

JENDL 委員会 核データ専門部会 放射化断面積評価 WG

令和2年度会合議事録

日時: 令和3年2月25日(木) 13:30-17:20

場所: オンライン

出席者(敬称略): 杉村直紀(原子力エンジニアリング)、田中健一(エネ総工研)、北菌孝太(日立GE)、金政浩(九大)、奥村啓介、坂井章浩、今野力、松田規宏、中村詔司、岩本信之(JAEA)

配布資料

- R2-A-1 埋設センターの廃止措置などに係る放射能データを使った放射化計算について
- R2-A-2 JENDL/AD-2017 から作成した SCALE6.2 の ORIGEN 用多群ライブラリ
- R2-A-3 機械学習による環境試料のガンマ線スペクトロメトリ
- R2-A-4 原子力発電所の放射化放射能評価ベンチマーク問題の設定
- R2-A-5 クリアランス対象の Nb-93 及び Ta-181 の断面積測定報告
- R2-A-6 JENDL-5 の構造材核種に対する評価進捗
- R2-A-7 放射能インベントリ評価の実施例について紹介
- R2-A-8 WG 会合の配布資料を JENDL 委員会内で限定公開することについて
- R2-A-9 令和3年度の活動計画について

議事

1. 新任委員の紹介

今年度より WG 委員に就任した北菌委員より自己紹介があった。

2. 埋設センターの廃止措置などに係る放射能データを使った放射化計算について(坂井委員)

資料 R2-A-1 を基に、立教大炉をモデル炉として研究炉における共通的な放射能評価手法の検討について説明があった。構造材(アルミニウム合金、炭素鋼、遮蔽コンクリート、黒鉛)のサンプリングが行われた箇所組成分析を基に全放射能に対する寄与の大きな 5 核種(^3H 、 ^{14}C 、 ^{60}Co 、 ^{63}Ni 、 ^{152}Eu)を選択し、Sn 法により評価が実施された。この評価では断面積ライブラリに JSSTDJ-J32(100 群断面積)を使用し、中性子束計算には DORT、放射化放射能計算には ORIGEN-ARP コードがそれぞれ使用された。放射化放射能計算の結果では、多くのケースで C/M 比が 1 桁以内に収まっていた。アルミニウム合金における ^3H の C/M 比が過大評価となっていたが、これは Li の含有量の過大評価に起因しているとの説明があった。また、黒鉛については定量下限値を使用したため、いずれの核種においても著しい過大評価となったことが報告された。現在、JENDL/AD-2017 を用いた ORIGEN-S による放射化放射能計算を実施しているとの説明があった。

【質疑議論】 ^{63}Ni を評価対象としていたが、 ^{59}Ni を対象から外したのはなぜかという質問に対し、 ^{59}Ni の生成量は少ないので、今回は ^{63}Ni のみを評価したとの回答があった。 ^{63}Ni はベータ線放出核種であるため、分析が難しい核種であるが、分析の精度はどうだったかとの質問に対して、単離後に液体シンチレーションカウンターで測定しており、精度は十分あるとの回答があった。また、C/M 比の要求精度もしくは目標精度はあるかとの質問に対して、処分場の放射能制限値と関係しており、C/M 比が大きいと埋設できる量が少なく制限されることになるので、できればオーダーより小さい範囲で評価する必要があるとの見解が示された。

3. JENDL/AD-2017 から作成した SCALE6.2 の ORIGIN 用多群ライブラリ(今野委員、坂井委員)

資料 R2-A-2 を基に、SCALE6.2 の ORIGIN コード用に JENDL/AD-2017 をベースとした多群放射化ライブラリの作成方法について説明があった。また、作成したライブラリを用いて JPDR の生体遮蔽コンクリートにおける放射化計算を行い、生体遮蔽体表面からの距離における放射能濃度の測定値と計算値の比較が示された。計算値と測定値には系統的な差が見られたが、ORIGIN コードに付属の放射化断面積ライブラリと JENDL/AD-2017 ベースのライブラリを用いた計算結果はほぼ一致していた。測定値との差異についてはコンクリートの鉄筋量が影響している可能性があり、20%程度鉄筋量を増やすことで結果は改善されることが説明された。JENDL/AD-2017 ベースの ORIGIN 用多群放射化ライブラリは令和 3 年度の公開を検討している。

【質疑議論】生体遮蔽コンクリートの水分量は、運転中だと内側から外側へ分布する。この分布の影響については運転中にコアサンプルが取れないので不明であるが、深さ方向に水分量の僅かな分布を与えると、測定値への一致性が良くなることがあったとのコメントがあった。また、2 次元計算ではコンクリート内に希釈した形で鉄筋を入れる場合が多いが、鉄筋が集中しているところが結果に効く場合もあるため、3 次元計算で鉄筋の配置を考慮した計算をしないと評価は難しいのではないかとのコメントがあった。

4. 機械学習による環境試料のガンマ線スペクトロメトリ(金委員)

資料 R2-A-3 を基に、機械学習による環境試料のガンマ線スペクトロメトリについて報告があった。放射能の低い環境試料に対する放射能をたくさん測定する場合には長時間の測定が必要となるため、できる限り測定の自動化と時間短縮が求められている。従来は光電ピークのみを使った推定方法が用いられてきたが、スペクトル形状全体の情報を利用できるように、1 次元畳み込みニューラルネットワークを適用した放射能推定を行う新たな方法が説明された。この方法は、従来法と比較して、同じ測定時間で 1.5 倍程度評価の不確かさを改善することができ、従来法と同程度の精度を得るには測定時間を 1.2 倍程度短縮できることが報告された。ただし、低放射能試料(0.02kBq 以下)については改善が必要との説明があった。

【質疑議論】考慮した放射性核種の放射能強度にいろいろなパターンがあったらどうなるか

との質問に対して、環境中の比が分かっているので、その比を使うと再現性は上がることは確認しているとの回答があった。また、このシミュレーションでは Ge 検出器の体系などをどう設定したのかとの質問に対して、実際の測定環境を再現するように設定しているとの回答があった。

5. 原子力発電所の放射化放射能評価ベンチマーク問題の設定(田中委員)

資料 R2-A-4 を基に、昨年度の会合で要望のあった放射化放射能計算結果を検証するためのベンチマーク問題の設定に対する検討結果が報告された。廃止措置がすでに完了している 110 万 kW 級 PWR(米国)を対象として、放射性廃棄物の発生量を評価するために、公開文献の情報を収集し、炉心の設計情報や元素組成データ等の整備を行い、中性子束分布や放射化計算を可能な範囲で行い再現していく。この作業過程で課題や不足情報を把握することでベンチマーク問題としての設定を進める。また、本ベンチマーク問題を 2 次元及び 3 次元化、計算コード及び断面積データの最新化を図っていく予定であることが説明された。

【質疑議論】対象とした原子炉を例として、V&V の指針を提示するという趣旨なのかとの質問に対して、文献から得られる情報でコード間、データ間での差異がどれくらい出るのかという検証の立場での V&V と考えているとの回答があった。この研究では計算評価による標準的な手法を確立するということを目指しているのかとの質問に対して、発電炉の場合には廃止措置における信頼性の向上やデータの正確さは費用の最適化につながるので、予測精度を上げていく必要があるとの回答があった。

6. クリアランス対象の Nb-93 及び Ta-181 の断面積測定報告(中村委員)

資料 R2-A-5 を基に、クリアランス対象の 2 核種(^{93}Nb と ^{181}Ta)を生成する ^{93}Nb と ^{181}Ta の熱中性子捕獲断面積に対する測定実験と解析結果が報告された。実験は京大 KUR で行われた。 ^{93}Nb 試料の実験では Cd 比法が用いられたが、Cd 箔の代わりに熱中性子エネルギーで大きな捕獲断面積を持つ Gd 箔が使用された。中性子照射をした ^{93}Nb 試料を 1 年間冷却し、不純物の寄与がなくなったスペクトルのガンマ線ピークを用いて、断面積と共鳴積分を導出したことが説明された。今回の結果は Mughabghab(2018)の編纂値と比較して 11%程度小さくなったことが示された。また、 ^{181}Ta 試料の実験では、熱中性子場が得られる黒鉛照射設備を利用したことが説明され、Mughabghab(2018)とほぼ一致する結果となったことが報告された。

【質疑議論】共鳴積分についてカットオフエネルギーが異なるので、これまでの測定値より大きいのではないかと質問があり、今回は Gd 箔を用いたことで積分範囲が広がっているため、数値が大きくなっているとの回答があった。 ^{93}Nb と ^{181}Ta で測定法が違うのはなぜかと質問に対して、 ^{93}Nb の捕獲断面積は小さいので、中性子束が大きい炉心中央で測る必要があったとの回答があった。Cd 箔ではなく Gd 箔を使ったのはなぜかと質問に対して、Cd には 1eV 以下に共鳴があるが、この断面積ピークのエネルギーより低い中性子エネルギー領域からの中性子の漏れを懸念したので、Gd 箔を使用したとの回答があった。

7. JENDL-5 の構造材核種に対する評価進捗(岩本委員)

資料 R2-A-6 を基に、JENDL-5 の開発における構造材核種の核データ評価について進捗状況が報告された。現在は、JENDL-5 α 4 が関係者に公開されており、4 月上旬には JENDL-5 β 1 の関係者内公開が予定されている。JENDL-5 β 1 には Cr、Co、Ni、Zn、Pb 同位体に対する改訂データを収録することが説明された。また、 $^{50,54}\text{Cr}$ 、 $^{206,207}\text{Pb}$ 、 $^{56,57,58,58m,59,60}\text{Co}$ の評価結果が示された。

【質疑議論】SAMMY の評価では断面積は共鳴積分で規格化されているのかとの質問があり、規格化されていないとの回答があった。また、捕獲断面積の場合には断面積の絶対値を出すことが難しいため、放射化法で得られた熱中性子捕獲断面積、もしくは大きな断面積を持つ共鳴を使って規格化されることが多いとの説明があった。共鳴解析で得られた結果は共鳴積分の測定値と整合性を確認しているのかとの質問に対して、共鳴積分の測定値と比較はしているが、ずれが大きい核種も多いためあまり重要視していないとの回答があった。今後、共鳴積分を計算して Mughabghab(2018) の編纂値と比較を行い、WG 委員に周知することを目指すこととした。

8. 放射能インベントリ評価の実施例について紹介(岩本委員)

資料 R2-A-7 を基に、2019 年度核データ研究会報文集に収録のあった「原子力発電所廃止措置における電機品の放射性物質濃度の評価」(山西弘城氏他)について紹介があった。本論文では、原子炉圧力容器の外にある電機品中の銅材料について JENDL/AD-2017 を使ったインベントリ評価が行われ、40 年間照射 20 年間冷却の場合には ^{60}Co 、 ^{63}Ni 、 ^{65}Zn が主要な放射性核種となることが報告されていた。ただし、熱中性子エネルギー領域における $^{63}\text{Cu}(n,p)^{63}\text{Ni}$ 反応断面積の測定値はないため、本論文の結果には不定性があるとの補足があった。

【質疑議論】JENDL/AD-2017 には、 ^{65}Cu の核データが収録されていないので、このファイルを使用する際には、注意すべきであるとのコメントがあった。 ^{63}Ni は半減期が長く、重要であるので、生成断面積の精度が上がると良いとのコメントがあった。 ^{41}Ca については浅地中処分放射化コンクリートの被ばく線量評価において被ばくに効くという報告があり、潜在的に重要な核種であるとのコメントがあった。

9. WG 会合の配布資料を JENDL 委員会内で限定公開することについて(岩本委員)

資料 R2-A-8 を基に、配布資料の限定公開について趣旨が説明された。反対意見はなく、配布資料の限定公開に関する提案は了承された。ただし、配布資料を公開にするか、非公開にするか、また公開時期等の条件は資料作成者の判断に従うものとするのが共通認識となった。また、現在は JENDL 委員会全体の名簿が出ていないため、委員会内においても誰が目にする可能性があるのか分からないという懸念が示された。

10. 令和 3 年度の活動計画について(岩本委員)

資料 R2-A-9 を基に、令和 3 年度の活動計画を議論し、了承された。また、各委員が放射化量評価などに関して得た知見をメーリングリストや WG 会合で情報共有するよう依頼があった。

【質疑議論】日本原子力学会には「遮蔽解析手法の V&V 検討」研究専門委員会があり、データやコードを含めた V&V のガイドラインを作成している。JENDL もこのガイドラインの作成動向に注意した方が良いとのコメントがあった。米国の国家規格協会 (ANSI) と原子力学会 (ANS) では、核データの使用について標準を出している。日本でも遮蔽解析手法の V&V に関するガイドラインを作成する動きがあるので、核データ部会などを通じて JENDL ベースの核データ標準を作ることで、JENDL の普及に役立つのではないかとのコメントがあった。

11. その他

来年度の委員の継続が確認された。もし委員の退任や交代、あるいは推薦があれば、岩本委員へ連絡するよう周知された。

以上