

プログラム名：核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化

PM名：藤田 玲子

プロジェクト名：反応理論モデルとシミュレーション

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 2 7 年 度

研究開発課題名：

長寿命核分裂生成物の標準的核反応評価データベースの開発

研究開発機関名：

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

研究開発責任者

岩本 修

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

高レベル放射性廃棄物に含まれる長寿命核分裂生成物 (LLFP) および核変換に伴う核反応によって二次的に生成される核種 (二次生成核種) の核データを評価するためこれらの核種の変形パラメータと準位密度を核構造理論から予測する。また、LLFP の光学ポテンシャルパラメータの検討を開始するとともに、既存の LLFP の核反応実験データを用いて評価を開始する。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

LLFP および二次生成核種の変形パラメータと準位密度を、Hartree-Fock-Bogoliubov (HFB) 理論を用いて導出し、テーブルにまとめた。また、複数の光学ポテンシャルを用いた断面積の比較を行い、LLFP に適切な光学ポテンシャルの検討を行った。さらに、既存の実験データを参考にして、中性子捕獲断面積と陽子入射反応による核種生成断面積の評価を開始した。

2-2 成果

HFB 理論を用いた核構造計算を行い、最適な核子間有効相互作用を選定することで、 $30 \leq Z \leq 56$ の多くの核種において実験の電気四重極遷移確率から導出された変形パラメータを再現する計算結果を得ることに成功し、これを核反応計算コード CCONE に適用するための変形パラメータテーブルを作成した。例として、図 1 左に Pd 同位体の結果を示す。また、LLFP 及びその核変換により生成されることが予想される $30 \leq Z \leq 56$ の偶偶核について、HFB 理論と微視的統計模型を用いて準位密度を導出した。準位密度より得られる s 波中性子平均共鳴間隔の C/E を図 1 右に示す。変形パラメータと準位密度は、通常よりも 20% 減少させた対相関相互作用によって、既存の測定データを再現できることを確認した。

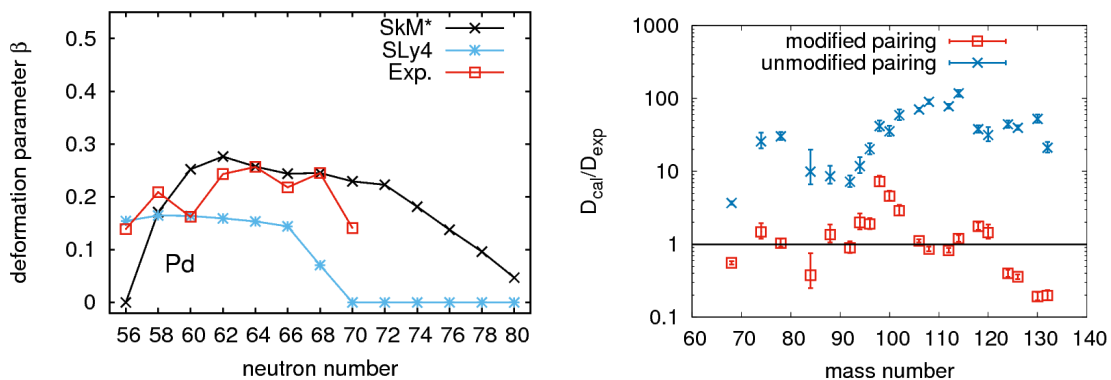


図 1 : (左図) Pd 同位体の変形度。SkM*及び Sly4 核子間相互作用パラメータで計算した結果と実験データを比較。(右図) s 波中性子平均共鳴間隔 (D) の C/E。対相関力の補正無 (unmodified pairing) と 20%弱めた補正有 (modified pairing) を比較。

LLFP に適切な光学ポテンシャルを検討するために、微視的光学ポテンシャル (Minomo) と、現象論的光学ポテンシャル (Koning-Delaroche と Kunieda2007) を用いて比較を行った。Pd-107 の全断面積と弾

性散乱断面積の結果を図2に示す。50 MeV以下の低いエネルギーでは2つの現象論的光学ポテンシャルの結果はほぼ同じである。一方で、低エネルギー側で信頼性が低いMinomoポテンシャルは異なる振舞いを示している。80 MeV以上の高いエネルギー領域では、3つの光学ポテンシャルは近い結果を示している。特にMinomoポテンシャルとKunieda2007ポテンシャルの一致が良い。高エネルギー側で信頼性がある微視的ポテンシャルとの一致が良い事と、低エネルギーで現象論的光学ポテンシャルの結果がほぼ同じであることから、Kunieda2007ポテンシャルが、Pd-107の核データ評価に適切なものの一つに位置づけることができる。Se-79, Cs-135においても同様の結果が得られた。一方で、Zr-93については、Koning-Delarocheポテンシャルの方が微視的ポテンシャルとの一致が良いことが分かった。

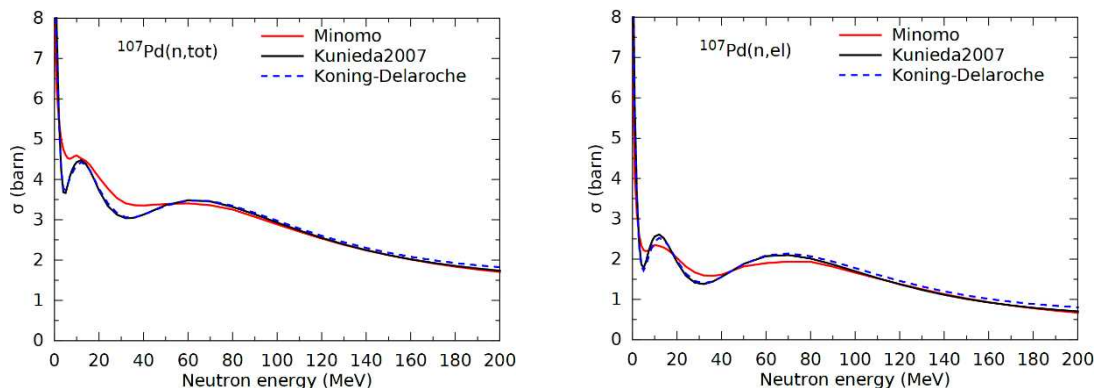


図2 : Pd-107 の中性子入射反応の全断面積 (左) と弾性散乱断面積 (右)。

断面積評価を開始するにあたり、JENDL-4.0 と実験データ (Macklin, Tagliente) および現在利用可能な他の評価済核データ (JEFF-3.2, ENDF/B-VII.1) を比較し、現在の LLFP 中性子捕獲断面積の精度を検討した。例として Zr-93 と Pd-107 の結果を図3に示す。1 MeV までは30%程度の誤差範囲で JENDL-4.0 と評価値 (Bao, Mughabghab) および評価済核データは一致している。それ以上のエネルギーになると実験データも存在しないことから、評価済核データ間の違いは大きくなる。1 MeV 以上での JENDL-4.0 と他の評価済核データの違いは、Zr-93 では大きくて約 50% であり、Pd-107 では50%以上の違いが見られる。このことより、1 MeV 以上の中性子捕獲断面積の実験データが新しく提供されれば、核データの精度が大きく増加することが期待できる。

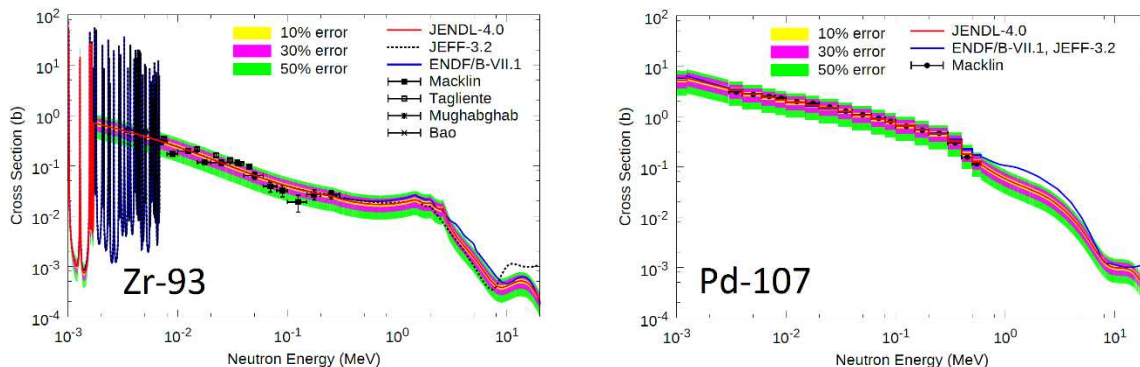


図3 : Zr-93 (左) と Pd-107 (右) の中性子捕獲断面積。

PJ2における測定と関連して、CCONEによる理論計算を行い、陽子入射反応による核種生成断面積に対するガンマ崩壊の影響を検討した。図4には、100 MeV陽子を入射させた場合のPd-107の核種生成断面

積の結果を示している。左図はガンマ崩壊を考慮した場合、右図はガンマ崩壊を考慮しなかった場合の結果を示している。両者の違いは、ガンマ崩壊を考慮しなかった場合、比較的軽い核種の生成断面積が増えることである。またガンマ崩壊を考慮しないと、ガンマ崩壊を考慮したときと比較して、生成断面積に比較的強い偶奇性が現れることが分かった。

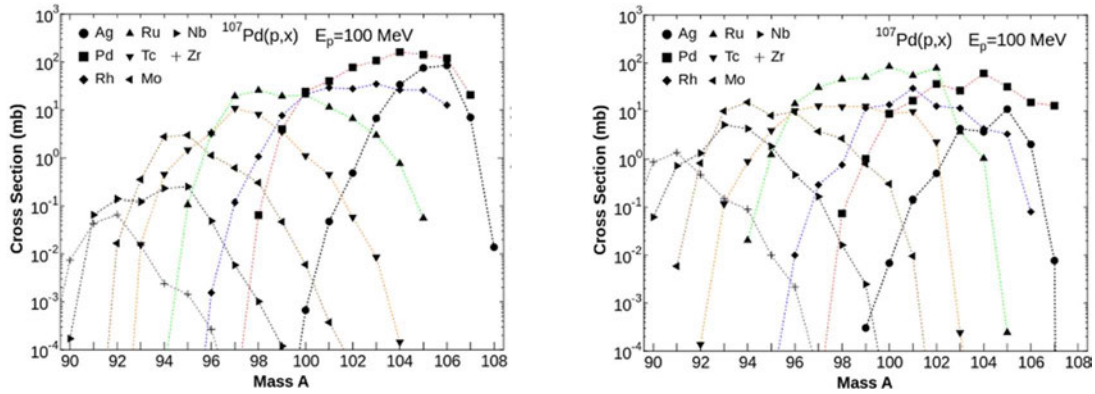


図4：Pd-107 に対する陽子入射反応による核種生成断面積。左図はガンマ崩壊を考慮した場合、右図は考慮しなかった場合の結果。

2-3 新たな課題など

特になし。

3. アウトリーチ活動報告

特になし。