

【研究領域名】 「植物生態学・分子生理学コンソーシアムによる陸上植物の高CO<sub>2</sub>応答の包括的解明」

【研究期間】 平成21年度～平成25年度

【領域代表者】 寺島 一郎（東京大学・大学院理学系研究科・教授）

### 【領域代表者からの報告】

#### （1）研究領域の目的及び意義

本領域の目的：大気CO<sub>2</sub>濃度の急増が地球環境や食糧生産におよぼす影響を予測し、適切な対策を講ずるためには、まず、植物の高CO<sub>2</sub>応答をよく理解しなければならない。本領域研究では、生態学・農学レベルと分子生理学レベルの研究に見られるギャップを埋めるべく、生態学・農学と分子生理学の研究者が緊密なコンソーシアムを形成し、植物高CO<sub>2</sub>応答の徹底的解明に取り組む。

本領域の研究概要：ゲノム情報が豊富なモデル植物、主要作物、および生態系を代表する植物種を、高CO<sub>2</sub>条件で栽培し、植物の成長を規定する光合成速度、呼吸速度、葉面積展開などの表現型パラメータの測定と、高CO<sub>2</sub>環境応答の分子機構のターゲットオミックスによる解析とを同時に行う。特にモデル植物における解析を徹底的に行い、その知見を作物や生態系を代表する種の解析に応用することを通して、植物の高CO<sub>2</sub>応答を分子から生態系に至るレベルで包括的に解明する。

本領域の意義：研究によって得られる高CO<sub>2</sub>応答の包括的理解は、高CO<sub>2</sub>環境下で良好な成長を示す好CO<sub>2</sub>作物や樹木創出のための基礎となる。包括的理解に基づく植物個体の高CO<sub>2</sub>応答モデルは、直ちに生態系モデルに組み込まれ、地球環境変化予測の精度向上に大きく寄与する。また、学際的なコンソーシアム研究によって、今後の植物科学研究の各局面において活躍できる、分野間のギャップをものともしない若手研究者を育成することができる。

#### （2）研究成果の概要

一次代謝産物のメタボローム解析、植物ホルモノーム解析、トランスクリプトーム解析、安定同位体測定などのプラットフォームが完備した。

硝酸応答に必要な十分な cis 配列が見いだされ、C/N バランスのセンサーにユビキチン・プロテアソーム (UPS) 系が関与し、14-3-3 がその標的タンパクであることが明らかになるなど、新発見が相次いでいる。シロイヌナズナやイネを用いた CO<sub>2</sub> 倍加実験が統一条件下で行われ、詳細なオミックスデータが得られた。一方、野外における CO<sub>2</sub> 倍加実験も進展している。これらの成果は、植物の CO<sub>2</sub> 応答には、C/N バランスや、光合成器官 (source) と非光合成器官 (sink) のバランスが重要であるという本コンソーシアムの作業仮説を裏付ける一方で、新展開につながる知見もあった。各国で行われた CO<sub>2</sub> 倍加による表現型の変化に関する詳細なメタ解析が進んでおり、オミックスデータとの擦り合わせが待たれる。シロイヌナズナの多数のアクセッションを用いた CO<sub>2</sub> 倍加実験によって、同種中にも大きな CO<sub>2</sub> 応答の差がみられることもわかった。応答性の異なるアクセッションは、今後の有力な研究材料となる。高 CO<sub>2</sub> 下の、気孔の閉口、葉の細胞間隙から葉緑体までの CO<sub>2</sub> 拡散コンダクタンスの低下、光合成のダウンレギュレーション、などに関わる CO<sub>2</sub> 応答因子が複数同定された。高 CO<sub>2</sub> 環境下における植物の形態変化、古環境に注目した研究も進展している。

### 【審査部会における評価結果及び所見】

A－（研究領域の設定目的に照らして、概ね期待どおりの進展が認められるが、一部に遅れが認められる）

#### （1）総合所見

本研究領域は、高濃度 CO<sub>2</sub> の植物への影響を包括的に理解するために組織されたものである。この目的を達成するため、生態学・農学と分子生理学などの研究者によるコンソーシアムが形成され、Free Air CO<sub>2</sub> Enrichment (FACE)

栽培施設やメタボローム、ホルモノーム解析拠点などの重要な研究拠点が整備されつつある点は評価できる。一方で、領域の目指す目標がやや具体性に欠け、個別研究の集積的であり、コンソーシアムでの共同研究の推進が不十分であるという意見があった。今後、本研究領域で整備されたプラットフォームを利用し、連携的な共同研究の推進によって、統一的理解を深めるような総合的な成果の創出を期待したい。また、大気CO<sub>2</sub>濃度の急増は社会的要請の強い重要な環境問題であり、本領域の研究成果をさらに発展させ、地球環境や食料生産という点からも、社会に還元されるような研究が今後とも展開されることを期待する。

## (2) 評価に当たっての着目点ごとの所見

### (a) 研究の進展状況

「異なる学問分野の研究者が連携して行う共同研究等の推進により、当該研究領域の発展を目指すもの」とする本研究領域において、複雑な現象を分子レベルからフィールドレベルの研究まで包括的に理解しようとする意欲的な試みは評価できる。また、「多様な研究者による新たな視点や手法による共同研究等の推進により、当該研究領域の新たな展開を目指すもの」として、Free Air CO<sub>2</sub> Enrichment (FACE) 栽培施設やメタボローム、ホルモノーム解析などのプラットフォームを確立すると共に、共通して使用できる手法の開発を進めた点は評価できる。一方、これらを用いた連携的共同研究の成果は不十分であるといった意見があった。また、「当該領域の研究の進展が他の研究領域の発展に大きな波及効果をもたらすもの」において、研究成果の公開やシンポジウム、ホームページを通じた活動を通して、本領域から他の領域への波及効果を試みている点は評価できる。

### (b) 研究成果

「異なる学問分野の研究者が連携して行う共同研究等の推進により、当該研究領域の発展を目指すもの」とする本研究領域において、異分野の研究者による共通のプラットフォームを利用した研究が開始され、シロイヌナズナのエコタイプの違いによるCO<sub>2</sub>応答の詳細な解析などいくつか重要な知見が得られた点は評価できるが、共同研究は始まったばかりで現状ではその成果は十分とは言えないという意見や、個別の優れた研究を統合して、将来的にどう生かすかといった検討をして欲しいとの意見もあった。また、「多様な研究者による新たな視点や手法による共同研究等の推進により、当該研究領域の新たな展開を目指すもの」、および「当該領域の研究の進展が他の研究領域の発展に大きな波及効果をもたらすもの」において、領域の方向性に見合ったシーズが出てきた段階であり、特段の努力が必要であるものの、今後の展開が期待できる。

### (c) 研究組織

本研究領域における研究が遂行可能となるのは、領域代表者が生態学から生理学までの幅広い分野に精通していることに依るものでもある。分子生理学、生態学、農学研究者からなる計画班員から構成されており、公募研究を含め高CO<sub>2</sub>応答を研究する体制が整っている点は評価できる。一方で、現時点では各研究項目間の横の連携が分りにくく、統一した解析を行う組織にするために、フィールドワークと分子生物学の融合をより積極的に進めてほしいとの意見があった。

### (d) 研究費の使用

東日本大震災で大きな被害を被った班員は、その影響から完全に回復していないことから、領域内での互助や、総括班からのサポートが必要である。また、本領域は社会的関心の高い分野であるため、より具体的な情報を発信するアウトリーチ活動をこれまで以上に行ってほしいとの意見があった。

### (e) 今後の研究領域の推進方策

今後、個別の研究を進展させるのに加えて、領域としての具体的な目標を絞り込み、プラットフォームを十分に利用して、コンソーシアムを生かした異分野間での連携をすすめ、本研究領域の統合的理解が進展することを期待したい。網羅的解析方法については、数理モデルの方法論など、一層の手法開発を期待したい。また、大気中のCO<sub>2</sub>濃度の上昇に応答して進化が誘導される可能性についての研究を要望する意見があった。