

IIIIII 巻頭言 IIIIII

結晶成長と重力暗室

西永 頌



筆者は、かねてより、微小重力場を重力暗室と捉えている。周囲の光を遮断して、特定の波長の光を用いて光学実験を行うため人は暗室に入る。また、無響室や電波暗室も不要な音源、電磁波を排除して音響機器や無線機器などの実験を行うためには不可欠である。同じように重力暗室は重力を排除して重力にかかわる現象を除きつつ研究するための実験室である。この重力暗室が暗室や無響室のように研究室のすぐ近くにあれば使いやすいが、長時間利用の重力暗室の場合は宇宙に行かなくてはならないというのが大きなハンディキャップである。

日常生活はもとより、重力は、われわれの身の回りの現象に大きな影響を与えている。その中でも、重力は結晶成長に様々な形でかかわっている。現代情報化社会は、シリコン集積回路や化合物半導体光素子なしには成り立たないが、いずれも、半導体結晶成長技術によって作られている。巨大ともいえるシリコン単結晶が作られる時、シリコン融液の中では熱対流が発生しており、その対流は重力により誘起されている。化合物半導体の大型結晶は縦型・横型ブリッジマン法により成長されているがその融液および成長結晶は重力によりルツボに強く押し付けられており、結晶化に際し結晶とルツボの間に大きなひずみが発生する。

現在、産業的には重力下での結晶成長でも LSI や光素子にじゅうぶん使える結晶が作られているが、成長した結晶が使える、という事と、その結晶が重力下でどのように成長したかを明らかにする事は別の事柄である。結晶成長を学問としてとらえるなら重力を排除して結晶を成長させ、その違いを明らかにすることにより重力の効果を詳しく研究すべきであろう。さらに大型の結晶、より高い完全性の結晶が要求された時、そのような研究が実験方針を得るため役に立つに違いない。

流れが、結晶成長のメカニズムにどのような効果をもたらすかは結晶成長における大きなテーマの一つである。流れには巨視的なものと微視的なものがある。融液内の巨視的な流れはそれによる温度変動を通して結晶成長に影響し、不純物の不均一ドーピングを引き起こす。いっ

ぽう、融液および溶液内の流れによって成長界面ごく近傍にも流れが誘起され、これが原子スケールでの結晶成長機構に影響する。

融液・溶液成長において、結晶表面には原子ステップが形成されているが、このステップ列が集合すると大きなステップ、いわゆるマクロステップが形成される。このマクロステップの形成に対し、成長表面ごく近傍での融液・溶液内流れがどのように関わるか詳しい理論的・実験的研究が望まれる。このためには、流れの無い環境での成長を明らかにし、少しずつ流れを加えてステップ列の集合がどのように変わるかを調べる必要がある。

溶液成長の場合、成長原子・分子は濃度拡散と溶液中の流れの両方により成長表面まで輸送される。成長を正確に制御し、しかも出来るだけ遅い成長速度を実現するには溶液の流れを抑制し拡散支配にすることが重要になる。タンパク質の結晶成長などはこの例であり、巨大分子が正確に配列するにはこのような流れによる擾乱のない環境が不可欠である。微小重力は、このような成長を実現するための極めて重要な手段である。

微小重力研究を大きく進めるためには、重力暗室が手軽に使えるようにならなければならない。現状では、国際宇宙ステーションが最有力手段である。10~20年前に比べると実験機会は格段に増えてはいるが、普通の研究者がすぐに使うという訳には行かない。良く構想を練り、地上関連実験を積み重ねつつ宇宙実験を地道に提案して行くほかはない。

いっぽう、中国は科学衛星を持ち、独自の宇宙ステーション計画を進めている。日中協力により微小重力実験機会を増やすことが可能ではないだろうか。筆者が中国科学院物理研究所との共同研究により1992年中国の科学衛星を用いて GaSb のブリッジマン成長を行った経験からすると、日中研究者間の交流がまず先にあり、その後で共同実験の話になった。日中研究者の交流を重ね、共同実験が中国にとってどのようなメリットがあるのかを良く考え提案して行く必要がある。日本の材料科学研究、エレクトロニクス技術は世界的に見ても非常に進んでおり、共同研究は中国側にとっても非常に大きなメリットのはずである。このような手段を通し、微小重力下での結晶成長研究が進むことを願っている。

東京大学名誉教授
(E-mail: tatau-n@td6.so-net.ne.jp)