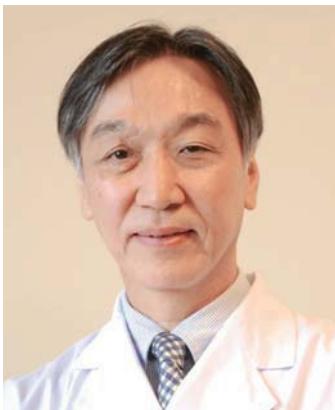


- トップコラム／愛知医科大学 医学部 放射線医学講座 教授 石口 恒男
- 加速器を用いる放射性炭素年代測定のからくりと応用／〔シリーズ4〕パーミヤン仏教遺跡のAMSによる¹⁴C年代測定
- OSLの原理／〔その3〕OSLの線量計測について
- お願い／報告書は大切に！
- お知らせ／平成25年度放射線安全取扱部会年次大会（第54回放射線管理研修会）
- 製品紹介／リングバッジ

ト
ツ
プ
コ
ラ
ム

141



石口 恒男

画像診断・IVRと放射線防護

近年、放射線診療のIT化が進んでいます。コンピュータ断層(CT)や磁気共鳴画像(MRI)に加えて、平面検出器を用いたX線撮影システムが普及し、デジタルカメラのように撮影直後に画像を確認できます。X線透視や血管造影などの動画はハードディスクに記録され、高画質で解析が可能です。これらはPACS(画像管理転送システム)を介して、いつでも、どこからでも参照できます。

IVR(Interventional radiology: インターベンショナル・ラジオロジーの略)は、画像診断とともに発展した技術で、X線透視や超音波、CTをガイドとして、体内にカテーテルなどを挿入して行う治療です。代表的な手技として、血管狭窄に対する血管拡張術、大動脈瘤のステントグラフト治療、肝臓がんに対する化学塞栓療法、出血に対する動脈塞栓術などがあります。IVRは身体への負担が少なく、高齢者など外科手術のリスクの高い患者さんにも安全に行えることが最大の特長です。

私は放射線科の医師で、IVRを専門としています。若い頃、むずかしい症例を何時間も頑張って治療することがあり、先輩から冗談で「石口君は放射線を浴びて元気になる」とか、IVRの研修に来た外国人医師に、Dr. Ishiguchi is Godzilla!! などと言われたものでしたが、今は、患者さんとスタッフの被ばく防護には人一倍神経を使っています。また、学会の放射線防護委員として、若手医師への放射線防護の教育、啓蒙活動を行っています。

長瀬ランダウア社とのお付き合いは、2000年に発表した論文「肝細胞癌の動脈塞栓療法における患者と術者の被曝測定(日本医放会誌60(14):839-844)」が最初でした。当時、IVRの被ばくによる患者さんの皮膚障害が国内外で

問題となっており、IVR学会の放射線防護委員の所属する多施設でのTLDを使った線量測定にご協力をいただきました。その結果、手技の方法や装置の設定によってIVRの被ばくを低く抑えられることを確認できました。

つい最近では、血管撮影装置のアームを回転させて人体の横断像を撮影するコーンビームCTの被ばく測定に、同社の小型OSL線量計(nanoDot)を使用させていただく機会がありました。コーンビームCTは、IVR手技中に病変を確認したり、3次元の血管撮影像からナビゲーションしたり、治療効果が向上し、被ばく線量と造影剤量の低減にも有用で、最近普及している方法です。一方で、周囲の散乱線が多いことが指摘されています。今回のコーンビームCTの測定結果から、IVRを行う医師やスタッフの防護に有益なデータが得られました。実験の際には、長瀬ランダウアの小林育夫さんに大変お世話になりました。

2年前、ICRP(国際放射線防護委員会)は、眼の水晶体障害のしきい値が従来考えられていたよりも低く、水晶体の職業被ばく限度を等価線量で年平均20mSv、年最大50mSvに変更するよう提言しました。法令が改正されれば従来の年150mSvよりも厳密な管理が必要ですが、これらのデータが役立つと思います。

私の勤務する愛知医科大学病院では、2014年5月に開院予定の新病院棟の建設が進んでいます。新病院では、全てのCT装置を、最新の逐次近似再構成法を利用した低被ばく撮影が可能な機種としました。また高精度の放射線治療装置、PET-CTなどに加え、手術室に血管撮影装置を設置したハイブリッド手術室が稼働します。これによって外科手術とIVRを組み合わせた新しい治療が可能となります。さらに病室や手術室で移動式X線装置を用いて撮影する場合、無線LANを介して撮影オーダーを受け、撮影直後に画像データをサーバーに転送することで、効率向上を目指しています。

放射線医学の目的は、正確な診断を行い、体に負担の少ない有効な治療を行うことにあります。そのなかで、放射線防護は患者さんと医療従事者の安全向上に大変重要であり、さらなる技術の進歩と発展を期待しています。

いしぐち つねお(愛知医科大学 医学部 放射線医学講座 教授)

プロフィール●1977年名古屋大学医学部卒業、1995年名古屋大学附属病院助教授、2001年愛知医科大学医学部放射線医学講座助教授、2003年から主任教授。〔資格〕放射線診断専門医、IVR専門医、脈管専門医、胸部・腹部ステントグラフト指導医。〔学会活動〕日本医学放射線学会理事・放射線防護委員長、日本IVR学会理事、日本血管内治療学会理事、日本核医学会代議員。

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4]

バーミヤン仏教遺跡のAMSによる¹⁴C年代測定

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

世界遺産であるバーミヤン遺跡において、東西2大仏を主とした仏教関連遺物が内乱により2001年に破壊されました。その後の処理として、ユネスコにより調査復旧計画が進められ、日本の分担として、2003年から独立

行政法人東京文化財研究所がバーミヤン遺跡保存事業を担当することになりました。その一部として、名古屋大学にバーミヤンの石窟壁画および東西2大仏の年代測定に関する研究協力依頼がありました。これまで名古屋大学文学研究科では、仏教美術史の観点から仏教壁画の編年構築などバーミヤン仏教美術調査研究への貢献が多かったこと、さらに名古屋大学年代測定総合研究センターには、高精度の放射性炭素年代測定装置(タンデロン加速器質量分析計)が設置されており、古文化財の高精度年代測定に貢献してきたことによるものです。

¹⁴C年代から暦年代への較正

さて、古文化財試料は、試料が形成された歴史上の年代である暦年代と、炭素同位体測定から算出される¹⁴C年代を持っています。試料の歴史上の成立年代(暦年代)が不明なため¹⁴C年代測定を行います。では、¹⁴C年代から暦年代をどのようにして知ることができるのでしょうか。☒中の黒点は、樹木年輪について、年輪年代(横軸)とその年輪の¹⁴C年代(縦軸)の関係をまとめて図示したものです。この関係が、全世界的に¹⁴C年代を暦年代へ換算する際に使われている「¹⁴C年代-暦年代較正曲線(IntCal09)」です。☒から、¹⁴C年代は暦年代と一対一に対応することはありません。¹⁴C年代は西暦1950年から遡る年数でBP(before present)を付けて示される規則になっていますが、1570BPは、西暦380年(1950-1570=380)には対応しません。☒のように¹⁴C年代は暦年代に対して大きく変動します。考古学的事象の時間的周期性(例えば、一つの土器形式の使用期間や形式の移り変わりなど)を解析しようとする際には、歪んだ時間尺度である¹⁴C年代を使ってはいけません。代わりに暦年代を用いる必要があります。☒に示されるIntCal09を用いて¹⁴C年代から暦年代への換算が不可欠です。

仏教壁画から採取されたスサの年代

バーミヤンはアフガニスタンの中央部を占めるヒンドークシュ山脈の山中にある仏教遺跡です。長さ1.3kmの崖に、東に高さ38m、西に55mの仏立像が岩を削って造られ粘土と漆喰で仕上げられていました。またバーミヤンには750を超える石窟があり、内部には壁画や塑像の装飾が残されていました。これらの遺物が2001年に破壊されたのです。破壊のあと、バーミヤン主窟の壁画の壁面を整形するために塗られた土壁の補強に使われた混合材であるスサ(麦ワラ、アシ)試料35点、ほぞ木1点、また別の崖に形成されたフォラディ石窟群およびカクラク石窟群からスサ試料がそれぞれ6点および2点採取されました。¹⁴C年代測定が行われ、暦年代に換算された結果、もっ

とも古いスサで5世紀中頃まで遡る可能性が示されました。また、もっとも新しいスサは10世紀を示し、バーミヤンでは、5世紀から10世紀頃まで仏教文化が栄えたことが推察されます。

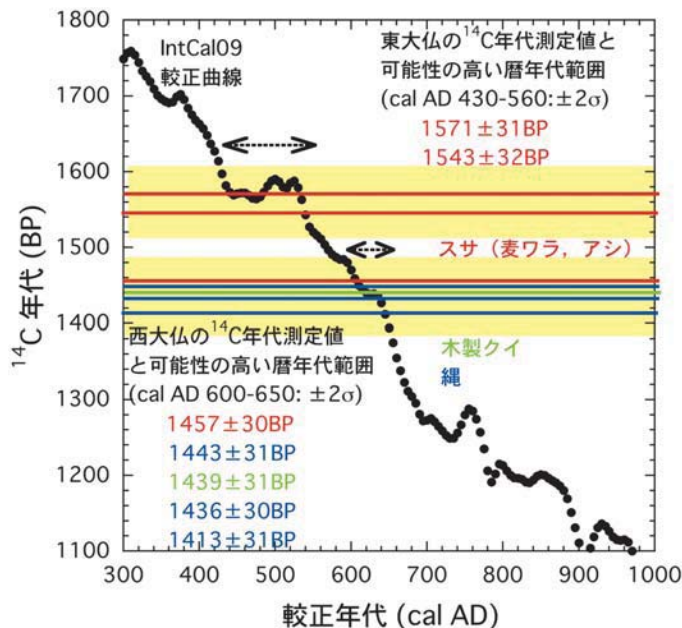
東西大仏に関連する資料の年代

今回、破壊された2大仏の建造に用いられていた縄(ロープ)、木製のクイ、2大仏の背後の壁画が描かれていた壁面内のスサ(麦ワラ、アシ)の年代測定を実施しました。東大仏の建造年として可能性の高い範囲は、95%の信頼度でcalAD430~560と推定されました。推定年代範囲は130年と広いのですが、これは該当する

暦年範囲において、IntCal09の¹⁴C年代の変化が平坦である(☒)ためです。西大仏では5点の¹⁴C年代が得られ、その平均値1438±14BPから建造年はcalAD600~650と推定されました。

以上のように、2大仏の関連資料について得られた¹⁴C年代の集中の様子から、まず初めに東大仏が建造され、その後に西大仏が建造されたと考えられます。残念ながら両者の建造の時間差などは、まだ言及する段階ではありません。

なお、唐代の仏僧玄奘は、AD629にバーミヤンを訪れた際に東西2大仏を見たことを「大唐西域記」に記しています。このことから、西大仏の建造年は、AD600~629の期間にさらに絞り込まれます。



☒ バーミヤン遺跡の東西2大仏について、関連資料の¹⁴C年代と較正曲線の関係から推定される暦年代。黄色い領域は¹⁴C年代の誤差範囲を示す。

OSLの原理

〔その3〕OSLの線量計測について

前回はOSL(Optically Stimulated Luminescence)の読取装置について解説しました。今回は、読み取った信号を線量にする方法について解説します。

OSL線量計に使用する $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$ (酸化アルミニウム)が生体と同じ平均原子番号の物質であれば、素子からの出力がすぐ線量になります。しかし、 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$ は生体より平均原子番号が高く、放射線に対する感度にはエネルギー依存性があります。☒はHubbellのエネルギー吸収式により求めた $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$ の光子に対するエネルギー特性です。エネルギーの高い γ 線と診断領域のX線では、4倍程度の感度差があります。 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$ から同じルミネセンスが放出されても、被ばく線量が4倍違うことを意味します。また、線質が異なった場合にはもっと大きな誤差の原因となります。

そこで、線量計にはいくつかの材質の異なるフィルターを取り付けて、入射した放射線の種類とエネルギーを判定して線量測定を行っています。現在測定サービスに使用しているクイクセルバッジでは、OW(オープンウインドウ*フィルターのない部分)、PI(プラスチック)、Cu(銅)、Al(アルミニウム)の4つのフィルターが利用されています。

それぞれのフィルターは、

- OW : β 線、光子
- PI : β 線、光子
- Cu : 光子
- Al : 光子

の測定に利用されます。OWとPIの吸収割合から β 線被ばくの有無の判定と線量計算を行います。4つのフィルターの吸収割合から、光子のエネルギーの判定を行います。これと同時に、タイプテストで求められた線量計の光子吸収特性から導かれた、線量計算式にそれぞれのフィルター下のルミネセンスを γ 線の線量に置き換えた値を導入し、1cm線量当量と、70 μm 線量当量を計算しています。エネルギー依存

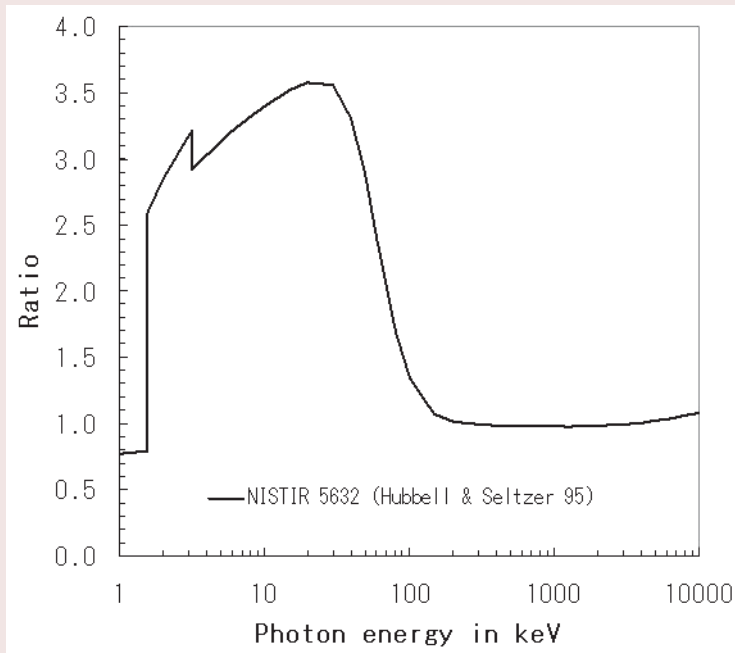
性のある線量計は、補正が必要となるため、一見不便のように見えます。しかし、放射線管理では線量計に入射した放射線の種類やエネルギーが判定できる方が便利です。例えば、現在福島県下では、児童の被ばく線量測定が各種の線量計で盛んに行われています。当社のOSL線量計のようなエネルギー依存性のある線量計では、児童が健康診断のX線検査の際に線量計を装着したまま検査を行った場合、被ばくエネルギーの判定から直ぐにその事実がわかります。しかし電子式線量計などでは積算線量が表示されているだけで、線質までは判定できないため、感度は高いのですが、このような場合には正しく評価できない場合があります。放射線管理では正しい線量がわかるというだけでは十分ではなく、被ばくした線

質やエネルギーの情報が、どこでどのような作業を行っている時に被ばくしたかの情報として重要となります。

近年、患者線量測定などに広く用いられ始めたnanoDotでは線量測定方法は更に巧妙です。nanoDotはフィルターを持たない単一の素子からなる線量計で、金属のフィルターを持たないためX線検査で像をつくりません。通常の

X線では患者の表面に貼り付けて検査を行っても影を作ることがなく、検査の邪魔をしません。エネルギー特性は☒に示した通りです。そこで、使用目的に応じて、校正方法を変更しています。通常の線量測定はCs137の γ 線を基準に校正する方法が一般的ですが、nanoDotを用いてX線診断時の被ばく線量を測定する場合は、80kVpのX線で校正を行います。このような校正方法により診断領域のX線でも大きな誤差もなく、患者線量の測定が可能となっています。患者被ばく線量測定では、被ばく線質が不明ということはなく、照射したX線や γ 線のエネルギーがわかっており容易に補正ができるため、単一で小型の線量計がより便利です。

(小林 育夫)



お願い

カスタマーサービス課より

個人被ばく線量の測定結果は、**30年間**または**永久保存**の保存義務が法令で定められています（一部の特例を除く）ので、着用を中止された方、退職された方の分も含め、「外部被ばく線量測定報告書」はそれぞれの事業所で大切に保存してください。

また、報告書の紛失等により再発行が必要な場合は当社までご連絡ください。但し、再発行につきましては別途発行手数料を請求させていただきますのでご了承くださいませ（基本料金2,000円＋報告数（バッジ毎）×10円）

報告書は大切に！

お問い合わせ：カスタマーサービス課
Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8441
E-mail: mail@nagase-landauer.co.jp

お知らせ

平成25年度放射線安全取扱部会年次大会
(第54回放射線管理研修会)

平成25年度放射線安全取扱部会年次大会は、テーマを「どら、きばんなら!共に!」として鹿児島で開催されます。プログラムの概要は以下のとおりです。ぜひご参加ください。

開催日：平成25年11月14日(木)～15日(金)

会場：鹿児島市民文化ホール（鹿児島市与次郎2-3-1）
鹿児島中央駅よりバス20分、市民文化ホール前下車

交流会：鹿児島サンロイヤルホテル
参加費：10,000円（交流会参加費込み）
5,000円（年次大会のみ参加）

プログラム概要（予定）

- ◆1日目 [11月14日(木) 受付9:00～]
 - *開会・部会総会
 - *特別講演Ⅰ（放射線安全行政関連）（原子力規制庁）
 - *ポスター発表・相談コーナー
 - *シンポジウム1（一般公開）
 - *特別講演Ⅱ（一般公開）
 - *交流会
 - ◆2日目 [11月15日(金) 受付9:00～]
 - *シンポジウム2、3
 - *次回大会紹介・閉会
- 他に、機器展示、書籍コーナーを予定しています。

●連絡先：日本アイソトープ協会放射線安全取扱部会事務局
〒113-8941 東京都文京区本駒込2-28-45
Tel. 03-5395-8081 Fax. 03-5395-8053
E-mail gakujuutsu@jrias.or.jp

製品紹介

リングバッジ

リングバッジは、IVRやX線撮影時、照射野に手指が入ったり、アイソトープ試薬を取り扱うなど、各種作業で手指に放射線を被ばくする恐れのある方を対象に開発された線量計です。

氏名などはレーザーで印字してあるので、リングを指に装着したまま手洗いが可能です。消毒も簡単にできますので、手術室などへの持ち込みにも対応しています。

また、クイクセルバッジ同様、着用期間毎にリングバッジの色を変えてお送りしますので、着用品の色と一目で区別することができます。

リングバッジについてご興味を持たれた方は、営業部までご連絡ください。



当社ホームページからもカタログの印刷が出来ます。
お問い合わせ：営業部 Tel. 029-839-3322

編集後記



石口先生のお話を拝読し、最近の放射線診断装置、治療装置の目覚ましい発展の一端を窺うことができた気がしました。素人なので装置の名前や手技を伺ってもなかなか理解できませんが、医療は着実に進歩していると共に患者の負担軽減に向かっていることが理解できました。もし患者になったら是非先生の病院のように「放

射線医学の目的」等、患者サイドに立った志ある医療施設を選択したいと思います。また、当社の製品である小型OSL線量計(nanoDot)が撮影時の線量測定に利用されていることを知り、放射線防護の一端を担っていることに誇りを感じる一方、精度の高い線量計の提供義務があることを肝に銘じた次第です。先生方のご努力による益々の技術進歩と発展に期待しております。

(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
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.429
平成25年<9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