

日本惑星科学会将来計画専門委員会報告書 宇宙惑星物質科学ネットワーク構想

目次

1	本検討への経緯と基本方針	1
2	惑星科学における高レベル物質分析の意義	2
3	種々の分析法とその科学的意義	2
3.1	試料管理	2
3.2	鉱物分析	3
3.3	無機分析	3
3.3.1	元素・同位体分析	3
3.3.2	年代測定	3
3.4	有機分析	4
3.4.1	超微量有機低分子分析	4
3.4.2	同位体有機分析	4
3.5	生体高分子分析	4
3.6	生命探査	5
3.7	シミュレーション実験	5
4	現状におけるわが国の分析能力，他国との比較	6
4.1	試料管理システム	6
4.2	鉱物分析	6
4.3	無機分析	6
4.4	有機分析および生体高分子分析	6
5	わが国が宇宙惑星物質分析用として保有する機器	7
5.1	試料管理システム	7
5.2	鉱物分析	7
5.3	無機分析	7
5.4	有機分析	8
6	センターの部門構成および機器配備の理想像	8
6.1	コアセンター	9
6.1.1	宇宙物質試料管理部門	9
6.1.2	鉱物分析部門	9
6.1.3	有機分析部門	9

6.1.4	機器開発室	10
6.1.5	理論部門	10
6.1.6	客員部門	10
6.2	サテライトセンター	10
6.2.1	惑星年代学研究センター	10
6.2.2	実験惑星学研究センター	11
6.2.3	宇宙生命研究センター	11
6.2.4	コアセンター，サテライトセンター，大学間の教育ネットワーク	12
7	センター設立へ向けた現実的シナリオ	12
8	センター実現への問題点	13
8.1	既存研究機関との関係	13
8.2	サテライトセンターの人事権・予算要求権	13
8.3	共同利用体制の確立	13
8.4	人材	14
8.4.1	研究スタッフ	14
8.4.2	研究サポートスタッフ	14
A	国内地球外物質研究者が所属している研究機関が所有する分析装置一覧	15
B	日本惑星科学会将来計画委員会委員	16

1 本検討への経緯と基本方針

惑星科学の研究において宇宙惑星物質の研究は大きな位置を占めている。太陽系形成論の発展において隕石学の研究が果たした役割を思い起こせば、このことは充分認識される。現在において宇宙惑星物質科学の研究対象は広がり、研究手法が高度化するとともに、ますますその重要性を増している。宇宙惑星物質科学新たな発展段階に対応した新しい研究体制の構築が急務となっている。

1996年6月の「日本惑星科学会将来計画委員会報告書」出版の後、日本惑星科学会中澤清会長より1996年10月に、本委員会に対して、「宇宙惑星物質分析センター（仮称）」設立に関して具体的検討を行うことの諮問がなされた。特に、以下の項目について検討を行うことが要請された：

- 1) 惑星科学における高レベル物質分析の意義
- 2) 種々の分析法とその科学的意義
- 3) わが国が宇宙惑星物質分析用として保有する機器及びその能力の調査
- 4) 現状におけるわが国の分析能力、他国との比較
- 5) センターの部門構成及び機器配備の理想像
- 6) センター設立へ向けた現実的シナリオ
- 7) センター実現への問題点。

これを受けて本委員会では、1996年10月の九州大学における秋季講演会の際に予備的会合を行った。これに引き続いて、上記の各項目について委員各位からの意見をお寄せいただき、1996年11月に北海道大学低温科学研究所にて、意見の集約および検討のための委員会を開催した。その後、1997年4月に中間報告を学会のウェブ・サイトにおいて公表し、会員からの意見をいただいた。さらに1996年10月の立命館大学における秋季講演会のシンポジウムにおいて、本報告の要約の説明を行った。

本報告では以下の点に特に留意した：

- わが国の月惑星探査によって入手が期待される新しい宇宙惑星物質の分析体制の構築。
- 南極隕石研究の発展の促進。
- 宇宙惑星物質研究において、わが国で未経験である分析技術の開発と人材の養成。

2 惑星科学における高レベル物質分析の意義

われわれの地球や惑星の起源と進化の記録は、それらを構成している物質中に残されている。地球上の生命もまた惑星の進化の賜物である。しかし地球自体は現在も進化しつつある惑星であるため、形成時の記録はすでに失われてしまっている。地球や惑星の起源、さらにはそこでの生命の起源を解明するためには、原始太陽系やさらにはそれ以前の記録を保存している宇宙物質の分析が欠くことのできないもっとも強力な手段である。

われわれはこれまでに、隕石と月からの試料、惑星間塵という宇宙物質を手に行っている。これらの分析によって、太陽系の起源や惑星初期環境の進化についての理解が大きく発展した。最近では、南極隕石中の火星からの隕石の分析から「火星生命」の可能性の報告や天文観測による宇宙有機物の観測から、宇宙における化学進化や生命の起源の問題について、従来より具体性を帯びて議論できる段階になりつつある。これらの研究結果は、専門の科学者だけでなく、一般の人々の世界観の変革にも大きな影響を及ぼす。宇宙惑星物質科学の研究は知的欲求だけではなく、将来、他の惑星への人類の活動域のフロンティアを拡大するうえでの基礎となることは言うまでもない。

わが国においても、月惑星探査の本格的進展が図られつつある。これによって世界に先がけて小惑星の試料が入手可能となる。また現在計画中の月探査では、新たな月試料の持ち帰りが計画されている。一方、わが国は南極隕石の最大保有国であることから、隕石研究によっても太陽系の起源と惑星初期環境の進化、生命の起源の問題に迫ることのできるポテンシャルを有している。

宇宙物質中に残されているこれらの問題の解明につながる記録を最大限に解読するためには、高レベルの分析技術やその実行が可能な設備を欠くことはできない。われわれが入手できる宇宙物質の種類と量は限られており、上記の記録は宇宙物質中の極微量領域および極微量成分に残されているにすぎないからである。残念ながら現状では、わが国において高レベルの宇宙物質分析を組織的に推進する基盤と研究組織が整備されていない。これらの整備と充実によって、初めて上記の問題の総合的解明が可能となる。

宇宙惑星物質分析の研究基盤の確立と整備は必然的に隣接分野へも効果を与えることを強調しておきたい。宇宙物質分析で開発される高レベルの技術は、地球環境科学や地球化学、鉱物学等で行われてきた地球物質の分析の高度化をももたらす。またこれらの分野の人材養成にも寄与する。

3 種々の分析法とその科学的意義

3.1 試料管理

精密分析を行う前段階の重要な作業として、試料の処理・保管、記載・分類、配分の重要性を指摘しておく必要がある。これら一連の作業をまとめて以下では試料管理 (curation) と呼ぶ。多様な試料があるとき、個々の試料の概要をつかむことは、精密分析を行うべき試料を見だし、適切な配分するうえでの基礎データとなる。南極隕石の研究において、わが国ではこれまで、国立極地研究所隕石資料部門がこの役割を果たしてきた。

南極隕石に加えて、今後は小惑星試料、月試料、惑星間塵などの多様な地球外物質の採集が計画されている。有機・無機を問わず地球環境からの汚染を押さえるために、採取試料の容器内の環境と同じ条件下での試料の切断・分離が行え、研究目的に合った状態で試料の配分が行われなくてはならない。またソフト面では、迅速かつ普遍性をもった一次記載法の確立、および結果のデータベース化とその迅速な公開が必要である。

3.2 鉱物分析

固体物質が経てきた環境の歴史はその構成要素である鉱物中に記録されている。鉱物分析から試料中の鉱物種とその組み合わせおよび組織が決定される。この分析により、試料が経験してきた温度・圧力などの物理条件の履歴が解明される。鉱物分析は試料全体の構成要素と岩石組織を決定するので、次項の無機局所分析への橋渡しという観点からも重要である。

鉱物分析には、光学顕微鏡、電子顕微鏡、X線マイクロアナライザーやX線回折法が使用される。これらに加えて、小惑星サンプルリターン計画で採集される予定の試料や惑星間塵の分析には透過型分析電子顕微鏡が必要不可欠である。

3.3 無機分析

3.3.1 元素・同位体分析

元素組成と同位体組成は宇宙物質の形成環境の化学条件とその後の分化過程を解明するうえで欠くことができない。この解明のためには、できる限り多種の元素について少量の試料の微小な領域の元素・同位体組成を分析することが要求される。

無機分析では、1) クリーンな化学分析環境を実現するとともに、2) 微量試料用高収率鉱物分離、3) 高収率化学分離、4) 質量分析における高イオン化効率の技術開発が重要である。これらを有機的に統合したシステムを構築する必要がある。このシステムは二次イオン質量分析計を用いた微量元素および同位体分析用の高精度標準試料の作製にも供することができる。

3.3.2 年代測定

惑星形成過程を解明する上で、種々のタイプの隕石の年代決定は大きな役割を演じてきた。しかし年代決定の現在の時間分解能は、長い半減期の核種を用いた場合は数100万年、消滅核種を用いる化石年代の測定法では数万年である。現状では、種々の隕石の相互関係の議論には大きな不定性がつきまとっている。小惑星サンプルリターン計画の科学目的の一つである小惑星と隕石との関係の解明のためにも、精密な年代測定技術の開発は本質的に重要である。地球物質の研究の進展に対しても、精密な年代測定技術の開発は大きく寄与する。

このためには、1) 隕石中に記録されている微細組織の解析とそれに対応した個々の組織の相対形成年代を1万年以下の分解能で決定するとともに、2) 高感度検出器を有す

る高分解能二次イオン質量分析計を改良し，数マイクロン以下の微小領域で鉱物中の消滅核種の娘核種の分析を高精度に行うことが必要である．隕石母天体形成後の火成作用・変成作用・変質等の時代決定は Rb-Sr 法，La-Ce 法，Sm-Nd 法，Re-Os 法，U-Th-Pb 法等の放射性年代測定法によって求めることができる．これらの年代測定法では，二次イオン質量分析計の質量分解能が不足しているため，上述の高分解能二次イオン質量分析計を用いることはできない．親・娘核種を化学的に分離して，表面電離型質量分析計による高精度分析が必要である．

3.4 有機分析

3.4.1 超微量有機低分子分析

宇宙における有機化学進化の解明は生命の起源につながる重要な課題である．この課題の解明のためには，炭素質隕石や惑星間塵に含まれる有機低分子の超微量レベル分析を行い，宇宙有機物および原始惑星上の有機物の特徴を明らかにする必要がある．各種のアミノ酸，糖をはじめとする総計約千種類の有機物の検出が当面の重要な具体的課題である．

これを遂行するうえでクロマトグラフ質量分析法が最適である．この方法では，複雑な組成の試料をクロマトグラフで分離しながら，各化学種を質量分析法により同定・定量する．クロマトグラフ質量分析法にはガスクロマトグラフ質量分析法と液体クロマトグラフ質量分析法の2種がある．ガスクロマトグラフ質量分析法は揮発性化学種に対象が限定される．分解法と組み合わせるか，誘導体化法を用いて揮発性化合物に変換してから分析する方法がとられる．一方，液体クロマトグラフ質量分析法では難揮発性化合物が対象となるが，質量分析法とカップリングできる液体クロマトグラフの溶離条件が限定される．いずれの手法も対象物を絞り込めれば極めて有用な分析手法である．特に，質量分析計を2台直列に配置したタンデム質量分析法を組み合わせれば極めて高感度かつ高選択的な分析法となる．

3.4.2 同位体有機分析

隕石中の有機物の軽元素 (H, C, N, O, S) の同位体比は有機物の起源を解明するうえでの鍵となる．これを行うためには高分解能質量分析計が必須である．また，化合物ごとの安定同位体比を分析する時には，上述のクロマトグラフ法と高分解能質量分析法を組み合わせたガスクロマトグラフ同位体質量分析法，液体クロマトグラフ同位体質量分析法が威力を発揮する．

3.5 生体高分子分析

炭素質隕石や彗星には種々の有機物の存在が知られている．特に炭素質隕石からは生体関連有機物であるアミノ酸や核酸の塩基 (プリン，ピリミジン類) が抽出されている．これらの有機分子が重縮合して構成される高分子 (ポリペプチドならびにポリヌクレオチド，さらに重縮合のより進んだタンパク質や核酸) の存在確認および生成機構の研究が最

も重要な課題である。生体関連重縮合高分子の一部でも存在が確認されれば、化学進化の到達度が明らかになり、地球外生命の存在する可能性に関してより具体的な情報を提供するであろう。

生体高分子分析には、弱いイオン化を用いる質量分析法が有効である。これは有機物が分解しないようなソフトな手法でイオン化して分析する手法で、高速原子衝撃法、マトリックス支援レーザー脱離イオン化法などがある。特に、後者は適当なマトリックスを選ぶことにより、分子量数百から数万までの分子の分析が可能であり、生体関連分子の分析に威力を発揮する。これに加えて、遺伝子取扱装置（PCR法：polymerase chain reaction法）は一個の核酸をその一次構造も含めて分析できるという点で重要な方法である。

3.6 生命探査

生命体検出のための既存の技術としては、平板培養法と顕微鏡による直接観察法がある。このうち平板培養法は生物だけを選択的に検出できるという利点をもつ。ただし、この方法で検出できる生物は、培養法が確立し、かつ増殖能力のある生物に限られる。一方、顕微鏡法、特に蛍光を用いた顕微蛍光法では試料中の全細胞を検出でき、休眠細胞、死細胞、さらに色素を選べば有機物凝集体も検出可能である。また電子顕微鏡を用いる方法も有効である。電子顕微鏡では形態情報しか得られないが、現在では同時に元素分析も可能である。免疫学的手法を併用すれば生物特異性が高まる。

今後開発すべき手法として、顕微蛍光法とPCR法や質量分析法とを結合させることが重要である。この方法では、まず顕微蛍光法で生物らしき物を検出し、それを光ピンセット法等で分離した後、その物体中の核酸をPCR法または質量分析によって検出する。分離操作なしで質量分析することも可能である。

3.7 シミュレーション実験

シミュレーション実験は宇宙空間と同じ温度・圧力、放射線環境下での物質の生成や合成、変成、破壊等を実験室で再現する研究手法である。生成物質と宇宙物質との比較によって、宇宙物質の生成条件や生成素過程を解明することができる。シミュレーション実験と実際の宇宙物質との比較研究は、宇宙物質に保持されている記録を解読するための強力な研究手段である。さらに、分析の際の標準試料の作成や分析法の開発においても、シミュレーション実験は重要な役割を演じる。実験室で作成された生成条件が明確なシミュレーション物質は、採取された宇宙物質の生成条件を解明するうえでの標準試料となる。特に有機物の分析では、素性の明確な標準試料があって初めて効果的な分析手法の開発が可能となる。

シミュレーション実験を行ううえで、圧力（真空度）、温度等の物理条件を広範囲にコントロールできる実験装置が必須である。

4 現状におけるわが国の分析能力，他国との比較

4.1 試料管理システム

わが国では国立極地研究所の南極隕石に対して，地球外物質の唯一の試料管理システムが実働している．しかしその現状は他国，特にアメリカのそれと比べて貧困な状況にある．その主たる原因は研究者と研究費の極端な不足にある．またわが国においては，良い試料管理システムが必要不可欠であるという認識が不足していることも大きな原因のひとつである．

NASA では月の石，南極隕石，惑星間塵の3つに分けて試料管理が行われている．それぞれに独立した管理責任者 (curator) がいる．惑星間塵はレベルの高いクリーンルームで保存・処理されている．惑星間塵に比べるとレベルが落ちるものの，南極隕石もまたクリーンルームで処理が行われている．南極隕石はクリーンルームに続いた部屋の窒素を充填したキャビネットに保管され，必要に応じて取り出しました元に戻すことを行っている．隕石試料全体の形態計測，秤量，写真撮影などはNASAが行い，分類はスミソニアン博物館が行っている．隕石配分は2段階で判断して行っている．多くは管理責任者の判断によって配分しているが，一定の基準を越える貴重な試料は年2回開かれる委員会で審査して合否を決めている．一方，惑星間塵に関してはNASAが採取から配分までのすべてを行っている．

4.2 鉱物分析

X線マイクロアナライザーや透過型電子顕微鏡による日本の分析レベルは一流である．しかし現在のわが国の惑星科学者には，透過型電子顕微鏡を扱うことのできる人材は少ない．

4.3 無機分析

一般的には，わが国の分析能力は世界的に第一線にあると考えられる．隕石の同位体分析において，わが国で実績のない分析は，3酸素同位体分析とウラン鉛同位体分析である．一方，惑星間塵などの極細粒物質物質の取扱や分析に関しては，日本の研究者はほとんど未経験である．

4.4 有機分析および生体高分子分析

炭素質隕石について世界的に多くの研究がなされてきた．これまでに主としてマーチソン隕石から種々の有機物が検出され，多くの成果が出ている．しかし，研究者の高齢化に伴い現在は主に2研究グループ（主としてアメリカ）によりなされているのみである．

アポロ計画やバイキング計画当時，在米中の日本の研究者も，月の土や火星の土の分析計画に参加し重要な役割を果たした．帰国後は南極隕石やマーチソン隕石の研究を開始

し、アミノ酸をはじめ多種の有機物を検出し、それらの特徴を明らかにしている。この分野では米国の現状と比べても劣ってはいない。

炭素質隕石中のより高分子の生命関連高分子の分析は、世界中のいずれの研究機関でも行われていない。これらの分子の検出のための極微量分析法はまだ確立されていない。

5 わが国が宇宙惑星物質分析用として保有する機器

国内の宇宙惑星物質研究者が所属している研究機関が所有する分析装置を付表 A に示した。鉱物・無機分析に関しては、多くの大学や研究所に機器が配置されており、ハード面では試料の基本的な分析が国内の研究者によって達成できる体制にある。一方、有機分析ができる機関はきわめて限られていることがわかる。無機分析については、大きな問題は機器の運用体制にある。すなわち、分析対象物質によっては、これらの分析機器の中には地球物質の分析に限定されるものも含まれている。さらに、同一機関のある部局に複数の分析機器が設置されている場合もかなりあるものの、分析機器を所有する研究室が異なっているために、有機的に利用されていない場合も多い。これらの分析機器は一箇所に集まって利用されてこそ最大限の成果を発揮できる。現状では、広範な機器を整備し、共同利用が行われている機関は岡山大学固体地球研究センターに限られている。

5.1 試料管理システム

国立極地研究所での隕石の保管は温度（22–25 C）と湿度（50%以下）を制御し、隕石庫内を白い靴下で歩いても汚れない程度の清浄さで行われている。しかし、有機物の汚染を防ぐ対策などは不十分である。隕石の試料管理では国立極地研究所の少数の研究者に多大な負担がかかっている。また、一次記載データのデータベース化については、所外の研究者がボランティアで行っている。

惑星間塵や他の宇宙物質に関する試料管理システムは日本には存在していない。今後の宇宙物質採取計画等を視野に入れた早急な立ち上げが望まれる。

5.2 鉱物分析

鉱物・岩石の研究に用いる機器は多くの研究機関が所有しており、X線マイクロアナライザー、透過・走査型電子顕微鏡、X線回折装置などは世界最高性能の機種を揃えている。これは日本のメーカーが世界最高機種を製作できることによっている。

5.3 無機分析

二次イオン質量分析装置や固体質量分析装置など、世界の最高級機が設置されている。しかし、これらの分析装置を使用する際に必要な標準物質の作製および分析ができない研究機関が多いところに問題がある。これらの機器を用いた研究を行ううえで必須の標準物

質の作製および分析に必要な化学分析システムなどが整備されていないことがその一因である。

5.4 有機分析

低分子有機物分析用として、各種ガスクロマトグラフ質量分析計、高速液体クロマトグラフ質量分析計、レーザーイオン化飛行時間型質量分析計、クリーンルーム等が筑波大学化学系宇宙化学研究室に所属し、隕石有機物の分析などに使用されている。一方、宇宙物質中の生命関連高分子の分析に関する設備はどこの研究機関にも設置されていない。

6 センターの部門構成および機器配備の理想像

宇宙惑星物質科学は、従来の隕石学から小惑星試料、月面物質、惑星物質、惑星間塵等をも対象とした総合的な分野として成長しつつある。センターの理想像を考えるうえで、広範囲の宇宙惑星物質の総合的研究が可能な体制が望まれる。試料管理や種々の手法による分析、関連する室内実験および理論的研究の広範囲にわたる宇宙惑星物質科学の研究を一機関で行うことは不可能であり、また宇宙惑星物質科学の研究の多様性からみても望ましくない。また人材面からみても、一極集中にすると各地の大学に若手研究者が不足し、そこでの研究・教育が停滞する恐れがある。以上の理由から、分散型の宇宙惑星物質研究ネットワークの構築が必須である。

ネットワーク構築に当たっては、近い将来入手が期待される宇宙惑星物質の分析およびそれに関連する研究体制を早急に整備することを考慮する必要がある。このため、次の3つの研究組織形態を骨格とした研究体制を提案する：

- コアセンター、
- サテライトセンター、
- 既存の研究機関。

コアセンターは独立した共同利用型の研究組織として新設し、宇宙惑星物質サンプルの試料管理、および鉱物・無機物、有機物の基礎的分析を行う。現在、わが国においては宇宙惑星物質科学研究の核となる共同利用研究所が欠けているため、コアセンターはその役割を担うことが望まれる。この役割を担ううえで、コアセンターは共同利用型の開発研究費や事業費等を持つことが望まれる、これによってサテライトセンターや既存の大学や研究所における研究開発の支援を行う。

サテライトセンターは従来の文部省共同利用研究所と大学との中間的な新しい形態の研究組織である。サテライトセンターは既存の大学や研究所の中から、宇宙惑星物質科学の拠点になりうる研究組織を評価・選択し強化する（§7参照）。評価・選択に当たっては、いくつかの整備すべき研究分野を選定し、役割を明確化する。この際、その分野で実績がある研究組織や、重要であるがこれまで研究が手薄であった分野を重点的に強化することを基本方針とすることが望まれる。基本的にはサテライトセンターは時限とする。

ネットワークの組織案を付図に示した。

6.1 コアセンター

各部門の理想標準構成は教授 1，助教授 2，助手またはポスドク 3，技官 2 が目安である。研究部門に加えて事務局も必要である。

6.1.1 宇宙物質試料管理部門

宇宙惑星物質の試料管理システムの確立，および微小サイズの物質（惑星間塵，採取試料等）の処理・分析設備の開発を行う。

必要設備：

- クリーンルーム（クラス 10-10000，数字が小さい程クリーンである）
- 隕石・宇宙物質低温真空保管庫，試料遠隔操作装置
- 窒素封入型隕石処理装置，大型ダイヤモンドワイヤーソー，微細試料切断・研磨装置
- X線分析顕微鏡，光学顕微鏡，走査電子顕微鏡
- 情報処理システム

6.1.2 鉱物分析部門

宇宙惑星物質の非破壊分析法の開発，および鉱物の微細組織，構造，化学組成の高分解能分析を行う。

必要設備：

- クリーンルーム（クラス 10000）
- 高分解能 X 線 CT 装置，X 線マイクロアナライザー
- 顕微赤外ラマン分光光度計
- 透過型分析電子顕微鏡，収束イオンビーム加工装置

6.1.3 有機分析部門

宇宙惑星物質に含まれる有機低分子の超微量分析および同位体分析を行う。

必要設備：

- クリーンルーム（クラス 10-1000）

- 隕石化学処理システム
- 高分解能ガスクロマトグラフ-燃焼-同位体質量分析計
- 高分解能液体クロマトグラフタンデム質量分析計
- 極微小領域レーザーイオン化走査有機質量分析装置
- 顕微ラマン・赤外分光光度計

6.1.4 機器開発室

以上の研究部門を有効に機能させるためには、以下の工作室を備えた機器開発室（ワークショップ）が必要である。

- 機械工作室
- 電子工作室
- 複合（特殊）材料工作室

6.1.5 理論部門

理論面から宇宙惑星物質科学の研究を行う。分析データの解釈とそれに基づく理論の構築や実験の企画にも参画する。

6.1.6 客員部門

研究の発展の時宜に応じた研究者を時限つきで招聘するため、客員部門を設ける。

6.2 サテライトセンター

以下の3分野のサテライトセンターを各地の大学や研究所に設置する。各サテライトセンターの理想標準構成は教授1，助教授2，助手またはポスドク3，技官1，事務官1が目安である。

6.2.1 惑星年代学研究センター

極微小領域の同位体・微量元素分析法の確立および極微小領域の高時間分解能年代測定法の開発を行う。

必要設備：

- クリーンルーム（クラス 10-1000）
- 微量試料用高収率鉍物分離装置，鉍物化学処理システム

- 誘導結合プラズマ質量分析計 ，表面電離型質量分析計
- 高分解能・高感度二次イオン質量分析計
- 高感度希ガス質量分析装置

6.2.2 実験惑星学研究センター

原始太陽系星雲や星間雲内で起った物理・化学過程の再現実験，および各種分析・実験装置の開発を行う．

必要設備：

- クリーンルーム（クラス 10000）
- 凝縮実験装置，水質変成実験装置
- 彗星核再現実験装置
- 表面化学反応測定装置
- 超高速衝突装置，微粒子速度計

6.2.3 宇宙生命研究センター

生命関連高分子の局所抽出分析および生命探査法の開発を行う．

必要設備：

- クリーンルーム（クラス 100-1000）
- マトリックス支援レーザー脱離質量分析計
- ガスクロマトグラフー質量分析装置，液体クロマトグラフー質量分析装置
- 遺伝子取扱装置（PCR 法）
- 高分解能核磁気共鳴解析装置
- 熱水環境シミュレーター
- 顕微蛍光分光細胞検出器，顕微蛍光質量分析器，走査型電子顕微鏡

6.2.4 コアセンター，サテライトセンター，大学間の教育ネットワーク

人材育成のため，コアセンターとサテライトセンターで大学院教育を行える体制を作る必要がある．現行法で可能な方法として，コアセンターとサテライトセンターの研究組織を特定の大学の大学院の協力講座とすることが考えられる．

次の段階では，コアセンター，サテライトセンター，および各地の大学の惑星科学関連講座からなるこの分野の連合大学院を設置し，全国的な教育ネットワークに発展させることが望まれる．このネットワークにおいては，各大学から参加する教官は各大学の専攻や講座の枠を越えて参加でき，大学院学生は連合大学院に所属する教官の中から自己の研究にふさわしい指導教官を選ぶことができる体制を保証する必要がある．この際，連合大学院に所属しない大学院学生の受託も可能とする必要がある．これによって教官や大学院学生の流動化を図る効果が期待される．このシステムを現実に稼働させるためには，法的な問題の検討や全国の大学における現行の大学院教育体制の柔軟化が必要である．

7 センター設立へ向けた現実的シナリオ

センター設立までにはいくつかのステップが必要と考えられる．以下にその案を示す．

- 1) 日本惑星科学会内に「宇宙惑星物質研究センター検討ワーキンググループ」を設置し，コアセンターとサテライトセンターの役割を検討する．ここにおいて，部門構成，設置場所などに関する素案を作成する．
- 2) これとともに関連学会（日本地球化学会，日本鉱物学会，日本岩石鉱物鉱床学会，地球電磁気・地球惑星圏学会，生命の起原および進化学会，日本宇宙生物科学会）における宇宙惑星物質科学研究者に呼びかけ，「宇宙惑星物質研究センター設立準備委員会」（将来計画委員会報告書における「関連学会連絡会」）を設置し，コアセンターとサテライトセンターに対する原案を作成する．これをもとに，関連学会の賛同と支持を得るための運動（シンポジウム開催等）を行う．
- 3) 関連研究機関（国立極地研究所，宇宙科学研究所，岡山大学固体地球研究センターなど），学術会議関係研究連絡委員会，および文部省との協議の場を設ける．国立極地研究所と宇宙科学研究所に対しては，採取試料の管理体制が主な検討事項となる．岡山大学固体地球研究センターに対しては，無機分析の研究体制が主な検討事項となる．
- 4) この結果を「宇宙惑星物質研究センター設立準備委員会」において再度検討し，原案の改正，更なる具体化を図る．
- 5) センター実現が可能になった時点で，「宇宙惑星物質研究センター設立準備委員会（設立準備委員会）」を改組し，「宇宙惑星物質分析センター運営協議会（運営協議会）」を設置する．「運営協議会」は概算要求や人事選考権をもつ必要がある．「設立準備委員会」における議論をもとに，「運営協議会」ではコアセンターの部門構成やサテライトセンターの評価・選択に関する最終案づくりを行う．

8 センター実現への問題点

8.1 既存研究機関との関係

宇宙惑星物質科学ネットワークにおいて，コアセンターは既存の共同利用研究所と対等に位置づける必要がある．特に分析においては，既存研究機関で採取した試料の下請け分析機関にならず自立性を保証する方策が必要がある．

既存の研究機関との関係のうえで重要な問題の一つは試料管理システムである．南極隕石は現在，国立極地研究所で処理・保管，記載・分類が行われ，国立極地研究所の南極隕石配分委員会が中心となって隕石の研究者への配分が行われている．一方，小惑星試料，月面物質などの新しい宇宙物質の採取計画が宇宙科学研究所や宇宙開発事業団を中心とした組織で進みつつある．現存および近い将来入手が可能な隕石，小惑星の岩石，月面物質，惑星間塵などの試料管理をどこでどのような体制のもとで行うかは検討すべき重要な課題である．

8.2 サテライトセンターの人事権・予算要求権

サテライトセンターは従来の共同利用研究所と大学の間間的な新しい形態である．これが有効に機能するためには，人事選考権，予算要求権を既存の大学の学部（または研究科），学科から独立させる必要がある．サテライトセンターを大学の学部（または研究科）などの付属施設にした場合，サテライトセンターの教官，技官ポストは学部（または研究科）のそれらとは別枠であることを明記する必要がある．これを可能にするためには，現在の法律との整合性の検討が必要となる．また従来の共同利用研究所と大学との双方の機構との調整が必要となる．完全な新設でない場合，教官・技官定員の供出源が問題となる．

8.3 共同利用体制の確立

§6で述べたコアセンターは，現存の大学共同利用研究所と同様に，共同利用の形態をとるべきである．ここには，そのための事務機構も兼備する必要がある．サテライトセンターも基本的には共同利用とする．ただし，これは従来にない新しいタイプの研究組織であるため，共同利用運用の原則やルールをまず確立せねばならない．これをもとに，どのような運用形態をとるかについての具体的議論が必要である．サテライトセンター共同利用の原則とルールは，既存の研究機関の施設やそこに設置されている機器の共同利用化を促すためのモデルとなることが望まれる．

8.4 人材

8.4.1 研究スタッフ

現在のわが国の宇宙惑星物質科学の研究において、有機分析および物質科学理論の研究者は非常に少い。現状ではコアセンターにさえ人材が集まるかどうか不明であり、他分野からの研究者の採用を積極的に推進する必要がある。

各地の大学の地球惑星関連学科・専攻の改組の実があがっていないことも、宇宙惑星物質科学研究者の人材不足の大きな原因のひとつである（将来計画専門委員会報告書（1996年6月）参照）。一方、研究者の側にも問題の一因があることも指摘しておかねばならない。物質科学研究者の多くは、テーマ、手法において従来路線の延長での研究を行っており、採取された月惑星物質の試料の分析を想定した研究や探査機搭載機器の開発等の新しい宇宙惑星物質科学の展開に対応できていない。人材不足の解消のためには、隣接分野や他分野の研究者に対する宇宙惑星物質科学の重要性のアピールや、どのような方策が必要かについて、物質科学研究者の間での積極的な議論と提案が行われるべきであろう。

8.4.2 研究サポートスタッフ

優れた技官は研究者以上に不足している。工学系の修士・学部卒、高専・職業訓練学校卒、企業からの人材の参入の推進など、技術レベルに応じた継続的な技官の採用と教育・養成が必須である。このためには、技官の昇任の道を拓げるとともに、現場付きの上級職待遇の技官ポストを設ける等の待遇を大幅に改善する必要がある。

A 国内地球外物質研究者が所属している研究機関が所有する分析装置一覧

機関名	G-MS	TIMS	SIMS	TEM	EPMA	XRF	INAA	ICP	有機
北海道大理	x	x		x	x	x		x	
東北大理	x	x			x	x		x	
宮城教育大					x				
秋田大鉱山	x								
茨城大理					x				
筑波大地球	x			x		x	x	x	
筑波大化学									x
地質調査所	x	x	x						
理化学研		x						x	
東大理	x		x	x	x	x			
東大地震研	x								
東大宇宙線研		x							
国立極地研					x				
国立科博		x							
学習院大							x		
東工大理	x	x	x			x		x	
都立大理							x	x	
北里大衛生								x	
名古屋大理	x								
京都大理	x			x					
大阪大理	x		x		x				
神戸大理		x		x					
岡山大地内研	x	x	x	x		x		x	
広島大理			x						
九州大理	x			x	x				

G-MS：気体質量分析装置，TIMS：固体質量分析装置，SIMS：二次イオン質量分析装置，TEM：透過型電子顕微鏡，EPMA：X線マイクロアナライザー，XRF：蛍光X線分析装置，INAA：中性子放射化分析装置，ICP：誘導結合プラズマ型質量・発光分析装置，有機：各種有機物分析装置

B 日本惑星科学会将来計画委員会委員

加藤工	筑波大学地球科学系
川口淳一郎	宇宙科学研究所システム研究系
香内晃（副委員長）	北海道大学低温科学研究所
小島秀康	国立極地研究所
小林憲正	横浜国立大学工学部
関谷実	九州大学大学院理学研究科
土山明	大阪大学大学院理学研究科
留岡和重	神戸大学理学部
並木則行	九州大学大学院理学研究科
林正彦	東京大学大学院理学系研究科
林祥介	東京大学大学院数理科学研究科
山本哲生（委員長）	北海道大学大学院理学研究科
塚本尚義	東京工業大学理学部
渡邊誠一郎	名古屋大学大学院理学研究科