

卒業論文

題目：ガラス線量計のプレヒート処理の時期によるビルドアップの  
影響に関する研究

大阪大学医学部保健学科放射線技術科学専攻  
(指導:医用物理工学講座 松本光弘 准教授)

05C10017 白岡彩奈

(平成 25 年 12 月 6 日 提出)

## 要旨

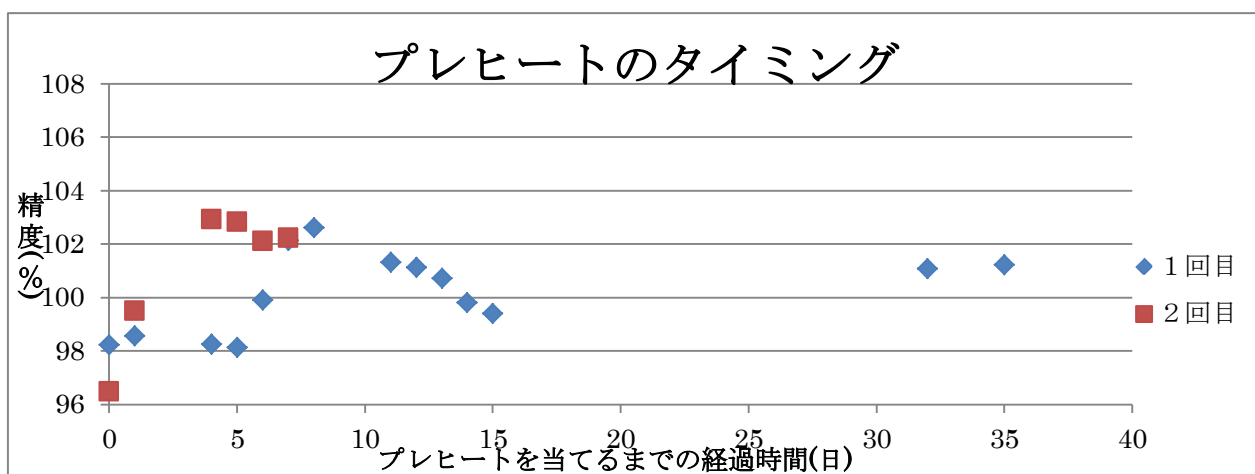
### 【背景・目的】

蛍光ガラス線量計は、ラジオフォトルミネセンス現象での発光量を利用し吸収線量を測定できる線量計である。照射後しばらくの間は発光量が安定しない、というビルドアップ現象がある。プレヒート処理を行うことで、ビルドアップを短時間で完了することが出来る。そこで、照射後プレヒート処理を行うまでの期間によってどのくらい影響を及ぼすのか検証した。

### 【方法】

- ① アニールした蛍光ガラス線量計素子 70 本(GD-302M)に 6MV X線で深度 10 cmに 200MU照射した。
- ② 照射日から毎日一日につき 5 本ずつ、DKN302 を用いてプレヒート処理を行った。
- ③ プレヒート処理を行った翌日に、素子を読み取りリーダーにて測定した。フェーディング現象も同時に調べる為、それまでの照射分全ての測定を続けて行った。

### 【結果】



1回目の精度は 98.1～102.6%以内であった。2回目の精度は、96.5～102.9%以内であった。T検定を行ったところ、 $p=0.37$ であった。

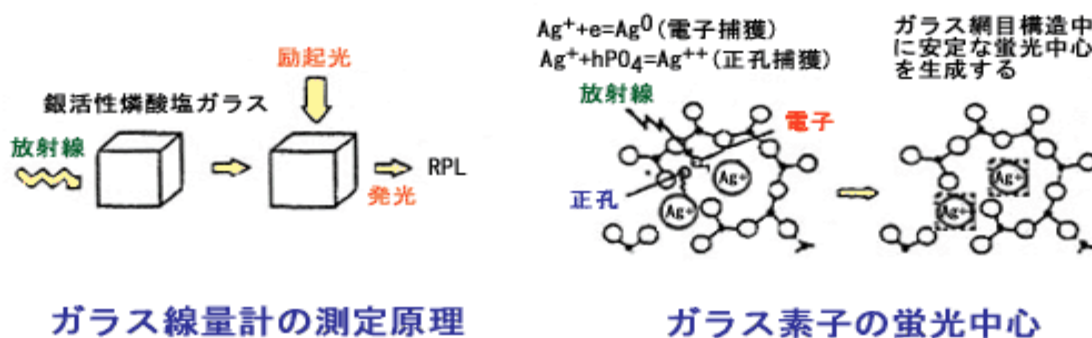
### 【考察】

プレヒートをかけるタイミングによる精度への影響に、規則性は特になく、どのタイミングでプレヒートをかけても測定における拡張不確かさの範囲内 ( $k=2, 6.1\%$ )であった。1回目と2回目の測定値は、有意差はない( $p=0.37$ )。今回、過去に数回照射とアニール処理をした素子を用いて測定を行ったので、素子間のばらつきが大きく出たと考えられる。

## 【背景】

蛍光ガラス線量計は、放射線が照射された銀活性リン酸塩ガラスが、紫外線励起によってオレンジ色の蛍光を発する現象(ラジオフォトルミネセンス:RPL)に基づく、積算型の固体線量計である。<sup>1)</sup>

電離放射線が銀活性リン酸塩ガラスに照射されると、電子及び正孔(ホール)が叩き出され、電子はガラス構造中の  $\text{Ag}^+$  に捕獲され、 $\text{Ag}^0$  となる。一方正孔は一旦  $\text{PO}_4$  四面体に捉えられるが、時間の経過とともに  $\text{Ag}^+$  へ移行し、より安定な  $\text{Ag}^{++}$  を形成する。これらの  $\text{Ag}^0$  及び  $\text{Ag}^{++}$  が共にガラス中で RPL 中心(蛍光中心)となる。(Fig.1)<sup>2)</sup>



## ガラス線量計の測定原理

Fig.1 ガラス線量系の測定原理

この、RPLの蛍光量が放射線照射後、時間の経過と共に増加して安定化することを、ビルドアップ現象という。ビルドアップの速さは、周囲の温度に依存し、高い温度ほど速くなることが知られている。読み取り前にプレヒート処理を行うことによって、ビルドアップが早く完了する。<sup>3)</sup> また、プレヒート処理を行うことによって、照射時や保存時の大気温度等環境条件によって生じるわずかな読み取り値の差も低減することができる。

**【目的】**

本実験では、照射後プレヒート処理をするまでの経過時間によって、測定結果にどの程度影響が出るのか、メーカーの技術資料及び過去の研究発表、論文がないため、今回検証した。

**【使用器具・使用装置】**

- 蛍光ガラス線量計：小型素子システム DoseAce  
AGC テクノグラス株式会社製 GD-302M
- アニールマガジン：FGD-C101
- アニール用電気炉：NEW-1CT(Fig.2)
- プレヒートトレイ：FGD-C102
- プレヒート用恒温器：DKN-302(Fig.3)
- ファントム：タフウォーターファントム(Fig.6)
- 読み取りマガジン：FGD-M152(高線量用)(Fig.4)
- 線量計リーダー：FGD1000(Fig.5)
- リニアック：SIEMENS 社 ARTISTE(Fig.7)



Fig.2 アニール用電気炉：NEW-1CT



Fig.3 プレヒート用恒温器 : DKN-302



Fig.4 読み取りマガジン : FGD-M152(高線量用)



Fig.5 線量計リーダー : FGD1000



Fig.6 ファントム : タフウォーターファントム





Fig.7 リニアック : SIEMENS 社 ARTISTE



**【方法】**

1. まず、ガラス素子に汚れ、欠けがある場合は、励起光が拡散され、正確な読み取りができないので、肉眼でガラス素子 GD-302M の外観検査をし、汚れがあるものは汚れを取り除いた。<sup>4)</sup>
2. ガラス素子をアニールマガジン FGD-C101 に並べ、電気炉 NEW-1CT にセットし、400℃で 20 分間アニール処理をした。(ガラス素子に蓄積した積算線量はアニールによって消失することができる)<sup>2)</sup>
3. 初期値の読み取りを行った。初期値が大きく異なる素子のみ、取り除いた。<sup>4)</sup>
4. SIEMENS 社、ARTISTE を用い 6MVX 線をガラス線量計素子 70 本に(5 本×12 回)照射した。SAD は 100cm に設定し、10cm 深に素子を配置した。(Fig.8、Fig.9)

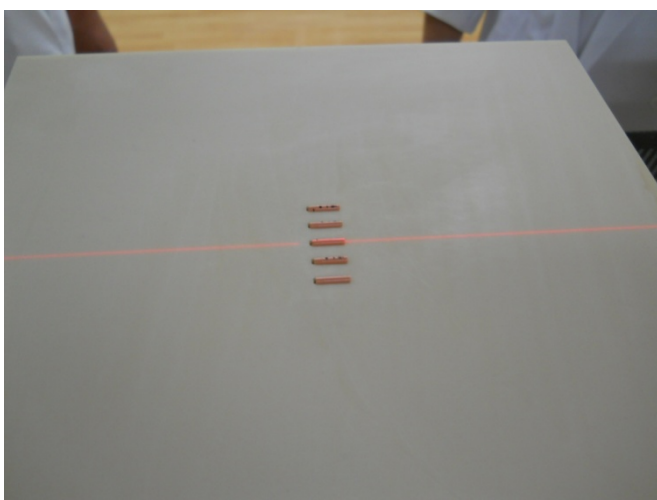


Fig.8 タフウォーターファントムに素子を並べた図



Fig.9

5. まず5本を選び、プレヒートトレーに並べて70℃で40分間プレヒート処理をした。それを次の日に読み取りマガジンに入れ、計測を行った。
6. 1日経過するにつれ、5本ずつプレヒート処理を繰り返し行った。
7. 同時に、フェーディング現象を調べるため、一度プレヒートを行った素子も毎日繰り返し測定した。
8. これを約1ヶ月に渡り、計測した。
9. 実験の再現性を確認するため、方法4～7を再度行った。

### 【結果】

Fig.10 にプレヒート処理をした日から、それぞれの経過を追っていったものを示す。照射日からの経過時間による計測値の規則性は特に見られず、フェーディング現象もほとんど見られなかった。

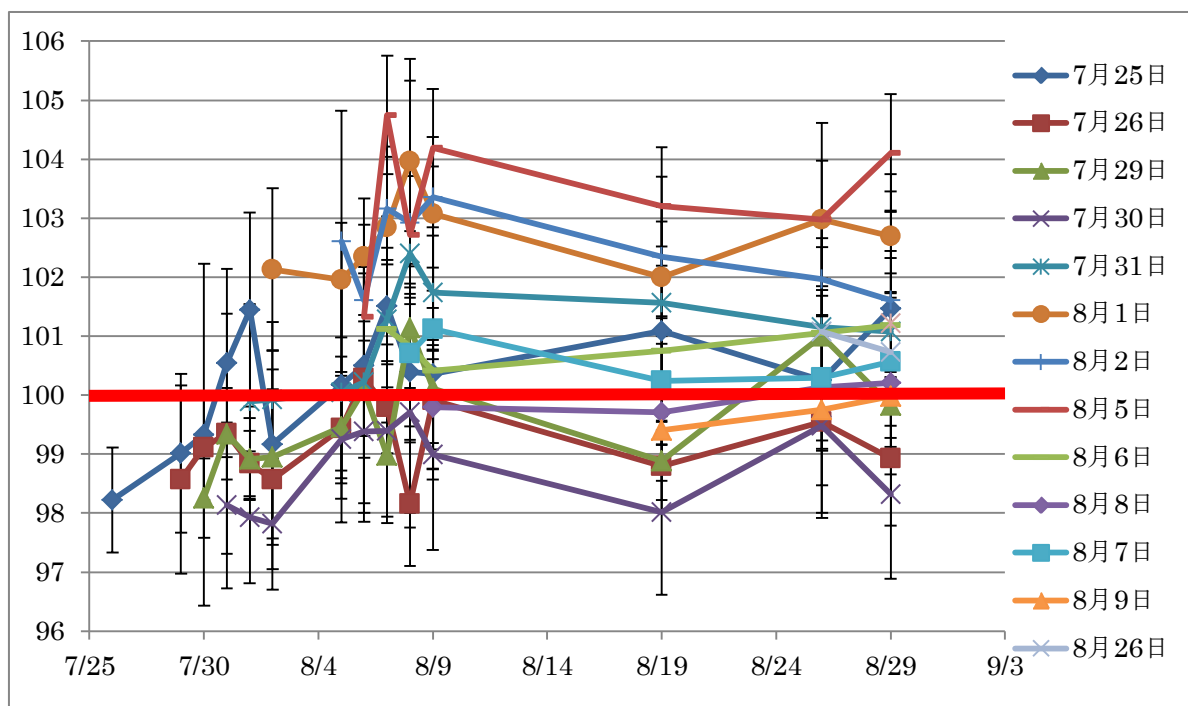


Fig.10 経過時間とフェーディング

照射後からプレヒートを行うまでの経過時間と計測精度を Fig.11 に示す。照射後 1 日以内から、照射後 1 ヶ月半経ってからプレヒートを当てたものまですべての誤差は $\pm 3\%$ 以内であった。

同じ条件で 2 回目の実験を行った結果を Fig.12 に示す。2 回目は誤差が $\pm 4\%$ となったが、概ね $\pm 3\%$ 以内であった。

1 回目と 2 回目の実験結果をまとめたものを Fig.13 に示す。1 回目と 2 回目の実験結果から、特にプレヒートのタイミングによる規則性は見られなかった。また、T 検定を行ったところ  $p=0.37$  となり、両測定値に有意差は見られなかった。

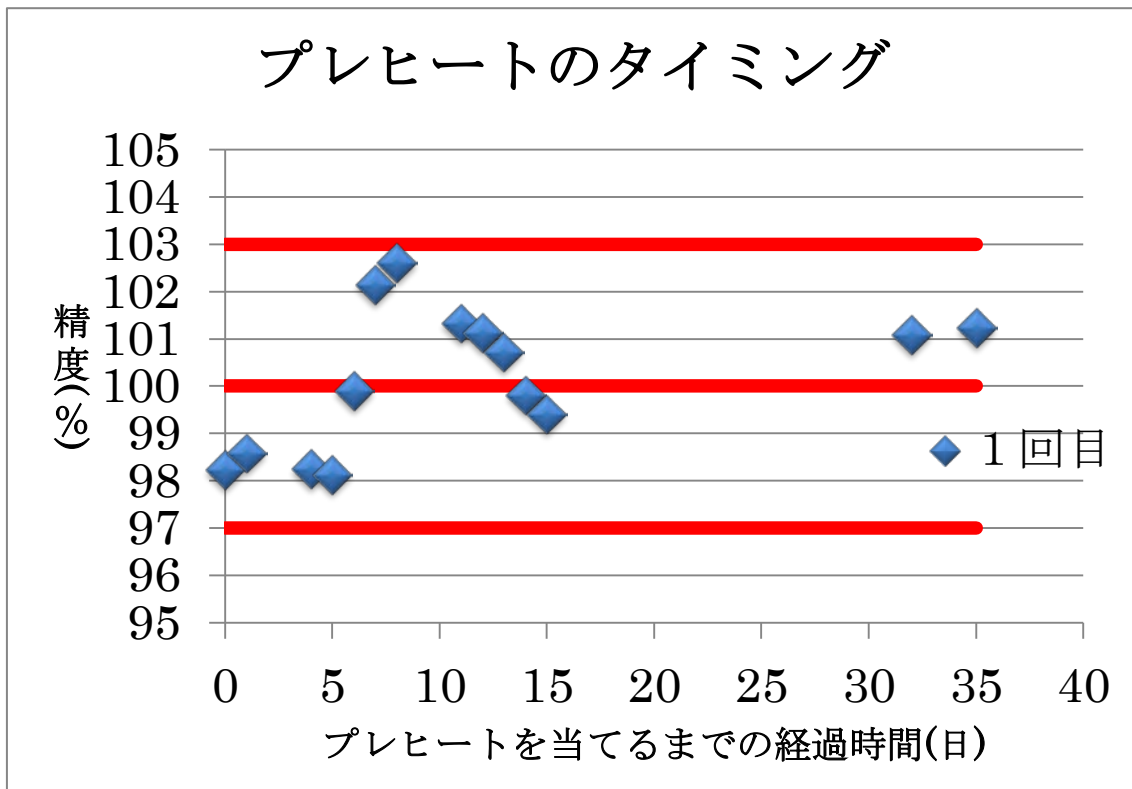


Fig.11 経過時間と計測精度(1回目)

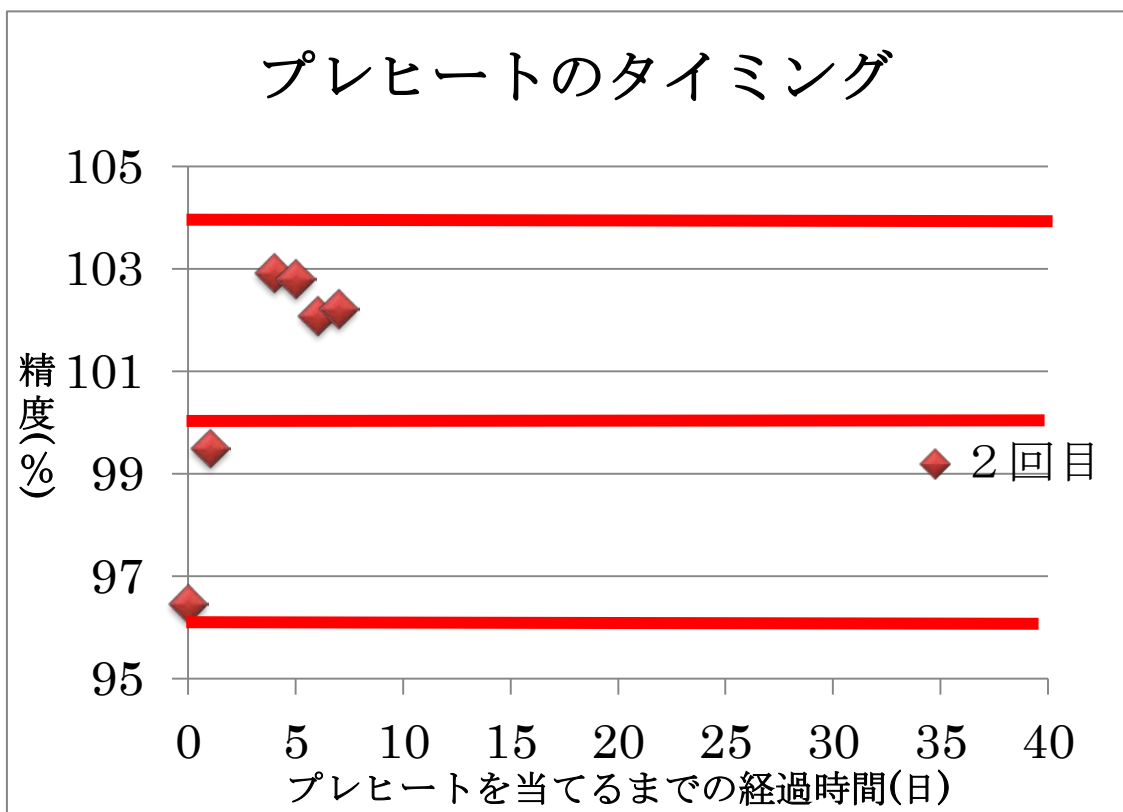


Fig.12 経過時間と計測精度(2回目)

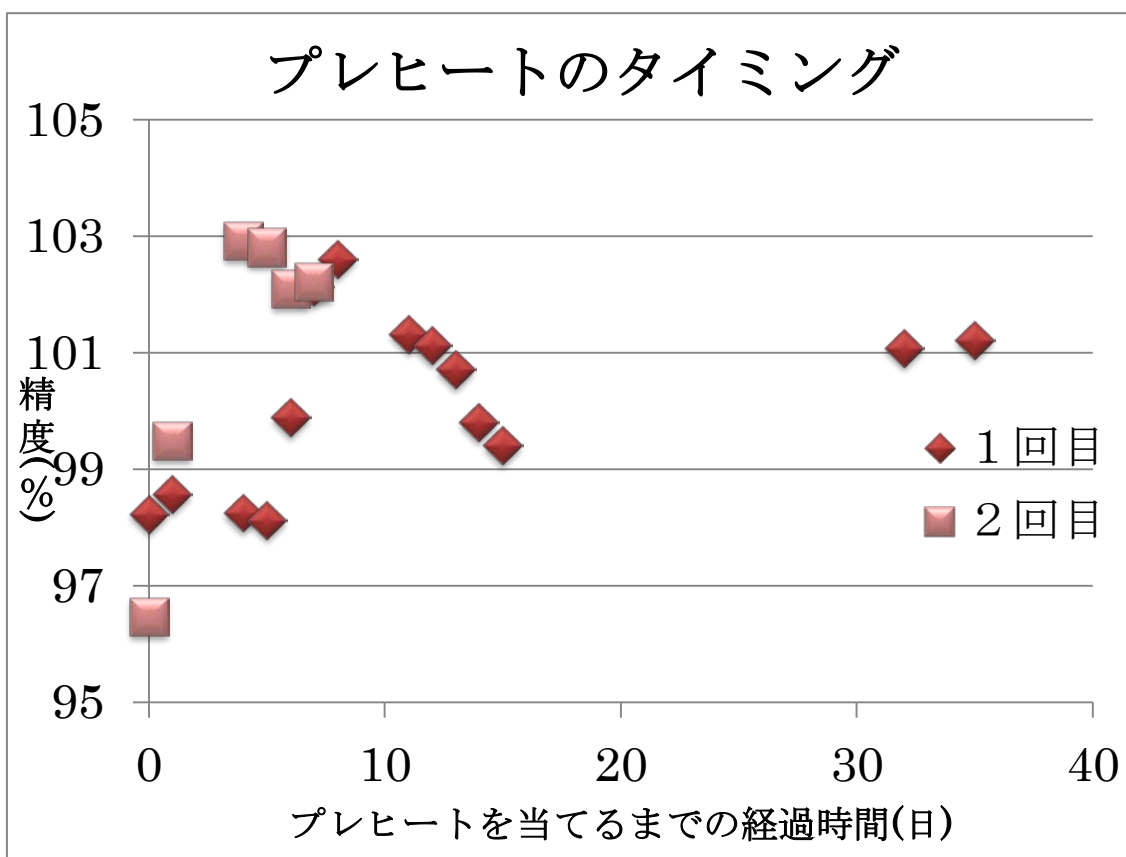


Fig.13 経過時間と計測精度(1回目 2回目まとめ)



標準計測法 12 におけるファーマ線量計を使用したリニアック X 線の出力値測定に対する相対合成標準不確かさの見積もり表を表 1 に示す。ファーマ形使用時の不確かさは 1.4% である。

表 1 不確かさの見積もり(指頭形線量計)<sup>5)</sup>

物理量または手段	相対標準不確かさ(%)
ステップ 1 : 線量標準機関	
特定二次標準器の校正定数 $N_d, w$	0.4
特定二次標準器による基準 $\gamma$ 線場の決定	0.18
二次線量標準機関におけるユーザ電離箱線量計の測定	0.27
ステップ 1 の合成不確かさ	0.52
ステップ 2 : ユーザが使用する高エネルギー光子線	
ユーザ電離箱線量計の長期安定性	0.3
基準条件の設定	0.4
モニタ設定地に対する表示値 $M_{raw}$	0.6
補正係数 $k_i$	0.4
線質補正係数 $k_Q$ (計算値)	1.0
ステップ 2 の合成不確かさ	1.3
$D_{w,q}$ の相対合成標準不確かさ(ステップ 1 + 2)	1.4

これに今回使用したガラス線量計の不確かさの見積もりを表2に示す。ファーマ形の1.4%に今回使用したガラス線量計の標準不確かさ2.7%をさらに合成すると、3.1%となり、包含係数2の拡張標準不確かさは±6.1%となった。

表2 不確かさの見積もり(ガラス線量計)

物理量または手段	相対標準不確かさ(%)
標準不確かさ	
素子間の感度ばらつき(中古)	2.1
読み取り再現性	0.3
Position 間のバラツキ	1.7
合成標準不確かさ	2.7
電離箱線量計+ガラス線量計の相対合成標準不確かさ	3.1
相対拡張標準不確かさ(包含係数 k=2)	6.1

(本実験)

**【考察】**

フェーディング現象の実験結果よりフェーディング現象はきわめて少なかった。これは、放射線により生成した銀の二価イオン( $\text{Ag}^{++}$ )もしくは銀粒子( $\text{Ag}^0$ )が作る蛍光中心がきわめて安定しているためだと考えられる。

照射後からプレヒートを行うまでの経過時間と計測精度の結果より、1回目の実験では $\pm 3\%$ 、2回目の実験では $\pm 4\%$ 以内となった。これらの結果から、どのタイミングでプレヒート処理を行っても、測定における拡張不確かさ、 $6.1\%$ の範囲内であることが分かった。

今回の実験で予想以上に素子間のばらつきが大きくなった理由として、使用した素子は新品ではなく、過去に数回照射とアニーリング処理をした素子を用いて測定を行ったことが考えられる。次回は新品の素子を用いた実験を行うことによりさらなる知見が得られるかもしれない。

**【結論】**

プレヒート処理のタイミングの違いによる測定精度の違いは見られず、照射後すぐに測定ができないときでも、測定値を読み取る前にプレヒート処理を行えば、不確かさの範囲内の測定が可能であることが分かった。

## 【参考文献】

1. 公益財団法人 医用原子力技術研究振興会財団  
([http://www.antm.or.jp/03\\_activities/0311.html](http://www.antm.or.jp/03_activities/0311.html))
2. 蛍光ガラス 小型素子システム DoseAce DoseAceXe 説明資料(株式会社千代田テクノル)
3. 蛍光ガラス線量計の基本特性 日本原子力研究所東海研究所保健物理部  
石川達也・村上博幸
4. 線量計素子 GD-300 シリーズ 取扱説明書(AGC テクノグラス株式会社)
5. 外部放射線治療における水吸収線量の標準測定法(標準計測法 12) 日本医学物理学会編

**【謝辞】**

本研究を進めるにあたり、大阪大学大学院医学系研究科医用物理講座松本光弘准教授から、様々なご指導を賜りました。ここに深く感謝の意を表します。

実験を進めるにあたり、様々な協力をして頂きました大阪大学医学部附属病院放射線部の関係者の皆様に深く感謝の意を表します。