

遮水シートの耐久性について

日本遮水工協会

1. 初めに

廃棄物処分場に敷設される遮水シートの耐用年数は、一般的な供用期間 15 年(性能指針)に加え、廃棄物が安定するまでの期間が必要とされている。

従って、使用状況から考えると次のように分け議論する必要がある。

- ・埋立地の底部やそれに近い法面に敷設され遮水シート
敷設後比較的早期に覆土等によって土中に埋設され浸出水に常時さらされている。
- ・法面上部に敷設された遮水シート
特に上部は、一般的な供用期間 15 年日光に常時暴露されている。

以上となるが、遮水シートを構成する高分子材料は、浸出水や酸性雨、コンクリートからくるアルカリ水等に対しては、比較的安定で、微生物に対してもその化学的構造より侵されにくいと考えられている。

従って、遮水シートの耐久性を論じるには、遮水シートの耐候安定性が一般的となっている。すなわち、上記の法面上部に敷設された状態が最も厳しいとの判断より、同状態を評価することが基準となっている。

現在採用されている評価方法は

試験機	WS-A 型促進暴露試験機
時間	5000 時間(200~300 時間が自然暴露の 1 年に相当するといわれ供用期間 15 年であるため、3750 時間となるが、地域差、屋外暴露試験との相関バラツキが考えられることより 5000 時間とされている。

但し、共同命令に記されているように、更に長寿命化のため、遮水シートの上面に遮光マットの敷設が義務化されている。

従って、遮水シートの耐久性は、15 年 + α となるが、この α が課題になっていく事になる。

この α がどの程度になるのか、国際ジオシンセティックス日本支部ジオメンブレン技術委員会と日本遮水工協会が約 7 年にわたり共同研究をし、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が発刊された。

また、一昨年、改訂された全都清発刊の計画・設計・管理要領に耐久性については、同資料を参考にすると明記されている。

2. 法面上部に敷設された遮水シート耐久性の予測

供用中の廃棄物処分場より、北は北海道、岩手、茨城、静岡、京都、福岡から、遮水シートの種類は、PVC、EPDM、TPO、HDPE、供用期間は、5 年から 27 年、合計 66 の遮水シートをサンプリングし分析を加えている。

その一部を紹介する。

遮水シートの特長変化に影響を及ぼす最も大きな因子は、遮水シートを施工してからの経過時間と日射量であると考え、前出の紫外線照射量による整理と同様のモデルを考えた。

しかし、過去に施工された遮水シートの直接の紫外線照射量の算定は困難であることから、評価指標としては、特性値の変化(特性変化率)と試験地域での年平均気温、年平均日射量、斜面日射量、暴露条件などの相関を調べ、累積日射量を補正した値を紫外線照射量の代わりに用いる方法を提案した。

なお、指標の中で考慮する項目としては、特に表に示す影響因子に着目した。

着目した影響因子

項目	内容
時間	①遮水シート施工後の経過時間(年)
日射量	②サンプリング箇所付近の全天日射量 (過去30年データの平均)
温度	③サンプリング箇所付近の年平均気温 (過去30年データの平均)
向き	④サンプリング箇所の向きによる日射量の違い ※暫定的に30度斜面による日射量と全天水平面日射量の比を用いた。
暴露状態	⑤直接、水中、遮光(保護マット)、室内保管の違い

特性変化率と提案した指標(総日射量と呼ぶ)との関係は、次式で表される。

$$\Delta p' = \frac{|p - p_0|}{p_0} = A \sum S$$

ここで、 $\Delta p'$: 特性変化率(ある特性値の変化率)

p : 現地でサンプリングした供用後の遮水シートの特性値

p_0 : 使用前の遮水シートの特性値

A : 比例定数(材料定数)

$\sum S$: 累積日射量に気温、向き及び暴露条件などの影響因子を考慮した指標で、総日射量と呼ぶ。

$$\sum S \approx (\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3) \cdot \bar{g} \cdot t$$

ここで、 t : 施工後からのサンプリング時までの経過日数(day)

\bar{g} : サンプリング地域の年平均全天水平面日射量(MJ/m²/day)

※サンプリング地域での過去30年データの平均値

α_1 : 年平均気温を考慮した補正係数

$$\alpha_1 = 2^{(T-15/10)}$$

T : サンプル地域での年平均温度(°)

※サンプル地域での過去 30 年データの平均値

α_2 : サンプル地域の全天日射量と施工箇所の向きを考慮した補正係数。30 度斜面日射量と全天水平面日射量との比

※ここでは暫定的に、姫路での東西南北の 30 度傾斜斜面の日射量と全天水平面日射量の比を用いた。具体的な値は表の通り。

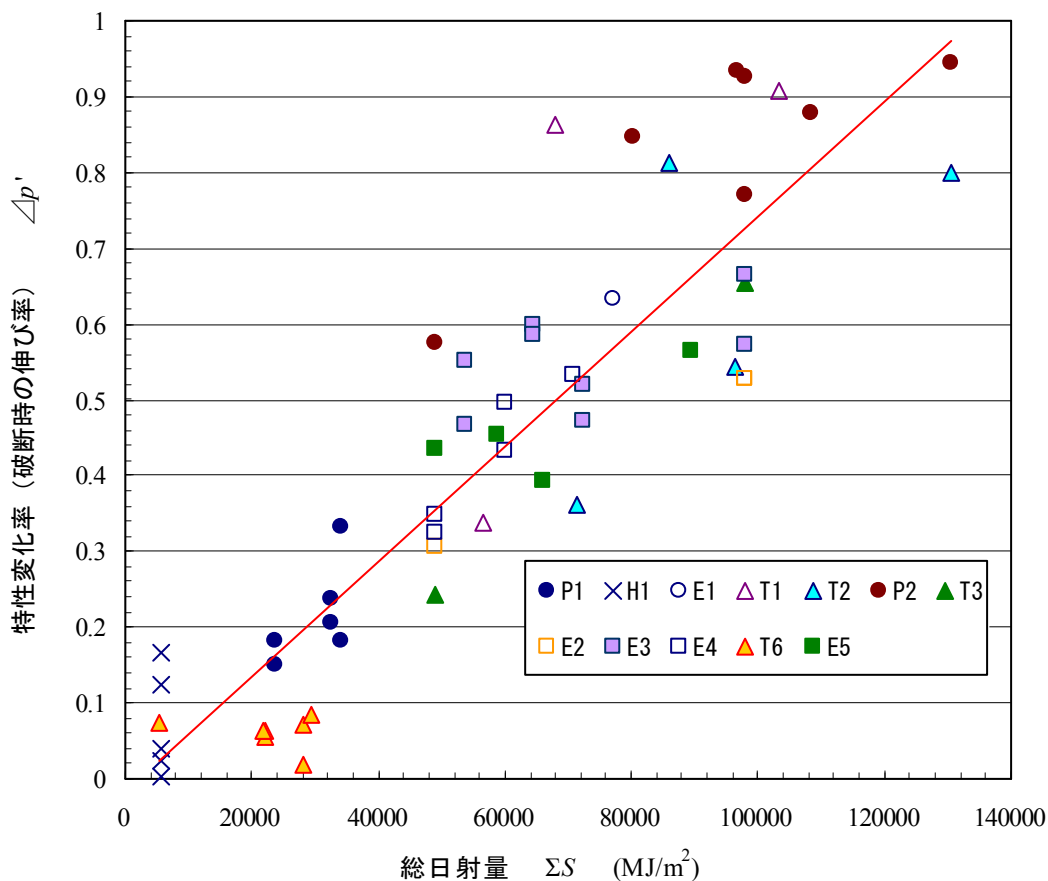
30 度斜面の日射量と全天水平面日射量の比

向き	東(0°)	南(90°)	西(180°)	北(270°)
α_2	0.93	1.26	0.83	0.69

α_3 : 暴露状態を考慮した補正係数

暫定的に、直接暴露される状態を 1.0、水中を 0.5、遮光状態（保護マット、室内保管）を 0.2 とした。施工後数年経過後に保護マットが施工された箇所については、その年数を考慮した。

下図は、分析した結果を表したもので、特性として引張試験において、遮水シート（供試体）が破断するときの伸び率の変化率を特性変化率とし、総日射量との関係を示したものである。この図からは、素材（原材料）特有の傾向は見られない。また、同じ素材でも改良の度合いや配合の違いで傾向に若干の違いが見られるため、素材別の整理は困難である。



特性変化率（破断時の伸び率の変化）と総日射量との関係

図から、累積日射量を補正した総日射量と破断時の伸び率の特性変化率との関係には、相関係数は $R^2 = 0.8045$ の比較的良好な相関が得られている。なお、比例定数 A の具体的な値は以下の通りとなる。

$$\Delta p' = A \cdot \sum S = (7.38 \times 10^{-6}) \cdot \sum S$$

図から判断すると、破断時の伸び率の特性変化率 $\Delta p'$ が 0.6 を超えるあたりで、特性変化率のバラツキが大きくなっていることがわかる。このことから特性変化率が 0.6 を越えるあたりで特性変化が急激に大きくなるものが多いことに起因していると判断できる。そこで、破断時の伸び率特性の許容変化率の判断基準のひとつとして、 $\Delta p' = 0.6$ を目安の値と考えることができる。

以上のように耐久性を予測することが出来るとされている。

ここで、この手法を用いてある処分場遮水シートの耐久性予測すると次のようになる。

・本評価の基本は使用期間約 30 年となっているためその範囲での予測

経過時間	50 年	18250
全天日射量	11.9(ある県のデータ)	
累積日射量	18250 × 11.9	
年平均気温	11.1	0.76
向き	1.26	
暴露状態	0.2(遮光マットあり)	
総日射量	約 41600	

特性変化率は、約 0.3 付近で 50 年は十分対応できることになる。

・30 年以降も同じような傾向と仮定

経過時間	100 年	36500
全天日射量	11.9(ある県のデータ)	
累積日射量	18250 × 11.9	
年平均気温	11.1	0.76
向き	1.26	
暴露状態	0.2(遮光マットあり)	
総日射量	約 83000	

特性変化率は、約 0.6 付近となりハンドブックの目安に照合すると耐えることが出来る。

以上のように遮光マットの確実な管理をすることによって耐久性は大幅にアップすることになる。

3. 埋立地の底部やそれに近い法面に敷設され遮水シートの耐久性予測

1 項において遮水シートを構成する高分子材料は、浸出水や酸性雨、コンクリートからくるアルカリ水等に対しては、比較的安定で、微生物に対してもその化学的構造より侵されにくいと記した。その検討内容について紹介する。

・基本

全都清発刊の、計画・設計・管理要領に記されている耐久性に係る特性項で、耐酸、耐アルカリ性である。これらについては、各遮水シート共に十分な特性を持っている。

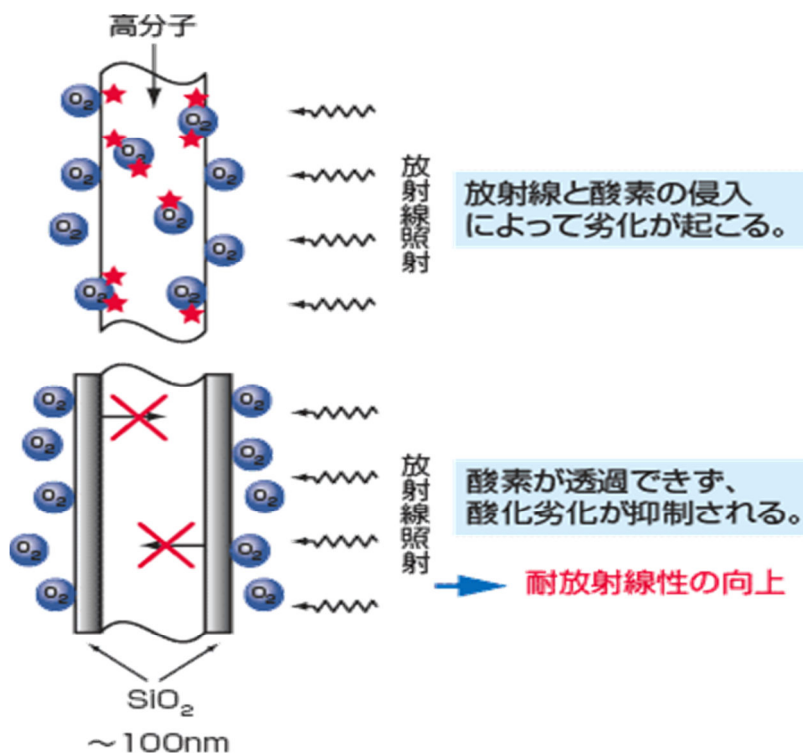
・耐酸、耐アルカリを含めた耐薬品促進試験方法と評価結果

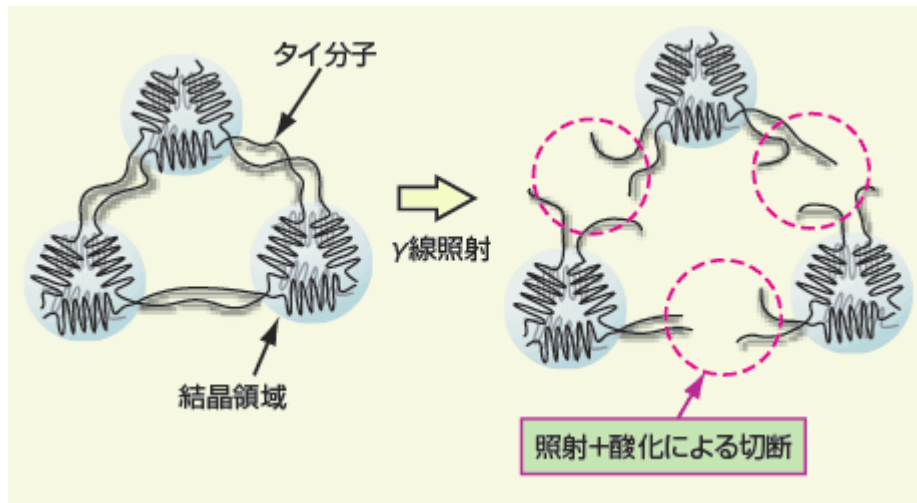
これらについては、国際ジオシンセティックス学会日本支部ジオメンブレン技術委員会発刊の廃棄物処分場における遮水シートの耐久性ハンドブックにも掲載されている。

このような状態の中に放射性物質が入った場合どうなるのか、独立行政法人産業総合研究所の研究結果より考察を加える。

・高分子が材料が放射線によって劣化が進むメカニズム

下図のように高分子材料の劣化は放射線と酸素の侵入で進むとされている。埋立地の底部やそれに近い法面部の環境は酸素の溶存量は少なく劣化は少ないと考えられる。





参考文献

- ・社団法人全国都市清掃会議編:廃棄物処分場の計画・設計・管理要領
- ・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
- ・独立行政法人産業技術総合研究所論文
- ・厚生省平成10年度廃棄物処分場遮水シート規格の査定と試験方法