

CLによる火星隕石の衝撃圧力推定

Evaluation of shock pressure for Martian meteorites using cathodoluminescence method

仲里 肇洋 [1]; 鹿山 雅裕 [2]; 西戸 裕嗣 [2]; 蜷川 清隆 [3]

Tadahiro Nakazato[1]; Masahiro Kayama[2]; Hirotsugu Nishido[2]; Kiyotaka Ninagawa[3]

[1] 岡山理大・自然研; [2] 岡山理大自然研; [3] 岡山理大・理・応用物理

[1] Res. Inst. Nat. Sci., Okayama Univ. Sci.; [2] Res. Inst. Nat. Sci., Okayama Univ. Sci.; [3] Applied Phys. Okayama Univ. of Science

高い衝撃圧力により斜長石から生じたマスケリナイトは、一般に偏光顕微鏡観察と化学組成分析により同定される。火星隕石、例えば Shergottite などにおいて、マスケリナイトは普遍的に認められる。マスケリナイトの存在は、火星隕石の受けた衝撃圧力を推定する一つの指標となっているものの、定性的なものにすぎない。そのため、マスケリナイトを用いた定量的な衝撃圧力の推定が期待されている。カソードルミネッセンス (Cathodoluminescence : CL) は高い空間分解能で、構造欠陥や微量の不純物元素を鋭敏に検出することができる。本研究では、Shergottite および Nakhlite に属する火星隕石中のマスケリナイトと斜長石について CL 測定を行い、衝撃変成の影響を検討した。また、二段式軽ガス銃による衝撃試料 (斜長石 An_{40}) を比較対象とした。これら全ての試料に対してラマン測定を併せて行った。得られた結果を基に、火星隕石中のマスケリナイトおよび斜長石の受けた衝撃圧力について考察する。

CL 測定には Shergottite に属する Dhofar 019、Shergotty および NWA 2975 ならびに Nakhlite に属する Yamato 000593 を用いた。それらの組成は、Dhofar 019 において $Or_{01-04}Ab_{40-57}An_{39-58}$ 、Shergotty では $Or_{02}Ab_{54-57}An_{41-44}$ 、NWA 2975 は $Or_{01}Ab_{49}An_{55}$ 、Yamato 000593 で $Or_{05}Ab_{54}An_{41}$ となっている。衝撃圧力については、He の存在度ならびに斜長石の屈折率から Dhofar 019 は 26-29 GPa、Shergotty は 28-33 GPa、Yamato 000593 は 5-14 GPa と推定されている (Fritz et al.2005)。NWA 2975 の衝撃圧力は求められていない。

CL 測定には、走査型電子顕微鏡 (JEOL:5410LV) に回折格子型分光器 (Oxford:MonoCL2) を組み込んだ SEM-CL を用いた。CL スペクトル測定は、加速電圧 15kV、照射電流 2.0-4.0 nA の条件で行った。ラマン分光光度計 (JASCO:NRS-2100) を用い、Ar レーザー (514.5nm) を励起光とした。

各隕石中のマスケリナイト、斜長石および衝撃実験試料に対して CL スペクトル測定を行った結果、衝撃圧力の低い Yamato 000593 では、400 nm、560 nm、780 nm 付近にバンドスペクトルがみられた。各々 Al-O⁻-Al 欠陥中心および Mn^{2+} と Fe^{3+} の不純物中心に帰属される。同様のバンドスペクトルは、地球に産する斜長石においても報告されており、衝撃を加えていない実験試料からも認められる。しかし 20 GPa および 30 GPa の衝撃実験試料は、Yamato 000593 ならびに未衝撃試料と異なるスペクトルパターンを示す。未衝撃試料において 560 nm 付近の Mn^{2+} による発光は、20 GPa および 30 GPa の衝撃試料においては 620 nm 付近にみられ、衝撃圧力の増加により Mn^{2+} のピークは長波長側にシフトした。また、各バンドスペクトルの強度は、衝撃圧力の増加に伴い減少した。これらの結果から、 Mn^{2+} に起因する CL 発光のピーク位置ならびに強度から斜長石の受けた衝撃圧力を推定できると期待される。

ラマン分光法において、主要な骨格の T-O 振動に関係するスペクトルピークの強度は、衝撃圧力の増加に伴い減少し、40 GPa においては全てのピークが消失した。ラマン測定の結果から、Dhofar 019 および Shergotty は 40 GPa 以上の衝撃圧力を受けたと示唆される。

Yamato 000593 を除く全ての隕石は共通して、370-380 nm 付近にバンドスペクトルを示す。これと類似するものは、40 GPa の衝撃実験試料においても確認された。一方、Yamato 000593 中の斜長石ならびに未衝撃試料、20 GPa および 30 GPa の衝撃試料において、このバンドスペクトルは検出されない。この発光は、自己束縛励起子 (self-trapped exciton : STE) に帰属される。この結果から、STE に起因するバンドスペクトルは、マスケリナイトにのみ認められる固有の信号であると示唆される。このバンドスペクトルの存在から、斜長石からマスケリナイトへの転移を確認できる。今回の研究では、これまで推定されている衝撃圧力よりも大きな値が得られた。