

# 廃棄物最終処分場での比抵抗探査法を用いた地盤構造の調査

Survey of the geological structure of a sanitary landfill by resistivity monitoring

室蘭工業大学 正員 吉田英樹 (Hideki Yoshida)  
 室蘭工業大学 正員 河内邦夫 (Kunio Kawauchi)  
 室蘭工業大学大学院 学生員 竹田好晴 (Yoshiharu Takeda)  
 室蘭工業大学 野本真吾 (Nomoto shingo)

## 1. はじめに

埋立が終了した廃棄物最終処分場においては、埋立ガス、浸出水及び温度等の調査を通じて、環境安全性、つまり処分場の安定化を確認する必要がある。特に処分場内部に侵入した雨水が滞留した場合、処分場内部が嫌氣的になり、滞留水の水質が悪化するとともに、嫌気性微生物反応速度が遅いために長期間にわたって地球温暖化の原因となるメタンガスが発生する恐れがある。

本研究では埋立が終了した廃棄物最終処分場において、ガス抜き管内の水位測定、ボーリング孔の掘削時の内容物調査、及び比抵抗探査を通じて、廃棄物処分場内部の水分分布及び埋立構造の把握を目的とした。

## 2. 比抵抗電気探査法

地盤に直流電流を流し、それにより形成される電位から地中の比抵抗分布を解析する方法を比抵抗法という。地層は岩石を構成する種類、鉱物粒子間の孔隙を満たす水のイオン濃度や量、あるいは温度などによって異なる比抵抗をもっているため、比抵抗分布から水分分布や地質構造を推定することができる。

地盤が均質等方性を持つとき、地盤に流した電流  $I$  と測定した電位差  $V$  から、地盤の比抵抗は

$$= K \cdot V / I \quad (1)$$

で計算される。ここで  $K$  は電極配置係数[-]である(二極配置と呼ばれる方法を用いると、 $K = 2/a$  ( $a$ : 電極間隔[m])で表現される)。は見掛比抵抗[単位]と呼ばれる。<sup>1)</sup>(1m離れた電極間の電気抵抗を  $\rho$  mで示す)。また、 $\rho$  の逆数に  $10^6$  を乗した値が電気伝導度(  $EC$  ) [ $mS/m$ ]となる。

$$EC = 1 / \rho \quad (2.5 \text{ の場合}) \quad (2)$$

## 3. 調査対象埋立地の概要

調査地は一般廃棄物最終処分場で、埋め立て期間24年を経て、平成15年に埋立が終了した。事業系・家庭系一般廃棄物及び下水汚泥を含む産業廃棄物の多くが焼却処理を経ないで直接埋立が行われており、処分場内部には分解性有機物が多く含まれている<sup>2)</sup>。

また、山間(谷)部に位置し、廃棄物層下の原地盤は難透水性で遮水性があることが確認されている。建設当

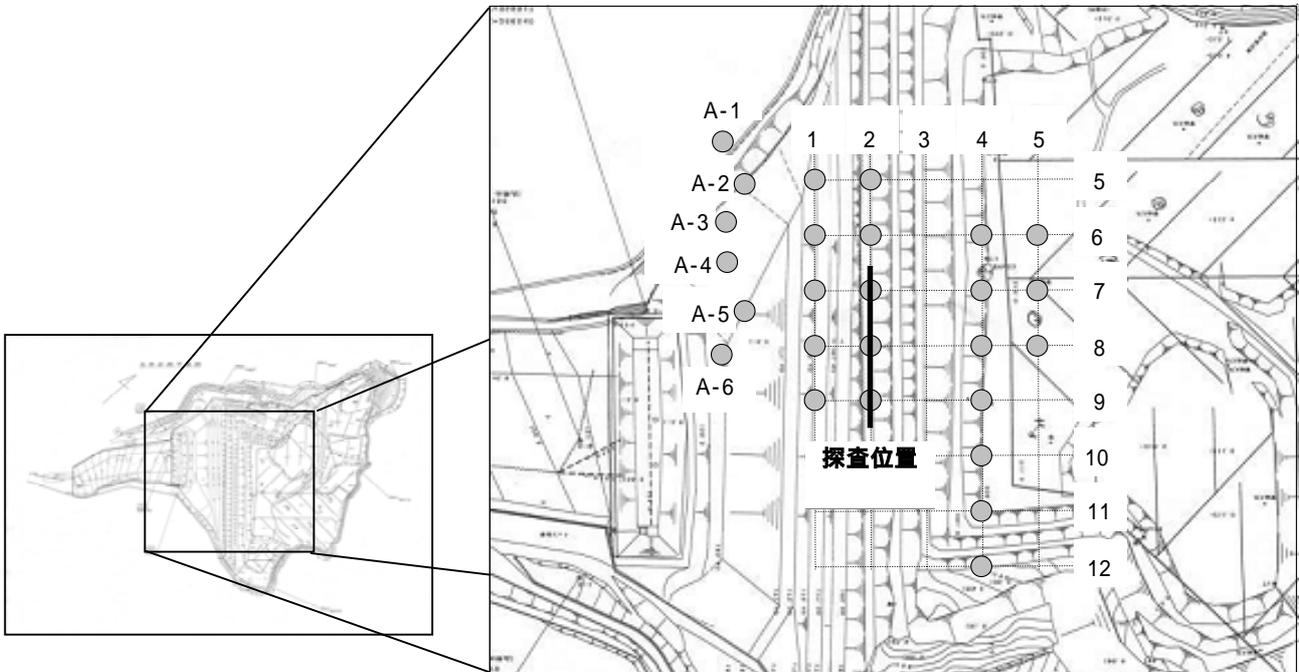


図 1 調査処分場概形図および探査測線位置

表 1 ボーリング掘削深度・水位測定結果

No	GL~内部水面	GL~原地盤	水中の廃棄物層
A-1	5.6	14.0	8.4
A-2	11.1	15.0	3.9
A-3	9.2	17.0	7.8
A-4	11.7	18.0	6.3
A-5	9.4	20.0	10.6
A-6	7.6	20.0	12.4
Aline 平均	9.1	17.3	8.2
5-1	11.6	21.8	10.2
6-1	-	24.50	-
7-1	-	20.0	-
8-1	-	19.0	-
9-1	8.3	18.0	9.7
10-1	-	-	-
11-1	-	-	-
12-1	-	-	-
1line 平均	10.0	19.7	9.8
5-2	24.9	27.8	2.9
6-2	15.0	27.8	12.8
7-2	15.6	27.8	12.2
8-2	16.9	30.4	13.5
9-2	10.5	27.8	17.3
10-2	-	-	-
11-2	-	-	-
12-2	-	-	-
2line 平均	16.6	28.3	11.7
5-4	-	-	-
6-4	-	24.0	-
7-4	-	36.5	-
8-4	16.2	33.3	17.1
9-4	10.9	45.0	34.1
10-4	14.9	24.3	9.4
11-4	20.1	24.7	4.6
12-4	27.9	38.0	10.1
4line 平均	18.0	32.3	14.3
5-5	-	-	-
6-5	-	16.0	-
7-5	-	20.5	-
8-5	-	39.0	-
9-5	-	-	-
10-5	-	-	-
11-5	-	-	-
12-5	-	-	-
5line 平均	-	25.2	-
全体平均	13.4	24.6	11.0

孔番 深度(m)	7 2	8 2	9 2
0.00 ~ 1.00	覆土層	覆土層	覆土層
1.00 ~ 2.00			
2.00 ~ 3.00			
3.00 ~ 4.00			
4.00 ~ 5.00			
5.00 ~ 6.00			
6.00 ~ 7.00	廃棄物	廃棄物	廃棄物
7.00 ~ 8.00			
8.00 ~ 9.00			
9.00 ~ 10.00			
10.00 ~ 11.00			
11.00 ~ 12.00			
12.00 ~ 13.00			
13.00 ~ 14.00			
14.00 ~ 15.00			
15.00 ~ 16.00			
16.00 ~ 17.00			
17.00 ~ 18.00			
18.00 ~ 19.00	原地盤	原地盤	原地盤
19.00 ~ 20.00			
20.00 ~ 21.00			
21.00 ~ 22.00			
22.00 ~ 23.00			
23.00 ~ 24.00			
24.00 ~ 25.00			
25.00 ~ 26.00			
26.00 ~ 27.00			
27.00 ~ 28.00			
28.00 ~ 29.00			
29.00 ~ 30.00			
30.00 ~ 31.00			

図 2 7-2、8-2、9-2 地点のボーリング柱状図

初は浸出水集水管が配置されていたが、その後十分機能していないため、処分場内部に侵入した雨水及び地下水が滞留している部分があると推定されている。

4. ボーリング掘削時の内容物調査と水位測定

処分場内の26箇所においてガス抜き管の新規設置に伴いボーリングが行われた。(2005年11月現在)

処分場の全体図及び掘削地点を図1に示す。ボーリング孔の位置は縦、横の番号で示す(A-1~12-5)。ボーリング掘削は廃棄物層直下の原地盤が確認された時点で終了し、その深度を廃棄物層の底部としている。これによれば、廃棄物層深さは10mから40mまで広範囲に分布している。

掘削深度及び掘削約1カ月後に孔内で水位測定を行った結果を表1に示した(-は未掘削、または作業の都合上計測できなかったもの)。また、ボーリング掘削時のデータよりガス抜き管7-2、8-2、9-2の3地点の柱状図を図2に示す。

水面の深さは平均で地表から13mで、平均覆土層が4mと仮定すると、掘削対象とした地点の廃棄物層内の約50%が水分飽和状態にあり、処分場内に侵入した雨水が滞留している可能性が高いことが分かった。

5. 処分場周辺水質データ

図3に2001年~2004年までの処分場内外の水質を内部保有水、浸出水等、周辺地下水に分けて示した。

ボーリング孔内の内部保有水の電気伝導度はおおよそ200~1200mS/mの値を示した。

式(2)より、比抵抗に換算すると約1m~5mになる(温度25と仮定)。

また処分場周辺の地下水の電気伝導度は20ms/m程で、比抵抗に加算すると50m以上になる。浸出水等の処分場内部水の比抵抗は処分場周辺の未汚染地下水に比べ比抵抗が1/15以下となっている。

6. 比抵抗電気探査概要

ガス抜き管7-2、8-2、9-2地点に沿った全長142mにわたって比抵抗電気探査を行った

この付近は、測線右側より左側に向かって急な勾配があり、周辺からの雨水、地下水が側線を横切る形で流下していると思われる。

電極配置は二極法配置(pole-pole array)で行い、電極間隔aは2m、探査深度40m(20点測定)で1250地点の比抵抗値を測定・解析した。

7. 比抵抗電気探査結果と考察

電気探査結果を図4に示した。

最浅部の層は3地点とも30m以上の比抵抗値を示しており図2に示した柱状図の覆土層に相当すると思われる。図4に覆土層の境界を推定したラインを示した。

覆土層直下の廃棄物層と思われる層では10m~

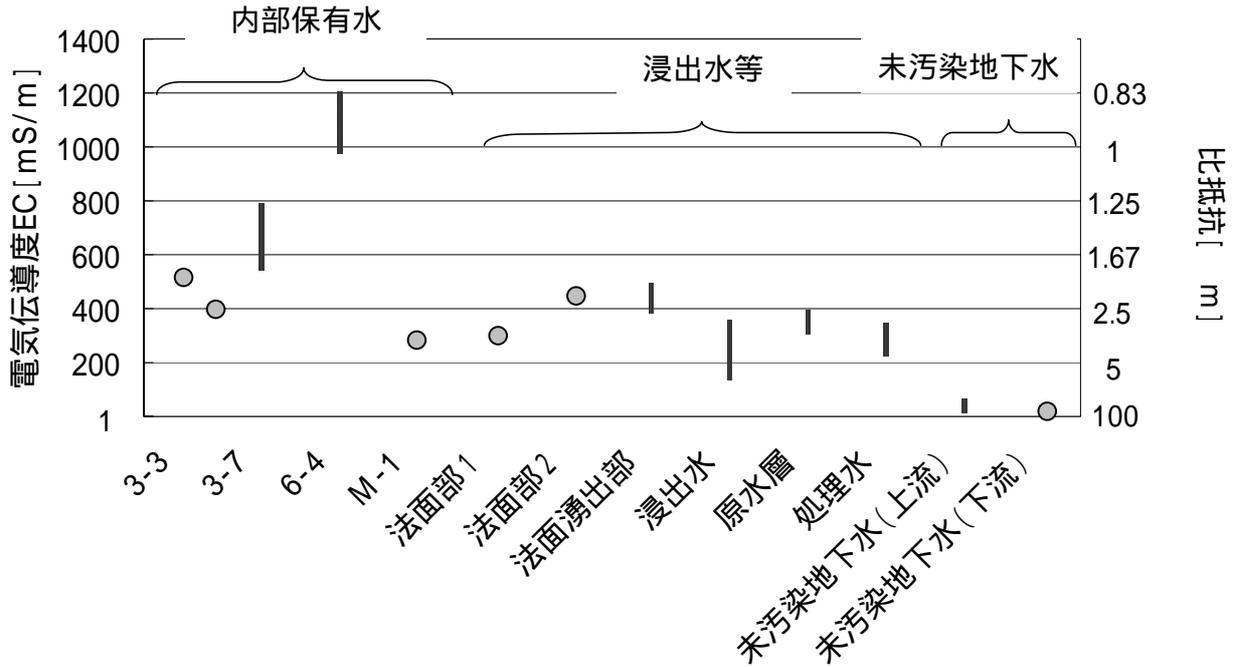


図 3 処分場内外の水質

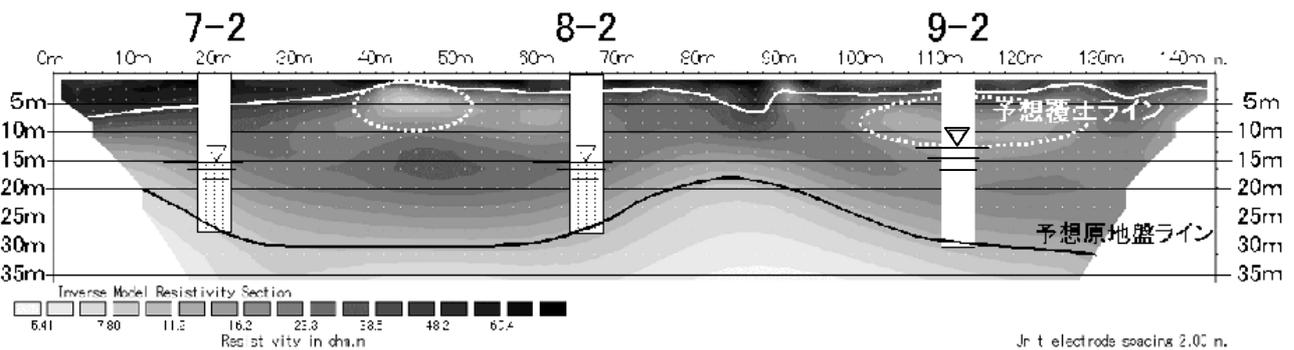


図 4 比抵抗探索結果と水位測定結果

30 mの抵抗値を示した。その中で水平方向10.2 m ~ 12.4 m地点の深さ8 m付近と4.4 m地点の深さ4 m付近に10 m程度の層が分布しているが、その部分と9-2の内部水位が一致していることから宙水(滞留した水塊)である可能性が高い。

深度20 m以下は水平方向に連続した層状の比抵抗分布を示していることと、3箇所の掘削点の最深部がほぼ同じ比抵抗値を示していることから、廃棄物層と原地盤との境界が比抵抗分布によって再現されているのではないと思われる(図4にラインで示した)。

また、一般的に原地盤の比抵抗は数十 m以上となるが、図3、4の原地盤の比抵抗は数 mと低くなっている。これは処分場の内部水が1 m ~ 5 mと低い比抵抗を持っていることから、この内部水の基盤への浸透による影響を受けている可能性がある。

図5の一般的な岩石等の比抵抗及び本研究の調査で得た廃棄物層の比抵抗値を示した。と比較しても当調査では比抵抗値が数 m ~ 100 m程度の低比抵抗

抗地盤だということが言える。

このように、比抵抗電気探査を用いることで、覆度・廃棄物層・原地盤等の内部の構成や水分分布などの地盤構造をおおよその予測をすることが可能であると思われる。例えば、処分場内部の観測用ボーリング孔が全く内状況では、必要最小限数のボーリング孔の掘削位置を決める上で比抵抗電気探査法を用いることが有効である。

### 8. ボーリング孔内温度

比抵抗は温度が上昇すると高くなる。深さ方向に温度分布が2.5 から大きく差を示す場合は温度補正をする必要がある。そこで、7-2、8-2、9-2の3地点のボーリング掘削約1か月後にボーリング孔内温度を1 m毎に測定した。測定結果を6に示した。

この図によると内部水面での深さ方向の温度分布の急激な変化は見られず、20 ~ 30 を示している。したがって本研究の調査において、温度による比抵抗への影響は考慮しなくてよいことがわかった。

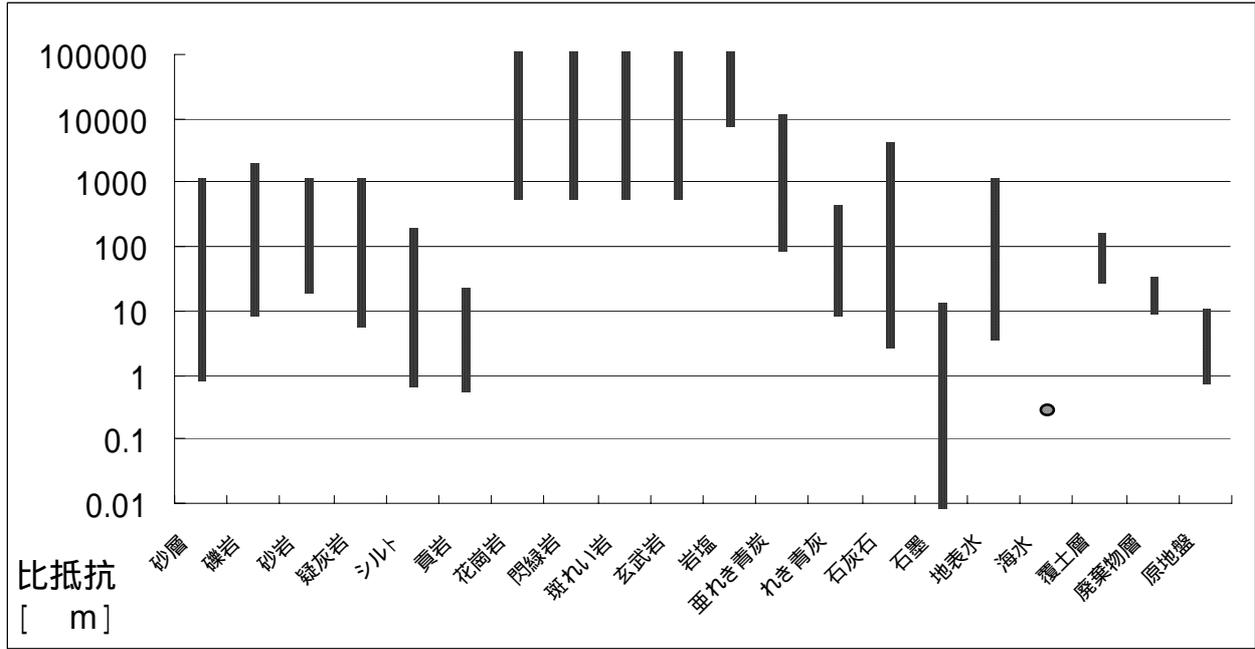


図 5 一般的な岩石等、及び本研究の調査で得られた比抵抗

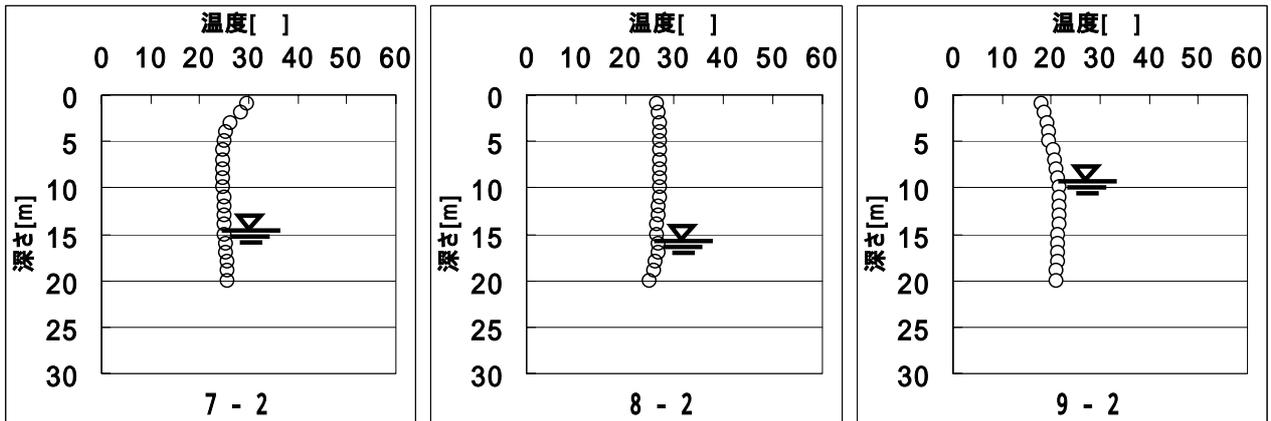


図 6 7 2、8 2、9 2地点の深さ方向の温度分布

### 9. まとめ

本研究での調査結果をまとめると、以下のようになる。

- 1) 調査対象とした廃棄物最終処分場においては、全体的に内部水位が高く、処分場内に侵入した雨水、地下水等が内部に滞留している可能性がある。
- 2) 処分場の内部水の電気伝導度から求めた比抵抗は1～5 mと計算され、周辺地下水の比抵抗50 mの1/15となっていた。
- 3) 比抵抗電気探査法を用いた調査により、覆土層、廃棄物層及び原地盤の構成が比抵抗分布から推定できた。また、処分場内部の観測用ボーリング孔がまったくない場合には、比抵抗電気探査法を用いることでおよその地盤構造を予測することが可能だと思われる。
- 4) 内部温度はほぼ20℃であり、比抵抗を求める上で補正の必要がなかった。

今後は新しく設置したガス抜き管での水位、水質測定、内部温度を継続的に測定するとともに、処分場内の他の場所での比抵抗電気探査を実施する予定である。

### 10. 引用・参考文献

- 1) 物理探査学会；「図解 物理探査」
- 2) 濱地宏章・水野真敏・吉田英樹・穂積 準；廃棄物最終処分場の廃止基準としての温度に関する調査、土木学会北海道支部第16次技術報告会