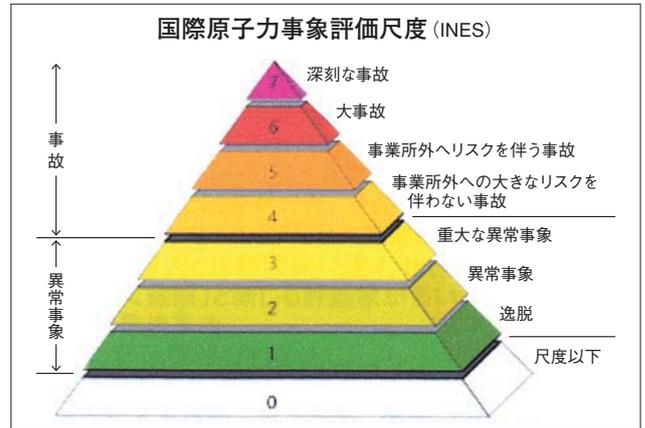


- トップコラム／つくば国際大学 医療保健学部 診療放射線学科長 中村 修
- 加速器を用いる放射性炭素年代測定のからくりと応用／〔シリーズ2〕放射性炭素年代測定の原理と測定対象
- OSLの原理／〔その1〕OSLの発光原理
- お願い／登録変更依頼書の取扱について
- ご案内／個人別年間被ばく線量明細レポート
- ちょっと知っ得／お盆の由来(15)

ト
ツ
プ
コ
ラ
ム
139



中村 修

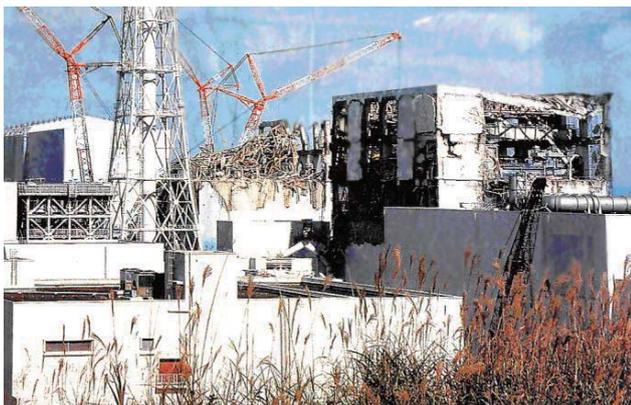


経済産業省原子力安全・保安院は、福島第一原発事故をレベル7(最悪な事故)と評定

福島第一原発事故による甲状腺被ばくを考える

甲状腺は、放射線による発癌の可能性が高い組織です。そのため原子炉事故の際には、放出された放射性ヨウ素による甲状腺の被ばくが問題視されます。これまで広島・長崎の被ばくやチェリノブイリ原発事故などで、多量の放射性ヨウ素放出による甲状腺への影響が確認されています。特に発育過程の子ども達に影響を与える放射性ヨウ素(¹²³I、¹³¹I)は、呼吸や飲食物から体内に取り込まれ、主に甲状腺に蓄積されます。

ヨウ素は、海藻など、海に生息する植物に多く含まれます。これらは、日本の食文化に「ダシ」に多く使用されるため、一般に日本人は他の民族よりヨウ素を多く摂取しています。甲状腺にはヨウ素を吸収する性質があるため、原子炉事故などで放出された放射性ヨウ素が体内に入ると、甲状腺に蓄積されます。チェリノブイリ原発事故で、子どもの甲状腺癌が多発しているのはこのような理由によります。



福島第一原発事故、炉心溶融(メルトダウン)後の1・2・3号炉の様子

甲状腺の局所被ばくを生じさせる放射性ヨウ素の半減期は約8日と短く、現在ほとんど実測値がありません。したがって推定値で被ばく量を算出するため、推定方法や条件によって数値が異なってきます。今回の事故による甲状腺被ばくでは、推定方法により18～122mSvと大きな幅が生じた例もあります。一方、外部被ばくについては、福島県での事故後4ヶ月の推定で、一般市民の95%が2mSv未満との結果が出ています。

被ばくによる人体への影響を考える場合、各臓器や組織への影響量は「等価線量」、全身への影響量は「実効線量」として評価します。これは、局所被ばくか全身被ばくかによって、あるいは身体の各臓器・組織によって影響の大きさが異なるとの概念によるものです。国際放射線防護委員会(ICRP)による基準は時折見直されますが、一般に全身に100mSv以上被ばくすると癌による死亡率が増えると考えられ、甲状腺でも100mSvで甲状腺癌の発生が増えると考えられます。

ただし、甲状腺癌の死亡率は他の癌に比べ非常に低く、現在では超音波検査の進歩により、精度の高い診断画像を得ることができます。甲状腺被ばくが心配な方は、定期的に超音波検査を受けることで、X線検査より甲状腺被ばく線量を低減できます。このような甲状腺の検査方法は多くの医療関係者からも評価されると思います。

なかむら おさむ(つくば国際大学 医療保健学部 診療放射線学科長)

プロフィール ● 千葉大学医学部附属診療エックス線技師学校卒、千葉工業大学 電気工学科卒、千葉工業大学大学院 工学研究科電気電子工学専攻 博士後期課程了。博士(工学)。

〈受賞〉 科学技術庁長官賞、社団法人 日本放射線技術学会 学術賞、社団法人 日本放射線技術学会 功労賞、瑞宝双光章。

放射性炭素年代測定の原理と測定対象

名古屋大学 年代測定総合研究センター 教授 中村 俊夫



はじめに

近未来の地球環境の激変が危ぶまれている今日、その変化を予測する手段として、地球環境が過去にたどってきた過程を明らかにする研究が推進されています。この過程で、環境変化に時間の目盛りを入れるために正確な年代測定が非常に重要となっています。

放射性物質の崩壊現象は早くから注目され、さまざまな放射性同位体を用いる年代測定法が開発され、改良されてきました。ここで紹介する放射性炭素(^{14}C)年代測定法は、1940年代末に開発され、 ^{14}C の放射能の強さを測る方法から ^{14}C 原子を直接数える方法へと進化しています。

半減期が5,730年であるため、現代から5~6万年前までしか測定できませんが、非常に高精度でかつ正確度の高い年代測定法であり、最終氷河期中頃から現代までの地球環境変動の研究に盛んに用いられています。また、炭素が生物を構成する主要元素であることから、生物関連資料に適用できるため、考古学・文化財科学の編年研究にも幅広く利用されています。

放射性炭素年代測定とは

天然の炭素は、三種類の炭素、すなわち、放射性的炭素原子(^{14}C)と安定な炭素原子(^{12}C および ^{13}C)から構成されます。前回紹介した加速器質量分析により、試料炭素を構成する ^{12}C 、 ^{13}C および ^{14}C の個数の比率を正確に測ることができます。この比率と年代にはどのような関係があるのでしょうか。実は、 ^{14}C は放射性であり、時間の経過に従い、一定の割合で別の元素(窒素: ^{14}N)に変ります。この放射性崩壊は、物理学の原理に基づき、規則正しく起こります。従って、放射性崩壊は正確な時計として利用でき、この崩壊による ^{14}C 減少の割合を測ることで、試料が形成されてからの経過時間がわかります。これが、 ^{14}C 年代測定法です。

^{14}C は、宇宙から地球に降ってくる宇宙線の作用により地球大気中で形成されます(図)。大気中の窒素や酸素に宇宙線が衝突して核反応が引き起こされ中性子が生成され、この中性子と大気中の窒素原子(^{14}N)が核反応を起

して、陽子を放出して ^{14}C が生成されます。 ^{14}C は地表面1cmあたり1秒間に約2個の割合で作られます。 ^{14}C は酸化されて二酸化炭素($^{14}\text{CO}_2$)となり、大気中に存在する他の二酸化炭素とよく混合して、 ^{14}C 濃度(^{12}C に対する ^{14}C の割合)が一定になったあと、光合成、食物連鎖により生物体内に移行します。宇宙線による ^{14}C の生成が時間的に変動しなければ、崩壊により減少する ^{14}C の個数と生成される個数とが釣り合って、地球上の ^{14}C の個数は時間的に変動しません。このため、炭素が試料に固定される際の ^{14}C 初期濃度はほぼ一定であり、試料中に残存している ^{14}C 濃度と試料が炭素固定を行ってからの経過時間(年代)との関係は放射性崩壊に基づき指数関数で表されます。さまざまな炭素含有物質のうち、炭素固定を行った時期が数万年前より

新しいものでは、まだ ^{14}C が残っており、その ^{14}C 濃度を測定することで、炭素固定の年代、すなわち試料の形成年代が測定できます。

測定対象となる試料

1940年代末にシカゴ大学のW.F.Libby教授により開発された際には、 ^{14}C の検出は、 ^{14}C が崩壊する際に放出する β 線を検出することにより行われました。この方法では、1g以上の炭素が必要です。一方、加速器質量分析(AMS)では、炭素1mgで ^{14}C 測定が可能で、AMSの導入により、さまざまな考古学的試料の直接測定が可能となりました。従来は、例えば、炭化米などの小型の貴重な考古遺物では年代測定をあきらめて入念に保存し、代わりに同一層準から出土した大型の木材などについて年代測定を行い、それを炭化米の年代として代用してきました。代用試料で済ませたことから、考古試料

の ^{14}C 年代による編年に曖昧さが残りました。AMSでは、保存状態さえよければほとんどの試料が直接測定できます。

試料として、木片・草片・竹片、木炭・炭化物、泥炭、骨・牙・歯、動物の筋肉・体毛、絹糸・綿糸、紙片、土壌、湖底・海底堆積物、貝殻・サンゴ・プランクトン、淡水・海水中の溶存無機態炭酸・有機態炭素、大気中の CO_2 ・ CH_4 、古代鉄中の炭素などが、よく用いられています(図)。この幾つかはAMSの開発によって初めて定期的に ^{14}C 年代測定、 ^{14}C 濃度測定が実施できるようになりました。



図 ^{14}C 年代測定に用いられる環境試料
(名古屋大学 年代測定総合研究センター パンフレットより)

OSLの原理

〔その1〕 OSLの発光原理

当社でご提供しているクイクセルバッジは、OSLという発光の原理を利用していることから、OSL線量計と呼ばれております。

今回、このOSL線量計の原理について、あらためて解説させていただきます。

OSLはOptically Stimulated Luminescenceの略で日本語ではJIS Z 4339において「光刺激ルミネセンス」と訳しています。Luminescenceは以前「蛍光」と訳していた時もありますが、Luminescenceの英語の意味は発光現象全般を表しており、「蛍光」より広いただ単なる発光現象全般を表していることが多いので、ルミネセンスと訳しています。

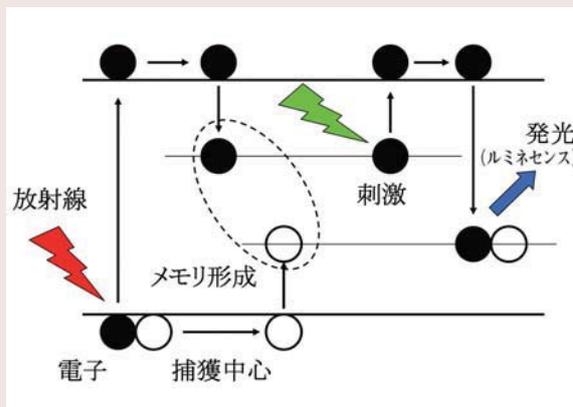
OSLに使用される検出素子は、炭素添加アルファ酸化アルミニウム($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$)で、蛍光体の一種です。

蛍光体に放射線を照射すると発光現象を生じます。これは蛍光体に放射線を照射することにより蛍光体内部で電離がおき、遊離電子と発光中心となるホールが生成されますが、この電子とホールが再結合する際、余分なエネルギーを光のエネルギーとして放出するため発光します。発光する光の色は蛍光体により決まっています、OSL線量計に使われている酸化アルミニウムでは青色です。

通常は照射直後に発光現象が生じ、照射を終了すると発光も弱まり徐々に暗くなってきます。この時、蛍光体の発光と異なる波長の光を蛍光体に照射すると、一時的に明るく輝くことがあります。この現象を英語ではLuminescenceと呼び、大昔の日本人は「輝尽」と呼びました。「明るく輝き、尽きてしまう」実に明確に日本語を当てはめました。逆に光を照射すると光が弱まることもあり、英語ではQuenchingと呼び、日本語では「消尽」と呼ばれました。酸化アルミニウムでは緑色の光で刺激しています。

では、なぜ「輝尽」が生じるのでしょうか？

通常の蛍光体では電離で生じた電子はすぐにホールと再結合して発光現象を生じます。しかし一部の蛍光体では、電離で生じた電子の一部が、蛍光体内部の格子欠損や不純物によって捕獲中心に一時的に捕獲されます。この捕獲中心のエネルギー準位が浅いと、電子は直ぐに解放されますが、エネルギー準位が深いと電子は容易に捕獲中心から抜け出すことが出来ず放射線の被ばく量を示すメモリのように働きます。この捕獲された電子に何らかの方法でエネルギーを与えると、捕獲された電子は捕獲中心を抜け出し、発光中心と再結合し発光します。TLD (Thermo Luminescence Dosimeter : 熱ルミネセンス線量計)ではこのエネルギーに熱が使われます。蛍光体を加熱



OSL線量計のメカニズム

すると熱のエネルギーで捕獲された電子は一斉に解放され、強い発光が観測されます。OSLの場合は光を使います。ルミネセンスより波長の長い（エネルギーの弱い）光を照射し、捕獲電子を刺激し、捕獲中心から開放します。解放された電子は発光中心と再結合し、ルミネセンスを生じます。

最初に捕獲された電子の数と、光により解放される電子の数が光の強さと照射時間に比例することから、線量計として利用できます。

TLDでは高温によって激しく振動する物質から解放された電子は元の捕獲中心に戻ることができず、1度の測定で全ての捕獲電子が解放されます。

OSLでは、光子により捕獲された電子の一部のみが捕獲中心から解放されるため、複数回の測定が可能です。最新の読み取り方法では、1回の測定で失われる電子の数は0.4%程度です。

OSLは線量測定だけではなく、他の分野でも利用されています。医療で広く利用されているイメージングプレートの技術もOSLの一種です。イメージングプレートでは刺激に使用される光の波長がルミネセンスより短く（エネルギーが高い）、PSL (Photo Stimulate Luminescence) と呼ばれ、こちらもOSLの一種です。

OSLについて更に詳しくお知りになりたい方は、Stephen W.S. McKeever 著 Optically Stimulated Luminescence Dosimetry または Eduardo G. Yuhikara 著 Optically Stimulated Luminescence-Fundamentals and Applications- を読まれることをお勧めいたします。これらの書籍は日本でもAmazon.comで入手できます。日本には特定の放射線計測機器に関する講座を持っている大学はあまりありませんが、これらの書籍は大学の教科書として書かれています。

*

今回は、具体的な線量読み取り装置について解説します。
(小林 育夫)

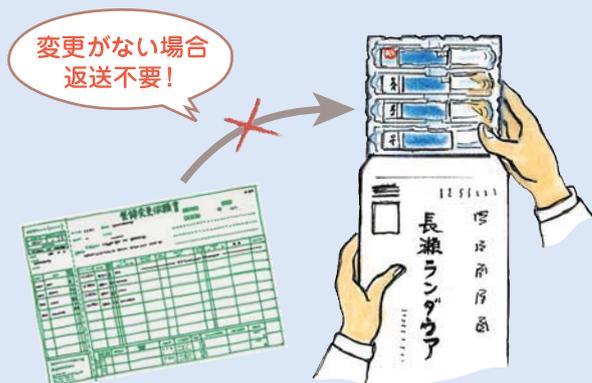
お願い

カスタマーサービス課より

登録変更依頼書の取扱について

「登録変更依頼書」は、バッジのご着用者に変更が生じた場合にご利用いただいておりますが、登録内容に変更がない場合、「登録変更依頼書」を当社にご返送いただく必要はございません。測定依頼の際は、バッジのみご返送いただければ結構です。また輸送中の保護のため、バッジはトレーに入れてご返送くださいますようお願いいたします。

●お問い合わせ
カスタマーサービス課 Tel.029-839-3322



ご案内

個人別年間被ばく線量明細レポート

当社では「個人別年間被ばく線量明細レポート」の作成サービスを行っております。このサービスをご利用いただきますと、転記する手間もかからず、個人別被ばく台帳としてご活用いただけます。

なお、この明細レポートの料金は、1年度につき1名様分420円(税込)となっております。



←測定記録

算定記録→

お申し込み・お問い合わせは当社カスタマーサービス課まで
Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8441

ちよつと知っ得 お盆の由来(15)

東京のお盆っていつかご存知ですか? 7月15日に行ないませんが、案外知らない方が多いです。日本では旧暦7月15日を中心に行なわれていて、明治6年(1873年)太陽暦(新暦、グレゴリオ暦)の採用によって月遅れの8月15日に行なわれるようになり、今や地方のほとんどがその日に。沖縄は旧暦7月15日が主流。正式名は「盂蘭盆会」でインドのサンスクリット語ウラバナを漢字で音写したもの。ある時、神通力によって亡き母が餓鬼道に落ち、逆さ吊りにされて苦しんでいると知った目連尊者(お釈迦様の弟子)。どうしたら救えるのかをお釈迦様に相談したところ、「夏の修業が終わった7月15日に僧侶を招き、お供物をささげ供養すれば救うことが出来るであろう」と。教えの通りにしたところ、その功德により母親は極楽往生が遂げられたとのこと。それ以来7月15日は両親や先祖に感謝し供養をする大切な日となったことから由来します。

我が国では、推古天皇の606年に齋会を設けたのが初めとされ、齋明天皇の657年飛鳥寺で盂蘭盆会が催されたとあるようです。一般庶民には江戸時代に広まり、仏壇やお盆行事が普及し、ローソクの大量生産によって安価に入手できるようになってから提灯がお盆にも広く用いられたそうです。

(神田 みゆき)

編集後記



未知なるものを知りたいという欲求は、技術の進歩に大きく貢献してきました。

放射線炭素年代測定においては分析に必要な炭素の質量が1/1000になり、測定精度も格段に向上しました。人の放射線被ばく線量評価においても、線量計の開発が進みOSLの原理を用いたクイクセルバッジが利用できるようになりました。

福島第一原子力発電所の事故においては、放出した放射性物質がどのように拡散するか、またそれらを人が摂取したときの影響についても研究が進められています。しかし、放射線の影響に関する知見は知りたい欲求に追いついておらず、不安に思う人が多いのが現状です。

科学技術のさらなる発展により、世の中の不安が少しでも減ることを願っています。(岡崎 徹)

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
本社 Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8441
大阪 Tel.06-6535-2675 Fax.06-6541-0931

NLだより No.427
平成25年<7月号>
毎月1日発行 発行部数:34,900部

発行 長瀬ランダウア株式会社
〒300-2686
茨城県つくば市諏訪C22街区1
発行人 中井 光正