

ニュートリノ核反応モデルの開発と PHITS への実装

Development and implementation of a neutrino-induced nuclear reaction model for PHITS

*小川達彦¹, 橋本 慎太郎¹, 佐藤 達彦¹

¹原子力機構

放射線輸送計算コード PHITS(Particle and Heavy Ion Transport code System)のニュートリノ入射反応モデルを開発し実装した。原子炉の遠隔監視装置を模擬した計算で、ニュートリノの遠隔検知が再現できた。

キーワード：ニュートリノ、検出、放射線輸送計算コード

1. 緒言

ニュートリノによる核反応は、ニュートリノの基礎特性研究や、原子炉の遠隔監視といった応用の点で、近年特に注目が集まっている。放射線輸送計算コード PHITS には、従来ニュートリノの反応モデルが入っておらず、ニュートリノは物質中を必ず透過していた。本研究では、特に重要な ${}^1\text{H}(\bar{\nu}_e, e^+)n$ 反応に注目し、その反応機構を PHITS へ実装した。

2. 方法

反電子ニュートリノに対する ${}^1\text{H}$ の反応断面積は Strumia らの系統式[1]を採用した。これにより入射エネルギー200 MeV までの反応を扱うことができる。反応により生成する陽電子と中性子の運動量は、運動量とエネルギーの保存と、Strumia らの系統式で与えられる分散をもとに分布させた。

3. 結果・考察

ニュートリノ入射反応モデルの動作を確認するために、原子炉の遠隔監視装置を模擬して、図1の体系で計算を行った。中央に示された燃料(核分裂生成物が β 崩壊し、ニュートリノを放出する)の領域から5 MeVの $\bar{\nu}_e$ を放出させ、図左側に示された検出器でのパルス波高を計算した。検出器は水であり、 $\bar{\nu}_e$ と水素の反応で発生する陽電子によりエネルギー付与を受ける。その結果、図2のようなパルス波高分布が得られ、 3.0×10^{-20} count/ β 崩壊 のカウントが得られた。波高の最高値3.2MeVは、反応のQ値(-1.8MeV)から妥当であることも確認できた。

なお、 ${}^1\text{H}(\bar{\nu}_e, e^+)n$ 反応モデルは2018年夏にリリースされる PHITS 最新版に実装予定である。

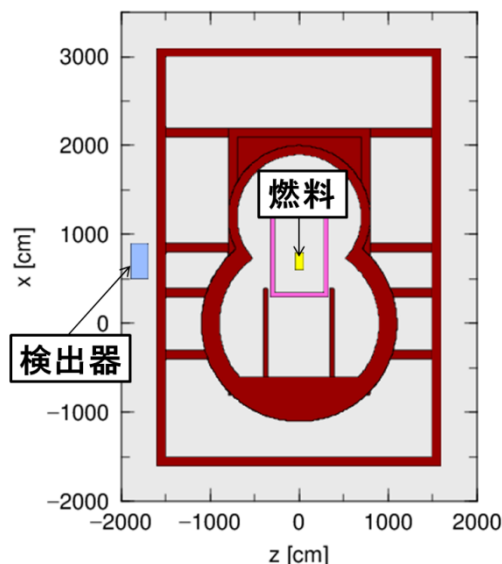


図1 計算の幾何形状。燃料中の核分裂生成物から出るニュートリノを輸送した。

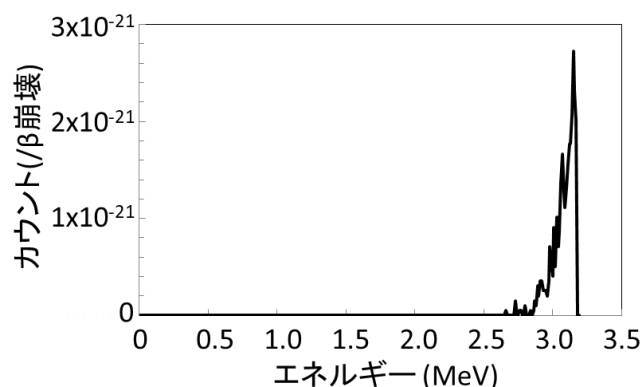


図2 検出器で得られるパルス波高分布。

[1] A. Strumia, F. Vissani, *Physics Letters B*, **564**, 42-54 (2003)

*Tatsuhiko Ogawa¹, Shintaro Hashimoto¹, and Tatsuhiko Sato¹

¹Japan Atomic Energy Agency