

領域略称名：植物高CO<sub>2</sub>応答  
領域番号：3103

平成23年度科学研究費補助金「新学術領域研究  
(研究領域提案型)」に係る研究経過等の報告書

「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」

(領域設定期間)  
平成21年度～平成25年度

平成23年6月

領域代表者 東京大学・大学院理学系研究科・教授・寺島一郎

平成 23 年度科学研究費補助金「新学術領域研究（研究領域提案型）」  
に係る研究経過等の報告書

目次

研究領域の目的及び概要	1
研究の進展状況	2
研究を推進する上での問題点と今後の対応策	3
主な研究成果	3
1. プラットフォーム	3
2. C/N 応答に関する新知見	4
3. CO <sub>2</sub> 倍加実験	4
4. 高 CO <sub>2</sub> 条件下の植物の成長と収量	7
5. 気孔、葉肉コンダクタンス、光合成	7
6. 発生過程への影響	8
7. モデリング、メタ解析、古環境	9
研究成果の公表の状況	10
1. 主な論文一覧	10
2. ホームページについて	16
3. 公開発表について	18
4. 「国民との科学・技術対話」について	25
研究組織と各研究項目の連携状況	26
研究費の使用状況	28
今後の研究領域の推進方策	29
総括班評価者による評価の状況	30

## 研究領域の目的及び概要

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	
領域代表者所属・職・氏名	東京大学大学院理学系研究科・教授・寺島一郎	
補助金交付額	平成21年度	261,300,000円
	平成22年度	252,900,000円
	平成23年度	249,300,000円
	平成24年度（査定額）	251,000,000円
	平成25年度（査定額）	244,700,000円

### 1. 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。**

### 2. 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ド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。**

### 3. 期待される成果

本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、本領域研究は、植物の環境応答を、**分子から個体、生態系に至るレベルで包括的に理解する方法論の確立**の意味でも重要である。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しな**い若手研究者を育成したい。**

## 研究の進展状況

本領域の特徴は、分子生理学者と生態学者・農学者が分野縦断的コンソーシアムを形成して研究にあたることである。既存分野間の垣根を越えた研究を行うので、研究項目は設けなかった。また、オミックスや安定同位体解析用の質量分析のプラットフォーム、および Free Air CO<sub>2</sub> enrichment (FACE) などの栽培施設は、各研究班が責任をもって管理し、総括班が支援することとした。したがって、支援班を設けることはしなかった。このような基盤整備について述べ、次に、研究動向を簡単に述べる。

### 1. ターゲテッドオミックス、質量分析、FACEなどの測定基盤の整備

柳澤班は、キャピラリー電気泳動質量分析装置 (CE-MS) を用いた一次代謝産物のメタボローム解析を担当している。主要な陰イオン性代謝産物を、利便性の高い fused-silica capillary を用いて測定する方法を確立した。小俣班でも CE-MS による同様の分析が可能である。もう一つの切り札である植物ホルモノーム解析は、榊原らが構築した理研植物科学センターのプラットフォームで行う (榊原班担当)。寺島班では質量分析器を購入整備し、安定同位体を用いたトレーサー実験が可能となった。また、文部科学省の最先端基盤整備計画によりもう1台質量分析器を購入整備したので、自然安定同位体の分析も可能になった。花田班では、シロイヌナズナでアノテーションされた全ての遺伝子の発現を観察できるトランスクリプトームを行うことができる。野外における高CO<sub>2</sub>応答を解析する上で欠かせない栽培施設であるFACEについては、小池班が樹木用FACEを、長谷川班がイネFACEを運営している。

### 2. 主な研究動向

硝酸に応答した転写を引き起こすDNA配列 (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も明らかになった。このような発見が相次ぐ中、シロイヌナズナやイネを用いたCO<sub>2</sub>倍加実験が行われ、詳細なトランスクリプトーム、メタボローム、ホルモノームのデータが得られた。これらのデータは、これまで行われてきた生理生態学レベルのCO<sub>2</sub>倍加実験の結果を裏付ける一方で、新展開につながる発見も多い。シロイヌナズナの多数のアクセッション (エコタイプ) を用いたCO<sub>2</sub>倍加実験によって、同種の中にも大きな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。

気孔はCO<sub>2</sub>の植物への入り口であり、CO<sub>2</sub>濃度に応答して開閉することが知られている。葉の内部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もCO<sub>2</sub>濃度に応答する。また、高CO<sub>2</sub>環境下の光合成のダウンレギュレーションもよく知られた現象である。これらのメカニズムについて、それぞれ複数班が協力して研究している。

高CO<sub>2</sub>環境下では、植物の形態も変化する。気孔密度、葉の厚さや成分、木部の道管の数

や大きさ、分枝パターンなどに着目した研究が進んでいる。

各国で行われたCO<sub>2</sub>倍加実験結果の詳細なメタ解析が進んでおり、本領域で行っているオミックスのデータとの擦り合わせが待たれる。古環境に注目した研究も進展している。

## 研究を推進する上での問題点と今後の対応策

1. 新学術領域研究採択が内定直後に、製造業者に連絡をしたにもかかわらず、6計画班が2台ずつ購入した人工気象器の製造、設置、調整が遅れ、正常に稼働し始めたのは、平成22年の5月ごろであった。この後はきわめて順調に稼働しているが、高CO<sub>2</sub>栽培実験の論文公表が遅れていれる一因となった。

2. 平成23年3月11日の大地震により、東北大の3研究室が直接被害を受けた。また、計画停電などにより埼玉大学、東大柏キャンパスにある研究室が、植物材料の栽培に支障をきたした。この夏の電力制限により、人工気象室や質量分析器など電力消費量の多い機器が正常運転できるかどうか不安がある。場合によっては研究計画を変更するなど、柔軟な対応を行う予定である。

## 主な研究成果

### 1. プラットフォーム

花田班が2週齢のシロイヌナズナを、2時間、6時間、12時間、1日間、3日間、7日間、2週間、780 ppm CO<sub>2</sub>の空気に曝露したものと、通常CO<sub>2</sub>濃度（390 ppm）で栽培したものを対象に、アノテーションされた全ての遺伝子の発現を観察できるトランスクリプトーム解析を行った。CO<sub>2</sub>曝露直後はABA合成酵素にかかわる遺伝子群が変動し、2時間～1日間には、光合成、細胞増殖、呼吸および窒素化合物合成に関わる遺伝子群の変動が見られ、曝露後期（3～14日）にはストレス応答に関わるの遺伝子群に変動が見られた（論文準備中）。CO<sub>2</sub>応答に関するこのような詳細な解析はこれまでにない貴重なものである。今後はこれらのトランスクリプトームのデータを整理して、高CO<sub>2</sub>応答に特化したデータベースを作成し公開予定である。

榊原班が、自動固相抽出システムやUPLC四重極タンデム質量分析装置を組み合わせることで、サイトカイニン、オーキシン、アブシジン酸、ジベレリン、サリチル酸、ジャスモン酸の活性型、不活性型をあわせ、合計46分子種の化合物を1つのサンプルから同時測定する方法を確立した（Kojima et al. 2009）。現在、測定プラットフォームとして稼働している。

柳澤班が、キャピラリー電気泳動質量分析装置（CE-MS）を用いた一次代謝物の効率的な包括的解析系をプラットフォームとして提供している。陽イオン性代謝物質だけでなく、主要な陰イオン性代謝物質を利便性の高いfused-silica capillaryを用いて測定する方法を確立し、Calvin-Benson回路、解糖系、TCA回路およびアミノ酸生合成経路上に含まれる糖、糖リン酸、有機酸、ヌクレオチド・補酵素類、アミノ酸を含む50を越える代謝物質の分離定量が可能となった（Sato and Yanagisawa 2010）。

## 2. C/N応答に関する新知見

柳澤班が、硝酸に応答した転写に必要十分なDNA配列（cis 配列）をシロイヌナズナの亜硝酸還元酵素遺伝子のプロモーター領域で見いだした（Konishi and Yanagisawa 2010, 2011）。山口班は、C/Nバランスにユビキチン・プロテアソーム（UPS）系が関与している（Sato et al. 2009 領域参加前）ことに続いて、その標的タンパク質が14-3-3であることを明らかにした（Sato et al. 2010、図1）。深山班は、高CO<sub>2</sub>条件で栽培したイネに顕著に発現するCCTドメインタンパク質（OsCCT1）の過剰発現体とRNAiノックダウン体を比較した。過剰発現イネでは、気孔の閉鎖、Rubiscoなどの光合成固定系の発現抑制、デンプン合成系の発現促進がみられ、RNAiではその逆の傾向がみられた。これらからOsCCT1は高CO<sub>2</sub>条件下の代謝制御に重要なタンパク質であることが示唆された（投稿準備中）。

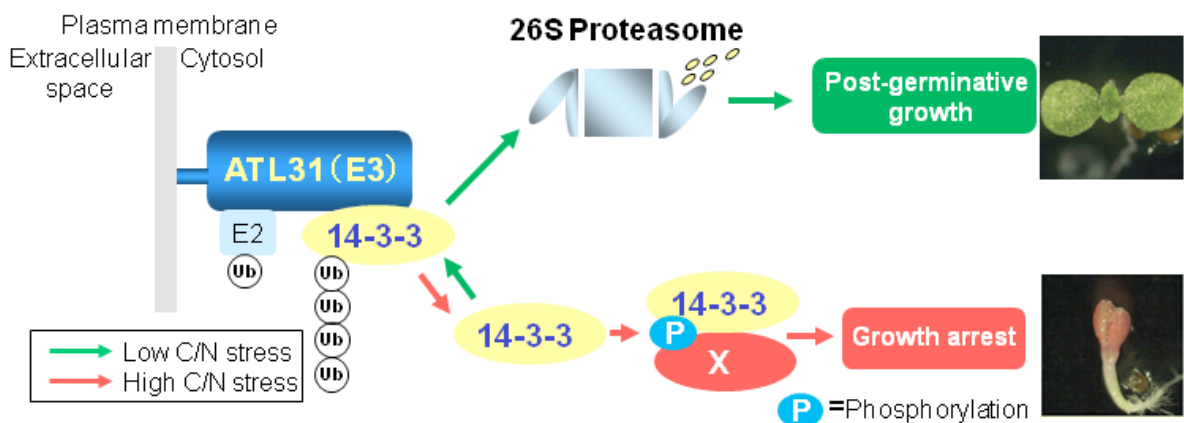


図1 ATL31はユビキチンリガーゼとして14-3-3タンパク質にユビキチンを付加する。これによって14-3-3はプロテアソームによって分解され、正常な発芽が誘導される。一方、培地に糖を加えて高C/Nとすると、14-3-3の蓄積が起こり、発芽の進行が阻害される。山口班

## 3. CO<sub>2</sub>倍加実験

本領域研究では、6計画班が同じデザインの人工気象室を揃えて購入しており、統一条件

下で高CO<sub>2</sub>応答を解析している。

高CO<sub>2</sub>環境による植物の成長促進の報告例は多いが、これは植物を窒素十分の条件下においての場合に見られる現象である。硝酸イオン吸収に欠陥をもつシロイヌナズナ変異体（NRT変異体）は、野外ではしばしばおこる「恒常的窒素不足状態」を再現した個体と言える。小俣班では、この個体を、N源を硝酸として高CO<sub>2</sub>環境で栽培しても、地上部の成長は促進されなかった。一方、地下部の成長が促進された（図2）。このユニークな**貧栄養モデル植物**の活用が待たれる。小俣班の愛知は、富栄養条件に弱いモウセンゴケを用いた生態学的研究も行っている。榊原班で行ったCO<sub>2</sub>倍加実験では、地上部の成長が促進され、地上部器官、特にメリステムを含む領域で、サイトカイニン（CK）、なかでもtrans-zeatin (tZ) 型CK、が顕著に増加した。tZ型CKがほとんど存在しない合成酵素変異株の解析から、**tZ型CKが地上部の成長を正に制御すること**も明らかになった（論文準備中）。地上部/地下部の制御にアブシジン酸が主要な役割を果たしていることはよく知られているが、tZ型CKの関与を示したのは新しい。柳澤班では、同班で開発したメタボローム解析システムを駆使した総合的解析を行っている。シロイヌナズナの野生型を光強度、CO<sub>2</sub>濃度、および培地中の無機窒素濃度を変化させて栽培した。この結果、強光かつ高CO<sub>2</sub>で生育させた場合には、糖とTCA回路の有機酸の含有量が増加すること、この条件で、アンモニウムイオンを与えると、蓄積していた有機酸はアミノ酸合成に消費される一方で糖の含有量はさらに上昇することを明らかにした。C/Nバランスを考慮する場合、アンモニウムイオンの濃度が鍵を握る。

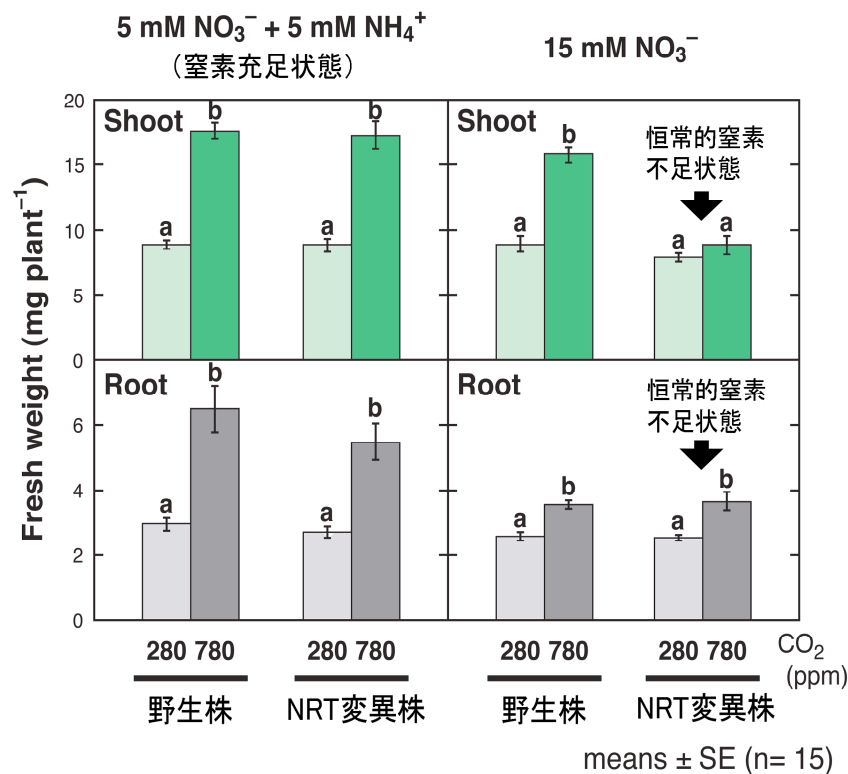


図2 シロイヌナズナNRT変異株を硝酸イオンのみを窒素源とする培地で生育させて恒常的窒素不足状態を実現し、播種後10日間の生育に対するCO<sub>2</sub>濃度の影響を調べた。  
小俣班

廣瀬班（計画）の彦坂らは、シロイヌナズナの多数のアクセッションを用いてCO<sub>2</sub>倍加実験を行っている。アクセッション間で高CO<sub>2</sub>応答に大きな差が存在することが明らかになった（図3）。アクセッションによる応答性の違いは何に由来するのかを詳細に解析する。今後、花田班や寺島班でも応答性の違いの大きかったアクセッションの比較研究を行う。寺島班の野口らは、高CO<sub>2</sub>栽培が呼吸活性・呼吸系遺伝子群の発現におよぼす効果を検討した。地上部の重量あたりの呼吸速度は高CO<sub>2</sub>栽培個体で低かった。また、390 ppm個体ではみられた呼吸速度の日周性は、高CO<sub>2</sub>栽培個体で見られなくなった。また、呼吸系遺伝子群の発現の日周パターンもCO<sub>2</sub>環境によって変化した（柳澤班と共同でおこなった代謝産物分析もふくめて2論文を準備中）。

早川班は、C/Nバランスの鍵物質であるGlnの結合ドメインをもつOsACRと、過剰アンモニア条件でアンモニア吸収・同化を負に制御することが明らかになったSer/Thr/Tyr protein kinase(OsACTPK1) の変異体の高CO<sub>2</sub>栽培実験を行っている。

牧野班は、Rubiscoのsmall subunitの5つの遺伝子をRNAiによってそれぞれ発現抑制した。1つの遺伝子を発現抑制しても他の遺伝子による相補が全く起こらなかった。このようなRNAi変異体は、Rubisco量が過剰となる高CO<sub>2</sub>域で光合成活性が高かった。高CO<sub>2</sub>栽培実験の結果が期待される。北尾班では、シラカンバの苗を高CO<sub>2</sub>で栽培した。窒素分が少ない条件で典型的な光合成のダウンレギュレーションが見られた。さらに、高温などの複合ストレスへの耐性も評価した。唐班は、ポプラの葉に急に強光をあてたときの光合成速度の上昇速度を解析している。栽培CO<sub>2</sub>濃度の上昇につれて、誘導速度は速くなり、Rubiscoの活性化レベルの上昇もはやくなった。また、Rubisco あたりのRubisco activase含量も栽培CO<sub>2</sub>濃度とともに上昇した。

新学術領域採択後に開始した実験で、論文として公表できたものは少ないが、新発見が蓄積しており、多くの成果の公表が待たれる。

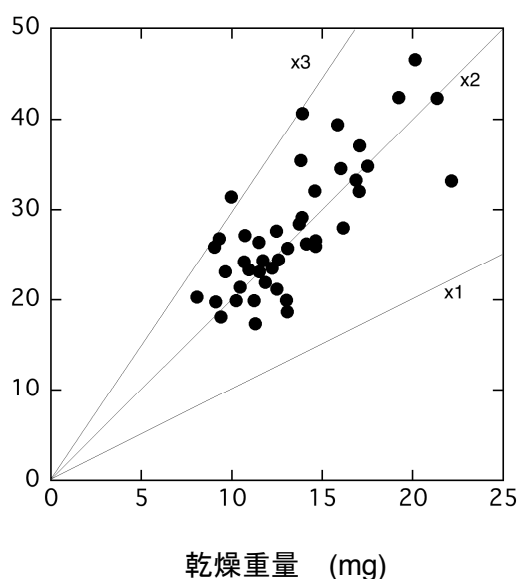


図3 さまざまなシロイヌナズナのアクセッション（エコタイプ）の成長の高CO<sub>2</sub>応答  
横軸に通常CO<sub>2</sub>濃度で育成したときの個体重を、縦軸に高CO<sub>2</sub>（800 ppm）で育成したときの個体重をプロットした。1点1アクセッション。同一条件でも成長には大きなばらつきがあり、その高CO<sub>2</sub>応答（線の傾き）にも、1.4～3.1倍と大きなばらつきがある。現在、このばらつきが生じる原因を探索中である。



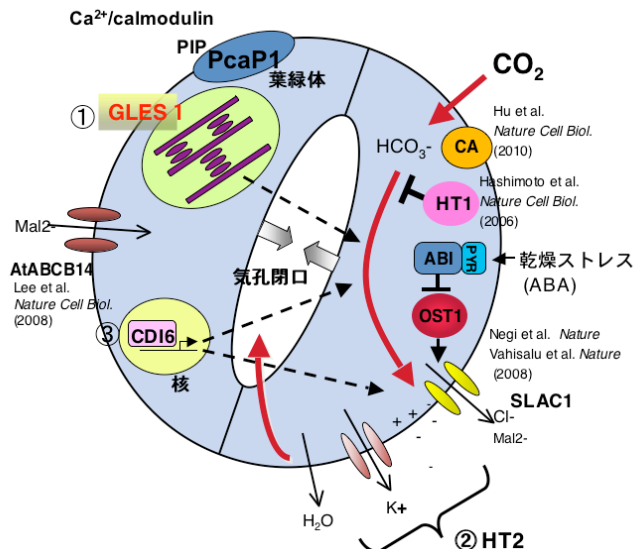
#### 4. 高 CO<sub>2</sub> 条件下の植物の成長と収量

小池班は北大樹木FACEを10年間にわたって継続し、成長や木部構造を詳細に調べている。根の成長に制限のないFACEでも、光合成のダウンレギュレーションが見られた。木部構造は、水分通導量と関係が深かった。気孔は高CO<sub>2</sub>で閉鎖しがちだが、成長増加によって葉数が増える。長谷川班は岩手県雫石市からつくばみらい市にイネFACEを移設し、品種登録年が異なる、愛国（1882年登録）、あきだわら（新品種）など5品種を栽培した。品種登録年と高CO<sub>2</sub>による収量増加率の間には関係が見られなかった。一方、稔実初数と登熟粒1粒重の積であるシンク能と収量との間に強い相関があり、高CO<sub>2</sub>による収量増加は、シンク律速であることが示唆された。三ツ井班では、イネのデンプン集積抑制酵素であるヌクレオチドピロホスファターゼ/ホスホジエステラーゼ1の変異体と野生型の挙動を比較した。両者のデンプンやショ糖含量の比率が、対照条件下と高CO<sub>2</sub>条件下で異なることから、この酵素の生理機能が環境によって異なる可能性がある。

#### 5. 気孔、葉肉コンダクタンス、光合成

射場班は、榊原班、柳澤班、馳澤班と共同して、CO<sub>2</sub>による気孔開閉制御に異常をもつシロイヌナズナ突然変異体を high through-put thermal imaging によるスクリーニングによって得た。これらを解析したところ、GLES1（孔辺細胞葉緑体の基幹形成因子）、HT2（膜輸送系を介した気孔開閉調節因子）、CD16（気孔細胞機能を統括する転写因子）などの重要な因子が見いだされた（論文準備中）。前島班は、気孔の孔の側ではなく外側のみに局在するタンパク質 PcaP1 を見だし機能を解析している。このタンパク質は、Ca<sup>2+</sup>/カルモジュリン複合体とホスファチジルイノシトールリン酸と結合する特性をもつ。この遺伝子欠損株の気孔は夜でも閉鎖しない。高 CO<sub>2</sub> 栽培条件でも閉鎖しないようだ（Kato et al. 2010）。気孔の開度は気孔孔辺細胞のみによって決まるわけではない、寺島班では、葉肉からのシグナルの同定を目的とした研究を行っている。外界から葉内への CO<sub>2</sub> 拡散の問題については館野班が理論的計算を行っている。

図4 気孔閉鎖に関わる因子群



葉の内部の細胞間隙から葉緑体への CO<sub>2</sub> 拡散コンダクタンス (Terashima et al. 2011) も高 CO<sub>2</sub> 条件で低下することが知られている。細胞膜のアクアポリンには CO<sub>2</sub> 透過活性のあるものもある (cooporins)。前島班 (Tsuchihira et al. 2010)、寺島班では、葉肉コンダクタンスにおけるアクアポリンおよびコーポリンの役割に注目した研究を行っている。

ATP/NADPH 比は CO<sub>2</sub> 濃度と連動している可能性がある。また、光合成組織におけるその調節には循環的電子伝達系が重要な役割を果たしているはずである。鹿内班では、この仮説の検証のため、光化学系 I の循環的電子伝達系の変異体と野生型を異なる CO<sub>2</sub> 条件に置いて、トランスクリプトームを解析している。三宅班は、ヒトにおける糖尿病誘発因子として有名なメチルグリオキサール (MG) を高等植物の葉緑体に見いだした。葉緑体には解毒酵素であるアルドケトレダクターゼがあるが、MG を完全に解毒しきれないこともある。とくに高 CO<sub>2</sub> 条件では、植物も糖尿病におちいる可能性がある (Saito et al. 2011)。

## 6. 発生過程への影響

高 CO<sub>2</sub> 条件では気孔密度が減少することが知られている。馳澤班では、シロイヌナズナの葉で個々の気孔孔辺細胞特異的な GFP 標識を施し、その発生過程を追跡した。高 CO<sub>2</sub> 条件では、最近傍にある気孔どうしの距離が狭まるなどの顕著な変化を捉えることができた (図 5)。徳富班では、イネの苗を通常 CO<sub>2</sub> 濃度から高 CO<sub>2</sub> 濃度に移し、葉位によってあるいは 1 枚の葉の長軸方向 (基部ほど若い) で見いだされる変化を詳細に解析している。高 CO<sub>2</sub> では葉身が短くなり葉は厚くなった。気孔密度に変化は見いだせなかった。葉の成分の分析も行っている。

葉が光合成産物を他の器官におくりだすソース (source) 器官になると、篩管のまわりに二次原形質連絡が形成される。西田班では、これに大きな役割を果たす RSX1 (ペクチン酸リアーゼ) の変異体を単離した。RSX1 のプロモーター-GUS は高 CO<sub>2</sub> で発現が強くなった。RSX1 過剰発現体では、高 CO<sub>2</sub> 条件下で根への糖転流が著しく増加した。

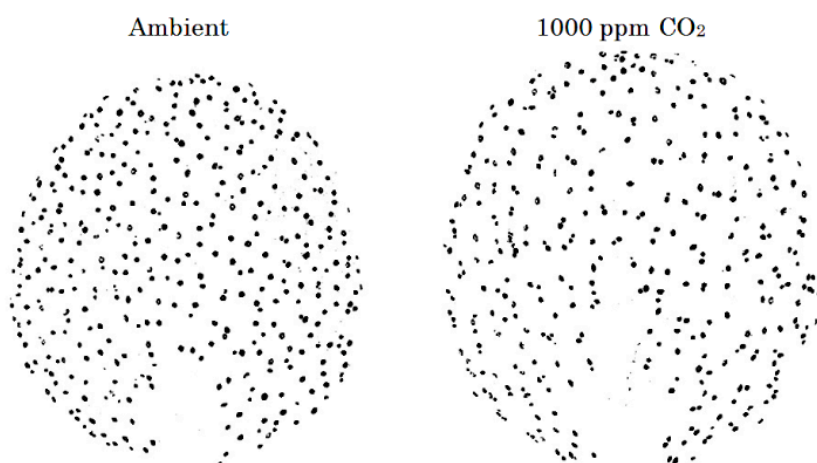


図 5 シロイヌナズナの子葉の気孔

種子のなかで約半数の気孔は決定されている。展開中に気孔数は倍に増えるが、高 CO<sub>2</sub> 環境では隣接気孔間の距離が短くなるものがある。馳澤班

## 7. モデリング、メタ解析、古環境

森永班はエコゲノミクスの手法を用いて、シロイヌナズナに近縁のハクサンハタザオ集団を対象に現生個体と博物館の標本個体を用いて、CO<sub>2</sub>応答関連遺伝子の時空間動態を解析している。環境変動に対応した明瞭な遺伝子の動的応答を見いだした。館野班では、また、古環境の炭素収支についても計算を進めている。

伊藤班は、これまでの全球の陸域における純一次生産（植物の光合成- 植物の呼吸）のメタ解析を行った。時代のトレンドによって、予測値が大きく異なる（たとえば1970年ごろまでは、20 Pg year<sup>-1</sup>）が、最近では56 Pg year<sup>-1</sup>程度に落ち着いている（Ito 2011、図6）。各植生タイプ間でLAI（葉面積比、葉の面積の合計を地面の面積で割ったもの）を比較するメタ解析も行った。伊藤班のめざす陸域生態系モデルのサブモデルとして、廣瀬班では群落成長モデル、館野班は、CO<sub>2</sub>濃度の上昇にともなう葉と根への物質分配率に関するモデル、寺島班では気孔の環境応答モデルを構築中である。

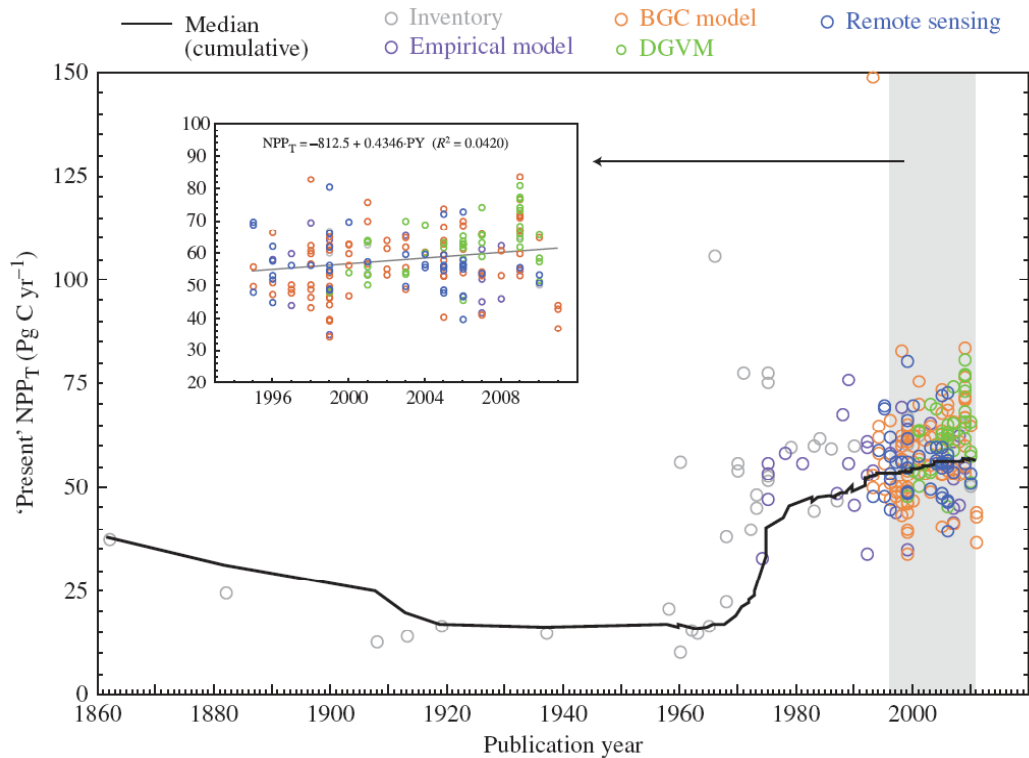


図6 全球の陸域純一次生産力に関する 251 研究例の時間変化 (Ito 2011)。

黒線は出版年までの全データの中央値を示す。 伊藤班

## 研究成果の公表の状況

### (1) 主な論文一覧

計画班は約2年間、公募班は採択後1年余の段階で、この領域の助成を受けて発表した原著論文（査読有）の数は78篇である。ページ数の関係で省いた論文もある。

#### 寺島班

- \*Hachiya T, Mizokami Y, Miyata K, Tholen D, Watanabe CK, Noguchi K (2011) Evidence for a nitrate-independent function of the nitrate sensor NRT1.1 in *Arabidopsis thaliana*. *J Plant Res* 123: in press
- Oitate H, \*Noguchi K, Sone K, Terashima I, Suzuki AA (2011) Patterns of photoassimilate translocation to reproductive shoots from adjacent shoots in *Camellia sasanqua* by manipulation of sink-source balance between the shoots. *J Plant Res* 124: 131-139.
- \*Wang Y, Noguchi K, Terashima I (2011) Photosynthesis-dependent and -independent responses of stomata to blue, red and green monochromatic lights: Differences between the normally oriented and inverted leaves of sunflower. *Plant Cell Physiol* 52: 479-489.
- \*Hachiya T, Noguchi K (2011) Integrative response of plant mitochondrial electron transport chain to nitrogen source. *Plant Cell Rep* 30: 195-204.
- \*Terashima I, Hanba YT, Tholen D, Niinemets Ü (2011) Leaf functional anatomy in relation to photosynthesis. *Plant Physiol* 155: 108-116.
- \*Araya T, Noguchi K, Terashima I (2010) Effect of nitrogen nutrition on the carbohydrate repression of photosynthesis in leaves of *Phaseolus vulgaris* L. *J Plant Res* 123: 371-379.
- \*Hachiya T, Watanabe CK, Boom C, Tholen D, Takahara K, Kawai-Yamada M, Uchimiya H, Uesono Y, Terashima I, Noguchi K (2010) Ammonium-dependent respiratory increase is dependent on the cytochrome pathway in *Arabidopsis thaliana* shoots. *Plant Cell Environ* 33: 1888-1897.
- \*Watanabe CK, Hachiya T, Takahara K, Kawai-Yamada M, Uchimiya H, Uesono Y, Terashima I, Noguchi K (2010) Effects of AOX1a deficiency on plant growth, gene expression of respiratory components, and metabolic profile under low nitrogen stress in *Arabidopsis thaliana* plants. *Plant Cell Physiol*, 51, 810-822.
- \*Yoshida K, Shibata M, Terashima I, Noguchi K (2010) Simultaneous determination of in vivo plastoquinone and ubiquinone redox states by HPLC-based analysis. *Plant Cell Physiol* 51: 836-841.

#### 射場班

- Monda, K., Negi, J., Iio, A., Kusumi, K., Kojima, M., Hashimoto, M., Sakakibara, H. and \*Iba, K. (2011) Environmental regulation of stomatal response in the *Arabidopsis Cvi-0* ecotype. *Planta*. (on line)
- \*Kusumi, K., Chono, Y., Shimada, H., Gotoh, E., Tsuyama, M. and Iba, K. (2010) Chloroplast biogenesis during the early stage of leaf development in rice. *Plant Biotechnology* 27: 85-90.

\*Kusumi, K., Hirotsuka, S., Shimada, H., Chono, Y., Matsuda, O. and Iba, K. (2010) Contribution of chloroplast biogenesis to carbon-nitrogen balance during early leaf development in rice. *Journal of Plant Research* 123: 617-622.

#### 小俣班

Ohashi Y, Shi W, Takatani N, Aichi M, Maeda S, Watanabe S, Yoshikawa H, \*Omata T (2011) Regulation of nitrate assimilation in cyanobacteria. *Journal of Experimental Botany* 62: 1411-1424.

Imamura, S, Terashita, M, Ohnuma, M, Maruyama, S, Minoda, A, Weber, AP, Inouye, T, Sekine, Y, Fujita, Y, Omata, T and \*Tanaka, K (2010) Nitrate assimilatory genes and their transcriptional regulation in a unicellular red alga *Cyanidioschyzon merolae*: genetic evidence for nitrite reduction by a sulfite reductase-like enzyme. *Plant and Cell Physiology*. 51: 707-717.

#### 柳澤班

Konishi, M. and \*Yanagisawa, S. (2011) The regulatory region controlling the nitrate-responsive expression of a nitrite reductase gene, *NIA1*, in Arabidopsis. *Plant Cell Physiology* 52: 824-836.

Kato, M., Ishikawa, S., Inagaki, K., Chiba, K., Hayashi, H., Yanagisawa, S. and \*Yoneyama, T. (2010) Possible chemical forms of cadmium and varietal differences in the cadmium concentrations in the phloem sap of rice plants (*Oryza sativa* L.). *Soil Science and Plant Nutrition* 338: 435-449.

Sato, S. and \*Yanagisawa, S. (2010) Capillary electrophoresis-electrospray ionization-mass spectrometry for metabolite profiling of anionic compounds with fused-silica capillaries. *Metabolomics* 6: 529-540.

Konishi, M. and \*Yanagisawa, S. (2010) Identification of the nitrate-responsive *cis*-element in the Arabidopsis *NIR1* promoter defines the presence of multiple *cis*-elements for nitrogen response. *Plant Journal* 63: 269-282.

Kato, Y., Konishi, M., Shigyo, M., Yoneyama, T. and \*Yanagisawa, S. (2010) Characterization of plant eukaryotic translation initiation factor 6 (eIF6) genes: The essential role in embryogenesis and their differential expression in *Arabidopsis* and rice. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 397: 673-678.

#### 榊原班

Kiba, T., Kudo, T., Kojima, M. and \*Sakakibara, H. (2011) Hormonal control of nitrogen acquisition: Roles of auxin, abscisic acid and cytokinin. *J. Exp. Bot.* 62: 1399-1409.

\*Bishopp, A., Lehesranta, S., Vatén, A., Help, H., El-Showk, S., Scheres, B., Helariutta, K., Mähönen, A. P., Sakakibara, H. and \*Helariutta, Y. (2011) Phloem-transported cytokinin regulates polar auxin transport and maintains vascular pattern in the root meristem. *Curr. Biol.* 21: 927-932.

Monda, K., Negi, J., Iio, A., Kusumi, K., Kojima, M., Hashimoto, M., Sakakibara, H. and \*Iba, K. (2011)

Environmental regulation of stomatal response in the *Arabidopsis* Cvi-0 ecotype. *Planta* n press.

Kudo, T., Kiba, T. and \*Sakakibara, H. (2010) Metabolism and long-distance translocation of cytokinin. *J. Integr. Plant Biol.* 52: 53-60.

Kojima, M., Kamada-Nobusada, T., Komatsu, H., Takei, K., Kuroha, T., Mizutani, M., Ashikari, M., Ueguchi-Tanaka, M., Matsuoka, M., Suzuki, K. \*Sakakibara, H. (2009) Highly-sensitive and high-throughput analysis of plant hormones using MS-probe modification and liquid chromatography-tandem mass spectrometry: an application for hormone profiling in *Oryza sativa*. *Plant Cell Physiol.* 50: 1201-1214.

Kuroha, T., Tokunaga, H., Kojima, M., Ueda, N., Ishida, T., Nagawa, S., Fukuda, H., Sugimoto-Shirasu, K. and \*Sakakibara, H. (2009) Functional analyses of *LONELY GUY* cytokinin-activating enzymes reveal the importance of the direct activation pathway in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 21: 3152-3169.

#### 牧野班

\*Makino A (2011) Photosynthesis, grain yield and N utilization in rice and wheat. *Plant Physiol.* 155 : 125-129.

\*Yamori W, Nagai T and Makino A (2011) The rate-limiting step for CO<sub>2</sub> assimilation at different temperatures is influenced by the leaf nitrogen content in several C<sub>3</sub> crop species. *Plant Cell Environ.* 34: 764-777.

Kanno K and \*Makino A (2010) Increased grain yield and biomass allocation in rice under cool night temperature. *Soil Sci Plant Nutr.* 56, 412-417.

#### 小池班

Kim, YS, Watanabe, M., Imori, M, Sasa, K., Takagi, K., Hatano, R. and \*Koike, T. (2011) Reduced atmospheric CH<sub>4</sub> consumption by two forest soils under elevated CO<sub>2</sub> concentration in a FACE system in northern Japan. *Journal of Japan Society for Atmospheric Environment* 46: 30-36.

Kim, YS, Makoto, K., Takakai, F, Satomura, T., Takagi, K., Hatano, R. and \*Koike, T. (2011) Greenhouse gas emissions after a prescribed fire in white 3 birch-dwarf bamboo stands in northern Japan, focusing on the role of charcoal. *European Journal of Forest Research*, DOI 10.1007/s10342-011-0490-8.

Hirano, A, Hongo I. and \*Koike, T. (2011) Morphological and physiological responses of Siebold's beech (*Fagus crenata*) seedlings grown under CO<sub>2</sub> concentrations ranging from pre-industrial to expected future levels. *Landscape and Ecological Engineering* 7 :DOI: 10.1007/s11355-011-0149-0

Kayama, M., Satoh, F. and \*Koike, T. (2011) Photosynthetic rate, needle longevity, and nutrient contents in *Picea glehnii* growing on strongly acidic volcanic ash soil in northern Japan. *Photosynthetica* (in press)

Kim, YS, Makoto, K., Takakai, F, Satomura, T., Takagi, K., Hatano, R. and \*Koike, T. (2011) Greenhouse gas emissions after a prescribed fire in white 3 birch-dwarf bamboo stands in northern Japan, focusing on the role of charcoal. *European Journal of Forest Research*, DOI 10.1007/s10342-011-0490-8.

Kim, YS, Watanabe, M., Imori, M, Sasa, K., Takagi, K., Hatano, R. and \*Koike, T. (2011) Reduced atmospheric CH<sub>4</sub> consumption by two forest soils under elevated CO<sub>2</sub> concentration in a FACE system in northern Japan. *Journal of Japan Society for Atmospheric Environment* 46: 30-36.

- Watanabe, M., Watanabe, Y., Kitaoka, S., Utsugi, H., Kita, K. and Koike, T. (2011) Growth and photosynthetic traits of hybrid larch F<sub>1</sub> under elevated CO<sub>2</sub> concentration under low nutrient availability. *Tree Physiology* (in press)
- Watanabe, Y., Satomura, T., Sasa, K., Funada, R. and Koike, T. (2010) Differential anatomical responses to elevated CO<sub>2</sub> in saplings of four hardwood species. *Plant & Cell Environment* 33:1101 – 1111.
- Watanabe, M., Umemoto-Yamaguchi, M., Koike, T. and Izuta, T. (2010) Growth and photosynthetic response of *Fagus crenata* seedlings to ozone and/or elevated carbon dioxide. *Landscape and Ecological Engineering* 6:181-190.
- Suetsugu, N., Satoh, F. and Koike, T. (2010) An atlas of Collembola species in the Sapporo Experimental Forest of Hokkaido University in Northern Japan. *Eurasian Journal of Forest Research* 13: 57-67

#### 廣瀬班

- \*Hirose T (2011) Nitrogen use efficiency revisited. *Oecologia*, in press.
- Nakamura I, Onoda Y, Matsushima N, Yokoyama J, Kawata M, \*Hikosaka K (2011) Phenotypic and genetic differences in a perennial herb across a natural gradient of CO<sub>2</sub> concentration. *Oecologia*, 165: 809-818.
- \*Hikosaka K, Kinugasa T, Oikawa S, Onoda Y, Hirose T (2011) Effects of elevated CO<sub>2</sub> concentration on seed production in C3 annual plants. *Journal of Experimental Botany*, 62: 1523-1530.
- \*Osada N, Onoda Y, Hikosaka K (2010) Effects of atmospheric CO<sub>2</sub> concentration, irradiance and soil nitrogen availability on leaf photosynthetic traits on *Polygonum sachalinense* around the natural CO<sub>2</sub> springs in northern Japan. *Oecologia*, 164: 41-52.
- \*Oikawa S, Miyagi K-M, Hikosaka K, Okada M, Matsunami T, Kokubun M, Kinugasa T, Hirose T (2010) Interactions between elevated CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>-fixation determine soybean yield - a test using non-nodulated mutant. *Plant and Soil*, 330: 163-172.
- \*Borjigidai A, Hikosaka K, Hirose T (2009) Carbon balance in a monospecific stand of an annual herb *Chenopodium album* at an elevated CO<sub>2</sub> concentration. *Plant Ecology*, 203: 33-44.
- \*Onoda Y, Hirose T, Hikosaka K (2009) Does photosynthesis adapt to CO<sub>2</sub>-enriched environments? An experiment on plants originating from three natural CO<sub>2</sub> springs. *New Phytologist*, 182: 698-709.

#### 伊藤班

- \*Ito A (2011) A historical meta-analysis of global terrestrial net primary productivity: are estimates converging? *Global Change Biology*, (in press),
- \*Inatomi M, Ito A, Ishijima K, Murayama S (2010) Greenhouse gas budget of a cool temperate deciduous broadleaved forest in Japan estimated with a process-based model. *Ecosystems*, 13, 472-483.
- \*Ise T, Litton CM, Giardina CP, Ito A (2010) Comparison of modeling approaches for carbon partitioning: Impact on estimates of global net primary production and equilibrium biomass of woody vegetation from MODIS

GPP. *Journal of Geophysical Research*, 115, G04025, doi:10.1029/2010JG001326.

\*Ito A (2010) Changing ecophysiological processes and carbon budget in East Asian ecosystems under near-future changes in climate: Implications for long-term monitoring from a process-based model. *Journal of Plant Research*, 123, 577-588.

\*Ito A (2010) Evaluation of defoliation impacts of tropical cyclones on the forest carbon budget using flux data and a process-based model. *Journal of Geophysical Research*, 115, G04013, doi:10.1029/2010JG001314.

\*Ito A, Ichii K, Kato T (2010) Spatial and temporal patterns of soil respiration over the Japanese Archipelago: A model intercomparison study. *Ecological Research*, 25, 1033-1044.

#### 鹿内班

\*Peng L., Yamamoto H. and Shikanai T. (2011) Structure and biogenesis of the chloroplast NAD(P)H dehydrogenase complex. *Biochimica Biophysica Acta* 1807: 945-953.

Peng L. and \*Shikanai T. (2011) Supercomplex formation with photosystem I is required for the stabilization of the chloroplast NADH dehydrogenase-like complex in *Arabidopsis*. *Plant Physiology* 155: 1629-1639.

Yamamoto H., Peng L., Fukao Y. and \*Shikanai T. (2011) An Src homology 3 domain-like fold protein forms a ferredoxin-binding site for the chloroplast NADH dehydrogenase-like complex in *Arabidopsis*. *The Plant Cell* 23: 1480-1493.

Cai W., Okuda K., Peng L. and \*Shikanai T. (2011) PROTON GRADIENT REGULATION 3 recognizes multiple targets with limited similarity and mediates translation and RNA stabilization in plastids. *The Plant Journal* doi: 10.1111/j.1365-313X.2011.04593.x

#### 唐班

Kato T., Hirota M., Tang Y., and \*Wada E. (2011) Spatial variability of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes in alpine ecosystems on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Atmospheric Environment*. ( in press).

Shen, M., J. Chen, X. Zhu, Y. Tang. and \*X. Chen. (2010) Do flowers affect biomass estimate accuracy from NDVI and EVI? *International Journal of Remote Sensing* 8: 2139-2149.

Shimono, A., A. Ueno, T. Tsumura, and \*Y. Tang. (2010) Range shifts of *Potentilla fruticosa* on the Qinghai-Tibetan Plateau during glacial and interglacial periods revealed by chloroplast DNA sequence variation. *Heredity* 104(6):534-542.

#### 徳富（宮尾）班

Fukayama H\*, Sugino M, Fukuda T, Masumoto C, Taniguchi Y, Okada M, Sameshima R, Hatanaka T, Misoo S, Hasegawa T. Miyao M (2011) Gene expression profiling of rice grown in free air CO<sub>2</sub> enrichment (FACE) and elevated soil temperature. *Field Crops Research* 121: 195-199.



#### 長谷川班

Cheng W, Sakai H, Yagi K, Hasegawa T. (2010) Combined effects of elevated [CO<sub>2</sub>] and high night temperature on carbon assimilation, nitrogen absorption, and the allocations of C and N by rice (*Oryza sativa L.*). *Agricultural and Forest Meteorology*, 150: 1174-1181.

#### 馳澤班

Nomura, T. and \*Hasezawa, S. (2011) Regulation of gemma formation in the copper moss *Scopelophila cataractae* by environmental copper concentrations. *J Plant Res* in press. doi:10.1007/s10265-010-0389-3

#### 花田班

Hanada K\*, Hase T, Toyoda T, Shinozaki K, Okamoto M. Origin and evolution of genes related to ABA metabolism and its signaling pathways. *J Plant Res.* (in press)

Keiko Y-Sakakibara\*, K. Hanada An evolutionary view of functional diversity in family 1 glycosyltransferases. *Plant J.* 2011 66:182-193.

#### 前島班

Tsuchihira A, Hanba YT, Kato N, Doi T, Kawazu T, Maeshima M\* (2010) Effect of overexpression of radish plasma membrane aquaporins on water-use efficiency, photosynthesis, and growth of *Eucalyptus* tree. *Tree Physiology*, 30: 417–430.

Kato M, Nagasaki-Takeuchi N, Ide Y, Tomioka R, Maeshima M\* (2010) PCaPs, possible regulators of PtdInsP signals on plasma membrane. *Plant Signaling & Behavior*. 5: 848–850.

#### 三宅班

Saito R, Yamamoto H, Makino A, Sugimoto T, \*Miyake C (2011) Methylglyoxal functions as Hill oxidant and stimulates the photoreduction of O<sub>2</sub> at the photosystem I: A symptom of plant diabetes. *Plant, Cell and Environment*, DOI: 10.1111/j.1365-3040.2011.02344.x

#### 三ツ井班

Kaneko K, Yamada C, Yanagida A, Kosu T, Umezawa Y, Itoh K, Hori H, \*Mitsui T (2011) Differential localizations and functions of rice nucleotide pyrophosphatase/phosphodiesterase isozymes 1 and 3. *Plant Biotechnology* 28: 69-76.

#### 山口班

Sato T, Maekawa S, Yasuda S, Domeki Y, Sueyoshi K, Fujiwara M, Fukao Y, Goto DB, \*Yamaguchi J. (2010) Identification of 14-3-3 proteins as a target of ATL31 ubiquitin ligase, a regulator of the C/N response in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal* published online.

Sako K, Maki Y, Imai KK, Aoyama T, Goto DB, \*Yamaguchi J. (2010) Control of endoreduplication of trichome by RPT2a, a subunit of 19S proteasome in Arabidopsis. *Journal of Plant Research* 123: 701-706.

Sako K, \*Yamaguchi J. (2010) How does the plant proteasome control leaf size? *Plant Signaling & Behavior* 5: 1119-1120.

## (2) ホームページについて

領域発足後間もない、2009年7月28日にホームページを開設した。

<http://plant.biology.kyushu-u.ac.jp/shinryoiki/index.html>

以後、2011年6月22日現在で、9107件のアクセスがあった。GOOGLEに「CO<sub>2</sub>」と「植物」の二つのキーワードを入れると、4番目に出てくる。広報は射場班（楠見健介助教）が担当しており、最新情報を随時更新している。班員名簿からは各班のHPにリンクがはられている。特徴ある企画としては、まず、年に2回の頻度で発行しているニュースレターが挙げられる。A4版2段組み20~30頁のもので、最近の研究論文紹介、各班の代表者が執筆する研究紹介（各班2~3頁）、若手研究者の研究紹介と自己紹介（各人2~3頁）、集会等の報告な

### ニュースレター



Vol. 3 (2011年1月発行)

巻頭言：明けましておめでとうございます  
・新学術領域研究班からの論文紹介  
・研究班紹介（榊原班、柳澤班、伊藤班）  
・若手研究者研究紹介  
（東北大・須藤恵美さん、国立環境研・富松元さん）  
・関連集会報告  
・学術集会案内 その他

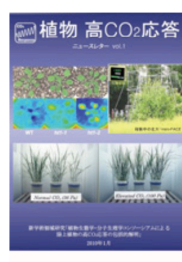
[HTML版](#)  
 PDF版 [\[高解像度\(30MB\)\]](#) [\[低解像度\(5.5MB\)\]](#)



Vol. 2 (2010年7月発行)

巻頭言：さあ本番です  
・新学術領域研究からのニュース  
・研究班からの最近の論文紹介  
・公募班の概要  
・研究班紹介（小俣班、寺島班、廣瀬班）  
・若手研究者研究紹介  
（九州大・柳宜淳太郎さん、国立環境研・安立美奈子さん）  
・関連集会報告  
・学術集会案内 その他

[HTML版](#)  
 PDF版 [\[高解像度\(58MB\)\]](#) [\[低解像度\(6.2MB\)\]](#)



Vol. 1 (2010年1月発行)

巻頭言：ニュースレター発行にあたって  
・本学術領域研究の概要  
・研究班紹介（射場班、牧野班、小池班）  
・若手研究者研究紹介  
（東北大・小口理一さん、東京大・渡辺千尋さん）  
・関連集会報告  
・その他

[HTML版](#)  
 PDF版 [\[高解像度\(23MB\)\]](#) [\[低解像度\(7.6MB\)\]](#)

どがその内容である。紙媒体での発行はせず、PDF版（30~50 MB 程度の高解像度版と5 MB 程度の低解像度版）がダウンロードできるようにしてある。また、HTML版も作っている。もちろん誰でもアクセスできる。現在第4号がほぼ完成している段階である。また、HPには、ほぼ毎月、領域からの研究成果（論文抄録）を掲載している（これまでに24篇分）。栽培技術などの情報も載せている。

今後は、班員が執筆した植物のCO<sub>2</sub>応答に関する和文総説などを取りまとめ、CO<sub>2</sub>と植物の関係に関する問題ならば、このHPと言われるようなコーナーを設けたいと計画している。現在、班員が執筆した和文総説のリストが出来ており、その内容を検討している段階である。

### HPのニュースレターのコーナー

本ニュースレターでは研究班の研究内容を紹介します。本号では榊原班・柳澤班・伊藤班の研究内容を紹介します。

## 植物ホルモンを介した炭素・窒素栄養バランス情報の伝達システムの解明

研究代表者：榊原 均 研究分担者：木羽 隆敏 連携研究者：信定 知江

### 高CO<sub>2</sub>に対する代謝的応答と形態的応答

植物を高CO<sub>2</sub>環境下で生育させると、大気条件に比べ大きく育ちます。この可視的な違いができるまでは、高CO<sub>2</sub>処理した植物内で、気孔から取り込まれる単位時間当たりのCO<sub>2</sub>量の増加→炭素同化量の上昇→C/N比変化を補うための窒素同化量の上昇→生体分子構成成分（アミノ酸、核酸、糖など）の合成と供給量の増加→それに見合う生育速度と形態形成の調節、というイベントが起こっているものと推測されます。このように、植物は代謝調節とともにその代謝に最適な形態形成をすることで、植物個体全体としてのバランスを維持しています。この代謝と形態応答のリンクを理解する上で欠かせないのが植物ホルモンとの関係です。

### 炭素・窒素栄養バランスと植物ホルモン

植物ホルモンは外環境変化に対する形態的、代謝的応答のためのシグナル分子として重要な役割を担っています。私達の研究室では窒素栄養応答における代謝と形態形成の相互制御システムについて研究を進めています。これまでの研究から、サイトカイニン（Cytokinin）は窒素栄養供給量によりその生合成が調節され、局所シグナルおよび器官間情報伝達シグナルとして光合成機能、シンク・ソースバランスを制御していることを明らかにしています。シロイヌナズナではサイトカイニンの生合成の律速酵素であるIPT遺伝子の1つ、IPT3が硝酸イオンによって正の発現調節を受けています。ただし、高CO<sub>2</sub>環境下やC/N栄養バランス比による植物ホルモン全体の代謝調節や

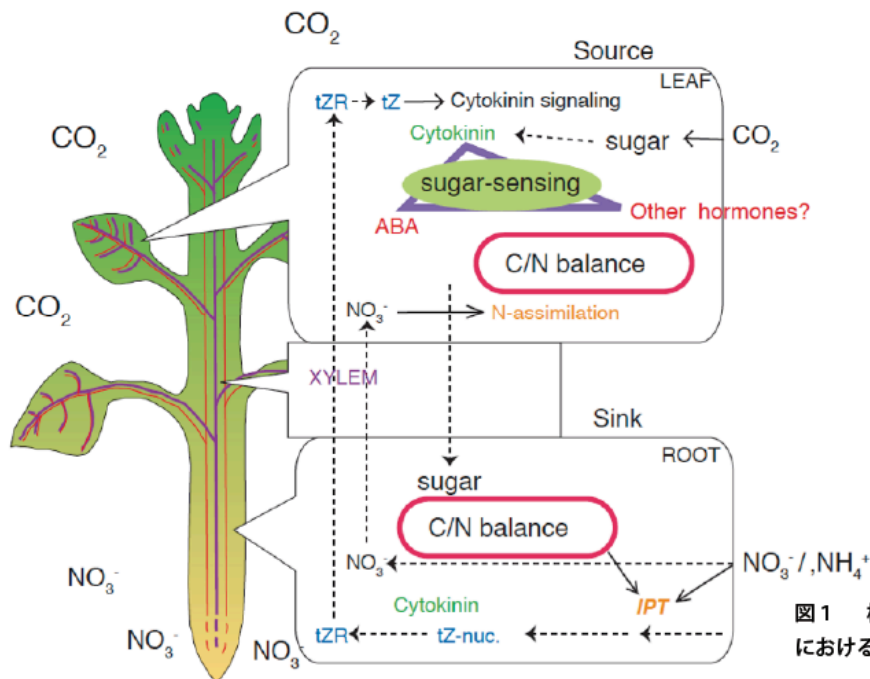


図1 植物の高CO<sub>2</sub>・C/Nバランス応答機構における植物ホルモンの役割のモデル図

5

ニュースレター第3号から 榊原班の研究紹介のページ

### (3) 公開発表について

#### (3) -1 シンポジウムおよびセミナー

シンポジウム、セミナー、ワークショップを開催してきた。今後も開催予定である。

#### 新学術領域 第1回若手ワークショップ

日時：2010年12月16日（木）14:00～12月18日（土）（2泊3日）

場所：山喜旅館（静岡県伊東市、<http://www.ito-yamaki.co.jp/index.html>）

世話人：木羽隆敏（理研榊原班分担者）

第1回なのでお互いに知り合い交流することを主目的とし、若手は自己紹介と研究発表を行った。温故知新セミナーとして、泉井 桂 京都大名誉教授（近畿大学先端技術総合研究所客員教授）、前 忠彦 東北大名誉教授、林 浩昭 元東京大学助教授（現 農林業）に話題を提供していただいた。参加者約60名。

#### 新学術領域研究集会

##### "Toward understanding and modeling of canopy function and structure under global change"

日時：2010年9月2日午後13:30～16:30

場所：東北大理学部キャンパス生物棟大会議室

世話人：彦坂幸毅（東北大）

Utrecht 大学から Niels Anten 教授を迎え、英語によるワークショップを行った。参加20名。

0) Introduction Kouki Hikosaka (Tohoku University)	3) Problems in modeling of canopy function and structure Kouki Hikosaka (Tohoku University)
1) How do broad-scale ecosystem models estimate canopy photosynthesis? Akihiko Ito (NIES)	4) A game theoretical approach to modelling canopy function: does it work or is the game too complicated? Niels Anten (Utrecht University)
2) Meta analysis of plant leaf area index and nitrogen dynamics at global scale in relation to biotic and abiotic factors; plan and preliminary result Atsuhiko Iio (NIES)	5) Light interception in species with different functional groups coexisting in moorland plant communities Chiho Kamiyama (Tohoku University)

#### 新学術領域勉強会「植物の高CO<sub>2</sub>応答モデル：個葉から生態系まで」

時間：2010年9月8日（水）13:00～18:00

場所：中部大学55号館5511講義室

オーガナイザー：伊藤昭彦（国立環境研究所）

日本植物学会第74回大会の関連集会として行った（公開）。参加者約80名。懇親会にも約40名が参加した。

13:00～ 趣旨説明 寺島一郎（東京大学）	15:30～ 生態系モデル 伊藤 昭彦（国環研）
13:10～ 個葉光合成モデル 寺島一郎（東大）	16:30～ 作物モデル 長谷川 利拡（農環技研）
14:10～ 群落モデル 彦坂 幸毅（東北大）	17:30～ 総合討論

## 日本植物学会第 74 回大会シンポジウム：植物物群落の生産構造 2010

日時：2010 年 9 月 9 日（木）9:00～12:00

場所：中部大学 9 号館

オーガナイザー：彦坂幸毅（東北大）・寺島一郎（東大）

古くからの重要な課題である植物群落の生産構造に対する、新たなアプローチの可能性を議論した。Niels Anten 教授がゲーム理論をもとに群落を解析する研究を紹介した。参加者 40 名

- |   |  |
|---|--|
| 9:00～ 趣旨説明 彦坂 幸毅（東北大）                     | 10:30～ 植物の分子構造と窒素分配パターンの関連<br>長田典之（京大・フィールド研）  |
| 9:15～ 最適様群構築にかかわるシステミック制御<br>寺島一郎（東大）     | 10:55～ Vegetation structure and functioning; the result of<br>a game? Niels Anten (Utrecht 大学) |
| 9:40～ 葉群内の光環境と光合成反応の相似形モデル<br>小山耕平（石川県立大） |  |
| 10:05～ 変動環境下の群落光合成に関するモデル解析<br>伊藤 昭彦（国環研） |  |

## 日本植物学会第 75 回大会シンポジウム：

### C/N バランスの研究を通して植物高 CO<sub>2</sub> 応答を読み解く

日時：2011 年 9 月 17 日（土）9:30～12:00

場所：東京大学駒場キャンパス H 会場

オーガナイザー：小俣達男（名大・院・生命農学）・寺島一郎（東大・院・理）

本新学術領域の研究によって、植物の CO<sub>2</sub> 応答において、C/N バランスがきわめて重要な役割を果たしていることが、浮き彫りなりつつある。C/N バランスへの分子生理学的アプローチを議論する。

- |  |   |
|--|---|
| 9:30 ～ はじめに 小俣達男（名大・院・生命農学）  | 11:00 ～ 高 CO <sub>2</sub> 応答とサイトカイニン<br>木羽隆敏、榊原均（理研・PS）   |
| 9:45～ 高等植物の硝酸応答機構<br>小西美穂子、柳澤修一（東大・農学生命）   | 11:25 ～ シンク／ソースの切り替えと二次原形質連絡<br>形成<br>段 中瑞、西田生郎（埼玉大・院・理工） |
| 10:10～ イネにおける新規タンパク質リン酸化酵素を<br>介したアンモニウム吸収制御と C/N バランス<br>早川俊彦、谷合彰子（東北大・院・農）                   | 11:50 ～ おわりに：高 CO <sub>2</sub> 応答の理解にむけて<br>寺島一郎（東大・院・理）  |
| 10:35 ～ ユビキチンプロテアソームシステムによる<br>C/N 応答制御-ユビキチンリガーゼ ATL31 と<br>その標的を介した代謝調節<br>佐藤長緒、山口淳二（北大・院・理） |   |

## 日本生化学会第 84 回大会シンポジウム

### 高 CO<sub>2</sub> な近未来環境で植物はどうか？—その解明のための生化学的アプローチ—

時間：2011 年 9 月 21 日（水）15:15-17:45（プログラム No.1S8p）

会場：第 8 会場（京都国際会館 1 階 RoomF）

オーガナイザー：柳澤 修一（東大・院・農学生命科学研究科）・榊原 均（理化学研究所植物科学研究センター）

高 CO<sub>2</sub> 環境への応答機構を主に生化学的な観点から議論する。

射場厚（九州大学理学研究院）

順遺伝学的アプローチによる気孔の CO<sub>2</sub> 開閉応答  
機構の解析

前島正義（名古屋大学大学院生命農学研究科）

気孔閉口に関わる新規情報伝達タンパク質 PCaP1  
の分子特性と高 CO<sub>2</sub> 応答

柳澤修一（東京大学大学院農学生命科学研究科）

シロイヌナズナ高 CO<sub>2</sub> 応答のメタボローム解析

榊原均（理化学研究所植物科学研究センター）

高 CO<sub>2</sub> 環境への馴化過程における植物ホルモンの  
役割

野口航（東京大学大学院理学研究科）

高 CO<sub>2</sub> 条件におけるシロイヌナズナの呼吸代謝系  
の応答

三宅親弘（神戸大学大学院農学研究科）

高等植物での、糖代謝における不可避の生成物・  
アルドケト化合物の代謝メカニズムの全容解明に  
向けて—植物は、なぜ糖尿病を患わないのか？—

総合討論

## 新学術領域 第 2 回若手の会

2011 年 10 月 7 日（金）～9 日（日）まで、休暇村支笏湖（〒066-0281 北海道千歳市支笏湖温泉，<http://www.qkamura.or.jp/shikotsu/>）で若手の会を開催する。若手の会の期間中に、「代謝とメタボロミクス」勉強会も開催予定。



第 1 回若手の会 集合写真

2010 年 12 月 16 日～（木）18 日（土）

伊東温泉 山喜旅館

### (3) -2 招待講演

#### 寺島班

Terashima, I. Construction and maintenance mechanisms of the photosynthetic system of a leaf and a plant individual with high nitrogen use efficiencies: Involvement of systemic regulation mechanisms. Nirogen 2010 愛知県犬山市 (July 26-30, 2010)

Terashima, I. Leaves are green so as to use green light efficiently. The 15<sup>th</sup> International Congress of Photosynthesis. 北京 (August 22-27, 2010)

Terashima, I. Green light drives leaf photosynthesis more efficiently than red light in strong white light. Leaf Optics 2009. Eberberg, Germany (October 7-9, 2009).

Noguchi, K. Yoshida, K. Metabolic interaction between chloroplast and mitochondrion the 5<sup>th</sup> German-Japan binational seminar. From photoreaction to Biomass: Phototrophic ecosystems and biotechnology. つくば市 (June 3-6,

#### 射場班

Iba, K., Isolation and characterization of *Arabidopsis* CO<sub>2</sub> response mutants by thermal imaging. Keystone Symposia, January 2011, Keystone

Iba, K., Analysis of *Arabidopsis* CO<sub>2</sub> response mutants by thermal imaging. 21th International Conference on Arabidopsis Research, June 2010, Yokohama

#### 小俣班

Omata, T. Nitrogen regulation in cyanobacteria. Nirogen 2010 愛知県犬山市 2010年7月

Omata, T., Nishimura, T., Okada, T., Aichi, M. and Maeda, S. Dual role of CmpR in regulation of the CCM-related genes in *Synechococcus elongatus* PCC7942. The VIIth International Symposium on Inorganic Carbon Utilization by Aquatic Photosynthetic Organisms (CCM7) 兵庫県淡路市 (淡路夢舞台) 2010年8月

#### 柳沢班

Yanagisawa, S. Molecular mechanism underlying nitrate-responsive gene expression in higher plants. *Plant & Animal Genome XIX Conference, Engineering Nitrogen-Use Efficiency in Crop Plants Workshop*, January 15-19, 2011, San Diego, USA.

Yanagisawa, S. Proteomic screening of plant regulatory proteins with distinctive characteristics. *The 2nd International Symposium "Frontier in Agriculture Proteome Research"*, November 18-19, 2010, Tsukuba, Japan.

Yanagisawa, S. Molecular mechanisms underlying nitrate-responsive transcription. *1st International Symposium on the Nitrogen Nutrition of Plants*, July 26-30, 2010, Inuyama, Japan.

Yanagisawa, S. An attempt to improve nitrogen utilization efficiency of crops: genetic modification with the Dof1 transcription factor. *Plant and Animal Genome XVIII Conference, Engineering Nitrogen-Use Efficiency in Crop Plants Workshop*, January 9-13, 2010, Town & Country Convention Center, San Diego, California.

#### 榊原班

Sakakibara, H. (2009) Cytokinin biosynthesis pathway: Not as simple as it looks. Auxins and Cytokinins Plant Development 3<sup>rd</sup> International Symposium. (ACPD 2009) Prague, July 11.

Sakakibara, H. (2009) Cytokinin biosynthesis pathway and its regulation: How do plants regulate their growth and development by cytokinin actions? International Conference on Biological Science Faculty of Biology Universitas Gadjah Mada 2009 (ICBSBIO-UGM2009) Yogyakarta, Indonesia, October 17.

Sakakibara, H. (2010) Regulation of cytokinin action in plants: Biological importance of side-chain variation.

20th International Conference on Plant Growth Substances, Taragona, Spain, June 28.

Sakakibara, H. (2010) Nitrogen-dependent regulation of cytokinin metabolism. Nitrogen 2010, Inuyama, Japan, July

Sakakibara, H. (2010) Structural variation of cytokinin and its biological importance. International Symposium on Plant Productivity, Peterborough, Canada, October 26.

#### 牧野班

鈴木 雄二、前 忠彦、牧野 周 : Rubisco ターンオーバーと窒素栄養 日本土壌肥料学会年会

2010年9月8日 札幌

#### 小池班

Koike, T., Tobita, H., Agari, T., Kitao, M., Watanabe, M., Makoto, K., Sasa, K. and Hashidoko Y. (2010)

Plant defense characteristics of alder species native to northern Japan grown at elevated CO<sub>2</sub> in FACE. International

Conference on "Mechanisms of Growth, Competition and Stress Defense in Plants", 1-3 March 2010, Freising, Germany.

#### 広瀬班

Hikosaka K. CO<sub>2</sub> response of seed production and nitrogen use in C3 annual species. 1st International Symposium on the nitrogen nutrition of plants. Inuyama, 2010.7.29.

Hikosaka K. Variation in photosynthetic capacity: How and Why? JSPS colloquium "Green

Industry" Stockholm, 24 May 2009.

飯尾淳弘、「森林生態系の機能と役割- 光合成による CO<sub>2</sub> 吸収・固定」第12回静岡ライフサイエンスシンポジウム、  
2011年3月4日、静岡県立大学

Ito A. Modeling of biogeochemical feedbacks of terrestrial ecosystems through trace gas exchange. 2nd Hydrology delivers Earth System Science to Society joint meeting for GSWP/GLASS AsiaFlux/FLUXNET LandFlux-EVAL CEOP. 2010年6月  
22-25日、東京大学生産技術研究所

Ito A. Global Change and Biodiversity (Earth Science/Environment). 5th Japanese-French Frontiers of Science Symposium. 2011  
年1月21-23日、晴海グランドホテル (東京)

伊藤昭彦 台風による落葉が森林生態系の炭素収支に与える影響に関するモデル解析. 日本農業気象学会 2011年全国  
大会. 2011年3月15-19日、鹿児島大学

#### 鹿内班

T. Shikanai, Regulation of photosynthetic electron transport by PSI cyclic electron transport. The 15<sup>th</sup> International  
Congress of Photosynthesis. 2010.8.26, 北京

T. Shikanai, Structure and function of machinery of PSI cyclic electron transport. APRU

T. Shikanai, Machinery and assembly of chloroplast NDH complex. 2011 スイス-日本ワ  
ークショップ, 2011.1.13, オロン (スイス)

T. Shikanai, Regulation of photosynthetic electron transport: Structure and assembly  
of the chloroplast NDH complex. Japanese-Finish Seminar 2011, 2011.3.2, 岡山

鹿内利治 葉緑体 NDH 複合体の構造とアッセンブリー. 蛋白研セミナー, 2011.3.10, 大阪

T. Shikanai, Machinery and assembly of PSI cyclic electron transport. Gordon Research  
Conference Photosynthesis, 2011.6.15, Davidson, NC (USA)



Davidson, NC (USA)

#### 唐班

Y. Tang. Plenary Presentation, Committee to review IPCC, InterAcademy Council, Beijing, 2010

#### 徳富（宮尾）班

Miyao M, Masumoto C, and Miyazawa S-I. Physiological impact of the C<sub>4</sub>-like pathway introduced

into the mesophyll cell of rice leaves. 2010 Symposium on C<sub>4</sub> Plant Biology: Exploiting the Engine of C<sub>4</sub> Photosynthesis,

2010年8月, Miyazawa S-I and Miyao M. Phosphoenolpyruvate carboxylase intrinsically located in the

chloroplast of rice (*Oryza sativa* L.). CCM7: The VIIth International Symposium on Inorganic Carbon Utilization by

Aquatic Photosynthetic Organisms, 2010年9月1日, 淡路

徳富（宮尾）光恵. 植物光合成システムのイノベーションへの展開. 日本植物学会第74回大会, 2010年9月9日, 春日井.

#### 西田班

Nishida, I. Roles of RESTRICTED SUCROSE EXPORT1 Pectate Lyase in Sucrose Translocation and Secondary Plasmodesmal

Biogenesis in the Leaf Vein of Arabidopsis Source Leaves. International conference on plant vascular biology 2010. 2010年

7月24日-28日 (Columbus)

#### 花田班

花田耕介. 様々なオミックスデータを統合して同定された短い遺伝子の機能解析. 国立遺伝学研究所研究集会. 次世代シーケンシング時代の分子進化研究. 2011年4月.

花田耕介. インシリコ予測に基づいた植物の新規機能性低分子ペプチド. ペプチドホルモンシンポジウム. 植物生理学会学会. 2011年7月, 名古屋大学.

花田耕介, 岡本昌憲. ABA代謝およびシグナルパスウェイに関係する遺伝子群の起源と進化. 日本植物学会シンポジウム. Opening a New Era of ABA Research - Journal of Plant Research. 特集号の出版を記念して. 2011年9月. 東京大学

#### 早川班

早川俊彦, 谷合彰子. イネにおける新規タンパク質リン酸化酵素を介したアンモニウム吸収制御と C/N バランス. 日本植物学会第75回大会シンポジウム「C/N バランスの研究を通して植物高 CO<sub>2</sub> 応答を読み解く」平成23年9月17日, 東京大学

#### 前島班

永田千咲子, 長崎-武内菜穂子, 三輪智佳, 木下俊則, 前島正義: 気孔開閉に関わる新規情報伝達タンパク質 PCaP1の分子特性と高 CO<sub>2</sub> 応答. 日本生化学会大会シンポジウム. 京都, 2011年9月21日.

Maeshima, M., Tshuchira, A., Segami, S.: Responses of a plasma membrane aquaporin PIP2;3 and

vacuolar proton pump H<sup>+</sup>-pyrophosphatase to physiological high temperatures. The JSPS Colloquium in Stavanger on "Abiotic stress from genes to biosphere.", Stavanger, Norway, August 20, 2011.

長崎菜穂子, 加藤真理子, 永田千咲子, 宮野雅司, 前島正義: 植物細胞膜に局在する天然変性タンパク質 PCaP, シンポジウム「“ひらひら”した不定形の領域を介する蛋白相互作用: 医薬、農薬の新たな探索標的」日本農芸化学会2011年度大会. 京都, 2011年3月25-28日土平絢子,

前島正義：細胞膜アクアポリンの水分生理と光合成への寄与.日本植物学会シンポジウム.中部大学, 2010年9月9-11日

### 三ツ井班

Mitsui T, Kitajima-Koga A, Kaneko K, Shiraya T, Nakano A, Toyooka K, Matsuoka K, “Golgi-to-Plastid traffic in higher plant cells”, 第84回日本生化学会大会シンポジウム”Conservation and divergence of vesicular transport system over species.”  
2011年9月24日, 京都

白矢武士、森 太紀、大久保英奈、丸山達也、金古堅太郎、三ツ井敏明。「定量的プロテオーム解析によるイネの高温登熟耐性メカニズムの解明」. 日本プロテオーム学会 2011年大会サテライトシンポジウム「植物・農学プロテオーム研究のフレッシュネットワーク構築に向けて」. 2011年7月30日, 新潟

三ツ井敏明、金古堅太郎、甲州 努、梅澤幸歩、古賀 彩、白矢武士、広瀬和子、天野麻穂、西村紳一郎、ボズエタ-ロメロ ハビア. イネプラスチド局在型ヌクレオチドピロホスファターゼ/ホスホジエステラーゼのN-グライコーム解析：機能糖タンパク質がゴルジ装置の後期区画からプラスチド輸送される, 日本プロテオーム学会 2011年大会シンポジウム「植物プロテオーム研究の新展開」. 2011年7月29日, 新潟

三ツ井敏明。「高温に強いイネの開発」, 新農業展開ゲノムプロジェクト・富山シンポジウム 2010「ここまでの！お米の研究最前線」. 2010年12月10日, 富山

### 森長班

森長真一 植物の分布と適応：ゲノムが語る低地と高地の形質分化、第10回日本分類学会連合公開シンポジウム、2011年1月9日、国立科学博物館新宿分館。

Morinaga, S.-I. Ecological genomics of a wild species of *Arabidopsis* growing along an altitudinal gradient, International symposium “Eco-Evolutionary Approaches to Climate Changes Rapid Adaptation to Climate Changes in Plants”, August 29 2010, Kyushu University, Japan.

### 山口班

山口淳二：植物ユビキチン-プロテアソームシステムの新たな機能性-C/N代謝制御の分子基盤-, 研究セミナー, 平成23年2月16日, 遺伝子実験センター, 筑波大学

J. Yamaguchi: C/N regulation mediated by ubiquitin-proteasome system in *Arabidopsis*, Invited Seminar, Max Planck Institute. 2010.12.01, Golm, Germany

J. Yamaguchi, Takeo Sato, Shugo Maekawa, Shigetaka Yasuda: C/N regulation mediated by ubiquitin-proteasome system in *Arabidopsis*, 1th International Symposium on the Nitrogen Nutrition of Plants. 2010.7.26-30, Inuyama, Japan

山口淳二、佐藤長緒、前川修吾、安田盛貴：植物の糖・窒素代謝調節に関わるユビキチンリガーゼ ATL31 とその標的タンパク質群, 第10回日本蛋白質学会年会. 平成22年6月17日, 札幌コンベンションセンター

山口淳二、佐古香織、佐藤長緒、眞木祐子、前川修吾：植物ユビキチン-プロテアソームシステムの特徴-葉器官サイズ制御を例として, シンポジウム“ユビキチンから探るタンパク質制御・生命現象”, 第51回日本植物生理学会年会, 平成22年3月18日-21日, 熊本大学 (シンポジウム発表)

山口淳二：ユビキチン・プロテアソームシステムによる植物栄養応答制御, 基礎生物学研究所セミナー. 平成22年2月4日, 基礎生物学研究所

#### (4)「国民との科学・技術対話」について

現在、領域メンバーが執筆した和文総説などを利用して、植物とCO<sub>2</sub>との関係を分かりやすく解説したコーナーをHP上に開設すべく、準備を進めている。

本領域の研究課題「植物高CO<sub>2</sub>応答」は、社会的にも関心が高く、中学生や高校生にむけた講演会やセミナーを行う意義が大きい。評価委員や学術調査官などからも、アウトリーチ活動をなるべく行うよう、指示を受けてきた。しかしながら、新しい研究領域が順調に動き始めるまでは、研究およびコンソーシアム運営に専念した。24年度、25年度には、本領域研究の成果に基づいた報告会やセミナーを企画する予定である。

## 研究組織と各研究項目の連携状況

### 計画研究班

研究代表者（代）・分担者（分）・連携研究者（連）	研究課題名
寺島 一郎 代：東京大 理学系研究科 教授 野口 航 分：同 准教授 種子田 春彦 分：同 特任助教	成長呼吸と維持呼吸の高CO <sub>2</sub> 応答
射場 厚 代：九州大 理学研究院 教授 松田 修 連：同 助教 楠見 健介 連：同 助教	植物におけるCO <sub>2</sub> シグナル伝達の分子遺伝学的解析
小俣 達男 代：名古屋大 生命農学研究科 教授 愛知 真木子 分：中部大 応用生物学部 講師 前田 真一 分：名古屋大 生命農学研究科 助教	窒素制限条件下の光合成機能と生産性に与える高CO <sub>2</sub> 環境の影響の解明
柳澤 修一 代：東大 農学生命科学研究科 准教授	窒素同化能力強化植物を用いたC/N相互作用に基づく高CO <sub>2</sub> 応答ネットワークの解析
榊原 均 代：理研グループディレクター 木羽 隆敏 分：同 研究員 信定 知江 連：同 特別研究員	植物ホルモンを介した炭素・窒素栄養バランス情報の伝達システムの解明
牧野 周 代：東北大 農学研究科 教授 鈴木 雄二 分：同 助教 石田 宏幸 連：同 准教授	高CO <sub>2</sub> 環境がイネの光合成とバイオマス生産に与える影響の解明
小池 孝良 代：北大 農学研究院 教授 笹 賀一郎 分：北大 北方生物圏センター 教授 高木 健太郎 連：北大 農学研究院 助教 船田 良 連：東京農工大 共生科学 教授 <sup>Y</sup>	開放系大気CO <sub>2</sub> 増加環境での樹木等の光合成と木部生産機能のパラメータ化
廣瀬 忠樹 代：東京農大 国際食料情報学部 教授 彦坂 幸毅 分：東北大 生命科学研究科 教授	植物機能の高CO <sub>2</sub> 応答のモデル構築と検証
伊藤 昭彦 代：国環研 地球環境研究センター 研究員	植物のCO <sub>2</sub> 応答に関するメタ分析と生態系モデルの高度化

公募研究班（平成22~23年度）

研究代表者	研究課題名
北尾 光俊 森林総研 樹木生理研究室 室長	大気CO <sub>2</sub> 濃度の上昇が樹木の温度ストレス感受性に及ぼす影響評価
鹿内 利治 京都大 理学研究科 教授	明反応産物を介した高CO <sub>2</sub> 応答ネットワークの解明
舘野 正樹 東大 理学系研究科 准教授	高CO <sub>2</sub> 環境下における植物個体の可塑性と物質循環
唐 艶鴻 国立環境研 主任研究員	高CO <sub>2</sub> 環境下で光合成誘導反応の解明と物質生産への影響評価
宮尾(徳富)光恵 農業生物資源研 光環境応答研究ユニット長	高CO <sub>2</sub> 応答に関与する炭水化物シグナルの同定
西田 生郎 埼玉大 理工学研究科 教授	植物の糖転流経路における二次原形質連絡形成のメカニズムの解明
長谷川 利拡 農業環境技術研 上席研究員	過去100年のイネの遺伝的改良は高CO <sub>2</sub> 濃度への応答性を高めたか？
馳澤 盛一郎 東大 新領域創成科学研究科 教授	イメージングと画像データベースによる陸上植物孔辺細胞の高CO <sub>2</sub> 応答の細胞学的解析
花田 耕介 理研 植物科学研究センター 研究員	高二酸化炭素条件下で変動する遺伝子群とその進化起源解析
早川 俊彦 東北大 大学院農学研究科 准教授	高CO <sub>2</sub> 環境下のイネの炭素・窒素栄養バランス高次統御に関わる窒素情報伝達系の解明
深山 浩 神戸大 農学研究科 助教	イネ葉において高CO <sub>2</sub> 条件下で発現促進されるOsCCT1とOsTPK1の機能解析
前島 正義 名古屋大 生命農学研究科 教授	気孔開閉調節分子と特定アクアポリンの高濃度CO <sub>2</sub> への応答とCO <sub>2</sub> 供給系の理解
三ツ井 敏明 新潟大 自然科学系 教授	イネデンブシ集積抑制酵素発現制御体の高CO <sub>2</sub> 応答に関する研究
三宅 親弘 神戸大 農学系研究科 准教授	高CO <sub>2</sub> 順化に必須の遺伝子探索とその機能解析：植物は、なぜ糖尿病を患わないのか？
森長 真一 東大 総合文化研究科 助教	CO <sub>2</sub> 濃度上昇に対する進化的応答の分子古生物学的解析
山口 淳二 北大 大学院理学研究院 教授	ユビキチンカスケードが関わるC/Nバランスとソース・シンク制御機構の全容解明の高度化

総括班の支援のもと、計画班メンバーが、代謝産物分析（柳澤班、小俣班）、植物ホルモン分析（榊原班）、安定同位体分析（寺島班）を共同研究ベースで行うことになっている。また、馳澤班（公募）の画像処理、花田班（公募）のトランスクリプトームやバイオインフォーマティクスなど、森長班（公募）のエコゲノミクス、山口班（公募）のタンパク質生化学、など有力な技術や手法をもつグループの参入により、これらの班とも共同研究が行われるようになっている。また、6計画班が所持しているCO<sub>2</sub>濃度を自由に制御できる人工気象室を、近隣の公募研究班が使用している例（前島班が小俣班、花田班が榊原班の人工気象室を使用）もある。長谷川班が運営するイネFACE（廣瀬班、徳富班が利用）や、小池班が運営する樹木FACE（現時点では単独使用）も今後利用が増加するはずである。

新学術領域研究の採択以前から共同研究を行ってきた研究グループも多いが、採択後、共同研究に着手した射場班と榊原班の論文：Monda et al. (2001) Environmental regulation of stomatal response in the *Arabidopsis Cvi-zx 0* ecotype.が、Plantaに受理された。今後、共同研究の論文が続々と出版されるはずである。例えば寺島班は、柳澤班と代謝産物分析を共同研究として進めている（論文準備中）。また、榊原班がホルモン分析を担当した共同研究の論文が投稿寸前の段階にある。廣瀬班とは共同でシロイヌナズナのアクセッション（エコタイプ）による高CO<sub>2</sub>応答の違いが何に由来するのかを検討している。また、馳澤班とは葉の表側と裏側の気孔の形態の差異と気孔の環境応答性との関連について共同研究を行っている。今後、前島班とも葉のCO<sub>2</sub>コンダクタンスにおけるアクアポリンの役割に関する共同研究を行うことを合意している。射場班、鹿内班、唐班には変異体や材料を供与いただいた。一方で、西田班や射場班に、ガス交換測定のための技術的支援を行うなどの協力もしている。安定同位体を用いたトレーサー実験を計画する班も増えている。寺島班と共同で、質量分析器を駆使したトレーサー実験を行う予定である。

本評価資料を作成する上で、各班が提出した研究のレジюмеによれば、射場班は馳澤班・榊原班・柳澤班と、牧野班は三宅班と、廣瀬班は寺島班・花田班と、前島班は小俣班と、森長班は廣瀬班と、山口班は馳澤班と共同研究を行っている。今後ますます共同研究が増えるはずである。総括班としては、**共同研究を奨励するとともに、共同研究に関わる各種測定に必要な消耗品費を適切に分配する。**

## 研究費の使用状況

本領域研究では、支援班を設けず、領域研究の推進に必須の、代謝産物、植物ホルモンなどの測定は、担当の計画班が責任を持って行うものとした。また、6計画班が2台ずつ保持しているCO<sub>2</sub>濃度を制御することのできる人工気象器や、測定機器類は、各班が責任をもって整備し、近隣の研究班の使用に供することになっている。測定に必要な消耗品費の一部を総括班が負担している。このために、毎年度500万円程度を充てている。今年度はこれに加えて、地震の被害を受けた研究班の支援も行っている。**研究費の使用状況はほぼ順調である。**

## 今後の研究領域の推進方策

本新学術領域を提案する際、CO<sub>2</sub>倍加実験のメタ解析の結果を参考にして、CO<sub>2</sub>に対する植物の応答の大部分は、光合成器官（source器官）と光合成産物の消費器官（sink器官）のバランス、すなわちsink-sourceバランスが鍵となると提唱した。また、植物の種々の挙動はC/Nバランスによってよく説明できるので、C/Nバランスが鍵となることも予想できた。2年間の領域の研究で、この予想はおおむね正しかったといえる。しかし、その一方で、N源としてのアンモニウムイオンと硝酸イオンの効果を俊別する必要があることが明らかになった。また、硝酸応答cis配列が明らかになり、C/Nバランスにユビキチン-プロテアソーム系の関与など、新発見も相次いでいる。このような状況下で、**解析的に進みがちな分子生理学的研究を十分にフォローし、その複雑性の理解を基礎とした上で、これらの統合としてのC/Nバランスを検討する生理生態学的な研究も推進しなければいけない。**統合としてのC/Nバランスをよく反映するマーカーを同定し、それと表現型との対応を精査することを通して、モデル植物にとどまらない種々の植物の表現型応答の理解を深めるという当初の目的を達成したい。

本学術領域研究では、気孔コンダクタンス、葉肉コンダクタンス、光合成のCO<sub>2</sub>応答メカニズムの解明や、CO<sub>2</sub>に対する植物の成長応答も、研究テーマの柱の一つとなっている。すでに、これらの解明に向けてコンソーシアム内でいくつかの共同研究が生まれている。さらに共同研究を推進することによって、研究の進展を加速したい。

結論として、総括班で研究の動向をより詳細に把握し、研究の方向や共同研究の提案を積極的に行う必要がある。

## 総括班評価者による評価の状況

和田英太郎（京大名誉教授、（元）研究海洋研究開発機構プログラムディレクター）

近年、自然界の特に生物界を切る視座も大いに進み、DNA解析、安定・放射性同位体測定法屋その他の測定技術を導入した研究法も実験室、野外調査地そして全球レベルまで大いに発展しつつある。ヒトの社会はその歴史上初めて生体内、個体、生態系、環境変動を統合した予測モデルの構築に至る研究の道筋を手中にしつつあるといえる。このような状況下では、遺伝子から代謝系とその動態、個体の環境適応、生態系の生理生態学を総合的に研究する新たな学術の視座が求められる。

本新学術領域研究は「植物高 CO<sub>2</sub> 応答」をキーワードとした植物生態学・分子生理学・地球規模陸域生態系モデルを包括した新たな学術の展開をしている統合研究プロジェクトとして高く評価できる。

以下の点を強調しておきたい。

- ・ レベルの高い成果が学術論文として発表され、且つ色々な賞を受けている。
- ・ この領域研究は我が国の生態学に生理生態学や分子生理学の展開を促す役割を演じつつあると評価できる。
- ・ マクロ生物学とミクロ生物学ギャップを埋める流れが見えてきている。

杉山達夫（名古屋大学名誉教授、（元）理化学研究所・植物科学研究センター長）

**総括班の活動及び研究の連携：**研究推進のためのインフラ構築をもとに、本研究に期待される研究連携は共同研究として順調に進展しつつある。ホームページは工夫されつつあるが、社会への情報発信の努力が一層の強化を期待する。

**計画研究の成果：**中心となる9つの計画班の研究は総じて順調に進展し始めており、その成果の多くは国際誌に報告されている。

**公募研究の成果：**若手の研究者による意欲的な研究がいくつか萌芽しつつあり、今後期待される研究が多いが、数件の研究では奮起が必要である。

**評価のまとめ：**震災の被害や今後の節電により実施計画に遅れが出ている研究グループもあるが、実害を最少にすべく総括班の支援が必要であろう。全体の研究は概ね順調に進展し始めており、フィールドワークなど論文作成に時間を要するものも多いが、期待値に近い論文が公表されている。本研究は陸上植物の高 CO<sub>2</sub> 応答の総括的解明をめざし、モデル植物研究と機能型間比較研究から総合モデルの構築を目指している。このモデル構築には上記両2研究間でマーカー共有が必要と思われる。それに向けて、分子生理学と生態学・農学の研究者双方からの共有パラメーターの提供を総括班が仲立ちしてより一層強化することを期待したい。また、社会的に興味を集めている課題であり、社会への研究内容・成果の発信を積極的に進めるべきであろう。



**及川武久（筑波大学名誉教授、（元）環境省 21 世紀の炭素管理に向けたアジア陸域生態系の統合的炭素収支研究プロジェクトリーダー）**

本プロジェクトは高濃度 CO<sub>2</sub> に対する植物の応答を分子のレベルから生物圏のレベルまで、非常にレベルの異なった研究課題を一つの研究班にまとめたところに、大きな特徴がある。おそらくこれまでに相互に共同研究が試みられたことのない研究班であり、このような研究班でいかに新たな研究成果が生まれるか、大いに期待もされるし、逆に不安を感じる面も確かにある。

これまでに行われてきた研究成果報告会を聞いている中で、特にこの研究班の実質的な実行役を担っている若手研究者たち（助教や大学院生）が、他のレベルに対する興味・関心を強く抱いていると感じた。昨年度行われた植物学会での勉強会開催などにも、これがよく表れている。これらの活動の具体的な研究成果がすでに表れているとは言えないが、今後の進展が大いに期待できるものである。

発表された研究論文は本プロジェクトによるものはまだ多いとは言えないが、分担者たちのこれまでの研究レベル高さは十分に納得できるものである。

**山谷 知行（東北大学大学院農学研究科・教授・農学研究科長）**

本領域では、植物の高CO<sub>2</sub>応答を徹底的に解明するために、分子生理学・生態学・農学・数理モデルなど、分野が異なる研究者が緊密に連携する体制を構築し、まさに新学術領域にふさわしい研究を展開していると評価する。高CO<sub>2</sub>分圧などの育成条件を可能な限りそろえるために、地理的に異なる研究拠点で同一の育成装置を整備したことや、領域内での共同研究を指導するなど、領域代表者や総括班のリーダーシップが発揮されている。これまでの研究業績から、研究計画代表者は勿論のこと、多くの公募班員の研究能力は高いものと判断される。公募班員の一部は、まだ研究開始から1年数ヶ月であることから、本領域に関係する成果が得られていないが、これからの研究に期待したい。本領域は、進化の過程で植物が遭遇したことがない大気高CO<sub>2</sub>に対する応答機構の解明を目指すもので、今後の地球規模での環境問題の解決にあたり社会的なインパクトは高く、一層の発展を期待する。なお、今回の大震災による電力不足で、植物材料の育成や大型分析機器類の運転など、研究の推進に大きな影響を受けないことを願う。