

光ルミネッセンス年代は日本の第四紀地質学を発展させるか？

Potential of optically-stimulated luminescence (OSL) dating to improve Quaternary geology in Japan

*田村 亨¹、伊藤 一充¹

*Toru Tamura¹, Kazumi Ito¹

1.Geological Survey of Japan, AIST

1.Geological Survey of Japan, AIST

光ルミネッセンス年代は、世界的に過去15年間において放射性炭素年代と並ぶ汎用的な堆積年代測定手法となった。放射性炭素年代に対する光ルミネッセンス年代の長所は、普遍的に存在する石英や長石など鉱物粒子への適用が可能で、および適用可能な年代範囲が広いことである。一方で短所は、埋積中の年間線量の不確定性、さらに鉱物のルミネッセンス特性に起因する精度や確度の問題である。従って光ルミネッセンス年代は、放射性炭素が何らかの理由で使えない場合の代替的な、しかし有力な年代と考えられる。最近の世界的な拡がりの一方、日本国内でのOSL年代測定の適用はいまだに限定的である。この主な理由は、日本の、特に火山起源の石英が年代測定に適さないことと、第四紀後期のテフラ層序が他地域に比べると発展しておりOSL年代の重要性が低いとみなされていることである。しかし、日本国内においてもOSL年代測定の適用が必要な堆積物記録は広く存在し、また、適用可能な手法もある。ここでは、日本の海岸砂丘、浜堤、津波堆積物、海岸段丘、およびレス-火山灰シーケンスにおけるOSL年代測定を概観し、それぞれの成果と問題点を総括する。

キーワード：第四紀、地質、海岸、ルミネッセンス年代

Keywords: Quaternary, geology, coast, luminescence dating

海底堆積物の光ルミネッセンス年代測定- レビュー-

Optically stimulated luminescence dating of marine sediments: a review

*杉崎 彩子¹、Buylaert Jan-Pieter^{2,3}、Murray Andrew²

*Saiko Sugisaki¹, Jan-Pieter Buylaert^{2,3}, Andrew Murray²

1.産業技術総合研究所、2.Aarhus University、3.Technical University of Denmark

1.Geological Survey of Japan, AIST, 2.Aarhus University, 3.Technical University of Denmark

Optically stimulated luminescence (OSL) dating determines the time that has elapsed since sediments were last exposed to sunlight; the technique is widely applicable to late Quaternary sediments. An OSL age is calculated by dividing the radiation dose that has been absorbed by mineral grains during burial by the rate of energy absorption from ionizing radiation during burial (dose rate). The dose is measured using luminescence techniques and the dose rate is calculated from a knowledge of the concentration of natural radionuclides (U- and Th-series and ⁴⁰K) in the sediment matrix. A prerequisite for obtaining an accurate luminescence age is that all grains have been exposed to sufficient sunlight to empty the prior trapped charge prior to burial.

In contrast to studies on land, the application of OSL dating to marine sediments has been limited. The main reasons appear to be difficulties during sample collection (ensuring light shielded condition), the usually fine-grained nature of the material and the evaluation of the life-time burial water content. Here we give an overview of luminescence dating applied to marine cores, discuss the recent methodological advances and the upper and lower age limits. Finally, we show the potential of OSL dating of marine cores when high sampling depth resolution is available.

キーワード：光ルミネッセンス年代測定、第四紀

Keywords: optically stimulated luminescence dating, Quaternary

後期更新世の海成段丘のルミネッセンス年代測定

Luminescence dating of last Pleistocene marine terrace

*伊藤 一充¹、田村 亨¹

*Kazumi Ito¹, Toru Tamura¹

1.産業技術総合研究所地質調査総合センター

1.Geological Survey of Japan, AIST

The marine terrace formed during sea-level highstand is important to understand the tectonics in the coastal area, Japan. To estimate the formed age of marine terrace is a key to reconstruct the uplift rate which is one of the most important tectonic information. In previous works, there were some uncertainties depending on indirectly age determination based on tephrochronology of terrestrial sediment, distribution of marine terraces in that area and so on. To determine the age of marine terrace directly, Post-infrared infrared stimulated luminescence (pIRIR) dating which can be used for sand samples from Late Pleistocene to present, was applied to the marine terrace. On the other hand, pIRIR signal was also applied to modern beach sands to know the difference of signal stabilities between difference areas and residual dose which was one of the most important factors in pIRIR dating. In seven outcrops of marine terraces of MIS5e, 7, 9 and 11 at Kamikita coastal plain, pIRIR ages were determined by using K-rich feldspar from subtidal sediments. Each age had no age difference between each subtidal facies of same outcrops because of measurement precision. However, considering error range, the average ages of samples from all subtidal facies of same outcrops were relatively concordant with expected ages of marine terrace which were based on Koike and Machida (2001). On the other hand, the luminescence characteristics of pIRIR signal such as signal stability were difference between each sampling area in Japan. This difference influenced the suitable choice of pIRIR protocols which had several differences between measurement temperatures. As a result, it suggested that we could apply pIRIR protocols to other marine terraces in Japan too, considering the signal stability depending on sampling area.

*This research project has been conducted as the regulatory supporting research funded by the Secretariat of the Nuclear Regulation Authority, Japan.

Koike K. and Machida H., 2001. Atlas of Quaternary Marine Terraces in the Japanese Islands. University of Tokyo Press, ISBN 4130607359 (in Japanese).

キーワード：pIRIR年代測定、海成段丘、後期更新世

Keywords: pIRIR dating, Marine terrace, Late Pleistocene

北日本における中期更新世に形成された海成・河成段丘のpIRIR年代測定

Luminescence chronology of the Middle Pleistocene marine and fluvial terraces in northern Japan using pIRIR dating

*近藤 玲介¹、塚本 すみ子²、横田 彰宏³、植村 杏太⁴、五十嵐 八枝子⁵、坂本 竜彦⁶

*Reisuke Kondo¹, Sumiko Tsukamoto², Akihiro Yokota³, Kyota Uemura⁴, Yaeko Igarashi⁵, Tatsuhiko Sakamoto⁶

1.皇學館大学、2.Leibnitz Institute、3.明治コンサルタント株式会社、4.日本大学、5.北方圏古環境研究室、6.三重大学

1.Kogakkan University, 2.Leibnitz Institute, 3.Meiji Consultant co.,ltd, 4.Nihon University, 5.Institute for Paleoenvironment of Northern Regions, 6.Mie University

●はじめに

海成段丘は、地盤運動の推移や頻度などを明らかにするために、指標地形として認識されてきた。また、河成段丘は、流域の気候環境や地学イベントの指標地形として認識されている。これらの段丘の地形発達史を明らかにするために、これまでの多くの研究では、構成層や被覆層から指標テフラを見出すことによって議論されてきた。しかし一方で、指標テフラが発見されない地域では編年が困難であった。特に、中期更新世の指標テフラが発見されることは限定的であり、MIS 5eより古い段丘面の編年の精度は低いといえる。また北日本では、離水後の段丘面や構成・被覆層が、氷期中の激しい周氷河作用によって堆積物の著しい擾乱や地形面の改変が生じて、その結果、段丘面の区分や汀線高度の認定が困難であるという問題もある。以上の理由から、本研究では、北日本における中期更新世に形成されたと考えられる海成段丘と河成段丘の発達の良いいくつかの地域（北海道北部頓別平野、北海道北東部岐阜台地、北海道南西部瀬棚平野など）において、ルミネッセンス年代測定法を適用し地形面編年をおこなった結果を紹介する。それらの編年結果に基づき、研究対象地域の地形発達史・層序や北日本の古環境上の意義を明らかにする。

石英のOSL 信号は約200 Gy で飽和することが経験的に知られており、日本ではMIS 5 以前の堆積物への石英のOSL 年代測定法の適用は困難である。そこで本研究では、より古い時代の堆積物に適用が可能とされる、長石を対象としたpost-IR IRSL (pIRIR; Thomsen et al., 2008; Buylaert et al., 2009)年代測定法を適用する。

●独立年代指標との比較

本研究では、北海道北東部岐阜台地の海成段丘において酸素同位体ステージ (MIS) 7に対比されているクッチャロ幌岩テフラ (Kc-Hr) 下位の砂丘砂や海成層として水中堆積した紋別火山灰1 (Mb-1) より試料を採取し、pIRIR年代測定結果と比較をおこなった。その結果、Kc-Hr下位からは222 ±15 ka, Mb-1からは259 ±14 kaという年代値を得た。以上の結果から、本研究のpIRIR年代値の信頼性は高いといえるとともに、MIS 7のサブステージを示す分解能を持つ可能性が示唆される。

●北海道北部頓別平野

頓別平野周辺に分布する海成段丘 (高位面) や頓別川右岸の河成段丘面を中心に地形・堆積物の記載とpIRIR年代測定をおこなった結果、高位面からは約340 ~370 kaの年代値が得られ、MIS 9に対比された。後期更新世の河成段丘面もあわせて編年を行った結果、頓別平野の中期更新世以降の地形発達史が明らかとなった。高位面を構成する花粉分析の結果から、中期更新世の北海道北部における絶対年代に基づく植生環境の変遷が初めて明らかとなった。

●北海道南西部瀬棚平野

利別川の中・下流域に分布する海成・河成段丘面の地形・堆積物の記載とpIRIR年代測定をおこなった。段丘面の標高が35~40 mの海成段丘面 (大谷地面) では、海成シルトと砂層 (大谷地層; たとえば、日下・矢野, 1984など) を海成段丘砂礫層が不整合に覆う。pIRIR年代測定の結果、大谷地層はMIS 7に対比され、段丘面を構成する砂礫層の年代値から、段丘面がMIS 5eに対比された。利別川左岸の標高約100~110 mに分布する河成段丘面 (トンケ川面) は、河成砂礫層が瀬棚層 (たとえば、能條ほか, 1999) を不整合に覆う。pIRIR年代測定の結果、トンケ川面の基盤である瀬棚層からは、397 ±21 kaの年代値を得た。トンケ川面は、層序からMIS 8~6に対比されると考えられる。これらの結果から、瀬棚平野の地形発達史が明らかとなっただけではな

く、北海道南西部に広く分布する瀬棚層の上限年代が示唆された。

●まとめ

以上の結果から、pIRIR年代測定法を段丘編年に適用することは、中期更新世以降の地形発達史を明らかにするにあたり有効な手法であることは明らかである。これらの結果に基づき、中期更新世以降の複合的な活構造と段丘地形の関係や、微化石を用いた古環境変遷、指標テフラの編年などが高分解能に議論可能である。本発表では上記の地域に加え、本州北部における中期更新世の海成／河成段丘のpIRIR年代測定結果とその意義についても紹介する。

引用文献：Buylaert et al., (2009) *Radiat. Meas.* 44, 560-565. ; 日下・矢野(1984)北海道開拓記念館研究年報, 12, 67-73. ; 能條ほか(1999)地質学雑誌, 105, 5, 370-388. ; Thomsen et al. (2008) *Radiation Measurements*, 43, 1474-1486.

キーワード：pIRIR年代測定、北日本、海成段丘、河成段丘、中期更新世

Keywords: pIRIR dating, northern Japan, marine terrace, fluvial terrace, Middle Pleistocene

アルカリ長石を用いた津波堆積物の光ルミネッセンス年代測定の可能性と問題点

Potential and problems of K-feldspar optically stimulated luminescence dating of tsunami deposits

*林崎 涼¹、白井 正明¹*Ryo Hayashizaki¹, Masaaki Shirai¹

1. 首都大学東京

1. Tokyo Metropolitan University

日本列島のような活動的島弧では、基盤岩から供給されてまもない石英が豊富であり、石英を用いた光ルミネッセンス (OSL) 年代測定では、Fast 成分の欠如や Fading により正確な堆積年代の見積りが難しいことがある。一方で、アルカリ長石を用いた OSL 年代測定では、Fading とブリーチに必要な露光時間が石英に比べて長いという問題が存在するが、OSL 成分の欠如により年代測定が難しいという問題はほとんどなく、また OSL 強度が強いことから若い年代の堆積物や単粒子での測定が容易であるという利点がある。本研究では、福島県相馬市と南相馬市において採取した東北地方太平洋沖地震の津波堆積物と、南相馬市において採取した貞観津波の津波堆積物を対象として、津波堆積物中のアルカリ長石を用いたルミネッセンス年代測定の可能性と問題点について検討した。

post-IR IRSL 測定で見積もった IR_{50} と $pIRIR_{150}$ の等価線量の比から、東北地方太平洋沖地震津波と貞観津波の津波堆積物のどちらでも、鉱物粒子は運搬・堆積過程においてほとんど露光していない可能性が高いことが明らかになった。このような特性はアルカリ長石を用いた OSL 年代測定に不向きであるといえる。ただし、東北地方太平洋沖地震津波堆積物のアルカリ長石単粒子を用いた IRSL 年代測定では、測定した試料のすべてで真の堆積年代を示すブリーチされたアルカリ長石粒子を含んでいることを確認した。東北地方太平洋沖地震津波堆積物には、津波直前には露光しやすい堆積環境に存在し、ブリーチされていたアルカリ長石粒子が含まれていると考えられる。一方で、南相馬市の貞観津波堆積物では、5 試料で合計 199 粒子のアルカリ長石粒子を測定したが、貞観津波の発生年を見積もれると考えられるアルカリ長石粒子は 1 粒子しか確認できず、半分近くの粒子は等価線量が 200 Gy を超えていた。南相馬市における東北地方太平洋沖地震津波と貞観津波の津波堆積物では、構成粒子の主要な供給源となった堆積環境が異なり、それが津波直前にブリーチされていたアルカリ長石粒子の含有量の差異をもたらしたと考えられる。津波堆積物の堆積年代をアルカリ長石の OSL 年代測定法で正確に見積もるためには、津波堆積物の主要な供給源を考慮し、津波直前によく太陽光に露光する堆積環境においてブリーチされていた粒子を抽出する必要があるといえる。

キーワード：光ルミネッセンス年代測定、post-IR IRSL 年代測定、単粒子 IRSL 年代測定、アルカリ長石、津波堆積物、福島県

Keywords: optically stimulated luminescence dating, post-IR IRSL dating, single grain IRSL dating, K-feldspar, tsunami deposits, Fukushima Prefecture

露光率が示す川から深海までの砂の旅

Journey of sand grains from river to deep marine estimated from bleaching percentage (BLP) of feldspar grains

*白井 正明¹

*Masaaki Shirai¹

1. 首都大学東京

1. Tokyo Metropolitan University

光ルミネッセンス年代測定法の基本原理であるOSL (Optically stimulated luminescence) 現象は, (1) OSL強度は鉱物が浴びた放射線量に応じて増加する, (2) 光を浴びると蓄えていたエネルギーを消費 (= 発光) し, 十分な露光によりOSL信号はリセット (= ブリーチ) される, 以上2点の特色を持つ. これらの特徴を利用して, 現世の堆積物を対象に, ある試料中に露光によってブリーチした粒子が含まれる割合, 「露光率 (bleaching percentage; BLP)」を用いた砂質粒子の運搬過程の研究を考案した. 2003年から2010年にかけて長石粒子のルミネッセンス (IRSL) を利用して, 川の砂 (円山川・由良川: 白井ほか, 2008; 天竜川: 白井, 2008; 熊野川: Shirai and Hayashizaki, 2013) から深海底の砂 (熊野沖: Shirai and Hayashizaki, 2013) まで様々な堆積環境の砂の露光率を測定する機会を得たので, それらの結果から推定された砂粒子の運搬過程について概観する.

キーワード: IRSL、露光、運搬過程

Keywords: IRSL, bleaching, transport process

更新世火山石英のRTL（赤色熱蛍光）年代測定

Red thermoluminescence (RTL) dating of Pleistocene volcanic quartz

*鷹澤 好博¹*Yoshihiro Ganzawa¹

1.北海道教育北海道教育大学 函館校

1.Hokkaido University of Education Hakodate Campus

The Red thermoluminescence (RTL) method using tephra quartz has been widely used to date Pleistocene volcanic activity. The RTL method has some useful advantages explained as follows; long trap life time (more than 10^7 - 10^9 years at room temperature 300K), little effect of anomalous fading and exceeding ability of dose response (Yawata and Hashimoto, 2004). The great potential of RTL method is realized when it is used for the dating of tephra products covering Pleistocene land forms in Japan. Additionally, single quartz grain RTL dating using SAR method (Wintle and Murray, 2003) was also employed for late Pleistocene tephra and succeeded in giving more accurate ages (Ogawa et al., 2011).

RTL research we have been carrying out using some tephra quartz grains in middle Pleistocene (ex. Hakkoda 1st stage pyroclastic flow) showed three type RTL emission patterns; mono-peak type, double-peak type and broad type.

A broad type with double peaks at around 300 and 360°C showed a quite different pattern when compared to the typical shape of a mono-peak type being commonly used for RTL dating, such as a late Pleistocene Toya tephra (Ganzawa et al, 2005).

The broad type of RTL emission is originating in ignimbrite, suggesting a high emplacement temperature over 800°C. Heating quartz grains up to 1000°C, using Hakkoda aquatic pyroclastic flow fixed at a temperature lower than 200°C, clearly showed a change of the RTL emission pattern from a mono-peak type to a broad type in accordance with temperature increment. The RTL pattern heated at 800°C agreed well with the pattern of the Hakkoda ignimbrite, presumably showing the emplacement temperature of 800°C in the volcanic products.

キーワード：赤色蛍光年代測定、更新世テフラ、RTL発光パターン

Keywords: Red thermoluminescence dating, Pleistocene tephra, RTL emission pattern

ルミネッセンス年代測定と放射性炭素年代の比較

—広域テフラ年代を例として—

The comparison of Red Thermoluminescence dating and Radiocarbon dating

*宮入 陽介¹、横山 祐典¹、塚本 すみ子²*Yosuke Miyairi¹, Yusuke Yokoyama¹, Sumiko Tsukamoto²

1.東京大学大気海洋研究所、2.ライプニッツ応用物理学研究所

1.Department of Nuclear Engineering and Management, School of Engineering, The University of Tokyo., 2.Leibniz Institute for Applied Geophysics

大規模な火山噴火では、その噴出物は広域に飛散されるため、地質学的、考古学的にいわゆる鍵層として利用されており、大規模噴火の年代値は、地質学的には他の堆積層、考古学上では遺跡の年代の年代値の基準として使われている。そのため、高精度な年代測定や信頼性の高い年代測定手法の確立が必要である。現在から約5万年前までは、主に放射性炭素年代測定法（以下¹⁴C法と表記）を使いテフラの年代が測定がなされ、また約10万年前のテフラでは主にK-Ar法を使って年代測定がなされている。

しかし、この¹⁴C法とK-Ar法の適応域の間である5万年前～10万年前のテフラの年代を測定しようとした場合には、信頼に足る年代測定手法が確立されているとは言い難い。筆者らはこの問題を熱ルミネッセンス法（以下TL法と表記）や光ルミネッセンス法（以下OSL法と表記）による解決を目指している。TL法やOSL法は自然放射線によって鉱物中に生成した不対電子が、準安定なサイト（トラップ）に蓄積することを利用して、トラップに蓄積された電子は、熱や光の刺激によって安定状態に戻る。その際に生じる発光現象を捉え、その発光量から試料の総被曝線量を求め、試料が堆積期間中に受けた年間線量率とあわせて年代を求める。という原理に基づいている。これらの手法はその適応年代範囲が現在～数百万年前程度と5万年前～10万年前の間の¹⁴C法とK-Ar法の空白域をカバーできるものとなっており、これら手法を用いることに高精度で高信頼度のテフラの噴出年代測定ができれば、この年代域の火山の噴火史の解明に飛躍的進展が期待できる。

筆者らはAT火山灰中の石英粒子を用い、特にその赤色のTLピークを用い年代測定を行った（RTL測定）。火山起源石英の赤色の発光ピークに卓越していることが、橋本らによって指摘されており（たとえば 橋本, 2000）、従来の青色域のTLピークを用いたTL測定（BTL測定）に比べ、信頼度の高い測定ができると考えられる。

従来これらの手法（TL法やOSL法）は¹⁴C法やK-Ar法の適応できない年代域での報告例は数多くあるが、¹⁴C法などで、age controlがなされているテフラで測定値をクロスチェックした報告例は十分とはいえない状況にあった。筆者らは¹⁴C法により年代の測定が数多くなされ信頼度の高い年代値が得られている（たとえば Miyairi et al., 2004など）AT火山灰試料等を用いて、¹⁴C法より求められた年代と比較検討した。

近年、¹⁴C年代測定も50,000までのIntcal13 (Reimer et al., 2004) が発表されたことにより長期の高精度暦年較正曲線が構築され、2万年～5万年までの年代範囲でもより高精度決定が可能となった。高精度放射性炭素年代と高精度ルミネッセンス年代測定法と組み合わせ手用いることは第四紀後期の高精度地質編年に有用な選択肢となりうる。

キーワード：始良Tn火山灰、放射性炭素年代測定、赤色ルミネッセンス年代測定、広域火山灰

Keywords: AT ash, radiocarbon dating, Red thermoluminescence dating, widespread tephra

特徴の異なる長石のルミネッセンス信号と地球科学への応用

Characteristics of various feldspar IRSL signals and their applications

*塚本 すみ子¹*Sumiko Tsukamoto¹

1.ライプニッツ応用物理学研究所

1.Leibniz Institute for Applied Geophysics

近年、長石の赤外励起ルミネッセンス (infrared stimulated luminescence; IRSL) の発光メカニズムに関する理解が進み、それとともに異なる条件で測定された信号の特徴が明らかになってきた。長石の年代測定で現在主流となっているpost-IR IRSL (pIRIR) 法は従来の低温で測定するIRSLと比べ、フェーディングの影響を受けにくく安定な信号が得られることが知られている。このうちもっとも普遍的に用いられるのはpIRIR₁₅₀, pIRIR₂₂₅およびpIRIR₂₉₀ (数字は測定温度) であるが、pIRIRの測定温度の選択方法には明確な基準がない。これらと比較すると高温のpIRIRほどよりフェーディングしにくく、熱的にも安定であるが、ブリーチしにくいことが明らかになってきた。したがって高温のpIRIRは河川堆積物など、ブリーチが難しい環境で堆積した堆積物には不向きと言える。一方、IRSLの測定時に励起光として用いる発光ダイオード (以下LED) にパルスをかけ、LEDがオフの時にのみ信号を測定するパルスIRSLからもフェーディング率の少ない安定な信号を得ることができる。最近の研究により、パルスIRSLは安定であるだけでなく、pIRIRよりも早くブリーチすることが明らかになった。本発表ではこれらの特徴の異なる長石のルミネッセンス信号について解説するとともに、最近開発されたOSL熱年代学についても紹介する。

キーワード：ルミネッセンス年代測定、長石、OSL熱年代学

Keywords: luminescence dating, feldspar, OSL thermochronology

方解石を用いた熱ルミネッセンス年代測定：フィリピン共和国ルソン島の流体からの沈着脈への応用
Thermoluminescence dating of calcite: Application to calcite vein deposited from groundwater in Luzon, Philippines

*小形 学¹、長谷部 徳子²、福士 圭介²、藤井 直樹³、山川 稔³、佐藤 努⁴

*Manabu Ogata¹, Noriko Hasebe², Keisuke Fukushi², Naoki Fujii³, Minoru Yamawaka³, Tsutomu Sato⁴

1.金沢大学大学院自然科学研究科、2.金沢大学環日本海域環境研究センター、3.原子力環境整備促進・資金管理センター、4.北海道大学 大学院工学研究院

1.Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, 2.Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 3.Radioactive Waste Management Funding and Research Center, 4.Graduate School of Engineering, Hokkaido University

方解石の熱ルミネッセンス年代測定法は、1)年代適用範囲が数千年から約100万年で、第四紀に適用できる、2)放射性元素に乏しい試料に適用できる、といった利点があり、¹⁴C法や²³⁰U-²³⁴Th法と併せて方解石の年代測定の一翼を担っている。これまで方解石熱ルミネッセンスは、石灰岩や石筍等の炭酸塩堆積物や貝化石や珊瑚化石、ナメクジの殻等の生物起源方解石等の年代測定に利用されてきた。最近では、方解石熱ルミネッセンス年代測定を行う際には、加熱による物性変化に伴うルミネッセンスの感度変化や、放射線の違いによる熱ルミネッセンス特性の差について考慮し、補正を行わなければならないことが明らかになっている。本研究はこのような方解石熱ルミネッセンスの特徴を考慮して、高アルカリ水から析出した炭酸塩脈の年代決定を行った。原子力発電に伴って発生する放射性廃棄物の地層処分システムにはセメントやベントナイトが使用されているが、セメント系材料から溶出する高アルカリ水とベントナイト緩衝材の相互作用によって人工バリアシステムが劣化するという指摘があり、評価が必要である。フィリピン共和国ルソン島では、オフィオライトとベントナイト層が近接しており、オフィオライトを起源とする高アルカリ地下水が岩盤の割れ目に沿って上昇し、ベントナイト層と接触する。このような地層処分システムに類似した自然界における現象を研究する事で、地質時間にわたるベントナイトとアルカリ水の反応の時間スケールの評価を行う事ができる。

ルミネッセンス感度変化を評価するために、SARA(single-aliquot regeneration and added -dose)法を用いて蓄積線量の補正を行った。また各種放射線(α線, β線, γ線, X線)による照射実験を行うことで、放射線の違いによる熱ルミネッセンス形成効率の差を調べ、その結果を考慮し、年間線量を評価し年代を計算した。

なお、本報告は経済産業省資源エネルギー庁の委託事業平成23-26年度「放射性廃棄物重要基礎技術研究調査」により実施した研究成果の一部である。

キーワード：熱ルミネッセンス、方解石

Keywords: Thermoluminescence, Calcite

熱ルミネッセンス (TL) の複数波長領域の同時観察による線量依存性の検討

Examination of dose dependence for quartz-TL using automated reader with four optical paths

*下岡 順直¹、山本 順司²、三好 雅也³、小畑 直也⁴、長友 恒人⁵

*Yorinao Shitaoka¹, Junji Yamamoto², Masaya Miyoshi³, Naoya Obata⁴, Tsuneto Nagatomo⁵

1.立正大学地球環境科学部環境システム学科、2.北海道大学総合博物館、3.福井大学教育地域科学部、4.(株) 蒜山地質年代学研究所、5.奈良教育大学

1.Department of Environment System, Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University,

2.Hokkaido University, 3.University of Fukui, 4.Hiruzen Institute for Geology and Chronology Co., Ltd., 5.Nara University of Education

熱ルミネッセンス (TL) の発光波長は、熱刺激によって電子捕獲中心から励起された電子がどのエネルギー準位の正孔中心と再結合するかで起因する。石英では複数の正孔中心が存在すると考えられるため、複数の波長領域でTL発光が起こっている。そのため、石英のTLを用いた年代測定では、蓄積線量評価に適した発光波長を選択することが重要である。理想的には、直線性な線量依存性が得られる波長を選択することが良く

(Nagatomo *et al.*, 1999)、相対的に単純な線量依存性を示す発光波長領域を選択することが求められる。しかし、そのためには、試料の量や実験に要する時間などの制約がかかる。そこで、複数の波長領域のTLデータを一度に得ることで、波長領域の選択を容易にした装置がNUE-05-OSLTL (Shitaoka, 2015) である。これまでも、テフラのTL測定などにおいて、発光波長の選択に有効性を示してきた (下岡ほか、2013)。

今回、地熱活動が活発な別府地域の鬼箕玄武岩から抽出した石英について、TLの線量依存性を観察した。鬼箕玄武岩には、捕獲された石英鉱物が最大0.6 vol%含有されている (太田ほか、1992)。その石英を抽出して測定に供した。

TL測定は、NUE-05-OSLTL を用い、窒素雰囲気中で昇温速度5°C / 秒で室温から400°Cまで連続昇温法で行った。検出する波長は、300~390 nm、390~590 nm、570~700 nm、350~700 nm (すべて半値幅) である。

ポスターでは、それぞれの波長領域で見積もった線量依存性について紹介する。

キーワード：熱ルミネッセンス、線量依存性、直線性、石英、鬼箕玄武岩

Keywords: Thermoluminescence, dose dependence, linearity, quartz, Oninomi lava

合成方解石を用いた α , β , γ , X線に対する熱ルミネッセンス特性研究

Measurement of thermoluminescence efficiencies induced by alpha, beta, gamma and X-ray using synthetic calcite

*小形 学¹、長谷部 徳子²、福土 圭介²、藤井 直樹³、山川 稔³、佐藤 努⁴

*Manabu Ogata¹, Noriko Hasebe², Keisuke Fukushi², Naoki Fujii³, Minoru Yamakawa³, Tsutomu Sato⁴

1.金沢大学大学院自然科学研究科、2.金沢大学環日本海域環境研究センター、3.原子力環境整備促進・資金管理センター、4.北海道大学 大学院工学研究院

1.Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, 2.Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 3.radioactive Waste Management Funding and Research Center, 4.Faculty of Engineering, Hokkaido University

方解石熱ルミネッセンスは石英と比較し、基礎的な理解が不十分な点が多く、近年では年代測定に用いられる例は少ない。主な問題としては方解石熱ルミネッセンス特性と不純物濃度の関係について理解が進んでいないことが挙げられる。方解石熱ルミネッセンス特性は不純物濃度に強く依存することが報告されているが、それらの定量的な関係や、放射線の違いによる熱ルミネッセンス特性の差については考慮されていない。

これまでに、天然炭酸塩を用い、化学組成を測定するとともに、各種放射線(α 線, β 線, γ 線, X線)によるルミネッセンス形成効率を調査した結果、Mg, Mn, Fe濃度が発光特性に大きく寄与を与える可能性が明らかになった。本研究では、方解石の不純物濃度と熱ルミネッセンス特性の関係を明らかにするために、微量元素濃度を調整した方解石を合成し、 α , β , γ , X線による熱ルミネッセンス特性を調べた。

本研究室では、検量線作成に用いる人工放射線としてX線を用いている。試料に α 線(^{241}Am), β 線(^{90}Sr)もしくは γ 線(^{60}Co)を照射した後、X線を用いたSAR法にて、等価線量を測定した。各放射線で与えた線量と測定した等価線量を比較してX線に対する各種放射線の熱ルミネッセンス発光効率(a-x-value, b-x-value, c-x-value)を求めた。

Mnを添加した試料のc-x-valueは、無添加試料(0.60)やMgのみを添加した試料(0.70)と比較し、0.12-0.40と低い値を示した。またMn濃度とc-x-valueが逆相関関係であることが明らかになった。MnとMg、またはMnとFeを添加した試料はMnのみを添加した試料と比較し、若干低い値を示したが、MgやFe濃度による差は見られなかった。これらの結果より、Mnはc-x-valueを低くする効果を持ち、MgやFeがc-x-valueに与える影響はMnに比べ無視できる程度であると考えられる。

本発表にて、a-x-value, b-x-valueの結果についても報告する。

キーワード：熱ルミネッセンス、方解石

Keywords: Thermoluminescence, Calcite

木津川流域の現河床堆積物とその周辺の基盤岩中に含まれる石英粒子のESR/TL特性

Characteristics of ESR and TL signals of quartz in the present river bed sediments and in possible source rocks around Kizu River

*島田 愛子¹、高田 将志²、豊田 新³、蛭川 清隆³

*Aiko Shimada¹, Masashi Takada², Shin Toyoda³, Kiyotaka Ninagawa³

1.株式会社 JEOL RESONANCE、2.奈良女子大学、3.岡山理科大学

1.JEOL RESONANCE Inc., 2.Nara Women's University, 3.Okayama University of Science

沖積平野や台地などは、主に河川による土砂の運搬と堆積作用で形成されており、その形成過程において地殻・地盤運動や海面変化の影響を受けている。河川に流れる水は、その周辺に分布する火成岩、風化した火成岩や堆積物などを削剥し、その碎屑物を運搬する。碎屑物は、河川により運搬され、その水流がゆるやかになると、それ以上動かなくなり、そこに堆積する。そのため、河床堆積物とその供給起源になりうる周辺の基盤岩などに含まれる石英を調べることで、その特性から供給起源を推定できる可能性がある。近年、電子スピン共鳴(ESR)法や熱ルミネッセンス(TL)法などを用いて堆積物の供給起源を検討する研究がなされている。例えば、風成塵中の石英粒子のESR信号は、その供給起源を推定する有用な指標として用いられている[1][2]。異なる起源の火成岩中の石英粒子のESR信号特性は、現河床堆積物の供給起源を推定するために利用できる可能性も示されている[3]。その他に、起源の異なる堆積物中の石英粒子の熱ルミネッセンスカラー画像(TLCI)の発光色を利用してそれらを識別する検討もされている[4][5]。

本研究では、木津川流域の現河床堆積物とその周辺に分布する基盤岩中の石英粒子のESR/TL信号から、現河床堆積物中に含まれている可能性のある基盤岩の混合割合や河川の合流による信号の変化について検討した。試料から抽出した石英粒子は、粒径120-250 μm に粉碎して揃えた後、2.5 kGyの γ 線の照射を行った。ESR信号は、ESR装置(JES-X320 : (株)JEOL RESONANCE製)を用いて測定し、それらの信号強度の違いについて検討した。TL信号は、時間分解分光計測システム(Time-Resolving Spectroscopy System)を用いて、0.5 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ にて昇温させながら、青色と赤色の波長領域を観測した。

結果、現河床堆積物中の石英粒子のESR/TL信号は、その起源となりうる基盤岩などの石英粒子の混合により、再現できる可能性が示された。

References:

- [1] Naruse, T., Ono, Y., Hirakawa, K., Okashita, M., Ikeya, M., 1997. Source areas of eolian dust quartz in East Asia: a tentative reconstruction of prevailing winds in isotope stage 2 using electron spin resonance. *Geogr. Rev. Jpn.* 70A-1, 15-27.
- [2] Toyoda, S., Naruse, T., 2002. Eolian Dust from Asia Deserts to Japanese Islands since the last Glacial Maximum: the Basis for the ESR Method, *J. Geomorph. Union.* 23-5, 811-820.
- [3] Shimada, A., Takada, M., Toyoda, S., 2013. Characteristics of ESR signals and TLCLs of quartz included in various source rocks and sediments in Japan: a clue to sediment provenance. *GEOCHRONOMETRIA.* 40(4), 334-340, DOI 10.2478/s13386-013-0111-z.
- [4] Hashimoto T, Koyanagi A, Yokosaka K, Hayashi Y and Sotobayashi T, 1986. Thermoluminescence color images from quartz of beach sands. *Geochemical journal* 20,111-118.
- [5] Ganzawa, Y., Watanabe, Y., Osanai, F., Hashimoto, T., 1997. TL color images from quartzes of loess and tephra in China and Japan, *Radiat. Meas.* 27, 383-388.

キーワード：熱ルミネッセンス、電子スピン共鳴、堆積物の供給起源、石英、河床堆積物

Keywords: thermoluminescence, Electron Spin Resonance, sediments provenance, quartz, river bed sediments

河成段丘堆積物のOSL年代測定と指標テフラ分析

OSL dating and tephra analysis of fluvial terrace sediments

*徳安 佳代子¹、田村 糸子¹、小松 哲也¹、安江 健一¹

*Kayoko Tokuyasu¹, Itoko Tamura¹, Tetsuya Komatsu¹, Kenichi Yasue¹

1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1. Japan Atomic Energy Agency

隆起や侵食に関連して生じる地質環境の長期変化を把握することは、高レベル放射性廃棄物地層処分の安全評価において重要である。10万年程度の隆起速度は、段丘面を基準面として、その比高や離水年代によって見積られる。OSL年代測定法は、堆積物に普遍的に存在する石英や長石に適用できるため、離水年代を決定するのに効果的な手法である。近年、欧州や豪州などの大陸で一般的に適用されているものの、日本での適用は少なく、特に河川堆積物のOSL法を用いた年代測定事例は限られている。そこで本研究では、日本における段丘堆積物中の石英を用いたOSL年代測定法を整備するため、堆積物に挟在する指標テフラとの関係性から、OSL法を用いた年代測定結果の妥当性と手法の有効性について検討する。試料は木曾川沿い及びその支流の付知川沿いの河成段丘堆積物から採取した。段丘堆積物は、葉理の発達した砂層及び二次堆積したと考えられる軽石層から構成されている。軽石層は、鉱物組成、火山ガラスや斑晶鉱物の屈折率及び主成分分析により、0n-Pm1テフラ（100ka；小林ほか，1967；竹本ほか，1987）であると同定された。これは、段丘堆積物が100ka以降に堆積したことを示している。堆積物試料から抽出した石英粒子を通常のSAR法（Murray and Wintle, 2000）で測定した結果、40～50kaの年代値が得られた。試料のOSL信号（減衰曲線）は、OSL年代測定に不適なmedium成分からなるため、年代値が低く見積られている可能性がある。そこで、年代測定に最適なfast成分を解析で抽出し、その信号を用いた蓄積線量について検討を行う。

本報告は、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「地層処分技術調査等事業（地質環境長期安定性評価確証技術開発）」の成果の一部である。

キーワード：光ルミネッセンス年代測定、河成段丘堆積物、御岳第1テフラ

Keywords: OSL dating, Fluvial terrace sediments, 0n-Pm1

霞ヶ浦西浦湖岸平野堆積物のルミネッセンス年代測定

Luminescence dating of lacustrine lowland sediments around Lake Kasumigaura

*羽田 一貴¹、伊藤 一充²、田村 亨²、山口 直文³

*Kazuki Haneta¹, Kazumi Ito², Toru Tamura², Naofumi Yamaguchi³

1.茨城大学大学院理工学研究科、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター、3.茨城大学 広域水圏環境科学教育研究センター

1.Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, 2.Geological Survey of Japan, AIST, 3.Center for Water Environment Studies, Ibaraki University

霞ヶ浦は茨城県南東部に位置する海跡湖であり、沿岸部に海水準変動に対応し形成したとされる湖岸平野が広がっている。海水準変動と関連する湖岸平野の地形発達史を研究することは、湖の古環境や気候変動を考える上で重要である。これまでの研究で地形的な特徴などから湖岸平野の形成史が検討されてきたが、絶対年代による議論が不十分であり、未解明な部分が多い。そこで、本研究では霞ヶ浦湖岸平野堆積物の光ルミネッセンス年代を求め、湖岸平野の形成、発達過程を解明することを試みた。

茨城県行方市五町田の湖岸平野において、湖岸-台地方向に側線をとって、ジオスライサーを用いて9地点のコア試料を得た。コアから厚さ5 cmの6試料を暗室内で採取し、ふるい、薬品処理により、粒径120-250 μm の石英と長石を抽出した。石英のOSL信号を測定したところ、年代測定に不向きな減衰速度の遅い成分が卓越することが明らかになった。そこで、長石のpost-IR IRSL (pIRIR) 年代測定法とIRSL年代測定法を用いて等価線量を求めることにした。測定条件は、テストの結果からプレヒート温度とカットヒート温度が200°C、ホットIRブリーチが205°Cとした。pIRIRの測定温度は、先行研究において湖岸平野が縄文海進期以降に形成されたとされているため、若い年代で有効である比較的低温の170°Cとした。pIRIR₁₇₀のテストで、残存線量が約1 Gy以下、フェーディング率が0-1%前後になり、pIRIR₁₇₀が有効であることを確認した。一方で、IRSL₅₀のフェーディング率は、10%前後であった。

pIRIR₁₇₀およびIRSL₅₀の結果、ジオスライサーで採取された試料の深度が深くなるにつれて、等価線量が大きくなる傾向がみられた。pIRIR₁₇₀の等価線量は、台地側の一番深い1試料で約50 Gy、その他の5試料で1-15 Gy前後を示した。今後は、ICP-MSによる放射性核種濃度の定量から年間線量を求め、年代値を算出し、¹⁴C年代との比較検討を行う。

キーワード：光ルミネッセンス年代測定、pIRIR年代測定、霞ヶ浦、湖岸平野

Keywords: OSL dating, pIRIR dating, Kasumigaura, lacustrine lowland