

- トップコラム／富山大学 生命科学先端研究センター  
アイソトープ実験施設 准教授 庄司 美樹
- 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3〕AMSによる $^{14}\text{C}$ 年代測定のための試料の採取と調製
- OSLの原理／〔その2〕読取装置
- お願い／コントロールバッジについて
- ご案内／クイクセルWebサービス

ト  
ツ  
プ  
コ  
ラ  
ム  
140



庄司 美樹

## 数値の意味するもの

これまで30年余りにわたって医薬系大学の放射線管理を行っているが、大学では薬学を専攻した。今から30年前の理系女子の就職状況は現在よりも厳しく、就職担当の教授からは、製薬会社への就職は難しいので公務員か外資系会社を目指すように指導を受けた。そこで、国家公務員を目指したが採用には至らなかった。当時は、全国に新設医科大が設置されていた時期であり、実家のある富山の大学で放射線管理を担当することとなった。就職するまで放射線とは全く縁がなく、予備知識もないまま主任者免状を取得することとなった。

主任者試験の付け焼刃的な知識でスタートしたためか、これまでいくつかの思いがけない経験をしてきた。そのいくつかをここに紹介する。

前述の通り、わたしの管理する放射線施設はトレーサレベルの実験を主とするので、1ヵ月間の測定期間で有意な被ばく線量を記録することはまずないと言ってよい。ところが、ある時メスバウア効果測定のため $^{57}\text{Co}$ 925MBqの密封線源を使用していた教員の被ばく線量に0.1mSvの結果がでた。線源周囲は鉛板で遮へいしてあり、なによりこれまで一度も有意な結果がでたことがなかったため利用者本人に事情を尋ねたが、その月はほとんど管理区域には立ち入っておらず、被ばく線量測定用のバッジを自分の居室の棚に置いていた。その棚周辺の線量は確かに通常のバックグラウンドより高かった。そこで隣接の研究室の教員に確認したところ、 $^{60}\text{Co}$ 3.7MBqの密封線源を購入し、バッジを置いていた棚と壁を隔てて間近な位置に置いていたことがわかった。ちょうど法令改正により、密封線源の下限

数量が一律3.7MBqから核種ごとに定められるようになった移行措置の時期であった。 $^{60}\text{Co}$ の購入者は、自分の机の位置での線量がバックグラウンドに近い値だったため、大丈夫だと思ったようだった。この後、規制対象外の線源であっても厳重に遮へいして保管するように注意し、年に1回所在の確認を行っている。

次も被ばく線量の測定に関するエピソードである。学生実習で $^{60}\text{Co}$ 密封線源を用いた実験を行っている。それまでほぼ全員が検出限界未満であったが、ある時期より数年にわたって約三分の一の学生の結果が数10マイクロシーベルト出たことがあった。併用しているポケット線量計の結果は0マイクロシーベルトであった。計算上の結果もひと桁低い数値となった。学生には、検出限界に近い値であり、定量性が低いことや人体には影響がないと説明したが、ある時、学生実習用バッジの着用期間がコントロールバッジと異なっていたことが原因のひとつであることがわかった。それ以来、学生実習用バッジについてもコントロールバッジを同時に受取り、返送するようにして、再び全員が検出限界未満のレベルに戻った。検出限界に近い値をモニターするときは、バックグラウンドの取り方が重要であることがわかった。

最後に $^{32}\text{P}$ の遮へいに関するエピソードを紹介する。 $^{32}\text{P}$ -リン酸を取り扱っていた実験者が、アクリル板で遮へいをしているのに、GMサーベイメータが高い数値を示したため、試料のすぐ手前を鉛板で遮へいしたところ、数値がさらに高くなったと相談に来た。アクリル板の外側に鉛板を置いたところ数値が低下したため、制動エックス線が原因と考えられた。それ以来、教育訓練において $^{32}\text{P}$ の遮へいについても説明を行っている。

放射線は五感に感じないので測定が大事であること、測定結果に有意な数値が出たら、そこにはなんらかの原因があることを経験した。これを読んでいる方の中にも同様の経験をされている方が多いことと思うが、少しでも参考にさせていただければ幸いである。

しょうじ みき（富山大学 生命科学先端研究センター）  
アイソトープ実験施設 准教授

プロフィール●1976年東京大学薬学部卒業。富山医科薬科大学放射性同位元素実験施設技術職員等を経て、2005年より富山大学生命科学先端研究センター准教授、現在に至る。1996年より放射線取扱主任者を務める。専門は放射線安全管理学。劣化ウランと天然ウランの簡易判別法、内部被ばく評価など放射線管理と直結したテーマを研究。また、2002年より2012年まで放射線取扱主任者部会（現放射線安全取扱部会）中部支部委員、企画専門委員を務める。

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3]

# AMSによる<sup>14</sup>C年代測定のための試料の採取と調製

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

考古遺跡・遺物の<sup>14</sup>C年代測定を例にとって、測定工程を示します。この考古遺跡は何年から何年まで使用されたのか。それぞれの時期に堆積した層から最適な試料を選別します。また、試料に吸着、混入した可能性のある炭素物質を試料から可能な限り除去し、測定に用いるための炭素物質を選別します。次に<sup>14</sup>C濃度を高い精度・正確度で測定します。<sup>14</sup>C濃度から<sup>14</sup>C年代を算出し、<sup>14</sup>C年代と暦年代を結ぶデータ表(IntCal09)を用いて試料の暦年代の可能な範囲を推定します。文献資料などにより暦年代が推定可能な歴史時代の試料はもちろんのこと、先史時代の試料についてもそれらの試料の編年に際しては、<sup>14</sup>C年代を用いるのではなく、それを校正した暦年代を用いることが昨今では一般的です。

今回は、試料の選定・採取・グラフィット調製についてご紹介します。

試料の選定

注目している考古学的イベントの年代測定を行う場合には、そのイベントに直接的に関連した試料を採取する必要があります。間接的に関連した試料で代用する場合には曖昧さが残ります。例えば、先史時代の遺跡で人骨が見つかった場合、貴重な人骨は保存して人骨が埋まっていた地層の年代から人骨の年代を推定することがありますが、やはり人骨を直接年代測定する必要があります。遺跡が荒らされて上下関係が不明瞭であったり、人骨が他所から運ばれてきた可能性が残ります。

また、<sup>14</sup>C年代測定の対象となる炭素含有物質は、その炭素が試料中に固定された後は炭素に関して閉鎖系にあって外界と炭素を交換していないものでなければなりません。しかし環境中で閉鎖系を保つことは一般に困難です。もちろん、外界から入ってくる炭素があっても、後述の試料調製操作により容易に除去しうるものであれば実際には問題ありません。このような点を考慮して考古学的イベントの年代を正しく示すはずの試料を選定します。

試料の採取

AMS<sup>14</sup>C年代測定に最終的に用いられる炭素量は1~2

mgです。では、年代測定に供される生の試料の量が炭素にして1~2mgあればよいかというと、実はそうではありません。試料調製は、(1)生試料中の外来汚染物を除去すること、(2)生試料中の最も安定した(閉鎖系に近い)炭素化合物を選別し抽出すること、(3)AMS<sup>14</sup>C測定に最適な炭素化合物を合成することを目的とします。しかし、試料調製に用いる試薬による汚染や、炭素試料を二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)に変えて取り扱う際に大気中のCO<sub>2</sub>の混入の可能性が考えられます。この様な外来炭素が試料の<sup>14</sup>C年代値に及ぼす影響は、試料調製過程でほぼ一定量の外来炭素が混入すると考えると、元の試料炭素が少ないほど大きい。

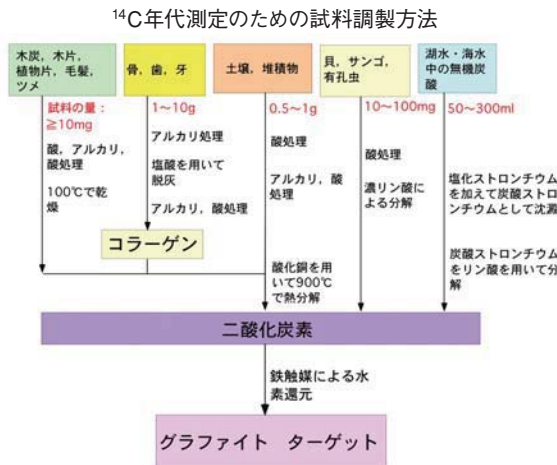
元の炭素量が十分にあれば、混入炭素による影響は薄められる。この様なことを考慮して、試料調製に用いる生試料のおおよその量を採取します(☒)。試料調製操作により極端に目減りする様な試料でなければ、この程度の量で十分です。しかし、実際に採取する試料の量は、再測定が必要になった場合に試料調製を繰り返す必要性が出てくることを考慮して、☒に示した量の数倍は採取した方がよいでしょう。古文化財や古文書など、試料保存の観点から極めて貴重なものであり、過度の分取が許されなければ、試料の所持・保管責任者と相談して、採取量を決めることになります。

試料の調製

<sup>14</sup>C年代測定試料として、木片、木炭、絹糸、綿糸、紙片、骨、牙齒、土壌、貝殻、サンゴなどが用いられます。試料調製方法の流れを☒に示します。採取した生試料を直接測定に用いることはできません。試料の正確な年代値を得るためには、既に述べた条件に適合する炭素物質を、生試料から物理的・化学的に選別、抽出し、真空中で燃焼してCO<sub>2</sub>に変え、更に水素還元法でAMSのイオン源に用いる固体状炭素(グラフィット:写真)を調製する化学操作が不可欠です。例えば、骨試料では、通常は骨に含まれる硬タンパク質のコラーゲンを抽出します。しかし、コラーゲンの分解が進んでおり汚染の心配がある場合には、さらにコラーゲンの本質物質であるアミノ酸を抽出して用います。

\*

さて、次回から<sup>14</sup>C年代測定の応用例を示します。



AMSの分析対象となるグラフィット・ターゲット  
(本体:アルミニウム製、長さ:44mm、直径:10mm)  
(グラフィット:直径2mm、厚さ:数ミリ)

# OSLの原理

## 〔その2〕 読取装置

今回は、当社で使用しているクイクセルバッジ(OSL線量計)の読取装置について解説します。

OSL線量読取装置は、刺激光源、被ばくした素子、光学フィルター、光電子増倍管(PMT:Photo-Multiplier Tube)および、これらを制御する電子回路やセンサーなどで構成されています。

刺激光源には、以前はパルス状のレーザーや連続発光のレーザーが使われていましたが、現在では、制御の容易な緑色のLED(Light Emitted Diode)が利用されています。LEDはレーザーと異なり単一波長の光源ではないため、ノイズになる短波長の光を吸収する光学フィルターを取り付けています。LEDの点灯時間は環境用や低線量測定用を除き、通常は各素子1秒です。酸化アルミニウムからのルミネセンスは比較的遅い発光現象ですので発光量が最大になるまで約100m秒必要です。そのため、大型の読取装置では、グロークラブ(単位時間当たりの発光量を示す曲線)を表示し、放射線以外の原因による高速の発光現象と放射線に被ばくしたことによるルミネセンスを判定することにより、被ばくか否かの判定をしています。

LEDの寿命(最大発光量が当初の70%に減少するまでにかかる時間)は約1万時間と言われており、1個の線量計の測定に4秒使用することから、計算上約900万個の線量計を読み取ることができます。通常の利用方法であればLEDの寿命は読取装置の耐用年数とほぼ同等かそれ以上の寿命と言えます。

現在Landauerグループでは個人線量計の他、CT線量計、nanoDotなどいくつかの形状の異なった線量計を開発・製造しておりますが、これらの素子の素材はすべて同じで、酸化アルミニウムの粉末を透明な樹脂製のテープに塗布したものです。

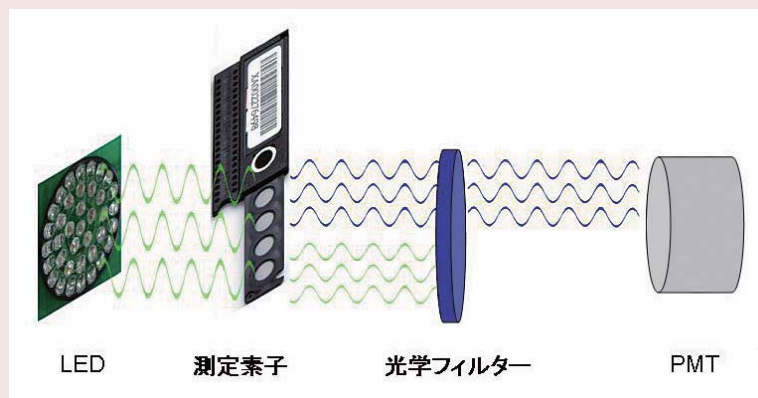
光学フィルターは、LED側と光電子増倍管の直前の2箇所で使用しており、特に光電子増倍管前のフィルターは刺激光源とルミネセンスを弁別するための重要なパーツです。以前は特定の波長の光だけを透過させるバンドパスフィルターが使われていましたが、

現在は一般的に色ガラスと呼ばれている安価なバンドカットフィルターのみ使用しています。しかし、フィルターの厚みの選定は難しく、厚くすると刺激光とルミネセンスの弁別能力が向上する反面、ルミネセンスの透過量も減少するため、低線量ではPMTに届くルミネセンスの量が減少し測定の際のばらつきが大きくなります。逆に薄すぎるとノイズがPMTに入り小線量の測定ができなくなるため、バランスが重要です。

光電子増倍管は、測定器の最も重要な部品で基本性能を決定する重要なパーツです。以前は光電子増倍管には高電圧回路などがあり複雑な装置でしたが、現在は5V単一の電源で動作し、出力信号はパルスなので非常に取り扱いが容易になりました。これらのパーツが $\square$ のように直線状に並んでいます。

次に、具体的な測定方法をご紹介します。

測定に使用するLEDは38個ありますが、被ばく線



OSL読取装置

量が少ない場合と多い場合で使用するLEDの数が異なります。素子を読取装置に入れると、まず38個のLEDの内、中心の6個だけを短時間点灯させ、試験的にルミネセンスをPMTで測定します。このとき、ルミネセンスの量が少なけれ

ば、その素子の被ばく線量が少なく判定され、38個のLED全部が点灯して明るい光で1秒間ルミネセンスが測定されます。逆にルミネセンスの量が多ければ、被ばく線量が多いと判定し、中心の6個のLEDのみを点灯して測定します。

OSL線量計の特徴のひとつとして繰り返し測定が挙げられます。実は毎回の測定の中でも、このように繰り返し測定が行われています。試験発光を行い刺激光源の強弱を切り替えながら測定することにより小型のPMTで10マイクロSvから10Svまでの線量測定を可能にしています。上述のような構造と仕組みは、当社で測定サービス用に使用している大型の測定装置から小型のmicroStar読取装置までほぼ同様であり、故障が少なく、信頼性の高い、安定した測定が可能です。

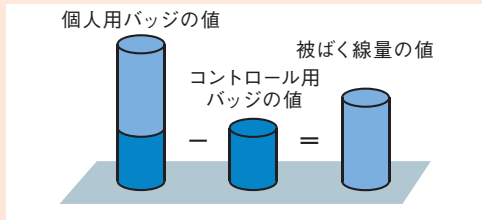
(小林 育夫)

# お願い

カスタマーサービス課より

## コントロールバッジについて

コントロールバッジは、個人用バッジの自然放射線による影響分を差し引き、放射線業務上の正味の被ばく線量を正確に算出するために用いるバッジです。



自然放射線は地域や季節などにより変動しますので、正確な個人被ばく量を報告するためにはそれぞれの事業所に置かれたコントロールバッジが必要となります。

必ず同一着用期間のコントロールバッジと個人用バッジを一緒にご返却くださいますようお願い申し上げます。

※コントロールバッジが返却されていない場合、当社基準を採用し個人の被ばく線量を算出いたします。

### ご案内

## クイクセルWebサービス

カスタマーサービス課

クイクセルWebサービスは、お客様ご自身がインターネットでバッジの追加、変更等ができるサービスです。専用ソフトをインストールするだけで、使用することができます。また、サービスは無償で提供しています。(通信料はお客様負担)

#### 〈主な内容〉

- ・バッジの追加、変更、取消など
- ・バッジ登録された方全員の氏名、積算線量の確認
- ・電離放射線健康診断個人票の記入に役立つ、被ばく線量集計表の印刷
- ・外部被ばく線量測定・算定記録表の印刷
- ・外部被ばく積算線量証明書の印刷
- ・外部被ばく線量測定報告書(PDFファイル)のダウンロード
- ・当社内でのバッジ測定状況の確認
- ・個人一括登録(CSVファイルのアップロード)

なお、セキュリティ面におきましてはクライアントソフトを利用したSSL-VPN接続を採用しています。ご興味

をお持ちのお客様は当社カスタマーサービス課までご連絡ください。詳しい資料をお送りいたします。

対応OS: Windows2000 SP4/XP/VISTA/7

推奨ブラウザ: Internet Explorer6.0 SP1以降

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



### 編集後記



暑い日が続きますね。私事ですが、先日、生まれて初めて写真館で家族写真を撮りました。主役は甥っ子(0歳)。当然ながらスムーズに撮影が進むはずがありません(笑)しかし!カメラマンの対応が素晴らしい!タンパリンを叩いたり、「トゥルルルル…」と口を鳴らしたり(タンゲトリルと言うらしいです)しながら甥っ子の

気を引き、撮影のチャンスが来るとカメラヘダッシュ!そして元気な掛け声と共にシャッターを切る!それを何度も繰り返すのです。文字では伝わりにくいのですが、とにかく圧倒されるプロの技でした。私も仕事がんばろっ…思わぬところでそんなふうに思いました。涼しい季節も待ち遠しいですが、早く写真できないかしら…皆様は最近写真撮っていますか?

(佐久間 美香)

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.428  
 平成25年<8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