

カソードルミネッセンス分光分析によるアルカリ長石を用いた衝撃圧力の定量評価

Quantitative estimation of shock pressure induced on alkali feldspar using cathodoluminescence spectroscopy

鹿山 雅裕^{1*}, 西戸裕嗣¹, 関根利守², 仲里肇洋¹, 蛭川清隆³

Masahiro Kayama^{1*}, Hirotsugu Nishido¹, Toshimori Sekine², Tadahiro Nakazato¹, Kiyotaka Ninagawa³

¹岡山理大自然研, ²物質・材料研究機構, ³岡山理大・理・応用物理

¹Res. Inst. Nat. Sci., Okayama Univ. Sci., ²National Institute for Materials Science,

³Applied Phys. Okayama Univ. of Sci.

隕石やインパクトが受けた衝撃圧力は、含まれる斜長石およびマスクエリナイトの屈折率により評価されてきた。測定に必要な試料量を得るのが困難なことも多く、また低い衝撃圧力(15 GPa以下)の推定には向かない。一方、ラマン分光分析による微小領域を対象にした圧力推定も試みられてきたが定性的なものに過ぎない。カソードルミネッセンス (Cathodoluminescence : CL) は、主として物質に含まれる不純物元素の存在や結晶構造の乱れ (構造欠陥、転移など) を鋭敏に検出することから、衝撃変成作用により生じたマスクエリナイトの同定や空間分布解析などの手段としてCLの活用が注目されている。本研究では、衝撃変成作用がアルカリ長石のCLに及ぼす影響を検証すべく、一段式火薬銃に衝撃を加えたサニディン試料に対してCL分光分析を行った。

衝撃実験には、Eifel, Germany産のサニディン (Or₉₀Ab₁₀) 単結晶を用いた。一段式火薬銃により10.0、20.0、31.7、40.1 GPaの衝撃圧力を加えた。CL分光分析には、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。得られたCLスペクトルは、標準光源を用い感度補正を行った。高分解能の疑似カラーCL画像撮影にはChromaCL (Gatan社製) を用いた。いずれも加速電圧15kV、照射電流2.0 nAの条件で行った。

カラーCL像観察において、出発試料であるサニディン (Sa00) および10 GPaの衝撃圧力を加えた試料 (Sa10) とともに、顕著な赤紫色のCL発光が認められた。しかし、Sa10の強度分布は不均一であり、部分的に発光の強い領域も認められた。20 GPaの試料 (Sa20) も同様に赤紫色の発光を示すものの、数十マイクロメートルオーダーの幅をもつ脈状の青色発光領域も認められた。30 GPa (Sa30) および40 GPa (Sa40) の衝撃圧力を加えたサニディンはともに青色発光を有する。

CL分光分析の結果、Sa00は430および720 nm付近にスペクトルピークを有する。Sa10においても同様のCL発光が認められるものの、430 nm付近の発光強度はSa10と比べ高い。一方、Sa20、Sa30およびSa40は共通して380および330 nm付近にスペクトルピークを示す。加えた衝撃圧力が高い試料ほど430、380および330 nm付近の発光強度は増加する。ラマン分光分析の結果から、380および330 nm付近の発光はdiaplectic glassがもつ固有のCL信号であることが示唆された。また、青色領域の発光ピークは、エネルギー単位で表示したスペクトルにおいて非対称な形状を示すことから、複数の発光中心が関与していると推察された。ガウス関数によるデコンボリューションにより、これらスペクトルピークは全て四つの成分(ピークエネルギー : 2.82、2.95、3.26、3.88 eVピーク波長)に分離できた。さらに、2.95 eVの発光強度は、加えた衝撃圧力とよい正の相関を示した。このことから、2.95 eVの発光成分は衝撃変成作用により形成される構造欠

陥に帰属される。また、衝撃圧力の増加に伴いこの構造欠陥の密度が増加すると推察された。このように、CL分光分析を用いることにより、他の手法では不可能であった衝撃変成作用により生じる構造欠陥の欠陥密度を評価することができる。10~40 GPaの広い範囲においてこの発光成分が検出されることから、アルカリ長石を含む種々の隕石やインパクトタイトの衝撃圧力推定に応用可能である。また、CLはマイクロメートルオーダーの空間分解能を有することから、微小な長石粒子ごとの衝撃圧力を評価することもできる。

キーワード:カソードルミネッセンス,アルカリ長石,衝撃圧力,欠陥中心

Keywords: cathodoluminescence, alkali feldspar, shock pressure, shock-induced defect center