

遮水機能検査システム「s-Can light」の開発

—安全かつ信頼性の高い最終処分場を目指して—

田中 勉・宮崎啓一・平岡博明・酒井幸雄

最終処分場は、計画、建設、供用、閉鎖、跡地利用までの長期にわたるライフサイクルにおいて、環境に対する安全性を確保していなければならないが、近年、最終処分場において周辺環境の汚染などの事例が報告されたりして、信頼性および安全性に対する不安から住民の理解を得ることが難しくなっている。そこで最終処分場の建設時における遮水工の品質に重点をおき、最終処分場の施工時および竣工時における遮水機能の健全性を確認し、安全かつ信頼性の高い最終処分場を建設することを目的とした、安価で容易に検査が可能な遮水機能検査システム「s-Can light」を開発した。本報告では、同システムの紹介とともに、実証実験および適用事例について報告する。

キーワード：最終処分場、遮水機能、品質管理、竣工検査、遮水機能検査システム、電流法

1. はじめに

最終処分場は、計画、建設、供用、閉鎖、跡地利用までの長期にわたるライフサイクルにおいて、環境に対する安全性を確保していなければならないが、近年、最終処分場において周辺環境の汚染などの事例が報告されたりして、最終処分場の建設においては信頼性および安全性に対する不安から住民の理解を得ることが難しくなっている。

最終処分場における周辺環境への影響は、土壌および地下水汚染、大気汚染、振動、騒音等いろいろあるが、特に土壌および地下水汚染については重大な問題となっている。

そのことから、最終処分場の供用時において遮水機能の健全性をモニタリングするシステム（電氣的に計測を行う漏水検知システム等）の採用が多く見受けられるようになってきた。一般に、遮水機能のモニタリングシステムは各処分場ごとに設置され、他の処分場との共有使用は難しく、このようなシステムは大変高価となる場合が多い。

一方、予算的な問題等から上記のモニタリングシステムを導入できない最終処分場も多いと考えられる。しかし、このような場合においても、最終処分場の竣工時には遮水機能の検査を行い、遮水機能の品質が確認されている必要があると考えられる。

これまで、遮水工における施工時の品質管理で

は、通常、遮水シートの接合時において物理的な検査（圧力容器を用いた真空検査、二重の溶接箇所での減圧検査等）、または、電氣的な検査（スパーク法、電気抵抗等のチェック等）が行われているが、遮水シートの施工を終え、保護層の施工段階においては前記のような検査は行えない。

そこで、遮水シートの施工が終わった後の保護層の施工段階における品質管理から竣工時の検査まで、遮水機能の健全性を確認することを目的とした、安価で容易に検査が可能な遮水機能検査システム「s-Can light」(strict-current aided network)を開発した。

2. s-Can light の概要

s-Can light のシステム構成を図一1に、機器構成を写真一1に示す。「s-Can light」は施工時または竣工時における遮水機能の品質検査を目的としたものである。

検査方法は、1つの基準電極を基礎地盤側に設置し、5つの検知電極を遮水シート上に敷設される保護層（不織布、保護層砂等）に設置する。基準電極から全ての検知電極間に電流（交番直流）を流し、5つの検知電極うち4つを固定しておき、残り1つ（移動用）を測定ごとに任意の測定ポイントへ移動させて、検知電極（移動用）に流れる電流値の大きさを調べることで、遮水シートの損傷の有無を検査するものである。

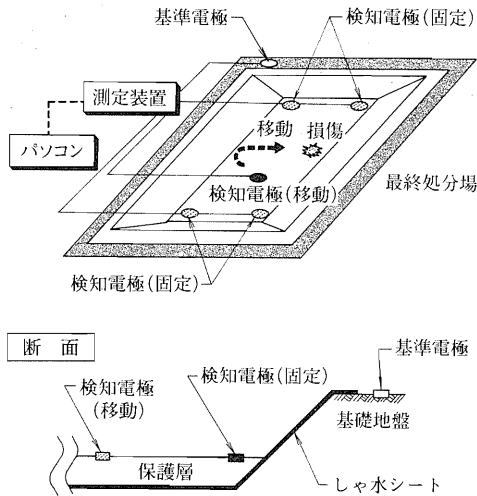


図-1 システム構成



写真-1 s-Can light の機器構成

3. システムの原理および特徴

(1) システムの原理

電流法の原理を図-2 に示す。

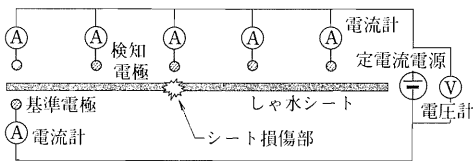


図-2 電流法の原理

電気的に絶縁性を有する遮水シートの片面側に複数の検知電極を設置し、シートのもう一方の片面側に基準電極を設置する。基準電極は定電流供給源に接続し、検知電極の各々を電流計に接続しておく。遮水シートは電気的に絶縁体と見なせるので、シートが健全な状態では基準電極と検知電極との間には電流の流れる回路が構成されてい

いため電流は流れない。しかし、シートに損傷が生じて穴が開くと、シートによって分離された上下の領域が、周囲の水分などの導電材によって電氣的に接続され、基準電極から検知電極へ電流が流れる。このとき、基準電極から供給された定電流は全ての検知電極に流れるが、損傷箇所に近い検知電極に多くの電流が流れる。システムはこの原理を利用し、遮水シートの損傷の有無とその位置を特定する。

s-Can light における測定手法は図-3 に示したように、一つの検知電極を移動させながらその電流量の変化を調べるものである。

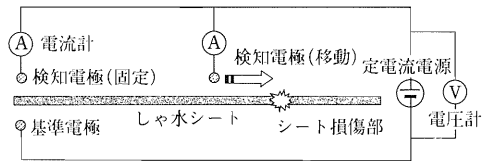


図-3 s-Can light における測定手法 (図中の検知電極(固定)は1つであるが実際には4つ使用する)

損傷箇所が存在する場合には、移動用の検知電極が損傷箇所へ近づくとその検知電極に流れる電流量は次第に大きくなり、また、移動の検知電極が損傷箇所から遠ざかると電流量は次第に小さくなっていく。そのことにより電流量の大きく現れた場所が損傷箇所と判断できる。

(2) システムの特徴

以下に s-Can light の特徴を示す。

(a) 事前の電極設置が不要

一時的な仮設システムであり、事前にシートの下に電極等を設置するなどの特別な準備を必要としないため、いつでも検査を行うことができる(ただし、二重シートに適用する場合は別途に検討が必要)。

(b) コンパクトで持ち運び可能

システムがコンパクトなため容易に持ち運びができ、システムの変更等の必要もなく、簡単に検査を行うことができる。

(c) 低コスト

大掛かりな設備を必要としないため検査は安価である。

(d) 高精度

検査において遮水シートに損傷が判明した場合には、高精度に位置を特定することができる。

(e) 品質管理の向上

遮水シートの品質管理を施工時および竣工時に行うことで信頼性の高い処分場を提供できる。

(f) システムの併用が可能

常設タイプの電氣的なモニタリングシステムが導入される処分場においても、施工段階における品質管理が行える。

4. s-Can light による検査方法

(1) 検査の概要

検査は、最終処分場の状況に応じて検査領域を数ブロックに分割して行う。

図-4 に示すように、最終処分場外部の基礎地盤側に一つの基準電極を設置し、最終処分場内部（遮水シート上部の不織布または保護砂等が敷設された状態）の検査ブロック周囲4箇所に固定の検知電極を設置する。また、検査ブロック内の任意地点に移動用検知電極1つを設置する。

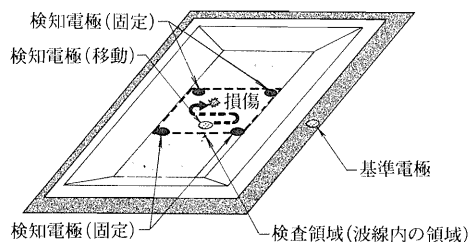


図-4 s-Can light における電極配置

検査方法は、最終処分場外部に設置した基準電極から最終処分場内部に設置した5つの検知電極へ所定の電流を流して、それぞれの検知電極に流れる電流量を測定する。そして、移動用検知電極を検査対象ブロック内の各検査地点へ移動して同様の測定を行う。

移動用検知電極に流れる電流量は、

- ① 全ての調査地点において全く電流が流れない。
- ② 電流は流れるが全ての検査地点において、その電流量に顕著な変化が現れない。

③ 電流は流れ、ある検査地点において電流量が増大し、顕著な変化が現れる。

の3種類の電流分布が考えられる。

①および②の状態は検査ブロック内の遮水シートに損傷が無いことを示すが、②の状態は検査ブロック以外の場所に漏洩電流が存在することを示している*1)。

③の状態は電流量が増大する調査地点において遮水シートの損傷の疑いがあることを示す。

このような方法で検査を行うブロックを順次移動していき、最終処分場の全体を検査する。

(2) 検査の手順

検査に当たって、事前に検査の領域をどのような範囲で行うか検討する必要がある。

s-Can light による測定手法は、検査を行う領域の周辺四隅に固定の検知電極を設置し、その内部の領域を検査するものである（図-5 参照）。

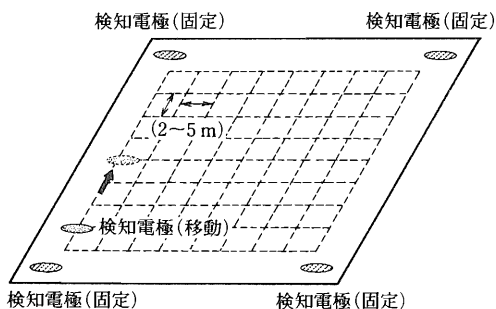


図-5 1ブロックの検査手順

検査領域が広い場合には、図-6 のように幾つかのブロックに分割して検査をすることができ、移動電極による測点を格子状に設置しておく最終的に測定結果を整理しやすい。

s-Can light における固定の検知電極の考えは、移動電極に流れる電流量と対比すること以外に、もう一つは検査領域周辺からの漏洩電流を吸収させる役目も果たしている。

一つの検査領域を広範囲に設定した場合、周囲に設置する固定電極間の間隔が広くなり、その間に設置される移動の検知電極に流れ込む漏洩電流

*1) 漏洩電流は、遮水シートの損傷箇所以外に、遮水シート周囲の電氣的に絶縁されていない部分や、最終処分場内の浸出水処理部や搬入路などの本体との取合い部からの電流の回り込みなども存在する。

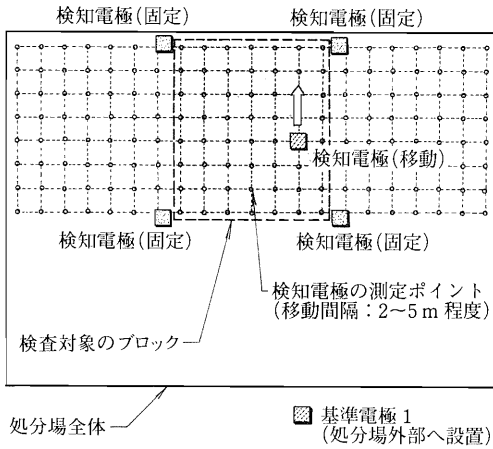


図-6 検査領域の一例

が多くなることが考えられ、その漏洩電流が多くなればなるほど、探査しようとする損傷箇所から電流変化が見出されなくなる可能性がある。

そのことから、検査領域は最終処分場の施工状況および遮水工の構造を考慮して、その状況に応じた範囲を設定する必要がある。

検査の対象とするブロックを決定したら、s-Can light の測定手順（図-7 参照）に従って検査を実施する。

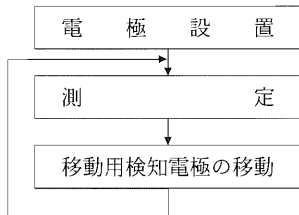


図-7 測定手順

5. 実証実験

(1) 実証実験の概要

室内レベルの小規模な実験を終え、最終処分場の建設工事における遮水工の一部のエリアを利用して実証実験を行った。実験に供した遮水工の断面を図-8 に示す。

遮水シートにはあらかじめ損傷箇所（約φ10mmの穴）を設け、その周辺に移動電極を設置する測定ポイント（8測点×7測点、2m間隔）を設けた。損傷箇所、測定ポイントおよび各電極

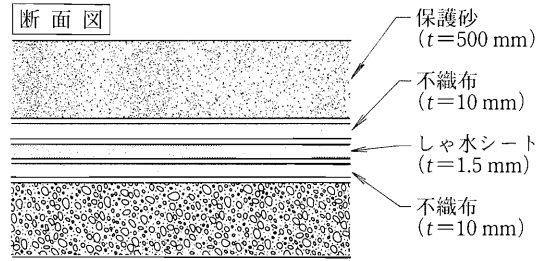


図-8 実証実験における遮水工断面

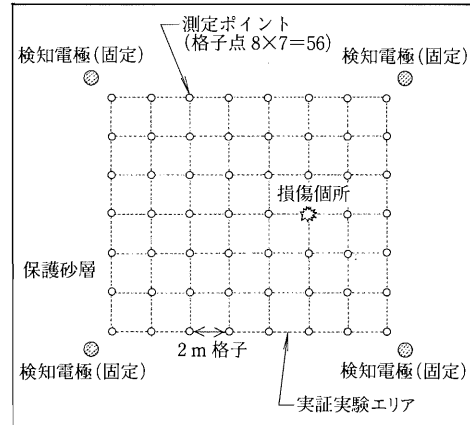


図-9 実証実験の測定ポイント及び電極配置（平面図）

設置の位置関係を図-9 に示す。

(2) 実証実験の結果

実証実験の測定結果を図-10 に示す。

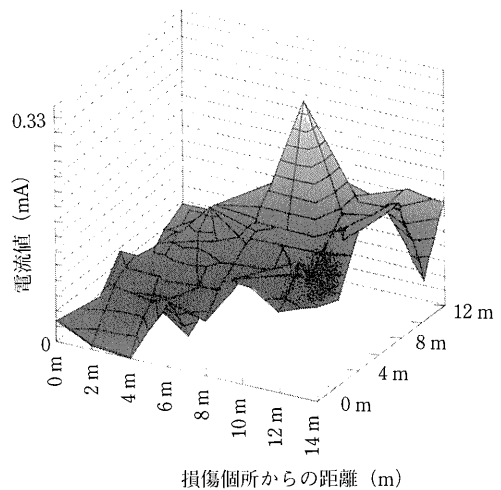


図-10 実証実験の測定結果

ここに示したグラフは、各測定ポイントにおける移動電極に流れる電流値に対して電極の設置等に関する補正、処分場の周辺からの漏洩電流（損傷箇所以外から流れ込む電流）等の影響を処理した電流分布である。電流分布のピークを示した部位は、遮水シートに損傷を設けた場所である。また、損傷箇所から測定ポイントまでの距離とその電流値の関係を図-11に示す。

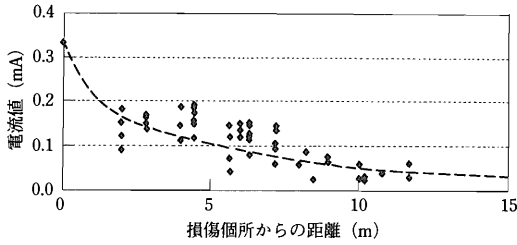


図-11 損傷箇所から移動電極までの距離に対する電流値の変化

本実証実験の結果から、測定データのばらつきはあるものの損傷箇所に近づくにしたがって電流値は増加を示している。損傷箇所の直上の測定ポイントでは相対的に多くの電流が流れ、損傷箇所から2mの地点までは電流値の変化は著しく、損傷箇所から2m以上離れた地点では電流値の変化は少なくなっている。

実際の検査において、遮水シートに損傷が存在していた場合、損傷箇所と任意に決める測点の位置は必ずしも一致しない。そのため、図-10に示したような鋭いピークは生じない場合があるが、これらの図から判断すると、2m間隔に測定ポイントを設けた場合には、十分に損傷箇所の特定が可能であることが分かる。

6. 適用事例

(1) 適用概要

遮水機能検査システム s-Can light を管理型一般廃棄物処分場を築造する建設工事へ適用した。

本最終処分場の遮水工は、処分場外周部を鉛直遮水工で、内部の法面部および底面部を一重の遮水シートで施工する二重遮水構造である。

図-12に示すように、検査は底面部を対象とし、上部保護砂の敷均し後、各ブロック毎(北ヤ-

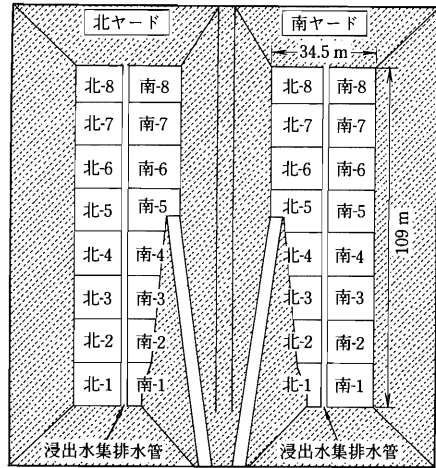


図-12 検査ブロック割り図

ド；16分割，南ヤード；16分割)に測定を行った。

(2) 遮水シートの損傷有無の判定

実際に測定される測定値は、保護砂の比抵抗分布のばらつき、処分場内に溜まった雨水の状態等によって変化し、測定電流値そのもので判断することはできない。そこで測定から判定までのプロセスにおいて図-13に示すような処理を行っている。

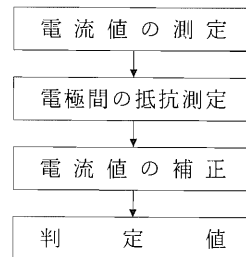


図-13 損傷有無の判定プロセス

判定値は、実際に遮水シートに試験孔を設けて、その周辺において測定を行い、試験孔が存在する場所での電流量（電流値を補正したもの）、およびその周辺位置での電流量を求めた。それらの分布をもとにレベル1からレベル5までの5段階表記で判定値を算出した。また、遮水シートの損傷有無の境界値は、試験孔直上の測定結果をもとにレベル4以上とした。

(3) 測定結果

s-Can light による測定結果を図-14 および図-15 に示す。

図-14 は、北ヤード北-5 での遮水シートに損傷（試験孔）がある場合の測定結果である。試験孔付近は判定値に突出がみられ、損傷箇所の特定ができていることが分かる。

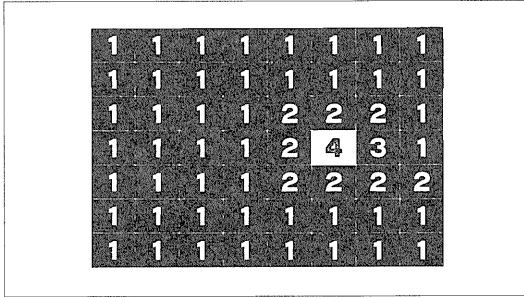


図-14 損傷がある場合の測定結果（判定値）

また、図-15 は、北ヤード北-6 の測定結果で、遮水シートに損傷が無ければすべての測定ポイントにおいて、判定値に異常が無いことが示されている。以上のことより s-Can light による測定により、遮水シートの損傷有無、損傷位置の特定および健全性が確認できた。

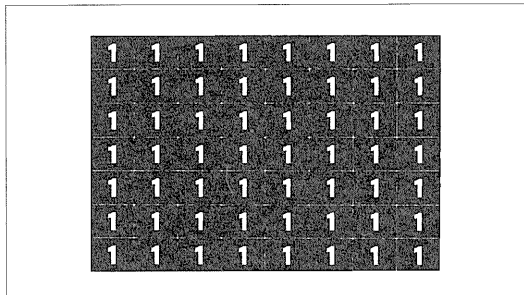


図-15 損傷が無い場合の測定結果（判定値）

7. おわりに

本報文では、遮水機能検査システム s-Can light の実用性について、実証実験によって確認した結果と現場への適用結果について報告した。

s-Can light はシステムがコンパクトで容易に使用することが可能なため、より信頼性の高い処

分場の建設に役立つものと期待している。今後、システムの改良等により測定精度を向上させ、測定ポイントの間隔が広がられるようにしていきたい。また、遮水機能検査システム「s-Can light」は、「s-Can」同様、最終処分場トータルシステムの要素技術の一つとして開発を行っており、最終的には環境に対する影響の小さな最終処分場システムを目指している。

なお、本システムは、基礎地盤コンサルタンツ株式会社との共同開発によるものである。

J C M A

【参考文献】

- 1) 平岡博明：最終処分場遮水機能検査システム「s-Can light（エス・キャン・ライト）」、総合政策提案誌、2002
- 2) 新工法紹介：遮水機能検査システム「s-Can light」、建設の機械化、4月号、No.626、64（2002）
- 3) 平岡博明 他：遮水機能検査システム「s-Can light」の開発、土木学会第57回年次学術講演会、2002

【筆者紹介】



田中 勉（たなか つとむ）
西松建設株式会社
技術研究所
環境技術研究課
主任



宮崎 啓一（みやざき けいいち）
西松建設株式会社
技術研究所
土木技術研究課
課長



平岡 博明（ひらおか ひろあき）
西松建設株式会社
技術研究所
土木技術研究課
係長



酒井 幸雄（さかい ゆきお）
基礎地盤コンサルタント株式会社
営業本部
次長