

## 巻頭言

### 結晶成長について思うこと

#### Some Thought on Crystal Growth

樋口 幹雄\*



様々な偶然が重なり、結晶成長を生業とするようになって30年近くになる。この間、他の手法に時々浮気をしつつも、ほぼ一貫して浮遊帯溶融法による酸化物単結晶の育成に携わってきた。この方法を本格的に学んだのは、旧無機材質研究所(現在の物質・材料研究機構)で、当時の研究グループリーダーであった木村茂行先生から最初に、「この方法では、同じ結晶を10回育成しても8~9回うまくできる人と2~3回しかできない人がいます。すべてのプロセスで決して手を抜いてはいけません。」というお言葉を頂戴した記憶がある(何しろずいぶんと昔のことであるので正確ではないかもしれないが、たぶんそのような内容だったはずである)。その時は企業からの研究生という身分で勉強させてもらいに行っていたため、これはたいへんな世界に足を踏み入れることになったと思った。果たして私がどちらの人となったのかは読者の判断におまかせするとして、長年にわたり学生の指導をしていると、このことを痛感する時がしばしばある。これまでの経験から、学業成績はほとんど関係ない。持論として、理系の人間はいい意味で理屈っぽくなくなければならないと思っているが、結晶成長をおこなうときはそれが通用しない場合が多々ある。行動よりも思考が先行するタイプの学生には、車の運転と同じで、マニュアルを読んで運転の仕方は理解できても、それですぐ上手に運転できるようになるわけではないと言うと、一応は納得してくれるが、心の中には何かモヤモヤしたものが残るようである。学生たちの言い分としては、今自分たちがやっていることは、科学でも工学でもなく、何か技巧的なものを習得させられているだけなのではないか、ということだと思ふ。何かの折に、結晶の融液成長なんて融かして固めているだけだ、ということをおっしゃる方がいた。確かに、炉のスクリーンに映る成長中の結晶をただ眺めているだけのよう、傍からは見えるのかもしれない。しかし、浮遊帯溶融法の場合、刻一刻と変化する溶融帯と結晶の形状を見定めて、種付けから結晶の切り離しまでを無事に完了するまでには、かなりの観察力と判断力が必要である。そのベースとなっているのは科学的な基礎知識であって、単なる勘というわけでは勿論ない。

莫大な数の原子が寸分の狂い無く狭い空間にびっしりと並んで単結晶となることは理屈としては理解できるが、感覚的には不思議であること、また原子層エピタキシーでさえ人間が原子を並ばせるというのは不遜であるというようなことをかなり以前の日本結晶成長学会誌に京大名誉教授の佐々木昭夫先生が書かれていた。MBEのようなエピタキシー技術でさえ不遜というならば、バルク結晶の融液成長において、成長条件を制御するなどというのは不遜を通り越して何と表現すればよいのであろうか。融液成長で毎時1 mmという成長速度は比較的遅い方であるが、口径を仮に10 mmとすると、それでも1秒当たり $10^{16} \sim 10^{17}$ 個の単位胞が3次的に整列することになる。構成成分が多く、構造も複雑な酸化物結晶が2000 °C近い高温で成長する場合、かなりの量の欠陥が巨視的・微視的を問わず生成するのは避けられない。それでもなお、大半の原子は本来あるべき位置に整列して、見た目に美しい結晶としてその姿を現してくれる。これはまさに自己組織化そのものであり、原子に並んでもらっているとしか言いようがない。我々人間にできることは、せいぜい原子に間違えないように並んでもらえる場を提供することくらいであるが、そのためには熱力学をはじめとする科学的な基礎知識とそれを応用・実践できる技術の両方が必要になる。言うまでもなく、それらは一朝一夕で身につくものではない。しかしながら、先人たちが残してくれた膨大な知的遺産を利用することができる点で、昔に比べればはるかに精度の高い装置を使うことができるという点で、今の我々は幸いである。

ある結晶成長の大家の先生は、中身(品質)の良い結晶は外見も美しいとおっしゃった。残念ながら、その逆は必ずしも真ではなく、一見、透明で綺麗な結晶でも、顕微鏡で中をのぞくと欠陥だらけという経験をされた方も多いと思う。しかし、そのような欠陥は、原子に規則正しく整列してもらうために、どのようなところで我々の努力が足りなかったかを教えてくれる。熱力学的に完全結晶というのは絶対零度でのみ許されるものであるが、少しでもそれに近づけるよう、謙虚に自然と向かい合いながら、結晶成長とかがわっていきたいと思っている。