

TLDバッヂによる人体内部の臓器・組織の線量当量の評価

1997年6月

動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒319-11 茨城県那珂郡東海村大字村松4-33

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所 技術開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to:Technology
Management Section, Tokai Works, Power Reactor and Nuclear Fuel Development
Corporation, 4-33 O-aza-Muramatsu, Tokai-mura, Naka, Ibaraki-ken, 319-11, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development
Corporation)

TLDバッジによる人体内部の臓器・組織の線量当量の評価

辻村憲雄¹⁾、百瀬琢磨¹⁾、篠原邦彦¹⁾

要旨

外部放射線による線量限度を超える被ばくが生じた場合、実効線量当量とは別個に人体内部の臓器・組織の線量当量（吸収線量）を評価する必要がある。そのため、TLDバッジから評価した1cm線量当量を基に臓器・組織の線量当量を評価する手法について検討した。

数学ファントムを用いて計算された人体内部の臓器・組織の線量当量と、TLDバッジから評価した1cm線量当量の関係を調べ、TLDバッジによる臓器・組織の線量当量の評価式を構築した。さらに、人体前面に対して面平行に放射線が入射する場合を想定し、プルトニウム燃料製造施設の放射線業務従事者の平成7年度の被ばく実績より、任意の組織・臓器の線量分布を計算し、実効線量当量の分布と比較した。

1) 安全管理部安全対策課

目次

第1章	緒言	1
第2章	臓器線量の評価方法	2
2-1	実効線量当量・臓器線量と1cm線量当量の比較	2
2-2	TLDバッジによる臓器線量の評価方法	3
第3章	放射線業務従事者の臓器線量の分布	14
3-1	臓器線量の人数分布	14
3-2	臓器線量と実効線量当量の比の分布	15
第4章	まとめ	24
参考文献	25

第1章 緒言

実効線量当量は幾つかの臓器・組織の線量当量の荷重平均として定義され、それを評価することで放射線による確率的影響を制限することができる。しかし、実効線量当量を日常の個人被ばく管理において定量することは困難であり、また実際的ではないので、これを容易にかつ常に安全側に評価するための代替量として1cm線量当量を導入し、これをもって実効線量当量を表すものとして法令改正が行われた。日常的な個人モニタリングにおいては、個人線量計による測定・評価量は実効線量当量の代替量である1cm線量当量である。

一方、事故時のモニタリング等、外部放射線による線量限度を超えるような被ばくが生じた場合、医療措置等の観点から実効線量当量とは別個に組織・臓器の線量当量（吸収線量）を評価する必要がある。また、線量限度を超えないような場合でも、確定的な影響に基づき定められた線量限度をどの程度満たしているかを調査するため、あるいは最も照射を受けた臓器が何であるかを見つけ出し、適切な防護具を選定するといった被ばく低減対策を立案する上で、実効線量当量を導出する際に基本となるもとの組織・臓器の線量当量に分けて評価することが有益な場合がある[1]。個人線量計の応答と人体内部の臓器・組織の線量当量とを関連づけた研究の例としては、これまでも神永ら[2]、Pieshら[3]の報告がある。

そのため本研究では、TLDバッジから評価した1cm線量当量を基に人体内部の任意の組織・臓器の線量当量を評価する手法について検討した。

数学ファントムを用いて計算された人体内部の臓器・組織の線量当量と1cm線量当量と関係を利用し、TLDバッジから評価した1cm線量当量から臓器・組織の線量当量を評価する基本式を構築した。さらに、人体前面に対して面平行に放射線が入射する場合を想定し、プルトニウム燃料製造施設の放射線業務従事者の任意の組織・臓器の線量分布を計算し、実効線量当量の分布と比較した。

なお、本報告では γ 線による臓器・組織の線量当量のみを対象とした。

第2章 臓器線量の評価方法

2-1 実効線量当量・臓器線量と1cm線量当量の比較

実効線量当量 H_E は、幾つかの臓器・組織の線量当量の荷重平均として次式で定義される。

$$H_E = \sum w_T \cdot H_T \quad \dots(2-1)$$

ここで、 w_T は臓器・組織 T と照射に由来する確率的影響のリスクの、全身が均等に照射されたときの全リスクに対する比を表すための係数であり、幾つかの臓器・組織 T について下表のように与えられている。 H_T は臓器・組織 T における平均線量当量である。

表2-1 ICRPが勧告した確率的影響のリスク係数と荷重係数[4]

臓器・組織	リスク係数[10 ⁻⁴ /Sv]	荷重係数 w_T
生殖腺	40	0.25
乳房	25	0.15
赤色骨髄	20	0.12
肺	20	0.12
甲状腺	5	0.03
骨表面	5	0.03
残りの組織	50	0.30
小計	165	1.00

一方、個人モニタリングにおいて評価している1cm線量当量はICRU球の深さ1cmの点における線量当量として定義されており、強透過性放射線による実効線量当量の代替量でもある。

図2-1に、1cm線量当量に対する実効線量当量の比を γ 線のエネルギーの関数として示す。同様に1cm線量当量に対する、人体に対して正面から照射された場合の臓器・組織の線量当量の比を図2-2に示す。ここで示した実効線量当量及び臓器線量の数値データは、ICRP Publication 51[1]（以下、「ICRP Publ.51」のように記す）より引用したもので、人体形状をモデル化した数学ファントムとモンテカルロ計算による結果である注1)。なお、実効線量当量及び臓器線量は、年齢、性別、体格等に依存するため、ここで示したデータはあくまでも標準人に対するデータである。

注1 このデータの出典であるWilliamsらの計算[5]では、ICRP Publ.26で内訳が明示されていない「残りの組織」として、胃、小腸下部、大腸上部、大腸下部、腎臓、副腎、膀胱、肝臓、脾臓、子宮、膵臓、胸腺を考慮している。

また、眼の水晶体、皮膚の線量当量については、それぞれICRU球の深さ 3mm、70 μm で定義された線量当量が個人モニタリングにおける評価基準量である。 γ 線の場合、3mm線量当量及び70 μm 線量当量と1cm線量当量の相違は極端にエネルギーの低い領域を除けば小さい。

2-2 TLDバッジによる臓器線量の評価方法

臓器線量を評価する際に着目する組織・臓器は、ICRP Publ.26[4]によって荷重係数が与えられている組織・臓器、すなわち生殖腺（精巣及び卵巣）、赤色骨髄、乳房、肺、骨表面、甲状腺とし、また線量限度が実効線量当量とは別に定められている眼の水晶体、体幹部の皮膚とした。

(1) TLDバッジの応答と臓器線量の関係

1) エネルギー依存性

全身が前方方向より均等に照射された場合の組織・臓器の線量当量に対するTLDバッジの元素G4 (Li₂B₄O₇(Cu)蛍光体+1000mg/cm²樹脂、1cm線量当量の評価に用いる)の応答特性を、PMMA平板ファントム上での特性[6]と図2-2に示した1cm線量当量と臓器・組織の線量当量の関係から求めた。その結果を図2-3 (a)(b)に示す。図(a)(b)はそれぞれ成年の男性、女性に対する計算結果であり、その値を表2-1、2-2に示す。

前節で示したように臓器・組織の線量当量はその位置（深さ）に依存して変化するため、体表面に装着する元素G4のレスポンスも相対的に変化し、例えば元素G4の応答に臓器別の補正をしなければ、 γ 線エネルギー80keV近傍で精巣の線量当量を20%程度過小評価し、またさらに低エネルギーの領域では肺や赤色骨髄の線量当量を数倍程度に過大評価する。そのためTLDバッジから人体内部の臓器・組織の線量当量を評価する際には、入射エネルギーに応じた臓器毎の適切な校正定数を設定する必要がある。

2) 方向依存性

臓器・組織毎の線量当量の方向依存性に関する詳細な研究報告はあまりないが、実効線量当量の方向依存性については、Xuらが人体形状ファントムに対する γ 線の入射角度を15~45°毎に変化させた計算を行っている。 γ 線エネルギー75keV、1.25MeVの場合の元素G4の方向特性と、Xuらが計算した同エネルギーに対する実効線量当量の方向依存性[7]を比較した結果を図2-4 (a)(b)に示す。バッジケース内面に内張りしているCd板の影響により低エネルギー γ 線に対する元素G4の方向特性が左右非対称になっているが、体表面側 2π の方向については実効線量当量を安全側に評価しているため、実効線量当量を導出する際に基本となるもとの組織・臓器の線量当量を評価する場合にも、少なくとも過小な評価にはなら

ないと考えられる。

3) 個人線量計の着用部位

個人線量計の着用部位は通常は胸部（女子については腹部）に装着するが、東海事業所では鉛エプロン等の防護衣を着用し、かつプルトニウム同位体を取り扱う放射線作業の場合には、鉛エプロンの内側の胸部（腹部）に一個、外側の頭頸部（通常は襟部）に一個の合計二個の線量計を装着する。二個の線量計を用いることで、体幹部に入射する放射線の分布に関するおおまかなprofile情報が得られる。例えば、頭頸部に装着した線量計からは甲状腺、眼の水晶体の線量当量に関する情報が、胸部に装着した線量計からは肺の線量当量に関する情報が直接に得られる。また、鉛エプロン内側の腹部から大腿部にかけては、グローブボックス近傍の放射線分布[8]を考慮すると少なくとも胸部を超える被ばくは受けないと予想されるので、胸部に装着した線量計から生殖腺の線量当量に関する情報が得られる。さらに、赤色骨髄、骨表面のように人体の全域に亘る組織の線量当量を二個の線量計から評価する際には、鉛エプロンに覆われた部分と覆われていない部分に含まれるそれらの組織の重量比を参考に荷重平均をとる。

(2) TLDバッジによる臓器線量の評価式

放射線（ γ 線）が人体の前面側に照射する場合のTLDバッジによる臓器・組織の線量当量の評価式を以下に示す。ここで、 $E_4(\text{CHEST})$ 、 $E_4(\text{NECK})$ はそれぞれ胸部（腹部）、頭頸部に装着したTLDバッジのエレメントG4の読取り値、 $K_T(E_\gamma)$ は臓器・組織 T に対する校正定数、 W は複数の身体領域にまたがる赤色骨髄等の組織・臓器の重量比を考慮にいたした場合の荷重係数である。 W の値を導出する際には浜田の報告[9]を参考にした。

$$\text{精巣} \quad H_{TE} = K_{TE}(E_\gamma) \cdot E_4(\text{CHEST}) \quad \dots(2. 2)$$

$$\text{卵巣} \quad H_{OV} = K_{OV}(E_\gamma) \cdot E_4(\text{CHEST}) \quad \dots(2. 3)$$

$$\text{赤色骨髄} \quad H_{RBM} = K_{RBM}(E_\gamma) \cdot W_{\text{NECK}} \cdot E_4(\text{NECK}) + K_{RBM}(E_\gamma) \cdot W_{\text{CHEST}} \cdot E_4(\text{CHEST}) \quad \dots(2. 4)$$

$$\text{乳房} \quad H_{BR} = K_{BR}(E_\gamma) \cdot E_4(\text{CHEST}) \quad \dots(2. 5)$$

$$\text{肺} \quad H_{LU} = K_{LU}(E_\gamma) \cdot E_4(\text{CHEST}) \quad \dots(2. 6)$$

$$\text{甲状腺} \quad H_{TH} = K_{TH}(E_\gamma) \cdot E_4(\text{NECK}) \quad \dots(2. 7)$$

$$\text{骨表面} \quad H_{BS} = K_{BS}(E_\gamma) \cdot W_{\text{NECK}} \cdot E_4(\text{NECK}) + K_{BS}(E_\gamma) \cdot W_{\text{CHEST}} \cdot E_4(\text{CHEST}) \quad \dots(2. 8)$$

$$\text{眼の水晶体} \quad H_{LE} = K_{LE}(E_\gamma) \cdot E_4(\text{NECK}) \quad \dots(2. 9)$$

$$\text{皮膚} \quad H_{SK} = K_{SK}(E_\gamma) \cdot \max(E_4(\text{NECK}), E_4(\text{CHEST})) \quad \dots(2. 10)$$

ここで、校正定数 $K_T(E)$ は γ 線のエネルギーの関数であるが、東海事業所の放射線作業環境下の γ 線エネルギー分布を考慮して60keV近傍、150keV近傍、500keV以上

の3つのエネルギー領域に分割し、その領域間での平均的な感度から校正定数 $K_T(E)$ を求めた。このとき、入射する γ 線のエネルギー群は、図2-5に示すTLDバッジのエレメントG3 (CaSO₄(Tm)蛍光体+1000mg/cm²樹脂) とエレメントG4の比から判断する。

表2-3にエネルギー群別の校正定数 $K_T(E)$ を示す。表の校正定数の値からも分かるように、高エネルギー γ 線については各臓器・組織ともに(校正定数 ≤ 1.0)であるため、TLDバッジを用いて評価した1cm線量当量は実効線量当量に対して安全側の値となる。

なお、通常の個人モニタリングにおける、TLDバッジによる実効線量当量 HE' の計算式は次式の通り(γ 線のみの場合)である。

・胸部に一個のTLDバッジ着用の場合

$$HE' = H_{1cm} = K_{1cm}(E_\gamma) \cdot E_{4(CHEST)} \quad \dots(2.11a)$$

・胸部と頸部に合計二個のTLDバッジ着用の場合

$$HE' = 0.35 \cdot K_{1cm}(E_\gamma) \cdot E_{4(NECK)} + 0.65 \cdot K_{1cm}(E_\gamma) \cdot E_{4(CHEST)} \quad \dots(2.11b)$$

ここで使用する校正定数 $K_{1cm}(E_\gamma)$ は、高エネルギー γ 線の場合は1.0[mSv/100mR ¹³⁷Cs eq.]、60keV近傍の低エネルギー γ 線の場合は、エレメントG4はやや過小応答を示すため1.15[mSv/100mR ¹³⁷Cs eq.]を使用する。

眼の水晶体の3mm線量当量、体幹部の皮膚の70 μ m線量当量については次式から計算する。

$$H_{3mm} = HE' \quad \dots(2.12)$$

$$H_{70\mu m} = HE' \quad \dots(2.13)$$

また、眼の水晶体、体幹部の皮膚を除くその他の臓器・組織の線量当量 HT' については、実効線量当量 HE' と同等として記録する。

$$HT' = HE' \quad \dots(2.14)$$

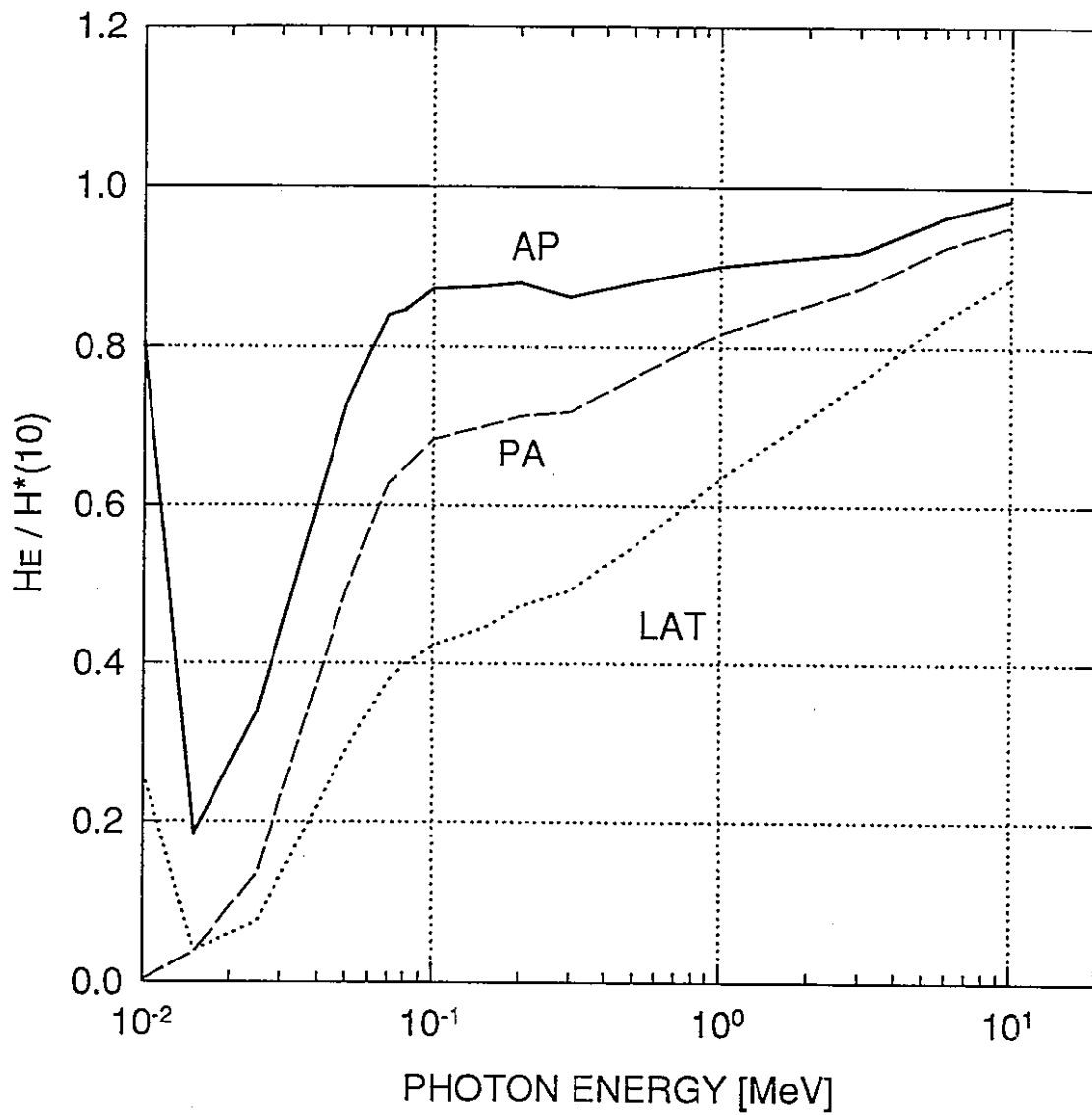


図 2-1 実効線量当量と1cm線量当量の関係
(AP:前方入射、LAT:側面入射、PA:背面入射)

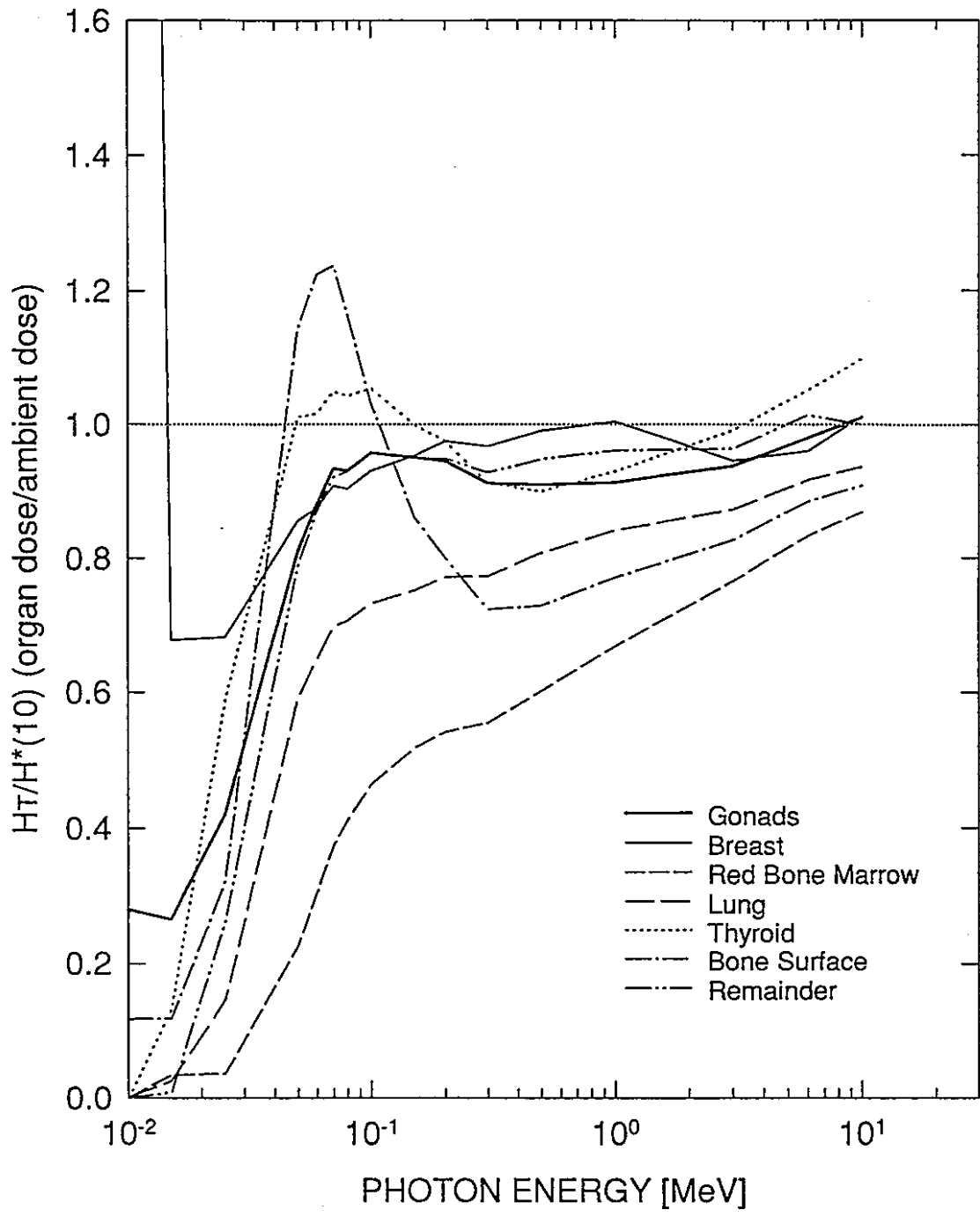


図 2-2 臓器・組織の線量当量と1cm線量当量の関係 (前方入射の場合)

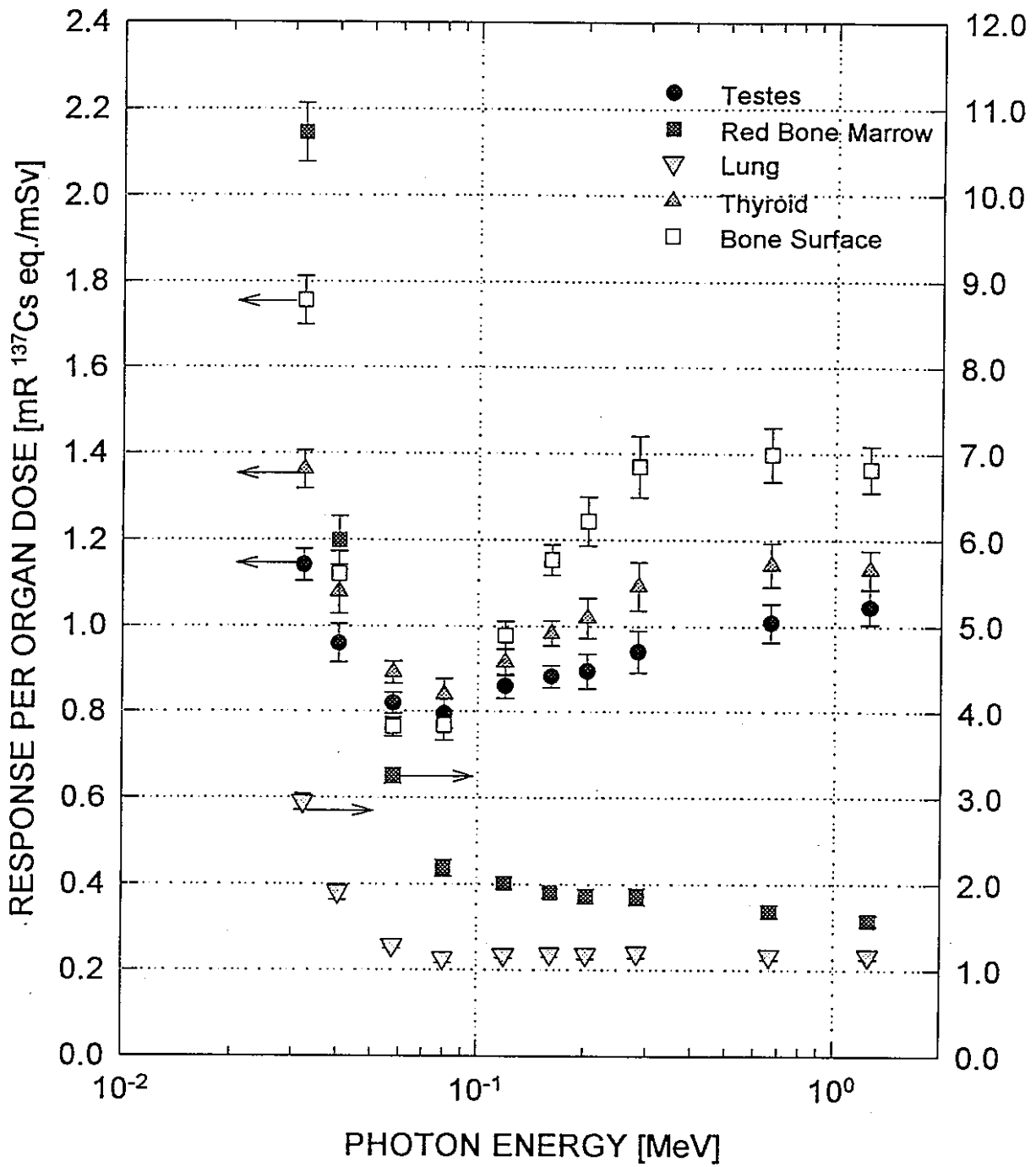


図2-3(a) 臓器・組織の線量当量当たりのTLDバッジ（エレメントG4）のエネルギー応答特性（男性形状ファントムの場合）

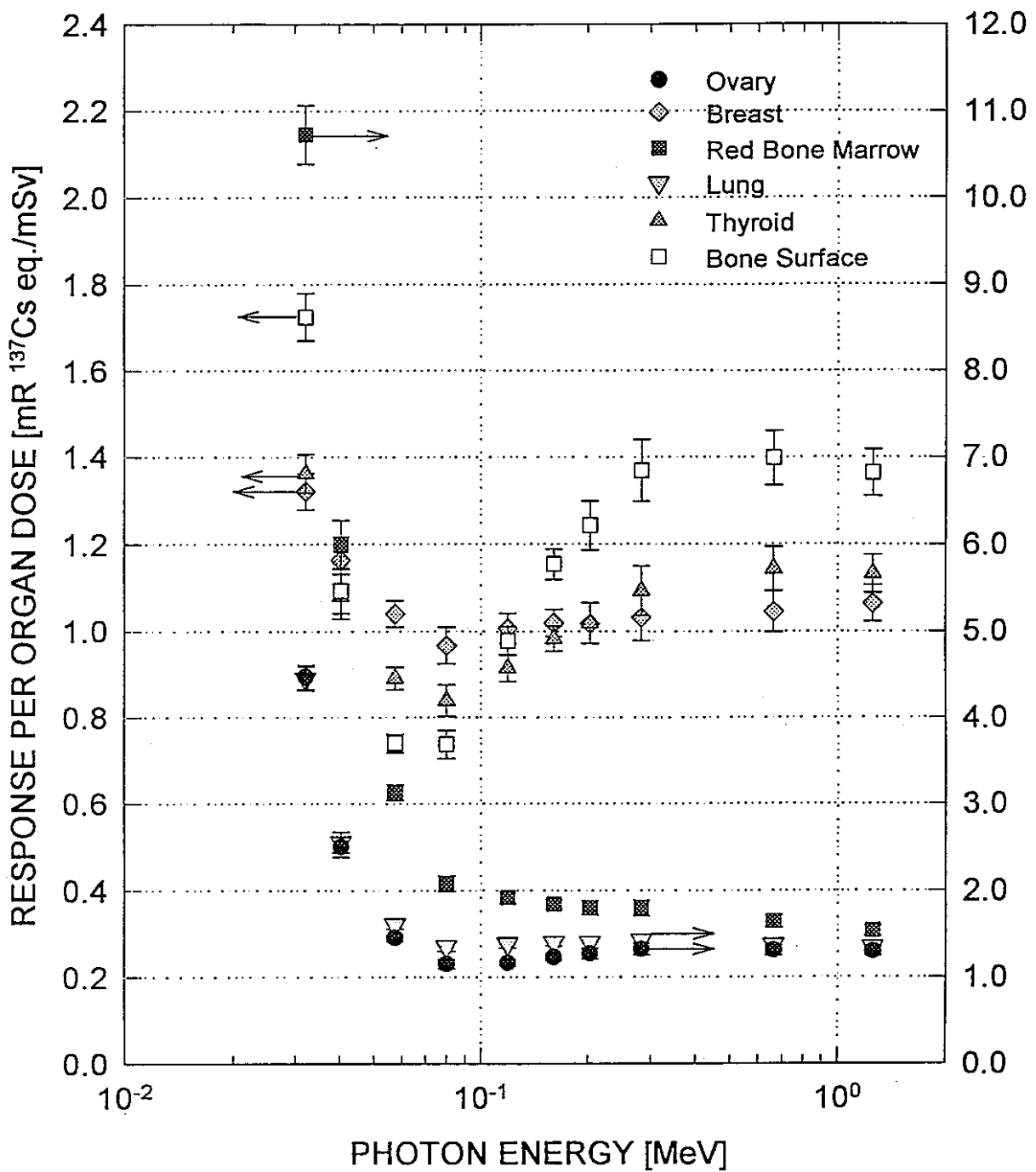


図 2-3 (b) 臓器・組織の線量当量当たりのTLDバッジ (エレメントG4) のエネルギー応答特性 (女性形状ファントムの場合)

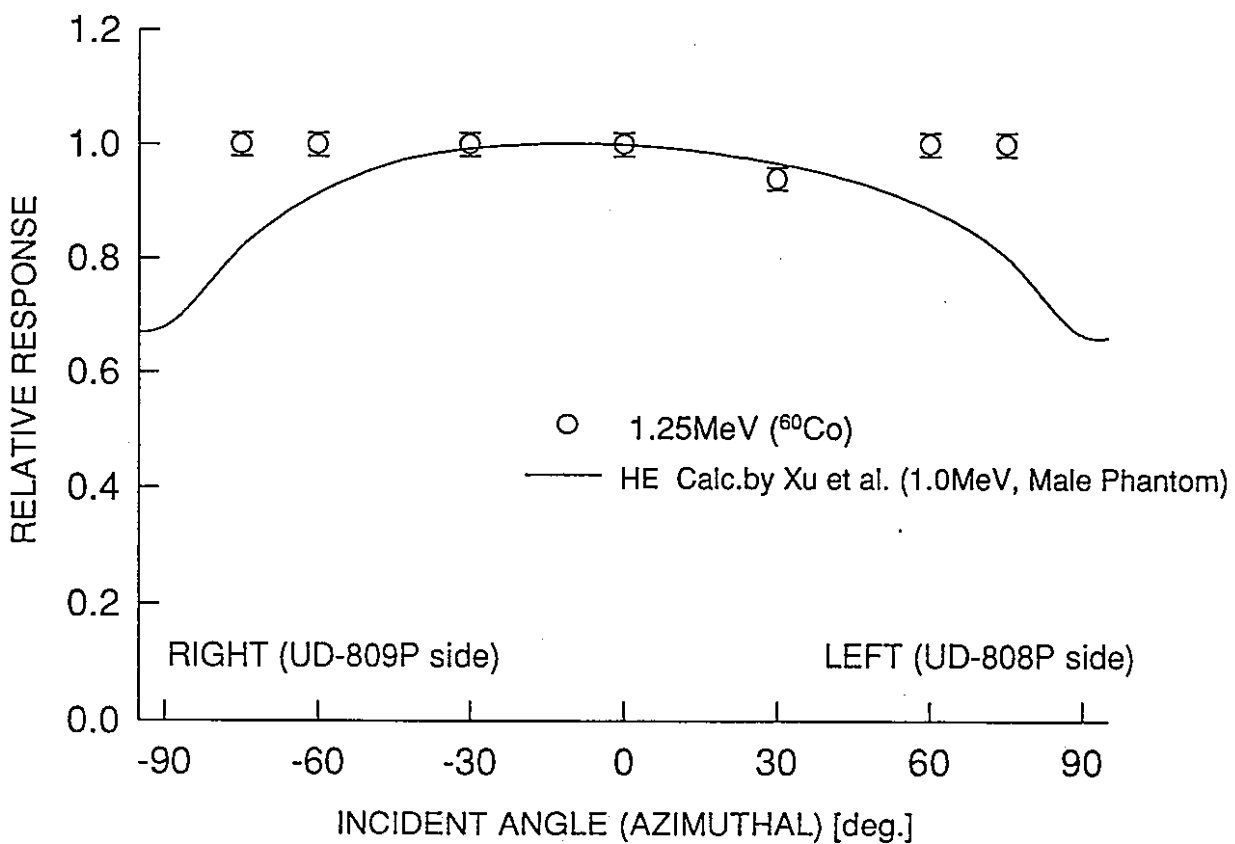
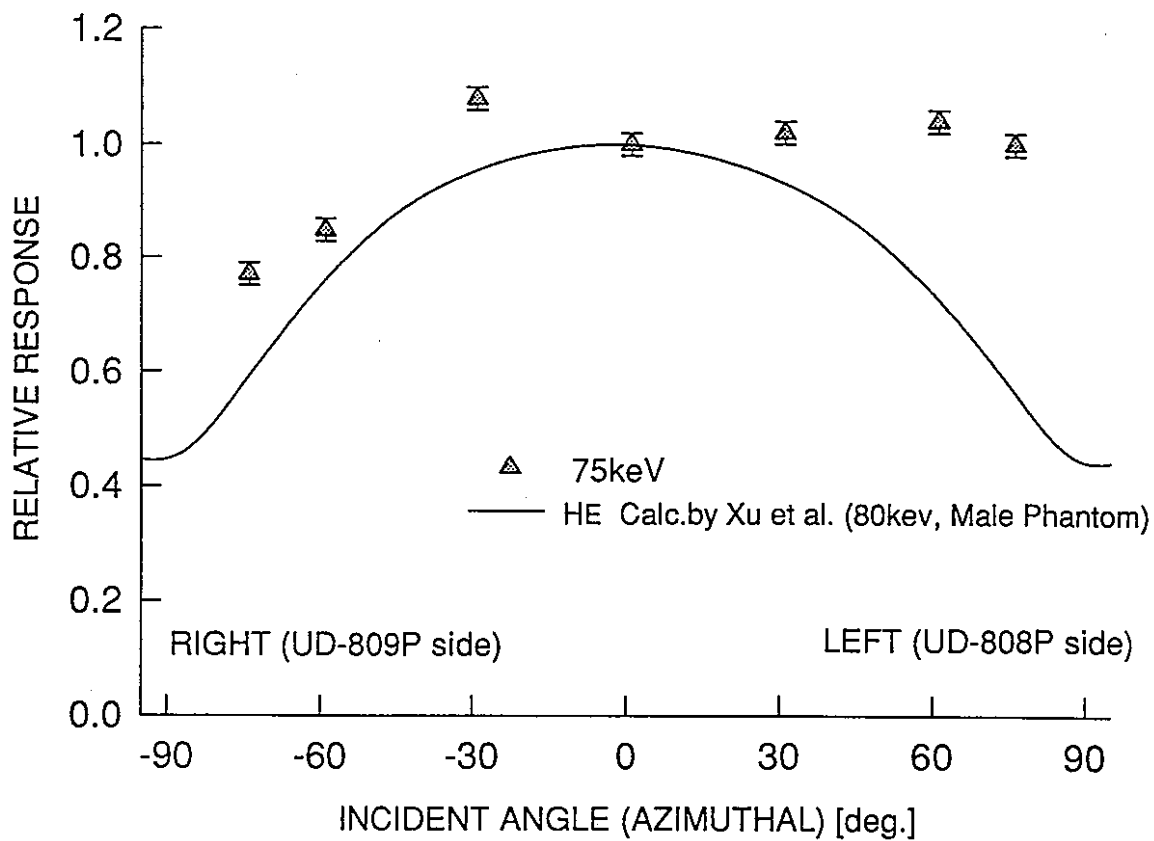


図2-4 実効線量当量とTLDバッジ(エレメントG4)の方向依存性の比較
 (上: γ 線エネルギー約80keV、下: γ 線エネルギー約1.0MeV)

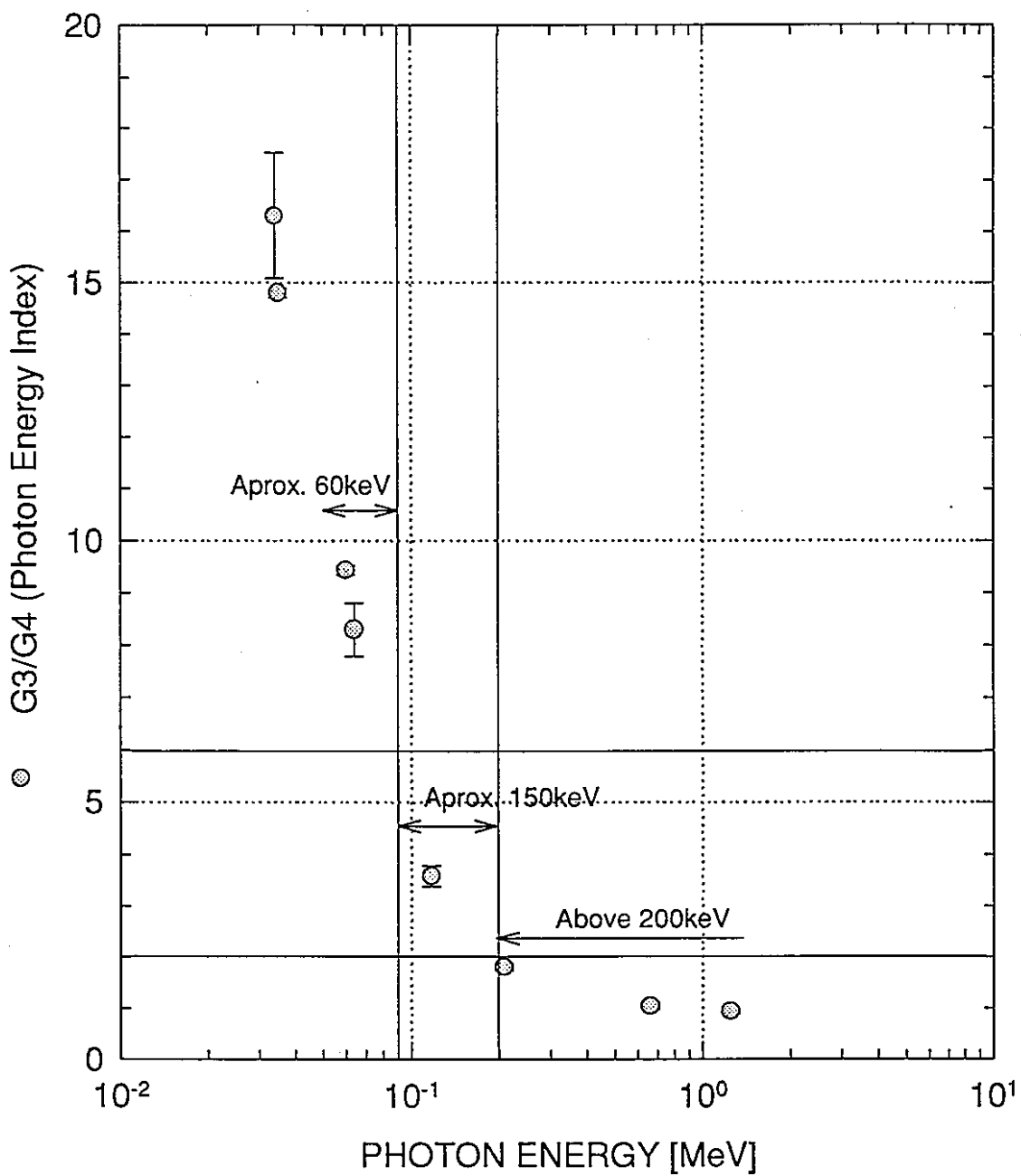


図2-5 TLDバッジの元素G3とG4の発光比とγ線エネルギーの関係

表2-1 臓器・組織の線量当量（男性）に対するエレメントG4の応答

γ線エネルギー [MeV]	臓器線量当量当たりの応答[100 mR ¹³⁷ Cs eq./mSv]					
	精巣	乳房	赤色骨髄	肺	甲状腺	骨表面
0.0321	1.14±0.04	—	10.7 ±0.34	2.95±0.09	1.36±0.04	1.76±0.06
0.0404	0.96±0.05	—	6.00±0.28	1.91±0.09	1.08±0.05	1.12±0.05
0.0574	0.82±0.02	—	3.26±0.09	1.29±0.04	0.89±0.03	0.76±0.02
0.0800	0.79±0.04	—	2.19±0.10	1.13±0.05	0.84±0.04	0.77±0.03
0.119	0.86±0.03	—	2.01±0.07	1.18±0.04	0.92±0.03	0.98±0.03
0.161	0.88±0.03	—	1.90±0.06	1.19±0.04	0.98±0.03	1.15±0.04
0.203	0.89±0.04	—	1.86±0.09	1.19±0.06	1.02±0.05	1.24±0.06
0.282	0.94±0.05	—	1.86±0.10	1.20±0.06	1.09±0.06	1.37±0.07
0.662	1.01±0.05	—	1.69±0.08	1.18±0.05	1.14±0.05	1.40±0.03
1.25	1.05±0.04	—	1.58±0.06	1.17±0.05	1.13±0.04	1.36±0.05

表2-2 臓器・組織の線量当量（女性）に対するエレメントG4の応答

γ線エネルギー [MeV]	臓器線量当量当たりの応答[100 mR ¹³⁷ Cs eq./mSv]					
	卵巣	乳房	赤色骨髄	肺	甲状腺	骨表面
0.0321	4.47±0.14	1.32±0.04	10.7 ±0.34	4.45±0.14	1.36±0.04	1.73±0.06
0.0404	2.51±0.12	1.16±0.06	6.00±0.28	2.56±0.12	1.08±0.05	1.09±0.05
0.0574	1.46±0.04	1.04±0.03	3.13±0.09	1.61±0.05	0.89±0.03	0.74±0.02
0.0800	1.15±0.05	0.97±0.04	2.08±0.09	1.36±0.06	0.84±0.04	0.74±0.03
0.119	1.17±0.04	1.01±0.03	1.92±0.07	1.39±0.05	0.92±0.03	0.98±0.03
0.161	1.23±0.04	1.02±0.03	1.84±0.06	1.40±0.04	0.98±0.03	1.15±0.04
0.203	1.27±0.06	1.02±0.05	1.80±0.08	1.40±0.06	1.02±0.05	1.24±0.06
0.282	1.33±0.07	1.03±0.05	1.80±0.09	1.43±0.07	1.09±0.06	1.37±0.07
0.662	1.31±0.06	1.05±0.05	1.65±0.07	1.38±0.06	1.14±0.05	1.40±0.06
1.25	1.30±0.05	1.06±0.04	1.54±0.06	1.35±0.05	1.13±0.04	1.36±0.05

表 2-3 γ 線による臓器・組織の線量当量を評価するためのTLDバッジの校正定数

臓器・組織	校正定数 $K_T(E_\gamma)$ [mSv/100mR ^{137}Cs eq.]	胸部～腹部 (大腿部含む)		頭頸部 (上腕部含む)	
		男性	女性	W_{CHEST}	W_{NECK}
精巣 H_{TE}	1.20 ^a 1.10 ^b 1.00 ^c	-	-	1.00	-
卵巣 H_{OV}	-	0.70 0.80 0.80	1.00	-	-
赤色骨髄 H_{BM}	0.30 0.55 0.60	-	0.85	0.15	-
乳房 H_{BR}	-	1.00 1.00 0.95	1.00	-	-
肺 H_{LU}	0.80 0.85 0.85	0.60 0.70 0.70	1.00	-	-
骨表面 H_{BS}	1.30 0.90 0.70	-	0.60	0.40	-
甲状腺 H_{TH}	1.10 1.00 0.90	-	-	1.0	-
眼の水晶体 H_{LE}	0.95 1.00 1.00	-	-	1.0	-
皮膚 H_{SK}	1.00 1.00 1.00	線量が高い側に 1.0			-

- a. 60keV近傍 (ILメントG3/ILメントG4比 ≥ 6.0)
 b. 150keV近傍 ($6.0 >$ ILメントG3/ILメントG4比 ≥ 2.0)
 c. 500keV以上 (ILメントG3/ILメントG4比 < 2.0)

第3章 放射線業務従事者の臓器線量の分布

3-1 臓器線量の人数分布

平成7年4月から平成8年3月までの期間に、プルトニウム燃料施設で放射線作業に従事した者の中から、被ばく管理期間が一ヵ月間、個人線量計としてTLDバッジと不均等被ばく管理用TLDバッジを着用していたものを抽出し、個人別に年間の実効線量当量及び各臓器・組織の線量当量を(2.2)～(2.10)式より計算した。計算の対象者数はのべ3,296人、実人数は318人であり、性別は全て男子である。なお、計算では0.1mSv未満の値についてはゼロとした。

γ 線による各臓器・組織の線量当量と実効線量当量の人分布を比較した結果を図3-1(a)～(g)に示す。図(a)～(g)は、それぞれ生殖腺(精巣)、赤色骨髄、肺、甲状腺、骨表面、体幹部の皮膚、眼の水晶体の結果である。

プルトニウム燃料施設のように、低エネルギー γ 線による被ばくが主で、かつ鉛エプロンを着用しているような条件下における、各臓器・組織の線量当量について以下簡単にまとめる。

(1) 生殖腺

生殖腺(精巣)の線量当量は実効線量当量に比べて小さな値になり、鉛エプロンの内側胸部に装着したTLDバッジによる1cm線量当量とほぼ同程度の値である。最大値は4.7mSv/年であった。

(2) 赤色骨髄

赤色骨髄は身体の深い部分に位置するため低エネルギーの γ 線の減衰が大きい。そのため赤色骨髄の線量当量は、実効線量当量あるいは鉛エプロン内側胸部の1cm線量当量に比べてかなり小さな値となる。最大値は2.3mSv/年である。

(3) 肺

生殖腺と赤色骨髄の中間程度の線量分布となり、最大値は3.6mSv/年である。

(4) 甲状腺

鉛エプロン外側の頸部に装着したTLDバッジによる1cm線量当量とほぼ同程度の被ばく線量となり、最大は17.2mSv/年である。

(5) 骨表面

骨表面はカルシウム等原子番号の大きな元素を含むため、光電効果の影響によって軟組織に比べて吸収線量が大きくなる。ただし、鉛エプロンに覆われている部分と覆われていない部分の線量当量の荷重平均を計算すると、骨表面の線量当量は実効線量当量に比べて僅かに高い程度の値になる。最大値は9.7/年mSvであった。

(6) 体幹部皮膚及び眼の水晶体

甲状腺と同様の線量分布になる。最大値は、体幹部の皮膚、眼の水晶体それぞれ

15.6、14.8mSv/年である。

3-2 臓器線量と実効線量当量の比の分布

図3-2(a)～(g)に、実効線量当量に対するそれぞれの臓器・組織の線量当量の比の分布を、表3-1に実効線量当量に対する各臓器・組織の線量当量の比（平均値）を示す。

生殖腺、赤色骨髄、肺の γ 線による線量当量は、鉛エプロン内側胸部と外側頸部に装着した合計二個のTLDバッジから評価した実効線量当量に比べて小さな値となり、特に赤色骨髄の線量当量は実効線量当量の10%程度である。また、甲状腺、骨表面、体幹部の皮膚及び眼の水晶体の線量当量は、実効線量当量に比べると最大2倍程度の値となるが、それらは最大値でも20mSv/年に満たない程度であり、職業人の組織線量当量限度に比べると極めて低いレベルにある。

表3-1 γ 線による臓器線量と実効線量当量の比（平均値）

	臓器線量/実効線量当量
生殖腺（精巣）	0.69
赤色骨髄	0.10
肺	0.39
甲状腺	1.71
骨表面	1.17
皮膚	1.57
眼の水晶体	1.45

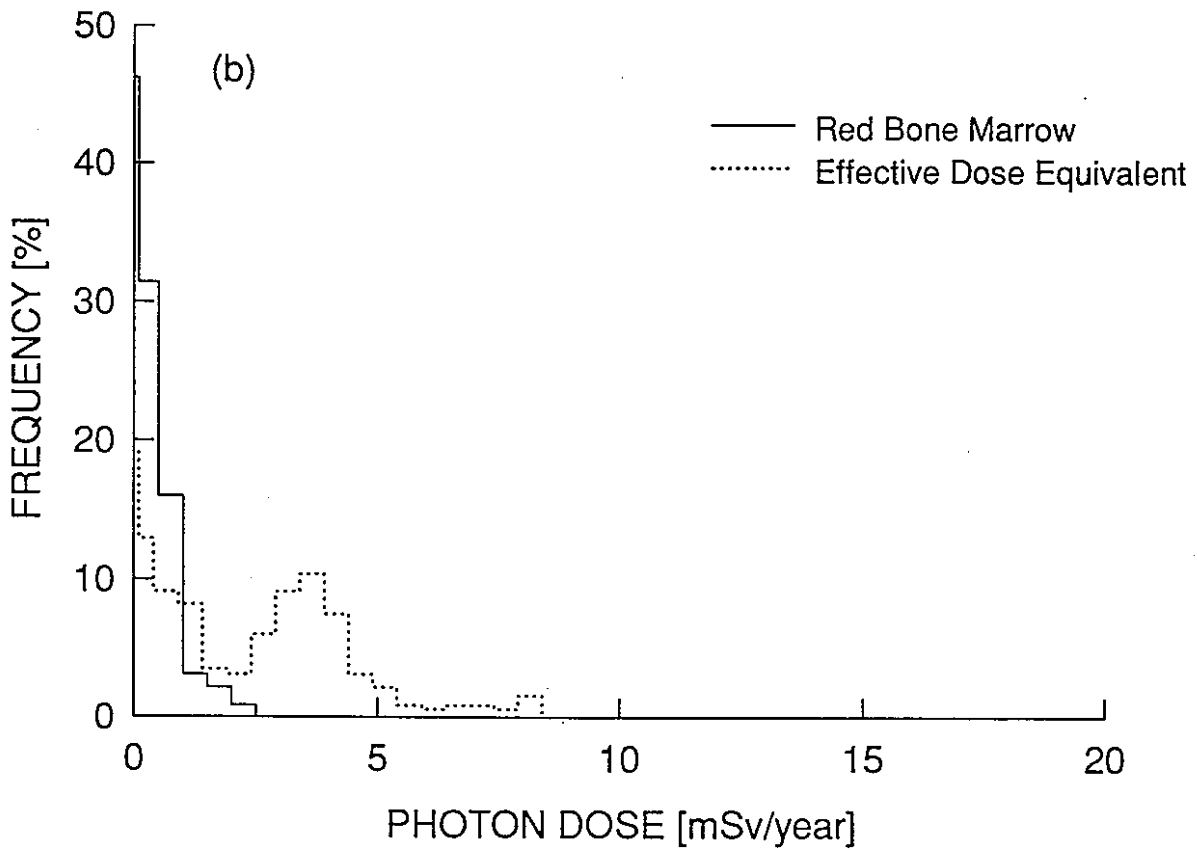
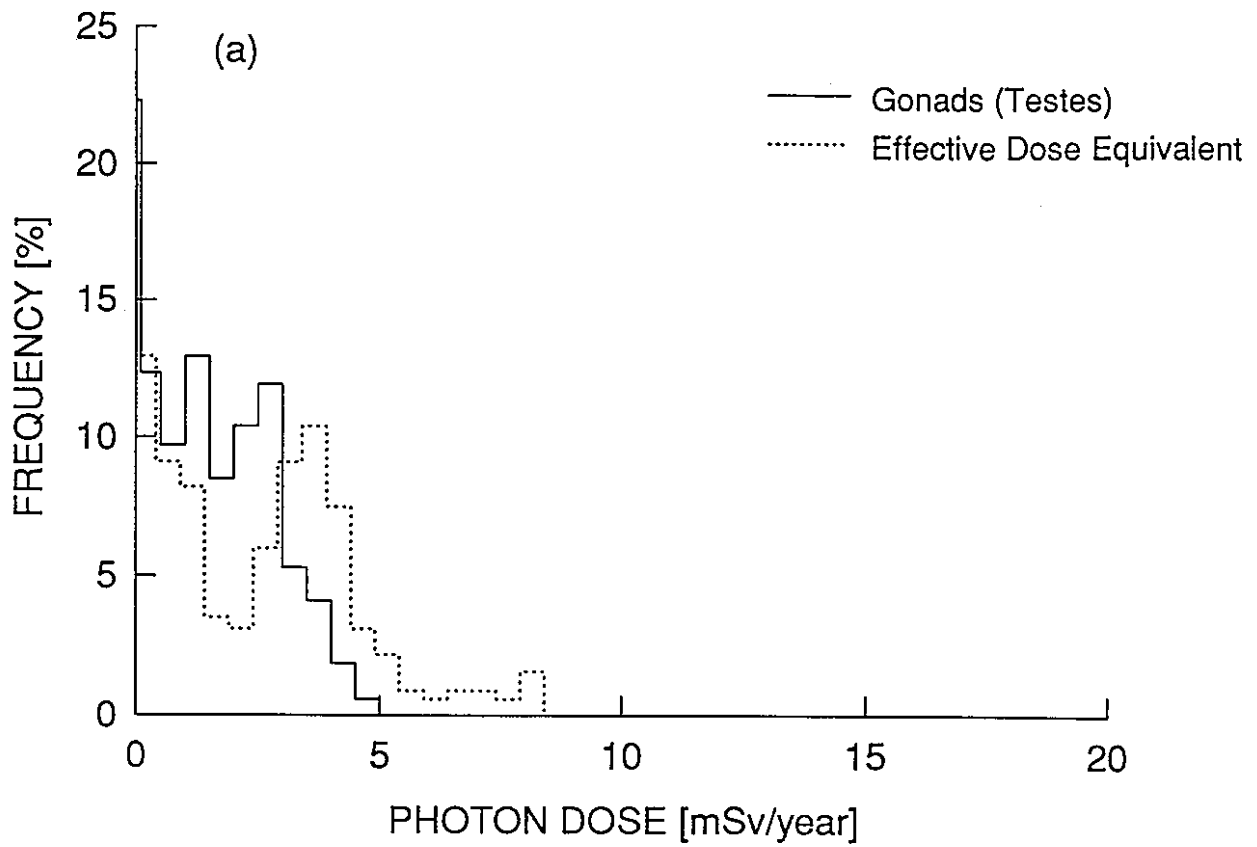
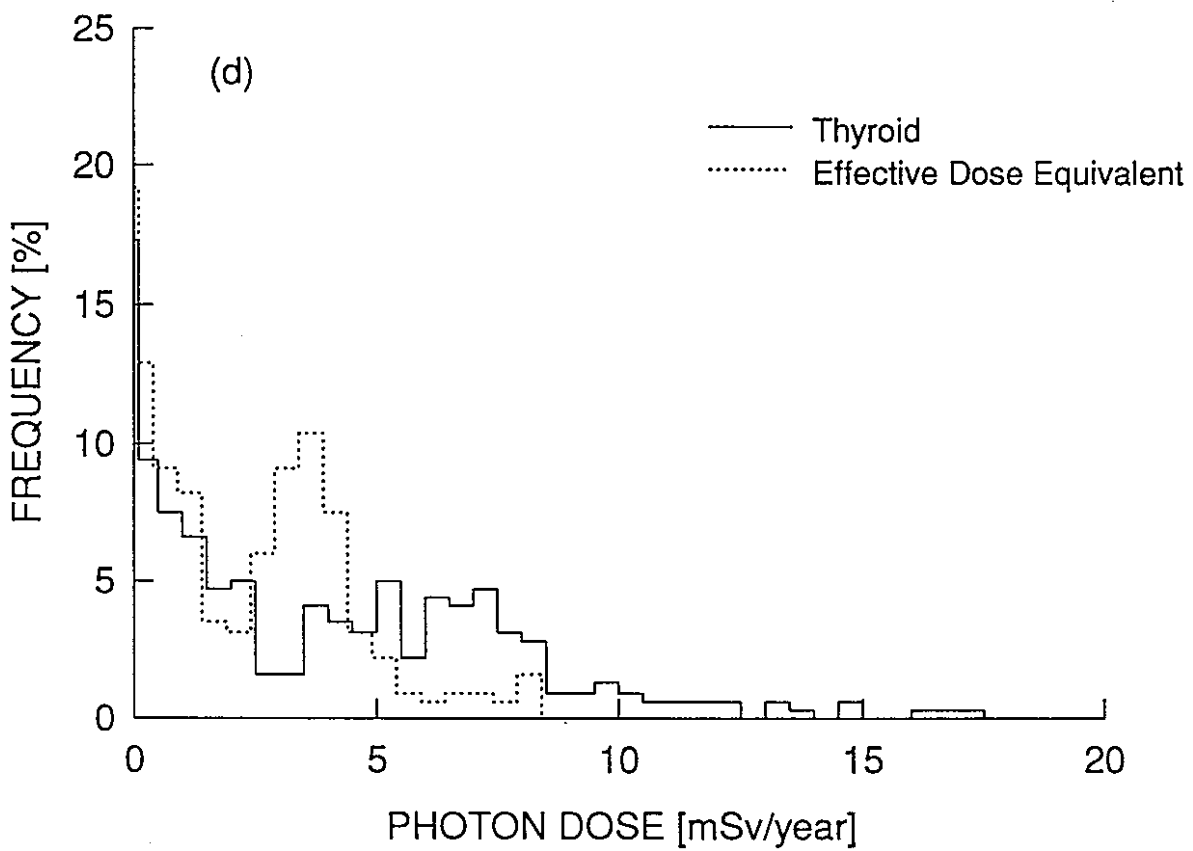
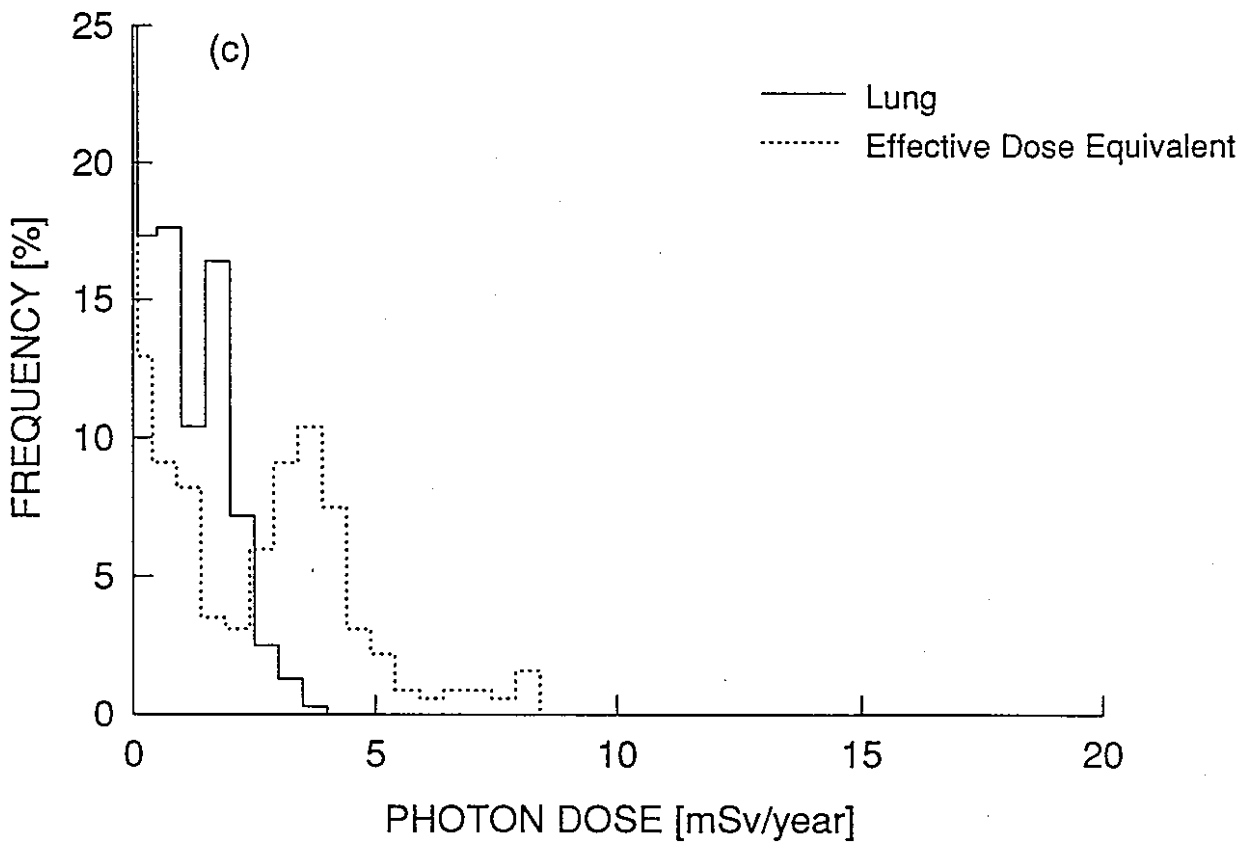
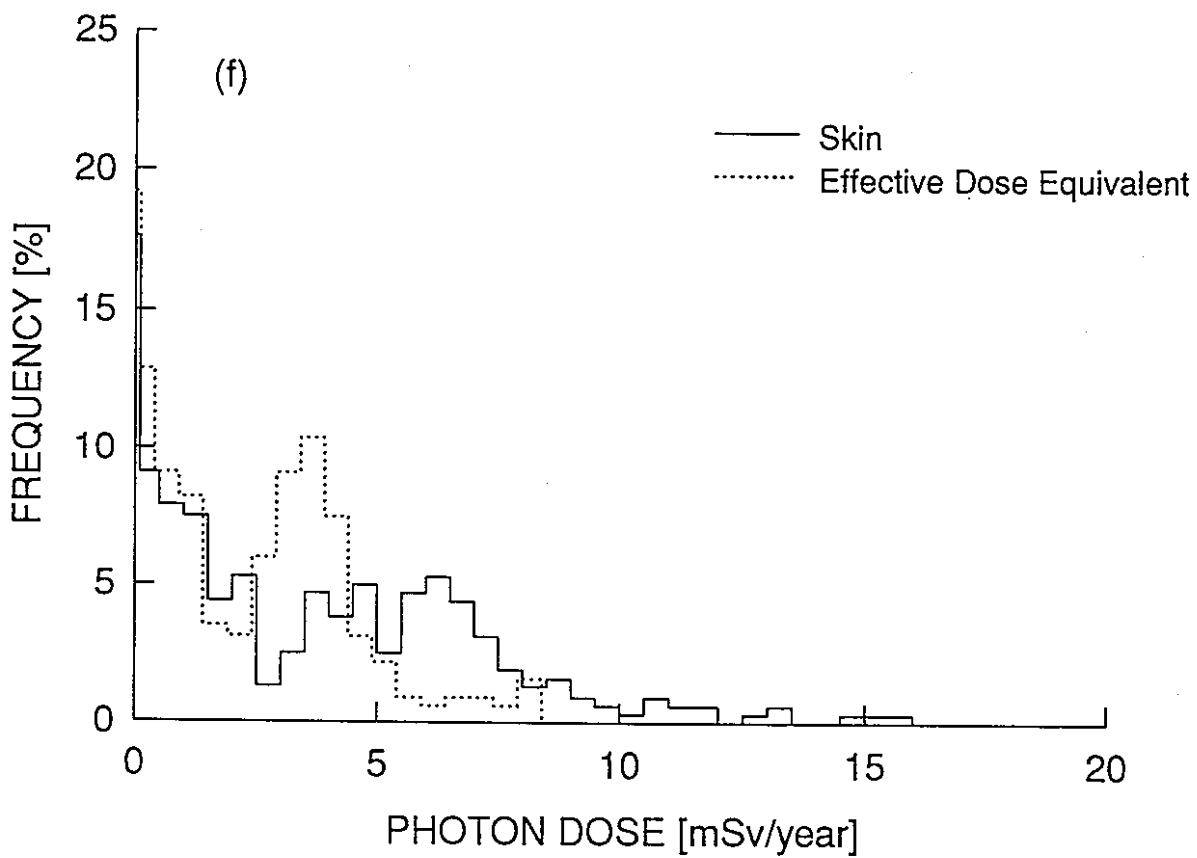
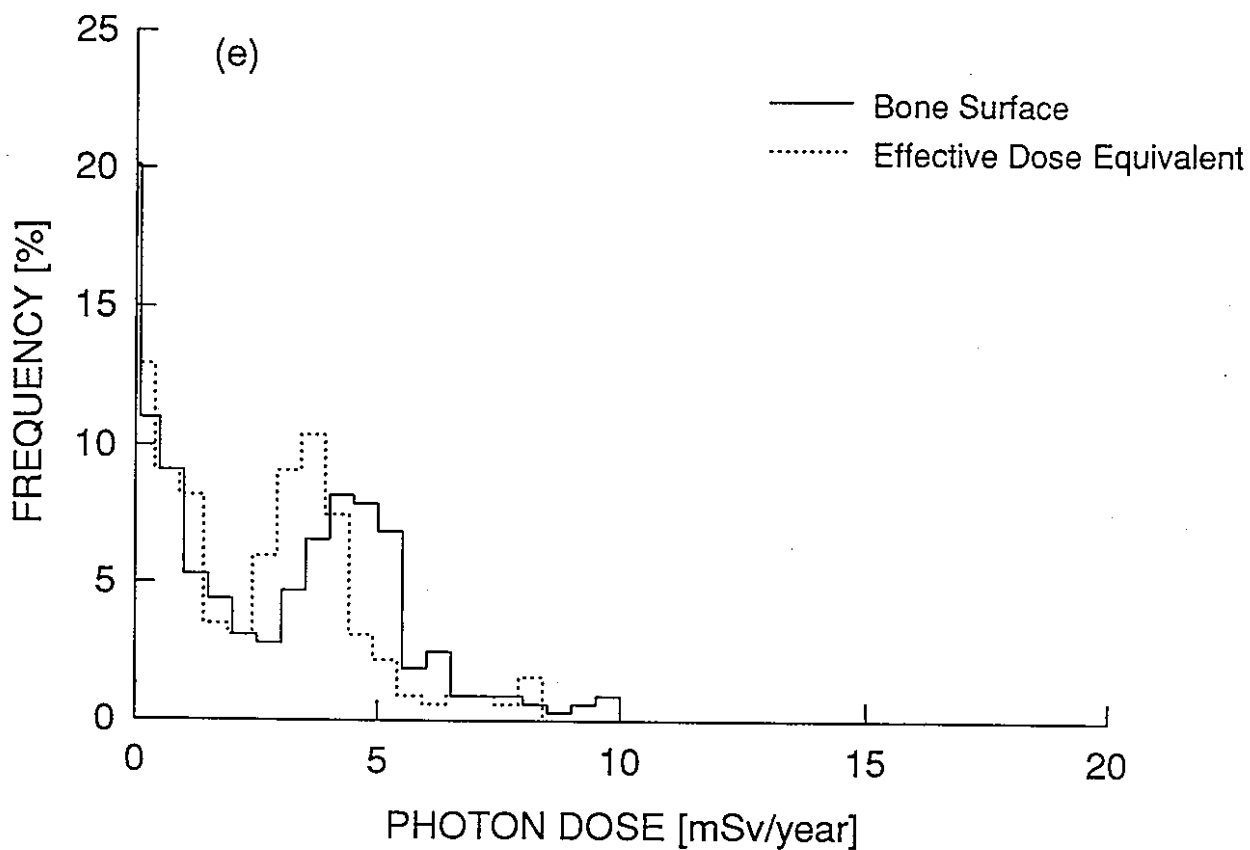
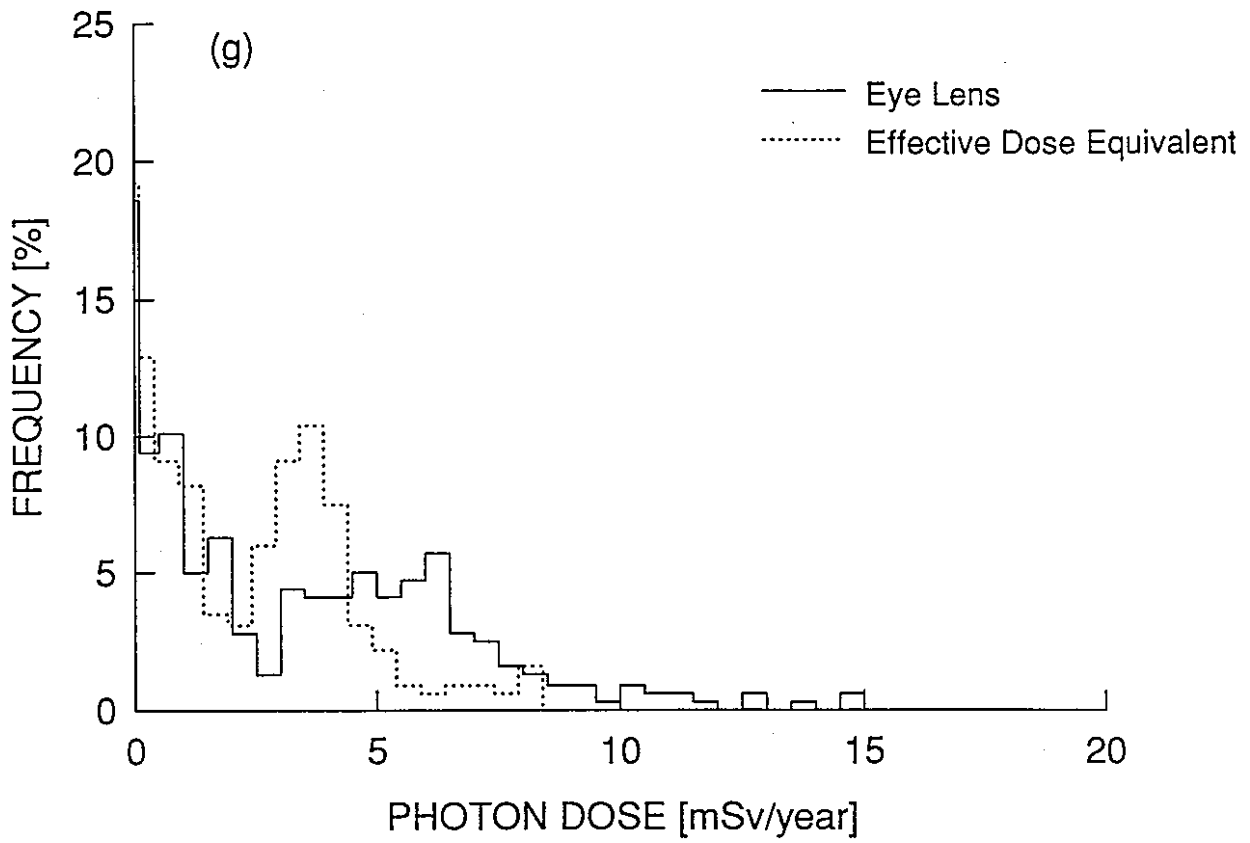


図 3-1 (a)~(g) 実効線量当量と臓器線量の分布の比較
 (プルトニウム燃料工場製造課、平成 7 年度)







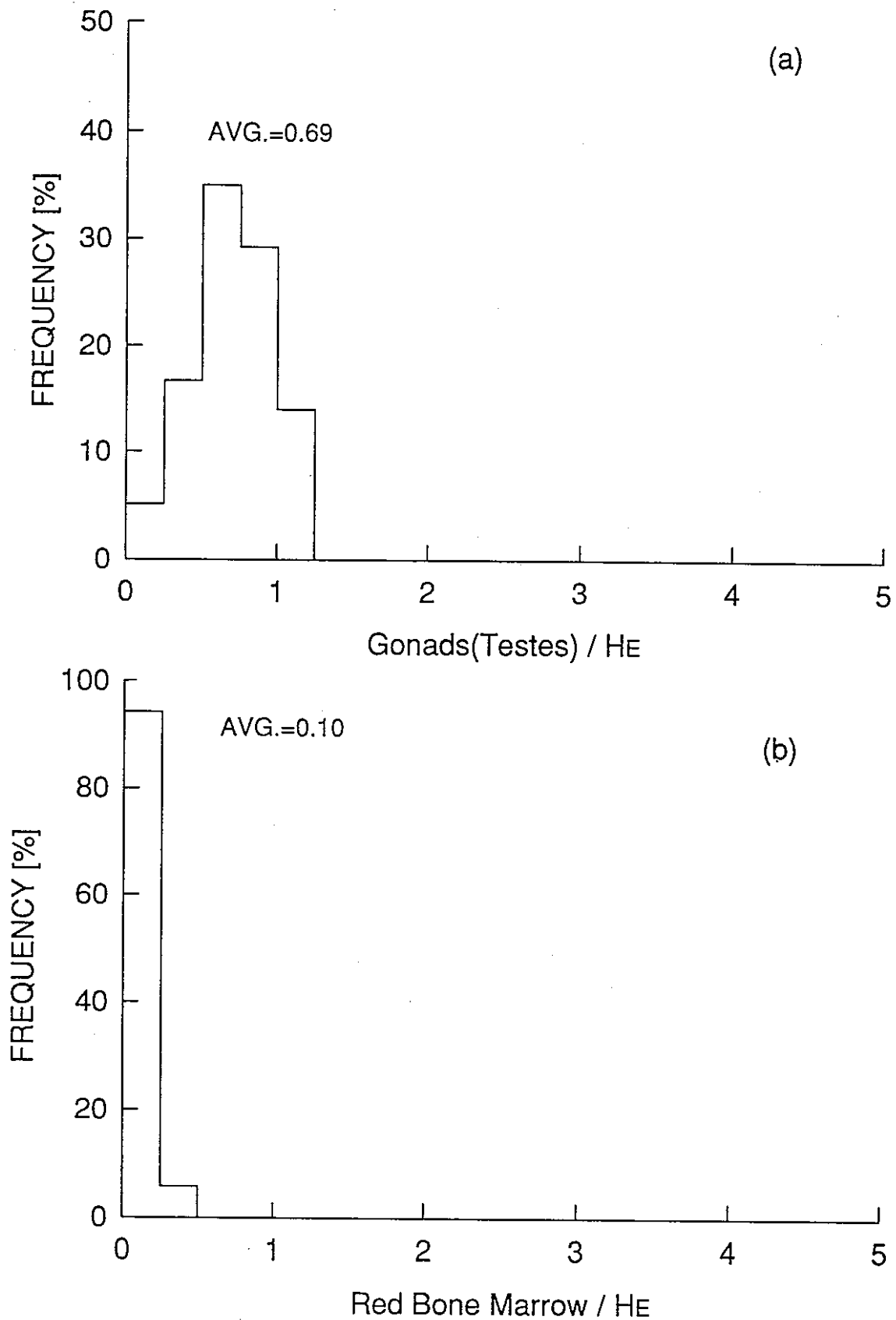
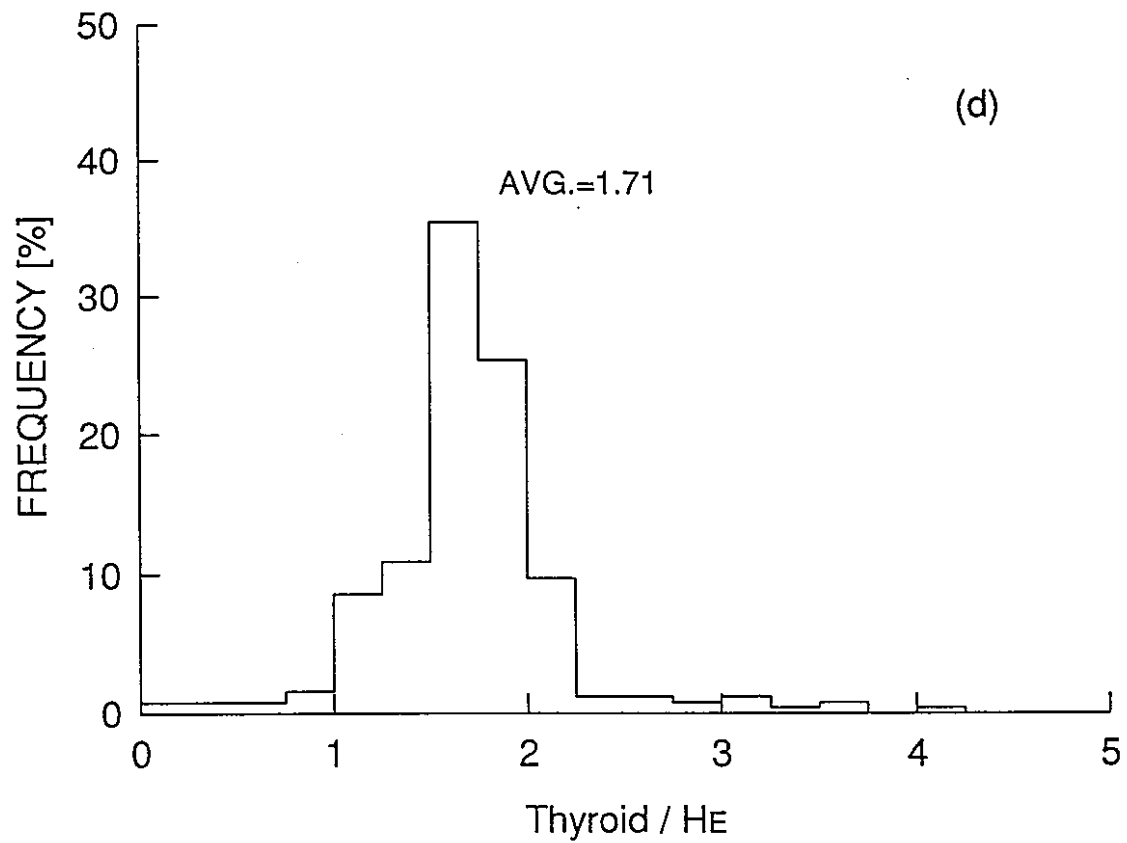
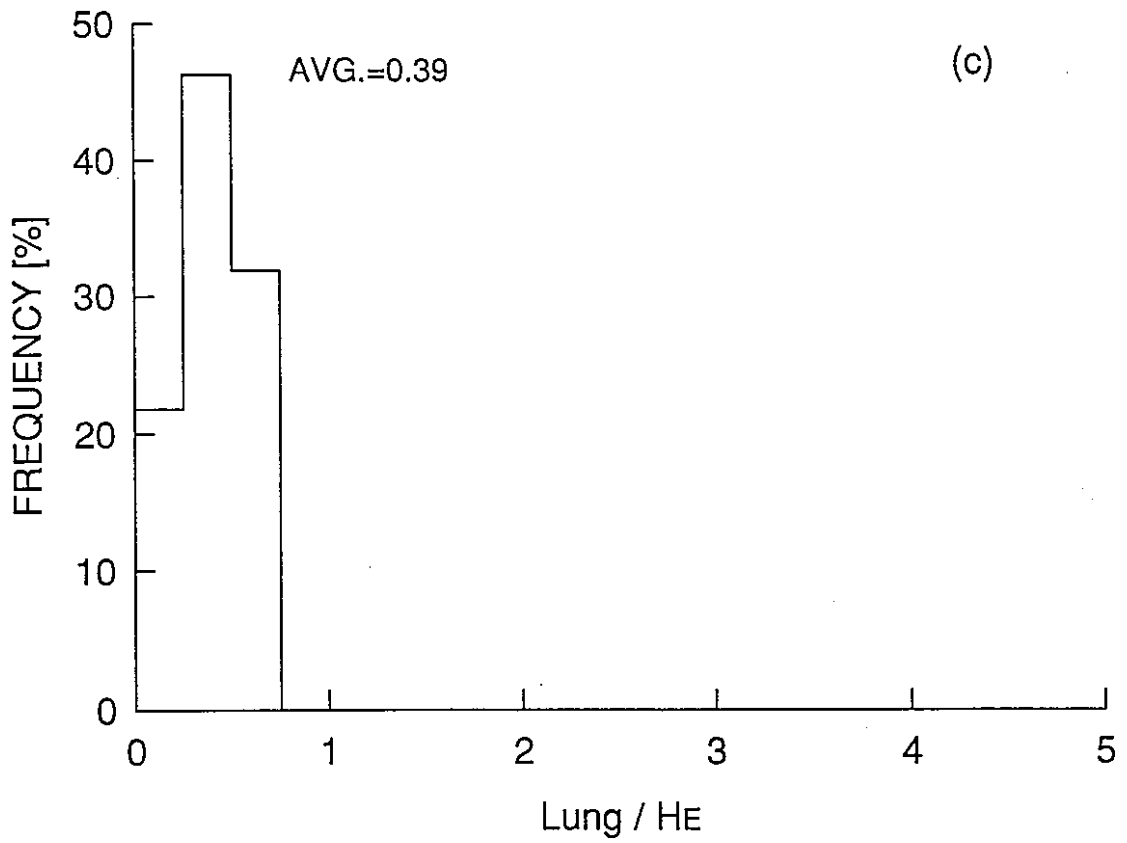
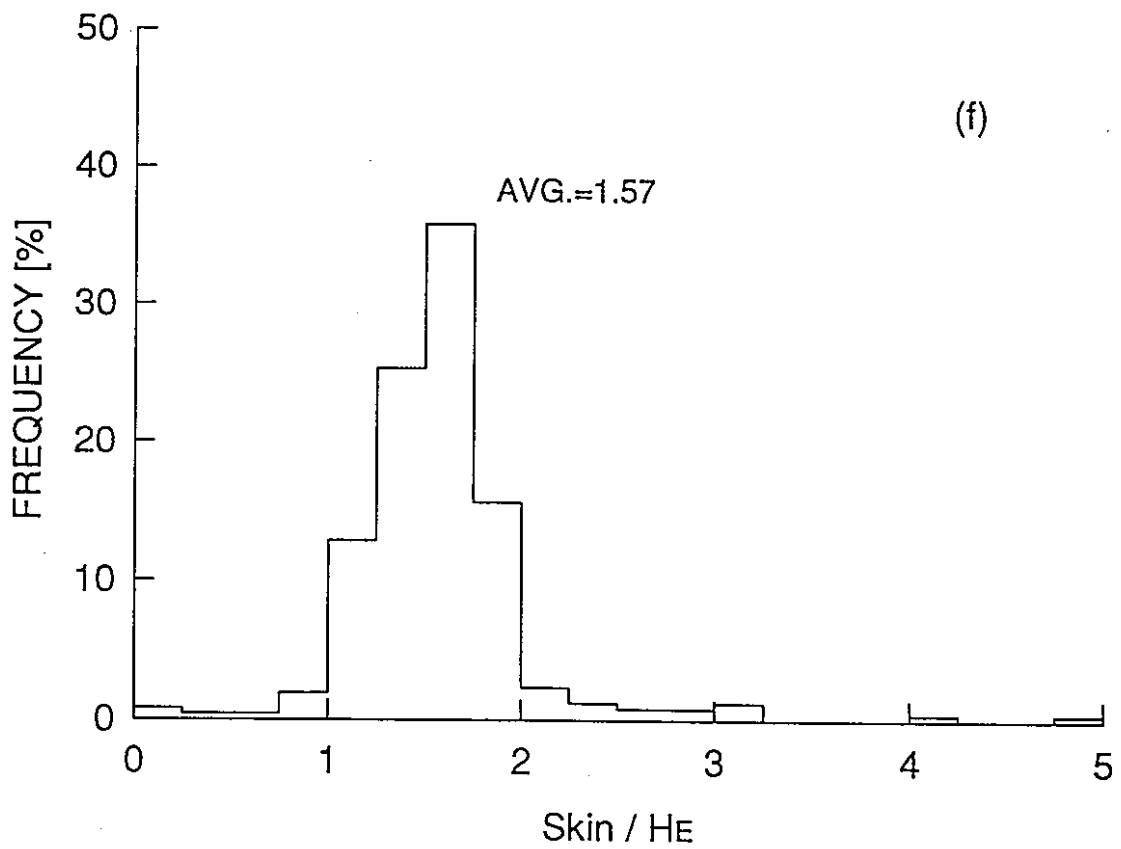
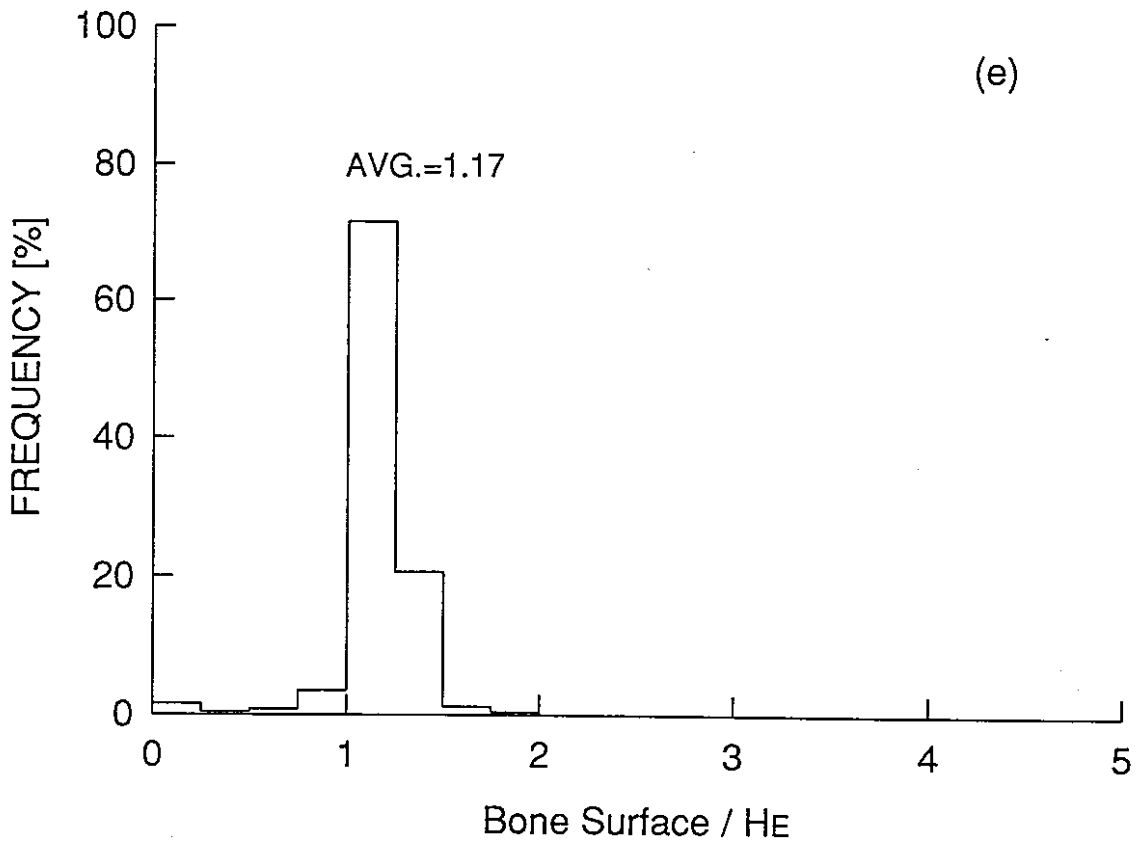
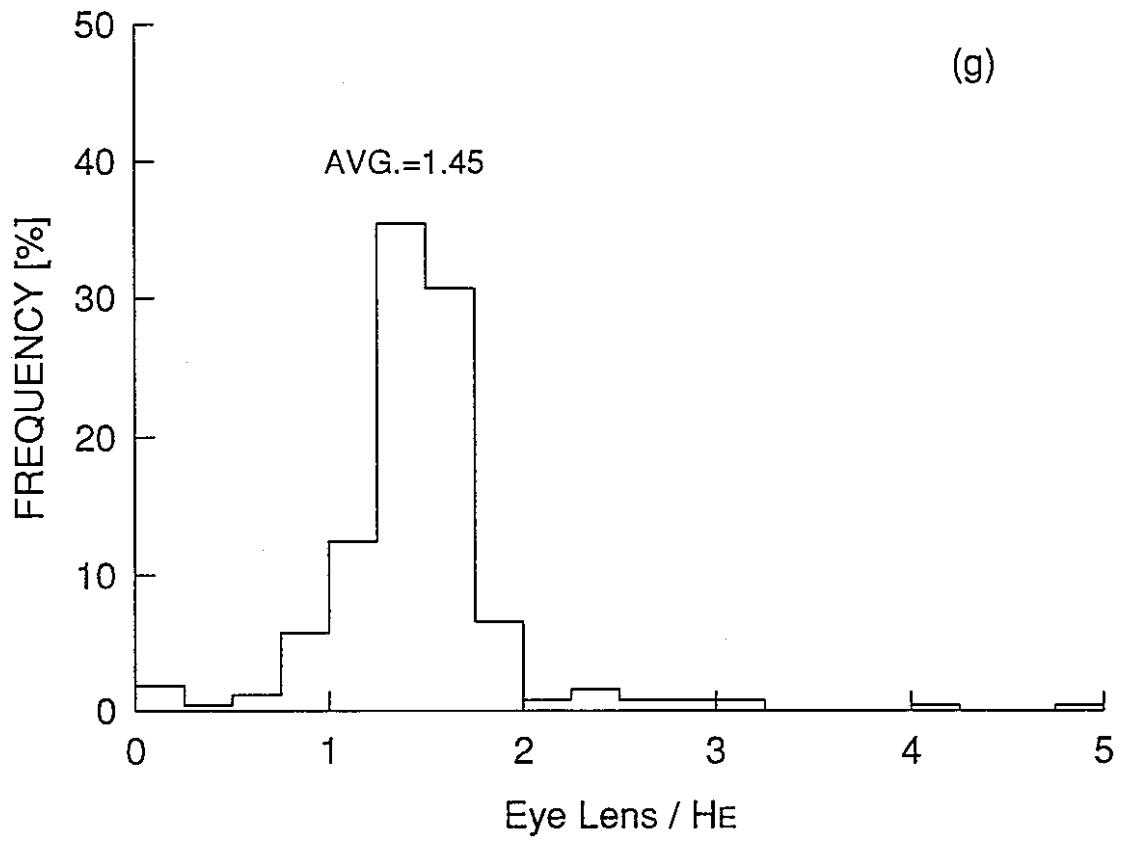


図3-2 (a)~(g) 実効線量当量に対する臓器線量の比の分布の比較
(プルトニウム燃料工場製造課、平成7年度)







第4章 まとめ

TLDバッジの測定値から、 γ 線による臓器・組織の線量当量の評価式を構築した。その結果、次のような結論が得られた。

- (1) TLDバッジのエネルギー応答特性と臓器・組織の線量当量の関係を基に、TLDバッジの測定値から生殖腺、赤色骨髄、乳房、肺、骨表面、甲状腺、眼の水晶体及び体幹部の皮膚の線量当量を推定する評価式を提示した。
- (2) プルトニウム燃料取扱施設の放射線業務従事者の過去の被ばくデータを基に、各臓器の線量当量を計算した結果、同施設の作業環境下で最も被ばく線量の高い臓器は、眼の水晶体、甲状腺であることが分かった。また、実効線量当量に対するそれぞれの臓器線量の平均的な比率を求めたので、被ばく低減対策の立案や適切な防護装備の選択等に活用できる。
- (3) 放射線業務従事者の組織線量限度として、眼の水晶体及び皮膚以外の臓器・組織に対してICRP Publ.26[4]では500mSv/年を勧告していたが、1990年のICRP Publ.60[10]では撤廃された。これは、実効線量当量（実効線量）を限度以下に管理することで、臓器・組織の確定的影響を制限できるためである。

東海事業所のプルトニウム燃料取扱施設の平成7年度の被ばく状況では、甲状腺等の一部の臓器の線量当量は実効線量当量の約2倍となるが、最大でも20mSv/年であり500mSv/年に比べて極めて小さいことが確認された。従って、ICRP Publ.60の法令採り入れ後は、事故等に伴う過剰な被ばくを除けば、眼の水晶体及び皮膚以外の臓器・組織を評価・記録する必要が無い。

- (4) 眼の水晶体と体幹部の皮膚の線量当量については、現在の被ばく管理の方法では過小に記録している。他の報告書[11]でも指摘しているように、基本的には不均等被ばく管理用TLDバッジから眼の水晶体と体幹部の皮膚の線量当量を評価すべきであり、胸部のTLDバッジと不均等被ばく管理用TLDバッジによるその着用部位の線量当量を独立して記録するようなシステムを整備する必要がある。

ただし、これまでの経験等から胸部のTLDバッジ（鉛エプロンの内側を前提）の測定値から眼の水晶体等の線量当量を推定することも可能である。

なお、1cm線量当量（定義が変更されている）及び臓器・組織の線量当量が再計算されているので、ICRP Publ.60の法令採り入れ後には、表2-3に示した臓器別の校正定数を僅かに変更する必要がある。ただし、本稿で提示した考え方はそのまま適用可能である。

参考文献

- [1] ICRP Publication 51, "Data for Use in Protection Against External Radiation", 1987
- [2] 神永博史、吉田敏城、斎藤親、熊沢蕃、立田初巳
「X・ γ 線に対する個人線量計の動特性と器官線量の評価」、
JAERI-memo 5471、1973
- [3] E.Piesh, B.Burgkhardt and M.Vilgis
"Can Individual Dosimeters for the Measurement of the Directional Dose Equivalent H'(10) Indicate Organ Dose and the Effective Dose Equivalent ?",
Radiat.Prot.Dosim., 28, 1/2, 21-28 1989
- [4] ICRP Publication 26, "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", 1977
- [5] G.Williams, M.Zankl, H.Eckerl and G.Drexler
"The Calculation of Dose from External Photon Exposures using Reference Human Phantoms and Monte Carlo Methods Part 2 : Organ Doses from External Occupational Exposure", GSF-Bericht S-1079, 1985
- [6] 松下産業機器株式会社内部資料
「法令改正に伴う外部被曝線量当量評価式の変更について」、1989
- [7] X.G.Xu, W.D.Reece and J.W.Poston, Sr.
"A Study of the Angular Dependence Problem in Effective Dose Equivalent Assessment",
Health Physics, 68, 2, 1995
- [8] 線量評価検討ワーキンググループ
「放射線被ばく評価の変更に伴う対応策の検討 — 不均等被ばく評価の導入及び中性子線の線質係数の変更に伴う対応策の検討 —」、PNC ZN8420 89-011、
1989
- [9] 浜田達二、「日常の管理における線量当量の評価」（個人被曝管理における実効線量当量評価に関する短期研究会報告）、KURRI-TR-283、1985
- [10] ICRP Publication 60, 1990
- [11] 辻村憲雄、百瀬琢磨、野村保
「東海事業所における体幹部不均等被ばく及び局部被ばく事例の解析」、
PNC ZN8410 94-337、1994