

量子技術を適用した生命科学基盤の創出
2018 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書

五十嵐 龍治

量子科学技術研究開発機構 量子生命科学領域
グループリーダー

コンポジット量子センサーの創成 -1細胞から1個体まで-

§ 1. 研究成果の概要

本研究は、量子計測とナノハイブリッド化学の融合により「コンポジット量子センサー」という新たなナノ量子センサーを創成することを目的とする。これにより、従来法では計測困難だった多種多様な細胞内局所パラメーターの計測を実現する。更に量子センサーをマウスなどの哺乳動物個体に応用するための新たな量子生体計測技術を開発し、動物個体内における胚発生、発癌、腫瘍形成、脳機能のマルチスケール・マルチモーダル定量計測を実現する。2020年度は、2019年度までに開発した培養細胞や小動物個体に適用可能な ODMR 顕微鏡を活用して、生体試料中の2パラメータ同時計測の実証実験を行った。微小空間の pH 計測技術の開発については、MRI で汎く用いられる T1 増強イメージングの手法をナノ ODMR イメージングにも拡張し、ミリ秒オーダーの時間分解能での pH 変化の検出に成功した。新たな物理化学パラメータに適用するための探索実験については、培養細胞系において微小環境の粘性を計測する新たな技術を確立するとともに、これを用いて細胞の薬剤応答を単一細胞レベルで検出することに成功した。また、COVID-19 で課題となっている治療薬開発の迅速化に向けて、潜在的な薬剤スクリーニングプラットフォームを提供するため、ナノ量子センサーによる細胞薬剤応答性のリアルタイム計測デバイスを構築し、これを完了した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Fujisaku, T.; Igarashi, R.; Shirakawa, M. Nanometre-Scale Visualization of Chemical Parameter Changes by T1-Weighted ODMR Imaging Using a Fluorescent Nanodiamond. *Chemosensors* **2020**, 8 (3), 68. <https://doi.org/10.3390/chemosensors8030068>.
- 2) Igarashi, R.; Sugi, T.; Sotoma, S.; Genjo, T.; Kumiya, Y.; Walinda, E.; Ueno, H.; Ikeda, K.; Sumiya, H.; Tochio, H.; Yoshinari, Y.; Harada, Y.; Shirakawa, M. Tracking the 3D Rotational Dynamics in Nanoscopic Biological Systems. *Journal of the American Chemical Society* **2020**, 142 (16), 7542-7554. <https://doi.org/10.1021/jacs.0c01191>.
- 3) Yanagi, T.; Kaminaga, K.; Kada, W.; Hanaizumi, O.; Igarashi, R. Optimization of Wide-Field ODMR Measurements Using Fluorescent Nanodiamonds to Improve Temperature Determination Accuracy. *Nanomaterials* **2020**, 10 (11), 2282. <https://doi.org/10.3390/nano10112282>.
- 4) Kitaizumi, T.; Kuwahata, A.; Saichi, K.; Sato, T.; Igarashi, R.; Ohshima, T.; Masuyama, Y.; Iwasaki, T.; Hatano, M.; Jelezko, F.; Kusakabe, M.; Yatsui, T.; Sekino, M. Magnetic Field Generation System of the Magnetic Probe with Diamond Quantum Sensor and Ferromagnetic Materials for the Detection of Sentinel Lymph Nodes with Magnetic Nanoparticles. *IEEE Transactions on Magnetics* **2020**, 1-1. <https://doi.org/10.1109/TMAG.2020.3009334>.
- 5) Miyanishi, K.; Segawa, T. F.; Takeda, K.; Ohki, I.; Onoda, S.; Ohshima, T.; Abe, H.; Takashima, H.; Takeuchi, S.; Shames, A. I.; Morita, K.; Wang, Y.; So, F. T.-K.; Terada, D.; Igarashi, R.; Kagawa, A.; Kitagawa, M.; Mizuochi, N.; Shirakawa, M.; Negoro, M. Room-Temperature Hyperpolarization of Polycrystalline Samples with Optically Polarized Triplet

Electrons: Pentacene or Nitrogen–Vacancy Center in Diamond? *Magnetic Resonance* **2021**, *2* (1), 33-48. <https://doi.org/10.5194/mr-2-33-2021>.

- 6) Qin, D.; Huang, G.; Terada, D.; Jiang, H.; Ito, M. M.; H. Gibbons, A.; Igarashi, R.; Yamaguchi, D.; Shirakawa, M.; Sivaniah, E.; Ghalei, B. Nanodiamond Mediated Interfacial Polymerization for High Performance Nanofiltration Membrane. *Journal of Membrane Science* **2020**, *603*, 118003. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2020.118003>.