

1P-032

## Eu 添加 ${}^6\text{LiF-SrF}_2$ 共晶体シンチレータの基礎特性評価

(東北大 NICHe<sup>1</sup>、東北大金研<sup>2</sup>、トクヤマ<sup>3</sup>、名古屋大<sup>4</sup>) 柳田健之<sup>1</sup>、藤本裕<sup>2</sup>、河口  
範明<sup>3</sup>、渡辺賢一<sup>4</sup>、山崎淳<sup>4</sup>、福田健太郎<sup>3</sup>、二見能資<sup>2</sup>

### Evaluations of basic properties of Eu-doped ${}^6\text{LiF-SrF}_2$ eutectic scintillators

(NICHe Tohoku Univ.<sup>1</sup>, IMR Tohoku Univ.<sup>2</sup>, Tokuyama<sup>3</sup>, Nagoya Univ.<sup>4</sup>) Takayuki  
Yanagida<sup>1</sup>, Yutaka Fujimoto<sup>2</sup>, Noriaki Kawaguchi<sup>3</sup>, Kenichi Watanabe<sup>4</sup>, Atsushi  
Yamazaki<sup>4</sup>, Kentaro Fukuda<sup>3</sup>, Yoshisuke Futami<sup>2</sup>

[序論] 中性子検出器はセキュリティ、資源探査、原発モニタ、残留応力検査、中性子回折等の基礎科学など、広範な応用分野を有している。これまで中性子検出器の多くには、 ${}^3\text{He}$  ガス検出器が利用されてきたが、9.11 以降の欧米におけるセキュリティ分野での需要の勃興に伴い、供給量 (20 kl/年) を需要 (100 kl/年) と大幅に超えた状況が続いている。そのため、世界的に  ${}^3\text{He}$  ガスを代替できる新規材料・検出器の開発が喫緊の課題となっており、特にガンマ線計測などで広く用いられている無機固体シンチレータはその候補である。

中性子計測用の無機シンチレータは、中性子と相互作用断面積の大きな  ${}^6\text{Li}$ 、 ${}^{10}\text{B}$  等を含む必要があり、またノイズとなる環境ガンマ線への感度を可能な限り下げするため、ホスト中に重元素を含むことは避けたい。そのため材料設計は限られる。本研究では、 ${}^6\text{Li} + n \rightarrow \text{T} + \alpha + 4.8\text{MeV}$  の核反応を利用し、さらに Li 含有量を増やして中性子に対する感度を向上させるため、共晶体の利用を考えた。 ${}^6\text{Li}$  は上式のように高い Q 値を持ち、結果として高発光量が期待される。共晶体を用いた中性子用シンチレータの先駆けとしてこれまで、Eu:LiF-CaF<sub>2</sub> 共晶体シンチレータが開発され、そのシンチレーション特性が調査された。 [1-2].

図 1 には、中性子の計測原理を示す [3]。まず中性子は LiF 層で荷電粒子に変換され、それらの荷電粒子は CaF<sub>2</sub> 層においてシンチレーション光に変換される。共晶体シンチレータの最大のメリットはその大きな  ${}^6\text{Li}$  含有量であり、それはそのまま高検出効率につながる。既に研究が行われた LiF-CaF<sub>2</sub> 構造と同様に、LiF-SrF<sub>2</sub> もまたシンチレータ応用が可能である。

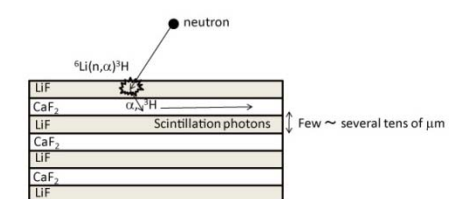


図 1 共晶体シンチレータと中性子の相互作用の概略。

シンチレータの特性は、ホストマトリックスから発光中心へのエネルギー輸送過程・効率に大きく依存するため、LiF-CaF<sub>2</sub> よりも特性が優れる可能性もある。そのため本研究では、Eu 添加 LiF-SrF<sub>2</sub> のシンチレーション特性を系統的に評価することが目的とである。

#### [実験結果と考察]

サンプルは、Eu を 0.05、0.1、0.2 mol% 添加した LiF-SrF<sub>2</sub> であり、トクヤマ社によってマイクロブリッジマン法 [4] を用いて作製された。図 2 には得られたサンプルの外観を示

す。このような半透明なサンプルを得ることに成功した。図 3 には、これらサンプルの SEM 像を示す。共晶体特有のラメラ構造が確認されている。

このようにして得られたサンプルに対し、 $\alpha$ 線を照射した際の発光スペクトルを図 4 に示す。この発光スペクトルにおいては、 $\text{Eu}^{2+}$ の 5d-4f 遷移に起因する発光を 420 nm 近辺に確認した。これは  $\text{Eu}:\text{CaF}_2$  と同様であることから、 $\text{Eu}^{2+}$ イオンは  $\text{Sr}^{2+}$  サイトに置換されていることがうかがえる。また 590 nm 近辺に  $\text{Eu}^{3+}$  の 4f-4f 遷移に伴う発光ピークも検出された。この実験により、Eu 添加  $\text{LiF}:\text{SrF}_2$  共晶体は放射線励起で発光する(シンチレーション)することを確認した。さらに光電子増倍管とアSEMBリし、 $^{252}\text{Cf}$  中性子を照射して絶対発光量も求めた。結果として、Eu 0.1 mol% 添加サンプルが最大の発光量を示し、その値は約 6000 ph/n であった。また同時に蛍光減衰時定数の測定も行ったが、Eu 濃度に応じて、400-600 ns 程度の値が得られた。これは  $\text{Eu}:\text{CaF}_2$  シンチレータ等と同等の値であり、シンチレータとして用いるには十分な応答速度であった。

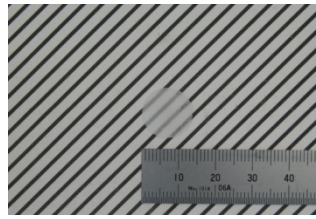


図 2 Eu 0.05 mol% 添加  $\text{LiF}:\text{SrF}_2$  共晶体。

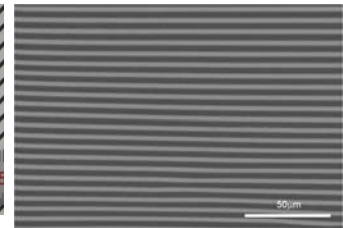


図 3  $\text{LiF}:\text{SrF}_2$  共晶体の SEM 像。

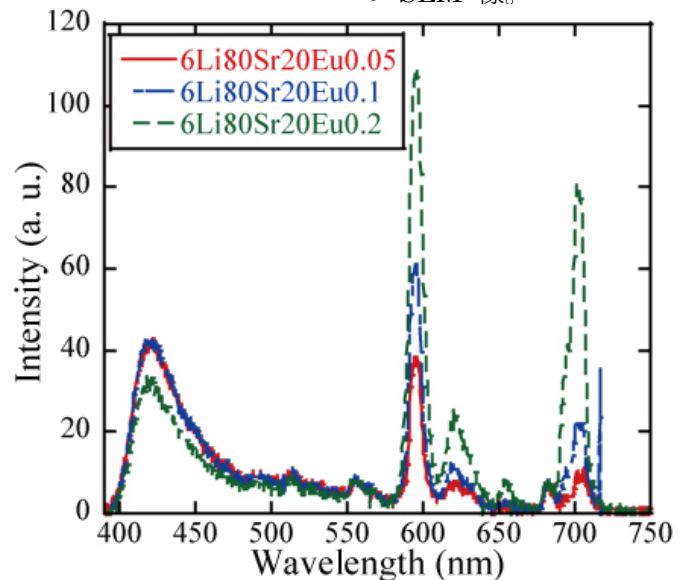


図 4 Eu 0.05、0.1、0.2mol% 添加  $\text{LiF}:\text{SrF}_2$  共晶体シンチレータの  $^{241}\text{Am}$   $\alpha$ 線励起発光スペクトル。

#### [参考文献]

- [1] J. Trojan-Piegza, J. Glodo, V. K. Sarin, Rad. Meas., 45 163 (2010).
- [2] N. Kawaguchi, K. Fukuda, T. Yanagida, Y. Fujimoto, Y. Yokota, T. Suyama, K. Watanabe, A. Yamazaki, A. Yoshikawa, Nucl. Instrum. Metho. A 652, 209-211 (2011).
- [3] T. Yanagida, K. Fukuda, Y. Fujimoto, N. Kawaguchi, S. Kurosawa, A. Yamazaki, K. Watanabe, Y. Futami, Y. Yokota, A. Yoshikawa, A. Uritani, T. Iguchi, Opt. Mater., 34, 868-871 (2012).
- [4] N. Kawaguchi, T. Yanagida, Y. Fujimoto, Y. Furuya, Y. Futami, A. Yamaji, K. Watanabe, S. Kajimoto, H. Fukumura, S. Kurosawa, Y. Yokota, A. Yoshikawa, Rad. Meas. Submitted (2012).