

# 多重人工バリアシステムを対象とした放射性廃棄物処分施設のバリア性能指標に関する検討

## —その1 施設部のバリア性能に関する一考察—

独立行政法人原子力安全基盤機構 正会員 ○鈴木 俊一  
 独立行政法人原子力安全基盤機構 青木 広臣  
 独立行政法人原子力安全基盤機構 川上 博人  
 大成建設株式会社 正会員 畑 明仁  
 大成建設株式会社 正会員 本島 貴之

### 1. 検討の背景と目的

余裕深度処分施設は、地表面下 50m～100m 程度に建設される予定であり、当該施設の事業者である日本原燃株式会社により施設建設予定地を対象とした調査が実施されている状況である。当該施設の特徴は、核種の閉じ込めに対する頑健性を重視し、多重バリアシステムを基本とした施設の設計検討がなされている点である。一方、当該施設は現状では設計・計画段階であり、施設の仕様や用いられる材料に関する仔細な事項は明らかとなっていない。上記のような背景から、放射性廃棄物処分施設のバリア性能を包括的かつ定量的に表す一つの指標を策定し、それを基本として安全規制の検討を進めることが望ましいと考え、多重バリアシステムを有する放射性廃棄物処分施設のバリア性能指標を策定し、その妥当性を確認することを本検討の目的とした。

### 2. 検討対象とした施設の概要

本検討の対象とした施設の外觀図を図 1 に示す<sup>1</sup>。同図より、当該施設は、廃棄体層・充填材・コンクリートピット・ベントナイト・埋戻材・覆工コンクリートにより構成される。当該施設に埋設される各核種の具体的な放射エネルギーについては不明であるが、参考文献 2 においては、廃棄体の総量 (1E+5[ton]) や主要な核種に対する濃度上限値が算出されており、この値が現行の政令で規定されている (表 1 に示す)。本検討においては、これらの値をベースとして検討を実施した。

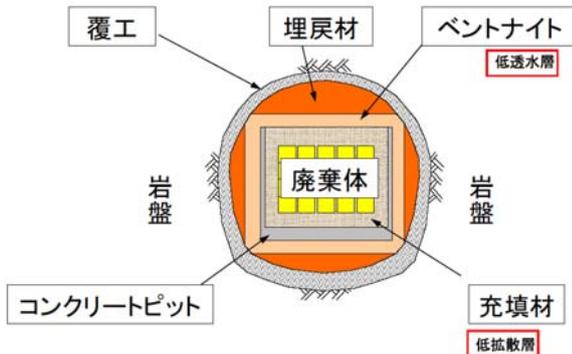


図 1 検討対象とした施設の外觀図

表 1 検討対象とした廃棄物の主要核種の放射エネルギー

核種	濃度上限値 [Bq/t]	検討に用いた総放射エネルギー [Bq]
<sup>14</sup> C	5.2E+14	5.2E+18
<sup>36</sup> Cl	1.0E+11	1.0E+15
<sup>99</sup> Tc	8.2E+11	8.2E+15
<sup>237</sup> Np	1.3E+10	1.3E+14

### 3. バリア性能指標に関する概念

放射性廃棄物処分施設の安全評価に用いられる支配方程式は、移行率を用いた放出係数モデル<sup>2,3</sup>や移流及び拡散・分散を同時に考慮する移流分散方程式<sup>4</sup>が一般に用いられる。前者は、施設内を通過する地下水の移流と核種の施設構成材料への収着を考慮した核種放出を、後者はそれらに加えて、拡散による核種の放出効果が考慮可能な式である。図 1 より、検討対象とした施設は、ベントナイトに遮水性能を、充填材に拡散抑制性能を主に期待する設計思想であることが判り、これにより当該施設のバリア性能を適切に評価するためには、拡散による核種放出効果を考慮可能な式を適用する必要があることがわかる。従って、本検討では、放出係数

キーワード 放射性廃棄物処分, 多重バリアシステム, バリア性能指標

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-17-1 TOKYU REIT 虎ノ門ビル (独) 原子力安全基盤機構 TEL 03-4511-1794

モデルに用いられる移行率の概念に拡散による核種放出効果を考慮した施設のバリア性能指標を以下のように定義して検討を実施した。

$$\eta_{eq} = \frac{F_A + F_D}{F_R} \quad \text{式 1}$$

- $\eta_{eq}$  : 施設のバリア性能指標[T<sup>-1</sup>]
- $F_A$  : 廃棄体層内の間隙水量交換率[T<sup>-1</sup>]  
(=間隙体積/通過流量)
- $F_D$  : 施設最外縁における拡散に核種放出率[T<sup>-1</sup>]

本検討では、一様な流れの中に多重同心円形の施設が設置された場合には、廃棄体層内の通過流量の近似厳密解が得られること<sup>5</sup>に留意して、図 1に示した矩形の施設を等価な円形断面に置き換えて  $F_A$ の値を求めた。 $F_D$ については、拡散による核種放出を定常状態と仮定して、式 2により算定した。また、 $F_R$ については、遅延係数の定義より式 3に基づいて算定した。

$$F_D = \frac{1}{V} \frac{D}{L_B} A \quad \text{式 2}$$

- $V$  : 廃棄体間隙体積[L<sup>3</sup>]
- $D$  : バッファ層等価実効拡散係数[L<sup>2</sup>T<sup>-1</sup>]
- $L_B$  : バッファ層拡散距離[L]
- $A$  : 施設最外縁表面積[L<sup>2</sup>]

$$F_R = \frac{Kd \times M + V_w}{V_w} \quad \text{式 3}$$

- $Kd$  : バッファ層内の等価分配係数[M<sup>-1</sup>L<sup>3</sup>]
- $M$  : バッファ層固層質量[M]
- $V_w$  : バッファ層間隙体積[L<sup>3</sup>]

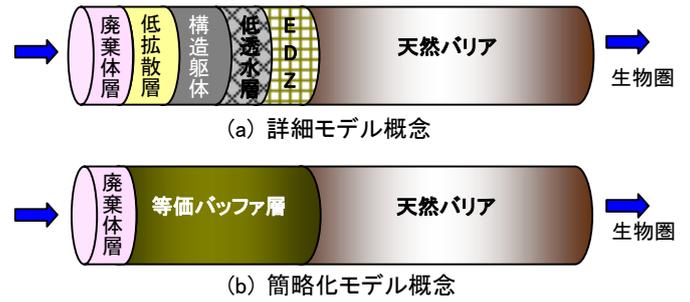


図 2 モデル概念図

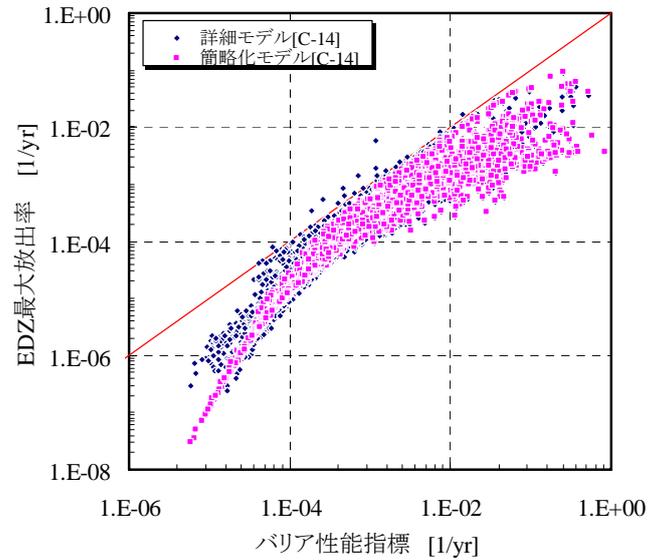


図 3 バリア性能指標と EDZ からの最大放出率の関係 (C-14)

#### 4. バリア性能指標の妥当性確認結果

バリア性能指標の妥当性を確認するために、図 2に示すような 2 種類のモデルを構築して各々の核種放出量を汎用解析コード GoldSim により算定した。詳細モデルでは各バリア層をセル化し、一次元の移流分散によって核種移行計算を行った。この詳細モデルにおける人工バリア層全体の性能と同等性能を持つ単一の等価バッファ層を規定し、簡略化モデルとして計算を行った。結果の一例を図 3に示す。詳細モデルと簡略化モデルの計算結果は概ね一致していることから、バリア性能指標が施設性能を示す指標として妥当であることを示している。

#### 参考文献

- 1 原子力安全委員会放射性廃棄物・廃止措置専門部会 低レベル放射性廃棄物施設分科会 配布資料
- 2 Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities Results of a co-ordinated research project, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY VIENNA, 2004
- 3 低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について（第 3 次中間報告） 原子力安全委員会 平成 12 年
- 4 Project Safe Radionuclide release and dose from the SFR repository, R-01-18, SKB, 2001
- 5 大井貴夫、曾根智之、稲垣学、三原守弘：包括的感度解析手法を用いた TRU 廃棄物処分の成立条件の抽出について、サイクル機構技報, No.25, p.69-p.84, 2004