

ダイヤモンド NV 中心を用いた生体ナノ環境の定量技術

量子科学技術研究開発機構・QST 未来ラボ 五十嵐 龍治

ともすると我々は、細胞内環境をタンパク質と核酸と脂質の水溶液であるかのように扱いがちである。事実、長い間生命科学は細胞内環境をかくの如く扱ってきた。分子生物学ではタンパク質を高純度に精製し、理想的な pH とイオン組成のタンパク質水溶液を用いて、その機能や他の分子との相互作用を検証するのが普通であった。教科書を読んでも、あたかも水溶液中に数種類の分子だけが拡散して存在するかの様に単純化し、均質一様な環境であらゆる生命現象が完結するかの様に説明している。しかし、理想的な水溶液環境は、細胞内環境とあまりにかけ離れていることが知られている。細胞小器官や分子複合体が縦横に走り、細胞内はマイクロコンパートメントやナノコンパートメントに区切られ、その中で多種多様な分子が押し合いへし合いしている。その様な微小混雑環境では、既存の水溶液実験がもたらす熱統計力学的な情報の扱いに注意が必要となる。更に近年になって、細胞内では液-液相分離などによる新たなマイクロ構造体も多数見つかっており、細胞内の微小混雑環境の科学は更に複雑さを増している。

この様な複雑系の生命科学を取り扱うためには、複雑系の生命現象を直接計測する技術が必要となる。つまり、「細胞内天気予報」を実現するためには、地球環境の天気予報と同様に「測候」が最重要課題となる。しかも細胞の場合は、マイクロ環境やナノ環境の物理・化学パラメータを高精度で定量できなければならないが、近年目覚ましい量子科学技術の革新により、この様な極限計測が実施可能となった(図1、図2)。本講演では、ナノダイヤモンド中の格子欠陥「窒素-空孔中心(NV中心)」をナノサイズのセンサーとして活用することで、細胞内のナノ環境の様々な情報を定量計測する技術について紹介する。

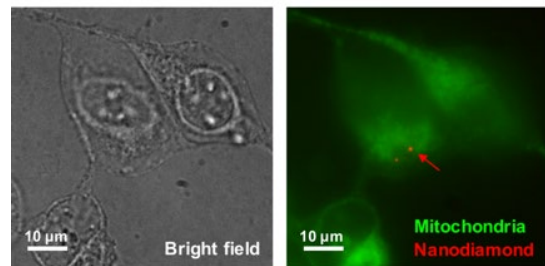


図1 生細胞中ミトコンドリアのナノダイヤモンド標識。図は明視野像(右図)と蛍光像(左図)。蛍光像は緑が MitoTracker Green、赤がナノダイヤモンド NV 中心の蛍光。

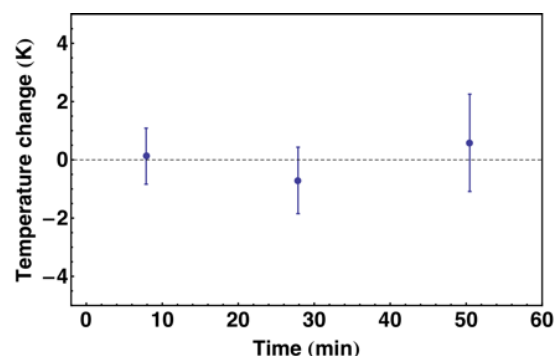


図2 図1で示したナノダイヤモンド NV 中心を用いた細胞内温度の定点観測結果。この様に NV 中心を用いることで細胞内のナノレベルの「測候」が可能となる。