

高輝度・高速応答シンチレータの開発に向けた有機-無機ハイブリット材料の作製

Fabrication of organic-inorganic hybrid materials for development of high-performance scintillator

東北大多元研¹, 東北大院工² °三木佑太郎¹, 鈴木龍樹¹, 越水正典², 笠井均¹IMRAM, Tohoku Univ.¹, Graduate School of Eng., Tohoku Univ.²°Yutaro Miki¹, Ryuju Suzuki¹, Masanori Koshimizu², Hitoshi Kasai¹

E-mail: yutaro.miki.r3@dc.tohoku.ac.jp

[緒言] シンチレータは放射線のエネルギーを光に変換する発光型の放射線検出材料である。シンチレータの性能として発光の寿命と強度が重要であり、寿命の短縮は検出の高速化、高い強度は高感度化を意味する。従来、寿命と強度はトレードオフの関係にあり、強度の高い無機物は寿命が長く、一方で寿命の短い有機物は軽元素で構成されるため高エネルギー領域の放射線との相互作用が弱く、潜在的に強度が低い。そこで本研究では、放射線との相互作用の大きい無機物と高速応答性を有する有機物を融合させ、高輝度かつ高速応答性を有するシンチレータ材料の作製を目標とした。ピコ秒単位の高速発光を示す有機色素のJ会合体を対象に、放射線と相互作用することで光電子や二次電子を放出するビスマスを追加し、シンチレーション特性の向上を目指した。

[J会合体分散膜の作製] J会合体は水溶液中で形成され、乾燥により会合が不安定化される。そこで、J会合体をポリビニルアルコール (PVA) 中に分散させJ会合体が安定に存在する薄膜の作製を行った。J会合体を形成する有機色素として TDBC (Fig. 1) を対象に、0.1 g/cm³ PVA 水溶液 1 mL と 0.3 mM TDBC 水溶液 1.75 mL を加え、十分に攪拌した後、ガラス基板上に塗布しキャスト膜とした。TDBC のモノマー (DMSO 溶液)、J会合体 (水溶液)、バルク結晶、作製した薄膜の吸収スペクトルを Fig. 1 に示す。PVA 膜では水溶液と同様に、580 nm 付近にモノマーより長波長シフトした鋭い J 会合体由来のピークが現れ、安定に会合状態が保持されていた。

[トリフェニルビスマスナノ粒子の作製] ビスマス源としてトリフェニルビスマス (BiPh₃) を用いた。BiPh₃ は難水溶性であるためナノ粒子化することで、J会合体分散膜に均一に分散させ、放出される光電子や二次電子と J 会合体の相互作用の増大を試みた。BiPh₃ のナノ粒子化は溶解度の差を利用する再沈法¹⁾により行った。10 mM BiPh₃ THF 溶液 100 μL を激しく攪拌した蒸留水 10 mL に素早く注入することでナノ粒子を作製した (Fig. 2)。その結果、BiPh₃ ナノ粒子 (BiPh₃NPs) は粒径 50 nm 前後の球形粒子として得られた。

[BiPh₃NPs による J 会合体分散膜の蛍光増強] 作製した BiPh₃NPs 分散液を遠心分離により 250 μL まで濃縮し、この分散液に 0.1 g/cm³ PVA 水溶液 1.5 mL および 1 mM TDBC 水溶液 500 μL を加え、十分に攪拌した後、ガラス基板上に塗布しキャスト膜とした。X線 (Mo ターゲット, 80 kV, 1.2 mA) 励起によるシンチレーションスペクトルを Fig. 3 に示す。BiPh₃NPs を含むサンプルでは含まないサンプルと比較して、蛍光強度が 2.5 倍増大した。これは Bi が発生させた光電子や二次電子により J 会合体の励起が促進されたためであり、BiPh₃NPs を介することで X 線と有機色素との相互作用確率が增大することが示唆された。

[参考文献] 1) H. Kasai *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **31**, L1132–L1134 (1992).

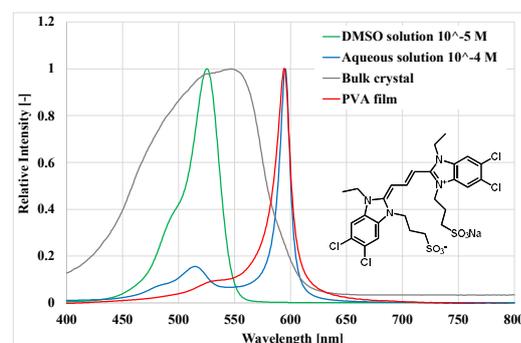


Fig. 1 Chemical structure and absorption spectra of TDBC

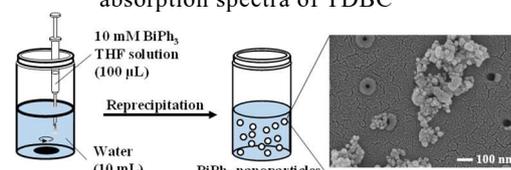


Fig. 2 Fabrication of BiPh₃NPs

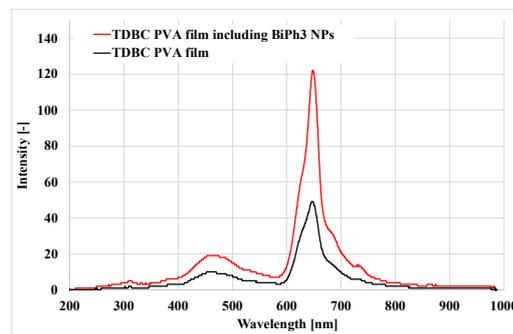


Fig.3 Scintillation spectra of TDBC PVA film including or not BiPh₃NPs