参考資料1-4

補足説明資料3

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)

2024 年 10 月 日本原子力発電株式会社

1		は	じめ	いて	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	课	5
	3	•	1	熱(T)	6
	3		2	水理(H)	6
	3		3	力学(M)	6
	3	•	4	化学(C)	7
4		廃	棄物	理設地の状態設定における影響評価	7
	4	•	1	「M3 地震による廃棄物層の沈下(陥没現象)」	8
	4	•	2	「C1コンクリート類の溶脱(放射性廃棄物と浸透水の反応)」.	8
	4	•	3	「C7 遮水シートの劣化」	9
	4		4	「C8 津波」	9
5		参	考文	献	25

目

次

- 添付資料 影響評価によって影響なしと判断した根拠
- 参考資料 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/NE A (2019)<sup>(2)</sup>及びIAEA-ISAM<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、低透水性覆土 及び遮水シートにより、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(d u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, 低透水性覆土及び 遮水シート	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FEP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FEPリストとして整理した。

本施設のFEPリストは、埋設する放射性廃棄物、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FEP 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FEPリスト<sup>(1)</sup>

② OECD/NEAの国際FEPリスト (2019)<sup>(2)</sup>

③ IAEA - ISAM のFEPリスト<sup>(3)</sup>

本施設のFEPリストの作成にあたっては、廃棄物安全小委員会報告書の

#### 補 3-2

FEPリスト<sup>(1)</sup>並びにOECD/NEAの国際FEP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FEP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FEPとして、地下環境に係るFEP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。

OECD/NEAの国際FEP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FEPとして、「2 廃棄物因子」、「3 埋設施設因子」 及び「4 地圏因子」のFEPリストを選定した。

選定した各FEPリストの項目を第2表に示す。また,選定した各FEP リストの項目から整理した本施設のFEP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OECD/NEAの国際 FEPリスト(2000)<sup>(4)</sup>を用いて作成したFEP間相互の影響関係を示す相 関関係図(FEP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,IAEA SSG-14<sup>(5)</sup>において,OECD /NEAの国際FEPリスト(2000)<sup>(4)</sup>はFEP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OECD/N EAの国際FEPリスト(2019)<sup>(2)</sup>をスクリーニング対象とした。

なお, IAEA-ISAMのFEPリスト<sup>(3)</sup>については, OECD/N EAの国際FEP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

補 3-3

チ処分であることを踏まえ、本施設のFEPリストとの網羅性も確認している(参考資料1「IAEA-ISAM等のFEPリスト」を参照)。

以下に, 選定した各FEPリストの項目(第2表を参照)から本施設のF EP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「IAEA-ISAM等の FEPリスト」を参照)。

・廃棄物安全小委員会報告書のFEP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。

 ・OECD/NEAの国際FEP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FEPリストの整理結果

廃棄物安全小委員会報告書のFEP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、OECD/NEAの国際FEP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FEP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FEP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FEP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。

補 3-5

3.1 熱(T)

第4表に示すとおり考慮すべき影響事象はない。

3.2 水理(H)

側部低透水性覆土及び低透水性覆土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」

3.3 力学(M)

側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シートの低透水性に与える力学 的影響事象として,埋設した放射性廃棄物に含まれる金属の腐食に起因する 膨張変形及びガス発生の影響,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、放射性廃棄物内に生じ た微小な空隙から、埋設した放射性廃棄物の形状が変化することで、廃棄物 層の沈下による陥没の影響の可能性が考えられる。また、地すべり及び侵食 が発生することで、廃棄物埋設地の損傷による影響の可能性が考えられる。

「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 地すべり」

「M5 侵食」

<sup>「</sup>M1 廃棄物層(金属類及び鉄箱)の金属腐食による膨張変形及びガス発生

3.4 化学(C)

側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シート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、最終覆土及 び浸透水に含まれる酸素との反応による遮水シートの劣化の可能性が考えら れる。

また、本施設周辺の地盤(du層)の収着性に与える化学的影響事象とし て、放射性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類の溶 脱(放射性廃棄物と浸透水の反応)、廃棄物層の金属腐食(放射性廃棄物と浸 透水の反応)、バリア材料に共通で、コロイド生成、有機物(錯体形成含む) 及び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(du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 コンクリート類の溶脱(放射性廃棄物と浸透水の反応)」

- 「C2 廃棄物層の金属腐食(放射性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 遮水シートの劣化」
- 「C8 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(14事象:H1,M1~M5,C1~C8)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(金属類及び鉄箱)の金属腐食による膨張変形及びガス発生」、「M 2 ベントナイト混合土の膨潤」、「M4 地すべり」、「M5 侵食」、「C2 廃棄物 層の金属腐食(放射性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)」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 「影響評価によって影響なしと判断した根拠」を参照)。

4.1 「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,低透水性覆土及び遮水シートに 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、放射性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、埋設した放射性廃棄物の形状が変化することで、廃棄物層が沈 下による陥没の影響が考えられる。

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。

4. 2 「C1コンクリート類の溶脱(放射性廃棄物と浸透水の反応)」

雨水等の浸透水が、コンクリート類の放射性廃棄物との接触によってカル

補 3-8

シウム成分が溶脱し,浸透水の p H や酸化還元環境が変化することで,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。

コンクリート類の放射性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(d u 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、放射性廃棄 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、別紙 4「放射性核種 i の収着分配係数の設定根拠 について」で説明する。

4.3 「C7 遮水シートの劣化」

遮水シートは,最終覆土中に含まれる酸素や浸透水中に含まれる溶存酸素 との化学反応により酸化劣化し,低透水性に影響を与える可能性がある。こ のため,遮水シート(高分子材料)の劣化メカニズム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、別紙 1「年間浸透水量の設定根拠について」で説 明する。

4.4 「C8 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、別紙 4「放射性核種 i の収着分配係数の設定根拠 について」で説明する。

対象文献	FEPリスト		結果	除外理由
		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。
	その1 地下環境	緩衝材/埋め戻し材	0	_
		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)	0	_
廃棄物安全 小委員会報 告書のFE		带水層		母岩(掘削影響領域、断層帯含む)のFEPリストに おいて,周辺地盤(du層及び帯水層)に関連するF EP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。
Pリスト <sup>(1)</sup>		地表水 (河川・湖)		バリア材料の物性への影響がない。
	その2 地表環境	土壌・堆積土壌		母岩(掘削影響領域、断層帯含む)のFEPリストに おいて,周辺地盤(du層及び帯水層)に関連するF EP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FEPリストの項目(1/2)

対象文献	FEPリスト		結果	除外理由
		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	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。
		2.1 廃棄物形態	0	—
	0	<ol> <li>2.2 廃棄物の特徴・特性</li> </ol>	0	—
	2 廃棄物因子	2.3 廃棄物プロセス	0	_
O E C D /		2.4 汚染物質の放出(廃棄物形態)	0	—
NEAの国 際EED1		2.5 汚染物質の移行 (廃棄物)	0	—
尿 F E F 9 スト(2019)	3 埋設施設因 子	<ol> <li>3.1 埋設施設の特徴・特性</li> </ol>	0	_
(2)		3.2 埋設施設プロセス	0	—
		3.3 汚染物質の移行(埋設施設)	0	—
		4.1 地圏の特徴・特性	0	_
	4 	4.2 地圏プロセス	0	_
		4.3 汚染物質の移行(地圏)	0	—
		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	5.2 人間の特徴・行動		バリア材料の物性への影響に関係しない。
	生物圈因子	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。

第2表 選定したFEPリストの項目(2/2)

※:品質管理に係る事項(施工不良)のみ抽出する。

補 3-12

第3表 本施設のFEPリスト

環境分類	廃棄物層	側部低透水性覆土,低透水性覆土 及び遮水シート	本施設周辺の地盤 (du層及び帯水層)及び 地下水(浸透水を含む)	最終覆土(低透水性覆土 及び遮水シートを除く)及び植生
	熱特性 (WTO1)	熱特性 (BT01)	熱特性 (ST01)	熱特性 (PT01)
熱	温度(WTO2)	温度 (BT02)	温度(ST02)	温度 (PT02)
	熱生成及び熱移動(WT03)			
	水理特性 (WH01)	水理特性 (BH01)	水理特性 (SH01)	水理特性 (PH01)
水理	飽和・不飽和 (WH02)	飽和•不飽和 (BH02)	飽和•不飽和 (SH02)	飽和・不飽和 (PH02)
	地下水流動(WHO3)	地下水流動(BH03)	地下水流動(SHO3)	地下水流動 (PH03)
		パイピング・流体侵食 (BH04)		パイピング・流体侵食 (PH04)
	力学特性 (WM01)	力学特性 (BM01)	力学特性 (SM01)	力学特性 (PM01)
	体積変化(WMO2)	体積変化 (BM02)	体積変化 (SM02)	体積変化 (PM02)
力学	応力(WMO3)	応力 (BM03)	応力 (SM03)	応力 (PM03)
22.1	変形,移動・流出 (WM04)	変形 (クリープ), 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)
	ガスによる膨張・爆発(WMO5)	ベントナイト膨潤(BM05)		
	応力腐食割れ(WM06)			
	化学特性 (WC01)	化学特性 (BC01)	化学特性 (SC01)	化学特性 (PC01)
	地下水化学・地下水(浸透水)との反応(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)
	化学的変質・移動(WCO3)	化学的変質・移動 (BC03)	化学的変質・移動 (SC03)	化学的変質・移動 (PC03)
	pHの変化(WCO4)	pHの変化 (BC04)	p Hの変化(SC04)	pHの変化(PC04)
	酸化還元環境の変化(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)
化学	腐食 (WC06)			
	錯体形成 (WC07)	錯体形成 (BC07)	錯体形成 (SC07)	錯体形成 (PC07)
	コロイド生成(WCO8)	コロイド生成 (BC08)	コロイド生成 (SC08)	コロイド生成 (PC08)
	有機物の影響(WC09)	有機物の影響(BC09)	有機物の影響 (SC09)	有機物の影響 (PC09)
	微生物の影響(WC10)	微生物の影響 (BC10)	微生物の影響 (SC10)	微生物の影響 (PC10)
	塩の蓄積 (WC11)			
故射線受	放射性崩壊及び生成 (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)
	放射線分解(WRO2)	放射線分解(BR02)	放射線分解(SR02)	放射線分解(PR02)
	物質移動特性(WNO1)	物質移動特性 (BN01)	物質移動特性 (SN01)	物質移動特性 (PN01)
	幾何形状・間隙構造 (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)
	核種移行 (WN03)	核種移行 (BN03)	核種移行 (SN03)	核種移行 (PN03)
	移流/分散(WNO4)	移流/分散(BN04)	移流/分散(SN04)	移流/分散(PN04)
<b>太</b> 插 救 行	拡散 (WN05)	拡散 (BN05)	_ 拡散 (SN05)	_ 拡散 (PN05)
小久小里小少小1	収着 (WN06)	収着 (BN06)	収着(SN06)	収着 (PN06)
	沈殿溶解 (WN07)	沈殿溶解 (BN07)	沈殿溶解 (SN07)	沈殿溶解 (PN07)
	コロイド移行 (WN08)	コロイド移行 (BN08)	コロイド移行(SN08)	コロイド移行 (PN08)
	ガスによる移行 (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)
			希釈 (SN10)	
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,低透水性覆土及び遮水シート 【低透水性】	本施設周辺の地盤(d 【収着			
廃棄物層	FEP:WT01,WT02,WT03 廃棄物層の放射性廃棄物に含まれる放射性物質の量は少ないため,放射性廃棄物の温度,熱生成及び熱移動は極めて小 在する充塡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,影響しない。 考慮すべき影響事象:-				
側部低透水性覆土,低 透水性覆土及び遮水シ ート	FEP:BT01, BT02 側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シートは発熱しないため,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)	はない。また,本施設周辺の地盤(du 含む)の温度の変動範囲はバリア材料の				
最終覆土(低透水性覆 土及び遮水シートを除 く)及び植生	影響しない。				

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。

d u 層及び帯水層) <sup>
</sup>
皆性】

いさい。また, 放射性廃棄物の周囲に存

層及び帯水層)は発熱しないため,地 物性に影響を与えるものではない。 第5表 影響事象分析表 (水理) (1/2)

影響先影響元	側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シート 【低透水性】	本施設周辺の地盤( 【収着
廃棄物層	FEP:WH01,WH02,WH03 埋設トレンチを通過する浸透水は,遮水シート及び低透水性覆土又は側部低透 水性覆土から廃棄物層へ浸透する水理特性となるため,上流側に位置する側部 低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シート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放射性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透水性覆土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。 考慮すべき影響事象:(C3)	<ul> <li>FEP:WH01,WH02,WH03</li> <li>・ d u 層</li> <li>廃棄物層は、本施設周辺の地盤(d u 層)</li> <li>廃棄物層における飽和度や放射性廃棄</li> <li>よって、間隙水中への溶出量が変化し、</li> <li>に間接的な化学的影響(WC02)を与える</li> <li>・帯水層</li> <li>廃棄物層は、本施設周辺の地盤(帯水層</li> <li>考慮すべき影響事象:(C1)</li> </ul>
側部低透水性覆土,低 透水性覆土及び遮水シ ート	<ul> <li>FEP:BH01,BH02</li> <li>側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シートのうちベントナイト混合土</li> <li>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覆土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。</li> <li>考慮すべき影響事象:H1,(C3)</li> <li>FEP:BH01,BH03,BH04</li> <li>側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シートへの雨水等の浸透は緩やかであり,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,低透水性覆土及び遮水シートの低透水性に影響しない。</li> <li>考慮すべき影響事象:-</li> </ul>	FEP:BH01 側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮 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:-
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)	<ul> <li>FEP:SH01, SH02, SH03</li> <li>雨水等の浸透水は、側部低透水性覆土、低透水性覆土及び遮水シートから廃棄</li> <li>物層を経て本施設周辺の地盤(du層及び帯水層)に流れ込むことに加え、浸</li> <li>透水量は帯水層を流れる地下水と比較して非常に小さいため、本施設周辺の地</li> <li>盤は、本施設周辺の地盤より上流に位置する側部低透水性覆土、低透水性覆土</li> <li>及び遮水シートの低透水性に影響しない。</li> <li>考慮すべき影響事象:-</li> </ul>	FEP:SH01 本施設周辺の地盤(du層及び帯水層) 周辺の地盤(du層及び帯水層)の収着 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。

(d u 層及び帯水層) 着性】

)の収着性に直接的には影響しないが, 物と浸透水の接触等による水理影響に 本施設周辺の地盤(du層)の収着性 る可能性がある。

**る)の収着性に影響しない。** 

恋水シートは、本施設周辺の地盤(du

及び地下水(浸透水を含む)は、本施設 着性に影響しない。

第5表 影響事象分析表(水理)(2/2)

影響先影響元	側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シート 【低透水性】	本施設周辺の地盤( 【収着
最終覆土(低透水性覆 土及び遮水シートを除 く)及び植生	FEP: PH01, PH02, PH03, PH04 最終覆土(低透水性覆土及び遮水シートを除く)及び植生は,側部低透水性覆 土,低透水性覆土及び遮水シートの低透水性に対して,以下の特性を有してい る。 低透水性覆土及び遮水シートに対して,最終覆土(低透水性覆土及び遮水シー トを除く)が飽和・不飽和の繰り返しによる乾湿影響を低減するとともに浸透 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 位置する低透水性覆土及び遮水シートであるが,最終覆土(低透水性覆土及び 遮水シートを除く)及び植生による排水が低透水性覆土及び遮水シートを侵食 から保護しており,これも間接的に寄与していることから,側部低透水性覆土, 低透水性覆土及び遮水シートの低透水性に影響を与える可能性がある。 なお,侵食については,自然現象として整理する。 考慮すべき影響事象:(H1)	FEP:PH01 最終覆土(低透水性覆土及び遮水シート 盤(du層及び帯水層)の収着性に影響 考慮すべき影響事象:-

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。

d u層及び帯水層) <sup>
</sup>
昏性】

トを除く)及び植生は,本施設周辺の地 響しない。 第6表 影響事象分析表(力学)(1/4)

影響先影響元	側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シート 【低透水性】	本施設周辺の地盤( 【収着
廃棄物層	FEP:WM01,WM02,WM03,WM04,WM05,WM06 廃棄物層は、金属類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、金属類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、低透水性覆土及び遮水シート 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 て放射性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 び低透水性覆土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。 考慮すべき影響事象:M1,M3,(C3)	<ul> <li>FEP:WM01</li> <li>廃棄物層の力学特性による本施設周辺への影響はない。</li> <li>考慮すべき影響事象:-</li> </ul>
側部低透水性覆土,低透 水性覆土及び遮水シート	<ul> <li>FEP:BM01,BM02,BM03,BM04,BM05</li> <li>側部低透水性覆土及び低透水性覆土は、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・流出による側部低透水性覆土、低透水性覆土及び遮水シートの低透水性への影響は小さく無視できる。</li> <li>考慮すべき影響事象:M2</li> </ul>	FEP:BM01 側部低透水性覆土,低透水性覆土及び 辺の地盤(du層及び帯水層)の収着 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)	FEP:SM01,SM02,SM03,SM04 本施設周辺の地盤(du層及び帯水層)は、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、低透水性覆土及び遮水シート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、低透水性覆土及 び遮水シートの低透水性への影響はない。 考慮すべき影響事象:-	FEP:SM01 本施設周辺の地盤(du層及び帯水層) 特性による本施設周辺の地盤(du層) 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。

du層及び帯水層) 着性】

の地盤(du層及び帯水層)の収着性

遮水シートの力学特性による本施設周 性への影響はない。

う及び地下水(浸透水を含む)の力学及び帯水層)の収着性への影響はない。

影響元	影響先	側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シート 【低透水性】	本施設周辺の地盤( 【収着
最終覆土 及び遮水シ 及び植生	(低透水性覆土 ∕−トを除く)	FEP:PM01, PM02, PM03, PM04 最終覆土(低透水性覆土及び遮水シートを除く)及び植生は,側部低透水性 覆土,低透水性覆土及び遮水シートの低透水性に対して,以下の特性を有し ている。 低透水性覆土及び遮水シートに対して,上部に位置する最終覆土(低透水性 覆土及び遮水シートを除く)及び植生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覆土及び遮水シートであるが,最終覆土(低透水性覆土 及び遮水シートを除く)及び植生が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,低透水性覆土及び遮水シートに対 して,上部に位置する最終覆土(低透水性覆土及び遮水シートを除く)が吸 水膨潤による体積変化を拘束圧によって抑制し,最終覆土(低透水性覆土及 び遮水シートを除く)が樹木の根による損傷を防止することから,間接的に 側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シートの低透水性に影響を与える 可能性がある。 なお,侵食については,自然現象として整理する。 考慮すべき影響事象:(M2),(M5)	FEP:PM01 最終覆土(低透水性覆土及び遮水シー 施設周辺の地盤(du層及び帯水層) 考慮すべき影響事象:-
	地震	放射性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により陥没が生じ、バリア機能である側部低透水 性覆土、低透水性覆土及び遮水シート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:M3	地震によって生じる応力及び振動は, ス の収着性に影響しない。 考慮すべき影響事象:-
自然現象	地すべり	廃棄物埋設地では、豪雨時の降雨は排水層により排水されることから、廃棄 物埋設地が飽和状態となることはない。しかし、仮に飽和状態を想定した場 合、廃棄物埋設地及び周辺盛土の安定性が低下することで地すべりが発生し、 バリア機能である側部低透水性覆土、低透水性覆土及び遮水シートの低透水 性に影響を与える可能性がある。 考慮すべき影響事象:M4	地すべりは,本施設周辺の地盤(du) 考慮すべき影響事象:-

第6表 影響事象分析表 (力学) (2/4)

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。

(du層及び帯水層) 着性】

-トを除く)及び植生の力学特性は、本の収着性に影響しない。

本施設周辺の地盤(du層及び帯水層)

層及び帯水層)の収着性に影響しない。

影響三	影響先	側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シート 【低透水性】	本施設周辺の地盤( 【収え
<u> 家窨</u> 元			
		側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シートの上部には保護土層(上層), 保護土層(下層),フィルタ層及び排水層を設ける。バリア機能は,これら上 部の部位によって保護されるため,風によるバリア機能への影響は考えられ	<ul> <li>風は、本施設周辺の地盤(du層及び</li> <li>考慮すべき影響事象:-</li> </ul>
	風	ない。なお、一時的に廃棄物埋設地の表面に敷設される植生が影響を受ける 可能性があるが、植生は自生するため状態は維持されると考えられる。この ため、側部低透水性覆土、低透水性覆土及び遮水シートの低透水性には影響	
		さない。       考慮すべき影響事象:-	
		側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シートの上部には保護土層(上層),   保護土層(下層),フィルタ層及び排水層を設ける。バリア機能は,これら上	降雹は,本施設周辺の地盤(d u 層及
	降雹	部の部位によって保護されるため、降雹によるバリア機能への影響は考えら れない。なお、一時的に廃棄物埋設地の表面に敷設される植生が影響を受け	考慮すべき影響事象:-
		る可能性があるが、植生は自生するため状態は維持されると考えられる。このため、側部低透水性覆土、低透水性覆土及び遮水シートの低透水性には影	
白伏珇象		響しない。	
		考慮すべき影響事象:-	
		積雪荷重により廃棄物埋設地が損傷する可能性があるが,積雪荷重を考慮した地震力でも廃棄物埋設地は耐えられることから,本事象によるバリア機能	積雪は、本施設周辺の地盤(du層及
	往受	への影響はない。	考慮すべき影響事象:-
	1月 当	なわ, 第二種理設計可基準規則第四条 (地震による損傷の防止) にて詳細を 説明する。	
		考慮すべき影響事象:-	
		生物学事象として樹木の植生及びモグラ類による覆土の擾乱の可能性がある が,側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シートの上部の厚さは約1mで	生物学事象は、本施設周辺の地盤(d い。
	止悔兴声色	あり,また,砕石を用いた厚さ約0.3 mのフィルタ層及び排水層を設ける。 このため,樹木の植生及びモグラ類がバリア機能に影響を及ぼすことは考え	考慮すべき影響事象:-
	生物子争家 	にくい。このため、側部低透水性覆土、低透水性覆土及び遮水シートの低透 水性には影響しない。	
		考慮すべき影響事象:-	

第6表 影響事象分析表 (力学) (3/4)

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。

(du層及び帯水層) 着性】

「帯水層)の収着性に影響しない。

び帯水層)の収着性に影響しない。

び帯水層)の収着性に影響しない。

lu層及び帯水層)の収着性に影響しな

第6表 影響事象分析表 (力学) (4/4)

影響元	影響先	側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シート 【低透水性】	本施設周辺の地盤( 【収着
	侵食	最終覆土の表面は植生により保護され侵食は抑制されるが,長期的に降雨に よる侵食が発生し,側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シートの低透 水性に影響を与える可能性がある。 考慮すべき影響事象:M5	侵食は,本施設周辺の地盤(du層及 考慮すべき影響事象:-
自然現象	風化	側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シートの上部には保護土層(上層), 保護土層(下層),フィルタ層及び排水層を設ける。バリア機能は、これら上 部の部位によって保護されるため、風化によるバリア機能への影響は考えら れない。なお、一時的に廃棄物埋設地の表面に敷設される植生が影響を受け る可能性があるが、植生は自生するため状態は維持されると考えられる。こ のため、側部低透水性覆土、低透水性覆土及び遮水シートの低透水性には影響しない。	風化は、本施設周辺の地盤(du層及 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。

(d u 層及び帯水層) 着性】

び帯水層)の収着性に影響しない。

び帯水層)の収着性に影響しない。

第7表 影響事象分析表(化学)(1/4)

影響先影響元	側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シート 【低透水性】	本施設周辺の地盤(
	FEP:WC01,WC02,WC03,WC04 廃棄物層は、地下水との反応によるコンクリート類の放射性廃棄物の化学的 変質・移動によって生じる溶脱水や間隙水中のpH変化により、隣接する側 部低透水性覆土及び低透水性覆土の低透水性に影響を与える可能性がある。 なお、遮水シートは廃棄物層と隣接しないことから影響しない。 考慮すべき影響事象:C3	<ul> <li>FEP:WC01,WC02,WC03,WC04,WC</li> <li>・du層</li> <li>廃棄物層は、地下水との反応によるコ 変質・移動によって生じる溶脱水が、</li> <li>を与えることで、本施設周辺の地盤(</li> <li>性がある。</li> <li>・帯水層</li> <li>廃棄物層は、地下水との反応によるコ</li> <li>変質・移動によって生じる溶脱水が、</li> <li>を与えるが、本施設周辺の地盤(帯水</li> <li>影響は小さく考慮しない。</li> <li>考慮すべき影響事象:C1</li> </ul>
廃棄物層	FEP:WC05,WC06 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,低 透水性覆土及び遮水シートの低透水性に直接的には影響しないが,金属腐食 は間接的な力学的影響(WM02,WM05)を与える可能性がある。 考慮すべき影響事象:(M1)	<ul> <li>FEP:WC05,WC06</li> <li>・du層</li> <li>廃棄物層における金属腐食による酸化の地盤(du層)の収着性に影響を与</li> <li>・帯水層</li> <li>廃棄物層における金属腐食による酸化辺の地盤(帯水層)では、地下水の希い。</li> <li>考慮すべき影響事象:C2</li> </ul>
	FEP:WC11 埋設する放射性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 学特性によるバリア機能への影響はない(放射性廃棄物の温度勾配を起因とす 考慮すべき影響事象:-	であり,放射性廃棄物の温度や熱生成は する塩の蓄積は発生しない。)。

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。

(du層及び帯水層) 着性】

05

レンクリート類の放射性廃棄物の化学的 間隙水中の p H や酸化還元環境の変化 (d u 層)の収着性に影響を与える可能

ロンクリート類の放射性廃棄物の化学的 間隙水中のpHや酸化還元環境の変化 (層)では、地下水の希釈によってその

公還元環境の変化によって、本施設周辺 たえる可能性がある。

公還元環境の変化を与えるが,本施設周 時釈によってその影響は小さく考慮しな

t極めて小さいことから,廃棄物層の化

第7表 影響事象分析表(化学)(2/4)

影響先影響元	側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シート 【低透水性】	本施設周辺の地盤(
側部低透水性覆土,低透 水性覆土及び遮水シート	FEP:BC01,BC02,BC03,BC04 側部低透水性覆土及び低透水性覆土は、ベントナイト混合土がコンクリート 類の放射性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覆土の低透水性に影響を与える可 能性がある。 また、遮水シートは、最終覆土に含まれる酸素や浸透水に含まれる酸素との 反応によって、遮水シートの材質が化学的変質(酸化劣化)することで、側 部低透水性覆土、低透水性覆土及び遮水シート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,C7	<ul> <li>FEP:BC01,BC02,BC04,BC05</li> <li>・du層 側部低透水性覆土及び低透水性覆土は 類の放射性廃棄物からの溶脱水等を含 化や酸化還元環境の変化を与えること 着性に影響を与える可能性がある。</li> <li>・帯水層 側部低透水性覆土及び低透水性覆土は 類の放射性廃棄物からの溶脱水等を含 化や酸化還元環境の変化を与えるが、 下水の希釈によってその影響は小さく</li> <li>考慮すべき影響事象:C1</li> </ul>
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)	<ul> <li>FEP:SC01, SC02, SC03, SC04</li> <li>・du層</li> <li>本施設周辺の地盤(du層)は、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覆土の低透水性に影響する可能性がある。</li> <li>・帯水層</li> <li>側部低透水性覆土、低透水性覆土及び遮水シートは、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、低透水性覆土及び遮水シートの低透水性に影響しない。</li> <li>考慮すべき影響事象:C3</li> </ul>	<ul> <li>FEP:SC01, SC02, SC04, SC05</li> <li>・ d u層</li> <li>本施設周辺の地盤(d u層)は,放射</li> <li>応等によって,浸透水のpHの変化や</li> <li>自身の収着性に影響を与える可能性が</li> <li>・帯水層</li> <li>本施設周辺の地盤(d u層)は,放射</li> <li>応等によって,浸透水のpHの変化や</li> <li>設周辺の地盤(帯水層)では,地下水しない。</li> <li>考慮すべき影響事象:C1</li> </ul>
最終覆土(低透水性覆土 及び遮水シートを除く) 及び植生	FEP:PC01, PC02, PC03, PC04, PC05 最終覆土(低透水性覆土及び遮水シートを除く)及び植生の化学特性による/ 考慮すべき影響事象:-	ベリア機能への影響はない。

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。

(du層及び帯水層) 着性】

は、ベントナイト混合土がコンクリート なむ浸透水との反応によって、 p Hの変 こで、本施設周辺の地盤(d u 層)の収

t, ベントナイト混合土がコンクリート む浸透水との反応によって, pHの変 本施設周辺の地盤(帯水層)では,地 考慮しない。

け性廃棄物やベントナイト混合土との反 P酸化還元環境の変化が生じることで, がある。

†性廃棄物やベントナイト混合土との反 P酸化還元環境の変化が生じるが、本施 、の希釈によってその影響は小さく考慮

第7表 影響事象分析表(化学)(3/4)

影響先	創部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シート 【低透水性】	本施設周辺の地盤(
	FEP:BC08, PC08 間隙水中のコロイド生成は, 側部低透水性覆土, 低透水性覆土及び遮水シー トの低透水性に影響しない。 考慮すべき影響事象:-	<ul> <li>FEP:WC08, BC08, SC08, PC08</li> <li>・ d u層</li> <li>間隙水中のコロイド生成は,本施設周 与える可能性がある。</li> <li>・帯水層</li> <li>間隙水中のコロイド生成は,本施設周 釈によってその影響は小さく考慮しな</li> <li>考慮すべき影響事象:C4</li> </ul>
バリア材料共通	FEP:WC07,WC09,BC07,BC09,PC07,PC09 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,低透水性覆土及び遮水シートの低透水性に影 響しない。 考慮すべき影響事象:-	FEP:WC07,WC09,BC07,BC09,SC         ・ d u層         主に廃棄物層に含まれる有機物及びそ         周辺の地盤(d u層)の収着性に影響         ・帯水層         主に廃棄物層に含まれる有機物及びそ         施設周辺の地盤(d u層)の収着性に影響         ・帯水層         主に廃棄物層に含まれる有機物及びそ         施設周辺の地盤(帯水層)では、地下         慮しない。
	<ul> <li>FEP:WC10, BC10, PC10</li> <li>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, 低透水性覆土及び遮水シートの低透水性に影響しない。</li> <li>考慮すべき影響事象:-</li> </ul>	考慮すべき影響事象:C3         FEP:WC10, BC10, SC10, PC10         ・du層         微生物の活動によって有機物の分解が辺の地盤(du層)の収着性に影響を         ・帯水層         微生物の活動によって有機物の分解が周辺の地盤(帯水層)では,地下水のない。         考慮すべき影響事象:C6
	<ul> <li>F E P: WR02, BR02, SR02, PR02</li> <li>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、放射性廃棄</li> <li>考慮すべき影響事象:-</li> </ul>	<b>物の放射線量は小さく,その発生量はわ</b>

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。

(du層及び帯水層) 着性】

|辺の地盤(du層)の収着性に影響を

辺の地盤(帯水層)では、地下水の希い。

C07, SC09, PC07, PC09

の分解生成物が錯体を形成し、本施設 を与える可能性がある。

の分解生成物が錯体を形成するが、本 がの希釈によってその影響は小さく考

ジ生じ、生成する物質によって本施設周 ・与える可能性がある。

这生じ,生成する物質があるが,本施設)希釈によってその影響は小さく考慮し

ずかであるため、影響は無視できる。

甮	7	表	影響事象分析表	(化学)	(4/4)
11	•	1			

影響元	影響先	側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シート 【低透水性】	本施設周辺の地盤( 【収着
	津波	津波による側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シートの低透水性への 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 な化学的影響が生じ,本施設周辺の地 響を与える可能性がある。 考慮すべき影響事象:C8
	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 考慮すべき影響事象:-	),範囲が限定されるため,影響は無視
自然現象	風化	側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シートの上部には保護土層(上層), 保護土層(下層),フィルタ層及び排水層を設ける。バリア機能は、これら上 部の部位によって保護されるため,風化によるバリア機能への影響は考えられ ない。なお、一時的に廃棄物埋設地の表面に敷設される植生が影響を受ける可 能性があるが,植生は自生するため状態は維持されると考えられる。このため、 側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シートの低透水性には影響しない。 考慮すべき影響事象:-	風化は、本施設周辺の地盤(du層及 考慮すべき影響事象:-
	コロイド	コロイドは,「FEP:WC08, BC08, SC08, PC08」に包含される。 考慮すべき影響事象:-	
	有機物	有機物は,「FEP:WC09, BC09, SC09, PC09」に包含される。 考慮すべき影響事象:-	

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。

d u 層及び帯水層) 皆性】	
辺に流入することで、	

辺に流入することで,地下水に一時的 2盤(du層及び帯水層)の収着性に影

できる。

及び帯水層)の収着性に影響しない。

- 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-
- 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): TRU廃棄物
   処分技術検討書-第2次TRU廃棄物処分研究開発取りまとめー根
   拠資料集分冊3 FEP

以 上

影響評価によって影響なしと判断した根拠

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	12
	1	•	3	廃棄物層の金属腐食(放射性廃棄物と浸透水の反応)	12
2		べ	ント	・ナイト混合土の乾湿の影響	13
3		べ	ント	・ナイト混合土の膨潤の影響	15
4		地	すべ	ະງ	19
	4	•	1	解析手法(評価式)	21
	4	•	2	計画安全率	21
	4	•	3	地下水位	21
	4	•	4	荷重条件	21
	4	•	5	解析結果	25
5		侵	食.		29
	5	•	1	保護土層の侵食量	30
	5	•	2	侵食による影響	34
6		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.	34
7		バ	リア	イ材料中でのコロイド生成	35
8		バ	リア	、材料中の有機物(錯体形成含む)	35
9		バ	リア	、材料中の微生物	36
1	0		参考	;文献	36

- 1 金属腐食の影響
- 1.1 金属腐食による膨張変形

放射性廃棄物には,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及 び遮水シート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と 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、上部を低透水性覆土、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、0.023 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・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:JISK 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 る酸素量は遮水シートと側部低透水性覆土及び低透水性覆土のベントナイ 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。

(ORP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。

(pHについて)

埋設トレンチ内のpH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。

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°C	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 から設定とした。
O R P	好気的条件	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の好気的条 件を想定する。
рH	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。

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

(2) 金属類の設定

金属類の放射性廃棄物は、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、金属類の放射性廃棄物には、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放射性廃棄物全体で約6,100 t のうち約4 t 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)<sub>2</sub>(水酸化鉄(Ⅱ))を設定した。

## (4) 金属の腐食膨張倍率の設定

金属の腐食膨張倍率は、腐食生成物 F e (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、放射性廃 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、F e の 1 mol 当たりの質量に相当する体積( $L_{Fe}$ )が腐食し、 F e (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。

体積膨張率( $\beta$ ) =モル体積( $L_{Fe(OH)_2}$ ) / 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)<sub>2</sub>の体積 膨張率は3.48となったため,金属の腐食膨張倍率の設定は,保守的に4倍 と設定する。

※1:かさ密度とは、「質量」を「かさ容積」で除した密度を指す。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>。

百乙,化合物	モル質量 理論密度		モル体積L
原子・化合物	(g∕mol)	$(g/cm^3)$	$(\text{cm}^3 / \text{mol})$
F e	55.845	7.87	7.096
Fe $(OH)_2$	89.860	3.64	24.687

第2表 Fe及びFe (OH)<sub>2</sub>の設定値

(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(金属類の放射性廃棄物: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0.8 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、原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、好気的条件として埋

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 反応するものと考える。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
<ul><li>埋設トレンチ</li><li>1区画寸法(東</li><li>西方向)</li></ul>	16 (m)	線量評価パラメータ*1「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*1「廃棄物埋設地平 面積」の算出に用いている設計寸法8.5m を保守的に切上げて設定した。
<ul><li>埋設トレンチ</li><li>1区画の水平</li><li>面積</li></ul>	144 (m)	上記の埋設トレンチ1区画寸法から算定 し,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*1「西側埋設トレン チ及び東側埋設トレンチ内の充塡砂/中 間覆土の体積割合」で金属類のみが埋設 される状態を想定した西側埋設トレンチ の値で設定した。
金属の密度	7,800 (kg∕m³)	線量評価パラメータ <sup>*1</sup> の算定に用いてい る「金属類の密度」と同じ値で設定した。
鉄箱の寸法 (縦 横)	1.4 (m)	金属類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)	金属類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*1「廃棄物埋設地内 の充塡砂/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*1「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	0.01031 (kg∕m³)	気温と同等の水温 14℃の水の飽和溶存酸 素濃度 10.31ppm を単位変換して設定し た。

項目	設定値 (単位)	設定の考え方
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)から設定した。
水の密度	1,000 (kg∕m³)	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∕m³)	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 し, 設定した。
浸透水量	0.004 $(m^3 / (m^2 \cdot y)) \overset{\text{*}2}{=} 0.023 (m^3 / (m^2 \cdot y)) \overset{\text{*}3}{=}$	線量評価パラメータ <sup>*1</sup> 「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, 設定した。 Fe+1/2 O <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O→Fe(OH) <sub>2</sub>
金属の腐食膨 張倍率	4 (倍)	水酸化鉄(Ⅱ)の体積膨張率 3.48 を保守 的に切り上げて金属膨張倍率を設定し た。
<ul><li>埋設トレンチ1</li><li>区画の鉄箱の</li><li>体積(健全時)</li></ul>	264.6 (m <sup>3</sup> )	上記の鉄箱の寸法 (1.4m×1.4m×0.9m), 区画内の鉄箱定置数(150個)より算定し, 設定した。
埋設トレンチ 内の鉄箱全体 の寸法(3段分)	2.7 (m)	上記の鉄箱の寸法(高さ0.9m)を3段分 より算定し,設定した。
埋設トレンチ 内の鉄箱全体 の寸法(10個 分)	14 (m)	上記の鉄箱の寸法 (縦横 1.4m)を 10 個分 より算定し,設定した。

※1:「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」 ※2:覆土完了後~100年(遮水シートが健全な期間)

※3:150年~(遮水シートは存在するが、遮水シートによる浸透水低減を考慮しない期間)なお、100年~150年 (遮水シートの劣化が進む期間)は、100年の年間浸透水量から150年の年間浸透水量に線形で変化する。

(6) 金属の腐食膨張量評価

埋設トレンチ内の金属類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)

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)
 = ((埋設トレンチ内の鉄箱全体の寸法(3段分)(m)×1方向当たりの鉄
 箱の膨張比(-)<sup>\*1</sup>)-埋設トレンチ内の鉄箱全体の寸法(3段分)(m))
 ×2

(水平方向)

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)

= ((埋設トレンチ内の鉄箱全体の寸法(10 個分)(m)×1 方向当たりの
 鉄箱の膨張比(-)<sup>\*1</sup>)-埋設トレンチ内の鉄箱全体の寸法(10 個分)
 (m))×2

※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(-)

= (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(金属腐食の膨張のみ)(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>)

ここで、「浸透水の溶存酸素による腐食」の腐食膨張量を算出する場合は、 膨張量(m)は膨張速度(m/y)に、体積膨張量(m<sup>3</sup>)は体積膨張速度 (m<sup>3</sup>/y)に読替えるものとする。

なお、※3 埋設トレンチ1区画内の金属の体積膨張量(金属腐食の膨張

のみ)(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>)<sup>\*4</sup>×(金属の腐食膨張倍率-1)

※4:腐食体積(m<sup>3</sup>)

=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)<sup>\*6</sup>+埋設トレンチ内の空気
 中の酸素量(kg)<sup>\*7</sup>

※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>)<sup>\*8</sup>÷水の密度(kg/m<sup>3</sup>)×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>)<sup>\*9</sup>×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>)×「充塡砂/中間覆土の体積割合」× 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>)×「充塡砂/中間覆土の体積割合」×
 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,年間での腐食膨張速度を評価した。算出過程を以下 に示す。

埋設トレンチ1区画の体積膨張速度(金属腐食の膨張のみ)(m<sup>3</sup>/y)

=腐食体積  $(m^3/y)^{*10} \times (金属の腐食膨張率-1)$ 

※10:腐食体積(m<sup>3</sup>/y)

=埋設トレンチ内への浸透水中の酸素量(kg/y)<sup>\*11</sup>×腐食反応の鉄・ 酸素の原子量比÷金属の密度(kg/m<sup>3</sup>)

※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<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・y))×埋設トレンチ1区
 画の水平面積(m<sup>2</sup>)×溶存酸素濃度(kg/m<sup>3</sup>)

上記の算出過程に従い、「浸透水の溶存酸素による腐食」の埋設トレンチ 1 区画での腐食膨張速度を算出した結果は、第4表のとおりとなった。こ の腐食膨張速度に期間を乗じることで覆土完了後から1,000年後の「浸透 水の溶存酸素による腐食」の腐食膨張量を算出した。

次に,上記の算出過程に従い,「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」の埋設トレンチ1区画での腐食膨張量を算出した。

これら「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」による腐食膨張量をとりまとめた評価結果を 第5表に示す。

合計した腐食膨張量は,鉛直方向で約0.98 mm であり,水平方向で約5.2 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(金属類及び鉄箱)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。

期間	方向	腐食膨張速度(mm/y)
要十字了從。100 年*1	鉛直	6. $0 \times 10^{-5}$
復工元」後~100 平	水平	3. $0 \times 10^{-4}$
	鉛直	100年の腐食膨張速度か
100 年~150 年*2		ら 150 年の腐食膨張速
	水平	度まで線形で変化
150年。*3	鉛直	$3.2 \times 10^{-4}$
130 + ~	水平	$1.7 \times 10^{-3}$

第4表 浸透水の溶存酸素による腐食の腐食膨張速度

\*1:遮水シートが健全な期間

\*2:遮水シートの劣化が進む期間

\*3: 遮水シートは存在するが, 遮水シートによる浸透水低減を考慮しない期間

酸素の要因	方向	腐食膨張量(mm)
埋設完了後の埋設トレンチ内	鉛直	0. 69
に存在する酸素による腐食	水平	3. 6
浸添水の溶左酔素によて府会	鉛直	0.29
反延小り俗什酸糸による腐良	水平	1.6
	鉛直	0. 98
	水平	5.2

第5表 金属腐食による腐食膨張量の評価結果

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、アルカリ環境下に暴露 されるリスクを低減するため、コンクリート類の放射性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、上部を遮水シート及び低透水性覆土、側部を側部低透 水性覆土に覆われ、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、仮にガスが発生した場合でも下部の周辺土(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。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(金属類及び鉄箱)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 廃棄物層の金属腐食(放射性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 ないと考えられる。

したがって、「C2 廃棄物層の金属腐食(放射性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燥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,1 m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,最終覆土の下層に配置され,最終 覆土の上部を植生で覆うことで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%の膨潤率となる。この膨潤率と乾燥 密度 $\rho_d$ の低下は同等と仮定すると、乾燥密度 $\rho_d$ の低下は 0.21%であり、有効 モンモリロナイト乾燥密度 $\rho_{em}$ では 0.44%の低下に相当する。吸水膨潤後の 透水係数の推定は 1.01×10<sup>-10</sup> (m/s) となり、初期の透水係数 1.0×10<sup>-10</sup> (m/s) と比較して、同様に 10<sup>-10</sup> (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。

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

 $\rho_b: 有効粘土乾燥密度 (Mg/m<sup>3</sup>)$   $\rho_d: 乾燥密度 (Mg/m<sup>3</sup>)$   $R_s: 骨材混合率 (%) (R_s = 85\%)$ 

 $\rho_s: 骨材の土粒子密度 (Mg/m<sup>3</sup>) (\rho_s = 2.677 Mg/m<sup>3</sup>)$ 

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

 $\rho_{em}: 有効モンモリロナイト乾燥密度 (Mg/m<sup>3</sup>)$   $C_m: モンモリロナイト含有率 (%) (C_m = 52\%)$   $\rho_{nm}: 随伴鉱物の土粒子密度 (Mg/m<sup>3</sup>) (\rho_{nm} = 2.81 Mg/m<sup>3</sup>)$ 



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,「M 2 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 地すべり

廃棄物埋設地では,豪雨時の降雨は排水層により排水されることから,廃 棄物埋設地が飽和状態となることはない。しかし,仮に飽和状態を想定した 場合,廃棄物埋設地及び周辺盛土の安定性が低下することで地すべりが発生 し,バリア機能である側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シートの低 透水性に影響を与える可能性がある。このため,保守的に廃棄物埋設地の地 表面まで地下水位が上昇した条件を設定し,廃棄物埋設地が安定性を有する ことを確認する。

地すべり安定性評価については、「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四条(地震による損傷の防止)への適合性について 添付資料2 すべり安定解析による廃棄物埋設施設の安定性確認(以下「地震 力に対するすべり安定性確認」という。)」における確認と同様に、解析コー ド「COSTANA 斜面安定計算システム(Ver.20.1D)」(以下「COST ANA」という。)により行い、簡便法を用いる。なお、地震力に対するす べり安定性確認と異なる評価条件は、以下のとおりである。

- ·解析手法(評価式)
- ·計画安全率
- ·地下水位
- ·荷重条件

廃棄物埋設施設評価断面及び投影する地質断面位置図を第7図に示す。



第7図 廃棄物埋設施設評価断面及び投影する地質断面位置図

4.1 解析手法(評価式)

豪雨に伴う地すべりの評価における安定計算は、以下の評価式を用いる。

$$F_{S} = \frac{\Sigma\{c \cdot l + (W - u \cdot b)cos\alpha \cdot tan\phi\}}{\Sigma W \cdot sin\alpha}$$

 $F_{s}: 安全率$ 

- $c: 粘着力 (kN/m^2)$
- *l*:スライスで切られたすべり面の長さ(m)
- W:スライスの全重量(kN/m)
- u: 間隙水圧 (kN/m<sup>2</sup>)
- b:スライスの幅 (m)
- α:スライスで切られたすべり面の中点とすべり円の中心を結ぶ直 線と鉛直線のなす角(度)
- 4.2 計画安全率

豪雨に伴う地すべりの評価における計画安全率は,盛土工指針(平成22年 度版)<sup>(6)</sup>における降雨の作用に対する許容安全率を参考に1.2以上とする。

4.3 地下水位

豪雨に伴う地すべりの評価における地下水位は,豪雨によって覆土及び盛 土が飽和状態であることを解析上で模擬するため,保守側に地表面とする。

4.4 荷重条件

豪雨に伴う地すべりの評価において考慮する荷重は、固定荷重及び上載荷

重とし,地震力に対するすべり安定性確認における地震荷重については,地 震と豪雨は重畳しないものとして考慮しない。また,豪雨時に積雪はないも のとして,積雪荷重は考慮しない。

荷重の組合せを第6表に,荷重概要図を第8図に示す。

第6表 豪雨に伴う地すべりの評価おいて考慮する荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
高雨時	固定荷重
家阳时	上載荷重



第8図 荷重概要図 (1/2) (N−S断面)



廃棄物埋設地凡例

地質凡例



第8図 荷重概要図(2/2)(E-W断面)

## 4.5 解析結果

豪雨に伴う地すべりの評価における安定性確認結果を第7表に示す。

最小安全率が計画安全率以上となっていることからから,廃棄物埋設地の 地表面まで水位が上昇した場合でも安定であることを確認した。このため, 豪雨時に地すべりが発生することはなく,人工バリアの低透水性が損なわれ ることは考えられない。

以上のことから、「M4 地すべり」は影響事象として考慮しない。



廃棄物層

第7表 豪雨に伴う地すべりの評価における安定性確認結果(1/3)



du du層

排水層

低透水性覆土 基礎材 廃棄物層

第7表 豪雨に伴う地すべりの評価における安定性確認結果 (2/3)



第7表 豪雨に伴う地すべりの評価における安定性確認結果(3/3)



5 侵食

最終覆土の表面は植生により保護され侵食は抑制されるが,長期的に降雨 による侵食が発生し,側部低透水性覆土,低透水性覆土及び遮水シートの低 透水性に影響を与える可能性がある。

北原(2002)<sup>(7)</sup>によると、降雨による侵食は以下のとおりとされている。

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壌の場合には、雨滴衝撃による侵食が発生するが、 侵食量はごく僅かである。

降雨が続き土壌の浸透能を降雨強度が上回ると,土壌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。流速が増してもそれだけでは土粒 子は剥離されにくく,表流水による侵食量は小さい。

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 cm~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侵食が発生する。

降雨による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、雨滴は植生に落下する。このため、植生の下部の保護 土層においては、雨滴衝撃による侵食の影響は小さい。同様に、表流水に雨

滴が当たる可能性も低いため、雨水流による侵食の影響は小さい。保護土層 表面における表流水による侵食については、侵食量は小さい。

EPA(1993)<sup>(8)</sup>では,「天然の植物の成長を維持することができる最低6 インチ(約15 cm)の土質材料を含む侵食層を使用することで覆土の侵食を 最小限に抑える」としている。

以上を踏まえると,植生を敷設した保護土層においては,人工バリアの低 透水性に影響を与えるほどの侵食の発生は考えられない。

なお、人工バリアの低透水性に影響を与えるほどの侵食の発生は考えられ ないものの、IAEA (2020)<sup>(9)</sup>において様々な条件での侵食量が示されて いるため、植生を敷設した保護土層における侵食量について、IAEA (2020)<sup>(9)</sup>に基づき評価する。

#### 5.1 保護土層の侵食量

植生を敷設した保護土層における侵食量については,さまざまな侵食面で の侵食量を測定している IAEA (2020)<sup>(9)</sup>を参照し,植生を敷設した保護 土層に相当する侵食量を採用して評価する。

一般的に植生は、高木、低木、芝生・草花等がある。保護土層(上層)の 厚さは約 30 cm であることを考慮し、これに適合する植生として芝生・草花 を想定する。IAEA (2020)<sup>(9)</sup>においては、森林(アカマツ、杉、落葉広 葉樹)、耕作前の農地(除草前)、耕作前の農地(除草後)、耕作後の農地、芝 生について、複数の調査対象における侵食量を評価している。保護土層に敷 設する植生として想定する芝生・草花を考慮すると、IAEA (2020)<sup>(9)</sup>に おける「Grassland」に相当する。IAEA (2020)<sup>(9)</sup>における「Grassland」 のうち、保守的に最も侵食量が多い「Grassland A」の値を用いて、保護土層 の侵食量を評価する。

保護土層の侵食量の評価結果を第8表に示す。また,評価に用いたパラメ ータを第9表にまとめる。

IAEA (2020)<sup>(9)</sup>における「Grassland A」の侵食量は, 0.028 (kg/m<sup>2</sup>/y)である。

植生を敷設した保護土層の評価対象は,保護土層のうち最も面積が大きい 東側埋設トレンチの東面(勾配 5%の面及び勾配 1:1.8 の面を合わせて以下 「侵食面」という。)を対象とする(第9図参照)。

「Grassland A」の侵食量 0.028  $(kg/m^2/y)$  に侵食面の面積を乗じて、 年間侵食重量を求めた。なお、「Grassland A」の侵食量 0.028  $(kg/m^2/y)$ の単位変換により、1 ヘクタールあたりの年間侵食重量は 0.28 (t/ha/y)である。

また,年間侵食重量及び保護土層(上層)の湿潤密度を用いて年間侵食体 積を求めた。保護土層(上層)の湿潤密度は,地盤工学会<sup>(10)</sup>に基づき,関 東ロームの湿潤密度より保守的に設定した。年間侵食体積は,0.04(m<sup>3</sup>/侵 食面/y)である。侵食面の体積を保護土層(上層)の体積として,保護土層 (上層)に占める年間侵食体積の割合を計算すると 0.008(%/y)である。

項目	評価結果		
保護土層(Grassland A)の侵食量(kg/m²/y)	0.028		
1 ヘクタールあたりの年間侵食重量(t/ha/y)	0.28		
年間侵食重量(kg/侵食面/y)	47.48		
年間侵食体積(m <sup>3</sup> /侵食面/y)	0.04		
保護土層に占める年間侵食体積割合(%/y)	0.008		

第8表 保護土層の侵食量の評価結果

侵食量の評価パラメータ	勾配 5%	勾配 1:1.8			
侵食面の勾配(°)	2.86	29.05			
侵食面の水平長さ (m)	18.75	2.13			
侵食面の傾斜長 (m)	18.77	2.44			
勾配 5%の面の上底 (m)	58.78	_			
勾配 5%の面の下底 (m)	06.20	06.20			
勾配 1:1.8 の面の上底 (m)	90.30	90.30			
勾配 1:1.8 の面の下底 (m)	_	100.56			
侵食面の面積 (m <sup>2</sup> )	1,456	240			
保護土層(上層)の湿潤密度	1	9			
(g∕cm <sup>3</sup> )	1.2				
保護土層(上層)の厚さ(m)	0.3				

第9表 侵食量の評価パラメータ





第9図 保護土層の評価対象(東側埋設トレンチの東面)

#### 5.2 侵食による影響

植生を敷設した保護土層においては,人工バリアの低透水性に影響を与え るほどの侵食の発生は考えられない。

植生を敷設した保護土層における侵食量について、IAEA(2020)<sup>(9)</sup>に 基づき評価した結果,保護土層(上層)に占める年間侵食体積割合は0.008% である。このため、長期的な侵食を想定しても、保護土層が喪失することは 考えられない。なお、侵食面の年間侵食量は0.28 t/ha/yであり、廃棄物 処分場の最終カバー<sup>(11)</sup>における土壌侵食の速さの許容水準である4.5 t/ ha/y よりも十分に低い結果となった。このため、侵食によって人工バリア の低透水性が損なわれることは考えられない。

以上のことから、「M5 侵食」は影響事象として考慮しない。

6 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

雨水等の浸透水がコンクリート類の放射性廃棄物と接触し,カルシウム成 分が溶脱することで,浸透水のpHが変化し,高アルカリ性の間隙水が発生 する。これにより,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覆土の低透水性に影響を与える可能性がある。

低透水性覆土は,埋設した放射性廃棄物より上部に位置するためコンクリ ート類の放射性廃棄物から溶脱した成分を含む浸透水の影響を受けない。ま た,側部低透水性覆土は,充填砂により埋設した放射性廃棄物と離隔が取ら れるため,コンクリート類の放射性廃棄物から溶脱した成分を含む浸透水の 影響を受けない。このため、「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)」は影響事象として考慮しない。

7 バリア材料中でのコロイド生成

金属類の放射性廃棄物,コンクリートブロックに含まれる鉄筋及び鉄箱を 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,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<sup>-5</sup> m/s~ 10<sup>-4</sup> 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<sup>-5</sup> 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>(12)</sup>されているが、本施設では側部低透 水性覆土及び低透水性覆土の透水係数を1.0×10<sup>-10</sup> 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。

8 バリア材料中の有機物(錯体形成含む)

放射性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>(13)</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。

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 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。

9 バリア材料中の微生物

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。

- 10 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) 盛土工指針(平成22年度版):道路土工 盛土工指針,公益社団法人 日本道路協会,平成22年4月
- (7) 北原曜 (2002): 植生の表面侵食防止機能, 砂防学会誌 vol.54 No.5
- (8) Environmental Protection Agency (1993) : Solid Waste Disposal Facility Criteria, Technical Manual
- (9) I A E A (2020) : IAEA-TECDOC-1927, Environmental Transfer of Radionuclides in Japan following the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant
- (10) 地盤工学会:土質試験の方法と解説 第一回改訂版
- (11) Robert M. Koerner and David E. Daniel (2004): 廃棄物処分場の最終 カバー, 技報堂出版
- (12) 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), JNC TN8410 2002
   -010
- (13) 電気事業連合会 核燃料サイクル開発機構(2005): TRU廃棄物処分技 術検討書-第2次TRU廃棄物処分研究開発取りまとめ-根拠資料集分 冊3FEP

以 上

# IAEA-ISAM等のFEPリスト(1/3)

	東海上 3			$O \in C D / N \in A$			廃棄物安全小委員会報告書		I A E A – I S AM		日本原子力学会標準		
		FEP			国际FEPリスト (2019)			FEPUXF		FEPリスト		基本FEPリスト	~
4.4					廃来物/入上ハリノ/大恐ハリノ (世界和八)			人工ハリナノ大統ハリナ		廃乗物/人上バリア 廃乗物/人上バリ		発乗物/人上バリ)	r
特性	廃棄物層	(浅地) 側部低透水性覆 土,低透水性覆土 及び遮水シート	<ul> <li>平処分)</li> <li>周辺地盤(du層</li> <li>及び帯水層)及び</li> <li>地下水(浸透水を</li> <li>含む)</li> </ul>	最終覆土(低透水 性覆土及び遮水 シートを除く)及 び植生	廃棄物因子	(地層処分) 埋設施設因子	地圈因子	(地層 緩衝材/埋め戻し 材	<ul> <li>処分)</li> <li>母岩(掘削影響領</li> <li>域、断層帯含む)</li> </ul>	(浅地甲処分)	廃棄体	<ul> <li>(浅地甲処分)</li> <li>セメント系材</li> <li>料</li> </ul>	ベントナイト 系材料
	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	₩1.1 熱特性	CM.1.1 熱特性	B1.1 熱特性
熱	WT02 温度	BT02 温度	ST02 温度	PT02 温度	<ol> <li>2.3.1.2 化学的熱</li> <li>生成及び移動</li> </ol>		4.2.1 熱的プロセ ス (地圏)	B1.2 温度	H1.2 温度		W1.2 温度	CM.1.2 温度	B1.2 温度
	<ul><li>WT03 熱生成及び</li><li>熱移動</li></ul>				<ol> <li>2.3.1.3 生物学的</li> <li>熱生成及び移動</li> </ol>						₩1.3 崩壊熱	CM.1.3 水和熱	
	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	W2.1 水理特性	CM2.1 水理特 性	B2.1 水理特性
	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 水理的プロ セス (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	W2.2 地下水流 動	CM2.2 地下水 流動	B2.2 地下水流 動
水 理	WH03 地下水流動	BH03 地下水流動	SH03 地下水流動	PH03 地下水流動	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	W2.3 飽和	CM2.3 飽和	B2.3 飽和
		BH04 パイピン		PH04 パイピン	2.3.2.4 化学的影								
		グ・流体浸食		グ・流体浸食	響 (廃棄物)								
					<ol> <li>2.3.2.5 ガス影響</li> <li>(廃棄物)</li> </ol>								
	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)	<ul><li>4.1.7 力学の特</li><li>徴・特性</li></ul>	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	₩3.1 力学特性	CM3.1 力学特 性	B3.1 力学特性
	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 クリープ	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	₩3.2 応力	CM3.2 応力	B3.2 応力
-	WM03 応力	BMO3 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 クリープ	<ol> <li>2.1.04 緩衝材/埋め戻し材の材料,特性,変質過程</li> </ol>	W3.3 破壊とひ び割れ	CM3.3 破壊と ひび割れ	B3.3 膨潤
) 学	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	W3.4 変形	CM3.4 変形	B3.4 変形
	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		<ol> <li>2.1.06 他の人工バリアの材</li> <li>料,特性,変質過程</li> </ol>			B3.5 流出
	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			
	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	₩4.1 化学特性	CM4.1 化学特 性	B4.1 化学特性
	WC02 地下水化	BC02 地下水化	SC02 地下水化	PC02 地下水化	2.3.4.2 酸化還元	3.2.4.2 酸化還元	4.1.9 生物学の特	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	W4.2 地下水化	CM4.2 地下水	B4.2 地下水化
	学·地下水 (浸透	学·地下水 (浸透	学·地下水 (浸透	学·地下水 (浸透	状態の進展(廃棄	状態の進展(埋設	徴・特性			質過程	学	化学	学
化	水)との反応	水) との反応	水)との反応	水)との反応	物)	施設)	4 0 4 11 24 46 - 20 1						
子	WCU3 1L 子的发	DUU3 1L 子 的 发	5003 1L 子 的 发 「 f · 移動	FUU3 1L 字 的 変 「 移動	2.3.4.3 化子裡() 移行(盛棄物)	5.2.4.5 化子種の 移行(埋設施設)	4.2.4 11字的ノロ セス (地圏)	D4.3 地下水との 反応	n4.3 地下水との 反応	2.1.04 被側  2.1.04 被側   の材料。特性 変質過程	w4.3 地下水と の反応	UM4.3 地下水 との反応	D4.3 地下水と の反応
	WC04 pHの変化	BC04 pHの変化	SC04 p Hの変化	PC04 pHの変化	2.3.4.4 腐食 (廃	3.2.4.5 変質(埋	4.2.5 生物学的プ	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	W4.4 化学的変	CM4.4 化学的	B4.4 化学的変
					棄物)	設施設)	ロセス (地圏)			の特性と変質過程	質	変質	質
	WC05 酸化還元環	BC05 酸化還元環	SC05 酸化還元環	PC05 酸化還元環	2.3.4.5 変質(廃	3.2.4.7 錯体形成		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	₩4.5 微生物の	CM4.5 微生物	B4.5 微生物の
	境の変化	境の変化	境の変化	境の変化	棄物)	(埋設施設)				料,特性,変質過程	影響	の影響	影響

# IAEA-ISAM等のFEPリスト (2/3)

	東海上3			$O \in C D / N \in A$			廃棄物安全小	委員会報告書			日本原子力学会標準		
			リスト		国际FEFリスト (2019) 廃棄物/人工バリア/天鉄バリア					トヒアリスト 成立物 ノトエバリア			7
烓	(注地中机公)				(批雇机公)			(地屋如公)		(注地由机公)	/ (注地市加公)		/
性	廃棄物層	<ul> <li>(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(</li></ul>	周辺地盤(du層 及び帯水層)及び 地下水(浸透水を 含む)	最終覆土(低透水 性覆土及び遮水 シートを除く)及 び植生	廃棄物因子	埋設施設因子	地圈因子	後衝材/埋め戻し 材	母岩(掘削影響領 域、断層帯含む)	(我地干花的)	廃棄体	<ul> <li>セメント系材</li> <li>料</li> </ul>	ベントナイト 系材料
	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/地球化学的プロセスと状態	W4.6 有機物の 影響	CM4.6 有機物 の影響	B4.6 有機物の 影響
	WC07 錯体形成	BC07 錯体形成	SC07 錯体形成	PC07 錯体形成	<ol> <li>2.3.4.8 コロイド</li> <li>形成(廃棄物)</li> </ol>	<ul><li>3.2.5.1 微生物の</li><li>増殖及び減少(埋</li><li>設施設)</li></ul>		B4.7 コロイドの 形成	H4.7 コロイドの 形成	2.1.10 生物学/生化学的プロセスと状態	W4.7 コロイド の形成	CM4.7 コロイ ドの形成	B4.7 コロイド の形成
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	<ol> <li>2.3.5.1 微生物の</li> <li>増殖及び減少(廃 棄物)</li> </ol>	<ol> <li>3.2.5.2 微生物/</li> <li>生物を介したプロ</li> <li>セス(埋設施設)</li> </ol>		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	W4.8 ガスの発 生/影響	CM4.8 ガスの 発生/影響	B4.8 ガスの発 生/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	<ol> <li>2.3.5.2 微生物/</li> <li>生物を介したプロ</li> <li>セス (廃棄物)</li> </ol>			B4.9 塩の蓄積			W4.9 塩の蓄積	CM4.9 塩の蓄 積	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							W4.10 腐食生 成物の生成	CM4.10 腐食生 成物の生成	
	WC11 塩の蓄積												
放	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	W5.1 核種の放 射性崩壊	CM5.1 核種の 放射性崩壊	B5.1 核種の放 射性崩壊
射線	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			<ul><li>W5.2 地下水の 放射線分解</li></ul>	CM5.2 地下水 の放射線分解	B5.2 地下水の 放射線分解
Ť					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)							
	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	W6.1 核種イン ベントリ	CM6.1 物質移 動特性	B6.1 物質移動 特性
	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	W6.2 物質移動 特性	CM6.2 幾何形 状・間隙構造	B6.2 幾何形 状・間隙構造
	WN03 核種移行	BN03 核種移行	SN03 核種移行	PN03 核種移行	<ol> <li>2.4.1.3 種類及び 溶解度(廃棄物形 態)</li> </ol>	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	W6.3 幾何形 状・間隙構造	CM6.3 核種移 行	B6.3 核種移行
核 種 移	WN04 移流/分散	BN04 移流/分散	SN04 移流/分散	PN04 移流/分散	<ol> <li>2.4.1.4 収着及び 脱着(廃棄物形態)</li> </ol>	3.3.1.4 溶解、沈 澱、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	W6.4 核種移行	CM6.4 化学成 分の移行	B6.4 化学成分 の移行
行	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)	<ul><li>4.3.1.5 溶解, 沈 殿及び結晶化(地 圏)</li></ul>	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	W6.5 化学成分 の移行		
	WN06 収着	BN06 収着	SN06 収着	PN06 収着	<ol> <li>2.4.3 固体を媒介 とした汚染物質の 移行</li> </ol>	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	<ul><li>3.2.05 錯体生成による汚染</li><li>物質の化学種/移行への影響</li></ul>			
	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	<ul> <li>3.2.06 汚染物質の微生物/</li> <li>生物/植物を介したプロセス</li> </ul>			

# IAEA-ISAM等のFEPリスト(3/3)

		東海	EL 3		O E C D / N E A			廃棄物安全小	委員会報告書	IAEA-ISAM	
		F E P	リスト		玉	際FEPリスト(201	9)	F E P	リスト	FEPリスト	L
		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	L
特	(浅地中処分)					(地層処分)	<u>.</u>	(地層	処分)	(浅地中処分)	L
性	廃棄物層	側部低透水性覆 土,低透水性覆土 及び遮水シート	周辺地盤(du層 及び帯水層)及び 地下水(浸透水を 含む)	最終覆土(低透水 性覆土及び遮水 シートを除く)及 び植生	廃棄物因子	埋設施設因子	地圈因子	緩衝材/埋め戻し 材	母岩(掘削影響領 域、断層帯含む)		廃棄
	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)	<ul> <li>3.3.3 固体を媒介</li> <li>とした汚染物質の</li> <li>移行(埋設施設)</li> </ul>	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	
核種			SN10 希釈		<ol> <li>2.5.1.4 溶解, 沈 殿及び結晶化(廃 棄物)</li> </ol>		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	
移 行					<ol> <li>2.5.1.5 種類及び</li> <li>溶解度(廃棄物)</li> </ol>						
					<ol> <li>2.5.1.6 収着及び</li> <li>脱着(廃棄物)</li> </ol>						
					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)						
	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				
そ					2.1.2.2 有機物						<u> </u>
の 他					2.1.2.3 非金属・ 無機物						
					<ol> <li>2.2.1 廃棄物容器</li> <li>の特徴・特性</li> </ol>						

※: OECD/NEA 国際FEPリスト(2019)における「1 外的因子」のFEPリストのうち,「1.1.1 品質保証及び品質管理」,「1.1.5 建設」,「1.1.6 操業」及び「1.1.7 閉鎖」を踏まえ,品質管理の観点から考慮する。 なお,OECD/NEA 国際FEPリスト(2019)における「1 外的因子」のFEPリストについては,廃止措置開始後におけるバリア材料の物性への影響事象と関係がないため、比較表には記載していない。

	日本原子力学会標準											
	基本FEPリスト											
	廃棄物/人工バリア											
	(浅地甲処分)											
	廃棄体	セメント系材 料	ベントナイト 系材料									
5染												
:汚												
_汚												