

## カソードルミネッセンス分光分析によるRies Crater中の衝撃変成鉱物の評価

### Evaluation of shock induced effect on rock-forming minerals from Ries Crater using cathodoluminescence spectroscopy

鹿山 雅裕<sup>1\*</sup>, 西戸裕嗣<sup>1</sup>, 遠藤祐美<sup>1</sup>, Arnold Gucsik<sup>2</sup>, 蛭川清隆<sup>3</sup>

Masahiro Kayama<sup>1\*</sup>, Hirotsugu Nishido<sup>1</sup>, Yumi Endo<sup>1</sup>, Arnold Gucsik<sup>2</sup>, Kiyotaka Ninagawa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>岡山理大自然研, <sup>2</sup>Max Planck Institute for Chemistry, <sup>3</sup>岡山理大・理・応用物理

<sup>1</sup>Res. Inst. Nat. Sci., Okayama Univ. Sci., <sup>2</sup>Max Planck Institute for Chemistry,

<sup>3</sup>Applied Phys. Okayama Univ. of Sci.

カソードルミネッセンス (CL: Cathodoluminescence) は、物質に含まれる極微量の不純物元素や構造欠陥などの検出ならびに空間分布解析が可能であることから、近年、鉱物、特に石英や長石のCLを用いた惑星科学への応用が活発になされている。たとえば、CLによるマスケリナイトやスティショバイトの同定などが挙げられる。しかし、その多くは火星隕石などに存在する高圧鉱物を対象としたものであり、同じく衝撃変成作用の影響を受けた隕石クレーターに産する石英や長石鉱物のCLについてはほとんど報告がなされていない。本研究では、Ries Craterのボーリングコア試料中に存在する石英、アルカリ長石および斜長石のCLスペクトル測定を行い、それらCL発現のメカニズム解明や発光中心の帰属、ならびに衝撃変成作用がCLに及ぼす影響を評価した。

Ries Craterの地表より601から602 m下のボーリングコア試料に存在する石英、アルカリ長石 ( $\text{Or}_{84-91}\text{Ab}_{9-15}\text{An}_{0-1}$ ) および斜長石 ( $\text{Or}_{2-4}\text{Ab}_{66-81}\text{An}_{17-31}$ ) をCL測定に供した。CLスペクトル測定には、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。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CL画像撮影にはMiniCL (Gatan) を用いた。いずれの測定条件も、加速電圧15 kVおよび照射電流2.0 nAとした

石英についてCLスペクトル測定を行った結果、390および650 nm付近の二つのピークが見出された。これらは火成岩、変成岩ならびに堆積岩中に存在する石英ならびに合成試料においても報告されており、青色領域における390 nm付近のCL発光は $\text{Ti}^{4+}$ もしくは、 $[\text{AlO}_4/\text{M}^+]^0(\text{M}^+: \text{H}^+, \text{Li}^+, \text{Na}^+ \text{ and } \text{K}^+)$ 構造欠陥に起因する。また、650 nm付近の赤色発光は酸素欠損に帰属される。室温下におけるCL画像観察において、石英は均一な発光強度分布を示す。-130 °Cの低温下において石英は顕著なCL発光を示すものの、細部に数マイクロメートルオーダーのCL発光が弱い縞状の組織が認められ、この組織は2-3  $\mu\text{m}$ 間隔で平行配列しており、偏光顕微鏡下において観察されるPlanar Deformation Features (PDFs) に対応する。これは、結晶質の基部に衝撃波により結晶構造の一部が破壊された細帯状部分が周期をもって生じたためと示唆される。また、室温下におけるCL像においてこのような縞状パターンは認められないことから、PDFsを検出する手段として低温下におけるCL像観察が有効である。

自形結晶を有するアルカリ長石は、CLスペクトルにおいて430および720 nm付近のピークをもつ。これらは天然に産する種々のアルカリ長石においても普遍的に認められ、それぞれAl-O-Al構造欠陥ならびに $\text{Fe}^{3+}$ 不純物に帰属される。偏光顕微鏡観察においてアルカリ長石の一部は等方的な光学的性質を有する (isotropic alkali feldspar)。このアルカリ長石は430および720 nm付近のCL発光だけでなく、380 nm付近に顕著なスペクトルピークをもつ。380 nm付近のCL発光は

斜長石が転移したdiaplectic glassおよび火星隕石中のマスクェリナイトにおいても認められ、衝撃変成作用により生じた欠陥中心に起因する。

CLスペクトルにおいて、斜長石は330、400、430、580および740 nm付近の五つのスペクトルピークを有する。これらCL発光は、それぞれ $Ce^{3+}$ 、 $Eu^{2+}$ 、Al-O-Al構造欠陥、 $Mn^{2+}$ および $Fe^{3+}$ 中心に起因する。一方、この斜長石においてマスクェリナイトやdiaplectic glassにみられる380 nm付近のスペクトルピークは検出されない。380 nm付近のCL発光は衝撃圧力により生じた構造欠陥によると推察される。このことから、衝撃変成作用に伴う温度上昇効果によりこの構造欠陥が解消され、その結果、380 nm付近の発光は消失したと示唆される。

キーワード:カソードルミネッセンス,石英,アルカリ長石,斜長石,リースクレーター,衝撃変成作用

Keywords: cathodoluminescence, quartz, alkali feldspar, plagioclase, Ries Crater, shock metamorphism