



夢はバラ色

夢ひろがる宇宙実験

— 日本人宇宙飛行士 毛利 衛氏のお話から —

松田 治和*

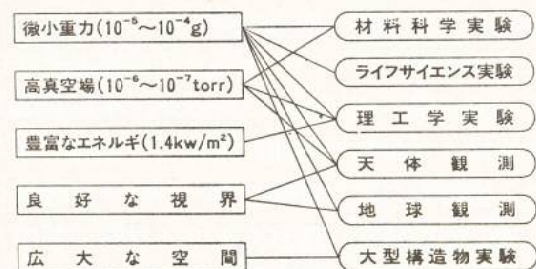
この20年間、宇宙開発はいちじるしい発展を遂げ、すでに通信、放送、気象観測など実生活において大きな役割を果たしている。最近、とくに先端技術競争の場として宇宙空間に先進諸国の熱い視線が注がれている。宇宙の環境特性を利用してきわめて優れた材料創製などを行うもので、欧米では民間企業との共同研究も活発に行われている。これらの宇宙開発はスペースシャトル計画によりさらに拍車がかかり、すでに4回のスペースラブを用いた宇宙実験がなされている。ご承知のようにわが国もこの計画に参加する予定であり、本格的な宇宙実験の第1歩として宇宙開発事業団では第1次材料実験計画 (FMPT Project; First Material Processing Test) を進めている。1985年8月には3人の日本人搭乗科学技術者 (PS; Payload Specialist) が選ばれ、プロジェクト実施に向けて着々と準備が進められており、成果に大きな期待がよせられている。今のところ、1991年5月に3人のPSのうち1人がスペースシャトルに乗り込みFMPTが行われる予定である。

去る2月13日に、PSの1人である毛利 衛氏を本協会主催の講演会にお迎えし、宇宙空間における実験、特にFMPTに関し非常に興味深い、まさに夢はバラ色といったお話を拝聴する機会を得た。本稿ではそのお話の概要を紹介させていただくことにしたい。毛利氏は宇宙飛行士になれる以前は北大工学部原子力工学科高真空工学研究室において、核融合における材料関係を専門に研究され、材料開発に関する専門家でもある。

スペースシャトルは地上から約300kmの高さの軌道上を秒速8kmで回りながらその中で実験

が行われるが、宇宙空間における実験の特徴として表に示すような成果が期待される。宇宙ステーションが落下塔や航空機、ロケットによる環境と大きく異なる点はその持続時間で、非常に長い時間、その環境が確保できる。とくに材料実験にとっては微小重力 ($10^{-5} \sim 10^{-4}g$) と高真空場 ($10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ torr}$) の環境が得られる点が注目され、その利用範囲が大きく期待される。

宇宙環境の利用



これらの宇宙環境がもたらす物理的現象としては、まず第1に物質間の比重差がなくなり物質が均一に分散することである。つまり水と油が容易に混ざり合い、地上での常識とは全く異なるということである。

第2の特徴としては温度変化による熱対流に起因する攪拌がなくなることであり、物質の分離が容易になる。

第3には、地上では重力の影響のため結晶に欠陥が生じやすいが、無重力の宇宙では完全性の高い大型単結晶を成長させることができる。

そして第4の特徴として、物質が自由に浮遊し、空間に保持できるので容器からの不純物が混入しないし、また液体が真球になろうとする。このような宇宙空間特有の現象を積極的に利用することで、地上では製造困難な電子材料や新合金、優れた医薬品などをつくることことができる。

具体的には、化合物半導体の大型単結晶の製造はもっとも期待されている例のひとつである。

*松田治和 (Haruo MATSUDA), 大阪大学工学部, 応用精密化学科, 教授, 工学博士, 精密資源化学

一般には種結晶の上に、温度勾配をつけて徐々に結晶を成長させていく（ブリッジマン法）が、地上では熱対流が存在するため固液界面で乱れが生じやすく、また成分の比重差があるために場所により組成が変わる。これに対して、宇宙空間では比重差や熱対流が生じないために均一に混合して結晶が成長し、高品質のものが期待できる。また、アルミニウムをコーティングした炭素繊維を加熱すると、地上ではAとCの物性の違いにより2層に分かれてしまうが、微小重力下では均一の3次元構造を持った、つまりアルミニウムの特長とカーボンファイバーの良さを兼ね備えた高剛性、超低密度の複合材料が期待できる。

宇宙空間では物質は自由に浮遊するため、超音波や電磁波で物質を浮遊させて溶融でき、るつぼなどの容器がいらぬ。このため不純物の混入がなくなり結晶構造の乱れが生じにくい。

たとえば光ファイバーのガラスは地上では白金るつぼを用いて加熱しているが、宇宙空間では音波により材料を空間に固定して加熱できるので、容器からの不純物の混入が防げ、純度の高い透明度の非常に優れたガラス材料の製造が期待できる。また加熱容器がいらぬために高温加熱ができ、原子炉メルトダウンのような実験も可能になるし、真球の製造ができるので精密ボールベアリングなども得られる。

ライフサイエンスも宇宙空間に期待するところが大きい分野のひとつである。たとえば、電気泳動法で物質の分離をおこなう際に、宇宙空間では電場により発生する熱対流が起きないのでかき乱されることがなくなり、物質の分離能が高くなる。したがって物質の荷電状態のわずかな違いを利用して有用物質、例えば生理活性物質、タンパク質、細胞などの効率的な分離、生成が可能になるであろう。

また、スペースシャトルの航跡を利用すると、超高真空（ 10^{-9} torr）の環境を作り出すことも可能であり、より新しい成果が期待できる。

FMP Tに対して、宇宙開発基礎実験などについてテーマを公募したところ、1983年末までに多数のテーマが寄せられ、そのうち34件が採用された。うちわけは材料に関し22件、ライフサイエンスに関し12件で、提案者は大学から18件、国立研究機関から11件、その他民間からとなっている。材料に関しては新しい特性を持つ各種半導体、金属、複合材料の製造が中心となり、ライフサイエンスでは中性子回折による構造分析も可能な酵素の大型単結晶を作る試みや電気泳動法によるタンパク質の分離実験がなされる。その他、興味ある例として鶏の受精卵を用いて、ふ化期間中におけるカルシウムの沈着の様子を観察し、今までに問題になっている無重力下での骨の退化現象を解明する実験がなされる。また鯉を使って、耳石の平衡感覚に対する影響を調べることによる宇宙酔いの機構解明の試みや、ショウジョウバエを用いて宇宙線から受ける遺伝子の影響も調べられる。

これら34件の実験は7日間にわたって、4人の実験科学者により12時間交替、しかも分刻みのスケジュールでおこなわれるわけで、PSにとっても地上の基地担当者にとっても極めて多忙なものとなる。

現在、FMP Tに関する実験装置などの準備は着々と進められている。さらにFMP Tの次の段階の実験計画もすでに始まっている。

新聞などでご承知のように、すでにレーガン大統領は1994年までに宇宙ステーションを打ち上げると言明した。わが国やEC諸国、カナダもその計画への参加を予定しており、予備設計活動がおこなわれている。わが国は独自の実験モジュール（JEM; Japanese Experimental Module）をもって宇宙ステーション計画に参加する予定であり、すでにその実物大模型が筑波の宇宙センターに展示されている。宇宙工場が夢ではなく着々と現実のものになりつつあるのである。