

## 二重 $\beta$ 崩壊実験用 $ZrO_2$ ナノ粒子装荷液体シンチレータにおける ナノ粒子の分散性の制御

### Control of nanoparticle dispersibility in $ZrO_2$ nanoparticle-loaded liquid scintillator for double $\beta$ decay experiment

東北大, °渡邊 晶斗, 越水 正典, 横哲, 成基明, 筈居高明, 阿尻雅文, 林大和,  
藤本 裕, 浅井 圭介

Tohoku Univ. °Akito Watanabe, Masanori Koshimizu, Akira Yoko, Gimyeong Seong, Takaaki Tomai,  
Tadafumi Adschiri, Yamato Hayashi, Yutaka Fujimoto, Keisuke Asai  
E-mail: akito.watanabe.p7@dc.tohoku.ac.jp

ニュートリノレス二重  $\beta$  崩壊 ( $0\nu\beta\beta$ ) の存否検証のために,  $0\nu\beta\beta$  を生じる可能性をもつ核 ( $0\nu\beta\beta$  核) が多量に装荷され, かつ高エネルギー分解能を具備する液体シンチレータの開発が望まれている. 我々は,  $0\nu\beta\beta$  核をナノ粒子化して液体シンチレータ中に分散させる手法を案出した. これまでの研究で,  $0\nu\beta\beta$  核として  $^{90}Zr$  を採用し, 有機修飾  $ZrO_2$  ナノ粒子の亜臨界水熱合成を行い, 液体シンチレータに同核を 0.33 wt% まで装荷させることに成功している<sup>[1]</sup>. 一方, 最近, 炭素鎖長を異にする 2 種類のカルボン酸を用いた表面修飾により, ナノ粒子の有機溶媒への分散性が劇的に向上するとの報告がなされた<sup>[2]</sup>. そこで本研究では, この手法を適用して, 2 種類の芳香族カルボン酸で修飾された  $ZrO_2$  ナノ粒子を合成し, 同粒子を装荷した液体シンチレータを製出した.

修飾用分子として, 3-フェニルプロピオン酸 (3PPA), 6-フェニルヘキサン酸 (6PHA), 及び 8-フェニルオクタン酸 (8POA) を選択した. ナノ粒子の修飾には, 6PHA と 8POA, 3PPA と 6PHA, 及び 3PPA と 8POA を各々モル比 1:1 で混合したもの (順に A, B, C とする) を用いた. 回分式亜臨界水熱合成法により A, B, 及び C で修飾された  $ZrO_2$  ナノ粒子を合成し (合成条件: 温度 300°C, 圧力 30 MPa, 反応時間 10 min), 生成物をトルエンで捕集することで, ナノ粒子分散液である, 試料 A, B, C を得た. これら試料につき, 沈殿が生じるまで溶媒を蒸発させることにより濃縮し, その時の Zr の濃度を, ICP-AES で測定することでナノ粒子の最大分散濃度を評価した. また, 試料 A, B, C に有機蛍光体である DPO と POPOP を溶解させることで液体シンチレータ (各々 LS\_A, B, C とする) を作製し, X 線励起蛍光スペクトルの測定を行った.

図 1 に, 得られたナノ粒子の分散液の写真を示す. 修飾分子の全組み合わせにおいて, 十分な透明性を有する分散液を調製することができた. ICP-AES によって計測された Zr の濃度は, 試料 B, 及び C に対し, 各々  $1.00 \pm 0.04$ ,  $0.74 \pm 0.10$ , 及び  $0.81 \pm 0.07$  wt% であった. 図 2 に, X 線励起蛍光スペクトルを示す. 全試料における 400~500 nm 発光帯は, 蛍光体に由来するものである. LS\_A においては, (425 nm ピークに対する) 450 nm ピークの強度比が, 他の 2 試料に比べて大きい. これは, 分散液中での黄色域の着色度が増したことから, 同スペクトル中での短波長側での蛍光の吸収が強まったことに起因する. 以上の結果から, 2 種類の芳香族カルボン酸での  $ZrO_2$  ナノ粒子表面修飾によって, 液体シンチレータ中での Zr 濃度を, 以前報告した値に対し 2 倍以上向上させ得ることが分かった.

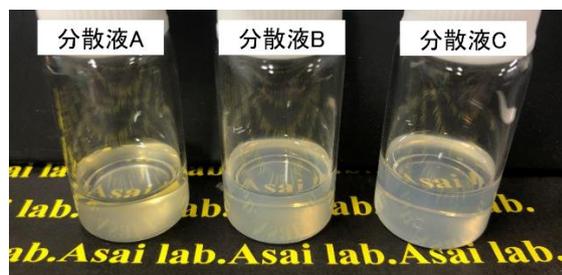


Fig. 1. Images of nanoparticle dispersions.

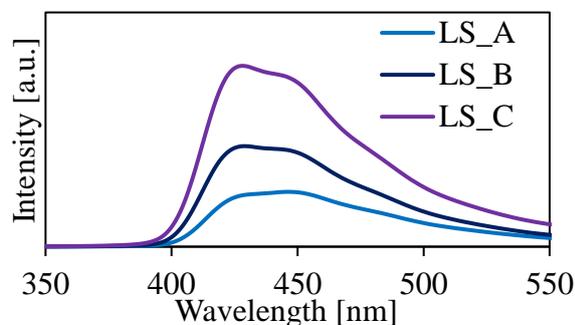


Fig. 2. X-ray-induced radioluminescence spectra of nanoparticle-added liquid scintillators.

【参考文献】 1. A. Watanabe, et al., *Nanomaterials*, **11**, 1124 (2021). [2] T. Tomai, et al., *J. Colloid Interface Sci.*, **587**, 574 (2021).