

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 11 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	漏出低減機能	7
4. 3	遮蔽機能	14
4. 4	廃棄物埋設地の設計に関して考慮する事項	17
4. 5	その他の設計	18
4. 5. 1	廃棄物埋設地に関する設計の留意事項	18
4. 5. 2	放射性物質の漏出を低減する機能を有すること	23
4. 5. 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	26
4. 5. 4	準拠規格及び基準等	27
5	廃棄物埋設地の設計	28
5. 1	構成及び設置位置	28
5. 2	主要設備	33
5. 2. 1	覆土	33
5. 2. 2	表面遮水	45
5. 2. 3	雨水防止テント	51
5. 2. 4	雨養生	53
5. 2. 5	排水溝	55
6	参考文献	57

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

参考資料 第二種埋設許可基準規則への適合性説明

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
（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。

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
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。	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。

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。）及び遮蔽機能のうち、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であり、これらの安全機能を有する施設は、廃棄物埋設地である。

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のうち、中間覆土、側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透水性土層により確保する。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、表面遮水を併用し、廃棄物埋設地の安全機能を確保する。

廃棄物埋設地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

※：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

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側部低透水性覆土、最終覆土、表面遮水、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。）及び雨養生とする。

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。

廃棄物埋設地は、掘削が行われた場合に障害事象等を生じさせることにより、人工構造物の存在を認知させる可能性を高める構造とするとともに、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 $300 \mu\text{Sv/y}$ 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。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。

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 漏出低減機能

（1）設計方針

漏出低減機能は、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、放射性廃棄物の受入れ中又は放射性廃棄物の受入れが完

了したトレンチ（以下「廃棄物受入れ以降のトレンチ」という。）内への雨水等の浸入を抑制することにより達成する設計とし、それを達成するための部位は、側部低透水性覆土、最終覆土のうち低透水性土層、表面遮水、雨水防止テント及び雨養生とする（第 7 図、第 9 図、第 10 図及び第 11 図参照）。

廃棄物受入れ以降のトレンチ内への地下水の浸入については、地下水面より上に埋設トレンチを設置することにより廃棄物受入れ以降のトレンチ内への地下水の浸入を抑制する設計とする。

廃棄物受入れ以降のトレンチ内への雨水等の浸入の抑制については、放射性廃棄物の受入れ開始後においては、放射性廃棄物の受入れを行っている区画は、雨水防止テントにより雨水等の浸入を防止するための措置を行い、埋設が完了した区画は、最終覆土の設置開始まで、側部低透水性覆土及び表面遮水により、埋設が完了した区画内への雨水等の浸入を抑制する設計とする。

最終覆土の設置開始から設置完了までは、側部低透水性覆土、表面遮水及び雨養生により、廃棄物受入れ以降のトレンチ内への雨水等の浸入を抑制する設計とする。

最終覆土の設置完了後は、側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透水性土層により、廃棄物受入れ以降のトレンチ内への雨水等の浸入を抑制する設計とする。

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、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。

なお、側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透水性土層は、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であり、安全機能を有する。表面遮水については、機能が喪失した場合を想定しても公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれはないが、一定程度機能を期待することから安全機能を有するものとして扱う。雨水防止テント及び雨養生については、これらの機能が喪失した場合を想定しても公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがないため、安全機能を有しない。表面遮水の漏出低減機能が喪失した場合の公衆が受ける線量の評価は、「第四条（地震による損傷の防止）への適合性について」に示す「最終覆土又は表面遮水の漏出低減機能喪失を想定した海産物の摂取に伴う内部被ばく」の評価である。また、雨水防止テント又は雨養生の漏出低減機能が喪失した場合の公衆が受ける線量の評価はこれに包含される。公衆が受ける線量の評価結果は $5.3 \times 10^0 \mu\text{Sv}/\text{y}$ であり、法令に定める線量限度を超えないことはもとより、実効線量で $50 \mu\text{Sv}/\text{y}$ 以下であることから、雨水防止テント及び雨養生については、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ではなく、安全機能を有するものではない。

（２）安全設計

漏出低減機能は、廃棄物受入れ以降のトレンチ内への雨水等及び地下水の浸入を抑制することにより達成する設計とする。

廃棄物受入れ以降のトレンチ内への地下水の浸入については、地下水面より上に埋設トレンチを設置することにより廃棄物受入れ以降のトレンチ内への地下水の浸入を抑制する設計とする。

廃棄物受入れ以降のトレンチ内への雨水等の浸入の抑制については、放射性廃棄物の受入れ開始後においては、放射性廃棄物の受入れを行っている区画は、雨水防止テントにより雨水等の浸入を防止するための措置を行い、埋設が完了した区画は、最終覆土の設置開始まで、側部低透水性覆土及び表面遮水により、埋設が完了した区画内への雨水等の浸入を抑制する設計とする。

最終覆土の設置開始から設置完了までは、側部低透水性覆土、表面遮水及び雨養生により、廃棄物受入れ以降のトレンチ内への雨水等の浸入を抑制する設計とする。

最終覆土の設置完了後は、側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透水性土層により、廃棄物受入れ以降のトレンチ内への雨水等の浸入を抑制する設計とする。

廃棄物埋設地は、設計対象設備に対して以下に示す設計を行うことにより、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、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 $50 \mu\text{Sv/y}$ 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。

漏出低減機能を構成する部位等を第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、定期点検及び地震、台風等の異常事態の直後の臨時点検を行い、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、雨水等が浸透して廃棄物受入れ以降の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うち基礎層の一部施工後に、廃棄物受入れ以降の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。なお、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のうち低透水性土層は、低透水性を有する設計とする。
- (b) 側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透水性土層は、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うち低透水性土層の材料は、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。

- (c) 側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透水性土層は、長期的な力学的影響に対して、変形追従性を考慮する。
- (d) 側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透水性土層は、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土層を十分な厚さとする。
- (e) 側部低透水性覆土は、雨水等が浸透して廃棄物受入れ以降の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。

最終覆土のうち低透水性土層は、雨水等が浸透して廃棄物受入れ以降の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のうち低透水性土層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。

- (f) 側部低透水性覆土、最終覆土のうち低透水性土層に対する設計、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。なお、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。

c. 雨水防止テント

- (a) 雨水防止テントは、膜材として耐水性及び耐候性を有するシートを採用する。
- (b) 雨水防止テントは、定期点検及び地震、台風等の異常事態の直後の臨時点検を行い、劣化・損傷が生じた場合、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。

- (c) 雨水防止テントは、放射性廃棄物の受入れを行う区画に雨水等が浸入することを抑制するように、放射性廃棄物の受入れ開始前に、放射性廃棄物の受入れを行う区画の上面に設置する。
- (d) 雨水防止テントに対する設計、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。なお、2022 年度時点での最新の知見としては、「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。

d. 雨養生

- (a) 雨養生には、耐水性及び耐候性を有するシートを採用する。
- (b) 雨養生は、定期点検及び地震、台風等の異常事態の直後の臨時点検を行い、劣化・損傷が生じた場合、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。
- (c) 雨養生は、廃棄物受入れ以降のトレンチ内に雨水等が浸入することを抑制するように、最終覆土の設置開始から設置完了まで、表面遮水を撤去したエリアに設置する。
- (d) 雨養生に対する設計、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。なお、2022 年度時点での最新の知見としては、「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。

第 3 表 漏出低減機能を構成する部位等

部位等			漏出低減機能
表面遮水※1			◎
覆土	最終覆土	保護土層	—
		掘削抵抗性層	—
		低透水性土層	◎
		基礎層	—
	中間覆土（最上段）		—
	中間覆土（最上段除く）		—
	側部低透水性覆土		◎
	充填砂		—
	雨水防止テント		
雨養生			○

◎：漏出低減機能を有し，かつ，安全機能とするもの

○：漏出低減機能を有するもの

—：漏出低減機能を有さないもの

※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うち基礎層の一部施工後に設置され，最終覆土の設置完了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完了までの間において機能を期待する部位である。

4. 3 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が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 $50 \mu\text{Sv/y}$ 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. 4 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. 5 その他の設計

4. 5. 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、放射性物質の種類及び性質により、主に半減期、環境中への移動のし易さ及び放出される放射線エネルギーが異なることを考慮する。

- ・半減期が長い放射性物質（C-14, C-136, C-41, 全α）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ことで公衆の受ける線量を低減する。
- ・半減期が短く環境中に移動し易い放射性物質（H-3, Sr-90）に対しては、人工バリアによる漏出低減機能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、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（Co-60, Cs-137, Eu-152, Eu-154）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漏出低減機能及び遮蔽機能並びにそれらの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。

漏出低減機能及び遮蔽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、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

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。

雨水防止テントは、放射性廃棄物の受入れ開始前に設置し、表面遮水設置後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シートを膜材として用いることが合理的である。

雨養生は、最終覆土の設置において表面遮水を撤去したエリアに設置し、最終覆土完了後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。なお、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。

また、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り込む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、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。なお、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。

また、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。

c. 雨水防止テント

耐候性を考慮し、屋外使用に適したシート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。

d. 雨養生

耐候性を考慮し、屋外使用に適したシート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。

(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。

c. 雨水防止テント

補修可能なシートを膜材として設置することで、劣化・損傷が生じた場合においても速やかに修復し、漏出低減機能を維持する構造・仕様とする。

d. 雨養生

補修可能な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。

4. 5. 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

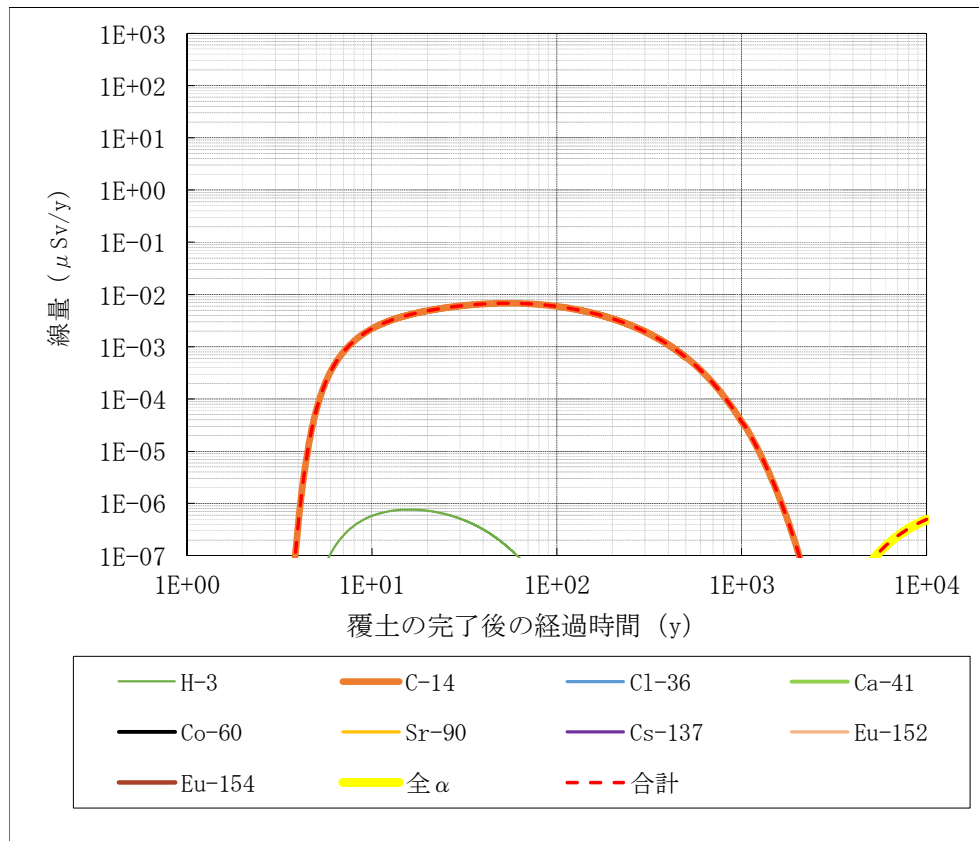
埋設する廃棄物の受入れの開始から廃止措置の開始までの間における地下水中の放射性物質が移動する海での海産物の摂取に伴う内部被ばく線量は約 $6.9 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/y}$ である。線量評価結果を第1図に示す。

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 $3.8 \times 10^1 \mu\text{Sv/y}$ 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 $1.1 \times 10^1 \mu\text{Sv/y}$ 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 $3.8 \times 10^1 \mu\text{Sv/y}$ 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。



第 1 図 海産物の摂取に伴う内部被ばくの線量評価結果

4. 5. 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、水理的には側部低透水性覆土からコンクリートへ

の流れとなること、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ことから、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く、漏出低減機能への影響は無視できると考えられる。なお、表面遮水は、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、側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透水性土層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、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こと、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ことから、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く、漏出低減機能への影響は無視できると考えられる。なお、最終覆土のうち低透水性土層は、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。

4. 5. 4 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、漏出低減機能及び遮蔽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、漏出低減機能及び遮蔽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

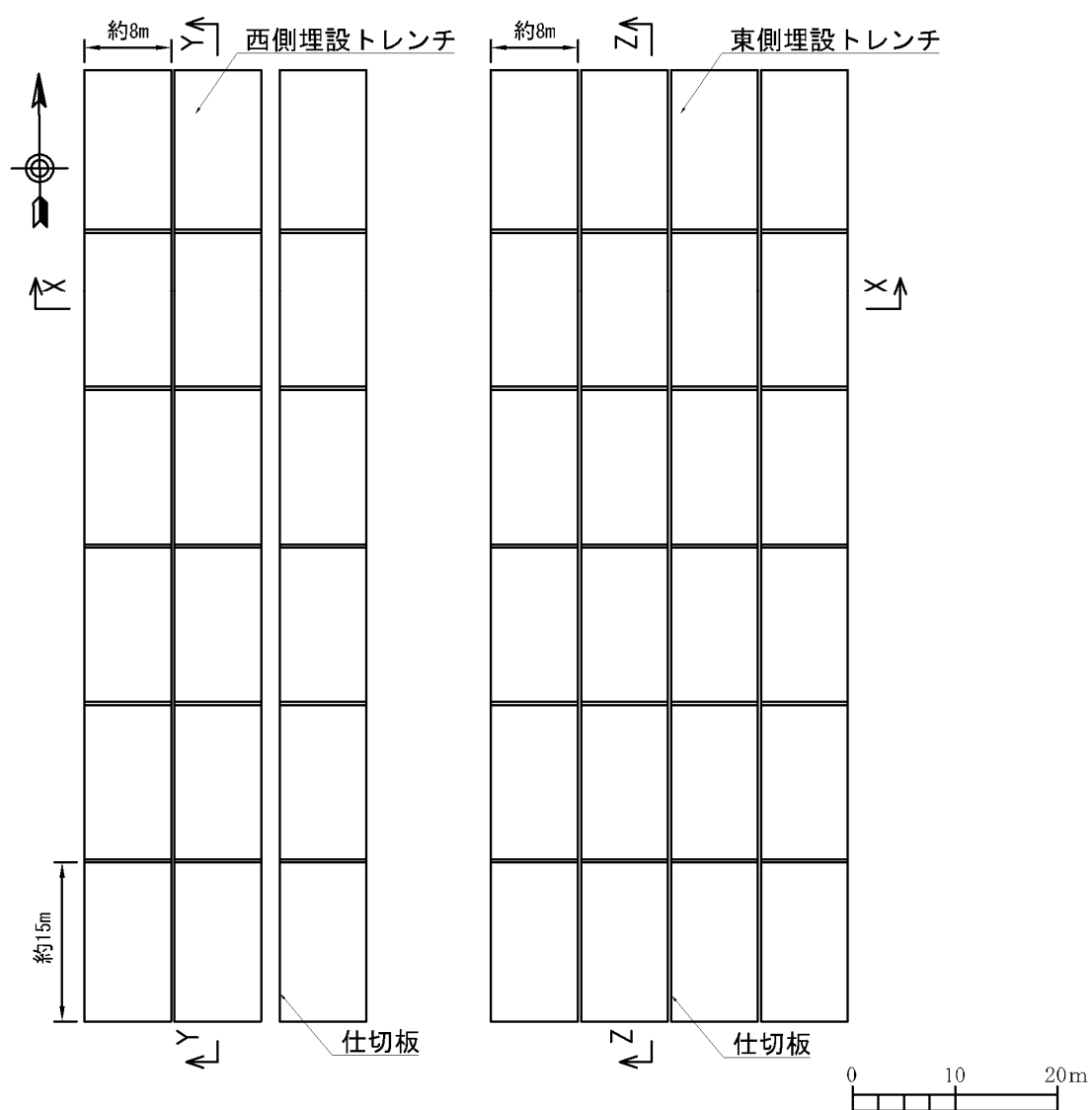
区画設ける。なお、埋設トレンチは、西側 18 区画と東側 24 区画に分ける（第 2 図及び第 3 図参照）。

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。

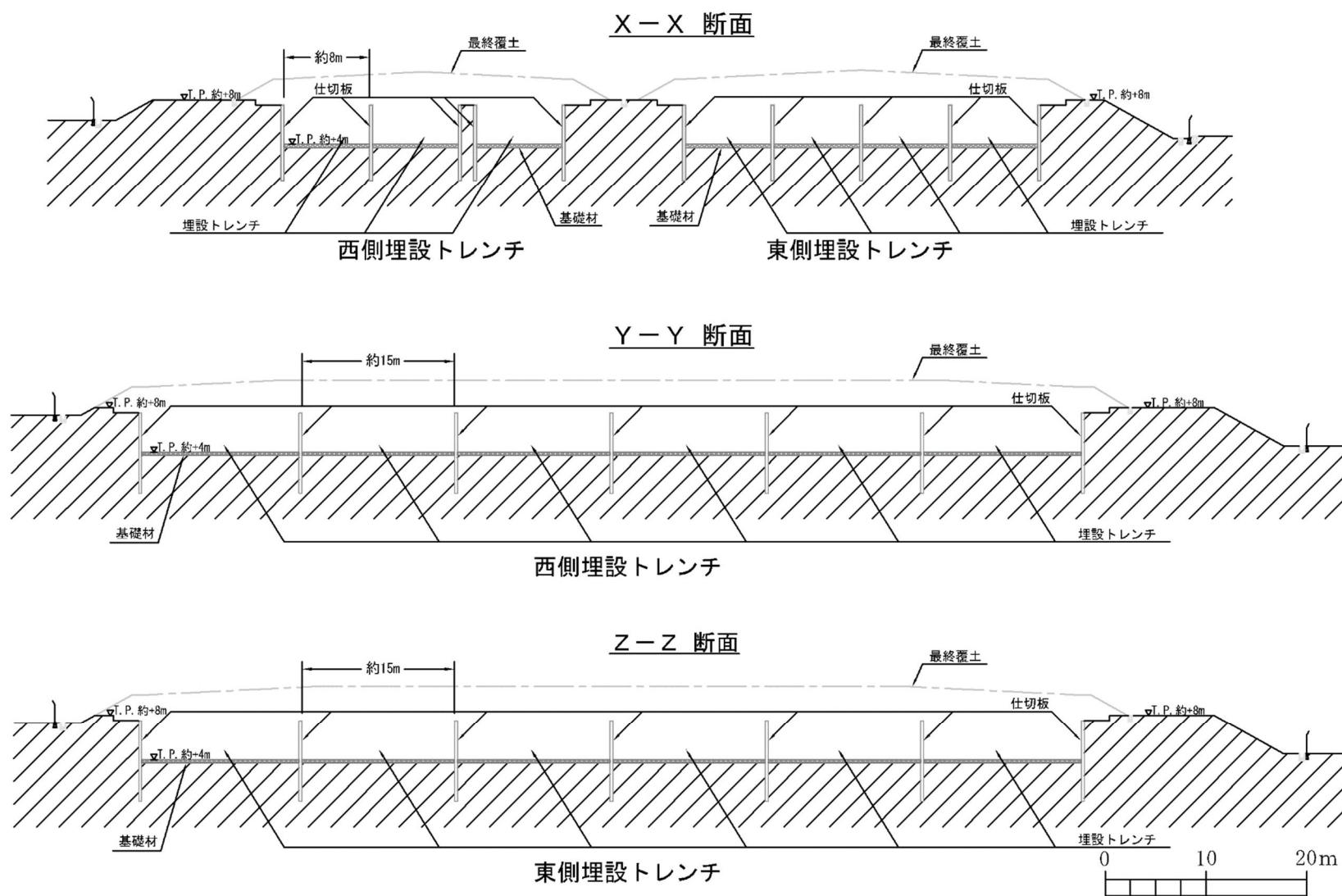
覆土は、充填砂、側部低透水性覆土、中間覆土及びその上面を覆う最終覆土で構成するが、最終覆土の設置完了までの間は、充填砂、側部低透水性覆土、中間覆土、最終覆土のうち基礎層の一部で覆土を構成し、その上面に表面遮水を設置する（第 5 図、第 6 図、第 7 図、第 8 図及び第 9 図参照）。

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 4 図参照）。

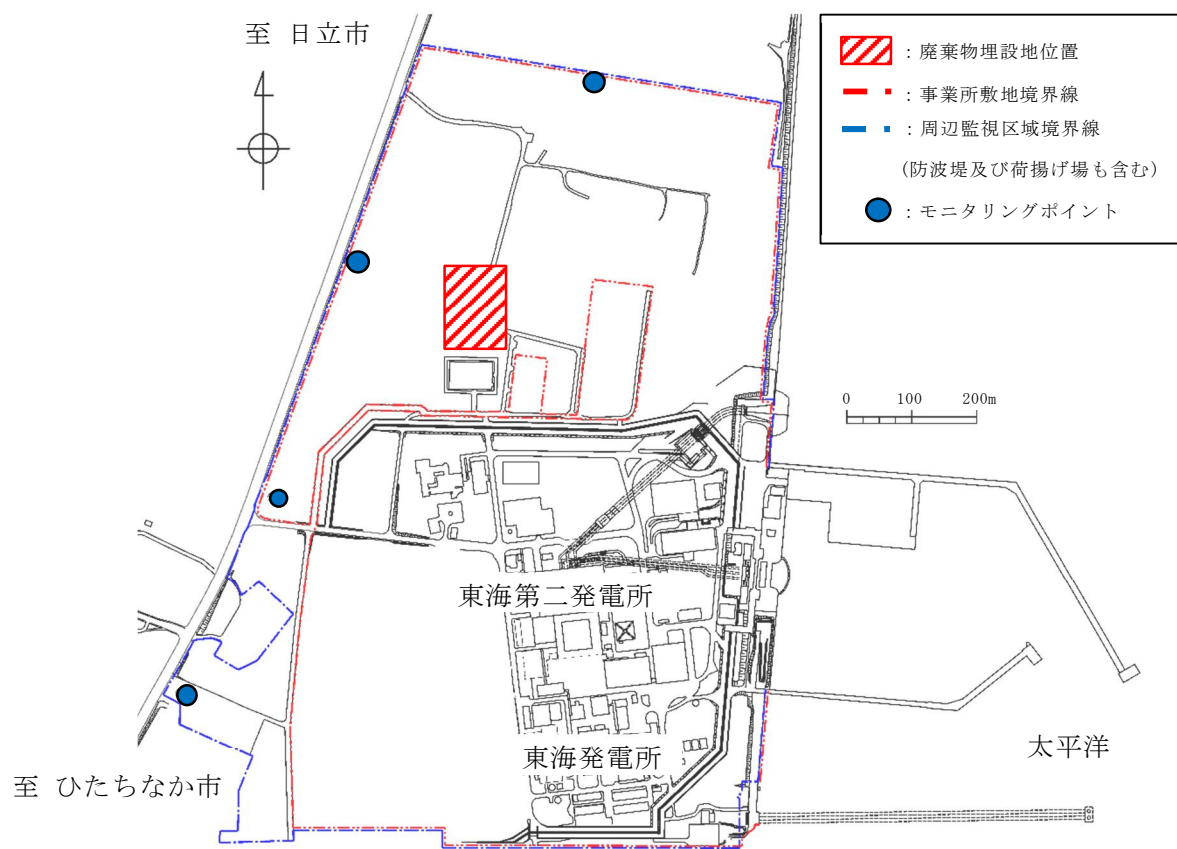
廃棄物埋設地の設置位置選定の考え方については添付資料 1 「2 廃棄物埋設地の基本的考え方」に記載する。



第 2 図 埋設トレンチの平面図



第3図 埋設トレンチの断面図



第 4 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し、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する。

側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透水性土層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。

(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、最終覆土のうち低透水性土層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、最終覆土のうち低透水性土層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のうち低透水性土層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（影響要因の抽出・分析結果については、「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十三条（ピット処分又はトレンチ処分に係る廃棄物埋設地）第1項第三号及び第四号への適合性について 廃棄物埋設地の状態設定（影響事象分析）」を参照）。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。最終覆土のうち低透水性土層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。

(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		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※ ⁴	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
	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	—	—	○	—	○	—	—
遮蔽機能※ ⁴	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	—	—	—	—	—	—	—	○

※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：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

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、最終覆土のうち低透水性土層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：単位体積あ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。

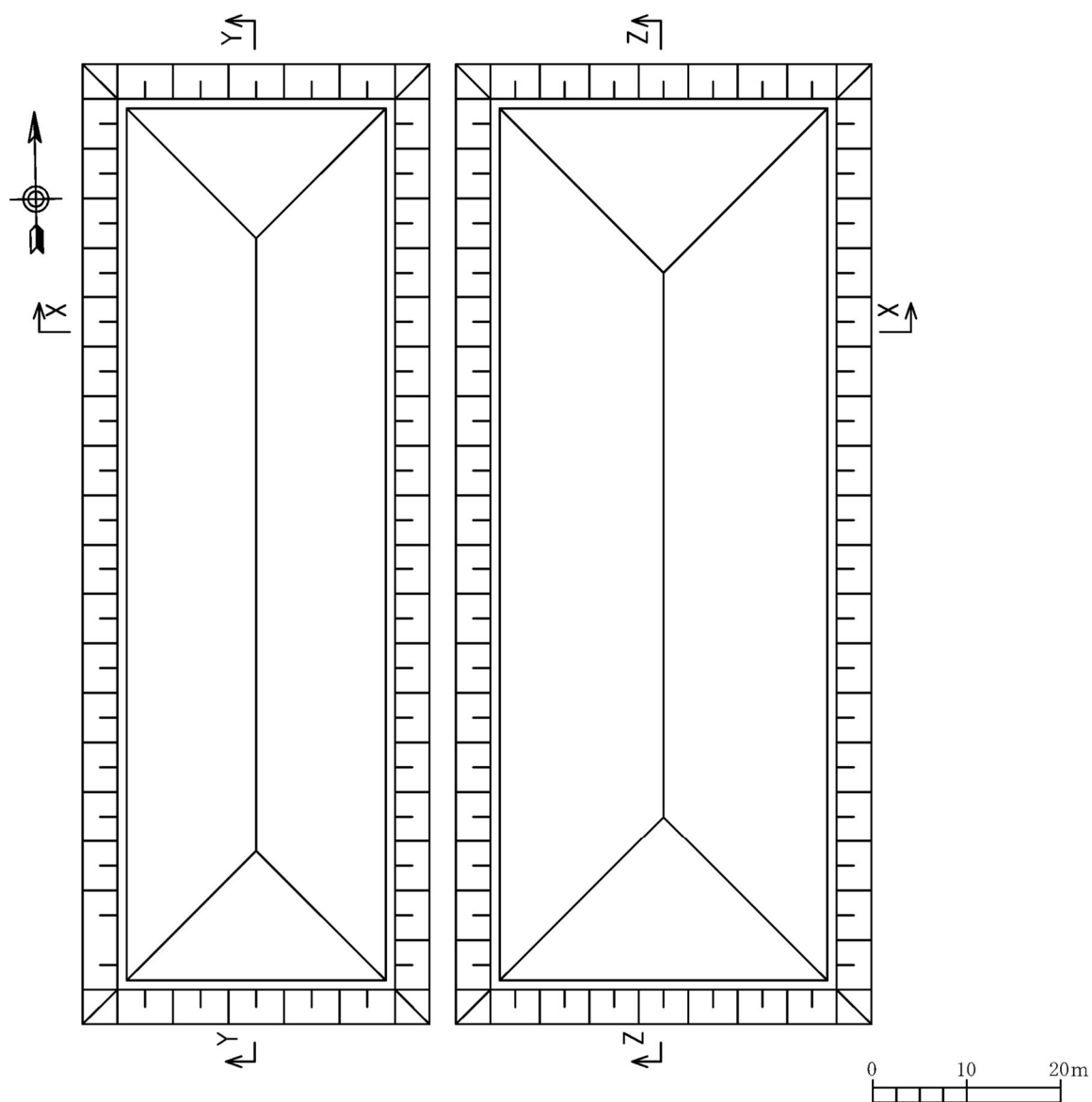
(3) 構造及び仕様

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。

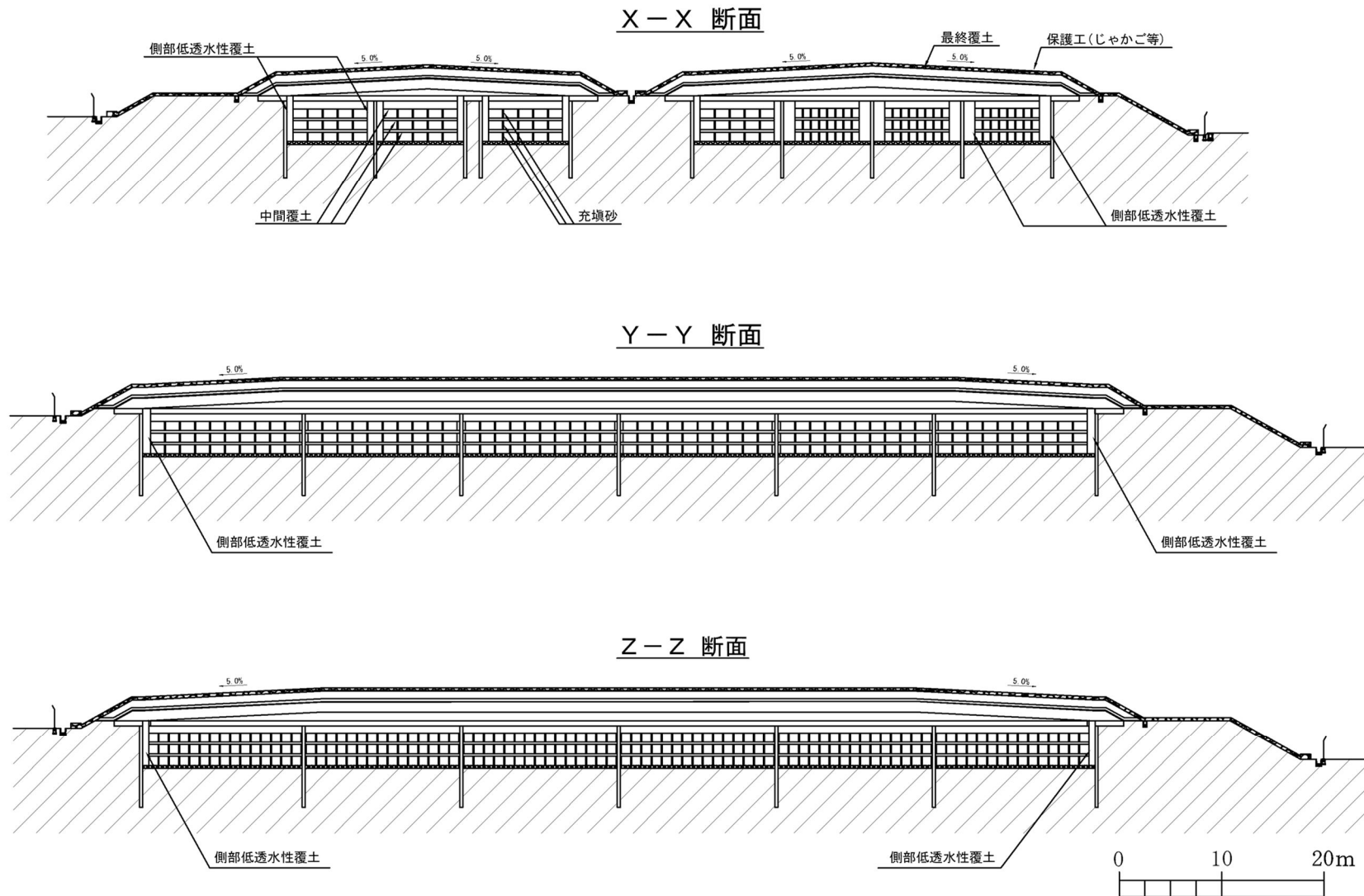
漏出低減機能を確保する観点から、覆土の低透水性は、力学的影響による長期的な性能低下に配慮した設計とする。

覆土の平面図を第5図に、覆土の断面図を第6図に、覆土の断面図（西側X-X断面）を第7図に、保護工（じゃかご等）・最終覆土断面詳細図を第8図に示す。

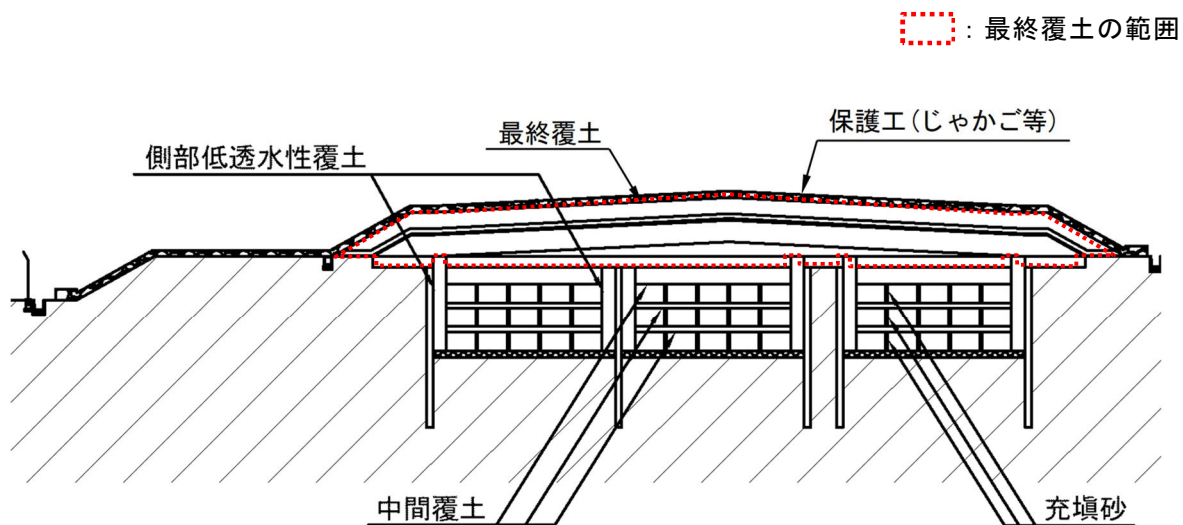
覆土の主要な部位と主要な仕様を第6表に示す。



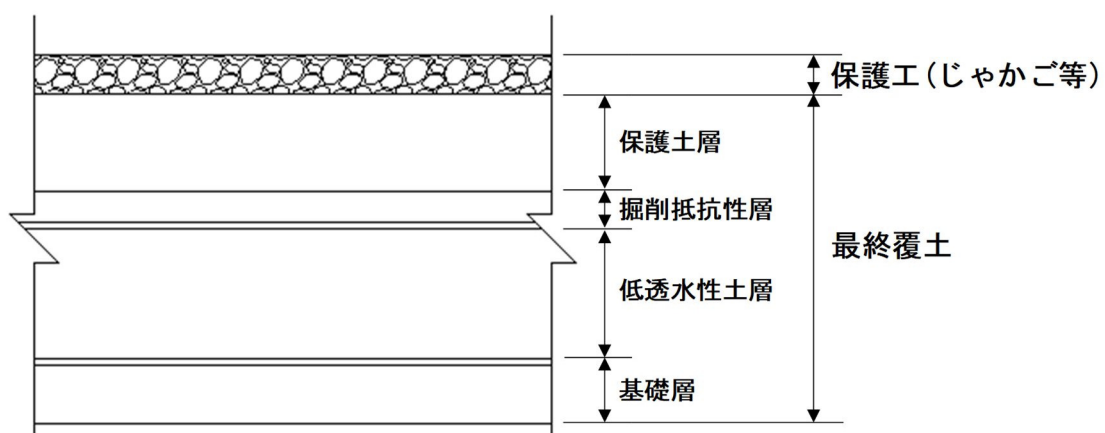
第 5 図 覆土の平面図



第 6 図 覆土の断面図



第 7 図 覆土の断面図（西側 X-X 断面）



第 8 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）及び砂又は砂質土 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7図及び第8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、主材料として碎石又は石（栗石等の粒径が大きなもの）及び砂又は砂質土により構成し、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、碎石により構成し、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を求める。

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、 $1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ 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。

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のうち低透水性土層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 6 図及び第 7 図参照）。

(b) 設計方針

側部低透水性覆土には、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を求める。

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 6 図及び第 7 図参照）。

(b) 設計方針

中間覆土には、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を求める。

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7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)	設計項目		
漏出低減機能※ ³	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 以下の透水係数を確保する。

※² : 厚さ 1.5 mm 以上を確保する。

※³ : 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

(3) 構造及び仕様

表面遮水は、最終覆土のうち基礎層の一部を施工した後、その上面に設置する。

表面遮水の設置例を第9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、最終覆土のうち基礎層の一部を施工した後、その上面に設置する（第9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。

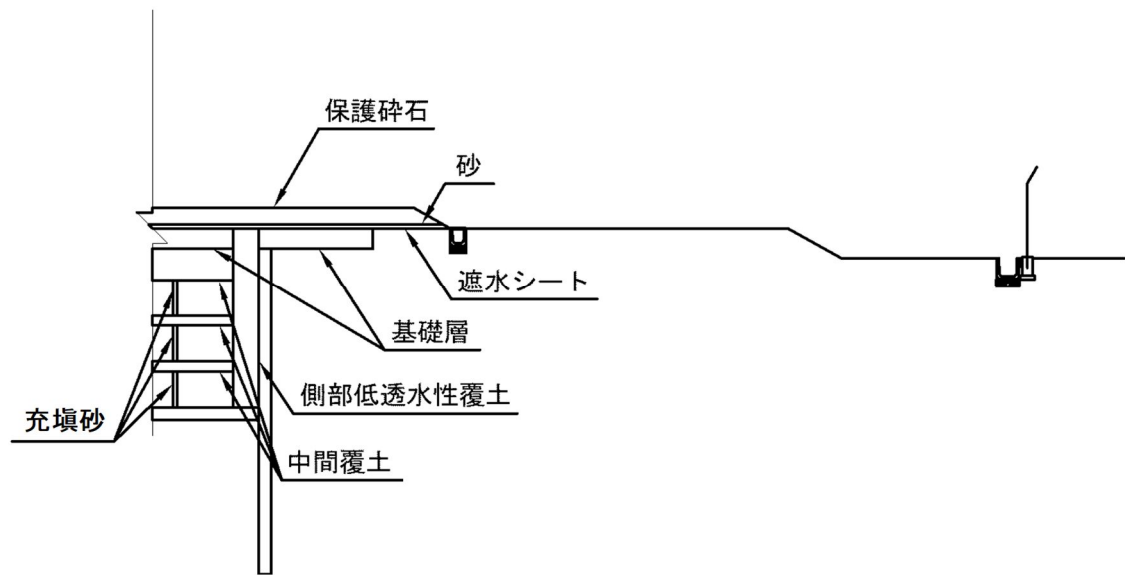
(b) 設計方針

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 9 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 透水係数： 1.0×10^{-10} m/s 以下 厚さ：1.5 mm 以上

5. 2. 3 雨水防止テント

(1) 構成

雨水防止テントは，テント支柱・梁及び膜材により構成する。

(2) 構造及び仕様

雨水防止テントは，放射性廃棄物の受入れを行う区画の上面に設置する。

雨水防止テントの設置例を第 10 図に示す。

a. 概要

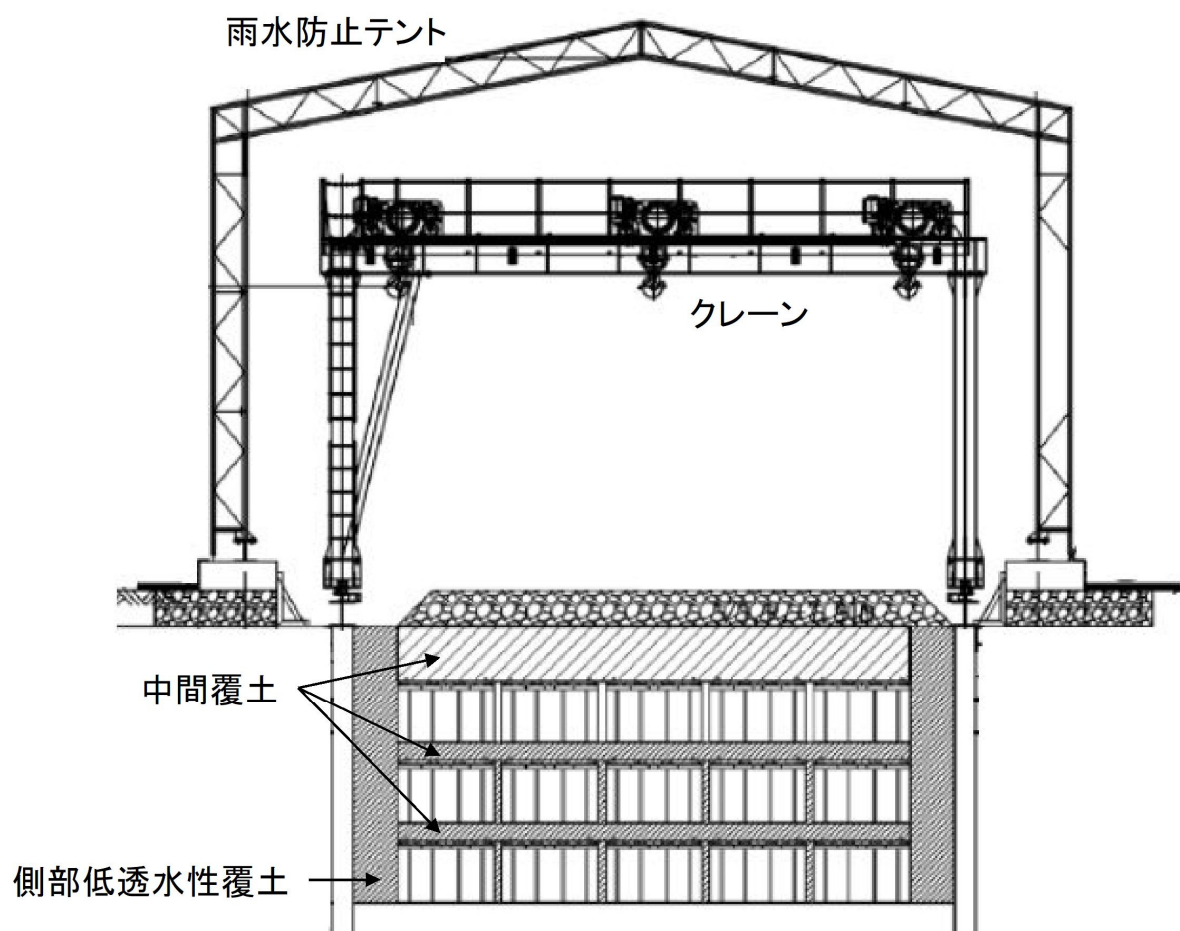
雨水防止テントは，テント支柱・梁及び膜材により構成し，放射性廃棄物の受入れを行う区画の上面に設置する（第 10 図参照）。

b. 設計方針

埋設トレンチへの雨水等の浸入を抑制するために，耐水性を考慮した設計とする。

c. 仕様

膜材には，耐水性及び耐候性を有するシートを用いる。



第 10 図 雨水防止テントの設置例

5. 2. 4 雨養生

(1) 構成

雨養生は、シートにより構成する。

(2) 構造及び仕様

雨養生は、最終覆土の設置において表面遮水を撤去したエリアに設置する。

雨養生の設置例を第 11 図に示す。

a. 概要

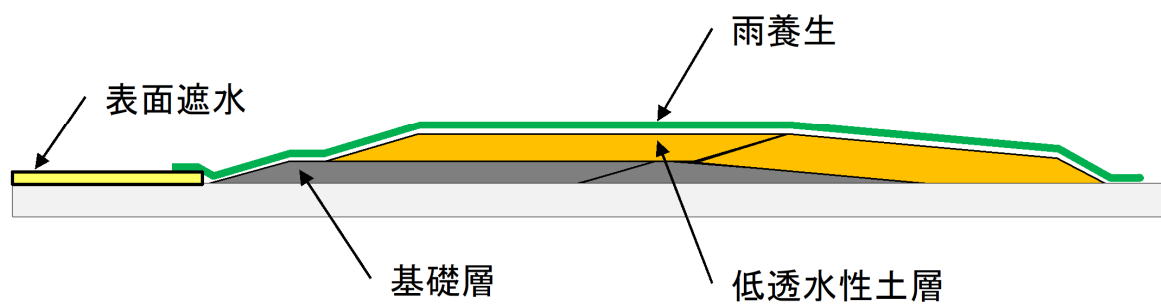
雨養生は、シートにより構成し、最終覆土の設置において表面遮水を撤去したエリアに設置する（第 11 図参照）。

b. 設計方針

埋設トレンチへの雨水等の浸入を抑制するために、耐水性を考慮した設計とする。

c. 仕様

雨養生は、耐水性及び耐候性を有するシートを用いる。



第 11 図 雨養生の設置例

5. 2. 5 排水溝

(1) 構成

排水溝は，側溝により構成する。

(2) 構造及び仕様

排水溝は，最終覆土の法尻部に設置する。

排水溝の設置例を第 12 図に示す。

a. 概要

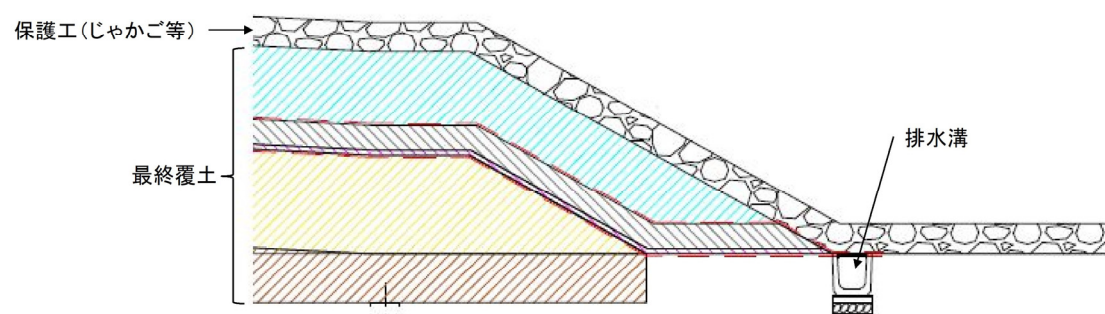
排水溝は，側溝により構成し，最終覆土の法尻部に設置する（第 12 図参照）。

b. 設計方針

排水溝を設置することにより，最終覆土の表面を流下する雨水等を廃棄物埋設地の外に排水する設計とする。

c. 仕様

排水溝は，廃棄物埋設地の外に排水できるものとする。



第 12 図 排水溝の設置例

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.....	6
4. 1	埋設する放射性廃棄物.....	6
4. 2	主要な放射性物質の種類.....	8
4. 3	廃棄物埋設の方法.....	9
4. 4	廃止措置の開始までの段階的な管理の計画.....	10
4. 5	埋設保全区域.....	13
5	状況に応じた漏出低減機能.....	14
6	参考文献.....	18

別紙 透水試験について

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、できるだけ保修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、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完了時に撤去することを前提に対策を選定する。
- ・代替対策のうち表面遮水は、覆土と同程度の低透水性を持たせる。
- ・代替対策のうち表面遮水は、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 ($k=1.0 \times 10^{-10}$ m/s 以下) 及び設計厚さ (最終覆土のうち低透水性土層: 1 m 以上, 側部低透水性覆土: 0.6 m 以上) を確保するものとする。

最終覆土のうち低透水性土層及び側部低透水性覆土には、ベントナイト混合土を用いる計画であることから、設計透水係数を確保するために必要となるベントナイト混合土の仕様 (ベントナイトの混合率等) について、室内試験により検討を行った。

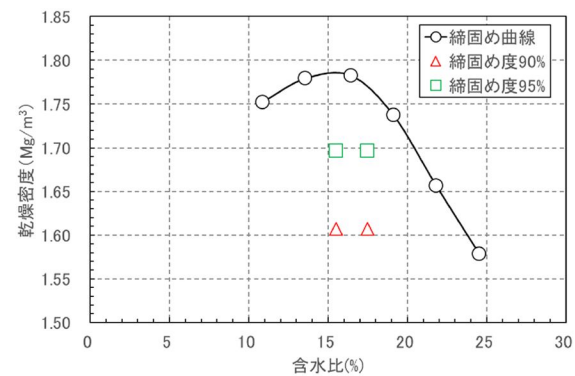
砂とベントナイト (クニゲルU相当) を使用したベントナイト混合土で構成される最終覆土のうち低透水性土層及び側部低透水性覆土を対象に、ベントナイト混合率、密度 ($\rho_{\text{dmax}} \times 90 \sim 95\%$) 及び初期含水比 ($W_{\text{opt}} \sim$

$W_{opt} + 2\%$) 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 図及び第 2 図に示す。なお、第 1 図には、締固め試験結果及び透水試験に用いた供試体仕様も併記している。

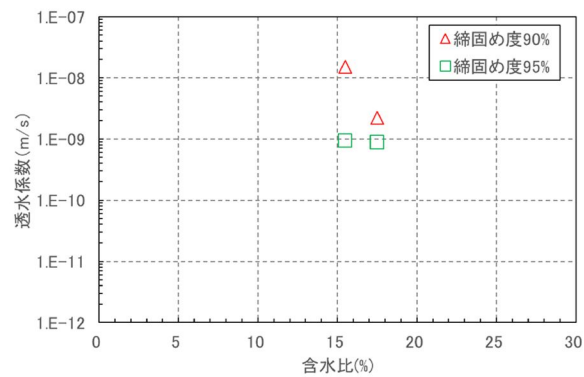
第 1 図は、ベントナイト混合率 10%、15% 及び 20% のベントナイト混合土の (a) 締固め試験結果と透水試験に用いた供試体仕様、(b) 透水試験結果を示している。ベントナイト混合率 10% のケースのみ、締固め度 90%（A 法）で初期含水比が最適含水比の時に得られる透水係数が、大きくなっているが、それ以外のケースに関しては、締固め度及び初期含水比が透水係数に与える影響は小さい。

本試験の結果より、締固め度及び初期含水比が透水係数に与える影響は小さいと考えられるが、一般的に、締固めた地盤の透水係数は初期の含水比に依存し、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と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になること、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⁽¹⁾ことから、ベントナイトを 15% 以上混合し、含水比を最適含水比よりも若干湿潤側（試験結果を踏まえると $W_{opt} + 2\%$ 程度）としたうえで適切な締固めを行えば、設計透水係数 $k = 1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ を確保できる見通しである。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（ベントナイト混合土）の設計仕様は、ベントナイト混合率 15% 以上、含水比 $W_{opt} + 2\%$ とする。なお、設計仕様を満足するベントナイト混合土を製造することができるか、製造したベントナイト混合土を用いて施工することで、目標の透水係数を達成できるかについては、施工試験により確認している。施工試験の内容等については、添付資料 3「1 覆土の施工実現性」に記載する。

ベントナイト:クニゲルU, 混合率 10%

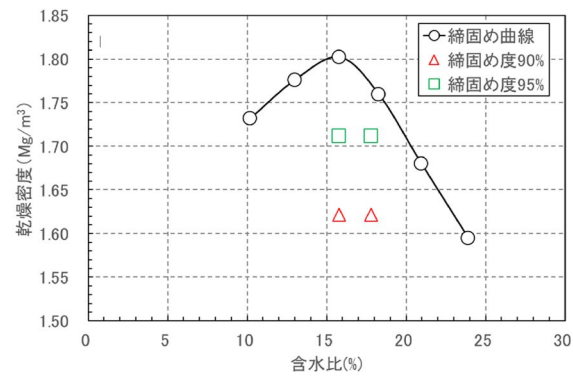


(a) 締固め試験結果と透水試験に用いた供試体仕様

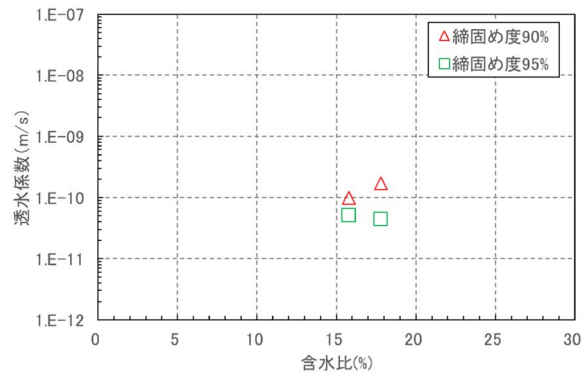


(b) 透水試験結果

ベントナイト:クニゲルU, 混合率 15%

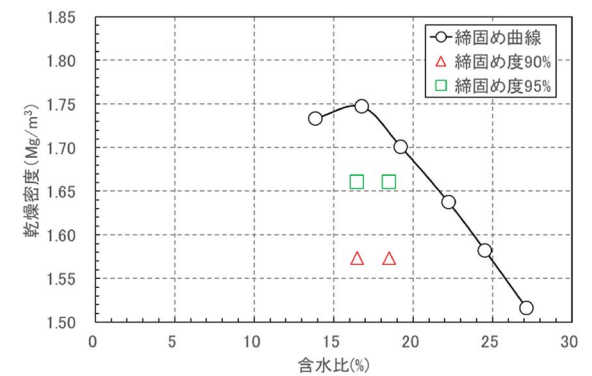


(a) 締固め試験結果と透水試験に用いた供試体仕様

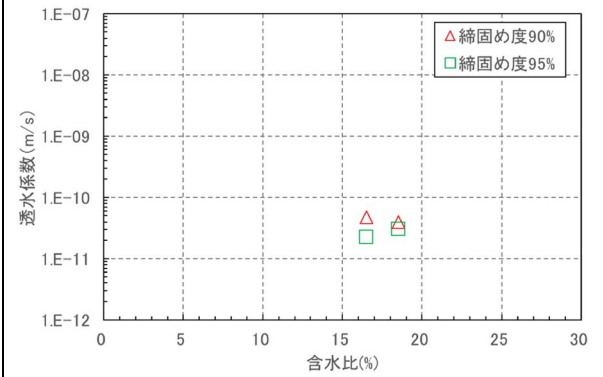


(b) 透水試験結果

ベントナイト:クニゲルU, 混合率 20%

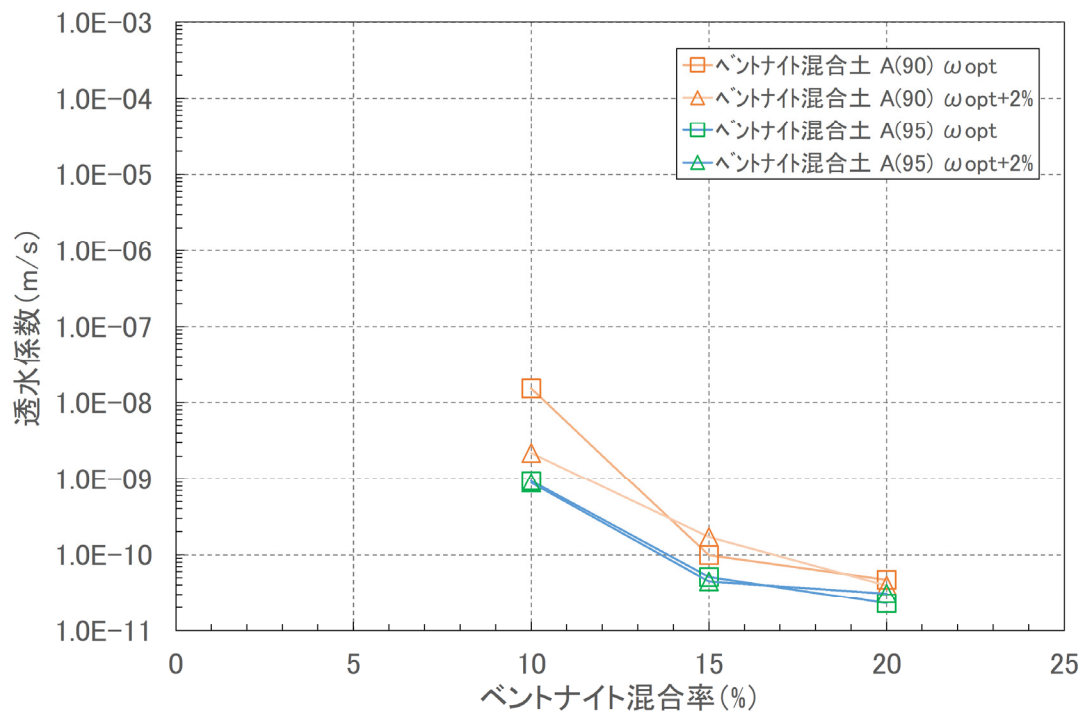


(a) 締固め試験結果と透水試験に用いた供試体仕様



(b) 透水試験結果

第 1 図 透水試験結果



第 2 図 ベントナイト混合率と透水係数の関係

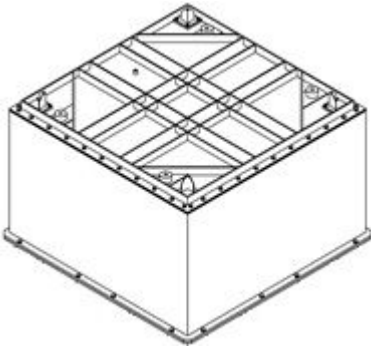
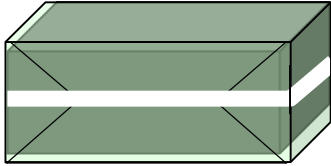
4 放射性廃棄物，埋設の方法等

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，中性子線的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	 鉄箱		 プラスチックシート
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, C l -36, C o -60, S r -90, C s -137, 全 α
コンクリート類	H-3, C-14, C l -36, C a -41, C o -60, S r -90, C s -137, E u -152, E u -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、金属類（アルミニウムを含む。）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。

また、各区画の東西方向の側部、最北端の区画の北方向の側部及び最南端の区画の南方向の側部には側部低透水性覆土を設置する。

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。表面遮水を撤去した後、最終覆土の作業中以外は雨養生を設置する。

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、雨水防止テント及び雨養生を修復する。
- 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な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

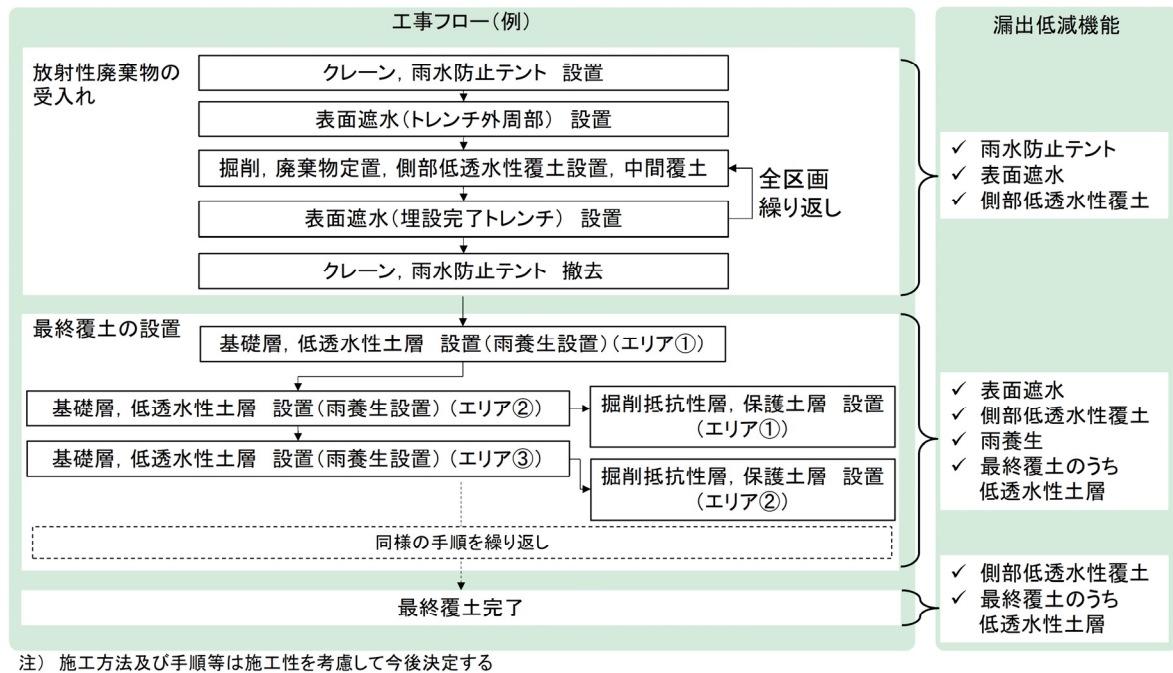
埋設保全区域は，事業規則に基づき，廃棄物埋設地の保全のために特に管理を必要とする場所であって，管理区域以外のものを埋設保全区域として定める。埋設保全区域は，廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出の低減のため，保全を行う必要のある区域とする。

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。

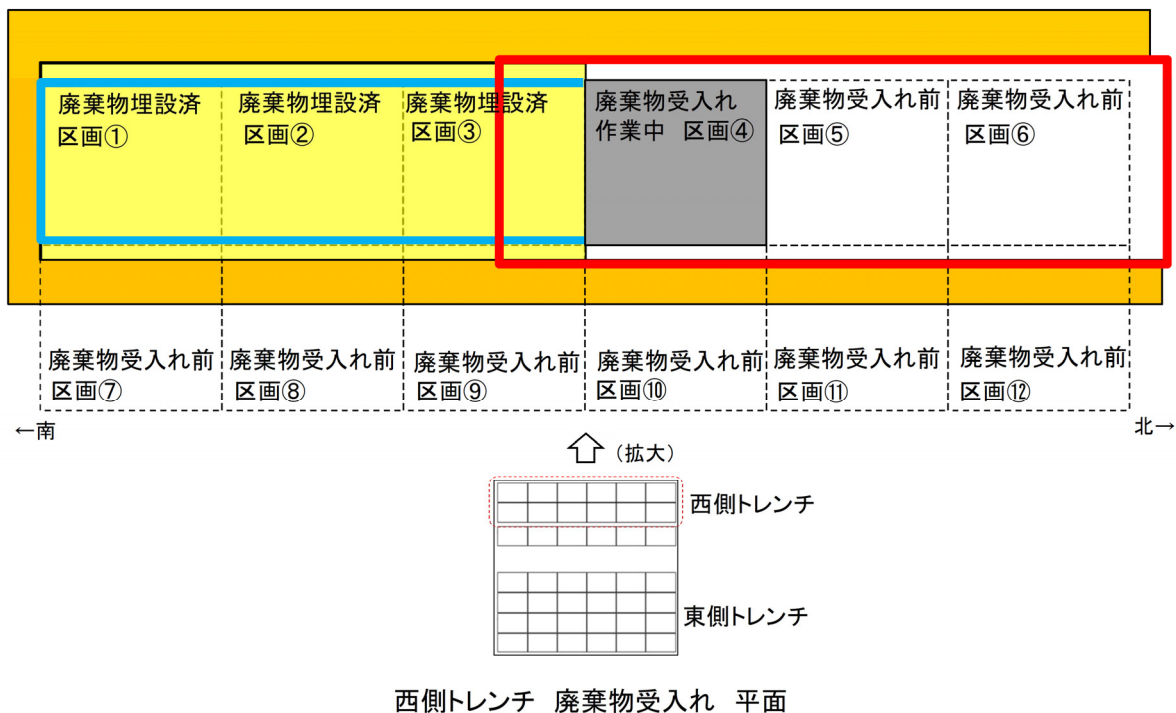
5 状況に応じた漏出低減機能

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であるが、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である。代替対策は、廃棄物埋設地において行う放射性廃棄物の埋設が、廃棄物の定置、土砂の充填・覆土を繰り返して行われるため、その状況に応じて実施する。

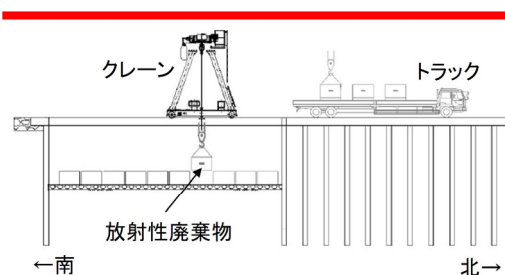
覆土による漏出低減機能は、側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透水性土層により達成し、代替対策は、表面遮水、雨水防止テント及び雨養生を最終覆土のうち低透水性土層の代替とする計画である。放射性廃棄物の受入れ開始後においては、放射性廃棄物の受入れを行っている区画は、雨水防止テントにより雨水等の浸入を防止するための措置を行い、埋設が完了した区画は、最終覆土の設置開始まで、側部低透水性覆土及び表面遮水により、埋設が完了した区画内への雨水等の浸入を抑制する。最終覆土の設置開始から設置完了までは、側部低透水性覆土、表面遮水及び雨養生により、廃棄物受入れ以降のトレンチ内への雨水等の浸入を抑制する。最終覆土の設置完了後は、側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透水性土層により、廃棄物受入れ以降のトレンチ内への雨水等の浸入を抑制する。以上のように、廃棄物受入れ以降のトレンチにおいては、常時いずれかの漏出低減機能を確保し、時間的及び空間的な空白を設けずに雨水等の浸入を抑制する。放射性廃棄物の受入れの開始から最終覆土完了までの工事フロー及び漏出低減機能を第3図に、放射性廃棄物の受入れのイメージを第4図に、最終覆土の設置のイメージを第5図に示す。



第 3 図 工事フローと漏出低減機能

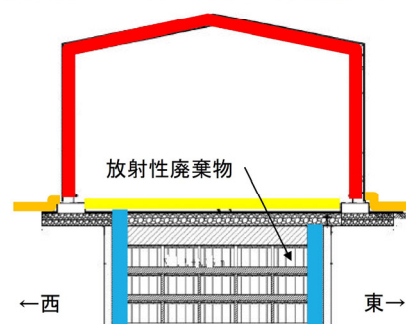


1. 廃棄物受入れ作業は、雨水防止テント内で実施する。



廃棄物受入れ作業中 区画④ 断面

2. 廃棄物受入れ完了後は、雨水防止テント内で表面遮水を設置する。



表面遮水設置完了時 断面

(漏出低減機能の凡例)

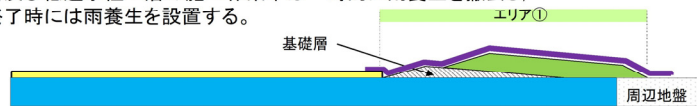
- 雨水防止テント
- 表面遮水(トレンチ外周部)
- 表面遮水(埋設完了トレンチ)
- 側部低透水性覆土

注) 施工方法及び手順等は施工性を考慮して今後決定する

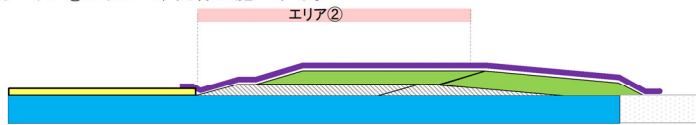
第4図 放射性廃棄物の受入れ イメージ図

1. エリア①において、表面遮水を撤去し、雨養生を設置する。

基礎層及び低透水性土層の施工作業中は一時的に雨養生を撤去し、作業終了時には雨養生を設置する。

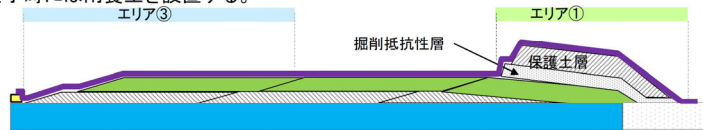


2. 隣接するエリア②において、同様に施工する。



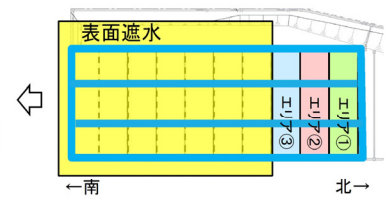
3. エリア③において、同様に施工する。

エリア①において、掘削抵抗性層及び保護土層の施工作業中は一時的に雨養生を撤去し、作業終了時には雨養生を設置する。



西側トレンチ工事 断面

- 注1) 最終覆土工事は全期間で8か月程度を見込む
注2) 施工方法及び手順等は施工性を考慮して今後決定する



西側トレンチ工事 平面

(漏出低減機能の凡例)

- 表面遮水
- 側部低透水性覆土
- 雨養生
- 最終覆土のうち低透水性土層

第5図 最終覆土の設置 イメージ図

6 参考文献

- (1) 地盤工学会 (2020) : 地盤材料試験の方法と解説 第一回改訂版 二分冊
の 1

以上

透水試験について

目 次

1	はじめに	1
2	試験方法	1
3	試験装置	3
4	供試体情報	3
5	透水係数の算出	4
6	試験結果	4

1 はじめに

本資料は、添付資料 1「3 覆土に対する技術要件」に示す、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行った、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）の内容等について説明するためのものである。

2 試験方法

一定の断面及び長さをもつ供試体の中を，ある水位差を初期状態として浸透するときの水位差の変化量，及びその経過時間を測定することにより透水係数を求めるものである。

試験条件を以下に示す。

【供試体作製，飽和方法】

- ・所定量の試料を透水円筒に詰め，高さ 20 mm ずつ 3 層構造の突固めにて供試体を作製した。
- ・透水円筒をセットした透水容器を水浸脱気により，飽和度を高めた。

【試験水】

- ・脱気イオン交換水（脱気水；純水）

【ビュレット】

- ・断面積：31.2 mm²～33.7 mm²※1

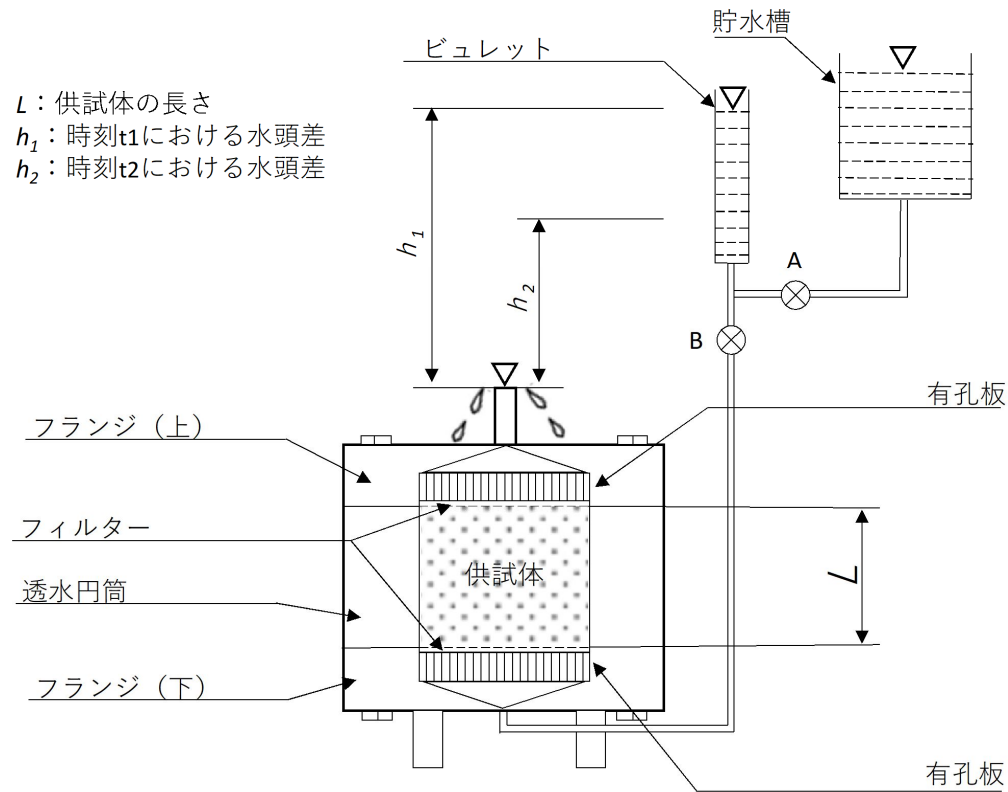
※1：ビュレットの製品誤差で断面積が異なる。

試験手順の概要を以下に示す。

- ①脱気水槽（貯水槽）に純水を入れ，真空ポンプを用いて -0.095MPa 未満まで減圧し，脱気水を作製する。（24 時間以上脱気する。）
- ②フランジ（下）に有孔板及びフィルターをセットし，その上に透水円筒（供試体セット・水浸脱気済み）をセットする。さらにその上にフィルターをセットし，有孔板と組み合わせたフランジ（上）を被せ，ボルト・ナットでこれらを緊結する。
- ③二重管ビュレット（以下「ビュレット」という。）からフランジ（下）までの通水経路となるチューブに脱気水を満たし，チューブとフランジ（下）を接続する。ビュレットの原点と，供試体上面（下流側）若しくは排水口との高さの差を測定する。なお，ビュレット及び排水口からの蒸発による測定値への影響を低減するため，ビュレット及び排水口の開口が最小限となる措置を講ずる。
- ④適切な動水勾配を得られるようなビュレットの水位を設定し，容器下部給水ラインのコックを開き，ビュレットより供試体下部への試験水を供給する。
- ⑤時刻 t_1 のビュレットの読み値，水温及び圧力を記録する。充分な時間の後に，時間 t_2 のビュレットの読み値，水温及び圧力を記録する。
- ⑥⑤で得られた結果から，透水係数を算出する。安定した値が 4 点以上とれるまで，⑤を繰り返す。安定した透水係数 4～5 点の平均をもって，その供試体の代表値とする。
- ⑦測定値の平均値から変動が $\pm 50\%$ におさまることではほぼ一定とみなす。

3 試験装置

透水試験装置の概念図を第 1 図に示す。



第 1 図 透水試験装置の概念図

4 供試体情報

供試体情報を第 1 表に示す。

第 1 表 供試体の情報

混合率 (%)	含水比 (%) ※	供試体寸法 (mm)
10	15.1	直径 : 60.0, 高さ : 60.0
15	15.8	直径 : 60.0, 高さ : 60.0
20	16.6	直径 : 60.0, 高さ : 60.0

※試験前の平均値

5 透水係数の算出

以下の式により透水係数を求める。

$$k_{15} = k_T \times \frac{\eta_T}{\eta_{15}} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (1)$$

ここに,

$$k_T = 2.303 \frac{aL}{A \times (t_2 - t_1)} \log_{10} \frac{h_1}{h_2} \times \frac{1}{1000} \cdot \cdot \cdot (2)$$

k_{15} : 温度 15℃における透水係数 (m/s)

η_T/η_{15} : 温度 15℃における透水係数を求めるための補正係数

k_T : T (℃) における透水係数 (m/s)

a : ビュレットの断面積 (mm²)

L : 供試体の長さ (mm)

A : 供試体の断面積 (mm²)

$t_2 - t_1$: 測定時間 (s)

h_1 : 時刻 t_1 における水頭差 (mm)

h_2 : 時刻 t_2 における水頭差 (mm)

2.303 : 対数の底の変換による係数

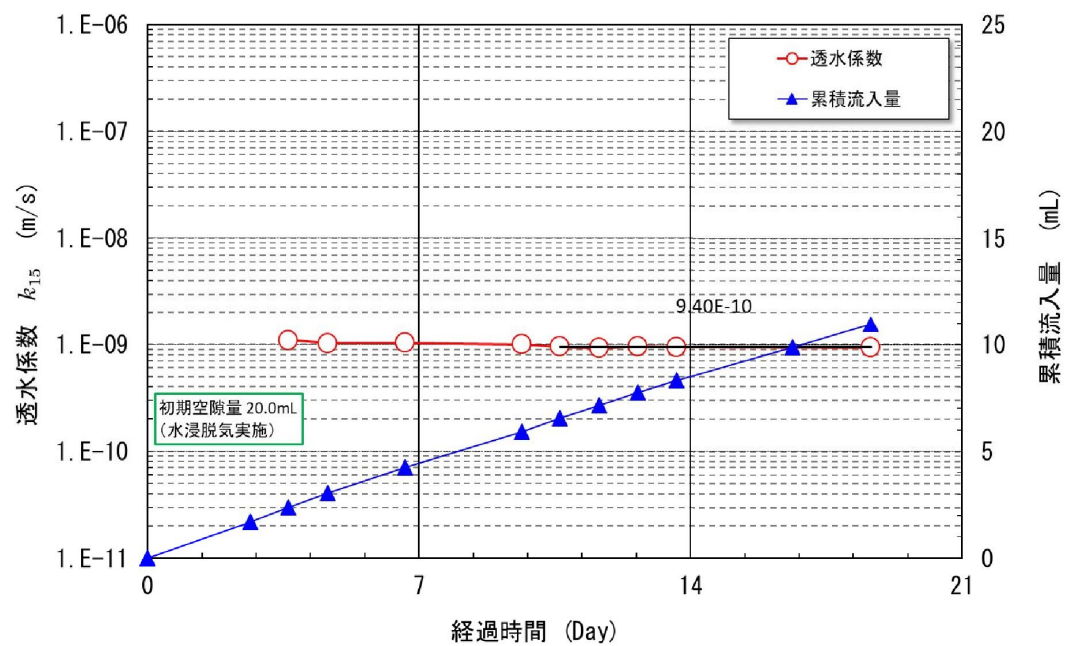
1/1000 : 単位を換算するための係数

6 試験結果

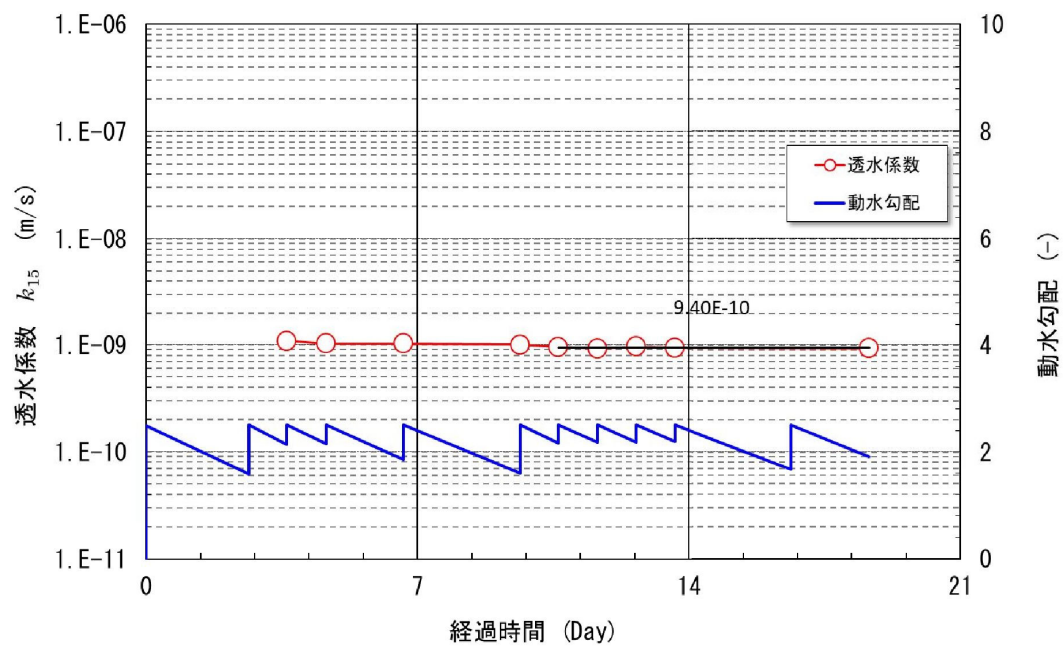
透水試験の結果を第 2 表及び第 2 図から第 7 図に示す。

第 2 表 透水試験の結果

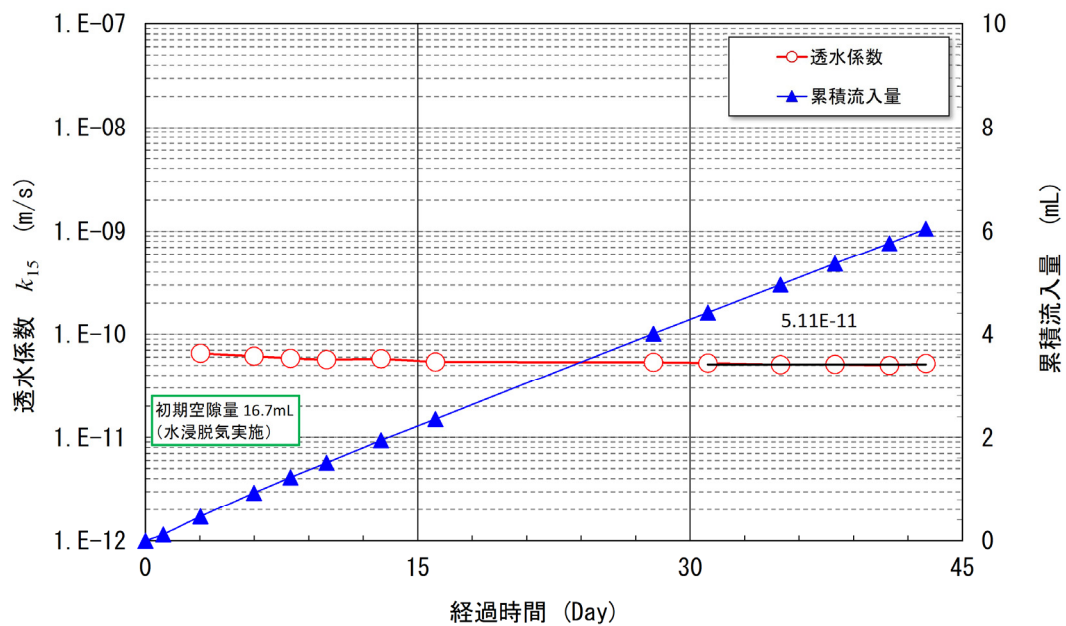
混合率 (%)	透水係数 (m/s)
10	9.40×10^{-10}
15	5.11×10^{-11}
20	2.28×10^{-11}



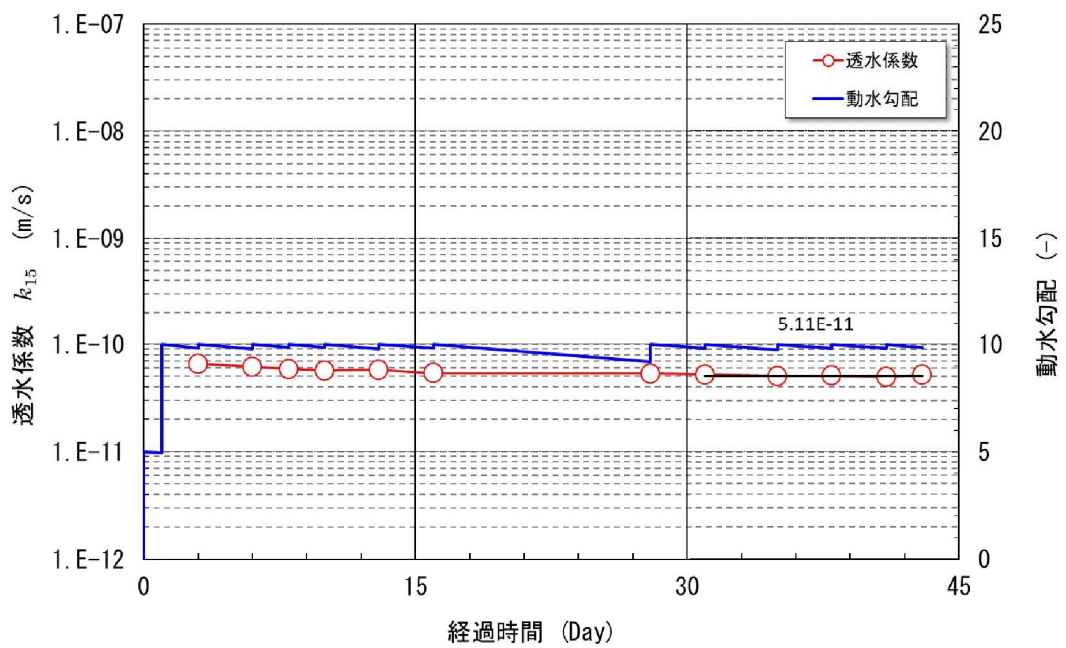
第 2 図 透水係数及び累積流入量の経時変化（混合率 10%）



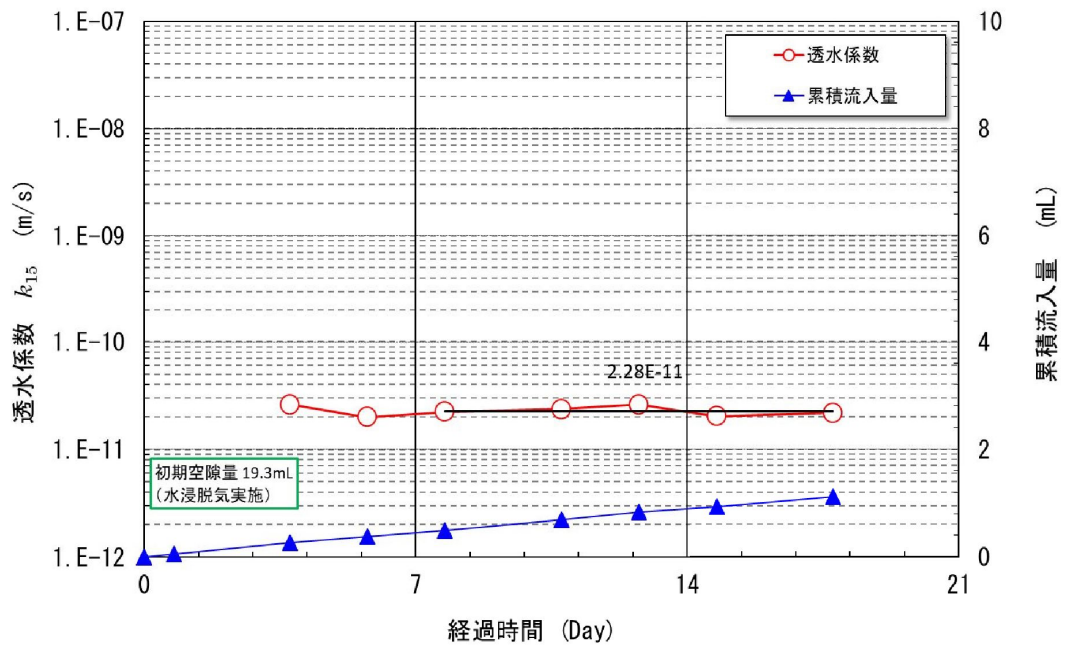
第 3 図 透水係数及び動水勾配の経時変化（混合率 10%）



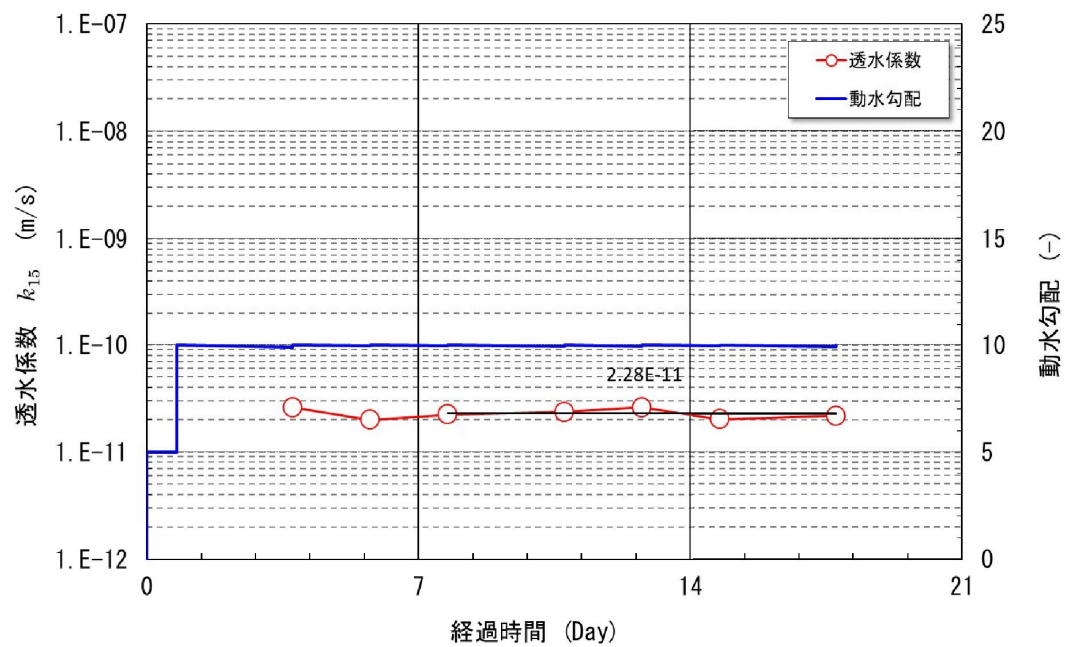
第 4 図 透水係数及び累積流入量の経時変化（混合率 15%）



第 5 図 透水係数及び動水勾配の経時変化（混合率 15%）



第 6 図 透水係数及び累積流入量の経時変化（混合率 20%）



第 7 図 透水係数及び動水勾配の経時変化（混合率 20%）

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	9
3. 4. 1	飽和透水係数	9
3. 4. 2	不飽和特性	14
3. 5	解析結果	21
4	まとめ	32
5	参考文献	32

別紙 不飽和透水試験について

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、最終覆土のうち低透水性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。

最終覆土のうち低透水性土層及び側部低透水性覆土は、低透水性を有する設計とする。

最終覆土のうち低透水性土層は、雨水等が浸透して放射性廃棄物を埋設したトレンチ（以下「埋設が完了したトレンチ」という。）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。

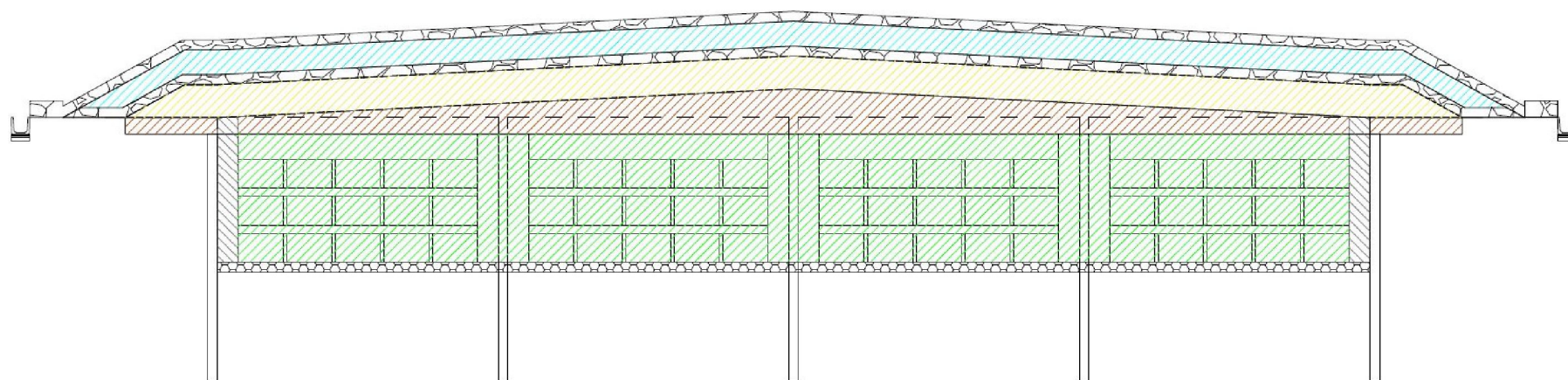
最終覆土のうち低透水性土層及び側部低透水性覆土は、安全性が損なわれ難い天然材料である土質材料を採用し、力学的影響に対する変形追従性を考慮することとする。

最終覆土のうち低透水性土層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

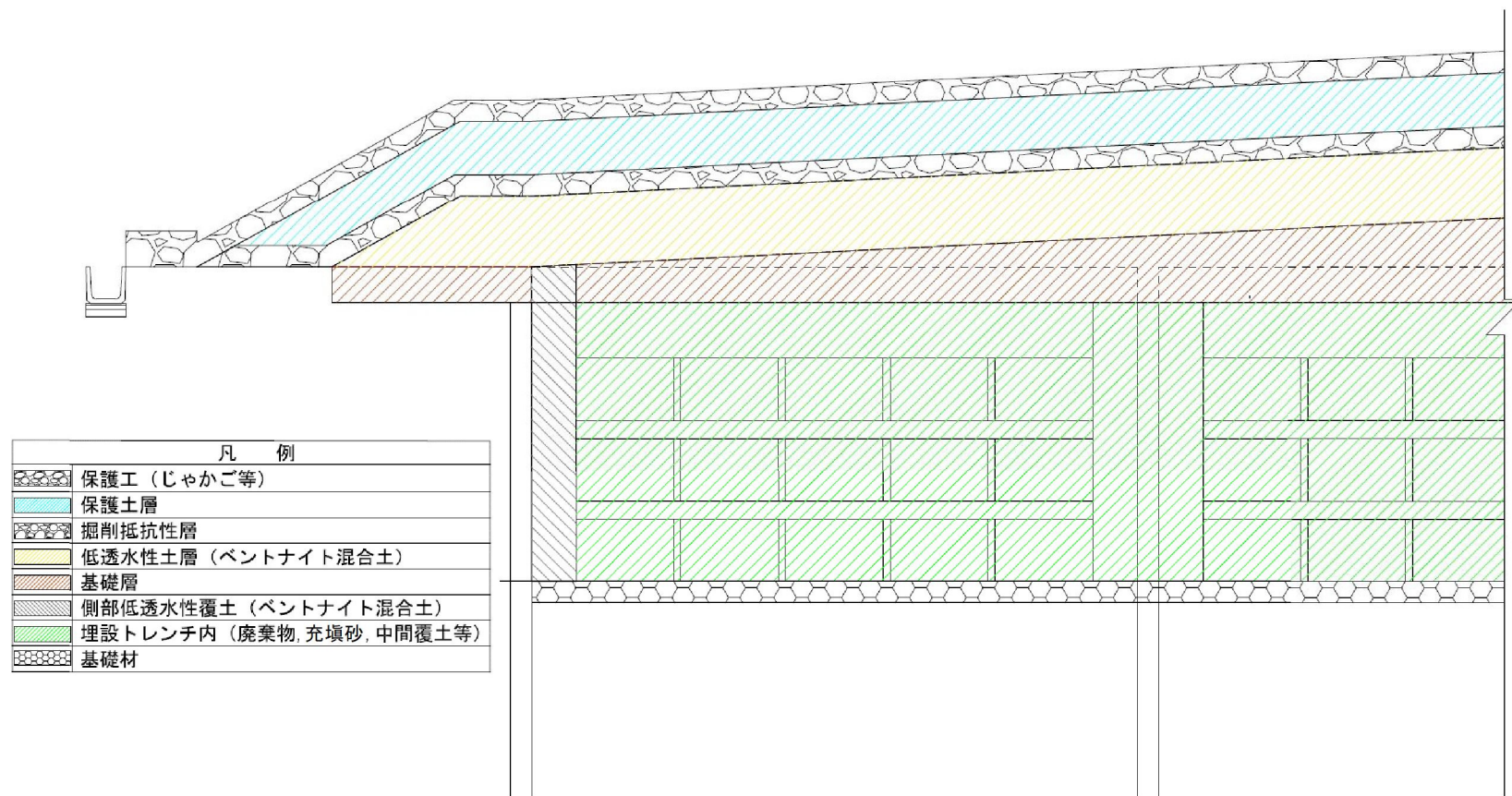
構造とする。

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（ペントナイト混合土）
	基礎層
	側部低透水性覆土（ペントナイト混合土）
	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が支配的となる。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。

なお、本施設は、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であることから、埋設トレンチ内への水の浸透は雨水等による浸透水が支配的となる。そのため、降雨の流出方向に着目してモデル化する。

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。

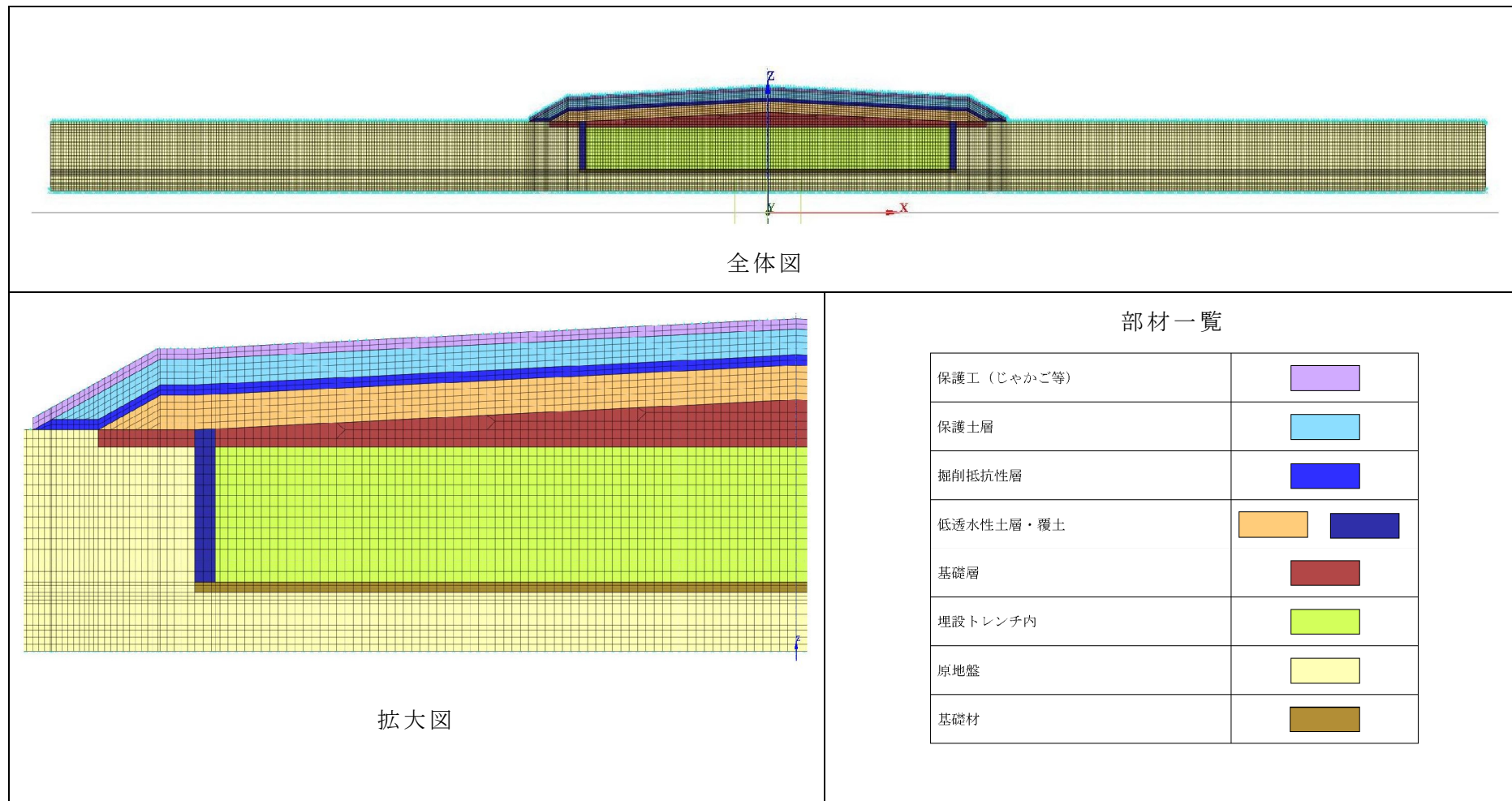
本解析は、埋設トレンチ内への雨水等の浸入抑制効果を確認するためのものであることから、埋設トレンチ内は、埋設した放射性廃棄物をモデル化せずに、中間覆土として用いる土砂としてモデル化した。なお、埋設トレンチの側部は側部低透水性覆土を示す層をモデル化した。

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

3. 4. 1 飽和透水係数

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。

(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（ ϕ 5 cm ～15 cm）を使用することを想定した。

割栗石（ ϕ 5 cm ～15 cm）の飽和透水係数については，土質工学会⁽¹⁾で示される土質分類ごとの透水係数のうち，最も割栗石（ ϕ 5 cm ～15 cm）に性質が近いと考えられる清浄な礫（GW，GP）の透水係数として示される範囲（ 1.0×10^{-2} m/s ～ 1.0×10^0 m/s）の中央値である 1.0×10^{-1} m/s と設定した。

なお，土谷他⁽²⁾においては，特殊ふとんかご（中詰め材粒径 80 mm）の透水係数は 0.084 m/s ～0.089 m/s と報告されており，設定値としては妥当であると考えられる。

(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。

透水試験は，敷地内から採取した現地発生土（3 試料）を対象に，土の透水試験方法（JIS A 1218：2009）に準拠して実施した。

現地発生土の透水試験の仕様を第 2 表に，透水試験結果を第 3 表に示す。

保護土層の飽和透水係数については，最も透水係数が高い試料③の結果である 1.04×10^{-4} m/s と設定した。

第 2 表 現地発生土の透水試験仕様

項目	単位	材料		
		試料①	試料②	試料③
供試体径	cm	10.0	10.0	10.0
供試体高さ	cm	12.7	12.7	12.7
乾燥密度	g/cm ³	1.62	1.57	1.55
含水比	%	5.9	6.0	5.9
試験方法種類		変水位法	変水位法	変水位法

第 3 表 現地発生土の透水試験結果

試料番号	試料①	試料②	試料③
透水係数 (m/s)	3.49×10^{-5}	6.27×10^{-5}	1.04×10^{-4}

(3) 掘削抵抗性層

掘削抵抗性層は、主材料として碎石又は石（割栗石等の粒径が大きなもの）及び砂又は砂質土により構成されることを考慮し、飽和透水係数としては、保護土層と同一の値に設定した。

(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

基礎層として粒調碎石（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。

透水試験は、土の透水試験方法（JIS A 1218：2009）に準拠して実施した。

粒調碎石（M-30）の透水試験の仕様を第 4 表に，透水試験結果を第 5 表に示す。

基礎層の飽和透水係数については，透水試験結果を算術平均した値である $3.88 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ と設定した。

第 4 表 粒調碎石（M-30）の透水試験仕様

項目	単位	材料		
		試料①	試料②	試料③
供試体径	cm	15.0	15.0	15.0
供試体高さ	cm	12.5	13.3	12.7
乾燥密度	g/cm^3	2.06	1.94	2.04
含水比	%	0.0	0.0	0.0
試験方法種類		定水位法	定水位法	定水位法

第 5 表 粒調碎石（M-30）の透水試験結果

試料番号	試料①	試料②	試料③
透水係数（ m/s ）	6.49×10^{-4}	1.40×10^{-4}	3.76×10^{-4}

（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。

透水試験は，土の透水試験方法（JIS A 1218：2009）に準拠して実施した。

購入砂（洗砂）の透水試験の仕様を第 6 表に，透水試験結果を第 7 表に示す。

基礎層の飽和透水係数については，透水試験結果を算術平均した値である $4.73 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ と設定した。

第 6 表 購入砂（洗砂）の透水試験仕様

項目	単位	材料		
		試料①	試料②	試料③
供試体径	cm	10.0	10.0	10.0
供試体高さ	cm	12.2	12.3	12.7
乾燥密度	g/cm^3	1.45	1.44	1.39
含水比	%	6.7	8.4	8.4
試験方法種類		定水位法	定水位法	定水位法

第 7 表 購入砂（洗砂）の透水試験結果

試料番号	試料①	試料②	試料③
透水係数 (m/s)	3.35×10^{-4}	4.09×10^{-4}	6.74×10^{-4}

(8) 地盤

地盤の飽和透水係数については，廃棄物埋設地設置予定場所近傍で実施した d u 層の揚水試験（「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 添付資料 1 水理」参照）で求めた透水係数である $3.23 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ と設定した。

(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）と同一の値に設定した。

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	根拠
保護工（じゃかご等）	$1.0 \times 10^{-1} \text{ m/s}$	文献より設定
保護土層	$1.04 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	透水試験結果より設定
掘削抵抗性層	$1.04 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	保護土層と同一に設定
低透水性土層	$1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$	設計値
基礎層	$3.88 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	透水試験結果より設定
側部低透水性覆土	$1.0 \times 10^{-10} \text{ m/s}$	設計値
中間覆土	$4.73 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	透水試験結果より設定
地盤	$3.23 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	揚水試験結果より設定
基礎材	$1.0 \times 10^{-1} \text{ m/s}$	保護工（じゃかご等）と同一に設定

3. 4. 2 不飽和特性

不飽和特性の設定では、実地盤に近い不飽和特性を設定することが可能であることから、不飽和浸透流解析において多数の実績を有する Van-Genuchten の関係式（以下「V G 式」という。）を適用した。

V G 式は、保水性試験結果を以下の（1）式にフィッティングさせることにより、V G 式のフィッティングパラメータである α と λ を同定し、同定した λ を（2）式に入力することによって、比透水係数の値（グラフ；曲線）を得ている。

$$u_c = 1/\alpha * \left\{ (S_e)^{\frac{\lambda}{1-\lambda}} - 1 \right\}^{\frac{1}{\lambda}} \cdot \cdot \cdot (1)$$

ここで、

u_c ：サクション（MPa）

α ：有効飽和度によらない定数（1/MPa）

S_e ：有効飽和度（－）

λ ：有効飽和度によらない定数

$$k_{wr} = S_e^{1/2} * \left[1 - \left\{ 1 - (S_e)^{\frac{\lambda}{1-\lambda}} \right\}^{\frac{\lambda-1}{\lambda}} \right]^2 \cdot \cdot \cdot (2)$$

ここで、

k_{wr} ：比透水係数（－）

モデル化した各層についての不飽和特性設定の考え方を以下に示す。
また、不飽和特性の設定値一覧を第 8 表に示す。

（1）保護工（じゃかご等）

不飽和時に透水係数が飽和透水係数よりも小さい値を示すメカニズムは、不飽和時にメニスカスにより粒子に固定された間隙水が存

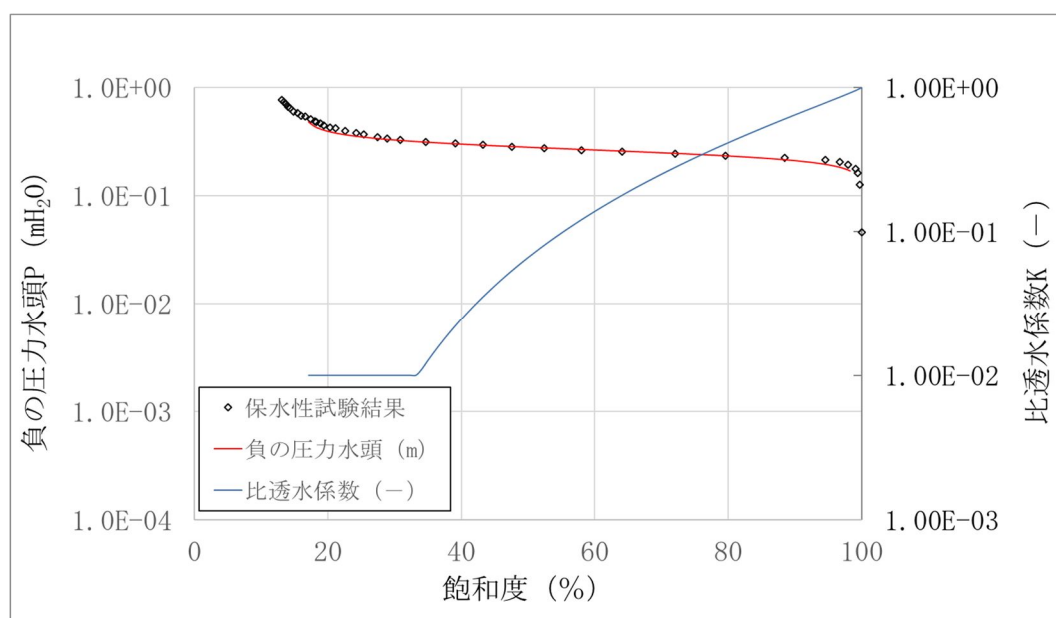
在し、間隙水が移動できる空間が狭くなるためである。

保護工として用いるじゃかご等の中詰め材料として想定する割栗石（ $\phi 5\text{ cm} \sim 15\text{ cm}$ ）は、間隙径が非常に大きい。梅田⁽³⁾では、高透水性物質では不飽和状態での圧力水頭がほぼ 0 であると述べられており、不飽和時に透水性が低下する事象は生じないと考えられることから、保護工の不飽和特性は、飽和度に寄らず比透水係数 1 で設定する。

（２）保護土層

敷地内から採取した現地発生土のうち、試料③の保水性試験（JGS 0151）の試験結果より、VG 式のフィッティングパラメータである $\alpha : 3.7894\text{ (1/m)}$ 及び $\lambda : 8.5731\text{ (—)}$ を同定し、同定した VG 式のフィッティングパラメータから比透水係数を算出した。なお、比透水係数は下限値 0.01 を設定した。

設定した不飽和特性を第 4 図に示す。



第 4 図 保護土層の不飽和特性

（３）掘削抵抗性層

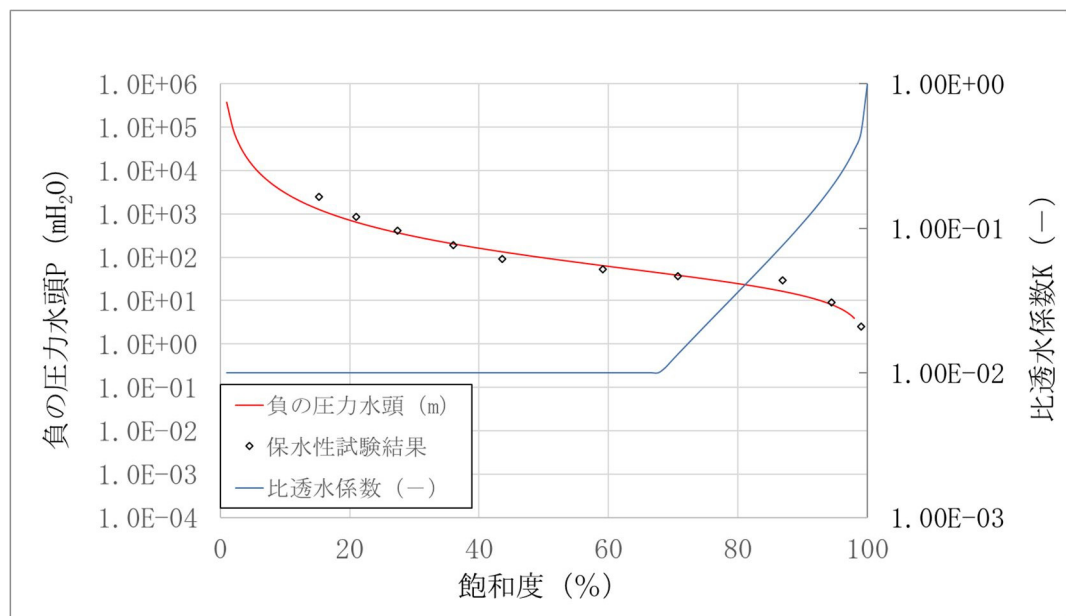
掘削抵抗性層は、碎石又は石（割栗石等の粒径が大きなもの）を設

置し、その間隙には砂又は砂質土が充填された構造となることを考慮し、不飽和特性としては、保護土層と同一の値に設定した。

(4) 低透水性土層

ベントナイト混合土の保水性試験（JGS 0151）の試験結果より，V G 式のフィッティングパラメータである $\alpha : 0.040794 (1/m)$ 及び $\lambda : 1.4769 (-)$ を同定し，同定した V G 式のフィッティングパラメータから比透水係数を算出した。なお，比透水係数は下限値 0.01 を設定した。

設定した不飽和特性を第 5 図に示す。

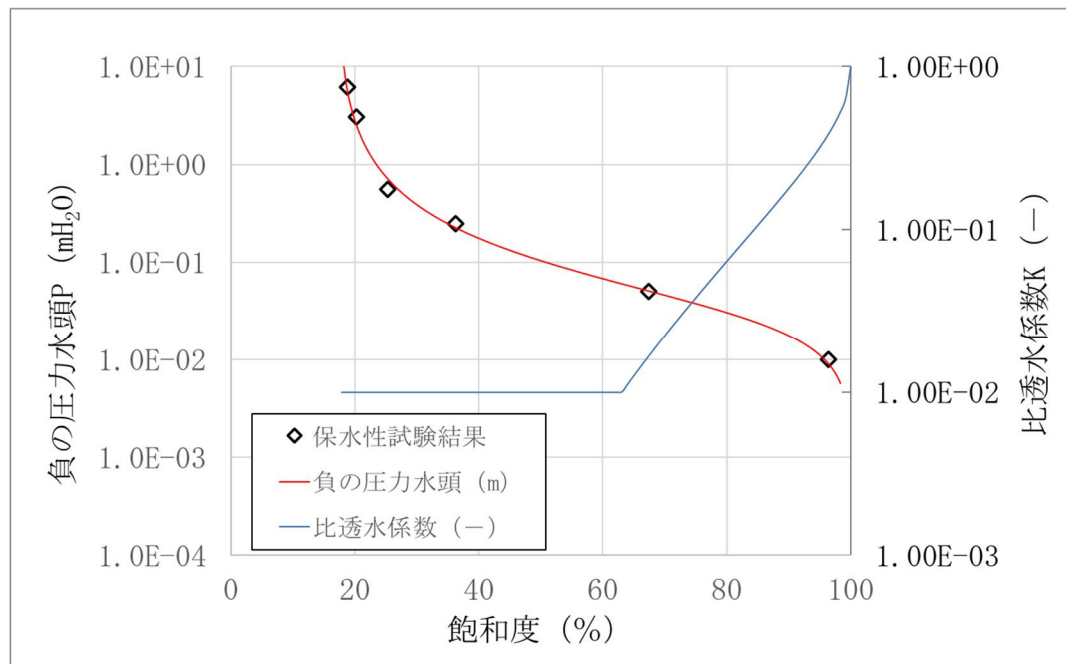


第 5 図 低透水性土層の不飽和特性

(5) 基礎層

粒調碎石（M-30）の保水性試験（JGS 0151）の試験結果より，V G 式のフィッティングパラメータである $\alpha : 31.094 (1/m)$ 及び $\lambda : 1.743 (-)$ を同定し，同定した V G 式のフィッティングパラメータから比透水係数を算出した。なお，比透水係数は下限値 0.01 を設定した。

設定した不飽和特性を第 6 図に示す。



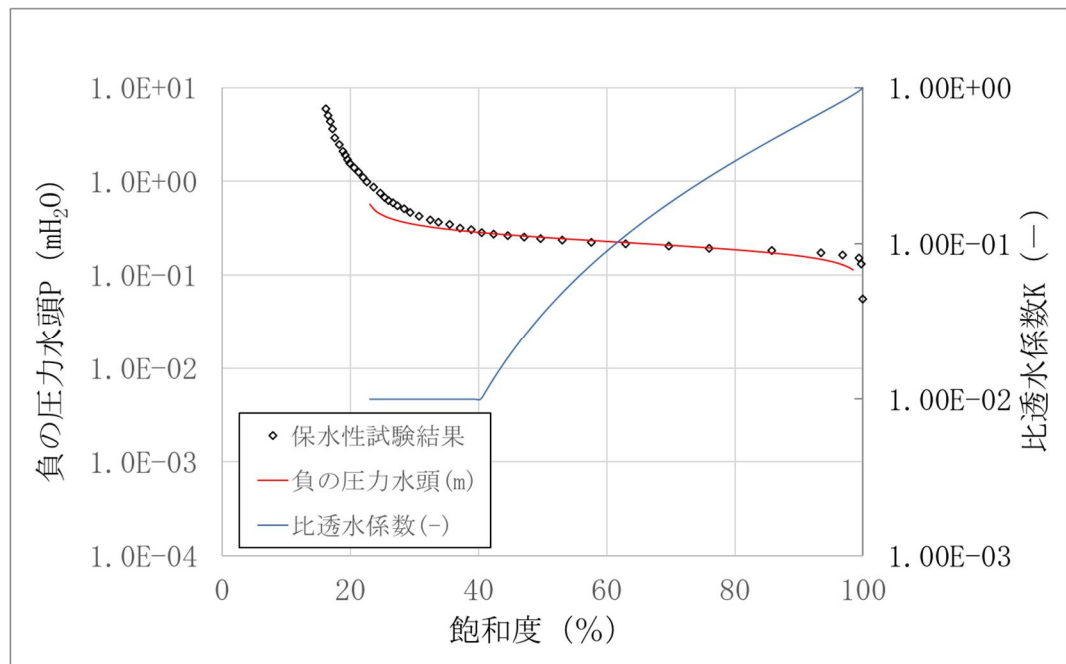
第 6 図 基礎層の不飽和特性

(6) 側部低透水性覆土

低透水性土層と同様に設定した。

(7) 中間覆土 (廃棄物埋設地内土砂)

購入砂 (洗砂) の保水性試験 (JGS 0151) の試験結果より, V G 式のフィッティングパラメータである $\alpha : 4.6154 (1/m)$ 及び $\lambda : 5.7182$ (—) を同定し, 同定した V G 式のフィッティングパラメータから比透水係数を算出した。なお, 比透水係数は下限値 0.01 を設定した。設定した不飽和特性を第 7 図に示す。



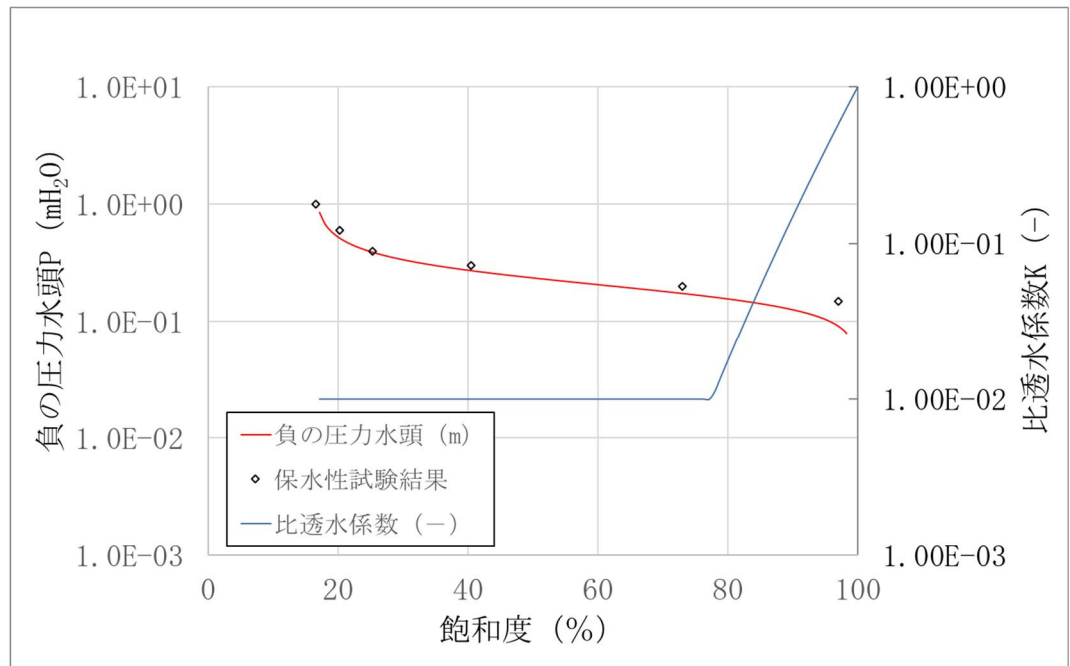
第 7 図 中間覆土（廃棄物埋設地内土砂）の不飽和特性

（ 8 ） 地盤

廃棄物埋設地設置予定場所近傍の d u 層を用いた保水性試験（JGS 0151）の試験結果より，V G 式のフィッティングパラメータである α : 5.1757 (1/m) 及び λ : 4.0776 (－) を同定した。

比透水係数は不飽和透水試験結果に基づき累乗近似を実施して設定した。なお，透水係数は下限値 0.01 を設定した。

設定した不飽和特性を第 8 図に示す。



第 8 図 地盤の不飽和特性

(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8表 不飽和特性の設定値一覧

対象	設定値	根拠
保護工（じゃかご等）	比透水係数(-)：一定（1） サクシヨン(MPa)：－	文献より設定
保護土層	比透水係数(-)：飽和度に応じた値 サクシヨン(MPa)：飽和度に応じた値	V G 式を適用して設定 ※V G 式のフィッティングパラメータ ・ α ：3.7894(1/m), λ ：8.5731(-)
掘削抵抗性層	比透水係数(-)：飽和度に応じた値 サクシヨン(MPa)：飽和度に応じた値	保護土層と同一に設定
低透水性土層	比透水係数(-)：飽和度に応じた値 サクシヨン(MPa)：飽和度に応じた値	V G 式を適用して設定 ※V G 式のフィッティングパラメータ ・ α ：0.040794(1/m), λ ：1.4769(-)
基礎層	比透水係数(-)：飽和度に応じた値 サクシヨン(MPa)：飽和度に応じた値	V G 式を適用して設定 ※V G 式のフィッティングパラメータ ・ α ：31.094(1/m), λ ：1.743(-)
側部低透水性覆土	比透水係数(-)：飽和度に応じた値 サクシヨン(MPa)：飽和度に応じた値	低透水性土層と同一に設定
中間覆土	比透水係数(-)：飽和度に応じた値 サクシヨン(MPa)：飽和度に応じた値	V G 式を適用して設定 ※V G 式のフィッティングパラメータ ・ α ：4.6154(1/m), λ ：5.7182(-)
地盤	比透水係数(-)：飽和度に応じた値 サクシヨン(MPa)：飽和度に応じた値	不飽和透水試験及びV G 式を適用して設定 ※V G 式のフィッティングパラメータ ・ α ：5.1757(1/m), λ ：4.0776(-)
基礎材	比透水係数(-)：一定（1） サクシヨン(MPa)：－	保護工（じゃかご等）と同一に設定

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 9 図～第 15 図に示す。

第 9 図～第 11 図に解析結果の全水頭コンター図を，第 12 図に解析結果の流速コンター図を，第 13 図に解析結果の飽和度コンター図を，第 14 図及び第 15 図に流線図を示す。

(1) 全水頭コンター図

浸透水は，全水頭の大きい値の領域から小さい値の領域に向かって浸透する。全水頭コンターラインの間隔が狭い場所ほど動水勾配が大きいことを示している。

第 9 図より，廃棄物埋設地から離れた領域は，全水頭コンターラインが概ね水平であり，降雨等が地面に垂直に浸透していることを示している。

また，覆土法尻から地盤に向かって波紋状にコンターラインが形成されており，覆土法尻に流れた降雨等が地盤に浸透していることを示している。

第 10 図では，廃棄物埋設地周辺に着目した全水頭の表示レンジとしている。この図より，廃棄物埋設地内部は廃棄物埋設地の上方及び側方に比べて全水頭が相対的に小さくなっており，廃棄物埋設地内部への水の浸透を抑制できていることを示している。

また，第 11 図では，廃棄物埋設地内に着目した全水頭の表示レンジとしている。この図より，廃棄物埋設地内部の全水頭分布は廃棄物埋設地内の上方及び側方から廃棄物埋設地中央付近へ水が浸透していることを示している。

(2) 流速コンター図

第 12 図は，ダルシー流速の絶対値を用いた流速コンター図である。

この結果より，保護工の流速は，他の領域より相対的に大きくなっているが，その流速は最大で $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ のオーダーである。

（３）飽和度コンター図

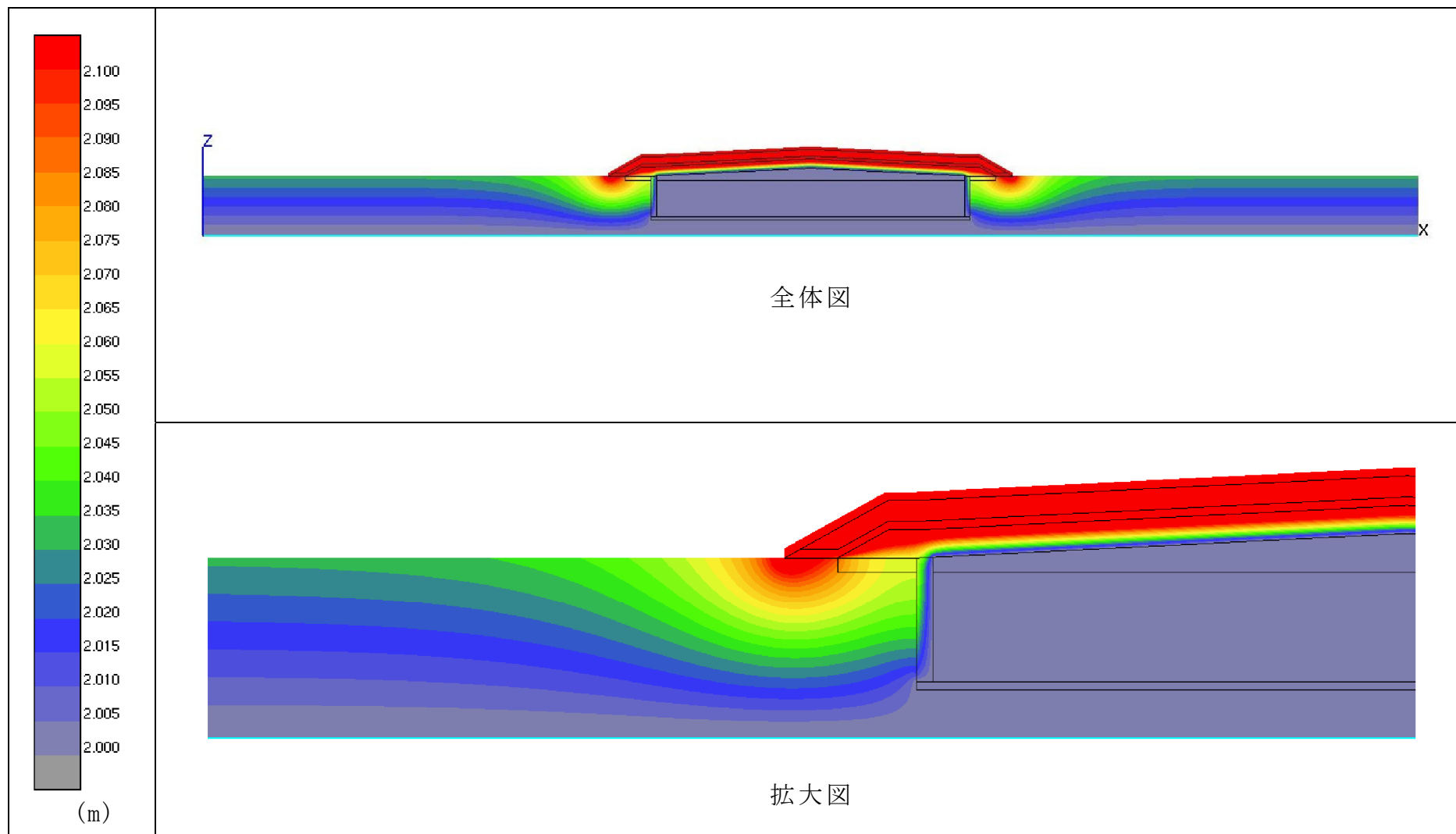
第 13 図には，飽和度コンター図を示す。低透水性土層及び側部低透水性覆土は飽和度が高くなっており，低透水性土層及び側部低透水性覆土の保水性が他の領域に比べて高いことを示している。

（４）流線図

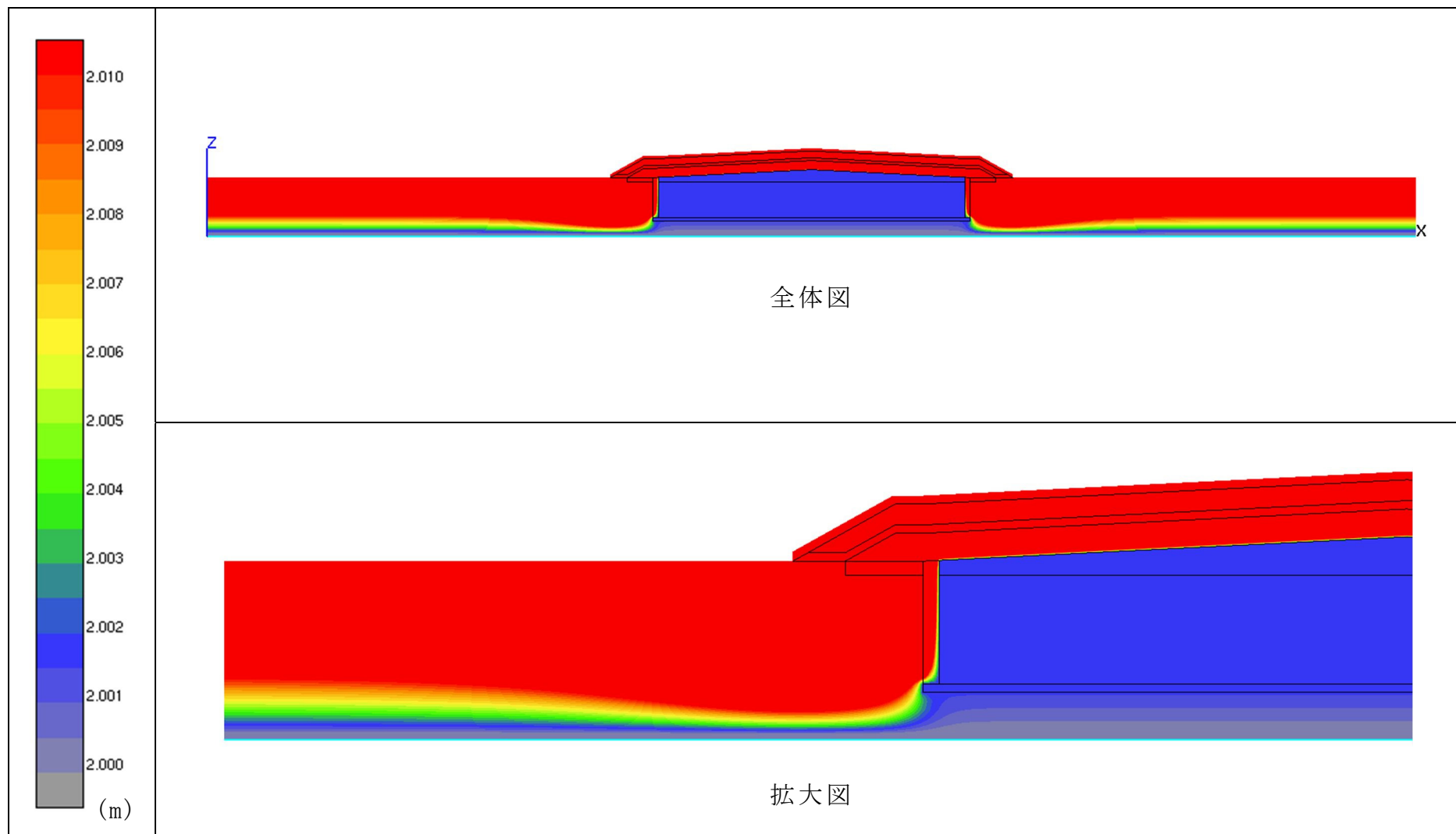
第 14 図には，保護工表面の降雨等の流れに着目した流線図を示す。保護工に浸透した降雨等は，主に保護工を流れて覆土法尻から地盤に浸透していることが分かる。

第 15 図には，保護土層の浸透水の流れに着目した流線図を示す。保護土層の浸透水は，主に廃棄物埋設地内を通過し地下水に流れ出ることが分かる。

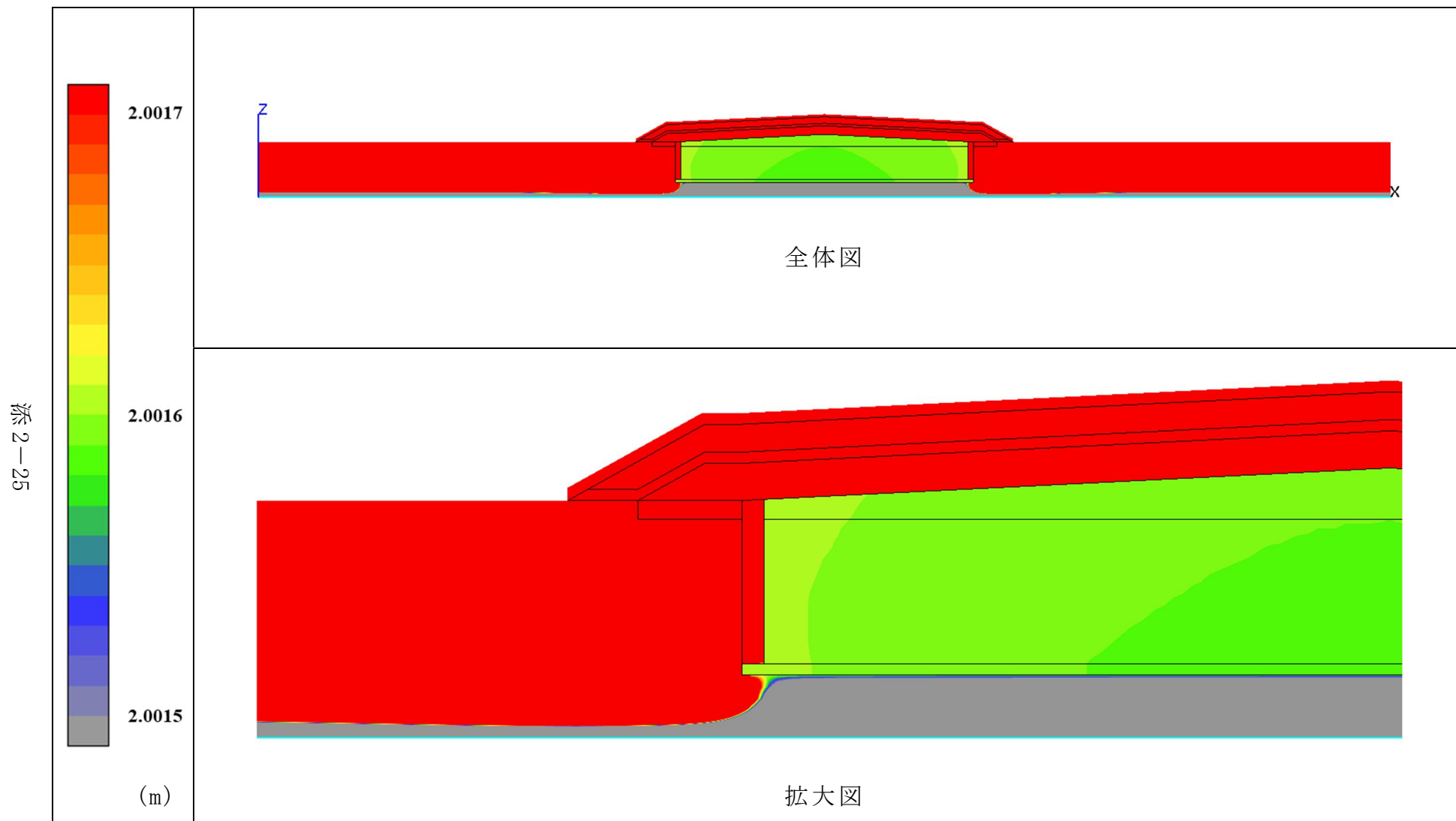
なお，流線は，浸透水の流路を示しているものであり，絶対値については，施設通過流量にて確認する。



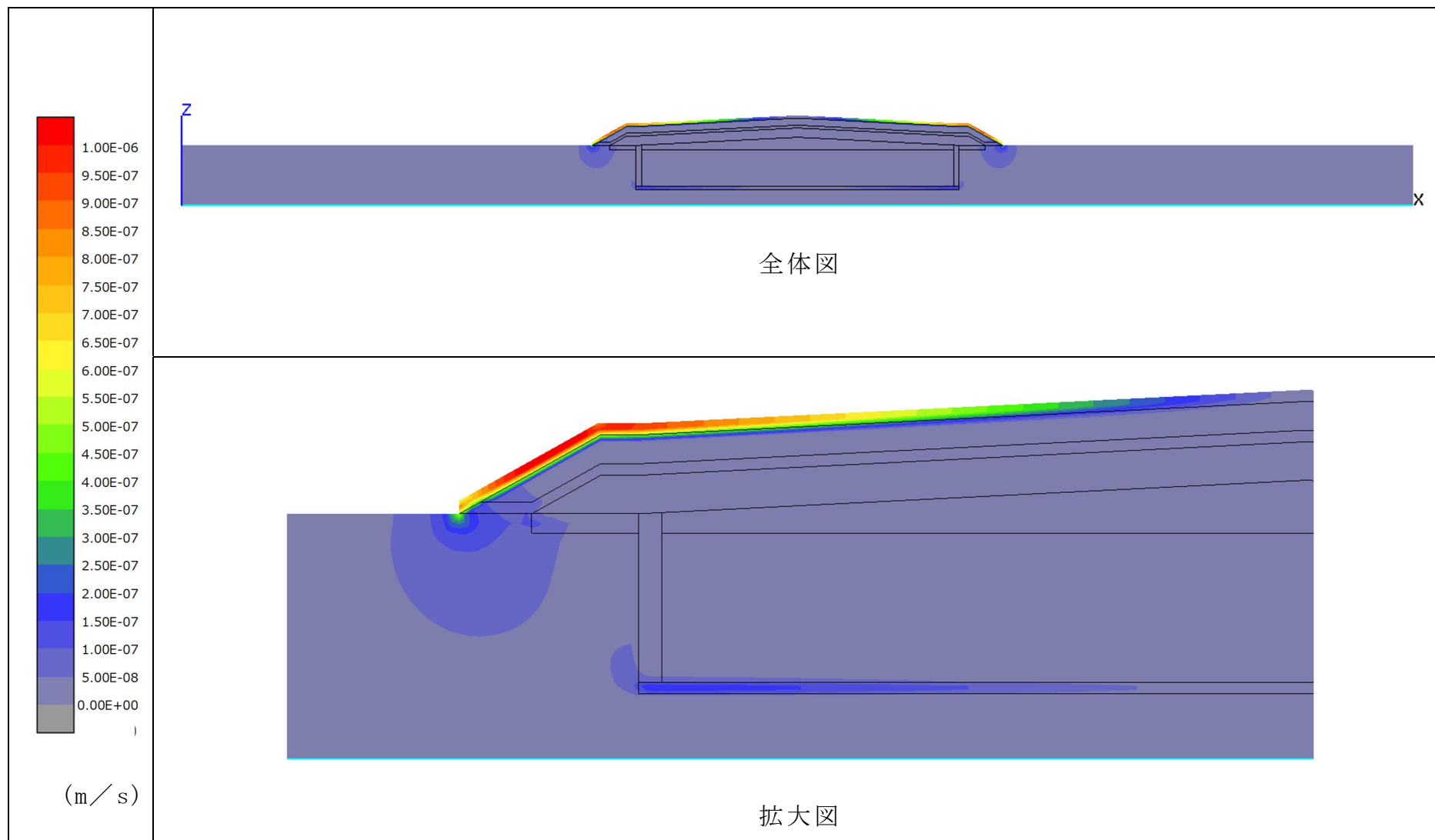
第 9 図 解析結果（全水頭コンター図）



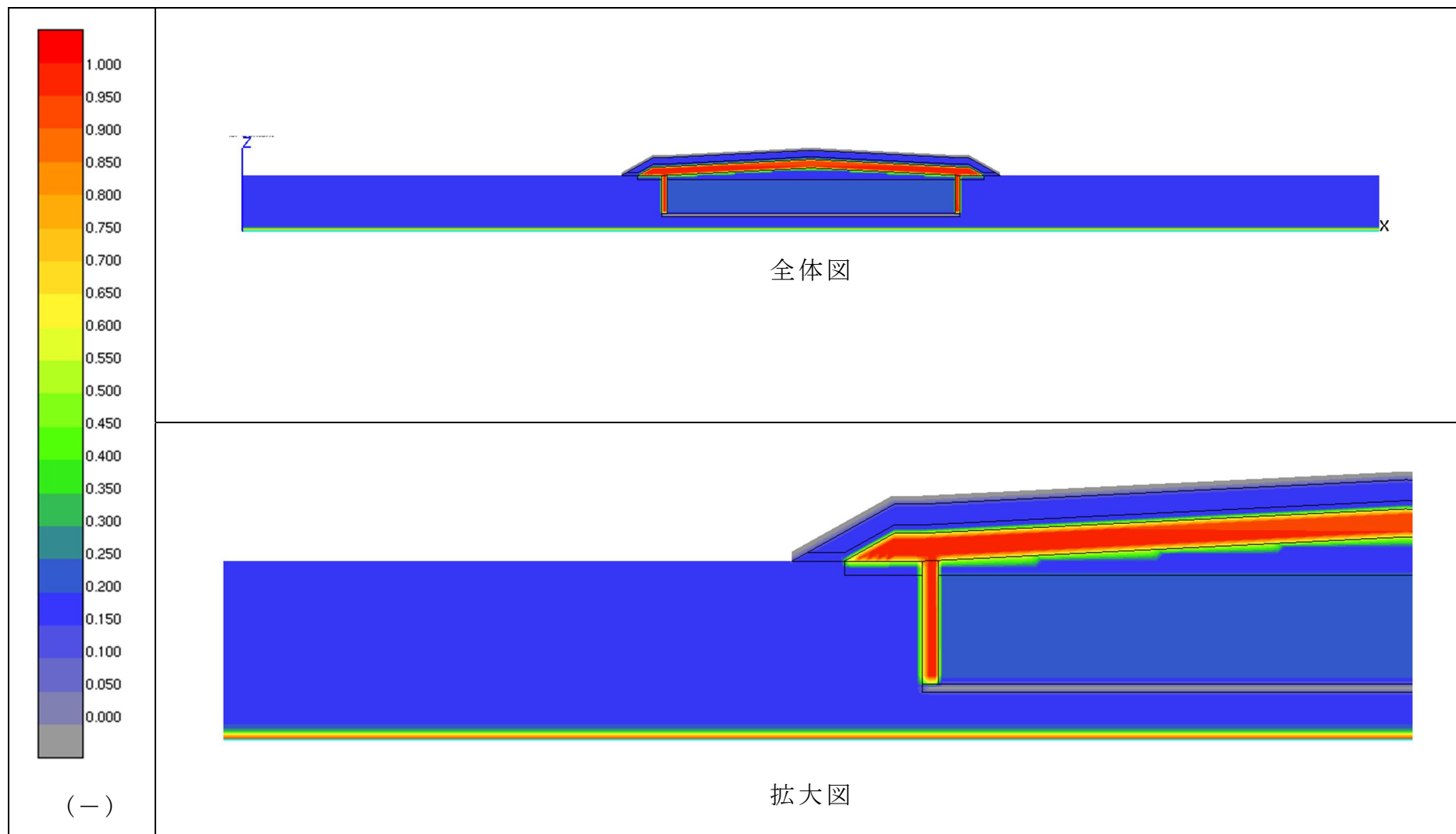
第 10 図 解析結果（廃棄物埋設地周辺に着目した全水頭コンター図）



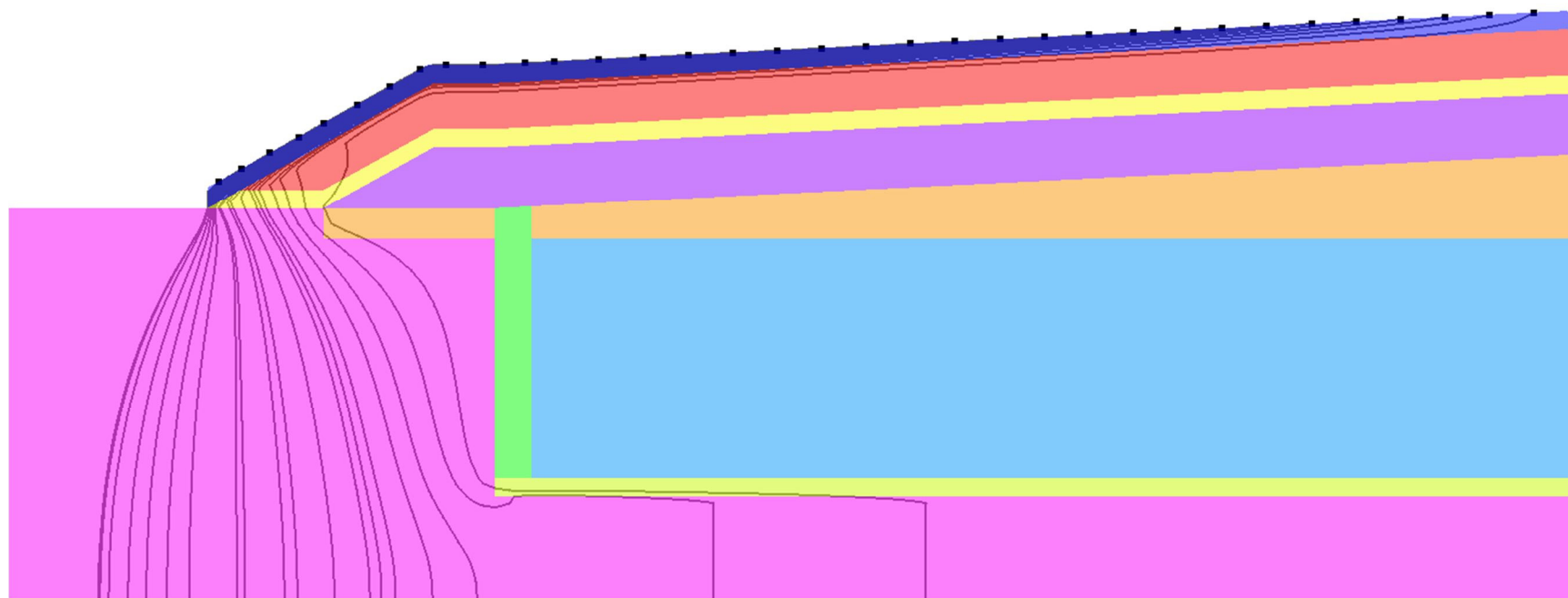
第 11 図 解析結果（廃棄物埋設地内に着目した全水頭コンター図）



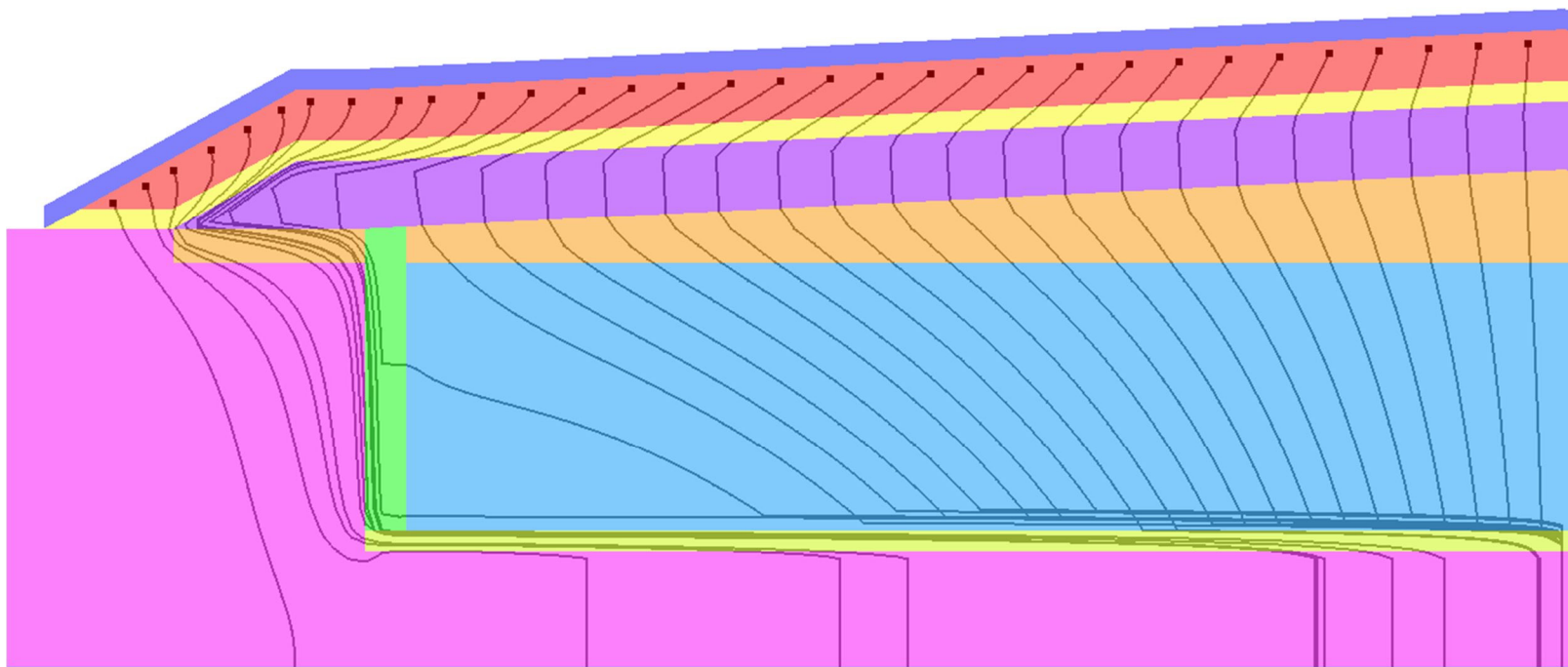
第 12 図 解析結果（流速コンター図）



第 13 図 解析結果（飽和度コンター図）



第 14 図 解析結果（保護工表面の降雨等の流れに着目した流線図）



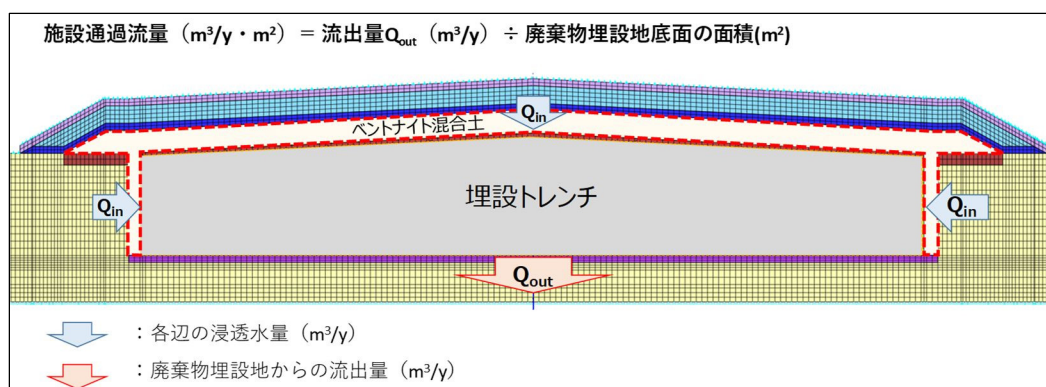
第 15 図 解析結果（保護土層に浸透した浸透水の流れに着目した流線図）

(5) 施設通過流量

最終覆土のうち低透水性土層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、施設通過流量とは、埋設トレンチ内を通過する浸透水量のことである。算出方法は、廃棄物埋設地底面からの流出量を廃棄物埋設地底面の面積で除した値を採用している。施設通過流量算出概要図を第 16 図に示す。また、施設通過流量を算出した浸透流解析結果を第 9 表に示す。



第 16 図 施設通過流量算出概要図

第 9 表 施設通過流量の計算結果

	施設への流入量 ^{※1} (m^3 / y)	施設からの流出量 ^{※1} (m^3 / y)
上部	0.00347	0
底部	0.00039	0.00448
側部 (右)	0.00029	0
側部 (左)	0.00029	0
計	0.00444	0.00448
施設通過流量 ^{※1, ※2}	0.00014 ($\text{m}^3 / \text{y} / \text{m}^2$)	

※1 : 端数処理 (小数第六位を切り上げ) 後の値

※2 : 施設通過流量は, 埋設トレンチ底部からの流出量を埋設トレンチ底部の面積 (33.7 m^2) で除した流量

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。

5 参考文献

- (1) 土質工学会（1984）：土質試験法
- (2) 土谷富士夫，了戒公利，久保博茂（2017）：特殊ふとんかごによる凍上対策と植生緑化の現地試験・調査結果
- (3) 梅田美彦（1993）：地盤浅層部における土中水の移動の定量的評価とその制御手法に関する研究

以上

不飽和透水試験について

目 次

1	はじめに	1
2	試験方法	1
3	試験装置	2
4	解析方法	3
5	試験結果	3

1 はじめに

本資料は、添付資料 2「埋設トレンチへの浸透水量」に示す「不飽和透水試験」の内容等について説明するためのものである。

2 試験方法

不飽和透水試験方法は、基準化された方法がないため、供試体に一定の圧力（圧力制御）を負荷（加圧）させて平衡状態（供試体内の圧力又は水分量が平衡状態）になった後、不飽和状態の透水係数を求める方法をとった。

したがって、ここでは幾つかある不飽和透水係数を求める手法の中で、原理は圧力を制御する定常法で、手法は加圧法に当たる。

加圧法による不飽和透水試験方法は、供試体に正圧を負荷して一定のサクション状態（不飽和状態）を作り出す。その後、供試体の上部から下部に向かって適当な動水勾配を与えて通水させる。

供試体に加えられた動水勾配はテンシオメータによって測定する。

不飽和透水係数の計測は、供試体内の 2 点間の圧力水頭差及び流量を測定することにより透水係数を求めるものである。

試験条件を以下に示す。

- ・加圧方法 : 負荷圧力（空気圧）制御
- ・測定方法 : 排水量計測，多段階計測
- ・供試体寸法 : 直径 7 cm，高さ 4 cm
- ・加圧水頭 : 3 応力
- ・測定回数 : 各水頭で定常流を確認し，代表的な値を 3 回程度得られるまで

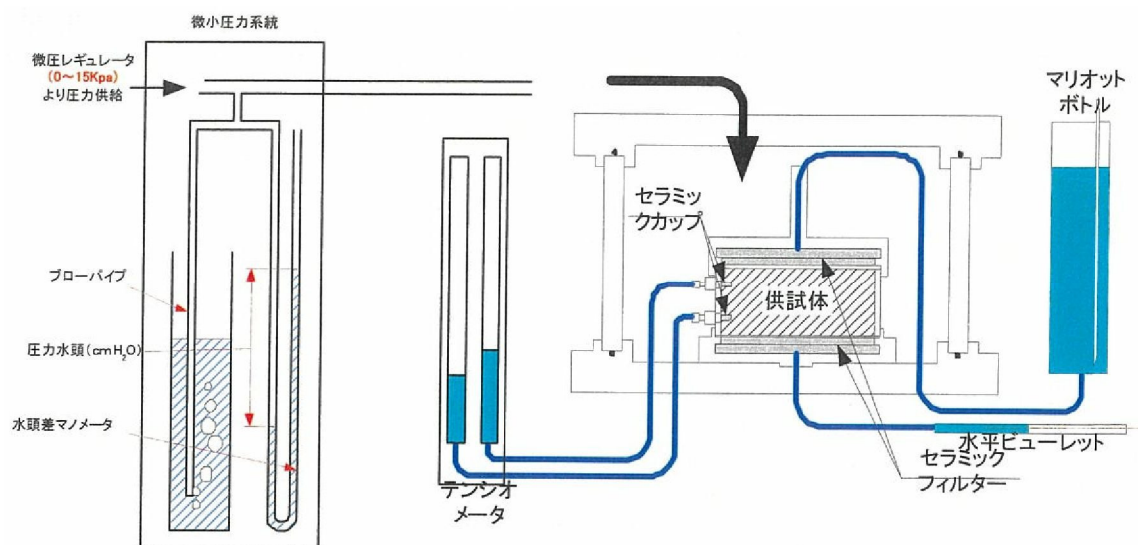
試験手順の概要を以下に示す。

- ①毛管飽和させた供試体を用意する。
- ②セラミックフィルターを上下端面に取り付けた装置に供試体をセットする。
- ③所定の加圧水頭相当の空気圧を供給する。
- ④供試体上部から通水して供試体下部からの排水量を測定する。
- ⑤単位時間当たりの排水量が一定になることを確認する。
- ⑥加圧水頭を変えて③～⑤の操作を行う。

3 試験装置

不飽和透水試験装置の概念図を第 1 図に示す。

試験装置は、供試体に圧力を負荷する圧力供給装置、圧力室並びに通水用のマリOTT管から構成されている。また、供試体内に加えられている動水勾配の計測は、テンションメータで計測する。



第 1 図 不飽和透水試験装置の概念図

4 解析方法

供試体中の水が定常に達したら以下の式により不飽和透水係数を求める。

$$K_{wu} = Q / AiT \cdots (1)$$

ここで,

K_{wu} : 不飽和透水係数

Q : 流量

A : 供試体の断面積

T : 時間

i : 動水勾配

5 試験結果

不飽和透水試験の結果を第 1 表に示す。

第 1 表 不飽和透水試験の結果

試料 状態	透水試験時 飽和度 (%)	飽和・不飽和 透水係数 (cm/s)
飽和	100	1.67×10^{-3}
不飽和	82	4.62×10^{-5}
	42	2.15×10^{-5}
	32	5.95×10^{-6}
	22	6.89×10^{-7}
	17	5.23×10^{-8}

以上

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

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.....	4
1. 3	施工試験の結果.....	8
2	覆土の施工時における品質管理（案）.....	9
2. 1	完了時における品質管理項目.....	9
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...	11
3	参考文献.....	14
4	諸外国との比較.....	15
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.....	15

別紙 透水試験について

1 覆土の施工実現性

室内試験による設計仕様のとおりに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

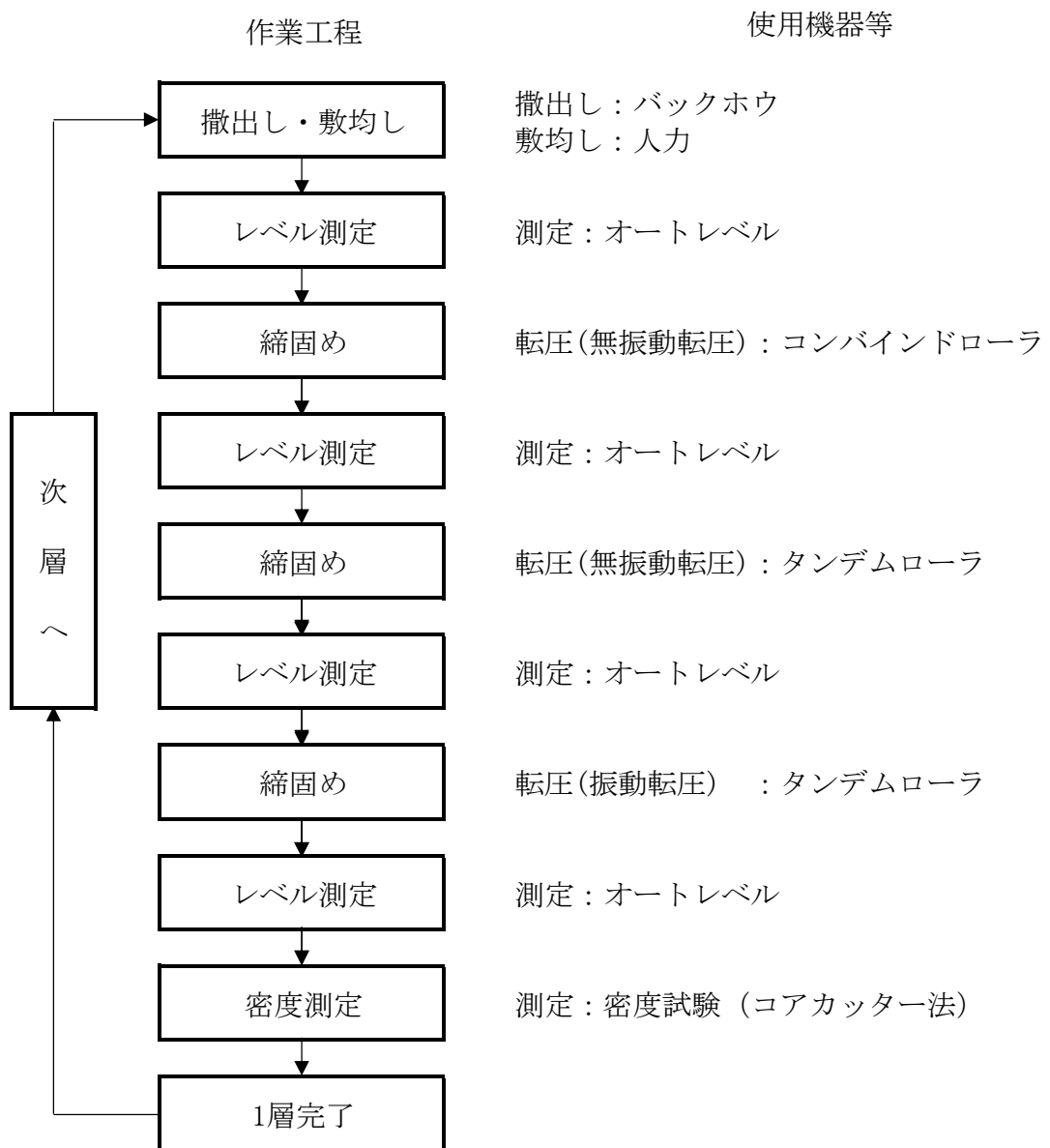
覆土のうち低透水性が求められる側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透水性土層（以下「低透水性覆土」という。）について、施工の実現性を確認するために実施設に近い施設構造において施工試験を実施した。また、施工試験で得られた試験結果を整理し、目標とする性能（透水係数）を確保できることを確認した。

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—盛土工指針⁽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。また、これらの決定に際しては、低透水性覆土の製造及び施工時のばらつき等の発生を考慮し、目標とする性能（透水係数）よりも1オーダー低い値を施工目標として、締固め機械等を定めた。

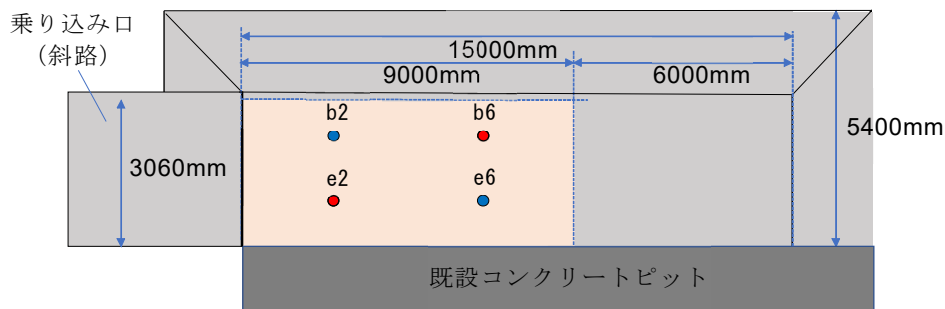
低透水性覆土の施工試験フローを第1図に、試験エリアを第2図に示す。

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撤出し後、人力により敷均しを行い、測定機器（オートレベル）を用いて撤出し厚さを確認し、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（ベントナイト混合率15%以上、初期含水比 $=W_{pt}+2\%$ 、撤出し厚さ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。

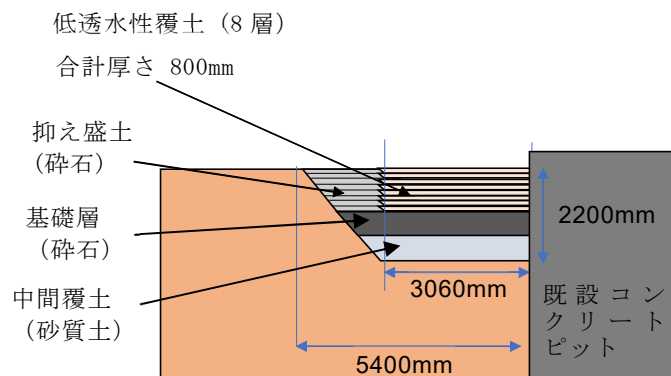


第 1 図 低透水性覆土の施工試験フロー

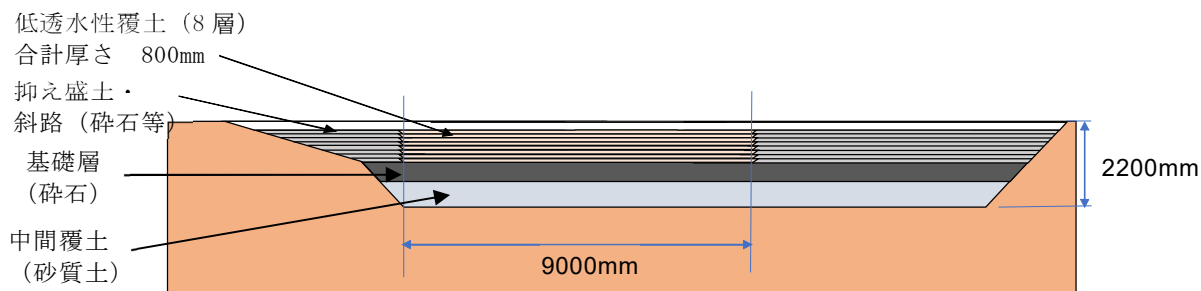


平面図

座標 座標
透水試験用試料採取位置：奇数層 ● 偶数層 ●



断面図



側面図

第 2 図 試験エリア

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 (C 法)	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（設計仕様）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。

混合土の製造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。

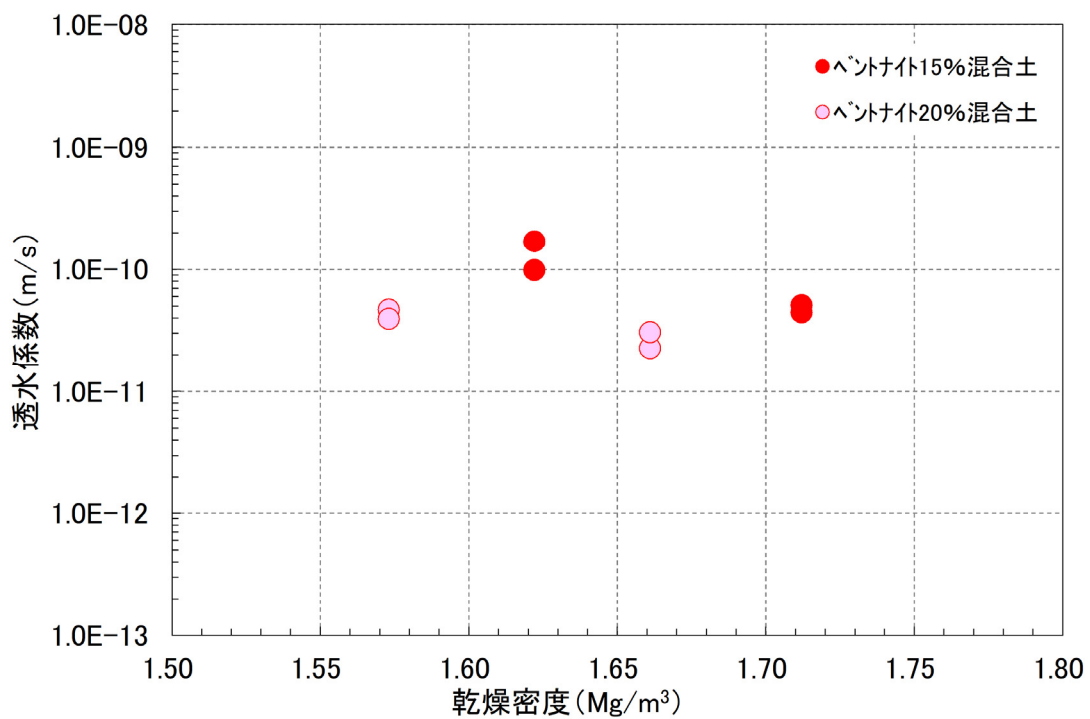
第2表 ベントナイト混合土の仕様（設計仕様）

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

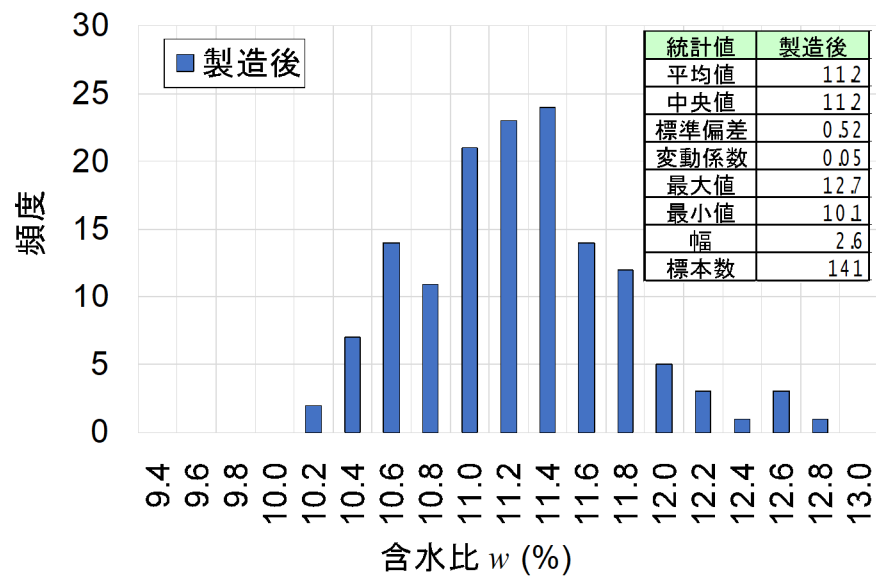
※：最適含水比

第3表 主要材料

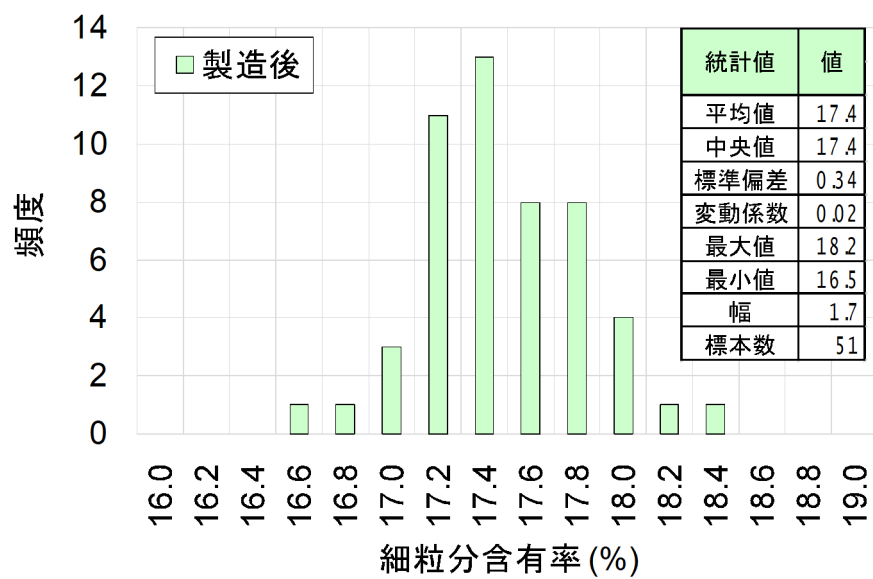
項目	仕様
N a 型ベントナイト（クニゲルU）	MBC60 以上
母材	洗砂（久慈川産出）



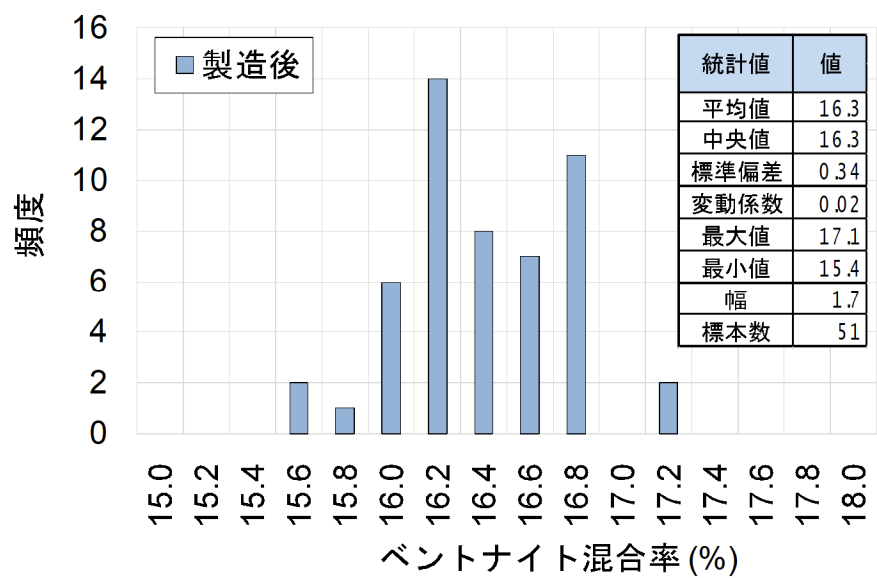
第3図 ベントナイト混合率ごとの乾燥密度と透水係数の関係



第 4 図 製造後の含水比



第 5 図 製造後の細粒分含有率



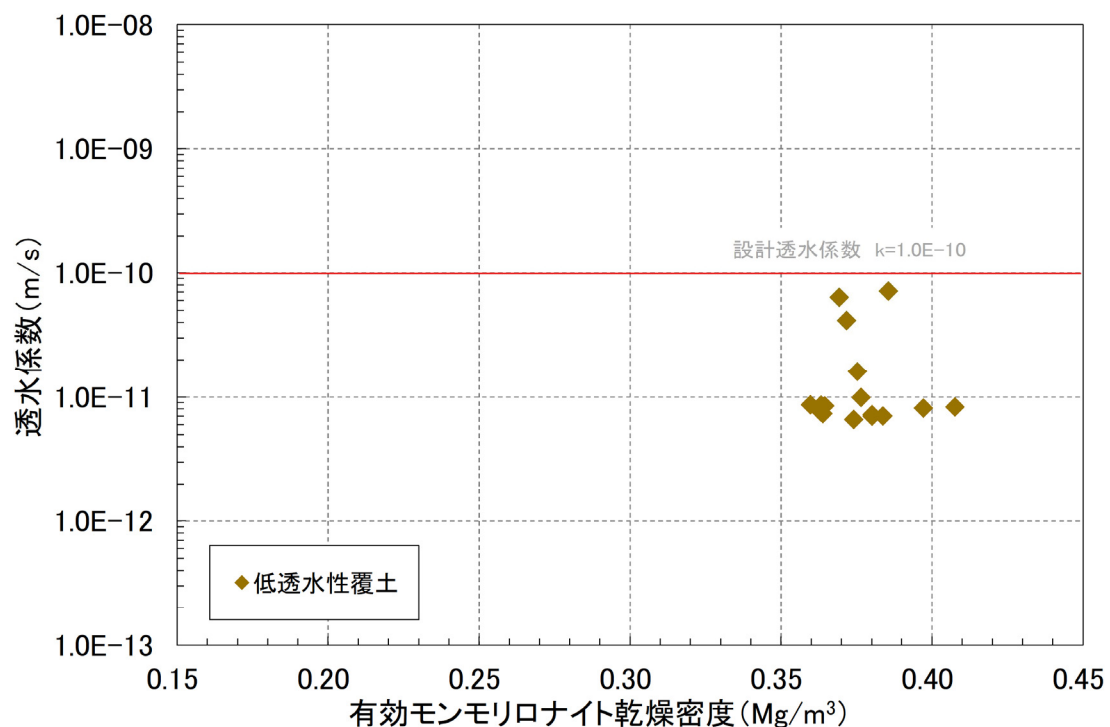
第 6 図 製造後のベントナイト混合率（推定値）

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とお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。

なお、実施工において低透水性覆土に使用する材料が本試験で使用したものと異なる場合、本試験等で得られた知見（低透水性覆土の設計仕様及び製造方法並びに低透水性覆土の施工仕様）を適用することが難しくなるため、実施工に用いる材料を使用し、同様なプロセスにより、低透水性覆土の設計仕様及び製造方法並びに低透水性覆土の施工仕様を決定することとする。



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4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える。

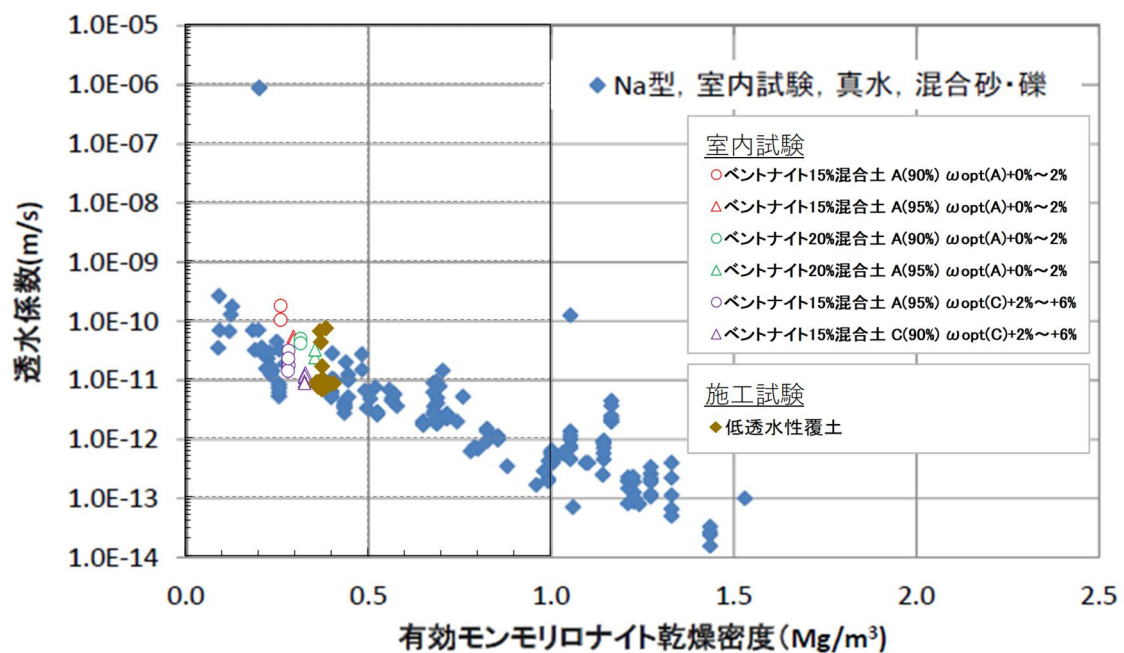
既往文献⁽⁴⁾に記載されている「透水係数と有効モンモリロナイト乾燥密度の関係」から、透水係数と有効モンモリロナイト乾燥密度には相関性があると考えられ、施工試験の結果も第8図に示すとおり同様な傾向となっている。このことより、有効モンモリロナイト乾燥密度を透水係数の代

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⁽⁴⁾※

※：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4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4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 4 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 ベントナイトの購入 ①② 受入検査 砂の購入 ③ 受入検査 保管	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 ① 材料の計量 ↓ 材料の混合・加水 ↓ ②③ 覆土材料完成	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	細粒分含有試験	J I S A 1223:2009	
(3)覆土施工 積み込み・運搬 ↓ ① 敷均し ↓ ②③④ 転圧 ↓ ⑤ 施工完了	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	J I S A 1214:2013
	RI 測定				J G S 1614-2012	
	(4)完了確認 ① 性能確認	混合土	(4)-①	透水係数	所定の透水係数	一軸透水試験
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 (2010) : 道路土工—盛土工指針
- (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5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6表及び第7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）を設ける設計を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5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
	エルカプリル	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 사용되는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6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
	エルカブルル	モルヴィリエ	フォルスマルク	クライブ	
処分施設の構造	スペインのエルカブルル処分場は、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。	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碎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。	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。	埋設トレンチの上部に設置する最終覆土のうち低透水性土層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。	

第 7 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 エルカブルル	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	[材料] ・HDPE, 砕石, 現地土 壤 [厚さ] ・不明 [透水係数] ・不明	[材料] ・HDPE, 粘土質の被覆, 粘土埋戻材, 表層土 [厚さ] ・不明 (HDPE:2 mm) [透水係数] ・HDPE:不明, 粘土埋戻 材: 10^{-9} m/s 以下	[材料] ・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 [厚さ] ・3 m (ベントナイトと ストーンパウダーの 混合層:0.4 m) [透水係数] ・ 10^{-10} m/s 以下 (覆土 の透水係数)	[材料] ・砂+砂利, 土壌, 低密度 粘土 [厚さ] ・不明 (覆土の最下層 (低 密度粘土層):約 0.6 m) [透水係数] ・低密度粘土層: 5.0×10^{-8} cm/s 及び 1.0×10^{-6} cm/s	[材料] ・砂又は砂質土, 砕石 又は石, ベントナイ ト混合土 [厚さ] ・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) [透水係数] ・低透水性土層及び 側部低透水性覆土: 1.0×10^{-10} m/s
底部	[材料] ・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 [厚さ] ・不明 (粘土:1 m, ナトリ ウムベントナイト:3 cm, HDPE:4 mm) [透水係数] ・不明	[材料] ・HDPE [厚さ] ・2 mm [透水係数] ・不明	[材料] ・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) [厚さ] ・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) [透水係数] ・ベントナイトとストーン パウダーの混合層:不明	[材料] ・現地の粘土又は砂, 低密 度粘土 [厚さ] ・不明 (ボトムライナー (低 密度粘土層):約 0.6 m) [透水係数] ・低密度粘土層: 1.0×10^{-6} cm/s	— (なし)

以上

透水試験について

目 次

1	はじめに	1
2	試験方法	1
3	試験装置	3
4	供試体情報	4
5	透水係数の算出	5
6	試験結果	6

1 はじめに

本資料は、添付資料 3「1. 3 施工試験の結果」に示す、施工試験において施工された低透水性覆土（ベントナイト混合土）を対象に行った、透水試験（地盤工学会基準 J G S 0312-2018 相当）の内容等について説明するためのものである。

2 試験方法

一定の断面及び長さをもつ供試体の中を、ある水位差を初期状態として浸透するときの水位差の変化量、及びその経過時間を測定することにより透水係数を求めるものである。

試験条件を以下に示す。

【供試体作製，飽和方法】

- ・現場でサンプリングした試料をトリミングして供試体とした。なお，透水円筒と供試体との隙間はエポキシレジンを充填した。
- ・水浸脱気法により供試体並びに透水セル内を飽和させた。

【試験水】

- ・脱気イオン交換水（脱気水：純水）

【ビュレット】

- ・断面積：31.2 mm²～34.6 mm²※1

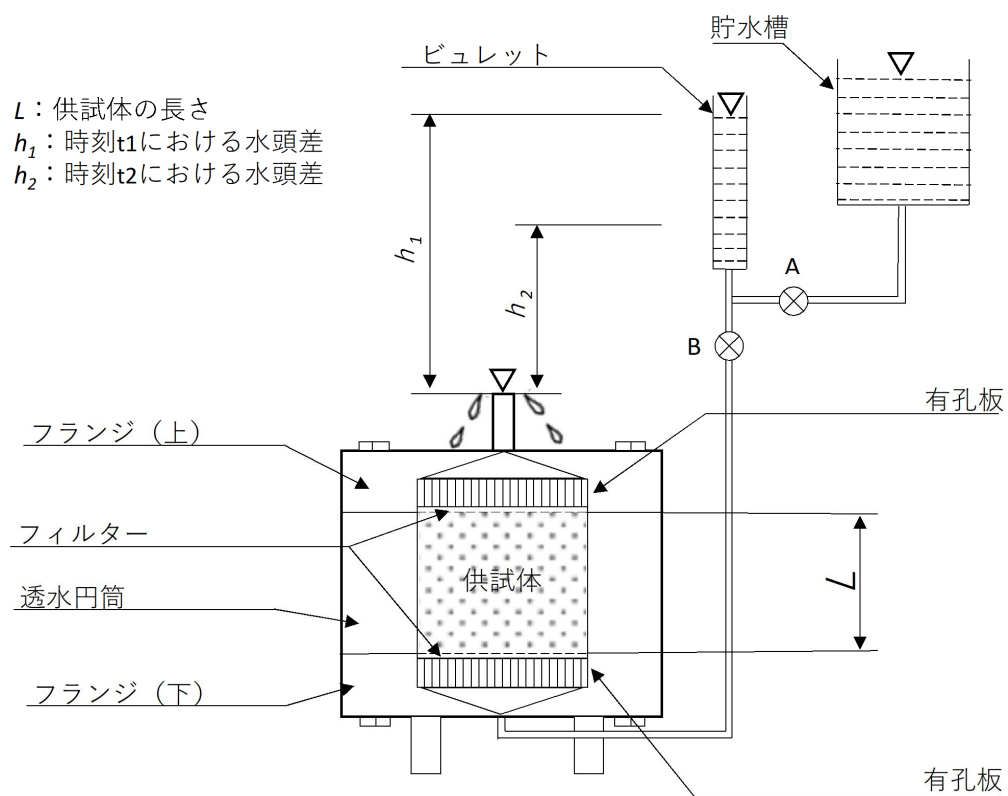
※1：ビュレットの製品誤差で断面積が異なる。

試験手順の概要を以下に示す。

- ①脱気水槽（貯水槽）に純水を入れ，真空ポンプを用いて -0.095 MPa 未満まで減圧し，脱気水を作製する。（24 時間以上脱気する。）
- ②フランジ（下）に有孔板及びフィルターをセットし，その上に透水円筒（供試体セット・水浸脱気済み）をセットする。さらにその上にフィルターをセットし，有孔板と組み合わせたフランジ（上）を被せ，ボルト・ナットでこれらを緊結する。
- ③二重管ビュレット（以下「ビュレット」という。）からフランジ（下）までの通水経路となるチューブに脱気水を満たし，チューブとフランジ（下）を接続する。ビュレットの原点と，供試体上面（下流側）若しくは排水口との高さの差を測定する。なお，ビュレット及び排水口からの蒸発による測定値への影響を低減するため，ビュレット及び排水口の開口が最小限となる措置を講ずる。
- ④適切な動水勾配を得られるようなビュレットの水位を設定し，容器下部給水ラインのコックを開き，ビュレットより供試体下部への試験水を供給する。
- ⑤時刻 t_1 のビュレットの読み値，水温及び圧力を記録する。充分な時間の後に，時間 t_2 のビュレットの読み値，水温及び圧力を記録する。
- ⑥⑤で得られた結果から，透水係数を算出する。安定した値が 4 点以上とれるまで，⑤を繰り返す。安定した透水係数 4～5 点の平均をもって，その供試体の代表値とする。
- ⑦測定値の平均値から変動が $\pm 50\%$ におさまることではほぼ一定とみなす。

3 試験装置

透水試験装置の概念図を第 1 図に示す。



第 1 図 透水試験装置の概念図

4 供試体情報

供試体情報を第 1 表に示す。

第 1 表 供試体の情報

試料番号（層-座標）	含水比（％）※	供試体寸法（mm）
1-e2	11.0	直径：73.8，高さ：69.1
1-b6	11.0	直径：73.9，高さ：69.6
2-e6	11.0	直径：73.7，高さ：69.6
2-b2	11.0	直径：74.2，高さ：69.6
3-e2	11.0	直径：74.4，高さ：69.8
3-b6	11.0	直径：74.2，高さ：69.0
4-e6	10.9	直径：74.2，高さ：69.9
4-b2	10.9	直径：73.8，高さ：69.8
5-e2	10.7	直径：74.2，高さ：70.1
5-b6	10.7	直径：74.0，高さ：69.6
6-e6	10.9	直径：74.1，高さ：70.1
6-b2	10.9	直径：74.0，高さ：69.2
7-e2	10.6	直径：74.1，高さ：69.8
7-b6	10.6	直径：73.8，高さ：69.8
8-e6	10.5	直径：74.1，高さ：69.7
8-b2	10.5	直径：74.1，高さ：69.8

※試験前の平均値

5 透水係数の算出

以下の式により透水係数を求める。

$$k_{15} = k_T \times \frac{\eta_T}{\eta_{15}} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (1)$$

ここに,

$$k_T = 2.303 \frac{aL}{A \times (t_2 - t_1)} \log_{10} \frac{h_1}{h_2} \times \frac{1}{1000} \cdot \cdot \cdot (2)$$

k_{15} : 温度 15℃における透水係数 (m/s)

η_T/η_{15} : 温度 15℃における透水係数を求めるための補正係数

k_T : T (℃) における透水係数 (m/s)

a : ビュレットの断面積 (mm^2)

L : 供試体の長さ (mm)

A : 供試体の断面積 (mm^2)

$t_2 - t_1$: 測定時間 (s)

h_1 : 時刻 t_1 における水頭差 (mm)

h_2 : 時刻 t_2 における水頭差 (mm)

2.303 : 対数の底の変換による係数

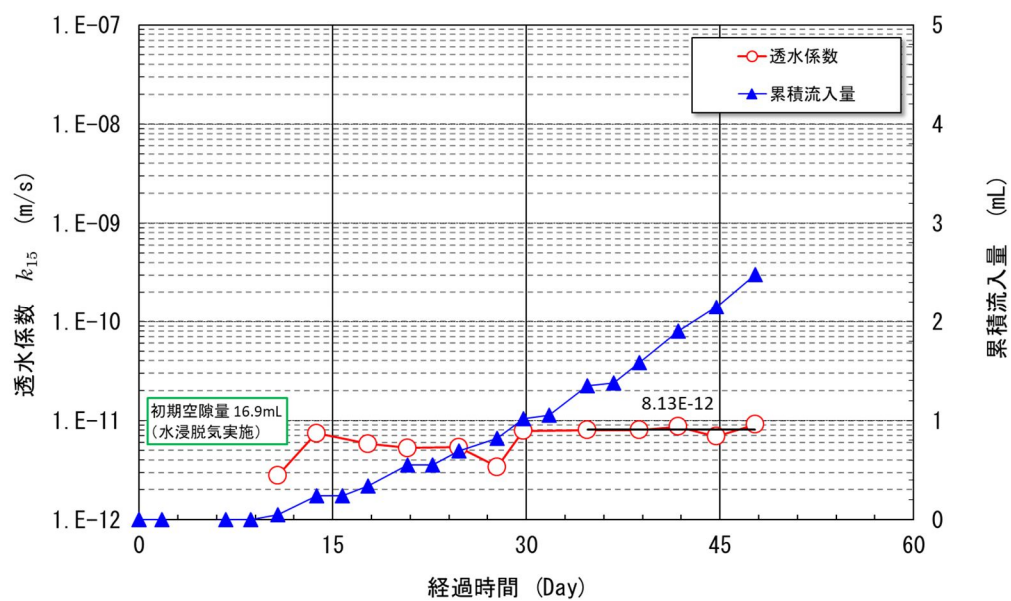
1/1000 : 単位を換算するための係数

6 試験結果

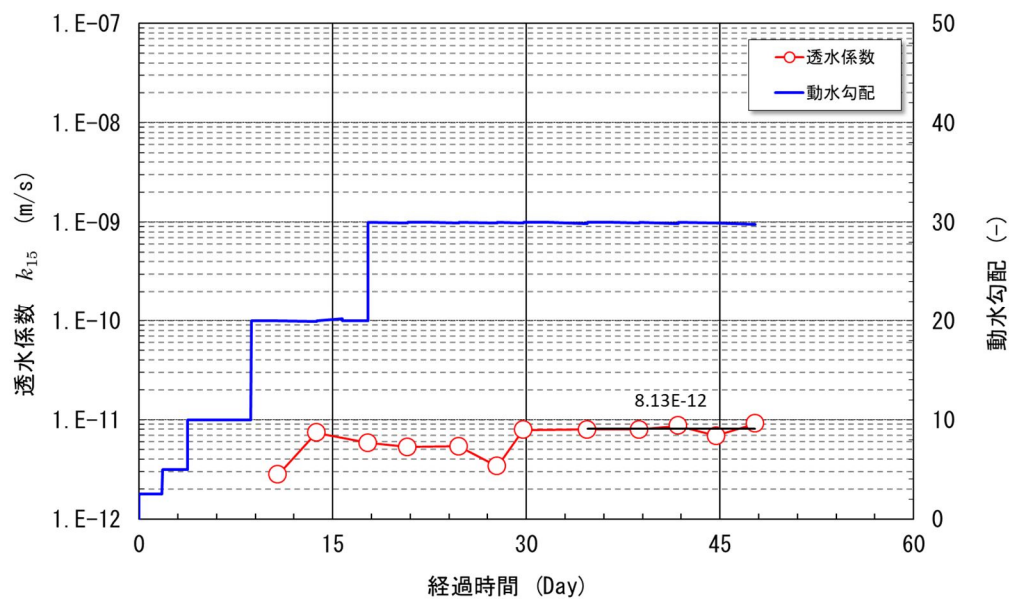
透水試験の結果を第 2 表及び第 2 図から第 33 図に示す。

第 2 表 透水試験の結果

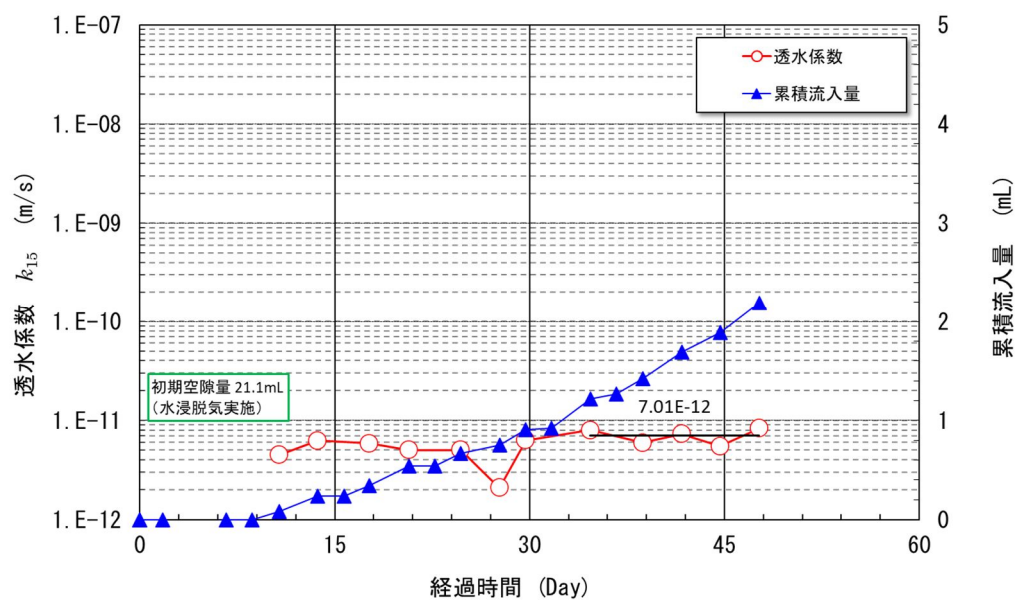
試料番号（層-座標）	透水係数（m/s）
1-e2	8.13×10^{-12}
1-b6	7.01×10^{-12}
2-e6	8.31×10^{-12}
2-b2	7.33×10^{-12}
3-e2	8.49×10^{-12}
3-b6	1.61×10^{-11}
4-e6	7.03×10^{-12}
4-b2	8.62×10^{-12}
5-e2	7.45×10^{-12}
5-b6	8.59×10^{-12}
6-e6	4.13×10^{-11}
6-b2	7.11×10^{-11}
7-e2	7.19×10^{-12}
7-b6	6.33×10^{-11}
8-e6	6.58×10^{-12}
8-b2	9.89×10^{-12}



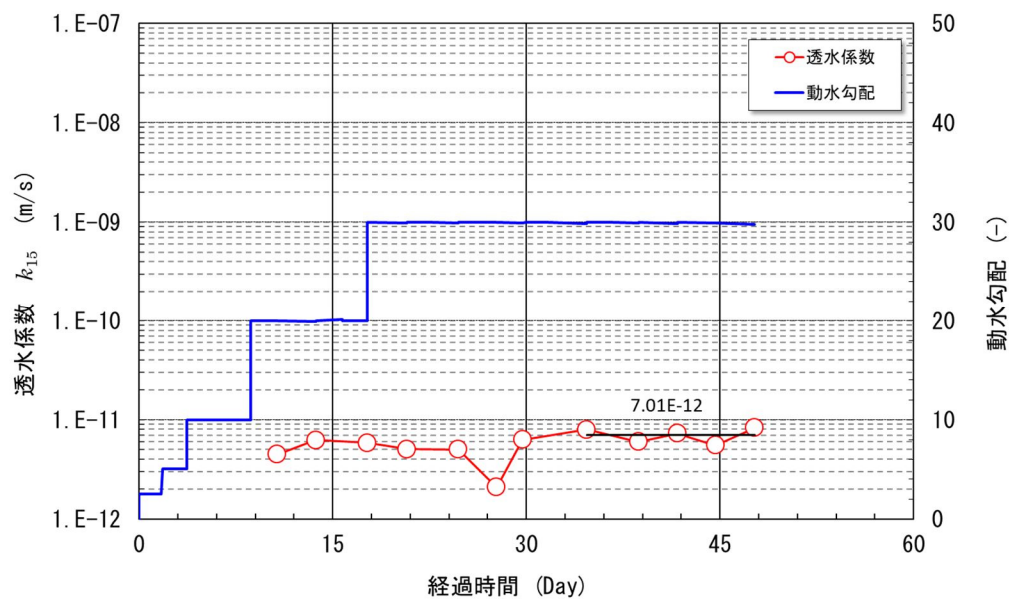
第 2 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (1-e2)



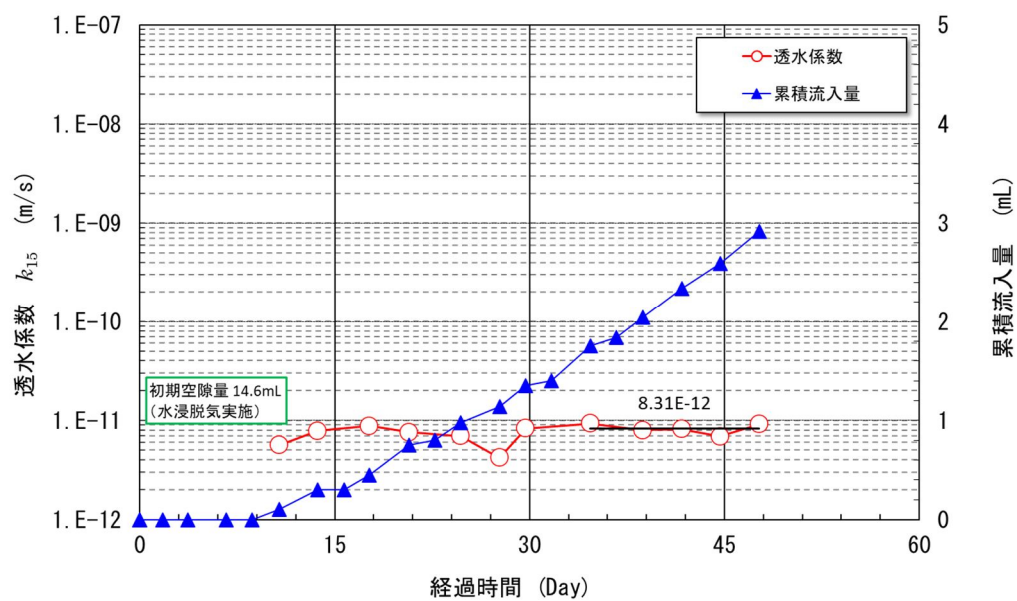
第 3 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (1-e2)



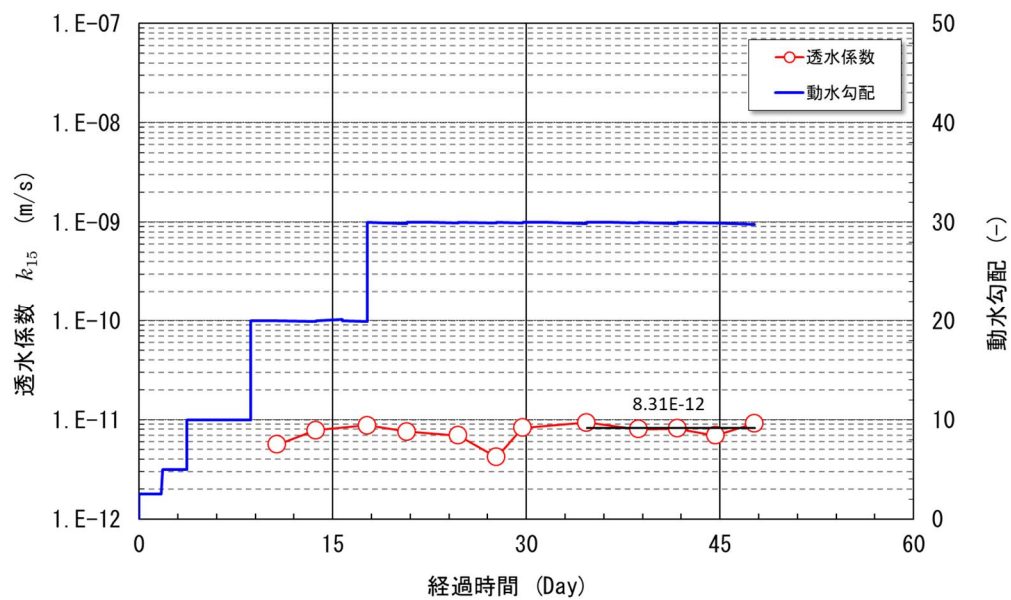
第 4 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (1-b6)



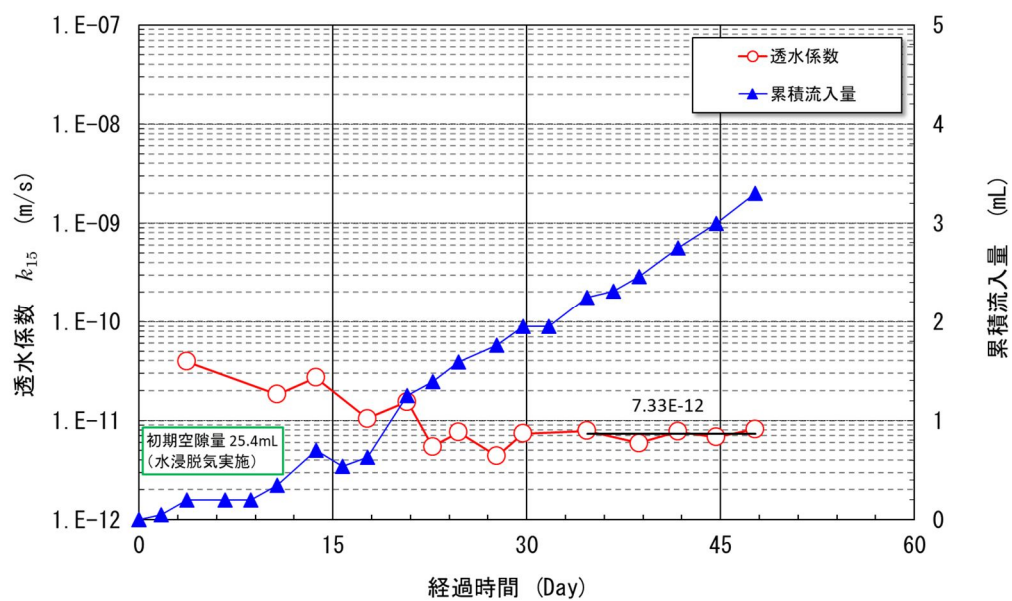
第 5 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (1-b6)



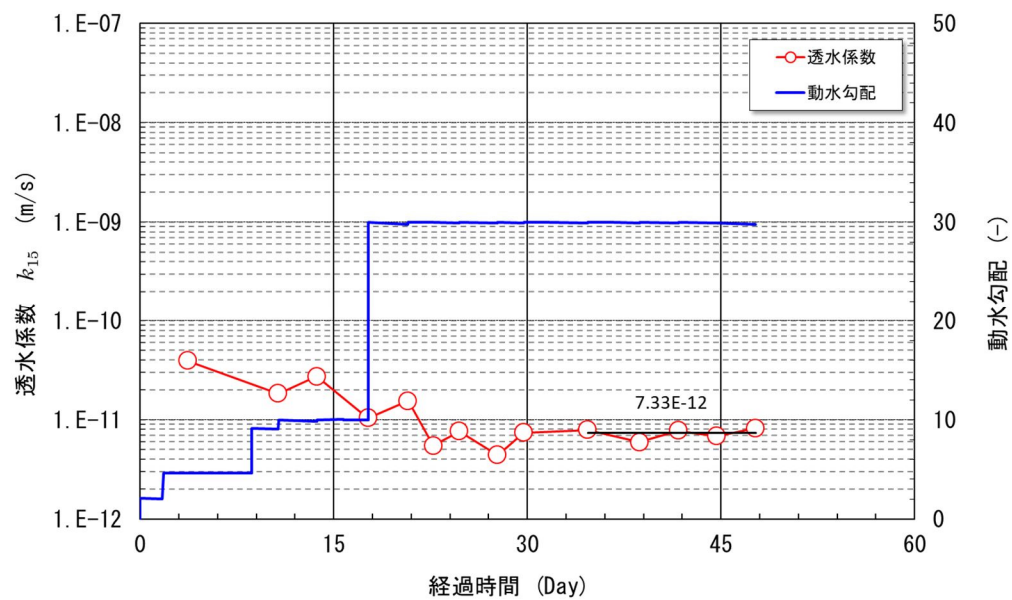
第 6 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (2-e6)



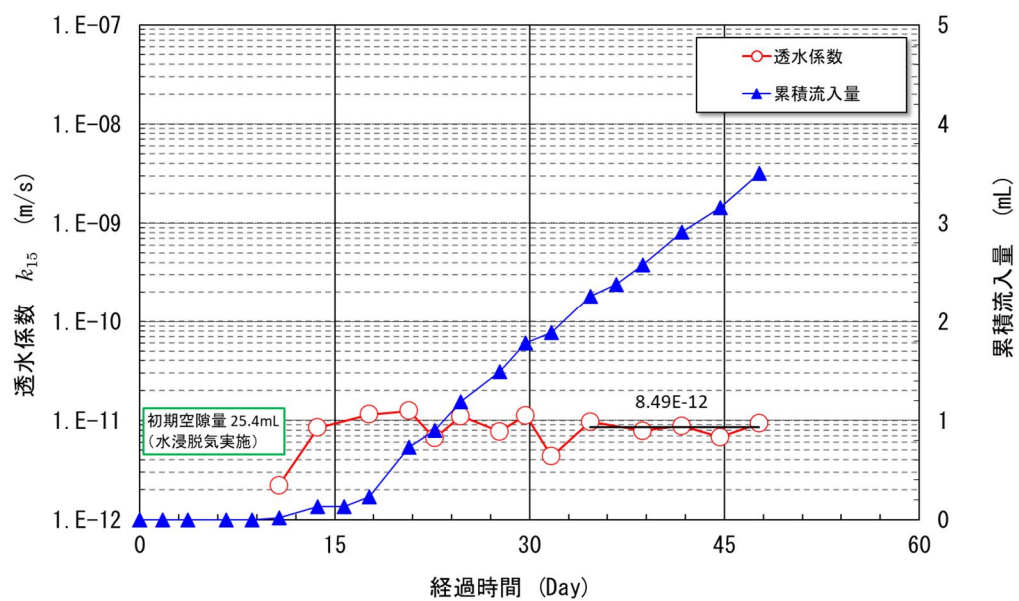
第 7 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (2-e6)



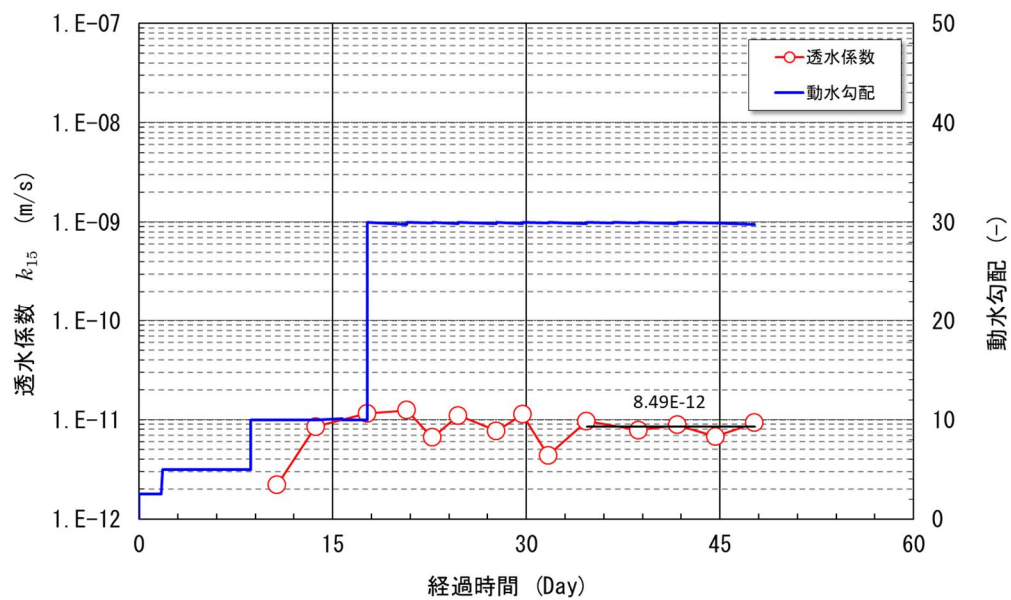
第 8 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (2-b2)



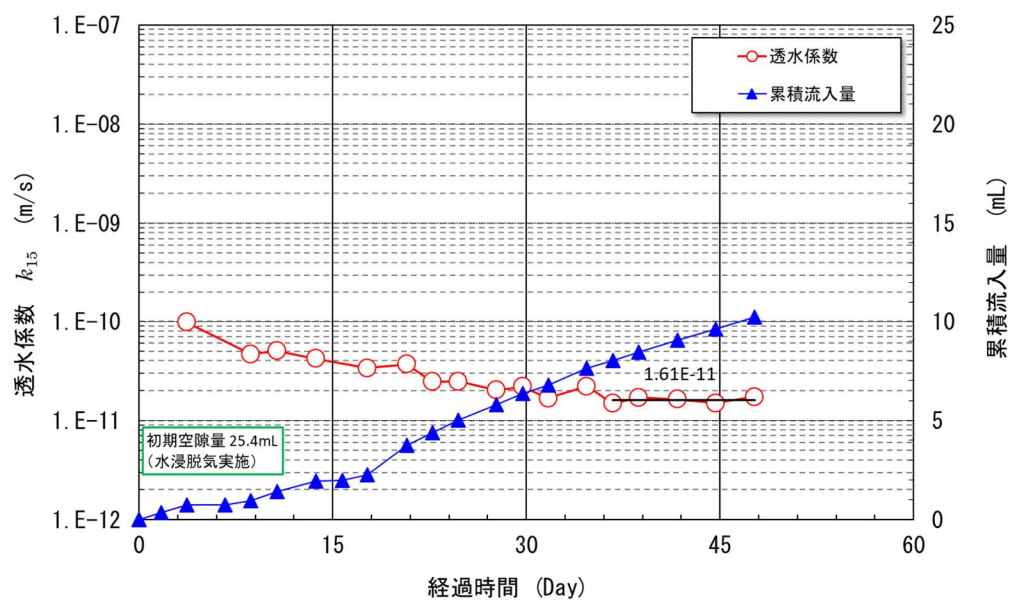
第 9 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (2-b2)



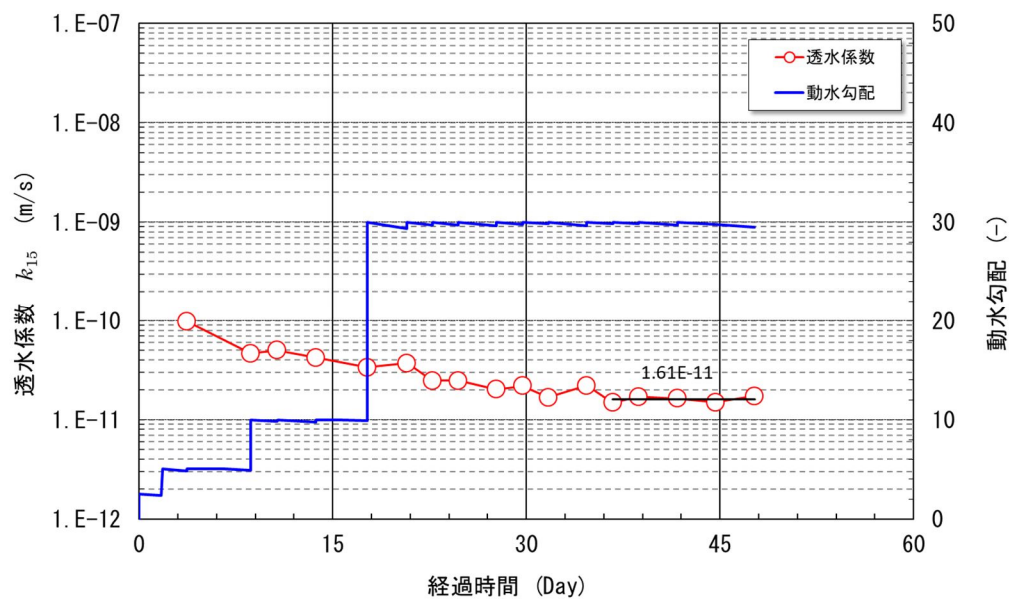
第 10 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (3-e2)



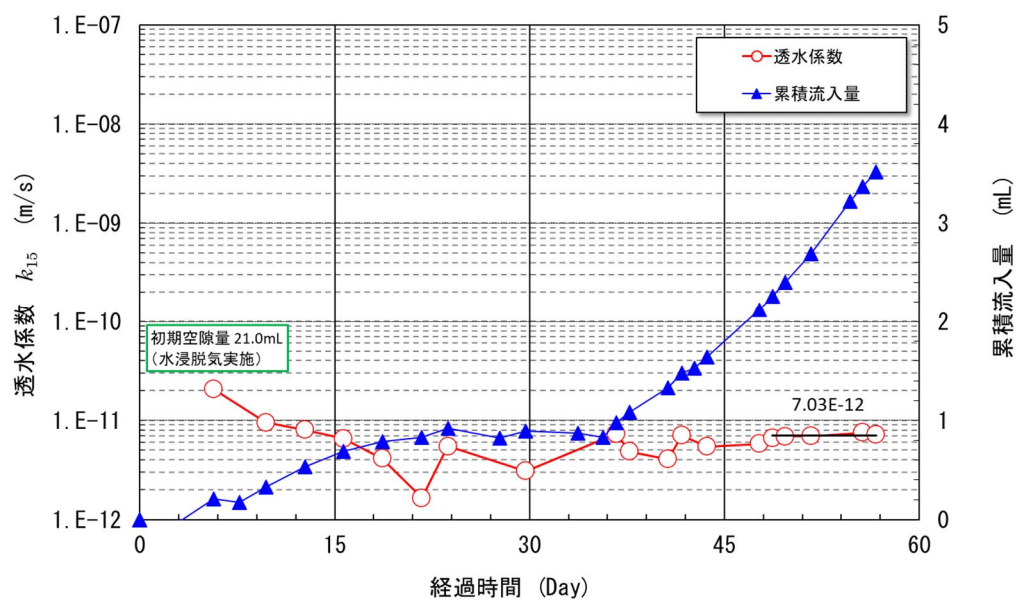
第 11 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (3-e2)



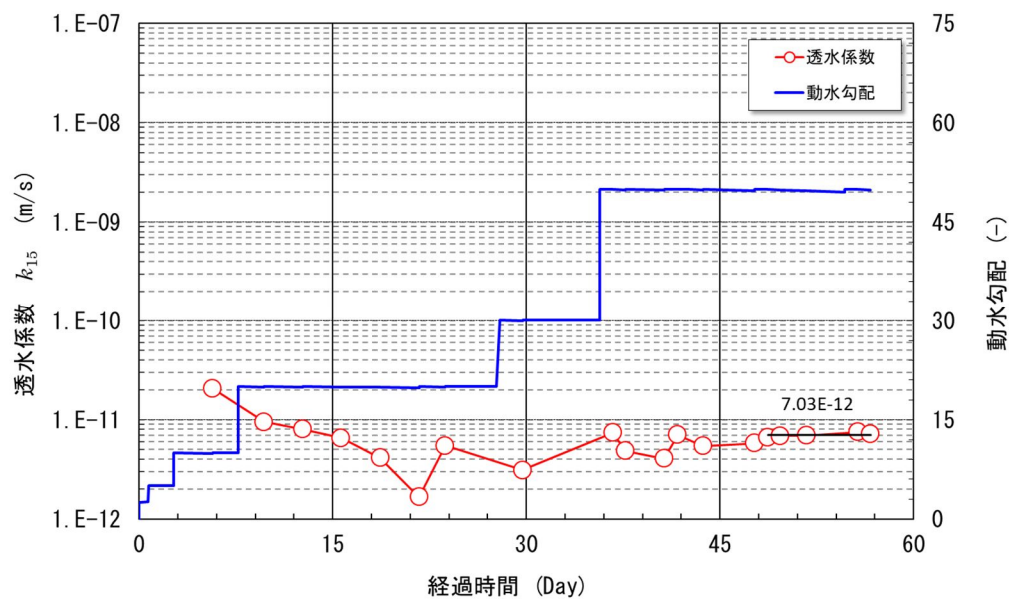
第 12 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (3-b6)



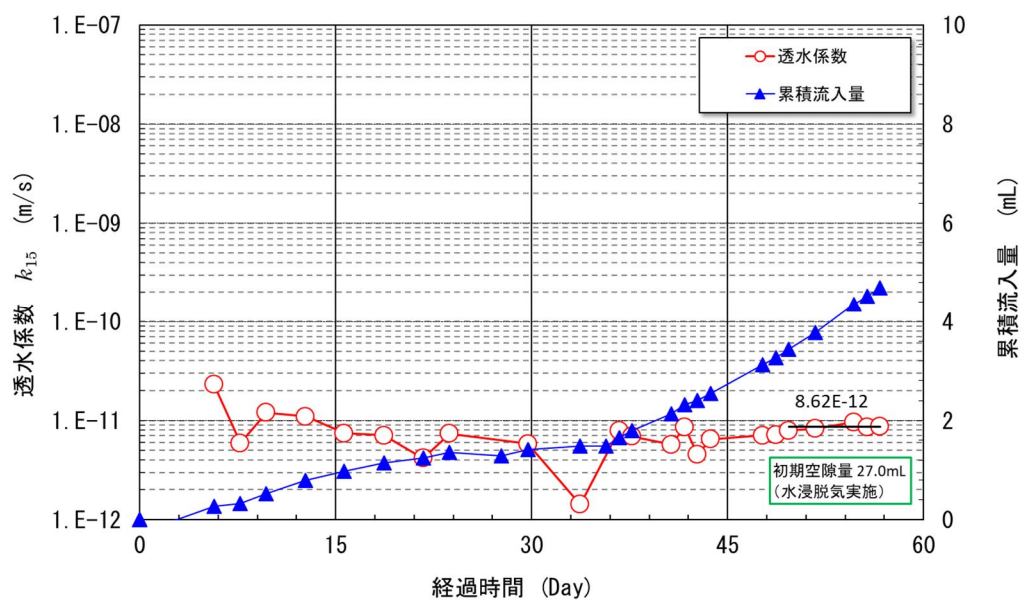
第 13 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (3-b6)



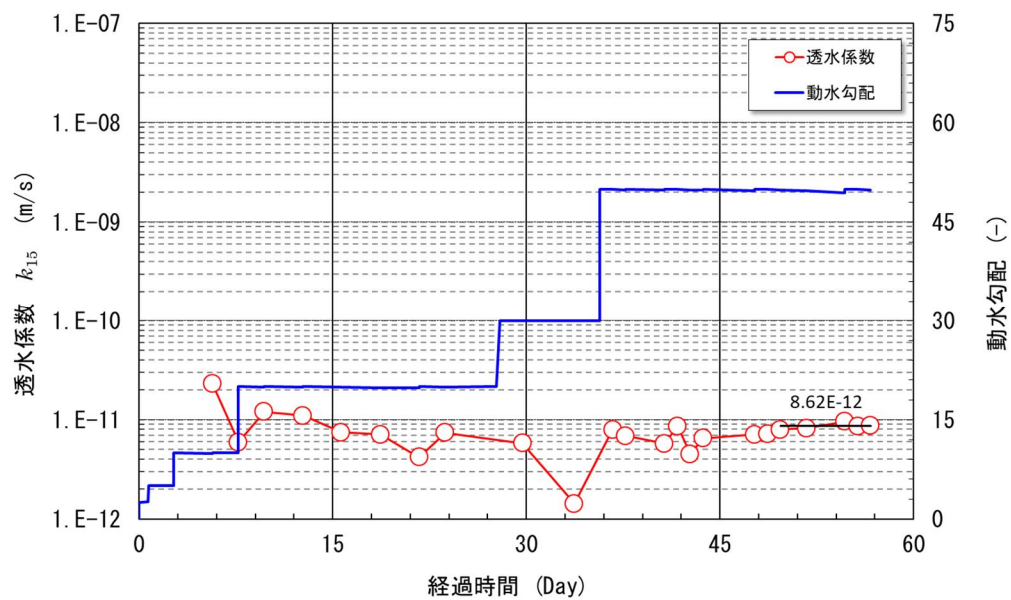
第 14 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (4-e6)



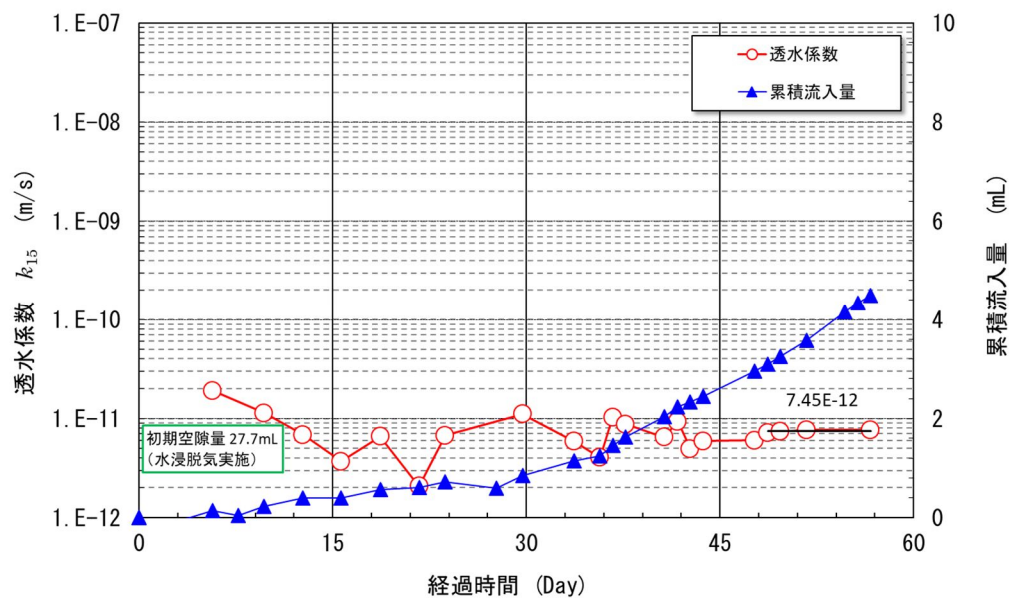
第 15 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (4-e6)



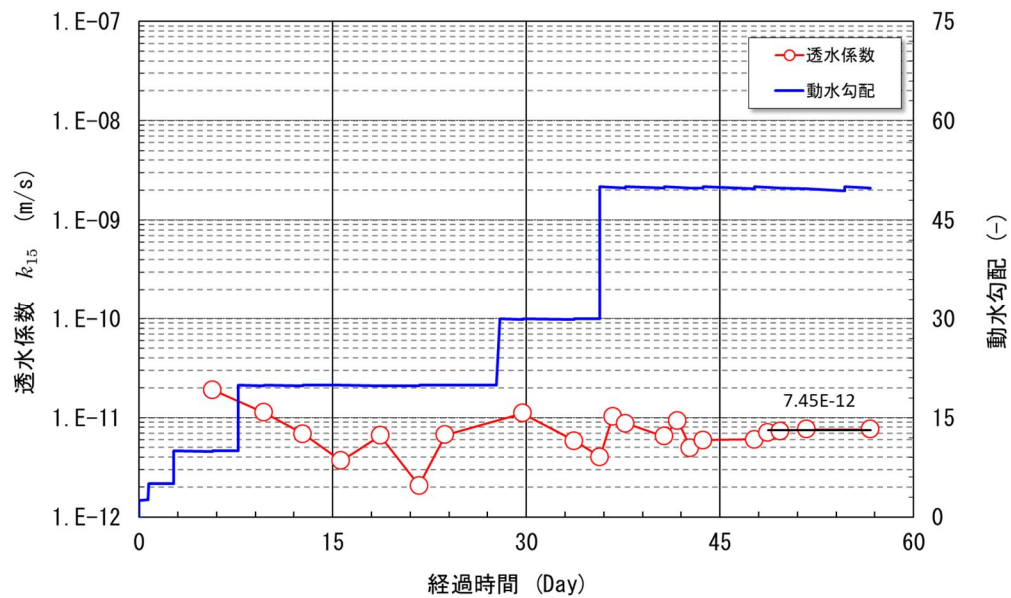
第 16 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (4-b2)



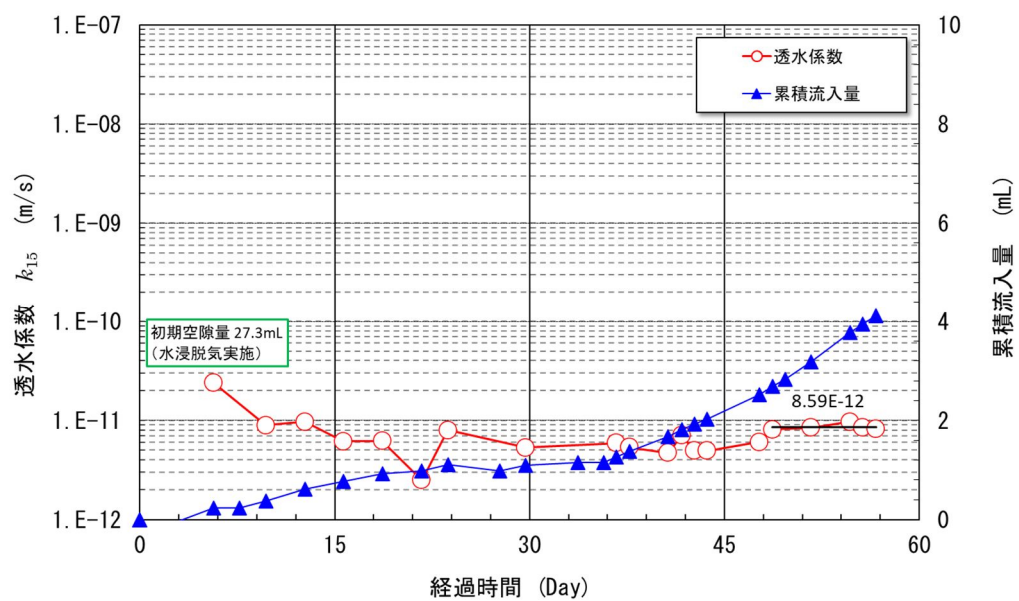
第 17 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (4-b2)



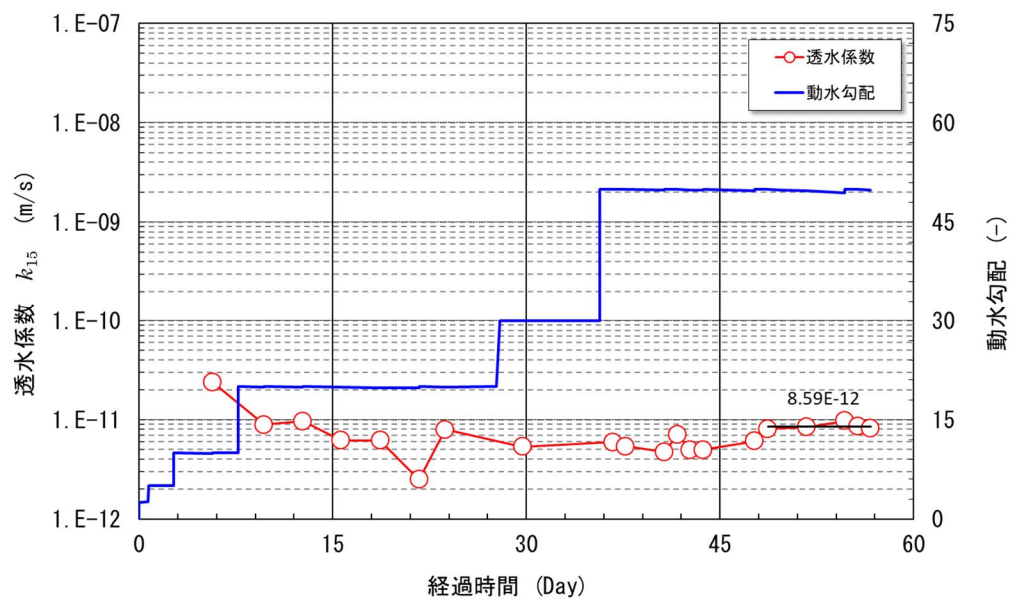
第 18 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (5-e2)



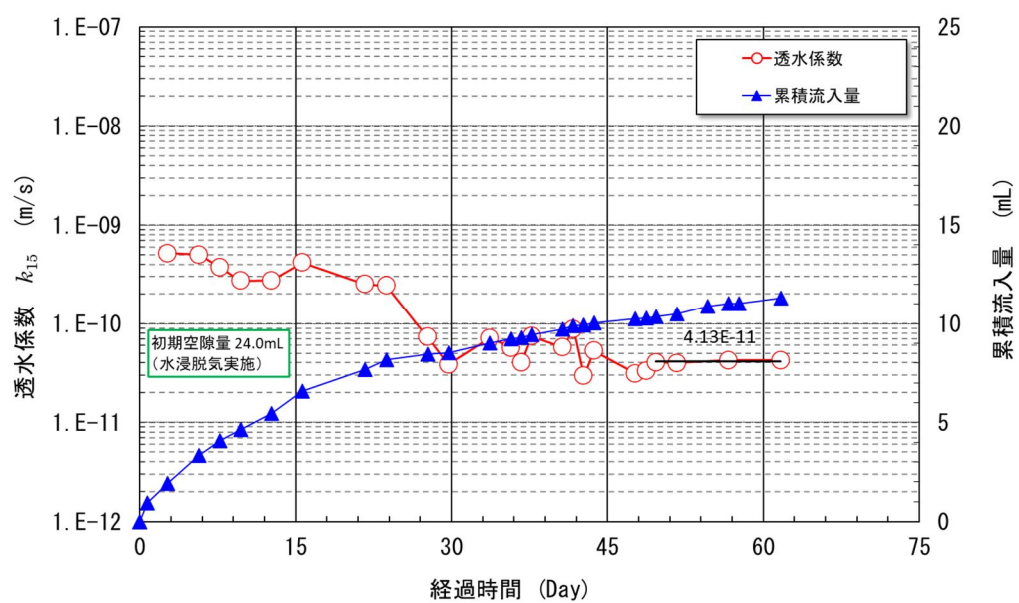
第 19 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (5-e2)



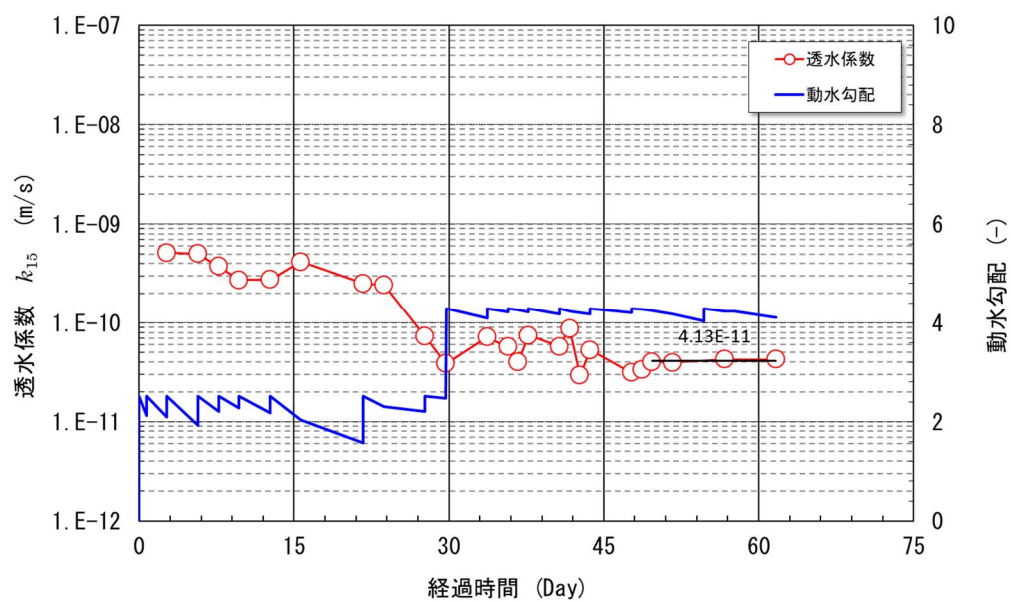
第 20 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (5-b6)



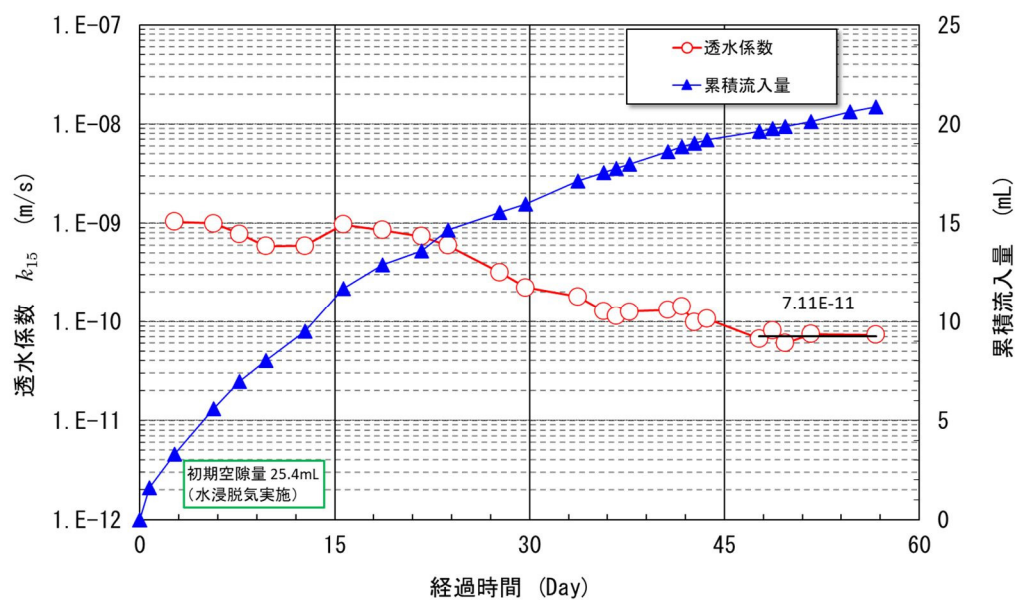
第 21 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (5-b6)



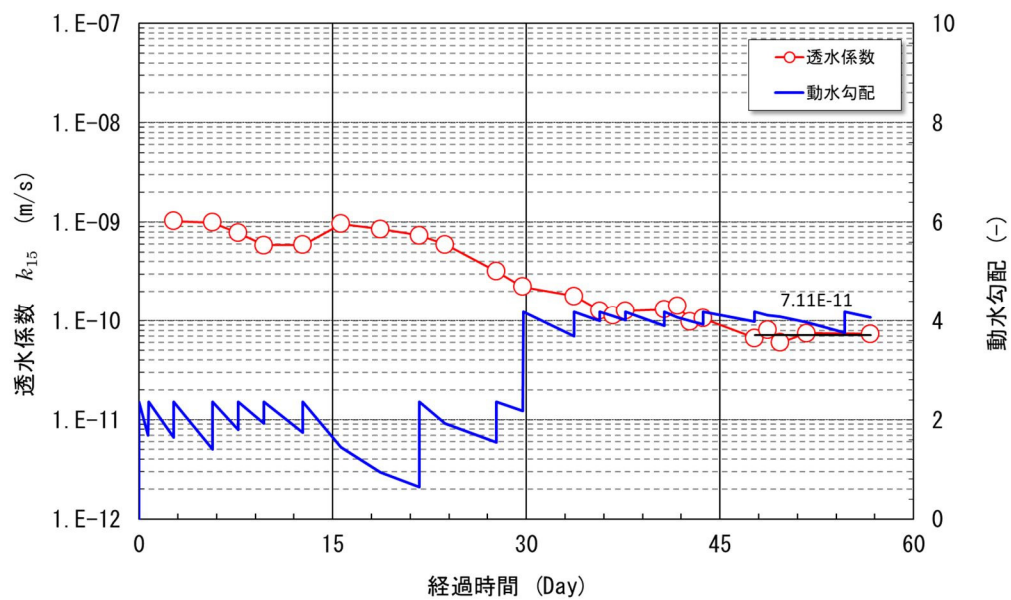
第 22 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (6-e6)



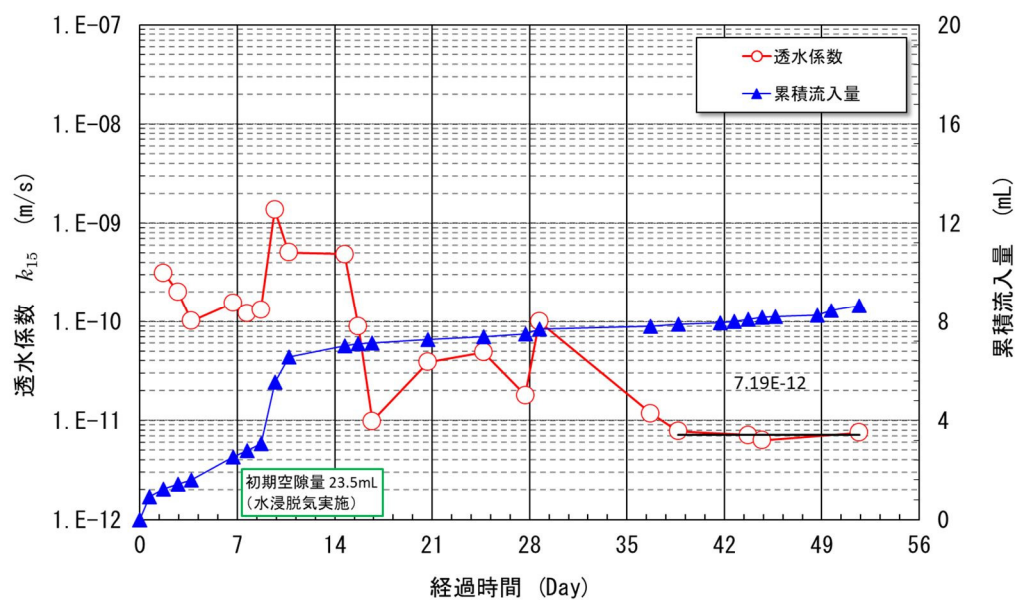
第 23 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (6-e6)



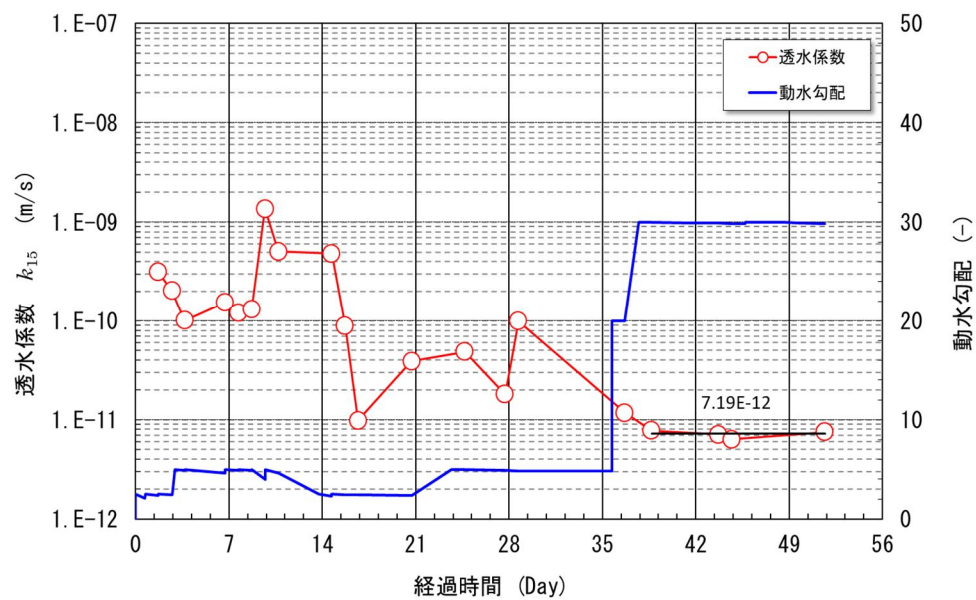
第 24 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (6-b2)



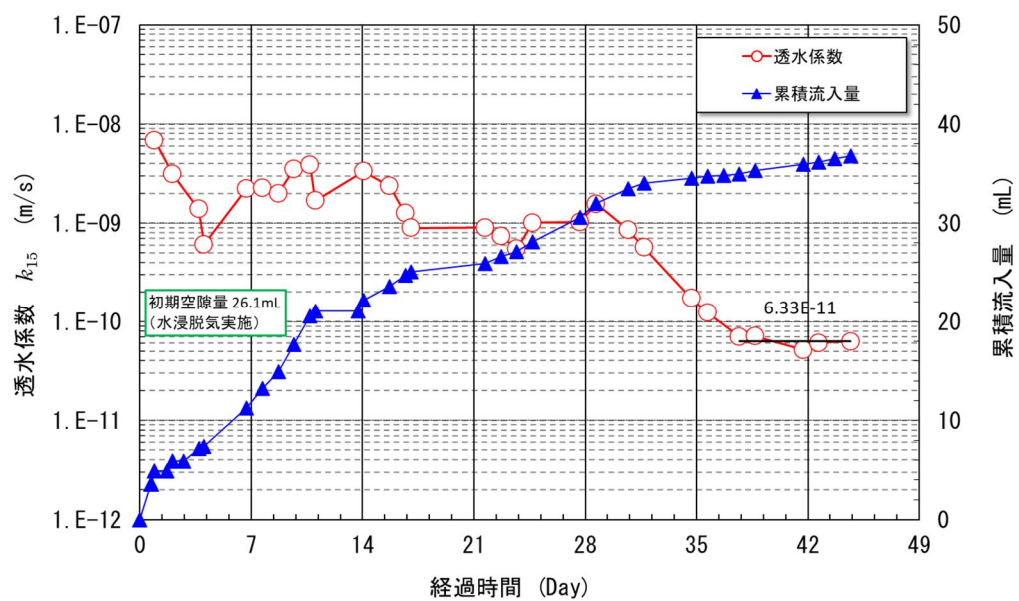
第 25 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (6-b2)



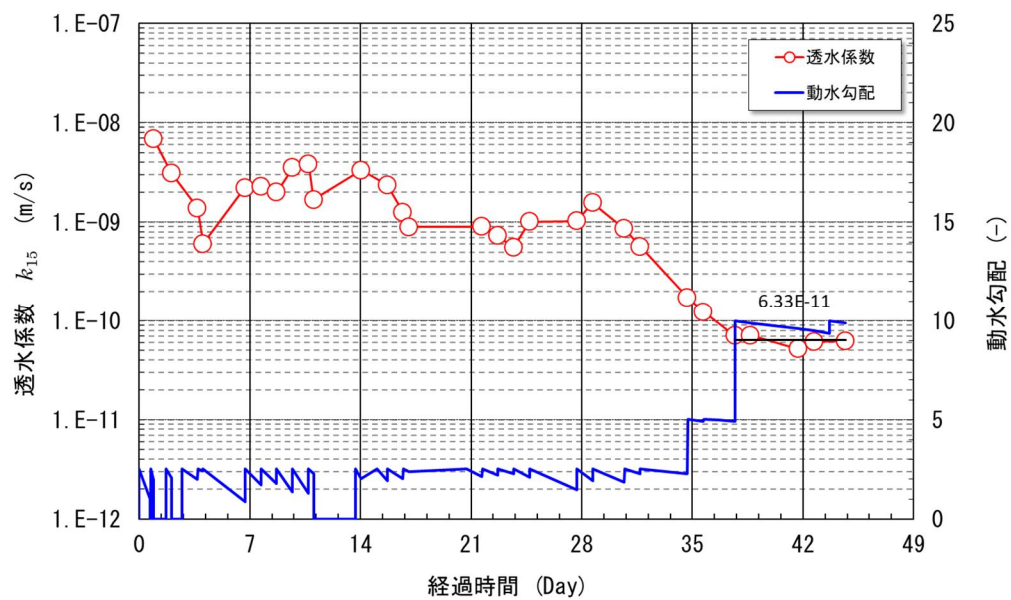
第 26 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (7-e2)



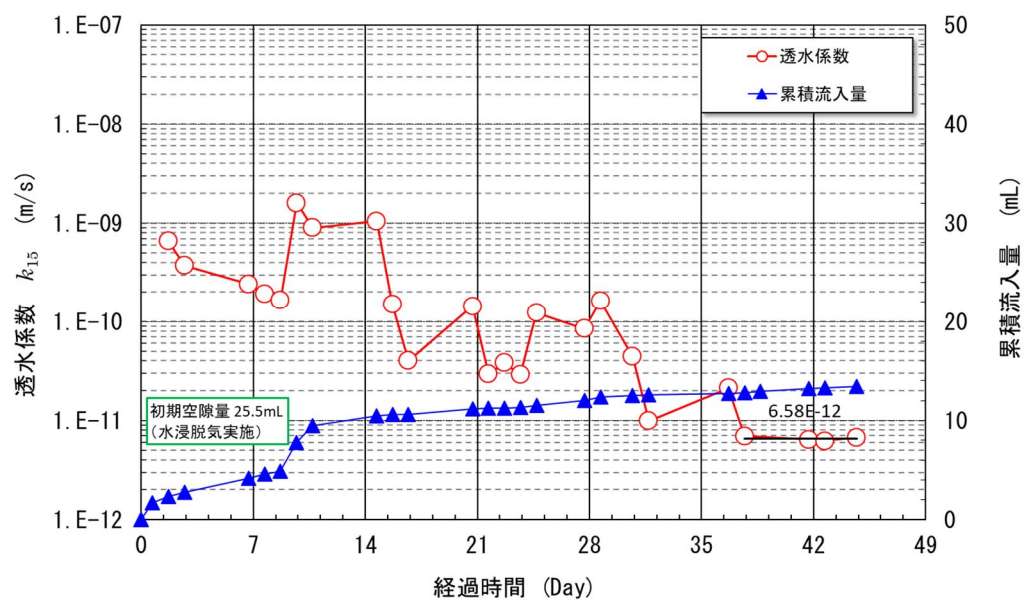
第 27 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (7-e2)



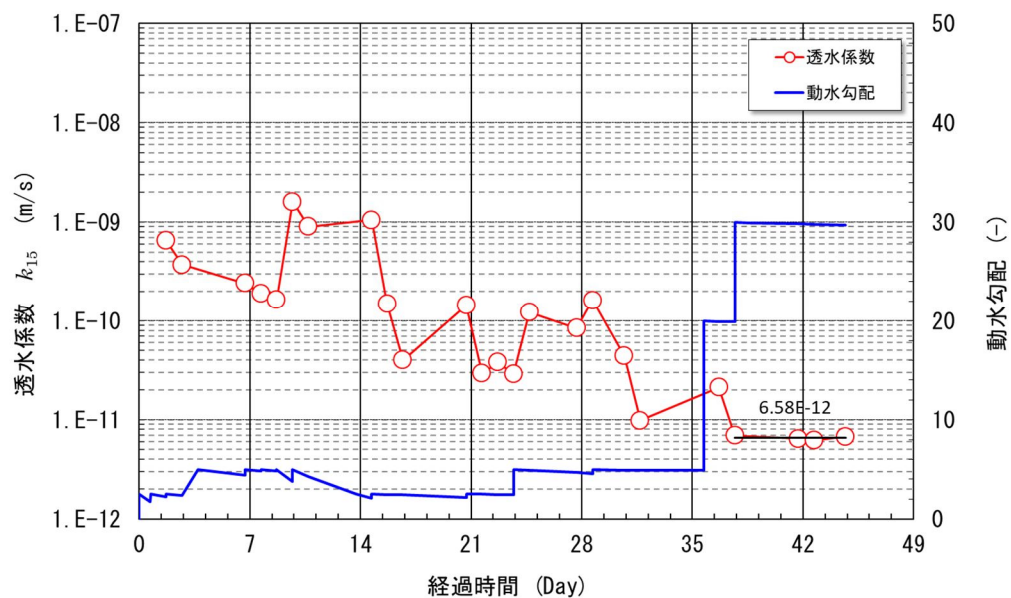
第 28 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (7-b6)



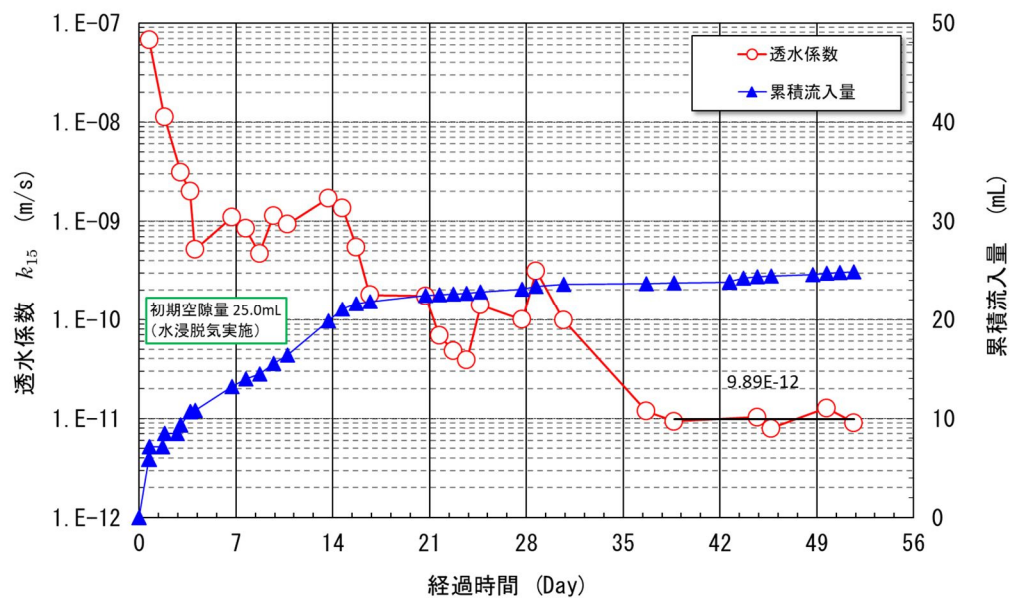
第 29 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (7-b6)



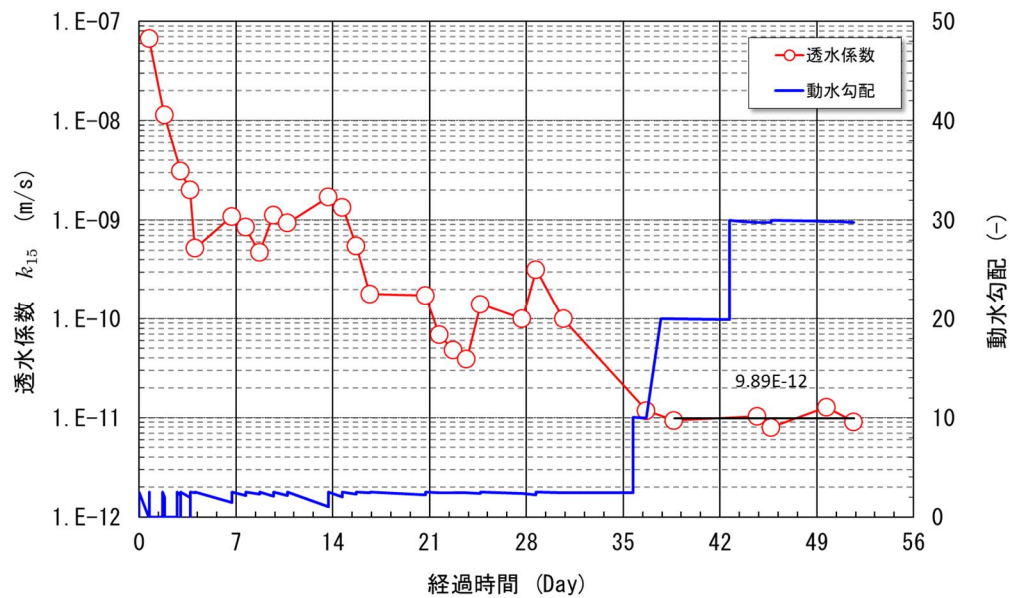
第 30 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (8-e6)



第 31 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (8-e6)



第 32 図 透水係数及び累積流入量の経時変化 (8-b2)



第 33 図 透水係数及び動水勾配の経時変化 (8-b2)

以上

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）	9
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）	12

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性能濃度に応じて、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、環境中への移動のし易さ及び放出される放射線エネルギーが異なる。

- ・ 半減期が長い放射性物質 ($\text{C} - 14$, $\text{C} 1 - 36$, $\text{C} a - 41$,
全 α) 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

を低減することで公衆の受ける線量を低減する。

- ・半減期が短く環境中に移動しやすい放射性物質(H-3, S r-90)に対しては, 人工バリアによる漏出低減機能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, 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(C o-60, C s-137, E u-152, E u-154)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, 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

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。

雨水防止テントは、放射性廃棄物の受入れ開始前に設置し、表面遮水設置後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シートを膜材として用いることが合理的である。

雨養生は、最終覆土の設置において表面遮水を撤去したエリアに設置し、最終覆土完了後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。なお、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。

また、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、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。

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。なお、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。

また、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) 雨水防止テント

耐候性を考慮し、屋外使用に適したシート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。

(d) 雨養生

耐候性を考慮し、屋外使用に適したシート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。

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のうち低透水性土層を設置することで，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。

(c) 雨水防止テント

補修可能なシートを膜材として設置することで，劣化・損傷が生じた場合においても速やかに修復し，漏出低減機能を維持する構造・仕様とする。

(d) 雨養生

補修可能な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。

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中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，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こと，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ことから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く，漏出低減機能への影響は無視できると考えられる。なお，表面遮水は，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，側部低透水性覆土及び最終覆土のうち低透

水性土層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、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こと、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ことから、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く、漏出低減機能への影響は無視できると考えられる。なお、最終覆土のうち低透水性土層は、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。

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