

第4章 施設計画

4.1 施設構造形式

4.1.1 オープン型処分場・被覆型処分場の評価

(1) 構造形式

最終処分場の構造形式として、従来のオープン型処分場に加え、クローズドシステムを採用した被覆型処分場が採用されるケースが増加している。

オープン型処分場は、屋根のない従来からある形式の処分場であり、雨水により廃棄物の有害成分を洗い流して無害化していく処分場である。降雨により、浸出水の水量・水質が変動するため、浸出水調整槽の容量を十分に確保するなど、適切な対応が必要であるが、埋立物が降雨にさらされることから早期の安定化が図られる。

被覆型処分場は、埋立地を屋根、壁で覆う構造を持つ処分場であり、廃棄物、粉じん、さらには騒音・振動及び悪臭による周辺環境への影響が低減できる効果を期待して採用されている。

一方、屋根、壁である被覆施設の建設費が高額化することや、処理水を放流しないことによる浸出水の高度な処理（脱塩処理等）に伴う浸出水処理施設の建設費及び維持管理費の高額化も懸念されることから、自治体の財政面に影響を及ぼす事例も確認される。

本章では、構造形式について建設予定地における比較検討を行い、本計画での構造形式を決定する。

(2) オープン型処分場・被覆型処分場の評価

ア 評価方法

構造形式は、整備の基本理念をもとに、評価項目を設定し、オープン型又は被覆型の特徴を評価し、選定する。評価項目は表 4.1 に示すとおりとする。

表 4.1 評価項目及び評価内容

基本理念	評価項目	評価内容
安全・安心な施設づくり	① 持続可能な適正処理の実施	埋立容量の確保
	② 廃棄物の分解安定性	廃棄物の早期安定性
自然環境との共生	③ 自然環境による影響	自然環境（風雨・日照等）による劣化の対応
	④ 環境保全	周辺環境への影響度（廃棄物の飛散、悪臭、害虫、景観等への影響） 内部環境の状況（粉じん、悪臭、気温）
高い安全性の確保	⑤ 災害等に対する安全性	大規模災害時の施設の維持に係る対応
地域社会との共生	⑥ 跡地利用	跡地利用の自由度 廃止後における維持管理の方法
安定的な施設運営	⑦ 事例数	他事例数の比較
	⑧ 施工性・工期	施工のしやすさ及び工事期間の比較
	⑨ 経済性	建設費、維持管理費の比較

イ 評価

評価結果を表 4.2 に示す。

被覆型最終処分場は被覆施設を整備するため、降雨などの自然環境による影響を小さくすること、浸出水発生量を制御すること、また、散水量を制御することにより廃棄物の性状、品質等を安定的に管理することが可能であるが、被覆型最終処分場の全国最大規模の整備事例が約 84 万 m^3 であることを考慮すると、本処分場で想定している埋立容量（約 244 万 m^3 ）の確保は難しい。仮に、埋立容量を確保するためには、被覆施設の高さを上げる必要があるが、台風などの大規模災害等により被覆施設が損傷した場合には、処理システムが大きく崩れ、処理が困難となる可能性がある。

また、埋立物は降雨にさらされないことから、オープン型よりも安定化が遅く、廃止までの期間が長くなる傾向にあり、適切な散水量を確保するには埋立容量が多いため浸出水処理施設が大規模化する。

建設費についても、被覆施設を整備することで、施工の複雑化や工事期間が長期化することなどから、オープン型最終処分場に比べて高額となる。

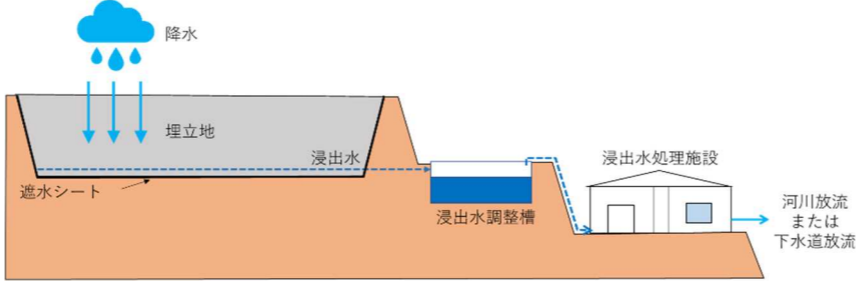
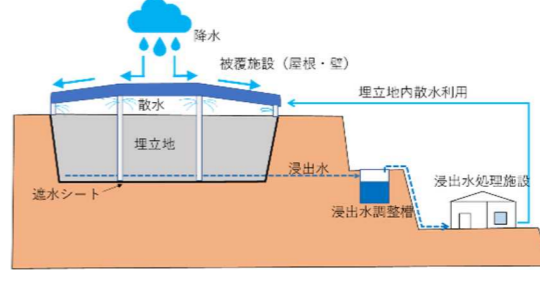
オープン型最終処分場は、埋立容量の確保が比較的容易であり、施工しやすく、建設費は被覆型に比べて安価である。

一方で、オープン型最終処分場は、屋根がないため、自然環境による影響について、浸出水の処理及び管理が必要であり、集中豪雨時などに対応するため、大規模な調整槽などによる対応も必要となる。オープン型最終処分場は、これまでに多くの事例を有し、降雨により安定化を促す処分場構造であり、これまでの経験や知見を活かした適切な維持管理を行うとともに、近年の集中豪雨なども勘案した施設設計を行うことによりリスクへの対応は可能である。

また、オープン型最終処分場は、現処分場と同様に比較的大規模の埋立容量の確保が可能であり、安定化の速度も優れている。

以上の内容を総合的に評価した結果、本計画ではオープン型最終処分場を採用する。

表 4.2 建設予定地における施設構造形式の比較検討

項目		オープン型最終処分場	被覆型最終処分場	
施設概要		<ul style="list-style-type: none"> ・貯留構造物は、土堰堤・コンクリート・擁壁タイプが主体 ・大雨時に対応できるよう、浸出水処理設備関係は規模が大きくなる 	<ul style="list-style-type: none"> ・浸出水が埋立地内に貯留される可能性がないため、遮水工に対する負荷は小さくなる ・浸出水の発生量をコントロールできるため、調整槽の規模が小さくて済む ・無放流の場合は特に脱塩等、循環を考慮した処理設備が必要となる 	
概要図				
基本理念	安全・安心な施設づくり	①持続可能な適正処理の実施	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模（200万m³超）容量の確保が比較的容易で、中長期的な適正処理が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・小規模な処分場の建設実績が多く、埋立容量を確保するには埋立地のかさ上げが必要となり、被覆施設を高くすることが必要
		②廃棄物の分解安定性	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的には、降雨により自然に安定化が進む ・安定化の速度は、埋立物が降雨にさらされるため、被覆型よりも速い 	<ul style="list-style-type: none"> ・人工的に散水を行い、安定化をコントロールする ・安定化の速度は、埋立物が降雨にさらされないことから、オープン型よりも安定化が遅く、廃止までの期間が長くなる傾向にある
	自然環境との共生	③自然環境による影響	<ul style="list-style-type: none"> ・気象条件の影響を受けやすく、日照や風雨等による対策は必要であるが、実績は多く、浸出水処理施設などでの適切な対応・維持管理による制御が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・閉鎖空間内で人工的に制御できるため、外部環境への影響を軽減でき、被覆施設を整備するため自然環境による影響は小さい ・積雪や風雨等による被覆施設の破損のおそれあり
		④環境保全	<ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物の飛散や悪臭の発生に十分留意する必要があるが、廃棄物展開時の飛散防止フェンスや即日覆土、有機物を含む廃棄物を受入れないことにより対応可能 ・国の基準を上回る遮水工や、漏水検知システムを計画することで漏水リスクは極めて低い 	<ul style="list-style-type: none"> ・被覆施設を整備することにより廃棄物の飛散、悪臭等は防止できるが、閉鎖空間であるため、内部作業環境維持のための換気など必要な対策を講じる必要あり ・万が一、遮水工に破損が生じた場合は、散水を停止することで、漏水リスクを抑えることが可能
	高い安全性の確保	⑤災害等に対する安全性	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模災害による停電時は自家発電等により受入れの継続が可能 ・被覆施設（建築物）が無い分地震への強度は高い ・集中豪雨への対応には、原水調整槽等による対応が必要となる 	<ul style="list-style-type: none"> ・大規模な被覆施設となり、大地震の際は大規模な損傷が生じる可能性がある ・集中豪雨への対応は可能
	地域社会との共生	⑥跡地利用	<ul style="list-style-type: none"> ・屋外のため、被覆型より制限が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・建屋内のため、利用に制限がかかる

項目		オープン型最終処分場	被覆型最終処分場	
基本理念	安定的な施設運営	⑦事例数 (令和2年度時点)	<ul style="list-style-type: none"> 最終処分場件数：1,537施設 (日本の最終処分場(1,620施設)の約95%(令和3年3月)) 	<ul style="list-style-type: none"> クローズド型処分場：83施設(内、建設中9施設) 全体の約5%
		⑧施工性・工期	<ul style="list-style-type: none"> 鉱山跡地の窪地を利用した貯留構造物とすることが可能 被覆型に比べて工程数が少なく施工性に優れる 	<ul style="list-style-type: none"> 大規模な被覆施設や屋根を支える柱などを整備するため、地盤条件によっては被覆施設の基礎に杭基礎等も必要となり、施工性は大きく劣る 被覆施設完成後の埋立地内の施工は容易 オープン型に比べて工期は長期化する
	⑨経済性	建設費	<ul style="list-style-type: none"> 水処理施設や雨水調整施設が被覆型より大規模となるが、被覆施設が無い分安価となる 	<ul style="list-style-type: none"> 水処理施設はオープン型より小規模であるが、被覆施設により全体的に高価となる 無放流の場合、脱塩設備を設ける必要があることに加え、配管等に防錆処理を施す必要があり、高価となる
		維持管理費	<ul style="list-style-type: none"> 運営維持管理費は、被覆型に比べ規模が大きい分高い傾向がある 	<ul style="list-style-type: none"> 浸出水処理施設の運営維持管理費は、規模が小さいためオープン型に比べ安い傾向がある。ただし、無放流の場合、脱塩設備の維持管理費や乾燥塩の処分費が別途必要となる 被覆施設の管理費や人工散水による上水の引き込みなど水の確保が必要となる
総合評価		<ul style="list-style-type: none"> 埋立容量確保可能性、施工性、経済性において被覆型に比べて大きく優れる 自然環境による影響や外部環境への影響については、被覆施設が無い場合、直接的な影響が懸念されるものの、適切な維持管理によるリスクへの対応は可能である 埋立物が降雨にさらされるため安定化が速い 	<ul style="list-style-type: none"> 被覆施設を整備する分、施工性・工期及び経済性の点で大きく劣る 被覆施設を整備するため、自然環境による影響の軽減や周辺環境の保全は比較的容易である。但し、大規模災害等により被覆施設が損傷した場合には、処理システムが大きく崩れ対応が困難となる可能性がある オープン型よりも安定化が遅い傾向にある 	

4.1.2 構成する主な施設

本処分場を構成する主な施設を以下に示す。

表 4.3 構成する主な設備

分 類		施 設
主要施設	埋立地施設	埋立地
		貯留構造物
		遮水工
		浸出水集排水施設
		地下水集排水施設
		雨水集排水施設
	浸出水 処理施設等	浸出水取水・導水施設
		浸出水調整槽
		浸出水処理施設
	防災調整池	
管理施設		管理棟
		受入計量設備
		展開検査場
		地下水モニタリング施設
		管理用道路
		洗車設備
		搬入車待機所・駐車場
		門・囲障設備
		環境学習施設
関連施設		覆土仮置場
		搬入道路

4.2 施設配置計画

4.2.1 全体配置計画

本施設の施設配置を計画するにあたり、主要施設の規模及び配置方針を次に示す。

埋立地は、石灰岩の鉱山跡地であり、大規模な窪地の地形を活用した埋立地とし、新設搬入道路の安全勾配確保等により、埋立地の面積は約9.8ha、容量は約244万m³とした。

鉱山跡地の現状地形や、埋立地からの浸出水の自然流下による水処理及び下水道放流、また、雨水の河川放流を考慮し、浸出水処理施設との高低差を確保した上で、掘削跡の窪地を埋立地とし、県道37号側（掘削跡地と鮎川の間）に浸出水処理施設、防災調整池を配置した。

なお、地質調査の結果、埋立地には、一部ルジオン値が高い箇所（No.2ボーリング孔）があるが、周辺ボーリングなどの詳細調査を実施し、今後必要な対策を講じる。

また、地質及び水文調査や測量調査の結果を踏まえ、埋立対象地は硬質な岩が急勾配となった地形であり、大規模な切土は困難であるため、盛土による造成を基本とする。埋立地は、水処理の効率的な自然流下による処理を促すため、底面の標高を県道37号よりも約4m程度高い標高125.0mに設定し、埋立容量を確保することとした。

主要施設配置後の全体敷地面積は約30haとなる。

主要施設の規模及び配置方針を踏まえ作成した、施設配置計画図面を図4.1、図4.2及び図4.3に示す。

表 4.4 主要施設配置計画

主要施設	施設規模（想定）	配置計画
埋立地	面積：約9.8ha 容量：約244万m ³	埋立容量を確保しやすい、鉱山跡地の窪地を利用した配置とする 盛土勾配：1：2.0及び1：1.8 小段幅：2.0m 浸出水の発生量を抑制するため埋立地内に区画堤を計画する
浸出水処理施設	約4,000m ²	施設の維持管理性を考慮し、管理棟付近に計画する
防災調整池	約7,000m ²	施設最下流部に計画する
管理棟 計量棟	約1,000m ² 秤量40t×2基	搬入車両の管理が必要なため、施設入口側を基本とする 計量棟は搬入車両の管理が容易となるよう管理棟付近を基本とする
展開検査場	約1,000m ²	廃棄物の受入基準を満たした廃棄物である事を確認するため、計量棟の後段に計画する
管理用道路	道路幅：6m 縦断勾配：7%	埋立地を管理するため、埋立地の外周を一巡できる配置とする
洗車設備 待機場	必要規模	利便性の良い場所に配置する
覆土置き場	可能容量	埋立地上流部を覆土置場とする

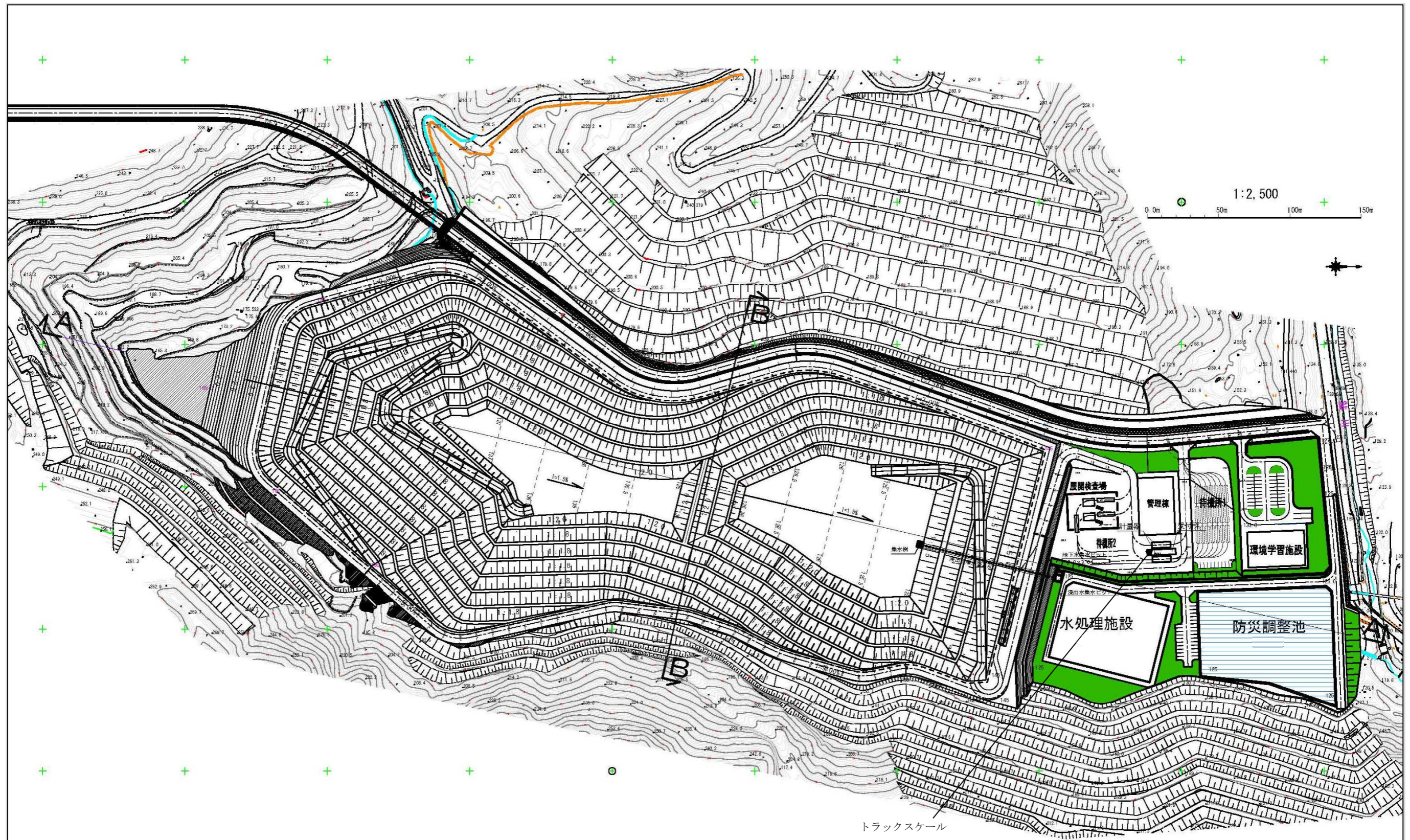


図 4.1 全体配置計画図面

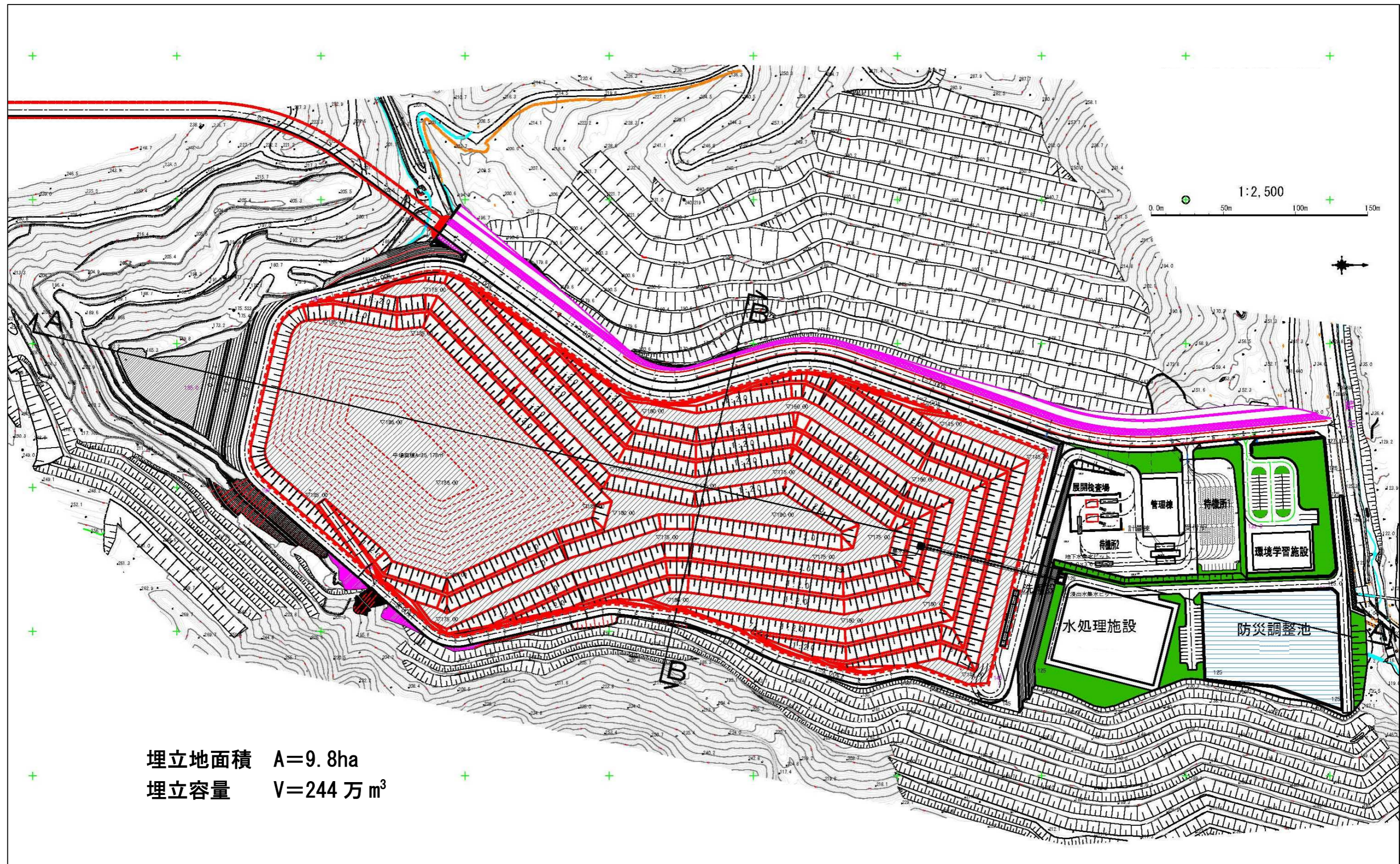


図 4.2 全体計画図面（埋立完了後）

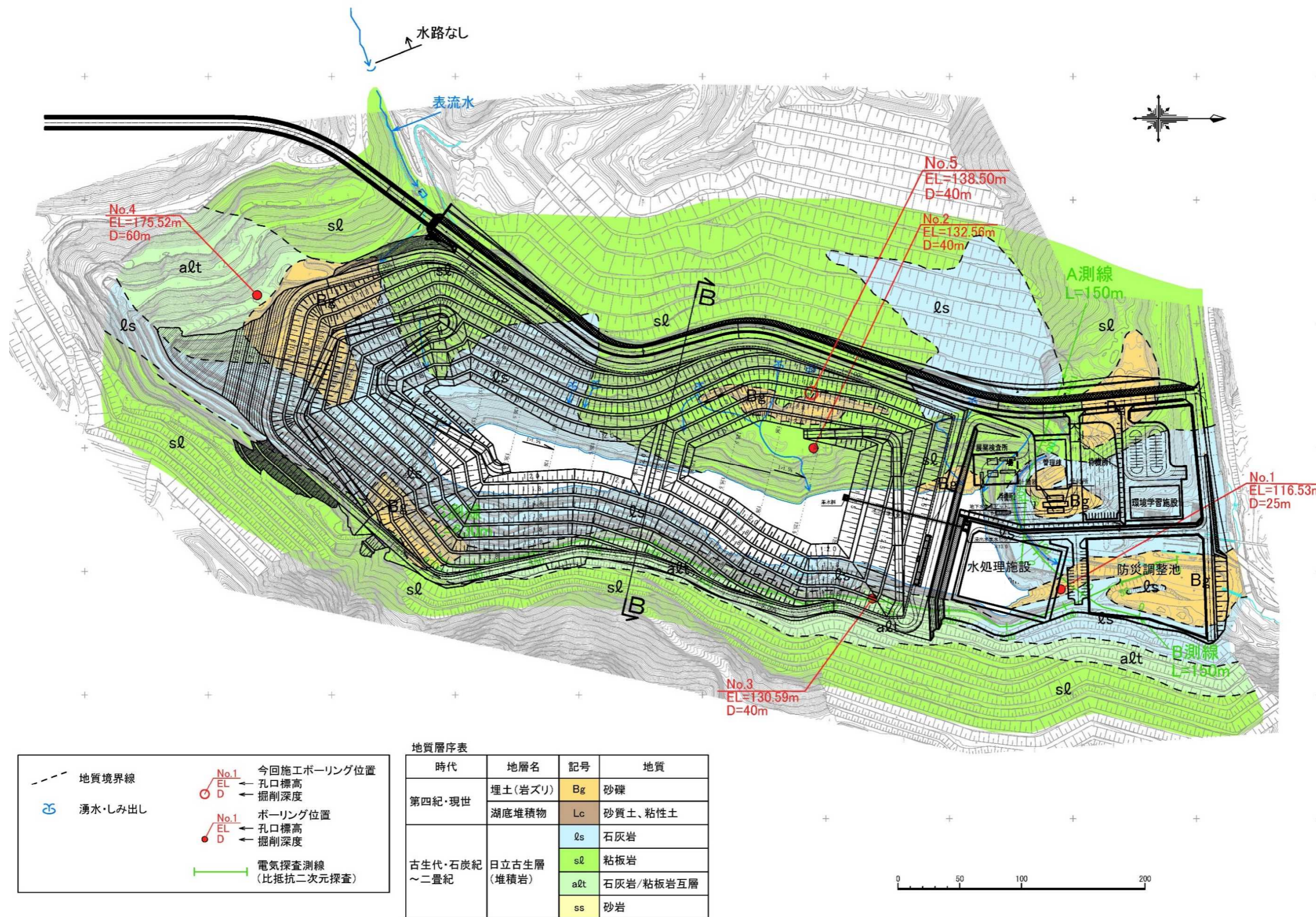


図 4.3 全体配置計画図面【現況重ね図】

4.2.2 動線計画

管理施設周辺の動線計画は、管理棟を配置するにあたって搬入車両の動線（入場→シート外し→計量→展開検査場→埋立地）を考慮し、下記条件を満たす配置計画とする。

- ・施設入口からトラックスケールまでの間に適切な待機スペースを確保
- ・搬入車両の運転席側に計量棟を配置
- ・管理性の向上のため、計量棟と管理棟を近接配置
- ・一般車両（職員・見学者）と搬入車両が錯綜しない動線の確保
- ・搬入車両の展開検査場への円滑な動線の確保

管理施設周辺の動線計画を図 4.4、全体の動線計画を図 4.5 に示す。

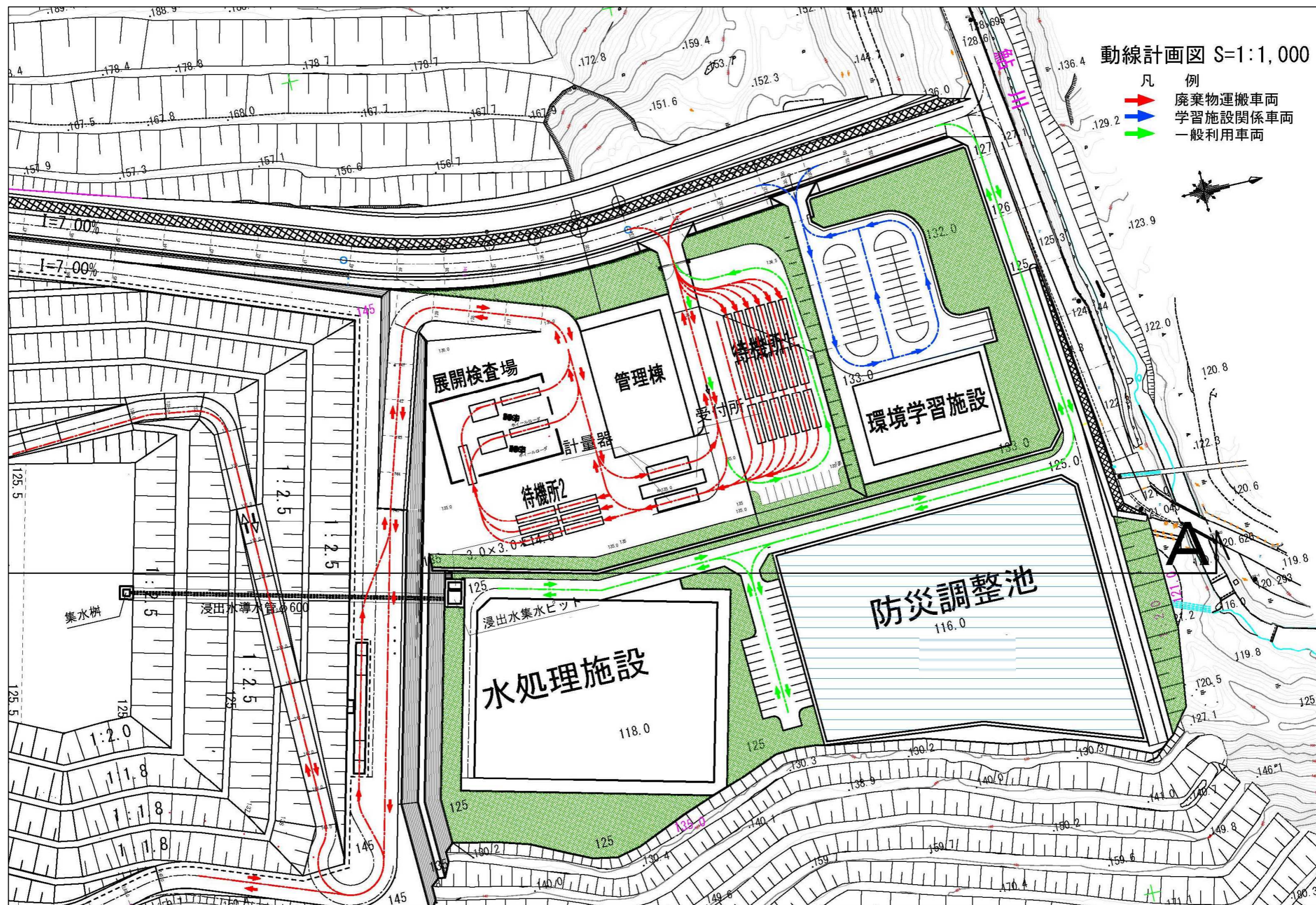


図 4.4 管理施設周辺の動線計画

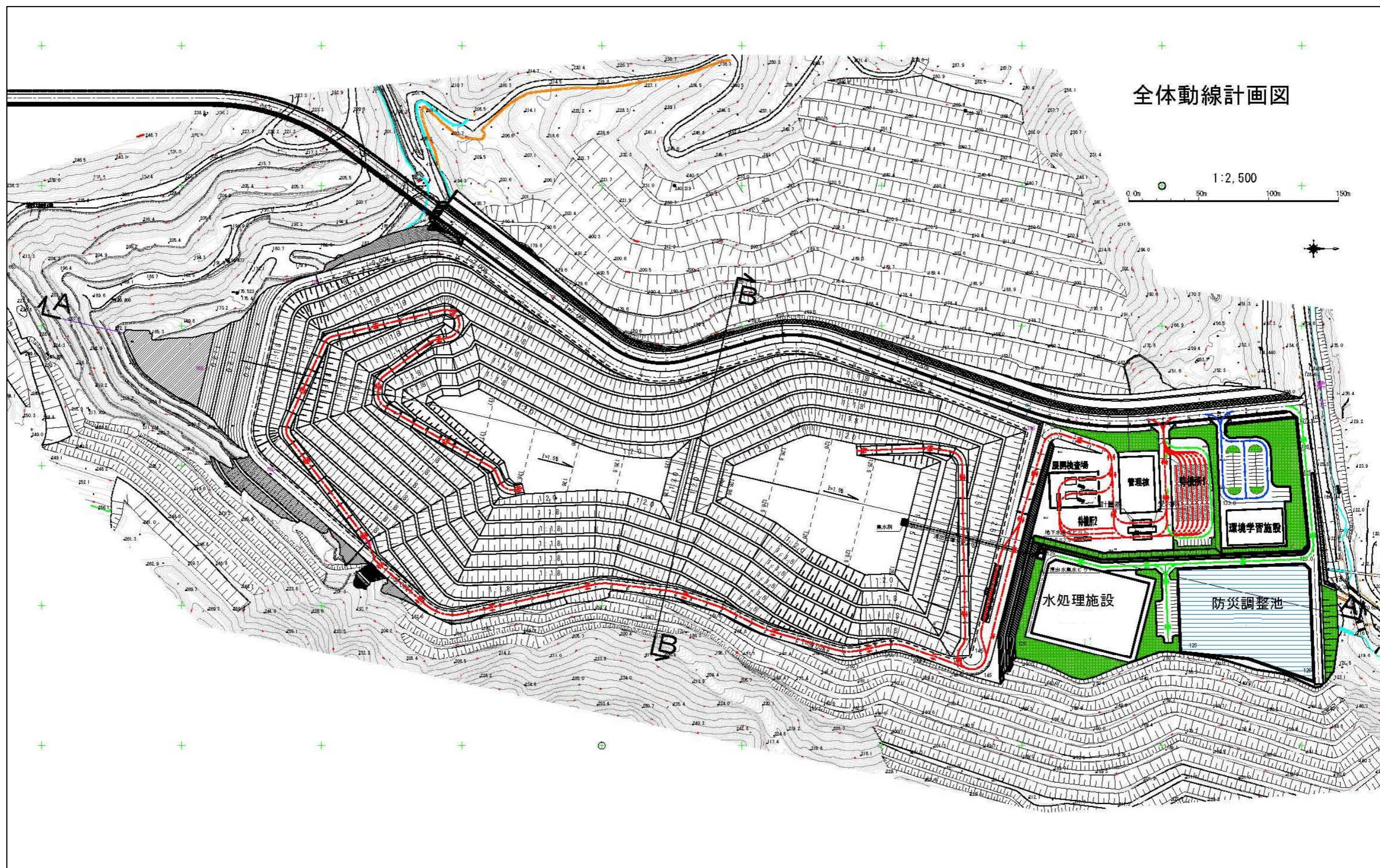


図 4.5 全体動線計画

4.3 埋立計画

4.3.1 埋立計画量

(1) 埋立計画量の算出

エコフロンティアかさまにおいて受入れている産業廃棄物は、主に廃石こうボード由来のガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず、建設混合廃棄物、燃え殻、無機性汚泥、ばいじんとなっている。

本処分場の埋立計画量は、平成28年度から令和2年度までの5年間の埋立実績を基に今後の減量化の目標値から算出した年間受入計画量である15.2万tをもとに算出する。

(2) 本処分場における埋立計画量

2.3.2受入計画量の年間受入計画量(t)から、エコフロンティアかさまの埋立実績(換算係数:1.5t/m³)をもとに、本処分場の年間埋立計画量を約10万m³とする。

$$\begin{aligned} \text{年間埋立計画量} &= \text{年間受入計画量 } 15.2 \text{ 万 t/年} \div \text{換算係数 } 1.5 \text{ t/m}^3 \\ &\approx 10 \text{ 万 m}^3/\text{年} \end{aligned}$$

<換算係数>

エコフロンティアかさまの実績から1.5t/m³と設定

(3) 埋立期間

施設配置計画の埋立地容量(約244万m³)から覆土及び土堰堤を除いた埋立可能容量(約195万m³)を1年あたりの年間埋立計画量(約10万m³)で除算すると、本処分場の埋立期間は約20年となる。

<覆土及び土堰堤の設定>

エコフロンティアかさまの実績から、配置計画の埋立地容量(約244万m³)の約2割(約49万m³)と設定

しかしながら、今後、サーキュラーエコノミーへの転換や、2050年カーボンニュートラルの実現を目指す動きなど、循環型社会形成に向けた動きが加速する中で、長期的な見通しを立てることは困難ではあるが、産業廃棄物最終処分量はより一層の削減が図られていくことが予想される。

また、持続可能な開発目標(SDGs)において廃棄物の発生を大幅に削減することとされていることから、今後、3Rの更なる取組等による最終処分量の抑制も考慮し、本処分場の埋立期間を20年~23年とする。

埋立期間の試算

	年間受入計画量	年間埋立計画量	覆土量(総量)	埋立年数
①	152,000 t/年	100,000 m ³	490,000 m ³	20年
②	137,000 t/年【①から10.0%削減】	90,000 m ³	490,000 m ³	22年
③	129,000 t/年【①から15.0%削減】	86,000 m ³	490,000 m ³	23年

①は、「2.3.2受入計画量」で算出した本処分場での年間受入計画量

4.3.2 埋立地構造

本処分場の埋立構造を比較したものを表 4.5 に示す。

本処分場の埋立構造は、廃棄物の早期安定化や温室効果ガス排出抑制の観点、実績等を考慮し、準好気性埋立構造を採用する。

表 4.5 埋立構造の比較

	埋立構造	特徴	評価
改良型嫌氣的衛生埋立構造		<p>浸出水を排除するための浸出水集排水施設や発生ガス排除のためのガス抜き管を整備した施設である。</p> <p>浸出水集水ピットに集められた浸出水により浸出水集排水管が満たされた状態となり、廃棄物層に空気が流入しないため廃棄物が嫌気状態となり早期安定化には不利となる。</p> <p>廃棄物が嫌気状態となるためメタンガスが生じやすく、他の構造に比べて温室効果ガス排出量が多い。</p>	△
準好気性埋立構造		<p>浸出水集水ピットを開放することで、浸出水集排水管及びガス抜き管を通じて自然通気により廃棄物層内に新鮮な空気を供給する構造である。</p> <p>廃棄物層内が好気性状態となり微生物の働きが活発となり有機物の早期分解・早期安定化が実現できる。我が国の多くの施設が本構造を採用している。</p>	○
好気性埋立構造		<p>埋立地外に送風設備を設置し、強制的に廃棄物層内に空気を供給する構造である。</p> <p>廃棄物層内が好気性状態となり、有機物の早期分解・早期安定化が実現できる。一方送風設備に多大な費用を要するため我が国では採用されていない事例は無い。</p>	△

出典：「計画・設計・管理要領」

4.3.3 埋立工法・方式

埋立工法の検討結果を表 4.6 に示す。

埋立方式は、1日の埋立廃棄物量を考慮し、また、廃棄物の飛散を防止するため、表 4.7 に示すセル方式とする。

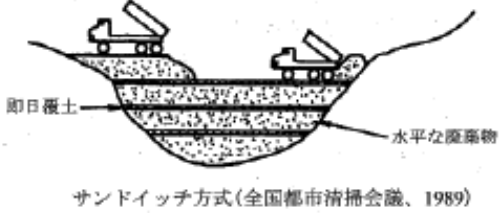
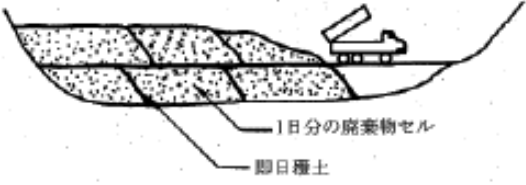
埋立順序は、埋立地の造成形状を考慮し、埋立地内の貯留堰堤側から埋立てることを基本とするが、本処分場では浸出水の発生抑制のため区画埋立の是非も検討する。

また、本計画では、廃棄物の飛散防止、跡地利用等のために即日覆土、中間覆土及び最終覆土を施す計画である。

表 4.6 埋立工法の検討結果

項目	検討結果
埋立方式	セル方式 周辺環境保全のため、即日覆土によるセル方式を採用する
埋立順序	埋立地内の貯留構造物側（下流側）からの埋立を基本とする 浸出水発生量を抑制するため埋立区画を2区画に分け、下流側からの埋立を基本とする
埋立厚	1層の埋立厚： 法面小段高（5m）が廃棄物及び覆土厚の指標となるため、1層の埋立厚 2.5m を目安とする
覆土	<ul style="list-style-type: none"> 覆土材は自然由来発生土等を予定している。 覆土材の仮置き場は埋立地の上流部（南側）を予定する 廃棄物の飛散、流出防止、悪臭の飛散防止、景観の向上等、周辺環境保全の観点から、即日覆土等を行う

表 4.7 埋立方式の比較

	埋立方式	特徴	評価
サンドイッチ方式	 <p>サンドイッチ方式(全国都市清掃会議、1989)</p>	<p>埋立地内に廃棄物を水平に敷き均しし、廃棄物層と覆土層を交互に積み重ねる方式である。</p> <p>本方式は、一定の区間を廃棄物で埋立てた後に覆土をするため、一日の廃棄物量がある程度見込める大規模な埋立地や狭い山間部等の埋立地で適している。一日で所定の高さや広さを埋め立てるには、撒き出し面積を小さくせざるを得なくなり、結果として法面が生じる事となり、実質セル方式となる。</p>	△
セル方式	 <p>セル方式(全国都市清掃会議、1989)</p>	<p>埋立廃棄物の表層と法面に覆土を施し、セル状に仕上げる方式であり、現在最も多く用いられている方式である。</p> <p>一つのセルの大きさは、通常、一日の埋立処分量によって決まる。埋立層がセルごとに独立するため、廃棄物の飛散防止、悪臭・衛生害虫等の発生防止に効果が高く周辺環境保全の視点で優れる。</p>	○

出典：「計画・設計・管理要領」

4.4 埋立地造成計画

4.4.1 造成計画

(1) 基本条件

本計画における土工条件を表 4.8 に示す。

計画地の西側及び東側は1:1.2程度の急勾配な切土面となっており、埋立地を計画するにあたり、切土高が高くなるため、なるべく切土が生じないよう盛土構造を基本として計画する。

表 4.8 土工条件

項目		計画値	
埋立地内	盛土勾配	1 段目	1 : 2.0
		上記以外	1 : 1.8
	切土勾配	1 : 2.0	
	小段幅	5m 毎に 2m	
埋立地外	盛土勾配	1 : 2.0	
	切土勾配	1 : 1.2	
	小段幅	10m 毎に 2m	

(2) 埋立地内の法面勾配

【盛土勾配】

埋立地内には「4.6 遮水工」で示すとおり、遮水シートの敷設が必要である。

このため、法面勾配は「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令の運用に伴う留意事項について」（平成10年7月16日付け環水企第301号・衛環第63号）の基準に基づき、保有水が溜まりやすい下段部（1段目法面部）は1:2.0を採用し、底盤部と同程度の遮水構造とする。

また、現況地形を活かし、できる限り掘削部を小さくするため、2段目から上部の法面については、法面勾配を1:1.8とし、この部分にはモルタル吹付けの表面に基準省令に基づく遮水構造を敷設する。（基準省令第1条第1項第5号イ(1)）

<基準省令運用通知（抜粋）>

(二) 法面の遮水層

埋立地の法面勾配は、遮水工の施工性、滑り、盛土の安定性の観点から50パーセント未満を原則とすること。

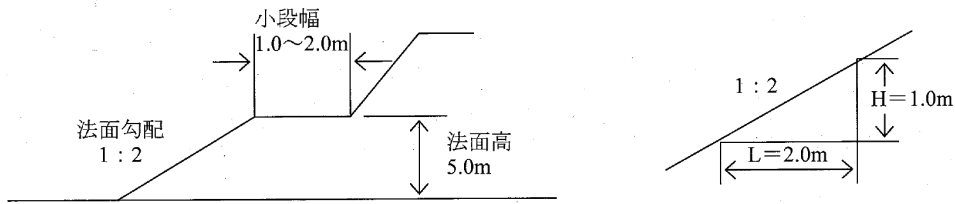
<基準省令（抜粋）>

第1条第1項第5号イ(1)

次のいずれかの要件を備えた遮水層又はこれらと同等以上の効力を有する遮水層を有すること。ただし、遮水層が敷設される地盤のうち、その勾配が50パーセント以上であつて、かつ、その高さが保有水等の水位が達するおそれがある高さを超える部分については、当該基礎地盤に吹き付けられたモルタルの表面に、保有水等の浸出を防止するために必要な遮水の効力、強度及び耐久力を有する遮水シート若しくはゴムアスファルト又はこれらと同等以上の遮水の効力、強度及び耐久力を有するものを遮水層として敷設した場合においては、この限りでない。

【小段幅】

埋立地内の小段幅は計画・設計・管理要領に基づき、『法面高 5m 毎に小段幅 2m』とする。



出典：計画・設計・管理要領

(3) 埋立地外の法面勾配

【盛土勾配】

埋立地外の盛土法面勾配は、「道路土工－盛土工指針（平成22年度版）社団法人日本道路協会」において、以下のような標準的な法面勾配の目安が示されている。埋立地外の盛土法面勾配は、この目安を参考として、1:2.0以上と設定し、長期間風雨に曝されるため1:2.0の勾配を確保する。

表 4.9 土質区分別法面勾配表

盛土材料	盛土高 (m)	勾配	摘要
粒度の良い砂 (S)、礫及び細粒分混り礫 (G)	5 m以下	1:1.5~1:1.8	基礎地盤の支持力が十分にあり、浸水の影響がなく、5章に示す締固め管理基準値を満足する盛土に適用する。 ()の統一分類は代表的なものを参考に示したものである。 標準のり面勾配の範囲外の場合は安定計算を行う。
	5~15m	1:1.8~1:2.0	
粒度の悪い砂 (SG)	10m以下	1:1.8~1:2.0	
岩塊 (ずりを含む)	10m以下	1:1.5~1:1.8	
	10~20m以下	1:1.8~1:2.0	
砂質土 (SF)、硬い粘質土、硬い粘土 (洪積層の硬い粘質土、粘土、関東ローム層)	5 m以下	1:1.5~1:1.8	
	5~10m	1:1.8~1:2.0	
火山灰質粘性土 (Y)	5 m以下	1:1.8~1:2.0	

※盛土高は、のり肩とのり尻の高低差をいう（解図 4-3-2 参照）

出典：「道路土工－盛土工指針（（社）日本道路協会、平成22年）」

【切土勾配】

埋立地の周囲を急勾配な切土法面で囲われているため、「道路土工一切土工・斜面安定工指針（平成21年度版）社団法人日本道路協会」において、以下の標準的な法面勾配の目安を参考にし、現況切土勾配（1:0.5～1:0.8）に合わせて1:0.8とする。

表 4.10 土質区分別切土法面勾配表(参考)

地山の土質		切土高	勾配
硬岩			1:0.3～1:0.8
軟岩			1:0.5～1:1.2
砂	密実でない粒度分布の悪いもの		1:1.5～
砂質土	密実なもの	5m以下	1:0.8～1:1.0
		5～10m	1:1.0～1:1.2
	密実でないもの	5m以下	1:1.0～1:1.2
		5～10m	1:1.2～1:1.5
砂利または岩塊混じり砂質土	密実なもの、または粒度分布のよいもの	10m以下	1:0.8～1:1.0
		10～15m	1:1.0～1:1.2
	密実でないもの、または粒度程度の分布の悪いもの	10m以下	1:1.0～1:1.2
		10～15m	1:1.2～1:1.5
粘性土		10m以下	1:0.8～1:1.2
岩塊または玉石混じりの粘性土		5m以下	1:1.0～1:1.2
		5～10m以下	1:1.2～1:1.5

出典：「道路土工一切土工・斜面安定工指針（社）日本道路協会、平成21年度版）

【小段幅】

法面小段は、法面を流下する雨水による浸食防止、法面部における雨水集排水機能、管理通路としての機能を併せて持つことを目的として設置される。

林地開発許可基準に基づき、10m毎に2.0mの小段を設ける。

(2) 切土は、次によること。

- ア 法面の勾配は、地質、土質、切土高、気象及び近傍にある既往の法面の状態等を勘案して現地に適合した安全なものとする。
- イ 土砂の切土高が10メートルを超える場合には、原則として高さ5メートルないし10メートル毎に幅1～1.5メートル程度の小段を設置するほか、必要に応じ排水施設を設置する等崩壊防止の措置を講ずること。
- ウ 切土を行った後の地盤にすべりやすい土質の層がある場合には、その地盤にすべりが生じないよう杭打ちその他の措置を講ずること。

出典：「森林法に基づく林地開発許可申請の手引き」

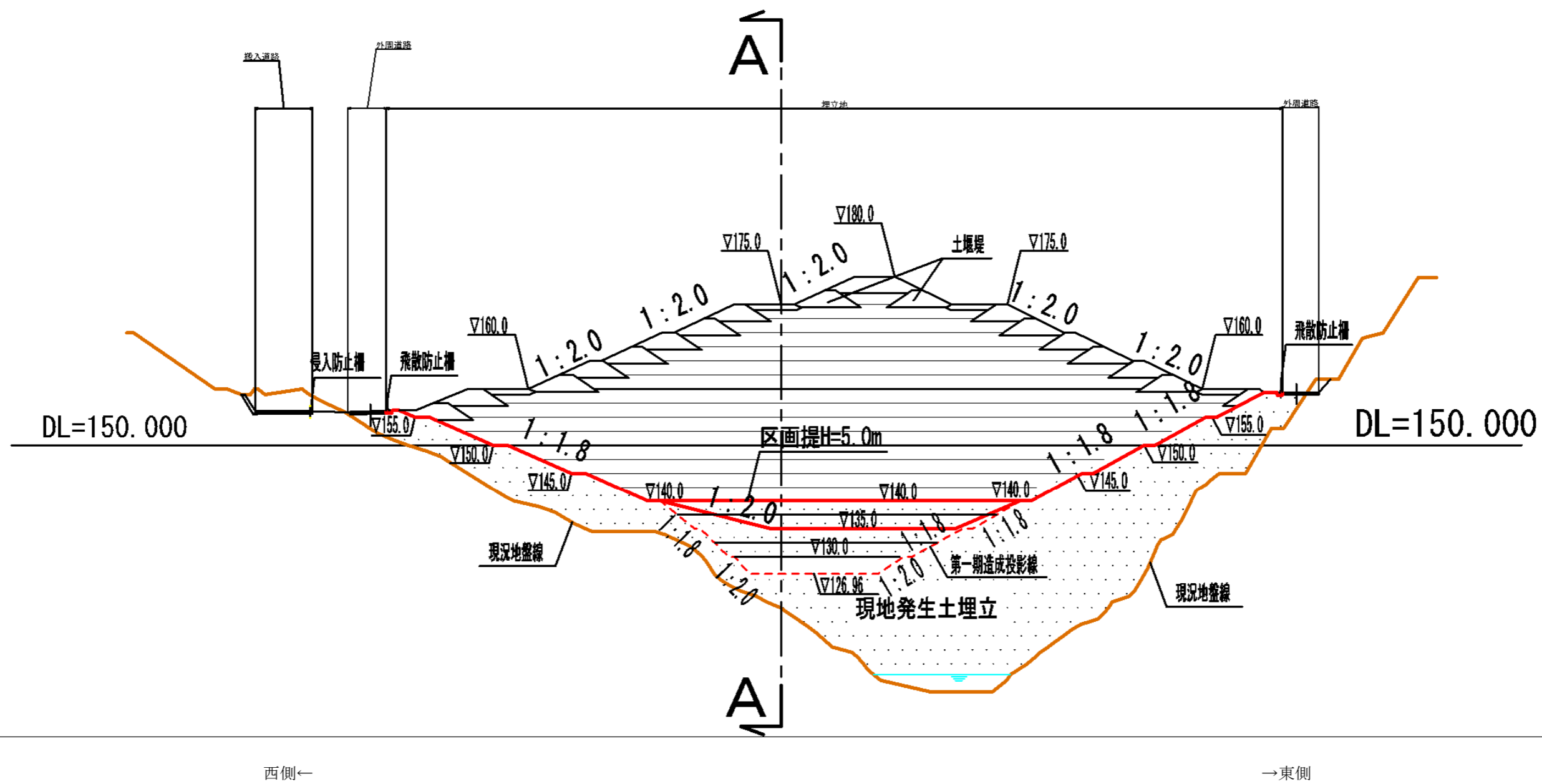


図 4.6 造成計画(横断面)

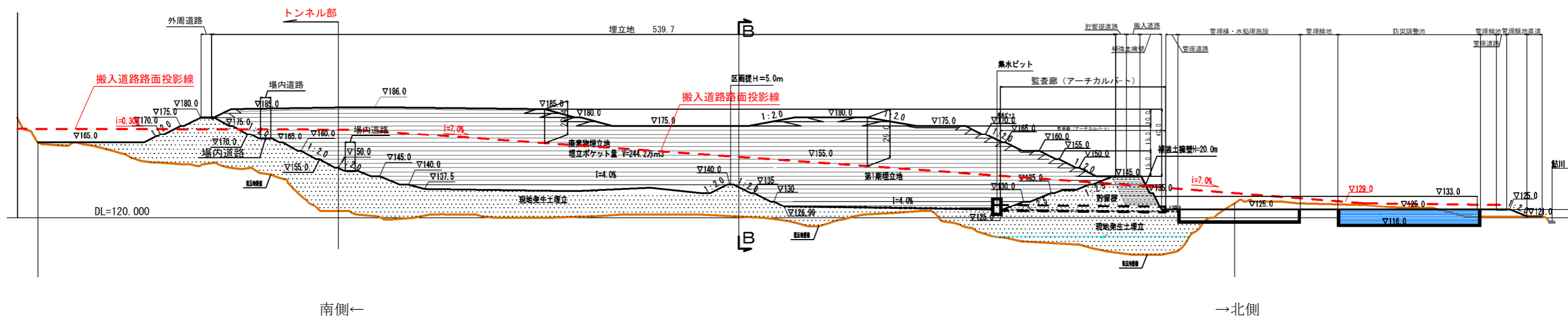


図 4.7 造成計画(縦断図)

4.5 貯留構造物

4.5.1 目的と機能

貯留構造物は、廃棄物層の流出や崩壊を防ぎ、埋め立てられた廃棄物を安全に貯留するために設けられる。

貯留構造物に求められる機能は以下のとおりである。

- ① 廃棄物の貯留機能
- ② 浸出水の流出遮断機能
- ③ 浸出水の集水・取水機能
- ④ 洪水調節機能

4.5.2 構造形式

貯留構造物の構造形式と各々の特徴を表 4.11 に示す。

本処分場の建設予定地は、山間の谷地形であり、貯留構造物のタイプは、北側に堰堤を配置し締め切ることによって廃棄物を貯留できることから、「堰止めタイプ」となる。

本処分場は、谷地形かつ大規模容量を要するため、用地規模の厳しい平坦地で中規模の処分場で採用されやすいコンクリート擁壁は、柔軟な配置が困難なため不適とする。また、重力式コンクリートダムとロックフィルダムは、アースダムと比べ経済性に劣るとともに、強固な基礎地盤が必要となる。

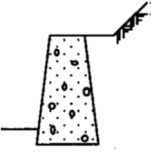

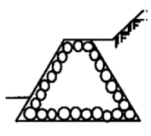
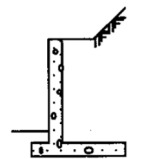
以上より、本処分場の貯留構造物形式は、安定性・施工性・経済性を比較した結果、基礎地盤の良否に大きく左右されない、盛土構造によるアースダムを採用する。

なお、貯留構造物の形状、高さ、材料については、基礎地盤の性質を考え、すべりが生じないように設定する必要がある。

貯留構造物の下流側は、管理スペースを確保するため、法面勾配を 1 : 0.6 と計画している。このため、標準法面勾配 1 : 1.8 ~ 1 : 2.0 よりも急勾配となることから、高さ約 10m の補強盛土を計画する。補強盛土は道路土工擁壁工指針では 18m 程度の高さが可能とされている。

補強盛土の詳細については今後、設計段階において検討を行う。

表 4.11 貯留構造物の構造形式

項目形式	断面	堤高	安定性	施工性	経済性	その他
重力式コンクリートダム		必要な高さを築造できる。	堤体自身の安全性は大きいですが、強固な基礎岩盤が必要であり地質的条件に限られる。	コンクリートボリュームが多く品質管理、養生期間の確保等、盛土ダムに比べて施工性は劣る。	大量のコンクリートが必要であり盛土ダムに比べて高価である。	大規模埋立地に適する。
		○	△	△	△	○
盛土ダム	アースダム		同上	施工は比較的容易である。締固め施工管および盛立て材と不透水性材の品質管理を十分に行う必要がある。	堤体材料は現地発生土の利用を原則としているので経済的である。	地盤に左右されず大容積の埋立地をつくれる。法面緑化ができ自然との調和がとれ美観上最も優れている。
盛土ダム	ロックフィルダム		同上	同上	同上	大規模埋立地に適しているが、盛立て材の岩石採取が容易な地点が少ない。
コンクリート擁壁		15m 位までが限界と考えられる。	滑動に対する安定、背面の排水を良くして水圧が働かないようにすることなどに注意が必要である。	底面の凹凸の著しい地形では施工が複雑になる。鉄筋コンクリートの品質、施工管理を確実に行う。	擁壁自身の工事費は比較的安い。高さ制限があるため、大規模な施設では経済性に劣る。	平坦地の中規模以下の埋立地に適している。
		△	△	△	○	△

(○：本計画建設予定地に適する、△：本計画建設予定地に適さない)

出典：「計画・設計・管理要領」

4.6 遮水工

4.6.1 遮水構造

(1) 遮水工の機能と役割

遮水工は、埋立地の地形や地盤の透水性、地下水等の状況に応じて、浸出水による周辺地下水の水質汚濁防止のため、埋立地内の浸出水が外部へ漏出しない構造とし、次のような各種機能を組み合わせて対応する。

表 4.12 遮水工に求める機能

項目	求める機能	事例
遮水機能	浸出水による地下水及び河川の汚染を防止する機能	<u>遮水シートなど</u>
損傷防止機能	基礎地盤の凹凸や廃棄物中の異物による損傷を防止する機能	<u>不織布による保護マットなど</u>
汚染拡散防止機能	万一、遮水シートが損傷した場合に、 <u>修復までに必要な期間を確保して地下水汚染の拡散等を防止するためのバックアップ機能</u>	<u>ベントナイト混合土層の設置など</u>
損傷モニタリング機能	遮水機能の損傷状況をモニタリングする機能	<u>漏水検知システムの設置など</u>
修復機能	破損箇所を自ら修復し、所定の不透水性が確保できる機能	<u>GCL（ベントナイト複合遮水ライナー）※の設置など</u>

※GCL：シートに配合したベントナイトが水を吸収して膨潤することで穴をふさぎ、漏水を防ぐ機能を有する。

(2) 遮水工の分類

遮水工は表面遮水工と鉛直遮水工に大別される。

表面遮水工は、埋立地の底部及び法面の遮水を行うため、遮水シート及び粘性土などにより、不透水層と同等以上の遮水効力を有する人工層を構築する方法である。

鉛直遮水工は、省令基準では埋立地の地下全面に不透水層が確認されている場合の措置とされており、地下水の水平方向への流れを抑止し、汚染物質の地下水による移流・拡散を阻止するため、鉛直方向に鋼矢板などの遮水層を設けるものである。

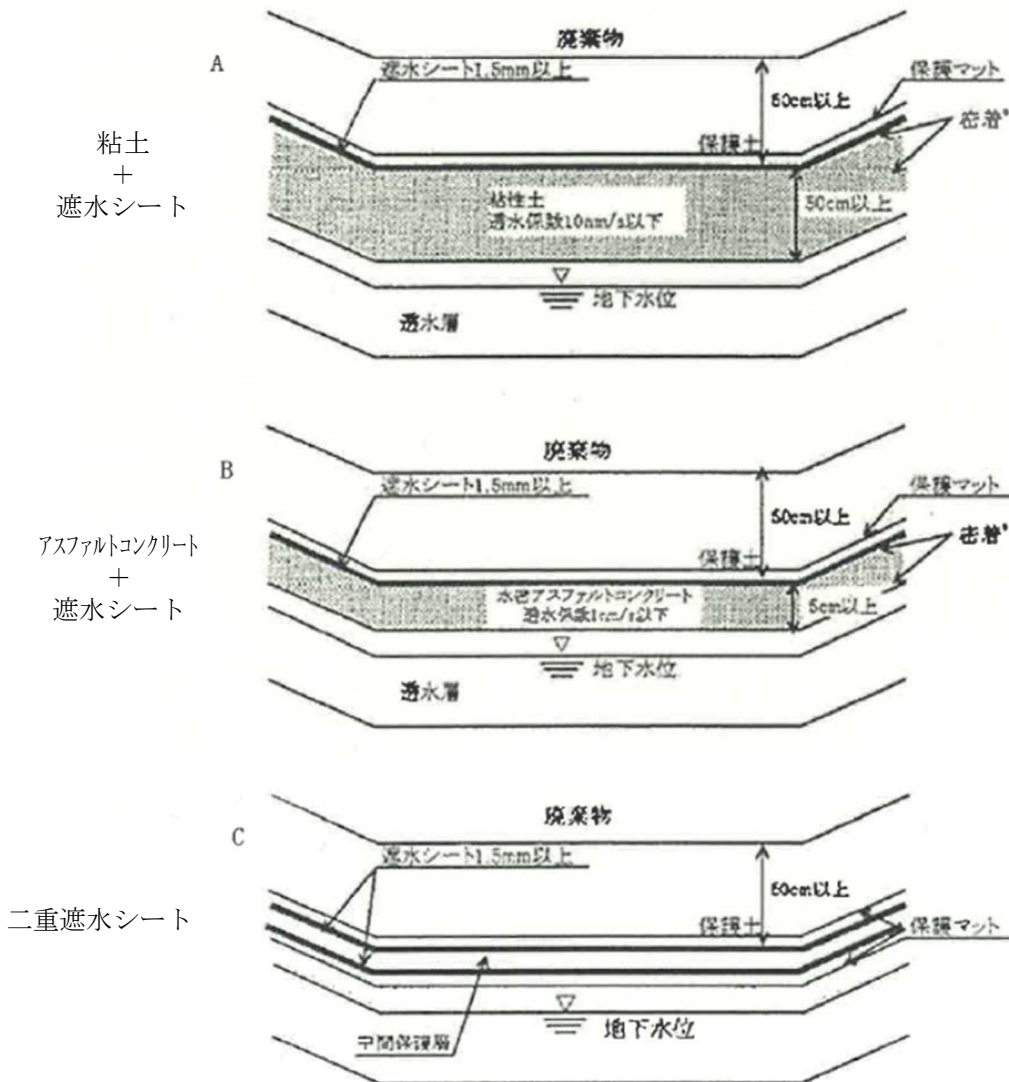
本処分場においては、浸出水による地下水汚染を防止するため、多数の実績を有する表面遮水工を採用する。

(3) 表面遮水工の比較

ア 省令による基準

最終処分場の技術上の基準は、基準省令で定められており、表面遮水工の遮水構造は、以下のタイプのもものが示されている。

- A: 透水係数 10nm/s 以下で厚さ 50cm 以上の粘土などの表面に遮水シートが敷設されたもの。
 B: 透水係数 1nm/s 以下で厚さ 5cm 以上の水密アスファルトコンクリートなどの表面に遮水シートが敷設されたもの。
 C: 不織布などの表面に二重の遮水シートが敷設されたもの。二重遮水シートの間には、上下の遮水シートが同時に損傷しないように不織布などが敷設されたもの。



出典：廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領 2010 改訂版 社団法人全国都市清掃会議 p239

表 4.13 基準省令による表面遮水工の比較

	基準省令 A 粘土+遮水シート	基準省令 B アスファルトコンクリート+遮水シート	基準省令 C 二重遮水シート
概要	<p>透水係数 $k = 1.0 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 以下</p>	<p>透水係数 $k = 1.0 \times 10^{-7} \text{cm/sec}$ 以下</p>	
構造	厚さが 50cm 以上であり、かつ、透水係数が 10nm/秒 ($=1 \times 10^{-6} \text{cm/秒}$) 以下である粘土その他の材料の層の表面に遮水シートが敷設されていること	厚さが 5cm 以上であり、かつ、透水係数が 1nm/秒 ($=1 \times 10^{-7} \text{cm/秒}$) 以下であるアスファルト・コンクリートの層の表面に遮水シートが敷設されていること	不織布その他の物の表面に二重の遮水シートが敷設されていること
信頼性	<ul style="list-style-type: none"> 粘性土層の厚み 50cm と大きいため、シートと粘性土層の同時破損のリスクが小さい 	<ul style="list-style-type: none"> アスファルトコンクリート層のため、鋭利なものに対しての貫通抵抗がある アスファルトコンクリートの打ち継ぎ目及び端部の遮水性に注意が必要 地下水の揚圧力に対する抵抗性が低い 	<ul style="list-style-type: none"> 工場製品のため、材料の調達が容易であり、品質の管理もし易い 低透水性の素材である（透水係数 0.075pm/s ($=0.075 \times 10^{-10} \text{cm/秒}$)) ※設計要領より 採用実績多数 鋭利な突起物に弱い<u>ため、保護土や保護マットによる保護が必要</u>
追従性	<ul style="list-style-type: none"> 地盤沈下に対する追従性が低い 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤沈下に対する追従性が低い 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤への追従性が良い
法面部	<ul style="list-style-type: none"> 法面部の締固めが困難 	<ul style="list-style-type: none"> 緩勾配でないと (1:5) 施工が困難となる 	<ul style="list-style-type: none"> 法面勾配が急でも対応できる
施工性	<ul style="list-style-type: none"> 地下水がある場合、<u>粘性土が膨潤すること</u>があり、<u>施工が困難</u> 	<ul style="list-style-type: none"> アスファルトコンクリートの施工、養生が必要だが容易 	<ul style="list-style-type: none"> 遮水シートを熱溶着で<u>接続して敷設するため、施工性は良い</u>

イ エコフロンティアかさまの遮水構造

エコフロンティアかさまの遮水構造を図 4.8 に示す。エコフロンティアかさまでは、熱可塑性ポリウレタンシートと自己修復シート（GCL：ベントナイト複合遮水ライナー）の二重の遮水シートとベントナイト混合土及び水密性アスファルトコンクリートによる四重の遮水工としている。また、漏水検知システムによるバックアップ機能を持たせた構造となっている。

表面遮水工では、地下水汚染のリスクを低減するため、遮水工の損傷確率と遮水工が損傷した場合の漏水による汚染確率を低減させることが重要となっている。

遮水工の損傷確率を下げる方策として、i) 下地基盤の整形、ii) 遮水シート上下面の保護マットの施工、iii) 保護土の施工、iv) 遮水シートと自己修復材の併用などがある。

エコフロンティアかさまでは、損傷確率を下げる方策として、重機などの突起物に対する耐通貫性に優れた材質としてポリウレタンシートを採用し、厚さを 1.5mm から 2.0mm に増加させる方策を講じている。また、遮水シートの下に自己修復材として、GCL（ベントナイト複合遮水ライナー）を採用している。

漏水による汚染確率を下げる方策としては、損傷検知システムの設置や多重遮水シートの採用などがある。

エコフロンティアかさまでは、漏水による汚染確率を下げる方策として、後述する損傷検知システムを採用するとともに、ベントナイト混合土、水密性アスファルトコンクリートの遮水工を追加し、多重遮水構造としている。

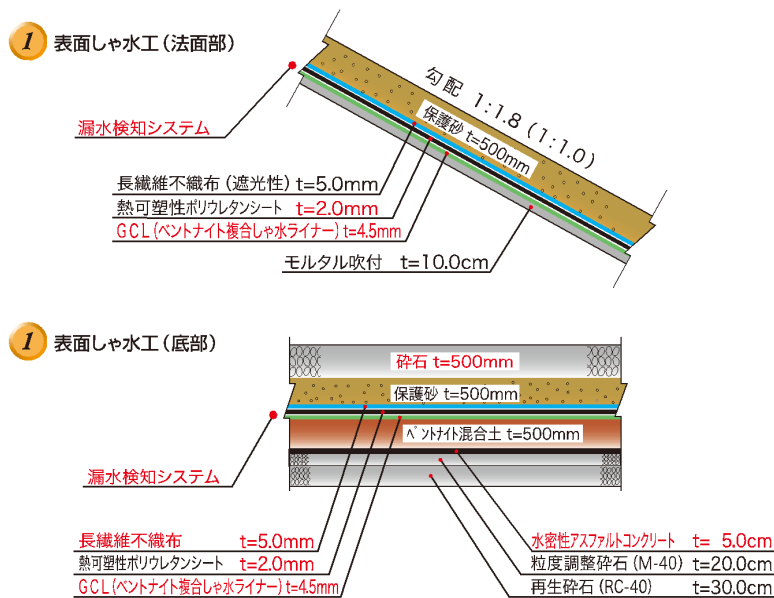


図 4.8 エコフロンティアかさまの遮水構造

ウ 全国の遮水工採用事例

表 4.14 に全国の公共処分場施設における遮水工の最新事例を示す。事例では、いずれも二重遮水シート構造及び漏水検知システムを基本として、自己修復性シート、ベントナイト碎石を付加した事例が増えてきている。

表 4.14 公共処分場施設における遮水工の最新事例

	施設規模 (m ³)	竣工年	遮水構造 (底盤部)
沖縄県	約 9 万 m ³	2019 年	<u>二重遮水シート+漏水検知システム</u>
鹿児島県	約 84 万 m ³	2014 年	<u>二重遮水シート+漏水検知システム</u> <u>+自己修復材+水密アスファルトコンクリート</u> <u>+ベントナイト混合土</u>
熊本県	約 42 万 m ³	2015 年	<u>二重遮水シート+漏水検知システム</u> <u>+底面部コンクリート+ベントナイト混合土</u> <u>+セメント改良土</u>
栃木県	約 60 万 m ³	2022 年 竣工予定	<u>二重遮水シート+漏水検知システム</u> <u>+自己修復性シート+ベントナイト碎石</u> <u>+セメント改良土</u>
岩手県	約 61 万 m ³	2023 年 竣工予定	<u>二重遮水シート+漏水検知システム</u>

エ 二重遮水シート構造の採用

基準省令に定められている3つの構造を比較すると、「二重遮水シート」は、追従性や施工性も良好であり、全国での採用事例も多い。

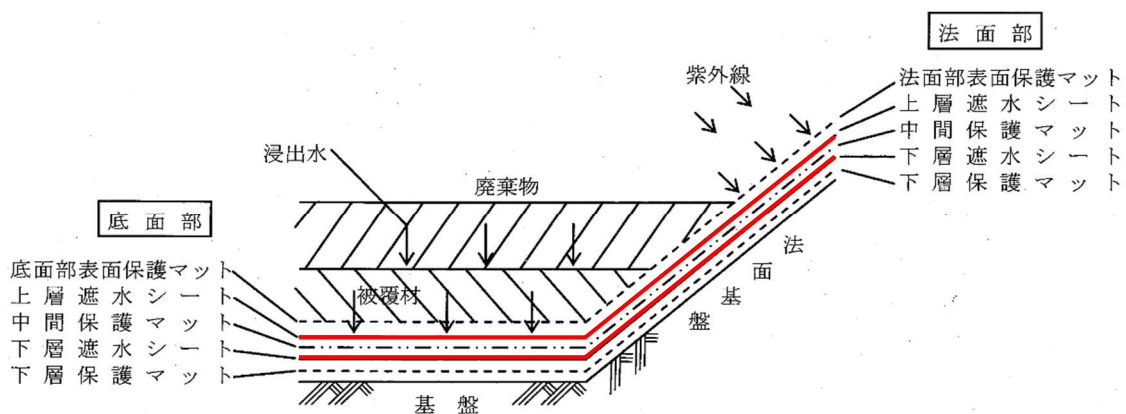
近年の遮水シートは、強靱性、柔軟性に優れ、地盤への追従性が良く、法面勾配にも対応可能であり施工性に優れている。また、遮水シートは、他の遮水材と比べ非常に小さい透水係数であり、全国でも採用実績が多いことから「二重遮水シート構造」を本計画における遮水構造の基本とする。

【二重遮水シート構造の採用理由】

- ・ 底盤部と法面部が連続するため、底盤部と法面部の接続部の遮水性を確保できる
- ・ 地盤への追従性が良く、不等沈下にも対応できる
- ・ 材料の調達や品質の管理が容易であり経済性に優れている
- ・ 非常に透水係数が小さいため漏水のリスクが極めて小さい
- ・ 地下水等の湧水がある場合でも施工が可能
- ・ 採用実績が多数あり、施工方法が確立されており高品質な施工が可能

二重遮水シート構造の基本構造を図 4.9に示す。

- ①表面保護層（底面部：損傷防止、法面部：遮光性）
- ②遮水シート（上部）
- ③中間保護層
- ④遮水シート（下部）
- ⑤底面部保護層（損傷防止）
- ⑥下地処理
- ⑦基礎地盤



出典：「設計・管理要領」

図 4.9 二重遮水シート構造の概念図

(4) 本処分場の遮水工について

本処分場では、基準省令に基づく二重の遮水シートを基本とし、遮水工に求められる機能をより一層満たすため、土質系遮水材や自己修復性シートなどを多重に組み合わせた構造とする。

本処分場における遮水工の考え方を表 4.15 に示す。

表 4.15 本処分場における遮水工の考え方

求める機能	本処分場における遮水工の考え方
遮水機能	二重遮水シートによる高い遮水機能の確保
損傷防止機能	不織布の保護マット及び遮水工表層における保護土の設置による遮水シートの損傷防止機能の確保
汚染拡散防止機能	土質系遮水材（ベントナイト砕石）及び水密性アスファルトコンクリートの採用による汚染拡散防止機能の確保
損傷モニタリング機能	漏水検知システムの採用による精度の高い損傷モニタリング機能の確保
修復機能	自己修復性シート（GCL）の採用による修復機能の確保

本処分場では、基準省令に基づく二重の遮水シートに加え、ベントナイト砕石、水密性アスファルトコンクリート及び自己修復シートである GCL（ベントナイト複合遮水ライナー）による多重の遮水構造とする。

自然系素材の遮水工であるベントナイト砕石及び水密性アスファルトコンクリートを用いることで、万が一、遮水シートが破損した場合に、地下水汚染を防止する。また、早期に破損箇所の特定期間・修復を行うための、漏水検知システムによるバックアップ機能を有する構造とする。

法面部については、浸出水が溜まりやすい1段目を底盤部と同程度の遮水構造とし、2段目から上部は浸出水が滞水する可能性は低いため、二重遮水シート構造に自己修復シート（GCL）及び漏水検知システムによる構造を計画する。

本処分場における遮水工構造を表 4.16、図 4.10 に示す。

また、エコフロンティアかさまと本処分場の遮水構造の比較を表 4.17 に示す。

表 4.16 遮水工基本構造概念図(底盤部・法面部)

概念図		遮水工構造【底盤部】	主な目的
上層	<p>【底盤部】</p>	保護土 100cm	廃棄物等による遮水工への損傷防止
		保護マット (短繊維)	保護土中の角礫による遮水シートの損傷防止
		遮水シート 1.5mm	浸出水の漏水防止
		漏水検知システム (電氣的漏水検知)	万が一の遮水シート破損による漏水が発生した場合、漏水箇所の特定
		GCL (ベントナイト複合遮水ライナー) 4.5mm	ベントナイトライナーによる自己修復機能の確保
		遮水シート 1.5mm	浸出水の漏水防止
		保護マット (短繊維)	遮水シートの損傷防止
		ベントナイト碎石 10cm	万が一の遮水シート破損時の、汚染拡散防止
下層	<p>【法面部】</p>	保護土 50cm	廃棄物等による遮水工への損傷防止
		保護マット (長繊維)	保護土の角礫による遮水シートの損傷防止
		遮水シート 1.5mm	浸出水の漏水防止
		漏水検知システム (電氣的漏水検知)	万が一の遮水シート破損による漏水が発生した場合、漏水箇所の特定
		GCL (ベントナイト複合遮水ライナー) 4.5mm	ベントナイトライナーによる自己修復機能の確保
		遮水シート 1.5mm	浸出水の漏水防止
		保護マット (長繊維)	遮水シートの損傷防止
		下地処理 (モルタル吹付) 10cm	基礎地盤の不陸整正

※赤字：国の基準以上の構造としている部分

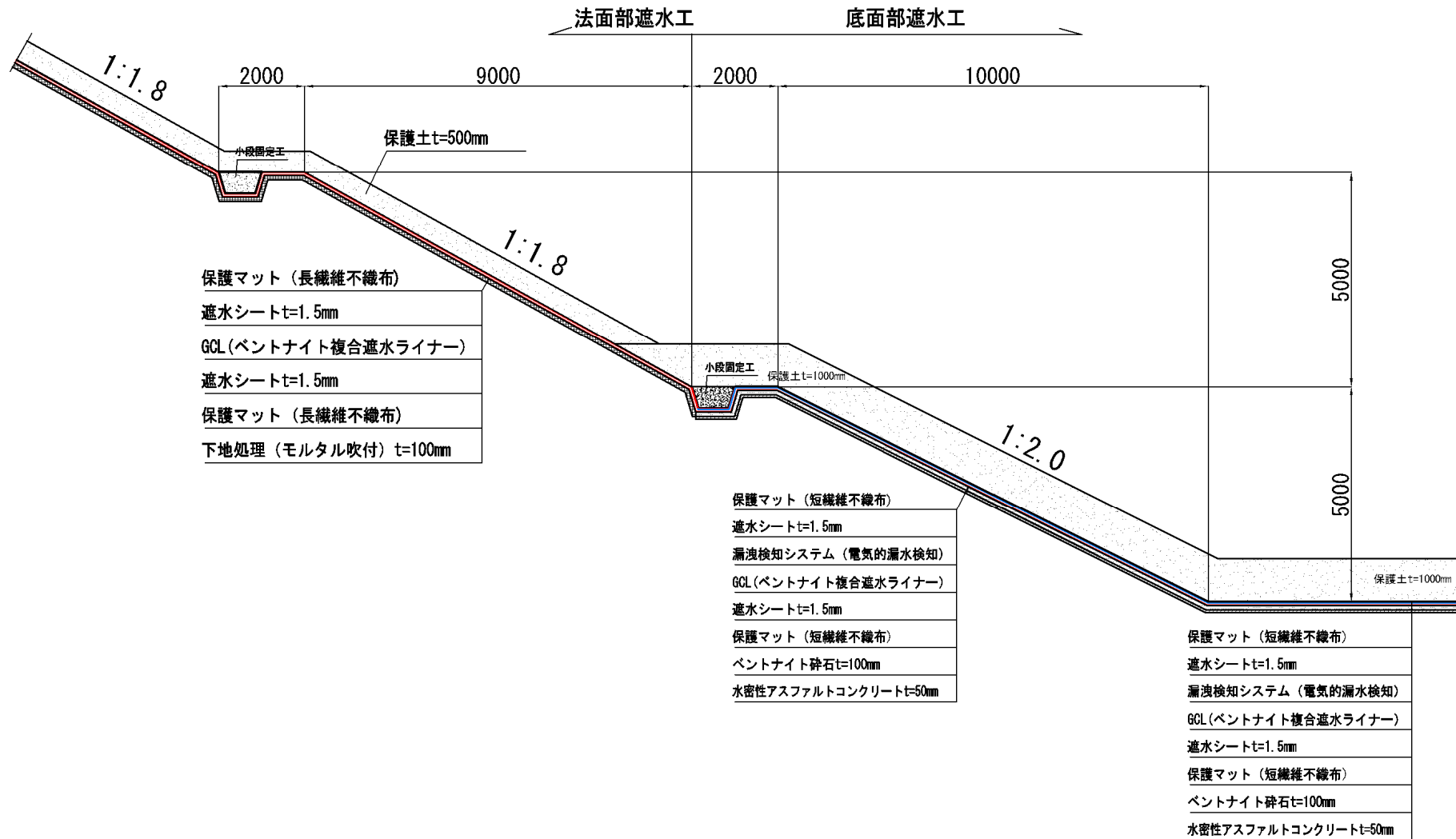


図 4.10 遮水工基本構造概念図(底盤部・法面部)

表 4.17 エコフロンティアかさまと本処分場における遮水構造の比較

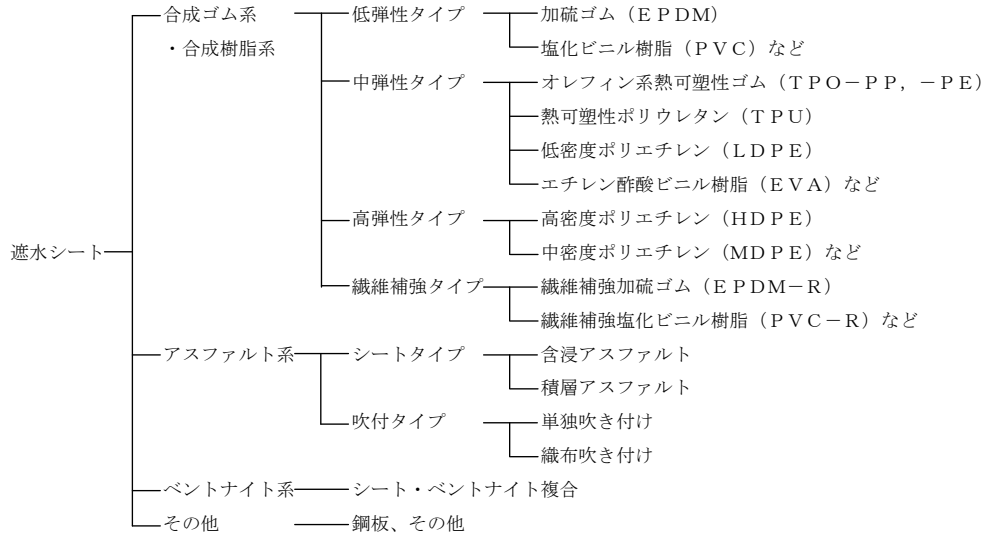
	エコフロンティアかさま	本処分場案
構造の特徴	遮水シート、ベントナイト混合土及び水密性アスファルトコンクリート、GCLによる四重の遮水構造及び漏水検知システムによるバックアップ機能を持たせている	二重の遮水シートとベントナイト砕石及び水密性アスファルトコンクリート、GCLによる五重の遮水構造及び漏水検知システムによるバックアップ機能を持たせる
遮水材	<ul style="list-style-type: none"> ・遮水シート（ポリウレタンシート）を採用（厚さ 1.5 mm→2.0 mm） ・ベントナイト複合遮水ライナー（厚さ 4.5 mm） ・ベントナイト混合土（50 cm） ・水密性アスファルトコンクリート（5 cm） 	<ul style="list-style-type: none"> ・二重遮水シート構造を採用（材質：合成樹脂系）（厚さ 1.5mm） ・ベントナイト複合遮水ライナー（厚さ 4.5 mm） ・ベントナイト砕石（10cm） ・水密性アスファルトコンクリート（5 cm）

※赤字：国の基準以上の構造としている部分

(5) 遮水材の種類と機能

ア 遮水シートの種類

遮水シートは材質により合成ゴム系・合成樹脂系、アスファルト系、ベントナイト系及びその他に分けられ、それぞれの特性や建設計画地への適用性を考慮する必要がある。



出典：「設計・管理要領(p. 242)」

図 4.11 遮水シート区分図

遮水シート区分図における遮水シート系統について比較したものを表 4.18 に示す。

各遮水シート系統を比較した結果、本処分場では法面形状の多い現地状況、シートの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し、『合成ゴム系・合成樹脂系』の遮水シートを選定する。

表 4.18 遮水シート区分の比較

	合成ゴム・合成樹脂系	アスファルト系	ベントナイト系
概要	加硫ゴム、またはポリエチレン、ポリプロピレン等の合成樹脂を <u>主体としたもの</u>	不織布などの基材に溶融したアスファルトを含侵したものや、アスファルトを積層させたものがある	不織布などの繊維でベントナイトを挟み込んで固定したものである。一般に、GCLと呼ばれ、厚さ4mm程度である
遮水性	0.01pm/s 以下 (1×10^{-12} cm/s 以下)	0.2pm/s 以下 (2×10^{-11} cm/s 以下)	0.1nm/s 以下 (1×10^{-8} cm/s 以下) 基準省令で定められた遮水工の厚さと透水係数の関係から、透水係数0.1nm/s であれば、厚さ5mm 以上が必要であるので、基準省令の規定を満足しないものがある
物理的特性	引張強度に優れる。 <u>高弾性から低弾性まで幅広いタイプがある</u>	引張強度は合成ゴム・合成樹脂系に比べて劣る。弾性体ではないので、一度変形したら復旧しない	引張強度は、上下面の繊維による。急斜面での施工は、ベントナイトが下方に偏る可能性がある
耐久性	直接紫外線に曝しても、20年以上の耐久性がある。促進暴露試験では、30～50年程度の耐久性が確認されている	直接紫外線に曝しても、10年以上の耐久性がある。長期使用により表面に亀裂が生じる	ベントナイトは自然由来の粘土成分であり、耐久性に問題はない
化学的特性	耐薬品性、耐油性について安定しているが、有機溶剤や高濃度の酸への抵抗力は小さい	耐薬品性について安定しているが、油、有機溶剤や高濃度の酸への抵抗力は小さい	強アルカリ・強酸に触れると膨潤力が低下する
熱安定性	-20℃～+60℃の範囲で十分使用できる	熱によりアスファルトが軟化すると、法面では下方にアスファルトが垂れるおそれがある	ベントナイトは自然由来の粘土成分であり、熱による影響はない
施工性	高弾性タイプは剛性が高く施工性が劣るが、中弾性タイプは施工性がよい。また、熱赤外線による接合幅管理も可能である	重量があるので、施工性に劣る。検査方法は真空法のみとなり検査には時間を要する	やや重たいが、接合作業がないので、施工性は悪くない 接合管理は、重ね幅のみ管理となる

特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・引張強度や伸度が高く、柔軟で下地によく追従し、耐久性や科学的安定性が高い ・中弾性、高弾性タイプについては、国内採用実績が多く、広く最終処分場にて採用されている 	<ul style="list-style-type: none"> ・不織布を基材として溶融したアスファルトを含侵させることで遮水シートとしたものである ・合成ゴムは弾性を示すのに対して、塑性を指名し、変形すると回復しない ・シート及び吹付タイプは、コンクリートピット等の特殊な直壁構造等に採用される事例が多い ・耐久性は高いが、長期使用により表面に亀裂が生じる可能性がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・ベントナイトシート、複合系は遮水シート単体としては扱わず、バックアップ機能の補完として採用される事例が多い ・鋼板等は特殊な直壁構造等に採用されるが、実績は希少となっている
評価	<ul style="list-style-type: none"> ・伸度等に優れ、下地追従性が高く、弾性を示す特性から、法面が多い本処分場に適している。 ・安全性の高い熱融着接合が可能であることに加え、接合幅管理の方法が多い 	<ul style="list-style-type: none"> ・引張強度等で合成ゴム・合成樹脂系と比べ劣る ・シートの接合方法や接合幅管理等の施工性についても合成ゴム・合成樹脂系と比べ劣る 	<ul style="list-style-type: none"> ・基準省令の規定に合致しない場合がある
	○	△	×

イ 合成樹脂系遮水シートの比較

『合成ゴム系・合成樹脂系』の遮水シートの種類の選定に当たっては、次の事項を踏まえ選定する必要がある。

<選定にあたって留意すべき事項>

- ・太陽光（紫外線）などによる劣化等耐久性を考慮すること
- ・シート間の接合は安全性の高い熱融着接合が可能な遮水シートを選定すること
- ・法面に対応できるよう柔軟性に富み、敷設、接合において作業効率に優れること
- ・沈下等に対応できる地盤追従性に優れること
- ・敷設時の作業性及び品質管理性に優れること

合成樹脂系の遮水シートは、引っ張りの強さや柔軟性の観点から、「低弾性タイプ」、「中弾性タイプ」、「高弾性タイプ」に分類される。

合成ゴム系・合成樹脂系の遮水シートの比較を表 4.19 に示す。

本処分場の遮水シートの材質については、中弾性タイプのシートは、下地追従性、熱安定性、施工性の面で優れており、近年、低密度ポリエチレン系など、柔軟性が高く、機械的強度も優れている素材も開発されていることから、中弾性タイプの遮水シートを採用する。

物性項目	単位	合成ゴム系・合成樹脂系		
		低弾性タイプ	中弾性タイプ	高弾性タイプ
		EPDM (エチレン・プロピレン・ジエンモノマー)	TPO (ポリオレフィン系エラストマー)	HDPE (高密度ポリエチレン)
材質	—	エチレンとプロピレンを共重合させたものにジエン成分を重合させた、加硫ゴムシート	熱融着ゴムシートと呼ばれており、オレフィン系TPEにEPDMが含まれているシート	エチレンの重合体であり、低圧で重合させたシート
単位体積重量	g/cm ³	1.21	1.02	0.95
単位面積重量	kgf/m ²	1.81 (厚さ 1.5mm)	1.53 (厚さ 1.5mm)	1.42 (厚さ 1.5mm)
引張強さ	kgf/cm ²	75~150	75~200	220~350 (降伏点強度 200~250)
破断時の伸び率	%	450~600	450~800	450~850 (降伏点伸び 10~20%)
引裂強さ	kgf	3~8	9~20	20~25
1%割線弾性係数	kgf/cm ²	110	1,400	4,900
線膨張係数	×10 ⁻⁴ /°C	1.6	2.0	1.9
最大摩擦係数	乾燥豊浦砂	0.90	0.77	0.43
	長繊維不織布	0.49	0.35	0.16
	短繊維不織布	0.57	0.31	0.12
温度変化で発生する熱応力計算例	kgf/m	冬(-5~35°C) 夏(25~70°C) 春(10~60°C) 10 (厚さ 1.5mm として算出)	226 99 162 (厚さ 1.5mm として算出)	667 353 532 (厚さ 1.5mm として算出)
耐熱性	°C	100	—	50~100
耐寒性	°C	-40	—	-70
物理的特性		<ul style="list-style-type: none"> 引張強度、引裂き強度が比較的弱い 低応力高伸長(弾性に富む)であるため、下地への追従性に優れている 	<ul style="list-style-type: none"> 強度的には低弾性タイプよりも引張強度は大きく、特に引裂き強度は2倍以上の強度を有する EPDMと比較して柔軟性が劣るもののHDPE程ではない 	<ul style="list-style-type: none"> 結晶部分が多く密度が高いため、機械的強度(引張、引裂き、貫入強度)が良好である 剛性があるため下地追従性は低い ストレスクラッキング性はマルチデックスの低い材料の使用で解決されている
耐久性		<ul style="list-style-type: none"> EPDMは一般的に耐候性、耐オゾン性に優れているという性質を有している 	<ul style="list-style-type: none"> EPDMが含まれていることにより耐候性、耐オゾン性には良好である 	<ul style="list-style-type: none"> 耐候性については2~3%のカーボンブラックを添加することにより改善された
化学特性		<ul style="list-style-type: none"> 耐薬品性、耐油性については、アルコール・ケトン等の極性の強い溶媒無機塩類、酸、アルカリについて極めて安定である 有機溶媒、鉱物・動植物油や高温での高濃度の酸には抵抗力は小さい 	<ul style="list-style-type: none"> 強酸、脂肪族溶媒、石油類を除いて耐薬品性は良い 	<ul style="list-style-type: none"> 結晶部分が多く耐薬品性は、遮水材の中では最も良い。
熱安定性		<ul style="list-style-type: none"> 加硫工程により立体的な分子間結合をしているため高温から低温まで安定した物性を保持する 脆化温度は-55°Cより低く、この温度でも可撓性があり低温特性は良い 	<ul style="list-style-type: none"> 常温(50°C以下)では低弾性タイプと同様弾性に富み、高温(100°C以上)では普通の熱可塑性を示すという高分子材料である 低温ではゴム弾性を失う 	<ul style="list-style-type: none"> 熱収縮は例えば50°Cの温度差で1%の変化がある
施工性		<ul style="list-style-type: none"> シートが柔軟で作業性に優れているが接着剤で接合するため、接合作業は降雨時、多湿時にはできない 	<ul style="list-style-type: none"> 低弾性タイプと比較して柔軟性はやや劣るものの、熱融着接合が可能のため作業性はよい 	<ul style="list-style-type: none"> 剛性が高く取扱が困難、接合(熱融着)に比較的高度の技術を要する。また、温度変化で発生する熱応力が大きい
総合評価		<p>弾力性、耐候性に優れ、下地追従性が良いが、機械的強度が低く、埋立作業等による衝撃により破断する可能性がある。また、接着材による接合のため作業性に劣る</p>	<p>高弾性タイプに比べて引張強度、引裂き強度は若干劣るものの、日本遮水工協会の自主基準に対して十分な強度を有する。また、下地追従性、熱安定性、施工性の面で高弾性タイプに比べて非常に優れる</p>	<p>機械的強度が高いが、剛性があり下地追従性が低く、施工性についても他のシートに比べて劣る</p>

表 4.19 遮水シートの比較(参考)

※「廃棄物最終処分場遮水システムハンドブック」(平成20年1月、最終処分場技術システム研究協会)、「廃棄物最終処分場技術システムハンドブック」(平成11年2月、最終処分場技術システム研究会)、「ダブルライナー型最終処分場及び漏水検知システムの動向」(平成7年3月、(株)NTS)、「ごみ埋立地の設計施工ハンドブック—シャ水工技術—」を基に作成

ウ 土質系遮水材の種類

本処分場においては、基準省令による二重遮水シート構造を採用するが、さらに安全性を高めるため、土質系遮水材についても検討する。なお、現処分場では、土質系遮水材として「ベントナイト混合土」を用いている。

近年では、より遮水工の安全性を高めるため、「ベントナイト混合土」に代わり、「ベントナイト砕石」を利用した工法が採用されている。本処分場では、比較検討の結果、ベントナイト混合土に比べ、層厚が薄くても遮水性能が高く、施工性・品質管理に優れているベントナイト砕石を採用することとする。

表 4.20 ベントナイト混合土及びベントナイト砕石の比較

項目	ベントナイト混合土	ベントナイト砕石
概要	ベントナイトと現地発生土もしくは購入土を、所定の混合率で混合し撒きだし締固めを行う工法	粒度調整されたベントナイトの撒きだし締固めを行う工法
透水係数	1.0×10^{-6} cm/sec以下（配合率による）	$1.0 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-9}$ cm/sec以下
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ・1日あたり約100m² ・現地発生土の性状によりベントナイト添加率を調整するなど透水係数が変化することから材料管理が煩雑となる 	<ul style="list-style-type: none"> ・1日あたり約300～500m² ・ベントナイト砕石は粒径が多様であることから、4tローラー等で締固めが可能であり施工が容易である
品質管理	現地発生土の性状（粒径・含水比等）及び混合工程によるばらつきが発生する可能性があり、品質管理が容易ではない	工場生産により粒度やメチレンブルー吸着量が管理されており、発生土との混合工程等が無く品質管理が容易である
施工実績	実績多数	<ul style="list-style-type: none"> ○神奈川県産業廃棄物最終処分場 ○栃木県産業廃棄物最終処分場（建設中） ○大崎地域広域行政事務組合 ○裾野市一般廃棄物最終処分場 ○宇都宮市一般廃棄物最終処分場（建設中）
経済性	ベントナイト砕石に比べて若干安価	ベントナイト混合土に比べて約1,000～1,500円/m ² 程度高価
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・層厚50cm ・トラベルタイム（遮水期間）約0.8年 ※透水係数$k=1 \times 10^{-6}$ cm/sec、水位差50cmを想定 	<ul style="list-style-type: none"> ・層厚10cm ・トラベルタイム（遮水期間）約5.3年 ※透水係数$k=1 \times 10^{-8}$ cm/sec、水位差50cmを想定 ※ベントナイト砕石の層厚については、トラベルタイム、施工性、他事例等を考慮し10cm以上とする
評価	経済性の面でベントナイト砕石より安価となるが、透水係数、施工性、品質管理の面ではベントナイト砕石に比べて劣る	ベントナイト混合土に比べて遮水性能が高く、施工性・品質管理についても優れている
	△	○

4.6.2 漏水検知システム

(1) 漏水検知システム・補修方法の必要性

廃棄物処理施設の整備を円滑に進めていくためには、施設の破損等の事態に即座に対応できるような早期発見・修復システムをあらかじめ組み込んでおくなど、施設の信頼性や安全性の向上を図る必要がある。特に、最終処分場においては、遮水シートの破損に伴う地下水汚染が懸念される事案もあることから、その対策が強く求められている。

このような問題に適切に対処するためには、早期に漏水箇所及び漏水規模を検知できるセンサー類を計画的に配置しておくとともに、破損箇所が発見された場合には、その修復が可能なシステムを整備しておく必要がある。

(2) 漏水検知システムの工法

万が一遮水シートが損傷した場合は、環境汚染を未然に防止するとともに適切な対策を行うため、漏水を迅速に検知する事が重要である。上述のとおり、昨今の最終処分場は、漏水検知システムを採用している事例が多く、施設の安全性を高める上で重要な設備であるため、本施設においても漏水検知システムを計画する。遮水シートの損傷（漏水）を検知する方法は、①電氣的検知法、または、物理的検知法である②圧力検知法、③水質調査法に大別できる。

① 電氣的検知法

遮水シート自体の電気絶縁性に着目して、遮水シートに生じた絶縁不良箇所の電位や電流の変化から損傷の有無とその位置を検知するものである。したがって、この方法は遮水シートの損傷を検知することで間接的に漏水の有無を判定する技術で、竣工後や供用時の維持管理に用いられている。

② 圧力検知法

二重の遮水シートで構成したブロック（袋構造の区画）ごとに専用のホースを取り付け、二重遮水シート間に生じる圧力の変化から損傷の有無とその位置を検知するものである。

③ 水質調査法

地下水集排水管やモニタリング井戸及び二重遮水シート間の排水を調査し、その水質変化から漏水の有無を直接検知するものである。しかし、地下水集排水管やモニタリング井戸を利用する方法では、漏水が確認されても漏水位置を特定することができない。

(3) 漏水検知システムの選定

漏水検知システムの比較を表 4.21 に示す。

物理的検知法（圧力検知法、水質調査法）は、遮水シートの損傷をブロック単位で検知する仕組みであるため、電氣的検知法に比べて検知精度が劣る。また、施工が煩雑となり施工不良が懸念される。

エコフロンティアかさまでは、性能や実績などを考慮し、電氣的検知法を採用した。

電氣的検知法には、電位測定法やパルス法、電流測定法などがあるが、エコフロンティアかさまでは、施工実績が多い「電位測定法」を採用した。

このため、本処分場では、エコフロンティアかさまでの実績や昨今の公共処分場施設の事例を踏まえ、電氣的検知法を採用するものとする。

表 4.21 漏水検知システムの比較

検知方法		電氣的検知法	物理的検知法				
			圧力検知法		水質調査法		
漏水検知の原理と方法		遮水シート自体の電気絶縁性に着目して、遮水シートに生じた絶縁不良箇所の電位や電流の変化から損傷の有無とその位置を検知するものである。したがって、この方法は遮水シートの損傷を検知することで間接的に漏水の有無を判定する技術で、竣工後や供用時の維持管理に用いられている	二重の遮水シートで構成したブロック（袋構造の区画）ごとに専用のホースを取り付け、二重遮水シート間に生じる圧力や水位の変化から損傷の有無とその位置を検知するものである		地下水集排水管やモニタリング井戸及び二重遮水シート間の排水を調査し、その水質変化から漏水の有無を直接検知するものである。しかし、地下水集排水管やモニタリング井戸を利用する方法では、漏水が確認されても漏水位置を特定することができない		
施工性		<ul style="list-style-type: none"> 施工方法によっては施工に手間がかかるが、工場生産により現場作業の軽減化等の対策はある 	○	<ul style="list-style-type: none"> 二重シートをさらに区画割する必要があるため施工に手間がかかる。 法面の多い処分場では構造が複雑になりやすい。 新たな構造物の設置等が必要となり手間がかかる 段階的な施工の際、構造が複雑になることもある。 	△	<ul style="list-style-type: none"> 新たな構造物の設置等が必要となり手間がかかる 段階的な施工の際、構造が複雑になることもある 	△
維持管理性		<ul style="list-style-type: none"> 湿分等、遮水構造の破損以外の要因による通電においても検知することもある（初期値の設定により対応可能） 精度管理や検知確認は専門的な知識が必要 	○	<ul style="list-style-type: none"> 真空管理装置を常設する際は計装設備の管理、補修は困難であるが、定期的な検知のみを行なう際はメンテナンスも同時に行うことも可能 	△	<ul style="list-style-type: none"> 計装設備の作動状況の管理や補修も容易 日常及び定期的な記録、点検で容易 	◎
漏水検知の性能	迅速性	<ul style="list-style-type: none"> 迅速な検知が可能（検査実行時のみ） 	◎	<ul style="list-style-type: none"> 迅速な検知が可能（検査実行時のみ可能だが、やや検査に時間を要する） 	○	<ul style="list-style-type: none"> 水量検査の場合は迅速 水質検査によるので時間を要する 	○
	検知精度（立地条件含む）	範囲：1～2 m ² 程度 損傷レベル：1 cm程度の損傷は確認可能	◎	範囲：ブロック毎（数百m ² 単位） 損傷レベル：直径1 mm程度の損傷は確認可能	△	範囲：ブロック毎（数百m ² 単位） 損傷レベル：浸出水の発生状況に左右される	△
	システムの異常	<ul style="list-style-type: none"> 日常点検の中でシステムの異常を発見可能 	◎	<ul style="list-style-type: none"> 日常点検の中でシステムの異常を発見可能 	◎	<ul style="list-style-type: none"> 日常点検の中でシステムの異常を発見することは困難 	△
漏水検知時の対応策		<ul style="list-style-type: none"> 埋立てた廃棄物を掘削し、シートを補修する 	○	<ul style="list-style-type: none"> 緊急時には、シート間に注入剤を注入することで廃棄物を除去することなく対策が可能（逆に廃棄物などの上載荷重が必要） 恒久時には、埋立てた廃棄物を掘削し、シートを補修する 	○	<ul style="list-style-type: none"> 埋立てた廃棄物を掘削し、シートを補修する 	○
経済性		<ul style="list-style-type: none"> 施工業者が限られるため比較的高価となる 	○	<ul style="list-style-type: none"> 施工業者が限られるため比較的高価となる。工事費は電氣的検知法と同程度となる 	○	<ul style="list-style-type: none"> 設置方法により大きく異なる 	—
総合評価		◎		○		△	

(◎：非常に優れる、○：優れる、△：劣る)