

- トップコラム／千葉大学大学院 教授 荒野 泰
- 眼の水晶体線量限度の見直し／
〔シリーズ2〕水晶体被ばくの評価と実態
- 未来を拓く次世代加速器：国際リニアコライダー／
〔その6〕科学研究を超えてひろがる未来
- お願い／コントロールバッジについて
- ご案内／個人別年間被ばく線量明細レポート
- ちょっと知っ得／七夕(しちせき)の由来

ト
ッ
プ
コ
ラ
ム
151



荒野 泰

放射性医薬品の2016年問題

テクネチウム (Tc) は7族に属する遷移金属で、人工的に作られた最初の元素である。多くの同位体が存在するが安定同位体はない。その一つである^{99m}Tcは、6時間の半減期で体外計測に適したエネルギー (141keV) の γ 線のみを放出する。また、半減期66時間の親核種⁹⁹Mo(モリブデン-99)との放射平衡を利用したジェネレータシステムにより、^{99m}Tcは生理食塩水溶液として医療現場で入手できる。こうした特長から、^{99m}Tcは核医学診断で最も多く使用されている。^{99m}Tc放射性医薬品は製剤として供給される他に、ジェネレータから溶出した^{99m}Tcとキット薬剤との反応により簡単に医療現場で調製できるため、緊急時の検査にも対応できる利点を有する。

開発の初期では、生体に異物である^{99m}Tcを用いた薬剤は、肝機能や腎機能などの排泄系の診断にのみ使用可能と考えられていた。しかしTc化学の進展から、現在では脳血流や心筋血流を始めとする様々な核医学診断に使用される^{99m}Tc放射性医薬品が開発されている。しかし、^{99m}Tc放射性医薬品の将来に暗雲が垂れ込めている。

^{99m}Tcの親核種である⁹⁹Moは²³⁵U(ウラン-235)の核分裂生成物から分離・精製される。カナダ、欧州、南アフリカの原子炉で世界全体の95%の⁹⁹Moが製造されている。米国に次ぐ世界第2の⁹⁹Mo使用国である本邦も、すべての⁹⁹Moを輸入に依存している。しかし、多くの原子炉が初臨界から50年以上経過して老朽化の問題を抱えている。故障や定期点検による一時的な稼働停止が全世

界への⁹⁹Moの供給に大きな影響を及ぼす。実際、2009年5月に世界最大の⁹⁹Mo製造炉(カナダNRU炉)が1年以上以上操業停止した際には、世界的に⁹⁹Moの供給が不足し、本邦の核医学診断にも大きな支障を来した。2013年5月にはカナダNRU炉の製造量低下、10月には欧州精製工場の故障と⁹⁹Moの供給低下が続き、本邦の^{99m}Tcの供給も影響を受けた。そして、カナダNRU炉は2016年以降、フランスOsiris炉は2015から2020年までの操業停止が、オランダHFR炉は2022年に廃炉が予定されている。

これに対してオランダでは2024年、フランスでは2019年の稼働を目指した後継炉が計画されている。比較的新しいオーストラリア原子炉での増産やロシア原子炉での製造も予定されている。また、カナダと米国では、加速器を用いた⁹⁹Moの製造が計画中である。このように、世界各国で対応が進められているが、2016年以降、世界的な⁹⁹Mo/^{99m}Tcの供給不足が懸念される。

本邦では、2010年10月に「⁹⁹Mo/^{99m}Tcの安定供給のための官民検討会」が開催され、^{99m}Tc製剤の安定供給に向けた提言がなされた。本検討会を受けて、日本アイソトープ協会に「⁹⁹Mo国内製造の事業化に向けた検討委員会」が設置され、継続的に検討されている。当初は原子力研究開発機構の研究炉や原子力発電所の利用が検討されたが、東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故を契機に、加速器による⁹⁹Moの製造が現実的と考えられている。また、核分裂から得られる⁹⁹Moに比べて比放射能が著しく低いことから、効率良く^{99m}Tcを取り出す方法の確立も必要とされる。

2016年は目前に迫っている。加速器を用いた⁹⁹Moの国産化には莫大な初期投資が必要とされる。⁹⁹Mo製造用加速器を用いた⁶⁷Ga(ガリウム-67)や¹¹¹In(インジウム-111)、治療用の放射性核種の製造とアイソトープ治療薬剤の開発、そして核医学診断に魅力的な^{99m}Tc放射性医薬品の新規開発は、国産化事業の推進を強く後押しする。各専門家の叡智を集結してこれに立ち向かうときである。私も微力ながら医薬品開発に貢献できればと考えている。

.....

あらの やすし(千葉大学大学院 教授)

プロフィール●1954年三重県伊勢市生まれ。千葉大学大学院 薬学研究院 分子画像薬品学研究室 教授、同大学アイソトープ実験施設長、現在に至る。

眼の水晶体線量限度の見直し

〔シリーズ2〕

水晶体被ばくの評価と実態

独立行政法人 放射線医学総合研究所 医療被ばく研究推進室 室長 赤羽 恵一



放射線防護分野で用いられる線量指標には、物理量・防護量・実用量がある。物理量は、物理学的に定義され、直接測定可能な量で、例えば吸収線量や空気カーマなどが相当する。防護に直接関係する防護量は、放射線の生物学的影響を考慮した、等価線量および実効線量である。しかしながら、防護量は、組織あるいは臓器の平均吸収線量を求める必要があり、測定により直接評価することはほとんど不可能である。そのため、防護量の代替とすべく、測定可能な量として定義され、実際の放射線の安全管理において測定されているのが実用量である。実用量には大きく分けて二種類ある。一つはサーベイメータなどで測定される周辺線量当量（測定値がSv表示の場合）、もう一つは個人線量計で測定される個人線量当量である。さらに、両者には1cm線量当量・70 μ m線量当量・3mm線量当量があり、それぞれエリアモニタリング・個人モニタリングの際に、実効線量・皮膚の等価線量・水晶体の等価線量の代わりとして扱われる。

眼の水晶体の被ばく線量は、国際放射線防護委員会(ICRP)の1990年勧告(Publ.60)が、2000年に国内の放射線関連法令に取り入れられた際、特殊な場合(特定エネルギーの電子線の直接被ばく)を除き、個人線量計から得られた外部被ばくによる1cm線量当量または70 μ m線量当量のうち値が大きい方を採用することで、安全側の評価を行うことができるとされた。従って、現行の規制には、眼の水晶体の被ばく(3mm線量当量)は、直接の評価対象となっていない。外部被ばくの測定では、人体部位を「頭部およびけい部」、「胸部および上腕部」、「腹部および大たい部」に分けたとき、個人線量計を付けていない部位(男女で異なる)が最大に被ばくする場合は、その当該部位を測定することになっている。そこで、通常の胸部あるいは腹部の測定値(1cmおよび70 μ m線量当量)の場合に加え、「頭部およびけい部」の測定値によって、眼の水晶体の被ばくが評価される場合がある。

実際の被ばく線量の評価については、個人線量測定機関協議会(個線協)の報告が参考になる。個線協は、個人線量測定サービスを行っている4社(産業科学・千代田テクノル・長瀬ランダウア・ポニー工業:五十音順)で構成される機関で、個人モニタリングの結果(実効線量)を公表している。2012年度の業種別の実効線量分布によれば、全職種489,077人中、50mSvを超えたのは、一般医療の13人と一般工業の1人の、合計14人であった。医療機関

13名の内訳は、医師9人・診療放射線技師(以下「技師」)2人・看護師1人・その他1人となっている。20mSvを超える被ばくでは、一般医療304人・歯科医療3人・獣医療1人・一般工業4人・非破壊4人・研究教育1人となる。その中の医療分野の内訳は、医師188人・技師80人・看護師9人・その他30人である。ただし、全体の平均値としてみた場合、医療従事者の中では技師の線量が比較的高い。

測定データから、絶対値としては少数ではあるが、医療従事者、特に医師に、比較的高い被ばくを受けた人の数が多いことがわかる。実際、IVR(インターベンショナルラジオロジー)の術者に、高い線量を受ける従事者が多いと言うことが、以前から指摘されている。IVRは、患者に対するX線の透視が長時間になり得る手技であり、患者に確定的影響である皮膚障害が生じることもある。そのため、患者近くに立つ医師は、患者からの散乱線を受けやすい。報告された実効線量の分布は、放射線業務(あるいは放射線診療)従事者が、個人線量計を装着して被ばく線量を測定した結果のまとめであり、必ずしも全ての従事者に対して確実に測定が行われたことを示すものではない。また、防護メガネを装着していた場合、特にメガネによる遮蔽(減衰)を考慮しなければ、水晶体の被ばく線量を過大評価することになる。更に、線量計の付け忘れや、意図的に付けていない従事者の線量は、この集計に含まれていないことにも留意する必要がある。その他の医療部門でも、眼の水晶体に比較的高い被ばくを受けることもあるようであるが、今のところ、きちんとまとめられた情報がない状況である。原子力施設等、他の職種における水晶体被ばくの情報は少ないが、あまり問題にはなっていないようである。

水晶体の被ばく線量を直接評価した測定値はほとんどなく、現状では、個人線量計の測定値、あるいはエリアモニタリングの値から推定するしか方法がない。先述の通り、個人線量計の測定値からは、数は多くないものの、20mSvを超えた従事者は全体の0.06%程度、15から20mSvの被ばくまで含めると0.13%程度は存在している計算になる。水晶体の線量限度が5年平均で20mSvになった場合、水晶体の等価線量の数値が実効線量程度と仮定すると、これら従事者は、線量限度の超過が懸念される。医療分野だけでなく、どのような作業によって、比較的高い線量を受けているのか、取られている防護手法はどのようなものなのか、まずは実態を把握することが必要と思われる。国内の放射線関連学会では、水晶体の新線量限度に対する関心が少しずつ高まってきており、議論もされ始めているところである。

未来を拓く次世代加速器：国際リニアコライダー

〔その6〕 科学研究を超えてひろがる未来

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 山本 明



6ヶ月間の国際リニアコライダー（ILC）に関する連載も今回が最終回となります。ILCは、この宇宙がどのように成り立っているのか、またどのようにして現在の姿になったのか、という根本的な謎を解明するための大型の実験施設です。全長30kmを超える直線の地下トンネルの中に直線型の加速器を設置し、トンネルの中央で電子と陽電子を衝突させます。その名の通り、国際協力でILCの実現に向けた取組みが行われています。2020年代中に運用開始が期待されているこの加速器の有力な建設候補地は、なんと日本です。

これまでの連載で、ILCに使われる様々な最先端技術をご紹介してきました。それらの技術の医療応用や産業波及はもちろん、ILC建設に係る地質や環境などの調査、新しい国際研究所ができることによる教育・文化育成への利用など、多岐に渡って社会に還元されていくことが期待されています。ILC計画は、いわば、分野の垣根を越えた一大プロジェクト。この一大プロジェクトで、日本という国が様々な観点で変容することは想像に難くありません。

素粒子物理学の研究は、これまでも、現代の産業、暮らしを支える様々なテクノロジーを産み出してきました。例えば、電子の発見がエレクトロニクスを、量子力学がライフサイエンス・ナノテクノロジー・ITを生み出しました。PETなどの医療診断装置や粒子線治療装置も加速器の技術が波及した成果です。加速器がつくる特殊な光「放射光」は、創薬・材料、設計・分析の必須の基盤となっています。また、電子線滅菌装置は医療・食品衛生を根底から支えています。そして意外な分野にも素粒子物理研究から生まれた技術が役立っています。それは、ワールドワイドウェブ（WWW）。世界中に広がる素粒子物理の研究者の間での情報交換を素早く、容易にするために発明された仕組みです。このように、素粒子物理の研究から派生する分野は幅広く、ILCの建設に伴う産業波及効果も、非常に大きいものになると考えられ

ています。

ILC建設に必要とされる精密な部品や機器を製造するために、ILC周辺には、長期的に関連産業分野の企業立地が促進されることが期待できます。中小企業をはじめ、地域の企業が競争力をつけることによって、高い成長力を持った、先端科学技術産業の集積が加速化することでしょう。これは、ものづくり大国・日本の再生に向けた、次世代の科学技術・産業の「土台」作りとなるかもしれません。

また、ILCの建設・運用で、新たな雇用・人材育成機会が創出されることも期待できます。推計では、ILCの建設段階から運用段階に至る30年間で、全国ベースで、累計、約25万人分の雇用機会が創出されるとされています。（野村総合研究所資料より）

また、資源小国の日本の財産は「人」です。ILCは未来の人材育成にも大きく貢献することでしょう。ILCが日本に誘致できることにより、世界中の素粒子物理および加速器科学の研究者や学生は日本に集うこととなります。世界の様々な文化を背景とする多くの人々が日本を舞台として活躍

し、日本は新たな文化・技術の創造・発信を行う「知の拠点」となることでしょう。知の拠点ILCの形成は、未来を担う子どもたちへの教育や人間形成にも役立つことが期待できます。世界一流の国際物理学者と直接ふれあい、ノーベル賞級の発見を目のあたりにする子ども達は、難しいなぞに挑戦することの楽しさを身近に感じることができるよう。

もちろん、ILCの設計、建設、運用は、幅広い分野の多くの企業・技術者の人々と素粒子研究者、そして建設地の地域の方々をはじめとする多くの皆さんの力を合わせてはじめて実現されるものです。この連載で、ILC計画に少しでも興味を持って頂けたら非常に嬉しく思います。ILC計画に関する更に詳しい情報は、ホームページをご覧ください。

(<http://aaa-sentan.org/ILC/>)

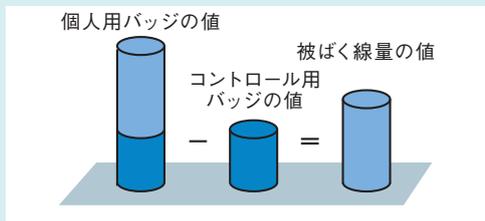


お願い

カスタマーサービス
担当より

コントロールバッジについて

コントロールバッジは、個人用バッジの自然放射線による影響分を差し引き、放射線業務上の正味の被ばく線量を正確に算出するために用いるバッジです。



自然放射線は地域や季節などにより変動しますので、正確な個人被ばく量を報告するためにはそれぞれの事業所に置かれたコントロールバッジが必要となります。

必ず同一着用期間のコントロールバッジと個人用バッジを一緒にご返却くださいますようお願い申し上げます。

※コントロールバッジが返却されていない場合、当社基準を採用し個人の被ばく線量を算出いたします。

ご案内

個人別年間被ばく線量明細レポート

当社では「個人別年間被ばく線量明細レポート」の作成サービスを行っております。このサービスをご利用いただきますと、転記する手間もかからず、個人別被ばく台帳としてご活用いただけます。

なお、この明細レポートの料金は、1年度につき1名様分400円(税別)となっております。

お申し込み・お問い合わせは当社カスタマーサービス担当まで
Tel. 029-839-3322 Fax. 029-836-8441

ちよつと知っ得 七夕(しちせき)の由来

「しちせき」というより「たなばた」の方が私たちにとって耳慣れしていますね。「七夕」と言えば、織姫と彦星。元々は中国から伝わり奈良時代に広まったと言います。裁縫が仕事の「織女星」と農業が仕事の「牽牛星」の伝説で、手芸や裁縫の上達を祈願する中国の風習「吃巧羹」が日本の神事に結びつけられ、重要な日本の行事となったもの(*五節句の1つ)。

日本の宮中では、元々「しちせき」と呼ばれ、のちに「たなばた」となったようですが、古くから農村地域で豊作を祈り、種を播く「種播祭」があり、宮中で行なわれた「しちせき」が庶民に広まった時、混同され、「たなばた」と呼ばれるようになったという説があるようです。

漢字は当て字で「棚機」と書き、この織り機で織った着物を棚に供え、神様を迎え豊作を祈ったり、自分の罪や穢を滝、川、海などの水で身を清め祓う日本の古い行事で、その準備を7月7日夜に行なわれるようになり、現在の七夕はここからきていると言う説。語源では、「棚機つ女」の下略であると言う説があります。ここで言う「つ」は「の」の意味。

皆さんは短冊にどんな願いを書きますか? (神田 みゆき)

*五節句: 上記の他に人日(1/7)、上巳(3/3 雑祭)、端午(5/5)、重陽(9/9 菊の節句)。元旦は別格とし、正月行事の最終日7日を五節句に取り入れたようです。

編集後記

「20xx年問題」私は長くシステムに携わってきた関係で、この言葉にはかなり敏感に反応します。まずもっとも有名な2000年問題(Y2K)から始まりました。当時、約800本のプログラムを3人で修正しなければならなかったため、毎日修正作業に追われた記憶が残っています。さらに翌年には現行法令対応のプログラム

作成が待っていたため、2000年問題が終っても、次は2001年問題かと呟いた記憶もあります。話を世界のシステム問題に戻すと、近年ではIPv4枯渇予測による2010年問題、今年はWindows XPサポート終了による2014年問題にも直面してきました。今後起こりうるシステムの20xx問題は多々ありますが、いつの日か自動的に対応してくれる世の中になってほしいものです。(松岡 紀実)

長瀬ランダウア(株)ホームページ・Eメール

<http://www.nagase-landauer.co.jp>
E-mail: mail@nagase-landauer.co.jp

■当社へのお問い合わせ、ご連絡は
本社 Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8441
大阪 Tel.06-6535-2675 Fax.06-6541-0931

NLだより No.439
平成26年<7月号>
毎月1日発行 発行部数: 35,700部

発行 長瀬ランダウア株式会社
〒300-2686
茨城県つくば市諏訪C22街区1
発行人 中井 光正