

# TLD自動リーダーの感度変化に関する考察

1995年4月

動力炉・核燃料開発事業団  
東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184  
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
2001

1995年4月

## TLD自動リーダーの感度変化に関する考察

辻村憲雄<sup>1)</sup>、磯野矢一<sup>2)</sup>、百瀬琢磨<sup>1)</sup>、宮部賢次郎<sup>3)4)</sup>、野村保<sup>1)5)</sup>

### 要旨

動力炉・核燃料開発事業団東海事業所では、昭和49年度から放射線業務従事者の被ばく管理に手動読取り型のTLDバッジを使用してきたが、被ばく管理対象者の増加とその測定処理の迅速化のため、自動読取り可能なTLDバッジとその測定装置（リーダー）の開発を進め、昭和57年度より運用を開始した。

TLDバッジの測定に用いるUD-710P型自動リーダーは、TLDの測定に従来から使用されている手動リーダーと比べ、加熱系や光学系の設計仕様が大きく異なっている。特にTLDの加熱方式は、UD-512型手動リーダーなどでは熱風加熱方式が用いられていたのに対して、本リーダーでは赤外線ランプによる加熱法が新たに採用されており、TLDの加熱に要する時間が大幅に短縮された。また、TLDから放出される熱蛍光の計測方法も、従来の電流積分方式から光電子計数方式に変更され、特に低線量側での測定精度が向上している。

UD-710P型自動リーダーの運用上の留意点や点検・校正時の加熱条件等の設定方法に関する基礎データを得るため、UD-710P型自動リーダーの特性について多様な試験を行い、検討した結果をとりまとめた。

---

1)安全対策課 2)常陽産業株式会社 3)放射線管理第一課  
4)現在、敦賀事務所環境安全課 5)現在、本社安全部

## 目次

第1章	緒言	1
第2章	TLD自動リーダー	3
2-1	TLD自動リーダーの仕様	3
2-2	測定原理	4
2-3	読取り線量の出力表示	4
第3章	加熱特性試験	8
3-1	概要と目的	8
3-2	試験方法	11
3-3	試験結果	13
第4章	繰り返し測定における再現性試験	19
4-1	目的	19
4-2	試験方法	19
4-3	試験結果	20
第5章	リーダー電源投入後の感度安定性試験	26
5-1	目的	26
5-2	試験方法	26
5-3	試験結果	29
第6章	まとめ	36
	謝辞	38
	参考文献	38
付録A	加熱特性試験の結果	39
付録B	繰り返し測定における再現性試験の結果	48
付録C	リーダー電源投入後の感度安定性試験の結果	49
付録D	松下産業機器(株)による加熱特性試験の結果	55

## 第1章 緒言

動力炉・核燃料開発事業団東海事業所では、昭和49年度より放射線業務従事者の被ばく管理に手動読取り型のTLDバッジを使用してきたが、TLD測定精度の向上と被ばく管理対象者の増加への対応と測定処理の迅速化のため、自動測定可能なTLDバッジとその測定装置（リーダー）の開発を進め、昭和57年度より運用を開始した。[1][2]

新型のTLDバッジと自動リーダーは、(1) 0.1mSv以下の低線量まで測定可能で、かつエネルギー応答特性が平坦であること、(2) 皮膚の線量を測定するため、TLD素子が薄型であること、(3) 大規模な被ばく管理のため、測定処理が迅速（かつ自動化が可能）であること、(4) 高い信頼性、といった4つの条件を満足することを主眼に開発が進められ[2]、従来のTLDバッジシステムとはその設計仕様が大幅に変更されている。中でも従来のシステムとの最も大きな相違点は、ホウ酸リチウムをTLDとして採用したこととリーダーの加熱・熱蛍光計数機構の変更である。

他の熱蛍光体物質と比較してのホウ酸リチウムの有用性については、幾つかの文献[3]でも述べられているので、ここでは特に言及しない。この新型TLDバッジでは、非常に薄型のホウ酸リチウム(厚さ15mg/cm<sup>2</sup>)をTLDとして用いることで、 $\beta$ 線による皮膚の線量を精度良く測定することが可能になっている。さらに従来のTLDバッジは、種類や形状の異なる複数個のTLDをバッジケースに単に組み込んだものであったため、その測定は全て手動で行わざるを得なかったが、新型TLDバッジでは一つの基盤上に複数個のTLDを並列に配置することによって自動測定が可能な構造にしている。

一方、リーダーの変更点についてであるが、新型TLDバッジの測定に用いるUD-710P型自動リーダーは、UD-512P型手動リーダーなどで従来から一般に使用されている熱風加熱方式に代わって、赤外線ランプによる加熱法を新たに採用している。熱風加熱方式では、TLDの加熱・測定に10秒程度の時間を要していたが、赤外線ランプを用いた加熱法の場合、数10msecという極めて短時間でTLD素子を加熱するので、測定に要する時間の大幅な短縮が可能となるとともに、雑音信号に対する熱蛍光信号の比(S/N比)が向上している。さらに、熱蛍光の測定に光電子計数法を用いることによって、測定精度が向上し、薄型のTLD素子にも関わらず0.1mSv程度の低線量の測定が可能となっている。

以上述べたように、新型のTLDバッジとリーダーは従来のものとは大幅にその仕様が変更されており、特にリーダーの加熱・熱蛍光計数機構での変更が大きい。第2章で詳しく説明するが、本リーダーによるTLDの加熱・測定の際には三段階の複雑な加熱を実施していること、加熱時間が極めて短時間であり信号を計数するカウンターのゲー

トタイミングとの調整が難しいことなど、リーダーを校正する場合に留意すべき事項が多く、またこれらの最適な条件を決定するためリーダーの種々の特性を予め把握する必要が生じた。

また、本リーダーは自動測定により大量のTLDバッジを連続的に測定することが可能であるが、一基盤上に複数個配列したTLD素子自身が小型であるため、TLDを所定の加熱・熱蛍光計数機構部に移動した際の僅かな位置のずれなどによってリーダーの読取り感度（以下、「感度」と言う）が変化する可能性がある。また、加熱ランプの劣化等によって加熱の状態が変化する場合等も考えられ、リーダーシステムの機械的な変動も含めたリーダーの長期間に亘る感度の変化（再現性）について調べる必要がある。

本報告書は、

- (1) リーダーの加熱状態と感度の関係、
- (2) リーダーの感度の再現性、
- (3) 回路系の安定性・時間変動、

について試験を行い、新型TLDバッジと新型自動リーダーを運用するにあたっての留意事項について検討した結果をとりまとめた。

なお、本報告書は、UD-710P型自動リーダーが導入された昭和57年から昭和62年頃に亘って実施した各種の試験の結果であるが、これまで社内資料化されていなかったため、今回改めて編集し直したものである。

現在、使用している自動リーダー UD-7100P型は本報告書中で述べるUD-710P型の後継機種であるが、測定対象となるTLDバッジやリーダーシステムの本質的な部分での変更はほとんど無いため、本報告中で述べられた知見は今後とも利用することが可能である。また、リーダーシステムの更新による変更点等に関しては脚注のかたちで随時補足していく。

## 第2章 TLD自動リーダー

### 2-1 TLD自動リーダーの仕様

UD-710P型自動リーダーの外観写真を図2-1に示す。仕様は以下の通りである。1)

形式	: 大量自動処理型
適用素子	: UD-800シリーズ (15種類自動識別)、東海事業所ではUD-808P( $\beta/\gamma$ 線用)、UD-809P(中性子線用)を使用。
処理能力	: 2.8時間/500個線量計 (マガジンチェンジャー使用の場合)
加熱方式	: ランプ (フィリップス 1338型) による赤外線加熱方式
熱蛍光検出方式	: 光電子計数法、電流積分法併用
表示	: プラズマディスプレイパネル (線量表示3桁)
出力	: RC-232C標準インターフェース
自己診断機能	: 内蔵校正線源による自動感度補正他

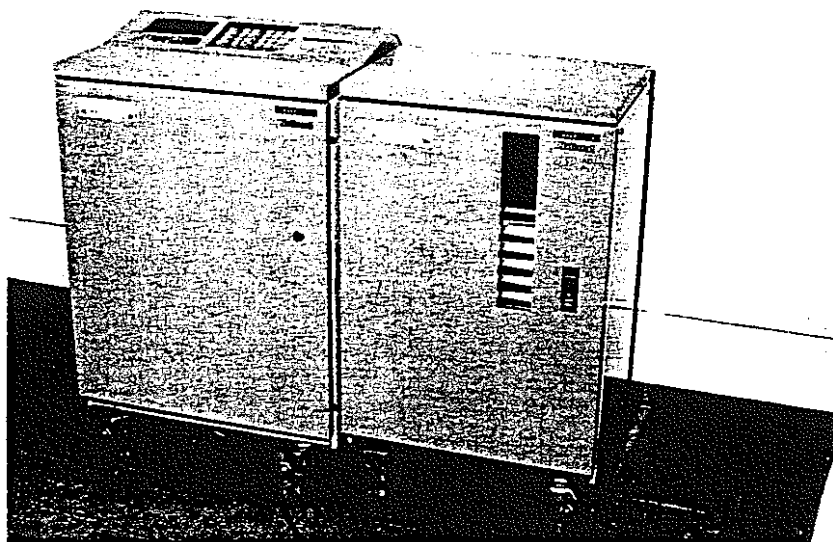


図2-1 UD-710P型自動リーダーの外観写真  
(右はUD-730P型マガジンチェンジャー)

1) UD-7100P型自動リーダーでの主な変更点は、マガジンチェンジャーに700個の線量計を収容、グロー曲線表示機能、バーコード読取り装置、ランプモニターの設置など。

## 2-2 測定原理

リーダーはTLD素子を移動し測定位置に固定させる駆動機構、TLD素子を加熱する機構及びTLD素子が加熱された時に発生する熱蛍光を検出する機構からなる。

本自動リーダーでは、TLD素子の加熱手段として赤外線ランプを用い、熱蛍光測定手段としては光電子増倍管による光電子計数法を用いている。<sup>2)</sup> 赤外線ランプの構造図を図2-2に示す。赤外線ランプはパルス電圧で加熱されるが、ここでは3つのパルスによる3段階の加熱法を用いている。すなわち、ランプを適当な時間で調節された3つのパルス電圧で順次点灯することにより、TLD素子の予備アニール、測定及び消去アニールを行っている。

一回目の加熱である予備アニールは、TLDのグロー曲線に見られる低温側のピークをあらかじめ消去するための加熱であり、TLD素子の感度の個体差を小さくすると共に、フェーディングによるTLDの発光量の変化の影響を小さくするために行われる。2回目の加熱は、グロー曲線の高温側のピーク（主ピーク）を測定するための加熱であり、この部分がTLDの発光量の測定対象となる。最後の加熱は、消去アニールであり、TLDの残線量を完全に消去することが目的である。

図2-3にTLD素子の加熱及び発光量の測定のタイミングチャートを示す。TLDの発光量の測定は、加熱・測定時のみカウンターのゲートを開いて行う。<sup>3)</sup>

## 2-3 読取り線量の出力表示

従来のTLDリーダーではそのほとんどが光電子増倍管からの出力を電流として積分する方法（電流積分方法）であるが、本リーダーでは検出効率を高めるため光電子増倍管の光電面で生じる光電子を1個ずつパルスとして測定する方式（光電子計数方式）を採用している。本リーダーにおいては、光電子計数方式により計数された出力信号をCaSO<sub>4</sub>(Tm)素子の発光量に相当する線量[mR <sup>137</sup>Cs eq.]として表示するために、幾つかの変換補正が行われると共に、TLD素子毎の感度の個体差をできる限り小さくするための補正が自動的に行われている。そのフローを図2-4に示す。各変換補正の内容は以下の通りである。

### (1) カウント数から線量相当への変換

前述したように本リーダーでは光電子増倍管からの出力を光電子のパルスとして計

2) 高線量側では、電流積分方式を併用している。

3) UD-710P型自動リーダーでは、Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu)、CaSO<sub>4</sub>(Tm)ともに共通の加熱が行えるような条件でゲートタイミングを設定していたが、UD-7100P型自動リーダーでは別々に加熱・測定条件を設定することができる。



数する方式を採用しているが、線量に相当する単位で出力するためカウント数から線量への変換を行う。この変換係数は標準線源等で既知量の線量の照射を行ったTLD素子（CaSO<sub>4</sub>(Tm)素子）を用いて実験的に決定する。

#### (2) Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu)からCaSO<sub>4</sub>(Tm)への材質変換補正

UD-808P型及びUD-809P型線量計は、 $\gamma$ 線、 $\beta$ 線、中性子線の線量当量の評価にLi<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu)素子を用いている。しかし、本リーダーではCaSO<sub>4</sub>(Tm)素子を線量出力表示の際の相対的な基準としており、Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu)素子に関しては、その発光量を自動的にCaSO<sub>4</sub>(Tm)素子相当に変換し、出力する。なお、この係数の値は(1)のカウント数から線量への換算係数と同様に実験的に決定する。

#### (3) TLD素子の感度の個体差の補正

TLDバッジに使用しているTLD素子は、素子当たりのTLD蛍光体の量が極めて微量であり、そのままでは素子毎の感度の個体差（いわゆる、ばらつき）が大きい。そのため、各線量計のホルダーの光学読取り用さん孔に感度補正コードが記録されている。感度補正コードは3ビットからなり、0～7までの各コードに0.741～1.350までの離散的な値が感度を補正する係数として対応している。即ち、リーダーにて線量計毎に感度補正コードを読みとり、そのコードに対応する係数による補正を自動的に行っている。これをランク補正係数と称する。

#### (4) 光学系の汚れに対する感度補正係数

TLDリーダーは使用しているうちに光学系（光電子増倍管受光部）の汚れ等により感度が低下する恐れがある。このため、本リーダーでは測定を行う都度、内蔵の基準光源に対する光学系の相対感度の変化を調べるとともに、必要に応じて補正を行っている。

なお、TLDリーダーの感度の校正を行う際には、UD-502などの従来の手動リーダーでは、光電子増倍管の印可電圧を調整することによって行っていたが[4][5]、本自動リーダーでは、(1)のカウント数から線量相当への変換と(2)のLi<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu)からCaSO<sub>4</sub>(Tm)への材質変換の2つの係数をリーダー校正用のTLD素子を用いて月に1回決定しリーダーの校正を行っている。

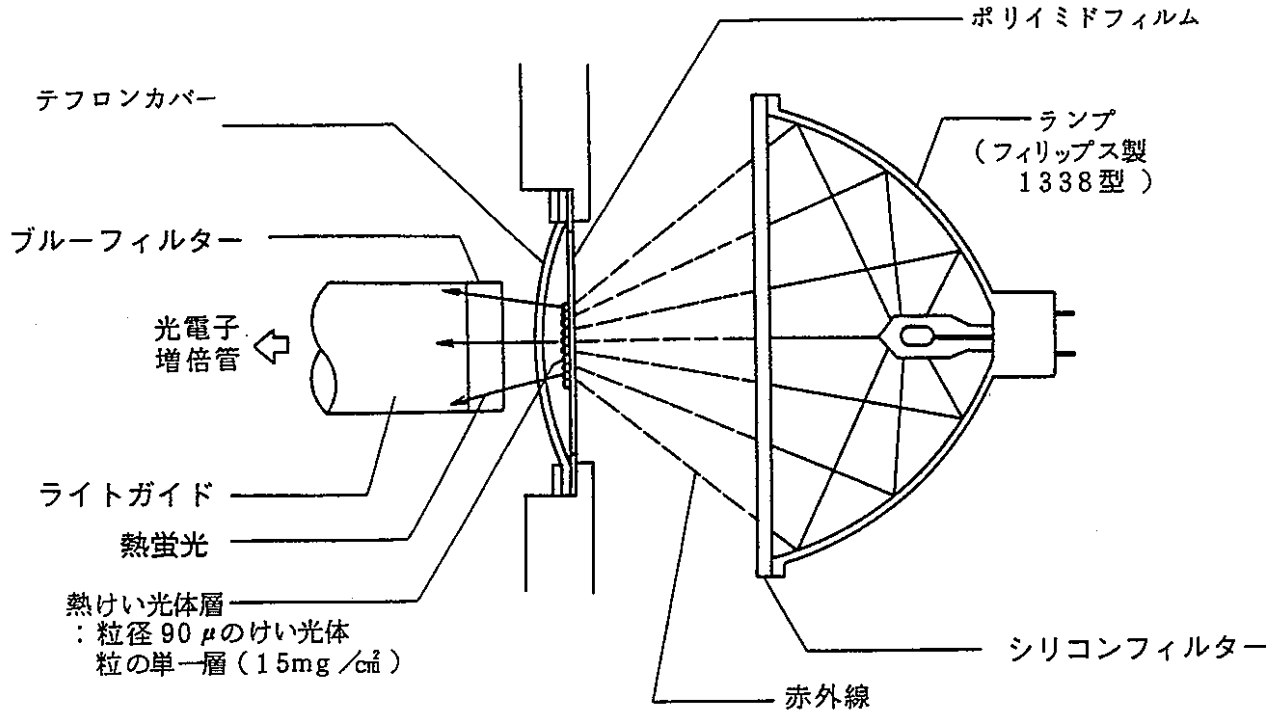


図2-2 赤外線ランプの構造

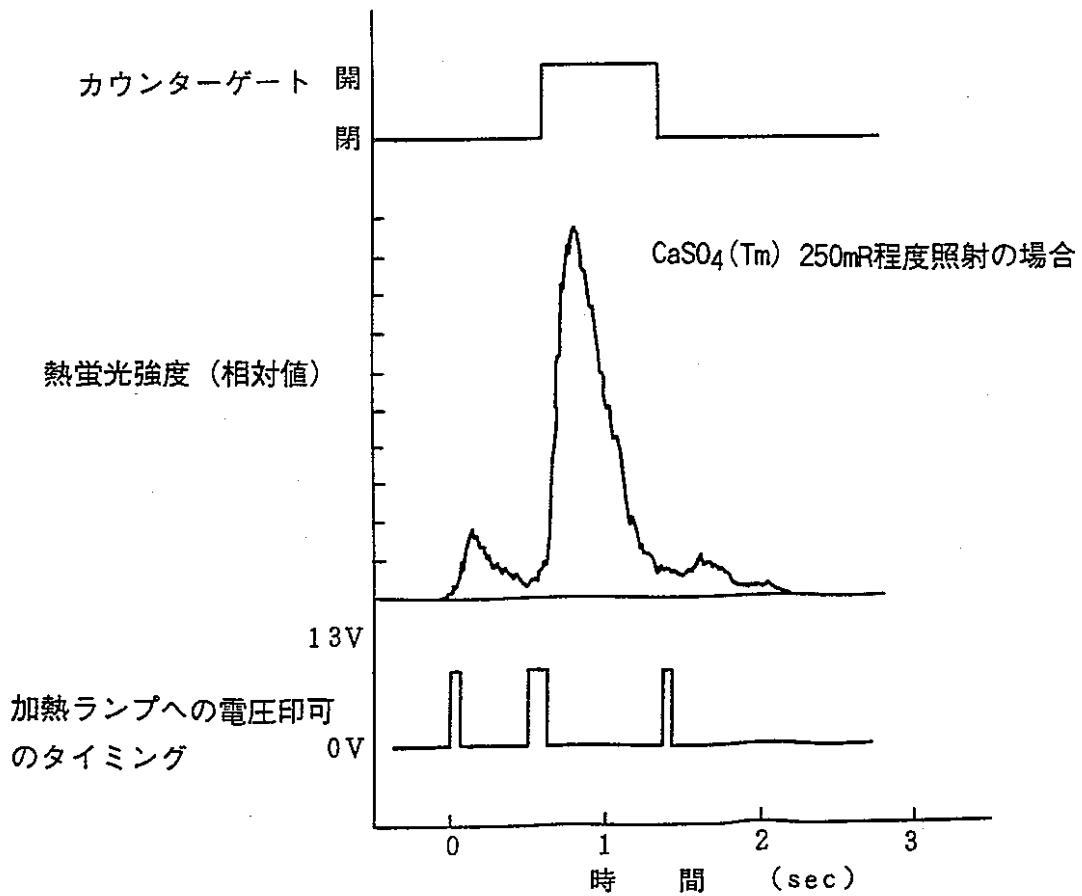


図2-3 TLD素子の加熱、発光量、カウンターゲートのタイミングチャート

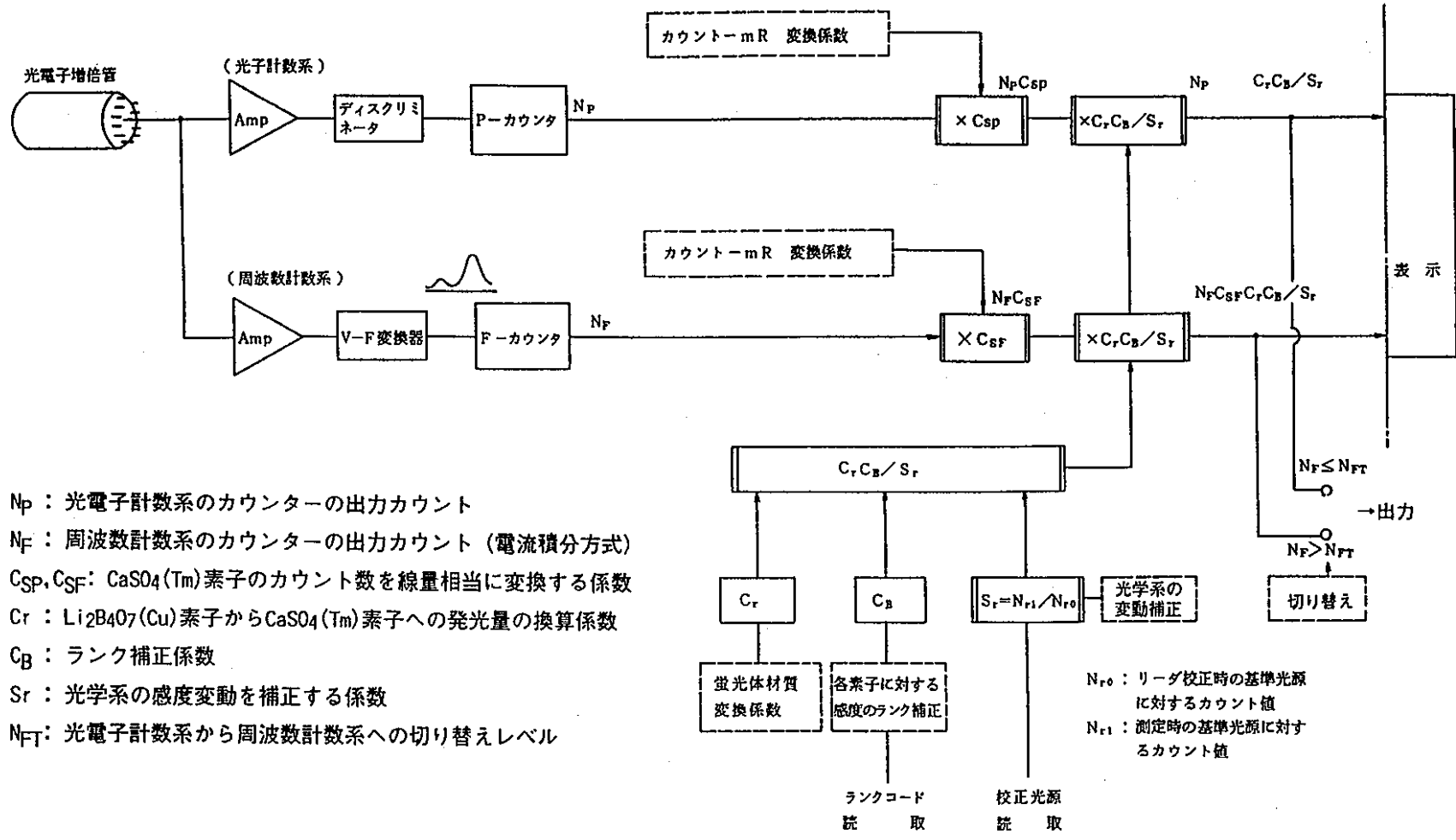


図2-4 読取り線量の出力表示のフロー

### 第3章 加熱特性試験

#### 3-1 概要と目的

本自動リーダーでは、TLD素子の加熱に赤外線加熱方法が採用されている。この方法はTLD素子を短時間に急激に加熱することができるという特徴を持っているが、加熱条件が種々の要因で変化すると、リーダーの感度が変化する可能性がある。従って、常に適切な状態であるか否かを調べ、正しい加熱状態を保持しておく必要がある。

TLD素子の加熱のタイミング（ランプの点灯）、TLD素子の温度の変化及び相対的な熱蛍光量の関係を図3-1に示す。

ランプ加熱及びTLDの読取り線量は、Pre、Main、Postの3つの領域に分かれており、それぞれ前述した予備アニール、測定、消去アニールに相当する。Mainの読取り線量がTLDの測定値となり、適切な昇温条件のもとでは、Mainの読取り時間内にTLDはほとんど全ての熱蛍光を放出する。しかし、なんらかの理由で加熱が弱くなった場合、昇温速度が遅くなり、熱蛍光ピークの温度に達するまでの時間が長くなる。従って、Mainの読取り時間内に発光を終えることができず図3-1に破線で示すようにPost領域でも発光することになる。このような場合には、正常な加熱の場合とTLDから放出される熱蛍光の絶対量には変化がないものの、カウンターのゲートが開いている時間よりも後に発光ピークが現れるため、見掛け上 Mainの読取り線量は小さくなり、Postの読取り線量は大きくなるという現象が生じる。

TLD素子の加熱・昇温に影響を及ぼす要因としては、以下のものが考えられる。

##### (1) 加熱ランプの経時変化

長期間に亘って使用し続けると、ランプの劣化等によって加熱が弱くなる場合がある。加熱ランプの点灯回数100万回をその寿命の目安として現在交換を行っているが、点灯回数が100万回に満たない場合のランプ交換の判断基準は定まっておらず、また測定中の加熱条件の変動等をモニターする機能はない。

##### (2) 加熱部分等の汚れ

極めて短時間に高温まで加熱を行うため、ゴミ、埃等のランプやTLD素子への付着によって昇温特性が僅かに変化すると、TLDの発光とカウンターのゲートを開くタイミングとが合わなくなる可能性がある。Platoらは、UD-802線量計<sup>4)</sup>を用い、TLD素子を保護するカバー（図2-2のテフロンカバー）の表面を汚した場合のリーダーの読取り感度の変化を調べており、chalk dust、黒鉛粉（鉛筆の粉）、油を表面に付着させた場合は感度に影響しないと報告している。[6]

### (3) TLD素子の構造の個体差等

TLD素子は熱蛍光体の量、ワニス（接着剤の一種）の付着状態、熱蛍光体と接するベーステープ（図2-2のポリイミドフィルム）の厚さ等が僅かに異なっており、熱容量に個体差が生じるため、昇温特性がそれぞれ異なる。これがTLD素子の感度のばらつきの最も大きな要因となっている。

また、TLD素子は十分な耐水性を持つように設計されているが、仮に吸湿した場合にも、熱容量の変化によってリーダーの感度は変化する。

本章では、加熱条件が変化した場合のリーダーの感度の変化の度合いを調べるため、リーダーの加熱パラメーターの設定を変更して加熱の状態を変化させ、TLDの測定を行った。

なお、本報告書では、Pre、Main、Post領域で得られる読取り線量をそれぞれプリドーズ、メインドーズ、ポストドーズと呼称することとする。また、特別な記述のない場合、TLDの読取り値とはメインドーズを指す。

---

4)  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 、 $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ それぞれ2個の蛍光体から構成されているが、線量計全体としての構造はUD-808P等と同一である。

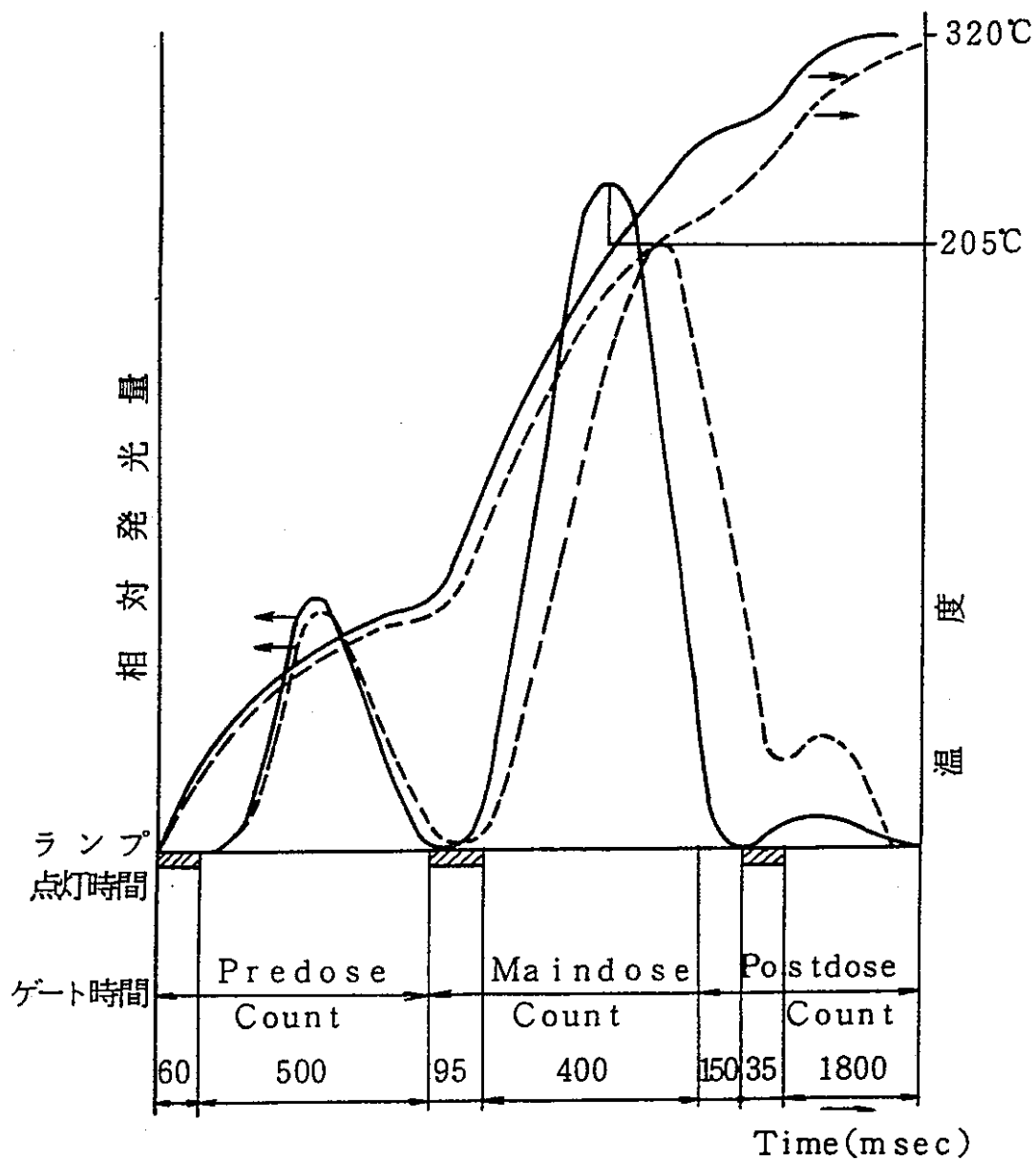


図 3-1 TLD素子の加熱のタイミング、TLD素子の温度、発光量の相対関係  
(実線は正常な場合、破線は加熱が弱くなった場合)

### 3-2 試験方法

TLD自動リーダーの加熱状態を変える方法として、ランプ電圧を変える方法を用いた。ランプの加熱特性の変化とランプ電圧の変化とは厳密には直接関係しないが、昇温とゲートタイミングとの関係の変化させるという目的では、ここでのランプ電圧を変えるという方法は、加熱状態の変動を十分に模擬する考えて良い。

リーダーの加熱ランプ電圧を変化させ、加熱状態を変えた場合の、TLD素子の読取り値、残線量（未照射時の読取り値）及びポストドーズ/メインドーズの比の変化を調べた。加熱状態の変化に伴うTLDの感度の変動を調べると共に、TLD素子の製造ロット間の感度の相違を調べる試験も同時に行った。

#### 1) 使用リーダー

東海事業所所有の UD-710P型 2台（1、2号機）

#### 2) TLD線量計

東海事業所と大洗工学センターで、通常の個人被ばく管理業務に使用しているTLD線量計（UD-808P、UD-809P）の中から製造ロット毎に選んで使用した。さらに、東海事業所でTLD素子の感度比較のための基準として使用しているTLD線量計と自動リーダーの校正に使用しているTLD線量計も使用した。UD-808P、UD-809P線量計の蛍光体構成と各ロットの納入時期の一覧をそれぞれ表3-1、表3-2に示す。便宜上、同一製造ロットの集団に記号A~Lを付番する。

#### 3) 加熱条件

リーダーの加熱条件は、加熱ランプ電圧を以下に示す3点変化させる。1号機、2号機のランプ電圧 12.12、12.48[V]は通常使用時の設定電圧である。<sup>5)</sup>

自動リーダー	ランプ電圧[V]		
1号機	12.12	12.8	14.0
2号機	12.48	13.2	14.2

#### 4) TLD線量計の照射条件

安全管理別棟に設置している $\gamma$ 線自動照射装置にて $^{137}\text{Cs}$ の $\gamma$ 線200mRを照射した。なお、本試験の目的は、TLDの読取り値[mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.]の変動を調べることであり、読取り値と照射量との直接の比較を容易にするため照射線量の単位には旧単位であるレントゲンを使用する。

5) なお平成7年1月現在のUD-7100P型自動リーダーのランプ電圧は1号機、2号機それぞれ12.70、13.29[V]である。一般に適正なランプ電圧の範囲は12.2~13.2Vとされている。

表 3-1 UD-808P、UD-809P線量計の蛍光体構成

エレメント	UD-808P	エレメント	UD-809P
G1	$^7\text{Li}2^{11}\text{B}407(\text{Cu})$	N1	$^7\text{Li}2^{11}\text{B}407(\text{Cu})$
G2	$\text{CaSO}_4(\text{Tm})$	N2	$^6\text{Li}2^{10}\text{B}407(\text{Cu})$
G3	$^7\text{Li}2^{11}\text{B}407(\text{Cu})$	N3	$^6\text{Li}2^{10}\text{B}407(\text{Cu})$
G4	$^7\text{Li}2^{11}\text{B}407(\text{Cu})$	N4	$^6\text{Li}2^{10}\text{B}407(\text{Cu})$

表 3-2 加熱特性試験に使用したTLD素子の納入ロットと使用個数

番号	製造（納入）ロット	UD-808P個数	UD-809P個数
A	昭和57年 2月納入	8	10
B	昭和57年 5月納入	13	9
C	昭和58年 7月納入	13	13
D	昭和58年12月納入	13	13
E	昭和59年 8月納入	13	13
F	昭和60年 9月納入	13	13
G	リーダー校正用素子	11	13
H	基準素子	13	13
I	大洗 昭和57年12月納入	13	13
J	大洗 昭和58年 6月納入	13	13
K	大洗 昭和58年 6月納入	13	-
L	大洗 昭和59年 8月納入	13	13



### 3-3 試験結果

蛍光体の種類毎に読取り値、ポストドーズ/メインドーズ比、残線量の測定結果をまとめたものを図3-2(a)(b)(c)～図3-3(a)(b)(c)に示す。図3-2はリーダー1号機、図3-3はリーダー2号機の結果であり、(a)～(c)はそれぞれ ${}^7\text{Li}_2{}^{11}\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 素子(エレメントG1,G2,G4)、 ${}^6\text{Li}_2{}^{10}\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 素子(エレメントN2,N3,N4)、 $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ 素子(エレメントG3)に対応する。なお、読取り値のランプ電圧依存性は初期設定電圧の場合の読取り値で規格化した。

なお、本試験で得られた数値データについては、付録Aにまとめた。

読取り値のランプ電圧依存性についてであるが、ランプ電圧を次第に上げていくと、全体的に読取り値は微増し、やがて減少していく傾向にある。ランプ電圧13V付近の感度の微増の原因ははっきりしないが、14V付近で感度が減少する理由は、カウンターのゲートを開くタイミングに比べて昇温が早くなるために主ピーク部分の信号の一部がプリドーズ領域で計数されたためであろう。また、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ に比べると $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ の読取り値はランプ電圧にあまり依存しない傾向があるが、これは $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ の主ピーク温度が高いため、昇温特性が僅かに早くなる程度の変化はカウンターのゲートを開くタイミングとの関係に大きな影響を及ぼさないためである。

次に、残線量とポスト/メインドーズ比についてであるが、1993年に改訂された「TLD及びTLD読取り装置の品質管理マニュアル」によると、購入時及び定期検査の場合の残線量の基準値を $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ で5mR以下、 $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ で1mR以下、またリーダーの定期検査の場合のポスト/メインドーズ比の基準値を10～25%( $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ 、200mR照射時)としている。[7]

原理的にはリーダーで得られる線量とはTLDの熱蛍光の他に、TLDや周辺部からの昇温に伴う熱輻射による赤外線を光電子増倍管が計数した結果得られる擬似的な線量<sup>6)</sup>の2種類である。[8] これら2つの信号は全く別個のものであるが、TLDの昇温は完全に均一ではないので熱蛍光を放出するタイミングに時間差が生じ、2つの信号が重複する領域ができる。この重複を避けるため、主ピーク領域のうち高温側の信号を一部除外した領域をメインドーズ、それ以降をポストドーズとして読取るようカウンターのゲートタイミングを設定しているので、ポストドーズとは主ピークの一部と赤外線による信号を合算したものに相当する。また、残線量は未照射時にメインドーズ領域で得られる擬似的な線量であるが、TLD素子の熱容量の個体差によって赤外線信号などの雑音成分がメインドーズ領域に漏れ込む場合の他に、TLDの高温側トラップに蓄積された電子による熱蛍光の寄与を含む場合もある。

今回の試験のように加熱ランプの電圧を上げていくと、昇温のタイミングが早まり、さらに加熱によって最終的に達するTLDの温度が高くなるため赤外線による信号が増大

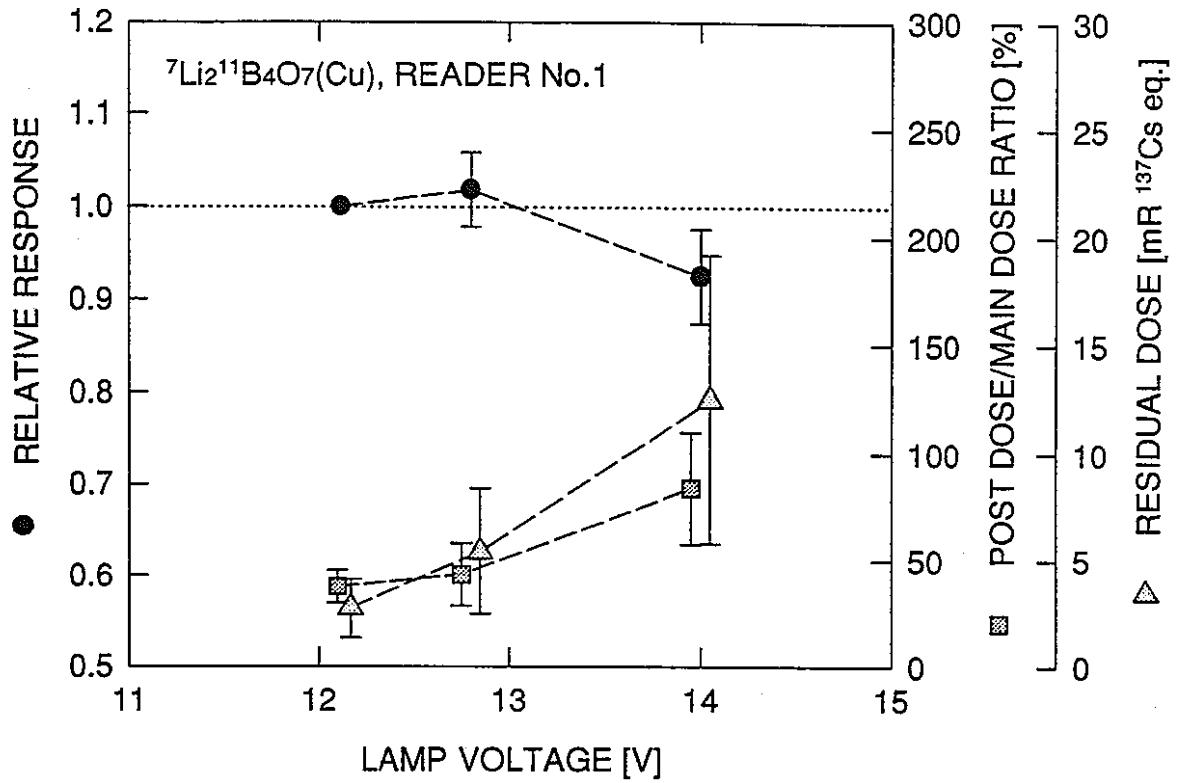


図3-2 (a) UD-808P  ${}^7\text{Li}_2{}^{11}\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 素子の読取り値、ポスト/メインドーズ比、残線量のランプ電圧依存性 (リーダー1号機)

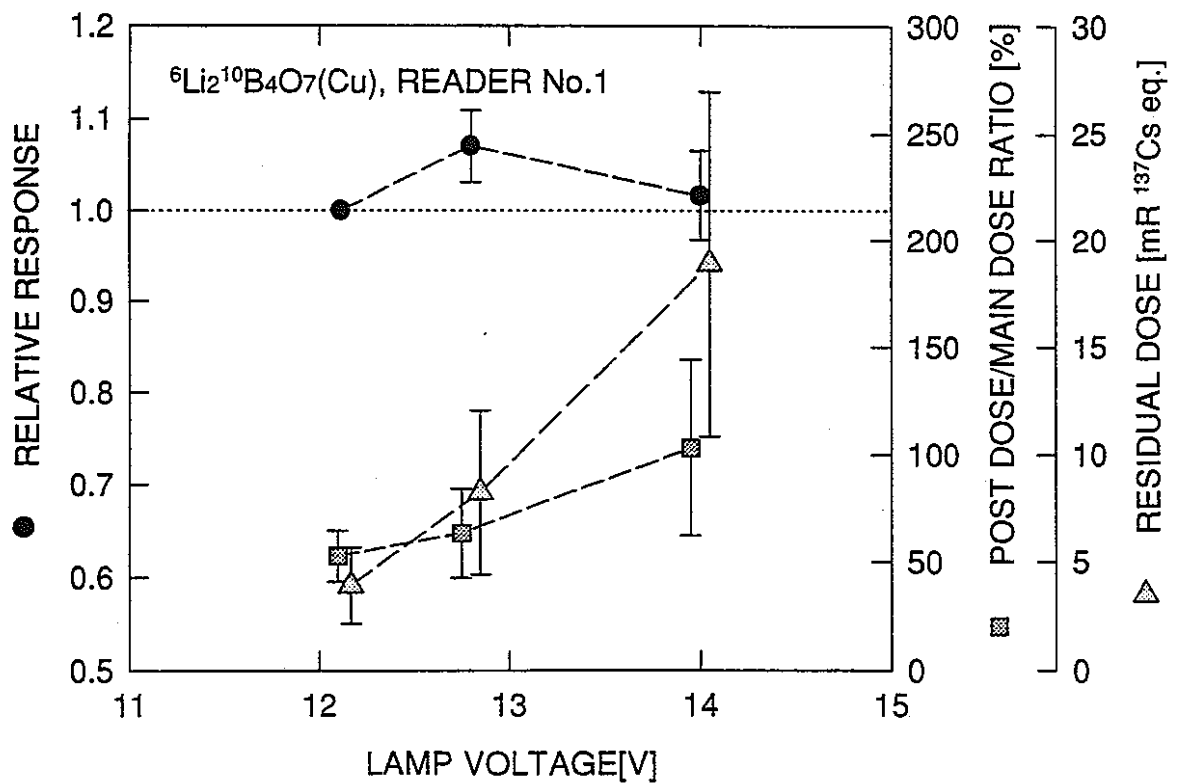


図3-2 (b) UD-809P  ${}^6\text{Li}_2{}^{10}\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 素子の読取り値、ポスト/メインドーズ比、残線量のランプ電圧依存性 (リーダー1号機)

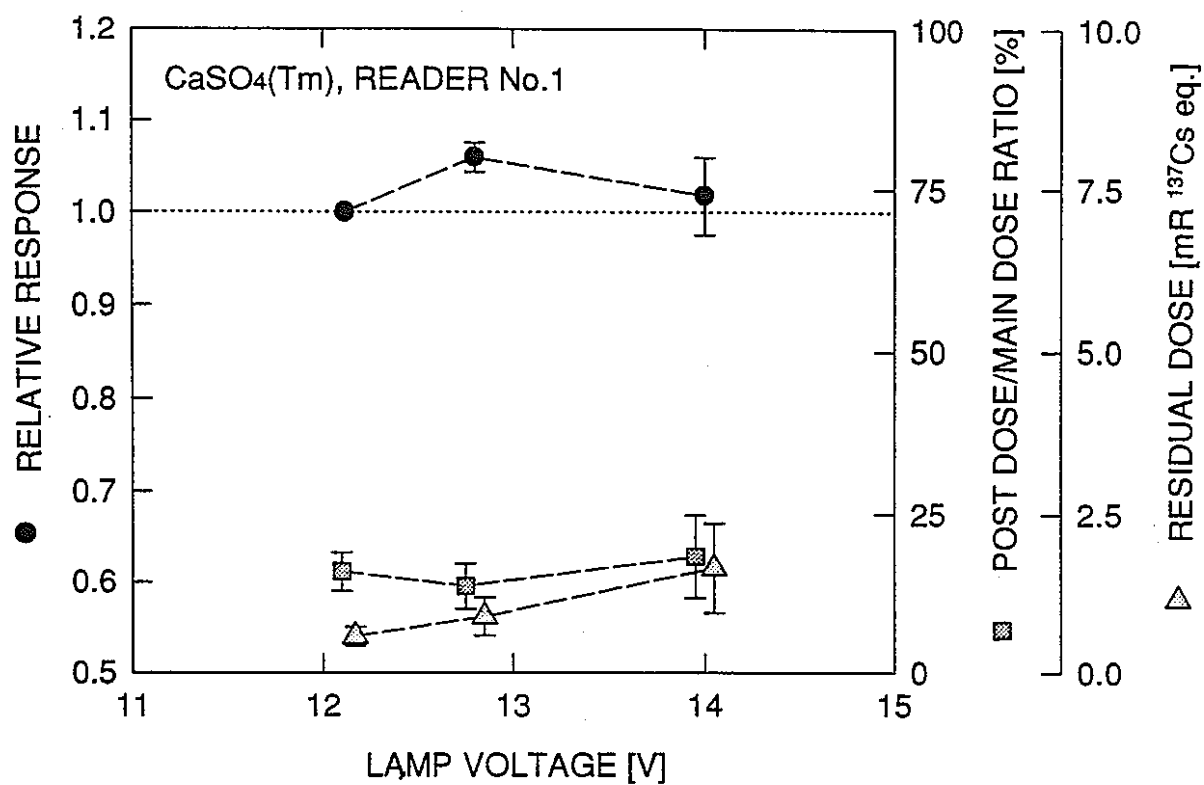


図3-2(c) UD-808P CaSO<sub>4</sub>(Tm)素子の読取り値、ポスト/メインドーズ比、残線量のランプ電圧依存性 (リーダー1号機)

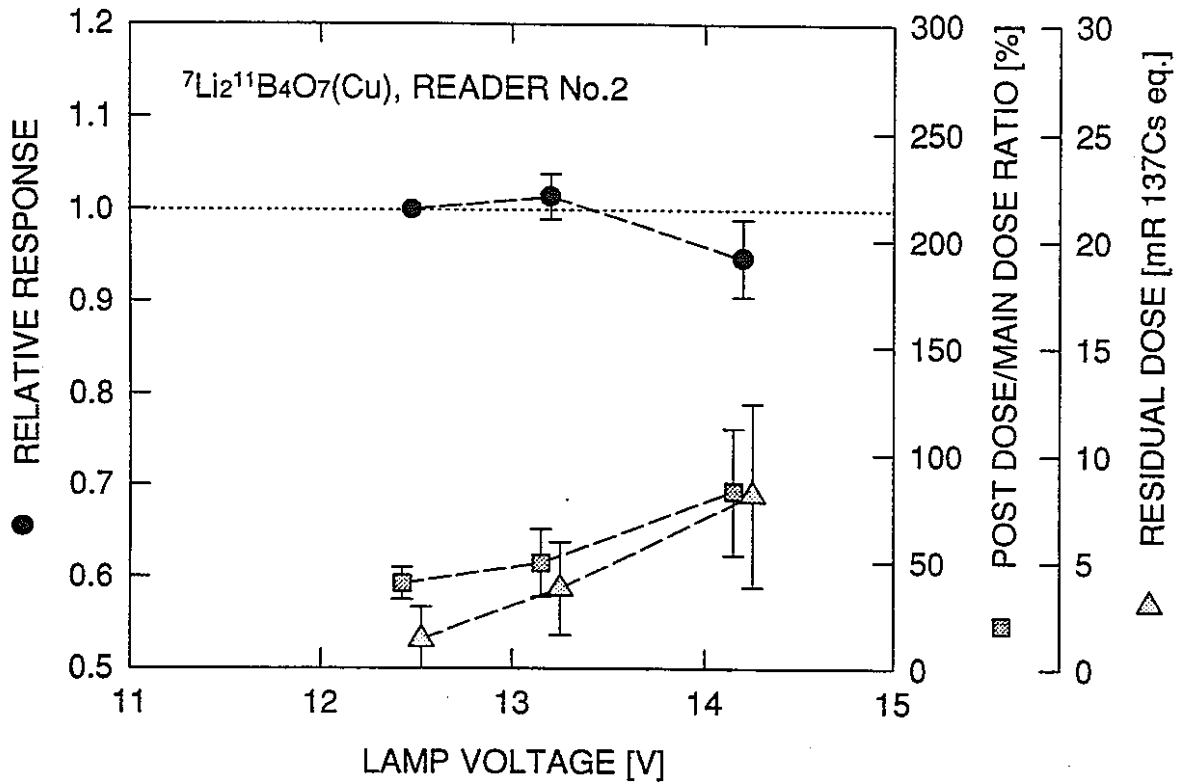


図3-3(a) UD-808P  ${}^7\text{Li}_2{}^{11}\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 素子の読取り値、ポスト/メインドーズ比、残線量のランプ電圧依存性 (リーダー2号機)

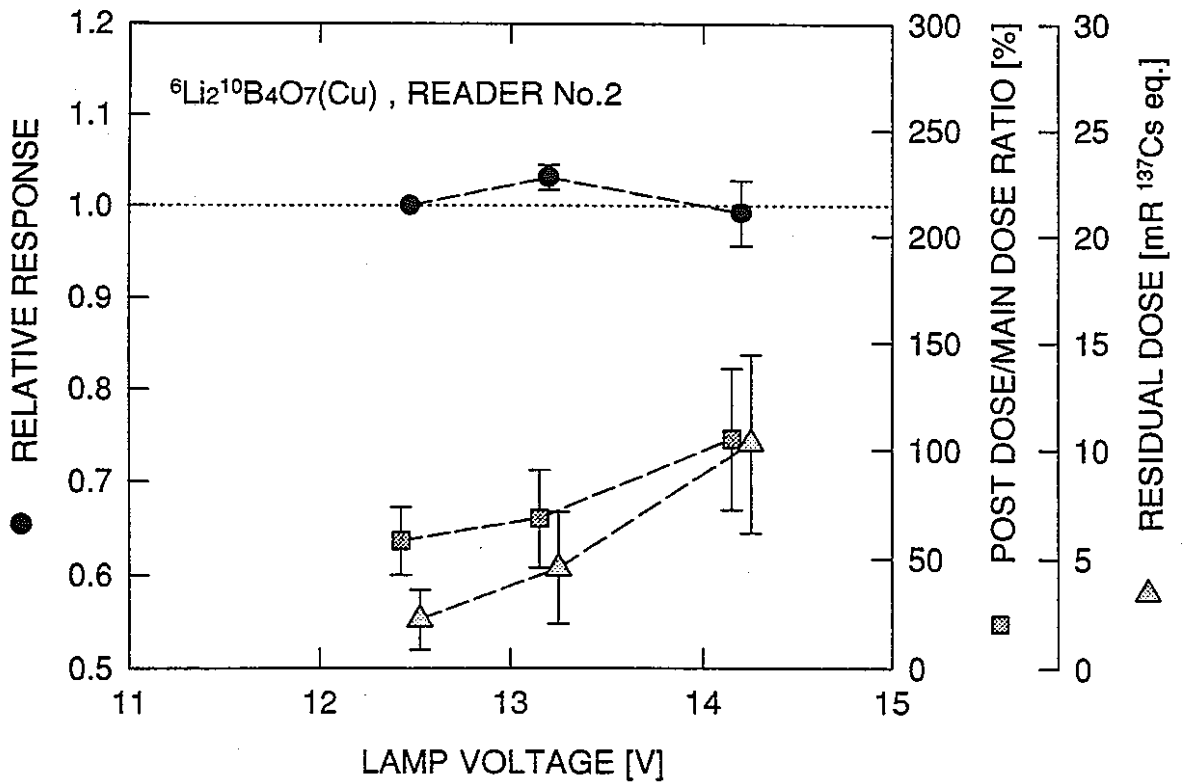


図3-3(b) UD-809P  ${}^6\text{Li}_2{}^{10}\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 素子の読取り値、ポスト/メインドーズ比、残線量のランプ電圧依存性 (リーダー2号機)

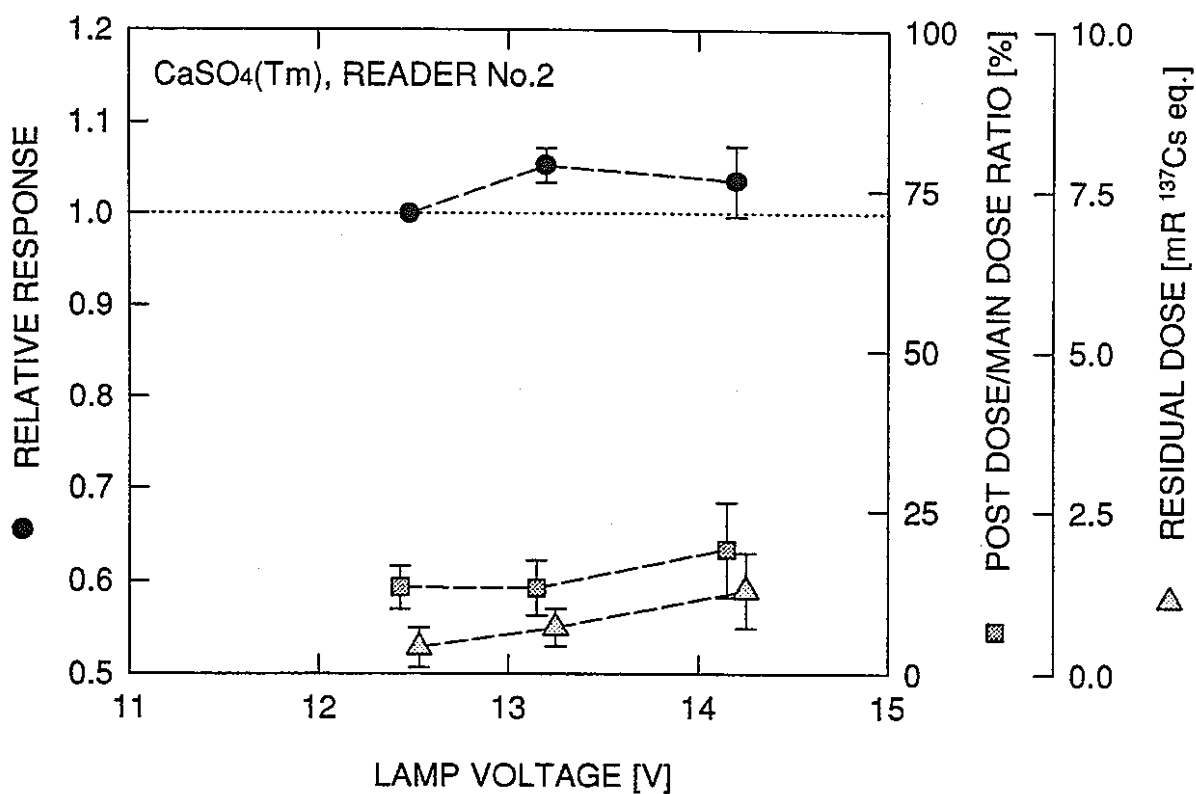


図3-3(c) UD-808P CaSO<sub>4</sub>(Tm)素子の読取り値、ポスト/メインドーズ比、残線量のランプ電圧依存性 (リーダー2号機)

していくので、図3-2、3-3に示すようにメインドーズに比べるとポストドーズが相対的に増え、同時に本来はポストドーズ領域の信号であったものがメインドーズ領域に残線量として計数されることになる。10mR程度の低線量の測定を行う場合には、残線量を極めて小さな値に保持しておく必要があるので、本試験で得られたランプ電圧13~14VでのLi<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu)の残線量は明らかに大きすぎる値であり、また品質管理基準にも合致しない。

また、Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu)に比べるとCaSO<sub>4</sub>(Tm)のポスト/メインドーズ比、残線量の増加傾向は小さいが、これはCaSO<sub>4</sub>(Tm)の熱蛍光効率が高く、カウント数から線量へ変換する計数の値が小さいことがその理由である。なお、Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu)では、β/γ線用よりも中性子線用の方がポスト/メインドーズ比、残線量ともにやや大きい傾向があるが、これは第2章で述べた材質変換補正係数の値の違いによるものであって、昇温特性の違いによるものではないと考えられる。

また、TLD素子の製造ロット間の感度差についてであるが、表3-3に示した通りとなった。ランプ電圧は初期設定値の場合のみをここでは示した。

表3-3 TLD素子の製造ロット間の感度差 (百分率相対偏差)

	G3	G1, G2, G4	N1	N2, N3, N4
東海(A~H)	4.0 <sup>a</sup> /2.6 <sup>b</sup>	11.9/10.3	9.0/7.5	7.1/8.1
大洗(I~L)	4.4/5.6	6.0/3.8	4.1/2.3	2.6/3.1

a. リーダー1号機 b. リーダー2号機

6) 光電子増倍管前面に配置したブルーフィルター (図2-2参照) によって熱輻射による赤外線はほぼ遮られる。ただし、このとき生じる赤外線には僅かに可視光線が含まれるので、これが擬似的な線量の主因となっている。[8]

## 第4章 繰り返し測定における再現性試験

### 4-1 目的

TLD線量計をリーダーにて繰り返し測定した場合、リーダーの加熱系・光学系・回路系の変動やTLD測定位置のずれなどの要因によって、感度が増減する可能性がある。そこで、2ヶ月間の長期に亘って、同一線量計の照射・測定を繰り返し実施し、TLD線量計の読取り値の再現性を調べた。

### 4-2 試験方法

同一のTLD線量計を用いて、同一条件の照射・測定を12回繰り返し行った。使用した線量計はUD-808P型であり、UD-710P型自動リーダー1号機、2号機それぞれ50個ずつ測定した。TLD線量計の照射は、安全管理別棟の $\gamma$ 線自動照射装置（線源 $^{137}\text{Cs}$ ）を用いて行い、215mRの照射を行った。なお、 $\gamma$ 線自動照射装置による照射線量の再現性は、ベルトスピードの変動から $\pm 0.6\%$ 以内であることが確認されている。

表4-1に、本試験の実施経過を示す。

表4-1 繰り返し測定における再現性試験の実施経過

測定回数	線量計個数*		照射線量 [mR]	照射日	測定日	測定開始時間	
	1号機	2号機				1号機	2号機
1	50	50	215	8/12	8/13	14:00	13:30
2	50	50	215	8/19	8/20	14:00	13:30
3	50	50	215	8/21	8/22	14:00	13:30
4	50	50	215	8/22	8/23	13:00	13:30
5	50	50	215	8/26	8/27	12:30	13:30
6	50	50	215	8/28	8/29	15:30	13:00
7	50	50	215	9/2	9/3	13:00	16:00
8	50	50	215	9/3	9/4	14:00	13:00
9	50	50	215	9/4	9/5	14:00	13:00
10	50	50	215	9/9	9/10	14:00	13:00
11	50	50	215	10/15	10/16	13:00	13:30
12	50	50	215	10/16	10/17	15:00	14:30

\* 線量計は12回の照射・測定を通じて同一のものを使用。

### 4-3 試験結果

各エレメント毎の読取り値の変動の推移を、リーダー1号機については図4-1(a)～(d)に、リーダー2号機については図4-2(a)～(d)に示す。ここでは、50個の線量計の平均読取り値とその標準偏差(1 $\sigma$ )を示した。

また、本試験で得られた数値データについては、付録Bにまとめた。

リーダー1号機については、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 素子、 $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ 素子のいずれも読取り値は218～230[mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.]の範囲内であった。図示した誤差棒(5%程度)は、50個のTLD素子の感度の個体差、TLD素子の発光量の統計変動及びリーダーの加熱状態等の機械的な変動の全てを含んだものであるが、このうちTLD素子の感度の個体差によるものは各測定回を通じて一定であるはずなので、リーダーに起因する感度変動とは、50個のTLD素子の平均読取り値の変動と考えるべきである。図4-1に各測定回の平均読取り値の12回分の平均値とその標準偏差を実線及び破線で示した。 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 素子については約1.4%、 $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ 素子については約0.8%であった。 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 素子の方が変動がやや大きい、これは $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ 素子に比べて感度が約30倍低いことに起因する統計変動による影響と考えられる。

一方、リーダー2号機についてであるが、図4-2(a)～(d)に示すように、4回目～6回目の期間で10%程度読取り値が変化している。これは、4回目の測定を実施する前に加熱ランプのクリーニングを行った結果やや読取り感度が上がりすぎたため、その後でリーダーの読取りパラメーター(カウント数-線量変換係数等)を変更したが、今度は逆に感度が下がりすぎてしまったという例である。経緯としては以上の通りだが、こうした感度の急激な変動の根本的な原因は良く分かっていない。7回目の測定の際にリーダーの再校正を実施しており、その後の測定ではランプクリーニング前の感度に復帰している。12回の測定を通じてのリーダーの感度の変動は、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 、 $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ 素子ともに約5%であり、1号機の結果に比べると再現性は良くない。

ただし、JISで定められたリーダーの基準によると、2mSv程度の照射量(1cm線量当量)にて10回の繰り返し測定を行った場合の、10個の線量計の読取り値の最大値と最小値の比が1.3以下、また再現性が7.5%以下となっており[9]、リーダー2号機の試験結果についても十分に基準を満足する結果となっている。

また、表4-2にリーダー1号機の再現性試験で用いた50個のTLD線量計のうち、同一の製造ロットでTLD番号が続き番である15個について、個々の線量計に注目して12回の読取り値の変動を調べた結果を示した。 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 素子については平均約3.3%、 $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ 素子については平均約1.0%という結果が得られた。<sup>7)</sup>



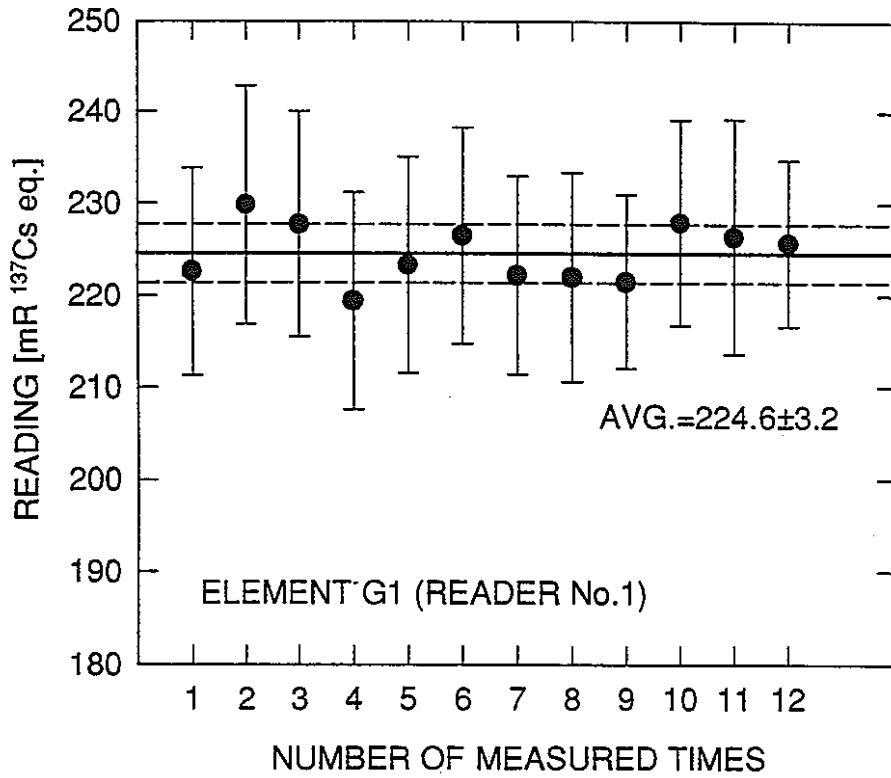


図4-1(a) エlement G1の再現性 (リーダー1号機)

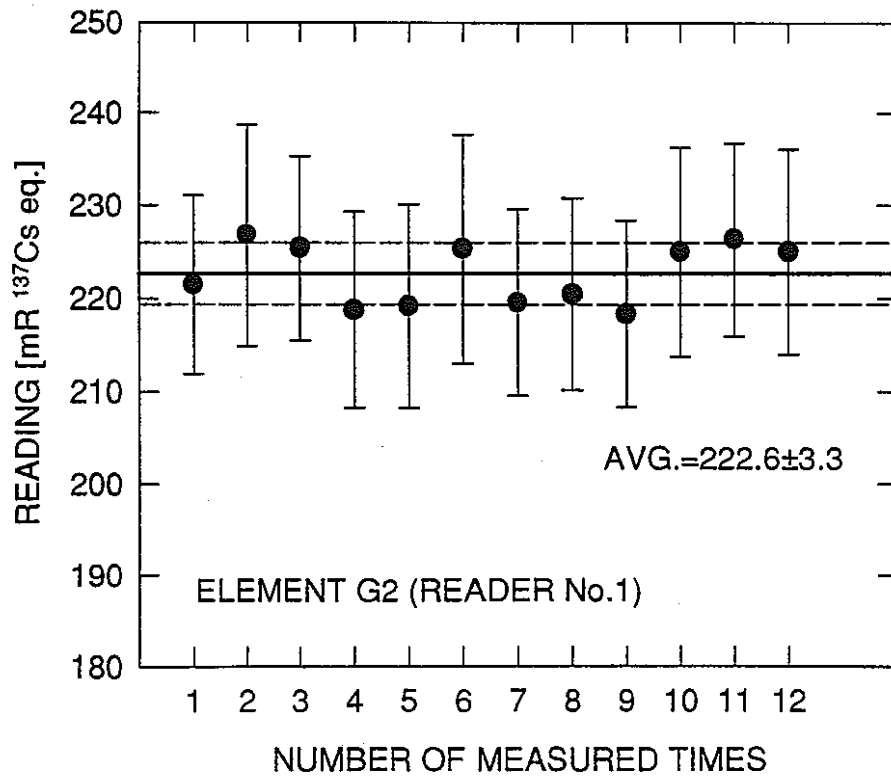


図4-1(b) エlement G2の再現性 (リーダー1号機)

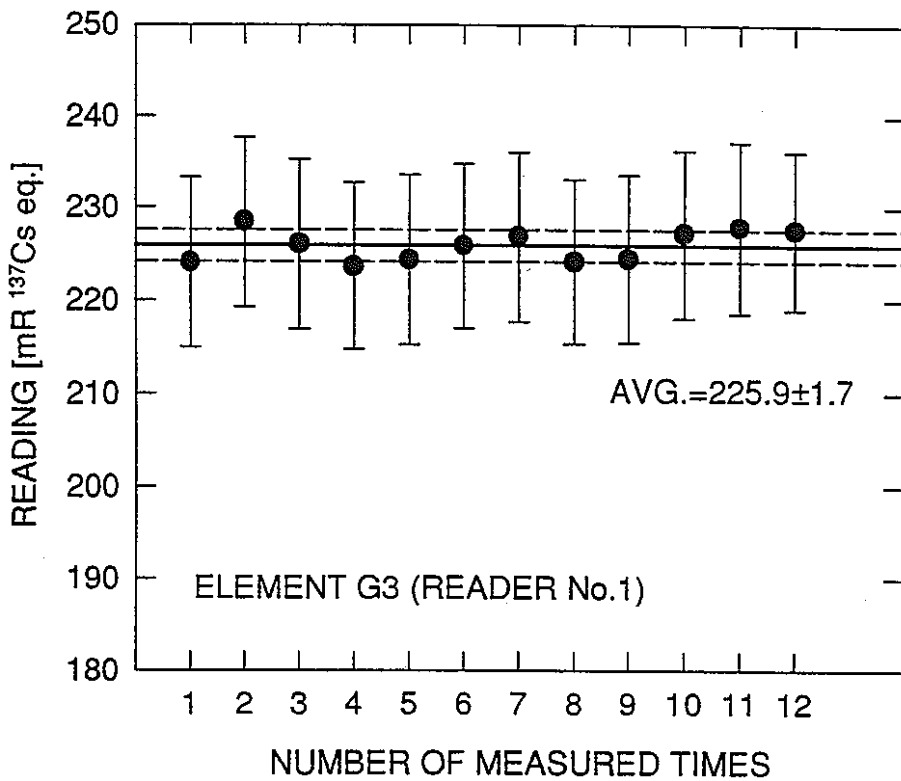


図4-1(c) エLEMENT G 3の再現性 (リーダー1号機)

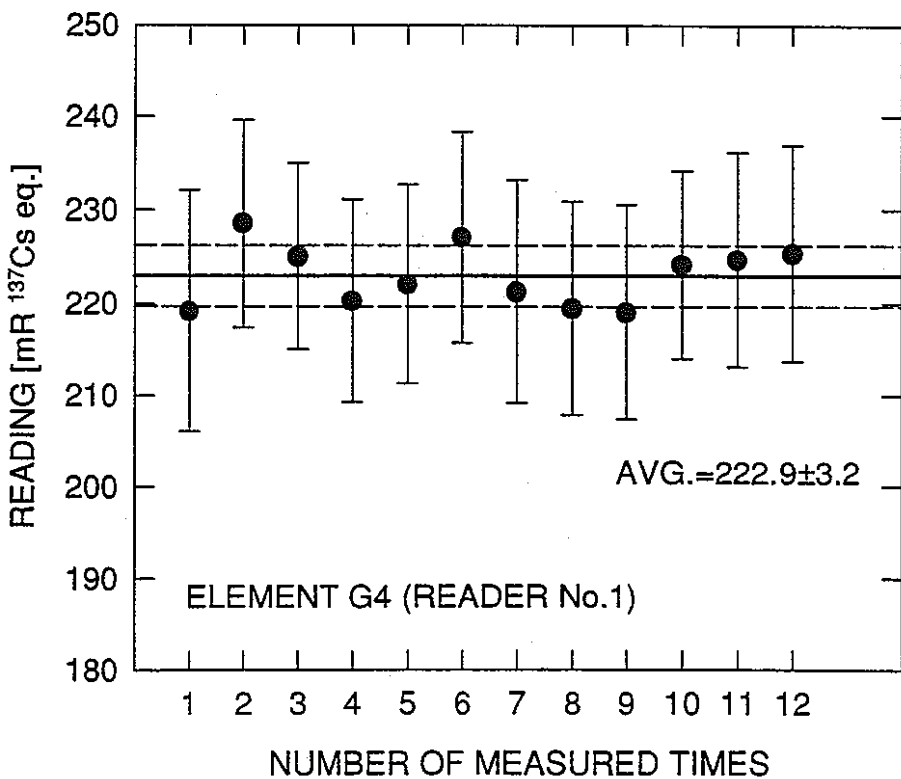


図4-1(d) エLEMENT G 4の再現性 (リーダー1号機)

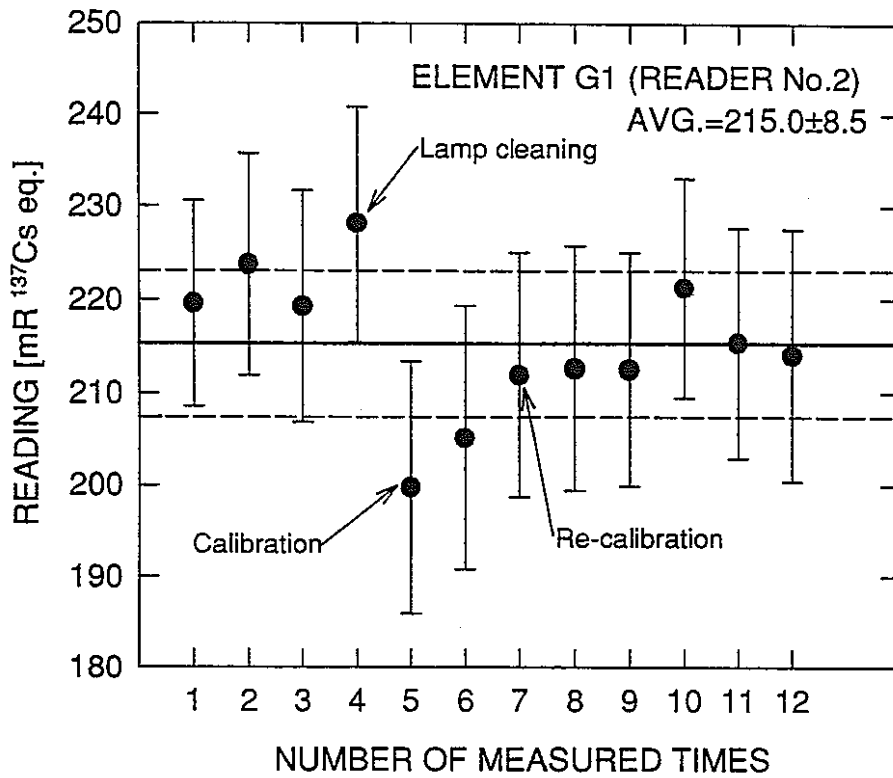


図4-2(a) エLEMENT G1の再現性 (リーダー2号機)

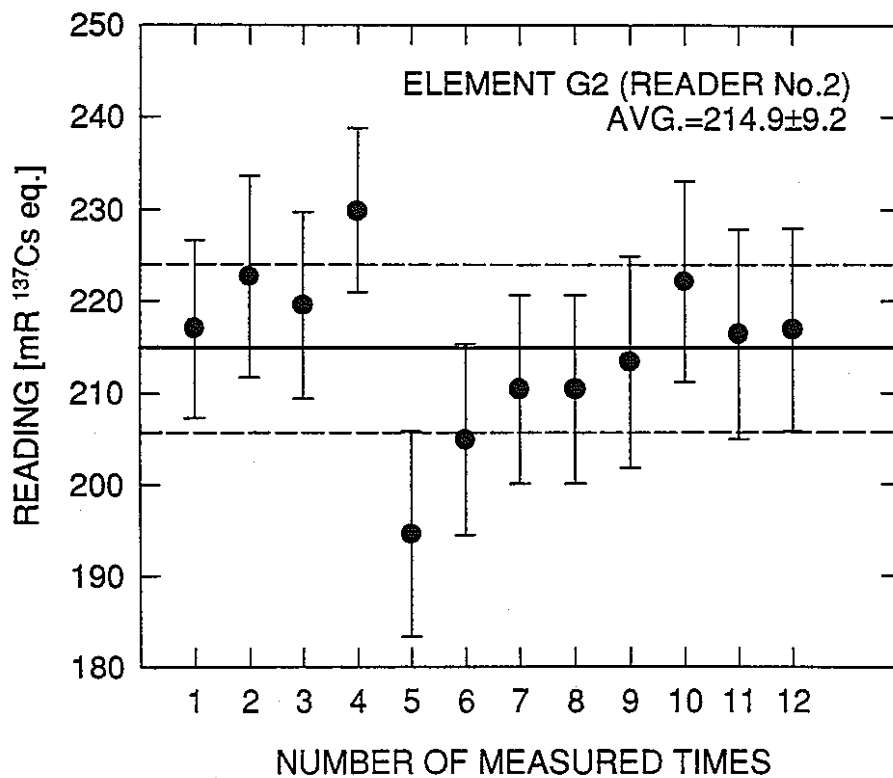


図4-2(b) エLEMENT G2の再現性 (リーダー2号機)

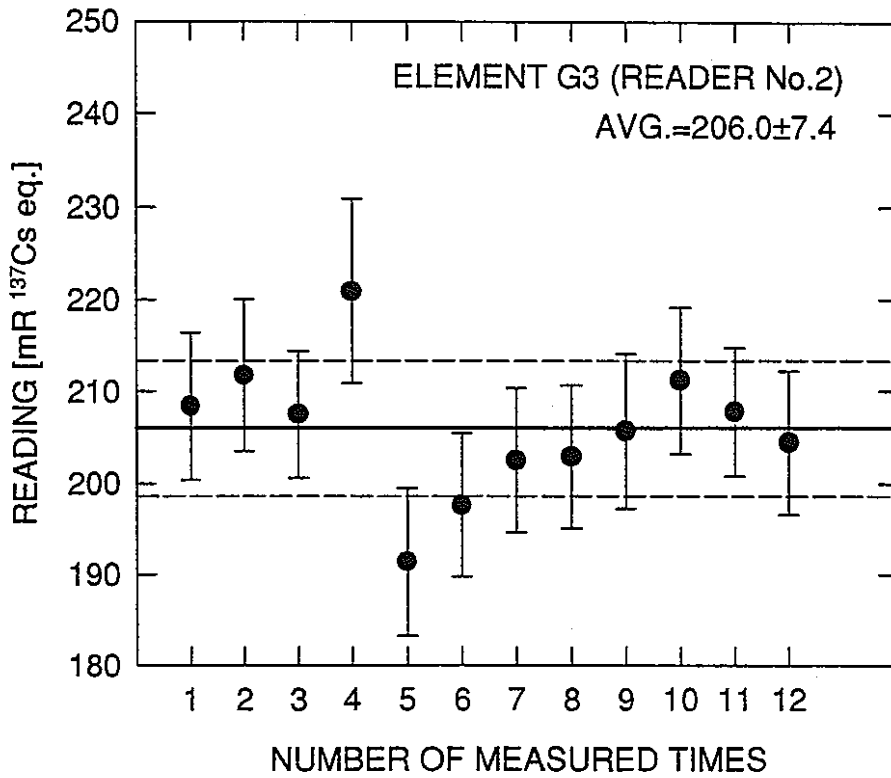


図4-2(c) エLEMENT G 3の再現性 (リーダー2号機)

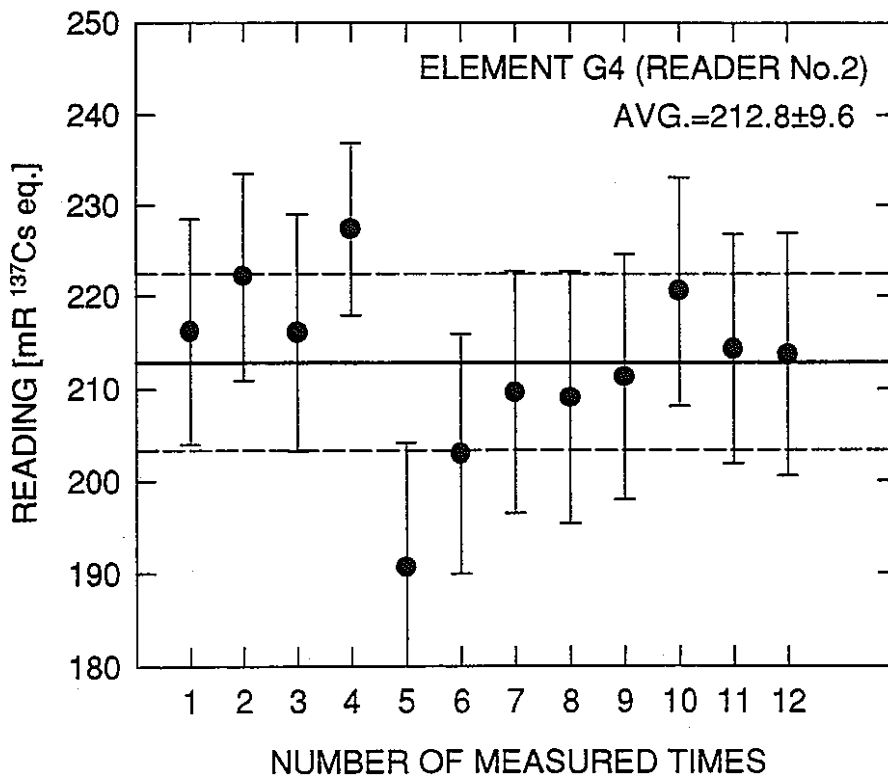


図4-2(d) エLEMENT G 4の再現性 (リーダー2号機)

TLD読取り値の統計変動とリーダーの感度変動との分離は難しいが、200mR相当程度の発光量であればCaSO<sub>4</sub>(Tm)の統計変動は十分に無視できる程度(約0.5%)なので、仮にリーダーの変動による読取り値への影響が、Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu)・CaSO<sub>4</sub>(Tm)素子共に同程度であるとすれば、この場合でのLi<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu)素子の統計変動は約3.1%と考えられる。

表4-3 同一TLD素子の再現性(12回の測定を通じた変動)

TLD No.	Li <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> (Cu)			CaSO <sub>4</sub> (Tm)
	G1 [%]	G2 [%]	G4 [%]	G3 [%]
8847531	3.2	2.8	3.7	0.9
8847532	3.1	2.5	3.1	1.1
8847533	2.1	2.9	4.2	0.9
8847534	2.7	3.7	3.6	0.7
8847535	3.2	5.0	2.9	1.1
8847536	2.2	3.8	2.8	1.1
8847537	3.2	2.4	4.3	0.7
8847538	4.2	3.7	3.6	1.0
8847539	3.3	2.4	3.2	1.2
8847540	2.8	3.0	3.9	1.1
8847541	4.8	3.1	3.3	1.2
8847542	3.3	3.2	3.1	1.4
8847543	3.7	3.5	3.5	0.5
8847544	4.3	3.6	4.3	0.9
8847545	3.2	4.0	2.1	1.1
平均値	3.3	3.3	3.4	1.0

7) 石黒らは、<sup>60</sup>Co線源を用いて約60mRの照射を行った場合の比較的短期間での再現性について実験を行っている。それによると3回の繰り返しでの再現性は、Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu)で約3.5%、CaSO<sub>4</sub>(Tm)で約2.6%と報告している。[1]

## 第5章 リーダー電源投入後の感度の安定性試験

### 5-1 目的

自動リーダーの電源投入後のリーダー加熱系・光学系の安定性を調べる。

### 5-2 試験方法

表5-1に示す合計6種類の試験を実施した。TLD線量計の照射は安全管理別棟の $\gamma$ 線自動照射装置を用いて行い、 $^{137}\text{Cs}$  215mRの照射を行った。以下、各試験の内容を簡単に説明する。

#### (1) 試験番号1…リーダー電源投入直後の感度の安定性試験

リーダー電源を投入した直後にリーダー1号機、2号機を用いて連続100個のTLD線量計の測定を行う。

#### (2) 試験番号2…リーダー電源投入後、1時間経過した後の感度の安定性試験

リーダー電源を投入して1時間放置した後で連続して100個のTLD線量計の測定を行う。この試験はリーダー2号機についてのみ行う。

#### (3) 試験番号3…リーダー電源再投入後の感度の安定性試験

連続して100個のTLD線量計の測定を行った後、電源を一旦切り、30分放置した後で再度電源を投入してTLD線量計の測定を行う。この試験はリーダー2号機についてのみ行う。

#### (4) 試験番号4…リーダー電源投入後、時間間隔をあけて連続測定した場合の感度の安定性試験

リーダー電源を投入した後、ある一定時間をおいて50つつ、連続して計200個のTLD線量計の測定を行う。この試験はリーダー2号機についてのみ行う。

#### (5) 試験番号5…リーダー電源投入後、放置時間を変えて測定した場合の感度の安定性試験

リーダー電源を投入した後の放置時間を変えて50つつTLD線量計の測定を行う。この試験はリーダー2号機についてのみ行う。

#### (6) 試験番号6…終夜通電した場合の感度の安定性試験

終夜通電したまま、翌朝連続100個のTLD線量計の測定を行う。この試験はリーダー1号機、2号機について行う。

表5-1 リーダー電源投入後の安定試験の概要

試験番号	試験目的	マガジン番号	線量計個数	照射日	照射線量 [mR]	測定日	測定リーダー	データの集計方法
1	リーダー電源直後に測定開始	M3, M4	100	8/19	215	8/22	1号機	10個毎
		M1, M2	100	8/12	215	8/13	2号機	
2	リーダー電源投入後、1時間放置して測定開始	M1, M2	100	8/19	215	8/20	2号機	10個毎
3	リーダー電源を一旦切った後、再度電源を投入して測定開始 (停電時の模擬)	M3, M4	100	8/12	215	8/13	2号機	10個毎
4	リーダーの稼働時間中(8:30-17:00)に間隔をおいて測定	M1~M4	200	8/5	215	8/7	2号機	50個毎
5	リーダーの稼働時間中(8:30-17:00)に、放置時間を変えて測定	M1~M4	200	8/8	215	8/9	2号機	50個毎
6	終夜通電していた状態で、翌朝に測定を開始	M3, M4	100	10/17	215	10/18	1号機	10個毎
		M1, M2	100	10/17	215	10/19	2号機	

試験には製造ロットが同一で、感度の揃った200個のUD-808P線量計を用い、50個ずつ4個のグループに分けて使用した。表5-2に安全管理別棟にて $^{137}\text{Cs}$  215mR照射した場合のグループ毎の平均読取り値とそのTLD番号を示す。グループ毎の平均読取り値のグループ間の相違は極めて小さく0.6~1.4%であり、また主にTLD素子の感度の個体差によるばらつきは $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ で5~6%、 $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ で3~4%である。本章では、このグループを“マガジン”と呼ぶこととし、表5-2に示すように番号M1~M4を付番する。

表5-2 試験に用いたTLD線量計のロット番号と感度の一様性確認試験結果

マガジン 番号	TLD No.	線量計 個数	G1	G2	G3	G4
M1	8847091 ~8847130	50	217±10.2 (4.7%)	211±11.3 (5.3)	213± 7.3 (3.4)	212±11.3 (5.3)
M2	8847131 ~8847180	50	214±10.5 (4.9)	212± 8.9 (4.2)	217± 8.2 (3.9)	212±10.3 (4.9)
M3	8847231 ~8847280	50	212± 9.8 (4.6)	210±10.3 (4.9)	214± 6.7 (3.1)	209±11.6 (5.5)
M4	8847631 ~8847680	50	210±12.7 (6.0)	209±13.6 (6.5)	213± 8.3 (3.9)	207±11.7 (5.6)
マガジン間の平均値と 標準偏差[%]			213± 3.0 (1.4)	211± 1.3 (0.6)	214± 1.9 (0.9)	210± 2.4 (1.2)

(単位は[mR  $^{137}\text{Cs}$  eq.] )



### 5-3 試験結果

試験番号1～6の結果得られた数値データについては、付録Cにまとめた。

#### (1) 電源投入直後の感度の安定性試験

リーダーの電源を投入した直後に、TLD線量計の測定を連続して行った場合の感度の変動を調べた。各リーダーにつき100個のUD-808P線量計を使用し、リーダー1号機についてはマガジンM3、M4、2号機はマガジンM1、M2を用いた。

TLD線量計の測定開始から10個毎に各エレメントの平均読取り値と標準偏差を求めた結果をリーダー1号機については図5-1、リーダー2号機については図5-2に示す。図では、表5-2に示したマガジンM1～M4の全体の平均読取り値（以下、「基準読取り値」と言う）で規格化しており、後述する試験番号2～6の結果についても同様である。

リーダー1号機の場合は、11～20個目の測定の際に約10%程度感度が下がっているものの、それ以降での変動はほぼ無く、図示した誤差棒もTLD素子の感度の個体差程度でしかない。一方、リーダー2号機についてであるが、1～40個目までの読取り感度は最大-50%程度の過小評価であり、また10個のTLD素子間の値のばらつきも $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ で約50%、 $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ で約10%と極めて大きい。50個目以降では、基準読取り値とほぼ一致しており、その変動もリーダー1号機と同程度である。

電源投入直後の安定性がリーダー1号機に比べると2号機の方が良くない理由として、加熱系と光学系の2つの要因が考えられるが、TLD線量計の測定毎に自動的に行われる内蔵光源を用いた光学系（光電子増倍管など）の感度校正の結果によると測定中の変動は1～4%でしかなく、電源投入直後であっても光学系の感度はほぼ一定であったとみてよい。一方の加熱系についてであるが、加熱ランプには、加熱時の急激な電圧の印可による必要以上の負荷を防ぐため、いわゆるウォームアップ用の微小電流（ブリーダー電流）を常時流している。このとき印可する電圧は初期設定値として決まっているが、加熱ランプの抵抗は必ずしも同一ではないので、その個体差によって流れる電流量に差異が生じ、ブリーダー電流が少ない場合には、リーダー電源投入直後の加熱の不安定性さが増すことが分かっている。おそらく、これがリーダー2号機の電源投入直後の感度変動の原因と考えられる。

また $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ に比べると $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ の方がやや感度の変動が小さい傾向があるが、この理由については良く分からない。

(2) リーダー電源投入後、1時間経過した後の感度の安定性試験

自動リーダーの電源を投入してから1時間放置し、100個のTLD線量計の測定を行った。TLD線量計にはマガジンM3、M4、自動リーダー2号機について調べた。

試験の結果を図5-3に示す。電源投入直後の場合程、読取り値の大きな変動は見られないが前半の50個分の読取り値はやや値が小さい傾向にある。マガジン間の感度差よりもこの変化分は大きいので、やはりリーダー電流が少ないことが影響しているのだろう。

(3) リーダー電源再投入後の感度の安定性試験

リーダー電源を一旦切り30分間放置した後、再度電源を投入し100個のTLD線量計の測定を行った場合の結果を図5-4に示す。使用した線量計はマガジンM1、M2、測定にはリーダー2号機を用いた。

図からも明らかなように電源投入直後に見られる感度変動は無く、ほぼ一定な値を示している。

(4) リーダー電源投入後、時間間隔をあけて連続測定した場合の感度の安定性試験

8時30分にリーダー電源を投入し、通常自動リーダーが実働する16時00分までの間に4回の測定を時間間隔をあけて連続して実施した。第1回目の測定は、電源投入後30分間放置した後に開始し、以降150分、330分、450分後に第2～4回目の測定を行った。

1回の測定に50個の線量計を使用し、第1～4回目の測定にはそれぞれマガジンM1～M4のものを用いた。また、測定はリーダー2号機を用いた。

試験結果を図5-4に示す。図5-4の横軸はリーダー電源投入からの経過時間である。電源投入から30分経過したときの読取り値はやや基準読取り値に比べてやや低めであり、またそのばらつきも $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ で約10%と表5-2に示した値と比べてやや不揃いである。第2回目以降の読取り値は基準読取り値とほぼ一致した。

(5) リーダー電源投入後、放置時間を変えて測定した場合の感度の安定性試験

リーダー電源投入してからの放置時間を変えて測定を開始した。測定は電源投入後60、90、120、150経過した場合の合計4回行い、それぞれマガジンM4、M3、M2、M1を使用した。測定に用いたリーダーは2号機である。

試験の結果を図5-5に示す。図5-5には(4)の電源投入後30分経過した場合の結果も記した。リーダーの電源を投入してから60分後の測定では、5%程度基準値よりも感度が下がっているが、それ以降では基準読取り値と同程度の値が得られた。

(6) 終夜通電した場合の感度の安定性試験

終夜リーダーを通電しておき、翌朝測定を行った場合の感度の変動を調べた結果を、図5-6(1号機)、図5-7(2号機)に示す。試験に用いた線量計は試験番号1のものと同じであり、測定した線量計の順番も同様であるので、図5-1、5-2に示した結果と直接の比較ができる。

まず、リーダー1号機についてであるが、夜間通電していた場合の測定結果は、基準値と一致しており、一定である。リーダー電源投入直後の試験結果である図5-1に見られる10~20個目の測定時の感度の変動は見られない。

一方、リーダー2号機の場合であるが、図5-2のような極端な感度の変動は見られない。ただし、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 素子の測定開始から50個分の結果は、やや感度が低く、これはマガジン間の感度の相違だけでは説明できない。試験番号1、2の結果と同様にブリーダー電流によるものであろう。

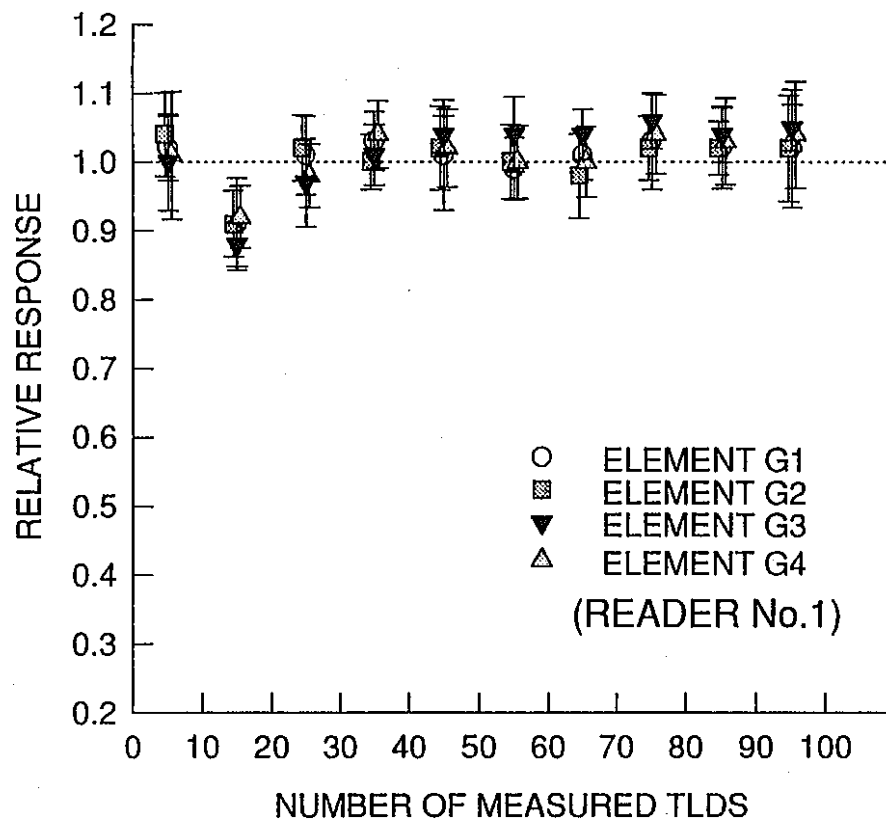


図 5-1 リーダー電源投入直後の感度の安定性試験  
 (リーダー1号機、マガジンM3,M4)

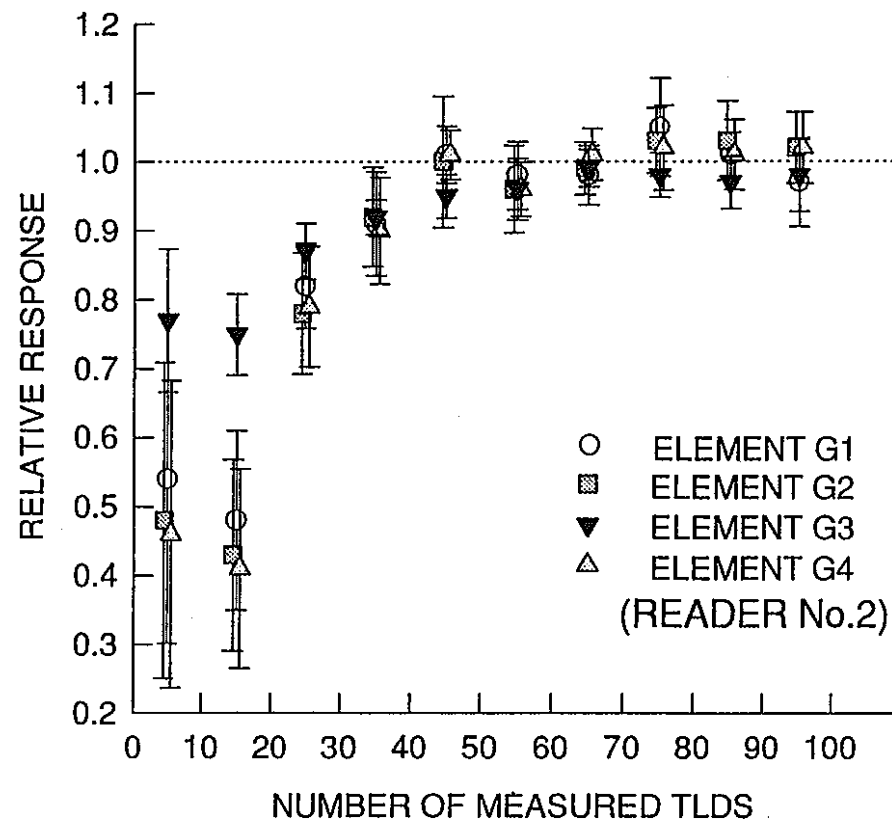


図 5-2 リーダー電源投入直後の感度の安定性試験  
 (リーダー2号機、マガジンM1,M2)

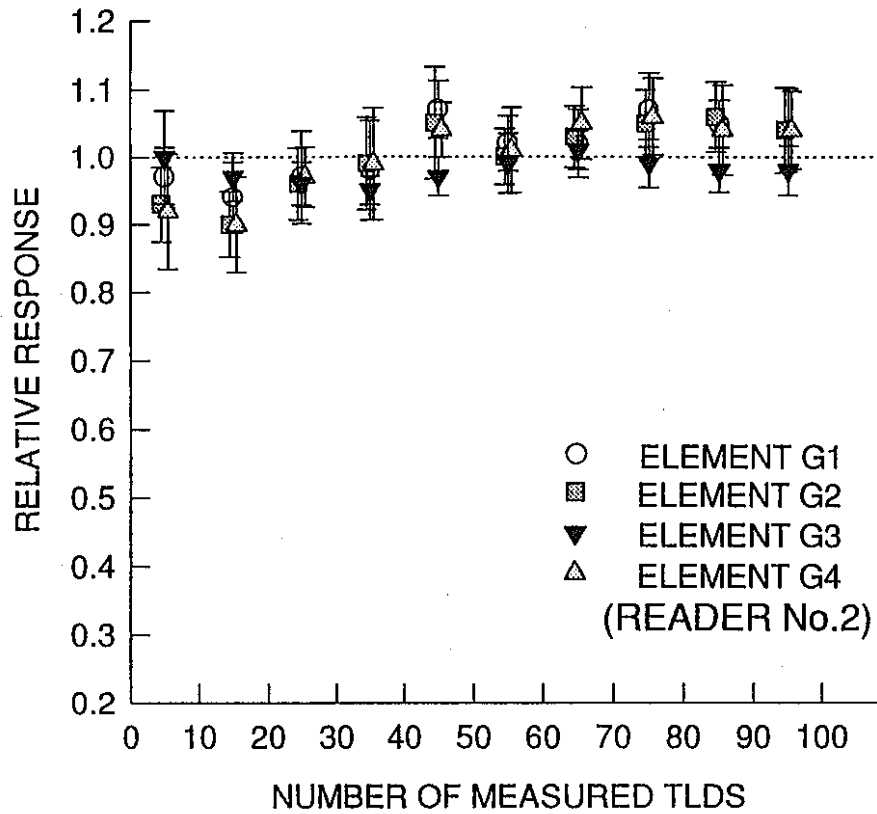


図5-3 リーダー電源投入後、1時間経過した後での感度の安定性試験  
(リーダー2号機、マガジンM3,M4)

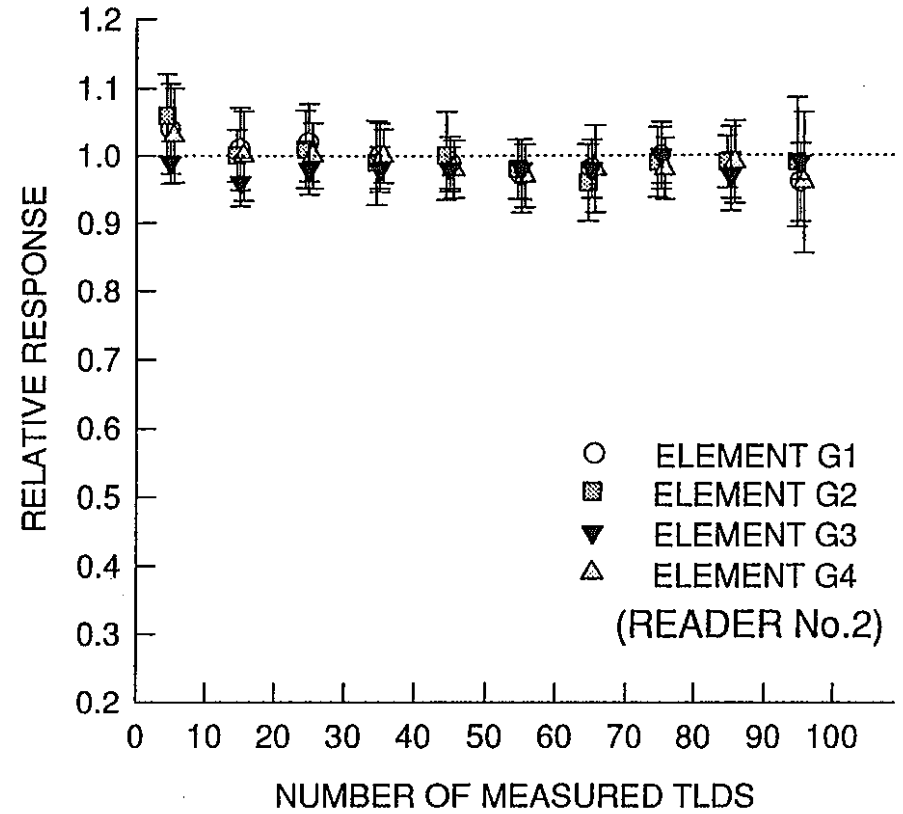


図5-4 リーダー電源再投入後の感度の安定性試験  
(リーダー2号機、マガジンM1,M2)

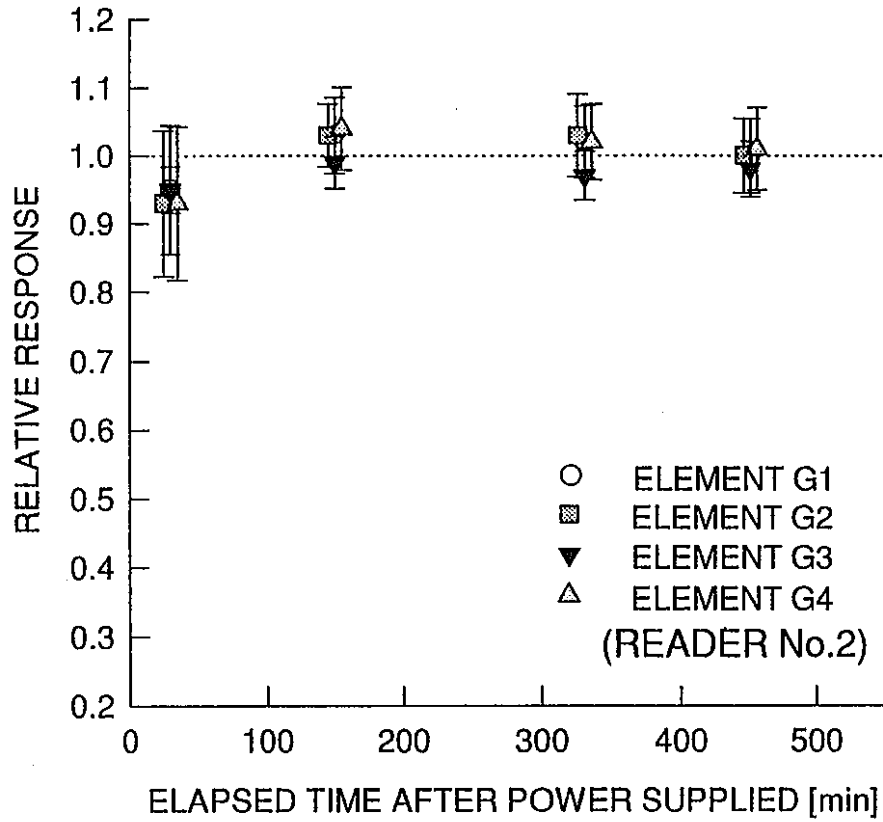


図5-5 リーダー電源投入後、時間間隔をあけて連続測定した場合の感度の安定性試験（リーダー2号機、マガジンM1～M4）

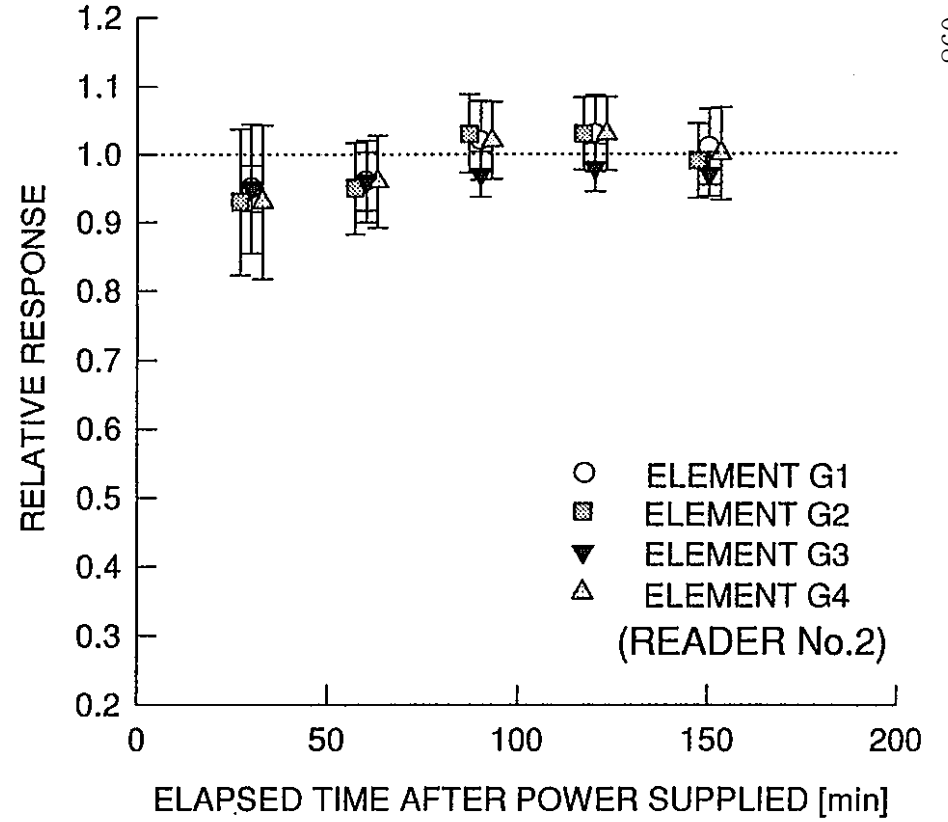


図5-6 リーダー電源投入後、放置時間を変えて測定した場合の感度の安定性試験（リーダー2号機、マガジンM1～M4）

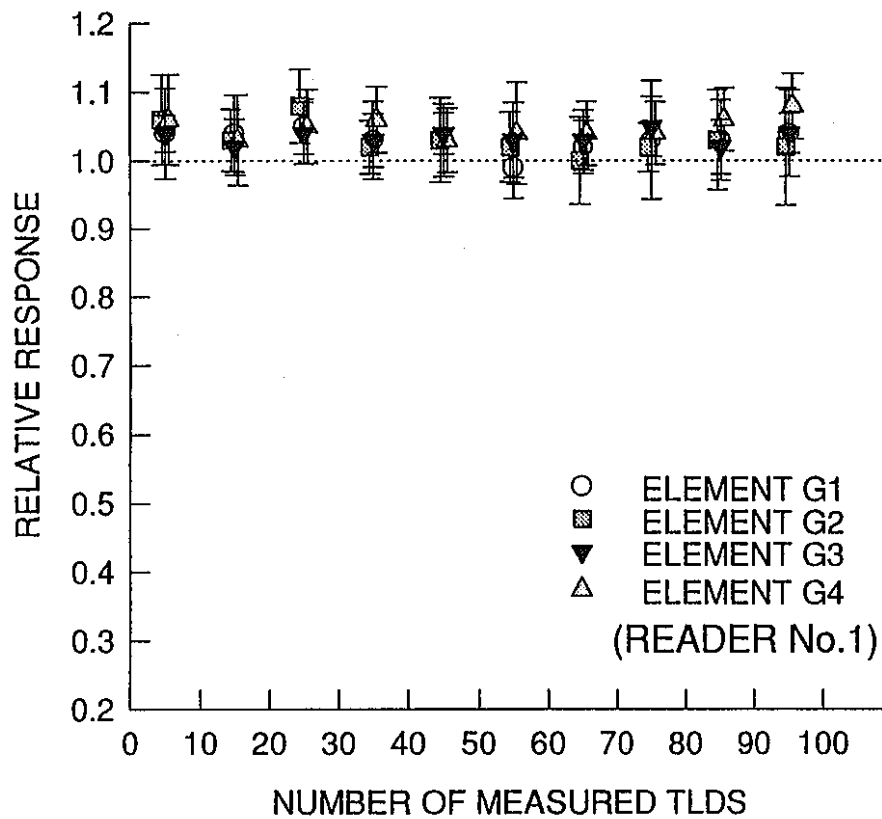


図5-7 終夜通電した場合の感度の安定性試験  
(リーダー1号機、マガジンM3,M4)

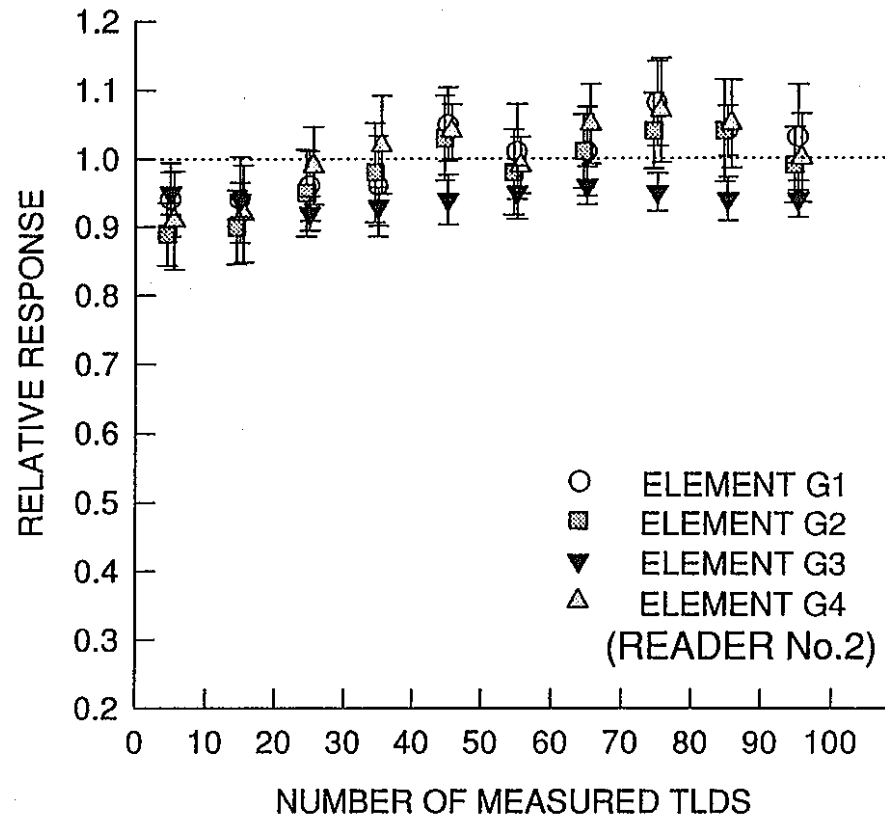


図5-8 終夜通電した場合の感度の安定性試験  
(リーダー2号機、マガジンM1,M2)

## 第6章 まとめ

UD-710P型自動リーダーについて種々の試験を行ってきた。その結果、以下のようなことが判明した。

### (1) 加熱特性試験

いわゆる「加熱ランプの加熱が強い、弱い」といった加熱条件の変動は、全てカウンターのゲートタイミングとの相対的な関係だけで決まり、読取り値、ポスト/メインドーズ比、残線量等に影響を与えることが判明した。

今回の試験は、加熱ランプの初期設定電圧よりも1～2V程度電圧を高めるという方法で実施した。200mR程度の照射を行ったため、メインドーズには極端な変動は見られなかったが、残線量が次第に増加していくという結果からも分かるように、仮に加熱が強くなった場合には特に低線量側での測定精度に大きな影響を与えると考えられる。

ただし、本試験で変化させたランプ電圧(12～14V)による加熱状態の変化は、日常的にリーダーを使用する際の加熱ランプの変動に比べるとかなり大きなものであり、現実には起こるとは考えにくい。加熱ランプの長期間の使用に伴って出力が低下した場合や、加熱系にゴミや汚れが付着した場合には、加熱の状態は弱まる方向に進むため、今後は初期設定電圧よりもランプ電圧を小さくした場合の感度の変化を調べる必要があるだろう。

(参考として松下産業機器(株)が実施した加熱特性試験の結果[10]を付録Dに示す。)

なお、平成5～6年度より運用を開始したUD-7100P型自動リーダーには、加熱系の変動を監視する機能(ランプモニター)が新たに取り付けられている。これはTLD素子を所定の加熱・計数部に移動させるためのカードキャリアの一部にガラス系光学フィルターを取り付け、このフィルターを透過した加熱ランプ光による計数の時間変化を調べる機能である。予め入力されたデフォルト値との比較を行うことで、正しい加熱がなされているかどうかを判断することが可能である。このランプモニター機能は、TLD線量計の測定の都度自動的に監視しているわけではなく、リーダーのコンソールからの操作によってのみ作動するので、今後リーダーの定期点検時に用いるなど運用の方法を考えていく必要がある。

### (2) 繰り返し測定における再現性試験

リーダーを常にある決まった状態で運用している限りにおいては、TLD読取り値の再現性は極めて良好であり、200mR程度の照射量であれば $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 、 $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ 共に1%程度の変動でしかない。特に $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ の場合には統計変動と比べればリーダー



の変動は無視できる程度である。

ただし、加熱ランプの交換やクリーニング等でランプをハウジングから取り外した場合には、その前後での感度の変化を厳密に調べて、必要な調整などを行う必要がある。

### (3) リーダー電源投入後の感度の安定性試験

電源投入直後、また停電時やメンテナンス等によって一時的に電源を切った場合には、TLD線量計の測定には十分に注意する必要がある。本試験の結果から加熱ランプのウォームアップ用のブリーダー電流の大小によって、測定開始直後の感度が変化する可能性があることが分かったが、実務的には夜間の通電と測定開始時に50個程度の線量計をダミーとして測定することを徹底することが重要である。なお、現在この夜間の通電と測定開始時のダミー線量計の測定は実施している。

## 謝辞

本報告書を執筆するに当たって、松下産業機器株式会社の空増昇氏に多くの御助言を頂きました。深く感謝します。

## 参考文献

- [1] 中田啓、石黒秀治、宮部賢次郎、野村幸広  
「 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 蛍光体を利用した自動読取り型TLDバッジの性能・特性」  
PNC N841-83-84、1983
- [2] O.Yamamoto et al.,  
"CONSTRUCTION OF A COMPOSITE THIN-ELEMENT TLD USING AN OPTICAL-HEATING SYSTEM", Health Physics, 43, 3, 383-390, 1982
- [3] 例えば、M.Takenaga, O.Yamamoto and T.Yamashita  
"A NEW PHOSPHOR  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$  FOR TLD", Health Physics, 44, 4, 387-391, 1983
- [4] 福田整司、斎藤節子、野田喜美雄、小泉勝三、石井みどり  
「TLDリーダーの感度変化についての考察」、PNCT 843-77-07、1977
- [5] 志賀健一朗、石黒秀治、武田伸荘、野村幸広  
「TLDリーダー校正の経験と問題点について」、N852-78-11、1978
- [6] P.Plato and P.Ward, "GLOW CURVE ANALYSIS OF PANASONIC LITHIUM BORATE TLDs USING COMPUTERIZED DATA ACQUISITION METHODS", Master thesis, The university of Michigan, 1982
- [7] 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読取り装置の品質管理マニュアル」、PNC PN8520 93-002、1993
- [8] 藤村亮一郎、山下忠興  
「放射線による固体现象と線量測定」、養賢堂、1985
- [9] JIS Z 4320、「熱ルミネセンス線量計計測装置」、1995
- [10] TLDバッジ自動測定装置 (UD-7100P) 調整手順書、TLB/HM-03、松下産業機器株式会社

## 付録A 加熱特性試験の結果

ランプ電圧を変えた場合の、読取り値、ポストドーズ/メインドーズ比及び残線量の測定値を各ロット毎に平均した結果を表1～4に示す。また、各ロット間の感度差を明確にするため、照射した線量で読取り値を規格化した結果も示した。

読取り値、ポスト/メインドーズ比及び残線量のランプ電圧依存性

表A-1 UD-808P線量計、リーダー1号機

表A-2 UD-809P線量計、リーダー1号機

表A-3 UD-808P線量計、リーダー2号機

表A-4 UD-809P線量計、リーダー2号機

表A-1 リーダー1号機の加熱特性試験の結果 (UD-808P線量計)

		12.12[V]				12.80[V]				14.00[V]			
		G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
A 昭和57年2月 8824466~ 8825001	読取り値	177.4 <sup>a</sup>	180.1	216.6	183.0	195.6	205.5	235.5	197.2	180.9	190.5	233.7	187.0
	[mR Cs-137 eq.]	0.89 <sup>b</sup>	0.90	1.08	0.92	0.98	1.03	1.18	0.99	0.91	0.95	1.17	0.94
	Post/Main[%]	47.6 <sup>c</sup>	49.4	19.7	46.8	46.3	40.7	17.3	41.4	87.8	76.0	22.8	78.8
	残線量	1.4 <sup>d</sup>	1.5	0.6	1.8	3.2	3.3	1.1	3.1	11.0	9.7	1.9	8.9
B 昭和57年5月 8820435~ 8820647	読取り値	217.3	207.3	214.5	202.8	218.7	211	226.2	201.6	203.2	195.0	222.4	186.5
	[mR Cs-137 eq.]	1.09	1.04	1.07	1.01	1.09	1.06	1.13	1.01	1.02	0.98	1.11	0.93
	Post/Main[%]	40.9	42.4	16.0	38.0	50.4	51.3	13.5	51.2	108	110	15.1	112
	残線量	3.9	3.1	0.6	3.3	7.1	5.8	0.8	6.8	19.0	18.2	1.3	17.7
C 昭和58年7月 8835931~ 8835943	読取り値	185.3	177.5	209.7	172.0	185.2	181.5	217.5	176.2	173.0	170.8	209.8	167.7
	[mR Cs-137 eq.]	0.93	0.89	1.05	0.86	0.93	0.91	1.09	0.88	0.87	0.85	1.05	0.84
	Post/Main[%]	44.6	48.4	14.9	50.0	58.4	66.0	12.8	78.5	103	114	16.5	157
	残線量	3.7	3.3	0.6	3.3	7.2	7.6	0.8	8.0	17.0	17.5	1.5	19.8
D 昭和58年12月 8835186~ 8835199	読取り値	232.3	220.4	221.2	228.4	225.3	223.6	234.6	228.5	212.8	210.0	219.1	214.0
	[mR Cs-137 eq.]	1.16	1.10	1.11	1.14	1.13	1.12	1.17	1.14	1.06	1.05	1.10	1.07
	Post/Main[%]	47.0	56.4	15.8	50.7	71.8	81.5	14.4	69.6	120.0	136.0	19.9	118.0
	残線量	6.2	6.9	0.7	5.7	13.5	14.3	1.0	11.9	28.2	29.8	1.9	26.3
E 昭和59年8月 8847306~ 8847318	読取り値	228.1	227.2	195.1	230.0	232.2	232.9	210.6	231.4	207.0	216.3	208.2	204.8
	[mR Cs-137 eq.]	1.14	1.14	0.98	1.15	1.16	1.17	1.05	1.16	1.04	1.08	1.04	1.02
	Post/Main[%]	30.9	34.1	19.4	32.4	34.2	32.9	19.1	35.0	65.8	58.8	29.5	68.7
	残線量	2.3	1.9	0.7	2.3	4.0	3.9	1.2	4.1	10.1	9.1	2.7	10.1
F 昭和60年9月 8000001~ 8000013	読取り値	174.2	180.5	214.1	180.2	179.6	180.8	230.7	183.7	158.8	159.1	223.6	157.8
	[mR Cs-137 eq.]	0.87	0.90	1.07	0.90	0.80	0.90	1.15	0.92	0.79	0.80	1.12	0.79
	Post/Main[%]	34.3	30.2	19.0	28.7	34.1	32.0	16.8	29.6	58.5	56.8	20.4	55.6
	残線量	1.3	0.9	0.6	1.6	2.6	2.2	0.9	2.2	5.9	6.2	1.6	6.7

表A-1 (続き)

		12.12[V]				12.80[V]				14.00[V]			
		G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
G リーダー校正 8820031~ 8822676	読取り値	185.5	186.5	202.5	171.0	186.0	188.0	215.0	173.3	165.2	167.6	208.4	151.9
	[mR Cs-137 eq.]	0.93	0.93	1.01	0.86	0.93	0.94	1.08	0.87	0.83	0.84	1.04	0.76
	Post/Main[%]	33.5	32.6	16.9	36.0	32.9	30.3	16.0	45.8	54.8	51.8	22.2	82.1
	残線量	1.7	2.2	0.7	2.3	3.7	3.5	1.1	4.4	7.8	7.6	2.2	9.3
H 東海標準 8823795~ 8822746	読取り値	178.3	170.1	207.5	164.8	183.4	179.9	222.4	172.4	163.8	161.8	215.8	153.6
	[mR Cs-137 eq.]	0.89	0.85	1.04	0.82	0.92	0.90	1.11	0.86	0.82	0.81	1.08	0.77
	Post/Main[%]	30.5	35.1	17.1	36.8	23.2	22.5	11.5	26.7	54.1	59.6	26.0	78.1
	残線量	1.3	1.5	0.7	1.6	2.3	2.5	1.3	3.0	5.9	7.1	2.7	7.8
I、大洗 昭和57年12月 8571126~ 8571138	読取り値	218.8	227.3	206.3	208.4	238.3	240.8	213.1	228.1	220.7	219.0	191.5	208.3
	[mR Cs-137 eq.]	1.09	1.14	1.03	1.04	1.19	1.20	1.07	1.14	1.10	1.10	0.96	1.04
	Post/Main[%]	37.2	34.5	8.6	38.0	34.9	33.5	6.3	35.9	51.3	43.4	8.5	69.8
	残線量	1.9	2.1	0.2	1.8	4.0	3.7	0.3	4.0	8.4	6.9	0.7	9.1
J、大洗 昭和58年6月 8581712~ 8581724	読取り値	228.9	233.0	213.7	228.9	230.4	224.3	226.8	232.3	198.4	196.4	216.4	205.5
	[mR Cs-137 eq.]	1.14	1.17	1.07	1.14	1.15	1.12	1.13	1.16	0.99	0.98	1.08	1.03
	Post/Main[%]	33.1	32.1	15.1	34.9	39.3	41.9	12.2	46.3	81.5	86.1	13.2	107
	残線量	4.2	3.0	0.5	3.7	8.3	6.4	0.8	6.6	16.6	14.4	1.1	15.7
K、大洗 昭和58年6月 8587601~ 8587613	読取り値	201.0	189.6	214.4	207.0	191.6	191.0	223.0	197.9	170.8	172.0	217.4	179.9
	[mR Cs-137 eq.]	1.00	0.95	1.07	1.04	0.96	0.96	1.12	0.99	0.85	0.86	1.09	0.90
	Post/Main[%]	32.2	38.7	15.4	33.6	45.5	44.0	13.7	47.7	87.1	82.9	17.5	97.9
	残線量	3.4	3.1	0.5	3.1	5.9	5.6	0.8	5.6	14.9	13.2	1.5	15.5
L、大洗 昭和59年8月 8592079~ 8592091	読取り値	227.8	227.3	229.2	224.2	227.8	223.7	242.1	221.8	197.4	194.4	222.0	197.0
	[mR Cs-137 eq.]	1.14	1.14	1.15	1.12	1.14	1.12	1.21	1.11	0.99	0.97	1.11	0.99
	Post/Main[%]	26.7	25.1	12.7	27.7	34.0	31.1	9.1	33.5	85.7	73.4	7.7	80.0
	残線量	2.2	2.4	0.4	2.3	5.4	4.5	0.5	4.6	13.4	12.3	0.6	11.7

a. 平均読取り値 b. 照射線量に対する相対感度 c. ポスト/メインドーズ比 d. 残線量[mR <sup>137</sup>Cs eq.]

表A-2 リーダー1号機の加熱特性試験結果 (UD-809P線量計)

		12.12[V]				12.80[V]				14.00[V]			
		N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4
A 昭和57年2月 9820883~ 9821034	読取り値	217.2 <sup>a</sup>	201.4	205.3	211.9	225.0	226.6	224.3	236.4	208.9	230.2	224.8	232.1
	[mR Cs-137 eq.]	1.09 <sup>b</sup>	1.01	1.03	1.06	1.13	1.13	1.12	1.18	1.05	1.15	1.12	1.16
	Post/Main[%]	43.1 <sup>c</sup>	66.1	65.6	68.3	50.3	76.1	82.9	87.6	102.	136.	153.	152.
	残線量	3.7 <sup>d</sup>	4.8	4.7	6.0	7.2	9.4	11.8	13.3	21.5	27.7	30.8	29.5
B 昭和57年5月 9824815~ 9824908	読取り値	187.9	181.9	176.2	179.7	201.0	187.8	176.3	191.4	178.1	179.1	172.7	174.6
	[mR Cs-137 eq.]	0.94	0.91	0.88	0.90	1.01	0.84	0.88	0.96	0.89	0.90	0.86	0.87
	Post/Main[%]	44.8	54.7	61.6	52.3	49.9	79.9	94.2	77.0	95.8	146	161	179
	残線量	3.4	5.6	5.4	4.0	7.4	11.5	13.4	10.6	14.1	25.9	26.7	23.8
C 昭和58年7月 9835531~ 9835699	読取り値	216.2	207.1	198.3	192.2	208.8	213.9	214.6	210.1	184.0	209.4	203.4	198.2
	[mR Cs-137 eq.]	1.08	1.04	0.99	0.96	1.04	1.07	1.07	1.05	0.92	1.05	1.02	0.99
	Post/Main[%]	37.9	62.8	66.5	61.0	50.7	84.4	88.7	79.5	91.8	130	156	167
	残線量	4.3	6.2	6.7	4.8	8.4	12.3	14.1	10.7	16.6	25.5	30.8	25.8
D 昭和58年12月 9835365~ 9835389	読取り値	209.8	203.8	210.3	201.3	214.0	226.5	223.5	219.1	195.4	224.6	223.0	211.6
	[mR Cs-137 eq.]	1.05	1.02	1.05	1.01	1.07	1.13	1.12	1.10	0.98	1.12	1.12	1.06
	Post/Main[%]	43.2	75.4	79.5	65.7	44.1	96.4	113.0	81.3	75.6	154	184	137
	残線量	2.5	7.4	7.4	5.7	5.4	14.7	16.5	11.5	12.2	30.8	35.9	27.4
E 昭和59年8月 9846201~ 9846213	読取り値	216.8	208.7	207.1	207.2	220.6	230.1	227.5	230.5	189.8	208.8	209.2	208.9
	[mR Cs-137 eq.]	1.08	1.04	1.04	1.04	1.10	1.15	1.14	1.15	0.95	1.04	1.05	1.04
	Post/Main[%]	29.0	45.1	45.5	47.4	41.9	49.5	53.3	52.3	98.0	86.6	97.9	88.1
	残線量	3.1	3.2	3.4	3.6	6.7	6.7	7.4	7.7	16.1	13.9	18.0	14.8
F 昭和60年9月 9000001~ 9000014	読取り値	174.4	185.2	184.8	183.4	175.0	191.6	191.7	195.6	155.8	173.5	173.4	174.4
	[mR Cs-137 eq.]	0.87	0.93	0.92	0.92	0.88	0.96	0.91	0.98	0.78	0.87	0.87	0.87
	Post/Main[%]	30.8	34.0	32.5	37.9	33.9	37.0	35.2	37.0	66.0	67.8	70.5	70.8
	残線量	1.4	1.4	1.5	1.7	3.3	3.5	3.3	3.5	7.4	8.1	8.1	8.7

表A-2 (続き)

		12.12[V]				12.80[V]				14.00[V]			
		N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4
G リーダー校正 9820451~ 9820108	読取り値	188.0	172.5	174.1	176.9	186.9	194.0	189.2	201.1	164.9	184.2	179.4	184.2
	[mR Cs-137 eq.]	0.94	0.86	0.87	0.88	0.94	0.97	0.95	1.01	0.83	0.92	0.80	0.92
	Post/Main[%]	33.8	55.7	51.6	48.7	40.1	57.1	52.4	44.5	70.8	98.0	90.7	74.7
	残線量	2.5	2.9	2.9	3.0	4.2	5.3	5.8	5.3	10.3	14.4	14.3	12.6
H 東海標準 9824164~ 9822224	読取り値	180.8	175.1	178.5	187.0	189.9	184.6	187.5	188.7	172.1	173.2	178.8	180.0
	[mR Cs-137 eq.]	0.90	0.88	0.89	0.94	0.90	0.92	0.94	0.94	0.86	0.87	0.89	0.90
	Post/Main[%]	37.8	40.2	41.8	39.0	40.4	44.6	47.2	42.5	79.3	97.6	95.1	79.9
	残線量	1.8	1.8	2.0	2.3	3.3	4.3	4.9	3.5	9.9	11.1	12.5	10.0
I、大洗 昭和57年12月 9570701~ 9570713	読取り値	206.1	213.4	212.2	206.4	215.6	221.0	219.0	218.1	197.2	205.3	199.5	205.2
	[mR Cs-137 eq.]	1.03	1.07	1.06	1.03	1.08	1.11	1.10	1.09	0.99	1.03	1.00	1.03
	Post/Main[%]	34.2	37.4	37.9	44.8	33.0	37.7	41.6	44.0	59.3	69.3	83.8	83.8
	残線量	1.7	1.9	2.5	1.9	4.1	4.3	4.5	5.0	9.6	9.4	11.0	12.0
J、大洗 昭和58年6月 9581712~ 9581724	読取り値	223.4	202.5	199.9	199.9	226.5	219.1	217.5	216.0	202.9	217.6	211.8	211.5
	[mR Cs-137 eq.]	1.12	1.01	1.00	1.00	1.13	1.10	1.09	1.08	1.02	1.09	1.06	1.06
	Post/Main[%]	35.2	55.5	52.7	53.9	33.9	57.3	59.4	62.5	63.9	92.7	110.3	127.0
	残線量	2.4	3.6	3.4	3.1	4.5	6.4	7.0	6.7	10.9	14.9	16.7	18.6
K、大洗 昭和59年8月 9591879~ 9591891	読取り値	217.4	204.8	212.2	211.0	218.8	224.3	227.1	233.5	198.0	208.1	217.2	220.5
	[mR Cs-137 eq.]	1.09	1.02	1.06	1.06	1.09	1.12	1.14	1.17	0.99	1.04	1.09	1.10
	Post/Main[%]	30.0	49.6	52.5	56.2	41.3	53.3	65.8	69.0	96.0	85.6	111.0	117.0
	残線量	3.1	4.9	4.2	5.2	5.9	6.8	8.8	9.4	16.5	14.0	18.7	19.9

a. 平均読取り値 b. 照射線量に対する相対感度 c. ポスト/メインドーズ比 d. 残線量[mR <sup>137</sup>Cs eq.]

表A-3 リーダー2号機の加熱特性試験結果 (UD-808P線量計)

		12.48[V]				13.20[V]				14.20[V]			
		G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
A 昭和57年2月 8824893~ 8825159	読取り値	172.6 <sup>a</sup>	171.4	198.3	174.6	180.0	181.0	200.9	177.4	169.0	175.4	193.7	170.6
	[mR Cs-137 eq.]	0.86 <sup>b</sup>	0.86	0.99	0.87	0.90	0.91	1.00	0.89	0.85	0.88	0.97	0.88
	Post/Main[%]	55.2 <sup>c</sup>	54.7	11.1	50.6	64.3	61.7	11.3	61.5	116	106	21.1	121
	残線量	0.0 <sup>d</sup>	0.0	1.0	5.0	4.8	4.2	0.6	3.3	12.2	10.0	1.1	9.5
B 昭和57年5月 8820665~ 8821093	読取り値	208.5	209.3	205.1	201.4	220.4	219.4	214.8	211.5	203.8	204.2	213.0	199.8
	[mR Cs-137 eq.]	1.04	1.05	1.03	1.01	1.10	1.10	1.07	1.06	1.02	1.02	1.07	1.00
	Post/Main[%]	40.8	41.3	15.1	43.2	42.1	47.3	14.2	48.0	78.5	67.8	17.8	89.1
	残線量	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	3.0	0.7	2.8	6.8	7.4	1.1	7.0
C 昭和58年7月 8835944~ 8836675	読取り値	181.6	182.5	200.2	181.7	182.7	185.2	206.0	187.8	176.4	177.2	196.2	178.7
	[mR Cs-137 eq.]	0.91	0.91	1.00	0.91	0.91	0.93	1.03	0.94	0.88	0.89	0.98	0.89
	Post/Main[%]	61.1	58.0	12.1	57.6	87.7	80.1	12.3	87.9	143	127	18.6	170
	残線量	3.5	3.6	0.5	2.3	8.0	7.2	0.7	6.7	16.1	13.6	1.3	15.6
D 昭和58年12月 8835197~ 8835210	読取り値	217.8	209.5	203.4	215.4	220.2	214.8	210.9	221.5	206.5	204.5	201.7	208.3
	[mR Cs-137 eq.]	1.09	1.05	1.02	1.08	1.10	1.07	1.05	1.11	1.03	1.02	1.01	1.04
	Post/Main[%]	55.9	54.1	13.8	50.7	71.7	72.6	14.1	66.8	108	108	20.6	106
	残線量	4.6	3.6	0.6	3.5	8.5	7.4	0.7	7.1	16.5	15.7	1.8	15.0
E 昭和59年8月 8847319~ 8847330	読取り値	212.7	214.6	190.1	212.0	215.3	217.7	200.6	218.5	196.1	202.6	198.6	204.6
	[mR Cs-137 eq.]	1.06	1.07	0.95	1.06	1.08	1.09	1.00	1.09	0.98	1.01	0.98	1.02
	Post/Main[%]	34.3	33.3	18.1	35.4	36.8	33.8	20.4	36.0	59.5	51.6	31.7	52.5
	残線量	0.8	0.7	0.7	0.5	1.9	1.4	1.1	1.5	4.4	3.9	2.4	4.1
F 昭和60年9月 8000014~ 8000025	読取り値	165.4	168.7	206.8	173.2	170.6	174.3	213.3	178.4	159.6	164.4	210.6	166.0
	[mR Cs-137 eq.]	0.83	0.84	1.03	0.87	0.85	0.87	1.07	0.89	0.80	0.82	1.05	0.83
	Post/Main[%]	36.2	35.6	16.3	32.4	37.7	35.3	15.3	31.2	56.4	50.9	19.0	46.8
	残線量	0.3	0.1	0.6	0.2	1.2	0.9	0.6	0.6	3.4	2.7	1.2	2.5



表A-3 (続き)

		12.48[V]				13.20[V]				14.20[V]			
		G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
G リーダー校正 8823940~ 8824427	読取り値	177.4	167.9	204.0	171.2	176.2	170.6	208.7	173.2	163.4	161.0	207.9	163.8
	[mR Cs-137 eq.]	0.89	0.84	1.02	0.86	0.88	0.85	1.04	0.87	0.82	0.81	1.04	0.82
	Post/Main[%]	30.8	38.9	15.8	41.9	33.7	38.9	17.0	44.6	50.6	55.9	25.2	67.9
	残線量	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	1.8	1.1	1.9	3.5	3.4	1.4	4.1
H 東海標準 8822716~ 8822104	読取り値	174.7	170.6	203.4	171.2	179.3	175.3	212.1	174.8	162.1	160.7	208.4	161.4
	[mR Cs-137 eq.]	0.87	0.85	1.02	0.86	0.90	0.88	1.06	0.87	0.81	0.80	1.04	0.82
	Post/Main[%]	37.5	36.6	16.8	38.8	40.7	39.6	17.9	47.7	69.4	67.6	30.0	83.8
	残線量	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	1.6	1.1	1.5	4.3	3.5	1.9	4.2
I、大洗 昭和57年12月 8571139~ 8571150	読取り値	217.7	214.8	196.7	208.5	220.2	221.3	195.8	215.3	208.8	211.8	182.2	208.3
	[mR Cs-137 eq.]	1.09	1.07	0.98	1.04	1.10	1.11	0.98	1.08	1.04	1.06	0.91	1.04
	Post/Main[%]	36.2	35.5	6.8	40.2	36.1	32.3	6.1	39.9	53.1	47.7	9.5	66.2
	残線量	0.9	0.8	0.2	0.6	2.3	1.9	0.3	2.1	5.0	4.5	0.7	5.3
J、大洗 昭和58年6月 8581725~ 8581736	読取り値	206.8	208.6	202.2	212.0	207.0	203.7	206.7	203.2	182.4	185.7	198.3	184.2
	[mR Cs-137 eq.]	1.03	1.04	1.01	1.06	1.04	1.02	1.03	1.02	0.91	0.93	0.99	0.92
	Post/Main[%]	40.0	39.0	11.6	38.3	50.6	48.7	10.6	57.5	92.3	82.1	13.0	112
	残線量	3.7	2.4	0.4	2.4	6.3	4.4	0.6	4.9	11.8	9.6	0.8	10.5
J、大洗 昭和58年6月 8587614~ 8587625	読取り値	192.2	200.0	210.6	199.1	187.2	193.4	216.3	196.0	167.3	176.1	204.9	175.3
	[mR Cs-137 eq.]	0.96	1.00	1.05	1.00	0.94	0.97	1.08	0.98	0.84	0.88	1.02	0.88
	Post/Main[%]	38.3	35.6	12.6	39.0	48.8	43.8	11.7	55.9	82.8	67.5	15.2	104
	残線量	2.2	1.5	0.5	1.4	4.5	3.9	0.7	4.4	8.9	7.2	1.1	9.4
K、大洗 昭和59年8月 8592092~ 8592103	読取り値	217.4	212.9	223.7	211.4	214.8	209.9	229.0	210.7	194.6	189.8	210.8	191.5
	[mR Cs-137 eq.]	1.09	1.06	1.12	1.11	1.07	1.05	1.15	1.05	0.97	0.95	1.05	0.96
	Post/Main[%]	29.4	27.8	9.4	28.8	37.7	34.2	7.4	36.6	72.9	65.6	8.0	74.4
	残線量	1.2	0.8	0.4	0.8	3.0	2.1	0.3	2.1	7.7	5.9	0.5	6.2

a. 平均読取り値 b. 照射線量に対する相対感度 c. ポスト/メインドーズ比 d. 残線量[mR <sup>137</sup>Cs eq.]

表A-4 リーダー2号機の加熱特性試験結果 (UD-809P線量計)

		12.48[V]				13.20[V]				14.20[V]			
		N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4
A 昭和57年2月 9824934~ 9824797	読取り値	190.5 <sup>a</sup>	175.2	164.9	171.2	196.3	180.7	176.7	183.3	184.6	179.9	174.1	179.3
	[mR Cs-137 eq.]	0.95 <sup>b</sup>	0.88	0.83	0.86	0.98	0.90	0.88	0.92	0.92	0.90	0.87	0.90
	Post/Main[%]	33.1 <sup>c</sup>	60.6	69.0	66.9	31.6	75.3	87.6	82.3	40.9	109	133	127
	残線量 [mR eq.]	1.0 <sup>d</sup>	2.4	2.4	2.4	1.7	4.8	5.4	4.4	3.9	11.3	11.9	11.1
B 昭和57年5月 9821093~ 9821314	読取り値	204.6	183.4	189.0	188.3	206.3	198.2	200.2	203.9	195.2	198.6	203.0	204.6
	[mR Cs-137 eq.]	1.02	0.92	0.95	0.94	1.03	0.99	1.00	1.02	0.98	0.99	1.08	1.02
	Post/Main[%]	46.8	77.5	74.3	75.2	62.1	91.8	91.9	88.1	102	147	144	130
	残線量	1.9	3.2	3.6	2.8	4.8	6.2	6.7	5.7	10.3	13.5	14.2	13.8
C 昭和58年7月 9835791~ 9836131	読取り値	197.1	185.4	185.9	182.8	201.4	188.6	193.2	193.0	182.0	189.3	195.0	193.3
	[mR Cs-137 eq.]	0.99	0.93	0.93	0.91	1.01	0.94	0.97	0.97	0.91	0.95	0.98	0.97
	Post/Main[%]	35.8	68.5	73.8	64.7	46.0	84.9	108	85.8	68.3	122	145	154
	残線量	1.8	3.7	4.4	2.6	3.6	8.1	8.7	6.2	7.0	12.9	17.4	15.0
D 昭和58年12月 9835391~ 9835413	読取り値	199.2	192.7	196.3	191.4	205.7	209.7	211.9	208.1	195.7	211.7	215.1	205.6
	[mR Cs-137 eq.]	1.00	0.96	0.98	0.96	1.03	1.05	1.06	1.04	0.98	1.06	1.08	1.03
	Post/Main[%]	45.1	94.6	96.8	71.7	47.7	116	124	77.5	70.5	167	176	115
	残線量	1.2	5.5	5.6	4.2	3.2	11.2	10.4	7.0	6.7	19.1	19.4	12.4
E 昭和59年8月 9846214~ 9846225	読取り値	202.0	195.3	203.1	202.3	200.2	203.7	209.6	210.9	186.8	197.2	204.8	204.3
	[mR Cs-137 eq.]	1.01	0.98	1.02	1.01	1.00	1.02	1.05	1.05	0.93	0.97	1.02	1.02
	Post/Main[%]	33.0	51.7	54.0	52.2	45.0	57.0	65.6	63.7	91.4	83.7	107	105
	残線量	1.4	2.1	2.3	2.3	3.8	4.5	5.5	5.4	8.2	7.4	10.3	10.4
F 昭和60年9月 9000015~ 9000027	読取り値	169.3	168.0	167.9	169.4	172.6	173.9	172.2	175.8	164.3	167.2	167.1	168.6
	[mR Cs-137 eq.]	0.85	0.84	0.84	0.85	0.86	0.87	0.86	0.88	0.82	0.84	0.84	0.84
	Post/Main[%]	34.8	36.9	35.6	34.5	35.3	37.5	38.3	37.8	52.3	51.5	57.6	57.0
	残線量	0.3	0.4	0.3	0.3	0.9	1.1	1.4	1.4	2.7	3.0	3.5	4.1

表A-4 (続き)

		12.48[V]				13.20[V]				14.20[V]			
		N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4	N1	N2	N3	N4
G リーダー校正 9820082~ 9823016	読取り値	177.2	163.3	164.0	166.0	178.6	176.7	176.7	177.6	169.1	176.1	172.3	172.5
	[mR Cs-137 eq.]	0.89	0.82	0.82	0.83	0.89	0.88	0.88	0.89	0.85	0.88	0.86	0.86
	Post/Main[%]	37.4	56.3	50.9	44.7	42.4	61.3	52.9	39.4	59.7	92.1	78.7	55.0
	残線量	1.1	1.6	1.2	0.7	2.1	3.2	2.5	1.5	4.5	7.1	5.8	4.2
H 東海標準 9822120~ 9820641	読取り値	171.5	157.5	156.3	164.9	172.4	165.2	166.8	173.1	163.6	167.2	162.6	171.9
	[mR Cs-137 eq.]	0.86	0.79	0.78	0.82	0.86	0.83	0.83	0.87	0.82	0.84	0.81	0.86
	Post/Main[%]	39.0	49.6	47.9	45.6	45.2	54.7	49.5	48.3	74.7	92.3	82.4	75.6
	残線量	0.4	0.3	0.7	0.4	1.8	1.8	1.7	2.1	3.9	6.0	5.3	4.6
I、大洗 昭和57年12月 9570714~ 9570725	読取り値	200.2	204.8	199.2	195.9	206.7	211.5	200.6	202.1	195.8	200.1	189.3	193.0
	[mR Cs-137 eq.]	1.00	1.02	1.00	0.98	1.03	1.06	1.00	1.01	0.98	1.00	0.95	0.96
	Post/Main[%]	37.4	41.0	40.6	44.7	39.3	44.2	48.2	51.6	62.0	69.4	79.9	89.3
	残線量	1.0	1.0	0.8	1.0	2.2	2.3	2.8	2.5	5.8	5.5	6.4	7.5
J、大洗 昭和58年6月 9581725~ 9581736	読取り値	207.0	186.6	188.0	191.7	209.7	198.1	197.5	201.0	195.1	193.1	194.7	194.9
	[mR Cs-137 eq.]	1.04	0.93	0.94	0.96	1.05	0.99	0.99	1.01	0.98	0.97	0.97	0.97
	Post/Main[%]	39.6	59.2	62.8	60.3	42.7	68.8	72.7	69.6	67.2	123	120	107
	残線量	0.8	1.9	2.3	2.6	2.5	4.4	4.9	5.0	5.7	10.6	11.1	10.5
K、大洗 昭和59年8月 9591892~ 9591903	読取り値	209.3	193.4	197.0	200.8	208.1	203.7	207.2	211.6	188.2	198.7	200.8	205.6
	[mR Cs-137 eq.]	1.05	0.97	0.99	1.00	1.04	1.02	1.04	1.06	0.94	0.99	1.00	1.03
	Post/Main[%]	33.2	52.4	53.2	56.4	45.0	59.6	59.4	64.1	97.9	84.6	92.9	99.8
	残線量	1.2	2.6	2.3	2.5	3.9	3.8	3.7	4.1	9.8	8.2	8.1	9.3

a. 平均読取り値 b. 照射線量に対する相対感度 c. ポスト/メインドーズ比 d. 残線量[mR <sup>137</sup>Cs eq.]

## 付録B 繰り返し測定における再現性試験の結果

測定回数	リーダー1号機				リーダー2号機			
	G1	G2	G3	G4	G1	G2	G3	G4
1	222.6 <sup>a</sup>	221.5	224.1	219.1	219.6	217.0	208.4	216.2
	5.1 <sup>b</sup>	4.4	4.1	5.9	5.0	4.5	3.8	5.7
	0.99 <sup>c</sup>	0.99	0.99	0.98	1.02	1.01	1.01	1.02
2	229.8	226.8	228.5	228.5	223.8	222.8	211.8	222.2
	5.7	5.3	4.0	4.9	5.3	4.9	3.9	5.1
	1.02	1.02	1.01	1.03	1.04	1.04	1.03	1.04
3	227.7	225.4	226.1	225.0	219.3	219.6	207.5	216.1
	5.4	4.4	4.1	4.5	5.7	4.6	3.3	6.0
	1.01	1.01	1.00	1.01	1.02	1.02	1.01	1.02
4	219.4	218.8	223.7	220.2	228.1	229.9	220.9	227.4
	5.4	4.8	4.0	4.9	5.6	3.9	4.5	4.2
	0.98	0.98	0.99	0.99	1.06	1.07	1.07	1.07
5	223.3	219.2	224.4	222.0	196.7	194.6	191.4	190.6
	5.3	5.0	4.1	4.8	7.0	5.8	4.2	7.1
	0.99	0.98	0.99	1.00	0.91	0.91	0.93	0.90
6	226.5	225.3	225.9	227.0	205.1	204.9	197.6	202.9
	5.4	5.5	3.9	5.0	7.0	5.1	4.0	6.4
	1.01	1.01	1.00	1.02	0.95	0.95	0.96	0.95
7	222.2	219.6	226.9	221.2	211.9	210.4	202.5	209.6
	4.9	4.6	4.1	5.4	6.2	4.9	3.9	6.3
	0.99	0.99	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98
8	222.0	220.5	224.2	219.4	212.6	210.4	202.9	209.0
	5.1	4.7	4.0	5.3	6.2	4.9	3.8	6.5
	0.99	0.99	0.99	0.98	0.99	0.98	0.98	0.98
9	221.5	218.4	224.5	219.0	212.5	213.4	205.7	211.3
	4.4	4.6	4.0	5.3	5.9	5.4	4.1	6.3
	0.99	0.98	0.99	0.98	0.99	0.98	0.98	0.98
10	227.9	225.0	227.0	224.1	221.3	222.2	211.2	220.6
	4.9	5.0	4.0	4.5	5.3	5.0	3.8	5.7
	1.01	1.01	1.00	1.00	1.03	1.03	1.03	1.04
11	226.4	226.3	227.9	224.6	215.3	216.4	207.8	214.3
	5.7	4.6	4.1	5.1	5.8	5.3	3.4	5.8
	1.01	1.02	1.01	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01
12	225.7	225.0	227.6	225.3	214.0	216.9	204.4	213.7
	4.0	4.9	3.8	5.2	6.4	5.1	3.8	6.2
	1.00	1.01	1.01	1.01	1.00	1.01	0.99	1.00
平均	224.6	222.7	225.9	222.9	215.0	214.9	206.0	212.8
1 $\sigma$ [%]	1.4 <sup>d</sup>	1.5	0.7	1.5	3.9	4.3	3.6	4.5

- a. 50個の線量計の平均読取り値[mR <sup>137</sup>Cs eq.]    b. 100分率標準偏差  
c. 12回の平均読取り値に対する各測定回の相対読取り値    d. 12回の読取り値の変動

## 付録C 電源投入後の感度の安定性試験の結果

- 表C-1 リーダー電源投入直後の感度の安定性試験（リーダー1、2号機）
- 表C-2 リーダー電源投入後、時間間隔をあけて連続測定した場合の感度の安定性試験（リーダー2号機）
- 表C-3 リーダー電源再投入後の感度の安定性試験（リーダー2号機）
- 表C-4 リーダー電源投入後、時間間隔をあけて連続測定した場合の感度の安定性試験（リーダー2号機）
- 表C-5 リーダー電源投入後、時間をおいて測定した場合の感度の安定性試験（リーダー2号機）
- 表C-6 終夜通電した場合の感度の安定性試験（リーダー1、2号機）

表C-1 自動リーダーの電源投入後、100個のUD-808P線量計を連続測定した場合の読取り値の変化（線量計10個毎の平均）

測定個数 (TLD番号)	リーダー1号機				測定個数 (TLD番号)	リーダー2号機			
	G1	G2	G3	G4		G1	G2	G3	G4
1~10 8847231~ 8847240	216.9 <sup>a</sup> 4.6 <sup>b</sup> 1.02 <sup>c</sup>	219.4 5.9 1.04	215.1 7.0 1.00	211.8 9.2 1.01	1~10 8847081~ 8847092	116.2 44.1 0.54	100.9 47.8 0.48	165.1 13.5 0.77	97.6 48.5 0.46
11~20 8847241~ 8847250	195.0 7.4 0.91	192.6 5.3 0.91	188.5 3.6 0.88	193.2 4.9 0.92	11~20 8847082~ 8847101	101.8 27.0 0.48	91.3 32.3 0.43	160.3 7.9 0.75	87.0 35.0 0.41
21~30 8847251~ 8847260	215.8 5.6 1.01	214.0 4.7 1.02	208.5 6.6 0.97	206.2 4.7 0.98	21~30 8847102~ 8847111	175.3 7.5 0.82	163.8 11.3 0.78	186.6 4.7 0.87	166.7 11.0 0.79
31~40 8847261~ 8847270	219.5 4.2 1.03	211.0 4.0 1.00	217.4 4.4 1.01	218.4 3.6 1.04	31~40 8847112~ 8847121	193.8 8.4 0.91	192.7 7.8 0.92	196.5 2.7 0.92	189.3 8.5 0.90
41~50 8847271~ 8847280	214.6 3.5 1.01	214.1 6.0 1.02	222.4 2.6 1.04	213.6 5.6 1.02	41~50 8847122~ 8847130	216.2 4.1 1.01	210.9 9.5 1.00	204.0 3.3 0.95	211.7 3.6 1.01
51~60 8847631~ 8847640	211.2 4.5 0.99	209.9 5.4 1.00	223.1 5.3 1.04	211.6 5.3 1.00	51~60 8847131~ 8847140	208.7 5.0 0.98	201.4 6.6 0.96	206.3 4.6 0.96	201.9 4.1 0.96
61~70 8847641~ 8847650	215.8 3.6 1.01	207.3 6.2 0.98	222.7 3.6 1.04	209.7 5.1 1.00	61~70 8847141~ 8847150	209.4 4.4 0.98	207.6 3.8 0.99	211.9 2.7 0.99	212.7 3.8 1.01
71~80 8847651~ 8847660	218.8 6.8 1.03	214.9 4.6 1.02	227.7 3.9 1.06	218.3 5.6 1.04	71~80 8847151~ 8847160	224.3 6.9 1.05	215.8 4.7 1.03	210.4 3.3 0.98	215.2 6.1 1.02
81~90 8847661~ 8847670	217.9 5.8 1.02	214.2 3.8 1.02	222.7 3.9 1.04	217.0 6.1 1.03	81~90 8847161~ 8847170	215.8 3.2 1.01	217.6 5.6 1.03	207.3 3.9 0.97	212.7 5.0 1.01
91~100 8847671~ 8847680	218.1 8.4 1.02	214.9 7.5 1.02	224.3 3.2 1.05	218.6 7.5 1.04	91~100 8847171~ 8847180	217.7 6.6 0.97	214.3 5.1 1.02	210.2 3.4 0.98	214.1 5.1 1.02

- a. 10個の元素の平均読取り値[mR <sup>137</sup>Cs eq.] b. 百分率相対偏差[%]  
c. 基準読取り値に対する相対感度

表C-2 自動リーダー電源投入後60分間放置した後で、100個のUD-808P線量計を連続測定した場合の読取り値の変化（10個毎に平均）

測定個数 (TLD番号)	リーダー2号機			
	G1	G2	G3	G4
1~10 (8847092~ 8847081)	207.5 <sup>a</sup> 7.0 <sup>b</sup> 0.97 <sup>c</sup>	196.0 7.9 0.93	213.6 4.6 1.00	193.8 7.1 0.92
11~20 (8847082~ 8847101)	201.1 5.5 0.94	189.3 5.3 0.90	207.6 3.7 0.97	189.0 7.8 0.90
21~30 (8847102~ 8847111)	207.3 7.1 0.97	201.4 5.5 0.96	205.5 3.3 0.96	204.0 4.6 0.97
31~40 (8847112~ 8847121)	210.1 7.5 0.98	208.3 7.0 0.99	203.6 2.2 0.95	208.9 8.4 0.99
41~50 (8847122~ 8847130)	228.7 4.5 1.07	221.3 7.9 1.05	208.0 3.0 0.97	218.9 3.9 1.04
51~60 (8847131~ 8847140)	217.7 4.0 1.02	210.7 4.2 1.00	212.7 4.5 0.99	212.5 6.3 1.01
61~70 (8847141~ 8847150)	217.2 5.0 1.02	217.8 4.5 1.03	215.6 2.9 1.01	220.9 5.1 1.05
71~80 (8847151~ 8847160)	228.9 5.1 1.07	220.9 4.8 1.05	213.1 3.6 0.99	222.6 5.4 1.06
81~90 (8847161~ 8847170)	225.0 3.3 1.05	224.1 4.9 1.06	209.3 3.4 0.98	218.1 6.4 1.04
91~100 (8847171~ 8847180)	222.6 6.0 1.04	219.3 6.2 1.04	211.0 3.8 0.98	217.7 5.6 1.04

- a. 10個のエレメントの平均読取り値[mR <sup>137</sup>Cs eq.]    b. 百分率相対偏差[%]  
c. 基準読取り値に対する相対感度

表C-3 自動リーダー電源再投入後、100個のUD-808P線量計を  
連続測定した場合の読取り値の変化（10個毎に平均）

測定個数 (TLD番号)	リーダー2号機			
	G1	G2	G3	G4
1~10 (8847231~ 8847240)	222.4 <sup>a</sup> 6.4 <sup>b</sup> 1.04 <sup>c</sup>	223.7 5.8 1.06	212.2 3.2 0.99	216.0 6.5 1.03
11~20 (8847241~ 8847250)	214.8 6.1 1.01	211.5 3.9 1.00	206.5 3.7 0.96	209.1 6.7 1.00
21~30 (8847251~ 8847260)	217.8 5.7 1.02	213.4 5.7 1.01	209.3 3.9 0.98	210.8 4.9 1.00
31~40 (8847261~ 8847270)	213.9 4.9 1.00	207.6 6.4 0.99	210.2 3.5 0.98	209.3 4.0 1.00
41~50 (8847271~ 8847280)	211.6 3.9 0.99	211.1 6.6 1.00	210.7 3.4 0.98	205.0 4.4 0.98
51~60 (8847631~ 8847640)	207.9 5.7 0.97	206.5 4.5 0.98	210.0 4.6 0.98	203.5 4.8 0.97
61~70 (8847641~ 8847650)	208.3 4.5 0.98	202.7 5.9 0.96	209.7 4.4 0.98	204.9 6.6 0.98
71~80 (8847651~ 8847661)	212.5 5.0 1.00	208.7 5.3 0.99	213.8 4.2 1.00	206.7 4.7 0.98
81~90 (8847662~ 8847671)	208.5 6.4 0.98	208.1 3.9 0.99	208.6 3.5 0.97	206.9 6.2 0.99
91~100 (8847672~ 8847680)	204.9 6.0 0.96	207.4 9.7 0.99	211.4 2.7 0.99	202.0 10.8 0.96

- a. 10個のエレメントの平均読取り値[mR <sup>137</sup>Cs eq.]    b. 百分率相対偏差[%]  
c. 基準読取り値に対する相対感度



表C-4 リーダー電源投入後、間隔を開けて200個のUD-808P線量計を  
連続測定した場合の読取り値の変化

経過時間 [min]	マガジン 番号	線量計 個数	リーダー2号機			
			G1	G2	G3	G4
30	M1	50	201.9 <sup>a</sup>	194.9	203.6	194.9
			10.0 <sup>b</sup>	11.5	3.6	12.1
			0.95 <sup>c</sup>	0.93	0.95	0.93
150	M2	50	220.3	217.6	212.9	218.7
			5.4	4.5	3.9	5.9
			1.03	1.03	0.99	1.04
330	M3	50	217.3	216.0	208.6	213.4
			5.2	5.9	3.7	5.5
			1.02	1.03	0.97	1.02
450	M4	50	212.7	211.4	210.7	211.2
			5.5	5.5	4.2	6.0
			1.00	1.00	0.98	1.01

- a. 10個のエLEMENTの平均読取り値[mR <sup>137</sup>Cs eq.] b. 百分率相対偏差[%]  
c. 基準読取り値に対する相対感度

表C-5 リーダー電源投入後、経過時間を変えて50個のUD-808P線量計を  
測定した場合の読取り値の変化

経過時間 [min]	マガジン No.	線量計 個数	リーダー2号機			
			G1	G2	G3	G4
150	M1	50	214.7 <sup>a</sup>	208.9	208.3	210.2
			5.5 <sup>b</sup>	5.6	3.3	6.8
			1.01 <sup>c</sup>	0.99	0.97	1.00
120	M2	50	219.2	216.5	209.5	217.3
			5.5	5.1	3.6	5.2
			1.03	1.03	0.98	1.03
90	M3	50	218.3	217.8	207.9	214.3
			5.7	5.6	3.4	5.6
			1.02	1.03	0.97	1.02
60	M4	50	205.5	200.7	204.7	201.0
			6.3	7.0	4.5	7.1
			0.96	0.95	0.96	0.96

- a. 10個のエLEMENTの平均読取り値[mR <sup>137</sup>Cs eq.] b. 百分率相対偏差[%]  
c. 基準読取り値に対する相対感度

表 C-6 終夜通電した状態で翌朝 100個のUD-808P線量計を連続測定した  
場合の読取り値の変化 (線量計10毎の平均)

測定個数 (TLD番号)	リーダー1号機				測定個数 (TLD番号)	リーダー2号機			
	G1	G2	G3	G4		G1	G2	G3	G4
1~10 8847231~ 8847240	222.7 <sup>a</sup> 6.3 <sup>b</sup> 1.04 <sup>c</sup>	223.0 6.2 1.06	223.3 2.6 1.04	222.4 6.2 1.06	1~10 8847081~ 8847092	199.6 5.7 0.94	187.1 5.2 0.89	202.9 3.3 0.95	191.0 7.9 0.91
11~20 8847241~ 8847250	222.0 5.4 1.04	216.4 4.4 1.03	218.1 4.0 1.02	217.3 6.4 1.03	11~20 8847082~ 8847101	199.5 6.7 0.94	189.4 6.0 0.90	201.5 2.7 0.94	193.8 7.7 0.92
21~30 8847251~ 8847260	224.4 3.8 1.05	227.2 5.0 1.08	222.1 4.3 1.04	219.7 5.1 1.05	21~30 8847102~ 8847111	205.7 5.3 0.96	199.5 6.7 0.95	198.1 3.8 0.92	206.9 5.8 0.99
31~40 8847261~ 8847270	219.7 5.5 1.03	215.5 3.8 1.02	221.7 3.8 1.03	223.4 4.5 1.06	31~40 8847112~ 8847121	204.1 7.7 0.96	206.4 7.4 0.98	198.8 3.0 0.93	215.0 7.1 1.02
41~50 8847271~ 8847280	219.5 5.1 1.03	216.9 6.0 1.03	223.2 2.9 1.04	215.6 4.6 1.03	41~50 8847122~ 8847130	222.9 5.1 1.05	217.2 6.0 1.03	201.6 3.9 0.94	217.9 3.8 1.04
51~60 8847631~ 8847640	212.0 4.6 0.99	215.6 5.0 1.02	220.8 5.3 1.03	218.2 7.2 1.04	51~60 8847131~ 8847140	216.0 6.9 1.01	206.1 6.4 0.98	203.5 4.1 0.95	208.0 4.2 0.99
61~70 8847641~ 8847650	217.6 3.8 1.02	210.3 6.4 1.00	221.1 4.3 1.03	217.4 4.5 1.04	61~70 8847141~ 8847150	215.7 6.4 1.01	213.0 4.7 1.01	206.0 2.9 0.96	221.5 5.5 1.05
71~80 8847651~ 8847660	218.9 8.4 1.03	214.5 3.5 1.02	224.9 4.2 1.05	219.1 4.4 1.04	71~80 8847151~ 8847160	230.0 5.7 1.08	218.5 5.3 1.04	202.7 2.9 0.95	224.7 7.1 1.07
81~90 8847661~ 8847670	220.3 5.7 1.03	217.4 7.1 1.03	218.9 3.9 1.02	221.9 4.3 1.06	81~90 8847161~ 8847170	221.9 3.6 1.04	216.3 7.2 1.04	201.1 3.4 0.94	221.2 6.1 1.05
91~100 8847671~ 8847680	222.5 6.1 1.04	214.5 8.4 1.02	222.5 2.8 1.04	226.0 4.4 1.08	91~100 8847171~ 8847180	218.7 7.5 1.03	208.8 5.7 0.99	200.8 2.9 0.94	210.5 6.5 1.00

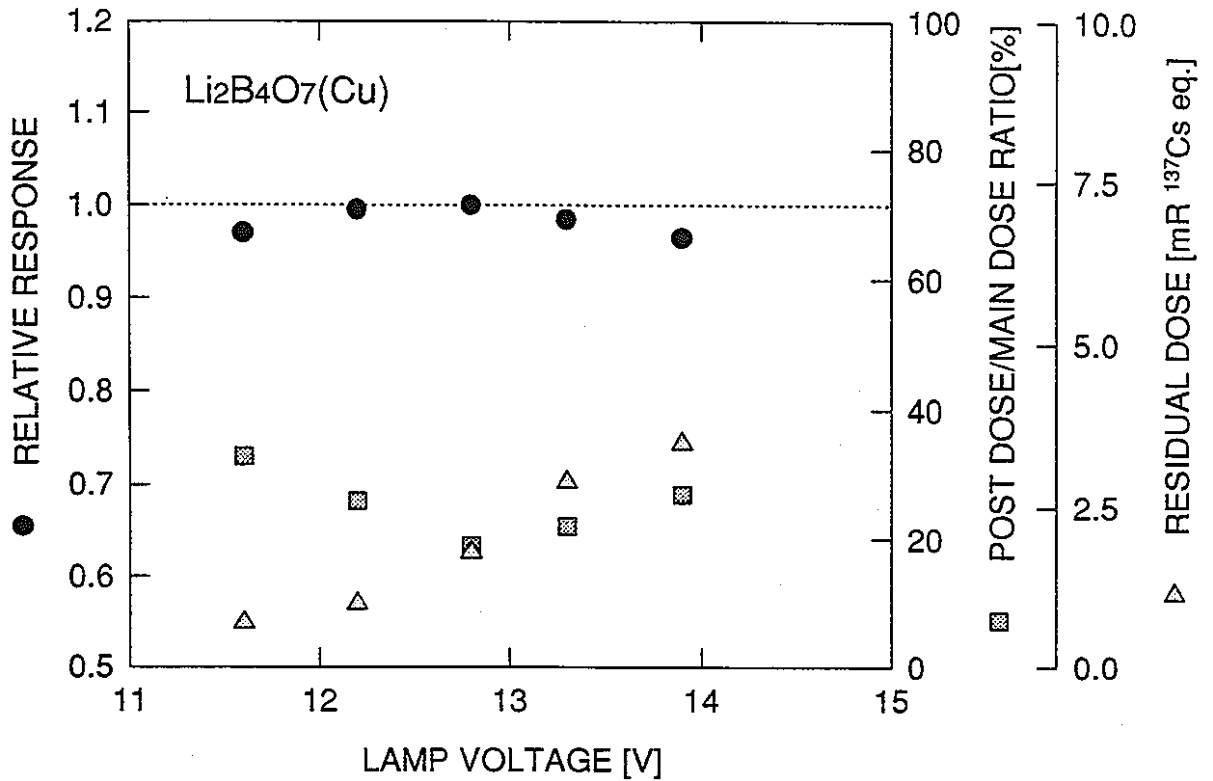
- a. 10個のエレメントの平均読取り値[mR <sup>137</sup>Cs eq.] b. 百分率相対偏差[%]  
c. 基準読取り値に対する相対感度

## 付録D 松下産業機器(株)による加熱特性試験の結果

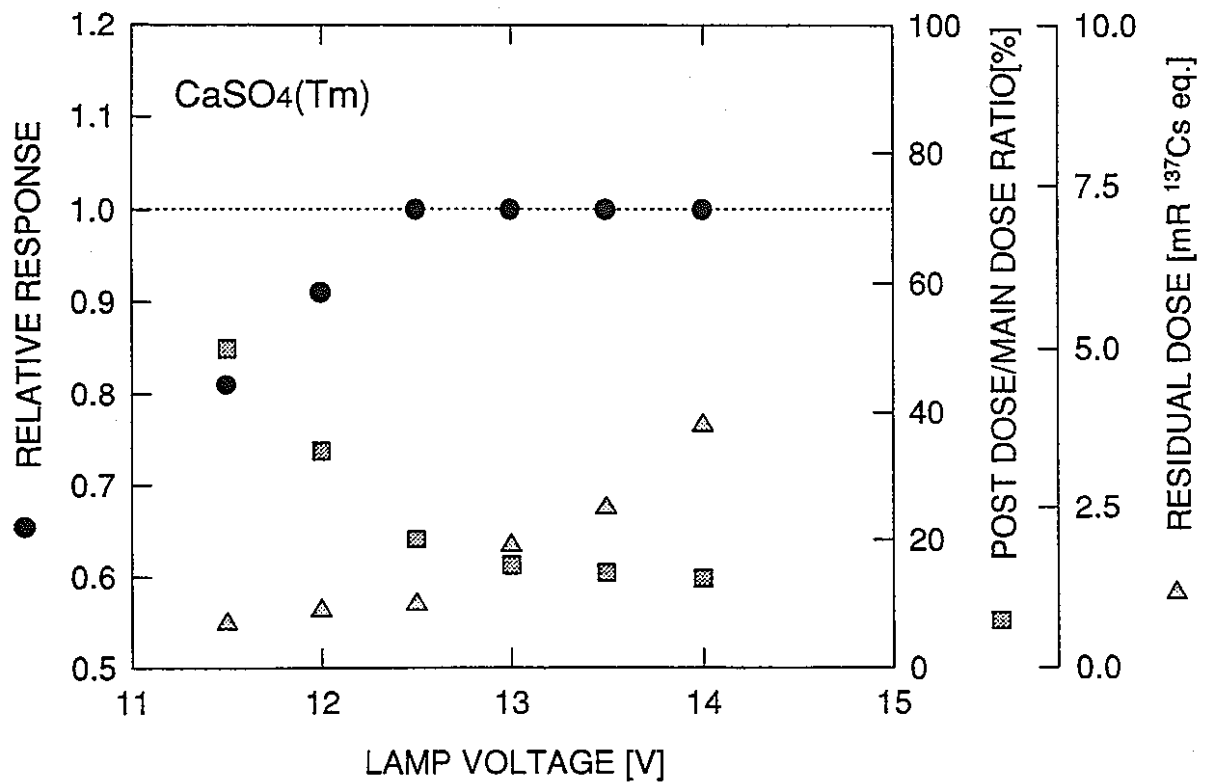
松下産業機器(株)が実施した試験の結果であり、本報告書をまとめる段階で入手した資料である。通常のランプ電圧から±2V程度まで電圧を変化させたときの、読取り値、ポストドーズ/メインドーズ比、残線量の変化を調べている。図D-1に $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$ 、図D-2に $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ の結果を示す。

松下産業機器(株)が実施した試験の結果は、第3章で示した試験結果とほぼ同様な変化の傾向を示しているものの、ポストドーズ/メインドーズ比、残線量の値が大きく異なっている。この原因については良く分からない。

また、ランプ電圧を通常の電圧より下げた場合では、読取り値は小さくなり、ポストドーズの値は逆に大きくなっている。ランプ電圧を下げたことによって加熱が弱まり、メインドーズの信号がポストドーズの領域で計数されたためと考えられる。



図D-1 Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu)素子の読取り値、ポスト/メインドーズ比、残線量のランプ電圧依存性



図D-2 CaSO<sub>4</sub>(Tm)素子の読取り値、ポスト/メインドーズ比、残線量のランプ電圧依存性