

平成30年度スペースポリシー委員会報告 (宇宙資源探査)

(一社)日本航空宇宙工業会では平成14年(2002年)より「スペースポリシー委員会」を設置し、我が国の宇宙政策の在り方、諸問題について調査検討を行い、種々の提言を行ってきた。平成30年度(2018年度)は、「宇宙資源探査」に関して調査検討を行った。以下、その活動概要を報告する。

1. 背景

1969年にアポロ11号が初めて月の石を持ち帰ってから50年、アポロ計画及びその後のソ連のルナ計画による月サンプルリターンに始まり、最近では我が国の小惑星探査機はやぶさによる小惑星イトカワのサンプルを伴った帰還なども記憶に新しい。また2019年1月3日には中国による月の裏側への探査機(嫦娥4号)着陸成功のニュースがあり、現在、世界各国で宇宙資源探査に関する計画発表が相次いでいる。

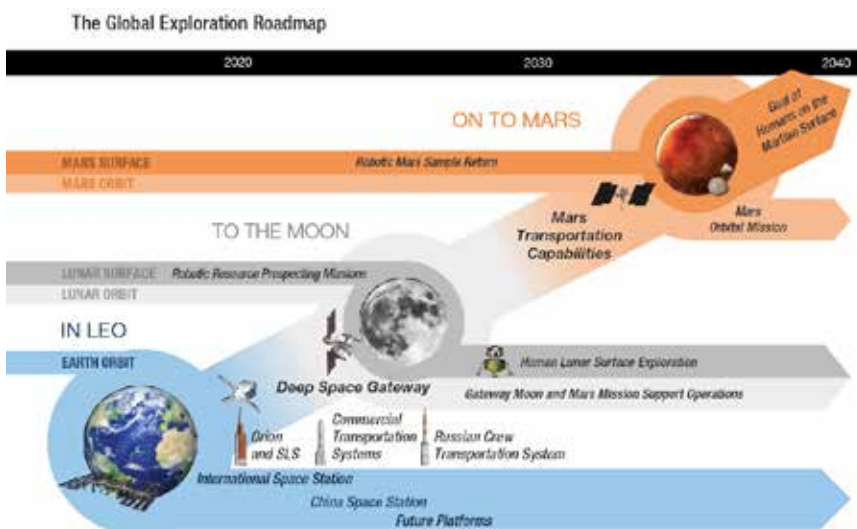
この中には私起業家による火星移住計画も

報じられているように、宇宙資源探査を現実の問題として考えるべき時代が到来している。さらに、宇宙資源の処分の権利を、発掘した個人に保証する国内法を制定する国も最近現れた。このような背景に鑑み、本委員会では宇宙資源探査計画の世界の現状について調査するとともに法律面での調査も実施し、合わせて委員会に参加した委員各社や有識者の意見をとりまとめた。

2. 宇宙資源探査に関係する最近の状況

(1) 国際的動向

世界の14の宇宙機関が2007年に設立した国



国際探査ロードマップ (出典: ISECG-GER-2018)

際宇宙探査協同グループ（ISECG：International Space Exploration Coordination Group）は宇宙探査ロードマップ（GER：Global Exploration Roadmap）を発表している。GERは第3版（2018年）が公表されており、その最終ゴールは火星としつつも、当面の目標は月を想定している。

ISECGでの技術的検討に加え、政策的観点から国際協同を話し合うため、国際宇宙探査フォーラム（ISEF：International Space Exploration Forum）が2014年にワシントンで、そして第2回が2018年に東京で開催され、宇宙探査における国際協力を進めることが共同声明として発表された。

(2) 米国

米国では、2018年2月に公表された2019会計年度予算教書において、有人月探査及びその先の火星探査につながるミッションに注力するため、NASA予算項目を前年度から大幅に見直した。例えば、Lunar Orbital Platform (LOP) -GatewayはそれまでのDeep Space Gatewayが改称されたものであるが、月近傍の周回軌道に滞在可能拠点を建設する事業であり、2022年にその電力・推進要素を打ち上げるとしている。またSpace Launch System (SLS) /Orionの開発を継続し、2020年に無人初飛行、2023年に月周回軌道に有人クルーを送る計画となっている。

さらに、2019年3月には、月面有人着陸の目標期限を2024年とした。これは当初計画（2028年の着陸）から4年の前倒しとなる。

米国は火星探査についても既に赫々たる実績を有しており、パスファインダーやローバーなどの名称は日本でもなじみが深い。また2018年11月には最新の探査機インサイトが

火星着陸に成功したのも記憶に新しい。

そのほか、NASAによる、深宇宙ミッションを達成するためのプログラムであるNextSTEP（Next Space Technologies for Exploration Partnership）や、火星居住コンペ、商業宇宙政策であるCLPS（Commercial Lunar Payload Services）などを通じて、多くの米企業が電気・推進系、居住系をはじめとする研究開発を実施している。

また、スペースX社やブルーオリジン社のように民間で独自に、月・火星を目指す企業も登場している。



Blue Moon 月着陸船（出典：Blue Origin社）

(3) 欧州

ESAは3Dプリンタで月に拠点を建設するムーンビレッジ構想というコンセプトを打ち出しており、将来の有人宇宙探査に資する研究を実施している。また、ExoMars計画は、火星に生命が存在していたかを解明するためのプロジェクトであるが、当初はESAがNASAと協力して実施していたものの、米国が2013年に撤退したため、現在はロシアと共同で計画を進めている。2016年に最初の打ち上げを実施し、2回目の打上げが2020年に計

画されている。また欧州はLOP-Gatewayに関し、居住モジュールや電気・推進システムを提供することに興味を持っているとされている。

(4) ロシア

ロシアの月探査ミッションであるルナ・グローブ計画は、現在、ルナ・グローブ（ルナ25）、ルナ・オービタ（ルナ26）、ルナ・レスルース（ルナ27）が予定されている。また、月近傍有人拠点の建設のために大型輸送ロケットなどの開発着手を検討している。さらに、深宇宙探査ゲートウェイ構想の実現に向けてNASAと協力することを共同声明で発表した。ESAと共同のExoMars計画については、先に記載した通りである。

(5) UAE

アラブ首長国連邦（UAE）は、2020年代初頭の有人宇宙飛行を目指して、2018年に有人宇宙飛行プログラムを立ち上げる計画や、

100年後の火星移住計画を打ち出している。

(6) インド

インドは、2014年にアジアで初めて火星周回軌道への無人探査機の投入に成功した。また、2019年には無人月面探査ミッションを計画している。

(7) 中国

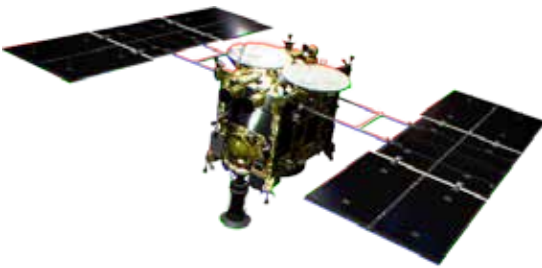
2030年までに宇宙強国入りを掲げる中国は、超重量級の長征9号を2030年までに開発し、今後大規模な宇宙探査や小惑星の資源利用を行うことを目指すとしている。その一環として2020年代に独自の宇宙ステーション計画を本格化し、欧州とは共同して利用実験テーマの実施を検討している。2025年以降の月面基地の構想や2020年頃からの無人火星探査の計画もあるという。また、2019年1月には世界で初めて月の裏側に探査機を着陸させた。今後さらに月のサンプル採取・回収ミッションが計画されているという。



UAEの火星模擬ドーム（Mars Science City）のイラスト（出典：UAESA）

(8) 日本

わが国では、「はやぶさ」が2010年に小惑星イトカワのサンプルを持ち帰ったことは大きな話題となり、また2018年、「はやぶさ2」が小惑星リュウグウに到達し、2019年2月22日と7月11日に2度のタッチダウンを成功させた。今後新たな試料を持ち帰ることが期待されている。このように、我が国には宇宙探査に関する高い技術が存在し、最近関心が高まっている月近傍への宇宙探査についても、大きな貢献が期待されている。



はやぶさ2小惑星探査機（出典：JAXA）

日本は、2017年、文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会宇宙開発利用部会のISS・国際宇宙探査小委員会において、国際宇宙探査活動に参加する方針を示した。その際、ISSで培われた日米をはじめとした5極（日米欧露加）の経験、信頼関係を重視しつつ、各国が関心や能力に応じて参画できる開かれた体制を目指すことを明らかにした。翌2018年12月の宇宙基本計画工程表（平成30年度改訂）では、米国が構想する月近傍の有人拠点Gatewayへの参画や、国際協力による月への着陸探査活動の実施等について、国際調整や具体的な技術検討・技術実証を進めることなどが示されている。

このため、宇宙探査に関連するものとして、宇宙探査イノベーションハブにおいて各種探

査技術の研究開発が進められているほか、月への高精度着陸技術実証のためのSLIMミッション、月極域探査ミッション、月離着陸実証ミッションHERACLES、HTV技術を基礎とした月周回拠点補給ミッションなどの研究開発が進められている。2017年、「かぐや」の観測データから月に長さ50kmの巨大洞窟のあることが明らかとなっており、今後の月基地建设候補地としての期待がふくらんでいる。

我が国の企業の活動例としては、ispaceによる月面資源探査計画のほか、ANAやフロンティアビジネス研究会（大林組、鹿島建設、KDDI、清水建設、セメダイン、タカラトミー、竹中工務店、三菱重工業、三菱電機等が参画）が構想を表明している。



ispace社の月面ローバー（出典：ispace社）

3. 宇宙資源開発に関する法制度等について

宇宙の開発・利用に関する国際社会の関心は、1957年に初の人工衛星打ち上げのあった直後から高いものがあり、国連の機関として立ち上げられた宇宙空間平和利用委員会（COPUOS）で、これまでに次表に示す宇宙関係諸条約が作成された。

署名年/発行年	条約名	日本の加盟	加盟国+機関数
1967年	宇宙条約	1967年加入	105+0
1968年	宇宙救助返還協定	1983年加入	95+2
1972年	宇宙損害責任条約	1983年加入	94+3
1975/1976年	宇宙物体登録条約	1983年加入	63+3
1979/1984年	月協定	未署名	17+3

(出典：宇宙ビジネスのための宇宙法入門（第2版）、有斐閣、2018)

この中で、「宇宙の憲法」とも称される宇宙条約は、宇宙活動の自由、宇宙の領有権禁止、宇宙の平和利用、国への責任の一元集中などを原則として含んでいるが、経済的利用についての規定を明示的には含んでいない。

一方、月協定は、月（太陽系の地球以外のすべての天体）の天然資源についていかなる国や国際機関、非政府団体や私人の所有権も認めておらず、いわば宇宙資源開発の自由に大きな制約を加えるものになっている。さらに、数が多くない月協定の締約国の中には米国、英・伊などの欧州及びロシア、中国、日本などの主要な宇宙活動国は含まれていない。これは宇宙開発で先行する国々が自由な活動を制約されることを嫌ったためともいわれている。

しかし、地球近傍の小惑星等にはレアメタルや、ロケットの燃料に利用可能な水資源が埋蔵されているとも言われ、このような資源に着目したベンチャー企業も現れつつある。このように商業活動が法的検討に先行する状況の中、米国は2015年に宇宙資源開発についての国内法（商業宇宙打上げ競争力法）を制定し、月にあるとされる水、ミネラルを含む非生物資源の採取に商業的に従事している米国市民に対し、米国が負う国際的な義務に抵触せずに獲得された資源の占有、所有、輸送、利用及び販売を認めることとした。

また、2016年にはルクセンブルグが宇宙資源利用イニシアチブSpaceResouce.Luを発表し、宇宙資源掘削及び利用に係る法制度等の整備を始め、2017年には米国法と類似の宇宙資源開発法を制定した。

米国およびルクセンブルグのこのような活動は大きな国際的的反響を呼び、これに対しては厳しい批判的意見もあるものの、米国法もルクセンブルグ法も宇宙資源に対する権利は国際法上認められる範囲で成立するとしており、理論的問題点があるとは考えにくいとする意見もある（p.279、宇宙ビジネスのための宇宙法入門（第2版）、有斐閣、2018）。

その他の国の活動としては、アラブ首長国連邦（UAE）が2017年にルクセンブルグと宇宙資源の探査と活用に重点を置いた宇宙活動に関する二国間協力の覚書（MOU）を締結し、宇宙科学技術、人材育成、宇宙政策、法律、規制の分野における協力について合意したと報じられている。

国際的な動きとしては、国連宇宙空間平和利用委員会（COPUOS）においても「宇宙資源探査及び利用のために考えられる法的枠組みに関する意見交換」が2017年に議題として採択された。またライデン大学などにより産官学で構成されるハーグ宇宙資源ガバナンス・ワーキンググループが2016年に発足し、

宇宙資源に関する検討を始めた。このハーグワーキンググループには米国、ルクセンブルグ、英国、仏国、イタリア、日本等に加えて中国政府ハーグ代表部がオブザーバーとして参加しているとされ、中国も大きな関心を払っていることがうかがわれる。

また、国際宇宙法学会（IISL）では、宇宙条約は天体の国家による所有を禁じているものの、そこから取得した資源について、採掘は認められるとする立場をとっている点は注目に値する。

わが国でも、慶応義塾大学宇宙法研究センターが2018年に開催した宇宙法シンポジウムにおいて、「新たな宇宙ビジネスの動向に対する法的課題と対応」と題して種々の検討結果が示された。我が国は、宇宙資源開発能力を有する数少ない国の一つであり、国内のベンチャー企業等が宇宙資源開発に乗り出して行こうとしている現在、米国やルクセンブルグのような、国としての立ち位置表明が早急になされることを期待したい。

4. 施策の方向性に関する意見

以上のような国際的な状況と法的側面の状況把握を背景に、本委員会では宇宙資源探査に関して各社から意見を募り、以下のように取りまとめた。

(1) 全体戦略

近年、各国が活動領域の拡大を目指した有人宇宙探査の計画を立て始めており、多くの国の関心が月近傍や月に集まっている中で、宇宙探査に我が国としてどのように取り組んでいくかを考える時期であり、戦略的な取り組みの検討が必要だと考えられる。

参加委員からは、

- イ) 国内活動方針を統一し、宇宙資源ビジョンを明確化してロードマップを共有すること
 - ロ) 国としてどう取り組むか（方針策定、法的論点、複数省庁や政官学産の関わり方、予算化等）論点整理が必要
 - ハ) 月探査・利用に向けた国家戦略の遂行と活発化してきた民間活動との積極的連携が必要
 - ニ) 日本企業の先行利益の確保に向け、ルール形成に先立つ探査計画の推進も検討が必要
 - ホ) 官民役割分担の明確化、ISSの今後を含めた国としての総合的な国際協力の在り方検討が必要
 - ヘ) 民間の資源探査の目標を明確にして、国-JAXAの探査による貢献や連携制度による支援などを提案するべき
- といった意見があった。

したがって、2017年に文部科学省のISS・国際宇宙探査小委員会において示された下記の「国際宇宙探査の在り方」（抜粋）は、きわめて有意義なものと考えられ、今後これが一層具体的に展開され、産業界にも提示されることを期待する。

「宇宙探査に莫大な費用がかかることに鑑みれば、我が国としては、独自技術の獲得戦略も視野に入れつつ、可能な限り国際協調の中で進めていくのが得策である。（中略）国際協調の在り方としては、ISSの協力で培われた日米関係をはじめとした5極との関係を重視しつつ、（中略）我が国が独自の科学技術、経験を持ち、キーとなる役割を戦略的に担うことである。このための努力が強化されるべきである。なお、先進各国は、民間との協力をひとつの柱として考えるようになって

いる。我が国としてもこの視座を持ち、官民協力について一層重視していくべきであろう。」

なお、委員会においては、「宇宙資源探査」を月・惑星探査に関わる全体像の一環として戦略を建てるべきとの意見もあった。

(2) 技術戦略

技術的観点からは、

- イ) 技術的論点を整理し、対象資源、グラウンドスキーム、探索・検出・採取技術、往還技術、現地拠点形成等を明確化すること
 - ロ) 月探査計画において、資源利用は重要な観点であり、月の現地資源（水）を推進剤として活用するアーキテクチャと、ロケットのようなインフラの両輪が必要
 - ハ) 惑星探査プログラムの推進による先端技術の宇宙実証を含む着実な実績の蓄積が必須
- との意見があった。

これらの意見に関連し、同じく先に述べた「国際宇宙探査の在り方」においても「我が国としてキーとなる技術のうち、有効性が見込まれる技術や波及効果が大きく今後伸ばしていくべき技術を戦略的に担う」とされており、前項同様に今後これが一層具体的に展開され、産業界にも提示されることを期待する。

(3) アンカーテナンシー

宇宙開発は莫大な費用を要し、諸外国同様、政府主導の取り組みが必要と考えられる。委員からも、

- イ) 基礎的なインフラ構築をはじめとした環境整備は、国際協力とともに、政府

・JAXAによる主導的な開発が必要

ロ) JAXA資産の活用が必要

ハ) 政府が初期顧客になることが必要

ニ) 世界に伍していくためには、もしくは宇宙先進国となっていくためには、プログラムの早期立ち上げ及び環境整備が必要

ホ) 民間資金を呼び込むためにも、ミッション責任は民間で、これを支える打上げ支援は国が行うと言ったような施策が必要という意見があった。

(4) 法制度

SIACの本委員会においては、委員各社による意見表明に加え、「宇宙資源探査に関する法制度を考える視点」とし、有識者として小塚荘一郎 学習院大学教授による解説をいただいた。それによれば、

- (a) 宇宙資源開発の可否自体はもはや国際的論点ではなく、「国際的な議論の動向を注視する」時期は過ぎたこと
- (b) 論点は、宇宙資源探査・開発が今後どのようなルールに服するか（宇宙環境の保全、他国との調整協議方法）に移っていること
- (c) 日本は、宇宙資源探査・開発に従事する事業者が存在する数少ない国の一つであり、民間事業者による探査・開発が「日本の法制の下で」可能であることを宣言する必要があるとともに、探査・開発に対する規律、国際的な協議の方法について検討を開始すべき

との観点が示された。

法制度に関する委員からの意見としては、

- イ) 国際的に優位なポジションを獲得すべく、積極的な技術開発及び法整備を期待する

- ロ) 民間事業としての宇宙資源探査、法制度の整備など、国の積極的な支援が必要である
 - ハ) さらに採掘した宇宙資源に対して所有権が成立するとの立場をとることを国際的に表明すべきであり、国内法整備が国際ルール形成にも貢献する
- といったものが示された。

(5) 人材及び基盤技術育成

- また、宇宙資源開発に限るものではないが、
- イ) 大学、JAXA、民間企業の協力により惑星探査の大学院生、社会人教育の実施、キャリアパス提案、幅広い基礎研究と開発の実施に関する人材育成が重要
 - ロ) 資源活用まで全体を考えた基盤技術育成、国内技術レベルの向上と国際的な発言力の強化、シニア・有識者人材の活用の仕組み作りが必要
- といった意見があったことも付け加える。

5. 最後に

本委員会は、平成30年10月から12月にかけての3回、SJAC顧問、各社委員、有識者のほか経済産業省、内閣府、文部科学省、外務省、防衛省の方々のご参加を得て実施した。その中で出席した各社委員から意見を聴取するとともに有識者からもご説明を得、さらに文科省及びJAXAからは国際宇宙探査に関する最新状況に関するご説明をいただいた。これらをもとに、今回、産業界としての意見を取りまとめたので、本報告が今後政府の政策形成に何らかの寄与をすることを期待するものである。

最後に、本検討をまとめられたSJACスペースポリシー委員会 委員長の(株)IHIエアロスペース 取締役 中井俊一郎氏、及び副委員長の三菱電機(株) 宇宙システム事業部 事業部長 付 迎久幸氏並びにスペースポリシー委員会各位に深く感謝する次第である。

〔(一社) 日本航空宇宙工業会 技術部 (宇宙担当) 部長 宇治 勝〕