

はやぶさ採取サンプル分析体制と惑星物質科学コミュニティへの期待

山本 哲生¹

1. はやぶさサンプル分析検討委員会

はやぶさ探査機が2007年4月に地球帰還に向け本格的な巡行に入った。また大気圏再突入カプセル回収実験もすでに完了している。はやぶさサンプル分析検討委員会では、イトカワ表面の採取試料（サンプル）の初期分析の体制について議論を重ねてきた。この機会に本委員会での議論の紹介と国内の惑星物質科学研究者コミュニティへの期待について述べたい。

はやぶさ採取サンプル分析に関する議論は、1990年代後半から当時の宇宙科学研究所（現 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究本部、以下 ISAS と略称）で水谷仁惑星研究系主幹（当時）、藤原顕はやぶさプロジェクト・サイエンティスト（当時）をはじめ、国内の惑星物質科学研究者有志が集まって始まった。その後、分析体制に関する議論は、はやぶさの打ち上げ準備が進められていた1999年、ISASにはやぶさサンプル分析検討委員会（以下、分析委員会）が正式に設けられたときから本格化した。久城育夫先生がその委員長を務められ、2004年から山本が委員長を引き継いだ。分析委員会の現委員は以下の方々からなっている（敬称略）：

加藤学（ISAS固体惑星科学研究系主幹）、北村雅夫、久城育夫、下山晃、武田弘、土山明、長尾敬介、中村栄三、藤原顕、船木實、矢野創、坂本尚義、吉川真（現はやぶさプロジェクト・サイエンティスト）、

山本哲生（委員長）

2. サンプル分析に関する制約条件

分析は一次と二次の2回にわたって行われる。数グラムのサンプルが採取されることを想定して、はやぶさ探査機の深宇宙局追跡管制およびサンプルの回収において協力をうける海外の研究機関とISASとの間で以下が合意されている：

- ・一次分析は日本国内で行いサンプルは国外に持ち出さない。
- ・上記海外機関から計3名（M. Zolensky, S. Sandford, T. Ireland）が国内の機関で一次分析に参加する。
- ・二次分析では国際公募で参加者を募る。

一次分析では採取サンプルの一部を用いて、その基本的物性、化学的、岩石・鉱物学的特徴に関して基礎的な記載を行い、データベースを作成することを目的としている。この結果は、二次の詳細分析の応募に際して、世界中の研究者が参考とするデータとして供される。二次分析では、サンプル回収後、1年以内に国際公募でグループを募り、詳細分析を行う。一次分析では「カタログ」づくりが主たる目的である。二次分析では応募内容にそった個別研究が行なわれる。

現実には、実際に採取されたサンプル量が当初の想定より少ないことが予想されるため、上記の合意の見直しが必要になると思われる。しかし、いずれにせよ万全の準備体制を構築しておかねばならない。

1. 北海道大学低温科学研究所

3. 一次分析チーム (HASPET)

一次分析チームを構成するため、久城分析委員会の主導のもとでコンペティションを2回にわたって行った(公募締切: 2000年4月および2004年5月)。応募者は、第3者から提供された(応募者にとっては未知の)サンプルを分析し、その結果のレポートを提出した。各レポートは国内外のレフェリーのピア・レビューによって、さまざまな観点からの評価を受けた。分析レポートは ISAS Report として出版されている [1] (第2回コンペ・レポートは印刷準備中)。

2回のコンペにおいて、分析委員会の下に、コンペ応募者を除いてつくられた選考委員会をそれぞれ設置し、レフェリー・レポートにもとづき候補推薦が行なわれた。分析委員会ではそれを受けて議論を行ない、一次分析に携わる以下の研究グループを選抜した(2005年9月, 2006年5月)。表1参照。この組織は HASPET (Hayabusa Asteroidal Sample Preliminary Examination Team) と名づけられている。

表1. HASPET メンバー

代表者: 提案課題

海老原充: 核的方法による非破壊元素分析

奈良岡浩 (下山晃)*: MUSES-C サンプル中の有機物および炭素同位体分析

土山 明: シンクロトロン放射を用いたイメージング

長尾敬介: 微量試料の希ガス同位体分析

中村栄三: 微量試料の地球化学的総合解析

中村智樹: 微小物質の構成鉱物種, 存在比, 主要元素組成の決定, および微細組織観察 (I, II)

村江達士: 炭素質物質の同定と存在状態

*) 下山氏の定年に伴い, 分析委員会の承認を経て代表者を奈良岡氏に交代。

4. HASPETの運営体制

HASPETの運営方法を決定するうえで大きな問題が生じた。すなわち、国内において惑星物質科学の優れた研究を行っている個人やグループは少なからず存在するものの、個別研究が主体であり、分野の意見を十分に集約しプロジェクトに反映させる機構(コミュニティ)が当該分野になかったことである。このため筆者が個人の立場で関係者有志に呼びかけて、2005年7月に北大低温科学研究所にてサンプル分析体制に関する自由討論会を開催した。コミュニティ不在は ISAS 側から見たときにも大きな問題となった。ISAS にも HASPET 組織運営方針原案を説明し御理解いただき、HASPET 組織運営を以下の方針で行うことを2005年7月および9月の分析委員会で決定した。

- 岡山大学地球物質科学研究センターチーム (A) とそれ以外の大学の研究グループからなるチーム (B) の2本立ての体制で一次分析を行なう。
- 両グループは独立とする。それぞれのチームにリーダーをおく。リーダーは
A: 中村栄三氏, B: 土山明氏。A, B それぞれはリーダーのもとに自律的にその運営を行なう。分析委員会は steering committee としての役割をはたす。
- 両チームを束ねるリーダーを当面は置かない。
- Aは一次分析の期間、共同利用事業を展開する。
- サンプルはA, B 両者に配分する。
- 当然ながら、上記は A, B 両者の科学面での協力を排除するものではない。HASPET 組織の運営についての取り決めである。科学面での協力は、両者の独立性を基礎に行なう。
- 提案課題に記載の分析を行なう。ただし査定された提案課題に記載の分析を行なった上で、それ以外の分析を禁止することについての議論はなかった。
- 分析のフローチャートを A, B 両者から提出し、

両者で比較検討の議論を行なう。

* フローチャートには少なくとも以下を明示する：分析項目、各分析項目に携わる人またはグループ。

* 採取できるサンプル量は未知であるため、サンプル量に応じた複数のフローチャートを作成する。フローチャートに記述された分析を実行するうえでの最小必要量はサンプルの配分において必要な情報である。

- 必要ならば有機分析に携わるグループを第3のチームとして独立に立てる。

5. HASPET運営体制構築の経緯と基本的考え方

前節で述べたHASPETの運営体制について、なぜ一本化しないのか疑問にもたれた方もあることと思われる。実際、当時の分析委員会でもかなりの議論が交わされた。議論の詳細を述べるスペースはないため、HASPET チームの第1回選抜の直後に、そのメンバーに参考資料として配布した経緯説明と意見を以下で引用する。正確さを期するため原文のまま引用する。実名が書かれている方々には、この場を借りて御了解をお願いする次第です。

以下の引用文では現体制構築に至った経緯と基本的考え方、わが国の宇宙物質サンプル・リターン・ミッションに対応できる構造をもった惑星物質科学コミュニティ形成の必要性が述べられている。当事者でない方々には、わかりにくい部分があることを危惧するが、御賢察をお願いしたい。

(引用ここから)

分析委員会委員各位：

Cc：鶴田 ISAS 本部長，加藤惑星研究系主幹：

何人かの方々は口頭では議論しましたが、この機会に今回の1次分析の体制の決定に至った経緯とその基本的考え方、および国内の惑星物質科学の振興についての私の考えを以下に述べておきたいと思います。

言うまでもなく、大学での日常的な個別研究とは異なり、1次分析は、はやぶさプロジェクトの一環としての目的の明確なプロジェクト研究です。会議でも述べましたが、できる限り完璧な「カタログ」をつくることが1次分析の大きな目的です。はやぶさサンプルの場合、カタログづくり自体が重要な科学的意義をもちます。同時に quick-look science の成果も期待されます。

1次分析では短期間に集中的に第1級の成果をあげることが必須条件です。

このためには、これを可能とする組織をつくるのが必須です。この組織は当然、当事者で運営されねばなりません。組織立ち上げが分析委員会のもっとも重要な仕事のひとつであると認識しています。

私を含めてたぶん多くの方は、1本立て組織を頭に描いてこられたことと思われます。これが理想的な形かも知れませんが、しかし、いかに理想形であっても、実際の運営が可能でなければ絵に描いた餅にすぎなくなっています。

今回、組織を1本化するうえで大きな障害となったのは、意見を十分に集約し一本化する「構造」がコミュニティ（あまり良い言葉ではないですが）内になかったことでした。ここでコミュニティとは、分析委員会委員やコンペ参加者はもちろん、広く国内の地球惑星物質研究者を指します。NIPR（編集部註：国立極地研究所）の隕石部門の研究者を始めとする、南極隕石の研究を支え、それに関わる人達も重要なメンバーです。惑星物質の研究に興味をもち、その研究に関わりたいたいと考えている地球物質研究者も含みます。

これらの境界条件をもとに、限られた時間内に1次分析の体制を構築するうえでは、当事者で現実に運営が可能で、かつ実際にワークする体制をつくることをもっとも重視しました。ISAS の関係者とも議論し、かなり苦慮した結果のぎりぎりの選択として現体制となりました。

できれば現体制を初期状態として、今後、A、B両者でのコミュニケーションを通じて合意づくで、徐々

に、より良いシステムに進化させていただくことを希望します。これを行なううえで、以下の点にぜひ御留意いただきたいと思います：

- ・1次分析体制全体を崩壊させることを避けねばならない。
- －「進化」は急がせずに粘り強く合意づくで、さもないとシステム全体が崩壊する危険性を孕んでいます。崩壊ははやぶさプロジェクト全体に影響を及ぼします。
- ・科学研究面で安易な妥協をすることなく、相互批判と協力を通じて両者を高めることを通じて、最大の成果を引き出していただきたい。
- ・プロジェクト研究であることを踏まえ、常にシステム全体を視野においたグローバルな観点からの整合性と実現性をともなった議論をおこなっていただきたい。
- ・1次分析で最大の成果を導くためには、A, B 両者のリーダーは組織運営に専念する時間とエネルギーが必要です。その結果、御自身の当面の研究の進展に支障が出る可能性を考慮しておかねばなりません。グループメンバーはリーダーの役割を十分に理解し、その重責を正当に評価することが不可欠です。また自己の意見を主張するだけでなく、リーダーにその責任に伴う権限を保証することに同意する必要があります。もちろんグループをよりよくするための建設的批判や意見は不可欠です。

繰り返し申し上げてきましたが、はやぶさサンプルリターンは惑星物質科学に新たな発展をもたらす絶好のチャンスです。これをきっかけに、今後、惑星物質の研究を広げ発展させるためには、コミュニティの形成とともに、それを開放的な構造にし、この分野にできる限り広い範囲の人を巻き込む必要があります。

この分野において国内で私の知る範囲でも、よい成果をあげておられるグループは少なからず存在します。しかし、それがコミュニティ（あるいは分野）としてのアクティビティにつながっていないのが残念なと

ころです。

ISASの側からみたときも同様です。鶴田本部長は将来のISASの月惑星探査において、サンプルリターンは従来のISASにはなかった目玉の一つとして重視しておられます。しかし「コミュニティ」なり「組織」が見えないため、お困りのようです。もちろん個別には何人かの方々をご存知ですが、...

幸い、はやぶさサンプルリターンは、現状を改善するうえで良い機会であるのは確かです。しかしこれは試金石でもあります。ここで「コミュニティ」の力量が問われています。

コミュニティとしての力量は個別研究力の単純和ではありません。プラス・アルファが必要です。個別研究活動に加えて、「業界」基盤の構築や拠点組織の形成とサポートが必要です。加えて、教育・研究連携の仕組みやそれを支える日常的な交流の場の構築、他分野との協力のパイプ、etc 等、個人レベルでの研究とは異なる努力が必要です。

もちろん、これらは個々の研究者の十分な研究実力を基礎としていることは言うまでもありません。しかし、個々人の研究実力だけでは不十分であることも明らかです。基盤をささえる人材や、学問的にはもちろん、企画・運営にも卓越した能力をもったリーダーの存在や、それらの人達の無私の努力が必須です。

業界基盤の構築や拠点組織の形成に関しては、私の知る範囲だけでも、土山さんの特定領域研究立ち上げの御努力、ISAS 月、小天体探査への地球惑星物質科学者の参画、等、萌芽はあります。また NIPR の隕石部門を中心とした長年の南極隕石研究の展開、中村さんを始めとする三朝グループの人達の御努力によるセンターの充実、等、すでに研究拠点は存在しています。

問題はこれらが十分に活かされていない点です。また当事者のご努力を関係者が十分に appreciate していない点です。また有機的な連携が不十分なこともコミュニティ形成の効果を弱めています。

幸いはやぶさサンプルリターンは、これらの問題を

再考するよい機会を与えてくれています。リーダーたる人達のコミュニケーションを十分に図っていただき、科学面での相互批判と協力、切磋琢磨を通じて、惑星物質科学を基盤から盛り上げていただくことを切望します。

(引用ここまで)

6. 今後に向けて

現在、キューレーション施設の建設が進みつつある。2005年にISASに惑星物質試料受入検討委員会（通称：キューレーションWG）が設けられた。WGは藤村彰夫主査、香内晃、中村智樹、奈良岡浩、平田岳史、牧島昭夫、矢田達の各氏からなる。WGでは今後採取される宇宙物質のキューレーションも視野に入れ、その設備等の検討が行われてきた。本号掲載の論文（矢田ほか）[2]にその詳細が記述されている。

来年度にはキューレーション施設でのイトカワ・サンプル分析のリハーサルを行う時期が来ている。サンプル量が未知であることから、分析においては種々のシナリオを想定した、コンベ当時より高い技術が要求される。責任をもって本プロジェクト研究を遂行するために、HASPETチームにおかれては自律的にその準備を着実に進められることを望みたい。言うまでもなく、準備には機器の充実と洗練、人材、予算の確保などチームの研究を支える基盤の充実も含まれる。

加えて、前節で述べた理念をあらためて十分ご理解いただき、惑星物質科学の基盤となるコミュニティの形成や相互のコミュニケーションを積極的に進めていただくことを強く要望したい。この努力は、はやぶさミッションだけでなく、今後の宇宙物質サンプルリターン・ミッションにおいても活かされることは必至である。ひいては、わが国の独創にもとづく惑星物質科学の主体的な国際協力にもつながることが期待される。

謝 辞

本稿の基礎となった多様な議論を行なっていたいただいた多くの方々、とくにISASの関係者の皆様およびはやぶさサンプル分析検討委員会委員の皆様に感謝致します。原稿のチェックをいただいた加藤学氏および出村裕英氏、分析委員会の過去の書類を調査いただいた矢野創氏にお礼申し上げます。

参考文献

- [1] ISAS Report SP-16, eds. I. Kushiro, A. Fujiwara and H. Yano (2003)
- [2] 矢田達ほか, 2007, 遊星人 vol.16. No.2, 170.