

「宇宙塵の起源・採集・分析」 夏期ワークショップ報告

矢野 創¹

1. ワークショップ開催の趣旨

21世紀を間近にひかえた現在、日本の惑星科学は大きな転換期を迎えている。これまでは探査の機会も少なく、理論、計算、隕石の分析が主流であった。しかし今後10年以内に我が国独自の探査計画として月、火星、小惑星へ行くことが決まっている。また地球低軌道上では、国際宇宙ステーションが2002年頃から運用が開始される予定である。これらの計画

の全てで計測が検討されている対象の一つが「宇宙塵(広義のコズミックダスト)」である。さらに国立極地研究所では、1997年及び99年に派遣される二回の日本南極観測隊によって南極氷床を融解して宇宙塵を大量に採集する計画が立てられている。

宇宙塵の研究は、観測分野では17世紀のカッシーニによる黄道光の発見、採集分析の分野では19世紀の英国の海洋探査船チャレンジャー号による深海底泥からの宇宙起源球粒(コズミックスフェリユール)の採掘にまで遡る。今世紀後半には成層圏や極地氷床

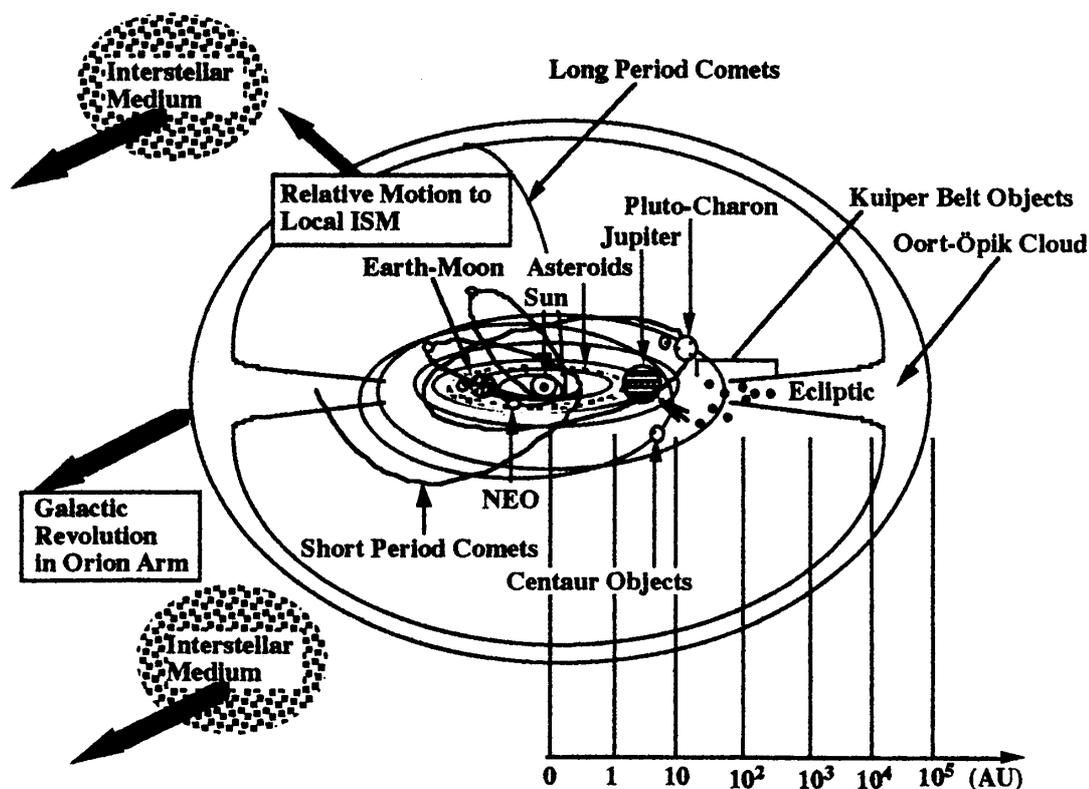


図1.多様な宇宙塵の起源

¹文部省宇宙科学研究所惑星研究系

からの採集も始まった。さらに宇宙時代になると、宇宙空間での宇宙塵の直接計測や採集が開始された。その結果、太陽系内の様々な領域に多様な起源の微粒子が存在することが判ってきた。つまり彗星、小惑星、惑星や衛星からの『惑星間塵(メテオロイド)』、太陽の放射圧で吹き飛ばされた β -メテオロイド、さらに近年ガリレオ、ユリシーズ両探査機によって検出された『星間塵』等である(図1)。地球近傍では天然の微粒子に加えて、廃棄されたロケット部品や運用が終わった人工衛星が、微小な人工の塵『スペースデブリ』を年々増加させている。

また近年の天文観測技術の発達によって、外太陽系にてカイパーベルト天体の存在が確認され、T-タウリ期等の若い恒星の周縁には塵円盤が発見された。宇宙観測からは太陽近傍のF-コロナや地球公転軌道に沿った小惑星起源のダストバンドの存在が示唆された。一方微小試料の分析装置の発達に伴い、隕石の中からType-II超新星爆発で形成されたであろうSiC粒子や、人工衛星上の微小衝突クレーター内にフラージェンを発見出来るようになった。これらの結果、従来の惑星系への認識は修正を迫られており、その誕生、進化、終焉の各段階に宇宙塵が深く関わっていることが判ってきた。

こうした例から明らかなように、宇宙塵は天体観測と地球外物質分析の双方を橋渡しする物質である。そのため、その研究は必然的に、試料分析、遠隔観測、探査、理論、実験・シミュレーションという異なる研究手法を、バランス良く発展させてこそ全容が明らかになる学際領域である。翻って、日本の宇宙塵研究の歴史では、コズミックスメリユールの「宇宙」起源を証明することが目的だった第一世代、微量分析の手法・装置の発展に伴い飛躍的に測定精度が改善された第二世代、と採集分析が主流であった。故に今後の日本の宇宙塵研究では、異なる手法を持つ研究者同士がもっと共通認識を持つことが大切になる。そのためには、過去の宇宙塵研究を総括し、新

しい研究の方向性を見極める作業と、これから宇宙塵の分野に参入する学生や若手研究者、隣接分野の研究者を育てる機会が不可欠である。

そうした認識は、前述の「南極氷床中宇宙塵の大量採集計画」の推進者にも共有されていた。彼等は1993年以来、数回の研究会を開いて宇宙塵の具体的な採集方法や研究テーマを検討してきた。そこでこれらを統合する形で今回、大橋英雄(代表:東京水産大学/東京大学宇宙線研究所客員)、田沢雄二(代表:京都大学)、今栄直也(国立極地研究所)、北沢幸人(石川島播磨重工業)、福岡孝昭(学習院大学)、松崎浩之(東京大学宇宙線研究所)、筆者が世話人となって、「新世紀の宇宙塵研究」と題したワークショップが企画された(図2)。このワークショップの特色として、各テーマにじっくりと時間をかけて講義を行い、それに続く討論を重視した。そのため第一回に当たった1996年8月の夏期集中ワークショップも含めて、1997年2月までに計5回開催することとした。半年強にわたる期

「新世紀の宇宙塵研究」
ワークショップ

期間：1996年8月～1997年2月
場所：東京大学宇宙線研究所
問い合わせ：大橋英雄
(東京水産大学/東京大学宇宙線研究所客員)

TEL: 03-5456-4101 FAX: 03-5456-4102
ホームページ：<http://www.icr.u-tokyo.ac.jp/1ry/1ry.html>

図2

間を通じて「分析、観測、探査、理論、実験」をまんべんなく概観することにより、宇宙塵研究の包括的な理解を目指す。さらに97年3月には、「新世紀の宇宙塵研究：これからの課題と展望」と題した、惑星科学関連合同学会の共通セッションにて総括を行う予定である。本稿では、以下にワークショップの第一回である「宇宙塵の起源・採集・分析」夏期集中ワークショップについて報告する。

2. ワークショップ概要

「宇宙塵の起源・採集・分析」夏期集中ワークショップは、宇宙研での月惑星科学シンポジウムの直後、1996年8月11-13日に東京大学宇宙線研究所・田無キャンパスにて開催された。二泊三日の期間の中で、一講義1時間(講義45分、質疑応答15分)、計17本の講義と、総合討論及び南極宇宙塵採集計画についてのディスカッションで計約6時間の議論という濃密な日程がこなされた。それにも拘わらず、総参加人数は50名を超し、三日間の延べ参加数は120名余りに上った

(図3)。その内の三分の一は学生であり、なごやかな雰囲気の中にも、講義や懇親会では活発な質問や議論が行われた。12日から13日にかけての深夜には、有志でペルセウス座流星群の観望会も開かれた。以下はこうした実施内容の一覧である。

「新世紀の宇宙塵研究」ワークショップ第一回 「宇宙塵の起源・採集・分析」

夏期集中ワークショップ

日時：1996年8月11-13日

会場：東京大学宇宙線研究所・田無キャンパス

初日〔11日(日)〕

開会の辞・趣旨説明：

9:20—9:30 (大橋英雄・東京水産大学)

イントロダクション：座長(小林紘一・東京大学原子力研究総合センター)

9:30-10:30 「宇宙塵研究の現状」オーバービュー
— (向井正・神戸大学)

10:30-11:30 物質分析研究から見た宇宙塵 (福岡



図3. 第一回夏期ワークショップ参加者(集合写真)

孝昭・学習院大学)
11:30-12:30 世界の惑星探査と宇宙塵研究 (藤原顯・宇宙科学研究所)

昼食

セッション(1)メテオロイドの起源:座長(矢野創・宇宙科学研究所)

14:00-15:00 カイパーベルト天体 (山本哲生・北海道大学)

15:00-16:00 小惑星と地球近傍天体 (吉川真・通信総合研究所)

ティーブレイク

16:20-17:20 その他の太陽系起源ダスト及び太陽系近傍の星間塵 (佐々木晶・東京大学)

17:20-18:20 スペースデブリ (花田俊也・九州大学)

特別講演:座長(野上謙一・独協医科大学)

18:30-19:30 宇宙物質採集地としての南極 (船木實・国立極地研究所)

夕食/懇親会

二日目 [12日(月)]

セッション(2)試料採集:座長(今栄直也・国立極地研究所)

9:30-10:30 地球低軌道から (矢野創・宇宙科学研究所)

10:30-11:30 成層圏から (野上謙一・独協医科大学)

11:30-12:30 極地氷床及び深海底から (矢田達・九州大学)

昼食

セッション(3)試料分析-1:座長(松崎浩之・東京大学宇宙線研究所)

13:30-14:30 鉱物/岩石分析 (野口高明・茨城大学)

14:30-15:30 隕石研究 (今栄直也・国立極地研究所)

15:30-16:30 元素分析 (海老原充・東京都立大学)
ティーブレイク

セッション(4)試料分析-2:座長(松涛聡・宮城教育大学)

16:50-17:50 同位体分析 (平田岳史・東京工業大学)

17:50-18:50 希ガス分析 (長尾敬介・岡山大学固体地球研究センター)

18:50-19:50 宇宙線と宇宙年代学 (松崎浩之・東京大学宇宙線研究所)

夕食

ペルセウス座流星群観測会(希望者のみ)

三日目 [13日(火)]

9:30-12:45 ディスカッション「南極宇宙塵を使って何を調べたいのか」
コンピーナー(福岡孝昭・学習院大学)

昼食

総括討論:司会(大橋英雄・東京水産大学)

13:30-14:30 各セッションのレビュー(各座長)

14:30-15:50 討論・質疑応答

閉会の辞:15:50-16:00 (矢野創・宇宙科学研究所)

3. 各講義の要旨

以下に各講義の要旨をまとめるが、万一記述に不正確な箇所があってもその責は各講師ではなく、全て報告者たる筆者にあることをお断りしておく。

3.1 イントロダクション

(1) 宇宙塵研究の現状の概観:向井 正

現在まで宇宙起源の微粒子は、起源よりも発見/

観測場所によって「宇宙塵」「コズミックスフェリユール」「メテオロイド」「マイクロメテオライト」「IDP」「黄道光ダスト」等と様々に呼ばれている。講義では、こうした採集塵と共に、惑星間空間に存在するダストの研究の歴史と現状を、直接測定(採集塵の解析、探査機、人工衛星上への衝突塵の検出等)と間接測定(電磁波(主に太陽光)散乱/熱放射の測定)とに分けて概説した。特に25年前に、世界に先駆けて宇宙線生成核種の測定によって「コズミックスフェリユール」の宇宙起源を突き止めた故長谷川博一、山越和雄のグループの功績に言及した。また近年、CCDを用いた黄道光やゲゲンシェインの観測の成果として、粒子の電磁波散乱特性やダストバンドの黄道面に対する非対称構造の解明を挙げた。

(2) 物質分析研究から見た宇宙塵：福岡 孝昭

この講義では、今まで地球環境(深海底堆積物、成層圏、南極氷床)から入手された宇宙起源の微粒子の分析手法とその物理的、化学的、鉱物学的研究の成果を紹介した。各採集場所でのバイアスや汚染源をまとめた後、微粒子の宇宙起源を証明する手段として、I, S, Gタイプの同定、酸素同位体比、親鉄元素含有量、希土類元素存在度、宇宙線生成核種を挙げた。また宇宙物質の年間降下量の見積もりと同一の微粒子を複数の技術で分析する今後の研究方法を検討した。

(3) 惑星探査と宇宙塵研究：藤原 顯

まず講師が約30年前に希望したスペースでの宇宙塵測定が、ようやく日本の惑星探査でも可能になりつつある現実を指摘し、過去40年弱の宇宙探査機を用いたダスト研究について概観した。特に衝突プラズマ型検出器によるその場計測とダストの非破壊捕獲について、原理、方法、および測定によって得られた主要な結果を述べた。さらにMUSES-Cや月探査周回衛星を始めとした現在計画中の内外の諸計画を紹介

した。最後に日本の研究者の緊急の課題として、機器校正のための超高速衝突実験施設と、既にSFU回収で始まった宇宙からのサンプルリターンのための宇宙物質分析実験室の創設、人材育成を挙げた。

3.2 メテオロイドの起源

(1) カイパーベルト天体：山本哲生

短周期彗星の巣、或いは原始微惑星の生き残りと考えられるカイパーベルト天体が発見されて既に4年が経つ。講義ではまず、現在までの観測結果をレビューした。さらに林モデルから出発した講師らの質量分布の理論的予測を解説、将来の観測計画への指針を示した。その後、カイパーベルト自体が地球近傍に到達するダストの主たる起源と成りえるかを試算し、議論した。

(2) 小惑星と地球近傍天体：吉川 真

近年、発見される小惑星の数は著しく増大しており、軌道が精度よく決まった小惑星である確定番号がついたものの数が、ついに7千個を越えた。講義では、これら小惑星の軌道の分布と力学的な特徴について、最新のCGも用いて概説した。特にカークウッドギャップに代表される軌道共鳴や、惑星の重力擾乱によるメインベルト小惑星の地球近傍天体へのカオス的な軌道進化について詳説した。さらに小天体の地球衝突に対する最近の研究活動を解説した。最後にIRASとCOBE衛星によって観測されたイオス、コロニス、テミス小惑星群が起源とされる地球公転軌道上の濃縮ダストバンドについて解説した。

(3) その他の太陽系起源ダストおよび太陽系近傍の星間塵：佐々木晶

彗星、小惑星起源以外にも、近年の宇宙探査機による直接測定により、太陽系内のダストが非常に多様であることが明らかになってきた。講義では特に、

β -メテオロイド、木星放出ダスト、外惑星及び火星周縁ダスト、そして太陽系内部に到達し、黄道面を離れたハロー部では主成分となる星間塵について概説した。さらに地球近傍の微粒子環境の起源について記述したDivineモデルや、ガリレオ探査機が検出した木星近傍の「ダストストーム」の起源の仮説についても解説した。

(4) スペースデブリ：花田俊也

地球近傍でメテオロイドの計測・捕集をする際にはスペースデブリが混在するため、その性質や問題点を理解することは、惑星科学研究者にとっても不可欠である。この講義では、現在急速に人類の宇宙活動にとって大きな障害となりつつあるデブリ環境の現状を示し、デブリの観測、発生原因(特にメテオロ

イドと同程度の大きさのものが爆発や衝突によって生み出される様子)、超高速衝突に対する防御技術、モデル化技術、軌道環境保全の方策などについて解説した。

3.3 試料採集 (図4)

(1) 地球低軌道から：矢野 創

この講義ではまず、宇宙でのメテオロイド計測と採集の歴史を概観した後、地球低軌道上において、スペースシャトル、ミール宇宙ステーション、回収型人工衛星(LDEF, EuReCa, HST, SFU等)を用いた、過去のアクティブディテクターとパッシブコレクター(キャプチャーセルやエアロジェル)実験や飛行後の衝突痕検査の原理、技術、成果について解説した。ま

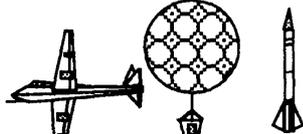
Collection Instruments	Altitude (km)	Collection Sites	Selection Effects			
			Size Limit	Chemical Alteration	Physical Alteration	Features and Constraints
	600 300	LEO (Low Earth Orbit)	No Limit	○* ×	○* ×	<ul style="list-style-type: none"> • Hypervelocity Impact • Impact Direction • Meteoroid vs. Space Debris • Intact Capture Technique Needed*
	~ 20	Stratosphere	50 μ m 1 μ m	○	○	<ul style="list-style-type: none"> • Landing Duration 1 day ~ 2 months • Sweeping Time 20-80 hours (80,000 m³ Air)
	2~3 0	Polar Ice Cores / Blue Lakes	> 500 μ m 50 μ m	△	△	<ul style="list-style-type: none"> • Depth / Epoch • Melted on Atmospheric Entry • Terrestrial Contamination • Short Time Accumulation (Blue Lake)
	0 -6	Deep Sea Sediments	> 1 mm 100 μ m	×	×	<ul style="list-style-type: none"> • High Magnetisms • Sea Water Reaction • Melted on Atmospheric Entry • Erosion • Long Time Accumulation

図4.地球近傍での宇宙塵の採集場所による選別効果。化学・物理変成の度合の項目では、○が最も変成を受けていない状態、△がやや変成を受けている状態、×が最も強く変成を受けている状態を定性的に表わしている。

た、衝突痕から衝突物の軌道、組成、エネルギー等の情報を得るために必要な超高速衝突現象、デブリとの相違点、フラックスの時間・空間変化等を説明した。最後に、今後十年間に日本の宇宙塵研究者が参加できる宇宙飛行機会について、MFDシャトルミッションと国際宇宙ステーション・アルファを中心に紹介した。

(2) 成層圏から：野上謙一

深海底の堆積物中から宇宙塵が見つかって以来、大気中でも宇宙塵を集める試みが様々になされてきた。講義ではまず、1960年代当初から行われた成層圏での気球による採集と、その主な成果(地球への宇宙塵フラックスの確定など)を解説した。続いて地球物質の汚染が避けられない気球集塵に比べ、1974年から始まったNASA/U-2機による上空20kmでの集塵の優位性について概説した。その成果は現在NASA/JSCによって"Cosmic Dust Catalog"にまとめられ、世界の研究者に試料が供給されている。

(3) 極地氷床および深海底から：矢田 達

地球上の宇宙塵の採集に際してポイントとなるのは、宇宙塵の濃集度、環境の清浄度、試料の保存状態、採集された試料にかかるバイアス、採集にかかるコストである。以上の観点も考慮に入れつつ、講義では1950年代から続いている日本の深海底からの集塵と、1980年代半ばからフランスを中心として始まった極地(グリーンランド、南極)での試料採集について紹介した。さらに今後日本が行う南極氷床からの宇宙塵採集計画における留意点について考察を加えた。

3.4 試料分析

(1) 鉱物／岩石分析：野口高明

宇宙塵の様に数十～百 μm オーダーの物質の鉱物学的・岩石学的研究には、透過電子顕微鏡(TEM)が適し

ている。何故なら、SEMやEPMA等と違ってTEMは数Åに達する分解能を持ち、かつ分析装置を装着したTEMでは最小数十nm領域の組成を知ることが出来るからである。この講義では、特にTEMを用いた宇宙塵(特に成層圏から採集された「IDP」)の研究について、現在最もポピュラーな超薄切片法による実際の試料準備の方法を、例を挙げて手順毎に解説した。

(2) 隕石研究—隕石中の硫黄とその分化—：今柴直也

講義では、まず過去に日本の観測隊が集めた南極隕石の統計的性質について簡単に触れた。次に、原始惑星系円盤と隕石母天体の両方で起きる硫黄の物理的・化学的過程における分化に絞って、近年の研究成果を解説した。隕石中の硫黄を含む鉱物は大部分がトロイライト(FeS)かピロータイト(Fe_{1-x}S)であり、隕石には近似的に鉄とのみ化合物を作り、固体として取り込まれる。鉄と化合しなければ、硫黄はガスとして散逸するとみなすことができる。太陽系存在度と比べた始源隕石のコンドライト中の硫黄の欠乏は、隕石が手元に入手されるまでのある段階で硫黄の分化が起きたことを意味する。一方、成層圏で採集されたIDPの一部には硫黄がenrichしているという報告もある。

(3) 元素分析：海老原充

宇宙物質の元素分析で要求される最大の条件は高い感度であり、ついで高い精度、確度が望まれる。特に宇宙塵の様な微小試料の場合には感度が重視される。このような要件にかなう元素分析法として中性子放射化分析法(NAA)がある。この講義では、同法は日本のNAA関連施設を中心として、ICP-MS及びXRFにも言及しつつ、宇宙物質の元素分析に適用される分析法について概観した。すなわちNAAの宇宙物質を分析する上での最大のメリットは、非破壊分析が可能な点である。また化学操作を伴うNAAは感度が高く、かつ確度の高い分

析法として他の分析法に対して優位を保つ。

(4) 同位体分析：平田岳史

元素分析との相補的情報として、宇宙物質試料の同位体組成情報を引き出すことは重要である。これは、試料に含まれる微量元素の同位体組成が、試料の起源や熱的・化学的分化過程に関する情報、更には試料の形成年代といった、元素存在度だけでは引き出せない重要な情報を保持しているためである。SIMSやレーザーサンプリングと言った最近の質量分析計の急速な進歩は、分析の高感度化、高精度化、さらには試料前処理及び計測の簡素化・自動化を進めた。その結果、試料の同位体組成情報に基づく地球科学的知見の質と量は飛躍的に向上した。この講演では、同位体分析の基礎からこうした局所同位体分析技術やGe-Ga同位体差別効果の補正に至る応用までを解説し、さらに現在開発中のAMI「同位体顕微鏡」についても触れた。

(5) 希ガス分析：長尾敬介

希ガスは宇宙物質の同定において最も鋭敏な指標の一つであると同時に、その起源・歴史の探求においても有力かつ特異な役割を果たす。これは、物質が経てきた物理・化学的過程により、5元素23安定同位体(及びいくつかの放射性同位体)からなる希ガス存在度・同位体比が場合によっては数桁も変動する事と、非常に高感度分析が可能であることによる。この講演では、Nierらによって報告されている成層圏で採集されたIDPの分析例と比較しながら、岡山大学固体地球研究センターで開発された希ガス分析装置が、10 ng以上の宇宙塵であれば、「シングルグレイン」分析に応用が可能であることを示した。

(6) 宇宙線と宇宙年代学：松崎浩之

太陽系内には、銀河宇宙線と太陽宇宙線と呼ばれる荷電粒子が飛び交い、双方ともに物質を貫通して

相互作用するエネルギーを持つ。その結果、太陽系内の固体物質中に宇宙線生成核種という記録を残す。これらを読みとることによって、被照射体である物質(地球、月、隕石、宇宙塵)の歴史が研究できる。この講演では、まず宇宙線の性質、宇宙線と物質の相互作用について概観し、続いてポインティングロバートソン効果を考慮しつつ、「太陽系内を運動している」宇宙塵中の宇宙線生成核種(特にBe-10, Al-26)がどのような情報を持ち得るのかを議論した。最後に近年、固体物質中の宇宙線生成核種の測定法として発展をとげている加速器質量分析法(AMS)を紹介した。

3.5 特別講演：宇宙物質採集地としての南極と磁気による宇宙物質採集の可能性：船木 實

講師は過去に、南極マクマードサウンド地域で2回、やまと山脈で2回隕石探査に従事した。この特別講演では、これらの探査で得た裸氷帯地域の特徴と隕石産状の様子をスライドで紹介し、今後行われる宇宙塵探査へ多くのアドバイスを提供した。また、南極の雪や氷には宇宙塵や火山灰が含まれることから、磁力計でその磁気が測定される可能性が検討された。含火山灰氷は現在の地球磁場方向の磁化を持っていることが既に判明している。逆に汚れない氷の場合、自然残留磁気は測定されないが、試料に飽和残留磁気を付けることにより、一部の試料から磁化が測定される。この磁性物質と氷の電気伝導度と対比させて、宇宙塵や火山灰の濃縮層を割り出す可能性についても言及した。

4. パネルディスカッション「南極宇宙塵を使って何を調べたいのか」

最終日の午前中には、1997-99年(第39次)及び1999-2001年(第41次)派遣予定の南極観測隊による、日本初の氷床中のマイクロメテオライト(50-500 μm 程度)の採集計画の研究課題について、具体的な提案とそれ

らに関する討論を行った。前述の長尾，野上，福岡，松崎，矢田，矢野らに加えて，南繁行(大阪市立大学)，渡辺堯(茨城大学)からも研究テーマが提案された。それらをまとめると以下の二つの内容に大別された。

4.1 南極産マイクロメテオライトの統計的分類

Grun他によれば，数百 μm サイズの宇宙塵が現在の地球に到達する宇宙物質の質量の9割以上を占めている。この説が正しいとすると，そのサイズの粒子を選別効果や物理的／化学的変成を極力排して採集し，分析することで，地球周辺の物質環境の有り様を最も良く理解できる筈である。しかし成層圏で採集されるIDPは1-2桁小さく，深海底泥からは融溶し，変成を受けた大型のスフェリユールしか採集されない。従って上記の条件を満たす試料は，地球低軌道で非破壊捕集されたメテオロイドか，極地氷床から採集される平均的な大きさの非融溶マイクロメテオライトしかない。そして現在の採集の効率，技術，コストを考慮すれば，宇宙よりも南極の方に利点が多い。

ところがMauretteらによれば，南極産の非融溶マイクロメテオライトは，成層圏で採集された非変成IDPや，はるかに大きなコンドライト隕石なども，化学的，鉱物的，形状的に性質が異なり，「全く新しい宇宙物質のグループ」である可能性が高い。そこで成層圏IDPと同じサイズ(<50 μm)や，人工衛星に衝突して残留物を残すメテオロイドの代表的なサイズ:50-100 μm ，100-400 μm ，そしてそれ以上のサイズ(>400 μm)が，鉱物，元素，同位体，希ガス，宇宙線分析等を通じて，各々どう性質が異なるのか，そしてその違いが起源の違いを示唆するのかを調べることが重要となる。そのために採集地は，次期観測隊が行くやまと山脈の中でも，特にマイクロメテオライトが濃縮している場所を探し出して，統計的議論に耐えられる数の試料を採集する工夫と，いか

にシステムティックに各粒子を分析する体制を作ることが肝要である。さらにどの機関がどのように試料のキュレーションを行い，一次分析，カタログ化，詳細分析のための管理／配布をするのかも最重要項目の一つである。しかし現在の組織，施設，人員，予算では，国立極地研究所と宇宙科学研究所ですらその任を負えないとのことであった。その意味でも，前述の「宇宙物質分析実験室」の早急な実現が望まれた。

4.2 天文学的時間スケールでの地球周辺の宇宙塵のフラックスの時間変化の推定

宇宙塵研究の歴史は既に100年以上あるが，現代の我々が見積もった地球周辺の宇宙塵のフラックスは，太陽系やそれを囲む銀河系の進化のタイムスケールからいえば，スナップショット，連続写真の一枚にすぎない。果たして地球に到達する宇宙物質のフラックスはどのような時間スケールでどのくらいの量的，質的変動を持つのだろうか？そしてその変動は，太陽系の星間雲との遭遇頻度，小惑星族起源ダストの地球流入率，海底の He 濃縮率，不変面に対する黄道面の振幅，太陽活動の長期変動，氷河／間氷周期や古文書に記録された地球の気候変動等の長年変化とどのような相関があるのだろうか？あるいはないのだろうか？

近年の雪氷学，古気象学等の発展により，氷層の年代決定が精密になってきた。そこで，深層のボーリングや剥きだしの堆積氷層から採集されるマイクロメテオライトの積算フラックスを求めることは，南極の氷の年齢の範囲内(数十万年オーダー)でのそうした変化を知るのに最も有力な方法である。そのためには濃縮地域よりも，例えば火山灰層に挟まれて堆積年代が正確に求められる各氷層からランダムに採集することが必要となる。また，比較的最近で著しい天文現象が起きた時代(例

えば流星雨が続いた時代や地球上の大きなクレーターの形成時期)の氷層を選択的に「ピンポイント」採集することができれば、宇宙物質(または衝突によって吐き出された地球物質?)がグローバルな規模で地球環境へ与えた影響への理解がより深まるだろう。

5. 第二回以降の講義予定

以上のように、ワークショップの第一回は宇宙塵の分析及び探査研究に重点を置いたが、第二回以降にはシミュレーション・実験、理論、観測について、毎回三つのテーマを取り上げている。会場は全回、東京大学宇宙線/原子核研究所・田無キャンパスを予定しており、遠距離からの参加者には原子核研究所の共同利用者用宿舎が利用可能である。申し込みの問い合わせは、世話人代表の大橋 英雄(住所:〒108 東京都港区港南 4-5-7・東京水産大学海洋環境学科;電話:03-5463-0642;FAX:03-5463-0697)または本ワークショップの電子メール「dust@icrr.u-tokyo.ac.jp」までお寄せ頂きたい。以下に第二回目以降のテーマの予定を記す。

第二回: 96年9月21日(土)

- 一時限: 超高速衝突実験
- 二時限: ハイドロコード・コンピューターシミュレーション
- 三時限: 将来ミッションのダスト分析器の開発

第三回: 96年11月16日(土)

- 一時限: 惑星間塵の空間分布と軌道進化
- 二時限: メテオロイドの起源としての彗星
- 三時限: 流星観測

第四回: 97年1月25日(土)

- 一時限: 惑星間塵の形状
- 二時限: 蒸発, 凝縮による微粒子の生成実験
- 三時限: 微小重力下での微粒子の集積実験

第五回: 97年2月22日(土)

- 一時限: 惑星間塵の光散乱
- 二時限: 赤外線を用いた太陽系内ダスト観測
- 三時限: 原始太陽系ダスト雲研究と外惑星系の観測

1997年惑星科学関連合同学会(97年3月25-28日・詳細未定: 名古屋大学にて)共通セッション「新世紀の宇宙塵研究: これからの課題と展望」

尚, より詳細な案内や各講義のアブストラクトは, WWWのホームページアドレス: 「<http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/1ry/1ry.html>」にて随時アップデートされているので, こちらも併せて参照されたい. 今後も随時, 日本惑星科学会のメイリングリスト他を通じてご案内させて頂く予定である. 最後に, これからも第一回を上回る多くの方々の参加を期待して, この報告を終らせて頂く.

6. 謝辞

本ワークショップは東京大学宇宙線研究所の今年度のテーマとして採択された「極域宇宙塵の大量採集と総合調査」研究会をベースにして開催されたものであり, 諸施設を利用させて頂いた東京大学宇宙線研究所に感謝致します. また, 夏期ワークショップ開催に当っては, 準備から後片付けまで, 宇宙線研の宇野知左子さんと松崎美穂さんの献身的なご協力を賜ったことを記しておきます.