

ニュートリノレス二重 β 崩壊検出を企図した π 電子系有機修飾 ZrO_2 ナノ粒子装荷液体シンチレータの開発

Development of Liquid scintillators loading ZrO_2 nanoparticles modified with π electron molecules for detection of neutrinoless double beta decay

○滝川奨・野口多紀郎・相田努・高見誠一・阿尻雅文・越水正典・藤本裕・浅井圭介 (東北大工)
Tohoku Univ. Susumu Takigawa, Takio Noguchi, Tsutomu Aida, Seiichi Takami, Tadafumi Adschiri,
Yutaka Fujimoto, Masanori Koshimizu, Keisuke Asai
E-mail: susumu.takigawa@gmail.com

【緒言】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ベータ崩壊の存否検証のために、(1) 線源核種が多量装荷され、かつ(2) 同核種がシンチレーションを生じる波長に影響を及ぼさない、ような液体シンチレータの開発が求められている。これまでに、液体シンチレータの主成分であるトルエンに、線源原子核として金属錯体を溶解させる事例が報告されているが、肝心のシンチレータ中での同錯体濃度の上限は 0.5 wt % に留まっており、また金属錯体自身による濃度消光を回避できていない¹⁾。この局面を開拓するための策として、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、亜臨界水によるナノ粒子の水熱合成を試みた。この合成過程では、水層と油層とが混合し、ナノ粒子の有機修飾が容易になる。この際に π 電子系有機鎖をナノ粒子に修飾することで、ナノ粒子の液体シンチレータに対する分散性の向上が期待できる。本講演では、ジルコニウム亜臨界水熱法によって合成した π 電子系有機鎖修飾 ZrO_2 ナノ粒子を装荷した液体シンチレータの性能評価の結果を報告する。

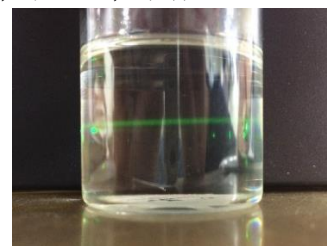


図1 ZrO_2 分散液の様相

【実験方法】 $\text{Zr}(\text{OH})_4$ 水溶液 (0.1 mol/mL) とフェニルプロピオン酸 (0.6 mol/mL) を容積 5ml の反応管に封入し、圧力 30MPa、温度 300°C で 10 分間亜臨界水熱反応を行った。得られた反応物をトルエン 5 ml で捕集し、一晚静置した後、沈殿物を取り除き、 ZrO_2 ナノ粒子分散トルエン溶液を得た。得られた分散液の Zr 濃度を ICP で、吸収スペクトルを吸光光度法で測定した。次に、当該分散液に蛍光体である DPO, POPOP を加えて ZrO_2 ナノ粒子装荷液体シンチレータを作製し、このシンチレータの XRL スペクトルをマルチチャンネル分光器で測定した。

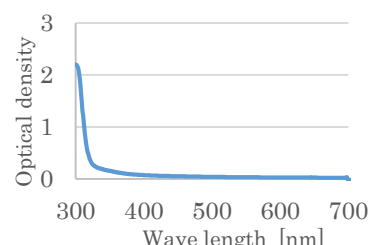


図2 ZrO_2 分散液の吸収スペクトル

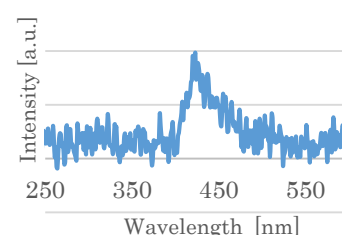


図3 ZrO_2 装荷液体シンチレータの XRL スペクトル

【実験結果】図1に ZrO_2 分散液の様相を示す。 ZrO_2 分散液は透明であり、レーザー光によるチンダル現象を認め、トルエン溶液中のナノ粒子の分散を確認した。ICP による濃度分析の結果、分散液中の Zr 濃度は 0.91 wt % であった。図2に ZrO_2 分散液の吸収スペクトルを示す。当該分散液は、330 nm 以上の波長域では透明であった。図3に XRL スペクトルを示す。励起波長 420nm 付近に蛍光体の発光によるピークが得られた。以上より、シンチレーションの生じる波長において、 ZrO_2 ナノ粒子分散液が無色透明であることが確認された。

1) V.M. Gehman et al., *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* **622**, 602 (2010).