

機関番号：10102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20540440

研究課題名(和文) 更新世テフラの石英単粒子による精密赤色蛍光年代測定

研究課題名(英文) Red TL dating of single quartz grains from Pleistocene tephras

研究代表者

鷹澤 好博 (GANZAWA YOSHIHIRO)

北海道教育大学・教育学部・教授

研究者番号：40161400

研究成果の概要(和文)：RTL と IRTL 測定が可能な精密赤色蛍光年代測定装置を開発し、石英の高感度蛍光測定を試みた。また、測定皿を黒雲母シールドで覆うことで、黒体放射によるバックグラウンドを低減させた。その結果、石英単粒子による年代測定が可能となった。さらに、小型 X 線照射装置を導入し、SAR 測定を可能とした。洞爺火砕流の測定例では、石英単粒子測定による異質粒子を排除が可能となり、測定年代は期待年代と良く一致した。

研究成果の概要(英文)：A newly designed red thermoluminescence dating equipment was developed in order to detect TL signals from a single grain. A highly resolution of TL reader enabled to determine an age of a single quartz grain. The tested ages obtained from Toya pyroclastic flow agreed well with the expected ages.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2009年度	200,000	60,000	260,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：地質年代測定

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：赤色蛍光年代測定、石英、火山

1. 研究開始当初の背景

更新世中・後期の年代測定法として、原理的には優れた方法とされる赤色蛍光年代測定法を実用化することが課題とされている。そのために、精密な年代測定装置の開発が求められている。

2. 研究の目的

火砕流堆積物の年代測定の絶対的精度を上げるため、赤色蛍光年代測定装置の開発改良を進め、石英1粒子による年代測定法を確立する。

3. 研究の方法

(1) 高感度赤色蛍光年代測定装置を開発し、精度の高い石英粒子による年代測定技術を開発する。

(2) 火砕流試料を用い、単粒子年代測定方法を確立する。

4. 研究成果

(1) 高感度赤色熱蛍光測定装置の開発

実験に用いた装置は筆者らがメデック K. K. と共同で開発したもので、RTL と IRTL 測定が可能である(図 1a)。この装置にはこれまで



図 1 a RTL-IRTL 装置の全体

用いた装置をベースに、いくつかの新機軸と改良が加えられた。まず、光電子増倍管 (PMT) に光子計数用の H7421-40 (浜松フォトニクス K. K.) を採用した。また、RTL 検出のため、PMT 受光面に Kenko R60 と Kenko IRC65L の 2 枚のフィルターを設置した。

H7421-40 には赤色領域の検出に優れた GaAsP/GaAs 光カソードが採用され、加えてバックグラウンドを低減させる電子冷却システムを備えている (図 1 b)。また、カソード放電感度 (cathode radiant sensitivity) の中心は 580nm にあり、この波長は上記のフィルター組み合わせ) から得られる透過波長 560-570nm とよく一致する (図 1 c)。そのため、従来使用した PMT R649 と比較し、約 2 倍の検出感度の向上に成功した。さらに、これまでの RTL 装置のシグナル検出単位時間が 1s/gate 固定 (シグナル数を 1 秒ごとにカウントする) であったのに対し、50ms/gate-1s/gate の間で設定変更できる点も大きな特徴である。また、加熱部には Watroo 社製のヒーターを採用し、安定加熱を保障するとともに、RTL 測定において、昇温 1°C/s の遅い速度に設定し、試料への着実な熱伝導を確保した。また、IRTL 測定では、高温 (本実験では 390°C) に素早く到達させ、かつその温度を安定に維持するため、温度変化を最小限に抑える制御プログラム設定を施した。また、サンプルホルダーと PMT の間にライトガイドを挿入し、PMT 光受光部とライトガイドをシリコンオイルで密着させることで、RTL シグナルの漏洩を最小限に抑えた。また、大きな特徴として SAR 法測定を可能とするため、装置に小型 X 線照射装置 (Variant、VF-50JW) を導入した。小型 X 線装置の前面には厚さ 120 μm のアルミシールドが挿入され、低エネルギーの X 線を除去した。その結果、50W、0.1A で 5.9Gy/m の放射線強度を確保した。実験で



図 1 b 光電子増倍管 (H7421-40)

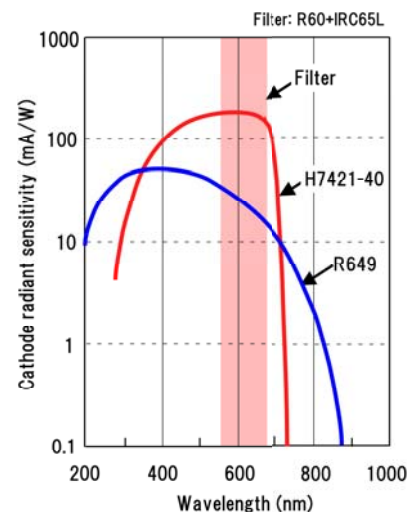


図 1 c フィルターの透過波長と光電子増倍管のカソード放電感度の比較

は、単粒子測定のため、バックグラウンドを低減できる銀製測定試料皿を用意した。試料皿は直径 8mm 厚さ 5mm で、中央に石英単粒子を保持できる直径 1mm の穴がある。さらに、試料皿を覆う黒雲母シールドの使用により、黒体放射によるバックグラウンドの低減することに成功した。

試料交換システムは今回独自に開発したもので、高い独創性と安定性を備えている。装置は試料皿がレール上を移動する円形回転テーブルによる循環方式で、テーブル駆動方式はタイミングベルトとパルスモータ駆動によっている。1 回の設定で 10 皿の測定が可能である。最大の特徴は、構造が単純でパルスモータ 1 台だけで試料移動を行う点であ

る。試料皿は試料ホルダーによって保持され時計回転方向に移動し、測定位置に達するとホルダーは1mmだけ半時計回転し、試料ホルダーと試料皿は接触しなくなる。これにより、試料皿下にあるヒーターの熱が試料皿だけに確実に伝導し、試料ホルダーには伝わることはない。また、試料ホルダーや試料皿はいずれも銀製で、測定のバックグラウンドの低減に大きな効果を発揮している。欧米装置では、試料移動のための回転運動と試料加熱を行うヒーターの上下運動の2方向の動きからなるシステムのため、駆動モータが2台必要で動きも複雑化し、トラブルの原因となりやすい。今後、試料交換システムの課題として、測定試料数(10皿)を20皿まで増加させることがある。単純には回転テーブルの直径を現行の25cm程度から35-40cm程度にすればよいが、装置のコンパクト性を維持することとの矛盾がある。今後の解決課題である。

(2) RTL 測定方法の開発

単粒子測定の場合、石英から放出される RTL 発光量は限られている。そこで、RTL 測定においては 300°C 以上で顕在化するヒーターから放出されるバックグラウンドを、できる限り軽減する必要がある。そのため、銀製測定試料皿とともに黒雲母シールドを用いて、測定石英粒子から RTL 発光を効率よく検出する改善を行った。その結果、明らかにバックグラウンドを低減させることができた。黒雲母シールドを用いた場合、RTL 測定の 350°C のバックグラウンド数は 1200 程度である。これに対し黒雲母シールドを用いない場合、2000 程度である(図 2)。

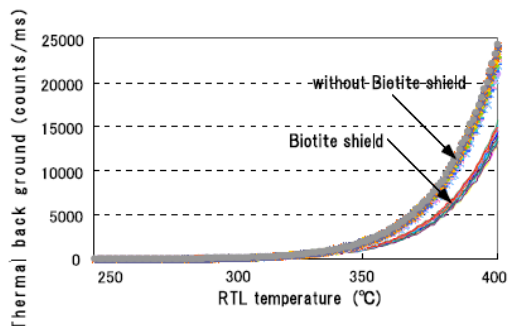


図 2 黒雲母シールド使用有無の RTL バックグラウンドの比較

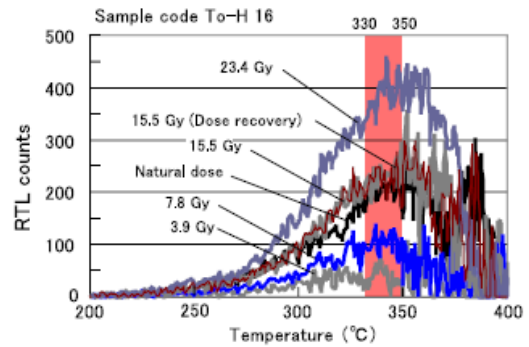


図 3 石英単粒子の RTL 発光曲線

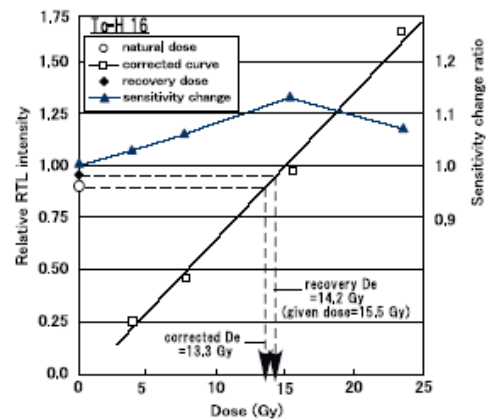


図 4 単粒子石英の直線的な線量応答性(□)と石英の感度変化(▲)

(3) 単粒子石英の RTL 測定例

単アリコット再現法による石英単粒子の RTL 測定の発光曲線の一例を示す(図 3)。天然 RTL 強度は 350°C 付近でピーク値を示し、X 線照射 (3.9Gy-23.4Gy) に対しても明瞭な発光カーブを描く。したがって、線量応答線(図 4) は良好な相関を示した。この結果は、単粒子石英による蓄積線量の測定が可能であることを示している。

(4) 洞爺火砕流堆積物の単粒子石英による RTL 年代測定

以上の基礎実験に基づいて、洞爺火砕流を用いて、単粒子石英による RTL 年代測定を試みた。単アリコット再現法により 43 粒子の年代測定を行ったところ、このうち 33 粒子は 90 - 122ka の範囲にあり、平均年代は $105 \pm 8ka$ であった。この年代は地質層序や段丘対比から推定される年代 112-115ka と良く一致した。また、10 粒子は 238-761ka の年代を

示し、明らかに異質な年代を示した。これは火砕流堆積物の基盤岩を取り込んだものと推定される。この結果は単粒子石英によるRTL年代測定がより精度の高い年代を導くことを示している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

- ① Y. Ganzawa, M. Ike, SAR-RTL dating of single grains of volcanic quartz from the late Pleistocene Toya caldera. Quaternary Geochronology, 査読有, 6, 2010, 42-49
- ② Y. Ganzawa, Red thermoluminescence (RTL) sensitivity change in quartz. Radiation Measurements, 査読有, 45, 2010, 985-990
- ③ Y. Ganzawa, M. Maeda, 390-410°C isothermal red thermoluminescence (IRTL) dating of volcanic quartz using SAR method. Radiation Measurements, 査読有, 44, 2009, 517-522
- ④ Y. Ganzawa, T. Azuma, Single-grain two-fragment method for dating terrace deposits using red thermoluminescence from quartz. Ancient TL, 査読有, 27, 2009, 1-8
- ⑤ K. Ito, N. Hasebe, R. Sumita, S. Arai, M. Yamamoto, K. Kashiwaya, Y. Ganzawa, LA-ICP-MS analysis of pressed powder pellets to luminescence geochronology. Chemical Geology, 査読有, 262, 2009, 131-137

[学会発表] (計15件)

- ① 伊藤一充、長谷部徳子、柏谷健二、中村俊夫、鷹澤好博、ESR 応用計測、モンゴル・フブスグル湖細粒堆積物のルミネッセンス年代測定、2011.3.3、横浜市
- ② 清水聡、鷹澤好博、ESR 応用計測、跡津川断層破砕帯の OSL 年代測定、2011.3.3、横浜市
- ③ 佐々木康太、鷹澤好博、ESR 応用計測、SAR 法による洞爺降下テフラ石英の単粒子年代測定、2011.3.3、横浜市
- ④ 清水聡、鷹澤好博、日本地質学会 114 年次総会、活断層破砕帯試料 (石英) の OSL

測定、2010.9.2、富山市

- ⑤ 伊藤一充、長谷部徳子、柏谷健二、荒井章司、鷹澤好博、ESR 応用計測、モンゴル・フブスグル湖細粒湖沼堆積物のルミネッセンス年代測定、2010.3.5、函館市
- ⑥ 杉浦彩花、鷹澤好博、ESR 応用計測、古陶器の赤色熱ルミネッセンス測定、2010.3.5、函館市
- ⑦ 佐々木康太、鷹澤好博、ESR 応用計測、SAR 法による洞爺効果テフラ石英の単粒子 RTL 年代測定、2010.3.5、函館市
- ⑧ 小杉枝里子、鷹澤好博、ESR 応用計測、海成段丘の火山石英による OSL 年代測定、2010.3.5、函館市
- ⑨ 金山理恵、鷹澤好博、ESR 応用計測、愛知県日進 13 世紀窯跡の石英による赤色熱ルミネッセンス測定、2010.3.5、函館市
- ⑩ 前田真、鷹澤好博、ESR 応用計測、ピーク分離による高蓄積線量試料の線量評価、2010.3.5、函館市
- ⑪ 清水聡、糸田摩美、鷹澤好博、ESR 応用計測、2010.3.5、活断層長石の OSL 年代測定の試み、函館市
- ⑫ 小川明日香、鷹澤好博、ESR 応用計測、2010.3.5、八甲田火砕流単粒子石英による RTL および IRTL 年代測定、函館市
- ⑬ Y. Ganzawa, M. Ike, 2nd Asia Pacific Conference on luminescence and ESR dating, 2009.9.14, SAR Red-TL dating of late Pleistocene Toya volcano, Japan, Using single quartz grains, India
- ⑭ 前田真、鷹澤好博、田中瞳、ESR 応用計測、2009.3.3、1kGy オーダー石英の RTL 年代測定、浜松市
- ⑮ 鷹澤好博、横田未希、ESR 応用計測、2009.3.3、函館市豊原四遺跡、縄文土器中の石英粒子による RTL、IRTL 年代測定、浜松市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鷹澤 好博 (Ganzawa Yoshihiro)
北海道教育大学・教育学部・教授
研究者番号：40161400