

Verification of Vectorized Monte Carlo Code MVP using JRR-4 Experiment

Fast Neutrons Penetrating Through Graphite and Water

グラファイト及び水を透過する高速中性子
に関するJRR-4での実験による

ベクトル化モンテカルロコードMVPの検証

小田野 直光、三浦 俊正、山路 昭雄

平成8年9月

日本原子力研究所

Proceedings of the International Conference
on the Physics of Reactors, PHYSOR96

日本原子力研究所では次世代の船舶用原子炉MRXの設計研究を行っている。MRXでは一体型PWRの採用により、蒸発発生器が原子炉炉心の斜め上方に設置されるため、 $^{16}\text{O}(n, p)^{16}\text{N}$ によって二次水が放射化し、機関室や原子炉室内の二次系の線量当量が上昇することを考慮しなければならず、設計においては、その線量当量を設計基準値よりも十分に低くすることが必要である。

^{16}N による線量当量の評価においては、 ^{16}N の生成に寄与する10MeV以上の高速中性子の輸送計算が重要となる。そこで本研究では、JRR-4原子炉を用いた実験により、MRXの設計に用いられているベクトル化モンテカルロコードMVPの高速中性子領域における精度の検証を行った。

実験は、JRR-4原子炉を利用し、原子炉の反射体領域（気送管照射設備）と原子炉タンクの外側の水中において、高速中性子に感度を有する放射化検出器により放射化反応率の測定を行った。放射化反応率の測定をした反応は、 $^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$ 、 $^{93}\text{Nb}(n, 2n)^{92m}\text{Nb}$ 、 $^{127}\text{I}(n, 2n)^{126}\text{I}$ 、 $^{90}\text{Zr}(n, 2n)^{89}\text{Zr}$ 、 $^{58}\text{Ni}(n, 2n)^{57}\text{Ni}$ の5反応で、いずれも10MeV以上の高速中性子に対して感度を持っている。反応率の測定は、放射化検出器を気送管照射設備内では1～2分、プール内では1～2時間照射し、照射後の誘導放射能を高純度Ge検出器で測定することで導出した。放射化反応率の測定誤差は5～13%である。

上記の実験を、ベクトル化モンテカルロコードMVPで解析した。計算は実験体系の3次元形状をほぼ忠実に模擬した。estimatorにはtrack length estimatorを用いた。核データライブラリにはJENDL-3.2に基づくものを使用した。また、放射化断面積のライブラリとしてJENDL Dosimetry FileとIRDF-90.2を使用した。計算による放射化反応率と実験値を比較した結果、JENDL Dosimetry Fileを用いた $^{127}\text{I}(n, 2n)$ 反応の反応率を除いて実験値と計算値は20%以内で一致した。実験値の誤差、入力となる核分裂スペクトルの10MeV以上での不確かさ等を考慮すると、MVPは10MeV以上の中性子の輸送計算に対して十分な精度を有していることを明らかにした。また、JENDL Dosimetry Fileを用いた $^{127}\text{I}(n, 2n)$ 反応反応率の不一致より、微分データの検討から断面積そのものを見直す必要があることを明らかにし、また同反応の高速中性子モニターとしての有用性を示した。

多重箔放射化法による制動放射ガンマ線 スペクトルの測定

Measurement of Brsmsstrahlung Gamma

Ray Spectra by Multi-Foil Activation Method

小田野 直光、三浦 俊正、小林 捷平、山本 修二

平成8年9月

日本原子力学会1996年秋の大会

Proceedings of the 1996 Fall Meeting of
the Atomic Energy Society of Japan

電子線の遮蔽においては、制動放射ガンマ線と、その制動放射ガンマ線が光核反応を起こすことで生成される放射化による線量の評価が必要となる。そこで、制動放射ガンマ線を光核反応の一つである (γ, n) 反応による誘導放射能を測定することで、放射化反応率を測定し、ガンマ線のスペクトルを導出することを試みた。

実験は京都大学原子炉実験所の46MeV電子線形加速器を利用して行った。平均エネルギー30MeV（平均電流62 μA ）をTaターゲット（強制水冷）に入射させ、入射電子のビーム軸に対して0度方向及び90度方向に多数組の放射化箔を設置し、制動放射ガンマ線及び光中性子による誘導放射能を高純度Ge検出器で測定した。放射化箔にはAu、Rh、Mn、Co、In、Ni、Ti、Cuの高純度金属箔を用いた。

試料を設置した場所は、制動放射ガンマ線と光核反応による光中性子が混在する場であり、 (γ, n) 反応と $(n, 2n)$ 反応の残留核は同一なことから、 ^{196}Au 生成に対するガンマ線と中性子による寄与を分離する必要がある。 (n, γ) 反応による ^{198}Au の放射化反応率は0度と90度位置で20%の差があるが、光中性子生成が角度に依存しないと仮定すると、0度方向の ^{196}Au 生成反応率は90度位置の30.9倍で、0度方向における放射化に対する寄与のほとんどが (γ, n) 反応によるものであることを示している。90度方向における放射化に対するガンマ線の寄与については、モンテカルロ法によるシミュレーション等により推定する必要がある。

多重箔放射化法により制動放射ガンマ線のスペクトルを実験的に導出することを試み、制動放射ガンマ線による放射化反応率を測定した。また、SAND-IIコードによりスペクトル調整を行い、モンテカルロ法による解析との比較も行った。