

月面都市を思い描く



夢はバラ色

藤井 英俊*, 森下 麻紗代**

Envisioning Life in a Lunar City

Key Words: Lunar City, Comprehensive Knowledge, Direct use of solar energy, ISRU, Oxygen Production

1. 大阪大学月面都市開発研究センター

2026年4月1日、大阪大学先導的学際研究機構(OTRI)附属月面都市開発研究センターが発足した。本センターは、2025年5月に産業科学研究所内に設置された月面都市開発研究センターを、全学的な研究組織であるOTRI附属センターへと移行したものである。

本センターは、理工学に加えて、人文社会科学、ELSI(倫理的・法的・社会的課題)、ライフサイエンスなどを巻き込んだ「総合知」を創出し、人類が月面に持続的に居住するために必要となる社会、生活、倫理、医療を含む包括的な知の体系を構築することを目指している。また、エネルギー、酸素生成、居住空間などを核とする月面インフラ開発の研究過程で得られる技術や知見を地上社会へ還元し、月面と地上の双方に新たな価値を生み出すことを目指している。

米国を中心とする国際月探査計画「アルテミス計画」が本格的に進展し、月周回有人拠点Gateway(ゲートウェイ)の整備や有人月面探査の実現に向けた取り組みが進められている。また、各国の宇宙機関に加え、多くの民間企業が月輸送、通信、資源利用、建設技術などの分野に参入し、月面経済圏の形成に向けた動きが世界規模で活発化している。

大阪大学は、ロケットや宇宙船そのものを専門に開発する大学ではない。一方で、人間が生活し、社会を形成するために必要となる幅広い学問領域を有している。医学、生命科学、工学、材料科学、情報科学、人文社会科学、法学、経済学、倫理学など、人間社会を支える多様な知が集積していることが、大阪大学の大きな強みである。

本センターでは、以下の4つを主な活動の柱としている。

- ・持続可能な宇宙生活技術の研究開発
 - － 月面におけるエネルギー供給、資源循環、廃棄物管理など－
- ・産学官連携の強化と社会実装の促進
- ・国際共同研究の推進
- ・次世代人材の育成

地球上では建設資材を比較的容易に輸送できるが、月面への物資輸送には莫大なコストを要する。現在、地球から月へ物資を運ぶには、1kg当たり1～2億円程度を要するといわれている。このため、地球からすべての資材を輸送するのではなく、月面に存在する資源を現地で利用するISRU(In-Situ Resource Utilization: 現地資源利用)の重要性が極めて高い。例えば、月面を覆う砂礫状の表層物質であるレゴリスを活用した建設技術や、限られた資源を循環利用するシステムの研究は、月面都市の実現だけでなく、地上における環境負荷の低減や持続可能な社会の構



* Hidetoshi FUJII

1965年5月生まれ
早稲田大学大学院理工学研究科博士後期課程修了(1993年)
現在、大阪大学 先導的学際研究機構附属月面都市開発研究センター センター長
接合科学研究所 所長、工学博士 専門接合科学・溶接工学
TEL: 06-6879-8640
FAX: 06-6879-8689
E-mail: fujii.hidetoshi.jwri@osaka-u.ac.jp



** Masayo MORISHITA

1967年7月生まれ
関西学院大学 経済学部(1991年)
現在、大阪大学 月面都市開発研究センター接合科学研究所 URA
学士(経済学) リサーチ・アドミニストレーション
TEL: 06-6879-8647
E-mail: morishita.masayo.jwri@osaka-u.ac.jp

築にもつながる。

大阪大学が強みを有する材料、接合、製造、エネルギー、生命科学などの技術は、この領域に大きな可能性を有している。軽量・高強度材料や、資源循環を可能とする接合・分離技術などは、月面都市の構築のみならず、資源循環型社会や脱炭素社会を目指す地球の未来にも貢献することが期待される。

2. 大阪大学の技術シーズ：

太陽光集光によるエネルギー利用+酸素生成

大阪大学では近年、月面での居住環境の構築を目指し、太陽光の直接利用技術と、月面資源からの高速酸素生成技術の研究開発を進めている。大阪大学月面都市開発研究センターでは、米国や中国などで提案されている方式と比較して、大幅に高い酸素生成能力を有する技術の実現を目指している。従来方式と比較して1000倍以上の生成能力を有する可能性が示されている。

月面で居住空間を構築する上で、まず重要となるのが、生活や各種製造プロセスに不可欠なエネルギー源の確保である。大阪大学では、その有力なエネルギー源として太陽光に着目している。月面には実質的な酸素が存在しないため、太陽光に正対する面では、1 m²当たり約1.4 kWの太陽エネルギーを利用できる。したがって、例えば10 m×10 m、すなわち100 m²の範囲で太陽光を受光できれば、理論上の入射エネルギーは約140 kWに達する。

大阪大学では、接合科学研究所がレーザプロセス研究などで培ってきた光制御・集光技術を活用し、レンズなどの光学系によって太陽光を高密度に集光する技術の研究を進めている。重要な特徴は、太陽光をいったん電気エネルギーへ変換するのではなく、光エネルギーのまま集光し、直接熱エネルギーとして利用することである。

太陽光を電気に変換してからヒーターやレーザ等の熱源として使用する場合には、複数のエネルギー変換過程で損失が生じる。これに対して、太陽光を直接集光して熱源として利用すれば、変換工程を削減し、エネルギー損失を大幅に抑制できる可能性がある。大阪大学月面都市開発研究センターでは、この直接光利用方式について、従来方式に比べて大幅に高いエネルギー利用効率を実現できる可能性を示している。

もう一つの重要な技術シーズが、月レゴリスからの酸素生成技術である。

月レゴリスは、ケイ酸塩鉱物、酸化物、ガラス質物質などから構成され、鉄、シリコン、チタン、アルミニウム、マグネシウム、カルシウムなどを含んでいる。特に重要なのは、レゴリスの質量の約40～45%を酸素が占めている点である。ただし、この酸素は気体として存在するのではなく、金属やシリコンなどと化学的に結合した状態で存在している。

大阪大学では、月面特有の高真空環境と集光太陽熱を組み合わせ、レゴリス中の酸化物から酸素を取り出す技術の研究を進めている。太陽光を高密度に集光してレゴリスを高温に加熱し、低酸素分圧の真空環境を利用して酸素の放出を促進するという考え方である。

このシステムでは、①太陽光を高密度に集光する技術、②レゴリスから酸素を生成する技術、③生成した酸素を回収・輸送する技術を一体化することが重要となる。

現在、米国をはじめとする各国では、レゴリスを高温で溶融し電気分解する「溶融レゴリス電解」など、月面資源から酸素を取り出す様々な技術が研究されている。例えばNASAでは、レゴリスを高温で溶融し、電気分解によって酸素と金属を分離する技術が研究されている。これに対し、大阪大学方式の大きな特徴は、太陽光を電気へ変換する工程を介さず、集光太陽熱と月面の高真空環境を直接利用する点にある。これにより、エネルギー変換損失を抑えながら、月面で必要となるエネルギーと酸素を現地資源から供給するシステムの構築を目指している。

大阪大学では、太陽光を電気エネルギーに変換することなく直接集光して熱エネルギーとして利用する技術と、月面の高真空環境を活用してレゴリス中の酸化物から酸素を生成する技術を組み合わせた、新たな月面インフラシステムの構築を目指している。特に、太陽光の直接集光、レゴリスからの酸素生成、生成した酸素の回収・輸送を統合することが大阪大学方式の大きな特徴である。その結果、米国や中国で提案されている方式と比較して1000倍以上の速度で酸素を生成することができる。

具体的には、月面に豊富に降り注ぐ太陽光を主要なエネルギー源として活用する。集光した太陽光を直接熱源として利用することにより、レゴリスや各

種材料の加熱・溶融などに利用するとともに、レゴリス中に化学的に結合している酸素を取り出し、居住空間に必要な酸素の生成につなげることを目指している。さらに、光エネルギーは熱利用だけでなく、照明への利用も可能であり、集光・光伝送・光制御技術を発展させることで、将来的には光通信技術との連携も期待できる。このため、太陽光を起点として、熱、酸素、照明など、月面生活に不可欠な複数の基幹インフラを統合的に支えるシステムへ発展させることを構想している。将来的には通信をはじめとする他の月面インフラとの統合も進め、持続可能な月面居住環境の構築につなげていくことを目指す。

現在、このような技術を月面で実用化するため、JAXA (国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構) をはじめとする国内外の宇宙関連機関との連携・共同研究の実現に向けた検討を進めることが重要である。JAXAは、日本の宇宙開発利用を技術面から支える中核の実施機関であり、国際的な月面探査に向けた研究開発を進めている。

大阪大学ではこれまで、中国の嫦娥5号が持ち帰った月試料の分析や、月周回衛星「かぐや」に搭載されたイオン質量分析器で得られたデータの解析、高精度衛星編成体飛行技術に関する研究、1分子解析技術を用いた地球外生命探索に関する研究など、宇宙・月探査に関連する幅広い分野で研究成果を蓄積してきた。

今後は、本センターを大阪大学における宇宙関連研究の連携拠点の一つとして位置付け、学内外の研究者、企業、行政機関との共同研究や大型研究プロジェクトの形成、外部研究資金の獲得につなげていくことが期待される。従来から我が国の宇宙開発を牽引してきたJAXAや各大学・研究機関と連携しつつ、材料、接合、3Dプリンティング、エネルギー、生命科学、医学、人文社会科学など大阪大学が有する強みを宇宙分野へ展開し、大阪・関西に新たな宇宙研究開発拠点を形成することが重要である。

また、こうした取り組みを通じて学生の宇宙分野への関心を高め、大阪・関西において宇宙分野の研究者・技術者を継続的に育成することも重要な使命となる。大阪大学で学んだ学生が宇宙産業や宇宙研究機関へ進み、さらに大学の研究者・技術者や企業の人材が連携することで、関西における宇宙人材の裾野を広げることが期待される。

さらに、産業面では、宇宙機や搭載機器を実際に宇宙で使用するためには、ミッションごとの要求に応じて、振動試験、衝撃試験、温度サイクル試験、熱真空試験、放射線試験などの環境試験を実施し、打上げ時および宇宙空間における耐環境性や信頼性を実証することが求められる。JAXAでも、宇宙機・搭載機器の開発において振動、衝撃、熱真空などの環境試験が行われている。

そこで、こうした宇宙環境試験・評価を実施できる設備や支援体制を関西地域に整備・拡充することができれば、関西企業、とりわけこれまで宇宙産業への参入経験が少なかった中堅・中小企業にとって、宇宙産業参入のハードルを下げることにつながる。これは関西地域の産業振興のみならず、日本全体の宇宙産業の競争力強化にも貢献すると考えられる。

これらの取り組みを通じて、大阪・関西が我が国の新たな月面研究開発拠点として成長し、JAXAをはじめとする国内外の研究機関や企業と連携しながら、国際的な月面開発において日本が独自の強みを発揮し、重要な役割を担うことを目指す。

3. おわりに

いつの日か、月面で生まれ育った子どもたちが地球を見上げながら、「あの青い星も、私たちの故郷だ」と語る時代が訪れるかもしれない。その未来を想像するとき、私たちが今取り組んでいる研究の意味と責任の大きさが、あらためて胸に迫る。

私たちが描く未来は、希望に満ちている。しかし、その未来は自然に実現するものではない。研究と技術、挑戦と協働、そして未来を切り拓こうとする人々の意志が幾重にも積み重なって、初めて現実のものとなる。

大阪大学月面都市開発研究センターは、その未来の実現に向けて第一歩を踏み出した。道のりは長く、乗り越えるべき課題も多い。しかし、一つひとつの研究成果と、一人ひとりの挑戦を積み重ねることによって、月面都市という未来は少しずつ現実へと近づいていく。

そして、月面都市を実現するために生み出された技術や知恵は、月だけにとどまるものではない。それらは地球が抱えるエネルギー、資源、環境、人口、災害などの課題を解決する新たな力にもなり得る。

月面都市への挑戦は、月に都市をつくるためだけ

の挑戦ではない。地球と人類の未来を、もう一度見
つめ直すための挑戦でもある。

大阪大学先導的学際研究機構附属月面都市開発研究センター 運営体制

センター長			
藤井英俊 教授(接合研)			
副センター長			
黒田俊一 教授(産研)			
顧問			
金田安史 招へい教授(感染症総合教育研究拠点)			
宇宙生活技術研究部門			
谷口正輝 教授(産研)	牧敦生 教授(工)	前川卓也 教授(情報)	巽裕章 准教授(接合研)
塚本雅裕 教授(接合研)	飯島一博 教授(工)	安福建祐 教授(D3センター)	来田真依子 准教授(高等司法)
芹澤久 教授(接合研)	柏尚稔 教授(工)	近藤忠 教授(理)	古免久弥 講師(接合研)
西川宏 教授(接合研)	下村伊一郎 教授(医)	寺田健太郎 教授(理)	小本祐貴 助教(産研)
桐原聡秀 教授(接合研)	川崎良 教授(医)	日比野浩 教授(国際医工)	
田中学 教授(接合研)	岡田誠司 教授(医)	横山久芳 教授(法)	
佐藤英一 招へい教授(接合研)	川上英良 教授(医)	花木伸行 教授(社研)	
松崎典弥 教授(工)	原隆浩 教授(情報)	三浦麻子 教授(人科)	
關光 教授(工)	山口弘純 教授(情報)	大城敬人 准教授(産研)	
貝戸清之 教授(工)	猿渡俊介 教授(情報)	佐藤雄二 准教授(接合研)	
宇宙生活技術アライアンス部門			
伊藤武志 教授(SSI)	森下麻紗代 URA(接合研)	加藤久明 招へい准教授(産研)	
宇宙生活技術人材育成部門			
細貝知直 教授(産研)			
宇宙生活技術共同研究部門			
藤塚守 教授(産研)			
ファンドレイザー等			
吉田富士江 招へい教授(OTRI) 渡邊史信 招へい教授(OTRI)			

2026年8月17日現在(参画予定者含む)

月面都市開発研究センター運営体制

