

- トップコラム／安藤ハザマ技術本部原子力部所属、同社技術研究所選任放射線取扱主任者、筑波放射線安全交流会 副会長 奥野 功一
- 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5〕¹⁴C年代ウイグルマッチングによる高精度な年代推定
- OSLの原理／〔その4〕OSLの応用と展望
- お願い／バッジの返送方法について
- お知らせ／「保物セミナー2013」開催のご案内
- ちょっと知っ得／風呂敷の起源(16)

ト
ッ
プ
コ
ラ
ム
144



奥野 功一

中性子利用と放射線管理

放射線には α 線、 β 線、 γ 線、X線、中性子、粒子線などがあるが、この中でも中性子ほど広い分野で利用されている放射線は無いであろう。

私も大学を出て以来ずっと中性子を取り扱ってきており、中性子線源を扱う施設の選任放射線取扱主任者として、中性子を用いた実験を行う傍ら放射線管理業務も行っているが、なかなか奥が深い放射線と思う。

中性子はRI線源からのほか、加速器等を用いた核反応によっても発生する。中性子と物質との相互作用は、 γ 線が各元素の原子核の周りに存在する電子と主に相互作用するのに対し、中性子は電子とは相互作用せず、原子核と直接相互作用する。しかも、その相互作用の結果生ずる振舞いは複雑で、相互作用する相手方の元素毎、中性子のエネルギー毎によって異なる。そのため、放射線管理を行う側も相応の知識が要求される。

法定基準以上の中性子線源を取り扱う場合、その取扱区域を遮へいし、管理区域を設ける必要がある。原子の世界は空間だけであり、しかも中性子は文字通り殆ど電荷を持たないため、物質内の透過力は大きい。透過力が大きいと言うことは、遮へいに分厚い壁が必要となる場合が多いという事でもある。加速器施設で分厚い遮へいが必要となるのも、エネルギーの高い中性子がある一因であり、言わば厄介者の側面がある。

ところが一方、エネルギーの低い中性子に目を向けると、これほど世の中に役立つ放射線は他に無いのではないかとと思われる。現在、様々な分野で低エネルギーの中性子利用に関する研究が行われている。例えば医療の分野では、低エネルギー中性子とホウ素との相互作用で発生する α 線を利

用して腫瘍細胞を選択的に破壊し、治療する中性子捕捉療法の研究が盛んに行われている。また、低エネルギー中性子は水素と相互作用するため、他の手法では難しかった物体内部の水分(H_2O)を観察することが出来る。低エネルギー中性子発生源とカメラとの間に試料を置くことにより、物体内部の水分の分布状況の写真や、物体内で水が動く様子を動画で撮影する中性子ラジオグラフィ施設がある。中性子ラジオグラフィは非破壊検査技術として有用で、農業分野や工業分野、土木建築分野等で研究が進められている。

また、非常に低いエネルギーの中性子になると、中性子は波として考えることも出来るため、X線のように回折を利用した材料構造解析も可能となる。中性子の場合、X線が苦手な電子数の少ない軽元素の解析に非常に有効であり、燃料電池開発やタンパク質の構造決定等の研究で利用されている。さらには残留応力測定や土木・建築構造物の劣化診断、薄膜材料における表面や界面の構造解析、微量元素分析等の研究も行われている。

軽元素を含む材料に対する上記のような各検査・測定には、中性子以外に代替が殆ど無いため、中性子利用は様々な分野に広がり、今後も利用が増加すると考えられる。

中性子は、従来大学等で放射線を学んだ人が主に取り扱ってきたが、利用される分野が広がるにつれ、様々な形態で利用されると共に、大学等で放射線を学ばなかった人々も中性子を取り扱う事になる。放射線障害防止法では、放射線を取り扱う者に対し教育訓練を行うことになっているが、このような人々に対して細かい部分まで踏み込んだ教育訓練を行うことはなかなか難しいのが現状ではないかと思われる。この事は、放射線安全管理が非常に重要になってくる事を意味する。よって、放射線安全管理は単に「管理」をするだけでなく、「放射線安全管理学」という学問として整理・体系化し、発展させていく必要があるのではと思われる。整理・体系化されていけば、今後、中性子利用が様々な分野に広がり、現在中性子利用が行われているJ-PARCのような大型施設のみでなく、小規模施設でも行われるようになった際に、非常に有用であると考えられる。

おくの こういち（安藤ハザマ技術本部原子力部所属、同社技術研究所選任）
放射線取扱主任者、筑波放射線安全交流会 副会長

プロフィール ● 東海大学工学部原子力工学科卒業。北海道大学大学院工學院量子理工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。

(株)間組入社 技術研究所配属、宇宙開発事業団(現JAXA)筑波宇宙センター宇宙医学研究開発室へ出向、2013年4月から会社合併により安藤ハザマ原子力部所属。安藤ハザマ技術研究所選任放射線取扱主任者。前日本アイソトープ協会放射線取扱主任者部会関東支部委員、筑波放射線安全交流会 副会長。

¹⁴C年代ウイグルマッチングによる高精度な年代推定

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

加速器質量分析法の開発により¹⁴C年代測定の精度・正確度が大きく向上したことを説明しましたが、木材試料についてはさらに正確な暦年代を得る解析法が開発されています。その¹⁴C年代ウイグルマッチング法を紹介します。

¹⁴C年代から暦年代への換算(較正)の必要性を前号で説明しましたが、この換算は¹⁴C年代測定法の原理的な問題を抱えています。例え±20年の誤差で¹⁴C年代値が得られても、¹⁴C年代から暦年代への較正の過程において、較正年代の可能性の範囲(誤差の幅)が大きく広がることがあります。例えば、¹⁴C年代が2500BPと得られた場合、測定誤差が±20年でも、IntCal09に基づく暦年較正を行うと、暦年代の可能性の範囲は紀元前700~400年と幅広い暦年代範囲に対応します。単独の¹⁴C年代から、この範囲内のもっと狭い範囲に年代を限定することは不可能です。これは、弥生時代早期の高精度編年の大きな妨げとなっています。

¹⁴C年代ウイグルマッチングは、¹⁴C年代から暦年代への較正をさらに一歩進める試みです。この方法では、年輪の¹⁴C年代を年代とは見なさず、むしろ年輪幅のような物理的特性と考えます。年輪年代法では、年輪幅の標準パターン(年輪年代と年輪幅の関係)が確立されている場合、それに試料木材の年輪幅変動をマッチングさせ、既定値

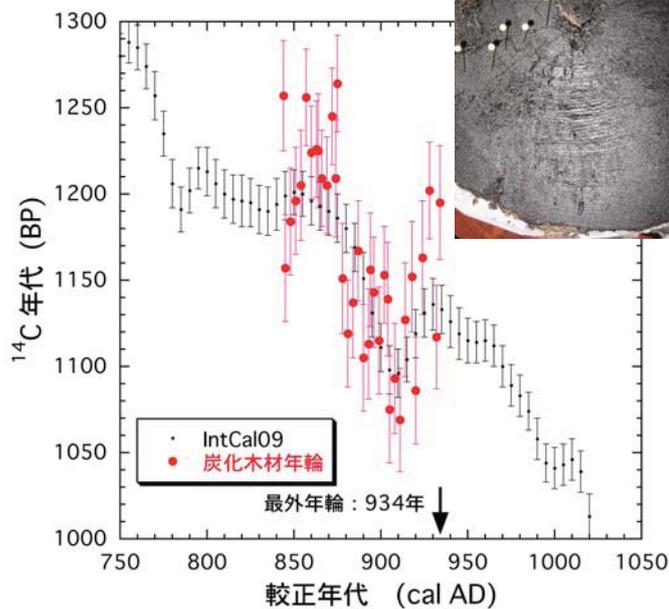
以上の有意な一致度を示す対応が得られれば、木材の年輪年代が決定されます。¹⁴C年代と暦年代の関係を示す標準パターン(IntCal09)は同様な形で利用できます。1つの木材について、木材の複数年輪の¹⁴C年代を測定して、年輪番号と¹⁴C年代の変動(これはウイグルと称されます)を標準パターン(IntCal09)と絵あわせします。ウイグルの一致度が最も良いところとして木材の年輪年代が決まります。

年輪年代法に用いられる年輪幅は、樹木が生育した地域の局所的な気候の影響を受けやすくなります。一方、樹木年輪の¹⁴C濃度(¹⁴C年代)は、光合成で固定される大気中二酸化炭素の¹⁴C濃度で決まります。対流圏の大気はよく混合しており、大気中の二酸化炭素の¹⁴C濃度はほぼ一

様と考えられています。従って、IntCal09は、ほとんどの樹木に適用できます。年輪年代法では、樹種や生育場所が限定されるのに対して、¹⁴C濃度変動パターンは、ほぼ生育年にも依存します。このような¹⁴C濃度変動パターンの特徴から、¹⁴Cウイグルマッチングは幅広い利用が期待されています。

白頭山一苦小牧火山灰の降下年代の推定

北朝鮮と中国の国境に位置する白頭山は標高2774mの孤峰の火山です。10世紀の巨大噴火により、東北日本や北海道に降下軽石による堆積物層が明瞭に形成されています。白頭山が火山灰の給源、苦小牧で模式的な堆積層が見つかることから白頭山一苦小牧火山灰と呼称されています。この火山灰層は東北・北海道の考古遺跡の発掘



白頭山の10世紀巨大噴火に係わる埋没炭化木材試料(写真)の¹⁴Cウイグルマッチング解析の結果。炭化木材の最末年輪(火山噴火の年)は934年と推定されます。

において、地層の年代推定に役立つ基準堆積層として広く利用されています。これは歴史時代の噴火ですが、中国にはこの噴火に関する文字記録が残されていません。そこで、噴火年代を正確に決定するために、現地調査を行い、火山近傍の火砕流堆積物中に埋まっている炭化木材(写真)を採取して¹⁴C年代ウイグルマッチング解析を行いました。炭化木材は、樹皮を有するものを選別しました。樹皮の直ぐ内側の年輪が最後に作られた年輪であり、噴火が発生した年に相当します。用いた炭化木材の年輪総数は102個であり、そのうち35個を選んで年代測定を行いました。炭化木材の年輪番号

と¹⁴C年代をIntCal09と比較した結果を図に示します。炭化木材の¹⁴C年代の変動がIntCal09の変動と最も良く一致しているところを探して、そのときの炭化木材の最末年輪の暦年代として西暦934年が得られました。きちんと統計解析を行うと、95%の可能性の範囲は西暦928~940年と得られました。

まとめ

¹⁴C年代ウイグルマッチングでは、一つの木材試料につき50~100個の年輪の¹⁴C年代測定を行っても、年輪年代法のように1年の分解能を達成することは困難です。しかし、一つの木材につき5~10個の年輪を用いることでもかなり正確度の高い年代推定が可能です。

OSLの原理

〔その4〕 OSLの応用と展望

シリーズ最終回はOSLの応用と展望について説明いたします。

酸化アルミニウムを検出素材とするOSL線量計は、当初は個人線量測定用として開発されましたが、現在では環境線量測定、宇宙に於ける宇宙飛行士の被ばく線量測定、医療における患者線量測定や機器の品質管理のための線量測定など幅広く利用されようとしています。

OSLの特徴はやはり線量計素材の安定性や同一素子の繰り返し測定、および高温を使わずLED光源を用いた読取装置とシステムの簡便性、信頼性、堅牢性です。

米国Landauer社で長年培われたフィルムバッジやTLDの測定技術から得られた全ての技術がこの線量計開発につき込まれ、これらの利点のすべてを引き継ぎ、多くの問題が解決されています。この結果、放射線やシステムに対する知識や設置環境に依存せず、容易に線量測定が可能で、高い信頼性を維持できるシステムとして多くの国がこの線量計測システムを選択しました。

米国から始まったOSLの波は世界中に広がり、当社も微力ながらアジア各国に技術の紹介を行い導入も進んでいます。

このOSL線量測定システムの読取装置は、開発当初レーザー装置を備えた大型装置でしたが、現在ではLEDを用いて小型化しており、その傾向は今後さらに進んでいきます。また、線量計の多様化も進み、放射線の種類やエネルギーによる異なった吸収特性を持つフィルターを備えた一般的な線量計から、酸化アルミニウムの粉末一粒ずつを炭酸リチウムでコーティングした中性子線用線量計、またCT線量計のように長さが17cmもあり、0.1mm幅の線量プロファイルデータが得られる線量計もあります。これら近年開発された線量計の中でも最も有用なものはnanoDot線量計です。

この線量計は1cm×1cmの大きさで2mmの厚みの遮光を兼ねたプラスチックケースの中に直径5mmの素子が入っています。金属フィルターを持たないため、診断用X線で影を作りません。また、素子の厚みが100 μm で方向依存性がなく、実験等で利用する際の素

子の設置方法を選びません。

エネルギー特性は γ 線を基準とした場合、最大で4倍程度あり、フィルターを持たないので適度な補正が必要ですが、個人の被ばく線量測定と異なり、実験等で使用する場合は照射する放射線の種類やエネルギーが予め判っているので補正は容易です。もし不明な場合でも、20keV以下、診断領域、CT領域、治療領域のようにエネルギーごとの補正係数を与えることにより大きな誤差もなく測定可能です。

現在、nanoDot線量計は透視を行う医師やその周りの看護師の方々の目の水晶体の線量測定に実験的に利用されています。スポーツタイプの防護めがねの内側と外側にnanoDotを貼り付けることにより、直接線量の測定が可能です。また、日本では殆ど需要がありませんが海外では放射線治療の際の線量モニターに使われることが多くなっており、東南アジアの国々においても同様です。

酸化アルミニウムには他の多くのTLDに見られるような超直線性(Supra Linearity)が認められます。nanoDot線量計は読取装置としてmicroStarを使用しますが、この装置であれば、上述のような超直線性を考慮した非直線校正(nonlinear Calibration)

が可能ですので1,300cGy程度の高線量まで測定でき、また良く調整されたmicroStarでは検出下限は数 μGy にまで至ります。一組の線量計と読取装置が数 μGy から10Gyを超える線量まで測定可能な世界を作っています。このことは、多種多様な測定要求に単一の線量計が全ての答えを与えてくれるシンプルで容易な実験計画を提案できるということに他なりません。

OSL線量計は21世紀に開発された非常に新しい線量計測システムで、現在でも盛んに研究開発が続けられ、新しい用途の検討が行われています。今後OSL線量計は人体内部の線量を直接測定できるものや、さらに改良された生体等価な線量計などに進歩発展していくでしょう。世界中で利用され始めたOSL線量計は将来我々の想像を超えた利用方法で使用される可能性をも秘めています。(小林 育夫)



お願い

バッジの返送方法について

カスタマーサービス課より

バッジの返送方法に関するお願いです。

- ①着用済みのバッジはできるだけ早くご返送ください。
- ②輸送中のバッジの保護のため、トレーに入れてご返送ください。
- ③登録内容に変更が生じた場合は、「登録変更依頼書」にご記入の上、Fax(または電話)していただくと共に、念のためバッジと一緒にご返送をお願いいたします。

※変更がない場合は、「登録変更依頼書」を同封していただく必要はございません。

【お問い合わせ】

〈カスタマーサービス課〉

Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8441

【登録内容の変更に関するご依頼】

〈登録受付担当〉

Tel.029-839-3315 Fax.029-836-8440



お知らせ

「保物セミナー2013」
開催のご案内

- 開催日時：平成25年12月5日(木) 9:30～17:30
 会場：大阪科学技術センター 8階大ホール
 参加費：5,000円(ボイリング参加者は別途5,000円)
 主催：「保物セミナー2013」実行委員会
 テーマ：1.「低線量放射線の人体影響」
 特別講演
 「最新の放射線安全行政の動向」
 2.「東京電力福島第一原発事故とリスクコミュニケーション」
 3.「福島復興への取り組みと放射線防護上の課題(Ⅱ)」

なお、ボイリングディスカッションは、セミナー終了後、開催致します。

連絡先：〒542-0081 大阪市中央区南船場3-3-27
 サンエイビル2F
 NPO安全安心科学アカデミー
 「保物セミナー2013」事務局
 Tel.&Fax. 06-6252-0851
 E-mail seminar@esi.or.jp

*詳しくは、安全安心科学アカデミーのホームページまで。<http://www.anshin-kagaku.com/>

ちよつと知っ得
風呂敷の起源(16)

皆さんは風呂敷を使っていますか?奈良時代、正倉院宝物の中に舞楽の衣装包みとして用いられたものが残っていて、古くは衣包、平包と呼ばれていたそうで、室町時代末期、大名が風呂に入る際、平包を広げその上で脱衣し服を包んだ、または足拭きにしたという説がありますが確かではない。江戸時代に銭湯普及と共に庶民にも普及し、衣類や入浴道具を平包に包み持って行く。風呂に敷く布で包むことから「平包」に代わり「風呂敷包み」や「風呂敷」と広まったと考えられているようです。

現代、漫画などで泥棒が背負う姿を描かれた唐草模様風呂敷。元々各家の家紋や花鳥風月などを題材とする日本独特の吉祥文様が用いられる事が多く、これも吉祥文様で、めでたいものの一つ。明治から昭和にかけて大量生産されました。当時泥棒は手ぶらで浸入し、まず盗品を運べる大判の風呂敷を探した。そこから泥棒=唐草模様風呂敷が定着。唐草は四方八方に伸び延命長寿や子孫繁栄の印として縁起が良い物とされていたそうで、ちなみに唐草文様は古代エジプトで生まれ、シルクロードを渡り、日本に入ってきたらしい。(神田 みゆき)

編集後記

季節の移り変わりは早いもので、熱中症に注意していた酷暑が嘘のようです。

12月もきつとあつという間なのでしよう。ちなみに本当に12月が瞬く間に過ぎた年があったのをご存じですか?明治5年の12月は、なんと2日しかなかったとの事。太陰太陽暦から現在の太陽暦に変更された年で、グローバル化を視野に入

れた改暦ではあったものの、政府の財政難の打開策として断行されたという話も。政策布告から施行までたったの23日しかなかったため、当時は上を下への大騒ぎであったろうことは想像に難くありません。これからどんな様々な試練が訪れても、勤勉さと柔軟性という日本人が持つ昔ながらの美德で、見事乗り越えていくことでしょう。皆様にとって素敵な年になりますように。(太田 敬子)

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.432
 平成25年(12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