

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	構造制御と失活抑制を考慮したバイオ燃料電池用酵素電極の高性能化 へ向けた研究
Title(English)	
著者(和文)	杉山朋晴
Author(English)	tomoharu sugiyama
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9647号, 授与年月日:2014年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山口 猛央,上田 宏,関 宏也,三重 正和,田巻 孝敬
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9647号, Conferred date:2014/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		杉山朋晴	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	山口 猛央	教授	審査員	田巻 孝敬	講師
	審査員	上田 宏	教授			
		関 宏也	准教授			
		三重 正和	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「構造制御と失活抑制を考慮したバイオ燃料電池用酵素電極の高性能化へ向けた研究」と題し、バイオ燃料電池の高性能化へ向けて、酸素還元酵素電極(バイオカソード)の構造制御と、カーボンブラックへの物理吸着に伴う酵素の失活抑制に関する研究を行ったものであり、5章より構成されている。

第1章「緒論」では、バイオ燃料電池の概略として、理論効率や用いられる酵素、電極反応について説明した後に、バイオ燃料電池に関する既往の研究を概説し、バイオ燃料電池の高性能化のためには、レドックスポリマーにおける電子移動律速の解消および、活性を保持した酵素の固定化量の増加が必要であることを示し、本研究の目的を述べている。

第2章「カソード用レドックスポリマーをグラフト重合したバイオカソードの開発」では、酵素を用いて酸素還元酵素電極の構造制御として、カソード用のメディエータを有するレドックスポリマーをグラフト重合したカーボンブラックを用いて、三次元カーボン電極を構築している。メディエータとして、2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS)を、酵素として Laccase を用いた酵素電極により、1 mA cm⁻² を超える酸素還元電流を得ている。また、リニアレドックスポリマーをカーボンブラックと混合して作成した電極との比較により、カーボンブラック表面へレドックスポリマーをグラフト重合した電極の方が、Laccase からカーボンブラックへの電子伝達が効率良く行われることを示している。さらに、検討の過程で明らかになった性能劣化についての要因を検討し、Laccase との共存により ABTS が分解することを明らかにし、分解生成物の分析から分解機構を提案している。

第3章「超耐熱性 Laccase を用いた失活抑制」では、高電流密度化への障害となっているカーボンブラックへの物理吸着に伴う酵素の失活を抑制するために、構造が剛直な超耐熱性酵素に着目した検討を行っている。超耐熱性 Laccase と中温性 Laccase、および Glucose oxidase (GOD) をカーボンブラックに吸着させ、吸着酵素活性の評価と赤外分光法による二次構造解析を行っている。吸着前後の活性評価から、カーボンブラックへの吸着により中温性 Laccase および GOD では大幅に活性が減少する一方で、超耐熱性 Laccase では吸着前の活性がほぼ維持されることを示している。また、吸着前後のタンパク質の二次構造解析により、中温性 Laccase や GOD と比較して超耐熱性 Laccase ではカーボンブラックへの吸着による活性中心近傍における構造変化が少ないことを示し、酵素の物理吸着に伴う失活を抑制するためには、活性中心近傍の構造変化を抑制することが重要であることを示している。

第4章「PEG 修飾を用いた失活抑制」では、カーボンブラックへの物理吸着により失活する酵素を用いる系において、カーボンブラックの表面修飾による酵素の失活抑制について検討している。カーボンブラックへ polyethylene glycol (PEG) を吸着させる親水化処理により、GOD の失活に繋がる物理吸着が抑制されることを示し、特に疎水末端を有する diacylglycerol PEG を用いることで GOD の吸着が大幅に抑制されることを示している。また、酵素の物理吸着が抑制された電極に酵素を固定化するために、片末端に NHS 基を有する PEG を用い、NHS 基と GOD のアミノ基との化学結合により酵素を固定化する手法と、硫安沈殿法を用いて電極へ酵素を固定化する手法を検討し、アノード用のメディエータを有するレドックスポリマーをグラフト重合により固定化したカーボン電極を用いて電気化学的な評価を行っている。NHS 基を有する PEG と GOD を予め反応させたうえでカーボン電極へ固定化した系と、カーボン電極を diacylglycerol PEG で修飾したうえで硫安沈殿法により酵素を固定化した系では、既往の研究より高いグルコース酸化電流を得ている。

第5章「総括及び今後の展望」では、本論文の成果を総括し、今後の展望を述べている。
以上要するに、本論文はバイオ燃料電池の高性能化へ向けて構造制御された酸素還元酵素電極を開発するとともに、高電流密度化へ向けた障害となっていたカーボンブラックへの物理吸着に伴う酵素の失活を抑制することに成功しており、工学上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。