

放計協 ニュース

財団法人 放射線計測協会

新しい放射線の利用拡大に向けて

日本原子力研究所 理事・東海研究所長 前田 充



放射線計測協会は、昨年、創立 20 周年を迎えられ、原研は、今年、創立 45 周年を迎える。このような長期間にわたって、着実に活動を積み重ねたことを共に喜ぶとともに、放射線計測協会が我が国における原子力利用の発展に果たしてきた役割と貢献に対し改めて敬意を表したい。

20 年前と言えば TMI 事故の直後という厳しい船出であったが、「はかるくん」等の放射線計測器の開発と普及、校正や品質保証を中心とする放射線計測技術基盤の整備、研修等を通じた計測技術者の育成、放射線に対する国民の正確な理解普及等、幅広い多くの成果を上げてきた。

その間、我が国の原子力発電規模(設備容量)は実に 3 倍以上にも拡大し、今後ますます重要となるバックエンド活動も大きく進展した。一方で、チェルノブイリ事故や JCO 臨界事故等に見まわれ、言うまでもないことだが、一本調子で発展して来たわけではない。

しかし、技術とは小さな波とそれを乗せる大きな周期の波を重ねた変動を繰り返しながら、進展・定着するのではない。まさに山あり谷ありである。現状がどの程度の位置にあるのかは後に明らかになるわけだが、原子力技術や放射線技術は、20 年、50 年の時間スケールで見ると、既に飛躍的な発展を遂げてきたことは明らかである。

新世紀を迎えて 21 世紀における原子力の夢や展望が色々な形で語られているが、100 年の時間スケールで考えるならば、それは放射線発見の歴史にまでさかのぼることになる。現在の利用の広がりや発見当時の想像を遥かに超えたものではなかったか。

昨年、原研は原子力利用の経済規模調査を行ったが、平成 9 年度の場合、放射線利用と ECR 利用の経済規模の合計は約 16 兆円と見積もられ、国民総生産(GDP)の約 3%に相当するとのことである。

しかも、近年では、加速器技術等の進歩により、

付光、放射光、線レーザー、高エネルギー中性子など、高品質、高強度、高エネルギーといった新しい特性を持った放射線の発生技術が格段に進歩し、その活用に向けた大規模施設の整備が世界的規模で計画されつつある。

この度の内示を得て高エネルギー加速器研究機構と共同で建設しようとしている大強度陽子加速器施設計画もその一つである。高エネルギー、高強度の陽子による核破砕反応の際に生成する様々な二次粒子(放射線)、すなわち中性子、中間子、ミューオン、ニュートリノ等を最大限に活用して、物質科学、生命科学、原子核・素粒子研究、核変換基礎技術開発を推進するものである。

様々な特性の中性子を利用した物質科学、生命科学の進歩により、ナノテクノロジーを含む新素材、新材料の開発、難病の克服にも繋がる新薬の創製、エネルギーや環境浄化の技術等、21 世紀に予想される社会的課題の解決に貢献できると期待している。

さらにまた、線の例に見られるように、発見から 100 年を経ずして実現した幅広い応用の実績を見る時、ミューオンや中間子などといった、これまで原子核研究の対象でしかなかった放射線でさえ身近に利用されることも決して夢物語ではないと期待している。

放射線に限らず、新技術の展開は対象や現象の定量的な把握から始まる。それが効率的に利用されるためには、トレーサビリティに象徴される計測システムの標準化が重要である。さらに技術が一般社会に受け入れられるためには、合理的な安全基準の確立とそれに対する社会の信頼が不可欠である。

このように考えると、大強度陽子加速器施設計画に代表される新しい放射線の利用に当たって放射線計測協会に期待される役割は、極めて大きく幅広いものがある。関係諸機関と協力しながら、着実に事業が拡大、発展することを心から期待するものである。

国際放射線防護学会第10回国際会議 (IRPA10) 会議成功を今後の放射線防護の展開へ

IRPA10組織委員会事務局長 加藤 正平 (日本原子力研究所)

IRPA 国際会議の広島開催

国際放射線防護学会(IRPA)は放射線防護活動に従事する研究者・技術者に、国際的な交流と協力の輪を広げるための場を提供することを目的として 1966年に組織された国際学会である。日本など 38 団体(44 ヶ国)の放射線防護に関連する学術団体が加盟し、現在、約 17,000 名の会員が登録されている。

学会の活動のなかでも、最も重要な活動の一つである「国際会議」は 1966 年の第 1 回(0-2)から 1996 年第 9 回(9-2)まで開催されてきたが、開催地はすべてアジア以外の地域だった。今回、はじめて、アジア地区での開催となった。しかも、先進国から発展途上国まで 54 国の専門家、国際放射線防護委員会等の国際機関の代表が、原爆被災地広島で一堂に会し、今後の放射線防護上重要な課題について議論した意義は大きい。

開 会 式

IRPA10 は、2000 年 5 月 14 日～19 日に、広島国際会議場において開催された。参加者は、国内から 429 名及び同伴 16 名、海外から 632 名及び同伴 102 名で、参加国は 53 国及び 1 地域にのぼった。開会式は秋篠宮殿下妃殿下のご臨席のもと、広島県知事、県議会議長、広島市長にも出席して頂き、厳粛におこなわれた。欧米の学会役員は開会式に皇室のご臨席ということで、当日は非常に緊張し、感激していた。

特別講演、シンポジウム等

特別講演として、放射線防護に貢献した人に与えられるシベール賞記念講演が放射線影響研究所前理事長重松逸造氏により行われた。招待講演として、国際放射線防護委員会(ICRP)、国際非電離放射線防護委員会、国際放射線単位・測定委員会、及び原子放射線影響国連科学委員会の最近の活動の紹介がなされた。

また、シンポジウムでは、今後の放射線防護を考える上で特に重要なテーマである、低線量(率)被ばくの影響、公衆に対する遷延被ばくに関する意思決定、ならびに、21 世紀における放射線防護の挑戦:利用、測定及び防護、に焦点をあてた全体シンポジウムが行われた。また、ピカセセッションとして、1 テーマ 1 時間 30 分、テーマを代表するキーノートを軸に、アフストラクト投稿者から



写真 1 研究発表

選ばれた数名の口頭発表の後、討論を行う方法で、22 テーマについて行った。特別セッションとして:1)東海村における臨界事故、2)放射線防護政策と科学の橋渡し、をテーマに開催された。あわせて、ポスター発表が、12 テーマで 728 件行われた。

その他、アイ・オー・ナと称した、著名な専門家による基礎から最新の情報までを含めた講義が、早朝の 1 時間を使って 4 日間 16 テーマについて行なわれた。また、加盟学会によるフォーラムが開催され、各国学会の活動の現状と課題の報告とともに、学会として今後の活動、専門家集団としての倫理などが議論された。

会議のピッケツ

今回の会議で注目された点は、ICRP の勧告の改定が原案の時点から公開で議論されたことであろう。ICRP 委員長 R. Clarke 氏は放射線防護体系に関して、従来の防護概念と枠組みを大胆に変更する新しい防護概念を提案した。この提案に対して、日本、欧米等の学会から意見が出された。また、OECD/NEA からも報告があった。これまでの放射線防護の勧告は非公開で作成されてきたが、改定作業初期の段階から、国際会議の場で各国の学会の考えが表明され討議されたことは、画期的なことであった。

また、低線量・線量率放射線被ばくの影響に関する健康影響に関して、代表的研究者により研究の現状が発表され、疫学研究的知見と限界、適応応答現象、遺伝子不安定性、バクテリア効果など、最新の低線量影響の知見が議論されたこと。これらの知見にもとづく新しいリスク評価法を探る動きがみられたこと。また、高い放射線感受性を有する遺伝子を持つ個人に対する防護といった

新たな問題も議論された。

公衆の低線量・線量率被ばくに対する放射線防護のあり方が議論された。特に「デコンシヨニング」、汚染サイト、放射性廃棄物処分、紛失線源、汚染金属スクラップなどに係る防護基準の有り方が議論された。特に汚染金属問題について、米国、欧州各国の取り組みや IAEA の取り組みが紹介された。当時、和歌山で放射線源の混入事件があったが、国際間の放射性物質の移動に関連しており国際的な取り組みの必要性が認識された。



写真2 市民との交流（放射線測定実習）

市民との交流

会議とあわせて、広島の特徴を出した企画が実施されたことも大きな特徴であった。広島国際放射線被爆者医療協議会との共催による、「市民公開講座」を開催し、市民を対象とし、小出五郎氏(NHK 解説委員)による「報道機関がみた国際協力」、著名外国人による「生活と電磁波」及び「日常生活と放射線」に関する講演と、「放射線を測ってみよう、見てみよう」という放射線測定実習をおこなった。この測定実習は放射線計測協会の全面的な協力を得て行った。市民および学会参加者の約 250 名の参加があり、放射線の正しい理解が深められた。

また、広島平和記念資料館による、「平和セミナー」が開催され「広島原爆被害の概要について」の講演と「被爆体験講話」が行われ、外国人を主として約 150 名の参加があった。国外の専門家が真剣な表情で聞き入る姿から、原爆資料館の見学とともに大きな印象を与えたものと思われる。

広島開催の意義

世界の放射線防護関係者にとって放射線防護・放射線影響研究の原点とも言うべき広島での開催は特別の意味があったとおもわれる。広島・長崎の原爆被爆者のデータは放射線防護に関する科学的基盤を与え

るなど、放射線防護の専門家にとって広島は特別の町であることから、原爆資料館、放射線影響研究所、広島原爆放射能医学研究所を訪問し、肌身に感じたことは放射線防護に従事するものとして考えさせられたものと思われる。これは、米国保健物理学会のニュースターに載った報告からも伺われる。

アジア・北アジア地域の連帯の強化

アジアでの初めての開催であったが、アジア地区から多くの参加者があり、今後のアジア地区の放射線防護分野の発展に大きな貢献をした。もうひとつ重要な成果があった。それは、今回アジアでの初めての開催ということもあり、これを契機にアジア地域の専門家の連携を深めるということで、中国、韓国の学会と何度も協議を行い、IRPA10 を契機に、アジア・北アジア放射線防護学会協議会を結成するに至ったことである。現在、日本、中国、韓国のほか、インド、オーストラリア・ニュージーランドの学会が加わっている。この協議会が中心となって、2002 年には第 1 回アジア・北アジア会議を開催することが決まった。また、日本保健物理学会と韓国放射線防護学会は研究発表会で交流する計画も具体化した。着実にアジア地区において IRPA10 の成果が実ってきている。

今後の展開へ

1996 年ウィーンの IRPA9 総会において、まさに放射線防護の学会にとっての一大イベントが、2000 年広島開催に決定されたときは、喜びと同時に、うまくいくのかという不安と責任の重さで身が引き締まったのを思い出す。誘致期間を含め 5 年間にわたる多く保健物理学会員、関連学会、協会、国、会社の協力を得て、IRPA10 が成功裡に終了したことを感謝するとともに、これらの支援に伝えていく必要がある。会議を通じて、多くの交流ができたと思われる。また、放射線防護の多くの課題が認識されたことと思う。さらに、これを契機にアジアの協力の基盤ができた。今後、放射線防護の発展へのジャンプ台としていかねばならない。

1センチメートル線量当量等の実用量の校正と測定、並びに環境モニタリング量の測定評価について

財団法人 放射線計測協会 備後 一義

1.はじめに

国際放射線防護委員会(ICRP)の1990年勧告の取り入れによる「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」(以下障防法と記す)関係法令が改正され、平成13年4月1日より施行されることとなった。関係法令の改正においては、線量限度、管理区域に係る線量等放射線防護の基準を定める防護量(実効線量及び等価線量)と、その定義から直接測定が困難である防護量の適切な代替量となり得る測定のための量である実用量(1センチメートル線量当量等)が、関連条項に取り入れられている。

外部放射線に対する放射線防護の観点から、改正前後の防護量及び実用量の比較、法令改正に対応する実用量測定器の校正、実用量の測定方法、環境モニタリングにおける吸収線量または空気カマの実測評価について以下に記す。

2.防護量と実用量

2.1 防護量

従来の防護量である組織線量当量、実効線量当量は、それぞれ、吸収線量と線質係数との積、組織線量当量と組織の荷重係数(生殖腺、乳房、赤色脊髄等6組織及び残りの組織)との積として、ICRP1977年勧告において定義されている。

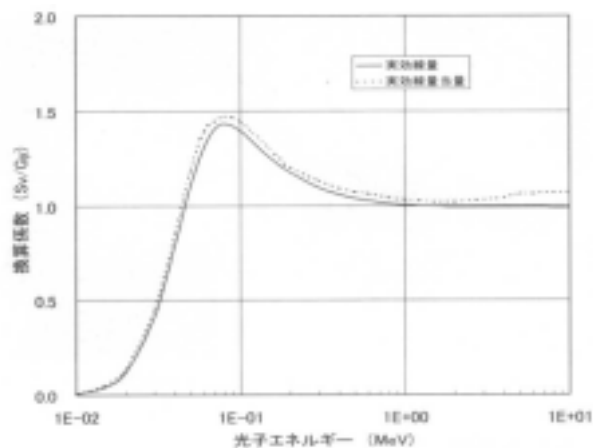
改正後の防護量である等価線量、実効線量は、それぞれ組織・臓器の平均吸収線量と放射線の種類・(入射)エネルギーにより指定される放射線荷重係数との積、等価線量と組織荷重係数(生殖腺、乳房、赤色脊髄、胃等12組織及び残りの組織)との積として定義されている(ICRP1990年勧告)。改正関係法令においては、放射線業務従事者に対する一定期間内における線量限度、管理区域に係る線量等は、実効線量により規定されている。このことに対応し、改正後の告示「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」の別表4及び5には、光子、中性子の実効線量への線量換算係数が記載されている。

光子、中性子に関する新旧の防護量である実効線量、実効線量当量を、それぞれ、第1,2図に示す。

2.2 実用量

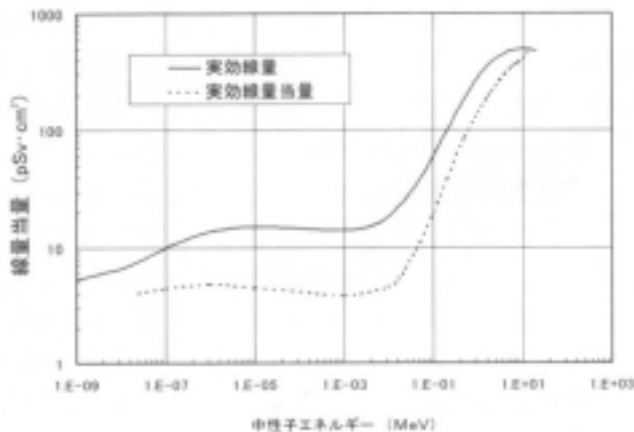
改正前の「障防法」関係法令等においては、1センチメートル線量当量、3ミリメートル線量当量、70マイクロメートル線量当量が、それぞれ、実効線量当量、眼の水晶体の組織線量当量、皮膚の組織線量当量を評価対象とする実用量として導入された。改正前の告示「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」の別表4及び5に示された線量換算係数は、周辺線量当量への換算係数と同値であり、数値的には同一基準で場のモニタリングと個人モニタリングが実施されてきた。これらの1センチメートル線量当量等の実用量は、放射線管理の現場において広く採用され定着している。

改正後においても、1センチメートル線量当量等の名称は、引き続き使用され、場のモニタリングに用いる量と個人モニタリングに用いる量の総称として用いられる。すなわち、



第1図 実効線量当量との比較(光子)

【注】実効線量当量は空気吸収線量で規格化
(フルエンス当たりの実効線量当量/フルエンス当たりの空気吸収線量)
ICRP Publ. 51 表2 (Ap)、表11参照



第2図 実効線量と実効線量当量との比較(中性子)

放射線管理のために定期的に実施され記録される、サーベイメータによる測定値である周辺線量当量 $H^*(10)$ 及び個人線量計による測定値である個人線量当量 $H_p(10)$ は、両者とも法令上の呼称は 1 センチメートル線量当量である。

防護量とその線量を評価対象とする実用量である周辺線量当量、方向性線量当量、個人線量当量との関係を第 1 表に示す。測定が義務づけられている周辺線量当量 $H^*(10)$ 、方向性線量当量 $H'(0.07, 0)$ 、個人線量当量 $H_p(10)$ & $H_p(0.07)$ (光子のみ) を、改正前の 1 センチメートル線量当量等(以下...線量当量(旧)と記す)と比較して第 3,4 図(光子)、第 5,6 図(中性子)に示す。また、中性子実効線量と周辺及び個人線量当量との比較を第 7 図に示す。場のモニタリングの実用量としての 1 センチメートル線量当量等には、改正前後でほとんど差がないが、個人のモニタリングの場合には、10%程度大きな値となるエネルギー範囲があることが第 3,4 図からわかる。中性子の場合には、改正前後で光子の場合よりも差が大きいことが第 5,6 図からわかる。

RI 中性子源、原子力施設等における中性子サーベイメータを用いて改正前後の線量を比較すると、改正後の評価値が 10 ~ 30% 高くなると報告されている。また、これらの中性子サーベイメータの場合には、実効線量と改正後の周辺線量当量 $H^*(10)$ との比が 1 以下であると報告され

ている(Am-Be 線源の場合は 1.05)。(吉澤道夫「保健物理」33(1),7 ~ 11(1998))。

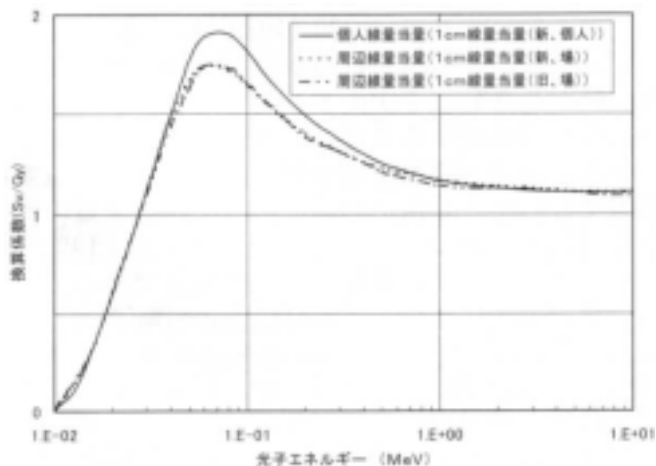
2.3 実用量使用の適切性

国際放射線単位・測定委員会(ICRU)は、改正前の法令に取入れられたICRP1977年勧告防護量:実効線量当量、皮膚及び目の水晶体の組織線量当量が直接測定することが困難であることから、これらの防護量と放射線場の間の橋渡しをするために外部放射線による被曝の量を測定するための実用量を開発してきた。この際、モニタリングに用いられる放射線測定器校正にも使える実用的な量となるように考案されてきた。物理的測定のためにICRUが定義した線量当量の実用量は、周辺線量当量 $H^*(d)$ 、方向性線量当量 $H^*(d, \theta)$ 、個人線量当量 $H_p(d)$ であり、ICRU Report47(1992),51(1993)に述べられている。ICRUがこれらの実用量を構築中の1990年、ICRPは新しい勧告を行い、防護量に関してもその定義と名称を変更した。線質の違いを考慮するために定められている線質係数に関する $Q(L)-L$ 関係の値も変更された。ICRP と ICRU は、防護量(新旧)及び実用量への換算係数の計算及びこれら 2 組の計算の間の関係の詳細な論議を合同課題グループに付託し、それらの成果をICRP Publ.74(1996),ICRU Report57(1998)として

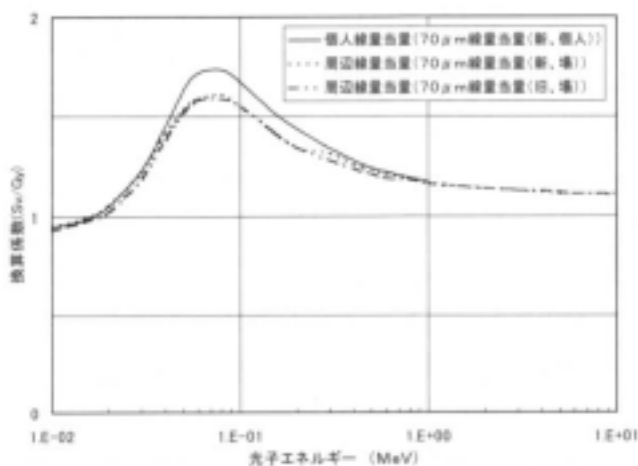
第 1 表 防護量と実用量との関係、並びに法令上の名称

	評価対象	測定に係わる量(実用量)	名称
場のモニタリング	実行線量	周辺線量当量 $H^*(10)$	1 センチメートル線量当量
	眼の水晶体の等価線量	方向性線量当量 $H'(3, \theta)$	3 ミリメートル線量当量*1
	皮膚等の等価線量	方向性線量当量 $H'(0.07, \theta)$	70 マイクロメートル線量当量
個人のモニタリング	実行線量	個人線量当量 $H_p(10)$	1 センチメートル線量当量
	眼の水晶体の等価線量	個人線量当量 $H_p(3)$	3 ミリメートル線量当量*1
	皮膚等の等価線量	個人線量当量 $H_p(0.07)$	70 マイクロメートル線量当量
	妊娠中の女子の腹部の等価線量	個人線量当量 $H_p(10)$	1 センチメートル線量当量

*1 3 ミリメートル線量当量の測定は義務づけられていない。

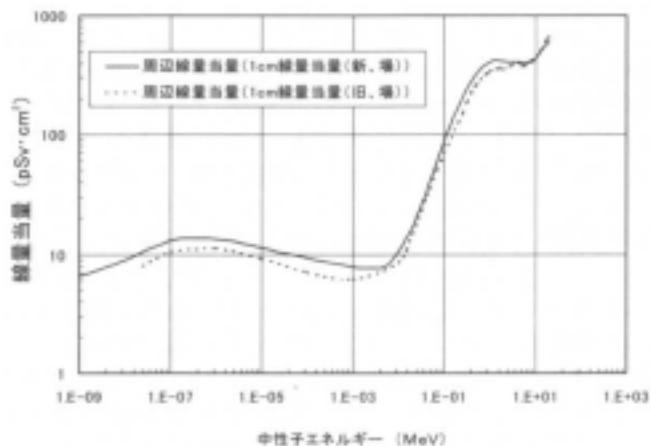


第 3 図 新旧 1 センチメートル線量当量の比較 (光子)

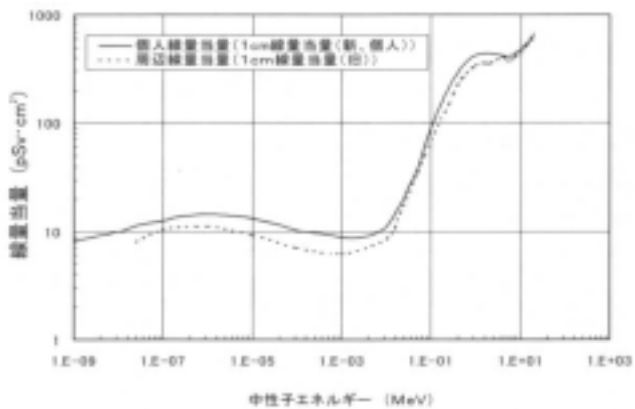


第 4 図 新旧 70 マイクロメートル線量当量の比較 (光子)

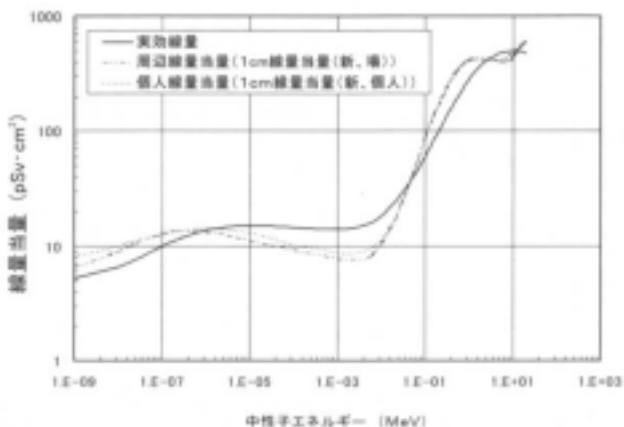
刊行した。実用量が、ICRP1977 年勧告防護量を測定
の面から補完することを目的として開発されたこと
から、ICRP1990 年勧告の防護量である実効線量に
対しての適用が適切か否かの検討もなされている。そ
して、報告書においては、「実用量は外部放射線に対
する放射線防護のためのほとんどの測定にとって満
足な基礎を提供することは明らかである。そうでない
場合においては、この報告書に示すデータが特別な測
定プログラムの設計、その結果の適切な解釈及び結果と防
護量との関係づけのための根拠を提供する。」と結論
されている。



第5図 新旧1センチメートル線量当量の比較
(中性子：場のモニタリング)



第6図 新旧1センチメートル線量当量の比較
(中性子：個人モニタリング)



第7図 実効線量と新1センチメートル線量当量との比較
(中性子：場及び個人モニタリング)

第2図に示されているように、中性子に関する防護
量:実効線量及び実効線量当量に関しては、 $W_{R,n}$ が
低い場合には大きな差がある。しかし、改正前の法令
においては、管理区域等の基準、作業環境の測定量等
は1センチメートル線量当量等(旧)で規定され、また、外部被
ばくによる実効線量当量は、1センチメートル線量当量(旧)と
することと規定されていることから、実質的には、実
効線量、または、1センチメートル線量当量(新)と1センチメ
ートル線量当量(旧)との比較をすることが必要である。前述の
ように「実用量は外部放射線に対する放射線防護の
ためのほとんどの測定にとって満足な基礎を提供す
ることは明らかである。」こと、また、2.2節の後段に記
述されているように、各種施設における中性子スペクトル
を考慮すると、実効線量、1センチメートル線量当量(新)と1セ
ンチメートル線量当量(旧)の間には大きな差がない。
これらのことから、法令改正後も従来と同様1センチメ
ートル線量当量等を測定することにより、外部放射線防護
に関するモニタリングを実施すればよいことがわかる。こ
の際、科学技術庁からの委託調査の成果を活用して作
成された「被ばく線量の測定・評価マニュアル」((財)原子力
安全技術センター 2000)の第1部外部被ばくマニュアルが参考
書として適切である。(以下評価マニュアルと略記する)

3.実用量測定器の校正と実用量の測定方法

実用量に関するデータが公式に刊行されたことに
対応し、国際標準化機構(ISO)の該当する報告書が改正
された。また、我が国においても、測定器校正に関係す
るJISの付属書の実用量に関する表が修正されること
となった。改正法令が施行される平成13年4月1
日より、外部被ばく線量の測定評価に使用される放射
線測定器は、これらのJISに基づき校正される。以下
に、改正法令施行に伴う放射線測定器校正に関する当
協会の対応について記す。

3.1 光子

当協会は、計量法に基づき事業の区分:放射線につ
いての認定事業者の認定を、通商産業大臣より平成7
年12月1日付けで受けた。認定事業者の認定内容を
第2表に示す。この制度により供給される国家標準
は、現在は、電離箱式照射線量計である特定二次標準
器を2年毎に電子技術総合研究所(現産業技術総合研
究所平成13年4月1日より独立行政法人)において
校正することにより与えられる照射線量である。

荷電粒子平衡が成立する場合には、自由空間中の空
気吸収線量は、照射線量の測定値に W/e を乗じて求
めることができる。さらに、空気カーマは、この空気吸収

線量を(1-g)で除算することにより求めることが可能である。gは荷電粒子のI⁺が制動放射線として失われる割合である。なお、照射線量、吸収線量、カマの相互の関係、及び、荷電粒子平衡が成立し制動放射線として失われる割合が無視できる場合の吸収線量とカマとの等価については、ICRU Report33(1980)に記されている。

照射線量は、ICRUの発足以来(1925~)その定義が精緻化され広く実測されてきているが、その定義に従って測定することは、国家標準研究所もしくはそれと同等の照射設備・測定装置と人員を有する機関でない限り非常に困難である。照射線量の標準測定法については、ICRU Report 10b(1962)に概説されている。電離箱式照射線量計である特定二次標準器の校正には、1ヶ月以上の日時を要し、さらに、定常的に使用するワキグスタッド(特定二次標準器と同一器種)を、特定二次標準器との比較法で当協会が校正するのに要する日数は、校正精度を第一とする測定ではあるが約3週間である。

照射線量を比較的容易に測定する方法として、空気等価もしくは組織等価の壁材を有する電離箱が使用される。その際、荷電粒子平衡条件を得るために、光子のI⁺に対応し第3表に示されている壁厚の電離箱を使用することが必要である。表の脚注に示されているように、通常の放射線防護の目的で照射線量を測定する場合には、表に示されている壁厚の半分程度の厚さでもよい。

第2表 財団法人放射線計測協会の認定事業者としての認定内容

認定番号:0062

認定事業者の名称

名称:財団法人放射線計測協会

認定年月日:平成7年12月1日

事業の区分:放射線

事業の範囲	種類及び範囲	最高校正精度	
I ⁺ -範囲: 30keV (4.8fJ)以上	照射線量	1.2 μC/kg ~ 0.13 C/kg ±4.0%	
	照射線量率	1.2 μC/kg·h ~ 0.13 C/kg·h ±3.8%	
	吸収線量	41 μGy ~ 4.4Gy ±4.0%	
	吸収線量率	41 μGy/h ~ 4.4Gy/h ±3.8%	
	カマ	41 μGy ~ 4.4Gy ±4.0%	
	カマ率	41 μGy/h ~ 4.4Gy/h ±3.8%	
200keV (32fJ)以下	線量当量	48 μSv ~ 1Sv ±4.8%	
	線量当量率	48 μSv/h ~ 1Sv/h ±4.7%	
	I ⁺ -範囲: 200keV (32fJ)以上	照射線量	26nC/kg ~ 0.13 C/kg ±3.4%
		照射線量率	26nC/kg·h ~ 0.13 C/kg·h ±3.4%
吸収線量		0.88 μGy ~ 4.4Gy ±3.4%	
1250keV (200fJ)以下	吸収線量率	0.88 μGy/h ~ 4.4Gy/h ±3.4%	
	カマ	0.88 μGy ~ 4.4Gy ±3.4%	
	カマ率	0.88 μGy/h ~ 4.4Gy/h ±3.4%	
	線量当量	1.04 μSv ~ 1Sv ±4.5%	
	線量当量率	1.04 μSv/h ~ 1Sv/h ±4.4%	

(1)自由空間中の空気カマ

照射線量(率)の測定値から自由空間中の空気カマを求める際の W/e 及び(1-g)については、それぞれ、ICRU Report47(1992)に示されている 33.97 ± 0.05 J/C 及び Table A.1 の第5欄の値を採用する。

第3表 荷電粒子平衡を確立するのに必要な電離箱の壁厚 [ICRU Report 20(1971)]

光子I ⁺ (MeV)	厚さ (g/cm ²)
0.02	0.0008
0.05	0.0042
0.1	0.014
0.2	0.044
0.5	0.17
1	0.43
2	0.96
5	2.5
10	4.9

[注]厚さは水中の電子の飛程に基づいている。この値は組織等価電離箱壁及び空気に対して十分正確である。上記の厚さの半分が、その平衡値の数%以内で電離電流を与える。

第4表 光子に対する防護量及び実用量の換算係数 単位(Sv/Gy)

I ⁺ (MeV)	実行線量	周辺線量当量 H*(10)	方向性線量当量 H*(0.07)	個人線量当量 H _p (10)	個人線量当量 H _p (0.07)
5.00E-3					0.750
1.00E-2	0.00653	0.008	0.95	0.009	0.947
1.25E-2				0.098	
1.50E-2	0.0402	0.26	0.99	0.264	0.981
1.75E-2				0.445	
2.00E-2	0.122	0.61	1.05	0.611	1.045
2.50E-2				0.883	
3.00E-2	0.416	1.10	1.22	1.112	1.230
4.00E-2	0.788	1.47	1.41	1.490	1.444
5.00E-2	1.106	1.67	1.53	1.766	1.632
6.00E-2	1.308	1.74	1.59	1.892	1.716
7.00E-2	1.407				
8.00E-2	1.433	1.72	1.61	1.903	1.732
1.00E-1	1.394	1.65	1.55	1.811	1.669
1.25E-1				1.696	
1.50E-1	1.256	1.49	1.42	1.607	1.518
2.00E-1	1.173	1.40	1.34	1.492	1.432
3.00E-1	1.093	1.31	1.31	1.369	1.336
4.00E-1	1.056	1.26	1.26	1.300	1.280
5.00E-1	1.036	1.23	1.23	1.256	1.244
6.00E-1	1.024	1.21	1.21	1.226	1.220
8.00E-1	1.010	1.19	1.19	1.190	1.189
1.00E+0	1.033	1.17	1.17	1.167	1.173
1.50E+0		1.15	1.15	1.139	
2.00E+0	0.992	1.14	1.14		
3.00E+0		1.13	1.13	1.117	
4.00E+0	0.993	1.12	1.12		
5.00E+0		1.11	1.11		
6.00E+0	0.993	1.11	1.11	1.109	
8.00E+0	0.991	1.11	1.11		
1.00E+1	0.990	1.10	1.10	1.111	

光子のエネルギーに対応し適切な壁厚を有する特定二次標準器を利用して校正が実施され、また、校正場の散乱放射線の割合等についても、認定事業者としての認定を受ける条件として事前に調査を実施し、それらを含めた誤差が第2表に示されているように小さいことを認定の際に認められている。このようなことから、荷電粒子平衡条件を満たしていると見なし自由空間中の空気カーマを評価することができる。

(2)実用量測定器の校正

測定器校正に採用する実用量への換算係数を第4表に示す。これらの表は、ICRP Publ.74(1996)より引用した。また、評価マニュアルにも採録され、解説がなされている。

場のモニタリング及び個人モニタリングに使用される放射線測定器は、前項(1)に記した方法で求められた空気カーマと第4表の換算係数から求められた実用量基準値を、その測定器の指示値で除算することにより、校正定数を定める方法で校正する。

(3)実用量の測定

場のモニタリングは、従来より使用されてきている1センチメートル線量当量等評価用サーベイメータを、前項(2)に記した方法で校正し利用することにより実施可能である。個人モニタリングは、ファントムを用いて校正され、評価式が確立されている光子用個人線量計を利用することにより実施可能である。

「ファントム校正」及びファントムを使用しない「実用校正」に関しては、JISZ4511が参考となる。

実際の測定方法に関しては、評価マニュアルに詳細に解説されている。

3.2 中性子

中性子に関しては、日本原子力研究所より技術移転された成果に基づき放射線測定器を校正する。なお、校正に使用される²⁵²Cf線源の中性子放出率は、電子技術総合研究所により校正されている。また、熱中性子フルインスは、放射化金箔の放射能4測定法により実測されている。放射化金箔の放射能4測定法に関しては、電子技術総合研究所との相互比較測定が実施され、相互の値がよく一致していることが認められている。

測定器校正に採用する実用量への換算係数を第5表に示す。これらの表は、光子の場合と同様ICRP Publ.74(1996)より引用した。また、評価マニュアルにも採録され、解説がなされている。

減速場における校正の線量基準の評価方法を、今回の法令改正にあわせて、従来の多検出器法から中性子フルインスの実測評価法に変更した。新旧の周辺線量当量H*(d)の相違とこの評価方法の変更とに起因し、平均エネルギー及び校正値が従来とやや異なる値となる。

(1)実用量測定器の校正

場のモニタリング及び個人モニタリングに使用される放射線測定器は、中性子線源の放出率、減速場の中性子フルインスの実測値、熱中性子フルインスと第5表の換算係数から求められた実用量基準値を、その測定器の指示値で除算することにより、校正定数を求める方法で校正する。

第5表中性子に対する防護量及び実用量の換算係数

(単位 pGycm²)

エネルギー	実行線量	周辺線量当量 H*(10)	個人線量当量 Hp(10)
1.00E-9	5.24	6.60	8.19
1.00E-8	6.55	9.00	9.97
2.53E-8	7.60	10.6	11.4
1.00E-7	9.95	12.9	12.6
2.00E-7	11.2	13.5	13.5
5.00E-7	12.8	13.6	14.2
1.00E-6	13.8	13.3	14.4
2.00E-6	14.5	12.9	14.3
5.00E-6	15.0	12.0	13.8
1.00E-5	15.1	11.3	13.2
2.00E-5	15.1	10.6	12.4
5.00E-5	14.8	9.90	11.2
1.00E-4	14.6	9.40	10.3
2.00E-4	14.4	8.90	9.84
5.00E-4	14.2	8.30	9.34
1.00E-3	14.2	7.90	8.78
2.00E-3	14.4	7.70	8.72
5.00E-3	15.7	8.00	9.36
1.00E-2	18.3	10.5	11.2
2.00E-2	23.8	16.6	17.1
3.00E-2	29.0	23.7	24.9
5.00E-2	38.5	41.1	39.0
7.00E-2	47.2	60.0	59.0
1.00E-1	59.8	88.0	90.6
1.50E-1	80.2	132	139
2.00E-1	99.0	170	180
3.00E-1	133	233	246
5.00E-1	188	322	335
7.00E-1	231	375	386
9.00E-1	267	400	414
1.00E+0	282	412	422
1.20E+0	310	425	433
2.00E+0	383	420	442
3.00E+0	432	412	431
4.00E+0	458	408	422
5.00E+0	474	405	420
6.00E+0	483	400	423
7.00E+0	490	405	432
8.00E+0	494	409	455
9.00E+0	497	420	461
1.00E+1	499	440	480
1.20E+1	499	480	517
1.40E+1	496	520	550
1.50E+1	494	540	564
1.60E+1	491	555	576
1.80E+1	486	570	595
2.00E+1	480	600	600

(2)実用量の測定

場のモニタリングは、従来より使用されてきている1センチメートル線量当量等評価用サーベイメータ(ルミカウツ等)を、前項(1)に記した方法で校正し利用することにより実施可能である。個人モニタリングは、ファントムを用いて校正され、評価式が確立されている中性子用個人線量計を利用することにより実施可能である。

実際の測定方法に関しては、**評価マニュアル**に詳細に解説されているので光子の場合と同様参考となる。

3.3 環境モニタリング量としての空気吸収線量または空気カーマの測定評価

環境モニタリングは、1980年代後半までは、照射線量を基準として実測評価されてきた。ICRP1977年勧告を取り入れて修正された関係法令が施行された平成元年4月1日からは、空気吸収線量を基準として実測評価されてきた。照射線量から空気吸収線量への変更に際しては、その当時のW/eの推奨値 33.85 ± 0.15 J/C(ICRU Report33(1979))と1R: 2.58×10^{-4} c/kgから、 $1 \mu\text{R/h} \Rightarrow 8.73 \text{nGy/h}$ の換算定数を用いて測定値の自動修正がなされ、環境の空気吸収線量率の実測評価がなされることとなった。

このことは、環境モニタリングに使用される測定装置が、設置前に実施される校正において、また、設置後の測定において荷電粒子平衡条件を満たしていることを前提としている。

法令改正後においても前提条件は同様であるが、W/eの評価値が 33.97 ± 0.05 J/Cと僅かに大きくなったことに対応し、 $1 \mu\text{R/h} \Rightarrow 8.86 \text{nGy/h}$ の換算係数を用いることとなる。0.3%程度の差異である。

「一般環境で問題となるような線のエネルギー範囲では、空気吸収線量は空気カーマにほとんど等しい。」(環境放射線モニタリングに関する指針)ことから、(1-g)の補正は、通常は必要ではない。

4.むすび

測定器の性能をよく把握し、測定対象となる放射線エネルギーに適した測定器を選択し、さらに、適切に校正された測定器を使用するという日常的に実施されていることを、そのまま継続することにより法令改正に十分対応可能である。

放計協ニュース No.27 March.2001

発行日 平成13年3月31日

発行編集 (財)放射線計測協会

〒319-1106 茨城県東海村白方白根 2-4

TEL 029-282-5546 FAX 029-283-2157

ホームページ <http://www.irm.or.jp>
