

LiAlO₂ 添加プラスチックシンチレータの中性子検出特性

Neutron detection properties of LiAlO₂-loaded plastic scintillators

静岡大¹, 東北大院工² ○(B)塚原悠久¹, (M2)佐藤敦史², 藤本裕², 浅井圭介², 越水正典¹

Shizuoka Univ.¹, Tohoku Univ.², °Haruhisa Tsukahara¹, Atsushi Sato²,

Yutaka Fujimoto², Keisuke Asai², Masanori Koshimizu¹

E-mail: tsukahara.haruhisa.19@shizuoka.ac.jp

【緒言】中性子検出器は、核兵器原料への利用および放射性物質の飛散が考えられる特殊核物質の検出に利用されている。最近では、低コストで製造でき、取り扱いや大型化の容易なプラスチックシンチレータ (PS) が中性子検出器のベースとして注目されている。PS には従来、中性子と核反応を生じて荷電粒子を放出する ¹⁰B や ⁶Li を有機化合物としてプラスチック中に溶解させ、中性子の検出能が付与されてきた。最近では、¹⁰B や ⁶Li を含有するナノ粒子を PS に添加することで、シンチレーションの発生を阻害せず、中性子の検出効率を高める手法が提案されてきた[1]。これまで我々のグループでは、ポリスチレンをベースとし、有機蛍光体に b-PBD を用いた PS に LiAlO₂ ナノ粒子を添加することにより、中性子検出能の付与に成功したが、その発光量は大幅に低下した[2]。本研究では、有機蛍光体を DPO-POPOP に変更し、発光量の向上を目指した。

【実験方法】LiAlO₂ 粒子の合成では、Li₂CO₃ (⁶Li: 95 atom%含有)、Al(NO₃)₃・9H₂O (99.9%)、クエン酸、およびエチレンジアミン四酢酸 (EDTA) を、物質質量比 1:2:2:3 で秤量した。最初に、Li₂CO₃ と Al(NO₃)₃・9H₂O を水に溶解し、70℃で 1 h 攪拌した。クエン酸と EDTA を別々の水に溶解し、アンモニア水を滴下することで、pH8.0–10 程度に調整した。調整した溶液を 70℃で 1 h 攪拌した水溶液に滴下した。その後 90℃で 24 h 攪拌後、溶媒を蒸発させ、900℃で焼成することで LiAlO₂ 粒子を得た。PS の作製では、ポリスチレンと有機蛍光体として DPO および POPOP (物質質量比 80:1) をテトラヒドロフランに溶解させ、LiAlO₂ を添加し、溶媒を完全に蒸発させて PS を得た。DPO-POPOP は、スチレンモノマーに対して DPO の濃度を 1.0–10 mol% とし、LiAlO₂ は、ポリスチレンに対して 10 wt% とした。

【結果と考察】Fig. 1 に LiAlO₂ 粒子の TEM 像を示す。100 nm ほどの大きさの粒子が観測された。Fig. 2 に ²⁵²Cf から発生した中性子に対する波高スペクトルを示す。各試料ともに 100–200 チャネル付近にピークが見られ、DPO-POPOP の添加量が増加するにつれて、高チャネル側へ移行した。Table 1 に中性子に対する LiAlO₂ 粒子 10 wt% 添加 PS の光電吸収ピーク位置と、発光量既知である NE-142 のピーク位置との比較をもとに算出した各 PS の発光量を示す。発光量は 1.0 mol% と 10 mol% 添加試料でそれぞれ 1.35×10^3 photons/neutron および 1.60×10^3 photons/neutron であり、10 mol% 添加試料の発光量は 1.0 mol% 添加試料より約 18 % 高かった。

【参考文献】

[1] Camille Frangville et al. Mater. Chem. Front. 2019, 3, 1574.

[2] 塚原悠久ら、2022 年第 83 回秋季応用物理学会[22a-P02-11].

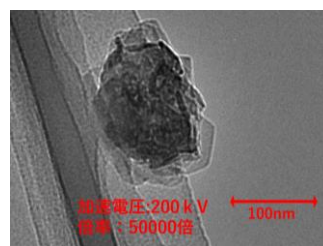


Fig. 1 TEM image of lithium aluminate nanoparticle.

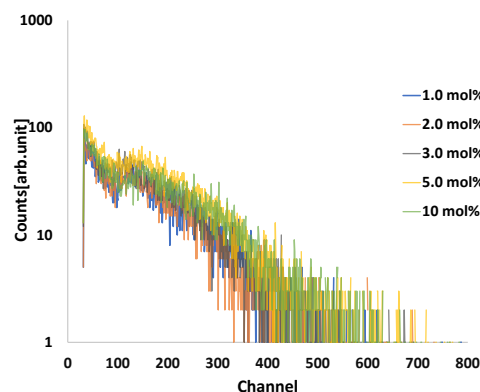


Fig. 2 Pulse-height spectra of scintillators under neutron irradiation.

Table 1 Scintillation light yield for neutrons.

試料	ピークチャネル	発光量[photons/neutron]
1.0 mol%	126	1.35×10^3
2.0 mol%	126	1.35×10^3
3.0 mol%	114	1.22×10^3
5.0 mol%	149	1.59×10^3
10 mol%	150	1.60×10^3