

## 総合講演・報告3 「シグマ」特別専門委員会 [核データ部会共催]

## 「シグマ」特別専門委員会の平成 27, 28 年度活動報告

Activity report of Special Committee for Nuclear Data in the period of 2015 and 2016

## (3) 核セキュリティの立場からのデータニーズ

## (3) Data needs from the field of nuclear security

\*相楽 洋<sup>1</sup><sup>1</sup>東京工業大学

## 1. 背景

近年、核不拡散や核セキュリティ体制の強化に向けた世界的な流れが加速している。背景として、従来からの国家による核兵器保有の懸念に加え勢力拡大が著しい非国家主体（テロ組織等）の存在があり、核兵器及び核物質盗取や原子力施設破壊といった不法行為を予防し対応すること(核セキュリティ)は世界規模での対応が求められる喫緊の課題となっている。国際的枠組み等の制度面に加え、「核物質や放射性物質を適正に管理する技術」や、「有事への対応の技術」の導入が重要である。例を挙げると、違法取引される核物質の検知や原子炉照射燃料の不法転用を防止する非破壊測定（NDA）技術や、違法取引や不法にまき散らされた核物質の情報から製造・流通ルートを特定し犯罪の重要証拠を供する核鑑識、また内部犯行者の早期検知技術など多岐に渡る。現在文部科学省は「今後の核不拡散・核セキュリティ研究開発の進め方について」を取りまとめており、従来は一部の公的研究機関や核物質取扱事業者に留まっていた本分野の技術開発を、大学を始めとする研究機関との連携を重視する動きに変わりつつある。本発表では、特に核不拡散・核セキュリティに重要な核データのニーズについて報告する。

## 2. 核不拡散・核セキュリティに重要な核データニーズ

核物質の検知や検認、計量に用いられる NDA には大きく、(1)パッシブ法と(2)アクティブ法がある。ガンマスペクトロメトリ法や全中性子計数法、同時計数法等のパッシブ法は広く核物質管理に用いられているが、強い放射線を発する照射済燃料の精度良い測定には多くの課題を残している。図 1 に BWR 照射済燃料における主要な放射線放出核種の破壊試験結果(E)と計算結果(C)の比[1]を示すが、強中性子放出核種で燃焼度測定を通じ間接的に核物質量の検認や測定に用いられる  $^{244}\text{Cm}$  の計算予測精度は 10~20%(1 $\sigma$ )を超える。またこちらも燃焼度測定に用いられるガンマ線放出核種  $^{137}\text{Cs}$  の計算予測精度は 3%(1 $\sigma$ )以下と優れているが、燃料との共存性が良好で損傷を受けた燃料でも高い信頼性が期待されるランタノイド核種( $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ )は 7~9% (1 $\sigma$ )であり、これらを間接的に利用して核物質量を推定する手法で、NDA による使用済燃料中核物質重量の測定目標 (<5% (米国次世代保障措置イニシアチブ目標)) を達成するには、核データ精度の大幅な向上が必要である。

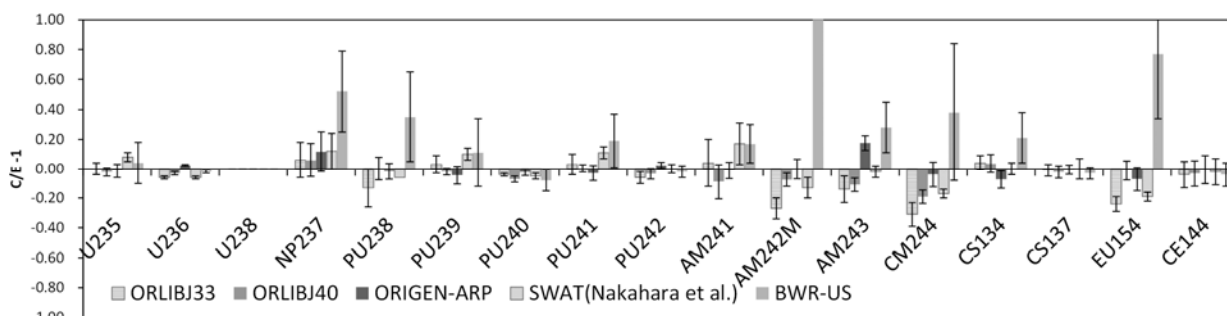


図 1 福島第 2 原子力発電所 2 号炉の照射済燃料照射後解析の精度評価例[1](C:解析結果、E:実験結果)

また、非破壊測定技術のアクティブ法としては外部中性子線や光子線を標的に入射し、その応答反応に

より内部物質情報を得る手法の研究開発が世界各国で進められている。高エネルギーガンマ線はコンテナに対しても高い透過性を有するため、光核反応を利用した核物質検知のための測定方法の研究が進められているが[2]、主要な核分裂性核種 ( $^{235}\text{U}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{241}\text{Pu}$ ) ですら実験データは不足しており精度のよい核データは全く整備されていない(図 2)。また、外部中性子線を用いた中性子問いかげ法については、主要な核分裂性核種の情報は得られるが核物質総量決定に必要な  $^{238}\text{U}$ 、 $^{240}\text{Pu}$ 、 $^{242}\text{Pu}$  量の同定にはガンマ線のパッシブ測定を使った燃焼度推定や同位体測定を組み合わせることが必須となる。

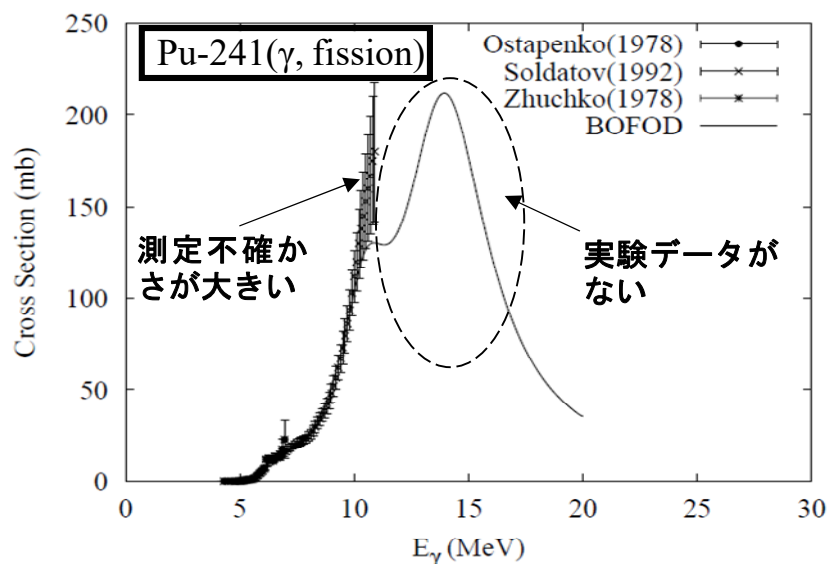


図 2  $^{241}\text{Pu}$  のガンマ-核分裂断面積と実験値[3]

上記は NDA のごく一部に過ぎず、米国、欧州、日本を含む世界各国で様々な研究開発が進められているが、これまでの原子力技術や放射線利用からのニーズとは全く異なる核反応や精度ニーズが存在する。核鑑識についても同様のニーズがある。核不拡散・核セキュリティの迅速な強化に重要な各非破壊測定技術について、核データ拡充と測定優先度の体系的及び戦略的な明示が喫緊の課題である。

### 3. 結言

今後の核不拡散・核セキュリティ技術開発には、これまでの原子力技術や放射線利用からのニーズとは全く異なる核反応や精度ニーズが存在する。今回、その一部のみを紹介したが、NDA 開発や核鑑識技術は多岐に渡っており、核不拡散コミュニティと連携したニーズ出しとその優先順位付けが重要である。まずは測定技術毎の数値解析を通じた感度解析により、核不拡散・核セキュリティ技術からの核データ測定要求を網羅的にまとめ、将来的には、核不拡散・核セキュリティ重要で高付加価値の国産核データファイル(「JENDL 核不拡散・核セキュリティ特殊目的ファイル(仮称)」)の基盤構築により、人類の課題に対する迅速な解決に大いに寄与することが期待される。

### 参考文献

- [1] H. Sagara et al., J. Nucl. Sci Technol, vol. 51, no. 1, p. 1-23 (2014).
- [2] R. Kimura, H. Sagara and S. Chiba, J. Nucl. Sci. Technol. Vol. 53, Issue 12, p. 1978-1987 (2016).
- [3] IAEA-TECDOC-1178, Handbook of photonuclear data for application (2000).

### 謝辞

本研究は科研費(JSPS Kakenhi Grant Number JP17K07005「核不拡散・核テロ防止のための非破壊測定技術開発に重要な核データの研究」)の成果を含む。

\*Hiroshi Sagara<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tokyo Institute of Technology.