



# 化学の力で月へも火星へも！

Naoko OKAMURA **岡村直子** 文部科学省 国際統括官 (前 内閣府宇宙開発戦略推進事務局 審議官)



## はじめに

筆者は本年3月末までの3年半、宇宙開発に携わる機会を得た。宇宙開発技術の中心は、ロケットや衛星と思われがちである。もちろん、ロケットや衛星開発においても、各種材料やセンサなど、化学の研究成果や化学産業に負うところは少なからぬものである。しかし、昨今、宇宙での有人活動が新たな飛躍の発展の局面を迎えていることから、本稿ではその紹介と化学コミュニティへの期待を記すこととしたい。

## 米国提案による ARTEMIS 計画

宇宙開発の国際協力の現在のトピックは、米国が2017年に発表し、現在までに日・欧・加が参加し進められている ARTEMIS 計画である。

本計画は、月での持続的な活動を通じて、2030年代の火星への有人着陸に必要な技術や能力の実証や獲得を目指すものである。月を周回し、宇宙飛行士が滞在するプラットフォーム (Gateway) を建設し、これを活用しながら月に物資を運び、月面拠点を建設し、月での人類の持続的活動を目指すとともに、月を火星着陸に向けた中継拠点としようとするものである。

振り返れば、1957年に世界で初めて人工衛星が地球の周回軌道に送り込まれて以来、人類は、宇宙活動を飛躍的に広げてきた。現在では、正確に地上の現在位置を提供する“測位”、宇宙から広範囲に地球の状態や変化を把握する“地球観測”および衛星を介した“通信”といった多様な社会インフラを人工衛星が担っている。

有人の宇宙活動としては、1961年のガガーリンによる人類初の宇宙飛行に引き続き、米露が有人飛行を競い合ったが、1969年に米国のニール・アームストロングがアポロ11号によって人類初の月面着陸を成功させ、その後1972年までに6回の有人の月面着陸が成功した。しかし、その月面滞在は短期間であり持続的なも

のではなかった。

アポロ計画終了以降、有人宇宙活動は地球低軌道に舞台を移した。1998年から建設が開始され、2011年に完成し、日・米・欧・加・露の協力により実施されている国際宇宙ステーション (International Space Station : ISS) である。地上400 kmの軌道を回るサッカー場程の大きさのISSでは、宇宙飛行士が常時滞在し、重力の影響を受けにくい特殊環境で、多岐にわたる科学実験や地球環境観測などが実施されている。

そして、人類初の月面着陸から半世紀程を経て、米国は再び月探査計画である ARTEMIS 計画を発表したのである。ARTEMIS 計画では、ISSは月へのテストベッドと位置付けられ、地球低軌道において月への挑戦のための様々な準備を進めることとされている。

## ARTEMIS への日本の参加内容

米国からの参加招請に対し、日本政府は ARTEMIS 計画への参加の可否およびどのような技術で貢献をするかについて検討を行った。

月は地球に最も近い天体であるため、地球以外で最初に人類の活動の場となる可能性を持つ。また、重力天体への着陸・帰還技術、惑星表面を探査するロボット技術等、今後の太陽系探査に向けて必要となる技術の獲得や実証において重要な場である。この認識の下、日本政府は日本人宇宙飛行士の活躍の機会を確保する等、我が国のプレゼンスを十分に発揮しつつ本計画に参画することを2019年10月に決定した。さらに、これまで日本が培ってきた優位性のある以下の4つの技術を活用して本計画に貢献することとした。

- ①電池や、環境制御・生命維持装置の提供
- ②HTV-X (新型無人補給船) による Gateway への物資補給・燃料供給
- ③有人月面着陸の着陸地点の決定などに資するため、今後数年内に我が国が実施する無人月探査計画 (SLIM および LUPEX) などから得られるデータの提供

④月表面での探査活動を支援する与圧ローバー（車両内部を人に適した気圧に保ち、飛行士が宇宙服を着る必要がない月面移動手段）の開発

### ARTEMIS 計画参画の機会を活用した基盤技術の開発 —産業界の参画への期待—

ARTEMIS 計画に参画することにより、日本単独では困難な月周辺や月面でのさらなる活動機会が期待される。このため、内閣府宇宙開発戦略推進事務局は、ARTEMIS 参画の機会を活用して、我が国の産業界および公的セクターも含めた多様なステークホルダーが展開していく月面活動について、「月面活動に関する基本的な考え方」として2021年5月に取りまとめた\*1。

今後、月面での人類の活動についてどれだけの展開が可能となるかは、月面に存在する水資源が鍵となる。月面において、水素と酸素を得ることができる形態の水資源を十分な量、獲得できれば、月から発射する宇宙船や人工衛星のエネルギー源を地球から運ばずとも月で調達することが可能になるとともに、飲料水など月面で人類が暮らすための水の確保も可能となる。この点を前提としつつ、本基本的な考え方は、将来の有人の月面活動を支える以下のような技術やインフラを適時適切に開発する必要性を提示している。

まず、月面の移動手段の整備は、月面探査の最も初期である月面への着陸時および水資源の探査の初期段階から必要不可欠なインフラである。

次に、水資源の探査が本格的に進む2030年頃には、月での測位システムや、月と地球の間の超長距離の光通信システムなどが必要になってくる。

2030年代以降、利用可能な水資源が十分に確認されると、水資源を利用するためのプラント等の設備が必要となり、遠隔あるいは自動の建設技術（無人化施工等）も必要になってくる。

また、有人活動のさらなる本格化段階となれば、宇宙飛行士の滞在や物資貯蔵のための施設、月面の水氷から水分解をして水素と酸素を得る技術開発、電力供給のシステム、月面に存在する資材（レゴリス）の利用や地球から持ち込んだ資源の再利用を行うためのシステム等が必要になると考えられる。

加えて、月面に常時滞在する人数が増えたり活動が長期になれば、食料生産システムも必要になる。

上記の考え方にに基づき、昨年度より宇宙開発利用加

\*1 「月面活動に関する基本的な考え方」令和3年5月26日（内閣府宇宙開発戦略推進事務局）（宇宙政策委員会 HP 参照）

速化戦略プログラムにおいて、産業界・公的セクターの参画を得つつ、月面での人類活動の持続的な実施のための基盤技術開発が開始されている。

### 化学コミュニティへの期待

従来でも、宇宙開発は各種の材料やセンサをはじめとした多様な化学の成果を活用して発展してきたことは言わずもがなである。しかし、上述のとおり、昨今、人類が持続的な月面活動を目指す機運が飛躍的な高まりを見せており、求められる技術開発要素をそれぞれ紐解くと、多岐にわたる化学への期待が明白である。

また、宇宙で必要な技術は地球上で用いられる技術と不可分である。すでに地上で活用されている技術が宇宙環境でも活用できるように開発がなされ、また反対に宇宙で用いるために開発される技術の多くが地上での活用が期待される。加えて、これらの技術開発は従来の宇宙産業のみならず、現時点ではいわゆる非宇宙産業とされる多様な産業分野の参画が必須であり、化学産業の参画も大いに期待されるところであろう。

産業界においては、2021年7月に産官学政のメンバーからなる月面産業ビジョン協議会が「月面産業ビジョン—Planet 6.0 時代に向けて—」を取りまとめ、行政に政策提言を行っている。

JAXA が多数の企業とともに、宇宙分野でのイノベーションを目指す取り組みも近年活発化している。一例として、月面与圧ローバーに関し、最近では60数社を越える多岐にわたる業界の企業により活発な議論が進められている。また、宇宙での食料の生産・供給などに関しても、産官学の取組が活発化している。

本誌読者の皆様の化学コミュニティにおかれても、引き続き地上の人類活動を支え・発展させるとともに、有人の持続的な宇宙活動という、新たな人類活動についても、大いに参画いただくことを期待したい。また、こういった新たな分野についても、化学コミュニティとしての将来展望をご検討いただくことも大いに意味のあることではないかと思われ、その期待を表明し、本稿を締めくくることとしたい。

© 2022 The Chemical Society of Japan

ここに載せた論説は、日本化学会の論説委員会の委員の執筆によるもので、文責は基本的には執筆者にあります。日本化学会では、この内容が当会にとって重要な意見として掲載するものです。ご意見、ご感想を下記へお寄せ下さい。  
論説委員会 E-mail: ronsetsu@chemistry.or.jp