

# 特集「粉体に関わる興味深い現象」を企画して

特集担当編集委員 安藤 康輔、井上 義之、下坂 厚子

有史以来、人類はさまざまな目的で「粉」を活用してきた。食品加工、化粧品、セラミックスなど、私たちの日常生活において粉体は欠かせない存在となっている。しかし、この「粉体」という言葉が一般的に使われるようになったのは、たかだか100年足らずの出来事である。粉体は、その特異な挙動や性質から技術者の悩みの種であり、一方で研究者の好奇心をくすぐる対象でもある。研究の成果によって粉体の挙動が解明され、工業的に有効に利用されるようになった例もあるが、まだまだ多くの謎が残されているのも事実である。粉体は流動性、凝集性、分散性など、さまざまな特性があるため、粉体の挙動を予測し、制御することは非常に難しいからである。現在も研究者たちは、粉体の特異な性質や挙動のメカニズムを解明しようと日々研究に取り組んでいる。本特集では、未だメカニズムが明確となっていない現象を含め、「粉体に関わる興味深い現象」についてご紹介する。粉体の挙動に興味を持つ方々にとって、新たな知見や視点を提供することができることを願っている。また、本特集が粉体技術のさらなる発展や産業への応用に寄与することを期待している。

「粉体層への衝突現象 — 惑星粉体物理の興隆を目指して —」と題して、大阪大学大学院の桂木洋光氏に執筆いただいた。

粉体層への衝突現象に関する研究の最新動向について紹介している。粉体衝突現象は、天体クレーター形成や宇宙開発における重要な現象として注目されており、研究が進んでいる。特に柔らかい衝突体のジェット衝突に関する研究は、惑星粉体物理という新たな研究領域を開拓し、宇宙開発においても重要な技術要素となっている。また、身の回りの現象においても粉体衝突現象はよく見られ、科学・技術の両側面で興味深い現象として研究が続けられている。粉体衝突関連の研究はまだ新たな展開が見込まれており、爆発的エネルギー解放によるクレーター形成なども最近では研究され始めている。

「粒状体と流体の混相流現象 — 粉体と流体の混ざり合い —」と題して、海洋研究開発機構の西浦泰介氏に執筆いただいた。

マグマのレオロジーと微粒子の分散プロセスに関する混相流シミュレーションについて紹介している。マグマは混相流現象によって形成され、マグマ溜り内での結晶粒子の挙動がプレートの構造や力学特性に影響を与えるとされている。また火成岩の構造形成にもマグマの流動特性が深く関与していることが示されている。微粒子の分散プロセスに関しては、特に湿式媒体攪拌型ミルについてのシミュレーション解析が行われており、これまで粉砕プロセスでは重要視されてきたビーズとの衝突力よりもむしろ、ビーズの挙動と流体流れの制御が重要であることを示唆している。混相流現象のシミュレーションは、非線形現象の解明に役立ち、産業的な問題の解決に貢献する可能性があると考えられている。ただし、シミュレーションにはモデル化の課題があり、今後の技術の発展と応用が求められている。

「湿潤粉粒体材料における硬さと靱性のメカニズム — 湿った砂の秘密とは？ —」と題して、東京都立大学の栗田玲氏に執筆いただいた。

湿潤粉粒体の硬さと靱性のメカニズムについて説明されている。湿潤粉粒体は水分を含んでおり、水の引力相互作用によって変形性が增強される。また、シリコンオイルでコーティングされた砂を用いたモデル実験により、湿潤粉粒体の力学的特性が詳細に解明された。実験結果から、湿潤粉粒体の剛性と靱性は、シリコンオイルで結合された砂の相互作用に依存しており、引力相互作用による結合のパーコ

レーションが重要であることが示唆される。このメカニズムを応用することで、機能性粉粒体材料の開発や他の物性解明にも役立つ可能性がある。

「つぶつぶのぶつり — 粉粒体のサイズ分離現象」と題して、九州大学大学院理学研究院の稲垣紫緒氏に執筆いただいた。

粉体工学の分野では、粉粒体の振る舞いについて研究が行われている。粉粒体は液体や気体、固体とは異なる性質を持ち、振動や回転などの力学的エネルギーを加えることで分離現象が起こることがある。また、回転ドラムを用いた実験では、縞模様の形成や協動的な振動が観察された。最新の研究では、サイズ差や比重比が縞模様の形成条件に影響を与えることがわかった。さらに、水平加振を用いた実験では、ガラスビーズとガラスフリットが分離し、分裂や対消滅の現象も観察された。これらの研究は、粉粒体の分離現象を解明するうえで重要な一歩となる。

「加振粉体とその周辺 — 振動させることで見えてくる不思議な世界 —」と題して、京都大学の宮崎修次氏に執筆いただいた。

粉体に関連する興味深い現象について紹介されている。まず、振動台を使用して砂の流動を観察する方法や、高校生の粉体研究の取り組み、Jr. セッションでの研究発表について触れられている。また、ブラジルナッツ効果と呼ばれるナッツの浮上現象についても紹介されている。さらに、円筒状の容器に粉体を入れて振動させると起こる凝集現象や、水平方向の振動による粉体のパターン形成についても詳しく解説されている。

「やわらかい粒子のジャミング — 粒子が変形するとどうなる？ —」と題して、京都産業大学の齊藤国靖氏に執筆いただいた。

粉体の流動特性や輸送現象におけるジャミング転移について議論されている。粒子密度の臨界値を超えるとジャミングが発生し、近年の研究ではジャミングと粘性率、拡散係数、固有振動などの関係が明らかにされている。特に、変形する粒子のモデルを用いた研究が注目されており、ポリゴンモデルやMorse-Witten モデルが紹介されている。これらのモデルを用いた数値計算手順も解説されており、ジャミングの理解を深めるためのさらなる研究が期待されている。

「剛体球系の相転移（アルダー転移）と粉体気体系の非平衡ダイナミクス — 跳ね返る粒が織りなす驚きのマクロ流れの世界へようこそ —」と題して、名古屋工業大学の礪部雅晴氏に執筆いただいた。

「剛体球系」は、物理学において重要なモデル系であり、相転移や熱の伝わり方などの理解に貢献してきた。近年、粉体気体系における剛体球同士の非弾性衝突と凝集現象が研究されており、大規模なシミュレーションにより新たな知見が得られている。これらの研究は、物理学の基礎理論の検証や微視的な相互作用から巨視的な秩序の形成を理解するうえで重要であり、材料科学や化学、生物学などの幅広い分野にも応用される可能性がある。また、非平衡系や複雑系物理学の発展にも寄与することが期待されている。

「粉体に基づくジャミングロボティクス — 粉体による万能グリッパ —」と題して、神戸市立工業高等専門学校の清水俊彦氏に執筆いただいた。

ジャミンググリッパや万能真空吸着グリッパの応用事例や課題について紹介されている。ジャミンググリッパは、粉体の振る舞いによって物体を把持する仕組みであり、形状や姿勢に関係なくさまざまな物体を扱える特徴がある。万能真空吸着グリッパは、ジャミンググリッパと真空吸盤を統合したものであり、凹凸面にも適応可能な把持力を持っている。さらに、触覚センシングやインハンドマニピュレーションの課題についても触れられており、粉体の物理的な現象を活用して柔剛分布構造を制御することで、より知的なロボットの実現を目指す意欲が示されている。