

# サーモルミネッセンス年代測定法とその応用

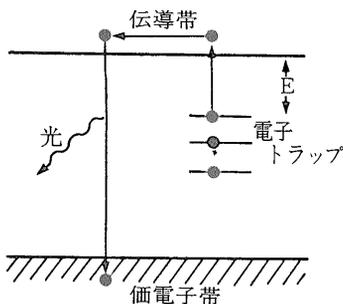
高島 勲 (地殻熱部)

Isao TAKASHIMA

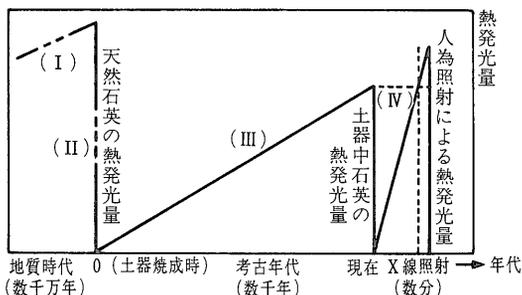
サーモルミネッセンス (Thermoluminescence TL) は温度冷光と訳されるように鉱物が熱せられた時赤熱する温度以下で発光する現象であり 螢石を代表例として数百年前からよく知られている。発光は螢石ばかりでなく方解石 石英 長石 粘土など多くの鉱物で見られるがその原因は鉱物の結晶中に存在する格子欠陥である。格子欠陥により電子トラップが形成され そのトラップに放射線のような高エネルギーで励起された電子が捕捉される。この電子はそれほど強く捕捉されているわけではないので500°C程度までの加熱で容易にもとの位置にもどりその時に光を発する(第1図)。この発光量は鉱物が存在している岩石 土壌の中の放射性元素 U Th K から受けた放射線量 宇宙線量 (強さ×時間) に比例するので 同じ試料では古いものほど発光量が大になる。この原理を利用したのが TL 年代測定法であり その模式的原理は第2図に示される。具体的な実験手順(最も一般的な) は次のようになる。

- (1)分離した鉱物(石英 長石など)の0.1mm以下の粉末の発光量を測定する。この値をAとする。
- (2)加熱後の鉱物に対し  $^{60}\text{Co}$   $^{90}\text{Sr}$  などの放射線源の一定線量(D)をt時間照射し適当な熱処理のち(1)と同様に発光量を測定する。この値をA'とする。
- (3)鉱物を含む岩石中の放射性元素の分析と試料採取地点での宇宙線強度の測定から 鉱物に対する年間放射線被曝量Dを求める。
- (4)以上から TL 年代 t は次式で求められる。

$$t = AD't' / A'D$$



TL 年代測定は主として考古学分野で研究が進められ土器の年代測定法としてはすでに確立している(求められた年代の誤差は5—10%)。しかし 地質学分野では現在まだ研究段階にある。地質分野で TL 年代測定法があまり広く利用されず 確立された方法として認められていない主な原因は研究者および研究例の不足と考えられる。方解石が強い熱発光を示すことから1950~60年代には炭酸塩質堆積物や化石貝の年代などが測定された。ところが これらの試料は信頼できる年代測定法との対比ができないことや受けた線量の見積りが難しいことなどから評価が定まらず 広く利用されるには至らなかった。その後もいろいろな試料について研究が進められてきているが その数はフィッシュトラック法などと比較して著しく少ない。手法の面からみれば 土器の年代測定法として確立された技術はほぼそのまま岩石の年代測定に応用され得るものであるが 一般的に対象とする年代が古いだけに特別な注意も必要となる。特に重要なことは TL の飽和現象のチェックである。第三図は天然試料 天然試料に一定線量の  $\gamma$  線を照射したもの 加熱後の試料に同量の  $\gamma$  線を照射したものの3種の長石について行った TL 測定の結果である。この図で (B—A) と C の発光強度(面積) が同じであればこの試料は飽和していないことになり 年代測定に使用してもよいことになる。地質年代用試料ではこの他に岩石の組織の違いによる年間放射線被曝量の見積り 時間とともに自発的トラップ電子が減少するエージング効果などの評価に特別な注意が必要となる。

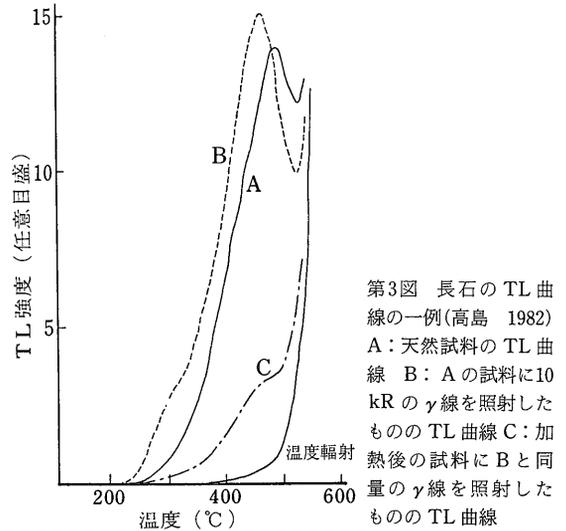


TL 測定装置は第 4 図に示されるような簡単な構成のものであるが 近年放射線量測定法として医療方面を中心に広く利用され 放射線熱蛍光線量計 (TLD) という名称で市販されている。この装置は人工的に合成された熱発光鉱物をガラス管に封入した TLD 素子を測定し放射線被曝量を求めるものであるが その素子かわりに天然鉱物を使い容易に正確な発光量を求めることができる。このような TL 測定技術の進歩と考古学方面での研究に刺激され 地質分野でも最近さまざまな対象について年代測定が進められるようになった。

TL 年代測定法の特徴としては次のような点があげられる。

- (1) 年代範囲が数千～百万年であり K-Ar 法や <sup>14</sup>C 法など既存の年代測定法では不可能か困難な範囲をカバーする。
- (2) TL 量は年代に比例するので 絶対年代が出せない場合でも相対年代の比較は容易である。そして 1 つでも年代既知の試料があれば他の試料の年代を求めることが可能である。
- (3) 対象とする鉱物は主に石英 長石であるがほとんどすべての岩石に含まれており適用範囲が広い。
- (4) 土器製作 変成 変質作用 隕石の大気突入など熱の加わる過程でそれまでのトラップ電子を放出するため そのような作用を受けた試料に対する年代はその現象が終わってからの年代を示す。
- (5) 質量分析計など高価な装置を必要とせず 試料処理 測定操作なども比較的簡単である。

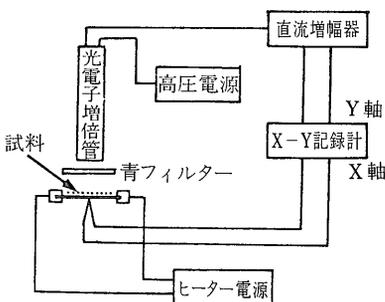
TL 年代測定の地質分野への応用は現在のところそれほど多くないが 以上のような TL 年代測定法の特徴を生かした測定例が今後増加するものと思われる。例えば (1)に関連した研究としてこれまでの方法では困難であった数千～数万年という比較的若い時代のハワイ火山の活動史を求めたり 第四紀の時代不詳の火山岩の年代測定から その火山が地熱の熱源になり得るかどうか



第3図 長石の TL 曲線の一例 (高島 1982)  
A: 天然試料の TL 曲線 B: A の試料に 10 kR の  $\gamma$  線を照射したものの TL 曲線 C: 加熱後の試料に B と同量の  $\gamma$  線を照射したものの TL 曲線

といった問題に応用され始めている。(4)の特徴を生かした研究の代表例は前述の土器の年代決定であるが 地質分野でも隕石の落下年代や地熱 鉱床変質帯の形成年代を求める試みが開始されている。さらに 断層形成時にすべり面で発熱と鉱物変化が認められることから断層の形成年代を求め得る可能性もあり この面からの研究も始められている (TL 年代測定法の基礎となる格子欠陥を利用した年代測定法として電子スピン共鳴—ESR—を使った手法が研究されている。この方法は TL 法より広い応用範囲を持つものとして期待されているが今のところ測定例は少ない)。

TL 年代測定法は少なくとも地質分野では確立された方法とはいえない。しかし 方法論そのものは考古学分野で確立されており 前述の問題点に注意しながら地質試料の研究例をふやすことにより誤差 適用限界などが明らかになるであろう。そして 他の方法ではできなかった特殊な問題に応用され その解決に一役買うものと期待される。



第4図 TL 測定装置の模式図 (浜田 1967)

文献  
 浜田達二 (1967) 第四紀研究 vol.6 no.4.  
 市川米太 (1981) 考古学のための化学10章 馬淵久夫・富永健編・東大出版会。  
 McDougall D. J. ed (1968) Thermoluminescence of Geological Materials, Academic Press.  
 高島 勲 (1982) 地調月報 vol.33 no.3.  
 文献は紙面の都合により総括的なもの 図を引用したものに  
 限らせていただいた。