

Yb²⁺添加 CsI 結晶シンチレータの開発

Development of Yb²⁺-doped CsI crystalline scintillators

東北大院工¹, 奈良先端大², [○](M2)溝井航平¹, 藤本裕¹, 中内大介², 越水正典¹,
柳田健之², 浅井圭介¹

Tohoku Univ.¹, NAIST², [○](M2) Kohei Mizoi¹, Yutaka Fujimoto¹, Daisuke Nakauchi²,
Masanori Koshimizu¹, Takayuki Yanagida², Keisuke Asai¹

E-mail: kohei.mizoi.p5@dc.tohoku.ac.jp

シンチレータには、高い発光量や短い蛍光寿命、および高いエネルギー分解能等の性能具備が求められる。この要求に応える有効な方途の一つとして、ハロゲン化物を母材とした、5d-4f 遷移発光を呈する希土類元素蛍光中心の添加がある。すでに Ce³⁺や Eu²⁺のような 3 価または 2 価のランタノイドが、この種の発光中心として頻繁に利用されている。Yb²⁺も同様に有用であるものと期待されており、我々はこれまでに、SrCl_{0.4}Br_{1.6}:Yb²⁺ [1]や BaBrI:Yb²⁺ [2]の PL およびシンチレーション特性を報告した。また Yb²⁺は、5d-4f 遷移による短寿命スピン許容発光および長寿命スピン禁制発光の二つの発光を示すことが知られており、ヨウ化物ベースの結晶において前者が観測されやすいことが明らかになっている[2]。これらの知見に基づき本研究では、短い蛍光寿命および高発光量で特徴づけられる Yb²⁺シンチレータの開発を企図し、ヨウ化物の中でも低潮解性の CsI を母材として選択し、Yb²⁺添加結晶を作製して、光学およびシンチレーション特性を調べた。

試料作製では、CsI に YbI₃ を 0.01, 0.05, 0.1 mol% で添加し、単純固化法で結晶育成を行った。得られた結晶を切断・研磨した後、フォトルミネッセンス (PL) スペクトル、X 線ラジオリミネッセンス (XRL) スペクトル、シンチレーション減衰プロファイル、および γ 線照射波高スペクトルを測定した。試料の潮解性は僅少で、透明性は数日間の大気曝露によっても損なわれなかった。

Fig. 1 に、CsI:Yb²⁺ (0.01, 0.05, および 0.1 mol% 添加) の XRL スペクトルを示す。全試料において 430 nm 付近に Yb²⁺の発光ピークが、300 nm 付近に CsI 特有の発光ピーク並びにショルダーが見られる。Fig. 2 に、CsI:Yb²⁺ (0.01, 0.05, および 0.1 mol% 添加) の ¹³⁷Cs- γ 線照射波高スペクトルを、比較対象としての NaI:Tl での測定結果とともに示す。Table 1 には、発光量およびエネルギー分解能を、各試料および NaI:Tl について示す。0.05 mol% 添加 CsI:Yb²⁺ において、580 ch 付近に Cs エスケープピークと思われるショルダーが観測される。0.05 mol% 添加 CsI:Yb²⁺の発光量は 55000 photons/MeV であり、市販品の NaI:Tl のそれを上回った。また、エネルギー分解能は 8.0%であり、NaI:Tl のそれと同程度であった。

[1] K. Mizoi et al., Apple. Phys. Express, **13** (2020) 112008.

[2] 2021 年応用物理学会春季学術講演会 [19a-Z12-10] Yb²⁺添加 MXY (M = Sr, Ba; X, Y = Cl, Br, I)結晶シンチレータの開発

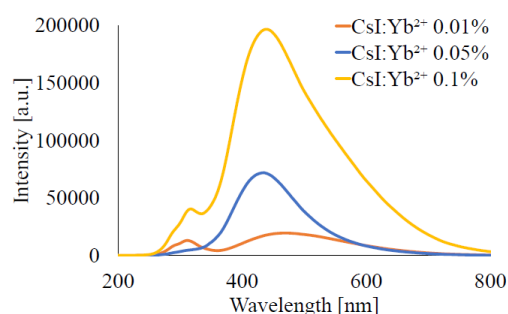


Fig. 1 XRL spectra of CsI:Yb²⁺ crystals.

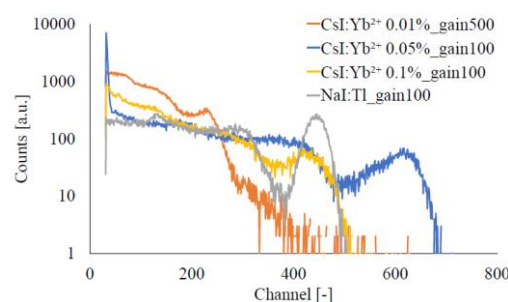


Fig. 2 ¹³⁷Cs-gamma-ray irradiated pulse-height spectra for CsI:Yb²⁺ crystals and NaI:Tl.

Table 1 Light yields and energy resolution of SrBaI:Yb²⁺ and BaBrI:Yb²⁺ crystals and NaI:Tl.

Sample	Light yields [ph/MeV]	Energy resolution [%]
CsI:0.01% Yb ²⁺	5300	32
CsI:0.05% Yb ²⁺	55000	8.0
CsI:0.1% Yb ²⁺	38000	16
NaI:Tl	40000	7.5