



第62回 宇宙科学技術連合講演会
OS05-3 国際宇宙探査

月軌道ゲートウェイの検討状況

2018/10/25
宇宙航空研究開発機構(JAXA)
中野屋壮吾・佐藤直樹



将来の宇宙探査に向けた展望

- 2014年1月に開催された国際宇宙探査フォーラム(ISEF)において、有人火星探査を長期の目標として、国際協力の下で宇宙探査を実現していくことを確認。
- 第2回ISEFは2018年に日本で開催された。

国際宇宙探査ロードマップ

現在

2020年

2030年

ISS



将来の探査のための技術実証の場として利用（～2024年）

小惑星

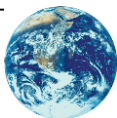
無人探査、サンプルリターン

小惑星軌道変更



有人小惑星探査ミッション

月近傍



2024年頃～

月の安定軌道に
有人拠点を建設

長期滞在有人ミッション

月面有人探査用中継基地として使用

月

探査機による無人月探査

有人支援サンプルリターン

月面有人探査ミッション



火星

探査機による無人火星探査

有人支援サンプルリターン

試験フライトミッション

有人火星探査ミッション





月軌道ゲートウェイ計画の概要

Gateway 2022年以降、米国を主体に月軌道に構築する有人拠点：
(Lunar Orbital Platform-Gateway: 通称"Gateway")

①基本機能

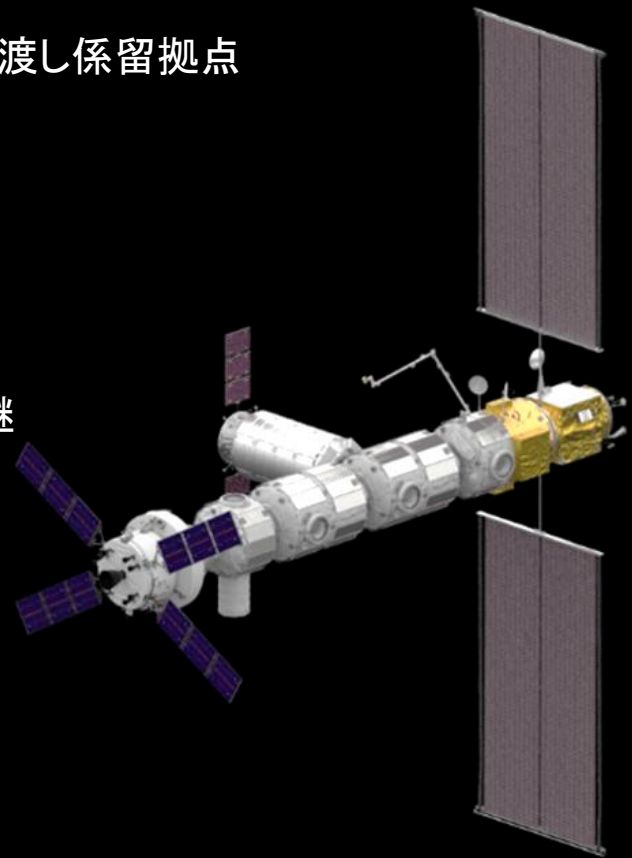
- 地球-月通信中継、月面探査機の遠隔操作の通信拠点
- 月離着陸機の発着拠点、月面サンプルの地球帰還機への引渡し係留拠点
- 有人月面探査実施の場合の、月面からの緊急退避場所

②ゲートウェイで可能となる科学

- 外部に据え付けた機器による月、地球、太陽系の科学観測
- 有人支援によるより詳細な探査活動
- 月面や太陽系からの探査試料の一次選別
- ミッションを行う小型衛星、キューブサットの放出と通信の中継
- 深宇宙環境での有人生理学実験

③火星探査へ向けた準備

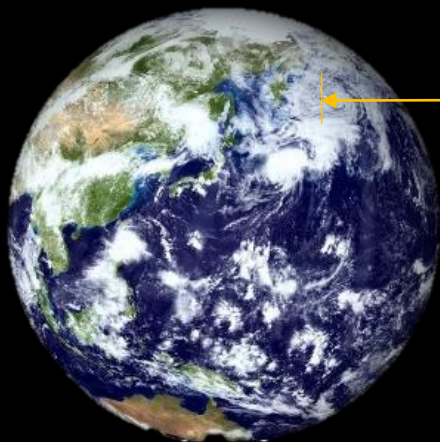
- 火星への輸送機の組立と点検
- 深宇宙輸送と居住能力(放射線防護対策を含む)の技術実証
- 自律的なクルー運用手順やわずかな補給環境での運用実証
- 遠隔操作技術の確立
- 宇宙機の維持と燃料補給技術の実証



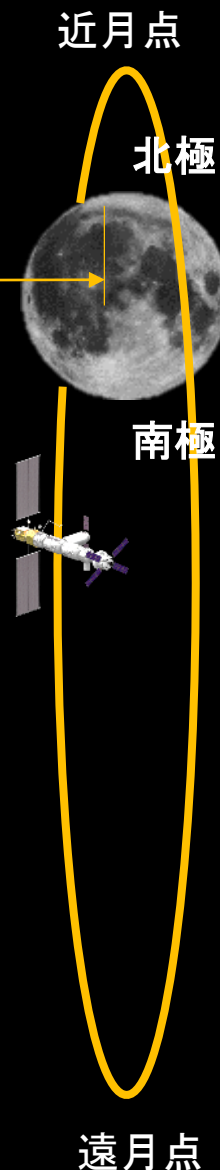


ゲートウェイの軌道

Near Rectilinear Halo Orbit (NRHO-S軌道)



平均38万km

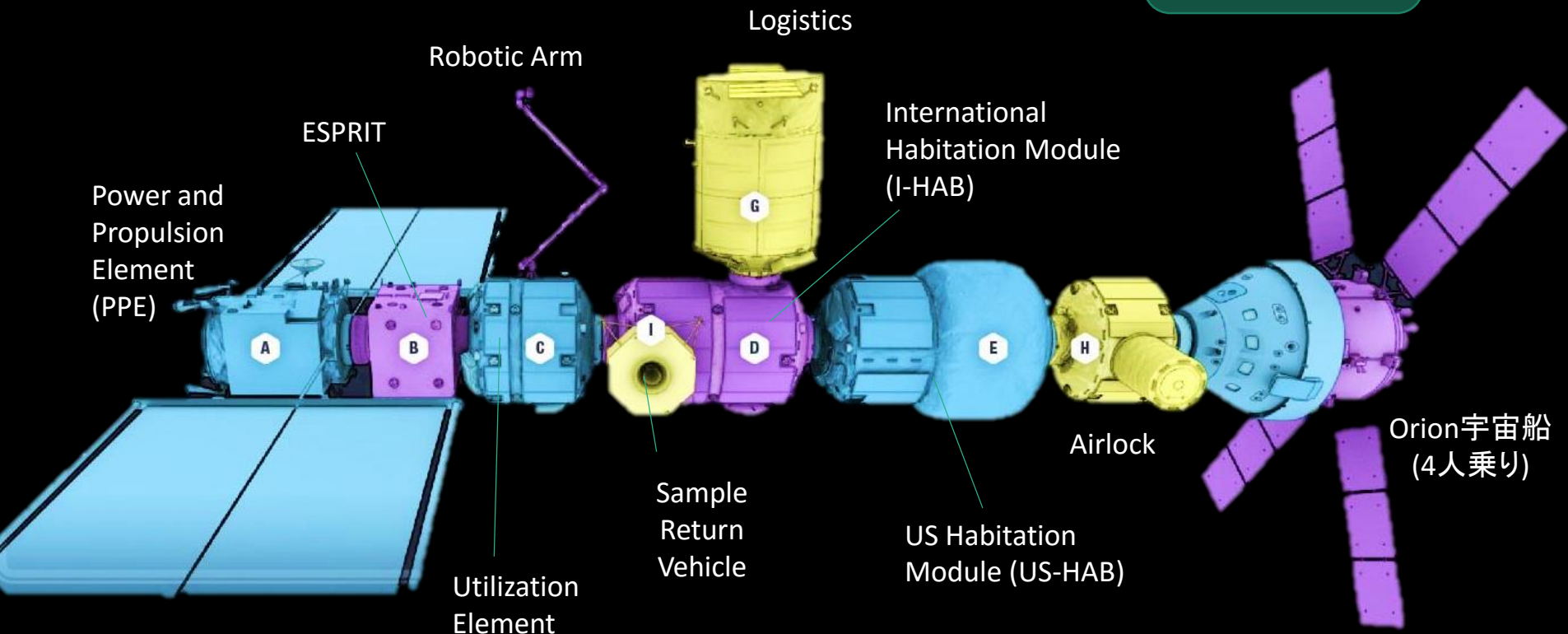
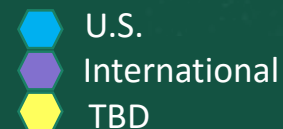


- ✓ 月を南北に回る、高度4000 kmから70000 kmの極端に細長い楕円軌道 (Near Rectilinear: ほとんど直線)。
- ✓ 軌道面は常に地球を向くため、地球との通信は常時確保される。
- ✓ 地球からの到達エネルギーは月低軌道までの70%程度と輸送コストが比較的小さくて済む。
- ✓ 月の南極の可視時間が長く、南極探査の通信中継としても都合がよい軌道。



ゲートウェイのコンフィギュレーション

各国の役割分担



© NASA

- ・将来の月面探査・深宇宙探査に向けて、月の探査や有人火星探査に向けた技術実証を行う。
- ・フェーズ1の短期ミッションでは、宇宙飛行士は4名滞在可能、滞在期間は30日程度の予定。
- ・将来は数100日程度の長期滞在ができる有人拠点となる予定。



ゲートウェイの打上スケジュール (フェーズ1)

2022年 2023年

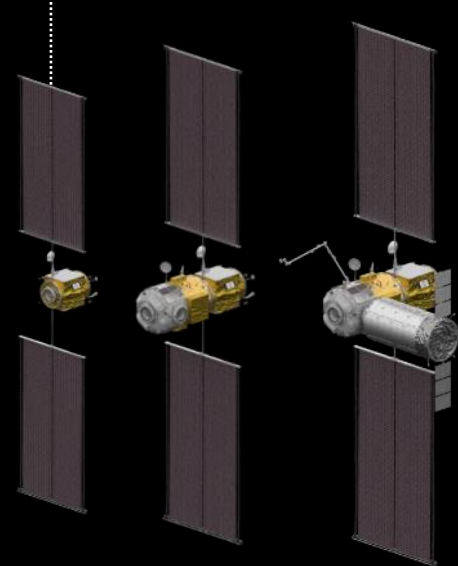
2024年

2025年

2026年頃完成

4人
11日間
滞在

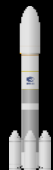
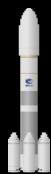
4人・30日間滞在 (1年に1度)



GM-1
PPE

GM-2
ESPRIT+UE

GM-3
Logistics
+ Robotic Arm



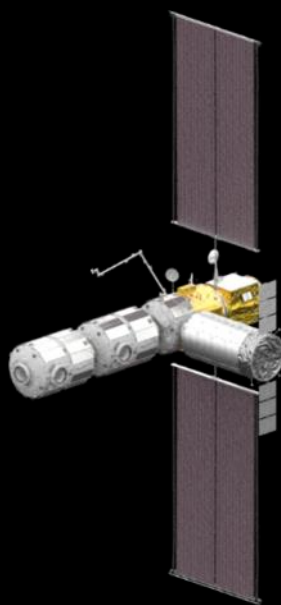
商業ロケット SLS (有人)



GM-4
I-HAB



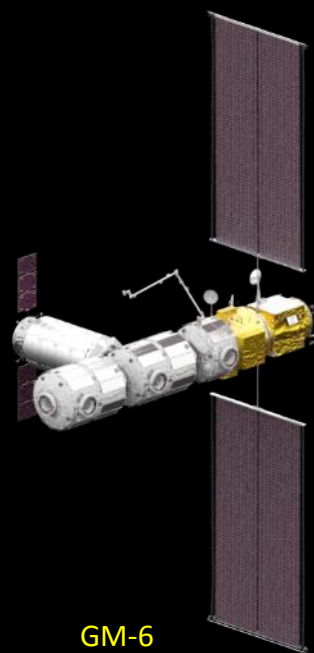
SLS (有人)



GM-5
US-HAB



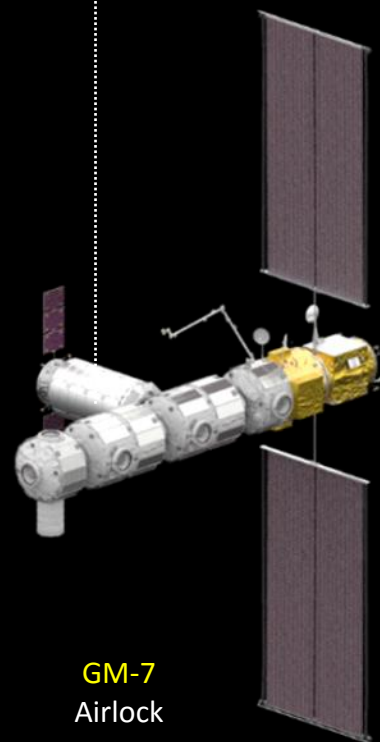
SLS (有人)



GM-6
Logistics



SLS (有人)



GM-7
Airlock



SLS (有人)

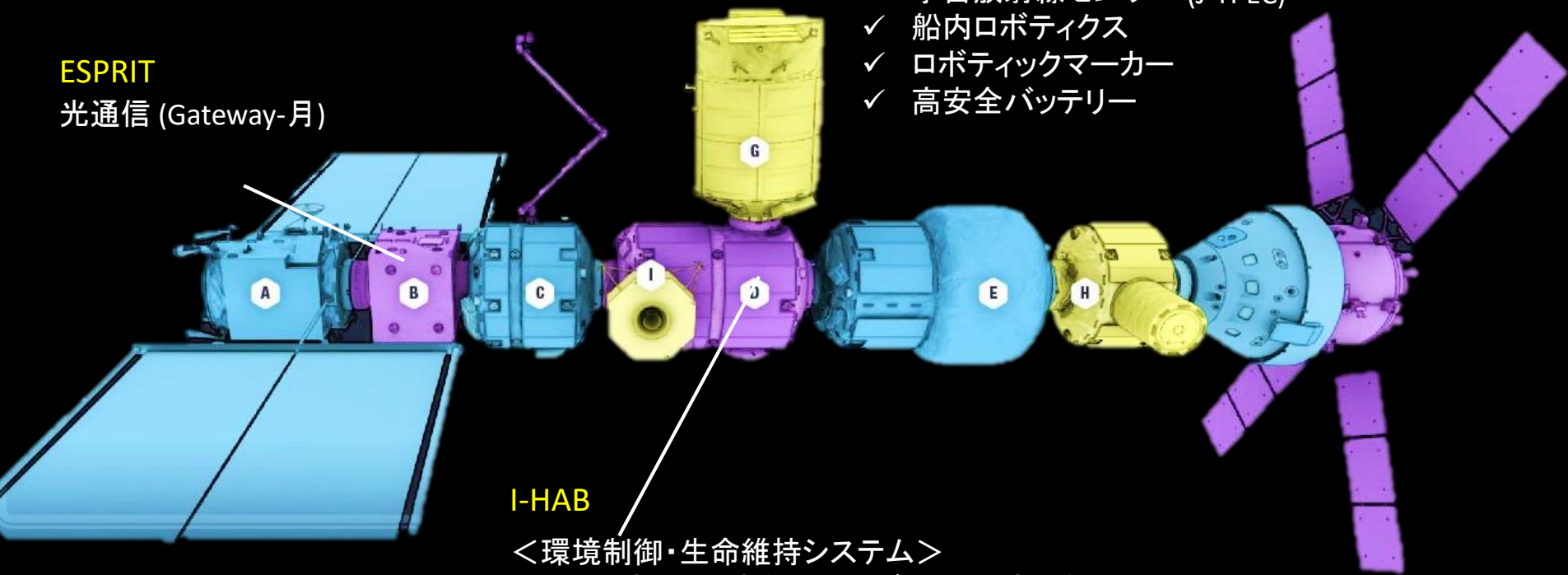


JAXAによる機能分担の候補

以下の機能を
JAXAが提供することを検討・調整中

ESPRIT

光通信 (Gateway-月)



共通機器(候補として検討中)

- ✓ 環境制御各機器
- ✓ 熱制御用ポンプ
- ✓ RDV センサー
- ✓ 宇宙放射線センサー (J-TPEC)
- ✓ 船内ロボティクス
- ✓ ロボティックマーカー
- ✓ 高安全バッテリー

I-HAB

<環境制御・生命維持システム>

- ✓ 温湿度制御 (空気循環、デシカント空調機)
- ✓ 全圧分圧制御 (高圧タンク、レギュレータ、センサー)
- ✓ 再生ECLSS (CO2除去、有毒ガス除去、凝縮水再生)

<熱制御システム>

<バッテリー>

<ビデオカメラ・伝送システム>

© NASA



環境制御・生命維持システム

Environment Control and Life Support System (ECLSS)

- ✓ 宇宙飛行士の活動に必要な・・・
 - 酸素の供給
 - 二酸化炭素の除去
 - 飲用水の供給
 - 排泄物の処理
 - 代謝熱の除去
- ✓ 機器からの発熱分や、オフガスの除去
- ✓ 廃棄物の処理

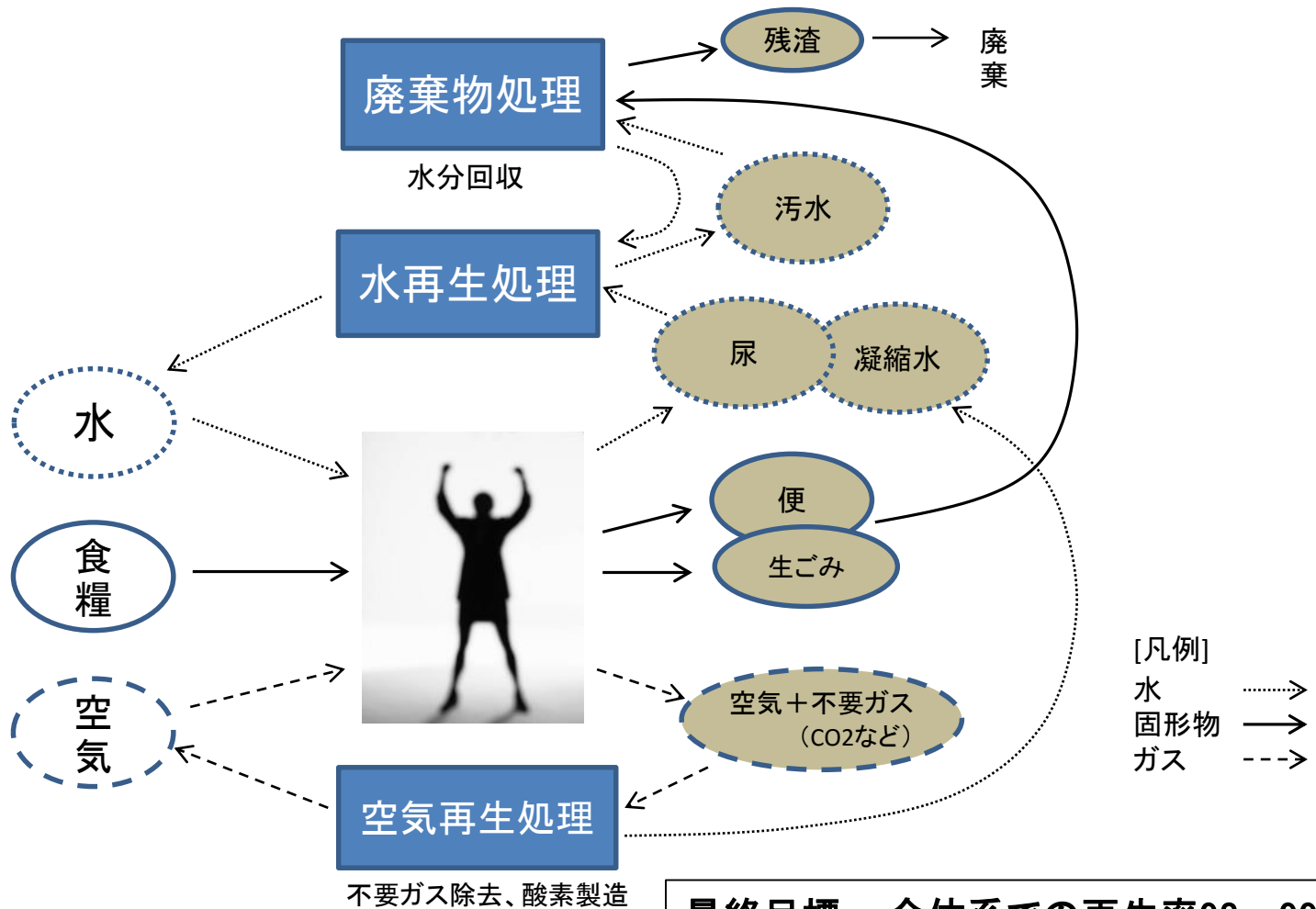


酸素消費量	0.84kg/人/day	尿排出量	1.56kg/人/day
二酸化炭素発生量	1.00kg/人/day	熱産生量 (顕熱・潜熱)	137W/人
飲料水消費量	2.8kg/人/day		



目標とするECLSS

- 探査長期ミッションでは補給が困難となるため、ECLSSの高効率化、高信頼化により再生率をさらに高め、補給量を軽減する。



最終目標： 全体系での再生率98～99%



ゲートウェイの酸素・水の補給量推算

Equipment mass

<Container>

O2 tank: 35.0 kg with 34.6 kg capacity

H2O bag: 2.4 kg with 20.4 kg capacity

<System>

O2 generation: 454 kg

Water recovery- condensate: 75 kg

Water recovery- urine: 258 kg

CO2 reduction: 249 kg

O2 and H2O consumption rate

O2: 924 g /crew-day

H2O: 4240 g/crew-day

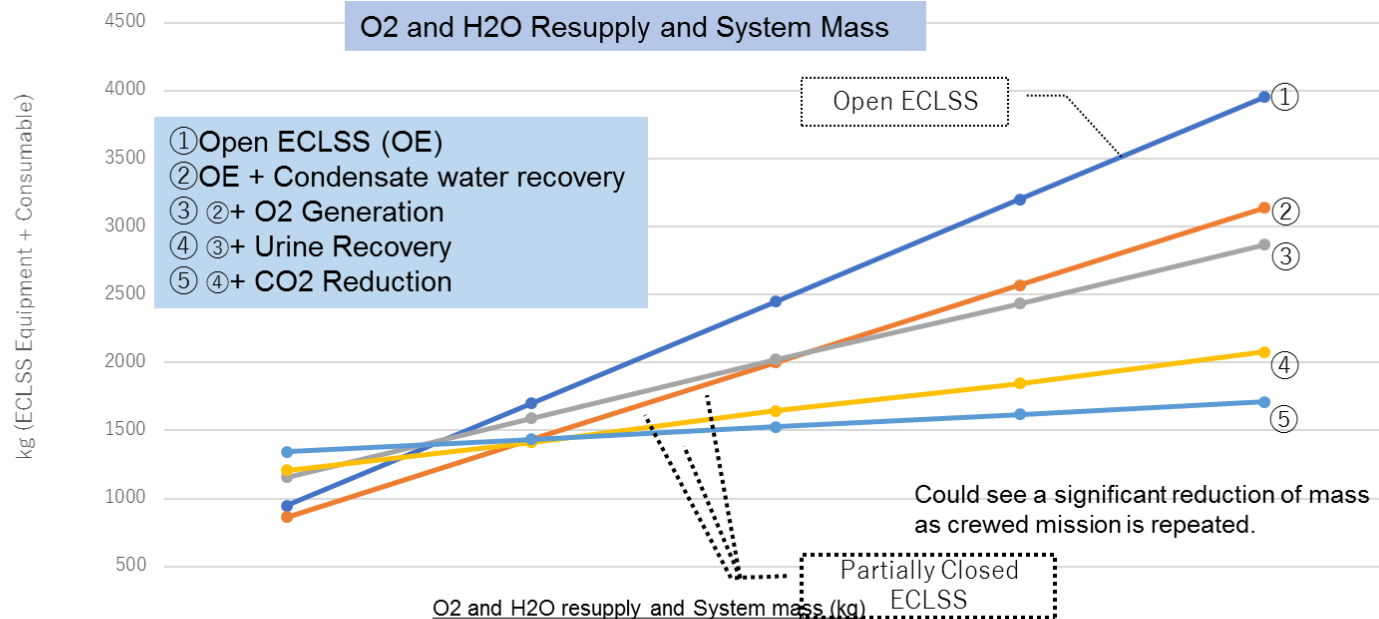
Drink: 2000 g

Food prep.: 500 g

O2 generation: 1040 g

Flush: 300 g

Hygiene: 400 g



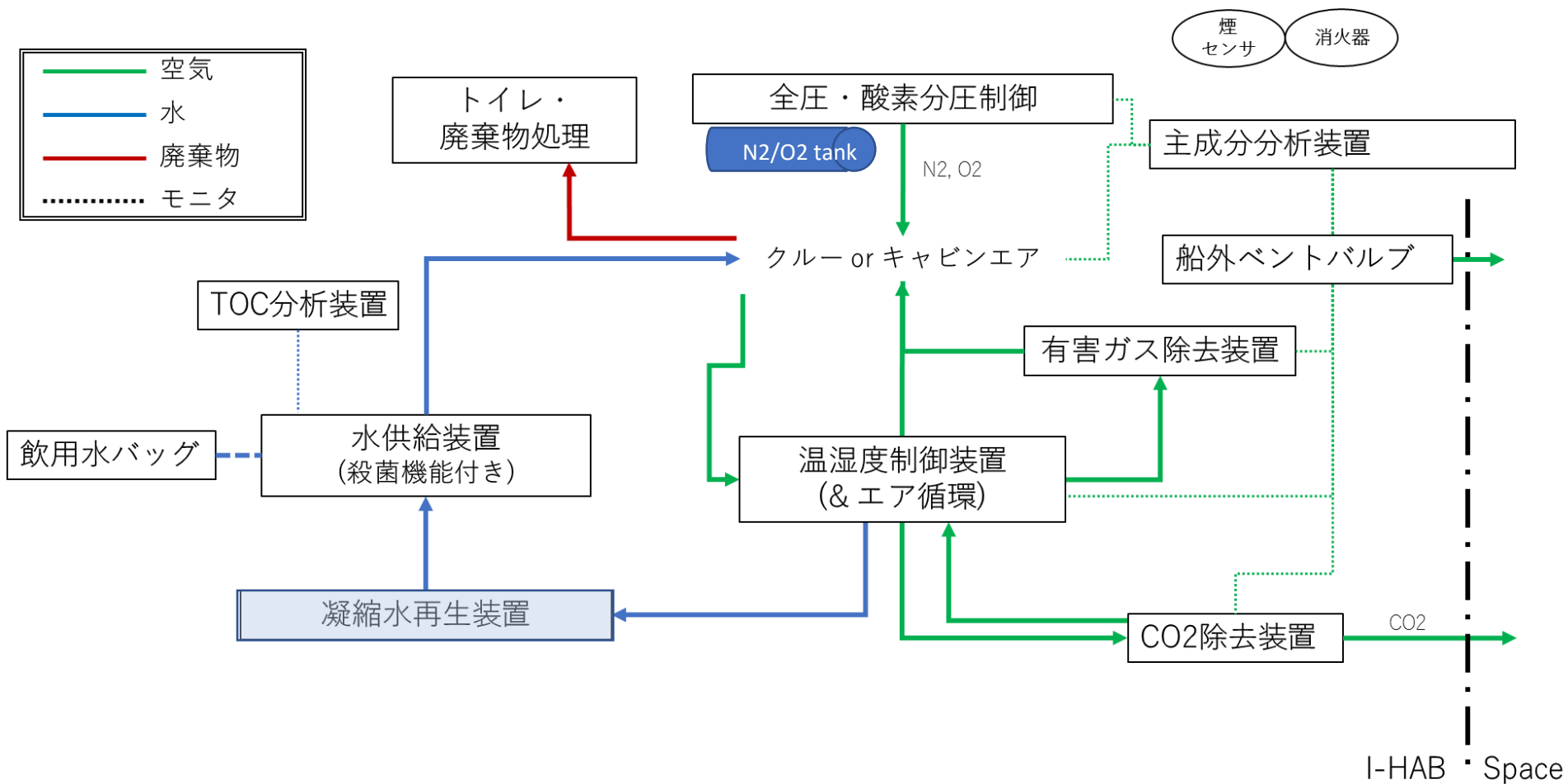
O2 and H2O resupply and System mass (kg)

	1mission 37days-4crews	2missions 74days-4crews	3missions 111days-4crews	4missions 148days-4crews	5missions 185days-4crews
① Open ECLSS (OE)	947	1698	2450	3201	3953
② OE + WRS (Condensate)	862	1431	2000	2570	3139
③ OE + WRS (Condensate) + O2 generation	1157	1590	2023	2434	2867
④ OE + WRS (Condensate + Urine) + O2 generation	1210	1415	1643	1848	2076
⑤ OE + WRS (Condensate + Urine) + O2 generation + CO2 reduction	1345	1436	1527	1618	1709



I-HAB ECLSS

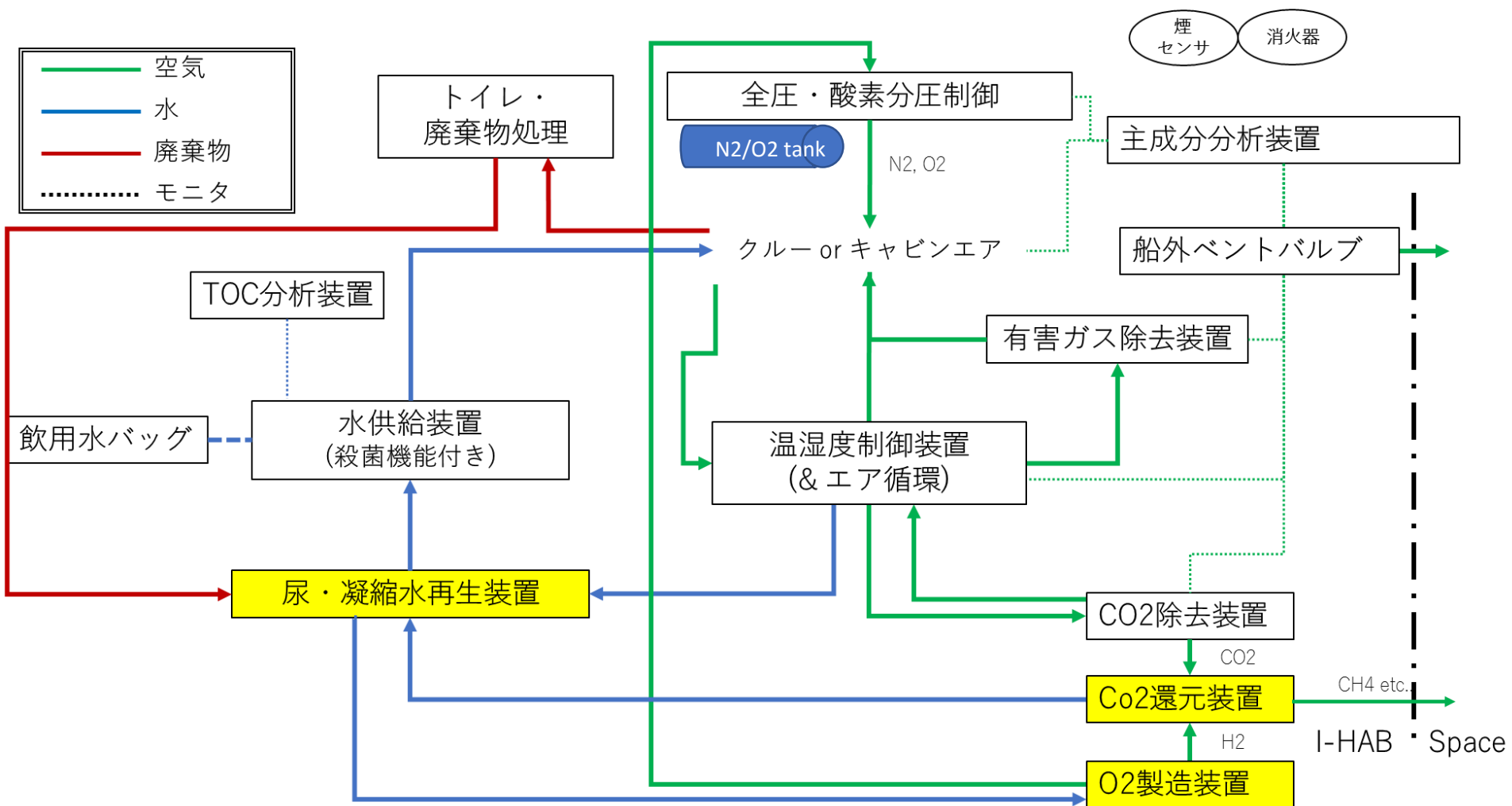
初期フェーズの環境制御アーキテクチャー





I-HAB ECLSS

将来の環境制御アーキテクチャー





ゲートウェイの酸素・水の補給量推算

Equipment mass

<Container>

O2 tank: 35.0 kg with 34.6 kg capacity

H2O bag: 2.4 kg with 20.4 kg capacity

<System>

O2 generation: 454 kg

Water recovery- condensate: 75 kg

Water recovery- urine: 258 kg

CO2 reduction: 249 kg

O2 and H2O consumption rate

O2: 924 g /crew-day

H2O: 4240 g/crew-day

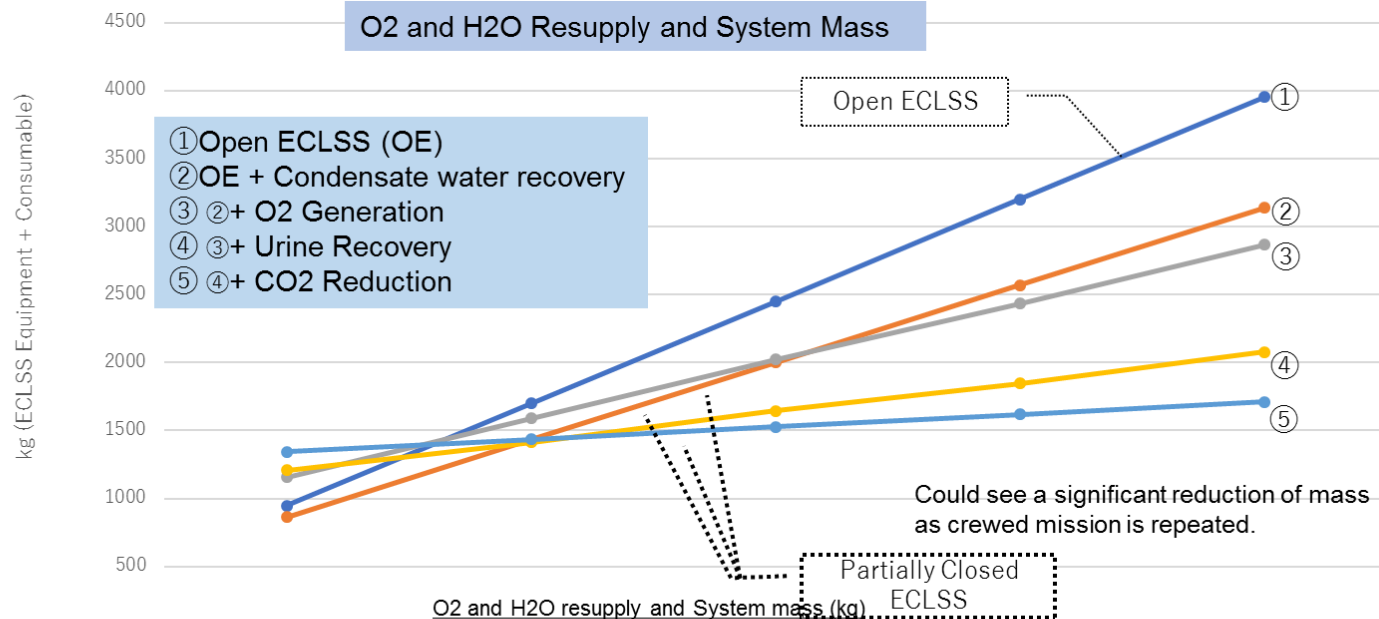
Drink: 2000 g

Food prep.: 500 g

O2 generation: 1040 g

Flush: 300 g

Hygiene: 400 g



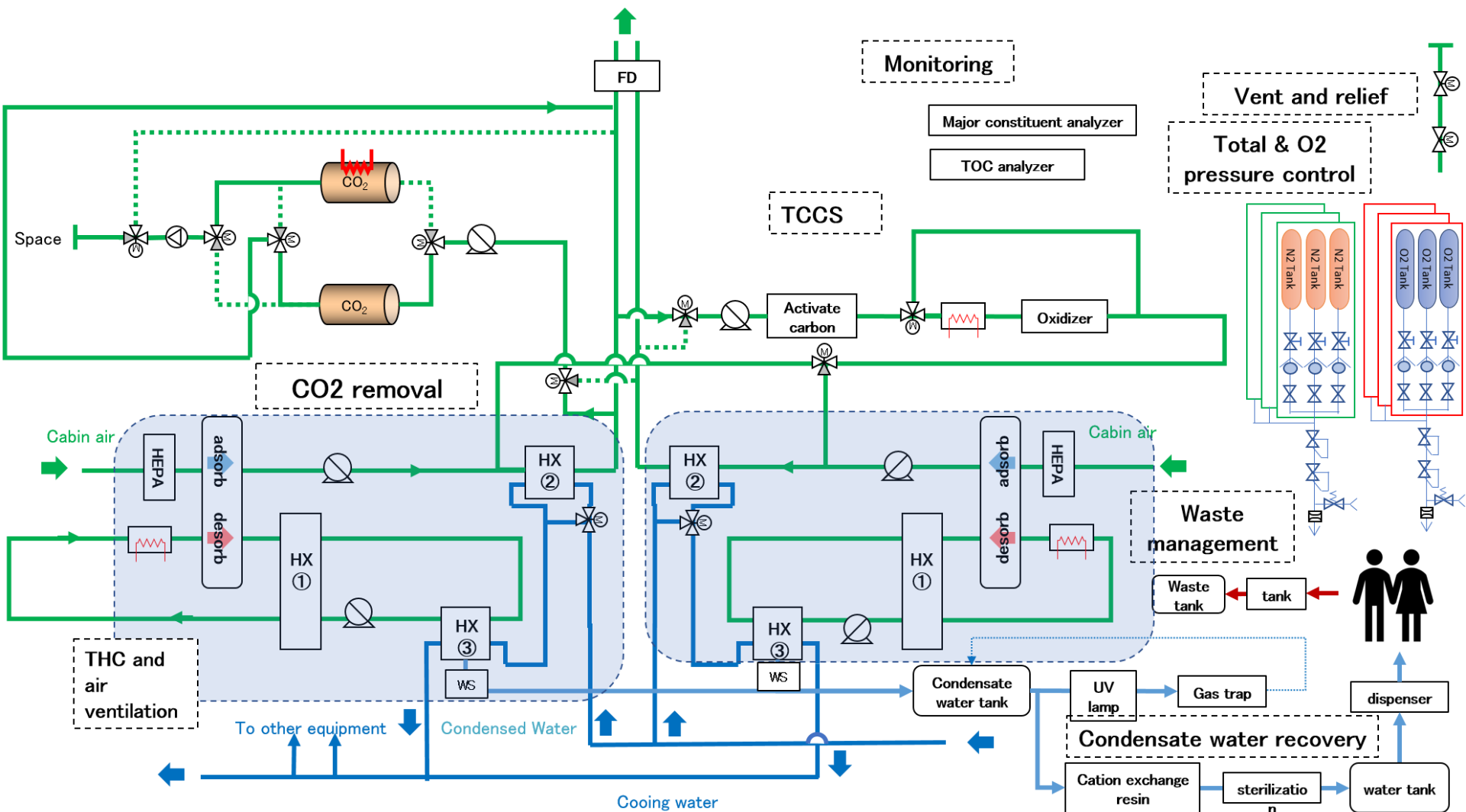
O2 and H2O resupply and System mass (kg)

	1mission 37days-4crews	2missions 74days-4crews	3missions 111days-4crews	4missions 148days-4crews	5missions 185days-4crews
① Open ECLSS (OE)	947	1698	2450	3201	3953
② OE + WRS (Condensate)	862	1431	2000	2570	3139
③ OE + WRS (Condensate) + O2generation	1157	1590	2023	2434	2867
④ OE + WRS (Condensate + Urine) + O2generation	1210	1415	1643	1848	2076
⑤ OE + WRS (Condensate + Urine) + O2generation + CO2reduction	1345	1436	1527	1618	1709



I-HAB ECLSS

具体的な系統図

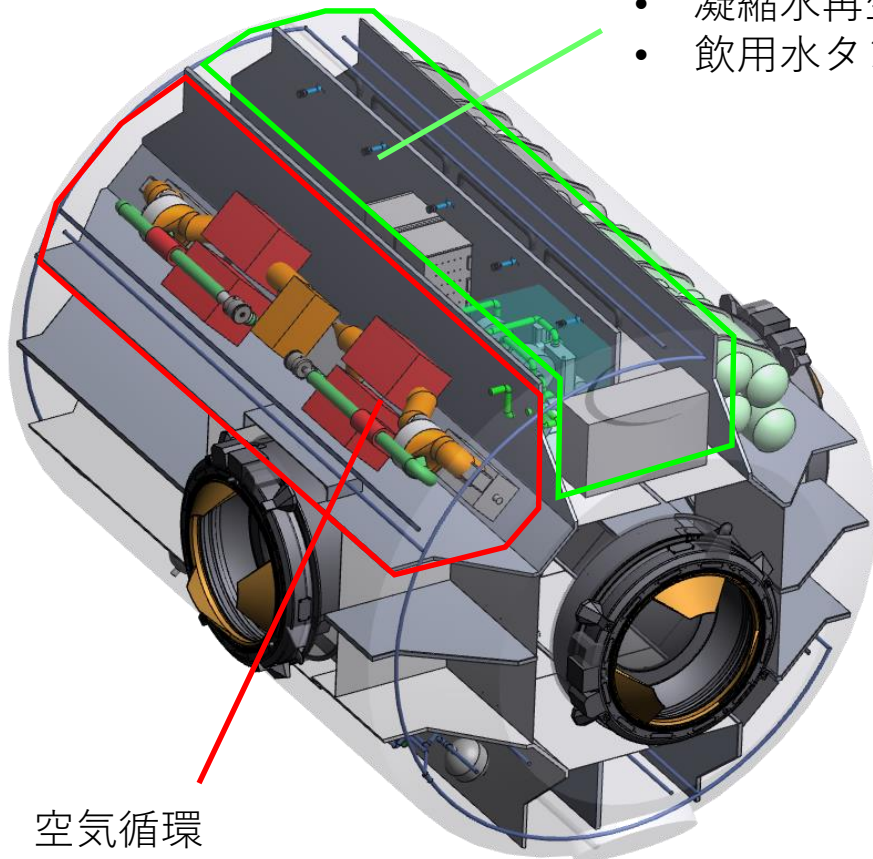




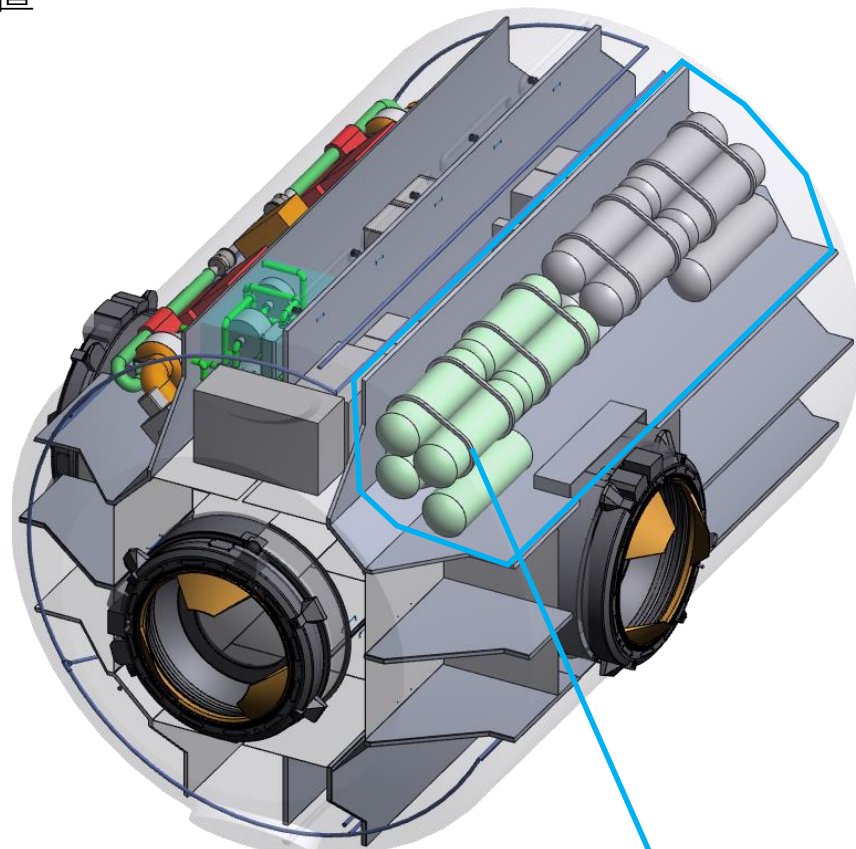
I-HAB ECLSS

初期フェーズのレイアウト (1/2)

- CO2除去装置
- 凝縮水再生装置
- 飲用水タンク



- 空気循環
- 温湿度制御装置
- 有害ガス除去

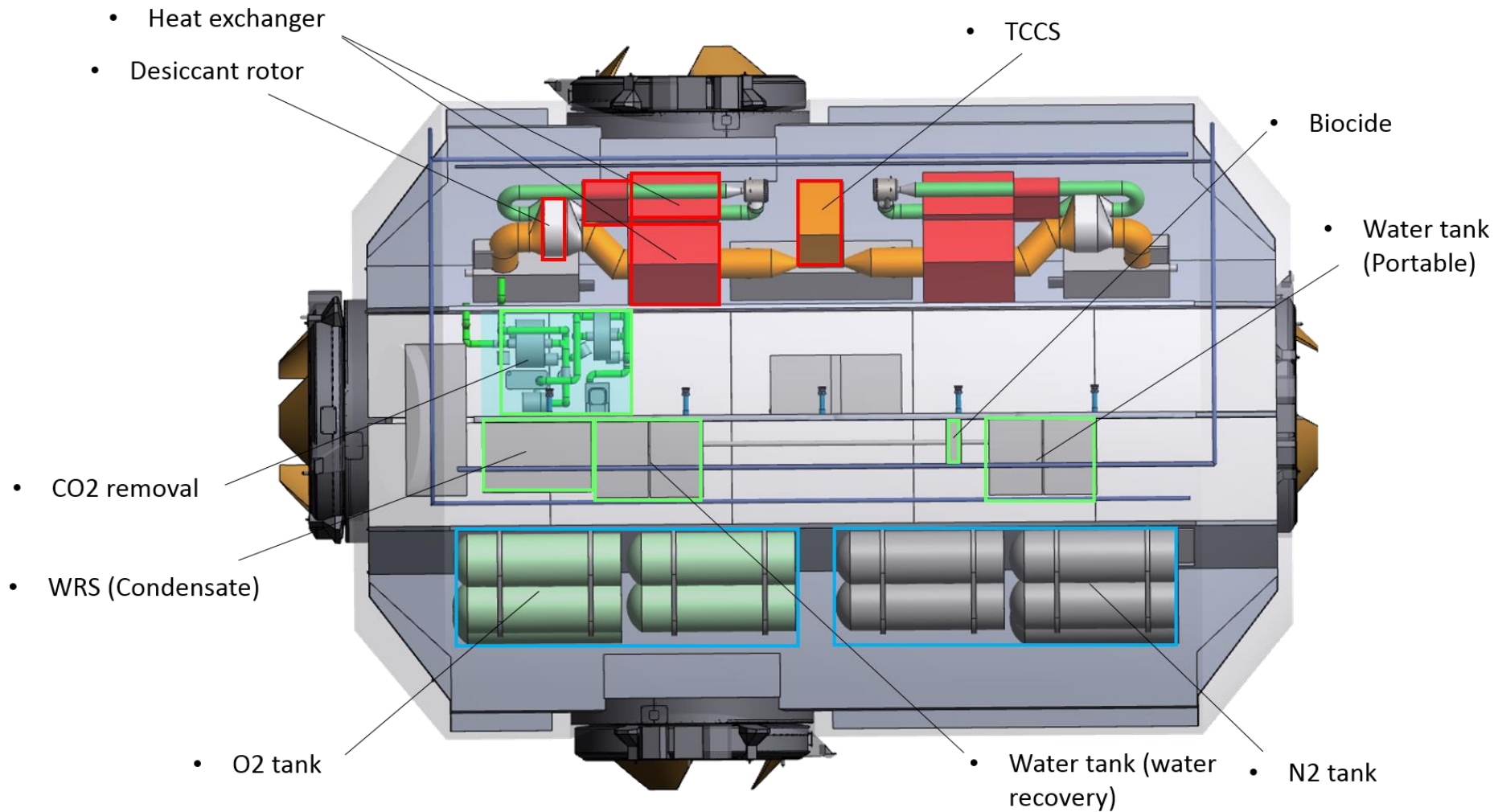


- O2 タンク
- N2 タンク



I-HAB ECLSS

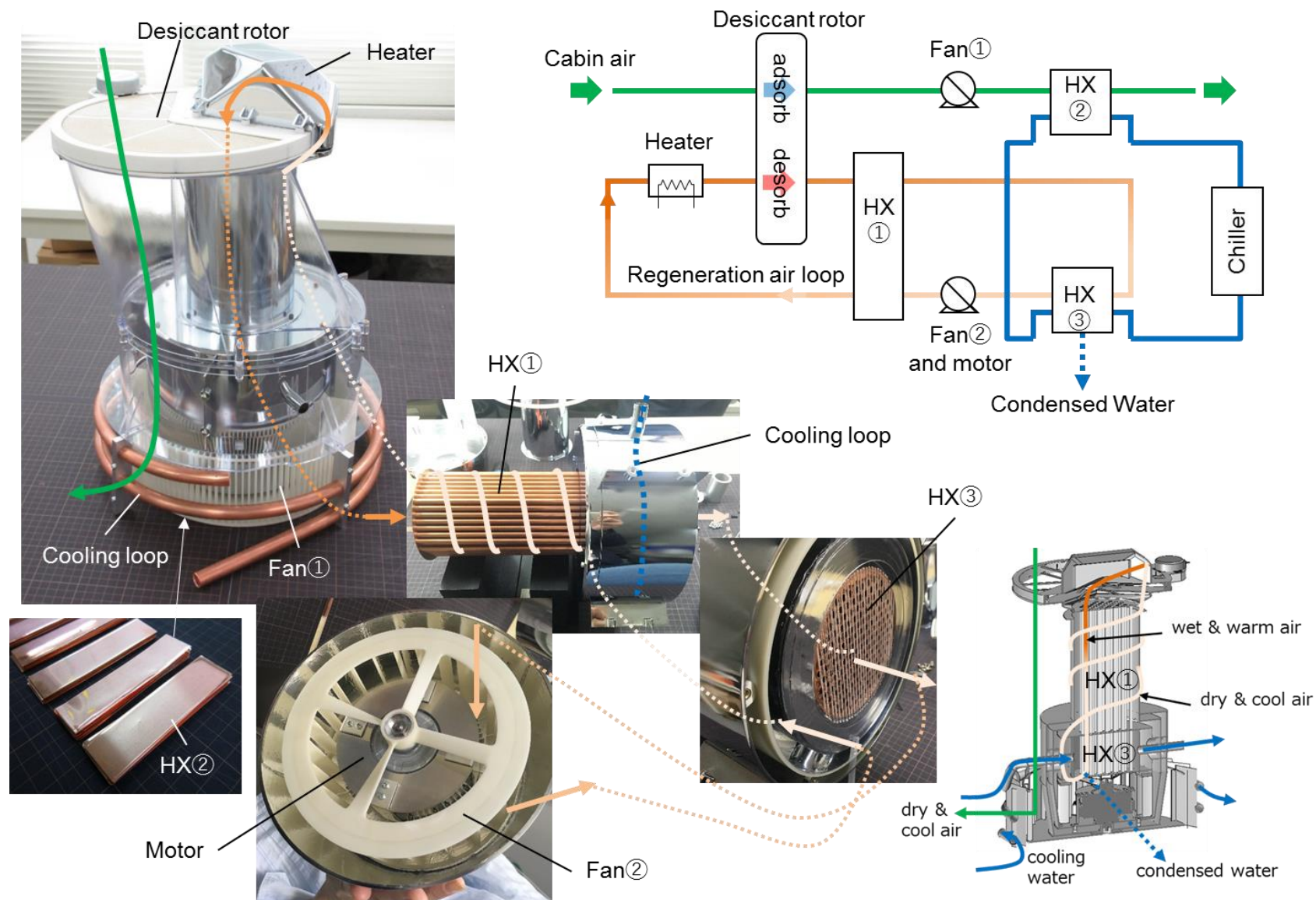
初期フェーズのレイアウト (2/2)





JAXA検討中のECLSSシステム ～デシカント温湿度制御～

- 冷却水ループの温度をあげることにより、ラジエータ面積、断熱材の削減に寄与。

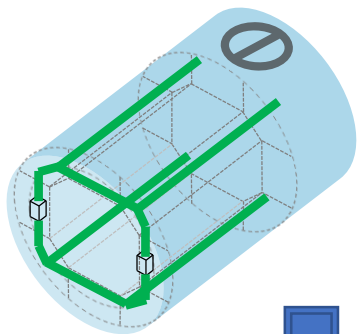




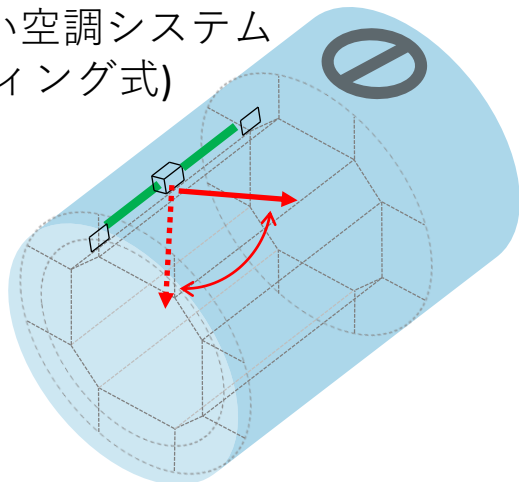
JAXA検討中のECLSSシステム ～ 空気循環 ～

- 「きぼう」の空調システムは配管が多かったが、ゲートウェイのI-HABは配管・ダクトが少なく重量を抑えた空調システムを提案。

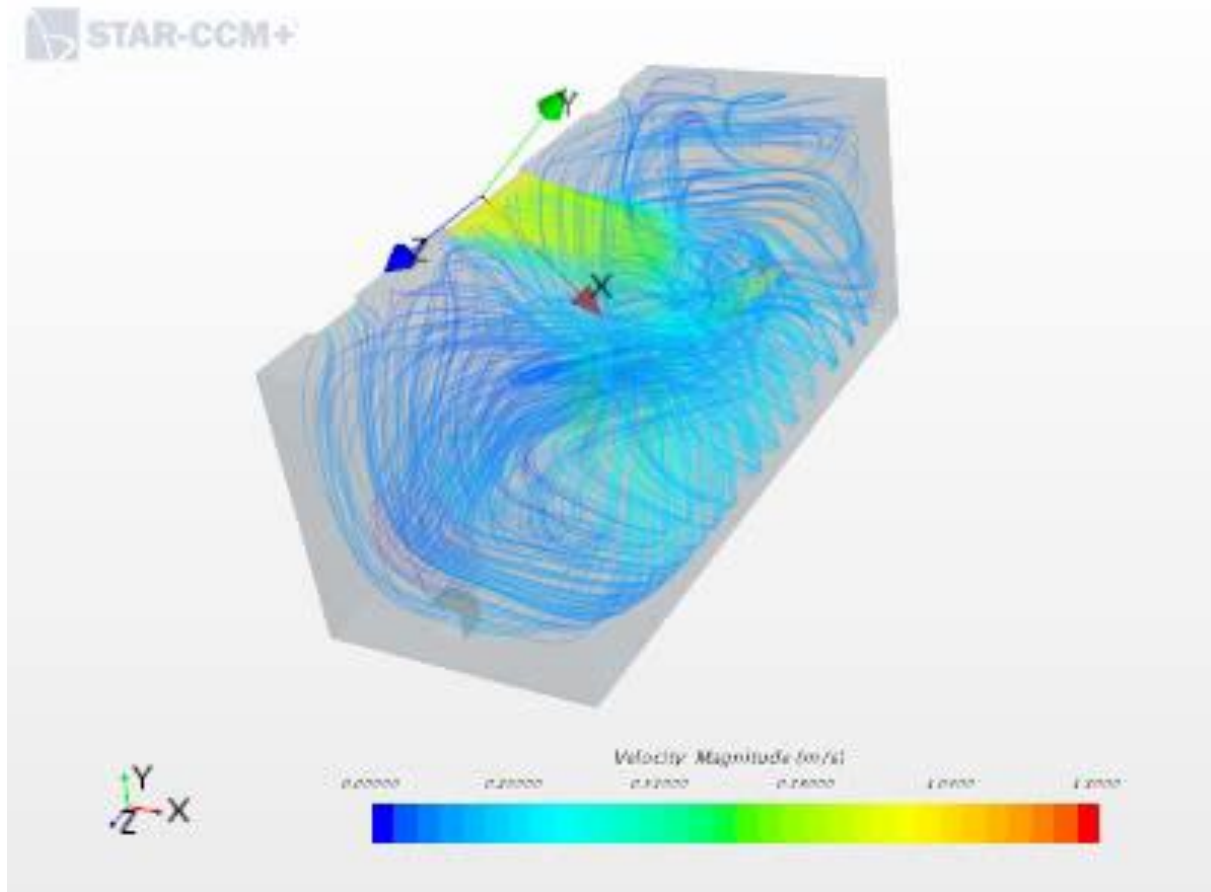
「きぼう」の空調システム



新しい空調システム
(スウィング式)



新しい空調システムにおいても、キャビン内に均一な風を送ることができることをコンピューターシュミレーションで確認しながら開発を進めている





JAXA検討中のビデオ映像システム

- 民生品をベースに搭載予定。企業と搭載可能性の検討を開始している。
- 8K Ultra-HDTV camera and encoder for observatory objectives from windows.
- 360 deg view network camera for intra-vehicular monitor.



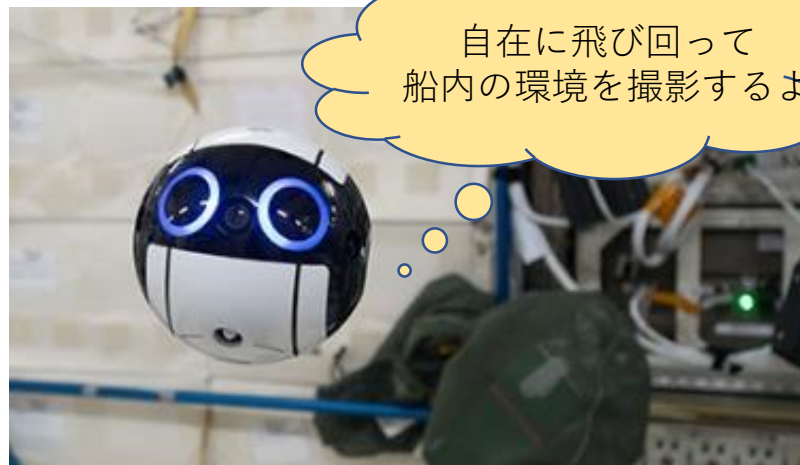
- Wearable camera



宇宙飛行士が見ている景色を地球上で共有することが可能



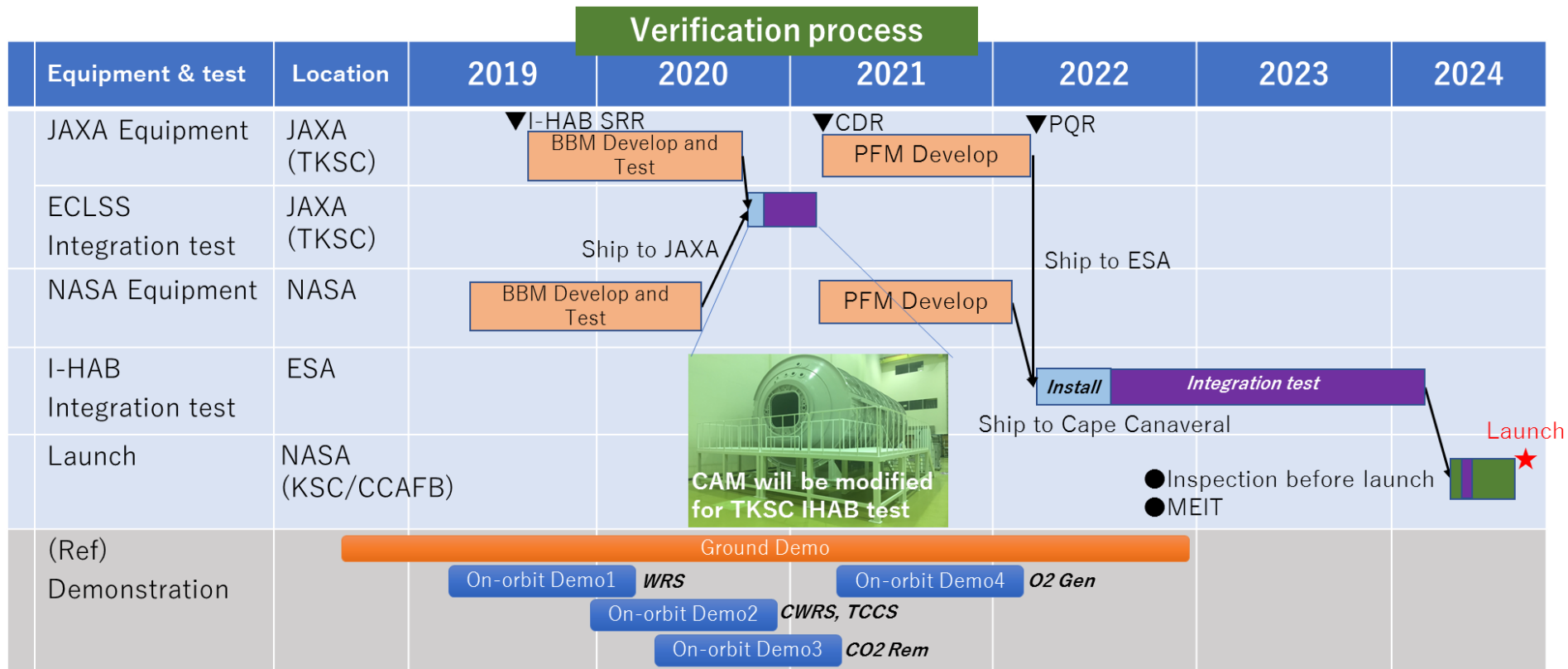
- Free-point view system, Int-Ball (Internal Ball Camera)





I-HAB ECLSS 開発スケジュール(例)

- かなり厳しい開発スケジュールとなっており、ISSを有効活用した技術実証など、事前のフロントローディング活動が極めて重要。



Extend human presence

