

遺棄化学兵器中に含まれる窒素・砒素系化合物の即発ガンマ線分析

利用者 西原 善明、末澤宏樹、上本龍二、永野章、坂根仁
 所属 住重試験検査株式会社

はじめに

JRR-3 Mに設置された即発ガンマ線分析装置を用いて、遺棄化学兵器に含まれる爆薬と化学物質を模擬した試料の成分分析を行った。本実験は即発ガンマ線分析の技術導入と、遺棄化学兵器の迅速な分析システム構築に必要な測定条件を見いだすことを目的とする

実験材料と方法

実験はJRR-3に設置されている中性子導管施設PGA装置を用いて行った。中性子ビーム上に試料を設置し、中性子捕獲反応により試料から発生した即発ガンマ線を約30cm程度離れた位置にある検出系で測定した。検出系はゲルマニウム検出器とBGO検出器で構成されており、シングルス測定の外に、即発ガンマ線測定において問題となるバックグラウンドガンマ線成分の影響を低減することができるコンプトン抑止測定やペアスペクトロメータ測定が行える。さらにバックグラウンドガンマ線低減するための工夫として、照射場をガンマ線が発生しにくいテフロン板で囲み、その内部を中性子散乱の少ないヘリウムガスで置換している。また、強力な2.2MeVのガンマ線を発生源となる水素を含まないFEPで試料を包んでいる。模擬試料の作成には、硝酸アンモニウム、ヒ素、メラミン、硫黄、塩化鉛を用いた。これらを混合することで、爆薬と化学剤とほぼ同様の原子数比をもつ試料を作成した。表1に化学兵器の種類とその構成物質を示す。

表1 化学兵器の種類と構成物質

赤弾	ジフェニールシアノアルシン(DC)	(C6H5)2AsCN
黄弾	マスタード(HD) 50%	(C2H4Cl)2S
	ルイサイト(L) 50%	(CHCl=CHAsCl2)
青白弾	ホスゲン(CG) 90%	COCl2
	トリクロロアルシン 10%	AsCl3
青弾	ホスゲン(CG)	COCl3
茶弾	シアン化水素(AC)	HCN
爆薬	ピクリン酸	C6H3N3O7
	RDX	C6H6N6O6
	TNT	C16H10N6O12
	TNT80% + ジニトロナフタレン20%	C10H6N2O4
	テトリル	(O2N)3C6H2-N(CH3)NO2
	ナフタリン	C10H8

分析対象とした元素は、水素(H)、窒素(N)、硫黄(S)、ヒ素(As)、塩素(Cl)の4種類である。爆薬に関しては、熱中性子に対する検出感度の高いH、Nの即発ガンマ線に着目し、化学剤に関しては種類によって成分比が異なるS、As、Clの即発ガンマ線に着目し、混合比とガンマ線計数率の関係を調べた。

実験結果と考察

・模擬爆薬の即発ガンマ線分析

熱中性子補獲断面積が比較的大きい水素と窒素の成分比を変えた4種類の試料を作製し、即発ガンマ線による分析を行った。結果を図1に示す。横軸は試料中の窒素原子数に対する水素原子数の比(H/N)で、縦軸は窒素の即発ガンマ線(1.85MeV, 4.51MeV, 10.83keV)計数に対する水素の即発ガンマ線(2.22MeV)計数比を原子数比の最も小さな試料のデータで規格化したものである。

水素と窒素が起因する即発ガンマ線が相互で妨害することなく同時に検出できることを確認した。そして、試料中に含まれる水素と窒素の原子数比と、水素が起因する2224keVの即発ガンマ線と窒素が起因する1875keV、5369keV、10829keVの計数比が、5%以内でほぼ一致することを確認した。

・模擬化学剤の即発ガンマ線分析

水素と窒素からの即発ガンマ線によるコンプトン連続部分に隠れることなく、化学剤に含まれるのと同程度の割合のヒ素、硫黄、塩素について検出することができた。しかし、ホスゲン(COCl2)とトリクロロアルシン(AsCl3)からなる青白弾を模擬した試料については、塩素からの即発ガンマ線によるコンプトン成分にヒ素の低エネルギーガンマ線が埋もれて検出できなかった。

まとめ

熱中性子を使って、遺棄化学兵器を短時間で探査することが可能であることがわかった。実際の測定では、発生させた速中性子を減速剤あるいは外殻を構成する鉄中で熱化することで、爆薬及び化学剤の探査をすることになると思われる。その際、鉄からの即発ガンマ線が強力なバックグラウンドとなり、測定を困難にすると想定される。今後は、パルス中性子による測定により、鉄からのバックグラウンドガンマ線を弁別する測定を行う予定である。

今回は、即発ガンマ線分析装置の使用法と、使用時の注意点を理解することができた。

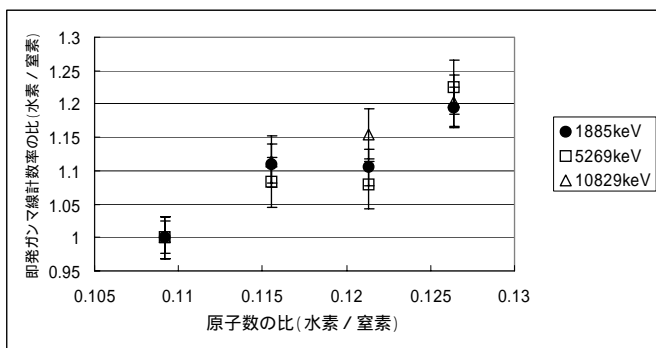


図1 模擬試料に含まれる窒素と水素の原子数比と即発ガンマ線計数比の関係

爆発物検出システム構築のための窒素系化合物の即発ガンマ線分析

利用者 坂根仁、永野章、山口将也、西原善明

所属 住重試験検査株式会社

1. はじめに

諸外国で頻発し、わが国においてもその発生が懸念される爆薬によるテロに対処するため、不特定多数が集合する場所、空港、新幹線などで簡便に使用できる爆薬の超高感度検出装置の開発が求められている。特に中性子を用いた検出装置は、感度が良い点で着目されている。しかし実用レベルに達している研究はなく、特に国内では取り組みが遅れている。上半期では、化学兵器や爆発物を模擬した窒化物に対する熱中性子捕獲反応による即発ガンマ線のデータを取得した。

本実験では、実用時には何らかのケースに入れられた爆薬をリアルタイムで分析することを想定して、鉄板を透過させた場合の中性子の減衰と、鉄からの即発ガンマ線の影響を調べることを目的とした。

2. 実験方法

実験はJRR-3 に設置されている即発ガンマ線分析装置を用いて行った。中性子ビーム上に試料を設置し、中性子捕獲反応により試料から発生した即発ガンマ線を約25cm程度離れた位置にある検出系で測定した。検出系はゲルマニウム検出器とBGO 検出器で構成されており、コンプトン抑止測定やペアスペクトロメーター測定が行える。

写真1に測定配置図を示す。鉄板は、鉄からの即発ガンマ線が検出器に直接入らず、そして中性子ビーム上流位置に設置した。



写真1 照射試料と鉄板の配置。

3. 実験結果

熱中性子束は1.3mmの鉄を通過することで約30%減衰し、3.3mmでは鉄からのガンマ線発生量が多すぎて、窒素からのガンマ線を検出できなくなることがわかった。

鉄板の無い場合と、3.3mmの鉄板が有る場合のガンマ線スペクトルを図1、2に示す。

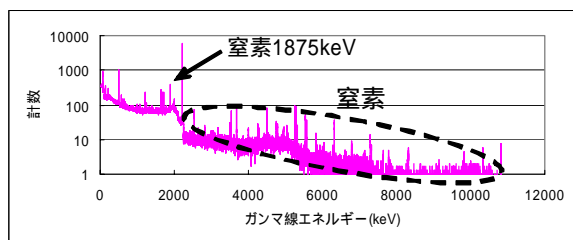


図1 窒化物試料を、鉄板の無い状態で測定した場合の即発ガンマ線スペクトル

4. まとめ

中性子による元素分析を新たな事業展開として取り組みたいと考え、火薬等の窒素系化合物の分析を即発ガンマ線分光によって行うことにした。上半期の実験により熱中性子を使って、遺棄化学兵器を短時間で探査することが可能であることがわかった。実際の測定では、発生させた速中性子を減速剤あるいは外殻を構成する鉄中で熱化することで、爆薬及び化学剤の探査をすることになると思われる。その際、鉄からの即発ガンマ線が強力なバックグラウンドとなり、測定を困難にすることがわかった。今後は、パルス中性子を用いて、鉄からのバックグラウンドガンマ線を弁別する測定を行う予定である。

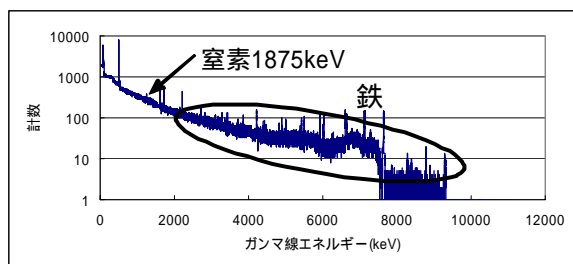


図2 窒化物試料を、鉄板の有る状態で測定した場合の即発ガンマ線スペクトル