

Photo H. Horane

Index

国際リニアコライダー計画	
－巨大加速器で探る宇宙の起源－ 山本 均 1
ポスト福島・世界の原子力	
－安全性高めて持続的発展のために利用－ 町 末男 6
平成22年度 個人線量の実態 7
〔テクノルコーナー〕	
ガンマカメラ QC 用 ⁵⁷ Co 面線源のご紹介 15
エックス線作業主任者試験受験対策講座のご案内 17
ガラスバッジ Web サービスへのお誘い	
－ご使用者の新規追加について－ 18
〔サービス部門からのお願い〕	
～生年月日は西暦でお知らせください～ 19

国際リニアコライダー計画 — 巨大加速器で探る宇宙の起源 —



山本 均*

現在の素粒子物理学は革命期を迎えてい
ると言われている。とはいっても、読者は似たような表現を過去に何度か聞いたことがあるかもしれない。なぜ10年や20年前ではなくて、今が特別なのか。この数十年間、素粒子物理学は目覚ましい進歩を遂げて来た。しかし、確かにこれから数年でこれまでとは全く違った地平が見える可能性が非常に高いのである。それはどういうことなのか。

これまでに実在が確認されている全ての素粒子とそれらの相互作用は、「素粒子の標準理論」と呼ばれている理論体系で整然と記述されている。電子や光子をはじめ、多種多様な素粒子の反応に関してこれまで膨大な量の観測がなされてきたが、この標準理論にそぐわないと証明されたものはひとつとしてない。過去数十年間の素粒子物理学の歩みは、その大部分が、標準理論を構築し検証する過程であったといって過言ではない。その間、小林・益川両先生や南部先生など、20名を超える物理学者が標準理論への貢献によってノーベル賞を受賞してきた。標準理論はまさに人間の英知が作り上げた金字塔であり、その理論的美しさと自然界を記述する驚くべき力を目の当たりにする時、そのような体系を作り上げた人間の一人として生まれて来た事にこの上ない喜びと誇りを感じる。

さて、標準理論は二つの柱の上に成り立っている。一つは「ゲージ原理」と呼ばれ、どのような粒子がどのような反応をするかを規定する。例えば、電子とニュートリノは W

粒子を介して「弱い相互作用」と呼ばれる反応をする。これは放射性同位体のベータ崩壊を引き起こす力である。そして驚くべき事に、その反応の仕方はゲージ原理によって決まってしまうのである。次のような例を考えてみると、少しあはわかりやすくなるかもしれない。電子が男でニュートリノが女だとしよう。そして、男と女は神様を介して関係し、その結果子供が生まれるとする。ここで、どちらを男と呼びどちらを女と呼ぶかは命名の問題であり、原則自由である。全ての男を女と呼び、全ての女を男と呼んでも「男と女が関係して子供が生まれる」というのは呼び替える前と同様に正しい。しかし、ある村だけで男と女を呼び替えたとしよう。男と女がその村の中だけで関係していれば問題はないが、その村の住民が隣村の住民と関係し始めると厄介である。その村の男が隣村の女と結婚しようとすると実は男だったと言うことになり、子供は生まれない。一つの解決策は、男と女の接触を介在している神様が男と女の定義をうまくすり替えることである。すなわち、その村の男に「隣村の女を紹介してくれ」と頼まれれば、隣村に行って「男」を探して二人を結婚させるのである。そうすれば子供は生まれる。そして、いくつもの村々で違った男女の定義をしても、また、朝と晩で定義を替えても、神様がそれに応じて定義のすり替えを行えば、子供は生まれてめでたしめでたしである。ただしそのためには、人間と神様との関わり方が、そのようにうまく定義をすり替えられ

* Hitoshi YAMAMOTO 東北大学大学院 理学研究科 教授

るようなものでなければならない。電子とニュートリノの W 粒子を介した反応の仕方もこのようにしてだいたい決まってしまうが、このメカニズムは「ゲージ原理」と呼ばれる。「ゲージ」には尺度という意味があるが、ここでは男と女、または電子とニュートリノを見分ける尺度である。その尺度を持つのが神様や W 粒子であり、この W 粒子の様な粒子は一般に「ゲージ粒子」と呼ばれる。

標準理論の全ての相互作用はゲージ原理で説明される。電磁相互作用は電荷が引き合ったり押し合ったりする力を生むがその反応を起こすゲージ粒子は光子である。また、陽子や中性子を結びつけて原子核を作る力は「強い相互作用」と呼ばれ、原子力をも生み出す相互作用、つまりウランなどの核燃料物質を核分裂させる力、であるが、ここではグルーオンと呼ばれるゲージ粒子が働いている。そして、すでに述べたように、放射性同位体のベータ崩壊は、「弱い相互作用」によって自発的に起こるのであるが、その際にニュートリノや電子を放射線として放出する。この弱い相互作用を引き起こすゲージ粒子には 2 種類あり、Z 粒子と先ほどのベータ崩壊を引き起こす W 粒子である。これらは殆ど全ての実験結果を非常にうまく説明できたのだが、ゲージ原理は、それが提唱された当時、一つ大きな問題を持っていた。尺度のすり替えがうまくいくためには、全ての粒子の質量がゼロでなければならなかつたのである。一方電子など多くの素粒子は現実に質量を持っていることがわかっているから、何らかの形で素粒子の質量を説明しなければならないが、そこに標準理論の第二の柱「ヒッグス機構」が登場する。

我々は真空というと全く何もない状態と考えるが、標準理論では真空とは実は何もないのではなく、「ヒッグス粒子」でびっしり満たされた状態だと仮定する。これは仏教でいう「色即は空、空即は色」の考え方によく似ていないでもない。そうすると、もともと質量を持たなかつた素粒子がヒッグス粒子との反応によって質量を得ることが説明

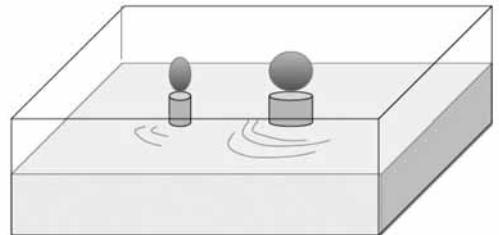


図 1 宇宙を満たすヒッグス場はプールに張られた水のようなもの。もともと重さのなかつた粒子はヒッグス場の中を動こうとする時に質量を得る。

できるのである。これは図 1 のようなアナロジーを考えると理解しやすいかもしれない。プールに水が張ってあって、水がヒッグス粒子、そして水面に波がない状態が真空と考える。波があればそれは実際に観測できるヒッグス粒子となる。人がプールの中を歩くとしよう。すると人は水の抵抗を受ける。質量とは力を加えたときの動きにくさと考えられるから、もともと質量のなかつた人もヒッグス粒子との反応によって質量を得るのである。さらに、人が動くとき水面に波をつくるだろうから、重さを持った素粒子は実際に観測できるヒッグス粒子をつくる、すなわちヒッグス粒子と反応する。こう説明すると、特殊相対性理論以前のエーテル仮説を思い浮かべる方がいるかも知れない。確かに似ているが、違いは、エーテルが間違った仮説であるのに対し、宇宙を満たすヒッグス場は（標準理論が正しければ）実際に存在し、その表面の波は実際に測定可能だということである。

ジュネーブ郊外の CERN 研究所にある世界最大の加速器 LHC（大型ハドロン衝突器）は主としてヒッグス粒子を発見するために設計された実験施設であり、そこでヒッグス粒子が近い将来発見される可能性が高い。LHC は、トム・ハンクス主演の映画「天使と悪魔」の冒頭にも登場した素粒子研究施設で、陽子（水素の原子核）を東京の山手線くらいの大きさの円形加速器で超高速エネルギーまで右回りと左回りに加速し正面衝突させ、ヒッグス粒子を生成し検出しよう

とする。しかし、標準理論のヒッグス粒子は、とてつもない理論的自己矛盾をはらんでいる事がわかっている。ヒッグス粒子は重い素粒子と強く反応するため、ヒッグス粒子の回りには重い素粒子の「雲」ができるが、これまでの実験結果から、ヒッグス粒子の重さは「雲」を含めて陽子の重さの約100倍でなければならないとわかっている。一方、「雲」だけの重さは標準理論を使って理論的に計算できるが、その結果はなんと陽子の重さの1億倍の1億倍にもなるのである！これはどう考えてもおかしい。例えば、毛皮のコートを来た人のコートを含めた全体の重さが100kgで、毛皮のコートだけの重さを測ったら10兆トンだったというようなものである。標準理論がこのまで正しいはずがない、毛皮のコートの重さを100kg程度かそれ以下にするような全く新しい仕組み（理論）があるはずなのである。実際そのような理論はいくつか提案されていて、ヒッグス粒子とその周辺を詳細に調べれば明るみに出るだろうと言われている。標準理論の二本柱の一つのヒッグス粒子が近い将来発見されるであろうこと、そして、標準理論を超える物理現象がそのすぐ先にあるであろうこと、それ故にいま素粒子物理学は革命期を迎えていているのである。

ここに登場するのが国際リニアコライダーの構想である。現在想定されている国際リ

ニアコライダーは、地下に設置された全長約30kmの線形の加速器で電子とその反粒子である陽電子を加速して、中央で正面衝突させるものである。国際的合意が得られれば世界に一つだけ建設される予定である。LHCが陽子と陽子を円形の加速器でぐるぐる回しながら加速して正面衝突させるのに対し、国際リニアコライダーは電子と陽電子を線形の加速器で加速して正面衝突させる。

何故円形でなく線形なのか？一般に荷電粒子を円運動させると電磁波を放射してエネルギーを失うが、粒子の質量が軽いほどその失うエネルギーは大きい。LHCでは陽子を円運動させるが、もしそれが同じエネルギーの電子だと、電子の質量は陽子の質量の2千分の1と軽いため、瞬く間にエネルギーを失って、現在の技術ではいくら加速しても間に合わない。ただし、電子でも一直線に加速すれば電磁波の放射によるエネルギー損失はほとんどない。それゆえ非常に高エネルギーの電子を作るためには線形の加速器が必要になる。国際リニアコライダーの機能は大まかに言って次のようなものである。図2の電子源で標的にレーザーを当てて電子をたたき出し、約1兆個の電子の集まりを生成する。それを少し加速して減衰リングと呼ばれる円形の加速器に入射し、そこでぐるぐる回す。ぐるぐる回っている間に原理はともかく電子ビームは小さく絞ら

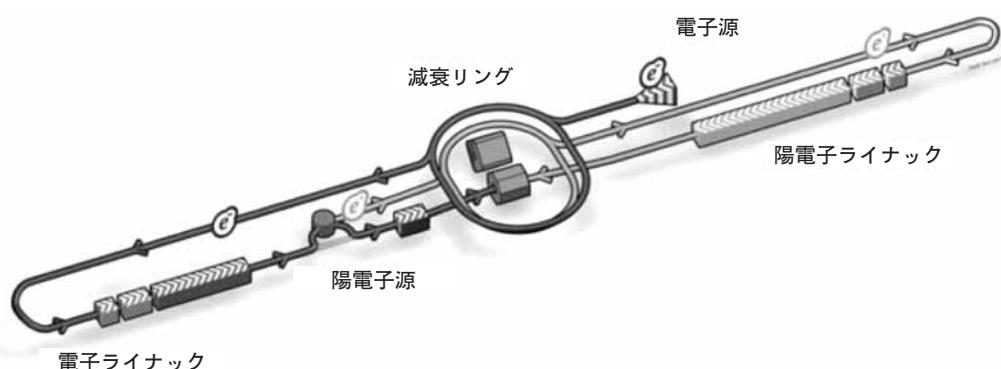


図2 国際リニアコライダーの概略図。電子と陽電子を直線コースで加速して中央で正面衝突させる。全長は約30kmで後にエネルギーを増加するために50km程度まで延長する。

れる。それを電子ライナックと呼ばれる主加速器の端まで送り、そこから本格的に中心に向けて加速する。その途中、少し寄り道をして電子ビームから光子を発生させ、その光子を標的に当てて陽電子を生成する。この部分が陽電子源である。陽電子を生成したあと、電子ビームはそのまま中心に向かう。生成された陽電子は減衰リングに送られそこでぐるぐる回って小さく絞られる。小さくなつた陽電子ビームは陽電子ライナックの端まで送られ、そこから中心に向かって本格的に加速され先ほどの電子ビームと正面衝突するのである。衝突点での電子と陽電子のエネルギーはどのくらいなのか？粒子を加速すると速度が速くなるが、相対性理論が説明するように光の速度は超えられない。それでもどんどん加速すると粒子の質量が増加するように見える。国際リニアコライダーでは、電子の質量がもとの50万倍になるまで加速する。また、衝突に際して粒子が広く拡散していくはぶつかる確率は小さい。それでビームを小さく絞るのであるが、衝突点では高さが6ナノメートル、幅が600ナノメートルまで絞る。6ナノメートルというと原子を数十個並べた大きさである。

衝突点には最先端技術を駆使した高分解能測定器が設置され、電子陽電子衝突によって生成された粒子の種類、方向、エネルギーを超高速で測定する。現在二つの測定器が代わるがわるデータを取得すると予想されており、それぞれ高さが7階建てのビルほどで重さが約1万トンという巨大なものである（図3）。国際リニアコライダーの利点はその抜群の感度と分解能にある。陽子は複雑な内部構造を持っているのに対し電子は単純である。そのため、例えば電子と陽電子の衝突でヒッグス粒子が生成されるときヒッグス粒子が見えやすい。また、高エネルギーの電子が何らかの物質に衝突する時、生成する放射性同位元素の量は、陽子の場合に比べて何桁も小さい。それゆえ、国際リニアコライダーの衝突点付近はLHCに比べて放射能レベルがはるかに低く、最先端の測

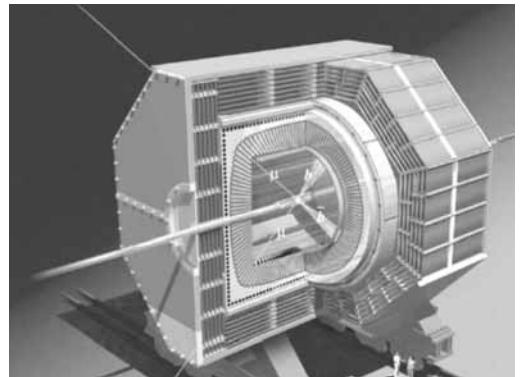


図3 国際リニアコライダーの衝突点に設置される測定器。中央で電子と陽電子が衝突する。

定器技術を駆使して高分解能を達成する事が出来る。その結果、LHCではヒッグス粒子の検出に1年かかるところが、国際リニアコライダーでは1日で出来てしまう。これは、単にLHCで測定できるものをより精度よく測れるだけでなく、LHCで発見できないいろいろなものが発見できることを意味する。その中には、ヒッグス粒子の毛皮のコートの重さを解決する理論に出てくる新粒子も含まれているかもしれない。

国際リニアコライダーとその物理学上の目的はだいたいこのようなものなのだが、加えて多くの技術的波及効果がある。その実現のためには、様々な分野で最先端の技術を一步も二歩も進めなければならない。まず、加速器技術そのものがある。電子は超電導に保たれた空洞内に励起された電場によって加速されるが、その電場は1メートル当たり3千万ボルトを超え、この周波数では前代未聞の強さである。また、空洞の大量生産のためにこれから開発される技術も、医療用から材料研究までの様々な用途の加速器に役立つであろう。その代表的な例の一つが最新鋭の放射光施設に使われるエネルギー回収型リニアックである。そこでは、加速されて放射光を出した電子を破棄する前に減速してエネルギーを取り出し、新しい電子を加速するのに使う。国際リニアコライダーでは衝突によるビームの散乱が大きい

ためエネルギーの回収は現実的ではないが、超電導空洞の技術はエネルギー回収型リニアックに直接生かされている。空洞に電場を送り込むのはクライストロンと呼ばれる電磁波発生装置で、レーダーの心臓部にあたるものと同じである。ここでも1千万ワットという強力なクライストロンが開発されており、近い将来通信等にその技術が役立てられるだろう。また、数十kmにわたって磁石等の機器の位置を1マイクロン以下の精度で設定する技術、衝突するビームの位置をナノメートルの精度で合わせるための制御技術なども現在の最先端のレベルをさらに進歩させる。これらの超電導空洞、高出力クライストロン、そして高エネルギービームを絞る技術に関しては、それらの世界的拠点が日本にあり、世界中から研究者が訪れて研究開発を推進している。さらに、国際リニアコライダーの測定器にはLHCの測定器をはるかに上回る性能が要求される。デジタルカメラにも使われているシリコンピクセル検出器は、これまでにない高速、高精細、高放射線耐性を実現しなければならない。光検出器でも新しいタイプの素子が開発されており、医療用のPET検査装置などで革命を起こしつつある。素粒子物理学のために開発された技術は過去にも我々の生活に直接役立ってきた。例えば、ワールドワイドウェブは、現在の生活がそれ無しには成り立たない程重要なようになったが、もともと素粒子物理学者がお互いのコミュニケーションのためにCERNの研究者によって開発されたものである。

日本は山岳地帯が多いので、国際リニアコライダーのような大型加速器を建設するには適していないのではないかと思われがちであるが、実のところ非常に安定した花崗岩の岩盤がある。北上山地や背振山地はその代表的な例である。地震に関しては、揺れているときに実験は出来ないだけで、ものが壊れたりしなければ問題はない。また、花崗岩帯は掘るのが大変だと思うかもしれないが、逆に砂地など柔らかい地盤だと補強

にかえって費用がかかる。実験ホールは、幅30m、高さ40m、長さ100mという大きな地下空洞となる予定だが、これも同様に固い地盤の方に利がある。山地の場合、アクセスのための縦坑が深くなる可能性があるが、そのかわり斜坑が使える場合が出てくる。斜坑は縦坑よりも一般に使い勝手が良い。日本以外の候補地としては、アメリカではシカゴ郊外、ヨーロッパではジュネーブ郊外があるが、国際グループによる綿密な費用計算の結果、建設費用がどの候補地もほぼ同じであることがわかった。

国際リニアコライダーはまだ正式に承認された計画ではないが、いま、2012年末の工学設計書に向けて、素粒子物理分野を代表する世界中の何千人もの科学者達が準備を急ピッチで進めている。そして、今後設置される国際委員会によって候補地が精査され、最終的に一つに絞られる予定である。関係する政府間で合意が得られて建設が始まれば、その約7年後に運転が開始する。国際リニアコライダーはその後少なくとも20～30年間は世界の素粒子物理学のセンターとして国際的活動の中心となるであろう。

◆◆◆ プロフィール ◆◆◆

学歴

1974年(昭和49年)3月 甲陽学院高等学校卒業
1978年(昭和53年)3月 京都大学理学部卒業
1985年(昭和60年)10月 カリフォルニア工科大学大学院 博士号取得

職歴

1986年(昭和61年)1月 スタンフォード線形加速器センター研究員
1986年(昭和61年)9月 シカゴ大学エンリコ・フェルミ研究所研究員
1989年(平成1年)7月 シカゴ大学エンリコ・フェルミ研究所助手
1991年(平成3年)1月 ハーバード大学助教授
1993年(平成5年)8月 ハーバード大学準教授
1998年(平成10年)8月 ハワイ大学教授
2001年(平成13年)7月 東北大学大学院理学研究科 教授

受賞

1992年(平成4年)9月 米国エネルギー省若手研究者賞

ポスト福島・世界の原子力 —安全性高めて持続的発展のために利用—

元・原子力委員 町 末 男



1. IAEA 安全会議

東日本大震災から4か月が過ぎ、反応容器の外部循環系による冷却もほぼ順調に動き出しており、環境の放射線レベルも下がり続け、一部の地域を除けば基準値となっている。

4月20日から5日間 IAEA で大臣級原子力安全会議が開かれ、日本は事故の状況、それから学んだ教訓を報告した。会議では IAEA がこれまで行ってきたピアレヴィューによる各国の原子力発電所の安全点検を大幅に強化することなどが議論され、IAEA は9月総会までに行動計画を作成し、提案する事になった。

2. ドイツは2022年までに原子力発電をすべて停止

福島第一原子力発電所の事故が世界に与えた影響は大きい。イタリアではベルススコニ首相が進めていた原子力発電推進の政策が国民投票で否決された。

前から原子力発電に消極的な意見の多かったドイツでも、反対の意見が高まり、メルケル政権は2022年までに段階的に原子力発電を停止することを決めた。スイスは現在5基ある原子力発電を50年の寿命まで利用するが、その後新設しないことを決めている。

3. 中国、インド、韓国、ベトナムは安全性高め計画推進

一方、その他の多くの国では、福島事故の教訓を活かして、原子力発電の安全を強化した上で、計画通り原子力発電の拡大、新設を進めるとの方針である。ベトナムでは津波対策を考慮した上でニントアン州に4基の原子力発電プラントを建設し2020年までに運転する計画を着実にすすめている。

中国は電力不足に対応するため、2020年以前に原子力発電の容量を4,000万kWに拡大する計画を変えていない。現在13基が運転中27基を建設中である。安全についてはより厳しい基準に沿って再点検するとしている。

韓国は21基運転中、7基建設中、2基計画中で、2030年までに59%の電力を原子力で供給する計画を変えていない。3.9%のGDPの成長を支える最も現実的な電力として原子力発電は継続している。安全を強化するためにすべての原子力発電所の非常用電源の容量を増やすと共に移動型非常用電源を整備する。

インドのシン首相も経済発展に不可欠な原子力発電計画はその安全を高めた上で継続するとしている。

4. アメリカ、フランス、UAE、ポーランドなどは原子力発電利用政策を継続

米国はオバマ大統領が福島の教訓を踏まえて安全を強化し原子力発電拡大計画を維持すると言明している。

一方、ヨーロッパでも、フランスは安全性を高めて原子力発電を維持、ポーランドではタスク首相が「ドイツの脱原子力に影響されず、原子力発電導入計画を続ける」と明言している。

さらに、6月初めのニュースで、サウジアラビアが2030年までに16基の原子力発電プラントを建設し、最初の2基は10年以内に運転すると伝えられたことである。豊かな石油を持つこの国も将来のエネルギー確保のために原子力発電を導入しようとしている。

5. エネルギーベストミックスと原子力

日本においては自然エネルギーと原子力エネルギーは共存すべきものである。

最近、学術会議が日本の原子力発電をすべて自然エネルギーに置き換えた場合、一家族の1か月の電力料金が6,000円から8,118円に上がるという試算を発表している。大きな負担増である。さらに心配されるのは、電力コスト増が産業に与える影響である。製品のコスト増を招き輸出が困難になる。企業が電力の安い海外に工場を移し、国内の製造業がさらに空洞化することである。

今、日本は「冷静かつ現実的」にエネルギーの供給保障、地球温暖化抑止、安全評価、経済価値の見地から原子力のあり方を議論し、自然エネルギーを含めたベストミックスを検討すべきである。勿論、原子力関係者は福島事故の教訓から学び、最大限の安全基準に沿ってプラント安全性を高める努力が必要である。

最後に4月16日 NHK 総合テレビで見た「ハーバード大学のサンデル教授の大震災特別講義」の中にあった一つ興味ある事実を記しておく。参加者はハーバード大学、復旦大学、東大・早稲田連合、夫々8名の学生に日本人ゲスト4人を加えた方々である。教授は原子力について、①安全を高めて原子力を使い続ける、②生活水準を落としても、原子力は減らすか、完全になくす、という2つのシナリオ示し、学生に選ばせた。日本は①が5人②6人、中国は①が5人②が3人、なのに対し、アメリカでは②を選択した学生はゼロであった。アメリカの現実的な考え方反映されていて興味深い。

(2011年7月10日稿)

平成22年度

個人線量の実態

1. はじめに

本資料は、弊社の測定サービスに基づく、平成22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、 $70\mu\text{m}$ 線量当量から算定した実効線量と等価線量が集計しております。

平成23年3月11日以降、福島第一原子力発電所事故による影響でバックグラウンドの値が高くなっている地域がありますが、業務上の被ばく線量をご報告させていただく観点から、これらの地域よりご返却されたモニタ等は、従来通りバックグラウンドを差し引いて個人線量を算定しております。

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日までに夫々のカテゴリー内で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日までに夫々のカテゴリー内で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
集団等価線量を集団実効線量で除した値

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 : 皮ふの等価線量

$H \times P$: *深さ1cmまたは $70\mu\text{m}$ の線量当量

P …下記の部位を表します

基：基本部位（男性は胸部、女性は腹部）

頭：頭部

胸：胸部

腹：腹部

大：体幹部の中で最大値を示した部位

$\text{MAX} (,,)$: (,,)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

$$H_E = H_{1\text{cm}} \text{基}$$

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

$$H_S = H_{70\mu\text{m}} \text{基}$$

3. 2 不均等被ばくとしてモニタリングをしている場合

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

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

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

3. 3 末端部被ばくのモニタリングをしている場合

皮ふの等価線量のみが、次のようにかわります。

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

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22年4月1日から平成23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、集計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申し出のあつたものは、除外しております。

注2) 個人が受けた線量でないにもかかわらずお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の内に示しました。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) 業種・業態の区分

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、診療所およ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別できる事業所またはその旨連絡のあった事業所のみ「非破壊検査」に分類し、他の事業所は、「一般工業」としました。

1個人が複数の業種・業態に属している場合、それぞれの業種・業態毎に集計しています。

例えば、Aさんが、4月に大学医学部で0.1mSv、5月から翌年3月の間に病院で0.5mSvの実効線量を受けた場合には、「研究教育」で0.1mSv：1人、「医療」で0.5mSv：1人、かつ「全体」

では0.6mSv：1人となっています。(Table 1 a)

同様に、Bさんが大学病院で0.2mSv、一般病院で0.7mSvの実効線量を受けた場合には、「大学病院」で0.2mSv：1人、「一般病院」で0.7mSv：1人、かつ「医療」では0.9mSv：1人となっています。(Table 2 a, Table 1 a)

(3) 職種の区分

職種区分は、申込書に記載された職名等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を示しています。

年実効線量が50mSvを超えた人は、6人でした。

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（歯科を除く）

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線量、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（平成20年度より、獣医療を含んでいます）

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、放射線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。

Table 1 a

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(%)
(H22.4.1～H23.3.31)	

年実効線量(mSv)	医 療	工 業	研究教育	獣 医 療	全 体					
X	119,517 0.00	73.63 0.00	33,596 0.00	92.55 0.00	42,994 0.00	96.23 0.00	5,195 0.00	95.65 0.00	200,411 0.00	80.88 0.00
0.10以下	9,863 986.05	6.08 1.93	885 88.50	2.44 3.24	712 71.20	1.59 6.44	90 9.00	1.66 5.68	11,517 1151.45	4.65 2.09
0.11～0.20	5,042 1007.98	3.11 1.97	328 65.60	0.90 2.40	231 46.20	0.52 4.18	31 6.20	0.57 3.91	5,619 1123.38	2.27 2.04
0.21～0.30	3,467 1039.96	2.14 2.03	259 77.70	0.71 2.85	118 35.40	0.26 3.20	26 7.80	0.48 4.92	3,858 1157.26	1.56 2.10
0.31～0.40	2,519 1007.56	1.55 1.97	158 63.20	0.44 2.31	72 28.80	0.16 2.61	13 5.20	0.24 3.28	2,757 1102.76	1.11 2.00
0.41～0.50	2,038 1018.93	1.26 1.99	105 52.50	0.29 1.92	60 30.00	0.13 2.71	10 5.00	0.18 3.16	2,212 1105.93	0.89 2.00
0.51～0.60	1,648 988.80	1.02 1.93	88 52.80	0.24 1.93	43 25.80	0.10 2.33	6 3.60	0.11 2.27	1,784 1070.40	0.72 1.94
0.61～0.70	1,469 1028.25	0.90 2.01	71 49.70	0.20 1.82	52 36.40	0.12 3.29	6 4.20	0.11 2.65	1,597 1117.85	0.64 2.03
0.71～0.80	1,215 971.93	0.75 1.90	62 49.60	0.17 1.82	31 24.80	0.07 2.24	3 2.40	0.06 1.52	1,311 1048.73	0.53 1.90
0.81～0.90	1,140 1026.00	0.70 2.00	58 52.20	0.16 1.91	37 33.30	0.08 3.01	6 5.40	0.11 3.41	1,234 1110.60	0.50 2.01
0.91～1.00	1,038 1038.00	0.64 2.03	54 54.00	0.15 1.98	25 25.00	0.06 2.26	5 5.00	0.09 3.16	1,121 1121.00	0.45 2.03
1.01～2.00	6,597 9,658.25	4.06 18.87	332 490.40	0.91 17.96	166 241.50	0.37 21.85	22 31.90	0.41 20.14	7,126 10435.65	2.88 18.91
2.01～3.00	2,776 6,936.55	1.71 13.55	128 320.50	0.35 11.74	59 147.90	0.13 13.38	9 22.00	0.17 13.89	2,972 7428.05	1.20 13.46
3.01～4.00	1,456 5,128.03	0.90 10.02	63 221.10	0.17 8.10	33 111.60	0.07 10.10	4 14.30	0.07 9.03	1,557 5479.23	0.63 9.93
4.01～5.00	817 3,700.30	0.50 7.23	31 141.90	0.09 5.20	24 106.30	0.05 9.62	0 0.00	0.00 0.00	872 3948.50	0.35 7.16
5.01～6.00	485 2,676.34	0.30 5.23	32 176.80	0.09 6.48	10 55.30	0.02 5.00	1 5.60	0.02 3.54	528 2914.04	0.21 5.28
6.01～7.00	327 2,132.18	0.20 4.17	16 105.80	0.04 3.87	9 58.70	0.02 5.31	1 6.90	0.02 4.36	353 2303.58	0.14 4.18
7.01～8.00	219 1652.10	0.13 3.23	11 82.90	0.03 3.04	1 7.10	0.00 0.64	2 15.30	0.04 9.66	233 1757.40	0.09 3.19
8.01～9.00	158 1341.40	0.10 2.62	7 59.20	0.02 2.17	1 8.40	0.00 0.76	1 8.60	0.02 5.43	166 1409.40	0.07 2.55
9.01～10.00	127 1206.28	0.08 2.36	6 57.50	0.02 2.11	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	134 1273.68	0.05 2.31
10.01～15.00	265 3,243.59	0.16 6.34	6 69.20	0.02 2.53	1 11.70	0.00 1.06	0 0.00	0.00 0.00	272 3324.49	0.11 6.03
15.01～20.00	87 1,482.07	0.05 2.90	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	87 1482.07	0.04 2.69
20.01～25.00	33 748.70	0.02 1.46	1 20.70	0.00 0.76	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	34 769.40	0.01 1.39
25.01～30.00	16 441.20	0.01 0.86	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	16 441.20	0.01 0.80
30.01～40.00	6 206.90	0.00 0.40	1 36.50	0.00 1.34	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	7 243.40	0.00 0.44
40.01～50.00	2 86.10	0.00 0.17	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	2 86.10	0.00 0.16
50.00超過	5 427.30	0.00 0.83	1 342.20	0.00 12.53	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	6 769.50	0.00 1.39
合 計	162,332 51,180.75	100.00 100.00	36,299 2,730.50	100.00 100.00	44,679 1,105.40	100.00 100.00	5,431 158.40	100.00 100.00	247,786 55,175.05	100.00 100.00

Table 1 b

	医 療	工 業	研究教育	獣 医 療	合 計
平均 年 実 効 線 量 (mSv)	0.31	0.07	0.02	0.02	0.22
水 品 体 年 集 団 等 価 線 量 (manmSv)	107,163.88	2,945.60	1,504.20	239.00	111,852.68
平 均 年 等 価 線 量 (mSv)	0.66	0.08	0.03	0.04	0.45
皮 膚 年 集 団 等 価 線 量 (manmSv)	137,010.66	6,124.40	3,769.80	358.70	147,263.56
平 均 年 等 価 線 量 (mSv)	0.84	0.16	0.08	0.06	0.59

Table 2 a

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

人数(人)	人数(%)
集団実効線量(manmSv)	線量(%)
(H22.4.1~H23.3.31)	

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	
X	23,045 0.00	78.61 0.00	55,235 0.00	65.86 0.00	538 0.00	92.44 1.55
0.10以下	1,700 170.00	5.80 2.94	6,244 624.15	7.45 1.73	9 0.90	1.24 3.78
0.11~0.20	766 153.20	2.61 2.65	3,309 661.38	3.95 1.83	5 1.00	0.66 4.20
0.21~0.30	529 158.70	1.80 2.75	2,258 677.26	2.69 1.88	5 1.50	0.48 6.30
0.31~0.40	383 153.20	1.31 2.65	1,672 668.76	1.99 1.85	2 0.80	0.21 3.36
0.41~0.50	327 163.50	1.12 2.83	1,359 679.43	1.62 1.88	6 3.00	0.20 12.61
0.51~0.60	237 142.20	0.81 2.46	1,112 667.20	1.33 1.85	3 1.80	0.23 7.56
0.61~0.70	241 168.70	0.82 2.92	963 674.05	1.15 1.87	6 4.20	0.18 17.65
0.71~0.80	173 138.40	0.59 2.39	805 643.93	0.96 1.78	0 0.00	0.15 15.20
0.81~0.90	175 157.50	0.60 2.73	756 680.40	0.90 1.89	3 2.70	0.13 11.34
0.91~1.00	144 144.00	0.49 2.49	697 697.00	0.83 1.93	0 0.00	0.13 17.00
1.01~2.00	902 1310.90	3.08 22.68	4,543 6,654.95	5.42 18.44	5 7.90	0.61 33.19
2.01~3.00	322 801.10	1.10 13.86	1,968 4,921.95	2.35 13.64	0 0.00	0.18 58.60
3.01~4.00	171 603.06	0.58 10.44	1,055 3,717.10	1.26 10.30	0 0.00	0.04 18.00
4.01~5.00	54 241.60	0.18 4.18	599 2,716.00	0.71 7.53	0 0.00	0.02 8.90
5.01~6.00	54 296.90	0.18 5.14	356 1,961.54	0.42 5.44	0 0.00	0.02 16.90
6.01~7.00	27 174.90	0.09 3.03	249 1624.81	0.30 4.50	0 0.00	0.02 13.50
7.01~8.00	15 112.00	0.05 1.94	168 1268.90	0.20 3.52	0 0.00	0.00 0.00
8.01~9.00	7 59.30	0.02 1.03	127 1078.60	0.15 2.99	0 0.00	0.02 16.70
9.01~10.00	9 84.70	0.03 1.47	92 873.78	0.11 2.42	0 0.00	0.02 19.00
10.01~15.00	21 261.10	0.07 4.52	203 2,482.99	0.24 6.88	0 0.00	0.02 35.80
15.01~20.00	7 117.40	0.02 2.03	60 1022.57	0.07 2.83	0 0.00	0.00 0.00
20.01~25.00	5 113.00	0.02 1.96	20 455.80	0.02 1.26	0 0.00	0.00 0.00
25.01~30.00	2 53.40	0.01 0.92	7 195.50	0.01 0.54	0 0.00	0.01 28.70
30.01~40.00	0 0.00	0.00 0.00	5 169.40	0.01 0.47	0 0.00	0.00 0.00
40.01~50.00	0 0.00	0.00 0.00	2 86.10	0.00 0.24	0 0.00	0.00 0.00
50.00超過	0 0.00	0.00 0.00	3 184.90	0.00 0.51	0 0.00	0.00 242.40
合 計	29,316 5,778.76	100.00 100.00	83,867 36,088.45	100.00 100.00	582 23.80	100.00 100.00
					12,790 725.80	100.00 100.00
						37,583 8,563.94
						100.00 100.00

Table 2 b

	大学病院	一般病院	保健所	歯科	診療所・その他
平均年実効線量(mSv)	0.19	0.43	0.04	0.05	0.22
年集団等価線量(manmSv)	13,904.50	77,184.62	29.10	983.40	15,062.26
平均年等価線量(mSv)	0.47	0.92	0.05	0.07	0.40
年集団等価線量(manmSv)	19,097.30	97,173.52	30.90	1,076.40	19,632.54
平均年等価線量(mSv)	0.65	1.15	0.05	0.08	0.52

Table 3 a

年実効線量(mSv)	医 師	技 師	看 護 師	人數(人) 集団実効線量(manmSv)	人數(%) 線量(%)			
					(H22.4.1～H23.3.31)			
X	44,047 0.00	74.72 0.00	10,720 2,039	41.22 7.84	32,785 2,695	78.31 6.44	19,802 936	86.99 4.11
0.10以下	4,036 403.60	6.85 2.28	203.90	0.88	269.34	3.86	93.51	3.52
0.11～0.20	2,007 401.32	3.40 2.26	1,254 250.80	4.82 1.09	1,302 260.24	3.11 3.73	394 78.62	1.73 2.96
0.21～0.30	1,365 409.44	2.32 2.31	993 297.90	3.82 1.29	823 246.82	1.97 3.54	225 67.50	0.99 2.54
0.31～0.40	938 375.16	1.59 2.12	806 322.40	3.10 1.40	581 232.40	1.39 3.33	167 66.80	0.73 2.51
0.41～0.50	743 371.50	1.26 2.09	716 358.00	2.75 1.55	443 221.50	1.06 3.17	112 55.93	0.49 2.10
0.51～0.60	551 330.60	0.93 1.86	632 379.20	2.43 1.64	336 201.60	0.80 2.89	99 59.40	0.43 2.23
0.61～0.70	469 328.30	0.80 1.85	592 414.35	2.28 1.80	291 203.70	0.70 2.92	94 65.80	0.41 2.47
0.71～0.80	358 286.40	0.61 1.62	514 411.13	1.98 1.78	250 200.00	0.60 2.86	74 59.20	0.33 2.23
0.81～0.90	313 281.70	0.53 1.59	493 443.70	1.90 1.92	244 219.60	0.58 3.15	73 65.70	0.32 2.47
0.91～1.00	297 297.00	0.50 1.67	480 480.00	1.85 2.08	185 185.00	0.44 2.65	59 59.00	0.26 2.22
1.01～2.00	1,660 2,434.34	2.82 13.73	3,385 4,959.21	13.02 21.49	1,071 1558.20	2.56 22.32	403 594.60	1.77 22.35
2.01～3.00	781 1,945.82	1.32 10.97	1,423 3,568.63	5.47 15.46	394 980.20	0.94 14.04	155 383.30	0.68 14.41
3.01～4.00	415 1465.39	0.70 8.26	753 2648.34	2.90 11.47	226 794.50	0.54 11.38	57 201.80	0.25 7.59
4.01～5.00	238 1081.10	0.40 6.10	417 1888.10	1.60 8.18	118 529.50	0.28 7.58	42 192.70	0.18 7.24
5.01～6.00	175 965.00	0.30 5.44	226 1247.54	0.87 5.41	52 285.30	0.12 4.09	29 161.60	0.13 6.08
6.01～7.00	119 773.90	0.20 4.36	172 1124.28	0.66 4.87	24 156.10	0.06 2.24	10 64.40	0.04 2.42
7.01～8.00	86 648.20	0.15 3.66	108 815.00	0.42 3.53	18 135.70	0.04 1.94	7 53.20	0.03 2.00
8.01～9.00	64 545.50	0.11 3.08	82 694.40	0.32 3.01	7 59.40	0.02 0.85	3 25.40	0.01 0.95
9.01～10.00	49 465.80	0.08 2.63	63 598.18	0.24 2.59	5 47.40	0.01 0.68	8 75.90	0.04 2.85
10.01～15.00	145 1,778.84	0.25 10.03	93 1142.85	0.36 4.95	15 175.80	0.04 2.52	9 110.30	0.04 4.15
15.01～20.00	52 889.60	0.09 5.02	29 484.27	0.11 2.10	1 19.30	0.00 0.28	5 88.90	0.02 3.34
20.01～25.00	25 567.50	0.04 3.20	8 181.20	0.03 0.79	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00
25.01～30.00	9 245.60	0.02 1.38	6 166.90	0.02 0.72	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00
30.01～40.00	5 170.50	0.01 0.96	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	1 36.40	0.00 1.37
40.01～50.00	2 86.10	0.00 0.49	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00
50.00超過	3 184.90	0.01 1.04	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00	0 0.00	0.00 0.00
合 計	58,952 17,733.11	100.00 100.00	26,004 23,080.28	100.00 100.00	41,866 6,981.60	100.00 100.00	22,764 2,659.96	100.00 100.00

Table 3 b

	医 師	技 師	看 護 師	そ の 他
平 均 年 実 効 線 量 (mSv)	0.30	0.88	0.16	0.11
水 晶 体 年 集 団 等 価 線 量 (manmSv)	43,036.33	33,231.99	24,695.42	5,216.74
皮 膚 平 均 年 等 価 線 量 (mSv)	0.73	1.27	0.58	0.22
皮 膚 年 集 団 等 価 線 量 (manmSv)	58,799.28	40,614.44	27,989.60	8,530.94
皮 膚 平 均 年 等 価 線 量 (mSv)	0.99	1.56	0.66	0.37

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実効線量

人數(人)	人數(%)
集団実効線量(manmSv)	線量(%)
(H22.4.1~H23.3.31)	

年実効線量(mSv)	一般工業用	非破壊検査
X	31,511 0.00	94.17 0.00
0.10以下	705 70.50	2.11 3.61
0.11~0.20	234 46.80	0.70 2.40
0.21~0.30	194 58.20	0.58 2.98
0.31~0.40	106 42.40	0.32 2.17
0.41~0.50	67 33.50	0.20 1.72
0.51~0.60	54 32.40	0.16 1.66
0.61~0.70	47 32.90	0.14 1.69
0.71~0.80	41 32.80	0.12 1.68
0.81~0.90	41 36.90	0.12 1.89
0.91~1.00	36 36.00	0.11 1.85
1.01~2.00	224 327.60	0.67 16.80
2.01~3.00	85 213.70	0.25 10.96
3.01~4.00	37 129.60	0.11 6.64
4.01~5.00	26 119.00	0.08 6.10
5.01~6.00	24 133.00	0.07 6.82
6.01~7.00	11 73.00	0.03 3.74
7.01~8.00	7 53.00	0.02 2.72
8.01~9.00	2 17.30	0.01 0.89
9.01~10.00	3 28.40	0.01 1.46
10.01~15.00	5 54.70	0.01 2.80
15.01~20.00	0 0.00	0.00 0.00
20.01~25.00	0 0.00	0.00 0.00
25.01~30.00	0 0.00	0.00 0.00
30.01~40.00	1 36.50	0.00 1.87
40.01~50.00	0 0.00	0.00 0.00
50.00超過	1 342.20	0.00 17.55
合計	33,462 1,950.40	100.00 100.00
		2,842 780.10
		100.00 100.00

Table 4 b

	一般工業用	非破壊検査
平均年実効線量(mSv)	0.05	0.27
水晶体年集団等価線量(manmSv)	2,163.30	782.30
平均年等価織線量(mSv)	0.06	0.27
皮膚年集団等価線量(manmSv)	5,364.50	759.90
平均年等価線量(mSv)	0.16	0.26

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線量、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

	均 等	均等末端	不 均 等	不均等末端	注) 均等:
人 数 比 率	83%	2%	14%	1%	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
実効線量で50mSvを超えた人数	4	0	2	0	均等・末端:
平均年実効線量 (mSv)	0.14	0.69	0.58	0.86	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
水晶体	平均年等価線量 (mSv)	0.15	0.73	1.96	不均等:
	実効線量に対する比の平均	1.07	1.06	3.38	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
皮膚	平均年等価線量 (mSv)	0.15	6.17	2.02	不均等・末端:
	実効線量に対する比の平均	1.07	8.94	3.48	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

Table 6 最近5年間の個人線量の年度推移 (平成20年度より、獣医療を含んでいます) [人(数) 人(数)(%)]

年実効線量(mSv)	平成18年度		平成19年度		平成20年度		平成21年度		平成22年度	
X	187,152	82.30	188,925	81.88	200,429	82.31	198,987	81.54	200,411	80.88
0.10以下	10,232	4.50	10,558	4.58	10,420	4.28	10,839	4.44	11,517	4.65
0.11～0.20	5,120	2.25	5,143	2.23	5,253	2.16	5,353	2.19	5,619	2.27
0.21～0.30	3,205	1.41	3,382	1.47	3,565	1.46	3,535	1.45	3,858	1.56
0.31～0.40	2,354	1.04	2,472	1.07	2,537	1.04	2,658	1.09	2,757	1.11
0.41～0.50	1,966	0.86	1,908	0.83	2,000	0.82	2,151	0.88	2,212	0.89
0.51～0.60	1,528	0.67	1,574	0.68	1,714	0.70	1,766	0.72	1,784	0.72
0.61～0.70	1,363	0.60	1,351	0.59	1,458	0.60	1,511	0.62	1,597	0.64
0.71～0.80	1,164	0.51	1,164	0.50	1,277	0.52	1,321	0.54	1,311	0.53
0.81～0.90	1,076	0.47	1,094	0.47	1,196	0.49	1,225	0.50	1,234	0.50
0.91～1.00	914	0.40	1,022	0.44	1,012	0.42	1,092	0.45	1,121	0.45
1.01～2.00	5,755	2.53	6,221	2.70	6,313	2.59	6,747	2.76	7,126	2.88
2.01～3.00	2,291	1.01	2,384	1.03	2,653	1.09	2,882	1.18	2,972	1.20
3.01～4.00	1,192	0.52	1,245	0.54	1,317	0.54	1,427	0.58	1,557	0.63
4.01～5.00	670	0.29	733	0.32	742	0.30	805	0.33	872	0.35
5.01～6.00	407	0.18	469	0.20	461	0.19	460	0.19	528	0.21
6.01～7.00	286	0.13	320	0.14	304	0.12	353	0.14	353	0.14
7.01～8.00	176	0.08	200	0.09	219	0.09	240	0.10	233	0.09
8.01～9.00	121	0.05	127	0.06	143	0.06	140	0.06	166	0.07
9.01～10.00	86	0.04	97	0.04	100	0.04	113	0.05	134	0.05
10.01～15.00	199	0.09	206	0.09	256	0.11	283	0.12	272	0.11
15.01～20.00	66	0.03	79	0.03	65	0.03	73	0.03	87	0.04
20.01～25.00	36	0.02	30	0.01	24	0.01	25	0.01	34	0.01
25.01～30.00	19	0.01	9	0.00	18	0.01	18	0.01	16	0.01
30.01～40.00	10	0.00	8	0.00	14	0.01	17	0.01	7	0.00
40.01～50.00	3	0.00	3	0.00	3	0.00	3	0.00	2	0.00
50.00超過	1	0.00	4	0.00	3	0.00	1	0.00	6	0.00
合 計 (人)	227,392	100.00	230,728	100.00	243,496	100.00	244,025	100.00	247,786	100.00
集団線量 (manmSv)	43,644.70		46,171.71		48,499.54		51,810.77		55,175.05	
平均年線量 (mSv)	0.19		0.20		0.19		0.21		0.22	

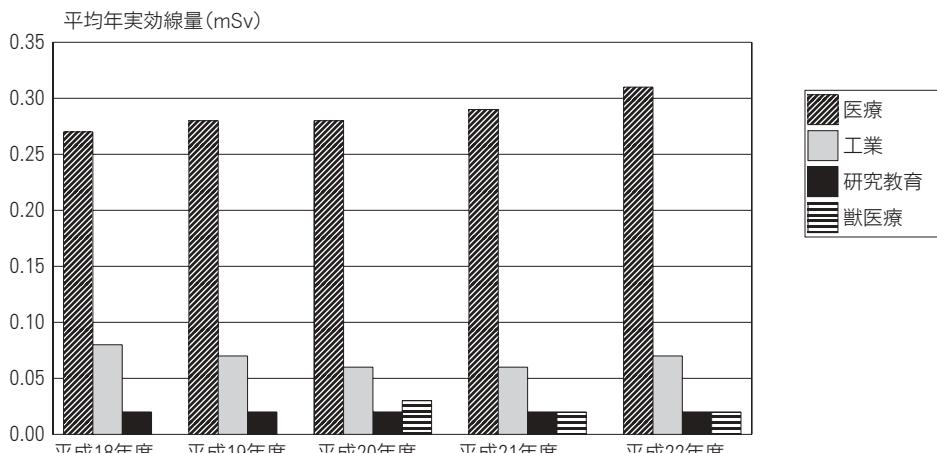


Fig. 1 過去 5 年間の平均年実効線量（業種別）

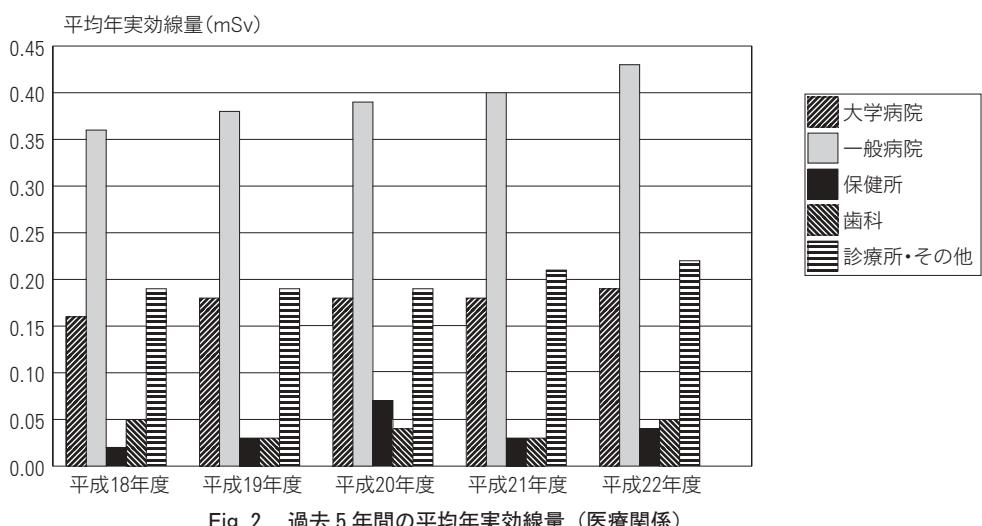


Fig. 2 過去 5 年間の平均年実効線量（医療関係）

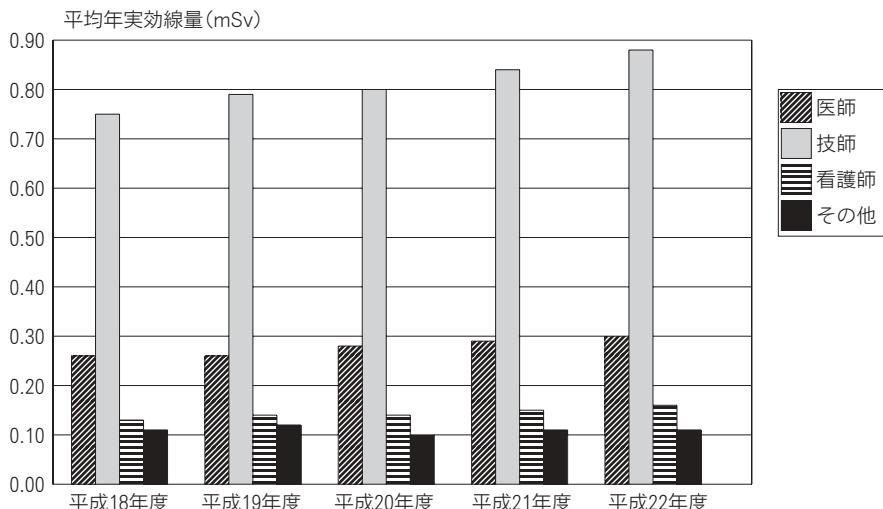


Fig. 3 過去 5 年間の平均年実効線量（医療関係の職種別）

テクノルコーナー

ガンマカメラ QC 用⁵⁷Co 面線源のご紹介

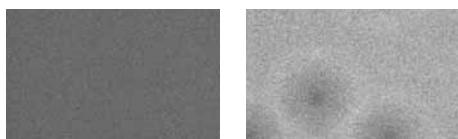
アイソトープ営業部 池谷 憲生・澄川 清志

1. はじめに

平成19年、医療法が一部改正され「良質な医療を提供する体制の確立を図るための医療法等の一部を改正する法律の一部の施行について」の通知によって、医療機器の安全管理に関して、装置の性能保守管理は使用者の任務となり、日常点検が使用者の責務であることが明確にされた。

ガンマカメラの日常点検は総合均一性が第一と思われる。このチェックにおいては、放射能が均一に分散された面状密封放射体（以下面線源）が必要となる。

これには370MBq 以上の放射能が必要となるが、国内における密封面線源の使用は、放射線障害防止法の規制対象となり、核医学現場では使用が難しく、普及が遅れていたが、この度、表示付認証機器¹⁾として認証された⁵⁷Co 面線源の入手が可能となり、医療現場においてガンマカメラの経年精度管理等の日常点検に面線源を簡便に使用できるようになった。



平面シンチレータの上には光電子増倍管が数十本配列されているが、各々の光電子増倍管の特性は異なり、左は各々の光電子増倍管の特性が調整され均一性は良いが、右は数本の光電子増倍管の特性が変動し、均一性の劣化が認められ誤診を招くおそれがある。

2. 設計認証制度

平成17年6月に施行された放射線障害防止法の改正²⁾では、核種ごとに定められた下限数量で規制することになり、従来の密封線源規制である一律3.7MBq 以下に対して大きく改定され、表示付認証機器の認証制度が導入された。設計認証を受けられる装置は、放射能含有量が下限数量の1,000倍以下であり、かつ使用時の外部被ばく線量が1 mSv/年以下が条件である。

3. 密封線源の安全性

密封線源に関する規格として、日本工業規格「JIS Z 4821-1 : 2002 密封放射線源－第1部：一般要求事項及び等級」³⁾が制定されており、校正用線源に要求されるJIS規格での試験項目及び等級における等級別試験条件は22212であるが、本製品は性能要件を上回る22312を満たしている。

4. ⁵⁷Co 面線源実証試験

日本核医学技術学会学術委員会「密封線源の安全取り扱いに関するガイドラインの検討」WG メンバーの5施設で^{99m}Tc 面線源との均一性データ比較、術者被ばく比較、使用可能期間をシミュレーションした。

(1)均一性能

4社のガンマカメラで均一性データが得られ、⁵⁷Co 面線源の均一性は視覚的評価では^{99m}Tc 面線源と同等であった。

(2)術者被ばく

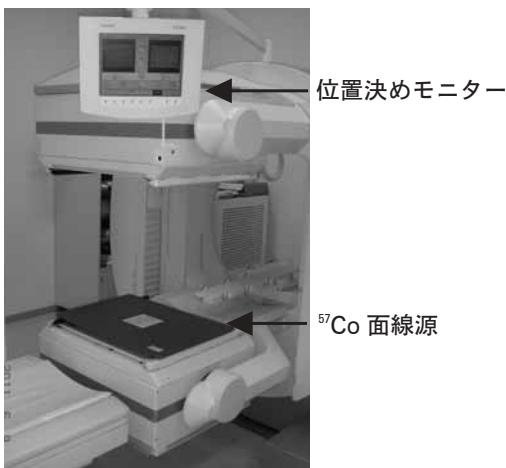
^{99m}Tc は面線源作製、ガンマカメラ検出器までの運搬に被ばくが発生するが、

⁵⁷Co は作製する必要がなく、ガンマカメラ検出器までの運搬も鉛遮へい容器に入れて運搬するので、鉛遮へい容器から面線源を取り出し、ガンマカメラの検出器へ置くまでの間の被ばくとなり、^{99m}Tcに比べ94%の被ばく低減となった。(5 施設平均 ⁵⁷Co : 0.19 μSv、^{99m}Tc : 3.17 μSv)

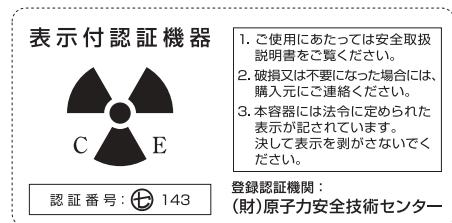
		⁵⁷ Co	^{99m} Tc
線源作製	Activity (MBq/mCi)	作製不要	208.13/5.63
	時間 (分)		16.5
	線量 (μSv)		2.85
線源移動	Activity (MBq/mCi)	286.26/7.73	194.28/5.26
	時間 (分)	2	2
	線量 (μSv)	0.19	0.32
合計線量(μSv)		0.19	3.17

(3) 使用可能期間

⁵⁷Co 面線源の使用期限はシミュレーションの結果、10M カウント程度を必要とする点検では 2 半減期 (1.5年)、ガンマカメラのガントリーに接続されている位置決めモニターの確認では 3 年程度までは許容されると思われる結果が得られた。



5. ⁵⁷Co 面線源仕様

⁵⁷Co 面線源

鉛遮へいケース

半減期、エネルギー	半減期 : 271.8日、エネルギー : 122keV
線源強度	370MBq (10mCi)
線源平面寸法	418mm × 607mm
線源重量	約 3 kg
外形寸法	455mm × 645mm × 18mm
線源均一性 (積分、微分)	<2.5%以下、<1.0%以下
術者の被ばく	1 mSv 以下 (25h 使用 / 年、線源距離50cm)
その他	鉛遮へいケースに保管 (約15kg)

6. おわりに

下限数量を超える⁵⁷Co面線源は、放射線障害防止法の規制対象であり、届出・許可の申請が必要であったが、表示付認証機器の取得がなされたことにより、医療法のみの届出施設でも使用可能となり、ガンマカメラの日常点検や経年精度管理に幅広く利用できるようになった。

しかし、放射性物質であることには変わりはないので、安全な使用、十分な管理をしなければならない。

最近のアメリカの状況では、核医学施設の75%が面線源を使用して日常精度管理を行っているという情報がある。日本でも医療機器の日常精度管理業務を期待したい。

⁵⁷Co面線源実証試験のデータは第30回日本核医学技術学会総会学術大会 学術委員会WGで発表した内容を使用した。

⁵⁷Co面線源実証試験にご協力いただいた日本核医学技術学会 学術委員会WGメンバーの先生方に深く感謝致します。

参考資料

- 1) Isotope News 2010年2月号
日本アイソトープ協会
- 2) 放射線障害防止法及び関係政省令等の改正の内容 平成17年7月
文部科学省原子力安全課
- 3) 放射線 安全管理の実際
日本アイソトープ協会

エックス線作業主任者試験受験対策講座のご案内

社団法人日本保安用品協会

当協会は、業務の一環として、放射線に関する資格として放射線取扱主任者と同様に産業界で重要視されており、「労働安全衛生法」に定められております「エックス線作業主任者試験」の受験対策講座を開設することと致しました。

講座は、毎年奇数月に実施される資格試験を受験する方々のために開催する受験対策講座と、既に一定知識を有する方のための直前模擬試験のみの2通りを用意しております。

講座受講料（税込金額）

コース	講座名	受講料金		
		非会員	会員 ^{*1}	(テキスト、例題集込み)
A	エックス線作業主任者試験受験対策講座〔3日間講習〕	30,000円	27,000円	
				(テキスト、例題集別途)
B	エックス線作業主任者試験模擬試験のみ	8,000円	7,200円	(テキスト、例題集別途)
C	エックス線作業主任者試験模擬試験(自宅受験)	5,000円	4,500円	(テキスト、例題集別途)

*1 「会員」は社団法人日本保安用品協会の会員の個人及び法人が対象です。

お問い合わせは下記までお願い致します。

社団法人日本保安用品協会 エックス線作業主任者講習会 係 担当：田辺富士夫

電話番号 03-5804-3125 ファクス番号 03-5804-3126

ホームページアドレス：<http://www5e.biglobe.ne.jp/~savoy/>

ガラスバッジWebサービスへのお誘い

～*～ ご使用者の新規追加について ～*～

ガラスバッジ Web サービス画面より正午（12時）までにご使用者の追加入力を操作されたときは、当日中にガラスバッジを発送いたします。

- ①ご使用者の新規追加の操作手順は次の通りです。

ご登録メニュー > お申込先の確認・登録内容の変更 > 登録内容の変更 > ご使用者新規追加

ご使用者登録

整理番号のご指定がない時は自動設定されます

お

使用種別: 個人用
整理番号: 109

使用者姓(漢字): 千代田
使用者名(漢字): 五朗
使用者姓(フリガナ): チヨダ
使用者名(フリガナ): コロウ
ラベル名称:
性別: 男
生年月日: 西暦 1982年 02月 25日
職種: 医師
中央登録番号:
職員コード:
1月管理有無: 標準 ※ 1
3月管理有無: 標準 ※ 2
末端部装着方法: パートタイム方式 ※ 3
登録開始日: 2011年08月01日

ご使用者の情報入力してください

2000 株式会社千代田テクノル

2. 1月管理有無と3月管理有無について個人練量管理の方法を指定する項目です。男性は設定する必要がありません。(標準)

3. 1月管理有無と3月管理有無について個人練量管理の必要がない場合にはください。

4. 1月管理有無と3月管理有無について個人練量管理票が毎月作成されます。個人練量報告書の実効練量四半期計の

※ 3 末端部装着方法について
ガラスリングの装着方法を指定する項目です。

登録開始日を選択してください

表示ボタンをクリックしてください

登録開始使用期間と
✓点をご確認ください

使用するモニタの登録 入力方法の説明

モニタ		1	2	3	4	5
計画使用期間	ご使用先発送状況	モニタ: 装着部位				
2011/09/01 - 2011/09/30	発送済	<input checked="" type="checkbox"/>				
2011/10/01 - 2011/10/31	未発送	<input checked="" type="checkbox"/>				
2011/11/01 - 2011/11/30	未発送	<input checked="" type="checkbox"/>				
2011/12/01 - 2011/12/31	未発送	<input checked="" type="checkbox"/>				
2012/01/01 - 2012/01/31	未発送	<input checked="" type="checkbox"/>				
2012/02/01 - 2012/02/28	未発送	<input checked="" type="checkbox"/>				

色・印字方向詳細設定

色・装着部位の説明

【標準の色】 男性: 胸グリーン、女性: 腹ピンク、それ以外はイエロー
予備用および横構造用ならびに中性子用はグリーン
【装着部位】 A: 頭, B: 脚, C: 腹, W: 全身その他, J: 手,
M: 右手, H: 左手, R: V: 足

入力完了ボタンをクリックしてください

入力完了 入力内容クリア

②「ご使用者登録確認」画面が表示されます。入力内容を確認し、左下の「確認完了」ボタンをクリックしてください。

No	モニタ：装着	色	印字方向
1	確認完了ボタンを クリックしてください		横

【標準の色】男性：胸グリーン、女性：胸ピンク、それ以外はイエロー
予備用および環境用ならびに中性子用はグリーン
【装着部位】A：頭、B：胸、C：腰、W：全身その他、J：手、
M：右手、H：左手、R：V：足

③「正常に更新されました」というメッセージが表示されましたら、入力操作が終了となります。

メッセージID: メッセージ
【IA38】 正常に更新されました。 (整理番号: 109 個人コード: 80091512)

【お客様お問い合わせ窓口】

●TEI : 03-3816-5210

●メールアドレス: garasu-nandemo@c-technol.co.jp



サービス部門からのお願い

～生年月日は西暦で お知らせください～

平素より弊社のモニタリングサービスをご利用くださいまして、誠にありがとうございます。

弊社のシステムでは、生年月日の管理を西暦で行っております。そのため、ご使用者登録の際、**生年月日は「西暦」**でお知らせいただけますようお願いいたします。

ご理解とご協力の程、よろしくお願ひ申しあげます。

西暦早見表

年号	西暦	年号	西暦	年号	西暦
昭和 10	1935	昭和 30	1955	昭和 50	1975
11	1936	31	1956	51	1976
12	1937	32	1957	52	1977
13	1938	33	1958	53	1978
14	1939	34	1959	54	1979
15	1940	35	1960	55	1980
16	1941	36	1961	56	1981
17	1942	37	1962	57	1982
18	1943	38	1963	58	1983
19	1944	39	1964	59	1984
20	1945	40	1965	60	1985
21	1946	41	1966	61	1986
22	1947	42	1967	62	1987
23	1948	43	1968	63	1988
24	1949	44	1969	64	1989
25	1950	45	1970	平成 1	1989
26	1951	46	1971	2	1990
27	1952	47	1972	3	1991
28	1953	48	1973	4	1992
29	1954	49	1974	5	1993

編集後記

● 3.11の東日本大震災から4ヶ月過ぎたというのに、復旧・復興の進捗は一向に捗っていない。国の現行制度設計の殆どは非“非常時”を想定してのものであり、原子力発電所が被災によって大事故を起こすなどは実際上“想定外”と見做されていたため、現存する法令の縛りが復旧・復興の障害になったり、(想定外の事態出現に対応するために)必要とされる法令が存在しないために物事を進められないということも障害の大きな要因となっている。

● そもそも、1950年代の末に放射線防護システムが国策として定められた時には、自然・戦争・事故起因の放射線被曝はシステムの対象外とされ、患者として受ける医療被曝は別扱いとされたのであった。この基本設計は根本から見直しを迫られている。

● 絶対に起こさない、起きないことを前提にしてきた原子力発電所が大事故を起こしてしまい、結果的に、一般人の住環境の放射線・放射能レベルが、原子力発電所施設の「放射線管理区域」の設定・管理基準を上回るという事象を招いてしまったので、“職業人”や“職業被曝”、“非常時”と“平常時”=非“非常時”、の概念規定や、管理基準を含む被曝線量の管理手法など、根本的に作り直す必要があると思われる。その結果によって、職業人の被曝線量評価に当ってのデータ処理にも根本的見直しを迫られるかも知れない。

● 国の動きは鈍いので、関係学会や業界において速やかにその対策を検討し、國の新制度設計に力を貸すべきである。

加藤和明（2011年07月15日）

FBNews No.417

発行日／平成23年9月1日

発行人／細田敏和

編集委員／竹内宣博 安田豊 中村尚司 金子正人 加藤和明 大登邦充 岡本徹滋
加藤毅彦 佐藤典仁 寺中朋文 根岸公一郎 野呂瀬富也 福田光道 藤崎三郎 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／株式会社テクノルサポートシステム

－禁無断転載－ 定価400円（本体381円）