博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏　　名	斎藤　栄輔
学　　位	博士（理学）
学 位 記 番 号	新大院博（理）第 445 号
学位授与の日付	令和２年３月 23 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当
博 士 論 文 名	常温硬化樹脂を用いた新型放射線検出器の研究
論 文 審 査 委 員	主査　教授・宮田　等
	副査　准教授・大坪 隆
	副査　教授・摂待 力生
	副査　准教授・早坂 圭司

博士論文の要旨

シンチレーションカウンターは放射線検出器として、高エネルギー物理学実験、原子核物理学実験などの基礎研究の分野で長年にわたり使用されてきた。プラスチックシンチレータは液体シンチレータと比べて、固体のため扱いが容易であるが、その一方で高価である。高エネルギー物理学実験の分野では、衝突型加速器実験のための巨大なカロリメータとして、また原子炉ニュートリノ実験のための炉心近傍（30m程度以内）に設置できるニュートリノモニター検出器として、安価なプラスチックシンチレータの必要性が増している。

本博士論文の申請者の研究グループでは、カーリットホールディングス社と共同で、常温硬化樹脂を用いた新型のプラスチックシンチレータを開発してきた。この新型プラスチックシンチレータは、従来のプラスチックシンチレータと比較して安価に生産可能という特長をもつ。また、常温硬化樹脂を用いていることから、形状自由度が有り、機能性物質の添加も容易であるという長所がある。その一方で、本博士論文の研究以前は、従来のプラスチックシンチレータと比べて、発光量について大きく劣り、また長期安定性についての詳しい測定データが無かった。

そこで本研究において、新たに樹脂などの材料やシンチレータ製作法の開発を行って改良型の新型プラスチックシンチレータを作製した。これらのシンチレータサンプルについて、β 線源の ^{90}Sr を使用して、発光量と光の減衰長、及びそれらの長期安定性に関して評価実験を行った。

その結果、開発した新型プラスチックシンチレータの発光量は、市販のプラスチックシンチレータ BC408 と比較して 40%であり、これは標準的な有機シンチレータであるアントラセンとの比較では 26%の発光量であった。発光量の長期安定性については、酸化防止剤（BHT）を添加したものと無添加の場合の新型プラスチックシンチレータを各種試作し、それらに対して長期間、発光量の測定を繰り返した。結果として、BHT を 1wt%添加したサンプルは、初期の 80%以上の発光量を半年間維持できることが分かった。

また、試作シンチレータ中を伝搬する光の減衰長についても、初期の値として約 0.9 m という値が得られた。

その後の長期安定性に関する更なる開発によって、BHT とは異なる薬剤を用いたシンチレータサンプルについて、初期の 80%以上の発光量を約 1 年半維持できるという劣化加速試験の結果が得られた。

本博士論文では、最後に、開発したプラスチックシンチレータに関して、将来の高エネルギー物理学実験の一つである ILC 実験の電磁カロリメータへ応用した場合のエネルギー分解能を、放射線関連の汎用シミュレータ Geant4 を用いて評価した。カロリメータの読み出しチャンネル数を増加することなく、カスケードシャワーの吸収層と検出層の総数を 3 倍に増加したデザインを考え、エネルギー分解能を求めた。その結果、従来のデザインの場合と比較してエネルギー分解能が向上することがわかった。

審査結果の要旨

シンチレーションカウンターは標準的な放射線検出器として、高エネルギー物理学実験などの基礎研究の分野ばかりでなく、応用研究の分野でも長年にわたり使用されてきた。プラスチックシンチレータは液体シンチレータと比べて高価であり、大型の放射線検出器を使用することが多い高エネルギー物理学実験などの分野では、安価なプラスチックシンチレータの開発が期待されている。

そこで本博士論文の著者の研究グループでは、有機化学系企業と共同で、新型のプラスチックシンチレータを開発してきた。このシンチレータは、従来のプラスチックシンチレータと比較して安価に生産可能であり、形状自由度が有り、機能性物質の添加も容易であるという長所がある。よって、高エネルギー物理学実験の分野ばかりでなく、放射線医療、環境放射線計測の分野などへの応用も期待される。

しかし、本博士論文の研究以前は、市販のプラスチックシンチレータに比べて、発光量が大きく劣り、実用化のために必須である長期安定性のデータが無かった。

本論文の研究では、実用化のための開発を目的として、新たに樹脂などの材料やシンチレータ作製法に関する開発を行って改良型のシンチレータを作り、β線源を用いて、発光量と光の減衰長、及びそれらの長期安定性に関して評価実験を行った。その結果、新型プラスチックシンチレータの発光量は、市販品（BC408）の約 40％であった。それまでデータが無かった発光量の長期安定性については、酸化防止剤（BHT）を添加したサンプルについて、初期の 80%以上の発光量を半年間維持できることが分かった。これらの内容を SCI 論文である NIM に投稿し、掲載決定された。その後、長期安定性に関しての更なる開発により、初期の 80%以上の発光量を約 1 年半維持するというサンプルを作製できた。

本博士論文では、開発したプラスチックシンチレータに関して、将来の高エネルギー物理学実験の電磁カロリメータへ応用した場合のエネルギー分解能を評価し、これを向上できることを示して、実用化に向けた研究を大きく進展させた。

以上の内容は、高エネルギー物理学実験の分野において高く評価されるものである。
よって、本論文は博士（理学）の博士論文として十分であると認定した。