



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	スルホンロサミン誘導体による近赤外光機能性有機分子の開拓 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	吉田, 和矢
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第16237号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95291
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	YOSHIDA_Kazuya_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士 (環境科学)

氏 名 吉田 和矢

審査委員 主査 准教授 高野 勇太

副査 教授 Biju Vasudevan Pillai

副査 教授 小野田 晃

学 位 論 文 題 名

スルホンロサミン誘導体による近赤外光機能性有機分子の開拓

(Exploration of near-infrared photoactive organic molecules based on sulfone rosamine derivatives)

本論文は、近赤外光応答性有機分子の開発と光機能性材料への応用に関する研究成果をまとめたものである。近赤外光は太陽光のエネルギーの多くを占め、生体透過性が高いことから、エネルギー変換や医療応用において注目を集めている重要な波長領域である。しかし、この波長領域で機能する有機分子材料の開発は、分子設計の難しさから限定的であった。本研究は、スルホンロサミン誘導体という今まで主に蛍光色素としてしか着目されていなかった分子骨格を用いることで、この課題に取り組んだものである。

第1章では、近赤外光を利用した光機能性材料の意義と現状について概説し、本研究の目的を明確に述べている。近赤外光は太陽光の約49%を占め、生体透過性が高いことから、エネルギー変換や医療応用において注目されている。しかし、既存の近赤外光応答性材料には、環境毒性や生成コスト、安定性や分子サイズなどの課題があることを指摘している。

第2章では、実験手法と解析方法について詳細に記述している。特に、時間分解分光法や電気化学測定、理論計算など、多角的なアプローチで分子の光物性を評価する手法を適切に選択している点が評価できる。研究の遂行にあたっては、実験データの取り扱いや解析手法について慎重な検討が行われ、得られた結果の信頼性は十分に確認されている。

第3章では、スルホンロサミン誘導体を用いた近赤外光有機触媒の開発について述べている。738 nmのLED光照射下で芳香族化合物の光酸化臭素化反応を効率的に進行させることに成功し、その反応機構を明らかにした点は高く評価できる。特に、酸素非依存的な反応経路を見出し、従来の近赤外光有機触媒と比較して優れた光安定性（触媒回転数>2800）を示したことで、非金属製の有機分子を近赤外レドックス光触媒として用いたことは、新規性が高い成果である。

第4章では、スルホンロサミン誘導体の光温熱効果とがん治療への応用について論じている。700 nm付近に強い光吸収を示す一方で、従来の近赤外色素よりも35%小さい分子サイズを実現した点は、細胞内での応用に適した分子設計として評価できる。また、過渡吸収分光法とDFT計算により、効率的な光熱変換のメカニズムを解明した点も学術的意義が高い。さらに、複数のがん細胞株に対して有意な光温熱治療効果を示したことは、医療応用への可

能性を示す重要な成果である。

最後に本研究の総括と今後の展望について述べている。近赤外光応答性有機分子の設計指針を確立し、光触媒および光温熱治療への応用可能性を実証したことは、近赤外光を用いた光機能性材料の分野に新たな知見をもたらすものである。

本論文は、有機合成化学、光化学、材料化学、医療応用と多岐にわたる分野を横断的に研究し、基礎から応用までを一貫して追求した点で高く評価できる。特に、スルホン基を有する芳香族化合物の特性を巧みに利用し、近赤外光応答性と光安定性を両立させた点は独創的である。また、光触媒反応や光温熱効果のメカニズムを詳細に解明し、分子設計にフィードバックしている点も、学術的に意義深い。

本研究の成果は、環境調和型の光エネルギー変換システムの構築や、次世代の光医療技術の発展に貢献することが期待される。特に、近赤外光を利用した新しい機能性材料の可能性を切り開いた点は、今後の研究展開にも大きな影響を与えるものと考えられる。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。