はやぶさサンプルコンテナのキュレーション

藤村 彰夫[1]，安部 正真[1]

（**要旨**）小惑星イトカワを探査したはやぶさ探査機が地球に帰還し，大気突入3時間前に切り離されたカプセルが無事回収された．本稿では、カプセルの回収・輸送作業および，キュレーション設備へのカプセル搬入後，サンプルコンテナの開封実施，内部の観察およびサンプルの取出し開始に至るまでのキュレーション作業の状況と，その後の作業の展望について報告する．

2010年6月13日，はやぶさは小惑星イトカワで試料採取を試みたカプセルをたずさえて地球に帰還し，同夜19:51（日本時間）にカプセルを分離した．カプセルは22:51に再突入し，はやぶさ本体は消滅した．再突入したカプセルは22:56に熱シールドを分離しパラシュートを開傘，そしてビーコンを発信しながら23:08に着陸した．4か所の地上方向探知局ではこのビーコンから着陸位置を決め，また着陸後もこのビーコンを利用してのヘリコプターによる夜間捜索で23:56に本体が発見された（上空からの照明により目視でも確認）．着陸地点はウーメラ立ち入り制限地区（WPA）内に選ばれていたが，風が弱かったことも幸いして予定着陸エリアのほぼ真ん中に着陸した（図1）．カプセルの回収は現地での安全化処理を含めて翌6月14日一杯かけて行われた．リチウム電池は普通では航空機搭載が許可されないので，電子回路と一体化した電池類を除去した．カプセルを最内層は大気雰囲気でその外側を窒素ガスで充てんした袋に入れ，更に気密中箱にいれ，外箱に納め，17日にウーメラからチャーター機によって羽田に移送した．

カプセル内のサンプルコンテナは蓋を開けられないため，通常の通関や検疫とは違った特別な配慮をしてもらい相模原のキュレーション設備に18日の午前2時に運び込まれた．オーストラリアの検疫官に封をされた気密中箱を開けカプセルを取り出して確認と記録を取った後，X線CT撮像のため再梱包してJAXAの調布飛行場分室に移送してCT撮像を実施した．調布飛行場分室の複合材料グループの持つ大型CT装置やマイクロCT装置と彼らの知識や豊富な経験を活用した．大型CT撮像からカプセルを構成するサンプラアブレータや電子回路ボックスなどの中からサンプルコンテナを取り外す作業が実施できることが判明したので，相模原のクリーンルーム内に設置した工作機械も使って，これらを取り外してサンプルコンテナを単体（以下コンテナと記す）とした．次にマイクロCT撮像により内部の詳細を把握し，次工程であるコンテナの蓋開封作業が実施できることを確認した．ここまでは事前の時間読みから1時間遅れの帰国後34時間で実施したが，この後のコンテナ外面の洗浄と評価では予想の倍程度の21時間を要した．これは事前にリハーサルしていたモデルとは違ったネジ固着方法や温度センサーなどの除去に予想外の時間を要したためである．コンテナ外面の洗浄はガス吹き付けや布ワイプのほかに，小さな真空掃除機による吸引，ドライアイス粒をぶつけるドライアイススノーブラスト装置や大気圧プラズマ装置を用いた．洗浄後の評価には光学顕微鏡観察，接触角測定，FTIR測定を実施した．その後はコンテナの蓋をつかみ換え，蓋開封機構装置への組み込みを経て，開封機構のクリーンチャンバーへの組み込みを行った（図2）．洗浄評価後チャンバー組み込みまでの作

1. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
fujimura@planeta.sci.isas.jaxa.jp

業は予定通りの時間で行われ，帰国後63時間でガス雰囲気が制御されたクリーンチャンバーに組みつけられた．

コンテナは2重のバイトン製0-ringでシールされた構造であり，ガス成分が多少なりとも透過する．時間とともに地球大気成分の濃度が上がるためコンテナの大気圏再突入からクリーンチャンバーに入るまでの時間を短くすることが要請されていた．帰国後は終日連続作業であったが，コンテナをパラシュート開傘から1週間以内でクリーンチャンバーに入ることができた．

クリーンチャンバーの中で開封機構を使ってコンテナ内部のガス圧力を推定し，クリーンチャンバーのガス圧とコンテナ内部圧をそろえての開封を行った．コンテナ開封はクリーンチャンバーをほぼ真空の状態で行い，開封前後にクリーンチャンバーのガスサンプルを採取した．その後，コンテナをクリーンチャンバーの別な場所に移動し写真撮影や光学顕微鏡観察を実施している．コンテナ内のサンプル容器は2部屋構造であり，コンテナの蓋に近い部分を開けてサンプル容器内部の観察と試料回収を試みている（図3）．開口部からの光学顕微鏡観察を行うとともに静電制御マイクロマニピュレータの2本のプローブ，また静電対策用装置などを使って，あらかじめ決めた手順での観察・回収作業を実施している．

幸いなことに今までの作業では，事前に予想し準備した蓋開封装置や静電制御マニピュレータ装置などが殆ど全て想定通りに働き，予定の手順通りに進めることができている．これはカプセルが予定通りに着地し，コンテナが予定以上に素早く，破損もなく回収されたということに大きく依存している．

今後は回収された粒子の形状や元素組成についての観察を試料汚染防止に関して特別な工夫を施した走査電子顕微鏡を用いて実施する予定である．回収された粒子が地球外物質かどうかについては更なる総合的な分析結果が必要とされるため，まだしばらく時間がかからないと小惑星「イトカワ」起源の粒子かどうかの判定はできないと考える．

我が国初のリターンサンプルのキュレーションとしては沢山の初体験があるが，工学試験ミッション「はやぶさ」の帰還試料を分析する研究者に橋渡しする最終アンカーの一員として，「イトカワ」の粒子があった場合にはそれを見落とさず，喪失することなく，極力地球環境で汚染することなく回収するように慎重に作業を進めている．今後は回収試料を初期分析チーム，国際協定に基づくNASAへの配分，国際的な研究募集（国際AO）などを行うとともに，長期間にわたって回

図1：ウーメラ立ち入り制限区域（WPA）に着地したカプセル

収試料を地球環境で汚染することなく保管していく予定である．現在のキュレーション作業は，特殊な装置を運用リハーサルなどによって使いこなせるようになった中村智樹氏(東北大)，野口高明氏(茨城大)，岡崎隆司氏(九州大)の3名の大学研究者(初期分析チームからの派遣)と，JAXAのキュレーション設備の5名(著者2名を含む，矢田達氏，白井慶氏，石橋之宏氏)の計8名のメンバーで実施している．

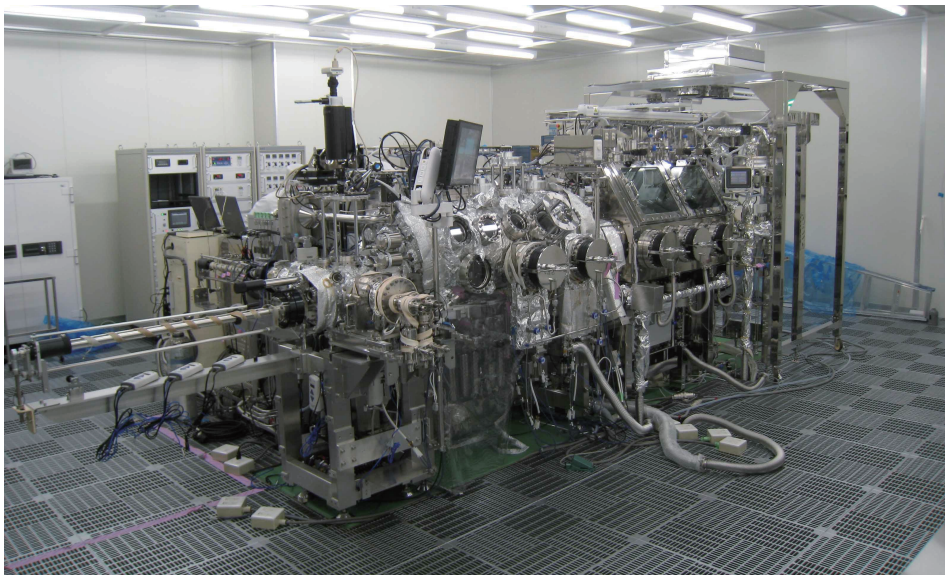

図2：キュレーション設備のクリーンチャンバー外観

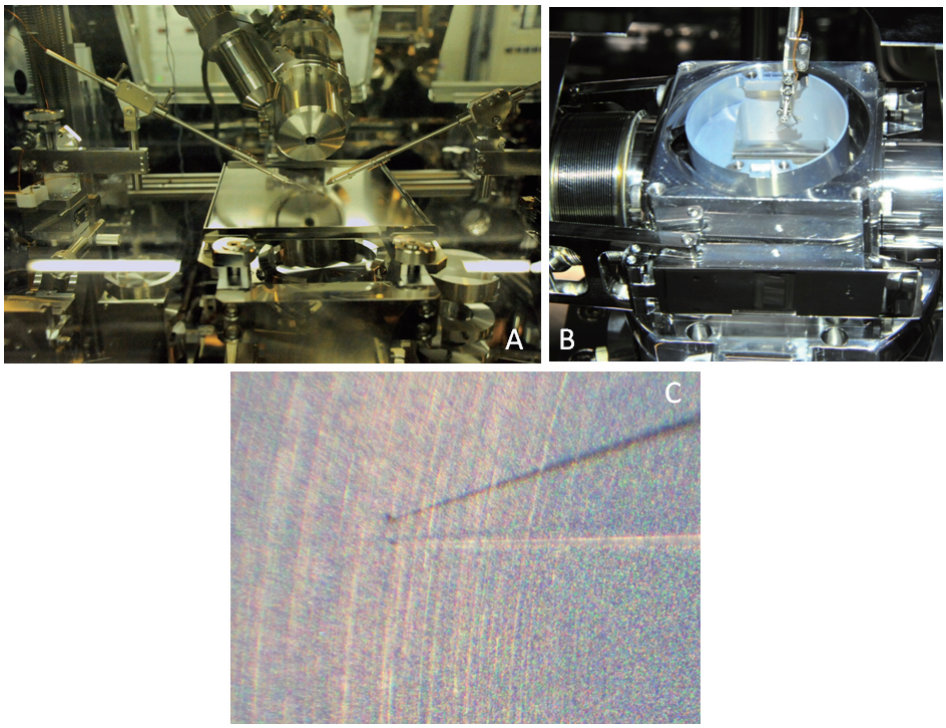

図3：A：静電制御マニピュレータ外観
B：サンプル容器開口部からの粒子ピックアップの様子
C：ピックアップされた粒子(～10μm)の例(マニピュレータ針先端部，上側は影)