

## 二重 $\beta$ 崩壊実験への応用を企図した 6-フェニルヘキサン酸修飾 $\text{ZrO}_2$ ナノ粒子装荷液体シンチレータの開発

### Development of 6-phenylhexanoic acid-modified $\text{ZrO}_2$ nanoparticles loaded liquid scintillator for double beta-decay experiments

東北大, °渡邊晶斗・間木ありさ・横哲・成基明・菅居高明・阿尻雅文・林大和・  
越水正典・藤本裕・浅井圭介

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

素粒子物理学の重要な課題であるニュートリノレス二重 $\beta$ 崩壊の存否検証のために、線源核種が多量装荷され、かつシンチレーション光を阻害しない、液体シンチレータの開発が求められる。そこで我々は、液体シンチレータ中への当該金属含有ナノ粒子の高濃度分散を案出し、ナノ粒子の亜臨界水熱合成を行ってきた<sup>1)</sup>。この合成過程においてナノ粒子表面の有機修飾を施すことで、当該ナノ粒子の有機相への分散性の向上が期待される。本研究では、線源核種である  $^{96}\text{Zr}$  の装荷を企図して、有機修飾  $\text{ZrO}_2$  ナノ粒子を行った。その際の合成温度条件の検討および作製したナノ粒子装荷シンチレータの性能評価を行った。

0.1 mol/L の  $\text{ZrO}(\text{OH})_2$  溶液、および 6 フェニルヘキサン酸 ( $\text{Zr}$  に対してモル比 6 倍) を容積 5 mL の反応管に封入し、250, 300, 350, および 400°C で亜臨界・超臨界水熱合成を行うことにより、6 フェニルヘキサン酸修飾  $\text{ZrO}_2$  ナノ粒子を合成した。この際、反応器の圧力が 30 MPa となるよう、各々 4.12, 3.75, 3.22, および 1.75 mL の溶液を封入した。得られた反応物をトルエンで捕集し、一晚静置した後、上澄みを抽出することでナノ粒子分散液を得た。この分散液につき、ナノ粒子の濃縮を、粒子の沈殿が視認できるまで溶媒を蒸発させることにより行った。調製されたナノ粒子を TEM で観察した。また、分散液中の  $\text{Zr}$  濃度を ICP-AES により測定した。さらに、当該分散液に蛍光体である DPO および POPOP を加え、X 励起蛍光 (XRL) スペクトルを測定した。

図 1 に、 $\text{ZrO}_2$  ナノ粒子の分散液の TEM 像を示す。同画像から算出した粒径は、各々  $4.0 \pm 1.3$ ,  $3.7 \pm 1.2$ ,  $6.7 \pm 1.8$ , および  $5.6 \pm 1.4$  であり、シングルナノサイズの粒子の形成が確認された。表 1 に、ICP-AES を用いて測定した  $\text{Zr}$  分散濃度を示す。 $\text{Zr}$  分散濃度は 300°C で合成された分散液において最大となり、その値は 0.35 wt% であった。この  $\text{Zr}$  分散濃度最大の分散液に、蛍光体を溶解することで液体シンチレータを作製した。図 2 に当該シンチレータの XRL スペクトルを示す。430 nm 付近に、蛍光体として添加した POPOP の発光によるピークが確認された。以上の結果により、合成温度を 300°C に設定することで、 $\text{ZrO}_2$  ナノ粒子が高濃度に分散した液体シンチレータの作製が可能であることが示された。

1) S. Arai et al., *J. Ceram. Soc. Jpn.*, **127**, 28 (2019).

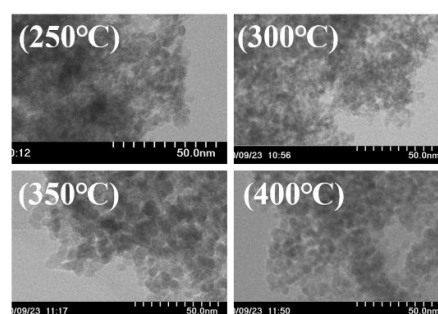


Fig. 1. TEM images of  $\text{ZrO}_2$  nanoparticles.

Table 1.  $\text{Zr}$  dispersion concentrations of  $\text{ZrO}_2$  nanoparticle dispersions.

|          | 250°C                | 300°C                | 350°C                | 400°C                |
|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 分散<br>濃度 | $1.2 \times 10^{-1}$ | $3.5 \times 10^{-1}$ | $5.7 \times 10^{-2}$ | $9.2 \times 10^{-3}$ |
| [wt%]    |                      |                      |                      |                      |

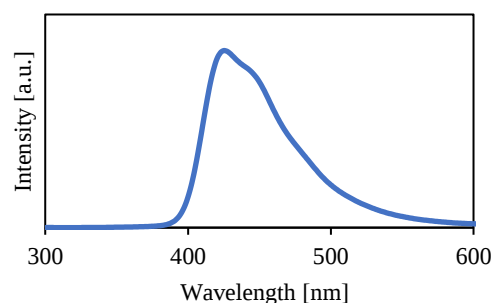


Fig. 2. XRL spectrum of liquid scintillator loading