

## 実験から「宇宙における分子の進化」を知る

低温科学研究所・大学院理学院

教授 わたなべ **渡部** なおき **直樹**



出身高校: 東京都立竹台高校卒  
最終学歴: 東京都立大学博士課程

専門分野: 原子分子物理, 星間化学物理

研究のキーワード: 極低温, 氷微粒子, 化学進化, アモルファス

HP アドレス: <http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/astro/index.html>

### 何を目指しているのですか？

極低温の宇宙空間で、分子がどのように、どこまで複雑になりうるかという疑問を、実験的に解き明かそうとしています。最近の研究から、複雑な有機物を含む多種多様な分子が宇宙空間の恒星・惑星誕生以前の**極低温**領域（分子雲：図1、温度 $\sim -263^{\circ}\text{C}$ ）にすでに存在していることが明らかになってきました。宇宙空間のガスは元々すべて原子状で、分子が形成され複雑化する（**化学進化**と言います）ためには化学反応が必要になります。しかし、極低温下の環境では、通常の化学反応は起こりません。それでは、分子は一体どのようにして生成・進化したのでしょうか？ その一つの答えが 分子雲に大

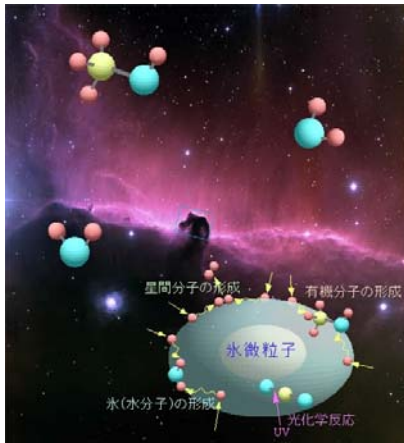


図1: 馬頭星雲(有名な分子雲)と氷微粒子表面反応のイメージ図

量に浮遊する  $0.1\mu\text{m}$  サイズの**氷微粒子**にあります。水素分子、水分子、二酸化炭素、さらには有機分子の多くはこの氷微粒子表面で生成したと考えられています。ここでは、量子力学的な効果による極低温表面ならではの特殊な反応が起こっています。私たちの研究グループは、極低温氷表面上での反応を実験で詳細に調べ、宇宙における分子の生成・進化メカニズムの全容解明を目指しています。これまでに、水素分子、水分子、ホルムアルデヒド、メタノール分子などの生成過程を世界に先駆けて明らかにし、現在、この研究分野で世界をリードしています。

### どんな装置を使って、どんな実験をしているのですか？

氷微粒子が存在する分子雲は、宇宙では比較的ガス密度の高い領域ですが、それでも分子数密度は  $10^5\text{ cm}^{-3}$  程度で、地球上1気圧 ( $10^{19}\text{ cm}^{-3}$ ) と比べると超高真空の環境です。分子雲中の氷微粒子を実験室に再現するため、図2のような超高真空実験装置内に設置した金属基板を、冷凍機で $-263^{\circ}\text{C}$ 程度まで冷却して、そこに擬似的な宇宙の氷微粒子（氷薄膜）を作製します。この方法で作成した氷は地球上に見られるような氷結晶にはならず、水分子の配列が不規則な**アモルファス**構造（図3）になります。分子雲の氷微粒子もアモルファス構造を持つことが天文観測からわかっています。作製した氷薄膜に、始原的な分子（CO 等）を蒸着し、宇宙で起こっているプロセス（水素原子線、紫外線等照射）を与えます。その際の分子組成の変化や生成した分子のエネルギー状態

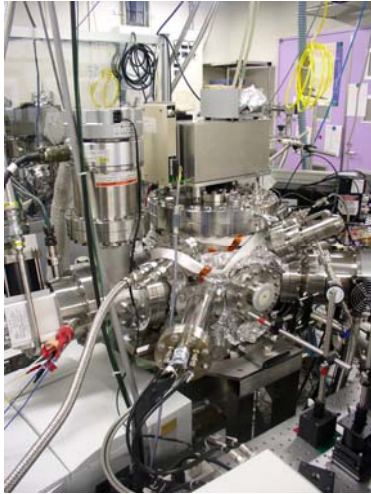


図2: 超高真空実験装置。この中に-263°Cの氷を作製する。

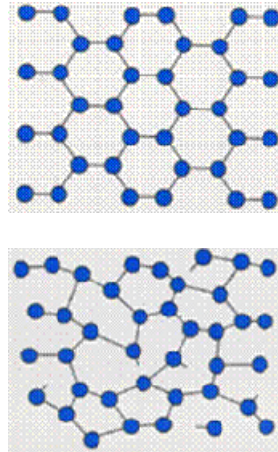


図3: 氷構造の模式図(青点が水分子)。上図: 地球上で見られる氷結晶(I<sub>h</sub>)。下図: アモルファス構造。分子雲の氷微粒子や超高真空装置内で作られる極低温氷は、アモルファス構造を持つ。

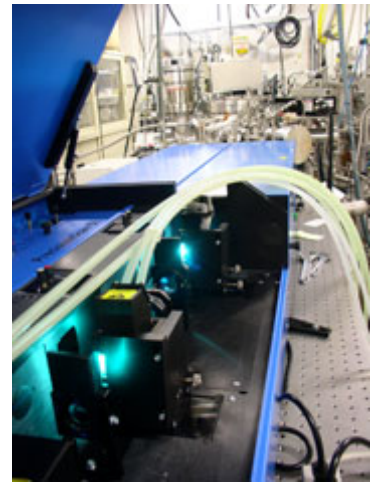


図4: 波長可変色素レーザー装置。微少の分子を検出し、分子のエネルギー状態を測定することが出来る。

などを測定することで、生成しうる分子種や氷表面で生じている物理・化学現象を詳しく調べることができます。測定には主に赤外吸収分光装置と図4にあるようなレーザー装置を用います。これにより、氷表面のほんのわずかな数の分子でも検出が可能になります。

### この研究はどんなところが面白いですか？

地球上の自然界では起こらない、極低温の宇宙でのみ起こりうる現象が実験で初めて明らかになることです。恒星や惑星が誕生する以前の宇宙環境で、分子がいったいどこまで複雑になれるのかというのは、人類の根元的な疑問のひとつだと思います。宇宙の氷微粒子はアミノ酸を含む複雑な有機分子の母胎とも考えられています。しかし、低温氷表面での原子・分子プロセスの詳細は未だよく解っていません。実験をしてみると、思いもよらなかった反応が起こったり、予想していた反応が起こらなかったりします。このように、この研究は天文学・地球惑星科学的に重要なだけでなく、物理・化学的な興味も尽きません。

### 将来、このような研究をするためには？

私自身は物理学科を出ましたが、この分野には現在、化学や天文、地球惑星科学や工学系学科などから来た、さまざまな研究者がいます。各々が学んできた専門知識を元に、互いに刺激しあいながら多面的な研究が進められており、とても融合的で、それゆえ大きな可能性を秘めています。大学生のときの専門にかかわらず、目的意識を持って、科学の基礎知識をしっかりと身につけておけば、大学院からこの分野の研究をスタートすることができると思います。将来、みなさんと一緒に研究できることを楽しみにしています。