

令和8年6月30日

報道機関 各位

宮崎大学
理化学研究所

葉緑体発達の新たなブレーキ役を発見

—アクセル役だけでなくブレーキ役も必要—

【発表のポイント】

- 葉緑体は植物細胞が持つ光合成装置であり、その適切な発達調節は植物による物質生産に必要不可欠です。
- 今回、モデル植物・シロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) において葉緑体発達の新たなブレーキ役因子を発見し、この因子がアクセル役と協調して葉緑体発達を調節していることを明らかにしました。
- 発見したブレーキ役因子の機能改変と実用的な農作物への応用研究により、生産性の高い作物開発が期待されます。

【概要】

宮崎大学農学部農学科・応用生命化学領域・稲葉丈人教授の研究グループは、理化学研究所・豊岡公徳上級技師らの研究グループと共同で、葉緑体発達の新たな調節因子を発見しました。

植物細胞が持つ光合成装置・葉緑体の発達は、「アクセル役」と「ブレーキ役」の働きにより環境に応じて適切に調節されています。今回の研究では、モデル植物・シロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) が持つ構造のよく似た一群の B-BOX タンパク質^{*1} (別名 COL タンパク質) が葉緑体発達のブレーキ役であることを発見し、アクセル役として知られる GLK タンパク質^{*2} と協調して葉緑体発達を調節していることを明らかにしました。

この成果は、2026年6月19日、植物科学分野のトップジャーナルの一つである「Plant Physiology」の電子版に掲載されました。

【詳細な説明】

植物細胞が持つ「葉緑体」は、光エネルギーを使って二酸化炭素を炭水化物に変換する「光合成」をおこないます。光合成能力は農作物による物質生産力に直結するため、様々な環境下における光合成能の改良は植物科学における最重要課題の一つです。

葉緑体発達に影響する遺伝子はこれまでも数多く見つけられてきましたが、その多くは「葉緑体発達を促進する因子（いわゆるアクセル役）」でした。その理由は、アクセル役が壊れると植物は黄化あるいはアルビノ化するため、見た目ですぐに変異体を探し出すことができるからです。一方で、ブレーキ役が壊れても、通常条件で植物が著しく緑色になることはほとんどありません。そのため、葉緑体発達のブレーキ役はそれほど見つかっておらず、変動する環境に応答した葉緑体発達の最適化機構は不明な点が多く残っていました。

今回の研究では、遺伝子発現データと多重変異体を用いた解析で新たなブレーキ役を発見しました。葉緑体発達阻害剤に対して、葉緑体発達のアクセル役として知られている *GLK* 遺伝子と同様の変化を示す *B-BOX* タンパク質遺伝子 *COL6* および *COL16* に着目しました。予想に反して、これらの遺伝子を欠損した二重変異体はむしろ緑化することが判明しました。*COL6* や *COL16* と構造が似た別の二つの遺伝子をさらに壊した四重変異体は、よりいっそう緑化しました。アクセル役が壊れて黄化した *glk* 変異体で *COL* 遺伝子群が壊れると、*glk* 変異体の表現型からある程度回復して緑化することが分かりました（図 1）。つまり、今回同定した *COL* タンパク質群は葉緑体発達のブレーキ役であることが分かりました。さらに、*GLK* 遺伝子群は昼間に、*COL* 遺伝子群は主に夜間に発現が上昇することや、お互いの発現を調節しあうことも判明しました。また、*GLK* と *COL* はタンパク質間でも相互作用し、光合成関連遺伝子の発現に拮抗的に働くことも明らかになりました（図 1）。

今回の研究により、*COL* タンパク質群は葉緑体発達ブレーキ役であり、アクセル役である *GLK* タンパク質群に対して拮抗的に働くことが明らかになりました。また、アクセル役とブレーキ役の作用機構は、遺伝子発現の相互調節だけでなく、タンパク質レベルの相互作用など複数の仕組みが関与することも判明しました（図 2）。移動できない植物は、自身を取り巻く環境に応答して葉緑体発達を厳密に調節する必要があります。*GLK* および *COL* はその一端を担っていると考えられます。発見したブレーキ役因子の機能改変と実用的な農作物への応用研究により、生産性の高い作物開発が期待されます。

【用語説明】

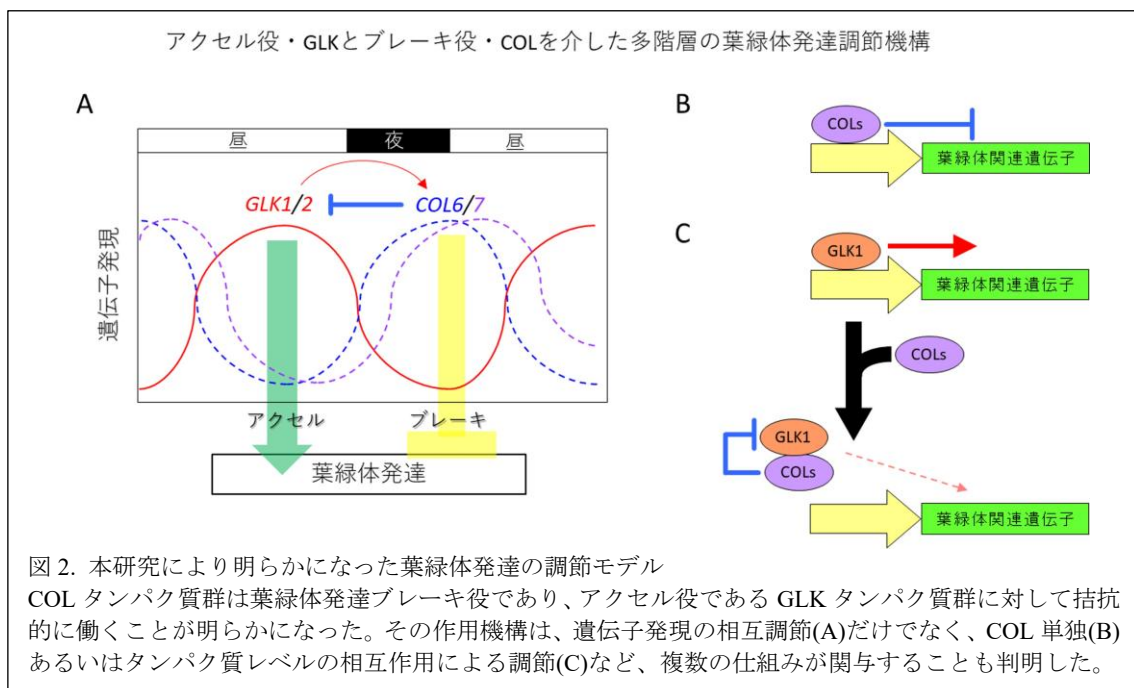
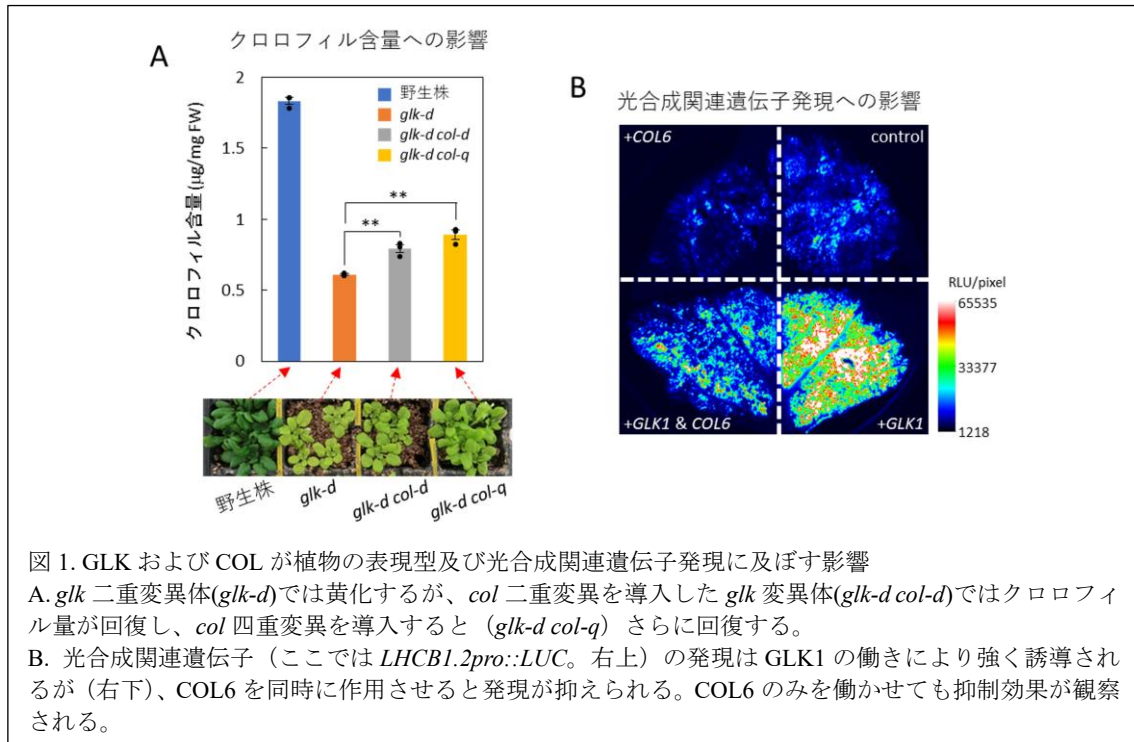
注 1: *B-BOX* タンパク質 (*BBX*)

B-BOX と呼ばれる亜鉛フィンガーモチーフを持つタンパク質。*B-BOX* はタンパク質間相互作用や DNA との相互作用に関与すると考えられている。今回調査した *BBX* タンパク質は開花誘導因子 *CONSTANS* に似た構造を持つため、*CONSTANS-LIKE* (*COL*)

とも呼ばれており、本文中ではその呼称を使用した。

注 2: GLK タンパク質

葉緑体発達調節のアクセル役因子の一つで、核にコードされた光合成関連遺伝子の発現を誘導することが知られている。



【論文情報】

題名：Multilayered regulation of chloroplast development by single B-BOX CONSTANS-LIKE and GOLDEN2-LIKE proteins in *Arabidopsis*

著者：Kotaro Kakuda¹, Mari Abumi¹, Hiroko Kinoshita¹, Mami Higashi¹, Hibiki Shiiba¹, Shiho Shimizu¹, Shogo Kuramoto¹, Fumika Nishida¹, Karin Kawajiri¹, Kagari Sakugawa^{2,3}, Mayuko Sato³, Kiminori Toyooka³, Yasuko Ito-Inaba^{1,4} and Takehito Inaba^{1,*} (*責任著者)

著者所属：¹宮崎大学農学部, ²東京農工大学大学院連合農学研究科, ³理化学研究所環境資源科学研究センター, ⁴東北大学大学院生命科学研究所

掲載雑誌：Plant Physiology (雑誌 HP, <https://academic.oup.com/plphys>)

DOI: <https://doi.org/10.1093/plphys/kiag406>

【研究代表者】

宮崎大学農学部農学科・応用生命化学領域・植物生理学研究室 稲葉丈人 教授

【謝辞】

本研究は、文部科学省科学研究費補助金(18H02169, 20H02917, 20K21282, 22H04926, 24K01683, 24K21843, 25K01953)、革新的GX技術創出事業(JPMJGX23B0)、公益財団法人飯島藤十郎記念食品科学振興財団の支援を受けて行われました。

【問い合わせ先】

●研究に関すること

宮崎大学農学部・農学科・応用生命化学領域

教授 稲葉丈人

TEL/FAX：0985-58-7899

E-mail：tinaba@miyazaki-u.ac.jp

●報道に関すること

宮崎大学 企画総務部 総務広報課

TEL：0985-58-7114 FAX：0985-58-2886

E-mail: kouhou@miyazaki-u.ac.jp

理化学研究所 広報部 報道担当

TEL：050-3495-0247

E-mail：ex-press@ml.riken.jp