



土木学会 月面建設技術シンポジウム

大林組の宇宙への取り組みについて

(株)大林組 技術本部未来技術創造部 川上

2023/3/16



01

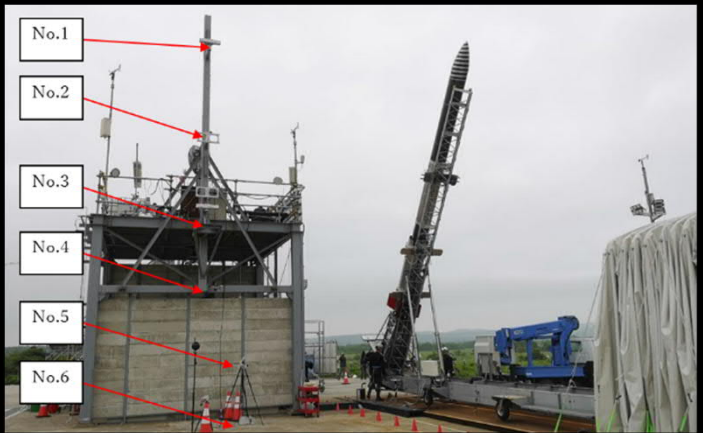
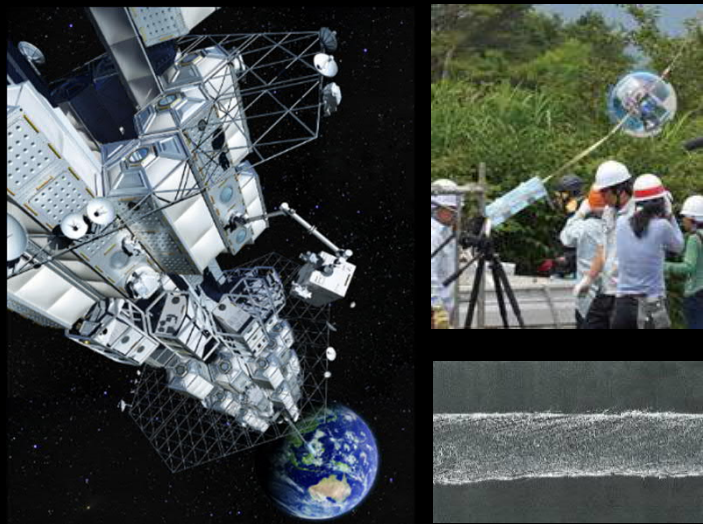
大林組の宇宙事業概要

大林組における宇宙への取組みの歴史

- ・ 1987年：月面基地構想発表
- ・ 1990年：マース・ハビテーション1構想発表
- ・ 1996年：宇宙都市構想発表
- ～
- ・ 2012年：宇宙エレベータ構想発表
- ・ 2016年：「宇宙開発に関する事業」を大林組の事業目的に追加
- ・ 2019年：宇宙をテーマとした研究開発を行う未来技術創造部が発足
- ・ 2021年～：国交省、経産省、農水省スターダストプログラムに参画

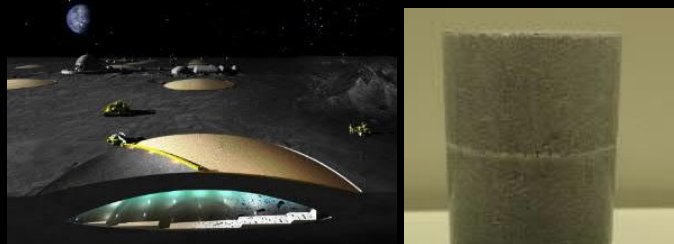
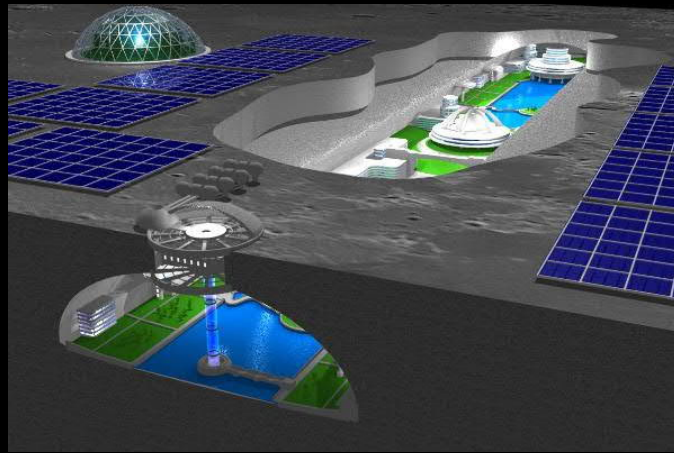


—宇宙へ行く—



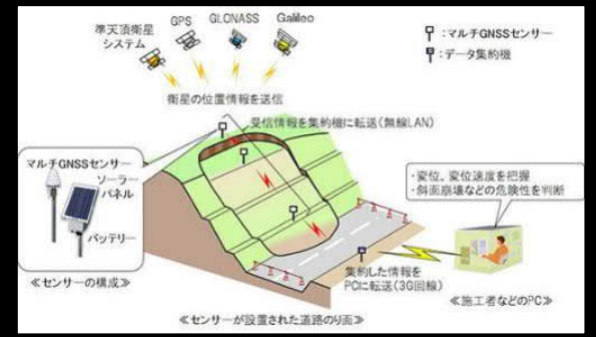
Go to Space

—宇宙に住む—



Live in Space

—宇宙を使う—



Use the Space

～宇宙へ行く～

- ・ 宇宙エレベータの研究開発

カーボンナノチューブのISSでの宇宙曝露実験

クライマー（昇降カゴ）の開発

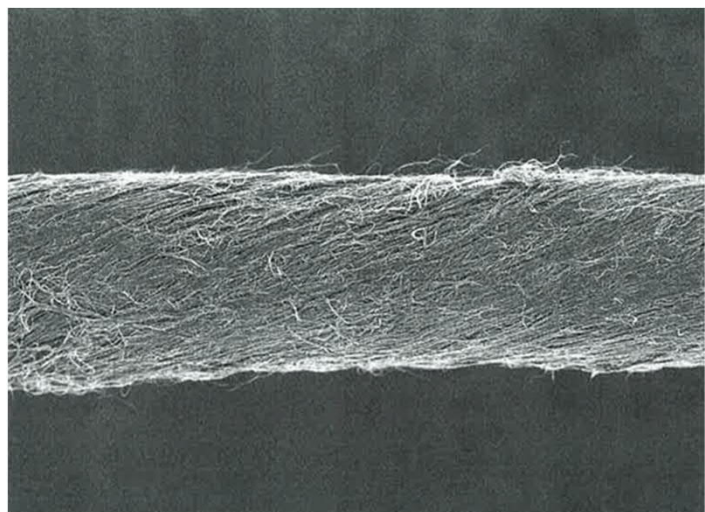
自然現象（風、雷など）の影響を研究

- ・ 射場の研究開発

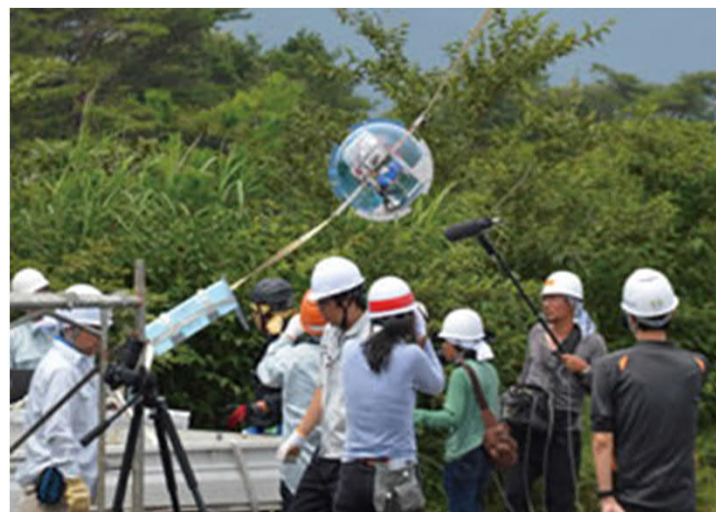
陸上・洋上・空中発射に関する実験実施



momo打上げ時の騒音測定



カーボンナノチューブ



宇宙エレベータチャレンジ

～宇宙に住む～

- ・ 月・火星基地建設

月の模擬砂を建材化

空気膜のインフレータブル構造の地下基地

展開構造物

- ・ 宇宙・循環型農業

閉鎖型循環施設

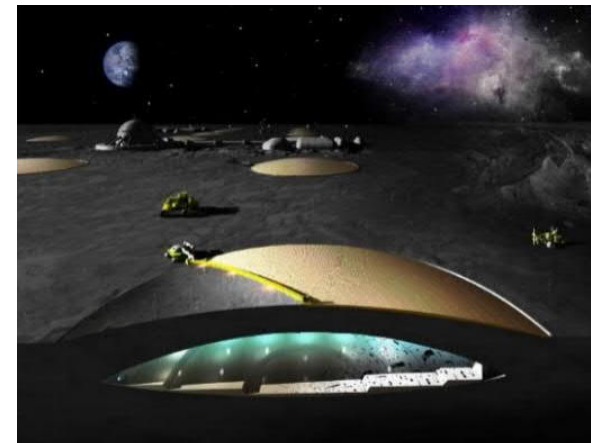
循環型農業

宇宙農業

- ・ 自動・自律・遠隔施工



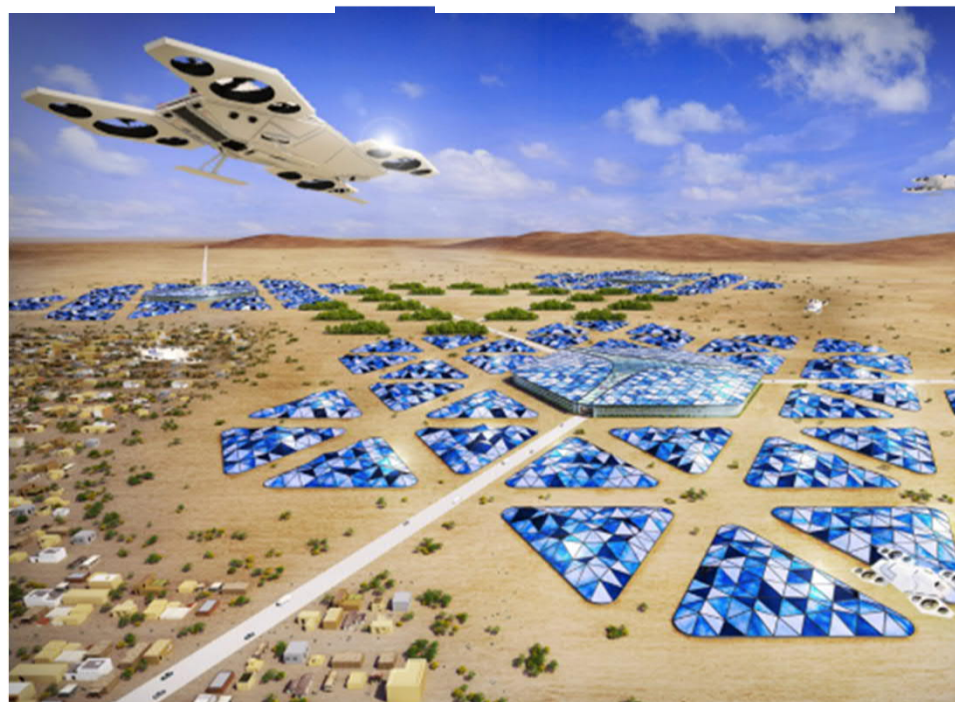
現地資材による建材製造



インフレータブル構造の地下基地



技研での3Dプリンターによる建屋建設



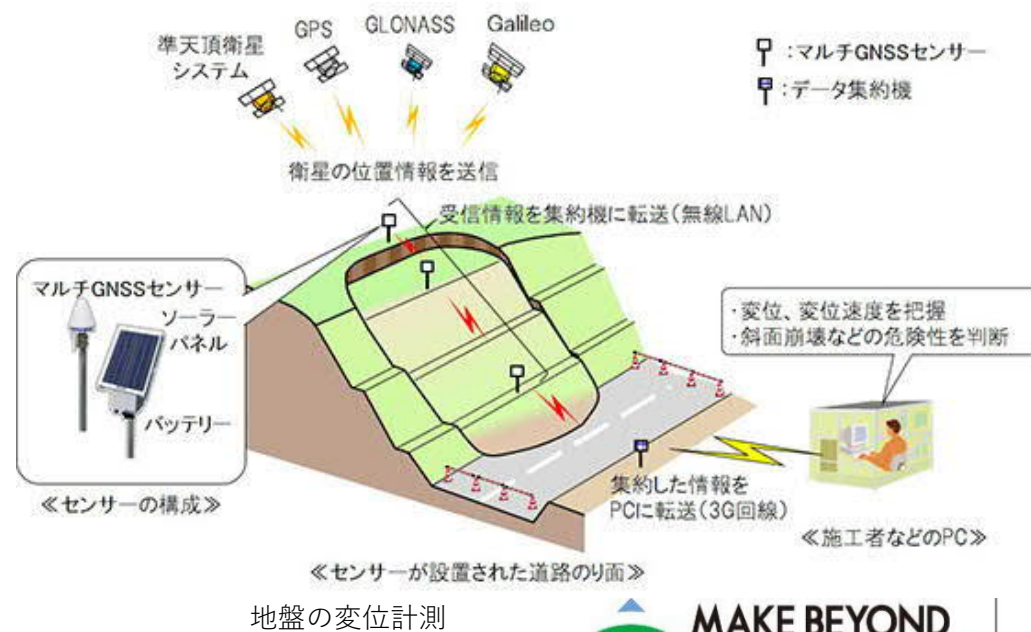
「COMPACT AGRICULTURE」 構想

～宇宙を使う～

- ・衛星測位（GNSS）による建機・ドローンの自動運転・遠隔操縦
- ・マルチGNSS地盤変位計測

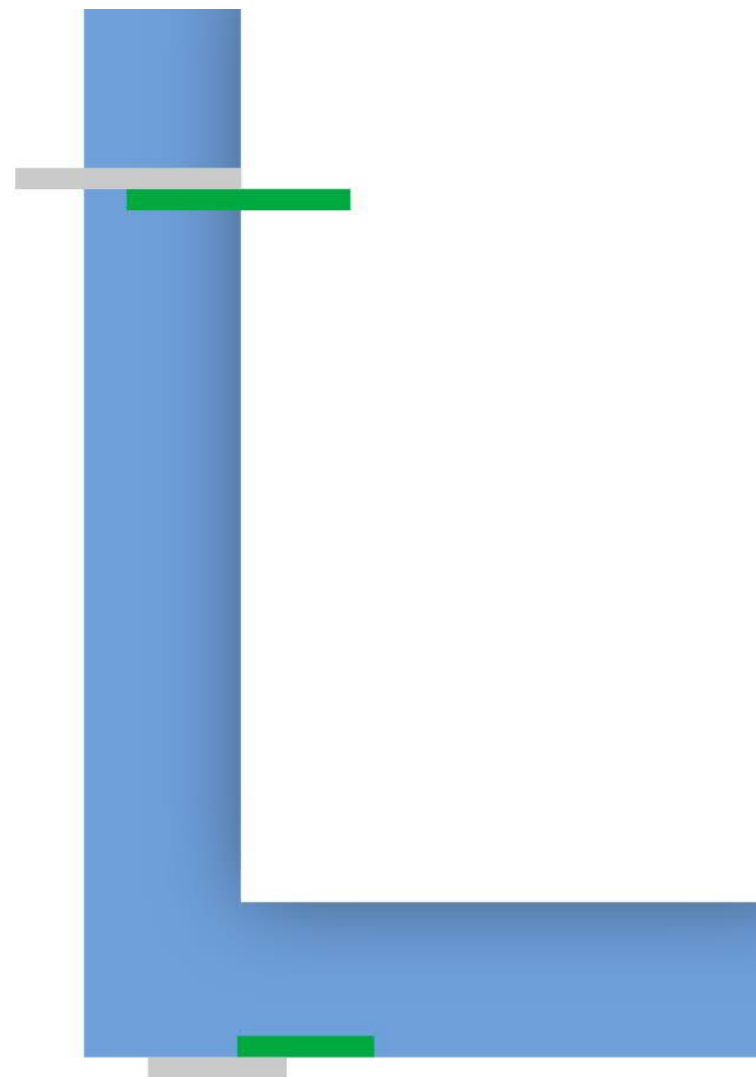
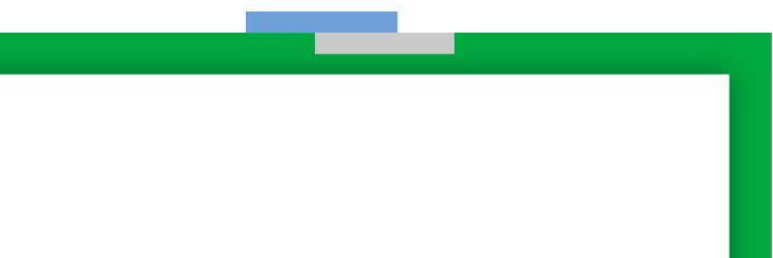


西日本ロボティクスセンター「インキュベーションスタジアム」

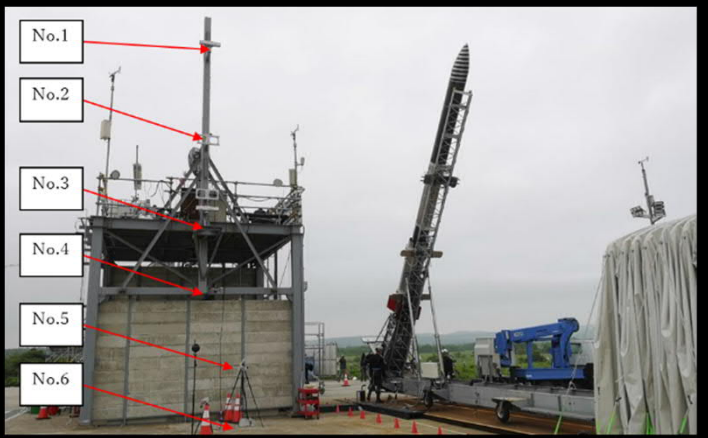
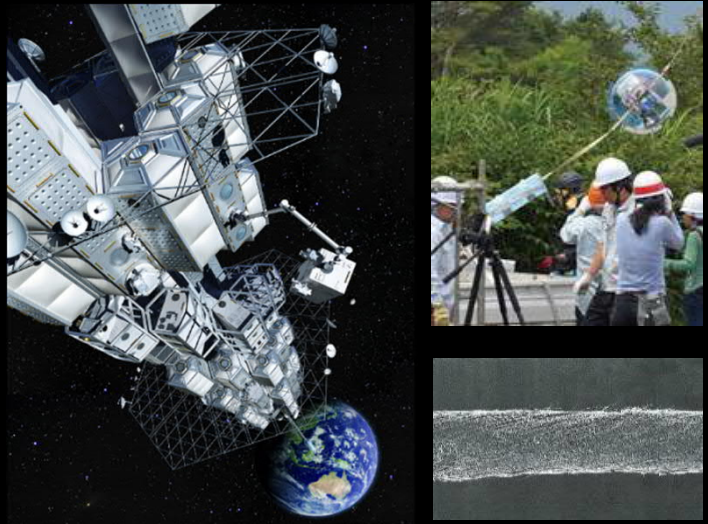


02

「宇宙に住む」への取組み

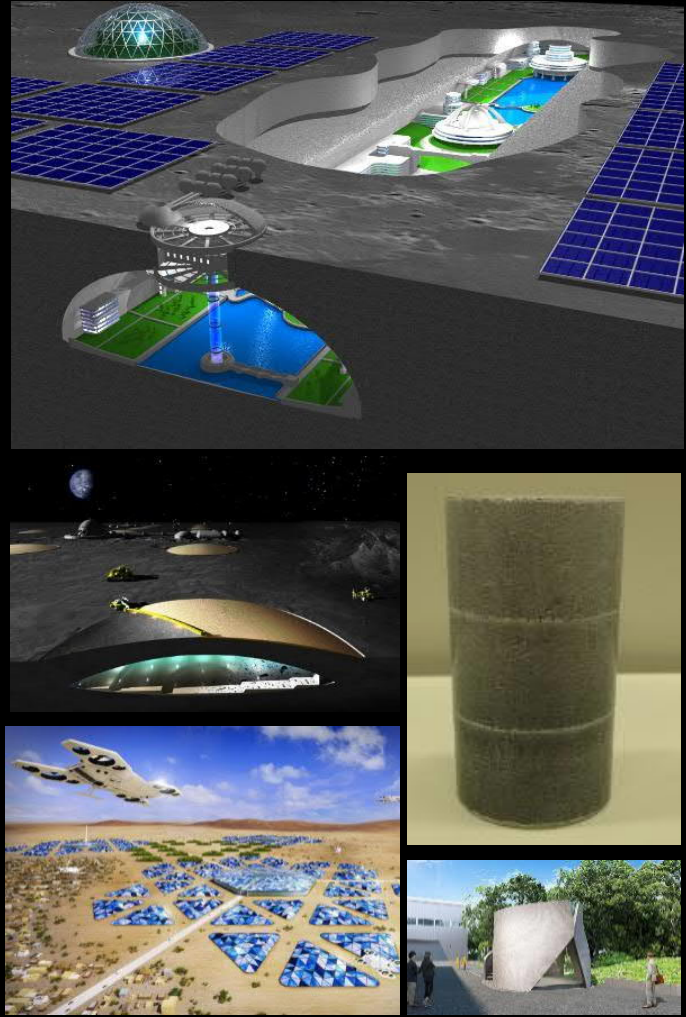


—宇宙へ行く—



Go to Space

—宇宙に住む—



Live in Space

—宇宙を使う—



Use the Space

月や惑星における地産地消建設材料の作製

月や火星の現地資材（砂）を用いた建材の製造技術の開発

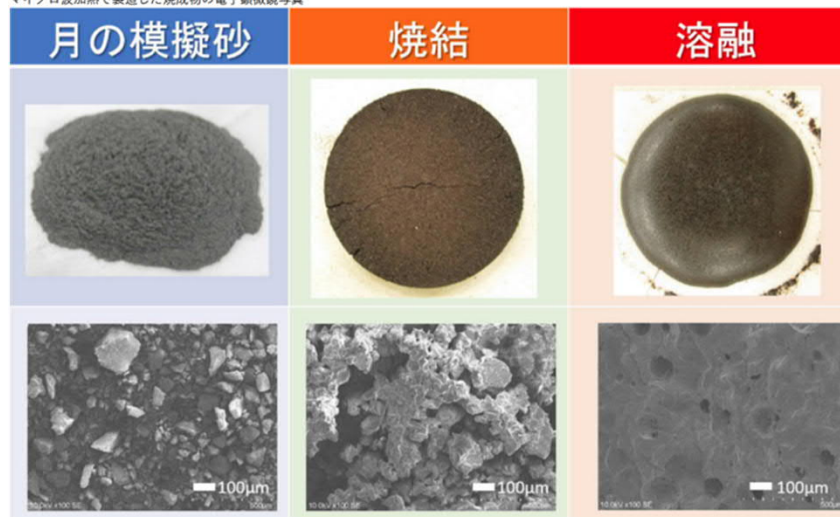
月では、砂を加熱して建材化。用途に応じて、レンガのような焼結物やガラスのような溶融物を温度の変化で製造する。

火星の建材製造法として、砂に粘土、水を加えて、常温のまま圧力を加えて製造を実施。



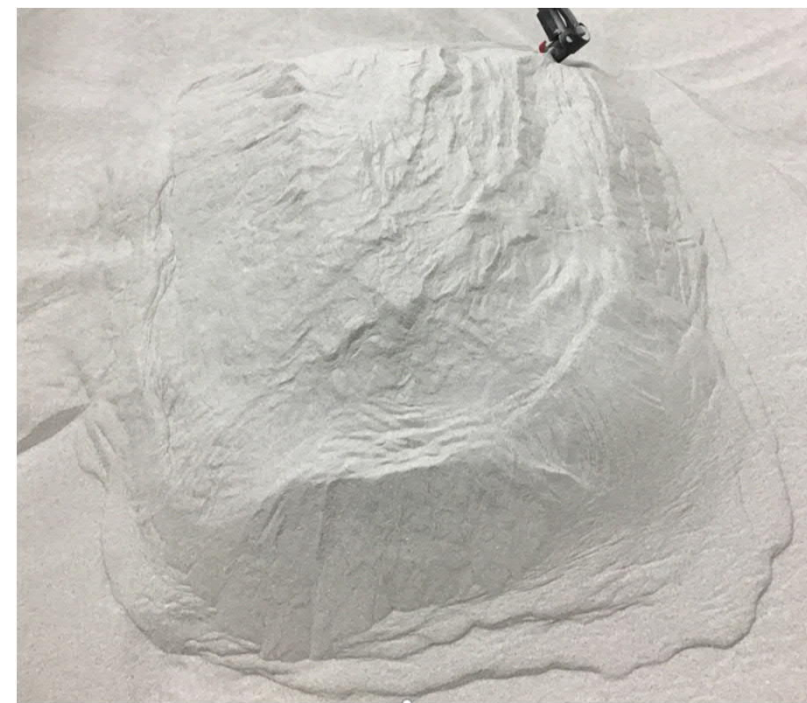
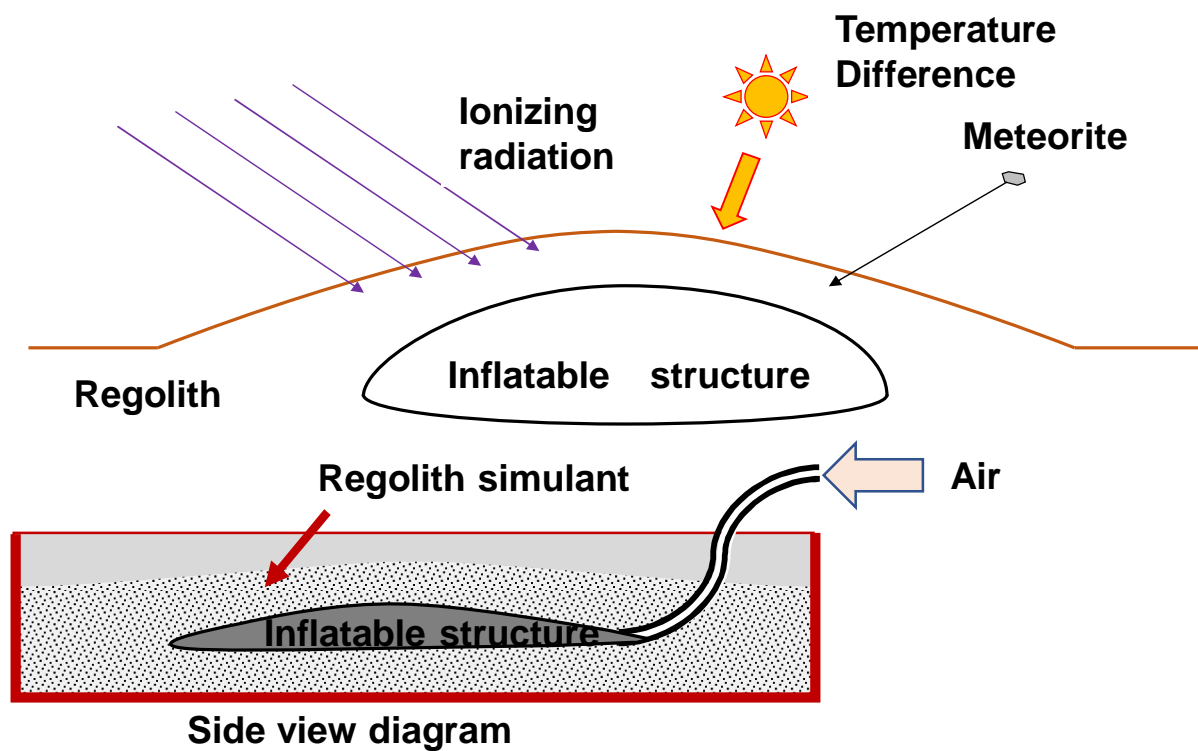
左：マイクロ波利用作製材料 右：コールドプレス法利用作製材料

マイクロ波加熱で製造した焼成物の電子顕微鏡写真



インフレーターブル構造

月面での、放射線、隕石、温度差から居住環境を防御するため、地中にインフレーターブル構造の空気膜を埋設し、空気で膨らませる実験を実施。



宇宙農業への取組み

TOWINGとの共同研究で月の模擬砂を用いた植物栽培に成功。

月の模擬砂から多孔体を製造して、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構が開発した人工的に土壌化を行う技術を活用し、多孔体を人工土壌化し、有機性廃棄物を用いてコマツナの植物栽培を行った。



写真1 月の模擬砂から製造された多孔体

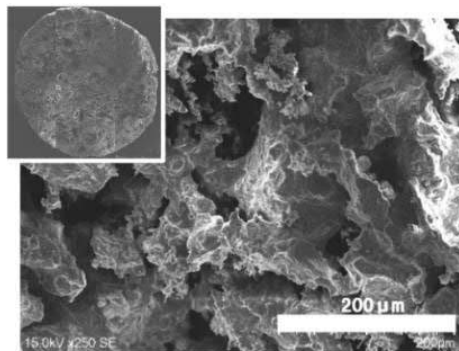


写真2 多孔体の電子顕微鏡写真



写真3 月の模擬砂から製造した多孔体を用いた植物（コマツナ）栽培

宇宙農業への取組み 2

明治大学との共同研究で、微小重力下での土壌中の水分の挙動（湿潤速度・透水係数）に関する試験を実施
月面での水分挙動の解明を目指す。



コスモトーレ



落下カプセル

03

宇宙開発利用加速化戦略プログラム (スターダストプログラム) での 大林組の月面開発への取組み

国土交通省「宇宙無人建設革新技術開発推進プロジェクト」*

宇宙無人建設革新技術開発推進プロジェクト2022



*宇宙開発利用加速化プログラム
(スターダストプログラム)の一環

令和4年度(2022年度) 研究開発一覧(継続、移行)

技術分類	技術研究開発名称	実施者 (〇代表者、共同実施者)	実施 Stage	
技術Ⅰ: 無人建設 (自動化・ 遠隔化)	施工 (掘削、積込等)	建設環境に適応する自律遠隔施工技術の開発 一次世代施工システムの宇宙適用	〇鹿島建設 宇宙航空研究開発機構、芝浦工業大学	R&D (継続)
	施工 (敷均し等)	自律施工のための環境認識基盤システムの開発 及び自律施工の実証	〇清水建設 ポッシュ	
	建設機械・施工	デジタルツイン技術を活用した、月面環境に適 応する建設機械実現のための研究開発	〇小松製作所	R&D (F/Sからの 移行)
	測量・調査	月面の3次元地質地盤図を作成するための測 量・地盤調査法	〇立命館大学 芝浦工業大学、東京大学、海上・港湾・航空技術研究所、 アジア航測、基礎地盤コンサルタンツ、ソイルロックアンドエン 지니어リング	
	輸送(調査)	索道技術を利用した災害対応運搬技術の開発	〇熊谷組 住友林業、光洋機械産業、加藤製作所、工学院大学	
	基礎(調査)	回転切削圧入の施工データを利用した、月面 建設の合理的な設計施工プロセスの提案と評 価	〇技研製作所	
技術Ⅲ: 簡易施設建設	月面インフレータブル居住モジュールの地上実 証モデル構築	〇清水建設 太陽工業、東京理科大学	F/S (継続)	
	月面における展開建造物の要件定義および無 人設置検討の技術開発	〇大林組 宇宙航空研究開発機構、室蘭工業大学、サカセ・アドテック		
技術Ⅱ: 建材製造	月資源を用いた拠点基地建設材料の製造と施 工方法の技術開発	〇大林組 名古屋工業大学、レーザー技術総合研究所	F/S (継続)	
	コア用・シェル用の3Dプリント技術の開発と高 強度梁の作製技術開発	〇早稲田大学 東京理科大学		

国交省のスターダストプログラムについて、当社は2021年度から、技術Ⅱ建材製造、技術Ⅲ簡易施設建築の2テーマに参画。

F/S・・・Feasibility Study 実現可能性の検証 【1年度間】

R&D・・・Research & Development 技術研究開発 【複数年度間】

国土交通省「宇宙無人建設革新技術開発推進プロジェクト」(技術II)

宇宙無人建設革新技術開発推進プロジェクト 2022

国土交通省 文部科学省

○技術分類: II 建材製造 ○ステージ: R&D(技術研究開発)

技術研究 開発名称	月資源を用いた拠点基地建設材料の製造と施工方法の技術開発	
実施者	代表者: 株式会社大林組 共同実施者: 名古屋工業大学、レーザー技術総合研究所	



月資源(レゴリス)を用いた
建材製造の技術開発を実施

【ねらい・概要】

月探査活動の拠点基地建設のための建設材料を、地球からロケットで運搬するためには莫大な費用を要する。そこで、**月レゴリス(ソイル)を原料**に、太陽光発電等をエネルギー源とし、**マイクロ波やレーザー等で加熱**して、**焼成物を現地で製造**し、これを**建設材料に利用**する技術のR&Dを実施する。

【実施イメージ】

本技術の優位性、建設材料の用途・要求性能の明確化
既往の研究成果、JAXA等の月探査計画・基地建設計画等にもとづき、本加熱焼成技術の優位性、製造する建設材料の用途と要求性能を明確にする。

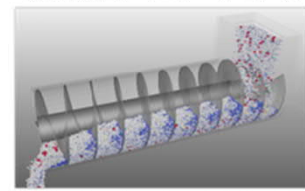
【用途例】

- ・ 運搬路の舗装材料
- ・ 月離着陸機の離発着場舗装材料
- ・ 居住施設防護層

月環境での適用性検証

真空中での製造方法の適用性の検証、材料の品質改善を検討する。

マイクロ波加熱用真空容器 レーザー加熱用真空中粉体搬送シミュレーション例



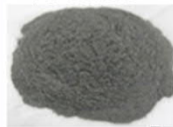
(出典:プロメテックソフトウェア)

【内容・ポイント】

本技術により製造する建設材料の月面探査活動における**用途と要求性能**、本技術開発が実現した際の**社会的効果**、さらに**類似技術に対する優位性**を明確にする。レーザーやマイクロ波等による加熱製造技術の**品質改善**を進めるとともに、**月面環境での適用可能性**を検証する。

建設材料製造技術の品質改善

月模擬砂

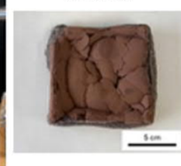


マイクロ波加熱法

マイクロ波加熱装置

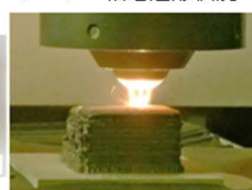


マイクロ波焼成物

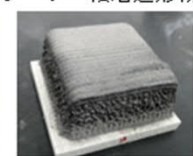


レーザー加熱法

レーザー積層造形状況



レーザー積層造形物



詳細はコチラをクリック

- マイクロ波とレーザーにより加熱し、レゴリスを焼結して建材製造する。

国土交通省「宇宙無人建設革新技術開発推進プロジェクト」(技術III)

宇宙無人建設革新技術開発推進プロジェクト 2022

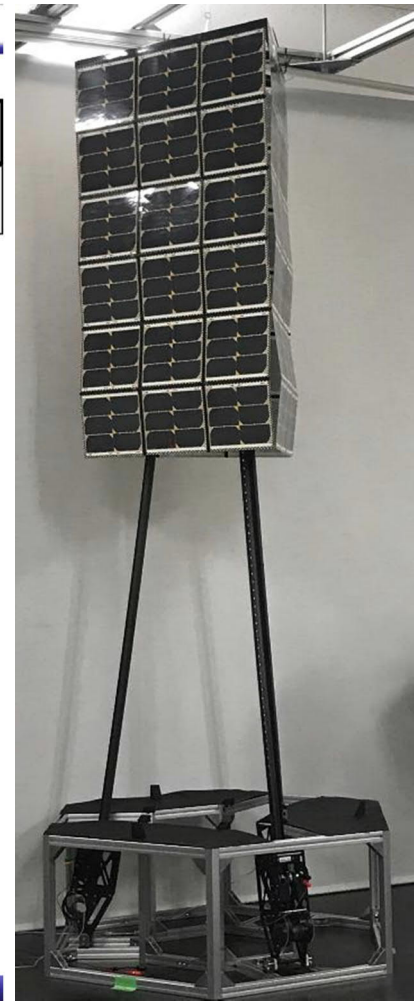
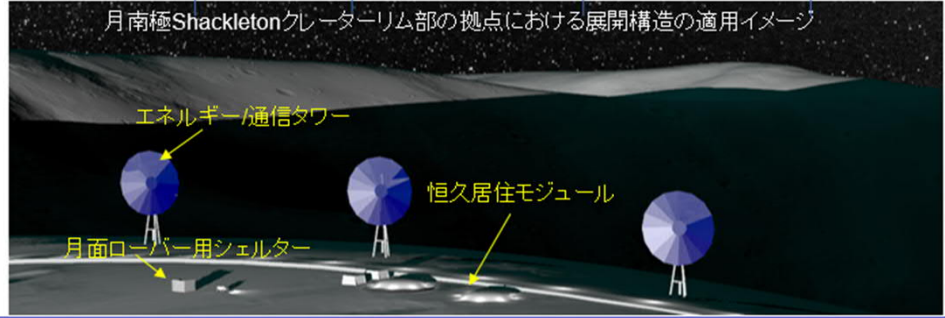
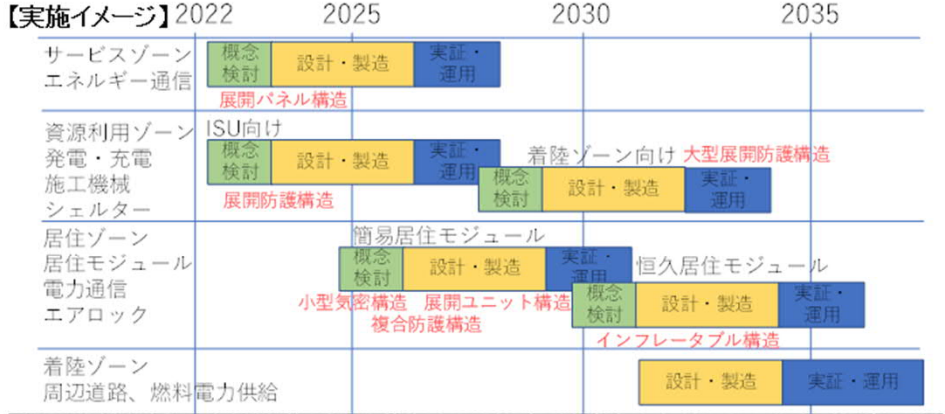
国土交通省 文部科学省

○技術分類: III 簡易施設建設 ○ステージ: R&D(技術研究開発)

技術研究開発名称	月面における展開構造物の要件定義および無人設営検討の技術開発
実施者	代表者: 株式会社大林組 共同実施者: JAXA 宇宙航空研究開発機構、室蘭工業大学、サカセ・アドテック

【ねらい・概要】
初期段階の月面基地建設では、資材輸送量の削減と現地建設作業の省力化が望ましい。本開発では、FS性の確認できた各種の自動展開構造技術の中から、無人・有人の各探査フェーズにおける需要をもとに、要求性能や設置方法を明確にしつつ、最も効果的な対象構造を選択して自動展開・無人設営のR&Dを実施する。

【内容・ポイント】
非与圧構造の防護シェルターや発電・蓄電ユニット等のインフラ機器ならびに与圧が必要な居住モジュールについて、将来的な月面等宇宙開発における活用の可能性と提案する技術研究開発が実現した際の社会的効果、あるいは類似技術に対する優位性の確認を含めた技術的革新性を明確にする。



非与圧ならびに与圧の自動で展開する構造物に関する技術開発を実施

- 展開構造物のBBMを製作(2022年度)

展開構造物BBM

経済産業省「月面におけるエネルギー関連技術開発（月面エネルギーシステム全体に関する技術課題整理）」*

上記事業内の電力WG、水素WGに参加

*宇宙開発利用加速化プログラム（スターダストプログラム）の一環

プロジェクト番号：R3-02

月面におけるエネルギー関連技術開発

担当当庁：経済産業省、総務省
連携省庁：文部科学省
(事業期間5年程度)

背景・必要性

- 我が国は2019年に米国提案のアルテミス計画への参画を決定。当該計画への参画に当たっては、民間事業者等とも協働しつつ、月・月以遠での持続的な探査活動に必要な基盤技術の開発・高度化を進めることとしている。
- 月面での宇宙飛行士の常時滞在、それに先立つ短期間の有人月面探査、居住施設の設置・建設等、月面でのあらゆる活動において、電力の確保・安定供給が必要となる。
- また、月の極域、永久影等のレゴリス土壌には一定量の水氷が存在すると考えられており、水氷から水を抽出し、月面離着陸機等の燃料(水素・酸素)等として利用することは、地球の資源に依存しない持続的な月面活動を可能とする上で重要である。
- 本事業では、こうした月面活動に必要なエネルギー関連技術の開発・高度化を進める。

事業の内容

- 月面活動におけるエネルギーの確保・供給に必要な技術の開発・高度化のため、以下の事業を行う。

①月面エネルギーシステム全体に関する技術課題整理

月面での発電、蓄電、送電(無線電力送電等)を含む電力供給システムや、エネルギーとしての水素の確保・利用のためのシステム等、必要なエネルギーシステムの全体構造について実現可能性を検討し、将来的に開発が必要とされる要素技術等について整理する。

②テラヘルツ波を用いた月面の水エネルギー資源探査技術開発

テラヘルツ波による水・氷検出の有効性の検証、複数周波数対応センシング機器の開発、軌道上データ処理技術を開発するとともに、小型衛星への搭載、月面における水資源探査の実証を検討。

③月面利用を見据えた水電解技術開発

水を電気分解して水素と酸素を生成する水電解装置について、

 - ・月面での活用を見据えた水電解装置の開発(小型化、軽量化、真空・放射線試験等)
 - ・月面等の低重力下で正常に作動する気液分離機構、ガス排出機構等の技術開発を行う。

④無線送電技術開発

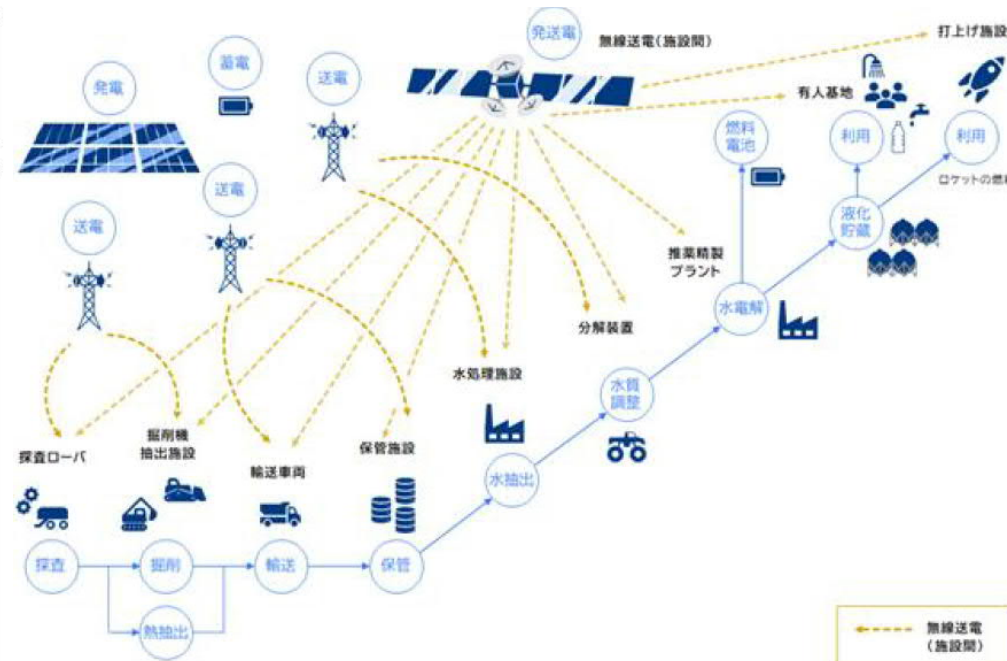
月周回軌道から月面への無線エネルギー伝送技術の確立に向け、超長距離無線伝送の可能性を確認するための技術開発・実証実験等を実施する。

各省の役割

- 経済産業省：月面エネルギーシステム全体に関するF/S、無線送電技術及び水電解技術開発の実施
- 総務省：水資源探査技術開発の実施
- 文部科学省：JAXAの専門知識を含め、ニーズ等に係る要求・技術的助言

予算配分額

- 令和3年度(当初)配分額：2.2億円(経産省)、2.2億円(総務省)
- 令和3年度(補正)配分額：2.4億円(経産省)、9.0億円(総務省)
- 令和4年度(当初)配分額：5.5億円(経産省)
- 令和4年度(補正)配分額：2.8億円(経産省)、17.4億円(総務省)



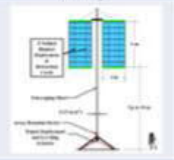

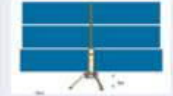
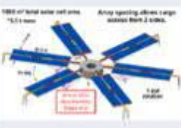


令和3年度宇宙開発利用推進研究開発（月面におけるエネルギー関連技術開発（技術課題整理））報告書より

経済産業省「月面におけるエネルギー関連技術開発（月面エネルギーシステム全体に関する技術課題整理）」水素WG・電力WG

- ・水素WGで当社は水素製造に関連する施工について検討を実施
- ・電力WGで当社は月面設置発電システム(主に太陽光発電)に関する検討を実施

項目	手法	手法詳細	技術的対応	課題	実現性	備考	
構造物による対応	現地盤をそのまま活かす	レゴリスを撤去せず平滑にして構造物設置	構造物自体で地形の不陸や支持に対応	構造物の剛性、可塑性の検討が必要	○	装置・機器を決定し、その容器になる構造物を決定配置を決定しネットワークを検討上記の手順で構造物を想定し構造物自体で地盤の不陸などに対応できるかの検討が必要	
		フローティング基礎	基礎面積を大きくし接地圧を低減		○/△	地盤に対する対応は容易になるが、構造物の総容量が大きくなりロジスティクスの面で不利か？	
		支持杭による構造物設置	支持杭の施工	杭材が必要	△/○	地盤の不陸等はそのまま受け止められるが、杭打ちが可能かの検討(重機も含む)が必要ただし軽微な杭ですむ可能性あり	
土木施工的対応	基板掘削後に構造物設置	レゴリスを基本的に除去し岩盤を露出		掘削深さが大きくなる可能性大	△/○	基盤露出にどの程度の掘削が必要か不明構造物の安定および構造物保護(掘削土での埋戻し)を考えると有効な案になり得る	
		レゴリス改良(地盤改良)	化学的な地盤改良(固化)	セメント系、石灰系、ウレタン系 ¹²	地盤改良材が必要	△	改良材と現地施工(重機の開発も含む)が必要
		レゴリスを転圧/締固め構造物設置	物理的な締固めによる改良	薄層転圧またはコンパクションパイル	締固め工法による効果が未知強度・耐久性が課題	△/○	締固め効果は不明レゴリスの深層締固めで有効な可能性もあり、その場合は経済的に有効締固め機器の開発は必要

名称	①月面発電タワー	②Solar panel articulation	③Relocatable Solar Array	④Angled ROSA	⑤Horizontal ROSA	⑥Solar Array with Storage(SAWS)
図						
特徴	インフレーター展開方式によるタワー月着陸機上搭載	太陽を追尾型4自由度	展開可能で再配置可能な自立型吊下式ソーラーアレイ追尾型	NASAのROSA(Roll out Solar Array)を組み合わせた形。1軸追尾式。		(参考)火星向け
発電容量	1134W		10kW	176 kW	176 kW	340kW
サイズ	全高18m		高さ16m	35m × 22mH	39m × 20.5m	ソーラー部 22.5m × 7.4m × 6
質量	105kg		120kg	4,000kg	4,000 kg	
想定場所	極	南極	南極	南極	南極	(火星)
備考	アンテナ機能傾斜対応可能		15°の傾斜に対応可能	直径4.5m以内に収納可能		
発表年	2008	2008	2021	2019	2019	2017
文献名	宇宙インフレーター展開方式による月面発電タワー構造、樋口@JAXA他	A Lunar Surface Operations Simulator	Relocatable 10 kW Solar Array for Lunar South Pole Missions	ARCHITECTURAL DESIGN CONSIDERATIONS FOR A Solar Arrays: ROBOTIC POWER INFRASTRUCTURE ON THE MOON Part 2 (Power Performance)		Mars Surface Solar Array: Power Performance

令和3年度宇宙開発利用推進研究開発（月面におけるエネルギー関連技術開発（技術課題整理））報告書より

農林水産省

「月面等における長期滞在を支える高度資源循環型食料供給システムの開発」*

「小課題1 高度資源循環型食料供給システム開発」の内、月の模擬砂、多孔体の製造に関して担当

月面等における長期滞在を支える高度資源循環型食料供給システムの開発 (R3予算3.1億、事業期間5年程度)

【目的】人類が月面等に長期滞在し、持続的な活動を行う際に必要となる、QOLを重視した高度資源循環型食料供給システムを構築する。

小課題1 高度資源循環型食料供給システムの開発

目標 高水準の食料生産効率や資源再生効率等を実現

①食料生産
 ・人間の健康維持に必要な栄養素の大部分を満たすことのできる**8種の作物の生産**を可能とする栽培システムの実証モデルを開発
 (イネ、ダイズ、トマト、レタス、キュウリ、イチゴ、ジャガイモ、サツマイモ)

・閉鎖栽培空間に対応した人工土壌等の栽培技術の開発及び栽培条件の最適化

・ゲノム編集等による矮化や結実性の向上、良食味など閉鎖空間での栽培に必要なスペックをもつ**品種の育成** (イネ、ダイズ、トマト)

・高効率な微細藻類及び培養肉の生産システムの開発
 →培養肉の培養必須栄養の供給も可能に

②資源再生
 ・食品残渣・糞尿からのメタン発酵等を用いた**資源再生システム**の開発



小課題2 QOLマネジメントシステムの開発

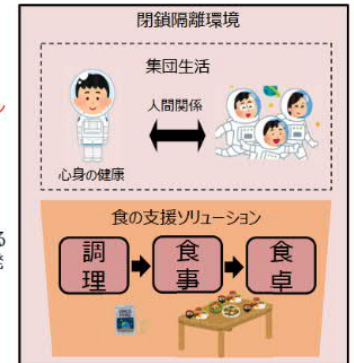
目標 閉鎖隔離環境での集団のQOLをマネジメントするシステムの実現

①QOL観測・計測システム
 個人の心身健康や集団生活(チーム)の人間関係などの状態把握をフリクションレスで継続的な**計測・観察システム**の実証モデルを開発する。

②食の支援ソリューション
 長期滞在における、チームのQOL維持・向上に貢献する「食」の支援ソリューションを開発する

・栄養と嗜好性に配慮した長期献立メニューと食料供給プランを策定

・食事や食体験の選択肢をレコメンドする**食のサポートシステム**の実証モデル開発



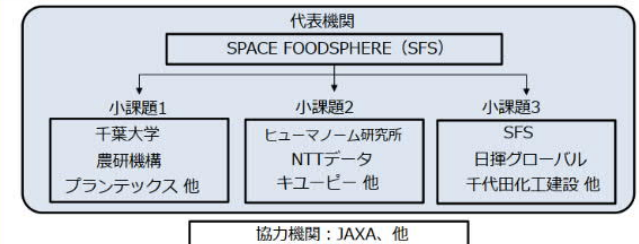
小課題3 共創型実証基盤の設計等

目標 小課題①と②の成果の統合的実証を可能とする共創型の閉鎖実験施設の設計等を完了

・小課題①②の統合システム実証が可能な月面基地と同等規模の想定にて4人が滞在可能な**閉鎖実験模擬施設を設計**

・1/6重力や宇宙放射線の影響を検証可能な**宇宙実験モジュールの設計及び試作開発/初期試験**

研究実施委託機関



* 宇宙開発利用加速化プログラム (スターダストプログラム) の一環

OBYASHI 

MAKE BEYOND
つくるを拓く

