

JAERI-M  
90-217

TLDを用いた積雪期間中の環境 $\gamma$ 線  
線量率の減衰の測定

1990年12月

坂本 隆一・斎藤 公明・長岡 鋭  
堤 正博・森内 茂

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。  
入手の間合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）  
あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11茨城  
県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.  
Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division, Department  
of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun,  
Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1990

---

編集兼発行 日本原子力研究所  
印刷 日立高速印刷株式会社

TLDを用いた積雪期間中の環境 $\gamma$ 線線量率の減衰の測定

日本原子力研究所東海研究所環境安全研究部

坂本 隆一・斎藤 公明・長岡 鋭

堤 正博・森内 茂

(1990年11月8日受理)

積雪による居住環境中の環境ガンマ線の変動に関する定量的な解析を行なう目的でTLDを用いた調査を実施した。昭和62年度に新潟県長岡市で無雪時、積雪時に野外及び屋内にTLDをそれぞれ3カ月設置し、積算線量を測定した。これから積算線量の線量透過率(無雪時に対する積雪時の線量比を線量透過率と定義する)を算出した。4地点の野外および屋内での調査から、同地域の野外における3カ月間(昭和62年12月~昭和63年3月)の平均線量透過率は0.54~0.67、屋内における平均線量透過率は0.73~0.95となった。本調査では、公表されている積雪データから推定される長岡市の野外での平均線量透過率についても検討を行なった。TLD調査期間の積雪データから平均線量透過率を推定した値は0.54となった。この地域での居住環境の野外における測定から得た平均線量透過率は、積雪データから推定される値に比べ最大20数%大きい値を示す結果となった。次に、積雪が及ぼす屋内線量への影響について検討を行なった。一般に毎年積雪量は異なるが、屋内における線量は、この積雪量の違いによる影響が小さいことがわかった。また、積雪データからの平均線量透過率の算出に用いる積雪密度の値について検討を行ない、 $0.3\text{g}/\text{cm}^3$ という値が適当であることがわかった。昭和60年度の積雪データに基づく新潟県内での平均線量透過率分布について試算を行ない、年間の平均線量透過率は0.6~1.0となることがわかった。

Measurement of the Reduction of Terrestrial Gamma-ray  
dose Rates by the Snow Cover using TL-dosimeters

Ryuichi SAKAMOTO, Kimiaki SAITO, Toshi NAGAOKA  
Masahiro TSUTSUMI and Shigeru MORIUCHI

Department of Environmental Safety Research  
Tokai Research Establishment  
Japan Atomic Energy Research Institute  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received November 8, 1990)

The objective of the investigation is to make clear the effect of the snow cover on environmental gamma-ray field. The reduction in the natural terrestrial gamma-ray dose rate due to snow cover was measured by TL-dosimeters. The measurements were performed in autumn before snowfall and in winter from September 1987 through March 1988 in Nagaoka city, Niigata prefecture. The dosimeters were set at four points, both outside and inside of the houses, for three months. The penetration factors (ratios of terrestrial gamma-ray dose accumulated during snow covered period to those during snow free period) were 0.54-0.67 in the open field, and 0.73-0.95 in the houses. According to theoretical calculation by the Monte Carlo method and the published snowfall data, the corresponding penetration factor was estimated at 0.54 in an ideal open field. As a result, the measured penetration factors were larger than calculated one by 24% at maximum. The variation of dose rate inside houses by the difference of the amount of snow fall has been investigated. In general, though the amount of snow fall changes every year, dose rates inside the house were proved to be affected little by them. And, the optimum value of snow density which adapted for inference of penetration factor was found to be  $0.3\text{g/cm}^3$ . The penetration factors inferred from snowdepth data for the year distributed between 0.6 and 1.0 in winter from November 1985 through April 1986 in Niigata prefecture.

Keywords: Gamm-ray, Dose Rate, Snow Cover, TL-dosimeters, Environment,  
Measurement, Reduction, Japan

## 目 次

1. 序 .....	1
2. 調査の方法ならびにデータ処理 .....	2
2.1 調査の方法 .....	2
2.2 データ処理法 .....	3
3. 積雪データ公表値からの地殻ガンマ線線量透過率の推定 .....	8
4. 測定結果 .....	10
4.1 無雪時における積算線量 .....	10
4.1.1 フェーディング効果 .....	10
4.1.2 宇宙線寄与分の評価 .....	10
4.1.3 輸送中・保管中の積算線量値の評価 .....	11
4.1.4 無雪時における積算線量の評価 .....	11
4.2 積雪時における積算線量 .....	12
4.2.1 フェーディング効果 .....	12
4.2.2 宇宙線寄与分の評価 .....	12
4.2.3 輸送中・保管中の積算線量値の評価 .....	12
4.2.4 積雪時における積算線量の評価 .....	12
4.3 線量率調査結果 .....	13
5. 考察 .....	17
6. 結言 .....	29
謝辞 .....	29
参考文献 .....	29

## Contents

1. Introduction .....	1
2. Methods of the investigation and procedures of data processing .....	2
2.1 Methods of the investigation .....	2
2.2 Procedures of the data processing .....	3
3. Penetration factor inferred from snow depth data .....	8
4. Results of measurements .....	10
4.1 Results of accumulated dose in the snow free season .....	10
4.1.1 Examination of fading .....	10
4.1.2 Estimation of contribution from cosmic ray .....	10
4.1.3 Estimation of dose during storage and transit .....	11
4.1.4 Evaluation of accumulated dose of TLDs placed in the fields in the snow free season .....	11
4.2 Results of accumulated dose in the snow covered season .....	12
4.2.1 Examination of fading .....	12
4.2.2 Estimation of contribution from cosmic ray .....	12
4.2.3 Estimation of dose during storage and transit .....	12
4.2.4 Evaluation of accumulated doses of TLDs placed in the fields in the snow free season .....	12
4.3 Results of dose rate measurements in the snow free season and in the snow covered season .....	13
5. Discussion .....	17
6. Conclusion .....	29
Acknowledgement .....	29
References .....	29

## 1. 序

自然放射線による国民線量評価を行うため、原研ではいろいろの居住環境下での自然放射線測定を行ない、その特性の解明、線量率データの蓄積を行なっている。この研究の一環として、積雪が自然放射線に与える影響を調査<sup>(1)</sup>してきたが、本報告は昭和62年度に行なったTLDを用いた調査の結果をまとめたものである。

環境放射線場は、地殻ガンマ線、宇宙線、空气中放射性ガスからの放射線、人工構造物からの放射線等から構成される。これらを変動させる要因はいくつか考えられるが、その重要なものの一つとして積雪がある。積雪は、地殻ガンマ線を遮蔽し、この量が変わることにより環境ガンマ線のレベルが大きく変動する。広い積雪地帯をもつ日本では大きな影響を与える。

本調査の目的は、積雪による野外および屋内の環境放射線場の変動の解明である。これまで積算線量におよぼす積雪の効果についてはあまり検討されていない。本調査ではTLDを用い、実環境での無雪時・積雪時の積算線量を測定し、積雪による地殻ガンマ線の減衰の程度について検討した。また、調査地域の公表積雪データと地殻ガンマ線の線量率の減衰のシミュレーション計算（モンテカルロ計算<sup>(2)</sup>により得た積雪水量と地殻ガンマ線の減衰の関係）から、調査期間中の積雪水量による地殻ガンマ線の平均線量透過率の推定を試みた。実測値と推定値の比較検討により、実測による値と推定による値の違いについて明確にした。さらに、推定による方法で調査地域（長岡市）の過去の積雪データに基づく地殻ガンマ線の減衰および新潟県全域についての積雪データからの地殻ガンマ線の減衰について検討した。これらについて報告を行なう。



## 2. 調査の方法ならびにデータ処理

### 2.1 調査の方法

積雪の無い時期（昭和62年9月～昭和62年12月）と積雪のある時期（昭和62年12月～昭和63年3月）に、野外と屋内のそれぞれにTLD配置をする方法により調査した。調査を行なうためのTLD測定の準備、配置場所の決定などは以下のとおりとした。TLDによる測定を行なうために、事前処理としてアニーリング（450°Cで20分間）を行なう。また、測定用TLDのほかにはフェーディング評価用<sup>\*1)</sup>および輸送・保管中の線量評価のためのコントロール用TLD<sup>\*2)</sup>の準備をした。TLD調査に適した場所の条件として、野外は建物から数m離れた平坦な場所（地上1m高）、屋内は居住者が長い時間生活する居間などの場所であることとした。今回、調査に用いたTLD素子の種類は大日本塗料（株）製（現在、（株）化成オプトニクス）の $Mg_2SiO_4(Tb)$ 素子である。

以下に、無雪時および積雪時におけるこれらの実施日など調査の詳細を記す。

#### (1) 実験手順

雪のない時期と雪のある時期に、野外と屋内のそれぞれにTLDを置いた。実験の手順は以下に示すとおりである。

① TLDを置く場所の決定	(9月初)	
② TLDの配置	(9月中)	
↑		
測定	(9～11月)	無雪時
↓		
③ TLDの回収	(12月初)	
④ TLDデータの読取り	(12月)	
⑤ TLDの配置	(12月初)	
↑		
測定	(12～3月)	積雪時
↓		
⑥ TLDの撤収	(3月)	
⑦ TLDデータの読取り	(3月)	

#### \* 1) フェーディング評価用TLD

積算線量が時間の経過とともに若干減少するため、高精度の測定を行なう場合はフェーディングの補正が必要である。フェーディングの程度を調べるために、アニーリング済みのTLDに既知線量を照射し、測定期間中、コントロール用とともに配置されるTLD。

#### \* 2) コントロール用TLD

TLD測定において、測定期間中の宇宙線および自己照射寄与をまとめて評価する目的で鉛箱内（厚さ5cm以上）に設置されるTLD。

無雪時の配置の事前処理としては、使用する全TLDのアニーリングを行ない、さらに、フェーディング調査用のTLDには予め既知量（276 $\mu$ Gy）の照射を行ない、各配置場所に配置した。コントロール用TLDは原研東海および新潟衛研の鉛箱等に配置した。配置は現地への保管箱の設置作業が伴うため、直接、自動車による運搬を行ない、回収は郵送により行なった（Table 2.1 参照）。

積雪時配置の事前処理等は無雪時と同様に行なった。配置は郵送により行ない、回収は現地からの撤収作業を伴うため、直接、自動車による運搬方法で行なった（Table 2.1 参照）。

## (2) 配置場所・本数

調査には18セットのTLDを使用した。このうち、環境ガンマ線測定用（5箇所）として1箇所当り野外1セット屋内1セットの計2セットを配置した。1セット当りのTLD使用本数は4本、1本当りの素子数は2個である。Table 2.2に、配置目的と配置場所の内訳を示す。

## 2.2 データ処理法

読取り装置の校正は標準照射したTLDで測定の都度行なう必要がある。照射線量と読取り値は比例し直線関係にあるが、通常、これらの値は一致しない。また、この直線はプレドーズ<sup>\*1)</sup>のためゼロ点を通らない場合が多い。このため読値の補正をしなければならない。直線の傾きを直線係数 $a$ 、直線の切片をプレドーズ $P$ として、次に述べる(1)により算出し、(2)により配置TLDの読値補正をした。

### (1) TLDおよび読取り装置の校正

1配置点当りの使用素子数が多くないのと使用素子の感度にバラツキがあるため、次の方法により感度 $S_j$ を求め、読値を補正した。ここで感度とは、素子全体に同一量の照射を行ない、素子全体の読値平均で各々の素子の読値を規格化して得た相対感度を意味する。以下、順に感度、プレドーズ及び直線係数の求め方について説明する。

#### 【感度】

感度を求めるために素子全てに同一量の照射を行ない、読値の平均 $\bar{R}_j$ を求める。

$$\bar{R}_j = \Sigma (R_{ij} - P) / I \quad (2.1)$$

ここに、 $P$ はプレドーズ

$R_{ij}$ はTLD素子読値

$I$ は全素子数

$i$ は各素子

$j$ は線量のパラメータ

#### \* 1) プレドーズ

アニーリング直後のTLDを読取り装置で読取ってもある程度の線量を示す。これをいう。これは、読取り装置に使用されている光電子増倍管の暗電流、ヒータの熱線に原因する寄与からなる。読取り装置は回路的にこの値がゼロに近い値になるように調整されている。

標準照射の線量は  $870 \mu\text{Gy}$  以上、 $P$  は  $4 \mu\text{Gy}$  程度である。したがって、 $R_{ij} \gg P$  であるから、(1) は次のようになる。

$$\bar{R}_j \approx \Sigma R_{ij} / I \quad (2.2)$$

素子毎の感度  $S_i$  は以下により求める。

$$S_i = (R_{ij} - P) / \bar{R}_j \quad (2.3)$$

ここで、 $R_{ij} \gg P$  とすると、

$$S_i \approx R_{ij} / \bar{R}_j \quad (2.4)$$

【 プレドーズ  $P$  および直線係数  $a$  の求め方 】

使用した TLD を 5 グループ (A ~ E) に分け、各グループに  $10 \sim 700 \mu\text{Gy}$  の範囲の異なる線量の標準照射 (それぞれ、 $R_{0A}, R_{0B}, R_{0C}, R_{0D}, R_{0E}$  とする) を行ない、素子毎に読取る。素子毎の感度補正を行なった後のグループ毎の読値平均  $\bar{R}_{pj}$  は、次式で求まる。

$$\bar{R}_{pj} = \Sigma ((R_{ij} - P) / S_i + P) / I = c_j + P \cdot d_j \quad (2.5)$$

ここに、

$$c_j = \Sigma R_{ij} / S_i / I$$

$$d_j = \Sigma (1 - 1 / S_i) / I$$

照射量に対するグループ毎の読値平均を 5 組 ( $(R_{0A}, \bar{R}_{pA}), (R_{0B}, \bar{R}_{pB}), (R_{0C}, \bar{R}_{pC}), (R_{0D}, \bar{R}_{pD}), (R_{0E}, \bar{R}_{pE})$ ) を求め、最小二乗法により回帰直線を求める。

回帰方程式を

$$\bar{R}_{pj} = a \cdot R_{0j} + P \quad (2.6)$$

とし、残差を  $\varepsilon_j$  とすると、

$$\varepsilon_j = \bar{R}_{pj} - a \cdot R_{0j} - P$$

$$= c_j + P \cdot d_j - a \cdot R_{0j} - P \quad (2.7)$$

となる。残差  $\varepsilon_j$  に  $R_{0j}$  の逆数の重み付けしたものの平方の和

$$Q = \Sigma (c_j / R_{0j} - a - P(1 - d_j) / R_{0j})^2 \quad (2.8)$$

を最小にする  $a$ 、 $P$  を求めると、

$$a = (W_1 \cdot V_2 - W_2 \cdot V_1) / (W_1 \cdot V_3 - W_3 \cdot V_1) \quad (2.9)$$

$$P = (W_2 \cdot V_3 - W_3 \cdot V_2) / (W_1 \cdot V_3 - W_3 \cdot V_1) \quad (2.10)$$

ここに,

$$V1 = \sum (1-d_j) / R_{0j}$$

$$V2 = \sum C_j / R_{0j}$$

$$V3 = \sum$$

$$W1 = \sum (1-d_j)^2 / R_{0j}^2$$

$$W2 = \sum (1-d_j) \cdot c_j / R_{0j}^2$$

$$W3 = V1$$

標準偏差は、以下のとおり。

$$\begin{aligned} \sigma_a = & (\sum (\partial P / \partial C_j)^2 \cdot \sigma_{C_j}^2 + \sum (\partial P / \partial d_j)^2 \cdot \sigma_{d_j}^2 \\ & + \sum (\partial P / \partial R_{0j})^2 \cdot \sigma_{R_{0j}}^2)^{0.5} \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned} \sigma_p = & (\sum (\partial a / \partial C_j)^2 \cdot \sigma_{C_j}^2 + \sum (\partial a / \partial d_j)^2 \cdot \sigma_{d_j}^2 \\ & + \sum (\partial a / \partial R_{0j})^2 \cdot \sigma_{R_{0j}}^2)^{0.5} \end{aligned} \quad (2.12)$$

## (2) 配置 TLD の線量評価

配置した TLD の素子毎の感度補正を行なった後の配置場所毎の読値平均 ( $\bar{R}_{pj}, \sigma_j$ ) を求める。以上から線量および標準偏差値 ( $D, \sigma$ ) は次のようになる。

$$D = (\bar{R}_{pj} - P) / a \quad (2.13)$$

$$\sigma = (\sigma_j^2 / a^2 + \sigma_p^2 / a^2 + (\bar{R}_{pj} - P)^2 \cdot \sigma_a^2 / a^4)^{0.5} \quad (2.14)$$

Table 2.1 Time table of measurements  
TLD配置メモ

Location	Date of setting up	Date of withdrawal	Measuring time	Transit time	Storage time	Date of annealing
NPRL <sup>a)</sup>	62.9.16	62.12.7	1968h	192h	120h	62.9.11
Snow free sea- Measuring points in Nagaoka c.	62.9.16	62.12.9	2016h	216h	48h	62.9.11
son JAERI <sup>b)</sup>	62.9.12	62.12.16	0h	0h	0h	62.9.11
NPRL	62.12.7	63.3.15	2352h	144h	144h	62.9.11
Snow covered sea- Measuring points in Nagaoka c.	62.12.9	63.3.14	2280h	216h	144h	62.9.11
son JAERI	62.11.27	63.3.17	0h	0h	0h	62.9.11

Dose for standard irradiation: 276( $\mu$ Gy)

NPRL<sup>a)</sup> : Niigata Prefectural Research Laboratory for Health and Environment.

JAERI<sup>b)</sup> : Japan Atomic Energy Research Institute

Table 2.2 Objectives and locations of measurements  
TLDの配置地点

Objective of measurements	Number of TLD sets	Location	Remark
Terrestrial gamma ray (indoor and outdoor)	10 sets	NPRL <sup>a)</sup> NHC <sup>b)</sup> CAPC <sup>c)</sup> Kosone cho in Nagaoka c. Midori cho in Nagaoka c.	
Control	4 sets	in the Pb box at JAERI <sup>d)</sup> in Tokai v. in the Pb box at NPRL in Niigata c.	thickness : 10cm thickness: 5~10cm
Fading	4 sets	Pb box at JAERI in Tokai v. outdoor at NPRL in Niigata c.	

NPRL<sup>a)</sup> : Niigata Prefectural Research Laboratory for Health and Environment.  
 NHC<sup>b)</sup> : Niigata Prefectural Nagaoka Health Center.  
 CAPC<sup>c)</sup> : Chuetsu Animal protection Center  
 JAERI<sup>d)</sup> : Japan Atomic Energy Research Institute

### 3. 積雪データ公表値からの地殻ガンマ線線量透過率の推定

#### (1) 積雪データ

Table 3.1 に示す長岡市と新潟県における公表積雪データ<sup>(3)(4)(5)(6)(7)</sup>を収集した。

#### (2) 積雪データ処理

##### 【積雪密度】

前述の長岡における積雪の断面観測資料<sup>(6)</sup>から月毎の積雪全層平均密度を求めた。これには毎日の積雪全層の平均密度が報告されている。実験期間中の長岡市における積雪密度には、これから月毎の平均値として求めた積雪全層平均密度を用いた。

##### 【線量透過率】

前述の降積雪観測表（長岡国道工事事務所：昭和35年12月～昭和63年3月）データと上述の月毎の積雪全層平均密度を用い、TLD配置期間中の平均線量透過率の算出を行なった。すなわち、これらのデータから積雪深を積雪水量に換算した量を求め、さらに地殻ガンマ線の積雪水量による線量率の減衰の計算結果（モンテカルロ計算<sup>(2)</sup>によるシミュレーション結果に基づいて得た積雪水量と地殻ガンマ線の減衰の関係）を用いて、毎日の線量透過率を求める。これをTLD配置期間中についての積算を行ない、次式による比C（積雪による冬期間の地殻ガンマ線の平均線量透過率）を求め、TLD調査結果と比較するデータとした。

$$C = \frac{1}{\sum_{i=1}^I} C_{si} / I$$

ここに、 $C_{si}$  は積雪時の  $i$  日における線量透過率

$I$  は調査期間日数である

Table 3.1 Published snow depth data in Nagaoka city and Niigata prefecture  
公表積雪データ一覧

Publishers	Contents
日本気象協会新潟センター	新潟県気象月報 昭和62.11～昭和63.4
北陸地方建設局長岡国道工事事務所	降積雪集計表 (昭和35年度～昭和56年度) (昭和57年度～昭和59年度) 降積雪観測表：長岡国道工事事務所 (昭和35.12～昭和63.3)
科技厅国防科学技術センター	長岡における積雪の断面観測資料 (1983-1984、1984-1985、1985-1986、 1986-1987) 長岡における積雪観測資料 (1964-1976、1976-1978、1978-1979、 1979-1980、1980-1981、1981-1982、 1982-1983、1983-1984、1984-1985、 1986-1987)
新潟県	新潟県降積雪及び気温観測・調査 報告書 昭和59年度 昭和60年度 昭和61年度



## 4. 測定結果

### 4.1 無雪時における積算線量

#### 4.1.1 フェーディング効果

フェーディングのチェックのために東海研および調査地域内の新潟衛研に照射済みのTLDの配置を行なった。

##### (1) 東海研におけるフェーディングの検討

鉛箱内に配置した照射済みフェーディング調査用TLDの測定結果から、鉛箱内に配置したコントロール用TLDの測定結果を差し引くと  $297 \pm 9 \mu\text{Gy}$  となった。したがって、照射値  $276 \mu\text{Gy}$  に対する読取り値の比は  $1.07 \pm 0.03$  となり、東海研に配置したTLDについてのフェーディング効果の補正は必要ないと判断した。

##### (2) 新潟衛研におけるフェーディングの検討

フェーディング調査の目的で、野外に照射済みTLDを配置し、同時に配置した野外調査用TLDの測定結果を用いて検討を行なった。

野外に配置した野外調査用TLDの測定結果は  $185 \pm 14 \mu\text{Gy}$  となった。照射線量評価値は野外に配置した照射済みフェーディング調査用TLDの測定結果から、野外に配置した野外調査用TLDの測定結果を差し引き  $264 \pm 19 \mu\text{Gy}$  となった。照射値  $276 \mu\text{Gy}$  に対する読取り値の比は  $0.96 \pm 0.07$  となり、新潟衛研に配置したTLDについてのフェーディング効果の補正は必要ないと判断した。

#### 4.1.2 宇宙線寄与分の評価

本調査の鉛箱内でのTLD測定値（宇宙線寄与と自己照射寄与の合計）が以前に行なった実験<sup>(8)</sup>の結果と同様になるか確認するため、およびTLD測定値に含まれる輸送期間中の線量評価を行なう目的で鉛箱内での測定を行なった。これらの結果について、以下に示す。

##### (1) 東海研における鉛箱内測定値

鉛箱内に配置したコントロール用TLDの測定結果は自己照射分を含めて  $46.3 \pm 3.0 \mu\text{Gy}$  となった。したがって、配置期間中の鉛箱内での平均線量率は  $20.3 \pm 1.3 \text{ (nGy/h)}$  となる。鉛箱内宇宙線硬成分寄与分はこの平均線量率から自己照射寄与<sup>(8)</sup>  $6.3 \pm 1.1 \text{ (nGy/h)}$  を除いて  $14.0 \pm 1.7 \text{ (nGy/h)}$  となる。

##### (2) 新潟衛研のコントロールTLD保管場所でのTLDに対する線量率寄与の検討

場所により、TLDに対する宇宙線成分の量は異なる。ここでは、3~60 MeVの範囲の3"φ球形NaI(Tl)検出器による吸収エネルギーに対するTLDの宇宙線硬成分寄与の関係から、新潟衛研の鉛箱内のTLDに対する宇宙線寄与を推定した。

新潟衛研の鉛箱内での宇宙線寄与分の評価の目的で、NaI(Tl)検出器を用いた測定を実施した。鉛箱（TLD保管場所）の厚さは5~10 cmであり、我々が3"φ球形NaI(Tl)検出器に

より得た宇宙線スペクトルのエネルギー上限は48MeVである。このため、3～60MeVの範囲の吸収エネルギーを推定し、さらに、このエネルギー範囲の吸収エネルギーに対するTLDの宇宙線硬成分寄与の関係から、新潟衛研の鉛箱内でのTLDに対する宇宙線硬成分の算出を行なう。以下では本調査とは別に以前に行なった実験<sup>(9)</sup>から得たデータを用いて検討を進める。

エネルギー幅が $25 < E < 60$  MeVの場合、3"φ球形NaI(Tl)検出器の宇宙線吸収エネルギーは遮蔽厚5～15cmの範囲では厚さによる依存性が小さい。また、この範囲の厚さにおける25～45MeVと25～60MeVのエネルギー範囲での吸収エネルギー比は0.9：1.0である。

新潟衛研での25～45MeVのエネルギー範囲での吸収エネルギーは10.6 MeV/secであるため、25～60MeVの範囲の吸収エネルギーは、11.8 MeV/secとなる。

次に、25～60MeVの範囲の吸収エネルギーから3～60MeVの範囲の吸収エネルギーを推定する。3"φ球形NaI(Tl)検出器に対する鉛厚5～20cmでの25MeV以上と3MeV以上での吸収エネルギーの吸収エネルギー比は1：1.42であるため、3～60MeVの範囲の吸収エネルギーは16.8 (MeV/sec)となる。

3"φ球形NaI(Tl)検出器の吸収エネルギーに対するTLDの宇宙線硬成分寄与の関係は $0.785 \pm 0.080$  (nGy/h / MeV/sec)であるため硬成分推定値は $13.2 \pm 1.3$  (nGy/h)となる。

また、 $Mg_2SiO_4$  (Tb)素子の自己照射寄与分<sup>(8)</sup>は $6.3 \pm 1.1$  (nGy/h)である。したがって、NaI(Tl)検出器を用いた測定から推定した新潟衛研のTLD保管場所でのTLDに対する宇宙線硬成分と自己照射の線量率寄与は、 $19.5 \pm 1.7$  (nGy/h)となる。

#### 4.1.3 輸送中・保管中の積算線量値の評価

TLDの輸送中・保管中の線量評価を行なった。これらの結果について、以下に示す。

##### (1) 新潟衛研と原研東海間

新潟衛研鉛箱内での宇宙線硬成分と自己照射の線量率寄与の推定値は、配置時間を1968 hとすると、4.1.2項の値を参照して積算線量で $38.3 \pm 3.2$  (μGy)となる。コントロール用TLDの読取り値は $58.1 \pm 8.7$  (μGy)であるため、輸送中および測定前後の東海研鉄室保管中の積算値は $19.8 \pm 9.3$  (μGy)と評価される。

##### (2) 長岡保健所と原研東海間

長岡保健所には鉛箱がないため、長岡－東海、新潟－東海間では郵送経路等に違いがあるが、日数の違いによる比例計算で長岡に配置したTLDの輸送および保管中の値を評価した。TLDの輸送および保管に要した日数は、長岡で合計11日、新潟で合計13日であった。したがって、長岡－東海の輸送および保管中の値は $16.8 \pm 7.9$  (μGy)と推定した。

#### 4.1.4 無雪時における積算線量の評価

無雪時における配置TLDの積算線量の評価結果Table 4.1のとおりである。

## 4.2 積雪時における積算線量

### 4.2.1 フェーディング効果

無雪時と同様の目的で、鉛箱内での測定を行なった。

#### (1) 東海研におけるフェーディングの検討

鉛箱内に配置された照射済みフェーディング調査用 TLD の測定結果は  $292 \pm 17 \mu\text{Gy}$  となった。照射値に対する読取り値の比は  $1.06 \pm 0.06$  となり、東海研に配置した TLD のフェーディング効果の補正は必要ないと判断した。

#### (2) 新潟衛研におけるフェーディングの検討

野外に配置した野外調査用 TLD の測定結果は  $214 \pm 11 \mu\text{Gy}$  となった。配置後の照射線量評価値は  $283 \pm 32 \mu\text{Gy}$  となり、照射値に対する読取り値の比は  $1.02 \pm 0.11$  となり、新潟衛研に配置した TLD のフェーディング効果の補正は必要ないと判断した。

### 4.2.2 宇宙線寄与分の評価

#### (1) 東海研における鉛箱内測定値

鉛箱内に配置した TLD の測定結果は  $57.4 \pm 3.0 \mu\text{Gy}$  であり、配置期間中の平均線量率は  $21.7 \pm 1.1 (\text{nGy/h})$  となった。自己汚染寄与を除いた鉛箱内での宇宙線分は  $15.5 \pm 1.6 (\text{nGy/h})$  であり、標準偏差の範囲内で無雪時と同様の測定結果となることが確認され、無雪時と積雪時の間の測定結果のデータの評価精度の連続性を確認することができた。

#### (2) 新潟衛研のコントロール TLD 保管場所での TLD に対する線量率寄与の検討 無雪時における線量率寄与と同じであるとした。

### 4.2.3 輸送中・保管中の積算線量値の評価

#### (1) 新潟衛研と原研東海間

鉛箱内での宇宙線硬成分と自己照射の線量率寄与の評価値は、配置時間を 2352 h とすると、4.1.2 項の値を参照して積算線量で  $45.7 \pm 3.9 (\mu\text{Gy})$  となる。コントロール用 TLD の読取り値は  $70.3 \pm 4.3 (\mu\text{Gy})$  であるため、輸送中および鉄室保管中の積算値は  $24.5 \pm 5.8 (\mu\text{Gy})$  となる。

#### (2) 長岡保健所と原研東海間

長岡－東海、新潟－東海間では郵送経路等に違いがあるが、日数の違いによる比例計算で長岡に配置した TLD の輸送および保管中の値を評価した。TLD の輸送および保管に要した日数は、長岡で合計 15 日、新潟で合計 12 日であった。したがって、長岡－東海の輸送および保管中の値は  $30.6 \pm 7.3 (\mu\text{Gy})$  と推定した。

### 4.2.4 積雪時における積算線量の評価

積雪時における配置 TLD の積算線量の評価結果 Table 4.2 のとおりである。

### 4.3 線量率調査結果

前述 4.1.4, 4.2.4 項の評価結果は、配置期間を通しての積算線量である。ここでは、それらの期間の平均値としての平均線量率を示す。

#### (1) TLDによる線量率測定値

Table 4.3 に、宇宙線や自己照射寄与分を除いた地殻ガンマ線等からの寄与のみの平均線量率を示す。ここに、TLD素子の自己照射、野外における宇宙線硬成分、宇宙線軟成分の各寄与分に関する値<sup>(8)</sup>を以下に示す。

Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>(Tb)に関する諸データ

自己照射寄与分	6.3 ± 1.0
硬成分寄与分	16.1 ± 1.7
軟成分寄与分	6.8 ± 2.2
計	29.2 ± 3.0 (nGy/h)

#### (2) DBM線量計による線量率測定値

Table 4.3 に、無雪時にTLD配置場所で行ったDBM線量計<sup>(9)</sup>による測定値を示す。測定値は宇宙線や検出器の自己汚染分を除いた地殻ガンマ線等からの値である。TLDによる測定値と良い一致を示す。

Table 4.1 Accumulated total dose in the snow free season  
無雪時の積算線量

Location	Readings ( $\mu$ Gy)	Dose during transit and storage( $\mu$ Gy)	Estimated dose ( $\mu$ Gy)	Measuring time (hr)
NPRL <sup>a)</sup>	Outdoor	19.8 $\pm$ 9.3	165 $\pm$ 17	1968
	Indoor	19.8 $\pm$ 9.3	199 $\pm$ 23	
NHC <sup>b)</sup>	Outdoor	16.8 $\pm$ 7.9	161 $\pm$ 18	2016
	Indoor	16.8 $\pm$ 7.9	173 $\pm$ 20	
CAPC <sup>c)</sup>	Outdoor	16.8 $\pm$ 7.9	144 $\pm$ 21	2016
	Indoor	16.8 $\pm$ 7.9	189 $\pm$ 24	
Kosone cho	Outdoor	16.8 $\pm$ 7.9	153 $\pm$ 28	2016
	Indoor	16.8 $\pm$ 7.9	156 $\pm$ 10	
Midori cho	Outdoor	16.8 $\pm$ 7.9	159 $\pm$ 22	2016
	Indoor	16.8 $\pm$ 7.9	214 $\pm$ 14	

NPRL<sup>a)</sup> : Niigata Prefectural Research Laboratory for Health and Environment.  
 NHC<sup>b)</sup> : Niigata Prefectural Nagaoka Health Center.  
 CAPC<sup>c)</sup> : Chuetsu Animal Protection Center

Table 4.2 Accumulated total dose in the snow covered season  
積雪時の積算線量

Location	Readings ( $\mu$ Gy)	Dose during transit and storage( $\mu$ Gy)	Estimated dose ( $\mu$ Gy)	Measuring time (hr)
NPRL <sup>a)</sup>	Outdoor	24.5 $\pm$ 5.8	190 $\pm$ 12	2352
	Indoor	24.5 $\pm$ 5.8	214 $\pm$ 14	
NHC <sup>b)</sup>	Outdoor	30.6 $\pm$ 7.3	145 $\pm$ 12	2280
	Indoor	30.6 $\pm$ 7.3	161 $\pm$ 14	
CAPC <sup>c)</sup>	Outdoor	30.6 $\pm$ 7.3	119 $\pm$ 13	2280
	Indoor	30.6 $\pm$ 7.3	190 $\pm$ 16	
Kosone cho	Outdoor	30.6 $\pm$ 7.3	132 $\pm$ 11	2280
	Indoor	30.6 $\pm$ 7.3	165 $\pm$ 13	
Midori cho	Outdoor	30.6 $\pm$ 7.3	137 $\pm$ 12	2280
	Indoor	30.6 $\pm$ 7.3	234 $\pm$ 16	

NPRL<sup>a)</sup> : Niigata Prefectural Research Laboratory for Health and Environment.

NHC<sup>b)</sup> : Niigata Prefectural Nagaoka Health Center.

CAPC<sup>c)</sup> : Chuetsu Animal Protection Center

Table 4.3 Dose rates measured by TLD and DBM dose ratemeter, and the corresponding Penetration factor  
新潟県における TLD 調査結果

Location	Dose rate by TLD		Dose rate by dose ratemeter (snow free) (nGy/h)	Penetration factor
	Snow free (nGy/h)	Snow covered (nGy/h)		
NPRL <sup>a)</sup> Outdoor	54.8 ± 9.1	51.5 ± 6.0	58.1	0.94
NPRL <sup>a)</sup> Indoor	71.7 ± 12.1	61.9 ± 6.7	-	0.86
NHC <sup>b)</sup> Outdoor	50.8 ± 9.3	34.2 ± 5.8	46.8	0.67
NHC <sup>b)</sup> Indoor	56.6 ± 10.5	41.6 ± 6.7	-	0.73
CAPC <sup>c)</sup> Outdoor	42.1 ± 11.1	22.9 ± 6.3	41.8	0.54
CAPC <sup>c)</sup> Indoor	64.7 ± 12.3	54.0 ± 7.7	-	0.84
Kosone cho Outdoor	46.6 ± 14.3	28.6 ± 5.7	-	0.61
Kosone cho Indoor	48.2 ± 5.8	43.2 ± 6.4	-	0.90
Midori cho Outdoor	49.6 ± 11.3	30.7 ± 5.8	49.0	0.62
Midori cho Indoor	76.9 ± 7.5	73.3 ± 7.8	-	0.95

NPRL<sup>a)</sup> : Niigata Prefectural Research Laboratory for Health and Environment.

NHC<sup>b)</sup> : Niigata Prefectural Nagaoka Health Center.

CAPC<sup>c)</sup> : Chuetsu Animal Protection Center

## 5. 考 察

### (1) TLD測定結果と積雪データからの推定計算結果の比較

長岡市街の4地点のTLD調査(62/12/9~63/3/14)から得られた平均線量透過率は、野外で0.54~0.67, 屋内で0.73~0.95であった。家屋内の値は野外に比べ減衰が少ないことを示した。

TLD配置期間中の公表積雪深から計算によって推定した野外での平均線量透過率は、長岡雪害実験研究所(以下雪害研という)によって観測された過去4年間の積雪全層密度の平均値を用いて計算すると0.54(3章(2)参照)となる。この計算に用いた積雪データの観測地点は長岡国道工事事務所である。その他の公表積雪データの観測地点としては雪害研と長岡市水道局がある。それぞれの観測地点での積雪量は計算に用いた値に較べて、雪害研では3割増, 水道局では3割減である。積雪データが3割増である場合の平均線量透過率は0.50, 積雪が3割減である場合には0.59になる。TLD配置場所での実際の積雪量は未知であるが、上記3観測地点のいずれかの積雪量に近いものと思われる。しかしながら、TLD配置場所が居住環境における除雪などのため、観測データよりさらに小さいことも考えられる。ここでは、この地域での平均的な積雪量を示す国道工事事務所の観測積雪データをもとに平均線量透過率の比較をする。

TLD測定から得た線量透過率の値が積雪データから得た推定値に較べ、大きい値を示した。一般家屋の野外では10数%, 比較的建物周辺の除雪がされている保健所では20数%実測値が大きい値を示した。また、除雪の影響を受けない場所に配置した動物センターで良い一致を示す結果となった。実測値が大きい値を示す原因としては上述の他に、TLD配置場所が建物からあまり離れていないということが考えられる。計算による仮定は平らな地面に積雪があるとしているのに、実際の野外では周辺からの線量寄与(建物およびその直下の地殻からのガンマ線寄与)が加わり、このため積雪時の測定による線量がこの寄与分だけ大きくなることが予想される。

屋内実測値が配置した場所によりかなり異なった結果を示した。小曾根町および緑町では家屋のほぼ中央, 保健所では窓辺, 動物センターではこれらの中間的な場所に配置した。場所による野外での平均線量透過率の違いが大きくないことを考慮すると、屋外における値の違いは家屋内の場所の違いによるものと思われる。

また、積雪により積雪期間中は線量値が減少するが、これが年間線量におよぼす減少量について検討した。実測値から推定した年間積算ガンマ線線量(昭和62年4月~昭和63年3月)を長岡市内の場所別に比較したものをTable 5.1に示す。ここでは、一年間を通じて積雪がないとした場合の年間線量を無雪時データから推定し、積雪がある実際の年間線量を無雪時および積雪時の実測データから推定した。この結果では、屋外における積算線量の差はいずれも40 $\mu$ Gy程度, 屋内においては木造で10 $\mu$ Gy程度, コンクリート造の屋内においては30 $\mu$ Gy程度となった。コンクリート造の屋内での差が大きい理由としては、配置場所が建物の窓に比較



的に近い、野外の値に近い結果になったものと考えられる。

## (2) 屋内線量率の変化の検討

積雪地域の家屋内での線量率は、家屋の外の積雪量によって変る。これは、屋内の線量率の成分のなかに野外から入ってくる地殻ガンマ線成分が含まれるためである。この成分は積雪によって遮蔽され、このために変化する。変化の割合は積雪量と家屋の大きさに依存する。ここでの議論は、最初に、野外から屋内に入る地殻ガンマ線が積雪を透過する割合について検討を行ない、次に屋内線量率の変化を検討する。

ここで、ガンマ線量率を次のように定義する。無限平面で雪（積雪水量換算で  $w$ ）をはさんで空気と接する土の中に一様分布した線源からのガンマ線による地上高  $1$  (m) の空間の点  $P$  に寄与するガンマ線のうち、点  $P$  から地上に鉛直におろした点  $P'$  を中心とする半径  $R$  の円を仮定し、この円の外側の地中の線源から点  $P$  に寄与するガンマ線線量率を  $K(w, R)$  と表わすものとする。

まず、無限平面で空気と接する土の中の線源からのガンマ線について、土中線源全体からのガンマ線量率を  $100$  と仮定する。計算結果（モンテカルロ計算によるシミュレーション結果から得た積雪水量、高度、半径をパラメータにした線量率寄与の関係）から、土中線源全体からのガンマ線量率に対する無雪時、半径  $R = 5$  m の場合のガンマ線線量率の比は、

$$K(0, 5) / K(0, 0) = 0.30 \quad (5.1)$$

つぎにこの無限平面の地面に積雪が一様であった場合について考える。同じく点  $P'$  を中心とする半径  $R$  の円を仮定し、この円の外側から点  $P$  に寄与するガンマ線は積雪を透過したものとなるため、上述 (5.1) 式と同様の値は雪がないときに較べて小さくなる。また、この割合は積雪量によって異なる。積雪水量が  $10\text{g}/\text{cm}^2$  で、積雪時の土中線源全体からのガンマ線量率に対する積雪時、半径  $R = 5$  m の場合のガンマ線線量率の比は、

$$K'(10, 5) / K'(10, 0) = 0.21 \quad (5.2)$$

ここで、無限平面の地面に積雪が一様であった場合の全ガンマ線線量は、積雪水量  $10\text{g}/\text{cm}^2$  で

$$K(10, 0) / K(0, 0) = 0.44 \quad (5.3)$$

このため、積雪水量が  $10\text{g}/\text{cm}^2$  の場合、円の外側の地面からのガンマ線の寄与  $K(10, 5)$  は、積雪が無い無限平面からの線量寄与  $K(0, 0)$  を  $100$  とすると、

$$\begin{aligned} K(10, 5) &= 0.21 * K(10, 0) \\ &= 0.21 * 0.44 * K(0, 0) = 9.2 \end{aligned} \quad (5.4)$$

円の外側の地中から点  $P$  に寄与するガンマ線線量の無雪時に対する積雪時の比は、積雪水量が  $10\text{g}/\text{cm}^2$  の場合で

$$K(10,5) / K(0,5) = 0.31 \quad (5.5)$$

したがって、点Pに寄与する無雪時に対する積雪時の無限平面からの全線量寄与の比と無雪時に対する積雪時の円の外側の地面からの線量寄与の比の割合は、積雪水量が $10\text{g}/\text{cm}^2$ の場合、

$$\begin{aligned} & (K(10,5) / K(0,5)) / (K(10,0) / K(0,0)) \\ & = (K(0,0) * K(10,5)) / (K(0,5) * K(10,0)) = 0.70 \end{aligned} \quad (5.6)$$

になる。以上は、高度1mにおける議論であるが、高度3mおよび5mについても同様の議論を行なった。その結果、高さ $H=3\text{m}$ で0.80、 $H=5\text{m}$ で0.86になる。同様に積雪水量が $30\text{g}/\text{cm}^2$ では各高さともにほとんど変わらず0.70である。

ここでは、簡単なモデルとして家屋の形を円、家屋の構成材による遮蔽は無しと仮定して、積雪量の違いによる屋内線量率の変化について検討を行なう。(5.6)式より、 $10\text{g}/\text{cm}^2$ の積雪があった場合、半径5m程度の家屋の外からはいつてくる地殻ガンマ線の線量透過率は高さ1mとすると、無限平面での線量透過率に0.7(70%)を乗じたものになる。これは遠くからやってくるガンマ線が積雪を透過したのものとなるため、上述5.6節の通りである。次の考察(3)で述べる公表積雪値から得た野外での平均線量透過率の計算結果から長岡市での積雪時期を通じての野外での平均線量透過率の値は最小の年度で0.4程度と推定される(線量透過率0.4を積雪水量に換算すると $10\text{g}/\text{cm}^2$ になる)。

屋内における線量値に寄与する成分を野外起因成分 $D_{out}$ (家屋の構成材により遮蔽されるが、これを透過した成分)と屋内起因成分 $D_{in}$ の二つに分けると、無雪時屋内線量率 $D_1$ は $D_1 = D_{out} + D_{in}$ となる。積雪時には、無雪時の野外起因成分に野外線量透過率 $x$ と0.7を乗じた線量率が野外に起因するものであるとすると、屋内線量率 $D_2$ は $D_2 = 0.7 \cdot x \cdot D_{out} + D_{in}$ となる。Table 4.3の値(各測定場所の $D_1$ 、 $D_2$ および $x$ )を代入することにより $D_{out}$ 、 $D_{in}$ が得られる(Table 5.2参照)。

次に得られた値( $D_{in}$ 、 $D_{out}$ )を用いて、上述の最も積雪の多い年度(野外線量透過率 $x$ が0.4)での積雪時の屋内線量率 $D_2$ を求める。このときの無雪時に対する積雪時の屋内線量率の比( $D_2/D_1$ )について検討した。その結果、小曾根の一般民家では0.87に、緑町の一般民家では0.94に、動物センタでは0.81に、保健所では0.63になると推定された。上記仮定のもとに、最も積雪の多い年度と積雪の少ない昭和62年度を比較した結果、積雪量の違いによる屋内線量率の変化は小さいことが推定された。

### (3) 積雪密度が平均線量透過率におよぼす効果の検討

種々の積雪の量により地上1mでの線量がどれくらいの値に減衰するかについて、本調査および長岡<sup>(1)</sup>の報告から、実測と計算(土-雪-空気の3層系での地殻ガンマ線の挙動のモンテカルロ計算)は一致することが確認されている。長岡市における積雪の断面観測資料(科技庁国立防災科学技術センター)から、月毎の積雪全層平均密度を求めた。結果をTable 5.3に示す。得られた月毎の積雪全層平均密度および長岡市における積雪観測データ(降積雪集計表:

北陸地方建設局長岡国道工事事務所)を用いて、過去10年間の線量透過率の推定を行なった。その結果、Table 5.4のとおりとなり、昭和53年度～62年度(11月～4月)の期間での平均線量透過率は、0.44～0.92の範囲で変化したことが推定される。

次に種々の積雪密度を仮定し、積雪期間中密度が変わらないとしたときの平均線量透過率の変化について検討してみた(以下のTable 5.5参照)。この結果、積雪密度の変化が平均線量透過率に与える効果は、Table 5.4の値に比べて、0.1～0.6 g/cm<sup>3</sup>の範囲で、積雪量が少ない年度の11月～4月の期間で最大20%程度、積雪量が多い年度の11月～4月の期間で最大で40%程度の違いになることがわかった。

また、Table 5.4の実測に基づく積雪全層密度の平均値で計算した場合と、Table 5.5の種々の積雪密度を仮定して計算した場合は、年度毎に相互比較した場合、Table 5.4の線量透過率がTable 5.5で積雪全層密度の値を0.25～0.35に仮定した場合に推定される線量透過率の範囲に入ることがわかった。これは、積雪全層平均密度の値として0.3を用いることにより平均線量透過率の予想が十分に可能であることを示している。

#### (4) 新潟衛生公害研究所のTLDデータについて

新潟県衛生公害研究所では環境放射線による空間線量率を測定するために長岡市にTLDポストを配置している。TLDにより測定された3カ月毎(91日間)の積算線量は四半期毎に報告されている。長岡市街局での報告値を用いて積雪期間中の平均線量透過率の算出を行なった。また、公表積雪データを用い、計算による平均線量透過率の推定を行なった。その結果を以下に示す。

長岡市街局は長岡市合同庁舎の北側に位置し、庁舎から数メートル離れた場所の地上1m高にTLDが設置されている。使用素子の種類は松下製のCaSO<sub>4</sub>(Tm)素子である。松下製のCaSO<sub>4</sub>(Tm)素子に関する諸データ<sup>(8)</sup>は次のとおりである。

##### CaSO<sub>4</sub>(Tm)素子に関する諸データ

自己照射寄与分	9.5
宇宙線硬寄与分	16.1
宇宙線軟寄与分	7.4
合計	33.0 (nGy/h)

宇宙線および自己照射寄与分の91日分の積算値は72.5(μGy)と推定される。無雪時期の地殻ガンマ線の積算線量は無雪時のデータから上記積算値を差引き、76.0(μGy)と評価された。

次に、新潟衛研のTLD配置期間に合せ、積雪量から透過率を計算したものをTable 5.6に示す。

この結果、積雪量から得た平均線量透過率と観測値から得た平均線量透過率は良い一致を示さなかった。この原因は種々考えられるが、TLD測定の相互比較等各種の検討を実施し、原因を究明することは今後の課題である。

## (5) 新潟県内での積雪による平均線量透過率分布

新潟県降積雪および気温観測・調査報告書（昭和60年度）<sup>(19)</sup> および長岡における月毎の積雪全層平均密度のデータをもとに，新潟県内での積雪による野外での地殻 $\gamma$ 線の平均線量透過率分布を検討した。その結果，年間を通じての平均線量透過率は上・中越の山間部等では0.6～0.7，佐渡・新潟市では0.9～1.0となることがわかった（Fig.5.1参照）。積雪観測地点での積雪値は，外乱の少ない理想的な場所での観測値である。したがって，上記の値は一般の居住環境での値としてそのまま適用することはできない。しかしながら，新潟県という広い地域の積雪による地殻ガンマ線の遮蔽効果を検討する上で重要な基礎データである。

Table 5.1 Diminution of annual gamma dose due to snow cover  
積雪による年間積算線量の減少量

(Unit:  $\mu$  Gy)

Kind of the house (Outdoor/Indoor)	Concrete house NHC <sup>z</sup>		Concrete house CAPC <sup>x</sup>		Wooden house Kosone		Wooden house Midori		
	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor	
Accumulated dose through the year	Snow free	446	497	369	568	409	423	436	676
	Snow covered	409	463	326	544	368	412	393	668
Reduction of dose	38	34	44	24	41	11	43	8	

NHC<sup>z</sup> : Niigata Prefectural Nagaoka Health Center.

CAPC<sup>x</sup> : Chuetsu Animal Protection Center

Table 5.2 Indoor and outdoor components of dose rates  
inferred from the measurements  
線量率の屋内成分と野外科成分

Location	Components	
	Indoor (nGy/h)	Outdoor (nGy/h)
NPRL <sup>a)</sup>	42.7	28.7
NHC <sup>b)</sup>	27.6	28.8
CAPC <sup>c)</sup>	47.3	17.1
Kosone cho	39.4	8.6
Midori cho	70.4	6.3

NPRL<sup>a)</sup> : Niigata Prefectural Research Laboratory for Health and Environment.  
 NHC<sup>b)</sup> : Niigata Prefectural Nagaoka Health Center.  
 CAPC<sup>c)</sup> : Chuetsu Animal Protection Center

Table 5.3 Average density of total snow cover in Nagaoka  
 積雪全層平均密度

Year	Average density (g/cm <sup>3</sup> )					
	11	12	1	2	3	4
1983	-	0.18	0.27	0.35	0.41	0.51
1984	-	0.13	0.30	0.42	0.46	0.52
1985	-	0.19	0.28	0.38	0.46	0.54
1986	-	0.11	0.24	0.34	0.37	-
mean	-	0.15	0.27	0.37	0.43	0.52

Table 5.4 Penetration factors estimated from published  
snow data in Nagaoka city  
長岡市における公表積雪値から得た野外での線量透過率

Year	Penetration factor	Year	Penetration factor
1978	0.92	1983	0.44
1979	0.62	1984	0.53
1980	0.46	1985	0.45
1981	0.76	1986	0.73
1982	0.64	1987	0.74



Table 5.5 Change of penetration factors with the assumed snow density  
 長岡市における種々の密度を仮定した場合の透過率

Year	Density of total snow cover (g/cm <sup>3</sup> )										
	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45	.50	.55	.60
1978	.964	.949	.939	.927	.916	.907	.899	.891	.886	.878	.872
1979	.766	.714	.678	.652	.632	.617	.606	.597	.591	.585	.581
1980	.612	.544	.499	.470	.453	.443	.435	.429	.424	.420	.416
1981	.879	.842	.816	.792	.774	.758	.745	.734	.725	.716	.708
1982	.793	.741	.705	.675	.652	.634	.620	.600	.608	.592	.586
1983	.616	.541	.490	.456	.431	.415	.404	.396	.389	.384	.380
1984	.684	.623	.582	.553	.532	.519	.510	.504	.501	.498	.496
1985	.608	.537	.491	.460	.440	.426	.416	.407	.400	.394	.389
1986	.864	.820	.788	.760	.737	.718	.701	.687	.675	.664	.654
1987	.853	.811	.783	.760	.739	.724	.711	.700	.691	.683	.677

Table 5.6 Comparison of penetration factors from TLD measurement of Niigata prefectural Research Laboratory for Health and Environment and penetration factors inferred from snow depth data  
 新潟衛研のTLDデータから算出した線量減衰率と積雪データから算出した線量減衰率の比較

Year	Measured dose value by NPRL* ( $\mu$ Gy)	Penetration factor measured by TLD	Penetration factor calculated from snow depth data
1983	96	0.31	0.14
1984	96	0.31	0.09
1985	87	0.20	0.17
1986	131	0.77	0.46
1987	131	0.77	0.51

NPRL\* : Niigata Prefectural Research Laboratory for Health and Environment.

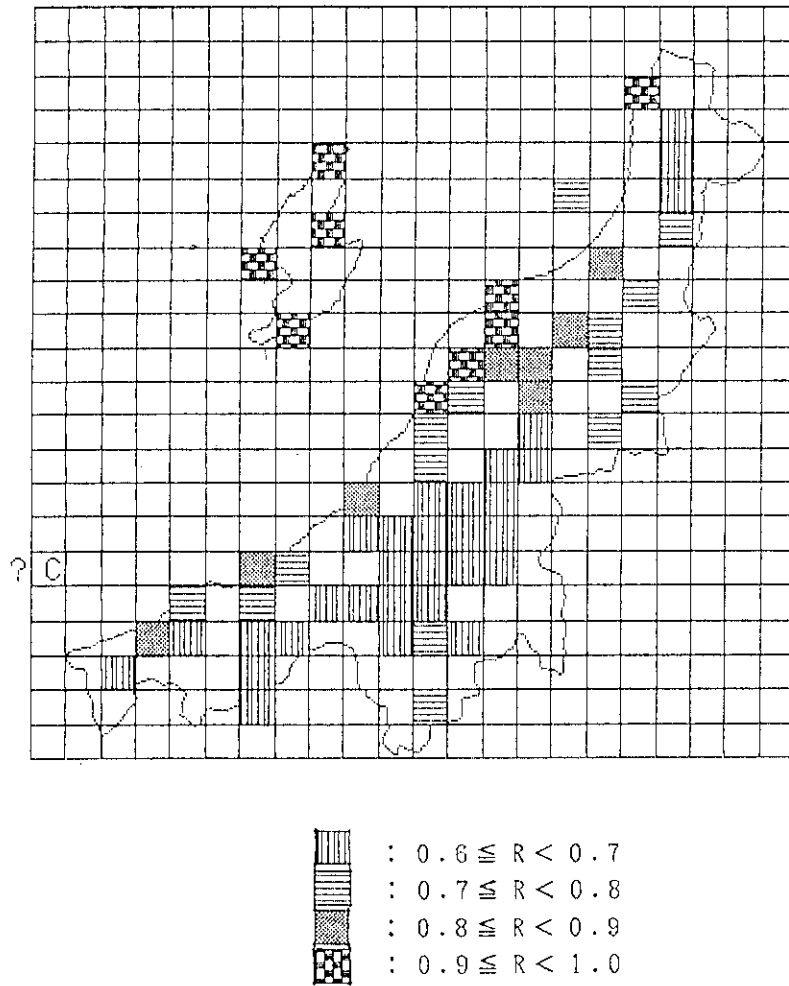


Fig. 5.1 Distribution of average penetration factor inferred from published snow depth data in Niigata prefecture  
新潟県内の積雪による野外での地殻  $r$  線の線量透過率分布

## 6. 結 言

長岡市において実施したTLDによる調査結果と公表積雪データから推定した平均線量透過率が20%程度の違いを示すことは、実際の居住環境と計算に用いた理想条件との違いによるものである。また、積雪密度が積雪時期を通しての平均線量透過率におよぼす効果は小さい。これは小雪の年ほど小さく、豪雪の年で大きくなるが、平均密度  $0.3 \text{ g/cm}^3$  という値を用いることにより、ほぼ公表積雪量から平均線量透過率を推定できると考えられる。積雪が屋内線量におよぼす影響は、積雪量および家屋内の場所により異なるが、この程度は、積雪量の違いよりも場所の違いによることがわかった。本調査結果では家屋内中央附近で  $0.9 \sim 0.95$ 、窓の近くで  $0.73$  の平均線量透過率を示した。公表積雪データから推定される野外での長岡市における昭和53年度～昭和62年度（11～4月）の期間での平均線量透過率は、 $0.44 \sim 0.92$ （年間で  $0.72 \sim 0.96$ ）であった。また、昭和62年度における新潟県内での平均線量透過率は地域によって異なるが、 $0.2 \sim 1.0$ （年間で  $0.6 \sim 1.0$ ）になることがわかった。

## 謝 辞

TLD調査にあたっては、設置場所等について、いろいろの御指導と御協力を戴いた長岡保健所環境課の方々、新潟県公害衛生研究所放射線監視センターの方々、長岡市動物保護センターの方々、長岡市在住関矢様、酒井様に謝意を表す。また、積雪データの入手にあたっては、便宜を図って戴いた建設省北陸地方建設局長岡国道工事事務所、科技庁国立防災科学技術センター長岡雪害実験研究所、新潟県克雪対策課、気象協会新潟支部の諸氏に謝意を表す。

## 参 考 文 献

- (1) 長岡鋭，坂本隆一，斎藤公明，堤正博，森内茂：“積雪による地殻 $\gamma$ 線線量率の減衰”，保健物理，23，309（1988）。
- (2) K.SAITO and S.MORIUCHI：“Development of a Monte Carlo Code for the calculation of gamma ray transport in the natural environment”，Radiat.Prot. dosim.，12，21（1985）。
- (3) 日本気象協会：“新潟県気象月報”，昭和62.11～昭和63.4。
- (4) 建設省北陸地方建設局長岡国道工事事務所：“降積雪集計表”，昭和35年度～昭和59年度。
- (5) 建設省北陸地方建設局長岡国道工事事務所：“降積雪観測表”，昭和35年12月～昭和63年3月。
- (6) 科学技術庁国立防災科学技術センター：“長岡における積雪の断面観測資料”，1983～1987

## 6. 結 言

長岡市において実施したTLDによる調査結果と公表積雪データから推定した平均線量透過率が20%程度の違いを示すことは、実際の居住環境と計算に用いた理想条件との違いによるものである。また、積雪密度が積雪時期を通しての平均線量透過率におよぼす効果は小さい。これは小雪の年ほど小さく、豪雪の年で大きくなるが、平均密度  $0.3 \text{ g/cm}^3$  という値を用いることにより、ほぼ公表積雪量から平均線量透過率を推定できると考えられる。積雪が屋内線量におよぼす影響は、積雪量および家屋内の場所により異なるが、この程度は、積雪量の違いよりも場所の違いによることがわかった。本調査結果では家屋内中央附近で  $0.9 \sim 0.95$ 、窓の近くで  $0.73$  の平均線量透過率を示した。公表積雪データから推定される野外での長岡市における昭和53年度～昭和62年度（11～4月）の期間での平均線量透過率は、 $0.44 \sim 0.92$ （年間で  $0.72 \sim 0.96$ ）であった。また、昭和62年度における新潟県内での平均線量透過率は地域によって異なるが、 $0.2 \sim 1.0$ （年間で  $0.6 \sim 1.0$ ）になることがわかった。

## 謝 辞

TLD調査にあたっては、設置場所等について、いろいろの御指導と御協力を戴いた長岡保健所環境課の方々、新潟県公害衛生研究所放射線監視センターの方々、長岡市動物保護センターの方々、長岡市在住関矢様、酒井様に謝意を表す。また、積雪データの入手にあたっては、便宜を図って戴いた建設省北陸地方建設局長岡国道工事事務所、科技庁国立防災科学技術センター長岡雪害実験研究所、新潟県克雪対策課、気象協会新潟支部の諸氏に謝意を表す。

## 参 考 文 献

- (1) 長岡鋭，坂本隆一，斎藤公明，堤正博，森内茂：“積雪による地殻 $\gamma$ 線線量率の減衰”，保健物理，23，309（1988）。
- (2) K.SAITO and S.MORIUCHI：“Development of a Monte Carlo Code for the calculation of gamma ray transport in the natural environment”，Radiat.Prot. dosim.，12，21（1985）。
- (3) 日本気象協会：“新潟県気象月報”，昭和62.11～昭和63.4。
- (4) 建設省北陸地方建設局長岡国道工事事務所：“降積雪集計表”，昭和35年度～昭和59年度。
- (5) 建設省北陸地方建設局長岡国道工事事務所：“降積雪観測表”，昭和35年12月～昭和63年3月。
- (6) 科学技術庁国立防災科学技術センター：“長岡における積雪の断面観測資料”，1983～1987

## 6. 結 言

長岡市において実施したTLDによる調査結果と公表積雪データから推定した平均線量透過率が20%程度の違いを示すことは、実際の居住環境と計算に用いた理想条件との違いによるものである。また、積雪密度が積雪時期を通しての平均線量透過率におよぼす効果は小さい。これは小雪の年ほど小さく、豪雪の年で大きくなるが、平均密度  $0.3 \text{ g/cm}^3$  という値を用いることにより、ほぼ公表積雪量から平均線量透過率を推定できると考えられる。積雪が屋内線量におよぼす影響は、積雪量および家屋内の場所により異なるが、この程度は、積雪量の違いよりも場所の違いによることがわかった。本調査結果では家屋内中央附近で  $0.9 \sim 0.95$ 、窓の近くで  $0.73$  の平均線量透過率を示した。公表積雪データから推定される野外での長岡市における昭和53年度～昭和62年度（11～4月）の期間での平均線量透過率は、 $0.44 \sim 0.92$ （年間で  $0.72 \sim 0.96$ ）であった。また、昭和62年度における新潟県内での平均線量透過率は地域によって異なるが、 $0.2 \sim 1.0$ （年間で  $0.6 \sim 1.0$ ）になることがわかった。

## 謝 辞

TLD調査にあたっては、設置場所等について、いろいろの御指導と御協力を戴いた長岡保健所環境課の方々、新潟県公害衛生研究所放射線監視センターの方々、長岡市動物保護センターの方々、長岡市在住関矢様、酒井様に謝意を表す。また、積雪データの入手にあたっては、便宜を図って戴いた建設省北陸地方建設局長岡国道工事事務所、科技庁国立防災科学技術センター長岡雪害実験研究所、新潟県克雪対策課、気象協会新潟支部の諸氏に謝意を表す。

## 参 考 文 献

- (1) 長岡鋭，坂本隆一，斎藤公明，堤正博，森内茂：“積雪による地殻 $\gamma$ 線線量率の減衰”，保健物理，23，309（1988）。
- (2) K.SAITO and S.MORIUCHI：“Development of a Monte Carlo Code for the calculation of gamma ray transport in the natural environment”，Radiat.Prot. dosim.，12，21（1985）。
- (3) 日本気象協会：“新潟県気象月報”，昭和62.11～昭和63.4。
- (4) 建設省北陸地方建設局長岡国道工事事務所：“降積雪集計表”，昭和35年度～昭和59年度。
- (5) 建設省北陸地方建設局長岡国道工事事務所：“降積雪観測表”，昭和35年12月～昭和63年3月。
- (6) 科学技術庁国立防災科学技術センター：“長岡における積雪の断面観測資料”，1983～1987