

平成27年度 新学術領域研究（研究領域提案型）事後評価結果（所見）

研究領域名

大地環境変動に対する植物の生存・成長突破力の分子的統合解析

研究期間

平成22年度～26年度

領域代表者

馬 建鋒（岡山大学・資源植物科学研究所・教授）

研究領域の概要

植物は様々な大地環境を克服し、生存域を広げ、地球環境を創ってきた。本学術領域はこのような植物の持つ“環境突破力”を、植物科学研究者を中心に、数理モデル研究者とともに分子レベルで統合的に解明することを目的とする。植物のゲノムに刻まれている巧みな生存・成長戦略に着目し、大地環境に由来する土壌酸性化、栄養不足、乾燥、高温、洪水などのストレスに対する耐性機構や成長制御の仕組みを明らかにする。これらの知見を数理モデリングにより統合解析し、植物の環境突破力を包括的に理解する新たな研究領域を創出する。本領域で得られる成果は今後予想される大地環境の悪化に伴う食糧・環境問題の解決にもつながるものである。

領域代表者からの報告

1. 研究領域の目的及び意義

移動できる動物とは異なり、動くことのできない植物は環境変動ストレスに対して長い進化の過程で巧みな環境突破力を獲得し、その能力はゲノム上に刻まれている。一方、植物は環境ストレスを回避して生存する力だけではなく、様々な環境変動に応答して成長形態を自在に変化させ、さらに一生を通じて成長を続ける能力も備えている。これまで個々のストレス耐性や成長機構に関する研究が精力的に行われてきた。しかし、その一方では、ストレス耐性と成長制御は複雑に絡み合っており、個々の研究では植物の持つ環境突破力を総合的に理解することはできないことも明らかとなった。本研究領域の目的は分野の異なる研究者が有機的に連携して、様々な環境ストレスに対して植物が発達させてきた突破力の分子機構やストレス間のネットワークなどを解明し、植物個体の生存成長戦略の分子メカニズムを明らかにする。そして、これらの知見を基盤として数理モデルとコンピューターシミュレーションを駆使することにより、環境条件に応じて植物が個体として示す挙動を理論的に明らかにする。

本領域の研究を展開することにより、植物の個体レベルにおいて、環境を突破し生存するための高次システムとして理解することが可能となる。また、新規環境耐性遺伝子の同定と情報伝達機構の解明を通して、これまで個々に研究してきたストレス耐性をピラミディングすることにより、複合ストレスに強い作物の創出につながり、今後予想される大地環境の劇的な劣悪化に対応する食糧生産にも寄与できる。

2. 研究の進展状況及び成果の概要

様々な環境ストレス（土壌酸性化、栄養飢餓、塩害、乾燥、高温、低温など）に対する植物の突破力の分

子機構を明らかにした。酸性土壌耐性に関与する遺伝子を複数同定し、その発現制御機構や耐性獲得過程を解明した。イネの窒素飢餓環境に対する生存戦略の分子機構のかなりの部分を明らかにできた。また転写因子 DREB2A を中心とした植物の環境ストレス応答の転写ネットワークの制御機構を解明した。花成ホルモン FT などの光周性経路による気孔開度制御という新たな気孔開度制御機構を見出し、気孔開度を人為的に制御した植物体を作出した。さらにリボソームを舞台とした遺伝子発現制御機構に関して翻訳停止から mRNA 分解に至る過程の理解が深まった。

一方、細胞分裂から DNA 倍加（細胞分化・伸長）への転換を制御する因子としてサイトカニン情報伝達の下流でオーキシシンシグナルの抑制と細胞周期停止が引き起こされることが明らかになった。植物に特有な転写因子 GTL1 は、CCS52A1 遺伝子の発現を低下させることによって核内倍加周期を終了し、その結果細胞成長を抑制することを見いだした。浮きイネでは、深水依存的にエチレンが節に蓄積し、EIL1 を介して GA 合成酵素 (SK4) を活性化させ GA を生産し細胞伸長を行うことで節間伸長を行うことが示された。また、イネ腋芽の休眠開始の引き金になるのはメリステム活性の停止ではなく、分化した葉原基での細胞分裂活性の低下であることを見出した。さらに、実験科学者と数理モデル研究者との共同研究で、ケイ酸吸収モデリング、篩管栄養輸送モデル、最適成長モデリングなどを構築した。

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、期待どおりの成果があった)

1. 総合所見

変動環境における植物の生存戦略及び成長戦略について、分子生物学・システム生物学・数理生物学を駆使して普遍的な制御原理を解明することを目指した。研究計画に対して期待どおりの成果が得られたと認められる。中間評価の時点では遅れを指摘されていた異分野の融合や新興領域の形成、数理モデリング研究の統合についても、領域代表者の強いリーダーシップの下で適切な対応がなされたのみならず、他分野への波及効果も十分期待される展開が見られる。若手研究者の育成という面においても十分に評価できる。

2. 評価の着目点ごとの所見

(1)研究領域の設定目的の達成度

農学系・基礎生物学系・数理系の研究者間での共同研究を含む多くの論文報告に結びつけた点から、本新学術領域研究の達成度は高いと判断される。特に、数理モデリングの活用による新しい研究展開は、本研究領域を特色付けるものであり、今後の更なる発展や他分野への波及効果も大いに期待される。当該分野の更なる活性化のためにも、特にモデリング共同研究の成果について早期の論文公表を期待する。

(2)研究成果

3つの研究項目全てが高い成果を上げ、その多くはすでに評価の高い国際誌に発表されている点は、本研究領域の活発な研究活動を反映している。栄養の吸収・輸送や開花期に関する予測モデルの開発を含むモデリング研究の発展は、中でも特筆すべき成果である。多数の論文発表に加えて、プレスリリースやアウトリーチ活動等も順調に進められており、成果の公表活動についても十分に評価できる。

(3)研究組織

特に数理系を中心とした研究領域内の共同研究は非常に活発で、公募研究同士の共同研究が計画研究同士のものを件数において大きく上回る点に示されるとおり、本研究領域による組織化が研究の推進に貢献したと判断される。農学系と生物学系の共同研究については、本研究領域終了後も引き続き論文公表等を継続されることを期待する。

(4)研究費の使用

特に問題はない。モデリング研究推進のための総括班経費の傾斜配分を行っている点は、効果的な使用として評価できる。

(5)当該学問分野、関連学問分野への貢献度

引用数の高い論文を含む多数の論文を評価の高い国際誌に報告している点や、若手奨励賞や学会賞の受賞状況から、本研究領域の当該学問分野への貢献度の高さが認められる。関連分野への波及効果についても今後大いに期待される。

(6)若手研究者育成への貢献度

若手研究者育成を目指した研究会・交流会や、海外学会参加サポート等の様々な取組みが、多くの若手研究者の受賞・昇任・採用に結実しており、貢献が認められる。特に「一流誌への論文の書き方」、「女性 PI への道」など、大いに好評であったと伺え、特徴的な企画として、評価できる。