LIVC LUNAR INDUSTRY VISION COUNCIL 月面産業ビジョン協議会

# 月面将来像の検討（無人実証段階）WG 活動報告

2026年6月1日

2026/6/1（月）16:30-18:00

# 月面産業ビジョン協議会　月面将来像の検討（無人実証段階）WG

リーダー：大林組　渕田

サブリーダー：アークエッジ・スペース　坂様

幹事会サポートメンバ：三井住友海上　林様、ispace　加藤様

WGメンバ：

・SOHLA　伊津様

・電通　後藤様

・東京海上日動　小林様

・TOPPAN　三嶋様

・日本特殊陶業　伊藤様、中務様

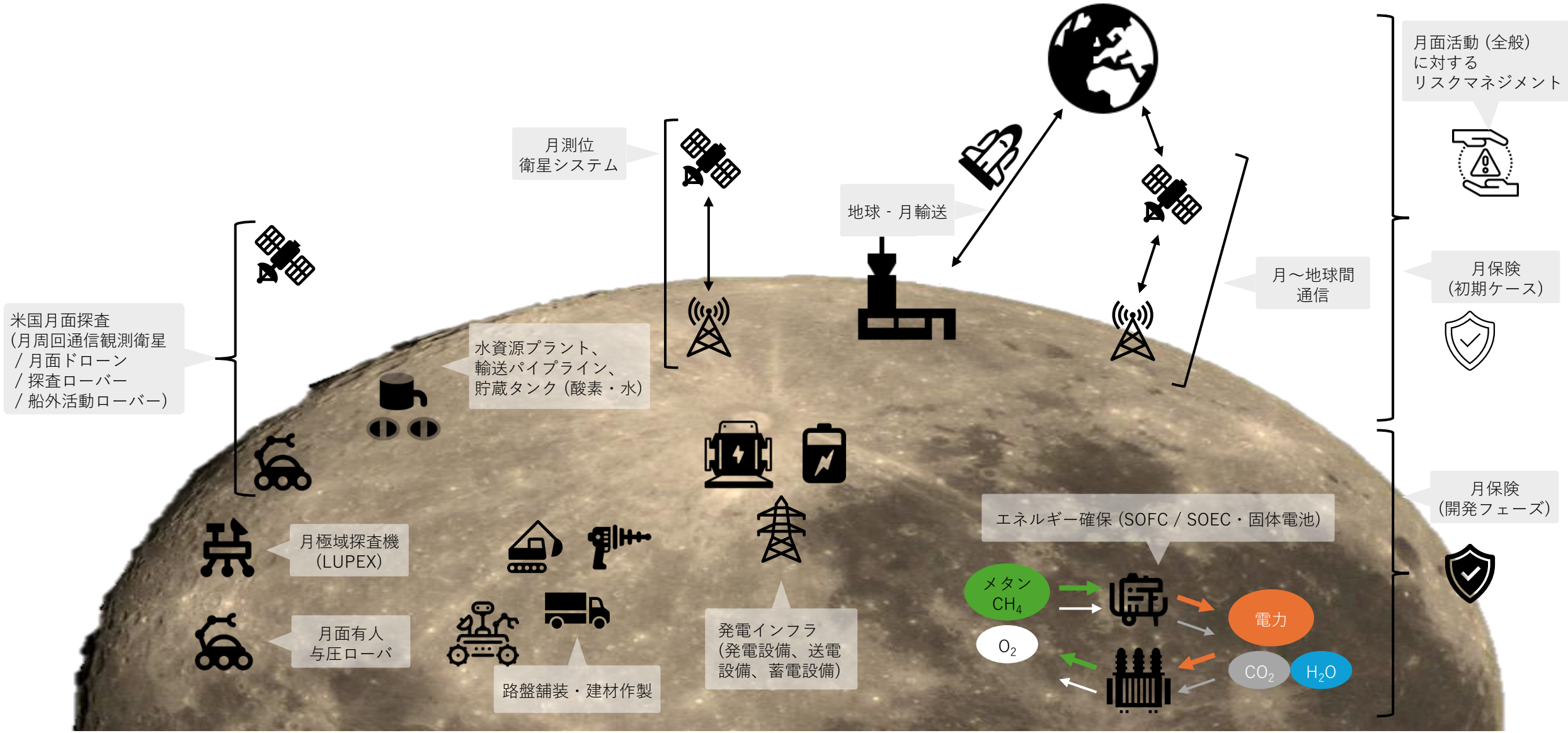
・三菱電機　丸山様、白川様

・ワープスペース　東様、北原様

・鳥取県　和田様、濱本様

・JAMSS　関様

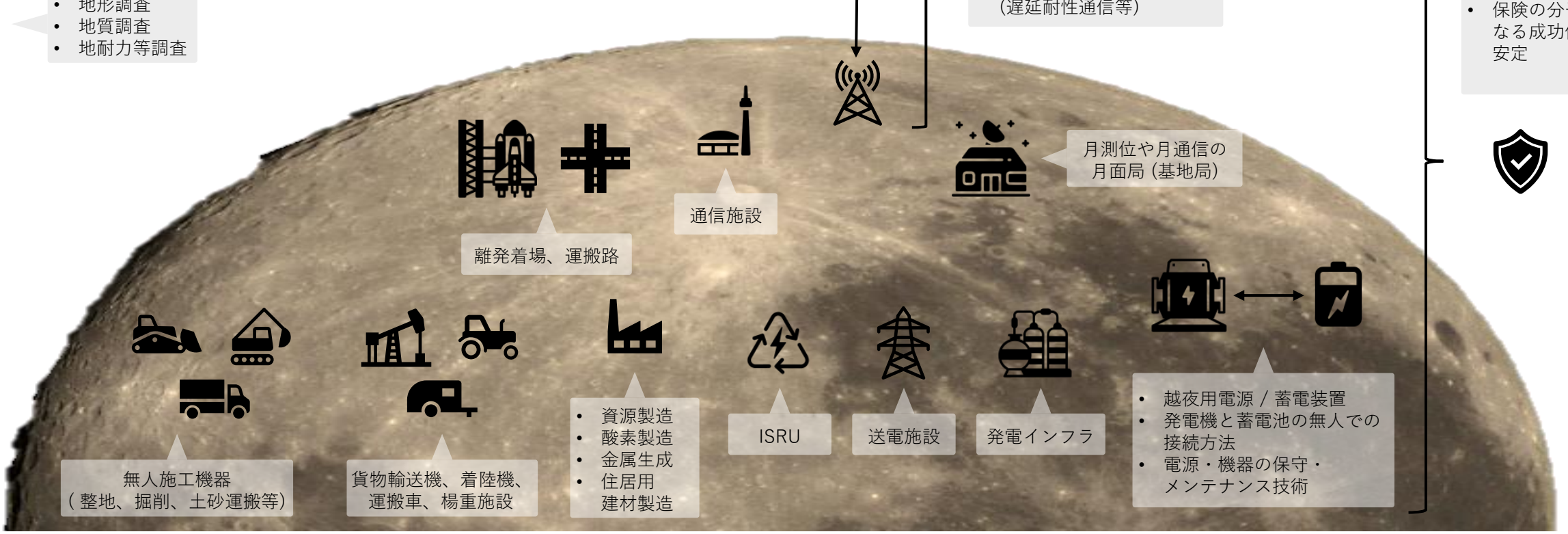
# 月面上の姿：無人実証段階（探査・建設フェーズ）






アイコン引用元：https://icons8.com/icons

# 月面上の姿：無人実証段階（運用フェーズ）



金融

実証機会、対象案件数

- 地形調査
- 地質調査
- 地耐力等調査

- 月周回中継衛星運用技術
- 超長距離対応光通信端末
- 超長距離光通信運用技術（遅延耐性通信等）

月測位や月通信の月面局（基地局）

通信施設

離発着場、運搬路

無人施工機器（整地、掘削、土砂運搬等）

貨物輸送機、着陸機、運搬車、楊重施設

- 資源製造
- 酸素製造
- 金属生成
- 住居用建材製造

ISRU

送電施設

発電インフラ

- 越夜用電源 / 蓄電装置
- 発電機と蓄電池の無人での接続方法
- 電源・機器の保守・メンテナンス技術

- 保険の分母となる事業者の増加とノウハウ蓄積
- 保険の分子となる成功値の安定



アイコン引用元：https://icons8.com/icons

# アウトプット2：実現に必要な活動の詳細化・見える化

| 必要な活動 | 活動内容の説明とその活動が必要となる理由 | 必要な時期 |
|---|---|---|
| 探査 | 月極域探査機(LUPEX)、<br>月面有人与圧ローバ<br><br>米国月面探査：月周回通信観測衛星 / 月面ドローン / 探査ローバー / 船外活動ローバー | ■ 月極域探査機(LUPEX)：2028年度打上予定<br>■ 有人与圧ローバ：2026年より基本設計に着手<br>2031年に打上げ予定<br>■ 米国月面探査：2026～2028年（フェーズ1） |
| 測位 | ■ 月測位や月通信の月面局（基地局） | ■ NASA, ESA, JAXAの月測位衛星（一部通信を含む）の実証が始まる2020年代後半以降 |
| PNT | ■ 基礎インフラ関連（月測位）<br>GPS類似システムの構築。一部は視覚／レーザーなどでシステム化。システムは、月面だけでなく月周回軌道にも必要 | ■ 2029年頃の月測位実証衛星初号機を打ち上げ・実証に向けて衛星システム等を開発中<br>■ 2030年代前半の南極域における月測位定常的運用サービス（FOC）提供を目指して検討中 |
| 月面局 | ■ 月測位や月通信の月面局（基地局） | ■ NASA, ESA, JAXAの月測位衛星（一部通信を含む）の実証が始まる2020年代後半以降 |
| 着陸誘導 | 電源を安全に着陸させる方法として、使い捨てビーコンを投下して接地。 Hakuto-R Missio1は月周回軌道では時速6000km。減速後は秒速1m以下でハードランディング。このいずれかの衝撃に耐え得るビーコン及び衝撃吸収機構。 | ■ 着陸回数が増える前に、確度が上がることが必要。現地から誘導するためのビーコン設備などが必要。 |

# アウトプット2：実現に必要な活動の詳細化・見える化

| 必要な活動 | 活動内容の説明とその活動が必要となる理由 | 必要な時期 |
|---|---|---|
| 通信 | ■ 資金・月周回中継衛星運用技術・超長距離対応光通信端末・超長距離光通信運用技術（遅延耐性通信等） | ■ 2035年月面～月周回衛星～地球周回衛星～地球間通信（100Mbps）実証<br>■ 2040年通信帯域の拡張（1Gbps）<br>■ 電波で制御できないのであれば、最も初期の段階から必要と想定 |
| 輸送 | 1）地球 - 月輸送<br>・南極域だけでなく、低中緯度地域へも着陸<br>・2030年には米国の月面原子炉が稼働。これを一つの契機に、月利用が本格化することが見込まれ、官民共同による月面活動を支える各種インフラニーズ整備への期待が高まる＝輸送ニーズの高まり<br>2）月表面輸送<br>・着陸地点～基地等への物資輸送、資源採掘場所から抽出施設への輸送等が必要<br>・米国のMoon to Mars Architectureでは、新たな要素として大型有人ローバー「Lunar Utility Rover」が登場。数トン単位の物資運搬や、電力・通信インターフェースを提供することが期待されており、今後の市場化が予測される領域 | 1）ispaceの事業計画として、2027、2028、2029年にランダー（数百キロのペイロード搭載可能）を打上げ予定。<br>2028年以降の定期的な輸送機会（政府アンカーテナンシー）の確立が期待。<br>2）2030年～実証<br>2035年～月面基地建設ミッション<br>※JAXA国際宇宙探査シナリオ（案）2025P494参照 |
| 月面データセンター | 月面/軌道上にコンピューティングやストレージを行う「データセンター」を設置。月面科学ミッション等で増加するデータ需要に対応。将来的には、各種インフラの統合運用を行う。 | 2030年頃　月面実証<br>2032年頃　大型化して稼働 |

# アウトプット2：実現に必要な活動の詳細化・見える化

| 必要な活動 | 活動内容の説明とその活動が必要となる理由 | 必要な時期 |
|---|---|---|
| 発電 | ■ 発電インフラ<br>・月面での無人活動において、探査等に必要な電力を確保することは必要。<br>・探査等のプロジェクトに応じた分散型電源を想定。<br>・太陽光（高効率軽量太陽光パネル）<br>・核分裂電源（FSP）は実用まで時間がかかると考えられることから、無人実証段階では太陽光+蓄電を想定。<br>・各プロジェクトの必要電力量から、必要電力を確保する手法（設置位置等）を設計する必要がある。 | ■ 2030年代の月面インフラ建築等にあわせて実用化されることを想定。 |
| エネルギー | ■ エネルギー関連（固体電池、SOFC/SOEC）<br>■ （通信関連（半導体用セラミックパッケージ）） | ■ 固体電池：建設フェーズで必要（2030~2035年）<br>■ SOFC/SOEC：利用可能な大量の水の存在が確認された後、運用フェーズ（2035～2040年） |
| 電源・電池 | ■ 越夜用電源<br>■ 発電機と蓄電池の無人での接続方法<br>■ 電源・機器の保守・メンテナンス技術 | ■ 越夜用電源：探査フェーズに技術確立（～2030年）<br>■ 電源無人接続：建設フェーズ（2030~2035年）<br>■ 保守・メンテ：運用フェーズ（2035~2040年） |
| 送電 | ■ 送電技術（無線送電、有線送電）<br>・月面での無人活動において、探査等を無人機械等で行うため、必要な電力を各無人機械等へ送電することは必要。<br>・無線給電（光無線給電、RF無線給電）と有線送電の両用による冗長化。 | ■ 2030年代（後半）の月面インフラ建築等にあわせて実用化されることを想定。 |

# アウトプット2：実現に必要な活動の詳細化・見える化

| 必要な活動 | 活動内容の説明とその活動が必要となる理由 | 必要な時期 |
|---|---|---|
| データサービス | データサービス<br>月周回運用、月面着陸時に得られる各種データ（研究開発用データ（地形・地質など）、科学データ（水資源・環境情報）、マーケティングデータ（月面画像等）、SSAデータ（軌道・物体情報））を提供し、企業等が低コストで月面事業をシミュレーションできる環境を提供 | ■ 他活動の基盤となることから、なるべく早期 |
| 建機 | 無人施工機械（整地、掘削、土砂運搬等） | ■ 2030年代（JAXA宇宙基金で、施工分野のペイロードが月面実証される年代）無人施工建機の設置・作業開始 |
| 無人基地 | ・コンテナ状の基地を着陸させ、そのまま活用する。プレハブ小屋。<br>・長期的には、縦穴を活用しバルーン状の構造物で建設するなど。保温、放射線遮蔽、隕石防護を行う。<br>・建機と同様に開発要素は多数。 | ■ 2030～2035年 |
| 建設 | 離発着場、運搬路（路盤舗装・建材作製） | ■ 2025年を目途に、レーザー照射装置の真空下でのPBF試験実証<br>■ 2026年を目途に、マイクロ波照射装置の真空低重力の飛行試験<br>■ 2030年を目途に、マイクロ波照射装置の宇宙での実証予定<br>■ 2030年を目途に、照射前後の無人化製造・施工システムの概念設計予定<br>■ 2030年代前半（往還機往来、ゾーン建設と併行して建設） |

# アウトプット2：実現に必要な活動の詳細化・見える化

| 必要な活動 | 活動内容の説明とその活動が必要となる理由 | 必要な時期 |
|---|---|---|
| ロボットアーム・操作装置 | 探査・資源採取・パーツ設置・保守などに使える操作性を備えたロボットアームは、月面開発の早期～有人のいずれでも必要。 | 2030年から |
| 自律運転・遠隔操作技術 | 有人による運航の前に無人走行車による探査が開始。また重力天体の表面探査技術の取得を通じて有人与圧ローバへ応用を展開。なお無人環境（通信の遅延や遮断など）でも走行が可能な機体の制御技術や夜間でも活動可能な電池技術が必要 | JAXAとインド宇宙機関のISROが連携し、2028年～2029年にH3で打上げられるチャンドラヤーン5号に搭載予定のLUPEXローバで探査実施予定。ISROは月面着陸機を開発しLUPEXローバはJAXAが開発。着陸機の上部に搭載予定。着陸後は3.5ヶ月かけて10kmを走行し越夜も行う予定。 |
| 資源製造 | ■ 資源製造（掘削、運搬、精製、配送、貯蔵、等）<br>■ 酸素製造、金属生成 | ■ 資源探査に続き、始動<br>■ 探査シナリオを参考に記述<br>■ 2030年初頭～初期の居住モジュール併設 |
| 有人活動に向けて | ■ 居住用建材製造<br>■ 有人基地の基礎<br>■ ISRU | ■ 2030年代前半～中旬（長期居住対応）<br>■ 2030年代中旬<br>■ 2030年代前半～ |

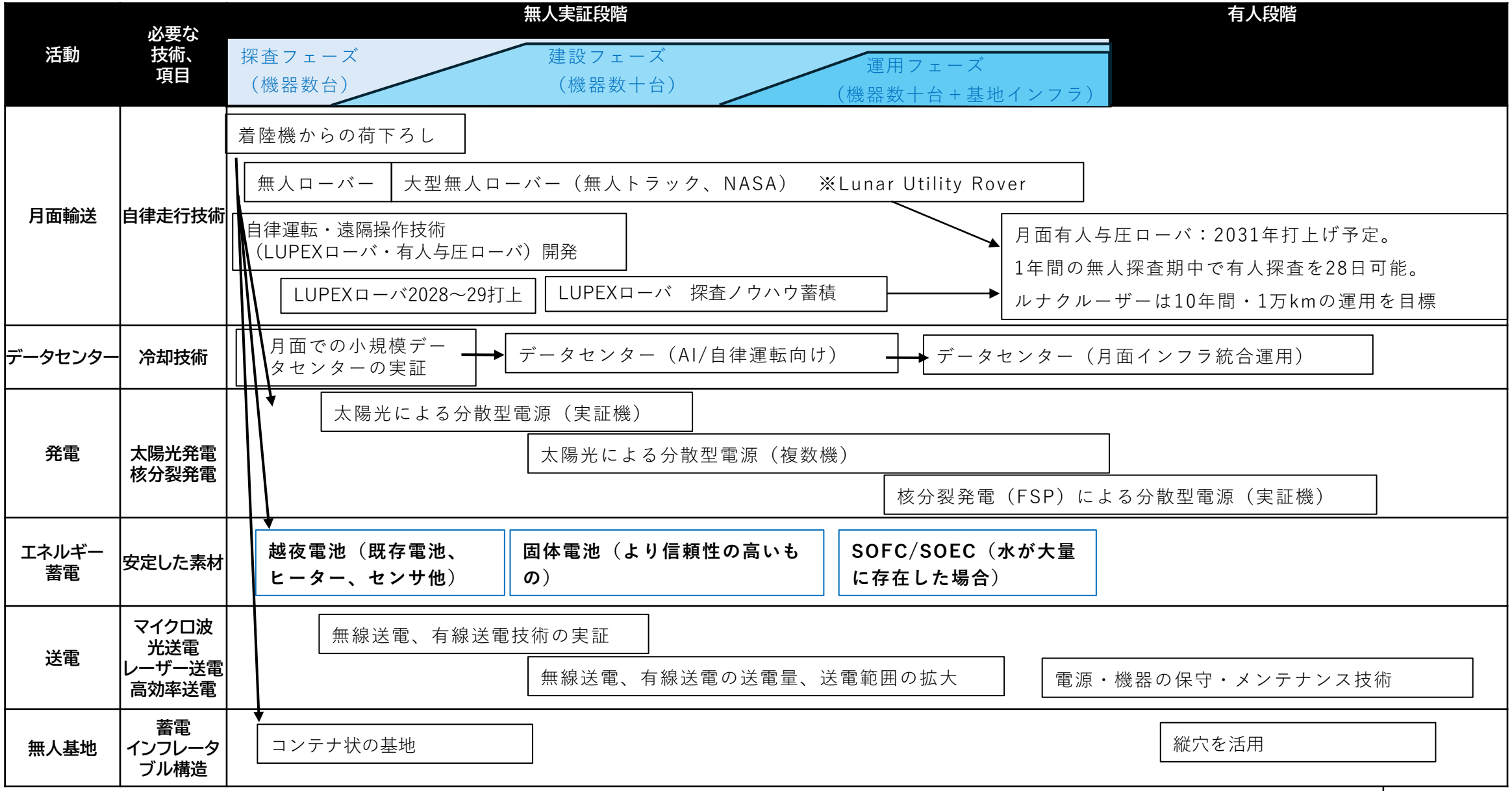
# アウトプット2：実現に必要な活動の詳細化・見える化

| 必要な活動 | 活動内容の説明とその活動が必要となる理由 | 必要な時期 |
|---|---|---|
| 保険・コンサル | ■ 月面活動（全般）に対するリスクマネジメント<br>■ 月面活動固有の「リスク評価」・「リスクコンサルティング開発」・「保険商品開発」<br>■ 月保険（初期ケース・開発フェーズ） | ■ 2030年以降に日本の民間企業がチャレンジ予定<br>■ 2030年代には月面でのインフラ建築などが開始される見込み。 |
| 保険 | ■ 実証機会、対象案件数。<br>現時点では実証機会が限られるが、近い将来、月面開発の進展に合わせて実証機会の増加が期待される。<br>■ 月面活動を行う事業者増加と保険引受ノウハウの蓄積<br>■ 保険引受けを実現するためのミッション成功数の向上 | ■ 民間による月面活動機会の増加が見込まれる期間（2030年～2040年代）から本格化の見込み。<br>■ 現在においても月面開発事業者からの個別相談件数は増加傾向にある。<br>■ 月面活動固有リスクの評価のため、既に月面開発事業者と連携しながらノウハウ蓄積・リスク情報収集を開始。 |

# アウトプット3：ロードマップ（1/3）

| 活動 | 必要な技術、項目 | 無人実証段階 | | | 有人段階 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 探査フェーズ（機器数台） | 建設フェーズ（機器数十台） | 運用フェーズ（機器数十台＋基地インフラ） | |
| 探査 | 発電<br>蓄電<br>送電 | 月極域探査機(LUPEX) | | | 月面有人与圧ローバ |
| | | ■ 米国月面探査(月周回通信観測衛星 / 月面ドローン / 探査ローバー / 船外活動ローバー) | | | |
| | | ■ 着陸誘導 | | | |
| 宇宙機 | 通信 | 地球 - 月輸送 | | | |
| 測位 | 衛星システム受信機 | 衛星開発 | 実証・システム構築 | | 定常的PNTサービス提供 |
| | | 開発 | 実証・量産開始 | | サービス提供 |
| 通信 | 月面局(基地局) | 開発 | 実証 | | 敷設エリア拡大、サービス提供 |
| | 光通信 | ■ 月周回中継衛星運用技術<br>■ 超長距離対応光通信端末<br>■ 超長距離光通信運用技術（遅延耐性通信等） | → ■ 月面～月周回衛星～地球周回衛星～地球間通信（100Mbps） | | → ■ 通信帯域の拡張（1Gbps） |

# アウトプット3：ロードマップ（2/3）



# アウトプット3：ロードマップ（3/3）

