高温ガス炉を用いる超ウラン燃料サイクルにおける Pu 量検認技術への要求精度

Requirements for the accuracy of plutonium verification techniques in the TRU fuel cycle employing high temperature gas cooled reactors

*青木　健[1]，相樂　洋[1]，Chirayath S. Sunil[2]
[1]東京工業大学，[2]NSSPI, Texas A&M 大学

軽水炉使用済み燃料から再処理した超ウラン元素(TRU)を高温ガス炉(HTGR)燃料として利用する先進的燃料サイクルについて物質収支区域設計を行い、いくつかの保障措置を適用した施設において核物質転用がないことを示すのに必要なプルトニウム非破壊測定精度を明らかにした。

キーワード：保障措置、高温ガス炉、プルトニウム

1. 緒言

核不拡散上の懸念物質であるプルトニウム(Pu)の迅速な低減を狙ったワンススルー燃料サイクルとして軽水炉使用済み燃料から再処理した超ウラン元素(TRU)を高温ガス炉(HTGR)燃料として利用する先進的燃料サイクルが研究されている[1]。多量の Pu とキュリウム(Cm)含有 TRU を扱う本燃料サイクルで核物質転用がないことを示す保障措置結論を導出するには高精度な先進的核物質量測定手法の研究開発が必要である。本稿では物質収支区域(MBA)設計に基づき、核物質量測定手法への要求精度を明らかにする。

2. 解析手法

2-1. HTGR を用いた TRU 燃料サイクル

軽水炉使用済み燃料から再処理された TRU を HTGR で利用するワンススルー燃料サイクルにおける燃料製造施設及び原子炉建屋について考える。再処理工程を経て Pu、アメリシウムと少量の Cm が抽出される。燃料サイクルにおける照射前後の平均 Pu 質量流量はそれぞれ 23.1kg/月及び 11.0kg/月である。

2-2. 物質収支区域の設計と Pu 収支測定

核物質の形態や性質に基づき燃料製造施設及び原子炉建屋について MBA を設定する。保障措置において核物質転用がないことを示す条件として測定の信頼性や許容誤警報確率を考慮した上で全ての MBA で Pu 収支測定誤差が 1 有意量以下となることが挙げられる。測定の信頼性や許容誤警報確率として高、中及び低の 3 つの保障措置水準を想定する。高レベルでは 99.7%の信頼性と 5%の許容誤警報確率、中レベルでは 99.7%の信頼性のみ、低レベルでは 96%の信頼性のみを想定する。Pu 収支測定において Cm 含有核物質に対しては先進的な非破壊測定手法(NDA)を適用する必要がある。Pu 収支測定には Cm 含有核物質に対しては先進的な非破壊測定手法(NDA)、それ以外の核物質には既存の NDA を適用する。Pu 収支測定誤差の評価には、既存の NDA の測定誤差として分析測定誤差国際目標値(International Target Values)[2]を用い、測定精度のデータが十分にない先進的な NDA について Pu 収支測定誤差への条件を満たす精度を導出する。

3. 解析結果

燃料製造施設及び原子炉建屋にそれぞれ 2 つと 1 つの MBA を設定した。物質収支期間を 1 カ月としたとき、3 つの保障措置水準について導出された NDA への要求精度を図 1 に示す。最も厳しい高レベルでは使用済み燃料に対して 7%以下の精度が要求されることが分かった。また新燃料については燃料製造施設におけるひとつの MBA の出入口で同手法による Pu 量測定が必要になるため、約 5%以下という更に高い精度が要求されることが明らかになった。

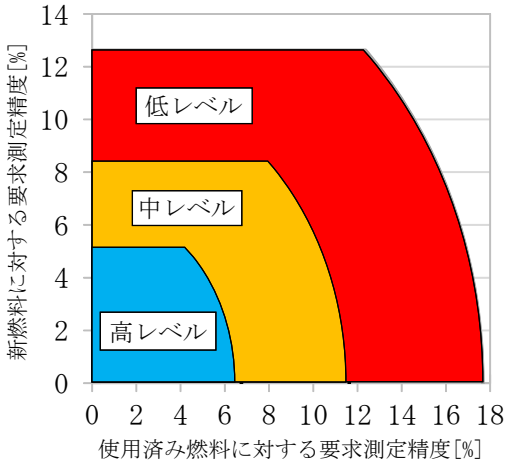

図 1. 各保障措置水準における Pu 非破壊測定手法への要求精度

4. 結論

軽水炉使用済み燃料から再処理した TRU を HTGR 燃料として利用する先進的燃料サイクルについて MBA 設計を行い、高い保障措置水準において核物質転用がないことを示すには、Pu 量 NDA 手法に対して新燃料では 5%以下、使用済み燃料では 7%以下の計測精度が要求されることが明らかになった。

参考文献

[1] T. Aoki, Trans Am. Nucl Soc, 115, Las Vegas (USA), 2016, 909-912　[2] IAEA, STR-368 (2010)

*Takeshi Aoki[1], Hiroshi Sagara[1] and Sunil S. Chirayath[2]
[1]Tokyo Institute of Technology, [2]NSSPI, Texas A&M University.