

衝撃変成石英のカソードルミネッセンス分光および顕微ラマン分光測定

Cathodoluminescence and micro-Raman spectroscopic measurements of shocked quartz

奥村 輔 [1]; 西戸 裕嗣 [2]; 蜷川 清隆 [3]

Tasuku Okumura[1]; 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

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

カソードルミネッセンス (CL) 分光法は物質中の微量元素の存在や結晶に内在する構造欠陥などの情報を、また顕微ラマン分光法は微小部の原子振動や結晶性の情報を提供することができ、他の分析手段では得られない重要な結晶化学的知見を与えてくれる。今回、CL およびラマン分光法を用いて、隕石による衝撃変成作用が石英に及ぼす影響について検討した。

本研究には、ドイツ Ries 隕石孔から得られたスェーバイト (suevite) に含まれる石英 (WEN-03/1) およびアメリカ Arizona 隕石孔地下の Coconino 砂岩に産した石英 (CO2-01) を使用した。試料は厚さ約 0.05 mm の研磨薄片にし、CL 測定に使用する際は膜厚約 20 nm の炭素蒸着を施した。偏光顕微鏡観察では、WEN-03/1 の石英から多数の衝撃変成構造 (例えば PDFs: planar deformation features) が見出された。CO2-01 から、X 線粉末回折法によりコース石およびステイショバイトの存在を確認できた。石英には、準平行な割れ目が多数観測された。

顕微ラマン測定には Thermo Electron 社製 Almega を用い、Nd:YAG レーザー (波長 532 nm) を励起光とした。ラマンスペクトルの三次元画像解析には、Atlas を使用した。CL 分光測定は、走査型電子顕微鏡 (Jeol: JSM-5410LV) に回折格子分光器 (OXFORD: MonoCL2) を組み込んだ SEM-CL 装置によった。加速電圧 15 kV、照射電流 0.05 nA、スキャンモードの条件で、液体窒素温度から室温までの範囲を約 10 おきに、光電子増倍管を用いて計測した。また、CL 像観察は、SEM-CL とリンクできる Gatan 社製 CL 検出器 (MiniCL) を用いた。

ラマン分光分析の結果、WEN-03/1 の石英は 474 cm^{-1} 付近を中心とする鋭いピークがみられた。これは Si-O 伸縮振動に相当するが、通常の石英に比べ振動数が大きく、衝突による結晶構造歪みなどのためシフトした可能性がある。このラマンスペクトルピークを用いて三次元ラマンイメージング解析を行った。PDFs とよく対応する縞状パターンが見出された。これは、結晶質の基部に衝撃波のため非晶質化した細帯状部分が周期をもって生じたためと推測される。

MiniCL による CL 像観察では、WEN-03/1 および CO2-01 の石英試料から PDFs の存在を確認できなかった。Boggs et al. (2001) は、SEM-CL を用いて Ries 隕石孔のスェーバイトから PDFs に対応する CL 像観察に成功している。今回使用した試料は、decorated PDFs を形成しており、またマトリックス部には溶結組織も認められることから衝撃時にかなり昇温した可能性がある。熱履歴が PDFs の CL 像にどのような影響を及ぼすか不明であり、グレードの異なる試料について検討中である。

液体窒素温度から室温まで試料を段階的に昇温させて CL スペクトル測定を行った。両試料とも 450 ~ 500 nm にダブルピークをもつブロードなスペクトルがみられた。この CL 発光は構造欠陥に起因すると考えられ、温度の上昇に従って強度は急激に減少する。同様な CL スペクトルの挙動は、生成環境を異にする様々な石英において認められている (Okumura et al., 2004; 2005)。

試料温度の上昇に伴う発光効率の低下する現象は、温度消光と呼ばれている。各温度で得られたスペクトル強度から、Mott-Seitz の配位座標モデルを用いて温度消光過程における活性化エネルギー (E) を Arrhenius プロットにより算出した。Okumura et al., (2004; 2005) によれば、低温型石英は通常 2 段階の温度消光過程を示し、その活性化エネルギーは -110 eV までが約 0.03 eV、-100 eV 以上では約 0.235 eV をとる。一方、今回測定した両試料とも -180 ~ -30 eV の間で直線関係が得られた。WEN-03/1 における E は 0.085 eV、CO2-01 は 0.091 eV となった。このことから、衝撃変成による圧力ならびに付随して生じた温度上昇が CL 発光に関与する欠陥中心の性状に影響を及ぼし、活性化エネルギーに差を生じさせたと考えられる。

1) Boggs, Jr., S., Krinsley, D.H., Goles, G.G., Setedolali, A., and Dypvik, H. (2001) *Meteoritics & Planetary Science*, 36, 783.

2) Okumura, T., Nishido, H., and Ninagawa, K. (2004) 32nd IGC, Abstract 114-24.

3) Okumura, T., Nishido, H., and Ninagawa, K. (2005) 15th Goldschmidt Conference, Abstract 192.