



Photo H. Fukuda

Index

放射線で判る水の世界	中西 友子	1
放射線育種の素晴らしさ ―農業の進歩支える―	町 末男	6
日本学術会議の提言について		
―放射線作業者の被ばくの一元管理について―	壽藤 紀道	7
平成22年度		
第22回「放射線夏の学校」・第17回「工学会夏期セミナー」を開催して…		9
ガラスバッジ技術仕様改訂のお知らせ		11
平成21年度 一人平均年間被ばく実効線量0.21ミリシーベルト …	中村 尚司	12
平成21年度 年齢・性別個人線量の実態		15
平成22年度「医療放射線管理講習会」の開催		18
「日本放射線安全管理学会第9回学術大会」開催のご案内		18
〔サービス部門からのお願い〕		
コントロール用モニタは予備モニタではありません！		19

放射線で判る水の世界



中西 友子*

1. はじめに

植物の生育には水が欠かせないことは誰でも理解できるだろう。では、水と農地に植えられる作物の収量との関係はどのくらい理解されているだろうか？米国の報告によると、畑に植える作物が全て生育して収穫できる割合、つまり最大収量を100%とすると、実にその20%しか収穫できていないとされている。植えられた作物の80%が生育できずに収穫をもたらない収量損失となるというのである。その原因を調べてみると、環境ストレスによるものであり、何とその半分以上が水に関連するストレスなのである（図1）。病気や害虫、雑草などの害による収量損失は収量損失の僅か12%弱でしかない。このことは農業生産でいかに水管理が大切かを物語っているといえよう。

では植物はどのように水を吸収し、また体内で水はどのように分布しているのだろうか。根から吸収された水は導管というパイプで上

部に運ばれているとよく教科書などで説明されており、色水を使うと花びらまで染まっていくことから確かに水の通る道を知ることができる。しかしよく考えてみると、それは色水中の色素の動きを見ているのであって、水そのものの動きを見ているわけではない。

NMR（核磁気共鳴）を用いても水の像は得られるが、NMRでは一般に試料を試験管に入れて測定しなければならないため、試料の大きさや、温度、照度などの試料環境を制御することは困難である。そこで、私たちは中性子線やポジトロン放出核種を含むアイソトープを利用して、生きた植物をそのままの状態ですその中の水そのものの分布や動態を観測することを試みた。

2. 中性子線による水の像

中性子線を試料に照射すると、試料中の元素により透過・散乱される割合が大きく異なる。中性子線の透過度は水素やリチウムなどの軽い元素ならびに希土類のいくつかの元素では、他の元素と比較して著しく低くなる。X線は原子の中の電子と相互作用をするため、原子番号が高くなるに従い透過度が低くなるが、中性子線では逆に小さい元素ほど透過度が低くなる。俗にX線は重い元素、中性子線は軽い元素を可視化と言われる所以である。植物試料に中性子線を照射すると主に水素の像が撮れる。生きた組織の80%以上が水



図1 作物の収量

* Tomoko NAKANISHI 東京大学 大学院 農学生命科学研究科 教授

で占められていることから、得られる像は水の像と称しても差し支えないことが判ってきている。

実際に中性子線像を得るためには試料を通り抜けた中性子線をコンバータで放射線あるいは光に変換し、夫々X線フィルムやCCDカメラで像としている。中性子線の照射により植物中の水の像が特異的に得られるということは、組織の像が得られるということでもあり、通常は見えない土壤中の根の像や鞘中の種子の生育状況を非破壊状態でイメージング解析できることになる。また中性子線による水分分布を経時的に調べると、環境などの変化により組織のどこから水がどのように変化していくかを解析できることになる。

図2に中性子線像の例としてマメ科植物であるササゲの像を示した。これはX線フィルムに感光させた像であるが、試料中、水の多いところほど中性子線の透過度が低くなるため、試料の後ろに設置したX線フィルムの感光度も低くなり、より白く写る。逆に水が少ないところほど中性子線の透過度が高く像は黒くなる。得られた像の黒化度は水分の量に換算することができる。ササゲはアジアやアフリカの半乾燥地に生育する重要な穀物である。ササゲには図2に示されるように他のマメ科植物と比較すると、初葉と第一本葉の間の節に水分が多く、貯水組織として機能しているのではないかとわれてきたがまだよく判っていなかった。そこで、調べてみたところ、ササゲは乾燥状態でも光合成能が高く維持され、また乾燥時にはこの節から優先的に水が減少することが示された。つまりこの節の貯水組織としての機能が示唆されたのである。この節を切断すると他の節と比較して細胞の数はそれほど異ならないものの、ひとつひとつの細胞が水を多く含み膨らんでいることが明らかになった。

中性子線を照射すると、通常見ることができない土壤中の根の像も得ることができる。

図3は中性子線照射で得られた2次元の土壤

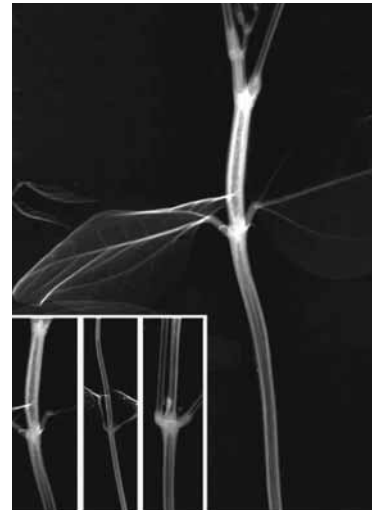


図2 ササゲの中性子線像
左下図は左からササゲ、インゲン、ダイズの節の像

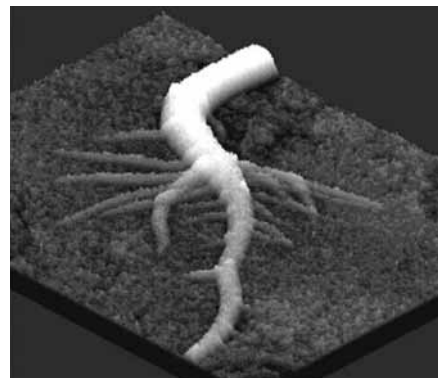


図3 中性子線による土壤中のダイズの根水分が多いところほど高くなるよう、2次元の像を変換した図。

中のダイズの根の像を、コンピュータで白いところほど、つまり水分量が多いところほど高くなるように3次元化させた図である。このような中性子線を用いた像からは、根の生育形態が見えるだけでなく、日を追って同じ試料を撮影することにより、側根が主根のどこからどのように生育するか、また根のどこから水分が吸収されるかを解析することができる。根の生育は地上部の生育との関連が深く、ひいては収量との相関も高いため、中性子線を用いた根の生育状況の可視化は、土壤改良法や作物への施肥法などの研究に大きな

貢献をすると思われる。

通常は根の生育状態を調べるためには、根を取り出して、格子をあて、格子と根の交点の数を求めて評価する。カイワレダイコンを用い、中性子線像の画像解析から根の生育を評価してこの格子法と比較を行ったところ、根の生育判断結果に高い相関が得られることが判った。

中性子線による像の分解能は今のところX線フィルムの銀粒子の大きさに依存し、 $20\mu\text{m}$ ほどと見積もられている。X線フィルムの代わりに中性子線用に開発されたイメージングプレートを用いることも可能であるが、像を読み取る装置の分解能が通常 $100\mu\text{m}$ 、最高で $25\mu\text{m}$ であることから、高分解能像を得るためには、現在ではX線フィルム法に頼らざるを得ない。

立体像を得るためには、試料を回転させながら各角度における中性子線像をCCDカメラを用いて撮影する。私たちは試料を1度づつ、180度まで回転させ、180枚のプロジェクション像を得、コンピュータ処理により立体像を構築した。この場合の像の分解能は約 $100\mu\text{m}$ と見積もられている。

中性子線によるイメージングでは、切り花や種子の水分吸収過程、木材の水分吸収ならびに乾燥過程などの可視化解析が可能なことも示されてきた。特にトウモロコシの種子では、種子を水に浸すと、水は胚軸に優先的に蓄積され発根が促されていく課程を見ることが出来る。小口材では年輪ごとに水分量が高分布し、心材部と辺材部の水分量には大きな差があることが判った。そこでスギの小口材を高湿度下で乾燥させながら、一定時間ごとに中性子線像を撮影すると、どこからどのように水分量が減少していくかを可視化分析できた。

3. 放射性核種を用いた水のイメージング計測



水に加速した陽子線を照射するとポジトロ

ン放出核種である ^{18}F が生成する。そこで、乾燥に強いササゲの水分吸収動態を調べるため、 ^{18}F からの放射線を植物の外側から測定することにより、経時的な水分吸収曲線を求めた。まず、ササゲとインゲンの水分吸収動態を比較したところ、通常ではあまり変わらないものの、乾燥下に置き、萎びる寸前に再度水を吸収させると、インゲンは水分を吸収できなかったが、ササゲは乾燥処理前と同様に水分を吸収し始めた。

そこで、次に、アフリカで自生していた2,000種類のササゲから選択された、乾燥状態に強い(耐性)品種と弱い(感受性)品種における水分吸収動態を比較してみた。当初は当然ながら耐性品種は水分を吸収する能力が大きいから多量の水分を吸収していると予想していた。しかし、驚いたことには通常では耐性ササゲは感受性ササゲよりもはるかに少ない量の水しか吸収していなかった。そして感受性ササゲの方は多量の水を吸収していたのである。しかし、一旦乾燥状態に置かれると、耐性ササゲの吸収する水分量は急に多くなり、感受性ササゲは水分をほとんど吸収できなくなった。つまり耐性ササゲは水吸収能力が高いにも関わらず、通常はより少ない量の水しか吸収していなかったのである。このことは普段からつましく生活している方がいざという時に強いという自然の戒めのようにも感じられる。

当初は半減期が110分と比較的長いことから、 ^{18}F を用いて水の動きをトレースしていたが、 ^{18}F イオンが水そのものの動きとは異なる可能性もある。そこで、半減期が僅か2分である ^{15}O を用いて水動態を調べてみた。ポジトロン放出核種を用いる場合には、いわゆる「ポジトロンの抜け」と呼ばれる現象のため、組織の厚さが2-3mmはないと十分にポジトロンは消滅しない。葉のような薄い組織からポジトロンは抜け出て組織の外で1対の γ 線となるので定量性を求めることが極めて困難となる。

そのため、ダイズの根の上部に位置する 1 cm の茎（径 2 - 3 mm）をターゲットとし、根から吸収された ^{15}O -水が時間が経つにつれて、この 1 cm の茎にどの位の量が蓄積されていくかを測定できる装置を組み立てて調べてみた（図 4）。その結果、驚いたことに、1 cm の茎に蓄積していく水の量は、時間と共に増加の一途を辿ったのである（図 5）。 ^{15}O の



図 4 ダイズへの ^{15}O -水供給
根上部 1 cm の茎に運ばれる ^{15}O -水量を定量した

半減期が 2 分なので、測定中、放射能は見る間に減衰してしまい、測定時間は高々、1,000 秒ほどであったが、水の量は 1 cm の茎の体積近くまで増加した。

植物では根から吸収された水は導管と呼ばれる組織を通して上部に運ばれるが、1 cm の茎中の導管の体積は $2\ \mu\text{l}$ ほどしかない。それを遥かに超える量の水が 1 cm の茎に測定されたことは、導管から多量の水が周囲に漏れ出て茎全体に拡がっていることを意味する。

では漏れ出た水はどうなるのだろうか。答えは、①他の組織を伝わって上部に運ばれる、②茎の表面から蒸散する、③篩管に流れ込む、④また導管に戻る、の 4 通りしかない。茎中には細胞が詰まっているので空洞となっている導管と比較すると他の組織から水が上部へ運ばれるとは考えにくい。蒸散で失われる水の量から考えると導管と同じ位の速度で他の組織から水が運ばれていかないと辻褄が合わない。また茎の表面にワセリンを塗って茎表面からの蒸散を防いでも、篩管を除去しても吸水曲線に変化はなかった。ということは、導管から漏れ出た水のほとんどはまた導管に

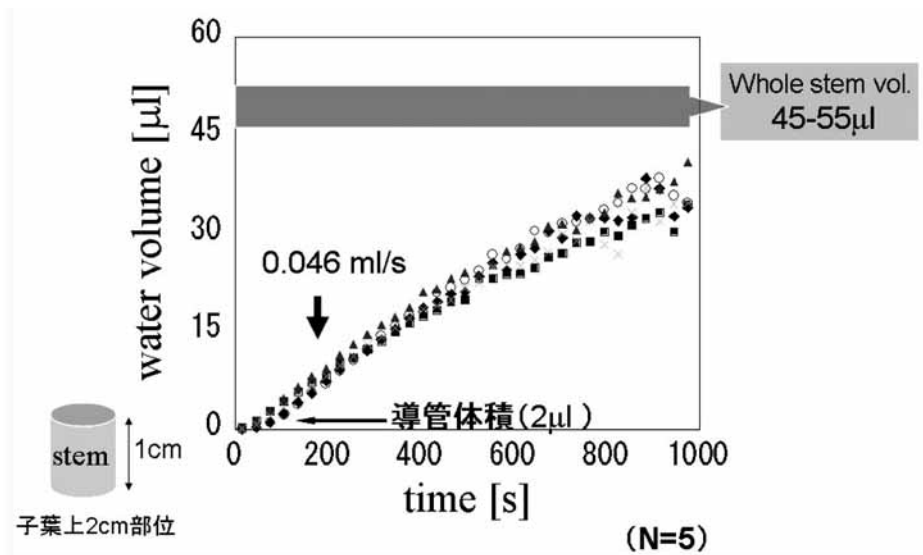


図 5 ダイズの茎（1 cm）の ^{15}O -水蓄積曲線
導管の体積をはるかに超える ^{15}O -水量が測定された。

戻って上部へ運ばれていたことになる。つまり、単なる水を通すパイプと思われていた導管からはまるでパイプの壁が無いくらい常に多量の水が漏れ出てまたパイプに戻るという水循環が示されたのである。

このことを確かめるため、 ^3H -水を5秒間だけダイズの根から吸水させ、ターゲットに位置する茎を切ってラジオグラフィを撮ってみた。 ^3H からの β 線のエネルギーは非常に低いので、実際に茎を切ってイメージしなければ放射能の分布を知ることができないからである。その結果、 ^3H -水は導管から漏れ出て20秒後には茎全体に広がり、2分後にはまた元に戻っていることが示された。面白いことには、湿度が高く植物があまり蒸散しない状況でもパイプから漏れ出る水の量には変化が見られなかった。つまりいつも一定量の水が植物体内で循環しているのである。植物では新しく吸収された水が古い水と置き換わる時間は数十分と以外に短い。こんなに早く、しかも濃度差がある訳ではなく、溶け込んでいるイオンなどとは無関係に水だけが動くという、従来の予想をはるかに超える事実が示されたのである。

4. おわりに

植物体内のあらゆる活動は水溶液中の化学反応で支えられており、その代表的な活動は空気中の二酸化炭素と水から糖を作る光合成である。光合成については古くから研究が行われてきており、種々の化学反応系や反応に利用される光の波長などについても調べられてきた。しかし、光合成に必要な水はどこからどのくらい供給されるかについてはほとんど報告されていない。水は反応場に存在することが当たり前のように思われてきた節がある。水はあまりにも私たちの身近にあるので水そのものの動きや性質を見過ごしがちである、というよりも測定手法がほとんど無かったので調べようがなかったと言った方がよい。

そこで私達は中性子線や、半減期が非常に短く扱いにくい放射性核種を駆使することにより水の分布や動態について調べることを試みた。そして、その結果、私たちが得た実験結果、特に動けない植物の体内で常に水循環が行われているということは非常に衝撃的であった。水は濃度が低いところから高いところへ、つまり浸透圧によって動くと思われてきたが、植物中では濃度差以外にも水が早く動くすべを持っていることが示されたのである。人の場合にも一日に200リットルの水が体内を動いているといわれている。人が動くとき、ある部分が瞬時に縮まり、反対側が延びる。こんな早い動きができるのは水が瞬時に動くためとしか考えられない。

水については水チャンネルという水だけを通すタンパク質の穴を通過して移動することが知られている。しかし、この水チャンネルが発見されたのは僅か17年前であり、発見者は7年前にノーベル賞を受賞したばかりである。水の重要性が問われている昨今、生物と水との係わり合いについて、もっともっとこれからも考察していく必要がある。

プロフィール

1978年東京大学大学院理学系研究科化学専門課程博士課程修了。理学博士。日本ゼオン(株)技術開発センター研究員、米国カリフォルニア大学ローレンスバークレイ研究所、M. Calvin Lab. (Chemical Biodynamics) 博士研究員、などを経て現在、東京大学大学院農学生命科学研究科教授。放射線やアイソトープなどを駆使した植物における水や養分元素の動態解析を進めている。 β 線放出核種を用いる、植物個体マクロイメージング装置とアイソトープ/蛍光イメージング装置の開発により、植物活動のリアルタイム解析を行っている。東京大学総長補佐、東京大学環境安全本部長、第20期日本学会会議会員などを務めた。現在、文部科学省科学技術学術審議会委員、ユネスコ国内委員、総合科学技術会議基本政策専門調査会委員ほか。

放射線育種の素晴らしさ — 農業の進歩支える —

元・原子力委員 町 末 男



水と食糧は生命線である。食料を支えるのは農業である。その農業をより生産性の高いものにし、加えて環境を汚染しない持続可能なものにする事が大事である。

そのための重要な方法が放射線による突然変異を利用した新しい優れた品種の開発である。新品種を作るには先端的な「遺伝子操作技術」もあるが、まだ多くの国で国民に受け入れられていない。

放射線育種法には約50年の歴史があり、これまで世界で約3000もの優れた新品種が生み出されている。

20世紀梨を再生させた新品種

まず、約20年前の日本での成功例を紹介しよう。20世紀梨は長く好まれた梨であるが、栽培農家にとっての悩みは、黒斑病という病気に弱い事であった。この病気を防ぐために、収穫までに20回も消毒と袋掛けの作業を繰り返す必要があり、人手が足りなくなった多くの農家は栽培を諦めようとしていた。

農林水産省の放射線育種場が、茨城県にあるガンマフィールドで偶然消毒をし忘れていた20世紀梨の木の殆どの実が黒斑病に侵されている中で、一枝についた実だけが見事に実っている事を見つけた。この枝から新品種が生まれた。これによって消毒の回数は4分の1に減ったので農家は20世紀梨の栽培を継続する事が出来たのである。

ベトナムは米の輸入国から輸出国に転換—放射線育種で作った新品種の貢献

ベトナムでは稲の放射線育種で奇跡に近い成果が得られている。かつてベトナムは主食の米が不足相当量輸入していた。今、輸出国に転じている。これをもたらしたのは1997年と1999年に放射線育種で開発され



ペルーに多い標高の高い高地に育つ大麦が必要とされている。IAEAの協力によって放射線育種法で高地に適した早熟性品種の開発に成功した。この写真は筆者が開発試験の行われている現地を訪れた時のものである。

た2つの新品種 TNDB-100と THDB である。前者は早稲の品種で、これまで収穫まで200日を必要としていたものを、半分の95日に短縮し、二毛作、三毛作を可能にした。しかも病気に強く、酸性土でも育つ。後者は広大なメコンデルタで栽培できる、硫酸酸性土にも塩水にも強い品種で、これによってコメの生産を飛躍的に増やす事が出来たのである。

ペルーの高地で育つ大麦

もう一つの例はペルーの5,000mの高地で育つ大麦の開発である。IAEAの協力によって数年かけて開発した新品種によって、収穫を52%も増加する事が出来た。

結び

比較的最近の成功例を紹介したが、今後もニーズに応えた新品種が生まれ続けるであろう。特に農業を持続可能にするためには、収穫が高く、農薬や化学肥料が少なく済むような、環境により優しい品種の開発が必要であろう。

(2010年9月1日稿)

日本学術会議の提言について — 放射線作業者の被ばくの一元管理について —

壽藤 紀道*

はじめに

日本学術会議 基礎医学委員会・総合工学委員会合同 放射線・放射能の利用に伴う課題検討分科会（委員長 柴田徳思：㈱日本原子力研究開発機構客員研究員）は、平成22年7月1日付けで「放射線作業者の被ばくの一元管理について」と題する「提言」を公表しました。この提言は、「要旨」、「本文」及び「参考資料」などを含め、50ページ近くの報告書として公表されています。この提言の内容は、皆様にご利用いただいている個人線量測定サービスとも密接な関係を持つこととなりますので、個人線量測定機関協議会（個線協）の対応を含め、その概要について紹介します。

1. 被ばくの一元管理

報告書では、被ばくの一元管理とは、

- ①放射線作業者個人の、法的管理期間内（5年間及び1年間）の被ばく線量及び放射線作業の開始時点からの生涯線量（累積線量）を一括して把握できる（作業場所が異なっても同一個人であることを確認できるように「名寄せ」する）ようにすること
 - ②原子力施設、医療施設、工業施設等あらゆる原子力・放射線利用の領域で業務に従事している、あるいは、従事していた全放射線作業者の業務上の被ばく線量を包括的に把握できるようにすること
- を言う、としています。

2. 背景と課題

報告書では、この提言を公表するに至った主な背景と課題について、次のように述べています。

- ①原子力・放射線利用がますます拡大していく中で、放射線作業者が安心して働くためには、それぞれの放射線作業者が業務の過程で受けてきた線量が確実に把握でき、法律等で規定されている線量限度の値を超えていないことを確認できるようなシステムを整えておくことは、利用にあたっての基本である。
- ②わが国では、放射線作業者の累積線量、および、5年間あるいは1年間の被ばく線量を確実に把握し評価するシステムを持っていない。また、個線協のデータによると、線量限度を超えて被ばくをしている放射線作業者也確認されているにもかかわらず、法的に必要な措置さえ取られていないことは原子力先進国として恥ずべきことである。
- ③他の原子力・放射線利用の先進諸国では、放射線作業者の生涯にわたる線量を把握するシステムが出来上がっているところが多い。わが国でも、幸い、放射線作業者に対しては、個人ごとの線量が定期的に測定されてきた。これらの測定結果が散逸してしまう前に、作業者の所属する事業所等が変わっても、一人ひとりの作業者の生涯にわたる線量を把握するシステムを一刻も早く確立することは、放射線作業者の安全確保の観点から、極めて重要である。これらのことから、全放射線作業者に

* Norimichi JUTO 弊社大洗研究所 主席研究員

いて、放射線作業者個人の管理期間内被ばく線量および生涯線量を一括把握するための一元管理は喫緊の課題である、としています。

3. 提言等の内容

提言の内容としては、行政に対するものと、関連学会に対するものとがあります。先ず、行政に対する提言は、次の3項目となっています。

①放射線作業者の被ばくの一元管理の必要性について認識すること

原子力・放射線の利用に際しては、放射線作業者の安全・安心のための被ばく管理は最も重要な基本事項の一つである。国は、放射線作業者の被ばく線量を一元的に管理するシステム確立の必要性を十分に認識し、具体的な方法を法令等で規制し、徹底していく必要がある。

②関連法令の改正等

被ばくの一元管理を実現するためには、以下の法令等の改正が必要である。

ア 施設管理者に被ばく線量を国へ報告させることの制度化

イ 認証済線量測定サービス制度等の制定

ウ 被ばくの一元管理に必要な情報に関する個人情報保護法の適用除外

③放射線作業者の被ばくの一元管理を検討する場合（検討会等）を設定すること

被ばくの一元管理に関しては、所管する省庁、関連する法令及び事業者が多いことから、府省横断的な検討会を設置し、本報告書で提言した方策を含め、一元化にむけた具体的な方策の検討を開始すべきである。

また、関連学会に対する提言として、次の二項目を挙げています。

①医療放射線安全に関連した学会に対する提言：放射線診療従事者の定義の明確化

②日本保健物理学会、日本原子力学会等

に対する提言：被ばくの一元化の実現に向けた理解と協力

4. 個線協としての対応

報告書では、被ばくの一元管理に関しては新たに設置する検討会で具体的な方策の検討を開始すべきとしており、一元管理システムに関する基本的な方法を述べるに留めていますが、原子炉等規制法の事業者を対象とした中央登録センターの登録管理システムと、個線協を構成する測定サービス会社が保有する被ばく線量関連データの活用非常に注目しています。また、被ばく線量の測定を実施する組織に対してはEU諸国が導入している「認証済線量測定サービス機関」の認証を与え、被ばくデータを集計・登録する組織に対しては「認証済登録機関」の認証を与える等の公的制度の制定が必要である、としています。

個線協としてはこれら大変注視しており、検討会が設置される場合などにおいては、その方針に沿いつつ、また、測定サービスのご利用者に対してより合理的なサービスが提供できるよう、今後の展開に応じて色々な協議を適宜進めることにしています。

おわりに

放射線作業者の被ばくの一元管理に関する提言の骨子を紹介しましたが、冒頭に記したように、測定サービスを提供する側としても、これをご利用いただく皆様にとりましても、これから設置されると思われる検討会における展開などに注目すべき状況となっています。

なお、この提言につきましては、日本学術会議のホームページ上に報告書の全文が掲載されておりますので、詳細についてはそちらを参照ください。

また、今後とも機会あるごとに、一元管理に係る事項につきましては、その進展状況などについて皆様に紹介してまいりたいと思います。

(完)

平成22年度

第22回「放射線夏の学校」・第17回「工学部会夏期セミナー」を開催して

平成22年8月2日(月)から4日(水)の3日間、茨城県開発公社「いこいの村瀬沼」において、日本応用物理学会放射線分科会の主催による「放射線夏の学校」が開催されました。今年は、日本原子力学会工学部会の夏期セミナーとの合同で、平成22年度「第22回放射線夏の学校」・「第17回工学部会夏期セミナー」となりました。今年の「夏の学校」は、放射線分科会としても初の試みでしたが、民間企業である㈱千代田テクノルがサポート役として事務局を務め、大洗研究所の職員総出で準備・運営に当たりました。

この「放射線夏の学校」は、若手研究者の育成を目的としており、講演、ポスター発表、施設見学、懇親会を通じて、研究者

の啓発・交流が図られるものです。今年の参加者は105名（講師11名、スタッフを含む）と、「放射線夏の学校」始まって以来初めての3桁の参加者数となりました。参加者は、日本応用物理学会、日本原子力学会環境保健物理・環境科学部会、日本保健物理学会、日本放射線安全管理学会、放射線計測研究会の協力のもとに公募し、20機関、13大学の研究者、学生の参加が得られました。

講演は、固体線量計の原理や特性等の基礎的な話から応用分野まで、幅広く各方面の先生にお願いして11件の講演が実現しました。元国際原子力機関事務次長の町末男先生には「持続的発展における原子力エネ



8月2日（初日）参加者集合写真



元国際原子力機関事務次長 町末男先生による特別講演

ルギーと放射線技術の役割－国際的視点から－と題する特別講演をいただくことができ、世界的な視点での原子力の動きをお聞かせいただきました。また、地質学がご専門の茨城大学 天野一男先生には、「私たちの国自然探訪－日本列島誕生ミラクル物語－」という題で、開催地である茨城の地質について、歴史を紐解きながらご講演いただきました。加えて、応用物理学会放射線分科会が選考する「放射線賞」を受賞された、放射線医学総合研究所の古場裕介氏（元九州大学）の記念講演もあり、研究者を目指す大学院生への良い刺激となったことと思います。さらに、現在稼働中の J-PARC における中性子、陽子ビームを利用した研究について、物理から生物、最新の利用研究の紹介を、日本原子力研究開発機構 J-PARC センター 柴田徳思先生よりご講演いただくことができ、専門的かつ高度な技術の話から夢のある話まで幅広い講演会となりました。

若手を中心としたポスター発表件数は、放射線計測技術や放射線検出器の開発・特性評価に関するものを中心に、33件でした。投票により、優秀なポスター発表者が選出され、応用物理学会から上位3名に放射線夏の学校ポスター賞を、また、原子力学会工学会から1名に工学会賞が授与されました。

2日目の午前中に企画した施設見学には、63名の参加者があり、日本原子力研究開発機構大洗研究開発センターと(株)千代田テクノラディエーション・モニタリング・センターおよび大洗研究所の校正施設を見



ポスター発表会場の様子

学しました。参加者からは「この『大洗地区および東海地区』に色々な原子力施設が集中していることに驚いた」との声や、「普段使用しているガラス線量計が大きな施設で大量に処理されている様子を見ることができて、よかった」との感想をいただき、有意義な見学会となりました。

今年の「放射線夏の学校」では、初めて、民間企業である(株)千代田テクノがサポート役として事務局を担当することで、「放射線夏の学校」に新たな要素が加えられることが期待されました。初日の懇親会では、(株)千代田テクノの細田敏和社長よりご挨拶をさせていただき、また、大洗町の小谷隆亮町長から激励のお言葉を頂戴することができ、この「夏の学校」を通して「放射線」のキーワードをもとに、町、人、社会の絆が結ばれたように思います。

この「放射線夏の学校」も、8月4日、猛暑の中、放射線分科会幹事の皆様、参加者の皆様のご協力により、おかげさまで無事に終えることができました。参加者の皆様には「また参加したい」と思っていただけのような「放射線夏の学校」となり、来年、再来年以後も参加いただけることと期待しています。

最後になりましたが、ボランティアで参加し、ご講演くださいました講師の先生方には、心より感謝申し上げます。来年の「放射線夏の学校」は、東北にて開催の予定です。きっと、避暑地にて、“熱い（暑い？）”「夏の学校」が開催されることと思います。ぜひご参加ください。

（「放射線夏の学校」事務局 宮本 由香）



ガラスバッジ技術仕様改訂のお知らせ

線量計測技術グループ

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す、誠にありがとうございます。
このたび、現在ご利用いただいておりますガラスバッジ（中性子広範囲用）について、これまでの技術の向上や改良に伴い技術仕様を改訂することとなりました。
つきましては、改訂内容を以下にご案内させていただきます。

* * * 改訂内容 * * *

【環境用ガラスバッジの測定エネルギー範囲（速中性子）を拡張しました。】

単色中性子エネルギーの照射が容易になったことから、140keV 付近の中性子に対する線量計の応答を確認することができたため、速中性子の測定可能エネルギー範囲を 170keV～15MeV から 140keV～15MeV に拡張しました。

【個人用ガラスバッジの最小検出限界線量（中性子）を改善しました。】

中性子検出素子の品質向上によりノイズが低減され、最小検出限界線量付近での精度が向上したため、1 cm線量当量の最小検出限界線量が0.07mSv から0.05mSv に改善されました。(図1) (報告線量は、0.1mSv を最小としていますので、これまでの報告と変わりません。)

【個人用ガラスバッジの中性子に対するエネルギー特性を改善しました。】

中性子検出素子の品質向上により、低エネルギー領域における応答がより 1 cm線量当量換算係数に近似し、精度良く評価することが可能となりました。(図2)
(²⁵²Cf、²⁴¹Am-Be 中性子照射試験では、算定線量に有意な差異がないことを確認しています。)

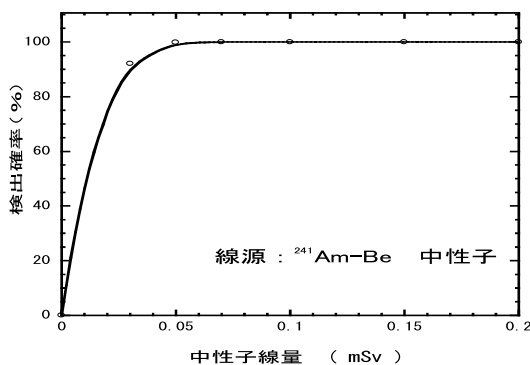


図1 中性子に対する最小検出限界特性

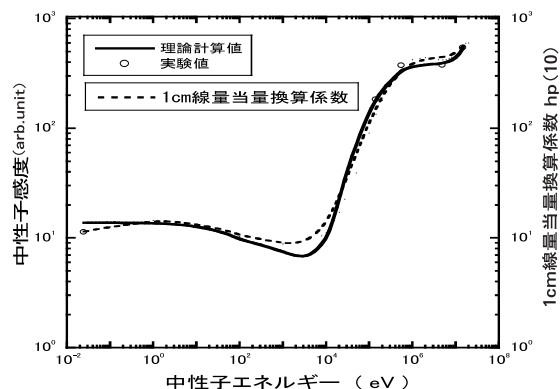


図2 中性子に対するエネルギー特性

ガラスバッジ技術仕様について何かご不明な点がございましたら、線量計測事業本部（TEL 03-3816-5210）までお問い合わせください。引き続き、弊社のモニタリングサービスをご愛用くださいますよう、よろしくお願い申し上げます。

平成21年度

一人平均年間被ばく実効線量 0.21ミリシーベルト



中村 尚司

弊社の測定・算定による、平成21年度（平成21年4月～22年3月）の個人線量当量の集計の詳細については、「個人線量当量の実態」（FBNews No.405（平成22年9月1日））に報告されていますが、ここでは同実効線量について、より簡略に見やすい形にして報告いたします。

集計方法

平成21年4月から平成22年3月までの間に、1回以上弊社の個人モニタを使用された244,025名（前年度は243,496名なので、529名増）を対象としました。

業種別の年実効線量は、全事業所を医療、研究教育、非破壊検査、一般工業、獣医療の5グループに分けて集計しました。

職業別の年実効線量は、医療関係についてのみ職種を医師、技師、看護師に分けました。

最小検出限界未満を示す「X」は、実効線量“ゼロ”として計算してあります。

集計結果

一人平均の年実効線量は、表1に示されているように0.21 mSvで、前年度（0.19 mSv）とごく僅か増えています。表1の業種別に見ると、医療が0.29 mSv（前年度0.28 mSv）、研究教育が0.02 mSv（前年度0.02 mSv）、非破壊検査が0.28 mSv（前年度0.33 mSv）、一般工業が0.04 mSv（前年度0.04 mSv）、獣医療が0.02 mSv（前年度0.03 mSv）となっていて、業種別

表1 平成21年度業種別年実効線量人数分布表（単位：人）（カッコ内の数字は％）

業 種	集 団 線 量 (人mSv)	平均線量 (mSv)	X (検出せず)	～0.10 (mSv)	0.11～ 1.00 (mSv)	1.01～ 5.00 (mSv)	5.01～ 10.00 (mSv)	10.01～ 15.00 (mSv)	15.01～ 20.00 (mSv)	20.01～ 50.00 (mSv)	50超 (mSv)	合 計 人 数
医 療	47,995.87	0.29	122,302 (74.60)	9,792 (5.97)	19,265 (11.75)	10,987 (6.70)	1,207 (0.74)	259 (0.16)	72 (0.04)	56 (0.03)	0 (0.00)	163,940 (100.00)
研 究 教 育	1,058.60	0.02	45,803 (96.65)	703 (1.48)	591 (1.25)	278 (0.59)	13 (0.03)	2 (0.00)	0 (0.00)	1 (0.00)	0 (0.00)	47,391 (100.00)
非破壊	895.20	0.28	2,328 (74.81)	162 (5.21)	369 (11.86)	227 (7.29)	19 (0.61)	4 (0.13)	0 (0.00)	3 (0.10)	0 (0.00)	3,112 (100.00)
一 般 工 業	1,730.90	0.04	34,831 (95.14)	585 (1.60)	754 (2.06)	377 (1.03)	48 (0.13)	11 (0.03)	0 (0.00)	2 (0.01)	1 (0.00)	36,609 (100.00)
獣医療	141.80	0.02	4,879 (95.97)	78 (1.53)	90 (1.77)	33 (0.65)	4 (0.08)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	5,084 (100.00)
全 体	51,810.77	0.21	198,987 (81.54)	10,839 (4.44)	20,612 (8.45)	11,861 (4.86)	1,306 (0.54)	283 (0.12)	73 (0.03)	63 (0.03)	1 (0.00)	244,025 (100.00)

注：矢印より左が分布（Ⅰ）に記載されています。
矢印より右が分布（Ⅱ）に記載されています。

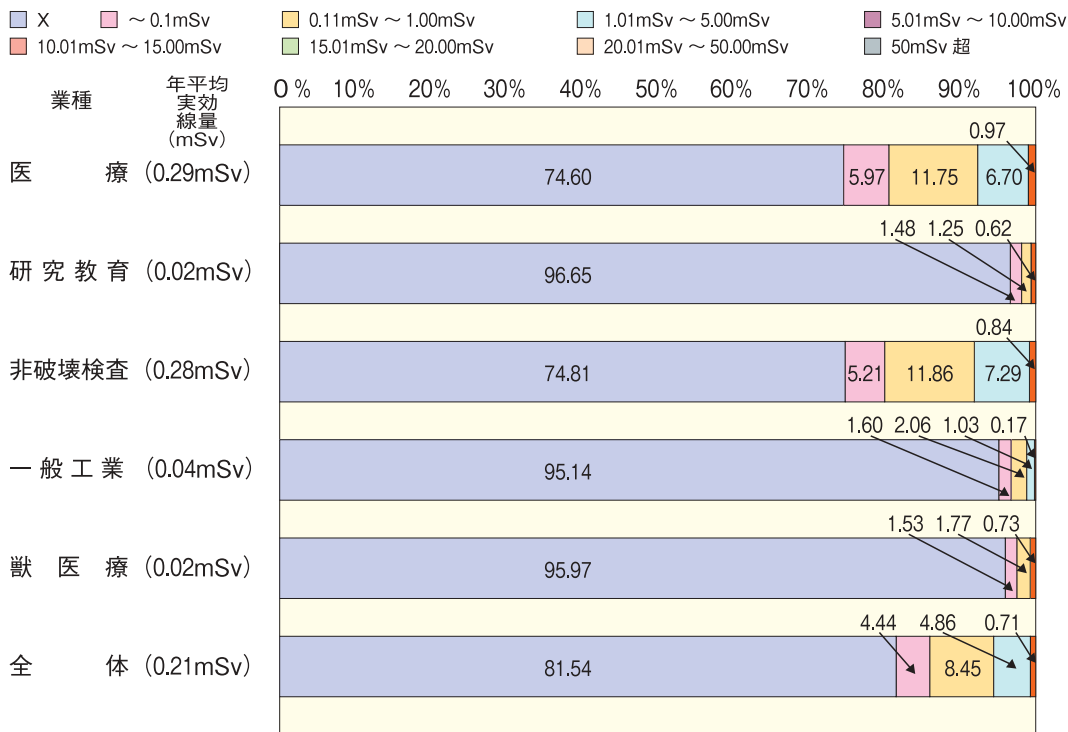


図 1 (a) 平成21年度業種別平均年実効線量の分布 (I)

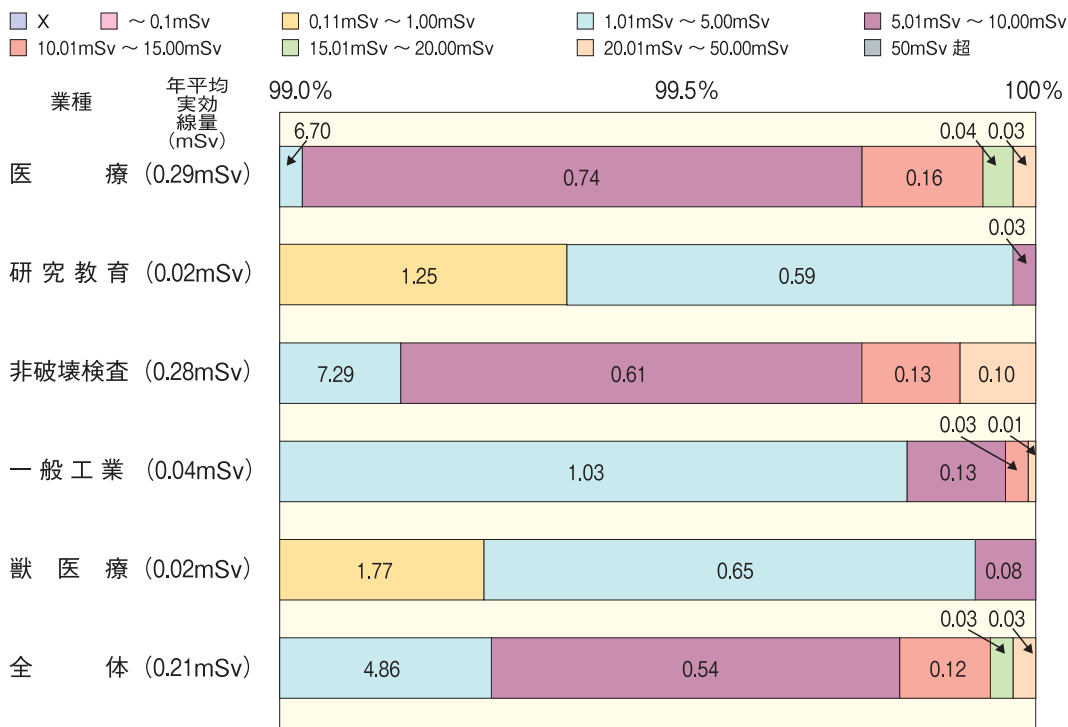


図 1 (b) 平成21年度業種別平均年実効線量の分布 (II)
(図 1 (a)の右端部の詳細を表す)

一人平均の年実効線量は、非破壊検査が減少した以外はほとんど変化していません。これは医療分野の集団線量が全体の90%以上を占めているためです。

平成21年度を通して検出限界未満の人は、**図1**に示すように全体の81.54%（前年度82.31%）で、年間1.0 mSv 以下の人が、全体の94.43%（前年度94.81%）と、低線量

当量の人の割合は、前年度と比べてほとんど変化ありません。しかし、業種別に見ると非破壊検査関係と医療関係では、その他の業種に比べて実効線量値が高い人の割合が多くなっているのも例年の傾向通りです。

表1で実効線量の多い方を見ると、年間50 mSv を超えた人は実人数で一般工業の1名のみで、前年度の医療3名より2名減っています。また、年間20 mSv～50 mSv の人は全体の0.03%で、実数では前年度の59名と比べて、63名（医療56名、非破壊3名、研究教育1名、一般工業2名）となっていて、前年度と同じように医療関係がほとんどを占め、人数は4名増加しています。年間5 mSv～20 mSv の人は全体の0.69%で、実数では1,662名（前年度1,547名）で、内訳は医療1,538名、研究教育15名、非破壊23名、一般工業59名、獣医療4名）です。前年度と比べると、医療が1,408名から1,538名と130名も増えたのに対して、研究教育が28名から15名、非破壊が33名から23名、一般工業が75名から59名へとかなり減少しています。獣医療は3名から4名への微増です。

業種別の過去10年間の推移を見ると、**図2**に示すように、ここ8年間は、非破壊検査がやや減少傾向にあります。医療がやや微増の傾向にあります。

職種別・業種別の一人平均年実効線量は、**図3**に示しますが、前年度と同じく、医療関係の職種別では技師が0.84 mSv（前年度0.80 mSv）と最も高く、ついで医師が0.29 mSv（前年度0.28 mSv）、看護師0.15 mSv（前年度0.14 mSv）の順に低くなっています。

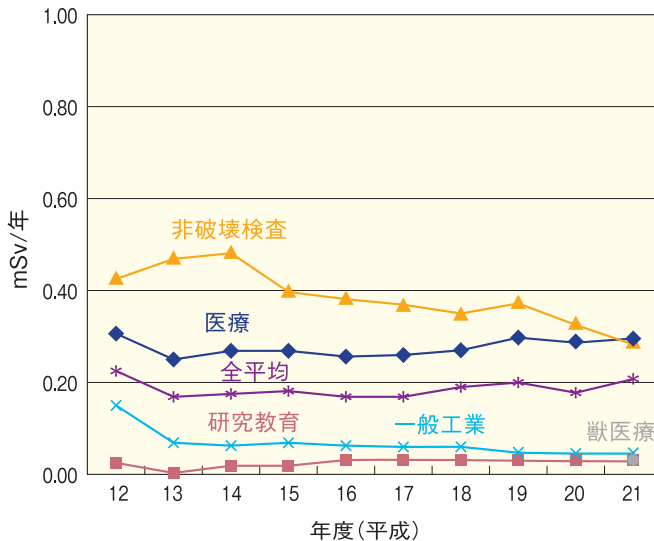


図2 過去10年間の業種別平均年実効線量の推移

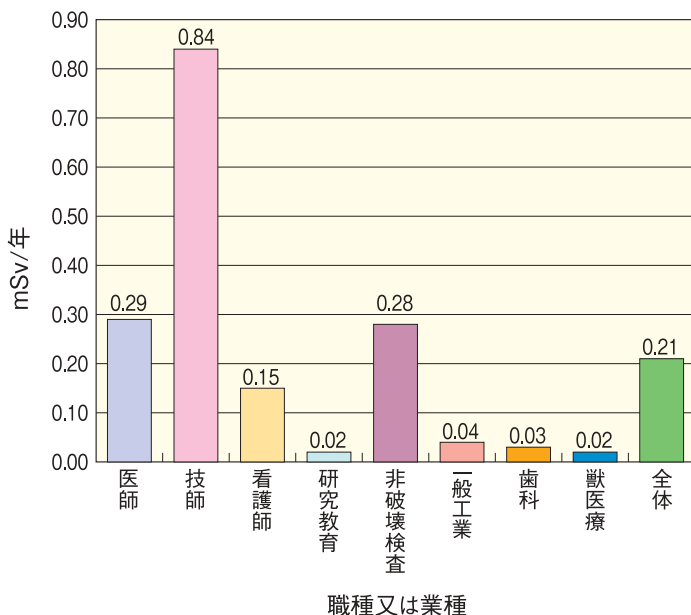


図3 平成21年度職種又は業種別平均年実効線量

平成21年度

年齢・性別個人線量の実態

1. まえがき

本資料は平成21年度の、年齢・性別の個人線量の実態の報告です。個人モニタで測定した1cm線量当量から算定した、実効線量を年齢・性別に集計して報告いたします。

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) 集団線量 集団を構成する個人の年実効線量の総和(単位 manmSv)
- (3) 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)

3. 実効線量の求め方

測定した1cm線量当量から実効線量を算出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_{1cm} □ : 装着部位が□の1cm線量当量

基 : 基本部位(男性は胸、女性は腹)

頭 : 頭部

腹 : 腹部

大 : 体幹部の中で最大値を示した部位

3.1 均等被ばくとしてモニタリングした場合

$$H_E = H_{1cm基}$$

3.2 不均等被ばくとしてモニタリングした場合

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

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、平成21年4月1日から平成22年3月31日までの間で1回以上個人モニタを使用した人の年実効線量を、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出のあったものは、含まれておりません。

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。

3) 性別が不明のものは除外しました。

4) 年齢は、平成22年3月31日現在です。

5. 集計方法

(1) 集計

Table 1の左欄に示すように年齢の区分を設け、その区分に入る個人の数と集団線量並びにそれらの百分率を集計の同一の欄の内に示しました。ただし、「X(検出限界未満)」は、ゼロとして、また測定上限は、個人モニタによって異なりますが、上限を越えたものは、その上限の値(例えば、「100mSv超」は、100mSv)として集計しました。

(2) パラメータ

パラメータは、医療・獣医療、工業、研究教育および男性、女性としました。性別は、利用者からの申し出の内容としました。

6. 集計結果

集計結果を、以下の図表に示します。

Table 1 年齢・性別集団実効線量および平均年実効線量

Fig. 1 年齢・性別平均年実効線量分布

Fig. 2 放射線業務従事者の年齢・性別構成

Table 1 (a) 年齢・性別集団実効線量及び平均年実効線量(男性)

(H21.4.1～H22.3.31)									
年齢	医療・獣医療		工 業		研究教育		全 体		平均年実効線量(mSv)
	人数(人)	集団線量(人・mSv)	人数(人)	集団線量(人・mSv)	人数(人)	集団線量(人・mSv)	人数(人)	集団線量(人・mSv)	
18～19	24	0.03	635	1.85	893	2.48	1,549	0.95	0.03
	4.90	0.01	22.10	0.85	11.90	1.25	38.90	0.09	
20～24	3,739	4.02	2,499	7.28	12,357	34.29	18,528	11.40	0.15
	2,549.99	6.66	178.70	6.90	120.00	12.60	2,848.69	6.81	
25～29	11,915	12.81	4,823	14.06	5,288	14.67	21,864	13.45	0.30
	6,193.50	16.17	332.90	12.86	112.70	11.83	6,639.10	15.86	
30～34	13,221	14.21	5,828	16.98	4,360	12.10	23,199	14.27	0.31
	6,458.74	16.86	559.60	21.62	158.80	16.67	7,177.14	17.15	
35～39	13,692	14.72	6,220	18.13	3,625	10.06	23,381	14.39	0.30
	6,455.50	16.85	417.10	16.12	152.10	15.97	7,024.70	16.79	
40～44	12,988	13.96	4,615	13.45	3,028	8.40	20,541	12.64	0.30
	5,813.45	15.17	340.70	13.16	104.90	11.01	6,259.05	14.96	
45～49	12,004	12.90	3,297	9.61	2,348	6.52	17,584	10.82	0.25
	4,003.70	10.45	229.10	8.85	99.90	10.49	4,332.70	10.35	
50～59	17,577	18.90	5,235	15.26	3,060	8.49	25,797	15.87	0.24
	5,608.29	14.64	392.80	15.18	155.00	16.27	6,156.09	14.71	
60～69	5,836	6.27	1,087	3.17	1,027	2.85	7,930	4.88	0.15
	1,024.60	2.67	109.60	4.23	34.50	3.62	1,168.70	2.79	
70以上	2,012	2.16	65	0.19	44	0.12	2,121	1.31	0.10
	197.50	0.52	5.40	0.21	2.70	0.28	205.60	0.49	
年齢不明	15.00	0.02	11.00	0.03	5.00	0.01	31.00	0.02	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
合計	93,023	100.00	34,315	100.00	36,035	100.00	162,525	100.00	
	38,310.17	100.00	2,588.00	100.00	952.50	100.00	41,850.67	100.00	

Table 1 (b) 年齢・性別集団実効線量及び平均年実効線量(女性)

(H21.4.1～H22.3.31)									
年齢	医療・獣医療		工 業		研究教育		全 体		平均年実効線量(mSv)
	人数(人)	集団線量(人・mSv)	人数(人)	集団線量(人・mSv)	人数(人)	集団線量(人・mSv)	人数(人)	集団線量(人・mSv)	
18～19	102	0.15	27	0.97	449	4.81	578	0.71	0.00
	0.40	0.00	0.00	0.00	0.50	0.47	0.90	0.01	
20～24	7,465	10.73	383	13.75	3,569	38.25	11,395	13.98	0.07
	746.40	7.60	3.60	13.58	18.90	17.81	768.90	7.72	
25～29	14,105	20.28	596	21.39	1,667	17.87	16,307	20.01	0.11
	1,699.50	17.29	5.90	22.26	32.40	30.54	1,737.80	17.45	
30～34	12,940	18.61	433	15.54	1,254	13.44	14,592	17.90	0.11
	1,629.20	16.58	0.90	3.40	15.50	14.61	1,645.60	16.52	
35～39	10,614	15.26	460	16.51	886	9.50	11,935	14.64	0.13
	1,498.60	15.25	3.60	13.58	13.20	12.44	1,515.40	15.21	
40～44	8,537	12.27	332	11.92	571	6.12	9,428	11.57	0.15
	1,360.80	13.85	5.50	20.75	4.70	4.43	1,371.00	13.76	
45～49	6,699	9.63	231	8.29	353	3.78	7,276	8.93	0.16
	1,119.20	11.39	5.20	19.62	10.90	10.27	1,135.30	11.40	
50～59	7,860	11.30	270	9.69	474	5.08	8,599	10.55	0.19
	1,591.10	16.19	1.70	6.42	4.40	4.15	1,597.20	16.04	
60～69	1,090	1.57	42	1.51	99	1.06	1,230	1.51	0.15
	179.10	1.82	0.10	0.38	5.60	5.28	184.80	1.86	
70以上	122	0.18	7	0.25	7	0.08	136	0.17	0.02
	2.80	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	2.80	0.03	
年齢不明	17.00	0.02	5.00	0.18	2.00	0.02	24.00	0.03	0.02
	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	
合計	69,551	100.00	2,786	100.00	9,331	100.00	81,500	100.00	
	9,827.50	100.00	26.50	100.00	106.10	100.00	9,960.10	100.00	

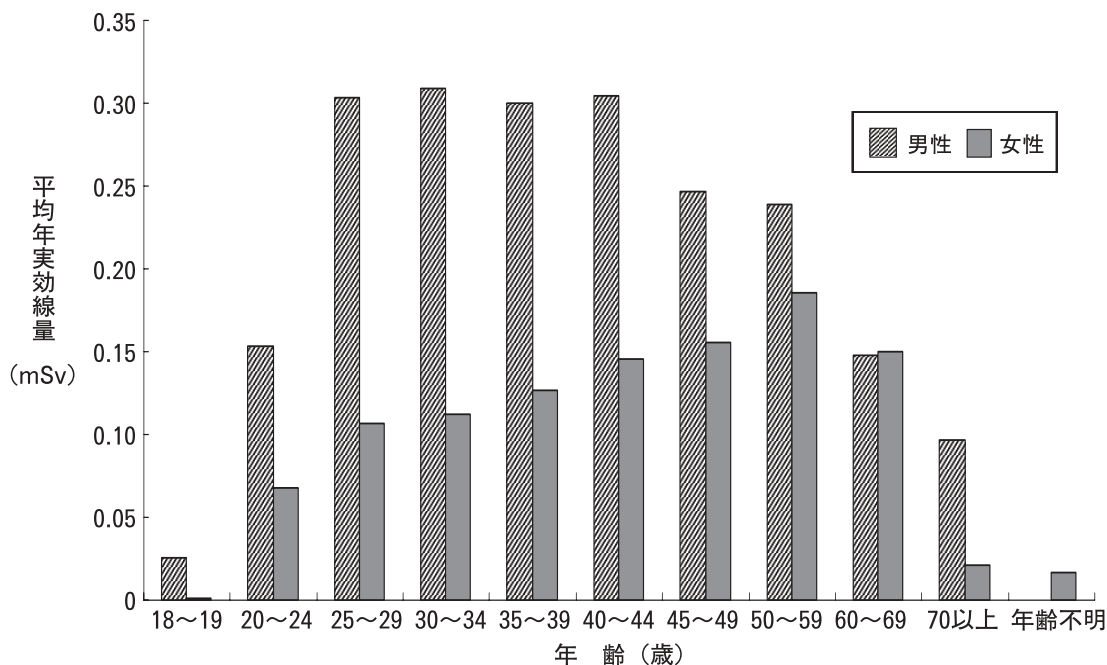


Fig. 1 年齢・性別平均年実効線量分布

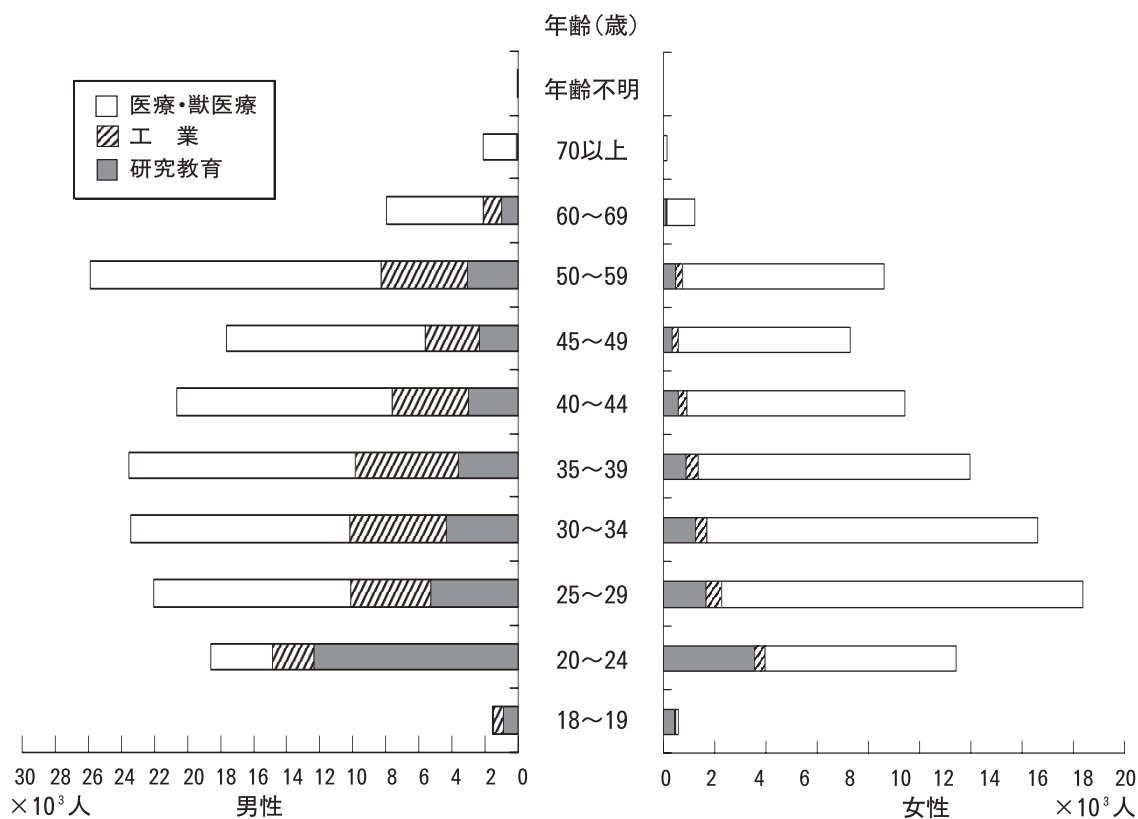


Fig. 2 放射線業務従事者の年齢・性別構成

平成22年度「医療放射線管理講習会」の開催

主 催：医療放射線防護連絡協議会

後 援：厚生労働省

◆開催場所・日時

○東京会場（第49回） 平成22年11月12日(金) 10:15～16:15
タワーホール船堀（江戸川区総合区民ホール）小ホール（5階）
地下鉄都営新宿線「船堀」駅前 徒歩1分

○京都会場（第50回） 平成22年11月27日(土) 10:15～16:15
島津製作所本社・研修センター 京都市中京区西ノ京桑原町1
地下鉄東西線：西大路御池駅より徒歩3分、阪神京都線：西院駅より徒歩10分

◆プログラム

<第1部> 教育講演(1)「最近の医療放射線安全管理行政について」
馬場 征一（厚生労働省 医療放射線管理専門官）
教育講演(2)「医療放射線安全のトピックスとその対応 *放射化物・RI 廃棄物など*」
山口 一郎（国立保健医療科学院）

<第2部> 医療機関における放射線安全管理対応

座長：東京会場 福士 政広（首都大学東京）／京都会場 大野 和子（京都医療科学大学）

1. 医療施設の放射線立入検査ポイント
東京会場 齊藤 正浩（東京都福祉健康局医療安全課）／京都会場 宇野 修（大阪府健康医療部）
2. 放射線検査の患者が受ける線量管理
東京会場 赤羽 恵一（放射線医学総合研究所）／京都会場 鈴木 昇一（藤田保健衛生大学）
3. 医療放射線安全のQ & A
菊地 透（自治医科大学 RI センター）

<第3部> 総合討論「医療現場の放射線安全の問題解決」

◆受講料：6,000円（テキスト：「講演要旨」）

◆申込方法：FAX、またはEメールでお申し込みください。

◆申込先：医療放射線防護連絡協議会

〒113-8941 東京都文京区本駒込2-28-45 日本アイソトープ協会内

Fax：(03)5978-6434 電話：(03)5978-6433（月・水・金）

E-mail：jarpmp@chive.ocn.ne.jp

「日本放射線安全管理学会第9回学術大会」開催のご案内

主 催：日本放射線安全管理学会

共 催：日本保健物理学会

広島大学自然科学研究支援開発センター

会 期：平成22年12月1日(水)～3(金)

会 場：広島大学東広島キャンパスサタケメモリアルホールおよび
学士会館（東広島市鏡山1-2-2）

内 容：◆一般公演 口頭発表、ポスター発表

◆特別講演 「放射線安全行政の動向」

◆企画セッション「若手セッション」

「教育セッション」

連絡先：広島大学自然科学研究支援開発センターアイソトープ総合部門
(TEL) 082-424-6290 (e-mail) jrsm2010@hiroshima-u.ac.jp
最新情報は大会ホームページをご覧ください。
<http://home.hiroshima-u.ac.jp/jrsm2010/index.html>

サービス部門からのお願い

コントロール用モニタは予備モニタではありません！

平素は弊社のモニタリングサービスをご利用くださいます。誠にありがとうございます。
広範囲モニタ（モニタコード FX 以外）をご使用されているお客様に、コントロール用モニタについての注意事項をご説明させていただきます。

毎回のモニタお届け時に、ご使用者用モニタ以外にコントロール用モニタを送付しております。（モニタコード FX の場合を除く）**コントロール用モニタ**は、お客様の事業所における**バックグラウンド（自然放射線）の値を差し引くために使用するものです。個人用や他の測定用としてはご使用いただけませんので、ご注意ください**ますようお願いいたします。

なお、モニタコード FX のモニタには、コントロールの機能が組み込まれていますので、コントロール用モニタは、ございません。



編集後記

●観測史上最も猛暑の続いた夏の、長かった残暑もようやく和らぎましたが、長期予報では、この冬は厳冬になると予想されています。この号が読者の皆様のお手元に届く頃は、短い秋が終わって、駆け足で冬がやって来ているかも知れません。

●巻頭の記事には、東京大学大学院農学生命科学研究科教授の中西友子様のご執筆により、農学研究における放射線利用の一端をご紹介いただきました。中性子線のイメージングや短寿命核種によるラジオグラフィ等を利用して調べた、これまでに知られていなかった植物体内での水の分布や動態について、興味深い研究成果が紹介されています。

●p7～p8では、日本学術会議の放射線・放射能の利用に伴う課題検討分科会から公表された提言「放射線作業員の被ばくの一元管理」について、その必要性を提

言した背景や、実現のための課題をご紹介します。今後、制度化、体制構築等、行政、学会、測定サービス機関としての対応を検討していくことになります。

●p9～p10には、日本応用物理学会放射線分科会が中心となって8月初旬に開催した「放射線夏の学校」の様子を、ご報告させていただきました。

●また、p11に、ガラスバッジの技術仕様改訂について、ご案内させていただいております。単色中性子基準照射環境の整備と中性子用検出素子素材の高品質化により、測定エネルギー範囲や線量計特性が改善されています。改善項目・内容について、ご一読の上、ご周知ください。

●p12～p17には、毎年恒例の年間被ばく統計を掲載いたしました。平成21年度の一人当たりの年実効線量は、全業種の平均で僅かに増えています。（S. F.）

FBNews No.407

発行日／平成22年11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 小迫智昭 福田光道 壽藤紀道

藤崎三郎 寺中朋文 丸山百合子 亀田周二 金澤恵梨子 酒井美保子

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／株式会社テクノサポートシステム

— 禁無断転載 — 定価400円（本体381円）