

フォーリン・プレスセンター(FPCJ) プレス・ブリーフィング

“世界初”の快挙、小惑星探査機「はやぶさ2」地球帰還へ



2020年11月27日@オンライン

吉川真(JAXA はやぶさ2プロジェクト)

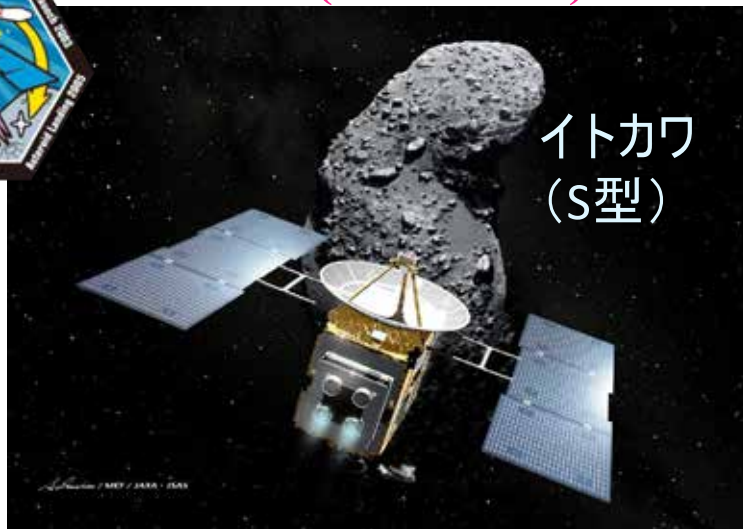
(イラスト 池下章裕氏)

「はやぶさ2」ミッション

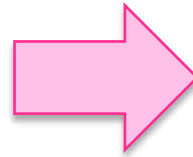
- 世界で2番目の小惑星サンプルリターンミッション（「はやぶさ」に続く）
- 目標天体：小惑星リュウグウ — C型の地球接近小惑星
- 科学目的：太陽系や生命の起源・進化、太陽系初期の有機物
- 工学目的：往復探査を確実に実行する技術



はやぶさ (2003-2010)



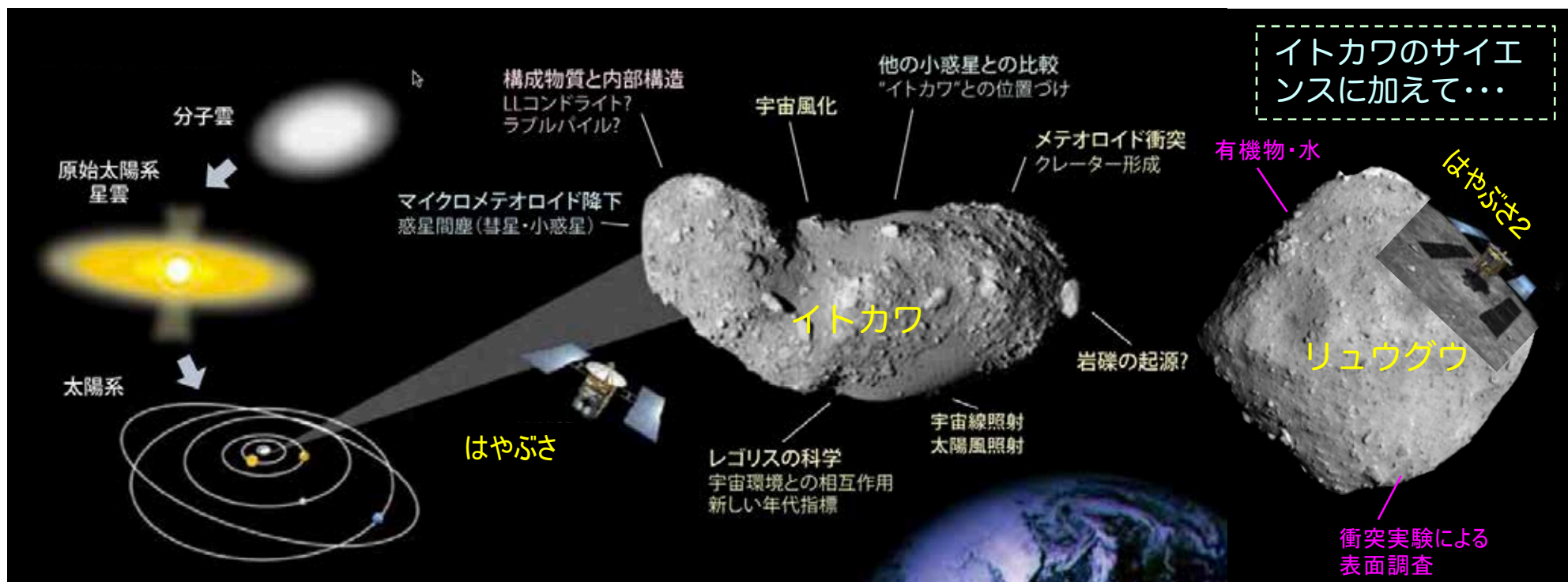
(イラスト 池下章裕氏)



はやぶさ2 (2014-2020)



小惑星サンプルリターンミッションの科学

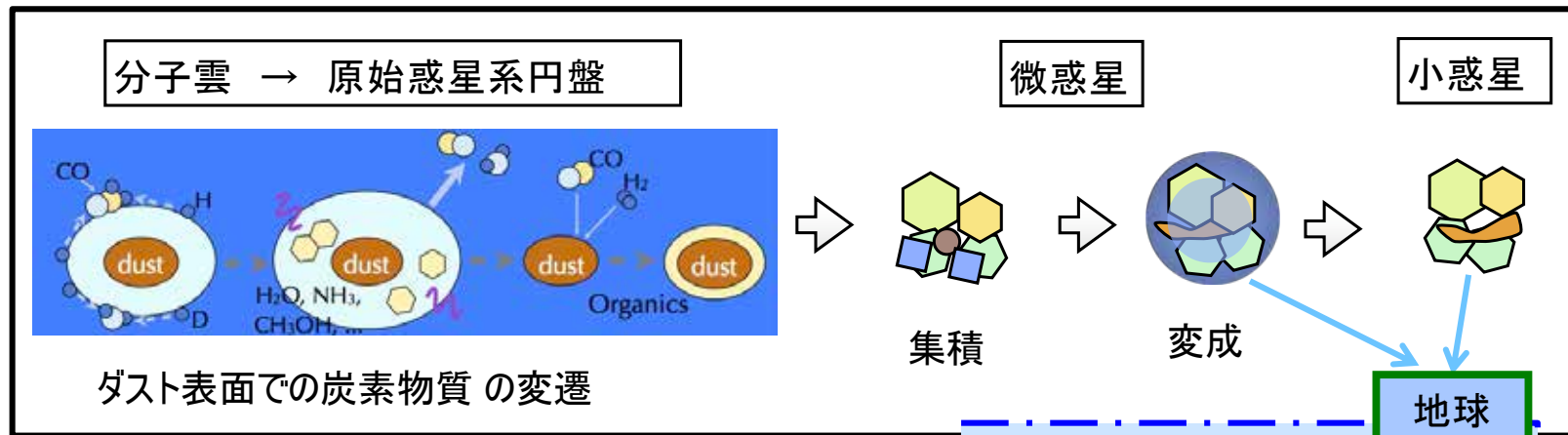


(画像クレジット: JAXA)

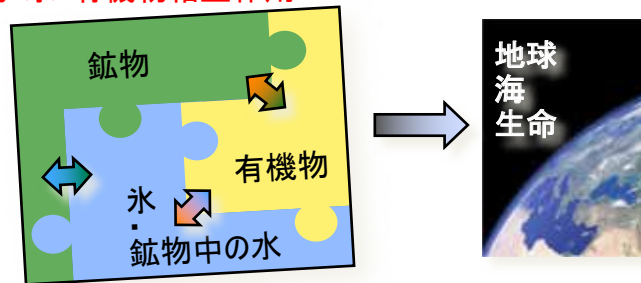
- ・46億年前に太陽系天体が誕生した頃の物質が小惑星には残っている。
- ・惑星を作った物質や、生命の原材料となった物質が解明できる。
- ・太陽系や生命の起源や進化に迫る。

「はやぶさ2」による有機物の解明

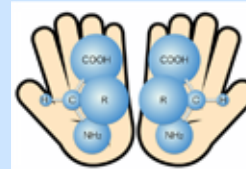
- (1) 水や有機物などの揮発性物質は、分子雲の中で塵(ダスト)表面で生成した。
- (2) 原始太陽系円盤内や微惑星で水質変成・熱変性を受けて変化した。
- (3) 最終的に地球に蓄積して地球生命の材料になった。



鉱物-水-有機物相互作用



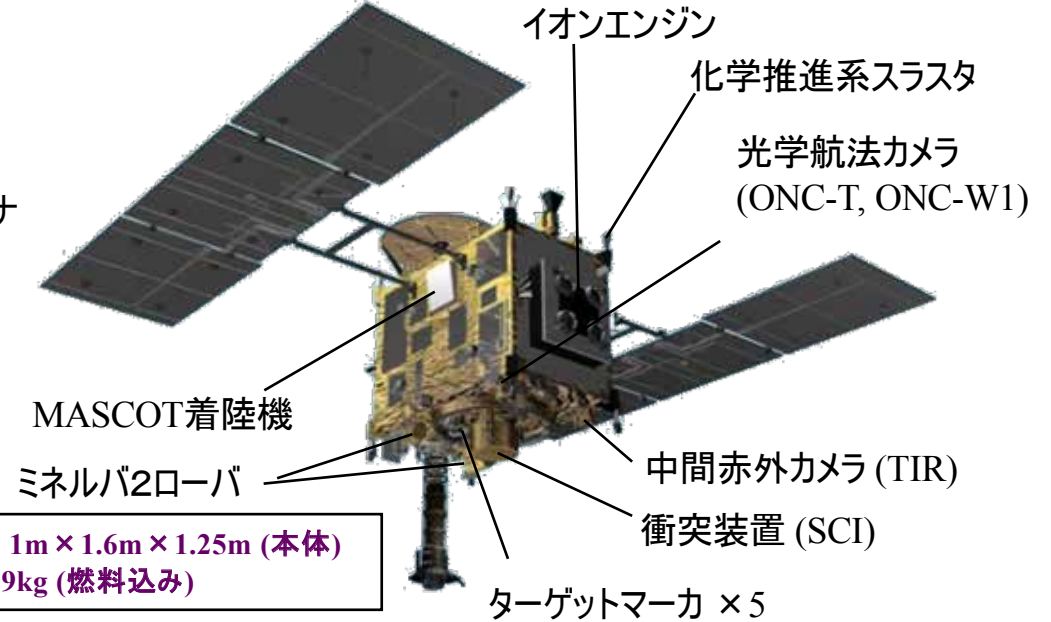
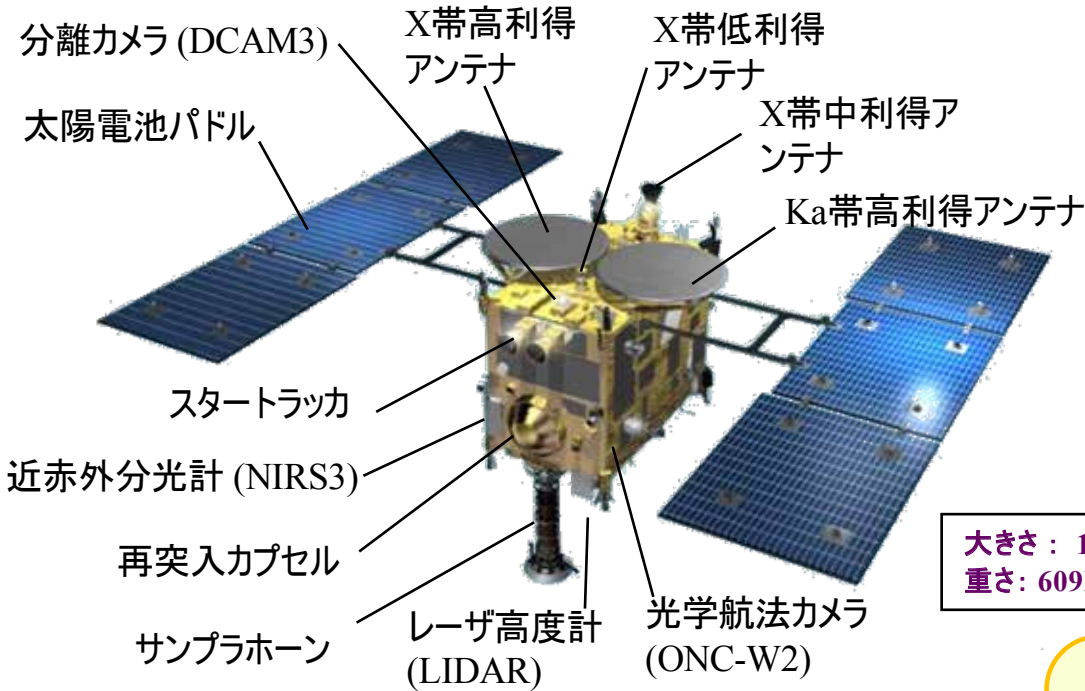
アミノ酸のキラリティー
(鏡像異性体)



地球上の生命は、
ほとんど左手型(L体)
のアミノ酸を用い
ている。→なぜか？

左手型(L体)と右手型
(D体)のアミノ酸

「はやぶさ2」探査機



大きさ: 1m × 1.6m × 1.25m (本体)
重さ: 609kg (燃料込み)



ONC-T



LIDAR



NIRS3



TIR

科学観測機器

MASCOT



(DLRとCNES製作)

MINERVA-II-1



MINERVA-II-2



(東北大およびミネルバ2コンソーシアムによる)

小型着陸機・ローバ

(画像クレジット: JAXA)

「はやぶさ2」ミッションの流れ

打ち上げ
2014年12月3日



地球スイングバイ
2015年12月3日



リュウグウ到着
2018年6月27日



MINERVA-II-1分離
2018年9月21日



MASCOT分離
2018年10月3日



ターゲットマーカ分離
2018年10月25日



地球帰還
2020年12月6日
(予定)

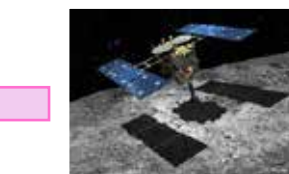
リュウグウ出発
2019年11月13日



MINERVA-II-2
2019年10月3日



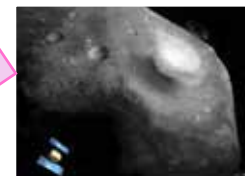
ターゲットマーカ分離
2019年9月17日



第2回タッチダウン
2019年7月11日



ターゲットマーカ分離
2019年5月30日



衝突装置
2019年4月5日



第1回タッチダウン
2019年2月22日

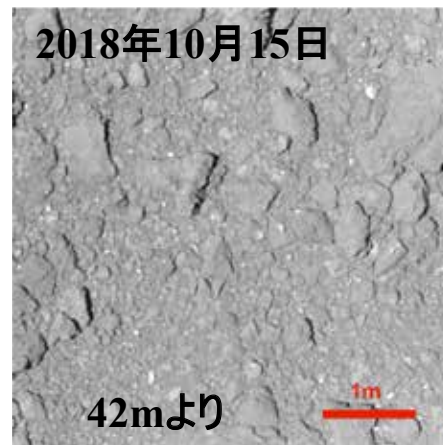
終了 →

(画像クレジット: 探査機を含むイラストは 池下章裕氏、他はJAXA)

「はやぶさ2」が成し遂げた7つの世界初の技術

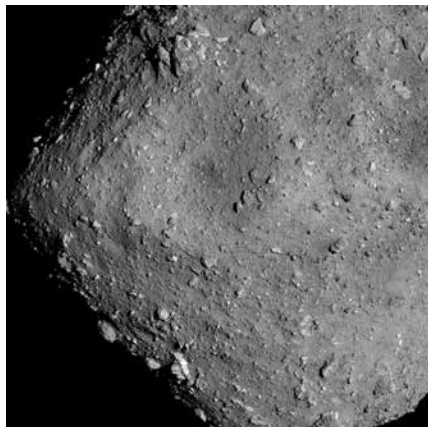
- (1) 小型探査ロボットによる小天体表面の移動探査
- (2) 複数の探査ロボットの小天体上への投下・展開
- (3) 天体着陸精度60cmの実現
- (4) 人工クレーターを作成とその過程・前後の詳細観測
- (5) 同一天体2地点への着陸
- (6) 地球圏外の日体の地下物質へのアクセス
- (7) 最小・複数の小天体周回人工衛星の実現

小惑星リュウグウ



1回目のタッチダウン

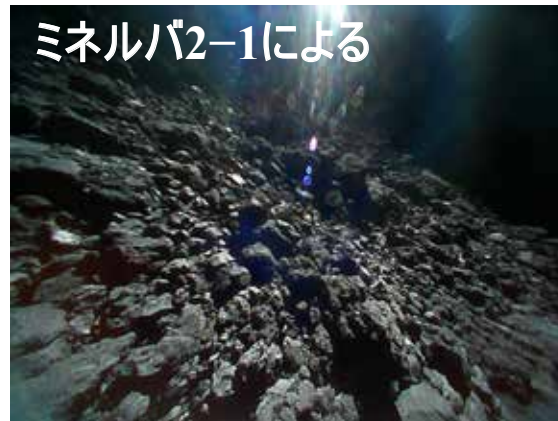
2019年2月22日



6kmより

2018年7月20日

(画像クレジット: JAXAなど)



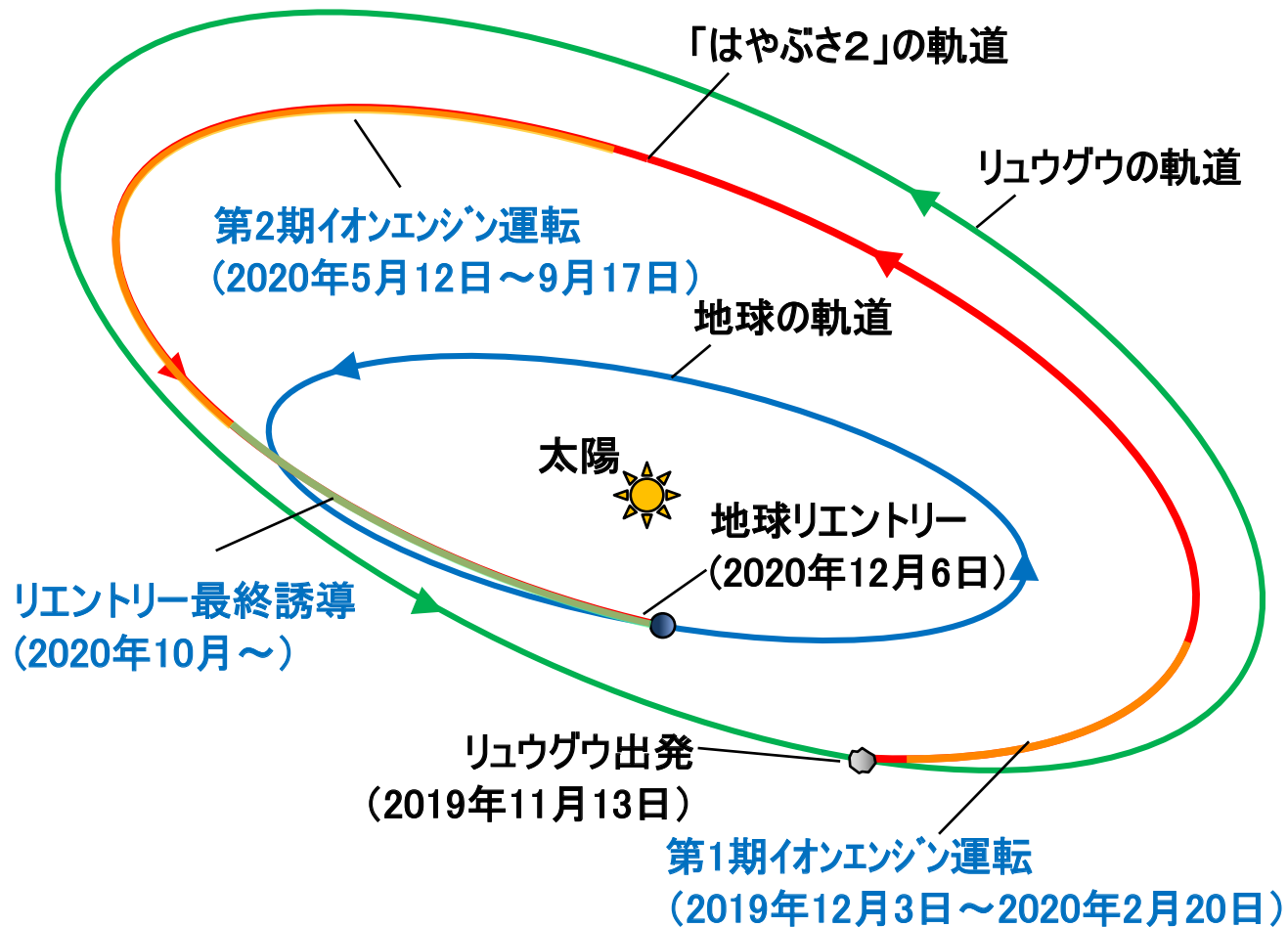
2018年9月23日

衝突実験

2019年4月5日



リュウグウ出発から地球帰還までの軌道



リエントリー最終誘導の運用計画

※TCM: Trajectory Correction Maneuver (軌道修正)

イオンエンジンによる軌道修正 **済**
(9/17, 地球距離約3600万km)

軌道微調整 (化学推進系使用, 以降同様) **済**
(10/22, 地球距離約1700万km)

軌道微調整 **済**
(11/12, 地球距離約900万km)

ウーメラに向けた軌道変更
(11/26, 地球距離約350万km)

軌道微調整
(12/1頃, 地球距離約180万km)

カプセル分離

カプセル分離
(12/5 14:00-15:00JST頃,
地球距離約22万km)

地球圏離脱軌道変更
(12/5 15:00-17:00JST頃,
地球距離約20万km)

カプセル着地
(12/6 2:00-3:00JST頃)

最終誘導フェーズ
(10月以降)

- 飛行状況により変更となる場合がある
- TCM-0,1,2時は、地球から200km以上離れた点を通る軌道に入れる。
- カプセル分離後、TCM-5によって探査機本体は地球圏を再離脱する。

(画像クレジット: JAXA)

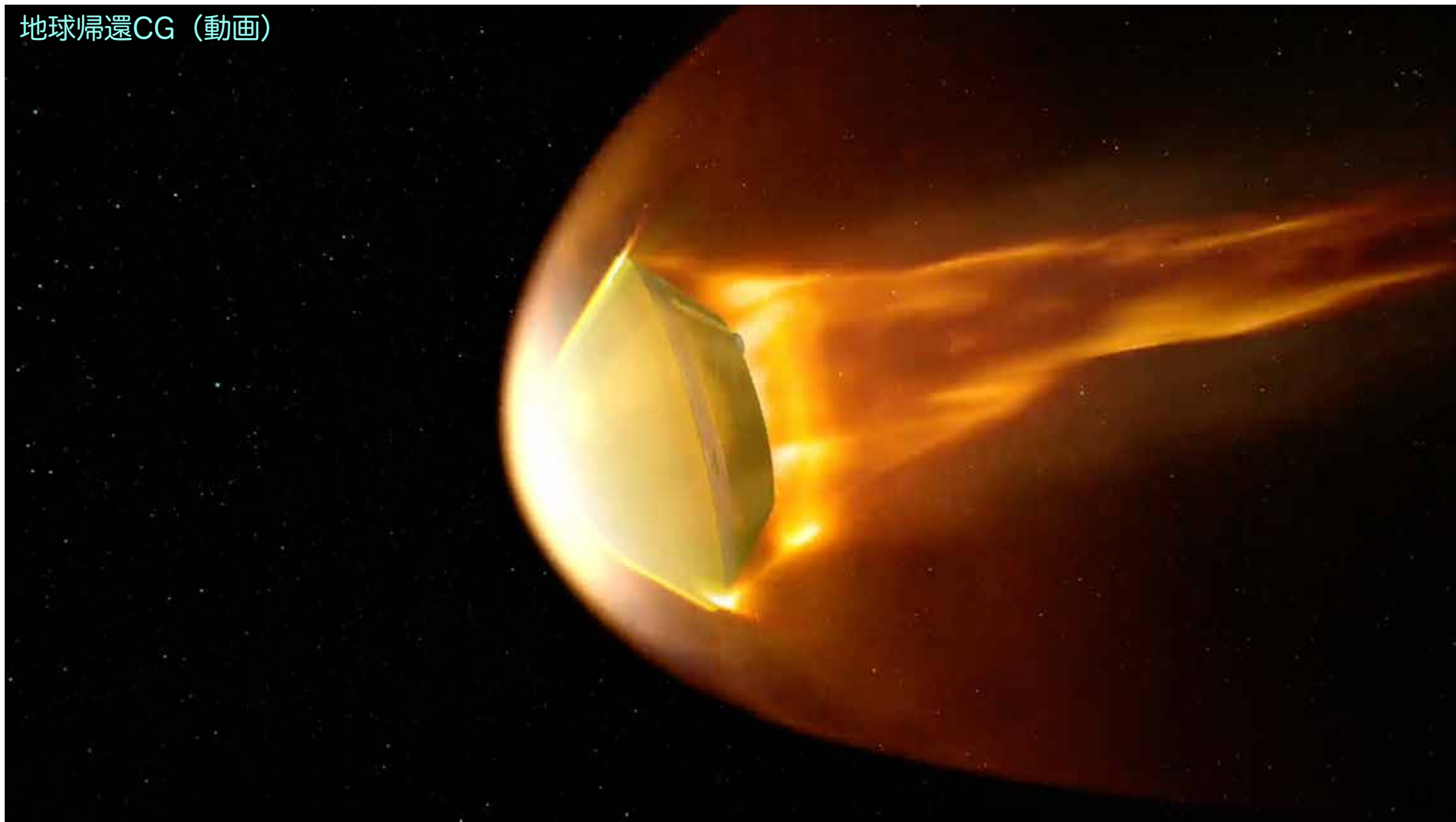
再突入カプセル回収計画

- 2020年12月6日に「はやぶさ2」は地球近傍に戻り、搭載している再突入カプセルを地上へ向けて分離、カプセルを大気圏に再突入させる予定。
- カプセルが到達する候補地域はオーストラリアのウーメラ管理区域で、2010年に地球に帰還した「はやぶさ」のカプセル回収を行ったところとほぼ同じ場所。
- カプセル回収作業を行うことについてオーストラリアの宇宙機関等と調整・準備を進めている。



候補地域の様子
(2018年12月撮影)

地球帰還CG (動画)



再突入カプセル回収計画

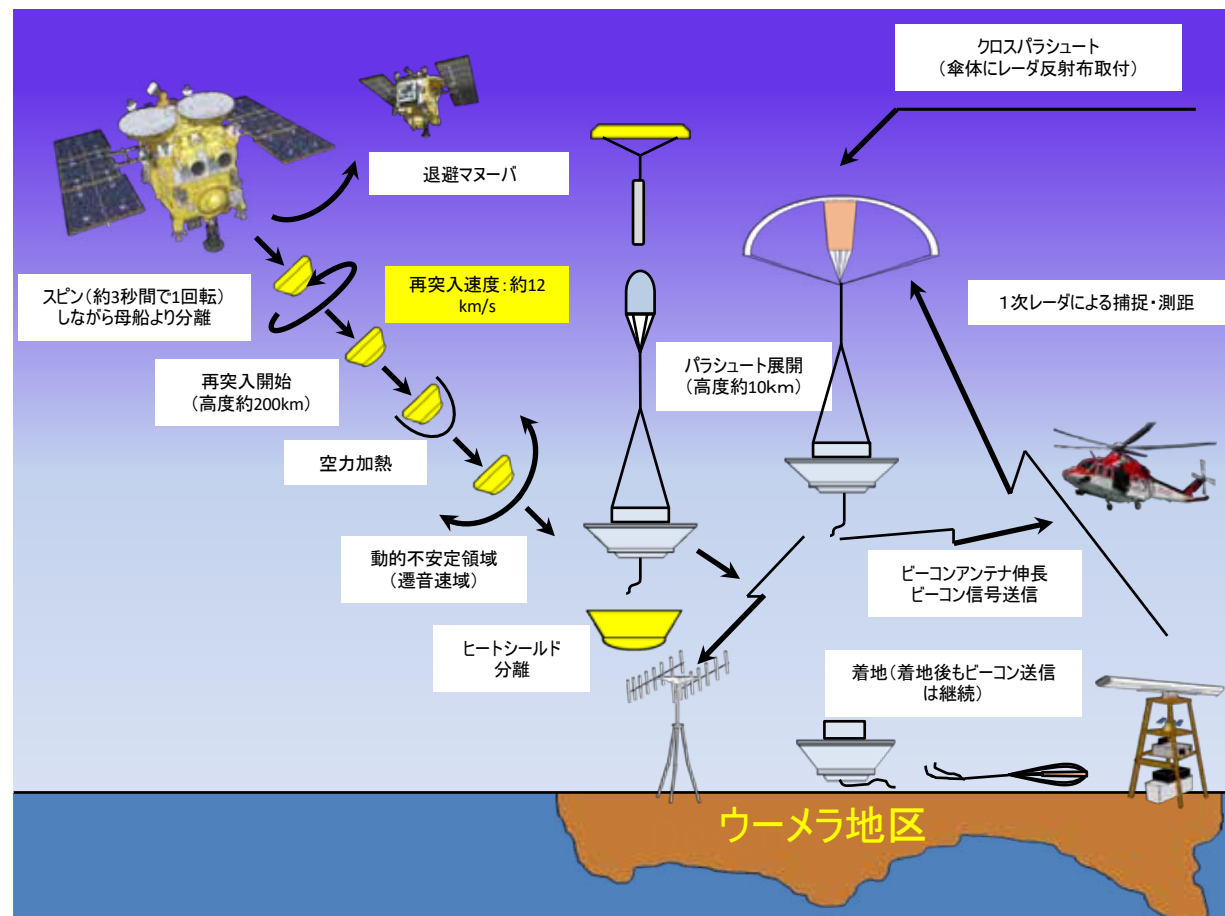
再突入飛行の概要

■ 再突入の飛行シーケンス

- 大気圏再突入
(「はやぶさ2」はカプセルのみ再突入)
↓
- ヒートシールド分離
↓
- パラシュート開傘
↓
- ビーコン発信
↓
- 着地

■ 着地地点:

オーストラリア ウーメラ地区



(画像クレジット: JAXA)

カプセル回収オペレーションの概要

■ 探索(火球フェーズ)

・ 光学観測(地上)

光跡を数局で計測(三角測量の原理)

・ 光学観測(航空機)

光跡を雲上から計測(天候の影響を受けない)

■ 探索(落下傘フェーズ)

・ 方向探索(ビーコン)

ビーコンを計5局★¹で受信(三角測量の原理)

・ 方向探索(マリンレーダ) ★²

方向と距離を計測可。

■ 探索(地表探査フェーズ)

・ 方向探索(ヘリコプター)

着地後のビーコンをヘリコプターで探索

・ ドローン★²

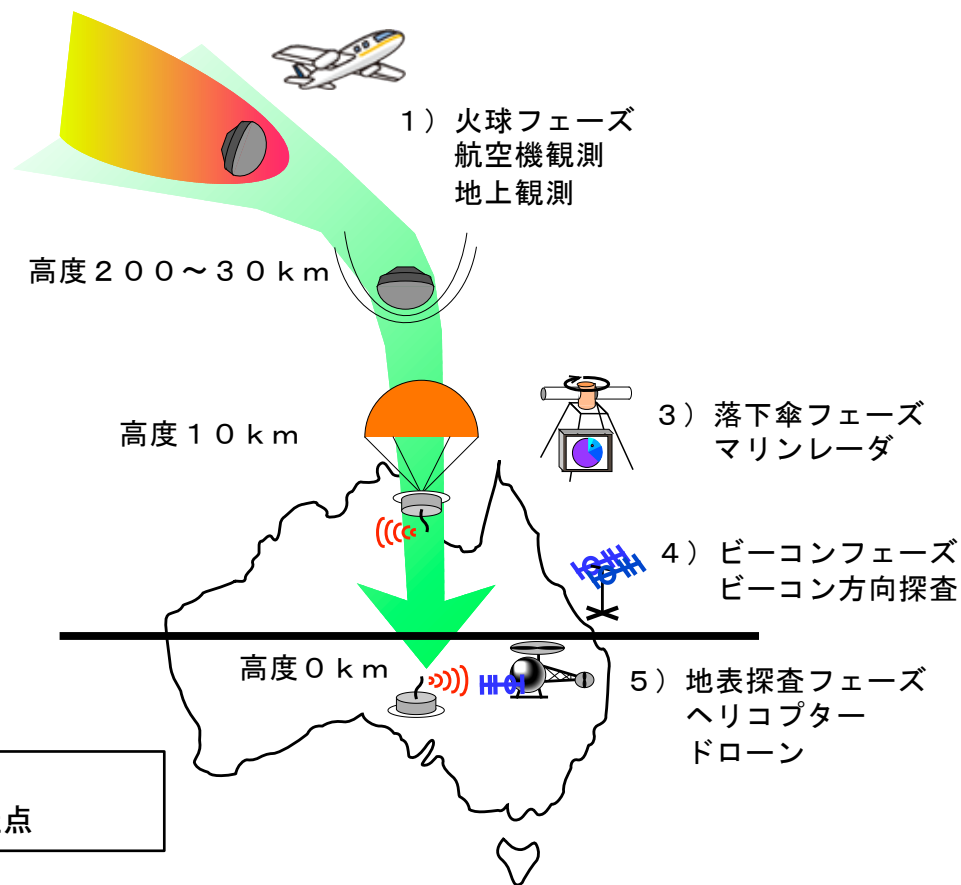
上空から空撮。画像解析で識別。

■ 輸送

・ 安全化処理、分解

・ カプセル内のガス採取★²、輸送(日本へ)

★1・・・「はやぶさ」では4局
★2・・・「はやぶさ」ではなかった点



(画像クレジット: JAXA)

再突入カプセル回収後の作業計画：その1

～カプセルを回収してから日本に空輸するまで～

発見後の作業フロー(ノミナルケース)

1. 発見したカプセル関連機器のうち、本体であるインストゥルメントモジュール(I/M)を最優先で回収する。
2. 回収現場にてI/Mの安全化処理をした後にヘリコプターにてQuick Look Facility (QLF)まで輸送する。
3. QLFにてI/Mを分解し、中からリュウグウサンプルが密閉された容器、サンプルコンテナを取り出す。
4. ガス採取装置に接続し、サンプルコンテナの中からリュウグウのサンプルから放出されたと考えられるガスを取り出し簡易分析を行う。(「はやぶさ2」で新規開発した装置)
5. 専用の密閉型輸送ボックスに収納し、日本に空輸する。



カプセル発見後の作業の流れ(一部は「はやぶさ」の時の写真)

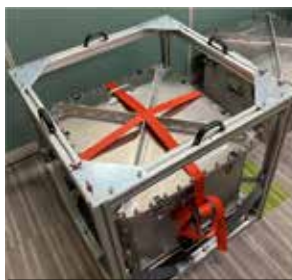
(画像クレジット: JAXA)

再突入カプセル回収後の作業計画: その2

～キュレーションのクリーンチャンバーに導入するまで～

発見後の作業フロー続き(ノミナルケース)

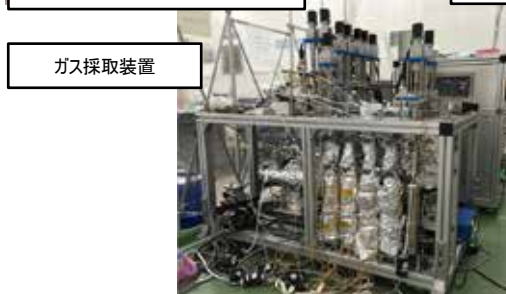
6. 羽田空港から陸路でISASまで運用し、キュレーション施設のクリーンルーム内に搬入する。
7. アプレータを取り外す等、一部分解作業を実施する。
8. “サンプルコンテナ開封機構”に取り付け、密閉を保ったままクリーンチャンバーに接続するための分解作業を実施する。
9. クリーンチャンバーの3-1室(CC3-1)に接続し、真空環境にする。
10. 真空環境下でサンプルコンテナの中からサンプルキャッチャを取り出し、蓋を外す。
11. リュウグウサンプルをいくつかピックアップして真空環境で保管する。※CC3-1以降の詳細はキュレーション作業を参照



ヘリで1/Mを輸送するための輸送箱



日本にサンプルコンテナを輸送するための輸送ボックス



ガス採取装置



ガス採取装置に接続された
サンプルコンテナ



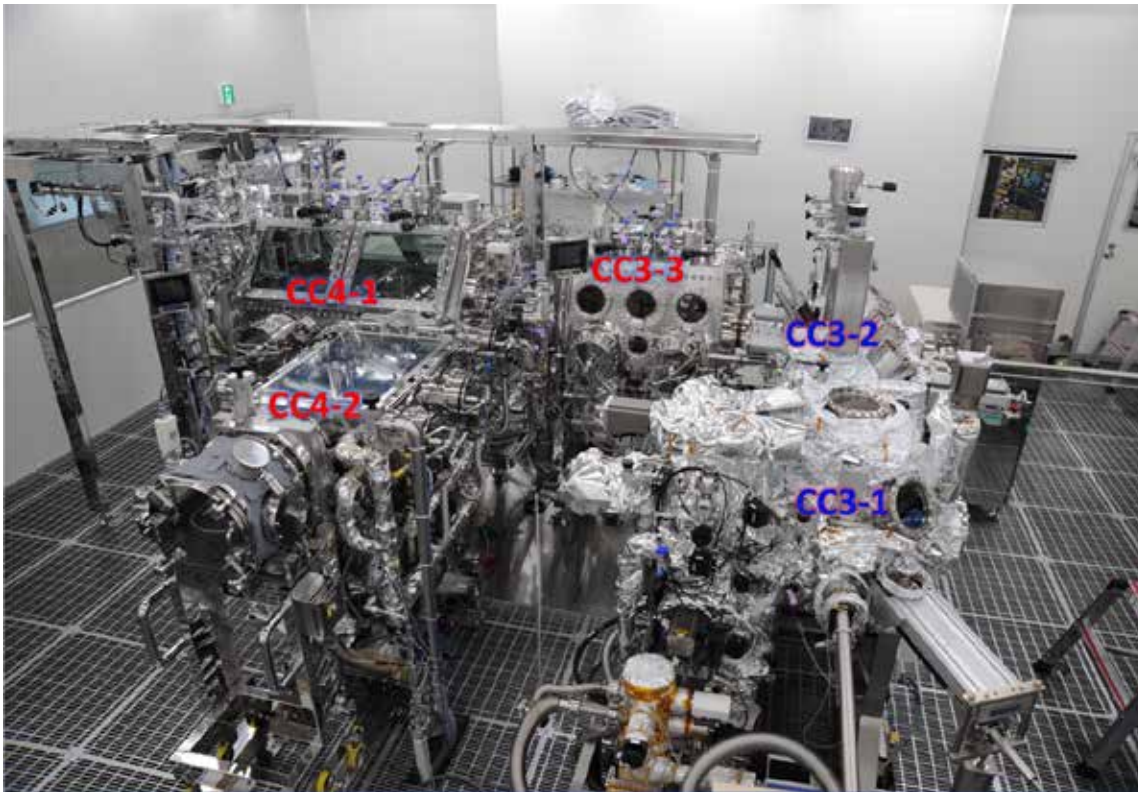
サンプルキャッチャ



コンテナ開封機構とCC3-1への接続(リハーサルの様子)

(画像クレジット: JAXA)

クリーンチャンバーの構成

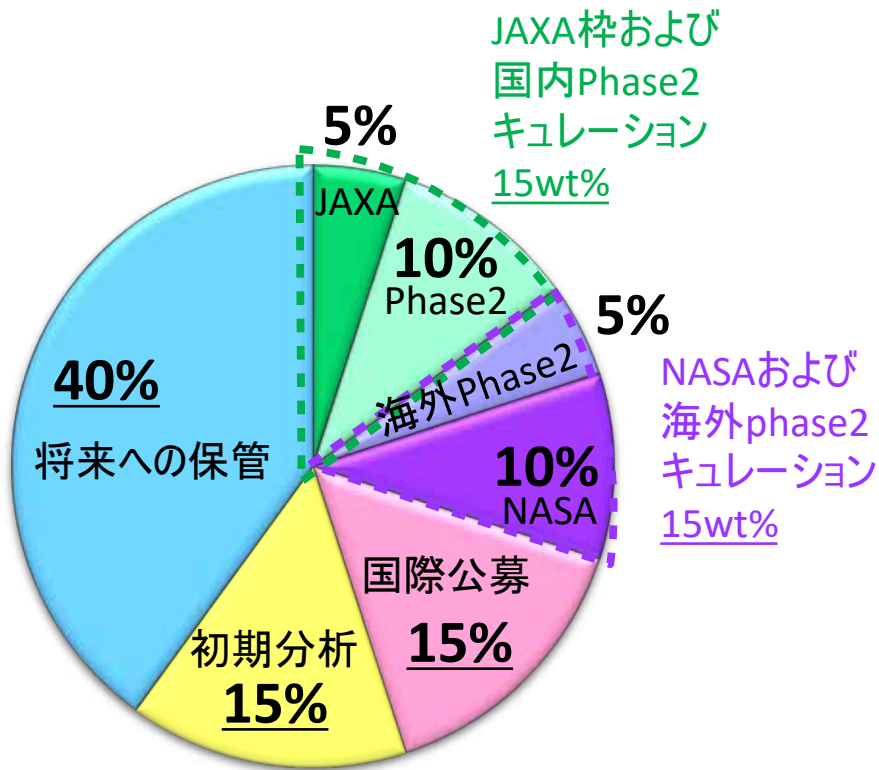


(画像クレジット: JAXA)

- CC3-1 : サンプルコンテナの開封(真空環境)
- CC3-2 : サンプルキャッチャの開封および一部試料の取り出し(真空環境)
- CC3-3 : 真空環境から窒素環境への置換
- CC4-1 : サンプルキャッチャの分解およびバルク試料回収(窒素環境)
- CC4-2 : 個別試料回収および初期記載(窒素環境)

(青:真空環境 赤:窒素環境)

試料分配方針

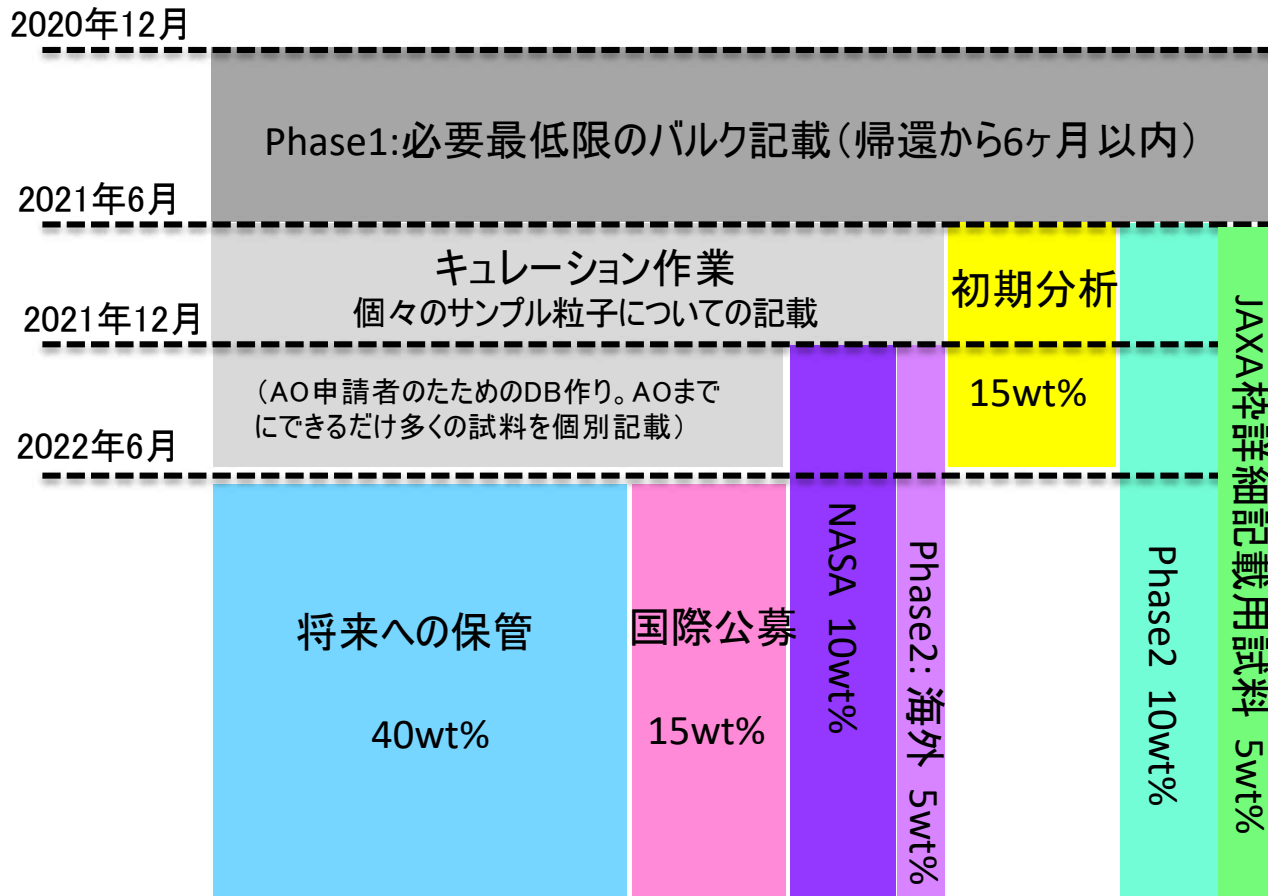


- JAXA枠詳細記載用試料としての配分は5wt%
- 国内Phase2 curationへの配分は10wt%
- 海外Phase2 curationとしての配分は5wt%
- NASAへの配分は10wt%
- 第1回国際公募分析への配分は15wt%
- 初期分析チームへの配分は15wt%
- 残り40wt%の試料は将来への保管試料とすると同時に、第2回以降の国際公募分析用試料とする。

※試料の分配比率については最終的にはHayabusa2 Sample Allocation Committee(HSAC)で決定される予定である。

(画像クレジット: JAXA)

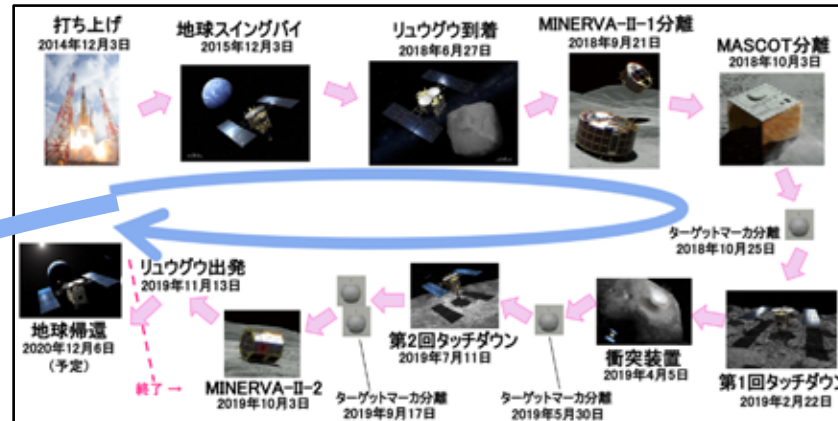
試料分配スケジュール(予定)



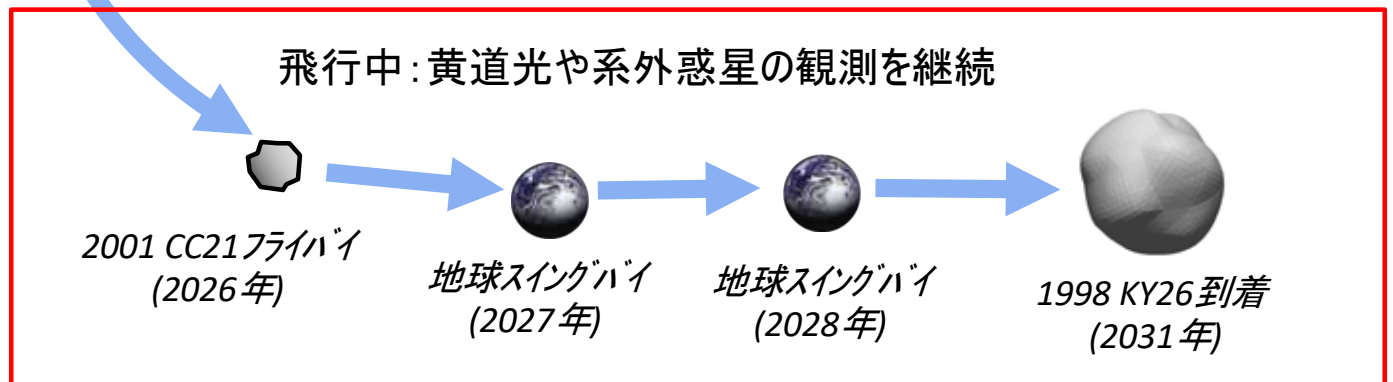
(画像クレジット: JAXA)

拡張ミッション

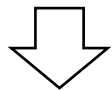
「はやぶさ2」ミッション(2014-2020)



拡張ミッション(2021-2031)



- ・探査機はまだ運用できる状態
- ・イオンエンジンの燃料であるキセノンは50%残っている



更なる探査を行いたい

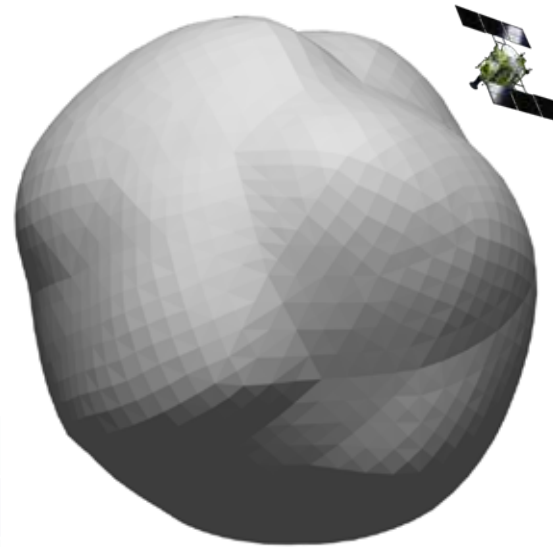
- ・長期宇宙航行という技術的な挑戦
- ・これまで探査されたことがない種類の天体(大きさ30m、自転周期10分)
- ・プラネタリーディフェンスに関連した科学と技術

(画像クレジット: JAXA)

拡張ミッションの目的地：1998 KY26

- ・1998年5月28日に、米国のスペースウォッチ・プロジェクトによって発見（このときの地球最接近距離は約80万km）
- ・1998年6月にレーダによる観測が行われる（S. Ostroらによる）。

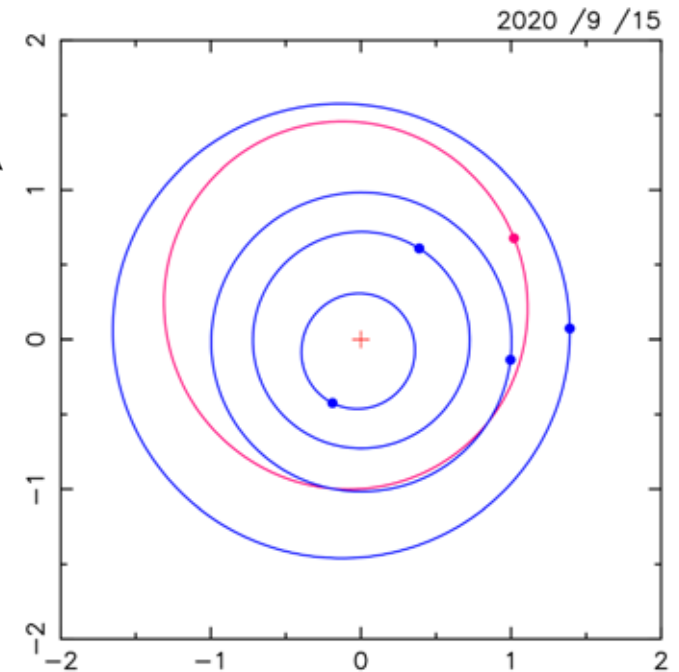
形状	球状（レーダ観測より）
平均直径	約30 m程度
自転周期	10.7 分(0.178hr)
タンブリング運動	短期時間変化は確認されず
スペクトル型	炭素質小惑星の可能性あり
軌道長半径	1.23 天文単位
公転周期	1.37年（500日）



形状モデル：

画像クレジット

Auburn University, JAXA
 1998 KY26 の形状モデルの元データ：
 Ostro et al. (1999), Radar and optical observations of asteroid 1998 KY26, Science, 285, 5,427, 557-559.



軌道図：

赤色が1998 KY26の軌道で、青色が惑星の軌道（内側から水星、金星、地球、火星）。天体の位置は、2020年9月15日現在。（画像クレジット：JAXA）