

## TL測定対象の拡大のための測定法の確立

関口 正之\*<sup>1)</sup> 中川 清子\*<sup>1)</sup> 柚木 俊二\*<sup>1)</sup> 大藪 淑美\*<sup>1)</sup>

## Development of a method to extend the range of application of thermoluminescence measurements

Masayuki Sekiguchi\*<sup>1)</sup>, Seiko Nakagawa\*<sup>1)</sup>, Shunji Yunoki\*<sup>1)</sup>, Yoshimi Ohyabu\*<sup>1)</sup>

キーワード: 照射食品, 熱ルミネッセンス, セシウム 137, コバルト 60, TL 発光比, 自己遮蔽型照射装置

Keywords: Irradiated Food, Thermoluminescence, Cesium-137, Cobalt-60, TL ratio, Self-shielding type irradiator

## 1. はじめに

現在, 照射食品の検知法として国内では熱ルミネッセンス (TL) 法及びアルキルシクロブタノン法が厚生労働省通知で公定試験法となっている<sup>(1)</sup>。また, TL 法や PSL 法では測定した同一試料に一定線量を再照射して測定する手法が組込まれており, 再照射用線源として電子線や<sup>90</sup>Sr-<sup>90</sup>Y のベータ線の利用についての研究<sup>(2)(3)</sup>や X 線の利用を検討した事例がある<sup>(4)</sup>。改定前の通知ではコバルト 60 ガンマ線と電子線のみが再照射線源とされセシウム線源には言及されていなかった。国内には関連する研究報告もなく, セシウム線源を用いた TL 試験の実用化は国内初となる。

2. <sup>137</sup>Cs ガンマ線照射装置の線量分布評価

2.1 線量分布評価方法の検討 都産技研が導入した<sup>137</sup>Cs $\gamma$ 照射装置(ポニー工業 PS-3200 型)は, 81.4TBq の線源 3 本を上部に配置し, 照射時は格納位置から線源が反転して下方の円筒状(径 300mm)の照射室に向けて照射する形式となっている。照射ステージを上下すること及び鉛板と鉄板からなる減衰板を線源と照射試料の間に配置することで幅広い線量率で照射が可能である。また, 照射ステージを回転させて照射の均一性を得ると共に, 排気ポンプやガス導入口, ケーブル孔も設けられ多様な用途に対応できる仕様となっている。本研究では, TL 試験で実施する 1kGy の校正照射及び TL 測定装置の温度校正に使用する標準 TLD(熱発光素子)への極低線量照射(0.5Gy)の照射が可能であるかどうかを検討した。また, 線源との距離の最小(最近接時)の距離は 160mm, 最大距離 570mm であるが, 線源との距離をより短くするため線量計を固定し狭い照射野で照射できる小型円盤状治具を作成し(径 130mm, 厚さ 15mm), 積層することで近接場の線量分布を調べた。線量計には, 英国物理研究所(NPL)のアラニン線量計で校正した Gamma Services 社製アラニン線量計を用い, 電子スピン共鳴装置

(日本電子 FA-200)でラジカルのシグナル波高を線量計の基準重量値(65mg)で標準化し校正曲線より線量を求めた。

2.2 <sup>137</sup>Cs ガンマ線照射装置の線量分布特性 自己遮蔽型の線照射装置は, 照射室が狭くステンレスで構成されているため散乱線の寄与も大きい。線量測定はスチール製照射ステージの上に 5mm 厚のアクリル円板を置き, その上に一定間隔で固定穴(径 6mm)をあけたアクリル円板(アラニン線量計と同じ厚さ:3mm)を載せ線量計を挿入した。さらに 2mm のアクリル円板を線量計の上に被せた状態でステージを回転照射(1回転/min)した。

照射ステージの上下方向への移動範囲は, 通常線源からの距離(高さ方向を H と表示する)が H160mm から H570mm である。この移動範囲での線量率分布の変化を図 1(a)に示す。この図から H160mm で約 500Gy/h であったものが H570mm で約 50Gy/h まで線量率が約 1/10 に減少した。また, 各位置でのステージ中央から外周へ離れるにつれ線量が減少する傾向を示した。TL 試験の校正照射では 1kGy の照射に対して $\pm 5\%$ 以内での照射が要求される。H160mm~200mm では中央から 50mm 以内, H250mm では 75mm, H300~350mm では 100mm, H400~570mm では 125mm 以内で照射しなければならないことがわかった。

より高線量の照射又は短時間照射を実現するため照射ステージの上昇限度(H160mm)より線源に近い近接領域(H83.5mm~H158.5mm)の線量分布を特殊な治具を用いて測定した(図 1(b))。

最近接位置(H83.5mm)では中央で約 1.5kGy/h の線量率が得られることがわかった。 $\pm 5\%$ の精度で目標線量を照射する場合, H83.5mm では中央から 25mm 以内, H98.5mm で 35mm, H113.5mm~H158.5mm では 50mm の範囲に限られることがわかった。一方, TL 装置の校正用に使用する標準 TLD 素子への照射は低線量であるため, 下限位置(H570mm)において各種減衰板を使用し線量率分布を求めた(図 1(c))。遮蔽板がない状態に比べて, 遮蔽能力の高い減衰板を入れるにしたがい $\gamma$ 線は減衰し, 最も高い遮蔽能力のある鉄板

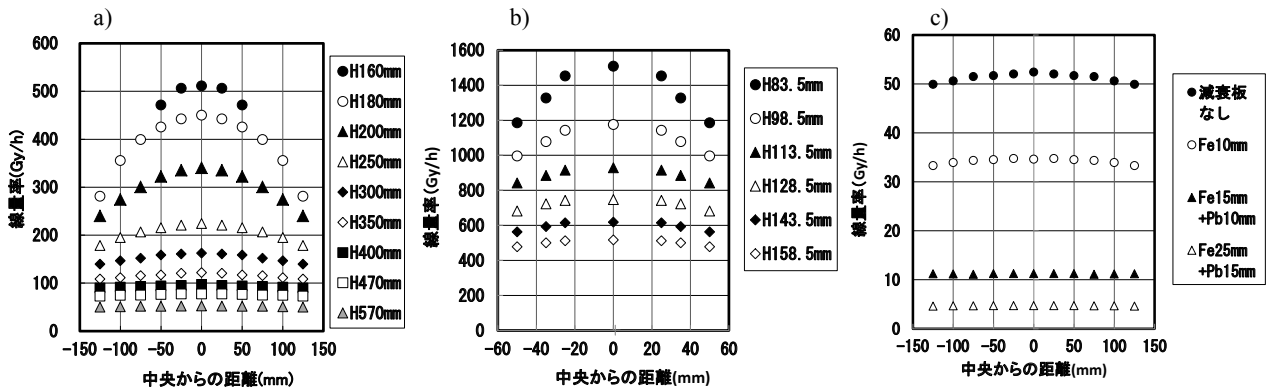


図1. 線源からの各距離 (H) の線量率分布 (a:通常照射, b:近接場照射, c:低線量照射 [H570mm での分布])

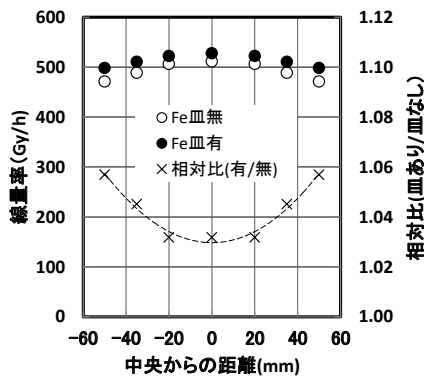


図2. TL 試料皿の吸収線量への影響(H1600mm での線量率分布)

25mm+鉛板15mmでは約4.7Gy/hまで線量率が低減し、0.5Gyを約6分20秒で照射できることがわかった。減衰板使用時はいずれも中央から125mmに至る範囲で目標線量に対して5%以内での照射が可能であった。

なお、実際のTL測定ではステンレス製試料皿を使用するため試料皿からの後方散乱線による線量増加が考えられる。図2は、H1600mmで試料皿の有無の場合に線量がどのように変化するかを示す。試料皿が有る場合は皿が無い場合に比べ中央で3.2%、中央から50mmの位置で5.7%線量が増加するため、全体としての線量が増加する。しかし、分布の均一性は改善された。

### 3. 標準 TLD 素子及び鉍物試料の TL 発光特性と線源間の比較

TL測定において照射線源がTL発光曲線に与える影響を調べるためTLD素子(TLD100とTLD800)及び鉍物質(DolomiteとRhyoliteを試料皿に約0.3mg均一に載せたもの)を用意した。アトックス株式会社の<sup>60</sup>Co線源と独立行政法人放射線医学総合研究所(以下、放医研)及び都産技研の<sup>137</sup>Cs線源でTLDには0.5Gy、鉍物質には1kGyを照射し昇温速度6°C/secで50-400°Cの温度範囲でTL測定を行った。表1に試料の発光ピーク温度を表2に積算発光量を示す(ただし、同時作製試料ではあるが照射時期が異なる)。

ピーク温度は<sup>60</sup>Coと<sup>137</sup>Csでほぼ同等であったが、Dolomiteでやや差が認められた(表1)。積算発光量はTLD

表1. TLD素子と鉍物質の発光ピーク温度の比較(n=10)

線源	<sup>60</sup> Co (Atok)	<sup>137</sup> Cs (放医研)	<sup>137</sup> Cs (都産技研)	
TLD-100	Peak2	140.0±5.0	141.4±4.7	142.3±1.8
	Peak5	232.4±4.9	234.2±4.8	234.9±2.1
	Peak6	291.9±5.1	295.1±5.1	296.4±2.6
TLD-800	Peak	175.7±1.3	176.3±4.3	179.7±2.4
DolomiteE42	G2_Peak	259.8±1.0	254.7±0.9	251.9±1.3
RhyoliteJR2	G2_Peak	212.8±2.9	210.0±3.5	210.3±1.7

表2. TLD素子と鉍物質の積算発光量(nA)の比較(n=10)

線源	<sup>60</sup> Co (Atok)	<sup>137</sup> Cs (放医研)	<sup>137</sup> Cs (都産技研)
TLD-100	14394±470	16355±690	14552±611
TLD-800	95.3±4.9	108.7±4.3	108.6±3.9
DolomiteE42	15609±726	14082±1498	14239±942
RhyoliteJR2	2920.2±91.4	3656.8±538.2	3021.2±131.4

\*表1及び表2共にTLD素子には0.5Gy、鉍物質には1kGyを照射した。

及びRhyoliteで<sup>137</sup>Csγ線の照射時に高く、特に放医研<sup>137</sup>Csγ線照射ではTLD100とRhyoliteで<sup>60</sup>Coに比べ発光量が大きくなる傾向を示した(表2)。なお、TLD800は発光量が小さいため線量を増加し再評価する必要があった。

### 4. まとめ

自己遮蔽型<sup>137</sup>Csガンマ線照射装置の照射野全域の線量分布特性及び4.7Gy/hから1.5kGy/hの条件で照射できることを明らかにした。TL測定では鉍物質の校正照射及び装置温度校正に使用するTLD素子の照射条件を求めた。

減衰板を使用し低線量を照射したTLDや校正照射した鉍物質は、<sup>137</sup>Cs線源と<sup>60</sup>Co線源でほぼ同等のTL発光特性を示した。また、厚労省通知<sup>1)</sup>が規定する温度校正試験を<sup>137</sup>Cs線源でも<sup>60</sup>Co線源と同等に実施できることがわかった。

(平成24年5月18日受付、平成24年7月6日再受付)

### 文 献

- (1)食安発0330第3号「放射線照射された食品の検知法について」、平成22年3月30日(厚生労働省医薬食品局安全部長)
- (2)Christiane Soika and Henry Delinnee: Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie Volume 33, Issue 6, September 2000, pp.431-439.
- (3)Christiane Soika and Henry Delinnee; Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie Volume 33, Issue 6, September 2000, pp.440-443.
- (4)坂部 寛, 森 良種, 齊藤 希巳江, 等々力 節子, 食品衛生学雑誌:Vol. 52, No. 1 pp.18-23 (2011)