

さきがけ「フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出」 研究領域事後評価報告書

総合所見

本研究領域では、気候変動等の環境変化に適応する農作物の育種開発や栽培技術の高度化のために、植物科学のみならず情報科学、工学などの多様な分野の個人研究者の参画により、フィールドにおける環境変化に適応し、安定的に生育する植物を分子レベルから設計するための次世代基盤技術の創出に関する研究を推進するという挑戦的な内容であった。実験室からフィールドへというコンセプトを掲げ、①植物の環境応答機構の定量解析に関する研究、②環境応答機構に関する数理モデル構築やバイオマーカーの開発に関する研究、③遺伝子改変と遺伝子導入の新たな技術に関する研究という3つの研究の柱を立てて研究領域を運営した。

研究課題の採択にあたっては、単一遺伝子の個別の応答機構の解析に留まらない提案を重視し、分野横断的な視点から多因子・QTL（量的形質遺伝子座）による複雑なフィールド環境応答をターゲットとするなど、挑戦的な課題が採択された。研究成果に関しては、当初の目標通りに論文発表まで至らなかった課題もごく一部あったが、大半は、これまで予想もされていなかった新規の制御機構の解明、定量解析、数理モデル構築、バイオマーカー開発、さらには遺伝子改変と遺伝子導入の新たな技術開発において、インパクトのある研究論文が多数発表されており、国際学会等における招待講演数も多く、限られた予算と期間にもかかわらず、領域全体として優れた成果が得られたと高く評価できる。

異なる研究背景をもつ若手研究者の交流を領域内で促進することでシナジー効果が生まれ、効果的な共同研究へと発展した点は高く評価できる。これは、参画した研究者の努力に加えて、研究総括と幅広い分野をカバーする人材で構成された領域アドバイザーによる研究者の選択とマネジメントがよく考えられたものであったからであると評価できる。さらに、同じ戦略目標の下で発足した他の研究領域（CREST「植物頑健性」、さきがけ「情報協働栽培」）と共同して開催された研究会に加えて、世界各国から同分野の将来的なリーダーとなる若手研究者を招聘して開催された国際ワークショップなどにより、互いに刺激し合い研究の独自性や共通の課題の洗い出しが可能な優れた環境が築かれた。本研究領域における研究活動を通して、研究期間終了後も継続して、領域内外の研究者らと連携できるネットワークが形成されたことも意義深い点である。

本研究領域の研究者は論文や国際招待講演での発表のみならず、多くが国内の主要学会等で受賞した。また、領域全体の3分の2以上の研究者がキャリアアップに成功するとともに、本研究での成果がその後の外部資金への獲得にもつながっている。

本研究領域の研究者自身がベンチャー企業を創設した事例も出ている。また、農作物の品種改良に直結する新技術の基盤となる成果も複数得られており、中には企業との共同研究に展開している例もあり、応用的価値を創出するという観点からも高く評価できる。

本研究領域は、変革期にある植物科学の新たな潮流を生み出すと同時に、日本の植物科学の将来を担う挑戦的で独創性の高い若手研究者の成長に大きく貢献したと評価する。

以上を総括し、本研究領域は総合的に特に優れていると判断できる。

1. 研究領域としての成果について

(1) 研究領域としての研究マネジメントの状況

フィールドにおける環境変化に適応し、安定的に生育する植物を分子レベルから設計するという目標に向け、3期にわたり、①植物の環境応答機構の定量解析に関する研究、②環境応答機構に関する数理モデル構築やバイオマーカーの開発に関する研究、③遺伝子改変と遺伝子導入の新たな技術に関する研究がバランスよく採択された。また、研究者の所属機関も、大学、研究所、地域などが考慮されており、理学系の研究者と農学系の研究者のバランスも配慮されていたと評価できる。

領域運営では、植物科学と情報科学などの異分野同士がより高いレベルで協働することが求められたため、募集時の試みとして、通常の提案(個人研究者としての提案)に加え、さきがけ提案者同士の連携提案を可能としたが、結果的には工学や情報科学分野のバックグラウンドを有する研究者との連携提案は少なく、植物科学分野の研究者が新たな分野に挑戦するという形が多かった。領域内共同研究や同じ戦略目標の下で発足した他の研究領域(CREST「植物頑健性」、さきがけ「情報協働栽培」)との研究交流等を通じて、研究開始後に新たな分野に挑戦しようとする姿勢が各研究者に育った点は高く評価できる。

領域アドバイザーについては、植物生理学、分子遺伝学、ゲノム学、情報科学、生態学、植物病理学、生物間相互作用、遺伝子工学、育種学、作物学という多様な分野の研究者に加えて、育種関連の民間企業の研究者が参加しており適切な構成であった。若手研究者による未発表の研究成果について、知財化が可能であるかどうかの知財戦略については、研究者の所属機関におけるサポート体制に加えて、さらなる JST のサポート体制の活用が求められる。

本研究領域では、研究者の自主性と研究者間の相互啓発による成長を領域運営の基本方針としつつ、研究総括が各研究者の進捗状況を適切に把握してアドバイスを与えられるよう、領域アドバイザーが配置されており、さらに、サイトビジットや領域会議を通して、研究進捗の把握と評価・指導をよりきめ細かく行える体制が整えられていた。特に、研究の進捗が遅れている課題への適切で十分な助言がなされるよう工夫されていた。また、研究者の状況に合わせて、研究者自身だけで対処できない課題(スタートアップ環境整備、所属機関での研究環境、ライフイベント等)にも、研究領域運営側から適切なサポートがあった。これらは難易度が高い新たな研究課題に挑戦する若手研究者にとって心強いサポートであったと評価できる。

同じ戦略目標の下で発足した他の研究領域(CREST「植物頑健性」、さきがけ「情報協働栽培」)とも協力し合い、共同して研究会を開催するなど、お互いに切磋琢磨する環境が築かれた点や、世界各国から同分野の将来的なリーダーと見込まれる若手研究者を招聘した国

際ワークショップを開催する機会を与えた点も評価できる。

参加研究者 32 名中 23 名が昇進し、文部科学大臣・若手科学賞（7 名）や日本農学進歩賞など国内の主要学会で受賞した研究者を輩出している。また、多くの研究者が、科学研究費補助金（基盤研究、若手研究、新学術領域研究、学術変革領域研究等）、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第 2 期、Human Frontier Science Program などの外部資金を獲得しており、本研究領域のマネジメントにより若手研究者が育成された点は高く評価できる。

以上により、本研究領域の研究マネジメントは特に優れていたと評価できる。

(2) 研究領域としての戦略目標の達成状況

本研究領域は、戦略目標「気候変動時代の食料安定確保を実現する環境適応型植物設計システムの構築」の実現に向け、気候変動等の環境変化に適応する農作物の育種開発や栽培技術の高度化のために、植物科学のみならず情報科学、工学などの多様な分野の個人研究者の参画により、フィールドにおける環境変化に適応し、安定的に生育する植物を分子レベルから設計するための次世代基盤技術の創出に関する研究を推進するという取組みであった。単なる単一遺伝子の応答機構の解析を超えた、多因子および QTL による複雑なフィールド環境応答をターゲットとするなど、個人研究として行われる「さきがけ」研究としては、かなり難易度の高い挑戦的な目標であった。フィールドレベルでのより精緻なデータ取得や検証作業等で当初の目標通りに論文発表まで至らなかった課題もごく一部あったものの、大半は、これまで予想もされていなかった新規の制御機構の解明、定量解析、数理モデル構築、バイオマーカー開発、さらには遺伝子改変と遺伝子導入の新たな技術開発において、国際的に著名な学術誌への投稿などインパクトのある先駆性の高い欧文原著論文が 178 報発表されており、24 件のプレスリリースも実施されている。モデル植物以外を研究対象とした成果が多数得られた点も驚異的である。今後も更なる論文発表が期待できる上に、本研究領域への参画により、新たな挑戦的な課題に取り組み、新たな研究の方向性を見出すことができた研究者が多くいる点も高く評価できる。

具体的な研究成果としては、「①植物の環境応答機構の定量解析に関する研究」では、大量トランスクリプトームデータを用いた共発現ネットワーク解析からカキの雄性器官と雌性器官の分化に関わるエピジェネティック制御機構を明らかにした赤木剛士研究者（一期生）、独自に考案した定量的指標土壌の水分含量に応答したイネ科作物の根の組織形成の可塑性を見出した山内卓樹研究者（三期生）などが挙げられる。「②環境応答機構に関する数理モデル構築やバイオマーカーの開発に関する研究」では、日本列島全域の様々な生態系における植物の根から得た膨大なメタゲノムデータから作物の生長促進などのコア共生微生物を特定した東樹宏和研究者（二期生）、ABA 受容体を強化することによって、節水型乾燥耐性コムギを創出する可能性を示した岡本昌憲研究者（一期生）、光合成機能の老化関連遺伝子の制御によって作物の光合成活性を維持しつつ収量増大を図る戦略を拓いた泉正範研究者（二期生）、変異を導入して構造を変化させた植物ホルモン受容体に結合するリガンドを

設計またはケミカルライブラリーから探索し、低濃度で特定の器官の成長と機能に影響を与える系を開発した萩原伸也研究者(一期生)、蛍光色素を用いたリガンドと受容体との定量的な結合活性アッセイ系を開発し、ジャスモン酸受容体に結合する構造類縁体の中から生長阻害を引き起こすことなく、病原菌感染への抵抗性を示す分子を見出した高岡洋輔研究者(二期生)、植物寄生性線虫の繁殖様式に着目した独創性の高い研究に取り組んだ新屋良治研究者(三期生)などが挙げられる。「③遺伝子改変と遺伝子導入の新たな技術に関する研究」では、これまで極めて困難であった種間交雑による種間受精を妨げる障壁の分子機構を解明した藤井壮太研究者(二期生)などが挙げられる。

同じ戦略目標の下で発足した他の研究領域(CREST「植物頑健性」、さきがけ「情報協働栽培」)と合同で、2021年に超分野植物科学研究会を設立するなど、変革期にある植物科学の新たな潮流を生み出す体制作りにも取り組んだ点も評価できる。

特許出願件数は8件と領域全体としては多いとは言えないが、将来的に有用な技術の開発につながる成果を国際誌に論文として報告している。具体的には、花粉にCRISPR/Cas9システムを導入して精細胞または受精卵を直接ゲノム編集し、組織培養を経ずに個体を得る画期的な新手法を開発した水多陽子研究者(一期生)や植物と微生物叢全体を超個体として捉え、オミクス解析等を駆使し、超個体としての生命活動ネットワーク構造の解明に取り組んだ市橋泰範研究者(一期生)は、農業現場への適用に向けて企業と共同研究が進んでおり、社会実装への展開が認められる。東樹宏和研究者(二期生)は、生物群集及び生態系の診断に基づくコンサルティング等の業務に関するベンチャー企業を創設した。国産高級マスクメロンの標準系統である「アールスフェボリット春系3号」及び他の遺伝資源7系統に既知情報をあわせた、塩基配列情報と遺伝子情報を含むメロンのデータベース「Melonet-DB」を開発した矢野亮一研究者(三期生)の研究成果は、企業や育種に携わる研究者にとって貴重な情報源かつ重要な解析ツールとなっている。本研究領域における社会的・経済的な価値の創造につながる取組も全般的に従来の植物科学からの格段の進歩の兆しが見られ、高く評価できる。

以上により、本研究領域の戦略目標の達成状況は特に高い水準にあると評価できる。

2. その他

次世代の日本の研究力をアップするために「有望な若手を伸ばす」施策として「さきがけ」が大きな役割を果たしていることが示されたが、若手女性研究者の課題採択者が32名中5名の15.6%であった点は、「男女共同参画社会の実現」に向けた制度上の工夫が必要であることを示唆しており、今後の制度設計において推進努力が期待される。また、近年、応用としての成果がすぐに見込める研究が求められる傾向があるが、新分野を開拓できる若手研究者を育てるという観点を第一に今後も制度の継続を求めたい。