

JENDL 委員会 核データ専門部会 放射化断面積評価 WG

平成 28 年度第 1 回会合議事録

日時：平成 29 年 3 月 1 日（水） 13：30－17：50

場所：日本原子力研究開発機構 東京事務所 第 5 会議室

出席者（敬称略）：尾方智洋（三菱重工）、田山隆一（日立 GE）、杉村直紀（原子力エンジニアリング）、田中健一（エネ総工研）、奥村啓介、坂井章浩、松田規宏、中村詔司、国枝賢、岩本信之（以上、JAEA）

配布資料

- H28-A-1 研究施設等廃棄物の埋設処分において放射化断面積評価に期待する事項
- H28-A-2 放射化断面積評価 WG 発表資料
- H28-A-3 福島第一原子力発電所廃炉技術開発における JENDL の活用
別添 線量率分布評価技術開発 ～プラント内の放射能分布を知る～
- H28-A-4 放射化断面積に対する要望事項（追加）等について
- H28-A-5 放射化断面積ライブラリに求めること
- H28-A-6 PWR プラントでの放射化評価について
- H28-A-7 放射化計算の検証 - ORIGEN-S と DCHAIN-SP の比較（試計算結果） -
- H28-A-8 KUR-Linac での濃縮 Eu 試料の照射試験
- H28-A-9 核データ評価手法の現状と課題
- H28-A-10 放射化断面積ファイル開発
- H28-A-11 平成 28 年度活動報告及び平成 29 年度活動計画

議事

1. 研究施設等廃棄物の埋設処分において放射化断面積評価に期待する事項（坂井委員）
資料 H28-A-1 を基に低レベル放射性廃棄物の浅地中処分に関連する燃焼・放射化計算の概要が紹介された。埋設処分における放射能評価の流れ、多様な施設からの廃棄物の放射能評価方法、放射能評価対象核種の検討等について説明があり、原子炉施設や加速器施設における放射化計算の方法事例が示された。放射化断面積ライブラリへの期待として、ORIGEN2.2-UPJ に含まれない 16 核種において Al-26 や Ti-44 は構造材に含まれるため、ORIGEN に入っていることが望ましいこと、また、原子炉構造材に含まれないと考えられるものであっても、計算の中で考慮されていると説明性が向上するとの説明があった。DCHAIN-SP に関して、Al-26 等の生成経路が出力されていることが望ましいとの要望に対し、アウトプットに記載があるとの回答があった。同じベンチマークを Bateman 法とは異なる方法で解き、確認する必要があるのではないかと

のコメントがあった。

2. 放射化断面積評価 WG 発表資料（松田委員）

資料 H28-A-2 を基に高エネルギー加速器遮へい実験について、米国フェルミ国立加速器研究所において実施された反陽子生成ターゲットステーションでの遮へい体内外における放射化実験、ニュートリノターゲットビームラインにおいてハドロンアブソーバーの外部に設置した試料における放射化実験について説明があった。また、誘導放射能計算コード DCHAIN-SP の概要が報告された。DCHAIN-SP における放射能計算では、核種の生成・崩壊を線形チェーンで近似し、崩壊データによる物理減衰、放射化断面積を用いた中性子照射による核種の生成、核分裂収率による核分裂生成物の生成を計算している旨の説明があった。また、DECDC2 を基に独自に作成した崩壊データライブラリについて紹介があった。実用上、DCHAIN-SP の崩壊データと DECDC2 において差はほとんど無いとのコメントがあった。松田委員へ DCHAIN-SP と ORIGEN2.2 で条件を揃えてベンチマーク計算を行い、整合性の確認を行うよう要望が出された。また、DCHAIN-SP の核データを最新版へ更新することも検討課題となった。

3. 福島第一原子力発電所廃炉技術開発における JENDL の活用（奥村委員）

資料 H28-A-3 を基に福島県における JAEA の活動拠点と 2017 年春に開所予定の廃炉国際共同研究センターについて説明があり、本センターで実施する研究のうち、1F プラント内線源・線量率分布評価手法の開発に関する紹介があった。また、原子炉廃止措置のための多群中性子放射化断面積ライブラリ MAXS2015 の公開に関する報告があった。別添を基に 1F 線量率評価手法について説明があり、最確線量率分布を評価する最上流に評価済核データが位置し、基本的には JENDL をベースに理論計算を行っており、MAXS2015 は微量不純物を含む燃料集合体構造物及びシュラウド等の炉内構造物中の放射化線源の評価に利用していることが報告された。MAXS2015 の入手に関する質問があり、PRODAS で検索することで入手可能である旨の回答があった。MAXS2015 は ORIGEN 以外にも様々な形式で利用可能であるとの説明があった。

4. 放射化断面積に対する要望事項（追加）等について（田山委員）

資料 H28-A-4 を基に放射化断面積ファイルに対する要望が説明された。放射化評価では 5 年以上の半減期を持つ核種が重要となり、Hf 型制御棒では Hf-177 の捕獲反応で生成される 31 年の半減期を持つ第 2 アイソマーの生成量評価が重要となる。2014 年に核データ研究 G への問い合わせに対する回答で得た図が示され、JEFF-3.1/A と測定データは全く整合しておらず、核データの信頼性に疑問がある旨の説明があった。断面積の形状が第 1 アイソマーと第 2 アイソマーのデータを取り違えているのではない

かとの指摘があり、岩本委員が調べ報告することになった（後日、調査により添付図は正しいことが報告された。また、JENDL/A-96 では第 2 アイソマーの生成断面積の収録はなかったが、第 1 アイソマーの生成断面積は非常に小さく測定データと整合しないことが示された。開発中の放射化断面積ファイルでは両生成断面積に対する測定データを再現していることが併せて紹介された）。MCNP コードにおいて FMn で使用できる放射化ライブラリの作成に関する要望が出された。Hf 型制御棒について長寿命核種である Hf-182 の生成に関する質問があり、今のところ問題にしていないとの回答があった。Hf-177 の捕獲実験について、中村委員が検討することになった。田山委員へ公開されている積分データを用いて、放射化断面積ファイルのベンチマークテストが行えるか確認し、可能であればベンチマークテストを行うよう要望があった。

5. 放射化断面積ライブラリに求めること（杉村委員）

資料 H28-A-5 を基に商業用軽水炉の廃炉が進むにつれて放射性廃棄物発生量の定量化が必要になるが、その過程で解析の品質保証が問題になることが指摘された。原子力施設における許認可申請等に係る解析業務の品質向上ガイドラインから核データライブラリに係る項目として計算機プログラムの検証が取り上げられ、計算機プログラムの先行検証結果の重要性が紹介された。核データにおいてもベンチマークテストにより性能を検証した結果を報告書として出しておくことが必要である旨の要望があった。また、新しい放射化断面積の普及のために、許認可に利用された実績をまとめたデータベースを作成することが提案された。誤差要因は核データよりも、幾何形状をどれだけ詳細に入力するかによる場合もあるとの報告があった。ライブラリに求めることとして、メーカー側では頻繁にバージョンを変えて欲しくないとのコメントがあった。V&V について、どこに不確かさがあるのか整理する必要がある。また、放射化量として、どのように誤差が伝搬していくのか、判断の指標が必要であるとのコメントがあった。

6. PWR プラントでの放射化評価について（尾方委員）

資料 H28-A-6 を基に PWR プラントの運転中・廃止措置時に発生する放射化廃棄物の放射能濃度評価について説明があった。評価対象核種は処分規制核種等 178 種で、これらの核種の生成反応が核データに収録されていることが重要であるとの説明があった。放射化評価の精度について採取されたサンプルでは評価精度が確認され、Co-60 や Eu-154 を例に説明があり、精度確認には実機データの拡充が必要であるとの指摘があった。巨大な体系をモデリングすると単純化されることがあるため、誤差の由来が分からない可能性があり、単純な体系で比較できるものが望ましいとのコメントや交換部品は入手可能かもしれないが、照射履歴が不明なため、短半減期のものの確認は難しい可能性があるとのコメントがあった。尾方委員へベンチマークとして利用できるデータがあるか確認を進めて頂くよう要望があった。再稼働時に炉外にも試験片を設置し

て、放射化の評価ができる可能性が提案された。

7. 放射化計算の検証 - ORIGEN-S と DCHAIN-SP の比較 (試計算結果) - (田中委員)
資料 H28-A-7 を基に ORIGEN-S と DCHAIN-SP の比較のため、両コードにデフォルトで収録されている核データを用いた試計算結果が報告された。比較計算では仮想的なコンクリートの深層透過体系を設定し、放射性核種の生成量の比較が行われた。PHITS コードで中性子スペクトルを計算し、30 年連続照射、停止後 7 日冷却という条件で、評価対象核種 72 元素 178 種の放射化計算が行われ、放射能濃度のコード間比較が示された。廃止措置時の安全評価上の重要核種の大半で差異は小さいことが紹介され、差異の大きかった Sr-90 等の FP 核種については核分裂収率に起因する可能性が指摘された。今後、冷却期間を長くして再計算を行ってみるとの方針が示された。照射時間の刻み幅を小さくすることや核データを合せた比較計算を検討してはどうか等のコメントがあった。
8. KUR-Linac での濃縮 Eu 試料の照射試験 (中村委員)
資料 H28-A-8 を基に京大原子炉実験所で実施した濃縮 Eu 試料の放射化断面積測定実験の結果が報告された。電子線加速器を用いて発生させた中性子をモデレータで減速し、濃縮 Eu 試料へ照射した。生成された Eu-154 (半減期 8.6 年)、Eu-152m (半減期 9.3 時間)、Eu-152g (半減期 13 年) からの崩壊ガンマ線を Ge 検出器で測定することで、各反応による反応率を求め、試料の自己吸収を補正することで導出された実効熱中性子捕獲断面積の結果が示された。この断面積には熱外中性子成分が含まれるために熱中性子捕獲断面積との直接比較は難しいが、大きさの異なる 2 種類のモデレータを使えば、各々のモデレータを用いて得られた熱中性子束や実効断面積を基に熱中性子捕獲断面積の導出が可能となることが Np-237 を例に示された。
9. 核データ評価手法の現状と課題 (国枝委員)
資料 H28-A-9 を基に核データ評価手法に関する説明があり、原子核準位は離散状態と連続状態に分けて考えることができ、スムーズ領域における断面積計算では連続状態を記述する準位密度公式が重要であるとの説明があった。セレン同位体について陽子入射による核種やアイソマーの生成断面積の計算結果が示された。CCONE による測定データへの再現性が紹介され、準位密度パラメータを調整することで再現性が向上する等の結果が示された。また、断面積評価に崩壊データを用いることで、これまであまり利用されなかった累積核種生成断面積を活用する試みが提案された。
10. 放射化断面積ファイル開発 (岩本委員)
資料 H28-A-10 を基に放射化断面積ファイル開発における断面積の評価方法やファイ

ル形式について説明があり、C-13、Fe-56に対する評価結果、Cu-63に対する評価、積分テスト結果、Eu-151,153に対するJ-PARC ANNRIによる測定データを用いた解析結果が示された。これらの評価データを収録した新しい放射化断面積ファイルを今春公開予定である旨の報告があった。

11. 平成 28 年度活動報告及び平成 29 年度活動計画（岩本委員）

資料 H28-A-11 を基に来年度の活動計画が説明され、了承された。

以上