

核データに起因する加速器駆動システム(ADS)の核特性計算の不確かさ評価

范 行健 量子エネルギー工学 山本研究室 発表番号：5

次世代の ADS の設計に対する炉物理パラメータの計算をいくつかの核データライブラリに基づいて実施し、計算結果における不確かさの評価結果について考察した。

キーワード： ADS、炉物理パラメータ計算、核データ、不確かさ評価

1. 緒言

加速器駆動未臨界システム (ADS) は、効果的な放射性核廃棄物の分離変換技術の一つと考えられている。ADS では、加速器によって加速された陽子線をターゲットに照射して核破砕反応を起こし、それによって生成された中性子を臨界量に達しない核燃料を装荷した原子炉に照射することで核分裂反応を起こしてエネルギーを得るとともに、放出された高速中性子を利用し、炉心に装荷した長寿命放射性廃棄物を核反応により変換させる。現在の研究開発段階において、ADS の設計に対する炉物理パラメータの計算精度の向上は重要な問題である。本研究では、JAEA が提案した ADS 原型炉の均質化計算モデルを使用して、いくつかの核データライブラリに基づき炉物理パラメータの計算を実施した。それらの結果を比較し、核データに起因する計算の不確かさを評価した。また、核データに起因する不確かさの内訳についても検討し、そのメカニズムを考察した。

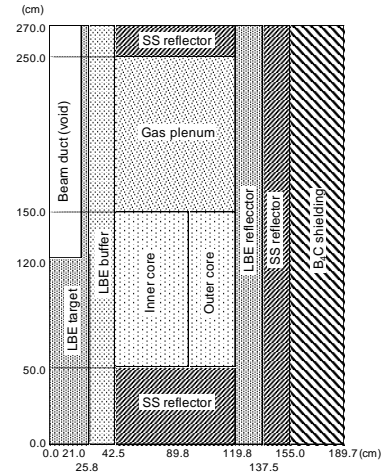


Figure 1 ADS 原型炉の均質化モデル^[1]

2. JAEA が提案した ADS 原型炉の炉物理パラメータの不確かさ

まずは、ADS の駆動源としている核破砕中性子源の計算精度について検討した。方法は核破砕反応を取り扱える連続エネルギーモンテカルロコード PHITS を用いてロシアの MRI 実験と米国の COSMOTRON 実験をシミュレーションして、計算結果を実験結果と比較した。次に JAEA が提案した ADS 原型炉を均質化した二次元円筒(RZ) 計算モデルに単純化した。計算体系を図 1 に示す。そして、固有値計算が出来る連続エネルギーモンテカルロ計算コード MVP を用いて、この体系の実効増倍率を八つの核データに基づいて計算し、結果の差異を評価した。さらに、この差異における核種ごとの寄与を核種置換法で評価した。最後に PHITS を用いて、ADS 原型炉内の出力の空間分布をいくつかの核データライブラリに基づき計算し、それらの結果を比較し、出力分布の不確かさと実効増倍率の不確かさの関係を検討した。

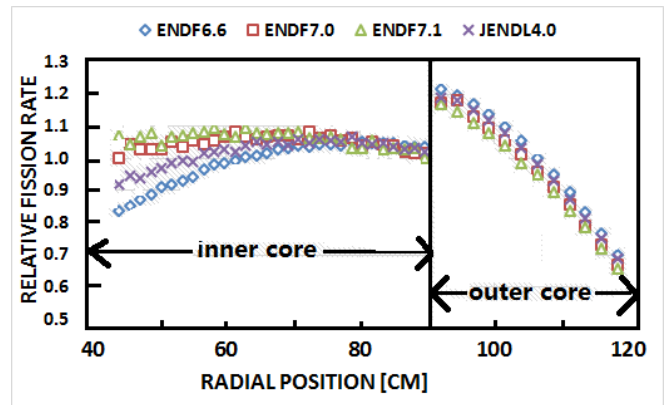


Figure 2 PHITS で算出した半径方向の核分裂反応率の比較

3. 結果・考察

核破砕中性子源については、実験結果と解析結果の差異が 8% 以内であり、核データ起因する不確かさは顕著に現れないことが分かった。そして、図 2 により、各核データライブラリに基づき算出した出力分布は、外側炉心 (outer core, 89.8cm 以降) の場合、核データにかかわらずほぼ同じである。一方、内側炉心 (inner core) の場合、核データ間でかなりの差異がある。ENDF/B-VII.1 に基づく内側炉心の核分裂率分布はほぼ平坦でありながら、ENDF/B-VI.6 の結果は、内側炉心において平坦ではなく、中心の出力は内側炉心と外側炉心の境界と比べて、およそ 20% 低い。この四つの核データに基づき算出した実効増倍率は、ENDF/B-VII.1 に基づく結果が一番小さく、ENDF/B-VI.6 に基づく結果が一番大きい。体系内の未臨界増倍を考えると、出力分布に対する核データの影響は、実効増倍率の差異に基づくものと考えられる。様々な核データライブラリに基づき MVP を用いて計算した実効増倍率の差異は 3.5% と大きい。ADS の設計において、このような差異は設計上無視できないものと考えられる。

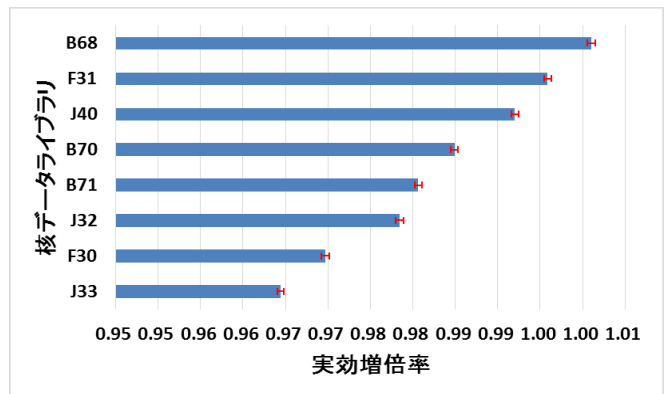


Figure 3 MVP で算出した実効増倍率の比較

公刊論文および口頭発表

[1] 范 行健, 遠藤知弘, 山本章夫, 日本原子力学会中部支部 第 48 回研究発表会, 名古屋, 12 月 14-15 日, 2016, R03 (2016)