

## (56) 埋立処分場の漏水検知のためのシステム設計

### SYSTEM DESIGN FOR LEAKAGE DETECTION SYSTEM OF LANDFILL DISPOSAL SITE

古市 徹・田中 勝・押方 利郎・臼井 直人・海老原正明

Tohru FURUICHI・Masaru TANAKA・Toshiro OSHIKATA

Naoto USUI・Masaaki EBIHARA

**ABSTRACT** ; A landfill disposal site can be described as "an artificial vessel" and must satisfy the following three functions: (1)to store and dispose of waste; (2)to protect the environment; and (3)to benefit nearby residents by taking advantage of consequential effects. The concept of risk can be effectively considered to emphasize the importance of monitoring systems in landfill disposal sites, especially to protect the environment. Because a part of the R & D was involved in creating a monitoring system for a landfill disposal site, the present development and future potential of a system which can detect the leakage of water-shield sheets, was discussed.

The design of the monitoring network has much to do with the factors of system design, such as construction conditions including costs, ease of maintenance and the area to be repaired(including easiness) of a seepage control sheet. We comprehensively discussed the sphere of influence in phenomenological analysis to determine the appropriate intervals of measurement, by using computer simulation and field experiments.

**KEYWORDS** : site function, risk concept, leakage detection system, influence sphere, measurement interval

#### 1. はじめに

廃棄物を最終的に処分する埋立処分場は、施設として(1)保管処理施設機能、(2)環境保全施設機能、(3)地域還元施設機能を満たす必要がある。この中で、最終処分場が新たな汚染源とならないために、環境保全施設機能が特に重要である。この環境保全施設機能の評価項目として、適切なモニタリング網の設計、環境汚染ポテンシャルの予測と評価が考えられる。

本研究では、上述の適切なモニタリング網の設計に関連し、特に遮水機能障害の発生とその位置を検知するシステムについて検討を行っている。これまでに埋立処分場に電流を流し、発生した電位分布の歪みから漏水を検知する方法を用い、遮水シートに発生した破損の有無と位置が検知可能であることを確認した。<sup>\*)</sup>

<sup>\*)</sup> 本方法では、破損位置を検知するために、破損発生により生じる電位分布の歪みを捕らえるための測定電極を遮水シート上にメッシュ状に設置する必要がある。この測定間隔は広いほど実用上、コストと管理の点で有利であるが、測定精度の点から破損発生によって生じる電位分布の歪みの影響範囲(以後影響圏と略記する)内に測定間隔を設定する必要がある。そこで、今回は数値シミュレーション解析および計測実験により、この影響圏について解析を行い、遮水シート上にメッシュ状に設置する測定電極の設置間隔、使用電流等のシステム設計について考察を行った。

## 2. 開発上の問題構造

開発上の問題構造を図1に示す。モニタリングシステムは、最終処分場のリスク管理の観点から議論される必要がある<sup>3)</sup>。この問題構造を大別すると図示のように現象解析と、システム設計に分けられ、環境リスクは両方に関係している。現象解析では、遮水シートが破損して穴が開くことによって発生する電気的影響範囲（影響圏）が重要で、この影響圏は遮水シート破損により発生する穴の大きさ、数、形状や埋め立てられた廃棄物層の厚さとの関係があり、これに加えて搬入路による電気的導通部や廃棄物層の電気的不均一性等の阻害要因が作用する。システム設計では、測定間隔、機能分担、施工性、処分場の大きさ等から検知システムの設計を行う必要がある。この中で、測定間隔は、測定精度や施工性、メンテナンス性に係わる問題であり、重要な事項である。測定間隔を決定するためには、影響圏を明らかにし、影響圏との関係を解析する必要がある。

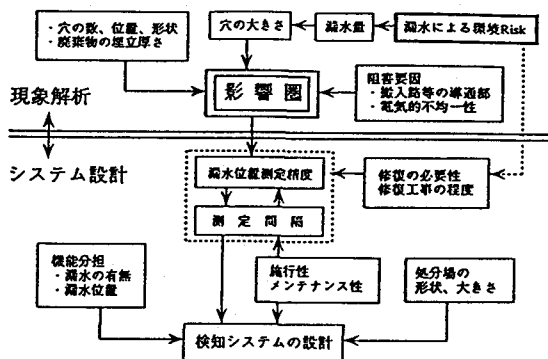


図1. 開発上の問題構造

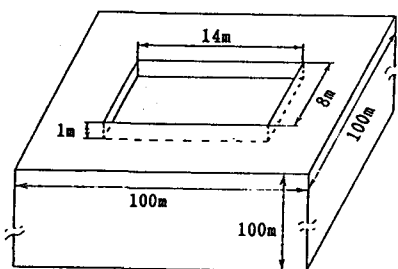


図2. シミュレーション解析モデル

## 3. 影響圏の検討

図2に影響圏のシミュレーション解析に用いたモデルを示す。埋立槽の大きさを8m×14m、深さ1m、モデル全体の大きさを100m×100m、厚さ100mとし、解析を行った。解析条件は土及び廃棄物の比抵抗を $26\Omega\cdot\text{m}$ 、遮水シートの比抵抗を $1.16\times 10^{11}\Omega\cdot\text{m}$ （実測値）、内外に流す電流を2mAとした。遮水シートの破損は中央に大きさ5×5mm、10×10mm、50×50mm、100×100mmの穴を想定し、廃棄物の埋立深さは10cm、20cm、40cmに設定して解析を行った。この結果を図3、図4に示す。図3は廃棄物の埋立深さを20cmとし、破損の穴を変化させた場合で、穴が大きいほど影響圏が広がっている。図4は穴の大きさを100×100mmとし、廃棄物の埋立深さを変化させた場合の解析結果を示したもので、廃棄物の埋立深さは浅いほど影響圏が広がっている。

図5は、数値シミュレーション解析結果を検証するための検証実験に用いた模擬処分場の概要と、影響圏を測定するための電位測定電極の配置を示す。実験は模擬処分場内に深さ20cmの水を張り、内部電流電極と模擬処分場外に

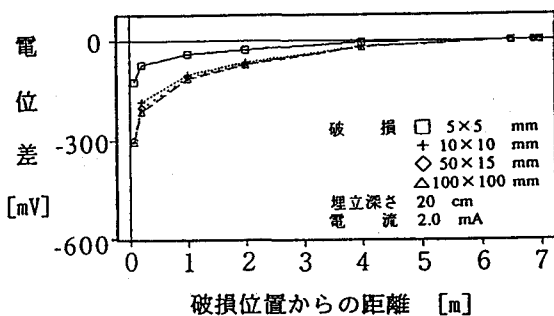


図3. 破損の大きさを変えた場合の影響圏

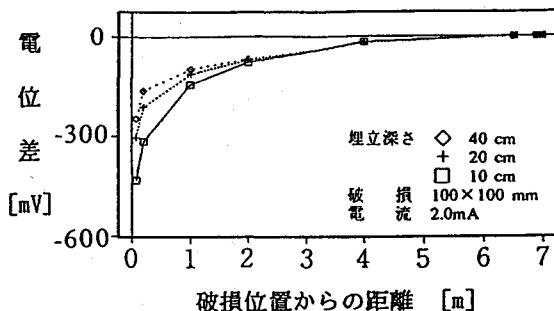


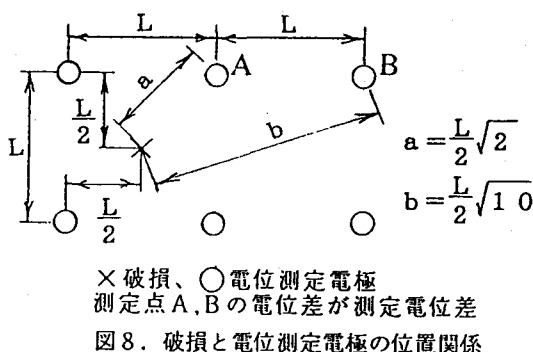
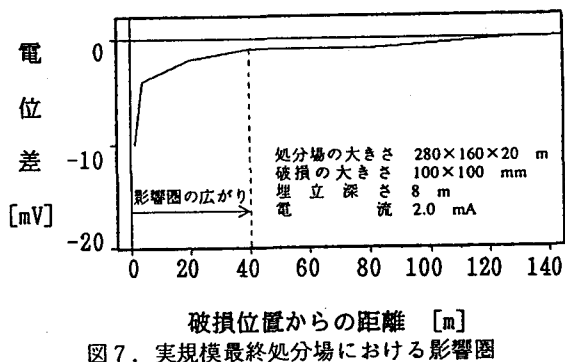
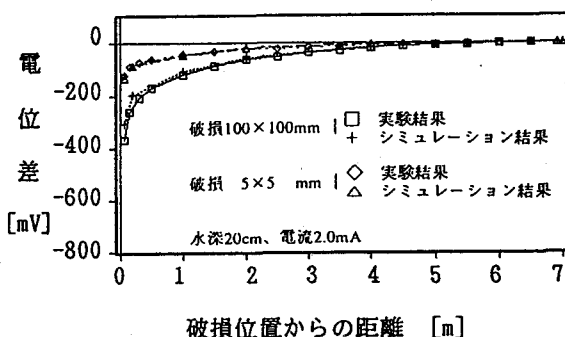
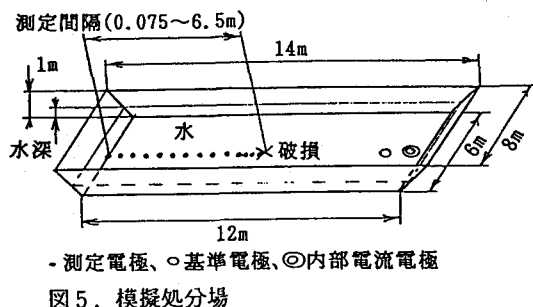
図4. 埋立深さを変えた場合の影響圏

設置した外部電流電極（図外）の間に2mAの一定電流を流し、発生した電位を電位測定電極で計る方法で行った。遮水シートの破損は模擬処分場中央に大きさ5×5mm、100×100mmの穴をカッターで実際に開けて行った。この結果を図6に示す。図6はこの実験結果と先に行った数値シミュレーション解析結果（図3）を合わせて示したもので、シミュレーション結果と実験結果は良く一致していることがわかる。このことから、数値シミュレーション解析を用いて、スケールアップした場合の影響圏の解析を行うことにする。

数値シミュレーション解析で用いた電荷の収支式<sup>3)</sup>は相似則が成り立つことから、モデルを拡大して解析することが可能である。そこで、図2で示したモデルを20倍に拡大し（処分場の大きさ280m×160m×20m、埋立深さ8m）、実規模における影響圏の解析を行った。この結果を図7に示す。図では電位差がわずかであるものの、曲線のカーブより、40m程度まで影響圏の顕著な変化が見てとれる。またこの解析では、先に行った実験と合わせるために、埋立処分場内外に流す電流値を2.0mAとしたが、この電流と電位差の関係は原理上比例関係にあり、電流を10倍にすれば電位差も10倍になる関係がある。このため、埋立処分場内に流す電流を大きくすることで、図7の電位差を大きくすることができる。

#### 4. 測定間隔の決定方法

破損位置を検知するためには、破損の穴による電位分布の傾き（影響圏）を電位測定電極でとらえる必要がある。このためには影響圏による電位差を、破損位置に近い隣り合った最低2点の電位測定電極で電位差として検出する必要がある。この2点の隣り合った電位測定電極間で電位差を最も検知しやすい破損位置と電位測定電極との位置関係は、どの電位測定電極からも破損位置が離れている場合である。等間隔に電位測定電極を設置した場合は、図8のように4個の電位測定電極の中央にある場合である。もしも、穴が中央からずれていれば、何れかの電位測定電極に接近するため、接近した電位測



定電極が影響圏のより内側に入り、検出する電位差が大きくなり、破損をより検知し易くなる。図8の場合に破損を検知するためには、破損位置からa離れた位置にある電位測定電極Aと、破損位置からb離れた電位測定電極Bの間で破損によって生じる電位分布の傾き（影響圏）による電位差を検知する必要がある。ところで一般的な測定器で、このような電位差を

測定しようとする場合の測定限界は、地中に存在するノイズ成分を考慮すると1mV程度と考えられる。そこで、電位差の測定限界を1mVと考え、図7の影響圏のシミュレーション解析結果を基に、電位測定電極間隔Lを5m～50mに設置した場合に、図8の電位測定電極AとB間に1mVの電位差が得られるために必要な埋立処分場内外に流す電流値を、図7の結果から比例計算（電位差と電流の比例；式(1)、式(2)）により求めた。この結果を図9に示す。この図より、これまで実験等で設定した2mAの微弱な電流を埋立処分場内外に流す場合で、大きさ100×100mmの破損を、29m程の間隔で電位測定電極を設置しても、破損の有無を検知可能であることがわかる。さらに10mA弱の電流を流すことで、50m程度の設置間隔でも検知可能であることがわかる。

#### 5. おわりに

以上述べたように、本漏水検知方法において、システム設計上重要となる、電位の測定間隔つまり、電位測定電極の設置間隔について実験及び数値シミュレーション解析を用いて検討を行った結果、埋立処分場の内外に微弱な電流（10mA弱）を流すことで、遮水シートに発生した破損（大きさ100×100mm）を50m程の比較的広い設置間隔でも検知可能であるとの結果が得られ、システム設計上での実用可能性の見通しが得られた。

今後さらに、メンテナンス性や測定精度について検討を加え、実用システムの設計に取り入れて行く予定である。

尚、本研究は国立機関公害防止等試験研究費による「廃棄物の埋立処分における汚染物質の監視システムに関する研究」の一部である。最後に、本研究に対してご協力頂いた神奈川県藤沢市清掃部泊瀬川氏に感謝するしだいである。

#### 参考文献

- 1) 白井他、最終処分場漏水検知システムの実験的考察、土木学会第46回年次学術講演会概要集、Ⅱ、1154-1155、1991
- 2) 白井他、埋立処分場漏水検知システムの拡張性について、土木学会第47回年次学術講演会概要集、Ⅱ、748-749、1992
- 3) 古市他、埋立処分場の漏水監視システムの実現性について、第3回廃棄物学会研究発表会講演論文集、367-370、1992
- 4) 田中他、廃棄物最終処分場の漏水検知システム、土木学会誌Vol.78、No.7、13-15、1993
- 5) 古市、埋立処分場のモニタリングシステムについての考察、廃棄物学会誌Vol.4、No.1、29-34、1993

$$|V(a) - V(b)| \times y \geq 1 \text{ [mV]} \text{ ----- (1)}$$

$$z = 2 \text{ [mA]} \times y \text{ ----- (2)}$$

但し、 $V(x)$  : 図7の電位差関数 [mV]

$x$  : 破損位置からの距離 [m]

$y$  : 比例定数

$z$  : 必要電流 [mA]

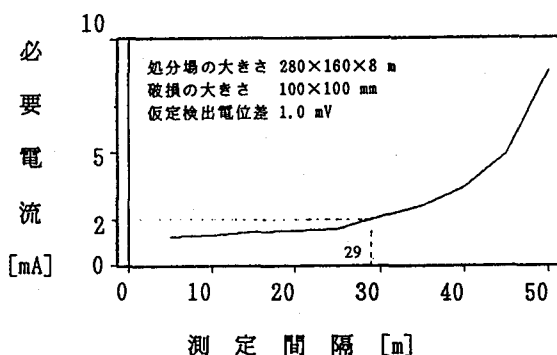


図9. 測定間隔に対する必要電流