

# The basic design of pseudo dual X-ray scintillator array for baggage inspection using X-band Linac

Kiwoo LEE<sup>1,A)</sup>, Takuya NATSUI<sup>A)</sup>, Eiko HASHIMOTO<sup>A)</sup>, Azusa MORI<sup>A)</sup>, Sunsuke HIRAI<sup>A)</sup>, Mitsuru UESAKA<sup>A)</sup>, Hiroyuki NAKATA<sup>B)</sup>, Masahiro NAITOU<sup>B)</sup> and Norio KAMAGAMI<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> Department of Nuclear Engineering and Management, School of engineering, The University of Tokyo  
22-2 Shirane-shirakata, Tokai, Naka, Ibaraki, 319-1188

<sup>B)</sup> IHI Inspection and Instrumentation  
22-13, Ohi-1-chome, Shinagawa-ku, Tokyo, 140-0014

## Abstract

We have developed the baggage inspection system for material recognition using pseudo dual X-ray source, 950 keV X-band Linac in cooperation with Japan Atomic Energy Agency (JAEA). The baggage inspection system is required to distinguish heavy metal element including radioactive material which has high probability to be illegal in every country. Compact X-band Linac was introduced as High energy X-ray source. Pseudo dual X-ray scintillator array produces two images which show different transparency each other. They promise compact and fast inspection system in a small place such as airport. The basic design of pseudo dual X-ray scintillator array in detector is indicated accompanying simulation result.

## X-bandライナックを用いた手荷物検査用準2色X線シンチレータアレイの基本設計

### 1. はじめに

X線源として加速器は物質探知分野に新たな可能性を与えている。加速器から得られる高エネルギーX線は大型の検査対象、例えばコンテナ、工場の配管、自動車などの透過映像を可能にして安全、保安検査領域を広げている。

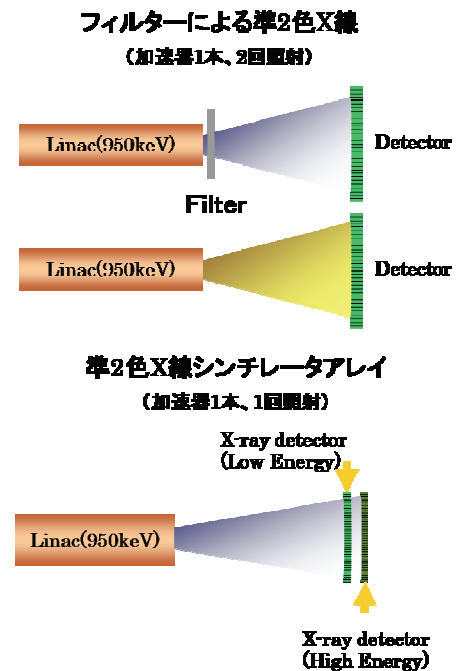
物質探知分野で利用されてる物質判別手法の一つとして準2色X線方法が挙げられる。最も理想的には単2色X線、即ち二つのエネルギーを持つX線が有利であるが電子線が発生させる制動放射という加速器ならの特徴からブロードな分布を持つ二つのエネルギー分布のX線、準2色X線が一般的に利用されている。

具体的準2色X線手法は幾つかあるがフィルターを線源の前に装着する方法とシンチレータアレイディテクターを使用する方法が代表的である。これらの方法の利点は運転中、加速器を操作することなくその他の部分で準2色X線を出すことが出来ることにある。フィルター方法はフィルターを透過した後、X線の分布が変わる現象を用いたことで、通過後、X線量が減少する弱点があるが、取り扱いが困難な低エネルギーX線を除外することができるという重要な長点がある。一方、シンチレータアレイディテクター方法は線量が減ることはないが低エネルギーX線領域の減弱係数を考慮する複雑な作業が要する。しかし、フィルター装着のため、装置を大型化する機械的な工夫を加えなくてもよい事実からシンチレータアレイの方法が推薦される。

本論の方では我が研究室で行われたフィルターを用いた準2色X線実験結果を紹介し、その問題点の対

策としてシンチレータアレイ方法を提案する。そこで減弱係数計算とMonte carlo simulation結果を参考し、シンチレータアレイの具体的な装置のデザインを考えた。

図1：フィルターによる方法とシンチレータアレイ



レイを用いた方法

<sup>1</sup> E-mail: [kiwoo@nuclear.jp](mailto:kiwoo@nuclear.jp)

## 2. フィルターによる準2色X線実験

### 2.1 X線源

X線源として9.4 GHz、X-band 加速器を用い、950 keVまで電子を加速させることによってパルス制御放射X線が得られた。小型化のため、X-band RF高周波と250 kWのmagnetronを採用して30 cmの加速管でも1 MeV付近の高エネルギーX線を実現した [1]。

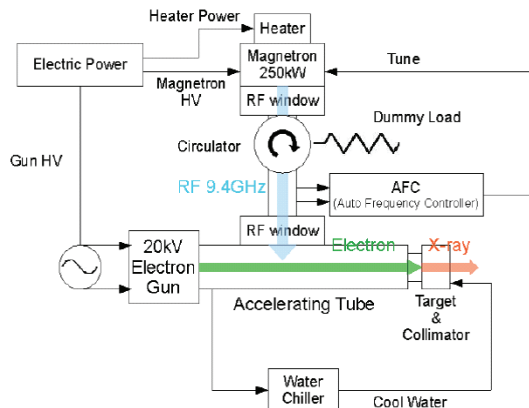


図2：950 keV X-band Linac

表1：950 keV X-band Linacの特性

950 keV X-ray source	
Resonant frequency	X-band 9.4 GHz
RF source	250 kW magnetron
Cavity type	On-axis coupling
Shunt impedance	~ 70 MΩ/m
Gun type	Thermionic, Diode, 20 keV
Tube length	~ 30 cm

### 2.2 実験結果

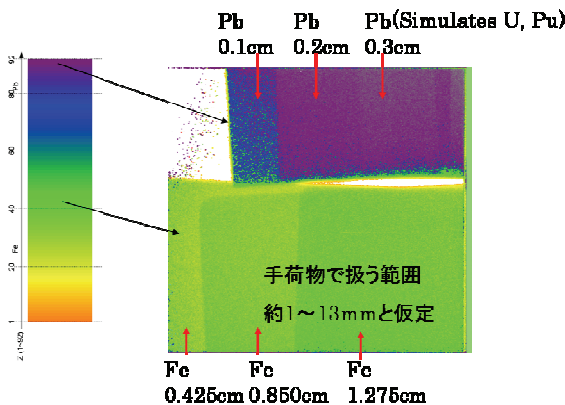


図3：鉛と鉄の色分け結果

鉛と鉄をターゲットにして違う厚さと原子番号によ

る物質判別可能性を図った [2]。フィルター（鉛2mm）を入れた時と入れっていない状態で撮影した二つの映像を画像処理し、厚さに関係なく各原子番号あたり同じ色付けができるように工夫をかけた。鉛の1 mmの場合、色が多少違う傾向が現れ、Scatteringなどの追加検討が必要である。

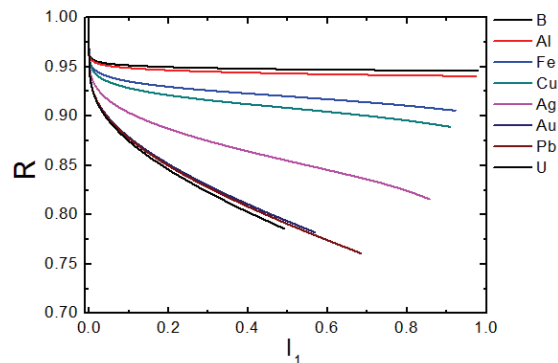
## 3. シンチレータアレイの導入

### 3.1 フィルター法の限界

フィルター法の場合、低エネルギーX線を使うため、減弱係数の不規則性から物質識別誤差が大きい。そして、フィルターを加える実験体系を構築するためには追加の機械技術の工夫が必要で、それと伴に費用がかかる。それに比べて、シンチレータ法は一回の照射で二つの投影映像が得られ、撮影時間が短縮される。後、2回照射の機械的な工作から発生する計測誤差から自由である。

### 3.2 シミュレーション結果

本実験に入る前、シミュレーションを行い、シンチレータの寸法と構成成分、構造などを予想し、最適値を決めた。



$$R = \frac{\ln\left(\frac{I_H}{I_{0H}}\right)}{\ln\left(\frac{I_L}{I_{0L}}\right)}, \quad I_1 = \frac{I_L}{I_{0L}}$$

図3：RとI<sub>1</sub>のグラフ

図3は上記で述べたいろいろな要素の数値を決めた後、得られたR（各シンチレータの透過率の比）とI<sub>1</sub>（薄いシンチレータの透過率）の関係グラフである。

### 3.3 今後の計画

得られたRとI<sub>1</sub>の関係グラフは理論値である。物質判別研究ではこのグラフと実験結果を比較して物質を予想することが多い。従って、理論計算で正確

な関係が求めないと実験結果に比べて物質を判別することができない。そのため、Monte carlo simulationを行い、実際に近い計算をする必要がある。

#### 4. まとめ

準2色X線を用いた物質判別実験の手法としてフィルター法とシンチレータアレイを使用した法の検討を行った。実験を通じてフィルター法の限界を確認し、対案としてシンチレータアレイを導入した。シミュレーションを行い、具体的な寸法と体系を決定し、その条件を踏まえて物質判別可能性を図った。

#### 参考文献

- [1] T. Yamamoto, et al., Proc. of European Particle Accelerator Conference '06, June 26 - 30, 2006, Edinburgh, Scotland, WEPCH182
- [2] 平井俊輔, 山本智彦, 夏井拓也, 李 基羽, 橋本英子, 上坂 充 “950keV ライナック擬似2色X 線撮影試験”, 日本原子力学会2009年春年会