

微小重力環境下での氷結晶成長 Ice Crystal Growth under the Microgravity

北大低温研 古川 義純

Institute of Low Temperature Science, Hokkaido Univ., Yoshinori Furukawa

E-mail: frkw@lowtem.hokudai.ac.jp

結晶の自由成長実験は、結晶の形態形成や成長速度の測定などの基礎研究にとって、重要な結晶成長手法である。しかし、この方法は成長しつつある結晶の周囲に発達する物質拡散場や熱拡散場によって生じる局所的な密度差に起因する自然対流の影響から逃れることができない。このため、結晶成長の精密な観察や測定に大きな誤差がつきまとう。この影響を排除する唯一の方法は、微小重力環境を利用することである。我々は、国際宇宙ステーション「きぼう」において実現される長時間微小重力環境下で、過冷却水中で氷結晶の自由成長実験を 2008 年と 2013 年の 2 度にわたって実施した。本講演では、その概要と成果について紹介する。

2008 年実験では、氷結晶の自由成長セルを搭載した宇宙実験装置を製作し、不純物を含まない純水（実際には、 H_2O の代わりに D_2O を使用）中での氷結晶の形態形成の観察を行った。宇宙実験では、宇宙での結晶成長の過程を捉えた動画を地上にダウンリンクすることで、結晶成長のその場観察を可能にし、実験の全ての操作を地上からのコマンド送信で制御する。宇宙で観察された氷結晶の樹枝状成長過程では、地上の重力下では観察するのが困難である極めて対称性の良い結晶外形が観察された。この実験では、134 回の氷結晶成長実験を繰り返し、氷結晶の形態形成機構について様々な議論がなされ、大きな進展を見た^{1,2)}。

第 2 回目の実験は、2013 年に実施された。この実験では、氷結晶成長を制御する生体物質として知られる「不凍糖タンパク質」を不純物として含む H_2O 中での氷結晶の自由成長を行なった。氷結晶のベーサル(0001)面の成長速度を光干渉計により精密の測定し、それによりこのタンパク質分子の氷結晶成長の制御機構を解明することを目指した。本実験でも、124 回の結晶成長実験を繰り返し、そのうち 24 回の実験で実際に成長速度の測定に成功した。

その結果、ベーサル面の成長速度がタンパク質の存在で成長が促進されること、さらに成長速度が周期的に変動する（振動成長）することが明らかになった³⁾。微小重力下の実験では、対流に起因する成長速度の増減や振動は起こり得ないため、本実験は結晶成長のカイネティクスに対する新しい不純物効果を発見したことになる。これにより、このタンパク質の持つ生体の凍結抑制機能が、多面体結晶の成長における形態形成の基本原則に則って明確に説明される⁴⁾。

参考文献 1) E. Yokoyama et al., *J. Phys. Chem.*, B 2011, 115, 8739–8745; 2) 古川義純, *月刊化学*, 2009, 64-8, 38-42; 3) Y. Furukawa et al., *Sci. Rep.*, 2017, 7, 43157; 4) Y. Furukawa et al., *Phil. Trans. R. Soc.*, 2019, A 377: 20180393.

謝辞：本宇宙実験は、JAXA の吉崎泉、田丸春香、JSF の島岡太郎、JAMS の曾根武彦、北大低温研の中坪俊一、長嶋剣、オリンパスの真木孝雄、山本明日佳の各氏をはじめ、多くの皆様との共同研究である。