



資料67-2

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
(第67回) R4.7.8

ゲートウェイ居住棟 プロジェクト移行審査の結果について

Gateway



令和4（2022）年7月8日

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構

理事 佐々木 宏

ゲートウェイ居住棟プロジェクトチーム プロジェクトマネージャ 辻 紀仁



■ 宇宙開発利用部会における事前評価について

JAXA自らが実施した研究開発プロジェクトの評価結果について、目的、目標、開発方針、開発計画、成果等についての調査審議を行う。

※ JAXAは、プロジェクトの企画立案と実施に責任を有する立場から、JAXA自らが評価実施主体となって評価を行うことを基本とする。

「宇宙開発利用部会における研究開発課題等の評価の進め方について」
(2021年6月28日宇宙開発利用部会決定)

■ 当報告は、宇宙開発利用部会が実施フェーズ移行に際して実施する「事前評価」に資するものである。

■ JAXAが実施した、「月有人拠点（ゲートウェイ）居住棟に係るプロジェクト移行審査」（2021年12月21日）について、審査における主たる審査項目を以下に示す。

- ① プロジェクト目標・成功基準の妥当性
- ② 実施体制、資金計画、スケジュールの妥当性
- ③ リスク識別とその対応策の妥当性

■ 本資料では、これらの審査項目の内容について1～4章に、JAXAのプロジェクト移行審査の判定について5章に示す。



<p>2019年8月</p>	<p>宇宙開発利用部会 ISS・国際宇宙探査小委員会にて 「ゲートウェイ含む国際協力による月探査計画への参画に向けた方針とりまとめ」について報告</p>
<p>2019年10月</p>	<p>宇宙政策委員会にて 「米国提案による国際宇宙探査への日本の参画方針」について報告 同月、宇宙開発戦略本部にて決定</p>
<p>2020年7月</p>	<p>月探査協力に関する文部科学省と米航空宇宙局の共同宣言（JEDI）署名 同月、宇宙開発利用部会にて報告</p>
<p>2020年12月</p>	<p>Gateway了解覚書（MOU）署名 2021年2月、宇宙開発利用部会にて報告</p>



1. プロジェクトの位置づけ

- 1.1 [月周回有人拠点（ゲートウェイ）計画について](#)
- 1.2 [ゲートウェイ計画における日本の役割](#)
- 1.3 [宇宙基本計画工程表における位置づけ](#)
- 1.4 [ECLS技術獲得に向けたステップアップのアプローチ](#)

2. プロジェクトの概要

- 2.1 [プロジェクトの範囲](#)
- 2.2 [プロジェクトの目的](#)
- 2.3 [システム仕様](#)

3. プロジェクト目標の設定

- 3.1 [サクセスクライテリア](#)
- 3.2 [アウトカム目標](#)

4. プロジェクトの開発計画

- 4.1 [実施体制](#)
- 4.2 [資金計画及びスケジュール](#)
- 4.3 [リスク識別と対応策](#)

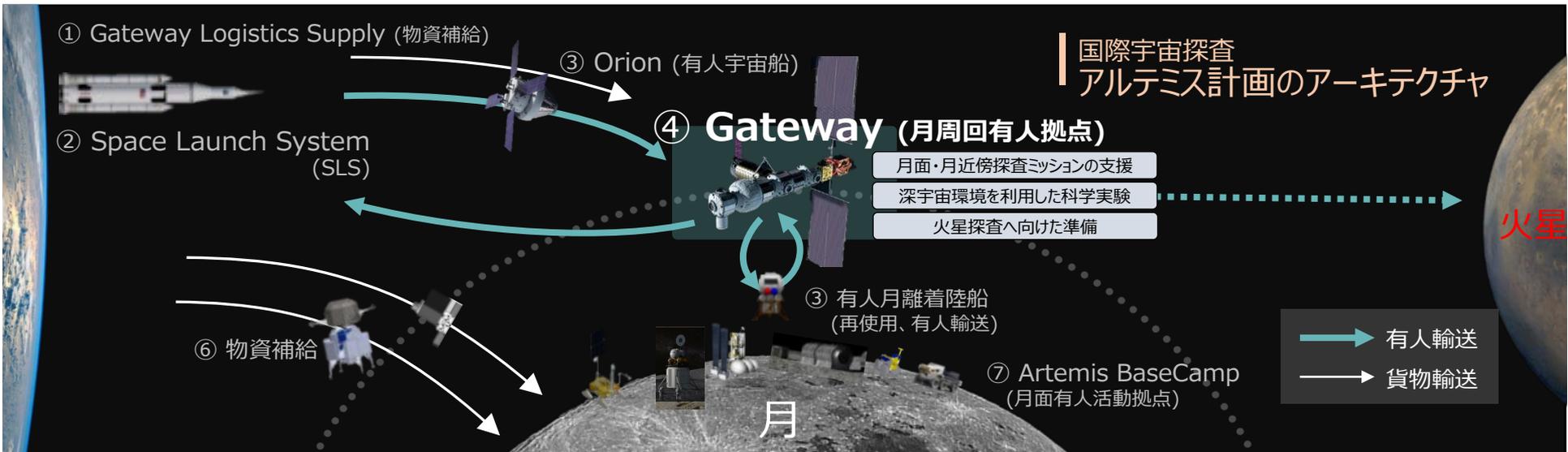
5. プロジェクト移行審査のまとめ

- 参考1 [ECLSシステム主要機能](#)
- 参考2 [ECLSシステム運用シナリオ](#)
- 参考3 [プロジェクト移行審査結果概要](#)
- 参考4 [略語集](#)

1. プロジェクトの位置づけ

1.1 月周回有人拠点（ゲートウェイ）計画について

- 米国・ロシア・欧州・カナダ・日本の多国間で締結された国際宇宙基地協力協定（ISS IGA）のもと、Gatewayに関する了解覚書（MOU）を結び、アルテミス計画の一部として実施。
- 米国が主導し、国際協力により構築される「月周回有人拠点（ゲートウェイ）」は、高出力の電気推進システム、クルーが滞在するための居住モジュール、ロボットアーム、及び船外活動機能などが備えられ、地球と月面との通信中継機能により、科学的に興味深い月裏側や極域の探査に新しい機会を提供する。
- NASAは、ゲートウェイの建設を2024年の電気推進エレメント(PPE)とミニ居住棟(HALO)の打上げより開始し、2028年頃までの組立完了を目指している。ゲートウェイには、2～4名の宇宙飛行士が年間30日程度滞在する計画である。



1. プロジェクトの位置づけ

1.2 ゲートウェイ計画における日本の役割

ゲートウェイ計画における国際分担は下図のとおり。日本は、HALOに提供するバッテリー組立、I-HABに提供するECLSシステムや冷媒循環ポンプ、バッテリー組立、映像機器の提供、物資補給船の形態オプション・打上げ機の検討を実施。

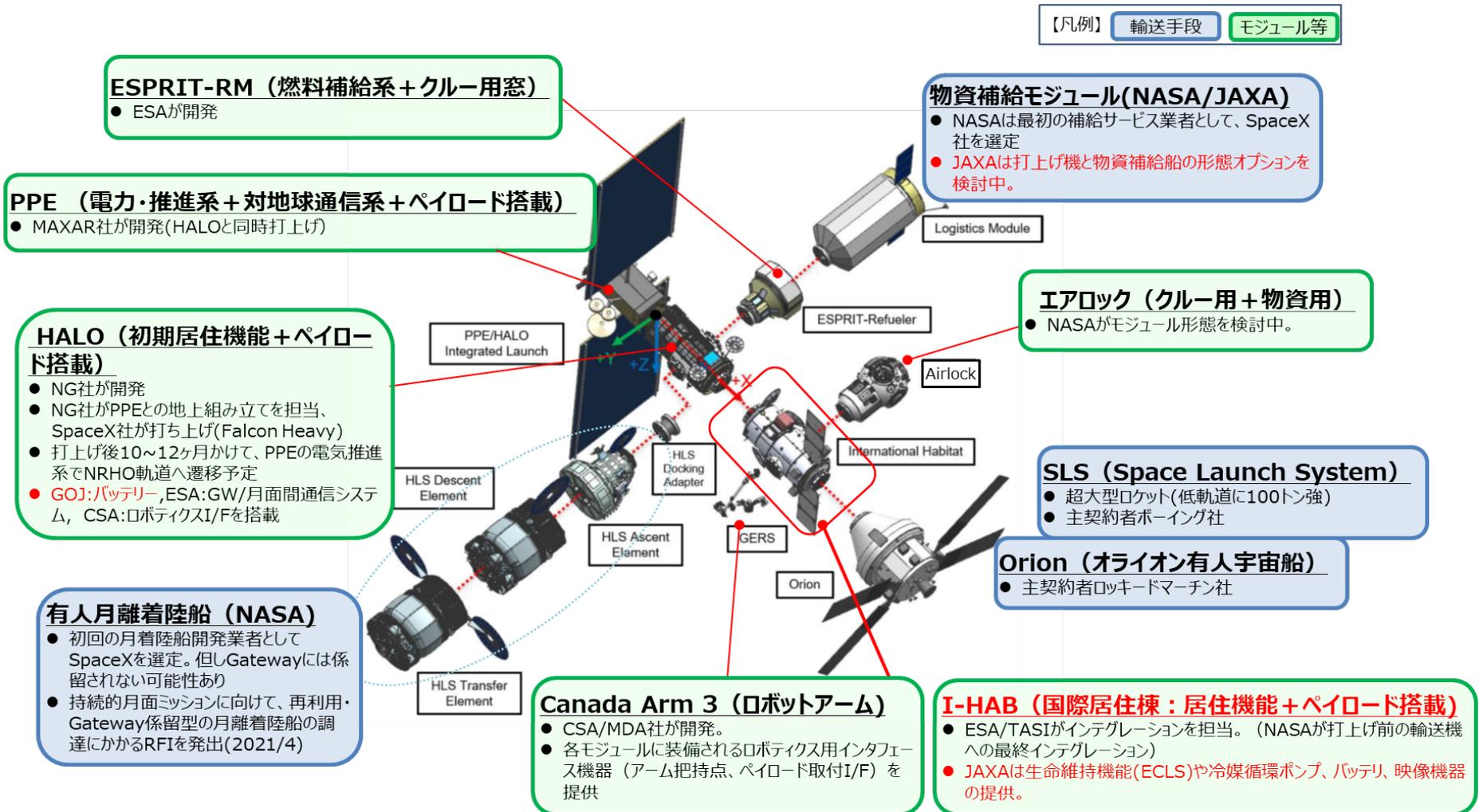


図. ゲートウェイ計画の国際分担

1. プロジェクトの位置づけ

1.3 宇宙基本計画工程表における位置づけ

宇宙基本計画工程表では、ゲートウェイ居住棟に対し“我が国が強みを有する技術・機器の提供”により参画する計画として位置付けられている。

(3) 宇宙科学・探査による新たな知の創造

年度	令和2年度 (2020年度)	令和3年度 (2021年度)	令和4年度 (2022年度)	令和5年度 (2023年度)	令和6年度 (2024年度)	令和7年度 (2025年度)	令和8年度 (2026年度)	令和9年度 (2027年度)	令和10年度 (2028年度)	令和11年度 (2029年度)	令和12年度以降
13 国際宇宙探査への参画とISSを含む地球低軌道活動	米国提案の国際宇宙探査計画(アルテミス計画)への参画[内閣府、文部科学省等]										
	ゲートウェイ居住棟への我が国が強みを有する技術・機器の提供						ゲートウェイの運用・利用				
	HTV-Xの開発			HTV-XによるISSへの物資輸送 機会を活用した技術実証			HTV-X、H3によるゲートウェイへの物資・燃料輸送				
	車輪や走行系等の要素技術の開発研究・技術実証										
	月面探査を支える移動手段(与圧ローバ)に関する開発研究										
	着陸地点の選定等に資する月面の 各種データや技術の共有										
	月極域探査機の開発 [文部科学省] 打上げ ▲ 運用										
	【再掲】小型月着陸実証機(SLIM)の開発 ▲ 打上げ 運用										
	月面での持続的な探査活動を見据えた産学官による先行的な研究開発等[内閣府、文部科学省等] ・ 将来の月面活動のビジョンの共有										
	将来の月面活動に必須となる分野(建設、測位・通信、エネルギー、食糧など)における要素技術の開発実証 アルテミス計画の機会を最大限活用した 科学的成果の創出に向けた検討										
	広範な科学分野の参加を得た推進[内閣府、文部科学省等]										
	アルテミス計画への 獲得技術の活用、技術実証の場の提供等										
ISSを含む地球低軌道活動[内閣府、文部科学省等]											
ISS・日本実験棟「きぼう」の運用・利用[文部科学省]											
宇宙環境利用を通じた知の創造・技術実証の場の提供											
【再掲】HTV-Xの開発			HTV-Xの運用 ▲ 打上げ(2号機)								
2025年以降のISSを含む低軌道活動の検討			▲ 打上げ(1号機)			▲ 打上げ(3号機)					
2025年以降の低軌道活動に向けた必要な措置											
(参考)ISSを含む地球低軌道における経済活動等の促進 [文部科学省]											
国際宇宙探査を支える基盤の強化及び裾野の拡大[文部科学省] ・ 大学・民間企業等と連携した要素技術の開発・高度化及び実証											
【再掲】火星衛星探査計画(MMX)開発[文部科学省] ▲ 打上げ 運用											
地球帰還											

宇宙基本計画工程表（2021年12月28日 宇宙開発戦略本部決定）より抜粋、赤枠部分追加

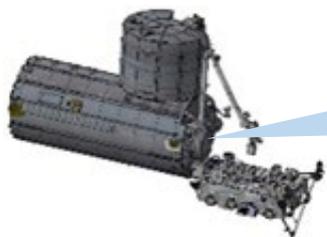
1. プロジェクトの位置づけ

1.4 ECLS技術獲得に向けたステップアップのアプローチ

ゲートウェイ居住棟プロジェクトでは、「きぼう」で獲得した技術・成果を活用し、非再生型ECLS機能を提供。これを通じて、コア技術（有害ガス除去技術、CO2除去技術、全圧・酸素分圧制御技術など）を獲得し、「再生型ECLS」の確立に向けて技術をステップアップさせていく。

ECLS技術獲得に向けたステップアップアプローチ

ISS／きぼう



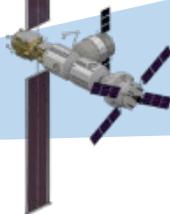
環境制御系

(換気・温湿度制御)

- ・温湿度制御
- ・空気循環、換気

Gateway／I-HAB

(打上げ初期・現プロジェクト範囲)



非再生型ECLSシステム

(環境制御・生命維持系)

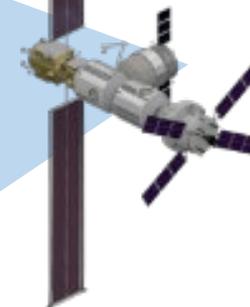
- ・温湿度制御
- ・空気循環、換気

新規
獲得技術

- ・有害ガス除去
- ・CO2除去
- ・全圧、酸素分圧制御

Gateway／I-HAB

(初期以降の将来構想)



再生型ECLSシステム

(環境制御・生命維持系)

- ・温湿度制御
- ・空気循環、換気
- ・有害ガス除去
- ・CO2除去
- ・全圧、酸素分圧制御

新規
獲得技術

- ・O2製造
- ・CO2還元
- ・水再生
- ・トイレ (TBD)

2. プロジェクトの概要

2.1 プロジェクトの範囲

(1) JAXAが担当するシステムの範囲

システムの範囲は、2020年2月のゲートウェイプログラムマネージャ会議で合意、及びその後の調整により下記のとおりとした。

I-HAB	環境制御・生命維持システム (ECLSシステム)
	インタフェース通信・電源装置 (ELC)
	システム制御ソフトウェア (ECLS SM)
	全圧・酸素分圧制御装置 (PCS)
	モジュール間換気キャップ (IMV Cap)
	CO2除去装置 (CDRS)
	有害ガス除去装置 (TCCS)
	温湿度制御装置 (THC)
	モジュール間換気ファン・バルブ (IMV Fan, Valve)
	冷媒循環ポンプ
HALO	バッテリー組立
	映像伝送系
	バッテリー組立

(2) プロジェクトの範囲

提供するシステム／機器の開発から初期運用まで（2回目のI-HAB有人滞在ミッション終了まで）をプロジェクトの範囲とする。

- 提供するシステム／機器の運用に必要な情報・データの整備を含む
- 初期運用では提供するシステム／機器に関する技術支援を行う
- このために必要な地上モニタシステムの整備を含む
- 初度補用品の調達を含む

2. プロジェクトの概要

2.2 プロジェクトの目的

(1) 目的

月周回有人拠点（ゲートウェイ）計画への参画を通じて、有人宇宙滞在に係る基幹技術の一つである環境制御・生命維持（Environmental Control and Life Support: ECLS）システムのコア技術（有害ガス除去技術、CO2除去技術、全圧・酸素分圧制御技術など）を確立する。

(2) 背景・狙い等

① 戦略的なECLS技術獲得

- 有人宇宙探査ミッションでは、持続的な有人宇宙滞在／探査活動を実現するためのキー技術であり、非再生ECLSの確立は日本が自在な有人宇宙活動を行うための必須技術として位置付けられ、再生ECLSは地球からの補給量の大幅削減とECLSによる水・空気の再利用が欠かせない。
- ECLS技術を獲得し、国際的な優位性を発揮していくためには、ゲートウェイのECLS機能を分担・担当しつつ、「再生型ECLS」の確立に向けて技術をステップアップさせていく戦略的なアプローチが有効かつ効率的である。
- 具体的には、I-HAB ECLSを分担することにより、ECLSコア技術（有害ガス除去技術、CO2除去技術、全圧・酸素分圧制御技術など）を確立して自立した有人ミッションを実施できる能力を確保し、その後、「再生型ECLS」を構成する要素技術（O2製造技術、CO2還元技術、水再生技術）を段階的に確立して技術をステップアップさせ、将来の月面与圧ローバー等の有人月面拠点や火星探査につながる技術を獲得する。

② 持続可能な有人月面探査ミッションの実現への貢献

ゲートウェイ居住に必要な基幹機能を提供することにより、月周回上に長期間（30日間以上）の宇宙飛行士の滞在を可能とすることで、持続的な有人月面探査活動の実現に貢献する。

また、この貢献により、月周回/月面探査での日本の搭乗権、利用権確保に向けた今後の国際間の調整に寄与する。

③ 新たな民間事業者の参入、市場創出・拡大への寄与

ECLS技術や映像関連技術等の分野において、これまで宇宙開発分野に参入していなかった民間事業者が、新たに宇宙分野に活動領域を広げ、成果を市場にフィードバックすることで、新たな市場が創出される・拡大されることに寄与する。

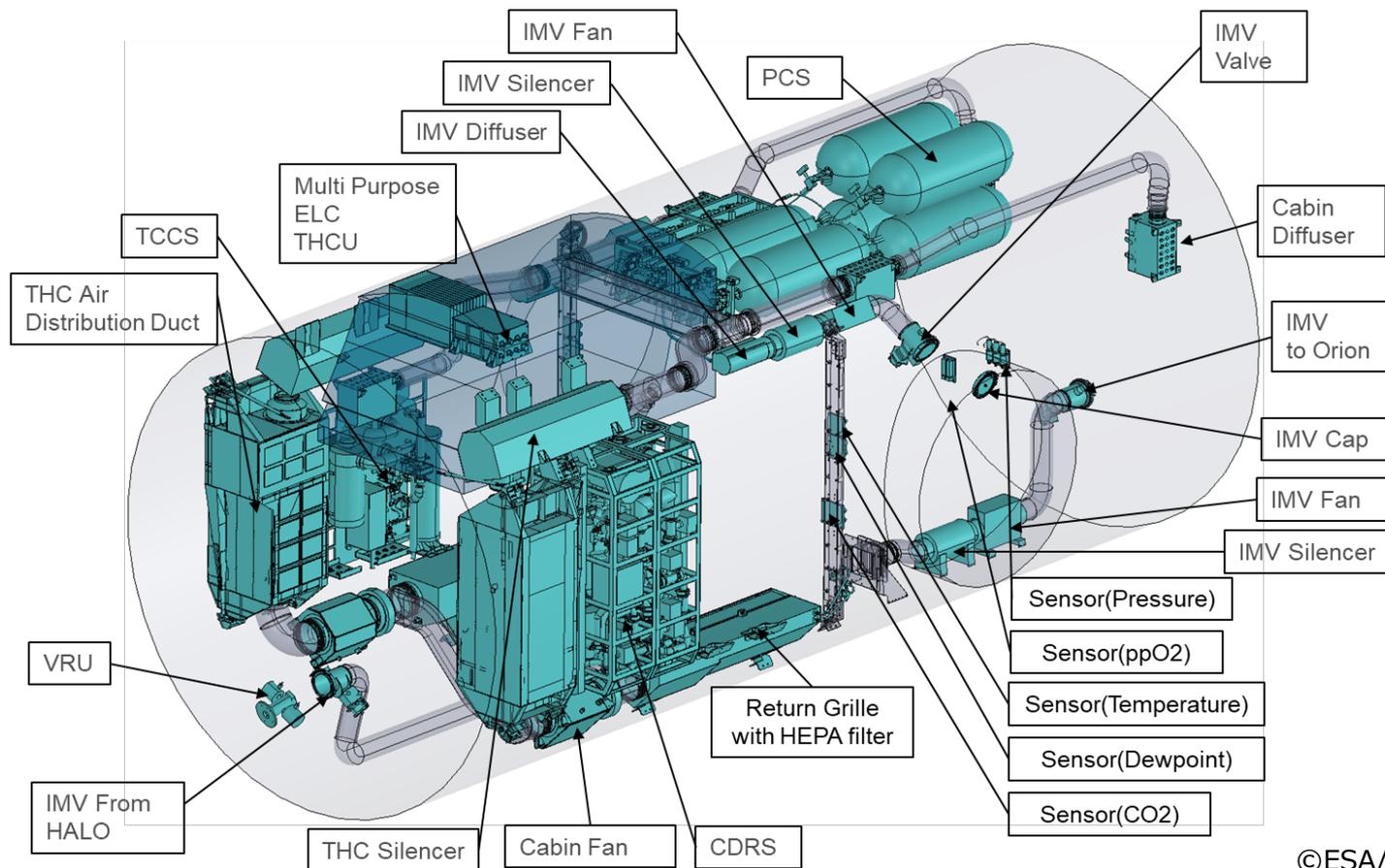
④ 有人月面探査活動における国際的プレゼンスの顕示

ゲートウェイ計画における長期間（30日間以上）の宇宙飛行士滞在を可能とする居住機能の実現と持続的な有人月面探査活動の実現に貢献して、国際協働で実施される有人月面探査活動において日本の国際的プレゼンス（存在感）を示す。

2.3 システム仕様 –ECLSシステム–

(1) I-HAB ECLSの主要機能

1ミッションあたり2名～4名、30日程度／年の滞在を実現するため、キャビン圧力制御、温湿度制御、二酸化炭素除去、有害ガス除去、モジュール間換気等の環境制御・生命維持機能を提供する。



©ESA/TASI

図. I-HAB ECLS搭載レイアウト (ESAによる)

2.3 システム仕様 – ECLSシステム – (続き)

(2) 主要構成機器のシステム仕様

① ECLS System Manager (ECLS SM)

ECLS機器（下流機器）の制御を取りまとめ、ESAが提供する上位コントローラと通信するソフトウェアで、RIU（ESA提供計算機）上で動作する。

上位からのコマンド（運転・停止指令、運転モードの変更等）を受け、ELC及びTHC、CDRS、PCS等のECLS機器にコマンドを送り、ECLS機器の制御を行う。また、下流機器のテレメトリデータを収集・監視して、上位計算機に送る。異常発生時には、上位からの指令を受け、下流のECLS機器に自動処理を指示する。

② ECLS Local Controller (ELC)

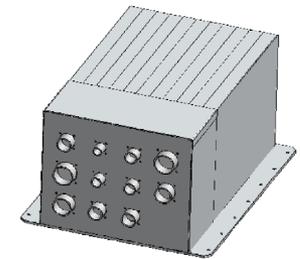
ECLS SMのコマンドを各機器に分配、各機器からのテレメトリを統合しECLS SMへ伝達する中継装置。また、PCS、TCCS、IMV関連機器への給電と制御を行う。

2台構成としA系/B系として運用することで、ECLSシステムに要求される1故障許容要求に対応する。

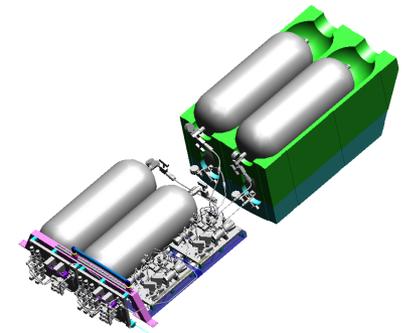
③ 全圧・酸素分圧制御装置 (PCS)

窒素と酸素を用い、船内の圧力と酸素の分圧を宇宙飛行士が快適に過ごせる範囲内に制御する。

船内の限られた空間を最大限有効活用するため新規に約40MPaの高圧酸素・窒素ポンプを開発中。また精密な圧力制御を実現するためのセンサ、圧力を減圧するレギュレータやON/OFF制御を実施するバルブも民生品や宇宙実績等をベースに開発中。



ELC_3Dモデル



PCS_3Dモデル

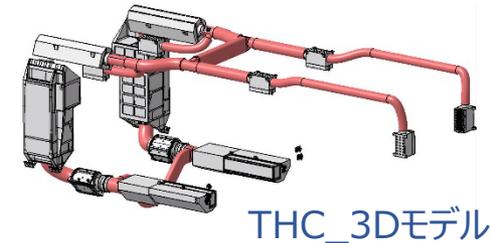
2. プロジェクトの概要

2.3 システム仕様 – ECLSシステム – (続き)

(2) 主要構成機器のシステム仕様 (続き)

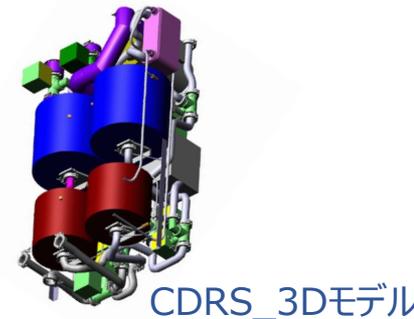
④ 温湿度制御装置 (THC)

宇宙飛行士が活動するI-HABキャビン内の空気の温度、湿度を制御し、適切な風速分布を提供して空気循環を行うとともに、空気中の微粒子・微生物を除去する。国際宇宙ステーション「きぼう」の既開発品の実績をベースに、ゲートウェイの要求に基づいて部分的な設計変更を行い、開発中。



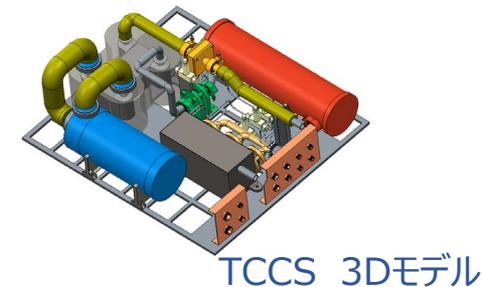
⑤ CO2除去装置 (CDRS)

宇宙飛行士の呼気由来等の二酸化炭素 (CO₂) を除去する。空気中の水分を除去する除湿筒とCO₂を除去する吸着筒をそれぞれ2筒交互に運用する方式を採用。吸着剤は開発品で、主要構成部品についても民生品での実績等をベースに開発中。



⑥ 有害ガス除去装置 (TCCS)

人体や装置から発生するアンモニア、メタン、アルデヒド類やアルコール類など微量の有害ガスを除去することで空気を再生する。18種の有害ガスを宇宙船内にて許容される最大許容濃度以下に抑える。現在JAXAにて開発中の装置は、比較的低温度 (250℃以下) での有害ガスの触媒燃焼が可能。



⑦ IMVバルブ・ファン (フィルタ・サイレンサ含む)

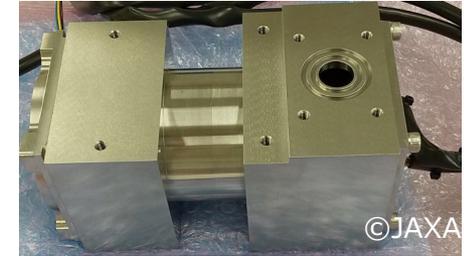
バルブの開閉・ファン作動により、I-HABと隣接するモジュール間の換気を行う。IMVバルブはモジュール間の換気ラインの遮断のため4つのポート、IMVファンはHALO以外のモジュールを結合する3つのポートに設置する。

2. プロジェクトの概要

2.3 システム仕様 –その他システム–

①映像伝送系

船内カメラユニット、船外カメラユニット、から構成され、撮影された映像の伝送を行う。映像データはNASA/ESAが提供する船内モニタ、データストレージおよびデータダウンリンク装置に送信され、記録／再生、及び地上ヘリアルタイムでダウンリンクされる。「きぼう」での画像伝送装置開発にて獲得した技術・知見を活用するとともに、民生品の採用により、開発コスト・スケジュールの短縮を図る。



ポンプ本体要素試験モデル

②冷媒循環ポンプ

I-HABの基幹機能である能動熱制御システムの主要機器で、冷媒を循環させる。「きぼう」での流体ポンプ開発にて獲得した技術・知見を活用。ISSでは使用する冷媒に応じてポンプの設計が異なっていたが、I-HABでは設計を共通化することでメンテナンス性の向上／低コスト化を図っている。設計を共通化するにあたり、「きぼう」では行わなかった設計上の配慮を追加で行った。



HALO向けバッテリー組立

③バッテリー組立

ISS計画で日本が獲得した高信頼性のバッテリー技術を活用し、HALOモジュール（NASA提供）及びI-HABモジュールに、HTV-Xと同種のJAXA認定品である190Ahセル（JMG190）を使用したバッテリー組立を提供する。

HTV-X搭載バッテリーの設計を踏襲したバッテリー組立とすることで、開発費や開発スケジュールの最小化を図る。



190Ah セル (JMG190) 14

3. プロジェクト目標の設定



3.1 サクセスクライテリア

本プロジェクトのミッション要求・サクセスクライテリアは下表のとおり設定した。

表. ミッション要求及びミッションサクセスクライテリア (1/3)

ミッション要求	ミニマムサクセス	フルサクセス	エクストラサクセス
<p>(1) NASA主導の国際協働で建設し運用を計画している月周回有人拠点（ゲートウェイ）の居住棟に15年間機能*するシステム・機器を提供すること。</p> <p>(1-1) ミニ居住棟（HALO）に対し、NASAと合意した機器（バッテリー）を提供すること。</p> <p>(1-2) 国際居住棟（I-HAB）に対し、ESAと合意したシステム・機器（ECLSコア技術を除く）を提供すること。</p>	<p>・ I-HABの軌道上初期チェックアウト（初回の有人ミッション前）で、JAXA提供機器（ECLSコア技術を除く）が正常に機能することが確認されること。</p> <p>【評価時期*： I-HAB軌道上初期チェックアウト終了時】</p> <p>〈 (1-2) に対応〉</p>	<p>・ HALOの軌道上初期チェックアウトでJAXA提供機器が正常に機能することを確認すること。</p> <p>【評価時期*： HALO軌道上初期チェックアウト終了時】</p> <p>〈 (1-1) に対応〉</p> <p>・ I-HABの初回の有人ミッションでJAXA提供機器が正常に機能することを確認すること。（ECLSコア技術を除く）</p> <p>【評価時期*： 最初のI-HAB軌道上有人ミッション終了時】</p> <p>〈 (1-2) に対応〉</p>	<p>(1) に対応するものは無し</p>

* 15年間の運用が見込めることを、寿命要求を適切に設定し検証することと適切な補用品計画の設定、また初期運用での性能・安定動作を評価することにより確認する

3. プロジェクト目標の設定



3.1 サクセスクライテリア（続き）

表. ミッション要求及びミッションサクセスクライテリア（2/3）

ミッション要求	ミニマムサクセス	フルサクセス	エクストラサクセス
<p>(2) 宇宙空間で一年間30日以上、15年間持続的**に4人のクルーが居住可能な世界最高水準の生命維持技術（ECLSコア技術）を日本として初めて確立すること。</p> <p>(2-1) 有害ガス除去技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 滞在クルー4人の人体及び船内の機器から発生する様々な種類の微量有害ガスを性能飽和することなく除去し、宇宙機最大許容濃度（SMAC）内に維持し続ける。 	<ul style="list-style-type: none"> I-HABの軌道上初期チェックアウトでJAXAが提供するECLSコア技術が所定の性能・能力を提供し、当該ミッションの有人ミッションを迎えられること。 <p>【評価時期**： I-HAB初期チェックアウト終了時】 <u>〈 (2) 全般に対応〉</u></p>	<p>ECLSコア技術を開発し、I-HABの1回目及び2回目の有人ミッションで所定の性能・能力を提供し、当該ミッションの完遂に貢献すること。</p> <p>a) 有害ガス除去</p> <ul style="list-style-type: none"> 軌道上ガスのサンプル分析または軌道上計測により、滞在クルー4人の人体及びゲートウェイ各要素の機体から発生した微量有害ガスを、キャビン内空気から除去し、SMAC濃度内に収まっていることを確認すること。 上記性能をクルー滞在期間中に性能飽和せずに維持できること。 <p>【評価時期**： 2回目のI-HAB有人滞在ミッション終了時】 <u>〈 (2-1) に対応〉</u></p>	<p>JAXAが提供するECLSコア技術について、2度目の有人ミッション後に技術評価を行い、米国など他国のシステムと比較し、高効率な能力を実現できる見込みを得ること。</p> <p>【評価時期： 2回目のI-HAB有人ミッション終了時】 <u>〈 (2) 全般に対応〉</u></p>

** 15年間の運用が見込めることを、寿命要求を適切に設定し検証することと適切な補用品計画の設定、また初期運用での性能・安定動作を評価することにより確認する

3. プロジェクト目標の設定



3.1 サクセスクライテリア（続き）

表. ミッション要求及びミッションサクセスクライテリア（3/3）

ミッション要求	ミニマムサクセス	フルサクセス	エクストラサクセス
<p>(2-2) CO2除去技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ISSよりも狭いキャビン空間（バッファ容積が小さい空間）において、滞在クルー4人が排出する1日平均4キログラムの二酸化炭素を除去し、キャビン内の二酸化炭素濃度をISSの目標値（5.2mmHg）よりも低い3mmHg以下（1日平均）に維持する。 <p>(2-3) 全圧・酸素分圧制御技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 様々な運用要求に応じて全圧を制御しつつ（通常時1気圧、月着陸船運用時0.7気圧など）、クルーにとって安全な、全圧に応じた酸素濃度範囲に制御する。 	<p>（前述のとおり）</p>	<p>b) CO2除去</p> <ul style="list-style-type: none"> 滞在クルー4人が排出するCO2（4kg/日）をキャビン内空気から除去し、キャビン内のCO2濃度を3mmHg以下（1日平均）に維持できること。 【評価時期**：2回目のI-HAB有人滞在ミッション終了時】 〈（2-2）に対応〉 <p>c) 全圧・酸素分圧制御</p> <ul style="list-style-type: none"> キャビンからの微小リークやクルーの酸素消費に対して、キャビン内空気的全圧・酸素分圧を制御目標値内に制御・維持できること。 月着陸船運用に伴う減圧・加圧制御を実施できること。 【評価時期**：2回目のI-HAB有人滞在ミッション終了時】 〈（2-3）に対応〉 	<p>（前述のとおり）</p>

** 15年間の運用が見込めることを、寿命要求を適切に設定し検証することと適切な補用品計画の設定、また初期運用での性能・安定動作を評価することにより確認する

3. プロジェクト目標の設定

3.2 アウトカム目標

本プロジェクトのアウトカム目標は下表のとおり設定した。

表. アウトカム目標

<p>(1) ゲートウェイ組立フェーズにおける計画実現への貢献、及び日本の技術力を示すことで、国際協働で実施される有人月探査活動において日本の国際的プレゼンス（存在感）を示す。またこれにより、日本人宇宙飛行士の月周回の飛行権利の獲得に繋げる</p> <ul style="list-style-type: none">(a) ゲートウェイ組立フェーズ1の2024年までの建設完了と2024年の有人月面着陸ミッションの実現*(b) 他の有人宇宙船の居住機能に頼らずに、月周回上に長期間（30日間以上）の宇宙飛行士の滞在を可能とし、有人月面探査のミッション期間に自在性を確保するとともに持続的な有人月面探査活動を実現(c) 有人宇宙滞在に係る基幹機能の一つであるECLS機能を、米露に代わって日本が分担・提供することにより、日本がその基幹機能を実装する技術力を有することを示すこと
<p>(2) 有人宇宙滞在に係る基幹技術であるECLSコア技術を確立して、それら技術が今後の有人宇宙探査ミッションを実現する有人システム（有人宇宙船や有人圧ローバ等）に適用される。</p>
<p>(3) ECLS技術や映像関連技術などの分野において、これまで宇宙開発の分野に参入していなかった民間事業者が、新たに宇宙分野に活動領域を拡げ、宇宙産業の裾野を広げるとともに、その成果について地上での応用を図り、環境分野などでの技術の進歩に寄与する。</p>
<p>(4) HALO/I-HAB開発において提供したJAXA機器が、共通品として認知され、ゲートウェイ他モジュールや、以降の各国または国際協同の有人宇宙活動にて採用される。</p>
<p>(5) サイエンスコミュニティからの参画を促し、学術的な分野も含めゲートウェイのリソースの利活用により、深宇宙探査に必要な科学的・技術的知見を深め、地上での社会の発展にも繋げていく。留意事項として、今後、アウトカムの部分を進める上でも活動リソースのマージンを確保し、アウトカム創出活動を支援する。</p>

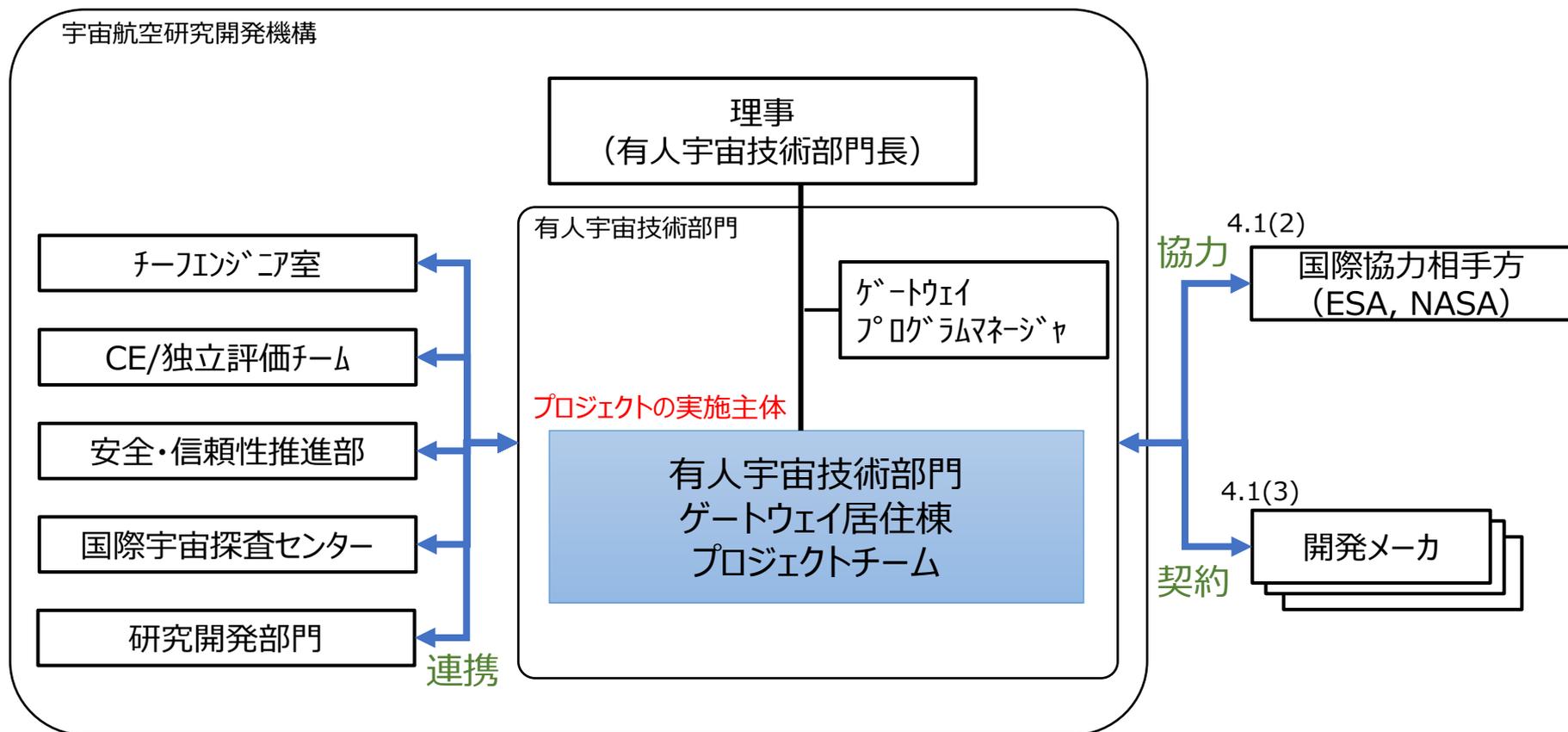
*2022年7月時点でゲートウェイ組立フェーズ1の建設完了は2025年、有人月面着陸ミッションの実現は2025年以降となっている。

4. プロジェクトの開発計画



4.1 プロジェクトの実施体制

(1) 全体



4. プロジェクトの開発計画

4.1 実施体制（続き）

(2) 国際協力体制（I-HAB）

NASA/ESAとの分担の概要は下図の通り。

JAXAがインテグレータを務めるECLSシステムのESAとの役割分担については、ESAが作成し、JAXAが共同で署名したPerformance Work Statement（PWS）にて定めている。PWSはECLSシステム要求書の上位にあたるもので、I-HABのシステム要求からのフローダウン、上位の検証要求などが定められ、ESA（I-HABシステムインテグレータ）とJAXA（ECLSインテグレータ）との役割分担・責任関係を整理している。

提供先	役割・責任	NASA	ESA	JAXA
全般	I-HAB打上げ前の射場運用（最終インテグレーション）の実施 （ゲートウェイ全体システム及び各要素に対する要求仕様設定／検証）	○	-	-
	システムインテグレーション・モジュールレベルのシステムインテグレーションの実施 （システム要求仕様設定／検証、モジュールレベルのシステム要求仕様設定／検証）	○	○ (ECLS除く)	-
	I-HAB ECLSシステムインテグレーション実施 （システム要求仕様設定／検証）	-	-	○
	I-HAB機器、ECLSシステム機器開発・検証	-	-	○
	HALO分散機器の開発・検証	-	-	○
SW 開発 検証	ゲートウェイ全体システム統合制御SW（VSM）開発・検証	○	-	-
	I-HAB全体システム管制SW（MSM）開発・検証	-	○	-
	I-HAB ECLSシステム統合制御SW開発・検証	-	-	○

4. プロジェクトの開発計画



4.1 実施体制（続き）

(3) 国内実施体制（企業）

ECLSはJAXAがインテグレーションを行う体制とし、これを支援する作業を設けることとした。その背景は以下の通り。

- 1) ECLS機器は、衛星のようにインテグレータが一体に組み上げることなくESAに機器単位で引き渡す。
- 2) それら機器とESAシステム(ダクト・配管・配線) でシステムが構成される。
- 3) I-HABシステムへの取付はESA企業が実施する。

通常の宇宙機のシステムインテグレーションと異なり、一体として組み上げるものでなく、また、海外機関に依存する要素まで含んだ全体としての機能・性能を請け負うことは難しいと、候補企業との対話で回答を受けた。

提供先	系統	調達単位	担当企業※
IHAB	ECLS	インテグレーション技術支援	有人宇宙システム(株)
		インタフェース通信・電源装置 (ELC)	三菱重工業(株)
		システム制御ソフトウェア (ECLS SM)	
		全圧・酸素分圧制御装置 (PCS)	
		モジュール間換気キャップ (IMV Cap)	
		CO2除去装置 (CDRS)	
		有害ガス除去装置 (TCCS)	三菱重工業(株)
		温湿度制御装置 (THC)	川崎重工業(株)
		モジュール間(IMV)換気バルブ・ファン	(実現性作業選定準備中)
	ATCS	冷媒循環ポンプ	(株)IHIエアロスペース
バッテリー	バッテリー組立	三菱電機(株)	
映像伝送系	カメラ等	明星電気(株)	
HALO	バッテリー	バッテリー組立	三菱電機(株)

※JAXAが直接契約する担当企業（調達単位）を記載

4. プロジェクトの開発計画



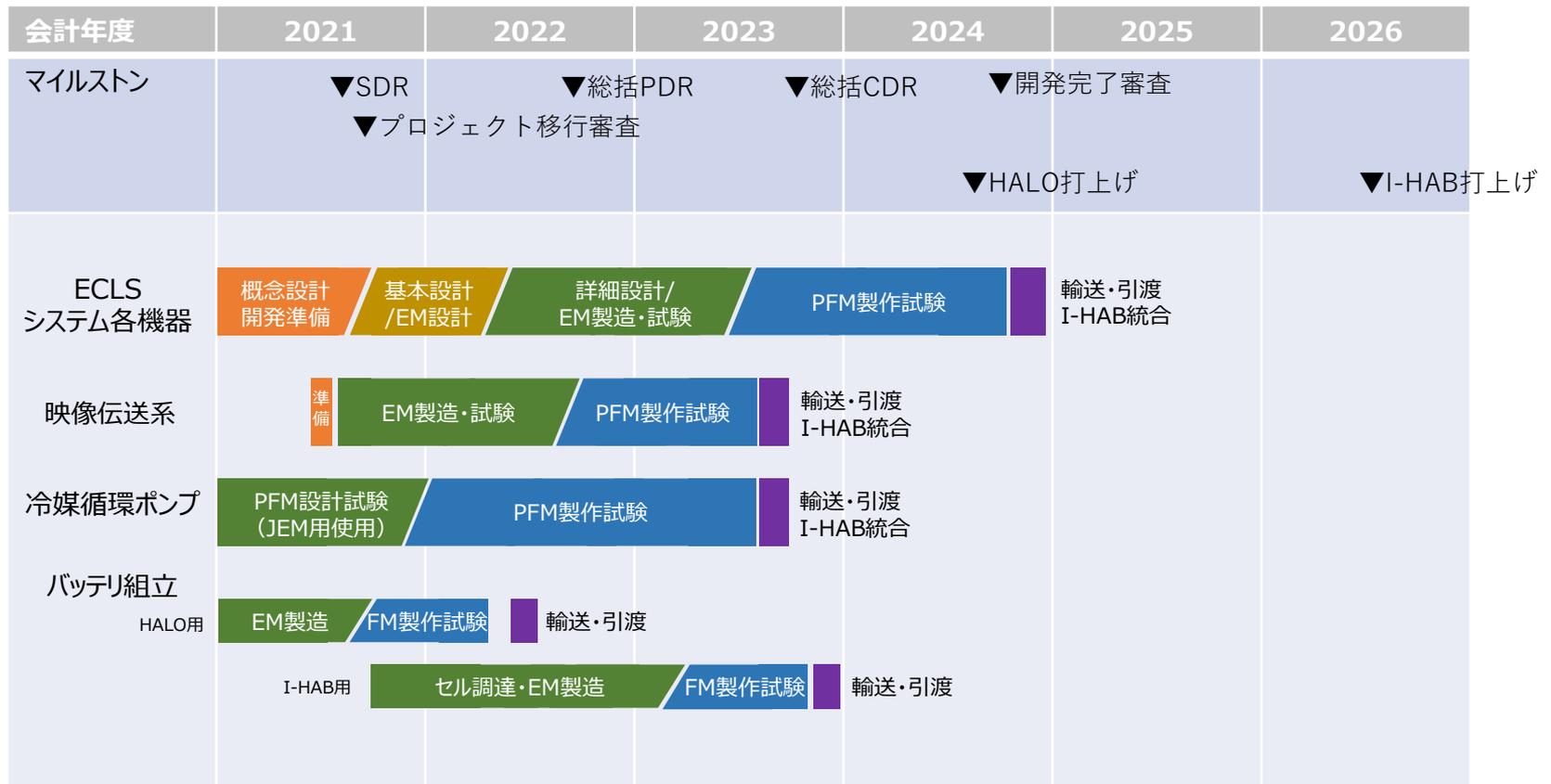
4.2 資金計画及びスケジュール

JAXA内の審査会を経て、資金計画及びスケジュールの妥当性を確認した。

(1) 資金計画

ゲートウェイ居住棟プロジェクトに関する総開発費 : 221億円

(2) スケジュール



4.3 リスク識別と対応策

リスク管理計画に基づき、リスクの識別、対処方針、対処状況を評価した。その結果、評価マトリクスにおいて「大」に該当するリスクはなく、開発フェーズにおいて適切にリスクを管理可能な状況を確認した。引続き対処方針に従い、所定の期日まで確実なフォローを継続する。

■ リスク識別レベルの定義

	発生の可能性 大	発生の可能性 中	発生の可能性 小
発生の影響度 大	大	大	中
発生の影響度 中	大	中	小
発生の影響度 小	中	小	小

■ 発生の影響度 (技術、スケジュール、コストはor)

レベル	技術	スケジュール	コスト
小	軽微	軽微	軽微
中	許容可能、次善の策あり	1ヶ月以下の遅延	数千円
大	許容不可能	6ヶ月以上の遅延	1億円以上

■ 発生の可能性

レベル	定義
小	発生の可能性は低く、このリスクは避けられる。
中	発生があり、リスクを避けるための処置が必要である。
大	発生の可能性が高く、代替手段が無い可能性がある。

■ 主要なリスクと対応方針 (抜粋)

No.	リスク件名	リスク内容	発生可能性	発生影響度	リスクレベル	対処方針
1	ECLSシステム質量リソース不足課題の未解消	ECLSシステム質量リソース不足の課題に対し、ESA/NASA BCSRクローズアウト会合を期限('22.2)にESA/NASAと取り組むことにしているが解決しない。	大	大	大	<ul style="list-style-type: none"> ・ゲートウェイ全体で、打上げ質量マージンを有していることを踏まえ、ECLS機器以外の機器をオフロード (別便での打上げ) を協議する。 ・ECLS機器の質量マージンの更なる削減を図る。 ・上記でも依然不足する場合、ECLS機器のオフロードを検討、協議し、打上げ質量を満足させる。
2	I-HABシステム組立工程制約上の機器提供時期の更なる前倒し	ESAのI-HABシステム組立工程上、ハッチを通じての搬入に支障がある大型・重量物の機器について、ハッチ取付時に搬入すべく、ESAへの機器引渡し時期の更なる前倒しがESAから求められる。	大	大	大	<ul style="list-style-type: none"> ・Gateway全体のスケジュールの動向を見極めつつ、継続して引き渡し時期をESAと調整する。 ・バックアッププランとして、ESA/I-HABシステム作業において後追いで搭載するための取付方法・GSEの検討を行う。 ・BCSRクローズアウト会合でも解決の見通しが得られない場合、継続して調整を進めつつ、判断期限を設定の上、ESA/I-HABシステム作業において後追いで搭載するための仕様変更・GSE製作を行う。

(1) プロジェクト移行審査判定

プロジェクト移行審査に先立ち、次頁に示す外部評価を実施。外部評価結果も踏まえて実施した、プロジェクト移行審査結果は以下のとおり。

• 審査項目

- (1) プロジェクト目標・成功基準、範囲の妥当性
- (2) 実施体制、人員計画の妥当性
- (3) 資金計画の妥当性
- (4) 開発スケジュールの妥当性
- (5) プロジェクトのリスク識別・対処方策の妥当性
- (6) システムズエンジニアリングマネジメント計画の妥当性
- (7) 調達マネジメント計画の妥当性
- (8) 教訓・知見の妥当性

• 審査結果

上記の審査項目に沿って審査を実施した結果、要処置事項を確実に処置することを条件にプロジェクト実行段階への移行は妥当と判断した。(プロジェクト移行審査：2021年12月21日)

審査会においては以下の対応についての考え方及び解決見通しがあることが説明されたため、要処置事項としてはその内容を文書に反映し明確化することとした。

なお、今後ESA/NASAと継続して調整を要する課題は残るものの、プロジェクト総資金の範囲内で対応可能であることを確認した。

- ESA/NASAと調整中の事項（スケジュール、役割分担、リソース配分）についてプロジェクトとしてのベースラインを明確にし、資金計画に反映すること。
- Gatewayプログラムの役割・責任およびESA/NASAと調整スケジュールを示し、本プロジェクトとの相関関係を明確にすること。
- ESA/NASAと合意できていない事項について、プロジェクトの対応策および実現できない場合のGatewayプログラムの対応方針を示すこと。

(2) 外部評価結果概要

1. 概要

前頁の審査に先立ち、月周回有人拠点（ゲートウェイ）居住棟ミッションのプロジェクト移行にあたって、日本として取り組む意義の観点から外部評価を行った。

2. 評価の観点

以下の観点から評価する。

- 日本として取り組む意義
（主な視点）
 - アルテミス計画における日本の国際的プレゼンス向上への貢献
 - 本プロジェクトで確立する環境制御・生命維持(ECLS)システムコア技術を獲得する意義・価値と将来有人宇宙探査への成果展開

3. 評価結果

以下のとおり、本プロジェクトは、日本として取り組む意義はあると評価する。

2021年12月7日 外部評価委員（大阪府立大学/北宅センター長）

- 他国の動向にも注視しつつ、本プロジェクトを通じて、日本が ECLSシステムコア技術を一体的に獲得する計画が体系的に示されていること。
- 将来的には、本プロジェクトで獲得する技術を、更にステップアップする計画を有しており、将来有人宇宙探査を目指した長期戦略の観点でも妥当。
- 技術的な観点においても、CO2除去能力や、宇宙放射線耐性、熱設計条件といった設計上の配慮事項が妥当。

2021年12月8日 外部評価委員（慶応義塾大学/白坂教授）

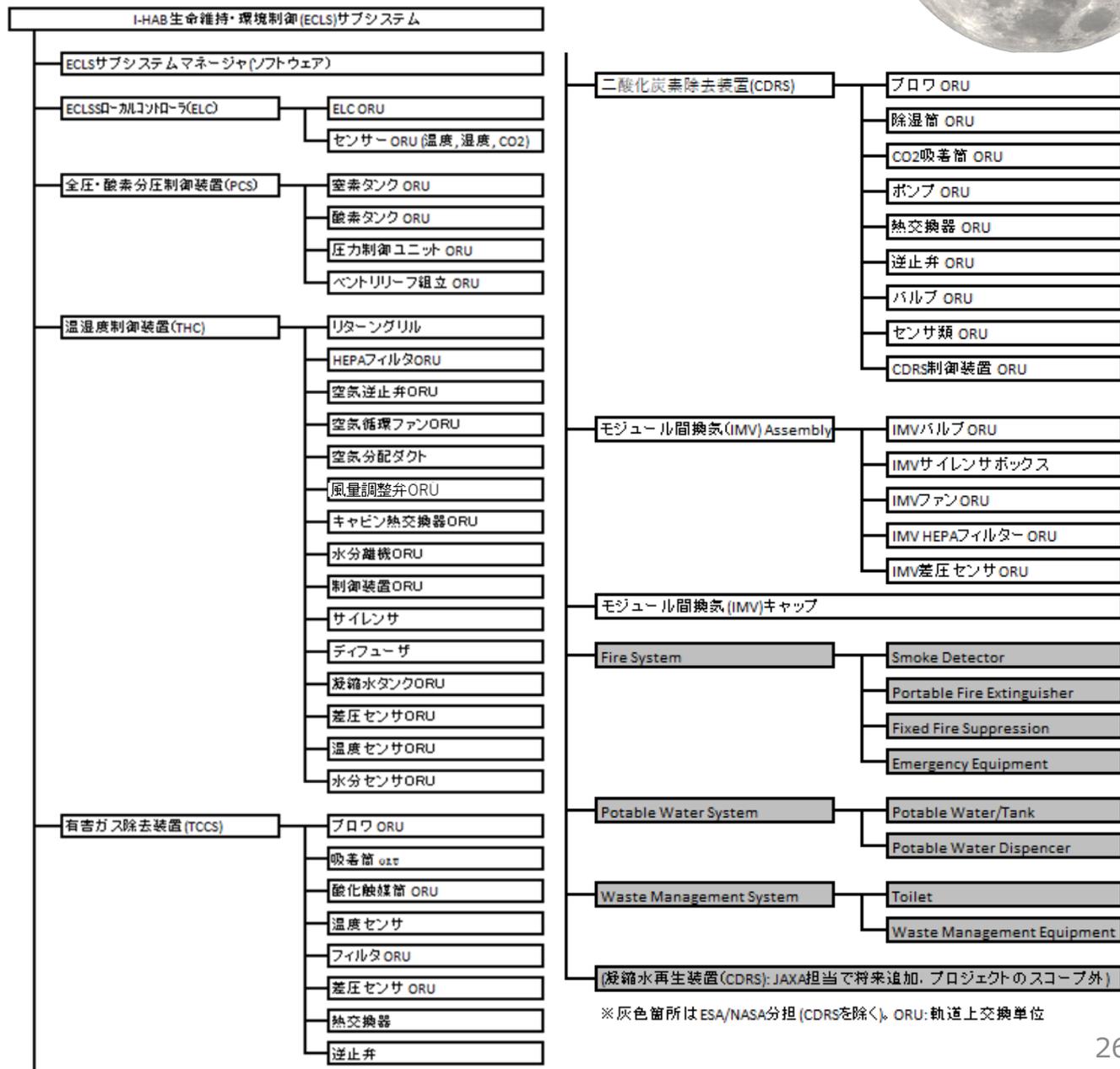
- 環境制御・生命維持(ECLS)システム技術は、日本が有人ミッションを自律的に実施するための根幹的な技術。本技術を獲得することで、国際プレゼンスの向上に寄与するのみならず、地上社会へのフィードバックが見込まれるため、日本が獲得すべき技術として賛同する。
- ベンチマークを継続して行うことで、国際競争力のある技術獲得が期待される。
- 国際プレゼンスの更なる向上に向けては、CO2 除去の軌道上実証の早期実施を検討頂きたい。世界に向けて日本の ECLS 技術をアピールできる良い機会であることに留まらず、日本企業の活躍機会の確保、ひいては将来的な国際協働パートナーの拡大につながるもので、横展開の波及効果が見込まれる。

参考1 ECLSシステム主要機能



ECLSシステムの機器構成を右記に示す。

JAXAは自らが担当する機器の開発のほか、ESA/NASA担当機器の仕様を調整し、準備・提供を求めることで、ECLSシステムの調和と機能実現を図る。



※ 灰色箇所はESA/NASA分担 (CDRSを除く)。ORU:軌道上交換単位

- I-HAB ECLS等JAXAが提供するシステム機器の運用については、ESAが運用実施主体であり、JAXAはESAに対する技術支援を行うことで合意している。
- 日本にて、JAXA提供機器の稼働状況をモニタし、技術支援を行うために必要な、テレメトリやステータスデータは、ISS運用で実現されているようなインターネットを利用した共通ツールによって取得する方向でNASA/ESAと共に検討を進めている。
- 各運用フェーズにおける運用構想は以下のとおり。

(1) 打上げ、近直線ハロー軌道（NRHO）への軌道遷移、アプローチ及びドッキング運用

打上げ～ドッキングまでは、JAXAはNASAもしくはESAの運用設備にて運用支援を行う。

(2) 無人運用

無人運用期間は通常11ヵ月、最長3年間で、その間最長で21日間地上から支援がなくなる状態（将来の惑星探査を考慮し、その期間は地上支援を受けずに対応できるよう運用できること）も考慮する必要がある。

クルー不在のため、保全是実施しない。機器のテレメトリ、ステータスデータの確認は地上にて実施する。

JAXAは、打上げ直後の無人運用については、JAXA提供機器が計画通りに稼働していることを確認するため、NASAもしくはESAの運用設備にて運用支援を行う。その後の運用支援は日本から実施する。

(3) 有人運用

地上からのコマンドにより、無人運用から有人運用に切替えられ、2～4人のクルーの活動が通常30日間、最大37日間（ORIONが離脱できない等の異常時）実施される。

JAXAは、初回及び2回目の有人運用については、NASAもしくはESAの運用設備にて、NASA/ESAの運用支援を行う。（3回目以降はプロジェクトの対象外であり定常運用時に向けて検討する。）

No	審査項目	審査概要
1	プロジェクト目標・成功基準、範囲の妥当性	日本政府とNASAとの間で2020年12月に月周回有人拠点（Gateway）了解覚（MOU）が締結されている。日本の貢献としてはゲートウェイ居住能力（HALO、I-HAB）へ基盤的機能を提供することであり、本プロジェクト目標は明確である。ゲートウェイのECLS機能の一部を担当し、コア技術（有害ガス除去技術、CO2除去技術、全圧・酸素分圧制御技術など）を獲得し、再生型ECLS技術の獲得へつなげる戦略により、将来の月面与圧ローバー等の有人月面拠点や火星探査につながるため、意義がある。
2	実施体制、人員計画の妥当性	プロジェクトは、ゲートウェイプログラムと情報共有を密に行い、プロジェクトの確実な遂行のため、プロジェクトおよびプログラムとしてしっかりと戦略を練って進めること。
3	資金計画の妥当性	今後 ESA/NASA と継続して調整を要する課題は残るものの、今後の調整を見据えたリスク費が計上されており、プロジェクト総資金の範囲内で対応可能であることを確認した。
4	開発スケジュールの妥当性	ゲートウェイ計画の現状マイルストーンに沿ったプロジェクトスケジュールが設定されている。
5	プロジェクトのリスク識別・対処方策の妥当性	システム実現性の課題は、ECLSシステム搭載質量、搭載容積、消費電力・排熱、引渡しスケジュールなどにおいて、ESA 要求と JAXA 仕様の乖離があり、現状、JAXA 提示のベースラインの合意に至っていないが、基本設計段階で詳細の調整を進め、PDRにおいて確認することで、NASA/ESAと合意済。
6	システムズエンジニアリングマネジメント計画の妥当性	海外宇宙機関との関係において、要求文書については、分担・期限・内容等が明確になっているが、検証については、分担・機器提供等について調整中の項目があり、今後明確にしていく必要がある。
7	調達マネジメント計画の妥当性	プロジェクト実行段階に必要な調達計画が最低限立案されている。
8	教訓・知見の妥当性	LINKS チェックリストを用いて、SDR/プロジェクト移行審査フェーズで取り込むべき LL が確認され、取り込まれている。

略語	正式名称、日本語訳等
ゲートウェイ居住棟	本紙では、クルーが滞在可能なHALO, I-HAB (P.6より) の総称をいう
CDRS	Carbon Dioxide Removal System、二酸化炭素除去装置
ECLS	Environmental Control and Life Support、環境制御・生命維持
ELC	ECLS Local Controller、ECLSローカルコントローラ
HALO	Habitation and Logistics Outpost、ミニ居住棟
IGA	Inter-Government Agreement、政府間協定
I-HAB	International Habitation Module、国際居住棟
IMV	Inter Module Ventilation、モジュール間換気
JEDI	Joint Exploration Declaration of Intent for Lunar Cooperation、月探査協力に関する文部科学省と米航空宇宙局の共同宣言
MOU	Memorandum of Understanding、了解覚書、
PCS	Pressure Control System、全圧・酸素分圧制御装置
RUI	Remote Interface Unit、リモートインタフェースユニット
SM	System Manager、システムマネージャ
TCCS	Trace Contaminant Control System、有害ガス除去装置
THC	Temperature and Humidity Control assembly、温湿度制御装置