

「宇宙実験と磁場中実験で拓く重力制御科学」

2019 年 9 月 19 日に招待講演 7 件で「宇宙実験と磁場中実験で拓く重力制御科学」のタイトルでシンポジウムを開催した。本シンポジウムは宇宙実験と磁場中実験という異なる環境で得られる重力制御によってもたらされる現象について情報を共有し、材料開発における重力制御の重要性について議論を行うとともに、外場利用の未来について議論することを目的に企画された。

宇宙の微小重力空間を利用した研究では、国際宇宙ステーション (ISS) での密度対流が減じられる環境で行われる結晶成長の研究で数々の成果が挙げられている。本シンポジウムでは宇宙実験に関して 3 件の講演があった。JAXA の松本先生からは ISS で提供される $10^{-6}G$ オーダーの微小重力環境を利用して、密度対流が抑制されることで純粋なマランゴニ対流の観測に成功された内容を紹介いただいた。マランゴニ対流の流れを正確に把握し、対流の遷移プロセスの解明 (定常流, 振動流, カオス・乱流) することで、対流制御が可能であることについて説明いただいた。JAXA の稲富先生から宇宙実験の予備実験として行っていた静磁場での実験結果と実際の宇宙実験の対比が示されており興味深かった。物質の拡散について静磁場中と宇宙実験では基本的に同じ結果となるそうである。北海道大学の古川先生からは ISS での 2 度の氷の結晶化について実験について紹介いただいた。1 回目には対流抑制の効果により非常に対称性の良い結晶成長が観察され、密度対流による拡散への影響が結晶形状を左右することを明らかにされた。2 回目には不凍たんぱく質添加による結晶成長への影響について観察され、結晶成長が振動する現象を見出されたそうである。いずれも微小重力下では密度対流が抑制される結果、結晶成長に大きく影響を与えることをわかりやすく説明いただいた。一般に密度対流抑制は物質の拡散を抑制する結果、結晶成長速度は低下すると予想されるが、ISS での実験結果は必ずしも抑制されるわけではなく、逆に促進される場合もあることが確認されていて、興味深いものであった。

一方、磁場中では磁気力によって微小重力環境のみならず加重力環境も実現される。加えて磁気トルクやローレンツ力も加わる新しい反応場として興味深い。本シンポジウムでは磁場中での研究について 4 件の発表があった。NIMS の岡田先生は高勾配磁気分離で開発した磁場による流体中の粒子の運動の解析手法を高勾配磁場中なされる対流制御へ拡張し、磁場内での溶液の流れの精緻なモデルを紹介いただいた。理想的な高勾配磁場内では密度対流は大幅に抑制されるが、わずかな面内の磁場の乱れは 3 次元的な対流を誘起し、拡散係数が増加することや、わずかな温度勾配の存在もマランゴニ対流を誘起する結果、拡散係数が増加することが示された。さらに NIMS の廣田先生は高品位結晶成長のためにその場観察が可能な装置を開発し、開発した装置を利用して様々な結晶を高勾配磁場環境で得られ

る微小重力環境中で生成させると多くのタンパク質結晶の品質向上が確認されることを示された。磁場勾配で達成される微小重力空間での結晶成長が有用であるとともに、宇宙実験前の予備実験としても有効であると説明されていたのが印象的である。横浜国立大学の山本先生は液液界面を利用した結晶成長に磁場を印可すると結晶サイズ等に大きな変化がみられることを示し、磁場内での微小重力や加重力環境で過飽和度が変化している可能性を示した。磁気トルク等の他の影響の可能性もあるが界面と外場の作用が結晶成長に影響を与えるようである。大阪大学の植田先生は微小重力環境を利用して、弱磁性物質の磁化率や異方性磁化率について評価する方法について紹介があった。原理は非常に単純であるが簡便に微小重力環境が得られないために試みられてこなかったのではないかと説明されていた。微小な無機物の磁化率が簡便に見積られる手法は無機・金属材料では製品管理等での応用も考えられ、有効な方法である。また、鉄を微量含む無定形シリカにおいて異方性の存在が示唆され、星間ダストとの関係について言及されていて、本シンポジウムでのキーワードである宇宙と磁場を印象づける講演となった。

微小重力環境では密度対流が抑制されるため、今まで見過ごされていた効果が結晶化を含め様々な構造形成に関与することが、本シンポジウムの講演で示されたことは重要である。また、詳細なメカニズムについて不明な点が残されているものもあるが、外場を利用することでまだまだ新たな発見がありそうな予感を感じさせるシンポジウムとなった。加えて、宇宙や磁場といった特殊環境では精密に設計された装置が必須であり、精緻な実験計画も必要であることを改めて認識させるものとなった。

最後に本シンポジウムにおいて最新の話題を提供くださった講演者ならびに議論に参加いただいた聴講者の方々に感謝いたします。

世話人：山登正文（首都大学東京）、三井好古（鹿児島大学）、岩井一彦（北海道大学）