

金ナノ粒子薄層電極を活用した 生物電気化学技術の実用化に向けて

SATテクノロジー・ショーケース2024

■ はじめに

私たちの体内におけるエネルギー生産や神経伝達、アルコールの分解は全て乾電池2個以下(電位差2V以内)の精密な電子伝達によって行われている。この低エネルギーコスト、かつ選択性の高い生物電気化学的特徴に着目して、今日までに血糖値を測定する小型センサーや高分子医薬品の選択的化学修飾のためのリアクターなどが開発されている(図1)。



図1. 生物電気化学の応用例

しかし、実用化する上で最大の課題の一つが、電極と生体分子間での電子伝達効率が低いことである。その解決策として、近年、ナノ構造をもつ電極が注目されており、過去に私たちの研究グループは**低コスト、かつ安全性の高い金ナノ粒子薄層電極**を開発した¹⁾(図2)。本研究ではその電極の実用性を、細胞内電子伝達を担うタンパク質であるシトクロムc への直接電子伝達反応を観測することで評価した。

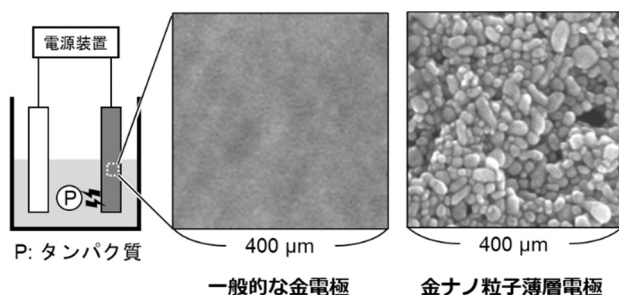


図2. 電極の表面状態

■ 活動内容

1. 10倍以上の反応面積を確保

電極表面の酸化被膜の還元に必要な電流値を測定した結果、金ナノ粒子薄層電極は一般的な金電極と比べて**10倍以上**の値を示した。この結果は、金ナノ粒子薄層電極の方が還元された酸化被膜の面積、すなわち電気化学的反応が起きる場所が10倍以上大きいことを意味している。

2. タンパク質への直接電子伝達効率が約4倍向上

シトクロムc への直接電子伝達能を試験した結果、金ナノ粒子薄層電極^{*}は一般的な金電極^{*}と比べて、**約4倍**の性能を示した。今後は、金ナノ粒子の大きさや膜の厚さなどを最適化し、タンパク質がより拡散しやすいように設計することで、更なる性能向上を見込んでいる。

^{*} タンパク質が電極表面と相互作用しやすいように化学修飾した物を使用

3. 電子伝達プロモーター試薬の選択枝が拡充

複数の電子伝達プロモーター試薬の効果を試験した結果、一般的な金電極では適切に機能しなかった試薬が金ナノ粒子薄層電極では使用可能なが分かった。したがって、金ナノ粒子薄層電極は電子伝達プロモーター試薬の選択枝を大きく広げられる可能性がある。

また、金ナノ粒子薄層電極は化学修飾しない場合でも、タンパク質との直接電子伝達が可能であることが分かった。この結果は電極表面上のナノ構造が表面積の増加だけでなく、電極-タンパク質間の電子伝達効率の向上にも寄与することを示唆している。

今後は金ナノ粒子薄層電極の工業的実用化に向けて、医薬品製造用酵素や有用物質生産細胞を研究対象とし、生産効率および耐久性の評価に取り組む予定である。

■ 関連情報

1) Mie Y et al., Electrochem commun., vol. 146, 2023

代表発表者 秋山 健太郎 (あきやま けんたろう)
所 属 産業技術総合研究所 生物プロセス研究部門
生体分子工学研究グループ

問合せ先 〒062-8517
TEL:011-857-8954
北海道札幌市豊平区月寒東2条17丁目2-1

■キーワード: (1) 電気化学
(2) ナノテクノロジー
(3) バイオセンサー・バイオリアクター
(4) 酸化還元タンパク質

■共同研究者:
三重 安弘¹⁾、岡部 浩隆²⁾、本村 大成²⁾、松田 直樹²⁾
1) 産業技術総合研究所 北海道センター 生物プロセス研究部門 生体分子工学研究グループ
2) 産業技術総合研究所 九州センター センシングシステム研究センター