

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項第二号及び第四号

への適合性について

2022年8月

日本原子力発電株式会社

目 次

1	はじめに.....	1
2	廃棄物埋設地の安全機能について.....	4
3	設計対象設備.....	5
4	第二種埋設許可基準規則への適合のための設計方針.....	5
4. 1	安全設計の方針.....	5
4. 2	安全機能.....	7
4. 2. 1	漏出低減機能.....	7
4. 2. 2	遮蔽機能.....	12
4. 3	廃棄物埋設地の設計に関して考慮する事項.....	14
4. 4	その他の設計.....	15
4. 4. 1	廃棄物埋設地に関する設計の留意事項.....	15
4. 4. 2	放射性物質の漏出を低減する機能を有すること.....	20
4. 4. 3	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.....	22
4. 4. 4	埋設時における埋設トレンチの雨水等の浸入を防止するための措置.....	23
4. 4. 5	準拠規格及び基準等.....	24
5	廃棄物埋設地の設計.....	25
5. 1	構成及び設置位置.....	25
5. 2	主要設備.....	30
5. 2. 1	覆土.....	30
5. 2. 2	表面遮水.....	42
6	参考文献.....	48

添付資料 1 廃棄物埋設地の設計の考え方

添付資料 2 埋設トレンチへの浸透水量

添付資料 3 第二種埋設許可基準解釈第 13 条第 1 項に関する補足説明

1 はじめに

本資料は、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について、「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」（以下「第二種埋設許可基準規則」という。）第十三条第1項第二号及び第四号並びに「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」（以下「第二種埋設許可基準解釈」という。）第13条第1項、第5項及び第6項への適合性を説明するものである。

第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第二号及び第四号並びに第二種埋設許可基準解釈第13条第1項、第5項及び第6項の要求事項を第1表に示す。

第1表 第二種埋設許可基準規則及び第二種埋設許可基準解釈の要求事項 (1/2)

第二種埋設許可基準規則	第二種埋設許可基準解釈
<p>(ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地)</p> <p>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。</p> <p>二 トレンチ処分に係る廃棄物埋設地は、その表面を土砂等で覆う方法その他の人工バリアを設置する方法により、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>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)</p> <p>1 第1号に規定する「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人工バリアを設置する方法」及び第2号に規定する「その表面を土砂等で覆う方法その他の人工バリアを設置する方法」とは、以下の設計をいう。</p> <p>一 埋設する放射性廃棄物に含まれる放射性物質の性質及び放射能濃度に応じて、設計時点において合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術によるものであること。</p> <p>二 劣化・損傷に対する抵抗性を考慮すること。</p> <p>三 劣化・損傷が生じた場合にも機能が維持できる(安全上支障のない期間内において速やかに修復できることが確実であることを含む。)構造・仕様であること。</p>

第1表 第二種埋設許可基準規則及び第二種埋設許可基準解釈の要求事項 (2/2)

第二種埋設許可基準規則	第二種埋設許可基準解釈
<p>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。</p>	<p>5 第1項第1号及び第2号の「廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減」については、平常時における廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出に伴う公衆の受ける線量が、第8条第1項に規定する「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」及び第17条第1項に規定する「周辺監視区域の外の大気中及び周辺監視区域の境界における水中の放射性物質」の放出により公衆の受ける線量を含め、法令に定める線量限度を超えないことはもとより、ALARAの考え方の下、実効線量で50マイクロシーベルト/年以下であること。</p> <p>6 第1項第2号に規定する「廃止措置の開始まで」とは、埋設の終了後50年程度を目安とする。</p>

2 廃棄物埋設地の安全機能について

第二種埋設許可基準規則第二条第2項第一号によって、「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。」とされている。

東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所 廃棄物埋設施設（以下「本施設」という。）の安全機能は、放射性物質の漏出を低減する機能（以下「漏出低減機能」という。）及び遮蔽機能で、これらの安全機能を有する施設は、廃棄物埋設地（漏出低減機能及び遮蔽機能）であり、廃棄物埋設地の安全機能は、廃棄物埋設地を構成する覆土（漏出低減機能及び遮蔽機能）により確保する。なお、放射性廃棄物の受入れの開始から最終覆土完了までの期間においては、表面遮水（漏出低減機能）を併用し、廃棄物埋設地の安全機能を確保する。

本施設に必要となる安全機能を維持する期間は、第2表に示すとおりである。廃止措置の開始後は、廃棄物埋設地が有する漏出低減機能及び遮蔽機能を期待できるように設計する。

第2表 廃棄物埋設地における安全機能を維持する期間

安全機能	廃止措置の開始前	
	埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から最終覆土完了まで	最終覆土完了から廃止措置の開始まで
漏出低減機能	○	○
遮蔽機能	○	○

○：安全機能を維持する

3 設計対象設備

第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第二号及び第四号の設計対象設備は、廃棄物埋設地のうち充填砂，中間覆土，側部低透水性覆土，最終覆土及び表面遮水とする。

4 第二種埋設許可基準規則への適合のための設計方針

4. 1 安全設計の方針

本施設は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（以下「原子炉等規制法」という。）等の関係法令の要求を満足するとともに、第二種埋設許可基準規則に適合する構造とする。

本施設は、「消防法」、「建築基準法」等の法令，規格及び基準を踏まえ適切な対策を講じた設計とする。

また，平常時において，周辺監視区域外の公衆の受ける線量及び放射線業務従事者の受ける線量が原子炉等規制法に基づき定められている線量限度を超えないように設計する。さらに，公衆の受ける線量については，合理的に達成できる限り低くなるように設計する。

具体的には，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，平常時における廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出に伴う公衆の受ける線量が，本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敷地（以下「敷地」という。）周辺の線量及び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放出により公衆の受ける線量が「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」（以下「線量告示」という。）に定められている線量限度を超えないことはもとより，公衆の受ける線量が As Low As Reasonably Achievable（ALARA）の考えの下，合理的に達成

できる限り低くなるように設計する。

放射線業務従事者は、その受ける線量が線量告示で定められた線量限度を超えない設計とする。

異常が発生した場合においても敷地周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないように設計する。

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。

「廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態」とは、自然現象による放射性物質の廃棄物埋設地からの漏出、天然バリア中の移動、河川等への移動及び現在の廃棄物埋設地周辺の人の生活様式等を考慮したシナリオ（廃棄物埋設地の掘削を伴うものを除く。）に基づき評価される公衆の受ける線量が、最も厳しいシナリオによる評価において $300 \mu\text{Sv}/\text{y}$ を超えず、最も可能性が高いシナリオによる評価において $10 \mu\text{Sv}/\text{y}$ を超えないこと、廃止措置の終了直後における廃棄物埋設地の掘削を伴う土地利用を考慮したシナリオに基づき、評価される公衆（廃棄物埋設地の掘削を行う者及び掘削された廃棄物埋設地の土地利用を行う者に限る。）の受ける線量が、外周仕切設備等と同等の掘削抵抗性を有する設備を設置したトレンチ処分にあつては $1 \text{mSv}/\text{y}$ を超えないことをいう。

廃棄物埋設地に埋設する放射性廃棄物は、日本原子力発電株式会社東海発電所から発生する固体状の放射性廃棄物であつて、中性子線の作用により放射化された金属及びコンクリート又は原子炉冷却材等で汚染された金属及びコンクリートであり、これらの放射性廃棄物は容器等に収納又はこん包されたものである。このため、容器等が損傷しない限り、放射性物質は漏えいすることはない。また、これらの放射性廃棄物は、「核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則」（以下「事業

規則」という。)の別表第二の上欄に掲げる放射性物質についての放射能濃度がそれぞれ同表の下欄に掲げる放射能濃度を超えないものであって、第八条第1項第二号イ、同条第1項第二号ロ(2)及び同条第3項に定める放射性廃棄物等の技術上の基準に適合するものであることを踏まえて、安全性を確保するために、本施設は、漏出低減機能及び遮蔽機能を有する設計とする。

本施設は、安全性を確保する上で常時機能維持を必要とする動的な設備・機器は不要であることから、静的な設備・機器により、安全性を確保することとする。

4. 2 安全機能

以下に各安全機能の設計方針について記載する。

廃棄物埋設地の設計の考え方については添付資料1「1 廃棄物埋設地の設計の考え方」に記載する。

4. 2. 1 漏出低減機能

(1) 設計方針

漏出低減機能は、充填砂、中間覆土(最上段を除く)、側部低透水性覆土、最終覆土及び表面遮水により廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減するため、放射性廃棄物を埋設した埋設トレンチ(以下「埋設が完了したトレンチ」という。)内への雨水等の浸入を抑制する機能並びに放射性物質を収着する機能を有する設計とする(第6図及び第8図参照)。

なお、表面遮水は、表面遮水の設置完了後(区画ごとの最上段の中間覆土及び最終覆土の一部(基礎層)施工後に表面遮水を設置)から最終覆土の設置開始までの間において機能を有し、最終覆土は、最終覆土の設置完了後から廃止措置の開始までの間において、埋設が完了したトレンチ内への雨水等の浸入を抑制する機能を有する設計とする。

埋設が完了したトレンチ内への地下水の浸入を抑制する機能については、地下水面より上に埋設トレンチを設置することにより埋設が完了したトレンチ内への地下水の浸入を抑制する設計とする。

埋設が完了したトレンチ内への雨水等の浸入を抑制する機能については、最終覆土の設置完了までの間は、低透水性を有する土質材料の側部低透水性覆土を埋設トレンチの側部に、低透水性を有する表面遮水を最終覆土の一部（基礎層）が施工された埋設トレンチの上部に設置することにより雨水等の浸入を抑制する設計とする。

放射性物質を収着する機能として、充填砂及び中間覆土（最上段を除く）に、収着性を有する土質材料を用いる設計とする。

また、充填砂、中間覆土（最上段を除く）、側部低透水性覆土、最終覆土及び表面遮水の漏出低減機能の設計に当たっては、天然バリアによる放射性物質の移動を抑制する機能を考慮し、廃棄物埋設地の周辺の地盤（*du*層及び帯水層）の有する収着性を期待する。

これらにより、表面遮水の設置完了後から廃止措置の開始までの間において、平常時における廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出に伴う公衆の受ける線量が、本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敷地周辺の線量及び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放出により公衆の受ける線量を含め、実効線量で $50 \mu\text{Sv}/\text{y}$ 以下となる設計とする。

また、廃止措置の開始後において、埋設した放射性廃棄物に起因して発生することが想定される放射性物質によって公衆の受ける線量が、第二種埋設許可基準規則を満たす設計とし、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設計とする。

(2) 安全設計

漏出低減機能は、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減するため、埋設が完了したトレンチ内への雨水等及び地下水の浸入を抑制する機能並びに放射性物質を収着する機能を有する設計とする。

なお、表面遮水は、表面遮水の設置完了後（区画ごとの最上段の中間覆土及び最終覆土の一部（基礎層）施工後に表面遮水を設置）から最終覆土の設置開始までの間において機能を有し、最終覆土は、最終覆土の設置完了後から廃止措置の開始までの間において、埋設が完了したトレンチ内への雨水等の浸入を抑制する機能を有する設計とする。

埋設が完了したトレンチ内への地下水の浸入を抑制する機能については、地下水面より上に埋設トレンチを設置することにより埋設が完了したトレンチ内への地下水の浸入を抑制する設計とする。

埋設が完了したトレンチ内への雨水等の浸入を抑制する機能については、最終覆土の設置完了までの間は、低透水性を有する土質材料の側部低透水性覆土を埋設トレンチの側部に、低透水性を有する表面遮水を最終覆土の一部（基礎層）が施工された埋設トレンチの上部に設置することにより雨水等の浸入を抑制する設計とする。

放射性物質を収着する機能として、充填砂及び中間覆土（最上段を除く）に、収着性を有する土質材料を用いる設計とする。

廃棄物埋設地は、以下に示す設計を行うことにより、表面遮水の設置完了後から廃止措置の開始までの間において、平常時における廃棄物埋設地の外へ放射性物質の漏出に伴う公衆の受ける線量が、本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敷地周辺の線量並びに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放出により公衆の受ける線量を含め、実効線量で $50 \mu\text{Sv}/\text{y}$ 以下となる設計

とする。

また、廃止措置の開始後において、埋設した放射性廃棄物に起因して発生することが想定される放射性物質によって公衆の受ける線量が、第二種埋設許可基準規則を満たす設計とし、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設計とする。

各部材に期待する漏出低減機能を構成する機能を第3表に示す。

a. 表面遮水

- (a) 表面遮水は、低透水性を有する設計とする。
- (b) 表面遮水は、変形追従性を有する遮水シートを採用する。
- (c) 表面遮水は、劣化・損傷が生じた場合、安全上支障のない期間内において速やかに修復することにより必要な機能を維持する設計とする。
- (d) 表面遮水は、雨水等が浸透して埋設が完了したトレンチ内に浸入することを抑制するように、区画ごとの最上段の中間覆土及び最終覆土の一部（基礎層）施工後に、埋設が完了したトレンチの上部に設置する。
- (e) 表面遮水に対する設計、材料の選定、建設・施工及び検査は、事業規則、第二種埋設許可基準規則等に基づくほか、利用可能な最善の技術として最新の知見を確認する。2022年度時点での最新の知見としては、「遮水シート日本遮水工協会自主基準」⁽¹⁾及び「廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領（2010改訂版）」⁽²⁾を参照する。

b. 覆土

- (a) 側部低透水性覆土及び最終覆土は、低透水性を有する設計とする。
- (b) 充填砂及び中間覆土（最上段を除く）は、収着性を有する土質材料

を用いる設計とする。

- (c) 側部低透水性覆土及び最終覆土は、長期的に安全性が損なわれ難い天然材料である土質材料を採用する。

なお、側部低透水性覆土及び最終覆土の材料は、実際の調達時期により詳細な材料特性が変わる可能性があるが、その場合にも要求性能を満足することを確認したうえで用いることとする。

- (d) 側部低透水性覆土及び最終覆土は、長期的な力学的影響に対して、変形追従性を考慮する。
- (e) 側部低透水性覆土及び最終覆土は、劣化・損傷が生じた場合にも必要な機能を有する構成・仕様とするため、側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透水性を有する層を十分な厚さとする。
- (f) 側部低透水性覆土は、雨水等が浸透して埋設が完了したトレンチの側部から浸入することを抑制するように、埋設トレンチの側部に設置する。

最終覆土は、雨水等が浸透して埋設が完了したトレンチの上部から浸入することを抑制するように、埋設トレンチの上部に設置する。

側部低透水性覆土及び最終覆土による埋設トレンチへの浸透水抑制対策の効果については、添付資料2「埋設トレンチへの浸透水量」に詳細を示す。

- (g) 側部低透水性覆土、最終覆土、充填砂及び中間覆土（最上段を除く）に対する設計、材料の選定、建設・施工及び検査は、事業規則、第二種埋設許可基準規則等に基づくほか、利用可能な最善の技術として最新の知見を確認し、現状入手できる材料を用いる。2022年度時点での最新の知見としては、「道路土工要綱」⁽³⁾、「道路土工－盛土工指針」⁽⁴⁾及び「河川土工マニュアル」⁽⁵⁾を参照する。

第3表 各部材に期待する漏出低減機能を構成する機能

部材		埋設が完了した トレンチ内への 雨水等の浸入を 抑制する機能	放射性物質を 収着する機能
表面遮水 ^{※1}		○	—
覆土	最終覆土	○	—
	中間覆土（最上段除く）	—	○
	側部低透水性覆土	○	—
	充填砂	—	○

○：期待する

—：期待しない

※1：表面遮水は、区画ごとの最上段の中間覆土及び最終覆土の一部（基礎層）施工後に設置され、最終覆土完了の設置開始時には撤去されるため、表面遮水の設置完了後から最終覆土完了の設置開始までの間において機能を期待する部材である。

4. 2. 2 遮蔽機能

(1) 設計方針

遮蔽機能は、埋設する放射性廃棄物の表面線量当量率、位置等を考慮し、中間覆土により、敷地周辺の公衆の受ける線量、放射線業務従事者の受ける線量及び管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者の受ける線量が、線量告示で定められた線量限度を超えないことはもとより、As Low As Reasonably Achievable (ALARA) の考えの下、合理的に達成できる限

り低くできる設計とする。

放射線の遮蔽に関する構造は、廃棄物埋設地のうち中間覆土により構成し、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被ばくから敷地周辺の公衆、放射線業務従事者並びに管理区域外の人が立ち入る場所に滞在する者を防護する。

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から最上段の中間覆土完了までの間においては、施工した中間覆土により放射線の遮蔽を行う。また、最上段の中間覆土完了後から廃止措置の開始までの間においては、最上段まで施工された中間覆土により放射線の遮蔽を行う。

平常時における本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公衆の受ける線量が、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出による公衆の受ける線量並びに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放出により公衆の受ける線量を含め、実効線量で $50 \mu\text{Sv}/\text{y}$ 以下となる設計とする。

(2) 安全設計

廃棄物埋設地は、以下に示す設計を行うことにより、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被ばくから敷地周辺の公衆、放射線業務従事者並びに管理区域以外の人が立ち入る場所に滞在する者の受ける線量を合理的に達成できる限り低減できる設計とする。

平常時における本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公衆の受ける線量が、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出による公衆の受ける線量並びに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放出により公衆の受ける線量を含め、実効線量で $50 \mu\text{Sv}/\text{y}$ 以下となる設計とする。

a. 埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から最上段の中間覆土完了まで

の間においては、以下に示す設計を行うことにより、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、放射線業務従事者並びに管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者の受ける線量を低減できる設計とする。

(a) 門型クレーン等による放射性廃棄物の取扱い時間を合理的に達成できる限り短くし、放射性廃棄物を埋設トレンチに定置する。

(b) 放射性廃棄物の定置作業は区画ごとに実施し、埋設区画1段分の放射性廃棄物を定置後は速やかに中間覆土を施し、覆土されていない放射性廃棄物の数を少なくする。

b. 最上段の中間覆土完了後においては、中間覆土により、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並びに管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者の受ける線量を低減できる設計とする。

c. 周辺監視区域の廃止後は、公衆が事業所内に立ち入る可能性を考慮し、中間覆土により事業所内に立ち入る公衆の受ける線量を線量限度以下に低減できる設計とする。

遮蔽の評価結果については、「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八条（遮蔽等）への適合性について」において別途説明する。

4. 3 廃棄物埋設地の設計に関して考慮する事項

廃棄物埋設地は、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、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減するため、以下について考慮した設計とする。

- ・埋設する放射性廃棄物に含まれる放射性物質の性質及び放射能濃度に応じて、設計時点において合理的かつ利用可能な最善の建設・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が維持できる（安全上支障のない期間内において速やかに修復できることが確実であることを含む。）構造・仕様であること。

また、廃棄物埋設地は、埋設する放射性物質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を損なわない設計とする。

埋設する放射性廃棄物及び覆土には可燃性の化学物質、可燃性ガスを発生させる化学物質を含めないが、安全機能に影響を及ぼす可能性のあるその他の化学物質として、放射性廃棄物のうちコンクリートから溶出する成分を含む浸透水との影響を考慮し、低透水性及び収着性への影響を確認した材料を使用する設計とする。

本施設の設計、材料の選定、建設・施工及び検査に当たっては、原則として国内法規に基づく規格及び基準に準拠する。なお、外国の規格及び基準による場合又は規格及び基準で一般でないものを適用する場合には、それらの規格及び基準の適用の根拠、国内法規に基づく規格及び基準との対比並びに適用の妥当性を明らかにする。

4. 4 その他の設計

4. 4. 1 廃棄物埋設地に関する設計の留意事項

廃棄物埋設地は、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、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減するため、以下について留意した設計とする。

(1) 埋設する放射性廃棄物に含まれる放射性物質の性質及び放射能濃度に応じて、設計時点において合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術によるものであること

廃棄物埋設地の設計については、放射性物質の種類、性質及び放射能濃度により、主に半減期や放出される放射線エネルギーが異なることを考慮する。

- ・半減期の長い放射性物質に対しては、人工バリアによる漏出低減機能により長期的に廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減するとともに、天然バリアにより長期的に廃棄物埋設地の外に漏出した放射性物質の移動を抑制し、放射能減衰を図ることで公衆の受ける線量を低減する。
- ・半減期が短く放射線のエネルギーが大きい放射性物質に対しては、遮蔽機能により放射能が有意に減衰するまで遮蔽を確保することで、公衆の受ける外部被ばく線量を低減する。

また、廃棄物埋設地は、保全に関する措置を必要としない状態に移行できるように設計する。

廃棄物埋設地の設計は、設計時点において合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術によるものとし、既存の設計・施工実績を考慮する。

以上により、廃棄物埋設地に要求される安全機能及びその安全機能を維持すべき期間を踏まえたうえで、設計時点において合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術として広く活用され、かつ実績を多数有している建設・施工技術を用いる。

安全機能に対する期間ごとに、合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術について以下に示す。

a. 埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から最終覆土完了までの期間

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から最終覆土完了までの期間は、安全機能（漏出低減機能及び遮蔽機能）を有する部位ごとの要求性能に加え、材料の選定、建設・施工及び検査を考慮した構造物として設計する。以下の内容を満足することで、合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術とする。

(a) 合理的な建設・施工技術

充填砂及び中間覆土（最上段を除く）の収着性、側部低透水性覆土の透水特性、及び中間覆土の遮蔽性能は、最終覆土の設置完了後も期待するため、力学的・化学的作用により安全性が損なわれ難い天然材料である土質材料を用いた土構造物とすることが合理的である。

表面遮水の透水特性は、最終覆土の設置完了までの比較的短い期間期待するものであり、最終覆土の設置時には撤去することから、点検・補修等による機能維持が可能な遮水シートを用いることが合理的である。

(b) 利用可能な最善の建設・施工技術

土構造物等としての設計、材料の選定、建設・施工及び検査については、利用可能な最善の建設・施工技術として、最新の知見を確認する。2022年度時点での最新の知見としては、「遮水シート日本遮水工協会自主基準」⁽¹⁾、「廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領（2010改訂版）」⁽²⁾、「道路土工要綱」⁽³⁾及び「河川土工マニュアル」⁽⁵⁾を参照する。

なお、土構造物施工時の品質管理方法は、中間覆土及び側部低透水性覆土施工時に行う施工試験結果を用いて最終決定する。

安全機能に対する設計としては以下のとおり。

- ・漏出低減機能は、低透水性として透水係数及び厚さを確保する設

計とし、収着性を有する土質材料を用いる設計とすること。

- ・遮蔽機能は、敷地周辺の公衆、放射線業務従事者及び管理区域外の人が入る場所に滞在する者への被ばくを低減するため、中間覆土の密度及び厚さを確保することで、放射線の遮蔽性能を有する設計とすること。

b. 最終覆土の設置完了後

最終覆土の設置完了後は、安全機能（漏出低減機能及び遮蔽機能）を有する部位ごとの要求性能に加え、材料の選定、建設・施工及び検査を考慮した構造物として設計する。以下の内容を満足することで、合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術とする。

(a) 合理的な建設・施工技術

最終覆土の透水特性は、長期的に期待するため、力学的作用により安全性が損なわれ難い天然材料である土質材料及び岩石質材料を用いた土構造物とすることが合理的である。

(b) 利用可能な最善の建設・施工技術

土構造物としての設計、材料の選定、建設・施工及び検査については、利用可能な最善の建設・施工技術として、最新の知見を確認する。2022年度時点での最新の知見としては、「道路土工要綱」⁽³⁾、「道路土工－盛土工指針」⁽⁴⁾及び「河川土工マニュアル」⁽⁵⁾を参照する。

なお、施工時の品質管理方法は、最終覆土施工時に行う施工試験結果を用いて最終決定する。

安全機能に対する設計としては以下のとおり。

- ・漏出低減機能は、低透水性として透水係数及び厚さを確保する設計とし、収着性を有する土質材料を用いる設計とすること。

(2) 劣化・損傷に対する抵抗性を考慮すること

a. 表面遮水

変形追従性を考慮し、合成ゴム及び合成樹脂系の遮水シートを用いることにより、表面遮水は劣化・損傷に対する抵抗性を有する設計とする。

b. 覆土

変形追従性を考慮し、粒径分布に広がりを持った土質材料を用いることにより、劣化・損傷に対する抵抗性を有する設計とする。

長期状態において想定される劣化・損傷事象を抽出し、覆土の低透水性に影響を及ぼす要因に対して、長期的に低透水性を維持するための要求機能を満たす見通しのある設計とする。

(3) 劣化・損傷が生じた場合にも当該機能が維持できる構造・仕様であること

a. 表面遮水

補修可能な遮水シートを設置することで、劣化・損傷が生じた場合においても、安全上支障のない期間内において速やかに修復し、漏出低減機能を維持する構造・仕様とする。

b. 覆土

長期的に発生が予想される力学的影響に対して機能維持が受動的に期待できるよう、十分な厚さの最終覆土を設置することで、劣化・損傷が生じた場合においても、漏出低減機能を維持する構造・仕様とする。

線量評価上用いる各性能は、線量評価の状態設定における不確実性を包含する設定とすることにより、廃棄物埋設地全体として線量基準を満足するようにする。

これらにより、劣化・損傷が生じた場合においても、漏出低減機能を維持する構造・仕様とする。

4. 4. 2 放射性物質の漏出を低減する機能を有すること

(1) 設計方針

「廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する」について、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、公衆の受ける線量が法令に定める線量限度を超えないことはもとより、As Low As Reasonably Achievable (ALARA) の考え方の下、合理的に達成できる限り十分に低くなるよう、実効線量で $50 \mu\text{Sv}/\text{y}$ 以下となる設計とする。

(2) 評価方法

a. 線量評価シナリオ

廃棄物埋設地からの移動に関する評価対象とする線量評価シナリオは、地下水中の放射性物質が移動する海の家産物の摂取に伴う内部被ばくとする。

この経路は、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、埋設トレンチを通過する浸透水中の放射性物質が移動する海の家産物の摂取による内部被ばくであり、食生活が標準的である人で、海産物を摂取する人を対象とする。

b. 線量評価モデル

廃棄物埋設地からの移動に関する評価対象とする評価モデルは、廃棄物埋設地から漏出する放射性物質が、廃棄物埋設地直下の地下水により海に流入するものとして設定する。海産物を摂取する場合の内部被ばくの評価は、「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」の(1)式から(16)式及び(21)式を用いて評価する。

c. 線量評価パラメータ

廃棄物埋設地から漏出する放射性物質の量の評価に当たっては、最終覆土の設置完了直後から放射性物質の漏出が開始するとし、「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」に示す最も可能性が高い自然事象シナリオに用いる線量評価パラメータに基づいて評価する。

なお、最終覆土の設置完了直後の放射エネルギーは、「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」の第4表の「No.5：廃棄物受入れ時の放射性核種 i の総放射エネルギー」の値とし、最終覆土の設置完了後の時間の経過による放射性物質の減衰を考慮する。その他の線量評価パラメータは同資料の第4表の値を用いる。

d. 評価結果

埋設する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ける地下水中の放射性物質が移動する海での海産物の摂取に伴う内部被ばく線量は約 $6.9 \times 10^{-3} \mu\text{Sv}/\text{y}$ である。

また、第二種埋設許可基準規則第八条に規定する「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」により公衆の受ける外部被ばく線量の最大値は、埋設する廃棄物の受入れの開始から全区画の最上段中間覆土完了までの間においては約 $3.8 \times 10^1 \mu\text{Sv}/\text{y}$ であり、全区画の最上段中間覆土完了から廃止措置の

開始までの間においては約 $1.1 \times 10^1 \mu\text{Sv}/\text{y}$ である。

なお、埋設する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ける第二種埋設許可基準規則第十七条第1項に規定する「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」の放出により公衆の受ける線量については、本施設は廃棄施設を設置しないことから、考慮する必要はない。

以上より、埋設する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ける公衆の受ける合計線量は、最大約 $3.8 \times 10^1 \mu\text{Sv}/\text{y}$ となり、本施設は、法令に定める線量限度を超えないことはもとより、公衆に対して合理的に達成できる限り十分に低い線量となる施設の設計となっている。

4. 4. 3 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

埋設する放射性廃棄物及び覆土には可燃性の化学物質、可燃性ガスを発生する化学物質を含めない。一方、廃棄物埋設地の安全機能に影響を及ぼす可能性のあるその他の化学物質としては、放射性廃棄物のうちコンクリートから溶出した成分を含む浸透水との反応による影響を考慮する必要がある。

最終覆土の設置完了前の安全機能については、中間覆土において遮蔽機能を期待し、表面遮水、側部低透水性覆土、充填砂及び中間覆土（最上段を除く）において漏出低減機能を期待している。遮蔽機能については、中間覆土が十分な厚さを有しており、化学物質との接触による中間覆土の厚さ減少及び密度低下は無視できると考えられる。漏出低減機能については、埋設が完了したトレンチへの雨水等の浸透に伴うコンクリートから溶出した成分が、埋設トレンチ内の充填砂及び中間覆土（最上段を除く）の収着性に影響を及

ばす可能性がある。なお、最上段の中間覆土は、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から溶出した成分を含む浸透水の影響を受けない。

最終覆土の設置完了後の安全機能については、中間覆土において遮蔽機能を期待し、充填砂、中間覆土（最上段を除く）、側部低透水性覆土及び最終覆土において漏出低減機能を期待している。遮蔽機能については、中間覆土が十分な厚さを有しており、化学物質との接触による中間覆土の厚さ減少及び密度低下は無視できると考えられる。漏出低減機能については、埋設が完了したトレンチへの雨水等の浸透に伴うコンクリートから溶出した成分が、埋設トレンチ内の充填砂及び中間覆土（最上段を除く）の収着性に影響を及ぼす可能性がある。なお、最終覆土及び最上段の中間覆土は、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から溶出した成分を含む浸透水の影響を受けず、水理的には側部低透水性覆土からコンクリートへの流れとなる。また、年間の浸透水量は非常に小さく、コンクリート廃棄物からの溶出水量も小さいため、コンクリートから溶出したセメント成分による影響は小さい。

上記のように可能性が考えられる化学物質の影響に対する対策として、充填砂及び中間覆土（最上段を除く）に使用する材料については、化学物質による収着性及び低透水性への影響を考慮し、収着性及び低透水性への影響を確認した材料を使用する設計とする。また、充填砂及び中間覆土（最上段を除く）については化学的安定性の高い材料で構成する設計とする。

4. 4. 4 埋設時における埋設トレンチの雨水等の浸入を防止するための措置

埋設時における埋設トレンチの雨水等の浸入を防止するため、以下の措置

を行う。

- ・埋設トレンチに放射性廃棄物の埋設を行っている区画については，埋設トレンチのうち埋設作業を行っている区画の上部に雨水浸入防止用テント（可動式）（以下「雨水防止テント」という。）を設置し，埋設トレンチ内への雨水等の浸入を防止する。

4. 4. 5 準拠規格及び基準等

本施設は，設計，材料の選定，建設・施工及び検査を通じて信頼性のあるものとする。本施設の設計等に当たっては，安全機能を確保するため原則として国内法規に基づく規格及び基準に準拠する。ただし，外国の規格及び基準による場合又は規格及び基準で一般的でないものを適用する場合には，それらの規格及び基準の適用の根拠，国内法規に基づく規格及び基準との対比並びに適用の妥当性を明らかにし，安全機能に問題がないことを確認する。

本施設の設計等に当たっては，原子炉等規制法，事業規則，第二種埋設許可基準規則，第二種埋設許可基準解釈及び線量告示に基づくとともに，必要に応じて以下の法令，規格，基準等に準拠する。

- ・ 建築基準法
- ・ 労働安全衛生法
- ・ 消防法
- ・ 電気事業法
- ・ 日本産業規格（J I S）
- ・ 日本電機工業会規格（J E M）
- ・ 道路土工要綱（日本道路協会）
- ・ 道路土工－盛土工指針（日本道路協会）
- ・ 河川土工マニュアル（国土技術研究センター）

- ・遮水シート日本遮水工協会自主基準（日本遮水工協会）
- ・廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領（2010改訂版）（全国都市清掃会議）

5 廃棄物埋設地の設計

廃棄物埋設地の設計内容について説明する。

5. 1 構成及び設置位置

廃棄物埋設地は、第二種廃棄物埋設を行う放射性廃棄物を埋設する埋設トレンチ及び覆土により構成する。

廃棄物埋設地の埋設トレンチの最大埋設能力は、最大約 24,000 m³である。

埋設トレンチは、放射性廃棄物の底面が東京湾中等潮位（以下「T.P.」という。）約+4 mとなるように掘り下げて設置し、1区画が約 8 m×約 15 mとなるようにH形鋼と矢板（以下「仕切板」という。）により区分し、合計で 42 区画設ける。なお、埋設トレンチは、西側 18 区画と東側 24 区画に分ける（第 1 図及び第 2 図参照）。

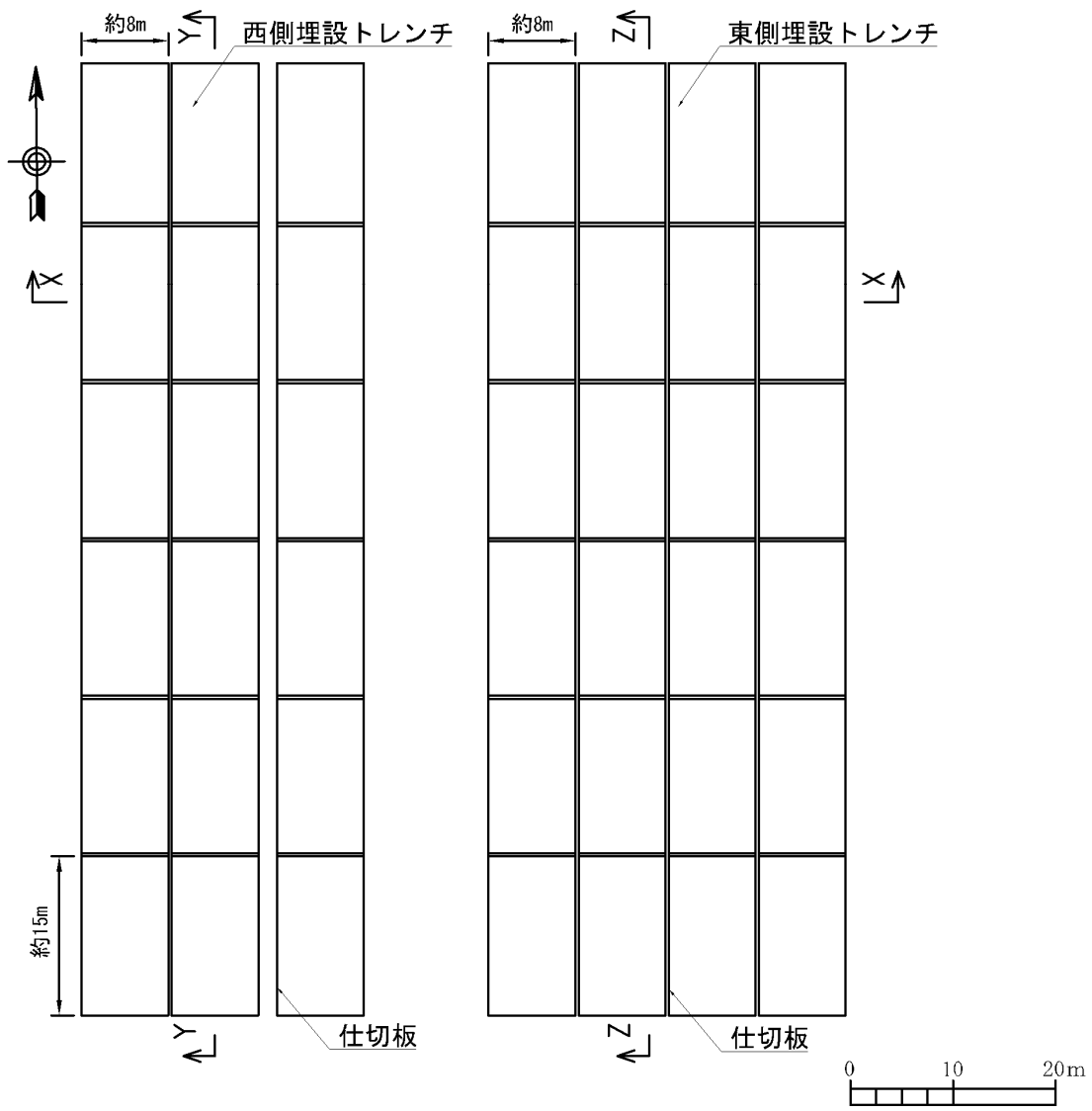
本施設は、自重及び操業時の荷重等に加え、耐震重要度の分類に応じて算定する地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分に支持性能を有する地盤に設置する。

覆土は、充填砂、側部低透水性覆土、中間覆土及びその上面を覆う最終覆土で構成するが、最終覆土の設置完了までの間は、充填砂、側部低透水性覆土、中間覆土、最終覆土の一部（基礎層）で覆土を構成し、その上面に表面遮水を設置する（第 4 図、第 5 図、第 6 図、第 7 図及び第 8 図参照）。

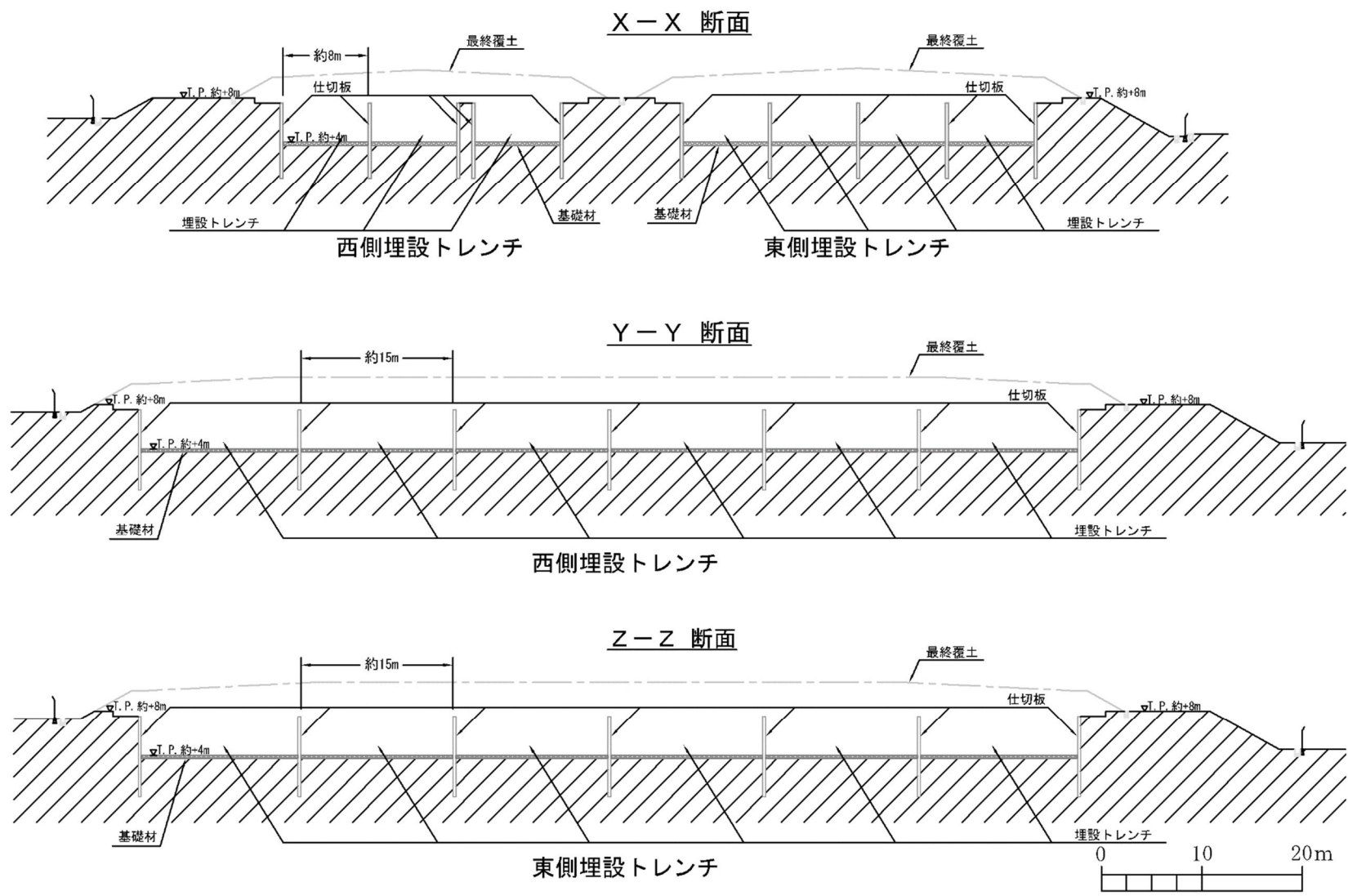
廃棄物埋設地は、東海発電所及び東海第二発電所の周辺監視区域内に設置する（第 3 図参照）。

廃棄物埋設地の設置位置選定の考え方については添付資料 1 「2 廃棄物

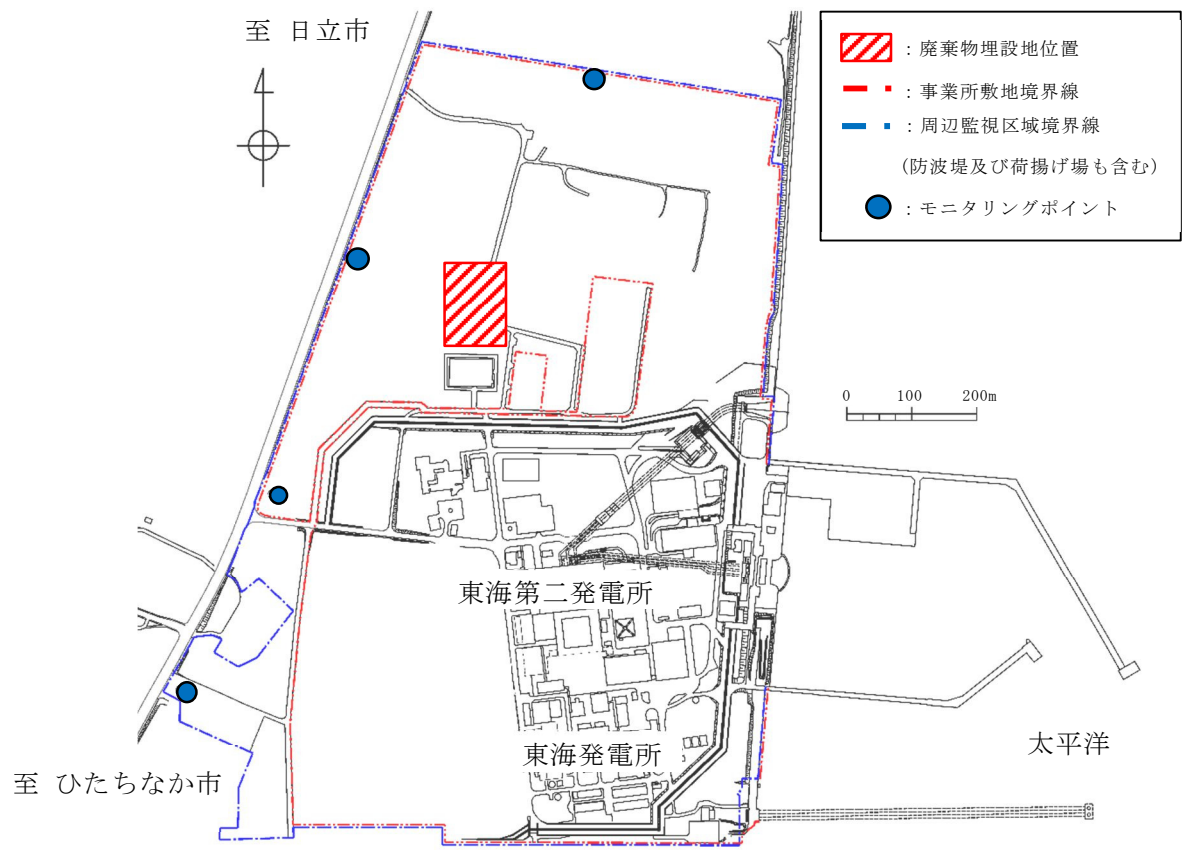
埋設地の基本的考え方」に記載する。



第1図 埋設トレンチの平面図



第2図 埋設トレンチの断面図



第3図 廃棄物埋設地位置図

5. 2 主要設備

5. 2. 1 覆土

(1) 構成及び安全機能

覆土は、充填砂、中間覆土、側部低透水性覆土及び最終覆土により構成する。

側部低透水性覆土及び最終覆土の低透水性により放射性物質の漏出を低減し、中間覆土の遮蔽性により放射線の遮蔽を行う。

なお、評価において充填砂及び中間覆土（最上段を除く）の収着性により漏出低減機能を期待できる設計とする。

(2) 要求性能

安全機能を確保するために必要な要求性能を整理する。

覆土の部位ごとに設定した要求性能及び設計要件を第4表に示す。

a. 技術要件及び設計項目

土構造物の一般的な設計・施工に係る事項については、「道路土工要綱」⁽³⁾、「道路土—盛土工指針」⁽⁴⁾及び「河川土工マニュアル」⁽⁵⁾等の基準類に従う。

覆土の主な設計項目については、安全機能に係る技術要件及びそれに必要な特性を踏まえ、次のとおり整理する。

(a) 漏出低減機能

覆土の漏出低減機能は、埋設トレンチ内を通過する雨水等に伴う浸透水量を低減することである。

埋設トレンチを通過する浸透水量（通過流量）は、最終覆土及び側部低透水性覆土の透水特性によって影響を受けることから、最終覆土及び側部低透水性覆土に対する技術要件は透水特性（低透水性）であり、その設計項目は、透水係数及び厚さである。

また、漏出低減機能については、長期にわたり機能を維持する必要があるため、透水係数、厚さの変化に影響を及ぼす要因について抽出する。長期状態において最終覆土及び側部低透水性覆土の透水特性に影響を及ぼす要因とその機構を第5表に示す。影響要因の抽出については、周辺土壌などの外部環境も含めた施設の構成及び影響要因の相互作用を網羅的に考慮する。抽出した要因は、廃棄物埋設地に埋設した放射性廃棄物の容器内に残存する空隙に起因する陥没に伴う、有効粘土密度の変化及び間隙の変化である。最終覆土及び側部低透水性覆土の技術要件は、これらの要因に対する機能維持特性（変形追従性）であり、その設計項目は透水係数及び厚さである。

なお、覆土には、漏出低減機能に対する技術要件として、土質材料が有する収着性を考慮するが、その設計項目は設定せず、収着性への影響を確認した材料を使用する設計とする。

(b) 遮蔽機能

覆土の遮蔽機能は、放射線を遮蔽する機能であるため、技術要件は遮蔽性であり、その設計項目は密度及び厚さである。

b. 設計要件

設計項目である透水係数、厚さ及び密度については、各部位が要求性能を満足するための設計要件を設定する。

覆土の技術要件のうち、低透水性についての詳細は添付資料1「3 覆土に関する技術要件」に示す。

第4表 覆土の要求性能及び設計要件

安全機能	要求性能		最終覆土				側部低透水性覆土	充填砂	中間覆土	設計要件	
	技術的要件 (必要な特性)	設計項目	保護土層	掘削抵抗性層	低透水性土層	基礎層					
漏出低減機能	透水特性	低透水性	透水係数	—	—	○	—	○	—	—	必要な透水係数を有すること。※ ²
			厚さ	—	—	○	—	○	—	—	必要な厚さを有すること。※ ³
	核種 収着性	収着性	—	—	—	—	—	—	—	設計項目を設定しない（評価において、覆土が副次的にもつ性能として設定するものとする）。※ ⁴	
	漏出低減機能 を維持する ための要求 機能	機能 維持特性	変形※ ¹ 追従性	透水係数	—	—	○	—	○	—	廃止措置の開始後の評価において考慮する性能を満たす見通しがあること。
厚さ				—	—	○	—	○	—	—	廃止措置の開始後の評価において考慮する性能を満たす見通しがあること。
遮蔽機能	放射線の 遮蔽性能	遮蔽性	密度	—	—	—	—	—	—	○	被ばく低減のために必要な遮蔽性能を有すること。
			厚さ	—	—	—	—	—	—	○	被ばく低減のために必要な遮蔽性能を有すること。※ ³

※1：影響要因及び影響機構を第5表に整理している。

※2：低透水性土層及び側部低透水性覆土は 1.0×10^{-10} m/s の透水係数を施工時点で確保する。

※3：低透水性土層で厚さ1 m以上、側部低透水性覆土は横方向で厚さ0.6 m以上、中間覆土（最上段を除く）は厚さ0.2 m以上、中間覆土（最上段）は厚さ0.5 m以上を施工時点で確保する。

※4：分配係数は、材料仕様及び施工の際に取得する分配係数データ又は代替指標となるデータにより管理する。

第5表 覆土の透水特性に影響を及ぼす要因とその機構

設計項目	長期状態における影響要因			影響機構	要求性能 (技術要件)
透水係数	有効粘土密度 ※ ¹ の 変化	力学的 影響	容器内に 残存する 空隙	容器内の空隙に起因する陥没により、最終覆土の変位に伴う透水性が変化した領域の発生。	変形追従性

※1：単位体積当たりに含まれるベントナイト分の乾燥重量をそれぞれ自身の体積で割ることにより得られる密度であり、ベントナイト混合材料の特性を把握するときの指標のひとつ。

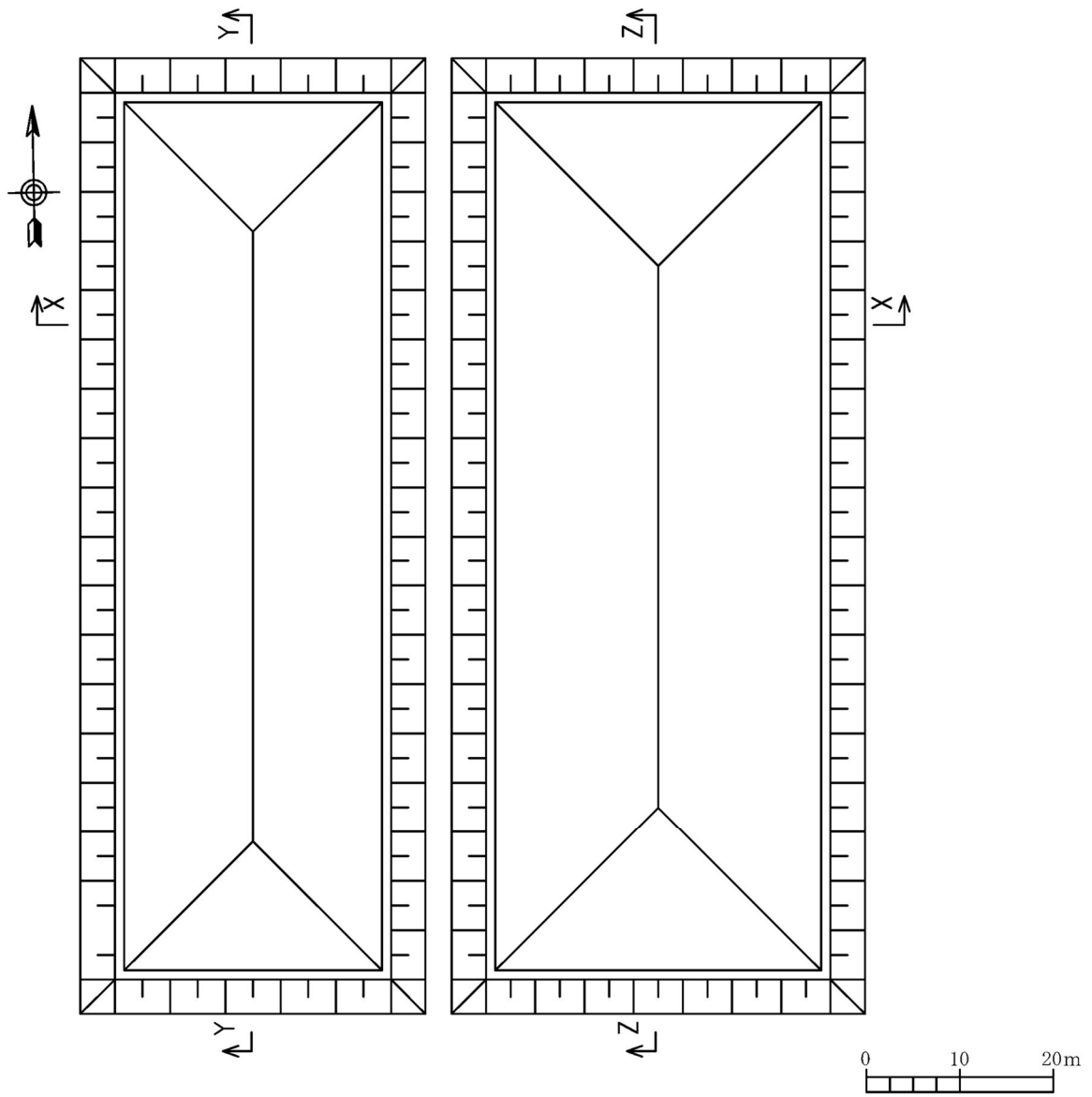
(3) 構造及び仕様

充填砂は、埋設トレンチの放射性廃棄物間及び放射性廃棄物と仕切板の空隙（側部低透水性覆土を設置しない箇所）に充填する。中間覆土は、放射性廃棄物の上部に設置する。側部低透水性覆土は、埋設トレンチの放射性廃棄物と仕切板の間に設置する。最終覆土は、最上段の中間覆土の上部に設置する。

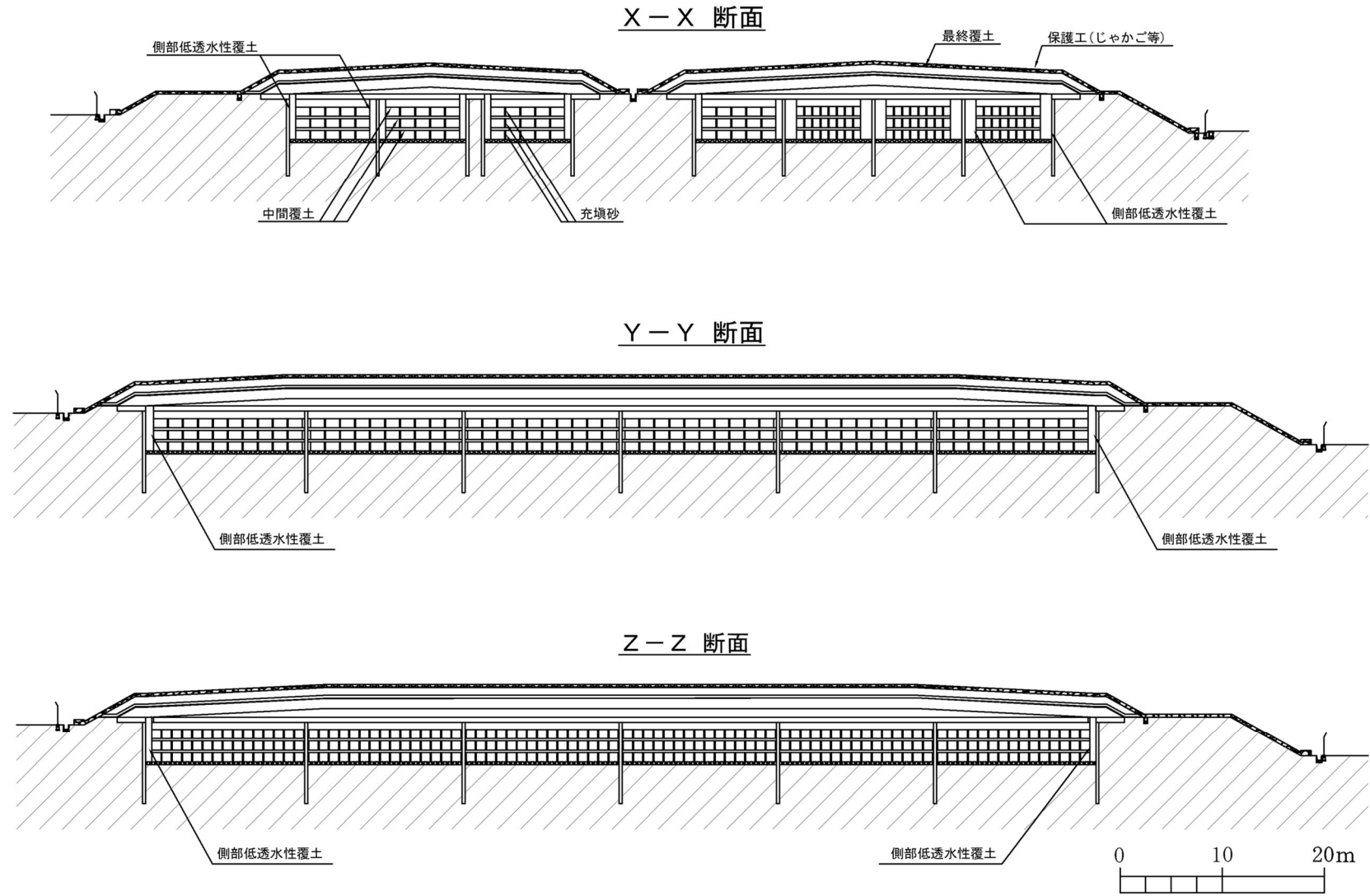
漏出低減機能を確保する観点から、覆土の低透水性は、力学的影響による長期的な性能低下に配慮した設計とする。

覆土の平面図を第4図に、覆土の断面図を第5図に、覆土の断面図（西側X-X断面）を第6図に、保護工（じゃかご等）・最終覆土断面詳細図を第7図に示す。

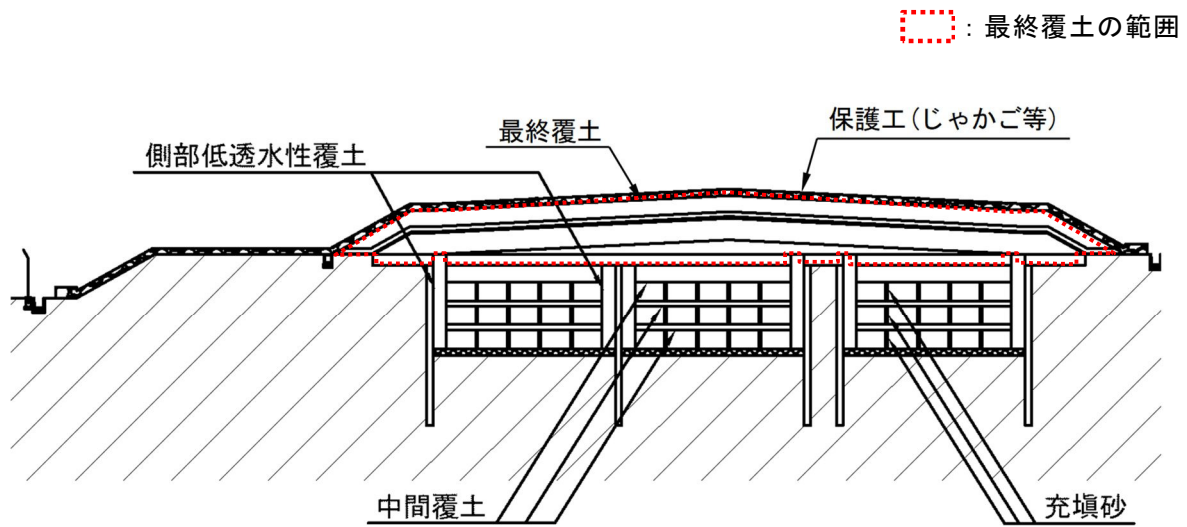
覆土の主要な部位と主要な仕様を第6表に示す。



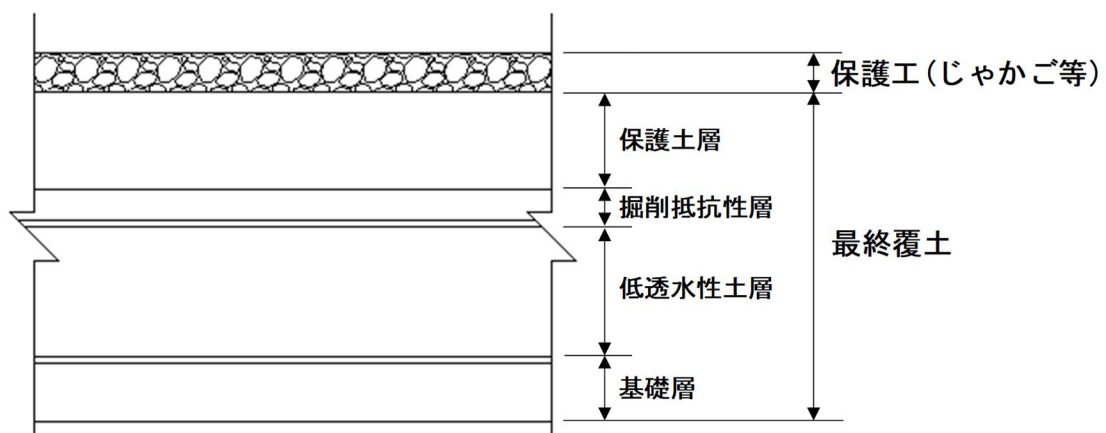
第4図 覆土の平面図



第5図 覆土の断面図



第 6 図 覆土の断面図 (西側 X-X 断面)



第 7 図 保護工 (じゃかご等) ・最終覆土断面詳細図

第6表 覆土の主要な部位及び主な仕様

設備	主要な部位		主な仕様
覆土	最終覆土	保護土層	材料：砂又は砂質土（現地発生土を含む） 透水係数※ ¹ ：埋設トレンチ周辺の土砂と同程度の透水係数 厚さ※ ¹ ：基礎層，低透水性土層及び掘削抵抗性層をあわせて2.5 m以上
		掘削抵抗性層	材料：碎石又は石（栗石等の粒径が大きなもの） 厚さ※ ¹ ：0.3 m以上
		低透水性土層	材料：ベントナイト混合土 透水係数※ ¹ ： 1.0×10^{-10} m/s以下 厚さ※ ¹ ：1 m以上
		基礎層	材料：碎石
	側部低透水性覆土	材料：ベントナイト混合土 透水係数※ ¹ ： 1.0×10^{-10} m/s以下 厚さ※ ¹ ：0.6 m以上	
	中間覆土	材料：砂又は砂質土（現地発生土を含む） 厚さ※ ¹ ：0.5 m以上（最上段），0.2 m以上（最上段を除く） 密度：1,300 kg/m ³ 以上	
	充填砂	材料：砂又は砂質土（現地発生土を含む）。ただし，流動性を期待できるもの	

※1：施工時点の値

a. 最終覆土

(a) 概要

最終覆土は、保護土層、掘削抵抗性層、低透水性土層及び基礎層により構成し、最上段の中間覆土の上部に設置する（第6図及び第7図参照）。

保護土層は、砂又は砂質土（現地発生土を含む）により構成し、掘削抵抗性層の上部に設置する。なお、保護土層の表面は侵食を抑制する観点から、保護土層の上部にじゃかご等の保護工を設置する。

掘削抵抗性層は、主材料として砕石又は石（栗石等の粒径が大きなもの）により構成し、低透水性土層の上部に設置する。

低透水性土層は、砂を母材としたベントナイト混合土により構成し、基礎層の上部に設置する。

基礎層は、砕石により構成し、最上段の中間覆土の上部に設置する。

(b) 設計方針

最終覆土に求める安全機能は、最終覆土完了後から廃止措置の開始までの間の漏出低減機能である。

漏出低減機能に対しては、透水特性を確保し、埋設トレンチへの雨水等の浸透水量を低減するために低透水性を考慮した設計とする。

漏出低減機能を維持するための変形追従性は、廃止措置の開始後の評価において考慮する性能を満たす見通しがあるものとする。

(c) 仕様

i. 透水特性

最終覆土のうち低透水性土層は、 1.0×10^{-10} m/s以下の透水係数を施工時点で確保する。また、埋設した放射性廃棄物の空隙に起因する沈下に伴い鉛直方向に変形した場合でも低透水性を維持でき

るよう、低透水性土層の厚さは、1 m以上とする。

最終覆土のうち掘削抵抗性層の厚さは、0.3 m以上とする。

最終覆土のうち保護土層は、施工時点において周辺の土壌と同程度の透水係数を目安に確保する。また、保護土層の厚さは、基礎層、低透水性土層及び掘削抵抗性層をあわせて2.5 m以上とする。

ii. 機能維持特性

①変形追従性

力学的影響により最終覆土が変形した場合においても、その変形に追従し、覆土全体として埋設トレンチへの雨水等の浸透水量の増加を抑制する設計とする。

b. 側部低透水性覆土

(a) 概要

側部低透水性覆土は、砂を母材としたベントナイト混合土により構成し、埋設トレンチの放射性廃棄物と仕切板の間に設置する（第5図及び第6図参照）。

(b) 設計方針

側部低透水性覆土に求める安全機能は、埋設する放射性廃棄物の受入れ開始から廃止措置の開始までの間の漏出低減機能である。

漏出低減機能に対しては、透水特性を確保し、埋設トレンチへの雨水等の浸透水量を低減するために低透水性を考慮した設計とする。

漏出低減機能を維持するための変形追従性は、廃止措置の開始後の評価において考慮する性能を満たす見通しがあるものとする。

(c) 仕様

i. 透水特性

側部低透水性覆土は、 1.0×10^{-10} m/s以下の透水係数を施工時

点で確保する。また、側部低透水性覆土の厚さは、0.6 m以上とする。

ii. 機能維持特性

①変形追従性

力学的影響により側部低透水性覆土が変形した場合においても、その変形に追従し、覆土全体として埋設トレンチへの雨水の浸透水量の増加を抑制する設計とする。

c. 中間覆土

(a) 概要

中間覆土は、砂又は砂質土（現地発生土を含む）により構成し、中間覆土は、放射性廃棄物の上部に設置する（第5図及び第6図参照）。

(b) 設計方針

中間覆土に求める安全機能は、中間覆土施工後から廃止措置の開始までの間の遮蔽機能である。

遮蔽機能に対しては、遮蔽性能を確保する設計とする。

(c) 仕様

i. 遮蔽性

遮蔽性に配慮した設計として、公衆等の受ける線量を低減できるような密度及び厚さを確保するものとし、密度は $1,300 \text{ kg/m}^3$ 以上、中間覆土（最上段を除く）の厚さは0.2 m以上、中間覆土（最上段）の厚さは0.5 m以上とする。

d. 充填砂

(a) 概要

充填砂は、埋設トレンチの放射性廃棄物の間に充填する砂であり、埋設トレンチの放射性廃棄物間及び放射性廃棄物と仕切板の空隙（側

部低透水性覆土を設置しない箇所) に有害な空隙が残らないようにする (第 6 図参照)。

(b) 設計方針

充填砂は、充填後に有害な空隙が残らないように、充填時に流動性を期待できる土質材料を使用する。

(c) 仕様

充填砂は、砂又は砂質土 (現地発生土を含む) のうち、流動性を期待できるものとする。

5. 2. 2 表面遮水

(1) 構成及び安全機能

表面遮水は、遮水シート及び保護層 (砂) 等により構成する。

表面遮水の透水特性により放射性物質の漏出を低減する。

(2) 要求性能

安全機能を確保するために必要な要求性能を整理する。

設定した要求性能及び設計要件を第 7 表に示す。

a. 技術要件及び設計項目

(a) 漏出低減機能

表面遮水の漏出低減機能は、埋設トレンチ内を通過する雨水等に伴う浸透水量を低減することである。

埋設トレンチを通過する浸透水量 (通過流量) は、表面遮水の透水特性によって影響を受けることから、表面遮水に対する技術要件は透水特性 (低透水性) であり、その設計項目は、低透水性については透水係数及び厚さである。

なお、表面遮水による漏出低減機能は、最終覆土完了までの間、透

水特性（低透水性）を期待するものである。

b. 設計要件

設計項目である透水係数及び厚さについては、要求性能を満足するための設計要件を設定する。

第7表 表面遮水の要求性能及び設計要件

安全機能	要求性能		表面遮水	設計要件
	技術的要件 (必要な特性)			
漏出低減機能	透水特性	低透水性	透水係数	○ 必要な透水係数を有すること。*1
			厚さ	○ 必要な厚さを有すること。*2

*1 : 1.0×10^{-10} m/s 以下の透水係数を設置時点で確保する。

*2 : 厚さ 1.5 mm 以上を設置時点で確保する。

(3) 構造及び仕様

表面遮水は、最終覆土の一部（基礎層）を施工した後、その上面に設置する。

表面遮水の設置例を第8図に示す。

表面遮水の主要な仕様を第8表に示す。

a. 表面遮水

(a) 概要

表面遮水は、遮水シートにより構成し、最終覆土の一部（基礎層）を施工した後、その上面に設置する（第8図参照）。

なお、遮水シートの上部は保護砕石等の保護工を施工する。

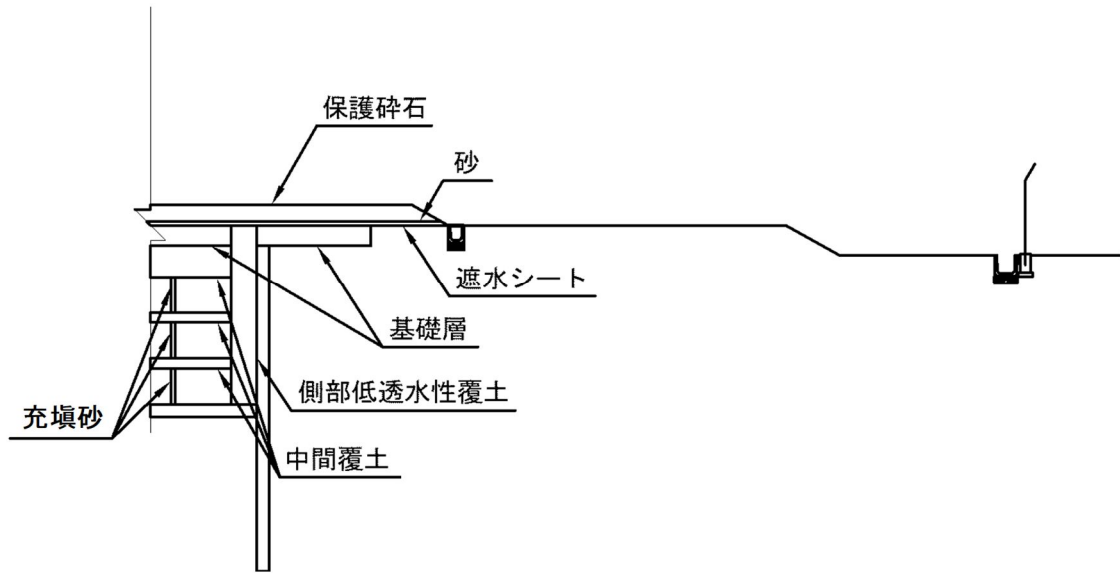
(b) 設計方針

漏出低減機能に対しては、透水特性を確保し、埋設トレンチへの雨水の浸透水量を低減するために低透水性を考慮した設計とする。

(c) 仕様

i. 透水特性

遮水シートは、透水係数が 1.0×10^{-10} m/s 以下の性能を有し、厚さ 1.5 mm 以上の材料を用いる。



第 8 図 表面遮水の設置例

第 8 表 表面遮水の主要な仕様

設備	主要な部位	主な仕様
表面遮水	遮水シート	材料：合成ゴム及び合成樹脂系 透水性係数： 1.0×10^{-10} m/s 以下 ^{※1} 厚さ：1.5 mm 以上 ^{※1}

※1：施工時点の値

6 参考文献

- (1) 日本遮水工協会 (2007) : 遮水シート日本遮水工協会自主基準
- (2) 全国都市清掃会議 (2010) : 廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領 (2010 改訂版)
- (3) 日本道路協会 (2009) : 道路土工要綱
- (4) 日本道路協会 (2010) : 道路土工－盛土工指針
- (5) 国土技術研究センター (2009) : 河川土工マニュアル

以上

廃棄物埋設地の設計の考え方

目 次

1	廃棄物埋設地の設計の考え方.....	1
1. 1	漏出低減機能の設計.....	1
2	廃棄物埋設地の基本的考え方.....	2
3	覆土に対する技術要件.....	3
4	放射性廃棄物，埋設の方法等.....	4
4. 1	埋設する放射性廃棄物.....	4
4. 2	主要な放射性物質の種類.....	6
4. 3	廃棄物埋設の方法.....	7
4. 4	廃止措置の開始までの段階的な管理の計画.....	8
4. 5	埋設保全区域.....	11

1 廃棄物埋設地の設計の考え方

本施設は、事業規則に定めるトレンチ処分を行うための施設であり、廃棄物埋設地は、放射性廃棄物を埋設するためのものであることから、廃棄物埋設地の設計は、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設計とする必要があり、かつ、廃止措置の開始後、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ことが重要である。

廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出は、廃棄物埋設地に浸入する水に起因し、廃棄物埋設地に浸入する水としては、地下水と雨水等による浸透水が想定される。

地下水の浸入については、埋設トレンチを地下水面より上に設置（不飽和帯設置）することにより浸入を抑制することとし、雨水等による浸透水の浸入については、国内の類似施設を参考に、覆土により浸入を抑制することとする。

そのうえで、できるだけ保守に頼らずに漏出低減機能を達成できるように設計することとする。

廃棄物埋設地における廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの漏出低減機能に対する設計の考え方を以下に示す。

1. 1 漏出低減機能の設計

漏出低減機能は、覆土により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設計とする。なお、全ての覆土の設置が完了するまでの期間においては、代替対策により廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する設計とする。

- ・埋設トレンチは地下水面より上に設置（不飽和帯設置）することから、雨水等による浸透水は、埋設トレンチの上方及び側方から浸入すること

が想定される。このため、埋設トレンチの上部に透水性の低い覆土を、盛土状の形状で設置するとともに、埋設トレンチの側部に透水性の低い覆土を設置することによって、埋設トレンチの上方及び側方からの浸透水の浸入を低減させる。

- ・覆土は、陥没に対する変形に追従することを考慮する。
- ・漏出低減機能は、覆土の低透水性及び収着性で達成する。
- ・埋設トレンチの上部に設置する覆土については、地上面より上の部分は一括して設置する計画である。このため、設置が完了するまでの期間は、代替対策により埋設トレンチの上方からの浸透水の浸入を低減させる。
- ・代替対策は、恒久的なものではないことから、埋設トレンチの上部に設置する覆土のうち地上面より上の部分の設置時に撤去することを前提に対策を選定する。
- ・代替対策は、覆土と同程度の低透水性を持たせる。
- ・代替対策は、覆土と同様に陥没に対する変形に追従することを考慮する。

2 廃棄物埋設地の基本的考え方

廃棄物埋設地の設置位置選定に当たっては、以下のことに配慮した。

(1) 第二種埋設許可基準規則第三条を受け、廃棄物埋設地は、以下に示す事項を満たす場所に設置する。

- ・自重及び操業時の荷重等に加え、耐震重要度の分類に応じて算定する地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持性能を有する地盤
- ・地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓みによる影響が無い
- ・地震発生に伴う建物・構造物間の不等沈下による影響が無い

- ・地震発生に伴う液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状による影響が無い
 - ・震源として考慮する活断層のほか，地震活動に伴って永久変位が生じる断層に加え，支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面がない
- (2) 第二種埋設許可基準規則第五条を受け，津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置する。なお，津波による遡上波が到達する高さにある場合には，遡上波によって安全機能を損なうおそれがない設計とする。
- (3) 廃棄物埋設地の直下を通過した地下水が，海に流れる場所に設置する。
- (4) 侵食抵抗性の観点から海岸から離して設置する。

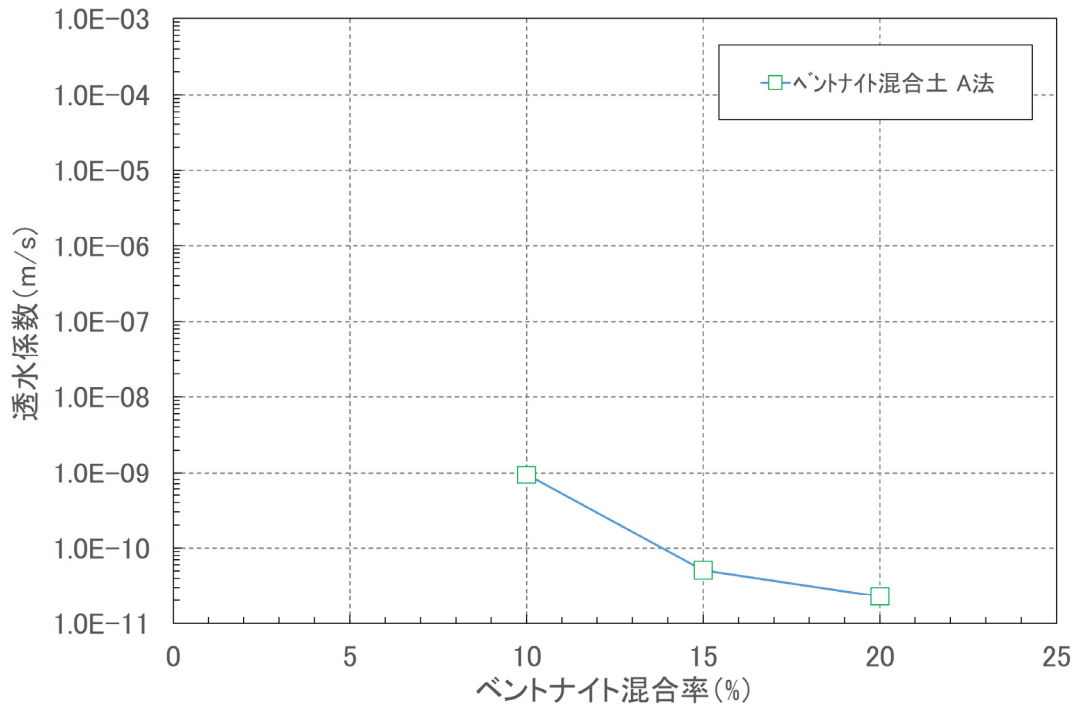
これらを考慮した結果として，廃棄物埋設地は東海発電所及び東海第二発電所の周辺監視区域内の北西部に位置している。

3 覆土に対する技術要件

十分な低透水性を有することを達成するため，最終覆土のうち低透水性土層及び側部低透水性覆土は，設計透水係数及び設計厚さを確保するものとする。

砂とベントナイト（クニゲルU相当）を使用したベントナイト混合土で構成される最終覆土のうち低透水性土層及び側部低透水性覆土を対象に，ベントナイト混合率をパラメータスタディした透水試験（地盤工学会基準 J G S 0312-2018 相当）の結果を第 1 図に示す。

本試験の結果より，ベントナイトを 15%以上混合すれば，設計透水係数 $k = 1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ を確保できる。よって，低透水性を必要とする最終覆土のうち低透水性土層及び側部低透水性覆土のベントナイト混合率は 15%以上とする。



第1図 ベントナイト混合率と透水係数の関係

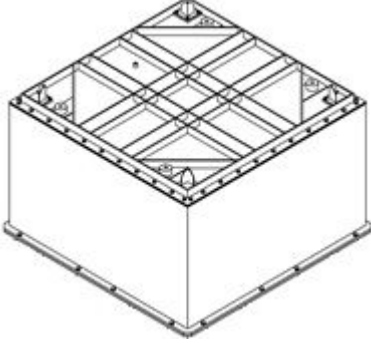
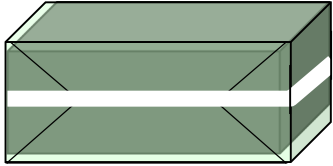
4 放射性廃棄物，埋設の方法等

廃棄物埋設地の設計及び評価の前提となる放射性廃棄物，埋設の方法等について以下に示す。

4. 1 埋設する放射性廃棄物

廃棄物埋設地に埋設する放射性廃棄物は，日本原子力発電株式会社東海発電所から発生する固体状の放射性廃棄物であって，中性子線の作用により放射化された金属及びコンクリート又は原子炉冷却材等で汚染された金属及びコンクリートであり，これらの放射性廃棄物は容器等に収納又はこん包されたものである（第1表参照）。

第1表 廃棄物を収納する容器等のイメージ

廃棄物	金属類	コンクリート類	
		コンクリート ガラ	コンクリート ブロック
容器等の イメージ			
容器等の 材質	炭素鋼		ポリエチレン等
容器等の 寸法 (m)	約 1.4×約 1.4×約 0.9		約 0.7×約 0.9×約 0.9

これらの放射性廃棄物は、事業規則の別表第二の上欄に掲げる放射性物質についての放射能濃度がそれぞれ同表の下欄に掲げる放射能濃度を超えないものであって、第八条第1項第2号イ、同条第1項第2号ロ（2）及び同条第3項に定める放射性廃棄物等の技術上の基準に適合するものであり、本施設における受入れ上の要件を踏まえ、以下の仕様を満たすものである。

(1) 金属類及びコンクリートガラ

廃棄物埋設地に埋設する放射性廃棄物のうち金属類及びコンクリートガラは、廃棄物を収納する容器（以下「収納容器」という。）に収納し、収納容器内に残る空隙部に砂を充填したものであること。

a. 収納容器

金属類の廃棄物及びコンクリートガラの収納容器は、炭素鋼等を用いた金属製の容器であること。

b. 砂充填方法

収納容器内の空隙による最終覆土の陥没防止対策として、収納容器内に砂を充填し、収納容器内に有害な空隙が残らないよう処置すること。

(2) コンクリートブロック

廃棄物埋設地に埋設する放射性廃棄物のうちコンクリートブロックは、プラスチックシートによりこん包したものであること。

(3) 共通事項

a. 表面汚染密度限度

放射性廃棄物を収納又はこん包した容器等の表面汚染密度がアルファ線を放出する放射性物質は 0.4 Bq/cm^2 、アルファ線を放出しない放射性物質は 4 Bq/cm^2 を超えないものであること。

b. 表面線量当量率

$300 \mu \text{ Sv/h}$ を超えないものであること。

c. 放射性廃棄物の重量

1体当たり $6,090 \text{ kg}$ を超えないものであること。

4. 2 主要な放射性物質の種類

廃棄物埋設地に埋設する放射性廃棄物の主要な放射性物質の種類は以下の第2表のとおりである。

第2表 金属類及びコンクリート類の主要な放射性物質の種類

廃棄物種類	主要な放射性物質の種類
金属類	H-3, C-14, Cl-36, Co-60, Sr-90, Cs-137, 全 α
コンクリート類	H-3, C-14, Cl-36, Ca-41, Co-60, Sr-90, Cs-137, Eu-152, Eu-154, 全 α

4. 3 廃棄物埋設の方法

廃棄物埋設地において行う放射性廃棄物の埋設は、廃棄物の定置、土砂の充填・覆土を繰り返して行い、それぞれ以下のとおり行う。

なお、これらの作業は、敷地周辺の公衆及び放射線業務従事者並びに管理区域以外の人立ち入る場所に滞在する者の受ける外部放射線に係る線量の低減を考慮しながら行う。

(1) 廃棄物の定置

放射性廃棄物の定置に先立ち、埋設する区画に雨水防止テントを設置し、雨水等の浸入を防止する。なお、埋設する区画内に雨水等が溜まっている場合には排水を行う。

放射性廃棄物は、門型クレーン等により1体ずつ輸送用のトラックから吊り上げ定置する。定置は、1区画1段ごとに行い、段数は1区画当たり3段とする。

放射性廃棄物の定置に当たっては、アルミニウムを収納した容器とコンクリートを収納又はこん包した容器等を同一の区画に定置しないようにする。

また、表面線量当量率が $10\mu\text{Sv/h}$ を超える放射性廃棄物は、1段目（最下段）にのみ定置する。

(2) 土砂の充填・覆土

放射性廃棄物を区画内に 1 段分の所定数定置後、放射性廃棄物間の空隙や放射性廃棄物と仕切板間の空隙に土砂を充填するとともに、放射性廃棄物の上面には 0.2 m 以上の中間覆土を施工する。

これを 2 段目まで繰り返し、3 段目となる最上段の放射性廃棄物の上面については、0.5 m 以上の中間覆土を施工する。

西側 18 区画 又は東側 24 区画の埋設が終了した後、最上段の中間覆土の上に埋設トレンチを覆うように盛土状の覆土を、2.5 m 以上の厚さが確保されるように施工する。なお、西側 18 区画又は東側 24 区画の埋設が終了するまでの間は、区画ごとに最終覆土の一部を施工した後、その上部に表面遮水を設置する。ただし、表面遮水は、最終覆土を設置する際に撤去する。

4. 4 廃止措置の開始までの段階的な管理の計画

廃棄物埋設地は、廃止措置の開始までの段階的な管理を確実にを行うため、事業規則に基づく埋設保全区域を設定するとともに、放射性廃棄物の種類、埋設を開始した日及び埋設を終了した日並びに保安のための注意事項を表示した立て札を設置して、保安のための措置を講じる。また、原子炉等規制法に基づく保全の措置の終了時期を設定するとともに、放射線防護の観点から敷地内の居住を禁止し、放射能の減衰に応じた第二種廃棄物埋設についての保安のために講ずべき措置を行う。

放射能の減衰に応じた第二種廃棄物埋設についての保安のために講ずべき措置とは、本施設において、公衆の受ける線量を合理的に達成できる限り低く抑えるため、埋設した放射性廃棄物の放射能が時間経過に伴い減衰することによって、生活環境に及ぼす影響が安全上支障のない状態になるまで、廃棄物埋設地に設置したバリアの施工状況や放射能の減衰に応じて廃棄物埋設

地を段階的に管理することをいう。

また、事業規則に基づき実施する定期的な評価等では、本施設の廃止措置の認可を受ける日までの10年を超えない期間ごと及び放射能の減衰に応じた第二種廃棄物埋設についての保安のために講ずべき措置を変更しようとするときに最新の技術的知見を踏まえ核燃料物質等による放射線被ばくの管理に関する評価を行う。

(1) 埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から最終覆土完了まで

当該期間は、人工バリアにより廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減するとともに、天然バリアにより放射性物質の移動を抑制する段階である。

また、この段階では事業所及びその域境界付近における外部放射線に係る線量の監視及び測定、本施設の巡視及び点検並びに地下水中の放射性物質の濃度の測定により廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出の状況を確認する。

この段階における保安のために必要な措置は以下のとおりである。

- a. 周辺監視区域及び埋設保全区域を設定する。
- b. 事業所及びその境界付近における廃棄物埋設地からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の線量並びに地下水中の放射性物質の濃度を監視・測定する。
- c. 廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えいを監視し、異常な漏えいがあったと認められた場合には、放射性物質の異常な漏えいを防止するために必要に応じて放射性物質の漏出低減機能を回復するための適切な措置を講じる。
- d. 定期的に廃棄物埋設地の巡視点検を行い、必要に応じて表面遮水を修復する。

e. 定期的な評価等に必要データを取得するため、人工バリアの漏出低減機能及び天然バリア（廃棄物埋設地周辺の地盤）に影響を及ぼす廃棄物埋設地及びその地下水の状況等を監視・測定し、必要に応じて廃棄物埋設地の保全のための措置を講じる。

(2) 最終覆土完了から廃止措置の開始まで

当該期間は、継続して人工バリアにより廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減するとともに、天然バリアにより放射性物質の移動を抑制する段階である。

この段階では引き続き事業所及びその境界付近における外部放射線に係る線量の監視及び測定、本施設の巡視点検並びに地下水の放射性物質の濃度測定により廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出の状況を確認する。

この段階の終了予定時期は、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時期とし、最終覆土完了後 50 年とする。

この段階における保安のために必要な措置は以下のとおりである。

- a. 埋設保全区域を継続して設定する。
- b. 事業所及びその境界付近における廃棄物埋設地からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の線量及び地下水中の放射性物質の濃度を監視・測定する。
- c. 廃棄物埋設地からの放射性物質の漏えいを監視し、異常な漏えいがあったと認められた場合には、放射性物質の異常な漏えいを防止するために必要に応じて放射性物質の漏出低減機能を回復するための適切な措置を講じる。
- d. 定期的に廃棄物埋設地の巡視点検を行い、必要に応じて覆土を修復する。
- e. 周辺監視区域廃止後は、公衆が敷地内へ立ち入る可能性があるため、

放射線防護の観点から、地表面の掘削を制限する。また、周辺環境における廃棄物埋設地からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の線量を測定し、公衆の受ける線量が、線量告示に定められた周辺監視区域外の線量限度以下であることを確認する。

なお、地下水中の放射性物質の濃度の監視及び測定においては、地下水採取孔から地下水を定期的に採取し、地下水中の放射性物質の濃度を測定し、線量告示に示されている周辺監視区域外における水中の濃度限度以下であることを確認する。

- f. 定期的な評価等に必要データを取得するため、人工バリアの漏出低減機能及び天然バリア（廃棄物埋設地周辺の地盤）に影響を及ぼす廃棄物埋設地及びその地下水の状況等を監視・測定し、必要に応じて廃棄物埋設地の保全のための措置を講じる。

4. 5 埋設保全区域

埋設保全区域は、事業規則に基づき、廃棄物埋設地の保全のために特に管理を必要とする場所であって、管理区域以外のものを埋設保全区域として定める。埋設保全区域は、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出の低減のため、保全を行う必要のある区域とする。

なお、埋設保全区域を明らかに他の場所と区別するため、標識を設ける等の措置を講じる。

以上

埋設トレンチへの浸透水量

目 次

1	はじめに	1
2	浸透水の抑制に関する覆土の設計内容	1
3	浸透水低減効果の確認	5
3. 1	解析コード	5
3. 2	解析モデル	5
3. 3	境界条件	8
3. 4	解析物性値	8
3. 5	解析結果	10
4	まとめ	12

1 はじめに

本資料は、第二種埋設許可基準規則及び第二種埋設許可基準解釈で要求される、「廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減」を満足するために行う、埋設トレンチへの浸透水抑制対策の効果について説明するためのものである。

2 浸透水の抑制に関する覆土の設計内容

廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減するため、最終覆土の設置完了後は、最終覆土及び側部低透水性覆土により、埋設トレンチ内への雨水等の浸入を抑制する設計とする。

最終覆土及び側部低透水性覆土は、低透水性を有する設計とする。

最終覆土は、雨水等が浸透して埋設が完了したトレンチの上部から浸入することを抑制するように、埋設トレンチの上部に設置する。

側部低透水性覆土は、雨水等が浸透して、埋設が完了したトレンチの側部から浸入することを抑制するように、埋設トレンチの側部に設置する。

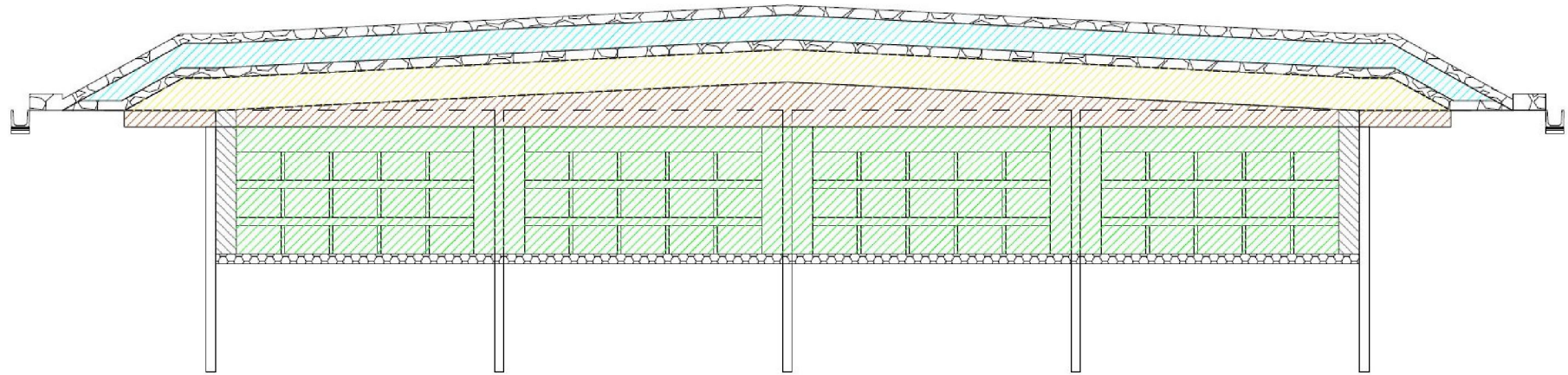
最終覆土及び側部低透水性覆土は、安全性が損なわれ難い天然材料である土質材料を採用し、力学的影響に対する変形追従性を考慮することとする。

最終覆土及び側部低透水性覆土は、劣化・損傷が生じた場合にも必要な機能を有する構成・仕様とするため、低透水性を有する層を十分な厚さ確保することとする。

なお、最終覆土は、低透水性土層の他に、保護土層、掘削抵抗性層、基礎層から構成され、最終覆土上面には保護工（じゃかご等）を有する構造とする。

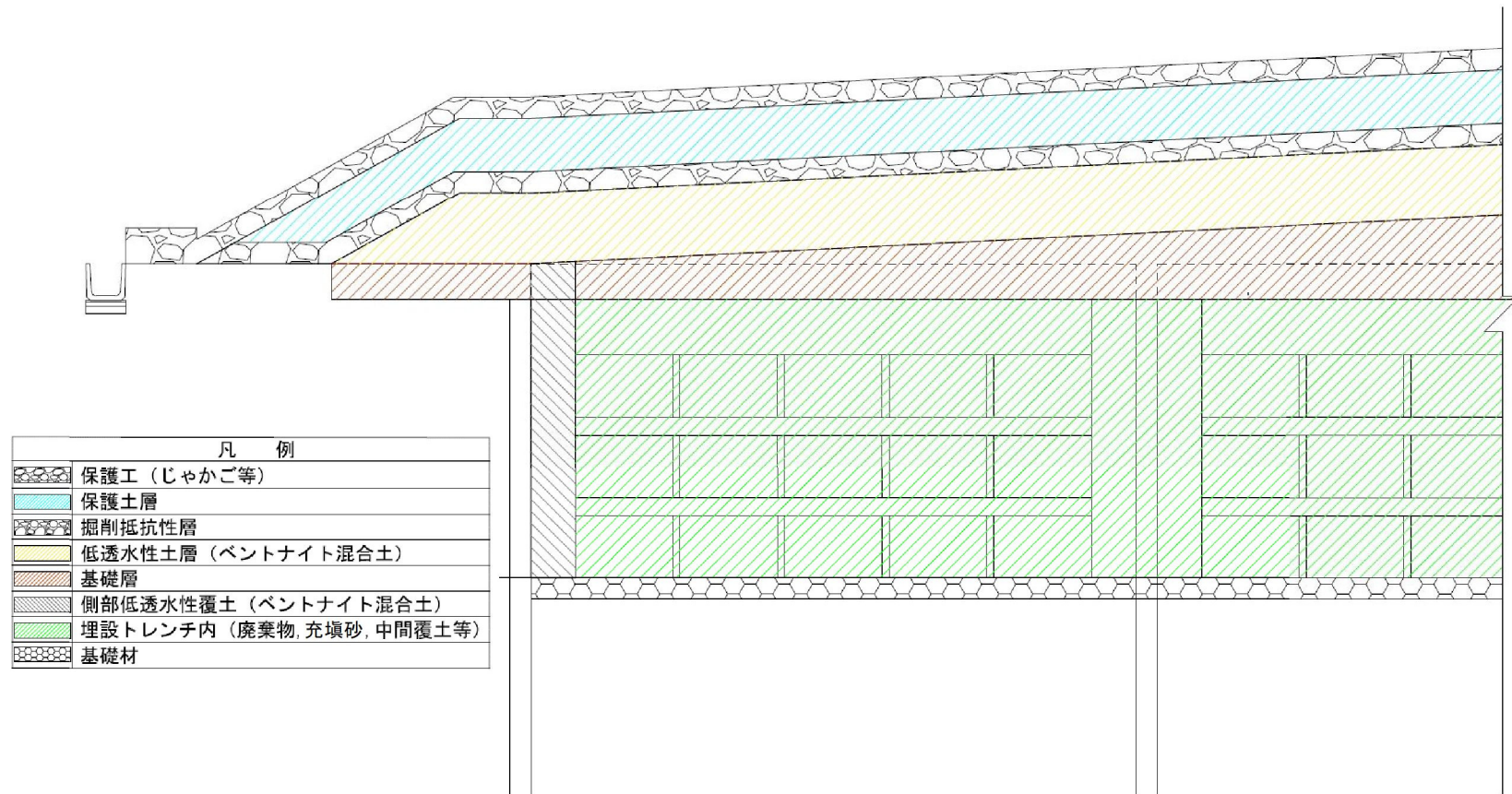
以上を踏まえた東側埋設トレンチの断面図（全体図）を第 1 図に、

東側埋設トレンチの断面図（拡大図）を第 2 図に示す。



凡 例	
	保護工（じゃかご等）
	保護土層
	掘削抵抗性層
	低透水性土層（ベントナイト混合土）
	基礎層
	側部低透水性覆土（ベントナイト混合土）
	埋設トレンチ内（廃棄物, 充填砂, 中間覆土等）
	基礎材

第 1 図 東側埋設トレンチの断面図（全体図）



第 2 図 東側埋設トレンチの断面図 (拡大図)

3 浸透水低減効果の確認

「2 浸透水の抑制に関する覆土の設計内容」で示した通りに設計することで、廃棄物埋設地埋設トレンチ内への雨水等の浸入が抑制された結果について、浸透流解析により確認する。

3. 1 解析コード

解析コードは、「オイラリアン・ラグランジアン法による飽和・不飽和浸透流—移流・分散解析プログラム Dtransu3D-EL Ver.1.0g（以下「Dtransu3D-EL」という。）」を使用する。

Dtransu3D-EL は、定常・非定常の三次元飽和・不飽和浸透流及び移流分散解析が可能な、有限要素法に基づく解析コードであり、本解析では二次元の解析モデルを用いて定常不飽和解析を行った。

3. 2 解析モデル

設計内容を基に作成した解析モデルを第3図に示す。

最終覆土は南北方向に長い形状となっており、雨水等を東西方向に排水できるように勾配を設けている。そのため、降雨の流出方向は東西方向で支配的となる。したがって、二次元で東西方向の廃棄物埋設地断面をモデル化した。

また、埋設トレンチは西側トレンチと東側トレンチで東西方向の長さが異なり、東側トレンチの方が東西方向長さは長くなる。埋設トレンチの長さが長いほうが、解析においては埋設トレンチ内への浸透水量は多くなる。このため、対象となる解析モデルの断面を、東西方向が長くなる東側トレンチを対象にモデル化した。

本解析は、埋設トレンチ内への雨水等の浸入抑制効果を確認するためのものであることから、埋設トレンチ内は、埋設した放射性廃棄物

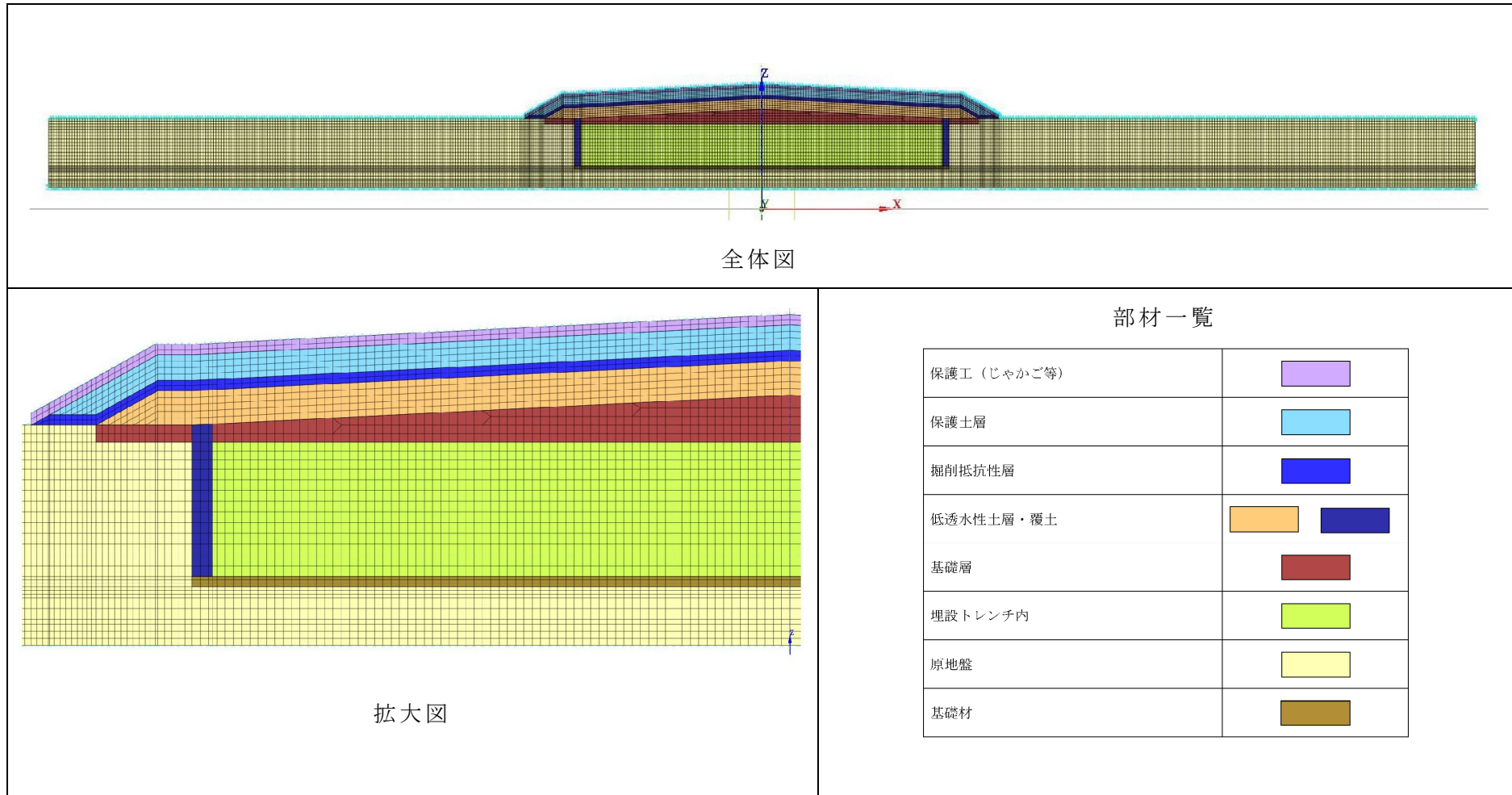
をモデル化せずに、中間覆土として用いる土砂としてモデル化した。
なお、埋設トレンチの側部は側部低透水性覆土を示す層をモデル化した。

境界条件により埋設トレンチ内への浸透水量が変化しないように、最終覆土の法尻から解析モデルの両端までの長さは、最終覆土の東西方向長さと同じ長さとした。

廃棄物埋設地周辺の地盤については d u 層とした。

解析モデル下端は地下水面までとし、地下水面の高さは、廃棄物埋設地直下の地下水位観測結果の最大値と最小値の中間値となる T.P. + 2 m とした。

最終覆土の構造は「2 浸透水の抑制に関する覆土の設計内容」に示すとおり、多層構造とすることから、解析モデルにおいても同様に、保護工（じゃかご等）、保護土層、掘削抵抗性層、低透水性土層（ベントナイト混合土）及び基礎層に分けてモデル化を行った。



第 3 図 解析モデル

3. 3 境界条件

(1) 上面境界

解析モデル上面境界には、降雨境界を設定する。

降雨境界で設定する降雨浸透量（かん養量）については、降雨浸透量（かん養量）が増えると埋設トレンチにおける浸透水の通過流量（以下「施設通過流量」という。）が大きくなる傾向がある。

また、第二種埋設許可基準解釈で要求される、「廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減」を満足するために行う、埋設トレンチへの浸透水抑制対策は、将来の気温に対する降水量に応じた降雨浸透量（かん養量）を想定する必要がある。

このため、「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 地質環境等の状態設定」におけるかん養量の状態設定値である 510 mm/y で設定した。

(2) 側部境界

解析モデル側部境界には、不透水境界を設定する。

(3) 下面境界

解析モデル下面境界には、地下水位相当の固定水頭境界を設定する。

3. 4 解析物性値

モデル化した各層の解析物性値として飽和透水係数を以下の考えで設定した。また、飽和透水係数の設定値一覧を第1表に示す。

なお、不飽和特性は、多数の適用実績を有する Van-Genughten の関

係式を適用して設定する。

(1) 保護工（じゃかご等）

保護工として用いるじゃかご等の中詰め材料として割栗石を使用することを想定し，割栗石（ $\phi 5\sim 15$ cm）を用いた透水試験結果を基に設定した。

(2) 保護土層

保護土層として現地発生土を用いることを想定し，現地発生土を用いた透水試験結果を基に設定した。

(3) 掘削抵抗性層

保護土層から土砂が流入した状態を想定し，保護土層と同様に設定した。

(4) 低透水性土層

低透水性土層として用いるベントナイト混合土の設計値を用いて設定した。

(5) 基礎層

基礎工として粒調碎石（M-30）の使用を想定し，粒調碎石（M-30）を用いた透水試験結果を基に設定した。

(6) 側部低透水性覆土

低透水性土層として用いるベントナイト混合土の設計値を用いて設定した。

(7) 中間覆土（廃棄物埋設地内土砂）

中間覆土として購入砂（洗砂）の使用を想定し，購入砂（洗砂）を用いた透水試験結果を基に設定した。

(8) 地盤

d u 層の揚水試験で求めた透水係数を用いて設定した。

(9) 基礎材

基礎材に割栗石を使用することを想定し、保護工（じゃかご等）と同様に設定した。

第 1 表 飽和透水係数の設定値一覧

対象	飽和透水係数の設定値
保護工（じゃかご等）	$1.0 \times 10^{-1} \text{ m/s}$
保護土層	$1.04 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
掘削抵抗性層	$1.04 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
低透水性土層	$1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$
基礎層	$3.88 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
側部低透水性覆土	$1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$
中間覆土	$4.73 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
地盤	$3.23 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
基礎材	$1.0 \times 10^{-1} \text{ m/s}$

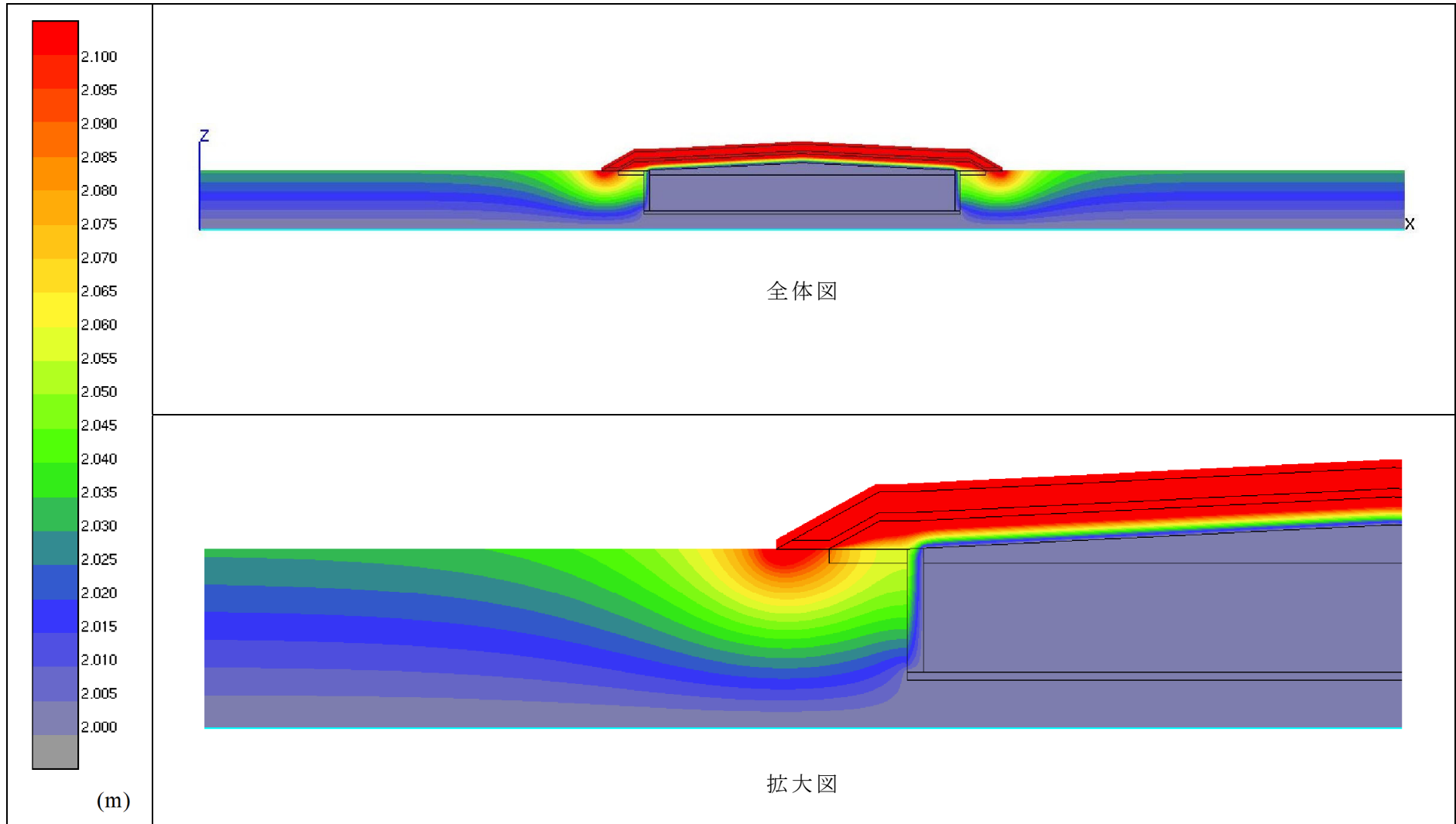
3. 5 解析結果

前述までの解析モデル及び条件を用いて解析した結果を第 4 図に示す。

最終覆土及び側部低透水性覆土により、埋設トレンチ内への雨水等の浸透を十分に低減することができる結果となっている。

この場合の施設通過流量は、 $0.0002 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{y}$ となる。

なお、施設通過流量については、埋設トレンチ内への流入量を流入面積で除した値と埋設トレンチ外への流出量を流出面積で除した値を比較して大きくなる方の値を採用している。



第 4 図 解析結果（全水頭コンター図）

4 まとめ

埋設トレンチ内への浸透水を低減するための覆土形状について設計を行い、その結果として浸透水低減量について解析を用いて評価した。

解析評価の結果、将来の気温に対応する降水量に応じた降雨浸透量（かん養量）を想定しても、年当たりの施設通過流量が $0.001 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{y})$ 以下まで低減できることが確認できた。

本解析結果を踏まえ安全評価の評価条件を設定する。

以上

第二種埋設許可基準規則解釈

第 13 条第 1 項

に関する補足説明

目 次

1	覆土の施工実現性.....	1
1. 1	施工試験の概要.....	1
1. 2	混合土の製造について.....	3
1. 3	施工試験の結果.....	7
2	覆土の施工時における品質管理（案）.....	8
2. 1	完了時における品質管理項目.....	8
2. 2	材料納入時，覆土材料製造時及び覆土施工時の品質管理項目...	10
3	参考文献.....	13
4	諸外国との比較.....	14
4. 1	諸外国の極低レベル放射性廃棄物処分施設との比較.....	14

1 覆土の施工実現性

室内試験による設計仕様のとおり覆土を製造及び施工でき、目標の透水係数を達成できることを施工試験により確認した。

1. 1 施工試験の概要

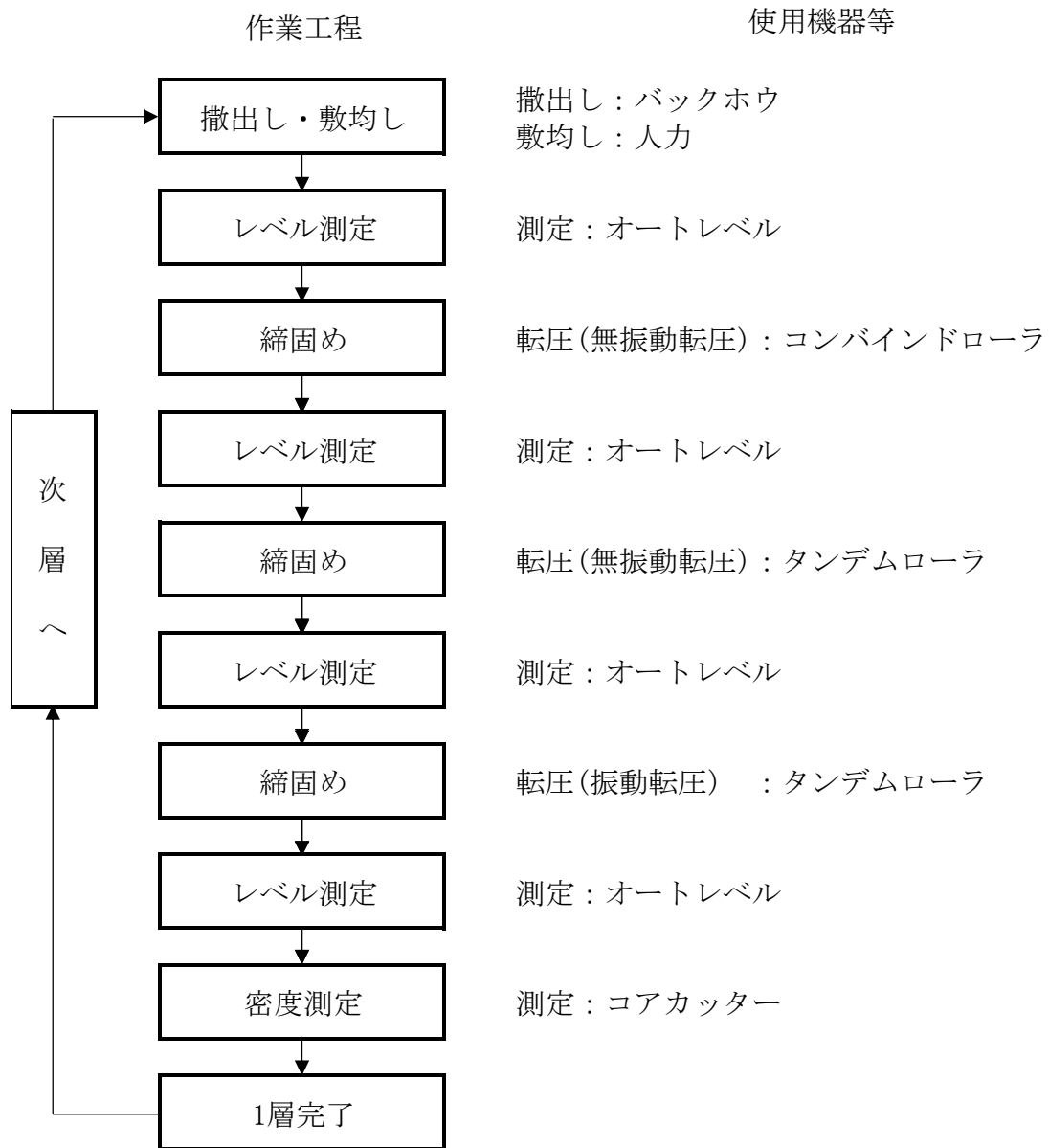
覆土のうち低透水性が求められる側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透水性土層（以下「低透水性覆土」という。）について、施工の実現性を確認するために実施に近い施設構造において施工試験を実施した。また、施工試験で得られた試験結果を整理し、目標とする性能（透水係数）を確保できることを確認した。

施工試験の実施に際しては、一般土工として広く適用されている道路土工要綱⁽¹⁾の他に、本施設と同様に透水性に留意している土構造物として河川堤防に着目した河川土工マニュアル⁽²⁾を参照し、低透水性覆土の設計要求性能である低透水性を満足するための締固め機械、締固め厚さ、締固め回数及び含水比を確認した。

低透水性覆土の施工試験フローを第1図に示す。

施工試験の手順としては、バックホウを用いて低透水性の覆土の撒出し後、人力により敷均しを行い、測定機器（オートレベル）を用いて撒出し厚さを確認し、敷均し後、河川土工マニュアル⁽²⁾で一般的と示されている重機を用いて締固めを行い、1層目の低透水性の覆土を設置する。品質確認のため、高さ及び密度をそれぞれ測定し、2層目以降を同様に実施する手順とした。

低透水性覆土（N a 型 15%，初期含水比 $=W_{opt}+2\%$ ，撒出し厚さ 20 cm / 層）を対象とした施工試験の結果及び概要を第1表に示す。



第1図 低透水性覆土の施工試験フロー

第1表 施工試験の結果及び概要一覧

試験対象	透水係数 (m/s)	締固め度	施工機械等
低透水性覆土	6.58×10^{-12} ~ 7.11×10^{-11} 【n=16】	90.8~96.6 (平均 94.3) 【n=80】	4t 級コンバインドローラ ・無振動転圧 2 往復 7t 級タンデムローラ ・無振動転圧 2 往復, 振動転圧 6 往復

1. 2 混合土の製造について

混合土の製造は、ミキサー（容量 5 m³）を用いたバッチ式により行った。ベントナイト混合土の仕様を第 2 表に、主要材料を第 3 表に示す。

ここで、室内成型供試体を用いて、ベントナイト（クニゲルU）を使用したベントナイト混合土で構成される低透水性覆土を対象に、ベントナイト混合率及び乾燥密度をパラメータスタディした透水試験（地盤工学会基準 J G S 0312-2018）の結果を第 3 図に示す。

ベントナイト混合率が同じであれば、乾燥密度が高くなるほど透水係数が低くなる傾向が確認できる。また、一般に、締め固めた地盤の透水係数は初期含水比に依存し、初期含水比が最適含水比よりも若干湿潤側となる含水比になる場合に透水係数が最も小さくなり、含水比の増加とともに徐々に透水係数は大きくなるか横ばいの透水係数となる。反対に最適含水比よりも乾燥側では、透水係数は著しく増加する傾向が見られることが知られている⁽³⁾。

よって、低透水性覆土において目標の透水係数を得るためには、ベントナイト混合率、乾燥密度及び含水比を管理する必要がある。

締め固め施工後のサンプリングにより、ベントナイト混合率（ここでは代替指標として細粒分含有率）及び含水比に対して、品質確認を行った。混合土の製造後の含水比の測定結果を第 4 図に、細粒分含有率の測定結果を第 5 図に、細粒分含有率のうち、久慈川砂の細粒分含有率を差し引いたベントナイト混合率の推定を第 6 図に示す。

ベントナイト混合率は 15%±2%程度、含水比は $W_{opt} + 2\% \pm 2\%$ の範囲であり、設計仕様の配合を確保した状態で混合できている。

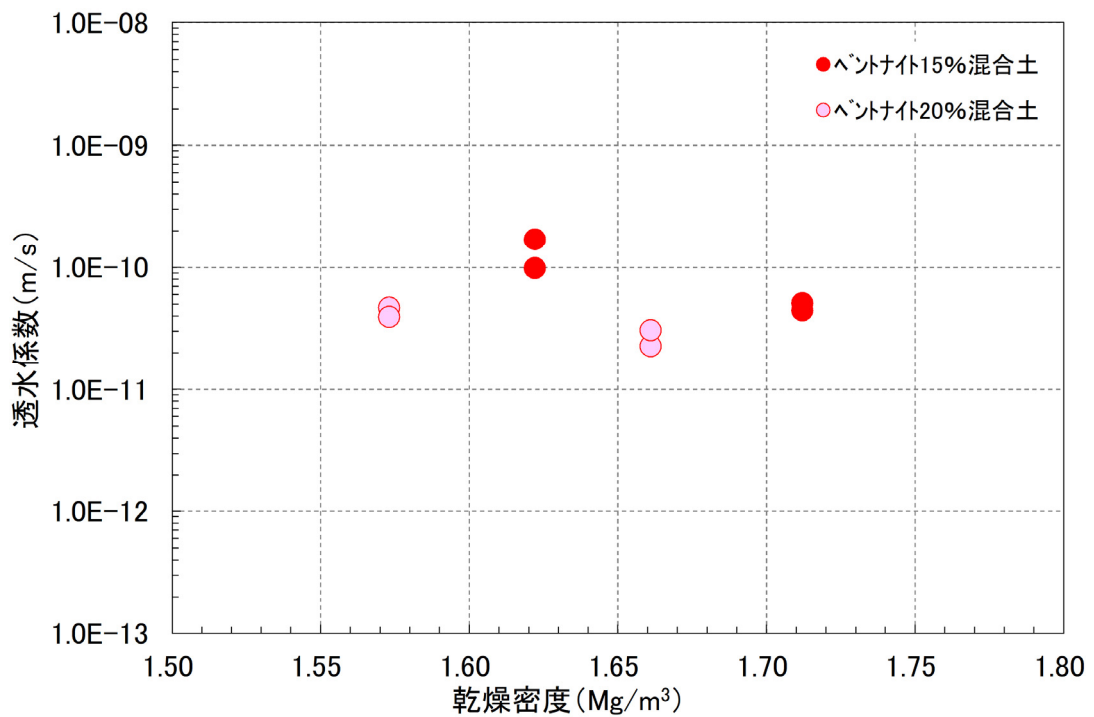
表 2 表 ベントナイト混合土の仕様

項目	仕様	備考
ベントナイト混合率	15%	—
含水比	$W_{opt}^* + 2\% \pm 2\%$	$W_{opt} + 2\% = 11\%$

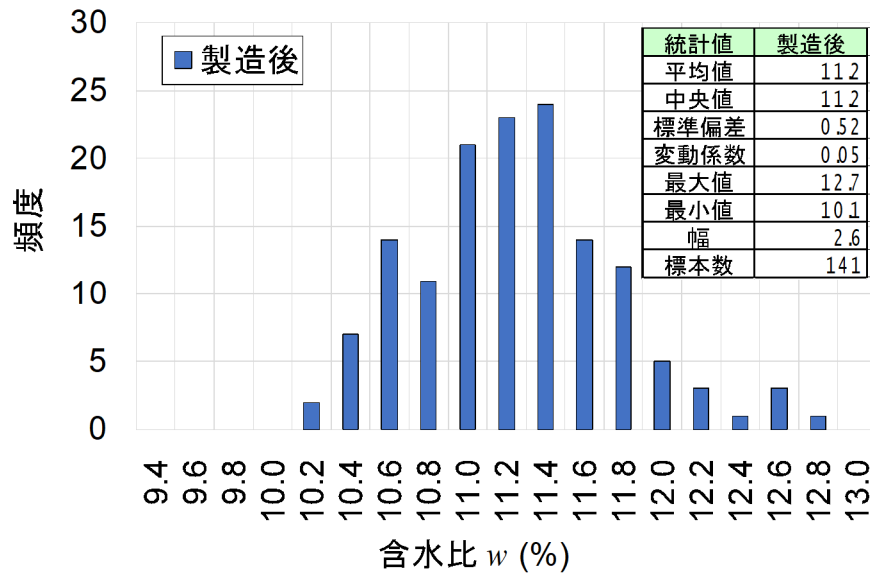
※：最適含水比

表 3 表 主要材料

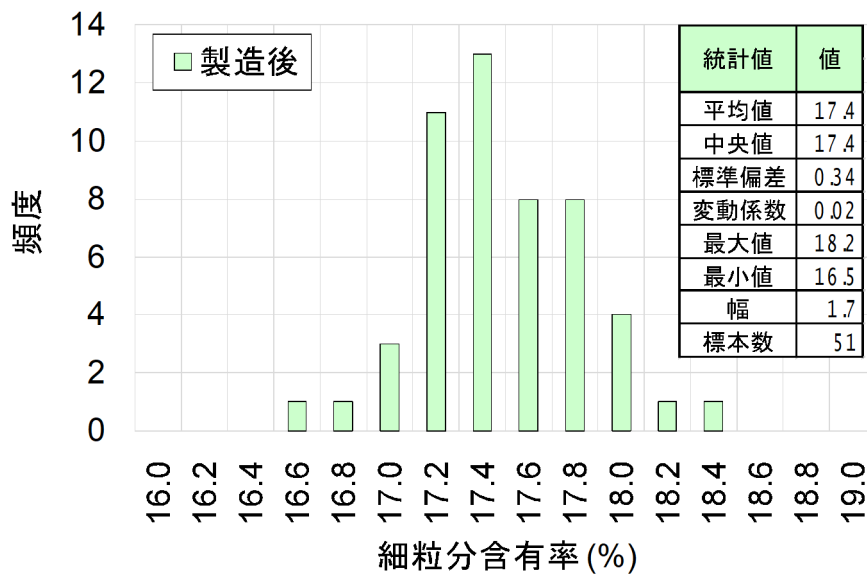
項目	仕様
Na 型ベントナイト (クニゲルU)	MBC60 以上
母材	洗砂 (久慈川産出)



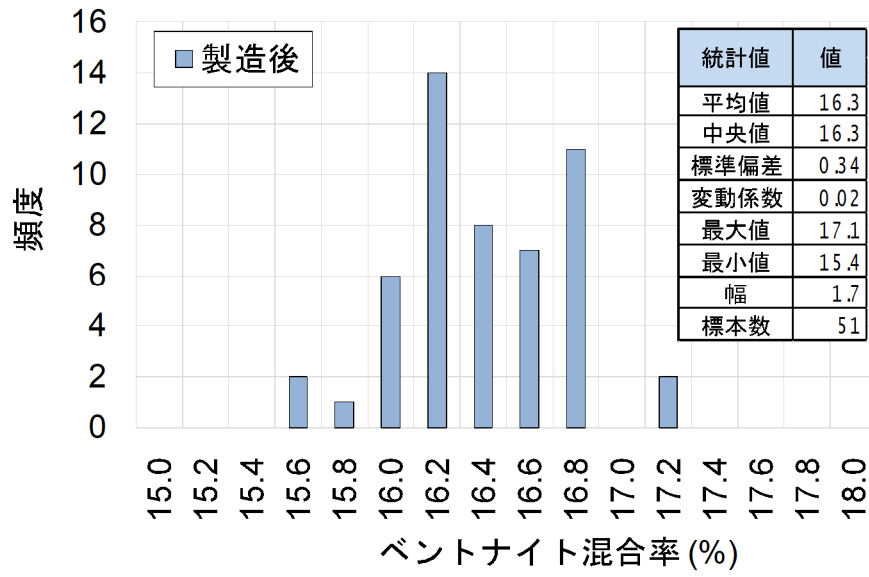
第 3 図 ベントナイト混合率ごとの乾燥密度と透水係数の関係



第 4 図 製造後の含水比



第 5 図 製造後の細粒分含有率

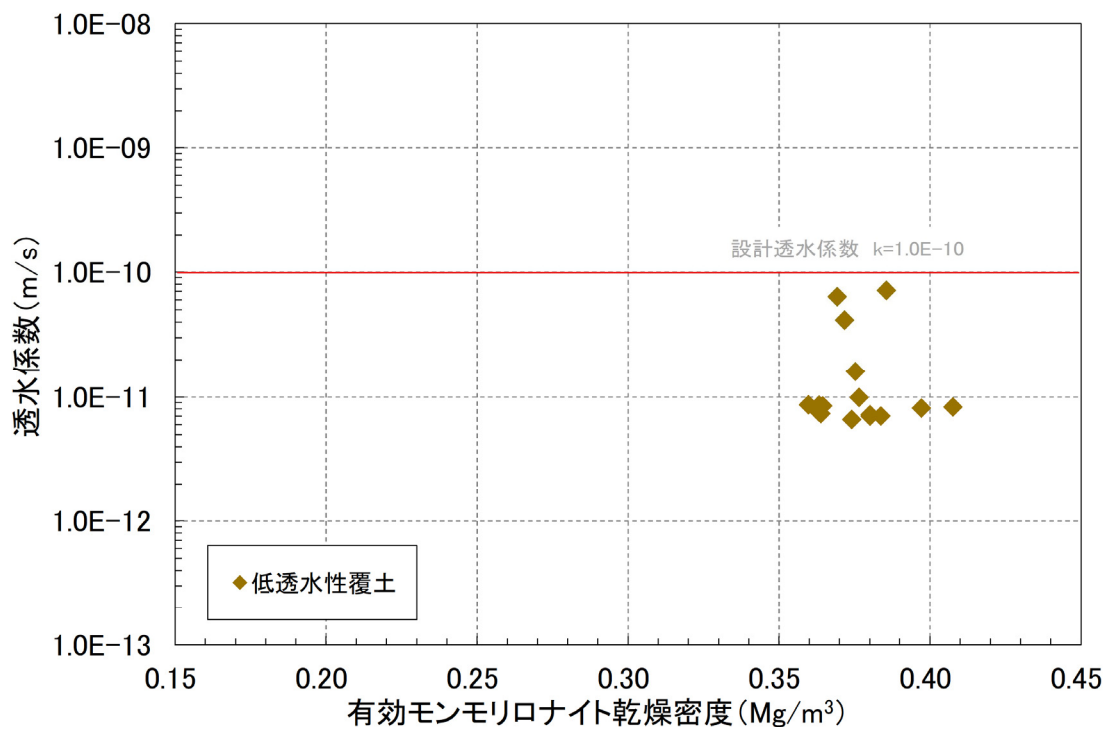


第 6 図 製造後のベントナイト混合率（推定値）

1. 3 施工試験の結果

有効モンモリロナイト乾燥密度及び透水係数の関係（試験結果）を第7図に示す。透水係数は設計仕様（ 1×10^{-10} m/s）以下を確保している。

以上のことから、実施工においても設計仕様のおよりの覆土を製造及び施工でき、目標の透水係数を達成できる見込みがあると考えられる。



第7図 有効モンモリロナイト乾燥密度と透水係数の関係

2 覆土の施工時における品質管理（案）

第5表に低透水性覆土の品質管理項目（案）を示す。品質管理は、「材料納入」、「覆土材料製造」、「覆土施工」及び「完了確認」の各段階において、所定の管理項目を実施する。

なお、ここで示す品質管理（案）は現在の覆土仕様から想定しているものであり、設計透水係数及び設計厚さを確保するための詳細な品質管理方法（管理項目、管理基準、管理方法及び管理頻度）については、実際の施工時に行う施工試験結果を用いて、平均値及びばらつき（分散）を考慮して最終決定する。その際、本書で示す考え方を基本として品質管理方法を設定するものとする。

2. 1 完了時における品質管理項目

(1) 有効モンモリロナイト乾燥密度の確認

低透水性覆土の主要機能である透水係数は、透水試験により確認するには時間が数ヶ月必要となることから、ベントナイト混合率及び乾燥密度のばらつきを包含した形で評価可能な有効モンモリロナイト乾燥密度を確認することとする。

「1. 2 混合土の製造について」に示すとおり、低配合ベントナイト混合土の透水係数は、ベントナイト混合率及び乾燥密度に対して影響感度があることから、これらをパラメータとする有効モンモリロナイト乾燥密度を用いて透水係数を整理することで、製造時や締固め時のばらつきを包含した整理が可能であると考えられる。

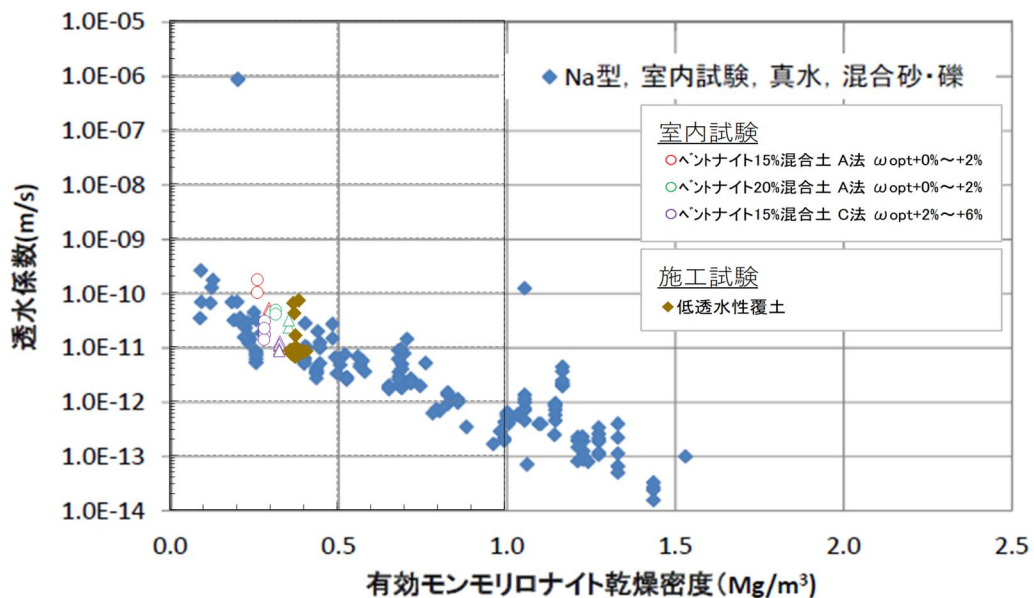
既往文献⁽⁴⁾に記載されている「透水係数と有効モンモリロナイト乾燥密度の関係」から、透水係数と有効モンモリロナイト乾燥密度には相関性があると考えられ、施工試験の結果も第8図に示すとおり同様な傾向となっている。このことより、有効モンモリロナイト乾燥密度を透水係数の代

替指標とすることで透水係数の品質管理をすることができると考えられる。

なお、室内試験結果と施工試験結果の比較については、限定的な条件（ベントナイト混合率 15%～20%，含水比 $W_{opt} \sim W_{opt} + 6\%$ ）における比較であることから、実際の覆土施工時に行う施工試験結果を用いて、品質管理方法の最終決定を行うものとする。

(2) 原位置サンプリング試料による透水係数の確認

原位置サンプリング試料を用いた透水試験結果より、平均透水係数として設計透水係数が確保されていることを確認する。



第8図 有効モンモリロナイト乾燥密度と透水係数の関係⁽¹⁾※

※：施工試験のデータ等を加筆

2. 2 材料納入時、覆土材料製造時及び覆土施工時の品質管理項目

完了確認時における品質管理項目である有効モンモリロナイト乾燥密度は、下式で示される。

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

ここに、

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

ρ_{em} : 有効モンモリロナイト乾燥密度 (Mg/m³)

ρ_b : 有効粘土乾燥密度 (Mg/m³)

C_m : モンモリロナイト含有率 (%)

ρ_{nm} : 随伴鉱物の土粒子密度 (Mg/m³)

ρ_d : 乾燥密度 (Mg/m³)

ρ_s : 骨材の土粒子密度 (Mg/m³)

R_s : 骨材混合率 (%)

これにより有効モンモリロナイト乾燥密度を定義するための管理項目として、「モンモリロナイト含有率（ベントナイト混合率，メチレンブルー吸着量）」、「乾燥密度（現場密度）」及び「土粒子密度」があげられる。

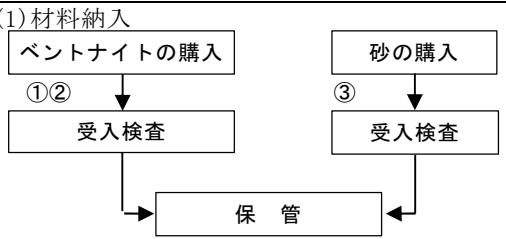
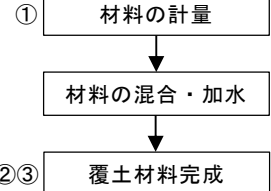
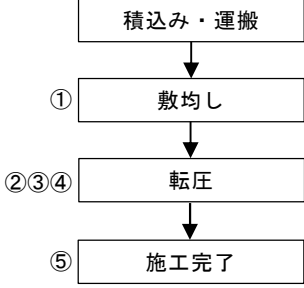
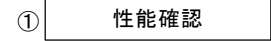
よって、その他の品質管理では、覆土完了時に所定の品質を確保できるように「材料納入」、「覆土材料製造」、「覆土施工」及び「完了確認」の各段階において、第5表に示す所定の管理を実施することにより、有効モンモリロナイト乾燥密度の確認を間接的に行う。

この管理基準は、覆土完了時の覆土全体の平均透水係数が所定の値

(1×10^{-10} m/s) 以下となるような目標値として設定する。透水係数と各種代替指標との関係性は、実際の覆土施工時に行う施工試験で確認を行う。

また、第4図、第5図及び第6図に示す混合土の製造確認結果より混合土は均質に製造できていることから、第5表における覆土施工時のばらつきを確認することで、覆土内に連続的な弱部がないことを確認する。

第5表 低透水性覆土の品質管理項目（案）

施工フロー	対象	管理項目	管理基準	管理方法	
(1)材料納入 	ベントナイト	(1)-① 基本物理特性 (粒度分布等)	製品における各種品質基準	ミルシート確認	—
		(1)-② モンモリロナイト含有量	所定のメチレンブルー吸着量以上	メチレンブルー収着試験	J I S Z 2451:2019
	購入砂	(1)-③ 基本物理特性 (粒度分布等)	所定の粒度分布等であること	粒度試験	J I S A 1204:2020 J G S 0051-2020
(2)覆土材料製造 	混合土	(2)-① 材料構成比	所定の構成比	混合前の計量	—
		(2)-② 含水比	所定の構成比	含水比試験	J I S A 1203:1999
		(2)-③ ベントナイト混合率 ※サンプリング試料において一定のベントナイト混合率であることを確認	所定のベントナイト混合率	細粒分含有試験	J I S A 1223:2009
(3)覆土施工 	混合土	(3)-① 1層当たり撤出し厚	所定の厚さ かさ密度測定	測量 密度, 含水比測定	レーザ測量等
		(3)-② 1層当たり仕上がり厚	所定の厚さ	測量	レーザ測量等
		(3)-③ 締固め回数	基準密度を満たす回数	目視	記録管理
		(3)-④ 施工範囲	所定の範囲・位置に施工されていること	測量	レーザ測量等
		(3)-⑤ 現場密度	所定の現場密度	砂置換法 RI 測定	J I S A 1214:2013 J G S 1614-2012
(4)完了確認 	混合土	(4)-① 透水係数	所定の透水係数	一軸透水試験	J G S 0312-2018
			所定のモンモリロナイト乾燥密度	有効モンモリロナイト乾燥密度を算定	—

3 参考文献

- (1) 日本道路協会 (2009) : 道路土工要綱
- (2) 国土技術研究センター (2009) : 河川土工マニュアル
- (3) 地盤工学会 (2020) : 地盤材料試験の方法と解説 第一回改訂版 一二分冊の1—
- (4) 地盤工学会 (2016) : 低透水性土質系材料の活用と性能評価技術に関する研究委員会 研究報告書

4 諸外国との比較

4. 1 諸外国の極低レベル放射性廃棄物処分施設との比較

本施設では、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減するため、覆土により、廃棄物埋設地への雨水等及び地下水の浸入を十分に抑制している。

このことから、本施設の覆土が、合理的かつ利用可能な最善の技術（BAT: Best Available Technique）を使用したものであることを確認するため、諸外国の極低レベル放射性廃棄物の処分施設を調査した。

比較対象として、極低レベル放射性廃棄物を処分する施設で総放射エネルギーが同等な4ヶ国を選定し、第6表に示す。

選定した各国の処分施設の構造（覆土の構造を含む）等を第7表及び第8表に示す。

構造に関しては、各国の極低レベル放射性廃棄物処分場では、覆土及び底部には遮水層（粘土層やHDPE層など）を設けた施設があるのに対し、本施設では、遮水層に相当するものは無く、雨水等による浸透水を低減することを目的として、埋設トレンチの上部及び側部に低透水性覆土（上部低透水性層及び側部低透水性覆土）を設置する設計としている。

これは、本施設では、金属及びコンクリートのみを取り扱う（埋設する）のに対して、諸外国の極低レベル放射性廃棄物処分場では、日本と異なり金属及びコンクリート廃棄物以外に、可燃物、有害物質やウラン廃棄物等も取り扱うことを考慮して、覆土や底部に遮水層（粘土層やHDPE層など）を設ける設計としていると考えられる例や、規制要求などがされていることによる違いである。

覆土に関して、材料については、各国では粘土材料及び土砂を用いており、加えてHDPE（高密度ポリエチレン）も用いている処分場があるのに対し、本施設では土質材料を用いている。低透水性が必要な土層の厚さについては、

各国においては 0.4 m～0.6 m 程度であるのに対し、本施設では 1 m である。透水係数については、本施設の低透水性覆土の値は、各国のうちベントナイトを混合した材料を採用している処分場と同じ 1.0×10^{-10} m/s である。

これらについては、本施設では、金属及びコンクリートのみを取り扱う（埋設する）こと、透水特性及び機能維持特性を考慮した結果であり、諸外国と同等以上のものである。

以上のことから、本施設の覆土による「廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減」に関しては、各国に対して遜色のない技術が用いられているといえる。

第6表 本施設（廃棄物埋設地）及び諸外国の処分施設の調査結果の整理一覧

	スペイン	フランス	スウェーデン	アメリカ	本施設
	エスカプリル	モルヴィリエ	フォルスマルク	クライブ	
概要	原子力発電所，原子燃料施設，CIEMAT（エネルギー・環境技術研究センター），研究機関，医療機関等から発生する極低レベル放射性廃棄物が処分されている。	主に原子力施設の解体，低レベルの放射性物質を扱う非原子力産業サイト，放射性物質によって汚染されたサイトの除染から発生した極低レベル放射性物質が処分されている。	放射線管理区域で使用される作業着，手袋，紙類の他，煙感知器などのプラスチック，金属端材などの極低レベル放射性廃棄物を発電所敷地内において地表埋立てによって処分されている。	Class A の低レベル放射性廃棄物，ウラン鉱さい，化学毒性を持った放射性廃棄物である混合廃棄物が処分されている。	日本原子力発電株式会社東海発電所から発生する固体状の放射性廃棄物であって，中性子線の作用により放射化された金属及びコンクリート又は原子炉冷却材等で汚染された金属及びコンクリートであり，これらの放射性廃棄物は容器等に収納又はこん包されたものである。
操業開始	2008年	2003年	1989年	1998年	—
処分場の型式	掘下げ+盛土	掘下げ+盛土	盛土	掘下げ+盛土	トレンチ
受入廃棄物	金属，がれき等	金属，がれき，土壌，プラスチック等	金属，樹脂，可燃物，プラスチック等	金属，がれき，土壌，有害物質，可燃物，ウラン等	金属，コンクリート
荷姿	ドラム缶，コンテナ，フレコン	ドラム缶，コンテナ，フレコン，大型機器一体	ドラム缶，コンテナ，コンクリート容器，フィルムこん包	容器なし，コンクリート容器，大型機器一体	鉄箱，プラスチックこん包

第7表 本施設（廃棄物埋設地）及び諸外国の処分施設の構造の整理一覧

	スペイン	フランス	スウェーデン	アメリカ	本施設
	エスカブル	モルヴィリエ	フォルスマルク	クライブ	
処分施設の構造	<p>スペインのエスカブル処分場は、フランスのモルヴィリエ処分場を基に設計されたもので、放射能レベルと関連付けたリスクに調和した非放射性の有害廃棄物の処分場を規制している規則に基づいて設計されており、放射性廃棄物と有害廃棄物の両方を埋設することを可能としている。このため、埋設施設の覆土は、粘土層及び高密度ポリエチレンによる不透水層（HDPE層）で構成され、浸透水の浸入を防いでいる。モルヴィリエ処分場の場合、粘土層及びHDPE層で構成された閉じ込め機能を、風化（霜、風）、動物及び侵食から保護するために、粘土層及びHDPE層の上部に厚さ約1 m～5 mの粘土層で覆う設計としている。最上部は、厚さ約30 cmの植生された表面土壌層で覆う。また、底部については、廃棄物からの発生水及び万が一浸入した場合の浸透水を、粘土層、HDPE層及び排水管で構成した排水層により、施設の下層への浸透を防ぐ設計としている。</p>	<p>他国のような掘削型のトレンチではなく、地表面直下に排水層を設置し、その上に廃棄物を定置し盛土を施す盛土型の処分施設である。施設の覆土に対する法令要求は10^{-10} m/s以下とされているため、遮水層としてベントナイトテキスタイル及びベントナイトとストーンパウダーの混合層の2種類を組み合わせる設計としている。物理的な影響による損傷を防ぎ、木の根の侵入から遮水層を保護するために、最上部には砂質モーレン層を設ける。また、底部については、廃棄物からの発生水及び万が一浸入した場合の浸透水を、ベントナイトとストーンパウダーで構成された遮水層及び砕石で構成された排水層により、施設の下層への浸透を防ぐ設計としている。</p>	<p>ウラン及びトリウム鉱さい、ウラン廃棄物を取扱っていることもあり、覆土の最下層に厚さ約0.6 mの低密度粘土層であるラドンバリア層を設けている。これは、Environmental Protection Agency（米国環境保護庁）のラドンの放出基準（$0.74 \text{ Bq/m}^2/\text{s}$を超えないこと）に従うために設置されたものであり、最終覆土の上面には、覆土の侵食を防止するために直径3.2 cm以上の小石を1.5フィート（約46 cm）設置している。底部にはボトムライナーとして2フィート（約0.6 m）の厚さの低密度粘土層（透水係数：$1.0 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$）が設置されている。</p>	<p>埋設トレンチの上部に設置する最終覆土及び側部に設置する側部低透水性覆土により、埋設トレンチへの雨水等の侵入を防止する設計としている。なお、最終覆土は、保護土層、掘削抵抗性層、低透水性土層及び基礎層により構成している。</p>	

第8表 本施設（廃棄物埋設地）及び諸外国の処分施設の覆土仕様の整理一覧

	スペイン エスカブル	フランス モルヴィリエ	スウェーデン フォルスマルク	アメリカ クライブ	本施設
覆土	<p>[材料]</p> <ul style="list-style-type: none"> HDPE, 砕石, 現地土壌 <p>[厚さ]</p> <ul style="list-style-type: none"> 不明 <p>[透水係数]</p> <ul style="list-style-type: none"> 不明 	<p>[材料]</p> <ul style="list-style-type: none"> HDPE, 粘土質の被覆, 粘土埋戻材, 表層土 <p>[厚さ]</p> <ul style="list-style-type: none"> 不明 (HDPE: 2 mm) <p>[透水係数]</p> <ul style="list-style-type: none"> HDPE: 不明, 粘土埋戻材: 10^{-9} m/s 以下 	<p>[材料]</p> <ul style="list-style-type: none"> 現地土 (モーレン層), 砕石, ストーンパウダー, ベントナイトとストーンパウダーの混合, 砕石とストーンパウダーの混合 <p>[厚さ]</p> <ul style="list-style-type: none"> 3 m (ベントナイトとストーンパウダーの混合層: 0.4 m) <p>[透水係数]</p> <ul style="list-style-type: none"> 10^{-10} m/s 以下 (覆土の透水係数) 	<p>[材料]</p> <ul style="list-style-type: none"> 砂+砂利, 土壌, 低密度粘土 <p>[厚さ]</p> <ul style="list-style-type: none"> 不明 (覆土の最下層 (低密度粘土層): 約 0.6 m) <p>[透水係数]</p> <ul style="list-style-type: none"> 低密度粘土層: 5.0×10^{-8} cm/s 及び 1.0×10^{-6} cm/s 	<p>[材料]</p> <ul style="list-style-type: none"> 砂又は砂質土, 砕石又は石, ベントナイト混合土 <p>[厚さ]</p> <ul style="list-style-type: none"> 最終覆土 2.5 m 以上 (低透水性土層: 1 m 以上, 側部低透水性覆土: 0.6 m 以上) <p>[透水係数]</p> <ul style="list-style-type: none"> 低透水性土層及び側部低透水性覆土: 1.0×10^{-10} m/s
底部	<p>[材料]</p> <ul style="list-style-type: none"> 砕石, 粘土, ナトリウムベントナイト, ポリエチレン製ジオメンブレン, HDPE <p>[厚さ]</p> <ul style="list-style-type: none"> 不明 (粘土: 1 m, ナトリウムベントナイト: 3 cm, HDPE: 4 mm) <p>[透水係数]</p> <ul style="list-style-type: none"> 不明 	<p>[材料]</p> <ul style="list-style-type: none"> HDPE <p>[厚さ]</p> <ul style="list-style-type: none"> 2 mm <p>[透水係数]</p> <ul style="list-style-type: none"> 不明 	<p>[材料]</p> <ul style="list-style-type: none"> 礫 (砕石) とストーンパウダーの混合, 礫 (砕石), ベントナイトとストーンパウダーの混合, 現地土 (モーレン層) <p>[厚さ]</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.85 m (ベントナイトとストーンパウダーの混合層: 0.4 m) <p>[透水係数]</p> <ul style="list-style-type: none"> ベントナイトとストーンパウダーの混合層: 不明 	<p>[材料]</p> <ul style="list-style-type: none"> 現地の粘土又は砂, 低密度粘土 <p>[厚さ]</p> <ul style="list-style-type: none"> 不明 (ボトムライナー (低密度粘土層): 約 0.6 m) <p>[透水係数]</p> <ul style="list-style-type: none"> 低密度粘土層: 1.0×10^{-6} cm/s 	<p>— (なし)</p>

第二種埋設許可基準規則への適合性説明

目 次

1	はじめに	1
2	第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第二号（第二種埋設 許可基準解釈第13条第1項）	1
3	第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第二号（第二種埋設 許可基準解釈第13条第5項）	8
4	第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第四号（第二種埋設 許可基準解釈第12条第6項）	11

1 はじめに

本資料は、第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第二号及び第四号への適合性について、「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項第二号及び第四号への適合性について」の「4 第二種埋設許可基準規則への適合のための設計方針」及び「5 廃棄物埋設地の設計」を基に項目ごとに整理したものである。

2 第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第二号（第二種埋設許可基準解釈第13条第1項）

廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する設計について以下のとおり確認する。

（1）確認方法

以下の事項が留意された設計になっていることを確認する。

- a. 埋設する放射性廃棄物に含まれる放射性物質の性質及び放射能濃度に応じて、設計時点において合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術によるものであること
- b. 劣化・損傷に対する抵抗性を考慮すること
- c. 劣化・損傷が生じた場合にも機能が維持できる構造・仕様であること

（2）確認結果

以下に示すとおり、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する設計に関する事項が留意された設計となっている。

a. 埋設する放射性廃棄物に含まれる放射性物質の性質及び放射能濃度に応じて，設計時点において合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術によるものであること

(a) はじめに

廃棄物埋設地の設計が合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術によることについて，各設備の設計の観点から，以下に説明する。

(b) 埋設する放射性廃棄物の特性

放射性廃棄物は，事業規則の別表第二の上欄に掲げる放射性物質についての放射能濃度がそれぞれ同表の下欄に掲げる放射能濃度を超えないものであって，第八条第1項第2号イ，同条第1項第2号ロ（2）及び同条第3項に定める放射性廃棄物等の技術上の基準に適合するものである。また，これらの放射性廃棄物は，廃棄物の種類に応じて容器等に収納又はこん包される。廃棄物埋設地の設計においては，以下に示す事項を考慮した。

i. 金属類及びコンクリートガラ

廃棄物埋設地に埋設する放射性廃棄物のうち金属類及びコンクリートガラは，廃棄物を収納する容器（以下「収納容器」という。）に収納し，収納容器内に残る空隙部に砂を充填したものであること。

・ 収納容器

金属類の廃棄物及びコンクリートガラを収納する容器は，炭素鋼等を用いた金属製の容器であること。

・ 砂充填方法

容器内の空隙による最終覆土の陥没防止対策として、
収納容器内に砂を充填し、容器内に有害な空隙が残らな
いよう処置すること。

ii. コンクリートブロック

廃棄物埋設地に埋設する放射性廃棄物のうちコンクリー
トブロックは、プラスチックシートによりこん包したもの
であること。

iii. 共通事項

・ 表面汚染密度限度

放射性廃棄物を収納又はこん包した容器等の表面汚染
密度がアルファ線を放出する放射性物質は 0.4 Bq/cm^2 ,
アルファ線を放出しない放射性物質は 4 Bq/cm^2 を超え
ないものであること。

・ 表面線量当量率

$300 \mu \text{ Sv/h}$ を超えないものであること。

・ 放射性廃棄物の重量

1 体あたり $6,090 \text{ kg}$ を超えないものであること。

iv. 放射性物質の性質及び放射能濃度

放射性物質の種類、性質及び放射能濃度により、主に半
減期や放出される放射線エネルギーが異なる。

- ・ 半減期の長い放射性物質に対しては、人工バリアによる漏出低減機能により長期的に廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減するとともに、天然バリアにより長期的に廃棄物埋設地の外に漏出した放射性物質の移動を抑制し、放射能減衰を図ることで公衆の受け

る線量を低減する。

- ・半減期が短く放射線のエネルギーが大きい放射性物質に対しては、遮蔽機能により放射能が有意に減衰するまで遮蔽を確保することで、公衆の受ける外部被ばく線量を低減する。

(c) 埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から最終覆土完了までの期間

埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から最終覆土完了までの期間は、安全機能（漏出低減機能及び遮蔽機能）を有する部位ごとの要求性能に加え、材料の選定、建設・施工及び検査を考慮した構造物として設計する。以下の内容を満足することで、合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術とする。

i. 合理的な建設・施工技術

充填砂及び中間覆土（最上段を除く）の収着性、側部低透水性覆土の低透水性、及び中間覆土の遮蔽性能は、最終覆土の設置完了後も期待するため、力学的・化学的作用により安全性が損なわれ難い天然材料である土質材料を用いた土構造物とすることが合理的である。

表面遮水の低透水性は、最終覆土の設置完了までの比較的短い期間期待するものであり、最終覆土の設置時には撤去することから、点検・補修等による機能維持が可能な遮水シートを用いることが合理的である。

ii. 利用可能な最善の建設・施工技術

土構造物等としての設計、材料の選定、建設・施工及び検査については、利用可能な最善の建設・施工技術として、最

新の知見を確認する。2022年度時点での最新の知見としては、「遮水シート日本遮水工協会自主基準」⁽¹⁾、「廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領（2010改訂版）」⁽²⁾、「道路土工要綱」⁽³⁾及び「河川土工マニュアル」⁽⁵⁾を参照する。

なお、土構造物施工時の品質管理方法は、中間覆土及び側部低透水性覆土施工時に行う施工試験結果を用いて最終決定する。

安全機能に対する設計としては以下のとおり。

- ・漏出低減機能は、低透水性として透水係数及び厚さを確保する設計とし、収着性を有する土質材料を用いる設計とすること。
- ・遮蔽機能は、敷地周辺の公衆、放射線業務従事者及び管理区域外の人が立ち入る場所に滞在する者への被ばくを低減するため、中間覆土の密度及び厚さを確保することで、放射線の遮蔽性能を有する設計とすること。

(d) 最終覆土の設置完了後

最終覆土の設置完了後は、安全機能（漏出低減機能及び遮蔽機能）を有する部位ごとの要求性能に加え、材料の選定、建設・施工及び検査を考慮した構造物として設計する。以下の内容を満足することで、合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術とする。

i. 合理的な建設・施工技術

最終覆土の低透水性は、力学的作用により安全性が損なわれ難い天然材料である土質材料及び岩石質材料を用いた

土構造物とすることが合理的である。

ii. 利用可能な最善の建設・施工技術

土構造物としての設計，材料の選定，建設・施工及び検査については，利用可能な最善の建設・施工技術として，最新の知見を確認する。2022年度時点での最新の知見としては，「道路土工要綱」⁽³⁾，「道路土工－盛土工指針」⁽⁴⁾及び「河川土工マニュアル」⁽⁵⁾を参照する。

なお，施工時の品質管理方法は，最終覆土施工時に行う施工試験結果を用いて最終決定する。

安全機能に対する設計としては以下のとおり。

- ・漏出低減機能は，低透水性として透水係数及び厚さを確保する設計とし，収着性を有する土質材料を用いる設計とすること。

(e) まとめ

本施設は，廃止措置の開始後，保全の措置を必要としない状況に移行できることを考慮して，安全機能を達成できる設備の設計を行っている。

また，「2 (2) a. (b) 埋設する放射性廃棄物の特性」から「2 (2) a. (d) 最終覆土の設置完了後」に示すとおり，埋設する放射性廃棄物に含まれる放射性物質の性質及び放射能濃度に応じて，設計時点において合理的かつ利用可能な最善の建設・施工技術によるものである。

b. 劣化・損傷に対する抵抗性を考慮すること。

(a) 表面遮水

変形追従性を考慮し，合成ゴム及び合成樹脂系の遮水シー

トを用いることにより，表面遮水は劣化・損傷に対する抵抗性を有する設計とするとしている。

(b) 覆土

変形追従性を考慮し，粒径分布に広がりを持った土質材料を用いることにより，劣化・損傷に対する抵抗性を有する設計とするとしている。

覆土の設計においては，漏出低減機能を長期にわたり廃止措置の開始前まで維持する必要があるため，長期状態において想定される劣化・損傷として，透水係数及び厚さの変化に影響を及ぼす要因を抽出している。

長期状態において覆土の低透水性に影響を及ぼす要因とその機構は，第5表に示すとおりである。

抽出した要因は，廃棄物埋設地に埋設した放射性廃棄物の容器内に残存する空隙に起因する陥没に伴う，有効粘土密度の変化及び間隙の変化である。これらの要因に対して，機能維持特性として，変形追従性を考慮しており，これらが長期状態において考慮する性能を満たす見通しがあるような設計としている。

具体的には，線量評価上の状態設定において，力学的影響による覆土の性能（低透水性）の低下を考慮しており，設計上の設定値（初期状態）も性能の低下に配慮している。

これらにより，覆土は劣化・損傷に対する抵抗性を有する設計とするとしている。

- c. 劣化・損傷が生じた場合にも機能が維持できる構造・仕様であること

(a) 表面遮水

補修可能な遮水シートを設置することで、劣化・損傷が生じた場合においても、安全上支障のない期間内において速やかに修復し、漏出低減機能を維持する構造・仕様とするとしている。

(b) 覆土

長期的に発生が予想される力学的影響に対して機能維持が受動的に期待できるよう、十分な厚さの最終覆土を設置することで、劣化・損傷が生じた場合においても、漏出低減機能を維持する構造・仕様とするとしている。

線量評価上用いる各性能は、線量評価の状態設定における不確実性を包含する設定とすることにより、廃棄物埋設地全体として線量基準を満足するようにする。

これらにより、劣化・損傷が生じた場合においても、漏出低減機能を維持する構造・仕様とするとしている。

3 第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第二号（第二種埋設許可基準解釈第13条第5項）

廃棄物埋設地が、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、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を以下のとおり確認する。

(1) 確認方法

「廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する」について、平常時における廃棄物埋設地からの放射性物質の外への漏出に伴う公衆の受ける線量が、本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敷地周辺の線量並びに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放出により公衆の受ける線量を含め、法令に定める線量限度を超えないことはもとより、As Low As Reasonably Achievable (ALARA) の考え方の下、合理的に達成できる限り十分に低くなるよう、実効線量で $50 \mu\text{Sv}/\text{y}$ 以下であることによって確認する。

(2) 確認結果

埋設する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ける地下水中の放射性物質が移動する海での海産物摂取に伴う内部被ばく線量は約 $6.9 \times 10^{-3} \mu\text{Sv}/\text{y}$ である。

また、第二種埋設許可基準規則第八条に規定する「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」により公衆の受ける外部被ばく線量の最大値は、埋設する廃棄物の受入れの開始から全区画の最上段中間覆土完了までの間においては約 $3.8 \times 10^1 \mu\text{Sv}/\text{y}$ であり、全区画の最上段中間覆土完了から廃止措置の開始までの間においては約 $1.1 \times 10^1 \mu\text{Sv}/\text{y}$ である。

なお、埋設する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ける第二種埋設許可基準規則第十七条第1項に規定する「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」の放出により公衆の受ける線量については、本施設は廃棄施設を設置しないことから、考慮する必要はない。

以上より、埋設する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ける公衆の受ける合計線量は、最大約 $3.8 \times 10^1 \mu\text{Sv}/\text{y}$ となる。

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評価のうち廃棄物埋設地からの移動に関する評価の詳細を第 1 表に示す。線量評価に関するパラメータについては、「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」にて説明する。

これらにより、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は、公衆の受ける線量は実効線量で $50 \mu\text{Sv}/\text{y}$ 以下であることから、廃棄物埋設地は、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設計である。

第1表 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最大となる公衆の受ける被ばく線量の評価結果

線量評価シナリオ	評価結果 ($\mu\text{Sv}/\text{y}$)	
	受け入れ ～最終覆土完了	最終覆土完了 ～廃止措置開始
地下水中の放射性物質が移動する海での海産物摂取に伴う内部被ばく	約 6.9×10^{-3}	
埋設する埋設する廃棄物に含まれる放射性物質からの外部被ばく	約 3.8×10^1 ※1	約 1.1×10^1
合計	約 3.8×10^1	約 1.1×10^1

※1：埋設する廃棄物の受入れの開始から全区画の最上段中間覆土完了までの間において公衆の受ける外部被ばく線量の最大値は約 $3.8 \times 10^1 \mu\text{Sv}/\text{y}$ であり，全区画の最上段中間覆土完了から廃止措置の開始までの間において公衆の受ける外部被ばく線量の最大値は約 $1.1 \times 10^1 \mu\text{Sv}/\text{y}$ である。

4 第二種埋設許可基準規則第十三条第1項第四号（第二種埋設許可基準解釈第12条第6項）

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を以下のとおり確認する。

(1) 確認方法

廃棄物埋設地の安全機能である遮蔽機能及び漏出低減機能を期待する覆土及び表面遮水が，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機能が損なわれない設計となっていることを確認する。

(2) 確認結果

埋設する放射性廃棄物及び覆土には可燃性の化学物質，可燃性ガスを発生する化学物質を含めない。一方，廃棄物埋設地の安全機能に影響を及ぼす可能性のあるその他の化学物質としては，放射性廃棄物のうちコンクリートから溶出した成分を含む浸透水との反応による影響を考慮する必要がある。

最終覆土の設置完了前の安全機能については，中間覆土において遮蔽機能を期待し，表面遮水，側部低透水性覆土，充填砂及び中間覆土（最上段を除く）において漏出低減機能を期待している。遮蔽機能については，中間覆土が十分な厚さを有しており，化学物質との接触による中間覆土の厚さ減少及び密度低下は無視できると考えられる。漏出低減機能については，埋設が完了したトレンチへの雨水等の浸透に伴うコンクリートから溶出した成分が，埋設トレンチ内の充填砂及び中間覆土（最上段を除く）の収着性に影響を及ぼす可能性がある。なお，最上段の中間覆土は，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から溶出した成分を含む浸透水の影響を受けない。

最終覆土の設置完了後の安全機能については，中間覆土において遮蔽機能を期待し，充填砂，中間覆土（最上段を除く），側部低透水性覆土及び最終覆土において漏出低減機能を期待している。遮蔽機能については，中間覆土が十分な厚さを有しており，化学

物質との接触による中間覆土の厚さ減少及び密度低下は無視できると考えられる。漏出低減機能については、埋設が完了したトレンチへの雨水等の浸透に伴うコンクリートから溶出した成分が、埋設トレンチ内の充填砂及び中間覆土（最上段を除く）の収着性に影響を及ぼす可能性がある。なお、最終覆土及び最上段の中間覆土は、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から溶出した成分を含む浸透水の影響を受けず、側部低透水性覆土は、水理的には側部低透水性覆土からコンクリートへの流れとなるため、コンクリートから溶出したセメント成分による影響は小さい。

上記のように可能性が考えられる化学物質の影響に対する対策として、充填砂及び中間覆土（最上段を除く）に使用する材料については、化学物質による収着性及び低透水性への影響を考慮し、収着性及び低透水性への影響を確認した材料を使用する設計としている。また、充填砂及び中間覆土（最上段を除く）については化学的安定性の高い材料で構成する設計としている。

したがって、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。

以上