

## 光合成の効率が生物により大きく異なる原因を解明 — CO<sub>2</sub> 固定酵素ルビスコの CO<sub>2</sub> 識別能に関わる構造を発見 —

神戸大学大学院人間発達環境学研究科の蘆田弘樹准教授は、奈良先端科学技術大学院大学の横田明穂名誉教授、大阪大学工学研究科の溝端栄一講師らとの共同研究により、生物の光合成能力差に大きく影響を与える、CO<sub>2</sub> 固定酵素ルビスコ※1 の CO<sub>2</sub> 識別能力に活性部位※2 表面の電荷分布が関与していることを明らかにしました。これまで、ルビスコの CO<sub>2</sub> 識別能力が光合成生物によって多様であることが知られていましたが、その原因を明らかにしたのは本研究が世界で初めてです。

本研究成果は、2月28日発行の国際誌「Biochemical Society Transactions」2月号に掲載されました。

### 【研究の背景】

光合成は、植物、藻類、細菌などが太陽光、水、CO<sub>2</sub> から糖や炭水化物を作り出す、生物が生きていくためのエネルギー源を合成するために欠かすことのできない営みです。

ルビスコは、この光合成において CO<sub>2</sub> の固定化を触媒する重要な鍵酵素ですが、O<sub>2</sub> を CO<sub>2</sub> と誤認識して O<sub>2</sub> の固定化も触媒してしまうため、CO<sub>2</sub> 識別能力が低く、現地球環境の高濃度 O<sub>2</sub> によって、CO<sub>2</sub> 固定反応は大きく阻害されています。このため、様々な局面でルビスコの CO<sub>2</sub> 固定酵素としての劣悪な性能が植物や藻類の光合成能力を制限しています。興味深いことに、ルビスコの CO<sub>2</sub> 識別能力は光合成生物によって異なり、一定ではありません。

これら生物の光合成能力の向上を目指して CO<sub>2</sub> 識別能力を高めたルビスコの創成研究が進められてきましたが、ルビスコの機能改良は難しいのが現状です。これまで、ルビスコの CO<sub>2</sub> 識別能力は、光合成生物によって多様であることは知られていましたが、その原因は不明でした。

### 【研究の内容】

ルビスコの CO<sub>2</sub> 識別能力は、シアノバクテリア※3、緑藻※4(クラミドモナス)、植物(イネ)、紅藻※5(ガルディエリア)の順に高くなります。緑藻、植物、紅藻ルビスコの CO<sub>2</sub> 識別能力は、シアノバクテリアのもの約、1.5倍、2倍、6倍の値を示します。

本研究では、これらの CO<sub>2</sub> 識別能力の違いを生み出す原因を明らかにするために、それぞれのルビスコの立体構造を詳しく解析し、比較しました。特に、ルビスコの活性部位表面の電荷分布を

解析した結果、CO<sub>2</sub> 識別能力が低いルビスコでは活性部位表面がマイナスに帯電しており、CO<sub>2</sub> 識別能力が高いルビスコでは電荷がニュートラルになる傾向が明らかになりました。電荷がニュートラルな構造や部位は、O<sub>2</sub>との結合性が低いことが分かっています。これらのことから、ルビスコの活性部位表面の電荷分布が活性部位近傍での CO<sub>2</sub> と O<sub>2</sub> の相対存在比を決めており、活性部位の表面電荷がニュートラルなルビスコでは CO<sub>2</sub> 濃度が相対的に高くなることで、優れた CO<sub>2</sub> 識別能力を示すことが明らかになりました。

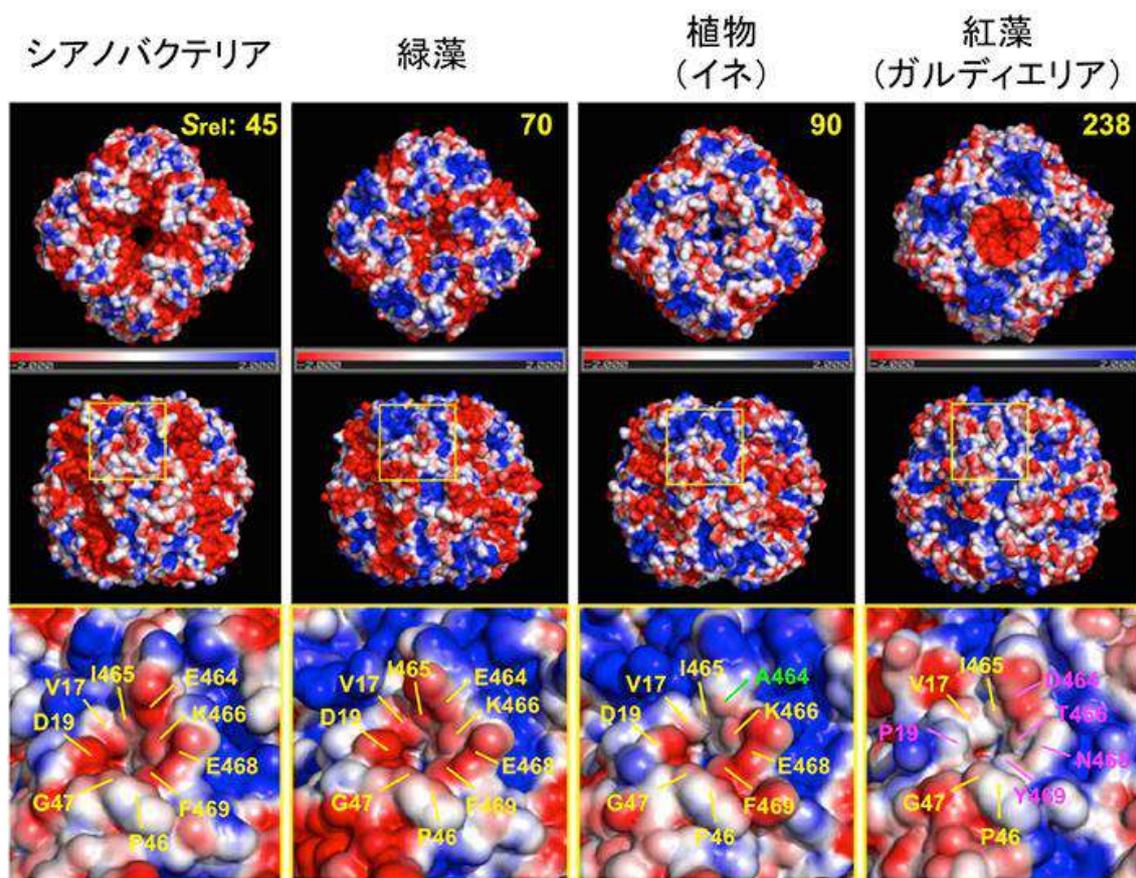


図1 様々なルビスコの CO<sub>2</sub> 識別能と活性部位表面の電荷分布

図中の S rel は、それぞれのルビスコの CO<sub>2</sub> 識別能力値を示し、この値が高いほど CO<sub>2</sub> 固定反応を優位に進めることができる。表面電荷がマイナス、プラス、ニュートラルな部位をそれぞれ、赤、青、白で示した。下段の図が活性部位の電荷分布を示す。

## 【今後の展開】

これまで、ルビスコの CO<sub>2</sub> 識別能力を改良することで、植物の光合成能力を向上させることができると期待されていたことから、その改良方法を探索する研究が行われてきましたが、どのようなルビスコをデザインしたら良いかは大きな課題のままでした。今回の発見により、CO<sub>2</sub> 識別能力を高

めたルビスコの創成が可能となり、今後これを用いて植物の光合成能力を向上させ、食糧増産、低炭素化、代替燃料生産の増産に応用できると期待されます。

#### 用語解説

※1 ルビスコ：光合成カルビン回路において、CO<sub>2</sub>の入り口となるCO<sub>2</sub>固定段階で働く酵素タンパク質。その機能の悪さから、様々な局面で光合成の速度を規定している。

※2 活性部位：酵素が反応を触媒する場所。

※3 シアノバクテリア：酸素発生型光合成を行う、原核生物。

※4 緑藻：緑色植物のうち、陸上植物を除いたものの総称で、真核光合成生物。

※5 紅藻：紅色植物に属する藻類に一群で、真核光合成生物。

日本語文

[http://www.kobe-u.ac.jp/research\\_at\\_kobe/NEWS/news/2019\\_03\\_25\\_01.html](http://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/news/2019_03_25_01.html)