

オーストラリア・クーバーペーディで撮影した
カプセル大気圏再突入の火球（写真／JAXA）

2020.12.6 地球に帰還した
「はやぶさ2」再突入カプセル

初公開

2021年3月12日_金～3月16日_火
相模原市立博物館 特別展示室



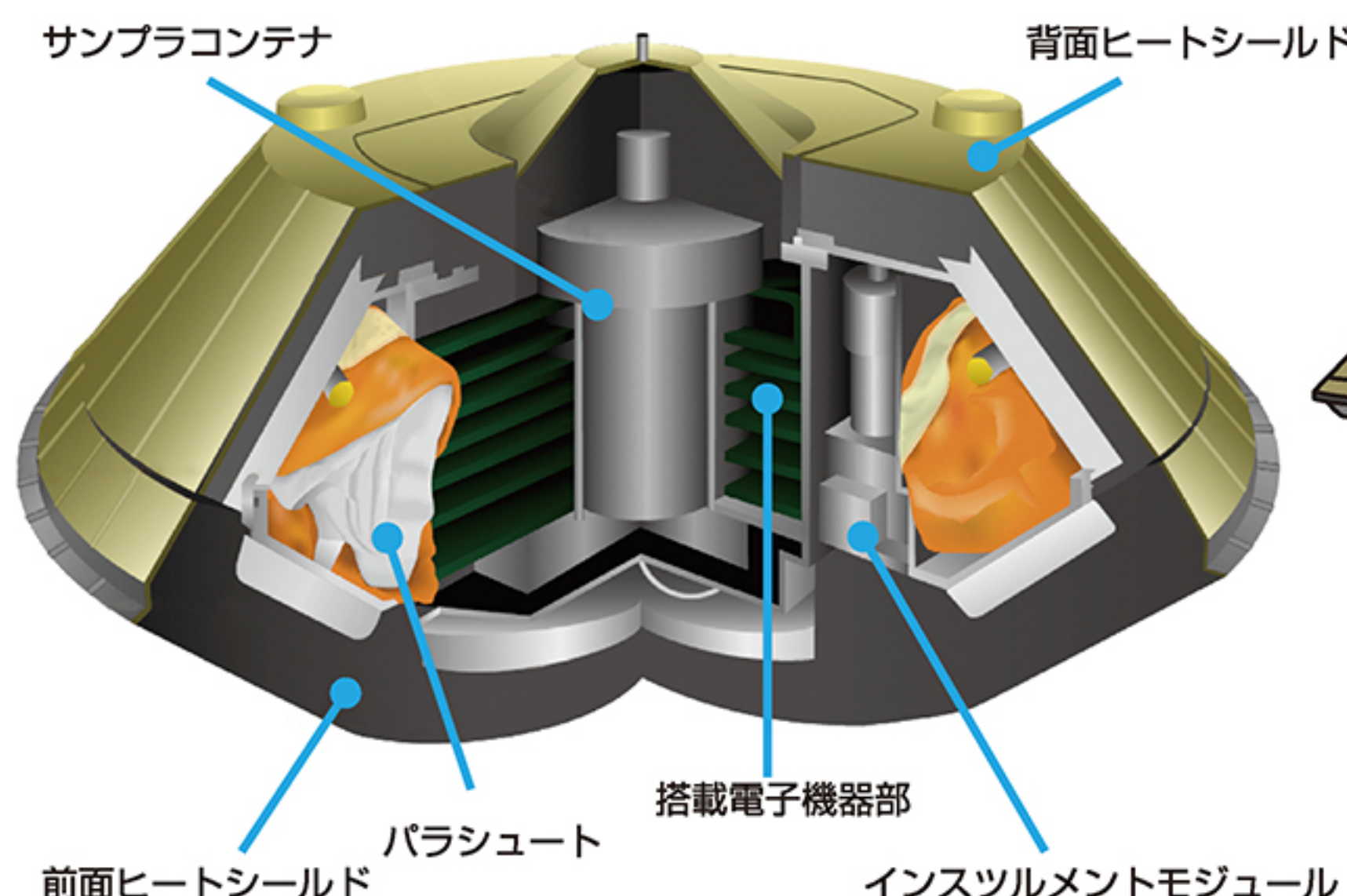
2020年12月6日、小惑星探査機「はやぶさ2」再突入カプセルが地球に帰還しました。カプセルの大気圏再突入は秒速12キロメートルというきわめて厳しい条件でしたが、アブレーション法という技術で大気圏再突入時の空力加熱から内部を守り、C型小惑星リュウグウからのサンプルリターンに成功しました。今後のサンプルの分析から太陽系の起源や進化、地球の海や生命の原材料物質の探究が進んでいきます。

オーストラリア・ウーメラ砂漠で発見された
インスツルメントモジュールとパラシュート（写真／JAXA）



小惑星リュウグウからのサンプルリターン大成功！ 大気圏再突入をくぐり抜けて帰還したカプセルを初公開

(写真・図版/JAXA)



カプセルは地球の大気圏に12km/sの速度で突入し、格納された小惑星のサンプルを安全に地表まで送り届けることが要求されます。大気中を超高速で飛行するため、カプセル前方の空気は急激に圧縮されて1万度を超える高温気体となります。この現象を空力加熱といい、高温ガスによってカプセル表面は激しく加熱されます。カプセルのヒートシールドの主材料は、アブレータと呼ばれる耐熱機能を用いたCFRP（カーボン繊維で強化されたフェノール樹脂）で、それ自体の耐熱性は高くありませんが、空力加熱により、アブレータが表面から徐々に溶けながら冷たいガスを噴出することで、カプセルの表面にガスの層が形成されます。過酷な空力加熱に耐え、高温ガスからカプセルを守り、内部にある搭載機器やサンプルの温度が上がらないように断熱しています。

カプセルは最後にパラシュートを開き、ゆっくりと降下して軟着陸しました。パラシュートは小さなカプセルに効率よく収納するために十字傘が採用されています。電波を反射する金属の網が取り付けられており、地上からのレーダーで捕捉しやすいよう工夫されています。

高度10km前後で、前面と背面のヒートシールドを分離し、軟着陸のためのパラシュートを展開。インストルメントモジュールのビーコンアンテナからはビーコン電波が発信され、地上で電波を受信して速やかな回収につながりました。

オーストラリアでの回収作業の様子



背面ヒートシールド



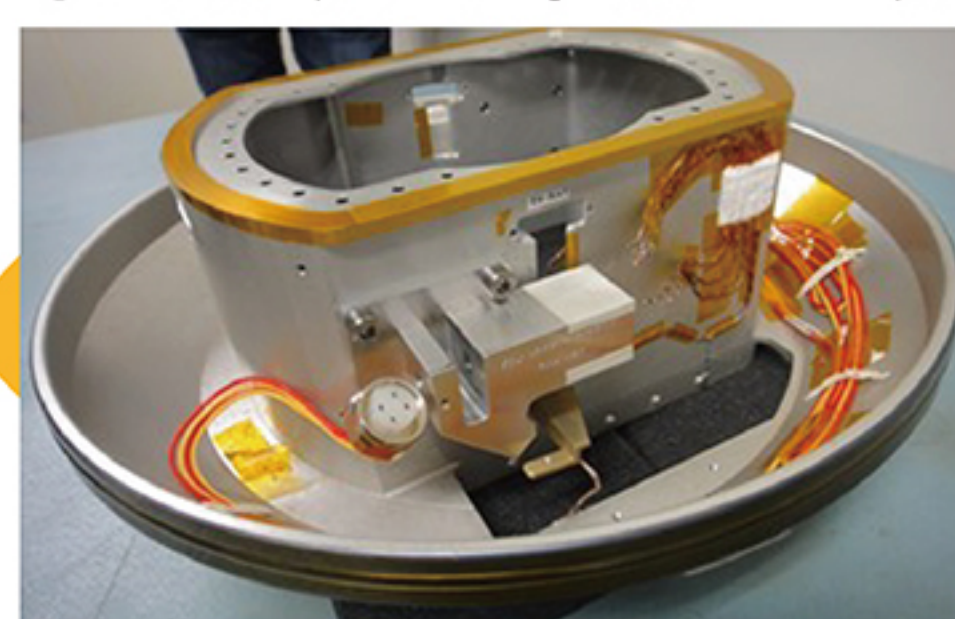
カプセルの進行方向背面側を守っていた背面ヒートシールド。前面ヒートシールドと同じく降下中に分離されました。背面ヒートシールドはパラシュートカバーと一体となっており、パラシュートを引き出す役割も果たしました。

搭載電子機器部



カプセルは空気減速を感知してタイマーをスタートさせ、順次シーケンスが実行されました。大気圏再突入前後のカプセルの加速度・角速度や各部の温度のデータの取得にも成功し、カプセル内部の温度環境が常温を大きく超えない程度に維持されたことも確認できました。

インストルメントモジュール



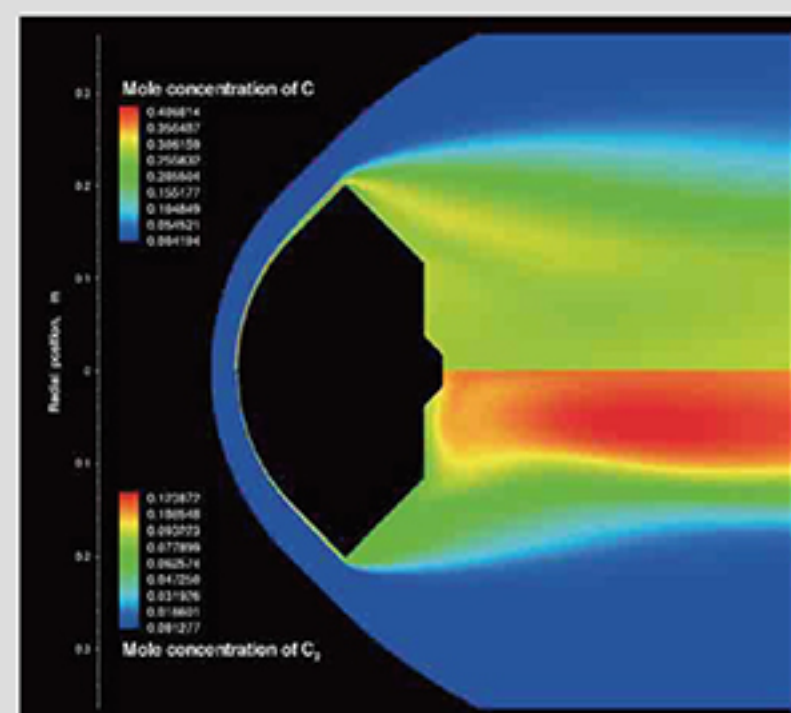
パラシュートを展開し軟着陸したインストルメントモジュール。小惑星リュウグウのサンプルを格納していたサンプルコンテナ部分は、現在宇宙科学研究所のキュレーション施設内にあり、その中からサンプル約5.4gが確認されました。

前面ヒートシールド

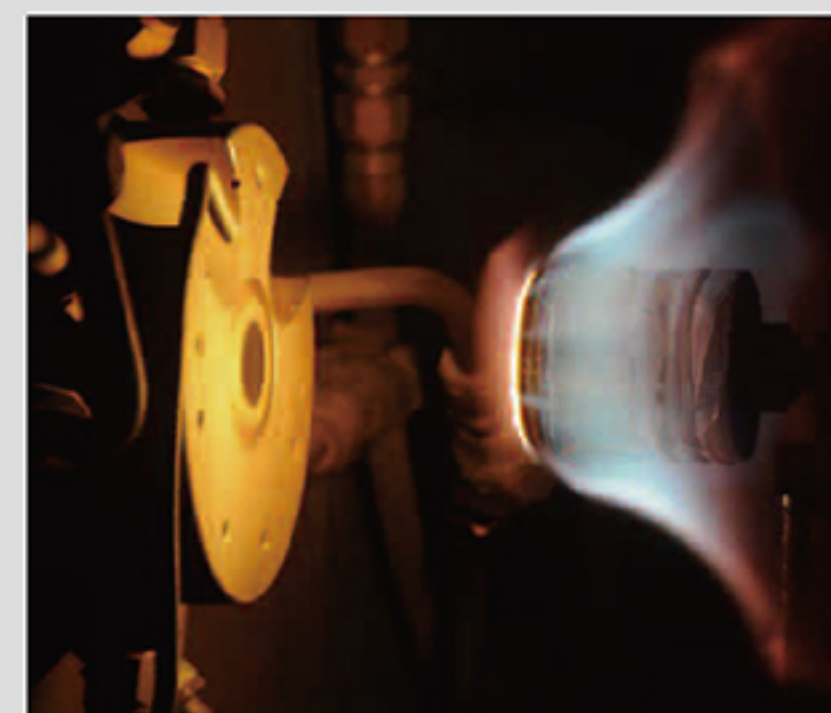


過酷な空力加熱にさらされた前面ヒートシールド。黒っぽい炭化層が露出していることがわかります。ヒートシールドの状態については詳しく分析を行っており、将来の大気圏再突入機の研究開発に活かされていきます。

サンプルリターンカプセルの研究開発



カプセルは大気圏に突入してからパラシュートを開傘するまでの間、安定に飛行を続ける必要がありますが、「はやぶさ」「はやぶさ2」の再突入カプセルのような円盤型の飛行体は、遷音速（マッハ数1程度、音速と同じ程度のスピード）領域において不安定になります。数値解析や風洞試験によってこの現象を確認し、飛行の安定性について研究が重ねられました。



「はやぶさ」カプセル開発時のアーク加熱風洞で実験中の様子。カプセルにおいて一番の鍵となる技術は、大気圏突入時のきわめて過酷な空力加熱環境に耐えるためのヒートシールドの開発でした。宇宙科学研究所では大気圏突入時の環境を模擬するアーク加熱風洞などを用いて、材料の試験と評価を繰り返し、過酷な空力加熱に耐えるヒートシールドの研究開発が行われました。