

- トップコラム／高エネルギー加速器研究機構 教授 伴 秀一
- ICRP新勧告2007の概要／シリーズ [1] 目的と防護の原則
- 暮らしと放射線 あれこれ／  
〈その2〉宝石はどのように照射処理されるのか
- お願い／名義変更の手続きについて
- お年玉クイズ／当せん者発表



伴 秀一

## 長瀬ランダウア社との共同研究

高エネルギー加速器研究機構（略称KEK）つくばキャンパスは、NLだより360号（平成19年12月）の記事で採り上げられているように加速器を利用した共同利用研究所である。その中の私の属する放射線科学センターは、加速器の運転に付随して発生する放射線の安全管理を行っている。高エネルギー加速器からの漏えい放射線には、高エネルギー中性子が含まれる。中性子線量計としては減速型の「レムカウンタ」が広く用いられていてAm-BeやCf-252の標準中性子線源で校正されている。高エネルギー加速器の周辺で100MeV以上の中性子がある場合には、線量を過小評価することが知られており、高エネルギーの成分が多い場合には、レムカウンタは正しい線量値の50%程度の応答しか示さない。

中性子線の個人線量計にも同様の影響がある場合には、加速器の現場の中性子線質を考慮した補正係数を求める必要がある。長瀬ランダウア社からは個人被ばく線量測定サービスで使用されている固体飛跡検出器を提供して頂いて、KEK内の加速器周辺で照射した。こうして求めた現場での補正係数のうち、迷路・ピットなどで低エネルギー中性子が散乱して漏えいする場所を除いて、12GeV陽子加速器の欠損のない遮へいの外で得た最大の補正係数の値を採用している。長瀬ランダウア社からは、この補正後の値を報告書として頂いており、線量を安全側に評価できていると考えている。

欧州合同原子核研究機関（略称CERN）の200GeV陽子を利用する施設で、照射ができる機会があり、KEKの施設よりエネルギーが高い場合には固体飛跡検出器の応答がどう変わるか調べるために、再度、長瀬ランダウア

社に協力頂いて素子を用意して頂いた。CERNの校正場での補正係数はKEKでの補正係数より30%大きかったものの、施設の入射粒子エネルギーが10倍以上違うわりには、変化は小さいといえる。KEKのつくばとは別のキャンパス、東海キャンパスでは12月23日にJ-PARCで30GeV陽子の利用が始まった。つくばよりは陽子エネルギーが3～5倍高いが、加速器からの漏えい放射線に対する中性子線量計の応答は、それほど変わらないと予想している。

固体飛跡検出器を用いての宇宙放射線の測定は、NLだよりでも以前にとりあげられている。放射線科学センターのメンバーの俵裕子氏も、JAXA、放医研などとの共同研究で国際宇宙ステーションで使用する線量計を開発しており、2007年から日本人宇宙飛行士が着用している。その素子には以前に長瀬ランダウア社から提供された材料を使っている。

加速器の周辺では、高速中性子の線量がガンマ線の10倍以上になる場合がある。LiFのTLDを用いてガンマ線の線量を測る時に、通常使う天然のLiでなく中性子の影響を小さくするため<sup>7</sup>LiFの素子を用いたりするが、それでも少し影響がある。ルクセルバッジのOSL素子への中性子の寄与を調べるために熱中性子から15MeVまでの中性子で、またKEK内の加速器施設で照射した。その結果、通常の中性子エネルギー範囲では実用上は問題ないことが確認された。

高エネルギー加速器施設での加速器室の外側にいる職員等への漏えい線量測定に関連した共同研究について、述べてきた。これは今の個人被ばく線量測定サービスが始まる以前に、NTAフィルムを使っていた頃から続いている。高エネルギーの施設で起こる特殊な例に対応するための研究で、余り関係する機関がなく、長瀬ランダウア社との協力は貴重だった。2008年からは「放射線発生装置使用施設に係る中性子線量計の精度評価」として、医療施設などの高エネルギーでない一般的な加速器施設や、その加速器室内で中性子を直接測る場合についても、共同研究を始めている。

.....

ばん しゅういち（高エネルギー加速器研究機構 教授）

プロフィール●1980年京都大学大学院工学研究科（原子核工学専攻）博士課程修了、同年高エネルギー物理学研究所 助手（共通研究系）。1985年在外研究員（CERN 滞在）、2003年高エネルギー加速器研究機構 教授、2006年同機構 放射線科学センター長併任、現在に至る。高エネルギー加速器研究機構 放射線取扱主任者、大学等放射線施設協議会 理事。

社団法人日本アイソトープ協会 常務理事 佐々木 康人



### 1. はじめに

わが国の放射線防護管理規制の中心をなしているのは、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」である。略して「放射線障害防止法」「障防法」「RI法」とも呼ばれる。現在の障防法は国際放射線防護委員会

(International Commission on Radiological Protection: ICRP) の1990年勧告 (Publ.60) を大幅に取り入れて2001年4月に改訂されたものである。

ICRPは2000年頃からはじめた新勧告の作成作業を2007年3月に終了し、2007年12月に新勧告をAnnals of ICRP Publ.103として公表した。現在、ICRP2007年新勧告の翻訳作業が、社団法人日本アイソトープ協会のICRP翻訳委員会で進められている。本稿では新勧告の概容を3回にわたって解説する。新勧告の目次を表1に示す。主勧告

表1 新勧告の目次

1. 序
2. 勧告の目的と範囲
3. 放射線防護の生物学的側面
4. 放射線防護に使用する量
5. ヒトの放射線防護体系
6. 委員会勧告の実践
7. 患者、介助・看護者および生物医学研究への志願者の放射線防護
8. 環境の放射線防護

附属書A：電離放射線に起因する健康影響に関する生物学的および疫学的情報

附属書B：放射線防護に用いる量

は極力簡素なものとし、より詳しい解説を本文の附録 (Annex A、B) と別に発行する文書 (building blocks) に委ねた。

### 2. 新勧告作成の経緯

1990年勧告 (Publ.60) 以降に様々な課題に対する30に及ぶ勧告値が出され、複雑化した防護体系を単純化する必要性が指摘された。2000年に広島で開催された第10回国際放射線防護学会 (The 10<sup>th</sup> International Radiological Protection Association: IRPA10) でRoger Clarke ICRP前委員長が「制御可能な線量」と題して講演したのを契機に改訂作業が本格化した。2005年7月Lars-Erik Holm現委員長に引き継がれた。

本改訂の大きな特徴はその検討過程の透明性にある。新勧告案は何度も書き直されたが節目毎にウェブ上に公開し、意見募集が行われた。また、IRPA11、各地域 (ア

ジア、アメリカ、ヨーロッパ) で開催されたOECD/NEAと共催の会議などで勧告案の説明と議論がなされた。

この間、日本からも多くの人々が様々な立場で意見を述べ新勧告作成に貢献した。日本からは筆者が主委員会 (Main Commission: MC) 委員を務め、5つの専門委員会 (Committee1~5) にそれぞれ委員を派遣している。

### 3. 勧告の目的

勧告の目的は放射線被ばくの有害な影響からヒトや環境を適切に防護することである。但し、被ばくを伴う有用なヒトの活動を不必要に制限しないことが前提である。この目的を達成するためには、放射線被ばくやその健康影響の科学的知識に基づくのみならず、社会的、経済的観点も考慮した価値判断が必要である。

放射線防護は放射線の2種の有害影響を取り扱う。しきい値を越えた高い線量で発生する確定的影響 (有害な組織反応) と高線量でも低線量でも発生するが、被ばく後長い期間を経て、影響の頻度の増加として統計学的に検出される確率的影響 (がんや遺伝的影響) である。

人の健康影響の防護目的は確定的影響を起さないようにし、確率的影響のリスクを合理的に達成可能な程度に抑えることである。

### 4. 放射線被ばく状況と防護の3原則

防護体系は被ばくの原因となる数々の線源を取り扱う。このような線源の中には既存のものもあれば、人の活動のために社会が導入するもの、あるいは事故や非常事態の結果存在することになるものなど様々である。近年、テロなど悪意により放射線源が持ち込まれるシナリオも考える必要に迫られている。

放射線源から直接に、または複雑な経路 (pathways) を経て、人が放射線を被ばくする状況を3つに分類することができる。(1) 計画 (planned) (2) 既存 (existing) (3) 緊急時 (emergency)、被ばく状況 (exposure situations) である。新勧告は、行為 (practice) と介入 (intervention) という行動に基づく (procedure based) 防護体系を状況に基づく (situation based) 防護体系に変更した。

それぞれの状況に応じて防護の3原則を適用した防護体系をICRPは勧告している。3原則とは正当化 (justification)、最適化 (optimisation)、個人線量限度 (dose limits) である。正当化と線量限度は1990年勧告を踏襲しているが、新勧告では防護の最適化に重点を置き、1990年勧告以上に個人の防護を重視する姿勢をとった。また、医療被ばくは計画被ばく状況に分類されるが、医療目的で患者が受ける被ばくはその特殊性故に別扱いとし、独立した7章に記載した。また、環境 (人以外の生物) の放射線防護をはじめて第8章に取り上げた。



# 暮らしと放射線 あれこれ

## 〈その2〉 宝石はどの様に照射処理されるのか

日本彩宝石研究所 所長 飯田 孝一



照射によりダイヤモンドが着色されてからおよそ1世紀が経過した。詳細は次号で取り上げるが、今日では20種類程度の宝石が放射線で着色されて商業的レベルで流通する様になった。ラジウム塩やラドン・ガスを線源として使う最初期の方法は、残留放射能という問題もあり、すでに旧式の方法となり、今では生産面ではほとんど行われていない。とは言え当時処理されたダイヤモンドは現実に残っていて、持ち主を変えて時々市場へ顔を出す。じつは石が発している放射線は目に見えないから、それぞれの所有者がその石の正体を知らずに持ち続けていたという事が問題なのである。

現在宝石の照射には次の3つの照射源が使われている。放射性同位元素を使用する設備、高エネルギーの電子を生む加速器、中性子を生み出す原子炉である。この中で、宝石の照射に多く使われているエネルギーは“ $\gamma$ 線”である。線源は $^{60}\text{Co}$ で、前号に書いた『クォーツ』『パール』『トパーズ』『トルマリン』がもっとも多く照射処理されている。

続いて多く使われる照射法は“ $\beta$ 線”を使うものである。中性子線を用いる照射処理も行われるが、その方法は石種とそこに含まれる微量成分によっては放射化という問題が残る。

ここで、照射が多く行われている宝石の中からブルーのトパーズを例に選んで、宝石はどの様に処理されるのかを紹介してみる。

処理の対象として選ばれる原材はホワイト・トパーズと呼ばれる色のない石。石を照射するエネルギーには“高速の電子( $\beta$ 線)”と“ $\gamma$ 線”が選ばれる。それらの方法で石を照射すると、色のなかったトパーズは最初にブラウンやグリーンに着色する。そこでブルーを引き出す為に続いて石を加熱する。するとブルーに変色するのだが、これは放射線の照射で生じた電子のズレが修正され新たな色のセンターが生じる事による。

“中性子線”もこの種のセンターを作り出すエネルギー源である。この場合は直接ブルーに発色するという特徴がある。



左側は原材の無色のトパーズ。右側の上段左は $\gamma$ 線で照射したもの。右は加熱したもの。右側の下段は中性子で照射したもの。

したがってもっぱらこの方法が多く使われるのだが、加熱処理の必要はない代わりにターゲットが放射化してしまうという欠点がある。結晶に含まれる不純物成分が原因して、それを照射する方法によっては、トパーズ自体が容易に高レベルに放射化してしまうのである。

中性子線は多くの放射性核種を作り出してしまふから、処理をする技術者はトパーズに照射させる要素の中で高速の中性子を最大にして、低速(熱)の中性子を最小レベルで抑える工夫をする。

トパーズを低速の中性子を吸収するカドミウムやボロンの化合物で覆った容器に入れ、容器を特別のプレートで囲んで照射を行う。結果、高速の中性子線だけが容器を透過してトパーズを照射、発色の原因となるセンターを作り出すのである。低速の中性子線はプレートの中のウランに吸収され、新たに容器中のトパーズを照射する高速中性子を生み出す。それでも処理された石は放射化するのだから、着色した石は放射能がバックグラウンドのレベルになるまで管理される事になる。

さらに、原子炉で $\gamma$ 線を照射し、次にリニアックで $\beta$ 線を照射、微妙な色の違うブルーを作り出すという方法もある。それらの方法によって着色されたブルーのトパーズは微妙な範囲で、かつ色調が異なるブルーを形成し、宝石の業界ではイメージ・ネームとして多くの商品名で呼ばれている。



左から右へ、『スカイ』『カリフォルニア』『エレクトラ』『スイス』『スーパー』『ロンドン』と呼ばれるブルーの各処理のトパーズ

現在、種々の放射線を照射して多くの数の色処理した宝石が作りだされている。その中で問題は中性子線の照射である。先述した問題を残すからだが、現実には『ベリル(Be)』『クリソベリル(Be)』『スポジューミン(Li)』『トルマリン(Li)』『ジルコン(U,Th)』類が照射されている。それらの宝石は( )内の元素を含んでいるので、放射化の問題は切実なものである。

宝石は人体へ直接装着するという性格の商品であり、残留放射能による被ばく量など人体への安全上の問題がある。我が国では取り扱い上での基準値が厳格に決められているが、現実には規格の厳格ではない国で照射処理されたものが開示なしに持ち込まれるなど、問題は山積みである。

お願い

カスタマーサービスより

名義変更の手続きについて

「名義変更」とは、既にお送りしたバッジを、従来の着用者に代わり、新たな着用者に名義を変えて継続使用することです。新たな着用者は、従来の着用者とは異なる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。人事異動等によりバッジ着用者の交代がある場合、名義変更をご利用いただければ追加費用なく、期を空けずに着用を開始することができます。

【名義変更の手続き】

●「バッジ測定依頼書兼登録変更依頼書」裏面の記入例(6)をご参照の上、必要事項を記入して

FAX、または電話にて変更内容を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依頼記入済み「バッジ測定依頼書兼登録変更依頼書」を同封してください。

【手続きの注意】

●着用期間途中での名義変更はできません。

●データ入力締切日までに手続きが間に合わない場合、1～2回は前着用者の名義でバッジを送付することがあります。新しい名義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。

お年玉クイズ 当選者発表

NLだより1月号「お年玉クイズ」へのご応募ありがとうございました。今回は総数688通と少なく正解者数653通（うちA賞160通、B賞275通、C賞218通）で各賞の中から厳正な抽選の結果、下記の方々が当選さ

れました。おめでとうございます。抽選は、昨年同様川崎大師東京別院薬研掘不動院の中島隆栄主監に來社していただき、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 かがみびらき



左から太田社員、中島隆栄主監、中井社長、橋本社員

当選者

A賞 ブルーレイカムWooo

新潟県 松坂 努様

B賞 Dyson DC24 motorhead

京都府 大胡百合子様 大分県 小野次郎様

C賞 ニンテンドーDS Lite

石川県 山黒 勉様 広島県 安藤祐巳子様  
 熊本県 平野忠義様 大分県 松本直之様  
 山口県 内藤貴之様

\*今回も答が正解であるにもかかわらず、氏名、商品名の無いハガキがありました。残念ながら無効とさせていただきます。

編集後記



お年玉クイズ応募の際、「今後やって欲しい企画」を同時に募集いたしました。お陰様で皆様から娯楽、教育、先端科学、海外情報など、何を掲載するか贅沢な悩みになるほど、多種多様な企画案が届きました。感謝申し上げます。小紙はお客様に役立つ情報を分かり易くお伝えることをモットーに企画しておりますが、

読者は放射線のプロから初心者まで様々です。この広範な方々全員に満足いただく情報をご提供することは不可能かと思えます。記事によっては、「難しいな…」「今更…」と感じることもあると思いますが、お察しください。

ところで、やって欲しい企画、ご感想などがございましたら、是非、編集担当までご一報ください。首を長くしてお待ちしております。(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](mailto: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.376 平成21年<4月号>  
 毎月1日発行 発行部数：32,000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