

第7回研究情報交換会の開催報告

～ 参加者間での新たな連携始まる

1. はじめに

研究情報交換会は、毎回テーマを決めて分野横断的な小規模交流会を開催し、複数の研究者がテーマに関連した研究情報を報告した後に、参加者と忌憚のない意見交換を行い、新しい発想につなげていくことを目的としています。

第7回 SAT 研究情報交換会は「ものづくりにおける磁場効果の利用」をテーマとして、物質・材料研究機構（千現地区）で10月9日（金）午後5時から開催されました。

今回のテーマを設定した主旨は次の通りです。ものづくりには「場」が重要です。場として、「極限状態が追究されて特に大きな成果を収めた三分野が温度、圧力、磁場の世界である」（伊達宗行著「極限の科学 低温・高圧・強磁場の物理」（ブルーバックス））という物質科学分野での認識、磁場といえば、物質・材料研究機構が世界最高1GHz級NMRを開発すると共にものづくりにおける磁場効果で実績を有していることを考慮して、「磁場」としました。現在10テスラ（T）という強磁場を人工的に発生することが比較的容易になり、セラミックス等の無機材料の配向制御による高機能化、タンパク質結晶の高品質化等での磁場効果が報告されています。物質・材料創製場が変化した場合にどのような影響が物質・材料に見られるのかを研究することはものづくりを変革する可能性を有していると考えました。

参加者は講師を含め、23名で、セラミックス、構造生物学、磁気工学、触媒化学、工業品析、金属材料工学、分子生物学、農林水産、食品開発、ナノ材料、高分子物性・加工、化学等多様な専門分野の方の参加がありました。

2. 講演概要

講演は以下の3人をお願いしました。

1. 廣田憲之氏（物質・材料研究機構）「高磁場の発生とその磁気科学的応用」
2. 中村顕氏（東京大学大学院農学生命科学研究科）「強磁場・高磁気力を利用したタンパク質結晶の高品質化」
3. 目（さっか）義雄氏（物質・材料研究機構）「強磁場によるセラミックスの配向制御」

廣田氏の講演は、超伝導技術の進歩によって12テスラ（T）以上の強磁場が液体Heフリーで実現できること等、高磁場発生装置の現状と磁気科学的応用についてでした。磁気科学とは、磁場が弱磁性物質（反磁性・常磁性物質）に与える配向効果、周囲媒体の物質移動変化、物質分離等の影響・効果を研究するもので、それら効果のメカニズム

は結晶磁気異方性等に起因するトルク、磁気力、ローレンツ力であることおよびその具体例について解説頂きました（図1，2）。

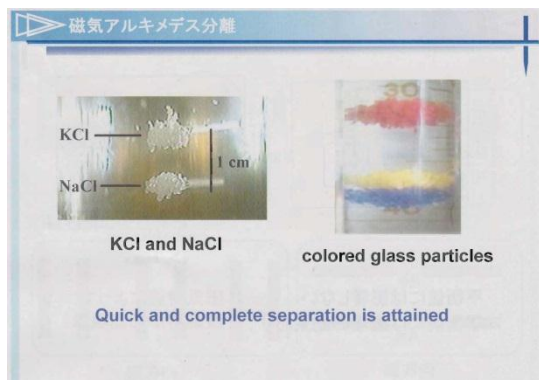


図1 磁気力の差による物質分離

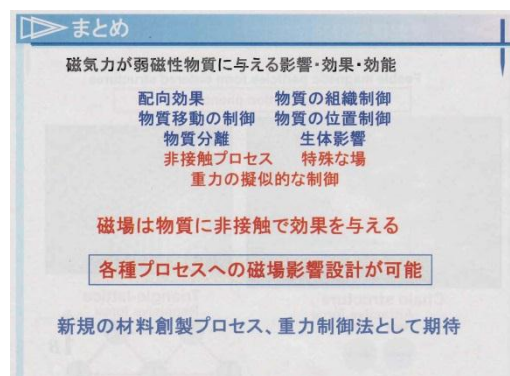


図2 磁気科学応用のまとめ

中村氏にはタンパク質の機能とそれを実現する構造に関する解析が重要であり、高精度解析のために高品質タンパク質結晶の生成が必要であること、タンパク質結晶の品質に影響を及ぼす因子のうち、磁場・磁気力場による擬似微小重力場を利用することで品質のバラツキが小さい高品質タンパク質結晶生成を実現した研究成果を紹介頂きました（図3，4）。

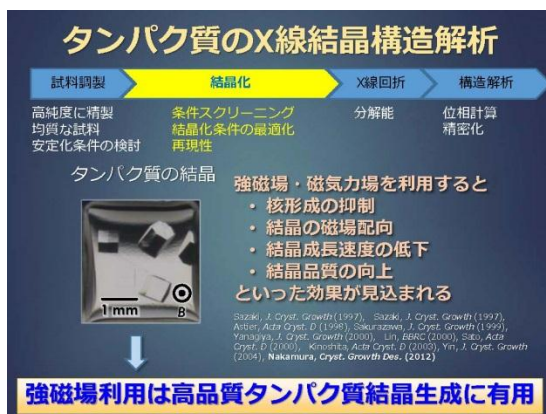


図3 強磁場利用による高品質タンパク質結晶生成

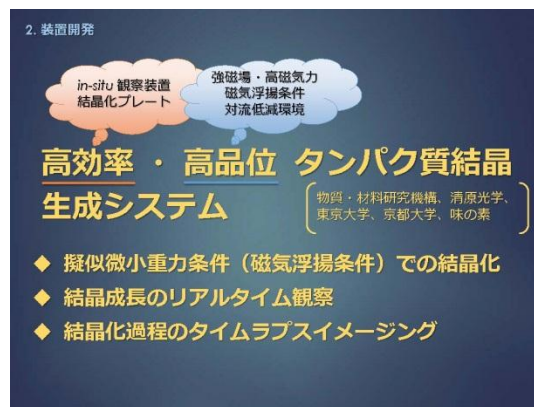


図4 高効率・高品位タンパク質結晶生成

目氏はセラミックス粒子を溶媒中に分散させ固化成形する際に強磁場を印加しての配向体、回転磁場を利用した高配向体、磁場中電気泳動堆積法による配向積層構造体を作製することによって、セラミックスの高性能化が実現することを、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Ti_2SiC 、 Bi 系誘電体、 Si_3N_4 系構造制御材料、熱電材料等、多くの例を挙げて説明されました（図5，6）。

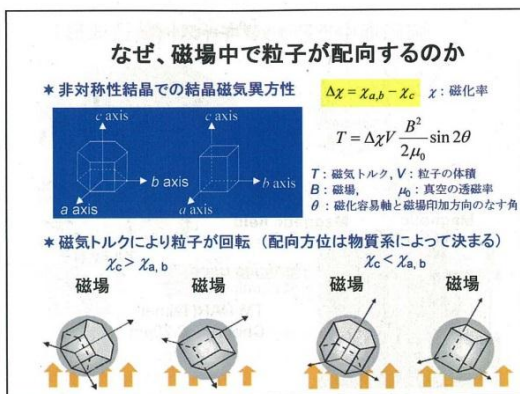


図5 磁場中での粒子配向

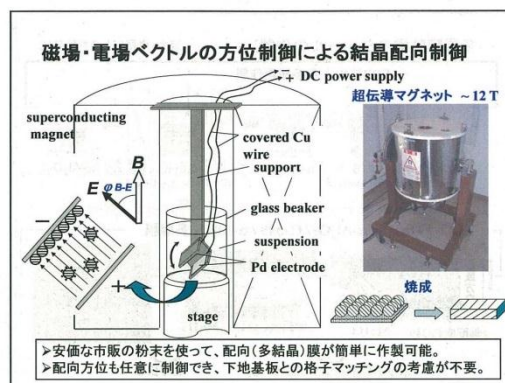


図6 磁場電場印加による結晶配向制御

3. フリーディスカッション

講演の後のフリーディスカッションでは活発な討論が展開され、参加者間での新たな連携が始まるきっかけをつくる事が出来たようです。

ディスカッションでは、①高磁場の物質科学およびものづくりへのポテンシャルについて：現状では 45T が定常磁場強度としては最高だが、物質科学的に見て、それ以上の磁場強度を創る必要性はあるのかから討論に入り、低磁場からの外挿では起こらない現象も見つかっており、必要性は大きい。しかし、定常磁場では磁場発生装置に使用する材料特性の問題もあり、45T を大幅に越えることは難しいのが現状。他方、ものづくりにはボア径（強磁場である空間の大きさ）を考慮することも重要で、現在の 30T 程度の強磁場があれば、ある程度の効果が期待できる。セラミックスの配向制御、タンパク質結晶の高品質化がその実例。ただし、化学反応への磁場効果は難しかったという過去の経験もいただきました。ものづくり材料科学的な立場からは、微粒子の配向制御によるセラミックスの高性能化に関心が高く、磁場効果として顕著な成果として受け止められました。コロイドプロセスを利用した液中での等軸系ではない磁気異方性を有する微粒子分散系への磁場印加によって、多くの成果が得られています。以前より強磁場発生が容易になったことおよび磁場を印加する適切な対象物の研究が進み、磁場効果は今後とも期待できるとの感想もありました。

②タンパク質結晶の高品質化：良質のタンパク質結晶を生成させることによって当該タンパク質の 3次元構造を正確に知ることはタンパク質の機能を明らかにすることにつながり、生命現象の解明、医薬品開発、酵素によるバイオプロセス開発などに必須です。磁場効果では強磁場・磁気力場を利用し、核形成の抑制、結晶の磁場配向、結晶成長速度の低下、結晶品質の向上が見込まれ、事実、タンパク質結晶の高品質化を実現しており、素晴らしい結果を得ているとの JAXA の研究者の評価もありました。また、国際宇宙ステーション (ISS) 実験との違いも幾つか指摘がありました。例えば、磁場中で生成された結晶の均質性は良くなっている (品質のバラツキが小さい) が、ISS での生成結果ではバラツキは

大きくなった（超高品質な結晶が低い確率ではあっても出来ることに相当し、物質科学的には好ましい。しかし、ものづくりからすると一定品質の製品が出来ることが望ましい）、また ISS での結晶生成速度は遅いと予測されていたのに、逆だったということも出されました。ISS の微小重力場と磁場効果を利用したタンパク質結晶生成とは、研究としてお互いに補う形に出来ると考えられます。すなわち、磁場効果は地上において、擬似微小重力場をつくることですが、ISS での微小重力場と同一ではなく、それぞれの違いを見極めた上で連携の必要性が話し合われました。

③工業晶析の立場から：タンパク質結晶生成は技術としては晶析にあたりますが、工業晶析とは条件が大きく違います。工業晶析の立場からどう考えるのでしょうか。磁場あるいは ISS でのタンパク質結晶生成は無攪拌条件で、必要な量は極少量、他方工業晶析は通常攪拌操作条件下で、大量生産が必要です。このように極端に違う両者の技術ですが、極端な条件下でのタンパク質結晶生成の結果は工業晶析の立場からも非常に参考になったとのことでした。懇親会で聞いたことですが、無攪拌での工業晶析もあるようです。

全体として、弱磁性物質に対しても強磁場の効果をものづくりに利用することへのさらなる成果が期待される討議になりました。

4. おわりに ～強磁場見学・懇親会およびまとめ



写真1 1.2 T 強磁場実験装置

1 時間以上にわたる討議時間終了後は、強磁場実験装置（磁場印加状態ではありませんでしたが）の見学が行われ、1.2 テスラ (T) 実験装置（写真1：1.2 T までの励磁速度 40 分）を前に和やかな雰囲気の見学会となりました。磁場配向のデモ（写真2：0.3 T 程度の磁場強度で針状のグラファイトが配向する）は“百聞は一見にしかず”を実感しました。

懇親会もあちこちで講演内容や今後の方向に関しての話で盛り上がりました。異なる分野の研究者の忌憚のない討論によって「知の触発」を感じた参加者も多かったと確信しています。



写真2 磁場配向した針状グラファイト

最後になりましたが、3 名の講師に衷心より感謝申し上げます。また、開催にあたり物質・材料研究機構の先端材料プロセスユニットには大変お世話になりました。目 義雄ユニット長、実験装置の説明を頂きました鈴木 達氏はじめ皆様に厚く御礼申し上げます。

(伊ヶ崎記)