

廃棄物埋設施設 事業変更許可申請の安全審査を 踏まえた適合性について



日本原燃株式会社

2021年 2月8日

目次



1. 廃棄物埋設事業変更許可申請の変更の理由
2. 許可基準規則への適合性
3. 保安のために講ずべき措置の変更予定時期

1. 廃棄物埋設事業変更許可申請の変更の理由

変更の理由は以下のとおり。

3号廃棄物埋設施設の増設

1号廃棄物埋設施設に埋設を行う廃棄体の種類の追加等

- ・埋設を行う廃棄体の種類の追加
- ・埋設設備7,8群の漏出防止対策の追加
- ・覆土仕様の変更
- ・保安のために講ずべき措置の変更予定時期の変更

2号廃棄物埋設施設の覆土仕様の変更

2. 許可基準規則への適合性

(1) 許可基準規則の条項



以下に示す許可基準規則の各条で要求されている事項(以下「要求事項」という。)に対して審査会合等を踏まえた適合性について示す。

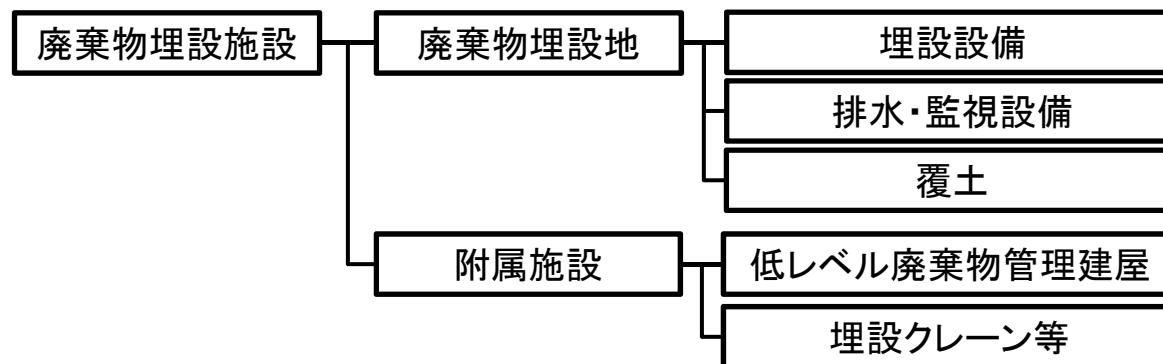
許可基準規則 *1	
第三条	安全機能を有する施設の地盤
第四条	地震による損傷の防止
第五条	津波による損傷の防止
第六条	外部からの衝撃による損傷の防止
第七条	火災等による損傷の防止
第八条	遮蔽等
第九条	異常時の放射線障害の防止
第十条	廃棄物埋設地
第十一条	放射線管理施設
第十二条	監視測定設備
第十三条	廃棄施設
第十四条	予備電源
第十五条	通信連絡設備等

*1: 第一条(適用範囲)及び第二条(定義)であり、適合性を示す条文ではない。

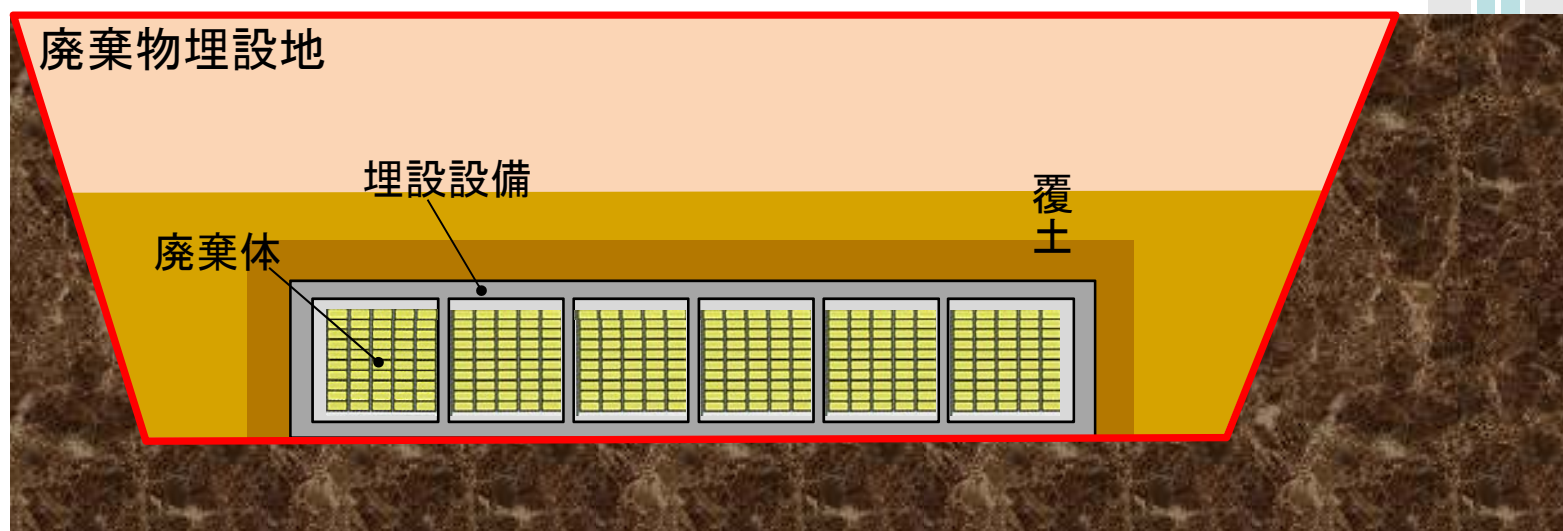
2. 許可基準規則への適合性 (2)廃棄物埋設施設の概要 廃棄物埋設施設と廃棄物埋設地等の関係性



以下に廃棄物埋設施設と廃棄物埋設地等の関係性を示す。



低レベル廃棄物管理建屋



覆土完了後の廃棄物埋設施設の概要図

2. 許可基準規則への適合性 (2)廃棄物埋設施設の概要 安全機能及び安全機能を有する施設



許可基準規則	安全機能及び安全機能を有する施設
<p>第二条 2 この規則において、次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。</p> <p>一 「安全機能」とは、廃棄物埋設施設の安全性を確保するために必要な機能であって、その機能の喪失により公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがあるものをいう。</p> <p>二 「安全機能を有する施設」とは、廃棄物埋設施設のうち、安全機能を有するものをいう。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物埋設施設の安全設計の基本方針は、静的な設備・機器により放射性物質の漏出の防止(以下「漏出防止」という。)、放射性物質の漏出の低減及び生活環境への移行の抑制(以下「移行抑制」という。)並びに遮蔽の安全機能を有するよう設計することとし、それらの安全機能を適切に組み合わせることによって、安全性を確保することとする。 廃棄物埋設施設のうち安全機能を有する施設は、埋設設備、排水・監視設備のうちポーラスコンクリート層及び覆土とする。

○:安全機能が必要、-:考慮しない、△:必要な安全機能を期待できるように設計する、()内は対象設備

期間		廃止措置の開始前		廃止措置開始
		廃棄体の定置から覆土完了まで	覆土完了後	
安全機能	漏出防止機能	○ (埋設設備、ポーラスコンクリート層)	-	-
	移行抑制機能	-	○ (埋設設備、覆土)	△ (埋設設備、覆土)
	遮蔽機能	○ (埋設設備)	○ (覆土)	△ (覆土)
概要図				

期間ごとの安全機能と施設の概要図

2. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第三条 安全機能を有する施設の地盤



要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none"> 安全機能を有する施設は、次条第二項の規定により算定する地震力が作用した場合においても当該安全機能を有する施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。 廃棄物埋設地は、変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。 廃棄物埋設地は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> 3号廃棄物埋設施設の埋設設備における支持地盤は、自重及び操業時の荷重に加え耐震重要度Cクラスの施設に求められる地震力が作用した場合においても、接地圧に対して十分な支持性能を有する。 3号廃棄物埋設地の設置地盤は、空中写真判読、地質調査及び標準貫入試験等を実施した結果、敷地内には断層活動に伴う変動地形が認められないこと、支持地盤はN値50以上の岩盤であることから、変形が生じるおそれはない。 3号廃棄物埋設地の設置地盤は、空中写真判読及び地質調査を実施した結果、将来活動する可能性がある断層及び廃棄物埋設地の支持地盤まで及ぶ地すべり面はないため、変位が生じるおそれはない。

3号埋設設備の設置地盤の支持力*1

3号埋設設備を設置する地層		許容応力度 (MN/m ²)	地盤反力度の 制限値 (MN/m ²)	埋設設備の 接地圧 (MN/m ²)
鷹架層中部層 軽石凝灰岩層 (T ₂ pt)	軽石 凝灰岩	2.3	0.9	0.24
	砂質軽石 凝灰岩	13.1	0.9	

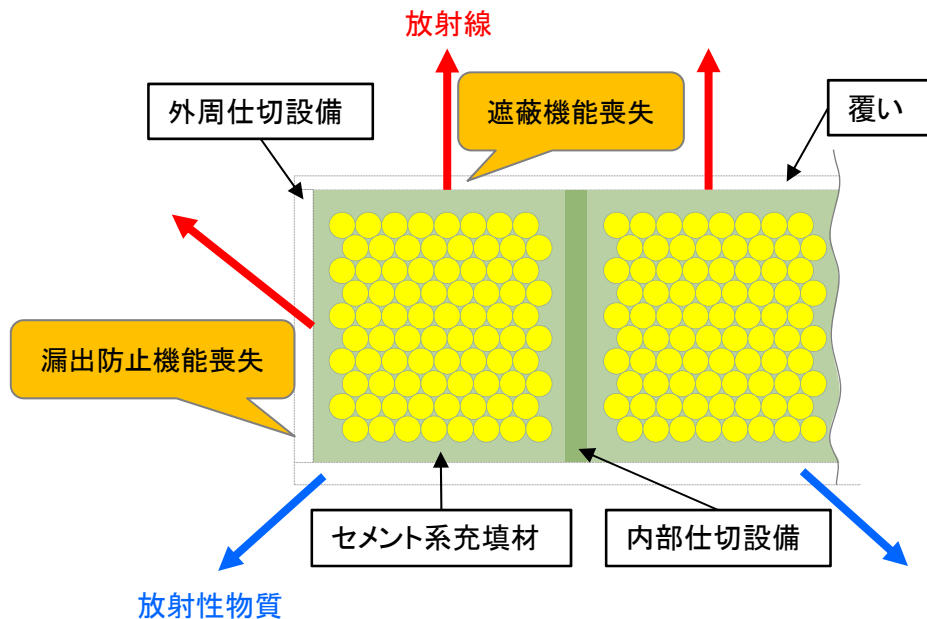
*1: 3号埋設設備の設置地盤の許容応力度及び地盤反力度の制限値は、3号埋設設備の接地圧に対して大きな値を示しており、3号埋設設備の支持地盤は十分な支持力を有する。

2. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第四条 地震による損傷の防止



要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none"> 安全機能を有する施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある安全機能を有する施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> 3号廃棄物埋設施設の埋設設備は、耐震重要度Cクラスに求められる静的地震力に対して、耐震性を確保する。 1号、2号及び3号廃棄物埋設施設の全ての安全機能を考慮せずに、公衆の放射線被ばくの程度を評価した結果は、1号、2号及び3号廃棄物埋設施設の合計値で約$1.6 \times 10^{-1} \text{mSv/y}$と十分に小さいものであることから、3号廃棄物埋設施設の安全機能を有する施設のうち、地震力を考慮する埋設設備については、耐震重要度Cクラスに分類する。



公衆への放射線被ばくの評価結果

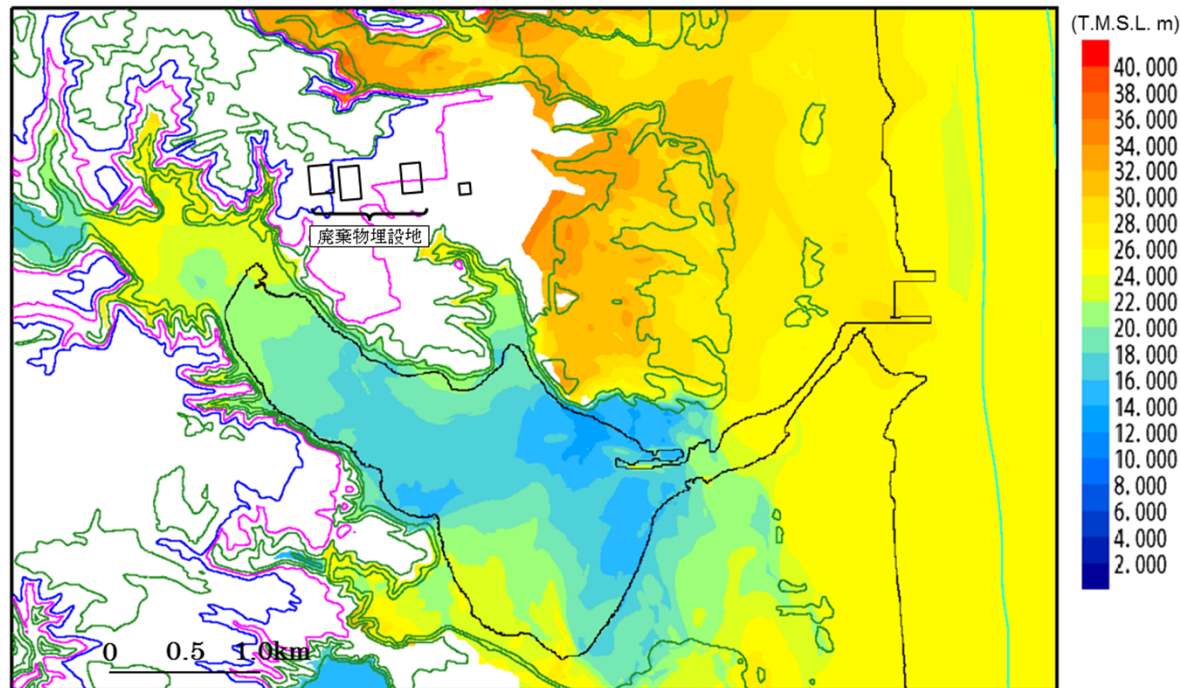
安全機能喪失時の対象		評価結果 (mSv/y)
3号単独	埋設設備1基	約 1.6×10^{-2}
	廃棄物埋設地全体	約 4.5×10^{-2}
1号、2号及び3号の合計		約 1.6×10^{-1}

2. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第五条 津波による損傷の防止



要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none"> 安全機能を有する施設は、その供用中に当該安全機能を有する施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物埋設地は、海岸線から約3km離れた標高30m以上の台地に設置しており、既往知見を踏まえた津波の評価によって得られる津波の規模観及び断層のすべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルを想定した場合でも、廃棄物埋設地に津波が到達する可能性はないことから、耐津波設計は不要である。



既往知見を大きく上回る波源モデルと廃棄物埋設地との関係*1
 *1: 凡例は到達する津波の高さを示す(T.M.S.L.=東京湾平均海面)。

2. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第六条 外部からの衝撃による損傷の防止



要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none"> 安全機能を有する施設は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。)であつてその供用中に当該安全機能を有する施設に大きな影響を及ぼすおそれがあるものに対して安全機能を損なわないものでなければならない。 安全機能を有する施設は、事業所又はその周辺において想定される廃棄物埋設施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの(故意によるものを除く。)のうち、その供用中に当該安全機能を有する施設に大きな影響を及ぼすおそれがあるものに対して安全機能を損なわないものでなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> 安全機能を有する施設に大きな影響を及ぼすおそれがある事象については、国内外の基準及び文献調査により、自然現象及び人為事象を網羅的に抽出し、立地特性及び施設の特徴等を考慮して検討した結果、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、廃棄物埋設地の安全機能に大きな影響を及ぼす自然現象及び人為事象はないため、外部からの衝撃による損傷の防止に関する構造設計は不要である。

大きな影響を及ぼすおそれがある事象に対する評価結果

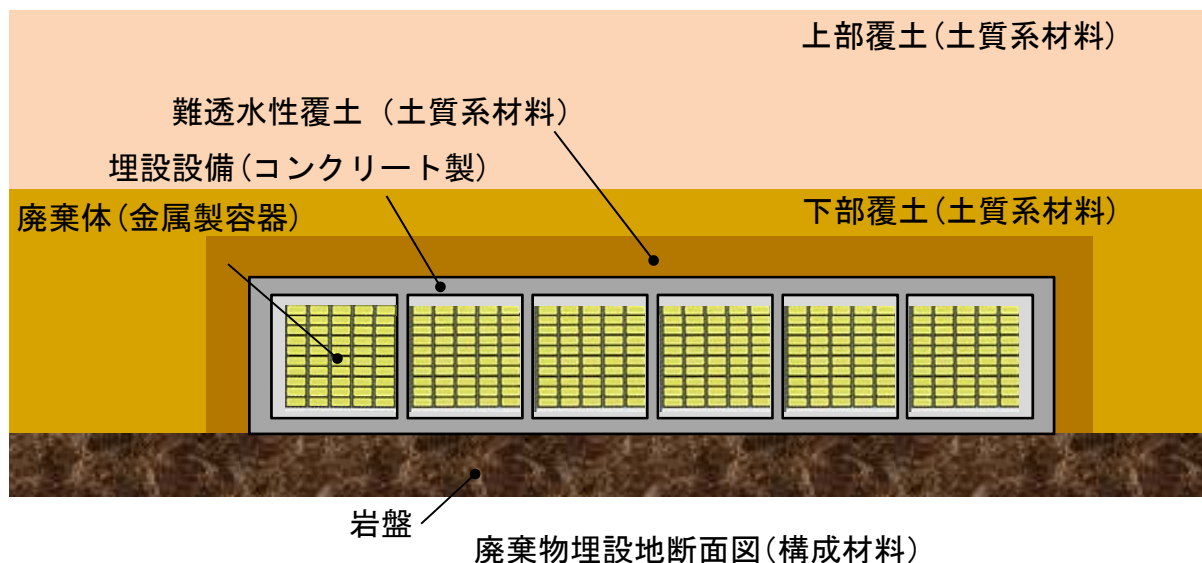
大きな影響を及ぼすおそれがある事象	評価結果	評価理由
自然現象	洪水	周辺を流れる老部川の標高は5m~20m、二又川の標高は1m~5mである。これらの河川において洪水が発生したとしても、標高30m以上の台地に位置する廃棄物埋設地への影響はないため。
	地すべり	西の沢以西及び尾駁沼付近を除いた台地上に地すべり地形はなく、地質調査結果から、すべり面となるような弱層も確認されていないため。
	火山の影響	廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山について、火山事象の発生実績、敷地の立地特性及び降下火砕物シミュレーション等により廃棄物埋設地への影響を評価した結果、大きな影響を及ぼす可能性は十分小さいため。
	土石流	周辺を流れる老部川の標高は5m~20m、二又川の標高は1m~5mである。これらの河川において土石流が発生したとしても、標高30m以上の台地に位置する廃棄物埋設地への影響はないため。
人為事象	ダム崩壊	廃棄物埋設地の周辺にダムはないため。

2. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第七条 火災等による損傷の防止



要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none"> 安全機能を有する施設は、火災又は爆発により廃棄物埋設施設の安全性が損なわれないよう、次に掲げる措置を適切に組み合わせた措置を講じたものでなければならない。 <p>一. 火災及び爆発の発生を防止すること。</p> <p>二. 火災及び爆発の発生を早期に感知し、及び消火すること。</p> <p>三. 火災及び爆発の影響を軽減すること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 3号廃棄物埋設施設の安全機能を有する施設については、火災発生源が無く、かつ不燃性の材料を使用する設計方針とすることにより、火災等の発生を防止する措置を講じること、埋設する廃棄体については、金属製の容器に廃棄物をセメント系充填材で固型化したものであること等から、火災等の発生のおそれがない。(一号) 火災等の発生の恐れがないことから、火災等を早期に感知及び消火する措置並びに火災等の影響を軽減する措置は必要ない。(二号及び三号)

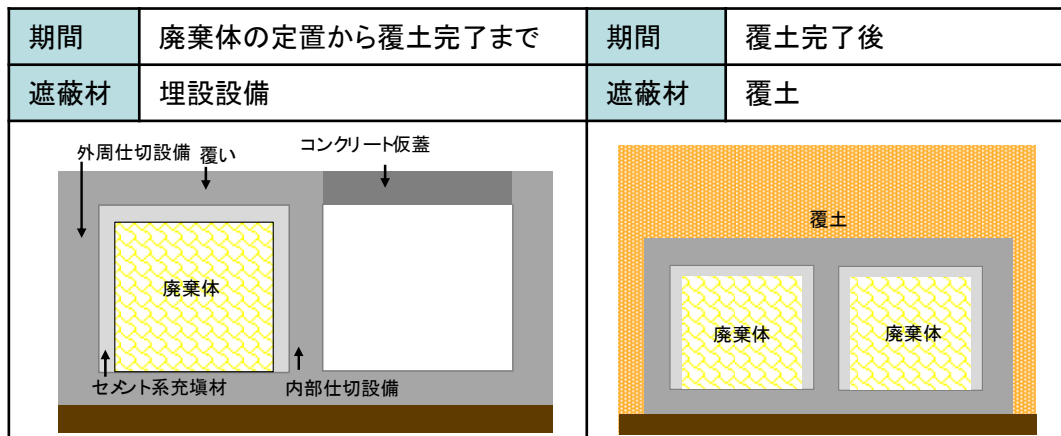


2. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第八条 遮蔽等



要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物埋設施設は、当該廃棄物埋設施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による事業所周辺の線量を十分に低減できるよう、遮蔽その他適切な措置を講じたものでなければならない。 廃棄物埋設施設は、放射線障害を防止する必要がある場合には、管理区域その他事業所内の人が立ち入る場所における線量を低減できるよう、遮蔽その他適切な措置を講じたものでなければならない。 廃棄物埋設施設は、放射性物質の飛散防止のための措置を講じたものでなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> 3号廃棄物埋設施設の遮蔽に係る設計方針として、埋設設備及び覆土を設置することにより事業所周辺の線量を十分に低減する。当該設計により、平常時における直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による公衆の受ける線量は、1号、2号及び3号廃棄物埋設施設の合計値で最大約23 μSv/yである。 廃棄物埋設施設の管理区域における放射線業務従事者の線量は、埋設設備での遮蔽設計を講じるとともに、管理区域での放射線業務従事者の作業について、作業時間の制限等の作業計画を定め、廃棄体を取り扱う埋設クレーンの自動化等の防護措置を講じることにより、放射線業務従事者の線量限度を超えないようにする。また、事業所内の人が立ち入る場所に滞在する者の線量については、埋設設備及び覆土を設置する遮蔽設計を講じることにより、公衆の線量限度以下となるようにする。 3号廃棄物埋設地に設置する埋設クレーンは、1号及び2号廃棄物埋設地の埋設クレーンと同様の設計とし、放射性物質の飛散防止のため廃棄体等の落下を防止するインターロックを設ける。



期間ごとの遮蔽状態図

公衆への放射線被ばくの評価結果(廃止措置開始前まで)

評価対象	評価結果 (μ Sv/y)	
	覆土前	覆土完了後
八条(外部被ばく)	約23	-
十条(内部被ばく)	-	約3.8
十三条(気体の内部被ばく)	約 3.5×10^{-6}	
十三条(液体の内部被ばく)	約 1.7×10^{-2}	
合計	約23	約3.8

2. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第九条 異常時の放射線障害の防止



要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none"> 安全機能を有する施設は、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、当該安全機能を有する施設に異常が発生した場合においても事業所周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないものでなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> 誤操作による放射性廃棄物の落下等に伴う放射性物質の飛散については、放射性物質の飛散防止措置を講じている3号廃棄物埋設施設の埋設クレーンに対して、1号及び2号廃棄物埋設施設同様に、定置作業中に廃棄体吊り具の破損によって廃棄体が落下し、損傷することによる放射性物質の飛散事象についての影響評価を実施した。 評価の結果、公衆の受ける線量は、約1.7×10^{-4}mSvである。 廃棄物埋設施設内の火災及び爆発による影響については、「第七条 火災等による損傷の防止」に示すとおり。 その他機器等の破損、故障、誤操作又は操作員の誤操作等に伴う放射性物質の外部放出等であって、公衆の放射線被ばくの観点から重要と考えられる異常については、「第四条 地震による損傷の防止」に示すとおり、公衆の受ける線量は、1号、2号及び3号廃棄物埋設施設の合計値で約1.6×10^{-1}mSv/yである。 以上から、廃棄物埋設施設に異常が発生した場合においても、事業所周辺の公衆に放射線障害を及ぼすことはない。

公衆への放射線被ばくの評価結果

想定する事象	評価結果 (mSv/y)
3号廃棄物埋設施設の埋設クレーンから廃棄体が落下した場合	約 1.7×10^{-4}
安全機能喪失時の1号、2号及び3号の合計	約 1.6×10^{-1}

2. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地 (1/38)



要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none"> • 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。 一、廃棄物埋設地(ピット処分に係るものに限る。)は、外周仕切設備を設置する方法、その表面を土砂等で覆う方法その他の方法により、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から埋設の終了までの間において、埋設された区域からの放射性物質の漏出を防止する機能、埋設の終了から廃止措置の開始までの間において、埋設された区域からの放射性物質の漏出を低減する機能を有するものであること。 	<ul style="list-style-type: none"> • 設計方針 <ul style="list-style-type: none"> 3号廃棄物埋設地の埋設設備及び排水・監視設備は、「雨水及び地下水の浸入を防止する構造」、「放射性物質の漏出を防止する構造」により、放射性廃棄物の受入れの開始から埋設の終了までの間、埋設設備から放射性物質の漏出を防止する設計とする。 3号廃棄物埋設地の埋設設備及び覆土は、埋設の終了から廃止措置の開始までの間、廃棄物埋設地の外への放射性物質の移行を抑制する設計とする。 <p>廃棄物埋設地の設計に当たっては、以下に留意する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 設計時点において合理的かつ利用可能な最善の設計・施工技術によるものであること。 ✓ 劣化・損傷に対する抵抗性を考慮すること。 ✓ 劣化・損傷が生じた場合にも機能を維持できる構造・仕様であること。 <p>➤ 漏出防止機能に関する設計</p> <ul style="list-style-type: none"> (1)雨水及び地下水の浸入を防止する構造 廃棄体と水が接触しないよう雨水及び地下水の浸入を防止する設計とする。 (2)放射性物質の漏出を防止する構造 廃棄体と水が接触した場合に放射性物質が埋設設備の外へ漏出することを防止する設計とする。 <p>➤ 移行抑制機能に関する設計</p> <ul style="list-style-type: none"> ①低透水性により埋設設備に流入する地下水の量を抑制する。 ②収着性により放射性物質の移行を遅延する。 ③低透水性及び収着性の組合せにより、廃棄物埋設地の外への放射性物質の移行を抑制する。 <p>なお、1号埋設設備7, 8群並びに1号及び2号の覆土は、3号廃棄物埋設地と同様の設計とする。</p> • 評価結果 <p>埋設の終了から廃止措置の開始までの間の平常時に公衆の受ける線量は、約3.8 μ Sv/yである。</p>

2. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性 第十条 廃棄物埋設地 (2/38)



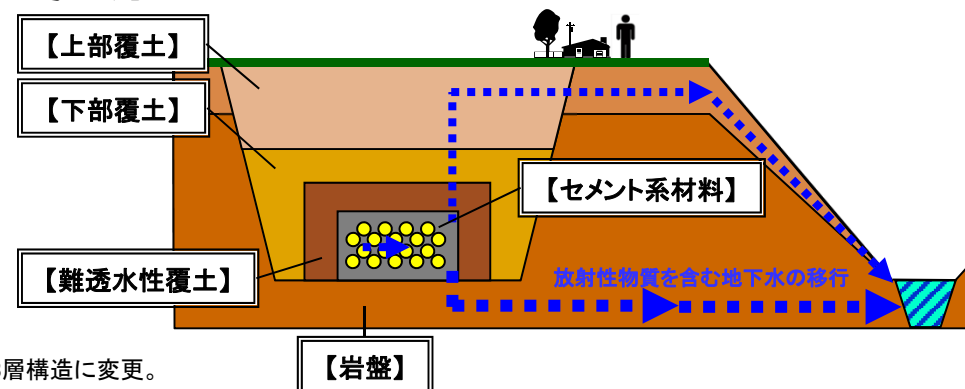
3号廃棄物埋設地の漏出防止機能の設計の考え方

部位	凡例		期待する機能			
	部材	流れ	雨水及び地下水の浸入の防止		放射性物質の漏出の防止	
外周仕切設備、覆い			○	埋設設備内への浸入防止	○	埋設設備外への漏出防止
内部防水(下部)*1			○		○	
ポーラスコンクリート層			○	浸入した水の排水	○	放射性物質を含む水の回収
セメント系充填材			○	浸入した水と廃棄体の接触防止	—	—
内部防水(上・側部)*1			○		—	—
概要図			<p>水の浸入を防止する範囲 廃棄体</p>		<p>放射性物質の漏出を防止する範囲</p>	

*1: 1号埋設設備7,8群に追加。

3号廃棄物埋設地の移行抑制機能の設計の考え方

部位	期待する機能	
	低透水性*3	収着性*4
上部覆土*2	—	○
下部覆土*2	○	—
難透水性覆土*2	○	○
岩盤	○	○
セメント系材料	—	○



*2: 1号及び2号の覆土は、上部覆土、下部覆土及び難透水性覆土の3層構造に変更。
*3: 低透水性により埋設設備に流入する地下水を低減する。
*4: 収着性により放射性物質の移行を遅延する。

2. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性 第十条 廃棄物埋設地 (3/38)



要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none">• 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。 <p>二. 廃棄物埋設地(トレンチ処分に係るものに限る。)は、その表面を土砂等で覆う方法その他の方法により、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するものであること。</p>	<p>— (処分方法が異なることから適合性の確認は不要)</p>

2. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性 第十条 廃棄物埋設地 (4/38)



要求事項	適合性
<p>• 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。</p> <p>三. 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安全機能が損なわれないものであること。</p>	<p>3号廃棄物埋設地には、可燃性の化学物質、可燃性ガスを発生する化学物質は含まれない。 その他の化学物質として有機物及び高アルカリ成分があるが、安全機能への影響はない。</p> <p>なお、以下のものには、同様に安全機能への影響がある化学物質は含まれない。</p> <ul style="list-style-type: none">•1号廃棄物埋設地に埋設する充填固化体•1号埋設設備7, 8群•1号及び2号の覆土

2. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地 (5/38)



要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none"> 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. 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 廃止措置の開始後、廃棄物埋設地は、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のある設計とする。 廃棄物埋設地は廃止措置の開始後(覆土完了から300年後)における埋設した廃棄体に起因して発生すると想定される放射性物質の環境への影響が基準を満たす設計となっており、覆土完了後300年で、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できる見通しであるものとする。 <p>(詳細は次項以降に示す)</p>

廃止措置開始後の線量評価結果

廃止措置開始後の線量評価結果		1号 [μ Sv/y]	2号 [μ Sv/y]	3号 [μ Sv/y]	重畳線量 [μ Sv/y]	基準
最も厳しい自然事象シナリオ	漁業従事者*1	3.3	4.0	3.8	11	300 μ Sv/y
最も可能性が高い自然事象シナリオ	居住者	0.20	0.18	0.088	0.46	10 μ Sv/y
人為事象シナリオ	建設業従事者	5.9	5.8	2.5	44*2	1mSv/y
	居住者	44	37	19		

*1 最も線量の大きくなる評価対象個人

*2 1-3号の人為事象シナリオの重畳は見込まないため、本経路の最大線量

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(全シナリオ共通) (6/38)



廃止措置の開始後の評価では、ICRP Pub.81に基づいて、自然過程と人間侵入を考慮する以下の評価シナリオについて、公衆の受ける線量を評価する。

<p>自然事象シナリオ</p>	<p>廃棄物埋設地に埋設処分する放射性廃棄物に含まれる放射性物質は、埋設設備に浸入する地下水を介して、人の活動する領域に到達し、人間活動*1により、公衆が被ばくすることが想定される。このような自然事象による廃棄物埋設地からの放射性物質の移行及び公衆の受ける線量を評価する。</p>
<p>最も厳しい自然事象シナリオ</p>	<p>最大の被ばくを受けると想定される評価対象個人の線量であっても、著しい被ばくを受けないことを確認するため、科学的に合理的と考えられる範囲の廃棄物埋設地の人工バリアや天然バリアの状態及び生活環境*2における被ばくに至る経路の組合せのうち、最も厳しいパラメータを用いて評価する。</p>
<p>最も可能性が高い自然事象シナリオ</p>	<p>平均的な被ばくを受けると想定される評価対象個人の線量が、低く抑えられていることを確認するため、科学的に合理的と考えられる範囲の廃棄物埋設地の人工バリアや天然バリアの状態及び生活環境における被ばくに至る経路の組合せのうち、最も可能性が高いと考えられるパラメータを用いて評価する。</p>
<p>人為事象シナリオ</p>	<p>廃棄物埋設地の掘削による放射性物質の廃棄物埋設地からの漏えい、天然バリア中の移行及び当該掘削後の土地利用を考慮して、典型的なもっともらしい様式化された人間侵入を考慮し、侵入者の受ける線量及びその他の公衆の受ける線量を評価する。 本シナリオでは、敷地及びその周辺の一般的な土地利用では生じるとは考えられない廃棄物埋設地のバリアの損傷をもたらす人間活動を対象とする。</p>

*1: 人間活動 :放射性物質を含んだ水及び土地を利用した様々な生産活動、生産物の摂取等

*2: 生活環境 :人が活動する領域のうち、放射性物質が到達する領域で、一般的な水の利用と土地の利用が想定される範囲における人間活動の状況

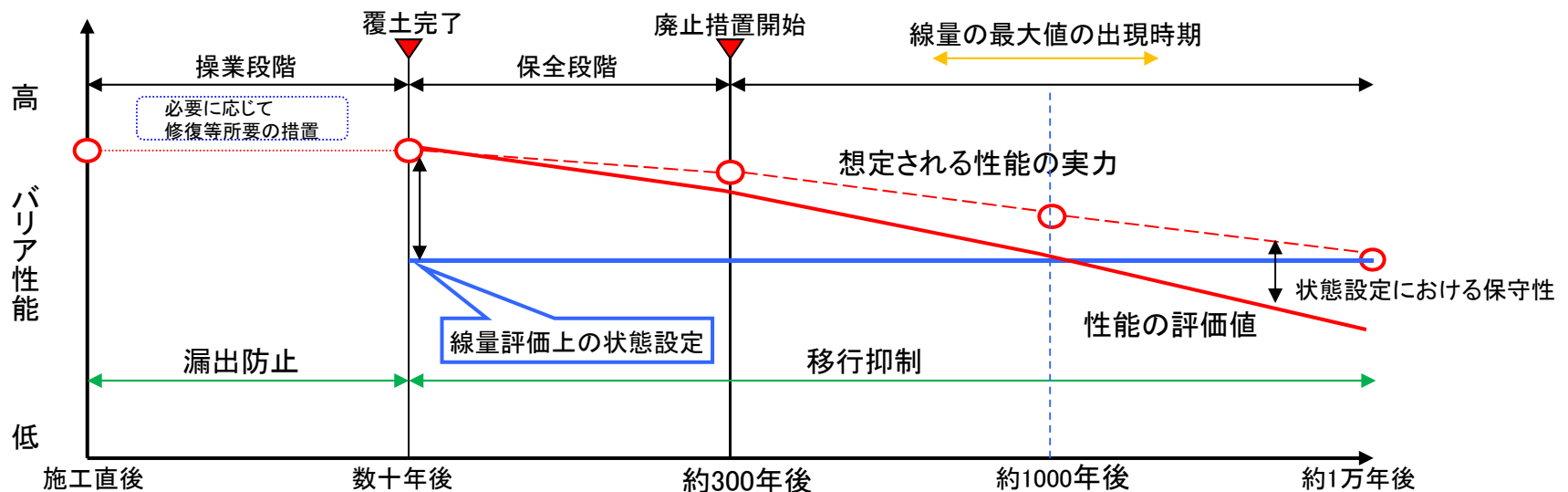
3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(全シナリオ共通) (7/38)



線量評価の対象とする期間

- 線量評価の対象とする期間は、評価する線量の最大値が出現する時期を含む期間とし、主要な放射性物質のうち半減期の長い放射性物質の放射エネルギー及び放射能濃度が十分に小さいことを考慮し、1万年程度までを目安とする。
- 状態設定を行う将来の期間は、主要な放射性物質の半減期、放射エネルギー及び放射能濃度を踏まえ、廃止措置の開始までに十分に減衰しない放射性物質の影響が比較的有意に生じる時期である1,000年とする。
- 廃棄物埋設地及びその周辺の状態変化は緩慢であり、1,000年から10,000年の期間において、侵食等の自然事象によって廃棄物埋設地に著しい状態変化が生じることは想定されないことから、以降は1,000年後と同じ状態が継続するものと設定する。
- 線量評価においては、廃棄物埋設地の各バリアの機能の状態が保守的となるよう、覆土完了時点から1,000年後の状態であるものとして設定する。(下図参照)



線量評価上の経時変化からの概念図

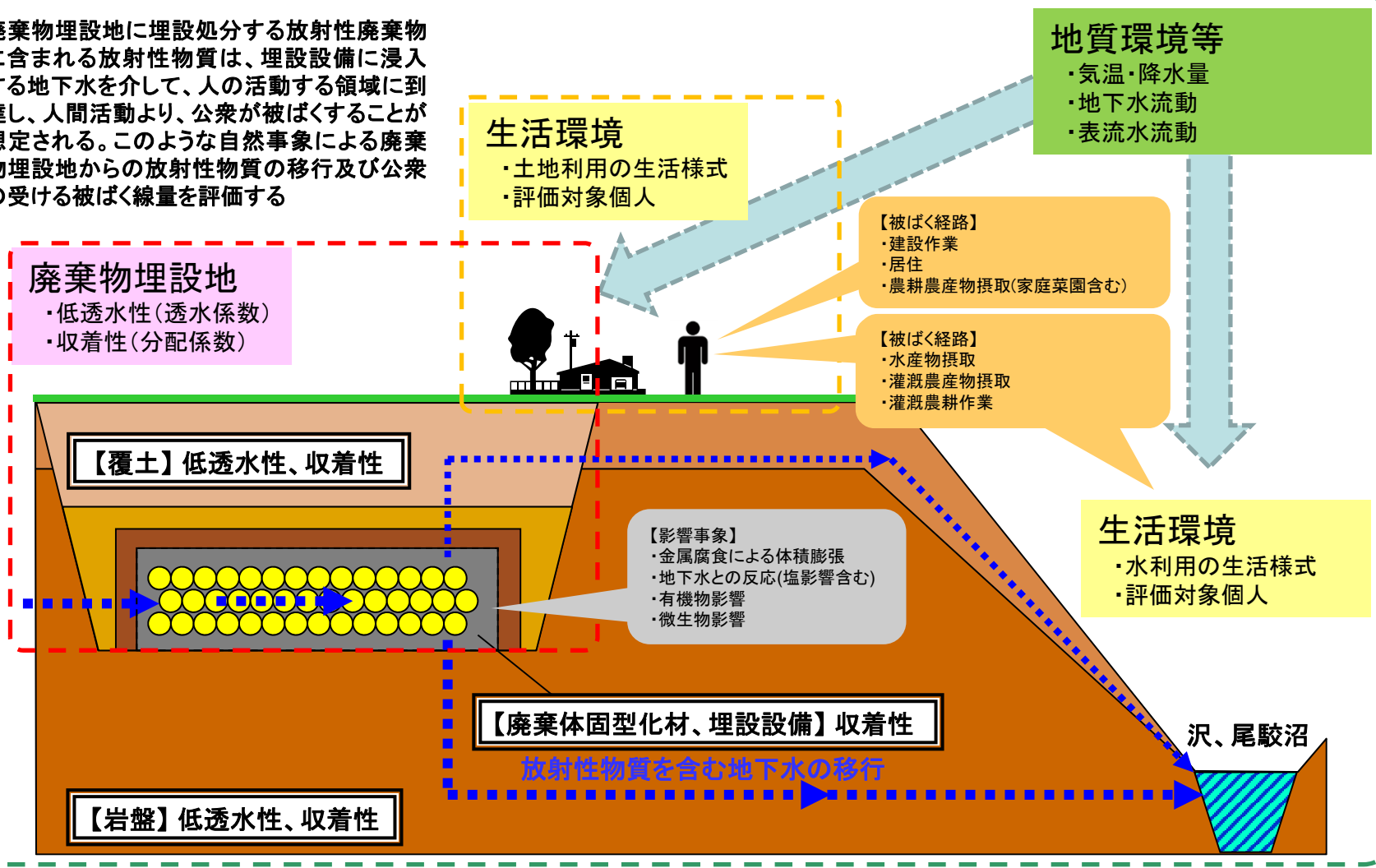
3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(自然事象シナリオ共通) (8/38)



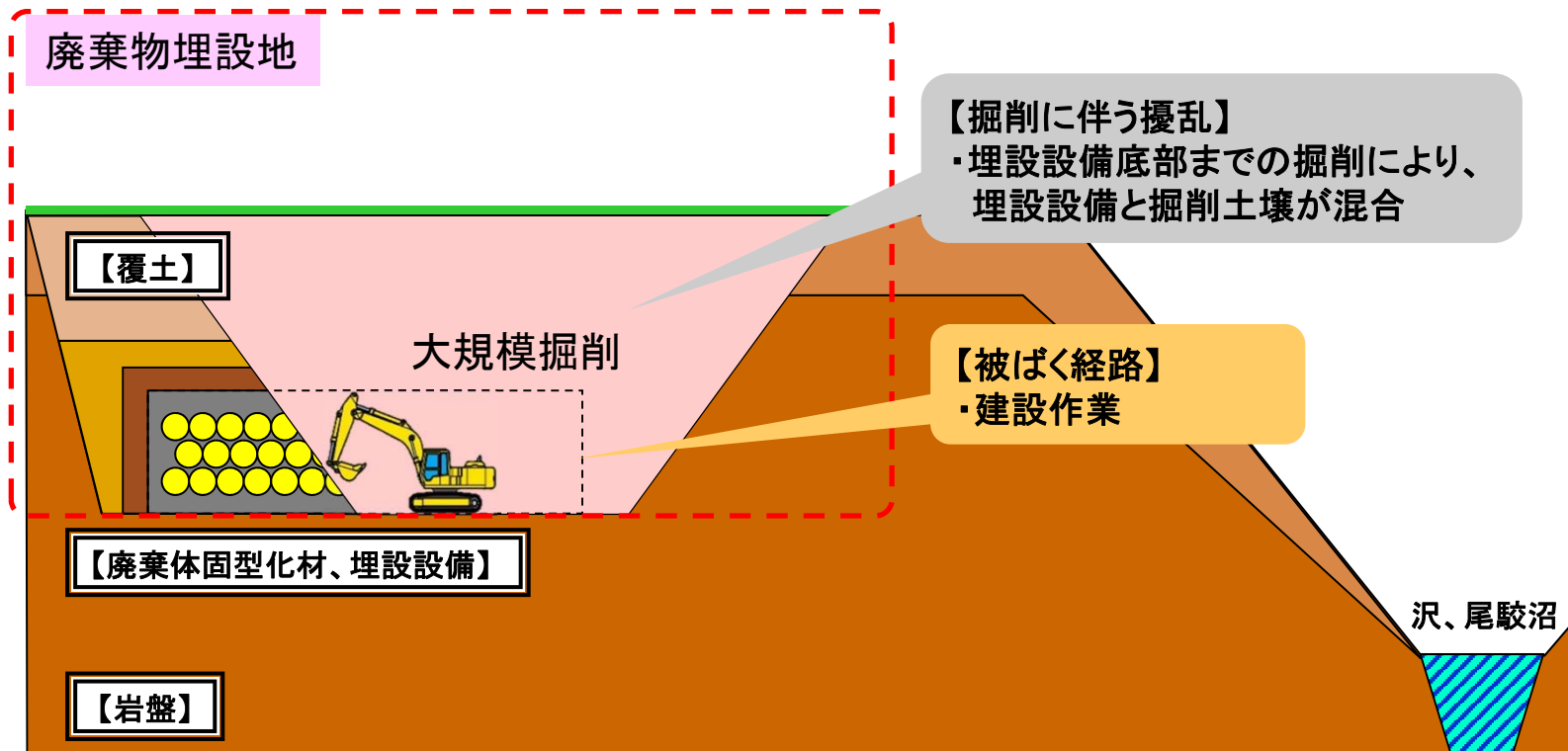
自然事象シナリオの評価概念図

廃棄物埋設地に埋設処分する放射性廃棄物に含まれる放射性物質は、埋設設備に浸入する地下水を介して、人の活動する領域に到達し、人間活動より、公衆が被ばくすることが想定される。このような自然事象による廃棄物埋設地からの放射性物質の移行及び公衆の受ける被ばく線量を評価する



人為事象シナリオ(廃棄物埋設地における大規模掘削)の評価概念図

建設業従事者(侵入者*1)による廃棄物埋設地の掘削に伴う放射性物質の廃棄物埋設地からの漏えいを考慮して、典型的なもともらしい様式化された人間侵入を想定し、公衆の受ける線量を評価する。



*1: 廃棄物埋設地に侵入する公衆

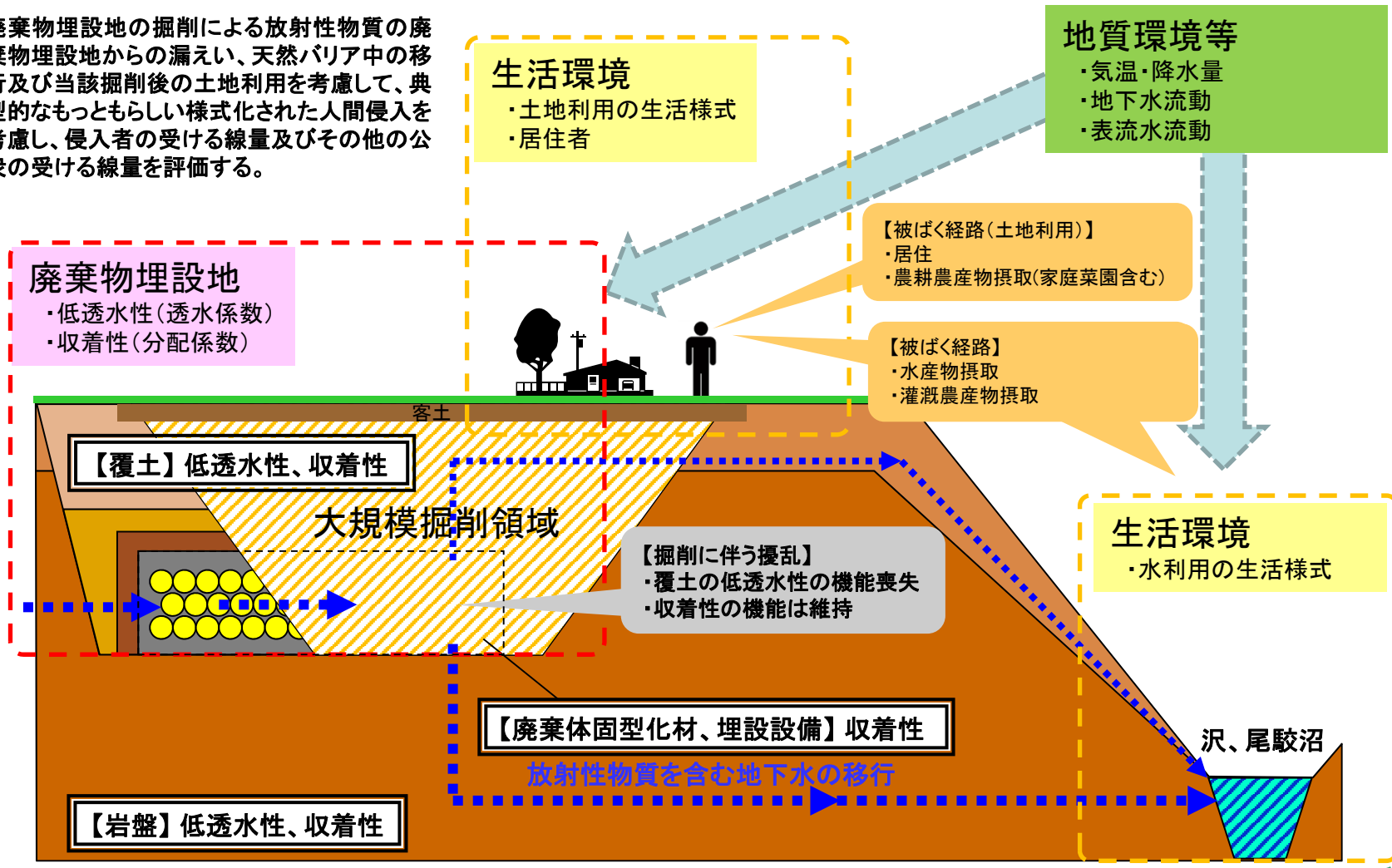
3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(人為事象シナリオ) (10/38)



人為事象シナリオ(廃棄物埋設地における居住)の評価概念図

廃棄物埋設地の掘削による放射性物質の廃棄物埋設地からの漏えい、天然バリア中の移行及び当該掘削後の土地利用を考慮して、典型的なもともらしい様式化された人間侵入を考慮し、侵入者の受ける線量及びその他の公衆の受ける線量を評価する。

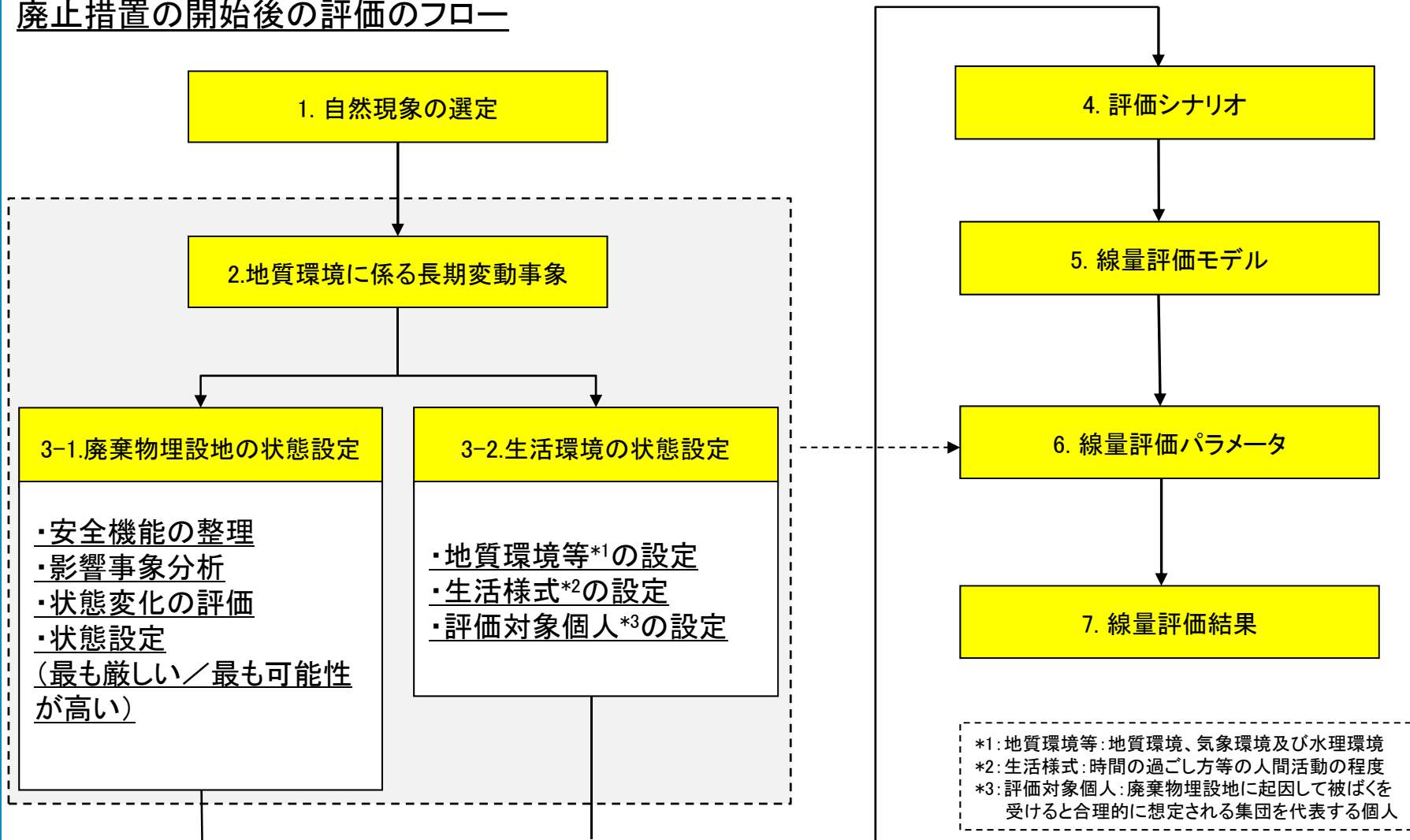


3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(全シナリオ共通) (11/38)



廃止措置の開始後の評価のフロー



3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(自然事象シナリオ共通) (12/38)



評価概要	状態設定
<ul style="list-style-type: none"> 廃止措置の開始後の公衆の被ばく線量評価に当たっては、将来の地質環境等と、将来の廃棄物埋設地の状態並びに将来の公衆の生活環境を設定する。 <p>(1) 地質環境等</p> <ul style="list-style-type: none"> 将来の地質環境等については、プレート運動、気候変動等による廃棄物埋設地の取り巻く環境を設定する。 <p>(2) 廃棄物埋設地</p> <ul style="list-style-type: none"> 将来の廃棄物埋設地の状態については、廃棄物埋設地を構成する各部材の変質等による廃棄物埋設地の物理的、化学的性質の変化を考慮して、期待するバリア機能の状態を設定する。 <p>(3) 生活環境</p> <ul style="list-style-type: none"> 将来の公衆の生活環境については、評価対象個人及び評価対象個人の生活様式を設定する。将来の公衆の生活環境に関しては、ICRP Pub.81を踏まえて、現在の生活様式が将来も継続すると仮定する。 	<p>(1) 地質環境等</p> <ul style="list-style-type: none"> 地質環境等に係る長期変動事象について、「プレート運動に起因する事象」、「気候変動に起因する事象」及び「プレート運動と気候変動の両者に起因する事象」に区分する。区分した各事象については、プレート運動や気候変動が過去から現在までの変動傾向とその要因が今後も継続するとみなし、それらを外挿して気温・降水量等の廃棄物埋設地の取り巻く環境の状態設定を行う。 <p>(2) 廃棄物埋設地</p> <ul style="list-style-type: none"> 廃棄物埋設地は覆土完了時点を初期状態とし、長期の状態は、廃棄物埋設地の移行抑制機能に係る特性に影響を与える事象を抽出し、それら影響事象を考慮して期待するバリア機能の状態設定を行う。 状態設定を行うバリア機能は、移行抑制機能を期待する難透水性覆土、下部覆土及び岩盤(鷹架層)の低透水性並びにセメント系材料(廃棄体の固型化材及び埋設設備)、難透水性覆土、上部覆土及び岩盤(鷹架層)の収着性とする。 <p>(3) 生活環境</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地周辺の地質環境等の状態と社会環境から被ばくが生じると考えられる人間活動(水利用及び土地利用)に基づいて被ばく経路を設定する。さらに、被ばく経路の重畳を考慮した評価対象個人を設定する。 生活環境の構成要素のうち将来の人間の生活様式については、長期的な不確かさを考慮して予測することは困難であるため、現世代の人間の生活様式に関する情報を基に、敷地及びその周辺の世界環境又はわが国で現在一般的とされる生活様式を前提とする。

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も厳しい自然事象シナリオ)(13/38)



最も厳しい自然事象シナリオは、**最大の被ばくを受けると想定される評価対象個人の線量であっても、著しい被ばくを受けないことを確認するため**、科学的に合理的と考えられる範囲の廃棄物埋設地の人工バリアや天然バリアの状態及び生活環境における被ばくに至る経路の組合せのうち、**最も厳しいパラメータを用いて評価する**。

評価概要	状態設定
<p>(1) 地質環境等</p> <ul style="list-style-type: none">本シナリオの評価に当たって、地質環境等は被ばく線量が大きく厳しくなるようにデータの不確かさ(変動幅)を踏まえて、気温、降水量等を保守的に設定する。	<p>(1) 地質環境等</p> <p>廃棄物埋設地及び生活環境の状態に影響を及ぼし得る事象を、国内外の基準及び文献を参考に網羅的に抽出し、立地特性、地質調査結果、埋設設備の状態及び自然現象の特徴等を考慮して詳細評価をすべき事象を選定する。選定された事象のうち線量評価パラメータに直接影響がある事象として、気温・降水量変化、地下水流動及び表流水流動を長期変動事象として考慮し、地質環境等の状態を設定する。</p> <p>(設定例)</p> <p>a. 気温・降水量変化</p> <p>気温・降水量の変化により表層での水収支の変化に伴って地下水流動及び表流水流動が変化することが想定されることから、気温変化及び降水量変化を長期変動事象として考慮する。気温と降水量は正の相関関係があり、降水量は希釈水量に関連する。降水量が低下するほど希釈水量は少なくなるため、評価が保守的となるよう、降水量は少なくなる状態を設定する。</p> <p>なお、希釈水量の設定の観点で、気温変動の不確かさと、気温と降水量の相関性の不確かさを考慮するが、気温と降水量の相関性においては降水量の設定で一定程度の統計的な不確かさの情報が得られることから、将来の気温の設定は、最も可能性が高い設定と最も厳しい設定では同一とする。</p>

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も厳しい自然事象シナリオ)(14/38)



自然事象の選定

廃棄物埋設地及び生活環境の状態に影響を及ぼし得る事象を、国内外の基準及び文献*1を参考に網羅的に抽出



*1: 国内外の基準及び文献としてOECD/NEA(2014)等の24文献を確認した

立地特性、地質調査結果、埋設設備の状態及び自然現象の特徴等を踏まえ長期状態設定において考慮すべき自然現象を選定(15事象)

起回事象	長期事象	項目
プレート運動に起因する事象	火山・火成活動	①火山の影響(火砕物密度流、降下火砕物)
	地震・断層活動	②地震、③液状化(覆土)、④断層活動(地盤の変形)
	隆起・沈降運動	⑤隆起・沈降
気候変動に起因する事象		⑥海水準変動、⑦気温、⑧降水量、⑨かん養量
プレート運動と気候変動の両者に起因する事象		⑩侵食、⑪地下水位(地下水流動)、⑫蒸発散量、⑬河川流量(表流水流動)
その他の事象		⑭生物学的事象、⑮透水性の変化



上記の事象を個別に検討した上で線量評価パラメータに直接影響がある事象
⇒**気温・降水量変化、地下水流動、蒸発散量及び表流水流動**

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も厳しい自然事象シナリオ) (15/38)



地質環境等の状態設定の例(降水量変化)

【選定条件】

- ① 北半球の太平洋側に位置すること
- ② アリソフの気候区分が亜極帯～寒帯であること
- ③ 沿岸海流が寒流であること
- ④ 陸度(半径50km円内の陸域の占める割合が1/10～9/10であること)
- ⑤ 開放度(半径15km円内で対象地点より標高が200m以上高い範囲を除く角度)が240°～360°であること

気候因子が類似する地点の選定

36地点を選定

気温と降水量の関係(回帰式を作成)

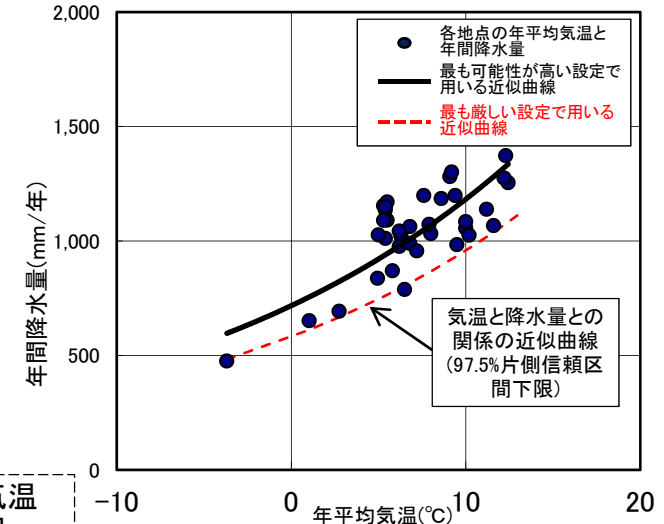
将来の気温で設定

将来の降水量の設定

将来の降水量設定の流れ

敷地周辺と類似する気候因子を持つ地点の気温と降水量

No.	地点名	国名	年平均気温(°C)	年降水量(mm/年)
1	OKHOTSK	RUSSIAN FED.	-3.7	475
2	VLADIVOSTOK	RUSSIAN FED.	5.0	837
3	ALEKSANDROVSK-SAKHALINSKII	RUSSIAN FED.	1.0	651
4	NIKOL'SKOJE(OSTROV BERINGA)	RUSSIAN FED.	2.8	693
5	稚内	JAPAN	6.8	1,063
6	網走	JAPAN	6.5	788
7	別海	JAPAN	5.4	1,135
8	根室	JAPAN	6.3	1,021
9	厚床	JAPAN	5.3	1,154
10	榑町	JAPAN	5.4	1,011
11	太田	JAPAN	5.5	1,170
12	白糠	JAPAN	5.5	1,090
13	釧路	JAPAN	6.2	1,043
14	池田	JAPAN	5.8	870
15	浦幌	JAPAN	6.2	976
16	糠内	JAPAN	5.0	1,026
17	大津	JAPAN	5.3	1,090
18	大樹	JAPAN	5.4	1,150
19	苫小牧	JAPAN	7.6	1,198
20	鶴川	JAPAN	6.8	989
21	室蘭	JAPAN	8.6	1,185
22	日高門別	JAPAN	7.2	956
23	静内	JAPAN	8.0	1,032
24	浦河	JAPAN	7.9	1,072
25	小田野沢	JAPAN	9.1	1,281
26	三沢	JAPAN	10.0	1,056
27	十和田	JAPAN	9.5	983
28	八戸	JAPAN	10.2	1,025
29	三戸	JAPAN	10.0	1,084
30	種市	JAPAN	9.4	1,198
31	鹿島台	JAPAN	11.2	1,138
32	石巻	JAPAN	11.6	1,067
33	仙台	JAPAN	12.4	1,254
34	亘理	JAPAN	12.2	1,274
35	相馬	JAPAN	12.3	1,373
36	六ヶ所	JAPAN	9.2	1,301



敷地周辺と類似した気候因子を持つ36地点の年平均気温と年降水量の関係

敷地周辺と類似する気候因子を持つ地点の気温と降水量の関係から、回帰式を作成し、将来の気温から将来の降水量を設定する。
最も厳しい設定においては、気温と降水量の関係のばらつきを考慮し、線量評価上、希釈水量が少なくなるように、気温と降水量の下限値の関係式(上図の破線近似曲線)を用いた。

降水量の設定値

ケース	モデル化時期	気温(°C)	降水量(mm/y)
最も厳しい設定	現在	9	910
	1,000年後	8	860
最も可能性が高い設定	現在	9	1,120
	1,000年後	8	1,070

各地点の年平均気温及び年間降水量は、気象庁のデータを使用した。

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も厳しい自然事象シナリオ)(16/38)



評価概要	状態設定
<p>(2) 廃棄物埋設地</p> <ul style="list-style-type: none">将来の廃棄物埋設地の状態は、被ばく線量が大きく厳しくなるようにデータの不確かさ(変動幅)を踏まえて、人工バリア及び天然バリアの機能として期待する透水係数、分配係数等を保守的に設定する。	<p>(2) 廃棄物埋設地</p> <p>移行抑制機能を期待する難透水性覆土、下部覆土及び岩盤(鷹架層)の低透水性並びにセメント系材料(廃棄体の固型化材及び埋設設備)、難透水性覆土、上部覆土及び岩盤(鷹架層)の収着性に着目し、廃棄物埋設地の状態を設定する。</p> <p>状態設定に当たって、低透水性及び収着性に影響する事象を把握するため、各部材相互の影響事象を熱、水理、力学及び化学の観点で整理・抽出する。影響事象については、国内外の文献を参考に、廃棄物埋設地の特徴及び地質環境等の長期変動事象を考慮する。</p> <p>抽出した影響事象について、低透水性及び収着性に係る各物理的・化学的性質の長期的な変化を評価し、状態を設定する。</p> <p>(設定例)</p> <p>a. 低透水性</p> <p>難透水性覆土及び下部覆土の低透水性は、力学的影響である金属腐食による体積膨張並びに化学的影響である地下水との反応(塩影響を含む)によって変化が生じるため、これらを影響事象として考慮する。ここで、評価が保守的となるよう、低透水性を示す透水係数が、科学的に合理的と考えられる範囲で大きい状態を設定する。</p> <p>地質環境等で設定した動水勾配及び設定した難透水性覆土及び下部覆土の等価透水係数に基づき、埋設設備から上部覆土や鷹架層への流出水量を設定する。</p>

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も厳しい自然事象シナリオ)(17/38)



影響事象分析

低透水性及び収着性に影響する事象を網羅的に把握するため、各部材相互の影響事象を体系的に分析する。分析に当たっては、各部材相互の影響事象を熱、水理、力学及び化学の観点で整理する。影響事象については、諸外国等(OECD/NEA、廃棄物安全小委員会及びIAEA)で整理されたFEPを参考に、本施設の特徴を考慮し、選定する。

項	主要な影響事象	影響を与える移行抑制機能	影響	影響評価結果
H (水理)	地下水流動	低透水性	○	廃棄物埋設地周辺の地下水流速が十分に小さいため、直接的な影響は生じないと判断される。 (ただし、「C(化学)地下水との反応」において考慮する)。
		収着性	○	廃棄物埋設地周辺の地下水流速が十分に小さいため、直接的な影響は生じないと判断される。 (ただし、「C(化学)地下水との反応」において考慮する)。
M (力学)	金属腐食による膨張 (塩の影響を含む)	低透水性	○	難透水性覆土の隅角部等には、厚さの減少及び変位に伴う透水性が変化した領域の発生が予想される。
	ガス発生	低透水性	—	透水・透気試験の結果、ガス破過前後の透水係数にほとんど変化が生じなかったことから、難透水性覆土及び下部覆土の低透水性に影響は生じないものとする。
	地震	低透水性	—	力学的な変形は金属腐食に伴う埋設設備の変形量と比較して非常に小さい。液状化は容易に生じないよう配慮した設計としていることから、覆土の低透水性に有意な影響は生じないものとする。
C (化学)	地下水との反応 (塩の影響を含む)	低透水性 収着性	○	モンモリロナイト及びケイ酸カルシウム水和物が溶解し、二次鉱物の生成等による変質が考えられ、低透水性及び収着性に影響すると考えられる。
	有機物	収着性	○	セルロースはアルカリ性の環境下において分解し、イソサッカリン酸が生成することによって放射性物質と錯体を形成し、収着性に影響することが考えられる。
	コロイドの形成	収着性	—	埋設設備の間隙水はセメント平衡水でありコロイドが安定に分散できる環境ではないと考えられることから、収着性に影響は生じないものとする。
	微生物	収着性	○	岩盤中では微生物活動によって有機物が無機化するため、収着性の設定に関して考慮する。
	降下火砕物・火砕物密度流	収着性	—	十分な厚さの上部覆土が設置され、変質の影響範囲は限定されることから、有意な影響は生じないものとする。

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性



第十条 廃棄物埋設地(最も厳しい自然事象シナリオ) (18/38)

廃棄物埋設地の状態設定の例(覆土の低透水性:力学的影響)

力学的影響は、廃棄物埋設地ごとに現象を整理し、個別要素法(DEM)解析により覆土の低透水性(透水係数及び覆土厚さ)への影響評価をする。評価結果より、透水係数に変化は生じないものの覆土厚さに以下の力学的変形が生じると設定する。

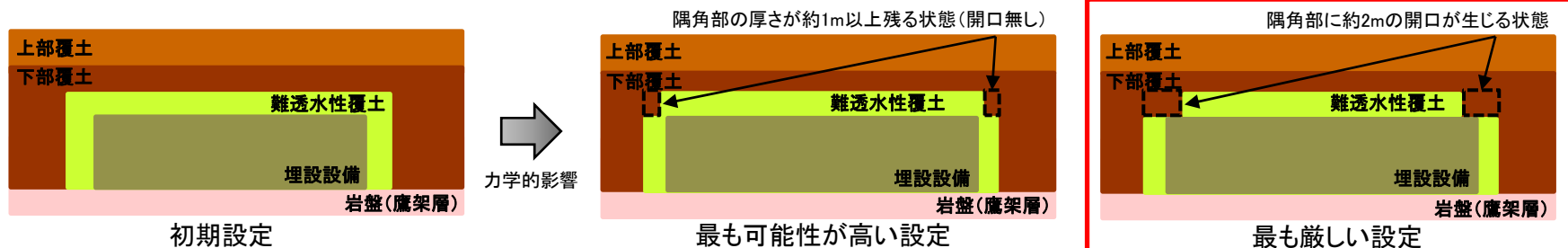
現象	対象廃棄体	対象施設	現象の考え方
膨張	充填 固化体	3号、1号7,8群*1 及び2号	埋設設備及び充填固化体では、金属が腐食した際に膨張が生じると想定する。また、1号7,8群の充填固化体では、可溶性塩と埋設設備中のセメント系材料の反応に伴う膨張が生じると想定する。
陥没	均質・均一 固化体	1号	均質・均一固化体では、可溶性塩が溶出し、空隙が生じること及び廃棄体の上部空隙により埋設設備に空洞が発生し、陥没が生じると想定する。

*1:1号7群の埋設設備4基及び8群の埋設設備5基

○ 1,000年後の状態変化の評価(力学的影響)のパラメータと設定の考え方の例

パラメータ	設定	設定の考え方
金属の 腐食速度	【最も厳しい設定】 腐食速度を設定せず金属の全量が瞬時に腐食すると設定	【最も厳しい設定】 腐食膨張量は、金属腐食を評価する上で必要となる環境条件による腐食速度に依存するが、局部腐食(孔食)や異種金属接触腐食、環境条件の変動に係る不確実性を考慮する。よって、廃止措置の開始後の状態変化の評価期間(1,000年後)においては、腐食形態に係らず全量が瞬時に腐食すると設定する。
	【最も可能性が高い設定】 0.1 μm/y	【最も可能性が高い設定】 腐食速度の測定手法に内在する測定誤差を考慮し、値を設定する。
金属の 腐食 膨張倍率	【最も厳しい設定】 4倍	【最も厳しい設定】 環境条件の変動を考慮し、設定した代表とする金属種類並びに非晶質の水酸化物を設定したその他考慮する金属種類の混入率を0wt%~50wt%の幅で評価した結果、いずれも腐食膨張倍率は4倍以下であることから、4倍と設定する。
	【最も可能性が高い設定】 3倍	【最も可能性が高い設定】 代表とする金属種類(鉄)の腐食生成物をFe ₃ O ₄ (マグネタイト)とし、その他考慮する金属種類の混入率を0wt%~50wt%の幅で設定し、金属が混合された状態での腐食膨張倍率を評価した結果、いずれも腐食膨張倍率は3倍以下であることから、3倍と設定する。

○ 状態変化の評価(力学的影響)による覆土の状態変化(3号廃棄物埋設地の例)



3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も厳しい自然事象シナリオ)(19/38)



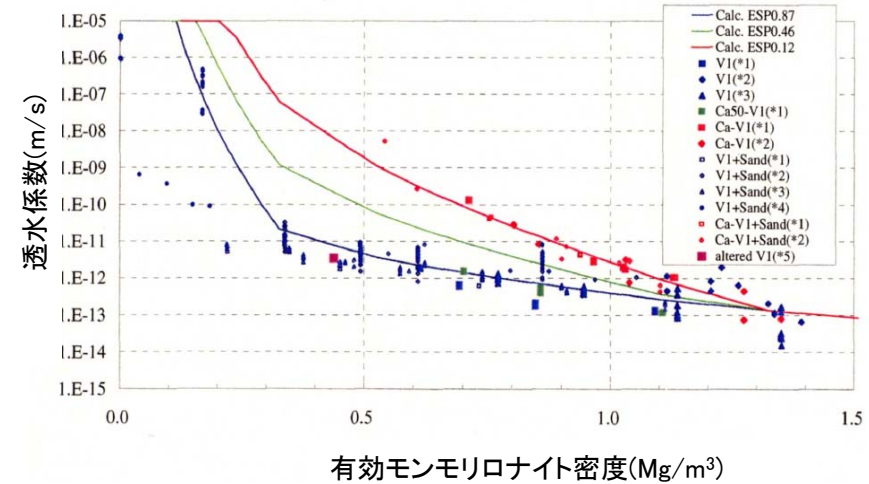
廃棄物埋設地の状態設定の例(覆土の低透水性:化学的影響)

【化学的影響評価での想定事象】

- 覆土を構成するベントナイト系材料の透水性は、膨潤性鉱物であるモンモリロナイトの特性(特に、有効モンモリロナイト密度)で支配される(右図)。
- セメント系材料とベントナイト系材料が接するバリア構成の場合には、セメント系材料由来のアルカリ成分により、モンモリロナイトが化学的に溶解される。ベントナイト中の有効モンモリロナイト密度が低下し、透水係数が増加することが懸念される。

【評価方法】

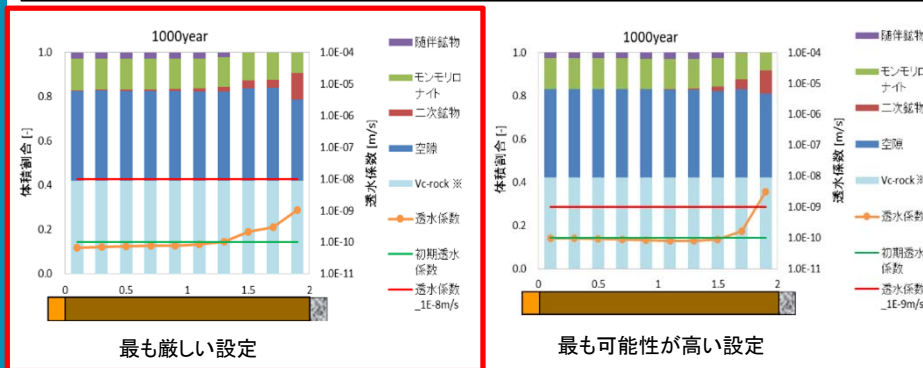
- 難透水性覆土へのアルカリ成分の拡散移行挙動とモンモリロナイトの化学的な溶解を連成させて評価する地球化学解析コードにより、難透水性覆土の低透水性の状態変化を評価する。
- セメント系材料である埋設設備と直接接する難透水性覆土に対する化学的影響を評価する。下部覆土は、その評価結果を踏まえ化学的影響を評価する。
- **最も厳しい設定では、難透水性覆土中のアルカリ成分等の物質移行が保守的となるよう、空隙率のみに依存するものと設定し、化学的変質が促進される条件での解析により求めたモンモリロナイト密度から透水係数を設定する。**



有効モンモリロナイト密度とベントナイト系材料の透水係数の関係

化学的影響による難透水性覆土の透水係数の評価結果

	評価期間	透水係数(m/s)	
		最も厳しい設定	最も可能性が高い設定
3号廃棄物埋設地	0年	1.00×10^{-10}	1.00×10^{-10}
	1,000年後	1.02×10^{-10}	1.01×10^{-10}
1号廃棄物埋設地	0年	1.00×10^{-10}	1.00×10^{-10}
	1,000年後	1.84×10^{-10}	1.42×10^{-10}
2号廃棄物埋設地	0年	1.00×10^{-10}	1.00×10^{-10}
	1,000年後	1.02×10^{-10}	1.01×10^{-10}



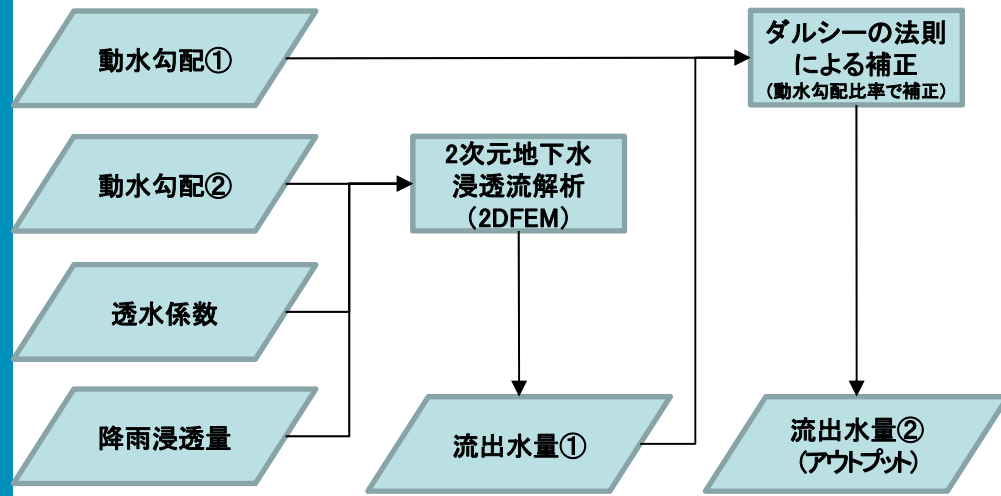
3号廃棄物埋設地の難透水性覆土における鉱物組成と透水係数の分布図(1,000年後)

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性



第十条 廃棄物埋設地(最も厳しい自然事象シナリオ) (20/38)

廃棄物埋設地の状態設定の例(埋設設備からの流出水量)



埋設設備からの流出水量に係るパラメータの関係

埋設設備からの流出水量は、2次元地下水浸透流解析から計算した動水勾配②のときの流出水量①を基に動水勾配①と動水勾配②の比率で補正した流出水量②の値に設定した。以下、入力パラメータについて説明する。

- 動水勾配①: 廃棄物埋設地付近の間隙水圧測定結果(実測値)から作成した全水頭等高線から求めた値。最も可能性が高い設定は平均値、**最も厳しい設定は最大値を0.5%単位で切上げた値に設定値とした。**
- 動水勾配②: 2DFEMの解析領域両端間に設定する動水勾配。メッシュモデル作成の都合上、設定勾配に限界があることから、地表面勾配程度の3.0%に設定した。
- 透水係数: 流出水量に感度のある埋設設備の透水係数に十分保守性を見込んでいるため、その次に感度のある**難透水性覆土に着目して状態設定に応じて透水係数を設定した。**
- 降雨浸透量: 降雨浸透量は年平均降水量の20%とした。値が大きい側が保守的となることから、年平均降水量の大きい温暖期継続ケースでばらつきが大きくなる側の年平均降水量(1,550mm/y)を適用して降雨浸透量を設定した。

埋設設備からの流出水量と入力パラメータのまとめ

廃棄物埋設地	状態設定	動水勾配① (%)	動水勾配② (%)	降雨浸透量 (mm/y)	透水係数(m/s)					流出水量①(m³/y)		流出水量②(m³/y)		
					鷹架層	第四紀層	上部覆土	下部覆土	難透水性覆土	埋設設備	Qco(t)	Qgo(t)	Qco(t)	Qgo(t)
3号廃棄物埋設地	最も厳しい設定	8.0	3.0	310	5.0×10^{-8}	3.0×10^{-6}	3.0×10^{-6}	1.0×10^{-8}	1.5×10^{-8}	1.0×10^{-5}	380	1,100	990	2,800
	最も可能性が高い設定	5.0							2.0×10^{-10}		10	630	10	1,100
1号廃棄物埋設地	最も厳しい設定	5.0	3.0	310	1.1×10^{-7}	2.5×10^{-6}	2.5×10^{-6}	1.0×10^{-8}	3.0×10^{-9}	1.0×10^{-5}	150	2,200	250	3,600
	最も可能性が高い設定	3.5							2.5×10^{-9}		130	2,200	160	2,500
2号廃棄物埋設地	最も厳しい設定	5.5	3.0	310	7.8×10^{-8}	3.6×10^{-6}	3.6×10^{-6}	1.0×10^{-8}	1.5×10^{-8}	1.0×10^{-5}	350	1,300	630	2,300
	最も可能性が高い設定	5.5							2.0×10^{-10}		20	920	40	1,700

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も厳しい自然事象シナリオ) (21/38)



廃棄物埋設地の状態設定の例(分配係数)

➤ 対象とする影響事象について

● 地下水との反応(塩の影響を含む)

- 地下水との反応により、セメントの溶脱及び塩の溶出が生じるため収着性に影響すると考えられる。
- セメントの溶脱のうち、主要鉱物(CSH*1等)量の変化による収着影響については、地化学解析(PHREEQC)により経年的な変化を評価する。
- セメントの溶脱のうち、C/S(CaOとSiO₂の比)低下による収着影響については、試験結果を用いて評価する。
- 塩による収着影響については、試験結果を用いて評価する。

⇒ セメントと反応する地下水量は、埋設設備から覆土への流出水量と埋設設備から鷹架層への流出水量の合計量とする。

⇒ 埋設設備内の塩の濃度は、1号均質・均一固化体中の塩を基に、地下水の流れを考慮し、「各種バリア材の分配係数について」で設定された濃度とする。

*1:ケイ酸カルシウム水和物

● 有機物

- 有機物は、放射性物質と錯体を形成することが想定され、錯体を形成する場合には収着性に影響すると考えられる。
- 有機物による収着影響については、試験結果を用いて評価する。
- **地下水中の有機物又はその分解生成物の濃度が高いほうが、分配係数が小さくなることから、主な有機物であるセルロースのアルカリ環境での分解試験結果に基づいて、保守的に地下水中の分解生成物の濃度が大きくなるよう分解率を設定する。**

⇒ 埋設設備に使用される有機物の種類及び量は、1,2号廃棄物埋設施設の施工実績を考慮する。

⇒ 廃棄体に含まれる有機物の種類及び量は、「低レベル放射性廃棄物処分用廃棄体製作技術について(各種固体状廃棄物)」を考慮する。

● 微生物

- 微生物の活動により、固相、液相及び化学形態が変化するため収着性に影響すると考えられる。
- セメント系材料は、高pH環境のため、微生物の活性は低く収着性に影響しないものとする。
- 難透水性覆土は、微生物の活動により、炭素が無機化するものとし、分配係数が小さくなる炭酸の分配係数を用いる。
- 岩盤(鷹架層)は、微生物の活動により、炭素が無機化するものとし、分配係数が小さくなる炭酸の分配係数を用いる。

初期状態の分配係数

×

影響事象による各バリア材料への
放射性物質の収着影響
(分配係数低下係数)

=

分配係数設定値

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も厳しい自然事象シナリオ) (22/38)



評価概要	状態設定
<p>(3) 生活環境</p> <ul style="list-style-type: none">将来の公衆の生活様式については、「日本原燃(株)廃棄物埋設事業変更許可申請における廃止措置の開始後の公衆の被ばく線量評価に係る審査方針について～将来の人間活動に関する設定～(2020年10月7日、原子力規制委員会了承)」(以下「審査方針」という。)に基づき、現在の生活様式を考えた合理的に保守的でもっともらしい仮定に基づいて設定する。	<p>(3) 生活環境</p> <p>敷地周辺の地質環境等の状態と社会環境から被ばくが生じると考えられる人間活動(水利用及び土地利用)に基づいて、想定される複数の被ばく経路の中から代表的な被ばく経路を設定する。また、被ばく経路の重畳を考慮した評価対象個人を設定する。</p> <p>(設定例)</p> <p>a. 水利用</p> <p>将来の地形は現状とほぼ同様と考えられるため、将来においても廃棄物埋設地を通過した放射性物質を含む地下水は南に向かって流れ、中央沢を経て尾駮沼に流入するため、水利用に関しては、沢及び尾駮沼を利用することを想定する。</p> <p>水利用に関しては、現状の水理及び利水状況を前提にすると、廃棄物埋設地からの影響を受ける地下水や沢水を生活用水や畜産用水に利用することは考え難い。よって、生活用水等に利用することに伴う被ばく経路としては、尾駮沼又は尾駮沼が河川化した後の河川水中の水産物の摂取、沢水を利用して生産される農産物の摂取及び灌漑作業を想定する。</p> <p>水利用に係る生活様式である沢の利用率、水産物摂取量、灌漑農産物摂取量等は、利用可能な最新の統計等に基づき、保守的と考えられる値を設定することを基本とする。</p>

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性



第十条 廃棄物埋設地(最も厳しい自然事象シナリオ) (23/38)

評価対象個人の設定

- 評価対象個人は、移行経路ごとの被ばく経路の特徴を表した個人で、年間を通して被ばくする可能性がある個人を代表として設定する。また、評価対象個人は、敷地及びその周辺又はわが国で現在認められる一般的な生活様式をもつ個人とし、比較的高い被ばくを受ける集団を代表する成人とする。
- 生活様式については、現在認められる就労形態ごとに異なると想定される。就労形態によって、様々な生産活動が行われる可能性があるが、評価の観点からは放射性物質が移行する水又は土壌に接触する生産活動に従事する就労者を対象とすることが合理的である。そのため、生産活動を通じて起こると想定される被ばく及び生産物を摂取することによって起こると想定される被ばくを考慮する。また、放射性物質は、その移行特性や放射線学的影響が種類ごとに異なることから、評価対象個人を複数の集団から設定する
- 国勢調査(総務省統計局,平成27年)に基づく、第一次産業としては、漁業及び農業(畜産業を含む。)が、第二次産業では建設業が代表的である。また、第三次産業やその他の業種については、廃棄物埋設地に居住する人を想定することで代表できると考えられることから、**最も厳しい自然事象シナリオにおいては、評価対象個人を漁業従事者、農業従事者、畜産業従事者、建設業従事者及び居住者とする。**

対象者	生活様式
漁業従事者	廃棄物埋設地に居住する人を対象とし、放射性物質が移行する水産物については保守的に自家消費されることを想定し、その他は一般的な市場に流通した食品を摂取することを想定する。
農業従事者	廃棄物埋設地に居住する人を対象とし、放射性物質が移行する農産物については保守的に自家消費されることを想定し、その他は一般的な市場に流通した食品を摂取することを想定する。 なお、水利用の場合は放射性物質を含む河川水を灌漑に利用する稲作とし、土地利用の場合は放射性物質を含む土壌上における畑作を想定する。
畜産業従事者	廃棄物埋設地に居住する人を対象とし、放射性物質が移行する畜産物については保守的に自家消費されることを想定し、その他は一般的な市場に流通した食品を摂取することを想定する。 ただし、放射性物質が移行する畜産物を摂取することによる被ばくは想定されない。
建設業従事者	廃棄物埋設地に居住する人を対象とし、一般的な市場に流通した食品を摂取することを想定する。また、汚染された土地において一般的な住宅等の建設作業を行うことを想定する。
居住者	廃棄物埋設地に居住する人を対象とし、家庭菜園により生産される農産物及び市場に流通した食品を摂取することを想定する。



*1: 畜産物摂取及び飲用水摂取は、敷地及びその周辺の社会環境を考慮すると放射性物質の移行が想定されないことから被ばく経路から除外

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

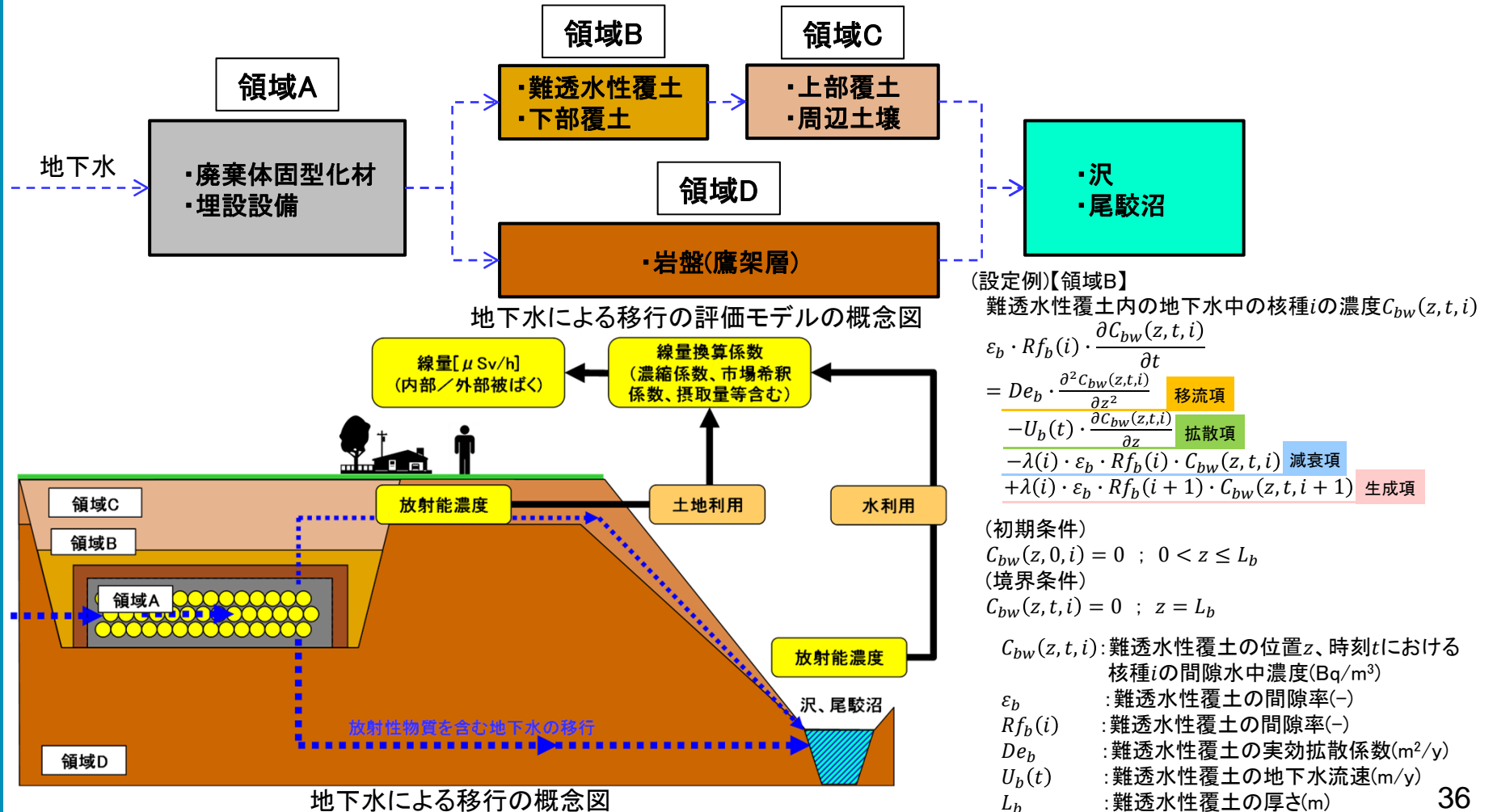
第十条 廃棄物埋設地(最も厳しい自然事象シナリオ) (24/38)



評価モデルの設定

【地下水による移行】

- 評価モデルの設定に当たっては、放射性物質の移行経路を移行特性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分散方程式をモデル化して適用する。
- 地下水による廃棄物埋設地から沢又は尾駈沼への放射性物質の移行を表現するモデルの概念図は下図のとおり。



3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も厳しい自然事象シナリオ) (25/38)



自然事象シナリオにおける被ばく経路及び線量評価結果

自然事象シナリオにおける被ばく経路*1

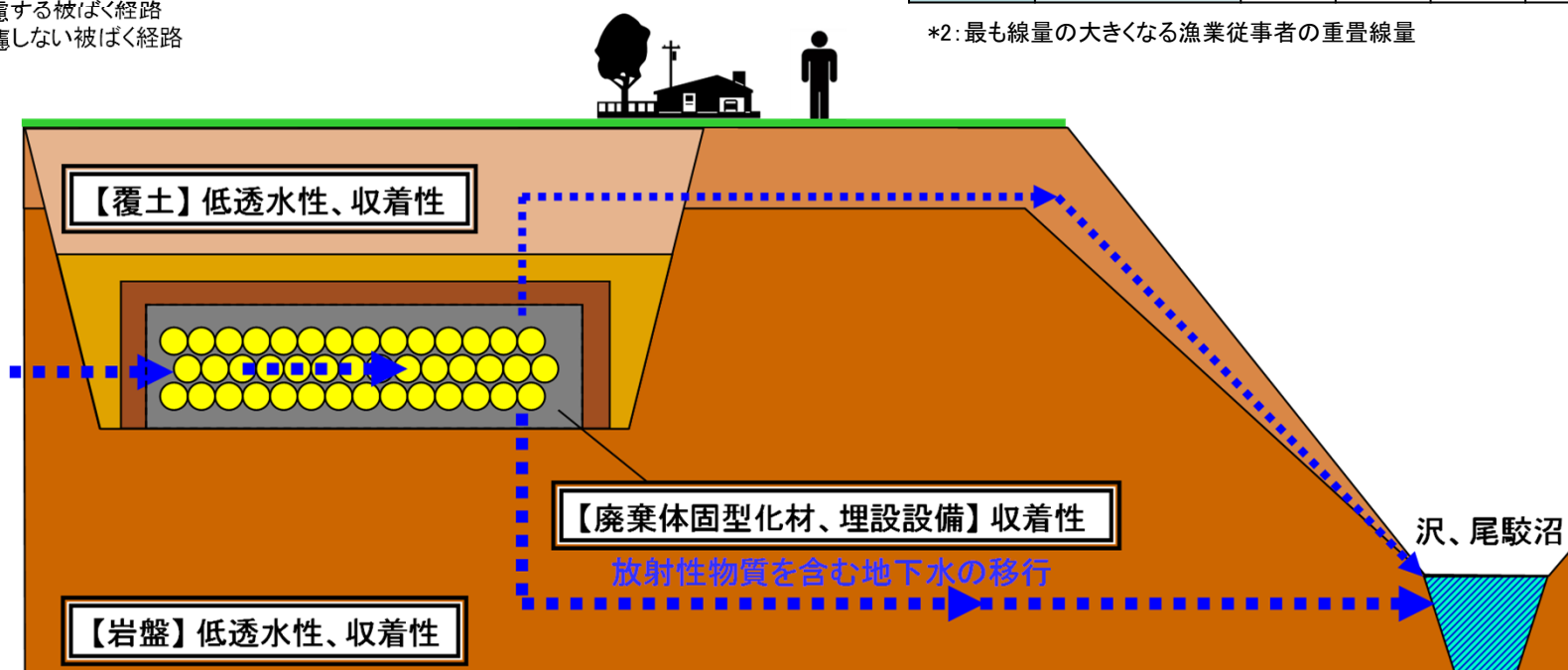
被ばく経路		漁業従事者	農業従事者(米以外)	農業従事者(米)	畜産業従事者	建設業従事者	居住者
地下水利用	水産物の摂取	○	○	○	○	○	○
	灌漑農産物の摂取	○	○	○	○	○	○
	灌漑農耕作業	—	—	○	—	—	—
土地利用	屋外労働作業(建設作業)	—	—	—	—	○	—
	居住	○	○	○	○	○	○
	農耕農産物の摂取	○	○	○	○	○	○

*1: ○: 考慮する被ばく経路
—: 考慮しない被ばく経路

自然事象シナリオにおける線量評価結果

廃止措置の開始後の線量評価結果		1号 [μ Sv/y]	2号 [μ Sv/y]	3号 [μ Sv/y]	重畳線量 [μ Sv/y]
最も厳しい自然事象シナリオ	漁業従事者	3.3	4.0	3.8	11*2
	農業従事者(米)	1.8	3.4	1.9	
	農業従事者(米以外)	1.7	3.4	1.8	
	畜産業事業者	0.66	0.63	0.62	
	建設業従事者	0.77	0.80	0.79	
	居住者	0.82	0.87	0.85	
最も可能性が高い自然事象シナリオ	居住者	0.20	0.18	0.088	0.46

*2: 最も線量の大きくなる漁業従事者の重畳線量



3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も可能性が高い自然事象シナリオ) (26/38)



最も可能性が高い自然事象シナリオは、**平均的な被ばくを受けると想定される評価対象個人の線量が、低く抑えられていることを確認する**ため、科学的に合理的と考えられる範囲の廃棄物埋設地の人工バリアや天然バリアの状態及び生活環境における被ばくに至る経路の組合せのうち、最も可能性が高いと考えられるパラメータを用いて評価する。

評価概要	状態設定
<p>(1) 地質環境等</p> <ul style="list-style-type: none">本シナリオの評価に当たって、地質環境等は被ばく線量が現実的な値となるようにデータの不確かさ(変動幅)を踏まえて、気温、降水量等を現実的(平均値等の代表性が高い値)に設定する。	<p>(1) 地質環境等</p> <p>廃棄物埋設地及び生活環境の状態に影響を及ぼし得る事象を、国内外の基準及び文献を参考に網羅的に抽出し、立地特性、地質調査結果、埋設設備の状態及び自然現象の特徴等を考慮して詳細評価をすべき事象を選定する。選定された事象のうち線量評価パラメータに直接影響がある事象として、気温・降水量変化、地下水流動及び表流水流動を長期変動事象として考慮し、地質環境等の状態を設定する。</p> <p>(設定例)</p> <p>a. 気温・降水量変化</p> <p>気温・降水量の変化により表層での水収支の変化に伴って地下水流動及び表流水流動が変化することが想定されることから、気温変化及び降水量変化を長期変動事象として考慮する。気温と降水量は正の相関関係があり、降水量は希釈水量に関連する。降水量が低下するほど希釈水量は少なくなるため、評価が保守的となるよう、降水量は少なくなる状態を設定する。</p> <p>なお、希釈水量の設定の観点で、気温変動の不確かさと、気温と降水量の相関性の不確かさを考慮するが、気温と降水量の相関性においては降水量の設定で一定程度の統計的な不確かさの情報が得られることから、将来の気温の設定は、最も可能性が高い設定と最も厳しい設定では同一とする。</p>

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も可能性が高い自然事象シナリオ) (27/38)



地質環境等の状態設定の例(降水量変化)

【選定条件】

- ① 北半球の太平洋側に位置すること
- ② アリソフの気候区分が亜極帯～寒帯であること
- ③ 沿岸海流が寒流であること
- ④ 陸度(半径50km円内の陸域の占める割合が1/10～9/10であること)
- ⑤ 開放度(半径15km円内で対象地点より標高が200m以上高い範囲を除く角度)が240°～360°であること

敷地周辺と類似する気候因子を持つ地点の気温と降水量

No.	地点名	国名	年平均気温(°C)	年降水量(mm/年)
1	OKHOTSK	RUSSIAN FED.	-3.7	475
2	VLADIVOSTOK	RUSSIAN FED.	5.0	837
3	ALEKSANDROVSK-SAKHALINSKII	RUSSIAN FED.	1.0	651
4	NIKOL'SKOJE(OSTROV BERINGA)	RUSSIAN FED.	2.8	693
5	稚内	JAPAN	6.8	1,063
6	網走	JAPAN	6.5	788
7	別海	JAPAN	5.4	1,135
8	根室	JAPAN	6.3	1,021
9	厚床	JAPAN	5.3	1,154
10	榑町	JAPAN	5.4	1,011
11	太田	JAPAN	5.5	1,170
12	白糠	JAPAN	5.5	1,090
13	釧路	JAPAN	6.2	1,043
14	池田	JAPAN	5.8	870
15	浦幌	JAPAN	6.2	976
16	糠内	JAPAN	5.0	1,026
17	大津	JAPAN	5.3	1,090
18	大樹	JAPAN	5.4	1,150
19	苫小牧	JAPAN	7.6	1,198
20	鶴川	JAPAN	6.8	989
21	室蘭	JAPAN	8.6	1,185
22	日高門別	JAPAN	7.2	956
23	静内	JAPAN	8.0	1,032
24	浦河	JAPAN	7.9	1,072
25	小田野沢	JAPAN	9.1	1,281
26	三沢	JAPAN	10.0	1,056
27	十和田	JAPAN	9.5	983
28	八戸	JAPAN	10.2	1,025
29	三戸	JAPAN	10.0	1,084
30	種市	JAPAN	9.4	1,198
31	鹿島台	JAPAN	11.2	1,138
32	石巻	JAPAN	11.6	1,067
33	仙台	JAPAN	12.4	1,254
34	亘理	JAPAN	12.2	1,274
35	相馬	JAPAN	12.3	1,373
36	六ヶ所	JAPAN	9.2	1,301

気候因子が類似する地点の選定

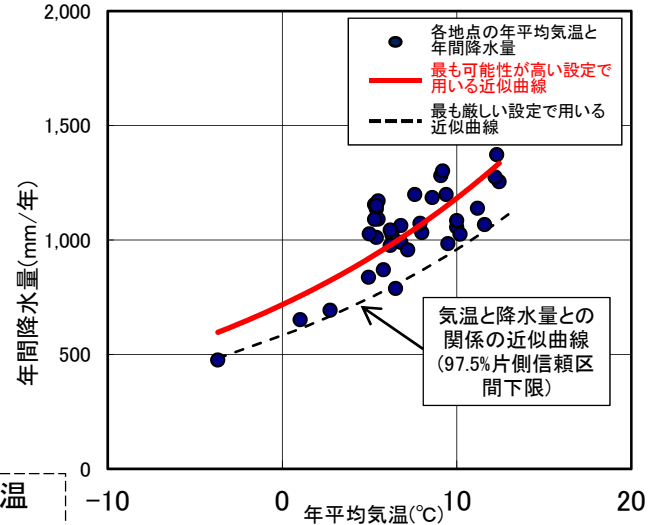
36地点を選定

気温と降水量の関係(回帰式を作成)

将来の気温で設定

将来の降水量の設定

将来の降水量設定の流れ



敷地周辺と類似した気候因子を持つ36地点の年平均気温と年降水量の関係

敷地周辺と類似する気候因子を持つ地点の気温と降水量の関係から、回帰式を作成し、将来の気温から将来の降水量を設定する。変動設定においては、気温と降水量の関係のばらつきを考慮し、線量評価上、希釈水量が少なくなるように、気温と降水量の下限値の関係式(上図の破線近似曲線)を用いた。

降水量の設定値

ケース	モデル化時期	気温(°C)	降水量(mm/y)
最も厳しい設定	現在	9	910
	1,000年後	8	860
最も可能性が高い設定	現在	9	1,120
	1,000年後	8	1,070

各地点の年平均気温及び年間降水量は、気象庁のデータを使用した。

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も可能性が高い自然事象シナリオ) (28/38)



評価概要	状態設定
<p>(2) 廃棄物埋設地</p> <ul style="list-style-type: none">将来の廃棄物埋設地の状態も同様に被ばく線量が現実的な値となるようにデータの不確かさ(変動幅)を踏まえて、人工バリア及び天然バリアの機能として期待する透水係数、分配係数等を現実的(平均値等の代表性が高い値)に設定する。	<p>(2) 廃棄物埋設地</p> <p>移行抑制機能を期待する難透水性覆土、下部覆土及び岩盤(鷹架層)の低透水性並びにセメント系材料(廃棄体の固型化材及び埋設設備)、難透水性覆土、上部覆土及び岩盤(鷹架層)の収着性に着目し、廃棄物埋設地の状態を設定する。</p> <p>状態設定に当たって、低透水性及び収着性に影響する事象を把握するため、各部材相互の影響事象を熱、水理、力学及び化学の観点で整理・抽出する。影響事象については、国内外の文献を参考に、廃棄物埋設地の特徴及び地質環境等の長期変動事象を考慮する。</p> <p>抽出した影響事象について、低透水性及び収着性に係る各物理的・化学的性質の長期的な変化を評価し、状態を設定する。</p> <p>(設定例)</p> <p>a. 低透水性</p> <p>難透水性覆土及び下部覆土の低透水性は、力学的影響である金属腐食による体積膨張並びに化学的影響である地下水との反応(塩影響を含む)によって変化が生じるため、これらを影響事象として考慮する。ここで、評価が現実的となるよう、低透水性を示す透水係数が、平均値等の代表性の高い状態を設定する。</p> <p>地質環境等で設定した動水勾配及び設定した難透水性覆土及び下部覆土の等価透水係数に基づき、埋設設備から上部覆土や鷹架層への流出水量を設定する。</p>

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性



第十条 廃棄物埋設地(最も可能性が高い自然事象シナリオ) (29/38)

廃棄物埋設地の状態設定の例(覆土の低透水性:力学的影響)

力学的影響は、廃棄物埋設地ごとに現象を整理し、個別要素法(DEM)解析により覆土の低透水性(透水係数及び覆土厚さ)への影響評価をする。評価結果より、透水係数に変化は生じないものの覆土厚さに以下の力学的変形が生じると設定する。

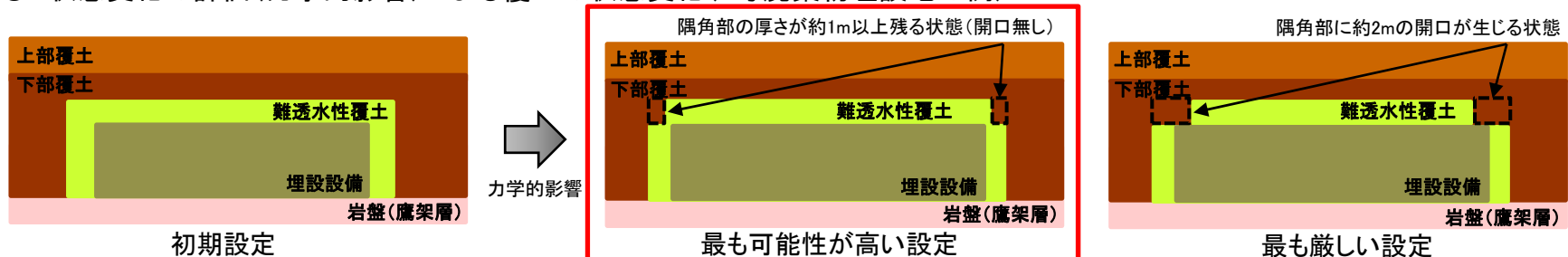
現象	対象廃棄体	対象施設	現象の考え方
膨張	充填 固化体	3号、1号7,8群*1 及び2号	埋設設備及び充填固化体では、金属が腐食した際に膨張が生じると想定する。また、1号7,8群の充填固化体では、可溶性塩と埋設設備中のセメント系材料の反応に伴う膨張が生じると想定する。
陥没	均質・均一 固化体	1号	均質・均一固化体では、可溶性塩が溶出し、空隙が生じること及び廃棄体の上部空隙により埋設設備に空洞が発生し、陥没が生じると想定する。

*1:1号7群の埋設設備4基及び8群の埋設設備5基

○ 1,000年後の状態変化の評価(力学的影響)のパラメータと設定の考え方の例

パラメータ	設定	設定の考え方
金属の腐食速度	【最も厳しい設定】 腐食速度を設定せず金属の全量が瞬時に腐食すると設定	【最も厳しい設定】 腐食膨張量は、金属腐食を評価する上で必要となる環境条件による腐食速度に依存するが、局部腐食(孔食)や異種金属接触腐食、環境条件の変動に係る不確実性を考慮する。よって、廃止措置の開始後の状態変化の評価期間(1,000年後)においては、腐食形態に係らず全量が瞬時に腐食すると設定する。
	【最も可能性が高い設定】 0.1 μm/y	【最も可能性が高い設定】 腐食速度の測定手法に内在する測定誤差を考慮し、値を設定する。
金属の腐食膨張倍率	【最も厳しい設定】 4倍	【最も厳しい設定】 環境条件の変動を考慮し、設定した代表とする金属種類並びに非晶質の水酸化物を設定したその他考慮する金属種類の混入率を0wt%~50wt%の幅で評価した結果、いずれも腐食膨張倍率は4倍以下であることから、4倍と設定する。
	【最も可能性が高い設定】 3倍	【最も可能性が高い設定】 代表とする金属種類(鉄)の腐食生成物をFe ₃ O ₄ (マグネタイト)とし、その他考慮する金属種類の混入率を0wt%~50wt%の幅で設定し、金属が混合された状態での腐食膨張倍率を評価した結果、いずれも腐食膨張倍率は3倍以下であることから、3倍と設定する。

○ 状態変化の評価(力学的影響)による覆土の状態変化(3号廃棄物埋設地の例)



3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性



第十条 廃棄物埋設地(最も可能性が高い自然事象シナリオ) (30/38)

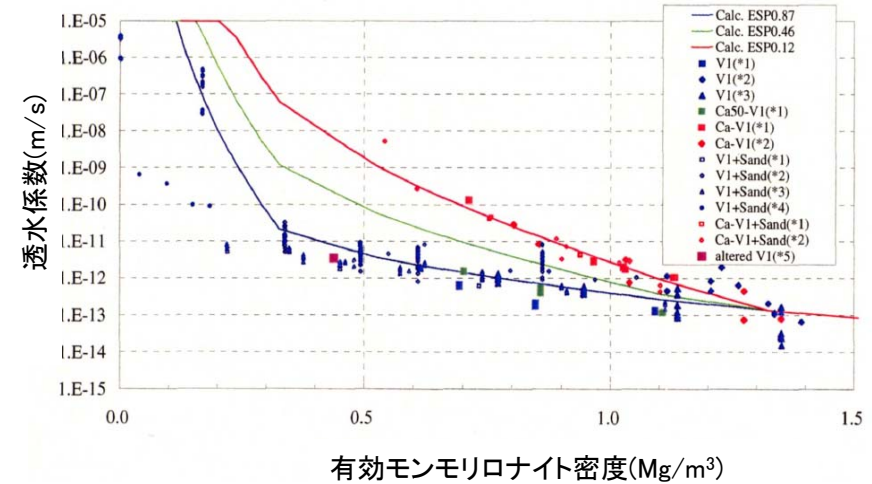
廃棄物埋設地の状態設定の例(覆土の低透水性:化学的影響)

【化学的影響評価での想定事象】

- 覆土を構成するベントナイト系材料の透水性は、膨潤性鉱物であるモンモリロナイトの特性(特に、有効モンモリロナイト密度)で支配される(右図)。
- セメント系材料とベントナイト系材料が接するバリア構成の場合には、セメント系材料由来のアルカリ成分により、モンモリロナイトが化学的に溶解される。ベントナイト中の有効モンモリロナイト密度が低下し、透水係数が増加することが懸念される。

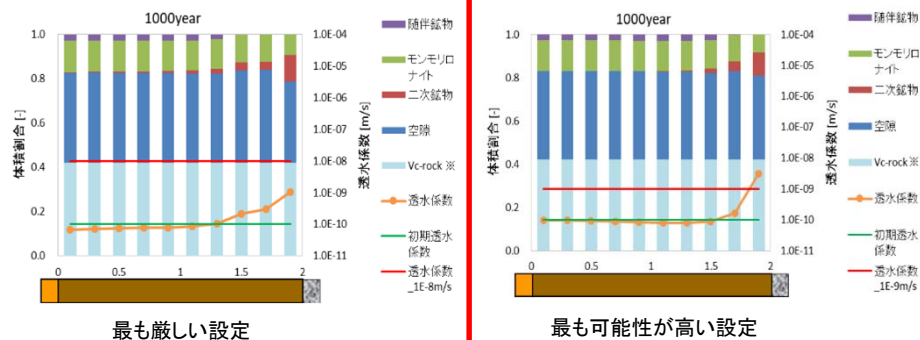
【評価方法】

- 難透水性覆土へのアルカリ成分の拡散移行挙動とモンモリロナイトの化学的な溶解を連成させて評価する地球化学解析コードにより、難透水性覆土の低透水性の状態変化を評価する。
- セメント系材料である埋設設備と直接接する難透水性覆土に対する化学的影響を評価する。下部覆土は、その評価結果を踏まえ化学的影響を評価する。
- **最も可能性が高い設定では、難透水性覆土中のアルカリ成分等の物質移行が現実的となるよう、空隙率とモンモリロナイトの含有割合を関数とする経験式から設定し、現実的な条件での解析により求めたモンモリロナイト密度から透水係数を設定する。**



有効モンモリロナイト密度とベントナイト系材料の透水係数の関係

化学的影響による難透水性覆土の透水係数の評価結果



3号廃棄物埋設地の難透水性覆土における鉱物組成と透水係数の分布図(1,000年後)

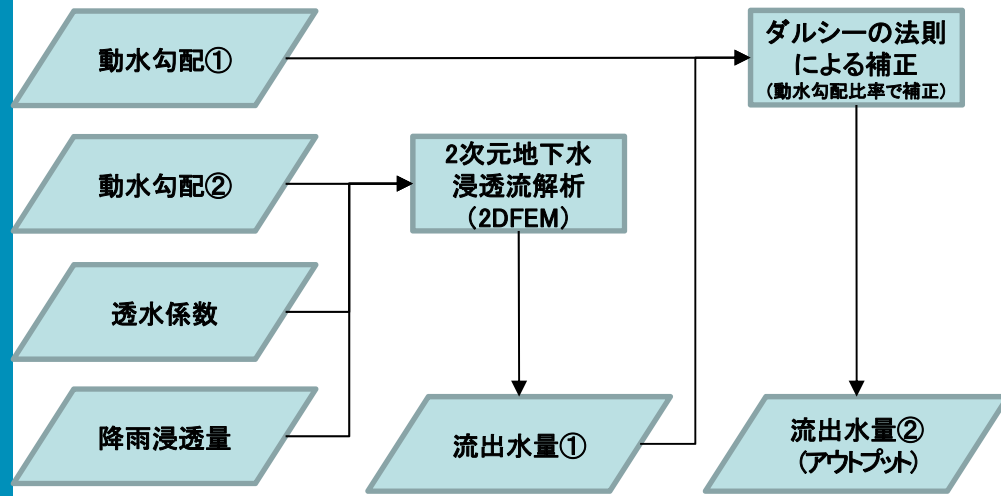
	評価期間	透水係数(m/s)	
		最も厳しい設定	最も可能性が高い設定
3号廃棄物埋設地	0年	1.00×10^{-10}	1.00×10^{-10}
	1,000年後	1.02×10^{-10}	1.01×10^{-10}
1号廃棄物埋設地	0年	1.00×10^{-10}	1.00×10^{-10}
	1,000年後	1.84×10^{-10}	1.42×10^{-10}
2号廃棄物埋設地	0年	1.00×10^{-10}	1.00×10^{-10}
	1,000年後	1.02×10^{-10}	1.01×10^{-10}

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性



第十条 廃棄物埋設地(最も可能性が高い自然事象シナリオ) (31/38)

廃棄物埋設地の状態設定の例(埋設設備からの流出水量)



埋設設備からの流出水量に係るパラメータの関係

埋設設備からの流出水量は、2次元地下水浸透流解析から計算した動水勾配②のときの流出水量①を基に動水勾配①と動水勾配②の比率で補正した流出水量②の値に設定した。以下、入力パラメータについて説明する。

- 動水勾配①: 廃棄物埋設地付近の間隙水圧測定結果(実測値)から作成した全水頭等高線から求めた値。**最も可能性が高い設定は平均値**、最も厳しい設定は最大値を0.5(%)単位で切上げた値に設定値とした。
- 動水勾配②: 2DFEMの解析領域両端間に設定する動水勾配。メッシュモデル作成の都合上、設定勾配に限界があることから、地表面勾配程度の3.0(%)に設定した。
- 透水係数: 流出水量に感度のある埋設設備の透水係数に十分保守性を見込んでいるため、その次に感度のある**難透水性覆土に着目して状態設定に応じて透水係数を設定した**。
- 降雨浸透量: 降雨浸透量は年平均降水量の20%とした。値が大きい側が保守的となることから、年平均降水量の大きい温暖期継続ケースでばらつきが大きくなる側の年平均降水量(1,550mm/y)を適用して降雨浸透量を設定した。

埋設設備からの流出水量と入力パラメータのまとめ

廃棄物埋設地	状態設定	動水勾配① (%)	動水勾配② (%)	降雨浸透量 (mm/y)	透水係数(m/s)					流出水量①(m³/y)		流出水量②(m³/y)		
					鷹架層	第四紀層	上部覆土	下部覆土	難透水性覆土	埋設設備	Qco(t)	Qgo(t)	Qco(t)	Qgo(t)
3号廃棄物埋設地	最も厳しい設定	8.0	3.0	310	5.0 × 10 ⁻⁸	3.0 × 10 ⁻⁶	3.0 × 10 ⁻⁶	1.0 × 10 ⁻⁸	1.5 × 10 ⁻⁸	1.0 × 10 ⁻⁵	380	1,100	990	2,800
	最も可能性が高い設定	5.0									10	630	10	1,100
1号廃棄物埋設地	最も厳しい設定	5.0	3.0	310	1.1 × 10 ⁻⁷	2.5 × 10 ⁻⁶	2.5 × 10 ⁻⁶	1.0 × 10 ⁻⁸	3.0 × 10 ⁻⁹	1.0 × 10 ⁻⁵	150	2,200	250	3,600
	最も可能性が高い設定	3.5									130	2,200	160	2,500
2号廃棄物埋設地	最も厳しい設定	5.5	3.0	310	7.8 × 10 ⁻⁸	3.6 × 10 ⁻⁶	3.6 × 10 ⁻⁶	1.0 × 10 ⁻⁸	1.5 × 10 ⁻⁸	1.0 × 10 ⁻⁵	350	1,300	630	2,300
	最も可能性が高い設定	5.5									20	920	40	1,700

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も可能性が高い自然事象シナリオ) (32/38)



廃棄物埋設地の状態設定の例(分配係数)

➤ 対象とする影響事象について

● 地下水との反応(塩の影響を含む)

- 地下水との反応により、セメントの溶脱及び塩の溶出が生じるため収着性に影響すると考えられる。
 - セメントの溶脱のうち、主要鉱物(CSH *1等)量の変化による収着影響については、地化学解析(PHREEQC)により経年的な変化を評価する。
 - セメントの溶脱のうち、C/S(CaOとSiO₂の比)低下による収着影響については、試験結果を用いて評価する。
 - 塩による収着影響については、試験結果を用いて評価する。
- ⇒ セメントと反応する地下水量は、埋設設備から覆土への流出水量と埋設設備から鷹架層への流出水量の合計量とする。
- ⇒ 埋設設備内の塩の濃度は、1号均質・均一固化体中の塩を基に、地下水の流れを考慮し、「各種バリア材の分配係数について」で設定された濃度とする。

*1: ケイ酸カルシウム水和物

● 有機物

- 有機物は、放射性物質と錯体を形成することが想定され、錯体を形成する場合には収着性に影響すると考えられる。
 - 有機物による収着影響については、試験結果を用いて評価する。
 - **主な有機物であるセルロースのアルカリ環境での分解試験結果に基づいて、現実的な分解率を設定する。**
- ⇒ 埋設設備に使用される有機物の種類及び量は、1,2号廃棄物埋設施設の施工実績を考慮する。
- ⇒ 廃棄体に含まれる有機物の種類及び量は、「低レベル放射性廃棄物処分用廃棄体製作技術について(各種固体状廃棄物)」を考慮する。

● 微生物

- 微生物の活動により、固相、液相及び化学形態が変化するため収着性に影響すると考えられる。
- セメント系材料は、高pH環境のため、微生物の活性は低く収着性に影響しないものとする。
- 難透水性覆土は、微生物の活動により、炭素が無機化するものとし、分配係数が小さくなる炭酸の分配係数を用いる。
- 岩盤(鷹架層)は、微生物の活動により、炭素が無機化するものとし、分配係数が小さくなる炭酸の分配係数を用いる。

初期状態の分配係数

×

影響事象による各バリア材料への
放射性物質の収着影響
(分配係数低下係数)

=

分配係数設定値

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も可能性が高い自然事象シナリオ) (33/38)



評価概要	状態設定
<p>(3) 生活環境</p> <ul style="list-style-type: none">生活様式については、審査方針に基づき現在の生活様式を考えて現実的でもっともらしい仮定に基づいて設定する。	<p>(3) 生活環境</p> <p>敷地周辺の地質環境等の状態と社会環境から被ばくが生じると考えられる人間活動(水利用及び土地利用)に基づいて、想定される複数の被ばく経路の中から代表的な被ばく経路を設定する。</p> <p>(設定例)</p> <p>a. 水利用</p> <p>将来の地形は現状とほぼ同様と考えられるため、将来においても廃棄物埋設地を通過した放射性物質を含む地下水は南に向かって流れ、中央沢を経て尾駈沼に流入するため、水利用に関しては、沢及び尾駈沼を利用することを想定する。</p> <p>現状の水理及び利水状況を前提にすると、廃棄物埋設地からの影響を受ける地下水や沢水を生活用水や畜産用水に利用することは考え難い。よって、生活用水等に利用することに伴う被ばく経路としては、尾駈沼又は河川水中の水産物の摂取、沢水を利用して生産される農産物の摂取及び灌漑作業を想定する。</p> <p>水利用に係る生活様式である沢の利用率、水産物摂取量、灌漑農産物摂取量等は、利用可能な最新の統計等に基づき、現実的と考えられる値を設定することを基本とする。</p>

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も可能性が高い自然事象シナリオ) (34/38)



評価対象個人の設定

- 評価対象個人は、移行経路ごとの被ばく経路の特徴を表した個人で、年間を通して被ばくする可能性がある個人を代表として設定する。また、評価対象個人は、敷地及びその周辺又はわが国で現在認められる一般的な生活様式をもつ個人とし、比較的高い被ばくを受ける集団を代表する成人とする。
- 生活様式については、現在認められる就労形態ごとに異なると想定される。就労形態によって、様々な生産活動が行われる可能性があるが、評価の観点からは放射性物質が移行する水又は土壌に接触する生産活動に従事する就労者を対象とすることが合理的である。そのため、生産活動を通じて起こると想定される被ばく及び生産物を摂取することによって起こると想定される被ばくを考慮する。また、放射性物質は、その移行特性や放射線学的影響が種類ごとに異なることから、評価対象個人を複数の集団から設定する
- 上記調査に基づくと、六ヶ所村の産業別就業者数のほぼ半数を第三次産業が占めており、また、第三次産業については廃棄物埋設地に居住する人を想定することで代表できると考えられることから、最も可能性が高い自然事象シナリオにおいては評価対象個人を居住者とする。**

対象者	生活様式
漁業従事者	廃棄物埋設地に居住する人を対象とし、放射性物質が移行する水産物については保守的に自家消費されることを想定し、その他は一般的な市場に流通した食品を摂取することを想定する。
農業従事者	廃棄物埋設地に居住する人を対象とし、放射性物質が移行する農産物については保守的に自家消費されることを想定し、その他は一般的な市場に流通した食品を摂取することを想定する。 なお、水利用の場合は放射性物質を含む河川水を灌漑に利用する稲作とし、土地利用の場合は放射性物質を含む土壌上における畑作を想定する。
畜産業従事者	廃棄物埋設地に居住する人を対象とし、放射性物質が移行する畜産物については保守的に自家消費されることを想定し、その他は一般的な市場に流通した食品を摂取することを想定する。 ただし、放射性物質が移行する畜産物を摂取することによる被ばくは想定されない。
建設業従事者	廃棄物埋設地に居住する人を対象とし、一般的な市場に流通した食品を摂取することを想定する。また、汚染された土地において一般的な住宅等の建設作業を行うことを想定する。
居住者	廃棄物埋設地に居住する人を対象とし、家庭菜園により生産される農産物及び市場に流通した食品を摂取することを想定する。



*1: 畜産物摂取及び飲用水摂取は、敷地及びその周辺の社会環境を考慮すると放射性物質の移行が想定されないことから被ばく経路から除外

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(最も可能性が高い自然事象シナリオ) (35/38)



自然事象シナリオにおける被ばく経路及び線量評価結果

自然事象シナリオにおける被ばく経路*1

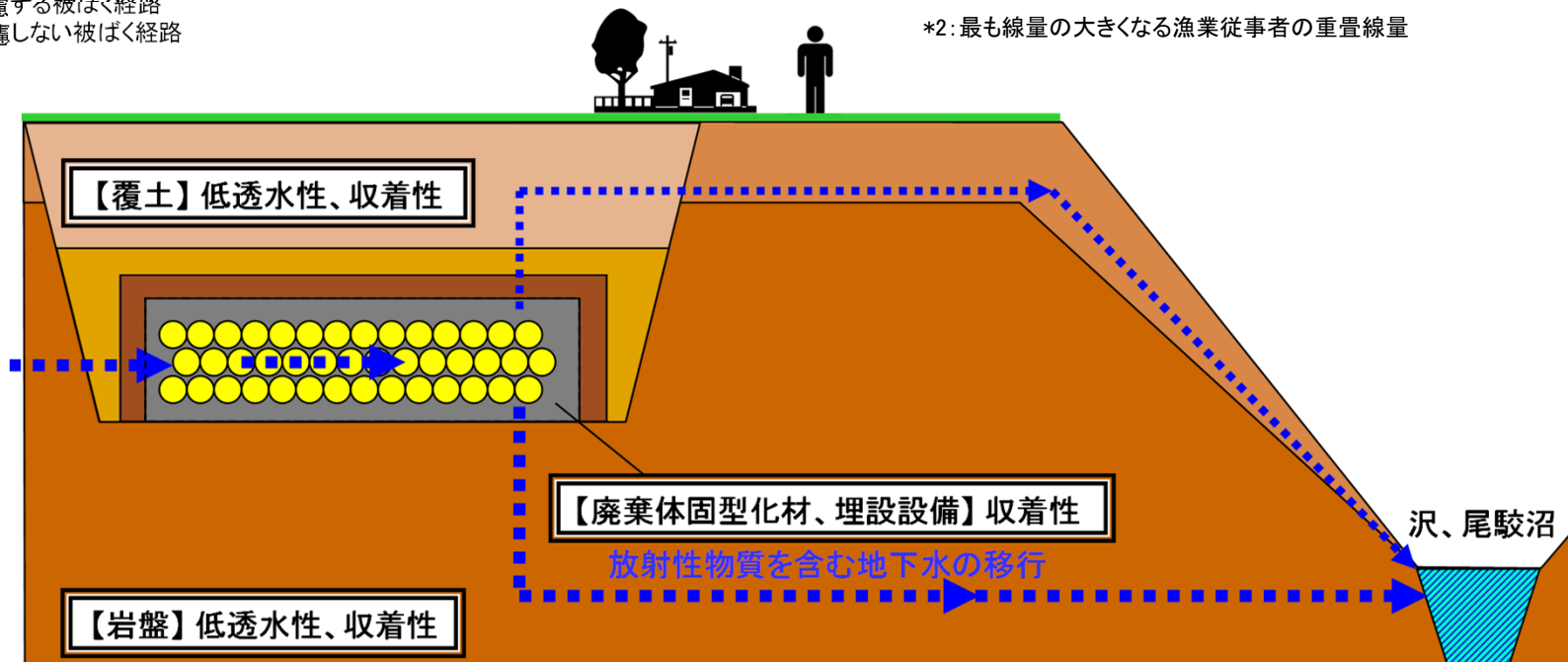
被ばく経路		漁業従事者	農業従事者(米以外)	農業従事者(米)	畜産業従事者	建設業従事者	居住者
地下水利用	水産物の摂取	○	○	○	○	○	○
	灌漑農産物の摂取	○	○	○	○	○	○
	灌漑農耕作業	—	—	○	—	—	—
土地利用	屋外労働作業(建設作業)	—	—	—	—	○	—
	居住	○	○	○	○	○	○
	農耕農産物の摂取	○	○	○	○	○	○

*1: ○: 考慮する被ばく経路
—: 考慮しない被ばく経路

自然事象シナリオにおける線量評価結果

廃止措置の開始後の線量評価結果		1号 [μ Sv/y]	2号 [μ Sv/y]	3号 [μ Sv/y]	重畳線量 [μ Sv/y]
最も厳しい自然事象シナリオ	漁業従事者	3.3	4.0	3.8	11*2
	農業従事者(米)	1.8	3.4	1.9	
	農業従事者(米以外)	1.7	3.4	1.8	
	畜産業事業者	0.66	0.63	0.62	
	建設業従事者	0.77	0.80	0.79	
居住者	0.82	0.87	0.85		
最も可能性が高い自然事象シナリオ	居住者	0.20	0.18	0.088	0.46

*2: 最も線量の大きくなる漁業従事者の重畳線量



3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(人為事象シナリオ) (36/38)



人為事象シナリオは、廃棄物埋設地の掘削による放射性物質の廃棄物埋設地からの漏えい、天然バリア中の移行及び当該掘削後の土地利用を考慮して、**典型的なもっともらしい様式化された人間侵入を考慮し、侵入者の受ける線量及び居住者の受ける線量を評価する。**

評価概要	状態設定
<p>(1)地質環境等、廃棄物埋設地</p> <ul style="list-style-type: none">居住者の受ける線量の評価に当たって、廃棄物埋設地のうち掘削による擾乱を受ける範囲の状態設定は、バリア機能の一部喪失を考慮するものとし、それ以外の状態設定は、本シナリオが発生の可能性の小さい仮想的なシナリオであることから、過度な保守性を避けるため、最も可能性が高い自然事象シナリオと同様とする。	<p>(1) 地質環境等、廃棄物埋設地</p> <ul style="list-style-type: none">建設業従事者の建設作業によって受ける被ばくは、地質環境等の状態は影響しない。大規模掘削後の土地利用及び水利用に伴う居住者の受ける線量の評価においては、発生の可能性の小さい仮想的なシナリオであることから、過度な保守性を避けるため、地質環境等の状態は最も可能性が高い自然事象シナリオと同様とする。建設業従事者の評価においては、大規模な掘削は、掘削される土壤に含まれる放射性物質が多く、保守的となるよう埋設設備底部まで掘削されるものと想定する。また、掘削が生じるまでの期間に、保守側となるよう放射性物質の漏出が生じないものと想定する。居住者の評価においては、大規模な掘削に伴い、廃棄物埋設地の物理的バリア機能である難透水性覆土及び下部覆土の低透水性の機能が周辺土壤程度まで低下するものとし、化学的バリア機能である各バリアの収着性の機能には影響が生じないものと設定する。大規模な掘削に伴うバリア機能喪失の範囲は、掘削範囲と難透水性覆土の施工範囲を考慮して設定する。

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十条 廃棄物埋設地(人為事象シナリオ) (37/38)



人為事象シナリオは、廃棄物埋設地の掘削による放射性物質の廃棄物埋設地からの漏えい、天然バリア中の移行及び当該掘削後の土地利用を考慮して、**典型的なもっともらしい様式化された人間侵入を考慮し、侵入者の受ける線量及び居住者の受ける線量を評価する。**

評価概要	状態設定
<p>(2) 生活環境</p> <ul style="list-style-type: none"> 本シナリオでは、敷地及びその周辺の一般的な土地利用では生じるとは考えられない廃棄物埋設地のバリアの損傷をもたらす人間活動を対象とし、廃棄物埋設地の偶発的な大規模掘削を行う建設業従事者及び掘削残土上に居住する公衆(以下「居住者」という。)が受ける線量を評価する。 	<p>(2) 生活環境</p> <ul style="list-style-type: none"> 廃棄物埋設地の大規模な掘削を行う建設業従事者と掘削後の土地利用を行う居住者について、線量の評価対象とする代表的な被ばく経路を設定する。居住者の被ばく経路として、掘削に伴うバリア機能喪失後の廃棄物埋設地からの地下水移行によって生じる被ばく(最も可能性が高い自然事象シナリオの水利用と同じ)も考慮する。 居住者の評価においては、掘削残土に埋設設備が含まれることを考慮して、居住者の遮蔽係数及び土壌の希釈係数を設定する。これら以外のパラメータは、過度な保守性を避けるため、最も可能性が高い自然事象シナリオと同様とする。

3. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性 第十条 廃棄物埋設地(人為事象シナリオ) (38/38)



人為事象シナリオにおける被ばく経路及び線量評価結果

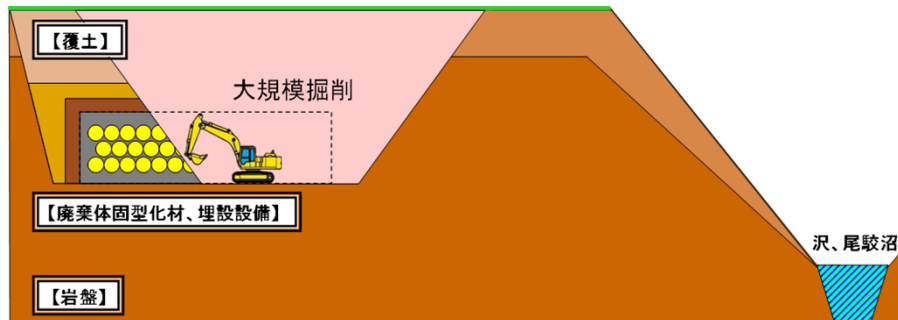
人為事象シナリオにおける被ばく経路*1

被ばく経路		建設業 従事者	居住者
地下水利用	水産物の摂取	—	○
	灌漑農産物の摂取	—	○
土地利用	屋外労働作業 (建設作業)	○	—
	居住	—	○
	農耕農産物の摂取	—	○

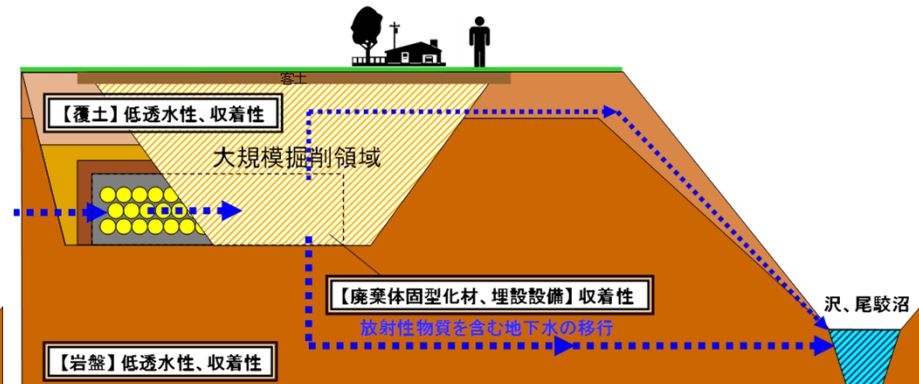
*1: ○: 考慮する被ばく経路
—: 考慮しない被ばく経路

人為事象シナリオにおける線量評価結果

廃止措置の開始後の 線量評価結果	1号 [μ Sv/y]	2号 [μ Sv/y]	3号 [μ Sv/y]	重畳線量 [μ Sv/y]
建設業従事者	5.9	5.8	2.5	5.9
居住者	44	37	19	44



人為事象シナリオ(廃棄物埋設地における大規模掘削)
の評価概念図



人為事象シナリオ(廃棄物埋設地における居住)
の評価概念図

2. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十一条 放射線管理施設



要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none"> • 事業所には、次に掲げるところにより、放射線管理施設を設けなければならない。 一. 放射線から放射線業務従事者を防護するため、線量を監視し、及び管理する設備を設けること。 二. 放射線から放射線業務従事者を防護するため、必要な情報を適切な場所に表示する設備を設けること。 	<ul style="list-style-type: none"> • 放射線から放射線業務従事者を防護するため、線量を監視し及び管理する設備については、既許可申請書の内容から変更は無い。(一号) • 放射線から放射線業務従事者を防護するために必要な情報として、管理区域には管理区域である旨及び区域区分の状況を示す標識を管理区域の出入り口付近の目の付きやすい箇所に設ける。また、管理建屋のゲート付近には、管理区域の設定範囲を表示するとともに、外部放射線に係る線量、空気中の放射性物質の濃度又は放射性物質の表面密度の基準による区域区分の状況を表示する表示板を設置する。(二号)

2. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十二条 監視測定設備



要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none"> 事業所には、次に掲げる事項を監視し、及び測定し、並びに必要な情報(第二号に掲げる事項に係るものに限る。)を適切な場所に表示できる設備を設けなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> 放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間は、排水・監視設備及び放射能測定装置を設置する。覆土完了から廃止措置の開始までの間は、地下水採取孔及び放射能測定装置を設置する。放射能測定装置は、線量告示に定められた周辺監視区域外の水中の濃度限度の100分の1程度の値を測定できる性能を有する設計とする。また、地下水採取孔は移行抑制機能の低透水性を著しく損なわない設計とし、排水・監視設備及び地下水採取孔は、有害な空隙が残らないよう必要な部位を解体し、埋戻しを行う。(一号)
<ul style="list-style-type: none"> 一. 廃棄物埋設地から漏えいする放射性物質の濃度及び線量 	<ul style="list-style-type: none"> 周辺監視区域境界付近における直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による放射線量、廃棄物埋設施設から放出する気体及び液体廃棄物の濃度の監視及び測定は、既許可から変更が無いとする。これらの測定結果を表示する設備を管理建屋内に設置する。(二号)
<ul style="list-style-type: none"> 二. 事業所及びその境界付近における放射性物質の濃度及び線量 	<ul style="list-style-type: none"> 定期的な評価等に必要なデータを取得するため、人工バリア及び天然バリアの漏出防止機能及び移行抑制機能並びにこれらの機能に影響を及ぼす廃棄物埋設地及びその周囲の状況を対象として、監視及び測定するための設備を設置する。また、人工バリア及び天然バリアの移行抑制機能に係る項目については、類似環境下での原位置試験及び必要に応じてそれを補完する室内試験により監視及び測定する設計とする。(三号)
<ul style="list-style-type: none"> 三. 地下水の水位その他の廃棄物埋設地及びその周囲の状況 	



監視測定設備の設置箇所概略図

監視測定設備の設置箇所と凡例

	周辺監視区域境界付近	廃棄物埋設地近傍	廃棄物埋設地
モニタリングポイント	●	△	△
地下水採取孔	●	●	△
地下水水位測定孔	●	●	●

その他監視測定設備: 排水・監視設備(廃棄物埋設地)、放射能測定装置・放射線サーベイ機器・排気用モニター・水質の分析装置(管理建屋等)

2. 許可基準規則への適合性 (3)要求事項に対する適合性

第十三条 廃棄施設 第十四条 予備電源 第十五条 通信連絡設備等



第十三条 廃棄施設の要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物埋設施設には、周辺監視区域の外の空气中及び周辺監視区域の境界における水中の放射性物質の濃度を十分に低減できるよう、必要に応じて、廃棄物埋設施設において発生する放射性廃棄物を処理する能力を有する廃棄施設(放射性廃棄物を保管廃棄する施設を除く。)を設けなければならない。 廃棄物埋設施設には、十分な容量を有する放射性廃棄物を保管廃棄する施設を設けなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄施設について既許可申請書の内容から変更は無い。 3号廃棄物埋設地の増設を考慮しても、公衆の受ける線量は、最大で約23 μ Sv/yである。 固体廃棄物の保管廃棄施設についても、3号廃棄物埋設施設を増設を考慮しても十分な容量を有しており、汚染拡大を考慮する必要の無い設計である。
第十四条 予備電源の要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none"> 安全機能を有する施設(その安全機能を維持するために電気の供給が必要なものに限る。)には、外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、監視設備その他必要な設備に使用することができる予備電源を設けなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物埋設施設の安全機能を有する施設について、その安全機能を維持する上で、電気の供給が必要なものは無いことから、予備電源を設置しない。
第十五条 通信連絡設備等の要求事項	適合性
<ul style="list-style-type: none"> 事業所には、廃棄物埋設施設に異常が発生した場合において事業所内の人に対し必要な指示ができるよう、警報装置及び通信連絡設備を設けなければならない。 事業所には、廃棄物埋設施設に異常が発生した場合において事業所外の通信連絡をする必要がある場所と通信連絡ができるよう、通信連絡設備を設けなければならない。 廃棄物埋設施設には、事業所内の人々の退避のための設備を設けなければならない。 	<ul style="list-style-type: none"> 異常が発生した場合において、事業所内外の通信連絡を行う設備としてページング設備、携帯電話等の異なる通信手段による所内外通信連絡設備を用いるとともに、サイレンを鳴動させることができる非常警報装置を設ける。これら通信連絡設備等については、外部電源喪失時にもバッテリー等の供給電源を備える。 事業所内の人々の退避のための設備として、避難用の非常用照明及び単純、明確かつ永続的な避難方法を明示した標識を備えた安全避難通路を施設内の道路等に設ける。

3. 保安のために講ずべき措置の変更予定時期



【変更対象:埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了まで】

- 埋設設備外への放射性物質の漏出がないことの監視を行い、異常な漏出があったと認められる場合には、速やかに埋設設備の修復その他必要に応じて適切な措置を講ずる。
- この段階の終了予定時期を以下のとおりとする。
 - 3号廃棄物埋設施設:埋設開始以降27年以内(追加)
 - 1号廃棄物埋設施設:1群から6群は埋設開始以降35年以内
7,8群は1群の埋設開始以降43年以内(変更)
 - 2号廃棄物埋設施設:埋設開始以降30年以内