

低温熱ルミネッセンス計測システム

星川佳久・蜷川清隆

岡山理科大学理学部応用物理学教室

(1994年9月30日 受理)

要 旨

液体窒素温度 (-196°C) から高温 (450°C) までの温度領域で、温度上昇速度を一定にして熱ルミネッセンス [TL] を計測するシステムを開発した。このシステムは隕石の分類及び形成過程の研究に有効であると思われる。

1. はじめに

Sears 等は、1980年に非平衡普通コンドライトの熱ルミネッセンス [TL] 感度が普通コンドライトの熱変成度と相関があることを示した。¹⁾ この Sears 等の研究では紫外領域から480 nm までの青色波長領域での斜長石の TL 感度を測定している。しかしその後、Ninagawa 等により始源的コンドライトでは、570 nm にピークを持つ黄色波長領域 (メソスタシス) 及び660 nm にピークを持つ赤色波長領域 (エンスタタイト) の TL 発光の有ることを示した。^{2),3)} これより隕石全体の TL を知るためには波長領域を広げなければならないことが分かった。他方、測定波長領域を広げると共に、測定温度領域も低温に広げると、隕石の新たな TL 発光が観測される可能性があることが予測される。低温 TL から隕石鉱物の格子欠陥に関する新しい情報を得ることができ、隕石の分類及び形成過程 (起源、熱変成、衝突) に関する新たな知見を得られることが期待される。

この為、今回我々はこれまで室温から高温 (500°C) までの温度領域で測定していた TL 測定システムを、測定温度領域を室温より低い -196°C の液体窒素温度から 450°C までリニアに温度上昇させることのできるよう低温 TL 計測システムの開発を試みた。また、開始温度を液体窒素温度からだけでなく室温からでも行えるようにした。これにより通常の室温からの TL 測定 (例えば Natural TL 測定など) 等、必要に応じた TL 測定を行うことができる。

2. システム

システムの構成を Fig. 1 に示す。このシステムはヒーターの周りに液体窒素溜めを設置し、熱伝導によりヒーターを液体窒素温度まで冷却するようにしている。結露はヒーター周辺の雰囲気窒素ガスを流すことによって防いでいる。

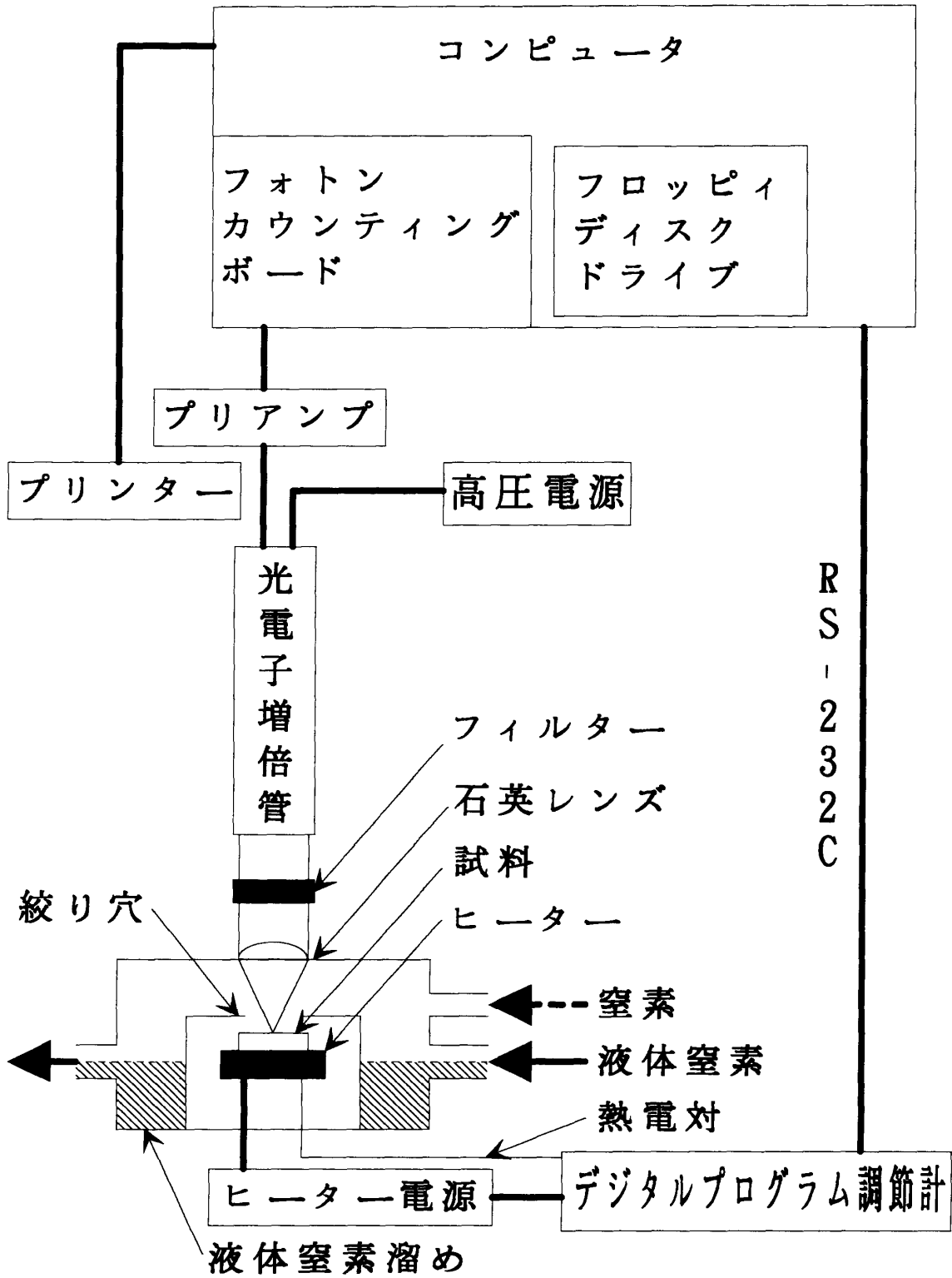


Fig. 1 低温熱ルミネッセンス計測システム

ヒーター温度はデジタルプログラム調節計（チノー, KP 1000）によってヒーター電源の電圧をコントロールすることによって制御される。制御命令はコンピュータから RS-232C によってデジタルプログラム調節計に送られる。ヒーターは、液体窒素温度から 450°C までの広い温度領域でリニアに温度上昇させなければならないが、市販に適切なヒーターがなく、カンタル線とアルミナを用いて新たに自作した。更にヒーターからの黒体輻射など試料以外の発光を光電子増倍管に入射しないようにするために、ヒーターの上に絞り穴を置いて遮蔽している。試料はヒーターの上に置かれ、直接加熱される。試料はヒーターに比べ小さいので、ヒーター温度と試料温度との温度差を約 1°C 以下に抑えられた。

発光計測部分は試料の発光する波長領域にあわせて光電子増倍管をバイアルカリ、マルチアルカリのものと取り替えられるよう、ヒーター部分と分離した。試料からの発光は石英レンズで集められ、フィルターを通り光電子増倍管に入射される。入射した光は光電子増倍管で電子に変換、増倍され、さらにプリアンプで増幅された後にコンピュータに内蔵されたフォトンカウンティングボードにより計数される。計数値はバスラインを通してコンピュータにヒーター温度と共に取り込まれ、フロッピーディスクなど外部入出力装置に記録される。

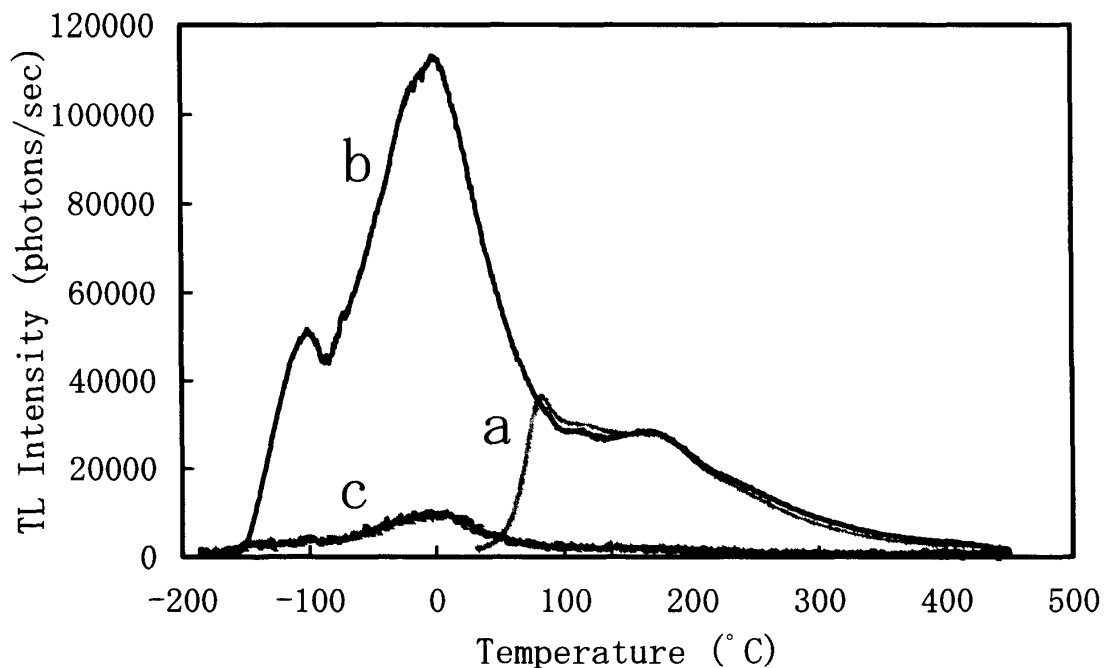


Fig. 2 ユークライトの熱ルミネッセンスグロー曲線
a : Millibillie の室温からの TL
b : Millibillie の低温からの TL
c : Y-790266 の低温からの TL

3. 隕石試料の低温熱ルミネッセンス

3.1 ユークライト (Eucrite)

ユークライトは小惑星ベスタから飛来してきたと考えられているエイコンドライトである。Sears は非平衡普通コンドライトと同様にユークライトについても、斜長石による TL 感度が武田等の輝石による変成度の分類⁴⁾とよい一致を示している。⁵⁾ Fig. 2 は Sears と同じフィルター (コーニング7-59, 4-69) を用い、0.25 kGy の γ 線照射を行って、TL グロー曲線を測定したものである。光電子増倍管には主に青色波長領域に感度を持つバイアルカリ (浜松ホトニクス R762) を用い、温度上昇速度は0.5°C/sec である。Fig. 2 の a は Millibillilie 隕石 (Eucrite) の室温からの TL グロー曲線で、Sears は100°C 付近のピークを TL 感度として用いている。Fig. 2 の b は同一試料による低温からの TL グロー曲線である。a にある100°C 付近のピークは b にある 0°C 付近の大きなピークの裾野であることが判る。これより室温からの TL 計測で得られた100°C のピークの TL 感度より、低温からの TL 計測で得られた 0°C のピークの TL 感度とユークライトの変成度の相関が調べられるべきであることが示唆される。更に-120°C にもグローピークが存在しているが、Fig. 2 の c のように Y-790266 隕石 (Eucrite) では-120°C のピークが相対的に小さく、注目される。この-120°C の TL ピークを担っている鉱物は同じ斜長石なのか又はシリカ等他の鉱物なのか現在のところ同定されていないが、ユークライトの分類及び熱変成、衝突度合いとの関係を調べてみる必要があると思われる。

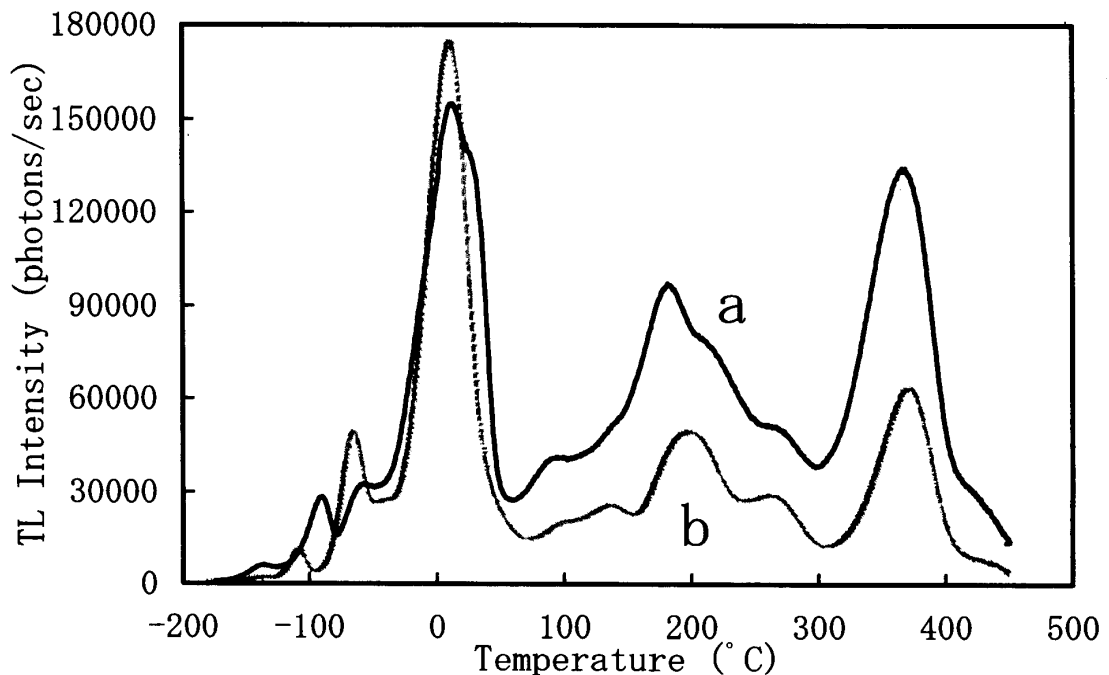


Fig. 3 オープライトの熱ルミネッセンスグロー曲線
 a : Norton County の低温からの TL
 b : Peña Blanca Springs の低温からの TL

3.2 オーブライト (Aubrite)

オーブライトは主にエンスタタイトからなり、酸素同位体がエンスタタイトコンドライトと同じ分別線に並ぶことから、エンスタタイトコンドライトとの相関が調べられているエイコンドライトである。オーブライトの TL は1970年に Greer が Fe の含有量が少ない程 TL 感度が高いことを報告⁶⁾して以来、あまり調べられていない。この報告からオーブライト隕石でも TL グロー曲線が、(1) 290℃に強いピークを持つ、(2) 380℃に強いピークを持つ、(3) 両方に同じくらいのピークを持つ、(4) 290℃以外に360℃、430℃にピークを持つ隕石のグループのある事が推察されるが、Norton County 隕石 (Aubrite) は(4)のグループに属する。

エンスタタイトは赤 (660 nm) で発光することが知られており³⁾、主に赤の波長領域に強い感度を持つマルチアルカリ (浜松ホトニクス R550) の光電子増倍管を用い、赤の波長領域を通すロングパスフィルター (東芝 R-63) を用いて Norton County 隕石 (Aubrite) を測定した結果、Fig. 3 の a のようになった。これよりオーブライトもユークライト同様、低温側に鋭いピークを持つことが判る。同様に Peña Blanca Springs 隕石 (Aubrite) を測定した結果、Fig. 3 の b のようになった。Peña Blanca Springs の TL グロー曲線は Norton County の TL グロー曲線と相似していることから、Peña Blanca Springs も(4)のグループに属すると考えられる。しかし低温領域に注目すると、0℃付近のピークの形が違っていることが判る。このシグナルはユークライトの-120℃のピーク同様、低温二次元読みとりシステムを開発して鉱物の同定をして議論しなければならないが、Norton County 隕石と Peña Blanca Springs 隕石の形成過程 (起源、結晶分化、衝突度合い) の違いを表しているものと考えられる。

4. ま と め

今回、我々は次のような特徴を持つ低温熱ルミネッセンス計測システムを開発し、制作した。

1) 液体窒素温度 (-190℃) から高温 (450℃) まで温度上昇速度を一定にして TL を測定することができる。

2) 試料の発光する波長に合わせて光電子増倍管及びフィルターを簡単に取り替えることができる。

この低温熱ルミネッセンス計測システムは隕石研究に有効であると思われるが、二次元熱ルミネッセンス読み取り及び時間分解分光計測が低温でも行うことができるよう、更なる改良が必要であると考えられる。

謝 辞

低温 TL 予備測定には鳴門教育大学 跡部紘三先生、京大原子炉実験所 岡田守民先生、

γ 線照射には京大原子炉実験所 長谷博友先生にお世話になりました。また、隕石試料については国立極地研究所 矢内桂三先生, 小島秀康先生, 宮城教育大学 松涛聡先生にお世話になりました。

References

- 1) Sears, D. W. G., Grossman, J. N., Melcher, C. L., Ross, L. M., and Mills, A. A. (1980) : Measuring metamorphic history of unequilibrated ordinary chondrites. *Nature*, **287**, 791–795.
- 2) Ninagawa, K., Nishimura, S., Kubono, N., Yamamoto, I., Kohata, M., Wada, T., Yamashita, Y., Lu, J., Sears, D. W. G., Matsunami, s., and Nishimura, H. (1992) : Thermoluminescence of chondrules in primitive ordinary chondrites, Semarkona and Bisunpur. *Proc. NIPR Symp. Antarct. Meteorites*, **5**, 281–289.
- 3) Ninagawa, K., Nakagawa, M., Matoba, A., Yamaguchi, H., Yamamoto, I., Wada, T., Yamashita, Y., Huang, S., Sears, D. W. G., Matsumani, S., and Nishimura, H. (1994) : Red thermoluminescence of enstatite from the chainpur meteorite. *Proc. NIPR Symp. Antarct. Meteorites*, **7**, 217–224.
- 4) Takeda, H., and Graham, A. L. (1991) : Degree of equilibration of eucritic pyroxenes and thermal metamorphism of the earliest planetary crust. *Meteoritics*, **26**, 129–134.
- 5) Batchelor, J. D., and Sears, D. W. G. (1991) : Metamorphism of eucrite meteorites studied quantitatively using induced thermoluminescence. *Nature*, **349**, 516–519.
- 6) Greer, R. T. (1970) : Thermoluminescence-chemical composition correlations for enststite. *Mat. Res. Bull.*, **5**, 765–770

LOW-TEMPERATURE THERMOLUMINESCENCE SYSTEM

Yoshihisa HOSHIKAWA, Kiyotaka NINAGAWA

*Department of Applied Physics, Okayama University
of Science, Ridai-cho 1-1, Okayama 700, JAPAN*

(Received September 30, 1994)

A new system for measuring thermoluminescence from liquid nitrogen-temperature (-196°C) to high-temperature (450°C) is developed. This system is available to study classifications and formation processes of meteorites.