

特集「宇宙と関わる粉体技術」を企画して

特集担当編集委員 井上 義之、佐藤 浩二、渡辺 香

宇宙開発は我々の日常生活にも大きな影響を与えている。例えばスマートフォンに搭載されている GPS 機能、気象情報の入手、携帯回線が届かない地域での通信、当誌6月号の未来の農業とアグリビジネスで紹介されている可変施肥・可変散布を実施するための情報入手、といった技術に共通して用いられているのは人工衛星である。さらに近年はアルテミス計画による月面開発、その先の火星探査と、人類は新たなフロンティアに向けた活動を始めている。また宇宙開発の中心が政府から民間へという流れが日本でも始まっており、経済面でも重要である。経済産業省が2024年3月に発表した審議会資料「国内外の宇宙産業の動向を踏まえた経済産業省の取組と今後について」では、「大学等から約100社の宇宙ベンチャーが勃興し、市場規模は約4兆円、さらに政府は2030年代早期の倍増（約8兆円）を目指している」と記されている。しかし、宇宙開発と粉体技術の関連性は、一般にはあまり知られていないようである。そこで、宇宙関連の粉体技術について、宇宙での生活、宇宙での移動、そして宇宙そのものの理解に関係するものをそれぞれ紹介する。

1. 宇宙生活に関わる粉体技術

アルテミス計画では月面に基地を建設する。しかし建材を地球から移動させることは現実的ではない。そこで公財レーザー技術総合研究所の藤田雅之氏と(株)大林組の新村亮氏、田島孝敏氏から「月資源を用いた建設材料の作製」と題して、月面で基地建設を行うために必要となる研究について紹介いただいた。月の模擬砂をレーザーで加熱・焼成した積層造形による立体物作製の研究や、月面環境での粉体供給機構の概念設計に必要なシミュレーション解析結果を紹介いただいた。また京都大学大学院の安達眞聡氏からは「宇宙環境下での静電気力の利用」と題して、宇宙環境下で使用するにあたり多くの利点を持っている、静電気力を活用した粉体のハンドリング技術について紹介いただいた。宇宙空間で深刻な問題を引き起こす付着粉体の除去や、地球では当たり前に見える流体力を利用しにくい宇宙環境下での粉体プロセスについて紹介いただいた。一方、宇宙空間に出ていくに当たり、現在でも問題となっている微小スペースデブリがある。宇宙空間を高速で移動している微小スペースデブリは宇宙活動にとって脅威となるが、多くの謎が残されている。千葉大学の田端誠氏より、「シリカエアロゲルによる微小スペースデブリの捕集」と題して微小スペースデブリを非破壊で捕集できる材料であるシリカエアロゲルの開発について紹介いただいた。この材料は国際宇宙ステーション ISS で宇宙空間にばく露され、実際に微小スペースデブリを捕集できることや回収された微小スペースデブリの分析結果などについて紹介いただいた。

2. 宇宙へ行く・移動に関わる粉体技術

三井金属鉱業(株)の佐々木隆史氏から「航空宇宙用途向け新規 CuCr 合金粉の開発とその適用可能性」と題して3D プリンター用金属粒子について紹介いただいた。3D プリンターは、宇宙分野では月面基地制作に使用される計画があるが、それに加え、現在でも航空宇宙用のロケットエンジンのメイン燃焼室の製造に使われている。その新しい材料として同社にて開発が進められている銅クロム (CuCr) 合金の特性と宇宙ロケット部品への展開可能性について紹介いただいた。一方、ロケットに搭載されるものとして有名なものは人工衛星であろう。東洋炭素(株)の平岡利治氏から「イオンエンジンに使われる炭素材

料」と題して、小惑星探査機「はやぶさ」のエンジン故障時にさまざまなニュースで注目を集めたイオンエンジンに使われている炭素繊維強化炭素複合材料について紹介いただいた。さらに広島大学の金佑勤氏から「微小重力を活用した粉じん爆発実験とその将来展望」と題して、月面にも存在し、資源として利用可能と考えられているアルミニウム粉体を推進エネルギー源として使用するために、さまざまな方法で作られる微小重力場において、どのように粉じん燃焼が起こるのか、火炎と粒子がどのように相互作用するのかといった研究を紹介いただいた。またアルミニウム粉を用いる人工衛星の推進システムの開発が進んでおり、チューリッヒ応用科学大学、シリル・オービタル・システムズ社の室原昌弥氏より「人工衛星用エンジンへの粉体燃焼の応用」と題して紹介いただいた。水とアルミニウム粒子を接触、粉じん爆発に近い現象を生じさせて、そのエネルギーを推進力にするものである。ただし原料粉体は難流動性であり、燃焼室への輸送のための流動化に粉体技術が応用されていることが紹介されている。

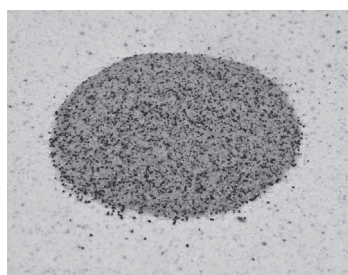
3. 宇宙そのものの調査と粉体技術

宇宙を解明しようとする研究にも粉体は関与している。産業医科大学の門野敏彦氏から「天体表面での衝突によって生じる放出物の分布」と題して太陽系の惑星、衛星、小惑星、彗星などの天体表面を覆っている粉体層に、秒速数kmを超える物体が衝突したときの放出物の分布パターンに衝突物の形状や、粉体層の粒子径分布が大きな影響を及ぼすことを紹介いただいた。なお、はやぶさ2では小惑星リュウグウのサンプルを取るため、物体を衝突させて巻き上がった物質を採集している。本研究で紹介された粒子径分布と地球に持ち帰られたサンプルの粒子径分布の比較から、サンプルが当初の計画通り下層から得られたと推測できることを紹介いただいた。さらに神戸大学大学院、千葉工業大学の黒澤耕介氏から「粉体層への天体衝突」と題して、高速衝突によって粉体層にどのような現象が起こるのかといったことを解き明かすための熱力学をベースにした理論を紹介いただいた。

以上、さまざまな事例を紹介したが、ここで紹介できなかった事例もある。例えば、宇宙食などでも粉体技術が活用されている。このようにさまざまな分野で粉体技術が活用されていること、また粉体技術の適用の可能性の広がりを知っていただければ幸いである。



「月の海」の模擬砂



「月の高地」の模擬砂

月には、白っぽい部分と黒っぽい部分があります。これは月の表面を覆う物質の違いによるものです。
濃い色の玄武岩で覆われており「月の海」と呼ばれます。白っぽい「月の高地」には斜長岩成分が多く含まれています。