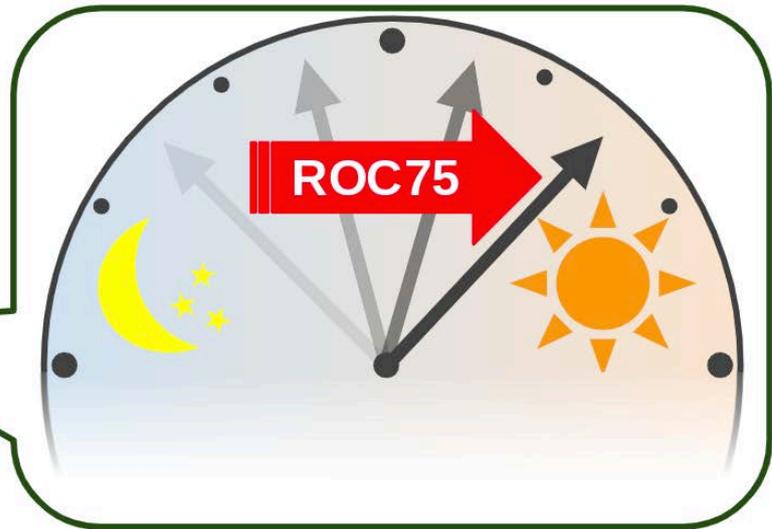


緑藻クラミドモナス



緑藻が“目覚める”メカニズムを解明 ～藻類バイオ燃料への応用に期待～

名古屋大学遺伝子実験施設（施設長：木下俊則）の松尾拓哉講師らの研究グループは、緑藻の体内時計が夜から朝に移行する分子メカニズムを解明しました。

緑藻は主に池や川など身近な水辺に住む小さな光合成生物です。我々人間と同じように体内時計を持っており、一日の生活にリズムがあります。本研究では、緑藻の時計遺伝子の一つである *ROC75* を解析しました。その結果、*ROC75* は夜明けから昼に働く因子で、夜明け時に夜の時計遺伝子群の働きを抑制することで、緑藻の体内時計を夜から朝へ移行させていることを明らかにしました。また、*ROC75* を人為的にコントロールすることで、緑藻の体内時計を朝にすることに成功しました。これらの結果は、体内時計のメカニズムの理解や、植物の世界における体内時計の進化の解明に繋がります。また、藻類バイオ燃料の増産への応用が期待されます。

この研究成果は、2020年6月17日付米国科学雑誌 *PLoS Genetics* に掲載されました。

この研究は、文部科学省科学研究費補助事業（16K07448、19K06720）、大幸財団、武田科学振興財団、ノバルティス科学振興財団、長瀬科学技術振興財団の支援のもとで行われたものです。

【ポイント】

- ・ 緑藻の時計遺伝子 *ROC75* は、体内時計を夜から朝に移行させることを解明
- ・ *ROC75* を人為的にコントロールすることで、緑藻の体内時計を朝にすることに成功
- ・ 植物の体内時計の進化の解明へ
- ・ 藻類バイオ燃料増産への応用に期待

【研究背景と内容】

緑藻^{*1}は身近な池や田んぼに生息する光合成生物です。緑藻も体内時計(概日時計)^{*2}を持っており、我々と同じように日々の生活にリズムがあります。昼間は鞭毛を使って泳いで水面近くに行き光合成をします。夜は生きていく上で必要な窒素化合物を取り込むため、それが豊富な水底に固着します。また、緑藻はバイオ燃料として利用可能な油脂を作ります。一部の緑藻においてはその生産量は極めて高く、藻類バイオ燃料の実用化に向けた研究が進んでいます。

近年、緑藻の体内時計の分子メカニズムの研究が進みつつあります。それにより、緑藻の体内時計は、我々にとって身近な植物である被子植物の体内時計とある程度類似していることが解ってきました。しかし、緑藻にしか観られない特徴も数多くあり、植物の世界で体内時計がどのような進化を遂げたのかは、学術的に興味深い課題です。我々の研究グループでは、緑藻の一種であるクラミドモナス (*Chlamydomonas reinhardtii*) (図1)^{*3}を用いて体内時計の研究を行っています。今回は、我々が以前発見した緑藻の時計遺伝子^{*4}である *ROC75* (*Rhythm of Chloroplast 75*) の研究を行いました。*ROC75* は被子植物の時計遺伝子 *LUX* (*LUX ARRHYTHMO*) [別名: *PCL1* (*PHYTOCLOCK1*)] と同じタイプの転写因子をコードしています。

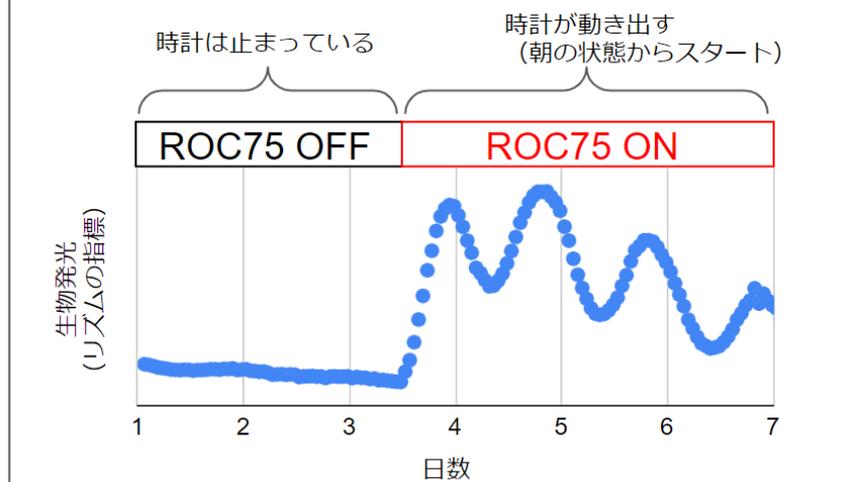
図1；緑藻クラミドモナス



研究の結果、*ROC75* 遺伝子の産物である *ROC75* タンパク質は、夜明け頃に作られ始め、日中は高レベルで細胞核に存在し、夜にはほとんど消失することを明らかにしました。また *ROC75* は、夜に働く時計遺伝子である *ROC15* や *ROC40* の発現を抑制する働きがあることも明らかにしました。これらの結果から、*ROC75* は夜の時計遺伝子の働きを

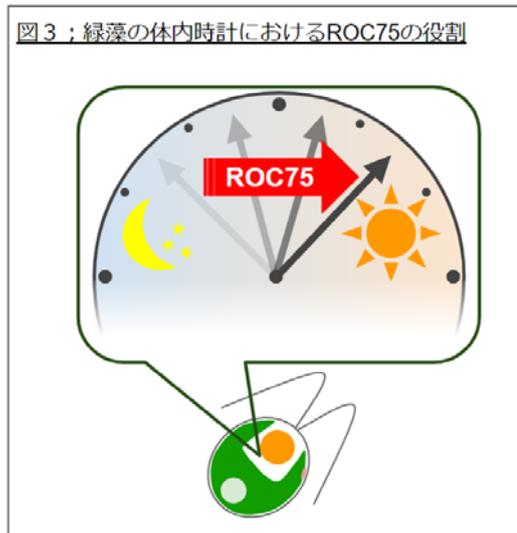
図2；*ROC75* の人為的制御

生物発光は緑藻に組み込んだレポーター遺伝子に由来する。体内時計の活動の状態を反映している。



夜明け時に抑制することで、体内時計を夜から朝へ移行させていることが示唆されました。我々はこれを証明するため、グルココルチコイド受容体^{*5}を利用して *ROC75* タンパク質の働きを人為的にコントロールしました。*ROC75* の働きが OFF の状態では体内時計は機能せず、緑藻の活動にリズムは見られませんでした (図2、*ROC75* OFF)。その状態から *ROC75* を ON にすると、リズムが再開されました (図2、*ROC75* ON)。また、いつ再開しても必ず朝の状態から再スタートすることがわかりました。*ROC75* が OFF の状

態では、夜の時計遺伝子 *ROC15*、*ROC40* の働きが抑制されないために体内時計は夜の状態に留まっており、*ROC75* が ON になることでそれら夜の時計遺伝子の働きが抑制されて昼に移行すると考えられます。これらの結果から、*ROC75* は緑藻の体内時計を夜から昼へ移行させる因子であることが解りました（図3）。



【成果の意義】

今回の研究で明らかになった *ROC75* の特徴は、被子植物の *LUX* で知られている特徴と多くの点で異なっています。進化の過程で主に水中で生活することを選んだ緑藻と、陸上がった植物における生存戦略の違いを反映しているのかもしれませんが。

また、今回の研究では緑藻の体内時計をコントロールして朝にすることに成功しました。任意のタイミングで緑藻を“目覚め”させることで、光合成活性を高め、バイオ燃料の増産に活用できると期待されます。

【用語説明】

- ※1 緑藻：緑藻植物門緑藻綱に属する生物
- ※2 体内時計：概日時計。ほとんどの生物が持つ細胞内に備わった計時システム。地球上での1日（24時間）を計る。地球の自転による昼夜変化に適応するために獲得された。
- ※3 クラミドモナス：緑藻の一種。1対の鞭毛と1個の葉緑体をもつ単細胞生物。実験ツールが整っており、さまざまな研究分野でモデル生物として用いられている。
- ※4 時計遺伝子：概日時計に必須の遺伝子。動物、菌類、緑色植物、シアノバクテリアで見ついている。それらの生物間で時計遺伝子は異なり、進化の過程でそれぞれ別々に獲得したと考えられている。

※5 グルココルチコイド受容体：哺乳類の核内受容体の一種。グルココルチコイドを受容すると核内に移行し転写因子として働く。植物は本来持たないタンパク質である。植物の転写因子と融合して植物細胞内で発現させると、その転写因子の働きをグルココルチコイド（およびその類似物質）でコントロールすることが可能となる。

【論文情報】

雑誌名：PLOS Genetics

論文タイトル：The role of R0C75 as a daytime component of the circadian oscillator in *Chlamydomonas reinhardtii*

著者：松尾拓哉、飯田高広、大村亜有美、Malavika Gururaj、加藤大策、武藤梨沙、井原邦夫、石浦正寛

※本学関係教員 松尾拓哉 講師、井原邦夫 准教授、石浦正寛 名誉教授

DOI: [10.1371/journal.pgen.1008814](https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1008814)