

酢酸菌の呼吸鎖酵素による電気化学カスケード反応系の開発

Development of bioelectrochemical cascade system by respiratory chain dehydrogenases from *Gluconobacter oxydans*

○足立 大宜¹、宋和 慶盛¹、北隅 優希¹、白井 理¹、加納 健司² (¹京大院農、²京大産官学連携本部)

○Taiki ADACHI¹, Keisei SOWA¹, Yuki KITAZUMI¹, Osamu SHIRAI¹, Kenji KANO² (¹Graduate School of Agriculture, Kyoto Univ., ²Center for Advanced Science and Innovation, Kyoto Univ.)

持続可能な低炭素社会の実現に向けて、現代社会は化石燃料からの脱却と再生可能エネルギーの活用が求められる。生体触媒である酸化還元酵素は、穏和な条件における高い触媒能と基質選択性を有する効率的なエネルギー変換触媒である。一部の酵素は、電極反応という人工的な電気化学反応系において、電極材料を介して外部回路と電氣的に接続されることで触媒反応を進行できる。本反応を直接電子移動 (DET: Direct Electron Transfer) 型酵素電極反応と呼称する。本研究では、酢酸菌 *Gluconobacter oxydans* の呼吸鎖を構成するアルコール脱水素酵素 (ADH) とアルデヒド脱水素酵素 (AIDH) に注目した。そして、クライオ電子顕微鏡法で解明した両酵素の立体構造に基づいて DET 型反応系を設計し、エタノール→アセトアルデヒド→酢酸という 2 段階酸化反応を電気化学的に評価した。さらに、本カスケード反応に基づくエタノール酸化電極と酸素還元電極を組み合わせ、エタノールを燃料とするバイオ電池を構築した結果、高出力密度 (0.48 mW cm^{-2} , 既報の 10 倍以上) および高電解効率 (90%) を実現した。

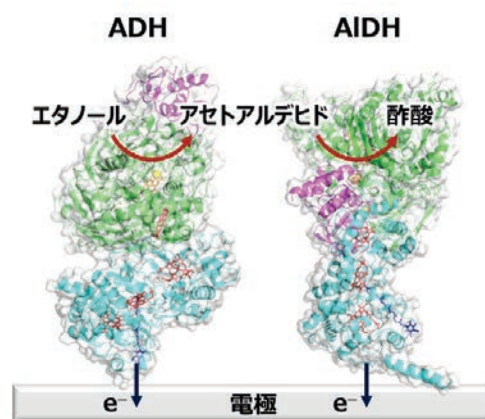


図 ADH と AIDH による DET 型カスケード反応

Oxidoreductases are biocatalysts with high activity and substrate specificity under mild conditions, which realize efficient energy conversions for a sustainable low-carbon society. Some enzymes can proceed with catalytic reactions on electrically-connected electrode materials, which is called direct electron transfer (DET)-type bioelectrocatalysis. In this study, we focused on alcohol dehydrogenase (ADH) and aldehyde dehydrogenase (AIDH), which constitute the respiratory chain of *Gluconobacter oxydans*. DET-type bioelectrocatalytic system of the two enzymes was optimized based on their 3D structures elucidated by cryo-EM, and the bienzymatic two-step oxidation from ethanol to acetate via acetaldehyde was electrochemically investigated. Furthermore, an ethanol/air biofuel cell using the bienzymatic DET-type cascade-based bioanode and an O_2 -reducing biocathode was constructed. The cell exhibited a high power density (0.48 mW cm^{-2} , which is more than 10 times higher than those previously reported) and a high Faraday efficiency (90%).

bioelectrocatalysis, biofuel cell, cryo-EM

発表責任者：足立大宜 (adachi.taiki.62s@st.kyoto-u.ac.jp)