

科学技術振興調整費 「科学技術連携施策群の効果的・効率的な推進」
平成 19～21 年度実施「手荷物中隠匿核物質探知システムの研究開発」成果の概要

研究代表者 日本原子力研究開発機構 グループリーダー 春山満夫

1) 研究目的

本研究は、空港の受託手荷物を対象とし、高感度で、短時間での核物質（ウラン、プルトニウム）探知技術を確立させ、それに加えて、擬似 2 色 X 線を用いた DR 装置による材料識別と 線測定装置による放射性物質（コバルト 60 等）の核種分析とを組み合わせることにより総合的に技術補完しあい、さらに誤探知が少ない高探知確率の核物質探知システムの開発を目的とする。

2) 研究成果の概要

本施策は空港の手荷物内の放射性物質及び核物質を迅速にかつ確実に探知する技術の研究開発である。図 1 のイメージに示すように 3 種類の測定装置を融合させ、測定技術を補完しあうことで、放射性物質（コバルト 60 等）及び核物質（ウラン、プルトニウム）を短時間に検知するとともに誤検知を低減した確実な核物質探知のシステム開発及び実用化を目指した。

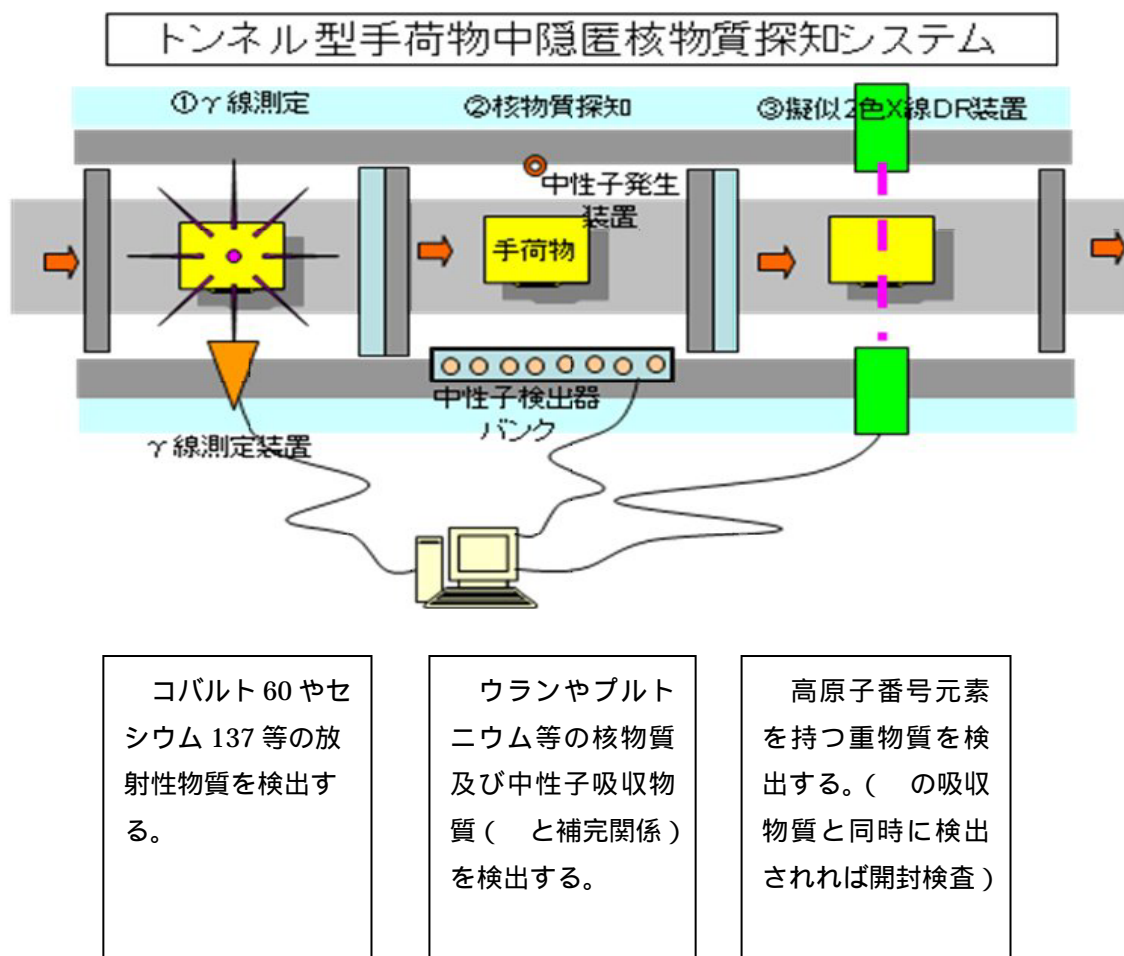


図 1 トンネル型手荷物中隠匿核物質探知システム探知イメージ

そのため、本研究では、「a. 高速中性子を用いた核物質探知」、「b. 擬似2色X線を用いた高精度DR測定」及び「c. 複合放射性物質検知システム」の3つのサブテーマを有しており、それぞれが研究目標を達成し、かつ、システムとして統合されることで実用化が実現する。それぞれの研究の内容について以下に示す。

a. 高速中性子を用いた核物質探知に関する研究（日本原子力研究開発機構が主に担当）

図2に示す試作したプロトタイプ・トンネル型測定体系を使用して、手荷物中にウラン・プルトニウムなどの試料を混入させた手荷物模擬試験体を空港設置の搬送装置と同速度で移動中に測定し、手荷物内部に隠された核物質の探知に関する実証実験を行い、図3に示すように、測定値による核物質の有無の判定、核物質隠匿材料の有無の判定をCRT監視によるリアルタイム検知が可能であることを確認した。

- 1) 図4で示すように視覚的(X線透視等)に隠匿された場合については、数秒(手荷物通過中)でも容易に核物質を検知できることを確認した。
- 2) 測定困難が予想された中性子減速・吸収材等で隠匿された場合でも隠匿処方が甘ければ秒速での核物質の探知が可能であることを確認した。
- 3) 大量の中性子減速・吸収材等で核物質が嚴重に隠された場合は、秒速での核物質の探知は困難になるが、図5で示すように同時に測定している中性子減速・吸収材の検出情報から核物質の隠匿遮蔽材が手荷物中に含まれていることが秒速で探知できることを確認した。(東大の研究との連携で高原子番号元素が検知された場合は開封検査)



図2 プロトタイプ・トンネル型測定体系

図2の左は、プロトタイプ・トンネル型測定体系の全貌である。右はコンベアに手荷物模擬した測定試験体(トラベルスーツケース)を設置したもので、測定試験体がコンベアによって測定位置に搬送される。

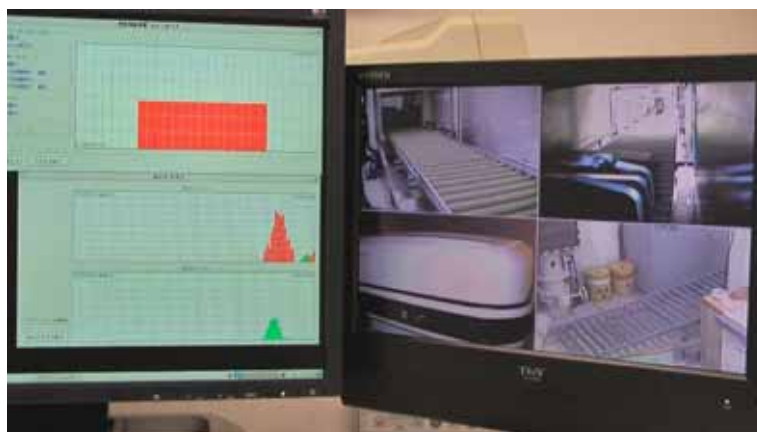


図3 測定装置コントロール画面

図3の左CRTは、核物質と隠匿物質を検出表示する画面であり、右CRTは測定状態監視モニタ画面である。検出表示画面ではトラベルスーツケース中の核物質の探知状況が映し出されている。

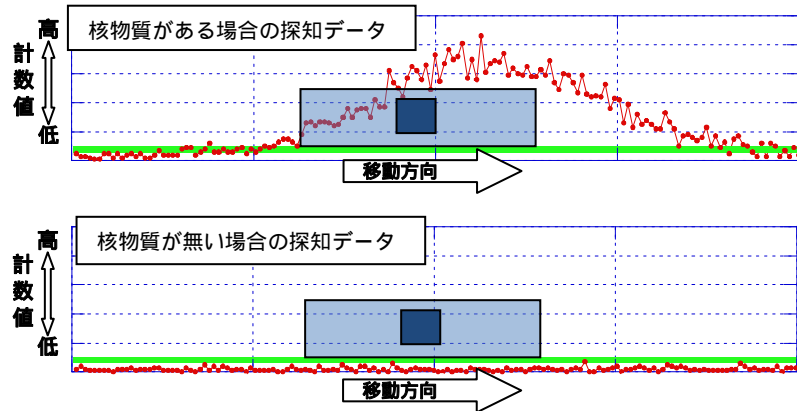


図4 核物質の探知試験結果

図4は模擬試験体(トラベルスーツケース)中に少量の核物質が存在する場合と存在しない場合の通常搬送速度での核物質探知データである。核物質が内部に存在するか否かが瞬時に探知できる。

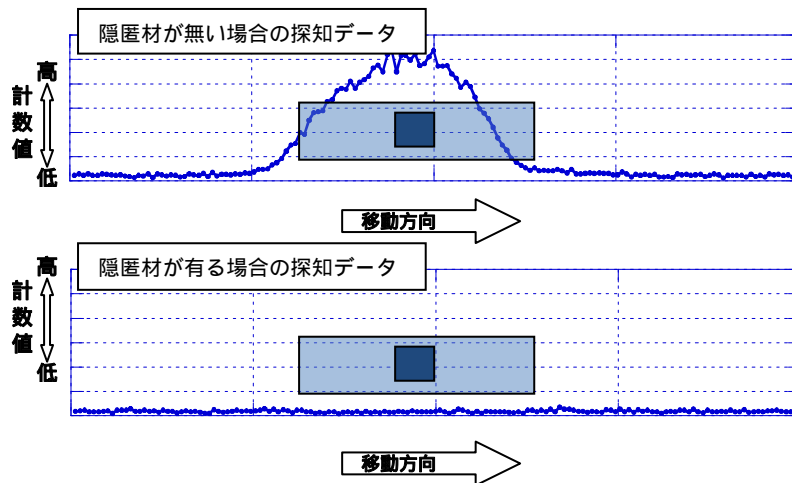


図5 隠匿材の探知試験結果

図5はトラベルスーツケース内部に核物質隠匿処方を施した場合と隠匿処方の無い場合の通常搬送速度での探知データである。

トラベルスーツケース内部に核物質隠匿材が仕掛けられているか否かが瞬時に探知できる。

b. 擬似2色X線を用いた高精度DR測定に関する研究(東京大学が主に担当)

擬似2色X線を用いた高精度DR測定技術では、核物質及び核物質隠匿用遮蔽材とその他を識別するため、擬似2色X線DR法及び新規開発の2色X線弁別型ラインディテクタを組み合わせ、材質識別非破壊測定法の開発を行った。

- 1) 材料識別X線DRシステムとして、2色X線弁別型ラインディテクタにより、高原子番号元素を持つ物質などを識別できることが確認できた。(図6及び図7)
- 2) 低エネルギーと高エネルギーの2色のX線を同時に且つそれぞれの値として捉えら

れるラインディテクタの最適化を行った。また、手荷物に使用する X 線エネルギーは最適化設計を行い、最適 X 線エネルギーに関する結論を得た。

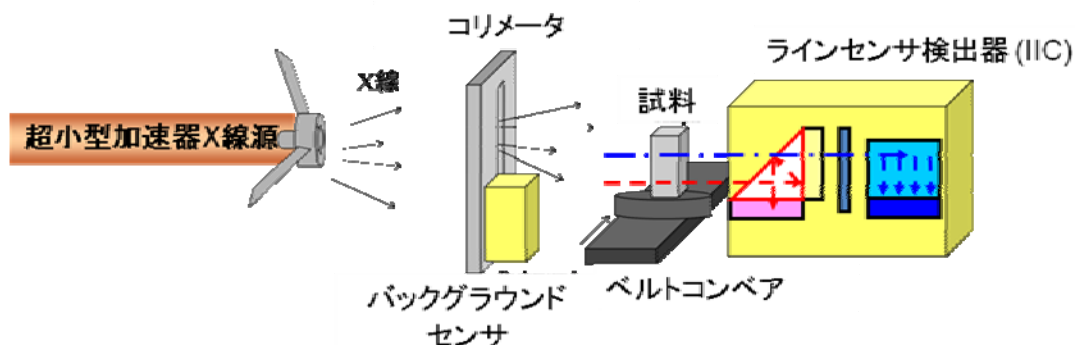
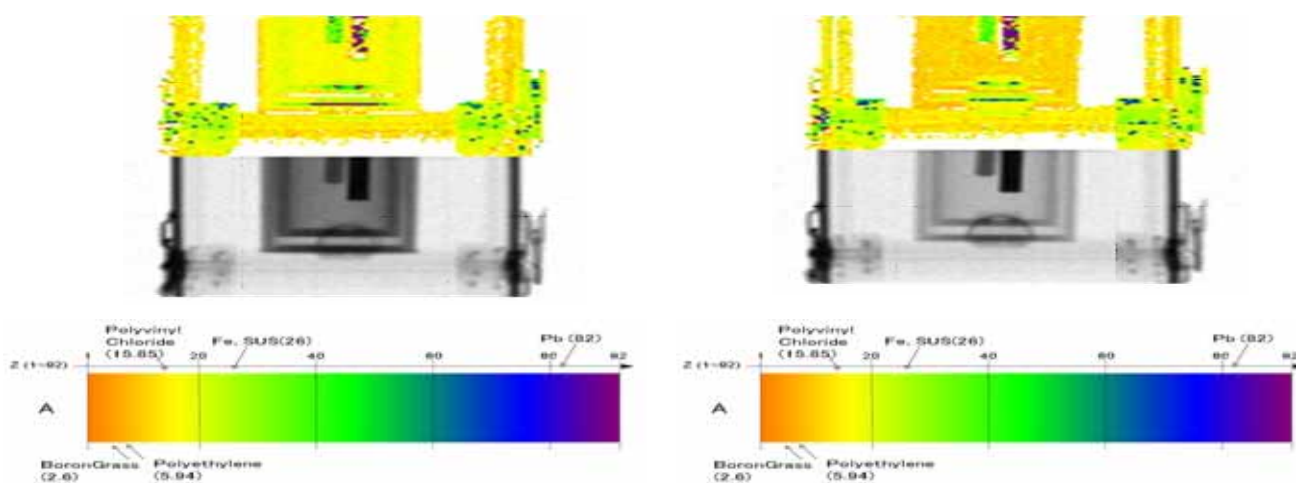


図 6 材料識別 2 色 X 線 DR システム実験装置



a) ボロンガラス内部の物質識別

b) ポリエチレン内部の物質識別

図 7 隠匿材中の高原子番号元素を持つ物質の識別試験結果

図 7 a) ボロンガラス(中性子吸収材)内部の物質識別の識別実験においてボロンガラスに囲まれていても高原子番号元素を持つ物質などを識別できることが確認できた。

核物質を隠匿するにはボロンなどの熱中性子吸収材が用いられると考えられるが、その場合でも隠匿材の内部に在る重元素を識別検出できることが確認できた。

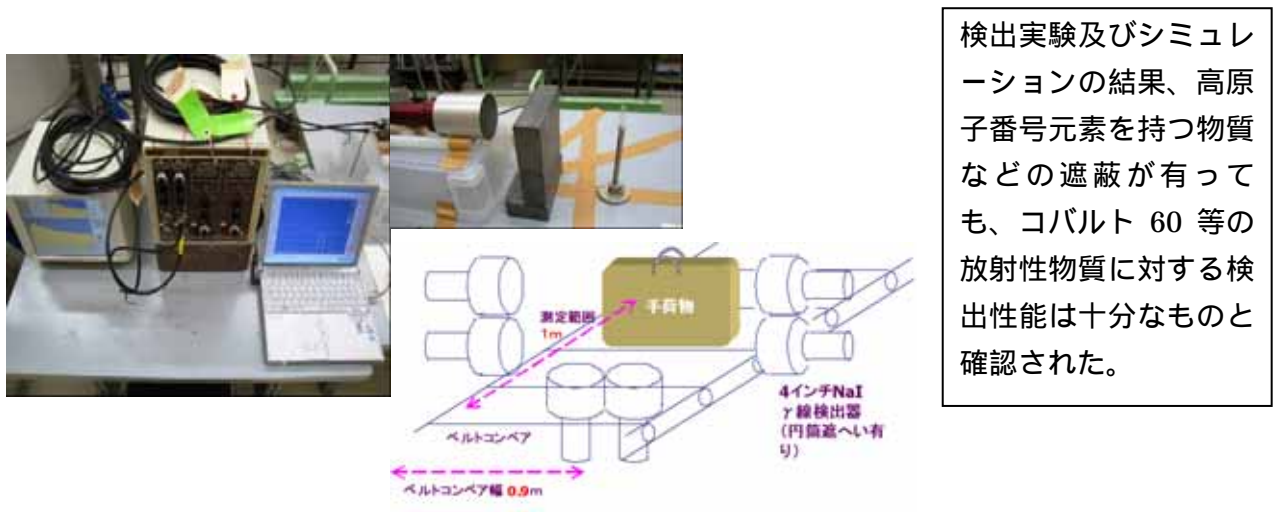
図 7 b) ポリエチレン内部の物質識別の実験において a)と同様にポリエチレンに囲まれていても高原子番号元素を持つ物質などを識別できることが確認できた。(効果的隠匿材料であるボロン - ポリエチレンは X 線に対してポリエチレンと同等の透過度を有する)

c. 複合型放射性物質検知システムに関する研究 (株式会社 I H I が主に担当)

上記 2 つの測定の外に、核物質以外のコバルト 60 等の放射性物質検知を行うために短時間で、かつ、確実な手荷物検査に適した線検出器として NaI 検出器を選定、設置して実験を行い、性能を確認した。(図 8)

また、これら 3 つの測定装置を組み合わせたシステムとして連続測定タイプ及びバッチ測定タイプ 2 種類の測定システムについて、放射線漏洩を防ぐ遮蔽体の設計及び手荷物を

測定位置に誘導するゲート/ハッチ及び搬送装置の設計、そして、放射線漏洩を検知する放射線モニタ及び警報の適切な位置設計を行った。実用化への提案として、図9に空港での実用化イメージを示す。



検出実験及びシミュレーションの結果、高原子番号元素を持つ物質などの遮蔽が有っても、コバルト 60 等の放射性物質に対する検出性能は十分なものと確認された。

図8 コバルト 60 等放射性物質の検出実験及びシミュレーション体系



図9 空港での実用化イメージ