高受光作物開発による閉鎖型栽培の高収益化

九州大学　大学院農学研究院
教授　後藤　栄治

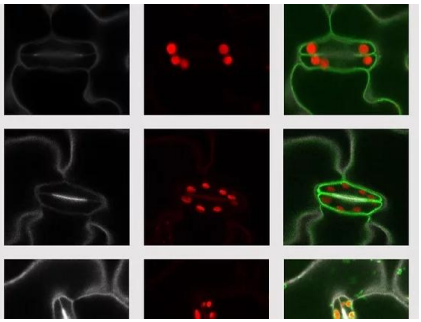
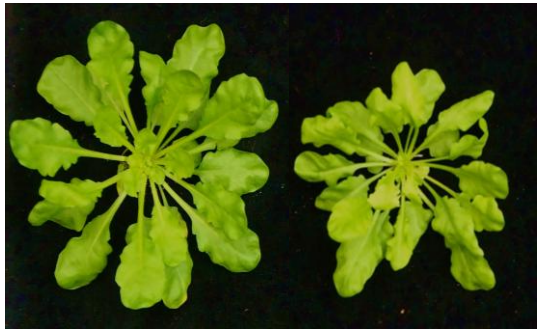
2026年7月28日

自己紹介

後藤　栄治（ごとう　えいじ）熊本県出身

2006年3月	九州大学	農学部　卒業
2011年3月	九州大学	大学院生物資源環境科学府　卒業 学位取得　博士（農学）
2011年4月	九州大学	大学院理学研究院　学術研究員
2012年4月	九州大学	大学院農学研究院　助教
2021年7月	九州大学	大学院農学研究院　准教授
2024年4月	九州大学	大学院農学研究院　教授

研究のキーワード：光合成、光応答、植物の生産性向上



閉鎖型栽培市場の現状と問題点

閉鎖型栽培市場は高成長

☆人工光型植物工場
2030年に約1兆円市場



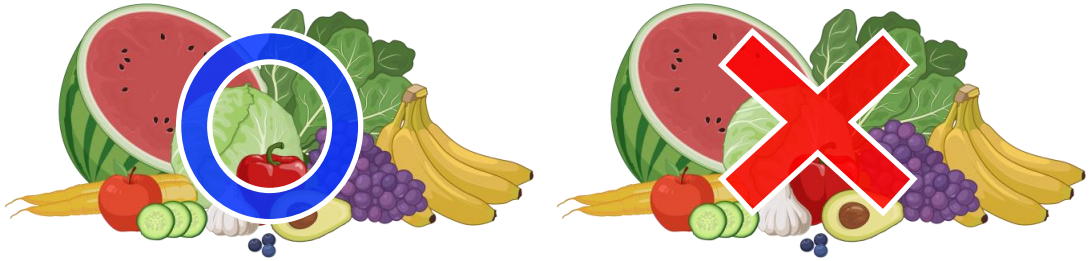
☆営農型農業
直近5年で約3.1倍拡大



閉鎖型栽培のボトルネック

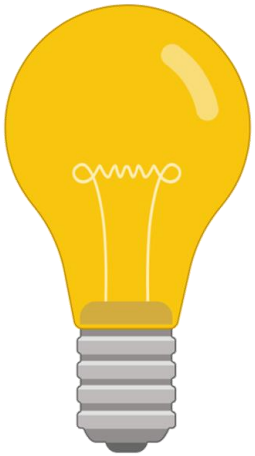
①光量が限られるため栽培種が限定的

露地栽培：多様　　閉鎖型栽培：限定的



Created in BioRender. Gotoh, E. (2026) https://BioRender.com/yi2trqo

②膨大な照明エネルギーコスト



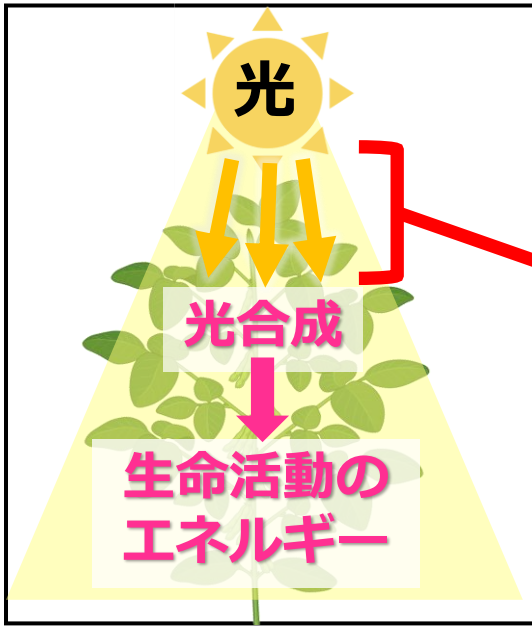
・生産現場の実例（レタスを月10万株生産）
売上げに対する電気代比率：40%超え
年間売上げ：約8,400万円（70円/株）
年間電気代：約3,600万円（2025年度）

↳ **電気代が収益を左右**

・生産現場のニーズ（期待値：純益750万増）
省コスト化:電力量20−25%カット
高収量化：生産性を1.5倍に向上

本技術の着眼点

本提案の着眼点



植物の光エネルギー変換効率は低く、

植物は太陽光の１%しか光を使えていない

Croce et al., (2024) *Plant Cell*



Created in BioRender. Gotoh, E. (2026) https://BioRender.com/blx5ujx

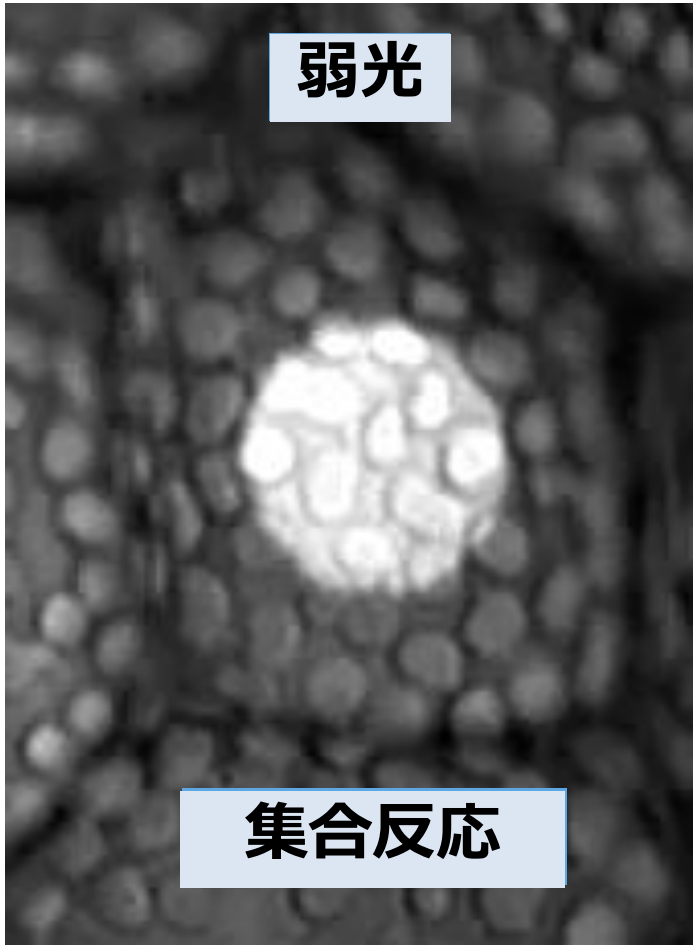
人口爆発に伴い、我々人類にエネルギーを供給し続けるためには、2050年までに**世界の農作物の生産を1.7倍に増加させる必要**がある。

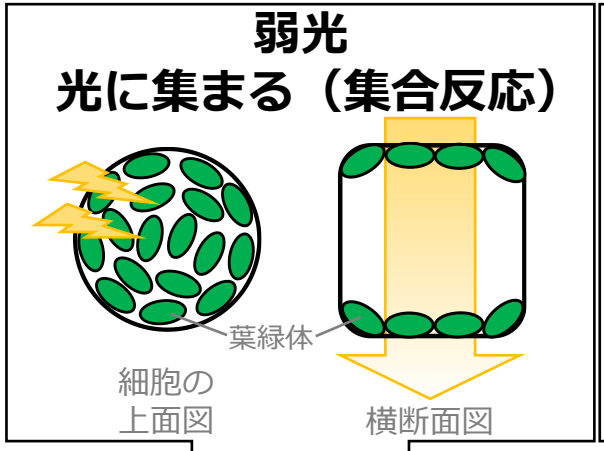
参考: FAO(国連食糧農業機関)

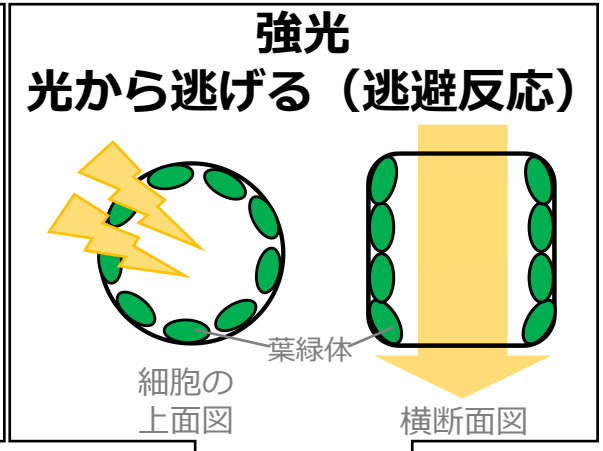


葉緑体光定位運動

葉緑体光定位運動：周囲の光環境に応じて葉緑体の細胞内局在が変化する応答







光合成促進

野生株　変異株



Gotoh et al., (2018) *Plant Physiol*

光阻害回避

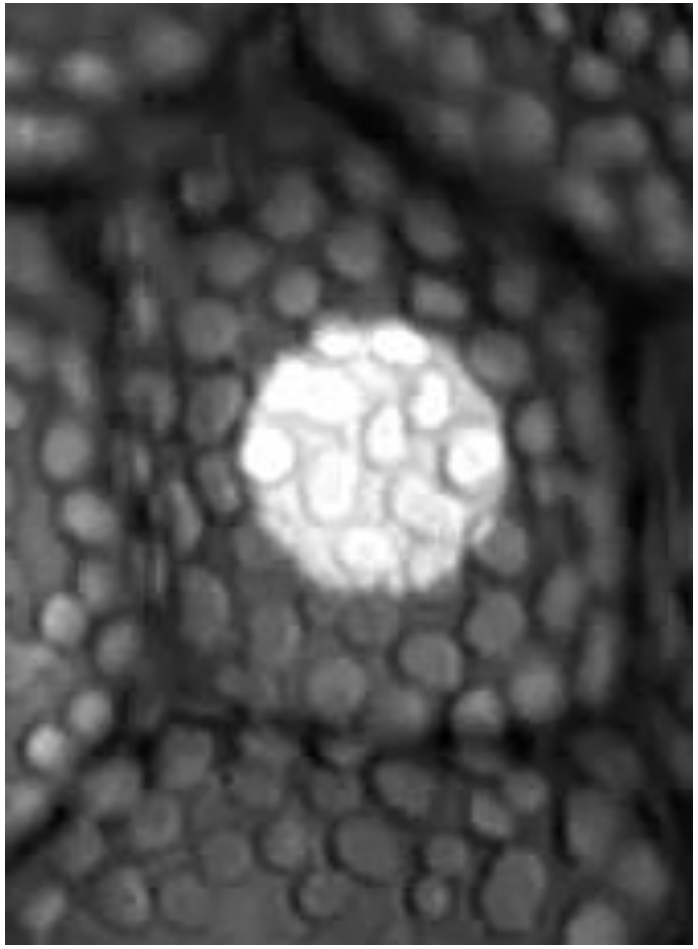
野生株　変異株

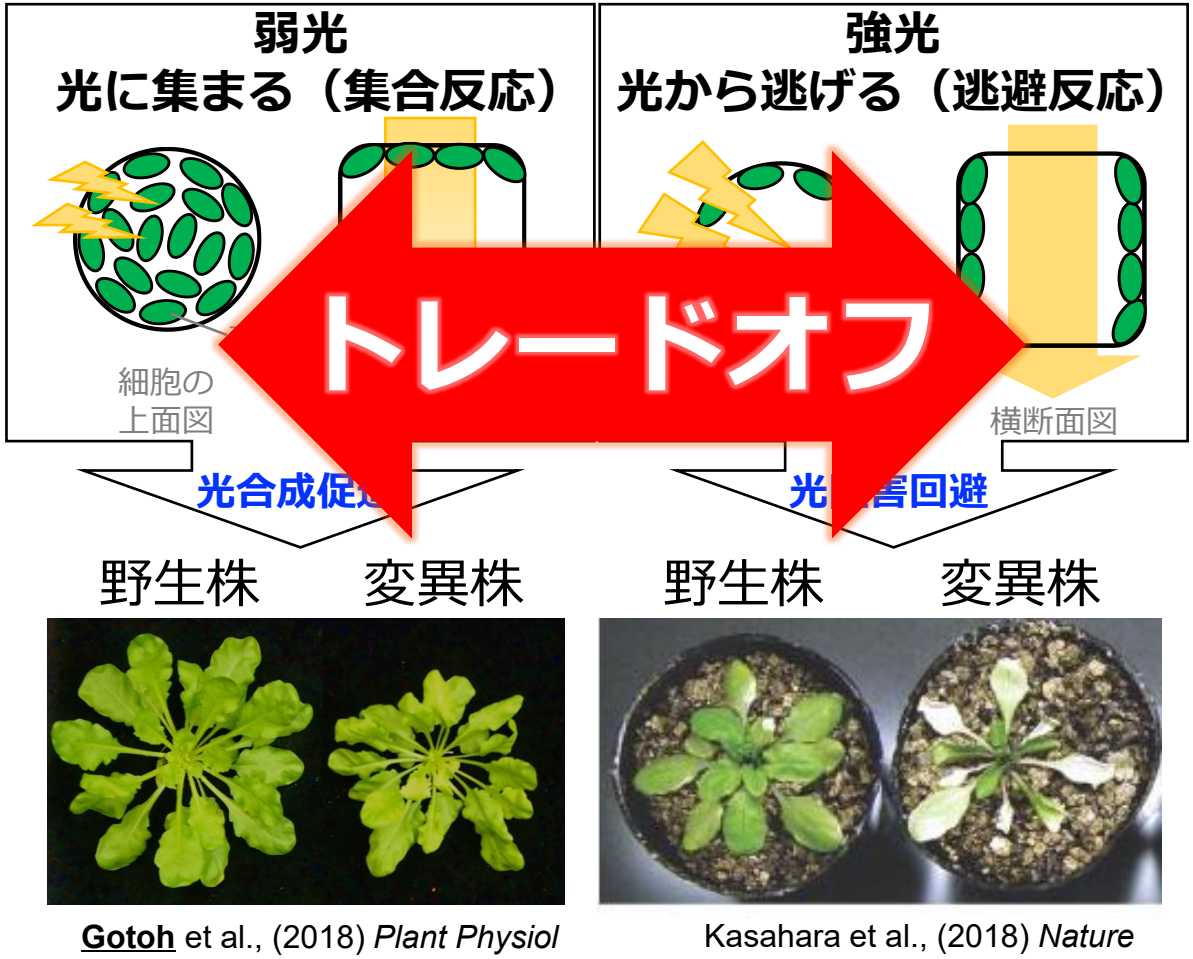


Kasahara et al., (2018) *Nature*

葉緑体光定位運動

集合反応と逃避反応はトレードオフの関係にあるため
植物は弱光の下で光の吸収量を口スしている

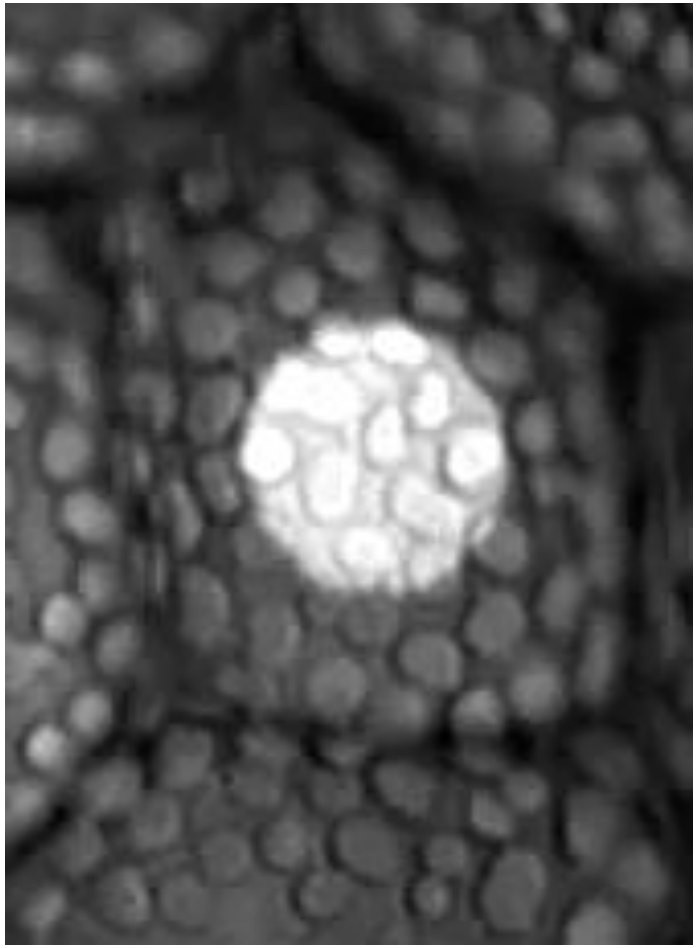




Gotoh et al., (2018) *Plant Physiol*

Kasahara et al., (2018) *Nature*

高受光化による植物生産性向上



通常の植物

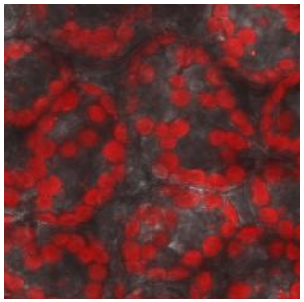
葉緑体は
あまり集まれない

光強度：120 μmol m^{-2} s^{-1}

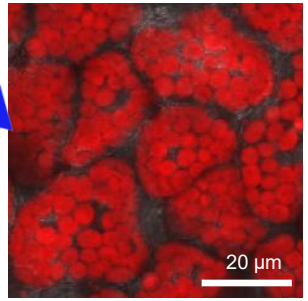
変異株

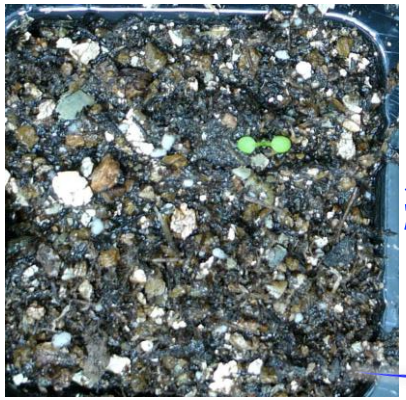
常に
葉緑体が集まる

光強度：120 μmol m^{-2} s^{-1}



光の吸収量
約２倍UP！



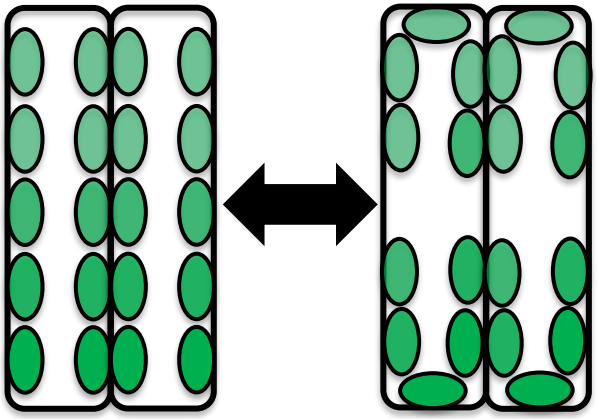
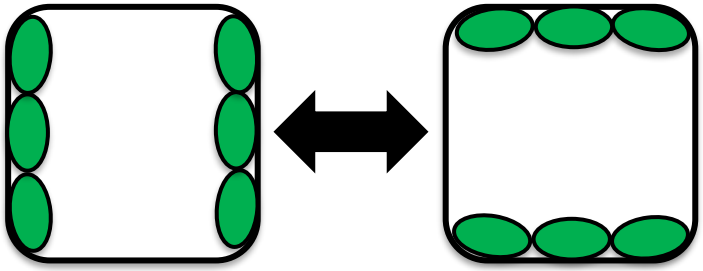


生産性
約２倍UP



Gotoh et al., (2018) *Plant Physiol*

葉緑体光定位運動の程度

	日なた	林床
生育光環境		
葉緑体光定位運動の応答性	△	○
柵状組織細胞の形状		

Higa & Wada, (2016) *Plant Cell Environ*; **Ishishita** et al., (2016) *J Plant Res*; **Gotoh** et al., (2018) *Sci rep*; **Kihara** et al., (2020) *J Plant Res*

野生植物の葉緑体光定位運動



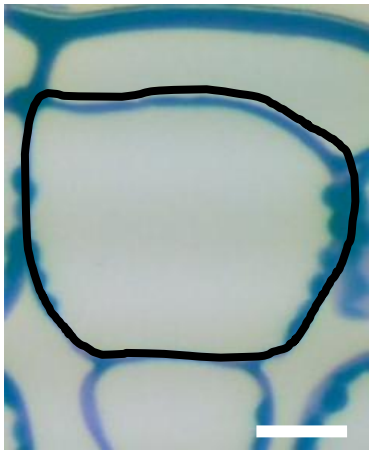
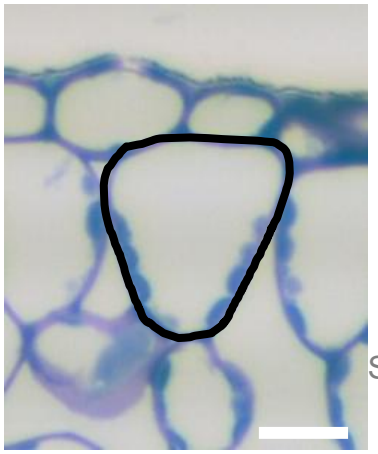






285種

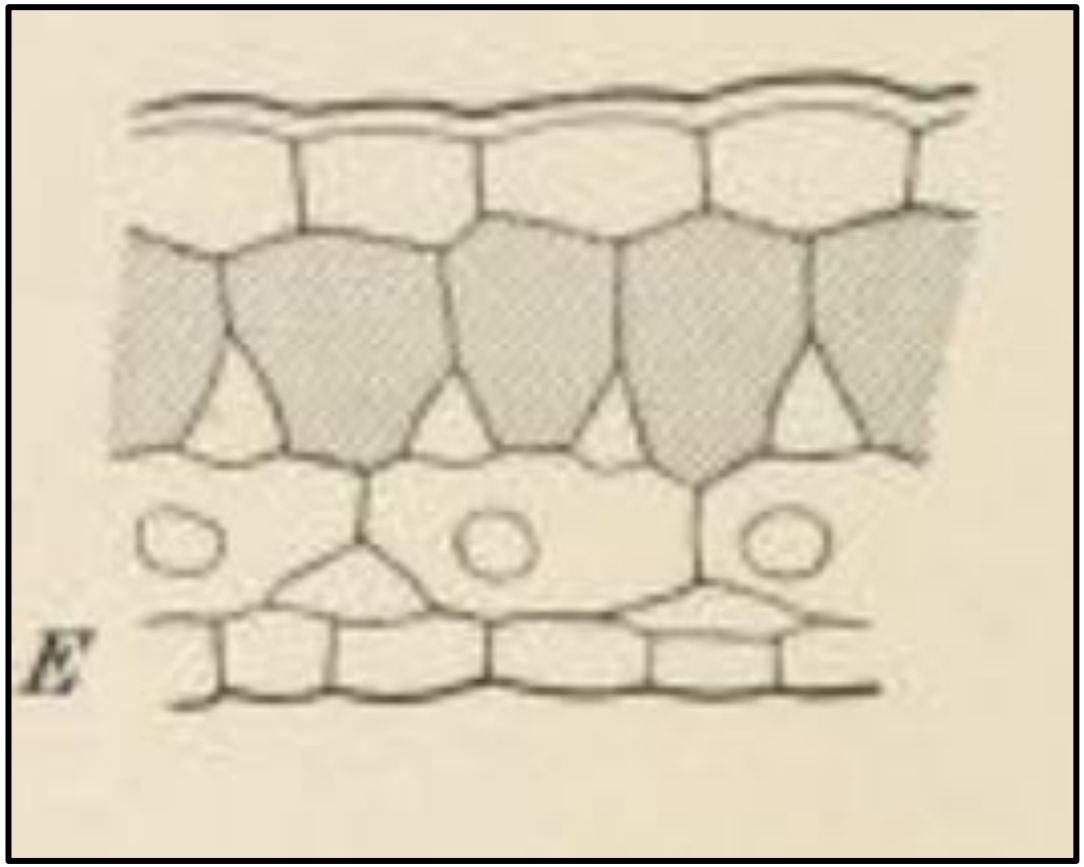
新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

	変動光環境 弱光から強光まで 光強度が変動する環境	**微弱光環境** 限られた光しか届かない 弱光環境
生育光環境		
葉緑体光定位運動の応答性	○	△
柵状組織細胞の形状	**太い円柱形**  Scale bar = 20 μm ツワブキ（*Farfugium japonicum*）	**逆円錐形**  Scale bar = 20 μm オオバチドメ（*Hydrocotyle javanica*）

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

生理学的意義は一世紀以上の謎

ヒメヒノキシダ（*Asplenium belangeri*）の柵状組織細胞



Harberlandt G (1904) , *Physiologische Pflanzenanatomie*

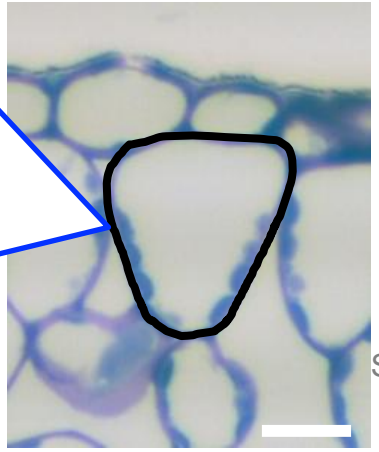
微弱光環境

限られた光しか届かない
弱光環境



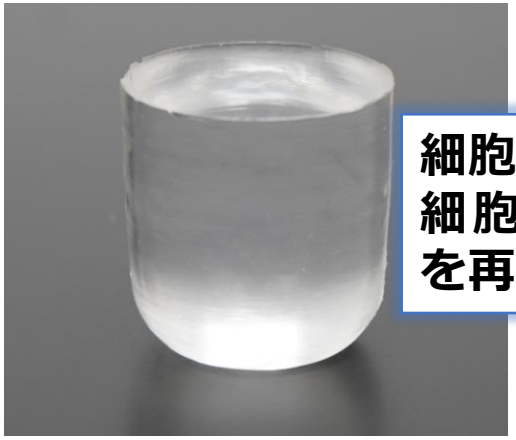
△

逆円錐形



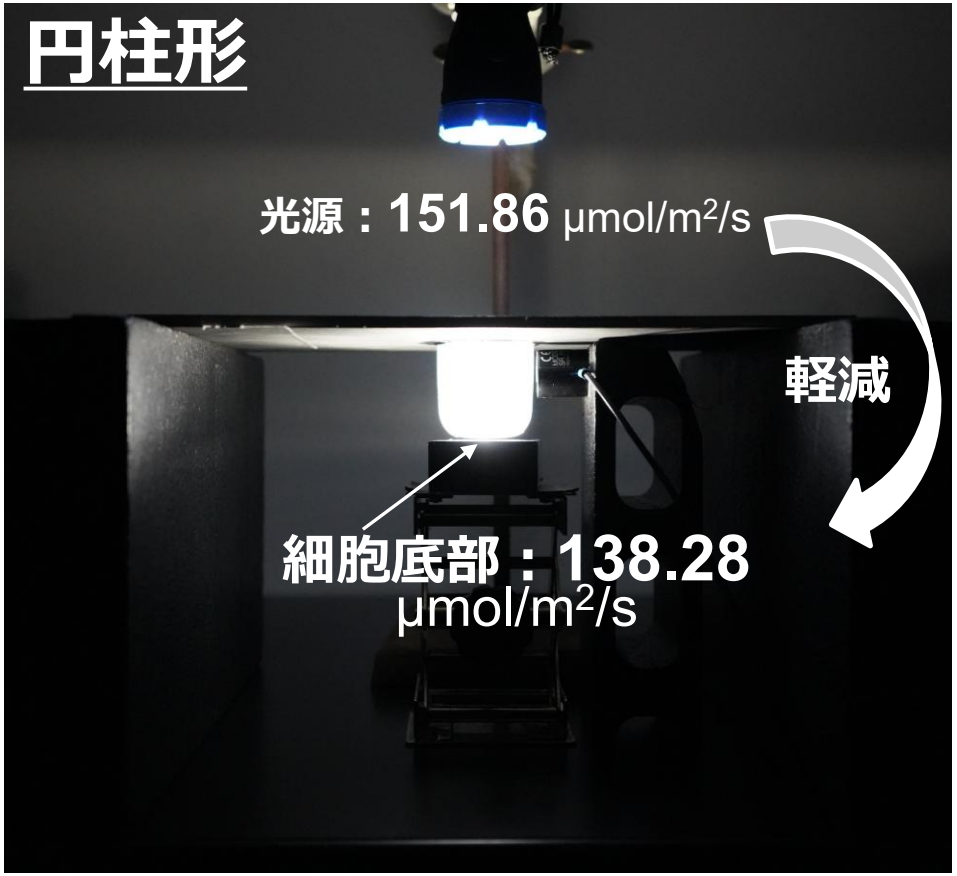
オオバチドメ（*Hydrocotyle javanica*）

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

	変動光環境 弱光から強光まで 光強度が変動する環境	**微弱光環境** 限られた光しか届かない 弱光環境
生育光環境		
葉緑体光定位運動の応答性	○	△
柵状組織細胞の形状	**太い円柱形** 	**逆円錐形** 

細胞の3次元構造と細胞内の光屈折率を再現した模型

細胞形状の有用性


円柱形
光源：151.86 μmol/m²/s
軽減
細胞底部：138.28
μmol/m²/s


逆円錐形
光源：151.86 μmol/m²/s
細胞底部：782.9
μmol/m²/s
5倍以上
集光

技術の分子基盤

これまで得られている知見

- 赤色光/遠赤色光受容体フィトクロムが柵状組織細胞の形状を制御
- ダイズにおいて細胞の逆円錐化により植物の生産性が向上

ダイズ (*Glycine max*)

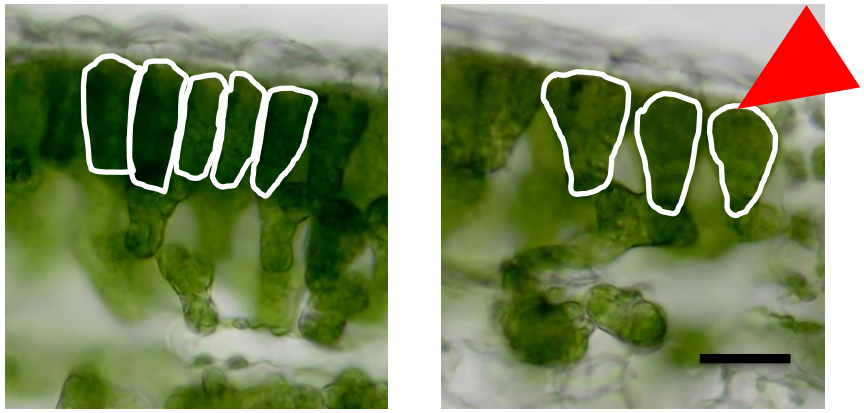
野生株　フィトクロム変異株



生重量：約1.5倍向上

ダイズ (*Glycine max*)

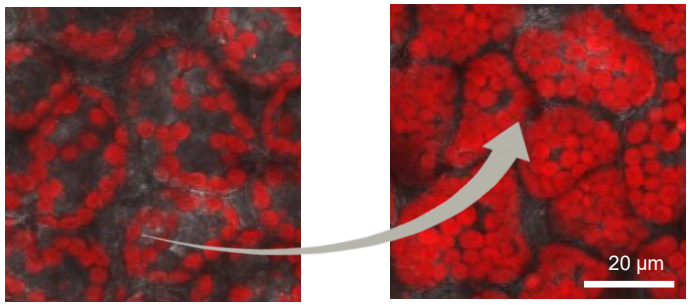
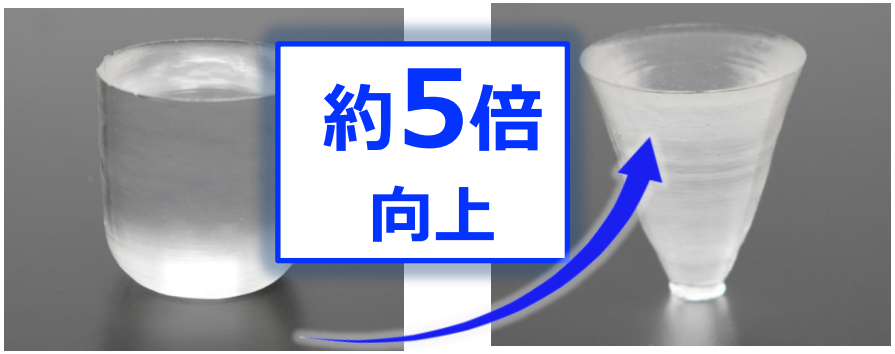
野生株　フィトクロム変異株



Scale bar = 10 μm

ダイズは、世界で年間4億トン以上が生産される基幹作物。食料・飼料・油脂産業を支える巨大な国際バリューチェーンを形成している。市場規模は、大豆粒ベースで年間約25～30兆円規模に達する。

従来技術との比較

	技術概要	弱光での植物生産
申請者らの 以前の技術	**葉緑体を人工的に集める**  約2倍向上	**モデル植物：約1.5倍** **レタス：有意差なし**  Gotoh et al. (2018) *Plant Physiol*
本申請の 技術基盤	**細胞の三次元構造を変化させる** **太い円柱形** → **逆円錐形** 	**ダイズ：約1.5倍** **レタス：約1.2倍** 

特許：特願2026-016821、後藤栄治 ほか、「植物の受光能力を向上させる製造方法
特許権者：九州大学

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

想定される用途：垂直農法に利用できる栽培種の拡充

垂直農業は、食糧を安定供給できるため、世界中で急速に牽引力を得ている。
世界の垂直農業市場の規模は、2027年に117億1000万ドルに達する。
（Emergency Research, USA）

本研究のイノベーション



Created in BioRender. Gotoh, E. (2026) https://BioRender.com/yi2trqo



光量の壁を打破

垂直農法

3次元での栽培
→**単位面積の収量向上**



多様な植物を栽培可

栽培できる種が限定

他の技術との比較

優位性：追加的なエネルギー投入なしに、高い生産性を実現する

技術	本技術	LED照明強化・光量増加	CO_2施用	肥料の施用
内容	細胞形状制御による高受光化	光量増加による光合成促進	炭酸固定効率向上による光合成促進	栄養増加による生長促進
投入エネルギー	低い	高い（電気）	中程度	高い（肥料）
閉鎖型施設での作物の生産性	向上	向上	光量が少ない環境では効果なし	向上
営農型農業への導入	可	不可	可 投入エネルギー大	可
閉鎖型施設栽培での生産性と経済性	★★★	★★	★	★★

想定される用途：
営農型農業の促進（土地利用）

自然光発電



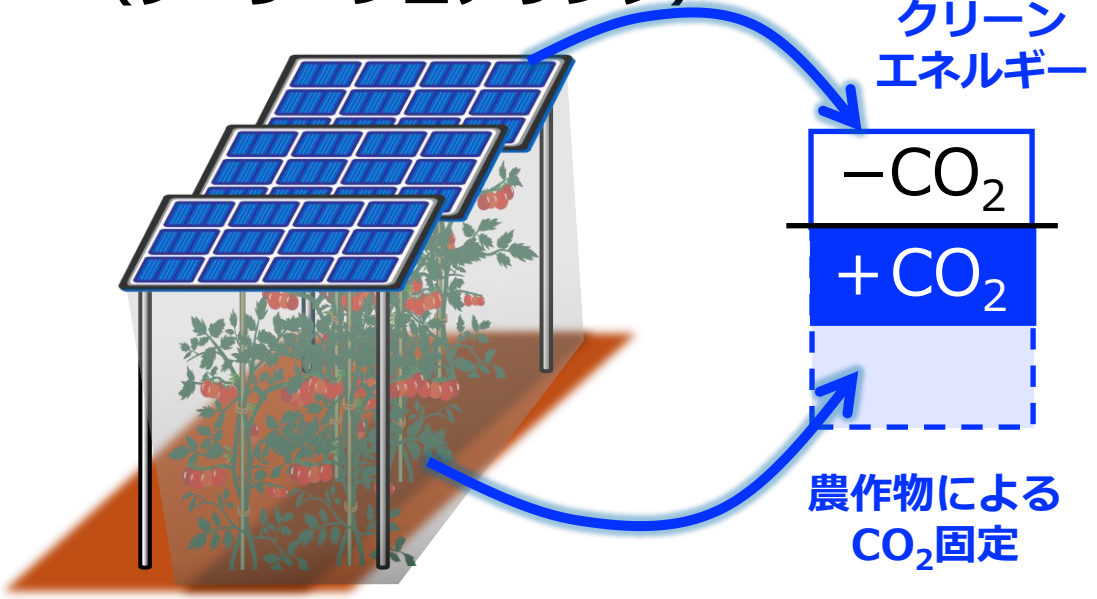
＋



我が国は、国土面積当たりの
太陽光設備容量が先進国の中で最大。



営農型農業
（ソーラーシェアリング）



農作物を生産しながら
カーボンニュートラル社会の実現へ貢献

現状の課題

①分子基盤の解明
→鍵因子を同定



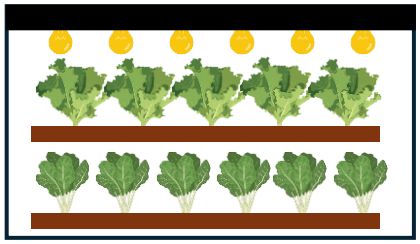
②農作物の改変

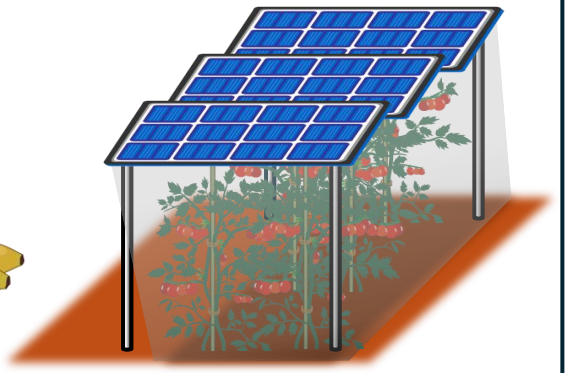
突然変異集団　ゲノム編集





③生産現場で利用





Created in BioRender. Gotoh, E. (2026) https://BioRender.com/yi2trqo

現在不明なこと

- **制御因子の下流因子は？**
- **制御因子を光でどのように制御するのか？**

社会実装への道筋

①技術の確立

・光環境制御による逆円錐形柵状組織細胞の誘導条件を明らかにする
・ゲノム編集技術or突然変異集団を用いて逆円錐形細胞形状を有する系統の単離

②技術の優位性の数値化

・高受光形質個体について、対照個体と比較して、①受光特性の向上、②弱光下光合成特性の向上、③初期生育または地上部バイオマス指標の改善、の少なくとも2項目で有意差を示す。

遺伝子操作

ゲノム編集　突然変異集団



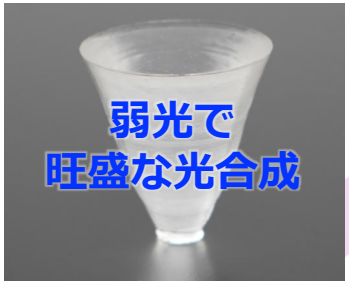
対象となる遺伝子：フィトクロム

光環境操作



対象となる環境：フィトクロムの不活性化＝細胞が逆円錐形になる光環境

有用作物の細胞を逆円錐化



育成フェーズでのターゲット



レタス
植物工場の9割



ダイズ
閉鎖型栽培不適

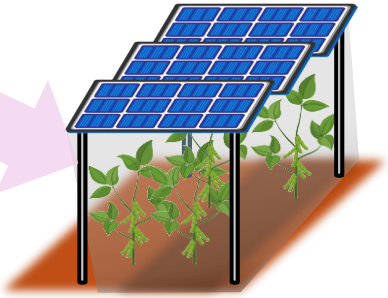
2026年 ver.1.0

企業＆社会ニーズとマッチング

植物工場、施設園芸



営農型農業



社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装への取り組み
基礎研究	・細胞形状を制御する上流因子の同定	
現在	・下流因子の同定 ・細胞系上制御に必要な光の質と量の同定	・JSTの創発的研究支援事業やALCA-Nextへ応募し研究資金獲得 ・連携企業の探索
3年後	・レタス&ダイズにおける本技術の有用性を実証 ・生産性と収益性を評価できる解析系の構築	・連携企業とデモンストレーション実施 ・JSTのA-STEP事業へ応募
5年後	・生産性と収益性を兼ね備えた栽培環境を提供 ・営農型農業の実証実験	・連携企業での商用化開始 ・評価基礎データの提供 ・脱炭素効果の試算
7年後	・技術を園芸作物栽培へ応用するパイプラインを構築	・他の有用作物で有用性を検証

企業への期待

期待①：未解決の実用作物ごとの高受光形質の安定導入条件および商業栽培条件下での有効性評価
→企業が有する育種技術、栽培条件最適化技術、大規模実証技術により克服

期待②：用途ごとの性能指標や追加評価項目を提示いただき、大学側の基礎研究成果を実装可能な技術パッケージ化
→有用な植物栽培に知識を有し、植物工場・施設園芸・営農型太陽光発電分野への展開を考えている企業との連携

企業と推進したい研究例

閉鎖型栽培でも
多様な植物を栽培



Created in BioRender. Gotoh, E. (2026) https://BioRender.com/yi2trqo

追加投入エネルギーなく
高い植物生産性実現



光が不足する条件での
植物栽培法の構築



企業への貢献、PRポイント

◎コスト削減と高付加価値生産の両面で企業に貢献
◎食料安定供給や脱炭素など社会的な重要課題解決に貢献
◎ハード（建物、箱物）の追加投資なしで、技術導入が可能

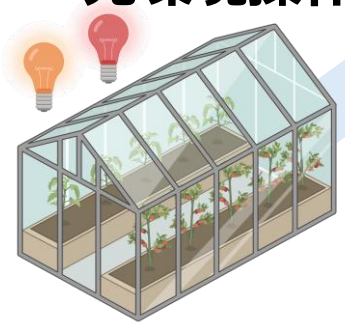
遺伝子操作

ゲノム編集　突然変異集団



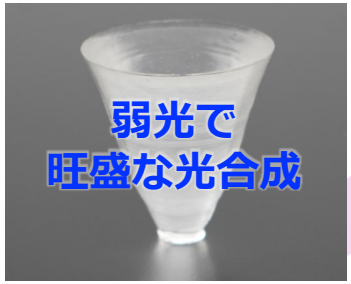
対象となる遺伝子：フィトクロム

光環境操作



対象となる環境：フィトクロムの不活性化＝細胞が逆円錐形になる光環境

有用作物の細胞を逆円錐化



現ターゲット



レタス　植物工場の9割



ダイズ　閉鎖型栽培不適

社会ニーズとマッチング

植物工場、施設園芸



営農型農業



本技術に関する知的財産権

- 発明の名称　　：
  「受光能力が向上した植物の製造方法及び植物」
- 出願番号　：特願2026-016821
  （2026年2月に出願）
- 出願人　　：国立大学法人　九州大学
- 発明者　　：後藤栄治ら

お問い合わせ先

九大OIP株式会社（https://ku-oip.co.jp）

〒819-0388
福岡市西区九大新町5-5
いとLab＋研究開発棟111号室

Tel：092-400-0494
Mail: transfer@airimaq.kyushu-u.ac.jp