



# 宇宙探査イノベーションハブ アセンブリ&マニユファクチャリング分野の目指すもの

上野宗孝

宇宙航空研究開発機構

宇宙探査イノベーションハブ

2025年度 宇宙探査オープンイノベーションフォーラム

2026年2月26日

三井住友銀行 東館3階 SMBCホール



# 宇宙探査イノベーションハブの取り組み

次世代エネルギー  
(パワーノード&  
グリッド)

次世代モビリティ

ハビテーション

アセンブリ&  
マニユファク  
チャリング



# アセンブリ&マニユファクチャリング (Assembly & Manufacturing) 領域



将来の月・火星探査における、アセンブリ  
&マニユファクチャリング領域における研  
究・開発・技術提案を求めます。

具体的な形としては、

月周回、月面における製造、組立・展開、生産、再利用サービスを提供すること  
を目的として、地球近傍での軌道上製造・再利用実証から、月周回、そして将来  
的には月面資源をも活用した製造、組立、生産サービスの提供を目指すものです。



# 次世代探査コンセプト Assembly & Manufacturing 領域

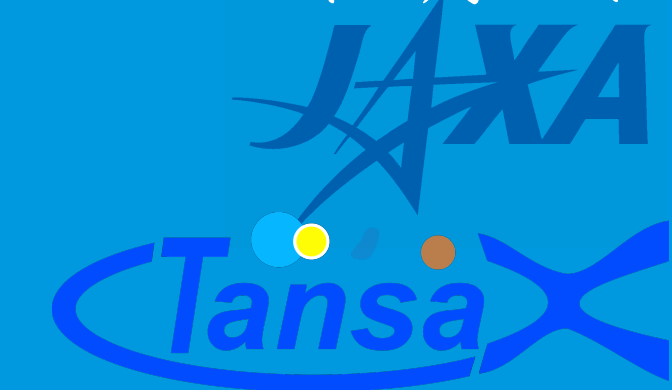


**将来の月・火星探査における、アセンブリ&マニユファクチャリング領域における研究・開発・技術提案を求めます。**

**具体的な形としては、月周回、月面における製造、組立・展開、生産、再利用サービスを提供することを目的として、地球近傍での軌道上製造・再利用実証から、月周回、そして将来的には月面資源をも活用した製造、組立、生産サービスの提供を目指すものです。**

**今後発展する人類の月周回 Gateway, 月面拠点, 火星等さらに遠方の宇宙空間への進出に必要な、高機能要素部材の開発や、その場製造技術, 展開拡張技術, 資源の再利用・抽出技術などを中心に、現在の地球周回の宇宙ステーションへの輸送と比較して、大幅にリソースの制限の強い環境への人類の進出を様々な視点から支える事の出来る技術の実現を目指した提案を求めます**

**この中には、月面の拠点構築・維持, 月周回 Gateway の維持・補修リソースの大幅削減を目指したその場製造技術, 月面資源及び再利用性に関わる技術, 進展・拡張構造による大型構造物の実現に向けた技術, 積層造形技術を活用した, 宇宙機・輸送系の低コスト化, 高性能化に向けた技術などを含みます。**



# 次世代探査コンセプト Assembly & Manufacturing 領域

1. 月面における資源抽出 : 加工原料素材抽出, 水分抽出技術  
推進材等に必要水分抽出, 現地材料確保に向けた資源の抽出 (+ 保管設備)
2. Additive Manufacturing in/for Space  
宇宙での in-Situ 3Dプリンティング技術と, 宇宙に向けた高性能素材の開発 <コミュニティーと連携>
3. 月面における大規模掘削技術  
資源の取出に向けた月面掘削技術の確立と将来の地下工事に向けた方向性の検討
4. 宇宙における大型構造物 : 展開構造物機構, 自律的な構造物構築等  
ソーラーパネルタワー, 通信アンテナ設備等, 大型建築物実現に向けた技術開発
5. 月面における : 金属材料の効率的リサイクル技術  
現地建築材再利用, 輸送系構造物の再利用・利活用に向けた技術開発,

現在, 上記の各テーマに沿った検討活動を進めており, 宇宙探査イノベーションハブのリソースの範囲において有効に機能可能なテーマを戦略的に取りまとめています。

記載の順序は, 宇宙探査イノベーションハブの A&M 領域で牽引する優先順位を概ね示していますが, 今後の検討の進む速度を示すものとは限りません。

# 宇宙探査コンセプトの4領域



## 次世代エネルギー (パワーノード&グリッド)

- ❖ 月面上のユーザーへの電力供給サービスを提供することを目的
- ❖ 小規模・近距離から、将来の月面インフラへの発電、蓄電、送配電サービスの提供へ規模と範囲の拡張を目指す

## 次世代モビリティ

- ❖ 月面上のモビリティシステムとして、移動・運搬サービスを提供することを目的
- ❖ 小型・少数・近距離のモビリティシステムによる探査（調査、観測等）から、将来の月面上の物資と人の輸送に繋がるようなサービス拡張を目指す

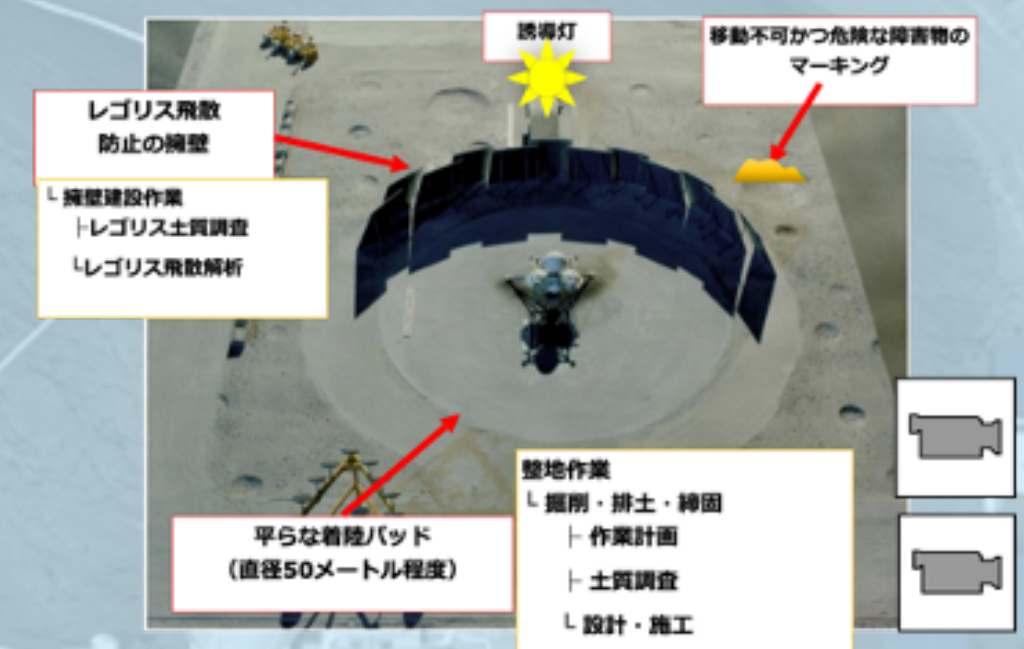
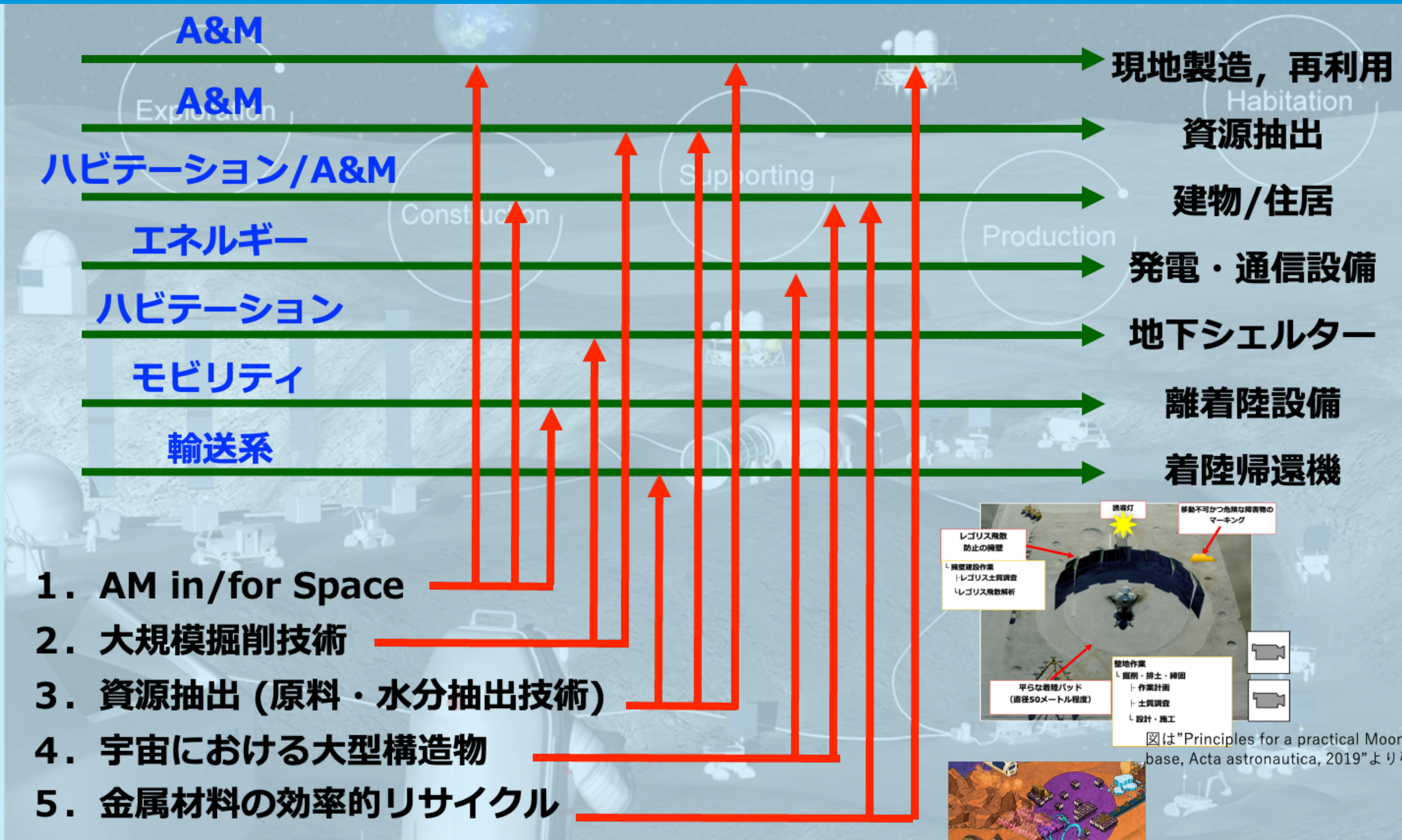
## アセンブリ& マニファクチャリング

- ❖ 月周回、月面における製造、組立、生産サービスを提供することを目的
- ❖ 地球近傍での軌道上製造実証から、月周回、そして将来的には月面資源をも活用した製造、組立、生産サービスの提供を目指す

## ハビテーション (衣食住)

- ❖ 月面上での有人滞在を可能とするサービス提供を目的
- ❖ ISSにおける実証や月面の環境把握等を通じ、将来の有人長期滞在を可能とする総合的な衣食住サービスの提供を目指す

# アセンブリ&マニユファクチャリング (Assembly & Manufacturing) 領域

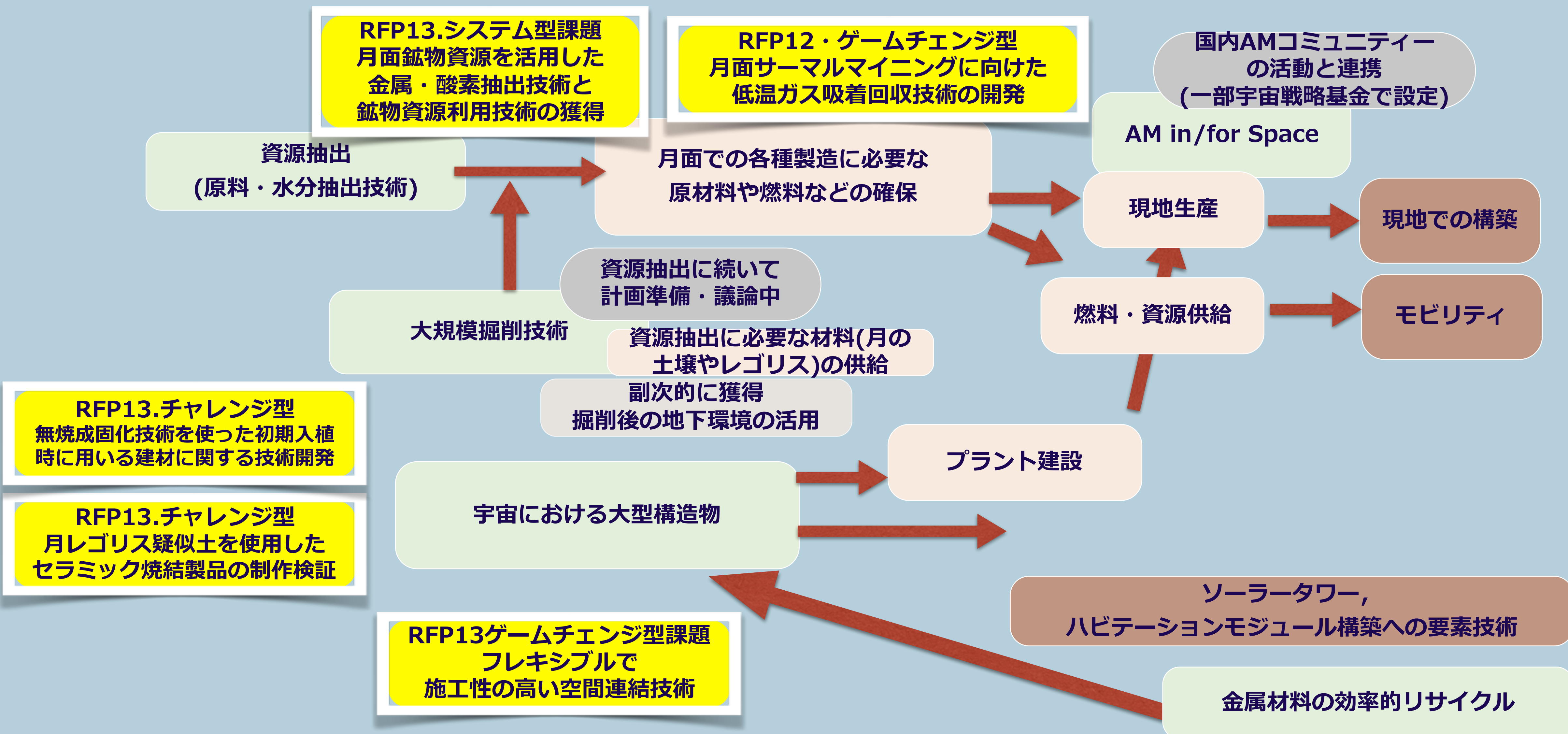


図は”Principles for a practical Moon base, Acta astronautica, 2019”より引用





# 次世代探査コンセプト Assembly & Manufacturing 領域



# 次世代探査コンセプト Assembly & Manufacturing 領域

## 月面サーマルマイニングに向けた低温ガス吸着回収技術の開発 (RFP12)



### 【課題概要】

Bゲームチェンジ型／アセンブリ&マニユファクチャリング領域

#### ・最終的な目標

月面でのレゴリスのその場加熱により水を取り出すサーマルマイニングにおいて、水と共に放出されることが期待されるH<sub>2</sub>、CO、<sup>3</sup>Heなどの分離回収技術を開発する。放出されたガス中に含まれる水蒸気を凝縮器によって回収後、残ったガスを分別回収、利用する月面でのエネルギー生産を目指す。

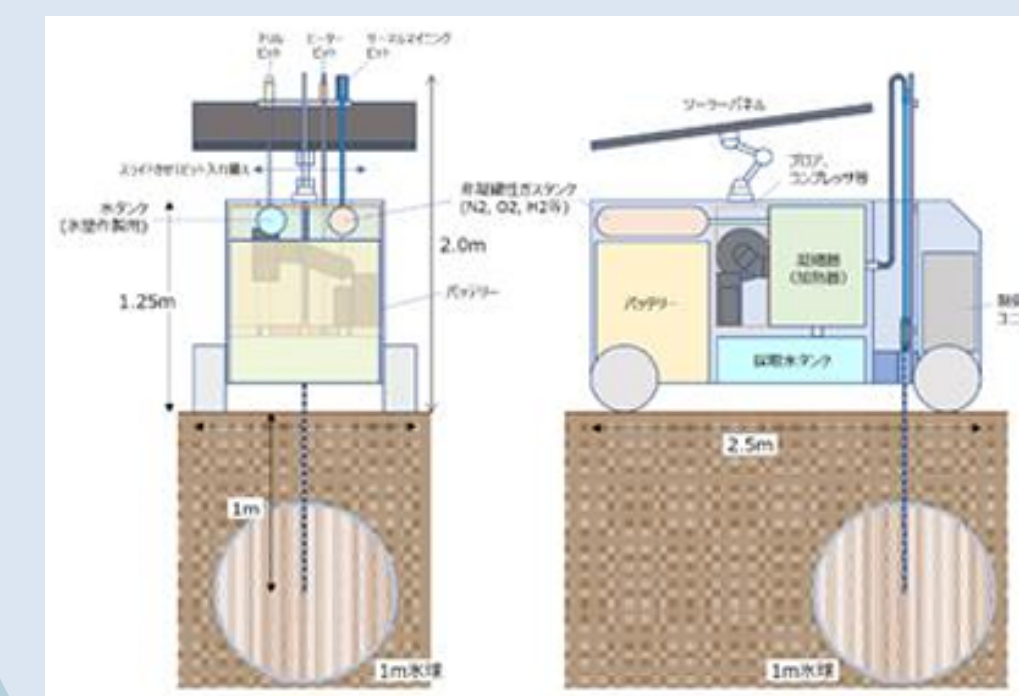
#### ・現状と解決すべき課題

レゴリス中には水の他にH<sub>2</sub>S、H<sub>2</sub>、CO、NH<sub>3</sub>など様々なガス分子が含まれることが報告されている。本研究においてはサーマルマイニングによって取り出されたHeガス分子を選択的に取り出すシステムを研究する。

### 【期待されるアウトカム・インパクト】

宇宙でサーマルマイニング等の現地資源(レゴリス等)から得られるガスを選択的に取り出してエネルギーとして利用するためのガス回収システムに利用することが可能。これまではガス分析に留まっていた検討から資源利用への一歩となることが期待される。

### 可搬型 サーマルマイニングシステム



# 次世代探査コンセプト Assembly & Manufacturing 領域

## 月面における資源抽出 (RFP13)



課題名称: 月面鉱物資源を活用した金属・酸素抽出技術と鉱物資源  
利用技術の獲得



### 【課題概要】

システム型／アセンブリ&マニュファクチャリング領域

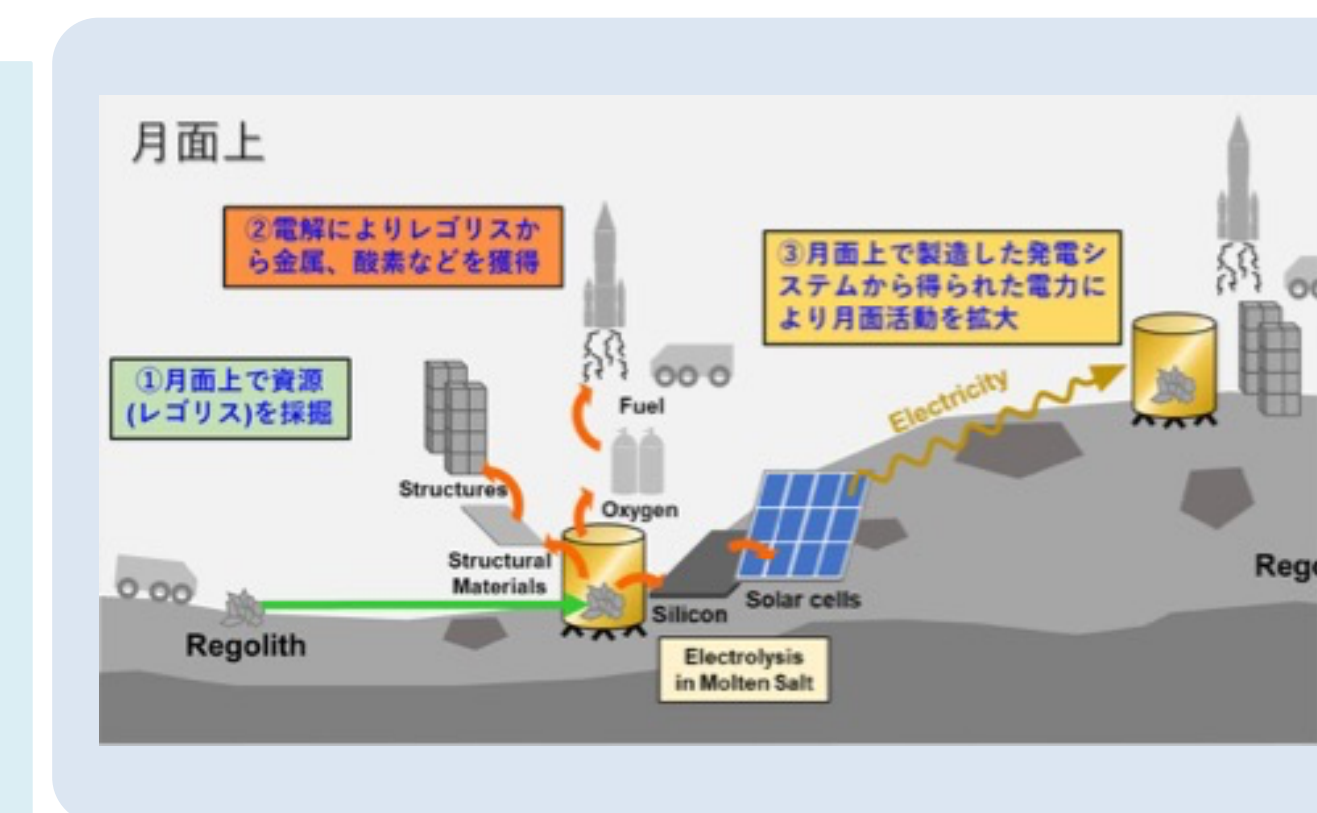
月面には、特定の鉱物が偏在している鉱脈は発見されていない。現時点では Apollo リターンサンプルの分析により、月面表層を覆うレゴリスの鉱物組成は酸化ケイ素が最も多く、アルミニウム、鉄、チタン、マグネシウム等の酸化物や少量の重元素が含まれている事が知られている。これら月面に普く存在するシミュラントから酸化還元反応を用いることにより、熔融電解技術等を用いて金属や酸素を取り出し、資源の活用に供する事を目指す。さらに、金属抽出プロセスの自動化・機械化・大型化を目指すことにより、鉱物資源利用技術を獲得し、宇宙事業化につなげる。本課題では、熔融電解技術について、自動化と大型化を実現する技術を獲得し、将来の月面での産業化を実現する道筋の確立を目指す。

### 【共同研究における目標】

レゴリス シミュラントから酸素等、代表的な複数の元素の抽出を実証し、資源抽出プロセスの実用化へのプロセスを確立する。

資源抽出プロセスの自動化と、将来の大型化に向けた技術を確立し、将来の宇宙における産業化に向けた技術を確立する。産業化にいたる適切なロードマップと、到達目標課題を設定し、共同研究期間に到達可能な計画を提案する。

本課題は、次世代探査コンセプト(アセンブリ&マニュファクチャリング分野)の最優先課題である『月面における資源抽出』の中心となる事が期待される内容である。



【研究資金／期間】 総額50,000千円以下／36か月以内

【留意事項】 特に無し



# 国際宇宙探査シナリオとの関係

- ① Additive Manufacturing in/for Space(積層造形技術)：金属3Dプリンターの活用を中心に、宇宙開発分野での適用も急速に拡大しており、輸送系分野の開発にも極めて重要な技術要素となっている、これと同様に、往復帰還機においても、衝撃吸収構造・燃焼機の高効率化・軽量化において重要な技術であり、宇宙に閉じることのない重点的な研究開発分野として推進すべきである。特に現地材料を用いた積層造形技術は、月面の拠点構築において重要な課題であり、技術・材料精製等の要素的な技術から、積層プロセスまで幅広い研究対象が考えられる。
- ② 大規模掘削技術：月面における資源抽出に必要とされる材料を取得するために必要な技術である。太陽フレア発生時の退避空間を建設する際の重要技術であり、また月面サンプルリターンにおけるサンプル採取に必要な要素技術である。それに伴い、レゴリスの地盤解析・挙動シミュレーションについても連携して検討をすべき対象である。
- ③ 資源抽出：長期的な月面拠点の維持・発展に欠かせない技術である。月面における資源の活用、燃料の原材料となる水分の抽出、エネルギープラントで必要とされる各種材料の取得に向けて、資源の分離・抽出、水素・酸素などの必要な元素の分離などが当面の重要な対象であるが、長期的には拠点の維持・運用に必要とされる、多くの元素や材料物質の抽出を進める必要があり、要素的な研究課題となる。月面サンプルリターンにおいて、重要な科学的知見をもたらすサンプルの識別にも適用できる。

# 国際宇宙探査シナリオとの関係



- ③ **宇宙における大型構造物**：月高緯度・極域での越夜、連続的な観測・運用を実現するための大型の太陽電池タワー、月面天文台で必要とされる電波観測アンテナ設備等には大型構造物に関する技術が必須になる。具体的には、展開・拡張技術、その場接合技術、自律的な多数ローバーによる群制御技術、多数のシステムによる自己組織化・冗長化技術が挙げられる。さらに現地材料と再利用可能な材料の活用技術、レゴリス自身の活用技術の確立も重要である。
- ④ **金属材料の効率的リサイクル**：今後の月面での活動、拠点の建設・維持において重要となり、月面拠点の維持管理、構造物の変状観測、劣化の想定とメンテナンス、機能診断、そして究極的な材料のサーキュレーションを目指した技術は、現在の地上のリサイクル技術の究極な形としての先導的な取り組みとなる。