新規事業としての宇宙産業参入

「月スペースポート」のビジネスチャンス

フロンティアビジネス研究会　ロジスティクスWG
発表者：ASTRO GATE株式会社
代表取締役社長　大出大輔

資料に関する御問合せ
https://astrogate.jp/contact/

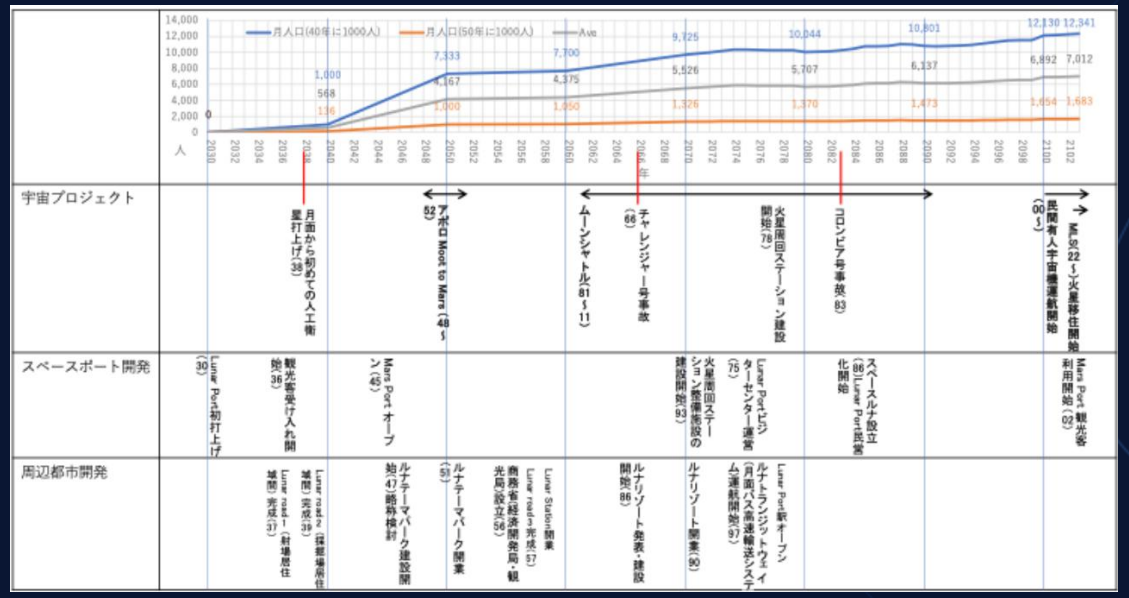
ロジスティクスWG概要

WG目的
宇宙ロジスティクスの情報を整理し、宇宙ビジネス参入機会を探る

WG参加企業
ASTRO GATE（WGリーダー）、大林組、SPACE COTAN、
東レカーボンマジック、三菱地所、Yspace、有人宇宙システム

2026年度取り組み目的
月スペースポートに
取り組む意義の明確化と
新規参入機会の分析

2024年度
ケネディスペースポートから考える
月スペースポート史



2025年度
月スペースポートに必要な技術開発要素

分類	施設	必要な措置・技術	地上技術の利用	新たな技術開発
着陸・発射施設	着陸パット・射点	• 耐火コンクリによる地盤強化	• レゴリスブロック（大林組）	• 月面でのレゴリス施工
燃料補給施設	燃料貯蔵タンク・パイプ	• 断熱材と冷却システム • 微小重力対応ポンプ • 放射線シールド • レゴリス防護フィルター • プラスチック系の対放射線劣化 • 月の地下に埋めて防護	• 水素タンク（大林組） • 極低温対応炭素繊維 • 真空断熱 • 真空対応シールとバルブ • 放射線シールド	• 燃料保管技術
メンテナンス施設	組立棟（VAB）	• 保管する機器の保護（熱、放射線）	• インフレータブル構造	• 月面用重機開発
	修理補修	• 非破壊検査装置 • 地上からの保安・隔操作装置	• 航空機の修理技術 • F1カーの取り替え修理技術	• 遠隔操作技術
エネルギー施設	発電施設	• 発電タワー（大林組） • 他の発電方法の検討	• 太陽光発電	• 原子力電池 • 新たな発電方法の開発
通信施設	指令管制	• 断熱処理 • 熱による形状変化への対応 • 放射線による故障対策	• 有線通信 • ５G	• 月周回コンステ • 月面通信基地
	気象観測	• 断熱処理 • 熱による形状変化への対応 • 放射線による故障対策	• 人工衛星コンステ	• 隕石落下観測 • 放射線予測
	通信の中継	• 既存の人工衛星と同じ	• 人工衛星コンステ	• 月周回コンステ

官視点 × 民視点：月スペースポートに取り組む意義

月経済圏をつくるためには月へのゲートウェイが必須であり、最初期に必要なインフラである。
官民双方の視点から月スペースポートに取り組む意義は深く、日本経済全体へのメリットを見込める。

官（Public）の視点

- 科学探査ミッションの成功確度の向上
- 国際協調・透明性・相互運用への貢献
- 特定の依存を避ける宇宙の安定利用
- 状況把握と異常の早期検知
- 次世代の産業・技術基盤の底上げ

民（Private）の視点

- 新規市場・新たな顧客層の開拓
- 共同実証を通じたリスクとコストの低減
- 地上展用（スピンオフ）による事業多角化
- 宇宙基準の品質・認証ノウハウの蓄積
- 国際的なサプライチェーンへの参画
- 高難度プロジェクトへの挑戦によるPR効果

日本経済全体にとってのメリット（エコシステム全体の合流効果）

① 産業競争力強化

② レジリエンス

③ 人材・技術蓄積

④ 国際的存在感

なぜ月スペースポートが必要か：WHY　と　HOW

月スペースポートの必要性（WHY）

① 離発着の
成功確率向上

② 運用の
合理化・標準化

③ ミッション全体の
低コスト化

④ システムの
安全性・レジリエンス

WHYを実現するため、以下の運用インフラ（HOW）を各階層に配置

地球 (Earth)

- 運用管制・ConOps
- 予約課金
- 試験認証
- データ基盤
- 遠隔運用

地球周回 (Earth Orbit)

- 中継・データ統合
- 打上げ調整
- 帰還支援

月周回 (Lunar Orbit)

- 中継衛星
- 通信
- 交通管理
- 在軌道補給

月面 (Lunar Surface)

- 着陸支援・荷役
- 補給・整備
- 粉塵対策
- 地形/危険域データ

港が提供する 機能カタログ（機能マップ）

計画・交通管理

ATC（航空交通管制）的概念を用いた、複数ミッションの統合的なスケジューリングとリソース配分。

PNT / 航法

着陸・移動・活動時の高精度な測位（Positioning）、航法（Navigation）、計時（Timing）支援。

危険域・分離

ペイロード分離や、粉塵・デブリ飛散の影響範囲を考慮した動的な安全区域の管理と運用制御。

通信・データ中継

月面、月周回、地球間をシームレスに結ぶ、冗長化された安定した大容量通信とデータリレー基盤。

デジタルツイン

統合運用データを用いた仮想シミュレーション環境。事前の手順確認やリアルタイムの状況把握。

試験認証・QA

相互運用性の担保と安全手順の確認、運用品質保証（QA）のための地上・軌道上での事前試験。

予約課金

各種港機能の利用予約、リソース利用量に応じた柔軟な課金システム、およびサービス品質保証。

責任分界・保険

インシデント発生時の対応手順や責任の所在明確化、および参加企業が安心できる持続可能な保険モデル。

ロードマップ：要件 → 技術課題抽出（Gap） → 技術開発

Step 1

要件の合意

機能・データ要件、標準インターフェース、運用ルールの定義と合意形成。

Step 2

ギャップ可視化

現状の資産（技術・実証・規格）と要件間のGap分析と課題の抽出。

Step 3

テーマ化・開発

短中期の実証設計、評価指標の明確化に基づく、具体的な技術開発の推進。

Step 4

実証・運用立上げ

地上統合試験から宇宙実証へと進め、初期運用サービスを立ち上げる。

フィードバックで継続改善

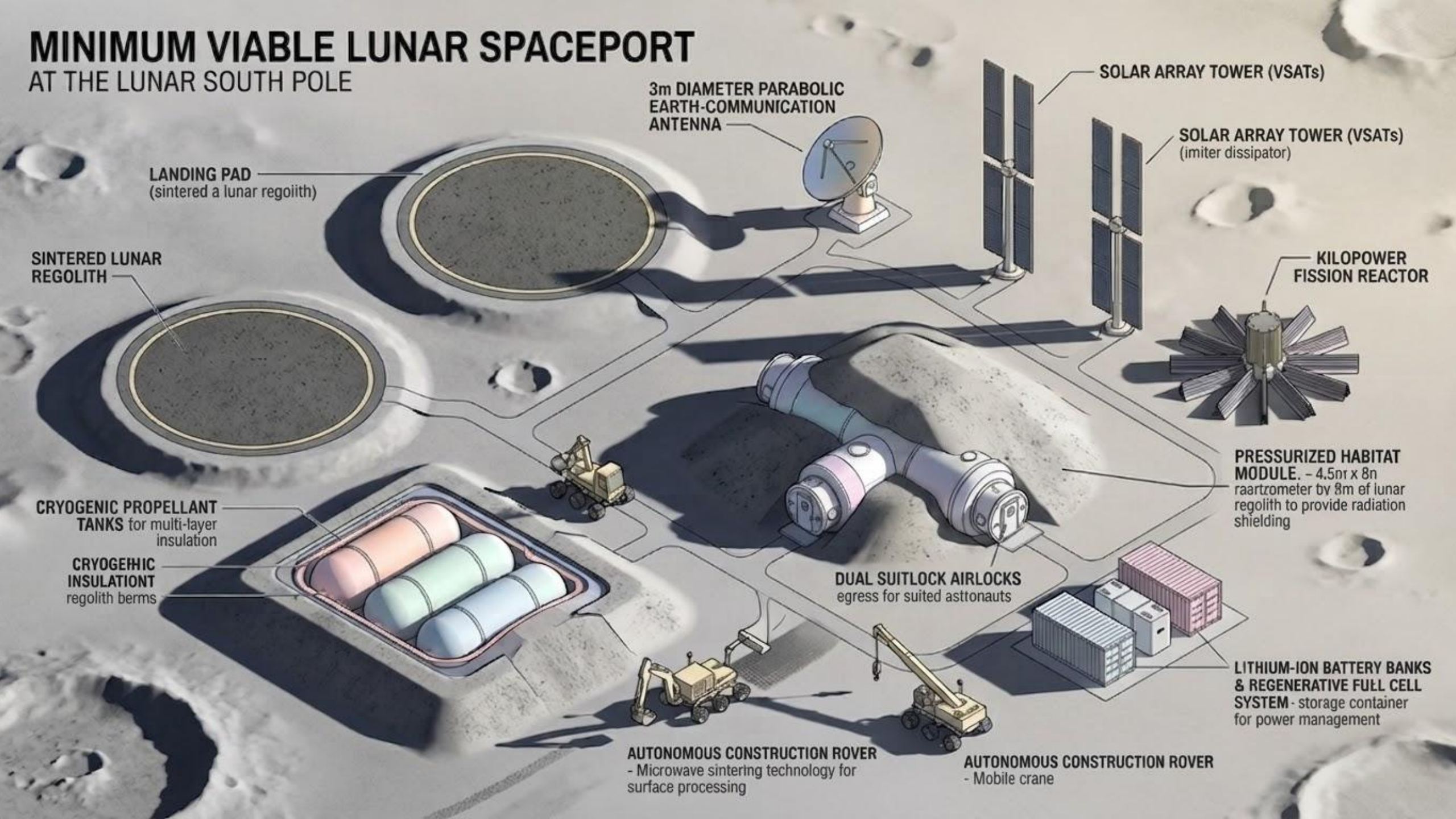
要件 ・ 技術課題抽出（仮）①

大分類	設備	目的	仕様値	R&D要素（具体的研究開発項目）
全体構成	基地全体（立地）	水氷資源近接性と日照率の最大化、地球直接通信確保	月南極域（シャクルトンクレーター近傍想定）	南極域の1mグリッド地形マップ作成、永久影域内の水氷分布定量化、立地候補地の日照率年間変動シミュレーション開発
	オペレーションエリア境界	機能ゾーンを安全距離で配置	半径500m	月面プルーム・推進剤爆発時の飛散粒子伝播モデル開発、安全距離基準の策定
	ゾーン区画	事故波及防止、運用動線明確化	居住-推進剤100～150m／居住-パッド200m以上	1/6G真空環境下プルーム-表面相互作用CFDコードの開発と地上真空チャンバ試験による検証
	連絡通路（焼結舗装路）	ゾーン間移動経路確保	幅3m、焼結レゴリス舗装	連続走行型レゴリス焼結装置の試作、舗装表面の耐摩耗・耐熱サイクル試験
	基地全体構造寿命	投資回収と継続運用の両立	設計寿命10年、総質量約85t	月面UV・放射線・熱サイクル複合環境シミュレータの開発、軽量複合材・インフレータブル構造体の長期耐久試験
着陸・離陸パッド	着陸パッド本体	2基交互運用、冗長性確保	2基、各径30m、表面強度10MPa以上	月面想定接地圧（50～100kPa）×繰返し荷重に対する焼結パッドの疲労試験、運用シナリオ最適化シミュレーションの構築
	レゴリス焼結装置	プルーム飛散の抑止	マイクロ波2.45GHz、5kW、深さ5cm	自走式マイクロ波焼結ローバーの試作・性能評価、焼結エネルギー効率向上アルゴリズム開発、月面シミュラントでの実規模パッド試験施工
	ブラストベルム	飛散物遮蔽	高さ2m、半径50m半円状	自律バックホーローバーによる大規模盛土工程の動作試験、施工速度・精度の評価試験
	着陸誘導ビーコン	着陸船への位置情報提供	Lバンド10W、誤差±5m	月面PNTビーコンの試作とフライト実証、LunaNet PNTプロトコルとの相互運用試験
	補助マーカー	最終フェーズ誘導補助	レーザー反射体4基、近赤外LED12基	TRN（地形相対航法）アルゴリズムのCLPSミッションでの実証、ハザード検出AIの月面実画像での学習
推進剤貯蔵・移送	LOXタンク	酸化剤備蓄	15m³×2基（計34t）	–
	LH2タンク	燃料備蓄	30m³×2基（計4.2t）	月面長期LH2貯蔵試験ミッションの設計・打上げ、ボイルオフ率の月面実測データ取得、タンク内液面挙動の1/6G実験
	タンク外部レゴリス遮蔽	太陽熱・放射線・微小隕石低減	レゴリス被覆 1.5m	レゴリス被覆の熱伝導率測定、遠隔施工ロボットによる被覆工程の試験、施工後の隙間管理手法開発
	LOX用クライオクーラー	ボイルオフ抑制	90Kスターリング、150W@90K	–
	LH2用クライオクーラー	水素蒸発損失最小化	20Kターボブレイトン、20W@20K×2	20K級ターボブレイトン冷凍機のフライトモデル開発、長期連続運転試験（5,000時間以上）、月面熱環境下での性能評価
	ゼロボイルオフ管理システム	補給間隔の延長	ZBO運用	NASA eCryoプロジェクト枠でのZBO統合システム地上試験、月面実証ミッションの計画立案、低ボイルオフ（RBO）との比較検討
	推進剤移送配管	着陸船-タンク間移送	真空ジャケット二重管、内径50mm、最大150m	月面長距離極低温配管の熱漏入実測、配管継手の真空保持耐久試験、自動収納・展開機構の開発
	自動ドッキングカプラ	国際相互運用性	NASA CFM クロスエージェンシー規格	クロスエージェンシー推進剤移送カプラの規格化、自動接合機構の試作と地上認定試験、軌道上実証（Starshipタンカー等の活用）
加圧居住・指令モジュール	加圧モジュール本体	4名の長期滞在空間	φ4.5m×L8m、容積100m³	月面モジュール現地接合機構の開発、与圧シール部の月面温度サイクル試験
	Whippleシールド	与圧破壊リスク低減	1cm/10km/s対応	月面二次飛散物を想定した複合層シールドの超高速衝突試験、最適層構成の設計最適化
	レゴリス遮蔽層	被曝低減	レゴリス2m（GCR約30%、SPE約90%低減）	自律ロボット群による2m厚レゴリス被覆工程の地上実証、被覆均一性の遠隔計測技術開発
	内装区画	居住性確保	4名×14日、1人25m³	パラボリックフライト/遠心機による1/6G模擬下の人間工学試験、長期閉鎖環境心理影響研究

要件・技術課題抽出（仮）②

大分類	設備	目的	仕様値	R&D要素（具体的研究開発項目）
ECLSS	酸素生成装置	消耗品輸送量削減	水電解5kg/日	月面長期運用を想定した触媒膜の劣化試験、メンテナンスフリー化のための自動診断機能開発
	CO_2除去装置	大気質維持	4床式分子篩、回収率85%	回収率95%以上への吸着材改良開発、CO_2電気化学還元によるO_2再生プロセスの試作
	水回収装置	補給削減	回収率90%	閉鎖度98%超を目指す多段膜分離プロセスの開発、長期運用での生物汚染対策研究
	消耗品ストレージ	補給遅延への耐性	14日×4名、安全係数1.5	月面温室による葉物野菜生産の実証ミッション、LED栽培エネルギー効率の最適化
	緊急時生命維持系	72時間自立	閉鎖系運用	劣化モード運用ロジックのHILS試験、自動切替シーケンスの故障注入試験
エアロック・ダスト緩和	主用エアロック	通常EVA対応	6m³、減圧10分／加圧8分	Suitlock方式の地上1G試験、減圧サイクルでのシール部疲労試験
	緊急用エアロック	緊急退出冗長化	3m³、1名対応	–
	Suitlockポート	ダスト持込み防止	外壁ドッキング式	スーツ-ハッチ接合機構の試作、月面シミュラント環境下での1,000サイクル耐久試験
	静電除塵装置（EDS）	微細ダスト除去	Electrodynamic Dust Shield	EDS電極パターンの最適化、月面ダストアナログでの除去効率測定、長期通電時の絶縁劣化試験、月面実証ミッションの計画
	真空吸引ダスト除去機	スーツ付着ダスト除去	エアロック内設置	サイクロン分離方式の真空対応設計、フィルタ自動洗浄機構開発
	宇宙服（EVAスーツ）	EVA能力確保	xEMUクラス、8時間	xEMUの月面実運用評価（Artemis IIIで実施）、関節シール部のレゴリス侵入対策強化
電力	垂直展開型太陽光アレイ	月昼の主力発電	200m²、60kW×2基	VSAT展開機構の月面実証、低太陽高度角下の発電効率測定、ダスト堆積による出力低下の経時評価
	Kilopower核分裂電源	月夜・途絶対応	20kW×1基	KRUSTY後継機の月面フライトモデル開発、起動・停止シーケンスの遠隔運用試験、放射線遮蔽設計の認定試験
	リチウムイオン蓄電池バンク	短期変動対応	500kWh	月面温度サイクル（-40〜+40℃想定）でのセル寿命試験、熱暴走対策の改良開発
	再生型燃料電池（RFC）	長期途絶対応	10kW、1MWh	宇宙用RFCスタックの10年寿命達成に向けた電極・電解質材料開発、地上1万時間サイクル試験
	配電盤・主電源バス	電力分配	120V DCバス、50/100kW	月面分散グリッド制御アルゴリズムの開発、原子力+太陽光+蓄電のハイブリッド最適制御研究
	バス保護装置（RBI）	故障波及防止	各分岐配置	–
熱制御	サーマルコーティング	太陽熱抑制	吸収率≤0.15、放射率≥0.85	ダスト付着耐性コーティング材の開発、自己清浄表面（疎ダスト表面）の研究
	主冷却ループ	モジュール集熱	単相液体、約8kW	月夜環境の凍結防止ロジック開発、低温起動シーケンスの試験
	主ラジエータパネル	排熱	60m²、天頂面/北側	月面地表熱輻射を考慮した両面ラジエータ設計、ラジエータ形状の最適化解析
	極低温系排熱ループ	冷凍機排熱隔離	液体メタンループ	メタン作動流体の宇宙用ポンプ・配管材料適合性試験
	可動ルーバー	過冷却防止	放熱面積10%まで縮小	ダスト環境下の可動機構の長期信頼性試験、潤滑剤の月面温度サイクル評価
	蓄熱モジュール（PCM）	月夜の熱源	相変化材料	月面温度域に最適なPCM材料の探索、容器化技術と熱交換器設計の開発
通信	地球向けパラボラアンテナ	地球リンク	φ3m×2基、X/Kaバンド	自律展開・追尾機構の月面実証、光通信（テラビット級）端末の月面試験
	月軌道中継トランシーバ	地平線下通信	LCRNS、LunaNet互換	LunaNetプロトコルスタックの実装と相互運用試験、複数中継衛星間ハンドオーバアルゴリズム開発
	月面ローカル無線機	ローバー・EVA連絡	UHF、半径10km	月面メッシュネットワーク（マルチホップ）プロトコル開発、地形遮蔽下の伝




MINIMUM VIABLE LUNAR SPACEPORT
AT THE LUNAR SOUTH POLE
3m DIAMETER PARABOLIC EARTH-COMMUNICATION ANTENNA
SOLAR ARRAY TOWER (VSATs)
SOLAR ARRAY TOWER (VSATs)
(imiter dissipator)
LANDING PAD
(sintered a lunar regoiith)
SINTERED LUNAR REGOLITH
KILOPOWER FISSION REACTOR
PRESSURIZED HABITAT MODULE. – 4.5nr x 8n raartzometer bv 8m ef lunar regolith to provide radiation shielding
CRYOGENIC PROPELLANT TANKS for multi-layer insulation
CRYOGEIHIC INSULATIONT
regolith berms
DUAL SUITLOCK AIRLOCKS
egress for suited asttonauts
LITHIUM-ION BATTERY BANKS & REGENERATIVE FULL CELL SYSTEM - storage container for power management
AUTONOMOUS CONSTRUCTION ROVER
- Microwave sintering technology for surface processing
AUTONOMOUS CONSTRUCTION ROVER
- Mobile crane

ビジネスチャンス①：全方位の参入機会 （機能 × 技術）

非宇宙系企業が、自社の既存技術を『港の機能』に直接当てはめられる

建設・施工

地盤調査・造成、建築材料、粉塵（レゴリス）対策、および遠隔からのロボット施工技術。

危険域・分離　計画・交通管理

エネルギー

極限環境下での発電（太陽光/原子力）、高効率な蓄電、非接触送電、および精緻な熱制御。

予約課金・SLA　インターフェース

ロボ・自動化

通信遅延を前提とした遠隔操作・自律制御、耐環境モビリティ、およびインフラの点検保守。

デジタルツイン　試験認証・QA

物流

着陸船からの荷役、長期保管（温調含む）、在庫管理、およびペイロードのトレーサビリティ。

PNT / 航法　通信・データ中継

IT / データ

リソースの予約・課金システム、SLA管理、ID管理・アクセス制御、および重要インフラのサイバー防衛。

データ基盤　予約課金・SLA

品質・保険

インターフェースや安全基準の試験・認証、不確実性の定量リスク評価、および責任分界を踏まえた賠償設計。

責任分界・保険　試験認証・QA

ビジネスチャンス②：参入の3類型

① 要素技術供給

【提供領域の特徴】

部材、機器モジュールの提供
ソフトウェア、制御アルゴリズム
解析・シミュレーション用データ処理

最初の一歩の例

既存製品や保有技術の棚卸しを行い、月環境で求められる仕様要件への適合性を検証する。要件設計フェーズでのプロトタイプ提示。

② 共同実証

【提供領域の特徴】

地上試験場や模擬環境での実証
軌道上・月面における共同ミッション
試験設備や評価基盤の持ち寄り

最初の一歩の例

自社が持つ過酷環境の試験設備や実験フィールドを公開し、宇宙プレイヤーとの実証連携を提案。複数社によるコンソーシアム形成への参加。

③ 運用サービス

【提供領域の特徴】

Ops（運用）基盤、状況監視
SLAの締結に基づく継続的なサービス
データ中継や予約・課金プラットフォーム

最初の一歩の例

「サービスとして提供可能か（as-a-Service化）」の検討。地上での重要インフラ運用ノウハウを月向けに調整し、ビジネスモデルを策定する。

各企業が自社の強みに合う「型」を選び、具体的な「最初の一歩」を踏み出すことが参入の鍵

地上展用（スピンオフ）：月で鍛えた技術が地球で活きる

遠隔施工・災害対応

通信遅延下での安全運用技術や重機の遠隔操作ノウハウを、災害現場や人が立ち入れない危険地域での復旧作業に適用。

マイクログリッド

極限環境向けの分散電源・高効率蓄電・熱設計技術を、離島や極地、被災地などにおける自立型エネルギー網の構築に活用。

予兆保全・品質保証

遠隔モニタリングと高精度なデータ分析による品質保証・予兆保全技術を、地上の重要インフラや製造業の運用DXに展開。

OTセキュリティ

遠隔運用と物理システム（OT）を高度に組み合わせたサイバー防衛技術を、地上の電力・通信など重要インフラの安定稼働と防御に応用。

極限環境素材・ロボット

宇宙放射線や極低温に耐える新素材、および自律型ロボット技術を、深海探査や過酷な産業現場（プラント内等）へ水平展開。

実証成果の蓄積が、そのまま 地上のレジリエンス向上 に直結する

ロードマップ：要件設計から運用サービス化へ



要件設計のためのニーズ抽出、確からしさから議論を始め、その先にある技術開発、サービス実装を共に目指す仲間を募集中