

# 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

廃棄物埋設地の状態設定

(影響事象分析)

2023 年 4 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	バリア材料の物性.....	1
2. 2	影響事象の抽出.....	2
2. 3	影響事象分析.....	4
3	検討結果.....	5
4	廃棄物埋設地の状態設定における影響評価.....	7
5	参考文献.....	24

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等の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、廃棄物埋設地における人工バリア及び天然バリアを構成する材料（以下「バリア材料」という。）の物理的・化学的性質（以下「物性」という。）への自然現象による変化を考慮した人工バリア及び天然バリアが有する放射性物質の移動抑制機能（以下「バリア機能」という。）に着目し、廃棄物埋設地の状態を設定する。なお、バリア材料については、廃止措置の開始後に想定される廃棄物埋設施設（以下「本施設」という。）の環境状態を踏まえ、線量評価においてバリア機能として考慮するものを対象としており、放射性物質の移動経路における天然バリアとして、本施設周辺の地盤を含めている。

廃棄物埋設地の状態の設定に当たっては、バリア材料の物性に影響する可能性のある事象を抽出・選定し、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<sup>(1)</sup>、OECD/NEA (2019)<sup>(2)</sup>及びIAEA-ISMAM<sup>(3)</sup>で整理されたFEP (Features, Events and Processes) リストを参考に、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、バリア材料の物性への影響を、熱 (T)、水理 (H)、力学 (M) 及び化学 (C) の観点で整理し、分析する。

## 2 検討内容

### 2. 1 バリア材料の物性

廃止措置の開始後は、人工バリアである側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透水性土層（以下「低透水性土層」という。）により、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。また、天然バリアである本施設周辺の地盤（du層及び帯水層）による放射性物質の収

着によって、廃棄物埋設地から漏出した放射性物質の移動を抑制する。

このため、バリア材料の物性は、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。バリア材料の物性を第1表に示す。

第1表 バリア材料の物性

バリア材料	物性	物性の内容
側部低透水性覆土及び低透水性土層	低透水性	埋設トレンチ内への雨水等の浸入を抑制することによって、廃棄物埋設地からの放射性物質の移動を抑制させる。
本施設周辺の地盤（du層及び帯水層）	収着性	放射性物質の収着によって、廃棄物埋設地から漏出した放射性物質の移動を抑制させる。

## 2. 2 影響事象の抽出

廃棄物埋設地の状態設定においては、廃棄物、廃棄物埋設地及び本施設周辺の地盤など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リストを参考に作成した。

- ① 廃棄物安全小委員会報告書のF E Pリスト<sup>(1)</sup>
- ② O E C D / N E Aの国際F E Pリスト(2019)<sup>(2)</sup>
- ③ I A E A - I S A MのF E Pリスト<sup>(3)</sup>

本施設のF E Pリストの作成に当たっては、廃棄物安全小委員会報告書の

F E P リスト<sup>(1)</sup>並びにO E C D / N E Aの国際F E P リスト (2019)<sup>(2)</sup>を  
対象にスクリーニングを行った。

廃棄物安全小委員会報告書のF E P リスト<sup>(1)</sup>のスクリーニングについて  
は、本施設に関連するF E Pとして、地下環境に係るF E P リストのうち、  
「緩衝材／埋め戻し材」及び「母岩（掘削影響領域，断層帯含む）」を選定し  
た。

O E C D / N E Aの国際F E P リスト (2019)<sup>(2)</sup>のスクリーニングについ  
ては、本施設に関連するF E Pとして、「2 廃棄物因子」，「3 埋設施設因子」  
及び「4 地圏因子」のF E P リストを選定した。

選定した各F E P リストの項目を第2表に示す。また，選定した各F E P  
リストの項目から整理した本施設のF E P リストを第3表に示す。

廃棄物安全小委員会報告書<sup>(1)</sup>では，我が国における放射性固体廃棄物の  
処分に適用可能な「統一的な安全評価の考え方」について提言しており，安  
全評価の対象を特定するに当たっては，**高レベル放射性廃棄物の地層処分か  
ら低レベル放射性廃棄物の浅地中処分まで幅広く適用できるよう，処分場閉  
鎖後の安全に関する要因が網羅的にリスト化された**O E C D / N E Aの国際  
F E P リスト (2000)<sup>(4)</sup>を用いて作成したF E P 間相互の影響関係を示す相  
関関係図（F E P リスト）として取りまとめていることから，これをスクリ  
ーニング対象とした。また，I A E A S S G - 1 4<sup>(5)</sup>において，O E C D  
/ N E Aの国際F E P リスト (2000)<sup>(4)</sup>はF E P 情報が国際的に収集された  
ものであることが言及されていることから，この最新版であるO E C D / N  
E Aの国際F E P リスト (2019)<sup>(2)</sup>をスクリーニング対象とした。

なお，I A E A - I S A MのF E P リスト<sup>(3)</sup>については，O E C D / N  
E Aの国際F E P リスト (2000)<sup>(4)</sup>を採用し，浅地中処分施設の長期的な安  
全性の評価に適したものに改訂されたものであることから，本施設がトレン

ち処分であることを踏まえ、本施設のF E Pリストとの網羅性も確認している（参考資料1「I A E A－I S A M等のF E Pリスト」を参照）。

以下に、選定した各F E Pリストの項目（第2表を参照）から本施設のF E Pリスト（第3表を参照）への整理作業の一例として、廃棄物層のうち、熱（T）についての整理結果を示す（参考資料1「I A E A－I S A M等のF E Pリスト」を参照）。

- ・廃棄物安全小委員会報告書のF E Pリスト<sup>(1)</sup>のスクリーニング結果  
廃棄物層に関連する因子として「緩衝材／埋め戻し材」から、「B1.1 熱特性」及び「B1.2 温度」を選定した。

- ・O E C D／N E Aの国際F E Pリスト（2019）<sup>(2)</sup>のスクリーニング結果  
廃棄物層に関連する因子として、「2 廃棄物因子」から「2.3.1.1 放射線による熱生成及び移動」、「2.3.1.2 化学的熱生成及び移動」及び「2.3.1.3 生物学的熱生成及び移動」を選定した。また、「3 埋設施設因子」から「3.2.1 熱的プロセス（埋設施設）」を選定した。

- ・本施設のF E Pリストの整理結果

廃棄物安全小委員会報告書のF E Pリスト<sup>(1)</sup>にて選定した「B1.1 熱特性」及び「B1.2 温度」については、「WT01 熱特性」及び「WT02 温度」として同様に整理した。また、O E C D／N E Aの国際F E Pリスト（2019）<sup>(2)</sup>にて選定した「2.3.1.1 放射線による熱生成及び移動」、「2.3.1.2 化学的熱生成及び移動」及び「2.3.1.3 生物学的熱生成及び移動」については、「WT03 熱生成及び熱移動」として1項目に整理し、「3.2.1 熱的プロセス（埋設施設）」については、「WT01 熱特性」として整理した。

## 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、バリア材料の物性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表に整理したバリア材料の物性に着目し、第3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。また、本施設特有のものとして、地表近くの擾乱の影響を想定しなければならない事象については、「補足説明資料1 地質環境等の状態設定」のなかで自然現象として抽出した。

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（「補足説明資料1 地質環境等の状態設定」において「廃棄物埋設地の状態設定において考慮する」とした自然現象を含む）の特性、そこで生じる事象やプロセスによって、対象とするバリア材料の物性に影響を与える可能性について分析を行った。分析の際には第2次TRUレポートのF E P辞書<sup>(6)</sup>等を参考とした。分析の結果を影響事象分析表として、第4表～第7表に示す。

なお、第3表に示す本施設のF E Pリストのうち、放射線学（放射線分解を除く）（R）及び核種移行（N）については、評価モデルの検討において考慮する。施工不良（Q）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。

### 3 検討結果

影響事象分析の結果から、廃棄物埋設地の状態設定においてバリア材料の物性への影響の可能性を考慮すべき影響事象として、以下を抽出した。

#### (1) 熱（T）

第4表に示すとおり考慮すべき影響事象はない。

## (2) 水理 (H)

側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に与える水理的影響事象として、ベントナイト混合土の飽和・不飽和の繰り返しによる乾湿の影響が考えられる。

「H1 ベントナイト混合土の乾湿」

## (3) 力学 (M)

側部低透水性覆土及び低透水性土層の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で、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。また、侵食により保護土層の土砂が流出し、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響を与える可能性がある。

「M1 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」

「M2 ベントナイト混合土の膨潤」

「M3 地震による廃棄物層の沈下（陥没現象）」

「M4 侵食」

## (4) 化学 (C)

側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に与える化学的影響事象として、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。また、本施設周辺の地盤（d u層）の収着性に与える化学的影響事象として、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（廃棄物と浸透水の反応）や廃棄物層の金属腐食（廃棄物と浸透水の反応）、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）の収着性への海水の浸透による影響の可能性が考えられる。

「C1 コンクリート廃棄物の溶脱（廃棄物と浸透水の反応）」

「C2 廃棄物層の金属腐食（廃棄物と浸透水の反応）」

「C3 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）」

「C4 バリア材料中でのコロイド生成」

「C5 バリア材料中の有機物（錯体形成含む）」

「C6 バリア材料中の微生物」

「C7 津波」

#### 4 廃棄物埋設地の状態設定における影響評価

影響事象分析における検討結果から、抽出されたバリア材料の物性に影響する可能性がある影響事象（12事象：H1, M1～M4, C1～C7）について、影響評価を行い、廃棄物埋設地の状態設定として以下のとおり考慮する。

なお、抽出した影響事象のうち、「H1 ベントナイト混合土の乾湿」、「M1 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」、「M2 ベントナイト混合土の膨潤」、「M4 侵食」、「C2 廃棄物層の金属腐食（廃棄物と浸透水の反応）」、「C4 バリア材料中でのコロイド生成」、「C5 バリア材料中の有機物（錯体形成含む）」及び「C6 バリア材料中の微生物」の影響については、影響事象として考慮しないと判断した（添付資料 1 「影

響評価によって影響なしと判断した根拠」を参照)。

(1) 「M3 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低透水性土層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。

なお、本事象による力学的影響の詳細については、補足説明資料 4「状態変化の評価」で説明する。

(2) 「C1 コンクリート廃棄物の溶脱 (廃棄物と浸透水の反応)」

雨水等の浸透水が、ベントナイト混合土への浸透やコンクリート類の廃棄物との接触によるカルシウム成分の溶脱により、浸透水の pH や酸化還元環境が変化することで、収着性に影響を与える可能性がある。

コンクリート類の廃棄物との接触によるカルシウム成分の溶脱による影響に比べて、ベントナイト混合土への浸透による影響は小さく、これに包含されるため、影響が考えられる本施設周辺の地盤 (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た水酸化カルシウム水溶液を用いて試験を行い、試験結果に基づき線量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。

なお、本事象による化学的影響の詳細については、補足説明資料 5「線

量評価パラメータ」のうち、添付資料1「収着分配係数」で説明する。

### (3) 「C3 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）」

雨水等の浸透水が、コンクリート類の廃棄物と接触すること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、高アルカリ性の間隙水がベントナイト混合土中のモンモリロナイトを溶解又は変質させ、低透水性に影響を与える可能性がある。

埋設トレンチ内における雨水等の浸透水の流れにおいて、低透水性土層及び側部低透水性覆土の低透水性によって浸透水量は少なくなっており、低透水性土層及び側部低透水性覆土から埋設トレンチ内に向かった流れとなることから、埋設トレンチ内から外への移流については考慮する必要はなく、移流効果による物質移行は生じないと考えられるが、拡散効果による物質移行によって、ベントナイト材料中のモンモリロナイトの溶解又は変質による影響が考えられる。

なお、本事象による化学的影響の詳細については、補足説明資料4「状態変化の評価」で説明する。

### (4) 「C7 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、試験結果に基づき線量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。

なお、本事象による化学的影響の詳細については、補足説明資料5「線量評価パラメータ」のうち、添付資料1「収着分配係数」で説明する。

第2表 選定したF E Pリストの項目（1 / 2）

対象文献	F E Pリスト		結果	除外理由
廃棄物安全 小委員会報 告書のF E Pリスト <sup>(1)</sup>	その1 地下環境	ガラス固化体	—	本施設に存在しない。
		オーバーパック	—	本施設に存在しない。
		緩衝材／埋め戻し材	○	—
		プラグ・グラウト・支保工等	—	本施設に存在しない。
		母岩（掘削影響領域，断層帯含む）	○	—
	その2 地表環境	帯水層	—	母岩（掘削影響領域，断層帯含む）のF E Pリストにおいて，周辺地盤（d u層及び帯水層）に関連するF E P選定を行っている。また，自然現象による影響については，地質環境等の状態設定において抽出している。
		地表水（河川・湖）	—	バリア材料の物性への影響がない。
		土壌・堆積土壌	—	母岩（掘削影響領域，断層帯含む）のF E Pリストにおいて，周辺地盤（d u層及び帯水層）に関連するF E P選定を行っている。また，自然現象による影響については，地質環境等の状態設定において抽出している。
		海洋	—	バリア材料の物性への影響に関係しない。
		海岸	—	バリア材料の物性への影響に関係しない。
		大気	—	バリア材料の物性への影響に関係しない。

第2表 選定したF E Pリストの項目（2 / 2）

対象文献	F E Pリスト		結果	除外理由
O E C D / N E A の 国 際 F E P リ スト (2019) (2)	1 外的因子	1.1 埋設施設の問題（閉鎖前）	—※	バリア材料の物性への影響に関係しない。
		1.2 地質学的因子	—	地質環境等の状態設定で抽出している。
		1.3 気候因子	—	地質環境等の状態設定で抽出している。
		1.4 将来の人間活動	—	地質環境等及び生活環境の状態設定で抽出している。
		1.5 その他外的因子	—	発生確率が極めて小さい。
	2 廃棄物因子	2.1 廃棄物形態	○	—
		2.2 廃棄物の特徴・特性	○	—
		2.3 廃棄物プロセス	○	—
		2.4 汚染物質の放出（廃棄物形態）	○	—
		2.5 汚染物質の移行（廃棄物）	○	—
	3 埋設施設因子	3.1 埋設施設の特徴・特性	○	—
		3.2 埋設施設プロセス	○	—
		3.3 汚染物質の移行（埋設施設）	○	—
	4 地圏因子	4.1 地圏の特徴・特性	○	—
		4.2 地圏プロセス	○	—
		4.3 汚染物質の移行（地圏）	○	—
	5 生物圏因子	5.1 地表環境	—	バリア材料の物性への影響に関係しない。
		5.2 人間の特征・行動	—	バリア材料の物性への影響に関係しない。
		5.3 汚染物質の移行（生物圏）	—	バリア材料の物性への影響に関係しない。
		5.4 被ばく因子	—	バリア材料の物性への影響に関係しない。

※：品質管理に係る事項（施工不良）のみ抽出する。

第3表 本施設のF E Pリスト

環境分類	廃棄物層	側部低透水性覆土及び低透水性土層	本施設周辺の地盤 (d u層及び帯水層)	覆土等 (保護工, 保護土層及び掘削抵抗性層)
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)	熱特性 (PT01) 温度 (PT02)
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・流体侵食 (BH05)	水理特性 (SH01) 飽和・不飽和 (SH02)  地下水流動 (SH04)	水理特性 (PH01) 飽和・不飽和 (PH02)  地下水流動 (PH04) パイピング・流体侵食 (PH05)
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)	力学特性 (PM01) 体積変化 (PM02) 応力 (PM03) 変形 (クリープ), 移動・流出 (PM04)
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)	化学特性 (PC01) 地下水化学・地下水(浸透水)との反応 (PC02) 化学的変質・移動 (PC03) p Hの変化 (PC04) 酸化還元環境の変化 (PC05)  錯体形成 (PC07) コロイド生成 (PC08) 有機物の影響 (PC09) 微生物の影響 (PC10)
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) 放射線分解 (SR02)	放射性崩壊及び生成 (PR01) 放射線分解 (PR02)
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) 沈殿溶解 (SN07) コロイド移行 (SN08) ガスによる移行 (SN09) 希釈 (SN10)	物質移動特性 (PN01) 幾何形状・間隙構造 (PN02) 核種移行 (PN03) 移流/分散 (PN04) 拡散 (PN05) 収着 (PN06) 沈殿溶解 (PN07) コロイド移行 (PN08) ガスによる移行 (PN09)
施工	施工不良 (WQ01)	施工不良 (BQ01)	—	施工不良 (PQ01)

第4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低透水性土層 【低透水性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
廃棄物層	F E P : WT01, WT02, WT03 廃棄物層の廃棄物に含まれる放射性物質の量は少ないため、廃棄物の温度、熱生成及び熱移動は極めて小さい。また、廃棄物の周囲に存在する充填砂や中間覆土のその他構成物も発熱することはないため、影響は無視できる。 考慮すべき影響事象：－	
側部低透水性覆土及び低透水性土層	F E P : BT01, BT02 側部低透水性覆土及び低透水性土層は発熱しないため、影響しない。 考慮すべき影響事象：－	
本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）及び地下水（浸透水を含む）	F E P : ST01, ST02 地下水（浸透水を含む）の温度の変動範囲はバリア材料の物性に影響を与えるものではない。また、本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）は発熱しないため、地盤温度はほとんど変化しないことから、影響しない。 考慮すべき影響事象：－	
覆土等（保護工，保護土層及び掘削抵抗性層）	F E P : PT01, PT02 覆土等は発熱しないため、影響しない。 考慮すべき影響事象：－	

バリア材料の物性に影響する可能性がある事象を緑，影響が小さく無視できる事象を青，影響がない事象を白で識別する。

考慮すべき影響事象がない場合は「－」とする。また，間接的な影響として抽出される事象は括弧書きで識別する。

第5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低透水性土層 【低透水性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
廃棄物層	<p>F E P : WH01, WH02, WH03</p> <p>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低透水性土層から廃棄物層へ浸透する水理特性となるため、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響しない。一方で、廃棄物層における飽和度や廃棄物と浸透水の接触等による水理影響が側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に間接的な化学的影響（WC02, WC03）を与える可能性がある。</p> <p>考慮すべき影響事象：（C3）</p>	<p>F E P : WH01, WH02, WH03</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ d u層 廃棄物層の水理特性は、本施設周辺の地盤（d u層）の収着性に直接的には影響しないが、廃棄物層における飽和度や廃棄物と浸透水の接触等による水理影響によって、間隙水中への溶出量が変化し、本施設周辺の地盤（d u層）の収着性に間接的な化学的影響（WC02）を与える可能性がある。</li> <li>・ 帯水層 廃棄物層の水理特性は、本施設周辺の地盤（帯水層）の収着性に影響しない。</li> </ul> <p>考慮すべき影響事象：（C1）</p>
側部低透水性覆土及び低透水性土層	<p>F E P : BH01, BH02</p> <p>側部低透水性覆土及び低透水性土層は、自身の水理特性に関係し、飽和・不飽和の繰り返しによる乾湿の影響によって低透水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低透水性土層の低透水性に間接的な化学的影響（BC02）を与える可能性がある。</p> <p>考慮すべき影響事象：H1, （C3）</p> <p>F E P : BH01, BH04, BH05</p> <p>側部低透水性覆土及び低透水性土層への雨水等の浸透はゆるやかであり、自身の水理特性にも関係し、パイピングや流体侵食は側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響しない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>	<p>F E P : BH01</p> <p>側部低透水性覆土及び低透水性土層の水理特性は、本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の収着性に影響しない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>
本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）及び地下水（浸透水を含む）	<p>F E P : SH01, SH02, SH04</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ d u層 本施設周辺の地盤（d u層）の水理特性として、側部低透水性覆土及び低透水性土層への雨水等の浸透はゆるやかであり、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響しない。</li> <li>・ 帯水層 雨水等の浸透水は、側部低透水性覆土及び低透水性土層から廃棄物層を経て帯水層に流れ込むため、本施設周辺の地盤（帯水層）より上流の側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響しない。</li> </ul> <p>考慮すべき影響事象：－</p>	<p>F E P : SH01</p> <p>本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の水理特性は、自身の収着性に影響しない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>



影響先 影響元	側部低透水性覆土及び低透水性土層 【低透水性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
覆土等（保護工，保護土層及び掘削抵抗性層）	<p>F E P : PH01, PH02, PH04, PH05</p> <p>覆土等の水理特性は，側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に対して，以下の特性を有している。 低透水性土層に対して，保護土層が飽和・不飽和の繰り返しによる乾湿影響を低減し，掘削抵抗性層が浸透水を適切に排水することによって侵食を防止する。一方で，側部低透水性覆土に対して，乾湿影響の低減や侵食防止の特性を直接的に担うのは，その上部に位置する低透水性土層であるが，掘削抵抗性層による排水が低透水性土層を侵食から保護しており，これも間接的に寄与している。 掘削抵抗性層は保護土層によって風化による劣化から保護されており，保護土層は保護工によって侵食による流出から保護されている。したがって，これらの特性が力学的影響（自然現象：侵食，風（台風）及び風化）によって大規模に喪失した場合には，側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響を与える可能性がある。</p> <p>考慮すべき影響事象：H1, (M4)</p>	<p>F E P : PH01</p> <p>覆土等の水理特性は，本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の収着性に影響しない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>

バリア材料の物性に影響する可能性がある事象を緑，影響が小さく無視できる事象を青，影響がない事象を白で識別する。

考慮すべき影響事象がない場合は「－」とする。また，間接的な影響として抽出される事象は括弧書きで識別する。

第6表 影響事象分析表（力学）

影響元 \ 影響先	側部低透水性覆土及び低透水性土層 【低透水性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
廃棄物層	<p>F E P : WM01, WM02, WM03, WM04, WM05, WM06</p> <p>廃棄物層の力学特性として、金属廃棄物の腐食に伴う応力による体積変化や応力腐食割れによって、廃棄物層が変形や移動・流出し、微小な空隙による廃棄物層の沈下が生じる可能性がある。また、金属廃棄物の腐食に伴い発生するガスによる膨張・爆発が生じることによって、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響を与える可能性がある。その他、廃棄物層の変形等によって廃棄物と浸透水の接触面積が増大することで、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に間接的な化学的影響（WC02）を与える可能性がある。</p> <p>考慮すべき影響事象：M1, M3, (C3)</p>	<p>F E P : WM01</p> <p>廃棄物層の力学特性による本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の収着性への影響はない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>
側部低透水性覆土及び低透水性土層	<p>F E P : BM01, BM02, BM03, BM04, BM05</p> <p>側部低透水性覆土及び低透水性土層の力学特性として、雨水等の浸透によるベントナイト混合土の膨潤等による体積変化や変形（クリープ）が自身の低透水性に影響を与える可能性がある。一方で、浸透水の流れは遅いことから、移動・流出による自身の低透水性への影響は小さく無視できる。</p> <p>考慮すべき影響事象：M2</p>	<p>F E P : BM01</p> <p>側部低透水性覆土及び低透水性土層の力学特性による本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の収着性への影響はない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>
本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）及び地下水（浸透水を含む）	<p>F E P : SM01, SM02, SM03, SM04</p> <p>本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の力学特性として、体積変化や応力による変形（クリープ）、移動・流出に起因した地盤沈下等の発生によって、側部低透水性覆土及び低透水性土層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低透水性土層の低透水性への影響は無視できる。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>	<p>F E P : SM01</p> <p>本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の力学特性は、自身の収着性に影響しない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>

影響先		側部低透水性覆土及び低透水性土層 【低透水性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
影響元			
覆土等（保護工，保護土層，掘削抵抗性層）		<p>F E P : PM01, PM02, PM03, PM04</p> <p>覆土等の力学特性は，側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に対して，以下の特性を有している。 低透水性土層に対して，保護土層が侵食による流出を防止する。一方で，側部低透水性覆土に対して，侵食防止の特性を直接的に担うのは，その上部に位置する低透水性土層であるが，保護土層が低透水性土層を侵食から保護しており，これも間接的に寄与している。また，側部低透水性覆土及び低透水性土層に対して，各上部に位置する覆土が吸水膨潤による体積変化を拘束圧によって抑制し，掘削抵抗性層が樹木の根による損傷を防止する。 掘削抵抗性層は保護土層によって風化による劣化から保護されており，保護土層は保護工によって侵食による流出から保護されている。 したがって，これらの特性が力学的影響（自然現象：侵食，風（台風）及び風化）によって大規模に喪失した場合には，側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響を与える可能性がある。</p> <p>考慮すべき影響事象：M2, M4</p>	<p>F E P : PM01</p> <p>覆土等の力学特性は本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の収着性に影響しない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</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埋設トレンチに陥没が生じ，側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響を与える可能性がある。</p> <p>考慮すべき影響事象：M3</p>	<p>地震によって生じる応力及び振動から，本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の収着性に影響しない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</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低透水性土層の低透水性への影響は無視できる。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>	<p>液状化は発生しない地盤であるため，本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の収着性に影響しない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>
	侵食	<p>降雨による侵食として，雨水流による表面侵食が斜面全体で発生する。雨水流による表面侵食で形成された微小なくぼみに水が集まり，水の掃流力により洗掘されることでリル侵食が発生する。リル侵食は，隣のリルと合流して太いリルとなって流量流速が増し，傾斜の転換点を掃流により選択的に侵食し，ガリ侵食が発生する。このため，侵食により保護土層の土砂が流出し，側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響を与える可能性がある。</p> <p>考慮すべき影響事象：M4</p>	<p>侵食は本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の収着性に影響しない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>

影響元		影響先	
		側部低透水性覆土及び低透水性土層 【低透水性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
自然現象	生物学的事象	<p>樹木の植生として、樹木の根は柔らかく伸びやすい場所に張られる特性をもつが、廃棄物埋設地の最終覆土では、低透水性土層の上部に栗石等を使用した掘削抵抗性層及び締固めた保護土層を設置し、最終覆土の上部には栗石等を使用した保護工を設置することから、樹木の根の生長に適さない環境となっている。このため、側部低透水性覆土及び低透水性土層への根の到達は考えにくい。このうち、掘削抵抗性層及び保護工の栗石等は粒径が大きく、保護工は栗石等を密に敷き詰めて施工するため、樹木の植生によってこれらが損壊することは想定されない。また、栗石等は天然の土質系材料であるため、樹木の植生による影響によって性状が変化することはない。このため、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性への影響は無視できる。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>	<p>生物学的事象は本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の収着性に影響しない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>
	風（台風）	<p>廃棄物埋設地の最終覆土では、低透水性土層の上部に栗石等を使用した掘削抵抗性層及び締固めた保護土層を設置し、最終覆土の上部には割栗石で保護工を設置する。このうち、保護工は粒径の大きな割栗石を密に敷き詰めて施工するが、風（台風）の影響によって飛散する可能性がある。保護工が飛散した場合には、下層の保護土層の侵食が進み、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響を与える可能性がある。このため、風（台風）は考慮すべき影響事象として力学的影響（自然現象：侵食）に含める。</p> <p>考慮すべき影響事象：M4</p>	<p>風（台風）は本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の収着性に影響しない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>
	降雹	<p>廃棄物埋設地の最終覆土では、低透水性土層の上部に栗石等を使用した掘削抵抗性層及び締固めた保護土層を設置し、最終覆土の上部には栗石等で保護工を設置する。このうち、掘削抵抗性層及び保護工の栗石等は粒径が大きく、保護工は栗石等を密に敷き詰めて施工するため、降雹によって損壊することは想定されない。また、栗石等は天然の土質系材料であるため、降雹の影響によって性状が変化することはない。このため、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性への影響は無視できる。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>	<p>降雹は本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の収着性に影響しない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>
	積雪	<p>積雪による上載荷重に対して十分に余裕をもった設計荷重を設定しており、積雪によって本施設が損壊することは想定されないため、影響は無視できる。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>	<p>積雪は本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の収着性に影響しない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>

影響元		影響先	側部低透水性覆土及び低透水性土層 【低透水性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
自然現象	風化	<p>廃棄物埋設地の最終覆土では、低透水性土層の上部に栗石等を使用した掘削抵抗性層及び締固めた保護土層を設置し、最終覆土の上部には割栗石で保護工を設置する。このうち、保護工は粒径の大きな割栗石を密に敷き詰めて施工するが、風化の影響によって劣化・損傷する可能性がある。保護工が劣化・損傷した場合には、下層の保護土層の侵食が進み、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響を与える可能性がある。このため、風化は考慮すべき影響事象として力学的影響（自然現象：侵食）に含める。</p> <p>考慮すべき影響事象：M4</p>	<p>風化は本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の収着性に影響しない。</p> <p>考慮すべき影響事象：－</p>	

バリア材料の物性に影響する可能性がある事象を緑、影響が小さく無視できる事象を青、影響がない事象を白で識別する。

考慮すべき影響事象がない場合は「－」とする。また、間接的な影響として抽出される事象は括弧書きで識別する。

第7表 影響事象分析表（化学）

影響先 影響元	側部低透水性覆土及び低透水性土層 【低透水性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
廃棄物層	<p>F E P : WC01, WC02, WC03, WC04</p> <p>廃棄物層の化学特性として、地下水との反応によるコンクリート類の廃棄物の化学的変質・移動によって生じる溶脱水や間隙水中のpH変化によって、隣接する側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響を与える可能性がある。</p> <p>考慮すべき影響事象：C3</p>	<p>F E P : WC01, WC02, WC03, WC04, WC05</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・d u層 廃棄物層の化学特性として、地下水との反応によるコンクリート類の廃棄物の化学的変質・移動によって生じる溶脱水が、間隙水中のpHや酸化還元環境の変化を与えることで、本施設周辺の地盤（d u層）の収着性に影響を与える可能性がある。</li> <li>・帯水層 廃棄物層の化学特性として、地下水との反応によるコンクリート類の廃棄物の化学的変質・移動によって生じる溶脱水が、間隙水中のpHや酸化還元環境の変化を与えるが、本施設周辺の地盤（帯水層）では、地下水の希釈によってその影響は小さく考慮しない。</li> </ul> <p>考慮すべき影響事象：C1</p>
	<p>F E P : WC05, WC06</p> <p>廃棄物層における金属腐食や酸化還元環境の変化は、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に直接的には影響しないが、金属腐食は側部低透水性覆土及び低透水性土層に間接的な力学的影響（WM02, WM05）を与える可能性がある。</p> <p>考慮すべき影響事象：(M1)</p>	<p>F E P : WC05, WC06</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・d u層 廃棄物層における金属腐食による酸化還元環境の変化によって、本施設周辺の地盤（d u層）の収着性に影響を与える可能性がある。</li> <li>・帯水層 廃棄物層における金属腐食による酸化還元環境の変化を与えるが、本施設周辺の地盤（帯水層）では、地下水の希釈によってその影響は小さく考慮しない。</li> </ul> <p>考慮すべき影響事象：C2</p>
	<p>F E P : WC11</p> <p>埋設する廃棄物は放射性物質の量が少ない金属類及びコンクリート類であり、廃棄物の温度や熱生成は極めて小さいことから、廃棄物の温度勾配を起因とする塩の蓄積は影響しない。</p> <p>考慮すべき影響事象：-</p>	

影響先 影響元	側部低透水性覆土及び低透水性土層 【低透水性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
側部低透水性覆土及び低透水性土層	F E P : BC01, BC02, BC03, BC04  側部低透水性覆土及び低透水性土層の化学特性として、コンクリート類の廃棄物からの溶脱水等を含む浸透水との反応によって、化学的変質やpHの変化が生じることで、ベントナイト混合土中のモンモリロナイトが溶出し、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響を与える可能性がある。  考慮すべき影響事象：C3	F E P : BC01, BC02, BC04, BC05  ・d u層 側部低透水性覆土及び低透水性土層の化学特性として、コンクリート類の廃棄物からの溶脱水等を含む浸透水との反応によって、pHの変化や酸化還元環境の変化を与えることで、本施設周辺の地盤（d u層）の収着性に影響を与える可能性がある。 ・帯水層 側部低透水性覆土及び低透水性土層の化学特性として、コンクリート類の廃棄物からの溶脱水等を含む浸透水との反応によって、pHの変化や酸化還元環境の変化を与えるが、本施設周辺の地盤（帯水層）では、地下水の希釈によってその影響は小さく考慮しない。  考慮すべき影響事象：C1
本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 地下水（浸透水を含む）	F E P : SC01, SC02, SC03, SC04  ・d u層 本施設周辺の地盤（d u層）の化学特性として、地下水組成が化学的変質やpHの変化を生じ、移流や拡散現象によって移動することで、ベントナイト混合土中のモンモリロナイトが溶出し、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響する可能性がある。 ・帯水層 側部低透水性覆土及び低透水性土層は本施設周辺の地盤（帯水層）より上部に位置しており、自身の水理特性から地下水との反応による影響を与えないため、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響しない。  考慮すべき影響事象：C3	F E P : SC01, SC02, SC04, SC05  ・d u層 本施設周辺の地盤（d u層）の化学特性として、廃棄物やベントナイト混合土との反応等によって、浸透水のpHの変化や酸化還元環境の変化が生じることで、自身の収着性に影響を与える可能性がある。 ・帯水層 本施設周辺の地盤（d u層）の化学特性として、廃棄物やベントナイト混合土との反応等によって、浸透水のpHの変化や酸化還元環境の変化が生じるが、本施設周辺の地盤（帯水層）では、地下水の希釈によってその影響は小さく考慮しない。  考慮すべき影響事象：C1
覆土等 （保護工，保護土層，掘削抵抗性層）	F E P : PC01, PC02, PC03, PC04, PC05, PC07, PC08, PC09, PC10, PR02  覆土等の化学特性によるバリア機能への影響はない。  考慮すべき影響事象：－	

影響元	影響先 側部低透水性覆土及び低透水性土層 【低透水性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
バリア材料共通 (覆土等を除く)	F E P : WC07, WC09, BC07, BC09  主に廃棄物層に含まれる有機物及びその分解生成物が錯体を形成する可能性があるが、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響しない。  考慮すべき影響事象：－	F E P : WC07, WC09, SC07, SC09  ・ d u層 主に廃棄物層に含まれる有機物及びその分解生成物が錯体を形成し、本施設周辺の地盤（d u層）の収着性に影響を与える可能性がある。 ・ 帯水層 主に廃棄物層に含まれる有機物及びその分解生成物が錯体を形成するが、本施設周辺の地盤（帯水層）では、地下水の希釈によってその影響は小さく考慮しない。  考慮すべき影響事象： C5
	F E P : BC08  間隙水中のコロイド生成は、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響しない。  考慮すべき影響事象：－	F E P : WC08, BC08, SC08  ・ d u層 間隙水中のコロイド生成は、本施設周辺の地盤（d u層）の収着性に影響を与える可能性がある。 ・ 帯水層 間隙水中のコロイド生成は、本施設周辺の地盤（帯水層）では、地下水の希釈によってその影響は小さく考慮しない。  考慮すべき影響事象： C4
	F E P : BC10  微生物の活動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低透水性土層の低透水性に影響しない。  考慮すべき影響事象：－	F E P : WC10, BC10, SC10  ・ d u層 微生物の活動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（d u層）の収着性に影響を与える可能性がある。 ・ 帯水層 微生物の活動によって有機物の分解が生じ、生成する物質があるが、本施設周辺の地盤（帯水層）では、地下水の希釈によってその影響は小さく考慮しない。  考慮すべき影響事象： C6
	F E P : WR02, BR02, SR02  間隙水の放射線分解によって、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く、その発生量はわずかであるため、影響は無視できる。  考慮すべき影響事象：－	



影響元		影響先	
		側部低透水性覆土及び低透水性土層 【低透水性】	本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層） 【収着性】
自然現象	津波	津波による側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性への影響はない。 考慮すべき影響事象：－	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、地下水に一時的な化学的影響が生じ、本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の収着性に影響を与える可能性がある。 考慮すべき影響事象：C7
	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。 考慮すべき影響事象：－	
	風化	廃棄物埋設地の最終覆土では、低透水性土層の上部に栗石等を使用した掘削抵抗性層及び締固めた保護土層を設置し、最終覆土の上部には保護工を設置する。このうち、保護工は粒径の大きな割栗石を密に敷き詰めて施工するが、風化の影響によって劣化・損傷する可能性がある。保護工が劣化・損傷した場合には、下層の保護土層の侵食が進み、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性に影響を与える可能性がある。このため、風化は考慮すべき影響事象として力学的影響（自然現象：侵食）に含める。 考慮すべき影響事象：(M4)	風化は本施設周辺の地盤（d u層及び帯水層）の収着性に影響しない。 考慮すべき影響事象：－

バリア材料の物性に影響する可能性がある事象を緑で、影響が小さく無視できる事象を青、影響がない事象を白で識別する。

考慮すべき影響事象がない場合は「－」とする。また、間接的な影響として抽出される事象は括弧書きで識別する。

## 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) Nuclear Energy Agency (2000) :Features, Events and Processes  
( F E P s ) for Geologic Disposal of Radioactive Waste: An  
International Database
- (5) International Atomic Energy Agency (2011) :IAEA Safety  
Standards for protecting people and the environment:  
Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste:  
Specific Safety Guide No.SSG-14
- (6) 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

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.....	11
1. 3	金属腐食による廃棄物と浸透水の反応.....	11
2	ベントナイト混合土の乾湿の影響.....	12
3	ベントナイト混合土の膨潤の影響.....	14
4	コロイド生成の影響.....	17
5	有機物の影響.....	18
6	微生物の影響.....	19
7	侵食.....	20
7. 1	風（台風）及び風化による保護工（じゃかご等）への影響.....	20
7. 1. 1	風（台風）による影響評価.....	20
7. 1. 2	風化による影響評価.....	24
7. 2	侵食による保護土層への影響.....	25
7. 2. 1	保護土層で想定される侵食.....	25
7. 2. 2	保護土層の侵食量の評価.....	26
7. 2. 3	侵食による影響.....	50
8	参考文献.....	51

## 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、 $0.005 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{y})$  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側部低透水性覆土及び低透水性土層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、評価条件を設定する。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	好氣的条件	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153 mVの好氣的条件を想定する。
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<sup>(1)(2)</sup>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<sup>\*1</sup>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率に関する知見がない。そのため、無機結晶構造データベース (化学情報協会)<sup>(2)</sup> に示される理論密度を用いて、 $Fe$  の 1 mol 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 ( $\beta$ ) 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。 $Fe(OH)_2$  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<sup>(3)</sup>。



第2表 Fe及びFe(OH)<sub>2</sub>の設定値

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

(5) 金属の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のみが埋設される状態を想定した埋設トレンチとした。また、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。

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、ほぼ飽和状態であるベントナイト混合土を大気中の酸素が透気することはなく、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。また、遅沢他<sup>(4)</sup>によると、大気と原地盤では圧力勾配がほとんどないため、移流移動による影響は小さい。加えて、現地盤中の間隙は小さく、雨水等の浸透によって原地盤中には間隙水が存在し、間隙中の気相部と大気が遮断された環境となっており、一般に深さが増すにつれて気相率は減少し、ガス拡散は遅いことから、拡散移動の影響も小さく、大気中の酸素が供給され続けるような環境状態にはならないと考える。

したがって、埋設トレンチ内の金属腐食の反応は、好气的条件として埋

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 <sup>3</sup> )	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」で金属廃棄物のみが埋設される状態を想定した西側トレンチの値で設定した。
金属の密度	7,800 (kg/m <sup>3</sup> )	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 <sup>3</sup> )	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 <sup>3</sup> )	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 <sup>3</sup> /mol で算定。
浸透水量	0.005 (m <sup>3</sup> / (m <sup>2</sup> ・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。 $Fe + 1/2 O_2 + H_2O \rightarrow Fe(OH)_2$

※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・水平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)

$$\begin{aligned} & \text{金属の腐食による埋設トレンチ内の金属全体の膨張量 (鉛直方向) (m)} \\ & = ((\text{埋設トレンチ内の鉄箱全体の寸法 (3 段分) (m)} \times 1 \text{ 方向当たりの鉄箱の膨張比 (-)}^{*1}) - \text{埋設トレンチ内の鉄箱全体の寸法 (3 段分) (m)}) \\ & \quad \times 2 \end{aligned}$$

(水平方向)

$$\begin{aligned} & \text{金属の腐食による埋設トレンチ内の金属全体の膨張量 (水平方向) (m)} \\ & = ((\text{埋設トレンチ内の鉄箱全体の寸法 (10 個分) (m)} \times 1 \text{ 方向当たりの鉄箱の膨張比 (-)}^{*1}) - \text{埋設トレンチ内の鉄箱全体の寸法 (10 個分) (m)}) \\ & \quad \times 2 \end{aligned}$$

※ 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 (-) <sup>\*2</sup>) の三乗根

※ 2 : 埋設トレンチ 1 区画内の金属の体積膨張比 (-)  
= (埋設トレンチ 1 区画内の鉄箱の体積 (健全時) (m<sup>3</sup>) + 埋設トレンチ 1 区画内の金属の体積膨張量 (金属腐食) (m<sup>3</sup>) <sup>\*3</sup>) ÷ 埋設トレンチ 1 区画内の鉄箱の体積 (健全時) (m<sup>3</sup>)

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<sup>3</sup>) 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<sup>3</sup>)

=腐食体積 (m<sup>3</sup>) ※4 × (金属の腐食膨張率-1)

※4 : 腐食体積 (m<sup>3</sup>)

=埋設トレンチ内の酸素量 (kg) ※5 × 腐食反応の鉄・酸素の原子量比  
÷金属の密度 (kg/m<sup>3</sup>)

※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<sup>3</sup>) ※8 × 溶存酸素濃度 (kg/m<sup>3</sup>)

※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<sup>3</sup>) ※9 × 空気中の酸素密度 (kg/m<sup>3</sup>)

※8 : 埋設トレンチ内の水分量 (kg)

=埋設トレンチ内の容積 (m<sup>3</sup>) × 間隙率 × 飽和度 × 水の密度 (kg/m<sup>3</sup>)

※9 : 埋設トレンチ内の空気量 (m<sup>3</sup>)

=埋設トレンチ内の容積 (m<sup>3</sup>) × 間隙率 × (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（ $m^3$ ） $\times 10 \times$ （金属の腐食膨張率 - 1）

※ 1 0 : 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（ $kg/m^3$ ）

※ 1 1 : 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（ $kg/m^3$ ）

上記の算出過程にしたがい、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、鉛直方向で約 0.7 mm であり、水平方向で約 4 mm 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。

したがって、「M1 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」のうち膨張変形は影響事象として考慮しない。

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	6.8 $\times 10^{-5}$ （mm/y）
	水平	3.6 $\times 10^{-4}$ （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、アルミニウムは埋設量が少ないだけでなく、アルカリ環境下に曝露されるリスクを低減するため、コンクリート類の廃棄物と一緒に埋設しないよう埋設管理を行うことから、アルミニウムの腐食に伴う水素ガスの発生も考えられない。

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、埋設トレンチ内で圧力上昇することによって、ベントナイト混合土に比べて透気性の高い下部の周辺土（通気層）にガスが移流し、下方から透気していくと考えられることから、ガス圧が上昇を続ける可能性は低い。さらに、埋設トレンチ内で発生したガスは上部及び側部への散逸や充填砂層での圧力損失が生じることでガス圧は減少すると考えられ、急激なガス加圧が生じることはなく、ガス破過による低透水性への影響は生じないと考えられる。

したがって、「M1 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」のうちガス発生は影響事象として考慮しない。

## 1. 3 金属腐食による廃棄物と浸透水の反応

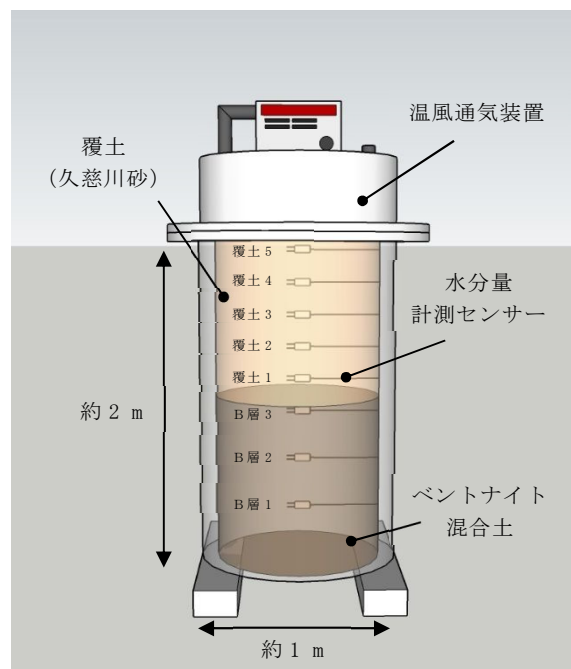
埋設トレンチ内の酸化還元環境は、金属腐食によって還元的となることが想定され、収着性に影響を与える可能性があるが、還元雰囲気下の分配係数は、酸化雰囲気下と比較して大きな値となる傾向があることから<sup>(5)</sup>、還元雰囲気下における核種の分配係数に影響を与えるような金属腐食の収着影響はないと考える。

したがって、「C2 廃棄物層の金属腐食（廃棄物と浸透水の反応）」は影響事象として考慮しない。

## 2 ベントナイト混合土の乾湿の影響

雨水等によってベントナイト混合土に水が浸透する。その際、天候変化に伴う飽和・不飽和の繰り返しによる乾湿の影響によって、ベントナイト粒子が分離することで低透水性に影響を与える可能性がある。

ベントナイト混合土の乾湿が、ベントナイト混合土の低透水性に与える影響を評価するため、ベントナイト混合土（B層 1～3）と覆土（覆土 1～5）の2層を筒状に作製し、その上部に覆土表面を一定温度に保つ温風通気機構を設置した試験装置（第1図参照）を利用して、温度を一定に保ったまま、一定期間放置し、ベントナイト混合土の乾湿影響確認試験を実施した。



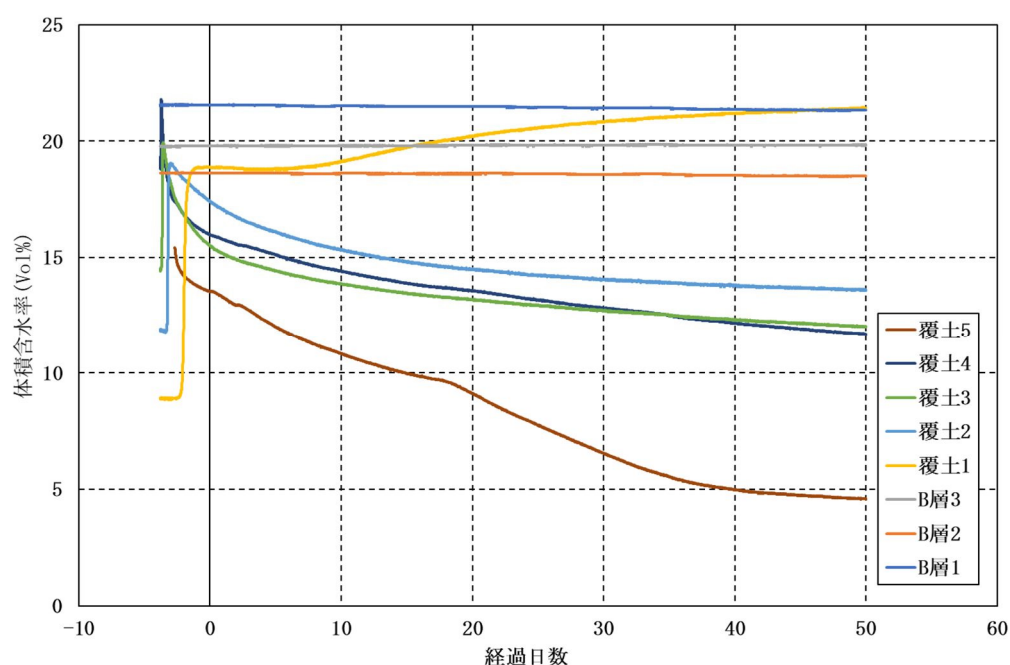
第1図 乾湿影響確認試験装置の全体概略図

試験材料には、ベントナイト混合土（クニゲルU：久慈川砂＝15：85）と



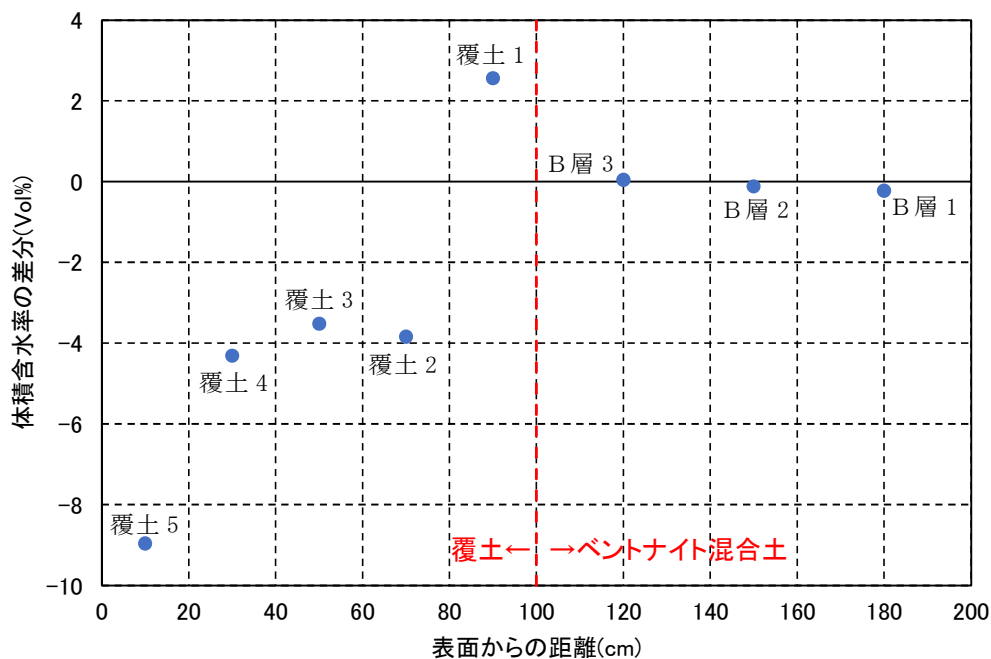
覆土（久慈川砂）を使用した。また、乾燥が生じやすい条件として、地表面温度（試験体上面部分）はLandsat画像に基づく地表面温度を参考に約50℃とし、温度維持期間は過去の気象計測データから夏場の雨が降らなかった期間が最も長かった時期を参考に1ヶ月間（30日間）とした。試験装置内の一定温度維持は温風送風によって行い、下部のベントナイト混合土が受ける乾燥影響を確認した。

乾湿影響確認試験の結果、地表面温度が約50℃で保たれた評価期間（18～50日目）におけるベントナイト混合土の体積含水率の変化はほぼ見られなかった（第2図参照）。また、温風送風開始時（0日目）と終了時（50日目）のベントナイト混合土の体積含水率の差分については、深度に関わらず0.3%未満であり、本施設の原位置環境よりも厳しい試験条件において、1m以深のベントナイト混合土には乾燥影響は及ばないことを確認した（第3図参照）。



※温風送風開始時点を0日目とする。

第2図 体積含水率の経時変化



第 3 図 温風送風開始時と終了時の体積含水率の差分

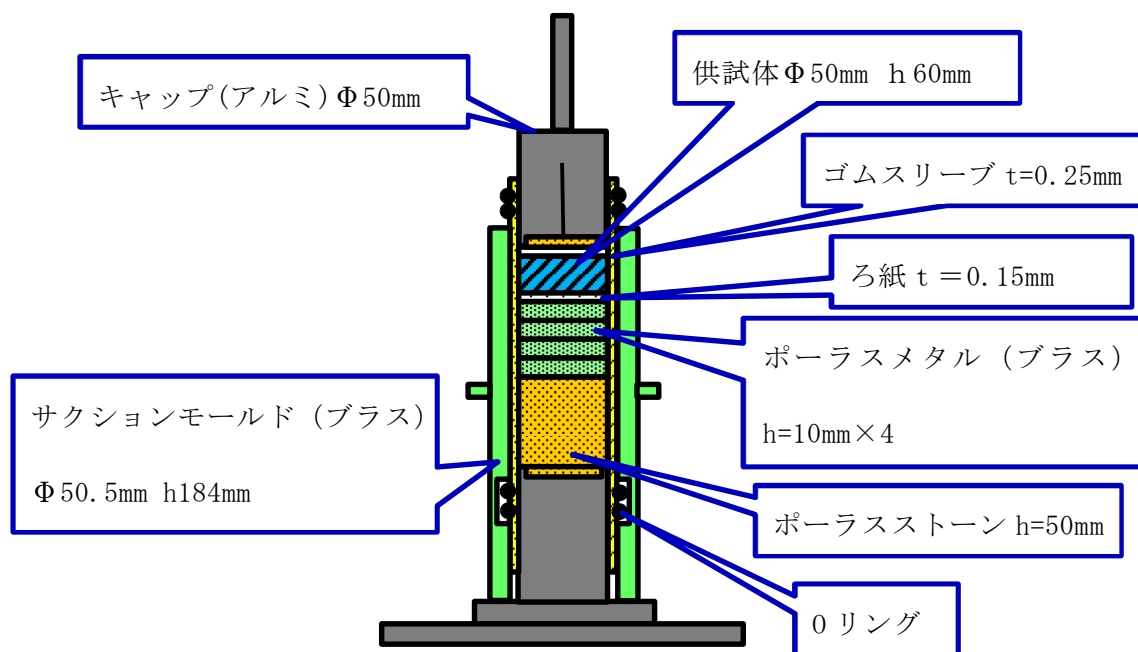
本施設におけるベントナイト混合土は、保護土層等の下部に配置される計画であり、天候等による乾燥の影響を受けにくい環境にあることから、乾燥に起因する亀裂や大孔隙が生じるような可能性は低く、急激な乾湿の繰り返しも想定されないことから、ベントナイト混合土の低透水性に影響は小さいと考える。

したがって、「H1 ベントナイト混合土の乾湿」は影響事象として考慮しない。

### 3 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。

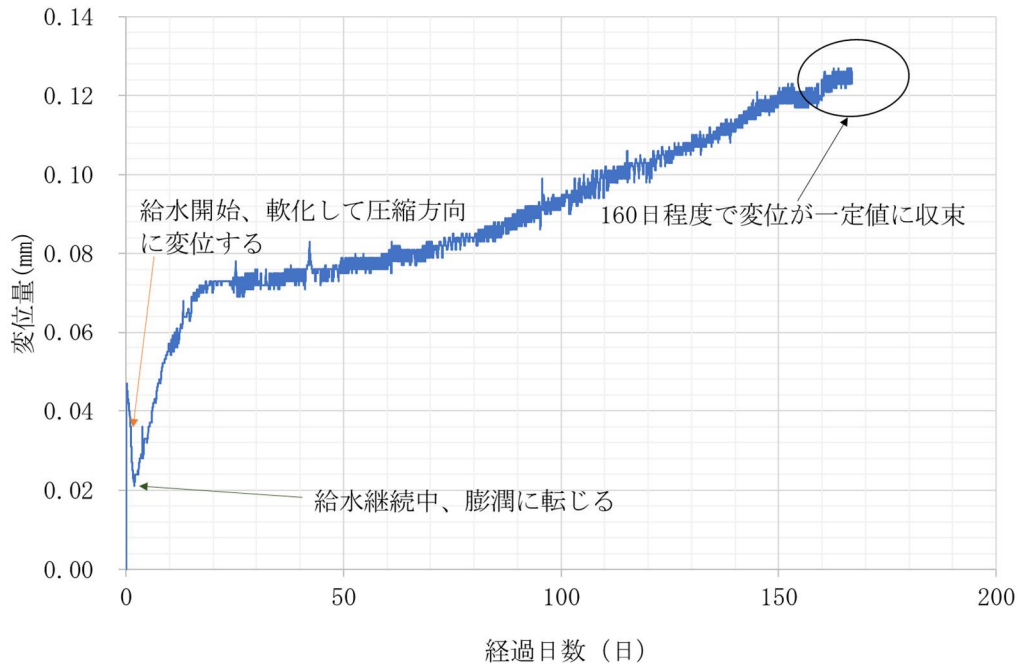
浸透した雨水等によるベントナイト混合土の吸水膨潤が、ベントナイト混合土の低透水性に与える影響を評価するため、三軸圧縮試験装置（第4図参照）を利用して、側圧を維持したまま、軸圧を低くし変形挙動の確認及び変形後の透水試験を実施した。



第4図 三軸圧縮試験装置の構成

試験体（直径 50 mm，高さ 60 mm）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，最終覆土の施工計画における土被り圧に相当する 20 kPa 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 0.126 mm となり，ほとんど変位は発生しない結果となった（第5図参照）。



第 5 図 変位量の経時変化

これは初期高さ 60 mm に対して 0.21% の膨潤率となり、乾燥密度  $\rho_d$  の低下に換算すると 0.2% であり、有効モンモリロナイト乾燥密度  $\rho_{em}$  では 0.5% の低下に相当する。吸水膨潤後の透水係数の推定は  $1.04 \times 10^{-10}$  (m/s) となり、初期の透水係数  $1.0 \times 10^{-10}$  (m/s) と比較して、同様に  $10^{-10}$  (m/s) オーダーであり、透水係数への影響は小さいものであった(第 6 図参照)。

なお、有効モンモリロナイト乾燥密度  $\rho_{em}$  は、以下に示す乾燥密度  $\rho_d$  と有効粘土乾燥密度  $\rho_b$  の関係式 (1) 及び有効粘土乾燥密度  $\rho_b$  と有効モンモリロナイト乾燥密度  $\rho_{em}$  の関係式 (2) から求めた。

$$\rho_b = \frac{\rho_d (100 - R_s)}{100 - \frac{R_s \cdot \rho_d}{\rho_s}} \dots (1)$$

$\rho_b$  : 有効粘土乾燥密度 (Mg/m<sup>3</sup>)

$\rho_d$  : 乾燥密度 (Mg/m<sup>3</sup>)

$R_s$  : 骨材混合率 (%) ( $R_s = 85$  %)

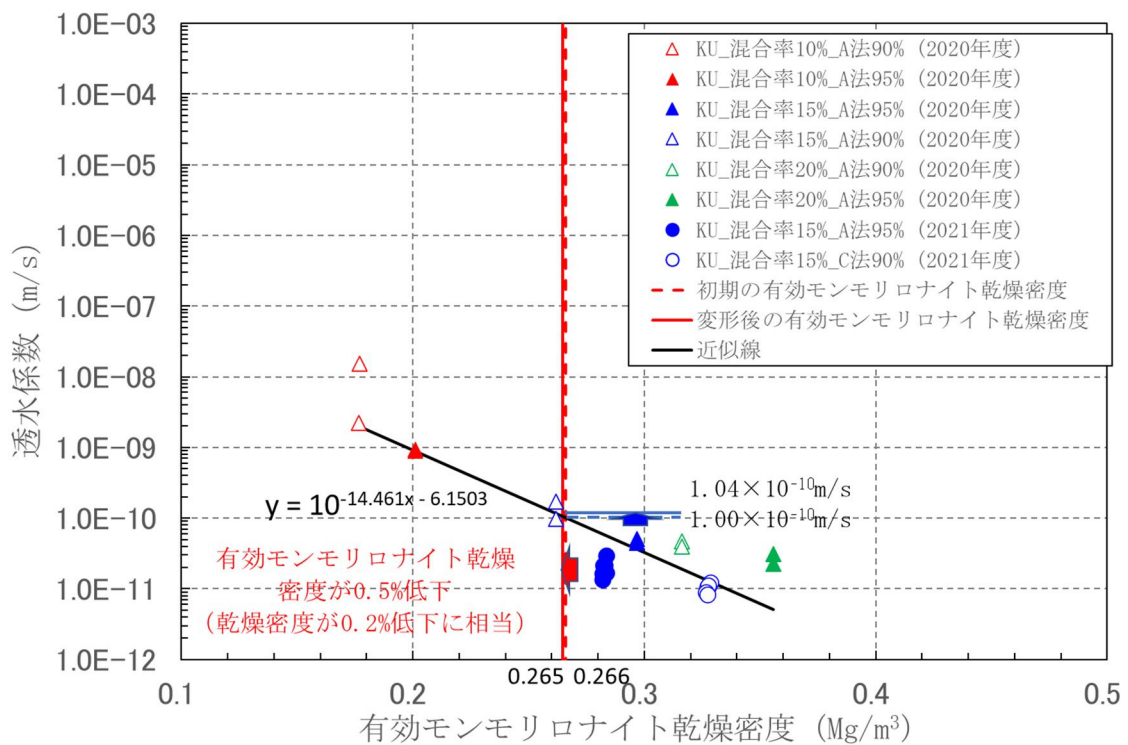
$\rho_s$  : 骨材の土粒子密度 (Mg/m<sup>3</sup>) ( $\rho_s = 2.672$  Mg/m<sup>3</sup>)

$$\rho_{em} = \frac{C_m \cdot \rho_b}{100 - (100 - C_m) \frac{\rho_b}{\rho_{nm}}} \dots (2)$$

$\rho_{em}$  : 有効モンモリロナイト乾燥密度 (Mg/m<sup>3</sup>)

$C_m$  : モンモリロナイト含有率 (%) ( $C_m = 44$  %)

$\rho_{nm}$  : 随伴鉱物の土粒子密度 (Mg/m<sup>3</sup>) ( $\rho_{nm} = 2.81$  Mg/m<sup>3</sup>)



第 6 図 膨潤後の透水係数の推定

したがって、吸水膨潤は初期の透水係数に影響するものではないため、「M2 ベントナイト混合土の膨潤」は影響事象として考慮しない。

#### 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し、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低透水性土層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、ベントナイトコロイドが生成することで、放射性物質の移動挙動が変化し、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。

なお、地下水中にベントナイトコロイドが分散するには、 $10^{-5}$  m/s～ $10^{-4}$  m/sの地下水流速が必要であり、地下水流速をパラメータとしたベントナイト系緩衝材の侵食評価試験において $10^{-5}$  m/s以上の地下水流速において侵食が起こり得ることが報告<sup>(6)</sup>されているが、本施設では低透水性土層及び側部低透水性覆土の透水係数を $1.0 \times 10^{-10}$  m/sと設定しており、埋設トレンチ内を流下する浸透水の流れは極めて遅いことから、ベントナイトコロイドは地下水中に分散し難いと考えられる。

したがって、「C4 バリア材料中でのコロイド生成」は影響事象として考慮しない。

## 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、固相として存在する有機物が放射性物質を収着する媒体として核種移行を遅延する可能性がある。一方で、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<sup>(7)</sup>。

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及び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、主に遷移元素及び $\alpha$ 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い。

したがって、「C5 バリア材料中の有機物（錯体形成含む）」は影響事象として考慮しない。

## 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、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。

したがって、「C6 バリア材料中の微生物」は影響事象として考慮しない。

## 7 侵食

侵食による廃棄物埋設地の低透水性土層及び側部低透水性覆土の低透水性への影響を確認する。

低透水性を有する低透水性土層及び側部低透水性覆土の上部には掘削抵抗性層及び保護土層がある。このうち、侵食により保護土層は土砂が流出する可能性があるため、保護土層の侵食評価を行う。

また、保護土層の上部には保護工（じゃかご等）があり、保護土層の侵食評価に当たり保護工（じゃかご等）の効果を考慮する。このため、保護工（じゃかご等）に影響を及ぼす可能性のある自然現象として、風（台風）及び風化による影響を評価する。

### 7. 1 風（台風）及び風化による保護工（じゃかご等）への影響

#### 7. 1. 1 風（台風）による影響評価

##### （1）評価方針

低透水性を有する低透水性土層及び側部低透水性覆土を保護するために低透水性土層及び側部低透水性覆土の上部に掘削抵抗性層、保護土層、保護工（じゃかご等）を設置する。保護工（じゃかご等）は線材の中に中詰材として粒径 0.05 m～0.15 m の割栗石を充填したものである。線材の長期間の健全性を評価するのは困難であるため、線材は考慮せず、割栗石のみを考慮する。

風（台風）による影響として保護工（じゃかご等）の割栗石の飛散が考えられるため、飛散発生の有無を評価する。

##### （2）評価方法

西村他<sup>(8)</sup>による飛散条件の式を用いて、風（台風）により割栗石が動き



出す風速を算出し、廃棄物埋設地周辺における日最大瞬間風速と比較する。

西村他に基づき、以下のとおり $U$ を求める。

$$\frac{1}{2} \rho_a U^2 C_F = \rho_m \ell g I$$

$$U = \sqrt{\frac{2\rho_m \ell g I}{\rho_a C_F}} > \text{日最大瞬間風速 (36.3 m/s)} \quad \dots (3) \text{式}$$

ここで、

$U$  : 割栗石が動き出す風速 (m/s)

また、各係数は第5表のとおり設定する。

第 5 表 割栗石が動き出す風速の算出に用いた係数

記号	値	単位	備考
$\rho_a$	1.205	kg/m <sup>3</sup>	空気密度 理科年表（平成 26 年度版） <sup>(9)</sup> に記載されている空気密度（20℃，760 torr）を適用。
$C_F$	1	—	空気力係数 西村他によると，コンパクトな物体では， $C_F$ はさまざまな方向に回転することにより時間とともに変化するが，平均的な空気力係数に近くなり， $C_F$ の値は 1 に近づく。
$\rho_m$	2,640	kg/m <sup>3</sup>	割栗石密度 林他 <sup>(10)</sup> に記載されている，稲田花崗岩（茨城県）の湿潤密度を代表値として設定。
$\ell$	0.05	m	割栗石の最小粒径
	0.15	m	割栗石の最大粒径
$g$	9.8	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
$I$	1	—	固定強度のパラメータ 西村他によると， $I$ は広い定義の摩擦係数で，置かれているだけの「ルーズ」な物体では 1。

### (3) 評価結果

(3) 式により算出した割栗石が動き出す風速を第6表に示す。

割栗石の最小粒径 0.05 m であっても、風により割栗石が動き出す風速は 46.4 m/s であった。

廃棄物埋設地周辺において想定する風速として、平年値を算出する期間である 1991 年から 2020 年までの 30 年間の水戸地方気象台の観測記録から、日最大瞬間風速の最大値である 36.3 m/s (1996 年 9 月 22 日) を採用して比較した結果、風により割栗石が動き出す風速を下回ることから、割栗石が動き出すことはない。なお、平年値は、その時々気象や天候を評価する基準として利用されるとともに、その地点の気候を表す値として用いられることから、平年値を算出する期間から観測記録の最大値を採用した。

以上より、風(台風)により割栗石が飛散することはなく、保護工(じゃかご等)への影響はない。

なお、風速 36.3 m/s で動き出す割栗石の粒径は 0.031 m であった。

第6表 割栗石が動き出す風速

割栗石の粒径 $\phi$ (m)	割栗石が動き出す風速 $U$ (m/s)
0.05	46.4
0.15	80.3

## 7. 1. 2 風化による影響評価

風化により、廃棄物埋設地の最上部の保護工（じゃかご等）の割栗石への影響の可能性がある。

松倉<sup>(11)</sup>によると、割栗石の原料として想定する花崗岩の風化速度は2.9～15（mm/1,000年）とされている。割栗石の最小粒径は50 mmであるため、1,000年間の最も保守的な条件では、割栗石の最小粒径は35 mmとなる。

このため、保護工（じゃかご等）表層部の割栗石の風化が想定されるものの、保護工（じゃかご等）全体への影響はない。なお、割栗石の原料の別の候補として想定する安山岩の風化速度は5.6～9（mm/1,000年）と、花崗岩よりも遅い。

## 7. 2 侵食による保護土層への影響

### 7. 2. 1 保護土層で想定される侵食

北原<sup>(1,2)</sup>によると、降雨による侵食は、最初に雨滴衝撃による土粒子の飛散から開始される。降雨開始後間もなくあるいは浸透能のよい土壤の場合には、雨滴衝撃による土粒子の飛散だけの侵食が発生するが、侵食量はごくわずかである。

降雨が続き土壤の浸透能を降雨強度が上回ると、土壤中に浸透できなくなった雨滴は表流水となって流下し始める。表流水そのものは、流速が増してもそれだけでは土粒子は剥離されにくく侵食量は小さい。

表流水に雨滴が当たったものを雨水流と呼び、雨水流が侵食を飛躍的に増大させる。表流水に雨滴が当たると、表流水中に直径1～数cmの半球形のくぼみ（水中ドーム）が形成される。この水中ドームが形成される際と解消される際に、表流水の水底の土粒子が水中ドームの底から巻き上げられる。水中ドームによって巻き上げられた土粒子は、表流水によって運搬される。すなわち雨水流とは、雨滴が土粒子を水中に巻き上げ、表流水がその土粒子を運搬するものであり、斜面全体で雨水流による表面侵食が発生する。

雨水流による表面侵食で形成された微小なくぼみに水が集まり、水の掃流力により洗堀されることでリル侵食が発生する。リル侵食は斜面下部に流下する際、隣のリルと合流して太いリルとなっていく。合流によって流量流速が増したリルは、傾斜の転換点を掃流により選択的に侵食し、ここが起点となってガリ侵食が発生する。

廃棄物埋設地では、雨滴は保護工（じゃかご等）表面に落下する。このため、保護土層においては、雨水流による土粒子の水中への巻き上げ及びそれに伴う表流水による土粒子の運搬は発生しないと考えられる。雨水流による表面侵食が発生しないことから、リル侵食（ガリ侵食を含む）も発生しない。

以上より、廃棄物埋設地において、低透水性に影響を及ぼすような保護土層の侵食は発生しないと考えられる。

## 7. 2. 2 保護土層の侵食量の評価

### (1) 評価方針

定量的な侵食評価については、気象、地形、地質、保護などの要因を考慮した侵食量予測式を用いて、侵食量を評価することが可能である。

廃棄物埋設地において、低透水性に影響を及ぼすような保護土層の侵食は発生しないと考えられるものの、侵食量について侵食量予測式を用いて評価する。

“Solid Waste Disposal Facility Criteria (1985), Environment Protection Agency (以下「EPA」という。)”<sup>(13)</sup>によると、地表水流による土壌流亡量の予想は、“USDA Universal Soil Loss Equation (以下「USLE」という。)”を用いて算出できるとされている。

EPAで示されているUSLEは、“Agriculture Handbook No.537 (1978), U.S. Department of Agriculture”にて提示され、“Agriculture Handbook No.703 (1997), U.S. Department of Agriculture (以下「AH703」という。)”<sup>(14)</sup>にて、“Revised Universal Soil Loss Equation (以下「RUSLE」という。)”に改訂された。また、“User’s Reference Guide, Revised Universal Soil Loss Equation Version 2 (RUSLE2) (2008) (以下「UG2008」という。)”<sup>(15)</sup>が発行されている。

以上を踏まえて、EPAの方針に基づき、AH703及びUG2008を参照して、USLE (USLE, RUSLE, RUSLE2をまとめて以下「RUSLE」という。)を用いた保護土層の侵食量の評価を行う。

評価対象は、侵食が想定される保護土層とし、保護土層の勾配と面積を

考慮して、勾配約 5% で最も面積が大きくなる斜面（以下「勾配 5% 面」という。）及び勾配約 56% で最も面積が大きくなる斜面（以下「勾配 56% 面」という。）の 2 つを対象とし、各面の侵食量を評価する。（第 7 図参照）

評価期間は、廃棄物埋設地の状態設定を行う期間を考慮して、1,000 年間とする。

## （2）RUSLE の適用

RUSLE は、雨滴侵食と表流水侵食による長期間の年平均土壌損失量を予測する侵食評価モデルである。RUSLE では、評価対象の土地利用状況、気象条件、保護管理手法等を反映して固有の係数を設定するとしており、具体的には、農地や建設地の侵食性、勾配等の地形要素、牧草地や森林の保護、耕作地の保全管理手法、侵食抑制対策の改善等の要素を考慮する。また、侵食面の保護として、植生、落葉、コケ、礫、石、岩片等が例示されており、特に岩石カバーについては、植生と同様に侵食を抑制するとされている。

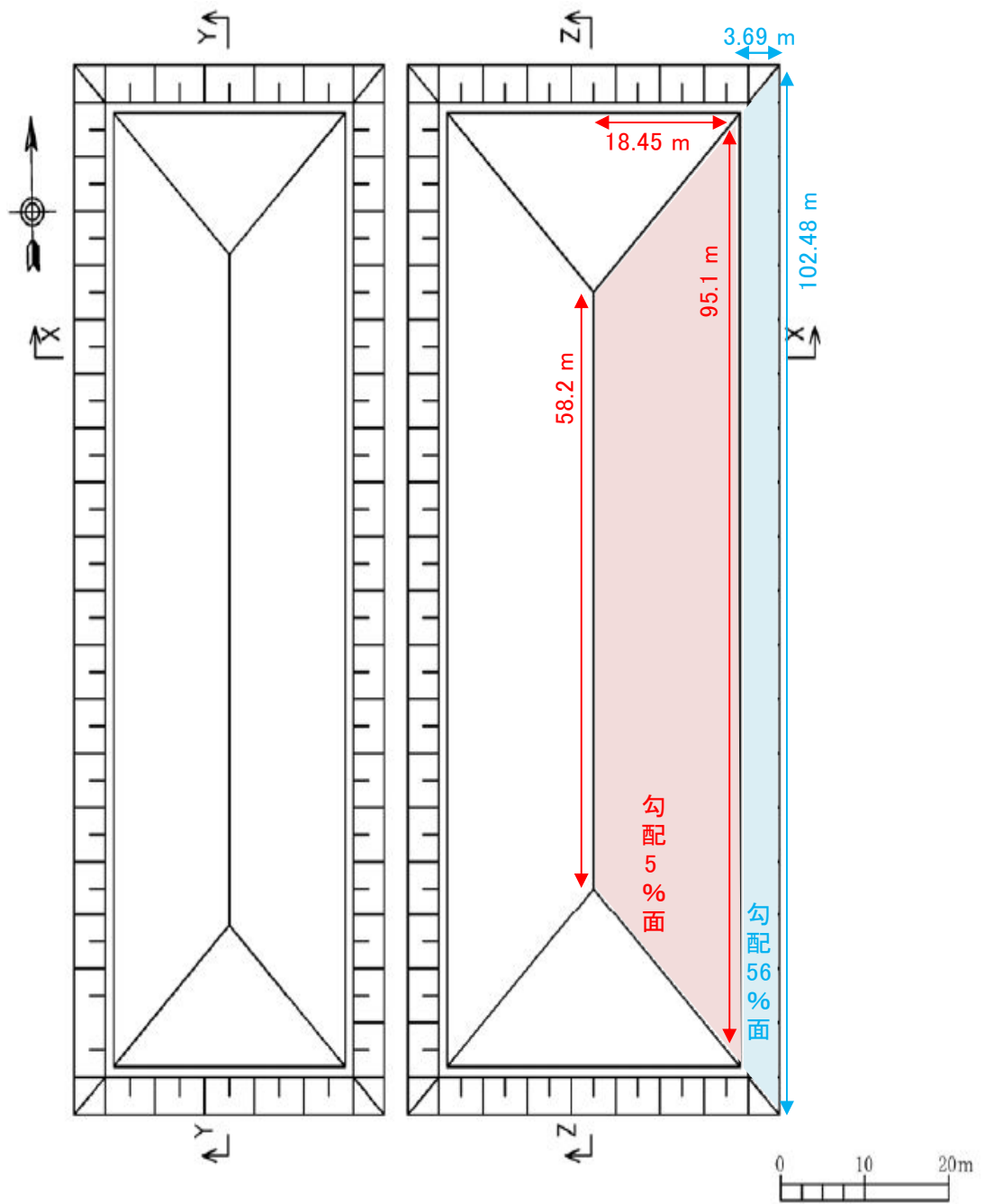
EPA では、USLE を用いて侵食量を評価することで設計を最適化すべきとされている。また、水の浸透と侵食を最小限におさえるための設計要件を満たしていれば、植生を施す侵食層の代わりに礫や石の表面保護材を使用し、厚さも変えることができるとされている。

以上を踏まえて、RUSLE を適用し、廃棄物埋設地の設計を考慮した固有のパラメータを設定して侵食量を求める。

固有のパラメータとして、降雨侵食係数 ( $R$ )、土壌侵食係数 ( $K$ )、傾斜長及び勾配係数 ( $LS$ )、保護管理係数 ( $C$ ) を設定する。降雨侵食係数 ( $R$ ) の設定に当たり、廃棄物埋設地周辺の降水量を反映する。土壌侵食係数 ( $K$ ) の設定に当たり、保護土層の土砂の粒径、粒度分布、構造、透水性を反映

する。傾斜長及び勾配係数 ( $LS$ ) の設定に当たり、廃棄物埋設地の勾配及び長さを反映する。保護管理係数 ( $C$ ) の設定に当たり、施工する保護工（じゃかご等）の設計を反映する。





第 7 図 廃棄物埋設地 平面図

### (3) 評価方法

侵食量の評価式はA H703の「1-2式」より(4)式を用いる。

$$A=R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad \cdots (4) \text{式}$$

ここで、

**A** : 1ヘクタール当たりの年間侵食重量 (t)

**R** : 降雨侵食係数

降雨の運動エネルギー及び降雨強度の2つの特性の関数として  
与えられる一年間の降雨の侵食性を表すパラメータ

**K** : 土壌侵食係数

単位降雨当たりの流亡土量を与える係数で、その地域の土壌の  
受食性を示すパラメータ

**LS** : 傾斜長及び勾配係数

傾斜地における勾配と斜面長が侵食に及ぼす影響を表すパラメ  
ータ

**C** : 保護管理係数

作物被覆と営農管理の影響を表す係数で、裸地区に対する流亡  
土量の比

**P** : 補助手法係数

畝立て、台地での耕作、傾斜栽培など、耕作の補助手法の影響  
を表すパラメータ

**R**, **K**, **LS**, **C**, **P**については、廃棄物埋設地周辺の環境及び廃棄物埋設  
地の設計を考慮して以下のとおり設定する。

a. 降雨侵食係数 (R)

AH703の「Appendix B」に基づき、 $R$ を求める。

$R$ は過去の降雨記録より計算する。 $R$ が大きいほど厳しい評価となるため、平年値を算出する期間である1991年から2020年までの30年間の水戸地方気象台の観測記録から、保守的に最も降水量が多かった1991年の降雨記録を用いる。

$R$ は、降雨の開始から終了までの一連続降雨における $E \times I_{30}$ を計算し、一年間の全ての一連続降雨の $E \times I_{30}$ を合算することにより求める。なお、AH703では6時間以上の降雨がない場合を降雨終了としているため、本評価においては、気象庁の記録より降水量が0の場合が6時間以上継続する場合を降雨終了とする。

以下のとおり、各一連続降雨の $E \times I_{30}$ を計算する。

$$e_k = 916 + 331 \text{Log}_{10}(i_r) \quad \cdots (5) \text{式}$$

より、細山田他<sup>(16)</sup>に基づきメートル単位の式に換算する。

$$e_k = 210 + 89 \text{Log}_{10}(i_r) \quad \cdots (6) \text{式}$$

ここで、

$e_k$  : 60分間の1 cmあたり降雨エネルギー (m・t/ha/cm)

$i_r$  : 60分間降雨強度 (cm/h)

なお、記録の入手が可能な60分間の降水量を用いる。

$$E = e_k \times r \quad \cdots (7) \text{式}$$

ここで、

$E$  : 60分間の降雨エネルギー (m・t/ha)

$r$  : 60 分間の降水量 (cm)

以下のとおり、一年間の全ての一連続降雨の  $E \times I_{30}$  を合算して  $R$  を求める。

$$R = \Sigma (E \times I_{30} / 100) \quad \dots (8) \text{ 式}$$

ここで、

$R$  : 年間の一連続降雨中を合計した降雨侵食係数

$$(\text{m}^2 \cdot \text{t} / \text{ha} / \text{h} / \text{y})$$

$I_{30}$  : 一連続降雨中の最大 30 分間降雨強度 (cm/h)

なお、記録の入手が可能な一連続降雨中の最大 60 分間降雨強度 (cm/h) を用いる。

$R$  と土壌侵食係数 ( $K$ ) との単位を合わせるため、 $1 (\text{m}^2 \cdot \text{t}) = 9.80665$

$(\text{MJ} \cdot \text{mm})$  を用いて単位を  $(\text{MJ} \cdot \text{mm} / \text{ha} / \text{h} / \text{y})$  に変換する。

以上より、降雨侵食係数 ( $R$ ) を第 7 表のとおり設定する。

第 7 表 降雨侵食係数 ( $R$ )

	勾配 5% 面	勾配 56% 面
降雨侵食係数 ( $R$ ) ( $\text{MJ} \cdot \text{mm} / \text{ha} / \text{h} / \text{y}$ )	4,698	

b. 土壌侵食係数 (K)

AH703 の「3-1 式」に基づき、以下のとおり K を求める。

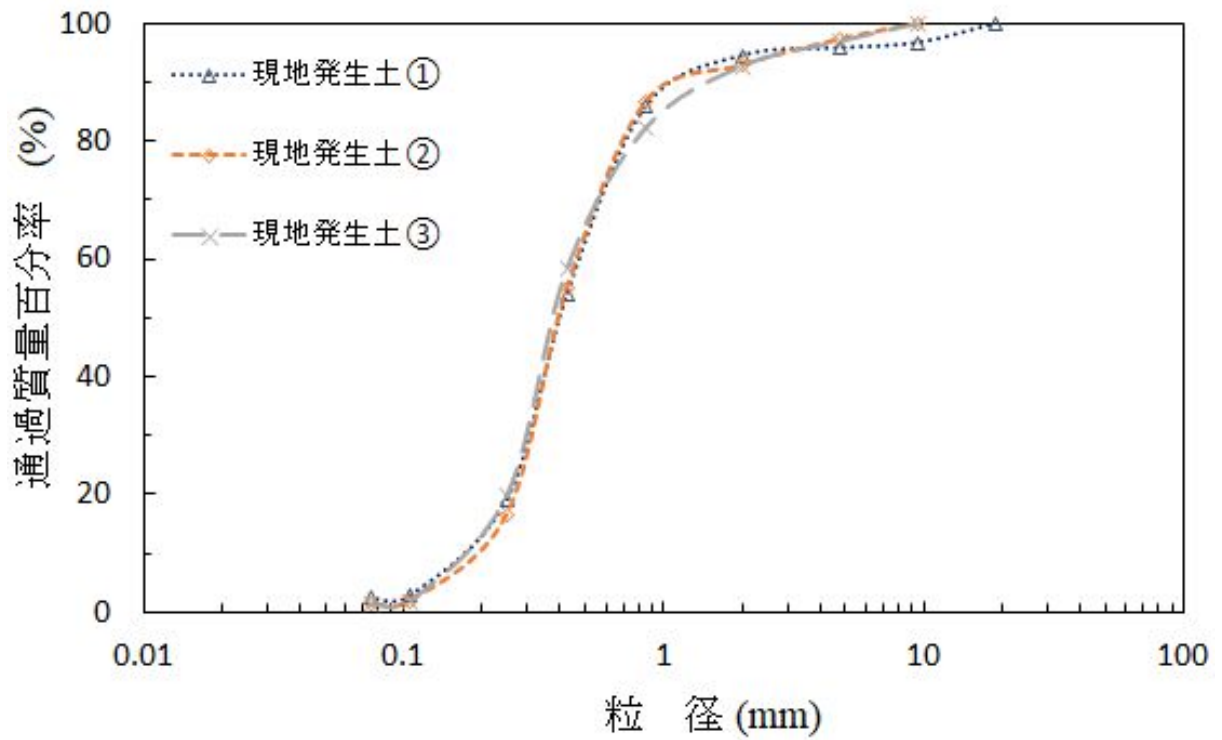
$$K = \{2.1 \times 10^{-4} \times (12 - OM) \times M^{1.14} + 3.25(s - 2) + 2.5(p - 3)\} / 100 / 7.59 \quad \dots (9) \text{ 式}$$

ここで、各係数は第 8 表のとおり設定する。

第 8 表  $K$  の係数

係数	値	備考
$OM$ (%)	0	Percent organic matter (%) (有機物含有率) $OM$ が小さいほど土壌侵食係数 ( $K$ ) が大きくなり、厳しい評価となるため、保守的に 0% と設定する。
$M$	475	Product of the primary particle size fraction (主要な粒子サイズ分布の積) silt & very fine sand $\times$ silt & sand より算出する。
silt & very fine sand (%)	5	UG2008 の「Table7.2」を参考に、保護土層の粒径 0.1 mm 以下の土粒子の含有率とする。第 8 図より、粒径 0.1 mm 以下の土粒子は数%だが、値が大きいほど土壌侵食係数 ( $K$ ) が大きくなり、厳しい評価となるため、保守的に 5% と設定する。
silt & sand (%)	95	UG2008 の「Table7.2」を参考に、保護土層の粒径 2 mm 以下の土粒子の含有率とする。第 8 図より、粒径 2 mm 以下の土粒子は約 90%だが、値が大きいほど土壌侵食係数 ( $K$ ) が大きくなり、厳しい評価となるため、保守的に 95% と設定する。

係数	値	備考
s	1	Class for structure (構造クラス) Soil Survey Manual 2017 <sup>(17)</sup> の「Figure3-16, Table3-6」より、保護土層の粒径 1 mm 以下の土粒子が very fine granular に該当する。第 8 図より、保護土層は 90%が粒径 1 mm 以下なので very fine granular と判断する。A H703 の「Figure3-1, soil structure」より、very fine granular に該当する 1 と設定する。
p	4	Permeability (透水性) 保護土層の透水係数を考慮して、A H703 の「Figure 3-1, permeability」より 4 と設定する。



試料番号	現地発生土①	現地発生土②	現地発生土③
石分 (75mm以上) %	0.0	0.0	0.0
礫分 (2~75mm) %	5.5	7.1	7.3
砂分 (0.075~2mm) %	92.0	91.5	91.4
細粒分 (0.075mm未満) %	2.5	1.4	1.3
最大粒径 mm	19	9.5	9.5

(注) 保護土層には砂又は砂質土（現地発生土を含む）を用いる

第 8 図 保護土層の土粒子の粒径



以上より、土壌侵食係数 (K) を第 9 表のとおり設定する。

第 9 表 土壌侵食係数 (K)

	勾配 5%面	勾配 56%面
土壌侵食係数 (K) (t・ha・h/ha/MJ/mm)	0.0027	

c. 傾斜長及び勾配係数 (LS)

AH703 に基づきLSを求める。

AH703 の「4-1 式」に基づき、以下のとおりLを求める。

$$L = (\lambda/72.6)^m \quad \dots (10) \text{ 式}$$

$$m = \beta/(1 + \beta) \quad \dots (11) \text{ 式}$$

$$\beta = (\sin \theta / 0.0896) / \{3.0 \times (\sin \theta)^{0.8} + 0.56\} \quad \dots (12) \text{ 式}$$

また、AH703 の「4-4 式及び 4-6 式」に基づき、以下のとおりSを求める。

$$S = 10.8 \times \sin \theta + 0.03 \quad \dots (13) \text{ 式}$$

$$S = 3.0 \times (\sin \theta)^{0.8} + 0.56 \quad \dots (14) \text{ 式}$$

ここで、(13) 式及び (14) 式は、それぞれ勾配 5% 面及び勾配 56% 面のSの算出に用いる。

L及びSの計算結果並びに各係数は第 10 表のとおり設定する。

第 10 表  $L$  及び  $S$  の係数

係数	値		備考
	勾配 5% 面	勾配 56% 面	
$L$	0.93	0.28	(10) 式より計算
$S$	0.57	2.24	(13) 式又は (14) 式より計算
$\lambda$ (ft)	60.53	12.11	第 7 図参照。1 (ft) = 0.3048 (m) として単位を ft に換算
$m$	0.40	0.71	(11) 式より計算
$\beta$	0.67	2.42	(12) 式より計算
$\theta$ (°)	2.86	29.05	勾配 5% 面及び勾配 56% 面の角度

以上より、傾斜長及び勾配係数 ( $LS$ ) を  $L$  と  $S$  の積を計算し、第 11 表のとおり設定する。

第 11 表 傾斜長及び勾配係数 ( $LS$ )

	勾配 5% 面	勾配 56% 面
傾斜長及び勾配係数 ( $LS$ )	0.53	0.63

#### d. 保護管理係数 (C)

CについてはA H703 及びU G2008 に設定方法が記載されており、特にU G2008 においてより詳細なパラメータ設定が記載されているため、U G2008 に基づきCを求める。

U G2008 の「9.1 式」に基づき、以下のとおりCを求める。

$$C = c_c \cdot g_c \cdot s_r \cdot r_h \cdot s_b \cdot s_c \cdot P_p \cdot a_m \cdots (15) \text{ 式}$$

ここで、各パラメータについては、保護土層の状況を考慮して以下のとおり設定する。また、各パラメータ設定値を第15表に整理する。

各パラメータを用いて(15)式より算出した保護管理係数(C)を第16表のとおりに設定する。

##### (a) $c_c$ (canopy cover)

植物の林冠等 (canopy) により、降雨時の地面への雨滴落下のエネルギーによる侵食の軽減を表す係数である。廃棄物埋設地に canopy は存在しないものの、降雨時の雨滴は全て保護工 (じゃかご等) に落下するため保護工 (じゃかご等) 表面が canopy と同様の役割を果たす。このため、保護土層に対して canopy cover となる保護工 (じゃかご等) を考慮して、当該係数を設定する。

U G2008 の「9.2 式」に基づき、以下のとおり  $c_c$  を求める。

$$c_c = 1 - f_c \times \exp(-0.1h_f) \cdots (16) \text{ 式}$$

ここで、各係数は第12表のとおりに設定する。

各係数を用いて (16) 式より算出し、 $c_c$  は 0.094 と設定する。

第 12 表  $c_c$  の係数

係数	値	備考
$f_c$	1	fraction of land surface covered by canopy (canopy にカバーされる地面の割合) 保護工 (じゃかご等) は粒径 0.05 m ~ 0.15 m の割栗石を 0.3 m の厚さで充填するため、雨滴が直接保護土層に落下することはない。このため、1 と設定する。
$h_f$ (ft)	0.98	distance that raindrops fall after striking the canopy (canopy 接触後に雨滴が落下する距離) 値が大きいくほど $c_c$ が大きくなり、厳しい評価となるため、保守的に想定される最大値として保護工 (じゃかご等) 高さ 0.3 m と設定する。1 (ft) = 0.3048 (m) として単位を ft に換算。

(b)  $g_c$  (ground cover)

地表面に接する物質 (ground cover) が降雨の雨滴を防ぎ掃流力を抑制することによる侵食の軽減を表す係数である。ground cover は、地表面に接する全ての物質を対象とし、岩片、植生、落葉、コケ、作物残留物等がある。岩石による保護 (rock cover) の場合は、大きさが 10 mm 以上であれば ground cover と判断される。このため、保護土層に対して ground cover となる保護工 (じゃかご等) を考慮して、当該係数を設定する。

UG2008 の「9.6 式」に基づき、以下のとおり  $g_c$  を求める。

$$g_c = \exp(-b \times f_g) \quad \dots (17) \text{ 式}$$

ここで、各係数は第 13 表のとおり設定する。

各係数を用いて (17) 式より算出し、 $g_c$  は 0.063 と設定する。

第 13 表  $g_c$  の係数

係数	値	備考
$b$	0.046	<p>Empirical coefficient (経験的定数)</p> <p>Ground cover の有効性を示す係数であり、インターリル侵食における 0.025 からリル侵食における 0.06 までの値をとる (UG2008 の「p146」)。インターリル侵食はリルとリルとの間における雨水流による表面侵食であり、保護工 (じゃかご等) により防止される。このため、リル侵食が支配的と推定される。リル侵食が支配的な場合は、<math>b=0.046</math> (UG2008 の「p146」)、<math>b=0.050</math> (AH703 の「p159」) が示されている。このため、保守的に評価が厳しくなる 0.046 と設定する。</p>
$f_g$	60	<p>Percentage of land area covered by ground cover (ground cover により覆われる地表面割合)</p> <p>ground cover である保護工 (じゃかご等) の割栗石が保護土層に接地している割合。割栗石は保護土層の大部分に接地しているため、<math>f_g</math> は高い値となることが推定されるが、UG2008 の「p270」より、保守的に 60% と設定する。</p>

(c)  $s_r$  (soil surface roughness)

かく乱によって生じた地表面のランダムな荒さによる侵食への影響を表す係数である。長期において自然現象により地表面の荒さが形成されることを想定し、当該係数を設定する。

UG2008の「9.10式」に基づき、以下のとおり $s_r$ を求める。

$$s_r = \exp \{-0.66 \times (R_a - 0.24)\} \quad \dots (18) \text{式}$$

ここで、係数は第14表のとおり設定する。

係数を用いて(18)式より算出し、 $s_r$ は0.79と設定する。

第14表  $s_r$ の係数

係数	値	備考
$R_a$	0.6	Adjusted roughness value (補正荒さ値) 長期的な値が提示されているUG2008の「Table10.6, “Bare with rock fragments”」より0.6と設定する。

(d)  $r_h$  (ridge height)

耕作において作られる畝と畝間による侵食への影響を表す係数である。保護土層に畝は存在しないため、 $r_h$ については考慮しない。

(e)  $s_b$  (soil biomass subfactor)

植物の根、作物残留物耕作等による侵食への影響を表す係数である。保護土層にはこれらが存在しないため、 $s_b$ については考慮しない。



い。

(f)  $s_c$  (soil consolidation)

耕作地等において、年数が経過するにしたがって、乾湿影響や生物影響により土粒子の凝結が起こり、侵食抑制効果が高まることを表す係数である。締固め施工を行う保護土層にはこのような侵食抑制効果は期待できないため、 $s_c$ については考慮しない。

(g)  $P_p$  (ponding effect)

平地において、降雨強度の強い降雨により水面ができ、侵食抑制効果が高まることを表す係数である。勾配を設ける保護土層にはこのような侵食抑制効果は期待できないため、 $P_p$ については考慮しない。

(h)  $a_m$  (antecedent soil moisture)

降雨が少なく土壌が乾燥しやすい作物栽培地域(米国 Northwest Wheat and Range Region (req zone))での侵食量評価において適用される係数である。保護土層の侵食量評価には該当しないため、 $a_m$ については考慮しない。

第 15 表 保護管理係数 (C) のパラメーター一覧

係数	設定値	備考
$c_c$	0.094	UG2008 の「9.2 式」より
$f_c$	1	保護工（じゃかご等）のカバー率より
$h_f$	0.98	保護工（じゃかご等）高さ 0.3 m より
$g_c$	0.063	UG2008 の「9.6 式」より
$b$	0.046	UG2008 の「p146」より
$f_g$	60	UG2008 の「p270」より
$s_r$	0.79	UG2008 の「9.10 式」より
$R_a$	0.6	UG2008 の「Table10.6」より
$r_h$	—	考慮しない
$s_b$	—	考慮しない
$s_c$	—	考慮しない
$P_p$	—	考慮しない
$a_m$	—	考慮しない

第 16 表 保護管理係数 (C)

	勾配 5% 面	勾配 56% 面
保護管理係数 (C)	0.0047	

e. 補助手法係数 ( $P$ )

補助手法係数は、植生や残留物による侵食抑制手法に加えて、補助的な効果をもたらす手法に適用される係数である。この手法には、土地の輪郭部分の形成、フィルター、密集した植物の間引き、段丘、分水路、貯水池などが含まれる。廃棄物埋設地にはこれらは存在しないことから、 $P$ については考慮しない。

#### (4) 評価結果

(4) 式に基づき評価した保護土層の侵食量を第 17 表に示す。また、評価に用いたパラメータを第 18 表にまとめる。

(4) 式によって求めた 1 ヘクタール当たりの年間侵食重量 ( $A$ ) は、 $0.032$  ( $t/ha/y$ ) (勾配 5%面) 及び  $0.038$  ( $t/ha/y$ ) (勾配 56%面) である。

$A$ は単位面積当たりの侵食重量のため、勾配 5%面及び勾配 56%面の保護土層の面積を $A$ に乗じて、勾配 5%面及び勾配 56%面の年間侵食重量を求めた。また、保護土層の密度を用いて侵食体積を求めた。侵食体積は、 $1.69$  ( $m^3/勾配 5\%面当たり/1,000$ 年間) 及び  $0.59$  ( $m^3/勾配 56\%面当たり/1,000$ 年間) である。この 1,000 年間の侵食体積は、勾配 5%面及び勾配 56%面のそれぞれの体積全体に対して 0.16% (勾配 5%面) 及び 0.19% (勾配 56%面) である。1,000 年間の侵食量は保護土層の体積に対して極めて少ない。

第 17 表 保護土層の侵食量

	勾配 5% 面	勾配 56% 面
1 ヘクタールあたりの年間侵食重量 (A) (t/ha/y)	0.032	0.038
保護土層の年間侵食重量 (g/y)	4,529	1,593
保護土層の年間侵食体積 (m <sup>3</sup> /y)	0.00169	0.00059
保護土層の 1,000 年間侵食体積 (m <sup>3</sup> )	1.69	0.59
保護土層に占める 1,000 年間侵食体積割合 (%)	0.16	0.19

第 18 表 侵食量の評価パラメータ

	勾配 5% 面	勾配 56% 面
降雨侵食係数 (R) (MJ・mm/ha/h/y)	4,698	
土壌侵食係数 (K) (t・ha・h/ha/MJ/mm)	0.0027	
傾斜長及び勾配係数 (LS)	0.53	0.63
保護管理係数 (C)	0.0047	
補助手法係数 (P)	—	
保護土層の面積 (m <sup>2</sup> )	1,416	417
保護土層の勾配 (°)	2.86	29.05
保護土層の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.68	

### 7. 2. 3 侵食による影響

保護土層において、雨水流による表面侵食は発生しないと考えられるため、  
リル侵食（ガリ侵食を含む）は発生しない。RUSLEを用いた侵食量の評価では、1,000年間の侵食量は保護土層の体積に対して0.2%以下であり、極めて少ない。

以上より、廃棄物埋設地において、低透水性土層及び側部低透水性土層の低透水性に影響を及ぼすような保護土層の侵食は発生しないと考えられるため、侵食は影響事象として考慮しない。

## 8 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) 遅沢省子・久保田徹・宮崎毅・中野政詩 (1989) : 土の中の物質移動 (その 8) - 土の中のガスの成分変化と移動 -, 農業土木学会誌 第 57 巻 第 2 号
- (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
- (6) 核燃料サイクル開発機構 東海事業所 (2002) : 放射性廃棄物地層処分の核種移行評価におけるコロイドの影響 (技術報告), J N C TN8410 2002 -010
- (7) 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
- (8) 西村宏昭・谷口徹郎・丸山敬 (2009) : 飛散物の軌跡の解析と建材の耐衝撃試験, 一般財団法人 日本建築総合試験所 機関誌 G B R C Vol. 34, No1
- (9) 平成 26 年理科年表 国立天文台編, 丸善出版
- (10) 林為人・中村敏明・高橋学 (2003) : 稲田花崗岩の熱特性, 超音波速度, 強度および変形特性の異方性
- (11) 松倉公憲 (1997) : 斜面を構成する岩石・岩盤の風化速度
- (12) 植生の表面侵食防止機能, 北原曜, 砂防学会誌 vol. 54 No. 5 p92 - 101,

(2002)

(13) Solid Waste Disposal Facility Criteria - Technical Manual -,  
Environment Protection Agency (1985)

(14) Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation  
Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) ,  
Agriculture Handbook Number 703, United States Department of  
Agriculture (1997)

(15) User' s Reference Guide, Revised Universal Soil Loss Equation  
Version 2 (R U S L E 2) (2008)

(16) 細山田健三・藤原輝男 (1984) : 侵食流亡土量の予測に関する USLE の  
適用について (I)

(17) Soil Survey Manual, Agriculture Handbook Number 18, United States  
Department of Agriculture (2017)

以上



# IAEA-ISM等の

## FEPリスト

IAEA-ISISAM等のFEPリスト (1/3)

特性	東海L3 FEPリスト				OECD/NEAの国際FEPリスト (2019)			廃棄物安全小委員会報告書のFEPリスト		IAEA-ISISAMのFEPリスト
	廃棄物/人工バリア/天然バリア				廃棄物/人工バリア/天然バリア			人工バリア/天然バリア		廃棄物/人工バリア
	(浅地中処分)				(地層処分)			(地層処分)		(浅地中処分)
	廃棄物層	側部低透水性覆土 及び低透水性土層	周辺地盤 (du層及び帯水層)	覆土等 (保護工, 保護土層及 び掘削抵抗性層)	廃棄物因子	埋設施設因子	地圏因子	緩衝材/埋め戻し材	母岩 (掘削影響領域, 断層帯含む)	
熱	WT01 熱特性	BT01 熱特性	ST01 熱特性	PT01 熱特性	2.3.1.1 放射線による熱生成及び移動	3.2.1 熱的プロセス(埋設施設)	4.1.5 地熱の特徴・特性	B1.1 熱特性	H1.1 熱特性	2.1.11 熱的プロセスと状態
	WT02 温度	BT02 温度	ST02 温度	PT02 温度	2.3.1.2 化学的熱生成及び移動		4.2.1 熱的プロセス(地圏)	B1.2 温度	H1.2 温度	
	WT03 熱生成及び熱移動				2.3.1.3 生物学的熱生成及び移動					
水理	WH01 水理特性	BH01 水理特性	SH01 水理特性	PH01 水理特性	2.3.2.1 飽和/不飽和	3.2.2.1 飽和/不飽和(埋設施設)	4.1.6 水理の特徴・特性	B2.1 水理特性	H2.1 水理特性	2.1.05 人工バリアシステムの特性と変質過程
	WH02 飽和・不飽和	BH02 飽和・不飽和	SH02 飽和・不飽和	PH02 飽和・不飽和	2.3.2.2 熱影響(廃棄物)	3.2.2.2 パイピング/流体浸食	4.2.2 水理的过程(地圏)	B2.2 地下水流動	H2.2 地下水流動	2.1.08 水理学/水文地質学的プロセスと状態
	WH03 熱的, 力学的, ガスによる水理影響				2.3.2.3 力学的影響(廃棄物)			B2.3 飽和	H2.3 飽和	2.1.12 ガス発生源と影響
		BH04 地下水流動	SH04 地下水流動	PH04 地下水流動	2.3.2.4 化学的影響(廃棄物)					
		BH05 パイピング・流体浸食		PH05 パイピング・流体浸食	2.3.2.5 ガス影響(廃棄物)					
力学	WM01 力学特性	BM01 力学特性	SM01 力学特性	PM01 力学特性	2.3.3.1 変形	3.2.3.1 物質体積変化(埋設施設)	4.1.7 力学の特徴・特性	B3.1 力学特性	H3.1 力学特性	2.1.02 廃棄物の材料, 特性, 変質過程
	WM02 体積変化	BM02 体積変化	SM02 体積変化	PM02 体積変化	2.3.3.2 物質体積変化(廃棄物)	3.2.3.2 クリーブ	4.2.3 力学的プロセス(地圏)	B3.2 応力	H3.2 応力	2.1.03 容器の材料, 特性, 変質過程
	WM03 応力	BM03 応力	SM03 応力	PM03 応力	2.3.3.3 移動	3.2.3.4 ガスによる膨張(埋設施設)		B3.3 膨潤	H3.4 クリーブ	2.1.04 緩衝材/埋め戻し材の材料, 特性, 変質過程
	WM04 変形, 移動・流出	BM04 変形(クリープ), 移動・流出	SM04 変形(クリープ), 移動・流出	PM04 変形(クリープ), 移動・流出	2.3.3.4 応力腐食割れ	3.2.3.5 ガス爆発(埋設施設)		B3.4 変形		2.1.05 人工バリアシステムの特性と変質過程
	WM05 ガスによる膨張・爆発	BM05 ベントナイト膨潤			2.3.3.5 ガス爆発(廃棄物)			B3.5 流出		2.1.06 他の人工バリアの材料, 特性, 変質過程
	WM06 応力腐食割れ									2.1.07 力学的プロセスと状態 2.1.12 ガス発生源と影響
化学	WC01 化学特性	BC01 化学特性	SC01 化学特性	PC01 化学特性	2.3.4.1 pH状態の進展(廃棄物)	3.2.4.1 pH状態の進展(埋設施設)	4.1.8 地球化学の特徴・特性	B4.1 化学特性	H4.1 化学特性	2.1.02 廃棄物の材料, 特性, 変質過程
	WC02 地下水化学・地下水(浸透水)との反応	BC02 地下水化学・地下水(浸透水)との反応	SC02 地下水化学・地下水(浸透水)との反応	PC02 地下水化学・地下水(浸透水)との反応	2.3.4.2 酸化還元状態の進展(廃棄物)	3.2.4.2 酸化還元状態の進展(埋設施設)	4.1.9 生物学の特徴・特性	B4.2 地下水化学	H4.2 地下水化学	2.1.03 容器の材料, 特性, 変質過程
	WC03 化学的変質・移動	BC03 化学的変質・移動	SC03 化学的変質・移動	PC03 化学的変質・移動	2.3.4.3 化学種の移行(廃棄物)	3.2.4.3 化学種の移行(埋設施設)	4.2.4 化学的过程(地圏)	B4.3 地下水との反応	H4.3 地下水との反応	2.1.04 緩衝材/埋め戻し材の材料, 特性, 変質過程
	WC04 pHの変化	BC04 pHの変化	SC04 pHの変化	PC04 pHの変化	2.3.4.4 腐食(廃棄物)	3.2.4.5 変質(埋設施設)	4.2.5 生物学的プロセス(地圏)	B4.4 化学的変質	H4.4 化学的変質	2.1.05 人工バリアシステムの特性と変質過程
	WC05 酸化還元環境の変化	BC05 酸化還元環境の変化	SC05 酸化還元環境の変化	PC05 酸化還元環境の変化	2.3.4.5 変質(廃棄物)	3.2.4.7 錯体形成(埋設施設)		B4.5 微生物影響	H4.5 微生物影響	2.1.06 他の人工バリアの材料, 特性, 変質過程
	WC06 腐食				2.3.4.7 錯体形成(廃棄物)	3.2.4.8 コロイド生成(埋設施設)		B4.6 有機物影響	H4.6 有機物影響	2.1.09 化学/地球化学的过程と状態
	WC07 錯体形成	BC07 錯体形成	SC07 錯体形成	PC07 錯体形成	2.3.4.8 コロイド形成(廃棄物)	3.2.5.1 微生物の増殖及び減少(埋設施設)		B4.7 コロイドの形成	H4.7 コロイドの形成	2.1.10 生物学/生化学的过程と状態

IAEA-ISM等のFEPリスト (2/3)

特性	東海L3 FEPリスト				OECD/NEAの国際FEPリスト (2019)			廃棄物安全小委員会報告書のFEPリスト		IAEA-ISMのFEPリスト
	廃棄物/人工バリア/天然バリア (浅地中処分)				廃棄物/人工バリア/天然バリア (地層処分)			人工バリア/天然バリア (地層処分)		廃棄物/人工バリア (浅地中処分)
	廃棄物層	側部低透水性覆土 及び低透水性土層	周辺地盤 (du層及び帯水層)	覆土等 (保護工, 保護土層及 び掘削抵抗性層)	廃棄物因子	埋設施設因子	地圏因子	緩衝材/埋め戻し材	母岩 (掘削影響領域, 断層帯含む)	
化学	WC08 コロイド生成	BC08 コロイド生成	SC08 コロイド生成	PC08 コロイド生成	2.3.5.1 微生物の増殖及び減少 (廃棄物)	3.2.5.2 微生物/生物を介したプロセス (埋設施設)		B4.8 ガスの発生/影響	H4.8 ガスの発生/影響	2.1.12 ガス発生源と影響
	WC09 有機物の影響	BC09 有機物の影響	SC09 有機物の影響	PC09 有機物の影響	2.3.5.2 微生物/生物を介したプロセス (廃棄物)			B4.9 塩の蓄積		
	WC10 微生物の影響	BC10 微生物の影響	SC10 微生物の影響	PC10 微生物の影響						
	WC11 塩の蓄積									
放射線	WR01 放射性崩壊及び生成	BR01 放射性崩壊及び生成	SR01 放射性崩壊及び生成	PR01 放射性崩壊及び生成	2.3.6.1 放射性崩壊及び生成 (廃棄物)	3.2.6.1 放射性崩壊及び生成 (埋設施設)	4.2.6 放射線学的プロセス (地圏)	B5.1 核種の放射性崩壊	H5.1 核種の放射性崩壊	2.1.13 放射線影響
	WR02 放射線分解	BR02 放射線分解	SR02 放射線分解	PR02 放射線分解	2.3.6.2 放射線分解 (廃棄物)	3.2.6.2 放射線分解 (埋設施設)		B5.2 地下水の放射線分解		
					2.3.6.5 放射線損傷 (廃棄物)	3.2.6.4 放射線損傷 (埋設施設)				
核種移行	WN01 物質移動特性	BN01 物質移動特性	SN01 物質移動特性	PN01 物質移動特性	2.4.1.1 溶出(廃棄物形態)	3.3.1.1 溶出(埋設施設)	4.3.1.1 移流 (地圏)	B6.1 物質移動特性	H6.1 物質移動特性	2.1.01 インベントリ, 核種と他の材料
	WN02 幾何形状・間隙構造	BN02 幾何形状・間隙構造	SN02 幾何形状・間隙構造	PN02 幾何形状・間隙構造	2.4.1.2 拡散(廃棄物形態)	3.3.1.2 分散(埋設施設)	4.3.1.2 分散 (地圏)	B6.2 幾何形状・間隙構造	H6.2 幾何形状・間隙構造	3.2.01 汚染物質の溶解, 沈殿, 結晶化
	WN03 核種移行	BN03 核種移行	SN03 核種移行	PN03 核種移行	2.4.1.3 種類及び溶解度 (廃棄物形態)	3.3.1.3 拡散(埋設施設)	4.3.1.3 拡散 (地圏)	B6.3 核種移行	H6.3 核種移行	3.2.02 汚染物質の化学種, 溶解度
	WN04 移流/分散	BN04 移流/分散	SN04 移流/分散	PN04 移流/分散	2.4.1.4 収着及び脱着 (廃棄物形態)	3.3.1.4 溶解, 沈殿, 及び結晶化 (埋設施設)	4.3.1.4 マトリクス拡散	B6.3.1 移流/分散	H6.3.1 移流/分散	3.2.03 汚染物質の収着・脱着プロセス
	WN05 拡散	BN05 拡散	SN05 拡散	PN05 拡散	2.4.2 ガスを媒介とした汚染物質の移行	3.3.1.5 種類及び溶解度 (埋設施設)	4.3.1.5 溶解, 沈殿及び結晶化 (地圏)	B6.3.2 拡散	H6.3.2 拡散	3.2.04 コロイドと汚染物質の相互作用と移行
	WN06 収着	BN06 収着	SN06 収着	PN06 収着	2.4.3 固体を媒介とした汚染物質の移行	3.3.1.6 収着及び脱着 (埋設施設)	4.3.1.6 種類及び溶解度 (地圏)	B6.3.3 収着	H6.3.3 収着	3.2.05 錯体生成による汚染物質の化学種/移行への影響
	WN07 沈殿溶解	BN07 沈殿溶解	SN07 沈殿溶解	PN07 沈殿溶解	2.5.1.1 移流 (廃棄物)	3.3.1.7 コロイド移行 (埋設施設)	4.3.1.7 収着及び脱着 (地圏)	B6.3.4 沈殿溶解	H6.3.5 コロイド移行	3.2.06 汚染物質の微生物/生物/植物を介したプロセス
	WN08 コロイド移行	BN08 コロイド移行	SN08 コロイド移行	PN08 コロイド移行	2.5.1.2 分散 (廃棄物)	3.3.2 ガスを媒介とした汚染物質の移行 (埋設施設)	4.3.1.8 コロイド移行 (地圏)	B6.3.5 コロイド移行	H6.3.6 ガスによる移行	3.2.07 水を媒介とした汚染物質の移行
	WN09 ガスによる移行	BN09 ガスによる移行	SN09 ガスによる移行	PN09 ガスによる移行	2.5.1.3 拡散 (廃棄物)	3.3.3 固体を媒介とした汚染物質の移行 (埋設施設)	4.3.2 ガスを媒介とした汚染物質の移行 (地圏)	B6.3.6 ガスによる移行	H6.4 物質移行	3.2.08 固体を媒介とした汚染物質の移行
			SN10 希釈		2.5.1.4 溶解, 沈殿及び結晶化 (廃棄物)		4.3.3 固体を媒介とした汚染物質の移行 (地圏)	B6.4 物質移行	BS1.3.4 帯水層の希釈	3.2.09 ガスを媒介とした汚染物質の移行
					2.5.1.5 種類及び溶解度 (廃棄物)					
					2.5.1.6 収着及び脱着 (廃棄物)					
					2.5.1.7 コロイド移行 (廃棄物)					
				2.5.2 ガスを媒介とした汚染物質の移行 (廃棄物)						

IAEA-ISAAM等のFEPリスト (3/3)

特性	東海L3 FEPリスト				OECD/NEAの国際FEPリスト (2019)			廃棄物安全小委員会報告書のFEPリスト		IAEA-ISAAMのFEPリスト
	廃棄物/人工バリア/天然バリア (浅地中処分)				廃棄物/人工バリア/天然バリア (地層処分)			人工バリア/天然バリア (地層処分)		廃棄物/人工バリア (浅地中処分)
	廃棄物層	側部低透水性覆土 及び低透水性土層	周辺地盤 (du層及び帯水層)	覆土等 (保護工、保護土層及 び掘削抵抗性層)	廃棄物因子	埋設施設因子	地圏因子	緩衝材/埋め戻し材	母岩 (掘削影響領域、断層帯含む)	
その他	WQ01 施工不良	BQ01 施工不良		PQ01 施工不良	2.1.2.1 金属	3.1.1 緩衝材/埋め 戻し材	4.1.1 構造			
					2.1.2.2 有機物					
					2.1.2.3 非金属・無機 物					
					2.2.1 廃棄物容器の 特徴・特性					

以上