

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月14日現在

機関番号：15301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2011

課題番号：22659221

研究課題名（和文） 在宅医療用可搬型 X線撮影装置の開発

研究課題名（英文） Development of the portable X-ray imaging device for home care

研究代表者

花元 克巳 (HANAMOTO KATSUMI)

岡山大学・大学院保健学研究科・助教

研究者番号：20335590

研究成果の概要（和文）：在宅医療において、早期発見、早期治療のための X線診断は重要であるが、従来の X線撮影装置は、ポータブル型のものでさえ大きな装置になり、家屋等での使用には困難を伴う。本研究では、X線撮影装置を大幅に小型化するため、焦電性結晶による X線源を用いた X線撮影装置の可能性について調べた。焦電性結晶による X線源は、臨床用 X線撮影装置のものと同等の X線強度が得られ、X線撮影装置として使用可能であることが示された。

研究成果の概要（英文）：It is important for home care patients to be diagnosed by the X-ray imaging for an early detection and treatment. Conventional X-ray imaging device for portable use is so large that it is not able to be used at a house. In the present work, an X-ray source using a pyroelectric crystal was investigated for the X-ray intensity and energy with various parameters in order to miniaturize the X-ray imaging device. It is found that the intensity and energy of the X-ray source were comparable to these of the clinical X-ray imaging device. This suggests that the pyroelectric X-ray source is able to be used as the source of the X-ray imaging device.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	0	1,800,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
総計	2,900,000	330,000	3,230,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：在宅医療、可搬型、X線、撮影装置、焦電性結晶

1. 研究開始当初の背景

在宅医療の受療者はほとんどが高齢者であるため、肺炎等の早期発見、早期治療のためには、正診率の高い X線診断は必須である。しかし、従来の X線撮影装置は、X線管球と高電圧発生装置が必要であり、装置が大型に

なるため、在宅医療の現場での撮影は困難が伴う。一方で、X線管球と高電圧発生装置を使用せずに X線を発生させる方法として、焦電性結晶を使用する方法がある。現在、その発生電圧は 200 kV が得られており、X線撮影が可能な領域に達している。この焦電性結晶

を使用すれば、複雑なX線管球と高電圧発生装置が不要のため小型・軽量のX線源が作製できるが、いままでこれを医療に応用した例はない。我々の基礎的な研究では、X線がパルス状に発生することがわかっている。この特性は、撮影装置の特性としては非常に好都合であり、焦電性結晶を用いたX線撮影装置が作製できる可能性が示唆できている。

2. 研究の目的

本研究では、従来とは全く異なる原理により、X線撮影装置を大幅に小型化することによって、AED（自動体外式除細動器）のように持ち運びが可能で、撮影場所を選ばない、在宅医療、救急医療等において撮影可能な可搬型X線撮影装置の開発を目指す。

3. 研究の方法

(1) 基礎実験装置の作製

焦電性結晶 (LiTaO_3) のテストピースを取り付けるサンプルホルダーと加熱ヒーター、電子電流を測定するファラデーカップ、電子線を照射しX線を発生させる金属ターゲット、発生X線の電圧（エネルギー）を測定するためのX線検出器等を一体化した基礎実験装置を作製する。

(2) X線の発生電圧と強度の測定

焦電性結晶 (LiTaO_3) のテストピースを用い、気圧、温度変化率、結晶厚等のパラメータに対する放出電子の電流をファラデーカップで調べ、電子線を金属ターゲットに照射したときに発生するX線の電圧と強度を測定する。

(3) 制御パラメータの決定

X線の発生電圧、強度と各パラメータの関係から、気圧、温度変化率、結晶厚等のパラ

メータの内、固定するパラメータを決め、X線の発生電圧と強度を制御するための可変パラメータを決定する。

(4) 実用X線発生条件の検討

各パラメータとX線の発生電圧、強度の関係より、実際のX線撮影の立場から、実用的なX線が得られる条件を検討する。

(5) 可搬型X線撮影装置のデザインの考察

在宅看護の立場から、実用性を損なうことなく使いやすい可搬型X線撮影装置のデザインについて考察する。

(6) 可搬型X線撮影装置の試作

基礎実験の結果を元に、可搬型X線撮影装置を試作する。作製した装置から適切なX線が発生しているか、また、均一なX線が得られているかを確認する。

(7) 可搬型X線撮影装置によるファントムの撮影と画質評価

作製した可搬型X線撮影装置を使用し、ファントムを撮影して画質の評価を行う。先鋭な画像が得られない場合は、X線の平行性が悪いことが考えられるので、X線撮影で実際に使用されているコリメータを画像記録装置の前やX線源の前に配置することによって撮影し、画質評価を行う。

(8) 可搬型X線撮影装置の在宅医療への適用可能性の検討

試作した可搬型X線撮影装置について、在宅医療へ適用が可能か、適用するためにはどのような改善策が必要かを検討する。

4. 研究成果

(1) 焦電性結晶による発生X線の特性

①気圧依存性

焦電性結晶のc軸方向の厚さを0.5 mmに固定し、雰囲気気圧を5から50 Paまで変化させてX線スペクトルの測定を行った。気圧が10 Paより低い場合は、真空の耐電圧が高いため、高電圧になった焦電性結晶表面から電子の放出が起こらず、X線は発生しないことがわかった。また、気圧が25 Paより高い場合は、真空の耐電圧が低いため、焦電性結晶表面の電子がアースへリークする。その結果、表面が高電圧にならないため、この場合もX線が発生しないことがわかった。X線の発生は、10から25 Paの狭い気圧範囲内で起こり、気圧が低いほどX線の強度が高く、エネルギーも高くなることがわかった(図1)。

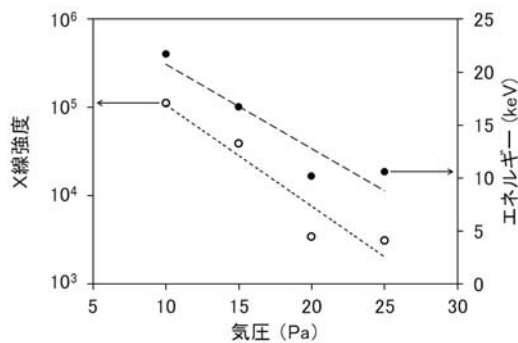


図1 気圧とX線強度・エネルギーの関係

②発生電圧と結晶厚の関係

焦電性結晶の表面に発生する電圧は、結晶厚をパラメータとした簡単な式で求め、計算値と実験値が一致することを示した。

③温度変化率依存性

温度変化率を0.5から2.7 K/sまで変化させてX線の測定を行った。その結果、1.5 K/sのときにX線のエネルギーと強度が最大になり、適切な温度変化率が存在することがわかった。

④X線の発生効率

焦電性結晶によるX線の発生に関して、気圧に対するX線の発生効率を調べた。気圧を10 Paから25 Paまで変化させたとき、気圧が低いほど、発生電荷に対するX線の発生効率が高いことがわかった。

⑤X線発生の持続時間

X線発生の持続時間は、10 Paから15 Paでは数十秒、20 Paから25 Paでは3秒以下であることがわかり、気圧を変化させることでX線発生の持続時間、すなわちX線撮影時間を制御できる可能性を示した。

(2) X線撮影装置としての可能性

焦電性結晶のc軸方向の厚さが0.5 mmの場合、最大発生電圧は20 kV程度であったが、結晶のc軸方向の厚さを5 mmにすると60 kV程度の電圧が得られ、X線撮影が可能な電圧を得ることができた。焦電性結晶により、最大エネルギー60 kVのX線を発生させてエネルギースペクトルを測定し、臨床用X線撮影装置で測定したエネルギースペクトルと比較すると、同等の強度のX線が得られていることがわかった。これにより、焦電性結晶によるX線撮影装置の作製が可能であることを示した(図2)。

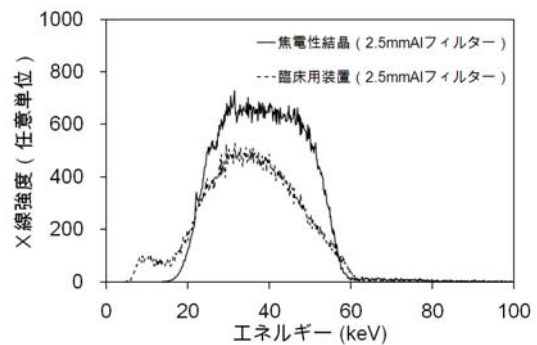


図2 焦電性結晶と臨床用装置によるX線スペクトル

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① K. Hanamoto, A. Kawabe, A. Sakoda, T. Kataoka, M. Okada, K. Yamaoka, Pressure dependence of X-rays produced by an LiTaO_3 single crystal at low pressures, Nucl. Instr. Meth. A, 査読有, Vol. 669, 2012, pp. 66-69.

[学会発表] (計7件)

- ① 花元克巳、川辺睦、迫田晃弘、片岡隆浩、岡田麻里、山岡聖典、 LiTaO_3 単結晶による X線発生持続時間の気圧依存性、2012 年春季 第 59 回応用物理学関係連合講演会、2012 年 3 月 18 日、早稲田大 (東京)
- ② 花元克巳、迫田晃弘、川辺睦、片岡隆浩、山岡聖典、焦電性結晶による低線量 X線源の開発 - 発生電圧の定量的評価 -、日本放射線影響学会第 54 回大会、2011 年 11 月 17 日、神戸商工会議所 (神戸)
- ③ 花元克巳、富永裕樹、川辺睦、迫田晃弘、片岡隆浩、岡田麻里、山岡聖典、低気圧下での LiTaO_3 単結晶による放出電子と発生 X線、2011 年秋季 第 72 回応用物理学学会学術講演会、2011 年 8 月 30 日、山形大 (山形)
- ④ 花元克巳、川辺睦、迫田晃弘、片岡隆浩、岡田麻里、山岡聖典、 LiTaO_3 単結晶により発生する X線の気圧依存性、2011 年春季 第 58 回応用物理学関係連合講演会、2011 年 3 月 24 日、神奈川工大 (神奈川)
- ⑤ 花元克巳、川辺睦、迫田晃弘、片岡隆浩、岡田麻里、山岡聖典、焦電性結晶による小型 X線源の開発 - 発生 X線に対する気圧の

影響 -、日本放射線安全管理学会第 9 回学術大会、2010 年 12 月 1 日、広島大学 (広島)

- ⑥ 花元克巳、迫田晃弘、片岡隆浩、川辺睦、永松知洋、山岡聖典、焦電性結晶による低線量 X線源の開発、日本放射線影響学会第 53 回大会、2010 年 10 月 20 日、京都テルサ (京都)

- ⑦ 花元克巳、川辺睦、迫田晃弘、片岡隆浩、大場央子、山岡聖典、中真空中における LiTaO_3 単結晶の電子・X線放出特性、2010 年秋季 第 71 回応用物理学学会学術講演会、2010 年 9 月 15 日、長崎大 (長崎)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

花元 克巳 (HANAMOTO KATSUMI)
岡山大学・大学院保健学研究科・助教
研究者番号：20335590

(2) 研究分担者

川辺 睦 (KAWABE ATSUSHI)
岡山大学・大学院保健学研究科・助教
研究者番号：30403471

岡田 麻里 (OKADA MARI)
岡山大学・大学院保健学研究科・助教
研究者番号：90534800

(H22. 10. 1-H23. 3. 31)

大場 央子 (OBA YOKO)
岡山大学・大学院保健学研究科・助教
研究者番号：90403469

(H22. 4. 1-H22. 9. 30)

(3) 連携研究者