

# 新しい機能性ラジオフォトルミネッセンスガラス線量計の開発



研究ノート

佐藤 文信\*

Development of New Functional Radiophotoluminescence Glass Dosimeters

Key Words : radiation measurement, radiophotoluminescence glass dosimeter, phantom

## 1. はじめに

近年、新しい放射線検出器の実用化が顕著となっている。その背景となった要因のひとつに、2011年3月11日に発生した福島第一原子力発電所の深刻な事故がある。原発事故により、周辺のみならず遠方まで大量の放射性物質が飛散し、環境汚染が問題となっているため広域の放射線量分布を把握する必要がある。さらに、原子力発電所敷地内の放射線レベルは高く、廃炉作業に従事する作業員の被曝低減と安全確保のために、線量測定は重要となっている。事故後、それらの目的に特化した放射線検出器の開発が進められた。また、放射線測定技術の高度化が進んでいる要因に先進放射線がん治療の普及もあげられる。強度変調放射線治療 (IMRT) は保険診療が、陽子・重粒子線治療は高度先進医療が認められている。さらに、加速器を利用する中性子捕捉療法 (BNCT) の開発も進められており、それらに役立つ放射線検出器が開発されている。<sup>1)</sup> このように、近年では、汎用性よりも目的に特化した放射線検出器の開発が中心となっている。この他に、大型加速器実験用や人工衛星搭載用など、新しい放射線検出器の開発は広い分野にわたる。

放射線検出器にはさまざまな種類があるが、放射線の外部被曝管理にかぎっても、その時点での線量率を測るサーベイメーター (線量計率計) と長時間

にわたってあびた放射線の被曝量を測定するドジメーター (積算線量計) の2種類に分類される。本稿では、ドジメーターのひとつである蛍光ガラス線量計素子を利用した廃炉対応の高線量場の可視化技術と、線量計特性を有するファントムの2例について、最新の研究開発を紹介する。

## 2. 蛍光ガラス線量計をもちいた高線量場の可視化

蛍光ガラス線量計素子に用いられている銀活性燐酸塩ガラス (以下、蛍光ガラスと呼ぶ。) は、放射線を受けると、ガラス内に蛍光中心が形成される。この放射線の情報を記憶した蛍光ガラスに紫外線を当てると、オレンジ色に蛍光し、この現象はラジオフォトルミネッセンス (RPL: Radiophotoluminescence) と呼ばれている。特に、蛍光ガラスは、高い放射線感度を有し、その蛍光量は放射線の量に比例しているため、精度の良い積算線量測定が可能となっている。<sup>2)</sup>

蛍光ガラスを利用して放射線量を視覚的に評価できる技術に応用するために、蛍光ガラスを直径100  $\mu\text{m}$  以下の球状に加工する量産技術が開発されている。<sup>3)</sup> 図1のように、この球状の蛍光ガラス線量計素子を、廃炉作業場などの路面や壁の表面に塗布し、紫外線ライトを用いて、蛍光から線量を視覚的に調べることを想定している。図2は、可視化実験の一例で、蛍光ガラス粒子を透明の封入容器に入れたカプセル型蛍光ガラス線量計を400個用意し、高強度 $\gamma$ 線源の周辺に並べて、蛍光撮影したものである。<sup>4)</sup>  $\gamma$ 線源近傍に置かれた線量計は強く蛍光しており、線量が高いことが判る。さらに、デジタル画像処理によって、線量分布を数値化することも可能である。この技術は、実用化に向けて改良が進められている。<sup>5)</sup>



\* Fuminobu SATO

1971年4月生  
大阪大学 大学院工学研究科 電子情報  
エネルギー工学専攻 (1999年)  
現在、大阪大学 大学院工学研究科 環  
境・エネルギー工学専攻 量子反応工学  
領域 准教授 博士(工学)  
放射線計測学  
TEL : 06-6879-7909  
FAX : 06-6879-7363  
E-mail : fsato@see.eng.osaka-u.ac.jp

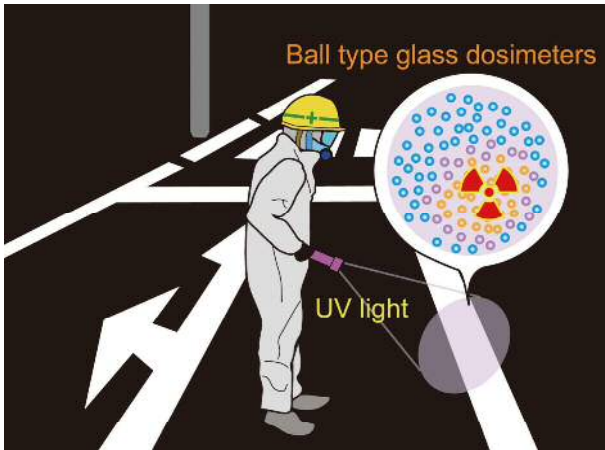


図1 路面に埋め込まれた蛍光ガラス線量計素子を利用して放射能を検出する様子

### 3. 蛍光ガラス線量計材料製ファントム

図3は、蛍光ガラス線量計材料製のファントムの写真である。このファントムは、 $^{99m}\text{Tc}$ などの放射性医薬品を取り扱う作業員や、レントゲン技師が幼児や動物を固定した際の手の局部被曝の解析に役立てることを目的にしている。ファントムの材料は、ポリウレタン樹脂に蛍光ガラスを75  $\mu\text{m}$ 以下に粉

砕したものを添加して、線量計特性を持たせている。(以下、RPL樹脂と呼ぶ。)線量測定ではポリウレタンからの蛍光も生じるが、RPLに適した光学フィルターとパルスUV光源を利用すれば、RPLとポリウレタンからの蛍光は分離出来て、十分な線量測定が可能となる。

ファントムの放射線応答は、人体のものに近いことが大切である。特に、RPL樹脂の密度は重要で、平均60  $\mu\text{m}$ の中空ガラスビーズの添加によって、1  $\text{g}/\text{cm}^3$ に調整する。ファントムの製作は、はじめに3Dプリンターで原型を造形し、その後、シリコンラバーで型を作り、型にRPL樹脂を流し込んで製作する。図3は、製作した手ファントムに、90 kV エックス線を照射して、RPL撮影した様子である。<sup>6)</sup> 吸収線量の高いところが強く蛍光し、その線量分布が確認できる。さらに、ファントムを1 mm厚のプレート状にスライスして、その断面の線量分布を調べることで、ファントム内部の三次元線量分布も得られる。現在、筋肉と骨など複数の人体組織等価物質で構成されるファントムを、3Dプリンターから直接印刷する技術を開発中である。

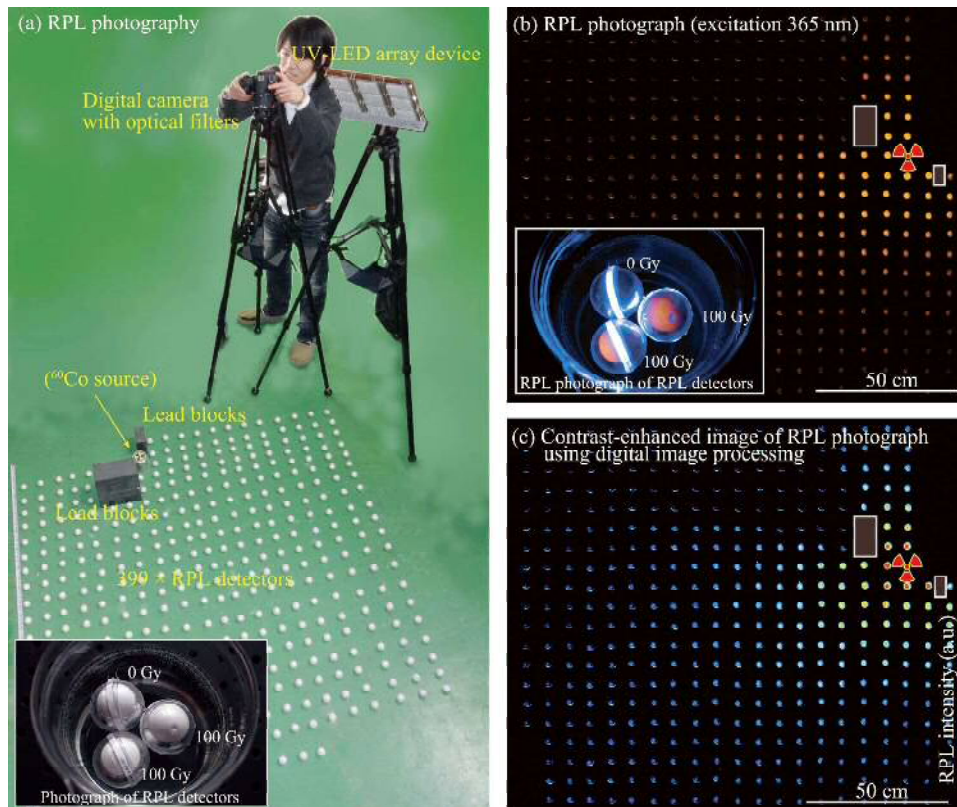


図2 蛍光ガラス線量計素子を利用した高線量場の可視化

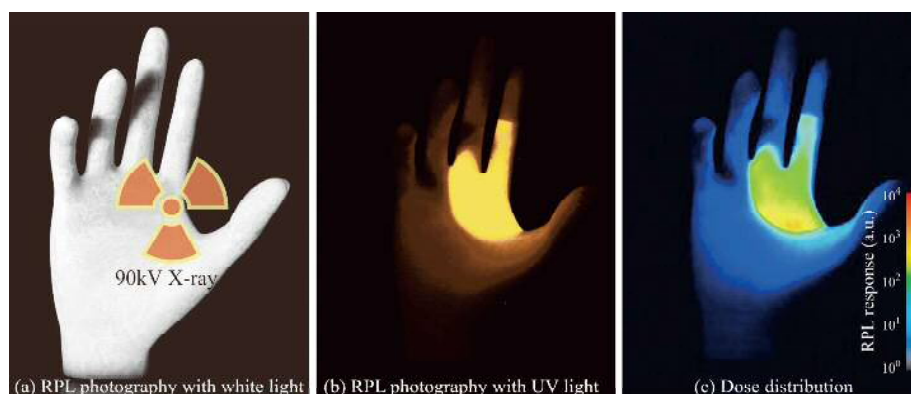


図3 エックス線照射された蛍光ガラス線量計材料製ファントム

#### 4. おわりに

本稿では、蛍光ガラス線量計材料を利用した新しい放射線計測技術を紹介した。蛍光ガラス粒子による高線量場のための可視化技術は廃炉作業における線量分布の把握に役立つことを目標に開発されている。また、線量を直接測定できるファントムは、放射線治療や局部被曝の評価に役立つものである。

近年、蛍光ガラス線量計に限らず、様々な分野で新しい放射線検出器が開発されており、それらの貢献が期待されている。

#### 謝辞

本研究の一部は、科学技術振興機構、研究成果展開事業（先端計測分析技術・機器開発プログラム）、

平成 24～26 年度、“高線量率環境に対応する線量測定方法の実用化開発”（チームリーダー：山本幸佳）により、実施されたものである。

#### 参考文献

- (1) 村田勲：テクノネット 10 (2015) 5.
- (2) 飯田敏行：放射線 37 (2011) 15.
- (3) Zushi et al.: Radiation Measurements 71 (2014) 217.
- (4) F.Sato et al.: Radiation Measurements 68 (2014) 23.
- (5) 山本幸佳：FBNews 465 (2015) 1.
- (6) F.Sato et al.: Radiation Measurements 85 (2016) 18.

