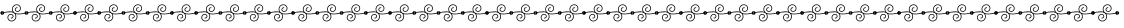




Photo M. Abe

Index

免疫学者からみた低線量放射線の生体影響（上）	
－ 福島第一原発事故を通じて －	宇野賀津子 1
水晶体の防護量と実用量	岩井 敏 6
温暖化抑止「パリ会議」と原子力	町 末男 11
RaD・E・F 標準線源に想いを寄せて	油井 多丸 12
〔テクノルコーナー〕	
緊急時可搬型車両スクリーニング装置 ガンマ・ポール	17
「2015国際医用画像総合展」のご案内	18
「個人線量測定サービス規約」の一部を改訂しております	18
〔サービス部門からのお願い〕	
●4月1日はガラスバッジ、ガラスリングの交換日です	
●ガラスバッジラベルデザイン、一部変更のご案内	19

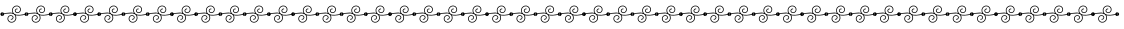


免疫学者からみた低線量放射線の生体影響(上)

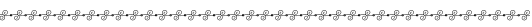
— 福島第一原発事故を通じて —



宇野賀津子*



1. 正しく測る事の難しさ



放射線は五感では感じられない！このことが、福島第一原発事故の問題を複雑にしたと言っても言い過ぎではないだろう。実際、事故直後、線量計を持っているところは、特殊なところしかなく、ルイ・パストゥール医学研究センターにも、共同研究をしていた化粧品会社さんから問い合わせがあって、お貸しした経緯がある。輸出している化粧品の放射能汚染をチェックしろと、相手国から言われたとか。研究所の方が持っておられたRadiの初期の機種をお貸したので、その後同機種を買ったものとしては、どの程度の感度で測れたか、今から思えば元々特に汚染していない物を測るので、まずもって何も測れなかっただろうと思っている。

個人で研究用に堀場製作所のPA-1000 Radiを買ったのは、2011年の秋であった。福島県白河市に調査に行っていた時、市の担当者の線量計を含め数台を並べて測ったら、 $0.1\mu\text{Sv/h}$ 以上の誤差があった。モニタリングポストが低めに表示されているとのクレームもあったが、機械によってこんなにも違うのだと思った瞬間である。テレビの番組で、東京の公園の一角を除染したら0.01ぐらい下がったとアナウンサーが興奮して言っていた。自分で測ってみると、同じところでも、3回測れば3回とも数字は同じ訳ではないので、0.01がどうしたのというところなのだが、知らない人はそうかなと思ってしまう。

2014年に京都の美浜町に行った時、各学校に

モニタリングポストがあって、小学生には小数点以下はわかりづらいと、ナノシーベルト/時間(nSv/h)表示がしてあった。そうすると、ある学校では 120nSv/h 、あるところでは 40nSv/h 、3倍も違ってくるということになる。そして物議がかもされたとか。また、ベクレル(Bq)という数字に振り回されて、1Bqたりとも食べたくない！と自分自身が数千Bqの放射線を出している事を知らないで、叫んでいる。数字が大きくなると、危険な訳でもないのに、大きな数字に不安になる、難しい事である。自分の住んでいるところを中心に考えていると、とても偏った知識になるとは、つくづくと思った。これは学問の世界でも同じで、今回私は、後述するように、分野間の感覚の違いに驚いた経緯がある。

3.11以降は行く先々で、Radiで測りまくっている。イタリア・スイス・オーストラリア・アメリカ・フィリピン・インドネシア・マレーシアと私が行った国や地域は高々しれているが、それでも結構高いところも低いところもある。クワラルンプール(マレーシア)の原子力庁のある所では、私のRadiは $0.3\mu\text{Sv/h}$ 前後であった。一緒に行かれた方が、前に来た時はこの辺にモニタリングポストがあったのと言われていた。彼がその数字($0.29\mu\text{Sv/h}$)を見て、福島より高いと言ったとのこと。どうもそれ以降、モニタリングポストが撤去されたい。

個人的経験でいちばん高かったのは、東電福島第一原発視察に行った時。一緒に行った京大RIセンターの角山さんの計測器が $100\mu\text{Sv/h}$ 超

* Kazuko UNO 公益財団法人ルイ・パストゥール医学研究センター 基礎研究部 インターフェロン・生体防御研究室 室長

えていた。Radiは10 μ Sv/hまでなのだが、2012年に飯館村を通った時、草ぼうぼうになった田んぼの草の上は、振り切れてしまった。さらに2014年の夏、NPO法人「あいんしゅたいん」で福島に行った時、浪江町に入った。途中Eテレで有名になった赤宇木地区の集会所に立ち寄り、私も車からおりて線量を測ったが、7.2 μ Sv/hという数字。また、日本テレビ系列の「ザ!鉄腕!DASH!!」で有名になった浪江町にある旧ダッシュ村の閉ざされた門の前にも行った。帰途には、再び6号線までもどり、双葉町を抜け、大熊町で東電第一原発の敷地付近を通過した。線量計はダッシュ村入り口付近で4~5 μ Sv/h、道中では10 μ Sv/h近いところもあった。

一方低かったのは、スイスに行った時、モンブランを見に行き帰りに、氷河の中に入った時、周辺は0.15 μ Sv/h、ところが氷河の上に立ったとたん、0.02 μ Sv/h、さらに氷河の中に入ると0.002 μ Sv/h、大地からの放射線が遮断され、さらに宇宙からの放射線が遮断されるとこんなにも違うのだと思った瞬間である(図1)。雪が降ると線量は大きく下がる事を、福島でも皆様が経験されていて、氷河の話をする時、カマクラの中が良いかとの意見がでてきたりした。

2013年の夏休みに赤道近くのフィリピンのパンダノン島という珊瑚礁の島に行った時、砂浜

では0.006 μ Sv/hという数字であった。この辺の海の上では0.002 μ Sv/h、日本でも海の上で測ったところ低いのは低いだが、これほどではない。宇宙線は、極の方で強く、赤道付近が弱いとのことで、これもなるほどと思った。ここも放射線をちょっとでも浴びたくないヒトにはおすすめポイントとして紹介している。でもフィリピンのパンダノン島は島に水がないので、水はタンクに入れて運ばないといけないし、その年の秋の台風被害が大きかったとも聞いた。それで放射線は低いけど、台風リスクはわからないけれどとお話している。

飛行機の中が高いといわれていたので、外国旅行の際は常に、Radiを持ち歩いてきた。もちろん、1万メートル上空では高いのだが、せいぜい0.3 μ Sv/hを示していた。あなたの測定器は良くないと言われて、阪大で校正してもらったが、非常に精度がよかった。もう一つ線量計をと思って、身につけるものかと思っていて時、千代田テクノルのD-シャトルの事を知った。早速お願いして入手し、それから1ヶ月、身につけてデータをとった。(図2)このデータを見て納得、1万メートル上空では1 μ Sv/hを超えていた。そして間違いなく、赤道付近は低く、極にいくにつれて高くなっていた。Radiは地上の γ 線を測るには良いが、宇宙線は突き抜けて

しまう!そういわれてなんとなく納得した。興味深い事にこのデータは、空港の荷物検査の被ばく量も反映していた。関空に比べ、メルボルンの機械の方が圧倒的に高かった。また、京都の研究所と自宅を往復していた週と、福島に行った時を比べるとさほどの差はない。唯一、福島市の花見山に行った時がやや高めであった。郡山や福島市の町中にいたのでは、京都・大阪と大差がなかった。もちろんこれは事故から3年半がすぎ線量も半分以下に低下し、さらに除染も一定程度進んだところでのデータで

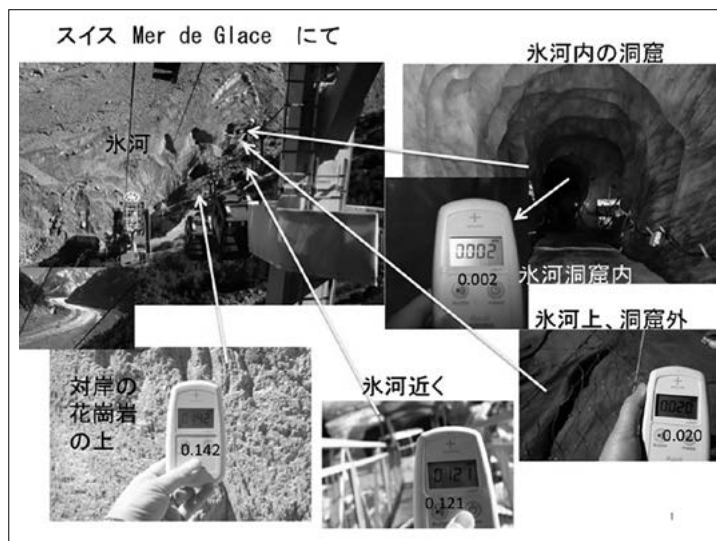


図 1

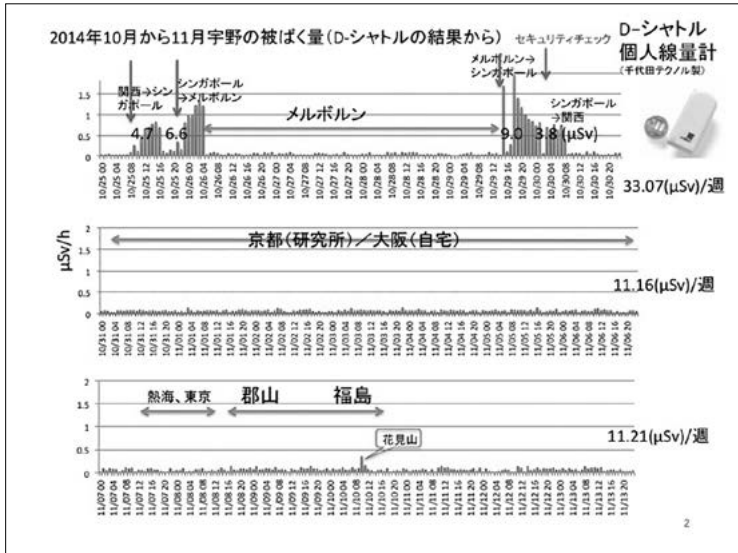


図 2

終わりだった。ビデオのフィルムがあちこち感光して、放射線の軌跡が走ったりしていた。このビデオを撮った方はどうなったのか、と思いつつ見た記憶がある。

そんな人間が何故か、福島に深く係るようになった。機器の特性や、測り方、色々と実地で教えてもらって、いちいち感心したりしている。

2. ホールボディカウンター検査：正しく測る事の大変さ



あるが。

本当に3.11以降、それまではradとCi（キュリー）の研修を受けた程度の一人の研究者が、色々な分野の方と議論しながら、勉強してきた。新しい分野に自分のテリトリーを広げる時の私なりの手法であるが、まず、日本語の関連図書を読み、そして関連の英文文献を読んで、新しい分野の知識を確実なものとしていく。その時の心がけとしては、できるだけ幅広い意見をとにかく読んで、自分の立ち位置を決めていくというものであった。和書ということになれば、事故後300冊は読んだ。放射線の生体影響、原子力の歴史から栄養や食事に至るまで、様々である。玉石混合、この程度のレベルの知識で、間接的な情報の受け売りで放射線の危険性を煽っているの？と思うものもあった。一方その過程で、私のそれまでの知識が覆ったものもある。

お恥ずかしながら、私自身RIの講習を受けたのは、ポストクの研修員として、免疫学の研究をするようになってからである。専らトリチウムを使って、細胞の増殖を見たりしていた程度で、もし、放射性同位元素をこぼしたりしたら、RI主任を呼びに行くようにという程度の講習しか聞いた覚えがない。年に1回、簡単な講義があって、チェルノブイリ事故のビデオなど見て、

2012年6月に福島からの避難者Iさんが、京都講演された、故北澤宏一先生にホールボディ検査をなんとか受けたいと相談したら、京都だったら、NPO法人「あいんしゅたいん」を訪ねたらと言われたと、訪ねてこられた。これは、私の友人の坂東昌子愛知大学名誉教授・元物理学会会長が立ち上げたNPO法人で、理科教育とポストク支援を行っていたのだが、3.11以降は、放射線に関する色々な情報を発信していて、北澤先生を京大に招いたりして情報交換をしていた経緯があった。ちょうど、福島で知り合った県会議員の方が、ベラルーシ製の椅子形ホールボディカウンター検査機で測る機会を作ったということで、その企画を紹介して会津での測定に同席したりした。測定結果はCs-134数百±数百Bq、Cs-137数百±数百Bq、という値でありにも標準偏差が大きく疑問が残った。この機械に関しては、ネット上でだいぶ問題になっていたらしい。後で知った事だが、完全に遮蔽されたバックグラウンドの低いところならともかく、福島のようなバックグラウンドの高いところでは、信頼性が格段に低下する。多少問題があったとしても、避難者の強い希望があるなら、そして他にないならお願いしようかと言うと、あいんしゅたいんの仲間は猛反対。そんな問題のある測定では、

却って問題が大きくなると！福島でも、流通しているものを食べている人はほとんど引っかかっていないことを聞いていたので、避難者の納得のためだからどんな機械でも一応測れば良いとの私の安易な考えはここで打ち砕かれた。

そこで、また、関西でホールボディカウンター検査が受けられるところを探しまわった。結果的に、熊取の京大原子炉にあり、福島事故後福島へ行った研究者を測定したという情報が得られた。また関西電力の発電所にもあるとの情報が得られた。まずは京大ということで、坂東さんと宇野で、松本学長へお願いのメールを出した。

<http://jein.jp/npo-introduction/message/248-appeal6.html>

送った明るる日に、山中先生のノーベル賞受賞のニュースが飛び込んできて、ちょっとあきらめかけたところへ、高橋千太郎京大原子炉副所長よりOKの返事がきた。2012年10月、京都への避難者中心に、マイクロバスで京大熊取の原子炉へ。一人10分間ということで、波形も含めて測定をお願いした。測定限界は500Bqということであったが、お一人だけ570Bqという数字が出た。ご本人はそれほど気にされてなかったが、これが一緒に行った物理学者の間で問題になった。結果的には、機械の校正の不十分さ故の結果であった。経緯は以下に詳しい。

<http://jein.jp/fon/activity-report/1028-wfp2013-report3.html>

その過程で思った事は、数百Bqというセシウムを測定する難しさであった。京大原子炉の機械は、事故が起こった時の数万Bqの被ばくを測定するためにあり、数百Bqのわずかな量を検出するには適していなかった。機械と数字に弱い私なんぞは、延々数ヶ月にわたって議論している物理屋さんを横目に見て、ややあきれていた。しかしながら早野龍五東大教授と糸井重里氏の「知ろうとすること」（新潮社）を読んだ時、改めて正確に測る事の重要性を思った。早野氏のような物理学者が、福島ホールボディカウンター検査を、本当に正確で意味のあるものとしたことを。そして、最初に、どうせ出ないのだ

からどんな機械でも測ればいいのではないか、それが安心に繋がるなら、と思った自身を恥じた。正確に測る事、そしてその実績こそが安心に繋がるのだと。これらの経験を通して遮蔽と校正の重要性を学んだ。

京大原子炉のあと、避難者をつれて美浜の原子炉にも行き、測定した。私自身は先に福島の労働保健センターでFast Scanで測定していただいたものも含め、京大原子炉、美浜と計3回測定していただいた。福島ではFast Scanで2分、京大原子炉と美浜では各10分で測定していただいた。京大へ行く前、美浜に行く前にも避難者は事前勉強会を行い、2012年の秋では、事故直後の被ばく量はこの時点では測定出来ないということを知っていた。生物学的半減期についても勉強していた。それでも、福島からの避難者が京大原子炉からの帰り、気持ちがすーっと楽になったと言ってくれたのは、とてもうれしかった。

その後、関西へ福島からホールボディカウンター検診車が来てくれたのは2013年の12月だった。福島へ行くたびに県庁に行ってお願ひした。検診のあとの説明は、あいんしゅたいんで責任をもって対応しますからと、何度もお願いし、2013年の秋に、関ヶ原が雪で通れなくなる前に行きますからとの返事を得た。京都、兵庫での検診の事は、以下に詳しい。

<http://jein.jp/npo-introduction/message/247-appeal7.html>

<http://jein.jp/fon/wfp-2013.html>

3. 福島は第二のチェルノブイリにはならない

~~~~~

2012年4月に出された、コープふくしまの陰膳調査の結果を京都で知った時、私のみならず、周辺の物理学者も驚いた。

<http://www.fukushima.coop/kagezen/2011.html>

ある人はその少なさに驚き、ある人はその測定精度に驚いた。福島すごいじゃないのと思った。福島は、2012年から米の全袋検査を始めた。2012年度で、100Bq/kgを超えたお米は

71袋だったという。1000万袋以上測定しての結果である。何よりも、全袋検査などという「アホな事」をやる体制を作ったということに、拍手したい。これも風評被害を払拭しようとの関係者の、なみなみならぬ決意の現れであろう。

基準値超えのお米の比率が心配していたよりずっと少なかったというのは、関係者の印象であろう。実際この数字は、私も含めて周辺の研究者が心配していたほどでなく、よかった!と思った。チェルノブイリ近辺では事故後25年経過してもなお、食品の放射能汚染は一定程度みつかるという。土壌の汚染状況からしても、食品への放射性セシウムの移行は意外と少なかった。これは日本の土が粘土質であることが幸いしたという。

私は「チェルノブイリ」での結果がそのままあてはまらない事を「放射能と栄養」白石久二雄著を読んで納得した。そこには、ミネラル分が少ない白ロシアやウクライナ草原地帯の土壌は、より放射性物質で汚染しやすいことが書かれていた。また土壌への石灰の添加や多量の堆肥、土地改良材の添加により汚染レベルを減らす事が出来た一方、微量元素の土壌からの元素吸収をも低下させてしまったとも書かれていた。また、「土壌汚染」中西友子著を読んで、日本の農学関係者の努力にも頭が下がる思いがした。土の中のセシウムの汚染度と、稲へのセシウムの移行とは比例せず、むしろカリウムの濃度に反比例したという。結果的に日本では粘土質でこれにセシウムが強く吸着したことから、土の汚染度の割に食品への移行が少なかった事が幸いした。実際測定してみると、粘土質より砂質の田んぼで、基準値超えのお米が見つかったという。ここから見えてきたものは、その土地で、その地の土で栽培しないと結果は大きく異なるということだった。

また、福島の実物についても、冬場に樹皮を一生懸命洗ったと聞いた。それは、根からのセシウムの移行でなくむしろ幹から果実に移行することがわかったからという。食品の汚染対策については、そのものの特性を知り、土地を知り、その土地で考えてわかることが多々ある。

2011年の事故後から秋にかけて、子どもを守るという本がたくさん出た。

「子どもたちを放射能から守るために」、「子どもを放射能汚染から守りぬく方法」、「わが子からはじまる食べものと放射能のはなし」、「放射線被ばくから子どもたちを守る」、「武田邦彦が教える子どもの放射能汚染はこうして減らせる」、「世界一わかりやすい放射能の本当の話 子どもを守る編」、「内部被曝の真実」、「原発・放射能 子どもが危ない」、「自分と子供を放射能から守るには」、「放射能を落とす下ごしらえ」、「子どもたちを内部被ばくから守るために親が出来る30のこと」、「放射性セシウムが人体に与える医学的・生物学的影響」、「チェルノブイリ原発事故被曝病理データ」、数え上げたらきりが無い。

これらの本には、大人より、子どもの方が放射能に対する感受性が高い、チェルノブイリの子どもは7割以上が不健康である。放射能を減らすためには、野菜はゆでて、ピクルスにして、という調子である。どう考えてもそんな食事では、むしろミネラルやビタミン不足で別の病気になるのではと、思われる内容であった。

2014年のはじめ、福島県の実験科等の専門職員の研修会のことである。参加者から、「放射能を減らす食事というのがありますか」、と質問された。福島の実験科の授業では「放射能を減らす食事」の授業も必要かとの問いだったので、「食品の放射能汚染もほとんど基準値以下、ホールボディカウンター検査でも、ほとんどの方が基準値以下であるのに、そんな教育必要ですか、むしろこれから必要なのは、減塩や抗酸化食といった健康のための食事ではないですか」と答えると、先生方の顔が明るくなったように感じた。2014年になると、今の福島、食の安全はかなり管理できていると県内にいる方はかなり自信を持っておられるようである。流通しているものは大丈夫と、ほとんどの人は思っている。でも、家庭菜園のものは、じいちゃん、ばあちゃんは食べても孫はだめ、となる。せっかく福島では測定器が身近に有るのだから、測って確認して基準値以下だと、皆で食べようよと言っている。それが科学的態度だよと。(続く)

# 水晶体の防護量と実用量



岩井 敏\*

## 1. はじめに

1980年のBrighton声明で職業人の水晶体の線量限度が300mSv/年から150mSv/年に引き下げられた。1990年のICRP Publication 60では水晶体の線量限度は、職業人は150mSv/年、公衆は職業人の1/10である15mSv/年という値が勧告されている。2007年のICRP Publication 103ではICRP Publication 60と同じ線量限度が引き継がれた。しかし、ICRP Publication 103では、水晶体は従来考えられていたよりももっと放射線感受性が高い可能性が懸念されており、放射線感受性の再評価が検討されていることを記述している。

2011年4月に発表されたICRPの「組織反応(確定的影響)に関する声明」(いわゆるソウル声明)では、眼の水晶体の白内障のしきい値は生涯線量で0.5Gyとされ、職業人の計画被ばく状況の線量限度は5年間平均で20mSv/年(ただし50mSv/年を超えない)に引き下げられた。眼の水晶体の混濁と白内障のしきい値は2012年に採択されたICRP Publication 118で詳しく論じられている。この線量限度の決定に至った科学的根拠について、近年の原爆被爆者やその他の疫学的調査に基づくことを示している。しかし、その根拠となるデータは限られており、白内障発症のメカニズムについても十分に明確になっている訳ではない。ICRPの水晶体の線量限度の低減の声明をうけ、

IAEAは水晶体の線量評価・防護に関する要件を取りまとめ2004年1月にTECDOC-1731として公刊した。2014年7月に公刊された国際基本安全基準(BSS General Safety Requirements Part 3)で、この限度を取り入れている。また、欧州共同体(EU)の改訂DirectiveであるCouncil Directive 2013/59/EURATOMにも、新限度の記載がある。

本稿では放射線防護に用いられる線量概念である眼の水晶体の防護量と実用量について解説する。

## 2. 水晶体の防護量

1987年に採択されたICRP Publication 51では光子入射に対する水晶体の線量当量がAP, PA, LAT, ROT, ISOの5照射条件について単位フルエンスあたりの値として示されている。ICRPが評価した値は、カーマ近似計算に基づくため、低エネルギー光子の線量当量をAP条件で若干過大評価していることも示している。1995年に採択されたICRP Publication 74/ICRU Report 57の付録Aには光子入射に対する水晶体の吸収線量がAP, PA, LAT, ROT, ISOの5照射条件に対して、空気カーマからの換算係数として示されている。

2010年に採択されたICRP Publication 116の付録Fには眼の水晶体の防護量が、眼の水晶体(の有感部分)に対する単色エネルギー

\* Satoshi IWAI 一般社団法人原子力安全推進協会 技術支援部 部長

の粒子フルエンス当たりの吸収線量換算係数として示されている。入射粒子は光子、電子、中性子である。照射条件は光子と中性子はAP, PA, LAT, ROT, ISOの5条件であり、電子はAP, PA, ISOの3条件である。計算は電子入射のAP条件を除けば眼球モデルを組み込んだ頭部ファントムを用いている。電子入射AP条件では眼球以外からの後方散乱の影響が無視できるため、眼球ファントムのみで計算している。電子入射については0.8MeVまではISO照射条件の換算係数にはAP照射条件の値を用いている。その理由はAP照射条件の換算係数の信頼度は高いことと、ISO照射条件に比べて保守的な値を示すためである。中性子について放射線加重係数を使用した等価線量を水晶体の防護量として用いない理由は、放射線加重係数はがんなどの確率的影響に適用する係数であり、確定的影響（組織反応）に分類されている白内障を考慮した係数でないためである。中性子入射に関する白内障の防護量としては白内障の生物効果比（RBE）で加重した吸収線量を用いる必要がある。中性子に関する白内障発症のRBEはICRP Publication 92にマウスによる動物実験データ等及び原爆被爆生存者のデータが示されている。しかし、ICRPとしては中性子によるヒトの白内障のRBEの評価値を示していないのが現状である。

### 3. 防護量と実用量

放射線防護に使用される線量概念には、大きく分けて2種類の量がある。ひとつはICRPが定義する「防護量」(protection quantity)であり、もうひとつはICRUが定義する「実用量」(operational quantity)である。防護量は、人の放射線健康リスクと関連付けた指標として、放射線防護のための線量限度に用いられている量であり、必ずしも直接測定できる量ではない。一方、実用量はモニタ

リングのための測定の対象と考えられている量であり、場のモニタリングのために周辺線量当量及び方向性線量当量が、また個人モニタリングのために個人線量当量が用いられる。

防護量は照射条件がわかればシミュレーション計算で求めることができる量である。しかし、防護量は物理量ではないため実測可能な量とは考えられておらず、入射放射線の方向依存性が大きいと、放射線モニタリングには直接使用できない。そのため、防護量の評価のために実用量が、ICRPの1977年の勧告（ICRP Publication 26）に応じて開発された。この実用量の目的は、防護量の推定値を提供すること（ICRU Report 39とICRU Report 43）と、モニタリングに用いる線量計の校正目標量として使用されることである。

実用量は、場のモニタリング用（エリアモニタリング）として周辺線量当量と方向性線量当量を使用され、人体に装着する個人線量計を用いる個人モニタリングには個人線量当量を用いられる。実用量は、防護量の推定値を適切に表わすことができ、かつ近似的に測定可能な量であり、防護量をほぼ下回らないように設定されている。しかし、人体の後方から放射線が入射するような場合には、実用量である個人線量当量は防護量である実効線量よりも明らかに小さな値を示すことがあることにも注意が必要である。放射線防護に直接係わる防護量と同様に測定に係わる実用量は、放射線に関する基本物理量（フルエンス、空気カーマなど）と換算係数によって関連付けられている。

### 4. 水晶体の個人線量当量 $H_p(3)$

水晶体の等価線量に対応する個人線量当量 $H_p(3)$ は軟組織の深さ3mmの点の線量当量としてICRU Report 47で定義された。しかし上記の定義のままでは、個人線量当量を測定することは現実的にはできないため、ICRU Report 47では適切な組織等価物質で覆われ、



かつ体表面に装着した検出器で測定することが可能であることを示した。そして検出器の校正は、一般に適切なファントムを用いて単純化された状況で実施されることを示した。個人線量当量の評価に使用するファントムを規定し、評価点を規定することにより単一の値である $H_p(3)$ への換算係数が計算可能となり、線量計の校正も可能となる。

しかし、 $H_p(10)$ 及び $H_p(0.07)$ と異なり $H_p(3)$ への単一の換算係数を計算できるようにするためのファントムはICRP及びICRUでは定義されてこなかった。したがって、空気カーマからの $H_p(3)$ への換算係数はICRP Publication 74/ICRU report 57には示されておらず、その後、ICRP Publication 74の改定版として出されたICRP Publication 116にも示されていないのが現状である。

ICRU Report 47の定義に準拠すれば、 $H_p(3)$ は、適切な軟組織のファントムの深さ3mmの点の線量当量として評価できる。1991年にGrosswendt<sup>1)</sup>はICRU組織等価物質及びPMMA(メタクリル酸メチル樹脂)で作成したスラブファントム(30cm×30cm×15cm:以後、「標準スラブファントム」と記す。)を用いて、光子の $H_p(3)$ を、電子輸送を考慮しない近似計算であるカーマ近似を用いたモンテカルロコードで計算した。その結果はIEC 62387-2012、ISO 4037-3、及びISO 12789-2に引用されている。1995年にTillら<sup>2)</sup>によって、標準スラブファントムで、電子輸送を考慮しないカーマ近似を用いたモンテカルロ計算により、光子の $H_p(3)$ が計算された。ISO 12974 は中に水が入ったPMMA材質の標準スラブファントムを $H_p(3)$ 用の線量計校正に使用することを提案した。しかし、ICRP Publication 74に記載されているように、標準スラブファントムは、体幹部に線量計を装着することを前提にして使用されるものである。したがってスラブファントムの後方散乱特性を考慮すると眼の防護量評価への適用

の妥当性については慎重な検討が必要となる。2007年にENEA<sup>1)</sup>のFerrariら<sup>3)</sup>はICRU等価物質からなる20cm×20cm×15cmのスラブファントム(reduced phantom)を用いてMCNP-4Cコードでカーマ近似を用いたモンテカルロ計算及び実験で $H_p(3)$ を評価した。この値は標準スラブファントムを用いた $H_p(3)$ よりも後方散乱が小さく、ICRP Publication 74/ICRU Report 57の付録Aに示されたMIRD型ファントム(米国Medical Internal Radiation Dose Committeeのファントムであり、2次不等式を用いて人体及び臓器・組織を表現した数学ファントム)を用いた水晶体の吸収線量の安全側の近似値として優れていることが示された。

$H_p(3)$ の評価に使用されるファントムはスラブファントムだけでなく、人体の頭部形状を近似した円筒ファントム(20cmφ×20cm:ICRU組織等価物質)が欧州共同体と欧州原子力共同体(EU-EURATOM)の基金で行われているORAMEDプロジェクトワーキングパーティ2(WP2)で提案された。そしてその円筒ファントムを用いた光子の空気カーマから $H_p(3)$ への換算係数が2009年Dauresら<sup>4)</sup>によってモンテカルロコードPENEROPEを用いて評価された。電子のエネルギー沈着はカーマ近似を用いたケースと電子輸送を考慮したケースの2種類の計算が実施された。ORAMEDプロジェクトの結果、円筒ファントム(20cmφ×20cm)は上記2種類のスラブファントムよりもMIRD型ファントムを用いた水晶体の吸収線量の値に近く、安全側の評価が可能であることが分かった<sup>5)</sup>。また1MeV以上の光子ではカーマ近似は正確な値を示さないことが明確となった。2013年にGualdriniら<sup>6)</sup>によって光子10keVから10MeVまでの入射エネルギーで入射角0度から約15度おきに180度までの入射条件で、

1 新技術エネルギー環境機関(イタリア)

円筒ファントムを用いた $H_p(3)$ の計算がMCNP5とPENEROPEコードを用いて行われ、カーマ近似と電子輸送を考慮して計算した両者の結果が表で示された。

電子入射に対しては、1995年にICRP Publication 74/ICRU Report 57の表7に標準スラブファントムを用いた深さ3mmの点の線量当量が示されており、ICRP Publication 74/ICRU Report 57の(279)項で、この値は個人線量当量( $H_p(3)$ )に使用できると記載されている。しかし、それ以降のICRP及びICRUの文書には改訂は出されておらず、新たな計算値は発表されていない。

中性子入射については、2013年にGualdriniら<sup>7)</sup>がICRU組織等価物質の標準スラブファントムと円筒ファントムを用いて、熱中性子から15MeVまでの $H_p(3)$ の評価値を示した。この計算もORAMED計画の一環として実施された。計算方法はモンテカルロコードMCNPXとMCNP5で求めた中性子フラックスと2次光子フラックスに平均線質係数を考慮したカーマ近似を用いている。平均線質係数を用いた理由は、白内障のRBEの評価値が確定していないためである。Ferarriらはこれらの中性子の個人線量当量を用いて、IAEAが調査してまとめた作業場の代表的な中性子スペクトル場で、線質係数 $Q(L)$ を用いてGualdriniらが計算した $H_p(3)$ と $H_p(10)$ を比較して、必ずしも $H_p(10)$ が保守的な値を示すわけではないことを示した<sup>8)</sup>。

しかし、眼の水晶体の白内障に対する防護に係る実用量 $H_p(3)$ の評価に、がんなどの晩発性の確率的影響の防護に用いることを目的とした $Q(L)$ に関連する平均線質係数を検討もなく使用することは妥当ではない。

## 5. 水晶体の周辺線量当量 $H^*(3)$ または方向性線量当量 $H'(3, \alpha)$

厳密に言えば、水晶体の周辺線量当量 $H^*(3)$

または方向性線量当量 $H'(3, \alpha)$ はICRPやICRUで評価されていない。1985年に採択されたICRP Publication 51は、表4.1-7に光子入射に対するICRU球の主軸上3mmの深さの点の線量当量に対する空気カーマからの換算係数を、PAR(主軸平行入射)、OPP(主軸反対方向からの平行入射)、ROT(回転入射)、ISO(等方入射)の4照射条件で示した。ICRP Publication 116ではICRP Publication 51の表7の、PAR(主軸平行入射)の換算係数を $H^*(3)$ として使用している。そしてICRP Publication 51の表7の換算係数の計算にはカーマ近似が使用されていることはICRP Publication 51には記載が無いが、ICRP Publication 116に明記されている。ICRP Publication 51にはICRU球の主軸上3mmの深さの中性子線量当量がPAR及びISO入射条件に対して示されている。ただしこの値は中性子の線質係数に関するパリ声明を反映した値ではなく、パリ声明を反映する場合は係数2を乗ずることが必要である<sup>2)</sup>。ICRP Publication 74/ICRU Report 57では、電子の方向性線量当量 $H'(3, \alpha)$ を、標準スラブファントムの深さ3mmの線量当量として表A.44及びA.45に示している。

## 6. おわりに

\*\*\*\*\*

眼の水晶体の防護量及び実用量の値がICRPまたはICRUの文書に記載があるもの、及びICRPまたはICRU文書には記載が無いが学術論文等に示されているものを分類してTable 1に示す。今後の課題として、中性子被ばくの場合、白内障の防護が目的である水晶体の実用量として発がんとの関連性を考慮した $Q(L)$ に基づく値を使用することの妥当性についての検討が必要である。そして $H_p(3)$

2 この考え方はICRP Publ.60以降では使用されていない。

Table 1 眼の水晶体の防護量、実用量の値のICRP/ICRU文書等への記載の有無

| 線量  |                                             | 放射線の種類 |    |     |
|-----|---------------------------------------------|--------|----|-----|
|     |                                             | 光子     | 電子 | 中性子 |
| 防護量 |                                             | ○      | ○  | ○   |
| 実用量 | 個人線量当量 $H_p(3)$                             | △      | ○  | △   |
|     | 周辺線量当量 $H^*(3)$<br>または<br>周辺線量当量 $H'(3, a)$ | ○      | ○  | ○   |

○：眼の水晶体の防護量、実用量の値のICRP/ICRU文書等に記載がある。

△：眼の水晶体の防護量、実用量の値のICRP/ICRU文書等に記載はないが、学術誌に記載がある。

の評価のためのファントムについては、現在2種類のスラブファントムと1種類の円筒ファントムが提案されている。ファントムの選定についても実用上の観点ならびに他の実用量との整合性等から検討することが必要である。

#### 参考文献

- 1) B. GROSSWENDT : *Radiat. Prot. Dosim.*, **35**, 221-235 (1991).
- 2) E. TILL, M. ZANKL and G. DREXLER; GSF-bericht 27/95 (1995).
- 3) P. FERRARI, G. GUALDRINI, R. BEDOGNI, E. FANTUZZI, F. MONTEVENTI, and B. *Radiat. Prot. Dosim.*, **127**, 145-148 (2007).
- 4) J. DAURES, J. GOURIOU and J. MJ. BORDY; CEA-R-6235, (2009) CEA Saclay.
- 5) G. GUALDRINI, F. MARIOTTI, S. WACH, P. BILSKI, M. DENOZIERE, J. DAURES, J. M. BORDY, P. FERRARI, F. MONTEVENTI and E. FANTUZZI; *Radiat. Prot. Dosim.*, **127**, 145-148 (2007).
- 6) G. GUALDRINI, J.M. BORDY, J. DAURES, E. FANTUZZI, P. FERRARI, F. MARIOTTI and F. VANHAVERE; *Radiat. Prot. Dosim.*, **144**, 473-477 (2011)

- 7) G. GUALDRINI, P. FERRARI and R. TANNER; *Radiat. Prot. Dosim.*, 1-13 (2013), Advance Access published June 3, 2013.
- 8) P. FERRARI, G. GUALDRINI, R. TANNER and E. FANTUZZI; *Radiat. Prot. Dosim.*, first published online 14, October 2013 doi:10, 1093/rpd/nct246.

#### 著者プロフィール

1951年 東京都北区生まれ。

1974年 東京大学工学部原子力工学科卒業。

1976年 東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。

工学博士。三菱原子力工業(株)、三菱重工業(株)、ニュークリア・デベロップメント(株)、東京大学大学院非常勤講師、(株)三菱総合研究所勤務等を経て、現職(一社)原子力安全推進協会勤務に至る。経験業務はPWRプラント定検業務放射線管理実務、内部被ばく線量評価コードの開発、PWR計装設計、もんじゅ炉心回り遮蔽設計、保障措置検認装置開発、国際宇宙ステーション搭載中性子スペクトロメータ開発、宇宙飛行士の被ばく管理システム、低線量放射線被ばくによる健康影響研究調査など。現在もっとも興味のあるテーマは、線量概念と放射線健康リスクとの関連性に関すること等。

## 温暖化抑止「パリ会議」と原子力

元・原子力委員 町 末 男



異常気象による災害が人類を脅かしている。2013年の11月には巨大な台風がフィリピンを襲い7千人以上の命を奪っている。2003年の夏のフランスでは異常な熱波によって高齢者など15,000人ものが亡くなり、日本でも2010年の夏の異常な高温で1,731人が熱中症で亡くなっている。国連の調査によれば、この異常気象は殆ど間違いなく人類の活動が齎しているものである。具体的に言えば炭酸ガスなどの温暖化ガスの排出増加に起因している。

事は大きい意義があるが、中国では30年までは炭酸ガスの排出は増え続けるという事であり、問題は残っている。日本も6月頃までには目標値を提出する必要がある。

### 原子力発電の価値

福島原子力事故後、日本では全ての原子力発電所が停止しており、代わりに火力発電を多用しているの、2013年の炭酸ガスの排出量は、測定を始めてからの最大量となっている。

原子力発電が全く炭酸ガスを排出しないのは温暖化抑止の点から大きな利点であり、ガイア理論の提唱者として有名なJ. Lovelock博士は、すでに英国の新聞「The INDEPENDENT」紙の2004年5月4日に寄稿し、地球は気候変動の危機に瀕しており、これを現実的に抑止できるのは原子力発電しかないと述べている。(新聞の切り抜き参照)

### 気候変動を抑止する新しい枠組みの意義

今年11月あるいは12月にパリで第21回国連気候変動枠組み条約締約国会議（COP21）が開かれる。その半年前には各国は温室効果ガスの削減目標を提出しなければならない。

2020年から発効するこの新しい枠組みには、先進国、新興国、途上国の全ての国が参加する点が京都議定書の場合と大きく違う。これによって、中国、インドなど多くの炭酸ガスを排出し、その量が増え続ける国も削減努力が義務付けられるので、条約の効果が大きいに期待されるのである。

一方途上国、新興国はこれまでの炭酸ガスが先進国によって排出され、気候変動を齎しているの、先進国の責任は大きく、途上国、新興国の削減努力、気候変動対策に財政的、技術的支援を強化するべきで、その目標も明示すべきと主張し、先進国は現在これに同意していない。

オバマ大統領は昨年11月に中国の習近平主席との会談で米国は2025年までに炭酸ガスの排出量を2005年のレベルから26から28%削減すると述べ、一方、習近平主席は2030年以降炭酸ガス排出量を減らすと約束している。炭酸ガスの2大排出国が削減目標を約束した



「The INDEPENDENT」紙の2004年5月4日号の切り抜き

今、日本では、発電源の構成比率いわゆる「ベストミックス」についての検討が始まっている。2002年成立の「エネルギー基本法」に記された3条件「優れた経済性」、「エネルギー安全保障」、「環境にやさしい」を満たす原子力発電の比率を安全確保を前提に、国民の理解を得つつ、どこまで高くできるか、冷静に議論しなければならない。(2015年2月15日稿)

# RaD・E・F 標準線源に想いを寄せて



油井 多丸\*

## はじめに

新設学部に移転して測定機器類を揃えつつある先生からメールが届いた。

“RaD・E・F線源を求めようとしたら、もう扱っていないと云われ当惑している”と。

早速、自分でも確かめたくwebで調べたところ、なるほどカタログ類には、もう存在していない。

昔はGMカウンターやガスフローカウンターのプラトー特性実験などに、或いは $\alpha$ ・ $\beta$ 線の区別には誠に便利で重宝していたものである。

知り合いにその旨を吹聴したところ、“昔は研修センターなどで教わったよ”、“ラジウム線源などは持っても危ないし”、“今頃GMカウンターでの実験などは時代錯誤だよ”、“廃棄処分の対象線源だ!”と応答するお方もおられ、びっくりした。

世の中はリサイクル時代、原子炉や加速器の解体時に生じる廃棄物でも、放射性物質は規制値以下であれば“クリアランスレベル”として再利用される、とのことである。

聞くところによると、“密封放射線源”は速やかに事務処理され、再び日の目を見ることは全く考えられないそうである。

もし、この拙文に目がとまり、ご自身の施設のRI貯蔵庫などに“あったかな?”と思われたら、ぜひ大事にして戴きたいもので

ある。

“保管などは困るよ”と思われたら、必要とされている方々や筆者にぜひ譲って戴きたい。

むかし昔の“アイソトープニュース”に、日本アイソトープ協会技術課のお方が3回に涉って“RaD+F標準線源について”を書かれていた記事がある。“温故知新”にあやかり、その内容をここに書き写して、われ自身のリフレッシュとしたい。

## 線源の構造と特性

図1にRaD・E・F標準線源の写真を示すが、直径2.5cm、厚さ1.6mmの銀板の片側面に厚さ0.05mmのパラジウム：Pdを被せている。

そのPd面に少量の鉛担体を加えたRaD；Pb-210をPbO<sub>2</sub>の形で電着（メッキ）している。

電着の部分は銀盤と同心で直径1.25cmの円形であり、厚さは0.8~1.0mg/cm<sup>2</sup>である。

RaD線源からは二種類の $\beta$ 線と一種類の $\alpha$



a) 標準線源とその容器 b) 茶色の線源面見える状態 c) 線源の裏面  
注：裏面に線源名と番号の刻印があり、添付書で検定の放射能値が分かる。中央円焦げ茶色の線源面を傷つけない用具で慎重な取扱が肝心。

図1 RaD・E・F標準線源

\* Tamaru ABURAI NPO法人放射線安全フォーラム／元原研 東京研修所

線が放出している。

その値は、電着後おおよそ50日を経て、RaD→RaEの放射平衡が十分成立するのを確かめたのち、同型の検定された線源と同一条件下で、RaE；Bi-210のβ線について比較測定している。

電着後、数年以上経た線源はRaF；Po-210もほとんど平衡に達していると考え、α線の標準線源として使用している。

その放射能  $N_a$  は、 $N_a = \{T_1 / (T_1 - T_2)\} N_\beta$  によって計算することができる。

ここで  $N_\beta$ ；RaEについての検定値。  $T_1$ 、 $T_2$ ；それぞれのRaD、RaFの半減期。

RaDの半減期は19.4年から22.2年というように十分確定していないため、検定後長期間を経た線源の検定値では半減期の補正の誤差が無視できなくなる。また使用中に誤って電着面に傷つけたりなどして折角の検定値が使えなくなることもある。

このような場合、RaD→RaEの放射平衡の成立を前提に、ラジオアイソトープ講義と実習(新版) p.461～3に述べられた方法に従い、2πガスフローカウンター比例計数管を用いて、まず、α線を測定してα壊変率を求め、次いでRaEのβ壊変率を計算することができる。

α線はβ線にくらべ後方散乱率が著しく小さいので、このような方法でかなり正確な値付けができる。

同じ頁に書かれている方法で、更にRaDおよびRaEのそれぞれのβ線につき、自己吸収、後方散乱の両方も含めた係数を求めることができる。RaEのβ線は比較的高いエネルギーを持っているので、自己吸収はあまり問題にならず、上で求めた係数はほとんど後方散乱のみに対するものと考えてよい。しかし後方散乱率をそのまま、例えば端窓計数管による測定の場合に適用することはできない(後者に対するほうが多少大きくなる)。

注；“Isotope news” 1974年7月号に、この線源の配布記事に放射能400～700dps、測定精度±2%とある。

ちなみに参照文は1970年8-10月号“実験室メモ”欄で、手帳の第11版にはRaDは  $T_1$ ：22.20年、RaFは  $T_2$ ：138.376日とある。

図2にアイソトープ手帳(第11版)のウラン系列図を示すが、これでRaD、RaE、RaFの関係がよく分かる。

### 線源の使用法

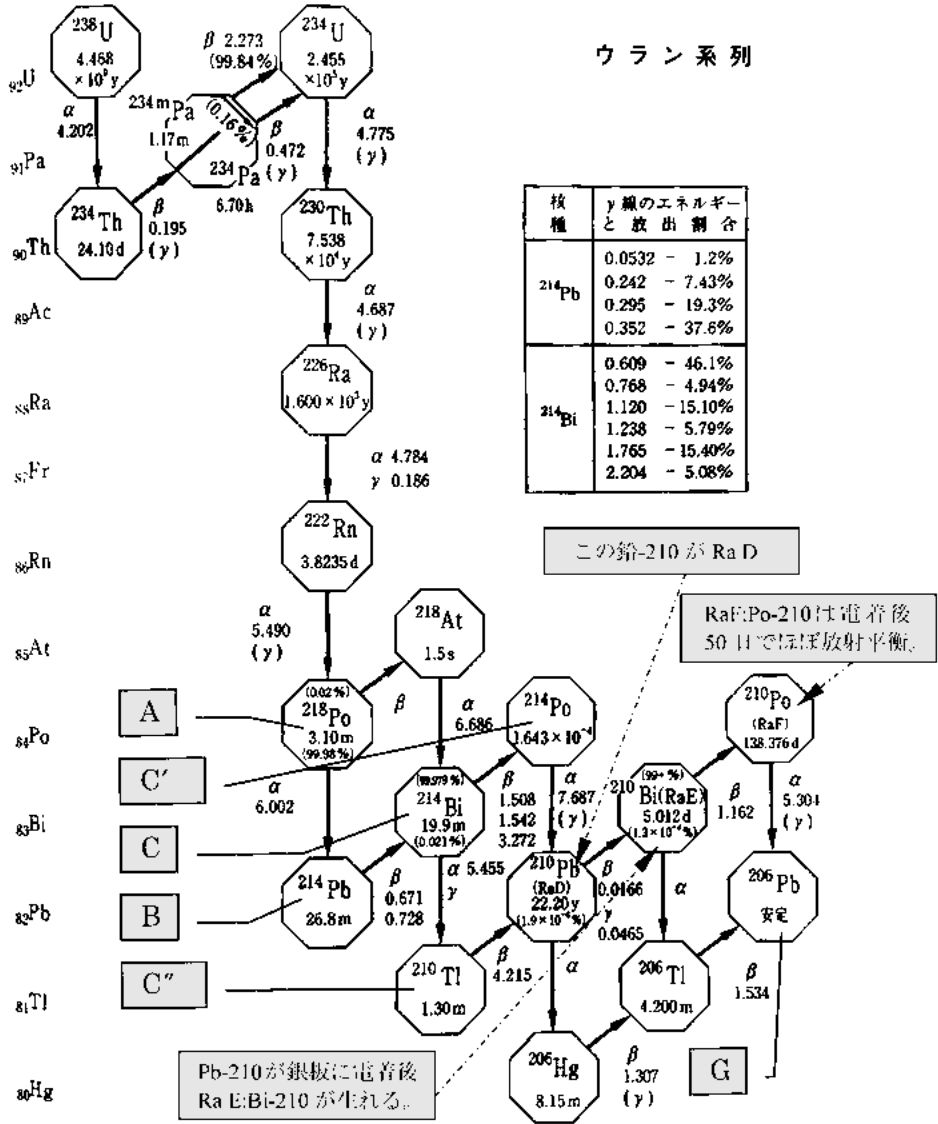
“この線源は本来、β放射体の放射能の値付け用として作られたものであり、そのための使用法だけについて述べることにする、”と続くが、申し訳ないが簡略化をお許し願いたい。要は未知試料の放射能値をGMカウンターで測定する際は、まず適当な

- ①放射能濃度の水溶液に調製する。
- ②標準線源と同形の銀板(Pd被覆は必ずしも必要でない)を準備する。
- ③その表面をアセトン等でよく拭って油気を取り、中央12.3mmφ部分を残し、周囲に希釈したシリコンワニス(撥水剤)を塗る。
- ④中央部分に一定量(0.05～0.1mL)のその水溶液を載せ、水平に置いて静かに乾燥する。これを測定試料とする。

### 測定

測定試料の測定については、図3に示す日本アイソトープ協会技術課で測定されている方法を用いる。

- ①測定試料を端窓型GM計数管スタンドの適当な棚の位置に置き、吸収板なし、及び約20mg/cm<sup>2</sup>までの数枚のAl吸収板を用いて計数し、吸収曲線を描く。但し、グラフ横軸ゼロ点は、目盛りの左端より少し右よりにとる。
- ②おなじ条件で、標準線源についても測定を行い、吸収曲線を描く。但し、この際4mg/cm<sup>2</sup>以上の吸収板を置いた状態でのみ計数する。吸収板0～4mg/cm<sup>2</sup>の場合では、RaEのβ線以外の放射線も計数するおそれがある。



アイソトープ手帳(第11版)11頁のウラン系列図表は、放射性物質の取扱に関する講習会でよく説明に用いられている。この図表でRaD線源の由来を知る機会がある。RaClにはPo-214がC'、Tl-210にC''、Bi-210にEというように分岐の状態を遙か昔の研究者が求めている。RaFは $\alpha$ ;5.304MeV、エネルギーピーク1つが特徴。添えの( $\gamma$ )は稀にPb-206m(核異性体)に分岐、その崩壊に伴う $\gamma$ 線(0.8MeV)を放出するが0.00124%という値がある。

図2 アイソトープ手帳(第11版)のウラン系列図を示す

- ③ 计数管の窓厚さ (1 cmにつき1.2mg/cm<sup>2</sup>と計算して) の和を求め、その分だけグラフ横軸のゼロ点より左側に横軸と平行の線を引く。
- ④ この直線まで、上に求めた二つの吸収曲線を左に延長し、それぞれの交点を $n_x$  (測定

- 試料に対し) 及び $n_{st}$  (測定試料に対し) とする。
- ⑤ 標準線源の検定値 (半減期補正を行う) を $N_{st}$ (dps)すれば、測定試料の放射能 $N_x$ (dps)は  $N_x = N_{st} \cdot n_x / n_{st}$  の式から求められる。

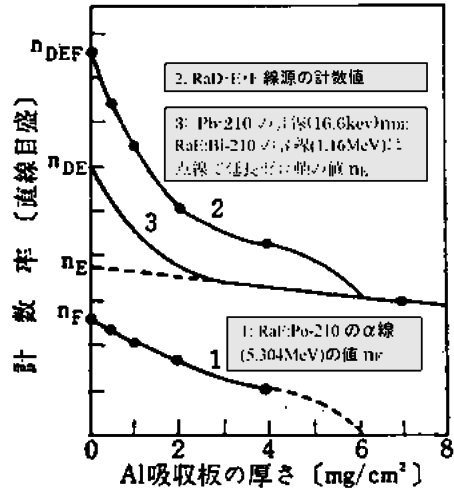
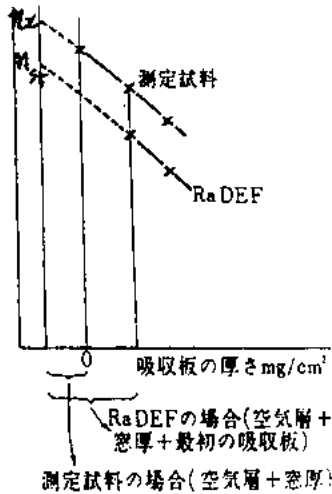


図3 日本アイソトープ協会技術課で測定されているグラフ

この方法は一崩壊に1個のβ線のみを放出するような核種について適用される。C-14、S-35のような低エネルギーβ放射体に対しては吸収曲線の補外による誤差が大きくなる。また、β線の自己吸収が無視できないような測定試料に対してはその補正を行なう必要がある。γ線を伴うときは、その分だけ計数率が少し増加するが、β線の最大飛程以上のAl吸収板において得られた計数率をバックグラウンドとして差し引けば補正できる。内部転換電子を伴う場合は転換率から計算によって補正する。Fe-55のような軌道電子捕獲核種、γ線のみ出す核異性体には適用できない。

線源の値付け

“線源の値付けは、同一条件下で検定済み標準線源との比較測定により行なう。実際の操作は次の通りである。

- ①端窓型GM計数管を用い、未知及び標準線源の上に約13mg/cm<sup>2</sup>のAl吸収板を乗せて、同一条件下で別個に測定し、未知線源の標準線源に対する強度比を標準線源の放射能に乗ずることによって行なう。
- ②計数管の窓厚及び線源～窓間の空気層の厚さを加えると吸収厚全体の厚さは16mg/cm<sup>2</sup>

を超えるので、RaDのβ線が低エネルギーのため(16.6keV 84.0%、63.1keV 16.0%)、線源の厚さのわずかな不同により自己吸収の割合が著しく変わる。

③RaD及びRaEのβ線、RaFのα線は、銀板(Ag被覆)による後方散乱及び線源自身の厚さによる自己吸収の影響を受ける。

この両者の量は、それぞれ別個に分けて測定することは困難であるが、両者の和は、2πガスフロー計数管によって求めることができる。その際、Al吸収板と線源面とを密着させること(隙間があると計数ガスによる吸収がきいてくる)、計数管電極部と線源との距離が違くとプラトー曲線が違ってくる。位置を正確に定めておくこと、n<sub>E</sub>の外挿を慎重に行うこと、等があげられる。計数ガスにPRガス、計数管にALOKA製FC・1Eを使用した場合、RaD及びRaEの自己吸収と後方散乱係数の和は、それぞれ0.90～0.97、1.25～1.40程度の値が得られた。”との記述がある。

RaDEF標準線源の記述に、“・・・電着後、数年以上経るとRaF(半減期138.376日)は、ほとんど平衡状態に達していると考えられ、α線の標準線源として使用できる。根付けは通常電着後、RaD・Fが平衡に達した時点で行われているので、その時点ではRaFの量が、平



衡量より多いことがある。その理由は、メッキ液に既にRaFが含まれており、電着のさい、吸着などで電着面に取り込まれ、しかもメッキ液にはRaDの担体として硝酸塩が若干加えられているため、電着時間が短い場合にはRaFの取込みが、RaDより多いことがあり得るためである、”とある。

## 線源保存上の注意

雰囲気の影響をうけて退色したり、一見剥離したようになることがあるが、計数値が変化することはない。還元雰囲気(HCl等)に置かないこと、傷つけないことに注意して戴きたい。研修実験で、こき使われた線源は、一見傷だらけ、黒ずみ変色しているのが、検定的な測定を試みて値がほぼ同じ経験をしている。

## 想いは終わらず

日本アイソトープ協会で提供されているカタログを拝見すると、実用的な線源、U比較線源も消えている。これらは国際基準にもそぐわないのであろう。

便利に用いてきたものが、もう新たに供給されないのが寂しい。RaD・E・F標準線源と同じように大切に保管し、適切に使い続けて戴きたいものである。

キューリー夫妻はウラン鉱石の残渣数トンからラジウム；Raを抽出したそうだが、そのRaはウラン系列の表でみられるように最終生成物の鉛になるまでの過程は複雑である。放射能に関心を持ち続ける方々でなければ、たとえ放射線主任者免状をもたれる方でも関心は薄れるのが自然であらう。

Ra以降の崩壊を調べていた先人は、核種名が確定する前には、便宜上RaA→RaB→C・D・E・Fとしていたようである。

放射線に関心をもたれる方々に、 $\alpha$ 線なり、 $\beta$ 線の存在を説明する際に、このRaD・E・F標準線源を用い、ウラン系列表と併せて説明を

行えば、長く印象に残るのではないだろうか。

RaFのPo-210は $\alpha$ 線のみ、霧箱など実験用として誠に便利で、RaD水溶液から抽出しては用いてきた。たばこの葉に含まれ喫煙により健康害の説があることは承知していたが、2006年末のロンドンでの“ロシア人が猛毒Po-210により殺害”報道にはびっくりしたものである。

RaD・E・F標準線源の有効な使い道、“お前さんはこんな事も知らないのか”と言われる方々は大勢いられるはずである。ぜひご教授をお願いしたい。FBNews編集事務局宛にでもお知らせ戴ければ誠に幸い。おわりに、多くの方々のご協力を戴き感謝していますが、特に河田 燕氏、石井俊一氏、深野重雄氏、室井健三氏には種々有益なお話などを戴き有り難うございました。

## 著者プロフィール

はじめは“マジックアイ”(放送局選択、同調確認用インジケータ)という真空管製造会社の技術課に勤めていた。全く原子炉、放射能に関して無知の者が昭和34年3月、東海村にある原子炉(JRR-1)のオペレータに転職ができたのが今日の始まり。

日本初、原子炉臨界の成功から1年半、パイオニアは次のJRR-2、-3の開発に向かい、定常な炉操作する者を必要としていたのであろう。

原子炉に関する勉強は必死に、放射能の怖さは実地経験を踏み台に“門前の小僧”のごとく会得していった。一方、東京都文京区にあった旧・理化学研究所敷地の一隅(日本アイソトープ協会隣)に、ラジオアイソトープ研修所(RIS)が創立される。研修期間は約1か月である。最終週に東海村・原研の施設見学があり、炉の見学も組まれていた。その頃、付添の先生方も現地案内者も交代制で行っていた。

当時の故・村上悠紀夫所長、炉の運転と $\gamma$ 線スペクトロメータ(256chMCA)の守り役をRISに拾い上げ下さったのが本格的な放射性物質の安全取扱の勉強と実地訓練習得の始まりである。主任者講習制度、作業環境測定士講習制度などの導入時にも携わり、のちに実務担当者にもなる。

後年、診療放射線技師養成の大学でお世話になった折など、その先生方の中には、この講習会で私に厳しくされた事実を述べられ、赤面、恐縮、陳謝したことがある。“主任者の自覚と責任”を持って欲しいとの念願であったが、この紙面をお借りし、関わりのあった方々にお許しを願いたい。

## テクノコーナー

# 緊急時可搬型車両スクリーニング装置 ガンマ・ポール

現在、万が一の災害に備えて防災訓練が各地で実施されています。その中で原子力発電所立地道府県では、原子力災害に備え原子力防災訓練を行っています。原子力発電所で事故が起こった場合を想定し、発電所を中心にUPZ（30km）圏内の住民の方を圏外の救護所に避難させ、被ばく又は汚染されていないかサーベイメータを使って測定を行うなどの訓練をしています。

弊社では、防災訓練のお手伝いとして「緊急時可搬型車両スクリーニング装置ガンマ・ポール」を設置し、車両のスクリーニングを行っています。住民の方が車で避難されて来た場合、車に放射性物質が付着（汚染）している場合があります。その車の汚染を検知し、除染することにより汚染を広げないことが本装置の目的です。装置の仕組みは、2本のポールに検出器（シンチレータ）が入っており、その間を車が通過することにより、その場で車に付着した放射性物質を音と光で検知します。ポールは、高さ約4mで、バスなどの大型車両にも対応できます。また、徐行運転での車両測定ができる為、渋滞などを回避したスクリーニングが可能です。

訓練で行った車両スクリーニングでは、当然ながらすべての車両は汚染が検知されることなく正常でした。現在までに北海道、長崎県における訓練のお手伝いをさせていただいております。「ガンマ・ポール」は現地にて容易に組立てられ、訓練が終われば容易に分解し、収納ができます。また、持ち運びも便利です。この製品に関しまして、ご興味を持たれた方は御一報をお願いいたします。



ワゴン車



普通車



大型バス

問合せ先：株式会社千代田テクノ 原子力事業本部 ☎ 03-3816-5921

## 「2015国際医用画像総合展」のご案内

画像診断学・放射線腫瘍学・核医学を問わず放射線医学の全ての分野において、国内最大のイベントである、日本放射線技術学会、日本医学物理学会、日本医学放射線学会が横浜で開催されます。弊社は今年も併設する「国際医用画像総合展 (ITEM2015)」に出展いたします。お馴染みの製品をはじめ、放射線治療分野においては新商品のご紹介もいたします。

日頃ご愛顧を賜っているお客様にお会いできることをスタッフ一同、心待ちにしております。お客様のお役に立てる製品の展示をいたしますので、学会へお出かけの際はぜひお立ち寄りください。

### \*展示予定商品\*

- ①放射線治療計画システム : Oncentraシリーズ
- ②放射線治療用QA製品 : PIPSPRO, SuperMAX他
- ③粒子線(陽子線)治療システム: MEVION S250 (薬事未承認品)
- ④個人被ばく線量モニタリングサービス(ガラスバッジ)、D-シャトル
- ⑤核医学、放射線診断関連製品他

展示品内容は変更する場合がございます。

### \*開催期間\*

平成27年4月17日(金)～4月19日(日)

### \*学術大会\*

会期:平成26年4月16日(木)～19日(日)

第74回日本医学放射線学会総会

第71回日本放射線技術学会総会学術大会

第109回日本医学物理学会学術大会

### \*会場\*

パシフィコ横浜展示ホール:ブースNo.114

(担当:営業統括本部 丸山百合子)

## 「個人線量測定サービス規約」の一部を改訂しております

個人線量測定におけるサービス内容を明確にするため一部用語を変更いたしました。

### 主な用語の変更内容

- ・「モニタリングサービス」を「個人線量測定サービス」に変更
- ・「モニタ」を「線量計」に変更
- ・その他、細かな用語の変更

詳細は弊社ホームページ

<http://www.c-technol.co.jp/cms/wp-content/uploads/2014/04/140528b.pdf>

に掲載しております。

サービス部門からのお願い

●4月1日はガラスバッジ、ガラスリングの交換日です

ご使用期間が3月31日までのガラスバッジ・ガラスリングは、ご使用期間終了後、速やかに弊社測定センターまでご返送くださいますようお願いいたします。平成26年度の個人線量の集計は、平成26年4月1日から平成27年3月31日までのご使用分が対象です。ご使用になったガラスバッジをすべてご返却ください。

法定管理帳票として「個人線量管理票」を出力いたします。関係法令で定められた線量限度を超えていないことをご確認ください。

●ガラスバッジラベルデザイン、一部変更のご案内

不均等用（頭頸部）のガラスバッジラベルのデザインを2015年4月ご使用分より変更し、メイン（胸部/腹部）ご使用分と見分けやすくしました。



なお、不均等用のラベル色を指定（緑またはピンク）している場合は現行のデザインとなります。

編集後記

●寒い日が続く中での編集ですが、私の住む茨城県では、日本三名園のひとつである偕楽園の「梅まつり」を目前に控えており、確実に春の準備は進んでいるようです。本号がお手元に届くころには、桜は満開を迎えているでしょうか。

●さて、本号の巻頭では、ルイ・パストゥール医学研究センターの宇野賀津子先生に、福島第一原発事故を通じて、低線量放射線の測定について、先生の連続のご活動の中で感じられたことを執筆いただきました。「正しくはかることの難しさ大切さ」を、先生ご自身の経験から説明されており、大変わかりやすくなることばかりです。行く先々で線量率を測定しているという精力的なご活動とその幅の広さには頭が下がる思いです。先生の興味深いお話は来月号に続きますので、どうぞお楽しみに！

●放射線防護に用いられる眼の水晶体の防護量と実用量について、原子力安全推進協会の岩井敏先生に解説

していただきました。眼の水晶体の防護量および実用量の値のICRPまたはICRU文書等への記載の有無について、表にまとめられています。また、現在提案されているHp(3)の評価のためのファントムについても詳しく触れられています。

●放射線安全フォーラムの油井多丸先生には、RaD・E・F線源について、熱い想いとともにごまとめていただきました。放射線取扱主任者試験の受験勉強の際、その特徴的な名前から比較的初めの頃に覚えたことを思い出しました。供給されなくなったものを世の中の流れに合わせてただ処分するのではなく、適切に使用し続けることの大切さについて深く考えさせられました。

●新年度が始まる春、整理・収納の絶好のタイミングです。机まわり、書類、PC内…、忙しさを理由に見ぬふりしていた箇所を一気に片付け、すっきりとした気持ちで新年度のスタートを切りたいところです。

(W.S)

FBNews No.460

発行日／平成27年4月1日

発行人／山口和彦

編集委員／畑崎成昭 佐藤典仁 中村尚司 金子正人 加藤和明 五十嵐仁 加藤毅彦  
木名瀬一美 篠崎和佳子 長谷川香織 福田光道 安田豊 山瀬耕司

発行所／株式会社千代田テクノロ 線量計測事業本部

所在地／☎113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル4階

電話／03-3816-5210 FAX／03-5803-4890

http://www.c-technol.co.jp/

印刷／株式会社テクノサポートシステム

—禁無断転載— 定価400円(本体371円)