

いくつかの長石における放射線誘起損傷の特性

Properties of Radiation Induced Defects in Some Feldspars

橋本 哲夫 [1], 坂上 央存 [2]

Tetsuo Hashimoto [1], Hisanobu Sakaue [2]

[1] 新大・理・化学, [2] 新潟大院・自

[1] Dept. Chem., Facul. Sci., Niigata. Univ., [2] Grad. School of Sci. and Tech., Niigata Univ.

鉱物標本から調製した長石薄片試料からのアフターグロー (AG), 熱ルミネッセンス (TL) をカラー写真撮影により観察した。長石の三成分系相図に基づいて解釈すると、ほぼアルカリ長石系ではAG・TLとも強い青色発光 (AGで450 nm 付近のバンド) を示し、微斜長石系では微弱であり赤色が大部分 (AGで750 nm 付近に極大を有す) であった。前者は主に深成岩等比較的ゆっくり冷却された条件下で、後者は火山岩中の様な急冷の条件下で生成した長石で特徴的であり、石英からの結果とほぼ一致していた。一方、ESRスペクトルでは、青色ルミネッセンス群にはAl-O-Alセンターが、赤色ルミネッセンス群にはFe(3+)信号が特徴的に検出された。

1. はじめに

長石や石英などの鉱物中には放射線照射によりイオン化に伴う種々の欠陥が生成し、その回復に伴ってアフターグロー (afterglow: AG) や熱ルミネッセンス (Thermoluminescence: TL) などの蛍光・燐光現象を発生する。これらの発光はその鉱物特有の結晶構造や含有不純物、および被曝線量の情報を反映している。またこの現象は自然放射線によっても引き起こされ、年代測定や被熱推定などの手掛かりとなる。特に長石からの発光は強く多彩であり、簡便な写真撮影等による定性観察にも適すほか、近年、堆積物への光励起ルミネッセンス (OSL) 年代測定法の発展とともに注目を集めている。しかし長石は石英に比して構造が複雑であり、含有元素種も多岐にわたるためその発光機構の解明は困難である。本研究はその一端を明らかにすることを目的とした。

2. 実験

試料には市販の鉱物標本を用いた。これらはほとんどが良質の自形結晶であり、組成や構造についてもある程度のデータが入手可能である。

写真観察のため、試料を鉱物カッターで厚さ約 1 mm の薄片に切り出し、表面をアルミナ粉末で研磨した後、人工的に X 線を付加し、ルミネッセンスカラー画像を撮影した。発光波長は市販の CCD カメラを備えた分光器により測定した。発光パターンと薄片状の元素分布との対応性を EPMA により評価した。

また結晶を粉砕することによって粒子状の試料をつくり、500 °C, 3min の熱処理を施して天然の蓄積ルミネッセンスを消去した。その後、人工的な放射線照射によって生成するセンターを ESR, TL 測定などにより評価した。放射線照射は京大炉の γ 線源及び通常の X 線発生装置を用いた。熱ルミネッセンスの測定は自作の装置を用い、昇温速度は 1 °C/sec とした。

3. 結果・考察

はじめに薄片試料からの AG, TL をカラー写真撮影により観察し、長石全体についての発光特性の傾向を見出した。この結果、AGカラー画像は主に750 nm 付近に極大を持つ赤～赤外バンド由来の弱い赤色を示す試料と、450 nm 付近のバンドに由来する強い青色の発光を示す試料との二つに大別された。前者は火山噴火の際に放出された結晶弾や遊離結晶、また火山岩中の斑晶として産出した試料であり、後者は主に深成岩やペグマタイト中で比較的徐冷の条件下で生成したものに特有であった。発光センターをESRにより測定したところ、赤色発光の試料では Fe³⁺ の信号が、青色発光の試料では Al-O-Al センターの信号がそれぞれ顕著であった。Fe³⁺ の信号はほぼすべての長石にみられたが、火山岩起源のものについて特に顕著で複雑な形状を示し、Al 関連センターの生成を阻害することが示された。このことから Fe³⁺ の含有量がルミネッセンスにおける赤と青の特徴的な発光特性を支配していることがわかった。

さらにいくつかの試料については、薄片状の元素分布が特徴的なパターンを持っており、これらと発光分布を対応させることにより、鉱物中での不純物元素の挙動を考察することができた。上記以外の長石中に特有な発光として、570 nm 付近の黄色の発光があるが、これは長石中のアルカリ/アルカリ土類金属と置換した Mn²⁺ に帰属されている。写真上の観察から、MnはK長石中では発光に寄与せず、NaあるいはCaに富んだ微斜長石中で黄色の発光の原因となっていることが示唆された。これは長石の構造における Mn の位置の違いを反映している可能性がある。

発光バンドと ESR センターとの対応については、特に青色 TL (400 ~ 480 nm) と Al-O-Al センターについて詳しく検討し、線量応答性・プレヒート・低温での光照射等による実験結果に基づき考察を行なった。