

石英の低温カソードルミネッセンスおよび低温熱ルミネッセンス

Low temperature cathodoluminescence and low temperature thermoluminescence of quartz

奥村 輔[1], 西戸 裕嗣[1], 蜷川 清隆[2]

Tasuku Okumura[1], Hirotsugu Nishido[1], Kiyotaka Ninagawa[2]

[1] 岡山理大・自然研, [2] 岡山理大

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

石英のルミネッセンスについては、従来より多くの研究がなされている。特にカソードルミネッセンス(CL)と熱ルミネッセンス(TL)は、砕屑性鉱物と自生鉱物との識別や累帯構造の解析に基づく続成過程の解明ならびにテフラを用いた年代測定などの分野で、欠くべからざる研究手段となっている。しかしながら、これらルミネッセンス発現のメカニズムは不明な点が多い。これは、不純物や構造欠陥など直接関与する要因を特定するのが難しいこと、さらに実際のスペクトル測定において、試料温度や電子線照射時間などの条件より結果が大きく左右されてしまうことによる。特に、試料温度によるルミネッセンスへの効果が大きいことから、今回、低温から室温にかけて各種石英のCLおよびTLを測定し、それらルミネッセンス発現について考察した。

本研究に用いた試料は、変成岩中の石英、色調の異なる(透明、ピンク色、紫色、黒色、黄色)石英、高温型石英、インパクト・クレーター起源の石英、人工石英など24点である。

CL測定は、走査型電子顕微鏡(Jeol: JMS-5410)に回折格子分光器(Oxford: Mono CL2)を組み込んだ装置を使用した。試料ステージは、液体窒素の冷却ガスとヒーターにより試料温度を制御可能である。加速電圧15kV、照射電流2~15nA、スキャンモード(倍率x1000)の条件で、波長範囲350~800nmの発光スペクトルを光電子増倍管によるフォトンカウンティング法で測定した。

TL測定は、粉末試料を径5mmの円盤状に成形したものを加熱台に装着し、コンピュータ制御により液体窒素温度から450℃まで平均昇温速度0.5℃/secで加熱して、TL発光強度を温度に対して記録(グロー曲線)した。測光は、マルチアルカリ型光電子増倍管を用いたフォトンカウンティングによった。非放射線誘起TLの抑制には窒素ガスを用い、バックグラウンド測定により黒体輻射成分を差し引きTL強度補正を施した。X線誘起TLでは、Cuターゲットを使用し、40kV20mAの条件でX線を試料に5分間照射し、直ちにTL測定に供した。

室温でのCLは、すべての石英において600~650nm付近をピークとする赤色発光スペクトルが認められた。このCL発光は、Siを置換したAl, Ti, Li, Naイオンなどによる不純物中心ならびに構造欠陥に関連するトラップなど多くの要因が考えられ、特定できない。また、黒色石英および高温型石英については、450nm付近の青色発光スペクトルも認められた。黒色石英はベグマタイト中に産することから、放射性鉱物の放射線による結晶構造の損傷がE'センター(STE)やAlホールセンターの生成に寄与しているかもしれない。高温石英は、低温型石英へ転移する際に生じた格子歪みに起因する構造欠陥が、青色ルミネッセンスの発現を引き起こしている可能性がある。

一方、低温度下(液体窒素温度)でのCLスペクトルは、すべての石英から450~500nm付近をピークとする発光が認められた。これらのCLスペクトル強度は、室温での強度に比べ数倍~10数倍の増加がみられた。これは、低温で格子振動が抑えられS/Nが改善されたこと、ルミネッセンスの減衰時間が長くなったことなどによると考えられる。しかし、CLスペクトルのピーク波長が試料温度により異なること、また低温ではCLスペクトル強度が電子線照射時間に依存するなど問題点もある。現在、段階冷却によりCLスペクトルの挙動を検討している。

Natural TLでは、黒色石英のみ220℃付近にグローピークが認められたが、他の試料からグローピークの検出はできなかった。X線誘起TLでは、すべての試料において80℃、110℃、200℃付近にグローピークが認められた。特に、黒色石英と高温石英は、80℃と110℃付近に比較的強いグローピークを示した。低温度下でのX線誘起TLでは、石英ガラス以外の試料すべてから室温以下でTL発光が認められ、-100℃、-80~-60℃、0℃付近に比較的強いグローピークが現れた。Medlin(1963)の結果と比較すれば、-100℃付近のグローピークはSiを置換したTiイオンによるトラップ、また-80~-60℃、0℃および80℃付近のグローピークは構造欠陥に起因するトラップによると推定される。