

トップコラム / 奈良教育大学教育学部 教授 長友 恒人

放射線と蛍光 / シリーズ2 光ルミネッセンスの基礎

放射線にかかわる偉人たち / 第4回 アーサー・コンプトン

お願い / 名義変更の手続きについて

お年玉クイズ / 当選者発表

ト
ッ
プ
コ
ラ
ム
52

長友 恒人

ところ変われば線量率も変わる

宮城県栗原郡築館町は市町村合併で2005年4月に栗原市になった。水鳥の越冬地として知られる伊豆沼があり、栗駒山を北西に遠望する旧築館町には2000年秋まで毎年通った。「旧石器遺跡」の年代推定のためであったが、2000年に毎日新聞が石器を埋め込む現場を押さえてスクープした「上高森遺跡」は、日本考古学協会等による検証発掘調査で2001年に「ねつ造」と認定された。地層の年代測定結果から50万～60万年と推定された「前期旧石器遺跡」のことは、地元紙はもとより毎日新聞を含む全国紙やテレビなどでしばしば取り上げられていた。

考古学や地質学分野で利用される年代測定法としては、放射性炭素法(C-14法)がよく知られているが、タンデトロン加速器と質量分析器を組み合わせる加速器質量分析法(AMS法)でも5.5～6万年(半減期の10倍程度)より古い炭素には適用できない。筆者が取り組んでいるルミネッセンス年代測定法はAMS法がカバーできない古い年代を測定する方法の一つである。天然の鉱物が引き起こすルミネッセンス現象は古くから知られており、蛍石は加熱すると肉眼で観察できるほどの発光をする。熱ルミネッセンス線量計や光ルミネッセンス線量計として高感度の人工素子が開発されて、被ばく線量測定に応用されているが、10数年前に滞在したサンパウロ大学(ブラジル)では蛍石が被ばく線量管理に使用されていた。

ルミネッセンス年代測定法では、鉱物が記憶している積算放射線量(蓄積線量)を評価することによって年代を推定する。これを年代に換算するためにその鉱物が吸収してきた線量率(年間線量)を評価して、ルミネッセンス年代(y) = 蓄積線量(Gy) / 年間線量(Gy/y)とする。

出土遺物が石器に限られる旧石器遺跡では石器を包含する地層の測定年代から人類の活動時期を推定する。鉱物であれば何でもよいというわけではなく、線量依存性や感度の良さから石英や長石を測定試料とする。雑多な鉱物や粘土鉱物と有機物を含む土壌試料を処理して、石英や長石をモノミネラル状態にすることができれば、蓄積線量評価は半ば成功したようなものである。年間線量は線量計素子を使用して直接測定したり、放射性元素の分析から計算したりする。年代を算出する式から明らかなように、年間線量評価の正確度と精度は蓄積線量評価と同じ重みをもつが、年間線量評価は蓄積線量評価より軽視されているきらいがある。

サンプリングに出かけるときにはポケット線量計と線量率計を携帯する。核実験場跡のアトミックレイク(カザフスタン)湖畔やウラン鉱脈(実はモナザイトであった)を調査するために掘られた後に廃棄された坑道の入り口(フェロ・ド・モロ; ブラジル)の空間線量率が日本の平均的な値の数100倍であったことは例外としても、5～6倍の空間線量率は珍しくない。逆に宇宙線量率が大きい海拔4000メートルのネパール高地で、わずか0.138 $\mu\text{Sv/h}$ であったときには、測定器の故障かと訝ったが、持ち帰った岩石の蛍光X線分析結果から、 K_2O 含有量が極端に少ないことが原因と分かった。「ねつ造旧石器遺跡」の現場で50万年に達する地層の年代が測定できたのは、東北地方の太平洋側では K_2O 含有量が少ない地点が多く、ベータ線とガンマ線の年間線量が少ない(0.05～0.1mGy/y)ため、積算線量計としての鉱物のルミネッセンス強度が飽和領域に達していなかったことによる。アルタイ(シベリア)やイムジン河流域(韓国)の旧石器遺跡では年間線量が0.4～0.5mGy/yもあり、10万年を超える地層のルミネッセンス強度はサブリア領域にあるため、20～30万年程度が測定限界になりそうである。

最近の発掘調査の成果と我々の測定結果によれば、日本にも中期旧石器時代が存在したことがほぼ確実にできてきた。「やれやれ」である。

.....
ながとも つねと(奈良教育大学教育学部 教授)

プロフィール 1943年ユジノサハリンスク生まれ。1968年京都大学工学部原子核工学科卒業、1973年同大学院工学研究科博士課程を修了し、退学。核外電子の消滅現象で工学博士を取得。1973年奈良教育大学教育学部助手、講師、助教授を経て、1991年同大学教授。放射線物理学、広島・長崎の原爆線量評価およびアクシデントドジメトリーの研究を経て、現在はルミネッセンス年代測定法の開発と考古学・文化財試料、地質試料の年代測定に専念。縄文と旧石器の考古学を勉強しながら、年代測定をベースにした「年代学」を模索中。

放射線と蛍光

シリ-ズ2]

光ルミネッセンスの基礎



(独)放射線医学総合研究所 放射線安全研究センター 宇宙放射線防護プロジェクト

第2チームリーダー 保田 浩志

前号では、放射線測定に利用される「蛍光」に、いろいろな種類のものがあることを述べました。本号では、このうち、近年放射線管理等での利用が広がりつつある「光ルミネッセンス」を取り上げ、そのメカニズムや読み取るための技術について概略を述べてみたいと思います。

光ルミネッセンスとは

放射線を浴びた時にそのエネルギーの一部を蓄え、ある刺激を受けると蓄積していたエネルギーを蛍光として放出する物質があります。この時の刺激に光(紫外線や可視光)を用いる場合、放出される光は「光ルミネッセンス」と呼ばれます。「輝尽発光」などの呼び名もあります。そして、放射線の量に比例した強さの光ルミネッセンスが照射後長時間にわたり安定して得られるような物質は、「光ルミネッセンス線量計」として利用することができます。

放射線を浴びなくても光を当てると発光する物質もありますが、放射線防護の分野では、こうした放射線と関係のない素子固有の蛍光は「ブレドーズ」と呼んで区別しています。ブレドーズが大きい又は不安定だと、少ない線量を精確に測ることは難しくなります。

慣例的に、刺激光より波長の長い(エネルギーの低い)

蛍光はradiophotoluminescence(RPL)、波長の短い(エネルギーの高い)蛍光はoptically stimulated luminescence(OSL)と呼ばれます。OSLと同じ意味で、photostimulated luminescence(PSL)という用語も使われます。

RPLの読み取り

光ルミネッセンスの歴史は古く、1940年代には蛍光体の分野でいくつかの光ルミネッセンス物質が見つかっていました。そして、1950年代初めには、世界初のRPL線量計が米国で開発されました。その報告を受けて日本でもRPL線量計の研究開発が始まり、1961年にはガラス線量計が商品化されました。

しかしながら、ガラス線量計には、ブレドーズが大きいために測定下限が高く、汚れ等の影響で精度や再現性が悪くなるという問題があったため、需要が急速に低下しました。1980年代に入り、窒素ガスレーザーを用いた連続パルス励起法が開発され、放射線誘起の成分のみを分離して読み取れるようになって以降は、フィルムバッジに置き換わる形でガラス線量計の利用が広がりました。

今日では、RPLといえば、このガラス線量計の光ルミネッセンスを意味すると言っても過言ではありません。

OSLの読み取り

刺激光より短い波長域にあるOSLについては、RPLと異なり、ブレドーズはそれほど問題になりません。そのため、低い線量を測る場合でも、光刺激を行いながらOSLを連続的に読み取ることができます。このような連続刺激によってOSLを読み取る方法はContinuous-Wave OSL(CW-OSL)法と呼ばれます。

米国で開発され個人被ばく管理等で普及しているアルミナ($Al_2O_3:C$)のOSL線量計は、通常、波長525nmの緑色レーザー光で連続刺激を行い、ピーク波長が420nmあたりのOSLを読み取っています。医療や生命科学等の分野で普及が著しいイメージングプレート($BaFBr:Eu^{2+}$

結晶の粉末シート)では、波長633nmのHe-Neレーザー光で表面を走査し、ピーク波長が約390nmの蛍光をCW-OSL法で順次読み取り二次元のデジタル画像を得ています。

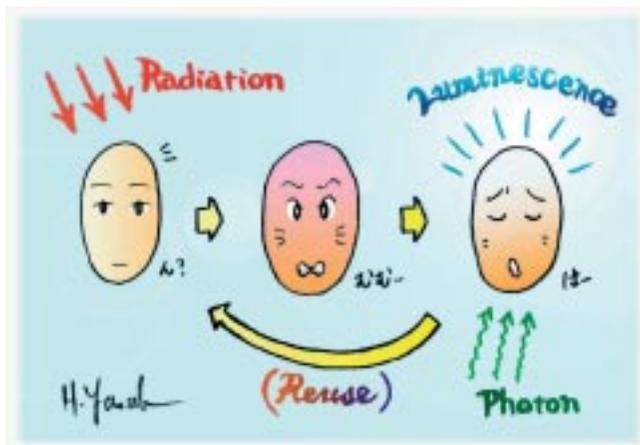
ブレドーズの分離が必要ないOSLには、パルス刺激を要するRPLに比べ、読み取り装置を小型で安価なものにできるという利点があります。既に、米国のラン

ダウア社により、長寿命の緑色LEDを励起光源とした卓上型のリーダーが開発されています。

なお、OSLの読み取り技術には、CW-OSL法以外にも、Linear-Modulation OSL(LM-OSL)法やPulsed OSL(POSL)法等があります。LM-OSL法は、熱ルミネッセンスを測る時のように、刺激光の強度を一定の割合で強めながらOSLを読み取るもので、放射線エネルギーの蓄積メカニズムを考察するのに有用な情報が得られます。POSL法は、一定の時間間隔でパルス光刺激を行い、その間のOSLだけを読み取るもので、刺激光とOSLの波長が近くフィルターでの分離が難しい場合に威力を発揮します。

このような多様な読み取り法が考案・使用されていることから分かるように、OSLを利用した線量測定技術については、現在も新たな開発や改良が試みられており、研究者や技術者にとって魅力あるターゲットになっています。

次号では、更なる進化の可能性を秘めたOSLについて、いろいろな分野における応用事例と将来期待される展開等について述べてみたいと思います。



放射線にかかわる偉人たち

第4回

アーサー・コンプトン



アーサー・コンプトン(1892-1962)

アメリカの物理学者。炭素などの軽い元素などによるX線の散乱を研究。1923年に「コンプトン効果」を発見したことにより、1927年ノーベル物理学賞を受賞

しました。原爆の開発にも関わっています。

学長一家

1892年、アメリカのオハイオ州ウースターに、3人兄弟の末っ子として誕生。父エリアスはウースター大学の哲学教授。長兄のカールは物理学者。現在のマサチューセッツ工科大学の基礎を築いた学長でもあり、のちにアーサーと共に原爆の開発に関わっています。さらに次兄のウィルソンは経済学者でワシントン州立大学¹の学長。アーサー自身もウースター大学やワシントン大学²の学長を経験しています。兄弟揃って有名大学の学長とは、なんとも見事な経歴の家系であります。

1 2 ワシントン州シアトルにあるのが州立大学、ミズーリ州セントルイスにあるのが私立大学。全く別の大学ですが、両校とも名門校です。

アーサーの根本を司るもの

コンプトン家は代々敬虔なクリスチアンの家系で、父は長老派教会の牧師であり、母はメノナイト³。両派ともプロテスタント系で「再洗礼派」と呼ばれ、聖書の教えを忠実に守り、成人してからの再洗礼や無抵抗主義を貫く宗派です。また、姉はパキスタンやインドで布教活動を行うなど熱心な信者でした。こうした環境がアーサーの考え方に影響を及ぼさないはずもなく、学者としての人生を生きる一方で、宗教的平和活動にも積極的に参加しています。その活動の一環として来日したこともありました。

3 メノナイトから派生したアーミッシュは、いまだに電気や水道に頼らず、移動は馬車を使用という中世さながらの生活様式を守っているユニークな信徒として知られています。

偉大なる父

幼少時代から彼は、科学、特に航空学に興味を持っていました。ハレー彗星の写真を撮ったり、グライダーを作って飛ばしたりと好奇心は旺盛だったようです。しかし、大学卒業時にはやはり両親の影響もあってか、宗教的な職業に就くべきか、科学の道に進むべきか悩

みました。そんな彼に、父のエリアスは、科学者の道に進むべきだとアドバイスしたとか。今にして思えば、アーサーの才能を見出していたということでしょうか？

充実した人生

1913年ウースター大学を卒業したアーサーは、プリンストン大学で修士・博士の学位を得ます。1916年にはクラスメイトだったベティと結婚。彼女は知性の面からも、情熱の面からも、良き伴侶だったようです。結婚後はミネソタ大学やケンブリッジ大学に所属しつつ、大会社で研究技師としても働いていました。また、ワシントン大学の総長や名誉教授など学術的な地位を確固たるものにする傍ら、長老派教会の重鎮としても様々な任を得ています。

コンプトン効果

X線の研究は長兄のカールから手ほどきを受けたもので、プリンストン時代から研究を重ねていたようです。ある日、X線を金属に照射していると、金属を通り抜けてくるX線の中に、照射したX線より波長の長いものが含まれていることを発見します。それまでX線は波だと考えられていましたが、粒子と考えれば説明がつかうと思ったアーサーは、その研究成果を1923年『フィジカル・レビュー』に発表。結果、アインシュタインの光量子説を証明したことになりました。このいわゆる「コンプトン効果」と呼ばれる現象の発見に対して1927年、C.T.R.ウィルソンと共にノーベル物理学賞を受賞しました。

マンハッタン・プロジェクト

1942年からはシカゴ大学内の冶金研究所所長として勤務しました。この研究所は初めて核反応炉を開発し、プルトニウムをウランから分離するのに必要な技術を考案。のちのマンハッタン・プロジェクトに繋がっていきます。そして彼は原爆の使用決定にも関わっています。

辿り着いた先は

ノーベル賞受賞後は、X線だけでなく宇宙線の研究にも勤しみました。戦後は、アイソトープや原子力エネルギーの利用、原爆を管理する「国際管理機関」の必要性を訴えるなど、原子力の平和利用の指導的立場を貫き、1962年故郷のウースターで脳溢血により69歳の生涯を閉じました。

アーサーにとって、科学と信仰は同列に存在するものであり、また科学は自由な人間として成長を促し、幸せに導くべきものであると信じていました。何か大きな発見を成し遂げるには、とてつもなく強く信じる心とバランスが大切なのかもしれません。

お願い

カスタマーサービス課より

名義変更の手続きについて

名義変更とは、従来の着用者に代わって、新しく名義変更欄に記入された方がその後も継続してバッジを使用することです。新しい着用者は、以前の方とは違う個人番号で登録され、測定データ等も別々に管理されます。名義変更の際は以下の点にご注意ください。

着用期間途中での名義変更はできません。名義変更のご依頼をいただいても、バッジの準備・発送のタイミングで1~2回は新しい着用者のお名前です送付できない場合がございます。その場合は、新しい着用者のバッジが届くまで、必ず前着用者のバッジをご使用ください。測定報告書は名義変更された登録内容で報告いたします。

名義変更の手続きは、以下の要領にて行ってください。

当社よりお送りしている「バッジ測定依頼書兼登録変更依頼書」に必要事項を記入し、FAXもしくは電話にてできるだけ早く当社までご連絡ください。

バッジ返却の際は、必ずバッジと同一着用期間の「バッジ測定依頼書兼登録変更依頼書」にご記入の上、バッジと一緒にご返送ください。ご記入がない場合は名義変更を行うことができませんのでご注意ください。



お年玉クイズ 当選者発表

「NLだより」1月号(No.337)の「お年玉クイズ」に多数のご応募ありがとうございました。厳正な抽選の結果、右記の方々が当選されました。おめでとうございます。抽選は、読者代表として静岡県立大学名誉教授 五島廉輔様に来社していただき、当社の中井社長と二人でハガキをひいて当選者を決定しました。

答 5番(2月)



左から2人目 中井社長、右から2人目 五島廉輔様

当選者

A賞 ハイビジョンHDD / DVDレコーダー

広島県 岡本和昌様

B賞 PSP(プレイステーション・ポータブル)

福島県 内海綾菜様 大分県 安達謙蔵様
千葉県 神田 徹様

C賞 iPod shuffle

島根県 吉田英樹様 岐阜県 小池和由様
福井県 城谷嘉宏様 千葉県 樋口直輝様
和歌山県 山田佳子様 徳島県 佐野万博様
埼玉県 井草朋一様 愛知県 菊澤良弘様
大阪府 海野 勇様 広島県 太田真知子様

編集後記



今号は、偶然にも「トップコラム」の長友先生と「放射線と蛍光」を保田先生が、ともにルミネッセンスに関連したお話をされています。幼い頃、一人で床について真っ暗の中で時計を見ると、文字盤が青白く光っていることに何とも言えない妖しい魅力と、未知の恐怖を感じたことを思い出します。

このルミネッセンス現象を利用したものは、蛍光灯・夜光塗料・蛍光増白剤(紙や布の黄ばみを隠蔽する目的で石鹼などに使用される)などがあります。最近では有機ELディスプレイ、ルクセルバッジもこの現象を利用しています。何とも不思議なルミネッセンス現象が我々の身近なところやロマンを掻き立てる年代測定に利用されているのには、今更ながら驚かされます。(佐藤 輝之)

長瀬ランダウア(株)ホームページ・Eメール

<http://www.nagase-landauer.co.jp>
e-mail: mail@nagase-landauer.co.jp

当社へのお問い合わせ、ご連絡は

東京 Tel.03-3666-4300 Fax.03-3662-6096
大阪 Tel.06-6535-2675 Fax.06-6541-0931

NLだより No.340
平成18年 4月号

毎月1日発行 発行部数: 29,000部

発行 長瀬ランダウア株式会社
〒103-8487
東京都中央区日本橋久松町11番6号
発行人 中井 光正