



植物科学研究センター RIKEN Plant Science Center (PSC)

平成23年6月16日
センター長 篠崎 一雄

1-2-(2) 植物科学研究

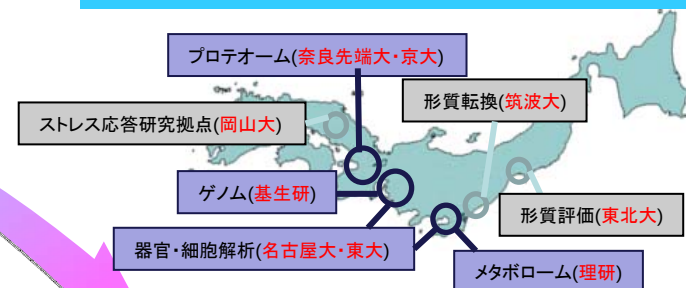
植物科学分野における植物科学研究センターの位置づけ

植物の質的・量的生産性向上に向けた技術開発と 実用作物への利用により持続的社会的構築に貢献



- モデル植物(シロイヌナズナ)の遺伝子・タンパク質・代謝物質を解析し、植物機能を全体として理解
- ゲノム科学技術(シーケンサー、NMR、データベース等)を活用した解析と、各種データベースの作成
- 得られた成果を元に、質的・量的な生産力向上に向けた植物の開発
- 比較ゲノムにより有用遺伝子を作物や樹木へ導入する技術の開発

オールジャパンの最先端計測基盤を活用



植物科学研究事業

物質吸収、蓄積能に関わる分子機序の解明

○光合成によるCO₂資源化技術の開発
○バイオマス増産植物開発のための遺伝子探索と形質転換

遺伝子組換え種と在来種の代謝物を比較し、両者の同等性を検証、有意差の有無を化学的に確認

○遺伝子解析により乾燥耐性や塩害性等の各種ストレス耐性植物や、耐病性植物を開発。
○収量増加の遺伝子の解明

代謝情報とゲノム情報の統合解析により、健康機能成分等を強化するなど、作物の付加価値を高めた食品を開発

代謝情報と生合成の過程を解明し、その過程を人工的にデザインし、有用物質を高効率に生産

植物・藻類の多様性を利用し、資源回収と環境浄化を促進。

DOWAとの連携により、コケ植物を利用した資源回収の実用化

農水省、エネルギー産業等

環境保全



非食用植物の機能強化による、高生産性植物・易分解性植物の開発。

バイオマス工学プログラムで工学や産業界と連携し、実用化に向けた研究を加速

製紙産業・化学産業、エネルギー産業等

材料・燃料



遺伝子組換え植物や食品に対して国民の理解と信頼を得るよう安全性と効果に関する情報を提供。

農水省

安全性評価



悪環境で育つ作物の開発や低肥料育種に貢献し、安定した食糧を提供

農水省

食糧増産



高生産のための遺伝子を見つけ、食味・生産性などの優れた品種に導入

農水省

機能成分強化食品



薬用植物の遺伝子を解明し、高生産させるとともに、薬の候補となる物質を発見

医療・創薬

医薬品原料



有用成分の含有量の高い植物を創出

応用展開

医療・創薬、化学品

有用物質



【第2期中期計画】

食料問題やエネルギー、環境問題等の地球規模の問題解決に役立つ植物科学の基盤技術を確立する。

そのために、シロイヌナズナ等のモデル植物を中心に、植物の生産機能、代謝調節に関するメタボローム基盤技術に資する知見を得るとともに、最先端ゲノム科学技術を駆使した、植物の質的量的生産力向上に関する遺伝子機能の探索を行い、さらに植物の新機能を研究開発する。また、植物科学研究を効果的・効率的に推進するため、国内外の研究機関や大学、企業との有機的な連携を図る。

	H20	H21	H22	H23	H24
メタボローム基盤研究	- メタボローム解析とゲノム機能研究との統合化を推進 - データベース等の基盤構築の開始 - メタボローム解析基盤構築の推進 - 遺伝子組換え作物の安全性評価の確立	- メタボローム解析パイプラインの構築を進展 - データベース等の基盤の構築 - 遺伝子組換えトマトの代謝産物の網羅的解析	- メタボローム解析パイプラインの構築を進展 - データベース等の基盤の構築 - 遺伝子組換えトマトの代謝産物の網羅的解析	- メタボロームのデータベース等の基盤構築の推進 - メタボローム解析基盤の構築 - メタボローム、ゲノム解析基盤の活用	
植物機能探索・機能開発	- 植物の機能探索(ジーンディスカバリー) - 環境ストレス耐性、感染耐性に関する機能同定 - 代謝ネットワークの解明と利用 - 生長制御に関わる制御因子の機能同定	- 生長制御や高生産性のネットワーク解析 - 環境耐性や病虫害の遺伝子機能の解明 - 木質向上や環境耐性の樹木研究の推進 - イネ、コムギ、トマト等の比較ゲノム解析	- 生長制御や高生産性のネットワーク解析 - 環境耐性や病虫害の遺伝子機能の解明 - 木質向上や環境耐性の樹木研究の推進 - イネ、コムギ、トマト等の比較ゲノム解析	- 食料生産性の向上、ストレス耐性の解明→環境保全 - 比較ゲノム解析によるモデル植物から作物への展開 - 生産性に関わる遺伝子探索と応用の展開	

第2期中期計画の流れと計画達成による社会還元的具体例

- 遺伝子機能解析
(モデル植物：
シロイヌナズナ、イネ)
- 作物完全長 cDNA の収集、
有用遺伝子のジーンディスカバリー
- メタボロミクスによる代謝
プロファイリング
- 生産力向上植物の
作出技術開発



【メタボローム解析基盤】

- 500～1000の化合物を同時同定のための
メタボローム解析基盤技術開発
- 約10種類(アミノ酸他的一次代謝 フラボノイド、
テルペノイド他二次代謝産物など)の**有用
代謝物ネットワーク**の解明

【メタボリック機能探索】

- 代謝に関するデータマイニング、
シミュレーション開発の着手(**システムバイオロジー**)
- 物質生産増強に係る代謝関連遺伝子の同定、
単離、機能解析(**ジーンディスカバリー**)
- 環境耐性に関する代謝関連遺伝子の単離と同定
- 植物免疫強化に関する代謝関連遺伝子の単離と同定
- 有用遺伝子の作物や樹木への遺伝子導入技術開発
(**比較ゲノムによる応用展開**)

環境、エネルギー、資源、食糧、水
など地球規模問題の軽減へ

- 耐乾性・耐塩性に優れた
スーパー樹木の実用化
による**砂漠化防止**



- 耐塩性、耐乾性、耐病性植物
の実用化による**食料確保**
と**生態系維持**



- 健康に有用な作物、薬用植物**
の実用化

- 遺伝子組換え作物に対する**安全性**の理解の促進

成果一覧(1/2)

平成22年度計画	計画に基づく成果	想定外の成果 (計画を上回る成果／中期計画外の成果)
(2) 植物科学研究 ①メタボローム基盤研究 平成22年度は、メタボローム基盤の構築と解析をさらに進めるため、質量分析やNMRによるメタボローム解析パイプラインを高度化するとともに、シロイヌナズナのメタボローム解析で得られた知見を活かして、イネ、コムギ等の作物や薬用植物等の非モデル植物におけるメタボローム解析技術を開発する。また、統合的オミックス解析により新規遺伝子機能や代謝ネットワークを発見する。さらに、遺伝子組換え作物の安全性評価のためのメタボローム解析基盤の構築を目的として、遺伝子組換えトマトをモデルケースとした実質的同等性評価の手法を開発する。これらの研究を効率的に推進するために、大学、他省庁や海外の研究機関、企業との連携研究を強化する。	○代謝産物の網羅的な解析を進めるため、ハイスループット代謝産物解析パイプライン(質量分析計GC-MS, LC-MS, CE-MS, FT-IR)の運用と、植物代謝産物ライブラリーの整備(1000種類の標準実化合物)による標準質量分析データライブラリーMassBankへの登録と文献記載のMS/MSデータベースであるReSpectの構築を進めた。 ○代謝物解析のトータルスループットの高さの利点を活用して、国内外の様々なバイオリソースの代謝プロファイルを分析し各種データを蓄積した。 ○イネ研究については各種共同研究を進め、農林水産省、農業生物資源研究所とはコアコレクションのメタボローム解析およびメタボロームQTL解析を、東北大学とはイネの窒素代謝や炭素代謝バランス維持に寄与するグルタミン合成酵素遺伝子の新機能を解明した。	○遺伝子組換えの実質的同等性評価については、筑波大との連携でメタボローム解析技術と新たに開発した統計解析手法を組み合わせ、遺伝子組換え作物の代謝変化を包括的に知る評価手法を確立し、従来は作物の安全性評価には時間も費用もかかるところ、汎用性が高い客観的な手法を確立した。 ○また、トマトで検出可能な代謝物ピークの種類と数を格段に向上させ、トマトメタボロームの網羅性が86%に達していることを見出した

成果一覧(2/2)

平成22年度計画	計画に基づく成果	想定外の成果 (計画を上回る成果／中期計画外の成果)
(2) 植物科学研究 ②植物機能探索・機能開発研究 平成22年度は、モデル植物の生産性向上に関わる機能解析と遺伝子探索をさらに進め、作物等の非モデル植物も対象として、植物の生長制御、高生産性に関わる遺伝子ネットワークを解析し、作物等の生産性に関わる制御因子を解明する。また、水資源・肥料が不十分な環境下でも適応して生育できる作物や耐病性の向上に関わる遺伝子機能ネットワークを解明する。健康向上に関わる代謝産物の生産性向上を図るため、メタボローム等のゲノム機能研究をもとに二次代謝産物の代謝ネットワークや輸送のメカニズムを解明するとともに、プロテオーム技術(タンパク質の修飾及び相互作用を明らかにする技術)を開発して制御ネットワークを解明する。食料生産の向上に関しては、モデル植物の研究成果をもとに比較ゲノム解析を進め、イネ、コムギ、トマト等の作物へ応用展開して、作物、樹木の質的、量的な生産性の向上を実現する。さらに、環境保全による低炭素社会の構築に資する光合成の代謝機能強化に係わる研究に着手する。これらの研究を効率的に推進するために、他省庁や海外の研究機関や大学、企業等との連携研究を強化する。	○植物の生産性向上に大きく関わる植物ホルモンの一斉解析に関して、解析の効率を上げると同時に解析できるホルモンの種類を増やした。 ○サイトカイニンやオーキシン、アブシジン酸の機能解析に関して進展があり、これまでの植物ホルモン機能に関するデータベースを公開した。 ○多様性に富む植物種間で共通する分子メカニズムの理解として、イネと遠縁種にあるモデル植物(シロイヌナズナ)のリン酸化プロテオーム解析情報と比較し、多様性に富む植物種間で共通のリン酸化制御機構が機能していることを明らかにした。 ○耐病性作物に関する研究として、種を超えて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の立体構造を解析し、ウイルスの侵入を防御する仕組みを解明した。 ○効率の良い組織培養による植物の増産や有用物質生産に資する研究として、傷ストレスを受けた植物が脱分化細胞を形成する際に働いたたんぱく質を解明した。	○アフリカを中心に農作物の収穫に多大な被害をもたらす寄生植物「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「ストライガ」へ遺伝子の水平伝播していることを初めて明らかにした。また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た。 ○グリーンイノベーションに貢献する低炭素社会の構築に資する研究に関しては、植物の光合成機能強化とバイオマス生産の向上に関する機能解明に向け、各種解析機器を高度化し、大学や他研究機関と植物科学研究ネットワークを構築し、理研はの中で主導的な役割を担っている。(最先端基盤整備事業による植物科学研究拠点ネットワーク)

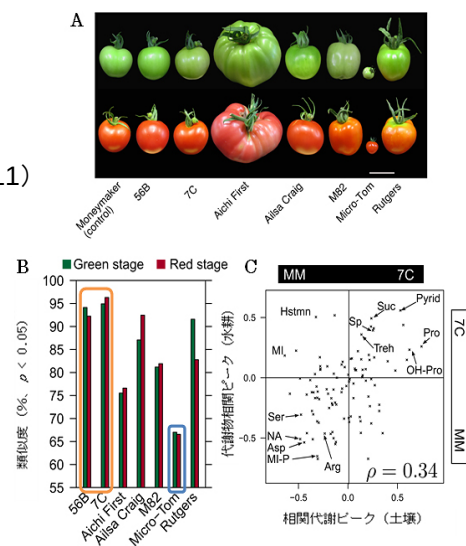
H22年度の特筆すべき業績

メタボロミクスで遺伝子組換え作物を客観的に評価

(PLoS ONE 2011)

メタボローム基盤研究G(草野研究員)

高性能質量分析装置と新規統計解析からなる評価法を確立し、あらゆる遺伝子組換え作物のメタボローム評価に応用可能に



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

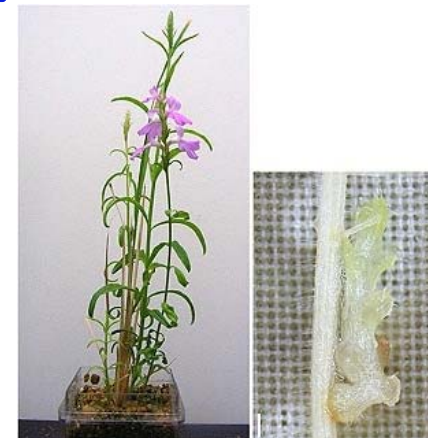
-寄生植物が栄養源に加えて遺伝子も宿主植物から獲得-

(Science 2010)

植物免疫G(白須GD)

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「ストライガ」へ遺伝子の水平伝播していることを初めて明らかに。

遺伝子の水平伝播が、植物の進化に与える影響の解明に期待。



イネに寄生した寄生植物ストライガ

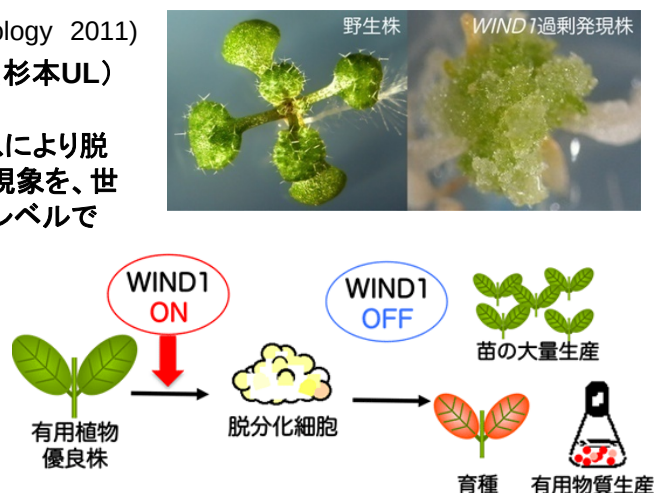
植物細胞の脱分化を促進するスイッチ因子を発見

(Current Biology 2011)

細胞機能研究U(杉本UL)

植物が傷ストレスにより脱分化を促進する現象を、世界で初めて分子レベルで明らかに。

組織培養の高効率化で、植物の増産や有用物質生産などの応用に期待。



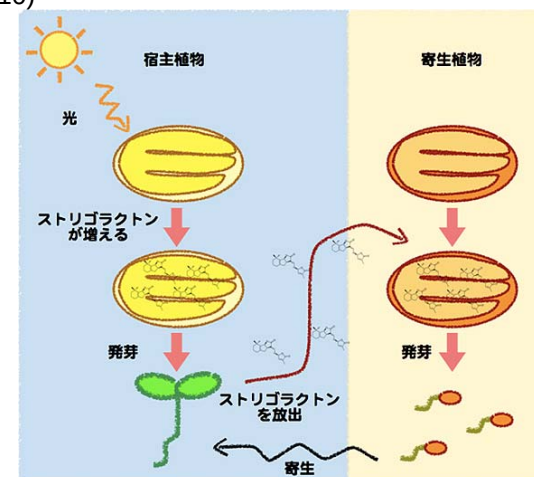
寄生植物「ストライガ」の発芽を促す「ストリゴラクトン」の新機能を発見

(Nature Chemical Biology 2010)

生長制御G(神谷GD)

ストリゴラクトンは光によって生産量が増えること、そして暗所でも光が当たっているかのごとくシロイヌナズナの発芽を刺激し、緑化を促進することを突き止めた。

ストライガに寄生されない農作物の育種や、ストライガを自殺に追い込む新防除法に期待。



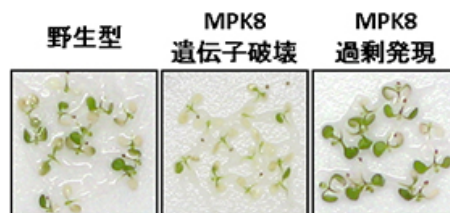
植物の活性酵素を調節するリン酸化酵素の仕組みを解明

—リン酸化酵素「MAPK」がカルモジュリンと協調して傷害応答を調節

機能開発研究G(高橋研究員)

(Molecular Cell 2011)

病虫害や干ばつ、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1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。
マラリア原虫などのシグナル伝達経路を特異的に制御する薬剤開発に期待。



メチルピオローゲン処理

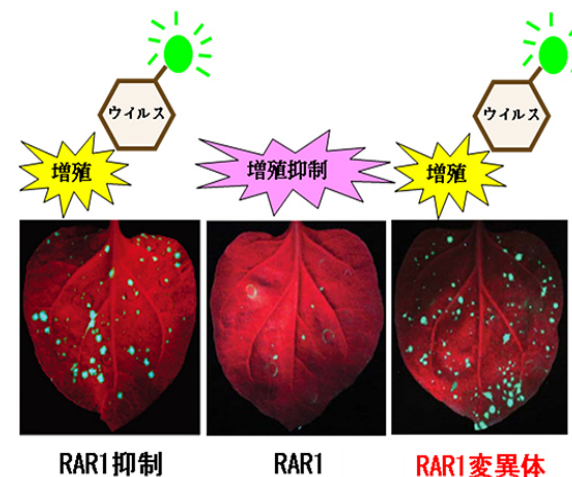
図 MPK8は薬剤などによる酸化ストレスに耐性を示す

免疫センサーを制御する動植物に共通な仕組みを解明

植物免疫研究G(白須GD)

(Molecular Cell 2010)

免疫センサーの制御タンパク質複合体の立体構造解析から機能を解明。複合体の機能増強により、さまざまな免疫センサーの働きが活性化するような耐病性作物の作出に期待。



H22年度の特筆すべき業績

(研究基盤、企業連携、連携大学院に関わる成果)

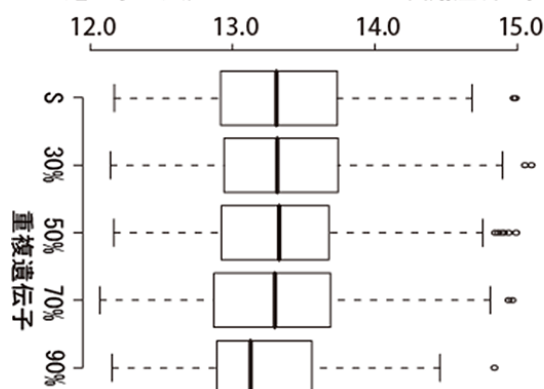
メタボローム解析を用いて生命維持機能(頑健性)の仕組みを解明

代謝システム解析T
(平井TL)

(Molecular Biology and Evolution 2010)

—遺伝子を欠損させたことによる代謝産物の変化

ハイスループットな質量分析解析により、1,976個の変異体で35種類の代謝産物の蓄積量を定量的に解析。重複遺伝子と代替経路による相補メカニズムがトレードオフ関係で生命維持機能に貢献。



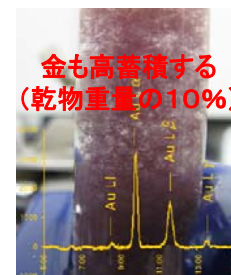
理研とDOWA(株)がコケ植物を用いた重金属排水処理装置を共同開発へ—重金属を高蓄積するコケ植物体の取得

PSC生産機能G(榊原GD、井藤賀RS)仁科加速器センター(阿部TL)

重金属・レアメタルを浄化・回収する新種のコケ植物を探索し、鉛を高蓄積するコケ植物を用いた重金属排水処理装置の開発を行う。理研とDOWAが協力し、コケ植物を利用した環境浄化グリーンテクノロジーの提供を目指す。



原系体培養



金も高蓄積する
(乾物重量の10%)



約2cm

コケから金の製錬を実証

自己評価 : S

(理 由)

1. 植物研究が国際的に目に見える分野であることが示された。

- (1) **論文の引用度調査** (Thomson Reuter ISI Web of KnowledgeのPlant & Animal部門で理研が第2位、Elsevier Scopusで世界の代表的研究者のうち篠崎、吉田、神谷、山口、関、斉藤、榊原ら7名がトップ10内にランクイン)により理研の植物科学研究が世界トップクラスであることが示された。
- (2) 遺伝子組換えの実質同等性評価については、**遺伝子組換え作物の代謝変化を包括的に知る評価手法を確立し(従来より代謝物の解析度が10～20%向上)**、今までは作物の安全性評価には時間も費用もかかる場所、**多くの生物種の評価にも直ちに利用できる汎用性が高い客観的な手法の確立**となった。
- (3) 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「ストライガ」へ遺伝子の水平伝播していることを初めて明らかにした。ストライガは遺伝子を祖先の双子葉植物から受継いでいるのではなく、**水や栄養だけでなく遺伝子も宿主から受取っていることが分かり**、遺伝子の水平伝播が、宿主植物と寄生植物の進化に与える影響の解明に貢献する成果となった(science 2010)。

2. 国内外の連携が進み、植物科学の研究拠点としての役割が明確になった。

- (1) 国際的な食料問題、バイオマス生産、温暖化等の地球規模問題の解決のために、中国農業大学(中)と植物バイオテクノロジー研究、セインズベリー研究所(英)、カリフォルニア大学サンディエゴ校と植物及び微生物環境のオミックス研究、ウメオ大学(スウェーデン)とマスマスケットルを含む科学技術情報やデータ交換の交流等、**海外研究機関との連携を強化し、国際化に向けた連携体制を強化した。**
- (2) グリーンイノベーションに向けた植物科学研究の推進に向け、大学や他研究機関9機関と最先端の機器を導入して研究基盤を高度化し、コミュニティの連携体制を強化し、**事務局を理研に置き、課題提案や人材育成、応用展開への橋渡しの中核的役割を担っている。**(最先端基盤整備事業、総額27億円での機器整備)

3. 知財の取得、実施許諾など産業応用展開に関わる活動が進んだ。

- (1) 研究員と弁理士の知財インタビューの成果が上がり、**特許申請数が5年間で4倍増と着実に増加し**、応用展開につながる新たな研究成果の発掘に取り組み、様々な連携により国際貢献、社会貢献も視野に入れて研究開発を進めた。実際の**ライセンスも5件となり、また国際共同研究による利用も進展している。**

4. マネジメントに関して、若手・女性・外国人の優秀な人材の登用が進んだ。

- (1) 国際的視野を持つ若手研究リーダーの育成を目指して、**JSPSの若手研究者等海外派遣プログラムの補助金を獲得し**、海外の国際学会での研究発表だけでなく海外の研究機関へ多くの若手研究者を長期派遣し、H22年度は学会発表へ8名、研究機関へ長期で8名を派遣した(従来は長期派遣なし)。
- (2) **多くの研究者が受賞・表彰を受け**、研究分野をリードする研究センターとしての役割を示した(文部科学大臣表彰、日本学術振興会賞 等11件)。
- (3) 大学との連携研究の促進により、優れた若手研究リーダーが大学等へ転出し、**人材の流動化を進めた。**

(1) 弁理士による研究員への知財インタビューにより、特許申請数が着実に増加

H17年度の7件からH22年度までに28件に増加

- ・ 海外企業からの共同研究、ライセンス申し込みも増加(4件のライセンス契約実績)。

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Patent Application	7	14	23	27	23	28
News release (total)	5	8	25	31	29	25
Official and direct release to Press Club	5	6	15	13	18	11
News release on the Web	0	2	10	18	11	14

(2) 若手研究者の育成・活用

- ・ 植物分野の国際的視野を持つ優秀な若手リーダーの育成を目指して、H21年度からはJSPSの若手研究者等海外派遣プログラムの補助金を獲得し、海外の国際学会での研究発表や海外の研究機関へ多くの若手研究者の派遣を開始し、H22年度は16人の若手研究者を派遣した。

(3) 研究体制の確立と国際化

- ・ 人口増加や温暖化・砂漠化など地球規模の問題解決に貢献するため、食糧生産の増加だけでなく、バイオ燃料生産、バイオマス生産の増加等に関わる課題の検討を進め、社会知創成事業の中でバイオマス工学研究プログラムを立ち上げた。

(4) 国際活動

- ・ 国際シロイヌナズナ研究会議(ICAR2010)の日本開催の実行部隊となり、1300人を越す参加者を迎え(海外から700名参加)、植物科学研究分野において国際的に主導的な役割を果たした。(篠崎センター長が大会委員長)

(5) 外部資金の獲得

- ・ H22年度は67件の外部資金を獲得。

独自性の高い研究や応用性を見据えた研究を推進し、植物科学のアピール性が飛躍的に上がった。
グリーンイノベーションに向けた研究基盤整備費用として7億7千万円の補助金を獲得し、研究基盤を強化した。

(6) 大学との連携

- ・ 若手リーダーが大学等へ転出し、人材の流動化を進めた。
転出時の研究活動を継続させるため、移行期間を設けて植物科学研究センターとの連携を維持させるとともに、大学との連携を発展させるスキームを構築している。
- ・ 大学や他研究機関9機関と研究基盤を高度化し、植物科学研究コミュニティの連携体制を強化。理研はその中核的役割を担う。