

無重力での結晶成長を観る

○塚本勝男

東北大学大学院・理学研究科/大阪大学大学院・工学研究科

Visualizing Crystal Growth Process in Microgravity

○Katsuo Tsukamoto

Tohoku Univ./Osaka Univ.

1. はじめに

無重量で結晶をつくと高品質の結晶ができると言われて久しい。その真偽はもとより、なぜ、そうなるかの研究が皆無であった1980年ころのことである。その当時、私たちは結晶の、特に、溶液から成長する結晶の成長メカニズムに興味をもっていた。結晶の成長は環境相である溶液と接する表面が最前線である。そのため、結晶表面の観察は成長メカニズムを明らかにする上で不可欠であり光学的方法で、結晶表面だけでなくその近傍の温度濃度分布も併せて“その場”観察をしていた。光学観察といっても、専用に開発した位相シフト干渉計や微分干渉顕微鏡など、位相に敏感な方法を使ったために、一分子の高さの成長ステップが明瞭に“その場”観察できていた¹⁾、Fig. 1。これはAFMで結晶表面の“その場”観察がされ始める以前のことであった。

一方、宇宙環境をつかった結晶成長の研究は、当時はデモ的な実験が主流であった。つまり、スペースシャトル内で結晶をつくって地上に持ち帰り、主にX線回折による研究で無重力での結晶品質が素晴らしいというような結果を得ていた。ただ、例外のほうが多くて、なぜ、そうなるのかに関しての研究はほとんどなかった。

そこで、私たちが考えたことは、“宇宙で結晶をつくるなら、その過程を観たい”、しかも、“地上の実験室のレベルと同等の測定をしたい”。レーザー干渉計を使った研究は、重い光学ベンチの上に設置するのが常である。それを、1グラム1万円の費用がかかる宇宙実験に使用するのとは不可能であった。そのため、宇宙で結晶成長の“その場”観察を実現させるには、斬新な装置開発も必要であった。その時のスローガンは、“より小さく、より速く短時間に”であった。

これまで、小型ロケット、航空機、落下実験施設、

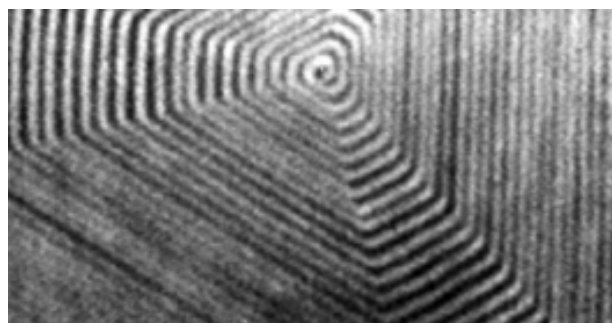


Fig. 1. 溶液中で成長しているCdI₂結晶のらせんステップ。このらせんステップがグルグル回転しながら結晶は厚みを増やして大きくなる。ステップの高さは1.4nm。

ロシアの回収衛星、スペースステーション (ISS) を利用して、結晶の核形成速度、成長速度、成長メカニズム、結晶の完全性などを調べた。使用した結晶はLiNb₃、CdI₂、Ba(NO₃)₂、リゾチーム (タンパク質結晶) など様々である。

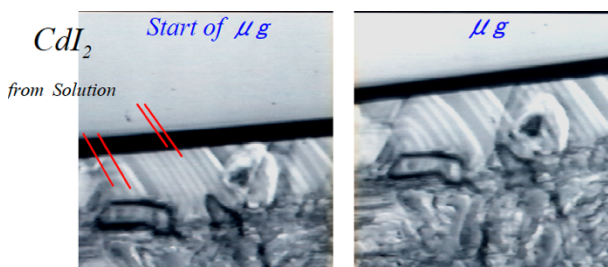


Fig. 2. 重力下ではらせんステップは等間隔に移動するが、無重力になった途端、間隔が広くなり乱れる。

一例としてFig. 2に、Fig. 1に示した単分子ステップの挙動が重力下と無重力下でどう違うかを示した。講演ではこれらの例のなかで、タンパク質結晶の無重力での結晶成長メカニズムの研究を簡単に紹介する。

1) Katsuo Tsukamoto, In-situ observation of crystal growth and the mechanism,
DOI: 10.1016/j.pcrysgrow.2016.04.005

*E-mail: katsuo.tsukamoto.d6@tohoku.ac.jp