

地産地消（資源利用）技術の 課題とハブの研究事例

発表者：金森洋史

JAXA 宇宙探査イノベーションハブ
領域インテグレーター

地域生産地域消費

適用条件

- 物資の移動に伴うコストや環境への負荷が効果的に低減できること.
- その地域における需要と供給がバランスすること.

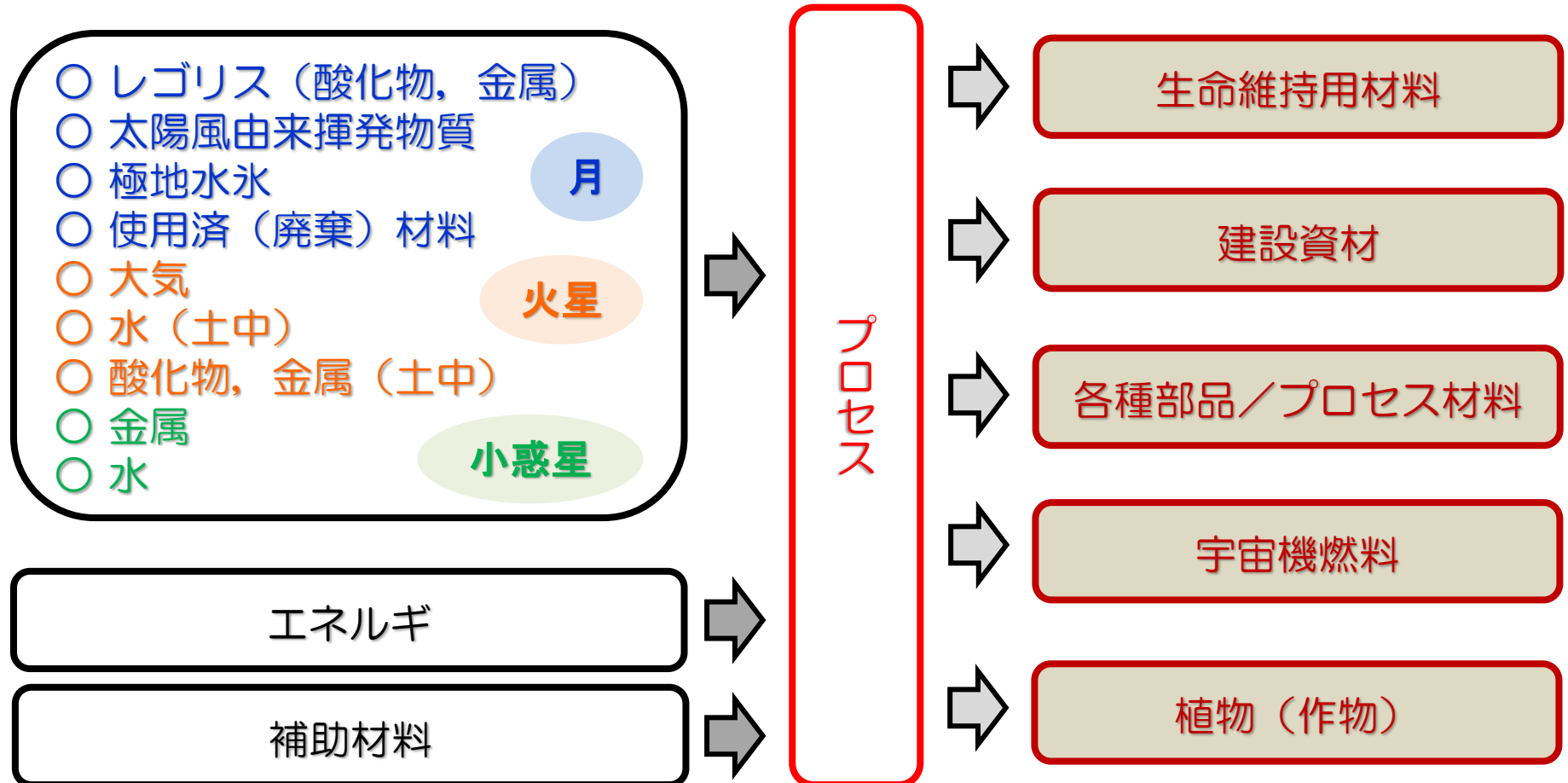
地産地消の必要性

◆ 地球から月面までの運搬コスト：約 1 億円/kg

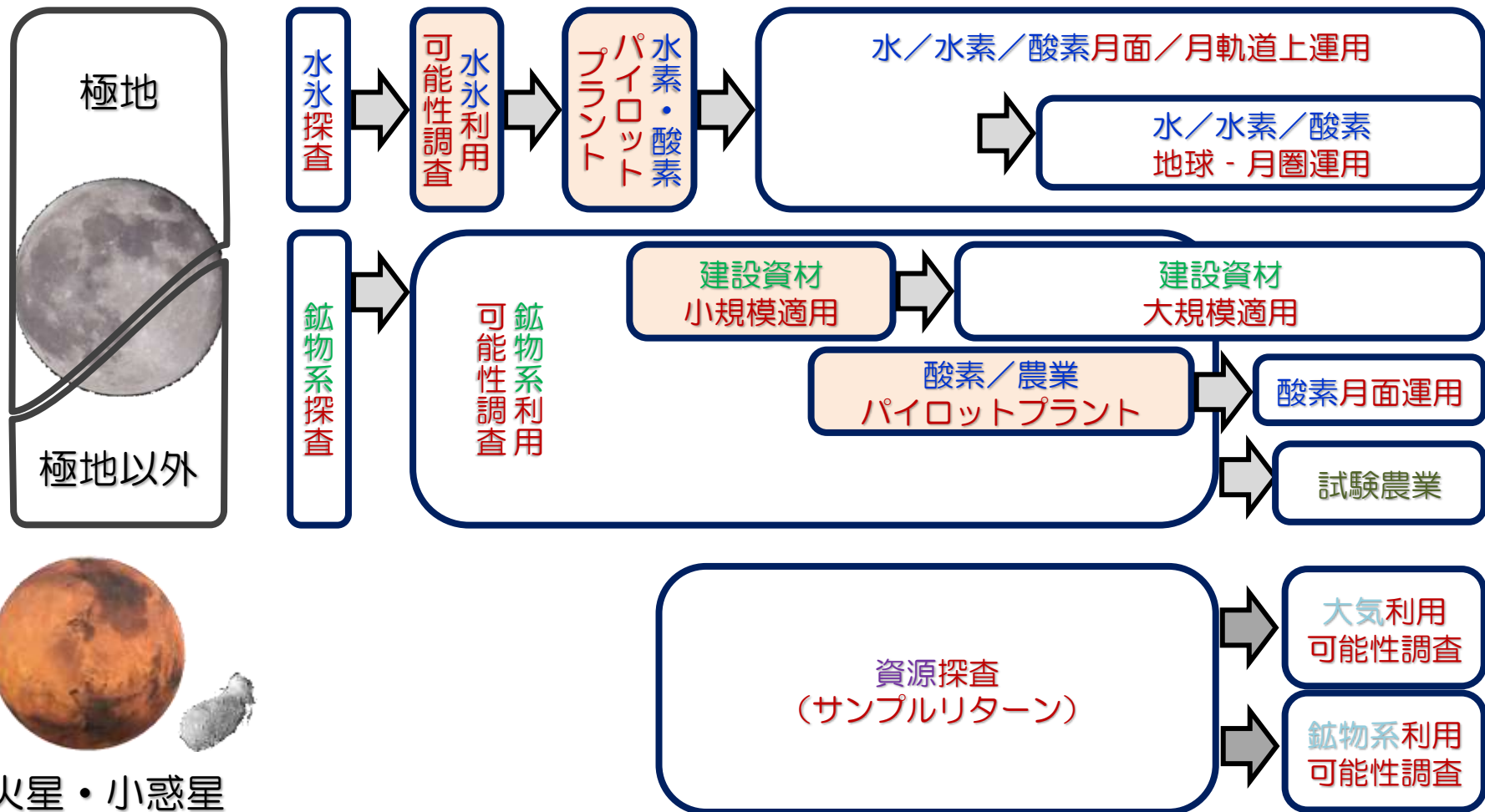


コンクリートブロック
(10 × 19 × 39 cm)
1 個：10.3 kg = 約10 億円

宇宙資源物質の利用



宇宙資源物質の利用シナリオ例



地産地消の主な構成技術

共通技術	エネルギー 防塵・除塵 熱設計・制御 自動化システム
センシング	測位 地盤特性 探査（場所・量・質）
ハンドリング	掘削（切削） 資源採取（採掘） 表面搬送 投入 原料貯蔵

赤字：RFP①～⑥テーマの実施項目

緑字：「自動・自律」技術

青：共通技術

プロセッシング	分級・分離・精製 加熱・冷却制御 分離・抽出 化学反応 電気分解 固化 成形 高純度化 複合材化
利用・再利用	組立・接合 貯蔵 分別
再利用・廃棄	リサイクル
農業	栽培 環境システム 物質循環

地産地消関連の 設定課題例紹介

地産地消の課題設定

RFP①	RFP②	RFP③	RFP④
• 水氷のセンシング技術の研究 • 月面における建設資材の現地生産技術 • 資源利用プロセス技術の研究	• 高感度・高精度ガスセンサ • 水の効率的な分離技術 • 資源利用プロセス技術の研究	• 資源利用プロセス技術の研究 • 植物生産へ適用可能なタンパク質素材の開発 • 月面農場を想定した新しい農作物の栽培実証	• 未利用資源の活用技術の研究 • AM(Additive Manufacturing)技術 • 月面農場を想定したドライフォグを用いた節水型植物栽培システム • 穀物に頼らないコンパクトなタンパク質生産システム • 月の現地資源を利用する技術 月レゴリスの熱容量を利用した温度差発電

赤字：課題解決型 / 青字：アイデア型

地産地消の課題設定

RFP⑤

- 高感度・高精度な可搬型の揮発性物質センサ
- 資機材の効果的なリサイクル技術の研究開発
- 資源利用プロセス技術の研究
- ロボット技術等を用いた高効率食料生産システム
- 植物残渣のリサイクル技術

赤字：課題解決型 / 青字：アイデア型

地産地消の課題設定

RFP⑥

- 小型・可搬型の地下水分センサ
- 大気中及び閉鎖空間における低濃度CO2の高効率な回収・貯蔵・利用技術の開発
- 資源循環社会に向けた自立循環型水耕栽培システム
- 新たな3Dプリンティング技術
- 現地の資源や不要物を効果的に利用するプロセス技術
- 現地資源や不要物を用いた放射線遮蔽材料技術
- 水資源リサイクルのための殺菌技術
- 果菜類収穫自動化のための実用化技術
- 持続的かつ地産地消型の食料生産を目指した藻類等・動物細胞リサイクル培養システムの構築
- CO2の高度利用に資する電気化学的アミノ酸合成プロセスの研究
- 次世代分光技術を利用した高精度・リアルタイム・簡便なガス分析の研究開発
- 宇宙トイレにおける便の集結・移送技術に関する研究
- 艤装性に優れた高性能・MLI技術
- 推薬液化エネルギーを低減する冷凍技術の研究開発
- ボイルオフガスおよび冷凍機の活用による推薬貯蔵システム効率向上化の研究
- 液化水素流量計測技術
- 複合材等による液体酸素、液体水素貯蔵系の軽量化

資材系

農業系

有人系

極域系

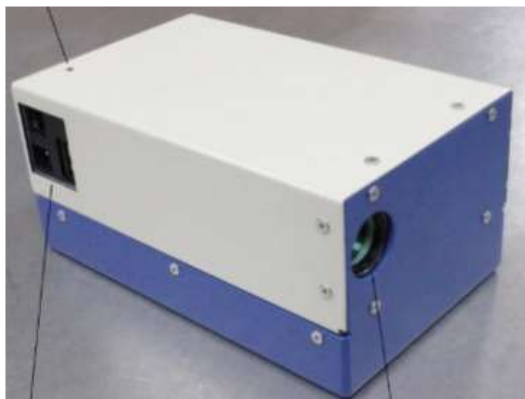
赤字：課題解決型 / その他：アイデア型

既往の研究例概要

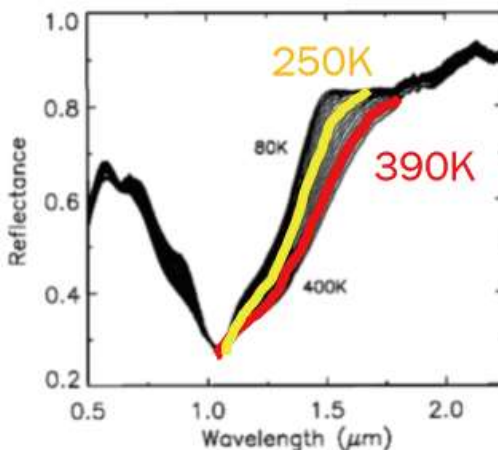
小型2次元イメージング分光器の開発による 水氷センシング技術の研究

センテナリア，大阪大学

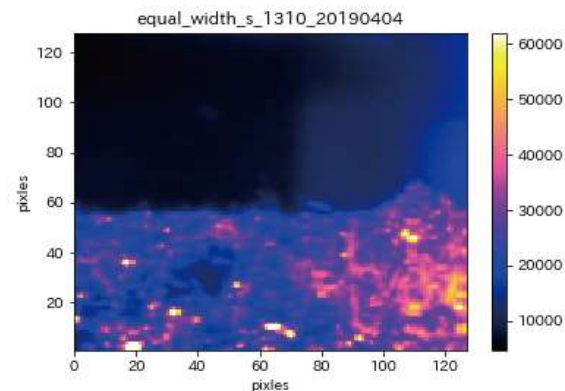
- 小型軽量化試作機の開発
- 月面の氷探査を模した低温下における観測
- 地上の積雪観測での適用



試作機
(163x99x75mm, 1.5kg)



温度による
スペクトル変化



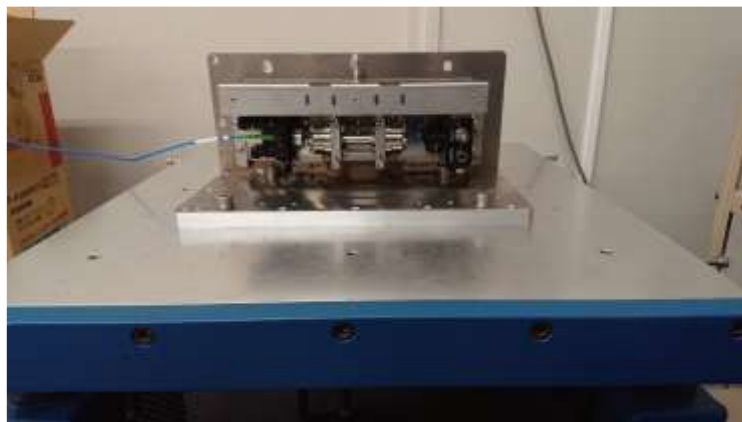
積雪観測画像の例

ガス中微量水分計の小型・軽量・ロバスト化 技術の研究

神栄テクノロジー，産業技術総合研究所，大阪大学，茨城大学，鹿児島大学

【目的】

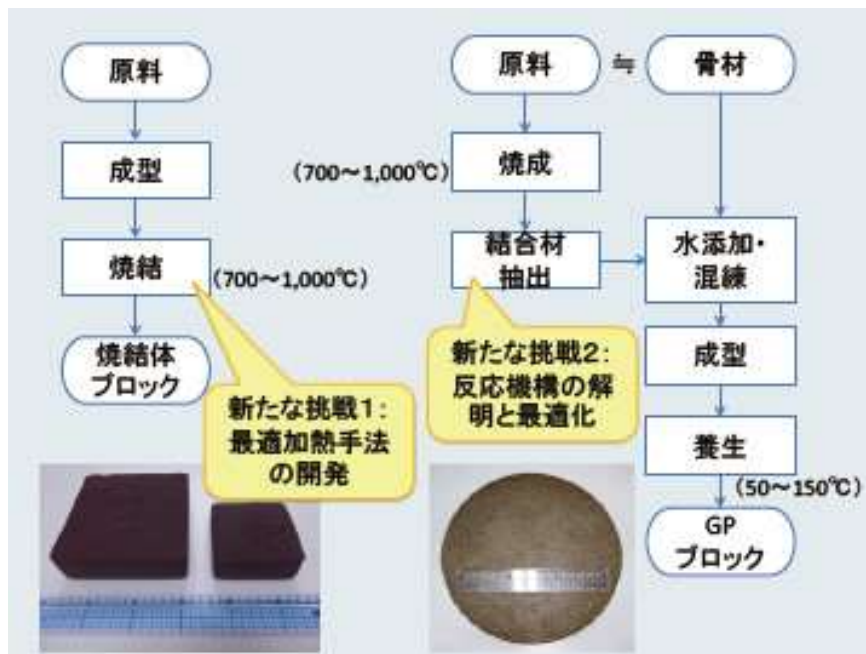
月惑星探査における水氷等の揮発物質の分布および濃度を把握するとともに，地上用途としてppbレベルの微量ガス測定のニーズに対応できる小型・軽量・ロバストなセンサを開発する。



CRDS（キャビティリングダウン分光法）センサ
（振動試験中）

現地資源からの建設資材の製造システム

三菱マテリアル、北海道大学、山口大学、大林組
有人宇宙システム、IHI、IHIエアロスペース



	焼結体	ジオポリマー固化体
メリット	●水を使うコンクリートに比べ工程が簡単 ●現地材料のみで製造可能	●製造工程におけるCO₂排出が少ない ●強度、耐酸アルカリ性、耐熱性に優れる ●長寿命
デメリット	●高温処理が必要 ●厚いブロックでは時間がかかる。	●少量の水が必要 ●焼結材と比較して工程が複雑
研究対象	●製造の最低温度(エネルギー)の測定 ●焼結時間が最適なブロック厚の算出	●合理的な新規GP製造手法の開発 ●製造の最低温度(エネルギー)の測定



砂や火山灰の形成技術の研究

モルタルマジック



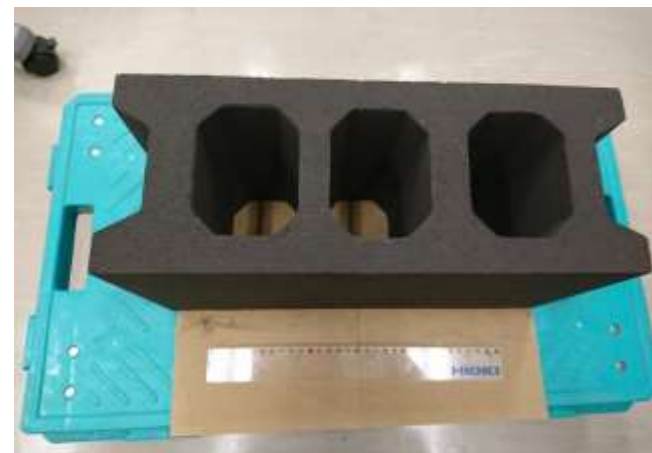
強度試験後の試験体



簡易強度試験装置

基本性能試験

- ① バインダ材の混入率を変えてベース試験体を形成
- ② ベース試験体表層に各種トップコート塗布し特性を把握



月土壤の水素還元システムの構築 —低品位原料の工業的利用を目指して—

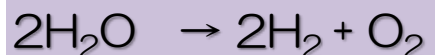
九州大学，若狭湾エネルギー研究センター，ヒロセ・ユニエンス

＜研究背景＞

月面基地建設のために

月土壤 $\Rightarrow$ 水 $\Rightarrow$ 酸素

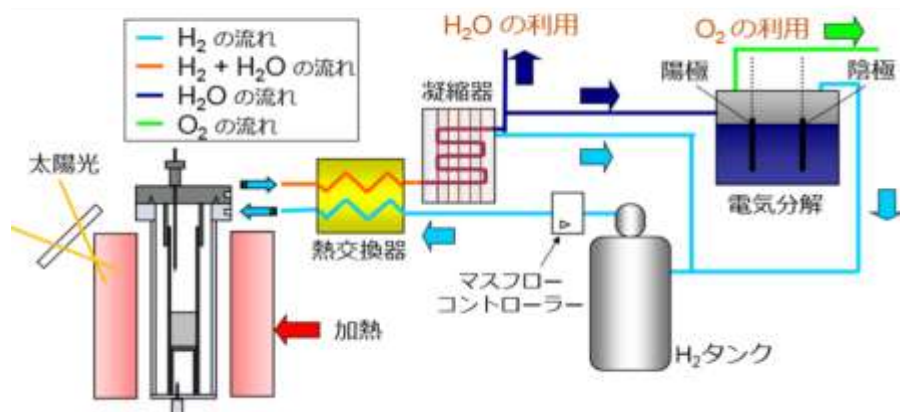
月の鉱物 $\rightarrow$ H_2O



＜研究目的＞

月資源の水素還元により水の製造プロセスを検討する

システム全体図



＜水素還元とは＞

還元とは電子を受け取る反応
還元剤＝相手を還元させる物質
(自身は酸化)



難還元性酸化物の水素還元システムによる 機能性材料の製造

九州大学, H4, 超微細科学研究所

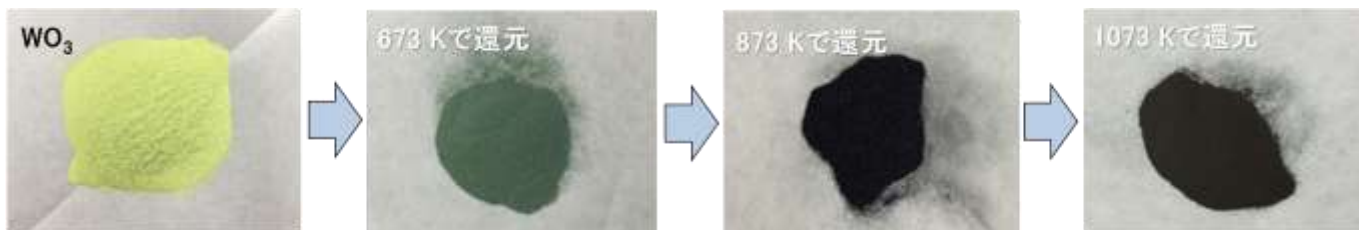
【目的】

酸素欠損型酸化物による半導体素子の製造方法についての検討を行い事業化へのプロセスを開発すると共に、月面における酸素製造プロセスを開発する。

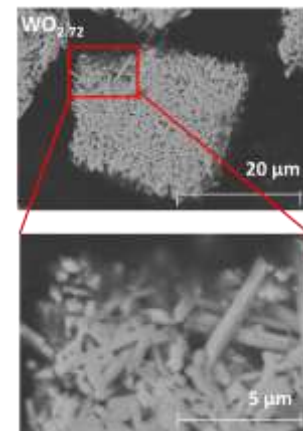
【内容】

- 各種酸素欠損型酸化物の製造に関する還元反応条件の把握
- 回転炉による製造検討

還元状態の比較



格子欠陥の状況

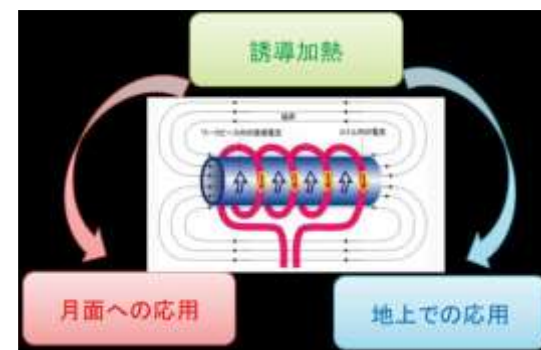


AM技術による舗装の構築・修復に関する 研究開発

ニチレキ

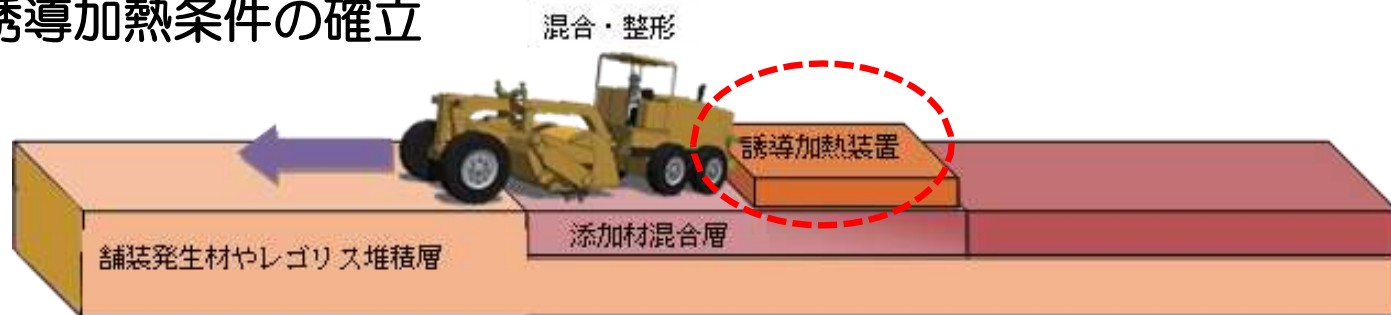
【目的】

誘導加熱によって月面レゴリスから舗装路面を
製造する技術の開発ならびに地上における舗装
再生工法の実現



【内容】

- ① レゴリスと混合する最適な金属化合物の選定
- ② レゴリスと金属化合物の混合条件の確立
- ③ 最適な誘導加熱条件の確立



地産・地消型探査技術課題テーマ

2021.3

赤記は今回の重点的募集テーマ、青字は以前から重点的に募集しているテーマ

中テーマ	小テーマ	関連キーワード
(1) 資源探査システム 月・火星の資源の分布、存在量、形態を観測するシステム	① 月や火星の表面・地下の水氷(揮発性物質)や鉱物等の資源を観測する技術	ガス分析センサ、質量分析、熱重量分析分光カメラ、鉱物検知、中性子センサ、 ハンディ化、可搬化
	② 自動走行による上記観測の実施	自動制御、自動走行観測システム
(2) 現地資源利用システム 月・火星探査に必要な物資を現地で生産するシステム	① <u>3Dプリンタ等を活用して現地物質から多種多様な製品を製造する技術</u>	<u>AM技術、3Dプリンタ、革新的な製造手法</u>
	② 表土を使った構造物、水・酸素、鉄、ガラス等の生産	効率的な化学的・物理的処理プロセス技術
	③ 原料の効率的な処理技術	掘削、革新的ハンドリング技術、貯蔵、分離、分級、精錬、濃集
	④ <u>資源利用システムにおいて発生する熱を効率良く利用するシステム</u>	<u>掘削、運搬、各種プロセス等で発生した余剰熱を効率良くマネジメントする技術</u>
	⑤ 生産システムの高度化	コンパクト化、可搬化、省力化、高効率化、軽量化
(3) 資源再利用システム 月・火星でのリユース・リサイクルシステム	① <u>不要となった着陸機やその部品をリサイクルするシステム</u>	<u>再利用を考慮した設計、CFRPやチタンなどの効率的再利用技術</u>
	② エネルギー技術	燃料再生、革新的蓄電池、燃料電池
(4) 月面農場システム 食糧の現地生産を実証するシステム	① 食料用植物の栽培システム	日照・温度制御、閉鎖循環システム、エネルギー効率、摂取カロリー最大化
	② 栽培、収穫の機械化、自動化	ロボット技術、モニタリング技術 、センサー、環境維持管理
	③ リサイクル	水や肥料の再利用、無菌砂、メタン発酵、 微生物環境の制御 、養液殺菌、CO2吸着・ 再利用

地産地消研究のポイント（宇宙）

- ◆ 現地資源および環境情報の取得
 - ◆ 水・氷・揮発物質・種々鉱物などの量と質
- ◆ 限られたエネルギー／資源物質への対応
 - ◆ 高精度なセンシング
 - ◆ 高効率なプロセス（最小限の地球依存性）
- ◆ 宇宙環境の影響把握
 - ◆ センシング・プロセス・製品特性等への影響



- ◆ 経済性
 - ◆ 初期投資 ⇔ 利用効果

地産地消研究のポイント（地上）

- 既存の製品・技術に対する優位性を示す
 - ＞これまでに無い性能・価値
（小型・軽量・物性・・・）
- 既存手法の課題解決への有効性を示す
 - ＞低コスト／低環境負荷／低損失
 - ＞他センサ／他製品／他プロセスへの展開性

ご清聴ありがとうございました

<http://www.ihub-tansa.jaxa.jp>