

平成 29 年 8 月 8 日

報道機関 各位

東北大学学際科学フロンティア研究所
東北大学大学院生命科学研究科

シアノバクテリアの外膜の特殊な物質透過性を解明 原始葉緑体の成立過程への示唆

【概要】

東北大学大学院生命科学研究科の木幡光（博士後期課程学生）と同学際科学フロンティア研究所の児島征司助教は、同大学院生命科学研究科の高橋秀幸教授と共同で、シアノバクテリア（酸素発生型の光合成を行う細菌群）のモデル種 *Synechocystis* sp. PCC 6803 の最も外側の膜構造である外膜（図）の透過性を解析し、外膜が有機物の透過を著しく制限する一方で、無機イオンに対しては高い透過性を示す特殊な性質を持つことを明らかにしました。この特性は、生育に必要な無機イオン類を高効率で細胞内へ取り込みつつ、自ら合成した栄養分である有機物を外に漏らさないために最も適した性質といえます。

シアノバクテリアは自然環境中の有機物生産を担う重要な光合成生物種の一つであり、また植物葉緑体の起源と考えられています。本グループは、シアノバクテリアの外膜の主要構成成分は葉緑体成立の初期には既に失われており、物質透過機能をもつ全く別のタンパク質が原始的葉緑体の外膜の主要成分となっていることを昨年度の研究で突き止めています。これらの事実から、シアノバクテリアの外膜の物質透過性を大きく改変し、栄養分となる有機物を外に取り出す機構を獲得することが葉緑体成立の工程の一つであったことが見えてきます。本成果は、米国微生物学会が発行する学術誌 *Journal of Bacteriology* オンライン版に 7 月 10 日付けで掲載されました。

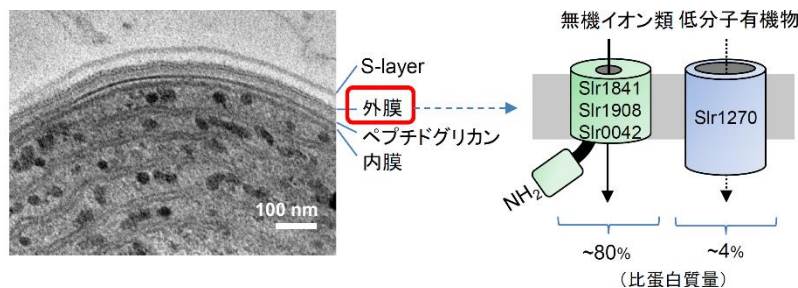


図. *Synechocystis* sp. PCC 6803 の細胞表面構造（左）と外膜の物質透過機構（右）。無機イオンのみ透過する蛋白質が全体の約 80% を占める一方、有機物を透過できるものは約 4% しか存在しない。

【詳細な説明】

シアノバクテリアは自然環境中の有機物生産を担う最も重要な光合成生物種の一つであり、また植物葉緑体の起源と考えられています。従ってシアノバクテリアを介した無機物から有機物への物質循環は自然界において重要な位置を占めます。外膜は細胞内外への物質の出入りをコントロールし、細胞と外環境との関わり合いに直接的に影響するため、シアノバクテリアと外環境との物質的やり取りを理解する上で外膜の透過性を詳しく知ることは不可欠です。しかしながら、シアノバクテリアの外膜透過性についてはこれまで断片的な知見しか得られていませんでした。

本研究グループは、シアノバクテリアのモデル種 *Synechocystis* sp. PCC 6803 を使用し、①ショ糖密度勾配遠心法^{*1}による外膜の単離と主要外膜タンパク質の同定、②生菌体と糖の放射性同位体を用いた外膜透過性測定、③外膜タンパク質を組み込んだ膜小胞と糖、アミノ酸、無機イオン類を用いた透過速度測定、の実験手順により外膜透過性を解析しました。その結果、外膜の全タンパク質量の約 80%を占める主要タンパク質 (Slr1841, Slr1908, Slr0042) は無機イオン類のみを透過させるチャンネルタンパク質^{*2}であり、非常にわずかにしか存在しない Slr1270 (全外膜タンパク質量の約 4%) が、有機物を透過させる能力をもつ唯一のチャンネルタンパク質であることがわかりました。また、このようなチャンネルタンパク質の性質の偏りによって、外膜は有機物の透過を著しく制限しつつ、無機イオンに対して高い透過性を示すという特殊な透過性を持つことが明らかになりました。大腸菌等の従属栄養^{*3}細菌では有機物を透過できるポリンと呼ばれる外膜チャンネルタンパク質が非常に多量に存在し、栄養分である有機物を細胞内へ取り込むための主要経路として機能することが知られています。一方でシアノバクテリアは光合成能力をもつので、必ずしも有機物を栄養分として外から取り込む必要はありません。上記のような外膜の特性は、生育に必要な無機イオン類を高効率で細胞内へ取り込みつつ、自ら合成した有機物を外に漏らさないために最も適した性質といえます。

葉緑体の起源は、原始真核細胞に細胞内共生^{*4}したシアノバクテリアだと考えられています。本グループは昨年度、最も原始的な葉緑体の一つとされる灰色藻 *Cyanophora paradoxa* の葉緑体の外膜を調べた結果、シアノバクテリアの外膜の主要構成成分は既に失われており、その代わりに、分子量約 1,000 以下の物質を透過させる働きを持つ CppS/F と名付けたチャンネルタンパク質が主要な外膜タンパク質として存在していることを明らかにしています (Kojima et al. 2016, J. Biol. Chem. 291:20198)。CppS/F はシアノバクテリアには存在せず、今まで植物とは全く関係ないと思われていた Planctomycetes と呼ばれる細菌群の細胞表層タンパク質と類似していました。シアノバクテリアを葉緑体に変換するためには、シアノバクテリアと宿主となる細胞との物質的やり取りを可能にする必要があります。これらの事実を考慮すると、シアノバクテリアの外膜の

物質透過性を大きく改変し、栄養分となる有機物を外に取り出す機構を獲得することが葉緑体成立の素過程の一つであったことが見えてきます。そしてその機構は、今までシアノバクテリアや植物とは関係ないと思われていた細菌から提供されたのかもしれませんが。

【語句説明】

- *1. シヨ糖密度勾配遠心法：試料を密度の違いにより分離するための方法。各種生体膜の分離に汎用される。
- *2. チャネルタンパク質：生体膜を介した物質透過に関与するタンパク質の一種。イオンや小さな化合物を膜を超えて通過させる働きを持つ。
- *3. 従属栄養：生存に必要な炭素源を有機物から得ること。
- *4. 細胞内共生：ある生物が他生物種の細胞の中に住み着き、共生すること。ミトコンドリアや葉緑体は細菌による原始宿主細胞への細胞内共生にその起源を持つ。

【論文題目】

題目：Outer membrane permeability of cyanobacterium *Synechocystis* sp. PCC 6803: studies of passive diffusion of small organic nutrients reveal the absence of classical porins and intrinsically low permeability.

著者：Hikaru Kowata, Saeko Tochigi, Hideyuki Takahashi, Seiji Kojima

雑誌：Journal of Bacteriology

DOI：10.1128/JB.00371-17

お問い合わせ先

(研究に関すること)

東北大学 学際科学フロンティア研究所

助教 児島 征司(こじま せいじ)

電話番号:022-217-5717

Eメール:skojima0801@gmail.com

(報道に関すること)

東北大学 学際科学フロンティア研究所

特任准教授(URA) 鈴木 一行(すずき かずゆき)

電話番号:022-795-4353

Eメール:suzukik@fris.tohoku.ac.jp