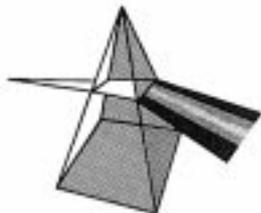


【技術報告】



IAEA / RCA 個人線量計国際相互比較の結果

辻村 憲雄 百瀬 琢磨 林 直美

東海事業所 安全管理部

資料番号 : 7 - 2

Results of the IAEA/RCA Personal Dosimeter Intercomparison

Norio TSUJIMURA Takumaro MOMOSE Naomi HAYASHI
Environment and Safety Division, Tokai Works

国際原子力機関（IAEA）は、地域協力協定（RCA）の放射線防護基盤の強化プロジェクトの一環として、1990年からアジア諸国を対象とした光子用個人線量計の相互比較を開始した。サイクル機構は動燃事業団時代の1990年から1996年までの計4回この相互比較に参加しており、第3回以降は個人線量計の照射も一部担当した。

本報告書では、過去4回の相互比較の結果を取りまとめ、機構の公式個人線量計であるTLDバッジの線量当量評価精度を検証した。この相互比較で評価の対象とされた線量は、現在国内で放射線防護関連法令等への採り入れが検討されている「個人線量当量 ($H_p(d)$)」であり、また照射条件等も国内で一般的に適用されている方法とは異なるものであったが、最新の相互比較の結果ではTLDバッジによる線量当量評価はほとんど全ての試験項目について基準値に $\pm 10\%$ 以内の範囲に入った。TLDバッジの良好な線量当量評価性能を確認するとともに、個人線量当量の法令等への採り入れに先駆けて個人線量計測に関する技術上の課題を整理することができた。

The intercomparison of personal dosimeters for photon was carried out between 1990 and 1996 as part of the IAEA/RCA "Strengthening of radiation protection infrastructure" project. Japan Nuclear Cycle Development Institute participated in the intercomparison as one of the in-house personal dosimetry service organizations in Japan and also served the host irradiating laboratory.

This report summarizes the dose evaluation results obtained from the JNC-TLD badges in the past four intercomparison programs. In the latest intercomparison the evaluated doses agreed to the reference doses with an accuracy of 10%.

キーワード

相互比較、実用量、個人線量当量 ($H_p(d)$)、TLDバッジ、ファントム*Intercomparison, Operational Quantity, Personal Dose Equivalent ($H_p(d)$), TLD badge, Phantom*

1. はじめに

国際原子力機関（IAEA）は、地域協力協定（Regional Cooperative Agreement for Research, Development and Training related to Nuclear Science and Technology: RCA）の「放射線防護基盤の強化プロジェクト」の一環として、1990年からアジア太平洋地域のRCA加盟国を対象に個人線量計の国際的な相互比較プログラムを開催した。この相互比較プログラムは、RCA加盟国の個人線量測定技術の現状把握と線量測定・校正技術の向上を目的としたものであり、サイクル機構東海事業所では、内部実施により個人線量測定サービス

を行っている機関の一つとして1990年から1996年までの計4回この相互比較に参加した。また、第3回以降のプログラムでは試験項目のうち一部の照射を担当した。

この相互比較では、国際放射線単位・測定委員会（ICRU）が新たに提案した線量概念である「個人線量当量（Personal Dose Equivalent）」が個人線量計による評価の対象量として一部採用されている。現在、国内では国際放射線防護委員会（ICRP）の新しい基本勧告の放射線防護関連法令等への採り入れ準備が進められており、その中には上記のような個人線量計による評価の対象とす

る線量の定義、数値の変更も含まれている。そのため、国内法令等への採り入れに先駆けて、評価の対象量を「個人線量当量」に変更した場合の個人線量計測に関する技術上の課題を事前に整理しておくことは、意義が高い。本報告では、これまでの相互比較の結果を取りまとめ、機構の公式個人線量計であるTLDバッジの線量当量評価精度を検証するとともに、上記に係る技術上の課題を前もって整理した。

2. IAEA/RCA個人線量計相互比較の概要

2.1 相互比較の目的

IAEA/RCA個人線量計相互比較（以下、RCA相互比較）の目的は以下のとおりである。

光子に対するICRUの実用量（operational quantity）を基準として個人モニタリングを実施する線量測定サービス機関の能力評価

個人線量計を校正するための照射場の提供（参加者が保有する照射設備では実現できないようなエネルギー、線質を持つ場）

個人モニタリング技術に関する情報交換

2.2 経緯と参加国

1988年10月に最初の活動である「個人及び環境放射線測定の相互比較に関するワークショップ」が東海村で開催された。このワークショップには、11カ国から12名の参加があり、それぞれの国の個人モニタリングの状況と個人線量計の諸特性に関する発表がなされた。この会合の結果を受け、1990年に第1回、1992年に第2回の相互比較が実施され、その結果に関するワークショップが東海村で開催された^{1), 2)}。続いて1995年と1996年にそれぞれ第3回、第4回の相互比較を実施し、その結果に関する最終的なワークショップが1997年11月にインド（Bhabha Atomic Research Centre）で開催された。

第1回の相互比較には全RCA加盟国の17機関が参加したが、相互比較の規模を拡大した第3回以降では国内外約30機関が参加した。国内からは、日本原子力研究所（原研）とサイクル機構が第1回から第4回、民間の個人線量測定サービス会社2社が第3回と第4回に参加した。

なお、この相互比較プログラムは、IAEA、放射線医学総合研究所、原研、サイクル機構、オーストラリア放射線研究所（ARL）及びニュージーランド国立放射線研究所（NRL）の協力のもとに実施された。

2.3 個人線量計相互比較の方法

個人線量計相互比較の方法は、各参加者の個人線量計を同一の条件で照射し、参加者には照射量を知らせずに照射量を評価させ、その評価値を相互に比較検討するものであり、線量測定に係る技術力の分析、判断の手段として広く実施されている方法である。RCA相互比較の方法の流れを図1に示す。以下、図にしたがってその内容等について説明する。

相互比較では6種類の項目の照射試験が行われ、1つの照射につき3個の個人線量計を線量評価用として使用する。

- (1) 参加者は評価用として照射項目数当たり3個、バックグラウンド線量評価用と予備として12個の個人線量計を再生処理するなどした後に窓口である原研東海研究所に送付する。
- (2) 原研では放射性同位元素や放射線発生装置等を用いて所定の線量の照射を行った後、線量当量評価結果記録用紙、質問票と共に照射済個人線量計を各参加者に返却する。当初は原研が参加個人線量計の照射を一括して行っていたが、第3回以降は個人線量計を原研からサイクル機構東海事業所、ARL及びNRLに郵送し試験項目毎に照射を分担した。
- (3) 参加者は、返却された個人線量計を測定し、照射された線量当量の値を評価する。評価した線量当量を記入した記録用紙を原研に送付する。
- (4) 約2～3ヵ月後に原研より照射に利用した線源の種類、エネルギー、照射した線量当量値（基準値）が明らかにされる。この段階で参加者は各々が評価値と基準値との比較・検討を行う。
- (5) 各参加者から報告された線量当量値の取りまとめを原研で行う。



図1 RCA相互比較の流れ

表 1 RCA相互比較の照射項目並びに評価対象量

	フェーズ。		フェーズ「	
	第 1 回 (1990)	第 2 回 (1992)	第 3 回 (1995)	第 4 回 (1996)
試験項目 (照射機関)	X線 (Broad beam) 60.4keV (原研) X線 (Narrow beam) 32.1keV (原研) 64.1keV (原研) 95.5keV (原研) 161keV (原研) 203keV (原研) 線 ⁶⁰ Co (原研) ¹³⁷ Cs (原研) ²²⁶ Ra (原研)		X線 (ISO Wide spectrum series) 45keV (ARL) 79keV (ARL) 134keV (ARL) X線 (ISO High air kerma rate series) 19.7keV (NRL) 線 ⁶⁰ Co (原研) ¹³⁷ Cs (サイクル機構)	
ファントム	使用せず	使用せず (一部原研平板水 ファントム)	ISO平板水ファントム	
評価対象量 [単位]	照射線量 [mR]	照射線量 [mR] Hp(10) [mSv]	Hp(10) [mSv] Hp(0.07) [mSv]	

2.4 照射条件と試験項目

RCA相互比較の照射項目及び個人線量計による評価対象量を表 1 にまとめた。

第 1 回及び第 2 回の相互比較では、原研東海研究所がすべての個人線量計の照射を行い、⁶⁰Co、¹³⁷Cs、²²⁶Raの線及び実効エネルギー 32.1 ~ 203keVのX線が使用された。個人線量計は一部を除き自由空間中で照射され、その評価対象量は照射線量 [単位(R)] である。照射線量は、個人線量計による評価対象量として概念的に古い量であるが、ICRUの実用量のアジア太平洋諸国への当時の浸透度をかながみ相互比較における評価対象量として採用している。

一方、第 3 回及び第 4 回の相互比較では、⁶⁰Co、¹³⁷Cs、ISO準拠のX線 (Wide spectrum seriesよりビームコード W-60、W-110、W-200、High air kerma rate seriesより同 H-30)、あるいはそれらの線源を混合させた場で照射が行われた。前述したように照射は、原研 (⁶⁰Co)、サイクル機構 (¹³⁷Cs)、ARL (X線)及びNRL (X線)で分担した。また、照射の際にISO平板水ファントムを使用し、個人線量計による評価の対象量としてICRU組織で構成された30×30×15cmの平板ファントムの深さdにおける線量当量、「個人線量当量(Hp(d))」を使用した。Hp(d)は、ICRU Report 47³⁾で示された個人の放射線防護のための実用量であり、国内法令への採り入れが現在検討されている。

3. TLDバッジの仕様と線量評価法

RCA相互比較では、サイクル機構は機構の公式個人線量計であるTLDバッジを使用した。TLDバッジは、線用TLD (松下産業機器株式会社製UD-808P)、中性子線用TLD (同、UD-809P) 及び専用バッジケース (同、UD-887PH1) から

構成される。UD-808PのTLDの構成を表 2 に示す⁴⁾。

今回の相互比較で線量評価に使用したUD-808Pは、⁷Li¹¹B₄O₇(Cu)素子が 3 個、CaSO₄(Tm)素子が 1 個の合計 4 個のTLD素子から成る。第 1、第 2 及び第 4 素子は、⁷Li¹¹B₄O₇(Cu)であり、これは実効原子番号が人体組織のそれとほとんど同じ値であるため所定の厚さのフィルタ直下の組織吸収線量の近似値を与える。したがって、人体(あるいはファントム)装着時には、所定の深さにおける線量当量を測定することが可能である。また、第 3 素子はCaSO₄(Tm)素子であり、これは低エネルギー線に対して特に高い相対感度を持ち、入射線のエネルギーの推定等に使用する。

TLDバッジによる線の照射線量及び線量当量の評価方法を説明する。

(1) 照射線量の評価方法

第 1 回及び第 2 回の相互比較では、個人線量計は自由空間中で照射され、評価の対象量は照射線量である。TLDバッジは、人体あるいはファントム上に装着した状態で線量当量を評価するよう設計されたものであるが、線量評価に使用する蛍光体に空気(あるいは生体組織)と実効原子番号がほぼ同等であるLi₂B₄O₇(Cu)を使用していること、TLDの測定に使用する読取り装置はTLDを自由空間中で照射した条件下で校正がなされていること、の 2 点の理由により、自由空間中での照射に

表 2 UD-808PのTLD素子及びフィルタ構成

素子番号	蛍光体及びフィルタ	備考
1	⁷ Li ¹¹ B ₄ O ₇ (Cu) + 樹脂17mg/cm ²	線70µm線量当量評価用
2	⁷ Li ¹¹ B ₄ O ₇ (Cu) + 樹脂63mg/cm ²	線エネルギー評価用
3	CaSO ₄ (Tm) + 樹脂1,000mg/cm ²	線エネルギー評価用
4	⁷ Li ¹¹ B ₄ O ₇ (Cu) + 樹脂1,000mg/cm ²	線1cm線量当量評価用

(フィルタの厚さにはバッジケースの厚さも含まれている)

限ってTLDの読取り値を何らエネルギー依存性の補正もせずそのまま「照射線量」の近似値と見なすことができる。したがって、照射線量の評価には第1素子(Li₂B₄O₇(Cu)+17mg/cm²樹脂)を使用し、その読取り値からバックグラウンド線量を差し引いた値を照射線量の評価値として報告した。また、数100keV以上の高エネルギー線の照射の場合には、第3素子(CaSO₄(Tm)+1,000mg/cm²樹脂)から照射線量を評価した。この理由は、数100keV以上のエネルギー領域では照射線量に対するCaSO₄(Tm)のエネルギー依存性が無視できるためである。また、CaSO₄(Tm)はLi₂B₄O₇(Cu)に比べて発光効率が大きいこと、フェーディングが小さいことといった線量評価上の利点がある。

(2) H_p(d)の評価方法

東海事業所の定常モニタリングで使用している線の1cm線量当量の評価式を以下に示す。

$$H = K(E) \times (E_4 - BG) \quad \dots\dots(1)$$

H : 線の1cm線量当量 [mSv]
 K(E): 校正定数 [mSv/R¹³⁷Cs eq.]
 E₄ : 第4素子の読取り値 [mR¹³⁷Cs eq.]
 BG : バックグラウンド線量 [mR¹³⁷Cs eq.]

ここで、校正定数K(E)は、数100keV以上の高エネルギー線に対しては、10.0[mSv/R¹³⁷Cs eq.]、低エネルギー線の場合には11.0~12.0程度となる。東海事業所ではプルトニウム燃料の取扱いに伴い²⁴¹Amによる60keVの被ばくを受ける作業員については校正定数として11.5[mSv/R¹³⁷Cs eq.]を使用している。この値は、JISファントム(PMMA製)上に設置した場合のTLDバッジのエネルギー特性と1cm線量当量のエネルギー依存性の比較により決定した。なお、低エネルギー線の混在の有無及びその実効的なエネルギーに関する情報は、蛍光体素材の異なる第3素子と第4素子の発光比から推定した。

一方、第3回及び第4回の相互比較においては、個人線量計の評価対象量としてICRU平板ファントム中の深さdの点で定義された線量当量(H_p(d))が採用されている。(1)式で評価の対象としている1cm線量当量はICRU球の深さ10mmの点で定義された線量当量であるため、TLDバッジによりH_p(10)を評価するには、H_p(10)と1cm線量当量のエネルギー依存性の違いをあらかじめ考慮に入れる必要がある。そこで(1)式の基本的な構成はそのまま、校正定数の値のみを変えた次式を使用した。

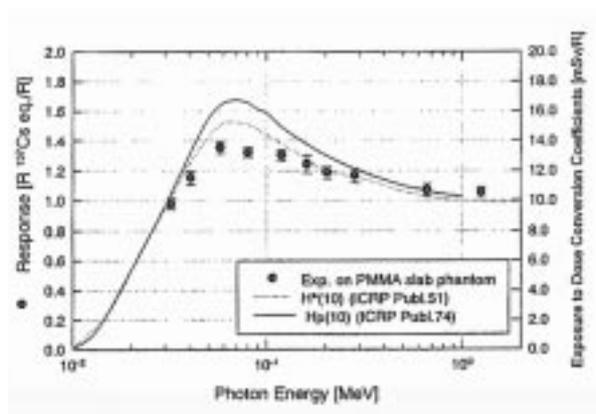


図2 TLDバッジの第4素子(Li₂B₄O₇(Cu)+1,000mg/cm²樹脂)のエネルギー依存性(PMMA製平板ファントム上で照射)

$$H_p(10) = K_{p,d=10}(E) \times (E_4 - BG) \quad \dots\dots(2)$$

$$H_p(0.07) = K_{p,d=0.07}(E) \times (E_1 - BG) \quad \dots\dots(3)$$

図2に第4素子の線に対するエネルギー依存性を示す。図には、それぞれ1cm線量当量(H_p(10))及びH_p(10)のエネルギー依存性⁵⁾も示した。1cm線量当量とH_p(10)を比較すると、80keV近傍でH_p(10)の方が10%程度値が大きい。70μm線量当量とH_p(0.07)を比較した場合でも同様の傾向が見られ、これは、線量当量が定義された体系の幾何形状の違いによるものであり、平板体系の方が球体系に比べて後方散乱線の吸収線量への寄与が大きいためである。

4. 線量評価結果

4.1 判定条件

本相互比較では、個人線量計による評価値の正確さを判断するための一つの目安として、以下に示す考え方を適用した。

評価値を基準値で除したとき、その値に許容される上限R_{UL}、下限R_{LL}は次式で表される⁶⁾。

$$R_{UL} = 1.5 \times \left(1 + \frac{H_0}{2H_0 + H_1} \right) \quad \dots\dots(4)$$

$$R_{LL} = \frac{1}{1.5} \times \left(1 - \frac{2H_0}{H_0 + H_1} \right) (H_1 > H_0) \quad \dots\dots(5)$$

ここで、H₁は照射された線量、H₀は個人線量計が記録すべき最小の線量であり、H₁<H₀の場合はR_{LL}=0として取り扱われる。H₀は、ICRP Publ.75⁷⁾によれば「モニタリング期間と1mSvを

超えない年実効線量から導かれるべき」としてあり、仮に年間に12回のモニタリングを実施するとすれば、導出される H_0 の値は約0.08 (= 1/12) mSvに相当する。この値は、TLDバッジや一般のフィルムバッジの記録レベルである0.1mSvにほぼ相当する。(4)及び(5)式で表される上下限は、一般に「トランペット曲線」と呼ばれ、こうした個人線量計相互比較で広く利用されつつある。

4.2 第1回及び第2回の結果

第1回及び第2回の相互比較ではそれぞれ6項目、合計12項目の照射がなされた。そのうち、10項目が自由空間中、2項目が原研平板水ファントム(外径寸法30×30×15cm、肉厚10mmのPMMA製)上で照射された。評価の対象量は、前者が照射線量[R]、後者が $H_p(10)$ [mSv]である。

第1回、第2回の相互比較における線量評価結果をそれぞれ図3、図4に示す。図では、横軸に照射された線量(基準値)、縦軸に照射した線量

に対する評価値(報告値)の比を示しており、さらに(4)及び(5)式で表されるトランペット曲線も示した。なお、ここでは便宜的に H_0 の値を0.1mSvにほぼ相当する10mRとした。

自由空間中での照射については、 ^{60}Co 2,500mRの照射を除けば報告値は - 20% ~ ± 0 の範囲内で基準値に一致している。 ^{60}Co 2,500mRの照射での約1.3倍の過大評価は、TLDバッジのエネルギー依存性や評価の考え方に問題があったわけではなく、読取り装置の高線量域での熱蛍光計数系である周波数カウンタの校正に問題があったことが後に判明した。周波数カウンタを再校正した結果、照射線量評価値は基準値に対して1.01となり、一致した。

一方、第2回の実効エネルギー60.4keVのX線の本研平板水ファントム上での照射については、エネルギー依存性の補正をしたにもかかわらず約30%の過小評価となった。この原因については次節で述べる。

4.3 第3回の結果

1995年に実施された第3回の相互比較と以前までの相互比較との主な相違点は以下の3点である。

ISO準拠のX線を使用。

ISO平板水ファントム(外径寸法30×30×15cm、照射面のみ肉厚2.5mm、他は肉厚10mmのPMMA平板製)を使用。

個人線量計の評価対象量として、ICRU平板ファントムの深さ d における線量当量、 $H_p(d)$ を使用。

個人線量計の照射は、前述のように原研東海(^{60}Co)、サイクル機構(^{137}Cs)、ARL(X線)及びNRL(X線)で分担して行った。今回の相互比較での試験項目は計6項目である。X線はISO準拠のWide Spectrum Seriesのうち管電圧が60,110及び200kV、High Air Kerma Rate Seriesのうち管電圧が30kVのもの計4点であり、X線の実効エネルギーはそれぞれ45、79、134及び19.7 keVである。

TLDバッジによる線量評価では、今回の相互比較で評価の対象とした $H_p(d)$ に関する特性などのバックデータは必ずしも十分ではなかったため、東海事業所で定常的に使用している線量評価の考え方を基本的に適用した。すなわち、複数のTLD素子の発光関係からTLDバッジに入射した線のエネルギーを推定し、そのエネルギーに応じたエネルギー依存性の補正をするという方法である。

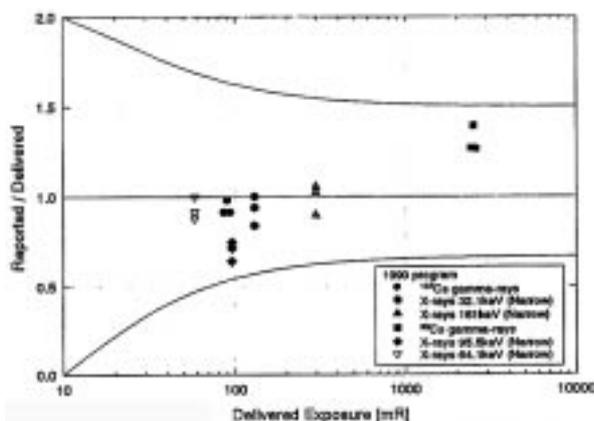


図3 第1回相互比較(1990年)の結果

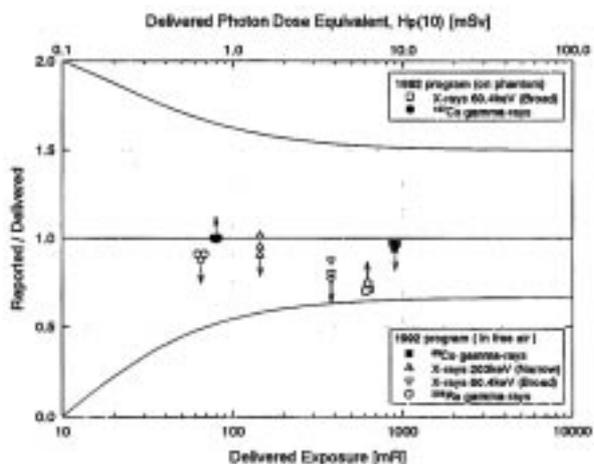


図4 第2回相互比較(1992年)の結果

線量評価結果を図5に示す。今回の相互比較では、 $H_{\beta}(10)$ と $H_{\beta}(0.07)$ を別々に評価・報告したが、両者の傾向は同様であったので、ここでは $H_{\beta}(10)$ についての評価結果のみを示した。TLD素子の発光関係などから推定したX線の実効エネルギーは、実際に照射されたX線の実効エネルギーとおおむね一致していたが、TLDバッジによる線量評価結果は45~134keVの範囲で約30%の過小評価であった。第2回の相互比較で、TLDバッジを水ファントムに設置し実効エネルギー60.4keVのX線を照射した際にも $H_{\beta}(10)$ を約30%過小に評価しており、これらのことから東海事業所で現在使用されている線量評価の考え方と、今回の相互比較における照射の条件、評価の対象量に対して本来適用されるべき考え方との間の不整合が示唆された。

第2回と第3回の相互比較において、45~134keVの範囲で $H_{\beta}(10)$ を約30%過小に評価した原因として以下の要因が考えられる。第1の要因として、ICRU球の深さ10mmの点で定義された1cm線量当量とICRU平板ファントムの深さ10mmの点で定義された $H_{\beta}(10)$ の量的な相違があること。第2の要因として、従来、TLDバッジのエネルギー依存性の評価に使用していたJISファントム(PMMA平板ファントム)とISO平板水ファントムの後方散乱特性(ファントムからの後方散乱線がTLD素子に与える影響)の相違が挙げられる。これら2つの要因が、TLDバッジを用いて $H_{\beta}(10)$ を評価する際にどれだけの影響を与えるかを、以下の手順により検討した。

第1の要因として挙げた、線量当量の数値的な相違については、ICRU平板ファントムの深さ10mmで定義された $H_{\beta}(10)$ に対するICRU球の深さ10mmの点で定義された1cm線量当量の比を計

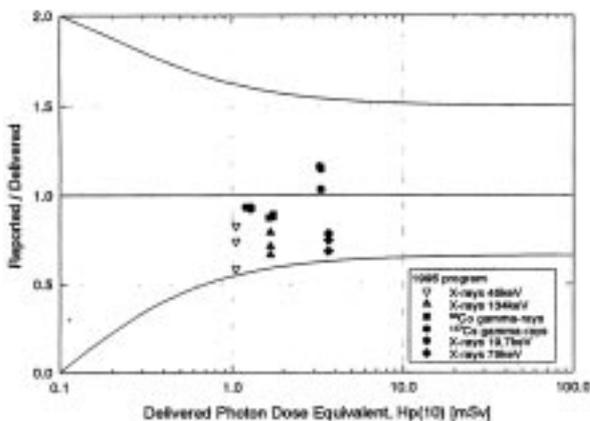


図5 第3回相互比較(1995年)の結果

算する。この比を F_1 とする。

$$F_1 = H_{SP, ICRU}(E;10) / H_{SL, ICRU}(E;10) \quad \dots\dots(6)$$

第2の要因として挙げたファントムの材質による後方散乱特性の違いについては、大きさ30×30×15cmのPMMAとICRU組織で構成されたファントム中の深さ10mmで定義された線量当量(計算値[8])の比を求め、これを F_2 とする。この比は、理想化された線量計を2種類のファントムの深さ10mmの位置に埋め込んで得られる応答の比と考えることができるので、ファントムの後方散乱特性の相違を表す指標となる。なお、相互比較で使用したファントムは平板水ファントムであるが、ICRU組織と水は密度並びに構成原子がほぼ同じであるため、それらの間の後方散乱特性の違いはほとんどないと考えられる。

$$F_2 = \frac{H_{SL, ICRU}(10)}{H_{SL, PMMA}(10)} \approx \frac{H_{SL, WATER}(10)}{H_{SL, PMMA}(10)} \quad \dots\dots(7)$$

比 F_1 と比 F_2 を線のエネルギーの関数として表したものを図6に示す。 F_1 と F_2 は共に線エネルギー60~80keV近傍で0.9程度の値となり、両者を掛け合わせた値、 $F_1 \times F_2$ は約60keV近傍で0.8程度となることが分かる。

したがって、PMMA平板ファントム上で得られた個人線量計の応答をICRU球で定義された線量当量(従来の1cm線量当量)に規格化するという現在の方法では、今回の相互比較のように評価の対象量を $H_{\beta}(10)$ に、個人線量計を照射す

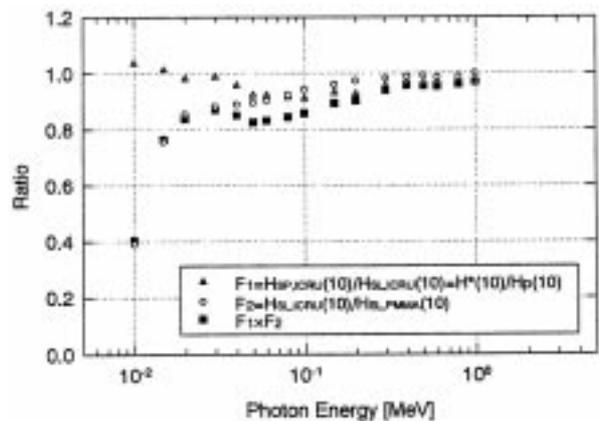


図6 過小評価の要因となるパラメータ F_1 、 F_2 のエネルギー依存性

る際に平板水ファントムを使用した場合に図6に示した $F_1 \times F_2$ の分だけ $H_p(10)$ を系統的に過小評価することになる。これが、第2回あるいは第3回の相互比較で実施された60keV近傍のX線の照射で、 $H_p(10)$ を30%過小に評価した主な原因と考えられる。

4.4 第4回の結果

1996年に実施された第4回の相互比較では、第3回の相互比較で使用された線源を組み合わせた条件での照射、入射角度を参加者に知らせない条件での照射、さらに ^{137}Cs と ^{60}Co の照射ではそれぞれ個人線量計の検出下限近傍、ICRPが勧告した実効線量の年限度に相当する20mSv/年(=100mSv/5年)近傍の線量の照射がなされた。照射は、前回同様、原研、サイクル機構、ARL及びNRLで分担し、試験項目中の全てがISO平板水ファントム上に個人線量計を設置した条件下でなされた。

今回の相互比較では、複数の線源を組み合わせた条件下で照射がなされ、その組合せは不明であったが、実測されたTLDバッジの第3素子と第4素子の発光比より実効エネルギー等を推定し、第3回の相互比較の結果を反映してそれぞれのエネルギーに対する校正定数を設定し、線量を評価した。

評価結果を図7に示す。照射された線とX線のエネルギー範囲は複合照射も含めて19.7keV~1.25MeV、線量範囲は0.3~20mSvと極めて多様な条件のものであったが、第3回の試験結果を踏まえて校正定数を設定し線量評価の段階で適切に反映することができたため、評価した $H_p(10)$ はほとんどの試験項目で $\pm 10\%$ 以内の範囲に入った。

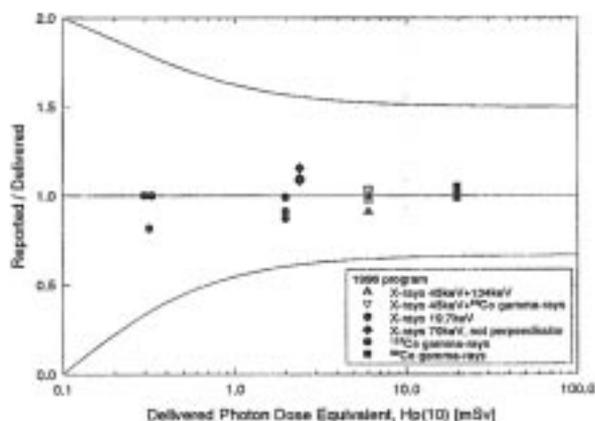


図7 第4回相互比較(1996年)の結果

5. おわりに

IAEAが1990年から1996年にわたって、RCA加盟国の放射線防護基盤の強化プロジェクトの一環として実施したRCA相互比較の結果を取りまとめた。サイクル機構は第1回から第4回まで、内部実施により個人線量測定サービスを行っている機関の一つとして参加するとともに、また第3回以降は相互比較の試験項目のうち一部の照射を担当した。

この相互比較を通じて、以下の知見が得られた。

- (1) TLDバッジによる線量評価値は全て許容範囲(B式及びC式に示したトランペット曲線)の中に入っており、特に第4回の相互比較では線エネルギー19.7keVから1.25MeVの幅広いエネルギー範囲にわたって、評価値は基準値に対して $\pm 10\%$ 以内と極めて良く一致した。
- (2) ファントムによるTLDバッジのレスポンスの変化が明らかとなった。現在国内では、PMMA製のファントムが個人線量計校正用の標準ファントムとしてJISに定められているが、組成及び密度がより人体に近い水ファントムを個人線量計の校正目的で適用した場合、個人線量計による評価値は線のエネルギーにもよるが10%程度の系統的な相違が生じる。
- (3) 個人線量計の評価対象量として $H_p(d)$ が新たに法令等に採り入れられても、適切な校正定数を再設定するなどの対応により、 $H_p(d)$ を正確に評価できる。
- (4) 線を評価の対象とした国際的な個人線量計相互比較への初めての参加であり、良い経験となった。相互比較は、個人線量計による線量評価値の妥当性を対外的に立証する場でもあり、今後もこうした相互比較に積極的に参加する必要がある。

参考文献

- 1) H.Murakami: "Results of the IAEA/RCA Personal Dosimeter Intercomparison in the Asian and Pacific Region", Radiat. Prot. Dosim., 54, 1, p.19-23 (1994).
- 2) 村上博幸: 「アジア地域における個人線量計相互比較とワークショップ」, 保健物理, 28, p.243-245(1993).
- 3) ICRU Report 47, "Measurement of Dose Equivalent from External Photon and Electron Radiations" (1992).
- 4) 石黒秀治, 武田伸荘: "Li₂B₄O₇(Cu)素子による自動読取型個人線量計の開発(1) 線、線線量当量評価法", 保健物理, 16 (1981).
- 5) ICRP Publication 74: "General Principles for the Radiation Protection of Workers" (1997).
- 6) IAEA Safety Standard Series No.RS-G-1.3: "Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation" (1999).

- 7) ICRP Publication 75 : " Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation " (1996) .
- 8) B.Grosswendt : " The Angular Dependence and irradiation

Geometry factor for the Dose Equivalent for Photons in Slab Phantoms of Tissue-Equivalent material and PMMA " , Radiat. Prot. Dosim., 35, 4, p.221-235 (1991) .