

# 廃棄物処分場の遮水

## Waste Containment Barriers

勝見 武 (かつみ たけし)

京都大学助教授 大学院地球環境学堂

### 1. 遮水についての筆者のとらえ方

学生時代に講義かゼミで「廃棄物処分場の遮水は粘土で行う」といった趣旨の説明を聞いて、新鮮な印象を受けたことをおぼろげに覚えている。「水を通しにくくて頑丈な材料は他にもあるのに、よりによって『粘土』なんだ」というのが、そのときの印象であった。材料の選定と施工を適切に行えば低い透水係数が得られ、天然の無機材料であることから材料としての長期の耐久性が保証されるのが粘土ライナーの特徴であり、廃棄物処分場の遮水工として用いられる根拠である。一方、人工材料である遮水シート（あるいはジオメンブレン）は材料化学面からの様々な開発改良が積み重ねられており、耐久性も極めて高くなっている。廃棄物処分場の底部遮水工の構造基準はほとんどの国で、天然の無機材料である「粘土」と、人工の高分子材料である「遮水シート」を組み合わせて使うよう定められているが、異なる二つの材料を組み合わせてディフェンスするというのは理にかなっていると思う。会社や家族・夫婦も、同じタイプの人が集まっているよりも、違う人が集まって多様性をつくっている方がよい。一方が果敢に行動し、それをサポートすべく他方が几帳面に計算や計画を練る、などである。ただし筆者は相方に果敢も綿密も両方かなわない。

### 2. 廃棄物処分場における遮水の意味—水を「入れない」と「出さない」こと

欧米の多くの国でとられる処分場（一般廃棄物）の構造形式の基本コンセプトは、図-1に示すようにライナーとカバーシステムを設けることによる。カバーシステムを設けることにより廃棄物層への雨水の浸透が最小化できれば、有害物質を含みうる廃棄物浸出水の発生が抑えられ、浸出水がライナーを通過して周辺の土壌や地下水を汚染することのそもそもの原因を最大限防ぎうる。一方、カバーシステムの高い遮水機能により廃棄物層は水理学的に隔離され、廃棄物が分解されないため安定化せず、いつまでも廃棄物として残存する、いわゆる「dry tomb（乾燥した墓）」の問題もある。廃棄物処分場とは大きな反応容器のようなものである。我が国では準好気性埋立などのように水と空気を廃棄物層に積極的に導入して廃棄物の分解と安定化を促進する手法が定着しており、欧米各国でも最近 Bioreactor landfill と称する分解促進型の処分場を指向するようになっている。

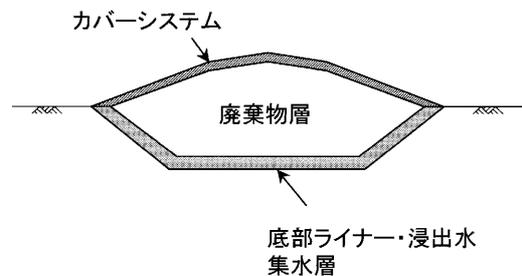


図-1 処分場構造の例（模式図）

以上のことからすると、「水を入れない」役割を持つカバーの役割は、今後の議論の余地がある。一方の「水を出さない」ライナーの機能への認識はほぼ定着している。欧米の多くの国では、一般廃棄物処分場の底部ライナーに粘土ライナーと遮水シートが併用されることとなっており、フランス以外の国では筆者が知る限り透水係数  $1 \times 10^{-7}$  cm/s 以下の粘土ライナーが必須とされている。アメリカでは54ヶ所の処分場の複合ライナーについて10年にわたってモニタリングを行っており、ジオメンブレンと粘土ライナーによる複合ライナーを適切な施工により設けていれば地下水汚染がみられないことが示されている<sup>1)</sup>。

我が国では1998年に基準省令が改正され、構造基準が定量的に示された。すなわち、封じ込めの基準として層厚 5 m 以上、透水係数  $1 \times 10^{-5}$  cm/s 以下の粘土層（またはルジオン値 1 以下の岩盤層）が全面に確保されていることとされ、そうでない場合は

- (1) 厚さ 50 cm 以上、透水係数  $1 \times 10^{-6}$  cm/s 以下の粘土層と遮水シートによる複合ライナー、
- (2) 厚さ 5 cm 以上、透水係数  $1 \times 10^{-7}$  cm/s 以下のアスファルトコンクリート層と遮水シートによる複合ライナー、
- (3) 二重の遮水シート（間に不織布などのクッション材を挟む）

のいずれかが要件として求められている。

(1)や(2)のように異なる材料で一体としてのライナーを形成するものを、複合ライナー（Composite liner）と呼ぶ。ダブルライナーも複数の遮水材料を組み合わせるが、これは間に排水層をもつよう構成されており、これにより遮水性を高めるとともに上部ライナーの漏出の検知可能性を与えている。ダブルライナーの対語はシングルライナーであり、単数の遮水材か、複数の遮水材で構

## 技術手帳

成され排水層を挟まないものである。上記の(1)や(2)は、シングルコンポジットライナーということになる。

## 3. 遮水工の材料と評価

ジオメンブレンは、JIS L0221 により「透水性の極めて小さい、または不透水性の膜状構造で、土木などの用途に使用される製品」と定義されている。国内では、遮水シートという呼称が一般化している。ジオメンブレンの材質としては、高密度ポリエチレン (HDPE, high density polyethylene), ポリ塩化ビニル (PVC, poly vinyl chloride), エチレンプロピレンゴム (EPDM, ethylene propylene diene monomer) などがある。ジオメンブレンは廃棄物処分場や貯水池の遮水工に広く用いられているが、ジオメンブレンロールを現場で熱融着等により完全に貼り合わせて大きな一枚物とすることが必要であり、孔穴等も許容されず、さらに有機化学物質はジオメンブレンを拡散浸透しうることが指摘されるなど、ジオメンブレン単独で処分場遮水工のライナーとするにはリスクを伴うことが懸念される。したがって多くの国で、ジオメンブレンと粘土ライナーとを組み合わせて複合ライナーとして遮水工とすることが多い。ジオメンブレンの損傷は、日本<sup>2)</sup>やヨーロッパ<sup>3)</sup>での調査例が報告されている。最近ではジオメンブレンの長期耐候性に関するデータも蓄積されつつあり、成果が期待される。

粘土ライナーとは、廃棄物処分場の遮水工に用いる粘土の層のことを指し、現場で締固めを行って設ける粘土の層を締固め粘土ライナーと呼ぶ。粘土は一般に透水係数が低いことから、適切に材料を選んで施工を行えば有効な遮水工となる。我が国では締固め粘土ライナーにベントナイトを添加したベントナイト混合土を用いることが多いが、これはベントナイトの高い水和膨潤性により遮水性を高めることができるためである。

ジオシンセティッククレイライナー (GCL) は、顆粒状あるいは粉末状のベントナイトを2枚のジオテキスタイルに挟み込んだり、ジオメンブレンに貼り付けたものである。ベントナイト部分は極めて低い透水係数が得られ、工場製品のため安定品質と施工管理の容易性が比較的期待できること、1 cm 以下と薄いため廃棄物処分の受け入れ容量を増加できること、等の利点をもつ。前述の現地調査のレポート<sup>1)</sup>によれば、GCL とジオメンブレンの組み合わせによる複合ライナーは、締固め粘土ライナーとジオメンブレンの組み合わせによる複合ライナーと比べて遮水性能に遜色がなく、GCL が締固め粘土ライナーの代替として十分に適用しうることが示されている。GCL やベントナイト混合土の懸念さ

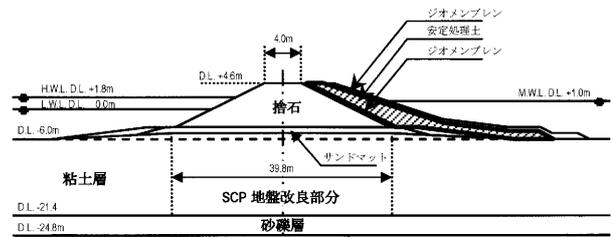


図-2 海面処分場の遮水護岸構造の例<sup>7)</sup>

れる点として、化学物質に対するベントナイトの膨潤阻害があげられるが、最近では3年以上にもわたる粘土ライナーの長期透水試験結果なども報告されており、耐化学性・長期性能の体系化が期待される<sup>4)~6)</sup>。

海面処分場では海底の粘土層を底部遮水層として用いることができることから、護岸構造が遮水の要となる。護岸構造は遮水機能だけでなく、波浪潮汐、地盤の変形などに十分対応しうることが要求される。海上施工の困難も克服しなければならない。図-2 は海面処分場の遮水護岸構造の一例であり、遮水シートを用いたものである。鋼管矢板を用いる構造形式や、鋼管矢板、遮水シートを組み合わせて用いる構造形式などが示されており、構造安定性と遮水性能の観点からバランスのとれた設計手法の確立がのぞまれる。

## 参考文献

- 1) USEPA: Assessment and Recommendations for Improving the Performance of Waste Containment Systems (CR-821448-01-0), 2002.
- 2) 宇佐見貞彦: 内陸最終処分場は、どのようにつくるのか?, 廃棄物処分場の建設に伴う地盤に関する諸問題とその対策講習会, 地盤工学会, pp. 1~9, 2005.
- 3) Bouazza, A., Zornberg, J. G. and Adam, D.: Geosynthetics in waste containment facilities: recent advances, Proceedings of the Seventh International Conference on Geosynthetics, Balkema, pp. 445~507, 2002.
- 4) Katsumi, T. and Fukagawa, R.: Factors affecting chemical compatibility and barrier performance of GCLs, Proc. 16 ICSMGE, Millpress Science Publishers, pp. 2285~2288, 2005.
- 5) Jo, H.-Y., Benson, C. H., Shackelford, C. D., Lee, J.-M. and Edil, T. B.: Long-term hydraulic conductivity of a geosynthetic clay liner permeated with inorganic salt solutions, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol. 131, No. 4, pp. 405~417, 2005.
- 6) Shackelford, C. D.: Environmental issues in geotechnical engineering, Proc. 16 ICSMGE, Millpress Science Publishers, Vol. 1, pp. 95~122, 2005.
- 7) 渡部要一: 海面処分場はどのようにつくるのか?, 廃棄物処分場の建設に伴う地盤に関する諸問題とその対策講習会, 地盤工学会, pp. 11~26, 2005.

(原稿受理 2006.4.16)