

1. 背景・目的

- 段階的に進められる地層処分事業では、さまざまな不確実性や制約条件への対応に配慮して、複数の設計オプション(パネル/坑道配置方法、廃棄体配置方式、等)を検討
- 設計オプションを適切に絞り込むためには、設計オプション間の相違を、安全性、経済性など、様々な観点から評価することが必要
- ここで、性能評価の観点から設計オプション間の差異を評価する場合、既存の一次元モデルでは、人工バリアや地下施設の三次元的形状及び周囲の岩盤の不均質性が保守的に簡略化されるため、定量的な差別化が困難な状況であった。

本検討では、人工バリア/処分場施設の形状や周囲の岩盤の不均質性を考慮することができるツールを開発し、設計オプションの違いを性能評価の観点で評価するための技術基盤を整備することを目的とする。

2. 検討成果

2.1 3次元不均質場における水理・物質移行解析コード開発

- 3次元不均質場における地下水流動と物質移動を解析するためのコードとして、PARTRIDGEを開発
- 解析では、以下の構造を考慮することが可能
 - ✓ 大規模な破砕帯などのように決定論的に表現される高透水路
 - ✓ 統計的に表現される多数の亀裂を含む複雑な不均質性を呈する岩盤
 - ✓ 坑道や人工バリアといった複雑な構造を持つ人工構造物
- 透水性の高い亀裂・断層と低透水性の母岩というコントラストの強い3次元流速場において、物質移行問題をランダムウォーク法によって効率的に解析することが可能

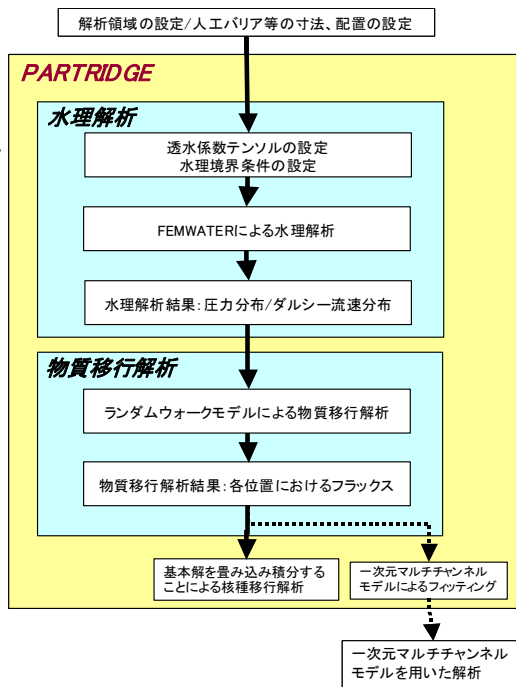


図-1 PARTRIDGEの解析の流れ

2.2 3次元不均質水理解析

【モデル】

- 第2次取りまとめでの地質環境条件の設定を参考に、以下の亀裂特性を仮定
 - ✓ 互いに直交する高角の亀裂群
 - ✓ 透水量係数: 対数正規分布(平均値 $10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$)
 - ✓ 亀裂サイズ分布: ベキ乗則
 - ✓ 亀裂頻度: 0.3本/m
- 1本の上部坑道と20体の廃棄体を定置(縦置き方式)する処分孔を想定
- 掘削影響領域(EDZ)の透水性は、1桁増加

【結果】

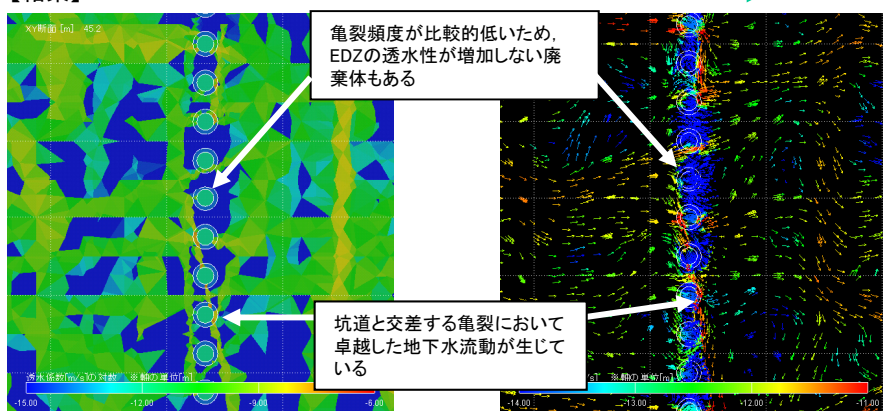
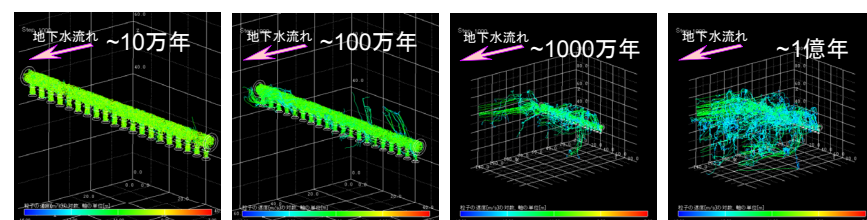


図-2 人工バリア周辺の透水係数場(左)およびダルシー流速分布(右)

2.3 3次元核種移行解析(Cs-135)

【瞬時放出(基本解)】



- ほとんどの粒子は坑道内か直近に留まる
- 透水性の特に高い亀裂に沿って岩盤中を移行
- 大規模かつ高透水性の亀裂に進入した粒子は下流端まで流下
- 平均的な透水性の亀裂内を移行する粒子が下流端に到る

図-3 粒子軌跡の経時変化

【基本解に基づく核種移行解析: 廃棄体1体あたりの移行率に換算】

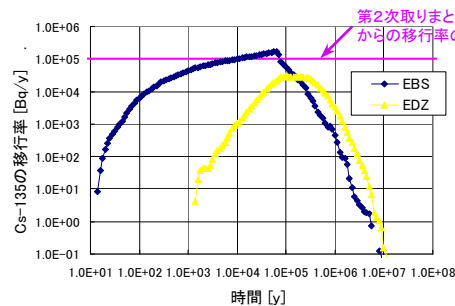


図-4 ニアフィールドからの移行率(Cs-135)

2.4 廃棄体定置方式の違いの影響

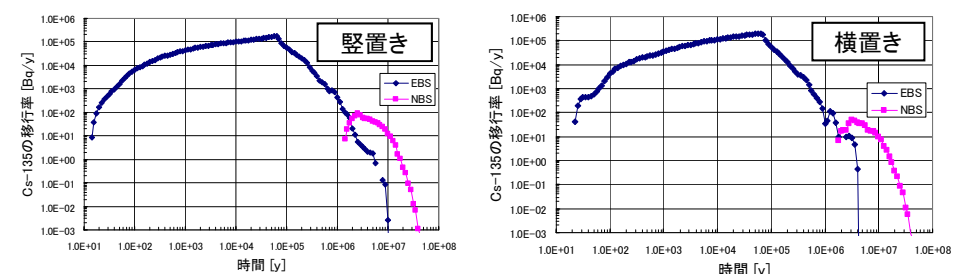


図-5 廃棄体定置方式ごとのEBSおよび母岩からの移行率(廃棄体1本あたりの移行率に換算)

- 第2次取りまとめでは岩盤が低透水性であるために、核種は、まず、緩衝材中に一様に拡散して一定の濃度(C_{max})となり、その後岩盤に移行するため、EBSからの移行率は C_{max} によって規定された。
- 縦置きの場合、上部坑道への拡散を考慮すると、上部坑道の体積が大きいことから、 C_{max} が横置きよりも小さくなり、EBSからの移行率が顕著に低減されることが想定されるが、算出された核種移行率に顕著な差異はなかった。
- ✓ 縦置きの場合に上部坑道に核種が移行するには時間遅れがあるために、 C_{max} は処分孔内の緩衝材体積によって規定される

2.5 プラグの影響

【モデル】

- 坑道と直交する流動方向の透水性断層(健全部の平均透水係数 $\times 100$)を想定
- 廃棄体は坑道と断層の交差部以外の部分に配置
- 各廃棄体周辺を通過する地下水は断層によって集水される傾向を示す

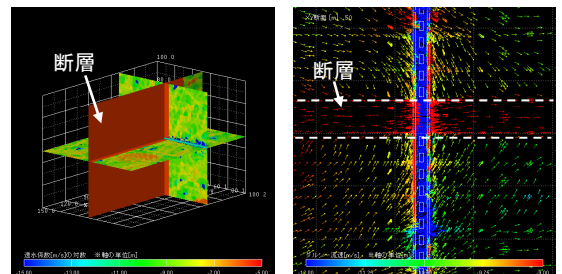


図-6 断層を想定したケースの透水係数場(左)およびダルシー流速分布(右)

【結果】

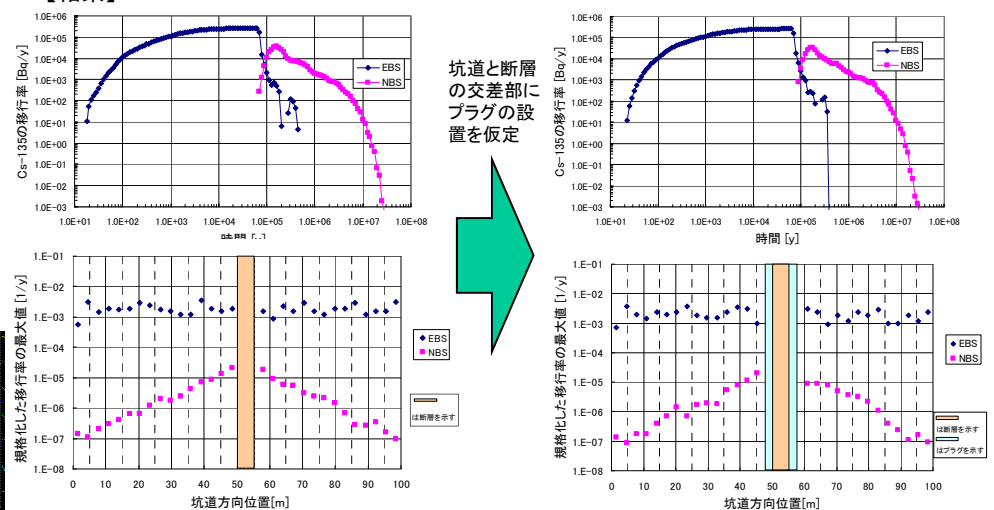


図-7 断層を想定したケースのEBSおよび母岩からの移行率(上: 廃棄体1本あたりの移行率に換算、下: 廃棄体ごとの移行率の最大値)

図-8 断層と坑道の交差部にプラグを設置を想定したケースのEBSおよび母岩からの移行率(上: 廃棄体1本あたりの移行率に換算、下: 廃棄体ごとの移行率の最大値)

2.6 まとめ

- 各設計オプション間の性能の差異について定量的に検討することが可能なコードPARTRIDGEを開発し、第2次取りまとめで設定された地質環境条件の下、設計オプションの違いに起因するバリア性能の差異について検討した。
- ✓ 第2次取りまとめの条件においては、廃棄体定置方式について、顕著な性能の違いは見られなかった。
- ✓ 断層に対するプラグの効果は限定的であるため、性能評価の観点からは、断層から一定の距離を確保して定置した方が効果的である。
- 3次元的な核種の移行挙動を把握することにより、複数の設計オプションの選択において、性能評価から設計へ情報提供するための技術基盤を整備した。

3. 今後の課題

- 本検討での知見は、地質環境条件や設計オプションの仕様によって変動しうる可能性があるため、今後具体的なサイトが明らかになれば、サイトスペシフィックなモデルを構築することが必要
- 適切な設計オプションを選択すべく性能評価と設計のリンケージを図り、設計の要件と性能評価の要件の間の適切なバランスをとりつつ、合理的な処分場概念の構築を進めていく