



国立大学法人 千葉大学
National University Corporation
Chiba University



東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

プレスリリース

平成 25 年 3 月 15 日

千葉大学 大学院園芸学研究科
東京工業大学 資源化学研究所

植物が葉緑体に「時」の情報を伝えるメカニズムの発見

—光合成や代謝など葉緑体機能の最適化にも深く貢献—

千葉大学大学院園芸学研究科の華岡光正特任准教授と東京工業大学資源化学研究所の田中寛教授の研究グループは、英国ブリストル大学の Dr. Antony Dodd らとの国際共同研究により、植物細胞内で形成される体内時計の情報を光合成器官である葉緑体に伝達するメカニズムを世界で初めて発見しました。地球上の農業生産の増大にも期待される本研究成果は、2013 年 3 月 15 日に米国科学雑誌「Science」に掲載されました。

* 本研究は、The Royal Society「日英国際共同研究」、文部科学省科学技術振興調整費「若手研究者の自立的研究環境整備促進」、科学研究費補助金「若手研究・基盤研究・新学術領域研究」、住友財団「基礎科学研究助成」、物質・デバイス領域共同研究拠点における共同研究等による支援を受けて実施されました。

< 研究背景と成果の概要 >

植物細胞は動物などと同様に体内時計（概日時計）を持っており、光合成や代謝など細胞内の様々な機能が 1 日の中で最適な時間帯に起こるように調節しています。植物の場合、概日時計が光合成能や生産力の向上において重要な役割を果たすことが知られています。葉緑体は光合成反応の「場」であるため、その機能は昼夜の光環境サイクルに強く依存していると考えられます。しかし、細胞核を中心に作られた概日時計の情報がどのようなメカニズムで葉緑体に伝えられているかは長らく謎とされていました。

葉緑体は、シアノバクテリアと呼ばれる光合成細菌の一種が真核細胞の祖先種に共生することで誕生したと考えられています。そのため、祖先シアノバクテリアに由来する独自のゲノム DNA とその遺伝子発現システムを持っています。光合成をはじめとした葉緑体の機能に必要な遺伝子は、核ゲノムと葉緑体ゲノムに分かれて存在しているため、両者間の遺伝子発現を協調させるためのメカニズムが重要であると考えられます。この協調においては、葉緑体 RNA ポリメラーゼのサブユニットの 1 つであるシグマ因子が

特に重要な役割を果たします。シグマ因子遺伝子は核ゲノムに複数種コードされており、植物の形態形成や環境変化に応じて発現して核から葉緑体に輸送されることで、必要に応じた葉緑体遺伝子の発現調節に関与すると考えられています。

研究グループは、モデル植物のシロイヌナズナを用いて、複数のシグマ因子の発現が細胞の概日時計によってコントロールされることを発見しました。特に、シグマ因子の1つである *SIG5* の欠損株では、光合成の反応中心タンパク質を構成する *psbD* 遺伝子の周期的な発現が失われることが示され、時間情報がシグマ因子を介して核から葉緑体に伝えられることが実証されました。このシステムによって、昼夜の光環境変化に応じた葉緑体タンパク質の生産や光合成活性の最適化が実現していると考えられます。

この発見は、概日時計を中心とした細胞応答メカニズムの新しい概念を提案する上で大きなブレークスルーとなると考えられます。本研究により、植物細胞内の異なるコンパートメント間で時間情報が確かに伝達することが証明されました。概日時計の機能は葉緑体の光合成活性や作物の収量に大きな影響を与えることから、地球の食料生産力の向上など、農業分野における応用も強く期待されます。

<掲載論文名および著者名>

'Circadian Control of Chloroplast Transcription by a Nuclear-Encoded Timing Signal'

(核から発せられる時間シグナルによる葉緑体遺伝子の日周期的な転写調節)

Science, Vol. 339, No. 6125, pp.1316-1319 (DOI: 10.1126/science.1230397)

<http://www.sciencemag.org/content/339/6125/1316.full>

Zeenat B. Noordally, Kenyu Ishii, Kelly A. Atkins, Sarah J. Wetherill, Jelena Kusakina, Eleanor J. Walton, Maiko Kato, Miyuki Azuma, Kan Tanaka, Mitsumasa Hanaoka, Antony N. Dodd

(Zeenat B. Noordally、石井健雄、Kelly A. Atkins、Sarah J. Wetherill、Jelena Kusakina、Eleanor J. Walton、加藤麻衣子、東美由紀、田中寛、華岡光正、Antony N. Dodd)

本件に関するお問い合わせ先

千葉大学大学院園芸学研究科 応用生命化学領域

華岡 光正 (はなおか みつまさ)

TEL/FAX : 047-308-8831

E-mail : mhanaoka@faculty.chiba-u.jp

東京工業大学資源化学研究所 生物資源部門

田中 寛 (たなか かん)

TEL/FAX : 045-924-5274

E-mail : kntanaka@res.titech.ac.jp

< 参考図 >

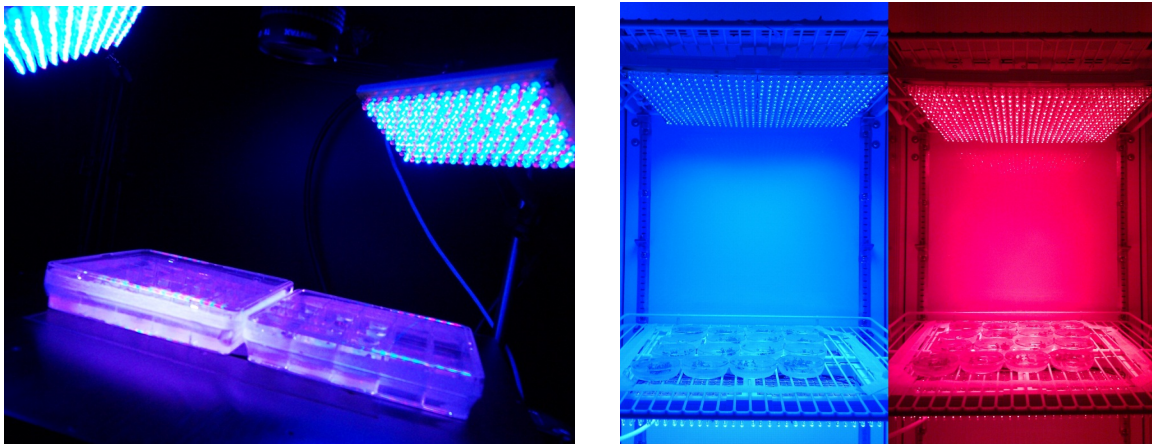


図1 概日時計による細胞応答を解析するためのイメージング装置

(左) シロイヌナズナの植物体を 12 時間/12 時間の明暗サイクル条件下で生育させることで細胞の概日時計を同調させた。その後、連続明条件下に移してから最長 144 時間目までの遺伝子発現や光合成活性のパターンを連続的に測定した。(右) 概日時計に依存した遺伝子発現に影響を与える波長域を検討する実験では、単色 LED を用いて青色光や赤色光などの照射下で植物を生育させ、同様に解析を行った。

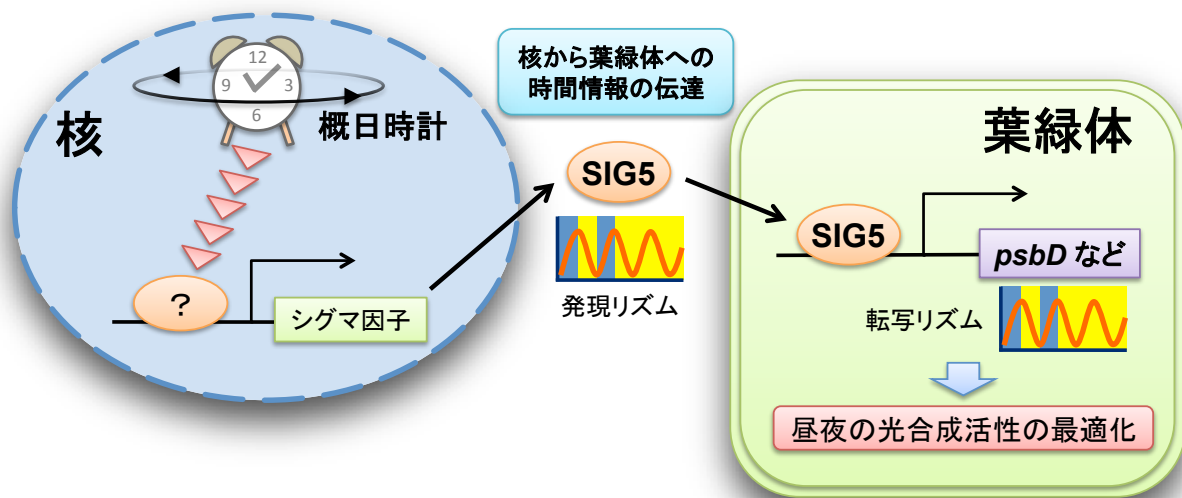


図2 植物細胞における葉緑体への時間情報の伝達モデル

植物の概日時計の中心振動体は、主に核で機能していると考えられている。概日時計が刻む 24 時間周期の時間情報がどのようなメカニズムにより光合成器官である葉緑体に伝えられるかは不明であった。本研究により、葉緑体遺伝子の転写調節に深く関与する RNA ポリメラーゼのシグマ因子 SIG5 が、葉緑体の光合成遺伝子の周期的な発現を制御することが明らかとなった。すなわち、細胞の時間情報はシグマ因子を介して葉緑体に伝えられ、昼夜における光合成や代謝などの葉緑体機能のサイクルが厳密に維持されているものと考えられた。