

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2005～2008

課題番号：17340157

研究課題名（和文） 原始太陽系を形成した炭素質物質と鉱物の解明を目指して

研究課題名（英文） Toward elucidation of carbonaceous matter and minerals that formed primordial solar system

研究代表者

野口 高明 (NOGUCHI TAKAAKI)

茨城大学・理学部・准教授

研究者番号：40222195

研究成果の概要：

4年にわたり、総計約400kgの雪を南極より日本に持ち帰ってもらい、その雪から地球外起源の塵を約200個発見した。その中から、従来、成層圏でしか捕集できなかった彗星起源塵を約10個同定できた。彗星起源塵には、炭素質コンドライトという隕石に特徴的な構成要素と鉱物学的にも同位体化学的にも区別つかない物体が含まれることを発見した。さらに、彗星起源の塵と小惑星起源の塵には、炭素質物質の骨格構造的に違いがあることがラマンスペクトルの解析から分かった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	12,900,000	0	12,900,000
2006年度	800,000	0	800,000
2007年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
総計	15,600,000	570,000	16,170,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：岩石・鉱物・鉱床

キーワード：宇宙塵、微隕石、惑星間塵、南極、彗星、小惑星、原始太陽系

1. 研究開始当初の背景

2004年度までの科研費(基盤研究(B)(1)「炭素質コンドライト、微隕石、及び惑星間塵の起源の相互関係の探求」)において、我々は超炭素質微隕石という新たな種類の宇宙塵を、南極の氷の中から発見した(以下、このような微隕石を氷微隕石とよぶ)。この微隕石の体積の90%以上は、有機高分子化合物で、残り10%以下が鉱物である。成層圏から回収される惑星間塵にも似た物質は発見されて

いた(Thomas et al., 1994)が、我々が発見したものはその10倍以上もの大きさがあった。

超炭素質微隕石中の鉱物の酸素同位体異常を、ワシントン大学で測定したところ、最大1000ppm以上ものプレソーラー珪酸塩(太陽系形成時に原始太陽系円盤内での加熱・均質化過程を生き延びた物質)が含まれていた。体積のほとんどを占める炭素質物質部分を含めて微隕石全体で平均しても、隕石で最もプレソーラー珪酸塩を多く含む Acfer 094 炭

素質コンドライト隕石と同程度の高い値を示した(Yada et al., 2008)。そこで、これら超炭素質微隕石と、従来から彗星起源と考えられてきた無水惑星間塵、2006年にNASAのスターダスト探査機が地球に持ち帰るヴィルト第2彗星の塵を試料として、これらの中の有機物と鉱物の特徴を明らかにしたいというのが研究当初の動機・背景であった。

2. 研究の目的

(1) 非常に始原的な太陽系物質中の炭素質物質の特徴を明らかにする

炭素質コンドライト隕石中の有機物は、水・有機溶媒・各種の酸によって抽出された物質を、NMRや質量分析器(GC-MS)等を使って分析・研究されてきた。しかし、隕石中の有機物はほとんどが酸に不溶の高分子化合物であり、抽出可能なその一部を研究してきた。超炭素質微隕石や惑星間塵に含まれる炭素質物質も同様にほとんどが酸に不溶な高分子化合物である。

そこで、やや間接的な方法であるが、超炭素質微隕石や無水惑星間塵に含まれる炭素質物質のグラファイト化の程度、炭素原子の結合状態、C・N・O比などを、顕微ラマン分光法、顕微赤外分光法、エネルギーフィルターTEM (EF-TEM)によって明らかにして、炭素質コンドライト隕石に含まれる炭素質物質との違いを明らかにすることが第一の目標であった。

(2) ヴィルト第2彗星塵の炭素質物質と鉱物の分析を行う

太陽系を形成した原材料物質の特徴を保持していると考えられる物質は、太陽系外縁部で形成されその後ずっと氷漬けになっていた彗星の核に存在している。科研費申請時にはまだサンプル回収されていなかったヴィルト第2彗星の塵を取り扱うことも想定していた。彗星塵に含まれる炭素質物質についても微隕石や惑星間塵と同様な方法で研究し、炭素質物質の化学的特徴を明らかにしようと考えた。また、炭素質物質と密接に伴って存在する周囲の鉱物との粒界を調べ、両者の成因関係や彗星核という極低温の世界で炭素質物質・鉱物・H₂O氷の間で反応が起こったか検討しようと考えた。

3. 研究の方法

(1) 研究対象試料について

当初の計画では主な研究対象ではなかったが、実際に行なった研究では、ドームふじ基地近くの表層雪に含まれる微隕石(以下、雪微隕石)が主要な研究対象となった。研究対象を変えた最大の理由は、雪微隕石が本研究の研究対象として最適であることが判明したからである。詳しくは研究結果で述べる

が、雪微隕石には、氷微隕石には含まれていない非常に脆く特別な鉱物学的特徴を持つものが多く含まれており、それらがまさに地上に到達した惑星間塵であることが本研究で判明した。本来の研究対象であった超炭素質微隕石は、雪微隕石と比較すると、鉱物・炭素質物質とも地球上での風化の影響を受けていることが研究の過程で明らかになり、逆に補助的な微隕石試料として取り扱った。

また、もうひとつの重要な研究対象であったヴィルト第2彗星の塵は、捕獲過程での加熱の影響が大変強く、細粒部分はほとんど溶解し捕獲物質であるシリカエアロジェルと混合していた。このため、特に有機物が含まれる細粒物質についての研究を行っても、Keller et al., (2006)などの初期分析結果を超えるのは難しいと判断した。ただし、粗粒部分の鉱物学的研究には影響がなかったため、その研究をここでは雪微隕石の次に集中して行った。さらに、研究期間最終年には、無水惑星間塵も研究対象として、鉱物と炭素質物質の研究を行った。

(2) 研究方法について

① 雪の融解・ろ過と雪微隕石同定

ドームふじ基地近くのDF80地点の表層雪(表面から20cmまで)を毎年約100kg、日本に冷凍したまま輸送してもらうことを極地研究所雪氷部門に依頼した。さらに、持ち帰られた雪は茨城大学に冷凍輸送した。研究代表者のクリーンルームで雪を融解し、水を吸引ろ過した。ろ過装置に取り付けたミリポアフィルター上に残留した微粒子をPt板上に100粒ずつ並べ、茨城大学機器分析センターの走査電子顕微鏡(SEM/EDS)で観察・分析し、微隕石を同定した。Mg・Si・Feに富み、次にSやAlに富むもので、明らかに地球起源の鉱物粒子や火山灰の破片ではないものを雪微隕石とした。

② 顕微ラマン分光

雪微隕石に含まれる高分子炭素質物質の骨格構造に関するデータを得るため、雪微隕石表面の顕微ラマン分光分析を、本科研費初年度に導入した日本分光製NRS-3000で行った。雪微隕石内部を測定できれば最表面の加熱の影響を減らせるはずであるが、有機物のラマンスペクトルを測定するために有機物である樹脂に埋めることは避けて、表面を測定した。表面は凹凸に富むため、各試料について3-5ヶ所のスペクトルを測定し、炭素質物質のピークに対してバックグラウンドの相対強度が最も低いものを採用した。

③ 放射光X線回折

2004年に回収された雪に含まれる微隕石は全て(約70個)、2006年に回収されたもの

については約 20 個について、放射光 X 線回折を行って、主要構成鉱物を同定した。

④ 超薄切片作成

2004 年及び 2006 年回収の雪微隕石について、二次電子像で非常に細かい表面構造が観察できて、全て無水鉱物からなるか、層状珪酸塩（+炭酸塩）を含むもの約 40 試料を選んで、エポキシ樹脂に包埋した。茨城大学の Reichert Ultracut N ウルトラマイクロームを使って、約 70nm 厚の超薄切片を作成した。

⑤ Potted butt の電界放射型(FE-)SEM 観察

超薄切片を切断したあとの試料(以下 Potted butt とよぶ)は、炭素蒸着し、東京大学理学部の電界放射型走査電子顕微鏡(FE-SEM)を用いて雪微隕石断面の詳細観察と定性分析を行った。この観察によって、サブ μm サイズの微粒子が表面に存在しているも、大気圏突入時の加熱をかなり強く受けている雪微隕石が 40 個のうち半数近く存在することが分かった。試料によっては、十から数十 μm 径のコンドルール、難揮発性包有物、独立のオリビン・輝石・ピロタイトなども含まれており、こうした粗粒部分の組織観察には特に FE-SEM は適していた。

⑥ 透過電子顕微鏡(TEM)観察と分析

* 通常の TEM

FE-SEM 観察を行って、加熱の程度がごく弱いことが明らかになった雪微隕石についてのみ、茨城大学の透過電子顕微鏡(TEM)を用いて超薄切片の観察・分析を行った。

* エネルギーフィルターTEM (EF-TEM)観察・分析

本研究の初年度と次年度に、当初計画の主な研究対象であった氷微隕石各 1 個について、九州大学産学連携センターの収束イオンビーム(FIB)試料作成装置で試料作成を行い、九州大学超高压電顕センターのエネルギーフィルターTEM (EF-TEM)を使ってこれらの観察を行った。また、これらを含む氷微隕石 4 個については EF-TEM を用いて元素マッピング分析を行った。

⑦ 酸素同位体組成分析

コンドルールを含む雪微隕石と難揮発性包有物を含む雪微隕石各 1 個について、ウィスコンシン大学の二次イオン質量分析器(SIMS)を用いて、珪酸塩鉱物の酸素同位体組成を測定した。

4. 研究成果

(1) 過去に地表に到達した彗星塵の発見

① 研究の主な成果

先に述べたように、南極のとつっき岬の氷

から得られた約 3500 個の氷微隕石には、数個の超炭素質微隕石が含まれていた。さらに、約 3500 個の氷微隕石を詳細に検討し、長さ $2\mu\text{m}$ 以下幅 $0.2\mu\text{m}$ 以下の針状、ブレード状等の細長い物体を含む微隕石を数個見出した。我々はそれらの物体がエンスタタイト・ホイスカではないかと考えて、氷微隕石の表面にみられた細長い物体から、FIB を使って直接 TEM 試料を切り出して、EF-TEM で観察を行った。その結果、この物体は a 軸方向に伸長し、(100)に多数の積層欠陥を持つ低 Ca 輝石であって、単位胞サイズの単斜晶系と斜方晶系のセグメントの集合からなるエンスタタイト・ホイスカであることを明らかにした。これらの 3 個の微隕石は内部にもエンスタタイト・ホイスカやプレートレットを数多く含むだけでなく、GEMS (Glass with embedded metal and sulfide) をも含むことを発見した。さらに、Yada et al. (2008)でプレッシャー珪酸塩を多く含むことが分かった超炭素質微隕石にもエンスタタイト・プレートレットと GEMS が含まれることも見出した。

Grigg-Skjellerup 彗星のダストストリームに地球の軌道が交差した際に回収されたこの彗星起源の塵にもエンスタタイト・ホイスカやプレートレットと GEMS が多く含まれることから、これらを含む無水惑星間塵のほとんどは彗星起源であろうと考えられるようになってきている(Ishii et al., 2008)。このことを考慮すると、我々は数万年前に地表に到達した彗星塵を発見したと考えられる。彗星塵が地球に有機物の原材料物質をもたらしたという考えがある(Anders, 1989)。今回発見した彗星塵も多くの炭素質物質を含んでおり、実際に彗星塵によって地球上に有機物が過去にももたらされていたことが証明された。

② 得られた成果の国内外における位置付けとインパクト

惑星間塵研究の第一人者である Bradley、Keller 両博士から Science や Nature に投稿すべきであるといわれており、現在原稿を準備している。

③ 今後の展望

過去に彗星のダストストリームに地球が突入したことがないか天体力学の研究者に検討していただき、その年代を含む南極の氷を融解る過して過去の彗星塵を更に回収し、彗星起源粒子の多様性を明らかにしたい。

(2) 雪微隕石の特異な鉱物学的特徴の発見

① 研究の主な成果

2004 年と 2006 年に持ち帰られた雪に含まれていた雪微隕石は総計 157 個で平均径は約 $50\mu\text{m}$ であった。形態にもとづく各微隕石の比率は以下のとおりである。(A)非常に多孔質

で、表面がサブ μm サイズの微粒子からなるものは約 10%、(B)強い水質変成作用を受けたものが約 5%、(C)微隕石の表面が溶融したもの（わずかなものからかなり溶融したもので含む）が 70%、(D)溶融して球状になったスフェルールは約 15%であった。この比率は氷微隕石の場合とは大きく異なる。氷微隕石では、(A)は \sim 0.1%、(B)が 1%、残りの 2 つの (C)と(D)がほぼ同じ比率である。雪微隕石には、氷微隕石と比べて、大気圏突入時の加熱の影響を受けていない(A)や(B)の比率ははるかに多く、むしろ成層圏で回収された惑星間塵の比率 (A) 約 40%、(B)約 40%、(C)記載されていない、(D)約 20%にむしろ近い。雪が圧密されて氷に変化してもスフェルールは壊れにくいと仮定すると、圧密の過程で(A)と(B)のほとんど全て、(C)の 8 割が破壊されたと考えられる。成層圏をごく低速(数 cm/s)で落下してくるものしか捕らえられていない惑星間塵や、圧密によって本来のポピュレーションを保持していない微隕石のどちらよりもバイアスのかかっていない 1 天文単位の惑星間空間ダストを雪微隕石は表わしていると考えられる。

無水惑星間塵は、典型的な大きさのものは 5-15 μm である。一方、今回発見したものは 50 μm 以上もあり、ひとつの微隕石を研究するだけで、ヴィルト第 2 彗星から持ち帰られた彗星塵と無水惑星間塵の最新の研究で見出された相が含まれることを見出した。また、この程度のサイズとなると、惑星間塵の研究で「常識」とされてきた、Porous な表面形態を持つものは無水惑星間塵、Smooth な表面形態を持つものは含水惑星間塵であるとの認識は成立しないことが明らかとなった。すなわち、惑星間塵のサイズでは分からなかったより大きな階層の立体的構造の特徴があるらしいということである。

②得られた成果の国内外における位置付けとインパクト

フランス隊は 2000 年以降、南極のドーム C 基地で回収し研究している。フランス隊の回収した雪微隕石と比較すると、我々の微隕石は(A)や(B)の比率が圧倒的に高い。しかし、フランス隊は我々の 10 倍近くの雪微隕石を回収しているので、一刻も早い発表をする必要がある。

③今後の展望

平成 22 年に、ドームふじ基地で 1 トンの雪を融解ろ過して 1000 個の雪微隕石を回収する探査案を極地研究所に提案したが、採択されなかった。今後更に別の方法で、大量の雪ろ過を行なう提案を行なう予定である。

(3) コンドルールや難揮発性包有物を含む彗星塵の発見

①研究の主な成果

157 個の雪微隕石には、粗粒な珪酸塩粒子やピロータイト（磁硫鉄鉱）粒子を含む、粗粒タイプが存在する。粗粒な鉱物あるいは鉱物集合体を含む氷微隕石や惑星間塵は昔から知られている(Kurat et al., 1994; Bradley et al., 2004)。

研究分担者が中心となって、NASA のスターダスト探査機が持ち帰ったヴィルト第 2 彗星塵を研究して、彗星塵にコンドルールと呼ばれる、始原的な隕石の特徴的な構成要素が含まれることを明らかにした(Nakamura et al., 2008)。また、ヴィルト第 2 彗星塵の初期分析によって、難揮発性包有物という炭素質コンドライト隕石に特有の物質も彗星塵に含まれることが明らかになっていった(Zolensky et al., 2006)。そこで、粗粒雪微隕石に注目して、コンドルールや難揮発性包有物が、GEMS やエンスタタイト・ホイスカまたはプレートレットを含む典型的な無水惑星間塵と一体になった雪微隕石を探索した。そして、それらが存在することを発見できた。さらに、粗粒無水惑星間塵からもコンドルールを含むものを発見することができた。

ヴィルト第 2 彗星塵では、試料捕獲方法に問題があり、細粒部分はほぼ溶融していたため、その鉱物学的特徴はよく分かっていない。本研究の結果は、彗星には一般的にコンドルールや難揮発性包有物が含まれることを地表から見出した試料でも証明することができたばかりでなく、細粒部分はやはり無水惑星間塵と同じ物質であることを示している。さらに、コンドルールと難揮発性包有物について、酸素同位体組成分析を行ったが、ヴィルト第 2 彗星塵や炭素質コンドライトと同じ同位体組成を持つことも明らかになった。本研究も、太陽系初期に大規模な物質移動があったことを示している。

②得られた成果の国内外における位置付けとインパクト

まだ正式には学会発表を行っていない。

③今後の展望

更に多くの試料をドームふじ基地より集めて、彗星のコンドルールと難揮発性包有物の化学組成・同位体組成の特徴をより明らかにしていきたい。

(4) 彗星塵と小惑星塵に含まれる炭素質物質

の構造的な違いの発見

①研究の主な成果

本研究で回収された雪微隕石は、炭素を6-18wt%も含む。雪微隕石に含まれる炭素質物質の解明は本研究における重要なテーマである。炭素質物質のキャラクタリゼーションを行う顕微ラマン分光装置を本科学研究費で購入し、発見した総数約200個の雪微隕石全てについて、炭素質物質のラマンスペクトルを得た。先に述べたように、微隕石表面のラマンスペクトルを測定しているため、放射光X線回折とTEMの結果にもとづいて、大気圏突入時の加熱が最も弱いものを厳選して、それらに含まれる炭素質物質のラマンスペクトルを解析して、鉱物学的特徴と炭素質物質との間の関係の有無について検討を行なった。

炭素質物質の各種パラメータのうちで、Gバンドの中央値と半値幅のプロットは、ヴィルト第2彗星塵の分析でも用いられている典型的なプロットのひとつである(例 Rotundi et al., 2009)。このプロットにおいて、中央値が小さく半値幅が大きいものほどより始原的な炭素質物質であると考えられている。雪微隕石においては、GEMSやエンスタタイト・ホイスカとプレートレットを含む雪微隕石では、全体が細粒のものも、コンドルールや難揮発性包有物を含むものも、水質変成作用を受けた雪微隕石よりも、より始原的な炭素質物質を含むことが明らかになった。

②得られた成果の国内外における位置付けとインパクト

従来の微隕石の研究では鉱物学的な分類と炭素質物質のラマン分光を組み合わせた例は国内外とも存在していない。

③今後の展望

より始原的な炭素質物質とそうでないもので、どのような化学組成・構造に違いがあるかを飛行時間分解型二次イオン質量分析器を用いて分析を行い明らかにしたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計13件)

- (1) Yada, T., Floss, C., Stadermann, F., Zinner, E., Nakamura, T., Noguchi, T., and Lea, A. S. (2008) Stardust in micrometeorites. *Meteorit. Planet. Sci.*, 43, 1287-1298. 査読有
- (2) Noguchi, T., Nakamura, T., Nakashima, D., Inada, A., Nagao, K., Kusakabe, M., and Zolensky, M. E. (2008) Carbonaceous chondrite clasts in H chondrite regolith

breccias: Dimmitt H4, Plainview H5, Tsukuba H4-5, Willard (b) H3.8, and Zag H3-6 meteorites. *International Science Symposium on Sample Returns from Solar System Bodies ~ The First Hayabusa Symposium*. (eds. Hajime Yano, Akira Fujiwara, Don Yeomans and Michael Zolensky) *ASP Conference Series*. 査読有

- (3) Nakamura, T., Noguchi, T., Tsuchiyama, A., Ushikubo, T., Kita, N. T., Valley, J. W., Zolensky, M. E., Kakazu, K., Sakamoto, K., Mashio, E., Uesugi, K., and Nakano, T. (2008) Chondrule-like objects in short-period comet 81P/Wild 2. *Science*, 321, 1664-1667. 査読有
- (4) Nakato, A., Nakamura, T., Kitajima, F., and Noguchi, T. (2008) Evaluation of dehydration mechanism during heating of hydrous asteroids based on mineralogical and chemical analysis of naturally and experimentally heated CM chondrites. *Earth. Planet. Sci.*, 60, 855-864. 査読有
- (5) Nakamura, T., Tsuchiyama, A., Akaki, T., Uesugi, K., Nakano, T., Takeuchi, A., Suzuki, Y., and Noguchi, T. (2008) Bulk mineralogy and three-dimensional structures of individual Stardust particles deduced from synchrotron X-ray diffraction and microtomography analysis. *Meteoritics Planet. Sci.*, 43, 247-260. 査読有
- (6) 野口高明, 平田成(2007) イトカワ表面のボルダールと隕石の組織・形態を比較する. JAXA宇宙科学研究本部 ISASニュース, No. 315, 9. 査読無
- (7) Tanaka M., Nakamura T., and Noguchi T. (2007) Application of the quantitative-phase and crystal-structure simultaneous analysis of the X-ray diffraction data obtained by synchrotron Gandolfi camera system. CP879, *Synchrotron Radiation Instrumentation: Ninth International Conference*. (ed. Jae-Young Choi and Seugyun Rah), American Institute of Physics. pp. 1779-1783. 査読有
- (8) 奥平恭子, 野口高明, 矢野創 (2007) エアロジェル捕獲試料を評価するための超高速衝突実験, 日本惑星科学会誌 遊・星・人, 16, 316-321. 査読有
- (9) 村田敬介, 茅原弘毅, 土山明, 小池千代枝, 高倉崇, 野口高明, 中村智樹 (2007) 原始惑星系円盤における結晶質シリケートの形成: 非晶質シリケートの加熱実験, 日本惑星科学会誌 遊・星・人, 16, 110-127. 査読有
- (10) Murata, K., Chihara, H., Tsuchiyama, A., Koike, C., Takakura, T., Noguchi, T., and Nakamura, T. (2007) Crystallization Experiments of Amorphous Silicates with the

- Chondritic Composition: Quantitative Formulation of the Crystallization. *Astrophys. J.* 668, 285-293. 査読有
- (11) Noguchi, T., Nakamura, T., Okudaira, K., Yano, H., Sugita, S., and Burchell, M. J. (2007) Thermal alteration of hydrated minerals during hypervelocity capture to silica aerogel at the flyby speed of Stardust. *Meteoritics Planet. Sci.*, 42, 357-372. 査読有
- (12) Akaki, T., Nakamura, T., Noguchi, T., and Tsuchiyama, A., Multiple Formation of Chondrules in the Early Solar System: Chronology of a Compound Al-rich Chondrule. *Astrophys. J.*, 656, Pt. 2, 2007, L29-32. 査読有
- (13) Nozaki, W., Nakamura, T., and Noguchi, T., Bulk mineralogical changes of hydrated micrometeorites during heating in the upper atmosphere at temperatures below 1000 °C. *Meteoritics Planet. Sci.*, 41, 2006, 1095-1114. 査読有

[学会発表] (計 16 件)

- (1) Nakamura, T.(代表) (2008) Mineralogical and stable isotopes signatures of El-Quess Abu Said CM2 carbonaceous chondrite: Pristine material from outer asteroid belt. 70th Meteoritical Society Annual Meeting, Matsue
- (2) Nakamura, T.(代表) (2008) Mineralogy, Three Dimensional Structure, and Oxygen Isotope Ratios of Four Crystalline Particles from Comet 81P/Wild 2. 39th Lunar and Planetary Science Conference, Houston, USA.
- (3) Noguchi, T.(代表) (2008) Discovery of Antarctic micrometeorites containing GEMS and enstatite whiskers. 71st Meteoritical Society Annual Meeting. Matsue.
- (4) 野口高明(代表) (2008) GEMSを含む微隕石—数千年前の惑星間塵—の特徴について. 地球惑星科学連合 2008 年大会, 幕張.
- (5) Noguchi, T. (代表) (2008) Initial Investigation of Silica Aerogel Equipped on SM/MPAC & SEED from the ISS in 2002, 2004, and 2005. International Symposium on SM/MPAC & SEED Experiment. Tsukuba.
- (6) 中村智樹 (代表) Mineralogy and internal structures of individual Stardust particles, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 幕張.
- (7) Nakamura, T.(代表) (2007) Bulk Mineralogy and Three Dimensional Tomography of Individual Stardust Particles, 38th Lunar Planet. Sci. Conf., Houston, USA
- (8) Noguchi, T.(代表) (2007) Discovery of a Chondritic Porous Interplanetary Dust Particle among Antarctic Micrometeorites.

- 31st Symp. Antarct. Meteorites. NIPR, Tokyo.
- (9) Nakamura, T. (代表) (2006) Synchrotron X-ray diffraction and fluorescence analysis of Wild II particles. The Final Stardust workshop, Pasadena, USA.
- (10) Nakamura, T.(代表) (2006) El-Quss Abu Said: A CM2 carbonaceous chondrite with decomposed phyllosilicates. Casablanca workshop on Desert meteorites. Casablanca Morocco.
- (11) Noguchi, T.(代表) (2006) Micrometeorites discovered from surface snow near the Dome Fuji station, Antarctica. 30th Symp. Antarct. Meteorites. NIPR, Tokyo.
- (12) 野口高明(代表)(2006) 南極のドームふじ基地付近の表層雪から発見された宇宙塵(微隕石)について. 地球惑星科学連合 2006 年大会, 幕張.
- (13) 野口高明(代表)(2005) Hコンドライトとホルダイトのレゴリスブレッチャーに含まれる炭素質コンドライトクラストの鉱物学的比較. 日本鉱物学会 2005 年度年会, 愛媛大学, 松山.
- (14) Nakamura, T. and Noguchi, T. (2005) Mineralogy of ultracarbonaceous large micrometeorites. 68th Meteoritical Society Annual Meeting, Gatlinburg, USA.
- (15) Noguchi, T.(代表) (2005) Carbonaceous nanoparticles in Tagish Lake and Ivuna: Why do they in Tagish Lake have Nitrogen-enriched rims? 68th Meteoritical Society Annual Meeting. Gatlinburg, USA.
- (16) Noguchi, T.(代表) (2005) Mineralogy of heavily hydrated clasts in Asuka 881020, Acfer 182, and NWA 470 CH chondrites. 29th Symp. Antarct. Meteorites. NIPR, Tokyo.

[図書] (計 1 件)

- (1) 野口高明, 土山 明(2007) 微小な試料 1 個からどのような分析が出来るか?, 宮本英昭, 橘省吾平田成, 杉田精司 (編) 惑星地質学, 東京大学出版会, 260pp.

6. 研究組織

- (1)研究代表者
野口 高明 (NOGUCHI TAKA AKI)
茨城大学・理学部・准教授
研究者番号: 40222195
- (2)研究分担者
中村 智樹 (NAKAMURA TOMOKI)
九州大学・大学院理学研究院・准教授
研究者番号: 20260721
- (3)連携研究者
木村 眞 (KIMURA MAKOTO)
茨城大学・理学部・教授
研究者番号: 20142226