

<特集2>

バックエンドシンポジウムを通じて炉物理に思うこと

(株) テプコシステムズ
原子力エンジニアリング部
平野 豪

核燃料サイクルの過程で発生する放射性廃棄物は、資料1に示すようにその放射能レベルに応じて分類され、その処分方法が検討されている。このうち、放射性レベルの比較的低い廃棄物（通称：L2）については日本原燃の埋設施設が既に営業運転してうるものの、放射性レベルの比較的高い廃棄物（通称：L1）については、事業化に向け検討中であり、高レベル放射性廃棄物（通称：高レベル）については、安全審査指針の作成に向け検討中といった状況にある。高レベルでは、その放射能レベルを決めるアクチナイド等の生成量を求める燃焼計算が炉物理に関係していると言える。L1では、制御棒、チャンネルボックス、バーナブルポイズン、核計装管といったこれも炉物理になじみのあるものが廃棄物となる。

このようなL1や高レベルの処分に係る事業化を念頭に、安全審査の説明性の向上や適切な保守性の担保の観点から、廃棄物の放射能計算に直接関係する核データに対するニーズが高まっている。しかしながら、核燃料サイクルに関係する事業者は核データの開発者にうまくニーズを伝えられていないと感じていた。このような状況を受け、事業者から核データの開発者に課題とニーズを伝える場として、資料2に示すように平成21年10月30日に、シンポジウム「原子燃料サイクル事業の現場視線から課題と要求～解析評価コードと断面積ライブラリの整備について～」が開催された。なお、このシンポジウムは日本原子力研究開発機構・シグマ委員会の主催、及び原子力コード研究委員会・原子力計算科学専門部会の共催という形で実施されている。

シンポジウムでは、東京電力・日本原燃および原子力発電環境整備機構といったバックエンドに携わる事業者の方から核データに関する講演があった。講演内容は、放射性廃棄物の処理方法とインベントリの評価手法および核データへニーズを紹介するものであった。現在、整備の進められているL1廃棄物あるいは高レベル廃棄物の処分においては、炉心設計や臨界安全には影響の少ない長寿命核種が重要となる。このため、核データに対するニーズも、長寿命核分裂生成物や構造材核種の高次核種までの断面積データの充実や核分裂収率や半減期といったデータとなり、データ整備においては信頼性・説明性があることを

求めているよう感じた。また、核データの整備だけでなく評価コードについても、炉内構造材や原子炉圧力容器の領域までの中性子輸送計算と放射化計算などにも適用できる機能拡張の他に、これらの計算のための核データとセットで整備されることを求めているよう感じた。講演内容に対し、開発者からは、長寿命核種の半減期は質量が精度よく測定できるようになって、ようやく測定が可能になってきたといった測定の難しさの説明があり、データ整備の難しさを感じる事ができた。また、燃料の履歴データが整備されていない現状を受け、事業者に対し、将来、適切なライブラリ・コードで再評価できるよう履歴管理をして欲しいという要望が挙がっていた。

その後に行われたバックエンド事業からの核データへのニーズに関するパネル討論では、放射性廃棄物に限らず、ユーザー（事業者含む）のニーズを開発者サイドに伝える仕組みが重要であるという認識が共有された。これまでも、開発者サイドでは核データに対するニーズのアンケートを実施するなど、ニーズをくみ取る努力はしてきてが、事業者サイドからはニーズを伝える機会がないように感じており、ニーズのキャッチボールが適切に出来ていないように思えた。ニーズを伝える仕組みについては、シグマ委員会を通じて学会等にてニーズ相談窓口（仮称：核データなんでも相談室）を開設するなどの検討をすることとなった。また、討論の場では、精度が必要な核種もあるが、それほど精度はなくても良いので整備を進めてほしい核種もあるといったニーズも挙げられており、ニーズの仕分けも重要と感じた。

シンポジウムに参加するまで、核データは JENDL-4 でやりつくしたのではないかと（言い換えると、実験データの拡充などによるデータ見直しのマイナーチェンジはあっても、メジャーなバージョンアップはないのでは？）と勝手な思い込みをしていた節があった。しかしながら、シンポジウムを通じて、核データに対するニーズが身近なバックエンドにあることを知り、まだまだ整備すべきことがあるのだなあと再認識した。また、長寿命核種の半減期がようやく精度よく測定できるようになったことや、放射性廃棄物処分に関する各種制限値などがいろいろと決まろうとしている状況を聞くと、ニーズや世の中の動向により関連する様々な技術開発が進むと感じた。

一方、シンポジウムで感じたことを炉物理に置き換えてみるとどうだろうか？ 軽水炉は運転開始から 40 年近く経ち、現在も 50 基以上が運転しており十分な運転実績がある。軽水炉の炉心設計・運転管理では精度の良い炉心シミュレータが用いられており、炉心シミュレータの開発には近代ノード法を始めとする炉物理が大いに貢献してきた。手法に着目すると、モンテカルロコードが整備され、現在の計算機環境であれば、実機軽水炉の解析は厳しくとも、大きめの臨界試験解析であれば十分適用できる状況にある。計算機環境さえ進歩すれば、実機軽水炉の評価さえもモンテカルロコードで出来るのではないかと感じてしまう。このような観点に立つと、炉物理的にはすることがなく、計算機の進展を待つ

だけという閉そく感にも似た気持ちをもってしまいそうになる。ニーズはどのようなのだろうか。軽水炉においてさえも、高燃焼度化やMOX燃料の導入を考えた際には炉物理的な考え方は重要であり、場合によっては、解析精度の維持向上のために炉物理的な発想が必要になるかもしれない。また、現在の計算機性能の向上を利用して、評価コードの高度化・高精度化が進められている。評価コードの高度化は間接的ではあるが炉心の安全性向上につながっており、過度な安全マージンを削ることができれば経済性の向上にも繋がるため、事業化に必須の技術とは言わないものの、今後求められる技術ではないかと思われる。この様に、事業化のためというような分かりやすいニーズではないものの、ニーズは確実にあり、これまでも、これからも縁の下の力持ちのような形で軽水炉の安全な運転に貢献することが炉物理には求められている様に思えた。

筆者になじみのある軽水炉の炉心設計・運転管理における炉物理のかかわりを考えてみたが、炉物理の存在は炉心の安全ひいては安心を裏から支える技術なのではないかと思えた。思えば、至近で最も炉物理が注目を浴びたのはJOC臨界事故ではないだろうか。この例では、即発臨界時の反応度推定や溶液系の原子炉の動特性解析に炉物理の知見が活躍したと思われる。今後も目立つことはないけど良い仕事をする、そんな頼りになる存在であり続けて欲しいと思った。

以上

放射性廃棄物の種類

廃棄物の種類		廃棄物の例	発生源	処分の方法(例)
高レベル放射性廃棄物		ガラス固化体	再処理施設	地層処分
低レベル放射性廃棄物	高↑放射能レベル	放射性レベルの比較的高い廃棄物	原子力発電所	余裕深度処分
	放射能レベル	放射性レベルの比較的低い廃棄物		浅地中ビット処分
	低↓放射能レベル	放射性レベルの極めて低い廃棄物		浅地中トレンチ処分
	超ウラン核種を含む放射性廃棄物 (TRU廃棄物)		燃料棒の部品、廃液、フィルター	再処理施設、MOX燃料加工施設
ウラン廃棄物		消耗品、スラッジ、廃器材	ウラン濃縮・燃料加工施設	余裕深度処分、浅地中ビット処分、浅地中トレンチ処分、場合によっては地層処分
クリアランスレベル以下の廃棄物		原子力発電所解体廃棄物の大部分	上に示した全ての発生源	再利用/一般の物品としての処分

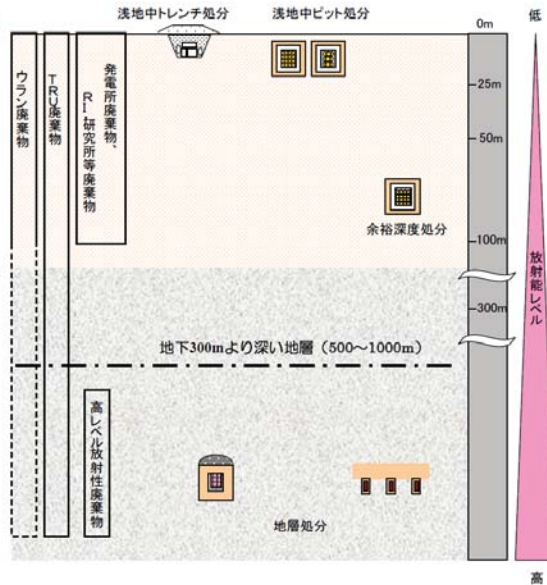
出典：資源エネルギー庁HP

放射性廃棄物処分方法

2

放射性廃棄物の処分方法は、深さや放射性物質の漏出を抑制するためのバリアの違いにより、4つに分類される。

- ・浅地中トレンチ処分
人工構築物を設けない浅地中埋設処分
- ・浅地中ビット処分
コンクリートビットを設けた浅地中への処分
- ・余裕深度処分
一般的な地下利用に対して十分余裕を持った深度（地下50～100m）への処分
- ・地層処分
地下300mより深い地層中に処分



出典：新計画策定会議 第18回資料

資料2

バックエンドシンポジウムの概要

名称： 「原子燃料サイクル事業の現場視点からの課題と要求
～解析評価コードと断面積ライブラリの整備について～」

(URL : <http://rpg.jaea.go.jp/else/sigma/>)

- ◆ 目的：産業界・大学・研究機関の専門家の方々に、バックエンド事業におけるツールや核データ等に関するニーズを共有し、早期課題解決に向けた活動に繋げる。
- ◆ 日時：2009年10月30日(金)(13:30～17:00)
- ◆ 会場：日本原子力研究開発機構 システム計算科学センター 大会議室
- ◆ 主催：日本原子力研究開発機構・原子力基礎工学研究部門・シグマ委員会
共催：原子力コード研究委員会・原子力計算科学専門部会

<開会挨拶>

<セッション1：講演>

- ◇解析評価コードと断面積ライブラリの整備に関する期待事項
(東京電力 石川真澄)
- ◇解析評価コードと断面積ライブラリの整備に関する期待事項
～浅地中埋設の観点から～
(日本原燃 佐々木規行)
- ◇地層処分事業の観点からみたインベントリ評価に関する技術開発ニーズ
～地層処分における解析コード・断面積ライブラリ開発の考え方～
(原子力発電環境整備機構 北山一美)
- ◇廃止措置における残存放射能評価の課題
～JPDRでの放射能評価の知見から～
(日本原子力研究開発機構 助川武則)
- ◇シグマ委員会・核種生成量評価WGの活動
(日本原子力研究開発機構 奥村啓介)

<セッション2：パネル討論>

パネル討論では、バックエンド事業に携わる産業界からの要請に対し、産・学・官の研究者が課題解決に向けて、今何をすべきか、何ができるのかを、シンポジウム参加者を交えて討論します。

司会：小坂進矢(テプコシステムズ)

パネラー：

- 石川真澄 (東京電力)
- 白井裕 (日本原燃)
- 北山一美 (原子力発電環境整備機構)
- 片倉純一 (日本原子力研究開発機構)
- 奥村啓介 (日本原子力研究開発機構)

以上