

スターダストプログラム 「月面におけるエネルギー関連技術開発（水電解技術開発）」 成果報告

委託事業者：高砂熱学工業株式会社

令和8年 7月 14日

環境クリエイター® TakasaGo!



ご説明内容

1. 本事業の背景
2. 本事業の全体工程
3. 実施結果のサマリ
4. 実施結果の詳細
5. 本事業の成果活用

1. 本事業の背景

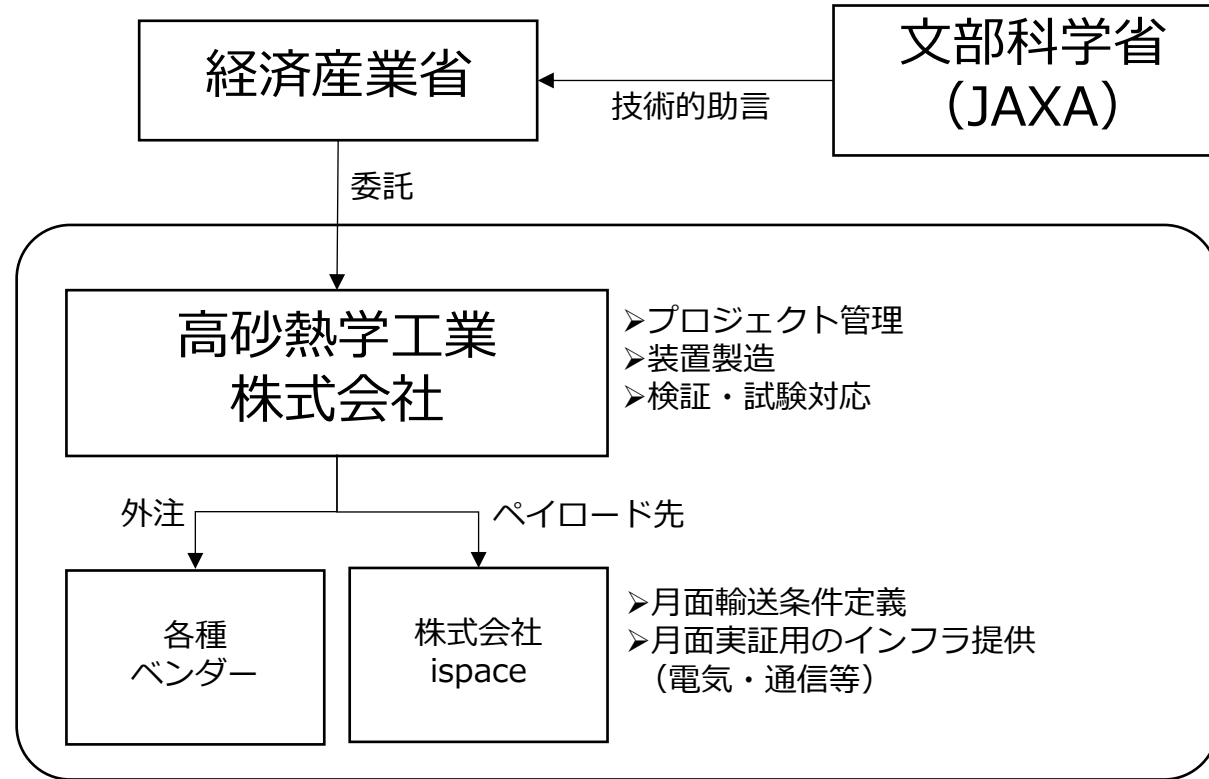
■ 背景と目的

- ・我が国は2019年に米国提案のアルテミス計画（有人月探査計画）への参画を決定した
- ・月の極域や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、地球の資源に依存しない持続的な月面活動を行うには、これらから水を抽出し、月面離着陸機等の燃料（水素・酸素）等として利用することが不可欠と考えられている。

以上の点を鑑み、本事業は、将来の月面活動に必要なエネルギー関連技術の開発・高度化を進めることを目的として、月面利用を見据えた水電解装置開発を行った。

1. 本事業の背景

■ 実施体制図

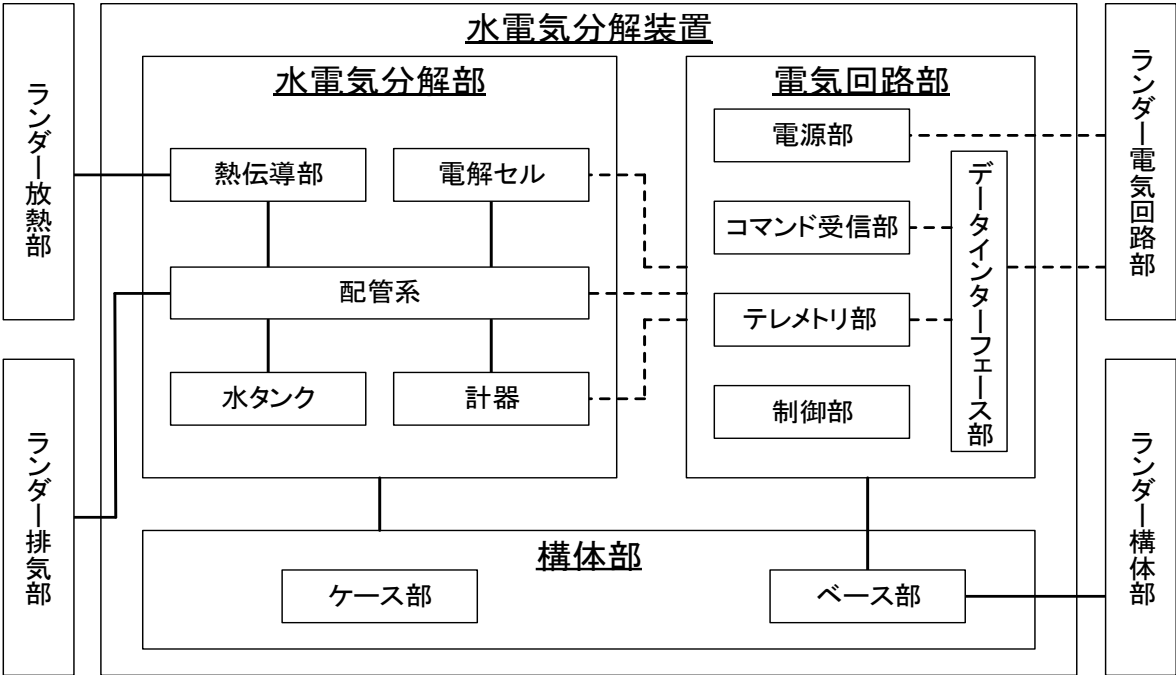


※経済産業省ではプロジェクト管理を行い、文部科学省（JAXA）では各要素技術開発への技術的な助言を行う。

1. 本事業の背景

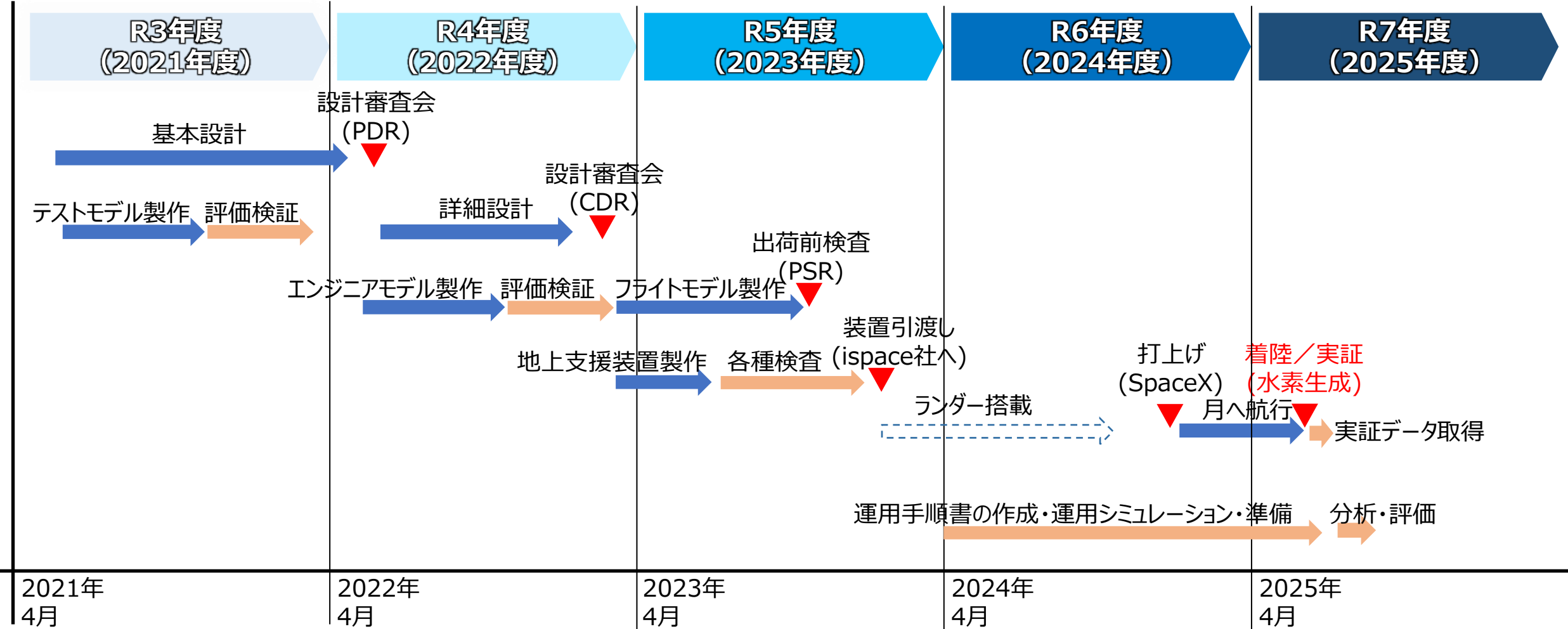
■ 水電解装置の構成

構成	要素	役割
水電気分解部	電解セル	水と電気を加えることで水を水素ガスと酸素ガスに分解する部分
	計器部	系内の温度や圧力等の計測を行う部分
	配管系	電気分解部の各要素間の連通やランダー排気部との連通をする部分
	水タンク	電気分解に必要な水の貯蔵や気液分離、ガスの一時貯蔵を行う部分
電気回路部	電源部	ランダー電気回路部から電力を受け取り水電気分解部に電力供給する部分
	コマンド受信部	ランダー電気回路部から受け取ったコマンドを制御部に出す部分
	テレメトリ部	各種状態値を収集しランダー電気回路部にテレメトリを出す部分
	制御部	運転制御プログラムに従ってコマンドに応じた本装置の制御を行う部分
	データI/F部	電気回路部とランダー電気回路部でデータを送受信する際のインターフェースとなる部分
構体部	ベース部	各部品を設置・固定する耐振構造床板であり、ランダー構体部と接続する部分
	ケース部	各部品の固定や本装置の構造耐振性を担う部分



水電解装置のブロック図

2.本事業の全体工程



※ランダーの月面着陸失敗に伴い、月面実証ができずに本事業が終了

3.実施結果のサマリ

■ R3年度：技術成立性確認・基本設計

- ・水電解装置の要求仕様を明確化
- ・コンポーネント設計・機能検証を実施
- ・課題を抽出（振動耐性、宇宙対応）

■ R4年度：詳細設計・エンジニアリングモデル完成

- ・基本設計が完了しPDR通過。エンジニアリングモデルの製作に着手・完了
- ・熱真空・振動試験により宇宙環境適合性を確認
- ・詳細設計が完了しCDR通過。フライトモデル製作に着手

■ R5年度：フライトモデル完成・出荷

- ・フライトモデル製作完了
- ・ランダー側とのシステム統合試験・PSR通過
- ・フライトモデルをランダー側に引渡し

■ R6～7年度：月面運用準備

- ・月面上での運用に向けた準備完了
- ・軌道上での装置状態の監視完了。**着陸失敗により月面運用できずに終了**



4.実施結果の詳細 ①R3年度

■R3年度の主な成果

①フライトモデル基本設計

- ・ 電解セル・配管・筐体等の配置による機械条件、水電解装置を稼働させるために必要な電気条件、水電解装置を稼働した際に発生する熱条件など夫々の条件を満たす基本設計を実施した。
- ・ ispace社のランダーとのインターフェース条件を整理した。
- ・ 本基本設計にて、月面用水電解装置の要求仕様を明確化した。

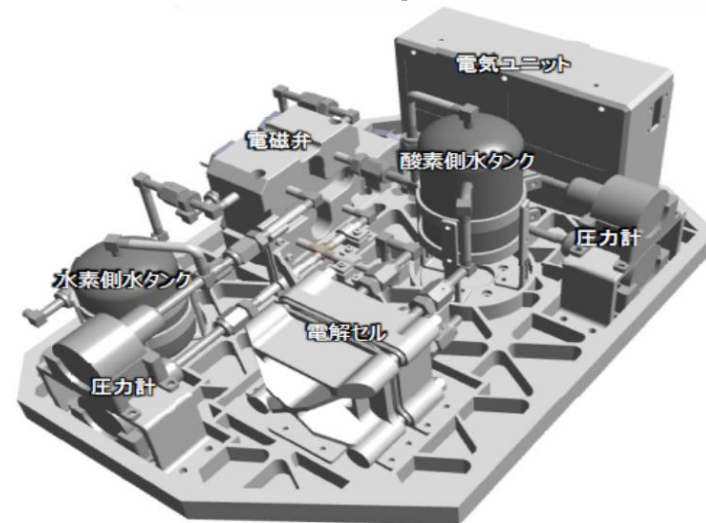
②コンポーネント設計

- ・ ispace社が規定するランダー搭載条件に基づき、水電解装置を構成する電解セル、タンク（水素タンクおよび水兼酸素タンク）、電磁バルブ、圧力計および電気回路の要求仕様を明確にした。
- ・ 電磁バルブ及び圧力計は水電解装置の機能を左右する重要な計器類のため、低軌道域での実績がある宇宙実績品を採用する判断をした。

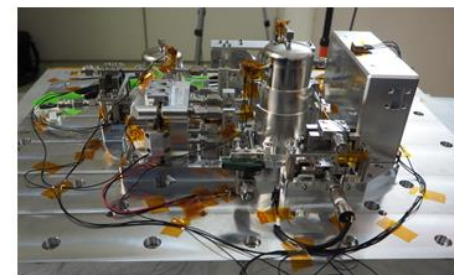
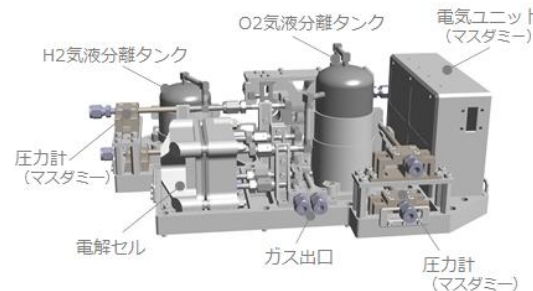
③検証試験

- ・ 各コンポーネントの機能を検証し、ブレッドボードモデルの設計に活かした。

月面用水電解装置 要求仕様（基本設計ver）



- ・ 質量 : 10kg以下
- ・ 体格 : 400×300×250H以下
- ・ 投入電力 : 30W以下
- ・ 最大発熱量 : 15W以下
- ・ 累積電解時間 : 10h以上



製作したブレッドボードモデル

4.実施結果の詳細 ②R4年度

■ R4年度の主な成果

①フライトモデルの詳細設計

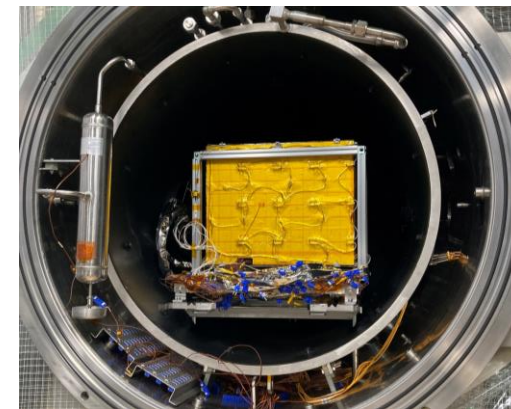
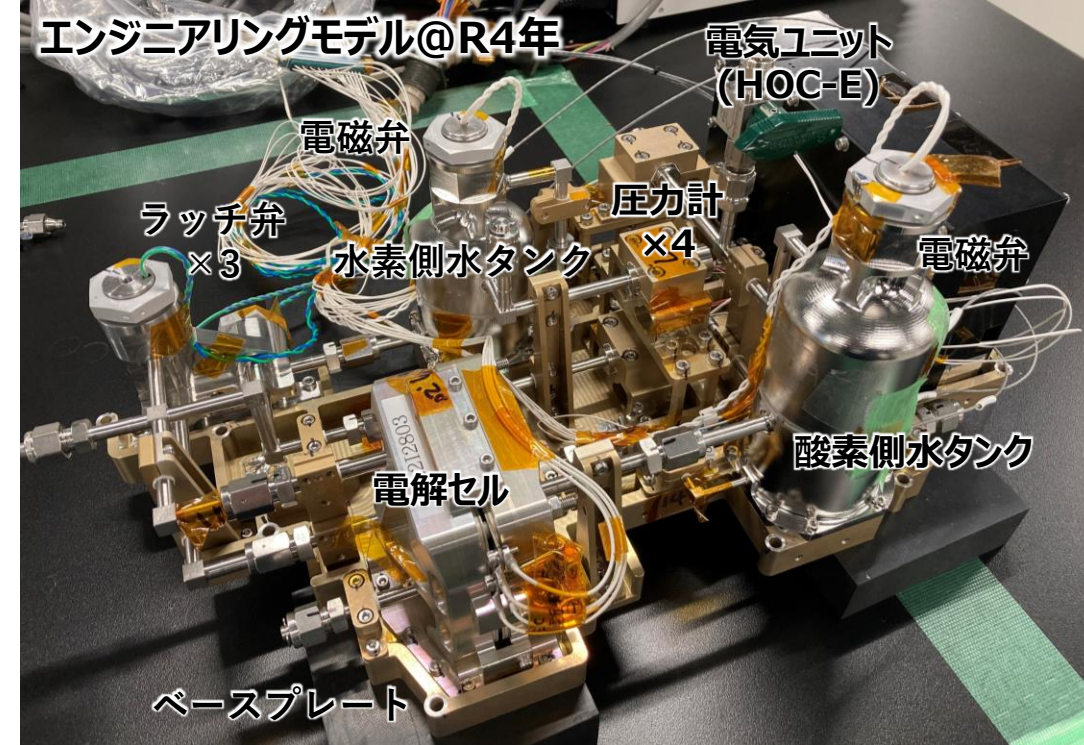
- ・ R3年度に実施した基本設計の成果を踏まえ、フライトモデルの詳細設計を完了した。

②コンポーネントの詳細設計

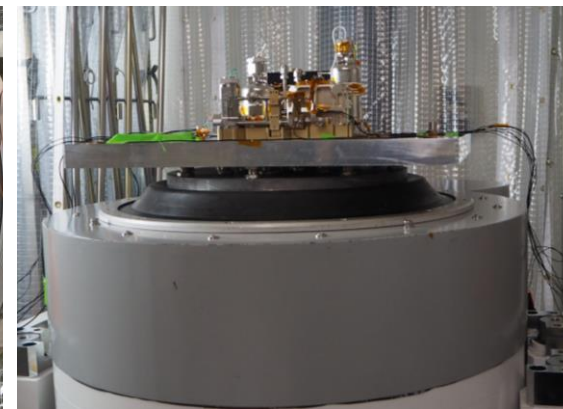
- ・ R3年度に実施した基本設計の成果を踏まえ、電解セル、タンク等の詳細設計を完了した。
- ・ 設計した各種コンポーネントの機能に問題がないかエンジニアリングモデルを製作して検証を行い、正常に動作する事を確認した。

③設計審査会の実施

- ・ R3年度の基本設計等に対して基本設計審査会を実施し、外部有識者（JAXA）による評価において合格を得た。
- ・ フライトモデルの製作に向けて詳細設計審査会を実施し、外部有識者（JAXA）による評価において合格を得た。



真空チャンバ内に設置された
エンジニアリングモデル



加振台に設置されたエンジニアリングモデル
©Takasago Thermal Engineering Co., Ltd. 2024

4.実施結果の詳細 ③R5年度

■R5年度の主な成果

①フライトモデルの製作

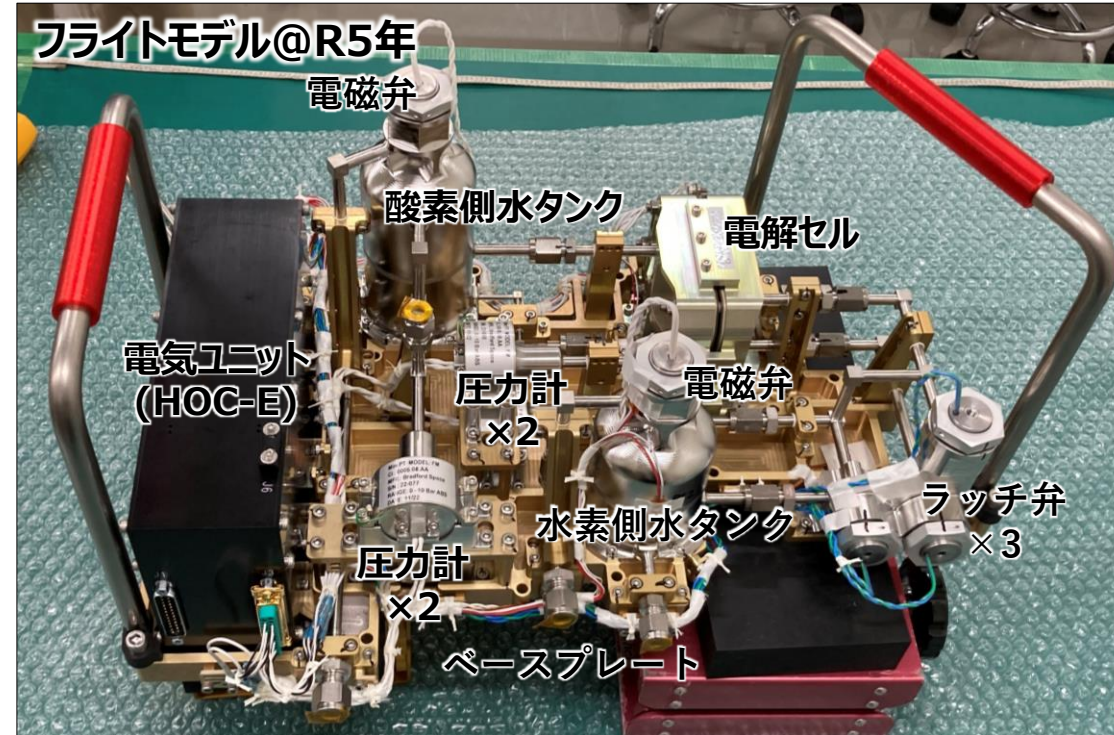
- ・R4年度に実施した詳細設計の成果に基づき、各サブシステムを製作し、それらを結合することで、月面用水電解装置のフライトモデルを完成させた。

②地上支援装置の製作

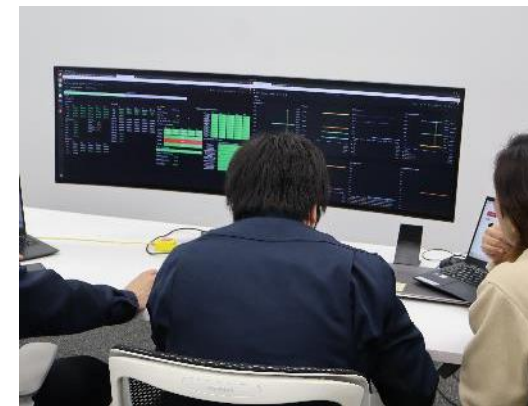
- ・月面での水電解装置の稼働状況をモニタリングするためのソフトウェア（地上支援装置）についても、表示内容や画面構成、操作性等の仕様を決め完成させた。

③噛み合わせ試験、機能検証・環境試験、全体システム検証

- ・フライトモデルで各種試験（電解セルや水素タンク等のコンポーネントとの噛み合わせ試験、装置全体の機能検証試験及び環境試験等）を実施しすべての試験にクリアした。
- ・当該試験結果を踏まえ、出荷前審査（PSR）を行い完了。
- ・その結果を踏まえ、ispace社へフライトモデルを引き渡した。



MCCにおけるEnd to End 試験



地上支援装置の検証

4.実施結果の詳細 ④R6～7年度

■ R6～7年度の主な成果

①月面上での運用に向けた準備

1) ランダー統合試験・射場輸送

ispaceが管掌する作業の前後でフライトモデルが健全であることの確認及び維持設計を行った。

2) 運用手順の作成

ノミナル運用手順、What If 分析、オフノミナル運用手順に基づき各手順および分析を詳細化し確定した。

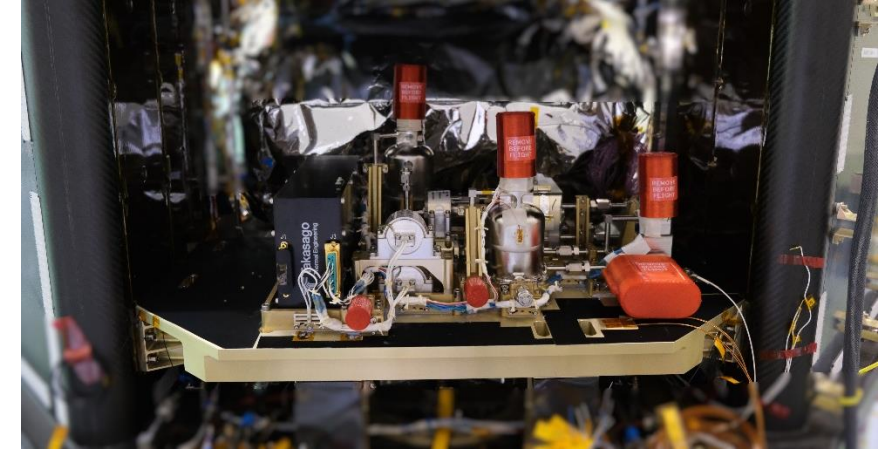
3) 運用体制の確定

運用訓練の結果を踏まえて運用管制室内のレイアウト、要員の配置等、運用組織の活動を円滑にするための方針・規則を確定した。

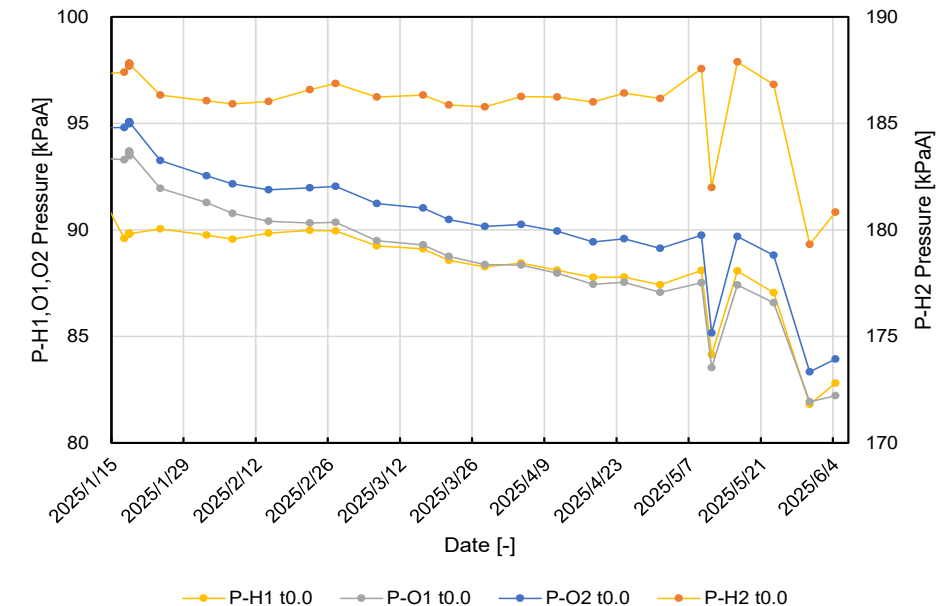
②軌道上での状態監視

- ・ランダーの打上後から月面着陸に至るまでのFMの健全性を評価するためにフライトモデルの起動、コマンド・テレメトリの送受信およびテレメトリの確認等の一連の作業を行い、着陸直前まで装置が健全な状態にあることを確認した。

※ランダーの着陸失敗に伴い、以上で終了



ランダー搭載後の月面用水電気分解装置フライトモデル

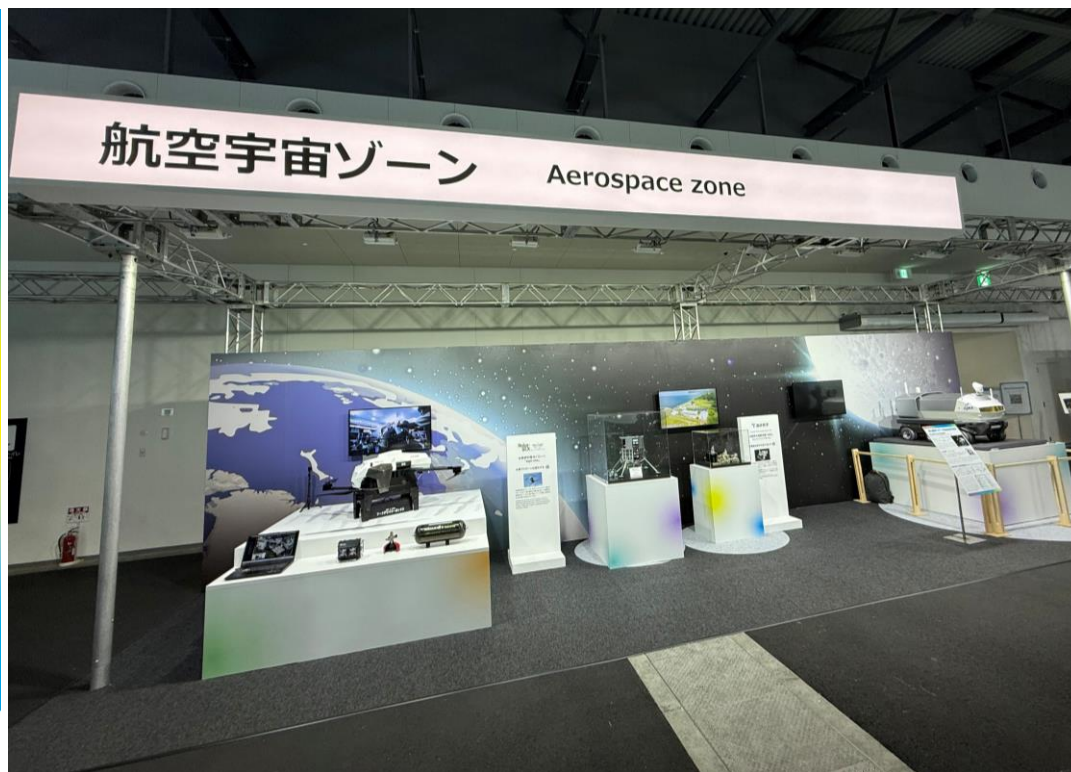


軌道上におけるFMの圧カトレンド

5. 本事業の成果活用

ランダーの月面着陸失敗により月面上でのデータが得られなかったため、商業利用の可能性は検討できないと結論付けた。
一方で、

- ①軌道上でのテレメトリ監視により、着陸直前まで装置が健全な状態と確認できたことで、一定の部品の耐性や設計の健全性は確認できた。
- ②月軌道以遠での実証は現状極めて貴重である中、国内の宇宙開発サプライチェーンへの機会の提供と技術力強化に貢献した。
- ③我が国における宇宙産業の発展及び非宇宙企業の参入促進を目的として、本プロジェクトを推進する中で得られた知見は、開示可能な範囲で世の中に展開している。



大阪・関西万博「水素パーク!!」にてエンジニアリングモデルを展示

