

研究プロジェクト名

温度可変超高压高分解能NMR



Variable-temperature High-resolution NMR at Ultrahigh Pressures

大学院環境学研究科・助手

奥地 拓生
Takuo Okuchi



おくち たくお プロフィール

1993年 京都大学理学部地質学鉱物学教室 卒業
1995年 東京工業大学大学院理工学研究科応用物理学専攻
修士課程 修了
1998年 東京工業大学大学院理工学研究科応用物理学専攻
博士課程 修了
1998年 博士(理学)

研究経歴

1995年 日本学術振興会 特別研究員(DC1)
1998年 日本学術振興会特別研究員(PD)
北海道大学低温科学研究所に滞在
1998年 名古屋大学理学部 助手
1998年 科学技術振興事業団「さきがけ研究21」 研究員
2001年~ 名古屋大学大学院環境学研究科 助手
2003年 日本学術振興会 海外特別研究員
Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of
Washingtonに滞在

研究分野

超高压実験、水の物理学、地球惑星物質の物性実験

ン性の氷となる(水素結合の対称化)。この変化により氷の融点が大きく上昇して、温度が1000℃を超えても融解しない、「灼熱の水」がつくられることが、私の留学先で昨年確認された。もちろん、われわれの地球においてはこのような氷は存在しない。だが太陽系の外側にある巨大氷惑星の内部につくられた、超高压高温の世界においては、この灼熱の水が天然の形で存在しうる可能性がある。さらに、いま発見が相次いでいる太陽系外の惑星の数を考えると、その可能性はさらに広がってゆく。H₂Oが宇宙にごく普遍的に存在する分子である以上、それこそ星の数ほどある惑星の中には、天王星や海王星のように氷でできているが、より巨大で、より内部の圧力が高い惑星もたくさん存在するだろう。そしてこの巨大惑星の世界では、異なる圧力下にあるさまざまな種類のH₂Oが、さまざまな種類の惑星の材料となっている。このように宇宙に目を向けてみると、われわれの良く知っている液体の水はH₂Oのごく特別な形態で、灼熱の水のほうが普通の存在なのかもしれない。少なくとも、多様なH₂Oの状態を新しく知ること、液体の水がどのようなものかを、より深く理解することは間違いない。

結論を述べる。いま述べてきたH₂Oをはじめとした、超高压下でのさまざまな分子の変幻自在の変化を、NMRという分子を調べる最終兵器ともいえる手法により、直接調べてみたい。この構想を実現すべく、名古屋大学に就職して以来、継続的に実験装置作りを進めてきた(図2)。構想してきた実験の方法は単純で、ダイヤモンドではさんだ水を強い力で押しつぶし、数十万気圧の圧力をかけて封印した状態でNMR分光を行う。ダイヤモンドは強く、圧力の発生は問題なくできるのだが、封印した極微量の試料から、もともと微弱なNMR信号を取り出して、高分解能スペクトルを得ることが難しかった。実際、これは数年前まで誰もできるとは信じていなかった実験である。詳細はここでは省略するが、いまやその実現は手の届くところになっている。

確かな技術を新しくつくり、それを使って大きな夢を見たい。基礎研究とはたとえばそのようなものだ、自分の学位審査でお世話になったある先生の生き方から教わった。3時間かかった審査会の思い出がいまだに残っていて、それに背中を押されて研究を進めてきた。高等研究院に採用されたことで、また背中を強く押しもらえることができた。テーマは違うが、同じような想いで研究をすすめている方々との新たな出会いを期待している。

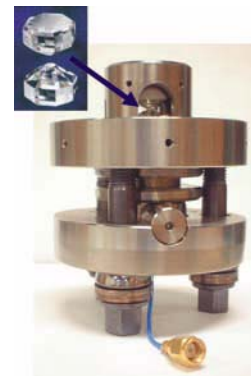


図2:NMR用超高压力発生装置

核磁気共鳴分光(Nuclear Magnetic Resonance: NMR)は、多様な物質について、その未知なる分子構造、つまり空間情報と、分子運動、つまり時間情報を、ともに高い精度で調べることができる強力な手法である(図1)。たとえば水(H₂O)が温度を下げると凍り、温度を上げると沸騰するように、分子がつくるさまざまな物質の構造と運動は、その置かれた外場条件によって自在に変化する。この変化を詳しく調べることは、物質の性質を調べるための基本的な研究手法である。そこでひとつの物質のNMR分光をいろいろな温度で行うことにより、基礎・応用の両面から重要かつ多彩な成果が得られてきた。

水の沸騰が分子どうしを結ぶ水素結合の切断によって起こるように、分子性物質の性質の大きな変化は、分子の間に働く相互作用が変わることによって起こることが多い。そして分子間相互作用は、本研究プロジェクトのキーワードである圧力を使って、分子間の距離を無理やりに縮めると、必然的に大きく変化する。より専門的に述べると、圧力は分子

間ポテンシャルを人工的に操作するための、最も効果的な変数である。特にGigapascal(GPa;約1万気圧)を単位とする超高压領域では、まさに分子間相互作用の質が大きく変わる現象が頻繁に起きてくる。そして圧力のもとたらず変化のなかでも最も劇的な実例のひとつとして、いま新発見が相次いでいる注目の物質が、いわば分子の代表選手であり、ここでも引き合いに出してきた分子、H₂Oである。

H₂Oは水素結合という高い自由度の分子間相互作用を持つ物質の代表であり、このために外場の変化に対応した柔軟な構造変化が許される。温度を変化させて得られるH₂Oの状態は、水・水蒸気のほかに3種類の異なる構造の水があるが、これに圧力の変化を加えると、わかっているだけで16種類もの異なる構造の水がつくられる。この変幻自在の分子にさらに数十万気圧の圧力をかけると、H₂O分子の間の距離が限界を超えて縮むことにより、分子の内と外の化学結合が混ざりあい、ついには酸素と水素がばらばらになったイオ

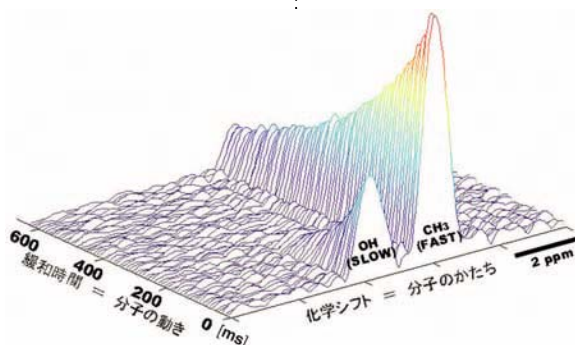


図1:メチルアルコール(CH₃OH)の超高压高分解能NMRスペクトルとその緩和(Okuchi et al., 2005)