

アルミニウムは 次のフィールドへ

「アポロ計画」で人類が初めて月へ降り立った1969年から約50年経った現在、再び月面探査への注目が高まっています。月面探査では、アルミニウムが重要な役割を果たすと期待されています。

月面基地の想像図。月面基地は、人類が月面で活動する上での拠点となる居住空間などの構造物のある基地のこと。最近では、世界各国が月面探査計画を発表し、将来の月面基地建設の検討を進めている。



宇宙観測や資源利用
有人火星探査の中継拠点にも

人類が目指すフロンティア

月

もっとも身近な天体「月」が これからの宇宙探査の拠点になる

月は、私たちが暮らす地球に最も近い天体であり、最も身近な天体の一つです。夜空に光る美しい月は、今も昔も多くの人々の心を魅了してきました。また月は潮の満ち引きを起こし、私たちの生活に密接なかかわりを持ってきました。それにもかかわらず、月の起源や形成過程などは明らかにされておらず、月はいまだに多くの謎を秘めた天体です。

月面探査は、人類にとって未知なる世界への挑戦であり、科学技術の進歩を促す重要なチャレンジでもあります。また月面探査は、将来、人類が本格的な宇宙開発を進めるための技術開発の第一歩でもあります。建設

が計画されている月面基地は、月資源の探査に加え、火星や木星などの惑星探査の拠点としての役割も期待されています。

各国のプロジェクトが進行中 注目を集める月面探査計画

近年、小惑星から試料を持ち帰る「サンプルリターン」が大きなニュースになっていますが、人類最初のサンプルリターンは、1969年のアポロ11号によるものです。人類の月面到着から約50年経った2024年、月面探査に関わるプロジェクトが数多く計画・進行しています。

日本が参加する国際プロジェクト「アルテミス計画」は、アメリカ、欧州、カナダ、オーストラリアなどが参加す

NEWS!

日本の「SLIM」が 月へのピンポイント着陸を達成!

2024年1月に小型月着陸実証機「SLIM」が月面への着陸に成功しました。探査機の構造材料などには、軽量で強度にすぐれたアルミ合金が多く使われています。

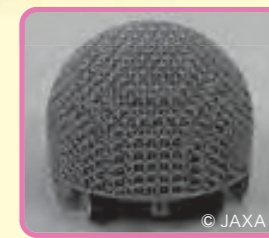
小型プローブにもアルミニウム

月面探査機から、着陸後の撮影や通信を行うための小型探査機(プローブ)が放出されました。プローブの構造部にはアルミ合金が使用されています。

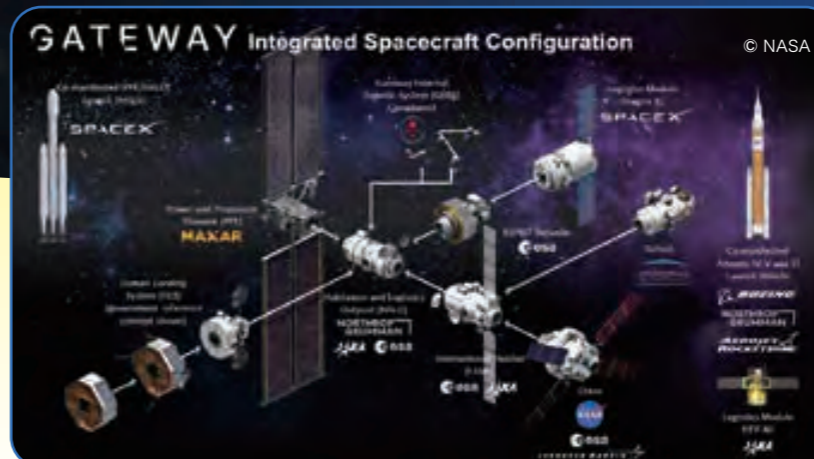


アルミニウムで 衝撃を吸収

アルミニウム製の衝撃吸収材が、SLIMの着地点に付けられています。網目状のクッション構造は3Dプリンターにより積層造形されました。



月面のSLIMを小型プローブが撮影しました。



月の周りを回る宇宙開発の拠点 「Gateway」

国際宇宙プロジェクト「アルテミス計画」の月周回有人拠点「Gateway(ゲートウェイ)」において、日本は国際居住モジュールの生命維持・環境制御システムなどを提供するほか、新型宇宙ステーション補給機の発展型による物資補給も検討中だ。

る有人宇宙飛行計画です。この計画では、2026年以降に月面に人類を送ろうとしています。また、月面探査とその後の火星有人着陸に向けたプロジェクトとして、月面と火星に向けた中継基地となる月周回有人拠点「Gateway(ゲートウェイ)」を建設する計画があります。この拠点を利用して月に物資を運び、月面基地の建設を進める計画です。

日本では現在、JAXA(宇宙航空研究開発機構)のプロジェクト「SLIM」が進行中です。これは「狙った場所へのピンポイント着陸」「着陸に必要な装置の軽量化」「月



月の南極で水を探査する 「LUPEX」

月極域探査機ミッション「LUPEX(ルベックス)」は、月の南極のクレーターにある太陽光の当たらない「永久影」や地下に存在すると予想されている水の量や分布、状態などを探査する計画だ。画像は、LUPEXの着陸機(右)と探査車(左)のイメージ図。

の起源を探る」といった課題を、小型探査機で実証する探査計画です。2023年9月に打ち上げられた「SLIM」は、2024年1月に見事に月面軟着陸を成し遂げ、注目を集めました。

このほか、国際協働プロジェクトとしてJAXAとインド宇宙研究機関(ISRO)が共同で開発している月極域探査機ミッション「LUPEX」が進行中です。このミッションでは、月極域に存在すると予想されている水の分布、状態や形態などを明らかにすることを目指しています。

「月の砂」から アルミニウムを取り出す 研究をしています

月の表面を覆っているレゴリス(月の砂)には酸化アルミニウムが含まれています。酸化アルミニウムは、アルミニウムと酸素に分解できますが、大きなエネルギーと酸素を奪うための還元剤が必要になります。研究では、太陽光を利用したレーザーで4000℃以上の高温をつくることで、レゴリスをプラズマ状にして、金属アルミニウムと酸素を取り出す方法を開発中です。

現在はまだ少量のアルミニウムしか取り出せませんが、将来的にはマグネシウムなどのほかの金属も効率的に取り出せるようにしたいと考えています。どちらも月面に豊富に存在する太陽エネルギーとレゴリスから、月面開発に必要な金属資源と酸素を取り出すことができる月資源利用システムの開発を目指しています。

東京大学大学院
工学系研究科 航空宇宙工学専攻 **小紫 公也 教授**

“電磁・光エネルギー”、“プラズマ加速”、“ワイヤレスパワー”などを融合して、人類の本格的な宇宙進出に必要な新しい宇宙輸送システムを研究中。プラズマ技術は月資源開発にも活かされている。

昼は130℃、夜は-200℃の
過酷な環境にも耐えられる

月面基地の建設に 期待される資源「アルミニウム」

過酷な宇宙空間での利用に 適したアルミニウム

将来、月には月面基地が建設され、天体観測や宇宙開発の拠点になると予想されています。では、どうやって月面基地を建設するのでしょうか。基地を作る材料を地球から運ぶのは、莫大なコストや時間がかかるので、なるべく月面にある資源を活用するのが合理的です。そこで注目されるのが、月面の砂(レゴリス)の有効活用です。

レゴリスの成分の多くは、酸化ケイ素や酸化アルミニウムなどの酸化物です。ここからケイ素を取り出すことができれば、ソーラーパネルの原料として利用できます。

またアルミニウムは、建物や乗り物などの材料として利用できます。

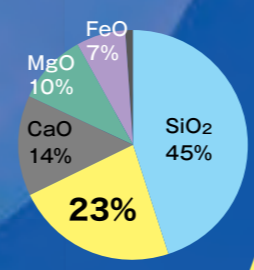
アルミニウムは、月で利用するのに適した材料として期待されています。その理由の一つは、資源が豊富であることです。レゴリス中には酸化アルミニウムが約23%含まれています。また、月面の過酷な環境にも耐えられる特性を持っています。月面では、一日のうち昼は130℃、夜は-200℃という大きな温度差があります。一般に金属は低温では脆くなりますが、アルミニウムは低温でも脆くなりません。また、耐食性や加工性に優れる、リサイクル性に優れる、など月面基地で利用しやすい特性を兼ね備えています。また、アルミニウムを「燃料」として活用する研究も進められています。

月の砂から、アルミニウムを取り出す「レーザー還元」



月の資源を有効活用

レゴリスを構成する成分の割合



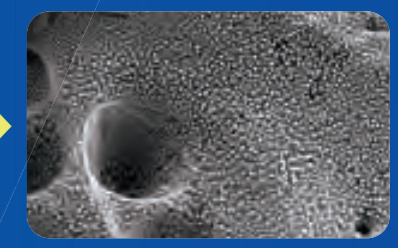
Al₂O₃
酸化アルミニウム

月面は岩石が細かく砕かれた月の砂「レゴリス」で覆われている。レゴリスには酸化アルミニウムなど、さまざまな金属酸化物が含まれている。



レーザーで4000℃

レーザーを左側の酸化アルミニウム試料に照射しているようす。4000℃の高温では、酸化アルミニウムがアルミニウムと酸素に分解(還元)する。



アルミニウムができた

レーザーを照射した後の試料表面を電子顕微鏡で観察したところ。表面に、粒径5μm程度の粒状のアルミニウムが多数、生成していることが分かる。

アルミニウムを「燃料」にする 新しいエネルギーサイクルとは

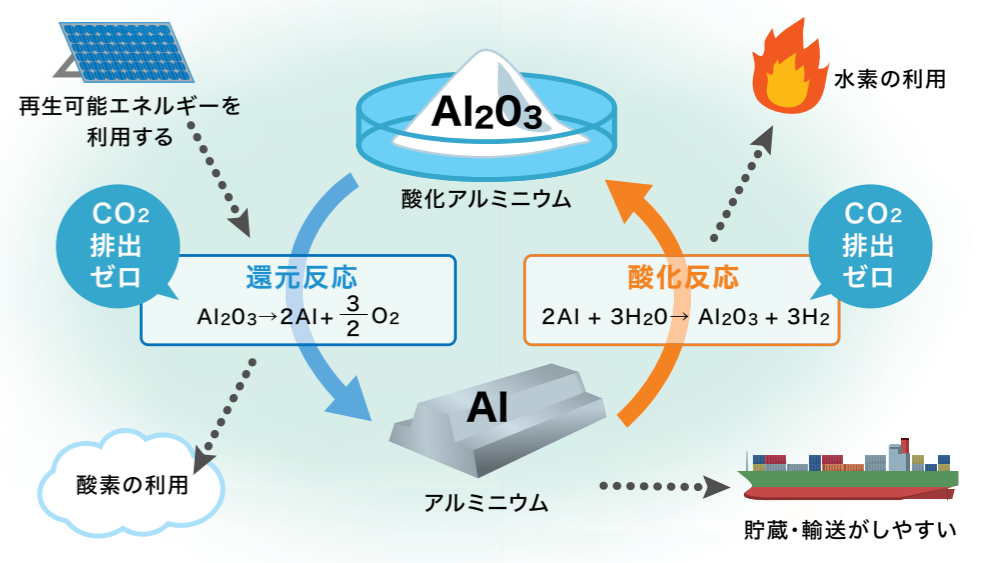
月面開発を進める上では、エネルギーの確保もたいへん重要です。月面では昼が約14日間、夜が約14日間続きます。そのため太陽光発電を利用するには、夜間のエネルギー供給を確保する必要があります。地球上ではバッテリーを利用する方法が一般的ですが、月面では大容量のバッテリーを用意するのは難しいと考えられます。

そこで提案されているのが、アルミニウムを「燃料」として利用する方法です。レゴリスから作られたアルミニウムは水と反応すると、酸化アルミニウムと水素になります。

発生した水素は、燃料や発電に利用できます。酸化アルミニウムは太陽エネルギーを利用して、再びアルミニウムに戻すことができます。

この仕組みは「アルミニウムエネルギーサイクル」と呼ばれ、アルミニウムを用いてエネルギーを貯蔵したり利用したりできるユニークなものです。CO₂を発生させないアルミニウムエネルギーサイクルは、持続的な月面活動をサポートするエネルギーシステムとして、また地球上のエネルギー問題の解決にも役立つものと期待されています。

酸化アルミニウムを再生可能エネルギーで還元し、還元したアルミニウムを水と結合させることで、エネルギーを取り出すことができる。金属アルミニウムは貯蔵や輸送に適していて、酸化・還元反応のいずれでもCO₂を発生することがない、クリーンなエネルギーサイクルを実現できる。





© TOMY

月の世界に、
夢が広がる!

壮大な宇宙を手のひらで感じる 変形型月面ロボット 1/1スケールモデル SORA-Q Flagship Model

2023年9月に打ち上げられた小型月着陸実証機「SLIM」に搭載された、超小型の変形型月面探査ロボット「SORA-Q」。月面着陸後は、将来の惑星探査活動に向けて役立つさまざまなデータを取得しています。これを再現した「SORA-Q Flagship Model」は、自宅にしながら月面探査を体験できる「SORA-Q」の1/1スケールモデルです。



月面の砂の上を自由に走る「SORA-Q」の予想図
© JAXA

玩具作りの技術が生かされた月面ロボット

重力が地球の6分の1で砂に覆われた月面において探査を行うために開発された「SORA-Q」は、JAXA（宇宙航空研究開発機構）と玩具メーカーである（株）タカラトミー、ソニーグループ（株）、同志社大学により共同開発された超小型の変形型月面探査ロボットです。ボディは直径約80mmの球体ですが、月面に放出されて着陸すると球体が左右に拡張変形し、外殻がホイールとなり、走行可能な姿に変形します。そして月面を動き回りながら動作履歴や周辺を撮影した画像データをLEV-1（ともにSLIMに搭載され、探査する超小型月面探査ローバ）を経由して地上に送信する仕組みになっています。

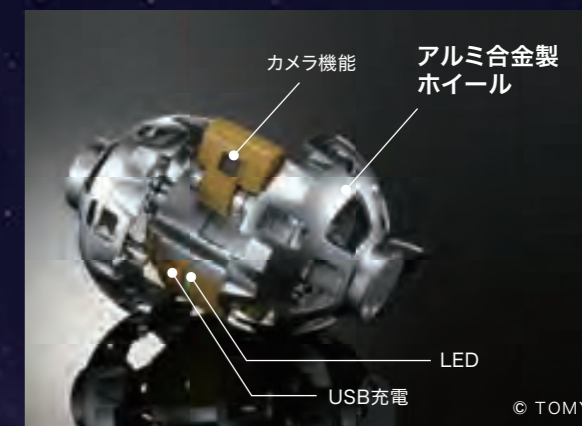
このユニークな月面ロボットの小型軽量化や変形の仕掛けに大きく貢献したのは、玩具作りで培われた技術でした。「SORA-Q」は極めて少ない部品でシンプルな設計となっています。玩具の開発で培われた柔軟な発想と低コスト化のノウハウを生かして開発が進められ、月面探査プロジェクトでも通用する高性能の世界最小の月面探査ロボットが誕生したのです。

アルミ製ホイールで月面探査を擬似体験

誰でも身近に月面探査の面白さを擬似体験できるように開発されたのが、「SORA-Q Flagship Model」です。実際に月面着陸した「SORA-Q」と大きさや変形の仕方も同じ1/1スケールモデルで、ホイール部分には本物らしさを感じられる質感にこだわり、アルミ合金が採用されました。走行は、バタフライ走行とクロール走行の2通りです。水泳の腕の動きと同じようにバタフライは左右のホイールが同時に動き、クロールは交互に動きます。

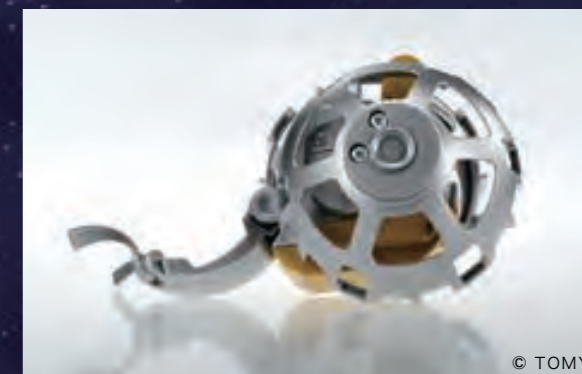
動きも「SORA-Q」と同様に再現されており、スマホにダウンロードしたアプリを使用して操作することができます。走行しながら、内蔵されているカメラで周囲を撮影することも可能。また、アプリ画面には月面ARが合成されたモードがあり、本当に月面で走行しているような感動体験ができます。世代を超えて楽しめる「SORA-Q Flagship Model」は、宇宙への好奇心をますますかき立ててくれます。

SORA-Q Flagship Model



© TOMY

球体が左右に拡張変形し、外殻がホイールとなり走行できる状態になる。



© TOMY

たとえ走行中に体勢をくずしそうなことがあっても、後部に付いた尾のようなスタビライザーを使い常にカメラを上に向けていることができるのは、球体ならではの肉抜きをすることで軽量化している。

専用アプリで月面探査を体験!

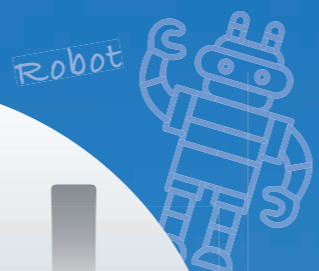
コントロール画面は実際の景色を見ながら操作でき、月面のデータが使用されているので、月面を探索している気分になれる。ARを活用して指令をクリアするミッションもプログラムされている。



© TOMY



mobility



Generator



高パワーなのに、小型で超軽量
地球にも優しい!

アルミ製コイルが実現した 次世代の高性能モータ アスターモータ

機械を動かす。クルマを動かす。あらゆる分野の動力として重要な役割を担うモータ。モータの性能が向上すれば、エネルギーを効率よく利用でき、SDGsにもある世界のエネルギー問題の解決にも大きく貢献します。「アスターモータ」(ASTERMOTOR®)は新開発のアルミ製コイルを搭載し、小型軽量化と高性能を兼ね備えた期待のモータです。

コイルに帯状のアルミ板を採用し 高性能化とリサイクル性を両立

モータの中で、コイルは最も重要な部品の一つです。新開発の高性能モータ「アスターモータ」は、従来にならぬ画期的なコイルを搭載したのが大きな特徴です。

従来のコイルは、細い銅線をらせん状に巻いたものですが、新型モータのコイルは帯状のアルミ板を重ねて作られています。この構造により、コイルの断面積は丸線コイルに比べ大きくなるため、大きな電流を流せると同

時に導体の充填率も上がり小型化を実現。材料にアルミ板を使用することで軽量となり、モータの発熱も効率よく逃がすことができます。

銅は素材の価格が変動しやすいですが、アルミニウムは価格が安定し使いやすい材料です。また丸線コイルはリサイクルで再利用しにくいという問題がありますが、アルミ板コイルは解体時に分別しやすく、リサイクル性にも優れています。このように、新型モータには、アルミニウムのさまざまな特性が生かされているのです。

アスターモータ(左) 特殊形状アルミ製コイル(右)

アルミ製コイルの独特な形状がモータの小型・高性能化を実現。大きい断面積で電気抵抗減少と放熱性向上を両立した。また、アルミニウムの使用でより一層の軽量化が実現し、同時にリサイクル性も向上した。



開発中の風力発電機。アスター発電機が微風でも回転し、電気を生み出す。コンパクトな躯体は運搬・設置・保守性に優れ、災害時にも頼れる存在に。



小型軽量で大型ドローンへの採用も期待されている。

新しいモビリティや宇宙開発 未来シーンでの活躍に期待

従来のモータに比べ多くのメリットを持つアスターモータは、幅広い分野での活躍が期待されています。例えば、将来的に活躍が期待されるドローンやeVTOLなどの空のモビリティ。宇宙開発に不可欠なロケットやロボットなど。高性能で少しでも軽量が求められる分野では、まさに最適なモータだといえます。

また、再生可能エネルギーである風力発電でも、アスターモータの技術を応用した発電機の開発が進められています。高効率かつ滑らかな駆動により微風下でも大量発電が可能であり、戸建て住宅やマンションに設置し、CO₂排出削減の対策として有望視されています。さらに、災害や停電の場合の臨時設備として使用できるので、緊急時対策にも役立ちます。

さらに進化を続ける新型モータと特殊形状アルミ製コイルは、海外からも注目されています。今後このモータがどのような分野で活躍していくのか、大いに期待されます。



(株)アスター 代表取締役
本郷 武延 さん

革新的技術で アルミニウムの 可能性を広げます

我々の技術は、アルミニウムがとてつもないポテンシャルを持っているということを立証したと思います。アスターモータのチャレンジは、まだ始まったばかりです。この新型モータの技術は、社会や産業に広く役立つものです。次の世代に向けて、ぜひ皆さんと協力しながらシェアしていきたいと考えています。



アルミダイキャストのボディが並ぶ製品検査エリア(上)。信頼性評価には振動試験機(下)などを活用する。