調節剤の開発の可能性が高い。GA生合成酵素阻害剤は環境に優しい植調剤として広く世界で利用されている。

［図1］――オーキシン生合成経路




［図2］――ストリゴラクトンが枝分かれを抑制




［図1］オーキシンには多くの推定生合成経路があり、半世紀の間議論の的であった。2011年にトリプトファン（Trp）からインドールピルビン酸（IPA）を経由してオーキシン（IAA）を合成する経路がシロイヌナズナの主要経路であることを突然変異体と酵素の生化学研究から明らかにした。

［図2］新規ホルモンの発見
イネの枝分かれの増加した矮性d10突然変異体の培養液にストリゴラクトンを外から与えると野生種のように回復することと、内生レベルの分析から、ストリゴラクトンが植物の新規枝分かれ抑制ホルモンであることを明らかにした。

［図3-A］*CYP707A*遺伝子のコードするP450酵素はABAの8'位を水酸化してABAを不活性化する。シロイヌナズナのCYP707欠損突然変異体はABAの蓄積のために種子の休眠が深い。この遺伝子を用いた麦類の穂発芽抑制の可能性がでてきた。

［図3-B］ABAの新規輸送体を発見した。この遺伝子が欠損すると花茎の気孔が開いて水分が蒸散するために突然変異体では花茎の温度がサーモグラフィーで測定すると野生種より低い。

［＊1］植物ホルモン
植物の生長と分化を微量で調節する物質で植物に普遍的に存在する。オーキシン、ジベレリン、アブシジン酸、サイトカイニン、エチレン、ジャスモン酸、ブラシノステロイド、ストリゴラクトン、ペプチドホルモン（フロリゲンを含む）、サリチル酸が知られている。

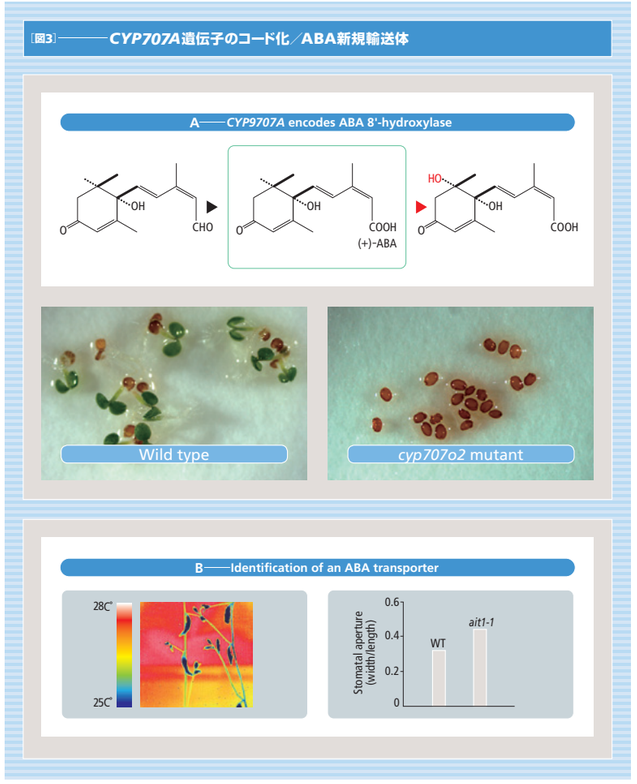
## 促進制御研究チームの概要と成果

山口は発芽種子の光制御やEUI、GAメチル転移酵素等のGA不活性化酵素の研究を発展させると同時に、新しい植物ホルモンの探索を進めていた。葉緑体で生合成される枝分かれを抑制する植物ホルモン様物質の存在が複数の植物で報告されていたが、その化学構造は不明であった。山口と梅原（研究員）は東大の経塚淳子教授の単離したイネの分げつ矮性［＊2］突然変異体と、シロイヌナズナの突然変異体を用いてストリゴラクトンが植物の枝分かれを抑制する新しい植物ホルモンであることを初めて明らかにした［図2］。ストリゴラクトンは菌根菌の菌糸の分岐を誘導するホルモンとしても知られている。二つの生理活性に対するストリゴラクトンの構造活性相関には差があることも明らかになってきた。山口は2011年から東北大学教授として、ストリゴラクトンの研究を継続している。

## 生殖制御チームと適応制御研究ユニット

日本の梅雨時に起こる小麦の穂発芽［＊3］は農業上大きな問題である。麦の種子にABAを蓄積することができれば、種子の休眠が深くなり、穂発芽を抑制することができる。ABAの代謝酵素がP450酵素であることは知られていたが、その遺伝子は未知であった。南原と久城（研究員）は270近く存在するシロイヌナズナのP450遺伝子の中から逆遺伝学的手法でABAの代謝に関わる遺伝子*CYP707*を予想し、酵母と植物を用いて*CYP707*がABAの8'位の水酸化を触媒するP450酵素遺伝子であることを証明した。*CYP707*の欠損変異体は休眠が深く、穂発芽しないことから［図3-A］農業上、重要な発見である。また、種子のABAの発現プロファイルの解析から新規なABA関連因子も明らかにした。南原の後継者の瀬尾は、ABAの受容体複合体を巧みに利用した方法を考案して、ABAの新規な輸送体を発見した［図3-B］。この方法は今後も他の植物ホルモンや生理活性物質の輸送体研究に応用できる可能性が高い。

［図3］――*CYP707A*遺伝子のコード化／ABA新規輸送体




［＊2］分げつ矮性
イネの分げつ（枝分かれ）が異常に多く、草丈が小さくなること。

［＊3］穂発芽
作物の種子が穂についたまま発芽する現象。麦の収穫期が日本では梅雨時と重なり、この現象が見られる。穂発芽が起こるとアミラーゼなどの澱粉分解酵素が誘導され、これを含む小麦粉の質が著しく低下する。

［生長制御·生産機能研究分野――2］ ▶生産機能研究グループ／細胞機能研究チーム

# 生産性向上に役立つ遺伝子の同定と利用

生産機能研究グループは、植物ホルモン研究を基軸に、
生産制御、シンク機能、効果的な物質輸送に関わるシステムの解明と、
生産制御への利用技術の研究開発を推進。
細胞機能研究チームは、モデル植物シロイヌナズナを用いて、
植物の器官、細胞の大きさを決定する制御ネットワークの解明を目指している。

PI［Principal Investigator／研究室主宰者］
［生産機能研究グループ］――榊原 均
［細胞機能研究チーム］――杉本 慶子

## 研究グループ13年のあゆみ

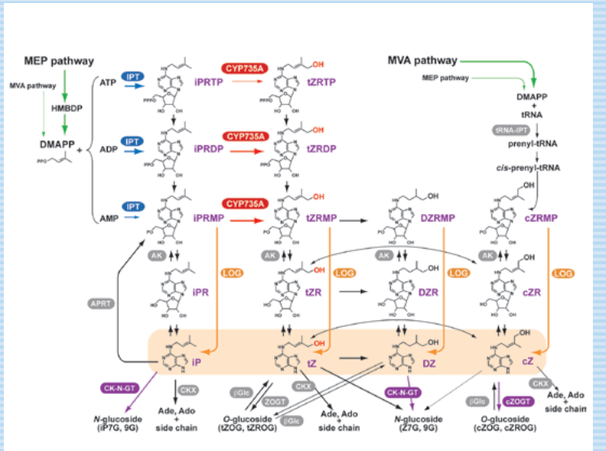
2000年10月に榊原均をリーダーとするコミュニケーション分子機構研究チームが発足し、シロイヌナズナを用いて、植物ホルモンを介した窒素栄養［*1］による植物生長制御のしくみを明らかにする研究を進め、植物生産機能の制御に本質的に関わるサイトカイニン［*2］の生合成経路の解明とその調節機構の研究へと展開した。2005年4月に生産制御研究チームに改称し、研究対象をイネにも広げるとともに、植物ホルモンの網羅的解析プラットフォームの開発とその高度化を進めた。コケ植物［*3］の生育環境の多様性に着目し、コケの重金属蓄積機構の研究やその産業利用のための共同研究も展開した。2010年4月から生産機能研究グループとなり、さらに研究の幅を広げ、植物ホルモン作用を利用したバイオマス生産や、環境変化に応答した植物生長の最適化機構の解明にも取り組んでいる。

2007年7月に杉本慶子をリーダーとする細胞機能研究ユニットが発足し、シロイヌナズナを用いて植物の器官、細胞の大きさを決める制御ネットワークに関与する遺伝子群の同定を進めた。2012年より細胞機能研究チームとしてさらに研究を推進するとともに、基礎研究から得られた成果を利用して作物の生産性を向上するための新手法の確立を目指している。

◉――研究グループ13年間の主な研究内容

| | |
|---|---|
| 01 | サイトカイニン生合成に関わる主要酵素遺伝子の同定と機能解析 |
| 02 | 窒素栄養に応答したサイトカイニン生合成·輸送調節機構の解明 |
| 03 | サイトカイニン生合成系·情報伝達系の構造生物学的解析 |
| 04 | 植物病原菌のサイトカイニン生合成経路の解明 |
| 05 | コケ植物原糸体を用いた鉛·金の回収技術の開発 |
| 06 | 概日リズム機構と植物生長制御の研究 |
| 07 | 超高感度ハイスループット植物ホルモン解析プラットフォームの開発と利用 |
| 08 | 植物の細胞増殖、生長を制御する分子メカニズムの解明 |
| 09 | 植物の分化全能性を制御する分子メカニズムの解明 |
| 10 | 植物の器官サイズを決定する分子メカニズムの解明と応用 |

［図1］――サイトカイニン生合成経路（色付けした経路と酵素遺伝子を同定）




## 生産機能研究グループの研究概要

サイトカイニンの研究を通じて、シンク（生長·貯蔵）·ソース（合成）バランスの改変や同化産物の効率的な輸送·集積など、作物の生産性向上に向けた研究を展開してきた。主な成果としては、生合成を担う*IPT*、*CYP735A*、*LOG*の3つの酵素遺伝子を同定した。*IPT*はサイトカイニン生合成系の初発反応を担い、*CYP735A*は高活性サイトカイニンtrans-zeatinの合成に主要な役割を担う。*LOG*は分裂組織の維持に重要な役割を果たしており、*LOG*の同定はサイトカイニン生合成の新規活性化経路の発見となった。また窒素栄養に応答したサイトカイニン生合成調節の鍵となる*IPT*遺伝子を同定し、その制御のしくみを明らかにした［図1］。この研究で得られた成果は、*IPT*の機能を人為的に調節するために重要で、さまざまな作物の生産性向上への貢献が期待されている。植物だけでなく、病原性土壌細菌の中にもサイトカイニンを合成するものがあり、それらの細菌は植物に感染し、サイトカイニンを大量合成することで、腫瘍を形成する。このメカニズムの一端として、アグロバクテリア由来のIPTが宿主植物のサイトカイニン生合成経路を改変し、効率的に腫瘍形成していることを明らかにした。これは細菌による植物細胞の代謝機能改変戦略を分子レベルで明らかにした画期的な研究成果である。

植物ホルモンの作用機作を包括的に理解するためには、多くのホルモン分子の存在量を包括的に知ることが重要となる。そこで、主要植物ホルモン（6種45分子種）の超高感度ハイスループット解析プラットフォームを開発した。この技術を活用し、ホルモンQTL解析による新規遺伝子の発見などを行った。

植物の生産性は遺伝的素因だけでなく、環境因子によっても決定される。そこで、環境応答メカニズムの研究及び遺伝子と環境の相互作用の研究も行っている。主な研究成果としては、概日リズム制御において、PRR5、7、9が転写抑制因子であることを明らかにした。また、シロイヌナズナから超低濃度の環境で硝酸イオンを効率よく吸収する輸送体NRT2.4を同定し、その機能を明らかにした。

また、ヒョウタンゴケ原糸体が鉛や金などの金属を超蓄積することを発見し、その蓄積様式を明らかにするとともに、環境浄化や資源回収への産業利用を目指し、DOWAホールディングスと浄化システムの開発を行った。

［図2］――植物の成長が著しく抑制されるGTL1過剰発現体

## 細胞機能研究チームの研究概要

植物の器官や細胞の大きさを規定する複雑な制御ネットワークに関与する遺伝子群を同定し、高等植物の大きさを決定する制御システムの解明に取り組んでいる。さらに、その成果を利用して、作物の生産性を向上する新手法の確立を目指している。

細胞分裂の調整メカニズムに関しては、これまで解明されていなかったが、細胞分裂に必要な新しい遺伝子*HPY2*を発見し、この遺伝子情報によって作られるタンパク質のSUMO化修飾［*4］によって、植物の細胞増殖が制御されることを発見した。SUMOが高等多細胞生物の分裂組織を調整する役目を果たしている様子を分子レベルで明らかにしたのは世界初である。

これまで植物細胞の生長を積極的に抑制し、停止する仕組みは解明されていなかった。そこで、シロイヌナズナのFOX（Full-length cDNA over expressor）変異体コレクションから、シロイヌナズナの葉のトライコームが巨大化する突然変異体を単離し解析を行った結果、植物に特有なトライヘリックス型転写因子GTL1が核相依存的な細胞伸長の抑制に関与することを明らかにした［図2］。

種苗産業や花卉·園芸産業の基礎技術となっている脱分化·再分化の分子メカニズムはいまだ不明な部分が多い。こうした中、シロイヌナズナの脱分化した細胞で、発現が促進している転写因子WIND1の遺伝子を同定。*WIND1*遺伝子は傷口で発現が促進し、WIND1の働きを傷口で抑えるとカルス化が抑制されることから、WIND1が植物の傷口で起こる脱分化を促進するスイッチ機能を持っていることが明らかになった。この成果は、組織培養による植物の増殖や有用物質生産などへの貢献が期待されている。

器官サイズがいかにして決まるかという問題は、基礎科学においても応用研究においても非常に重要である。そこで植物における器官サイズ制御機構の解明を進め、器官サイズを制御する因子として、ブラシノステロイドの不活性化に関与する新規酵素を同定した。

［*1］窒素栄養
植物生長に最も影響を与える主要無機養分の一つ。農業分野では生産性向上のために多量の窒素肥料を使用しており、窒素肥料の使用量の削減と、より効率よく窒素栄養を吸収·利用できる作物の開発が望まれている。

［*2］サイトカイニン
細胞分裂の促進、細胞周期の調節、老化抑制、腋芽の活性化など多様な生理活性を持つ植物ホルモン。アデニンにプレニル基がついた基本構造をとり、側鎖構造の違いによりトランスゼアチン、イソペンテニルアデニンなどの分子種がある。

［*3］コケ植物
蘚苔類とも呼ばれ、最初に陸上の生活に進化適応した植物とされる。分類学上ではシダ植物と緑藻類の中間に位置する。物質輸送のための維管束をもたず、体表面から水や養分を吸収する。高濃度の重金属存在下でも生育できる種が存在する。

［*4］SUMO化修飾
タンパク質の翻訳後修飾のひとつ。SUMOと呼ばれる小型のタンパク質が細胞内の他のタンパク質と結合することでその機能を変化させる。

［環境適応･耐性機構研究分野――1／基盤研究］▶機能開発研究グループ／発現調節研究ユニット／機能調節研究ユニット／基盤研究

# 環境ストレスに強い作物の開発に向けて

温暖化、乾燥化などの気候変動下での作物生産が重要課題となっている今日、環境適応･耐性機構研究分野では、乾燥、高温、塩害、貧栄養土壌など、非生物的ストレスに対応した植物の耐性獲得、生長制御などの課題に着手。さらに基盤研究では、センターを横断した研究基盤の構築や外部連携にも取り組んでいる。

PI［Principal Investigator／研究室主宰者］
［機能開発研究グループ］――篠崎 一雄
［発現調節研究ユニット］――Lam-Son Phan TRAN
［機能調節研究ユニット］――Ryoung SHIN
［基盤研究］

## 研究グループ8年のあゆみ

2005年、篠崎一雄のセンター長就任とともに機能開発研究グループが発足。モデル植物シロイヌナズナとオミックス的手法を活用して重要な遺伝子の探索を進め、さらに遺伝子相互調節ネットワークの解析へと展開した。

2007年には植物科学研究センター全体を技術支援する基盤研究プログラムが、三つの課題別に発足。共用の顕微鏡整備とイメージング技術の開発、ゲノムシークエンスや比較ゲノム解析などの技術開発と支援、さらに遺伝子機能解析のための変異体リソースの活用などを進めた。

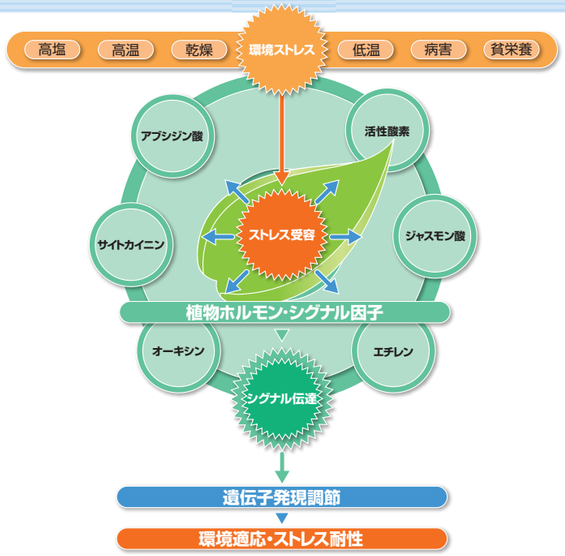
2008年、Ryoung SHINをリーダーとする機能調節研究ユニットが発足し、貧栄養条件下の植物のシグナル伝達と代謝制御に関する研究を推進。

2009年には、Lam-Son Phan TRANをリーダーとする発現調節研究ユニットが発足し、植物のストレス適応に関する遺伝子および植物ホルモンネットワークの解析を進めた。この2ユニットは、作物品種開発への橋渡し研究も視野に入れている。また、この2ユニットの開始に伴いセンターの国際化が大きく進展した。

2010年には、バイオマス工学研究プログラムを発足させるとともに、ソフトセルロースバイオマス生産の向上に関わるリソース整備などの基盤研究へも研究を広げた。

気候変動下での安定した農業生産を目指し、栽培環境にかかわらず最大限の生産性を発揮させるために、環境ストレスや貧栄養環境に植物が応答･適応する機構を解析し、有用な遺伝子の探索および機能解明に取り組んでいる。

［図］――ホルモンシグナルを介したストレス応答機構の解明をめざす




## 機能開発研究グループの概要

植物の乾燥や塩害などの環境ストレスに対する応答機構の解明とストレス耐性をもつ作物･樹木の開発を目指し、ストレス応答や耐性獲得に関わる新規遺伝子の探索と機能解析を進めている。また、乾燥耐性作物の育種においても成果を上げた。

植物の乾燥ストレスに対する遺伝子レベルでの応答、適応を解析して植物ホルモンのアブシジン酸（ABA）の関わる経路とABAの関与しない経路があることを明らかにした。とくにABAに関わる経路に関してタンパク質のリン酸化が関わることを明らかにした。その酵素を解明することに労力を費やし、SnRK2［*1］プロテインキナーゼが主要な役割を果たすこと、そしてABAの受容体の下流で遺伝子発現に関わる重要な分子スイッチであることを解明した。一連の成果は高く評価されて、篠崎一雄はトムソン･ロイターの2011年に引用度［*2］の高い注目される研究者の世界第5位に選出された。

## 機能調節研究ユニットの概要

2008年より貧栄養の土壌環境条件下でもよく育つ植物の開発を目指し、植物の栄養センシングおよび代謝過程を制御する構成要素分子を解析している。カリウム欠乏を感知するシグナル伝達経路を理解するため多くの候補植物を単離した。また、栄養欠乏耐性のイネの単離を目指して窒素欠乏条件下でFOX（Full-length cDNA over expressor）イネ系植物体をスクリーニングし、数個体の候補を単離した。変異体のスクリーニングに時間がかかったが、新規の興味ある変異体が得られた。これらの変異体を用いて栄養感知や栄養欠乏時の植物におけるシグナル伝達カスケードの解析を進めている。

また、2012年より、福島周辺に放出された放射性セシウムを高効率で除去するファイトレメディエーション［*3］の研究開発にも取り組んでいる。

［*1］SnRK2
（SNF1-related protein kinase 2）
植物のタンパク質リン酸化酵素の一種。シロイヌナズナには10個の遺伝子が存在する。

［*2］トムソン･ロイターの引用度
トムソン･ロイター社の学術論文情報データベースに収録されたデータをもとに、該当期間からみた過去2年間に収録された論文が、直近2ヵ月間にどれだけ多く引用されたかを基準に選考される。分析は分野ごとに行われ、上位のトップ0.1%にあたる論文がその分野のホットペーパーとして選出される。ホットペーパーとして篠崎センター長の11報の論文が選ばれた。自然科学全分野で選ばれた日本人は1人であった。

◉――グループ8年間の研究内容

| | | | |
|---|---|---|---|
| 01 | 環境ストレス応答に関わる制御因子、シグナル伝達因子の探索と解析 | 10 | 非生物的ストレスと植物生長を調節するシグナル伝達ネットワークの解明 |
| 02 | 環境ストレス耐性に関与する遺伝子の機能解析と利用 | 11 | シロイヌナズナの知見に基づくバイオテクノロジー的アプローチによる干ばつに強い作物の開発 |
| 03 | 逆遺伝学的手法を用いた植物の生産性に関わる遺伝子の探索と利用 | 12 | サイトカイニン代謝と浸透圧ストレス応答の関係 |
| 04 | コムギ、イネなどの応用作物を用いた環境ストレス耐性作物の作出 | 13 | 浸透圧ストレス制御におけるサイトカイニン応答性リン酸化リレーの役割 |
| 05 | バイオ燃料の草本モデル作物ブラキポディウムを用いたソフトバイオマス生産の向上に関わる遺伝子の探索と利用 | 14 | ダイズおよびマメ科モデル植物の包括的転写因子解析と比較ゲノム解析 |
| 06 | 栄養感知や栄養欠乏時の植物におけるシグナル伝達カスケードの解析 | 15 | バイオイメージング技術基盤と顕微鏡施設の運営 |
| 07 | 栄養欠乏に耐性のイネの単離 | 16 | シロイヌナズナの遺伝子破壊変異体リソースの整備と表現型解析への利用 |
| 08 | 14-3-3たんぱくで制御される光シグナルの伝達経路および14-3-3の制御の実態解析 | 17 | ゲノムの比較による進化や多様性を解析することによるバイオインフォマティクスの基盤研究 |
| 09 | 非生物的ストレス反応におけるサイトカイニンの役割及びサイトカイニン代謝への浸透ストレスの影響 | 18 | 比較ゲノム科学による作物への応用展開を目指した基盤研究 |

［*3］ファイトレメディエーション
Phytoremediation
生物による環境修復の一つで、植物などによって土壌中の汚染物質を除去･分解することで土壌汚染を浄化するプロセス。

［*4］顕微鏡基盤
大型顕微鏡および関連機器の作業環境を整備。特に透過型電子顕微鏡法を用いた植物組織および細胞の顕微鏡マルチスケールマッピングシステムも構築している。

## 発現調節研究ユニットの概要

2009年に非生物的ストレス応答、植物の生長や性能における植物生長制御物質（ブラシノステロイド、サイトカイニン、ABA、ポリアミン等）の機能、シグナル伝達およびクロストークを明らかにすることを目的として研究を立ち上げた。主に浸透圧ストレス制御におけるサイトカイニン関連の二成分制御系（TCS）の機能解析および、浸透圧ストレス応答と植物ホルモンのサイトカイニンとABAの関連を中心に研究を進めている。また、悪環境下での穀物の生産性向上のために、ダイズを用いた比較ゲノム研究による遺伝子探索にも取り組んでおり、ストレス耐性のダイズの開発を目指している。

## 基盤研究の概要

それぞれの特徴ある技術を用いて植物科学研究センター全体をサポートすると同時に、共同研究により多くの成果を上げている。細胞レベルでの解析のために顕微鏡基盤施設を立ち上げた。高価な顕微鏡を集約してセンター全体で利用することで研究の効率の向上と技術交流を目指した。数年かけて最先端の顕微鏡基盤［*4］が構築できてセンター全体の研究の推進に役立っている。また、細胞レベルでの質の高い技術開発につながっている。

一方、センターの研究推進のためのゲノム解析、トランスクリプトーム解析の情報基盤、さらに遺伝子機能解析のための変異体収集と表現型解析基盤の構築を進めた。優秀な研究者、技術者が集まりセンターの解析基盤としての役割を果たしている。

［環境適応·耐性機構研究分野――2］▶植物免疫研究グループ／植物プロテオミクス研究ユニット

# 持続的生産に貢献する植物免疫機構の研究

植物病原体は世界の農業生産に深刻な被害をもたらしており、この脅威に対して、高い効果安定性を示すと同時に環境負荷の少ない作物保護技術の開発が求められている。環境適応·耐性機構研究分野2では、持続的な農業生産に貢献する植物免疫システムの研究、さらにはプロテオミクス技術を駆使した植物シグナルネットワークの解析を推進する。

PI［Principal Investigator／研究室主宰者］
［植物免疫研究グループ］――白須 賢
［植物プロテオミクス研究ユニット］――中神 弘史

## 研究グループ7年のあゆみ

植物の耐病性機能を向上させ、持続的な植物生産に貢献するため、2005年10月に植物免疫研究グループが設置された。当初、グループディレクターが英国セインズベリー研究所において兼任をしていたが、2006年4月には、理研を本務として本格的な研究が開始された。

植物免疫システムの分子機構の解明のため、ゲノミクス、プロテオミクス、構造解析、ケミカルバイオロジーなどの新手法を用いて、有用遺伝子や新奇タンパク質複合体の発見や有用低分子化合物の開発を行った。

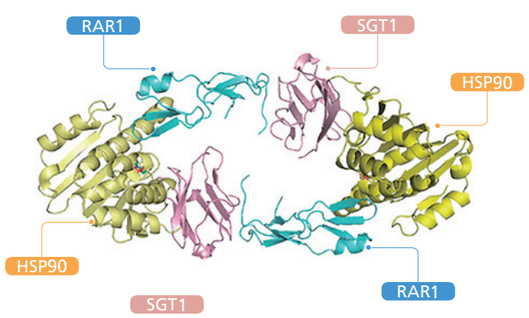
特にプロテオミクス［*1］に関しては、植物におけるリン酸化などの翻訳後修飾を受けたタンパク質の解析法を開発し、イネなどの穀物に応用、これをベースに2010年4月より植物プロテオミクス研究ユニットを立ち上げた。これにより、植物科学研究センターおよび日本の植物研究におけるプロテオミクスの推進に貢献した。

## 耐病性シグナル複合体の研究

植物-病原体相互作用における植物病害抵抗性反応に至るシグナル経路を解明することは、植物における免疫応答機構の全容を明らかにすることにつながる。植物の免疫は動物でみられる自然免疫システムとの類似性があるのかどうか？ この基本的な問題を理解するために、研究グループはその鍵を握るタンパク質複合体の機能解析を進めた。

具体的には、植物そして動物の免疫応答に必要なSGT1というタンパク質がRAR1とHSP90と呼ばれるタンパク質と複合体を形成し、病原体由来の物質を認識する免疫センサーの機能に重要な役割を果たしていることを突き止めた（Boter et al *Plant Cell* 19:3791-3804, Zhan et al *EMBO J* 27:2789, Kadota et al *EMBO R* 9:1209-1215, Shirasu *Annu Rev Plant Biol* 60:139-164, Zhang et al *Mol Cell* 39:269-281）［図］。この動植物の免疫に必要なタンパク質複合体が、どのように免疫センサーを制御しているかを明らかにしていくことが、これからの課題となる。

［図］――免疫シグナル複合体RAR1–SGT1–HSP90形成部位の立体構造




## 翻訳後修飾による植物免疫制御に関する研究

植物免疫の発現には多くのタンパク質が関わっており、その多くが翻訳後修飾によって制御されていると考えられているが、その全体像は未だにはっきりしない。このテーマに対して本グループは、全体的に翻訳後修飾を検出する方法（修飾プロテオーム）と個別の修飾タンパク質を解析する方法を用いて研究を進めた。

具体的には、シロイヌナズナやイネのリン酸化プロテオーム（Sugiyama et al *Mol Sys Biol* 4:193, Nakagami et al *Plant Physiol* 153:1161-1174）やユビキチンプロテオーム（Maor et al *Mol Cell Proteome* 6:601-610）などを明らかにし、また新奇ユビキチンリガーゼであるPUBタンパク質群が植物免疫を制御していることを発見した（Trujillo et al *Curr Biol* 18:1396-1401）。さらにリン酸化タンパク質（キナーゼ）であるMEKK1（*JBC*, 281:36969-36976）や、ユビキチンリガーゼ［*2］様の修飾をおこなうオートファジータンパク質［*3］ATGの植物免疫における役割（*Plant Cell* 21:2914-2927）なども明らかにした。翻訳後修飾による植物免疫の制御の全体像を明らかにしていきたい。

［*1］プロテオミクス
プロテオームは、Protein（タンパク質）とGenome（ゲノム）からなる造語で、細胞内で発現している（発現する可能性をもつ）全タンパク質を意味する。プロテオミクスとは、プロテオーム解析、ならびにプロテオームを解析する技術を指す。

［*2］ユビキチンリガーゼ
ユビキチンは他のタンパク質の修飾に使われるタンパク質。ユビキチンリガーゼなどの働きによりユビキチンタンパク質は基質タンパク質に付加される。

［*3］オートファジー
オートファジーは「自食作用」の意味で、細胞が持つタンパク質や構造体を大規模に分解·リサイクルするための仕組みで、酵母から植物、動物まで真核生物に広く普遍的に存在する。

［*4］ストライガ
双子葉植物であるハマウツボ科に分類される寄生植物。特に *Striga hermonthica* は、モロコシやトウモロコシ、イネなどの主要な穀物の根に寄生し甚大な被害を出している。主にアフリカの半乾燥地域を中心に、約40万km²（日本の本州の2倍程度の広さ）の感染領域が広がり、年間被害額は推定1000億円といわれる。このため2010年の*Science*誌で、世界の食料安全保障を脅かす7大病害のひとつとして取り上げられた。

◉スーダンの主要穀物ソルガムを襲う寄生植物ストライガ

## 病原体ゲノミクス研究

病原体は植物の免疫システムを抑制して、病気を引き起こす。ゲノムシークエンステクノロジーが革命的な進化を遂げた今、この抑制メカニズムを病原体ゲノムの解析から明らかにしていくことができるはずである。

植物免疫研究グループでは日本で大きな問題となっている病原糸状菌である炭疽病菌と、アフリカで農業に深刻な被害を与えている寄生植物ストライガ［*4］に注目し、そのゲノム·トランスクリプトーム解析を行っている。

日本では炭疽病菌の中でも特にイチゴ炭疽病菌が年間約35億円の被害を出しており、その早期解決が求められている。本グループではイチゴ炭疽病菌の全ゲノム解析に成功し、病原性に関与する可能性がある遺伝子の同定に成功している（Gan et al *New Phytologist* in press）。病原性の強さがどの遺伝子によって既定されているかを知ることにより、分子マーカーの開発が可能になり、強毒性炭疽病菌の早期検知などができるようになるであろう。また、農薬耐性菌の早期発見にも役に立つと考えられる。

またアフリカで大被害を及ぼしている寄生植物ストライガについては、ゲノム·トランスクリプトーム解析によって、ストライガの遺伝子レベルでの研究が始まった。特に驚いたことは、ストライガは養分や水だけではなく遺伝子も宿主から獲得していたことであった（Yoshida et al *Science* 328:1128）。詳細なゲノム解析はこれからであるが、病原体の感染機構を理解することによって、これに対抗する戦略を立てていくことが可能になるであろう。

◉――研究グループ7年間の主な研究内容

| | |
|---|---|
| 01 | 耐病性シグナル複合体の研究 |
| 02 | タンパク質の大規模解析法（プロテオミクス法）による耐病性原因タンパク質の同定 |
| 03 | アフリカ産寄生植物ストライガの寄生機構の研究 |
| 04 | タンパク質の修飾状態を解析する技術の開発 |
| 05 | プロテオーム解析手法を用いた植物免疫シグナリングの研究 |
| 06 | 病原体ゲノム解析 |
| 07 | 植物免疫のケミカルバイオロジー |

# 代表的な研究成果

## 01 葉緑体が強光から逃避するための光受容体の解明

**Science** [vol.291 no.5511, pp.2138-2141] 16 Mar. 2001

Takatoshi Kagawa, Tatsuya Sakai, Noriyuki Suetsugu, Kazusato Oikawa, Sumie Ishiguro, Tomohiko Kato, Satoshi Tabata, Kiyotaka Okada, Masamitsu Wada

From *Science* Cover Vol. 291, no. 5511, 16 March 2001.
Reprinted with permission from AAAS.

▶光合成を効率的に行うためには個々の植物に最適強度があり、その様子は生育環境に現れます。強い光を好む植物は日向に、弱い光を好む植物は樹木の下などの日陰に生息します。また同じ成育環境でも、天候や時間によって光の強さには変化があるため、植物はその光環境に応じて細胞内の葉緑体の位置を変えることにより、光合成効率を最適に保つような機構を備えています。

▶全ゲノム解析が終わったシロイヌナズナをモデル植物とし、研究グループは、葉緑体の運動が欠損した突然変異体を多数単離しました。その中に強光下でも葉緑体の運動が見られないもの4系統を選び出し、その原因遺伝子を調べました。その結果、原因遺伝子は、すでに塩基配列が報告されていましたが、機能は不明であったNPL1と呼ばれるものでした。この遺伝子がコードするタンパク質が、明らかに強光の認識に関与していることが判明しました。

▶この遺伝子の突然変異体では、強い青色光を照射しても葉緑体は逃げず、むしろ寄ってきてしまうという現象がみられ、弱い光の下での葉緑体の集合現象の解明の糸口にもなると考えられます。種子植物が持つ青色光受容体には、他にクリプトクロームが2種類報告されています。今回の成果によって多々ある青色光に依存した植物の生理現象が、少なくとも4種類の青色光受容体によって分担されている様子が明らかになってきました。

## 02 イネの収量を決定する重要遺伝子を同定

**Science** [vol.309 no.5735, pp.741-745] 29 July 2005

Motoyuki Ashikari, Hitoshi Sakakibara, Shaoyang Lin, Toshio Yamamoto, Tomonori Takashi, Asuka Nishimura, Enrique R. Angeles, Qian Qian, Hidemi Kitano, Makoto Matsuoka

▶人間は長年の育種の過程の中で、突然変異による様々な形質変化の中から有用なものを選択･蓄積してきました。イネの個々の栽培品種が持つ遺伝的特性は、このような変異遺伝子座が及ぼす影響の総和によって決まっています。これらを量的形質遺伝子座（QTL）と呼びます。

▶今回の研究では、イネ粒数の違いを決定する遺伝子を同定するためにQTL解析を行い、第1染色体上腕部に粒数決定に大きな影響を与えるQTL（*Gn1*）を見いだしました。最終的に原因遺伝子として、サイトカイニンの分解反応を触媒する遺伝子（*OsCKX2*）を同定するとともに、この遺伝子が粒数決定に関わる仕組みを明らかにしました。作物収量に直接関わるQTLを同定した世界初となる研究成果です。

▶さらにこの知見を分子育種に利用し、*Gn1*と背丈を低くするQTL（*sd1*）をコシヒカリに共導入することにより、背丈が約18%低く、かつ粒数が約20%増加したコシヒカリの作出に成功しました。背丈の低さは風雨による倒伏被害の軽減につながります。今後はこの方法を用いることにより、農業上有利な形質の原因となる遺伝子をQTL解析などで同定し、現存の品種に導入することも可能になります。このような「テーラーメード分子育種」は、世界人口の増加に伴い危惧される食料危機に向けた「第2の緑の革命」への基盤技術になるものと期待できます。

## 03 木質形成に直接関与するマスター遺伝子を発見

**Genes & Development** [vol.19 no.16, pp.1855-1860] 15 Aug. 2005

Minoru Kubo, Makiko Udagawa, Nobuyuki Nishikubo, Gorou Horiguchi, Masatoshi Yamaguchi, Jun Ito, Tetsuro Mimura, Hiroo Fukuda, Taku Demura

Reprinted by permission from Cold Spring Harbor Laboratory Press. *Genes & Development* Vol.19, No.16, 15 August 2005, copyright 2005.

▶地球上のバイオマスの大部分は樹木の材に含まれる木質細胞に由来します。今回の研究では、この木質細胞の分化を制御する遺伝子を同定するために、研究チームが新たに開発したシロイヌナズナ培養細胞の管状要素分化誘導系を用いて、シロイヌナズナの約23,000遺伝子の網羅的な発現解析を行うことで管状要素の分化の際に遺伝子発現する多数の遺伝子（約200個）が見いだされました。

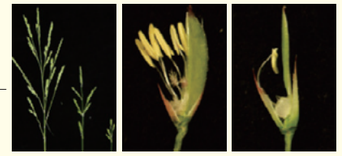
▶その中から、遺伝子発現の制御に関わると予想される一群のNACドメインタンパク質に着目し、シロイヌナズナとポプラを用いてそれら遺伝子の働きについて詳細に解析したところ、*VND6*および*VND7*と名づけられた、互いに類似した二つのNACドメインタンパク質の遺伝子が、本来は管状要素に分化しない表皮細胞などを管状要素へ分化させる能力を持つこと、及びこれらの遺伝子の働きを抑えると正常な管状要素の形成が起こらないことが示され、これらが木質形成のマスター遺伝子であることが明らかになりました。

▶これはバイオマスを構成する木質形成を直接誘導できる遺伝子を同定した世界初の研究成果です。今後は*VND6*遺伝子および*VND7*遺伝子が関わる遺伝子発現ネットワークの全貌を詳細に解析することによって、バイオマスの生産性と品質を人為的に制御することが可能となり、生産性が高く品質の優れたスーパー樹木の分子育種技術の確立につながるものと期待されます。

## 04 イネの収量ホルモンを活性化する遺伝子発見

**Nature** [vol.445 no.7128, pp.652-655] 8 Feb. 2007

Takashi Kurakawa, Nanae Ueda, Masahiko Maekawa, Kaoru Kobayashi, Mikiko Kojima, Yasuo Nagato, Hitoshi Sakakibara, Junko Kyozuka



◉*log*変異体の表現型

▶サイトカイニンは、葉の老化抑制、光合成の活性化、頂芽優勢（ちょうがゆうせい）の制御やイネの穀粒数の決定など植物の生長、作物の収量にとって極めて重要な働きをする植物ホルモンです。一般的にホルモンは、非常に低い濃度でその能力を発揮するため、通常はまず前駆体として合成され、その後必要に応じて活性化のステップを経ることで機能します。サイトカイニン前駆体の合成に関わる遺伝子はすでにわかっていましたが、一番大切な活性化ステップに働く遺伝子の正体はわかっていませんでした。

▶今回、研究グループは穂や花の形成が異常になるイネの*log*変異体の原因遺伝子「*LOG*」が、サイトカイニンの活性化反応を担う酵素をコードすることを突き止めました。つまり、この遺伝子によって作られるLOGタンパク質がサイトカイニンヌクレオチドから糖リン酸を外し、今まで知られていなかった経路で活性体を作り出すことを明らかにしました。*LOG*遺伝子は、分裂組織の限られた細胞群でのみ働いていることから、植物中で活性型サイトカイニンの量が巧妙に調節されていることがわかります。

▶*LOG*遺伝子を利用すれば植物体内のサイトカイニン活性を直接コントロールすることが可能になります。今後、さまざまな作物で*LOG*遺伝子の機能を人為的に変えることで、生産性向上に大きく貢献するものと期待されます。

## 05 植物の枝分かれを制御する新しいホルモンを発見

Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd.
*Nature* Vol.455, 11 September 2008, copyright 2008.

**Nature** [vol.455 no.7210, pp.195-200] 11 Sept. 2008

Mikihisa Umehara, Atsushi Hanada, Satoko Yoshida, Kohki Akiyama, Tomotsugu Arite, Noriko Takeda-Kamiya, Hiroshi Magome, Yuji Kamiya, Ken Shirasu, Koichi Yoneyama, Junko Kyozuka, Shinjiro Yamaguchi

▶植物の枝分かれのパターンや度合いは、地上部の形を決め、最終的に花や種子の数と質に影響を与えることから、農業や園芸分野で重要な形質です。枝分かれ数を適度に調節することは、自然界における植物の生存戦略や作物の質･収量を維持するための鍵となります。この植物の枝分かれには、オーキシンとサイトカイニンという二つの植物ホルモンの作用が重要なことは古くから知られています。一方、1990年代半ば以降の「枝分かれ過剰突然変異体」の研究から、枝分かれを抑制する別のホルモンの存在が示唆されていましたが、その実体は長い間不明でした。

▶今回研究チームは、イネの分げつ（枝分かれ）が異常に多くなり、背丈が小さくなる、分げつ矮性変異体の解析から、「ストリゴラクトン」と呼ばれる化合物群が、枝分かれを制御するホルモンであることを明らかにしました。研究チームは、ストリゴラクトン生合成遺伝子を欠損した枝分かれ過剰突然変異体が、今回、確かにストライガに感染しにくくなることを証明しました。根寄生植物は、農作物の根に寄生して養分や水分を奪い、生長を妨げます。今回の発見を起点にストリゴラクトンの研究が進むと、作物の収穫などに直接影響をおよぼす植物の枝分かれの制御技術と生長を横取りする寄生植物の防除法の開発につながることが期待されます。

## 06 青色光による植物のカルシウムシグナリングの解明

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol.100 no.14, pp.8583-8588] 8 July 2003

Akiko Harada, Tatsuya Sakai, Kiyotaka Okada

▶カルシウムイオンが、フォトトロピン1（PHOT1）、フォトトロピン2（PHOT2）という二つの青色光受容体の共通のシグナルであること、phot1、phot2によるカルシウムイオン濃度の調節機構がそれぞれ異なっていることを世界に先駆けて解明しました。

## 07 植物における四つの青色光センサーの機能分担を明らかに

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol.101 no.8, pp.2223-2228] 24 Feb. 2004

Maki Ohgishi, Kensuke Saji, Kiyotaka Okada, Tatsuya Sakai

▶クリプトクローム1,2が光形態形成や遺伝子発現制御にのみ関わっていること、フォトトロピン1,2が、光を受けてからの運動応答を主に制御していることなど、四つの個々の青色光センサーが生長にどのような機能を分担しているかを明らかにしました。

## 08 種子を眠りから目覚めさせる遺伝子を同定

**The EMBO Journal** [vol.23 no.7, pp.1647-1656] 7 Apr. 2004

Tetsuo Kushiro, Masanori Okamoto, Kazumi Nakabayashi, Kazutoshi Yamagishi, Sayaka Kitamura, Tadao Asami, Nobuhiro Hirai, Tomokazu Koshiba, Yuji Kamiya, Eiji Nambara

▶植物ホルモンであるアブシジン酸（ABA）の主要な不活性化酵素であるABA 8'-水酸化酵素の遺伝子を世界で初めて同定し、この遺伝子を失った植物の種子は深く休眠することを明らかにしました。

## 09 土壌細菌による植物の葉緑体などの代謝系乗っ取り戦略

◉アグロバクテリウムがトマトに感染してできたクラウンゴール

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol.102 no.28, pp.9972-9977] 12 July 2005

Hitoshi Sakakibara, Hiroyuki Kasahara, Nanae Ueda, Mikiko Kojima, Kentaro Takei, Shojiro Hishiyama, Tadao Asami, Kazunori Okada, Yuji Kamiya, Tomoyuki Yamaya, Shinjiro Yamaguchi

▶アグロバクテリウム（根頭がん腫病菌）が植物に感染後、葉緑体などの色素体内へタンパク質を送り込むことで宿主の代謝機能を改変し、腫瘍形成を誘導していることを発見しました。

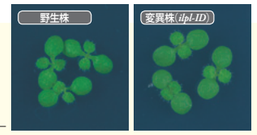
## 10 イネの生長ホルモンを不活性化する遺伝子を同定

**The Plant Cell** [vol.18 no.2, pp.442-456] Feb. 2006

Yongyou Zhu, Takahito Nomura, Yonghan Xu, Yingying Zhang, Yu Peng, Bizeng Mao, Atsushi Hanada, Haicheng Zhou, Renxiao Wang, Peijin Li, Xudong Zhu, Lewis N. Mander, Yuji Kamiya, Shinjiro Yamaguchi, Zuhua He

▶植物の生長促進ホルモンであるジベレリンの新しい不活性化機構を発見しました。これは、植物の特定の器官で、新規の生長ホルモン制御機構が存在することを証明した画期的な成果であり、生長ホルモンを利用した植物生長調節技術に新たな道を拓くものです。

## 11 特殊な細胞周期「エンドリデュプリケーション」を制御する遺伝子を発見




◉野性株（左）と変異株（右）の芽生えの形態。変異株では野性株に比べて、子葉の面積が30%ほど広い。

**The Plant Cell** [vol.18 no.10, pp.2452-2468] Oct. 2006

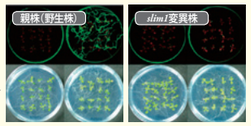
Takeshi Yoshizumi, Yuko Tsumoto, Tomoko Takiguchi, Noriko Nagata, Yoshiharu Y. Yamamoto, Mika Kawashima, Takanari Ichikawa, Miki Nakazawa, Naoki Yamamoto, Minami Matsui

▶細胞の核DNA量を制御する遺伝子を発見し、細胞の大きさを変えることを可能にしました。生体の大きさは、生体を構成する細胞の数と大きさで決まっており、植物細胞は細胞核のDNA量が多ければ多いほど大きくなります。

## 12 植物の“硫黄代謝”を調節する転写因子を発見

**The Plant Cell** [vol.18 no.11, pp.3235-3251] Nov. 2006

Akiko Maruyama-Nakashita, Yumiko Nakamura, Takayuki Tohge, Kazuki Saito, Hideki Takahashi




◉蛍光イメージングによる*slim1*変異株の単離

▶硫黄代謝に異常があるシロイヌナズナの突然変異株を解析し、がん予防効果がある天然硫黄成分「グルコラファニン」の含有量を調節する転写因子「SLIM1（スリムワン）」を発見しました。アブラナ科植物の生産性や有用性を高める応用研究に役立つと考えられます。

## 13 植物の耐病･耐傷害メカニズムを操る新規MAPK経路を発見

**The Plant Cell** [vol.19 no.3, pp.805-818] Mar. 2007

Fuminori Takahashi, Riichiro Yoshida, Kazuya Ichimura, Tsuyoshi Mizoguchi, Shigemi Seo, Masahiro Yonezawa, Kyonoshin Maruyama, Kazuko Yamaguchi-Shinozaki, Kazuo Shinozaki

▶植物が病虫害や傷害ストレスを受けたときに応答する鍵となる植物ホルモン「ジャスモン酸（JA:Jasmonic Acid）」のシグナルを制御する「MKK3-MPK6」経路を発見し、病虫害･傷害に関わる遺伝子群の発現を制御することに世界で初めて成功しました。

## 14 がん予防成分をアブラナ科野菜に作らせる新規遺伝子を発見

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol.104 no.15, pp.6478-6483] 10 Apr. 2007

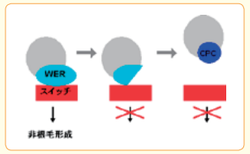
Masami Yokota Hirai, Kenjiro Sugiyama, Yuji Sawada, Takayuki Tohge, Takeshi Obayashi, Akane Suzuki, Ryoichi Araki, Nozomu Sakurai, Hideyuki Suzuki, Koh Aoki, Hideki Goda, Osamu Ishizaki Nishizawa, Daisuke Shibata, Kazuki Saito

▶ブロッコリーなどの野菜に含まれるがん予防成分グルコシノレート（カラシ油配糖体）の生合成を調節するキー遺伝子を世界で初めて発見しました。がん予防効果の高い「機能性野菜」や、植物細胞の培養タンクでグルコシノレートを作ることなどが期待されます。

## 15 根毛をつくる遺伝子は、根毛をなくす遺伝子が進化したものと判明

**The Plant Cell** [vol.19 no.7, pp.2264-2277] July 2007

Rumi Tominaga, Mineko Iwata, Kiyotaka Okada, Takuji Wada



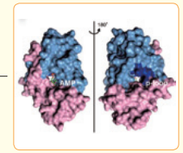

◉WERからCPCへの進化

▶シロイヌナズナの根毛をつくる働きを持つ*CPC*遺伝子が、根毛をなくす働きを持つ*WER*遺伝子から進化してできたものであることを明らかにしました。根毛、トライコーム、気孔などの複雑な表皮細胞の分化のしくみを理解するのに役立ちます。

## 16 収量ホルモン合成酵素が穴の開いたドーナツ型であることを解明

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol.105 no.7, pp.2734-2739] 19 Feb. 2008

Hajime Sugawara, Nanae Ueda, Mikiko Kojima, Nobue Makita, Tomoyuki Yamaya, Hitoshi Sakakibara



◉IPTタンパク質の立体構造

▶植物の収量調節や病気に関わる「サイトカイニン」の合成酵素の立体構造解析に成功し、この反応メカニズムを世界で初めて明らかにしました。IPTの機能を人為的に変えることで、様々な作物の生産性向上に大きく貢献すると期待されます。

## 17 植物の抗酸化成分フラボノイドの新規生合成経路を発見

**The Plant Cell** [vol.20 no.8, pp.2160-2176] Aug. 2008

Keiko Yonekura-Sakakibara, Takayuki Tohge, Fumio Matsuda, Ryo Nakabayashi, Hiromitsu Takayama, Rie Niida, Akiko Watanabe-Takahashi, Eri Inoue, Kazuki Saito

▶植物の主要な抗酸化物質であるフラボノイドの生合成において、フラボノールにアラビノースを転移する新たな反応経路を初めて発見し、詳細な代謝マップを明らかにしました。さらに理解が進めば、医･食、工業材料で欠かせない成分を植物の改変で獲得できます。

## 18 病原菌感染に対する植物の防御応答を抑制する遺伝子を発見

**Current Biology** [vol.18 no.18, pp.1396–1401] 23 Sept. 2008

Marco Trujillo, Kazuya Ichimura, Catarina Casais, Ken Shirasu

▶植物が示す細菌やカビなどの、病原菌に対する防御反応を抑制する三つの遺伝子の同定に成功し、植物が防御反応を適度に抑える制御機構を持つことを世界で初めて明らかにしました。将来、この機能を制御することで、病害に抵抗性を示す作物の開発が期待されます。

## 19 低カロリー天然甘味成分を合成する酵素遺伝子を発見

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol.105 no.37, pp.14204-14209] 16 Sept. 2008

Hikaru Seki, Kiyoshi Ohyama, Satoru Sawai, Masaharu Mizutani, Toshiyuki Ohnishi, Hiroshi Sudo, Tomoyoshi Akashi, Toshio Aoki, Kazuki Saito, Toshiya Muranaka

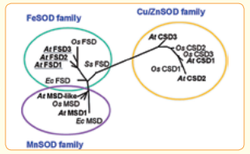
◉生薬として用いられる甘草根ときざみ（甘草根をきざんだもの）

▶天然の甘味成分である「グリチルリチン」生合成の鍵となる酵素遺伝子を初めて明らかにしました。マメ科植物の甘草（カンゾウ）地下部（肥大根および地下茎）から抽出されるグリチルリチンは、天然の甘味料、医薬品として世界的に大きな需要があるものです。

## 20 葉緑体の活性酸素の除去に必須な二つの酵素遺伝子を発見

**The Plant Cell** [vol.20 no.11, pp. 3148-3162] Nov. 2008

Fumiyoshi Myouga, Chieko Hosoda, Taishi Umezawa, Haruko Iizumi, Takashi Kuromori, Reiko Motohashi, Yuriko Shono, Noriko Nagata, Masahiko Ikeuchi, Kazuo Shinozaki



◉SOD遺伝子ファミリーの系統樹

▶シロイヌナズナの植物体に有害な活性酸素の除去に関与する二つの遺伝子がヘテロ複合体を形成し、活性酸素から葉緑体核様体を防御していることを初めて明らかにしました。植物に必須な葉緑体が発達していく初期に欠かせないメカニズムとなります。

## 21 30年来の常識を覆し、植物に新たなステロール生合成経路を発見

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol.106 no.3, pp.725-730] 20 Jan. 2009

Kiyoshi Ohyama, Masashi Suzuki, Jun Kikuchi, Kazuki Saito, Toshiya Muranaka

▶生物に広く共通して存在し、生命活動に必須な化合物であるステロールは、動物と植物の間でその生合成経路が異なるとされていましたが、植物のステロール生合成経路に、動物での生合成経路として知られるラノステロールを経由する経路があることを発見しました。

## 22 不良mRNAの品質管理機構がmRNA様ノンコーディングRNAを抑制

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol.106 no.7, pp.2453-2458] 17 Feb. 2009

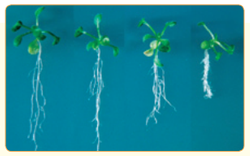
Yukio Kurihara, Akihiro Matsui, Kousuke Hanada, Makiko Kawashima, Junko Ishida, Taeko Morosawa, Maho Tanaka, Eli Kaminuma, Yoshiki Mochizuki, Akihiro Matsushima, Tetsuro Toyoda, Kazuo Shinozaki, Motoaki Seki

▶シロイヌナズナの遺伝子のRNA発現量を検出するタイリングアレイを用いて、不良mRNAを分解する機構「NMD」が、タンパク質をコードしないRNAであるmRNA様ノンコーディングRNA（mlncRNA）の多くを抑制していることを初めて明らかにしました。

## 23 ダーウィン親子予言の植物成長ホルモン「オーキシン」の生合成経路を解く

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol.106 no.13, pp.5430-5435] 31 Mar. 2009

Satoko Sugawara, Shojiro Hishiyama, Yusuke Jikumaru, Atsushi Hanada, Takeshi Nishimura, Tomokazu Koshiba, Yunde Zhao, Yuji Kamiya, Hiroyuki Kasahara


◉オーキシン生合成酵素（TAAIとYUCCA）の遺伝子過剰発現変異体

▶植物ホルモンの一種「オーキシン」の生合成中間物質を、最先端の質量分析計を用いて検出し、これまで複雑で解明できなかった植物のオーキシン生合成経路をひも解くことに成功しました。

## 24 脂質メタボローム解析でスルホ脂質生合成の鍵となる新規遺伝子を発見

**The Plant Cell** [vol.21 no.3, pp.892-909] Mar. 2009

Yozo Okazaki, Mie Shimojima, Yuji Sawada, Kiminori Toyooka, Tomoko Narisawa, Keiichi Mochida, Hironori Tanaka, Fumio Matsuda, Akiko Hirai, Masami Yokota Hirai, Hiroyuki Ohta, Kazuki Saito

▶植物に広く存在するスルホ脂質生合成に関与する新規遺伝子を発見し、機能の同定に成功しました。発見した遺伝子を利用することで、スルホ脂質生合成の制御が可能になり、将来危惧されるリン欠乏に耐性のある植物を作出できる可能性が出てきました。

## 25 植物概日時計とミトコンドリア機能の蜜月な関係を発見

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol.106 no.17, pp.7251-7256] 28 Apr. 2009

Atsushi Fukushima, Miyako Kusano, Norihito Nakamichi, Makoto Kobayashi, Naomi Hayashi, Hitoshi Sakakibara, Takeshi Mizuno, Kazuki Saito

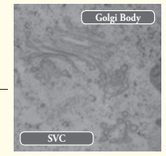
◉発見したPRR9、7、5の新規な出力系

▶植物代謝物の一斉分析で、細胞内の概日時計と生体活動に必要なエネルギーを産出する細胞小器官であるミトコンドリア機能とが、密接な関係にあることを、新たに発見しました。動物や菌類などでは示唆されていましたが、植物での発見は初めてです。

## 26 植物細胞中での新規な大量物質輸送装置分泌小胞塊の発見

**The Plant Cell** [vol.21 no.4, pp.1212-1229] Apr. 2009

Kiminori Toyooka, Yumi Goto, Satoru Asatsuma, Masato Koizumi, Toshiaki Mitsui, Ken Matsuoka



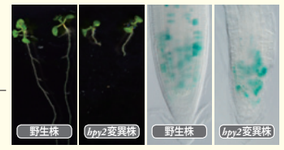
◉分泌小胞塊（SVC）とゴルジ体（Golgi Body）

▶植物は生長する際、ゴルジ装置で合成されるペクチン等の多量の細胞壁成分を、細胞外へ分泌します。この輸送に関わる細胞内装置が、植物細胞に特徴的に見出される分泌小胞の連なった構造であることを世界で初めて発見し、分泌小胞塊（Secretory Vesicle Cluster）と命名しました。

## 27 細胞分裂の調節に必須の新しい「*HPY2*」遺伝子を発見

**The Plant Cell** [vol.21 no.8, pp.2284-2297] Aug. 2009

Takashi Ishida, Sumire Fujiwara, Kenji Miura, Nicola Stacey, Mika Yoshimura, Katja Schneider, Sumiko Adachi, Kazunori Minamisawa, Masaaki Umeda, Keiko Sugimoto



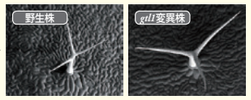
◉*HPY2*遺伝子が細胞分裂を調節

▶多細胞生物の細胞分裂に必要な新しい遺伝子「*HPY2*（*HIGH PLOIDY2*）」を発見し、この遺伝子が細胞分裂の活性を調節する重要な機能を持つことを初めて明らかにしました。将来、農作物を収量の高い作物へ品種改良する道を開くものです。

## 28 植物細胞の大きさを調節する新たな遺伝子「*GTL1*」を発見

**The Plant Cell** [vol.21 no.8, pp.2307-2322] Aug. 2009

Christian Breuer, Ayako Kawamura, Takanari Ichikawa, Rumi Tominaga-Wada, Takuji Wada, Youichi Kondou, Shu Muto, Minami Matsui, Keiko Sugimoto




◉*GTL1*は細胞生長を抑制する働きを持つ

▶植物の細胞生長を抑制する新規転写因子GTL1（GT2-LIKE 1）を発見し、GTL1量を減少させて植物の細胞を通常より2倍以上大きく生長させることに成功しました。植物の細胞生長を積極的に抑える制御因子が見つかったのは、GTL1が初めてです。

## 29 劣悪環境に応答する植物ホルモン「アブシジン酸」の応答経路を解明

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol.106 no.41, pp.17588-17593] 13 Oct. 2009

Taishi Umezawa, Naoyuki Sugiyama, Masahide Mizoguchi, Shimpei Hayashi, Fumiyoshi Myouga, Kazuko Yamaguchi-Shinozaki, Yasushi Ishihama, Takashi Hirayama, Kazuo Shinozaki

◉ABAシグナル伝達のメカニズム

▶劣悪環境への応答にかかわっている植物ホルモン「アブシジン酸（ABA）」のシグナル伝達経路を世界で初めて解明しました。将来的には、干ばつ・塩害・冷害などに耐性を持つ作物の開発、種子の安定性向上や穂発芽の抑制など、さまざまな応用が期待できます。

## 30 細胞内リサイクルシステム“オートファジー”が細胞死を抑制

**The Plant Cell** [vol.21 no.9, pp.2914-2927] Sept. 2009

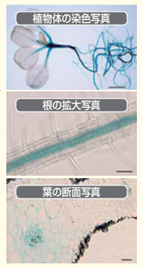
Kohki Yoshimoto, Yusuke Jikumaru, Yuji Kamiya, Miyako Kusano, Chiara Consonni, Ralph Panstruga, Yoshinori Ohsumi, Ken Shirasu

▶細胞内の分解・リサイクルシステムであるオートファジー（自食作用）が、植物ホルモンの一種のサリチル酸による情報伝達（サリチル酸シグナリング）を負に制御し、老化や病原菌感染時に引き起こされる細胞死を抑制していることを世界で初めて明らかにしました。

## 31 乾燥耐性を誘起する植物ホルモン「アブシジン酸」の輸送因子を発見

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol.107 no.5, pp.2361-2366] 2 Feb. 2010

Takashi Kuromori, Takaaki Miyaji, Hikaru Yabuuchi, Hidetada Shimizu, Eriko Sugimoto, Asako Kamiya, Yoshinori Moriyama, Kazuo Shinozaki




◉植物体における発現場所の解析

▶乾燥耐性を付与する「アブシジン酸（ABA）」の輸送因子（トランスポーター）の一つ「AtABCG25」を世界で初めて発見しました。ABAの生体内での制御により乾燥耐性植物を作出できることを明らかにしました。

## 32 「植物の体内時計」に関与するタンパク質の生化学的機能を発見

**The Plant Cell** [vol.22 no.3, pp.594-605] Mar. 2010

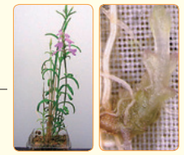
Norihito Nakamichi, Takatoshi Kiba, Rossana Henriques, Takeshi Mizuno, Nam-Hai Chua, Hitoshi Sakakibara

▶「植物の体内時計（概日時計）」に関与する三つのタンパク質PRR9、PRR7、PRR5が、転写活性を抑制する機能を持ち、特に明け方に機能することで体内時計への関連が知られている*CCA1*遺伝子と*LHY*遺伝子の転写活性を抑制することを見いだしました。

## 33 イネ科の宿主から寄生植物へ核内遺伝子が水平伝播する現象を発見

**Science** [vol.328 no.5982, p.1128] 28 May 2010

Satoko Yoshida, Shinichiro Maruyama, Hisayoshi Nozaki, Ken Shirasu



◉イネに寄生した寄生植物ストライガ

▶寄生植物ストライガの大規模遺伝子解析を行い、宿主植物の核内にある遺伝子が寄生植物ゲノムに取り込まれる「水平伝播」の例があることを初めて明らかにしました。

## 34 寄生植物「ストライガ」の発芽を促す「ストリゴラクトン」の新機能を発見

**Nature Chemical Biology** [vol.6 no.10, pp.741-749] 5 Sept. 2010

Yuichiro Tsuchiya, Danielle Vidaurre, Shigeo Toh, Atsushi Hanada, Eiji Nambara, Yuji Kamiya, Shinjiro Yamaguchi, Peter McCourt

▶農作物に多大な被害をもたらす寄生植物「ストライガ」の種子発芽を刺激する「ストリゴラクトン」が、光と同じように、シロイヌナズナの種子発芽を刺激することを発見しました。

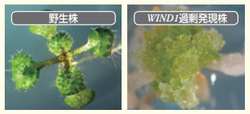
## 35 植物の活性酸素を調節するリン酸化酵素の仕組みを解明

**Molecular Cell** [vol.41, no.6, pp.649-660] 18 Mar. 2011

Fuminori Takahashi, Tsuyoshi Mizoguchi, Riichiro Yoshida, Kazuya Ichimura, Kazuo Shinozaki

▶病害虫や干ばつ、塩害など、植物の劣悪環境への応答に関わる活性酸素生成のシグナル伝達経路に、タンパク質リン酸化酵素の一つ「MAPK（Mitogen-activated protein kinase）」が深く関わっていることを世界で初めて解明しました。

## 36 植物細胞の脱分化を促進する スイッチ因子を発見



◉*WIND1*過剰発現植物はカルスを形成

**Current Biology** [vol.21 no.6, pp.508–514] 22 Mar. 2011

Akira Iwase, Nobutaka Mitsuda, Tomotsugu Koyama, Keiichiro Hiratsu, Mikiko Kojima, Takashi Arai, Yasunori Inoue, Motoaki Seki, Hitoshi Sakakibara, Keiko Sugimoto, Masaru Ohme-Takagi

▶傷ストレスを受けた植物がカルス（脱分化した植物細胞の塊）を形成する際に働くスイッチタンパク質「WIND1」を明らかにしました。植物が傷ストレスに応じて脱分化を促進する、という古くから知られていた現象を分子レベルで明らかにした世界初の成果です。

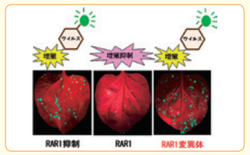
## 37 植物ホルモン「サイトカイニン」に 新たな機能を発見

**The Plant Cell** [vol.23 no.6, pp.2169-2183] June 2011

Rie Nishiyama, Yasuko Watanabe, Yasunari Fujita, Dung Tien Le, Mikiko Kojima, Tomás Werner, Radomira Vankova, Kazuko Yamaguchi-Shinozaki, Kazuo Shinozaki, Tatsuo Kakimoto, Hitoshi Sakakibara, Thomas Schmülling, Lam-Son Phan Tran

▶植物ホルモンである「サイトカイニン（CK）」と「アブシジン酸（ABA）」の相互作用が、植物の乾燥・塩ストレス応答を制御するメカニズムを発見しました。今後、新たな育種方法の開発への応用が期待されます。

## 38 免疫センサーを制御する 動植物に共通な仕組みを解明



◉SGT1と結合できないRAR1変異タンパク質は病原体（ウイルス）の増殖を抑制できない

**Molecular Cell** [vol.39, no.2, pp.269–281] 30 July 2010

Minghao Zhang, Yasuhiro Kadota, Chrisostomos Prodromou, Ken Shirasu, Laurence H. Pearl

▶動植物に共通する免疫センサーを制御するタンパク質複合体（RAR1、SGT1、HSP90という三つのタンパク質で構成）の立体構造の解明から、RAR1が複合体形成を促進して機能を高め、タバコモザイクウイルスの侵入を防御する仕組みを解明しました。

## 39 ジャガイモ疫病菌分泌物の 立体構造解析で病害の仕組みを解明

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol.108 no.35, pp.14682-14687] 30 Aug. 2011

Takashi Yaeno, Hua Li, Angela Chaparro-Garcia, Sebastian Schornack, Seizo Koshiba, Satoru Watanabe, Takanori Kigawa, Sophien Kamoun, Ken Shirasu

▶ジャガイモ疫病菌の分泌物で、病害を引き起こす植物免疫抑制タンパク質「AVR3a」の立体構造を世界で初めて解明し、病原菌の種を超えて保持されている脂質結合領域が免疫を抑制するのに必須な構造であることを突き止めました。

## 40 ついに植物ホルモン 「オーキシン」生合成の主経路を解明

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol. 108 no. 45, pp.18512-18517] 8 Nov. 2011

Kiyoshi Mashiguchi, Keita Tanaka, Tatsuya Sakai, Satoko Sugawara, Hiroshi Kawaide, Masahiro Natsume, Atsushi Hanada, Takashi Yaeno, Ken Shirasu, Hong Yao, Paula McSteen, Yunde Zhao, Ken-ichiro Hayashi, Yuji Kamiya, Hiroyuki Kasahara

▶シロイヌナズナを実験材料にして、オーキシン生合成経路を解明するカギとなる「IAA生合成中間物質」を高精度の質量分析計を用いて分析し、植物はアミノ酸のトリプトファンから主にTAA1 とYUCCAの働きでIAAを合成することが明らかになりました。

## 41 超低濃度の窒素栄養を 効率よく吸収する仕組みをシロイヌナズナで解明

**The Plant Cell** [vol.24 no.1, pp.245-258] Jan. 2012

Takatoshi Kiba, Ana-Belen Feria-Bourrellier, Florence Lafouge, Lina Lezhneva, Stéphanie Boutet-Mercey, Mathilde Orsel, Virginie Bréhaut, Anthony Miller, Françoise Daniel-Vedele, Hitoshi Sakakibara, Anne Krapp

▶シロイヌナズナの硝酸イオン輸送タンパク質「NRT2.4」が、超低濃度環境で窒素栄養の吸収を担うことを発見しました。省肥料でも生産性が落ちず、環境負荷の少ない低投入持続型農業に適した農作物の開発に貢献すると期待できます。

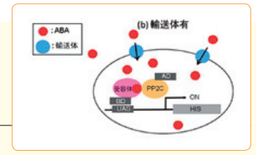
## 42 植物の生命活動に必須な ポリアミンの輸送体を発見

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol.109 no.16, pp.6343-6347] 17 Apr. 2012

Miki Fujita, Yasunari Fujita, Satoshi Iuchi, Kohji Yamada, Yuriko Kobayashi, Kaoru Urano, Masatomo Kobayashi, Kazuko Yamaguchi-Shinozaki, Kazuo Shinozaki

▶モデル植物のシロイヌナズナを用いて、生命活動に必須な生理活性物質ポリアミンの輸送体が、RMV1タンパク質であることを発見しました。今後、人為的に細胞内ポリアミン濃度を調節できると、ストレス耐性の付与や作物の増産などが可能になると期待できます。

## 43 栄養素を運ぶタンパク質「NRT1.2」が 植物ホルモンも運ぶことを発見



◉酵母ツーハイブリッド系を用い、ABA輸送体を網羅的に見つけ出す方法を開発

**Proc Natl Acad Sci USA** [vol.109 no.24, pp.9653-9658] 12 June 2012

Yuri Kanno, Atsushi Hanada, Yasutaka Chiba, Takanari Ichikawa, Miki Nakazawa, Minami Matsui, Tomokazu Koshiba, Yuji Kamiya, Mitsunori Seo

▶気孔の閉鎖に必要な植物ホルモンであるアブシジン酸（ABA）の受容体が、ABAを認識すると特定のタンパク質と複合体を作ることに着目し、栄養素（硝酸）を運ぶタンパク質「NRT1.2」がABAの輸送体でもあることを発見しました。

# 植物科学研究センター出身のPI［Principal Investigator／研究室主宰者］

| 氏名 | 所属 | 役職 |
|---|---|---|
| Belay T. AYELE | Department of Plant Science, University of Manitoba, Canada | Assistant Professor |
| Ivan GALIS | 岡山大学 資源植物科学研究所 植物･昆虫間相互作用グループ | 教授 |
| Doug VAN HOEWYK | Department of Biology, Coastal Carolina University, USA | Assistant Professor |
| Marco TRUJILLO | Independent Junior Research Group / Ubiquitination in Immunity, Leibniz Institute of Plant Biochemistry, Germany | Independent Junior Research Group Leader |
| Rungaroon WADITEE-SIRISATTHA | Department of Microbiology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Thailand | Lecturer |
| 青木 考 | 大阪府立大学大学院 生命環境科学研究科 | 教授 |
| 朝比奈 雅志 | 帝京大学 理工学部 バイオサイエンス学科 | 講師 |
| 市川 尚斉 | 沖縄科学技術大学院大学 事業開発セクション、技術移転セクション、DNAシーケンシングセクション | 研究統括 |
| 市村 和也 | 香川大学 農学研究院 | 准教授 |
| 井上 広喜 | 東京大学大学院 農学生命科学研究科 附属演習林 | 助教 |
| 梅原 三貴久 | 東洋大学 生命科学部 応用生物科学科 | 准教授 |
| 及川 彰 | 山形大学 農学部 | 准教授 |
| 大津 直子 | 東京農工大学大学院 農学研究院 生物生産科学専攻 | 助教 |
| 大山 清 | 東京工業大学大学院 理工学研究科 物質科学専攻 | 助教 |
| 木村 真 | 名古屋大学大学院 生命農学研究科 生物機構･機能科学専攻 | 准教授 |
| 草野 博章 | 東京理科大学 基礎工学部 生物工学科 | 助教 |
| 久城 哲夫 | 明治大学 農学部 農芸化学科 | 准教授 |
| 倉田 哲也 | 奈良先端科学技術大学院大学 バイオサイエンス研究科 植物グローバル教育プロジェクト | 特任准教授 |
| 高上馬 希重 | 北海道医療大学 薬学部 | 准教授 |
| 小島 創一 | 東北大学大学院 農学研究科 応用生命科学専攻 | 助教 |
| 児玉 豊 | 宇都宮大学 バイオサイエンス教育研究センター | 助教 |
| 小林 康一 | 東京大学大学院 総合文化研究科 広域科学専攻 | 助教 |
| 近藤 陽一 | 関東学院大学 工学部 物質生命科学科 | 助教 |
| 酒井 達也 | 新潟大学大学院 自然科学研究科 | 准教授 |
| 嶋田 幸久 | 横浜市立大学 国際総合科学部 木原生物学研究所 | 教授 |
| 瀬尾 光範 | 理化学研究所 植物科学研究センター 適応制御研究ユニット | ユニットリーダー |
| 關 光 | 大阪大学大学院 工学研究科 生命先端工学専攻 | 准教授 |

| 氏名 | 所属 | 役職 |
|---|---|---|
| 添野 和雄 | 農業･食品産業技術総合研究機構 近畿中国四国農業研究センター 傾斜地園芸研究領域 | 主任研究員 |
| 染谷 信孝 | 農業･食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター 畑作研究領域 | 主任研究員 |
| 高瀬 智敬 | 学習院大学 理学部 生命科学科 | 助教 |
| 高橋 秀樹 | Department of Biochemistry and Molecular Biology, Michigan State University, USA | Assistant Professor |
| 立松 圭 | 基礎生物学研究所 発生生物学領域 植物器官形成学研究室 | 助教 |
| 出村 拓 | 奈良先端科学技術大学院大学 バイオサイエンス研究科 | 教授 |
| 徳田 誠 | 佐賀大学 農学部 応用生物科学科 | 准教授 |
| 中神 弘史 | 理化学研究所 植物科学研究センター 植物プロテオミクス研究ユニット | ユニットリーダー |
| 永田 典子 | 日本女子大学 理学部 物質生物科学科 | 准教授 |
| 中道 範人 | 名古屋大学 高等研究院 | 特任助教 |
| 南原 英司 | Department of Cell & Systems Biology, University of Toronto, Canada | Assistant Professor |
| 新沼 協 | 北海学園大学 工学部 生命工学科 | 准教授 |
| 西内 巧 | 金沢大学 学際科学実験センター | 准教授 |
| 西窪 伸之 | 王子製紙株式会社 研究開発本部 森林先端技術研究所 | 上級研究員 |
| 能年 義輝 | 岡山大学 異分野融合先端研究コア | 助教（特任） |
| 野村 崇人 | 宇都宮大学 雑草科学研究センター | 准教授 |
| 花田 耕介 | 九州工業大学 若手研究者フロンティア研究アカデミー | 准教授 |
| 濱本 宏 | 法政大学 生命科学部 | 教授 |
| 原田 明子 | 大阪医科大学 医学部 生物学教室 | 講師 |
| 堀口 吾朗 | 立教大学 理学部 生命理学科 | 准教授 |
| 松岡 健 | 九州大学 大学院 農学研究院 生命機能科学部門 | 教授 |
| 松田 史夫 | 大阪大学大学院 情報科学研究科 | 准教授 |
| 丸山 明子 | 九州大学 農学研究院 植物栄養学分野 | 准教授 |
| 村中 俊哉 | 大阪大学大学院 工学研究科 生命先端工学専攻 | 教授 |
| 山口 雅利 | 埼玉大学 研究機構 環境科学研究センター | 准教授 |
| 山口 信次郎 | 東北大学大学院 生命科学研究科 分子生命科学専攻 | 教授 |
| 山本 義治 | 岐阜大学 応用生物科学部 | 准教授 |
| 吉本 光希 | The Jean-Pierre Institute at the INRA Versailles-Grignon Center, France | INRA Researcher |
| 吉本 尚子 | 千葉大学大学院 薬学研究院 | 助教 |
| 米田 新 | 奈良先端科学技術大学院大学 バイオサイエンス研究科 | 助教 |



# 受賞記録

| 受賞者氏名 | 職名 | グループ･研究室等 | チーム等 | 賞の名称 | 受賞業績 | 受賞月日 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **2001年**（平成13年） | | | | | | |
| 瀬戸 秀春 | 研究員 | 機能制御研究グループ | 生長制御物質研究チーム | 植物化学調節学会賞 | 植物ホルモン類の精密合成によるプローブ化とその応用に関する研究 | Oct. |
| **2002年**（平成14年） | | | | | | |
| 吉田 茂男 | グループディレクター | 機能制御研究グループ | | 日本植物細胞分子生物学会 技術賞 | 重イオンビームによる突然変異誘発法の開発と応用 | Jul. |
| **2003年**（平成15年） | | | | | | |
| 染谷 信孝 | 研究員 | 環境植物研究グループ | 環境生理研究チーム | 日本植物病理学会 論文賞 | Synergistic Antifungal Activity of Chitinolytic Enzymes and Prodigiosin Produced by Biocontrol Bacterium *Serratia marcescens* strain B2 against the Gray Mold Pathogen, *Botrytis cinerea* | Mar. |
| 神谷 勇治 | グループディレクター | 生長生理研究グループ | | Corresponding Member（conferred by The American Society of Plant Biologists） | これまでの研究活動 | Jul. |
| 嶋田 幸久 | 研究員 | 機能制御研究グループ | 生長制御物質研究チーム | 植物化学調節学会 奨励賞 | ブラシノステロイド関連性遺伝子に関する分子生物学的研究 | Oct. |
| 杉山 達夫 | センター長 | | | L'Ordre des Palmes Académiques-Officier（フランス教育功労章−オフィシエ） | これまでの研究活動･全般。日仏の教育、研究活動に貢献 | Nov. |
| **2004年**（平成16年） | | | | | | |
| 榊原 均 | チームリーダー | 代謝機能研究グループ | コミュニケーション分子機構研究チーム | 日本植物生理学会 奨励賞 | 高等植物における窒素栄養情報伝達機構に関する研究 | 28 Mar. |
| 山口 勇 | グループディレクター | 環境植物研究グループ | | 日本農学賞、読売農学賞 | 環境調和型の植物病害制御剤の薬理機構と代謝に関する研究 | 5 Apr. |
| 山谷 知行<br>石山 敬貴<br>広瀬 直也 | グループディレクター、研究員 | 代謝機能研究グループ | | 日本植物細胞分子生物学会 論文賞 | Organization and Structure of Intracellular Localization of the Enzyme Protein in Rice Plants | 9 Aug. |
| 神谷 勇治 | グループディレクター | 生長生理研究グループ | 発芽生理機構研究チーム | IPGSA Distinguished Research Award | ジベレリン生合成に関する研究、及び当該研究分野の国際化への貢献 | 21 Sep. |
| **2005年**（平成17年） | | | | | | |
| 高橋 秀樹 | チームリーダー | 代謝機能研究グループ | コンパートメンション研究チーム | 日本植物生理学会 奨励賞 | 硫酸イオン輸送系の生理機能と制御に関する研究 | 25 Mar. |
| 吉田 茂男 | コーディネーター | | | 日本農学賞、読売農学賞 | 植物生長調節の技術基盤開発に関する研究 | 5 Apr. |
| 嶋田 幸久 | 上級研究員 | メタボローム基盤研究グループ | ゲノム機能統合化研究チーム | Emerging Research Fronts in Plant & Animal Science | 論文「Brassinolide induces IAA5, IAA19, and DR5, a synthetic auxin response element in arabidopsis, implying a cross talk point of brassinosteroid and auxin signaling」 | 1 Jun. |
| 平井 優美 | ユニットリーダー | メタボローム基盤研究グループ | 代謝システム解析ユニット | 日本植物細胞分子生物学会 奨励賞 | ポストゲノムアプローチによる硫黄栄養欠乏適応機構の解明 | 5 Aug. |
| 出村 拓 | チームリーダー | 生産機能研究グループ | 形態制御研究チーム | 日本植物学会 奨励賞 | 維管束木部細胞分化の分子メカニズムの解析 | 22 Sep. |
| 野村 崇人 | 基礎科学特別研究員 | 生長制御研究グループ | 促進制御研究チーム | 植物化学調節学会 奨励賞 | ブラシノステロイドの生合性および受容体遺伝子の単離と機能に関する研究 | 1 Nov. |
| **2006年**（平成18年） | | | | | | |
| 南原 英司 | チームリーダー | 生長制御研究グループ | 適応制御研究チーム | 日本植物生理学会 奨励賞 | 種子におけるアブシジン酸作用の遺伝学的解析 | 20 Mar. |
| 篠崎 一雄 | センター長 | | | 文部科学大臣表彰 科学技術賞（研究部門） | 環境ストレス応答、耐性獲得の植物ゲノム機能に関する研究 | 18 Apr. |
| 綾野 まどか | リサーチアソシエイト | メタボローム基盤研究グループ | ゲノム機能統合化研究チーム | Best Paper Award（Journal of Plant Research） | Developmental morphology of the Asian one-leaf plant, *Monophyllaea glabra* (Gesneriaceae) with emphasis on inflorescence morphology | 15 Sep. |
| **2007年**（平成19年） | | | | | | |
| 丸山 明子 | 研究員 | 代謝機能研究グループ | 基礎代謝研究チーム | 日本植物細胞分子生物学会 奨励賞 | 植物の硫黄および関連代謝制御機構の解明 | 8 Aug. |
| 門田 康弘 | 基礎科学特別研究員 | 植物免疫研究グループ | 植物免疫研究チーム | 日本植物学会 若手奨励賞 | 病害ストレス、活性酸素ストレスに対するタバコ培養細胞BY-2の防御反応誘導機構における$Ca^{2+}$シグナル伝達系の役割と細胞周期依存性 | 8 Sep. |
| 吉田 茂男 | コーディネーター | | | 発明奨励賞（関東地方発明表彰） | 重イオンビームによるキメラ植物の作出方法 | 9 Nov. |

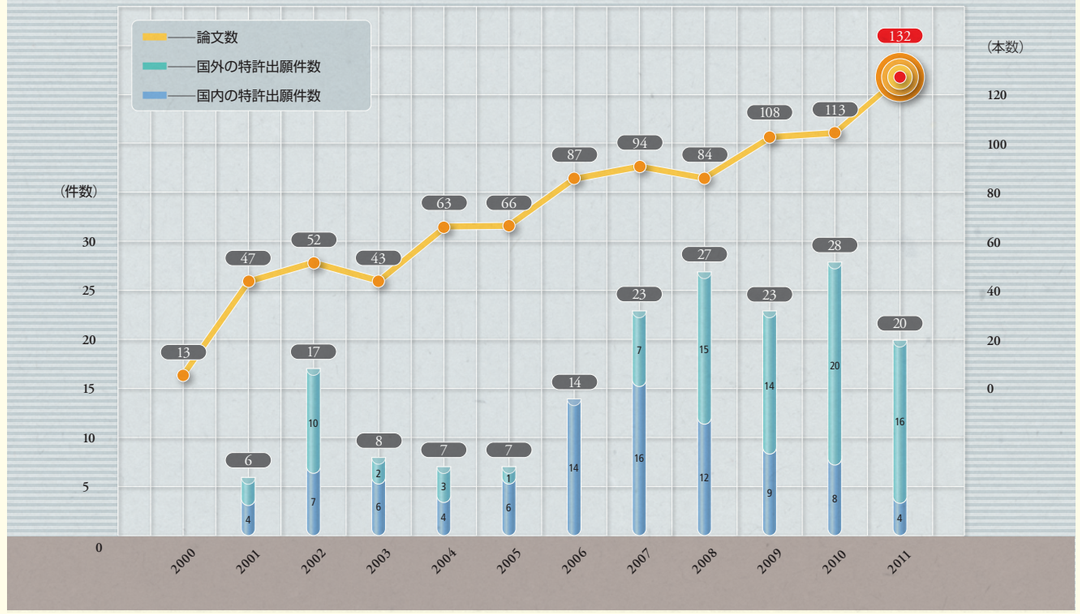
| 受賞者氏名 | 職名 | グループ・研究室等 | チーム等 | 賞の名称 | 受賞業績 | 受賞月日 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **2008**年（平成20年） | | | | | | |
| 豊岡 公徳<br>佐藤 繭子 | 研究員、<br>技師 | 機能開発研究グループ | 基盤研究プログラム | EMBO Journalカバーコンテスト入賞 | "Plant neuron"- A scanning electron microscopy image showing trichomes on a leaf of *Verbascum thapsus*（Great Mullein）. | 14 Feb. |
| 櫻井 哲也<br>関原 明<br>篠崎 一雄 | ユニットリーダー、<br>チームリーダー、<br>センター長 | | ゲノム情報統合化ユニット、植物ゲノム発現研究チーム | CIAT-Outstanding Research Publication Award | Sequencing analysis of 20,000 full-length cDNA clones from cassava reveals lineage specific expansions in gene families related to stress response | 18 Apr. |
| 豊岡 公徳 | 研究員 | 機能開発研究グループ | 基盤研究プログラム | 生物工学 論文賞 | Development of Series of Gateway Binary Vectors, pGWBs, for Realizing Efficient Construction of Fusion Genes for Plant Transformation | 27 Aug. |
| 井藤賀 操 | 研究員 | 生産機能研究グループ | 生産制御研究チーム | 日本蘚苔類学会奨励賞 | コケ植物を利用した水環境負荷低減技術の研究 | 30 Aug. |
| 榊原 圭子 | 研究員 | 代謝機能研究グループ | 代謝機能研究チーム | 日本植物細胞分子生物学会 奨励賞 | 高等植物におけるフラボノイド修飾機構の分子生物学的解明 | 1 Sep. |
| 笠原 博幸 | 上級研究員 | 生長制御研究グループ | 生長制御研究チーム | 植物化学調節学会奨励賞 | メチルエリスリトールリン酸（MEP）経路によるホルモンの生合成 | 29 Oct. |
| **2009**年（平成21年） | | | | | | |
| 豊岡 公徳<br>佐藤 繭子<br>若崎 眞由美 | 研究員、<br>技師、<br>研究補助員 | 機能開発研究グループ | 基盤研究プログラム | The EMBO Journal カバーコンテスト入賞 | Mushroom-shaped oil glands on the surface of a Basil sepal | 11 Feb. |
| 篠崎 一雄 | センター長 | | | 日本植物生理学会賞 | 環境ストレス応答と耐性獲得に関わる遺伝子発現制御ネットワークの解明 | 22 Mar. |
| 酒井 達也 | チームリーダー | 機能開発研究グループ | 制御機能研究チーム | 日本植物生理学会奨励賞 | 光に応答した植物の成長パターン制御機構の分子遺伝学的解析 | 22 Mar. |
| 榊原 圭子 | 研究員 | 代謝機能研究グループ | 代謝機能研究チーム | PCP論文賞 | Engineering of the Rose Flavonoid Biosynthetic Pathway Successfully Generated Blue-Hued Flowers Accumulating Delphinidin | 22 Mar. |
| 山口 信次郎 | チームリーダー | 生長制御研究グループ | 促進制御研究チーム | 農芸化学奨励賞 | テルペノイド植物ホルモンの生合成と生理機能に関する研究 | 27 Mar. |
| 榊原 均 | グループディレクター | 生産機能研究グループ | | The Olchemim Award | Biochemistry and molecular biology of phytohormone cytokinin | 11 Jul. |
| 篠崎 一雄<br>山口 和子 | センター長、<br>客員研究員<br>（機能開発研究グループ） | | | Top five Plant Cell manuscripts | Two transcription factors, DREB1 and DREB2, with an EREBP/AP2 DNA binding domain separate two cellular signal transduction pathways in drought- and low-temperature-responsive gene expression, respectively, in *Arabidopsis* | 21 Jul. |
| 山口 信次郎 | チームリーダー | 生長制御研究グループ | 促進制御研究チーム | 植物化学調節学会賞 | 突然変異体を利用したテルペノイド植物ホルモンの生物有機化学的研究 | 29 Oct. |
| 豊岡 公徳<br>若崎 眞由美 | 研究員、<br>研究補助員 | 機能開発研究グループ | 基盤研究プログラム | Olympus BioScapes International Digital Imaging Competition, Honorable Mention（佳作） | Epidermal layer cells of *Lotus japonicus* dry seed | 6 Dec. |
| 河村 彩子 | テクニカルスタッフ | 機能開発研究グループ | 細胞機能研究ユニット | ライカ顕微鏡フォトコンテスト審査員特別賞 | Trichome | 9 Dec. |
| **2010**年（平成22年） | | | | | | |
| 嶋田 幸久 | チームリーダー | メタボローム基盤研究グループ | ゲノム機能統合化研究チーム | New Hot Paper in Plant & Animal Science | The AtGenExpress hormone- and chemical-treatment data set: Experimental design, data evaluation, model data analysis, and data access | 4 Jan. |
| 榊原 均 | グループディレクター | 生産機能研究グループ | | 日本学術振興会賞 | サイトカイニンの生合成機構の解明と着粒数制御に関する新規機能の発見 | 1 Mar. |
| 杉本 慶子 | ユニットリーダー | 機能開発研究グループ | 細胞機能研究ユニット | 日本植物生理学会奨励賞 | 植物の核内倍加とサイズ制御の発生遺伝学的解析 | 19 Mar. |
| 神谷 勇治 | グループディレクター | 生長制御研究グループ | | 読売農学賞、<br>日本農学賞 | ジベレリン生合成と植物生長調節剤の作用機構に関する研究 | 5 Apr. |
| 斉藤 和季 | 副センター長 | | | 文部科学大臣表彰科学技術賞（研究部門） | メタボロミクスを基盤とした植物ゲノム機能科学の研究 | 13 Apr. |
| 榊原 均 | グループディレクター | 生産機能研究グループ | | 木原記念財団特別賞 | サイトカイニン生合成経路解明とその育種的利用 | 14 May |
| 梅原 三貴久 | 研究員 | 促進制御研究チーム | | 日本植物細胞分子生物学会 奨励賞 | 植物の枝分かれを抑制するホルモン、ストリゴラクトンに関する研究 | 2 Sep. |
| 尾形 善之 | 研究員 | 先端NMRメタボミクスチーム | | 日本植物細胞分子生物学会 奨励賞 | 植物遺伝子の網羅的な機能推定のための遺伝子共発現解析手法の開発と解析データベースの構築 | 2 Sep. |



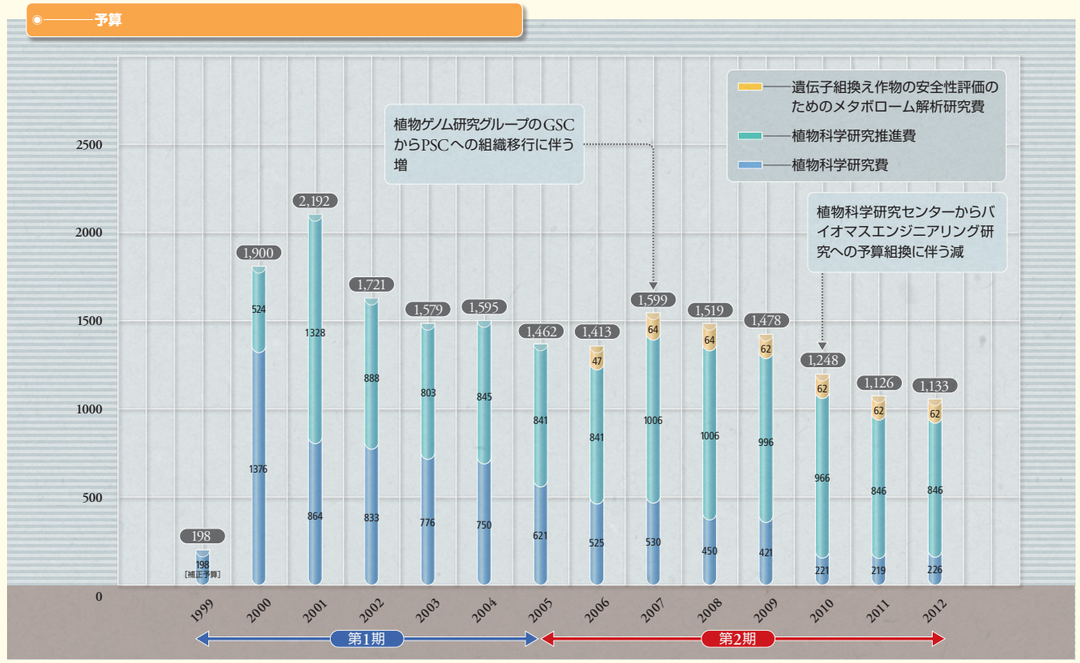
| 受賞者氏名 | 職名 | グループ・研究室等 | チーム等 | 賞の名称 | 受賞業績 | 受賞月日 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **2010**年（平成22年） | | | | | | |
| 真籠 洋 | 研究員 | 促進制御研究チーム | | 植物化学調節学会奨励賞 | ジベレリン活性を制御する酵素の分子生物学的研究 | 1 Nov. |
| 南原 英司 | 客員主管研究員 | 生長制御研究グループ | | 植物化学調節学会賞 | アブシジン酸の代謝・情報伝達にかかわる分子遺伝学的研究 | 1 Nov. |
| **2011**年（平成23年） | | | | | | |
| 白須 賢 | グループディレクター | 植物免疫研究グループ | | 木原記念財団学術賞 | 植物における免疫システムの分子機構の研究 | 20 May |
| 斉藤 和季 | 副センター長 | | | 日本植物細胞分子生物学会 学術賞 | 植物メタボロミクスを中心とした統合オミクスとその展開研究 | 6 Sep. |
| 石田 喬志 | 基礎科学特別研究員 | 細胞機能研究ユニット | | 日本植物学会若手奨励賞 | 細胞の形態形成を担う分子メカニズムの解析 | 18 Sep. |
| 菊地 淳<br>伊達 康博 | チームリーダー、<br>特別研究員 | 先端NMRメタボミクスチーム | | 生物工学論文賞 | New monitoring approach for metabolic dynamics in microbial ecosystems using stable-isotope-labeling technologies | 26 Sep. |
| **2012**年（平成24年） | | | | | | |
| 山口 信次郎 | チームリーダー | 促進制御研究チーム | | トムソン・ロイターリサーチフロントアワード | 植物ホルモン機能の発見によるストリゴラクトン研究の新展開 | 21 Feb. |
| 橋本 恵 | 技師 | 基盤研究 | | The EMBO Journal カバーコンテスト入賞 | Love Dust - Pheromone transfer particles called "love dust" produced in the hindwing of a male butterfly (*Tirumala formosa*) | 12 Mar. |
| 榊原 均<br>井藤賀 操<br>中塚 清次 | グループディレクター、<br>上級研究員、<br>客員研究員 | 生産機能研究グループ | | 日本鉱業協会賞 | 金属回収材料としてのコケ植物 | 30 Mar. |
| 篠崎 一雄 | センター長 | | | トムソン・ロイター "Hottest Researchers" | 11報の論文がホットペーパーに選出され、Hottest Researchers（最も注目を集めた研究者）世界第5位にノミネート | 12 Apr. |
| 草野 都 | 上級研究員 | メタボローム機能研究グループ | | 日本植物細胞分子生物学会 奨励賞 | 植物メタボロミクスによる代謝ネットワーク解析 | 4 Aug. |
| 吉田聡子 | 上級研究員 | 植物免疫研究グループ | | 日本植物学会 奨励賞 | 寄生植物ストライガの解析基盤の確立と寄生機構の解析 | 16 Sep. |
| 川出健介 | 基礎科学特別研究員 | 代謝システム解析チーム | | 日本植物学会若手奨励賞 | 多細胞系で進行する葉のサイズ制御 | 16 Sep. |
| 福田 裕穂 | 客員主幹研究員 | | | 紫綬褒章 | 植物生理学研究の功績 | 13 Nov. |
| 笠原 博幸 | 上級研究員 | 生長制御研究グループ | | 日本学術振興会賞 | 植物におけるオーキシン生合成主経路の解明 | 17 Dec. |

# データで見る
# 植物科学研究センターの13年

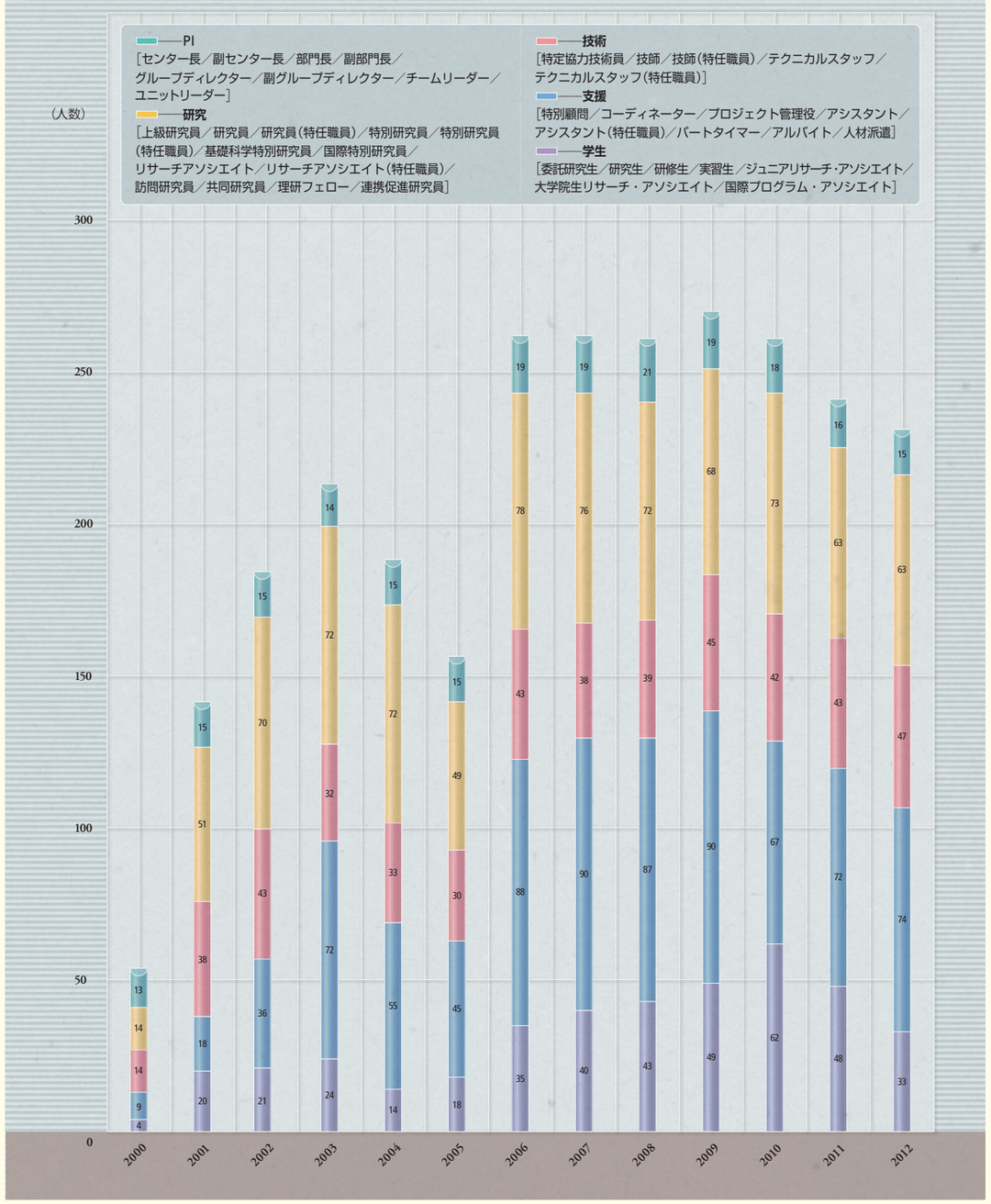
## 論文数／国内外特許出願件数




## 予算




## 在籍者数（2012年3月31日時点）



[理化学研究所 植物科学研究センター記念誌] 植物科学のさらなる発展に向けて

[編集・発行]――独立行政法人 理化学研究所 横浜研究所 植物科学研究センター
〒230-0045　神奈川県横浜市鶴見区末広町1丁目7番22号
http://www.riken.jp
[TEL]――045-503-9111(代表)
[FAX]――045-503-9113

[編集委員]――篠崎一雄
杉山達夫
白須 賢
伊東真知子
小林宏美

[編集協力]――百瀬有紀子
田浦綾子
鈴木(ワーグナー)あかね
[撮影]――豊岡公徳
望月 研
[制作協力]――工作舎
[印刷・製本]――三永印刷株式会社

RIKEN2012-053

R70 古紙パルプ配合率70%再生紙を使用
R100 古紙パルプ配合率100%再生紙を使用
VEGETABLE OIL INK

RIKEN Plant Science Center——Towards the Further Development of Plant Science

RIKEN Yokohama Institute

RIKEN RIKEN PSC

未来を拓く、植物の知から
Cultivating Tomorrow

理研出版管理番号［RIKEN2012-053］