

[研究開発の背景と目的]

現在、国内外の原子力施設には、核燃料物質で汚染された解体物などが詰められたドラム缶が多数保管されており、その数量は今後も増加することが見込まれている。このため、ドラム缶内の核燃料物質の総量を、内容物の種類や状態にかかわらず短時間かつ実用的な精度で非破壊測定できる技術の確立が、計量管理²⁾に関する世界的な課題となっている。

人形峠では、操業廃棄物や解体物からなるウラン(核燃料)系廃棄物ドラム缶³⁾(図1参照)を同施設内に多数保管しており、このドラム缶内のウラン量は、核燃料物質の計量管理の対象となっている。人形峠では廃棄物中のウラン量を再評価するため、これまでドラム缶内の廃棄物に混在している核燃料物質・放射性核種からのガンマ線および中性子を受動的に計測する非破壊測定手法を開発してきており^{4,5)}、ガンマ線を計測する非破壊測定装置を用いて現在まで約15000本の廃棄物ドラム缶の測定は終了している。ただし、従来の受動的に測定する手法では、短時間の測定で実用的な精度を確保することが困難となる内容物(例えば金属系内容物)があり、計量管理上の課題となっていた。これは、金属系内容物が困難であった理由は、内容物自身により吸収されるガンマ線や中性子線の量が増えて、外部に漏れ出す量が減るためである。

このため、計量管理に係わる測定精度を向上させることを目的として、従来技術では精度が低下するような内容物を詰めたドラム缶に使用でき、従来技術と相補的に使用できる非破壊測定技術の研究開発を進めてきた。



(a)解体物などを詰めたドラム缶



(b)金属系(鉄)内容物



(b)コンクリート系内容物

図1 原子力施設の解体物などを詰めたドラム缶

一方、原子力機構原子力基礎工学研究センター（以下「基礎工」という。）では、高速中性子直接問かけ法（以下「FNDI 法」）¹⁾と呼ぶ非破壊測定技術を発案し、原子力機構の特許技術として基礎的・基盤的な研究開発を実施してきた（図 2 参照）。FNDI 法では、核燃料物質（ウラン、プルトニウム）に極短時間のパルス幅で少量の中性子を照射し、核燃料物質から放出される僅かな量の核分裂中性子を計測する（図 3 参照）。基礎工では、核燃料から放出された後、直ぐに消滅する高速中性子の量が核燃料物質の総量と比例していることに着眼し、これを選択的に計測して分析する FNDI 法の基盤技術の開発に成功していた。FNDI 法には、微量の核燃料物質が偏在していても、その総量を短時間で計測できる特長がある。



図 2 原子力機構(基礎工)が開発した
FNDI 法による廃棄物ドラム缶用
装置の原型機(JAWAS-T)

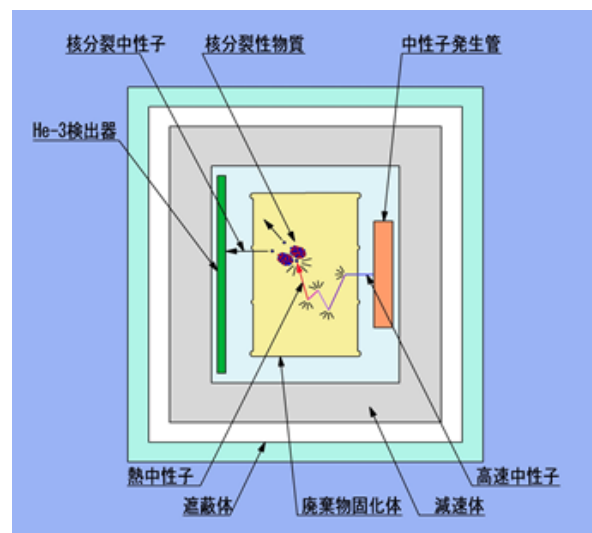


図 3 測定手法(FNDI 法)の説明図

〔開発内容と成果〕

原子力機構は、FNDI 法によるウランの計量管理用非破壊測定装置の実用化を目指して、基礎工と、解体物などを詰めた廃棄物ドラム缶の計量管理に係わる測定精度（目標精

度は±50%以下)の向上が必要な人形峠とが共同して新しい装置(JAWAS-N)を開発した(図4参照)。



図4 人形峠に設置したウラン非破壊測定装置
JAWAS-N(JAEA Active Waste Assay System - Ningyo)

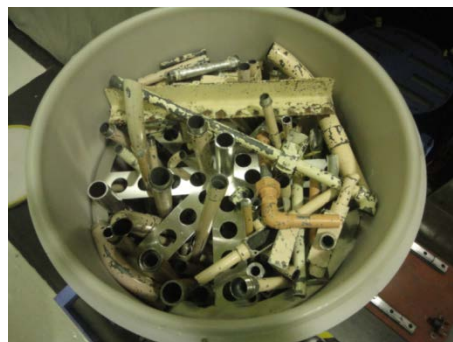


図5 金属系廃棄物模擬試験体

JAWAS-Nと図5に示す試験体を用いた特性試験により、僅かなウラン量(10gU程度以上)でも、化学形態や偏在に関わりなく、短時間(10分以内)かつ実用的な精度(目標精度(±50%)以下である±20%程度)で金属系内容物のドラム缶中に混在しているウランの総量を計測できることを確認した。(図6参照)

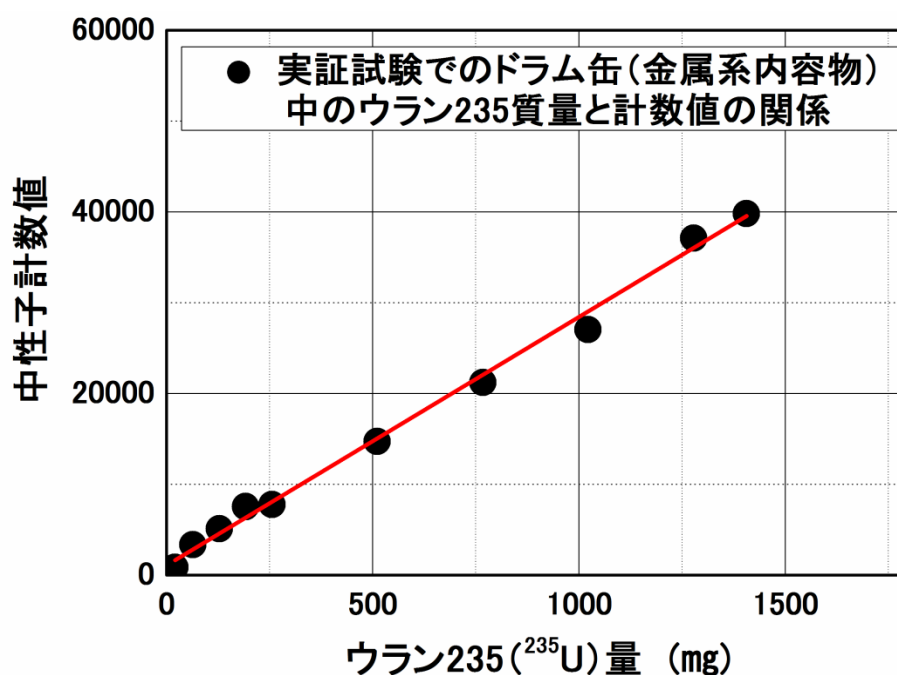


図6 中性子計数値からウラン量が特定できることを示す測定結果

[研究開発成果の意義及び波及効果]

開発した装置および手法(FNDI 法)は、原子力施設の解体物などに含まれる核燃料物質の計量管理に関する世界的な課題の解決に貢献することが期待できる。

具体的には、複数の手法を組み合わせる手法が計量管理では有効であることから、FNDI 法と相補的な特長を持つガンマ線を測定する非破壊測定手法とを組み合わせることにより、国内外の原子力施設内に保管される廃棄物ドラム缶の計量管理技術を向上させることが期待できる。

本装置は計量管理用として開発したものである。FNDI 法を実用化する研究を継続することにより、将来、国内外の原子力施設において、IAEA による国際保障措置⁶⁾の検認用を兼ねる装置として波及できる可能性がある。

[用語説明]

1) 高速中性子直接問いかけ法 (FNDI 法: Fast Neutron Direct Interrogation Method)

核分裂性核種にパルス状に中性子を照射すると、微量の核分裂反応が誘発されて核分裂中性子が極短時間放出される。FNDI 法は、放出された核分裂中性子の検出数と中性子消滅時間を原子力機構が開発した専用装置と分析法を用いて、核分裂性核種の総量を測定する手法。外部中性子源が必要であり、装置が大型・高価となる等の短所があるが、他技術では測定が困難となる体系(例えば金属系内容物)内に偏在している微量の核分裂性核種を迅速かつ実用的な精度で計測ができる等の長所がある。アクティブ中性子法に分類される。

参考： 春山他 3 名, “14MeV 中性子直接問いかけ法による高感度検出, (II)ウエス系ウラン廃棄物”, 日本原子力学会論文集, Vol.6, No.1, p.65-72(2007).

2) 計量管理

原子炉等規制法では、日・IAEA 保障措置協定や二国間原子力協力協定といった国際約束に基づく保障措置の適用を受ける核物質や設備・資材を、国際規制物資として規制している。原子力事業者は、原子炉等規制法に基づき、施設で核物質を取扱う場所を定め、その区域で一定期間に搬入・搬出される核物質の増減、そして現在の核物質の在庫の量を厳密・正確に管理し、原子力規制委員会に報告している。この核物質の在庫量の管理は計量管理と呼ばれている。

3) ウラン(核燃料)系廃棄物ドラム缶

核燃料施設の操業廃棄物や解体で発生するウラン(核燃料)を付着または含有する解体物などを収納したドラム缶。

4) ガンマ線を受動的に計測する非破壊測定手法

放射性物質から自然に放出されているガンマ線を計測することにより放射性物質の量を

測定する手法であり、パッシブガンマ線法と呼ばれる。外部線源を必要とせず、アクティブ法と比較して小型で安価な市販装置を入手できる等の長所があるが、適用可能な範囲が限られ、高密度の内容物に微量の放射性物質が偏在しているような体系への適用が困難となる等の短所がある。

参考：小原他 7 名, “ウラン廃棄物を対象とした非破壊測定装置の運用実績”,
JAEA-Technology, 2012-048(2013).

5) 中性子を受動的に計測する非破壊測定手法

自発核分裂性核種やアルファ線を吸収して中性子を放出する反応により、自然に放出されている中性子を計測することにより核燃料物質の量を測定する手法であり、パッシブ中性子法と呼ばれる。外部線源を必要とせず(校正用線源は必要)、アクティブ法と比較して安価に実施できる等の長所があるが、化学形態や混在する内容物の影響を強く受けるため適用範囲が限られる等の短所がある。

参考：Naoki ZAIMA, Shinichi NAKASHIMA, Yoshiaki NAKATSUKA and Kazumi KADO,
“On Performance Experience and Measurements with Ningyo Waste Assay
System (NWAS) –Ⅲ“, JAEA-Technology 2013-050 (2014).

6) 国際保障措置

核物質その他の原子力資機材が平和目的だけに利用され、核兵器等に転用されないことや未申告の核物質がないこと、原子力活動が行われていないことを確認するために行われる検認活動。

以上