

最先端・次世代研究開発支援プログラム
事後評価書

研究課題名	次世代癌治療用近赤外線発光シンチレータの系統的研究開発
研究機関・部局・職名	東北大学・金属材料研究所・教授
氏名	吉川 彰

【研究目的】

本研究は近年癌治療において大きな役割を果たしつつある放射線治療法における低侵襲なリアルタイム線量計用近赤外線発光シンチレータの系統的研究開発を目的とする。シンチレータとは一般に非可視な MeV オーダーの単一電離放射線を eV オーダー（可視～紫外域）の複数の光子へと変換する材料である。変換された光子は光電子増倍管等の受光素子によって電子へと変換され、読み出される。癌診断の中心である陽電子断層撮影装置（PET）や X 線 CT のみならず、資源探査、セキュリティ、高エネルギー物理、文化物非破壊検査等広範な応用領域を有している。申請者は、ライフサイエンスにおいて従来診断に用いられてきたシンチレータを、発光波長域をこれまで系統的研究が行われてこなかった近赤外線にすることで癌放射線治療にも応用可能であると着想し、赤外線発光シンチレータに取り組んだ。本研究では我々独自の結晶育成方法であるマイクロ引き下げ法（ μ -PD 法）、その他の結晶、セラミックス合成法を用いて候補シンチレータ材料の合成、評価を行い、その結果を理解し、可視光同様に X 線照射によって人体透過可能な赤外線領域（おおよそ 650 - 1100 nm）での高輝度材料を開発することを目的とする。そのために、酸化物ホスト + 希土類元素添加系、酸化物ホスト + 遷移金属添加系、フッ化物ホスト + 希土類元素添加系、フッ化物ホスト + 遷移金属添加系の 4 系統で探索合成を進めて、得られた結晶に対しては結晶性評価、組成分析、光物性評価、放射線応答特性評価を順次行い、系統的に特性を把握し、目的材料の開発を実現する。

【総合評価】

	特に優れた成果が得られている
○	優れた成果が得られている
	一定の成果が得られている
	十分な成果が得られていない

【所見】

① 総合所見

本研究は、近年癌治療において大きな役割を果たしている放射線治療法における、低侵襲なリアルタイム線量計用近赤外線発光シンチレータの、系統的研究開発を目的としている。独自のマイクロ引き下げ法を用いて、目標とする波長領域で発光する

シンチレータの開発にとりくみ、酸化物母剤結晶やフッ化物母剤結晶に希土類元素や遷移元素を賦活剤として添加した結晶を得ることに成功し、応用可能なシンチレータ材料の開発に成功した。

さらにこれらを用いた装置開発にも取り組み、新たに赤外分光装置を作成した。これらは高精度シンチレーション高検出装置や時間差エネルギー同時測定などができ、実際の医療現場で用いることになる赤外領域での透過率、発光波長などの光物性、シンチレーション特性について評価を可能にした。

② 目的の達成状況

・ 所期の目的が

(全て達成された ・ 一部達成された ・ 達成されなかった)

研究代表者独自のマイクロ引き下げ法を用いて、目標とする波長領域で発光するシンチレータの開発にとりくみ、酸化物母剤結晶やフッ化物母剤結晶に希土類元素や遷移元素を賦活剤として添加した結晶を得ることに成功し、応用可能なシンチレータ材料の開発に成功した。所期の目的が全て達成されたといえる。さらにこれらを用いた装置開発にも取り組み、新たに赤外分光装置を作成した。これらは計画された目的以上の成果とすることができる。

③ 研究の成果

・ これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が
(ある ・ ない)

・ ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が
(創出された ・ 創出されなかった)

・ 当初の目的の他に得られた成果が (ある ・ ない)

研究代表者独自の結晶育成方法であるマイクロ引き下げ法を用いて、次世代癌治療用のシンチレータ結晶の育成を検討した。癌治療で用いられる X 線、ガンマー線を検知して赤外光を発光する物質を探索した。その結果、酸化物母剤結晶やフッ化物母剤結晶に希土類元素や遷移元素を賦活剤として添加した結晶を得ることに成功し、応用につながる材料の開発に成功した。これらは独自の方法を生かした作成方法であり、先進性や優位性がある。さらにこれらを用いた装置開発にも取り組み、新たに赤外分光装置を作成した。これらは高精度シンチレーション高検出装置や時間差エネルギー同時測定などができ、実際の医療現場で用いることになる赤外領域での透過率、発光波長などの光物性、シンチレーション特性について評価を可能にした。これらは計画された目的以上の成果とすることができる。

さらに本研究で紫外・紫色などの短波長可視光を赤・近赤外線に変換する波長変換素子の開発にもつながるものである。特に太陽電池発電において、太陽光と太陽電池の波長感度のミスマッチを解消することは重要であり、これらの解決の糸口となる可能性がある。これらは当初の目的の他に得られた成果と言える。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が
(見込まれる ・ 見込まれない)

本研究の遂行により今まで難しいとされてきた近赤外領域でのフォトンカウンティングに成功した。このことによりより正確に発光量の測定が可能になり、定量的な議論を可能にした。さらに減衰時間や発光波長、バンドギャップについて考慮することにより、近赤外領域での母材と賦活剤との関連性や励起エネルギーなどについて詳細に議論できるようになった。これらの知見は学問的な意義も大きい。

本研究により医療応用に向けた赤外線シンチレータの開発が大きく進んだ。放射線治療時の過剰な照射は重篤な副作用として問題となっているが、今回開発された新チレータを用いることにより、防ぐことが可能となり、安心安全な癌の治療法となることが期待され、社会的な意義も大きい。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われた ・ 行われなかった)

研究の実施は研究代表者の研究室で行われ、研究員と学生によって進められている。応用研究面では東北大学・大学病院の山田教授と進め、シンチレータ材料の開発ではフランス、チェコ、ロシアの研究グループと意見交換を行い進めた。東日本大震災では結晶育成装置の損傷という災害にも遭遇したが、迅速に装置を研究に復帰させ、期待以上の成果をあげた。

シンチレータ開発についての指摘事項に対しても具体的な戦略をねり、人体への毒性の低い安定な化合物について検討し、近赤外域での発光が起こるものを見いだすことに成功し、全て対応がなされている。

助成金は赤外分光装置やシンチレーション高検出器の購入にあてられ、これまでに作成した結晶の赤外線発光特性についての評価にフル稼働し有効に利用された。これらの結果を結晶の育成にフィードバックさせ、最適な材料の探索に用いることにより、当初の目的にかなう結晶を得ることに成功した。

また研究成果は31編の論文として発表され、34件の会議発表、3件の特許出願を行っている。また TECH Biz EXP02011 や東北大学イノベーションフェア、メッセナゴヤ 2012 などシンチレータの必要性、近赤外線シンチレータについての研究成果を展示発表し、国民との科学・技術対話を推進した。