

炭素質コンドライト中の流体包有物探査：はやぶさ2サンプル分析に向けて
土山 明（京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻）

一部のコンドライトには、岩塩結晶中の流体包有物として太陽系初期の水が存在することが知られているが（例[1]）、水質変成を受けた炭素質コンドライト中には、確実に流体包有物であるものは未だに見出されていない。そこで、我々の研究グループは、炭素質コンドライトから流体包有物を探し出すために、FIB マイクロサンプリングと X 線マイクロ CT を併用した手法を開発した([2])。ここでは、その手法と現時点での成果、およびはやぶさ2サンプル分析への準備について述べる。

サンプルは Sutter's Mill 隕石(CM)および Ivuna 隕石(CI)を用いた。これらの隕石の研磨薄片の SEM 観察により、水質変成で形成され、形成時に流体包有物を取り込んだ可能性がある炭酸塩(calcite, dolomite)などの鉱物粒子(20-50 μm)を選んだ。その後、これらの鉱物を含む部分を FIB(FEI Quanta 200 3DS)により、直方体に屋根のついたような形状(20-30 μm)に切り出して、それぞれ W の細い針の先にくっつけた。この試料を、SPRing-8 のビームライン BL47XU において、画素サイズ 50-80nm で結像型 CT により撮影した。これにより、calcite だけでなく硫化物粒子(FeS, ZnS)にも $>1 \mu\text{m}$ (最大 $\sim 5 \mu\text{m}$)の流体包有物候補を多数見出した。その形状は、結晶面で囲まれたもの（負晶）、球状、不定形など様々であった。その吸収コントラストからは、内部に流体が存在しているか、あるいは単なる空隙かの判断はつかなかったが、少なくとも一部のものには泡や水溶液から晶出したと思われる微細結晶らしきものが認められた。今後は、これらの流体包有物候補が分析しやすいようにさらに FIB 加工して、ラマン分光分析、SEM-EDX 分析をおこない、最終的には試料を凍結させて SIMS により、流体が存在すればその元素・同位体組成を測定する予定である。

また、一部のサンプルについては、走査-結像型 X 線顕微法(SIXM) [3]を用いて、吸収コントラストと同時に位相差コントラストに関する 3次元像を取得した。位相差コントラストは物体の密度にほぼ比例しており、吸収コントラストよりも効果的に水と空隙を区別することが期待できる。実際、包有物サイズの比較的大きい ($>5 \mu\text{m}$) テスト試料（変成岩の石英中の流体包有物）では流体を位相差コントラストとして認識することができた。しかしながら、炭素質コンドライトサンプルについては、流体包有物候補のサイズが小さいため、流体が存在することを明確には示せなかった。今後は、空間分解能の向上が必要である。一方、この手法は、水だけではなく、炭素質コンドライトに含まれている有機物の認識も可能であると考えられる。

はやぶさ2サンプルは 2020 年地球帰還予定である。今回用いた手法を空間分解能の向上などさらに発展させ、サンプルの初期分析のための準備をおこなっていく予定である。

引用文献: [1] Zolensky et al. 1999. *Science*, 285:1377-1379. [2] Tsuchiyama et al. 2014. *MAPS*, 49: A5152. [3] Takeuchi et al. 2013. *J. Synchrotron Rad.*, 20: 793–800.