

二重ベータ崩壊実験に向けた NaI 添加 CaI_2 シンチレータの育成と特性評価

東北大工¹, 東北大金研², 東北大 NICHe³, 株式会社 C&A⁴, 筑波大⁵ ○(M1)川畑諒輔^{1,2},
吉野将生^{3,4}, 鎌田圭^{2,3,4}, 飯田崇史⁵, 堀合毅彦^{3,4}, Kyoung Jin KIM^{2,3,4}, 沓澤直子⁴,
村上力輝斗^{2,4}, 山路晃広^{2,3}, 黒澤俊介^{2,3}, 横田有為^{2,3}, 大橋雄二^{2,3}, 佐藤浩樹^{2,3}, 花田貴²,
吉川彰^{2,3,4}

Grad. Sch. Eng, Tohoku Univ.¹, IMR, Tohoku Univ.², NICHe, Tohoku Univ.³, C&A corporation⁴,
University of Tsukuba⁵, Ryosuke Kawabata,^{1,2} Masao Yoshino,^{3,4} Kei Kameda,^{2,3,4} Takashi Iida,⁵
Takahiko Horiai,^{3,4} Kyoung Jin KIM,^{2,3,4} Naoko Kutsuzawa,⁴ Rikito Murakami,^{2,4} Akihiro
Yamaji,^{2,3} Shunsuke Kurosawa,^{2,3} Yuui Yokota,^{2,3} Yuji Ohashi,^{2,3} Hiroki Sato,^{2,3} Takashi Hanada,²
and Akira Yoshikawa,^{2,3,4}

E-mail: kawabata.ryosuke.r5@dc.tohoku.ac.jp

[背景] 二重ベータ崩壊実験で観測を目指す $0\nu\beta\beta$ は極めて希少な信号であり、その半減期下限値は 10^{26} 年以上とされる。このような信号を検出するには、高いエネルギー分解能に加え、 α 線、 γ 線、 β 線を区別できる波形弁別性能を備えたシンチレータが必要不可欠である。 CaI_2 シンチレータは、107,000 photons/MeV という高い発光量、3.2%FWHM@662keV の優れたエネルギー分解能、および α 線と γ 線を効果的に区別する波形弁別能力を有すると報告されている[1]。しかしながら、 CaI_2 単結晶は潮解性および劈開性が高いため、加工が困難であることも指摘されている[2]。特に、 CaI_2 は a-b 平面に平行な層状構造を有し、層間が c 軸方向で分離しやすい性質を持つ。本研究では、 CaI_2 の加工性を改善することを目的とし、 CaI_2 に屈折率が近くへき開性の無い NaI を添加したシンチレータの育成、および特性評価を行ったので報告する。

[実験方法] Ar 雰囲気下のグローブボックス内で 99.995% CaI_2 および 99.995%NaI を秤量し石英管に封入した。その後、真空下で 300°C で 3 時間加熱し原料の脱水を行い、石英管を封じ切り密封した。結晶の育成は垂直ブリッジマン法を用いて 1mm/hr の引き下げ速度で行なった。育成した結晶はドライルーム内で切断、研磨後にシンチレーション特性、波形弁別性能について評価した。

[結果] 図 1(a) に切断、研磨後の 10%NaI 添加 CaI_2 単結晶を示す。育成した単結晶は CaI_2 単結晶に比べて劈開性が減少していることが確認された。図 1 (b) に ^{137}Cs 線源を用いて測定した 10%NaI 添加 CaI_2 のエネルギースペクトルを示す。図より 63500 photons/MeV の発光量が確認された。図 1(c) に示す X 線励起発光スペクトルより、410nm 付近に CaI_2 に由来する発光が確認された。当日は詳細な育成方法、波形弁別性能、 EuI_2 を添加した組成における特性についても報告する。

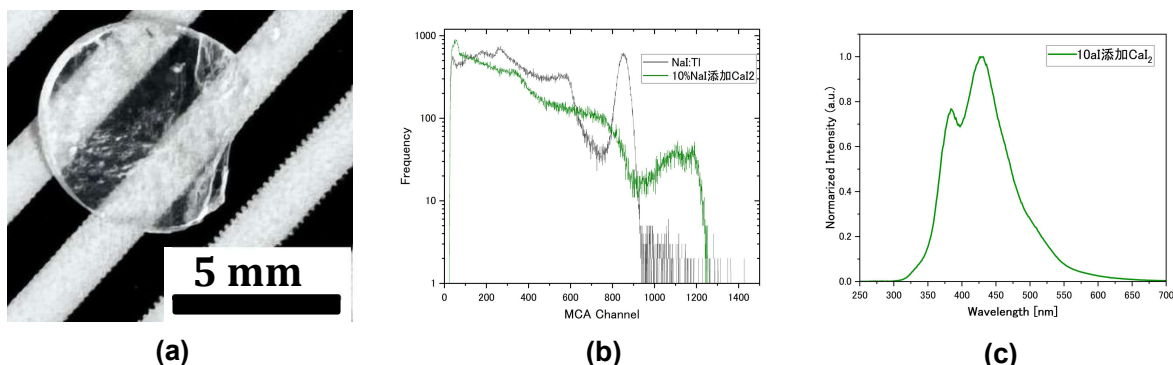


図.1 (a) 10%NaI added CaI_2 single crystal, (b) Energy spectra of 10%NaI added CaI_2 , NaI:Tl, (c) X-ray-induced Radioluminescence spectra of 10%NaI added CaI_2

Reference

- [1] T. Iida, et al., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A 958 (2020) 162629.
[2] L.A. Boatner, et al., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A 786 (2015) 23–31.