



Photo K.fukuda

## *Index*

身の回りの宇宙放射線・・・ニュートリノ、ミュオンなど .....	近藤 健次郎 1
やさしい放射線講座 放射線と放射能 新人教育のためのおさらいコーナー .....	久保寺 昭子 6
平成14年度個人線量の実態 .....	11
保物セミナー2003のご案内 .....	18
〔サービス部門からのお願い〕 結果報告書出力を一部変更します .....	19

# 身の回りの宇宙放射線・・・ ニュートリノ、ミュオンなど



近藤 健次郎\*

## 1 はじめに

昨年一度に2人の日本人が物理学及び化学の分野でノーベル賞に輝き話題となりました。物理学賞は小柴東大名誉教授が受賞されましたが、これはニュートリノ天体物理学という新たな研究分野を創始した業績に対して与えられたものでした。地下約1000メートルに設置されたカミオカンデという水チェレンコフカウンターで1987年2月の超新星からのニュートリノを初めて観測すると共に、大気ニュートリノの異常やニュートリノ振動等の実験的検証に大きな成果をあげ、さらに約5万トンの水チェレンコフカウンターのスーパーカミオカンデでより精度の高い実験が進められています。実験で大きな役割を担ったカミオカンデと言う検出器は電荷を持たないニュートリノが行う弱い相互作用で生成する荷電粒子によるチェレンコフ光を測定するものです。荷電粒子の発生という点ではニュートリノは中性子のような間接的電離放射線と言うことが出来ます。ニュートリノを含め宇宙からの様々な放射線が我々の地球環境に降り注いでいますが、宇宙からの放射線による成人の平均的な年被ばく線量は約0.4mSvです。勿論、このニュートリノによる線量は全く無視できるものですが、多くの方がこのノーベル賞受賞のニュースを聞いてニュートリノを初めとして、様々な宇宙放射線に我々人間が曝されていることを再認識されたことと思います。編集担当の方から、ニュートリノを初めとして、宇宙か

らやってくる耳慣れないパイ中間子、ミュオン等の放射線を、我々の身の回りの環境宇宙放射線という観点から解説して欲しいと言うことでした。本稿では環境中の宇宙放射線の実体と、それによる被ばく線量等について概略を紹介したいと思います。

## 2 宇宙からの放射線

### 2 - 1 一次宇宙線

今から90年ほど前にオーストラリアの科学者 Hessが自由気球に検電器を積み、高度の上昇と共に気体の電気伝導度が増すことから、宇宙からやってくる放射線の存在を初めて明らかにしました。その後1930年代に霧箱を用いて宇宙線の中に陽電子やミュオン(  $\mu$  粒子 )等の発見が相次ぎ、この分野の研究が大きく発展してきました。

宇宙放射線は銀河や太陽からの一次宇宙線と、この一次宇宙線が大気上層で大気原子核との相互作用の結果発生する二次宇宙線に分けられます。銀河宇宙線は超新星の爆発等によって放出される放射線で、その約90%が陽子で、残りの大部分がヘリウムで、そのエネルギーは広範囲で、数100MeV/核子から1GeV/核子にピークをもっています。10の20乗eV(約4Cal)というとてつもないエネルギーを持つ粒子の存在も確認されています。一方、熱核融合反応に起因する太陽宇宙線の殆どは陽子、電子でヘリウムの寄与は数%です。太陽からの陽子のエネルギー

\* Kenjiro KONDOU 高エネルギー加速器研究機構共通研究施設 施設長

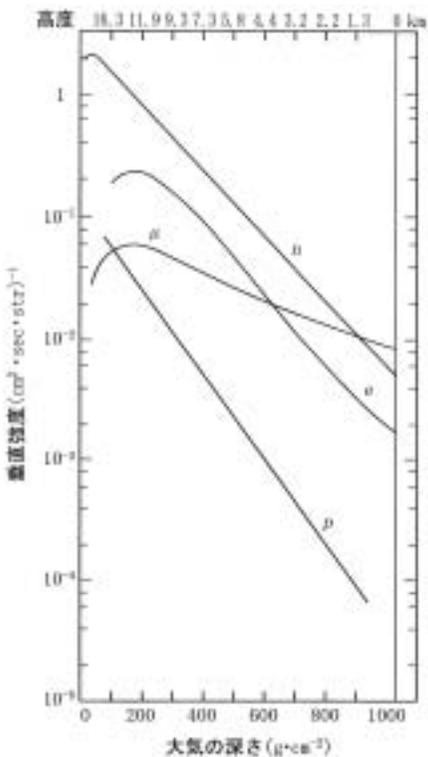


を持つ  $\pm$  は一部は大気原子核との相互作用を起こしますが、大部分はミュオン ( $\mu^\pm$ ) とニュートリノ ( ) 崩壊します。表 1 に示すようにミュオンは電子と同じ仲間ですが、質量は電子の約200倍の大きさで、原子核との相互作用が極めて弱いため、エネルギー損失は主として電離過程によるものです。そのため、物質貫通力が強く容易に大気を貫いて地表の二次宇宙線の主成分となっています。図 2 にミュオンなどの宇宙放射線の垂直強度の高度変化を示しました。

また、1 GeV以下のミュオンは地表に到達するまで大部分が崩壊し  $e^+, e^-$  にかわり、その一部が地表の電離成分としてミュオンに次いで重要です。従って地表付近の環境放射線のうち宇宙からの放射線としては主要なものとしてミュオン、中性子、電子、ニュートリノがあげられます。

### 2 - 3 ニュートリノ

ニュートリノは原子核のベータ崩壊のエネルギー保存を説明するために1933年Pauliによって導入されたものです。ニュートリノには3種類(反ニュートリノを含めると6種類、表1参照)存在しますが、カミオカンデで検出された超新星からのニュートリノは反電子ニュートリノです。カミオカンデ検出器では、反電子ニュートリノが水中の陽子と反応して生成する陽電子によるチェレンコフ光を検出しました。チェレンコフ光検出器では反応に関与したニュートリノのエネルギーや飛来してきた方向と時間等に関する情報が得られるため、このことがニュートリノ天体物理学という新しい学問分野の開拓につながりました。太陽からは熱核融合反応による電子ニュートリノ (< 15MeV) が飛来しています。地表における粒子束は約  $6.6 \times 10^{10} \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  と、大変な数の粒子が降り注いでいます。前に述べたように、高エネルギー銀河宇宙線に起因する大気ニュートリノ(ミュオンニュートリノ ( $\mu$ ) と電子ニュートリノ ( $e$ )) は低エネルギーから高エネルギーにわたる幅広いエネルギーを持ち、GeVオーダの粒子束は地表で約  $1 \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  程度です。ニュートリノが行う弱い相互作用の断面積は極めて小さく太陽ニュートリノ(数MeV)では約  $10^{-44} \text{cm}^2$ 、1 GeVミュオンニュートリノでは約  $10^{-38} \text{cm}^2$  と極端に小さいため検出自体が如何に困難であるかが理解できると思います。荷電粒子の電離断面積と比較すると如何にその値が小さいかが分かります。我々の体の表面  $1 \text{cm}^2$  あたり約  $10^{10}$  個の太陽ニュートリノが突き抜けています。中性子と同様間接電離に寄与しますが、上述の様にその相互作用の断面積からニュートリノによる被ばく線量はゼロではありませんが全く問題となる線量となりません。ニュートリノを幽霊放射線ということもありますが、幽霊のように体を突き抜けていく、得体の知れない粒子です。話が少しそれますが、高エネルギー加速器では人工的にニュートリノをつくる事が出来、発生するニュートリノについて、その粒子数、エネルギーや発生時間等を制御することが出来ます。素粒子物理の分野で大きな課題となっているニュートリノ振動や質量等について、高エネルギー加速器を用いて精度の高い



p : 陽子 (> 400MeV),  $\mu$  :  $\mu$  粒子  
e : 電子 (> 10MeV), n : 中性子

図 2 宇宙線諸成分強度の高度変化

実験が行われています。

## 2 - 4 ミュオン

ミュオンは質量が電子の約200倍である点を除いて電子と同じ振る舞いをする粒子です。電子に比べ質量の大きい分、制動放射が起こりにくくエネルギー損失の主要過程は電離によるものです。そのため、ミュオンは物質の奥深くまで突き進んで行くことが出来るのです。銀河宇宙線のエネルギーを反映し、大気上層部で生成するミュオンは非常に高いエネルギーを持っています。例として、100GeVミュオンは地中約200mまで到達する貫通力をもっています。地下約1000mの深くに設置されたカミオカンデでさえも、ミュオンによるバックグラウンド信号を完全に排除することが出来ません。高エネルギー加速器でビーム方向に発生する高エネルギーミュオンの遮蔽のため大量の鉄ブロック等の遮蔽材が必要になるのも、このミュオンの高透過性によるものです。宇宙からのミュオンは色々な放射線測定器のバックグラウンドの主要放射線ですが、このミュオンの飛跡を見えるようにしたのが、良く展示会場で見かけるスパークチェンバー（放電箱）です。スパークチェンバーが次々にミュオンの飛跡を表示する様子を見ると、私たちはミュオンシャワーの中で生きていることが実感できます。

## 2 - 5 中性子

二次宇宙線の一つである中性子は図2に示すような核破砕反応によるものの他、陽子と大気原子核の（p、n）反応などでも生成します。海面での宇宙中性子束は約 $0.008\text{cm}^2\text{s}^{-1}$ と小さいが、ミュオンに次いで主要な環境宇宙放射線

となっています。大気下部における中性子は熱エネルギーから100MeV以上の広い範囲におよんでおり、主として弾性衝突でそのエネルギーを失います。熱化した中性子は空気中の窒素原子核に捕獲され、（p、n）反応でC-14の生成に寄与し、年代決定に使われるC-14のもとになっています。

## 3 環境宇宙線による被ばく

国連科学委員会報告（電離放射線の線源と影響—1993年報告書）によれば自然放射線による成人が受ける年平均実行線量は2.4mSvで、そのうち宇宙線及び宇宙線生成放射性核種による合計が0.39mSv（外部）で全体の約16%を占めています。（表2参照）。ここで宇宙線生成放射性核種は高エネルギー宇宙線と大気構成元素との核反応で生成するもので、線量という点からはH-3、Be-7、C-14、Na-22の4核種が重要です。しかし、最も寄与の大きいC-14でも年間 $12\mu\text{Sv}$ （経口）程度で、他の核種による寄与を含めても宇宙線による全線量の約3%程度です。

図3に電離成分及び中性子成分による空気吸収線量率（Gy/h）と高度の関係を示しました（国連科学委員会1993年報告）。海面レベルでの電離は前にも述べましたが主としてミュオンによるもので75%がミュオンの衝突で飛び出した電子によるもので、約15%がミュオンの崩壊で出来た電子によるものです。この電離成分による成人の年平均実効線量は約 $300\mu\text{Sv}$ です。一方、中性子による値は $80\mu\text{Sv}$ で、電離成分の

表2 自然電離放射線源から成人が受ける年平均実効線量

被ばく源	年実効線量（mSv）
	通常のバックグラウンド地域
（1）宇宙線	0.38
（2）宇宙線生成放射線核種	0.01
（3）地球起源の放射線（外部被ばく）	0.46
（4）地球起源の放射線（内部被ばく、ラドンを除く）	0.23
（5）ラドン及びその壊変生成物（内部被ばく）	1.27
合 計	2.4

表 3 放射線障害防止法で規定された放射線

( 1 ) アルファ線、重陽子線、陽子線、その他の重荷電粒子線及びベータ線
( 2 ) 中性子線
( 3 ) ガンマ線及び特性エックス線 ( 軌道電子捕獲に伴って発生する特性エックス線に限る。 )
( 4 ) 1メガ電子ボルト以上のエネルギーを有する電子線及びエックス線

注) 1メガ電子ボルト ( MeV ) 未満のエネルギーを有する電子線とエックス線は法で規定される放射線に含まれない。

約 4 分の 1 程度です。大気上層では当然のことながら陽子や中性子が吸収線量率に大きく寄与することになります。ジェット機による飛行時の被ばくは地域にもよりますが高度 8 km の飛行時の実効線量率が 2.8  $\mu$ Sv/h 程度ですが、いま国際協力で建設が進められている国際宇宙ステーション ( ISS ) では宇宙線による被ばくが大きな問題となっています。近い将来日本の宇宙実験室「きぼう」が打ち上げられる予定です。この宇宙実験室は地上約 400km の高度で、宇宙放射線による宇宙飛行士の実効線量は一日当たり約 1 mSv と言われています。

#### 4 おわりに

本稿を読まれる方の多くは放射線管理の実務や実験等で放射線を利用している方が多いと思います。現行の放射線障害防止法で規定する放射線は表 3 に示されていますが、ニュートリノ、パイ中間子、ミュオンはいわゆる法で規定する放

射線に入っておりません。前述のように環境放射線のなかで被ばくという点で、これらが大きな問題となることはありませんが、高エネルギー加速器施設ではパイ中間子やミュオン用のビームラインが設置され、研究に使われています。法に規定されていませんが、これらの放射線は電離作用 ( 間接も含め、 ) を引き起こす放射線であることに違いはありません。加速器施設では、寿命の短いこれらの粒子が荷電粒子や電磁波等に崩壊する事も考慮し、遮蔽等の放射線防護の対策がとられています。現在高エネルギー加速器研究機構と日本原子力研究所が共同で原研東海に建設中の大強度陽子加速器施設ではニュートリノを初めとして、これらあまり聞き慣れない高エネルギー粒子を大量につくり、新しい研究分野の開拓を目指しています。

#### プロフィール

1941年秋田生。1969年東北大学大学院理学研究科博士課程修了 ( 理学博士 )、1969年東北大学理学部付属原子核理学研究施設助手、1974年～75年ブルックヘブン国立研究所研究員、1979年高エネルギー物理学研究所放射線安全管理部門助教授、1986年 同上 放射線安全管理センター教授、1992年 同上 センター長、1997年 高エネルギー加速器研究機構共通研究施設 施設長

専門分野： 加速器放射線防護、放射化学、環境放射能  
主として、加速器で生成する放射性核種に関する物理化学的挙動、施設環境放射能、安全設計等に関する研究、

学会等活動： 放射化学会副会長、放射線管理学会理事、大学等放射線施設協議会監事、原子力安全技術顧問、放射線安全規制検討委員会委員等

趣味：庭いじり、テニス

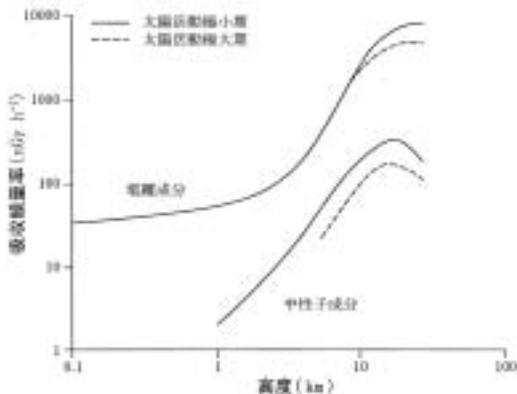


図 3 地磁気緯度 50 ° における宇宙線の電離成分と中性子線分とによる空気吸収線量率の高度変化

# やさしい放射線講座

## - 放射線と放射能 -

新人教育のためのおさらいコーナー



久保寺 昭子\*

「エネルギー」という言葉の語源は、ギリシャ語で「秘めたるもの」すなわち、秘めたるちからということのようです。

放射線は、まさしく原子の秘めたるちからに他なりません。

先月号では、放射線の利用の一端を覗いていただきました。今回は、この「放射線」について、もう一度復習を兼ねて考えてみましょう。

いま、「あなたのからだは何からできていますか」と聞かれたら、何と答えますか。「水、タンパク質、細胞…」いろいろな答があると思いますが、それぞれ個々には間違いではありませんが、上記の質問が、化学の問題であれば、タンパク質18%、脂肪が15%、ミネラル7%、そして水が60%ぐらいの割合が人のからだの構成成分です、という答になると思います。そして、これらの構成成分の原材料は、29種類の元素達です、と付け加えるのも良いでしょう。一方、同じ質問が、生物、生命科学等生きているということが前提となる場合は、生きている最小単位である細胞と細胞間質からできてます。という答えになるかと思えます。

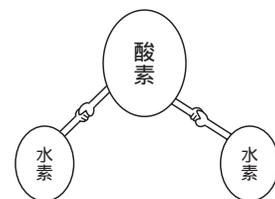
このように一つのことを表現するのにも、それをどの観点から述べるかによって、答が変わってくるのは、御承知の通りです。

「原子力」とか「放射線」と聞くと、こわい、恐ろしい、がんになる等と、感覚や感情のモノ

サシのみで判断してしまう人も多いようです。29種類の原子という素材からできている私達のからだからも、放射線が放出されています。まずは、原子の世界から、覗いてみることにしましょう。

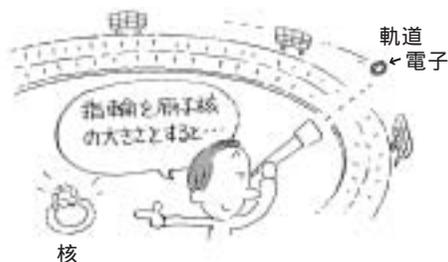
### 原子ってどんなもの？

地球上のすべての「モノ」は、「原子」からできています。御存知の通り、「水」は、2個の水素と1個の酸素が結合してできます。原子には、一般に他の原子と結合できる「手」があり、水素にはこの手が1本、酸素には2本の手があると考えると分かり易くなると思います。すなわち、酸素の2本の手が、それぞれの水素の1本の手としっかり手をつないでいる状態を水と呼んでいるのです。ですから、私達が日頃「モノ」として認識している物質は、原材料はすべて原子なのです。物質の変化は、物質を構成している原子達の手が離れたり結合したりすることによって起ります。こういうことを取り扱う分野を「化学」というのです。



「水」

\* Akiko KUBODERA 弊社顧問



(原子の構造)

原子の基本的な構造は、みな同じです。中心部に「原子核」とよばれる2種類の粒子(核子)が集まっている部分と、その周り、といっても、上図のように中心にある原子核の部分、指輪ぐらいの大きさとして考えますと、甲子園球場の一番外側ぐらいのところになりますが、そこを、あたかも太陽の周りを回っている惑星さながらに、軌道を早いスピードで回っているマイナスの電荷をもった軌道電子とよばれる小さな電子達によって構成されています。

(原子と元素)

同じ構造でありながら、水素や酸素あるいは金などと区別しているのは、一体何で区別しているのでしょうか。

それは、原子核にある2種類の核子、すなわち「中性子」と「陽子」のうちのプラスの電荷をもった陽子の数で分けているのです。

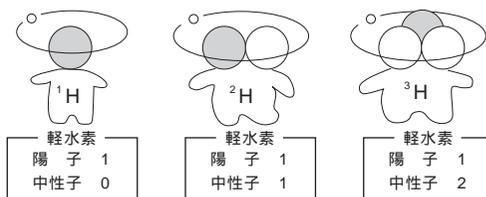
原子は電気的に中性で、陽子の数( <sup>プラス</sup> + の数 )と同じ数の軌道電子( <sup>マイナス</sup> - )を持つことで電気的に中性となっています。例えば、原子核に陽子が1個あれば、軌道電子も1個(水素)、8個あれば8個(酸素)、79個の陽子が核にあれば、周りをどりまく軌道電子も79個(金)となるわけです。このように原子核にある陽子の数で原子を分類した場合、陽子が1個なら水素、92個ならウランという具合に呼び名(元素名)をつけます。そして元素別に一つの表にまとめられたものが、元素の周期率表です。同一元素であれば、化学的性質が同じなのです。何故ならば、同一元素であれば、軌道電子の数も同じで、したがって化学的な結合に

係る手の数も同じだからです。原子と原子の結合は、この軌道電子によってなされることはすでに述べました。もうすこし、しわしく申しますと、電子の回る軌道は、原子核に近いところから、K、L、M...とありまして、各軌道には入れる電子の数には制約があります。電子は、核に近いところから順次外側の軌道へ入りますが、化学結合に関与するのは、一番外側の軌道電子達であります。もしもこの軌道には入れる数の電子数が過不足なくぴったりだった時は、その元素は化学的に反応性の乏しい、いいかえれば化学的に安定性の高い元素ということができるのです。最外殻軌道電子は、原子の化学的性質の荷い手となっています。

原子を化学的性質で分類した時、元素というのです。そして、自然界の中には、兄弟のある元素がたくさんありますが、金のように1種類のみで、人工的につくらない限り兄弟のない元素もあります。これらの元素達がどのように配列しているかで、物質名が決まります。同じ元素組成であっても、全く異なったものもあります。よくあげられる例として、ダイヤモンドと石墨があります。両者は共に炭素元素でできていますが、配列が違います。

(原子の重さと同位元素)  
アイソトープ

原子を構成しているものは、中性子、陽子と軌道電子です。中性子と陽子の重さはわずかな差しかありませんが、軌道電子は、1個の核子の約1,800分の1ぐらいしかありませんから、原子の重さのほとんどは原子核の重さといえます。しかし、原子の重さをグラムで表しますと、小さな小さな数値なので、通常は、原子の質



「水素の兄弟達」

量数という数値を用いています。



原子の質量数 = 中子数 + 陽子数

水素 : 1      0      +      1

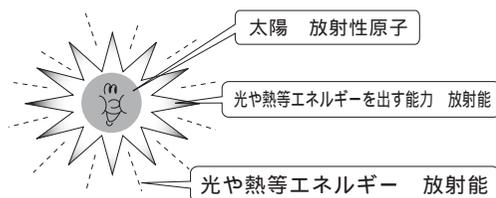
酸素 : 18      10      +      8

原子の質量数は、原子核にある中性子と陽子の和で表されるのです。ですから、同一の元素（陽子の数が同じ）でも、中性子の数の違いで、質量数の異なる元素が存在します。同一元素で質量数の異なる元素は、周期率表の上で同じ位置にあるということから同位元素（アイソトープ）とよばれています。

放射線と放射能

こんどは、原子を化学的性質で区別するのではなく、原子核の中のエネルギー状態で分けてみましょう。

原子の世界は、何しろ超微小で、当然目で見ることにはできませんが、これを宇宙の天体に置きかえて考えてみることにします。天空の一つ一つの星が原子の原子核だと思って下さい。星には、自らエネルギーを放出しているものと、そうでないものがあることは、御存知の通りです。「太陽」と「月」が、恰度良い例となります。月は、自らエネルギー（光や熱など）を放出することはできませんが、太陽はエネルギーを放出しています。このように、原子の世界にも、自らエネルギーを放出できるものと、できないものがあるのです。後者、太陽のような



原子を放射性原子又は放射性同位元素（ラジオアイソトープ）というわけです。そして、放出されるエネルギーを放射線と呼ぶことに決めただけです。自然界には、好むと好まざるに関係なく、放射性原子はたくさんありますし、故に私達のからだの構成原子の中にも放射性の原子がありますから、私達のからだからも当然放射線は出ていることになります。宇宙から、大地から、放射線は沢山地球上を飛び交っているのが、私達の住んでいる地球環境なのです。

もう少し異なった表現で、放射能と放射線を説明してみましょう。

ここに、熱いお湯を入れたカップがあるとします。そのまま置いておくと、お湯の温度はだんだん下がってきます。熱湯は、温熱という形でエネルギーを放出して、安定した温度まで下がります。原子の場合もこれと同じような状況を考えれば良いわけです。原子が地球上に誕生したとき、原子核に余剰のエネルギーがあると、これを放射線という名のもとに放出して、安定な状態になっていくのです。この性質を、放射能があるとか放射性崩壊又は放射性壊変というのです。

熱湯と原子の違いは、熱湯はエネルギーを放出して水になりますが、呼び名は変わっても、物質（元素組成）は変化しません。が、原子の場合は、原子核の中の核子の変化でエ

エネルギーを放出する機会が多いので、このような時は、核の中の陽子の数で定義されている元素名が変わる、すなわち放射線を出して、変身する(物が変る)機会が多いのです。ですから、放射性の水銀が金に変ることもあります。

よく自然の放射線はいいけど、人工の放射線は...等といっている人がいます。温泉のお湯と、電気やガスで沸したお湯と、どちらも温度が同じなら、放出されるエネルギーも同じで、私達のからだに及ぶ効果も同じです。もしも自然はよくて云々というようなことがまかり通るのであれば、温泉にははいれても、自宅でわかしたお風呂はいけないとでもいうことになるのではないのでしょうか。

放射線の区別は、そのエネルギーの大きさではなく、原子核から放出されるエネルギーの運搬役が何かによって分けられています。したがって、放射線の性質は、エネルギーの担い手が粒子なのか波動か、電荷があるかないかなどで、大きく異なってきます。復習をかねて、主な放射線の性質を以下に示します。

線とX線の違いは、エネルギーの発生元が原子核の場合を線、それ以外の軌道電子の軌道の移動(外側ほどエネルギーが高い)や、

- 線等マイナスに荷電した放射線の粒子等が、物質にぶつかり、物質を構成している原子核の近くを通過する時に、エネルギーの一部が電磁波に変換される等の電磁波電離放射線をX線と称して区別しています。後者は、医療用X線発生装置の原理でもあります。いずれにしても、線もX線も原子由来のエネルギーであることには変わりありません。核由来か、その他の由来か、という誕生の違いで区別しています。

(線)

原子の質量数の大きな原子(通常200以上)からは、2箇の中性子と2箇の陽子の4つがひとかたまりの粒子となって、運動エネルギーを担って放出されることがあります。「線」です。

線をボールにたとえてみましょう。

あなたは、原子核です。力をこめてボールを投げた状態をイメージして下さい。ボールが飛んでいる間(状態)このボールを線とよびますが、ボールの運動エネルギー(あなたからもらった飛んでいけるエネルギー)は、進んで行くうちにだんだん失われて、最後には停止してしまいます。すると、このボールはもう線でも放射線でもありません。2箇の中性子と2

表 主な放射線の性質

放射線の種類	エネルギーの運搬役	電荷	放射線の飛び方(飛跡)	飛べる距離(飛程)
アルファ線(α)	4箇の核子のかたまり 2箇の中性子と 2箇の陽子	+ 2	直線	短い
ベータ線 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <math>\left( \begin{array}{l} \beta^- \\ \beta^+ \end{array} \right)</math> </div>	原子核から放出される 1箇の電子	- 1	ジグザグ	余り遠くまでいけない
		+ 1	放出されるとすぐに自由空間に存在しているマイナスの電子(自由電子)と結合して消滅する。そのあとに2本のガンマ線が出る	
( * +は、人工的につくられた核から放出される )				
ガンマ線(γ) エックス線(X)	電磁波	ナシ	直線	遠くまで行ける

個の陽子のかたまりでしかありませんが、陽子のプラスの電荷がありますので、停止するとすぐに、近くにある自由電子（運動エネルギーを持たない浪人電子達）を2箇、軌道に取り込んで、ヘリウムという元素になります。これはもう放射線・放射能とは全く関係のないものです。

すなわち、 $\beta^-$ 線も他の放射線も「もの」ではなく、状態（運動エネルギーのある間の状態）のことをいいます。

（ $\beta^-$ 線）

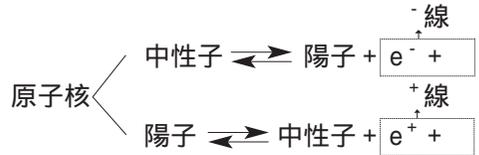
放射性の原子が、それほど質量数が大きくない（原子番号があまり大きくない）ときは、原子核からは、核子（中性子や陽子）ではなく、小さな粒（本体は電子）にエネルギーを担わせて放出することがあります。これを $\beta^-$ 線といいます。本体はマイナスに荷電した電子なのです。電子といえば、すでに、原子核の外側を回っている軌道電子を御存知ですね。しかし、 $\beta^-$ 線と呼ばれる電子は、軌道電子が放出されるものではありません。 $\beta^-$ 線の電子も軌道電子も、全く同じものです。電線の中をバケツル一式に電気というエネルギーを運ぶのも電子です。電熱器からの熱を伝えてくれるのも電子です。物理の世界では、電子という「もの」ではなくて、電子がどこで何をしているかという状態で呼び名が変わるのです。ですから、運動エネルギーをもらって原子核から飛び出してくる電子を、 $\beta^-$ 線といいます。

$\beta^-$ 線と呼ばれる電子は、軌道電子が放出されるものではありません。 $\beta^-$ 線の電子も軌道電子も、全く同じものです。電線の中をバケツル一式に電気というエネルギーを運ぶのも電子です。電熱器からの熱を伝えてくれるのも電子です。物理の世界では、電子という「もの」ではなくて、電子がどこで何をしているかという状態で呼び名が変わるのです。ですから、運動エネルギーをもらって原子核から飛び出してくる電子を、 $\beta^-$ 線といいます。

ここで、「えっ」と思われた方がいらっしゃると思います。原子核には中性子と陽子という2種類の粒が集まっていますと述べてきました。原子核のどこに電子があるの?という疑問と興味が湧いたら、ぜひ専門書をご覧ください。ここでは簡単に説明しておくことにします。何しろこれから先は「量子」の世界なのです。

原子核から電子が出てくるというなどは、次のような考え方をすることで解決できます。

原子核では、上記のように核子がいつもお互い



（ $e^-$  ; マイナス電子、 $e^+$  ; プラス電子 ; ニュートリノ (中性微子)

に入れ替わる性質、互変移性とても申しましょうか、そういう状態にあると考えられ、そして、これらのことは、近年実証されたわけですから。1箇の中性子が陽子に変身して $e^- + \beta^-$ を放出すると、これが $\beta^-$ 線というわけです。 $\beta^+$  ( $e^+ + \beta^+$ )は自然界では起りません。

$\beta^-$ 線が放出されると、親元の原子核の中では、中性子が一箇陽子に変身するため、原子の質量数は変化しませんが、陽子の数で分類している元素名が変わります。

(例)三重水素 ( $^3\text{H}$ の場合)

$\beta^-$ 線は、運動エネルギーを失うと自由電子として空間にとどまります。もしかしたら、 $\beta^-$ 線が近くで停止したら、就職先がみつかったとばかりに、ヘリウム ( $\beta^-$ 線)の軌道電子になっているかもしれませんね。

（ $\beta^+$ 線）

$\beta^+$ 線や $\beta^-$ 線を放出しても、なお原子核にエネルギーが余っていると、これを粒子として出すほどではないので、質量のない電磁波（エネルギーの波動）として放出します。これを $\gamma$ 線とよんでいます。 $\gamma$ 線は、光とよく似た性質をもっています。

（あとがき）

限られた紙面で、放射線・放射能を述べるのは、とてもむずかしいことだと、あらためて、認識しました。多分に舌足らずのもどかしさを感じますが、どこかで読者のお役に立てたら幸甚です。

# 平成14年度 個人線量の実態

## 1. はじめに

本資料は平成14年度の個人線量の実態の報告です。個人モニタで測定した、1cm線量当量、70μm線量当量から算定した実効線量と等価線量が集計してあります。

## 2. 用語の定義

- (1) 年実効線量 1個人が、4月1日から翌年3月31日までの間に受けた実効線量の合計(単位 mSv)
- (2) 年等価線量 1個人が、4月1日から翌年3月31日までの間に受けた等価線量の合計(単位 mSv)
- (3) 集団線量 集団を構成する全員の年実効線量、或いは年等価線量の総和(単位manmSv)
- (4) 平均年線量 集団線量を集団を構成する人数で除した値(単位 mSv)
- (5) 等価線量の実効線量に対する比の平均 集団の構成員一人ひとりの年等価線量の年実効線量に対する比を合計し、それをその集団を構成する人数で除した値

## 3. 実効線量・等価線量の求め方

測定した線量当量から実効線量・等価線量を算定する方法の概略を示します。

なお、記号の意味は、次のとおりです。

- $H_E$  : 実効線量
- $H_L$  : 水晶体の等価線量
- $H_S$  : 皮膚の等価線量
- $H_{???}$  : 該当する深さが???, 装着部位がの線量当量
  - 基: 基本部位(男性は胸部、女性は腹部)
  - 頭: 頭部
  - 腹: 腹部
  - 大: 体幹部の中で最大値を示した部位

$MAX( \dots )$ : ( )内のいくつかの線量当量のうちの最大のもの。

- 3.1 均等被ばくとしてモニタリングをしている場合
  - $H_E = H_{1cm \text{ 基}}$
  - $H_L = MAX( H_{1cm \text{ 基}}, H_{70\mu m \text{ 基}} )$

- 3.2 不均等被ばくとしてモニタリングをしている場合

$$H_E = 0.08 H_{1cm \text{ 頭}} + 0.44 H_{1cm \text{ 胸}} + 0.45 H_{1cm \text{ 腹}} + 0.03 H_{1cm \text{ 大}}$$

$$H_L = MAX( H_{1cm \text{ 頭}}, H_{70\mu m \text{ 頭}} )$$

$$H_S = MAX( H_{70\mu m \text{ 頭}}, H_{70\mu m \text{ 胸}}, H_{70\mu m \text{ 腹}} )$$

- 3.3 末端部被ばくのモニタリングをしている場合

皮膚の等価線量のみが、次のようにかわります。

$$H_S = MAX( H_{70\mu m \text{ 頭}}, H_{70\mu m \text{ 胸}}, H_{70\mu m \text{ 腹}} ) + H_{70\mu m \text{ 末端部}}$$

## 4. 対象とするデータ

弊社のモニタリングサービスの申し込みをされており、平成14年4月1日から平成15年3月31日までの間で1回以上個人モニタを使用された人の年実効線量及び年等価線量を、対象データとしております。

- 注1) 個人が受けた線量でないとして申し出のあったものは、含まれておりません。
- 注2) 個人が受けた線量でないにもかかわらず申し出のないものは、含んでおります。

## 5. 集計方法

### (1) 集計

各表の左欄に示すように1年間の実効線量の区分を設け、その区分に入る人数とその集団線量並びにそれぞれの百分率を表の同一の欄内に示しました。ただし、「X(検出限界未満)」は、線量ゼロとして処理しました。測定上限は、個人モニタによって変わりますが、例えば「100超」は、100mSvとして集計してあります。

### (2) 等価線量の実効線量に対する比の平均

年実効線量、年等価線量のいずれか、または両方がゼロである人は、含んでいません。

### (3) 業態・職種の区分

医療関係の業態区分は、施設の名称により判断し区分しました。ただし、「歯科」には、歯科医院と、その旨ご連絡のあった総合病院の歯科が含まれています。

「診療所」には、一般開業医、診療所及び養護施設などが含まれています。

工業関係では、社名から非破壊検査業務と判断できる事業所またはその旨ご連絡があった事

業所のみ「非破壊検査」に分類し、他の事業所は、「一般工業」としました。

職種区分は、申込書に記載された職名により区分しました。

6. 集計結果

集計結果は、それぞれ以下の表に示します。a表は、個人の年実効線量の分布及び各線量区分における集団実効線量を示し、b表は年実効線量の平均値、年等価線量の集団の合計値、年等価線量の平均値と個人の年等価線量の年実効線量に対する比の平均を示します。

年実効線量が50mSvを超えた人は、10名でしたが、そのうち7名はX線用個人モニタを、3名は広範囲用の個人モニタを使用されていた方々です。

Table 1 a ,1 b	業種別の個人年実効線量の分布と各線量区分における集団実効線量、等
Table 2 a 2 b	医療関係の業態別の個人年実効線量の分布と各線量区分における集団実効線量、等
Table 3 a 3 b	医療関係の職種別の個人年実効線量の分布と各線量区分における集団実効線量、等( 歯科除く)
Table 4 a 4 b	工業関係の業態別の個人年実効線量の分布と各線量区分における集団実効線量、等
Table 5	モニタリング区分別の年実効線量過剰被ばく人数と年実効、等価線量の平均値並びに等価線量の実効線量に対する比の平均
Table 6	最近5年間の個人線量の年度推移
Fig. 1	過去5年間の平均年実効線量(業種別)
Fig. 2	過去5年間の平均年実効線量(医療関係)
Fig. 3	過去5年間の平均年実効線量(医療関係の職種別)

Table 6 の線量区分は、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( 障防法)の「放射線管理状況報告書」と電離放射線障害防止規則( 電離則)の「電離放射線健康診断結果報告書」の線量分布の区分に合わせました。

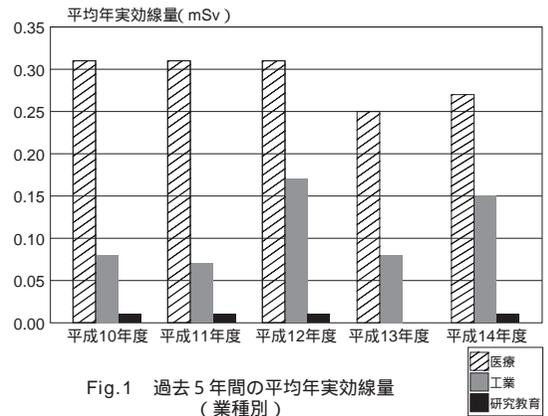


Fig. 1 過去5年間の平均年実効線量 (業種別)

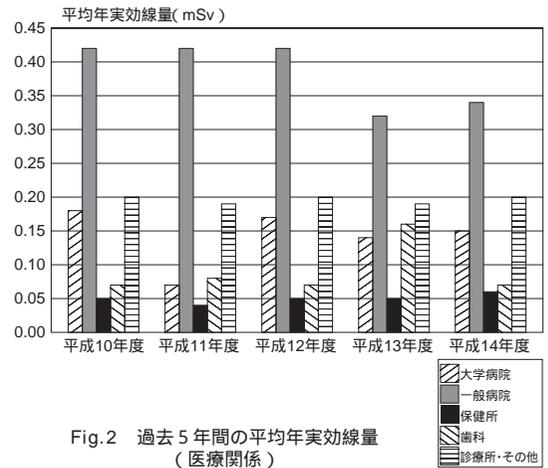


Fig. 2 過去5年間の平均年実効線量 (医療関係)

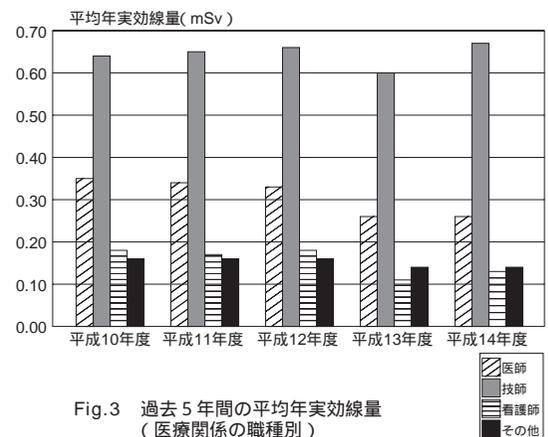


Fig. 3 過去5年間の平均年実効線量 (医療関係の職種別)

Table 1a  
業種別の個人年実効線量の分布と各線量区分における集団実効線量

人数(人)	人数(%)
集団実効線量( manmSv )	線量(%)

( H.14.4.1 ~ H.15.3.31 )

年実効線量( mSv )	医 療		工 業		研究教育		合 計	
X	96,029	75.54	33,157	93.19	45,103	97.13	174,289	83.33
0.10以下	8,058 805.52	6.34 2.35	695 69.50	1.95 1.24	833 83.30	1.79 17.30	9,586 958.32	4.58 2.37
0.11 ~ 0.20	4,025 804.81	3.17 2.34	294 58.80	0.83 1.05	179 35.80	0.39 7.44	4,498 899.41	2.15 2.22
0.21 ~ 0.30	2,599 779.61	2.04 2.27	199 59.70	0.56 1.06	83 24.90	0.18 5.17	2,881 864.21	1.38 2.14
0.31 ~ 0.40	1,846 738.40	1.45 2.15	120 48.00	0.34 0.85	41 16.40	0.09 3.41	2,007 802.80	0.96 1.99
0.41 ~ 0.50	1,498 749.00	1.18 2.18	114 57.00	0.32 1.01	27 13.50	0.06 2.80	1,639 819.50	0.78 2.03
0.51 ~ 0.60	1,266 759.50	1.00 2.21	83 49.80	0.23 0.89	20 12.00	0.04 2.49	1,369 821.30	0.65 2.03
0.61 ~ 0.70	1,045 731.27	0.82 2.13	84 58.80	0.24 1.05	15 10.50	0.03 2.18	1,144 800.57	0.55 1.98
0.71 ~ 0.80	933 746.23	0.73 2.17	66 52.80	0.19 0.94	15 12.00	0.03 2.49	1,014 811.03	0.48 2.01
0.81 ~ 0.90	797 717.30	0.63 2.09	54 48.60	0.15 0.86	14 12.60	0.03 2.62	865 778.50	0.41 1.92
0.91 ~ 1.00	741 741.00	0.58 2.16	47 47.00	0.13 0.84	12 12.00	0.03 2.49	800 800.00	0.38 1.98
1.01 ~ 2.00	4,230 6,149.84	3.33 17.91	328 476.90	0.92 8.48	58 81.60	0.12 16.95	4,616 6,708.34	2.21 16.59
2.01 ~ 3.00	1,622 4,032.34	1.28 11.74	115 287.70	0.32 5.11	20 49.70	0.04 10.32	1,757 4,369.74	0.84 10.81
3.01 ~ 4.00	831 2,904.53	0.65 8.46	73 258.40	0.21 4.59	5 17.20	0.01 3.57	909 3,180.13	0.43 7.86
4.01 ~ 5.00	505 2,285.00	0.40 6.66	38 170.90	0.11 3.04	5 21.50	0.01 4.47	548 2,477.40	0.26 6.13
5.01 ~ 6.00	290 1,592.10	0.23 4.64	29 156.52	0.08 2.78	1 5.90	0.00 1.23	320 1,754.52	0.15 4.34
6.01 ~ 7.00	193 1,256.30	0.15 3.66	12 78.00	0.03 1.39	2 13.40	0.00 2.78	207 1,347.70	0.10 3.33
7.01 ~ 8.00	133 1002.60	0.10 2.92	15 113.30	0.04 2.01	0 0.00	0.00 0.00	148 1,115.90	0.07 2.76
8.01 ~ 9.00	94 802.60	0.07 2.34	11 93.50	0.03 1.66	2 16.30	0.00 3.39	107 912.40	0.05 2.26
9.01 ~ 10.00	61 583.80	0.05 1.70	8 77.00	0.02 1.37	0 0.00	0.00 0.00	69 660.80	0.03 1.63
10.01 ~ 15.00	189 2,300.80	0.15 6.70	21 253.70	0.06 4.51	2 26.70	0.00 5.55	212 2,581.20	0.10 6.38
15.01 ~ 20.00	73 1,280.50	0.06 3.73	6 101.40	0.02 1.80	1 16.10	0.00 3.34	80 1,398.00	0.04 3.46
20.01 ~ 25.00	23 517.40	0.02 1.51	4 88.40	0.01 1.57	0 0.00	0.00 0.00	27 605.80	0.01 1.50
25.01 ~ 30.00	18 483.50	0.01 1.41	1 29.70	0.00 0.53	0 0.00	0.00 0.00	19 513.20	0.01 1.27
30.01 ~ 40.00	13 461.50	0.01 1.34	2 70.20	0.01 1.25	0 0.00	0.00 0.00	15 531.70	0.01 1.31
40.01 ~ 50.00	7 325.80	0.01 0.95	1 40.40	0.00 0.72	0 0.00	0.00 0.00	8 366.20	0.00 0.91
50.00超過	6 783.70	0.00 2.28	4 2,779.40	0.01 49.41	0 0.00	0.00 0.00	10 3,563.10	0.00 8.81
合 計	127,125 34,334.95	100.00 100.00	35,581 5,625.42	100.00 100.00	46,438 481.40	100.00 100.00	209,144 40,441.77	100.00 100.00

Table 1b

		医 療	工 業	研究教育	合 計
平均年実効線量( mSv )		0.27	0.15	0.01	0.19
水 晶 体	年集団等価線量( manmSv )	62,902.11	5,958.12	975.60	69,835.83
	平均年等価線量( mSv )	0.49	0.16	0.02	0.33
実効線量に対する比の平均		2.03	1.13	1.43	1.94
皮 膚	年集団等価線量( manmSv )	90,225.17	7,552.12	1,687.90	99,495.19
	平均年等価線量( mSv )	0.70	0.21	0.03	0.47
実効線量に対する比の平均		3.25	1.47	1.83	3.07

Table 2a

医療関係の業態種別の個人年実効線量の分布と各線量区分における集団実効線量

人数(人) 人数(%)  
 集団実効線量(manmSv) 線量(%)

(H.14.4.1 ~ H.15.3.31)

年実効線量(mSv)	大学病院		一般病院		保健所		歯 科		診療所・その他		合 計	
X	18,782	80.51	49,847	69	906	90	4,770	94	21,724	83.89	96,029	75.54
0.10以下	1,442 144.20	6.18 3.97	5,289 528.68	7 2.13	37 3.70	4 5.42	71 7.10	1 1.99	1,219 121.84	4.71 2.24	8,058 805.52	6.34 2.35
0.11 ~ 0.20	649 129.80	2.78 3.57	2,758 551.41	3.84 2.22	15 3.00	1.49 4.39	40 8.00	0.79 2.25	563 112.60	2.17 2.07	4,025 804.81	3.17 2.34
0.21 ~ 0.30	394 118.20	1.69 3.26	1,829 548.61	2.55 2.21	11 3.30	1.09 4.83	21 6.30	0.41 1.77	344 103.20	1.33 1.90	2,599 779.61	2.04 2.27
0.31 ~ 0.40	262 104.80	1.12 2.89	1,318 527.20	1.84 2.12	3 1.20	0.30 1.76	17 6.80	0.33 1.91	246 98.40	0.95 1.81	1,846 738.40	1.45 2.15
0.41 ~ 0.50	227 113.50	0.97 3.13	1,071 535.50	1.49 2.15	5 2.50	0.50 3.66	16 8.00	0.32 2.25	179 89.50	0.69 1.65	1,498 749.00	1.18 2.18
0.51 ~ 0.60	181 108.60	0.78 2.99	909 545.30	1.27 2.19	4 2.40	0.40 3.51	13 7.80	0.26 2.19	159 95.40	0.61 1.76	1,266 759.50	1.00 2.21
0.61 ~ 0.70	136 95.20	0.58 2.62	773 541.10	1.08 2.18	1 0.70	0.10 1.02	13 9.10	0.26 2.56	122 85.17	0.47 1.57	1,045 731.27	0.82 2.13
0.71 ~ 0.80	110 88.00	0.47 2.42	700 559.83	0.97 2.25	1 0.80	0.10 1.17	11 8.80	0.22 2.47	111 88.80	0.43 1.64	933 746.23	0.73 2.17
0.81 ~ 0.90	112 100.80	0.48 2.78	579 521.10	0.81 2.10	1 0.90	0.10 1.32	10 9.00	0.20 2.53	95 85.50	0.37 1.58	797 717.30	0.63 2.09
0.91 ~ 1.00	95 95.00	0.41 2.62	536 536.00	0.75 2.16	2 2.00	0.20 0.20	9 9.00	0.18 2.53	99 99.00	0.38 1.82	741 741.00	0.58 2.16
1.01 ~ 2.00	529 769.20	2.27 21.18	3,143 4,576.43	4.38 18.42	12 16.40	1.19 24.01	60 86.00	1.18 24.16	486 701.81	1.88 12.93	4,230 6,149.84	3.33 17.91
2.01 ~ 3.00	179 443.20	0.77 12.21	1,230 3,057.64	1.71 12.30	3 7.10	0.30 10.40	8 19.50	0.16 5.48	202 504.90	0.78 9.30	1,622 4,032.34	1.28 11.74
3.01 ~ 4.00	90 315.00	0.39 8.67	640 2,236.14	0.89 9.00	0 0.00	0.00 0.00	5 17.80	0.10 5.00	96 335.59	0.37 6.18	831 2,904.53	0.65 8.46
4.01 ~ 5.00	53 236.20	0.23 6.50	368 1,672.70	0.51 6.73	1 4.80	0.10 7.03	4 17.90	0.08 5.03	79 353.40	0.31 6.51	505 2,285.00	0.40 6.66
5.01 ~ 6.00	30 162.70	0.13 4.48	218 1,197.00	0.30 4.82	1 5.10	0.10 7.47	3 16.60	0.06 4.66	38 210.70	0.15 3.88	290 1,592.10	0.23 4.64
6.01 ~ 7.00	15 95.60	0.06 2.63	152 991.20	0.21 3.99	1 6.30	0.10 9.22	2 13.00	0.04 3.65	23 150.20	0.09 2.77	193 1,256.30	0.15 3.66
7.01 ~ 8.00	12 89.40	0.05 2.46	96 725.00	0.13 2.92	0 0.00	0.00 0.00	1 7.30	0.02 2.05	24 180.90	0.09 3.33	133 1,002.60	0.10 2.92
8.01 ~ 9.00	9 77.20	0.04 2.13	74 630.60	0.10 2.54	1 8.10	0.10 11.86	1 8.90	0.02 2.50	9 77.80	0.03 1.43	94 802.60	0.07 2.34
9.01 ~ 10.00	5 46.90	0.02 1.29	48 459.30	0.07 1.85	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	8 77.60	0.03 1.43	61 583.80	0.05 1.70
10.01 ~ 15.00	11 129.80	0.05 3.57	146 1,779.60	0.20 7.16	0 0.00	0.00 0.00	2 24.50	0.04 6.88	30 366.90	0.12 6.76	189 2,300.80	0.15 6.70
15.01 ~ 20.00	2 36.80	0.01 1.01	51 892.40	0.07 3.59	0 0.00	0.00 0.00	1 19.60	0.02 5.51	19 331.70	0.07 6.11	73 1,280.50	0.06 3.73
20.01 ~ 25.00	1 20.60	0.00 0.57	19 428.30	0.03 1.72	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	3 68.50	0.01 1.26	23 517.40	0.02 1.51
25.01 ~ 30.00	4 110.50	0.02 3.04	10 267.20	0.01 1.08	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	4 105.80	0.02 1.95	18 483.50	0.01 1.41
30.01 ~ 40.00	0 0.00	0.00 0.00	5 174.40	0.01 0.70	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	8 287.10	0.03 5.29	13 461.50	0.01 1.34
40.01 ~ 50.00	0 0.00	0.00 0.00	3 144.30	0.00 0.58	0 0.00	0.00 0.00	1 45.00	0.02 12.64	3 136.50	0.01 2.51	7 325.80	0.01 0.95
50.00超過	0 0.00	0.00 0.00	2 224.00	0.00 0.90	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	4 559.70	0.02 10.31	6 783.70	0.00 2.28
合 計	23,330 3,631.20	100.00 100.00	71,814 24,850.94	100.00 100.00	1,005 68.30	100.00 97.27	5,079 356.00	100.00 100.00	25,897 5,428.51	100.00 100.00	127,125 34,334.95	100.00 100.00

Table 2b

	大学病院	一般病院	保健所	歯 科	診療所・その他	合 計
平均年実効線量(mSv)	0.15	0.34	0.06	0.07	0.20	0.27
水 年集団等価線量(manmSv)	7,424.80	47,045.78	114.30	453.90	7,863.33	62,902.11
晶 平均年等価線量(mSv)	0.31	0.65	0.11	0.08	0.30	0.49
体 実効線量に対する比の平均	2.15	2.10	2.02	1.26	1.59	2.03
皮 年集団等価線量(manmSv)	10,791.20	67,282.59	121.30	455.50	11,604.58	90,255.17
膚 平均年等価線量(mSv)	0.46	0.93	0.12	0.08	0.44	0.70
実効線量に対する比の平均	2.86	3.49	2.01	1.26	2.55	3.25

Table 3 a

医療関係の職種別の個人年実効線量の分布と各線量区分における集団実効線量(歯科除く)

人数(人)	人数(%)
集団実効線量(manmSv)	線量(%)

(H.14.4.1～H.15.3.31)

年実効線量(mSv)	医 師		技 師		看護師		その他		合 計	
X	34,339	75.28	10,634	49.78	26,742	82.41	19,544	86.42	91,259	74.77
0.10以下	3,272 327.14	7.17 2.71	1,875 187.45	8.78 1.30	1,958 195.69	6.03 4.62	882 88.14	3.90 2.72	7,987 798.42	6.54 2.35
0.11～0.20	1,657 331.28	3.63 2.74	1,076 215.13	5.04 1.49	812 162.40	2.50 3.83	440 88.00	1.95 2.71	3,985 796.81	3.27 2.35
0.21～0.30	1,015 304.50	2.22 2.52	769 230.61	3.60 1.60	519 155.70	1.60 3.67	275 82.50	1.22 2.54	2,578 773.31	2.11 2.28
0.31～0.40	630 252.00	1.38 2.09	650 260.00	3.04 1.80	355 142.00	1.09 3.35	194 77.60	0.86 2.39	1,829 731.60	1.50 2.15
0.41～0.50	518 259.00	1.14 2.14	529 264.50	2.48 1.84	287 143.50	0.88 3.39	148 74.00	0.65 2.28	1,482 741.00	1.21 2.18
0.51～0.60	432 259.20	0.95 2.15	470 281.98	2.20 1.96	236 141.60	0.73 3.34	115 68.92	0.51 2.12	1,253 751.70	1.03 2.21
0.61～0.70	348 243.42	0.76 2.01	413 289.10	1.93 2.01	172 120.35	0.53 2.84	99 69.30	0.44 2.13	1,032 722.17	0.85 2.13
0.71～0.80	301 240.77	0.66 1.99	396 316.74	1.85 2.20	137 109.60	0.42 2.59	88 70.32	0.39 2.17	922 737.43	0.76 2.17
0.81～0.90	247 222.30	0.54 1.84	326 293.40	1.53 2.04	141 126.90	0.43 2.99	73 65.70	0.32 2.02	787 708.30	0.64 2.08
0.91～1.00	245 245.00	0.54 2.03	321 321.00	1.50 2.23	104 104.00	0.32 2.45	62 62.00	0.27 1.91	732 732.00	0.60 2.15
1.01～2.00	1,224 1,778.23	2.68 14.72	2,035 2,971.82	9.53 20.62	558 804.39	1.72 18.98	353 509.40	1.56 15.69	4,170 6,063.84	3.42 17.85
2.01～3.00	485 1,207.30	1.06 9.99	786 1,960.54	3.68 13.60	205 497.00	0.63 11.72	138 348.00	0.61 10.72	1,614 4,012.84	1.32 11.81
3.01～4.00	286 1,005.41	0.63 8.32	387 1,348.07	1.81 9.35	86 297.45	0.27 7.02	67 235.80	0.30 7.26	826 2,886.73	0.68 8.50
4.01～5.00	181 817.80	0.40 6.77	224 1,016.00	1.05 7.05	52 236.60	0.16 5.58	44 196.70	0.19 6.06	501 2,267.10	0.41 6.67
5.01～6.00	103 563.20	0.23 4.66	128 703.60	0.60 4.88	30 163.30	0.09 3.85	26 145.40	0.11 4.48	287 1,575.50	0.24 4.64
6.01～7.00	69 446.80	0.15 3.70	89 578.20	0.42 4.01	19 125.10	0.06 2.95	14 93.20	0.06 2.87	191 1,243.30	0.16 3.66
7.01～8.00	55 412.40	0.12 3.41	61 460.90	0.29 3.20	9 68.80	0.03 1.62	7 53.20	0.03 1.64	132 995.30	0.11 2.93
8.01～9.00	33 281.80	0.07 2.33	48 409.80	0.22 2.84	5 42.90	0.02 1.01	7 59.20	0.03 1.82	93 793.70	0.08 2.34
9.01～10.00	22 211.50	0.05 1.75	27 258.60	0.13 1.79	2 19.50	0.01 0.46	10 94.20	0.04 2.90	61 583.80	0.05 1.72
10.01～15.00	87 1,057.50	0.19 8.75	77 945.60	0.36 6.56	7 81.20	0.02 1.92	16 192.00	0.07 5.91	187 2,276.30	0.15 6.70
15.01～20.00	35 618.20	0.08 5.12	24 421.50	0.11 2.92	7 121.10	0.02 2.86	6 100.10	0.03 3.08	72 1,260.90	0.06 3.71
20.01～25.00	13 298.30	0.03 2.47	5 110.40	0.02 0.77	3 66.40	0.01 1.57	2 42.30	0.01 1.30	23 517.40	0.02 1.52
25.01～30.00	12 323.60	0.03 2.68	4 109.00	0.02 0.76	1 25.40	0.00 0.60	1 25.50	0.00 0.79	18 483.50	0.01 1.42
30.01～40.00	5 176.00	0.01 1.46	4 136.20	0.02 0.95	2 77.70	0.01 1.83	2 71.60	0.01 2.21	13 461.50	0.01 1.36
40.01～50.00	3 135.20	0.01 1.12	2 96.40	0.01 0.67	0 0.00	0.00 0.00	1 49.20	0.00 1.52	6 280.80	0.00 0.83
50.00超過	1 65.50	0.00 0.54	2 224.00	0.01 1.55	1 210.30	0.00 4.96	2 283.90	0.01 8.75	6 783.70	0.00 2.31
合 計	45,618 12,083.35	100.00 100.00	21,362 14,410.54	100.00 100.00	32,450 4,238.88	100.00 100.00	22,616 3,246.18	100.00 100.00	122,046 33,978.95	100.00 100.00

Table 3 b

	医 師	技 師	看護師	その他	合 計
平均年実効線量(mSv)	0.26	0.67	0.13	0.14	0.27
水 年集団等価線量(manmSv)	24,337.30	20,640.04	12,289.28	5,181.59	62,448.21
晶 平均年等価線量(mSv)	0.53	0.96	0.37	0.22	0.51
体 実効線量に対する比の平均	1.93	1.63	3.10	1.82	2.04
皮 年集団等価線量(manmSv)	36,425.20	31,345.30	13,577.37	8,451.80	89,799.67
膚 平均年等価線量(mSv)	0.79	1.46	0.41	0.37	0.73
実効線量に対する比の平均	3.11	3.45	3.33	3.06	3.27

Table 4 a  
工業関係の業態別の個人年実効線量の分布と各線量区分における集団線量

人数(人)	人数(%)
集団実効線量(manmSv)	線量(%)

(H.14.4.1 ~ H.15.3.31)

年実効線量(mSv)	一般工業用		非破壊検査		合計	
	X					
X	31,645	94.71	1,512	69.71	33,157	93.19
0.10以下	573 57.30	1.71 2.69	122 12.20	5.62 0.35	695 69.50	1.95 1.24
0.11 ~ 0.20	235 47.00	0.70 2.20	59 11.80	2.72 0.34	294 58.80	0.83 1.05
0.21 ~ 0.30	147 44.10	0.44 2.07	52 15.60	2.40 0.45	199 59.70	0.56 1.06
0.31 ~ 0.40	86 34.40	0.26 1.61	34 13.60	1.57 0.39	120 48.00	0.34 0.85
0.41 ~ 0.50	72 36.00	0.22 1.69	42 21.00	1.94 0.60	114 57.00	0.32 1.01
0.51 ~ 0.60	52 31.20	0.16 1.46	31 18.60	1.43 0.53	83 49.80	0.23 0.89
0.61 ~ 0.70	53 37.10	0.16 1.74	31 21.70	1.43 0.62	84 58.80	0.24 1.05
0.71 ~ 0.80	46 36.80	0.14 1.73	20 16.00	0.92 0.46	66 52.80	0.19 0.94
0.81 ~ 0.90	32 28.80	0.10 1.35	22 19.80	1.01 0.57	54 48.60	0.15 0.86
0.91 ~ 1.00	34 34.00	0.10 1.59	13 13.00	0.60 0.37	47 47.00	0.13 0.84
1.01 ~ 2.00	227 327.30	0.68 15.35	101 149.60	4.66 4.28	328 476.90	0.92 8.48
2.01 ~ 3.00	83 207.50	0.25 9.73	32 80.20	1.48 2.30	115 287.70	0.32 5.11
3.01 ~ 4.00	41 144.50	0.12 6.78	32 113.90	1.48 3.26	73 258.40	0.21 4.59
4.01 ~ 5.00	18 79.70	0.05 3.74	20 91.20	0.92 2.61	38 170.90	0.11 3.04
5.01 ~ 6.00	16 85.10	0.05 3.99	13 71.42	0.60 2.04	29 156.52	0.08 2.78
6.01 ~ 7.00	5 33.00	0.01 1.55	7 45.00	0.32 1.29	12 78.00	0.03 1.39
7.01 ~ 8.00	9 67.30	0.03 3.16	6 46.00	0.28 1.32	15 113.30	0.04 2.01
8.01 ~ 9.00	8 67.10	0.02 3.15	3 26.40	0.14 0.76	11 93.50	0.03 1.66
9.01 ~ 10.00	4 37.80	0.01 1.77	4 39.20	0.18 1.12	8 77.00	0.02 1.37
10.01 ~ 15.00	12 150.10	0.04 7.04	9 103.60	0.41 2.97	21 253.70	0.06 4.51
15.01 ~ 20.00	5 84.00	0.01 3.94	1 17.40	0.05 0.50	6 101.40	0.02 1.80
20.01 ~ 25.00	3 68.00	0.01 3.19	1 20.40	0.05 0.58	4 88.40	0.01 1.57
25.01 ~ 30.00	1 29.70	0.00 1.39	0 0.00	0.00 0.00	1 29.70	0.00 0.53
30.01 ~ 40.00	2 70.20	0.01 3.29	0 0.00	0.00 0.00	2 70.20	0.01 1.25
40.01 ~ 50.00	0 0.00	0.00 0.00	1 40.40	0.05 1.16	1 40.40	0.00 0.72
50.00超過	3 294.30	0.01 13.80	1 2485.10	0.05 71.14	4 2,779.40	0.01 49.41
合計	33,412 2,132.30	100.00 100.00	2,169 3,493.12	100.00 100.00	35,581 5,625.42	100.00 100.00

Table 4 b

	一般工業用	非破壊検査	合計
平均年実効線量(mSv)	0.06	1.61	0.15
水晶体 年集団等価線量(manmSv)	2,416.90	3,541.22	5,958.12
平均年等価線量(mSv)	0.07	1.63	0.16
皮膚 実効線量に対する比の平均	1.17	1.02	1.13
年集団等価線量(manmSv)	4,120.90	3,431.22	7,552.12
平均年等価線量(mSv)	0.12	1.58	0.21
皮膚 実効線量に対する比の平均	1.62	1.07	1.47

Table 5 モニタリング区分別の年平均実効線量、過剰被ばく人数と年実効、等価線量の平均値に並びに等価線量の実効線量に対する比の平均

		均 等	均等末端	不 均 等	不均等末端	合 計	
人数比率		87%	1%	11%	1%	100%	注) 均等： 体幹部均等被ばくとして個人モニタリングを行っている集団 均等・末端： 体幹部均等被ばくとしてモニタリングを行い、さらに末端部被ばくのモニタリングも併用している集団 不均等： 体幹部不均等被ばくとして個人モニタリングを行っている集団 不均等・末端： 体幹部不均等被ばくとしてモニタリングを行い、さらに末端部被ばくのモニタリングも併用している集団
実効線量で50mSvを越えた人数		9	0	1	0	10	
年平均実効線量 (mSv)		0.14	0.57	0.48	0.77	0.19	
水 晶 体	平均年等価線量 (mSv)	0.15	0.62	1.54	1.96	0.33	
	実効線量に対する比の平均	1.07	1.07	4.47	3.24	1.94	
皮 膚	平均年等価線量 (mSv)	0.15	5.01	1.64	7.88	0.47	
	実効線量に対する比の平均	1.08	22.57	4.38	14.54	3.07	

Table 6 最近5年間の個人線量の年度推移 人数(人)                      人数(%)

年実効線量(mSv)	平成10年度		平成11年度		平成12年度		平成13年度		平成14年度	
X	163,274	85.30	162,480	85.38	165,302	84.91	167,526	83.52	174,289	83.33
0.10以下	6,659	3.48	6,508	3.42	6,866	3.53	9,515	4.74	9,586	4.58
0.11～0.20	3,490	1.82	3,505	1.84	3,733	1.92	4,348	2.17	4,498	2.15
0.21～0.30	2,285	1.19	2,351	1.24	2,445	1.26	2,730	1.36	2,881	1.38
0.31～0.40	1,806	0.94	1,764	0.93	1,729	0.86	1,949	0.97	2,007	0.96
0.41～0.50	1,381	0.72	1,328	0.70	1,450	0.74	1,566	0.78	1,639	0.78
0.51～0.60	1,148	0.60	1,134	0.60	1,177	0.60	1,225	0.61	1,369	0.65
0.61～0.70	956	0.50	928	0.49	996	0.51	1,063	0.53	1,144	0.55
0.71～0.80	826	0.43	799	0.42	843	0.43	945	0.47	1,014	0.48
0.81～0.90	740	0.39	671	0.35	769	0.40	857	0.43	865	0.41
0.91～1.00	634	0.33	635	0.33	722	0.37	756	0.38	800	0.38
1.01～2.00	3,727	1.95	3,709	1.95	4,039	2.07	4,225	2.11	4,616	2.21
2.01～3.00	1,550	0.81	1,565	0.82	1,641	0.84	1,593	0.79	1,757	0.84
3.01～4.00	872	0.46	806	0.42	869	0.46	787	0.39	909	0.43
4.01～5.00	486	0.25	547	0.29	519	0.27	442	0.22	548	0.26
5.01～6.00	343	0.18	356	0.19	371	0.19	294	0.15	320	0.15
6.01～7.00	257	0.13	244	0.13	247	0.13	188	0.09	207	0.10
7.01～8.00	190	0.10	192	0.10	185	0.10	125	0.06	148	0.07
8.01～9.00	140	0.07	135	0.07	143	0.07	67	0.03	107	0.05
9.01～10.00	93	0.05	108	0.06	111	0.06	47	0.02	69	0.03
10.01～15.00	309	0.16	276	0.15	238	0.12	200	0.10	212	0.10
15.01～20.00	116	0.06	127	0.07	124	0.06	60	0.03	80	0.04
20.01～25.00	58	0.03	52	0.03	37	0.02	22	0.01	27	0.01
25.01～30.00	24	0.01	30	0.02	42	0.02	15	0.01	19	0.01
30.01～40.00	25	0.01	31	0.02	27	0.01	18	0.01	15	0.01
40.01～50.00	7	0.00	13	0.01	9	0.00	8	0.00	8	0.00
50.00超過	14	0.01	9	0.00	15	0.01	12	0.01	10	0.00
合 計 (人)	191,410	100.00	190,303	100.00	194,676	100.00	200,583	100.00	209,144	100.00
集団線量 (manmSv)	38,293.59		38,301.81		42,913.65		34,216.63		40,441.77	
平均年線量 (mSv)	0.20		0.20		0.22		0.17		0.19	

# 保物セミナー2003

開催日：平成15年11月20日(木)13時00分～11月21日(金)17時00分

場所：千年の古都(京都)「ホテルエルイン京都」(JR京都駅から徒歩2分)

参加費：6,000円(要旨集合)

ただし、ポイリング・ディスカッションの参加費は別途6,000円

テーマ：保健物理の变革

現在、保健物理(放射線管理・放射線防護)関連分野は、海外にあってはICRP新勧告の動き、国内にあっては規制免除の議論等と、国内外において大きな变革の中にあります。この中で関係者、関連学会が科学的データ、専門的知識に基づき、対面している、あるいは今後対面すると考える諸問題について議論し、考え方を整理する事は大変重要であると思われます。今回は特に規制、規制免除及び規制の考え方に大きく影響を与えるICRP新勧告に焦点を当て、幅広い分野からの参加者と実際の議論を進める事を計画しておりますので、多くの方々の参加をお待ち致しております。

11月20日(木)

## 総司会

京都大学放射性同位元素センター教授 五十棲泰人

## 開会の挨拶

(13時00分～13時20分)

(財)電子科学研究所 保物セミナー2003実行委員長 辻本 忠  
大会へのメッセージ1)日本保健物理学会長 下 道国  
大会へのメッセージ2)日本原子力学会長 齊藤伸三  
大会へのメッセージ3)電子科学研究所理事長 福岡秀和  
大会へのメッセージ4)日本アイソトープ協会会長 吉川弘之  
大会へのメッセージ5)関西原子力懇談会会長 前田 肇

## セッション1 基調講演

(13時20分～14時00分)

座長 日本アイソトープ協会常務理事 栗原紀夫  
保健物理の变革 藤田保健衛生大学教授  
日本保健物理学会会長 下 道国

## セッション2 障害防止法の大改正(14時10分～17時00分)

(法改正直前情報)

座長 放射線影響協会常務理事 金子正人  
(国際基本安全基準(BSS)の法令取り入れ)  
(1)法令改正の最新情報  
文部科学省 原子力安全課規制室室長 石田正美  
(2)IAEA BSS免除レベル  
文部科学省 原子力安全課 米原英典  
(3)法令改正の直接的影響  
名古屋大学 RIセンター教授 西澤邦秀  
(4)コメンテーター 自治医科大学 菊池 透

## セッション3 ポイリング・ディスカッション

(放射線だけがなぜこのように厳しいのか)

(18時00分～20時00分)

コーディネーター 千代田テクノル 豊田亘博  
たびたびの法令改正に思う 日本RI支援機構 川上猛雄  
特別招待 安心科学アカデミー名誉会長 飯田孝三  
(会場：ばるるプラザ京都5階A会議室)

11月21日(金)

## セッション4 天然と人工の調和 (9時00分～11時10分)

(自然放射線源(NORM)の規制とクリアランス)

座長 福山大学工学部教授 占部逸正  
(1)NORMとは 京都大学原子炉実験所 藤川陽子  
(2)NORMの規制が社会に与える影響  
東京大学原子力研究総合センター 杉浦紳之  
(3)学会の役割 核燃料サイクル開発機構 古田定昭  
(4)コメンテーター 東京電力株式会社 宮丸邦夫

## セッション5 特別講演

(11時10分～12時00分)

座長 大阪大学大学院教授 飯田敏行  
放射性廃棄物に対する原子力安全委員会の取り組み(仮題)  
原子力安全委員会委員 東 邦夫

## セッション6 ICRP新勧告の現状(13時00分～14時20分)

座長 電力中央研究所低線量放射線研究センター所長 石田健二

(1)ICRP新勧告の最新情報

東京大学原子力研究総合センター  
放射線審議会委員基本部会会長 小佐古敏荘  
(2)コメンテーター  
京都大学放射線生物研究センター教授 丹羽太貴

## セッション7 ICRP新勧告の見方と考え方

(パネル討論) (14時30分～16時55分)

(次々と変わるクラーク提案)

コーディネーター 神戸大学海事学部教授 小田啓二  
パネラー 放射線医学総合研究所 藤元憲三  
大分県立看護科学大学教授 甲斐倫明  
日本原子力研究所 吉澤道夫  
放射線医学総合研究所 土居雅広  
東京大学原子力研究総合センター 飯本武志

## 閉会の挨拶

(16時55分～17時00分)

保物セミナー2003副実行委員長  
大阪大学名誉教授 山本幸佳

注)このプログラム(案)は準備委員会で計画したもので一部の演者及び座長等は現在交渉中です。(2003.8.12)

サービス部門からのお願い

**結果報告書出力を一部変更します**

- ご使用期間終了日から測定までの日数が長い場合の対応 -

ご使用期間が終了したガラスバッジは速やかに測定依頼して頂き、結果をご報告しておりますが、ご使用期間終了日から3ヶ月を超えて測定依頼されたガラスバッジにつきましては、測定結果のご報告はしておりませんでした。

かねてより、お客様から「使用期間終了後3ヶ月を超えて測定依頼したガラスバッジについて測定結果の報告書が欲しい。」との要望があり、検討の結果、次のとおり対応することになりましたので、ご連絡いたします。

**個人線量・測定値を「測定不能：E」とした報告書をお届けします。**

ただし、対象はご使用期間終了日が平成15年5月31日以降のガラスバッジです。  
 なお、上記に係わらず、ご使用期間が終了したガラスバッジは、速やかに測定依頼(返却)をお願い申し上げます。

**編集後記**

例年、梅雨は7月には明けて夏番到来としていましたが、今年は地球の内外で大きな異変が続きました。ひとつは10年に一度の異常気象です。気象庁によると7月の平均気温は全国的に約3度ほど下回りました。同様に低温度・多雨の現象はバングラデシュ、中国中部やアルゼンチンなどでも観測され、インド北部では豪雨により鉄砲水が発生し100人以上が死亡したと報じられました。他方でバイカル湖周辺、ヨーロッパ、カナダ、アメリカでは異常高温が続く、米国やヨーロッパでは大規模な森林火災による被害がでています。もう一つは地震ですが、5月26日と7月26日の2回にわたり宮城県でそれぞれM7、M6.2の大きな地震が発生しました。この2回目の地震に先立ち、7月11日にイラン南部、7月16日にインド洋、7月22日に中国雲南省でM6が発生し死者16名などの大被害を与え、7月25日にバブアニューギニアでM6.2が発生しています。これらの地域は、なぜか不思議と前述の地域と重なっています。なにかしら地震活動と低温・多雨現象との間に相関関係があるのかも知れません。

今月号は、高エネルギー加速器研究機構共同研究施設施設長 近藤健次郎先生に「身の回りの宇宙放射線・・・二

ュートリノ、ミュオンなど」と題してご執筆いただきました。これらの放射線は法に規定されていませんが電離作用(間接を含め)を引き起こす放射線であることに違いはありませんとしています。

9月号は毎年、当社ガラスバッジで測定した前年度の個人線量の実態を報告しています。平成14年度は、医療機関の平均年実効線量が昨年度に比べて0.02mSv、工業機関が0.07mSvそれぞれ増加しています。業態種別で見ると集団実効線量が多い方から「一般病院」、「診療所・その他」の順で、前年3番目の「歯科」が「大学病院」に次いで4番目となり、最後が「保健所」の順となっています。また医療関係の職種別で見ると、平均年実効線量が昨年度に比べて「技師」が0.07mSv、「看護師」が0.02mSvそれぞれ増加しています。当社の創業理念として「被ばく線量を低減する」を掲げていますが、残念ながら統計的には増加傾向の実情です。この実態を受け止めて、来年度は必ずや減少できるよう、お客様への迅速な結果報告および多量被ばく時の迅速な連絡、対応などを行ってまいります。今後とも何卒よろしく願い申し上げます。(宮本)

**FBNews No.321**

発行日 / 平成15年9月1日

発行人 / 細田敏和

編集委員 / 中村尚司 久保寺昭子 宮本昭一 寿藤紀道

藤崎三郎 福田光道 大登邦充 江寄巖 田中真紀 池田由紀

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7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

営業所 / 東京 TEL 03-3816-2245  
 FAX 03-5803-4890

大阪 TEL 06-6369-1565  
 FAX 06-6368-2057

名古屋 TEL 052-331-3168  
 FAX 052-339-1180

福岡 TEL 092-262-2233  
 FAX 092-282-1256

仙台 TEL 022-224-1113  
 FAX 022-217-8796

札幌 TEL 011-733-1501  
 FAX 011-733-1502

広島 TEL 082-261-8401  
 FAX 082-261-8448

モニタリングサービスのお問い合わせは上記の営業所で承っております。  
 - 禁無断転載 - 定価400円(本体381円)