

# 廃棄物処分場遮水ライナーに関する試験項目・試験法の現状調査

State Investigation on Contents and Methodology for Evaluating Performance Quality of Landfill Liners

廃棄物処分場の地盤工学的問題に関する研究委員会 試験法 WG

小 峯 秀 雄 (こみね ひでお)

茨城大学助教授

## 1. はじめに

一般・産業廃棄物処分場において、最も重要な構造部材の一つは遮水ライナーである。遮水ライナーの第一の目的は、汚染物質と人間・自然環境との可能な限りの隔離である。この目的から、遮水ライナーの筆頭要求性能は、その遮水性であることは、明らかである。しかし、この性能にのみ注目されるため、遮水性能を確保するために必要となる周辺の性能の評価が疎かになりがちである。そこで、本ワーキンググループでは、様々な分野で活躍している技術者、研究者が集合し、これについて情報交換を進め、集約したまとめ表を提示することを目的として議論を進めた。本ワーキングの構成メンバーは表-1に示すとおりである。この表から分かるように、遮水ライナーを施工する建設会社の技術研究所において実務的、かつ研究的に活動されているメンバーに加え、遮水ライナー用の粘土材料やシート素材を社会に供給する会社の技術者にも加わっていただいた。また、遮水ライナーに詳しい勝見武氏（京都大学）がオブザーバーとして参加した。

本報告では、これらのメンバーがそれぞれの立場で作成したまとめ表を中心に、メンバー間での議論の結果について述べることにする。廃棄物最終処分場の建設は地盤工学分野において比較的新しい分野であり、かつ近年多くの技術者が参入している分野でもあるので、遮水ライナーとして、どのような性能を具備すべきなのか、そ

のための特性値の調査・評価を実際どのように行っているのかを知り得る報告となれば幸いである。

## 2. まとめ表の概要とまとめ方

本章では、遮水ライナーの要求性能と設計や施工管理・品質管理への反映の観点から表-2に例示するようなまとめ表を作成し、各WG構成メンバーに配布した。各WGメンバーは同表に基づき、所属研究機関の立場をも勘案した結果を報告することとした。表-2は、あくまで例示であり、各WGメンバーにおいて記述しやすいように作成し直しても良いこととした。

調査すべき廃棄物処分用遮水ライナーの対象材料として、「天然粘土系ライナー」、「ベントナイト系粘土ライナー」、「セメント系土質遮水材」、「ジオシンセティッククレイライナー」、「ジオメンブレン」、「遮水シート」の6種類を挙げ、各WGメンバーが取り扱った実績などを基にまとめ表を作成することとした。以下、表-2の各項目について説明を加える。

「要件項目」とは、遮水ライナーとして具備すべき要求される性能であり、「要件項目内容」では、要求される性能を具体的な文章で表現することとした。「代用特性値・指標特性値」とは、「要件項目」を定量的に示すことのできる物理量のことであり、具体的な測定方法などが提示されているものを記述することとした。

さらに、表に挙げられた要件項目が何のために必要なのかを明記するために、「設計への反映」および「施工管理、品質管理への寄与」という項目を作成し、具体的な使用を例に挙げていただき、項目の必要性が明確になるようにした。なお、上記のようなまとめを進めるうえで数名の方々から話題提供をいただいた<sup>1)~4)</sup>。記載に当たっては、これらの文献等を参考に行った。

## 3. 遮水用粘土ライナーについて

遮水工を施工する建設会社、材料を提供する材料メーカーに所属しているWGメンバーを中心に調査を行った。ここでいう遮水用粘土ライナーとは先に挙げた6種類の対象材料のうち、「天然粘土系ライナー」、「ベントナイト系粘土ライナー」、「セメント系土質遮水材」、「ジオシンセティッククレイライナー」である。表-3、4に各WGメンバーから提出されたまとめ表を著者が総合化して示した。各WGメンバーから提出されたま

表-1 試験法WG構成メンバー

氏 名	所 属
小 峯 秀 雄 (WG主査)	茨城大学工学部
鬼 形 正 伸	(株)ボーテックスエンジニアリング部
佐 藤 泰	日本国土開発(株)技術研究所
関 眞 一	飛鳥建設(株)技術研究所
土 弘 道 夫	鹿島建設(株)技術研究所
鶴ヶ崎 和 博	東洋建設(株)総合技術研究所
日笠山 徹 己	大林組(株)技術研究所
藤 原 照 幸	(株)地域地盤環境研究所
前 田 幸 男	佐藤工業(株)中央技術研究所
三 宅 徹 男	クレハエラストマー(株)土木資材開発部
宮 崎 啓 一	西松建設(株)技術研究所

## 論文

表－2 まとめ表の概要例

要件項目	要件項目内容	対象材料	代用特性値・指標特性値	試験方法	設計への反映	施工管理、品質管理への寄与
止水性	地下水の移動を抑制すること	ベントナイト系粘土ライナー	飽和透水係数、密度	圧密試験 変水位透水試験	密度の設計 層厚の設計	必要な止水性の確保の確認
...	...	...	...	...	...	...

表－3 遮水用粘土ライナーのまとめ表 (1/2)

要件項目	要件項目内容	代用特性値・指標特性値	試験方法	設計への反映	施工管理、品質管理への寄与
遮水性 止水性	1. 水の透過を抑制すること 2. 水の流入・流出を抑制すること	1. 飽和透水係数 2. 締固め密度 3. 層厚 4. 粒度分布 5. 拡散係数 6. 膨潤特性 7. 陽イオン交換容量 8. ベントナイト含有量	1. 室内透水試験（変水位，三軸透水試験） 2. 土の締固め試験，密度試験，サウンディング 3. 現場透水試験 4. 粒度試験 5. 拡散試験，ルーフィング加圧透水試験（JIS A 6008） 6. 膨潤力試験（JBAS-104-77） 7. メチレンブルー吸着試験（JBAS-107-77）	1. 遮水層としての適性判断 2. 材料選定に寄与	
自己修復性	1. クラックや亀裂を修復すること	1. 膨潤圧 2. 膨潤変形量 3. ベントナイト含有量	1. 室内膨潤試験 2. メチレンブルー吸着試験（JBAS-107-77） 3. 液性限界試験（JIS A 1205） 4. 膨潤力試験（JBAS-104-77）	1. 材料選定に寄与	1. 供用時の損傷対策として寄与
変形追従性	1. 構造物の変形に追従すること	1. 変形特性 2. 圧密特性 3. 変形時の透水係数 4. 強度特性 5. 締固め特性 6. 配合	1. 強度試験 2. 圧密試験 3. 締固め試験	1. 施工方法の選定に寄与 2. 材料選定に寄与	1. 密度，含水比の管理に寄与
化学的安定性	1. 化学物質の移動を抑制すること 2. 浸出水に含まれる化学物質によって劣化しないこと	1. 化学物質溶液に対する透水係数 2. ベントナイトの事前膨潤 3. 耐酸性 4. 耐アルカリ性	1. 化学物質溶液を用いた透水試験 2. 化学物質溶液を用いた膨潤試験 3. （化学物質溶液を用いた液性限界試験）	1. 材料の選定，配合，設計厚さの決定等に寄与	

まとめ表を比較・検討すると、各WGメンバーの認識に差異があり、実際に検討している項目に若干の違いも認められた。この差異が認められるという点は、遮水用粘土ライナーとして求められている要件項目、特に遮水性能を確保するために必要となる周辺の性能が、未だ明確になっていないことを如実に表していると考えられる。

表－3 から、遮水用粘土ライナーとして要求される性質は、そのバリア性能を直接評価する止水性が第一の要求性能であることは言うまでも無いが、その性能だけではなく、その性能を維持するための2次的な性能が要求されていることが分かる。具体的には、「自己修復性」、「変形追従性」が求められている点に注目する必要がある。また、「化学的安定性」は、廃棄物処分場用の遮水ライナーならではの要求性能である。第一に挙げられている「遮水性・止水性」の性能に対しては、蒸留水環境下における物性値を検討し、遮水材としての適正を判断するに留まるものである。これに加えて、実際に浸出する化学物質に対する影響を把握し、設計などの変更につなげるという手順が現状のようである。このような現状を反映して、「化学的安定性」の項目の試験方法に關す

る記述が、他と比べて極めて少なかった。すなわち、実際の化学物質浸出を想定した試験法が未だ不明確であり、材料設計に反映できる技術レベルに無いものと判断される。このことから、実際の化学物質浸出を想定した各種試験法、特に透水試験方法の確立が重要であると考えられる。

表－4 に示す「耐久性」については、各WGメンバーともその重要性を指摘しているが、「代用特性値・指標特性値」や「試験方法」の記述量からみて、どのように耐久性を評価すればよいか明確にできていない状況によるものと思われる。「化学的安定性」と同様、評価方法・試験方法の確立が強く期待されているものと考えられる。

実際に施工する観点からは、母岩の適用性やトラフィカビリティが要件項目として挙げられた。フィルタイブダム建設などで利用されてきた混合土の施工管理・品質管理の考え方が、遮水用粘土ライナーにも適用されているようで、特性値や試験方法の明確化は、先の「化学的安定性」や「耐久性」と比べると、進んでいるものと思われる。今後は、施工実績の充実に伴い、管理方法の

表—4 遮水用粘土ライナーのまとめ表 (2/2)

要件項目	要件項目内容	代用特性値・指標特性値	試験方法	設計への反映	施工管理、品質管理への寄与
耐久性	1. 使用環境下において、サービスマンライフの期間中材料の機能が保たれること 2. 長期にわたって特性の変化が生じないこと	1. 材料各種のインデックス試験 2. 透水性の経時変化	1. 各種強度試験 2. 透水試験（長期間にわたる）	1. 材料の選定に寄与	
母岩の適用性	1. 遮水材として適切な土質材料であること	1. 有機物含有量 2. 粒度分布 3. 液性・塑性限界 4. 含水比 5. 締固め特性	1. 有機物含有量試験 2. 粒度試験 3. 液性・塑性限界試験 4. 含水比試験 5. 突固めによる土の締固め試験	1. 材料の選定に寄与	
施工性	1. 重機施工が可能であること 2. 天候に左右されないこと	1. 圧縮強度 2. 締固め特性 3. 含水比 4. コーン指数	1. 各種強度試験 2. 突固めによる土の締固め試験 3. 含水比試験 4. 各種コーン貫入試験		1. 施工性の向上による品質確保

表—5 遮水シートのまとめ表（遮水シート製品自身の試験項目）

要件項目	要件項目内容	代用特性値・指標特性値	試験方法	設計への反映	施工管理、品質管理への寄与
遮水性	1. 遮水性があること	1. 透湿度から算出した透水係数	1. JIS K 6549「革の透湿度試験法」 2. JIS L 1099「繊維製品の透湿度試験法」		1. シート製品の品質管理に寄与
耐引張り性 耐引裂性	1. 地盤の変形（陥没、不同沈下）に耐えること	1. 引張り強さ 2. 伸び率 3. 引裂強さ	1. JIS K 6251「加硫ゴムの引張り試験法」 2. JIS K 6922「プラスチック-ポリエチレン成形用及び押出用材料」 3. JIS A 6013「改質アスファルト系ルーフィングシート」 4. JIS K 6252「加硫ゴムの引裂試験方法」		1. シート製品の品質管理に寄与
耐候性	1. 15年相当の耐候性があること	1. 5000時間Ws形促進暴露装置で処理後の変化率	1. JIS A 1415「プラスチック建築材料促進暴露試験方法」		1. シート製品の品質管理に寄与
熱安定性	1. 高温にさらされても安定であること	1. 80℃の加温恒温機で240時間処理後の変化率	1. JIS K 6251「加硫ゴムの引張り試験法」		1. シート製品の品質管理に寄与
耐薬品性	1. 酸性浸出水に耐えること 2. アルカリ性浸出水に耐えること	1. 浸漬液（耐酸性：pH=3, 対アルカリ性：pH=12）に80℃, 240時間浸漬後の変化率	1. JIS K 6258「加硫ゴムの浸漬試験方法」		1. シート製品の品質管理に寄与
ストレスラック性	1. 定応力環境応力亀裂に耐えること	1. 浸漬試験60℃, 1500時間後の状態変化	1. JIS K 6922「プラスチック-ポリエチレン成形用及び押出し用材料」		

マニュアル化が望まれる。

表—3, 4において空欄になっている箇所は、各WGメンバーからの記述が無かったことを意味する。主に「施工管理、品質管理への寄与」の欄が空欄になっていたことから、現在実施されている各試験は、主に設計への反映を意図したものが多くないと推察される。これは、遮水材用粘土ライナーの施工実績データの蓄積が少ないことに起因するものと考えられる。施工実績データの蓄積に基づき、施工管理・品質管理において必要な試験項目と方法の確立も今後の重要な課題であると考えられる。

一方、各WGメンバーから要件項目として挙げられなかったが、粘土には高い「吸着性」が期待される。表—3, 4に挙げられなかった理由として、「吸着性」は実際の設計においては考慮されてなく、設計上のマージ

ンと考えられているものと思われる。「吸着性」は粘土ライナーの置かれる化学的環境等により変化するので、設計で用いる上での定量化が難しいものと考えられる。しかし、有害物質を外部に漏出させないために有効な性能であり、粘土ライナーの設計において考慮できるよう「吸着性」に関する試験法の確立と設計への反映が今後の課題である。

#### 4. 遮水シートについて

遮水シートに関する施工管理・品質評価試験を実施している機関と遮水シートメーカーに所属しているWGメンバーを中心に調査を行った。ここで言う遮水シートにはジオメンブレンも含んだ調査結果となっている。

表—5, 6は、その調査結果をまとめたものである。表—5から分かるように、遮水シート自身に対する品質

表—6 遮水シートのまとめ表（遮水シート敷設施工における試験項目）

要件項目	要件項目内容	代用特性値・指標特性値	試 験 方 法	設計への反映	施工管理、品質管理への寄与
変形追従性	1. 基礎地盤の突起や不陸で破損しないこと 2. 基礎地盤の変形に追従する伸びを有すること	1. 強制破損試験・耐圧試験による遮水シート破損の有無	1. 遮水シートの強制破損試験・耐圧試験	1. 材料選定に寄与 2. 寸法設計に寄与	
排水性 透水性	1. 保護材（不織布、排水材）内に流入した保有水を速やかに排水できること	1. 垂直方向透水係数・面内（水平）方向透水係数	1. 土の透水試験方法（JIS A 1218）に準拠、ジオテキスタイルを用いた補強土の設計施工マニュアル・面内方向透水試験方法（土木研究センター）	1. 材料選定に寄与 2. 寸法設計に寄与	
止水性	1. 保有水などを漏水させない十分な遮水性を有すること	1. 透水係数	1. 土の透水試験方法（JIS A 1218）、プラスチックフィルム及びシートの水蒸気透過度試験方法（JIS K 7129）	1. 材料選定に寄与	1. 品質管理に寄与

評価のための試験方法は、かなり確立したレベルに達している。ただし、その内容は、あくまで遮水シート単独で製品として出荷する際に行われる品質管理の試験方法がベースとなっているものと思われる。実際、「設計への反映」の欄への記入は無く、すべて品質管理に寄与するための試験項目であることが分かる。今後は、遮水シート単独の品質管理試験を、どのように施工管理や設計などに反映できるかを検討し、設計・施工管理・品質管理において活用できる総合的な試験法へと高度化する必要があるものと考えられる。

表—6 は、遮水シートの敷設施工に伴い実施している試験項目をまとめたものである。これらは、まだ研究・技術開発段階にあるものと思われるが、現状ではここに挙げるような項目が検討されているようである。

遮水シートの場合は、シートそれ自身が工場製品であるため、遮水材用粘土ライナーの場合と比べて品質管理に重点の置かれた要件項目、試験項目になっているように思われる。しかし、廃棄物処分場の建設地点の地下水条件や地盤・地質条件に応じた適切な遮水シートの選定や寸法、重合わせ部分の寸法など、設計すべき要件が多々あるように思われる。「今ここに〇〇という遮水シート製品があるから、それを使う」というのではなく、処分場建設地点の地盤・地下水条件に適した遮水シートに要求される性能を明示し、それに応じた材料の選定、設計ができるように試験項目も明確化することが今後重要であると考えられる。

## 5. おわりに

今回、本ワーキンググループでは、廃棄物処分用の遮水ライナーとして、どのような性能が要求されているかを明確にし、それを評価するための具体的な試験方法について調査し、その結果をまとめ表として提示できたことが一つの成果と考えている。これらのまとめ表は、十分に確立されたものとは思われないものの、新規に廃棄物処分場建設に携わる地盤工学会会員や設計・施工技術者に有益な情報を提供するものと期待している。また、環境地盤工学を専門とする研究者、技術者にとっても、これらのまとめ表は、日頃急がされている業務の中で行っている事項をまとめたものとなっているので、廃棄物処分場建設における各事項の位置づけの明確化を図るとともに、今後必要と考えられる技術開発項目も明らかにすることが可能と考えられる。

## 参 考 文 献

- 1) 長田 徹・竹ヶ原竜大・中島 晃・高尾 肇：放射性廃棄物処分に使用されるベントナイト系材料の特性値試験法の現状調査，第3回環境地盤工学シンポジウム発表論文集，pp. 61～66, 1999.
- 2) 勝見 武・Craig H. Benson・嘉門雅史：ベントナイトを用いた遮水ライナーの耐化学性について，土と基礎，Vol. 49, No. 2, pp. 21～24, 2001.
- 3) Shackelford, C. D., Benson, C. H., Katsumi, T., Edil, T. B. and Lin, L.: Evaluating the hydraulic conductivity of GCLs permeated with non-standard liquids, Geotextiles and Geomembranes, Vol. 18, pp. 133～161, 2000.
- 4) Koerner, R. M.: Designing with Geosynthetics, Fourth Edition, Prentice Hall Published, 1997.

(原稿受理 2003.4.7)