

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		ニュートリノレス二重ベータ崩壊探索用のナノ粒子添加液体シンチレータの開発			
研究テーマ (欧文) AZ		Development of liquid scintillators dispersed with nanoparticles for neutrino-less double beta decay experiments			
研究氏 代表 者	カタカナ CC	姓)コシミス	名)マサリ	研究期間 B	2015 ~ 2016 年
	漢字 CB	越水	正典	報告年度 YR	2016 年
	ローマ字 CZ	Koshimizu	Masanori	研究機関名	東北大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		東北大学・准教授			
概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。)					
<p>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。この局面を打開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、亜臨界面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。ここでは、ジルコニウム亜臨界面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。</p> <p>$Zr(OH)_4$ 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 5 ml の反応管に封入し、圧力 30 MPa、温度 300°C で 10 分間亜臨界面水熱反応を行った。得られた反応物をトルエン 5 ml で捕集し、一晩静置した後、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 および 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シンチレーションスペクトルをマルチチャンネル分光器で測定した。</p> <p>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が認められ、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 濃度は最大で 1.4 wt % であった。ZrO_2 分散液の吸収スペクトルを測定したところ、当該分散液は、330 nm 以上の波長域では透明であった。また、当該液体シンチレータのシンチレーションスペクトルでは、波長 420 nm 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。</p>					
キーワード FA	ニュートリノ	ナノ粒子	超臨界面合成	液体シンチレータ	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要 EZ

The confirmation of the presence (or absence) of neutrinoless double beta decay is an important issue in current elementary particle physics. One of the experimental approaches is the use of liquid scintillators loaded with candidate isotopes for neutrinoless double beta decay. Conventionally, such isotopes have been loaded into liquid scintillators mainly as organometallic complexes to achieve a high solubility in toluene or xylene. However, the solubility is limited, and the loaded organometallic complexes often quench the scintillation. In this study, we loaded nanoparticles into the liquid scintillator. This can be an alternative approach for the development of liquid scintillators for neutrinoless double beta decay detection. The nanoparticles can be well dispersed in organic solvents by modifying their surface with organic molecules. To synthesize small nanoparticles with surfaces modified with organic molecules, we employed supercritical hydrothermal synthesis. In this study, we chose ZrO₂ nanoparticles, because ⁹⁶Zr is a candidate isotope for neutrinoless double beta decay.

In the hydrothermal synthesis, Zr(OH)₄, the precursor for ZrO₂, was dissolved in water, and a surface modifying agent, phenylhexanoic acid, was added. The hydrothermal synthesis was performed at 573 K and 30 MPa for 10 min. The reaction products were collected with toluene, and the dispersion was left undisturbed for one night. Subsequently, the precipitates were removed, and the organic fluorescent molecules PPO and POPOP were added to the solution to obtain the ZrO₂-nanoparticle-loaded liquid scintillator. The Zr concentration in this dispersion was 1.4 wt%, as confirmed using inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy (ICP-AES). The size of the nanoparticles was less than 10 nm, as confirmed by transmission electron microscopy (TEM). The absorption spectrum of the ZrO₂ nanoparticle dispersion in toluene exhibited a steep increase in intensity at wavelengths below 330 nm, which is attributed to the scattering of the incident light by the nanoparticles. The optical density of the ZrO₂ nanoparticle dispersion at the scintillation wavelength is negligible. Hence, these results indicate that the nanoparticles-loaded liquid scintillator is applicable in neutrinoless double beta decay detection.