

炭素質隕石の母天体における熱履歴解明へのラマンスペクトルの応用

Thermal histories of several carbonaceous chondrites evaluated by Raman spectroscopy

北島 富美雄 [1]; 中村 智樹 [2]

Fumio Kitajima[1]; Tomoki Nakamura[2]

[1] 九大院・理・地球惑星; [2] 九大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.; [2] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.

【はじめに】 隕石中の不溶性の炭素質物質は、母天体の熱変成に伴い、徐々にグラファイト化していくが、その進行度は熱変成の程度の指標となる。グラファイト様物質のラマンスペクトルでは、 1600cm^{-1} 付近と 1350cm^{-1} 付近に2本のラマンバンドが現れることが知られている。結晶性のよいグラファイトでは 1600cm^{-1} 付近の G (Graphite) バンド1本のみが現れるが、結晶性がよくないグラファイトでは、 1350cm^{-1} 付近に D (Defects) バンドと呼ばれるもう1本のラマンバンドが現れる。グラファイト結晶子が発達すると、D バンドは G バンドに比べ相対的に小さくなり、この性質はグラファイトの a 軸方向の長さ (L_a) と相関があるとされている。しかし、この関係は低変成度のサンプルでは、必ずしも成り立たないことが近年指摘されている。また、ラマンスペクトルは D バンドと G バンドの2成分だけから成るのではなく、4~5成分の複合として解釈できることも示唆されている (Beyssac et al., 2002)。今回はいくつかの隕石のラマンスペクトルの特徴と熱変成の進行度との関連を検討した。

【サンプルと実験】 CI 1種、CM 13種 (熱変成を受けていないものから 800°C 付近まで加熱されたものまでの種々の熱変成度の隕石を含む)、CV 1種、CO 1種、さらに Tagish Lake、Coolidge をサンプルとした。測定には JEOL JRS-SYSTEM2000 顕微ラマン分光システムを用いた。励起光は Ar^+ レーザー (波長 514.5nm)、ビーム径は $2\mu\text{m}$ である。Ivuna (CI) および Coolidge は包埋試料、他は粉末試料である。また、サンプル表面での照射エネルギーは、 1.0mW および 0.1mW として測定を行った。

【結果と考察】 熱変成を受けていない隕石と受けた隕石で、一見して明瞭に異なるスペクトルが得られた。熱変成を受けた隕石 (A881334、Y86695、Y82054、B7904、Y86789) および Coolidge、Allende (CV)、Ornans (CO) では、照射エネルギーが 1.0mW の時も 0.1mW の時も、明瞭に G バンドと D バンドの2本を持つスペクトルが観察された。一方、熱変成を受けていない隕石 (Ivuna、Y791198、Cold Bokkeveld、Sayama、Boriskino、Murray、Murchison、Tagish Lake) では、照射エネルギーが 1.0mW の時は、蛍光ピークのすそ上に G バンド、D バンドの弱い散乱が見られたが、照射エネルギーを 0.1mW とすると、D バンドは観察できなくなり、弱い G バンドが観察されるのみとなった。前者のグループは硫黄 K 吸収端 XAFS スペクトルにおいて 2472eV 付近の吸収がやや弱いグループとほぼ一致し、後者のグループはこの吸収がやや強いグループとほぼ一致する。Y793321、A881458 は弱い熱変成を受けた隕石であるが、ラマンスペクトルの特徴からは Y793321 は前者、A881458 は後者のグループと帰属が分かれた。

また、G バンドも D バンドも見られない木片を真空中で加熱して結果を隕石と比較した。 300°C で加熱した場合、未変成の隕石と似たスペクトル、 500°C で加熱した場合、熱変成を受けた隕石と同様に明瞭な G バンドと D バンドを持つスペクトルが観察され、隕石の場合と定性的には似た傾向が観察された。従って、グラファイト構造がわずかしこ発達していない場合は、弱い G バンドとさらにいっそう弱い D バンド (照射エネルギーが 0.1mW の場合は D バンドは観察されない) がみられるのみで、その後、グラファイト構造の発達に伴い、明瞭な G バンドと D バンドが出現し、さらにグラファイト構造が完成すると再び D バンドは消滅して、G バンドのみとなると考えられる。

また、得られたラマンスペクトル (照射エネルギー 1.0mW のもの) を 3~4 成分から成ると仮定して、波形分離を行い解析した。隕石サンプルの G バンドの中心波数を横軸、その半値幅を縦軸としてプロットすると、弱いながら負の相関を持つ傾向が見られた。

今回の実験で得られた結果は、ラマンスペクトルが、隕石の受けた熱変成度の評価に、特に照射エネルギーを適当に選択することにより、熱変成を受けたかどうかを非破壊で簡単に知る方法として利用できることを期待されていることを示している。