

2024年 2月 2日

学 位 論 文 の 審 査 要 旨

学位論文申請者氏名 小野 稜平

論 文 題 目 新規基質類似体を用いた近赤外ホタル生物発光の定量分光計測

Quantitative spectroscopy of near-infrared firefly bioluminescence using novel substrate analogues

論文の概要及び判定理由

ホタル生物発光の発光色は環境により変化することが知られている。その反応には基質や酵素の構造・溶媒の pH・温度など複数の要因が関与しているため、標準化された実験方法が少なく、微視的発光機構についてはいまだに謎のままである。小野氏は、実験標準化という視点から測定装置に依存しない発光量子収率に着目し、量子収率の決定に適している絶対値発光量測定系を改良し、これまでできなかった 800 nm を超える長波長領域の絶対値発光量測定を可能にした。この測定系を用い、近赤外発光を示す 3 種類の新規ホタル生物発光基質類似体および 3 種類の橙発光基質類似体に対し、世界ではじめて発光量子収率を含む発光特性を明らかにすることができた。ホタル生物発光は、生きた動物の体内で薬剤や癌細胞の動態を調べる *in vivo* 画像解析の発光プローブに用いられるため、基質類似

体の開発が進んでいる。本研究は、今後新たに創製される基質類似体との比較におけるマイルストーンとなるだけでなく、微視的発光機構のさらなる解明にも繋がると期待できる。

以上の理由から、博士（理工学）の学位に値するものと判定した。

審査年月日 2024年 1月19日

審査委員

主査 群馬大学学術研究院 教授 氏名 桂 進司

副査 群馬大学学術研究院 教授 氏名 大嶋 孝之

副査 群馬大学学術研究院 教授 氏名 園山 正史

副査 群馬大学学術研究院 教授 氏名 海野 雅史

副査 群馬大学学術研究院 准教授 氏名 樋山 みやび

関連論文

1. 著者名 小野稜平, 大澤敬太, 高橋由太翔, 野口良史, 北田昇雄, 森屋亮平, 平野

誉, 牧昌次郎, 柴田桂成, 秋山英文, 菅野研一郎, 板橋英之, 樋山みやび

論文題目 Quantum yield of near-infrared bioluminescence with firefly luciferin analog: AkaLumine

(和訳) 近赤外ホタル生物発光基質類似体 AkaLumine の量子収率

雑誌名 Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, Vo. 434, January 2023, 114270. 2021 年 1 月

2. 著者名 小川晴寿, 小野稜平, 野口良史, 北田昇雄, 森屋亮平, 牧昌次郎, 秋山英文, 板橋英之, 樋山みやび

論文題目 Absorption Spectra for Firefly Bioluminescence Substrate Analog: TokeOni in Various pH Solutions

(和訳) ホタル生物発光基質類似体の吸収スペクトル: 様々な pH 溶液中の TokeOni

雑誌名 Photochemistry and Photobiology, Vol. 97, Issue 5, June 2021, p. 1016-1022. 2021 年 9, 10 月

参考論文

1. 著者名 柴田桂成, 小田和正, 西澤知宏, 挾間優治, 小野稜平, 寶本俊輝, Reza Baghezadeh, 八尾寛, 濡木理, 井上圭一, 秋山英文

論文題目 Twisting and Protonation of Retinal Chromophore Regulate Channel Gating of Channelrhodopsin C1C2

(和訳) レチナル発色団のねじれとプロトン化によるチャンネルロドプシン C1C2 のゲートイングメカニズム

雑誌名 Journal of the American Chemical Society, Vol. 145, p. 10779-10789, May 2023.

2. 著者名 熊谷遼, 小野稜平 (共同第一著者), 崎元柊, 鈴木千晴, 菅野研一郎, 青山洋史, 薄倉淳子, 小林真隆, 秋山英文, 板橋英之, 樋山みやび

論文題目 Photo-cleaving and photo-bleaching quantum yields of coumarin-caged luciferin

(和訳) クマリンケージドルシフェリンの光切断および光退色量子収率

雑誌名 Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, Vo. 434, 114230, January 2023.

3. 著者名 熊谷遼, 小野稜平, 秋山英文, 板橋英之, 樋山みやび

論文題目 Photo-bleaching of firefly luciferin with UV irradiation

(和訳) UV 照射によるホタル生物発光の光退色

雑誌名 Chemical Physics Letters, Vol. 792, 139414, April 2022.