

遮水シート損傷(漏水)検知設備に関する自主基準

2021年4月



特定非営利活動人 最終処分場技術システム研究協会

目 次

1. 自主基準設定の趣旨	3
2. 適用範囲	3
3. 自主基準	3
4. 自主基準の解説	4
4.1 基準	4
1) 損傷の大きさ	4
2) 位置精度	5
3) 検知範囲	5
4) 二重遮水シート構造の時の検知対象の遮水シート	5
5) 検知期間	6
4.2 条件	6
1) 検知対象遮水シートの体積固有抵抗（比抵抗）	6
2) 浸出水の電気伝導度（EC）	7
3) 専門技術者による定期検査頻度	8
5. 結 語	8
<文献>	8

1. 自主基準設定の趣旨

遮水シート損傷（漏水）検知設備「以後漏水検知設備と略記」は、最長 25 年以上の実績に及んでいるが、この間、特段の基準もなく適用が進んでいるために、施設毎に大きく仕様が異なるなどの混乱も生じている。

そこで、このような混乱を防止するために、一つの目安として自主基準を設定した。

なお、本基準は、現段階で公になっている資料等を基に設定したもので、新たな技術開発や新たな知見等が得られた段階で見直すものとする。

漏水検知設備には物理式と電気式があるが、ここ 15 年近く電気式が中心に採用されている状況が続いており、本基準は、新たな計画・設計のためのものであることから、今回は対象を電気式とした。

また、埋立地の漏水判断は地下水モニタリング井戸での水質検査が主であり、漏水検知設備は、あくまでもそれを補完する設備である。この位置づけを前提としている。

2. 適用範囲

本自主基準の適用範囲は以下の通りとする。

- ・対象施設：一般廃棄物最終処分場及び管理型最終処分場
- ・対象遮水工：表面遮水工として法面及び底面の全面に遮水シートを用いた遮水工
なお、遮水工として一部でも遮水シートを使っていない遮水工を用いた埋立地は対象外とする。底面及び法面には連続して遮水シートが敷設されている必要がある。
- ・対象設備：電気式漏水検知設備

3. 自主基準

自主基準を表 1 に示す。この自主基準を担保するための条件を表 2 に示す。

表 1. 遮水シート損傷（漏水）検知設備の自主基準

No	項目	内容	備考
①	検知すべき損傷の大きさ	直径 3 cm 以上	
②	検知すべき位置精度	±2m 以内（4×4m 以内）	
③	検知範囲	底面及び法面（埋立地全面）が望ましい	
④	二重遮水シート構造の時の検知対象の遮水シート	上面遮水シート	埋立開始前を除く
⑤	検知期間	設備設置後 15 年間を基本とする	

表 2. 条件等

No	項目	内容	備考
(1)	検知対象遮水シートの体積固有抵抗（比抵抗）	10 ¹⁰ Ω m 以上が望ましい （厚さ 1.5 mm に対して）	
(2)	浸出水の電気伝導度（EC）	300mS/m 以上	暫定値
(3)	専門技術者による定期検査頻度	1 回／年以上の頻度で実施	

表 1・表 2 に示す具体的な値等は、工学的に考慮した時の必要性や、一般論（基本的な理論式等）から求めたもので、設備によってはこの基準を超える性能を示すものもあるが、本基準はこれを制限

するものではない。

4. 自主基準の解説

4.1 基準

1) 損傷の大きさ

図1は遮水シートに損傷が生じた時に安全性を確認する為の資料として示したものである。国内の平均的な一般廃棄物最終処分場、埋立面積約26,000m²の埋立地に損傷が生じた時に、通常考えられる表3に示す遮水シート上下の土質条件に対して、実験データや解析データ等¹⁾から10倍の安全率を考慮し(仮に10個同時に同様の損傷が生じてもこの値を超えないようにし)、基準省令で定める不透水性土層(厚さ5m)の透水係数或いは遮水シート(厚さ1.5mm)の透水係数に換算して示したものである。

例えば保護土として一般的な土壌(透水係数10⁻⁴cm/s相当)を使用したケース3の場合、直径3cmの損傷は、10倍の安全率を見た状態で遮水シートの実測値相当の透水係数10⁻¹²cm/sオーダーと等価になる。

表3. 遮水シート上下の土壌条件(透水係数)

ケース	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
遮水シート上の透水係数 cm/s	1×10 ⁻²	1×10 ⁻³	1×10 ⁻⁴	1×10 ⁻⁵	1×10 ⁻⁶
遮水シート下の透水係数 cm/s	1×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹	1×10 ⁻¹

ただし、下側の透水係数は不織布のみの場合を想定し、1×10⁻¹cm/sとした。

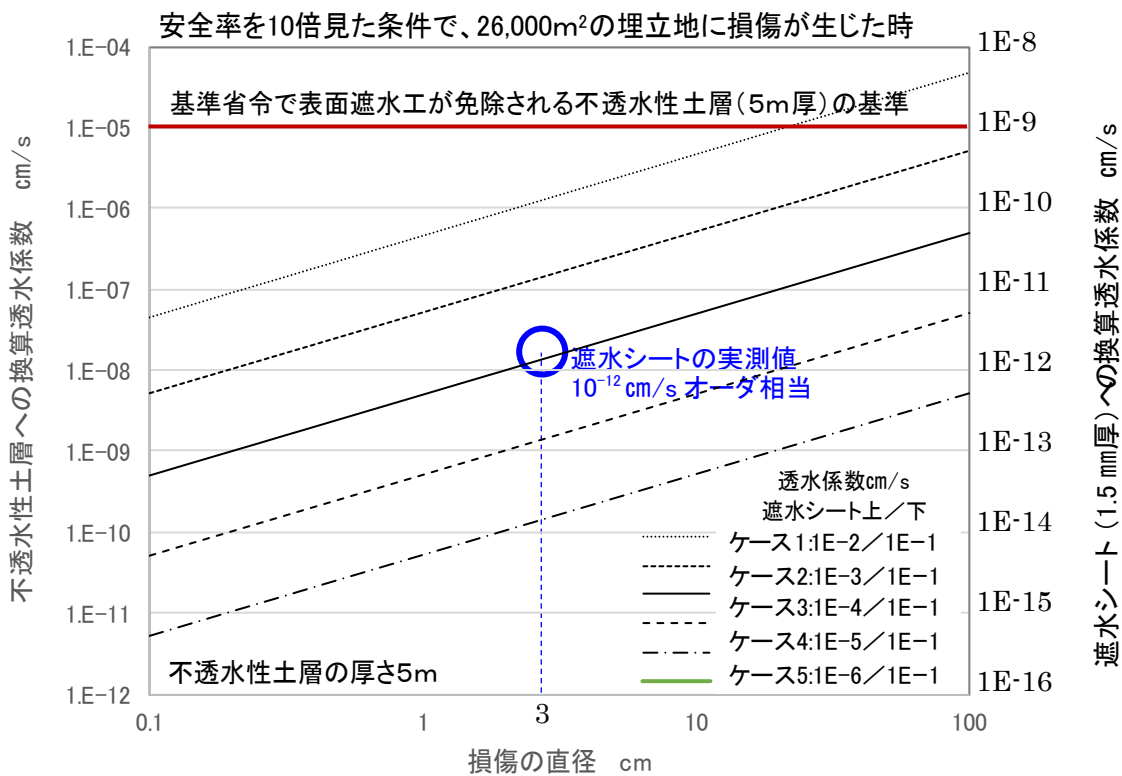


図1. 安全率を10倍見た時の不透水性土層或いは遮水シートの透水係数に換算した場合

2) 位置精度

漏水検知設備は、損傷した遮水シートを補修することを前提として検知するため、求められる位置検知精度は、補修方法を考慮して設定する必要がある。

遮水シートの補修方法としては、色々な方法が提案されているが、全国の処分場管理者へアンケート調査とヒアリング調査を行った結果、埋立てが開始された埋立地で実際に適用されている補修方法は、いずれも掘削して損傷した遮水シートを露出させ、新たな遮水シートを熱融着する方法（一般に増し貼りと言われている方法）で補修されている^{3) 4)}。この増張りによる補修方法は、掘削して損傷した遮水シートを露出させ、補修部を完全に乾燥させて補修する必要がある。この作業を実施するためには4×4m程度以上の掘削範囲が必要となるため、通常はこれよりも広く掘削を行う。従って増張りで補修する場合は、この掘削範囲に損傷箇所が入っていれば修復可能である。このことから、位置検知精度は±2m（4×4m）以内であれば問題ない。

なお、当該検知位置精度は増張りによる補修を前提にしたが、一般的に実用化（技術の普及）の目安は10件程度と考えられるので、他の補修方法の実績が10件を超えた場合は、その補修方法も考慮して再考する必要があると考えられる。

3) 検知範囲

検知範囲は、概ね次の3つのケースが考えられる。

- ・ケース1：底面のみ
- ・ケース2：底面に加え、帯水の可能性が高いと考えられる堰堤高さまでの範囲の法面
- ・ケース3：底面と法面を含めた全面

ケース1の底面検知は、底面面積比率が高く法面が1段のみである場合や、クローズド型処分場など壁面が直壁である場合に採用されることが多い。後者は、壁面が1重遮水構造で、底面の2重遮水構造と電氣的に繋がりを持たない場合、検知設備の特性によっては適用が難しいという点も要因の一つである。

ケース2の漏水の可能性が高いエリアが検知範囲に採用される場合は、傾斜や谷筋に設置される最終処分場が該当する。保水状況は堰堤以上の高さになると越流することになり、漏水リスクの高い堰堤の高さまでを対象にしている。

このように全面検知していないケースは、漏水のリスクと経済的観点から生じた考え方であり、これまでに特にこの基準は示されていない。しかし、検知範囲が限定されていると、それ以外に破損が生じた場合は漏水位置を見つけて修復することができないことになり、法面に生じた損傷からの漏水も、雨天時等に比較的に多く生じる場合があり、地下水汚染につながる事も想定される。また、2重遮水シート内に地下水が流入し、法尻の遮水工が膨らむ問題も生じる。

更に、埋立て期間中、法面は底面に比べ破損の危険性が約10倍高いことが以前のLSAの調査により分かっている。²⁾

以上のことから、漏水検知設備は、設置された範囲における損傷場所を検出する機能であり、施設への設置の目的を満足するためには法面を含めた全面検知が必要と考えられる。

4) 二重遮水シート構造の時の検知対象の遮水シート

二重遮水シート構造では、一方の遮水シートが健全であれば漏水は発生しないが、その検知対

象は上面遮水シートか下面遮水シート、あるいは両方検知するというケースが考えられる。

二重遮水シート構造において、下面遮水シートのみ損傷している場合、この損傷を唯一多くの実績を有している増し張りにより補修するためには、健全な上面遮水シートを切り裂く必要があり、埋立が開始された埋立地では、補修作業中の漏水発生が懸念される。このため、埋立が開始された埋立地でこのような補修作業を実施することは現実的には難しいと考えられる。

漏水検知設備は、検知した時には補修することを前提としているため、補修が可能な上面遮水シートの漏水発生を確実に捉え、速やかに補修することで、埋立地の健全性は担保できると考えられる。

このことから、漏水検知設備の検知対象は上面遮水シートを基本とする。

ただし、この対応はあくまでも埋立を開始した処分場の場合であり、次の検査を避けるものではない。

- ・埋立開始前の検査（この状態であれば下面遮水シートの補修も可能である）
- ・上面遮水シート損傷時に、その損傷が下面遮水シートまで及んでいるか否かの検査

5) 検知期間

遮水工は埋立てた廃棄物が安定化するまでの期間機能維持が求められている。このため遮水シートの機能を確認する観点から、事前に年数を明記したうえで、埋立廃棄物が安定化するまで、機能維持を図る設計の漏水検知設備も少なからず存在している。一方遮水シートの損傷要因は、埋立重機との接触等、埋立作業に起因したものが多い。²⁾新たに埋立てられる法面については最後まで注視する必要があるが、埋立作業による遮水シートへの影響は埋立廃棄物の層厚の増加と共に減少し、損傷リスクも減少すると考えられる。このことは遮水シートが5mを超えて埋立てられた状態で損傷（漏水）が検知されることが殆ど無いことからわかる。埋立が終了し、最終覆土が敷設された処分場では、埋立作業そのものがなくなるため、法面を含めて損傷リスクは極めて小さくなると考えられる。特に最近の処分場では、熱灼減量の少ない廃棄物の埋立てが主体の為、埋立終了後の廃棄物の物理的変化も少なく、損傷の可能性はさらに少ない状態になっていると考えられる。

冒頭述べた通り、漏水検知設備は、モニタリング井戸による地下水検査のあくまでもバックアップであり、遮水シート損傷（漏水）リスクが小さくなった状態では、モニタリング井戸のみで行っても、充分埋立地の健全性は担保できると考えられる。

以上の事から、漏水検知設備の稼働期間は、一般廃棄物最終処分場の一般的な埋立期間である15年間を基本とする。

この間、メンテナンスを実施しながら設備の機能維持を図るものとする。

廃棄物等で埋まってしまう測定電極や、そのケーブルはこの間交換せずに機能する設計とし、これ以外の交換が可能な部品は、消耗品と考え、メンテナンス時等に機能が劣ったものをその都度交換することで、必要期間の機能維持を図る。

なお当初計画よりも埋立期間が延びてしまい、当初期間よりも漏水検知設備の稼働期間が延びた場合は、測定電極やそのケーブルの交換ができないため、機能を失った電極近傍の測定精度が落ちてしまう事、一定数（全体の5%程度等）以上の電極が機能を失い、検知そのものができなくなってしまう場合が有る事を容認する必要がある。

4.2 条件

1) 検知対象遮水シートの体積固有抵抗 (比抵抗)

電氣的に、遮水シート損傷 (漏水) を検知するためには、一般論として損傷がない状態で埋立地内外に流れる電流 (背景電流) よりも、損傷部を流れる電流の方が十分大きくなる必要がある。

損傷部を流れる電流 I_h と、損傷がない状態で埋立地内外に流れる電流、つまり遮水シートによる背景電流 I_s (遮水シートの比抵抗により僅かに流れる電流) を、単純化して理論式で示すとそれぞれ式 (1) 式 (2) となる。

$$I_h = 2\pi r V_h / \rho L \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$I_s = S V_s / \rho_s t \quad \text{-----} \quad (2)$$

ただし、 I_h : 損傷部 (孔) を流れる電流 [A]

r : 孔の半径 [m]

V_h : 損傷部 (孔) に加わる電圧 [V]

ρL : 損傷部 (孔) 周辺に存在する浸出水の比抵抗 [Ωm] (=1/EC)

I_s : 遮水シートによる背景電流 [A]

S : 遮水シート面積 [m^2]

V_s : 遮水シートに加わる電圧 [V]

ρ_s : 遮水シートの比抵抗 (体積固有抵抗) [Ωm]

t : 遮水シートの厚さ [m]

$I_h \gg I_s$ の関係から式 (1) 式 (2) を解くと

$$\rho_s \gg S \rho L / 2\pi r t \quad \text{-----} \quad (3)$$

ただし、 $V_h = V_s$ とする。

ここで仮に以下の条件で(3)式を解くと

- ・ 遮水シートの面積 $S = 26,000 m^2$ (環境省一般廃棄物処理実態調査 2018 年度の平均埋立面積)
- ・ 損傷 (孔) 周辺に存在する浸出水の比抵抗 $\rho L = 10 \Omega m$ (EC 換算 $100 mS/m$)
- ・ 損傷 (孔) の半径 $r = 0.015 m$ (直径 3 cm)
- ・ 遮水シートの厚さ $t = 0.0015 m$ (1.5 mm)

$\rho_s \gg 2 \times 10^9 [\Omega m]$ となる。

従って遮水シートの比抵抗 (体積固有抵抗) は $10^{10} \Omega m$ 以上が望ましい。

2) 浸出水の電気伝導度 (EC)

電気式漏水検知設備は、遮水シートが損傷しても損傷部が埋立前で空気中に露出している場合は、損傷部に電流が流れないので検知できない。同様に保護土が薄く軽く掛かったような状態でも損傷部 (孔) 周囲の比抵抗 (電気伝導度の逆数) が非常に大きいため、損傷部に電流が殆ど流れず検知は難しい。損傷部にどの程度電流が流れるのかを表す理論式を簡単に現すと式 (4) となる。

$$R_h = \frac{\rho L}{2\pi r}$$

$$I_h = \frac{V_h}{R_h} = \frac{2\pi r V_h}{\rho L}$$

ただし、 R_h : 孔の抵抗

I_h : 孔に流れる電流

ρL : 孔近傍の浸出水の比抵抗

σL : 孔近傍の浸出水の EC (=1/ ρL)

r : 孔の仮想半径

V_h : 孔周囲の内外電圧

$$I_h = \sigma_L 2\pi r V_h \text{ —————(4)}$$

式(4)より、孔の大きさが同じであっても孔に流れる電流 I_h は、孔近傍の電気伝導度、つまり浸出水の EC 値 σ_L に正比例することがわかる。例えば孔近傍に雨水がある時と浸出水がある時では、100 倍以上損傷部に流れる電流が変わってしまう可能性が高い（多くの場合雨水と浸出水では EC が 2 桁以上異なる）。測定装置の精度を基本的に規定するのは S/N(信号成分対ノイズ成分) であるが、いずれの漏水検知設備（電気式）もこの孔を通過する電流発生による変化分が S 分に直接反映するため、この影響を避けることはできない。

この様に遮水シート損傷（漏水）を検知するうえで、損傷近傍の浸出水の EC の影響は大きいいため、設備設計を行うためには何らかの形でこの EC を設定する必要がある。

埋立てを開始した埋立地では、浸出水（原水）の EC は多くの場合、1,000mS/m 以上あると考えられることから、安全を考慮して、今回は暫定的に 300mS/m 以上とする。今後調査を進め、最終設定する予定である。

3) 専門技術者による定期検査頻度

平成 27 年度に LSA が実施した 207 施設（漏水検知設備導入済みの一般廃棄物最終処分場及び公共機関が管理する管理型最終処分場）を対象にしたアンケート調査では、製造メーカーと維持管理契約を締結して年に 1 回以上専門技術者によるメンテナンスを実施している施設では、実施していない施設に対して明らかに故障発生頻度が少なくなっている（約 25%減）。^{3) 4)}

また、漏水検知設備は、計測装置を組み合わせで構築されており、計測装置は正確な測定を維持するためには年に 1 回以上、正しく計測できているかの検証が必要である。これはトラックスケール等が、年に 1 回検査を受けなければならないのと同様である。本設備も計測装置を組み合わせていることから、同じ考えに基づく必要がある。

以上のことから、性能保証を行う前提として年に 1 回以上の専門技術者による定期メンテナンスの実施を条件とする。

5. 結 語

以上の通り、最終処分場に適用される漏水検知設備の自主基準を設定した。最終処分場の漏水検知設備を計画・設計するうえで、参考になれば幸いと考えている。今後新たな技術の開発や新たな知見が得られた段階で順次見直しを図っていく予定である。

なお、本自主基準は、特定非営利活動法人最終処分場技術システム研究協会 研究展開委員会 漏水検知システムの課題に関する調査研究分科会において、平成 27 年度から検討を開始し、令和元年度から令和 2 年度にかけてまとめたものである。⁵⁾ 本検討に際してご協力頂いた方々に、この場を借りて、心よりお礼申し上げる次第である。

<文献>

- 1) 古市徹、押方利郎、海老原正明、田中勝、花嶋正孝、環境リスク管理のための電位分布歪み法による漏水検知モニタリング網の設計、廃棄物学会論文誌 Vol17、No5、pp253-261、1996.9
- 2) 山口陸三、持田悦夫、海老原正明、最終処分場における遮水工の試験方法に関する実験的研

- 究、第7回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp686-688、1996.10
- 3) 海老原正明、小林剛、石井一英、漏水検知システムの導入実績と稼働状況の実態調査結果、第28回廃棄物資源循環学会研究発表会講演原稿、pp425-246、2017.9
 - 4) 海老原正明、小林剛、石井一英、CURRENT SITUATION ON INTRODUCTION AND OPERATION RESULTS OF LEACHATE LEAKAGE DETECTION SYSTEMS FOR LANDFILL SITES、The 10th APLAS TOKYO 2018、2018.9
 - 5) 海老原正明、小林剛、井場道夫、江副拓良、大久保英也、大野文良、工藤友康、瀬瀬卓也、清水健夫、中山裕文、林克彦、山本実、坂本篤、第42回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集、pp266-268、2021.1