



中性子線量当量（率）測定器の性能 実証試験フィールドの開発

辻村 憲雄 吉田 忠義 高田 千恵

東海事業所 放射線安全部

Development of Neutron Fields for Performance Testing of Neutron Dose Equivalent Rate Meters.

Norio TSUJIMURA Tadayoshi YOSHIDA Chie TAKADA

Radiation Protection Division, Tokai Works

MOX燃料施設における中性子スペクトルを模擬した減速中性子校正場を東海事業所計測機器校正施設に構築した。本減速中性子校正場では、 ^{252}Cf 中性子線源を、室内散乱線寄与の小さい照射室中央のグレーチング上と室内散乱線寄与の大きい地下一階に設置し、さらに鉄、黒鉛及びメタクリル樹脂製減速材と組み合わせることによって多様な中性子スペクトルを生成することができる。MOX燃料施設で使用する中性子線量当量（率）測定器の性能実証試験に今後使用する予定である。

The authors developed moderated-neutron calibration fields simulating neutron spectra encountered in workplaces of MOX fuel facilities. By placing a ^{252}Cf neutron source surrounded with moderators at two different positions, at the center of a large-sized irradiation room and a small-sized room, neutron spectra with average energies ranging from 0.4MeV to 1.7MeV can be produced.

キーワード

MOX燃料，中性子スペクトル，校正場， ^{252}Cf 中性子線源，減速材

MOX fuel, Neutron Spectrum, Calibration Field, Californium-252 Neutron Source, Moderator

1. はじめに

中性子線量当量（率）測定器の校正には、一般に ^{252}Cf や ^{241}Am Beといった中性子線源が使用される。しかしながら、実際の測定環境の中性子スペクトルは、 ^{252}Cf 等の中性子スペクトルとは異なるため、測定器の種類によっては中性子線量当量（率）を過大に表示するものがあり、そのような測定器に対する実用的な校正方法の開発が望まれていた。そこで、MOX燃料施設で使用する中性子線量当量（率）測定器の性能評価等を目的に、MOX燃料施設の中性子スペクトルを模擬した二種類の

減速中性子校正場を整備した。

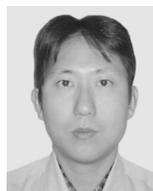
2. 減速中性子校正場の構造

減速中性子校正場を整備したサイクル機構東海事業所計測機器校正施設は、1階と地下1階からなる平屋建てで、照射室の床面積は163m²、1階床面から天井まで高さ5.3mである。室内散乱線を極力低減させるため、床面をグレーチング構造、さらに天井と外壁二面を軽量コンクリート製としている。中性子線量当量（率）測定器の定期的な校正に使用する ^{252}Cf 線源は、通常地下4mの格納



辻村 憲雄

線量計測課 標準・校正
チーム所属
チームリーダ、副主任研究員
放射線測定器等の校正に用
いる放射線（能）標準の整
備、開発業務に従事



吉田 忠義

線量計測課 標準・校正
チーム所属
副主任研究員
放射線測定器等の校正に用
いる放射線（能）標準の整
備、開発業務に従事



高田 千恵

線量計測課 個人線量管理
チーム所属
副主任研究員
個人線量外部破ばく管理に
係る業務及び研究開発に従事

容器内に収納しており、使用時に線源案内管に沿って所定の位置まで遠隔操作によって移送する。

整備した二種類の減速中性子校正場のうち、第一の減速中性子校正場（以下、「1F減速場」と記す。）は、室内散乱線による寄与が小さいグレーチング上で²⁵²Cf線源を使用するもので、中性子スペクトルを変化させるためその周囲に中空円筒形の厚さ40mmの鉄及び厚さ15～100mmのメタクリル樹脂（PMMA）製減速材を配置する¹⁾。第二の減速中性子校正場（以下、「B1減速場」と記す）は、²⁵²Cf線源を地下1階の案内管途中に固定して使用するもので、床、壁などからの散乱線を活用し、さらにブロック形の鉄（厚さ100mm）、黒鉛（厚さ100mm）及びPMMA（厚さ100mm）製減速材を追加することによって、1F減速場に比べて中性子がより減速された中性子スペクトルを生成する。線源の位置と減速材の種類・厚さの組み合わせによって、平均エネルギー等の異なる計12種類の中性子スペクトル場を生成できる。照射室の構造と当該減速中性子校正場における線源と減速材の配置を図1に示す。

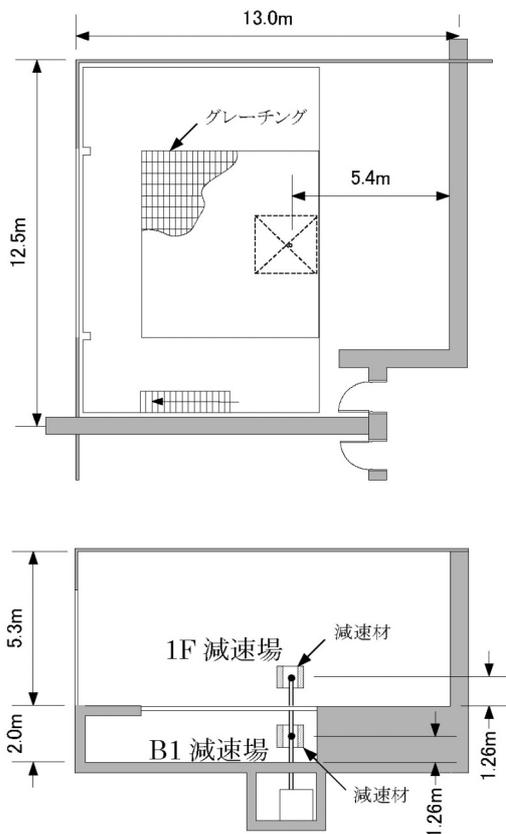


図1 照射室の構造と減速中性子校正場の減速材の配置

3. 中性子スペクトルの計算と測定

上記減速中性子校正場の中性子スペクトル並びに基準中性子線量当量率を、モンテカルロ輸送計算コードMCNP 4C2²⁾による計算及びボナー球スペクトロメータ（BMS）による測定によって評価した。

計算では、中性子放出率が既知の²⁵²Cf標準中性子線源（公称放射能999MBq）の周辺構造材、減速材並びに室内形状等を可能な限り計算体系に組み込んだ。線源から距離0.75m及び1.0mにおける中性子フルエンスを計算し、ICRP Publication 74³⁾の中性子フルエンス-周辺線量当量換算係数を乗じて周辺線量当量率（ $H^*(10)$ ）を算出した。また、同位置における角度微分フルエンスの計算結果に基づき個人線量当量率（ $H_p(10)$ ）も算出した。

一方、測定には、寸法の異なる計8個のポリエチレン減速球（厚さ1.5cm～11.5cm）と³He比例計数管からなるボナー球スペクトロメータ（BMS）を使用し、アンフォールディング法によって中性子スペクトルを求めた。

計算と測定によって求めた中性子スペクトルの一例を図2に示す。中性子スペクトルの形状は、水素含有物によって中性子が減速された、いわゆる「核分裂+1/E型スペクトル」を示している。また、計算と測定による周辺線量当量率の相違は1F減速場で最大4%、B1減速場で最大8%であった。後者の相違は、主として壁材であるコンクリートに含まれる水分量の不確かさによるものと考えられる。

図3に当該減速中性子校正場で生成される中性子スペクトルの平均中性子エネルギーの範囲と、MOX燃料施設内の代表的な工程で測定された中

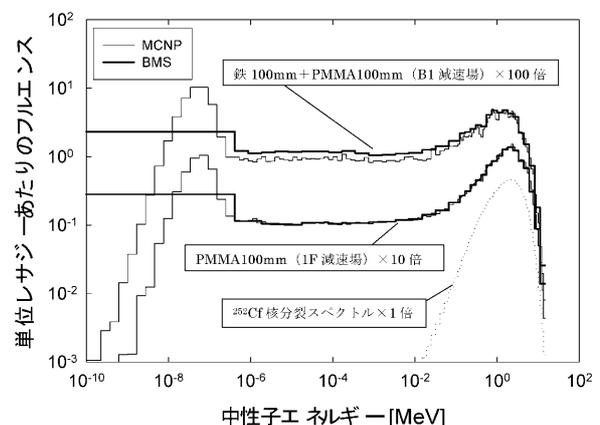


図2 減速中性子校正場の中性子スペクトルの一例

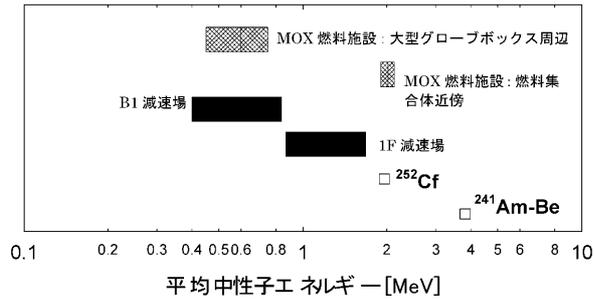


図3 平均中性子エネルギーの範囲の比較例

中性子スペクトルの平均エネルギーの範囲の一例とを比較した結果を示す。新たに整備した減速中性子校正場は、MOX燃料施設内における中性子スペクトルをカバーしていると考えられる。

4. おわりに

MOX燃料施設における中性子スペクトルを模

擬した減速中性子校正場を整備し、中性子スペクトル及び基準線量当量率を評価した。これによって、同施設で使用する中性子線量当量(率)測定器の性能実証試験が可能となった。現在、その試験を進めている⁴⁾。

参考文献

- 1) N.Tsujimura and T.Yoshida : Characteristics of the simulated workplace neutron fields using a ^{252}Cf source surrounded with cylindrical moderators, Radiat.Prot.Dosim., 110, 1/4, pp.117-121 (2004).
- 2) J.F.Briesmeister (Ed.) : A general Monte Carlo N-particle code, version 4C - Manual, LA-13709-M (Los Alamos National Laboratory) (2000).
- 3) ICRP: Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation, ICRP Publication 74 (1996).
- 4) 高田千恵,他: MOX燃料施設を模擬した校正場における中性子線量計の特性評価, 日本保健物理学会第39回研究発表会(発表予定)。