

平成 20 年 3 月 28 日

平成 19 年度「マクロ分子の関与する結晶成長機構」活動報告書

代表者所属 北海道大学低温科学研究所 氏名 古川義純

1. 構成メンバー

氏 名	所属
古川義純	北大低温研
横山悦郎	学習院大学計算機セ
灘浩樹	産総研
金子文俊	大阪大院理
阿久津典子	大阪電通大
稲富裕光	JAXA
小川直久	北海道工大
戸田昭彦	広島大院総合科学
上野聡	広島大院生物圏科学
上羽牧夫	名古屋大院理
塚本勝男	東北大院理
今井宏明	慶応大理工
佐崎元	大阪大院工
土岐規仁	岩手大工
田中晋平	広島大院総合科学
斉藤幸夫	慶応大理工
入澤寿美	学習院大計算機セ
本同宏成	北大院院農

2. 本年度 WG 会合開催実績

(1) 第 1 回：平成 20 年 2 月 21～22 日、北海道大学学術交流会館

(2) 第 2 回：平成 20 年 3 月 14 日、学習院大学計算機センター

3. 活動目的

結晶成長に対する添加物の効果は、従来は低分子結晶の成長に対し、低分子の添加物が関与する場合についての研究が中心であった。一方、低分子の結晶成長に対し、タンパク質やアミノ酸などのマクロ分子が添加物として関与する場合の結晶成長カイネティクスについてはほとんど明らかになっていない。前者の場合は、結晶化分子と不純物分子の空間的・時間的スケールがほぼ同一であるのに対し、後者ではこれらのスケールが桁違いに異なることが大きな特徴である。このため、従来の添加物効果の議論は、後者の系には基本的に直接適用することができない。このようなマクロ分子の関与する結晶成長は、生体内の骨や歯の生成機構、寒冷圏に住む魚や昆虫などの耐凍結機構などと密接に関連する問題であり、近年研究が盛んになりつつある。結晶成長機構の研究の残された重要課題の一つと言えよう。本WGは、実験・理論さらに計算機シミュレーションなどの手法を駆使して、マクロ分子の関与する結晶成長機構の仕組みを解明し、結晶成長制御への新しい応用を探ることを目的とする。

4. 活動内容

第 1 回会合は、北海道大学低温科学研究所共同利用研究会、日本結晶成長学会結晶成長基礎・評価分科会、バイオ・有機分科会との共催で、「複雑系におけるソフトマターの結晶成長」を主題としてシンポジウムの形式で開

催した。開催日時は、2008年2月21-22日で、当WGの多くのメンバーに加えてゲスト講演者も含め、約40名の参加者があり、活発な議論が行われた。

講演のタイトルは以下のとおり。

- Philippe Rousset (Nestle Research Center) :
Crystallization in Ice Cream
- 金子文俊 (阪大院理) : 高分子-低分子包接錯体の形成機構
- 長嶋 剣 (東北大院理) : 非接触浮遊法による隕石組織の再現
- Salvador Zepeda (北大低温研) :
Antifreeze glycoprotein kinetics at the ice surface
- 木滑英司 (北大・低温研) : 反射型干涉計の開発及び、 β 型不凍タンパク質による氷結晶モルフォロジーの制御
- 灘浩樹 (産総研環境管理) : 不凍タンパク質による氷の成長抑制機構の分子動力学研究
- 辻融 (癌研) : 人工タンパク質によるリン酸カルシウムのバイオミネラル化
- 加藤隆史 (東大院工) : バイオミネラル化にならう無機/有機ハイブリッド薄膜の構築
- Peter Vekilov (東北大学招聘研究員) : Polymerization of sickle cell hemoglobin: a new outlook
- Philippe Rousset (Nestle Research C.) : Crystallization in Chocolate
- 池田絵梨子 (広島大院生物圏科学) : 溶液中の脂質の分子間相互

作用と結晶化

- 篠原裕也 (東大院新領域) : 小角X線散乱によるソフトマター構造解析
- 上野聡 (広島大院生物圏) : 油脂球晶の結晶化のマイクロプロブ解析
- 戸田昭彦 (広島大院総合科学) : 自発的勾配場からの高分子球晶の構造形成
- 清忠師 (愛知学院大教育) : 糖水溶液の融点
- 三浦均 (東北大院理) : Formation of molecular growth steps by shock heating in the early solar system

(アンダーラインは、当WGのメンバ、又はその関係者)

本シンポジウムの内容は、バイオミネラル化に関連する研究発表が多く、当WGの目指す研究方向の今後の発展を予感させる興味深い内容であった。また、国外からのゲストの講演者として、Dr. Philippe Rousset (Nestle Research Center, Lausanne) と Prof. Peter Vekilov (University of Houston) に参加いただいた。前者には、アイスクリームとチョコレートの結晶化のお話をしていただき、食品科学に於ける結晶成長の有用性が明確に示された。また、後者は、鎌状赤血球ヘモグロビンの結晶化に関する最近の成果で、結晶成長の生命科学への応用として極めて興味深い。また、国内からのゲスト講演者として、東大の加藤隆史先生に参加いただいた。講演内容は、当WGの扱うマクロ分子の関与する結晶成長の応用に関する内容で、新素材の開発にも直結するきわめて興味深いものであった。

一方、第2回会合は、古川、小川、横山が参加し、当WGの次年度以降の進め方についての討論を行った。

5. 成果

原著論文（研究代表者関連のみ）

- Uda Yukihiro, Zepeda Salvador, Kaneko Fumitoshi, Matsuura Yoshiki and Furukawa Yoshinori : Adsorption-Induced Conformational Changes of Antifreeze Glycoproteins at the Ice/Water Interface, Journal of Physical Chemistry, B111(2007)14335-1436.
- Furukawa, Y and Wettlaufer J.: Snow and Ice crystals, Physics Today, 60-12(2007)70-71.
- Zepeda, S., Nakaya, H., Uda, Y., Yokoyama, E., Furukawa, Y.: Diffusion, incorporation, and segregation of antifreeze proteins at the ice/solution interface. Proceedings on International Conference on Physics and Chemistry of Ice, (2007)669-676.

学会発表（研究代表者関連のみ）

合計 22 件

応募状況

「きぼう」船内実験室第2期利用に向けた候補テーマへの応募

テーマ名「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」により応募し、採択された。提案実験

の概要は、以下のとおりである。

マクロ分子の関与する結晶成長機構の本質である二段階可逆吸着モデルの実験的検証を行うことを目的とする。凍結抑制タンパク質を添加物として含む過冷却水中での氷結晶成長は、成長速度の促進や抑制、モルフォロジー変化、自励的振動などきわめて興味深い特徴を示す。これは、タンパク質分子が氷/水成長界面に吸着して結晶成長カイネティクスを変化させるという非平衡な機構に起因する。不凍糖タンパク質では、界面に吸着する際にまずランダムコイルの二次構造（水溶液中での構造）を保ったままで吸着（不完全吸着）し、その後 α -ヘリックス構造に変化することにより強固な吸着（完全吸着）状態を実現する。一方、氷/水界面は、連続的に変化する遷移構造をとるため、完全吸着といえども可逆的な吸着特性を持つ。すなわち、このような**二段階可逆吸着**が、凍結抑制タンパク質の機能発現の本質的特長である。このモデルが正しいとすると、結晶成長速度は自励的に振動すると予測される。地上実験では、対流などの擾乱の影響が大きいいため、振動現象が観察されても真に自励的かどうかは自明ではない。したがって、完全に擾乱が排除されることが保障された長時間微小重力環境での実験が、このモデルの検証には不可欠である。SCOF用の供試体として開発されたIce Cellの基本設計を踏襲し、小規模改修することで、宇宙ステーション実験を実現させる。