

T L D 自動照射装置による  
感度校正基準量の評価

1997年12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自動照射装置による感度校正基準量の評価

辻村憲雄<sup>1)</sup>、森田卓<sup>1)</sup>、小松崎賢治<sup>1)</sup>、百瀬琢磨<sup>1)</sup>、篠原邦彦<sup>1)</sup>

### 要旨

個人被ばく管理に使用している熱蛍光線量計（TLD）の感度の均一性を維持するため、安全管理別棟に設置しているTLD自動照射装置を用いて全数のTLDについての感度検査を毎年実施している。この装置は内蔵した2個の<sup>137</sup>Cs線源により一定の値の線量を照射するものであるが、その際のTLDの感度検査のための基準量は、東海事業所の基準である計測機器校正施設<sup>137</sup>Cs校正場で照射した基準量との比較測定により年一回評価されている。

本報告では、これまで実施してきたTLD自動照射装置による感度校正基準量の評価結果をとりまとめ、運用上の注意点等を整理するとともに、その位置付けを明確化した。また、線源の減衰に伴いこれまでのTLDの自動供給速度を変更する必要が生じてきたため、条件を変更した場合での感度校正基準量を評価した。

---

1) 安全管理部安全対策課

## 目 次

第1章 緒言 .....	1
第2章 TLD自動照射装置の仕様と感度校正基準量の評価方法 .....	2
2-1 TLD自動照射装置の仕様 .....	2
2-2 感度校正基準量の位置付けと評価方法 .....	5
第3章 感度校正基準量の評価結果 .....	8
3-1 感度校正基準量の評価結果（ベルトスピード2） .....	8
3-2 感度校正基準量の評価結果（ベルトスピード3） .....	18
第4章 まとめ .....	19
参考文献 .....	19
付録 ベルトスピードの測定結果 .....	20

## 第1章 緒言

個人被ばく管理に使用している熱蛍光線量計（TLD）の感度の均一性を維持するため、安全管理別棟に設置しているTLD自動照射装置<sup>注1)</sup>を用いて保有する全数のTLDについての感度検査を毎年実施している。この照射装置は、内蔵された2個の<sup>137</sup>Cs線源の間を通るベルトコンベア上にTLDを自動供給することにより短時間で数多くのTLDを連続して一定量照射できる構造になっているが、ベルトの回転速度が固定されているため、<sup>137</sup>Cs線源の減衰に伴い照射される”線量”、すなわちTLDの測定値が年々変化することになる。このため、TLD自動照射装置の健全性の確認及び感度検査の際の基準量の定量を目的とした、TLD自動照射装置で照射したTLDの測定値と東海事業所の基準である計測機器校正施設<sup>137</sup>Cs校正場で照射したTLDの測定値との関連付けを定期的に行う必要がある。本作業は、TLDを用いた比較測定により年一回実施されている。

本報告では、これまで実施してきたTLD自動照射装置による感度検査の基準量の評価結果をとりまとめ、運用上の注意点等を整理した。また、線源の減衰に伴いこれまでのTLDの自動供給速度を変更する必要が生じてきたため、条件を変更した場合での感度検査の基準量を評価した。

なお、上記の関連付けの作業は、これまでマニュアル等で「TLD自動照射装置の照射線量の値付け」と呼ばれてきたが、TLD自動照射装置はJIS Z4511[1]に定める「実用照射装置」に該当しないと判断し、従来の表現を廃止し「照射線量」を「感度校正基準量<sup>注2)</sup>」という呼称に変更する。

---

注1) 正式名称「ガンマ線自動照射装置」

注2) 「感度検査基準量」あるいは「感度補正基準量」という名称案もあった。

## 第2章 TLD自動照射装置の仕様と感度校正基準量の評価方法

### 2-1 TLD自動照射装置の仕様

TLD自動照射装置は、松下産業機器株式会社製のUD-800シリーズのTLDを一定照射するための自動照射装置であり、ホルダー供給部、ホルダーリターン部、 $\gamma$ 線照射部、制御部から構成される。外観図を図2-1に示す。この装置は、遮蔽容器に封入された2個の $^{137}\text{Cs}$ 線源の間を通るベルトコンベア上にTLDを自動供給することにより短時間に数多くのTLDを連続して照射できる構造になっている。

#### (1) $\gamma$ 線照射部

鉛の外周をステンレス鋼板（厚さ2mm）で包んだ遮蔽容器の中央部に $^{137}\text{Cs}$ 線源（Amersham社製 線源番号CDC712、放射能7.4GBq、昭和58年9月14日現在）をベルトを挟んで上下に2個設置されており、TLDを上下から搬送しながら照射する。構造を図2-2に示す。コンベアベルトはポリウレタン系樹脂製であり、ベルト搬送部の内壁には二次放射線の発生を防ぐためフェノール樹脂板（ベーカライト）を内張りしている。

ベルトスピードは、20段階まで可変であり、スピードを一段階上げるごとに約100mR単位（昭和58年当時）で照射される線量が増える。ベルトスピード1～15（約100～約1500mR）におけるTLD搬送部駆動系の再現性はメーカー保証で±2%以内、ベルトスピード16以上では保証されていない。500個のTLD線量計の照射に要する時間は、ベルトスピード2で約2.5時間である。

#### (2) ホルダー供給部

ホルダー供給部は、マガジンスロット送り、TLD押し上げ、引き出し機構と、供給用マガジンチェンジャー（UD-730型）から構成され、駆動はパルスモーターで行われる。

マガジンチェンジャーには10個のマガジン（TLD数500個）を収納することができ、マガジンチェンジャーから供給されたマガジンから一個づつTLDを押し上げ、引き出し、ベルトコンベア上に同一方向になるようにガイド板で倒して $\gamma$ 線照射部に搬送する。

#### (3) ホルダーリターン部

ホルダーリターン部は、マガジンスロット送り、TLD押し上げ、引き出し機構と、回収用マガジンチェンジャー（UD-730型）、コンベア駆動機構から構成される。

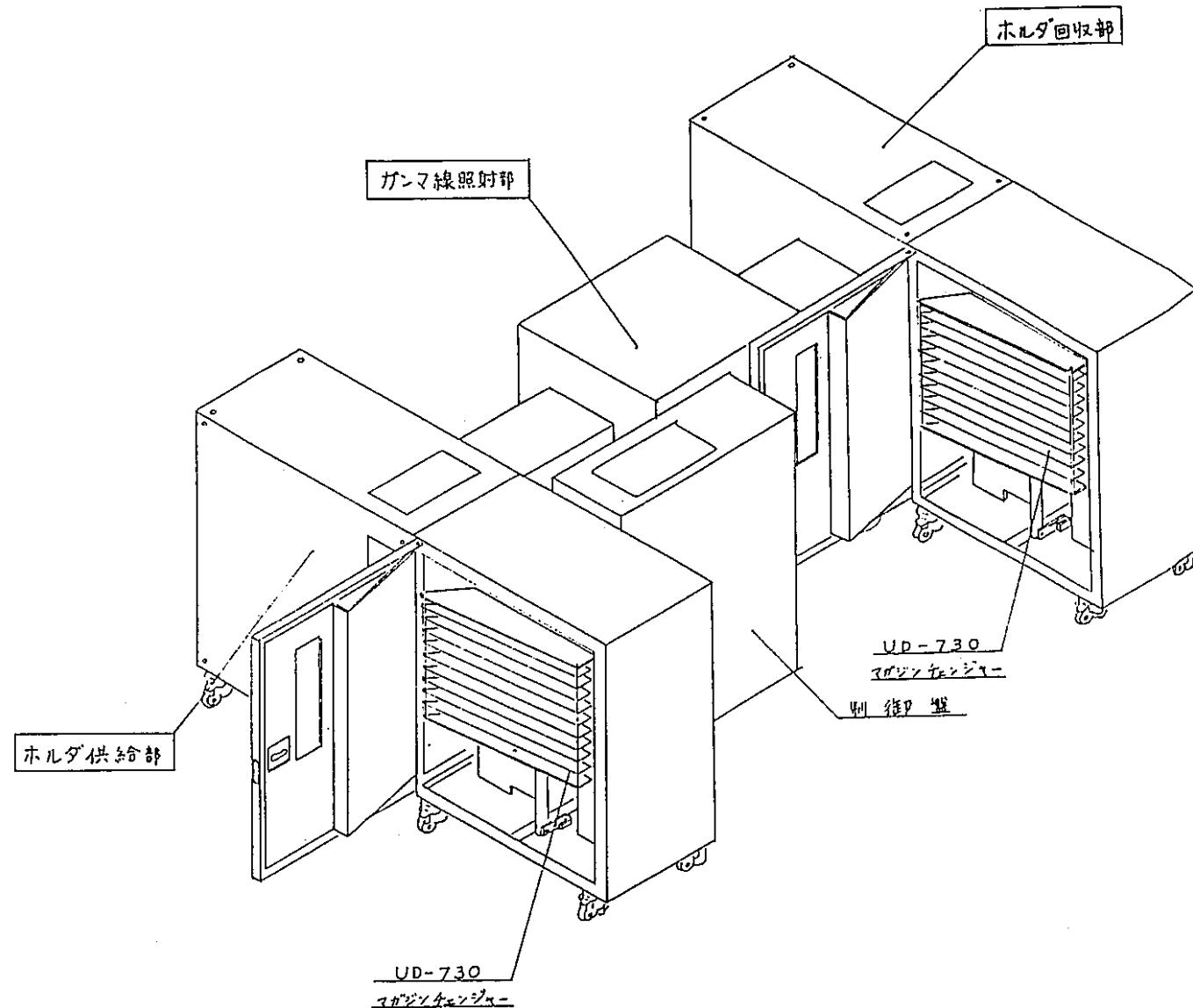


図 2-1 TLD自動照射装置の外観図

-4-

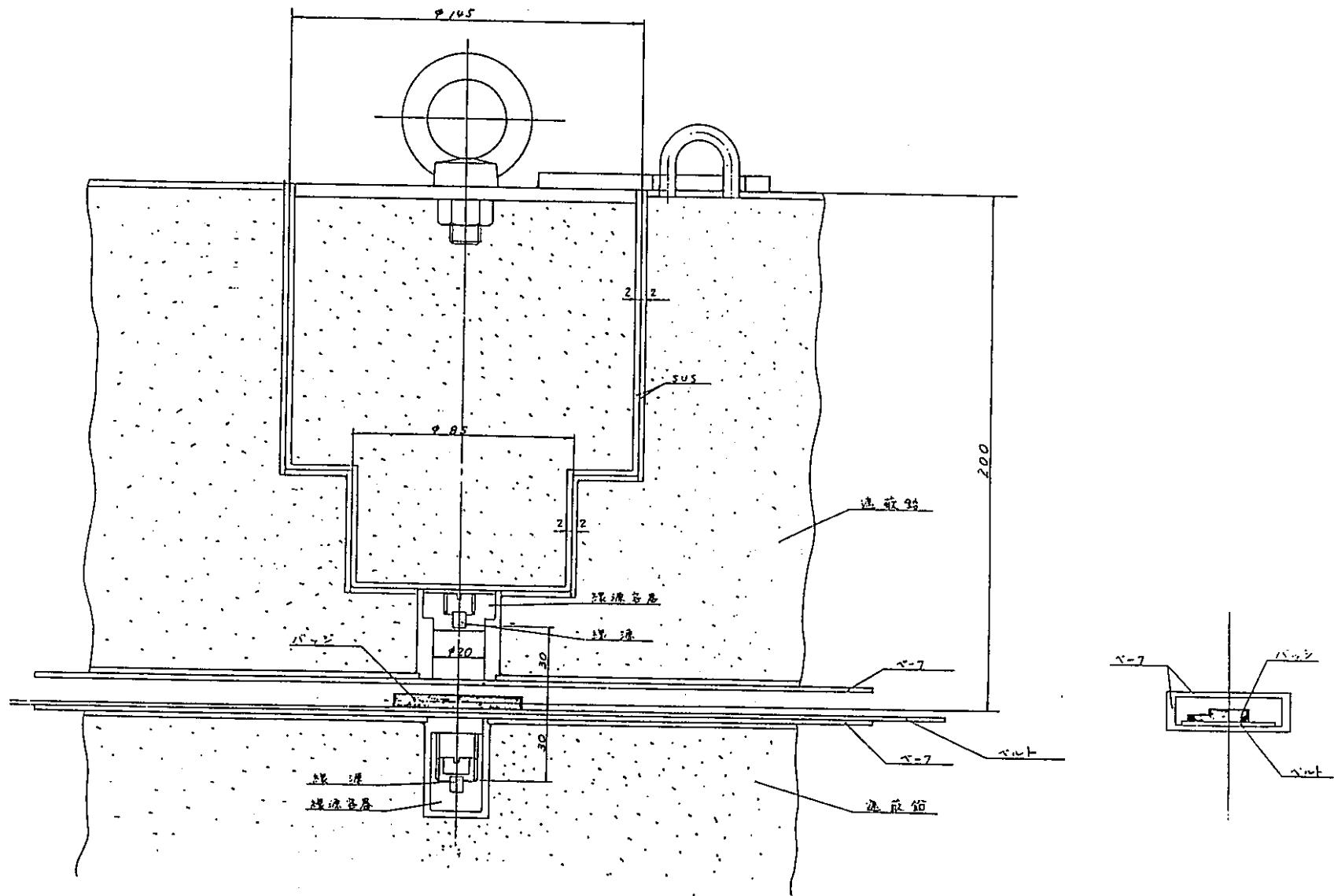


図2-2 TLD自動照射装置  $\gamma$  線照射部の内部構造

## 2-2 感度校正基準量の位置付けと評価方法

### (1) 感度校正基準量の位置付け

TLD自動照射装置による感度校正基準量は、東海事業所の基準である計測機器校正施設の<sup>137</sup>Cs校正場で照射したTLDの測定値との、TLDを用いた比較測定によって決定される。この感度校正基準量は、TLDの感度検査等で全数のTLDの感度分布を調べる際の目安となる量であり、TLDリーダーの実用校正（計測機器校正施設での校正）に使用するTLDが全体のTLDの感度分布を代表しているという条件のもとでは、この感度校正基準量はTLD照射装置を用いて一定量照射したTLD測定値の全数平均値と等価である。

図2-3にTLD/TLD自動リーダーの校正に係わる体系図を示す。校正用TLD（代表）を用いたTLD自動リーダーの読み取り感度と計測機器校正施設の<sup>137</sup>Cs校正場の照射線量との関連付け作業は、JIS Z4511[1]の体系では「実用校正」に位置付けられる。一方、TLD自動照射装置を用いたTLDの感度検査あるいは感度校正の作業は、いわば実用校正に使用するTLDの”レプリカ”を数多く作り出す作業と考えるとわかりやすい。なお、現在の品質管理基準では、この感度校正基準量に対して±20.0%までの感度の個体差を許容しているので[2]、基準内にあるものは感度校正のための定数を1.0として取り扱っている。

### (2) 評価方法

通常、TLDの感度検査等で使用頻度の高いベルトスピード2（ホルダー供給位置から回収位置まで3分）で照射した場合での校正基準量のみを実験的に評価し、それ以外についてはベルトスピードの段階の比から求める。

評価手順を図2-4に示す。なお、詳細な手順については「TLD及びTLD読み取り装置の品質管理マニュアル」[2]を参照のこと。

- (1) TLD自動照射装置の感度校正基準量（ベルトスピード2）の評価に用いるTLDを選出し、外観検査・残線量検査・再生処理（アニール）を行い異常の無いことを確認する。このときTLDの選出条件は特別には定められていないが、現在は、年度始めにTLD自動リーダー(UD-7100P型)の実用校正等に用いる校正用TLD(UD-808P、UD-809P線量計)の感度差を予め確認しておくことを目的に校正用TLDを使用している。
- (2) 計測機器校正施設の<sup>137</sup>Cs γ線自動照射装置で、照射線量 200mRを照射する。このとき照射条件は、線源-TLD中心間距離4000cm、PMMA製の専用支持板にセットし、自由空間中で照射する。
- (3) 照射したTLDをデシケーター中に一昼夜間放置して除湿した後、TLD自動リーダーで測定する。蛍光体の種類別に測定値の平均を計算し、その値を①とする。計算に使用するTLDは、UD-808P線量計のエレメントG3(蛍光体はCaSO<sub>4</sub>(Tm))、エレメントG4(同、<sup>7</sup>Li<sub>2</sub><sup>11</sup>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu))、UD-809P線量計のエレメントN2～N4(同、<sup>6</sup>Li<sub>2</sub><sup>10</sup>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu))であり、エレメントG3及びG4は厚さ160mg/cm<sup>2</sup>の樹脂で、エレメントN2～N4は厚さ

0.7mmのCdあるいはSn板で蛍光体の前面側と背面側が覆われた構造になっている。

- (4) アニール後、同じTLDを、TLD自動照射装置を用いて照射する。このとき、ベルトスピードを2に設定する。
- (5) 照射したTLDをデシケーター中に一昼夜間放置して除湿した後、(3)と同一のTLD自動リーダーする。蛍光体の種類別に測定値の平均を計算し、その値を②とする。
- (6) (4)(5)の作業をさらに二回繰り返し行い（合計三回）、それぞれの平均値を③④とする。
- (7) 次式からベルトスピード2におけるTLD自動照射装置による感度校正基準量を計算する。

$$\text{感度校正基準量}/\text{ベルトスピード } 2 = (\text{②③④の平均値}) \times 200/\text{①} \cdots (2.1)$$

この式で、 $(200/\text{①})$  はTLDの読み取り感度を1.0に規格化するための（無次元の）係数であるため、感度校正基準量の単位は[mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.]である。

なお、(1)～(7)までの一連の作業は1～2週間の間に実施し（例年4月半ば）、その間にTLD自動リーダーの測定条件に大きな変化があった場合には、改めて(1)から作業を再開する。

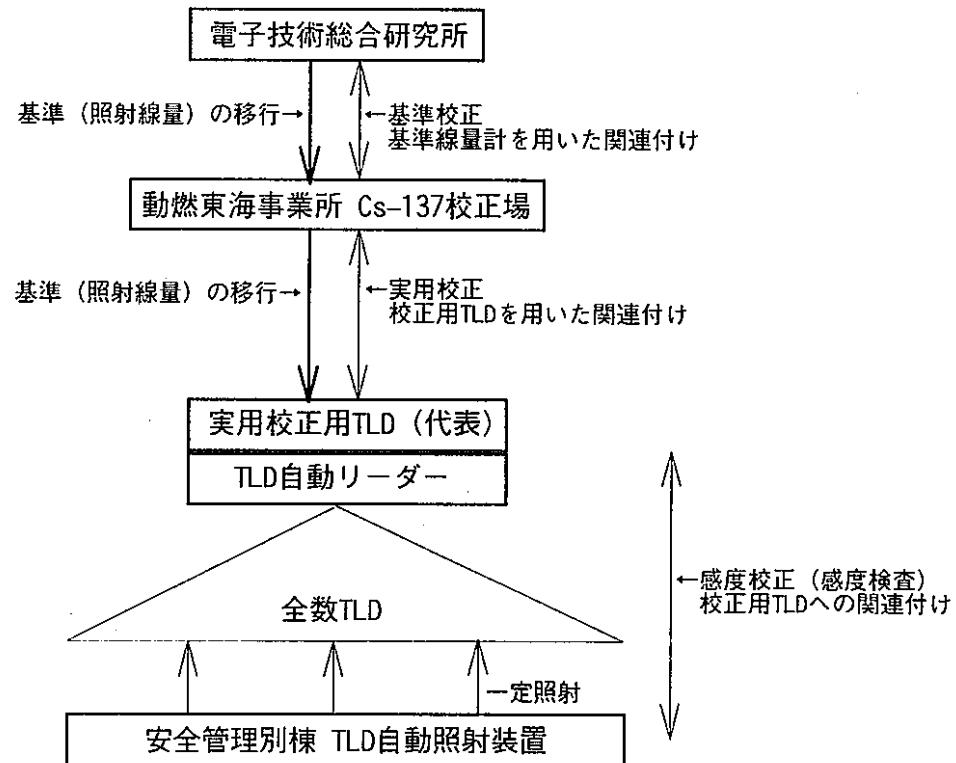


図 2-3 TLD自動照射装置を用いた感度校正の位置付け

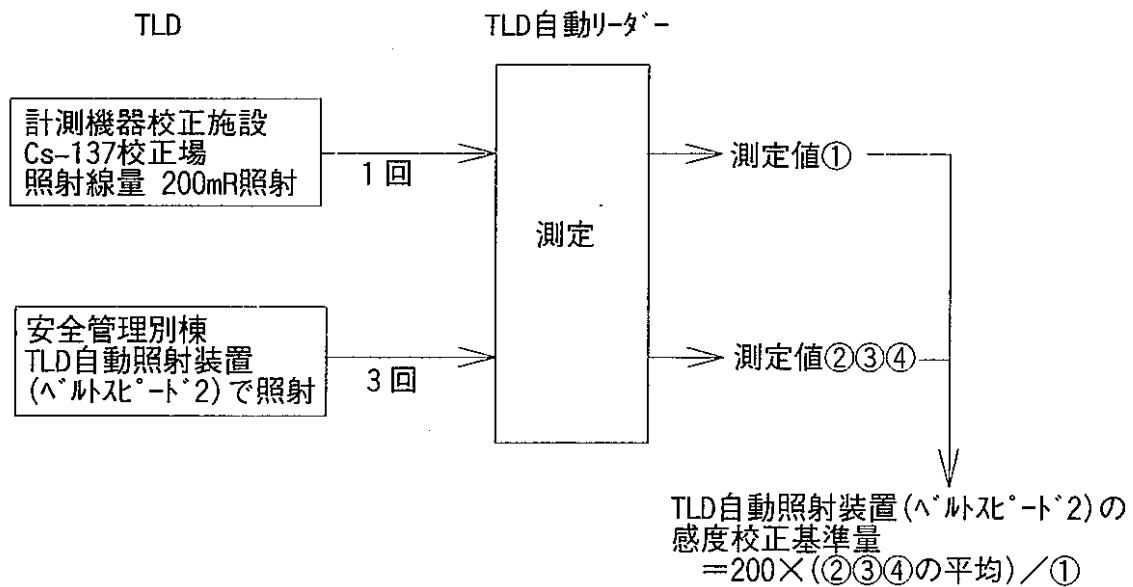


図 2-4 感度校正基準量の評価手順

### 第3章 感度校正基準量の評価結果

#### 3-1 感度校正基準量の評価結果（ベルトスピード2）

平成2年4月から平成9年4月までの、ベルトスピード2における感度校正基準量を評価した結果を表3-1、図3-1に示す。図の横軸は、平成2年4月16日からの経過日数であり、実線は<sup>137</sup>Csの崩壊率の減衰曲線を実測値にあてはめた結果（次式）である。

$$M_{BS2} = 182.63 \times (0.5)^{d/30 \times 365} \quad [\text{mR } ^{137}\text{Cs eq.}/\text{ベルトスピード2}] \quad \cdots (3-1)$$

ここで、dは平成2年4月16日からの経過日数である。

この期間中、TLD自動照射装置のベルト駆動系について大きな補修工事等はなくベルト速度は常に一定値であるため、感度校正基準量実測値の変化は<sup>137</sup>Csの減衰曲線に良く一致していることが分かる。

TLDによる評価値は、リーダーの測定条件の微妙な変動等の理由により、平成6年4月と平成7年4月、平成8年4月と平成9年4月の間のように評価値にほとんど変化が無い場合も見られるので、ベルトスピードを常時確認することを前提に今後は(3-1)式を用いて計算した値をTLDの感度検査等の際の基準量として採用するべきである。なお、平成7年12月より、TLD自動照射装置の使用の都度、ストップウォッチを利用してベルトスピードの計測し、変化の無いことを確認している。

表3-1 ベルトスピード2における感度校正基準量の実測値と計算値の比較

評価日	経過 日数	実験値 [mR <sup>137</sup> Cs eq.]	計算値 [mR <sup>137</sup> Cs eq.]	(実験-計算)/実験 [%]
平成2年4月16日	0	190.0±3.5	-	-
平成3年4月22日	371	180.0±4.1	178.8	0.89
平成4年4月15日	730	174.6±4.1	174.4	0.13
平成5年4月16日	1096	170.0±3.1	170.4	-0.23
平成6年4月20日	1465	165.7±3.9	166.5	-0.45
平成7年4月20日	1830	164.0±2.8	162.7	0.80
平成8年4月24日	2200	156.5±3.8	158.9	-1.51
平成9年4月16日	2557	155.5±2.3	155.3	0.09

（減衰曲線のあてはめは平成3年4月22日分以降を採用した）

また、参考までに平成4年度から平成9年度までの、TLDを用いた感度校正基準量の評価結果の詳細値を表3-2から表3-7に示す。表3-1に示した結果は、表3-2から表3-7に示したような複数グループ（約20個のTLDを1グループとして計7ヶ

ループ程度)、複数種類のTLDを2台のTLD自動リーダーで測定した結果の全体平均値であるが、グループ別、リーダー機種別に評価した場合でも感度校正基準量の評価結果に大きな違いは見られなかった。

ただし、蛍光体の種類別では若干の相違が確認された。エレメントG3及びエレメントN2～N4による感度校正基準量の評価結果を、エレメントG4による評価結果で規格化したものを図3-2に示す。低エネルギー $\gamma$ 線に対する相対感度の高いエレメントG3による結果が、エレメントG4による結果に比べて約2%高い傾向がある。おそらく、照射口近傍での低エネルギーの散乱 $\gamma$ 線による影響と考えられるが、TLDの測定誤差の範囲内であること、変化量としては僅かであることから、この結果を基に硫酸カルシウムとホウ酸リチウムとで基準量を変えるのは現時点では早計である。

また、TLD自動照射装置で三回繰り返し照射した場合の変動率(再現性)の平均値は、硫酸カルシウムで約0.8(±0.4)%、ホウ酸リチウムで約1.3(±0.7)%であった。従って、変動率がこれらの数値を大幅に超える場合には、実験期間中にTLD自動リーダーの測定条件あるいはTLD自動照射装置のベルトスピードに大きな変化があった可能性が高いので、はじめから評価をやり直す等の措置を講じる必要がある。

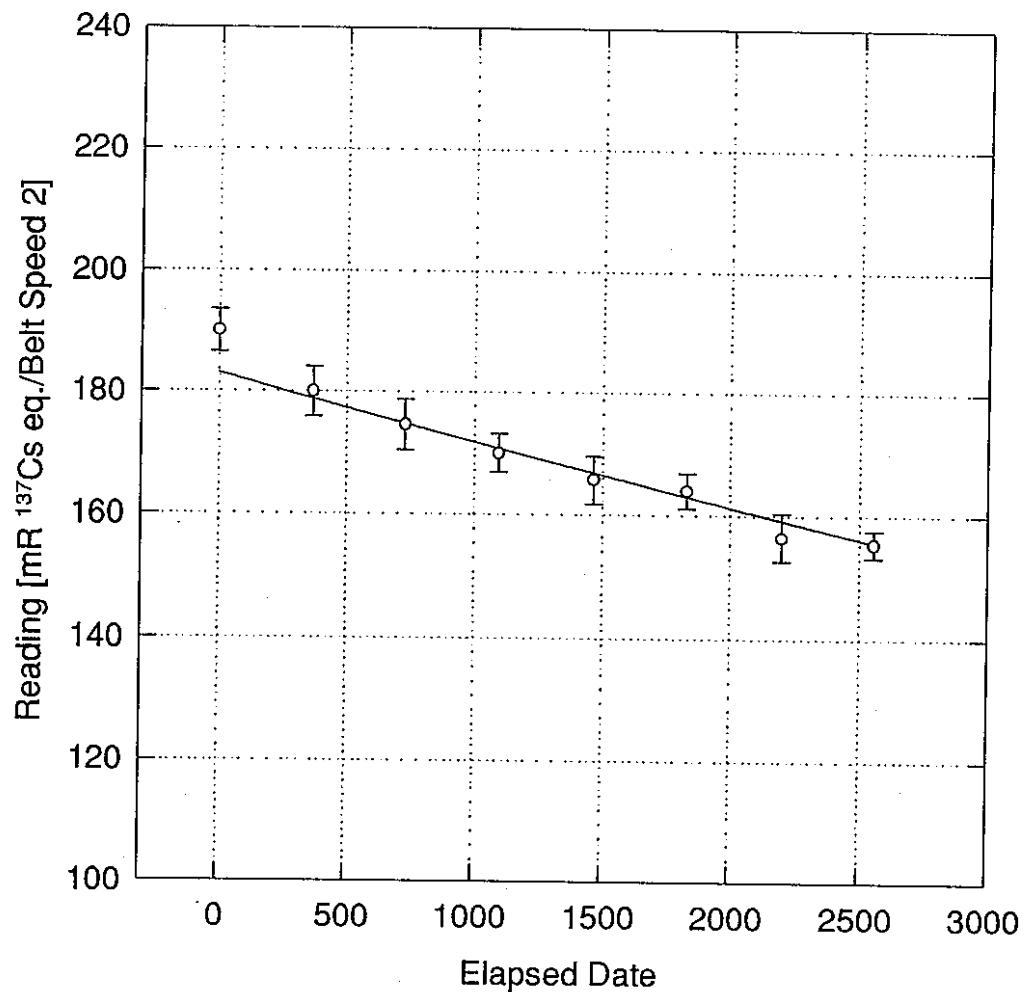


図3-1 ベルトスピード2における感度校正基準量の変化

表3－2 感度校正基準量の評価結果（平成4年度）

## (a) リーダー1号機

グループ	エレメント	データ数	校正室(A)	F棟1回目	F棟2回目	F棟3回目	F棟平均(B)	(B/A)×200
校正用	G3	20	208.6±5.4	177.6±3.3	180.5±3.8	182.8±4.1	180.3±2.6	172.9
	G4	20	210.3±12.6	170.0±9.9	195.1±14.8	178.2±11.7	181.1±12.8	172.2
	N2,3,4	60	201.5±11.1	168.2±8.2	175.2±10.4	174.1±9.4	172.5±3.8	171.2
確認用	G3	20	202.8±7.1	177.6±5.1	181.5±5.5	182.0±5.9	180.4±2.4	177.9
	G4	20	201.3±19.7	170.2±10.2	173.4±10.2	174.7±9.8	172.8±2.3	171.7
	N2,3,4	60	198.5±9.1	169.2±8.2	172.3±8.4	173.0±7.6	171.5±2.0	172.8
予備用	G3	20	212.1±10.3	179.9±8.4	183.4±9.2	184.2±8.3	182.5±2.3	172.1
	G4	20	207.4±16.0	170.1±14.4	177.1±16.8	174.2±15.7	173.8±3.5	167.6
	N2,3,4	60	204.4±12.5	175.2±10.2	178.1±9.2	179.6±10.1	177.6±2.2	173.8
F棟用	G3	15	203.4±11.4	183.5±11.2	186.5±11.6	187.7±11.2	185.9±2.2	182.8
	G4	15	208.3±19.6	180.0±15.1	185.8±15.1	185.5±15.1	183.8±3.3	176.4
	N2,3,4	45	209.3±16.0	173.6±13.6	176.6±13.7	176.6±12.6	175.6±1.7	167.8
S基準	G3	25	192.6±7.3	173.3±6.2	176.0±6.6	176.5±6.2	175.3±1.7	182.0
	G4	25	206.1±23.1	179.9±18.4	183.0±18.7	183.6±17.6	182.2±2.0	176.8
	N2,3,4	75	214.8±15.2	183.0±13.3	187.8±15.3	188.1±14.9	186.3±2.9	173.5
平均	G3						177.5±5.0	
	G4						172.9±3.8	
	N2,3,4						171.8±2.5	
	ALL						174.1±3.0	

(単位: mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.)

## (b) リーダー2号機

グループ	エレメント	データ数	校正室(A)	F棟1回目	F棟2回目	F棟3回目	F棟平均(B)	(B/A)×200
校正用	G3	20	199.0±6.6	178.2±6.0	180.3±6.7	181.5±6.2	180.0±1.7	180.9
	G4	20	194.4±8.5	164.5±8.5	169.1±7.1	171.3±8.9	168.3±3.5	173.1
	N2,3,4	60	191.5±9.7	163.1±9.0	168.0±9.5	170.4±10.0	167.2±3.7	174.6
確認用	G3	20	198.4±5.9	173.1±6.0	181.7±5.8	180.6±5.9	178.5±4.7	179.9
	G4	20	188.6±11.0	157.4±11.0	171.8±12.7	166.1±12.7	165.1±7.3	175.1
	N2,3,4	60	200.6±17.1	165.8±14.8	173.3±11.4	171.3±11.8	170.1±3.9	169.6
予備用	G3	17	194.3±9.5	173.6±9.4	176.2±9.2	178.4±8.7	176.1±2.4	181.2
	G4	17	192.1±14.4	161.6±13.8	166.9±16.6	168.8±15.1	165.8±3.7	172.6
	N2,3,4	57	186.7±14.3	159.7±13.6	162.3±13.5	164.0±13.0	162.0±2.2	173.5
F棟用	G3	25	202.1±6.6	177.1±6.0	176.9±6.7	181.9±6.5	178.6±2.8	176.8
	G4	25	192.6±12.9	162.0±13.5	165.3±11.5	167.8±11.8	165.0±2.9	171.4
	N2,3,4	75	186.9±13.6	159.4±12.4	160.8±21.2	164.8±11.4	161.7±2.8	173.0
平均	G3						179.7±2.0	
	G4						173.0±1.5	
	N2,3,4						172.7±2.1	
	ALL						175.1±4.0	

(単位: mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.)

表3-3 感度校正基準量の評価結果（平成5年度）

## (a) リーダー1号機

グループ	エレメント	データ数	校正室(A)	F棟1回目	F棟2回目	F棟3回目	F棟平均(B)	(B/A)×200
校正用	G3	20	212.0± 5.4	177.6± 4.0	175.8± 4.6	175.2± 3.6	176.2± 1.2	166.2
	G4	20	196.3±11.5	162.1±10.7	161.8±10.2	162.6±11.0	162.2± 0.4	165.2
	N2,3,4	60	198.8± 9.0	167.1± 7.9	168.2± 8.6	168.2± 8.8	167.8± 0.6	168.8
確認用	G3	20	200.2± 6.6	178.1± 6.1	174.4± 6.0	175.4± 6.4	176.0± 1.9	175.8
	G4	20	182.3±11.7	158.6±13.0	155.3±12.0	159.4± 9.4	157.8± 2.2	173.1
	N2,3,4	60	192.7± 8.8	163.8±10.0	161.6± 9.6	164.1± 9.5	163.2± 1.4	169.3
予備用	G3	17	205.6±11.8	177.7± 9.4	176.1± 8.7	177.1± 9.7	177.0± 0.8	172.1
	G4	17	194.9±25.1	164.1±12.8	160.7±12.7	162.0±10.4	162.3± 1.7	166.5
	N2,3,4	57	201.5±11.6	170.7± 9.6	171.0±11.2	170.0± 9.6	170.6± 0.5	169.3
F棟用	G3	15	217.8±12.5	180.0± 9.9	178.7±11.1	179.1±10.1	179.3± 0.7	164.6
	G4	15	202.0±19.6	168.5±16.7	166.7±16.5	165.9±17.4	167.0± 1.3	165.4
	N2,3,4	45	201.4±15.3	167.9±14.9	166.1±13.6	169.2±13.4	167.7± 1.6	166.6
S基準	G3	25	196.6± 8.9	169.4± 7.7	167.2± 7.5	170.2± 7.5	168.9± 1.6	171.9
	G4	25	195.9±20.7	168.7±17.4	166.3±16.8	169.0±19.5	168.0± 1.5	171.5
	N2,3,4	75	212.1±16.5	182.1±14.4	177.5±13.9	178.6±14.5	179.4± 2.4	169.2
平均	G3						170.1± 4.6	
	G4						168.3± 3.7	
	N2,3,4						168.6± 1.2	
	ALL						169.0± 1.0	

(単位: mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.)

## (b) リーダー2号機

グループ	エレメント	データ数	校正室(A)	F棟1回目	F棟2回目	F棟3回目	F棟平均(B)	(B/A)×200
校正用	G3	20	194.1± 9.3	167.9± 8.0	171.0± 8.8	170.1± 7.8	169.7± 1.6	174.8
	G4	20	191.6±13.6	162.2±11.2	166.0±10.1	166.9±11.6	165.0± 2.5	172.3
	N2,3,4	60	199.9±12.2	165.3±10.2	167.8±10.4	168.2±11.2	167.1± 1.6	167.2
確認用	G3	20	208.0±11.2	171.6± 7.9	174.2± 7.5	174.7± 7.0	173.5± 1.7	166.8
	G4	20	196.3±13.8	165.9±15.4	164.4±13.5	164.2±11.7	164.8± 0.9	167.9
	N2,3,4	60	203.2±15.5	170.8±13.9	171.1±12.9	172.0±16.9	171.3± 0.6	168.6
予備用	G3	17	191.5±13.1	165.4±10.6	168.4± 9.8	168.9±11.4	167.6± 1.9	175.0
	G4	17	194.9±24.1	164.9±22.6	166.2±17.3	169.3±21.7	166.8± 2.3	171.2
	N2,3,4	57	193.5±16.4	163.6±12.4	164.8±14.3	165.4±14.3	164.6± 0.9	170.1
F棟用	G3	25	201.9± 9.7	173.0± 8.1	174.7± 7.6	175.7± 7.4	174.5± 1.4	172.8
	G4	25	197.9±17.5	168.1±18.4	167.3±14.0	165.7±14.2	167.0± 1.2	168.8
	N2,3,4	75	195.3±16.5	166.0±12.5	167.4±14.9	167.5±14.8	167.0± 0.8	171.0
平均	G3						172.4± 3.8	
	G4						170.0± 2.0	
	N2,3,4						169.2± 1.7	
	ALL						170.5± 1.6	

(単位: mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.)

表3-4 感度校正基準量の評価結果（平成6年度）

(a) リーダー1号機

グループ	エレメント	データ数	校正室(A)	F棟1回目	F棟2回目	F棟3回目	F棟平均(B)	(B/A)×200
校正用	G3	20	209.9±4.9	172.2±4.8	172.8±4.6	173.4±4.1	172.8±0.6	164.6
	G4	20	204.4±12.4	164.6±9.1	162.8±8.2	167.3±9.3	164.9±2.3	161.4
	N2,3,4	60	209.5±10.9	171.4±8.7	170.9±8.0	173.2±7.8	171.8±1.2	164.0
確認用	G3	20	209.5±6.1	172.3±5.0	172.3±4.7	173.0±5.0	172.5±0.4	164.7
	G4	20	201.0±11.4	161.2±8.1	160.0±10.1	162.9±10.1	161.4±1.5	160.6
	N2,3,4	60	206.3±12.1	168.2±8.7	167.8±7.6	170.3±9.0	168.8±1.3	163.6
予備用	G3	17	201.5±9.5	173.6±8.5	171.5±8.4	174.6±11.5	173.2±1.6	171.9
	G4	17	194.2±14.6	163.4±11.3	159.4±10.0	166.1±10.2	163.0±3.4	167.8
	N2,3,4	57	208.3±11.4	175.5±10.3	174.3±11.1	176.3±10.0	175.4±1.0	168.4
F棟用	G3	15	204.7±13.7	176.1±11.6	176.3±12.3	175.9±11.2	176.1±0.2	172.1
	G4	15	197.3±16.1	168.9±15.6	164.2±13.9	167.5±14.0	166.9±2.4	169.2
	N2,3,4	45	203.8±15.4	171.9±11.6	170.5±12.7	174.6±13.5	172.3±2.1	169.1
S基準	G3	25	201.6±9.8	164.9±7.3	163.4±7.0	167.0±7.1	165.1±1.8	163.8
	G4	25	208.5±19.5	170.2±15.8	168.1±14.7	176.6±16.7	171.6±4.4	164.6
	N2,3,4	75	238.1±17.9	198.2±15.2	194.0±14.3	198.9±15.8	197.0±2.7	165.5
平均	G3							167.4±4.2
	G4							164.7±3.8
	N2,3,4							166.1±2.5
	ALL							166.1±1.4

(単位: mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.)

(b) リーダー2号機

グループ	エレメント	データ数	校正室(A)	F棟1回目	F棟2回目	F棟3回目	F棟平均(B)	(B/A)×200
校正用	G3	20	203.8±7.4	173.1±5.8	174.5±6.7	174.7±6.3	174.1±0.9	170.9
	G4	20	207.3±16.8	169.2±11.4	168.5±10.9	174.7±11.5	170.8±3.4	164.8
	N2,3,4	60	200.3±10.9	166.7±17.3	173.2±9.4	166.4±9.3	168.8±3.8	168.5
確認用	G3	20	208.3±8.0	175.9±6.4	179.4±6.0	177.2±7.0	177.5±1.8	170.4
	G4	20	198.9±17.2	165.2±15.3	173.3±15.3	167.9±16.0	168.8±4.1	169.7
	N2,3,4	60	205.4±15.9	169.0±13.2	176.6±12.5	170.6±12.9	172.1±4.0	167.5
予備用	G3	17	207.8±9.5	172.1±8.2	174.4±8.0	172.9±8.8	173.1±1.2	166.6
	G4	17	218.6±21.5	172.0±20.0	177.6±18.3	171.9±18.7	173.8±3.3	159.0
	N2,3,4	57	205.0±12.9	161.7±10.0	169.4±9.4	163.8±13.2	165.0±4.0	160.9
F棟用	G3	25	220.9±9.1	176.6±7.6	180.4±8.0	180.5±8.1	179.2±2.2	162.2
	G4	25	225.2±16.7	172.3±15.0	179.7±15.7	182.3±13.8	178.1±5.2	158.2
	N2,3,4	75	212.3±14.3	166.1±12.0	177.2±15.4	176.2±12.5	173.2±6.1	163.1
平均	G3							167.5±4.0
	G4							162.9±5.4
	N2,3,4							165.0±3.6
	ALL							165.2±2.3

(単位: mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.)

表3-5 感度校正基準量の評価結果（平成7年度）

(a) リーダー1号機

グループ	エレメント	データ数	校正室(A)	F棟1回目	F棟2回目	F棟3回目	F棟平均(B)	(B/A)×100
校正用	G3	20	102.9±2.8	165.7±4.5	165.3±4.3	164.9±4.0	165.3±0.4	160.6
	G4	20	100.1±4.3	163.1±7.1	167.0±9.0	164.3±8.5	164.8±2.0	164.6
	N2,3,4	60	105.1±6.4	170.0±8.3	171.2±7.7	170.7±10.0	170.6±0.6	162.4
確認用	G3	20	97.1±3.6	164.9±6.9	164.0±7.1	163.6±6.9	164.2±0.7	169.1
	G4	20	96.1±5.1	162.0±7.6	163.1±9.9	162.6±9.8	162.6±0.6	169.2
	N2,3,4	60	108.8±6.7	175.1±9.7	175.0±9.5	175.2±10.4	175.1±0.1	160.9
F棟用	G3	15	103.0±6.2	172.2±10.1	173.8±10.2	173.2±10.7	173.1±0.8	168.0
	G4	15	93.0±6.6	152.1±14.0	149.7±13.4	153.3±9.7	151.7±1.8	163.1
	N2,3,4	45	88.4±6.2	145.2±8.9	146.2±10.7	146.6±9.9	146.0±0.7	165.2
S基準	G3	25	96.8±4.2	161.7±7.1	161.8±7.1	161.9±7.7	161.8±0.1	167.1
	G4	25	93.1±10.2	151.5±16.0	150.1±15.7	154.8±15.1	152.1±2.4	163.4
	N2,3,4	75	105.9±7.4	173.2±13.6	175.1±13.0	174.4±13.8	174.2±1.0	164.5
平均	G3						166.2±3.8	
	G4						165.1±2.8	
	N2,3,4						163.2±2.0	
	ALL						164.8±1.5	

(単位: mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.)

(b) リーダー2号機

グループ	エレメント	データ数	校正室(A)	F棟1回目	F棟2回目	F棟3回目	F棟平均(B)	(B/A)×100
校正用	G3	20	100.4±3.1	165.6±4.9	165.2±5.3	164.5±5.2	165.1±0.6	164.4
	G4	20	103.4±7.3	172.8±12.7	171.6±10.9	171.3±9.4	171.9±0.8	166.2
	N2,3,4	60	101.7±6.6	166.7±10.6	167.1±10.6	167.8±9.6	167.2±0.6	164.4
確認用	G3	20	100.3±4.3	164.3±6.3	163.7±6.6	163.6±6.3	163.9±0.4	163.4
	G4	20	103.1±9.0	169.6±14.5	166.9±13.4	166.5±15.7	167.7±1.7	162.6
	N2,3,4	60	101.8±6.8	165.6±10.1	166.8±10.7	165.7±10.6	166.0±0.7	163.1
F棟用	G3	15	109.7±4.2	175.1±5.9	174.9±5.8	174.3±5.9	174.8±0.4	159.3
	G4	15	100.1±8.0	163.6±12.4	160.9±13.0	162.5±12.4	162.3±1.4	162.2
	N2,3,4	45	91.0±7.1	145.6±9.9	145.0±9.3	144.2±8.0	144.9±0.7	159.3
平均	G3						162.4±2.7	
	G4						163.7±2.2	
	N2,3,4						162.3±2.7	
	ALL						162.8±0.8	

(単位: mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.)

表3－6 感度校正基準量の評価結果（平成8年度）

## (a) リーダー1号機

グループ	エレメント	データ数	校正室(A)	F棟1回目	F棟2回目	F棟3回目	F棟平均(B)	(B/A)×200
校正用	G3	20	201.3±7.6	157.0±5.0	157.0±5.3	154.6±4.9	156.2±1.4	155.2
	G4	20	204.7±10.8	159.1±6.4	160.0±6.7	155.3±6.4	158.1±2.5	154.5
	N2, 3, 4	60	210.7±8.2	163.2±7.9	162.4±7.1	155.3±7.4	160.3±4.3	152.2
確認用	G3	20	189.6±9.8	156.1±7.2	156.1±8.1	153.6±7.8	155.3±1.4	163.8
	G4	20	195.4±8.5	157.9±7.7	156.4±5.4	150.7±7.4	155.0±3.8	158.6
	N2, 3, 4	60	216.4±10.6	162.9±7.5	164.0±4.6	156.2±6.7	161.0±4.2	148.8
F棟用	G3	15	206.5±13.5	167.3±9.9	167.3±9.7	165.5±9.8	166.7±1.0	161.5
	G4	15	185.8±14.7	147.6±10.7	147.5±10.7	145.7±10.1	146.9±1.1	158.2
	N2, 3, 4	45	173.5±11.3	136.2±7.5	136.4±8.1	132.3±7.7	135.0±2.3	155.6
S基準	G3	25	191.2±9.8	155.0±7.4	154.8±7.8	153.0±8.0	154.3±1.1	161.4
	G4	25	188.4±17.8	146.7±13.0	147.8±13.5	146.0±12.7	146.8±0.9	155.9
	N2, 3, 4	75	209.4±14.5	165.1±11.8	166.0±13.6	162.1±12.6	164.4±2.0	157.0
平均	G3						160.4±3.7	
	G4						156.8±2.0	
	N2, 3, 4						153.4±3.7	
	ALL						156.9±3.5	

(単位: mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.)

## (b) リーダー2号機

グループ	エレメント	データ数	校正室(A)	F棟1回目	F棟2回目	F棟3回目	F棟平均(B)	(B/A)×200
校正用	G3	20	196.7±5.0	159.3±3.7	158.4±3.7	160.1±3.8	159.3±0.9	161.9
	G4	20	194.8±8.5	152.7±7.9	152.0±9.0	154.7±7.5	153.1±1.4	157.2
	N2, 3, 4	60	201.2±8.1	158.9±8.2	157.7±7.3	156.8±8.9	157.8±1.1	156.9
確認用	G3	20	197.4±8.0	158.0±5.4	157.4±5.9	159.0±5.9	158.1±0.8	160.2
	G4	20	194.1±11.0	152.6±6.9	151.4±6.8	150.1±8.3	151.4±1.3	156.0
	N2, 3, 4	60	206.5±9.6	160.3±7.7	160.1±8.1	154.0±7.8	158.1±3.6	153.2
F棟用	G3	15	215.8±8.4	167.5±5.6	167.4±6.0	169.3±5.7	168.1±1.1	155.8
	G4	15	179.6±9.7	134.9±7.9	134.1±9.1	137.1±9.4	135.4±1.6	150.7
	N2, 3, 4	45	167.3±10.5	127.7±7.4	126.5±8.5	128.3±9.7	127.5±0.9	152.4
平均	G3						159.3±3.2	
	G4						154.6±3.4	
	N2, 3, 4						154.1±2.4	
	ALL						156.0±2.8	

(単位: mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.)

表3-7 感度校正基準量の評価結果（平成9年度）

(a) リーダー1号機

グループ	エレメント	データ数	校正室(A)	F棟1回目	F棟2回目	F棟3回目	F棟平均(B)	(B/A)×200
校正用	G3	20	196.7±4.7	155.5±4.2	156.2±3.8	157.8±4.3	156.5±1.2	159.1
	G4	20	192.8±8.2	151.1±5.4	149.3±5.8	152.8±5.2	151.1±1.8	156.7
	N2,3,4	60	193.5±8.6	151.6±7.3	147.3±6.2	152.5±6.9	150.5±2.8	155.5
確認用	G3	20	193.8±7.7	152.3±5.8	153.9±6.7	154.6±6.8	153.6±1.2	158.5
	G4	20	190.4±7.7	146.8±6.1	144.9±6.4	147.9±7.2	146.5±1.5	153.9
	N2,3,4	60	192.4±10.3	150.4±7.4	147.8±7.8	152.9±9.3	150.4±2.6	156.3
F棟用	G3	15	208.6±12.7	164.1±10.3	163.1±10.8	165.0±10.5	164.1±1.0	157.3
	G4	15	185.5±17.0	143.9±13.6	139.9±12.3	141.7±13.2	141.8±2.0	152.9
	N2,3,4	45	161.0±9.0	123.8±7.0	122.2±7.5	123.3±7.1	123.1±0.8	152.9
S基準	G3	25	192.2±8.8	153.7±7.0	152.3±6.6	154.8±7.3	153.6±1.3	159.8
	G4	25	181.4±18.6	139.8±15.8	141.8±15.1	141.4±14.6	141.0±1.1	155.5
	N2,3,4	75	192.2±16.9	146.7±12.2	144.2±13.5	146.7±13.7	145.9±1.4	151.8
平均	G3							158.7±1.1
	G4							154.8±1.7
	N2,3,4							154.1±2.1
	ALL							155.9±2.5

(単位: mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.)

(b) リーダー2号機

グループ	エレメント	データ数	校正室(A)	F棟1回目	F棟2回目	F棟3回目	F棟平均(B)	(B/A)×200
校正用	G3	20	197.5±5.9	153.1±3.8	155.3±4.1	156.0±4.2	154.8±1.5	156.8
	G4	20	195.6±10.0	150.5±7.4	151.9±8.9	151.9±7.9	151.4±0.8	154.8
	N2,3,4	60	202.4±9.9	154.4±7.7	155.3±7.1	157.3±8.8	155.7±1.5	153.8
確認用	G3	20	196.4±7.2	153.2±6.1	152.8±6.4	154.7±5.7	153.6±1.0	156.4
	G4	20	193.8±14.1	151.5±11.5	149.3±8.5	151.2±8.6	150.7±1.2	155.5
	N2,3,4	60	205.2±8.6	158.0±7.9	153.5±7.3	159.3±7.2	156.9±3.0	153.0
F棟用	G3	25	209.8±8.6	164.2±6.5	164.9±6.2	165.0±5.8	164.7±0.4	157.0
	G4	25	173.9±11.9	135.9±9.1	134.4±7.4	135.7±9.6	135.3±0.8	155.6
	N2,3,4	75	162.0±11.9	123.4±8.1	123.2±8.2	122.4±7.9	123.0±0.5	151.9
平均	G3							156.7±0.3
	G4							155.3±0.4
	N2,3,4							152.9±1.0
	ALL							155.0±1.9

(単位: mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.)

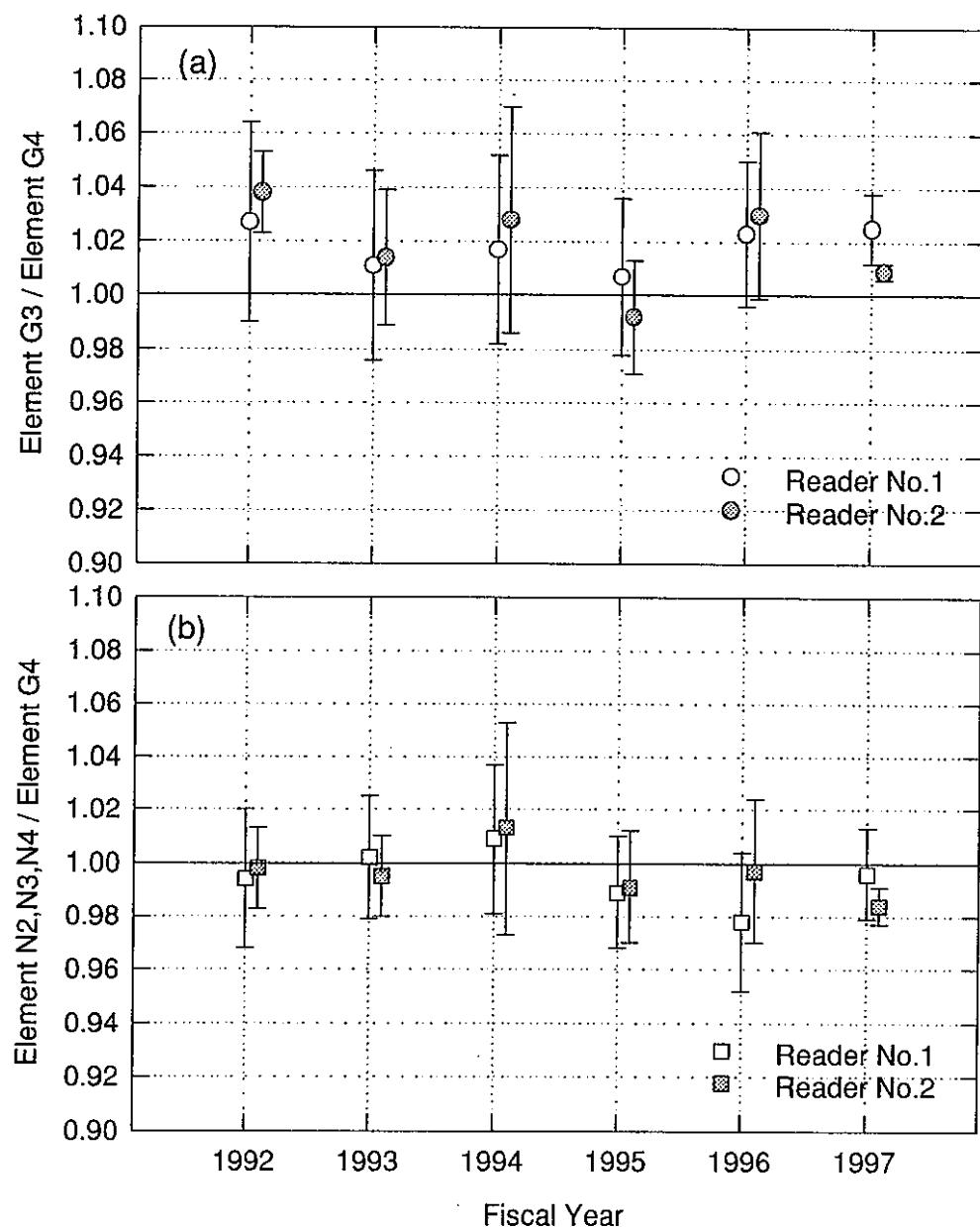


図 3－2 蛍光体別の感度校正基準量の評価値の比較

### 3-2 感度校正基準量の評価結果（ベルトスピード3）

これまでTLDの感度検査では約200mRの線量を照射することにしている。これは、硫酸カルシウムTLDに比べて発光効率の低いホウ酸リチウムTLDの測定値の統計変動を3%程度におさえるため必要な線量である注3)。前述したようにTLDの感度検査を行う際には、これまでベルトスピード2を選択しているが、平成9年4月現在の感度校正基準量は約155[mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.]あり、次年度以降は徐々に150[mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.]に満たない程度まで減衰する。そのため、ベルトスピードを一段階上げたベルトスピード3を感度検査の際の標準的な速度として今後使用していく必要がある。そこで、事前の準備として、TLDを用いてベルトスピード3での感度校正基準量を評価した。

#### (1) 実験方法

平成8年3月に実験用として購入したUD-808P、UD-809P線量計、それぞれ20個を使用し、第2章で説明した手順で実験を行った。実験は平成9年7月14日から7月18日にかけて行った。

#### (2) 実験結果

実験結果を表3-8に示す。平成9年7月現在のベルトスピード3での感度校正基準量は218.4(±3.6)[mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.]であった。また、ベルトの始点から終点までの時間は約4分であった。なお、参考までにベルトスピード1～10及びベルトスピード20の時間も測定したのでその結果を付録に示す。

表3-8 ベルトスピード3での感度校正基準量の評価結果

照射日	測定日	UD-808P		UD-809P	
		G1,G2,G4	G3	N1	N2,N3,N4
校正室	7/17	7/18	205.2±14.0	193.7±10.1	192.6±12.3
F棟①	7/14	7/15	227.4±13.9	214.0±11.3	207.6±13.7
F棟②	7/15	7/16	227.1±13.5	214.0±10.6	205.8±14.7
F棟③	7/16	7/17	228.7±16.1	213.3±11.2	205.8±12.3
		平均	227.7±1.4	213.7±0.4	205.4±18.7
				206.4±1.2	205.6±0.6
(2.1)式によるエレメント毎の計算結果		222.0	220.7	214.3	216.7
エレメント間の平均値				218.4±3.6 (1.6%)	

(単位は照射線量相当[mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.])

注3) 平成9年6月現在のTLD自動リーダーの感度校正の条件では、 $^7\text{Li}2^{11}\text{B}4\text{O}_7(\text{Cu})$ 、 $^6\text{Li}2^{10}\text{B}4\text{O}_7(\text{Cu})$ の測定値[mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.]をそれぞれ5倍、6倍すると測定カウント数が得られる。

## 第4章 まとめ

TLDの感度検査等に使用しているTLD自動照射装置による感度校正基準量の評価結果をとりまとめた。その結果、次のような結論が得られた。

- (1) 感度校正基準量の実測値の変化の傾向は<sup>137</sup>Csの減衰曲線に一致する。これまで感度校正基準量の評価は年一回の間隔で実施し、年度始めに評価した値を何ら減衰補正もせずに年間を通じて感度検査の際の基準量として使用してきたが、今後は(3-1)式から得られる値を基準量として使用すべきである。
- (2) 感度校正基準量の評価の際に、TLD自動照射装置で3回繰り返し照射を行っているが、その際のTLD測定値の変動率は2%未満であることを確認すること。2%を超えた場合、実験期間中にTLD自動リーダーの測定条件あるいはTLD自動照射装置のTLD供給速度に大きな変化があった可能性がある。
- (3) 平成10年度以降は、TLDの感度検査の際にベルトスピード3を採用すること。
- (4) 使用の都度、ストップウォッチ等を用いてベルトスピードの確認を徹底すること。

## 参考文献

- [1] JIS Z4511 「照射線量測定器及び線量当量測定器の校正方法」
- [2] 「ガンマ線自動照射装置取扱説明書」、TLB-M95-P01、松下産業機器株式会社
- [3] 野村保、二之宮和重、小松崎賢治、江尻明、磯野矢一、高安哲也  
「TLD及びTLD読み取り装置の品質管理マニュアル」、PNC PN8520 93-002、1993

## 付録 ベルトスピードの測定結果

TLD自動照射装置のコンベアベルトの速度が変化していないことを確認するため、照射装置のそばにストップウォッチと専用記録用紙を常備し、ベルトの始点から終点まで注)の時間を使用する都度に測定した。

これまでに測定したベルトスピード1～10及び20におけるベルトの始点から終点までの時間を下表に示す。

表 ベルトスピード測定結果

ベルトスピード	時間	備考
1	1分30秒	1回測定
2	3分01秒	平成7年12月以降の平均
3	4分07秒	4回測定した値の平均
4	5分26秒	1回測定
5	6分49秒	1回測定
6	8分07秒	1回測定
7	9分25秒	1回測定
8	10分46秒	1回測定
9	13分00秒	1回測定
10	15分06秒	1回測定
20	30分06秒	2回測定した値の平均

上記の測定結果より、感度校正基準量がTLDによって測定されていないベルトスピードKについても感度校正基準量M(K)を計算することができる。

$$M(K) = 182.63 \times (0.5)^{d/30 \times 365} \cdot \frac{T(K)}{T(2)} \quad [\text{mR } {}^{137}\text{Cs eq.}/\text{ベルトスピード } K]$$

ここで、dは平成2年4月16日からの経過日数、T(K)はベルトスピードKの時間、T(2)はベルトスピード2の時間である。

---

注) 鍵型の針金の出ている部分