

シリカエアロゲルへ高速衝突した隕石有機物の赤外・ラマン分光分析 Infrared and raman spectroscopic analyses of the chondritic organic matter shot into silica aerogel by impact experiment

緒方 雄一郎^{1*}, 藪田ひかる¹, 中嶋悟¹, 奥平恭子², 森脇太郎³, 池本夕佳³, 長谷川直⁴, 横堀伸一⁵, 三田肇⁶, 小林憲正⁷, 今井栄一⁸, 橋本博文⁴, 田端誠⁴, 河口優子⁵, 杉野朋弘⁵, 矢野創⁴, 山下雅道⁴, 山岸明彦⁵, たんぼぼ WG⁴
Yuichiro Ogata^{1*}, Hikaru Yabuta¹, Satoru Nakashima¹, Kyoko Okudaira², Taro Moriwaki³, Yuka Ikemoto³, Sunao Hasegawa⁴, Shinichi Yokobori⁵, Hajime Mita⁶, Kensei Kobayashi⁷, Eiichi Imai⁸, Hirofumi Hashimoto⁴, Makoto Tabata⁴, Yuko Kawaguchi⁵, Tomohiro Sugino⁵, Hajime Yano⁴, Masamichi Yamashita⁴, Akihiko Yamagishi⁵, TANPOPO Working Group⁴

¹大阪大学, ²会津大学, ³(財)高輝度光科学研究センター, ⁴宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部, ⁵東京薬科大学, ⁶福岡工業大学, ⁷横浜国立大学, ⁸長岡技術科学大学

¹Osaka University, ²University of Aizu, ³JASRI/SPring-8, ⁴ISAS/JAXA, ⁵Tokyo University of Pharmacy, ⁶Fukuoka Institute of Technology, ⁷Yokohama National University, ⁸Nagaoka University of Technology

序論: 今日、地球に宇宙物質が年間総量数万トン降下していることが知られている。同様に、約46億年前の初期地球にも、隕石や宇宙塵などの宇宙物質が多量に供給され、その中に含まれている有機物が地球の生命原材料物質となったという「Exogenous delivery」という考え方があり(Chyba & Sagan, 1992)。これらの始原小天体有機物の構造や組成を明らかにすることによって、生命原材料物質の起源と宇宙での化学進化について理解することは重要である。

宇宙有機物は隕石や宇宙塵に保存される形で地表に到達するものもあるが、大気圏突入の際に熱変成を受けたり、地球物質による汚染を受ける可能性がある。それらの影響を排除するために、国際宇宙ステーション上に、極めて密度の低いシリカエアロゲルを設置して、宇宙塵を採集する「たんぼぼ計画」が計画されている。ただし、この捕集法の場合でも、宇宙塵がエアロゲルとの衝突により変成することが考えられる。そこで、本研究では、隕石微粒子の高速衝突模擬実験を行い、衝突前後の隕石有機物の分子構造の変化を見出すことを目的とした。

実験: 宇宙科学研究所・スペースプラズマ実験施設の二段高速ガス銃を用いて、マーチソン隕石微粒子(撃ち込み前の粒径は約100 μm)を4 km/sでシリカエアロゲルに撃ち込んだ。エアロゲルに撃ち込まれた隕石微粒子をタングステン針と細筆で取り出し、2枚のアルミ板(約5mm角)にはさんでハンドプレスした。撃ち込みを行っていないマーチソン隕石粒子も、同様に調製した。このようにして圧着された隕石微粒子を、片方のアルミ板上に載せた状態で、赤外線分光装置FTIR-620とラマン分光装置で測定を行った。また、SPring-8、BL43IRの高輝度赤外線分光装置IFS120HRで10 μm毎にマッピング分析を行った。測定条件はいずれも反射モード、分解能は4cm⁻¹で行った。

結果: 赤外分光測定では、3種類の隕石微粒子で脂肪族炭素(3000、2900、2880cm⁻¹)、芳香族炭素(約1600cm⁻¹)、SiO(1100cm⁻¹)に帰属すると考えられるピークが検出された。また高輝度赤外線分光でマッピング測定を行った結果、隕石微粒子中で脂肪族炭素、芳香族炭素、SiOに富む領域がそれぞれ検出された。脂肪族炭素と芳香族炭素の領域の分布は似ていたが完全には一致していなかった。SiOと考えられる領域は二箇所あり、一方は脂肪族炭素と芳香族炭素と一致したが、もう一方は一致しないという波数による分布の差異が見られた。一般に、熱作用を経験した隕石有機物は脂肪族炭素を消失しやすいことが知られているが(Yabuta et al. 2005)、今回の研究では脂肪族炭素が検出されたので、4km/sの衝撃による有機物の変成は低いと考えられる。

顕微ラマン分光測定では、赤外スペクトルで炭素由来のピークが検出された3種類の微粒子から、炭素物質に特徴的なDバンド(約1350cm⁻¹)とGバンド(約1580cm⁻¹)が検出された。ガス銃撃ち込みを行った隕石微粒子のピーク位置、半値幅の大きさは、撃ち込み前の隕石微粒子と近い値を取り、撃ち込みによる有機分子構造の変成は少ないことが考えられる。本研究で得られたGバンドのピーク位置と半値幅は、Murchison隕石の不溶性有機物を測定した値(Busemann et al., 2007)に近かった。一方で、Dバンドの値は文献値と異なっていた。本研究で、撃ち込み前後での隕石微粒子のラマンパラメータの値は近い範囲に収まっていることから、文献値との差は測定条件の違いによるものだと考えられる。

以上の赤外分光とラマン分光の両実験から、4km/sの衝撃を受けた隕石粒子は、有機物を含む微粒子と含まない微粒子に分かれること、有機物が検出された隕石微粒子については、脂肪族炭素と芳香族炭素を共に含んでいる点で衝撃前の隕石有機物の組成に似ていたことから、変成の影響は低いことが明らかとなった。ラマン分光でD、Gバンドが検出された領域は赤外分光で炭素由来のピークが見られた領域と重なることから、互いの測定結果は確からしい。赤外、ラマン分光でピークが検出される粒子とされない粒子が存在するのは、撃ち込みの衝撃作用による揮発性物質の部分的な蒸発あるいは分布の移動によるものかもしれない。たんぼぼ計画での宇宙塵採集の実現性を示すため、今後さらに多くの分光測定を要する。

キーワード: 隕石, 宇宙塵, 高速衝突, 赤外分光, ラマン分光, たんぽぽ計画

Keywords: meteorite, cosmic dust, impact heating, infrared spectroscopy, Raman spectroscopy, TANPOPO mission