

惑星からの手紙 — 氷の科学 —

奥地 拓生 大学院環境学研究科助手／高等研究院教員

氷は過去100年にわたって科学者を魅了してきた、基礎研究の重要な題材です。今から70年の昔のこと、北海道で行われた雪の結晶形態の研究が、「雪は天から送られた手紙である」という、世界へと響く格調高い言葉を生み出しました。それ以後にも、雪と氷の科学においては、日本の研究者は世界的成果を継続的に提出しています。私はいま「氷は惑星から送られた手紙である」という共通の構想のもとに、さらに進んだ氷の科学を、北海道から九州までの各地の研究者とともに作り上げようとしています。

過去の雪氷科学は、もちろん気象学と不可分の存在でした。これに対して我々は、惑星科学と不可分の存在として、氷を捉え直しています。宇宙空間に最も大量に存在する固体は、岩石でも有機物でもなく、実は氷です。そして宇宙から惑星の内部にわたる、惑星の形成・進化の場には、真空極低温から高温超高压までの、あらゆる条件が実際に存在しています。氷を主成分とする惑星物質が、この多様な条件に対応して、実に多様な性質を示すことが、いま次々と明らかにされているのです。

話は少し専門的になりますが、たとえばお湯の沸騰を微視的に見ると、水分子間の化学結合(水素結合)が切断される現象です。物質の性質の大きな変化は、この沸騰のように、分子間の相互作用が変わることで起こることが多いのです。そして分子間相互作用は、私の研究のキーワードである圧力によって、分子間の距離を無理やりに縮めると、必ず変化します。特にギガパスカル(GPa; 約1万気圧)を単位とする超高压の領域では、まさにこの理由による根本的な性質の変化が頻繁に起こります。今では私一人になってしまいました

が、かつて名古屋大学が、この圧力によって起こる、地球惑星の内部物質の性質変化の研究で一世を風靡した時代がありました。

さて、圧力がもたらす物質の変化のなかでも、最も劇的な実例のひとつが氷の変化です。氷の分子をつなぐ水素結合には高い柔軟性があるため、外場に対応した構造変化を次々と起こします。高压の氷には今わかっているだけでも17種類の異なる構造がありますが、さらに数十万気圧の圧力をかけると、分子間距離の限界を超えた圧縮により、本来は区別されるべき分子の内と外の結合が混ざりあい、ついには酸素と水素がばらばらに混じったイオン性の氷がつくられます。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



図1 NMR用超高压力発生装置

高温の世界においては、この異常な氷が実際に存在する可能性があります。さらに、いま発見が相次いでいる太陽系外の惑星の数（07年2月現在で212個）を考えると、可能性はさらに広がります。それこそ星の数ほどが存在する系外惑星の内部には、惑星の大きさに応じた異なる圧力の下で、分子からイオン、さらには金属へと性質を変化させた、多様な氷が存在します。

このような氷の変幻自在な変化を、NMR（核磁気共鳴分光）という分子を調べる最終兵器ともいえる強力な手法を使って調べるべく、数十万気圧の下でその測定ができる装置を、ゼロから作り上げました（図1）。実験方法は単純で、ダイヤモンドではさんだ氷を圧縮して押しつぶしてから、ダイヤモンドに通した細いワイヤーを使ってNMR分光を行います（図2）。ダイヤモンドは強く、圧力の発生は問題なくできるのですが、圧縮した極微量の試料から、もともと微弱なNMR信号を取り出すことが実に難しい作業でした。こ

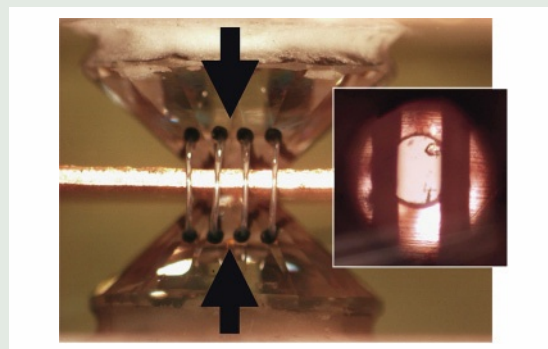


図2 ダイヤモンドとNMR観測コイル。コイル線は直径75ミクロン。黒い矢印が圧縮方向を示す。中央の水平な金属薄板に穴をくりぬいて試料を封入している。右写真は、金属薄板内の穴に封入した試料を、ダイヤモンドを通して左写真の上部方向から観察したところ。

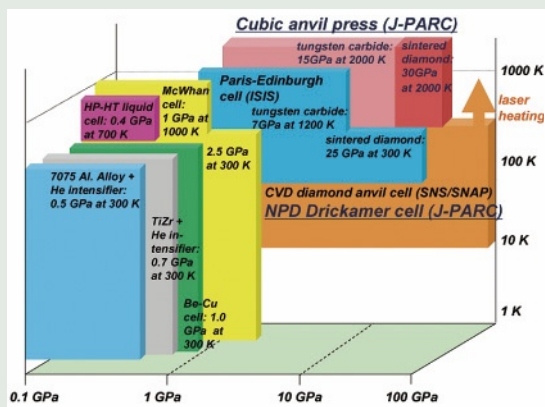


図3 高温高压中性子散乱装置の種類。横軸が圧力、縦軸が温度を示す。茨城県東海村に建設中の大強度陽子加速器計画（J-PARC）の物質生命科学研究所施設の中に、ピンク色、橙色で示した二種類の装置を直列に置く計画を進めている。この二台が揃えば、世界最高温度、圧力の条件での中性子を使った測定が可能になる。

の新しい装置の試運転を兼ねて、メタノール、水素ハイドレートなどの氷の親戚の物質を高圧で調べてみたところ、その驚くべき性質が次々と明らかになってきています。ご興味のある方はウェブサイト等を参考にして戴きたく思います。

惑星の氷を本当に理解しようとするとき、NMRだけではまだ道具が足りません。そこで、同じぐらい強力な手法である中性子散乱を、高圧下で自在に駆使するための装置を、これから作ります（図3）。これはもちろん私一人の仕事ではなく、各地の氷物性研究者、および地球惑星内部研究者との共同作業です。高圧下において世界でも最も広い温度範囲をカバーできる、このユニークな装置が完成すれば、「惑星からの手紙」を覗き見るために、世界中から氷の研究者が集まってくるでしょう。

1998年東京工業大学大学院理工学研究科博士課程修了。北海道大学低温科学研究所を経て、同年名古屋大学理学部助手、2001年より大学院環境学研究科助手。その後、ワシントンカーネギー協会地球物理学研究所、カナダ国家研究機構（NRC）客員研究員。2006年より高等研究院教員。
URL: <http://www.eps.nagoya-u.ac.jp/~okuchi/>

おくち たくお

