

近畿大学生物理工学部生物工学科 “植物育種学研究室”

〒649-6493 和歌山県紀の川市西三谷 930
近畿大学 生物理工学部 生物工学科
植物育種学研究室
e-mail : horibata@waka.kindai.ac.jp
<https://www.kindai.ac.jp/bost/department/biology/>

1. 生物理工学部の創設

研究室の紹介に先立って、植物育種学研究室の成り立ちの背景にある生物理工学部の創設から話を進める必要があると思います。私は、当地に生物理工学部が創設されたときに奉職し、まもなく勤続30年を迎えようとしております。このため、生物理工学部が現在に至る過程をつぶさに見てきた立場にあります。

本学部創設当初は、生物工学、機械工学および情報工学の3学科構成でした。本学部の英文名称“Biology-Oriented Science and Technology”が示すとおり、本学部は、生物学を起源としつつ、機械工学や情報工学におよぶ広い範囲の科学と技術の革新を目指すことを目標に創設されました。ここでちょっと妙な話なのですが、Orientedには、そこから発すると言う意味のほかに、そこを志向すると言う意味も含まれています。このため、本学部では、生物学から機械工学や情報工学への展開と同時に、機械工学や情報工学の進歩を生物学の進歩に還元す



写真1 生物理工学部キャンパス俯瞰

るといふ、双方向の教育・研究が進められました。ここに3種の異なる学術分野の研究者が相互に補完しながら専門領域と境界領域の研究を進めるといふ極めてユニークな研究環境が形成されました。このような環境下で、創設当初は、生物の運動機能を模倣する機械の開発（バイオミメティクス）や脳の情報処理を模倣した数理工学（ニューラルネットワーク）に関する研究が精力的に進められていました。現在では、生物全体よりもヒトに特化して、人間工学や医用工学も包括した分野の研究が進められています。

2. 植物育種学研究室の活動

——作物科学とエネルギー科学の重なり

植物育種学は、作物の特性を遺伝的に改良してよりひとに役立つ作物（品種）の作出を目的とする科学です。分子生物学なら生体分子が、細胞工学なら細胞がそれぞれ対象となるように、分野によって対象となる「もの」がある程度決まっているのに対して、育種学では対象となる「こと」が決まってい「もの」や「手段」が予め定められていないところにこの学術分野のユニークさがあります。私たちは、対象となる「こと」のためにさまざまな分野の新規の知見や思考法を柔軟に取り入れて研究を進めています。

2.1. 作物におけるエネルギーマネジメントと収量

植物育種上の重要な「こと」のひとつに、「収量の増加」をあげることができます。収量とは、植物が生産したバイオマスのうち、ひとが利用する部分の総量のことです。すなわち、収量は、バイオマスの総重量に収穫指数（harvest index, 作物の全乾物重量のうち収穫される部分の重量が占める割合）を乗じたものとして計算することができます。育種学的には、バイオマスの総量を向上させるか、収穫指数を改善するかによって収量の増加を目指すこととなります。バイオマスの総量は、農地に降り注いだ光合成有効放射の総量に、作物による光エネルギーの吸収効率（被植率や受光体勢を含む）、光エネル

ギーから化学エネルギーへの変換効率(光合成効率)を乗ずることで概ね推算できます。また、生育初期の作物は、得られた化学エネルギーを新たな光合成器官の形成に用いることで化学エネルギーの拡大再生産をはかります。生育中期になると、余った化学エネルギーをデンプンなどのかたちで光合成器官などに一時的に貯蔵するようになり、生育後期になると種子などの最終的な貯蔵器官に化学エネルギーを高密度に集積します。ひとはこの化学エネルギーが集積された貯蔵器官を収穫します。

このような作物の中で起こるエネルギーの移動の様子は、再生可能エネルギーと電力系統の関係によく似ています。イネでは、葉の光合成によって作られた化学エネルギーはショ糖の形態で師管に送られます。師管にはポンプのような機能はなく、ショ糖濃度の薄い方に向かってショ糖は移動します。一方、需要側では師管からショ糖を取り出して、水に不溶のデンプンに変換することで化学エネルギーを蓄積します。ショ糖からデンプンに変化させることで需要側のショ糖濃度を低下させ、このことが師管中の供給側から需要側へのショ糖の移動を促進します。イネでは、生育中期には、葉と茎にデンプンが蓄積され、穂ができると、葉や茎のデンプンが再びショ糖へと分解され、師管を通じて穂へと流れます。穂の中の種子(米粒)は極めて強力な需要側の因子であって、デンプンが極めて高密度に集積してガラス質となるために玄米は半透明に見えます。

このように複雑なエネルギー輸送を作物も行っているわけですが、植物には脳も神経もなく、ましてやAIを搭載しているわけではありません。各細胞がその核内にある遺伝子の指示によってエネルギーの操作と管理を独立して行っています。各細胞が受け取る情報は、主にショ糖濃度の変化であり、状況判断するための背景となるデータとして気温などの物理的環境情報と自己の生育ステージに関する情報(植物ホルモンによって個体内で共有される情報)を利用します。ショ糖濃度を情報源に、遺伝子に刻まれたプログラムにしたがって各細胞が自律的に活動した結果として作物が生育する姿はとても興味深いです。

現在、私たちの育種学研究室では、ショ糖を師管から細胞内に取り込み、また、細胞内から師管に送り出す機能をもつショ糖トランスポーター遺伝子とデンプン合成過程にあるADPグルコースピロホスホリラーゼ遺伝子(図1)の機能向上を目指した研究を進めています。電力に例えれば、トランスと蓄

電池の機能向上にかかわるユニットに相当します。インド型イネに日本型イネよりも高機能の遺伝子が存在することがあきらかとなり、より高い収量を得るためにその遺伝子の活用方法を検討しています。また、師管の太さや本数が米粒の充実度(密度)に与える影響も調査しています。送電線網を整備することで需要側の機能を最大限に引き出すことを考えています。

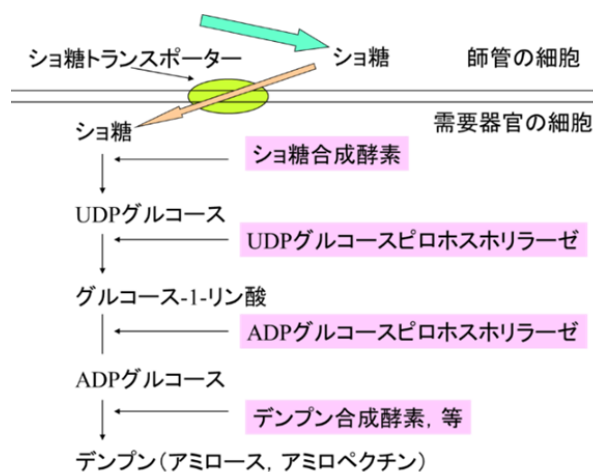


図1 作物の需要器官におけるショ糖のダウンロードとデンプン合成経路

2.2. 単色光照射による作物の開花制御

私たちの研究室では、もうひとつ別の側面から作物科学と太陽エネルギーをつなぐ研究を進めています。植物は、光を光合成のためのエネルギー源として用いますが、上述の物理的環境情報を知るためのシグナルとしても用いています。特に、発芽、呼吸および開花には、特定の波長の光がシグナルとして深く関わります。果実や種子を利用する作物では、開花時期は収穫時期を決定する要因であるため、育種上の重要な「こと」です。私たちは、作物の開花や生長速度を単色光で制御することを考えました。また、一般に作物を栽培する圃場には商用電源が備わっておりません。そこで、太陽電池による給電とLEDによる単色光補光を組み合わせた装置(図2)を用いて開花の制御という課題に取り組みました。研究の当初、開花を制御する遺伝子のスイッチを光でON-OFFするだけです。閾値以上の光量であれば光量非依存的に開花時期を制御できると期待しておりました。実験の結果、想定に反してイネでは光量依存的な反応が観察されました。スイッチを軽く押すか強く押すかで、作物の反応が異なる結果となりました。光量を一定水準に保つには、面光源あるいは多数の点光源を配置する必要があります



図2 太陽電池とLEDを組み合わせた独立型単色光補光装置

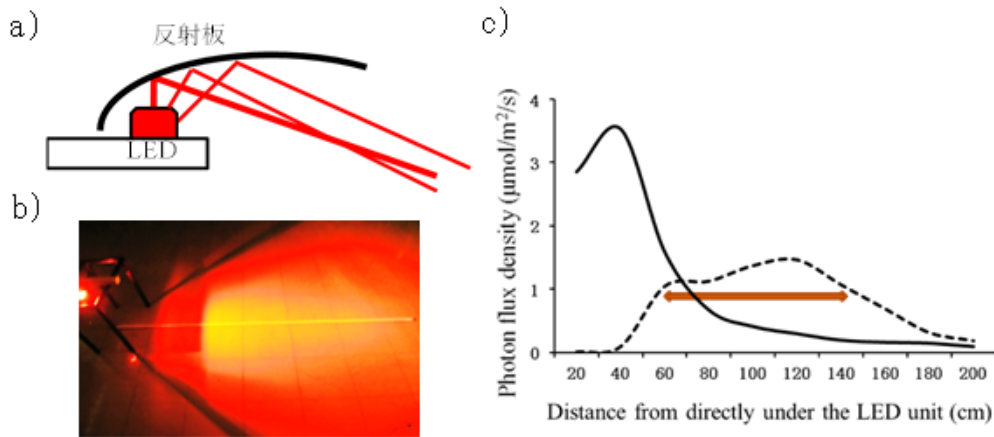


図3 反射板を用いたLED光の広域照射

- a) 反射板の模式図
- b) 反射板を備えたLED照射装置による床面への照射
- c) LED照射装置からの距離と床面における光量子束密度の関係
 実線：反射板無し 破線：反射板あり

が、屋外の圃場では適用できそうにありません。そこで、反射板を用いて一定の範囲内で光量を均一化しました(図3)。これらの成果を、Solar World Congress 2013で発表したところ、電力インフラが充実していないアフリカの研究者に関心をもっていたのが印象的でした。

3. おわりに

このように、生物理工学部にある植物育種学研究室では、生物学と工学の知識と技術を併用して、作物品種の改良だけでなく、新しい栽培装置の提案、在来遺伝資源の探索と商品化、食品加工技術の開発などにも取り組んでいます。