

< 2 > 新規産業開発研究

サブテーマ名： < 2 - a > 先導的探索 / 実証研究

小テーマ： 物質改変～陽電子放出核種生成ターゲットの研究

サブテマリーダー 光産業創成大学院大学 土屋 裕

(代理：光科学技術研究振興財団 コア研究室 研究リーダー 青島紳一郎)

研究従事者 光科学技術研究振興財団 コア研究室 研究員 高橋宏典、大須賀慎二、松門宏治、
浜松ホトニクス(株)中央研究所 岡崎茂俊、伊藤利昭、塚田秀夫

研究の概要、新規性及び目標

研究の概要

テーマ「レーザーによる陽電子放出核種生成実験」と連携して、高強度フェムト秒レーザーによる短寿命放射性同位体の生成に必要な各種ターゲットを調査検討し、準備したターゲットを実証実験に使用して評価した。その結果、この粒子発生ターゲットが高エネルギー重陽子の発生に有効であることを実証できた。

本テーマは、浜松ホトニクス株式会社中央研究所との共同研究で実施した。

研究の独自性・新規性

高強度場における新しい物理の研究が、各国を代表する先端的な大型の研究施設で始められており、応用の一つとして同位体生成が上げられている。本事業では、重陽子を利用した閾値が低い反応に着目し、それに適合した新規なレーザー照射ターゲットを提案するとともに、実際に作製してそれが成功した。また、当該地域ではPET装置が運用されており、その現場サイドのニーズを基に検討を実施出来たことは他の研究機関と異なり、独自性がある。よって、本共同研究は、独自性・新規性のある研究である。

研究の目標

フェーズ：PET用放射性同位体生成の基礎実験を実施するため、重陽子発生と放射性同位体生成の関係を実験的に調査する。放射性同位体生成の高効率化を図るため、レーザー励起重陽子発生および放射性同位体生成ターゲットを調査検討し、重陽子発生と放射性同位体生成の関係を実験的に検討する。

フェーズ：陽電子放出核種生成の高効率化を図るため、レーザー励起粒子発生ターゲットと放射性同位体生成ターゲットを研究する。さらに、レーザー励起高エネルギー粒子発生ターゲットと放射性同位体生成ターゲットを調査検討し、PET用陽電子放出核種生成の総合効率の高率化を図る。

研究の進め方及び進捗状況

フェーズでは、平成13年度途中から、< 2 > 新規産業開発研究 のサブテーマ< 2 - a > 先導的探索研究において、物質改変の中の小テーマ レーザー励起重陽子発生ターゲットと放射性同位体生成ターゲットの調査検討 として進めた。高密度超短パルス光照射によるPET用放射性同位体生成の基礎実験に向けての最適な実験系構築のため、高密度超短パルス光照射による重陽子発生と放射性同位体生成の関係を実験的に調査し、核反応 $^{12}\text{C}(d,n)^{13}\text{N}$ 、 $^{14}\text{N}(d,n)^{15}\text{O}$ が有望であることを明らかにした。さらに、PET用放射性同位体生成の高効率化を図るため、重水素化ポリスチレンを多孔質のフィルム状フィルターへ染み込ませたレーザー励起重陽子発生ターゲットと、メラミン樹脂による放射性同位体生成ターゲットを提案した。

フェーズでは、< 2 - a > 先導的実証研究～物質改変 の小テーマ 陽電子放出核種生成ターゲットの研究 として進めた。高エネルギー粒子発生と放射性同位体生成の関係を実験的に検討し、陽電子放出核種生成の高効率化を図るため、レーザー励起高エネルギー粒子発生ターゲットと放射性同位体生成ターゲットを調査検討し、陽電子放出核種生成の総合効率の高率化を図った。

以上、本テーマに関連する研究は順調に進捗し、目標達成度は 110 % である。

主な成果

重陽子発生ターゲットの開発と放射性同位体生成ターゲットの調査・検討

PET用の標識薬剤に必要な短寿命放射性同位体をレーザーで生成する各種の方法について調査・検討・試算し、重陽子ビームを利用する方法が有望であることを見出した。真空環境でレーザー照射が可能な重陽子を含むターゲット材料として、蒸気圧が低く真空中で気化しない重水素化ポリスチレンを選択した。放射性同位体生成ターゲットは、実際にPETに用いられるガス状の材料は真空中で取り扱うことは難しいため、基礎実験では固体材料を用いて行うこととし、炭素と窒素を含む材料として入手が容易なメラミン樹脂を選択した。この時、 $^{12}\text{C}(d,n)^{13}\text{N}$ 、 $^{14}\text{N}(d,n)^{15}\text{O}$ の反応が起こる。

重陽子発生ターゲットの製作

重水素化ポリスチレンを多孔質のフィルム状フィルターへ染み込ませたレーザー励起重陽子発生ターゲットを試作し、レーザー照射を行った結果、高速陽電子の発生とそれを照射されたメラミン樹脂ターゲットの放射化が確認できた(小テーマ：レーザーによる陽電子放出核種生成実験を参照)。さらに、重陽子発生ターゲットを長時間の連続使用が可能なテープ状にしたターゲットシステムの仕様を検討し、テープターゲットドライバの実機の製作を行った。また、重水素化ポリスチレンのトルエン溶液をメンブレンテープに染み込ませる手法で、テープ状の重水素化ポリスチレンテープターゲットを製作した。

放射性同位体生成の収率の計算

レーザーによる陽電子放出核種生成実験の実験結果の妥当性を評価するために、放射性同位体生成の収率を評価した。収率の計算にあたっては、実験で得られた重陽子のエネルギー分布と、重陽子がメラミン樹脂に入射した時に想定される核反応 $^{12}\text{C}(d,n)^{13}\text{N}$ 、 $^{14}\text{N}(d,n)^{15}\text{O}$ のそれぞれの反応断面積、メラミン樹脂内部での重陽子の飛程を用いた。その結果、1秒間当たりの同位体生成量の計算結果を重陽子のエネルギーの関数として得た。入射する重陽子のエネルギーが高いほど生成される同位体の数が多いことがわかった。具体的には、当該実験では ^{13}N は111個生成されて0.13 Bqを放射し、 ^{15}O は37個生成されて0.21 Bq放射することが計算からわかった。

イオン発生用ターゲット材料の検討

高エネルギー粒子発生ターゲットの材料として、イオンの加速に必要な自由電子に富む金属と低密度ゆえにレーザー照射面上で加速された電子が反対側に透過しやすいプラスチックの両方の利点を持つターゲット材料を検討し、ターゲット材料として、焼結Tiメッシュ、導電性プラスチックシート、金属不純物を含む多孔質のメンブレンフィルターを提案するにいたった。

特許件数： 0 論文数： 0 口頭発表件数： 0

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

高密度レーザーを利用した短寿命放射性同位体の生成は、英国ラザフォード研究所と米国ミシガン大学から報告されている。ただし、ここで報告されている同位体は、 ^{63}Zn 、 ^{11}C であり、本事業で目指す材料とは異なっている。本事業では、PET装置で適用することを想定した産業化研究を進めており、他の研究機関の姿勢と異なっている。高い技術レベルで制御した、テラワットパルスを用いた実験が可能であり、そこに高性能PET装置が運用されている現場サイドのニーズを基にターゲットを検討した。したがって、高い水準で研究を推進してフェーズ を完了した。

2 実用化に向けた波及効果

PETに必要な短寿命放射性同位体を高密度レーザーによって生成できるようになると、大型で放射線の遮蔽が必要なサイクロトロンが不要になるので多くの医療機関においてPETを容易に設置できるようになり、ガン検診等の診断を普及することができる。また、将来的には車載用PET施設も期待される。

残された課題と対応方針について

フェーズ では、参画企業においてリーディングプロジェクト等を利用して研究を継続し、実用レベルのレーザーによる短寿命放射性同位体生成を実現するためのターゲットの条件を明確にしていく。

	J S T負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合計	
	H12	H13	H14	H15	H16	H17	小計	H12	H13	H14	H15	H16	H17	小計		
人件費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
設備費	0	0	547	0	1,415	0	1,962	0	0	0	0	0	0	0	0	1,962
その他研究費 (消耗品費、材料費等)	0	100	869	508	970	330	2,777	0	100	300	300	300	200	1,200	3,977	
旅費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
小 計	0	100	1,416	508	2,385	330	4,739	0	100	300	300	300	200	1,200	5,939	

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]

J S T負担による設備：高密度フォトン発生計測装置、オシロスコープ
地域負担による設備：