

第3回 月火星着陸探査シンポジウム

JAXA での惑星保護への取り組み

2018/03/16

藤田和央, 小澤宇志

宇宙航空研究開発機構 研究開発部門

山岸明彦

東京薬科大学 生命科学部

惑星保護活動とは

2

惑星保護とは、国際宇宙空間研究委員会 (Committee on Space Research; COSPAR) が規定する惑星保護方針 (Planetary Protection Policy; PPP) に準拠した宇宙機の開発および運用に係るアクティビティであり、主として「探査対象天体の保全」と、対象天体から帰還あるいはサンプルを回収する際の「地球環境保護」から構成される。

■ 探査対象天体の保全

化学進化の過程や生命の起源に関して、科学的観点からは重要性が高く、科学的意見によれば、宇宙機による汚染が将来の調査に悪影響を及ぼす可能性の高い、太陽系天体へ探査を行う場合、地球から運搬する生命および生命活動由来物質による対象天体および対象地域の汚染を極小化することである。これを実現するために、惑星保護方針では、例えば

- ① 対象天体へ到達する軌道エネルギーを有するロケット、デブリ、およびフライバイあるいは周回する宇宙機の対象天体への衝突確率を規定値以下とすること。
- ② 対象天体へ着陸する宇宙機の汚染度を規定値以下とすること。
- ③ 宇宙機の汚染を判定するために既定の方法によって検査を行うこと。

などの設計標準が定義されている。

■ 地球一月系の環境保護

生命(の痕跡)の存在が否定できない天体から帰還あるいはサンプルを回収する場合、地球の生命圏(月を含む)へもたらされる生命および生命活動由来物質によって破局的な生物災害をもたらすことがないように、汚染の確率を極小化することである。これを実現するために、惑星保護方針では、帰還機およびサンプルコンテナの強度や運用に係る設計標準が定義されている。

惑星保護の法的根拠と適用手順

■ COSPAR と惑星保護方針 (PPP)

- COSPAR 惑星保護方針の法的根拠は、「月その他の天体を含む宇宙空間の探査及び利用における国家活動を律する原則に関する条約(宇宙条約)」の第9条において定められた。
- 惑星保護方針そのものは法律ではないが、宇宙条約を根拠とすることから、国際条約に準ずるものとして取り扱われる。

■ 国内法との関係

- わが国では宇宙条約に準拠した国内法として「宇宙活動法」が制定されており、デブリと同様に、惑星保護は宇宙活動法に根拠を有する。これによって、惑星保護に準拠しない宇宙機およびその部品は、打上げ及び海外での打ち上げを前提とした輸出を行うことができない。

■ 惑星保護の適用

- すべての宇宙機およびその部品は、内閣府による審査を受けた後、許認可される。惑星保護規定への準拠状況も、この際に審査される。

■ JAXA の惑星保護

- JAXA の場合は、JAXA の制定する惑星等保護プログラム標準(2017年制定予定、ただしカテゴリⅠ～ⅢおよびⅤの制約のない地球帰還までの適用)に準拠した惑星保護(実施および審査)を行い、宇宙機および部品を開発し、内閣府の許認可を受ける。
- 惑星等プログラム標準の適用範囲は以下の通り:
 - ① JAXA が実施する宇宙飛行ミッション
 - ② JAXA が実施する宇宙飛行ミッションへの参加
 - ③ JAXA 以外の機関等が実施する宇宙飛行ミッションへのJAXAの参加

惑星保護の実施方法(概要)

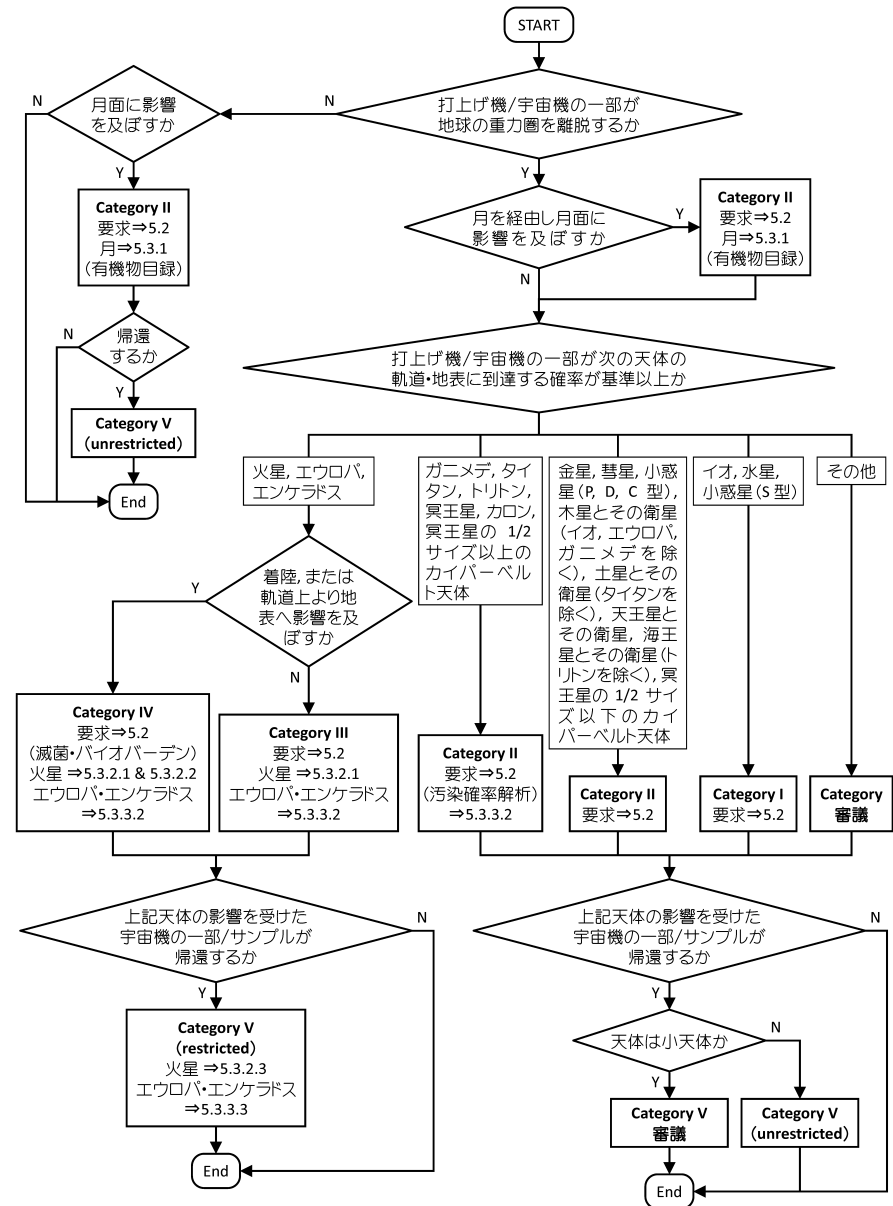
■ 適用される宇宙機および構成部品

宇宙機および構成部品(打上げロケットやデブリを含む)であって、月に影響を与える、或いは地球重力圏を離脱し太陽系天体へ影響を及ぼす可能性を排除できないもの。

- ※ 静止軌道以下の地球周回衛星は一般に除外。
- ※ 恣意な天体接近を想定した故障モードは除外。

■ 実施方法

- ① カテゴリー化 / プロジェクト惑星保護要求書
〈MDR / SRR〉 ⇒ 惑星保護要求の定義
- ② 惑星保護計画書
〈SRR / PDR〉 ⇒ 惑星保護の計画
- ③ 惑星保護実施計画書 / 有機物目録
〈PDR / CDR〉 ⇒ 惑星保護の実施・検証
- ④ 打上前惑星保護報告書
〈開発完了審査 / LRR〉 ⇒ 打上げ
- ⑤ 延長ミッション惑星保護報告書
〈ミッション延長審査〉 ⇒ 延長ミッション
- ⑥ ミッション終了惑星保護報告書
〈ミッション終了審査〉



惑星保護カテゴリについて(注記)

■ 惑星保護カテゴリ(Planetary Protection Category)

対象天体の化学進化の過程や生命の起源に関する科学的な重要性和、対象天体の汚染が将来の調査に悪影響を及ぼす重大性を考慮して割り当てられる、惑星保護のカテゴリ。対象天体およびミッション形態によってカテゴリは異なり、カテゴリに応じて異なる要求が設定される。

■ 惑星保護カテゴリに係る注意事項

- 惑星保護カテゴリは、最新の科学成果に基づいて、科学知見の増進とともに**随時改訂**され得る。
- 現在記載のない天体、あるいは小天体はどんなスペクトル型であっても、カテゴリVの場合は**ケースバイケース**で地球帰還制約の有無が判断される。
- P, D 型小惑星は、現時点では「科学的知見が乏しいため」制約のある地球帰還を default とし、その上で上記の判断が各ミッションに適用される。
- 軌道到達や地上到達の条件は、ノミナルケースだけでなく、**オフノミナルケースも含む**。すなわち、ノミナル計画では当該天体の軌道(地上)へ到達しないが、不具合等によって軌道(地上)へ到達する可能性のある場合は、軌道到達(地上到達)するものとして取り扱う。
- 地球の月は地球-月系の一部であると考え、帰還制約の対象は地球だけでなく**月も含む**。
- オーシャンワールド(エウロパ、エンケラドス等)への往路・復路の規定は、現在進行中のPPOSS活動などを通じて数年以内に改訂される予定であり、**現状は暫定的**である。
- 火星表面では、生命探査を目的とする観測装置を搭載しているか否か、**特別地域**(special region)へアクセスするか否かで、カテゴリIVがさらに細分化される。
- 複数の天体の軌道に到達する場合は、該当するすべての基準を適用する。

惑星保護要求と実施方法ーカテゴリ I

■ 対象天体

- S型小惑星, 木星の衛星・イオ, 水星

■ ミッション形態

- すべてのミッション形態

■ 要求(概要)

- なし

惑星保護要求と実施方法ーカテゴリⅡ

7

■ 対象天体

- ① 金星, 彗星, 小惑星 (P型, D型, 及びC型), 木星, 木星の衛星 (イオ, エウロパ, 及びガニメデを除く), 土星, 土星の衛星 (タイタン, エンケラドスを除く), 天王星, 天王星の衛星, 海王星, 海王星の衛星 (トリトンを除く), 冥王星の1/2サイズ以下のカイパーベルト天体. S 型小惑星, 木星の衛星・イオ, 水星
- ② 月
- ③ 木星の衛星・ガニメデ, 土星の衛星・タイタン, 海王星の衛星・トリトン, 冥王星/カロン, 冥王星の1/2サイズ以上のカイパーベルト天体.

■ ミッション形態

- すべてのミッション形態

■ 要求 (概要)

- 惑星保護文書要求をテーラリングした簡易な文書作成.
- 適用対象② (月) については有機物目録.
- 適用対象③ については汚染確率解析.

カテゴリⅡの惑星保護要求と実施方法

8

■ 有機物目録

- 月ミッションについては、宇宙機上で使用されているものを積算した総量(通常は 1 kg)が、ミッションを実施する機関の惑星保護担当官と合意している上限値を上回る有機物について、有機物目録を提出しなければならない。

■ 汚染確率解析

- 生存能力のある地球由来の微生物によって対象天体が汚染される確率が、宇宙機の打上げ後 50 年間に渡り 1×10^{-3} 以下であることを、汚染確率解析で示す。

惑星保護要求と実施方法ーカテゴリⅢ

■ 対象天体

- 火星, 木星の衛星・エウロパ, 土星の衛星・エンケラドス

■ ミッション形態

- フライバイ及び周回ミッション

■ 要求(概要)

- 惑星保護文書要求に準拠した詳細な文書作成.
- 有機物目録.
- 衝突確率解析, 汚染確率解析.

カテゴリⅢの惑星保護実施方法

10

■ 衝突確率・汚染確率の評価

- ISO Class 8 以上の空気清浄度を持つクリーンルームにおいて組み立てられていない, あるいは保管されていない, 宇宙機のあらゆる構成要素に対して, その火星への衝突確率が, **打上げから 50 年間に渡り 1×10^{-4} 以下**であることを, 衝突確率解析で示す.
- 生存能力のある地球由来の微生物によって対象天体が汚染される確率が, 宇宙機の**打上げ後 50 年間に渡り 1×10^{-3} 以下**であることを, 汚染確率解析で示す.

■ 有機物目録 (衝突確率が基準を満足しない場合)

- 火星ミッションについては, 宇宙機上で使用されているものを積算した**総量が 1 kg 以上となる有機物**について, 有機物目録を提出.

■ 有機物サンプルの保管 (衝突確率が基準を満足しない場合)

- 宇宙機の構成要素として **25 kg 以上使用されているすべての有機物**については, それぞれ 50 g のサンプルを, **打上げ後 50 年間に渡って**, 常時運転中の ISO Class 8 もしくはそれより以上の空気清浄度を有するクリーンルームに準じる管理された条件下で保管.

■ 熔融解析 (衝突確率・汚染確率が基準を満足しない場合)

- 衝突確率が基準を満足しない場合, 熔融解析を実施し, すべての宇宙機の要素が破壊・熔融の過程で乾熱滅菌条件 (500°C で 0.5秒) を満足することを示す.

■ 滅菌とバイオバーデン (衝突確率・汚染確率・熔融解析が基準を満足しない場合)

- 表面, 接合面, および包埋されたものを含む, **宇宙機全体のバイオバーデンが, 細胞孢子 5×10^5 個以下**であることを示す. 実質的にカテゴリⅣと同等となる.

惑星保護要求と実施方法ーカテゴリⅣ

■ 対象天体

- 火星, 木星の衛星・エウロパ, 土星の衛星・エンケラドス

■ ミッション形態

- 地表へ影響を与えるミッション(着陸, 飛行機, ペネトレータ, 地中掘削)

■ 要求(概要)

- 惑星保護文書要求に準拠した詳細な文書作成.
- 有機物目録.
- 有機物サンプルの保管.
- 滅菌およびバイオバーデン施設の管理.
- 材料, 部品, 組立品対する滅菌及びバイオバーデン管理.

カテゴリIV惑星保護要求の詳細(1/2)

12

■ カテゴリIVa(抜粋)

- すべてのフライトハードウェアは, ISO Class 8 以上のクリーンルームにおいて組立・試験・滅菌し, バイオバーデン管理し, 打ち上げまで保持しなければならない(輸送, 射場整備, ロケット取付, フェアリング内部を含む).
- 汚染微生物数管理区域を設営し, クリーン度 ISO Class 7 以上を維持すること. 当該管理区域をバイオバーデン管理すること. この前室として ISO Class 8 以上のクリーンルームを設置すること.
- 対象天体において到着した日から 50 年間における, 地球の生存可能な微生物による汚染確率を 0.1 % 以下とすること.
- 打上後 50 年間, 非滅菌部品の火星衝突確率を 10^{-4} 以下に維持すること.
- 打ち上げ後 20 年は宇宙機などの部品 (ISO Class 8 で組み立てられたもの以外) であっても火星衝突確率は 1 % 以下, 打ち上げ後 20-50 年の間は 5 % 以下に維持すること.
- 宇宙機上で使用されているものを積算した**総量が 1 kg 以上となる有機物**について, 有機物目録を提出すること.
- **総量が 25 kg 以上の宇宙探査機の有機物部品**は, 50 g サンプルを用意し, **打ち上げ後 50 年間**は管理下 (常時運転中の ISO Class 8 以上のクリーンルーム) において保存すること.
- 宇宙探査機の全汚染微生物数は **5×10^5 細胞胞子数**以下 (マージン 1×10^5 を含む) とする.
- 着陸システムの表面汚染微生物数は, 暴露面において **3×10^5 細胞胞子** (マージン 1×10^5 を含む) 以下, **平均胞子数 300 個/m² 以下** とすること.
- 打ち上げ前にすべての**バイオバーデン規定を遵守**する必要がある.

カテゴリIV惑星保護要求の詳細(2/2)

13

■ カテゴリIVb(生命探査)

- 表面システムの汚染微生物数は暴露表面部において 30 細胞孢子以下.
- サブシステム(生命調査用の収集, 輸送, サンプル分析)の平均汚染微生物数は以下の条件のどちらかを満たさなければならない:
 - ① 細菌孢子表面密度が 0.03 個/ m^2 以下,
 - ② 生命探査特有の性質・センシティブリティによる汚染レベル, サブシステムの再汚染の防止, 生命探査終了まで分析用サンプルの所定の場所での管理.

■ カテゴリIVc(特別区域へのアクセス)

- 全表面システムの汚染微生物数は暴露表面部において 30 細胞孢子以下.
- 全汚染微生物数レベルは $30+1.5 \times 10^4$ 以下.
- 火星特別区域に接触するサブシステムが上記に匹敵するレベルまで滅菌されており, 火星特別区域にアクセスする前の再汚染を防止する方法が備わっていること.
- サブシステムの細菌孢子表面密度が 0.03 個/ m^2 以下.

基本的にはすべてのフライト品を 110°C 以上で乾熱滅菌する必要がある。
ノミナル滅菌条件 = $125^\circ\text{C} / 48\text{h}$, $135^\circ\text{C} / 12\text{h}$

カテゴリIV惑星保護実施方法(1)

14

■ 惑星保護関連 WBS

分野	項目	アクティビティ
規定遵守・管理技術	PP規定・手順書の策定	規定・体制の文書化
	施設管理規定の策定・監査	手順書作成・監査員の養成
	作業規定の策定・監査	手順書作成・監査員の養成
	作業訓練	技術者の養成
環境維持技術	製造工程	製造メーカーの指導・監督
	輸送行程	無菌輸送技術の開発
	組立行程	無菌クリーンルームの導入
	射場	無菌クリーンルームの導入
滅菌技術	組立時/汚染された場合の滅菌	滅菌処理装置の導入
	施設・試験装置の滅菌	クリーンルームの滅菌
検査技術	バイオバーデン検定	分析器の導入・技術者の養成
	標本保存	保存庫の導入

カテゴリⅣ惑星保護実施方法(2)

15

■ 火星ミッション・プロジェクト WBS

分野	項目	アクティビティ
規定遵守・管理技術	ミッション規定・手順書の策定	規定・体制・手順書の文書化
	FM コンポーネント管理	一覧表・チェックリスト・文書管理
	作業訓練	技術者の養成
	汚染確率・衝突確率の評価	解析技術・データベースの開発
滅菌技術	製造行程における滅菌	製造メーカーの指導・監督
	組立時/汚染された場合の滅菌	滅菌処理
検査技術	バイオバーデン検定	技術者の養成
	標本保存	有機物サンプル選定・保管

カテゴリⅣ惑星保護実施方法(3)

■ 規定遵守・管理技術

- フライトハードウェア部品のリスト作成を行い, それぞれの部品に適合した滅菌処理法の選定, 作業手順書の作成を行う.
- 施設のグリーン度モニタリング等, クリーンルーム定期監査規定・クリーンルーム作業規定を作成する.
- 管理技術においては, 作業側と監査側の双方の人員養成が重要である.
- クリーンルーム運用室を導入し, クリーンルームビデオ管理を行う(24 時間体制).
- 汚染確率や衝突確率を計算するための解析技術・データベースの開発が必要である.
- フライト品の輸送に関して: バイオバーデン管理のフライトハードウェアは PEEK 樹脂や金属等の高温滅菌可能なグリーン輸送ボックスで輸送する. また, 二重カバー, 窒素充填とする.
- バックシェルに関しては大気突入時に十分な滅菌がされないため, 打上げ前の滅菌処理が必要.

■ 環境維持技術

- バイオバーデン管理区域 (ISO Class 7) および前室 (ISO Class 8) を設立する.
- 射場においても無菌クリーンルーム (ISO Class 7) を設営する.
- TOC (Total Organic Carbon) & グリーン度の管理: TOC 測定器・パーティクルカウンターを使用.

カテゴリIV惑星保護実施方法(4)

■ 滅菌技術

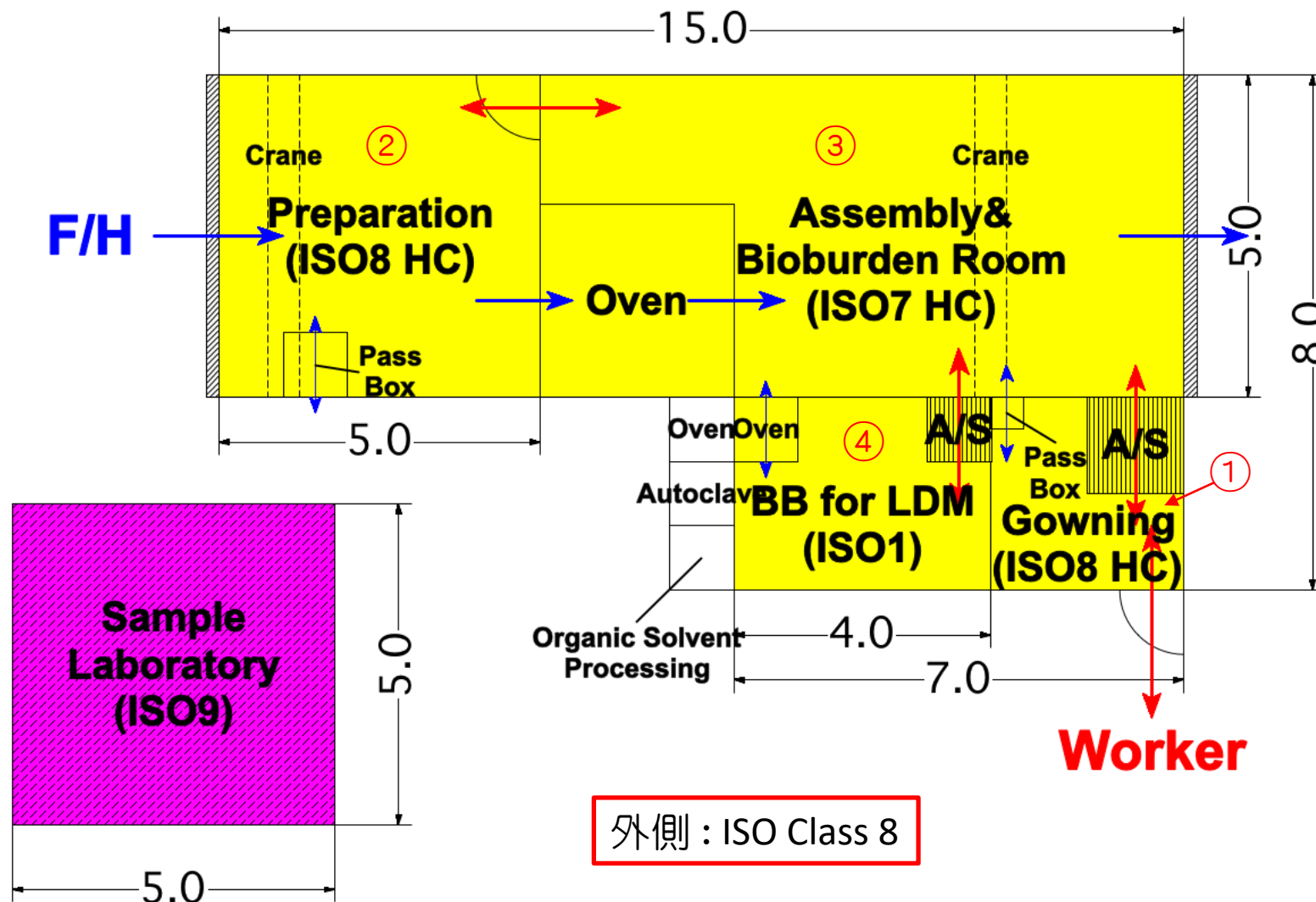
- 乾熱滅菌処理装置, 過酸化水素滅菌処理装置, 放射線滅菌処理装置を導入する。
- 部品の製造工程からの滅菌管理が必要なため, 製造メーカーの指導・監督も必要となる。
- すべてのコンポーネントは基本的に 110°C 以上の乾熱滅菌処理が必要。
- EM 時に乾熱滅菌装置内部におけるコンポーネントの温度分布を熱電対等で計測し, すべての箇所が滅菌処理温度に到達するまでの加熱時間等のデータベース化が必要。

■ 検査技術

- サンプル分析を行うバイオバーデン実験室を設営し, サンプル分析装置を導入する。
- フライトハードウェア組立品のバイオバーデン評価, 多様性評価を行い, 打ち上げ前にすべてのバイオバーデン規定が遵守されているか証明しなければならない。
- 有機物部品等は 50 g サンプルを用意し, 打ち上げ後 50 年間管理下(常時運転中の ISO Class 8 以上のクリーンルーム)で保存しなければならないため, 保存設備を導入する。
- Swab や wipe のバイオバーデン検査効率のデータベース作成が必要。水を使用できないコンポーネントに対しては IPA を代用する。
- 生物多様性評価及び微生物分析のため, 生物学のスペシャリストの常勤が必要。
- 生物サンプル保管(50年)のため, 液体窒素冷却保冷機および管理者が必要(JPL では Viking のバイオバーデン検査サンプルがいまだに保管されている)。

カテゴリIV惑星保護実施方法(5)

■ 惑星保護設備例 (ISAS クリーンルームへの設置を想定)



カテゴリIV惑星保護実施方法(6)

■ 惑星保護施設の仕様(案)

- 宇宙検疫施設(バイオバーデン管理区域)は主にクリーンルーム 4 室: ①着替・準備室 (ISO Class 8 HC), ②フライトハードウェア準備室 (ISO Class 8 HC), ③バイオバーデン検査室 (ISO Class 7 HC), ④生命探査用機器用バイオバーデン検査室 (ISO Class 1 HC) で構成される。
- 施設はサンプル分析実験室, クリーンルーム運用室を要する。
- バイオバーデン管理区域には大型乾熱滅菌器 1 台(暫定3×3×3 m)を装備する。
- ③, ④室へのフライト品の持ち込み前に, オートクレーブ・乾熱滅菌処理を行う。
- クリーンルームは SUS 鋼板パネル仕様とし, 過酸化水素除染装置を導入することにより, 施設全体の滅菌処理を実施する。
- 空調機器設備を導入し, 温度 $22 \pm 3^{\circ}\text{C}$, 湿度 $55 \pm 10\%$ で空調管理を行う。
- バイオバーデン管理区域にはビデオ監視システムを導入するとともに, 入退室管理(入室カード式, JAXA セキュリティレベル AA を適用)を行う。
- ②, ③室は室内上部にクレーンを装備する。
- ④室は垂直層流(ダウンフロー)方式にし, HEPA, バイオフィルターを使用し, また床上げすることにより, 床下フィルター交換可能な設備にする。
- 小型の部品等は②室にてオートクレーブ・乾熱滅菌後, ③室へ導入する。
- 外部からの部品搬入はグリーン輸送ボックス(N_2 充填, 2 重カバー)を用い, 搬入口において外側のカバーを外し, ②室において開梱する。

カテゴリIV惑星保護実施方法(7)

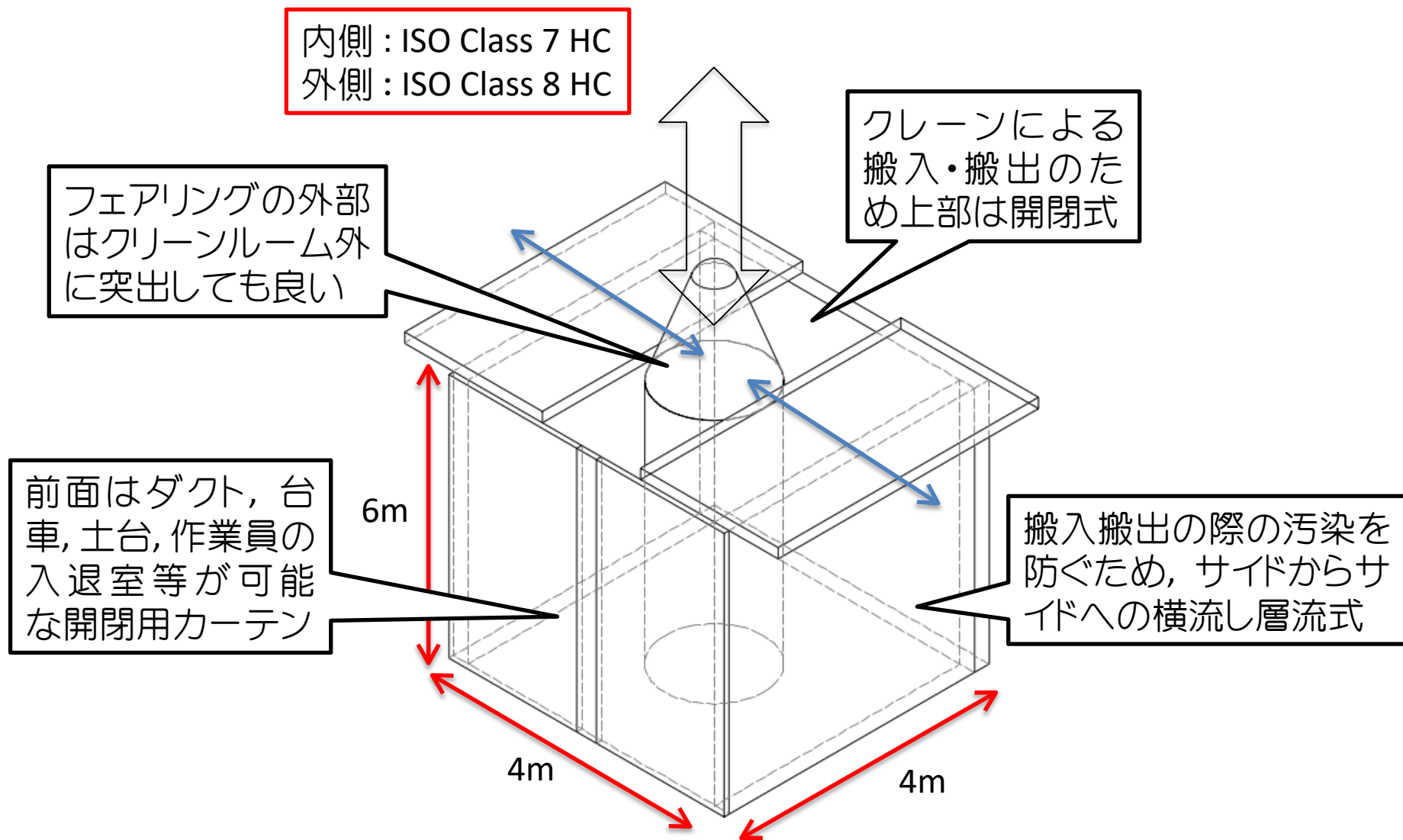
20

■ 射場における惑星保護施設(案)

- 射場においてもバイオバーデン管理区域の設営が必要であり, ISO Class 7 HC のグリーンルームを使用する(常設ではなく, 組立・取外し可能なグリーンルームを想定).
- サイズ: 内径 W4 × D4 × H6 m (外径は W4.94 m 以下 × D4.61 m 以下)
- PAF 結合時: W3.6 以上 × D3.6 以上 × H5.857 m 以上.
- フェアリング組立時: W4.94 以下 × D4.61 以下 × H5.633 m 以上.
- 上部は開閉式で, 上部からクレーンで探査機, フェアリング等の搬入・搬出が可能な設計とする.
- グリーンルームは開閉時のブースの汚染防止のため, サイドからサイドへの横流し式とする.
- グリーンルームは循環式ではなく, 外気取り込み式とし, 空調管理は ISO Class 8 より正常な組立て室全体で行う(温度 $22 \pm 3^{\circ}\text{C}$, 湿度 $55 \pm 10\%$, 結露防止のため湿度上限は 60%) ため, ブースでの管理は不要.
- HEPA フィルター, バイオフィルターを要する.
- 前面はダクト, 台車・土台, 作業員の入退室等が可能な仕様とする. 但し, 全開放ではなく, カーテン等を使用する.
- ヒドラジン充填用の防護服は惑星保護対応型のものを導入する.

カテゴリIV惑星保護実施方法(8)

■ 射場(フェアリング周り)の惑星保護施設イメージ(案)



カテゴリIV惑星保護実施方法(9)

22

■ バイオバーデン評価

- バイオバーデン管理区域において、フライトハードウェア等の生存可能な微生物数 (Bioburden) 及び微生物多様性 (Biodiversity) を検定する必要がある。
- フライトハードウェアのバイオバーデン評価は **スワブ (Swab:綿棒) 検定** か **ワイプ (Wipe:布) 検定** を実施する。
- 指定されていない検定手順を踏む場合は、惑星保護委員 (Planetary Protection Officer; PPO) による点検と承認が必要である。
- フライトハードウェアのバイオバーデンの推定に必要なサンプル数は PPO による賛同と、以下の条件を満たさなければならない。
 - ① フライトハードウェアのそれぞれの表面 (0.1 m^2 毎) において 5 個のスワブ標本
 - ② 0.1 m^2 より小さい表面では 1 個以上のスワブ標本。
 - ③ 1 m^2 サイズのフライトハードウェアの表面は 1 ワイプ。
 - ④ 10 m^2 サイズのフライトハードウェアの表面は 2 ワイプ。
- 基本的には R2A 寒天培地を使用する。
- 微生物多様性は数種類の培地を使用し、評価する。
- 人的誤差を低減するため、サンプル分析装置 (コロニーカウンター) を導入する。
- 蛍光染色法によるバイオバーデン計数装置を導入する。

カテゴリIV惑星保護実施方法(10)

■ 滅菌処理

- 滅菌処理の性能評価は SAL (無菌性保証レベル) 10^{-6} が用いられる。
- 熱, 化学, 紫外線処理等により微生物はログスケールで滅菌時間に比例して減少する。

1. 乾熱滅菌処理

- ① SAL 10^{-6} , 110°C 以上で 132 時間. 最高湿度は 1.2 g/m^3 (水)
- ② 乾熱滅菌試験: 125°C 以上で 48 時間以上, 135°C 以上で 12 時間以上.

2. 過酸化水素滅菌処理

- ① 温度: $40\text{-}60^{\circ}\text{C}$, ガス: $4\text{-}10 \text{ mg/L}$ (H_2O_2), 圧力: 大気圧, もしくは大気圧と真空サイクル, 処理時間: 1 時間/サイクル.

3. スチーム滅菌処理 (表面滅菌)

- ① 湿度 100 % の加圧環境のオートクレーブで行う. ガス交換が可能な表面滅菌に限定.
- ② 滅菌処理時間は 120°C 以上で 20 分以上, 134°C 以上で 3 分以上である. GSE やツールの洗浄に用いる.

4. β 線・ γ 線滅菌処理

- ① 代表的な放射線強度は 25 kGy .

5. エチレンオキシド ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$) 滅菌

- ① ガス攪拌システムを備えたオートクレーブ (高圧蒸気滅菌器).
- ② 温度: $40\text{-}70^{\circ}\text{C}$, ガス: $5\text{-}8 \text{ g/m}^3$ $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ (最高 15 g/m^3), 湿度: 最小湿度は 30 %, 処理時間: 6-14 時間.

6. イソプロピルアルコール滅菌 (表面滅菌)

- ① IPA を表面洗浄化学物質として使用. ろ過 (フィルタリング) が必要.

カテゴリIV惑星保護実施方法(11)

24

■ 惑星保護パイロットプラント (JAXA 調布航空宇宙センタ)



- ① 殺菌線消毒保管庫
- ② デシケータ
- ③ 保冷库
- ④ 低温インキュベータ
- ⑤ クリーンベンチ
- ⑥ 空気清浄機
- ⑦ 作業台

- ⑧ 洗面台
- ⑨ 乾熱滅菌器
- ⑩ オートクレーブ
- ⑪ ニューダストアウトドライ
- ⑫ 作業台
- ⑬ 保管棚(消耗品用)
- ⑭ 保管棚(書類等)



惑星保護要求と実施方法ーカテゴリV

■ 対象天体

- ① 制約のない地球帰還:
金星, 月, S型小天体, 木星の衛星・イオ, 水星, その他についてはケースバイケースで判断
- ② 制約のある地球帰還:
火星, エウロパ, 土星の衛星・エンケラドス

■ ミッション形態

- すべての地球帰還ミッション

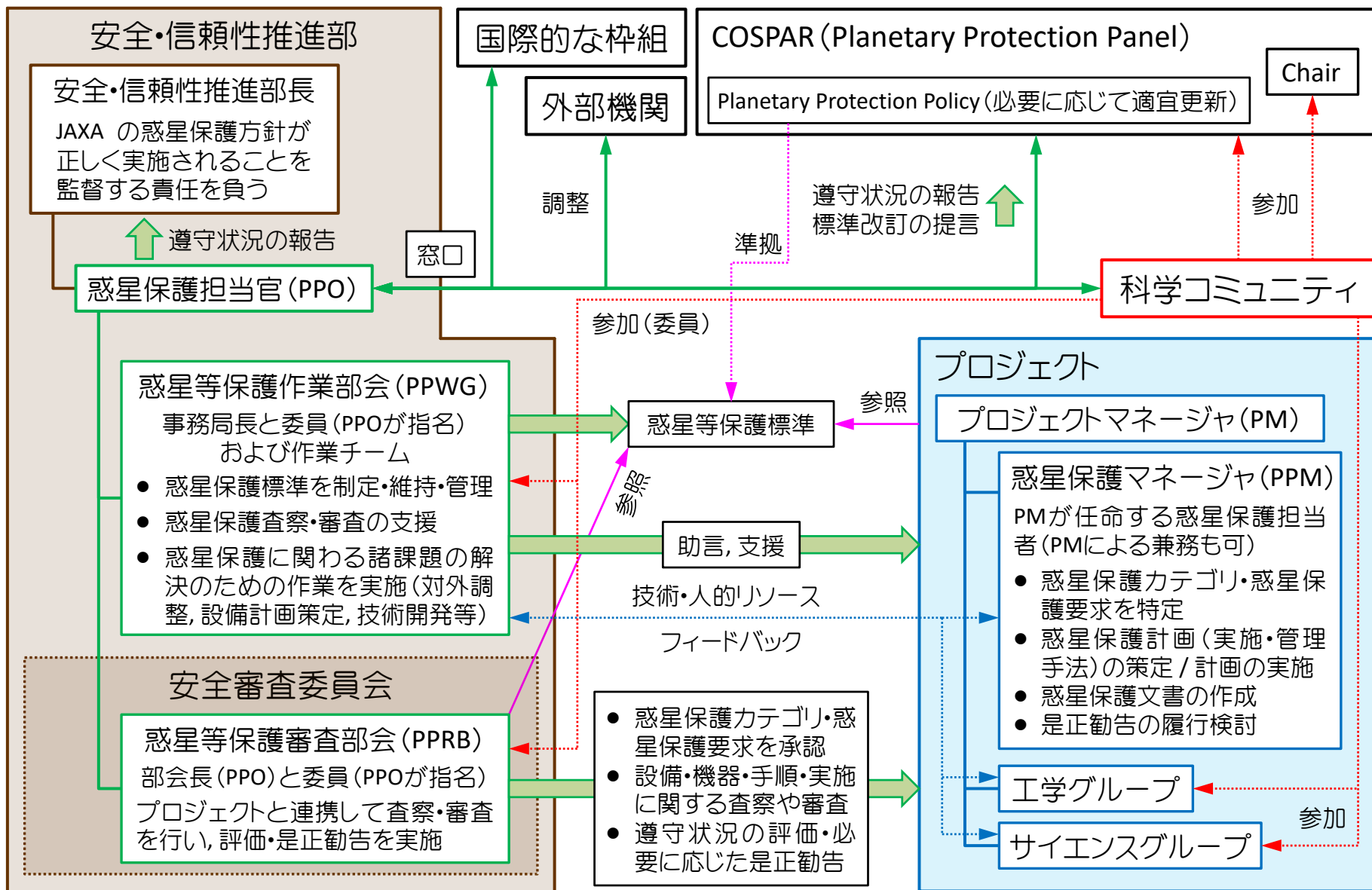
■ 要求(概要): ①制約のない地球帰還

- なし

■ 要求(概要): ②制約のある地球帰還

- 対象天体, 或いは対象天体に由来する物質で滅菌されていないものに直接接触したハードウェアのうち, 帰還するものすべてについて, 全帰還フェーズにおける封じ込め.
- 採取され地球へ帰還するすべての滅菌されていないサンプルに対する封じ込め.
- 採取され地球へ帰還したすべての滅菌されていないサンプルに対して, 厳格な封じ込め環境において, 最も感度の高い手法によって, 適時分析の実施. 地球由来ではない増殖体の存在の徴候が認められる場合, 有効な滅菌法による処理と, それ以外の帰還したサンプルの封じ込め維持.

惑星保護実施体制(運用時)



まとめ

27

- プロジェクトにおける惑星保護活動の詳細を、特にカテゴリIV (火星を想定)を中心に紹介した.
- JAXA における惑星保護に関わる活動の現状を紹介した.

ご清聴ありがとうございました