

天然バリアの特性に応じた人工バリア設計 合理化の可能性

東京大学大学院 正員 ○ 井上 純哉、堀井 秀之

1. まえがき

現在検討が進められている高レベル廃棄物処分の人工バリア設計においては、天然バリア特性の不確実性を前提にしている。一方、処分事業は長期間にわたる事業であり、人工バリアの最終設計が実施されるまでには時間的余裕がある。そのため、最終設計までに調査・試験が実施され、天然バリアの特性が判明した場合、天然バリアの特性に応じて人工バリアの設計を行うことが妥当であると考えられる。そこで、本レポートでは天然バリアの特性を表すパラメータに対しパラメトリックスタディーを行い、天然バリアの特性に応じた人工バリア設計の合理化の可能性を考察する。

2. 検討方法

人工バリアの構成要素である緩衝材の設計における要件は、止水性・自己シール性・核種収着性・熱伝導性・化学的緩衝性・オーバーパック支持性・応力緩衝性・透気性・コロイド濾過性などさまざまあり、特にその厚さはオーバーパックの寿命を決定付ける腐食の原因となる地下水とオーバーパックとの接触を遅延させる機能、再冠水にとまなう膨潤による自己シール機能、そして核種移行を遅延させる機能から決定される。ここでは処分事業の過程で明らかになる天然バリアの特性に応じた人工バリアの設計の合理化の可能性を考察するため、天然バリアの特性に大いに影響されると考えられる核種移行の観点からの緩衝材の必要厚さに対する検討を行った。

核種移行の観点からの高レベル放射性廃棄物地下処分の安全性評価の為には、いくつかのシナリオを構築しそれぞれに対して評価が行われるが、本レポートではその中でも評価の基準となる基本シナリオに対する安全性評価、つまり定常的地下水流に対するバリア性能評価手法に基づき考察する。

基本シナリオでは図-1に示すように放射性核種が人工バリアを経由して天然バリア中の地下水に溶出し生物圏にまで輸送され、人間が被爆するまでの過程が対象となっている。そこで用いられる核種移行解析は、人工バリア内では拡散場、天然バリア内では移流場を仮定し、3次元定常地下水流動解析をもとにして得られる鉛直上向きの最大流速を用いた1次元解析により行われることが多い。

本レポートでは地下水流速、クリティカルなみずみちまでの有効厚さ(以降天然バリアの有効厚さと呼ぶ)と言う二つの天然バリアの水理学的な特性をパラメータとして、電共研報告¹⁾における標準ケースと同じ核種フラックスが確保される緩衝材の厚さを算定する(表-1)。解析プログラムには電中研開発のRAPRAN²⁾を用い、分配係数・溶解度・ガラス固化体中の核種インベントリ等の化学反応系の解析パラメータは電共研の報告書に準じた。

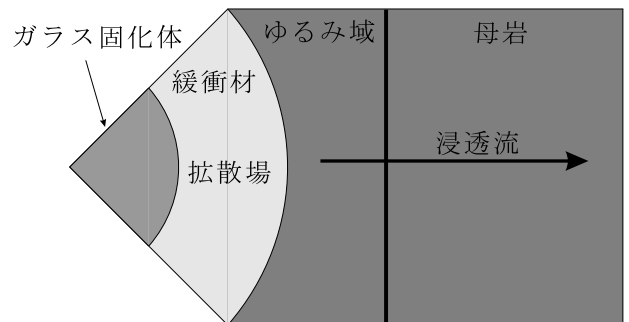


図-1 人工バリアの性能評価における概念図

表-1 標準ケースにおける入力パラメータ

		標準ケース
ガラス固化体の直径	(m)	0.4
人工バリアの厚さ	(m)	0.4
天然バリアの有効厚さ	(m)	6.6
地下水流速	(cm/y)	8.2

Key Words: 人工バリア, 地山特性, 設計合理化

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学大学院工学系研究科 Tel:03-5841-6093 Fax:03-5841-7493

3. 解析結果

図-2、図-3 はそれぞれ天然バリア内での流速が、標準ケースの 0.25 倍と 1.0 倍の時の緩衝材の厚さと最大核種フラックスの関係を示しており、緩衝材の厚さ・最大核種フラックスともに標準ケースのそれで無次元化している。図中最大核種フラックスが 1.0 の直線は標準ケースの最大核種フラックスに対応している。なお図中の曲線は、天然バリアの有効厚さ t を標準ケースの厚さ t_{std} の 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 倍と変化させた時の最大核種フラックスである。図-4 は天然バリア内での流速を標準ケースの 0.1, 0.25, 0.5, 1.0 倍と変化させたときの、天然バリアの有効厚さに対応する緩衝材の厚さを表す曲線である。それぞれの曲線は標準ケースと同量の被爆線量が得られる組み合わせを示している。ここで、天然バリアの有効厚さと緩衝材の厚さは共に標準ケースのそれで無次元化している。

この図から、例えば基質岩盤での流速が標準ケースの $1/2$ であり天然バリアの有効厚さが標準ケースの 2.5 倍であると判明したときは、緩衝材は標準ケースの 0.4 倍程度の厚さで済むことが分かる。また、例えば流速が標準ケースの $1/4$ 、天然バリアの有効厚さが 3 倍程度であれば、核種移行解析からは緩衝材の必要厚さが 0 という結果が得られる。

4. おわりに

以上天然バリアの性能を表すパラメータである地下水の定常流速とオーバーパック表面からクリティカルパスまでの有効厚さをパラメータとして、標準ケースと同じ核種フラックスが得られる緩衝材の厚さに関する感度解析を行った。その結果は、天然バリアの特性に応じた人工バリア設計の合理化を行うことの可能性を示唆している。つまりこの結果は、人工バリアの設計は処分事業の段階に応じて修正していく事、すなわち候補地選定段階では標準設計を行い、予定地選定段階では天然バリアの特性に関するデータを取得し合理的な設計を実施し、更に処分坑道掘削時における調査・試験により最終的な修正設計を行うと言う方法の可能性を示している。

最後に本レポートでは簡単のため天然バリアの特性を表すパラメータを用い、核種移行の観点から天然バリアの特性に応じた緩衝材の厚さの設計要件を示したが、実際には緩衝材が薄くなることによる基質岩盤への核種放出濃度や温度勾配の変化が各種化学パラメータに及ぼす影響等、更なる検討が必要となる項目が多数存在する。

参考文献

- 1) 高レベル放射性廃棄物地下処分の事業化技術, 原子力バックエンド研究, Vol.5 No.2, pp169-197
- 2) 人工バリアシステム安全評価簡易解析コードの改良, 電力中央研究所報告, T92011

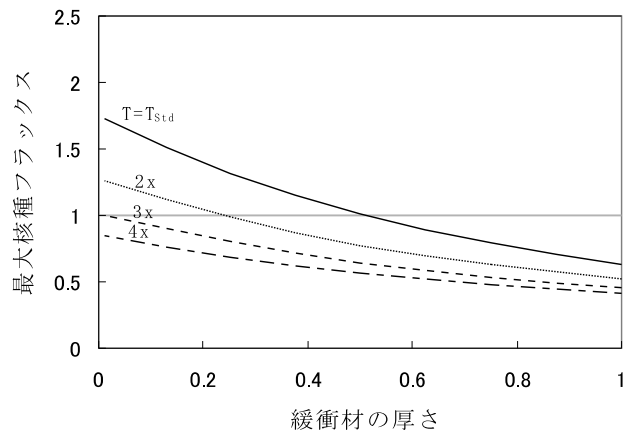


図-2 流速が標準ケースの 0.25 倍

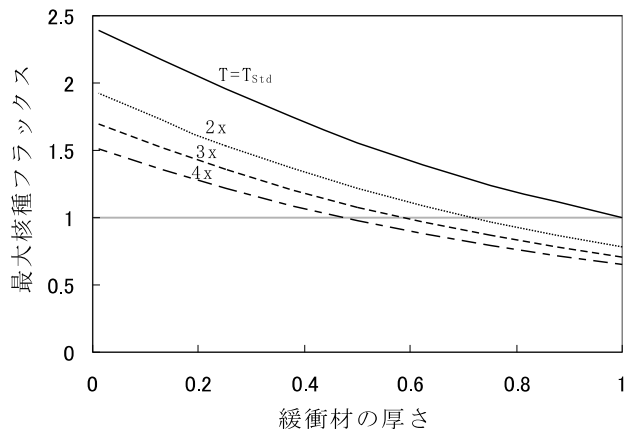


図-3 流速が標準ケースの 1.00 倍

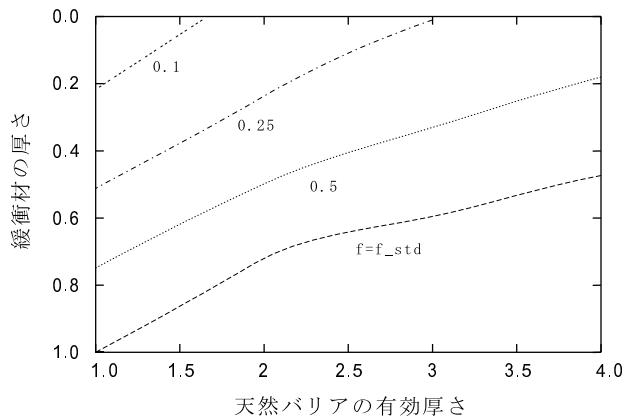


図-4 標準ケースと同じ核種フラックスを与える
緩衝材の厚さ