



「わが国における環境放射能 水準調査の現状と今後の展開」(3)



—自然放射性核種の水準調査—

阿部 剛*



1. 調査の背景及び目的



一般環境中の放射性核種の水準調査は、従来より大気圏内核爆発実験に伴う放射性降下物（フォールアウト）に起因する比較的半減期の長いストロンチウム90及びセシウム137が主な対象でした。その一方で、自然界には地球誕生以来、地殻中に存在している自然放射性核種や宇宙線によって生成された誘導放射性核種が存在しています。これら、自然起源の放射性核種を含む物質 NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials) からの職業人や一般公衆への被ばくが懸念され、放射線防護の観点から安全面での適切な取り組みが求められています。NORM の代表的な例としてはセリウム、ランタン、ネオジウムといった希土類元素を多く含み、これらの原料となるモナザイト鉱石や化学肥料の原料として利用されるリン鉱石があります。他にも、一部の製品等（いわゆるコンシューマグッズ）に NORM が含まれることが知られています。この NORM に対する規制として、IAEA の国際基本安全基準（BSS¹⁾）で提案された免除レベルがあり、国内においても規制の除外等に関して BSS¹⁾ を基に放射線審議会にて検討され、放射線障害防止法などの国内法令へ取り入れられつつあるところで

また、近年、社会問題となったチタン鉱石問題（平成2年）、劣化ウラン弾誤使用問題（平成9年）、モナザイト鉱問題（平成12年）等の際に行われた緊急時調査の結果を評価するためには、比較対照データとして一般環境中における自然放射性核種の水準を示すデータが重要となります。

このような背景のもと、日本分析センターでは、平成15年度から文部科学省からの委託により自然起源の放射性核種の水準調査としてトリウム232（トリウム系列）、ウラン238（ウラン系列）およびカリウム40の全国規模の調査を行っています。

これらウラン、トリウムの分析は ICP 質量分析法によって行い、またカリウム40は主にゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリーにより行っています。

2. 調査内容



自然放射性核種の水準調査は、「より正確な国民線量評価及び自然放射能に係る国民の理解の増進を図るための全国規模の調査」と「対策の基礎データ蓄積のための特定の製品等に係る調査」からなります。

一つ目の調査対象には、以下のものがあります。（→平成17年度の試料数）

*Go ABE (財)日本分析センター分析業務部自然放射能グループ

- i. 土壌
 - a. 地質及び土壌分類により採取場所を選定した土壌→15
 - b. 公園、グラウンド等の多くの人が集まる場所における土壌→16
- ii. 海水（内湾や河口付近）→4
- iii. 食品
 - a. 日常食（各地方自治体ごとに1人当たりの1日の食事量に相当する3食分を5人分集めたもの）→20
 - b. ミネラルウォーター（外国より輸入されているもの）→10
 - c. 海産生物（魚類、貝類、藻類）→53
 - d. 輸入食品（海産生物）→10

土壌について、採取場所の選定においては、「地質及び土壌分類による」及び「公園、グラウンド等」という2つの観点で行い、共に一つの地方自治体ごとに5箇所ず

つ、計10箇所としています。また、前者は、当該自治体に分布する採取可能な地質の中から選択しています。後者は採取場所が偏らないようにし、かつ人口を加味して選定しています。

地質という観点から日本列島を見ると、火山が多く存在し、**図1**に示す通り多種の地質が入り組んで存在しています。これら地質の中でトリウムやウラン、カリウムは、深成岩に分類される花崗岩においてその濃度が高い傾向が見られます³⁾。

自然放射性核種、特にトリウム、ウランについての自然界での分布を把握する上では、「花崗岩」がキーワードになります。花崗岩は地球上で比較的多く存在する岩石であり、国内においても同様の傾向が見られます。花崗岩は御影石とも呼ばれ、外見上の特徴はガラス質の有色（白、黒、赤、茶など）の中に黒雲母等の有色の鉱物が斑点状に存在している岩石です。

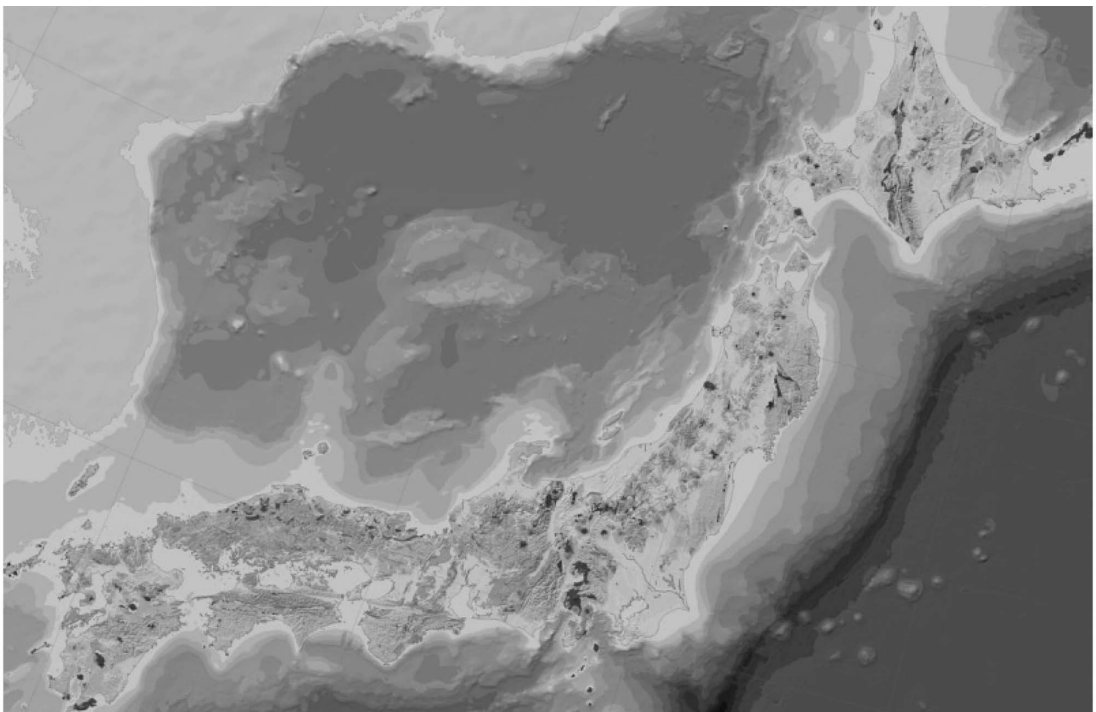


図1 日本列島の地質図²⁾

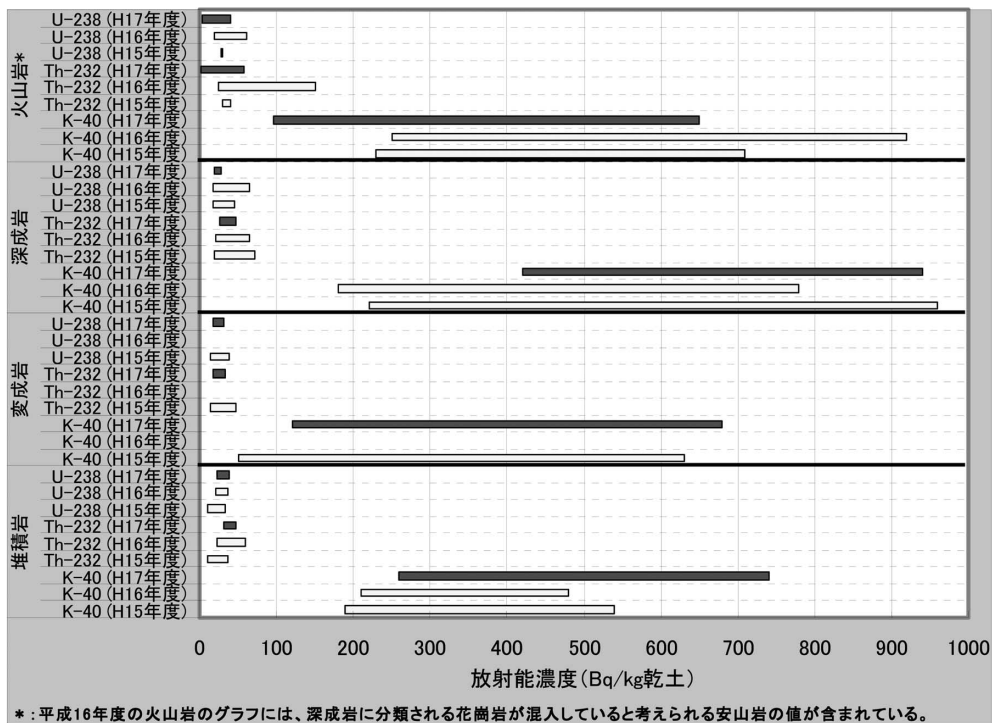


図2 地質別放射能濃度範囲 (平成15年度～平成17年度分析結果)

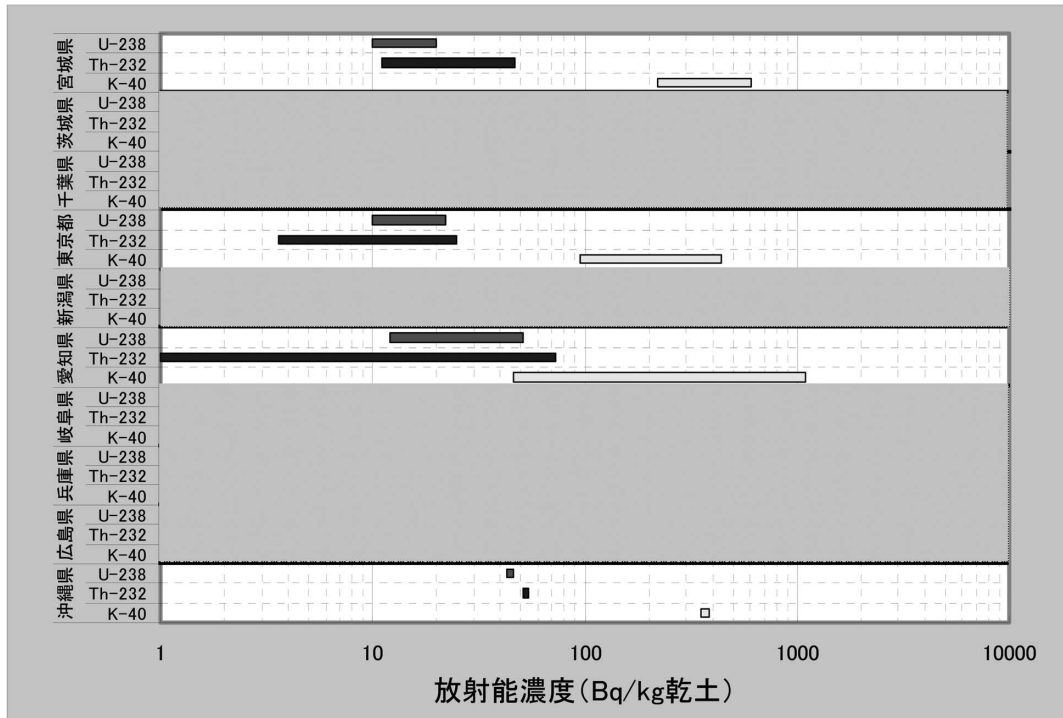


図3 地域別放射能濃度範囲 (平成15年度～平成17年度分析結果)

花崗岩の地域的な分布は、東日本よりも西日本に多いことが知られています。特に中国地方に多く、事実、空間放射線量の値が西日本の方が東日本よりも高いことと関係しています³⁾。しかし、花崗岩地帯であることが必ずしも放射能濃度が高いという結果に結びつくとは限りません。その理由は地質の持つ意味にあります。それは、地質とは地中の深い位置に存在する岩石の分類であるため、地中にある岩石の性質が表面の土壤に現れるには、岩石が風化や侵食作用を受け土壌化するための長い年月が必要になります。よって、同じ地質に分類されていても、採取した土壤が、どの程度その岩石の性質を反映しているかは地域や場所によっても異なります。そのため、特に花崗岩という地質については、同じ自治体の異なる地域で複数箇所採取しています。

土壤の分析結果の一部を図2及び図3に示します。図3から判るように、放射能濃度は西日本の地域で得られた結果の方が東日本より比較的高い結果になりました。空間放射線量率の実測値と土壤中の放射性核種の濃度からICRUレポート⁴⁾を用いて算出した線量率とを比較してみると、明らかに相関が認められました。

海水については、内湾や河口付近の海水

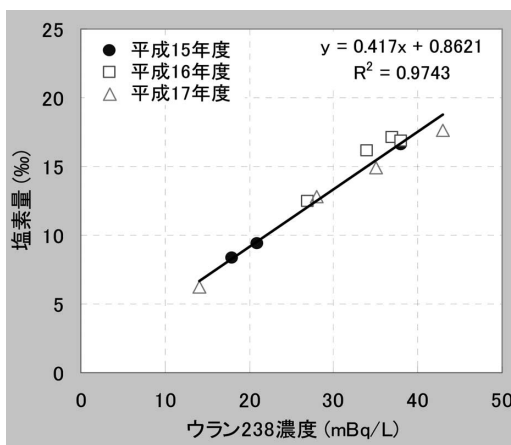


図4 海水中ウラン238濃度と塩素量の相関

を対象としているために河川水による希釈の影響を見出すことができませんでした。海水中のウラン濃度が外洋水における濃度^{5,6)}と同程度かやや低い結果であり、また、塩素量とウランの量との間には相関が認められました(図4参照)。

二つ目の調査項目の調査対象には、以下のものがあります。(→平成17年度の試料数)

- i. 石炭灰・鉱石等→5
- ii. 化学肥料→5
- iii. 建築材料→5
- iv. コンシューマグッズ→5

化学肥料ではリン酸成分の量とウラン含有量の間には相関が認められました(図5参照)。リン酸成分が植物の成育に必須であるため、市場に流通している化学肥料にはリン酸成分が少なからず含まれています。このリン酸成分の原料としてはリン鉱石が利用されており、ウランの含有量も比較的多いことを示す結果と関連しています。

コンシューマグッズに関しては、最近の健康ブームによってマイナスイオンを放出すると謳われている商品が数多く流通しています。その方法としてコロナ放電方式な

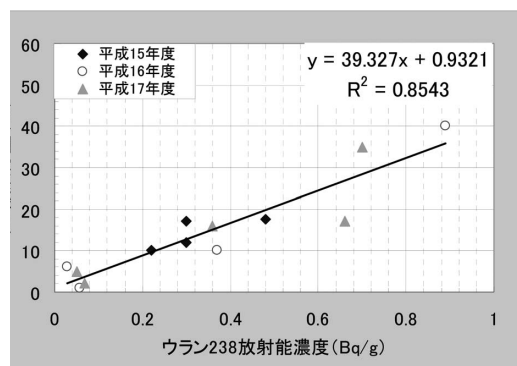


図5 化学肥料中のウラン238放射能濃度とリン酸成分量の相関
(成分量は製造メーカー発行のカタログ値を引用した)

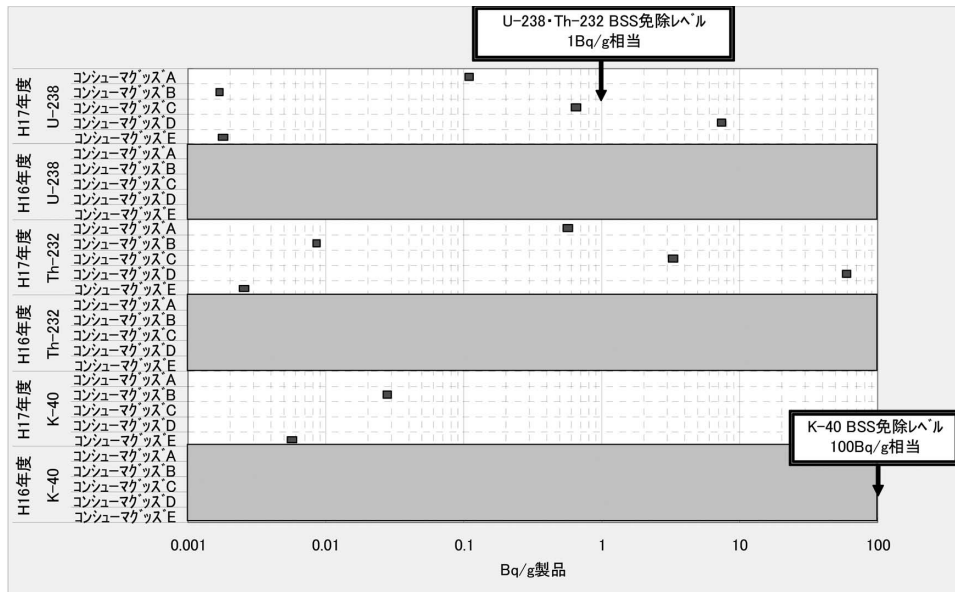


図6 コンシューマグッズの放射能濃度範囲⁷⁾

どを用いた商品も有りますが、別の方法として放射線を用いた商品もあります。その形態は、衣類や枕など様々なものとして販売されています。この分析結果を図6に示します。

3. まとめ



本調査で得られた結果は、今後、より正確な国民線量の評価及び自然放射能に係る国民の理解の増進に寄与するとともに、対策の基礎データとして有用なものになると考えております。

現在これらの調査結果のほとんどは文部科学省のホームページ「日本の環境放射能と放射線」にて公開されています。(http://www.kankyo-hoshano.go.jp/)

最後に、本調査の遂行にあたり地方自治体の関係者の方々に多大な協力を賜っていることを申し添えます。

参考文献

- 1) International Basic Safety Standards for

Protection against Ionizing Radiation and for Safety of Radiation Sources : IAEA SAFETY SERIES No.115 (1996)

- 2) コンピュータグラフィックス 日本列島の地質 CD-ROM 版、丸善株式会社発行
- 3) 環境放射線モニタリング実務テキストシリーズNo. 4、(財)原子力安全研究協会編集発行
- 4) Gamma-Ray Spectrometry in the Environment : ICRU Report 53, (1994)
- 5) Sugimura, Y. and Maeda, M., 1980. The Uranium Content and the Activity Ratio $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ in Sea Water in the Pacific Ocean. 211-246, Isotope Marine Chemistry (Ed. Goldberg et al.)
【太平洋で採取された表層水の分析値の範囲を示した】
- 6) 海洋化学研究海洋科学別冊6、海洋出版(1976)
- 7) 放射線とその人間への影響、放射線医学総合研究所監訳(84年5月)

プロフィール

1980年生まれ、東京理科大学理学部第2部化学科卒、2005年に財団法人日本分析センターに入所、入所後より現在まで分析業務部自然放射能グループに在籍

原子力施設周辺の小児がんは放射線のせいではない！

—英国政府委員会の最新報告—



金子 正人*

1. はじめに

2006年10月27日付け「週刊金曜日」に「北ウェールズ海岸で小児がん集団発生—低線量放射線汚染がもたらす20年後の真実」という記事が掲載された。桐生広人というフォトジャーナリストが、2006年7月にセラフィールド核燃料再処理工場から140km離れた海浜の町カーボンに小児がんの子どもたちを訪ねた記録である。2004年2月に地元TV局が報道した番組で、クリス・バスビー博士の「小児白血病発病率がイギリスの平均の約28倍高く、原因はセラフィールドから放出された核廃棄物を体内に取り込んだ低レベルの放射線被ばくによるもの」との指摘を報道したという。

セラフィールドに関連した小児白血病の過剰発生問題は、1983年に地元テレビ局が放映して以来、様々な調査や報告がなされ議論されてきたが、英国政府が設置したCOMARE委員会の最新の調査報告書（第11報）で、これまでの経緯と現状を理解することにしたい。

2. 小児白血病が10倍以上

セラフィールド原子力施設近傍での小児白血病発生率が全国平均の10倍以上と報道した英国ヨークシャーTVのドキュメンタリー番組「ウィンズケール：核の洗濯場」の放映（1983年11月1日）を契機に設置された保健大臣の諮問グループ（主査：ブラック卿）は、1984年7月に報告書（ブラック・レポート）を発表。白血病の発生率が高いことは確認したが、推定される放射線量では説明できないと結論し、常設の調査機関の設置を勧告した。この勧告に基づき、環境中の自然および人工放射線の健康影響を評価し

政府に助言するCOMARE委員会（Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment）（環境における放射線の医学的側面に関する委員会）が設置された（1985年11月）。

COMAREの最初の報告書（1986年）は、1950年代のセラフィールドからのウラン酸化物粒子の放出についての情報を新たに入手し検討したが、ブラック・レポートの結論を変えるものではなかった。第2報では、スコットランドの北にあるドーンレイ原子力施設近くの町でも同様に白血病の増加が見られたと発表（1988年）。第3報では、アルダーマストン核兵器研究施設の近傍などでも白血病や小児がんの増加が見られたため、COMAREは小児がん罹患の全国大での地理的分布の調査を勧告した。

3. 父親の被ばくが原因ではない

COMAREの委員であったM・ガードナー教授は、受胎前に父親が再処理施設で放射線被ばくした子供に白血病の罹患リスクが有意に高いという調査報告を発表した（1990年）。父親の被ばくが原因とする仮説は、元従業員による訴訟へと発展した。セラフィールド小児白血病訴訟はロンドン高等法院で開始され、日本から大阪大学の野村大成教授が証人として招聘されるなど、科学裁判となった。ガードナー報告は少ない症例に基づいており、量—反応関係を示しておらず、原爆被爆者の疫学調査と矛盾するなど、同様な結論を示した研究例もなく、また、他の遺伝病の増加もないとして、裁判所は仮説の正しさを認めず、被告である英国原子燃料公社（BNFL）の主張を支持し、原告の訴えを退けた（1993年）。

*Masahito KANEKO（助放射線影響協会 顧問）

表1 全がんおよび白血病罹患率の回帰分析結果（イングランド、ウェールズの0～14歳）

	要因	地域を5群に分類した相対リスク（1群を1.00とする）					傾向性の有意性検定 (p値)	
		1(参照群)	2	3	4	5		
全がん	・社会・経済スコア	最も裕福	0.99	0.98	0.95	0.93	<0.001	***
	・部屋の窮屈さ	最もゆったり	1.03	0.96	0.96	0.94	<0.001	***
	・人口密度	最も高密度	1.04	1.03	1.03	1.05	0.044	*
白血病	・社会・経済スコア	最も裕福	1.03	0.98	0.94	0.92	<0.001	***
	・部屋の窮屈さ	最もゆったり	1.01	0.97	0.96	0.93	0.006	**
	・人口密度	最も高密度	1.01	1.02	1.02	1.05	0.368	有意でない

*p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

4. COMARE 委員会の調査は続く

COMARE 委員会の第4報（1996年）では、セラフィールド施設とシースケール村関連の線量、疫学、その他の科学的データを検討し、1963年から30年間、全がんが有意に増加していることを確認したが、放射線、化学物質、感染因子のどれも白血病や非ホジキンリンパ腫（NHL）の過剰を説明できず、感染のメカニズムがリスクを高めている要因であろうと結論した。

第7報（2002年）では、前述のガードナー教授の「西カンブリア地方の子どもの白血病とNHLの罹患率が高いのは、出生前に両親が原子力施設で職業的に被ばくした外部放射線の線量と関連している」という報告の内容を検討した。その結果、父親が1965年以前からセラフィールド施設で働き、子どもが生まれた時にシースケール村の住人であったものに限られること、ガードナー教授は、他の産業（化学工業、鉄鋼業など）でも同様の過剰リスクを見つけており、労働者集団が一般集団とは社会的に異なることがよくあるという事実に関係しているかもしれない。また、小児白血病が社会階層の高い家庭に多く見られることから、こうした家庭の子どもは、ふつうの（common）感染源に曝される機会が少ないために免疫系がウイルスに対して過敏で、白血病になる変異を起こしやすいということ（Kinlenの集団混合仮説）も考えられるとした。

第10報（2005年）では、1963年から1993年に発生した32,000例をこえる小児がんのデータベースを用いて、英国のすべての主要な原子力施設近傍での小児がんについての証拠を検討した。

その結果、原子力発電所の周辺25kmでの過剰の証拠はなかったが、原子力発電所以外の原子力施設周辺では以前の調査と同様、パークフィールド、ドーンレイ、セラフィールドでは白血病とNHLの過剰が報告された。また、アルダーマストン、パークフィールドおよびハーウェルでは、固形がんの罹患の上昇が有意であった。

5. COMARE 第11報のあらまし

2006年7月に発表された第11報「英国における小児白血病およびその他の小児がんの分布1969-1993」の目的は、種々の小児がん発生の地理的パターンと社会・人口学的要因との関係を調査し、空間的あるいは空間-時間的なクラスター現象が、小児がん発生の一般的なパターンであるかどうかを調べることであった。

小児白血病およびその他の小児がんは英国国民に均等に起こるのではないことを示しており、地理的あるいは社会環境の違いによって罹患率はさまざまである。この不均等な分布（クラスター現象）が、なぜ起こるのか分かっていないが、感染源と免疫反応との関係、また、環境因子への曝露といったものが考慮された。この報告での解析は、世界に類を見ない大規模な小児がんのデータセットについて行われた。

<データベース>

オックスフォードの小児がん研究グループによって構築されたデータベースは、1969年から1993年までに登録された15歳未満の12,415例の小児白血病と非ホジキンリンパ腫および19,908例の小児固形がん症例から成る。小児がんは、通常15歳までに発生するがんで、英国では5～

600人に1人かかるまれな疾病であるが、25年間で小児がんは、32,000例あまり、年あたり約1,300例で100万人・年あたり112.9例である。およそ3分の1が白血病、10分の1がリンパ腫、4分の1が脳および中枢神経系のがんである。

<小児がん和社会・経済的要因の解析>

社会・経済スコア（1981年の国勢調査による家庭の状況から算出）、部屋の窮屈さ（overcrowding、部屋あたりの人数による）および人口密度（1971,81,91年の平均人口密度）という3種類の要因について、その度合いによりそれぞれ5群に分けて、小児がんの発生率との回帰分析を行っている。結果の一例を表1に示すが、社会・経済的なスコアが高く（裕福で）、部屋数にゆとりのある家庭ほど、全がんも白血病も罹患率が高くなっている。

<わかったこと>

- 小児白血病と高い社会・経済階層（乳幼児期に感染の機会が少ないことのマーカーであろう）との関係が他の小児がんにもあてはまるように見える
- 特に、中枢神経のがんにあてはまるようで、人口密度の低いほど増加するが、反対に、0～9歳のホジキンリンパ腫は、低い社会・経済階層の地域に多く、家屋の狭さと強い関連がある
- 1～4歳の急性リンパ性白血病については、様々な場所から最近移り住んで来た者のいる田園地域で発生率が高い傾向がある（Kinlen仮説と一致する）
- 白血病、軟組織肉腫、全がん（白血病・リンパ腫を除く）は、空間的な、および空間一時間的な“クラスター現象”（不規則な群発生）を示した
- 小児がんは、多段階のプロセスを経て発生し、顕在化する前に、正常な細胞の遺伝コードに2つ以上の変異が必要というのが現在のコンセンサスであるので、感染/免疫系のプロセスがこれらのステップの1つと関連があるという今回の調査結果に矛盾はない。しかし、これは、子どもから子どもにうつるということの意味しているのではない。

<主な結論>

- ①小児がんのタイプの多くは、ランダムに発生

するのではなく、特定の社会・経済的な分布で起きることが確認された。また、狭い地域に群発する傾向がある（クラスター現象）。

- ②セラフィールド、ドーンレイなどいくつかの原子力施設の近くでは小児がんの過剰を確認したが、英国の原子力施設周辺の小児がんの分布には、一般的な増加のパターンは見られなかった。また、原子力発電所の近くでは過剰のパターンを示しておらず、英国における小児がんの一般的な原因を放射性物質の放出と主張する仮説は支持されなかった。
- ③小児がんの地理的分布はランダムではないが、その理由はわからない。感染/免疫系に基づく仮説が有力として注目されてきたが、更なる研究が必要である。
- ④今回の研究成果は、感染プロセス（未熟な免疫能力を含む）と矛盾せず、小児発がんの多段階過程の1段階と関係している。しかし、他の発がん因子の不均等な分布によるという仮説とも矛盾はなく、相互に関連し合っているのかもしれないので、更なる研究が必要である。

6. おわりに

セラフィールド再処理施設周辺での小児白血病の多発報道に端を発し、英国政府の調査委員会が20年以上にわたり調査を継続し、英国全土の小児がんの発生パターンまで解析して得られた知見は極めて貴重であり、参考に値すると思われる。（COMAREの報告書は、www.comare.org.ukで入手可能である。）

◎ プロフィール ◎

1965年3月東京大学原子力工学科卒業。修士課程を医学部放射線健康管理学教室で学び、1967年4月東京電力入社。本店及び原子力発電所において、放射線管理担当課長、技術部長、原子力保健安全センター所長などの職を通じ、原子力・放射線の安全管理関係の業務に従事する。2000年7月から(財)放射線影響協会常務理事。1992年から2000年まで放射線審議会委員を務める。2004年からNPO法人放射線教育フォーラム理事。

「日本放射線安全管理学会 第5回学術大会に参加して」

加藤 和明*

表記の研究集会が平成18年11月29日から3日間、名古屋大学の野依記念学術交流館で開催された。大会長は同大学アイソトープ総合センター長の西澤邦秀教授である。この学会では、年に1回、晩秋から初冬にかけて開かれるこの大会の責任者を、次の春に定年を迎える先生のどなたかに、最後のご奉公宜しくお引き受け戴くのがどうも定着したようである。次回は2007年12月5日-7日、東北大学の馬場護教授を大会長に仙台の東北大学で、また次々回は金沢大学の森厚文教授を大会長に（多分金沢で）開催することが決められたそうである。

会場の野依記念学術交流館は、現在理化学研究所理事長などをお務めの野依先生が名古屋大学の現役教授であったときにノーベル化学賞を授賞した記念（国からのご褒美？）に建てられたもので、それはそれは立派のものであった。

他の学会が、少子高齢化の荒波に吞まれて会員数の減少に悩んでいるとき、この学会は設立後6年という若さの故か、会員数を増やし、現在400人近くになっているという。この大会には200人を越える参加者があった。

折良く、12月2日・3日の両日、水戸で開催された弊社主催「電離放射線の個人監視に係る第2回東アジアワークショップ」への海外からの参加者も多数この大会に参加して下さったので、国際色の豊かなものとなり、細田社長は、アチコチで感謝の言

葉を戴いていた。

初日最初の“ダシモノ”は、クロアチア放射線防護学会の会長を務める M. Ranogajec 女史による特別講演「国際原子力機関の基本的安全基準（IAEA Basic Safety Standards）、ユーラトムの指令（Euratom Directives）、および中央ヨーロッパの幾つかの国に於けるこれらの実践」であった。弊社顧問の山本幸佳・大阪大学名誉教授が座長を務めると共に大意を抄訳して、英語に強くない一部参加者にサービスしておられた。

2日目総会後の特別講演は、名古屋大学・地震火山防災研究センター長の安藤雅孝教授による「繰り返される巨大地震—東海地震の真実」であった。自然災害としての大地震への備えは多くの人に関心の高いテーマであり、一般にも公開されてのご講演であったので、会場の着席率は大会中の



安全管理学会会場

*Kazuaki KATOH 弊社アドバイザー



安全管理学会展示（弊社のブース）

top であったと思われる。「目から鱗」のお話が多く大変有益なご講演であった。個人的には「平野（というもの）と断層の関係」（平野は断層があってはじめてできる）を深く学べたことが最大の収穫であった。

研究発表は、ポスター発表が42件、A、B 2会場に分かれての口頭によるものが、中国復旦大学放射線医学研究所の劉偉琪教授による招待講演「蛍光ガラス線量計と熱ルミネッセンス線量計の線量特性の比較」、「作業環境」に係るオーガナイズドセッションの4件、「放射性ヨウ素」を取り扱った特別セッションの6件を含め、都合55件あった。

企画委員会企画のシンポジウムを並行して開くことも定着し、今回は「放射線安全をめぐる国際情勢」と銘打って、①佐々木康人・国際医療福祉大学副学長による「UNSCEARの現状と国内対応」、②北郷太郎・文部科学省・原子力安全課課長補佐による「我が国における核テロリズム対策—安全規制の立場から」、の2講演が用意された。後者においては、『放射線源登録システム』の導入が検討されていて、平成18年度つまり今年度の予算に設計費が組み込まれている、との紹介があり、会場に一寸したドヨメキがあった（ように思われた）。講師の北郷氏はイリノイ工科大学で「比較法学修士」の学位を得た法学者である。

本年度の学会賞は研究奨励賞2件〔近藤真理（名古屋大学 RIC）と古田悦子（お茶の水女子大学）〕と技術賞1件〔五十棲泰人（京都大学 RIC）〕で、恒例によりお三方から受賞記念講演が行われた。授賞式は総会の直後に行われたが、その際、併せて、前越久（名古屋大学名誉教授）、五十棲泰人（京都大学名誉教授）、加藤和明（KEK 名誉教授）の3人が学会功労者として顕彰を受けた。

閉会式の直前には、これも恒例となっている“優秀発表”の表彰が行われたが、コチラは今回選考方式が変更となり、理事会指名の選考委員会が選定を行ったとのことである。選ばれたのは次の発表である。

優秀プレゼンテーション賞

- ◆ 全方向性 γ 線検出器の開発：小林 祐介、山野 俊也、白川 芳幸
- ◆ 熊本大学における作業環境測定及び諸問題の検討：高椋 光博、川原 修、松尾 浩幸、島崎 達也、古嶋 昭博、大久保 博晶

最優秀ポスター賞

- ◆ ガス状放射性ヨウ素を捕集するための活性炭素繊維フィルタを備えたヨウ素取扱ボックス：野川 憲夫、巻出 義紘

優秀ポスター賞

- ◆ 天然由来物質による量子線照射における照射効果の抑制：松尾 陽一郎、西嶋 茂宏、池田稔治、清水 喜久雄

【ガラスバッジユーザーご紹介】

“ ガラスバッジ ”
使 っ て い ま す

弊社のモニタリングサービスの歯科代理店である株式会社モリタより刊行されている歯科専門誌「デンタルマガジン」12月号にガラスバッジサービスについての記事が掲載されました。皆様にご紹介させていただきます。



被曝線量管理が安全・簡単にできる

モニタリングサービス



東京都板橋区

医療法人社団ひまわり会

伴 歯科診療所 理事長 難波みち子 様

診療所の開業は25年前に遡ります。私は小児歯科が専門ですが、開業当初から女性の患者さんや妊娠中の方が多く来院されましたので、院内の放射線被曝線量の管理には特に配慮してきました。

千代田テクノルのフィルムバッジを使ったモニタリングサービスを知ったのは、20年ほど前です。個人被曝線量の測定分野では、国内で初めてモニタリングサービスを開始した実績と信頼性がある会社と判断して採用することになりました。

方式が当初のフィルムバッジから、蛍光ガラス線量計を使った現在のガラスバッジに移行したのは、2001年4月からです。

何事によらず習慣化すると、空気や水のように存在して当然とを感じるようになりますが、事は放射線被曝という健康管理上の重要な問題です。

その点、このガラスバッジのモニタリングサービスは、身体に装着しているだけで、被曝線量の管理が簡単にできますので、安心して日々の診療に専念できることに大きな意義を感じています。

放射線は長年扱ってきましたが、今まで法令の線量限度を超えたことはありませんし、このサービスを利用していれば、万が一の事態にも即応できるので、とても安心感があります。

またガラスバッジは、クリップタイプなので、男性は胸部、女性は腹部に付けるだけという簡便さも気に入っています。しかも、毎月、個人線量報告書が、四半期ごとには個人線量管理票が送られてきますので、被曝線量を一目でチェックできます。

時には患者さんから放射線撮影の安全性を確認されることもありますが、院内の被曝線量が把握できているので、その安全性について、常に確信を持って対応できるという点も大きいと感じます。

ガラスバッジによるモニタリングサービスは、院内で働くドクターやスタッフの安全と健康を守り、維持するためには、欠かせないシステムだと思っています。



「信頼と医療の質」を高める

モニタリングサービス



大阪府吹田市 上橋歯科医院

院長 上橋 芳雄 様

この千里ニュータウン・桃山台で開業したのが昭和53年ですから、かれこれ28年になります。

開業当時から、患者さんが安心して診療が受けられる環境づくりを心がけつつ、患者さんに信頼される歯科医院をめざしてき

たのは、私が求める「医療の質」そのものであったからです。

不安を感じさせないこと、それが医療への信頼につながる。私の信念の強いバックボーンになっているのが、院内の放射線被曝線量の管理が簡単にできるモニタリングサービスです。

フィルムバッジを使ったモニタリングサービスを導入したのは、開業後3年目頃だったと記憶しています。その後、現在の蛍光ガラス線量計によるガラスバッジに変わってからも、継続して使っています。その理由は明瞭で、やはり患者さんにもスタッフたちにも、院内の放射線被曝への不安を感じさせないという安心感があるからです。

臨床の現場ではEBM（根拠に基づく治療）が要求され、情報開示も明確になされなければなりません。放射線被曝線量の管理は、インフェクション・コントロールと同様に、院内業務の極めて重要な基本業務

のひとつだと、私は認識しています。つまり、よりの確な診断と適正な治療のための放射線撮影の安全性は、医療行為の大前提であることは当然です。

そのような観点から考えても、ガラスバッジによるモニタリングサービスは、身につけているだけで、特別な気づかひもなく、毎日の被曝線量の管理が容易にできるのが最大の利点でしょう。高齢者の方や、妊娠中の方も多いため、放射線撮影の安全性を啓蒙することも大切だと感じますが、私は問診票を確認したり、さらに万全を期すために防護服の着用をすすめたりしています。

放射線被曝線量の管理についても、詳細な報告書と管理票をチェックするだけですから、とくに時間もかからず面倒なことは何もありません。

ガラスバッジによるモニタリングサービスは、患者さんに安心を与え、医療への信頼を高めてくれているのです。

使っています

**被曝線量管理が安全・簡単にできる
モニタリングサービス**



ガラスバッジサービス



理事長 西波みち子
東京都港区
医療法人社団ひまわり会
歯科診療所

診療所の開業は26年前に遡ります。私は小児歯科が専門ですが、開業当初から女性の患者さんや妊婦の方が多い診療所だったので、院内の放射線被曝線量の管理には特に配慮してきました。

千代田テクノルのフィルムバッジを使ったモニタリングサービスを知ったのは、2004年と覚えます。個人被曝線量の測定分野には、院内で初めてモニタリングサービスを開始した実績と信頼性がある会社と判断して採用することになりました。

方式が当時のフィルムバッジから、蛍光ガラス線量計を使った現在の方スタイルに移行したのは、2009年4月からです。

何事にもまず習慣化すると、空気や

水のように存在して当然と感じるようになりながらも、事は放射線被曝線量の管理の重要事項です。

その点、このガラスバッジのモニタリングサービスは、身体に装着していただきますので、安心して日々の診療に専念できることに大きな意義を感じています。

放射線は長年蓄積してきましたが、今まで過剰の線量測定を懸念してはおりませんでした。このサービスを利用しては、万が一の事態にも対応できる切で、とても安心感があります。

またガラスバッジは、グリップタイプなので、男性は胸元、女性は臍下に付けるだけでいう簡便さも気に入っています。しかも、毎月、個人被曝線量報告が、4年ごとに個人被曝管理簿が送られてきますので、被曝線量を一目でチェックできます。

時には患者さんから放射線撮影の安全性を確認されることもありますが、院内の被曝線量が把握できているので、その安全性について、確信を持って応対できるという点も大きいと感じています。

ガラスバッジによるモニタリングサービスは、院内で働くドクターやスタッフの安全と健康を守り、維持するためのは、欠かせないシステムだと思っています。

使っています

**「信頼と医療の質」を高める
モニタリングサービス**



ガラスバッジサービス



院長 上橋芳雄
大阪府吹田市
上橋歯科医院

この千葉ニュータウン・秋山道で開業したのが昭和59年ですから、かれこれ20年になります。

開業当時から、患者さんが安心して診療を受けられる環境づくりを心がけて、患者さんに信頼される歯科医院をめざしてはきました。私が求める「医療の質」そのものであったからです。

不安を感じさせないこと、それら医療への信頼につながる。私の信念の強いバックボーンになっているのが、院内の放射線被曝線量の管理が簡単にできるモニタリングサービスです。

フィルムバッジを使ったモニタリングサービスを導入したのは、開業当初目録だったと記憶しています。その後、現在の蛍光ガラス線量計によるガラスバッジに変わってからも、継続して使

っています。その理由は明瞭で、やはり患者さんにもスタッフたちにも、院内の放射線被曝への不安を感じさせないという安心感があるからです。

臨床の現場ではEBM（根拠に基づく治療）が要求され、情報開示も明確になされなければなりません。放射線被曝線量の管理は、インフェクション・コントロールと同様に、院内業務の極めて重要な基本業務のひとつだと、私は認識しています。つまり、よりの確な診断と適正な治療のための放射線撮影の安全性は、医療行為の大前提であることは当然です。

そのような観点から考えても、ガラスバッジによるモニタリングサービスは、身につけているだけで、特別な気づかひもなく、毎日の被曝線量の管理が容易にできるのが最大の利点でしょう。高齢者の方や、妊娠中の方も多いため、放射線撮影の安全性を啓蒙することも大切だと感じますが、私は問診票を確認したり、さらに万全を期すために防護服の着用をすすめたりしています。

放射線被曝線量の管理についても、詳細な報告書と管理票をチェックするだけですから、とくに時間もかからず面倒なことは何もありません。

ガラスバッジによるモニタリングサービスは、患者さんに安心を与え、医療への信頼を高めてくれているのです。

「お金だけでなく、人も出す」

—国連加盟半世紀の日本—

原子力委員 町 末 男



国連総会で日本の加盟が認められたのは50年前の12月18日である。資源の少ない日本が生きていく上で国際協調は不可欠なことである。日本が国連重視の政策をとってきたことは当然であり、それが今日の経済・技術・産業の発展をもたらしたとも言える。今や国連の通常予算の日本の分担率は約20%にもなる。

国連のみならず、IAEA、FAO、WHOなど他の多くの国連機関の日本の分担金の比率も同様に約20%で米国の25%に次ぐ高さである。この財政的貢献は活動の推進に不可欠なものであり、各国から高く評価されている。

一方、日本の課題は如何にして人的貢献を増やして、国連機関における日本の存在感を更に高くしていくかである。国連とその関連機関に正規専門職員として働く日本の比率はわずか2～3%であり、他の主要国と比べて著しく低い。筆者が長年勤務したIAEA（国際原子力機関）でも、専門職員約800人のうち日本の正規職員は25人程度で3%に過ぎない。米国の約100名、ド

イツの約50名などに比べかなり低い。まだ途上国に分類されている韓国ですら20名を越している。

IAEAの場合、まず日本人の応募者が少なく、米国の10分の1以下である。多くのポストは競争が相当にきびしいので、応募者が多い方が、国としての採用者の数は多くなる。応募者を増やすためには、IAEAの仕事が国民や関係者に広く知られることが必要である。IAEAは原子力分野では最大の国際機関であり、日本にとって重要な安全規制、核不拡散、核燃料サイクル、次世代炉などについても国際的な情報や意見の交換が広く行われており、それに基づく、ガイドライン、条約などが数多く作られている。

このような機関の中に専門家として日本人が数多く働き、意見を反映させていくことが日本にとってもプラスになる。IAEAでは日本は常任理事国であり、そこでの存在感は大きい。国連でも常任理事国となることを目指し、人的貢献においても実績を積み上げ各国との人脈を強めていくことが必要である。（06年12月記）

五感に訴えない放射線のニュースをオオトリの六感で捉えるカレント・トピックス

非電離放射線（NIR）の生体作用

鴻 知 己

「紫外線より長波長の電磁波でもDNAを切断する働きがある」という説が、2004年末にEUから発表されたことを知り、驚いている。

良く知られているように、原因が何であれ、DNAの損傷は発がんなどの「確率論的影響」の誘発に繋がるものである。遺伝情報として書き込まれている文字である4種の塩基（A,T,G,C）の結合はいわゆる水素結合で、その切断には約10eVというエネルギーを要する。

本誌2006年6月号の「放射線ヒトクチ講義」に説かれているように“物体にしる波動にしる、似たような相手と衝突したとき、相手方にエネルギーが効率よく伝達されるのは、両者の物理的スケールが似たようなレベルにあるとき”である。そして、DNA遺伝情報文字の結合切断による“確率論的影響”の誘発可能性の有無が、

電離性放射線と非電離性放射線を区分する基になっているのであり、「紫外線より長波長の電磁波は量子エネルギーが低く、DNAを切断することは出来ない」というのが、多くの“生体電磁気学”者にとって“ドグマ”となっていた¹⁾。

冒頭に紹介したEUの発表というのは、EU出資の下、EU7カ国、12研究所が割かして行われたREFLEXと呼ばれる共同研究プロジェクトの報告を指している。

本堂毅氏がパリティ誌 [vol.21, no.1, 81-85 (2006)] に寄せた記事によると、この報告は日本を除く世界中のジャーナリズムが報道していて、インターネット上でNature、BBC、Times、USA-Todayなどで見ることが出来るそうである。信じがたいニュース故興味を引かれる。



個人線量測定の論理（前編）

松本 進*



1. 個人線量測定の必要性

放射線は人類にとって、その誕生の時から被ばくしている。また、生命の誕生とすれば、約38億年前から放射線を被ばくしていると考えられ、その命が連綿と現在まで受け継がれている。これらは自然界に存在する放射線であるが、エックス線の発見後、人工的な放射線が、医療界はじめ産業界等において、有益であるとして利用されている。この放射線による被ばくが、時には人に害を与えるため、危険なものとして恐れられている。被ばくには、先に上げた自然放射線被ばくを含む公衆被ばくの他に、医療行為を受ける、または介助することによって生じる医療被ばく、放射線業務従事中に被ばくする職業被ばく等が考えられるが、職業被ばくの分野では、その危険な放射線を、安全に取扱うための手段として放射線管理業務が運用されている。その放射線管理では、リスクマネジメントを次のように考えている。

人に対する放射線の影響には、がんの発生など、受けた放射線量に比例する確率的影響と、脱毛・紅斑など一定量以上の放射線を受けた場合に発生する確定的影響とがある。

がんの発生は寿命を短くする危険がある。この生命につながる危険の程度を評価するひとつの指標として、一般的に安全と考えられる産業の災害死との対比が用いられて

いる。社会が容認していると考えられる災害死と放射線リスクを、バランスすることによって、放射線リスクも社会から容認される範囲に入るという考えである。その一般に安全とされる産業の年間死亡確率は約千分の一と言われているが、放射線の場合、同等の死亡確率を持つ被ばく線量は、およそ1 Svである。よって、放射線業務従事者が一生に受ける放射線の量を1 Sv以下にするものと考え、一生の放射線業務に従事する期間を50年間とすると、1年間に割り当てられる線量は20mSvとなる。

このような考えで確率的影響を抑制するための実効線量限度を、また確定的影響を防止するために等価線量限度を法令で定めている。その主なものは表1のとおりである。

表1 主な線量限度

実効線量限度		5年間で100mSv以下、 ただし年間50mSv以下
等価線量限度	眼の水晶体	年間150mSv
	皮膚	年間500mSv

この限度を守るために、個人線量の測定が実用されている。その目的としては、次のことが上げられる。

- ① 放射線業務従事者の日常の被ばく線量を監視することによって、管理基準値を超えないように作業量、作業方法、防護手法等をコントロールすること。
- ② 線量限度を超えていないことを証明す

*Susumu MATSUMOTO 弊社アドバイザー

表 2 放射線荷重係数

放射線の種類とエネルギー範囲		放射線荷重係数 w_R
光子	すべてのエネルギー	1
電子	すべてのエネルギー	
中性子	10keV 未満	5
	10keV 以上 100keV まで	10
	100keV を超え 2MeV まで	20
	2MeV を超え 20MeV まで	10
	20MeV を超えるもの	5
陽子（反跳陽子除く）	2MeV を超えるもの	5
α 粒子、核分裂片	重原子核	20

るために、実効線量・等価線量の評価値を得ること。

- ③ 限度を超えたときの有用な情報提供と対応の実施を促す。

人の放射線被ばくは放射線従事者以外に、放射線事業所の周辺に住居する一般公衆も考えられるが、管理されていないため、年限度などの管理基準を設けることは法令になじまないとして定められていないが、職業人の年限度の1/10になるように防護論理が組み込まれている。

2. 等価線量・実効線量

成人の体積は約7万立方センチメートルである。この大きな体積の人の被ばくとは何か、何をもちて人の被ばく線量とするか、いろいろ意見の有るところであるが、この大きな生体組織に一つの放射線リスクの指標を持たせることは容易ではない。そこで考えられたのが、ICRPが言う防護量としての等価線量と実効線量である。

a) 等価線量

等価線量 ($H_{T,R}$) は、人体各組織の平均吸収線量に放射線荷重係数 (表 2) を乗じたものである。ICRP では次のように定義している。

$$H_{T,R} = w_R \times D_{T,R}$$

ここで、 w_R ：放射線荷重係数

$D_{T,R}$ ：放射線 R による組織・臓器 T の平均吸収線量

b) 実効線量

実効線量は、人体各組織の等価線量にその組織の発がんリスク係数の全身の全発がんリスク係数に対する割合を主として考慮した組織荷重係数 (表 3) を乗じ、それらの和として示される。数式では次のように定義されている。

$$E = \sum w_T \times H_{T,R}$$

ここで、E：実効線量

$H_{T,R}$ ：放射線 R による組織・臓器 T の等価線量

w_T ：組織荷重係数

c) 実効線量と 1 cm線量当量

実効線量は以上のように明確に定義されているが、放射線管理の現場では、各組織の等価線量を容易に測定が困難であるため、関連する実効線量も容易に算出することができない。そこで測定できる量として、1 cm線量当量の概念が取り入れられた。この 1 cm線量当量 (実用量) と実効線量 (防護量) を、人が受けると考えられる放射線の状態で比較すると、前方-後方照射 (AP

表3 組織荷重係数

部位	臓器・組織	リスク係数 (10^{-4}Sv^{-1})	組織荷重係数	
			ICRP w_T	部位別組織荷重係数
頭頸部	甲状腺	8	0.05	0.065{0.08}
	骨髄	50	0.12[0.013]	
	骨表面	5	0.01[0.002]	
胸部上腕部	肺	85	0.12	0.432{0.44}
	食道	30	0.05	
	乳房	20	0.05	
	胃	110	0.12	
	肝臓	15	0.05	
	骨髄	50	0.12[0.04]	
	骨表面	5	0.01[0.002]	
下腹部大腿部	生殖腺	100	0.20	0.443{0.45}
	膀胱	30	0.05	
	結腸	85	0.12	
	骨髄	50	0.12[0.07]	
	骨表面	5	0.01[0.003]	
その他	残りの臓器・組織	50	0.05	0.06{0.03}
	皮膚	2	0.01	
合計		500	[1.0]	{1.0}

注①[]内の数字は骨髄の荷重係数0.12、骨表面の荷重係数0.01を、又{ }は残りの臓器・組織の荷重係数0.02と皮膚の荷重係数0.01を各部位に割り振った値である。

②参考までに、日本人の赤色骨髄量がほぼ1000gで、成人では頭頸部80g、胸部・上腕部440g、腹部・大腿部450gが分布している（子供では全身の骨髄に分布しているが、成人では腕や下肢には存在しない）。勿論、個人差があるのでこれらの数値は概算値である。（丸山私信）

③部位別加重係数は、体幹部を頭頸部、胸部上腕部、下腹部大腿部に区分けした際に生ずる不均等被ばく時に用いる。

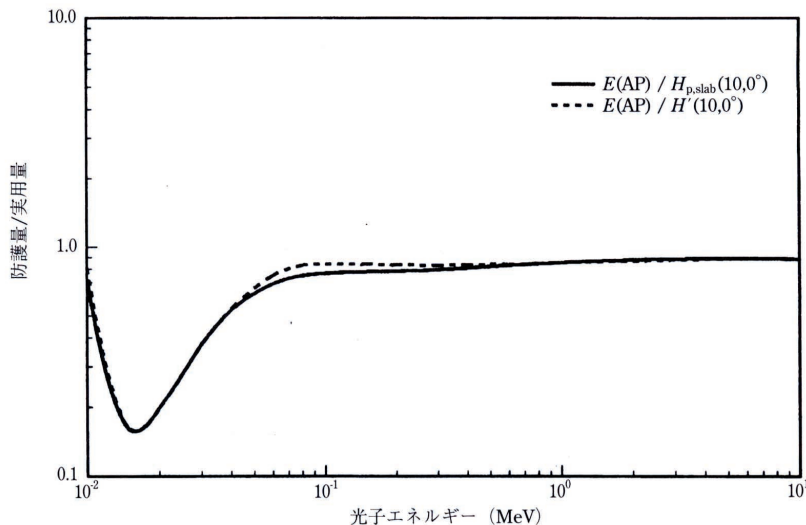


図1 防護量と実用量との関係（AP方向）

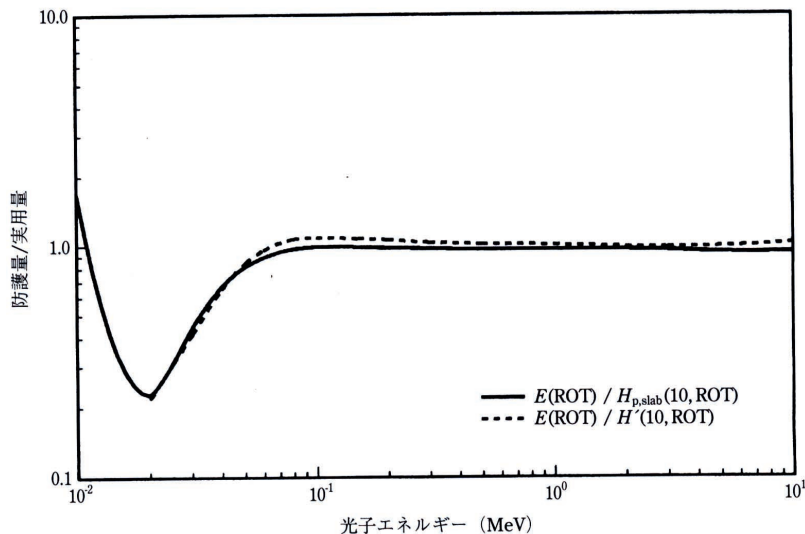


図2 防護量と実用量との関係 (ROT)

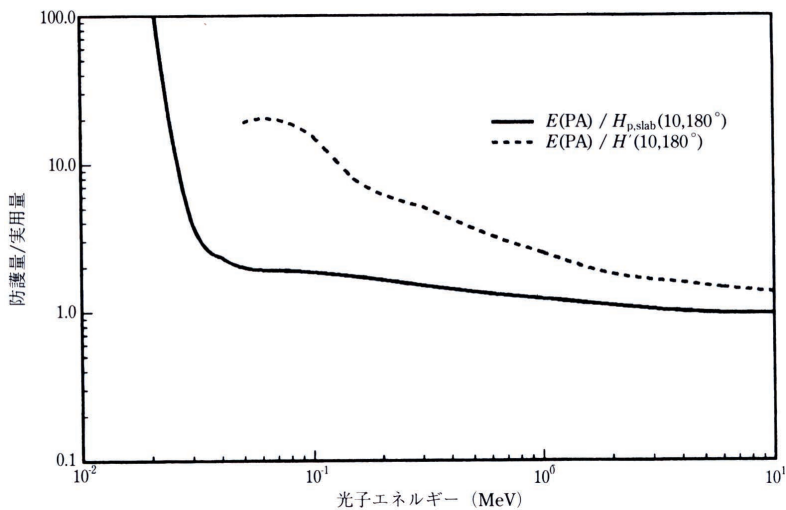


図3 防護量と実用量との関係 (PA) 方向

方向)、回転照射 (ROT) では、40keV 以上の光子については、1 cm線量当量 (実用量) は、実効線量 (防護量) と良い一致性を示している。40keV 未満では、実用量による実効線量のいくらかの過大評価があり、安全側にあることが分かった (図1、図2)。このことを受け放射線防護関係の法令では、1 cm線量当量と実効線量は同等とみなしている。

ただし、図3に示すように、後方-前方照射 (PA) の場合は、実用量は広いエネルギー範囲に亘って防護量を過小評価することが分かった。これは主として背後から照射される身体に対して前面に個人線量計を装着していることに起因している。

このような放射線作業場では、個人線量計の装着方法、作業方法に一考の余地がある。(次月号後編に続く)

低レベル放射線が人体に及ぼす影響の疫学調査 (その1：コホート研究)

疫学 epidemiology は「人間（場合によっては動物）の集団における疾病の分布とその発生原因を研究する科学」である。等価線量にしる実効線量にしる、100mSv 未満の線量を自然界にあるバックグラウンド放射線寄与の上乗せ分として被曝しても、確定的影響は発現しない。線量に閾値が存在しないことを仮定している確率（論）的影響も、ICRP が現行の1990年勧告に示しているリスク係数（＝単位量の線量をもたらすリスクの値）や潜伏期の値を使って2000年に筆者が確かめた結果では、実効線量100mSv 未満のとき、現在の日本人集団に対しては、被曝時の年齢に関わらず、死亡率 mortality の時間推移に目に見えるほどの変化が現れない。すなわち、確率（論）的影響も、実際上閾値があるといっても良いのである。

一方、世の中では、思考の道具として「二分法」dichotomy が重宝されている。「二十の扉」を例に引くまでもなく思考の節約に有用であるが、割り切れないものまで強引に二分してしまい、それが思考を歪めるという弊害を生む。“安全でないもの”は“危険”と短絡的に考え、放射線についてはリスク・フリーを理想と考える人も少なくない。

このような世の中の状況に配慮した行政官や学術的好奇心を揺すぶられた放射線影響学者は、“低レベル放射線被曝”とか“低線量被曝”と呼ばれる、実効線量100mSv 以下の被曝についても、リスク係数をキチンと評価することを望むようになる。

リスク要因を恣意的に人間の個人あるいは

は集団に与えることは、倫理的に許されないもので、事故などで偶発的に得られるデータを解析して知見を得るよりない。疫学者の出番である。疫学者は、このようなとき、“コホート調査” Cohort Study とか“ケース・コントロール調査” Case-Control Study と呼ばれる手法を用いる。

疫学では、対象集団（N）の一部（n）を観察対象とする。想定しているリスク要因に暴露し、着目している影響が発現した者の数を、母集団についてはA、標本として得られたものの数を a と書き、影響の発現しなかった、あるいはしていない者の数を、それぞれ B、b と書くことにする。同様に、暴露していなくて発症した者の数を、それぞれ、C と c、暴露も発症もしていない者の数を、それぞれ、D と d と書く。

母集団から標本を採るとき、暴露群と非暴露群からそれぞれ一定の割合 p_1 , p_2 で抽出できれば、相対リスク比 $RR = \{A/(A+B)\} / \{C/(C+D)\}$ を $RR = \{a/(a+b)\} / \{c/(c+d)\}$ として評価することができる。これがコホート研究 (cohort study) と呼ばれる手法である。記号：＝は定義を、＝：は“みなし”を表す。Cohort は“群”とか“集団”を意味する。

この手法では、抽出率 p_1 , p_2 がそれぞれの分子、分母間で相殺されて消えるので、 $p_1 \neq p_2$ であっても見かけ上何の問題も生じない。これがこの方法の長所である。しかし、標本に採取された数の統計的揺動により評価の品質が影響を受けることには注意が必要である。

サービス部門からのお願い

ガラスリングご使用のお客様へ

ガラスリングは大小2つのサイズをご用意しております(最大直径大:24mm、小:20mm)。今、ご使用になっているリングがきつく感じられている方、モニタコード JP型(小)はJK型(大)に、JB型(小)はJL型(大)に変更が可能です。

変更の方法は「ご使用者変更連絡票」の変更に○印、備考欄にモニタコードをご記入のうえ、フリーダイヤルにFAXにてご依頼下さい。また、変更のご依頼に際しては、ご契約内容のご確認をお願いいたします。もし、ご契約内容がご明確でない場合は最寄りの営業所にご確認ください。

今後ともご愛顧のほど宜しくお願いいたします。



(写真手前) X・γ線用 ガラスリング
JP(小)・JK(大)
(写真奥) β線用 ガラスリング
JB(小)・JL(大)

短編集後記

- 今月号には、日本分析センター様の「わが国における環境放射能水準調査の現状と今後の展開」のシリーズ第3回目として、阿部剛氏に「自然放射性核種の水準調査」をご執筆いただきました。
- また、金子正人先生には、「原子力施設周辺の小児がんは放射線のせいではない」という表題でご執筆いただきました。小児がんの発生率に3つの社会的要因を考慮した興味深い統計データを紹介していただきました。
- 去年の11月29日~12月1日の3日間、名古屋大学で開催されました第5回日本放射線安全管理学会において、弊社から「ITを利用した個人モニタリングサービス」と題する発表をさせていただきました。お客様に「安心」を与えるサービスに今後はITを利用して精進してまいります。
- 歯科診療所におけるガラスバッジサービスの実際として、歯科専門誌にとりあげられた内容を掲載いたしました。

- 東京、大阪の2ヶ所ではありますが、共通して言えることは個人モニタを装着することによりスタッフが「安心」して業務に就くことができるということでした。弊社の企業理念にも「放射線の安全利用技術を基礎に人と地球の“安心”を創造する」とありますが、真にうれしい限りです。
- 先月号でもご紹介させていただきましたが、弊社はフランスの政府機関 IRSN(原子力・放射線防護研究所)にガラスバッジモニタリングシステムを納入いたします。今後はフランスでも「安心」を供給してまいります。
- 最後に、弊社は今年創立50周年を迎えます。これも偏に皆様方のご愛顧・ご支援のお蔭様です。真にありがとうございます。今後も放射線安全管理の情報をいち早くこのFB Newsでご提供してまいりますので、ご愛読の程、よろしくお願ひ申し上げます。(M.Y)

FBNews No.362

発行日/平成19年2月1日

発行人/細田敏和

編集委員/佐々木行忠 小迫智昭 中村尚司 久保寺昭子 金子正人 加藤和明

山口和彦 藤崎三郎 柚木正生 福田光道 野呂瀬富也 丸山百合子

発行所/株式会社千代田テクノル 線量計測事業部

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381円)