

【レビュー】

# フロンティアビジネス創出への挑戦 -宇宙事業に関する取り組み-

加藤 敦史・森田 健\*<sup>1</sup>

## Challenge for Creation of Frontier Business - Action for Space Business -

Atsushi Kato・Ken Morita

我々はフロンティアビジネス創出活動の一環として、宇宙事業開発に取り組んでいる。近年、月に水資源がある可能性が示された<sup>1)</sup>ことから、月面探査・開発は世界的に注目を集めており世界各国で熾烈な開発競争が進められている。我々は既に保持している技術を月面開発に高度に適用する開発を進めており、特に水の電気分解装置に関しては、月面用に開発した装置を実際に月着陸船に搭載して月面で水素と酸素の製造を実証する計画である。この計画を皮切りに宇宙産業に進出し、事業創出機会を獲得することを目指している。

### 1. はじめに

国内の建設投資額は今後徐々に減少することが予想されており、そのような外部環境の中で当社がさらなる成長を遂げるには、空調設備業だけではなく、事業分野を拡大していくことが不可欠である。今年度発表された当社中期経営計画“iNnovate on 2023 go beyond!”では、その基本方針として「総合設備業への確実な進化」、「第2第3の柱となる事業を構築」、「エンゲージメントの更なる向上」の3つが謳われている。この中の「第2第3の柱となる事業を構築」の方策として、フロンティアビジネスの育成による新たな収益源を構築することが謳われている。これを実行するために設立されたのが経営企画本部経営企画部フロンティアビジネス開発室である。長期経営構想の第3ステップで掲げる「夢の実現と更なるステップ」の実現を目指して、社是や経営理念に表されている“高砂のDNA”を呼び起こし、長期的な企業価値向上を追求すると共に、将来の成長市場の獲得を目標に2020年度に設立された。

本報では、フロンティアビジネス開発室の活動の1つであり、研究開発本部技術研究所と共同で取り組んでいる「月面での水電気分解ミッション」の概要と、宇宙事業開発を取り巻く世の中の状況について紹介する。

### 2. 宇宙事業開発の現状

表1に世界的な宇宙産業のセグメントを示す。表中の番号は、市場が広がるセグメントの順番を示している。現在はロケット打上産業や衛星製造・衛星サービスなどが主流であるが、今後は軌道上サービス（衛星が衛星に対して行うサービス）や、深宇宙（地球の大気圏より外側の宇宙空間。例えば月や火星など）探査・開発、宇宙旅行やホテルなどの個人向けサービスなどに広がっていき、2030年以降に市場が急拡大することが予想されている（図1参照）。近年、深宇宙探査・開発の中でも再び注目を集めているのが“月”である。以降でその具体的な内容を紹介する。

---

\*1 本社 経営企画部

表 1 宇宙産業のセグメント<sup>2)</sup>

深宇宙 (月・火星・小惑星)	⑥ 深宇宙探査・開発		⑤ 個人向けサービス (宇宙旅行・ホテルなど)
地球近傍 宇宙	② 衛生インフラの構築 (宇宙・地上)	④ 軌道上サービス (微小重量実験など)	
地上から 宇宙へ	① 宇宙へのアクセス (ロケット・宇宙機の開発・製造・打ち上げ)		
地上	③ 衛星および衛星データ利活用 (イネーブラーとしての宇宙技術)		



図 1 宇宙産業の全世界市場規模<sup>3)</sup>

## 2.1 月探査プログラム

これまでに実施された月探査プログラムの代表例にアポロ計画がある。これは米国航空宇宙局（NASA）による人類初の月への有人飛行計画であり、1961 年から 1972 年にかけて実施された。アポロ計画では「月には水の痕跡がない」ということでほぼ結論付けられ、それ以降月探査は実施されてこなかった。しかし、10 年程前から再調査が始まり、月に水などの資源が存在する可能性が示された。<sup>1)</sup>

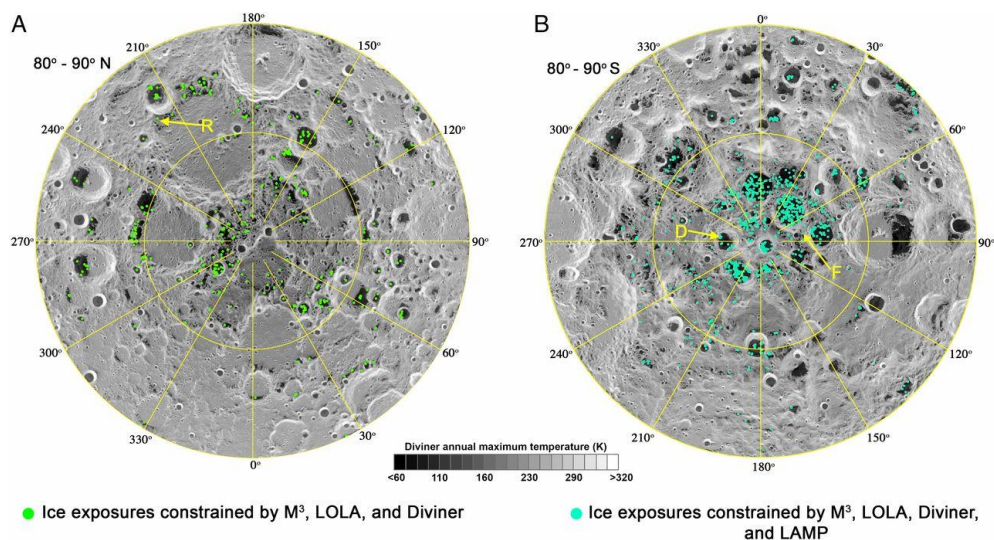


図 2 月の北極(左)と南極(右)の水氷の分布<sup>1)</sup>

月において“水”は大変貴重な資源である。水は生活用水に利用できるだけでなく、電気分解により水素と酸素に分解すれば水素は燃料として利用でき、酸素は人の呼吸用及び燃料の支燃剤として利用できる。月面で水資源を獲得できれば、人類が長期間月面で活動できるようになるだけでなく、月面から他の惑星、例えば太陽系の中で自然環境が最も似ており、人類が移住できる可能性が最も高いとされる火星に行くための燃料を調達できるようになる。月に水が存在する可能性が示されたことで、その資源を活用して人類の活動領域を深宇宙へ拡大しようとする構想が世界各国で次々と打ち出され始めた。具体的には、月に人類が長期滞在できる住環境を構築する構想や、他の惑星に行く際の中継基地として月を活用する構想などである。その中の代表的なプログラムが、現在米国が主導しているアルテミス計画（図3）である。以下に計画の概要を示す<sup>4)</sup>。

- ・月周回有人拠点（Gateway）を経由した有人月面探査を2段階で進める
  - 第1段階：2024年までの月南極への有人着陸を実現し、水資源を探索する
  - 第2段階：2028年までに持続可能な月面探査を実現する
- ・数ヶ月以上、月で持続的に活動できる能力を実証し、2030年代の有人火星着陸を実現するための能力を養う
- ・アポロ計画とは異なり、国際パートナーや産業界とも協力する

本計画には日本やカナダなど、多くの国が参画をしているが、これに参画しない国々でも独自に月面探査計画を立ち上げており、国レベルでの熾烈な開発競争が進められている。

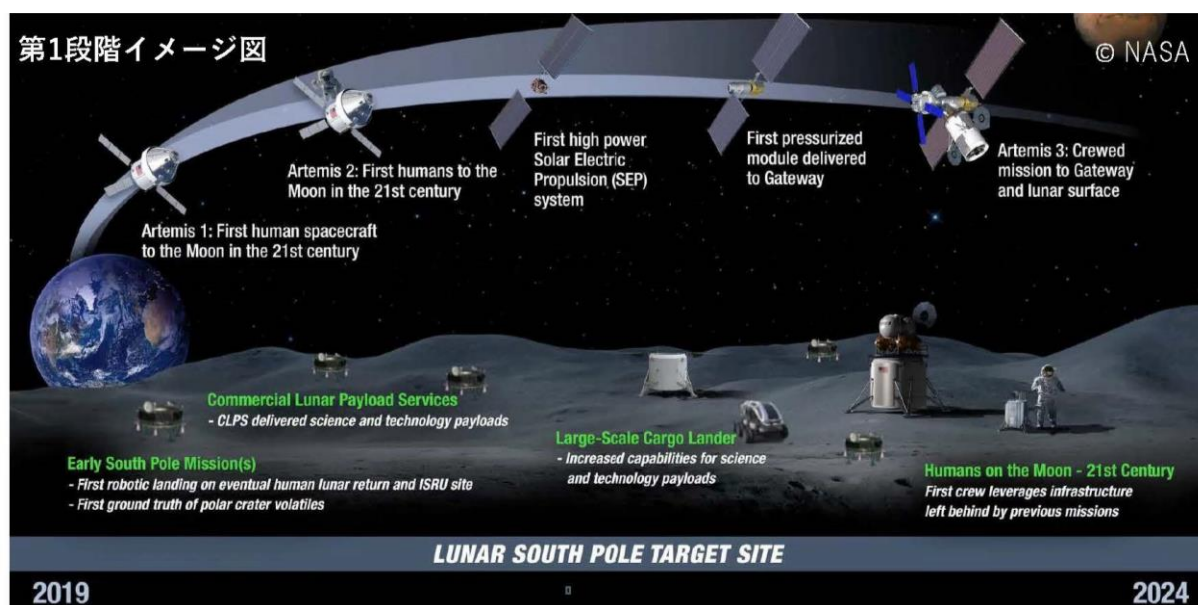


図3 アルテミス計画(第1段階)<sup>5)</sup>

## 2.2 商業的月利用に向けた国内企業の活動

上記の流れを受け、民間主導の商業的な月利用構想が世界各国で打ち出されている。国内においても複数の研究会などが活動を進めており、従来から宇宙産業に携わってきた企業や機関だけでなく、これまで宇宙産業とは無関係の民間企業が多数参加しているのが注目すべき点である。代表的な活動とその概要を以下に示す。

### ①有人と圧ローバが拓く月面社会勉強会<sup>6)</sup>

- ・設立：2019年
- ・目的：有人と圧ローバ（図4）を議論の出発点として、将来の月面社会のビジョンについて、様々な業種間で横断的に意見交換を行い、持続的な月面活動の実現に向けた検討を促進すること
- ・幹事法人：宇宙航空研究開発機構（JAXA）、トヨタ自動車（株）、三菱重工業（株）
- ・参加企業：日本国内の民間企業40社程度で構成、当社も2020年から当勉強会に参画



図 4 有人圧ローバ“ルナ・クルーザ”のイメージ図<sup>6)</sup>

②フロンティアビジネス研究会<sup>7)</sup>

- ・ 設立：2016 年
- ・ 目標：以下の 3 点
  1. 月や月近傍の経済圏（図 5）の成立可能性と認知度の向上
  2. 日本発の宇宙資源ビジネスの創出とエコシステムの構築
  3. 人類の活動圏／経済圏の拡大
- ・ 幹事企業：(株) 三菱総合研究所、(株) ispace
- ・ 参加企業：日本国内の民間企業 30 社程度で構成、当社も 2019 年から当研究会に参画

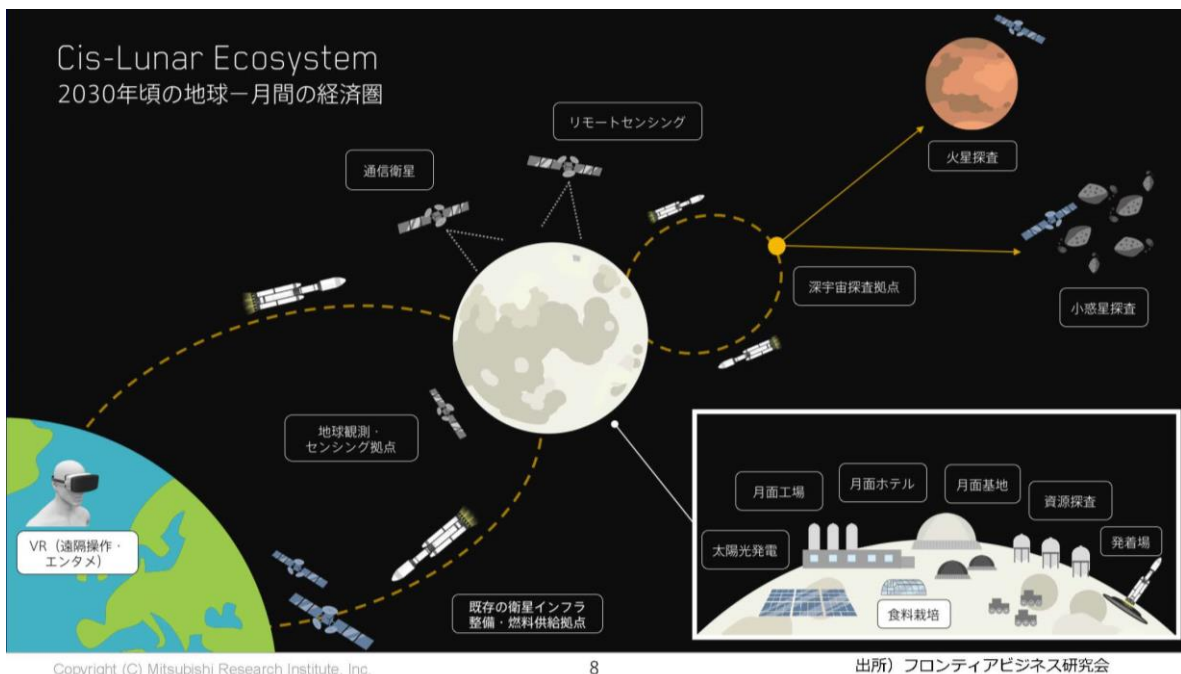


図 5 月・月近傍の経済圏イメージ<sup>7)</sup>



### 3. 当社の取組み

将来の成長市場を探索する中で、その候補の1つとして宇宙産業が挙げられた。そこで、宇宙産業とは無縁である当社に何ができ得るのかのヒアリングを行うことから活動を開始した。情報収集のために前述のフロンティアビジネス研究会に参加している。宇宙飛行士を始め複数の宇宙関係者や、宇宙業界で事業展開している企業などへのヒアリングを実施した。その結果、熱を利用する場面や、水から水素と酸素を製造する場面で当社の技術が活かせる可能性があるため、それを具体化させるための取組みを開始した。

#### 3.1 当社の構想

図6に月面のエコシステムのイメージを示す。2章で述べた通り、月面での水資源の確保は最も重要なミッションである。月の南極付近のクレーターには太陽光が当たらない場所があり、その砂の中に氷がまざっているとされている。この氷を、当社の蓄熱・伝熱技術を応用して、太陽熱等を活用して水採取するのが図中の「月面水採取システム」である。また、採取した水を太陽光エネルギー由来の電力を使って電気分解し、水素と酸素を製造するのが「水電解装置」である。どちらの技術も月面エコシステムでは不可欠な技術であり、当社はその技術のサプライヤーになることを目指している。他の部分は様々な企業と連携して、月面エコシステムを構築する計画である。

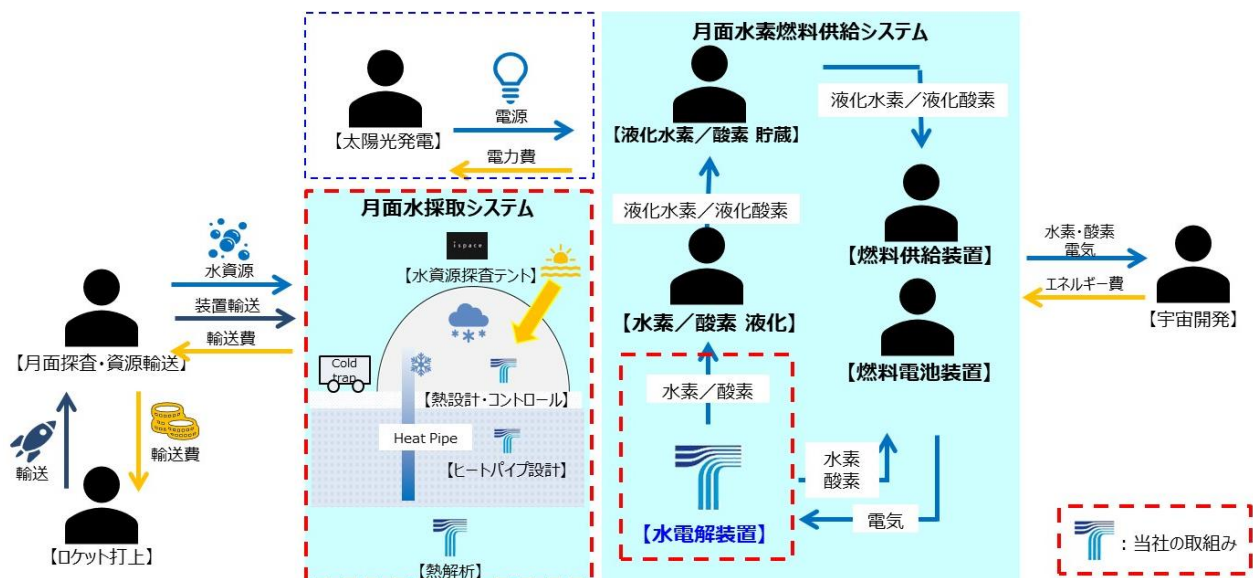


図6 月面エコシステム

#### 3.2 宇宙業界の企業との協業

宇宙産業に無縁である当社が宇宙産業に進出するには、業界に精通したパートナーを構築することが不可欠と考えた。そこで当社は、専門家の意見も参考に、業界に精通しており世界的にも知名度があるスタートアップ企業の(株) ispace (アイスペース) を協業先として選定。同社への出資を通じて事業パートナーの関係を構築し、同社が持つコネクションを活用して各国の宇宙開発機関や企業と連携して宇宙事業の事業創出機会を獲得することにした。同社は HAKUTO-R<sup>®</sup> と呼ばれる日本初の民間月面探査プログラムを推進している。独自の月着陸船「ランダー」(図7)と月面探査車「ローバー」を開発して、2022年の月面着陸(Mission 1)と、2023年の月面探査(Mission 2)を目指している。

なお、ispace社は自社のランダーに荷物を載せ、その荷主から輸送費用を受け取るという、地球-月輸送サービスを展開する企業である。いわば地球から月面まで荷物を運ぶ“宇宙版の運送屋”である。

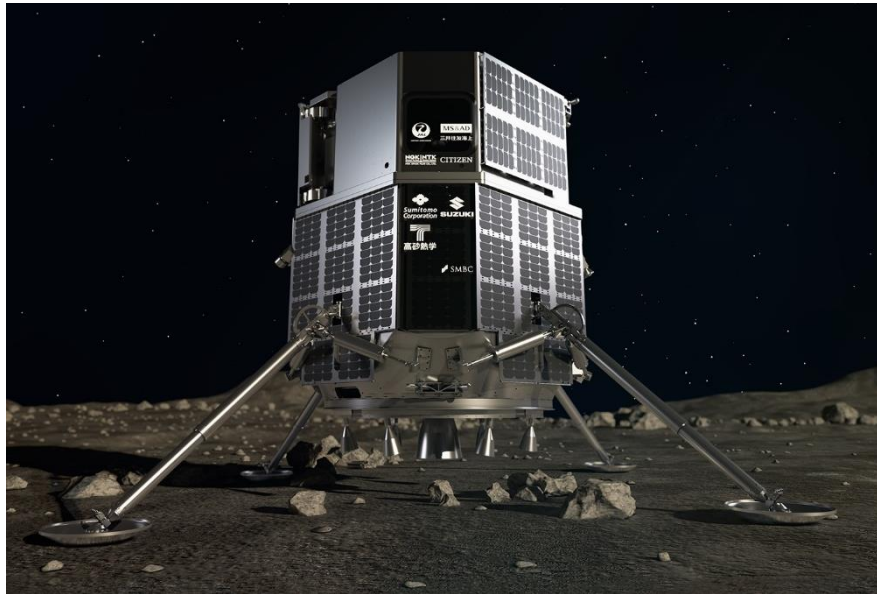


図 7 ispace のランダー<sup>8)</sup>

### 3.3 月面での水電気分解ミッション

当社では現在、前述の HAKUTO-R プログラムの Mission2 において、ispace 社のランダーへ当社水電解装置を搭載する計画を検討しており、月面環境下での世界初の水素と酸素の製造を目指している。月で必要とされる技術を世界に先駆けて実証することは当社が宇宙産業に進出するきっかけとなり、事業創出の機会獲得に繋がっていくと考えている。今回のミッションでは ispace 社のランダーに搭載できる程度の極めて水素製造量が少ない小型装置での実証を計画しているが、将来的に必要な水素製造量は、現在当社が地上で展開している製造量（数 Nm<sup>3</sup>/h）からその 10 倍以上のオーダーになると想定している。

ここで本ミッションは、経営企画本部と研究開発本部が連携して進めており、経営企画本部が事業開発を、研究開発本部が技術開発を担当している。このような連携によるプロジェクトは当社では初の試みであり、今後も本ミッションを進める中で当社初の試みを行うことになると考えている。本ミッションはフロンティアビジネス創出活動の一環であり、従来のやり方にとらわれずに進めることも本ミッションが担うべき活動の 1 つである。

## 4. 要素技術の取組み状況

当社が宇宙産業に進出するにあたって注力する技術分野は、3 章で述べた通り月面での水採取に係わる部分、水の電気分解に係わる部分である。これに加えて、将来的に月面に住空間が建設されれば、当社が地上で展開している室内の空気環境制御に係わる部分でも技術の活用が可能と考えている。以下ではそれらの要素技術について現状の取組み状況を説明する。

### 4.1 水採取の取組み

水の採取方法は世界中から様々な提案がされている。その一例を図 8 に示す。この方法はドーム式と呼ばれており、月面にテント状のカバーを設置し、そのテントの上面に設けた集光レンズで太陽光を集める。集めた太陽光の熱エネルギーを利用して月表面を加熱して地中に存在するとされる氷を水蒸気にする。その水蒸気を吸引・冷却することで水を採取するという方法である。この方法の他にも機械採掘式などの方法が提案されているが、現時点で確立されている技術は無い。そこで我々は、まずどのような方法が現在提案されているかの情報を収集して、それぞれの方法の利点や課題を整理することにした。現在はその結果を受けて、これまでに提案されている以外の独自の方法で水を採取できないかの検討を進めている段階である。

なお、水採取技術の開発で難しいのは、地上では月面環境（超真空、重力 1/6 など）を模擬することが困難なため、水採取方法を提案できたとしても有効な実験実証が困難な点にある。そのため、本取組みに関してはシミュレーションによる検討を主体に進めている。

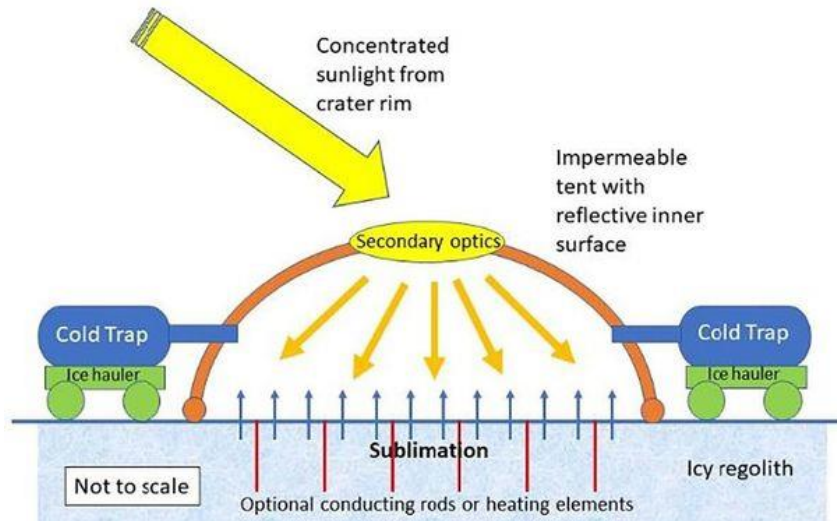


図 8 水採取方法の一例 サーマルマイニング<sup>9)</sup>

#### 4.2 水電解装置の取組み

水電解装置は本年度から市販を開始しており、地球上では完成した技術である。現在、これまでに培ってきた技術をベースに月面環境での稼働が可能で、かつ ispace 社のランダーに搭載できるサイズの装置開発を進めている。

月面向け装置を開発する上で考慮する必要があるのが、地球上で使用する場合と月面で使用する場合とでの使用環境の違いである。地球上とは異なる月面の環境として、真空環境、1/6 重力環境、放射線環境などが挙げられる。また、装置はロケットで打ち上げられることから、ロケット打ち上げの際の振動や衝撃環境も考慮する必要がある。さらに、装置の運用面においても、装置に問題が発生したとしても地球上で使用する装置と異なり現物を見ることが出来ないこと、また、装置の問題発生箇所がわかったとしても修理には行けないことなどが挙げられる。よって月面向け装置においては、機器の選定から設計、製作のあらゆるプロセスにおいて、発生しうるあらゆるトラブルを事前に想像し、不安要素や不確定要素を完全に排除する必要がある。さらに、1つ1つの機器や部品に対しては、それを構成する全ての構成部材に対して宇宙適合性を調査し各種評価（アウトガス試験、真空環境試験、熱環境試験、振動・衝撃試験など）をする必要がある。その点が地球向け装置との大きな違いと言える。よって、地上で完成した技術といっても、それを月面環境で稼働できる装置に仕上げるには極めて高いハードルがあり、現在それを1つ1つ検討し、装置設計を進めている段階である。

#### 4.3 住空間関連の取組み

国際宇宙ステーションなどの閉鎖空間では、既に長期間に渡り人が滞在して生活を送っていることから、人が暮らすための環境を構築すること自体は既に完成した技術がある。しかし、調査を進めると解決が求められている課題が複数あることがわかってきた。現在、どの課題に取組むことがこの分野に進出する上で有効であるか、また、当社として取組める課題は何かを調査している段階である。

### 5. おわりに

本報では、フロンティアビジネス創出活動の1つである宇宙事業開発に関する現在の取組みについて紹介した。当社の

フロンティアビジネス創出活動にふさわしいテーマとして、「当社の社是・経営理念を体現するテーマ」、「10～20年後を見据えた長期的な視点でのテーマ」、「当社にとって新規市場や未知の領域の開拓に挑むテーマ」と謳われている。宇宙事業開発はこれらの要件に合致するテーマである。将来にわたる当社社業の発展に対して本取組みが寄与できるよう、今後も経営企画本部と研究開発本部が一体となってビジネス開発と技術開発を進めて行く。

## 文 献

- 1) Shuai Li et al.: Direct evidence of surface exposed water ice in the lunar polar regions, PNAS September 4, 2018 115 (36) 8907-8912
- 2) New Space 革命の全貌 宇宙ビジネス入門, 日経 BP 社
- 3) ULA Innovation Cis-Lunar -1000
- 4) 文部科学省科, 国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会参考資料, 2020.8.27.
- 5) NASA HP
- 6) JAXA HP, <https://iss.jaxa.jp/future/lunar/index.html>.
- 7) フロンティアビジネス研究会, フロンティアビジネス研究会の活動とビジョン, 2018,11,1.
- 8) HAKUTO-R HP, <https://ispace-inc.com/hakuto-r/jpn/about/>.
- 9) ScienceDirect “Commercial lunar propellant architecture: A collaborative study of lunar propellant production”

## ABSTRACT

We have been engaging in space business development as part of our frontier business creation. Recently, the possible presence of lunar water resources was indicated. Therefore lunar exploration and development have attracted worldwide attention and fierce development competition is underway in various countries around the world. In our company, even before it, we have been honing certain and unique technologies that are vital for lunar development. Especially as for water-electrolyzer, we plan to demonstrate to generate hydrogen and oxygen on the moon by mounting on the lunar lander. Starting with this plan, we aim to enter and create businesses in the space industry.