

プルトニウム金属球に対する水反射体の反応度効果

千葉豪

平成 27 年 12 月 7 日

1 背景

裸の高速中性子体系に対して外側に中性子反射体を配置することにより、反応度を大きくすることが出来る。だが、ここで水を反射体として用いた場合を考えてみよう。中性子減速材である水を反射体として用いた場合には、中性子が水中の水素分子と衝突しエネルギーを失うため、系全体として中性子エネルギーが低下することが予想される。核分裂性物質（ウラン 235 やプルトニウム 239）で構成される中性子増倍系においては、中性子エネルギーの低下は反応度の低下を意味するため、水反射体を外側に配置することは必ずしも正の反応度効果となるとは限らないのではないかと考えた。

そこで、決定論コードを用いた臨界計算により、プルトニウム金属球に対する水反射体の反応度効果を定量的に評価することとした。

2 評価方法

米国ロスアラモス国立研究所で構築された裸のプルトニウム金属球の臨界集合体 Jezebel について、外側に水を配置したときの実効増倍率を計算した。このとき、水の厚さをパラメータとし、それに対する実効増倍率の依存性を観察した。また、水ではなくステンレス鋼を反射体として用いた計算も行った。

実効増倍率、中性子束分布は、熱中性子散乱を考慮した 107 群の中性子輸送計算により求めた。

3 評価結果

得られた実効増倍率を Fig. 1 に示す。水反射体を用いた場合、10cm 程度の厚さで反応度効果は一定値に漸近した。一方、ステンレス鋼反射体を用いた場合は、厚さが小さい場合には水反射体と比べて反応度効果は小さいが、水反射体とは異なり 30cm 程度の厚さであっても反応度効果の増加が見られた。

数値計算結果より、以下の結論を得た。

- 裸の中性子増倍体系に対して外側に物質を配置した場合には、その物質が何であれ、裸の体系と比べて反応度が低下することは物理的にはあり得ない。これはちょっと考えれば明らかなことであり、報告者に初歩的な勘違いがあった。

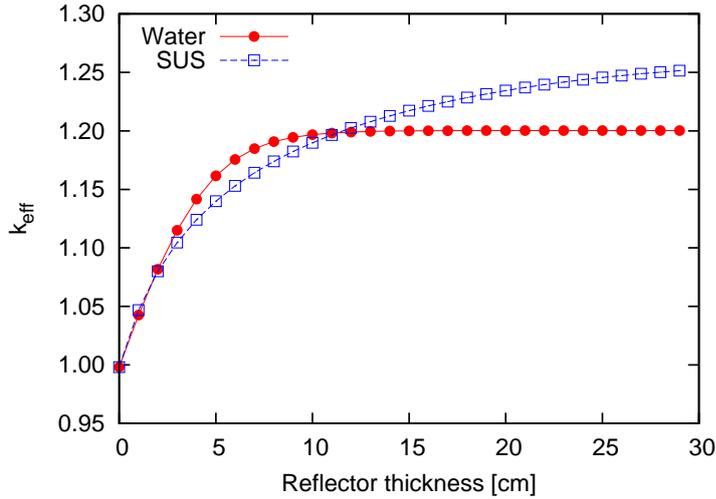


Fig. 1: Dependence of k_{eff} on reflector thickness

- 水を反射体として用いた場合、反射体厚さが小さいときにはステンレス鋼よりも高い反応度効果が得られた。しかし、水反射体では強い中性子減速効果が働くため、ある程度の厚みになると中性子のエネルギーが低下し、燃料領域に帰還する可能性が低下するとともに、仮に帰還できたとしても、エネルギーが低下するため、核分裂連鎖反応への寄与の大きさが小さくなる。反射体の厚さがある程度大きい場合にはステンレス鋼反射体の反応度効果の方が大きいという結果はこのように理解できるものとする。

最後に、燃料領域における中性子束エネルギースペクトル（全核分裂中性子源で規格化）を Fig. 2 に示す。

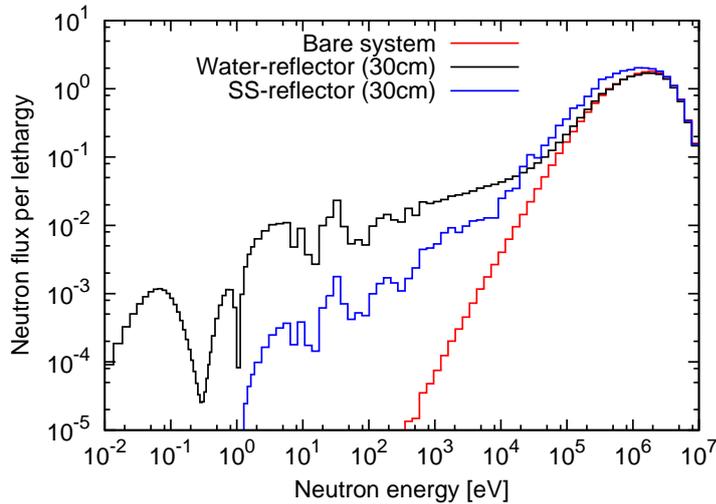


Fig. 2: Neutron flux energy spectra in fuel region