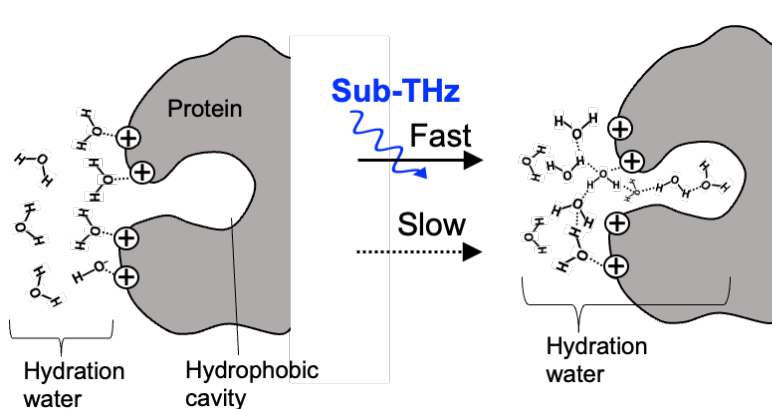


A2-08

水和による水の不均一性から生物機能を理解する

今清水正彦（産総研・生命工学）

タンパク質は水溶液中で力学的、化学的な仕事を行う生体分子である。その機能を制御するためには、物理的、化学的な仕組みを理解することが求められる。しかし、タンパク質分子と、その周囲にたくさんある水分子との集団的な相互作用（水和）が複雑であり、仕組みの理解は容易ではない。今清水らの研究グループは、サブテラヘルツ（sub-THz）領域の電磁波の照射により、タンパク質の周囲にある不均一な水分子集団の運動を励起し、水和状態を変化させる現象の観測に成功



サブテラヘルツ波が水とタンパク質のミクロな混合を加速

した。本観測のために sub-THz 波照射中での高感度なマイクロ波帯の誘電率測定技術を開発し、水素結合でネットワーク化した水分子の動きやすさを評価した。

具体的には 0.1THz パルスを発生できるクライストロン光源を用い、PDMS 素材の試料セル底部から sub-THz 波を照射しながら、上部の開放端同軸プローブによって、微量水溶液試料のマイクロ波領域誘電率測定手法を開発した。試料には、乾燥した卵白リゾチーム粉末を用いた。水と乾燥リゾチームを混合してから、水和構造が形成される過程が、0.1THz パルス照射によりどのように変化するかを詳しく調べた。この方法では、ベクトルネットワークアナライザから発生させた弱いマイクロ波帯の電磁波を同軸プローブの先端から試料に浸透させ、反射した電磁波の情報を検出して複素比誘電率を評価した。一般的な同軸プローブ反射法を用いた誘電率測定は試料長が十分長いことが前提となる。本研究では、sub-THz 波照射の影響を観測するために、sub-THz 波の浸透深さ程度まで試料長を短くする必要があり、この短い試料長のために一般的な測定を妨げる多重反射が起きた。本研究では、多重反射の信号が、試料の誘電率を反映して変化する現象に着目した。この信号を利用することで、sub-THz 波照射による試料のわずかな誘電率変化を高感度に検出可能となった。

さらに、この観測の妥当性を THz 分光法と NMR 分光法で検証した。その結果、本研究グループは、通常は長い時間を要するタンパク質の水和変化が、sub-THz 波の照射によって大幅に加速されることを見出した。本発見は、タンパク質の構造や機能の発現に不可欠な水和現象を、水分子運動の不均一性に基づいて、sub-THz 波によって制御できる可能性を示唆している。本研究成果は、タンパク質の水和の新たな学術的知見であり、酵素反応の活性化や飲食料品の保存や熟成の技術、タンパク質異常疾患の研究などの応用技術としての発展も期待される。

1) J. Sugiyama, Y. Tokunaga, M. Hishida, M. Tanaka, K. Takeuchi, D. Satoh, M. Imashimizu, Nature Commun, **2023**, 14, 2825.

PROFILE

今清水正彦（産業技術総合研究所 細胞分子工学研究部門 主任研究員）

2007 年東京大学大学院農学生命科学研究科博士課程修了。2007 年より国立遺伝学研究所博士研究員、米国国立衛生研究所 リサーチフェロー、東京大学医科学研究所 特任講師を経て、2018 年より産業技術総合研究所 創薬分子プロファイリング研究センター 研究員、2021 年より現職。専門は、生物物理学、酵素学、テラバイオロジー。連絡先：m.imashimizu@aist.go.jp