

# 有機半導体放射線検出器の X 線照射特性評価

## X-ray irradiation experiments to evaluate properties of organic semiconductor radiation detectors

高田英治<sup>1,\*</sup>, 錦戸文彦<sup>2</sup>, 岸本俊二<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 富山高等専門学校, 〒939-8630 富山市本郷町 13 番地

<sup>2</sup> 量子科学技術研究開発機構, 〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川 4 丁目 9 番 1 号

<sup>3</sup> 高エネルギー加速器研究機構放射光科学研究施設, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

Eiji Takada<sup>1,\*</sup>, Fumihiko Nishikido<sup>2</sup>, Shunji Kishimoto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Technology, Toyama College, 13 Hongo-machi, Toyama, 939-8630, Japan

<sup>2</sup>National Institute of Quantum and Radiological Science and Technology, 4-9-1 Anagawa, Chiba, 263-8555, Japan

<sup>3</sup>High Energy Accelerator Research Organization, Photon Factory, 1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

### 1 はじめに

Interventional Radiography (IVR)等の医療行為における患者の被曝量測定への適用を念頭に、有機シンチレータと有機半導体光検出器 (Organic Photo Diode, OPD) を組み合わせた新しい放射線検出器に関して研究を行っている[1-3]。放射線計測分野では放射線のエネルギーの測定にニーズがあるが、現在までのところ、本検出器によりパルス計測を実現するには至っていない。一方で、TransXend 検出器など、複数の電流出力型検出器を用い、それぞれの遮蔽材の種類・厚さを変化させることで検出器にエネルギー依存性を持たせれば、アンフォールディング法を併用することで放射線エネルギーの推定が可能である[4]。

今年度の研究では、遮蔽材を設置した有機半導体検出器に単色光子を入射させ、その応答特性をシミュレーションと比較することで、上に述べたようなエネルギー推定への可能性を検討することを目指した。単色 X 線による測定結果をアンフォールディング法によって処理することで、エネルギー推定の可能性を評価した。

### 2 測定原理

ここで提案する手法では、複数の有機半導体放射線検出器の前にそれぞれ異なる遮蔽材を設置し、各検出器に異なるエネルギー依存性を持たせる。あらかじめ各検出器からの電流:  $I_i$  と各エネルギーの X 光子強度:  $Y(E_j)$  の間に式(1)のような応答関数を評価しておく。測定された電流値のセットと応答関数を用い、アンフォールディング法によって光子のエネルギー分布を推定する。応答関数は実験によって求めることが望ましいが、数も多いことから、シミュレーションでの評価可能性を検討した。

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1m} \\ R_{21} & R_{22} & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ R_{n1} & \dots & \dots & R_{ij} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y(E_1) \\ Y(E_2) \\ \vdots \\ Y(E_m) \end{pmatrix} \quad (1)$$

### 3 製作した素子と実験方法

製作した素子の構造は、Al (70nm) /P3HT:PCBM (200nm) /PEDOT:PSS(30nm)/IZO(100nm)とし、ポリイミドフィルム上に製作した検出器をプラスチックシンチレータ上に貼り付けて実験した。有感部サイズは 4mm×8mm とした。本来の測定では検出器を複数用いるが、今回は単一の検出器の前に異なる遮蔽材を順次置き、測定を行った。遮蔽材には Al (1.5 mm, 3 mm), PMMA (3 mm), Sn (0.1 mm), Ti (0.1 mm, 0.5 mm), Cu (0.2 mm), Pb (0.2 mm), Zr (0.2 mm)を用い、PF BL-14A において 5、28、29.2、30、40、50、60、70 keV の X 線を入射させ、発生する電流を測定した。また、合わせて EGS5 によって検出器中のエネルギー付与を計算し、実験による測定電流値と比較した。



図-1 実験に使用した素子の写真

### 4 結果と考察

測定された電流値と計算によるエネルギー付与量の関係の一例を図-2 に示す。この結果では厚さ 0.1mm のスズを遮蔽材として使用している。この結果から、エネルギー付与量と測定電流値の傾向は概

概ね一致しており、応答関数として EGS5 による計算値を用いることは妥当と考えられる。

しかし、実験の過程で光子発生数の規格化が良好に行えないケースがあったためか、いくつかの実験条件でこれらの中に食い違いが発生した。そこで、電流値および計算値を遮蔽材がない場合の値で規格化して式(1)の左辺および右辺応答行列として用い、エネルギー推定の可能性を検討した。このような処理を行った場合には、得られたエネルギー分布の絶対値には意味が無く、相対的な分布のみが得られる。

SAND-II 法によるアンフォールディングの結果を図-3 に示す。高エネルギーの X 線を入力した場合には推定結果に広がりが見られているが、これは今回使用した遮蔽材セットでは高エネルギー側で遮蔽効果のエネルギー依存性が小さいためと考えられる。しかし、どのエネルギーにおいても、概ね入力した X 線エネルギー部分にピークが現れており、本手法の基本的な適用可能性が示されたといえることができる。

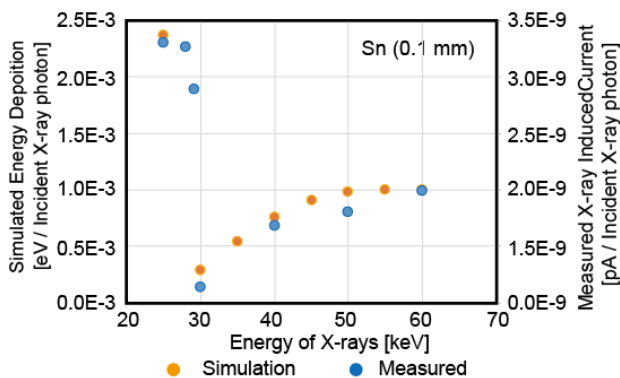


図-2 スズ (0.1mm) を用いた場合の実験値と計算値の比較

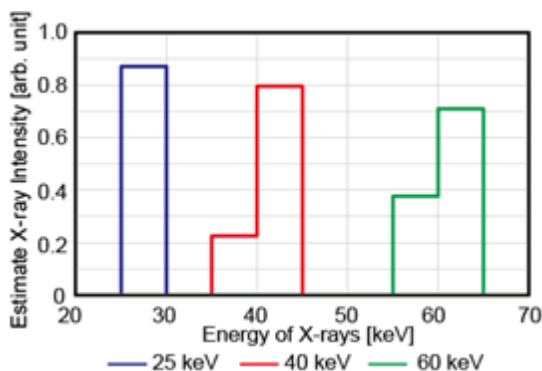


図-3 相対値を用いた場合のアンフォールディング結果

#### 4 まとめ

有機半導体放射線検出器に単色 X 線を入射させた場合の応答を測定し、EGS5 によるシミュレーション結果と比較した。その結果、実験結果とシミュレーション結果の傾向は概ね一致したが、X 線強度の規格化誤差によるものと考えられるずれが観測された。今後は再実験を通じてより正確な評価を試みるとともに、複数検出器によるエネルギー測定の可能性を検討する予定である。

また、測定結果をもとに入射 X 線のエネルギー分布推定を行ったところ、測定電流および応答関数をそのまま用いた場合、上述のばらつきが原因でエネルギーを再現できないケースがあった。そこで、遮蔽材なしの場合で規格化した相対値を用いてエネルギー推定を行ったところ、その可能性が示された。

#### 参考文献

- [1] E. Takada *et al.*, *J. Nucl. Sci. and Tech.*, **52**,1,104-108 (2016).
- [2] K. Tada, E. Takada *et al.*, *Journal of Photopolymer Science and Technology*, **26**, 1, 79-82 (2013).
- [3] E. Takada *et al.*, *J. Nucl. Sci. and Tech.*, **48**,8,1140-1145 (2011).
- [4] I. Kanno *et al.*, *Japanese Journal of Medical Physics*, **33**, 3, 127-136(2013).

\* takada@nc-tyama.ac.jp