

氷の結晶をコントロールするタンパク質の秘密とは 生体高分子の関与する氷結晶成長—自励振動成長機構の解明

Ice Crystal 2

背景

私たち地球上の生物すべてに必要な水。極地では気温が氷点下になるために氷となってしまいますが、そんな過酷な環境下でも数多くの生き物が住んでいます。特に、変温動物である魚や昆虫は、体温が氷点下になっても凍りつくことはありません。体が凍りつくのを防ぐ方法はさまざまですが、中でも特殊なタンパク質（不凍タンパク質や不凍糖タンパク質）が小さな氷の結晶と結合して大きくならないように制御することは、極地に住む多くの生物で確認されています。

もしこのタンパク質がなければどうなるのでしょうか。生物の体内で発生した氷はどんどん大きくなり、やがて体全体が凍りついてしまい、もはや生き延びることはできなくなります。また、大きくなった氷は細胞の組織を破壊してしまうため、温めて氷を融かしても組織が元通りになることはありません。

このように、不凍(糖)タンパク質が氷の結晶成長をコントロールするしくみが解明できれば、冷凍技術の向上や臓器移植への活用など、生活のさまざまなシーンに役立つことが期待されます。



図1 不凍糖タンパク質を入れた水溶液からできた氷

目的

氷の結晶成長の様子を詳しく調べることで、このような特殊な役割を果たす不凍(糖)タンパク質による氷結晶の成長抑制効果についてより深く理解することができます。

この実験は結晶成長・氷科学の本質的な理解につながる重要な意味を持っています。身近でありながら不明な部分の多い氷について、その界面での分子レベルの構造や結晶成長の過程を調べることで、氷と生体高分子との相互作用を明らかにすることができます。また、生体高分子によって制御される新しい結晶成

長のしくみの発見や、それにとまなう新しい材料開発法の発展も見込まれています。

こうした実験は地上でも行われています(図1)が、結晶が作られる過程でどうしても重力によって発生する熱対流や自重の影響を受け、結果の解釈が困難になってしまいます。「きぼう」の微小重力下ならこうした作用はほとんどないので、結晶の成長や解析には最適なプラットフォームといえるでしょう。

実験内容

宇宙飛行士に、専用機器(図2)を溶液結晶化観察装置に取り付けてもらいます。その後は、地上から機器の運転や制御を行うことができます。

実験には水に微量の不凍糖タンパク質を溶かしこんだ水溶液が使われます。この水溶液を冷やして氷の結晶を成長させます(図3)。複数の温度条件で、氷の成長速度や界面での様子を観察します。結晶表面観察には反射型干渉顕微鏡を、成長パターンや成長速度の計測には透過位相差顕微鏡を、そして結晶の向きの確認には結晶方位確認用カメラが用いられます。こうした多方面からの観察によって、不凍糖タンパク質が氷結晶の成長にどのように影響を及ぼすかを調べます。

ココがポイント!

この実験の結果、不凍(糖)タンパク質による氷の結晶成長抑制効果が明らかになれば、不凍(糖)タンパク質を持つ魚や昆虫が、どのようにして低温から身を守っているのかなど、その生体反応をより深く理解することができます。

また、生活に密着した分野でもその成果は活かされます。冷凍食品、とくに生ものの冷凍は、凍結解凍を繰り返すと細胞が破壊されておいしくなくなります。不凍(糖)タンパク質を利用することで、細胞の破壊が抑えられれば、おいしい冷凍食品の開発につながります。そして臓器移植分野でも、損傷しないように、臓器をできるだけ低温で凍らせずに保存する技術の開発に大きく寄与するでしょう。

プロフィール



古川 義純

北海道大学
低温科学研究所 所長

専門：結晶成長学、雪氷物理学、
表面物理学

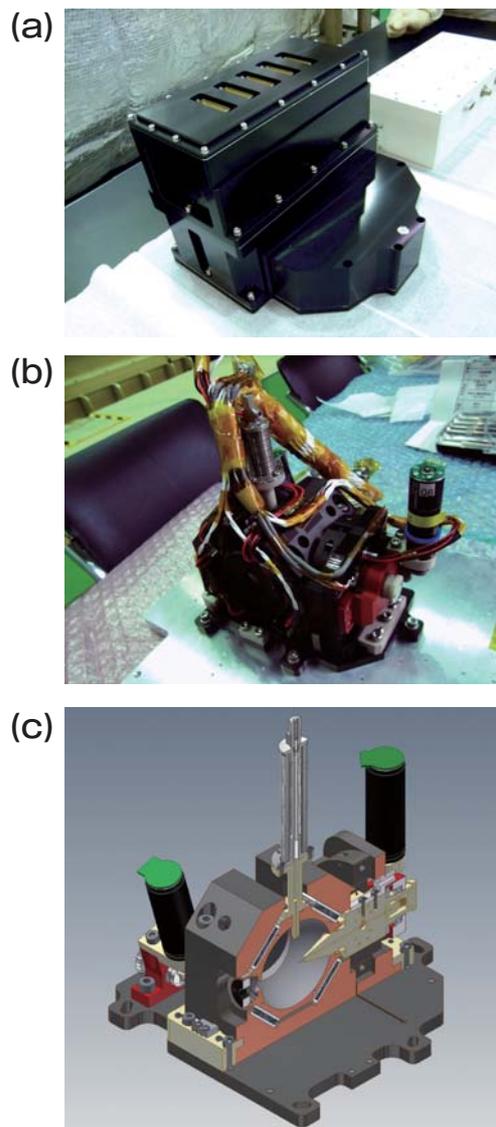


図2 (a)専用機器
(b)専用機器の中に収納されている試料部
(c)試料部の断面図

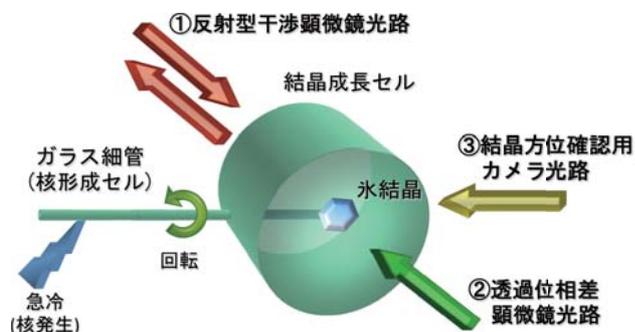


図3 試料部の模式図

結晶成長セルと回転可能なガラス細管(核形成セル)は試料で満たされている。ガラス細管の一部を急冷し、氷を結晶成長セル内まで成長させ、ガラス細管の先端に出現した氷結晶の様子を①～③の方法で詳細に観察する。