

は じ め に

ジオシンセティックス (Geosynthetics) とは、土木用途の高分子材料 (繊維、プラスチック、ゴムなど) を用いた製品の総称です。ジオシンセティックスは、材料が有する種々の機能を活かし、今日ではさまざまな建設工事の場で用いられます。近年では、東北地方太平洋沖地震に起因する福島第一原子力発電所の事故に係る除染廃棄物の適正保管においても、大いに利用されています。

ジオシンセティックス技術研究会は、上述のようなジオシンセティックスの研究開発、普及を目的とした産学官連携の研究会です。当研究会では、これまで、ガス透過性防水シートや一体型複合遮水シートなどのジオシンセティックスの研究開発を行ってきました。

それらの成果は、公益社団法人日本材料学会の「地盤改良」に関わる技術評価証明 第 1013 号 (ガス透過性防水シート) や、一般財団法人沿岸技術研究センターの港湾関連民間技術の確認審査・評価 第 06006 号 (一体型複合遮水シート) に認定されています。また、ガス透過性防水シートは、除染廃棄物仮置場の上部シートとして、広く使用されるに至りました。

本冊子は、平成 26 年 9 月に発行した「ガス透過性防水シートの除染廃棄物仮置場上部シートへの適用に向けた取り組み」の改訂版であり、初版発行以降、上述のガス透過性防水シートを中心に、当研究会が除染廃棄物の適正保管に関して取り組んできた内容を増補したものです。ガス透過性防水シートが実際に除染廃棄物仮置場で使用される中で明らかになった新たな技術課題とその対策に関する検討結果も示しています。

本冊子が、除染廃棄物の適正保管をはじめ多方面でお役立ていただき、お気づきの点を遠慮なくご指摘くださるようお願い申し上げます。

平成 28 年 11 月

ジオシンセティックス技術研究会 会長

嘉門 雅史

(一般社団法人環境地盤工学研究所 理事長、京都大学名誉教授)

1. ガス透過性防水シート

- 1.1 ガス透過性防水シートの概要および廃棄物仮置場への適用……………1

2. ガス透過性防水シートの施工

- 2.1 ガス透過性防水シート施工要領……………7
2.2 ガス透過性防水シート補修用接着剤『ミリッドコート』による補修方法……………19
2.3 除染廃棄物仮置場における設計・施工上の留意点……………26
2.4 ゼブラシートの適用について……………33

3. ガス透過性防水シートの適用に関する検討

- 3.1 供用中のガス透過性に関する現地比較実験……………53
3.2 ガス透過性防水シート上に人が載った場合に作用する張力の検討……………61
3.3 風荷重に対するFEM解析による張力検討結果……………63
3.4 除染廃棄物仮置場上部シート張力の現場測定とその数値解析結果……………68
3.5 除染廃棄物の不同沈下によるシートの不陸対策実験……………76
3.6 除染廃棄物仮置場供用中の上部シートの経年物性変化の確認……………78

4. 除染廃棄物の適正保管に関する検討

- 4.1 ジオシンセティックスの耐放射線性評価……………91
4.2 除染廃棄物仮置場で使用中のフレキシブルコンテナの長期耐久性能確認……………99

参考資料 主な論文・報文

1. ガス透過性防水シート

JAG

1.1 ガス透過性防水シートの概要および廃棄物仮置場への適用

1.1.1 ガス透過性防水シートの構造と特長

ガス透過性防水シートは、遮水性とガス透過性を併せ持つ微多孔膜(厚さ約 100 μm)をガス透過・防水層とし、その上下層に保護・補強層として、長繊維ニードルパンチ不織布を配した 3 層構造(厚さ約 4.5 mm)の複合シート(写真 1.1-1)である。保護・補強層に、熱融着による接合が容易な芯鞘構造糸(写真 1.1-2; 芯部は PET 製、鞘部は PE 製)から成る長繊維ニードルパンチ不織布(エルベス®)を採用することで、シート接合部においても優れた強度と遮水性を確保することに成功しており、これが本シートの最大の特長と言える。

まず、エルベス®を構成する芯鞘構造糸は、芯部の PET の融点が約 260°C、鞘部の PE の融点が約 130°Cであり、この融点差自体が、元来、良好な熱融着性に寄与する。すなわち、PET 単体の糸で構成された不織布よりも低温での熱融着が可能であり、且つ、そのような低温での熱融着時にも、芯部の PET は溶融しないため、熱融着箇所における力学物性のバランスが良いという特長を有している。

加えて、ガス透過性防水シートにおいては、工場においてシートの端部に特殊な加熱圧縮加工を施し(写真 1.1-3)、鞘部の PE を選択的に溶融・固化させることで、不織布層の空隙を潰し、面内方向への通水を遮断できる構造を実現した(図 1.1-1 および図 1.1-2)。この加熱圧縮加工部同士を接合することによって、接合部における遮水性が確保される(50cm の水頭圧が加わっても漏水なし)とともに、母材部同等以上の接合部強度(18.5 kN/m 以上)を発揮することができる。

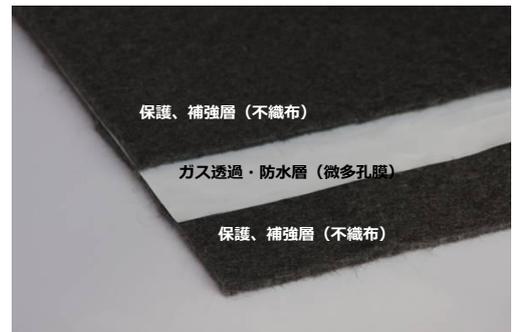


写真 1.1-1 ガス透過性防水シートの3層構造

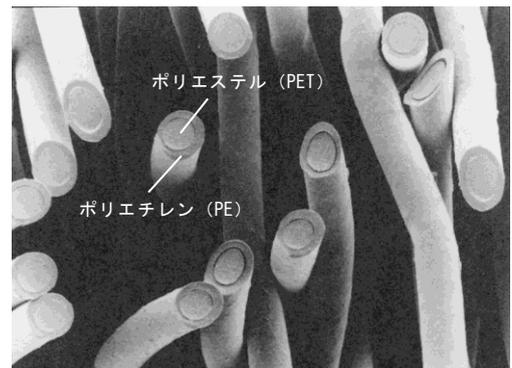


写真 1.1-2 エルベス®の芯鞘構造



写真 1.1-3 ガス透過性防水シート原反

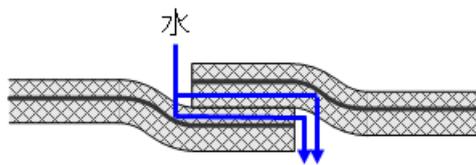


図 1.1-1 端部加熱圧縮加工のない場合の
接合部における水の浸入経路

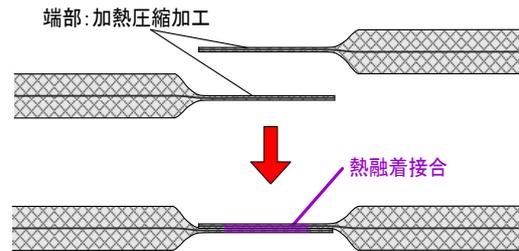


図 1.1-2 端部加熱圧縮加工および
接合部の断面模式図

1.1.2 開発の経緯

ガス透過性防水シートは、廃棄物最終処分場のキャッピング（従来は覆土 50cm 等）向けに開発されたものである（図 1.1-3）。

廃棄物最終処分場の埋立終了後にガス透過性防水シートを敷設することで、廃棄物層への雨水の浸入を防止し、浸出水による周辺環境汚染リスクの低減および、浸出水処理費用の削減を実現するとともに、腐敗性有機物から発生するメタンガス等の排出が可能となる。

なお、ガス透過性防水シートは公益社団法人日本材料学会の技術評価証明（第 1013 号）を受けており、下記の 4 つの項目に対して評価されている。

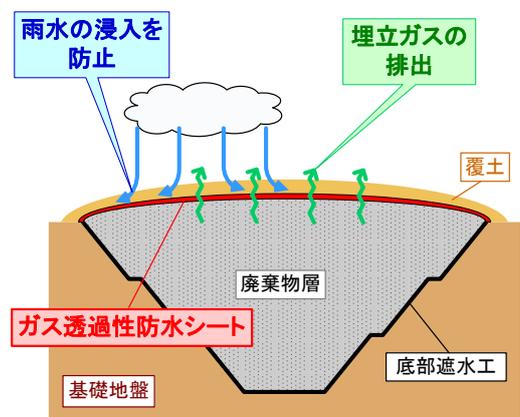


図 1.1-3 廃棄物最終処分場の
キャッピング概念図

- ・ 標準的な接合方法（加熱圧縮処理された端部の自走式熱融着による接合）で構成されたガス透過性防水シート面が、50cm の水頭圧が加わっても漏水しないこと。
- ・ ガス透過性防水シートとその上部の覆土とで構成されるキャッピング層が面的なガス透過性を確保すること。
- ・ 勾配 1:2 の斜面部においても、ガス透過性防水シート上の覆土（厚さ：50cm）の安定を確保すること。
- ・ 重機による覆土施工や降雨等の履歴を受けた後も、ガス透過性防水シートを用いたキャッピングの遮水性、ガス透過性が初期性能と同等であること。

1.1.3 除染に伴う廃棄物仮置場への適用

福島第一原子力発電所の事故に係る除染で発生した廃棄物の仮置場（以下、除染廃棄物仮置場）においては、一般に、底面に遮水シートを敷設した後、フレキシブルコンテナ等に収納された除染廃棄物が仮置きされるが、その上面には、雨水の浸入防止による環境汚染リスクの低減を目的として、上部シートと呼ばれる遮水性のシートが敷設される。また、仮置きされる除染廃棄物が腐敗性除染廃棄物である場合、または腐敗性除染廃棄物が混入している場合、それらの腐敗時にはメタンガス等が発生するため、発生ガスに由来する火災等を防止する観点から、ガスの速やかな排出が極めて重要である。

そのため、仮置場の上部シートには、遮水性とガス透過性が要求される。特に、シート状の材料を使用する場合は、それらを複数枚つなぎ合わせ（接合）、大面積化して仮置場をカバーする必要があるため、シート同士の接合箇所からの水の浸入を防止することは大きな課題である。

このような場合に、上部シートとしてガス透過性防水シートを敷設すれば、雨水の侵入防止とシート全面からのガスの排出を実現できる（写真 1.1-4）。



写真 1.1-4 ガス透過性防水シートを上部シートとして敷設した除染廃棄物仮置場

ガス透過性防水シートの除染廃棄物仮置場上部シートとしての特長を以下に列記する。

- ・ シート全面がガス透過性を有するため、腐敗性除染廃棄物の発酵に伴うガスの排出と発酵熱の蓄熱を防止できる。したがって、遮水シートに必須のガス抜き管等が不要である。
- ・ 遮水シートに比べ軽量で施工性が良い（厚さ 1.5mm の塩ビシートの 1/3 以下の重量。100m² の場合、ガス透過性防水シート 60kg 程度、塩ビシート 200kg 程度）。
- ・ 中弾性遮水シートと同等以上の引張強さを有する。
- ・ 突き破り抵抗（貫入抵抗）が高い。
- ・ 融着部（端部圧縮加工部分）は 50cm 水頭の耐水性がある（母材部は 22m 水頭）。

また、環境省の除染等工事共通仕様書²⁾において、ガス透過性と遮水性の双方を有する上部シート（同仕様書では「通気性防水シート」と表記されている）の要求物性が示されているが、表 1.1-1 に示す通り、ガス透過性防水シートはその要求物性を満足している。

表 1.1-1 ガス透過性防水シートの標準物性

仕様項目		環境省 除染等 工事共通仕様書	ガス透過性 防水シート	試験方法
質量	g/m ²	400 以上	600 以上	JIS L 1908
引張強さ	N/5cm	たて	1200 以上	
		よこ	925 以上	
貫入抵抗	N	500 以上	600 以上	ASTM D 4833
耐候性 (貫入抵抗)	N	500 以上	600 以上	JIS A 1415 (WS 形促進暴露試験 1000hr 暴露後の 貫入抵抗試験値)
耐水度	mmH ₂ O	1000	2000 以上	JIS L 1092
透湿度	g/m ² ·24h	2500	3000 以上	JIS L 1099 A-1 法
遮光性	%	95 以上	95 以上	JIS L 1055
安全性 (溶出性)	—	基準値以下	基準値以下	環境省告示第 13 号

1.1.4 腐敗性除染廃棄物仮置場の形状と発生ガスへの対応

1) 仮置場の形状

「廃棄物関係ガイドライン」では、腐敗性除染廃棄物の仮置場について、火災防止の観点から図 1.1-4 に示す形状が提案されている。また、腐敗性有機物の経時的な圧縮による上部シートの凹凸防止の観点からも、できるだけ高さを抑えることが望ましい。

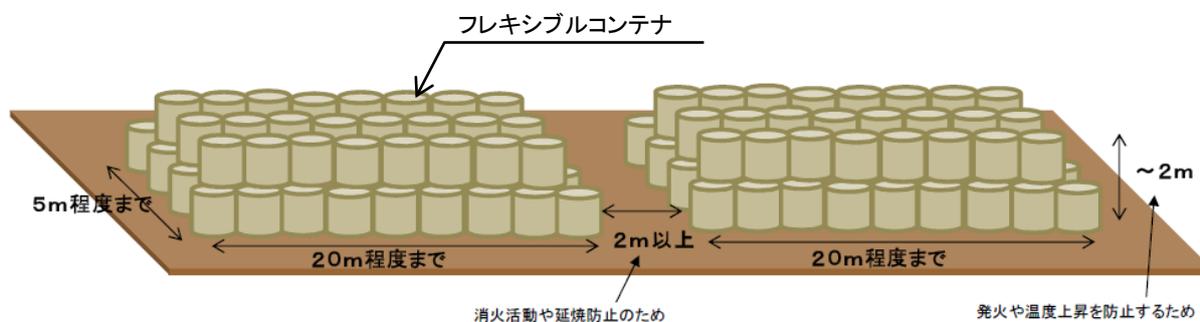


図 1.1-4 仮置場における腐敗性除染廃棄物の積上げ方及び保管イメージ図
(環境省：廃棄物関係ガイドライン，平成 25 年 3 月 第 2 版に一部加筆)

2) 発生ガスへの対応

腐敗性除染廃棄物の仮置場では、メタンガス等の発生が懸念される。そのため、上部シートとして遮水シートを用いた場合には、発生ガスを排出するためのガス抜き管の設置が不可欠である。しかし、遮水シートにガス抜き管を貫通させた構造となるため、遮水シートとガス抜き管の異材料界面が強度や防水上の弱点となり易い。

これに対し、ガス透過性防水シートを用いた場合は、防水性能を有しながら十分なガス透過性能も有することから、ガス抜き管の設置は必要ない。したがって、異材料界面に関する上記の懸念は不要となる。

参考文献

- 1) 公益社団法人日本材料学会：「地盤改良」に関わる技術審査証明報告書 ガス透過性防水シートを用いたキャッピング工法,2012.
- 2) 環境省：除染等工事共通仕様書，第8版，p65，2015.