

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05463

研究課題名(和文)大型シンチレータの位置分解能向上を目指した反射材とファイバ片側読み出し手法の研究

研究課題名(英文) Study of reflective material and fiber readout method for improving positional resolution of large scintillators

研究代表者

田島 靖久 (Tajima, Yasuhisa)

山形大学・学士課程基盤教育機構・教授

研究者番号：50311577

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：プラスチックシンチレータ・波長変換ファイバーの性能を評価するためにまず獲得光量の測定システムの構築からおこなった。獲得光量の測定システムは励起させる放射線源のエネルギーが一定になるよう工夫し、これを実現させた。またシンチレータの基礎性能を把握するため、励起・発光波長の測定、発光の減衰時間の測定を放射光施設のUVSORからの放射光を用いて測定した。この結果はこれまで十分に検証されず、今後の測定において有用な測定と言える。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで高エネルギー・原子核実験ではプラスチックシンチレータの物性的特性について十分検証されてきておらず、今回の測定結果から新しい検出器の製作において有用な視点が得られたと言える。また波長変換ファイバーの利用は大型化がすすみ制作費用も増えていく高エネルギー・原子核実験のいるビッグサイエンスの領域において製作費・の削減という研究資金の有効利用という面で社会的な貢献も期待できる。

研究成果の概要(英文)：In order to evaluate the performance of plastic scintillators and wavelength shifting fibers, we first constructed an acquired light quantity measurement system. The measurement system of the acquired light quantity was devised so that the energy of the excited radiation source becomes constant, and it was archived. In order to understand the basic performance of the scintillators, the excitation and emission wavelengths and the emission decay time were measured using synchrotron radiation from UVSOR. This result has not been sufficiently verified so far, and can be said to be a useful measurement for future measurement.

研究分野：原子核物理学実験

キーワード：粒子測定技術 原子核物理学実験 検出器 カロリメータ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

これまで J-PARC E14 (KOTO) 実験の次期計画に向けた Wave Length Shifter (WLS) Fiber 読み出しのサンドイッチ型 線検出器の時間分解能を 上げるための研究を行ってきた。獲得光量の少なさが位置分解能・時間分解能の 悪化の直接的な原因となり、獲得光量を増やすことが重要な課題であることが明らかであり。獲得光量を増加させるためにはより反射効率のよい反射材 が期待される。

WLS Fiber の片端から読み出しをしている 線検出器において Fiber 方向の位置の測定をすることは単体では通常困難である。しかし、KOTO 実験で使用している片端からの読み出しの Front Barrel 検出器で外部トリガーを用いた宇宙線の測定時の波形解析の結果、端面での反射光が直接光から遅れて届いているのがはっきりと見えており、この反射光を使った位置測定の可能性を示唆している。その場合でも、WLS Fiber の端面での光の反射率を向上させることが重要なポイントとなる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、Wave Length Shifter (WLS) Fiber 読み出しのプラスチックシンチレータにおいて位置分解能を向上させるために適した反射材の調査検討である。

反射材の効果を検証するためにはまず WLS Fiber 自身の基礎性能を把握する必要があり、そのための測定システムが重要であり、それらのシステムの構築・基礎性能の測定をおこなうことを第一の目標とした。

3. 研究の方法

本研究では、

1. 獲得光量の測定システムの構築

プラスチックシンチレータや WLS Fiber から得られる光量を精度良く測定するには発光させるための励起光や粒子線のエネルギーの広がりが少なく安定・再現性の高いシステムが要求される。

2. 励起波長・発光波長の測定

プラスチックシンチレータ・WLS Fiber を評価する上で重要な要素となる励起波長・発光波長については、通常はカタログからの値しか得られないが、実際に測定して確認することは重要であるといえる。

3. 発光波長での減衰時間の測定

高計数率実験においてはシンチレータの減衰時間は大変重要な要素となっている。本研究では放射光を用いて測定する手法と放射線源を用いて測定する方法の二種類の方法で測定をおこなう。

4. ファイバー減衰長測定システムの構築

ファイバーを用いた検出器は主に大型化を目指しており、光検出器からの距離が長くなっているものも多い。そのため距離による光の減衰は検出効率だけでなく距離の測定においても重要な要素であるため、その測定システムは 1. の獲得光量の測定システムの改良になるが、光量だけでなく、波形・波長分布の測定でも使用できるようなシステムの構築をおこなう。

をおこなうのが第一の目標である。

そしてこうして作成したシステムと測定結果から各種のプラスチックシンチレータ・WLS Fiber の性能に合わせた反射材の調査、塗布面の最適化等をめざした測定をおこなうのが本研究の目的となる。

4. 研究成果

獲得光量の測定システムについては、セシウム線源からの単一エネルギー電子を使った測定システムの開発をおこない、プラスチックシンチレータの直接読み出しでの獲得光量比較を精度良くできるようになった。システムの確認のため一般的なプラスチックシンチレータの反射材として使用されているテフロン・アルミナイズドマイラー・アルミホイルを巻いたプラスチックシンチレータで比較をおこない、測定システムの性能の確認をおこなった。

セシウム線源を用いたシステムはガンマ線との同時測定が必要であるため測定系も複雑で解析もオフライン解析が必要のため、精度のいる測定では有効であるが、簡易におこなえるシステムも必要とわかり、次にルテニウム線源によるベータ線を用いた、セットアップ・オフライン解析も簡易なシステムを構築し、その有用性を検証した。

プラスチックシンチレータ・WLS Fiber の励起波長・発光波長については、ランプを使った分光光度計を用いた測定と UVSOR(分子科学研究所極端紫外光研究施設)の放射光を用いた測定の 2 つの手法を使って測定をおこなった。測定は市販されている一般的なプラスチックシンチレータ・WLS Fiber だけでなく、現在 KOTO 実験で使用されているプラスチックシンチレー

タ・WLS Fiber についてもおこない、製作から長期間(15-20年)経過した場合の劣化の有無も含めて確認した。励起波長・発光波長について経年劣化はみられず、現在も問題なく使用できることが検証できた。

減衰時間測定についても UVSOR の放射光を用いた測定をおこなった。測定は直接励起波長(近紫外光)で励起をさせた場合と、荷電粒子が通過して電離を引き起こすエネルギー(真空紫外光)で励起をさせた場合で測定をおこなったところ、一部のシンチレータで計測される減衰時間に違いが見られた。この結果を踏まえて今後実際の利用状況に近い、放射線源で励起した場合での測定をおこなうべく、現在測定システムの構築中である。

これまでに製作した測定システムを使って反射材の評価を進めており、近日中に結果を出す予定である。

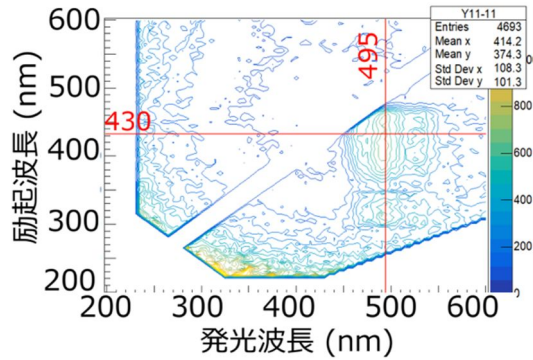


図 2 Kuraray Y11 の励起・発光波長分布

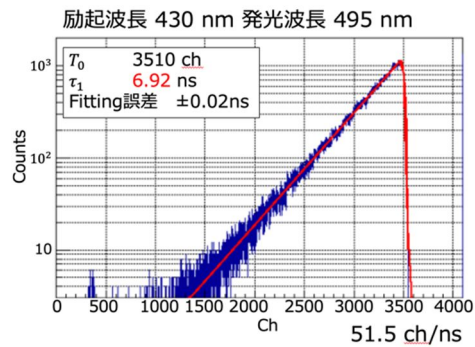


図 1 Kuraray Y11 の減衰時間測定

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 及川裕暉, 大西彰正, 北浦守, 田島靖久, 吉田浩司
2. 発表標題 UVSOR紫外光を用いたシンチレーションファイバー及び波長変換ファイバーの蛍光寿命測定
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田晴紀, 及川裕暉, 比留間芳樹, 吉田浩司, 北浦守, 大西彰正, 田島靖久
2. 発表標題 UVSOR紫外光を用いたサンドイッチカロリメータ用シンチレータの蛍光寿命測定
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考