

高計数率 X 線計測のための 3-PPA 修飾 Bi_2O_3 ナノ粒子添加 PVK ベースプラスチックシンチレータの蛍光体濃度最適化

Optimization of phosphor concentration in 3-PPA-modified Bi_2O_3 nanoparticle-loaded PVK-based plastic scintillators for high count rate X-ray measurements

東北大院工¹, 高エネルギー加速器研究機構², 量研機構・放医研³ ◯間木ありさ¹, 越水正典¹, 渡邊晶斗¹, 佐藤敦史¹, 横哲¹, 成基明¹, 菅居高明¹, 阿尻雅文¹, 岸本俊二², 錦戸文彦³, 藤本裕¹, 浅井圭介¹,

Tohoku Univ.¹, KEK², QST³ ◯Arisa Magi¹, Masanori Koshimizu¹, Akito Watanabe¹, Atsushi Sato¹, Akira Yoko¹, Gimyeong Seong¹, Takaaki Tomai¹, Tadafumi Adschiri¹, Shunji Kishimoto², Fumihiko Nishikido³, Yutaka Fujimoto¹, Keisuke Asai¹

E-mail: arisa.magi.qi@dc.tohoku.ac.jp

1. 緒言 放射光施設での高計数率測定において、発光量の大きさと高速応答性に優れたシンチレータの需要が高まっている。X 線検出の分野で広く利用されている無機シンチレータでは、応答性の観点から、高計数率測定用に足る検出器の開発が困難である。高速応答性を有するシンチレータとしてプラスチックシンチレータ(PS)があげられるが、PS には高エネルギー光子に対する検出効率の低さという欠点がある。我々はこれまでに、3-フェニルプロピオン酸(3-PPA)修飾 Bi_2O_3 を含有する Poly(9-vinylcarbazole) (PVK) ベースの PS を創製し、X 線の検出効率を大幅に向上させることに成功した。当該試料の発光量は、EJ-256 での値の 1.6 倍に及ぶ大きな発光量を有する。本研究では、PS の更なる発光量向上を企図して、3-PPA 修飾 Bi_2O_3 ナノ粒子を含有する PS の蛍光体濃度の最適化を行った。

2. 実験方法 THF に PVK を溶解させ、そこに、亜臨界水熱法により合成した 3-PPA 修飾 Bi_2O_3 ナノ粒子を、対 PVK で 5wt% 添加し、これを母材とした。次に、蛍光体としての(bis-MSB)を、母材に対し 0.10, 0.25, 0.50, 1.0, 2.0 mol% 添加し分散させた。これを 35℃ で乾燥させ、3 mm × 3 mm 角に成型し、bis-MSB 濃度の異なる 5 種類の試料を得た。これを搭載した検出器の 67.41 keV の、X 線 (KEK-PF, BL-14A) に対する波高スペクトルを測定した。比較試料として、市販の重金属含有 PS である EJ-256 (φ 5mm, 2mm 厚) を採用した。

3. 実験結果 Fig.1 に、パルス波高スペクトル (67.41 keV X 線)を示す。Table 1 に、光電吸収ピークの位置する波高値および検出効率を示す。蛍光体濃度の増加に伴い、光電ピークは高チャンネル側にシフトしていき、1.0 mol% を超えた濃度で低チャンネル側にシフトした。後者のシフトは、濃度消光によるものと考えられる。Bis-MSB 1.0 mol% における波高値は、EJ-256 での値の 2.0 倍であり、市販品を凌駕した。但し、試料の厚みの相違による自己吸収の影響については考慮しなかった。さらに、NaI(Tl)での総カウント数を基準にして検出効率を算出した。作製試料の厚さ 1 mm あたりの検出効率は、EJ-256 での値の 0.8 から 1.0 倍であった。

4. 結言 蛍光体濃度の最適化により、PS の大発光量化に成功した。作製した bis-MSB 0.50 mol% 添加 PS は、EJ-256 と同等の検出効率を有しつつ、EJ-256 での 2 倍相当の発光量を呈した。

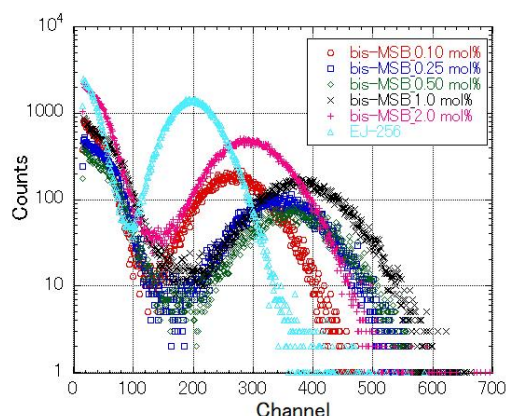


Fig. 1 Pulse height spectra of the scintillation detectors equipped with the sample scintillators or EJ-256 for the 67.41 keV X-rays.

Table 1. Channel number of the photoelectric peak and detection efficiency.

光電吸収ピークの 波高値	検出効率 [%]	厚さ1mmあたりの 検出効率 [%]	厚み [mm]
bis-MSB 0.10 mol%	275	1.35	2.4 0.57
bis-MSB 0.25 mol%	353	0.98	2.3 0.42
bis-MSB 0.50 mol%	370	0.76	2.2 0.34
bis-MSB 1.0 mol%	380	0.53	2.0 0.26
bis-MSB 2.0 mol%	290	1.16	2.5 0.46
EJ-256	192	5.09	2.5 2.00