

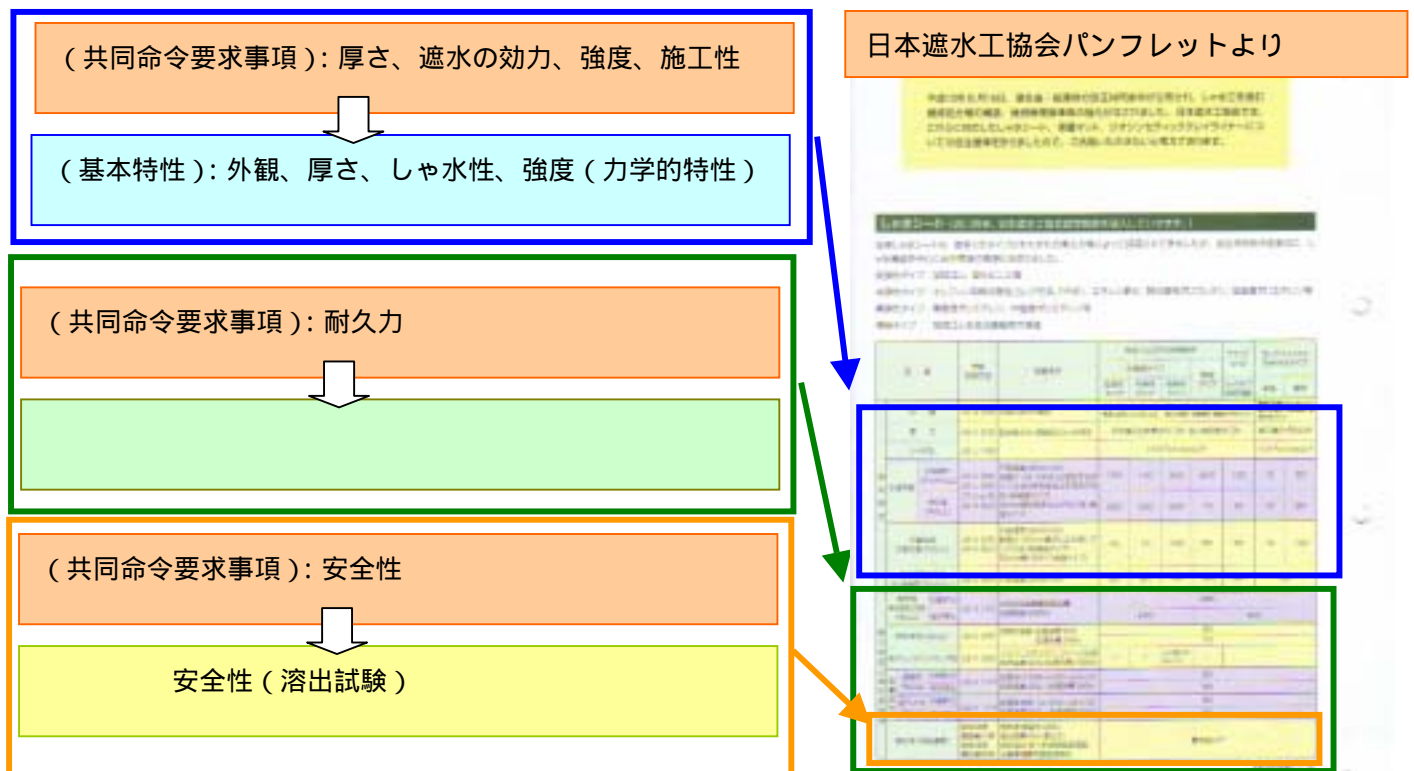


日本遮水工協会では、共同改正命令(H10年6月)を原点に、遮水機能を中心に自主基準化を図りました。

1. 共同改正命令との関連

共同改正命令（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一部改正について/平成10年6月16日）の運用を定めた環水企第301号、衛環第63号（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 各都道府県知事・政令市 廃棄物主管部（局）長殿宛て 環境庁水質保全局企画課 海洋環境・廃棄物対策室長・厚生省生活衛生局 水道環境部環境整備課長/平成10年7月16日）にて、遮水シートに求められる事項が明記されております。これらをまとめると以下ようになります。

【遮水シートに求められる事項】



厚さ：アスファルトシート以外は1.5mm以上、アスファルトシートは3.0mm以上

遮水の効力：十分な遮水性、表面に穴や亀裂がない

強度(力学的基本特性)：廃棄物又は保有水等により想定される荷重、埋立作業用の車両等による衝撃力、これらにより生じる安定計算上許容しうる基礎地盤の変位ならびに想定される温度応力に対し、強度及び伸びにて対応できる性能

敷設、接合等において不具合が生じない**施工性**

耐久力：(ア) 耐候性：紫外線による劣化(暴露前に比較して大きく劣化しない)

(イ) 熱安定性：60 ~ 70、-20の温度変化に対する耐性

(ウ) 耐酸性、耐アルカリ性：保有水の水質に耐える

(エ) 耐油性その他埋め立てられる廃棄物の化学的な性状に対する耐性

(オ) その他：大気中のオゾンによる品質劣化や曲げによる応力が継続した場合の耐性



さらに、厚生省の委員会において、遮水シートから有害物質が溶け出る（溶出）など、遮水シートが汚染源になることがあってはならないとのことから、次の事項も付け加えられました。

【遮水シートに求められる事項】

安全性：有害物質が遮水シートから溶出しない

本自主規格は、これら遮水シートに求められる機能を整理したものです。

ここで、『強度』とは従来の『引張り強さ』ではなく、力学的特性と読み替える必要があります。また、施工性の基準として、品質に係わるものとして接合強度を挙げています。

2. 遮水シートの種類（分類）

遮水シートの種類によって、特性が大幅に異なることから、基準化においては合成ゴム及び合成樹脂系、アスファルト系、吹き付けゴムアスファルト系に大別しました。

さらに、合成ゴム及び合成樹脂系については、力学特性を代表値する応力-ひずみ曲線〔力と伸びの関係〕の特徴から、低弾性タイプ、中弾性タイプ、高弾性タイプ及び補強タイプの4つに分類しました。

【合成ゴム・合成樹脂系】

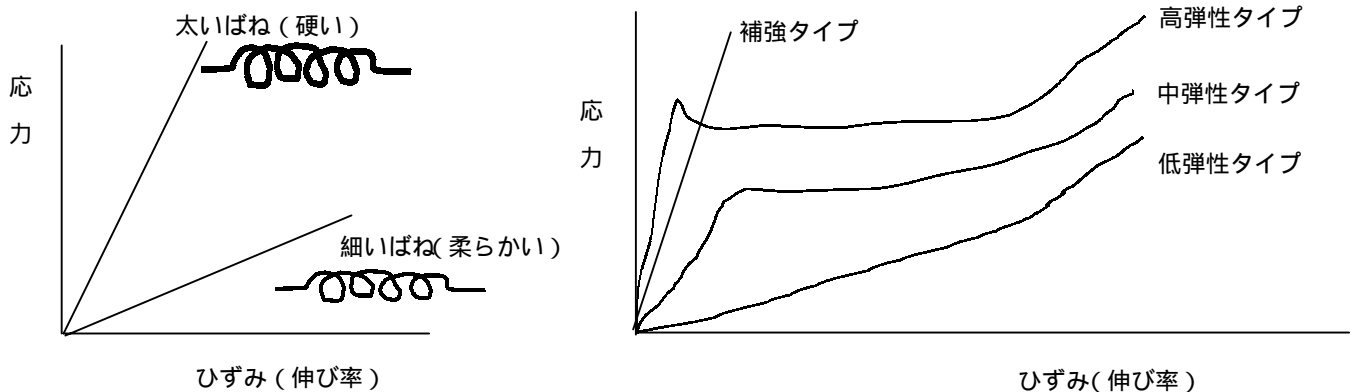




- (1) **低弾性(率)タイプ**:一定の応力を与えたときのひずみが大きい(伸びやすい)タイプです。弾性係数(ヤング率)が比較的小さいことから低弾性タイプと呼び、加硫ゴム(EPDM)、塩化ビニル(PVC)等が含まれます。
- (2) **中弾性(率)タイプ**:一定の応力を与えたときのひずみが中程度のタイプです。弾性係数(ヤング率)が比較的中程度であることから中弾性タイプと呼び、オレフィン系熱塑性ゴム(TPO-PE系、TPO-PP系)、エチレン酢ビ(EVA)、熱可塑ポリウレタン(TPU)、低密度ポリエチレン(LDPE)等が含まれます。
- (3) **高弾性(率)タイプ**:一定の応力を与えたときのひずみが小さいタイプです。弾性係数(ヤング率)が大きいことから高弾性タイプと呼び、高密度ポリエチレン(HDPE)、中密度ポリエチレン(MDPE)等が含まれます。
- (4) **補強タイプ** :遮水シートの力学特性が合成ゴムや合成樹脂に左右されるのではなく、繊維に支配されるタイプを呼びます。比較的伸びにくいですが、引き裂きに強い特徴があります。

【ひとこと】 [弾性(率)とは・・・]

弾性とは弾む(はずむ)特性のことで、言い換えれば、力を加えると伸びる量が比例する関係を示します。弾性率(=弾性係数)とは一定の伸び量(元の長さと同じだけの伸び量)となるときに力(応力)の大きさを言います。簡単に言えば、太いばねのように硬く伸びにくいものが高弾性(率)、細いばねのように柔らかく伸び易いものが低弾性(率)となります。

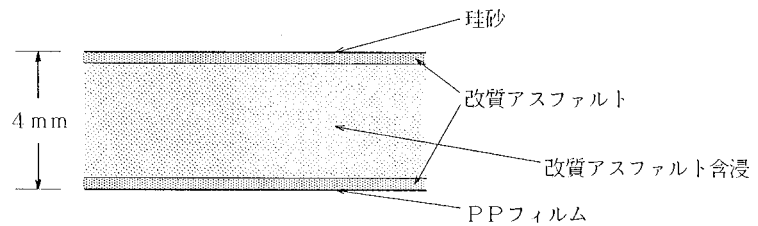




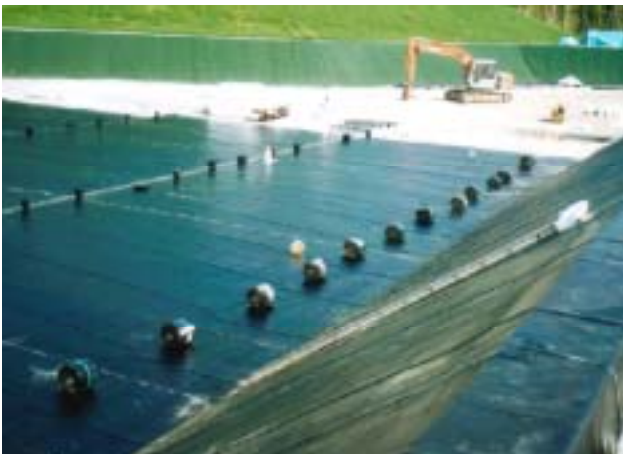
改質アスファルトを用いたアスファルト系遮水シートは、不織布等の繊維との組み合わせ構造の違いから、2種類に分類しました。

【アスファルト系シート】

- (5) **含浸タイプ**: 長繊維不織布に改質アスファルトを含浸させ、厚み 3mm または 4mm 程度のシート状に工場加工したシートです。構成により、表面にフィルムあるいは珪砂を付けたタイプがあります。改質アスファルトシートは応力緩和性があり、下地になじみやすい特長があります。



- (6) **積層タイプ**: 合成繊維不織布に改質アスファルトシートを重ね合わせたシートです。アスファルトシートの施工は、トーチバーナーにより表層の(改質)アスファルトを加熱溶融して、下地及びシート相互の重ね部を熔融させます。



【ひとこと】 [塑性とは・・・]

合成樹脂や合成ゴムは弾性を示します。しかし、アスファルトは、例えば、粘土のように力を加ると変形しますが、力を取り除いた時でも、元の形に戻ろうとせず、変形した新しい形のままとなります。元の形に戻ろうとしないので、変形によるストレスが残らない素材であり、このような変形の仕方を塑性と呼びます。したがって、アスファルトシートには高弾性タイプや低弾性タイプはありません。

アスファルトシートは繊維を補強材として用いていますので、力学特性は繊維の特性に支配されますので、シートとしてはシートの繊維に引張力が働き、残留することもあります。



遮水シートには、工場でシート状に加工した成型品と現地でシート状に成型する吹き付けシートがあります。アスファルト系吹き付けシートには、下地地盤に直接吹き付ける非補強タイプと下地に固定した不織布等の繊維に吹き付ける補強タイプがあります。

【アスファルト系吹き付けシート】

- (7) **非補強タイプ**: 吹き付けた液状アスファルト(アスファルトエマルジョン)が硬化しアスファルト単独のシートとなったものです。
- (8) **補強タイプ**: 下地に敷設した基布に液状アスファルトを吹き付けたシートです。

①下地整形



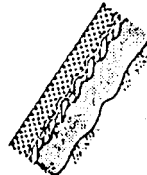
- ・背面湧水排水処理
- ・法面下地処理

②基布敷設



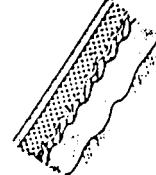
- ・面の凹凸にあわせて基布を固定する。

③ゴムアスファルト吹付



- ・基布にゴムアスファルトエマルジョンを含浸・塗覆させる。

④トップコート吹付



- ・ゴムアスファルトが硬化・造膜後にトップコートを吹付ける。



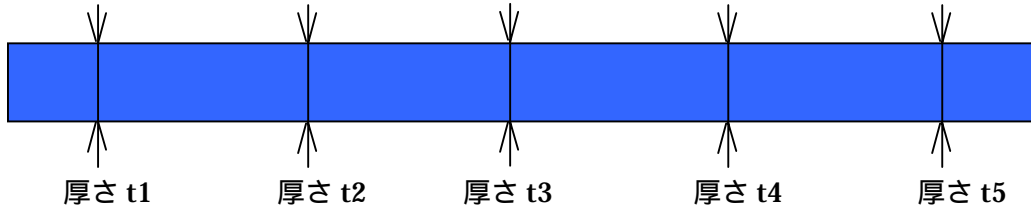
【ひとこと】 [アスファルトエマルジョンとは・・・]

吹き付けに用いる素材としては、アスファルト系、ウレタン系がありますが、規準化においては、アスファルト系を採用しています



3. 厚さについて

改正共同命令にて、アスファルト系は3mm以上、アスファルト系以外は1.5mm以上と明記されています。遮水シートの厚さ試験方法として、従来、JIS A6008（合成高分子ルーフィングシート）が適用されることがありましたが、このJIS規格厚さは表示の-10%～+15%とされており、改正共同命令では1.5mm以上（アスファルト系は3mm以上）と明記していることに合致しないことから、当基準化においては、新しい試験方法を提示しました。すなわち、遮水シート幅方向5箇所の厚さ測定値の平均が1.5mm以上（アスファルト系は3mm以上）とし、それぞれの測定値は-10%～+15%の幅を持たせました。



$$\text{平均厚さ } t = (t1+t2+t3+t4+t5) / 5$$

自主規準では	t	1.5mm (3.0mm)
--------	---	---------------

JIS A6008 では 1.72mm t 1.35mm

【ひとこと】 [海外の遮水シートの厚さ規格との関連は・・・]

例えば、米国 NSF54 規格では、幅方向の5箇所の平均が所定の厚み以上とし、それぞれの測定値は-10%～+10%と規定しています。このように、海外の遮水シートにも適用できるように国際的な視野で基準化をしています。

以下は、JIS A6008（合成高分子ルーフィング系シート）における厚さ測定位置の例です。

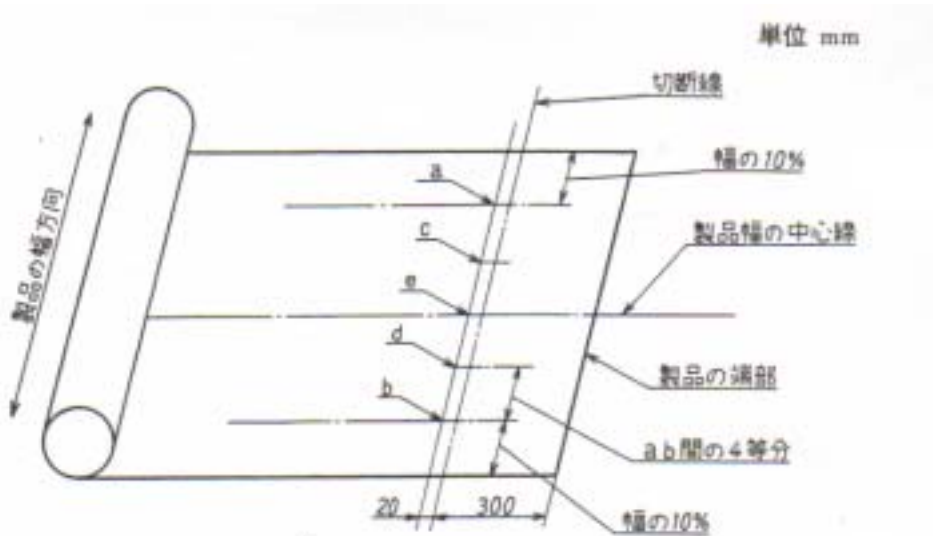


図1 厚さの測定



4. 透水性について

遮水シートの役割は、浸出水を透過させないことです。そこで、共同改正命令には、遮水シートに求められる遮水の効力として、十分な遮水性及び表面に穴や亀裂がないことと明記されています。具体的な数値が示されていない理由は、**遮水シートは浸出水を透過させないことが当たり前**であると理解されているからなのでしょう。

共同命令では、埋立地の地盤や遮水シート以外の遮水工には、地盤工学的な観点から、遮水性に関する規準として、以下に示す 透水係数及び必要とされる厚さが設けられていますから、これに当てはめると以下のようになります。

【透水係数 k と必要とされる厚さ】

- (1) 不透水地盤： $k = 100\text{nm/秒}$ ($1 \times 10^{-5}\text{cm/sec}$) 厚さ 5m以上
- (2) 粘土層： $k = 10\text{nm/秒}$ ($1 \times 10^{-6}\text{cm/sec}$) 厚さ 0.5m以上
- (3) アスファルトコンクリート： $k = 1\text{nm/秒}$ ($1 \times 10^{-7}\text{cm/sec}$) 厚さ 0.05m以上

これらと同じ透水量とすると

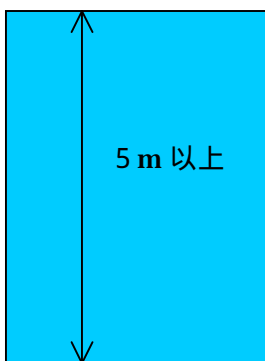
- (4) 遮水シート $k = 0.03\text{nm/秒}$ ($3 \times 10^{-9}\text{cm/sec}$) 厚さ 1.5mm以上
- (5) 遮水シート $k = 0.06\text{nm/秒}$ ($1.5 \times 10^{-9}\text{cm/sec}$) 厚さ 3.0mm以上

しかし、自主基準化においては、基本的で、かつ、最も重要とされる性能をおろそかにはできないとして、透水係数の規定を設定しました

【自主規準で設定した透水係数 k 】

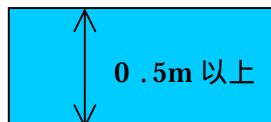
遮水シートの透水係数の基準値 $k = 0.01\text{nm/秒}$ ($1 \times 10^{-9}\text{cm/sec}$) 以下

(不透水地盤)



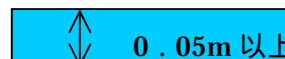
$k = 1 \times 10^{-5}\text{cm/sec}$

(粘性土)



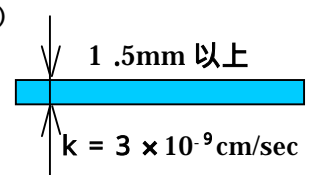
$k = 1 \times 10^{-6}\text{cm/sec}$

(アスファルトコンクリート)



$k = 1 \times 10^{-7}\text{cm/sec}$

(遮水シート)



$k = 3 \times 10^{-9}\text{cm/sec}$



粘性土と遮水シートの比較

項目		粘性土	遮水シート
透水係数の作りこみ場所	×	施工現場	工場
透水係数の管理点	×	粒度分布と混合比率 混合状態 含水比(雨水排除、乾燥クラック防止対策) 締め固め(撒き出し厚さと締め固め回数)	工程条件
遮水工の検査	×	現場抜き取り (n数少ない)	工場抜き取り (n数多い)
推定透水係数(cm/sec)	×	5×10^{-7}	5×10^{-12}
推定透水量(比)	×	1とすると 1×10^{-8} $(5 \times 10^{-7}) / (50)$	0.003 3.3×10^{-11} $(5 \times 10^{-12}) / (0.15)$

粘性土は透水係数の作りこみが難しい

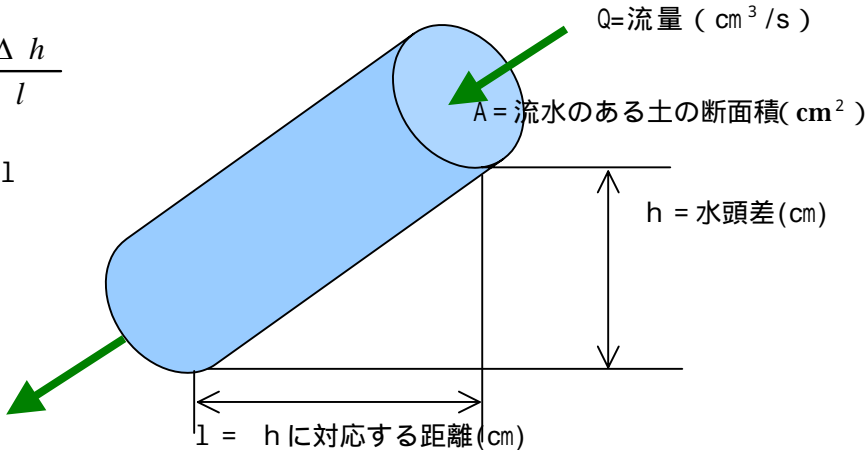
遮水シートは300倍も不透水性がある

【ひとこと】[透水係数kとは・・・]

土中の透水については、1856年にダルシーが砂の中を流れる地下水の流れについて、実験から求めた以下の式(ダルシーの法則)が一般的に用いられています。土の中では、水は土粒子の間隙を流れます。ここでkを透水係数といいます。わかり易く言えば、水の流れの抵抗値です。

$$Q = kAi = kA \frac{\Delta h}{l}$$

i = 動水斜度(動水勾配) = h/l
k = 透水係数(cm/s)



地盤工学でいう各種の土の透水係数 (cm/s)

10 ²	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸
きれいな礫	きれいな砂、きれいな砂と礫	極微粒砂、シルト、砂、シルトと粘土の混合土、成層のある粘土	植物及び風化によって変質した不透水性粘土		不透水性の土、風化帯以下の		一様な粘土			

ところで、10³ = 千 10⁶ = 百万 10⁹ = 十億、10⁻³ = 千分の一 10⁻⁶ = 百万分の一 10⁻⁹ = 十億分の一



5. 基本特性の規格値について

基本特性の規格値は、合成ゴム・合成樹脂系、アスファルト系、吹付アスファルト系と区分され、それぞれに基本特性の規格値が設定されています。これらの規格値は、最終処分場埋立地にて実績の遮水工として実績の遮水シート実績値を当てはめたものです。したがって、ある意味では、それぞれの区分における遮水シートの基本特性の代表値（この程度のもの）として理解ください。したがって、数値が大きいものが良いということではありません。

強度が強い遮水シートは破れ難いでしょうか？ 答えはNOです。

【ひとこと】[遮水シートの破れにくさとは…]

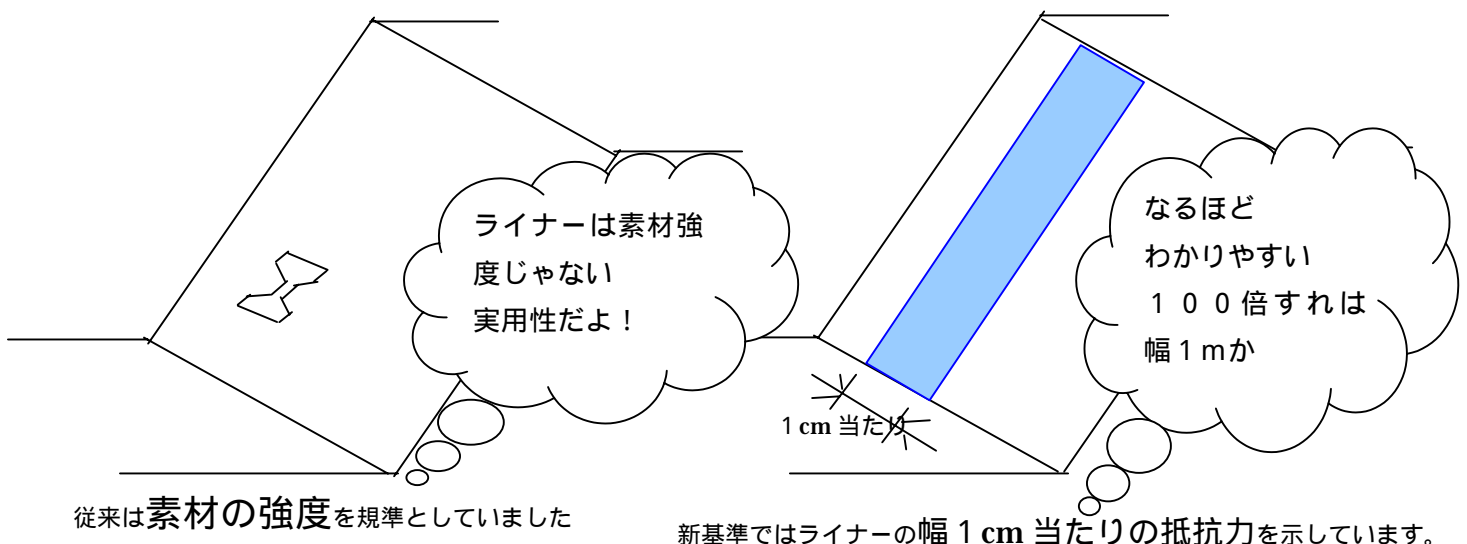
遮水シートは表面を不透水性にするために敷設するライナーです。このライナーを保護するのが、保護マットです。それぞれの材料の役割を分離し、工学的に整理して自主規準を作りました。また、新規格では、『しゃ水シートは決して強さを利用するものではなく、かつ、競うものでもない』こと、及び、各素材を包含する数値を用いています。

遮水シートの役割：浸透防止

保護マットの役割：遮水シートの保護

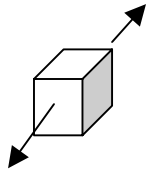
6. 遮水シートの引張り強さについて

基準化では、施主（ユーザー）設計者の理解を得やすくするために、素材の強度や引裂抵抗力ではなく、ライナーとしての実用性に基づき、抵抗力や引裂強さというイメージで単位を変更しています。

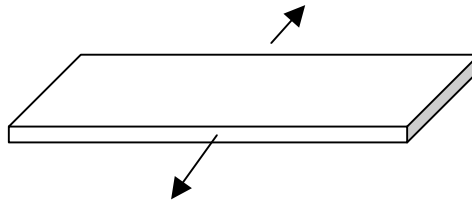




ひとつこと [新基準の引張り試験の単位とは・・・]



素材強度なら、単位は N/cm^2



ライナー幅 1 cm 当たりの強さなら N/cm
(100 倍すれば、 N/m)

たとえば、

素材強度が $100N/cm^2 = 15N/cm$ (なぜなら幅 1 cm のシートの断面積は $0.15cm^2 \times 100N/cm^2$)

[厚さ 1.5mm 換算のときの変換表]

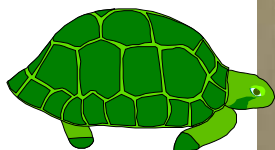
タイプ	新基準の強度規格 (N/cm)	素材強度 (厚さ換算) (N/cm^2)	素材強度 (厚さ換算) (kgf/cm^2)
低弾性タイプ	1 2 0	8 0 0	8 1 . 6
中弾性タイプ	1 4 0	9 3 3	9 5 . 2
高弾性タイプ	3 5 0	2 3 3 3	2 3 8 . 1
補強タイプ	2 4 0	1 6 0 0	1 6 3 . 2

ところで、 $1N = 9.8 kgf$

ひとつこと [新基準の引張り試験の速度は・・・]

引張り速度については、従来では、50、200、500 mm/min がありましたね。これらは、素材の試験を行なうときに時間がかからないよう出来るだけ速く引っ張っていたからです。

一般に、土質の強度試験(3軸圧縮試験、せん断試験等)では、1mm/分というゆっくりとした速度で実験をします。なぜなら、地盤沈下等の土質構造物の変位はゆっくりだからです。遮水シートも土質構造物である埋立地のライナーですから、できるだけゆっくりとした速度で実験したいわけです。しかし、これではあまりにも時間がかかるので、従来の引張り速度のなかで最もゆっくりだった 50 mm/min に統一しました。





7. 引裂強さについて

引張り強さと同じように、素材の引裂強さでなく、ライナーとしての引き裂き強さを示しています。したがって、従来の引裂強さと単位が異なります。

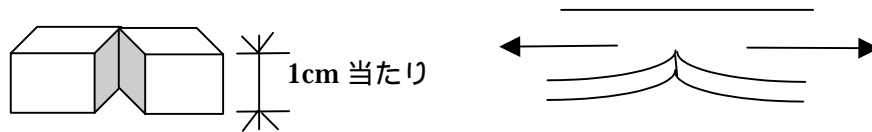
素材の引裂強度なら、単位は N/cm ライナーそのものの引裂強さなら N

[厚さ 1.5mm 換算のときの変換表]

タイプ	新規準の引裂強さ規格 (N)	素材の引裂強さ (厚さ換算) (N/cm)	素材の引裂強さ (厚さ換算) (kgf/cm)
低弾性タイプ	40	267	27.2
中弾性タイプ	70	400	40.8
高弾性タイプ	140	933	95.2
補強タイプ	50	333	34.0

ところで、1N = 9.8 kgf

【ひとこと】 [新基準の引張り試験の単位とは・・・]

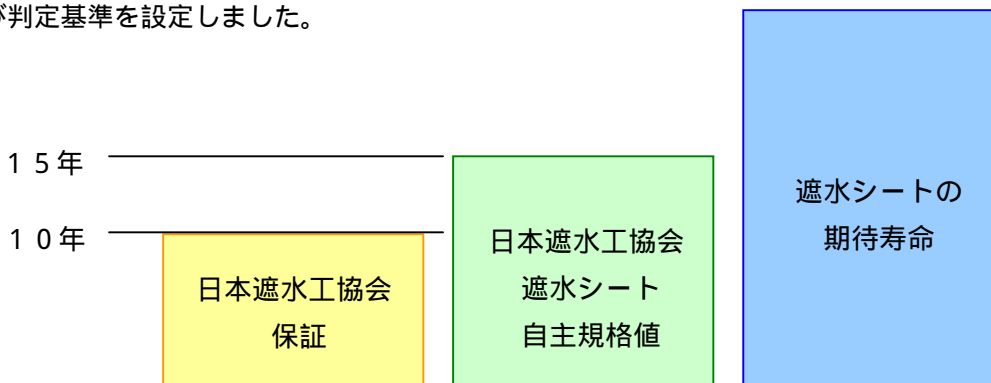


素材の引裂強度なら、単位は N/cm 新基準では、ライナーの引裂強さ そのもの N

8. 耐久性について

耐久性は、遮水シートにとって、最も重要な項目です。最終処分場の埋め立て期間は、概ね 5~15 年程度とし設計されていることから、遮水シートの耐久性も 15 年を目安とする考え方が一般的なものとなってきています。さらに、隣地住民からは、子供、孫の代にまでの安全性を確保したいとして、期待寿命は 50 年以上にまで高まってきました。

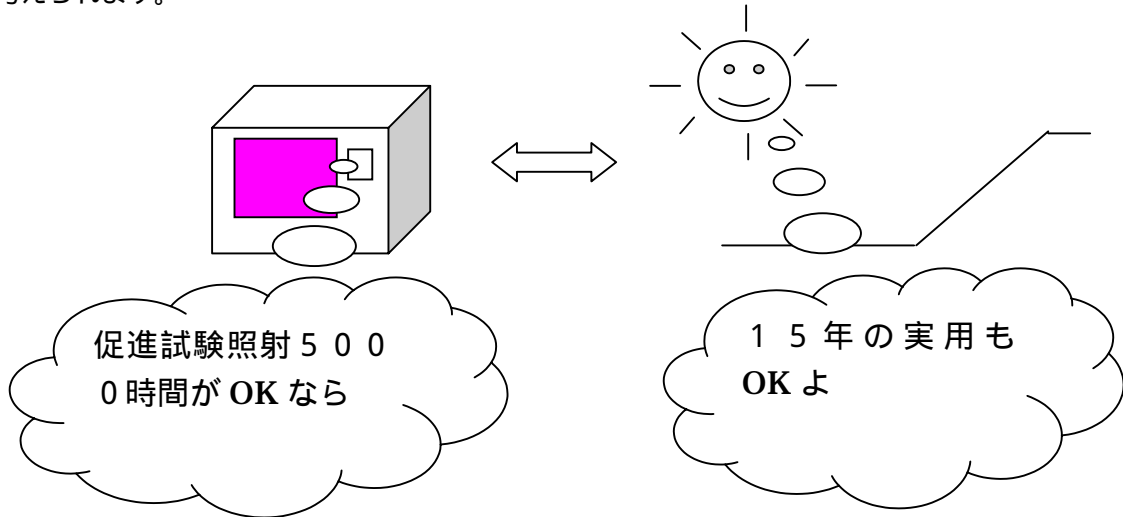
そこで、基準化にあたっては、遮水シートの材質については、15 年を目安として、各項目の評価条件及び判定基準を設定しました。





(1) 耐候性(紫外線変化性能)試験

耐候性試験は、カーボン電極に高圧電流を流したときに発生する強い紫外線スパークによる促進劣化試験で、紫外線に対する抵抗力を評価する試験です。JIS A 1415 の WS 型促進暴露試験機では、概ね促進暴露試験の 200 ~ 300 時間が自然暴露の 1 年に相当するといわれており、5000 時間の照射が実用の約 15 年に相当すると考えられます。



(2) 熱安定性試験

遮水シートの表面温度は、-20 (冬季) ~ 70 (夏季) に変化します。遮水シートは高温で劣化することがないように、高温 (80 × 240 時間) での劣化評価試験を設定しました。

(3) 耐ストレスクラック性試験

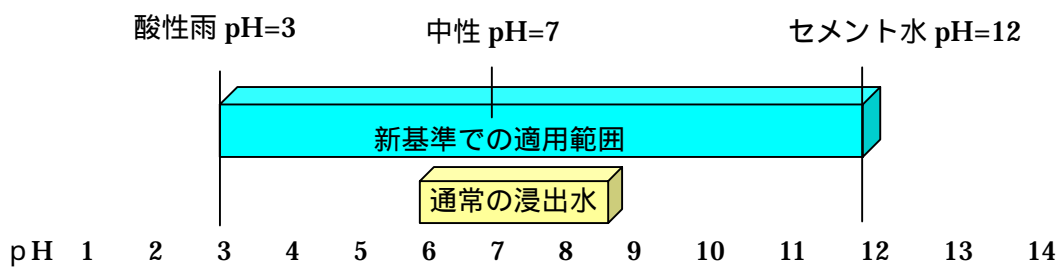
ポリエチレン系の遮水シートの中で、特に剛性の高い HDPE や MDPE は、疲労後に割れが発生することがあります。したがって高弾性タイプの遮水シートには耐ストレスクラッキング性試験を設定しました。





(4) 耐薬品性試験

遮水シートは、長期間にわたって浸出水に浸されます。通常の浸出水のPH値は6.3~8.3程度であると報告された例がありますが、酸性雨(pH=3)やセメント水(pH=12)にも接触することがあります。これらの酸・アルカリ性を想定した耐久性(耐薬品性)試験を設定しました。(JIS K 7114(60 × 240 時間 / 0.05% H₂SO₄ (pH=3), 飽和 Ca(OH)₂ (pH=12))



(5) 安全性試験

遮水シート本体から人体に影響を及ぼす汚染物質を溶出し地下水を汚染するようなことがあっては、何のための遮水シートかわかりません。

以前は、地下水環境基準項目及び水質環境基準要監視項目を目安として溶出試験を設定していましたが、性能指針によって、総理府令 35 号に基づく試験(産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法)を行うこととなっています。

(蒸留水による溶出試験(20 × 6 時間振とう))

【ひとこと】 [環境基準項目とは・・・]

人の健康の保護に関する水環境の基準として、カドミウム、シアン、砒素、鉛、六価クロム、砒素、水銀、PCB、トリクロロエチレン等の濃度について規定しています。公害問題を二度と引き起こさないように危険な化学物質を規定しています。