展　望

廃棄物最終処分場を介して土木資材の今後の展望

日本遮水工協会　会長　上田　滋夫

１．はじめに

経済成長とともに廃棄物の発生は増加、一時は廃棄物処分場の不足が叫ばれたが、3R 政策、各自の廃棄物に対する認識、技術革新等々により大幅な減少、現状は、温暖化・気候変動等々も相まって、不足は緩和、延命化・長寿命化の方向に変わってきている。

これら廃棄物処分場には、各種、各様のジオテキスタイル、ジオメンブレンが採用され重要な役目を担っている。

廃棄物処分場におけるジオテキスタイルの代表が保護マット、ジオメンブレンの代表が遮水シートである。

従来の使用目的は、遮水、保護というキーワードであったが、東日本大震災等々から、遮蔽、分解、吸着、液状、吸水、通気、吸水等々がクローズアップされてきている。

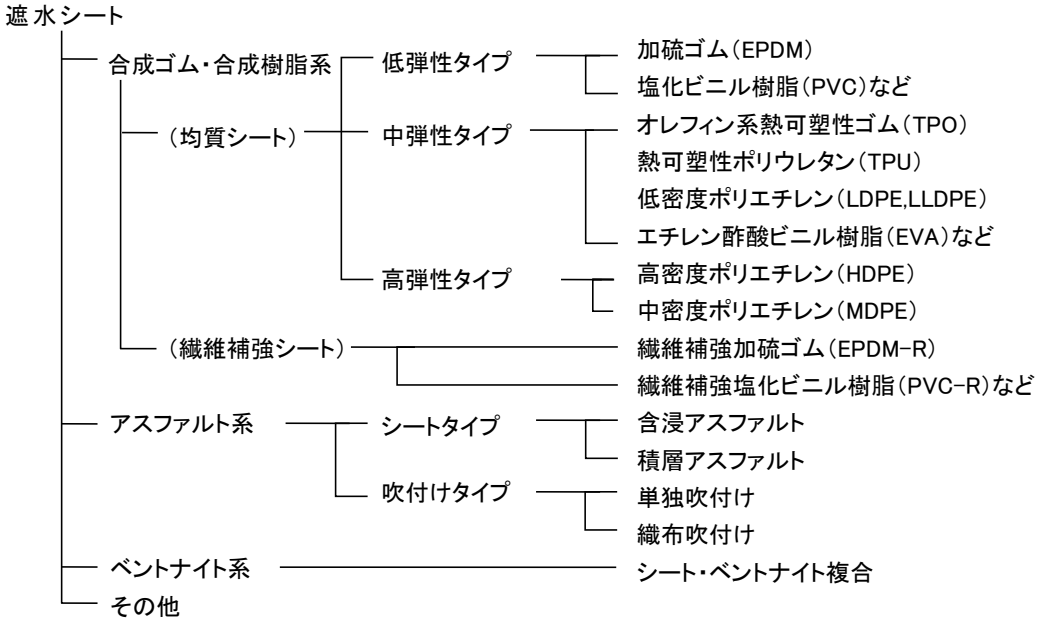
最終処分場を中心に今までの成行から､今後どのような方向に進んでいくべきか考えてみたい。

２．ジオテキスタイル、ジオメンブレンの経緯

廃棄物処分場の基準等は、1900 年の汚物掃除法からスタート、1977 年の一般廃棄物最終処分場及び産業廃棄物場の技術上の基準を制定する命令(遮水工の義務付け)、1998 年一般廃棄物最終処分場及び産業廃棄物場の技術上の基準を制定する命令の一部改訂、2014 年最終処分場標準発注仕様書の手引き等で今日に至っている。

代表的には、遮水シート、保護マットで、現在日本遮水工協会では、次のような自主基準を制定し各方面にご理解して頂いている。

(1) 遮水材料



図ー１　遮水シートの種類

(2) 保護マット

表―１　保護マット自主基準表

項　　目		単位	試験方法	不　織　布			ジオコンポジット
				長繊維不織布	短繊維不織布	反毛フェルト 1)	
材　質				合成繊維および合成樹脂			
単位面積質量（目付量）		g/㎡		400 以上	500 以上	1,000 以上	
強度	引張強さ 2)	N/5 cm	JIS L 1908	925 以上	500 以上	100 以上	500 以上
強度	貫入抵抗	N	ASTM D 4833	500 以上			
耐久性	耐候性 3)	N	JIS A 1415	WS 形促進暴露試験 1,000hr 暴露後の貫入抵抗試験で 500 以上			
耐久性	遮光性 3)	%	JIS L 1055	95 以上			
安全性	溶出性		環告 13 号 総理府令 35 号	溶出試験において水質汚濁防止法に基づく排水基準の			

1) JIS L 3204 の 3 種 4 号相当以上

2) 引張強さは参考値とする。

3) 耐久性は遮光性保護材料のみに適用する。

３．遮水シート、保護マットの意義

遮水シートが採用されたのは、1977 年千葉県の N 廃棄物処分場が最初で、約 50 年と歴史が浅い。又保護マットが採用されたのは 1980 年代で更に歴史の浅い状況にある。

(1) 遮水シート

地盤を掘削、盛土状態では、透水性能を確保する事が難しく人工的な遮水を果たすのが遮水シートである。遮水シートに決定されたのは、敷設面の凹凸に対する対応、廃棄物から出る酸、アルカリ、薬品、耐候性等の対応が可能との判断と理解している。

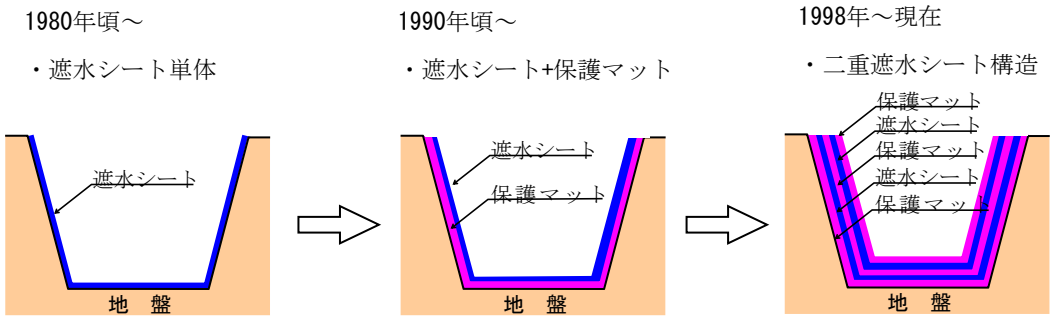
(2) 保護マット

字のごとく遮水シートを保護するために採用されたもので、最初敷設された遮水シートの損傷を経験して実現したものである。

(3) 遮水工

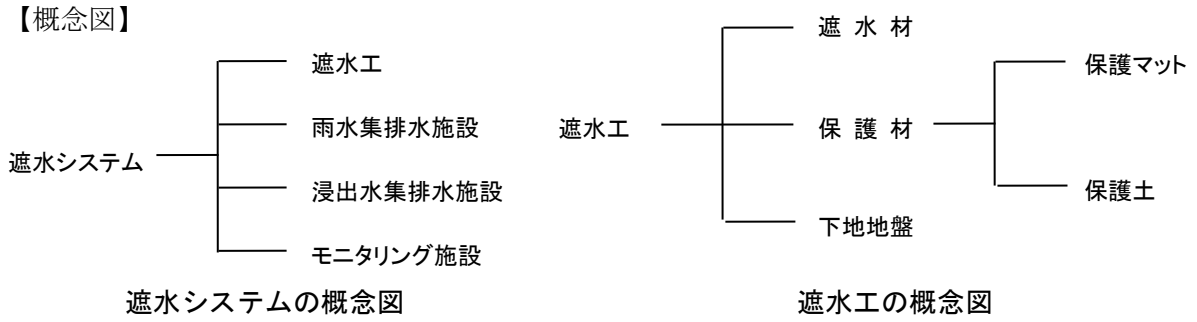
当初遮水工は、遮水シートのみであったが、下地の凹凸、滞水等々より限界があり、下地＋遮水材＋保護マットでなければならないとされた。又、全体の遮水は、遮水システム即ち、遮水工＋集排水施設＋モニタリング施設でなければならないということで今日に至っている。

【遮水工の変遷】



図―２　遮水工の変遷

【概念図】



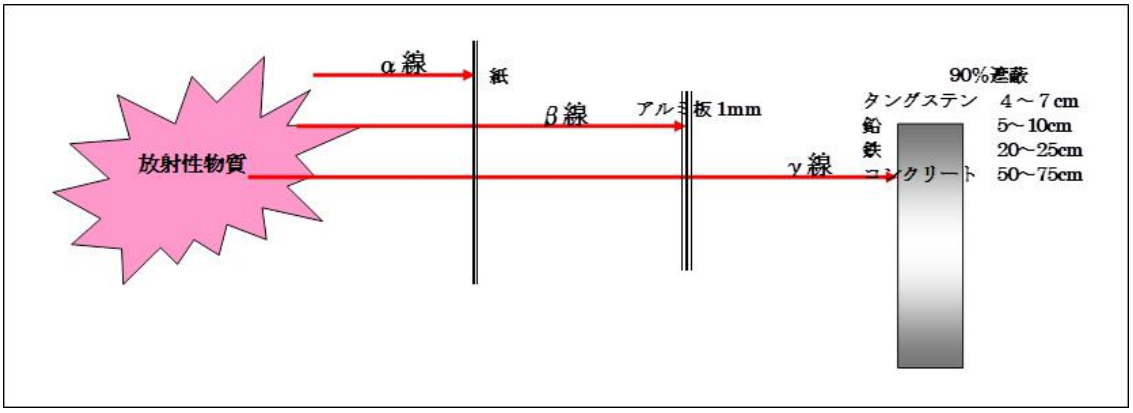
図―３　遮水システム・遮水工概念図

４．遮水、保護と同様に重要になってきた遮蔽、分解、吸着、液状、通気、吸水

(1)遮蔽

放射線の内、α線やβ線は比較的遮蔽が容易であるが、γ線（例えばセシウム 134 や 137 から放射される）の遮蔽に必要な物質は密度の高い素材が必要となり、エラストマーにタングステンや硫酸バリウムを練りこんでシート化されたものもある。

また、水膜による放射線低減効果を得るため、吸水性膨潤繊維に含水させることで放射線遮蔽効果を持たせたシート（不織布）もある。

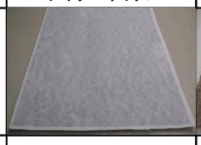


図―４　放射線の遮蔽イメージ

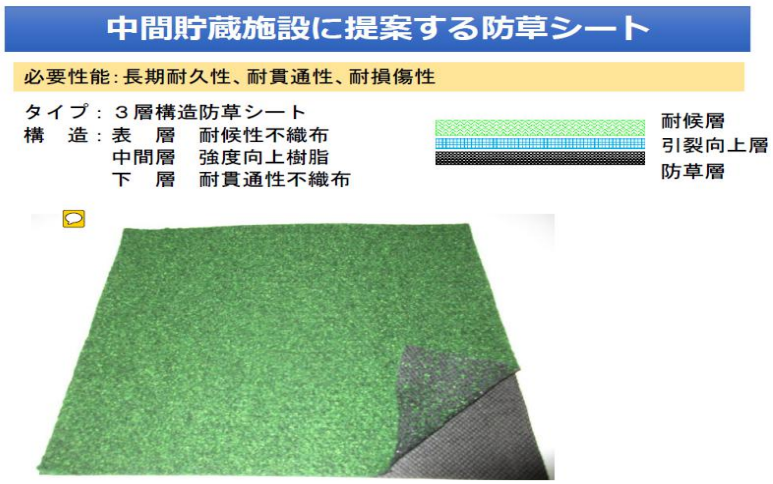
(2)分解

廃棄物処分場の維持管理は、廃棄物搬入から始まることになる。従来、廃棄物の覆土は、土質が中心となっているが、乾燥時覆土の飛散が発生課題となっている。その対応として生分解材の覆土材は有効とされ実行化されてきた。

表―２　生分解性覆土材の種類

透水係数(cm/sec)	$\sim 10^{-2}$		$10^{-5}\sim 10^{-9}$		$10^{-8}\sim 10^{-9}$
分　類	A	B	C	D	E
商　品　名	デイリーキャップ	レセプタールーフ	AKアペックシート	ボランスCRE500PC	ADKシート
写　真					
材　質	コットンリンター	ヤシ繊維	ポリエチレン系不織布	ポリオレフィン系不織布	ポリエチレン系不織布

又、最終覆土には、土質(生芝等)が予定されているが、草木の繁殖で草刈り等の作業が必要になってくるものと考えられる。これらの対応として防草シートの設置も一つの方法である。



図ー５　防草シートの仕様

(3) 吸着

保護マットに放射性物質（セシウム等）や、重金属類（ひ素、セレン等）を吸着させる吸着材を担持させたものである。

この保護マットを用いて、フレキシブルコンテナ―バックの内袋、重金属の封じ込め材料として進められている。

写真―１　吸着性能を持つ保護マット

(4) 液状

欧米では、既にウレタン、ポリウレアー等の遮水材料の液状での吹き付けの遮水工が汎用化され、日本でも数か所の実績が出来ている。

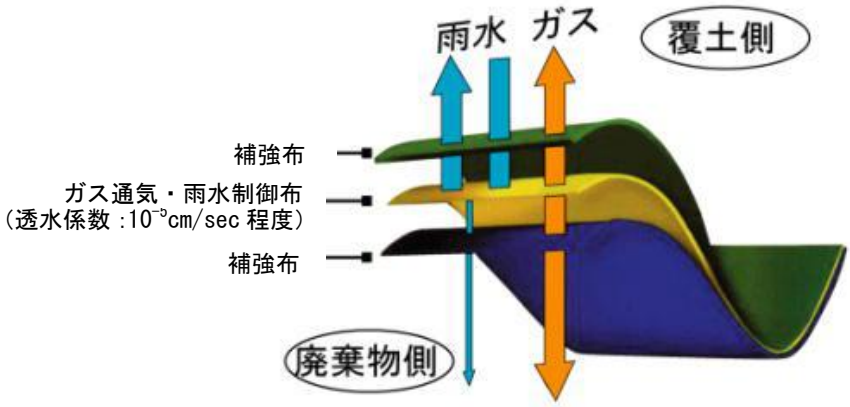
今後、新設は勿論のこと維持管理等々に脚光を浴びてくるものと考えられる。

写真―２　液状シートの施工状

(5) 通気

通気性防水シートは補強層とガス通気層からなり、雨水の制御が出来、ガスを通す特性を持っている。東日本大震災の仮置場に多く採用されたが、一般廃棄物処分場の最終覆土に検討が期待される。

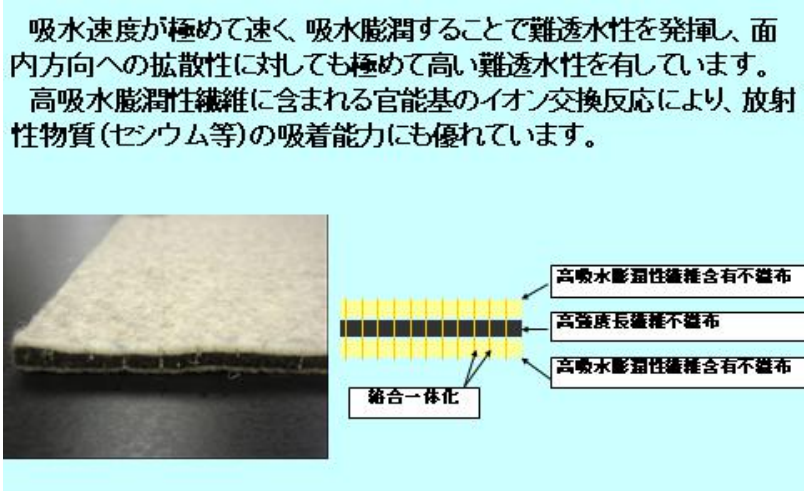
【概念図】



図ー６　通気性防水シートの構造図

(6) 吸水

高吸水性膨潤繊維とジオテキスタイル（スパンボンド不織布）を組み合わせることで、強度特性に優れた吸水マットとなる。



図ー７　吸水マットの構造図

５．施工・検査技術

土木資材は、そのほとんどが工場で製造され、現場で施工して初めて機能を発揮する事になる。従って、施工の確立、検査体制確立が極めて重要な事になる。

その一例を遮水シートで紹介する。

遮水シート自体の品質は、基本特性、耐久性等に係る特性によって決定されているが、その品質保証のひとつとして製品認定制度を制定している。これら遮水シートを現場に搬入し、現地で、広幅加工の上、遮水機能を確実のものにしていかなければならない。従って、この現場での広幅加工の検査が極めて重要なものとなる。

今までの検査には、次のような課題があるとされている。

課題

・目視外観検査　：　簡便だが、不良部を見落とす可能性がある

・ドライバー検査：　破損原因となる場合がある。硬質シートの場合欠陥が検知されにくい。

・加圧検査　　：　ダブルシームにしか適用できない。

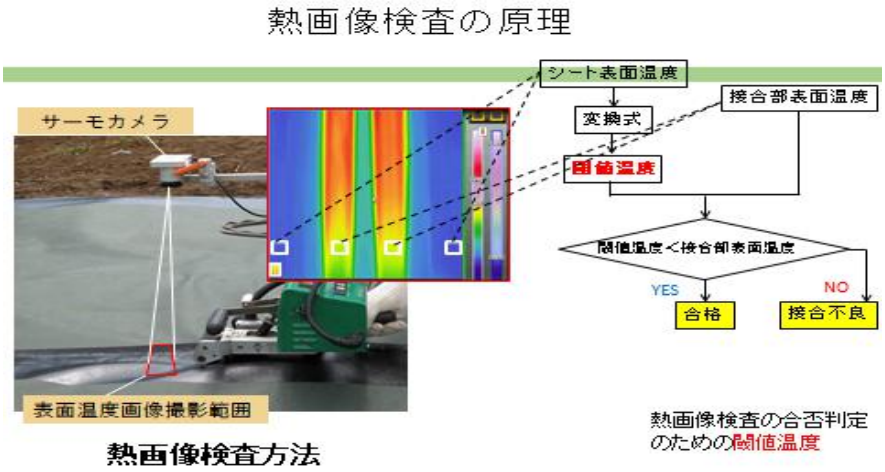
・負圧検査　　：　全数検査を行う場合に時間と手間がかかる。

・共通課題　　：　定量的なデータを記録として残せない。

これらの課題に挑戦、更に、遮水シートの融着部の品質信向上を図ったのが熱画像リモセン検査である。

(1) 熱画像リモセン検査の原理

熱画像リモセン検査とは、遮水シート等の表面温度分布を利用して接合部の合否判定を行う検査方法である。基本原理として、熱融着時の接合部の温度と、接合部の引張強度との間に強い相関があることを利用する。接合部の温度をサーモカメラで計測し、温度と強度の関係式から接合部の引張強度を推計し、基準の強度と比較して合否判定を行う。つまり、接合部の温度を用いて強度を評価する非破壊検査である。熱画像リモセン検査は、従来の加圧検査、負圧検査のように合格、不合格の結果のみを記録する手法とは異なり、シート接合部の表面温度データを定量的に残すことができるという大きな利点がある。



図－８　リモセンによる品質検査

(2) 施工技術者の育成

土木資材は現場で施工し始めて所定の機能発揮となる。従って施工技術者の育成が極めて重要な事項となる。日本遮水工協会では、平成 11 年、遮水工施工技能者、遮水工管技術者の資格を制定、約 750 名の合格者を世に送り出し高い評価を頂いているところである。

この制度を、中間貯蔵施設の遮水工にも適用のお願いをしてきたが要求水準書に記載された。この資格制度についての骨子を少々紹介したい。

a) 遮水工施工技能者 (1 級、2 級)

・接着材接着技能、熱融着技能、バーナー熔着技能、吹き付け技能、ベントナイト系遮水シート敷設技能。

・実務試験とペーパー試験

b)遮水工管理技術者(1 級、2 級)

ペーパー試験と論文

c)その他

年 1 回、更新講習 3 年目に 1 回

６．今後の方向

冒頭でも記したが、土木資材は各方面にそれぞれの用途に用いられている。温暖化、気候変動等々より環境が大幅に変わってくるものと考えられ、特に各構造物延命化の方向になっており維持管理をしなればならない用途は新しい見方進め方が重要になってくるものと考えられる。

これらを中心に土木資材の今後の方向を考えてみたい。

(1) 遮水シート

先ず、遮水材料の耐久性について議論する必要がある。従来は、室内実験によってある程度の耐久性を予測していたが、限度があり、廃棄物処分場においては、国際ジオシンセティックス学会ジオメンブレン委員会で、総日射量による新しい予測を提案信頼性を高めてきた。しかしながらこの予測は、30 年程度であり、延命化、重金属の封じ込め、低濃度放射性物質等々より 50 年程度の予測が望まれてきた。

これらに対応すべく、更に、長期間現場に供用された遮水材の分析により長寿命化の検討を推進するスタートを開始した。中間的には 50 年の対応は可能のようである。耐久性について更に検討を進めることである

(2) 保護マット

保護ということでややもすると耐久性の議論が薄くなるきらいがある。更に、用途に応じた耐久性を追求する必要がある。

(3) 遮蔽

各企業、遮水シート材料に硫酸バリュームを添加した遮蔽シートの開発に傾注、数多くのデータを蓄積している。必要のある場合はすぐにも対応できる体制と理解している。

(4) 分解

マイクロプラスチック対応が急務とされているが生分解材料の特性、用途開発が重要となる。

(5) 吸着

セシウムに引き続いて重金属の吸着が必要となっている。早急なる確立が必要である。

(6) 液状

現時点遮水シートのみであるが保護マット等に(フォームの吹き付けはあり)も適用が出来れば拡大していくものと考えられる。

(7) 通気

透水係数を帰ることが出来かつガスを通す機能を持っている。これらの特性より、東日本大震災の仮置場のキャッピングとして使用されている。今後一般処分場の最終覆土に適用が期待されている。

(8) 吸水

保護機能の他に水を吸水し膨潤遮水機能も備えているので遮水シートと積層で使用すると多重

安全機能も具備しており今後の安心・安全に貢献していくものと考えられる。

(9) 施工・検査

土木資材の最終は、環境の定まらない現場施工が多い。このような事を考え施工性、検査性を重視した商品が今まで以上に望まれるところである。

７．まとめ

土木資材については、従来は、遮水、保護が主体であったが、更に、分解、吸着、液状、通気、吸水が望まれる状況となっている。

個々の特性を更に十分把握し横展開する事によって更に需要は広まってくるものと考えられる。ただ、気候変動等によって今まで以上の厳しい環境にさらされてくることになる。

従って、耐久性の把握は避けて通る事の出来ない事項で、使用現場にあった耐久性の評価方法が望まれる。

遮水シート、保護マットの耐久性について、ジオメンブレン委員会で更に追及の検討を継続しているので参考にしてほしい。これらを克服する事によってその用途は更に拡大していくとものと考えることが出来る。

引用文献

1) 日本遮水工協会編
- 「遮水シート　日本遮水工協会自主基準」「保護マット日本遮水工協会自主基準」
- 中間貯蔵施設遮水工提案

2) 国際ジオシンセティックス学会日本支部　ジオメンブレン技術委員会編
- 「廃棄物処分場における遮水シートの耐久性評価ハンドブック」

3) 環境省大臣官房 廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課編
- 「廃棄物処理施設の発注仕様書作成の手引き(標準発注仕様書及びその解説)最終処分場編 最終処分場」

4) 全国都市清掃センター編
- 「廃棄物最終処分場整備の計画・設計・維持要領　2010 改定版」

5) 環境・遮水管理リモートセンシング研究会資
6) 通気・防水キャッピングシート工法研究会資料
7) 放射性廃棄物フレキシブル研究会資料