

TRU 処分におけるガス移行挙動評価シナリオ構築手法に関する研究（その2）

(公財) 原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 並木 和人、大和田 仁
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 菱岡 宗介
 株式会社大林組 正会員 神徳 敬、○河村秀紀

1. はじめに

本研究では、整備された人工バリアシステムの状態変遷表と統合 FEP 関連図を出発点として、蓋然性と不確実性を考慮し、安全評価のシナリオの設定と分類を行う共に、評価モデルやパラメータ設定に関する留意事項を取りまとめた結果を報告する。

2. シナリオ整理シート作成：安全機能と統合 FEP 関連図との組み合わせ

人工バリアシステムに期待する安全機能と状態変遷表を参照し、統合 FEP 関連図をそれぞれの評価期間に対応して整理すると図-1 にまとめることができる。

【安全機能の3段階】

- ① 廃棄体容器の閉じ込め性を確保する段階（過渡期に相当）
- ② 多重バリアシステムの安全機能に期待する段階
- ③ 天然バリアの安全機能に期待する段階

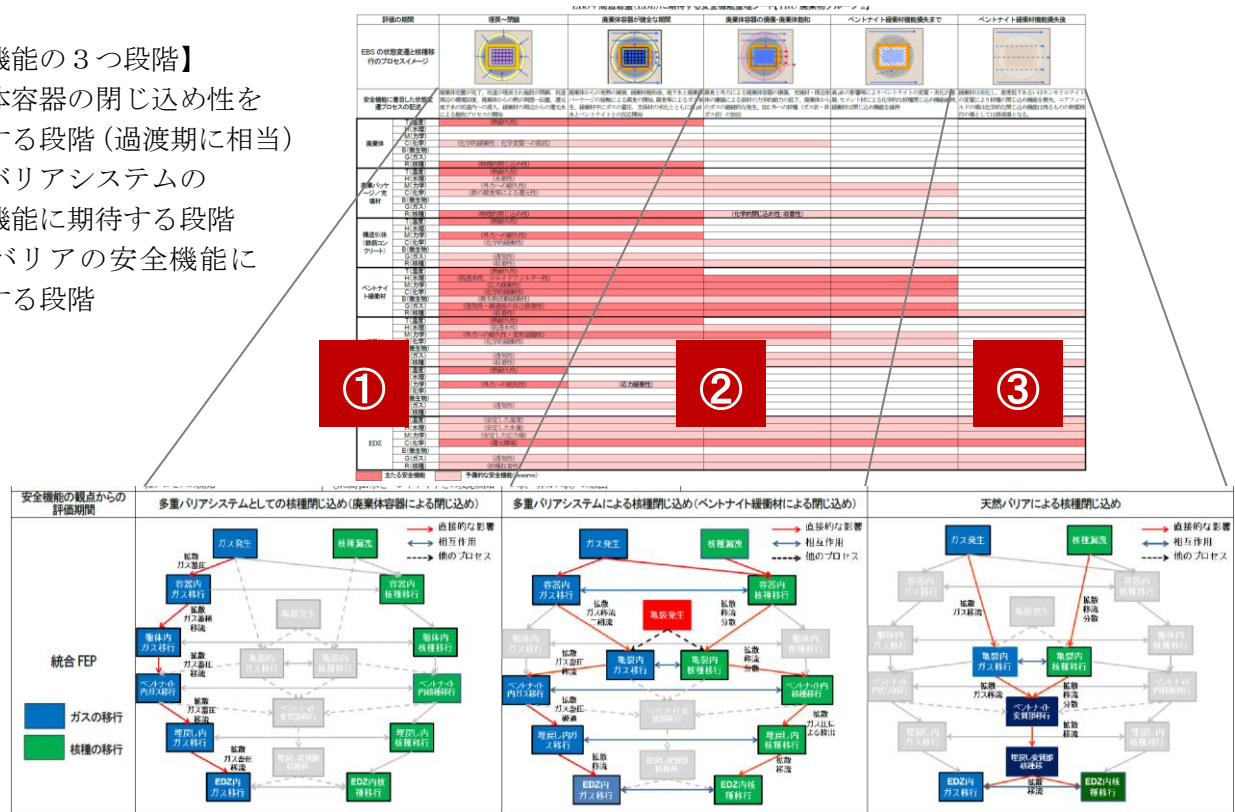


図-1 人工バリア安全機能の段階と統合 FEP 関連図の組合せ

3. ガス移行シナリオの作成と分類

ガス移行シナリオは「人工バリアシステムの状態変遷に基づく安全機能の変化に着目してガス挙動による放射性核種の移行を記述したもの」と定義すると、上述の第②段階は以下のように記述できる。

地下水の飽和により、放射線分解、微生物分解および金属の腐食が促進され継続してガスが発生する。廃棄体容器の損傷により、廃棄体内の腐食および微生物等の分解による放射性ガスが発生し、非放射性ガスとともに充填材や躯体内の亀裂内に放出される。ガスは亀裂内を拡散あるいは二相流で移動し、閉じ込め性を維持するベントナイトに移行する。ガスは飽和ベントナイト内を拡散あるいは二相流で移行するとともに蓄圧される。蓄圧が膨潤圧・間隙水圧より大きくなった場合、破過現象が発生し、ガスの突出とともに溶存放射性核種が放出される。ガスと汚染水放出後ベントナイトは自己修復性により核種閉じ込め性を回復する。このプロセスはベントナイトが劣化変質し、自己修復性を喪失するまで繰り返し発生する。埋戻しあるいは EDZ に放出されたガスは、拡散あるいは二相流として移行する。

キーワード：TRU 処分、人工バリアシステム、ガス移行シナリオ、状態変遷表、トップダウンアプローチ

連絡先：〒 108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ TEL:03-5769-1309

人工バリアシステムの状態変遷について記述する段階で、不確実性について吟味した結果、①ガス発生に係わる不確実性（速度と量）、②廃棄体容器の健全性に関する不確実性（初期欠陥や早期損傷）、及び③ベントナイトの健全性に係わる不確実性（変質速度とモード）に大別できた。これらの不確実性に対する安全評価のシナリオを分類すると表-1の3つのシナリオにまとめることができる。

表-1 ガス移行シナリオの分類

不確実事象	シナリオ①（基本）	シナリオ②（変動）	シナリオ③（稀頻度）
ガス発生速度	ガス発生メカニズムと発生源、発生するガスの種類、速度及び量を推定 ＜蓋然性の高い移行挙動＞ ⇒ 廃棄体フループBのガス発生速度は極めて遅いため、ベントナイト中のガス移行は拡散と二相流が支配的となる。 ※環境センター研究成果より	ガス発生速度が増加 ⇒ ベントナイト中でのガス蓄圧～破過 ⇒ 核種を含む汚染地下水の放出 ⇒ ベントナイトの自己修復性による透気経路の修復（閉じ込め性の再維持）	
廃棄体容器の健全性	設計にて期待する期間、容器は健全性を確保 ＜健全性喪失後＞ ⇒ 放射性核種の移行（拡散・移流） ⇒ 容器内ガスの移行（拡散・二相流）	初期欠陥等による健全性の損傷 ⇒ 放射性核種の早期移行 ⇒ 容器内ガスの早期移行（発生速度が加速された場合は上記のシナリオに）	
ベントナイトの健全性	ベントナイトを変質させる物質を考慮した変質速度の推定	ベントナイト変質速度の加速 ⇒ ベントナイトの核種閉じ込め機能の喪失 ⇒ 核種の移流による早期放出	間隙水等の影響により、ベントナイトの変質速度が加速し、自己修復性が喪失 ⇒ 放射性核種がベントナイト中を移流で移行

4. 安全評価を想定した評価ケース、モデル、パラメータの設定

蓋然性と不確実性を考慮して設定した各シナリオに対応し、評価ケース、モデル、パラメータを設定する場合、以下の事項に留意する。

- ・ガス移行に係わる評価ケースは、ガス挙動の評価の時間枠により変化する。それぞれの時間枠でのガス挙動と地下水移行に支配される挙動の関連を考慮したモデル化を行う。（統合 FEP のモデル化）
- ・現状の知見で最も蓋然性の高いガス挙動の評価ケースは、二相流による媒体中の移行・拡散である。この場合、ベントナイトの変質が進行する段階（第2段階の後半）での特性値の設定が核種移行を支配する。
- ・ガスの破過現象に着目した評価ケースは、ガスの発生速度およびベントナイトの膨潤圧に依存するモデルとパラメータの設定が必要となる。その中で、安全評価上重要な評価ケースとしてガス破過後の気道の自己修復性の有無を取り扱う。
- ・過渡期の段階におけるガス移行に対して、ベントナイトの不飽和状態での挙動に注視する。
- ・不確実性については、評価ケースの変動、モデル、パラメータの保守的、現実的な取り組みの組合せを考慮することで対応する。

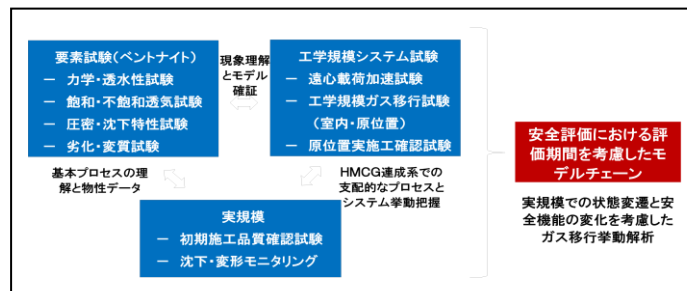


図-2 ガス挙動に係わる要素試験、工学試験、実規模での挙動理解とモデルでのアプローチ

5. まとめ

本研究では、TRU 廃棄物処分におけるガス挙動に着目し、人工バリアシステムの状態変遷の理解に基づく評価シナリオのトップダウンアプローチを開発すると共に、ガス移行に係わる FEP を抽出し、最新の知見を用いて根拠書として取りまとめる一方、上述したようなレベルアップした FEP による網羅性の確認、統合 FEP の導入による評価の時間枠に対応したシナリオ設定、及び不確実性に着目した分類手法も整備した。

ガス挙動は材料及び形状の異方性に影響を受けるため、現状の要素試験に基づく理解では説明できない挙動が存在する。安全評価に向けて残された課題としては、ベントナイト中のガス挙動はベントナイトの状態変遷と境界条件に大きく依存することから、状態変遷表に基づく知見の体系的な取得、工学規模での試験、および実規模スケールでの挙動に結び付けるモデルの整備を必要とすることが挙げられる。

本報告は経済産業省から公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センターが受託した「平成 24 年度 TRU 廃棄物処分技術：人工バリア長期性能評価技術開発 -ガス移行挙動の評価-」の成果の一部である。