



「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」
のうち第1項第二号への適合性についての概要

2022年 9月 8日

日本原子力発電株式会社



「放射性物質の漏出を低減する機能」の設計に係る基本的考え方

第二種埋設許可基準規則※

(ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地)

第十三条 ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地は、次の各号に掲げる要件を満たすものでなければならない。

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。

第二種埋設許可基準規則※への適合性

埋設する放射性廃棄物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、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とし、廃棄物埋設地に浸入する水に起因した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内への雨水等の浸入を抑制する設計とする。

※ 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則



「放射性物質の漏出を低減する機能」の設計に係る基本的考え方

第二種埋設許可基準解釈※

第13条(ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地)

- 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。
 - 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。
 - 二 劣化・損傷に対する抵抗性を考慮すること。
 - 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。
- 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、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。
- 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。

第二種埋設許可基準解釈※への適合性

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の事項を考慮した設計とする。

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間において、 $50 \mu\text{Sv}/\text{y}$ 以下を達成できることを確認する。

※ 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈



「放射性物質の漏出を低減する機能」の設計に係る基本的考え方

➤ 放射性物質の漏出を低減する機能に対する設計方針

以下に示す設計方針により、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する。

- ✓ 地下水面より上に埋設トレンチを設置することにより、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。）への地下水の浸入を抑制する。
- ✓ 最終覆土の設置完了までの間は、側部低透水性覆土及び表面遮水により、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。
- ✓ 最終覆土の設置完了後は、側部低透水性覆土及び最終覆土により、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。
- ✓ 充填砂、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。

「放射性物質の漏出を低減する機能」の設計に係る基本的考え方

➤ 漏出低減機能の設計(安全設計)

【 覆土 】

- ✓ 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。
- ✓ 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。
- ✓ 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。
- ✓ 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。
- ✓ 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。
- ✓ 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、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、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。)、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」、「道路土工—盛土工指針」及び「河川土工マニュアル」を参照する。



「放射性物質の漏出を低減する機能」の設計に係る基本的考え方

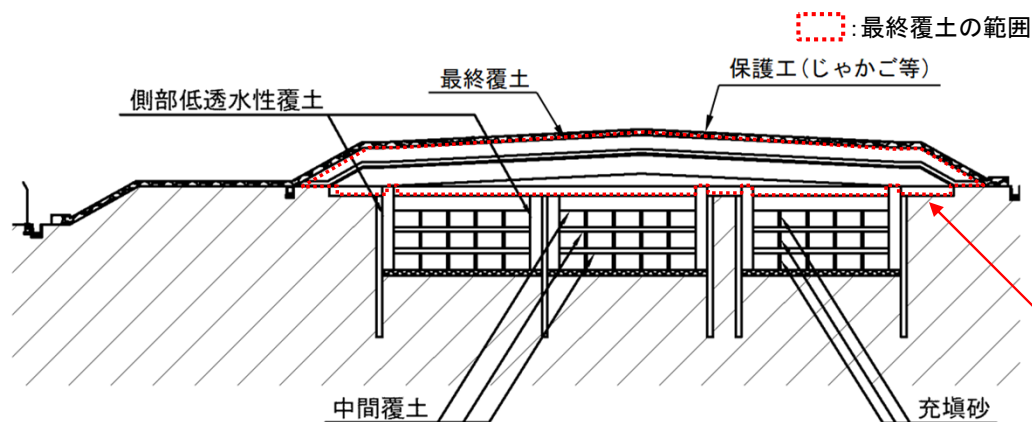
➤ 漏出低減機能の設計(安全設計)

【 表面遮水 】

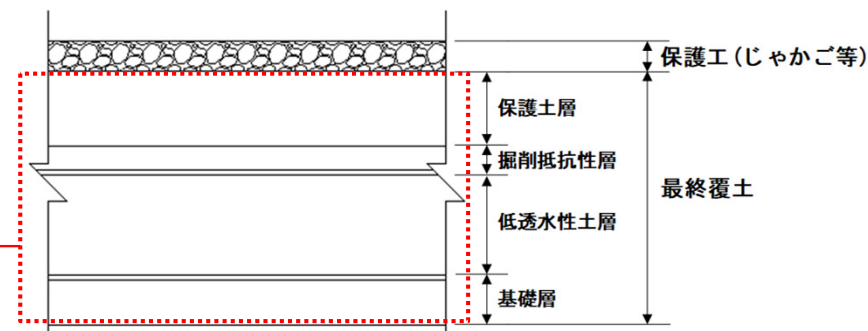
- ✓ 低透水性を有する設計とする。
- ✓ 変形追従性を有する遮水シートを採用する。
- ✓ 劣化・損傷が生じた場合、安全上支障のない期間内において速やかに修復することにより必要な機能を維持する設計とする。
- ✓ 雨水等が埋設が完了したトレンチ内に浸入することを抑制するように、区画ごとに最上段の中間覆土及び最終覆土の一部(基礎層)施工後に、埋設が完了したトレンチの上部に設置する。
- ✓ 表面遮水に対する設計、材料の選定、建設・施工及び検査は、事業規則、第二種埋設許可基準規則等に基づくほか、利用可能な最善の技術として最新の知見を確認する。2022年度時点での最新の知見としては、「遮水シート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

「放射性物質の漏出を低減する機能」の設計に係る基本的考え方

➤ 覆土の構造(断面図)と各部材に期待する漏出低減機能を構成する機能



第1図 覆土の断面図(西側)



第2図 保護工(じゃかご等)・最終覆土断面詳細図

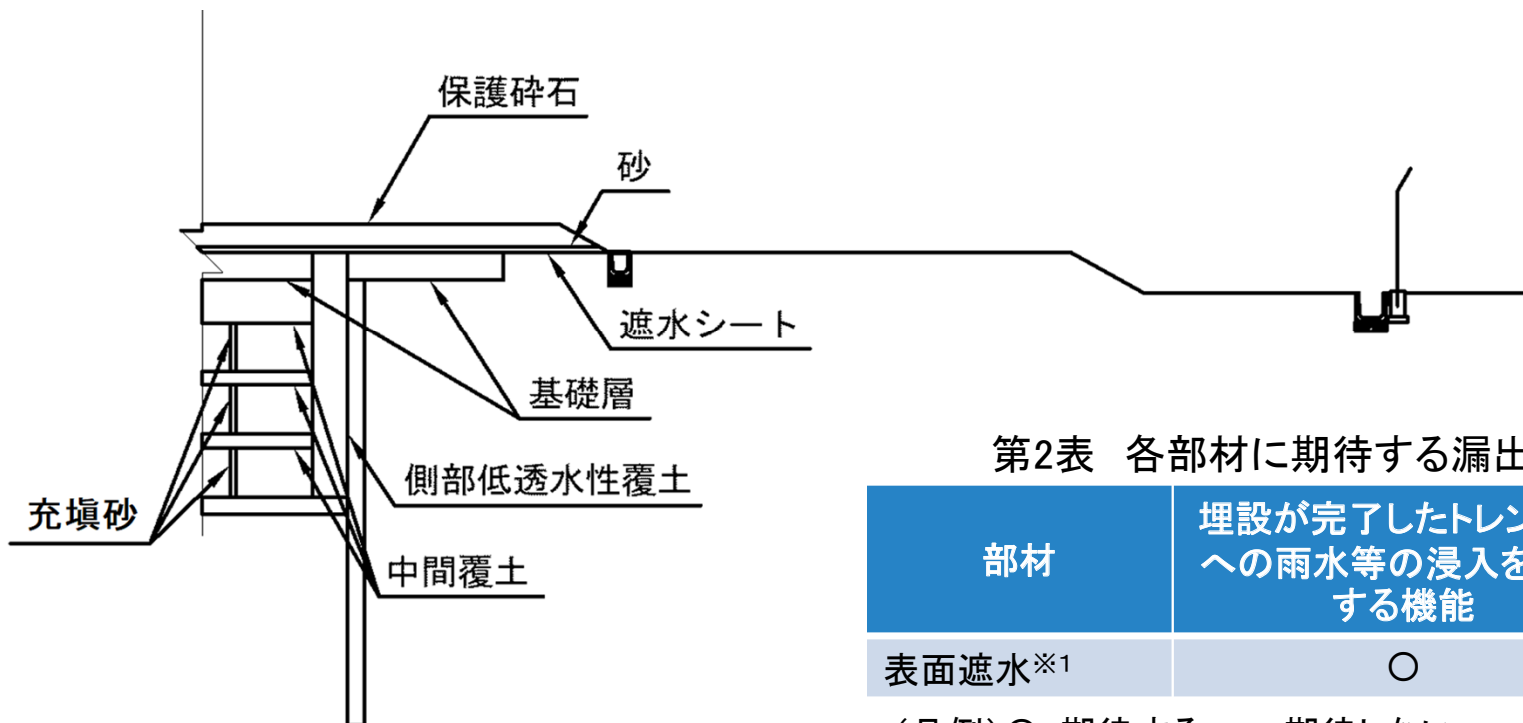
第1表 各部材に期待する漏出低減機能を構成する機能

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
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	—	○

(凡例)○:期待する, —:期待しない

「放射性物質の漏出を低減する機能」の設計に係る基本的考え方

➤ 表面遮水の構造(設置例)と各部材に期待する漏出低減機能を構成する機能



第3図 表面遮水の設置例

第2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	○	—

(凡例) ○: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。



覆土の設計

➤ 要求性能と設計要件

漏出低減機能を達成するため、覆土の各部材に対しての要求性能と設計要件を以下のとおり設定する。

第3表 覆土の要求性能及び設計要件

安全機能	要求性能		設計項目	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)			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。
			厚さ	—	—	○	—	○	—	—	必要な厚さを有すること。
	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）。	
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 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。

➤ 要求性能に対する設計方法

【最終覆土】

(1) 透水特性

- ✓ 必要な透水係数を有すること。
 - ・最終覆土のうち低透水性土層は、 $1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ 以下の透水係数を施工時点で確保する。
 - ・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。
- ✓ 必要な厚さを有すること。
 - ・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に、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。
 - ・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。

(2) 機能維持特性

① 変形追従性

- ✓ 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。
 - ・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。

➤ 要求性能に対する設計方法

【側部低透水性覆土】

(1) 透水特性

- ✓ 必要な透水係数を有すること。
 - ・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。
- ✓ 必要な厚さを有すること。
 - ・側部低透水性覆土の厚さは、0.6 m以上とする。

(2) 機能維持特性

① 変形追従性

- ✓ 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。
 - ・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。



表面遮水の設計

➤ 要求性能と設計要件

漏出低減機能を達成するため、表面遮水に対しての要求性能と設計要件を以下のとおり設定する。

第4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)	設計項目		
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。
			厚さ	○ 必要な厚さを有すること。

➤ 要求性能に対する設計方法

【 表面遮水 】

(1) 透水特性

- ✓ 必要な透水係数を有すること。
 - ・遮水シートは, 透水係数が 1.0×10^{-10} m/s以下の性能を有する材料を用いる。
- ✓ 必要な厚さを有すること。
 - ・遮水シートは, 厚さ1.5 mm以上の材料を用いる。



漏出低減機能の設計において考慮すべき事項への対応

廃棄物埋設地は、埋設する放射性廃棄物の受け入れ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、以下の事項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。

漏出低減機能の設計において考慮すべき事項への対応

- 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は、放射性物質の種類、性質及び放射能濃度、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。
 - ✓ 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・施工技術について次頁及び次々頁に示す。

漏出低減機能の設計において考慮すべき事項への対応

【 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 】

(1) 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。

(2) 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」, 「廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領(2010改訂版)」, 「道路土工要綱」及び「河川土工マニュアル」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。



漏出低減機能の設計において考慮すべき事項への対応

【最終覆土の設置完了後】

(1) 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。

(2) 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」、「道路土工—盛土工指針」及び「河川土工マニュアル」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。



漏出低減機能の設計において考慮すべき事項への対応

➤ 劣化・損傷に対する抵抗性を考慮すること

【 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。

【 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。



漏出低減機能の設計において考慮すべき事項への対応

- 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

【 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。

【 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。



放射性物質の漏出を低減する機能を有することの確認

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第13条第5項に対して、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減する機能を有していることを、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、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。

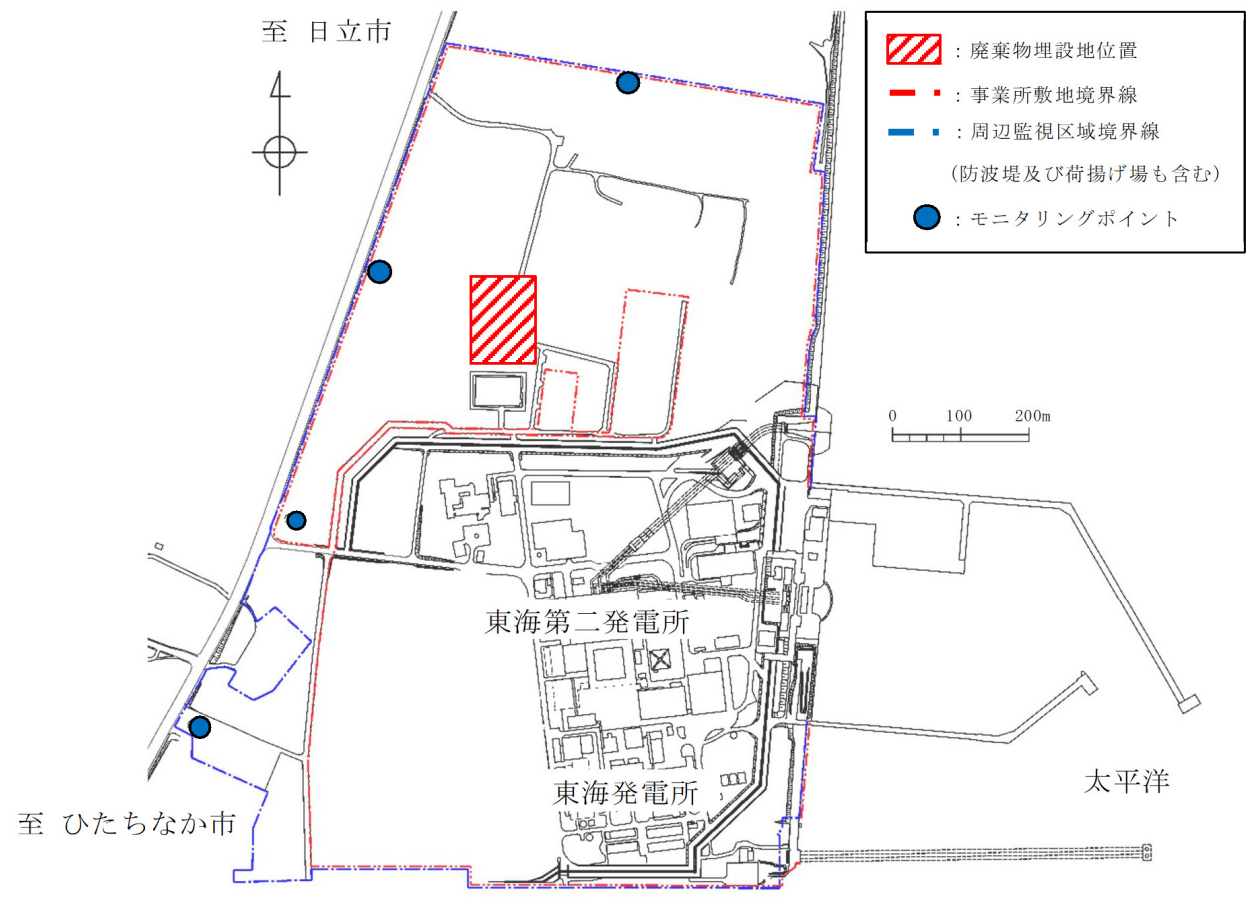
(2) 確認結果

- ✓ 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。
- ✓ 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。
- ✓ 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。



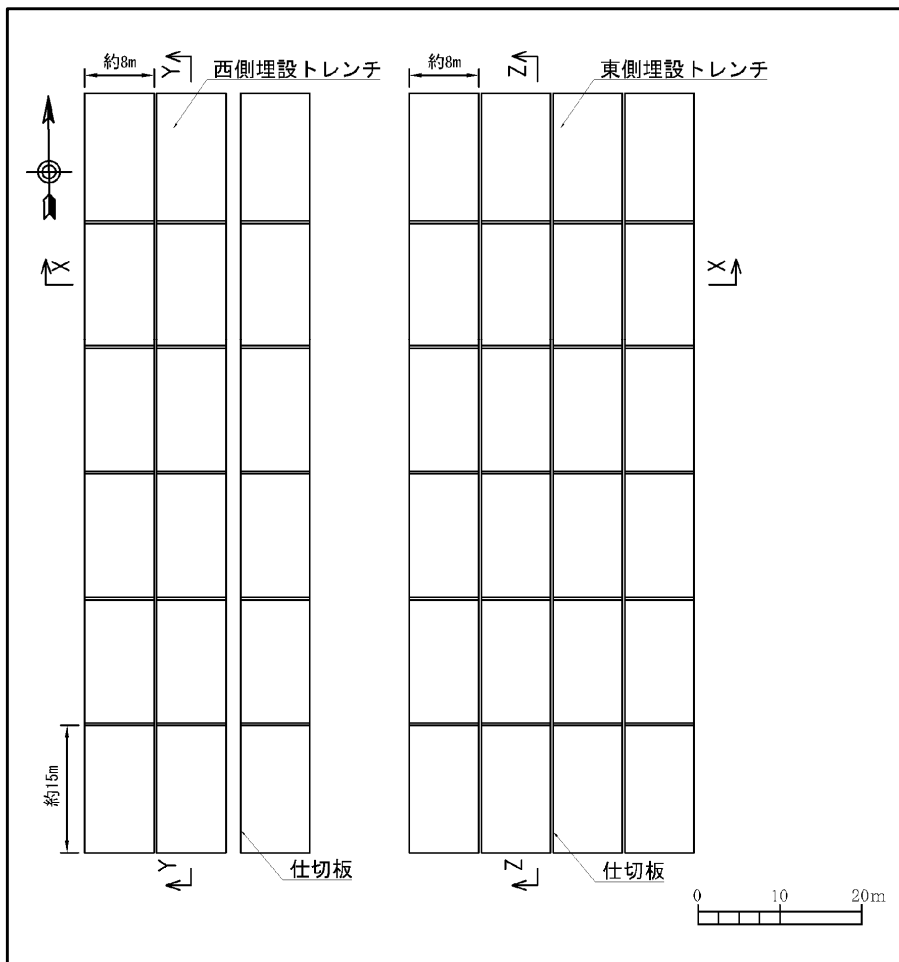
参考資料

- 廃棄物埋設地の位置
- 埋設トレンチの平面図及び断面図
- 覆土の平面図及び断面図
- 埋設トレンチへの浸透水量

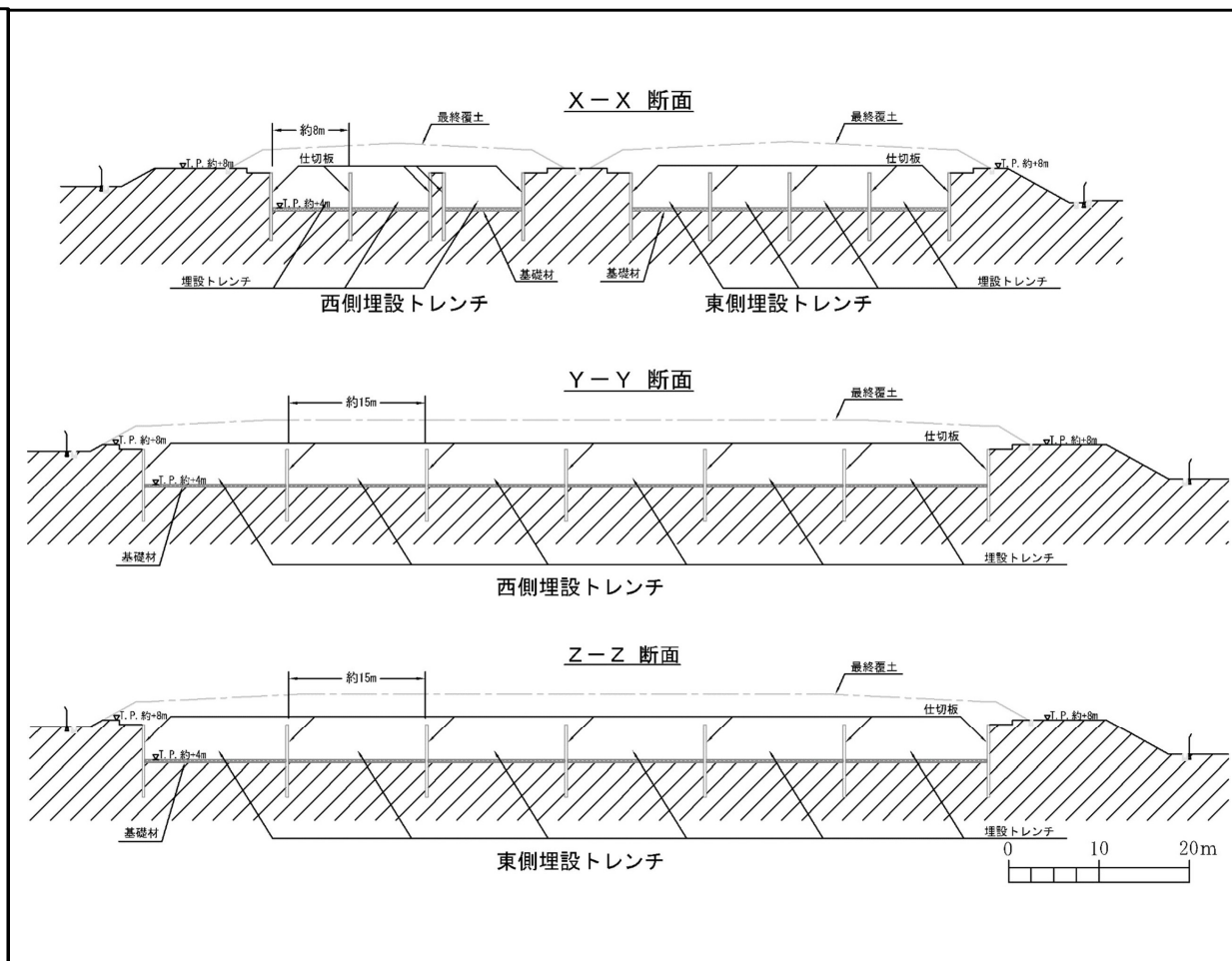


第4図 廃棄物埋設地位置図

参考資料：埋設トレンチの平面図及び断面図

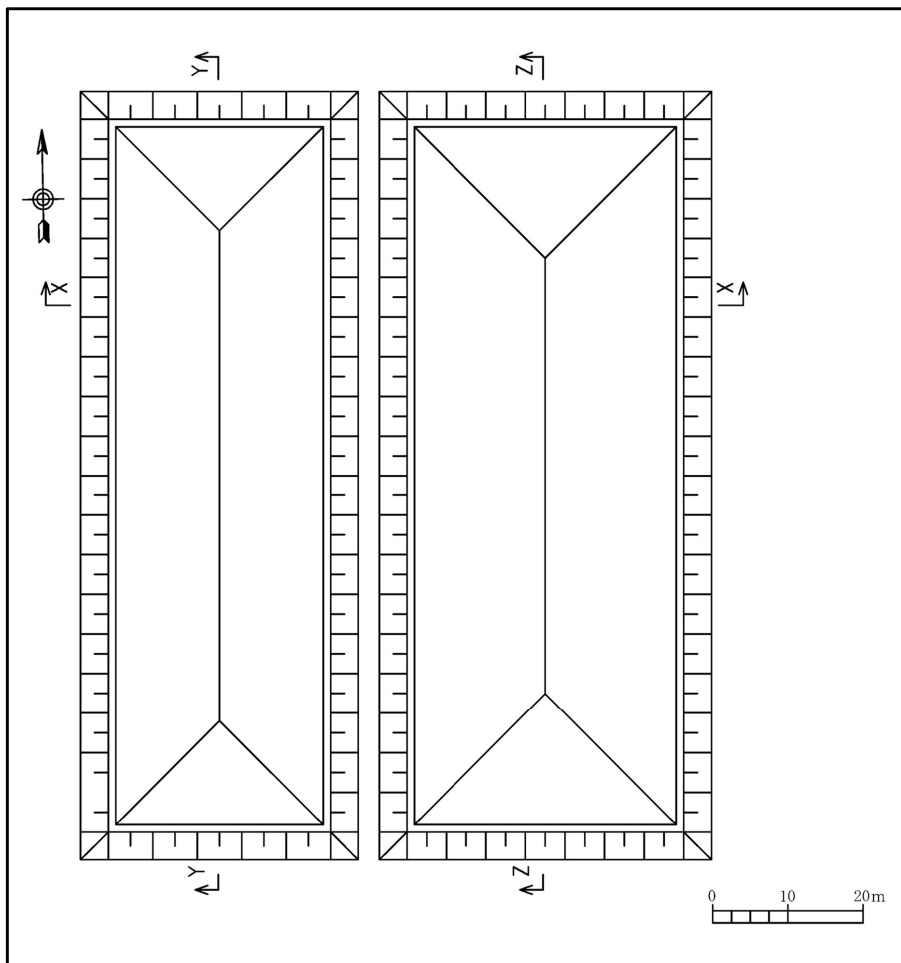


第5図 埋設トレンチの平面図

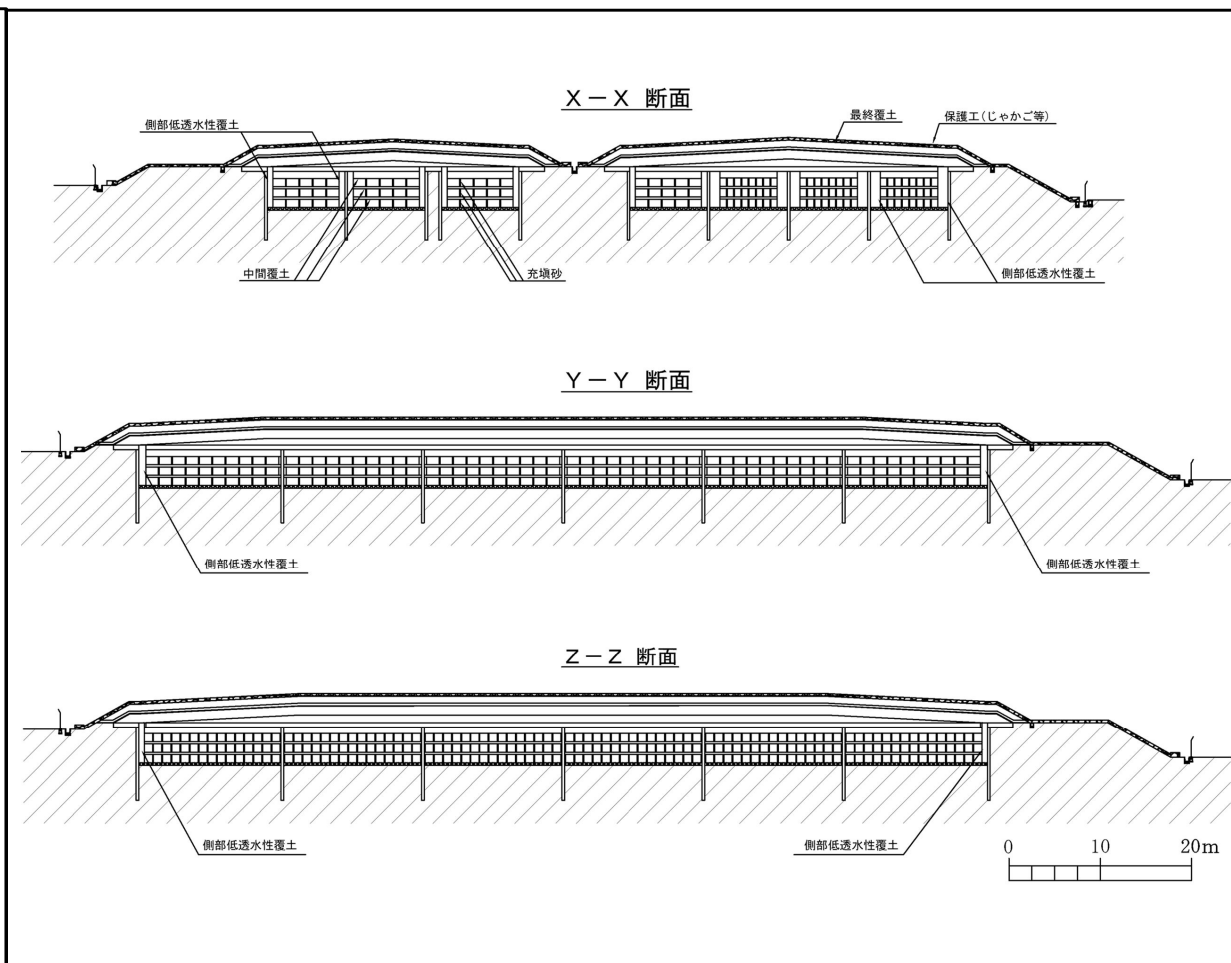


第6図 埋設トレンチの断面図

参考資料：覆土の平面図及び断面図



第7図 覆土の平面図



第8図 覆土の断面図

参考資料：埋設トレンチへの浸透水量（1／5）

➤ 埋設トレンチ内への雨水等の浸入を抑制する設計となっていることを、以下のとおり確認する。

（1）確認方法

- ✓ 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が抑制されることを、浸透流解析により確認する。

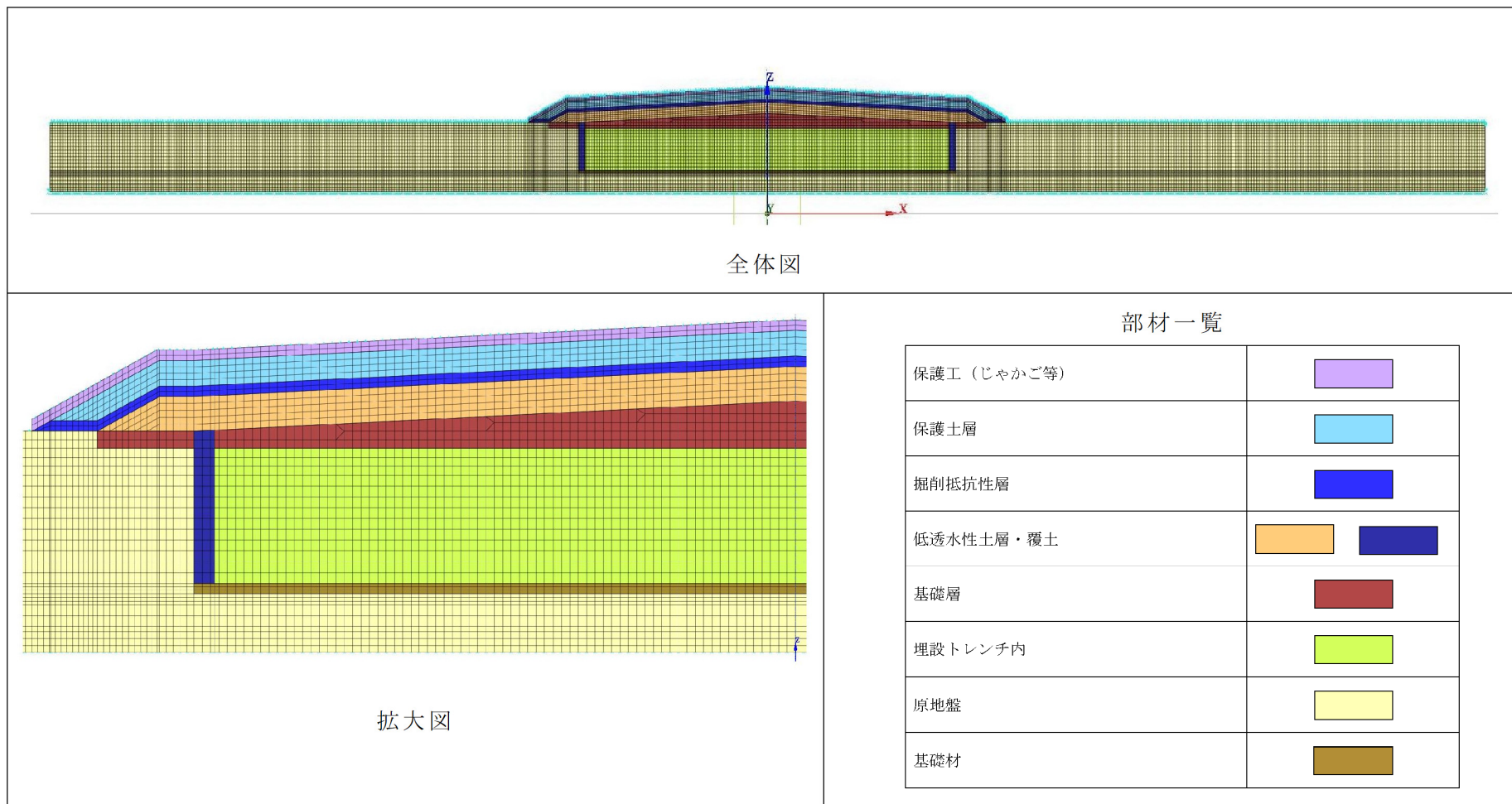
（2）解析コード

- ✓ 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

（3）解析モデル

- ✓ 二次元で東西方向の廃棄物埋設地断面をモデル化（降雨の流出方向は東西方向支配的となるため。）
- ✓ 東側トレンチをモデル化（東側トレンチの方が東西方向が長くなるため。）
- ✓ 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土砂としてモデル化（埋設トレンチ内への雨水等の浸入抑制効果を確認するものであるため。）
- ✓ 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（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）
- ✓ 廃棄物埋設地周辺の地盤はdu層
- ✓ 解析モデル下端は地下水面，地下水面の高さはT.P.+2 m
- ✓ 最終覆土は保護工（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

参考資料：埋設トレンチへの浸透水量（2／5）



第9図 解析モデル

（4）境界条件

【 上面境界 】

- ✓ 解析モデル上面境界には，降雨境界を設定
- ✓ 降雨境界で設定する降雨浸透量（かん養量）は $510\text{mm}/\text{y}^{\ast 1}$ で設定

※1 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

【 側部境界 】

- ✓ 解析モデル上側部境界には，不透水境界を設定

【 下面境界 】

- ✓ 解析モデル下面部境界には，地下水位相当の固定水頭境界を設定

（5）解析物性値

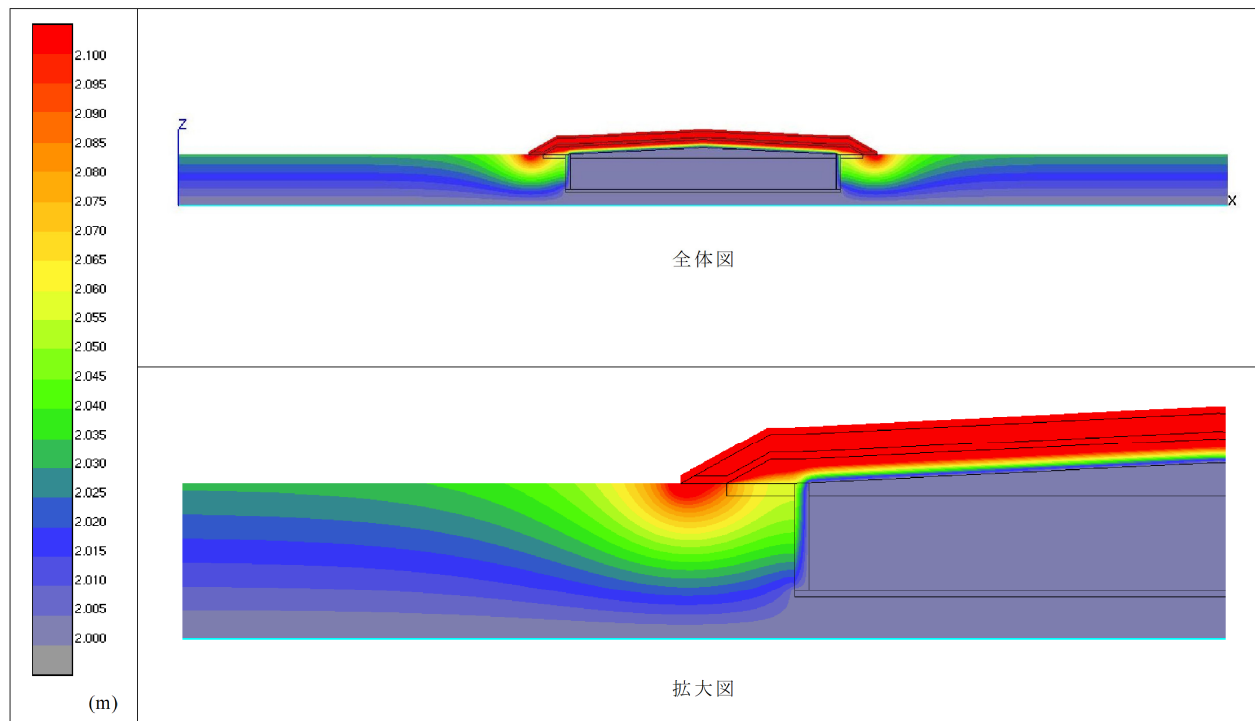
- ✓ 飽和透水係数の設定値を以下のとおり設定

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	$1.0 \times 10^{-1} \text{ m/s}$

- ✓ 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

(6) 解析結果

- ✓ 解析結果(全水頭コンター図)を以下に示す。



- ✓ 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。