



Title	3.2 Å Cryo-EM Structure of Cyanobacterial Monomeric Photosystem I : Monomerization Unravels the Red Chlorophylls
Author(s)	Çoruh, Mehmet Orkun
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/82033
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (Mehmet Orkun Çoruh)	
Title	<p>3.2 Å Cryo-EM Structure of Cyanobacterial Monomeric Photosystem I: Monomerization Unravels the Red Chlorophylls</p> <p>(シアノバクテリアのモノマー光化学系 I の 3.2Å クライオ EM 構造：モノマー化によって明らかになった長波長クロロフィルの構造)</p>
<p>Abstract of Thesis</p> <p>A comprehensive history of experimentation dedicated to the understanding of photosynthesis in the context of structural biology, biochemistry, biophysics, and evolution entailed an understanding of the process. Despite the illustrative outcomes of structural analysis in describing the machinery of photosynthesis, the governing dynamics and functions are yet to be ascribed at the molecular level. The oligomeric configurations of Photosystem I amongst different species and the reasoning behind the evolution from oligomeric to monomeric organization is one of the inconclusive issues, having the potential to elucidate some mechanisms owing to well-investigated alterations in the behavior of monomeric and oligomeric states. Here, single-particle Cryo-EM structural analysis of an intact and functional PSI monomer at 3.2 Å resolution is reported. Interpretation of the Coulombic map and comparison with the trimeric structure allowed us to deduce the differences in structure and cofactor content, revealing the monomerization-induced flexibility and chlorophyll losses, providing insights and conclusions about long-wavelength absorption of PSI, the identities of red chlorophylls, and the function of peripheral subunits.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (Mehmet Orkun Çoruh)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教 授 栗 栖 源 嗣
	副 査	教 授 中 川 敦 史
	副 査	教 授 加 藤 貴 之

論文審査の結果の要旨

学位申請者は、光合成電子伝達ではたらく膜蛋白質複合体 Photosystem I (PSI) に着目し「3.2 Å Cryo-EM Structure of Cyanobacterial Monomeric Photosystem I: Monomerization Unravels the Red Chlorophylls (シアノバクテリアのモノマー光化学系 I の 3.2 Å クライオ EM 構造: モノマー化によって明らかになった長波長クロロフィルの構造)」と題する研究を行った。

光合成生物は、地球上の多様で変化に富んだ光環境に対応するため、生育条件に合わせて光合成機能を最適化させる光環境適応機構を発達させてきた。これまで光合成反応の仕組みを理解するために、数多くの光合成蛋白質の構造が報告されてきたが、光環境適応に関するダイナミクスやその構造機能相関については、まだ原子レベルで解明されたとと言える状況にはない。残された未解決問題の一つに、異なる種間で光化学系 I (PSI) がさまざまなオリゴマー状態を取ることが挙げられる。例えば、シアノバクテリアでは 3 量体として機能する PSI が、高等植物へ進化する際になぜ単量体化したのかという疑問は未解決のままである。本博士論文では、好熱性シアノバクテリア *Thermosynechococcus elongatus* BP-1 由来の無損傷で完全に機能する単量体 PSI について、X 線結晶構造解析による 6.0 Å 分解能の構造とクライオ電子顕微鏡による 3.2 Å 分解能の構造を決定し、その構造と機能の相関について議論している。膜蛋白質である PSI の試料調製時に、界面活性剤の余分なミセルを除去する工夫を加えることで、SN 比の高い良質な画像を取得することを可能とし、少ない枚数の電子顕微鏡イメージから原子モデルを構築できる高分解能の密度マップを計算することに成功している。

申請者は、密度マップを丁寧に解釈し分子モデルを構築して、2001 年に報告された 3 量体の結晶構造と比較することで、構造と補酵素の含有量の違いを確定することに成功している。その結果、単量体化に起因する構造の柔軟性とクロロフィルの損失が明らかとなり、PSI の長波長吸収クロロフィル (通称、赤色クロロフィル) を同定することに成功した。次に、PsaL サブユニットの末端構造や PsaX サブユニットの機能についてもその生理的役割を結論づける発見を行っている。今回発見した赤色クロロフィルの分子内の相対配置から、PSI の 2 つある電子伝達鎖が非対称にはたらく構造基盤についても脂質結合部位の熱振動との関係から独自の考察を加えることにも成功している。

申請者は、環境適応機能の一つとして単量体が多量体化するダイナミクスに着目し、自身の解析した PSI モノマーの高分解能構造をベースに複数の立体構造を比較検討する事で、これまで結論づけられてこなかった赤色クロロフィルの位置を同定し光環境適応反応とを結びつける構造基盤を提唱するに至っている。本論文の研究内容は、光合成電子伝達の制御機構を理解する上で、大変意義のある成果である。

よって、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値あるものと認める。