

2024 年度年次報告書

細胞操作

2024 年度採択研究代表者

白神 慧一郎

京都大学 大学院農学研究科

助教

水分子の可視化がもたらす細胞操作:細胞内の水を操る

研究成果の概要

本年度は、細胞の状態に関わる水分子ダイナミクスの知見を創出することを目指したテラヘルツラマン顕微鏡の構築、ならびに水分子ダイナミクスの制御による細胞操作に向けた予備研究を実施した。

テラヘルツラマン顕微鏡の構築にあたっては、スペクトル線幅が狭く(<1 MHz)、かつビーム品質に優れた 532 nm ダイオード励起固体レーザーを励起光として使用し、スペクトルバンド幅が約 0.3 THz のノッチフィルターを用いてレイリー散乱光を除去することで、高効率でテラヘルツラマン散乱光を観測できる光学系を採用した。この測定系の確度を評価するために、水やエタノール、ならびにスクロース水溶液のラマンスペクトルを測定したところ、30~45 THz (1000~1500 cm^{-1}) の指紋領域や 80~120 THz (2700~4000 cm^{-1}) の C-H・O-H 伸縮領域は文献値を一致する結果を得ることはできたものの、10 THz (330 cm^{-1}) 以下のテラヘルツ波領域ではラマン散乱光がレイリー散乱光に覆い隠されてしまっていることがわかった。本研究の肝となるテラヘルツラマンスペクトルを正しく観測するために、今後はノッチフィルターを多段的に導入することでレイリー散乱光の強度をさらに 1 万分の 1 程度に減少させることでこの問題の解決を図る予定である。

また、水分子ダイナミクスを制御することを目指して、水の配向緩和運動が観測されるサブテラヘルツ波 (100 GHz ならびに 280 GHz) の連続波をリゾチーム水溶液に照射したところ、サブテラヘルツ波照射に伴ってリゾチームの水和が促進される可能性が見出された。この結果は、サブテラヘルツ波はリゾチームを取り巻く水分子の配向緩和運動に対して能動的に影響を及ぼすことによって、リゾチームの構造や揺らぎにも変化が生じていることを示唆するものである。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Shiraga, K., Chen, S., Morita, M. Hydration water as a primary factor in the moisture absorption of polyols: Insights from microscopic understanding at the molecular level. *Journal of Molecular Liquids*, **414**, 125998, (2024).
- 2) Chen, S., Yamashige, Y., Kondo, N., Shiraga, K., Ogawa, Y. Label-free and compact approach for bacterial detection in beverages using a dielectrophoresis-integrated 65-GHz inductor-capacitor-oscillator array sensor chip. *Food Bioscience*, **69**, 106803, (2025).