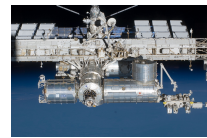




たんぽぽ計画:1年目捕獲試料の初期解析結果



藪田ひかる^{1*}, 奥平恭子², 癸生川陽子³, 三田肇⁴, 土山明⁵, 伊藤元雄⁶, 菅大暉¹, 松野淳也⁵, 高橋嘉夫⁷, 小林憲正³, 矢野創⁸, 山岸明彦⁹, たんぽぽチーム⁸

¹広島大学, ²会津大学, ³横浜国立大学, ⁴福岡工業大学, ⁵京都大学, ⁶高知コア研究所, ⁷東京大学, ⁸JAXA/ISAS, ⁹東京薬科大学. *E-mail: hyabuta@hiroshima-u.ac.jp

[ABSTRACT]

たんぽぽ計画1年目帰還試料のうち、捕獲微粒子2種をSEM/EDS、 μ -FTIR、STXM、nanoSIMSで分析した。その結果、測定した捕獲微粒子2種はそれぞれ、炭酸塩、ガラス(または石英)であることが明らかとなった。炭素・酸素同位体組成は、地球起源の値に近かった。

序論 「たんぽぽ計画」では、国際宇宙ステーション曝露部における超低密度シリカエアロゲルを用いた宇宙塵採集を行い、初期地球へもたらされた生命材料物質すなわち地球外有機物の組成を明らかにすることを科学目標の一つとしている(サブテーマ4「宇宙から地球へ」)。しかし、国際宇宙ステーションに飛来する微粒子は宇宙塵だけではなく、宇宙デブリや地球から放出された物質である可能性も考えられるため、第一には、捕獲された微粒子の起源が地球外か否かを判別する必要がある。本計画では、2015年5月末から開始した1年間の捕集実験を経て2016年9月に帰還した試料(1年目捕獲試料)のうち、捕獲微粒子2種の化学分析を実施したのでその結果を報告する。

試料・実験

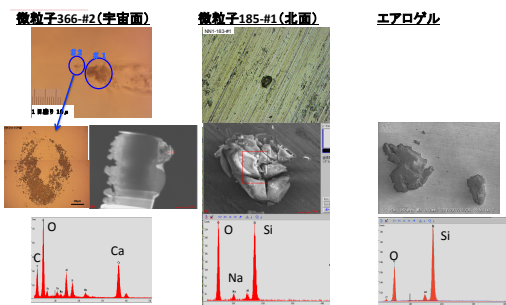
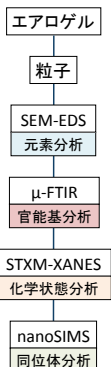


図1. 2種の捕獲微粒子とシリカエアロゲルの光学顕微鏡画像(上)、SEM画像(中)、EDSスペクトル(下)。



試料には、1年目帰還試料のうち宇宙面と北面に設置されたシリカエアロゲルで捕獲された2つの微粒子(366-#2, 185-#1)をそれぞれ用いた。(図1)。

エアロゲル中の微粒子を細筆で取り出し、アルミ板上に移し、サファイヤ板で圧着後、はじめに顕微赤外分光(μ -FTIR)で測定を行った。続いて走査型電子顕微鏡(SEM-EDS)で観察後、収束イオンビーム加工(FIB)により超薄切片を作製し、走査型透過X線顕微鏡(STXM-XANES、高エネルギー加速器研究機構 放射光実験施設)、次いで二次イオン質量分析計(nanoSIMS、高知コア研究所)で分析を行った(図2)。また、比較のために、同様の分析フローでエアロゲルの測定も行った。

図2. 捕獲微粒子分析フロー。

結果と考察

[SEM-EDS] EDSスペクトル(図1)より、微粒子366-#2の主要元素はC, O, Caであることが判明した。微粒子185-#1の主要元素はO, Siであったが、O, Siに富むシリカエアロゲルと含有比が異なり、また微粒子の方はわずかにNaを含んでいた(図1)。

[μ -FTIR] 微粒子366-#2の赤外吸収スペクトルからは、炭酸イオン(CO_3^{2-})に由来する吸収ピーク(2983, 2874, 2512, 1795 cm^{-1})が検出された(図3)。微粒子185-#1の赤外吸収スペクトルからは、900-1000 cm^{-1} の範囲にSi-Oに由来する吸収が検出されたが、シリカエアロゲルのSi-O (1189 cm^{-1})とは構造が異なっていた。

[STXM-XANES] 微粒子366-#2のC-XANESスペクトルにおいて、炭酸塩鉱物に特徴的な鋭いX線吸収(290.3 eV)をはじめとする構造(295.6, 298.6, 302 eV)が検出された(図4a)。同一試料のCa-XANESスペクトルにおいても同様に炭酸カルシウムに特徴的なX線吸収パターン(348.2, 349.5, 351.6, 352.8 eV)が検出された(図4a)。一方で、微粒子185-#1のC-XANESスペクトルには炭素の吸収はほとんどなく、O-XANESスペクトルパターンはガラスまたは石英に類似した。これらの特徴はエアロゲルのC-, O-XANESのそれらとは異なっていた。

[nanoSIMS] 微粒子366-#2の炭素同位体比は $\delta^{13}\text{C} = -18.5 \sim -11.4\%$ 、酸素同位体比は $\delta^{18}\text{O} = -13.3 \sim +0.3\%$ 、微粒子185-#1の炭素同位体比は $\delta^{13}\text{C} = -18.5 \sim -11.4\%$ 、酸素同位体比は $\delta^{17}\text{O} = -0.07 \sim +5.80\%$ 、 $\delta^{18}\text{O} = +0.68 \sim +8.88\%$ であった(図5)。

以上の結果から、微粒子366-#2は炭酸塩、微粒子185-#1はガラスか石英であると考えられる。それぞれが1種類の均一な物質で構成されており、また炭素・酸素同位体比が低いこと、宇宙塵などの地球外物質に見られる典型的な鉱物組成を示していないことから、これらは地球起源である可能性が高い。

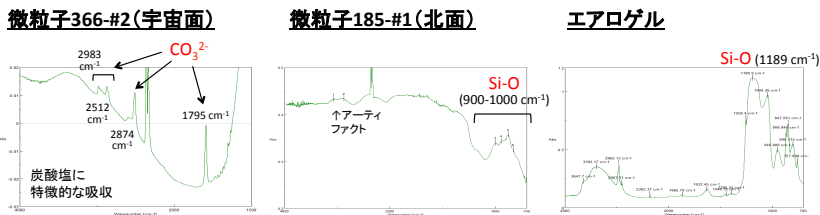


図3. 2種の捕獲微粒子とシリカエアロゲルの赤外吸収スペクトル。

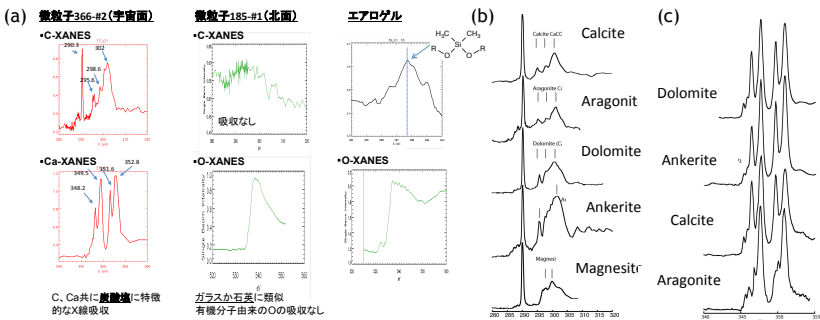


図4. (a) 捕獲微粒子とシリカエアロゲルのC-, Ca-, O-XANESスペクトル。炭酸カルシウム標準試料の(b) C-XANESスペクトルと(c) Ca-XANESスペクトル(Brandes et al. 2010)。

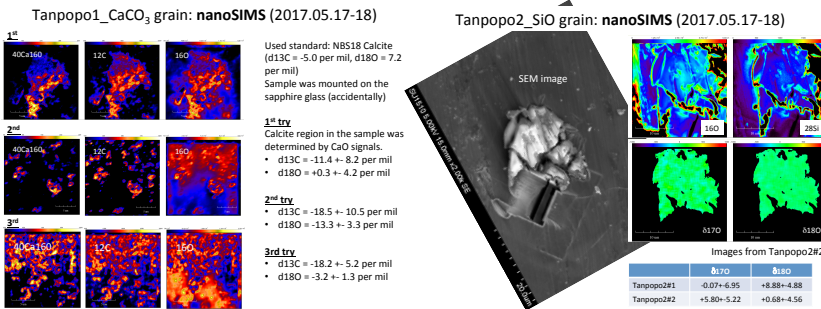


図5. nanoSIMSによる捕獲微粒子の同位体マップ。(a) 微粒子366-#2, (b) 微粒子185-#1。

具体的な起源として、宇宙デブリの可能性、あるいは宇宙塵がISSに衝突したことによる二次エジェクタである可能性などが考えられる。今後のさらなる詳細分析が必要とされる。

