

東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所

第二種廃棄物埋設事業許可申請

第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び

設備の基準に関する規則第十三条

(ピット処分及びトレンチ処分に係る廃棄

物埋設地) 第1項第三号及び第四号

への適合性について

廃棄物埋設地の状態設定

(影響事象分析)

2022年8月

日本原子力発電株式会社

目 次

1	はじめに.....	1
2	検討内容.....	1
2. 1	各バリアに期待する性能.....	1
2. 2	影響事象の抽出.....	2
2. 3	影響事象分析.....	3
3	検討結果.....	3
4	廃棄物埋設地の状態設定における評価.....	5
5	参考文献.....	14

添付資料 1 影響評価によって影響なしと判断した根拠

参考資料 1 IAEA, ISAM及び廃棄物安全小委員会報告書の人工バリア
に関するFEPリスト

1 はじめに

廃止措置の開始後の評価においては、廃棄物埋設施設（以下「本施設」という。）における人工バリア及び天然バリアの機能の状態の変化を把握し、その変化を適切に評価に反映する。

人工バリア及び天然バリアの機能に係る物理的・化学的状态の変化を考慮し、廃棄物埋設地の状態を設定するに当たって、廃棄物埋設地の設計において期待する安全機能である漏出低減機能に影響する可能性のある事象を抽出し、分析した結果を説明する。

影響する事象については、廃棄物安全小委員会報告書⁽¹⁾、OECD/NEA⁽²⁾及びIAEA-ISMAM⁽³⁾で整理されたFEP（Features, Events, Processes）リストに基づき、網羅的・包括的に検討・整理し、事象を抽出する。その上で、抽出した事象について、漏出低減機能への影響を、熱、水理、力学及び化学の観点で整理し、分析する。

2 検討内容

2. 1 各バリアに期待する性能

最終覆土完了後に人工バリアに期待する漏出低減機能は、放射性廃棄物を埋設した埋設トレンチ内への雨水等による水の浸入を抑制するとともに、放射性物質の収着を期待することによって、廃棄物埋設地から放射性物質が漏出する量を低減させることである。また、天然バリアには、収着によって放射性物質の移動を遅延させることを期待している。

各バリア材の漏出低減機能に期待する性能は、低透水性及び収着性とし、影響事象分析における前提条件とする。各バリア材に期待する性能を第1表に示す。

第1表 各バリアに期待する性能

バリア（部材）	性能	期待する機能の内容
側部低透水性覆土及び最終覆土（低透水性土層）	低透水性	ベントナイト混合土を用いた側部低透水性覆土及び最終覆土（低透水性土層）に対して低透水性を期待することによって、埋設トレンチ内への雨水等の浸入を抑制する。
充填砂及び中間覆土（最上段を除く）	収着性	充填砂及び中間覆土（最上段を除く）に対して収着性を期待することによって、廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出を低減し、移動を遅延させる。
本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）	収着性	廃棄物埋設地周辺の地盤（d u層及び帯水層）に対して収着性を期待することによって、放射性物質の移動を遅延させる。

2. 2 影響事象の抽出

状態設定においては、廃棄物、廃棄物埋設地の地質環境条件について国内及び海外でこれまで検討整理されたF E Pリストからスクリーニングを行い、考慮すべき影響事象を抽出し、本施設のF E Pリストとして整理した。

本施設のF E Pリストは、埋設する廃棄物、本施設の設備及び特徴を考慮し、以下の文献にて整理された廃棄物及び埋設施設に関連するF E Pリストに基づき作成した。

- ① 廃棄物安全小委員会報告書のF E Pリスト⁽¹⁾
- ② O E C D / N E Aの国際F E Pリスト⁽²⁾
- ③ I A E A - I S A MのF E Pリスト⁽³⁾

本施設のF E Pリストを第2表に示す。

本F E Pリストは、廃棄物安全小委員会報告書のF E Pリストのうち、本施設における人工バリア及び天然バリアに類似する「緩衝材／埋め戻し材」及び「母岩」のF E Pリスト（参考資料1「I A E A, I S A M及び廃棄物安

全小委員会報告書の人工バリアに関する「F E P リスト」を参照。)を網羅した
ものとなっている。

なお、第2表に示すF E P リストのうち、放射線（放射線分解を除く）及
び核種移行は、バリア機能に直接影響するものではないため評価モデルの検
討に際して考慮する。施工不良については適切な品質管理が行われることか
ら、影響事象から除外する。人間活動については生活環境の状態設定におい
て考慮する。

2. 3 影響事象分析

実際の処分システムでは、外部事象及び内部事象に関連する様々な事象が
相互に関連しあっているが、設計・評価に当たって、全ての事象を考慮する
必要は必ずしもなく、漏出低減機能に係る重要なものを適切に考慮すれば良
い。

重要な事象を選定する方法として、第1表に整理した各バリア材に期待す
る低透水性及び収着性に着目し、第2表の本施設のF E P リストに基づき、
考慮すべき事象の絞り込みを行った。

影響事象分析は、熱（T）、水理（H）、力学（M）及び化学（C）の観点
からマトリクス形式の表を整理し、影響元となる部材（自然現象を含む。）の
特性、そこで生じる事象やプロセスによって、対象とする各バリアに期待す
る性能に影響するか否かの分析を行った。分析の際には第2次T R Uレポー
トのF E P 辞書⁽⁴⁾等を参考とした。分析の結果を影響事象分析表として、第
3表～第6表に示す。

3 検討結果

影響事象分析の結果から、状態設定において考慮すべき影響事象として、

以下を抽出した。

(1) 熱

第3表に示すとおり考慮すべき影響事象はない。

(2) 水理

第4表に示すとおり考慮すべき影響事象はない。

(3) 力学

低透水性に与える力学的影響事象として、埋設した廃棄物に含まれる金属の腐食に起因する膨張変形やガス発生の影響、ベントナイト混合土に雨水等が浸透することによる膨潤の影響の可能性が考えられる。

自然現象では地震による振動及び応力によって、廃棄物内に生じた微小な空隙から、埋設した廃棄物の形状が変化すること、廃棄物層が沈下し、埋設トレンチが陥没することによる影響の可能性が考えられる。

- ・廃棄物層（金属廃棄物及び鉄箱）の金属腐食による膨張変形及びガス発生
- ・ベントナイト混合土の膨潤
- ・地震による廃棄物層の沈下（陥没現象）

(4) 化学

低透水性及び収着性に与える化学的影響事象としては、廃棄物と雨水等による浸透水との反応によるコンクリート廃棄物の溶脱及び廃棄物層の腐食（廃棄物と浸透水の反応）の影響の可能性が考えられる。また、ベントナイト混合土と浸透水の反応の影響によるモンモリロナイト溶出（ベントナイト混合土と浸透水の反応）の影響の可能性が考えられる。

各部材に共通で、コロイドの生成、有機物の影響、微生物の影響の可能性が考えられる。

自然現象では、一時的ではあるが、津波による本施設周辺の地盤（d u

層及び帯水層)への海水の浸透による影響の可能性が考えられる。

- ・コンクリート廃棄物の溶脱 (廃棄物と浸透水の反応)
- ・廃棄物層の金属腐食 (廃棄物と浸透水の反応)
- ・モンモリロナイト溶出 (ベントナイト混合土と浸透水の反応)
- ・各部材中でのコロイド生成
- ・各部材中の有機物 (錯体形成含む)
- ・各部材中の微生物
- ・津波

なお、抽出した影響事象のうち、金属腐食 (膨張変形及びガス発生)、ベントナイト混合土の膨潤、ベントナイト混合土と浸透水の反応、コロイド生成、有機物 (錯体形成含む) の影響、微生物の影響については、影響評価を行った結果、影響を無視できると判断した (添付資料 1 「影響評価によって影響なしと判断した根拠」参照)。

4 廃棄物埋設地の状態設定における評価

影響事象分析における検討結果から、抽出された影響事象について、廃棄物埋設地の状態設定における評価で、以下のとおり考慮する。

(1) 地震による廃棄物層の沈下 (陥没現象)

地震力による作用で、側部低透水性覆土及び最終覆土に変形が生じることで低透水性に影響が生じる可能性がある。

埋設トレンチ内は、十分に締固めを行って施工し、地盤に支持された状態である。最終覆土は盛土形状であるが、一部に崩れ等の損傷が生じても低透水性に影響を及ぼすものではない。

一方で、地震による振動及び応力によって、鉄箱内の充填砂のみかけ密度が上昇し、廃棄物内に微小な空隙が生じる可能性がある。微小な空隙が

生じると、埋設した廃棄物の形状が変化することで、廃棄物層が沈下を起こし、埋設トレンチの陥没現象による影響が考えられる。

陥没現象による力学的影響については、補足説明資料4の「状態変化の評価」で説明する。

(2) 廃棄物と浸透水の反応

雨水等の浸透水が、コンクリート類の廃棄物との接触によってカルシウム成分が溶脱し、浸透水のpHが変化することで、収着性に影響を与える可能性がある。

また、埋設トレンチ内の酸化還元環境は、金属腐食によって還元的となることが想定され、収着性に影響を与える可能性があるが、還元雰囲気下の分配係数は、酸化雰囲気下と比較して大きな値となる傾向があることから⁽⁵⁾、核種の還元が生じるような金属腐食の収着影響は考慮しないものとする。

影響が考えられる充填砂及び中間覆土（最上段を除く）並びに本施設周辺の地盤（du層）については、収着性を評価するための土砂等の分配係数の取得試験において、廃棄物と浸透水との反応による影響を想定して水酸化カルシウム水溶液を用いて試験を行い、試験結果に基づき評価パラメータを設定することによって、影響を考慮する。

(3) 津波

津波によって、海水が廃棄物埋設地周辺に流入することで、一時的ではあるが、本施設周辺の地盤（du層及び帯水層）の水質の変化によって収着性に影響する可能性がある。本施設周辺の地盤（du層及び帯水層）については、収着性を評価するための土砂等の分配係数の取得試験において、海水による影響を想定して、人工海水を用いて試験を行い、試験結果に基づき評価パラメータを設定することによって、影響を考慮する。

第2表 F E Pリスト

環境分類	廃棄物層（充填砂, 中間覆土を含む）	側部低透水性覆土及び最終覆土	d u層及び帯水層（地盤）
熱	熱特性 (WT01) 温度 (WT02) 熱生成及び熱移動 (WT03)	熱特性 (BT01) 温度 (BT02)	熱特性 (ST01) 温度 (ST02)
水理	水理特性 (WH01) 飽和・不飽和 (WH02) 熱的, 力学的, ガスによる水理影響 (WH03)	水理特性 (BH01) 飽和・不飽和 (BH02) 地下水流動 (BH04) パイピング・流体浸食 (BH05)	水理特性 (SH01) 飽和・不飽和 (SH02) 地下水流動 (SH04)
力学	力学特性 (WM01) 体積変化 (WM02) 応力 (WM03) 変形, 移動・流出 (WM04) ガスによる膨張・爆発 (WM05) 応力腐食割れ (WM06)	力学特性 (BM01) 体積変化 (BM02) 応力 (BM03) 変形 (クリープ), 移動・流出 (BM04) ベントナイト膨潤 (BM05)	力学特性 (SM01) 体積変化 (SM02) 応力 (SM03) 変形 (クリープ), 移動・流出 (SM04)
化学	化学特性 (WC01) 地下水化学・地下水(浸透水)との反応(WC02) 化学的変質・移動 (WC03) p Hの変化 (WC04) 酸化還元環境の変化 (WC05) 腐食 (WC06) 錯体形成 (WC07) コロイド生成 (WC08) 有機物の影響 (WC09) 微生物の影響 (WC10) 塩の蓄積 (WC11)	化学特性 (BC01) 地下水化学・地下水(浸透水)との反応(BC02) 化学的変質・移動 (BC03) p Hの変化 (BC04) 酸化還元環境の変化 (BC05) 錯体形成 (BC07) コロイド生成 (BC08) 有機物の影響 (BC09) 微生物の影響 (BC10)	化学特性 (SC01) 地下水化学・地下水(浸透水)との反応(SC02) 化学的変質・移動 (SC03) p Hの変化 (SC04) 酸化還元環境の変化 (SC05) 錯体形成 (SC07) コロイド生成 (SC08) 有機物の影響 (SC09) 微生物の影響 (SC10)

環境分類	廃棄物層（充填砂, 中間覆土を含む）	側部低透水性覆土及び最終覆土	d u 層及び帯水層（地盤）
放射線学	放射性崩壊及び生成（WR01） 放射線分解（WR02）	放射性崩壊及び生成（BR01） 放射線分解（BR02）	放射性崩壊及び生成（SR01）
核種移行	物質移動特性（WN01） 幾何形状・間隙構造（WN02） 核種移行（WN03） 移流／分散（WN04） 拡散（WN05） 収着（WN06） 沈殿溶解（WN07） コロイド移行（WN08） ガスによる移行（WN09）	物質移動特性（BN01） 幾何形状・間隙構造（BN02） 核種移行（BN03） 移流／分散（BN04） 拡散（BN05） 収着（BN06） 沈殿溶解（BN07） コロイド移行（BN08） ガスによる移行（BN09）	物質移動特性（SN01） 幾何形状・間隙構造（SN02） 核種移行（SN03） 移流／分散（SN04） 拡散（SN05） 収着（SN06） コロイド移行（SN08） ガスによる移行（SN09） 希釈（SN10）
施工	施工不良（WQ01）	施工不良（BQ01）	施工不良（SQ01）

第3表 影響事象分析表（熱）

影響先 影響元	側部低透水性覆土及び最終覆土 【低透水性】	充填砂及び中間覆土（最上段を除く） 【収着性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
廃棄物	廃棄物層の熱特性（WT01）は、含まれる放射性物質の量が少ないため、廃棄物の温度（WT02）、熱発生及び熱移動（WT03）は極めて小さい。このため、側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性に影響しない。	廃棄物層の熱特性（WT01）は、含まれる放射性物質の量が少ないため、廃棄物の温度（WT02）、熱発生及び熱移動（WT03）は極めて小さい。このため、充填砂及び中間覆土の収着性に影響しない。	廃棄物層の熱特性（WT01）は、含まれる放射性物質の量が少ないため、廃棄物の温度（WT02）、熱発生及び熱移動（WT03）は極めて小さい。このため、本施設周辺の地盤の収着性に影響しない。
充填砂， 中間覆土	発熱しないので熱特性（WT01）、温度（WT02）を考慮する必要はない。		
側部低透水性覆 土，最終覆土	発熱しないので熱特性（BT01）、温度（BT02）を考慮する必要はない。		
本施設周辺の地 盤，地下水	地下水の温度（ST02）の変動範囲はバリア機能に影響を与えるものではなく、地盤は発熱しないので、地盤の温度（ST02）はほとんど変化しないため、考慮する必要はない。		

各バリア機能への直接的な影響を緑で識別する。

第4表 影響事象分析表（水理）

影響先 影響元	側部低透水性覆土及び最終覆土 【低透水性】	充填砂及び中間覆土（最上段を除く） 【収着性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
廃棄物	埋設トレンチを通過する浸透水は、側部低透水性覆土又は最終覆土から廃棄物層へ浸透するため、廃棄物層の水理特性（WH01）としての飽和・不飽和（WH02）、熱的、力学的、ガスによる水理影響（WH03）は、側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性に影響しない。	廃棄物層の水理特性（WH01）としての飽和・不飽和（WH02）、熱的、力学的、ガスによる水理影響（WH03）は、水理特性及び化学特性に関係して、充填砂及び中間覆土の収着性に間接的に影響する可能性がある（→化学：地下水化学・地下水（浸透水）との反応）が直接的には影響しない。	廃棄物層の水理特性（WH01）としての飽和・不飽和（WH02）、熱的、力学的、ガスによる水理影響（WH03）は、水理特性及び化学特性に関係して、地盤の収着性に間接的に影響する可能性がある（→化学：地下水化学・地下水（浸透水）との反応）が直接的には影響しない。
充填砂，中間覆土	埋設トレンチを通過する浸透水は、側部低透水性覆土又は最終覆土から廃棄物層へ浸透するため、廃棄物層の水理特性（WH01）としての飽和・不飽和（WH02）、熱的、力学的、ガスによる水理影響（WH03）は、側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性に影響しない。	廃棄物層の水理特性（WH01）としての飽和・不飽和（WH02）、熱的、力学的、ガスによる水理影響（WH03）は、水理特性及び化学特性に関係して、充填砂及び中間覆土の収着性に間接的に影響する可能性がある（→化学：地下水化学・地下水（浸透水）との反応）が直接的には影響しない。	廃棄物層の水理特性（WH01）としての飽和・不飽和（WH02）、熱的、力学的、ガスによる水理影響（WH03）は、水理特性及び化学特性に関係して、地盤の収着性に間接的に影響する可能性がある（→化学：地下水化学・地下水（浸透水）との反応）が直接的には影響しない。
側部低透水性覆土， 最終覆土	側部低透水性覆土及び最終覆土の水理特性（BH01）、飽和・不飽和（BH02）、地下水流動（BH04）は、自身の水理特性及び化学特性に関係し、側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性に間接的に影響を与える可能性がある（→化学：地下水化学・地下水（浸透水）との反応）が直接的には影響しない。	側部低透水性覆土及び最終覆土の水理特性（BH01）としての飽和・不飽和（BH02）、地下水流動（BH03）は、水理特性及び化学特性に関係して、収着性に間接的に影響する可能性がある（→化学：地下水化学・地下水（浸透水）との反応）が直接的には影響しない。	側部低透水性覆土及び最終覆土の飽和・不飽和（BH02）、地下水流動（BH03）は、水理特性及び化学特性に関係して、地盤の収着性に間接的に影響する可能性がある（→化学：地下水化学・地下水（浸透水）との反応）が直接的には影響しない。
本施設周辺の地盤， 地下水	雨水等の浸透水は、側部低透水性覆土及び最終覆土から廃棄物層を経て帯水層に流れ込む。浸透水量は帯水層を流れる地下水流量と比較して非常に小さいため、地盤の水理特性（SH01）として地下水の飽和・不飽和（SH02）、地下水流動（SH04）は、地盤より上流の側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性に影響しない。	雨水等の浸透水の流れは、側部低透水性覆土又は最終覆土から廃棄物層を経て帯水層に向かうため、地盤の水理特性（SH01）として地下水の飽和・不飽和（SH02）、地下水流動（SH04）は、地盤より上流の廃棄物層中の充填砂及び中間覆土の収着性に影響しない。	地盤の地下水の飽和・不飽和（SH02）、地下水流動（SH04）は、水理特性及び化学特性に関係して、地盤の収着性に間接的に影響する可能性がある（→化学：地下水化学・地下水（浸透水）との反応）が直接的には影響しない。

各バリア機能への直接的な影響を緑で識別する。

第5表 影響事象分析表（力学）

影響先		側部低透水性覆土及び最終覆土 【低透水性】	充填砂及び中間覆土（最上段を除く） 【収着性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
影響元	廃棄物	<p>廃棄物層の力学特性（WM01）としての体積変化（WM02）、応力（WM03）、応力腐食割れ（WM06）によって、廃棄物層が変形、移動・流出（WM04）し、微小な空隙による廃棄物層の沈下、金属腐食に伴う廃棄物層の膨張、金属腐食に伴い発生するガスによる膨張・爆発（WM05）が生じることによって、側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性に影響する可能性がある。</p>	<p>廃棄物層の力学特性（WM01）は、自身の水理特性及び化学特性に関係して、充填砂及び中間覆土の収着性に間接的に影響する可能性がある（→化学：地下水化学・地下水（浸透水）との反応）が直接的には影響しない。</p>	<p>廃棄物層の力学特性（WM01）による周辺地盤の収着性への影響は小さく無視できる。</p>
	充填砂，中間覆土			
側部低透水性覆土，最終覆土		<p>側部低透水性覆土及び最終覆土の力学特性（BM01）としての体積変化（BM02）、ベントナイト膨潤（BM05）を含めた応力（BM03）、変形（クリープ）、移動・流出（BM04）に関係し、ベントナイト混合土の膨潤が自身の低透水性に影響する可能性がある。</p>	<p>側部低透水性覆土，最終覆土の力学特性（BM01）は、水理特性及び化学特性に関係して、充填砂及び中間覆土の収着性に間接的に影響する可能性がある（→化学：地下水化学・地下水（浸透水）との反応）が直接的には影響しない。</p>	<p>側部低透水性覆土，最終覆土の力学特性（BM01）による周辺地盤の収着性への影響は小さく無視できる。</p>
本施設周辺の地盤，地下水		<p>地盤の力学特性（SM01）として、体積変化（SM02）、応力（SM03）、変形（クリープ）、移動・流出（SM04）の状態から沈下等の発生によって最終覆土の形状等に影響する可能性があるが、安定した地盤であることが評価されており、側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性に影響しない。</p>	<p>地盤の力学特性（SM01）の状態から、充填砂及び中間覆土の収着性に影響しない。</p>	<p>地盤の力学特性（SM01）は、自身の水理特性及び化学特性に関係して、収着性に間接的に影響する可能性がある（→化学：地下水化学・地下水（浸透水）との反応）が直接的には影響しない。</p>
自然現象	地震	<p>廃棄物内に微小な空隙が残存する場合には、地震によって生じる応力及び振動で廃棄物層が沈下することで施設に陥没が生じ、側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性に影響する可能性がある。</p>	<p>地震によって生じる応力及び振動から、充填砂及び中間覆土の収着性への影響は生じない。</p>	<p>地震によって生じる応力及び振動から、周辺地盤の収着性への影響は生じない。</p>
	液状化	<p>液状化は発生しない地盤であるため影響はない。仮に液状化が生じた場合でも、廃棄物埋設地の設置地盤に分布する砂層や砂礫層はほぼ水平成層に分布しており、液状化に伴う沈下も水平方向にほぼ一様に生じると考えられる。したがって局所的な沈下によるベントナイト混合土のせん断変形は生じないため、側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性に影響しない。</p>	<p>液状化は発生しない地盤であるため影響しない。</p>	<p>液状化は発生しない地盤であるため影響しない。</p>

各バリア機能への直接的な影響を緑で識別する。

第6表 影響事象分析表（化学）（1／2）

影響先 影響元	側部低透水性覆土及び最終覆土 【低透水性】	充填砂及び中間覆土（最上段を除く） 【収着性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
廃棄物 充填砂，中間覆土	<p>雨水等の浸透水による廃棄物層の化学特性(WC01)として、地下水化学・地下水との反応(WC02)、化学的変質・移動(WC03)、pHの変化(WC04)、塩の蓄積(WC11)に関係し、コンクリート類の廃棄物からの溶脱水が、隣接する側部低透水性覆土の低透水性に影響する可能性がある。なお、最終覆土は廃棄物層より上流側に位置しており、最終覆土の低透水性には影響しない。</p>	<p>雨水等の浸透水による廃棄物層の化学特性(WC01)として、地下水化学・地下水との反応(WC02)、化学的変質・移動(WC03)、pHの変化(WC04)、塩の蓄積(WC11)に関係し、コンクリート類の廃棄物からの溶脱が、充填砂及び中間覆土の収着性に影響を与える可能性がある。</p>	<p>雨水等の浸透水による廃棄物層の化学特性(WC01)として、地下水化学・地下水との反応(WC02)、化学的変質・移動(WC03)、pHの変化(WC04)、酸化還元環境の変化(WC05)、塩の蓄積(WC11)に関係し、コンクリート類の廃棄物からの溶脱水が、本施設周辺の地盤のうちd u層の収着性に影響を与える可能性がある。なお、本施設周辺の地盤のうち帯水層は、地下水の希釈によって影響は小さく考慮しない。</p>
	<p>廃棄物層における酸化還元環境の変化(WC05)、金属の腐食(WC06)は、側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性に影響しない。</p>	<p>金属の腐食(WC06)による酸化還元環境の変化(WC05)は、充填砂及び中間覆土の収着性に影響を与える可能性がある。</p>	<p>金属の腐食(WC06)による酸化還元環境の変化(WC05)、本施設周辺の地盤のうちd u層の収着性に影響を与える可能性がある。なお、本施設周辺の地盤のうち帯水層は、地下水の希釈によって影響は小さく考慮しない。</p>
側部低透水性覆土， 最終覆土	<p>側部低透水性覆土及び最終覆土の化学特性(BC01)としての雨水等の浸透水による地下水化学・地下水との反応(BC02)、化学的変質・移動(BC03)、pHの変化(BC04)、酸化還元環境の変化(BC05)に関係し、ベントナイト混合土中のモンモリロナイトの溶出によって、側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性に影響する可能性がある。</p>	<p>側部低透水性覆土及び最終覆土の化学特性(BC01)に関して、雨水等の浸透水による地下水化学・地下水との反応(BC02)、化学的変質・移動(BC03)、pHの変化(BC04)、酸化還元環境の変化(BC05)が、充填砂及び中間覆土の収着性に影響する可能性がある。</p>	<p>側部低透水性覆土及び最終覆土の化学特性(BC01)に関して、雨水等の浸透水による地下水化学・地下水との反応(BC02)、化学的変質・移動(BC03)、pHの変化(BC04)、酸化還元環境の変化(BC05)に関係し、本施設周辺の地盤のうちd u層の収着性に影響を与える可能性がある。なお、本施設周辺の地盤のうち帯水層は、地下水の希釈によって影響は小さく考慮しない。</p>
本施設周辺の地盤， 地下水	<p>地盤の化学特性(SC01)としての雨水等の浸透水による地下水化学・地下水との反応(SC02)、化学的変質・移動(SC03)、pHの変化(SC04)、酸化還元環境の変化(SC05)に関係し、ベントナイト混合土中のモンモリロナイトの溶出によって、側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性に影響する可能性がある。</p>	<p>地盤の化学特性(SC01)としての雨水等の浸透水による地下水化学・地下水との反応(SC02)、化学的変質・移動(SC03)、pHの変化(SC04)、酸化還元環境の変化(SC05)は、充填砂及び中間覆土の収着性に影響する可能性がある。</p>	<p>地盤の化学特性(SC01)としての雨水等の浸透水による地下水化学・地下水との反応(SC02)、化学的変質・移動(SC03)、pHの変化(SC04)、酸化還元環境の変化(SC05)は、自身の収着性に影響する可能性がある。</p>

第6表 影響事象分析表（化学）（2/2）

影響先		側部低透水性覆土及び最終覆土 【低透水性】	充填砂及び中間覆土（最上段を除く） 【収着性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
影響元				
各部材共通		廃棄物層に含まれる有機物のアルカリ分解反応によって生成する物質が錯体を形成（BC07）する可能性がある（有機物の影響（BC09））が、側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性に影響は生じない。	廃棄物層に含まれる有機物のアルカリ分解反応によって生成する物質が錯体を形成（WC07, SC07）し、充填砂及び中間覆土の収着性に影響する可能性がある。（有機物の影響（WC09, SC09））	廃棄物層に含まれる有機物のアルカリ分解反応によって生成する物質が錯体を形成（WC07, SC07）し、本施設周辺の地盤のうちd u層の収着性に影響を与える可能性がある。（有機物の影響（WC09, SC09））なお、本施設周辺の地盤のうち帯水層は、地下水の希釈によって影響は小さく考慮しない。
		間隙水中のコロイド生成（BC08）は、側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性に影響しない。	間隙水中のコロイド生成（WC08, SC08）は、充填砂及び中間覆土の収着性に影響する可能性がある。	間隙水中のコロイド生成（WC08, SC08）は、本施設周辺の地盤のうちd u層の収着性に影響を与える可能性がある。なお、本施設周辺の地盤のうち帯水層は、地下水の希釈によって影響は小さく考慮しない。
		微生物の活動（微生物の影響（BC10））によって有機物の分解が生じる可能性があるが、側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性に影響しない。	微生物の活動（微生物の影響（WC10, SC10））によって有機物の分解が生じ、生成する物質によって充填砂及び中間覆土の収着性に影響する可能性がある。	微生物の活動（微生物の影響（WC10, SC10））によって有機物の分解が生じ、生成する物質によって本施設周辺の地盤のうちd u層の収着性に影響を与える可能性がある。なお、本施設周辺の地盤のうち帯水層は、地下水の希釈によって影響は小さく考慮しない。
	間隙水の放射線分解（WR02, BR02）によって、ガスが発生する可能性はあるが、廃棄物の放射線量は小さいため、影響は無視できる。			
自然現象	津波	津波による最終覆土の低透水性への影響はない。	津波によって、海水が廃棄物埋設地周辺に流入することで、地下水の化学特性に変化が生じるが、一時的なものであり、かつ施設内への浸透水量は小さいため、その他の化学的影響に包含されるため、影響は無視できる。	津波によって、海水が廃棄物埋設地周辺に流入することで、地下水の化学特性に一時的に影響する可能性がある。
	降下火砕物	降下火砕物による地下水の水質の変化が考えられるが、影響期間は短期であり、範囲が限定されるため、影響は無視できる。		

各バリア機能への直接的な影響を緑で識別する。

5 参考文献

- (1) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会（平成15年）：
廃棄物安全小委員会報告書－高レベル放射性廃棄物処分の安全規制
に係る基盤確保に向けて－
- (2) Nuclear Energy Agency (2019) :International Features, Events
and Processes (I F E P) List for the Deep Geological
Disposal of Radioactive Waste
- (3) International Atomic Energy Agency (2004) :Safety Assessment
Methodologies for Near Surface Disposal Facilities:Results
of a coordinated research project
- (4) 電気事業連合会 核燃料サイクル開発機構（2005）：T R U廃棄物
処分技術検討書－第2次T R U廃棄物処分研究開発取りまとめ－根
拠資料集分冊3 F E P
- (5) Erich Wieland, Luc R. Van Loon(2003):Cementitious Near-Field
Sorption Data Base for Performance Assessment of an ILW
Repository in Opalinus Clay, PSI Bericht Nr. 03-06

以上

影響評価によって影響なしと判断した根拠

目 次

1	金属腐食の影響.....	1
1. 1	金属腐食による膨張変形.....	1
1. 2	金属腐食によるガス発生.....	9
2	ベントナイト混合土の膨潤の影響.....	10
3	ベントナイト混合土の浸透水の反応の影響.....	12
4	コロイド生成の影響.....	13
5	有機物の影響.....	14
6	微生物の影響.....	14
7	参考文献.....	15

1 金属腐食の影響

1. 1 金属腐食による膨張変形

廃棄物には、容器である鉄箱を含め金属が含まれており、金属周辺の環境条件に依存した電気化学反応によって金属が腐食し、腐食生成物が生成されることで、体積膨張が生じることが想定される（以下「金属の腐食膨張」という。）。金属の腐食膨張は、力学的影響としてベントナイト混合土を変形させることで低透水性に影響を与える可能性がある。このため、金属腐食による化学的反応の量的関係から、金属の腐食膨張量について評価する。

(1) 評価条件

金属の腐食膨張量の評価では、埋設される金属量が多く、金属の腐食膨張量も多くなると考えられる埋設トレンチを対象とする。

金属は周辺の環境（水や酸素）との相互作用（電気化学的腐食）を生じる。埋設トレンチ内における金属の電気化学的腐食に関連する環境条件としては、水分量（飽和度）、雨水等の埋設トレンチ内に浸透する水の水質（酸化還元電位（Oxidation-Reduction Potential。以下「ORP」という。）、pH及び水温）、酸素（浸透水中に含まれる溶存酸素）である。これらの埋設トレンチ内の環境条件として、以下の状態を想定する。

(飽和度について)

埋設トレンチ内は地下水面の上に位置し、上部を最終覆土（低透水性土層）、側部を側部低透水性覆土のベントナイト混合土に囲われた環境にあり、雨水等の浸透水量は最も厳しい状態においても、 $0.003 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{y})$ 以下に抑制される。このため、周辺から浸透する雨水等によって、埋設トレンチ内が飽和することは想定されないことから、極めて低い飽和度になると考えられる。したがって、電気化学的腐食による反応は著しく抑制される環境下が想定される。飽和度の設定については、廃止措置の開始後の評価

に用いる「廃棄物埋設地内の飽和度」と同じ 17%と設定する。

(浸透水の温度について)

埋設トレンチ内へ浸透する水は雨水等であることから、浸透水の温度は、気温の年平均程度と想定し、14℃と設定する。

(溶存酸素について)

大気中の酸素を含んだ雨水等が埋設トレンチ内に浸透し、金属と接触すると考えると、雨水の溶存酸素濃度は 10.31 ppm (大気圧環境下で塩濃度 0, 水温 14℃の飽和溶存酸素濃度：J I S K 0102_2016) が想定される。

埋設完了後の初期には、埋設トレンチ内に存在する酸素量が腐食に用いられる酸素消費型の好気性条件の腐食環境が想定される。また、埋設トレンチ内は地下水面の上に位置し、不飽和状態が維持されるため、供給される酸素量は最終覆土のベントナイト混合土層を通過して浸透する雨水等の浸透水量に依存すると考える。

(O R Pについて)

埋設トレンチ周辺の現地地下水の成分分析結果は飽和カロメル電極に対して 153 mV であり、埋設トレンチ内も初期は同様と想定する。埋設完了後の初期には埋設トレンチ内に存在する酸素が腐食に用いられる酸素消費型の好気性条件の腐食環境が想定される。

(p Hについて)

埋設トレンチ内の p Hは、現地地下水の成分分析結果から 8 程度であり、埋設トレンチ内も初期は同様と想定する。

以上のことから、埋設トレンチ内の環境条件の設定の考え方を踏まえ設定する。埋設トレンチ内の環境条件の設定の考え方と設定を第 1 表に示す。

第1表 埋設トレンチ内の環境条件の設定の考え方と設定

条件	設定	設定の考え方
飽和度	17%	廃止措置の開始後の評価に用いる「廃棄物埋設地内の飽和度」と同じ設定とした。
浸透水の温度	14℃	現在の気温と同等であると想定した。
溶存酸素	10.31 ppm	気温と同等の水温 14℃の飽和溶存酸素濃度から設定。
ORP	好气的条件	現地地下水の成分分析結果より、埋設完了後の初期には、ORPが 153mV の好气的条件を想定する。
pH	8程度	現地地下水の成分分析結果より、埋設完了初期には、8程度を想定する。

(2) 金属種類の設定

金属類の廃棄物は、炭素鋼が大部分を占める。また収納に用いる鉄箱には炭素鋼が用いられる。したがって、代表とする金属は鉄を設定する。なお、金属類の廃棄物には、炭素鋼以外にはステンレス鋼及びアルミニウムが計画されている。ステンレス鋼は炭素鋼と同様に鉄に分類でき、アルミニウムは金属類の廃棄物全体で約6,100トンのうち約4トンと少ないため、影響は無視できる。

(3) 腐食生成物の設定

腐食生成物は埋設トレンチ内の環境条件から、生成が予想される形態が決まる。腐食生成物の設定では、「(1) 評価条件」における環境下に対し、生成される腐食生成物を定量的に同定した知見がないことから、環境条件及び文献⁽¹⁾⁽²⁾を参考に、金属腐食に伴う膨張に大きく寄与すると考えられる腐食生成物 $Fe(OH)_2$ (水酸化鉄(II)) を設定した。

(4) 腐食膨張率の設定

腐食膨張倍率は、腐食生成物 $Fe(OH)_2$ (水酸化鉄(II)) を用いて設定する。腐食生成物の腐食膨張倍率の算定金属の腐食に伴う腐食生成物は、腐食に伴い酸素を取り込み形成される。そのため、拘束などがない環境において生成する腐食生成物は、かさ密度^{*1}と呼ばれるもので評価されることが実態である。一方で、埋設トレンチ内においては、廃棄物は周囲が覆土により拘束された状態である。いずれの場合においても、かさ密度を考慮した定量的な腐食生成物の膨張倍率に関する知見がない。そのため、ICSDの無機結晶構造データベース(化学情報協会)⁽²⁾に示される理論密度を用いて、 Fe の1mol当たりの質量に相当する体積(L_{Fe})が腐食し、 $Fe(OH)_2$ となった場合の体積($L_{Fe(OH)_2}$)の比より、理論的な体積膨張率(β)を求めた。

$$\text{体積膨張率}(\beta) = \text{モル体積}(L_{Fe(OH)_2}) / \text{モル体積}(L_{Fe})$$

体積膨張率の算定に用いた設定値を第2表に示す。水酸化鉄(II)の体積膨張率は3.48となったため、腐食膨張率の設定は、保守的に4倍と設定する。

※1: かさ密度とは、「質量」から「かさ容積」を除いた密度を指す。また、かさ容積は、開気孔(外部に通じている気孔)、閉気孔(固体内に閉じ込められている気孔)両方の体積を含んだ容積である⁽³⁾。

第2表 Fe及びFe(OH)₂の設定値

原子・化合物	モル質量 (g/mol)	理論密度 (g/cm ³)	モル体積L (cm ³ /mol)
Fe	55.845	7.87	7.096
Fe(OH) ₂	89.860	3.64	24.687

(5) 腐食膨張量評価のパラメータ設定

金属の腐食膨張量は、「(1) 評価条件」における埋設環境条件を踏まえて腐食が起こる原因となる金属が多く埋設される西側のトレンチとした。また、金属類の埋設トレンチ内に定置される鉄箱は、トレンチ1区画内に10 cm 間隔で埋設されるため、隣り合う鉄箱の膨張量は、相互に影響するものと考え、トレンチ1区画（金属廃棄物：5個×10個×3段）で評価した。なお、トレンチ区画の間は短いところでも1.3 mの間隔があり、相互に影響することはないと考える。

また、埋設トレンチは、上部及び側部をベントナイト混合土で覆われており、浸透水量を低減する構造としている。このため、金属腐食の反応に必要な、酸素と水がほとんど存在しない環境になると考えられる。したがって、埋設トレンチ内の金属腐食の反応は、好氣的条件として埋設完了後の初期においては埋設トレンチ内に存在する酸素と反応し、埋設トレンチ内の酸素が消費された後は、雨水等の浸透水中に溶存する酸素と反応するものとする。金属の腐食膨張量の評価に必要なパラメータを第3表に示す。

第3表 腐食膨張量の評価に用いた設定値

項目	設定値 (単位)	設定の考え方
埋設トレンチ 1区画寸法 (東西方向)	16 (m)	線量評価パラメータ※「廃棄物埋設地平面積」の算出に用いている設計寸法 15.1 m を保守的に切上げて設定した。
埋設トレンチ 1区画寸法 (南北方向)	9 (m)	線量評価パラメータ※「廃棄物埋設地平面積」の算出に用いている設計寸法 8.5 m を保守的に切上げて設定した。
埋設トレンチ の 高さ	5 (m)	設計寸法 4.41 m を保守的に切上げて設定した。
埋設トレンチ 内の容積	720 (m ³)	上記の埋設トレンチの区画寸法から算定し、設定した。
充填砂／中間 覆土の体積割合	0.83 (-)	線量評価パラメータ※「西側トレンチ及び東側トレンチ内の充填砂／中間覆土の体積割合」のうち西側トレンチの値で設定した。
金属の密度	7,800 (kg/m ³)	線量評価パラメータ※の算定に用いている「金属廃棄物の密度」と同じ値で設定した。
鉄箱の寸法 (縦横)	1.4 (m)	金属廃棄物を収納する鉄箱外形の想定で設定した。
鉄箱の寸法 (高さ)	0.9 (m)	金属廃棄物を収納する鉄箱外形の想定で設定した。
間隙率	0.5 (-)	線量評価パラメータ※「廃棄物埋設地内の充填砂／中間覆土の間隙率」と同じ値で設定した。
飽和度	0.17 (-)	線量評価パラメータ※「廃棄物埋設地内の飽和度」と同じ値で設定した。
溶存酸素濃度	10.31 (ppm)	気温と同等の水温 14℃の飽和溶存酸素濃度から設定。
区画内の鉄箱 の定置数	150 (個)	設計における定置計画 (5個×10個×3段) から設定。
水の密度	1,000 (kg/m ³)	J I S A 1225_2020 の蒸留水の密度 (14℃の値) を有効数字二桁に切り上げて設定した。
空気中の酸素 密度	0.3 (kg/m ³)	空気中の酸素濃度を 21%, 酸素分子量を 32, モル体積を 0.0224 m ³ /mol で算定。
浸透水量	0.003 (m/y)	線量評価パラメータ※「年間浸透水量」における最も厳しい設定と同じ値で設定した。
腐食反応の 鉄・酸素の原 子量比	3.49 (-)	Fe の原子量を 55.845, O の原子量を 16 とし、腐食反応は以下の式を想定して、1:1 と想定し、算出した。 $\text{Fe} + 1/2 \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$

※「補足説明資料5 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第十三条（ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地）第1項第三号及び第四号への適合性について 線量評価パラメータ」

(6) 金属の腐食膨張量評価

埋設トレンチ内の金属廃棄物が収納された鉄箱は、相互に連結されたものではなく、一定の間隔をもって定置されるため、鉛直及び水平方向に平均的に膨張することを想定して評価した。

鉛直・水位方向への変形による膨張量は、埋設トレンチ1区画内の鉄箱の体積膨張比を算出し、これを1方向当たりの膨張比に三乗根を用いて変換することにより、鉄箱の外形に着目した鉛直及び水平方向でそれぞれ評価した。

(鉛直方向)

$$\begin{aligned} & \text{金属の腐食による埋設トレンチ内の金属全体の膨張量 (鉛直方向) (m)} \\ & = (\text{埋設トレンチ内の鉄箱全体の寸法 (三段分) (m)} \times 1 \text{ 方向当たりの鉄箱の膨張比 (-)}^{*1}) \times 2 - \text{埋設トレンチ内の鉄箱全体の寸法 (三段分)} \\ & \quad \text{(m)} \end{aligned}$$

(水平方向)

$$\begin{aligned} & \text{金属の腐食による埋設トレンチ内の金属全体の膨張量 (水平方向) (m)} \\ & = (\text{埋設トレンチ内の鉄箱全体の寸法 (南北方向) (m)} \times 1 \text{ 方向当たりの鉄箱の膨張比 (-)}^{*1}) \times 2 - \text{埋設トレンチ内の鉄箱全体の寸法 (南北方向) (m)} \end{aligned}$$

※1: 1方向当たりの鉄箱の膨張比 (-) = (埋設トレンチ1区画内の金属の体積膨張比 (-))^{*2} の三乗根

※2: 埋設トレンチ1区画内の金属の体積膨張比 (-)

$$\begin{aligned} & = (\text{埋設トレンチ1区画内の鉄箱の体積 (健全時) (m}^3\text{)} + \text{埋設トレンチ1区画内の金属の体積膨張量 (金属腐食) (m}^3\text{)}^{*3}) \div \text{埋設トレンチ1区画内の鉄箱の体積 (健全時) (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

なお、※3 埋設トレンチ 1 区画内の金属の体積膨張量（金属腐食）（ m^3 ）は、「埋設完了後の埋設トレンチ内に存在する酸素による腐食」と「浸透水の溶存酸素による腐食」でそれぞれ以下のとおり算出した。

(i) 埋設完了後の埋設トレンチ内に存在する酸素による腐食

埋設トレンチ 1 区画の体積膨張量（金属腐食の膨張のみ）（ m^3 ）

= 腐食体積（ m^3 ） $^{*4} \times$ （金属の腐食膨張倍率 - 1）

※4：腐食体積（ m^3 ）

= 埋設トレンチ内の酸素量（kg） $^{*5} \times$ 腐食反応の鉄・酸素の原子量比
÷ 金属の密度（ kg/m^3 ）

※5：埋設トレンチ内の酸素量（kg）

= 埋設トレンチ内の水分中の酸素量（kg） $^{*6} +$ 埋設トレンチ内の空気中の酸素量（kg） *7

※6：埋設トレンチ内の水分中の酸素量（kg）

= 埋設トレンチ内の水分量（ m^3 ） $^{*8} \times$ 溶存酸素濃度（ kg/m^3 ）

※7：埋設トレンチ内の空気中の酸素量（kg）

= 埋設トレンチ内の空気量（ m^3 ） $^{*9} \times$ 空気中の酸素密度（ kg/m^3 ）

※8：埋設トレンチ内の水分量（kg）

= 埋設トレンチ内の容積（ m^3 ） \times 間隙率 \times 飽和度 \times 水の密度（ kg/m^3 ）

※9：埋設トレンチ内の空気量（ m^3 ）

= 埋設トレンチ内の容積（ m^3 ） \times 間隙率 \times （1 - 飽和度）

(ii) 浸透水の溶存酸素による腐食

埋設トレンチ内への年間浸透水量に含まれる酸素量を推定し、金属の腐食量に換算して、年間での腐食膨張量を評価した。算出過程を以下に示す。

埋設トレンチ 1 区画の体積膨張量（金属腐食の膨張のみ）（ m^3 ）
 $=$ 腐食体積（ m^3 ） \times ※10 \times （金属の腐食膨張倍率 -1 ）

※10：腐食体積（ m^3 ）

$=$ 埋設トレンチ内への浸透水中の酸素量（ kg/y ） \times ※11 \times 腐食反応の鉄・
 酸素の原子量比 \div 金属の密度（ kg/m^3 ）

※11：浸透水中の酸素量（ kg/y ）

$=$ 埋設トレンチ内への浸透水量（ $m^3 / (m^2 \cdot y)$ ） \times 埋設トレンチ 1 区
 画の水平面積（ m^2 ） \times 溶存酸素濃度（ kg/m^3 ）

上記の算出過程に従い、埋設トレンチ 1 区画での腐食膨張量を算出した結果は、第 4 表のとおりとなった。埋設完了後の埋設トレンチ内に存在する酸素による腐食膨張量は、水平方向で約 4mm であることからベントナイト混合土に作用する変形量は軽微であり、ベントナイト混合土の低透水性に影響はないと考える。

第 4 表 鉛直・水平方向への変形による腐食膨張量

酸素の要因	方向	腐食膨張量（単位）
埋設完了後の埋設トレンチ内に存在する酸素による腐食	鉛直	0.69（mm）
	水平	3.6（mm）
浸透水の溶存酸素による腐食	鉛直	4.1×10^{-5} （mm/y）
	水平	2.2×10^{-4} （mm/y）

1. 2 金属腐食によるガス発生

埋設トレンチ内の環境条件では、酸素消費型の好気性条件の腐食環境と考えられるため、炭素鋼の腐食に伴う水素ガスの発生は考えられない。

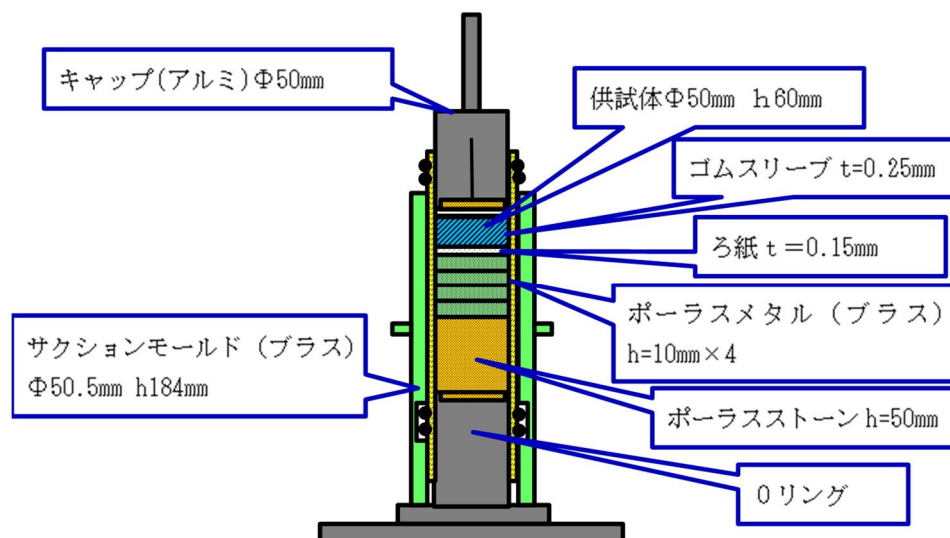
また、埋設トレンチ内は、上部及び側部をベントナイト混合土に覆われ、地下水面より上に位置するため、内部は不飽和状態が維持される。このため、発生したガスは下部の通気層から抜けるものと考えられるため、ガス圧が上昇を続ける可能性は低い。

したがって、金属腐食によるガス発生が、ベントナイト混合土の低透水性に与える影響は、影響事象として考慮しない。

2 ベントナイト混合土の膨潤の影響

雨水等によってベントナイト混合土の表面に水が浸透する。その際、表面のベントナイト混合土が吸水膨潤しようとするが、力学的には最終覆土による上載荷重が混合土の膨潤圧を上回る場合は、ベントナイト混合土は吸水膨潤による影響は生じない。

浸透した雨水等によるベントナイト混合土の吸水膨潤が、ベントナイト混合土の透水性に与える影響を評価するため、三軸圧縮試験装置(第1図参照)を利用して、側圧を維持したまま、軸圧を低くし変形挙動の確認及び変形後の透水試験を実施した。

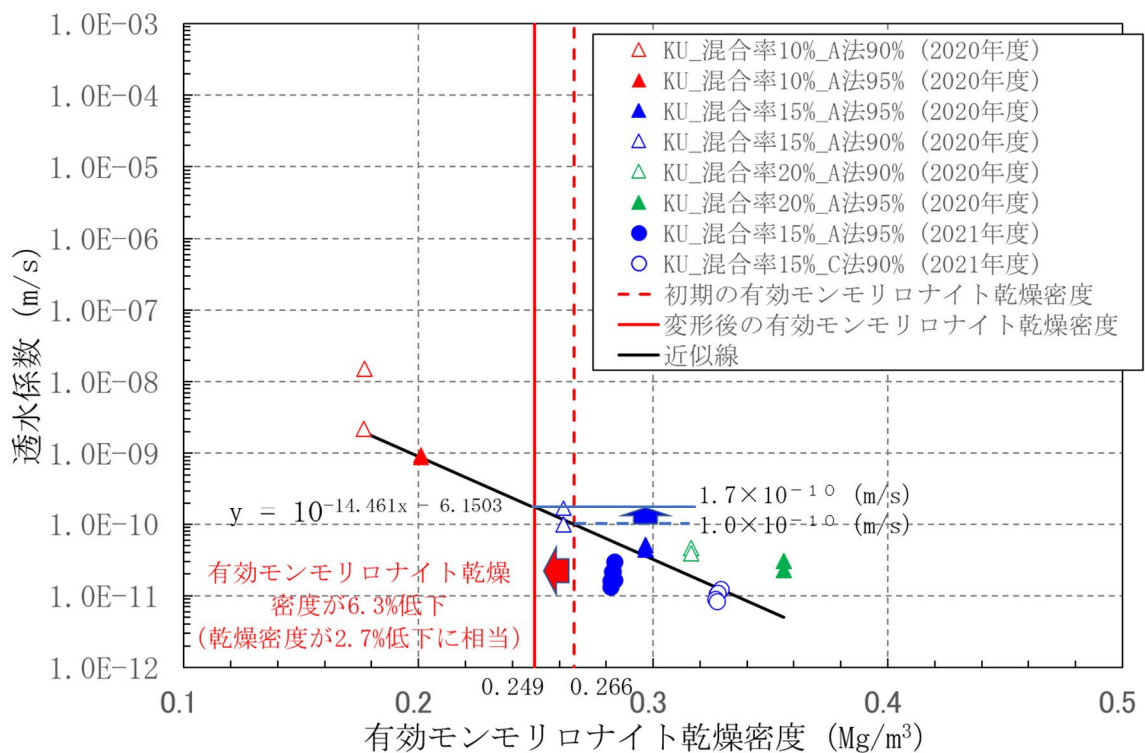


第1図 三軸圧縮試験装置の構成

試験体（直径 50mm，高さ 60mm）には，ベントナイト混合土 1 種類（配合：乾燥質量比でクニゲル U（15%）＋久慈川砂（85%））を対象とし，拘束圧を保守的に 10kPa（最終覆土の土被り圧は約 20kPa で施工を計画）の条件で実施した。

透水試験の結果，見かけの透水係数（供試体が完全に飽和していないため）が収束した時点の変位量は 1.7mm となった。これは初期高さ 60mm に対して 2.8%の膨潤率となり，乾燥密度の低下量に換算すると 2.7%であり，有効モンモリロナイト乾燥密度では 6.3%の低下に相当する。

初期の透水係数を 1.0×10^{-10} (m/s) とした場合，吸水膨潤後の透水係数の推定は 1.7×10^{-10} (m/s) であり 2 倍未満の上昇であった（第 2 図参照）。



第 2 図 膨潤後の透水係数の推定

ベントナイト混合土の施工においては、本試験条件の 10kPa を上回る約 20kPa の最終覆土の土被り圧で施工する計画であり、透水係数の上昇の影響はより小さいものとなる。したがって、吸水膨潤は、初期の透水係数から大きく影響するものではないため、影響事象として考慮しない。

3 ベントナイト混合土の浸透水の反応の影響

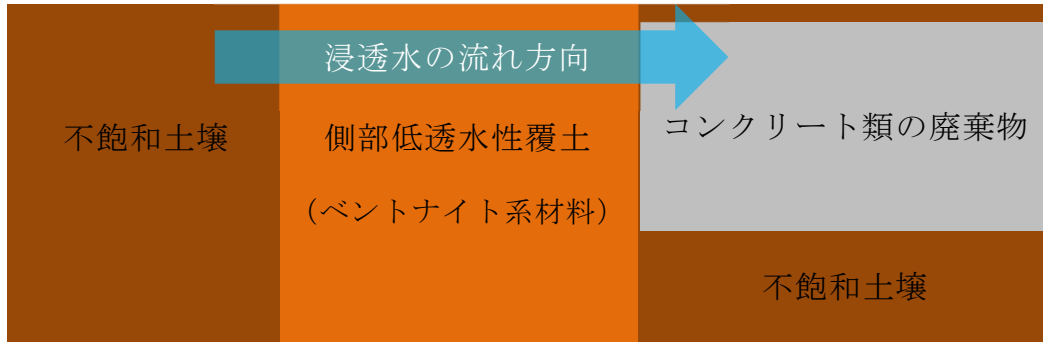
側部低透水性覆土の透水性は、ベントナイト系材料に含まれる膨潤性鉱物であるモンモリロナイトが寄与することが知られている⁽⁴⁾。埋設トレンチ中には、セメント系材料が用いられた生体遮へい体であるコンクリート類の廃棄物が、側部低透水性覆土に隣接して埋設される。コンクリート類の廃棄物と接触した浸透水は、溶出するカルシウム成分によって、高アルカリ性となる。高アルカリ性の間隙水は、ベントナイト系材料中のモンモリロナイトを溶解又は変質させ、側部低透水性覆土の低透水性の機能が次第に低下することが懸念される。

廃棄物埋設地に降った雨水等は土壤中を浸透し、側部低透水性覆土の外側から埋設トレンチ内側に向かって浸透する。したがって、水理的には側部低透水性覆土からコンクリート類の廃棄物への流れとなる。また、年間の浸透水量は $0.003\text{m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{y})$ と非常に小さく、コンクリート廃棄物からの溶出水量も小さい。

コンクリート類の廃棄物の周囲は、不飽和土壌でありコンクリート廃棄物から溶出するカルシウム成分が側部低透水性側へ移行するには、浸透水の流れと逆らった拡散移行になる（第3図参照）。

したがって、コンクリート類の廃棄物からのカルシウム成分の溶出に伴うベントナイト系材料中のモンモリロナイトの溶解又は変質の影響は小さく、側部低透水性覆土の化学的変質の影響は、影響事象として考慮しない。

なお、最終覆土（低透水性土層）はコンクリート類の廃棄物に隣接せず、間には中間覆土があるため、影響はない。



第3図 側部低透水性覆土周囲の概念図

4 コロイド生成の影響

金属類の廃棄物や鉄箱，コンクリートブロックに含まれる鉄筋を起源として，金属腐食に伴って鉄酸化物及び鉄水酸化物コロイドが生成することによって，放射性物質の移動挙動が変化することで，収着性に影響を与える可能性がある。また，側部低透水性覆土及び最終覆土に用いるベントナイト系材料中のモンモリロナイト成分等を起源として，雨水等の浸透水との反応によってコロイドを生成することで，収着性に影響を与える可能性がある。

収着性に関連する地下水移行において被ばく線量寄与の大きい放射性物質のうちH-3，C1-36は，収着性を期待できないため，収着分配係数を0としている。また，C-14は保守的に収着分配係数を0と設定することで，収着性を期待していない。したがって，金属腐食によるコロイド及びベントナイトコロイドの影響は，これらの放射性物質の移動挙動において，被ばく線量評価を低減する側に影響するものであり，コロイドの影響は考慮しない。

5 有機物の影響

廃棄物に含まれる有機物は、主にプラスチックシートに用いるポリエチレン等であり、有機物のアルカリ分解反応によって、放射性物質を捕捉する分解物が生成することが考えられる。有機物及びその分解生成物が浸透水中に存在する場合には、放射性物質と錯体を形成し、放射性物質の収着の低減により移動を促進することで、収着性に影響することが考えられる⁽⁵⁾。

収着性に関連する地下水移行において被ばく線量寄与の大きい放射性物質のうちH-3、C 1-36は、収着性を期待できないため、収着分配係数を0としている。また、C-14は保守的に収着分配係数を0と設定することで、収着性を期待していない。

有機物の影響が大きいものとして挙げられるものは、主に遷移金属及び α 核種であるが、これらの放射性物質は被ばく線量寄与が非常に小さく、有機物の影響も小さい。したがって、有機物の影響は考慮しない。

6 微生物の影響

廃棄物埋設地近傍に存在する微生物の活動によって、廃棄物埋設地内及び周辺地盤において、有機物が無機化し、収着性が低下することが考えられる。

無機化によって影響を受けるC-14の収着性については、保守的に収着分配係数を0と設定しており、微生物の影響を考慮しても収着性は変わらないため、微生物の影響は考慮しない。

7 参考文献

- (1) 三沢 俊平 (1985) : 鉄鋼の湿食形態と腐食生成物, 日本金属学会会報
- (2) 藤原 和俊 (2018) : 浅地中ピット処分環境における金属腐食による体積膨張挙動の調査, 電力中央研究所報告, Q18001
- (3) 一般社団法人 日本溶射学会 (2017) : 溶射工学便覧, 第 10 章 皮膜の性質と試験方法
- (4) 伊藤弘之, 三原守弘 (2005) : ベントナイト系材料の飽和透水係数の変遷評価式, J N C TN8400 2005-029
- (5) 電気事業連合会 核燃料サイクル開発機構 (2005) : T R U 廃棄物処分技術検討書-第 2 次 T R U 廃棄物処分研究開発取りまとめ-根拠資料集分冊 3 F E P

以上

I A E A, I S A M及び
廃棄物安全小委員会報告書の
人工バリアに関するF E Pリスト

IAEA, ISAM及び廃棄物安全小委員会報告書の

人工バリアに関するFEPリスト

特性	IAEA ISAMの FEPリスト	廃棄物安全小委員会報告書のFEP ^{*1}	
	廃棄物及び人工バリア (浅地中処分)	人工バリア及び天然バリア (高レベル放射性廃棄物処分)	
		緩衝材／埋め戻し材	母岩
温度	2.1.11 熱的プロセスと状態	B1.1 熱特性 B1.2 温度	H1.1 熱特性 H1.2 温度
水理	2.1.05 人工バリアシステムの 特性と変質過程 2.1.08 水理学／水文地質学的 プロセスと状態 2.1.12 ガス発生源と影響	B2.1 水理特性 B2.2 地下水流動 B2.3 飽和	H2.1 水理特性 H2.2 地下水流動 H2.3 飽和
力学	2.1.02 廃棄物の材料, 特性, 変質過程 2.1.03 容器の材料, 特性, 変 質過程 2.1.04 緩衝材／埋め戻し材の 材料, 特性, 変質過程 2.1.05 人工バリアシステムの 特性と変質過程 2.1.06 他の人工バリアの材 料, 特性, 変質過程 2.1.07 力学的プロセスと状態 2.1.12 ガス発生源と影響	B3.1 力学特性 B3.2 応力 B3.3 膨潤 B3.4 変形 B3.5 流出	H3.1 力学特性 H3.2 応力 H3.4 変形
化学	2.1.02 廃棄物の材料, 特性, 変質過程 2.1.03 容器の材料, 特性, 変 質過程 2.1.04 緩衝材／埋め戻し材の 材料, 特性, 変質過程 2.1.05 人工バリアシステムの 特性と変質過程 2.1.06 他の人工バリアの材 料, 特性, 変質過程 2.1.09 化学／地球化学的プロ セスと状態 2.1.10 生物学／生化学的プロ セスと状態 2.1.12 ガス発生源と影響	B4.1 化学特性 B4.2 地下水化学 B4.3 地下水との反応 B4.4 化学的変質 B4.5 微生物影響 B4.6 有機物影響 B4.7 コロイドの形成 B4.8 ガスの発生／影響 B4.9 塩の蓄積	H4.1 化学特性 H4.2 地下水化学 H4.3 地下水との反応 H4.4 化学的変質 H4.5 微生物影響 H4.6 有機物影響 H4.7 コロイドの形成 H4.8 ガスの発生／影響

特性	I A E A I S A M の F E P リスト	廃棄物安全小委員会報告書の F E P ※1	
	廃棄物及び人工バリア (浅地中処分)	人工バリア及び天然バリア (高レベル放射性廃棄物処分)	
		緩衝材／埋め戻し材	母岩
放射線	2.1.13 放射線影響 2.1.14 臨界	B5.1 核種の放射性崩壊 B5.2 地下水の放射線 分解	B5.1 核種の放射性崩壊
核種移行	2.1.01 インベントリ, 核種と 他の材料 3.2.01 汚染物質の溶解, 沈殿, 結晶化 3.2.02 汚染物質の化学種, 溶 解度 3.2.03 汚染物質の収着・脱着 プロセス 3.2.04 コロイドと汚染物質の 相互作用と移行 3.2.05 錯体生成による汚染物 質の化学種／移行への 影響 3.2.06 汚染物質の微生物／生 物／植物を介したプロ セス 3.2.07 水を媒介とした汚染物 質の移行 3.2.08 固体を媒介とした汚染 物質の移行 3.2.09 ガスを媒介とした汚染 物質の移行	B6.1 物質移動特性 B6.2 幾何形状・間隙 構造 B6.3 核種移行 B6.3.1 移流／分散 B6.3.2 拡散 B6.3.3 収着 B6.3.4 沈殿溶解 B6.3.5 コロイド移行 B6.3.6 ガスによる移行 B6.4 物質移動	H6.1 物質移動特性 H6.2 幾何形状・間隙 構造 H6.3 核種移行 H6.3.1 移流／分散 H6.3.2 拡散 H6.3.3 収着 H6.3.5 コロイド移行 H6.3.6 ガスによる移行 H6.4 物質移動 BS1.3.4 希釈
他	2.1.15 外来物質	—	—

※1：ガラス固化体及びオーバーパックに関する記載を除外した。