

100億の人類に食をもたらず作物や地球環境保全の主役となる樹木の創出

① ビジョンの概要

現在の大気 CO₂ 濃度の増加と気温上昇の速度は、これまでに生物大量絶滅をもたらした環境変化と同程度に速く、植物のもつ環境適応能による追従は不可能である。食料確保や地球環境保全のためには、激変中の環境に適合した植物を創出し続けるためのコンソーシアム拠点の設置が急務である。

② ビジョンの内容

南極の氷床コアの解析によれば、過去 80 万年間の大気 CO₂ 濃度は、氷期の約 200 ppm～間氷期の約 280 ppm を推移し、平均気温の変動幅は 6～10℃であった。約 1 万年前からは間氷期にあたり、約 280 ppm だった CO₂ 濃度は、産業革命以降の化石燃料消費や森林破壊などにより上昇し、現在は 410 ppm を越え、今世紀半ばには 600 ppm に達するとされる。今世紀末の気温は、産業革命以前よりも 3～5℃高くなると予測されている (IPCC 2022)。地球環境変化といえば温暖化が注目されるが、植物にとっては CO₂ 濃度も重要である。現在の 2 倍の CO₂ 濃度で植物を栽培しても光合成速度や成長速度はそれほど増加しない。低下することも多い。この原因は、現生の植物が 80 年以上にわたって安定していた CO₂ 環境に適応しているためである。

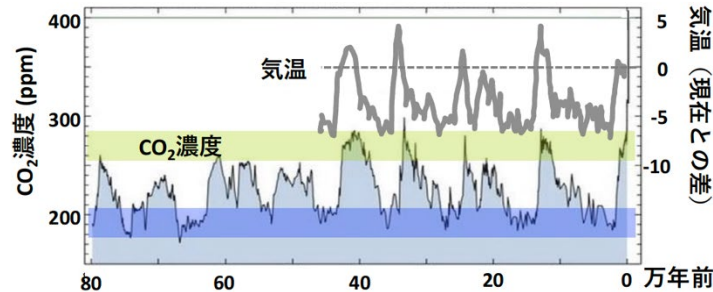


図1. 南極の氷床コア分析による過去80万年間のCO₂濃度と気温 (Lüthi et al. 2008, EPICA 2004)。

世界の人口は 80 億人を超え、今世紀半ばには 100 億人に達する。この人口増加に見合った安定した食糧供給、代替エネルギーとしてのバイオマス生産、環境保全は、人類の存続のための大きな課題である。今後も生態系サービスや植物サービスを楽しむためには、激変中の環境に適合した植物を創出し続けなければならない。本ビジョンは、種々の植物種において CO₂ 応答・高温応答に関する諸経路を丁寧に洗い出し、栽培地による環境の違いや種特性に応じてそれらをテーラーメイド操作することにより植物生産を最適化し、さらに地球環境の変化に追従した tuning を継続するという方針で植物を創出し、社会実装するための提案である。このためには、植物分子生理学・作物学・栄養学・土壌学・育種学・フェノミクスの研究者などによる緊密なコンソーシアムを構築し研究を推進するのが有効である。「地球環境変化を先取りする好高温・好 CO₂ 植物創出」のためのコンソーシアムを緯度の異なる 4 地域に設置し研究を推進する。

本ビジョンにおいては、最初の 10 年間は、好高温・好 CO₂ 作物やバイオマスエネルギー植物の創出をめざし、その後、地球環境保全の主役となる樹木に関する研究にも着手する。

③ 学術研究構想の名称

100億の人類に食をもたらず植物の創出

④ 学術研究構想の概要

我が国の緯度の異なる 4 地点に、コンソーシアムを設置する。各拠点には 5 研究室を設置し、植物分子生理学・作物学・栄養学・土壌学・育種学・フェノミクスなどの研究者をおく。拠点は大学院の機能も持ち、植物科学の諸分野の丁寧な教育を通して、自発的・良心的で視野の広い研究者の育成をめざす。各拠点には、植物の一生を追跡できる自然光型大型温室を併設する。

⑤ 学術的な意義

テーラーメイド植物創出を可能にするには、高温応答、CO₂ 応答を種々の植物種で精査し、その素過程を一つ一つ明らかにする必要がある。これらの治験を組み合わせ、調節機構を最適に tuning する。パレットに多くの絵具を準備し、キャンバス毎にそれらを調合しつつ塗り付けるイメージである。また、本研究の遂行には、分子生理学のキレのある解析とともに、環境への深い理解と正確な計測が必須である。「A という情報伝達経路が B に重要な機能を果たしている」という通常の分子生理学的研究のアウトプットにとどまらず、植物の生育現場での phenomics 評価を通じた定量的実証をめざす。中心課題の一つは光合成の制御となろう。植物の成長は光合成に依存している。光合成は、成熟葉の光合成能力 (source 活性) と、成長中の器官・非光合

成器官の呼吸・貯蔵器官や生殖器官などの光合成産物受入れ活性（sink 活性）とのどちらかあるいは双方によって律速される。したがって、このバランスは植物の成長にとって極めて重要である。バランスに関与するいくつかの機構が同定されているが、これらのうちのどれが、どの程度、どの局面で機能しているのかは解析されていない、これらの相互作用についても知見が乏しい。

このような解析を通して植物の創出をするという本構想は、従来の育種学の地平を越えるものである。パレットの分子生理学的知見（絵具）を増やし、従来の精鋭品種や有力品種を素材に、栽培地の環境に応じてテーラーメイドな tuning を行うことで、好高温・好 CO₂ 植物を創出し社会実装する。

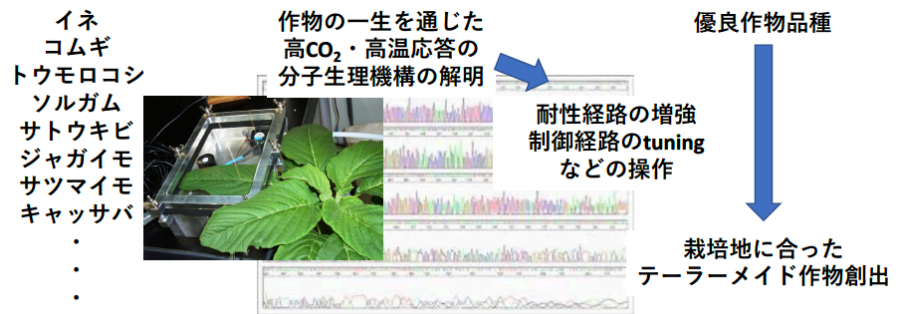


図2. パレットに多くの絵具を準備し、キャンバス毎に調合し描き分ける。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

地球環境変化が食料生産に及ぼす影響に関する研究は世界でも行われている。たとえば、イネ、ソルガム、などに特化したプロジェクトがあげられよう。また、分子生理学の成果にもとづく作物の改変も行われている。国際イネ研究所では Gates 財団によるイネの C4 化プロジェクトが進行中である。しかし、大気 CO₂ 濃度が高まっている現在、イネに CO₂ 濃縮機構をもたせ C4 植物にするよりも、我が国で進行中の、イネの炭酸固定酵素 (Rubisco) を CO₂ 親和性は低い最大活性が高い C4 の酵素と入れ替える、あるいは、Rubisco 活性化酵素を高温耐性のものと入れ替えるなどの研究の方が生産に直結していると思われる。国内外で、野外の変動光が注目されている。自然光温室を基本とする大型フェノミクス施設を併設する意義は大きい。

⑦ 社会的価値

地球の人口が 100 億に達しようとしている現状にあって、100 億に安全な食を提供し、地球環境保全の主役となる好 CO₂・好高温植物を創出するための基礎研究から社会実装をめざすプロジェクトである。我が国の食料自給率を高めるとともに、世界人類の食に貢献する。我が国がハイテク農業国として復活する契機ともなる。また、細分化した植物科学の底入れの役割も果たす。植物科学の良心的プロジェクトはすべて SDGs の多くの項目に繋がる。特に本研究の提案は SDGs に本質的に貢献する。

⑧ 実施計画等について

コンソーシアムを緯度の異なる 4 地点に設置する。本構想にも利用できる既存の関連施設が存在し、十分な広さの土地がある大学や研究所を選んで、コンソーシアム拠点となる研究室と大型設置フェノミクス施設を設置する。各コンソーシアム拠点/大型フェノミクス施設には、管理運営職員 5 名、技術職員 20 名、常駐研究員 20 名、博士研究員 20 名を置く。共同研究施設として、各大学や研究所の研究者の参画も受け入れる。博士研究員は常駐研究員の研究室に配属するのではなく、自発的なテーマによって拠点が雇用する。連携大学院として各大学から大学院生も受け入れ、充実したコースワークを含む大学院教育を行う。3 年目には国際共同研究の開始、5 年目には創出した植物の社会実装栽培の開始をめざす。

総経費は 10 年間で 704 億円。その内訳は、好 CO₂・好高温植物創出のためのコンソーシアム拠点および大型フェノミクス施設のデザインおよび建設、維持のための費用 (小計 300 億円)。初期設備 (小計 40 億円)。人件費 (244 億円)。経常研究費 (小計 120 億円) である。

⑨ 連絡先

寺島 一郎 (東京大学・農学生命科学研究科附属生体調和農学機構)