

平成25年度 特定領域研究 事後評価結果（所見）

研究領域名

植物メリステムと器官の発生を支える情報統御系

研究期間

平成19年度～平成24年度

領域代表者

町田 泰則（名古屋大学・大学院理学研究科・教授）

研究領域の概要

最近の研究により、植物の発生過程には、転写因子、低分子 RNA、新奇なペプチド性のリガンド、クロマチンの構造変換因子が重要な役割を果たしていることがわかってきた。また、葉形成から花形成への発生プログラムの切り換えである「花成」を誘導する因子の遺伝子が解明され、誘導因子の実体と長距離輸送の新しいモデルが提案された。本得手領域研究では、このような情報・調整分子からなる植物発生における高度な制御系（統御系）を解明する。そのために、この分野で先端的な研究を進めている、若手を含む一線級の研究者を計画班員として、さらに、今後が期待される若手を公募研究班員として組織化し、連携をとりながら研究を行う。このような集中的な領域研究を実施することにより、この分野の次世代を養成しつつ、世界をリードする研究を推進する。

領域代表者からの報告

1. 研究領域の目的及び意義

1. 応募領域研究の目的

本特定領域研究では、植物発生の根幹をなすメリステム（茎頂と根の先端にある幹細胞の集団）の形成・維持と機能転換及びメリステムからの器官形成を支配している制御系を解明するために、新たに見出された情報分子や制御分子を基軸として研究する。本提案の基礎となる新奇分子は、特定領域研究「植物の軸と情報」（平成14年から平成18年）で発見されたものである。これらの発見は国際的にも高い評価を受けており、このような研究を途切れることなく遂行し、より高次の制御系の解明を、我が国で発展させることが急務であると考え、目標を絞り込み、新しい研究領域を提案することにした。本提案は、「**研究の発展段階の観点から見て成長期にあり、研究の一層の発展が期待される領域**」及び「**その領域の研究の発展が他の領域の研究の発展に大きな波及効果をもたらす等、学術研究における先導的または基盤的意義を有する研究領域**」（公募要領 II2(2) ① (イ)の (b) 及び (d)）に該当することから、特定領域研究にふさわしいと判断した。

植物の体制は、大きく分けると地上部と地下部の器官からなる。植物の発生には、次のような4つの特徴がある。その**第一**は、植物体を構成するほとんどの器官は、発芽後に、メリステムから後胚発生的に形成されることである。つまり、植物は胚発生において、発芽後に根と地上部を形成するそれぞれの幹細胞の集団（メリステム）を分化させ、発芽後に、葉、茎、花といった地上部の器官を茎頂メリステムから、地下部である根の大部分を、根端メリステムから形成する。**第二**の特徴は、メリステムからの器官形成では、細胞は空間的位置をほとんど変えず、細胞分裂のタイミングと分裂面の位置・方向の制御が重要である。それとカップルして適切な細胞分化が起こるといことである。**第三**の特徴は、成長過程で、メリステム自身の特性が変化し（メリステムの相転換と呼ばれる）、それにもなって形成される器官が変化することである。例えば、発芽後しばらくは栄養成長メリステムから葉が作られ、花芽形成の時期になると生殖成長メリステムへ転換し、様々な花器官から成る花が形成される。**第四**の特徴は、これらすべての過程は、

植物固有の生理活性物質である「植物ホルモン」により制御・調節されていること、一度組織として分化した細胞でも、適切なホルモン条件の下で、分化全能性を発揮できることである。

申請提案当時、シロイヌナズナを中心とした分子遺伝学的研究により、上記した 4 つの特徴的に関わる多くの遺伝子が単離され、受容体や転写因子さらに小分子 RNA などが同定され、それら因子間の関連性が示されていた。さらに、これらの過程には DNA のメチル化によるゲノムインプリンティングが、植物固有の様式で重要な機能を果たしていることが示されてきた。しかし、これまでの理解は、発生過程全体から見れば、まだ個別的・限定的であった。本特定領域研究の目的は、メリステムの形成・維持・相転換と器官形成を支配している因子の機能を調べ、それらの関連性を明らかにし、メリステムや器官の形成を統合的に制御している情報の制御系（統御系と呼ぶ）を解明することであった。特に、それぞれの統御系の分子機構の解明を目指した。そのために、以下の 5 つの研究を重点的に行った。(1) 茎頂と根端メリステムの形成と維持に関わる小分子 RNA やペプチド性リガンドなどの新奇因子の同定とそれらの機能を調節する統御系を明らかにする。(2) メリステムからの葉の形成を司る統御系を、小分子 RNA の機能やクロマチンの構造変換、DNA 修飾などを基軸として研究する。(3) フロリゲンなどによる花成誘導の仕組み、つまりメリステムの相転換を支配している情報の統御系を研究する。(4) 植物ホルモンが、(1) から (3) に述べた過程をどのように調節しているかを研究する。(5) これらの研究を推進するために、先端的なイメージング技術の導入、全ゲノム配列を対象として転写領域を探索するタイリング・アレイ解析の導入を行い、新たな情報の統御系を探る。

さらに本研究計画では、班員間での有機的な連携と共同研究を実現し、先端的な研究を進めている若手研究者を積極的に養成し、我が国のこの研究分野に一層の活力を与えることを目指した。特に、植物発生生物学のように息の長い学問にとっては、次世代を担う若手の育成は、重要な課題であろうと考えた。

2. 研究の学術的背景：申請当時の我が国の植物発生の研究は世界の学術水準の向上・強化に貢献しうる成果をあげていた

本研究で取り上げる主な植物材料は、モデル植物と言われているシロイヌナズナであり、研究材料として国際的、国内的支援体制が整備されてきていた。例えば、全ゲノム配列だけでなく、完全長 cDNA ライブラリー、遺伝子クローニングが可能なタグされたシロイヌナズナ変異体のライブラリーの整備（かずさ DNA 研究所、理化学研究所）、遺伝子の転写プロファイルが公開され、シロイヌナズナは、順遺伝学的と逆遺伝学的手法の両方が可能な理想的なモデル生物となってきた。さらに、マイクロアレイや全ゲノムをカバーするチップも商業ベースに乗り始めていた。このような状況の下で、申請の前年【平成 17 年（2005 年）】には、我が国から主な雑誌に出版された植物関連の論文の数は、世界のこの分野の総論文の 10% を占めるまでになっていた。その中で、我が国から、*Nature*, *Science*, *Cell*, *Genes Dev*, *EMBO J*, *Proc Natl Acad Sci USA*, *Plant Cell* などの著名な専門誌に公表された論文数は、53 報（世界の約 5%）であり、我が国のこの分野の研究は、活性化する可能性があった。例えば、*Science* 誌が選んだ 2005 年の自然科学における 10 大発見には、植物発生生物学から 2 つの論文が選ばれ、その一である、本計画研究班の荒木らによるフロリゲンの同定は、その良い例であろう。

さらに、(1) 小分子量 RNA による葉の発生に関わる遺伝子発現制御の研究も進みつつあった（計画班の岡田、町田）。これに関連して、我が国では、イネのシュート形成と、根の特定の組織の発生分化研究も進み始めていた。細胞質分裂の進行に必須のプロテインキナーゼの経路を発見し、これを手がかりに、分裂面制御の研究が進展していた（町田）。このように、植物組織の領域化の分子機構の研究が発展する基礎ができあがりつつあった。一方、葉の大きさが決定される際に、細胞数と細胞の大きさを調節する補償作用が働いていることが提唱されており、その分子的仕組みの研究が始まっていた（塚谷）。

(2) 新たな情報分子として、世界に先駆けてペプチド性のリガンドが見いだされつつあり、さらにその細胞内シグナル経路の研究が進み始めていた（松林、福田）。(3) 器官発生にエピジェネティックな遺伝子発現制御重要である可能性が明らかになりつつあった（角谷）。(4) 茎頂と根端のメリステム形成と維持の研究も、*SHOOT MERISTEMLESS (STM)* 遺伝子と *WUSCHEL (WUS)* 遺伝子の発現を上位から制御している可能性がある *CUP-SHAPED-COTYLEDON (CUC)* 遺伝子の機能的研究が進んでいた（田坂）。(5) シロイヌナ

ズナの分化全能性、つまり脱分化・再生過程が異常になった変異体が多数分離され、原因遺伝子が同定されつつあった(杉山)。(6) オーキシンが関わっている重力屈性と側根形成の制御系が解明され始めていた(深城、山本)。(7) 葉で合成されたフロリゲンが、どのようにして茎頂メリステムへ運ばれ、損後の花芽形成の誘導の研究が進み始めていた(荒木、島本)。(8) 成熟葉では、子葉で働くプログラムが *HSI2* と *HSL1* 遺伝子により抑制されていることが示されており、この結果から、胚性メリステムから栄養成長メリステムへの転換の統御系を明らかにする研究が開始されていた(中村)。

以上のように、我が国における、植物の発生学的研究は、量と質の両面において発展しつつあり、上記の研究は世界の先端に位置しているものも多かった。そこで、本申請にあるような二つの研究項目(「メリステムと器官発生の統御系」と「メリステムの機能変換の統御系」)を組織し、計画班員を適切に配置して、集中的に研究費を投入すれば、一層レベルの高い研究が進み、世界の植物発生生物学の発展に大きな貢献をすると期待した。

2. 研究の進展状況及び成果の概要

1. 研究領域の設定目的：研究期間内に何をどこまで明らかにしようとしたか

本特定領域研究では、植物発生の根幹をなすメリステム(茎頂と根の先端にある幹細胞の集団)の形成・維持と機能転換及びメリステムからの器官形成を支配している制御系を解明するために、(発足当時)新たに見出されていた情報分子や制御分子を基軸として研究した。本提案の基礎となる新奇分子は、特定領域研究「植物の軸と情報」(平成14年から平成18年)で発見されたものであり、これらの発見は国際的にも高い評価を受けており、このような研究を途切れることなく遂行し、より高次の制御系の解明を、我が国で発展させることが急務であると考え、目標を絞り込み、新しい研究領域を提案することにした。本提案は、公募要領 II 2 (2) ① (イ)の (b)「研究の発展段階の観点から見て成長期にあり、研究の**一層の発展が期待される領域**」及び (d)「その領域の研究の発展が**他の領域の研究の発展に大きな波及効果をもたらす等、学術研究における先導的または基盤的意義を有する研究領域**」に該当することから、特定領域研究にふさわしいと判断した。

本特定領域研究のより具体的な目的は、メリステム(幹細胞の集団)の形成・維持・相転換と器官形成を支配している因子の機能を調べ、それらの関連性を明らかにし、メリステムや器官の形成を統合的に制御している情報の制御系(統御系と呼ぶ)を解明することである。特に、この分野の研究を国際的なフロントに押し上げる必要性から、次のような**5つの研究を重点的**に行い、植物発生に関わる統御系の**分子機構の解明を目指した**。(1) 茎頂と根端メリステムの形成と維持に関わる小分子 RNA やペプチド性リガンドなどの新奇因子の同定とそれらの機能を調節する統御系を明らかにする。(2) メリステムからの葉や組織の発生・分化を司る統御系を、小分子 RNA やペプチド性リガンドの機能として、あるいはクロマチンの構造変換、DNA 修飾などを基軸として研究する。(3) フロリゲンなどによる花成誘導の仕組み、つまりメリステムの相転換を支配している情報の統御系を研究する。(4) 植物ホルモンが、(1) から (3) に述べた過程をどのように調節しているかを研究する。(5) これらの研究を推進するために、先端的なイメージング技術の導入、全ゲノム配列を対象として転写領域を探索するタイリング・アレイ解析の導入を行い、新たな情報の統御系を探る。

2. その達成度

本特定領域研究の成果を俯瞰すると、多数の新奇因子が同定され、既知の因子を含めて植物発生を統御する新たな分子機構が解明されたと言える。従って、**全体として目標は十分達成され、いくつかの成果は目標を越えるレベルに到達したと言える(本節後半を参照)**。以上の成果は、6年間で801報の英文の論文として公表された(項目9)。最終年度近くに出版された論文の質的な評価は、まだ定まっていないが、約450報の論文がインパクトファクターが4を越える著名な専門誌に掲載され(項目8)、その中には2007年から現在までの被引用回数が100を越えるものが7報、20から99の論文が97報含まれている(項目10)ことから、**我々の成果は世界の植物発生生物学の発展に大きく貢献したと判断される**。また、本領域

研究では、領域内全体で 150 件を越える共同研究が行われ、これまでに 189 報の共著論文が出版された。このように、総論文数の 1/4 弱が共著論文ということは、研究の連携に成功したと言える。従って、本特定領域研究を推進することにより、**我が国におけるこの分野は、研究領域としても大きく発展してきたと言える**。さらに、関連分野に対する波及効果についても、本特定領域研究を推進している間に、公募班員が参加することにより 3 つの新学術研究領域が立ち上げられたことから、**本特定領域研究が新しい研究領域の発展に先導的な役割を果たしてきたと言える**。3 つの内の 1 つにおいては、**公募班員が領域代表となった**。

以下に、具体的な研究の達成度について紹介する。上記 (3) のフロリゲンに関する課題において、大きな成果が得られた。葉で作られたフロリゲンはタンパク質として茎頂へ輸送され (荒木: *Plant Cell Physiol.* 2008, *Plant J.* 2013)、そこで 14-3-3 タンパク質と転写因子との三量体 (フロリゲン活性化複合体) を形成し、花芽形成を促進するという分子的なメカニズムが解明された (島本: *Nature* 2011a)。これは、最大の成果とすることができる。さらに、フロリゲンと相互作用する転写因子が、リン酸化されることが証明され、キナーゼも同定されつつある。これらは、イネ (島本) とシロイヌナズナ (荒木) の研究を総合的に判断して導かれる帰結であるが、島本によるフロリゲン活性化複合体の X 線結晶解析の結果が鍵となる結論を導いた。これに加えて、フロリゲンのあらたな機能が明らかになった (島本: *Nature* 2011b ; 荒木: *Plant Cell* 2013 (in brief))。全体として、**これらは想定を越える新しい成果と言える**。

上記の 5 つの重点のうち、(1) の課題においては、根端メリステムを規定している新たなペプチド性因子が発見され、しかもペプチドの硫酸化修飾がその活性に大きく寄与していることが発見された (松林: *Science* など)。一方、茎頂メリステムの維持に関わっている CLV3 ペプチドも、アラビノシル化修飾が寄与していることが見いだされた (松林: *Nat Chem Biol* など)。また、維管束細胞の分化と増殖のシグナル伝達に関連する多くの因子 (TDIF, ペプチド TDR 受容体, WOX4, BIN2, ブラシノステロイド) が同定されるとともに、それらの因子の相互作用を明らかにすることに成功した (福田: *Science* など)。これらは、**当初の想定を越える新しい成果といえる**。さらに、メリステムの維持に関しては、ERECTA ファミリーの受容体群が、茎頂メリステムでのサイトカニンによる幹細胞制御に機能していること (田坂: *Development* など)、幹細胞を含み茎形成の主要な組織である形成層の活性制御の主要調節因子がサイトカニンであることを明らかにした (福田: *Proc Natl Acad Sci USA* など)。また、オーキシンによる側根メリステムの形成に関しては、転写因子である ARFs → ASL ファミリーという経路 (転写因子モジュール) を発見し、この経路が、側根原基形成に先立って予定領域の細胞内で核の移動と、その後不等分裂を誘導することを明らかにした【深城: *Development (in this issue)* など】。分化全能性に関わる遺伝子レベルの研究が行われ、snRNAs や rRNA の代謝に関わる因子が、重要な機能を果たしていることがわかった (杉山)。これらは、**目標を十分達成した成果といえる**。

重点課題 (2) である器官分化の研究においては、葉の表裏を決める主要な因子である AS1-AS2 複合体が ARF3/ETT の発現をユニークな分子機構により制御 (二重に抑制) していること、ARF3 のメチル化を正に制御していることを明らかにした。さらに、ここでも ARFs → ASL ファミリーというモジュールが機能していることを見いだした【町田: *Development (in this issue)* など】。孔辺細胞 (気孔) 形成の過程は、メリステマティックな細胞から最終分化細胞が誕生するモデル系である。この過程に、気孔前駆細胞の配置を決める EPF1 ペプチド、表皮の増殖の負のフィードバック因子 EPF2 ペプチド、気孔数の制御因子 stomagen ペプチドを見いだした。EPF1, RPF2 は MAP キナーゼを活性化することによりシグナルを伝える事を見いだした (柿本: *Gene Dev* など)。ゲノム DNA の低メチル化突然変異株 *dmm1* 背景で生じる種々の遺伝的変異を解析し、*BONSAI* 遺伝子の発現が、DNA やヒストンのメチル化で制御され、器官発生に大きな影響を与えることを見つけた。これを用いた研究により、メリステムからの器官発生は、DNA のメチル化を基軸としたゲノムの全体的な修飾状態により大きく規定されながらも、遺伝子ごとに独立している制御が存在する可能性もあることがわかった (角谷: *Nature* など)。これらは、**目標を十分達成した成果といえる**。さらに、この課題では、いくつかの先駆的な知見が得られた。例えば、40 年以上前から、葉の表側の分化は、茎頂メリステムの中央から由来する何らかの因子が誘導すると言われているが、その候補として、コハク酸セミアルデヒドや色素体からの何らかのシグナルが提唱された。(岡田: *PLoS Genet* な

ど)。また、葉形成の後期には、細胞分裂の活性低下によって引き起こされる異常な細胞肥大(補償作用)が誘導されるが、この低下は細胞間シグナル伝達の制御下にあること、*AN* 遺伝子産物が TGN に局在して葉の横幅を制御すること、ROT ペプチドが側生器官の長軸方向の位置情報に関わっていること、*AN3* が葉の原基における細胞分裂活性のみならず葉の向背軸決定にも関わっていることを明らかにした(塚谷: *Development* など)。これらは、**新しい統御系の解明の基礎となる成果といえる。**

(4) の重点課題のオーキシンに関しては、オーキシン応答性遺伝子 *MSG2/IAA19* の生理的意義を研究し、同遺伝子が屈曲の抑制因子であることを示した。また、同遺伝子は概日リズムによる周期的な運動に関与していることが分かった。さらに、重力刺激認識過程で機能していると考えられる遺伝子として、*LAZY1* を同定し、さらに、同因子と遺伝学的相互作用因子として *ARG1* と二次細胞壁特異的セルロース合成酵素遺伝子を同定した。これにより、二次細胞壁合成が茎の屈地性や成長方向制御に関与していることが初めてわかった(山本: *Plant Phys* など)。これらは、**オーキシン応答の新しい統御系の解明の基礎となる成果といえる。** サイトカイニンに関しては、すでに上記の重点 (1) の段落で述べた。

(5) の重点課題については、6 章の支援班の項で記載するように、多くの領域内班員が支援班を利用し、成果を挙げた。この他、福田と町田は、種々のアレー解析により、候補遺伝子の絞り込みに成功して、研究を進展させることができた。町田は、遺伝子発現解析にバイオインフォマティクスの専門家を分担者として選び、重要な遺伝子を突き止めた。これらは目標達成に大きく貢献した。

公募研究としては、次のようなものが挙げられる。中島は、根の組織分化において miRNA の細胞間移動を証明し (*Curr Biol* など)、上田は、植物には固有の細胞内交通系が存在することを初めて示し、器官発生との関連性を提唱した (*Nat Cell Biol* など)。目標を越える成果達成に大きく貢献した。平野は、イネのメリステム機能や側生器官の発生・分化に関わる種々の新奇な遺伝子を同定し、シロイヌナズナナズナとは異なる仕組みを提唱した (*Plant Cell* など)。石黒は、ジャスモン酸が、花器官の成熟成長に関わっていること、その下流では *Class 1 KNOX* 遺伝子が機能しており、葉の成長と類似している経路が存在することを示し、発生過程で、経路のクロストークがあることを報告した (*Plant Cell Physiol* など)。田中は、オーキシン細胞外排出因子 PIN1 の細胞内局在を介在する因子を同定し、オーキシンの流れる方向を規定している仕組みの理解に貢献した (*PLoS Genet* など)。これらは、**領域研究の目標を十分達成することに貢献した。**

3. 論文として公表された公募研究班との連携の例

1. 町田は、チュービンゲン大学の G.ユルゲンス教授と、RUNKEL キナーゼ様タンパク質の細胞質分裂における機能について共同研究した。ここに、さらに橋本(公募)が加わり、RUNKEL が微小管結合タンパク質であることを証明した (Krupnova et al. 2009 *Curr Biol*)。さらに、町田は、渡邊(公募)と共同研究し、AS1-AS2 複合体は、小分子 RNA である tasiR-ARF による *ARF3/ETT* 遺伝子の発現抑制に関わっていることを明らかにし、共著論文を発表した (Iwasaki et al. 2013 *Development*)。さらに、松永(公募)、田中(公募)、上田(公募)、石黒(公募)、伊藤正樹(公募)、川口(公募)、塚谷(計画)、岡田(計画)と共著論文を、*Plant Cell* などに発表した。
2. 田坂と深城(計画)は、多くの共同研究を行い、多数の共著論文を発表した。側根形成初期過程で *ARF/IAA* が機能する時に、*MAB2* が転写調節因子として機能すること、側根形成初期に *PUCHI* が負の制御因子として機能すること (Hirota et al. 2007 *Plant Cell*) を報告した。また、福田と共同研究し、形成層の維持において、*ERECTA* ファミリー受容体が *TDR* (受容体) とは独立に作用することを見いだした。これ以外に、柿本、杉山(計画)、佐藤忍(公募) (Asahina et al. 2011 *Proc Natl Acad Sci USA*) と相田(公募) (Karim et al. 2009 *Plant Cell*) と重要な共著論文を発表した。
3. 塚谷は、福田(計画)、出村(公募)と共同研究して、*AN3* 遺伝子の下流ではたらく遺伝子群の同定のため、マイクロアレイ解析をお願いし、複数の有力候補を見いだした (Horiguchi et al. 2011 *Plant Cell Physiol*)。また、イネの葯の形成に際しての背腹軸の決定機構の解明において、平野と共同研究し、葉と異なり葯においては背腹軸が一端消失した後には再構成されることを見いだした。この他、町田、岡田、田坂、福田、平野(公募)、杉本(公募)、上田、溝口(公募)と多くの共同研究をした。

4. 岡田は、富永（公募）と共同研究し、CPL3 遺伝子が、トリコーム形成のみならず、エンド・リデュース・アプリケーションや花形成に関与していることを報告した（Tominaga et al. 2008 *Development*）。その他、町田、塚谷、石黒、川口、佐藤豊（公募）、中島（公募）と共著論文を発表した。
5. 中村は、石黒と多くの共同研究をした。また、町田、山本（計画）とも共同して、ARF6 ARF8 がジャスモン酸合成依存的に、かつ Class 1 KNOXs 遺伝子依存的に花成熟を制御していることを報告した（Tabata et al. 2010 *Plant Cell Physiol*）。この他、町田、伊藤正樹とも共著論文を発表してきた。
6. 福田は、シグナル伝達のリガンドと受容体のペアに関する共同研究を松林（計画）と行い、めざましい成果をあげ、共著論文を発表した。（Hirakawa et al. 2008 *Proc Natl Acad Sci USA*）。また、出村（公募）とは木部分化に関連する転写因子に関する多く共同研究を行い（Yamaguchi et al. 2010 *Plant Cell*）、共著論文を発表した。この他、経塚（公募；班友）、澤（公募）、伊藤正樹、上田、川口、塚谷、柿本とも共著論文を発表した。
7. 杉山は、町田、塚谷、尾之内と共同研究し、リボソーム関連因子の機能不全が引き起こす発生・再生の異常が、葉の形態形成においても、共通に見られること、これらの表現型に特定の NAC 型転写因子が関わっていることを示した。さらに、この転写因子の遺伝子の発現に uORF が関わっている可能性に着目した解析も進めている。
8. 荒木は、フロリゲン FT 遺伝子について、阿部（公募）と共同研究した。田坂（計画）も加った共同研究により FT 遺伝子の発現制御におけるメディエーター複合体の役割を明らかにするとともに、花成制御以外のフロリゲン機能（腋性メリステム形成における機能）を発見し、共著論文を発表した（Imura et al. 2012 *Plant Cell Physiol* および Hiraoka et al. 2013 *Plant Cell Physiol*）。

上記に記した成果は、189 報の共著論文の一部であるが、これらは、領域研究の推進に大きく貢献した。

審査部会における所見

A+（研究領域の設定目的に照らして、期待以上の成果があった）

1. 総合所見

本研究領域は、植物発生の根幹であるメリステムの形成・維持と機能転換、ならびにメリステムからの器官形成を支配する制御系の解明を目的としたものである。世界に先駆けたフロリゲンの発見とその機能解明などを通じて、植物の発生、器官形成、成長等を司る制御系の基本概念を深めることにより、研究領域全体の力強い発展が認められ、設定目的に照らして期待以上の成果があったと評価できる。その実は、高い質と刮目する量の学術論文発表、特許申請、国際会議での招待講演、シンポジウム実施状況等において判断できる。若手研究者の育成に関して、当該領域の若手研究者を主力となるよう積極的に育成し、研究分野の継続性を担保することに成功したことは高く評価できる。

2. 評価に当たっての着目点ごとの所見

(a) 研究領域の設定目的の達成度

「研究の発展段階の観点からみて成長期にあり、研究の一層の発展が期待される研究領域」としては、本研究領域発足時から、領域組織の研究者はそれぞれの植物科学分野において世界をリードするレベルにあり、有機的連携による骨太な新分野の創出が見込まれていた。実験結果の現象論的記載にとどまらず、論理性を基盤に研究を進展させた結果、植物発生を統御するメリステムの多くの知見が集積し、新たな分子機構も数多く解明された。さらに、「その領域の研究の発展が他の研究領域の研究の発展に大きな波及効果をもたらす等、学術研究における先導的または基盤的意義を有する研究領域」として、植物の発生、器官形成、成長を司る制御系の基本概念を明確に進展させた。また、本領域の研究期間内に、関連する研究者が3つの新たな新学術領域研究を立ち上げており、これも本領域が先導的な役割を果たした実績と言える。

(b) 研究成果

フロリゲンの新たな機能の発見、根端メリステムを規定するペプチド性因子、ならびに維管束細胞の分化と増殖のシグナル伝達に関連する多くの因子の同定とそれらの相互作用の解明、メリステムから器官発生におけるゲノム様態の解明など、当初の想定を越える発見を含む成果が導かれた。本研究領域からの 800 余編の論文発表は圧巻である。領域組織内の盛んな共同研究によって先導的な意義をもつ知見が積み重ねられ、それによって植物一般に通じる基盤概念が提唱された。

(c) 研究組織

個々の資質が高い植物科学研究者によって構成するだけでなく、当初より共同研究の促進を前提としたグループ構成及び研究者選択が功を奏した。研究領域内において高い頻度で質の高い連携研究が実施され、それは 800 余編の論文発表のうち、約 25%が領域内の共同研究成果であることから判断される。その結果、自発的な共同研究が数多く生まれたのみならず、予想外の研究成果が得られたことにつながっている。

(d) 研究費の使用

特に問題点はなかった。

(e) 当該学問分野、関連学問分野への貢献度

植物科学分野への貢献度は申し分ない。動物との比較研究を通じて生物共通のメカニズムを探求するなど、生物科学全体への波及効果を加えられると本研究領域の意義はさらに深まったと思われる。

(f) 若手研究者育成への貢献度

若手研究者の領域内共同研究への積極的参画等、次世代研究者の育成・成長に十分な配慮がなされており、この点への高い貢献が認められる。本研究領域の成果をもとに、新学術領域研究が新たに 3 領域発足したことは特筆すべきであり、若手研究者によるこの分野への貢献が持続的に生じるものと期待できる。