



「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」
(その2)

2023年 1月18日

日本原子力発電株式会社



第二種埋設許可基準規則への適合性(1/3)

第二種埋設許可基準規則※

(ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地)
 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は、次の各号に掲げる要件を満たすものでなければならない。

三 埋設する放射性廃棄物に含まれる放射性物質(ウラン二三四、ウラン二三五及びウラン二三八に限る。)について、その総放射エネルギーをメガベクレル単位で表した数値を当該放射性廃棄物、人工バリア、土砂その他の廃棄物埋設地に埋設し、又は設置する物の重量をトン単位で表した数値で除して得た値が一を超えず、かつ、当該廃棄物埋設地内における当該放射性物質の分布がおおむね均一であること。

<第二種埋設許可基準解釈>

第13条(ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地)

7 第1項第3号の「廃棄物埋設地内における当該放射性物質の分布がおおむね均一」とは、廃棄物埋設地内を体積が同程度である複数の区域に区分した場合にそのいずれにおいても、ウラン(ウラン二三四、ウラン二三五及びウラン二三八に限る。)の放射能濃度が10メガベクレル毎トンを超えないことをいう。

第二種埋設許可基準規則※への適合性

埋設する放射性廃棄物に含まれるウラン二三四、ウラン二三五及びウラン二三八の総放射エネルギーは、金属類が 8.7×10^{-1} MBq、コンクリート類が 1.8×10^0 MBqであり、当該廃棄物の重量が金属類が6,100トン、コンクリート類が9,800トンである。人工バリア、土砂を含まない当該廃棄物の重量のみでそれぞれを除いた数値は、金属類が 1.5×10^{-4} 、コンクリート類が 1.8×10^{-4} となり、いずれも一を超えない。

廃棄物埋設地に埋設する廃棄物の放射能濃度の分布はおおむね均一(放射能濃度の最大は、平均から2桁以内)であるものを、金属類及びコンクリート類で埋設トレンチの区画を分けて埋設するため、区画ごとの放射能濃度もおおむね均一となる。なお、ウラン二三四、ウラン二三五及びウラン二三八を含む全αの最大放射能濃度は4 MBq/t (機器ごとの最大の放射能濃度を10倍にして設定しており、主要な放射性物質はAm-241など)であることから、埋設する放射性廃棄物に含まれるウラン二三四、ウラン二三五及びウラン二三八の放射能濃度は10 MBq/tを十分に下回るものである。

第1表 放射性物質の放射エネルギー及び平均放射能濃度

※ 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

放射性物質の種類	金属類(MBq)	コンクリート類(MBq)	金属類(MBq/t)	コンクリート類(MBq/t)
U-234	6.0×10^{-1}	8.6×10^{-1}	9.8×10^{-5}	8.8×10^{-5}
U-235	1.1×10^{-2}	3.8×10^{-2}	1.8×10^{-6}	3.8×10^{-6}
U-238	2.5×10^{-1}	8.2×10^{-1}	4.2×10^{-5}	8.4×10^{-5}
合計	8.7×10^{-1}	1.8×10^0	1.5×10^{-4}	1.8×10^{-4}



第二種埋設許可基準規則への適合性(2/3)

第二種埋設許可基準規則※

(ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地)

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は、次の各号に掲げる要件を満たすものでなければならない。

四 前条第一項第五号及び第六号に定めるものであること。

<参考>

第十二条

五 埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間において、埋設した放射性廃棄物に含有される化学物質その他の化学物質により廃棄物埋設地の安全機能が損なわれないものであること。

第二種埋設許可基準規則※への適合性

可燃性の化学物質及び可燃性ガスを発生する化学物質として、「消防法」及び「危険物の規則に関する政令」に定められるものを想定するが、埋設する放射性廃棄物は金属類及びコンクリート類であり、金属製の収納容器又は難燃性のプラスチックシートのこん包材を用いる。また、覆土は土質系材料を用いることから、これらの化学物質は埋設トレンチ内に含まれない。

ただし、その他の化学物質として、雨水等の浸透水とコンクリート類の廃棄物との接触によって溶脱するカルシウム成分等が考えられる。これにより、二次鉱物の生成やpH等の水質変化が考えられるが、埋設トレンチ内への年間の浸透水量は非常に小さく、安全機能が損なわれることはない。

安全機能のうち、漏出低減機能を有する最終覆土(低透水性土層)及び表面遮水については、埋設した放射性廃棄物より上部に位置するため、コンクリート類の廃棄物から溶脱したカルシウム成分等を含む浸透水の影響を受けない。また、側部低透水性覆土については、水理的に浸透水の流れが側部低透水性覆土からコンクリートへの方向となるため、影響は小さい。

なお、安全機能のうち、遮蔽機能を有する中間覆土については、カルシウム成分等による影響はない。

※ 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



第二種埋設許可基準規則への適合性(3/3)

第二種埋設許可基準規則※

(ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地)

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は、次の各号に掲げる要件を満たすものでなければならない。

四 前条第一項第五号及び第六号に定めるものであること。

<参考>

第十二条

六 廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものであること。

第二種埋設許可基準規則※への適合性

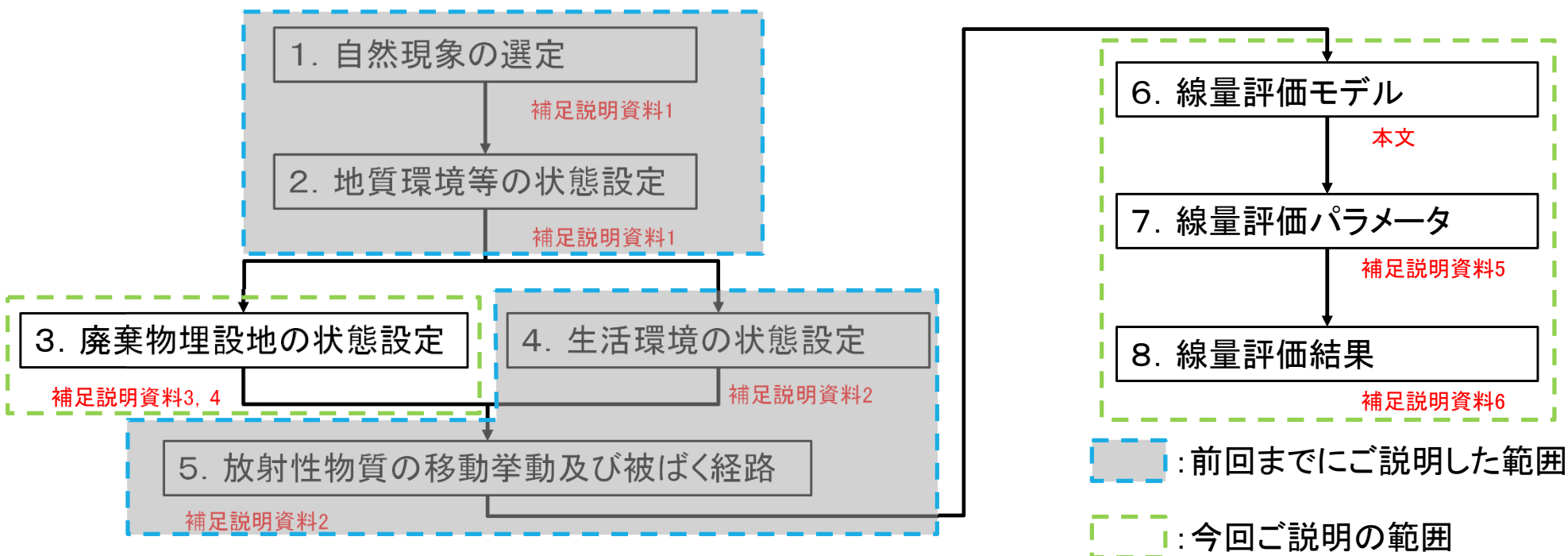
廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがある設計とする。

廃棄物埋設地への雨水及び地下水の浸入を十分に抑制し、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始まで(埋設の終了後50年程度)の間において、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する機能を有し、埋設した放射性廃棄物が廃止措置の開始後に公衆に及ぼす影響を評価した結果、それぞれの基準を満たす設計とする。

※ 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

廃止措置の開始後の評価フロー

- ✓ 廃止措置の開始後において、埋設する廃棄物に起因して発生すると想定される公衆の受ける線量の評価は、第二種埋設許可基準規則及び第二種埋設許可基準解釈※に基づいて行う。
- ✓ 評価の検討フローを第1図に示す。



第1図 評価の検討フロー

※ 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の解釈



補足説明資料3, 4 廃棄物埋設地の状態設定

(1)各バリアに期待する性能

廃止措置の開始後は、廃棄物埋設地におけるバリア材料の物性(第3-1表参照)の自然現象による変化を考慮して、バリア機能の状態を設定する。

(2)影響事象の抽出

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OECD/NEAの国際FEPリスト等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リストとして整理する(第3-2表参照)。

(3)影響事象分析

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(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するか否かの分析を行う(第3-3表参照)。

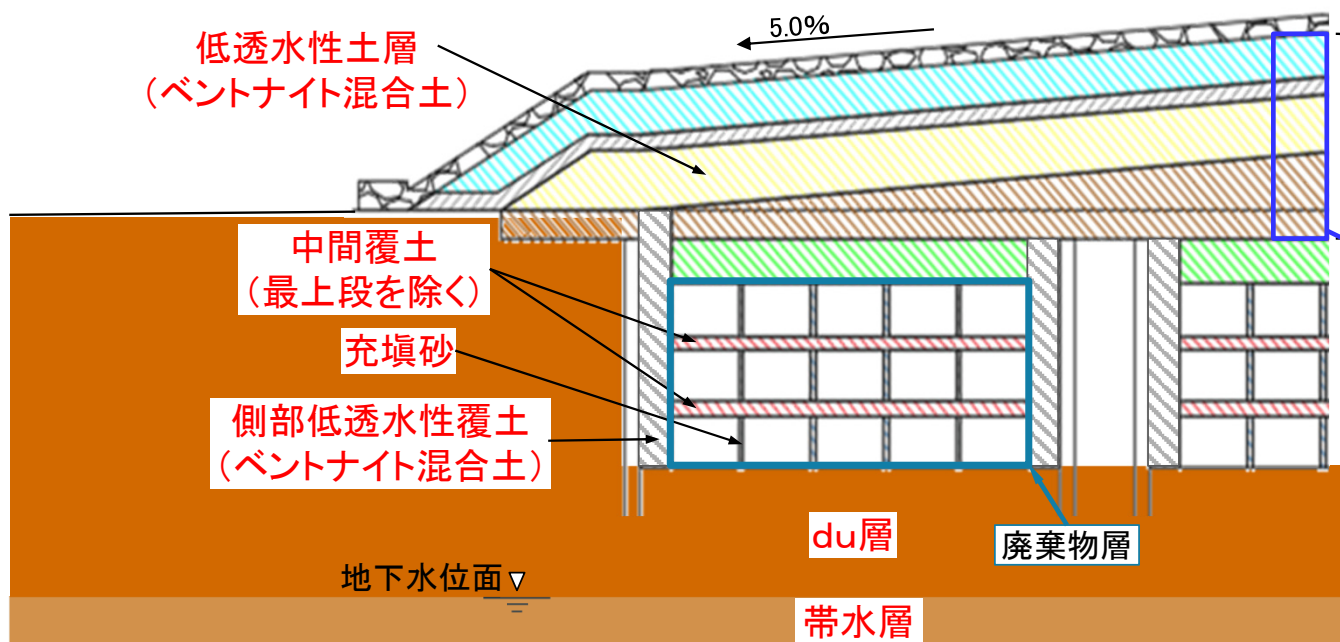
(4)状態設定における評価

影響事象分析の検討結果から、抽出された影響事象について、廃棄物埋設地の状態設定における評価を行い、評価パラメータを設定することによって、影響を考慮する(第3-4表及び第3-5表参照)。

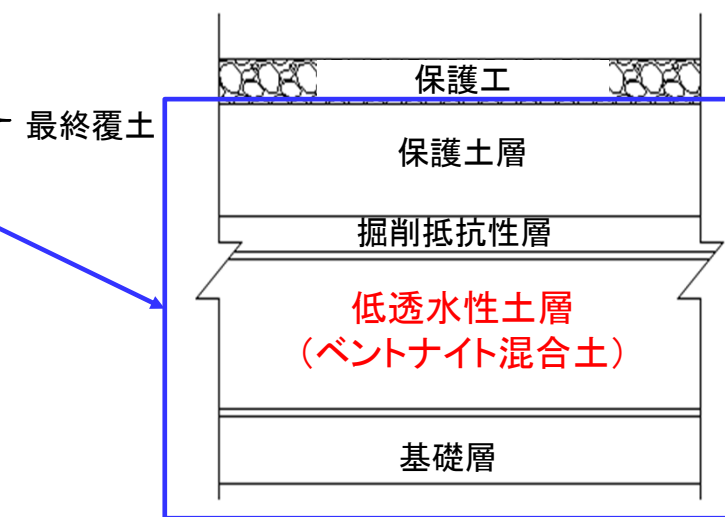
(1)各バリアに期待する性能

第3-1表 バリア材料の物性

分類	バリア材料	物性	物性の内容
人工バリア	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。
	充填砂及び中間覆土(最上段を除く)	収着性	放射性物質の収着によって、廃棄物埋設地からの放射性物質の移動を抑制させる。
天然バリア	本施設周辺の地盤(du層及び帯水層)		



第3-1図 廃棄物埋設地断面図



第3-2図 最終覆土詳細断面図

(2) 影響事象の抽出

- ✓ 廃棄物安全小委員会報告書のFEPリストから、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リストから、本施設に関連するFEPリストとして、「2 廃棄物因子」、「3 埋設施設因子」及び「4 地圏因子」を選定した。
- ✓ 選定した各FEPリストを整理し、「本施設のFEPリストを作成」した。また、IAEA-ISAMのFEPリストとの網羅性も確認している。

第3-2表 本施設のFEPリスト

環境分類	廃棄物層(充填砂及び中間覆土を含む)	側部低透水性覆土及び低透水性土層	本施設周辺の地盤(du層及び帯水層)
熱	熱特性, 温度, 熱生成及び熱移動	熱特性, 温度	熱特性, 温度
水理	水理特性, 飽和・不飽和, 熱的, 力学的, <u>ガスによる水理影響</u>	水理特性, 飽和・不飽和, <u>地下水流動</u> , <u>パイピング・流体浸食</u>	水理特性, 飽和・不飽和, <u>地下水流動</u>
力学	力学特性, 体積変化, 応力, 変形, 移動・流出, <u>ガスによる膨張・爆発</u> , <u>応力腐食割れ</u>	力学特性, 体積変化, 応力, 変形(クリープ), 移動・流出, <u>ベントナイト膨潤</u>	力学特性, 体積変化, 応力, 変形(クリープ), 移動・流出
化学	化学特性, 地下水化学・地下水(浸透水)との反応, 化学的変質・移動, pHの変化, 酸化還元環境の変化, <u>腐食</u> , <u>錯体形成</u> , <u>コロイド生成</u> , <u>有機物の影響</u> , <u>微生物の影響</u> , <u>塩の蓄積</u>	化学特性, 地下水化学・地下水(浸透水)との反応, 化学的変質・移動, pHの変化, 酸化還元環境の変化, <u>錯体形成</u> , <u>コロイド生成</u> , <u>有機物の影響</u> , <u>微生物の影響</u>	化学特性, 地下水化学・地下水(浸透水)との反応, 化学的変質・移動, pHの変化, 酸化還元環境の変化, <u>錯体形成</u> , <u>コロイド生成</u> , <u>有機物の影響</u> , <u>微生物の影響</u>
放射線学	放射性崩壊及び生成, <u>放射線分解</u>	放射性崩壊及び生成, <u>放射線分解</u>	放射性崩壊及び生成
核種移行	物質移動特性, 幾何形状・間隙構造, 核種移行, 移流/分散, 拡散, 収着, <u>沈殿溶解</u> , <u>コロイド移行</u> , <u>ガスによる移行</u>	物質移動特性, 幾何形状・間隙構造, 核種移行, 移流/分散, 拡散, 収着, <u>沈殿溶解</u> , <u>コロイド移行</u> , <u>ガスによる移行</u>	物質移動特性, 幾何形状・間隙構造, 核種移行, 移流/分散, 拡散, 収着, <u>コロイド移行</u> , <u>ガスによる移行</u> , <u>希釈</u>
施工	<u>施工不良</u>	<u>施工不良</u>	—

(3) 影響事象分析

- ✓ 本施設のFEPリスト(第3-2表参照)のうち、熱、水理、力学及び化学の観点からマトリクス形式の表を整理し、影響元(地質環境等の状態設定で選定した廃棄物埋設に関連する自然現象を含む)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するか否かの分析を行い(資料1-1-2・P1~P8参照)、状態設定において考慮すべき影響事象として、以下の10事象を抽出した。なお、熱及び水理については、考慮すべき影響事象はなかった。

第3-3表 状態設定において考慮すべき影響事象

環境分類	分析結果	考慮すべき影響事象
力学	<p>バリア機能への影響の可能性が考えられる事象は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>金属腐食に起因する膨張変形やガス発生</u>の影響 ✓ <u>ベントナイト混合土</u>に雨水等が浸透することによる<u>膨潤</u>の影響 ✓ <u>地震による振動及び応力によって</u>、廃棄物内に微小な空隙が生じ、形状が変化することで、廃棄物層が沈下を起し、<u>埋設レンヂが陥没</u>することによる影響 	<ul style="list-style-type: none"> ① 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 ② ベントナイト混合土の膨潤 ③ 地震による廃棄物層の沈下(陥没現象)
化学	<p>バリア機能への影響の可能性が考えられる事象は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 浸透水との反応による<u>コンクリート廃棄物の溶脱</u>、<u>廃棄物層の金属腐食</u>及び<u>ベントナイト混合土のモンモリロナイト溶出</u>の影響 ✓ バリア材料に共通で、<u>コロイドの生成</u>、<u>有機物の影響</u>、<u>微生物の影響</u> ✓ 一時的ではあるが、<u>津波による本施設周辺の地盤(du層及び帯水層)への海水の浸透</u>による影響 	<ul style="list-style-type: none"> ④ コンクリート廃棄物の溶脱(廃棄物と浸透水の反応) ⑤ 廃棄物層の金属腐食(廃棄物と浸透水の反応) 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) ⑦ バリア材料中でのコロイド生成 ⑧ バリア材料中の有機物(錯体形成含む) ⑨ バリア材料中の微生物 ⑩ 津波

(4) 状態設定における評価

- ✓ 影響事象分析から抽出された考慮すべき影響事象(第3-3表参照)について、廃棄物埋設地の状態設定における評価を行い、評価パラメータを設定することによって、影響を考慮する(第3-4表～第3-5表参照)。

第3-4表 廃棄物埋設地の状態設定における影響評価(力学)(1/2)

抽出された影響事象	影響先	影響評価	影響
①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	低透水性	<ul style="list-style-type: none"> ■ 膨張変形 埋設トレンチはベントナイト混合土等により浸透水量を低減する構造としているため、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するものとし、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、埋設トレンチ1区画の<u>腐食膨張量を算定した結果、鉛直方向約0.7 mm、水平方向約4 mmとなり変形量は軽微</u>であることから、影響はない(詳細は資料1-1-2・P9参照)。 ■ ガス発生 埋設トレンチ内は酸素消費型の好気性条件の腐食環境と考えられ、炭素鋼の腐食に伴う水素ガスの発生は考えられない。また、埋設トレンチ内は不飽和状態が維持されるため、<u>発生したガスは下部の通気層から抜けるものと考えられるため、ガス圧が上昇を続ける可能性は低く</u>、影響は考慮しない。 	無
②ベントナイト混合土の膨潤	低透水性	<p>力学的には最終覆土による上載荷重がベントナイト混合土の膨潤圧を上回る場合、ベントナイト混合土の吸水膨潤による影響は生じない。<u>三軸圧縮試験装置を利用して、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結果、最終覆土の施工計画における土被り圧に相当する拘束圧20 kPaの条件において、初期の透水係数から大きく影響するものではない</u>ことから、影響事象として考慮しない(詳細は資料1-1-2・P10参照)。</p>	無

(4) 状態設定における評価

第3-4表 廃棄物埋設地の状態設定における影響評価(力学) (2/2)

抽出された影響事象	影響先	影響評価	影響										
③地震による廃棄物層の沈下(陥没現象)	低透水性	<p>地震による振動及び応力によって、廃棄物内に微小な空隙が生じ、形状が変化することで、廃棄物層が沈下を起し、埋設トレンチの陥没現象が生じることが想定される。<u>個別要素法(DEM)を用いた解析の結果、力学的変形による局所的な密度変化によって透水係数は増加するが、ベントナイト混合土の破断や厚さの大きな変化は生じず、低透水性に影響はない。このため、最も可能性が高い状態においては、影響を考慮しない。一方で、最も厳しい状態では、局所的な密度変化によって低透水性土層の透水係数が増加することを考慮し、透水係数を保守的に$5.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$とする(P15~P27参照)。</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">バリア材料</th> <th colspan="2">透水係数</th> </tr> <tr> <th>最も可能性が高い状態</th> <th>最も厳しい状態</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>側部低透水性覆土</td> <td rowspan="2">$1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$</td> <td>$1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$</td> </tr> <tr> <td>低透水性土層</td> <td>$5.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$</td> </tr> </tbody> </table>	バリア材料	透水係数		最も可能性が高い状態	最も厳しい状態	側部低透水性覆土	$1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$	$1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$	低透水性土層	$5.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$	有
		バリア材料		透水係数									
最も可能性が高い状態	最も厳しい状態												
側部低透水性覆土	$1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$	$1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$											
低透水性土層		$5.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$											

(4) 状態設定における評価

第3-5表 廃棄物埋設地の状態設定における影響評価(化学) (1/3)

抽出された影響事象	影響先	影響評価	影響
④コンクリート廃棄物の溶脱 (廃棄物と浸透水の反応)	収着性	<u>浸透水とコンクリート類の廃棄物との反応</u> でカルシウム成分が溶脱し、浸透水のpHが変化することで、収着性に影響を与える可能性がある。 <u>充填砂及び中間覆土(最上段を除く)並びに本施設周辺の地盤(du層)については、浸透水による影響を想定して水酸化カルシウム水溶液を用いた分配係数の取得試験を行い、試験結果に基づく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(P35～P36参照)。</u>	有
⑤廃棄物層の金属腐食(廃棄物と浸透水の反応)	収着性	埋設トレンチ内の酸化還元環境は、 <u>金属腐食によって還元的となることが想定されるが、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、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考慮しない。</u>	無
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)	低透水性	浸透水とコンクリート類の廃棄物との反応によるカルシウム成分の溶脱に伴う高アルカリ性の間隙水は、 <u>モンモリロナイトを溶解又は変質させ、側部低透水性覆土の低透水性を次第に低下することが懸念される。しかし、雨水等は土壤中を浸透し、側部低透水性覆土の外側から埋設トレンチ内側に向かって浸透するため、水理的には側部低透水性覆土からコンクリート類の廃棄物への流れとなる。したがって、カルシウム成分の移行は浸透水の流れと逆らった拡散移行となることから、ベントナイト系材料中のモンモリロナイトの溶解又は変質の影響は小さく、影響事象として考慮しない。</u>	無

(4) 状態設定における評価

第3-5表 廃棄物埋設地の状態設定における影響評価(化学) (2/3)

抽出された影響事象	影響先	影響評価	影響
⑦バリア材料中でのコロイド生成	収着性	<p>金属腐食に伴う鉄酸化物及び鉄水酸化コロイドの生成による放射性物質の移動挙動の変化やベントナイト混合土のモンモリロナイト成分等を起源とした浸透水との反応によるコロイド生成が収着性に影響を与える可能性がある。</p> <p>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、Cl-36については収着性を期待せず、C-14についても保守的に収着性を期待していないため、影響事象として考慮しない。</p>	無
⑧バリア材料中の有機物(錯体形成含む)	収着性	<p>埋設トレンチ内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。</p> <p>有機物の影響が大きいものとして挙げられるのは、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く、有機物の影響も小さいことから、影響事象として考慮しない。</p>	無

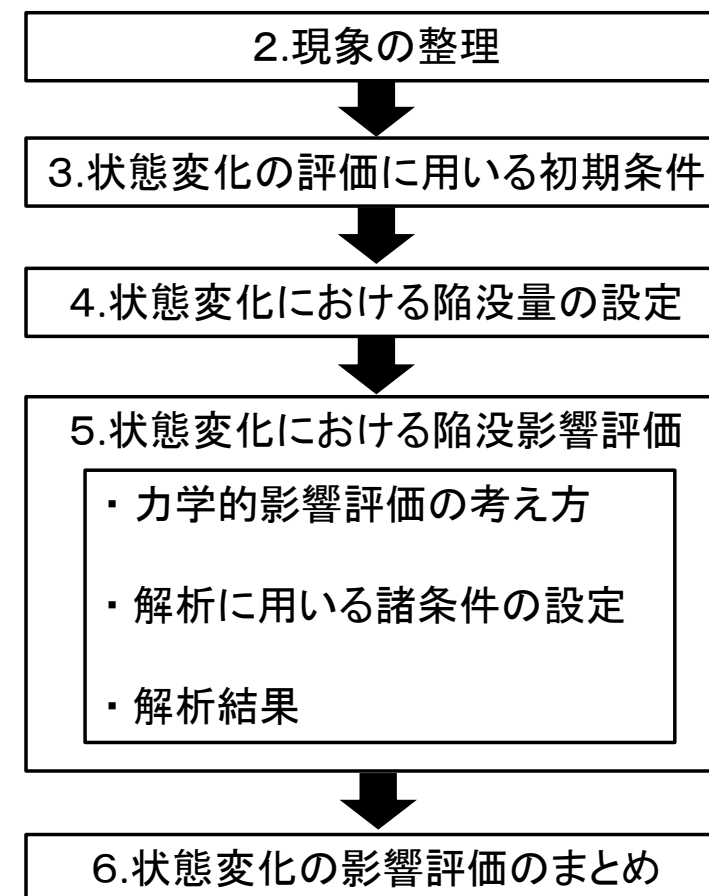
(4) 状態設定における評価

第3-5表 廃棄物埋設地の状態設定における影響評価(化学) (3/3)

抽出された影響事象	影響先	影響評価	影響
⑨バリア材料中の微生物	収着性	廃棄物埋設地近傍に存在する微生物の活動によって、廃棄物埋設地内及び周辺地盤において、有機物が無機化し、収着性が低下することが考えられる。 <u>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ことから、影響事象として考慮しない。</u>	無
⑩津波	収着性	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、 <u>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</u> がある。本施設周辺の地盤(du層及び帯水層)については、 <u>海水による影響を想定して人工海水を用いた分配係数の取得試験を行い、試験結果に基づく評価パラメータを設定</u> することによって、影響を考慮する(P35～P36参照)。	有

1. 状態変化の評価について

- ✓ 廃棄物埋設地の状態変化の評価として、生じる現象を予測し情報を整理した上で、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性(透水係数及び厚さ)への影響を評価する。
- ✓ 状態変化の評価に係る現象としては、第3-4表(2/2)で示した地震による廃棄物層の沈下(陥没現象)を対象にする。
- ✓ 低透水性への影響は、影響事象分析から、力学的影響として側部低透水性覆土及び低透水性土層自身の変形やそれに伴う密度変化によって生じる。
- ✓ 側部低透水性覆土及び低透水性土層の変形は、隣接する埋設トレンチの変形に支配されることから、埋設トレンチに生じる現象(陥没変形を想定)を対象とし、廃棄物の陥没の現象として整理した。対象の現象について第3-3図のフローに従い評価を行う。



第3-3図 状態変化の評価のフロー

2. 現象の整理

陥没現象

廃棄物には、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が生じることが想定される。

3. 状態変化の評価に用いる初期条件

状態変化の評価は、廃棄物を埋設する埋設トレンチに起因した物理的・化学的相互作用を踏まえて、側部低透水性覆土及び低透水性土層の低透水性への力学的影響評価を行う。以下に、埋設される廃棄物及び鉄箱に係る初期条件を整理する。

第3-6表 埋設される廃棄物及び鉄箱に係る初期条件

廃棄物の種類	廃棄物及び鉄箱に係る初期条件
金属類の廃棄物	配管などの金属廃棄物を切断し、 <u>鉄箱に収納</u> したもの。
コンクリート類の廃棄物	原子炉建屋の生体遮へい体であり、鉄筋コンクリートをある程度の大きさに切断し、 <u>プラスチックシートでこん包</u> したもの(一部にはコンクリートコアなどを破砕したコンクリートガラがあり、鉄箱に収納する。)
鉄箱	金属類の廃棄物及びコンクリートガラを収納する鉄箱には、約1.4 m×約1.4 m×約0.9 m(高さ)の鉄箱を用いる。収納する際には、 <u>有害な空隙が生じないように砂を充填</u> する措置を施す。

4. 状態変化における陥没量の設定

- ✓ 鉄箱に金属類の廃棄物及びコンクリートガラを収納する際には、有害な空隙が生じないように砂を充填する措置を施すが、地震の振動や応力によって、充填砂のみかけ密度が上昇することで微小な空隙が発生し、埋設トレンチが陥没する可能性が考えられる。なお、コンクリート類の廃棄物(コンクリートガラを除く)は、生体遮へい体の鉄筋コンクリートブロックであるため、鉄箱のような砂充填による空隙は生じないものと考えた。
- ✓ 廃棄物の陥没量は、鉄箱に充填した砂のみかけの密度の変化によるものが考えられ、振動や応力などの外力が加わると砂の間隙が減少することで、みかけ密度が上昇し、廃棄物内に微小な空隙が発生すると考える。みかけ密度の上昇を想定するに当たっては、砂の相対的な締まり具合を示す指標として、相対密度Drがある。

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \quad \dots (1)$$

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 \quad \dots (2)$$

e_{max} : 砂質土の最大間隙比(最もゆるい(最小密度)状態の間隙比) ρ_s : 土粒子の密度
 e_{min} : 砂質土の最小間隙比(最も密な(最大密度)状態の間隙比) ρ_d : 乾燥密度
 e : 砂質土の間隙比

- ✓ 砂充填が比較的難しい配管などの廃棄物を含めても、鉄箱内の砂充填の相対密度は0.6以上を確保できる※ものと考える(廃棄物を入れない状態では、相対密度は1.0に近い非常に密な状態となる。)。陥没量の設定においては、鉄箱に充填した砂の相対密度が地震の振動や応力によって0.6から1.0 になったと仮定して算出した値を、鉄箱内に生じる可能性がある空隙として設定する。

$$\text{鉄箱当たりの陥没量(m)} = \{ \text{最大密度の充填量(kg)} - \text{相対密度の充填量(kg)} \} \\ \div \text{最大密度(kg/m}^3) \div \text{鉄箱の底面積(m}^2)$$

- ✓ 鉄箱内に生じる可能性がある空隙からの陥没量は、0.08 mとなる。埋設トレンチ内は中間覆土を間において3段で埋設する計画であることから、陥没量を3段分で算定し0.24 mと設定する。
- ✓ また、鉄箱内に砂を充填する際には、鉄箱の上側においては、砂の散逸の可能性から振動充填が難しく、鉄箱の上部に十分に砂を充填できないことに起因した空隙が生じる可能性も考えられる(以下「上部空隙」という。)。上部空隙の陥没量の設定においては、振動充填の設計の目標値として鉄箱1つ当たり0.08 mを考慮し、3段分で0.24 mを加える。
- ✓ したがって、鉄箱内に生じる可能性がある空隙で発生する陥没量及び上部空隙の陥没量で、埋設トレンチ内で生じる可能性がある陥没量を0.48mと設定する。

※仲田 久和他(2018): 研究施設等廃棄物浅地中処分施設における廃棄体の受入基準の設定— トレンチ処分対象廃棄体への砂充填の検討—, JAEA, JAEA—Technology 2017—031

5. 状態変化における陥没影響評価

✓ 力学的影響評価の考え方

ベントナイト混合土の密度変化が生じることで、低透水性への影響を及ぼす可能性があるため、力学的影響評価によって確認する。地盤工学の数値解析分野では、有限要素法(Finite Element Method)(以下「FEM」という。)が広く用いられている。文献※^{1, 2}によると、FEMは計算格子を用いた計算手法であることから、地震時における地盤の安定性評価などの微小変形である数%程度までのひずみを対象として用いられている。数%のひずみを超える大変形においては、変形するにつれ要素に大きなひずみが生じ、計算精度を低下させる可能性がある。

このため、力学的な影響評価には、大変形を扱うことができる解析手法の一つである個別要素法(Distinct Element Method)(以下「DEM」という。)を用いたシミュレーションで、廃棄物の変形に伴う側部低透水性覆土及び低透水性土層の陥没の影響評価を行った。

DEM解析は、対象物を粒子の集合体(剛体)とし、粒子に運動方程式を適用することで、不連続体の挙動を再現する解析手法である。大変形の領域においては、分離、すべり、剥離のような不連続体としての挙動が顕著になることから、不連続体を対象とした解析手法であるDEM解析を用いることとした。

※1 桐山 貴俊(2018):粒子方に基づく地盤大変形解析技術の開発と応用

※2 若井 明彦他(2013):地すべりを再現するための数値解析手法の現状, 日本地すべり学会誌 50 巻 1 号, p7-17

5. 状態変化における陥没影響評価

✓ 解析に用いる諸条件の設定

DEM解析における検討断面は、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の変形挙動を評価するために、廃棄物埋設地の東西断面を対象とした。西側トレンチと東側トレンチでは断面形状が異なるが、陥没対象となる廃棄物の数量が多い東側トレンチの方が、陥没を生じる箇所が広くなり、挙動としては保守的な評価になると考え、検討断面は東側トレンチを対象とした。陥没現象を保守的に評価するために陥没対象となる廃棄物の数量が多くなるように、東側トレンチに収納される廃棄物が、全て鉄箱である場合を想定した。なお、コンクリート類の廃棄物(コンクリートガラを除く)は、生体遮へい体の鉄筋コンクリートブロックであるため、鉄箱のような砂充填による空隙は生じないものであり、陥没現象に対して影響は与えない。

• 解析モデル

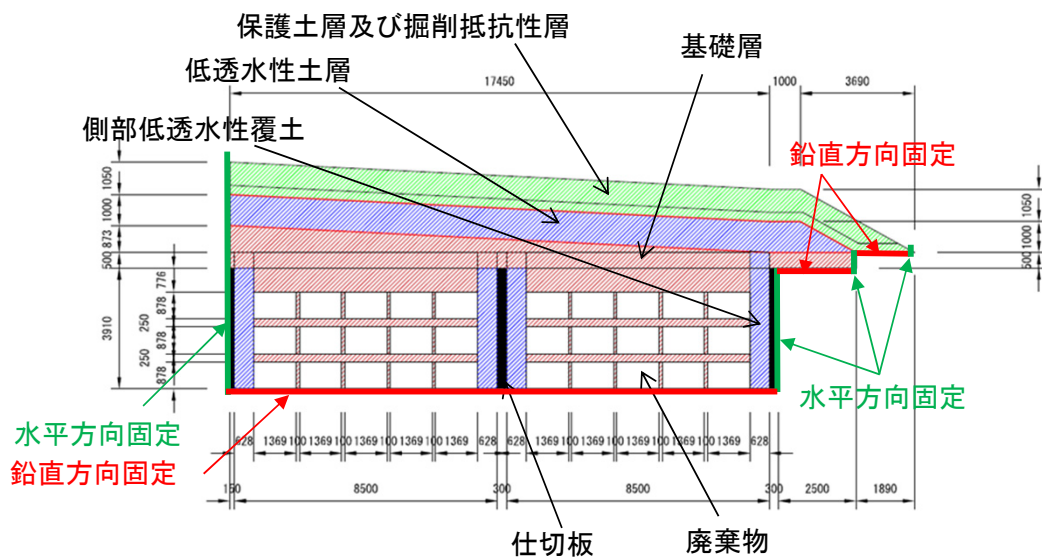
解析モデルの作成に当たっては、東西断面のセンターラインを中心として左右の変形挙動は対称と仮定し、東側トレンチの右側のみをモデル化した。解析における各材料のモデル化は、久慈川砂及びベントナイト混合土(ベントナイトと久慈川砂の混合土)の試験結果を用いて設定した。解析における各材料のモデル化を第3-7表に、解析モデルの詳細、DEMによる解析モデルを第3-4図、第3-5図に示す。

第3-7表 解析における各材料のモデル化

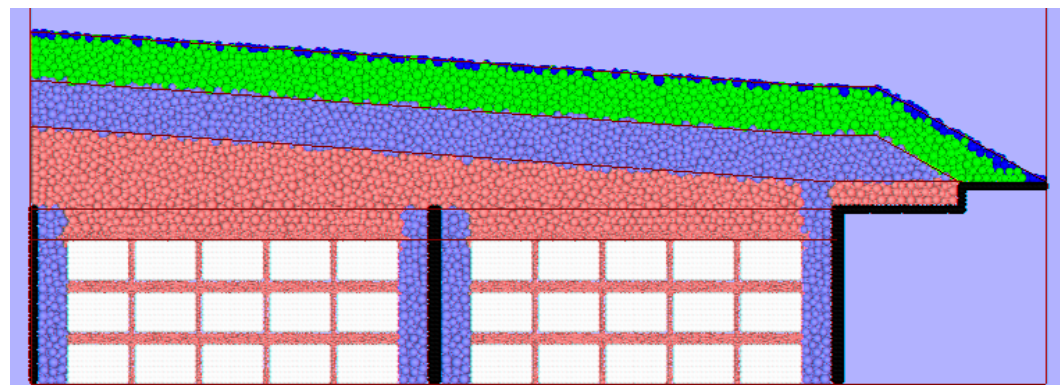
材料	解析におけるモデル化	設定における考え方
保護土層及び掘削抵抗性層	久慈川砂(濡れた状態)	雨水の影響を受けやすい材料であると想定し、濡れた状態の久慈川砂で設定
低透水性土層及び側部低透水性覆土	ベントナイト混合土	ベントナイト(15%)と久慈川砂(85%)の混合土を雨水の影響を受けた状態(飽和に近い状態)で設定
基礎層及び中間覆土	久慈川砂(乾いた状態)	雨水の影響を受けにくい材料であると想定し、乾いた状態の久慈川砂で設定
廃棄物及び鉄箱	—	廃棄物の圧縮変形を、廃棄物の粒子を強制的な変位で表現
仕切板	—(剛体)	変形挙動を生じない材料として設定

5. 状態変化における陥没影響評価

- 解析モデル



第3-4図 解析モデルの詳細



第3-5図 DEMによる解析モデル

5. 状態変化における陥没影響評価

- 解析用物性値の設定

DEM解析に用いる最終覆土や中間覆土などの土質材料のパラメータは、一軸圧縮試験及び形状確認試験を行い、試験結果を再現できるパラメータをフィッティング解析で求め、DEM解析における解析用物性値を設定した。

- a. ベントナイト混合土と砂

フィッティングによって設定したベントナイト混合土と砂(乾いた状態及び濡れた状態)の解析用物性値(入力パラメータ)を第3-8表に示す。粒子密度は、形状確認試験及び一軸圧縮試験の密度となるように設定し、それ以外の入力パラメータは、形状確認試験及び一軸圧縮試験を再現できるようにフィッティングさせて設定している。なお、砂(乾いた状態及び濡れた状態)の粒子半径は、DEM解析において、砂の挙動に対して支配的なパラメータは粒子間摩擦角と転がり摩擦係数であるため、DEMの粒子が斜面を転がる挙動は相似の関係が成り立つため、粒子半径は解析に影響がないことから、ベントナイト混合土と同一の値を設定した。

第3-8表 解析用物性値の設定値

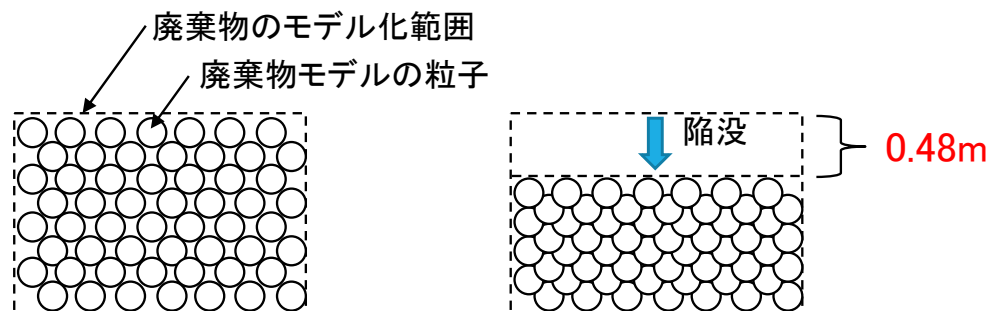
項目	ベントナイト混合土	砂(乾いた状態)	砂(濡れた状態)
バネ係数(N/m)	3.3×10^6	3.3×10^6	3.3×10^6
減衰係数(N/m・s)	3.25×10^3	2.78×10^3	2.88×10^3
粒子密度(kg/m ³)	3,050	2,240	2,400
粒子の最大半径(m)	0.12	0.12※	0.12
粒子の最小半径(m)	0.084	0.084※	0.084
粒子間摩擦角(°)	30	30	30
転がり摩擦係数(-)	0.05	0.143	0.264
引張限界力(N)	7,700	0	0

※ 廃棄物容器間及び廃棄物容器の上部の砂(乾いた状態)は、陥没時の廃棄物容器間への砂の入り込みを再現するために、周囲の砂よりも粒子径を小さくした(最大半径0.049 m, 最小半径0.034 m)。

5. 状態変化における陥没影響評価

b. 廃棄物及び鉄箱

鉄箱が変形することによって発生する陥没量は、鉄箱を考慮しない廃棄物をモデル化した粒子に強制的に変位量を与えることでモデル化した。廃棄物の陥没のモデル化のイメージを第3-6図に示す。



第3-6図 廃棄物の陥没のモデル化のイメージ

c. 解析における上載荷重

第3-9表 解析における上載荷重一覧

上載荷重	設定値 (kN/m ²)	設定方法
保護工 (じゃかご等)	6.0	道路土工盛土工指針を参考に「盛土の砂及び砂礫」の単位体積重量の値20 kN/m ³ を用いて、施工厚さ0.3 mに対して設定した。
掘削抵抗性層	1.6	久慈川砂(濡れた状態)でモデル化しているが、単位体積重量は保護工(じゃかご等)と同様とし、施工厚さ0.3 mから、6.0 kN/m ² を上載荷重とした上で、久慈川砂(濡れた状態)の密度から算定される荷重4.4 kN/m ² (= 1,500 kg/m ³ × 9.8 m/s ² × 0.3 m)を引いて設定した。
作業時荷重	10	作業時荷重を想定し設定した。
合計	<u>17.6</u>	6.0 kN/m ² + 1.6 kN/m ² + 10 kN/m ²

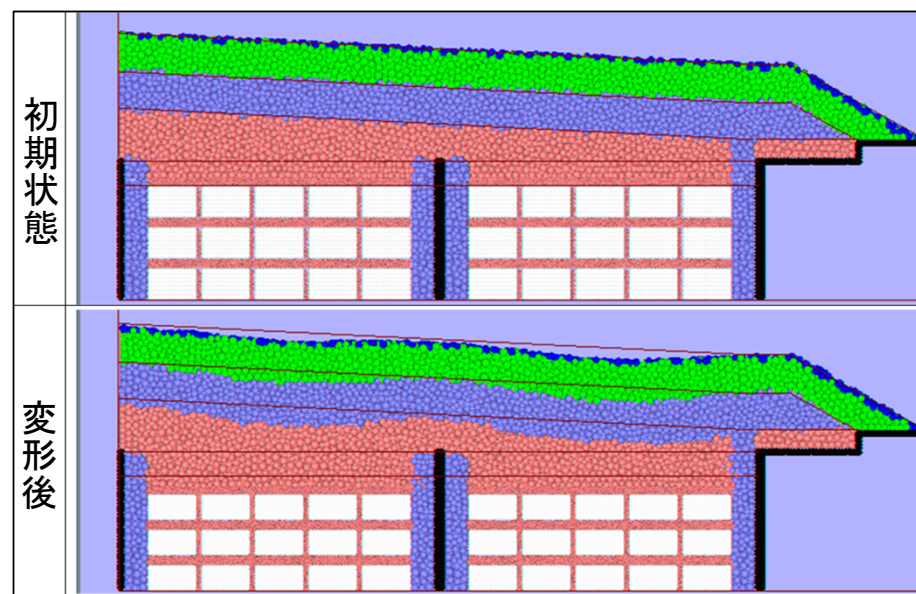
5. 状態変化における陥没影響評価

- 解析結果

- (1) 最終覆土の変形

DEM解析における最終覆土の変形図を第3-7図に示す。廃棄物の陥没に伴い、覆土が波打つように沈下する結果となっている。ベントナイト混合土の変形が、地盤と陥没(強制変位)させた廃棄物の境界で生じているためと考える。

法肩部付近は、地盤と陥没(強制変位)が生じる廃棄物との境界に位置し、相対的な沈下が顕著に現れている。変形形状によって、法肩部付近の覆土は、せん断変形が生じている。変形後のベントナイト混合土の層厚が、極端に小さくなる箇所や層が切断するような箇所は確認されなかった。



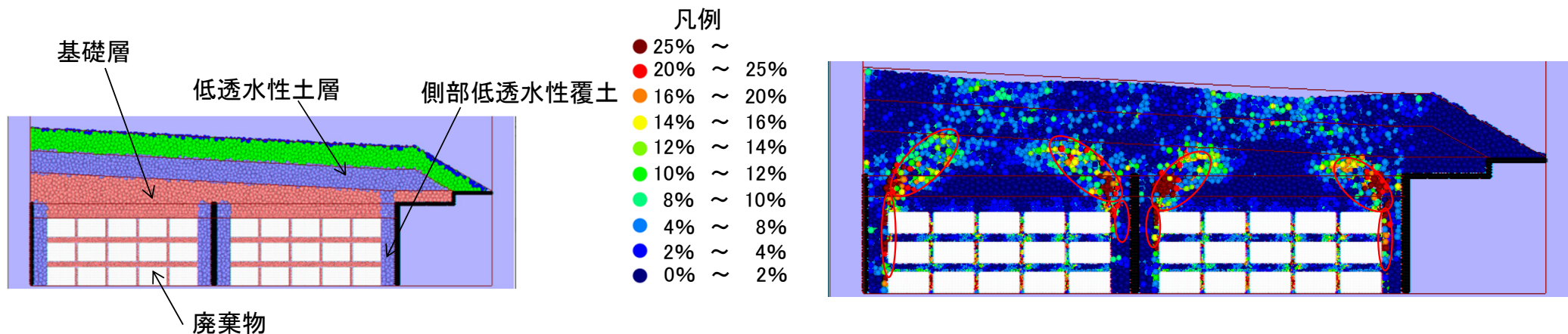
第3-7図 DEM解析による最終覆土の変形図

5. 状態変化における陥没影響評価

- 解析結果

- (2) せん断ひずみ分布

変形後のせん断ひずみ分布を第3-8図に示す。廃棄物上部の基礎層でせん断ひずみが大きくなっており、低透水性土層では顕著なせん断ひずみの増加はみられない。側部低透水性覆土では、廃棄物と接する位置でせん断ひずみが局所的に大きくなるが、これは廃棄物の強制変位の影響を大きく受けたためであると考えられる。この位置では、せん断ひずみは局所的に大きくなるものの、部材を貫通するような分布にはなっていないため、側部低透水性覆土の低透水性が確保できなくなるような問題は生じないと考えられる。



第3-8図 せん断ひずみ分布(変形後)

5. 状態変化における陥没影響評価

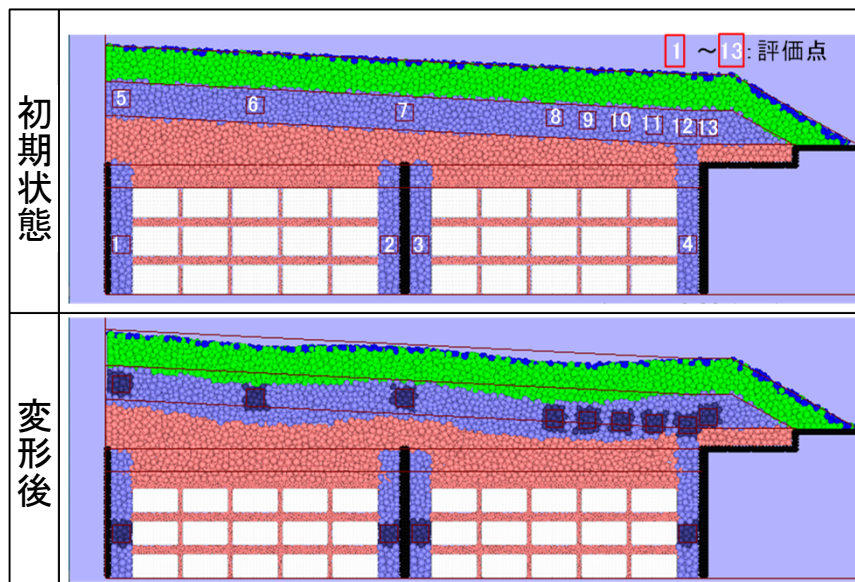
- 解析結果

- (3) 密度分布

密度分布の評価は、低透水性土層及び側部低透水性覆土を対象とし、第3-7図の変形図及び第3-8図のせん断ひずみ分布を参考にして代表的な評価点を選定した。評価点と密度計算に用いた粒子を濃紺で第3-9図に示す。各評価点の密度変化を第3-10表に示す。

密度変化率から、親杭や底面による拘束を受けやすい評価点1~4の側部低透水性覆土では、密度が増加している。一方、法肩部付近のせん断変形が大きくなる評価点13のベントナイト混合土では、密度が3.5%低下している。他の評価点でも、密度の減少はあるものの、法肩部付近と比べると変化は小さい。

第3-10表 評価点の密度変化



第3-9図 密度分布の評価点

評価点	初期状態の密度 (kg/m ³)	変形後の密度 (kg/m ³)	密度変化率 (%)	部位
1	1,823	1,881	3.2	側部低透水性 覆土
2	1,828	1,875	2.6	
3	1,821	1,875	3.0	
4	1,825	1,877	2.8	
5	1,894	1,880	-0.7	低透水性土層
6	1,899	1,897	-0.1	
7	1,851	1,807	-2.4	
8	1,888	1,885	-0.2	
9	1,884	1,886	0.1	
10	1,926	1,908	-0.9	
11	1,884	1,861	-1.2	
12	1,976	1,948	-1.4	
13	2,007	1,936	-3.5	

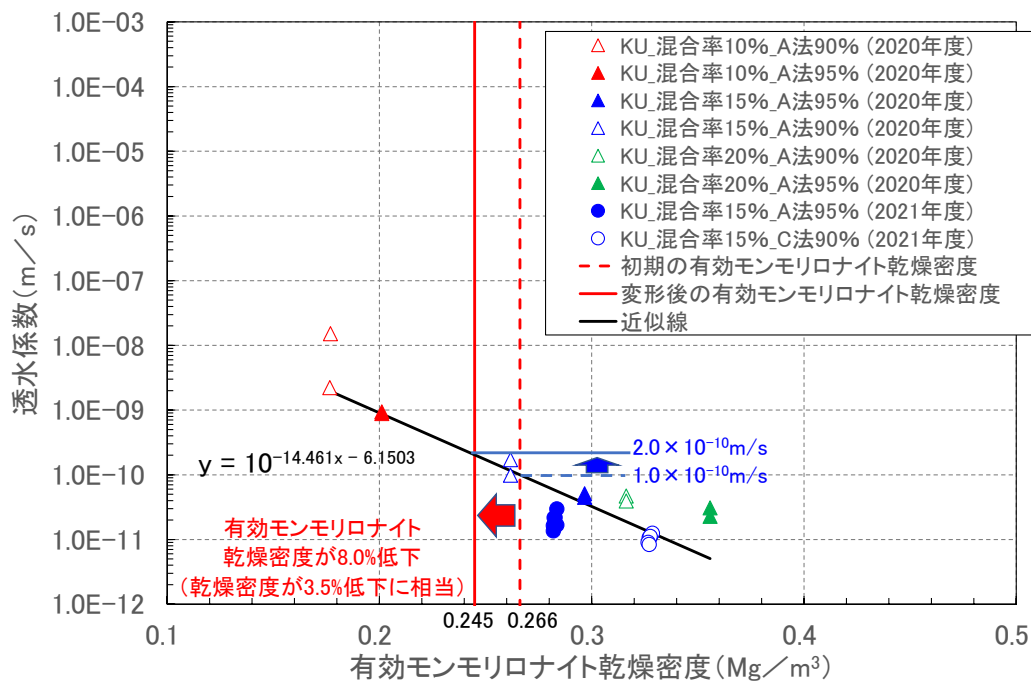
5. 状態変化における陥没影響評価

解析結果

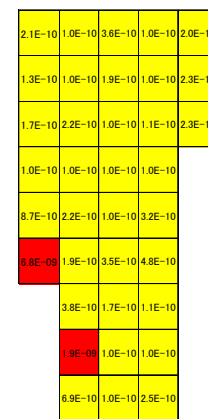
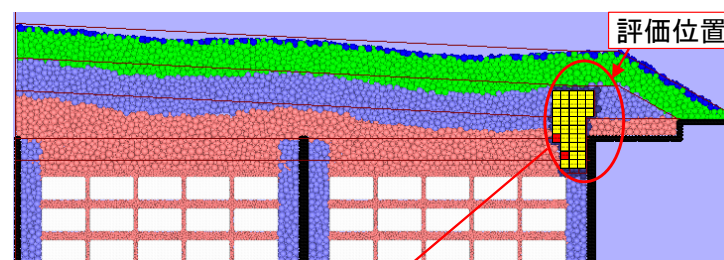
(3) ベントナイト混合土の透水係数

透水係数は、変形前を 1.0×10^{-10} m/sとした場合には、変形後は 2.0×10^{-10} m/sとなり、法肩部付近の密度が低下している範囲で、局所的には透水係数は2倍程度に増加すると推定される(第3-10図参照)。

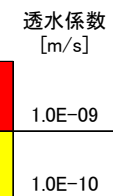
また、部材厚の中で透水係数が増加する箇所がどのように分布しているのかを分析するため、法肩部付近を評価範囲として細分化し、透水係数が増加する箇所が部材を貫通していないかを確認した。細分化した評価位置における変形後の透水係数の結果を第3-11図に示す。細分化した評価位置では、変形後の透水係数は概ね 10^{-10} m/sオーダーのままとなっている。



第3-10図 変形後の透水係数の推定



拡大 【凡例】



※ 変形後に密度が増加した位置は、保守的に変形前の透水係数(1.0×10^{-10} m/s)としている。

第3-11図 細分化した評価位置における変形後の透水係数の推定

6. 状態変化の影響評価のまとめ

陥没に起因する影響において、DEM解析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(透水係数及び厚さ)への影響評価をした結果、陥没事象で力学的変形が生じることによって、局所的な密度変化により透水係数の増加が生じるが、部材を貫通するような分布ではないことから、ベントナイト混合土の破断や厚さの大きな変化は発生せず、低透水性に影響は生じないと考える。

したがって、透水係数は以下のとおり設定する。

- ✓ 最も可能性が高い状態：
透水係数は、最も可能性が高い状態においては、低透水性土層及び側部低透水性覆土に影響はなく、 $1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ から増加しないものとして設定する。
- ✓ 最も厳しい状態：
 - 最も厳しい状態では、局所的に密度低下が生じる可能性が考えられる低透水性土層で、透水係数に増加が生じるものと考え、保守的に $5.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ と設定する。
 - 側部低透水性覆土は、廃棄物と隣接する部分において、ベントナイト混合土の密度低下は生じていないことから、 $1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ から増加しないものとして設定する。

陥没現象の影響における透水係数の設定を第3-11表に示す。

第3-11表 陥没現象の影響における透水係数の設定

対象	最も可能性が高い状態	最も厳しい状態
低透水性土層	$1.0 \times 10^{-10} (\text{m/s})$	$5.0 \times 10^{-10} (\text{m/s})$
側部低透水性覆土		$1.0 \times 10^{-10} (\text{m/s})$



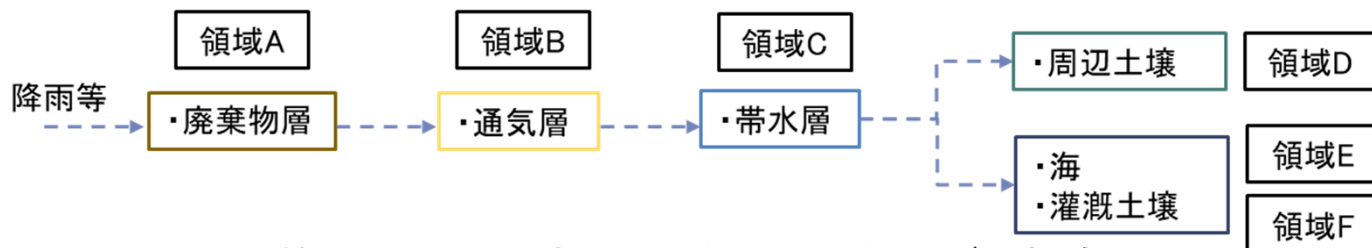
線量評価モデル

6. 線量評価モデル(1/2)

自然事象

地下水による移動

- 放射性物質の移動経路を考慮して複数の領域に分割し、領域ごとに一般的な移流・拡散方程式をモデル化
- 線量評価モデルの不確かさについては、線量評価パラメータを保守的に設定することで考慮



第6-1図 地下水による移動の評価モデル概念図

(設定例)【領域A】
廃棄物埋設地内間隙水中濃度 $C_D(z, t, i)$

$$R_D(i) * \frac{\partial C_D(z, t, i)}{\partial t} =$$

$$P_D * \varepsilon_D * \theta_D * D_Z * \frac{\partial^2 C_D(z, t, i)}{\partial z^2}$$

拡散項

$$-V_D * \frac{\partial C_D(z, t, i)}{\partial z}$$

移流項

$$-R_D(i) * \lambda(i) * C_D(z, t, i)$$

移行遅延

$$C_D(z, 0, i) = \frac{A_W(i)}{S_D * H_D * R_D(i)}$$

初期条件

$C_D(z, t, i)$: 時間*t*における放射性核種*i*の廃棄物埋設地内間隙水中濃度 (Bq/m³)

S_D : 廃棄物埋設地平面積 (m²)

V_D : 年間浸透水量 (m³ / (m²・y))

H_D : 廃棄物層深さ (m)

ε_D : 廃棄物埋設地内の充填砂/中間覆土の間隙率 (-)

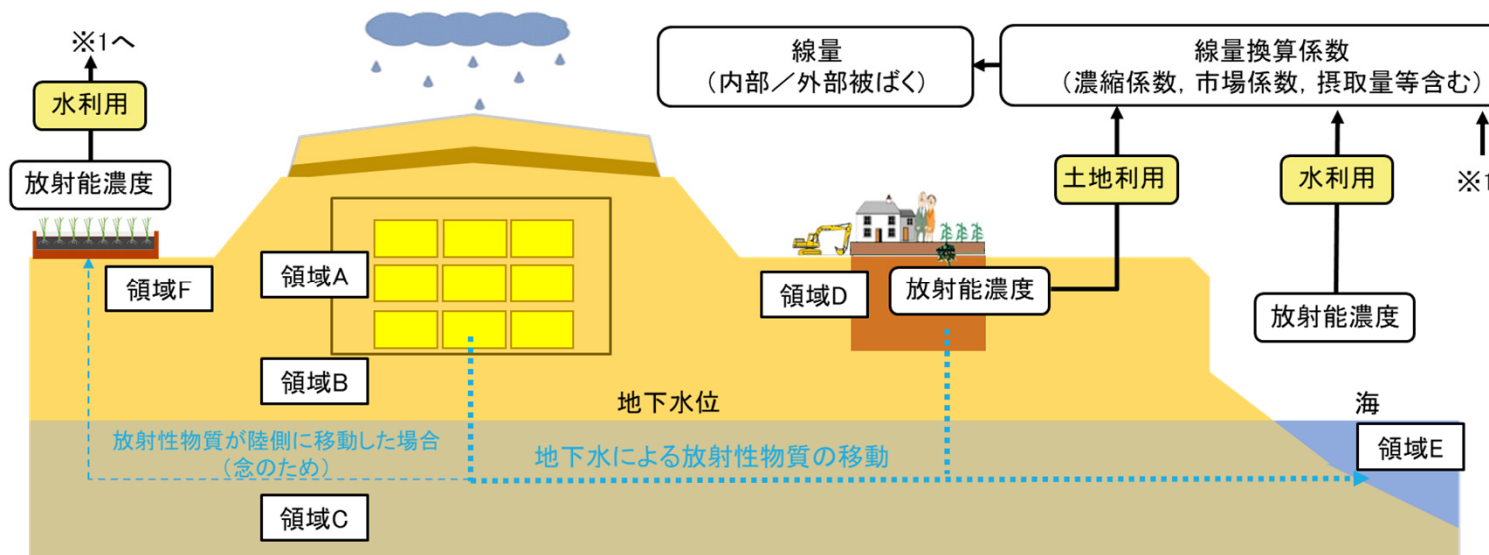
θ_D : 廃棄物埋設地内の飽和度 (%)

D_Z : *z*方向の分散係数 (m²/y)

$R_D(i)$: 廃棄物埋設地内の放射性核種*i*の平均収着係数 (-)

$\lambda(i)$: 放射性核種*i*の崩壊定数 (1/y) ; =ln2/*T*_{1/2}(*i*)

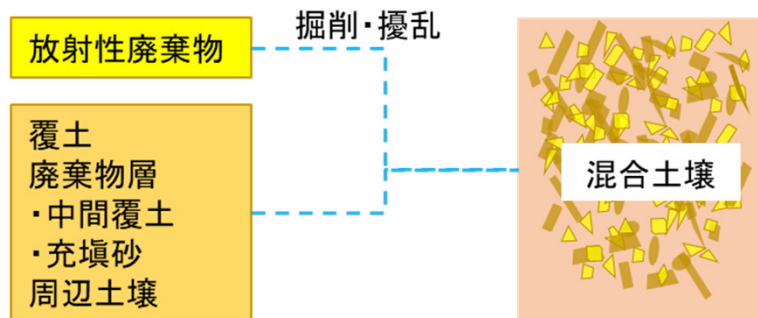
$A_{\mu}(i)$: 廃棄物受入れ時の放射性核種*i*の総放射能量 (Bq)



第6-2図 地下水による移動の概念図

大規模掘削による混合土壌への移動

- 廃棄物埋設地底面までを掘削する建設作業による、放射性物質の混合土壌への移動は、放射性廃棄物、覆土、廃棄物層(中間覆土及び充填砂)及び周辺土壌と混合するものとしてモデル化
- 擾乱を受けた後の地下水による放射性物質の移動は、自然事象シナリオと同様



第6-3図 大規模掘削による土壌の擾乱の評価モデル概念図



第6-4図 大規模掘削による土壌の擾乱の概念図

掘削土壌中の放射性核種の濃度 $C_{SH}(t,i)$

$$C_{SH}(t,i) = P_{CH} * \frac{A_{WH}(i) * \exp(-\lambda(i) * t)}{S_{DH} * H_D * \rho_{DH}}$$

$C_{SH}(t,i)$: 時間 t における対象領域の掘削土壌中の放射性核種 i の濃度 (Bq/kg)

P_{CH} : 廃棄物埋設地底面までを掘削する場合の対象領域の掘削土壌の希釈係数(-)

$A_{WH}(i)$: 対象領域の廃棄物受入れ時の放射性核種 i の放射エネルギー (Bq)

S_{DH} : 対象領域の平面積 (m²)

ρ_{DH} : 対象領域の廃棄物層の見かけ密度 (kg/m³)

H_D : 廃棄物層深さ (m)

$\lambda(i)$: 放射性核種 i の崩壊定数 (1/y) ; $=\ln 2 / T_{1/2}(i)$



補足説明資料5 線量評価パラメータ

7. 線量評価パラメータ(1/5)

- 廃止措置の開始後の線量評価パラメータは、処分システムに基づき設定するパラメータと生活環境に基づき設定するパラメータに分類した(第7-1表参照)。
 - ✓ 処分システム:
 - ・人工バリア及び天然バリアの組み合わせにより、生活環境への影響を防止又は軽減するための仕組みをいう。
 - ・人工バリア及び天然バリアに期待する機能を評価において適切に反映するためのパラメータ及び廃棄物埋設地の位置(生活環境までの距離)及び形状等のパラメータがある。
 - ・本パラメータは、埋設した放射性廃棄物から漏出した放射性物質が生活環境まで移動する経路のうち、「2. 地質環境等の状態設定」及び「3. 廃棄物埋設地の状態設定」を踏まえて設定する。
 - ✓ 生活環境 :
 - ・人間を含む生物が生息する領域(生物圏)の状況をいう。
 - ・廃止措置の開始後の敷地周辺の生活環境を踏まえて設定するパラメータ及び人間の生活様式等のパラメータがある。
 - ・本パラメータは、「4. 生活環境の状態設定」を踏まえて設定する。
- 設定した各線量評価パラメータの詳細は資料1-1-3、また、過去のヒアリング資料から変更した線量評価パラメータは資料1-1-6参照。

第7-1表 評価パラメータの分類

分類番号	大分類	中分類	内容
①		科学的に合理的な範囲で設定するパラメータ	天然バリア及び人工バリアの特性等に基づき設定するパラメータであり、 <u>実測等から適切と考えられる値を設定するもの</u> (例:帯水層土壌の間隙率)
②	処分システムに基づき設定するパラメータ	科学的に合理的な範囲が定められないため、想定しうる最大の範囲を考慮して最も保守的となる値に設定するパラメータ	現在の知見では、本質的に <u>科学的に合理的な範囲を定められないもの</u> (例:廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出開始時期)
③		施設設計等から設定するパラメータ	<u>施設設計等により一意に決定するもの</u> (例:廃棄物埋設地の長さ)及び <u>文献等に基づき値を設定するもの</u> (例:放射性核種 <i>i</i> の半減期)
④	生活環境に基づき設定するパラメータ	生活様式等により設定するパラメータ	<u>現在の廃棄物埋設施設周辺的生活環境に基づき値を設定するもの</u> (例:海産物 <i>m</i> の年間摂取量) ただし、本質的に科学的に合理的な範囲が定められないものを除く(例:灌漑農産物の根からの放射性核種の吸収割合)

- 線量評価パラメータのうち、被ばく線量への影響の程度が大きい評価パラメータ又は設定値の不確かさが大きいパラメータについては、適切な保守性を考慮し、最も可能性が高い自然事象シナリオと最も厳しい自然事象シナリオとで異なる設定とする。例として、以下の(1)～(4)のパラメータの設定の考え方を示す。
- それ以外のパラメータについては最も可能性が高い自然事象シナリオと最も厳しい自然事象シナリオで共通の値とする。

(1) 地下水流速(第7-2表及び資料1-1-3・P5参照)

動水勾配に、廃棄物埋設地近傍(du層)で行った揚水試験で得られた透水係数(揚水試験結果の算術平均値 3.23×10^{-2} cm/s)を用いて、ダルシー流速を算出することで地下水流速とした。動水勾配は、地質環境等の状態設定を踏まえ、1,000年後の寒冷化ケースにおける降水量と地下水位の関係から算出した。地下水流速=動水勾配×透水係数より設定した。

(2) 帯水層の厚さ(第7-2表及び資料1-1-3・P5参照)

粘土層(Ac層)がT.P.+0 m以深に分布していることから、T.P.+0 mを帯水層の基底部と設定した。帯水層の厚さは、地質環境等の状態設定を踏まえ、1,000年後の寒冷化ケースにおける降水量の変動を考慮した地下水位を用いて設定した。

第7-2表 帯水層の厚さ、動水勾配及び地下水流速

ケース		地下水位 [= 帯水層の厚さ]	動水勾配	地下水流速
寒冷化ケース	最も可能性が高い自然事象シナリオ／人為事象シナリオ	1.8 m	4.77×10^{-3}	49 m/y
	最も厳しい自然事象シナリオ	1.6 m	4.12×10^{-3}	42 m/y

(3) 年間浸透水量(資料1-1-3・P14参照)

設定の考え方はP34参照。

(4) 収着分配係数(① 廃棄物埋設地内の充填砂／中間覆土, ② 通気層土壌, ③ 帯水層土壌)(資料1-1-4参照)

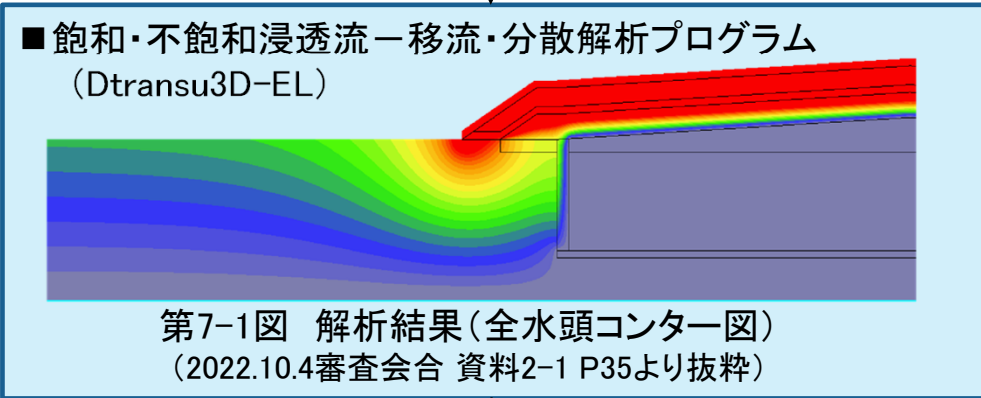
設定の考え方はP35参照。

7. 線量評価パラメータ(3/5)

(3) 年間浸透水量の設定※1

■ 透水係数
第7-3表 ベントナイト混合土の透水係数(第3-4表 ③より抜粋)

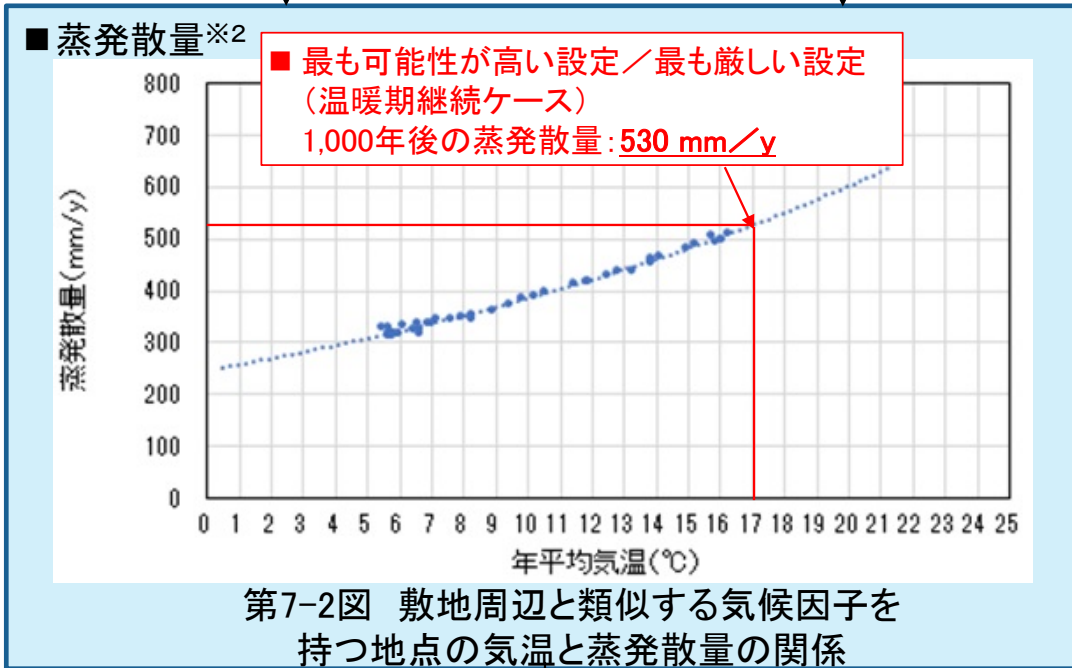
部位	透水係数	
	最も可能性が高い状態	最も厳しい状態
側部低透水性覆土	$1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$	$1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$
低透水性土層		$5.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$



■ 浸透水量解析結果
最も可能性が高い状態 : $0.001 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{y})$
最も厳しい状態 : $0.003 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{y})$

■ 1,000年後の降水量※2
温暖期継続ケースにおける最も厳しい設定の $2,080 \text{ mm/y}$ とした。

■ 1,000年後の気温※2
温暖期継続ケースにおける最も厳しい設定の 17°C とした。



■ かん養量※2
かん養量 = 降水量 - 蒸発散量 - 表面流出量 (降水量 × 流出係数0.5) = 510 mm/y

※1: 年間浸透水量の設定に当たっては飽和・不飽和浸透流解析により算出するが、2022.11.14審査会合及び11.17ヒアリングにおいて、解析条件及び結果の妥当性について指摘があったことを受け、現在解析の見直しを行っているため、今後変更となる可能性がある。

※2: 2022.12.22審査会合 資料1-1 P17~18より抜粋

(4) 分配係数の設定




第3-5表にまとめた廃棄物埋設地の状態設定における影響評価結果のうち、廃棄物埋設地に生ずる物理的・化学的現象のうち収着性に影響を与える可能性のある事象の収着分配係数の設定の考え方を第7-4表に示す。各層における収着分配係数の設定値を第7-5表に示す。

第7-4表 収着性への影響事象分析結果(第3-5表より抜粋)

項目	影響事象	影響評価結果及び収着分配係数の設定の考え方
T(熱)	—	考慮する影響事象はない。
H(水理)	—	考慮する影響事象はない。
M(力学)	—	考慮する影響事象はない。
C(化学)	コンクリート廃棄物の溶脱 (廃棄物と浸透水の反応)	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>浸透水とコンクリート類の廃棄物との反応</u>でカルシウム成分が溶脱し、浸透水のpHが変化することで、収着性に影響を与える可能性がある。 ・ <u>充填砂及び中間覆土(最上段を除く)並びに本施設周辺の地盤(du層)については、浸透水による影響を想定して水酸化カルシウム水溶液を用いた分配係数の取得試験を行い、試験結果に基づく評価パラメータを設定する。</u>
	廃棄物層の金属腐食 (廃棄物と浸透水の反応)	影響事象として考慮しない。
	バリア材料中でのコロイド生成	影響事象として考慮しない。
	バリア材料中の有機物(錯体形成含む)	影響事象として考慮しない。
	バリア材料中の微生物	影響事象として考慮しない。
	津波	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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、<u>一時的ではあるが、本施設周辺の地盤(帯水層及び通気層)の水質の変化によって収着性に影響する可能性がある。</u> ・ 本施設周辺の地盤(du層及び帯水層)については、<u>海水による影響を想定して人工海水を用いた分配係数の取得試験を行い、試験結果に基づく評価パラメータを設定する。</u>

7. 線量評価パラメータ(5/5)

第7-5表 各層における収着分配係数の設定値(設定根拠は資料1-1-4参照)

		収着分配係数					
		廃棄物埋設地内の充填砂／中間覆土  充填砂／中間覆土		通気層土壌  通気層		帯水層土壌  帯水層	
分配係数取得試験条件	固相	du層(埋設地周辺土壌)		du層(埋設地周辺土壌)		du層(埋設地周辺土壌)	
	液相	現地地下水及び水酸化Ca水溶液(第3-5表・④コンクリート廃棄物の溶脱)		・最も可能性が高い: 現地地下水及び水酸化Ca水溶液(第3-5表・④コンクリート廃棄物の溶脱) ・最も厳しい: 人工海水(第3-5表・⑩津波)		・最も可能性が高い: 現地地下水 ・最も厳しい: 人工海水(第3-5表・⑩津波)	
核種		最も可能性が高い 自然事象／人為事象	最も厳しい 自然事象※	最も可能性が高い 自然事象／人為事象	最も厳しい 自然事象※	最も可能性が高い 自然事象／人為事象	最も厳しい 自然事象※
H-3		0	0	0	0	0	0
C-14		0	0	0	0	0	0
Cl-36		0	0	0	0	0	0
Ca-41		0.003	0.0003	0.003	0.00003	0.003	0.00003
Co-60		0.03	0.003	0.03	0.001	0.3	0.001
Sr-90		0.003	0.0003	0.003	0.00003	0.003	0.00003
Cs-137		0.3	0.03	0.3	0.001	0.3	0.001
Eu-152		0.3	0.03	0.3	0.03	0.3	0.03
Eu-154		0.3	0.03	0.3	0.03	0.3	0.03
全α		0.1	0.01	0.1	0.01	0.1	0.01

※: 統計的なばらつきを考慮して, 各試験結果(幾何平均値)のうち最も小さい値を10分の1倍



補足説明資料6 線量評価結果

8. 線量評価結果(1/10)

自然事象

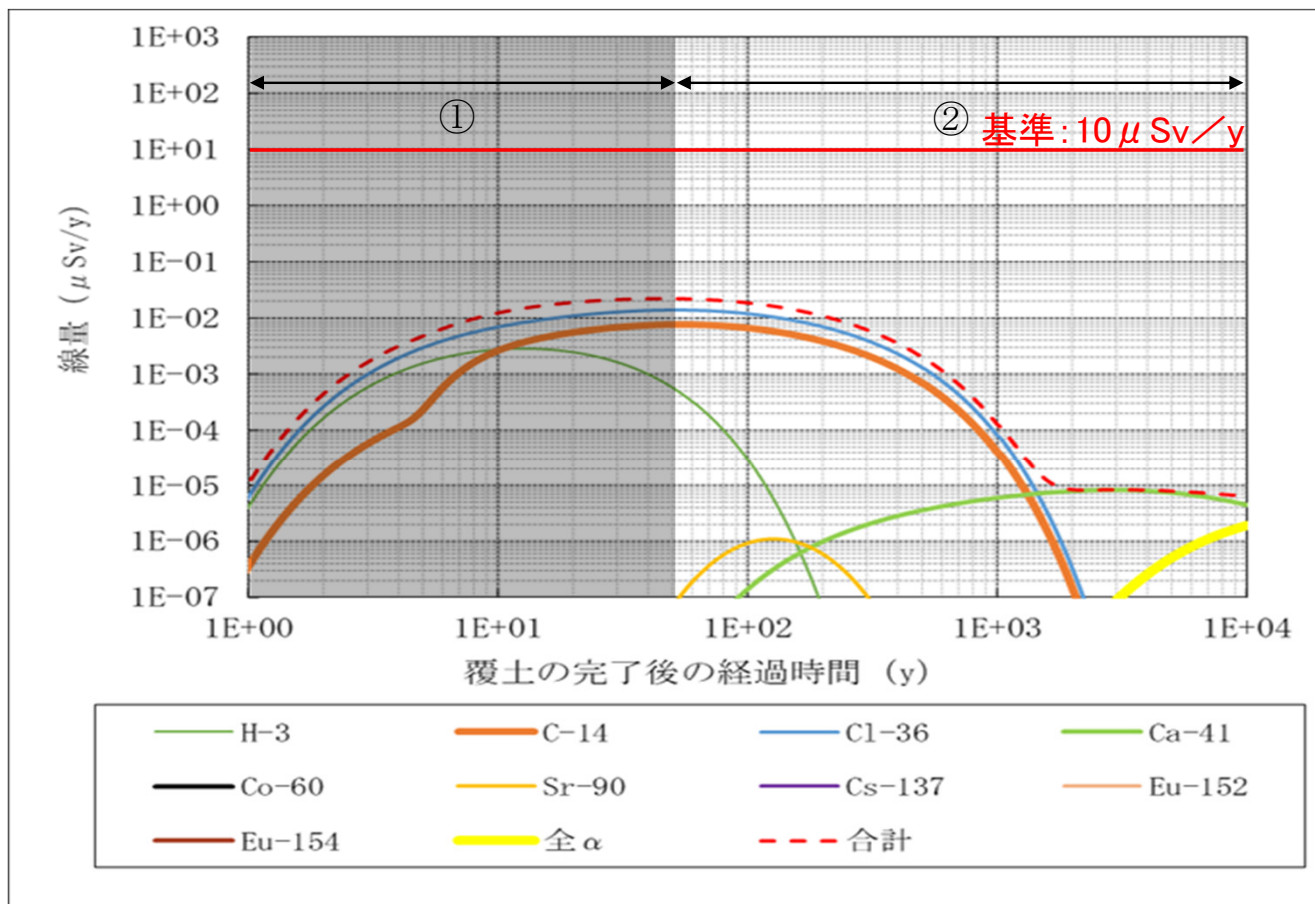
第8-1表 線量評価結果

シナリオ	評価対象個人	線量評価結果※1	基準	経年変化図
最も可能性が高い 自然事象シナリオ	居住者	約 $2.3 \times 10^{-2} \mu\text{Sv}/\text{y}$	$10 \mu\text{Sv}/\text{y}$	第8-1図
最も厳しい 自然事象シナリオ	漁業従事者	約 $1.1 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}/\text{y}$	$300 \mu\text{Sv}/\text{y}$	第8-2図
	農業従事者	約 $3.9 \times 10^1 \mu\text{Sv}/\text{y}$		第8-3図
	建設業従事者	約 $3.5 \times 10^1 \mu\text{Sv}/\text{y}$		第8-4図
	居住者	約 $3.5 \times 10^1 \mu\text{Sv}/\text{y}$		第8-5図
人為事象シナリオ	建設業従事者	約 $3.7 \times 10^0 \mu\text{Sv}/\text{y}$ (金属偏在)	$300 \mu\text{Sv}/\text{y}$	第8-6図
		約 $2.8 \times 10^1 \mu\text{Sv}/\text{y}$ (コンクリート偏在)		第8-7図
	居住者	約 $1.8 \times 10^1 \mu\text{Sv}/\text{y}$ (金属偏在)		第8-8図
		約 $2.0 \times 10^1 \mu\text{Sv}/\text{y}$ (コンクリート偏在)		第8-9図

※1: 評価対象個人の最大線量

8. 線量評価結果(2/10)

自然事象

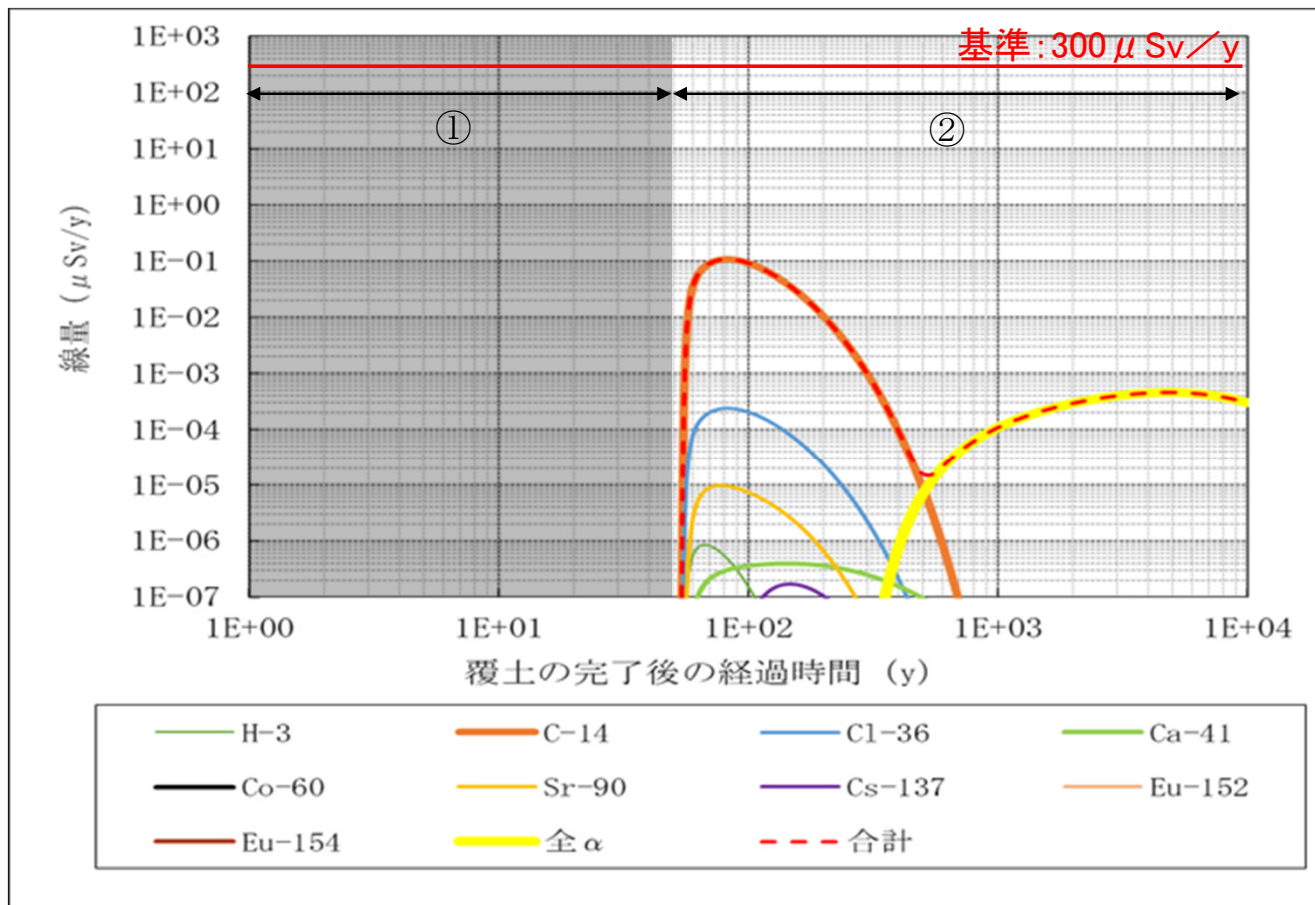


[凡例]
 ①: 覆土の完了後から廃止措置の開始前まで
 ②: 廃止措置の開始後から

第8-1図 最も可能性が高い自然事象シナリオにおける居住者の線量評価結果の経年変化図

8. 線量評価結果(3/10)

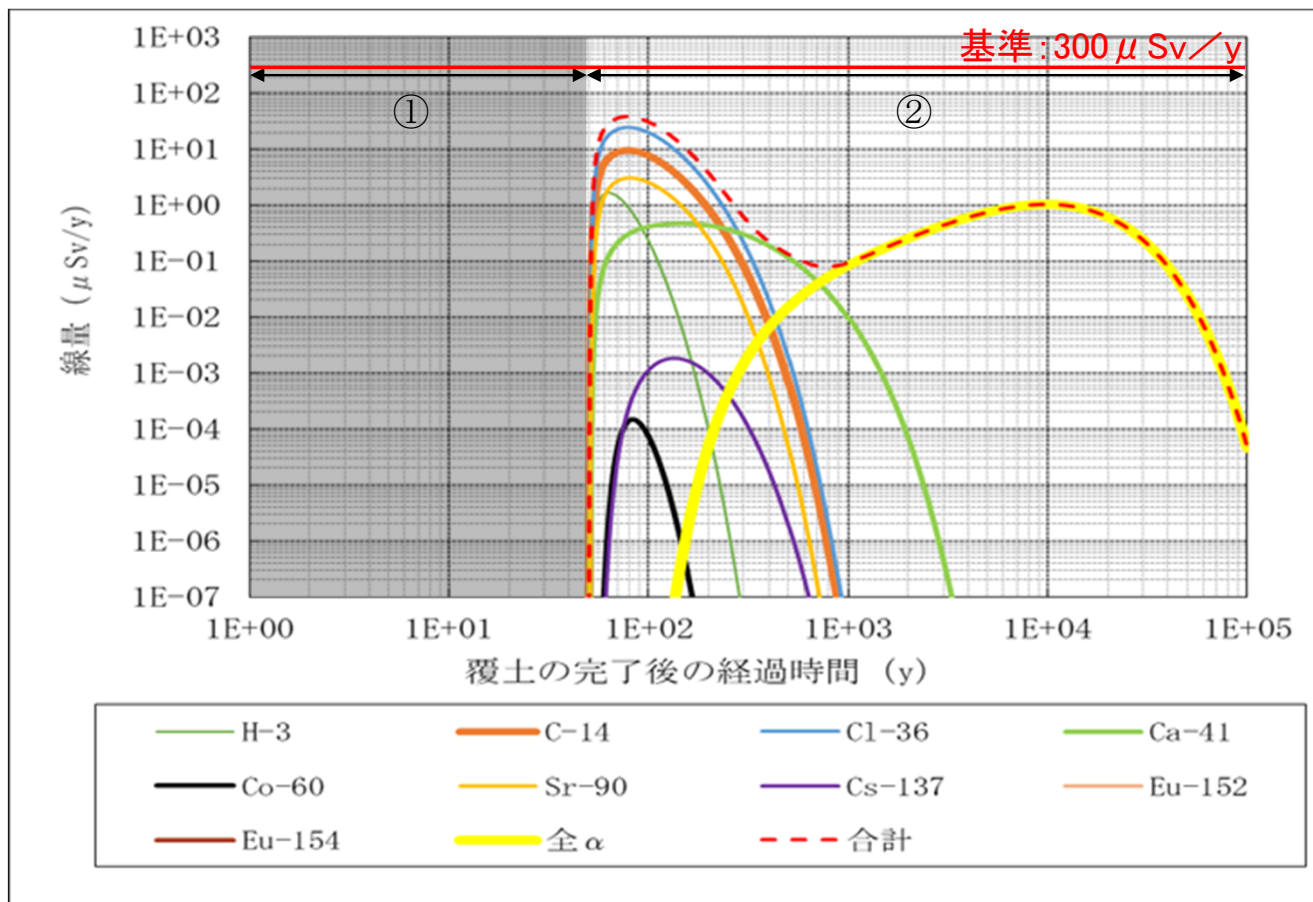
自然事象



[凡例]
 ①: 覆土の完了後から廃止措置の開始前まで
 ②: 廃止措置の開始後から

第8-2図 最も厳しい自然事象シナリオにおける漁業従事者の線量評価結果の経年変化図

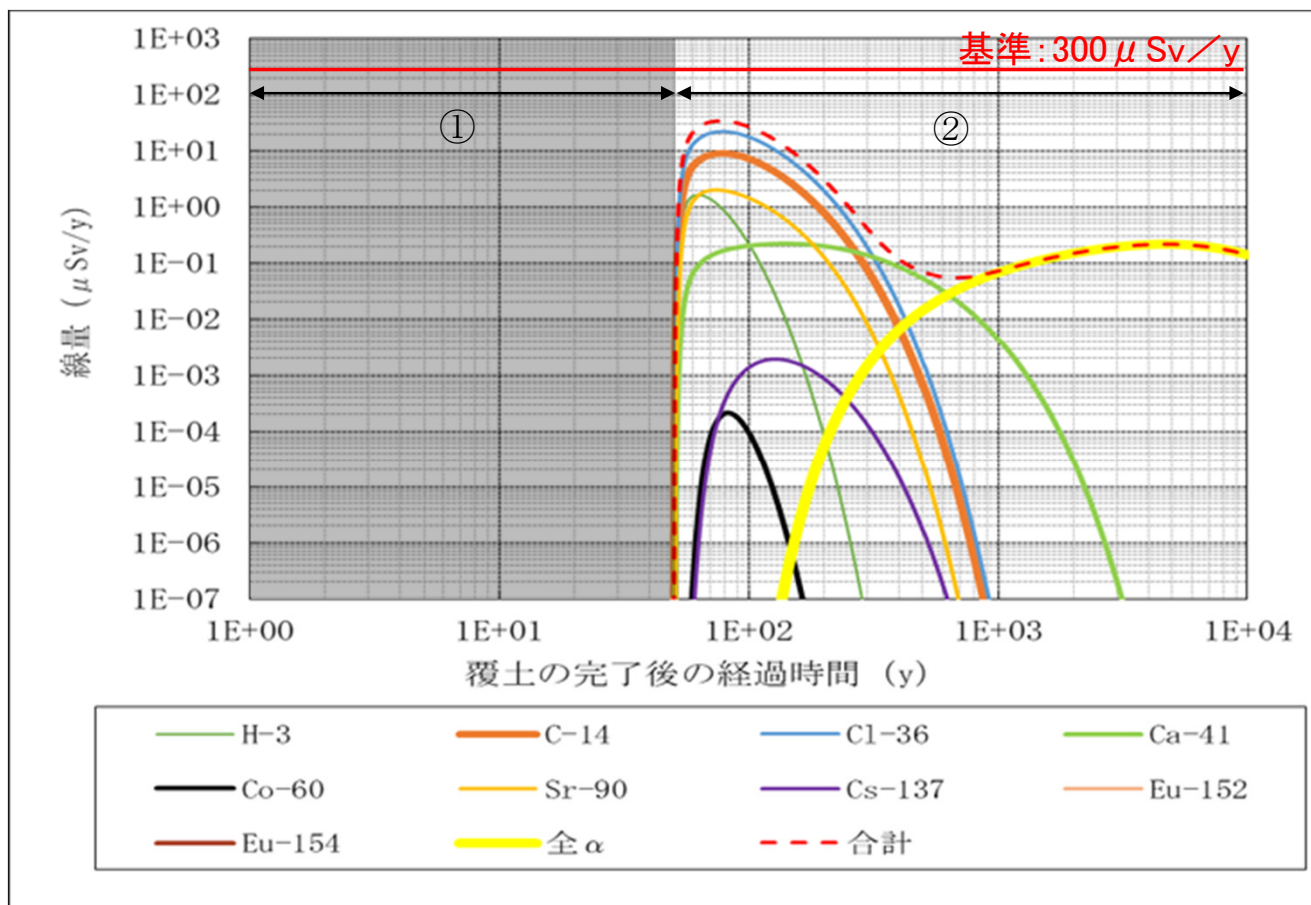
自然事象



第8-3図 最も厳しい自然事象シナリオにおける農業従事者の線量評価結果の経年変化図

8. 線量評価結果 (5/10)

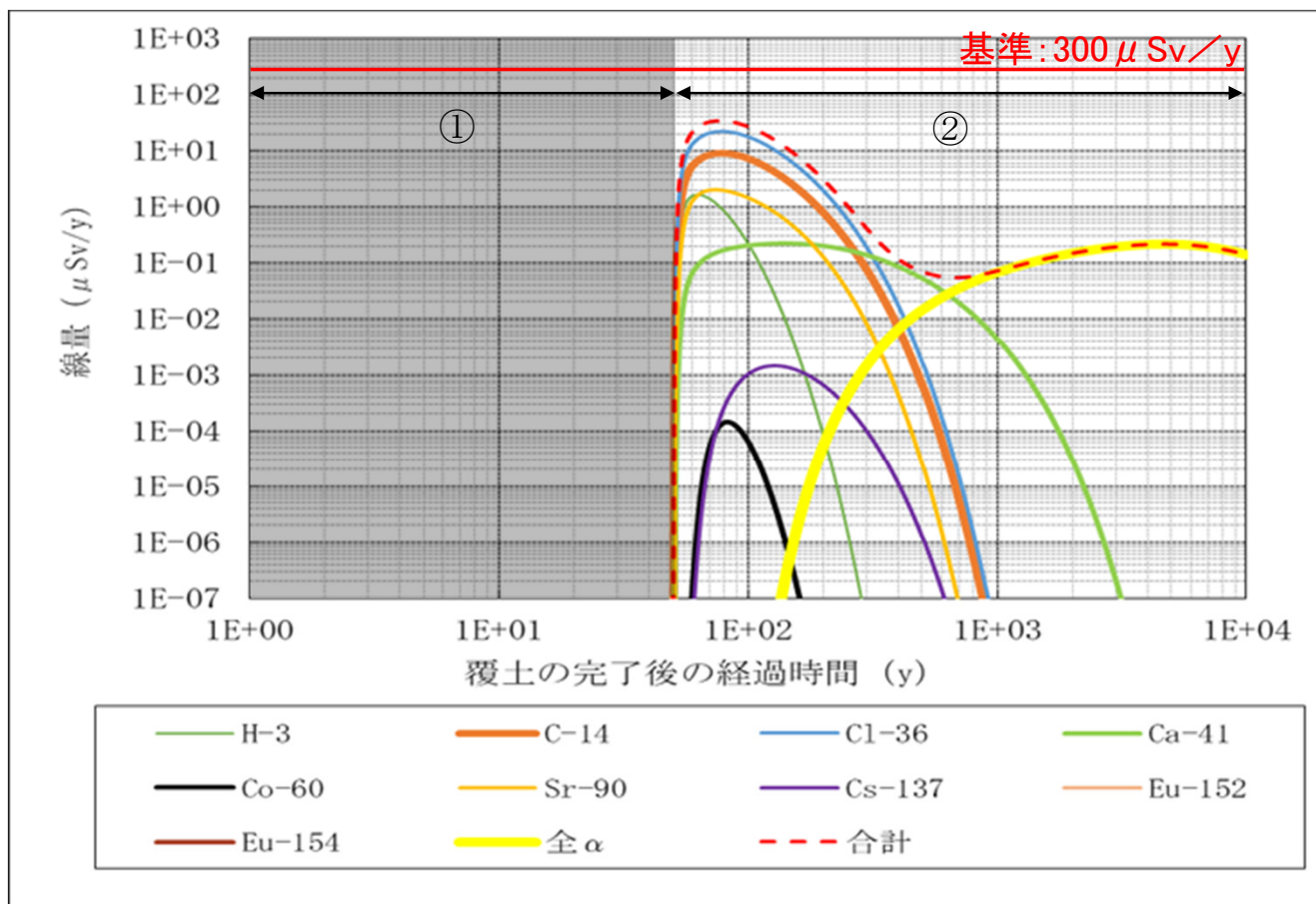
自然事象



[凡例]
 ①: 覆土の完了後から廃止措置の開始前まで
 ②: 廃止措置の開始後から

第8-4図 最も厳しい自然事象シナリオにおける建設業従事者の線量評価結果の経年変化図

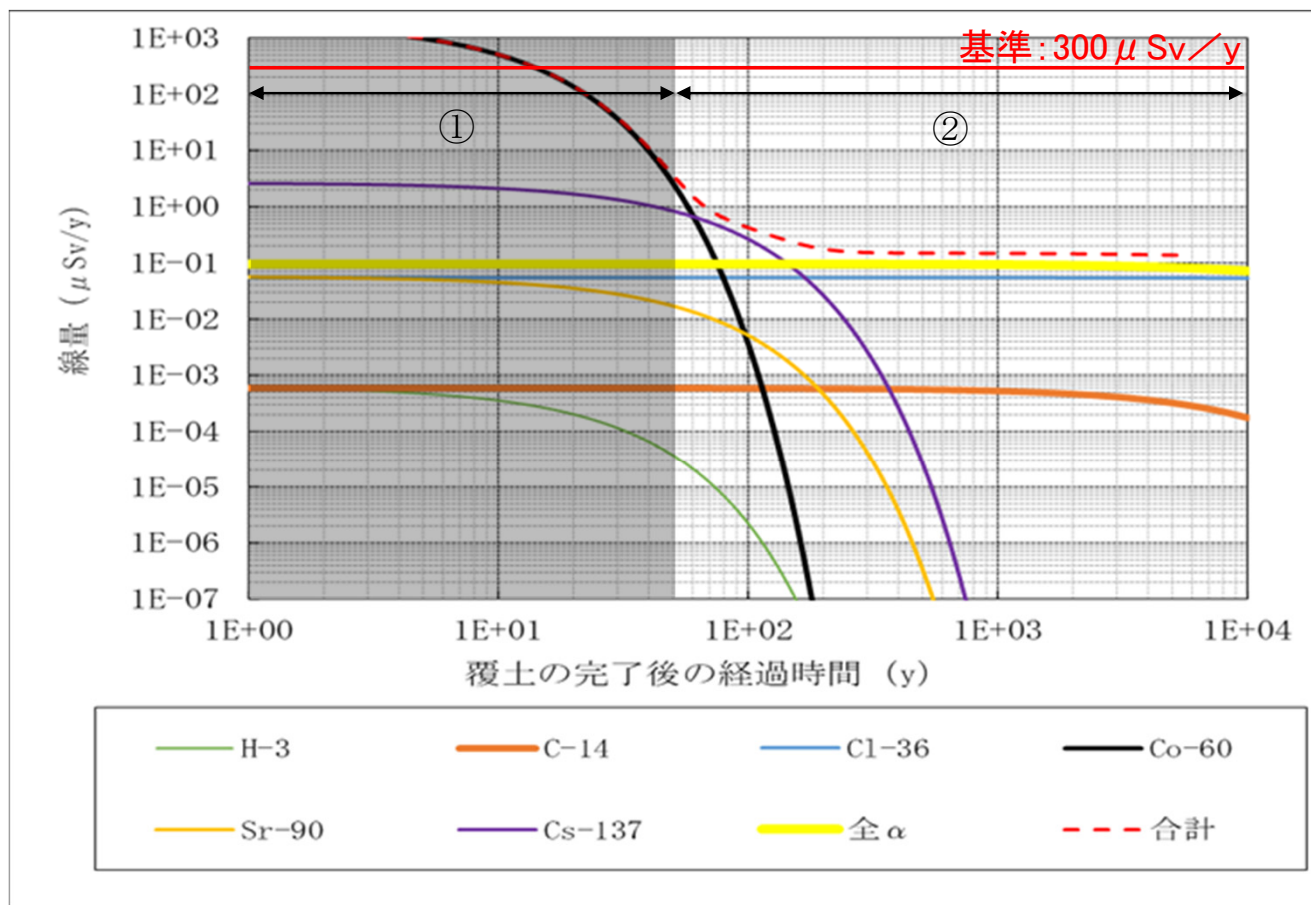
自然事象



第8-5図 最も厳しい自然事象シナリオにおける居住者の線量評価結果の経年変化図

8. 線量評価結果(7/10)

人為事象

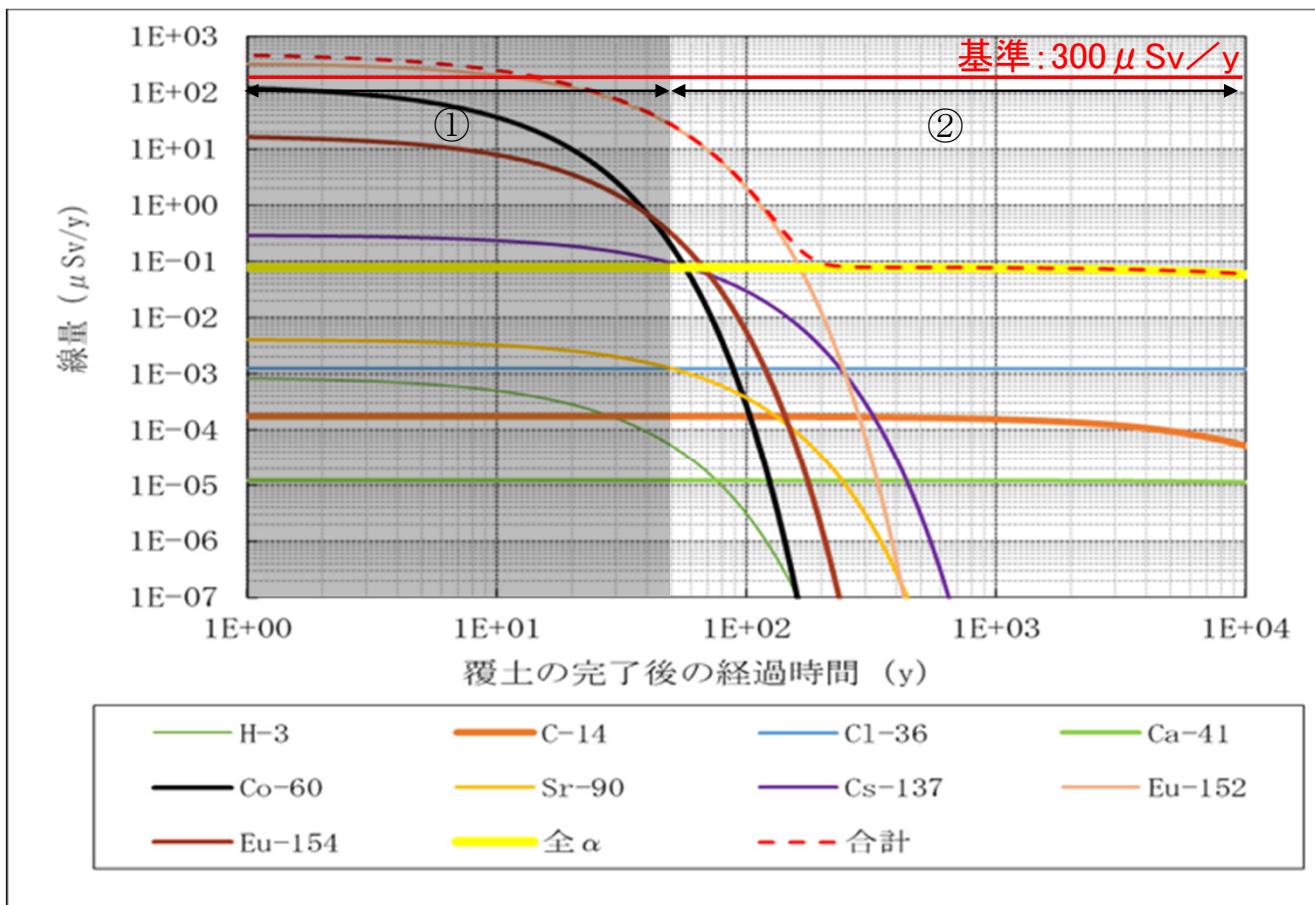


[凡例]
 ①: 覆土の完了後から廃止措置の開始前まで
 ②: 廃止措置の開始後から

第8-6図 人為事象シナリオにおける建設業従事者(金属偏在)の線量評価結果の経年変化図

8. 線量評価結果(8/10)

人為事象

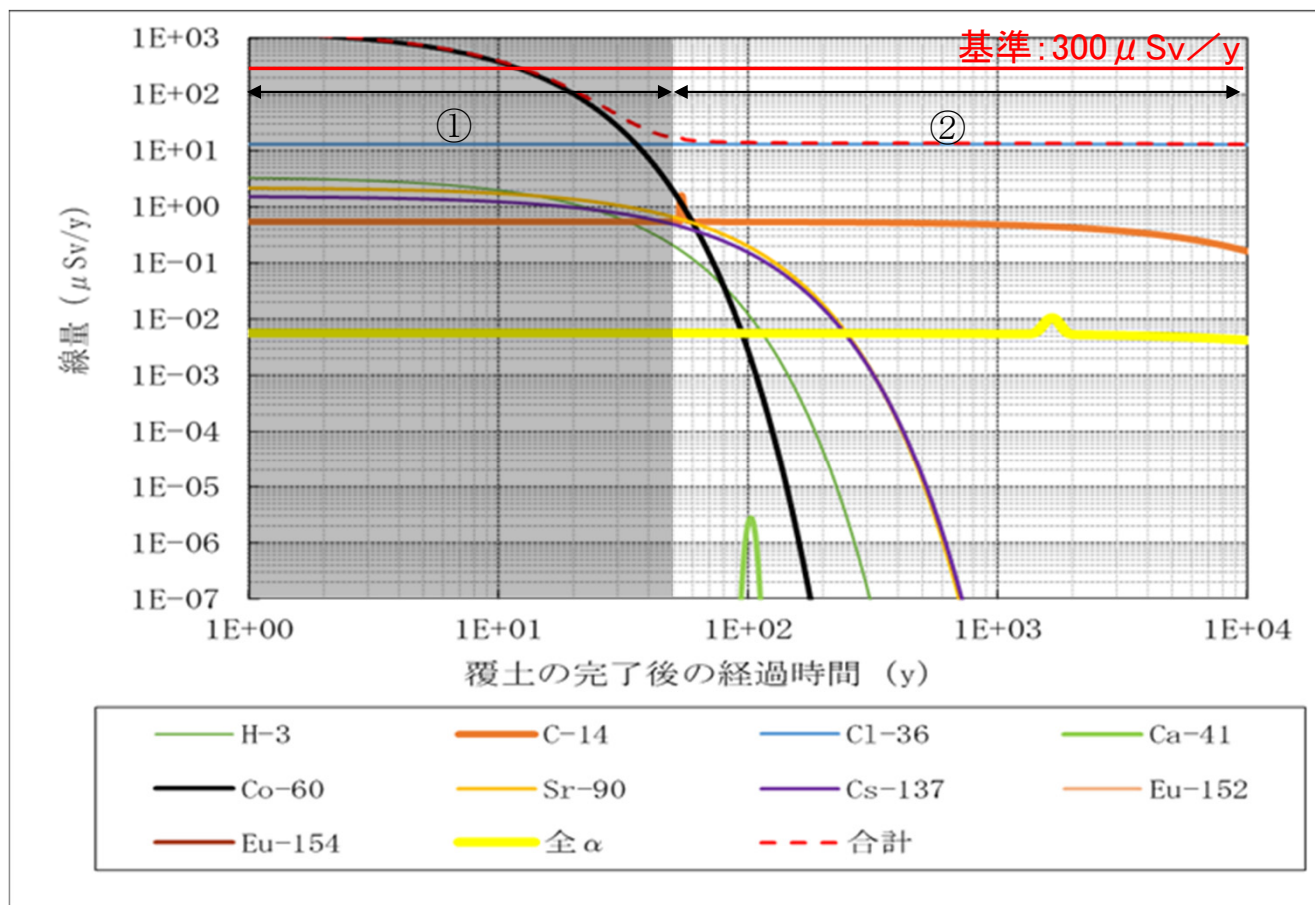


[凡例]
 ①: 覆土の完了後から廃止措置の開始前まで
 ②: 廃止措置の開始後から

第8-7図 人為事象シナリオにおける建設業従事者(コンクリート偏在)の線量評価結果の経年変化図

8. 線量評価結果(9/10)

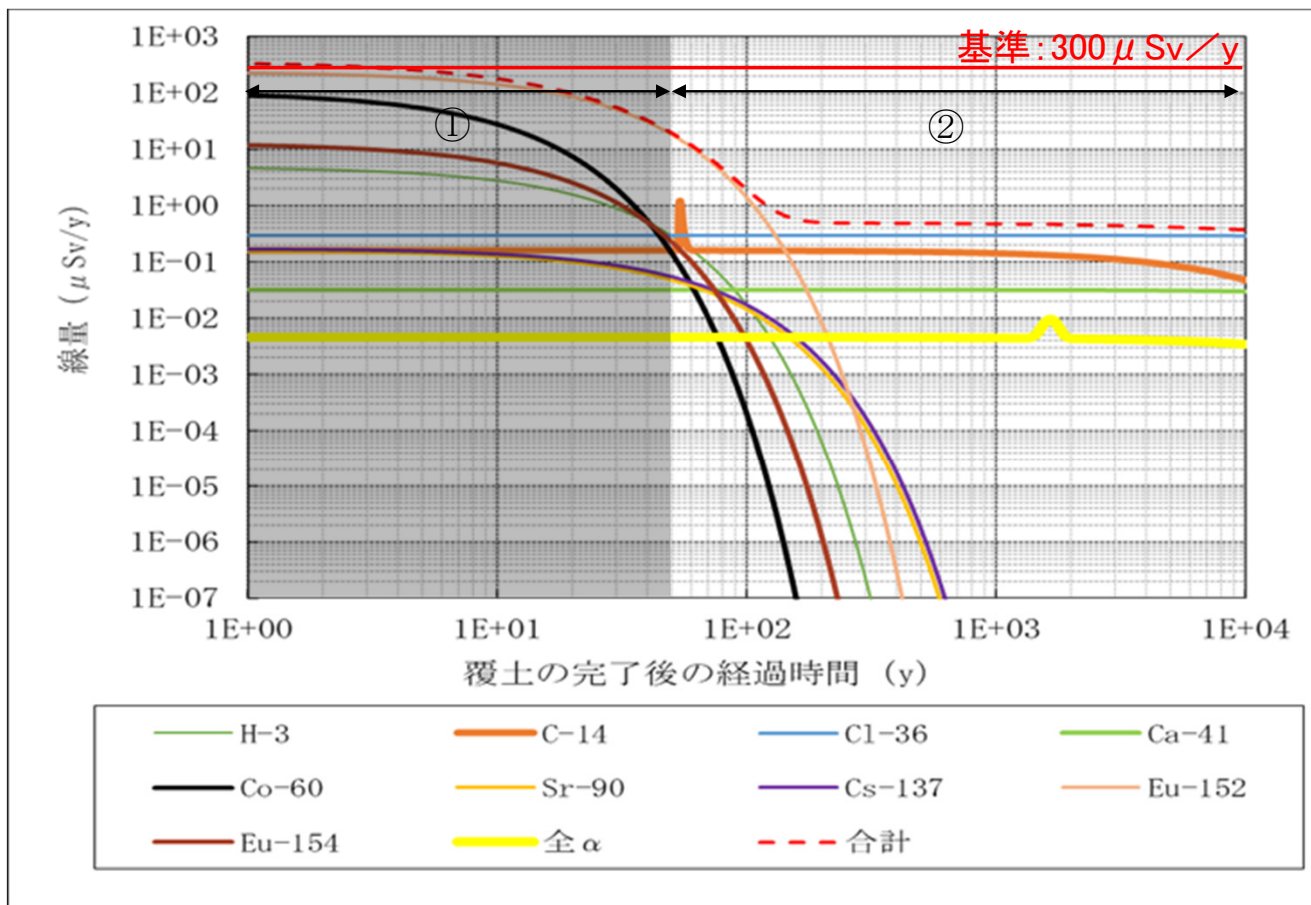
人為事象



第8-8図 人為事象シナリオにおける居住者(金属偏在)の線量評価結果の経年変化図

8. 線量評価結果(10/10)

人為事象



[凡例]
 ①: 覆土の完了後から廃止措置の開始前まで
 ②: 廃止措置の開始後から

第8-9図 人為事象シナリオにおける居住者(コンクリート偏在)の線量評価結果の経年変化図