

遮水工の施工方法、品質管理方法について

令和7年12月13日
(一財)茨城県環境保全事業団

目次

1. 遮水構造の材料選定

2. 遮水構造の施工計画・品質管理方法

3. まとめ

新処分場における遮水構造

埋立地底部の概略構造

廃棄物

保護土

遮水工

1層あたり30cm

盛土工

岩盤

盛土工(現在工事中)

振動ローラーによる締固めの様子

□：国の基準以上の構造

100cm

1.5mm厚

10cm

5cm

保護土

廃棄物等による遮水シートの損傷を防止

保護マット



遮水シートの損傷を防止

ベントナイト複合遮水ライナー



ベントナイトによる自己修復機能

遮水シート



浸出水の地下への漏水を防止

ベントナイト

ベントナイト鉱

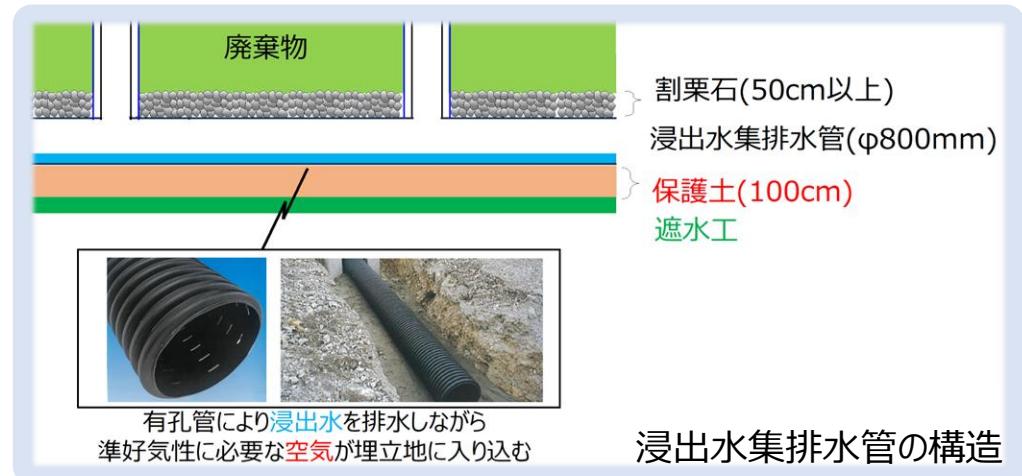
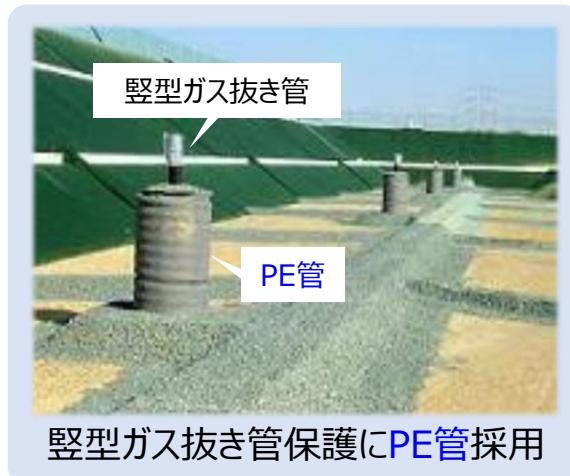
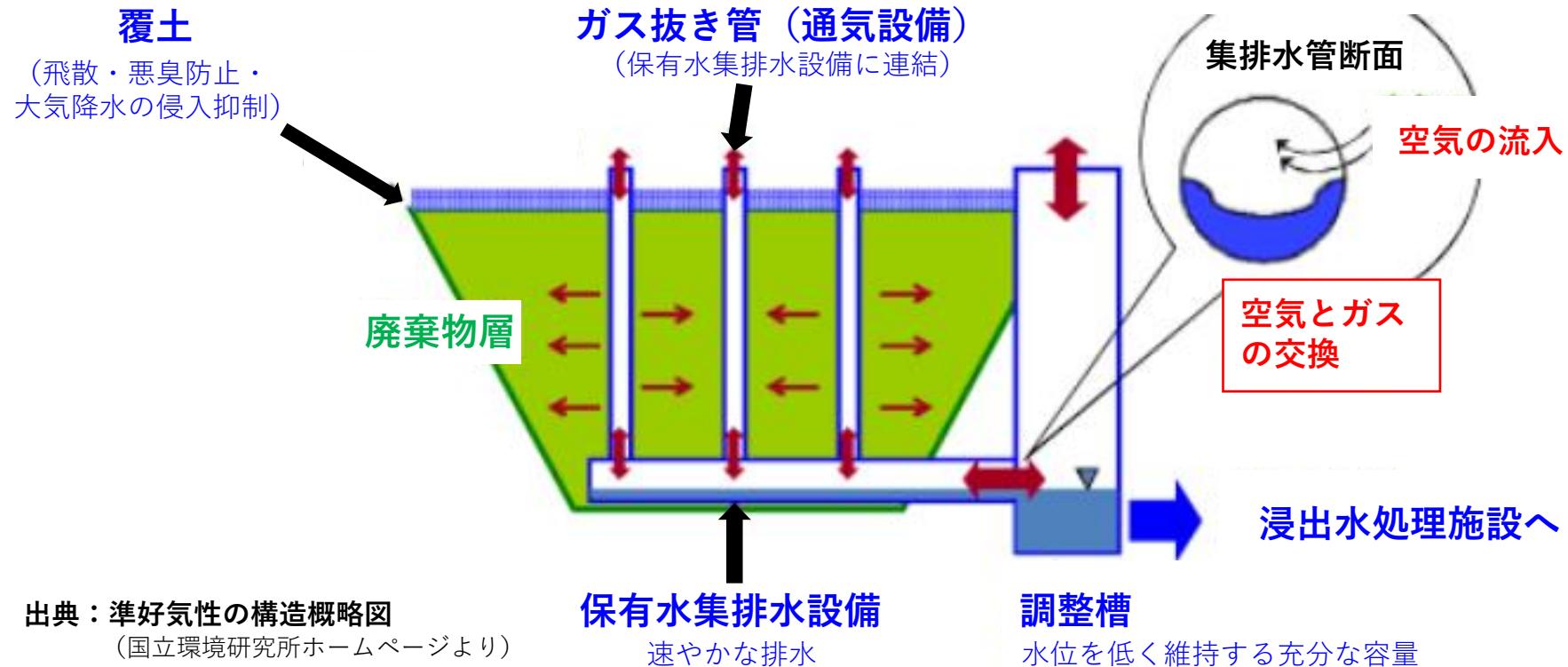
ベントナイト鉱を破碎した碎石が
水を吸収して膨潤し漏水を防ぐ

水密アスファルトコンクリート



ダム等の遮水層として採用され
遮水性や耐久性に優れる

最終処分場の構造



県基本計画に基づく遮水シートの選定

①シートの区分：合成ゴム及び合成樹脂系

法面形状の多い現地状況、シート伸縮性に特化した地盤追従性及び耐久性に係る特性を考慮。

②シートの材質：中弾性タイプ[®]

下地追従性、熱安定性、施工性の面で優れています。柔軟性が高く、機械的強度も優れています。

低密度ポリエチレン（LLDPE）、オレフィン系熱可塑性（TPO-PP系, PE系）など

表 合成ゴム及び合成樹脂系かつ中弾性タイプ[®]である遮水シートの一覧表

種類	低密度ポリエチレン LLDPE	オレフィン系熱可塑性 TPO-PP系	オレフィン系熱可塑性 TPO-PE系
材質概要	約0.9g/cm ³ のポリエチレンを用いた遮水シート。高密度ポリエチレンシートに比べ、柔軟性があり、施工性が改善。	樹脂成分の主体がポリプロピレンの遮水シート。比較的柔らかく、線膨張係数が小さいことが特徴。	オレフィン系エラストマーを主成分とした遮水シート。 TPO-PP系に比べ線膨張係数が大きい。
物理的 特性 <small>廃棄物最終 処分場技術 システムハンド ブック参照</small>	引張強度	295N/cm以上 ○	120N/cm以上 △
	伸び率	650% ○	450% △
	引裂強度	98N以上 ○	37.5N以上 △
施工性	接合方法	熱融着(自走式融着機、押出式溶接機)	同左
	検査方法	加圧検査、負圧検査等	同左
化学的特性	耐火性、耐酸性、耐アルカリ性に優れる	同左	同左
浸出水管HDPE管との接続性	PE系シートであるため浸出水管に直接、溶着接続可能 ○	同材質の管がないため、接着剤またはシーリング材とステンレスバンドによる接続 △	同左 △
採否	採用		

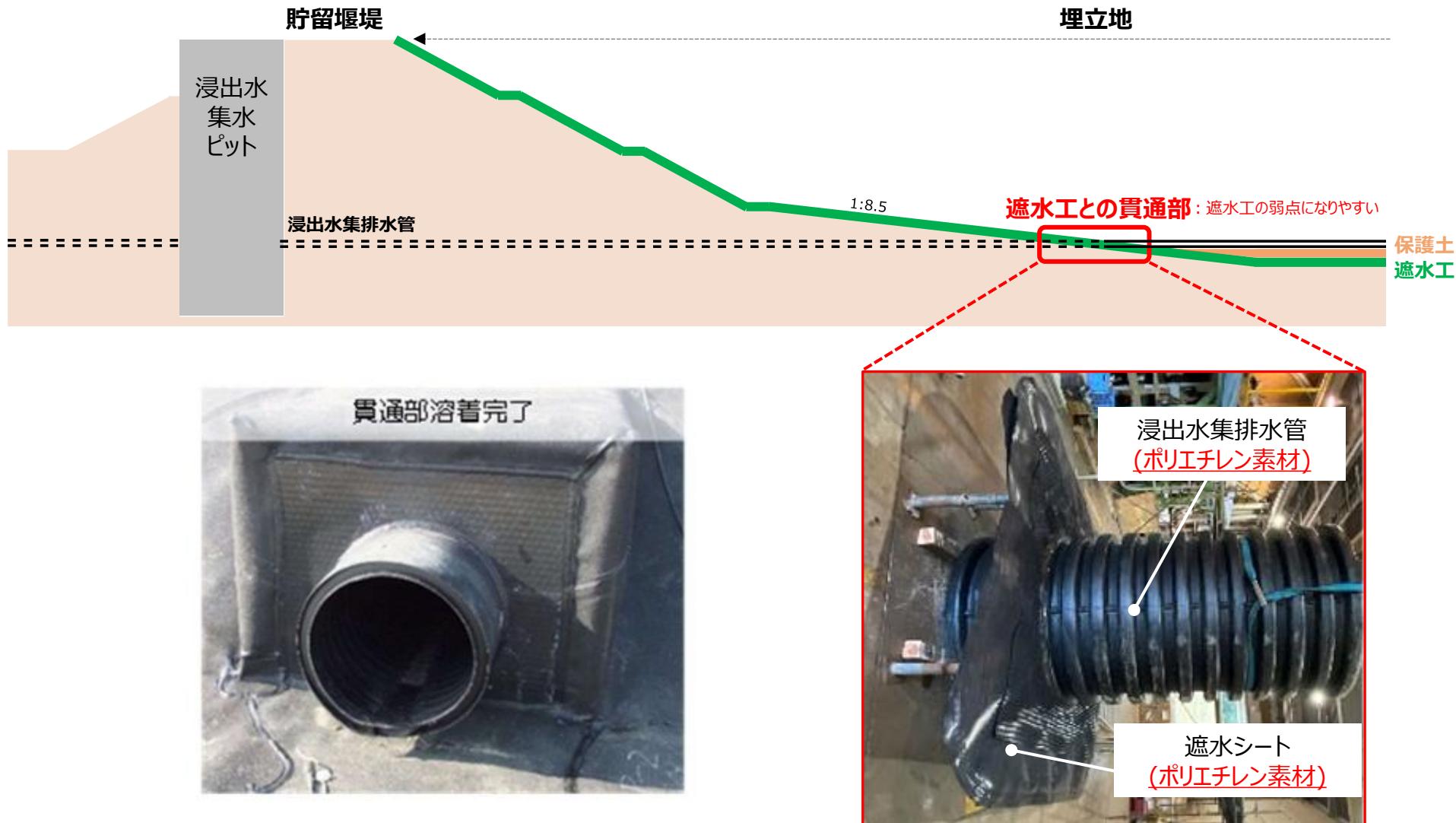
採用する遮水シートの性能・特性

低密度ポリエチレンタイプ ガンデルシートLDA



項目		規格値等	ガンデルシートLDA
基本性能	外観	1 極端に湾曲していないこと 2 異常に起伏していないこと 3 異常に粘着していないこと 4 裂けた箇所、切斷箇所、貫通した穴がないこと 5 凹み、異常に厚みの薄い箇所がないこと 6 層間に剥離している部分がないこと 7 異常な傷がないこと	敷設時検査
	厚さ（工場検査実施）	1.5mm以上 平均値0～+15%、測定値-10～+15%	○
	透水係数(防湿包装材料の透湿度試験方法(カップ法))	1×10^{-9} cm/sec相当以下	○
	引張性能（工場検査実施）	引張強さ 140 N/cm 以上 伸び率 400 %以上	○ ○
	引裂性能（工場検査実施）	引裂強さ 70 N以上	○
	接合部強度性能	せん断強さ 80 N/cm 以上	○
耐久性等に係る特性	耐候性、紫外線変化性能	引張強さ比 112 N/cm以上 伸び率比 280 %以上	○ ○
	熱安定性	引張強さ比 112 N/cm以上 伸び率比 280 %以上	○ ○
	耐ストレスクラッキング性	すべてひび割れを認めず	○
	耐薬品性	引張強さ比 112 N/cm以上 伸び率比 320 %以上	○ ○
		引張強さ比 112 N/cm以上 伸び率比 320 %以上	○ ○
	安全性（溶出濃度）		溶出試験にて、環境基準項目、要監視項目が基準値以下
			○

遮水工と浸出水集排水管の貫通部



遮水シートが浸出水集排水管と同素材であるため、貫通部の溶着が可能

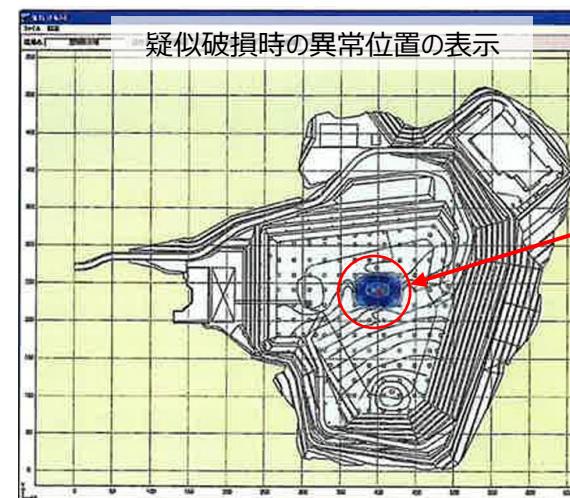
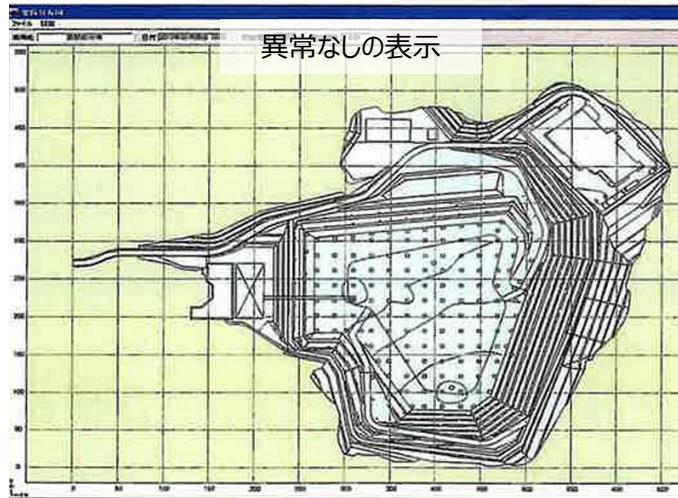
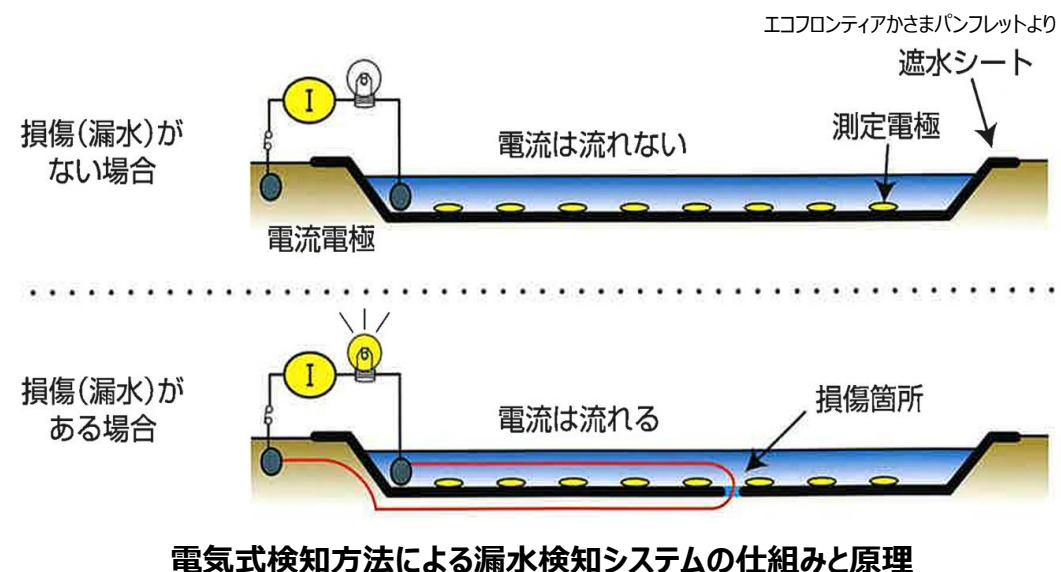
漏水検知システムの選定

漏水検知システム

万が一遮水シートが損傷した場合に、漏水箇所を迅速に検知するシステムで、電気式検知方法による検知を行う。

電気式検知方法

- 遮水シートが電気を通さない材料であることを利用し、破損検知を行う方法。
- 上面の遮水シートが破損すると、破損箇所を通じて埋立地内と2重の遮水シートの間が通電状態となるため埋立地内の電気的特性分布に変化が生じる。その変化を測定して、破損位置を検出する。



疑似的に示した破損箇所
※実際に破損は
発生していません

漏水検知システムの電位分布図（エコフロンティアかさまの例）

採用する漏水検知システムの性能

表 仕様・規格適合表

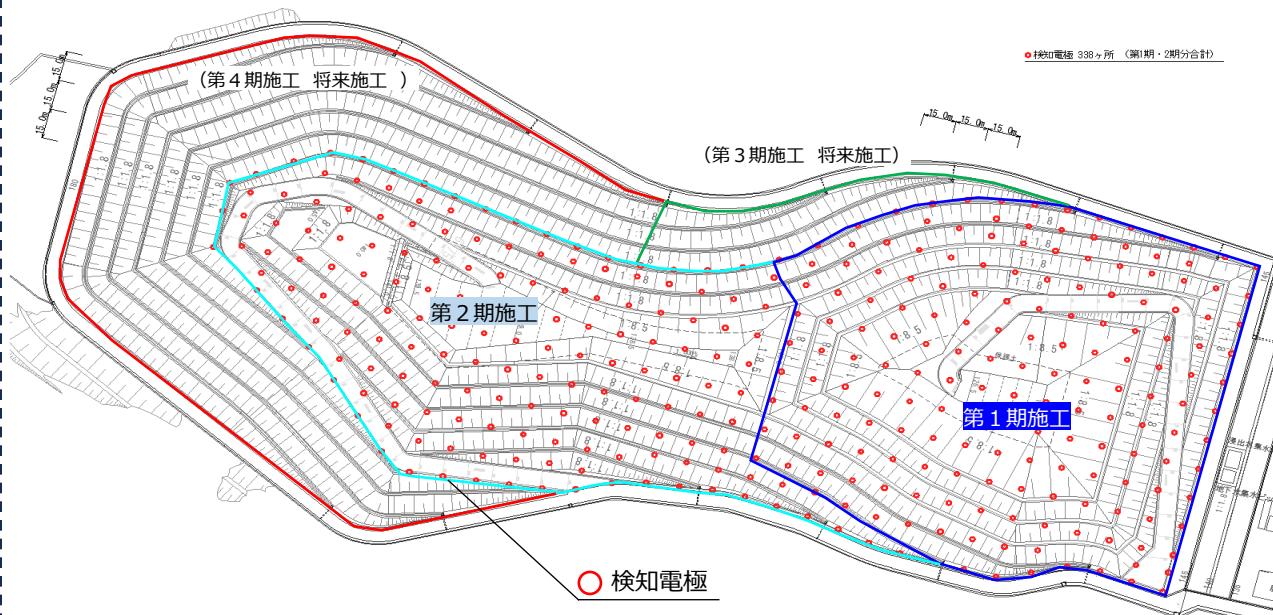
性能	センサーDDS
検知すべき損傷の大きさ 直径3cm以上	○
検知すべき位置精度 $\pm 2\text{m}$ 以内 (4×4m以内)	○
上面遮水シートの破損検知	○

センサーDDS 施工実績 (1993~2023年)

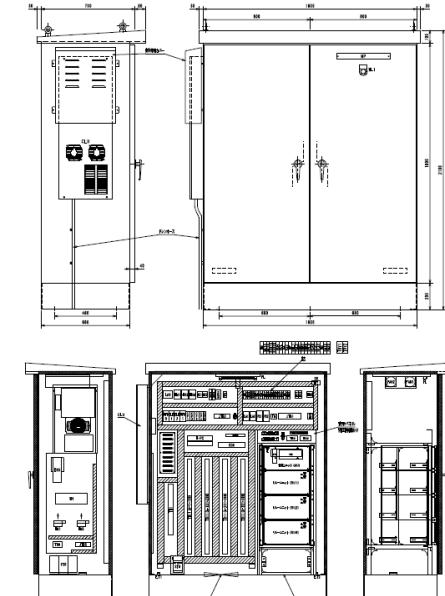


施工実績件数割合
30% (72件/239件)

検知電極配置計画

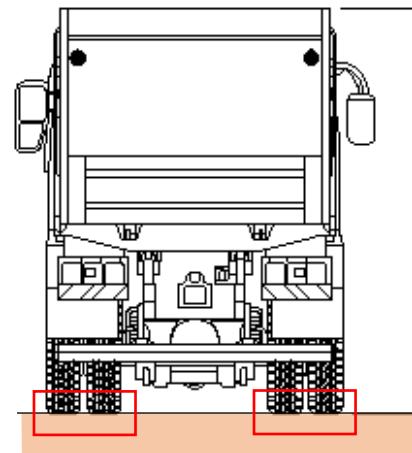


屋外制御盤

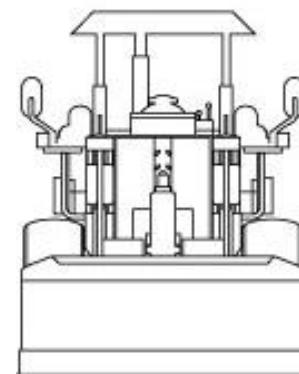


保護土に求められる性能

廃棄物運搬車両



埋立重機

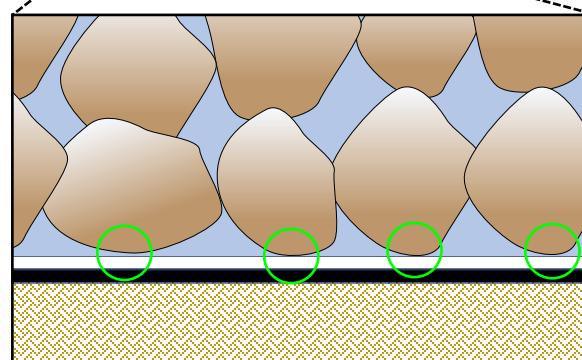


保護土

①トラフィカビリティ
確保

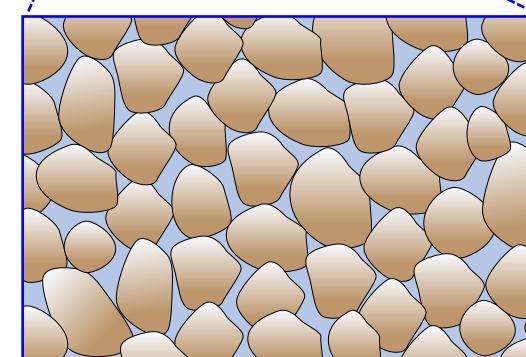
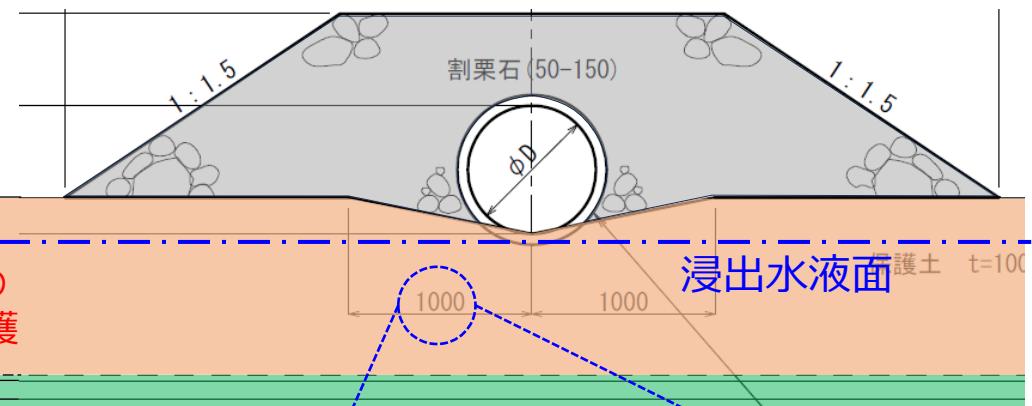
②重機からの
遮水構造保護

遮水構造



③遮水構造を傷つけないように
保護土形状が鋭利でない必要がある

浸出水底部集排水管



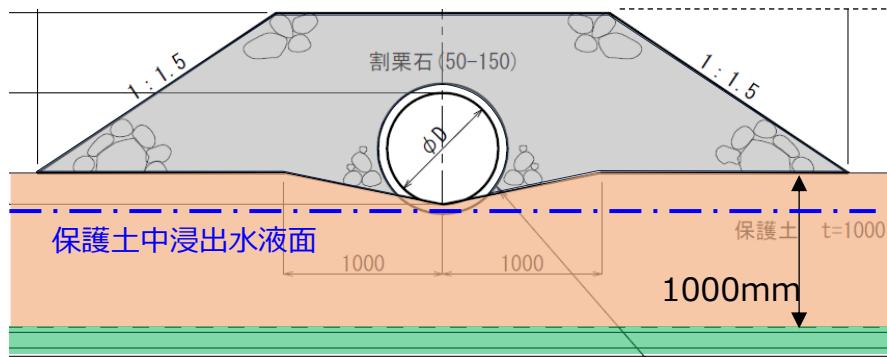
④間隙を小さくし、透水性を低くすることで、保護土内の浸出水の減少を図る

保護土材料の変更について

材料候補		①トラフィカビリティ (コーン指数)	②遮水構造保護 >50cm	③鋭角な礫分 含まれない	④間隙が小さい (低透水性) 透水係数 10^{-7} m/s 程度が望ましい	評価
設計	 購入砂（サンドマット）	<input type="radio"/> 貫入不能相当 1500kN/m³以上	<input type="radio"/> 厚さ100cm	<input type="radio"/> 鋭利でない	<input type="triangle"/> 10^{-2} m/s程度	<input type="triangle"/>
案1	 購入砂（真砂土） セメント改良 [高炉B 50kg/m³添加]	<input type="radio"/> 貫入不能 1500kN/m³以上	<input type="radio"/> 厚さ100cm	<input type="radio"/> 鋭利でない	<input type="radio"/> 5.2×10^{-7} m/s	<input checked="" type="radio"/> 採用
案2	 現場発生土	<input type="radio"/> 貫入不能 1500kN/m³以上	<input type="radio"/> 厚さ100cm	<input checked="" type="x"/> 鋭利	<input type="triangle"/> 10^{-2} m/s程度	<input checked="" type="x"/>

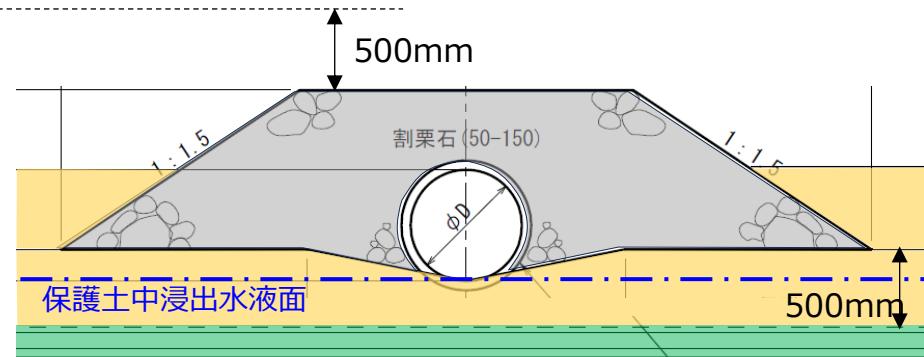
浸出水集排水管の管底高の変更

設計



管下の保護土厚み <1000mm

変更設計



管下の保護土厚み <500mm

浸出水集排水管高さを下げる



浸出水の減少を図る

目次

1. 遮水構造の材料選定

2. 遮水構造の施工計画・品質管理方法

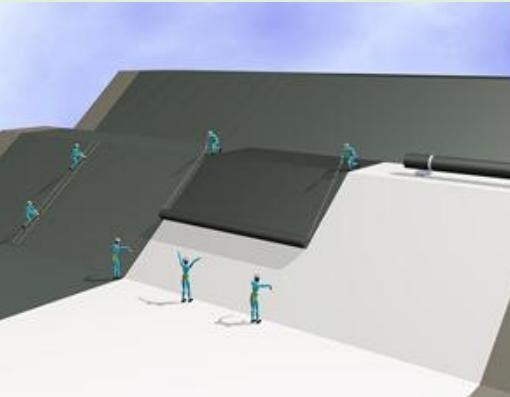
3. まとめ

遮水工の施工順序

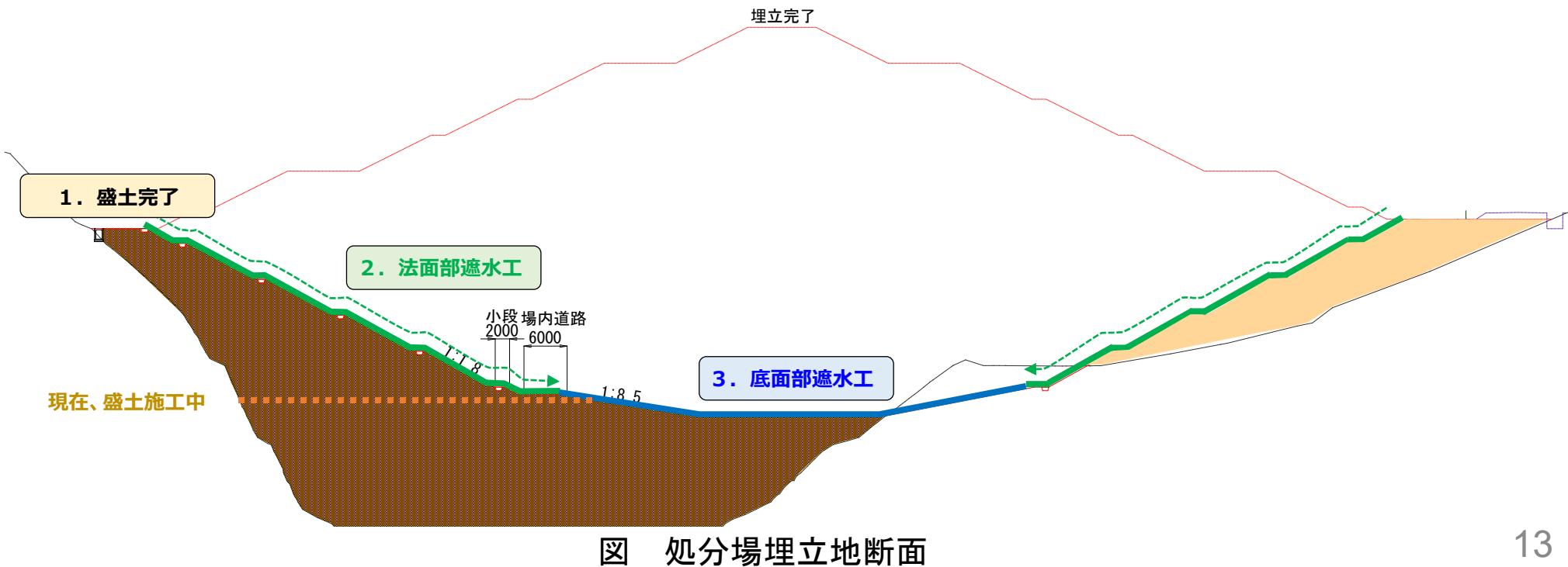
ステップ1 盛土施工



ステップ2 法面部遮水工



ステップ3 底面部遮水工



遮水シートの施工方法

1 材料の搬入・資材の養生

荷下ろし時：シートに傷が付かないようナイロンスリングを使用。

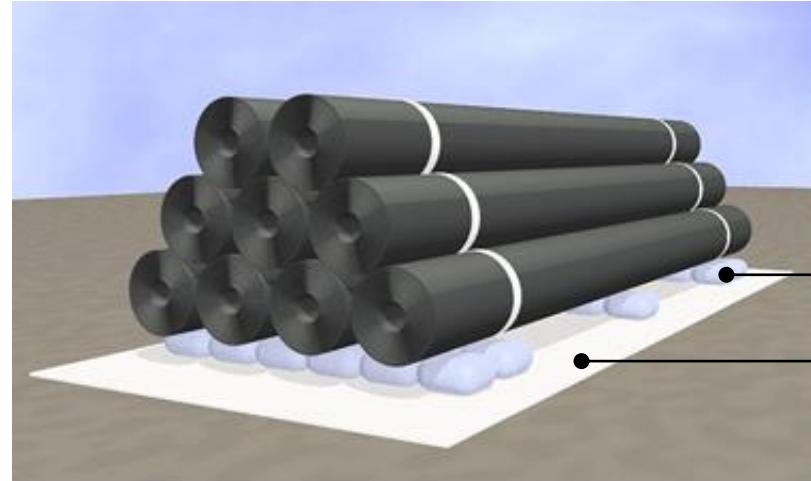


2 敷設・展張

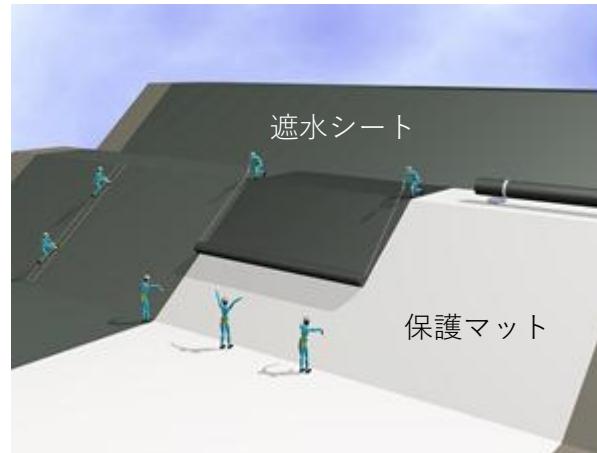
自走可能展張機：法面での転落リスクの軽減や作業効率の改善。



保管時：仮設用保護マット上に土のうでかさ上げを行う。

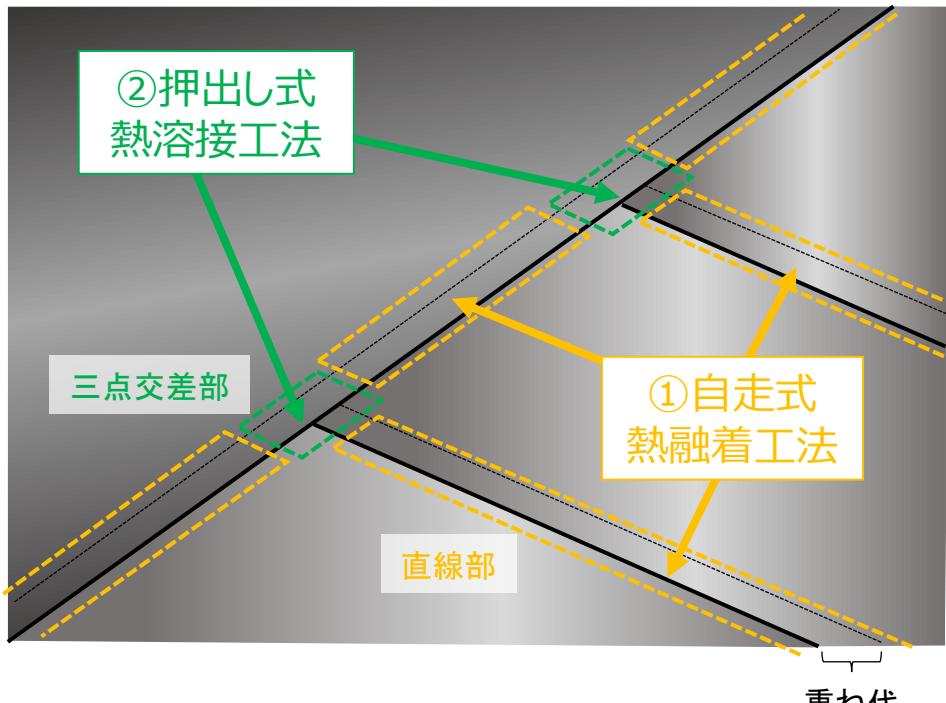


敷設時：シート上で作業する時は、靴洗い場を常設し、泥石を除去。



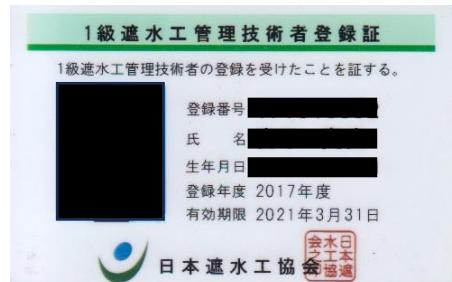
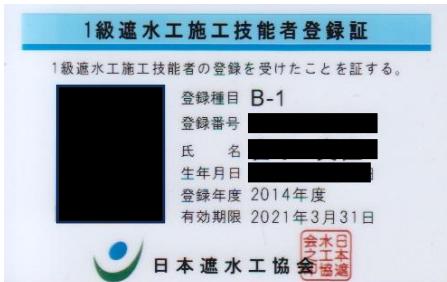
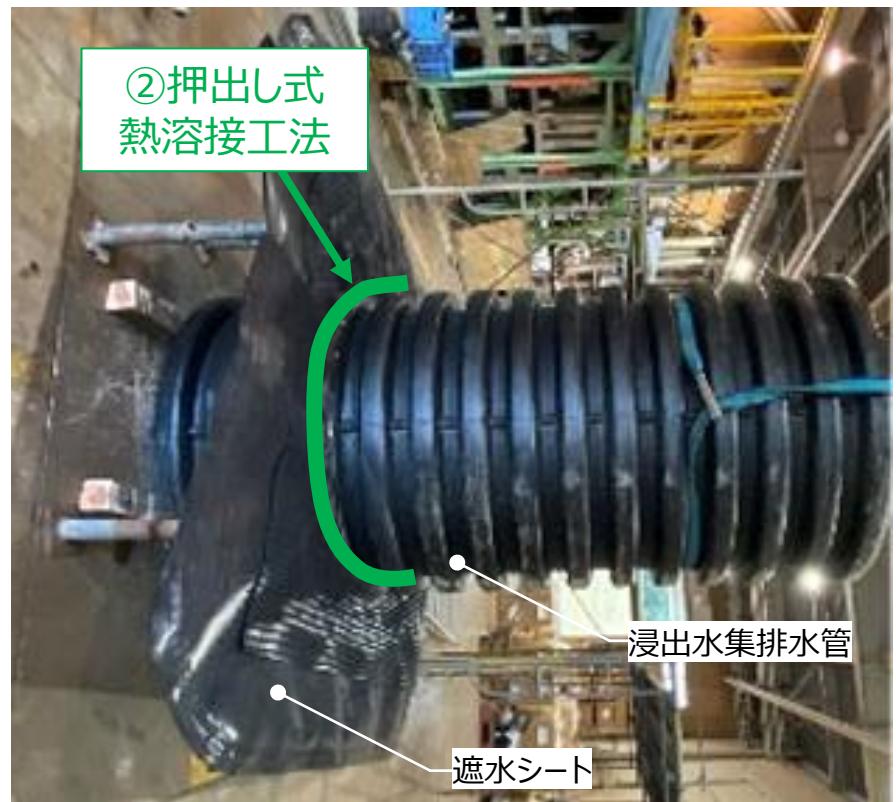
遮水シートの接合方法

遮水シート同士の接合



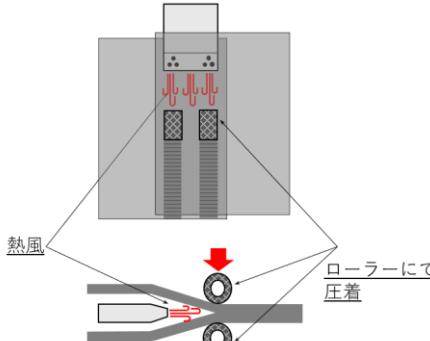
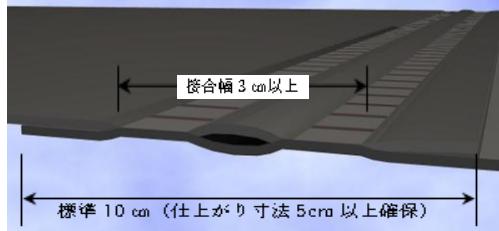
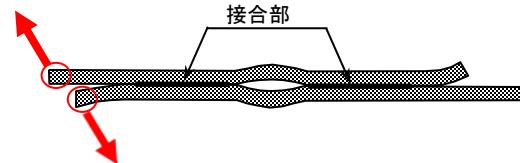
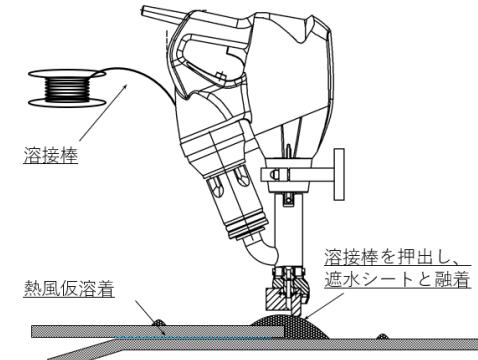
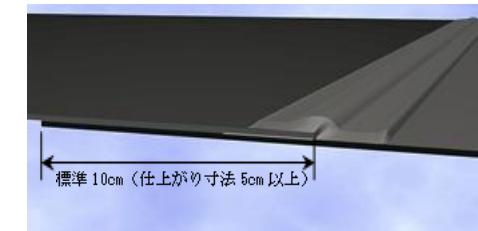
遮水工施工・管理技術者

遮水シートと構造物の接合



日本遮水工協会認定技術者を常駐

遮水シートの接合方法

接合方法	①自走式熱融着工法 (直線部)	熱融着工法の設定確認	②押出し式熱溶接工法 (三点交差部、構造物)
適用条件	<ul style="list-style-type: none"> 遮水シートの接合面を加熱融着させ、圧着により接合面を一体化する工法。 融着機は、圧着するローラで自走する構造。 加熱温度、自走速度、ローラ圧力を設定。 	<p>→ 環境条件（気温、シート温度等）、融着機の設定を考慮した試験サンプルを作成。</p> <p>現地に常設した引張試験器による剥離強度試験を実施し、融着機の設定条件を確定する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 遮水シートと同質の溶接棒を小型の押出機で溶融し、シートと一緒に接合する工法。 前処理として研磨し、表面の粗度を高め、溶接の確実性を高める。
接合状況	  	  	  

遮水シートの品質管理方法

検査	①自走式融着接合部	②押出し式熱溶接接合部	<共通>	
	加圧検査	負圧検査	検査棒挿入検査	スパーク検査
内容	 <p>2列融着接合により作られる両端の検査孔を塞ぎ、検査坑内部に加圧空気を挿入し、漏れがないかを検査する。</p>	 <p>押出接合部に、透明窓を真空容器を被せ、容器内の空気を減圧させることで、石鹼水が気泡とならなければ目視により検査する。</p>	 <p>押出溶接接合部に検査棒（マイクロドライバー等）の先端を押し当て、接合部に沿って移動させながら、接合部への先端の侵入等を検査する。</p>	 <p>試験器の陰極を遮水シート裏面の誘電層に接続。電圧15,000V以上に設定し、ブラシを移動させ、スパーク発生がないことを検査する。</p>
基準値	<ul style="list-style-type: none"> 初期0.1MPa加圧 30秒後：減圧20%以下 	<ul style="list-style-type: none"> 負圧6.7kPa 10秒間：気泡なし 	<ul style="list-style-type: none"> 検査棒の先端を接合部に押し当てる（10~20N） 先端部の侵入、剥離なし 	<ul style="list-style-type: none"> スパークが発生しないこと（ブザーが鳴らないこと）
検査頻度	全接合部	全接合部	端部等で負圧検査機の据付が難しい場合	上層遮水シート

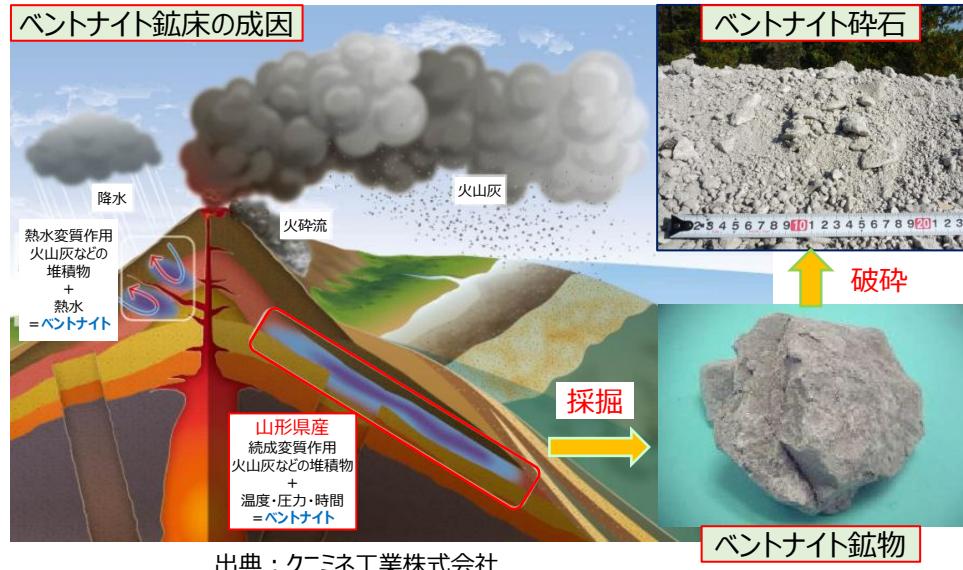
ベントナイト碎石の概要

ベントナイト碎石（山形産Na型ベントナイト）

優れた遮水性・安定性を有した材料。
数百万年を経て生成された無機天然鉱物。

ベントナイト碎石 規格

項目	単位	規格値
含水比	%	12~25
メチレンブルー吸着量	mmol/ 100g	50以上
粒度	%	31.5mmふるい通過率 90%以上



出典：クニミネ工業株式会社

第2回施工管理ワーキンググループ審議の内容（令和7年3月）

【施工方法】

転圧機械：4tコンバインドローラ（人力：1tハンドガイドローラ）

【品質管理方法】

項目	測定方法	規格値
密度管理	キャスボル コア採取	コーン指数1,440kN/m ² 以上 締固め度80%以上
透水係数	コア採取	1.0×10^{-8} cm/sec以下
厚さ	地上型レーザースキャナ	100mm以上(設計値以上)
含水比	炉乾燥	12~25%

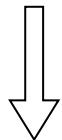


ベントナイト碎石の施工計画

<材料搬入から施工までの流れ>

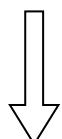
1 材料の搬入

- ・出荷元の状況
- ・出荷元を出発し、現場到着するまでの対策



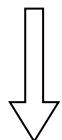
2 材料の保管

- ・ベントナイト碎石の梱包、緊急時の対応
- ・現場到着から、施工開始までの対策



3 施工準備

- ・天候を踏まえた施工計画
- ・施工中の排水方法



4 施工

第2回施工管理ワーキンググループにて審議

今回の審議内容



投入直後：約2.4cm



1時間後：約3.5cm

- 水を吸収すると元の体積以上に膨らむ「**膨潤性**」が特徴。
- 膨潤性により浸出水の拡散を防止する。
- 遮水工の役割を果たすため、**施工時の雨水対策が重要**。

ベントナイト碎石の材料搬入・保管の方法

1 材料の搬入



○坑内採掘方法のため雨水との接触の懸念が少ない。



○出荷前に含水比試験を行い、品質を確認。
○出荷時は、フレコンパックに梱包。



○運搬は、防水シートを被せ、吸湿を防止。

2 材料の保管



○パレットを敷き、防水シートを被せ、養生。
○保管期間が短くなるよう、運搬数量を調整。

資材搬入管理台帳							
番号	日付	搬入業者名	資材名	数量	単位	搬入場所	保管状況
1		ケミ工業	ベントナイト砂石		袋	現場・緊急保管場所	運搬持：シート養生 保管持：シート・被せ シート養生 荷物・無
2		ケミ工業	ベントナイト砂石		袋	現場・緊急保管場所	運搬持：シート養生 保管持：シート・被せ シート養生 荷物・無
3		ケミ工業	ベントナイト砂石		袋	現場・緊急保管場所	運搬持：シート養生 保管持：シート・被せ シート養生 荷物・無
4		ケミ工業	ベントナイト砂石		袋	現場・緊急保管場所	運搬持：シート養生 保管持：シート・被せ シート養生 荷物・無
5		ケミ工業	ベントナイト砂石		袋	現場・緊急保管場所	運搬持：シート・被せ 保管持：シート・被せ シート養生 荷物・無
6		ケミ工業	ベントナイト砂石		袋	現場・緊急保管場所	運搬持：シート・被せ 保管持：シート・被せ シート養生 荷物・無
7		ケミ工業	ベントナイト砂石		袋	現場・緊急保管場所	運搬持：シート・被せ 保管持：シート・被せ シート・被せ 荷物・無
8		ケミ工業	ベントナイト砂石		袋	現場・緊急保管場所	運搬持：シート・被せ 保管持：シート・被せ シート養生 荷物・無
9		ケミ工業	ベントナイト砂石		袋	現場・緊急保管場所	運搬持：シート・被せ 保管持：シート・被せ シート・被せ 荷物・無
10		ケミ工業	ベントナイト砂石		袋	現場・緊急保管場所	運搬持：シート・被せ 保管持：シート・被せ シート・被せ 荷物・無

○搬入日、数量、保管環境を管理台帳に記録。



○緊急時は屋根付き倉庫に保管。

ベントナイト碎石の施工準備方法

3 施工準備

①天候を踏まえた施工判断



気象管理アプリ KIYOMASA PRO

【施工前】

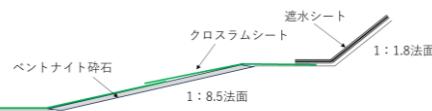
降雨予報0mm/hで施工可

【施工中】

降雨1時間前に通知設定

降雨予報があれば、施工中止

クロスラムシートの養生方法



②施工箇所の養生

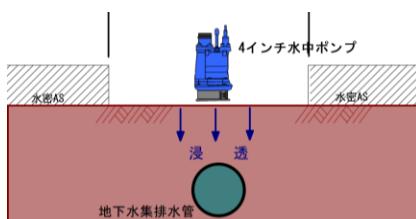


クロスラムシート

ポリエチレンフィルムを積層加工した耐久性シート。
軽量で大判加工が可能、
雨水の侵入や風による飛散
リスクを低減。

- 締固め作業が終り次第、クロスラムシートを被せて養生。
- 直ちにシートを被せられるよう、施工範囲100m以内に配置。

③施工中の排水対策

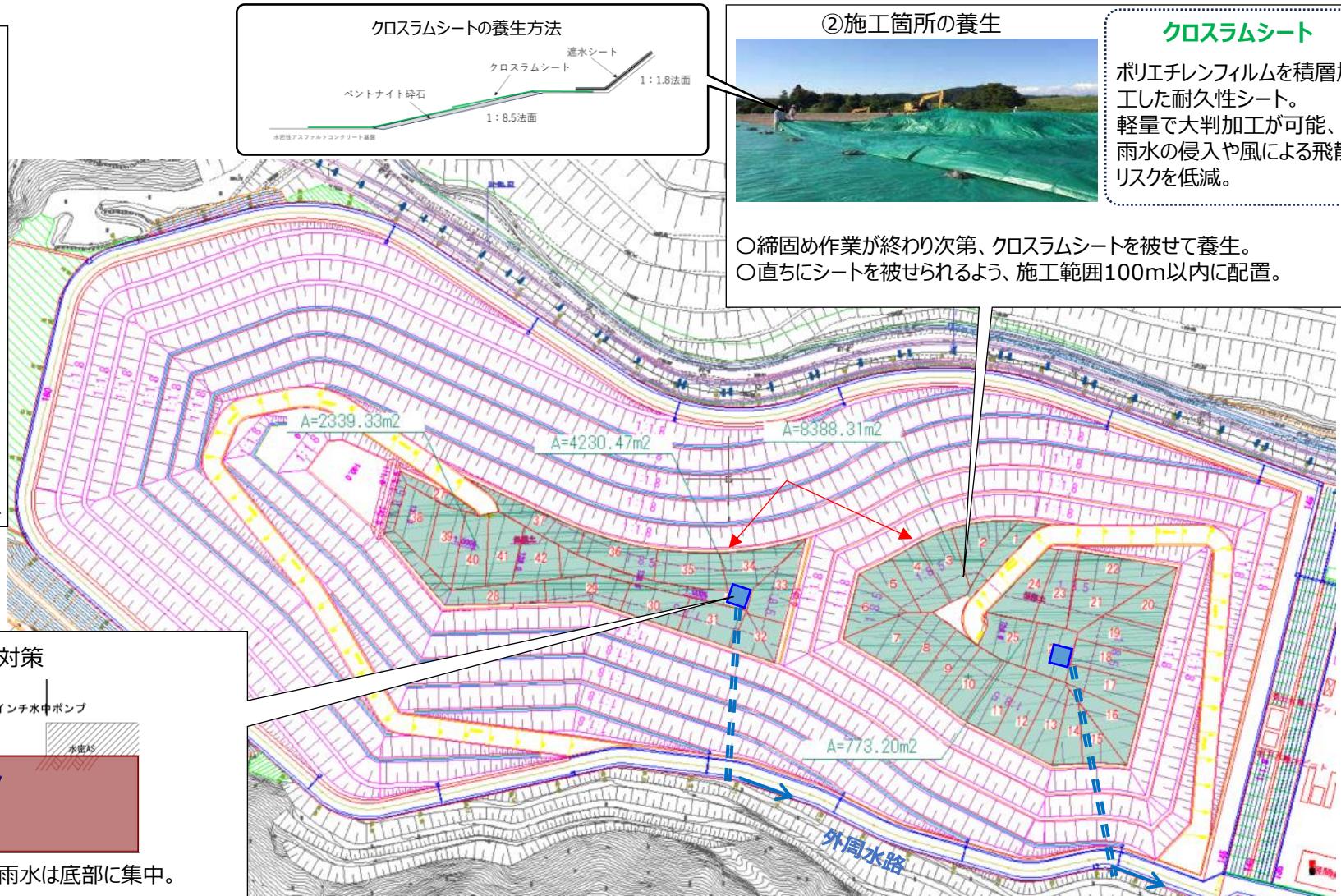


法面遮水工が完了すると、雨水は底部に集中。

【対応方針】

底部最下流に窓場を設置。

水中ポンプから埋立地外周水路へ排水。



ベントナイト碎石の施工平面図

1. 遮水構造の材料選定

- ・遮水シートは、指定規格を満たし、広幅で浸出水集排水管材料との親和性を有する低密度ポリエチレンシート「**ガンデルシートLDA**」とする。
- ・漏水検知システムは、指定規格を満たし、遮水シートと同一メーカーで全国的に採用実績のある「**センサーDDS**」とする。
- ・保護土の透水性やトラフィカビリティ等を踏まえ、サンドマットから「**真砂土（セメント改良）**」に変更するとともに、浸出水集排水管の管底を50cm下げ、浸出水の低減を図る。

2. 遮水構造の施工計画・品質管理方法

- ・遮水シートの接合は「**自走式熱融着工法**」や「**押し出し溶接工法**」により実施し、「**加圧検査**」「**負圧検査**」等により品質検査を実施する。
- ・ベントナイト碎石の施工にあたっては、施工前段階から**雨天対策**を実施するとともに、「**クロスラムシート**」を用いた養生を実施する。