

～マルチ量子ビームで探る～
生体分子と水が繰り出す生命現象

群馬大学大学院理工学府 平井光博

X線と中性子は、古くから物質のナノスケールでの構造と機能の関係を理解する上で大変有効であることが知られており、固体、液体、高分子から生体物質に至る多種多様な物質の様々な環境下における研究に広く利用されている。中でも、放射光X線は、生体分子の精密な構造解析や短時間の時分割測定、極微量測定などに威力を発揮する。一方、原子核と相互作用をする中性子では、軽水素と重水素の散乱振幅(散乱長)が他の構成元素(炭素、窒素、酸素、リンなど)と同程度であり、それぞれ負と正の値をもつこと(位相の反転)、生体の主要な構成成分(タンパク質、核酸、脂質、糖など)の平均散乱密度が軽水と重水の平均散乱密度の中間に位置するため、溶媒の軽水/重水の割合を変えて着目する分子の構造を選択的に観測する溶媒コントラスト変化法や、

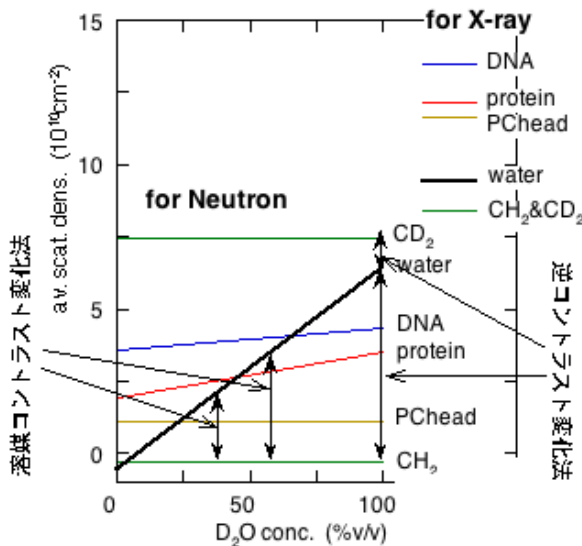


図1 水溶液中の主要な生体物質の平均散乱密度(タンパク質、DNA、脂質分子頭部及び尾部)。左側:中性子(H₂O/D₂O混合水);右側:X線。矢印は、中性子散乱におけるH₂O/D₂Oの割合を変える溶媒コントラスト変化法、及び、重水素化を利用する逆コントラスト変化法を示す。

特定の構成成分を選択的に重水素化した試料を用いる逆コントラスト法などの各種のコントラスト変化法を用いて構造を解析することが可能である(図1)。さらに、用いる中性子(冷中性子)のエネルギーが熱振動と同程度あるため、非・準弾性散乱により分子振動や拡散運動など低エネルギー励起の観測に適していることなどの特徴を持っている。

このように、中性子は、放射光X線が苦手とする生命活動にとって重要な役割を担う水素の位置や水和、ダイナミックスの観測に適しており、両者を併用することで、ユニークな構造情報を得ることが可能である。講演では、中性子・放射光X線散乱の特徴、相違、相補性の概略を説明したのち、講演者らが行った研究の中から、タンパク質や生体膜の「水和と構造安定性」に関するトピックの幾つか紹介する。

国内には、現在、大型放射光施設として、高輝度光科学研究センターSPRING-8と高エネルギー加速器研究機構KEK-PF、中性子施設として、世界最大強度のパルス中性子源である大陽子加速器施設J-PARCの物質・生命科学実験施設MLFが稼働中であるため、物質・生命科学の基礎・応用研究にとって大変有利な環境にある。マルチ量子プローブの相補利用に関心を持っていただければ幸甚である。