

ナノモル濃度添加剤によって微生物発電の二桁加速が進む

細胞外電子移動メカニズム

Extracellular electron transfer mechanism for two orders of magnitude acceleration of microbial power generation by nanomolar concentration additives

物材研¹, 北大理² ◯岡本章玄^{1,2}

National Institute for Materials Science¹, Hokkaido Univ.², ◯Akihiro Okamoto^{1,2}

E-mail: okamoto.akihiro@nims.go.jp

細胞外膜に電子伝達タンパク質である外膜シトクロムを分布させ、細胞外に存在する金属酸化物や電極などの固体に電子を伝達する能力を持つ「電気細菌」と呼ばれる微生物の研究が近年盛んに行われている。細胞外電子移動(Extracellular electron transfer, EET)と呼ばれる微生物—固体間の界面電子移動過程は鉄還元細菌という特殊な細菌に限られた現象であるところまで考えられてきた^[1]。しかし、甚大な経済被害に繋がる微生物鉄腐食^[2]や、人体の健康を左右する腸内細菌、微生物間電子伝達^[3]など、環境中で高い普遍性を有する事象であることが次第に明らかとなっており、EET の速度論的理解ならびに制御の重要性はより高まっている。

本発表では、モデル EET 菌である *Shewanella oneidensis* MR-1 株や *Geobacter sulfurreducens* PCA 株における電子移動速度を大幅に加速させる小分子を特定、その機構の一端を明らかにしたので報告する。これまでこれらの細菌が分泌するフラビンは溶存状態で外膜シトクロムから電子を受け取る間接型 2 電子反応を媒介すると考えられてきたが^[4]、最近当研究室ではフラビンを介した直接型の電子移動過程が速度論的により重要であることを見出した^[5,6]。すなわち、フラビン分子は外膜シトクロムに結合する補酵素として機能し、直接型 1 電子反応を大幅に加速する。しかし、補酵素フラビンが外膜シトクロムのヘム鉄から電子を受け取る反応は、約 200 mV 程度の吸熱反応であり^[5]、フラビン分子による電子移動加速と矛盾する。そこで本研究では、結合フラビンの EET 加速機構の理解を目的とし、既に見出しているフラビンの代替補酵素として働く複素環式化合物を用い、補酵素の酸化還元特性が与える EET への速度論的影響を検討した。その結果、EET の律速過程はこれまで全く重要性が指摘されてこなかった、電子移動と共役したプロトン移動反応であり、フラビンがプロトン移動を促進することで EET を加速させる機構が明らかとなった。当日は、マテリアルインフォマティクスを用いた更なる電子移動の効率化を実現するレドックス分子の探索研究に関しても議論する。

[1] D. R. Lovley, *Nat. Rev. Microbiol.*, **2006**, 4, 497 [2] Hang T. Dinh *et al.*, *Nature*, **2004**, 427, 829 [3] McGlynn, S. E. *et al.*, *Nature*, **2015**, 526, 531 [4] E. Marsili *et al.*, *PNAS*, **2008**, 105(10), 3968 [5] A. Okamoto *et al.*, *PNAS*, **2013**, 110(19), 7856 [6] A. Okamoto *et al.*, *Energy. Environ. Sci.* **2014**, 7, 1357