

(2) 電気工学の視点 (IV調査項目③)

現場での調査は、図6に示されるような測定回路を用いて、上下電極の電流と電極間の電圧を測定することにより行われた。

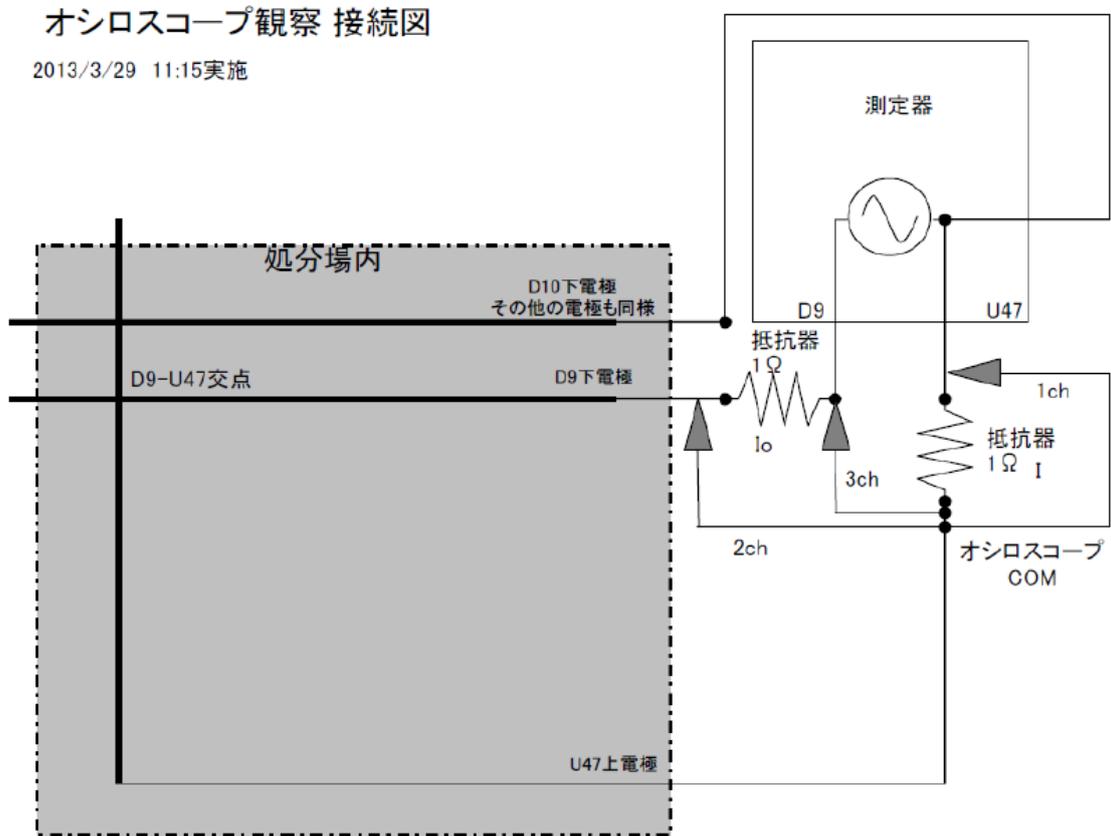


図6 上下測定電極を利用した測定方法

表3 平成25年3月29日11:15の測定結果

	直流(テスト)	40Hz	80Hz	160Hz
電圧の実効値 V [V]	—	0.162	0.165	0.173
測定電流の実効値 I [A]	—	0.204	0.205	0.203
全電流の実効値 I_o [A]	—	0.418	0.419	0.417
電圧に対する測定電流の位相差 [°]	—	-6.2	-12.0	-22.9
電圧に対する全電流のの位相差 [°]	—	-5.3	-10.7	-21.0

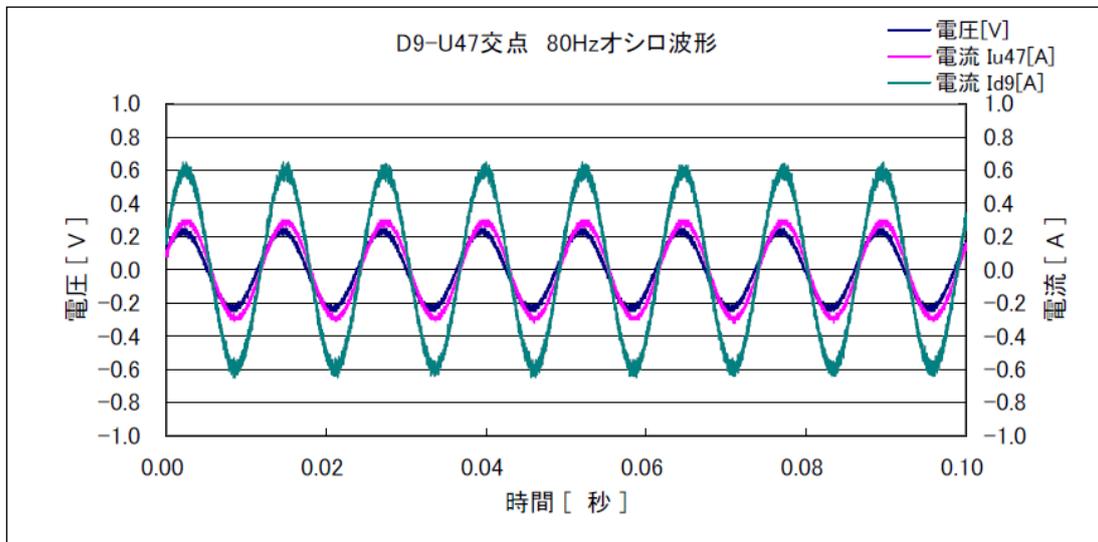


図7 図6の測定方法により観測されるオシロスコップのデータ

① 損傷箇所 D9、U47 における測定結果とインピーダンス推定

表4 D9、U47 の抵抗と自己インダクタンス

D9の総インダクタンスL0	6.216E-05	D9の総抵抗R0	9.58E-02
U47の総インダクタンスL1	1.03E-04	U47の総抵抗R1	1.567E-01

これらのインピーダンスと、測定される電極間電圧と上下の電極の電流を用いると、損傷箇所のインピーダンスZは

$$\text{式(1)} \quad Z = \frac{V - Z_0 I_0 - Z_1 I_1}{I_0}$$

で推定される。

ただしVは電極間の電圧、 Z_0 、 Z_1 はそれぞれ下側電極 D9 及び上側電極 U47 の抵抗と自己インダクタンスで決まるインピーダンスである。また I_0 と I_1 はそれぞれ、測定された下側の電極電流と上側の電極電流である。

この方法により推定されるインピーダンスは表5に示されている。

表5 測定値から推定される損傷箇所のインピーダンス

日時	測定電源の周波数		
	40Hz	80Hz	160Hz
平成25年2月21日	0.225+0.010i	0.222+0.020i	0.226+0.040i
平成25年3月22日	0.236+0.009i	0.231+0.018i	0.232+0.036i
平成25年3月29日 11時15分	0.213+0.009i	0.213+0.018i	0.213+0.038i
平成25年3月29日 14時20分	0.604+0.009i	0.628+0.016i	0.584+0.032i
平成25年3月29日 15時00分	0.790+0.005i	0.851+0.016i	0.739+0.035i
平成25年3月29日 15時30分	1.99+0.004i	17.8-1.86i	18.9-2.29i

② 定時測定が捉えた不安定現象

定時測定システムにおいて注目すべき結果が観測されている。

代表的な結果が図8に示される平成25年3月27日から28日の間に観測された測定データである。これは、異常検知の原因究明のため廃棄物を掘り起こす途中で「荷重が減少することによって観測されたデータ」である。

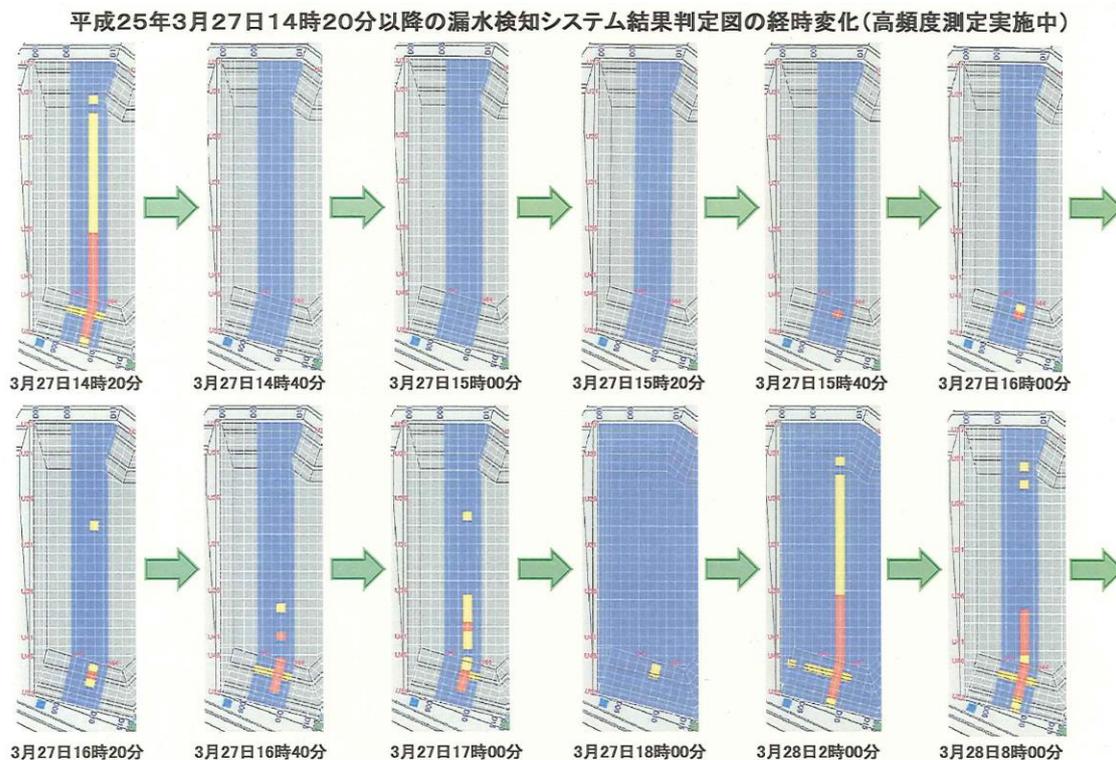


図8 定時測定システムにおいて観測された不安定現象

図8は、荷重により電極同士が直接接触している状態から、荷重が軽減され電極が離れて抵抗が存在する状態、さらに離れて非通電の状態、それらの間の過渡的な不安定な状態が、電氣的に捉えられている観測例である。

なお、平成25年3月27日14時20分から同年3月28日8時00分の間で観測されたものの代表的なものを例示する。

- ・電極同士が直接接触している状態は、平成25年3月27日14:20
- ・電極が離れて抵抗が存在する状態は、同年3月27日18:00
- ・電極が離れ非通電の状態は、同年3月27日14:40
- ・さらにそれらの間の過渡的な不安定な状態は、同年3月27日16:20

③ 工業技術センターでの実証実験計画

工業技術センターでの実証実験は、現場を考慮し、実験におけるパラメータを

- ・上下遮水シート間の閉鎖性と開放性(以下「閉鎖型」、「開放型」と呼ぶ。)
- ・遮水シートの孔の形状(あらかじめ孔をあけられているシートと開いていないもの)
- ・遮水シート間の不織布の滞水(少量80mL、中量160mL、大量480mL)

- ・上側遮水シートの上の不織布の浸出水の量 (少量 200mL、中量 400mL、大量 1200mL)
- ・上下電極交差点に対する孔の位置 (上下電極の交差点と孔が一致する場合とずれている場合)

とし、これらのパラメータを変化させながら、通電実験を行った。

なお、閉鎖型は現場 (埋立地内) を再現するために 40 cm 角の上下遮水シートの周りを熱溶着で封をし、滞水が外部に漏れないようにしたもので、開放型は上下遮水シートを重ね合わせたもので実証実験の中で滞水は外部に漏れることがある。

また、実証実験で使用する滞水と浸出水の量について、滞水は埋立地全体内に 1mm の厚さで分布していると想定し、浸出水は環境整備センターでの平成 24 年度の年間総雨量 905mm から現場の単位面積あたりの量が実証実験の中量とほぼ一致するよう算出した。少量は中量の半分、大量は中量の 3 倍の量で算出した。

④ 実証実験の測定方法

図 9 の測定回路により計測される。

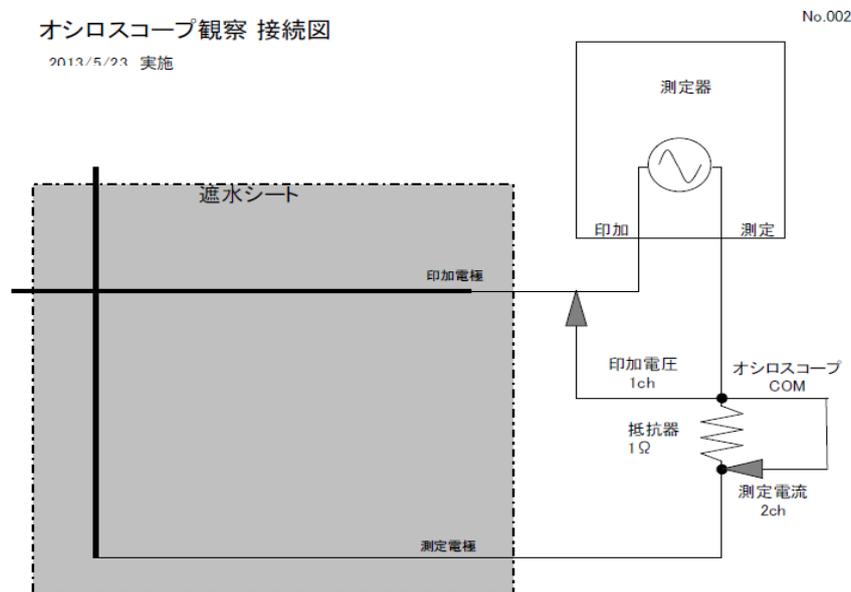


図 9 実証実験のための測定回路

実証実験の方法は次のとおり。

実証実験 1

シートの条件：閉鎖型 (袋状のシートは中に不織布、自己修復性シート、下側電極、滞水が入っている)

開孔あり (前回の異常検知原因究明調査において平成 23 年 6 月 30 日に環境整備事業団が行った試験で開孔したもの)

- 実験手順
- : 浸出水を少量 (200mL) 遮光性不織布に浸みこませた後に荷重を加え、通電した時の荷重とその時のオシロスコープの波形を計測した。
 - : 一旦荷重を緩め、再度荷重を加えて通電する荷重とオシロスコープの波形を記録した。
 - : 浸出水を中量 (400mL) に変化させて、通電した時の荷重とオシロスコープの波形を計測した。

: 更に浸出水を大量 (1200mL) に変化させて通電する時の荷重とオシロスコープの波形を計測した。

実証実験 2

シートの条件 : 閉鎖型、開孔なし

実験手順 : 浸出水を少量 (200mL) 遮光性不織布に浸みこませた後に荷重を加え、通電した時の荷重とその時のオシロスコープの波形を計測した。
: 浸出水を中量 (400mL) に変化させて、同様の計測を行った。
: 更に浸出水を大量 (1, 200mL) に変化させて、同様の計測を行った。

実証実験 3

シートの条件 : 開放型、開孔加工あり (シート中央部にキリで 3mm 程度の穴を開けた)

実験手順 : 開孔加工した箇所に銅線電極の交点が当たるようにセットし、銅線電極がずれないようにするため、銅線電極とシートをテープでとめた。
: 滞水少量 (80mL) を上層遮水シートと下層遮水シートの間の不織布に浸みこませた。
: 滞水の量は変えず、浸出水の量を少量 (200mL) → 中量 (400mL) → 大量 (1, 200mL) と変化させ、それぞれの通電のあった時の荷重とその時のオシロスコープの波形を記録した。

実証実験 4

シートの条件 : 開放型、開孔加工あり (シート中央部にキリで穴を開けた後、円系のステンレス材で穴を大きくし、直径 6mm 程度の穴とした)

実験手順 : 滞水を中量 (160mL) としたこと及び開孔の直径を 6mm 程度としたこと以外は実証実験 3 の手順と同じ。
: なお、遮水工一式は取り換え、新しいものを使用している。

実証実験 5

シートの条件 : 開放型、開孔加工あり (シート中央部にキリで穴を開けた後、円系のステンレス材で穴を大きくし、直径 6mm 程度の穴とした)

実験手順 : 滞水を大量 (480mL) とした以外は実証実験 3 の手順と同じ。
: なお、遮水工一式は取り換え、新しいものを使用している。

実証実験 6

シートの条件 : 実証実験 5 と同じ

実験の手順 : 実証実験 5 終了後に開孔加工がされた箇所から約 10mm 電極交点部を離し、荷重をかけ、通電した時の荷重及びオシロスコープの波形を計測した。

実証実験 7

シートの条件：開放型、開孔加工なし

実験の手順：滞水中量（160mL）を上層遮水シートと下層遮水シート間の不織布に浸みこませ、浸出水量を少量（200mL）→中量（400mL）→大量（1,200mL）と変化させ、それぞれの通電があった時の荷重とその時のオシロスコープの波形を記録した。

：なお、遮水工一式は取り換え、新しいものを使用している。

実証実験 8

シートの条件：開放型、開孔加工なし

実験の手順：上層遮水シートと下層遮水シート間の不織布に滞水中量（160mL）を浸みこませ、遮光性不織布に浸出水少量（200mL）を浸みこませ、電極交点部に荷重をかけ、上層遮水シートに穴を開けた。

：穴が開いた箇所から 5mm 程度電極交点を離して、再度荷重をかけ通電があった時の荷重とオシロスコープの波形を計測した。

：荷重を緩め、浸出水の量を中量（400mL）に変え、最初に穴を開けた箇所から浸出水少量でずらした時と逆の方向に 5mm ずらし再度荷重をかけ、通電があった時の荷重とオシロスコープの波形を記録した。

：なお、遮水工一式は取り換え、新しいものを使用している。

実証実験 9

シートの条件：開放型、開孔加工なし

実験の手順：滞水の量を大量（480mL）とし、実証実験 7 と同様の計測を行った。

：なお、遮水工一式は取り換え、新しいものを使用している。

⑤ 測定データの分類

測定データは下記に示される通り、3つのパターンに分類することができる。

ア. 直接接触型

電極間のインピーダンスはゼロではないが、電極間インピーダンスが周波数 80Hz で 1 オーム以下が観測される状態を直接接触型と定義する。なお、「②定時測定が捉えた不安定現象」の現場（埋立地内）での測定で確認された電極同士が直接接触している状態と同様の状態と考えられる。

直接接触型の計測例 図 10 に示される波形と、表 6 の電圧、電流値が得られる。表 6 において、インピーダンス (Ω) は計測された電圧・電流値から計算された結果である。この値は、測定のために挿入されている 1 オームの抵抗を含んでいる。よって、電極間のインピーダンスは、表 6 に示されているインピーダンス (Ω) 1.21 から 1 を引いた 0.21 である。他の実験資料番号の測定データも同様で、表示インピーダンスから 1 を引いた値が測定電極間のインピーダンスである。

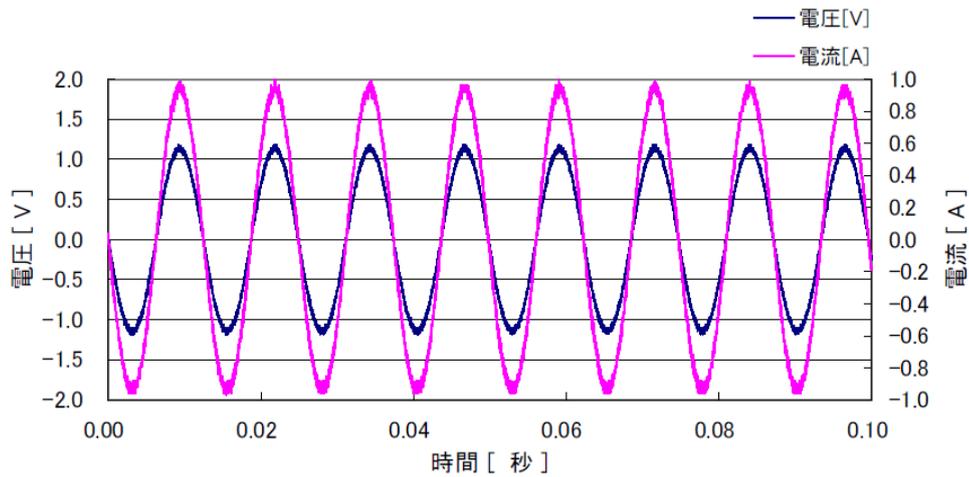


図 10 直接接触型の観測例

表 6 直接接触型例の測定データ

	80Hz
電圧の実効値 V [V]	0.803
測定電流の実効値 I [A]	0.663
電圧に対する測定電流の位相差 [°]	-0.1
インピーダンス [Ω]	1.21

イ. 抵抗型

インピーダンスが 10 オーム以上に相当する通電状態を抵抗型と定義する。「②定時測定が捉えた不安定現象」の現場（埋立地内）での測定で確認された電極が離れて浸出水等による抵抗が存在する状態と同様の状態と考えられる。表 6 と表 7 に示される「電圧に対する測定電流の位相差 [°]」は、この値がマイナスの場合は、リアクタンス成分がプラスとなり、位相差がプラスの場合はリアクタンス成分がマイナスとなる。表 6 では位相差が -0.1° であるが、計測が難しいほど小さく有意な値とは言えない。表 7 では位相差は $+0.6^{\circ}$ であり、電極間に抵抗が存在するため、抵抗と並列の形で遮水シートのキャパシタンスが影響していると考えられる。

具体的な計測例のオシロスコープの波形が図 11 である。

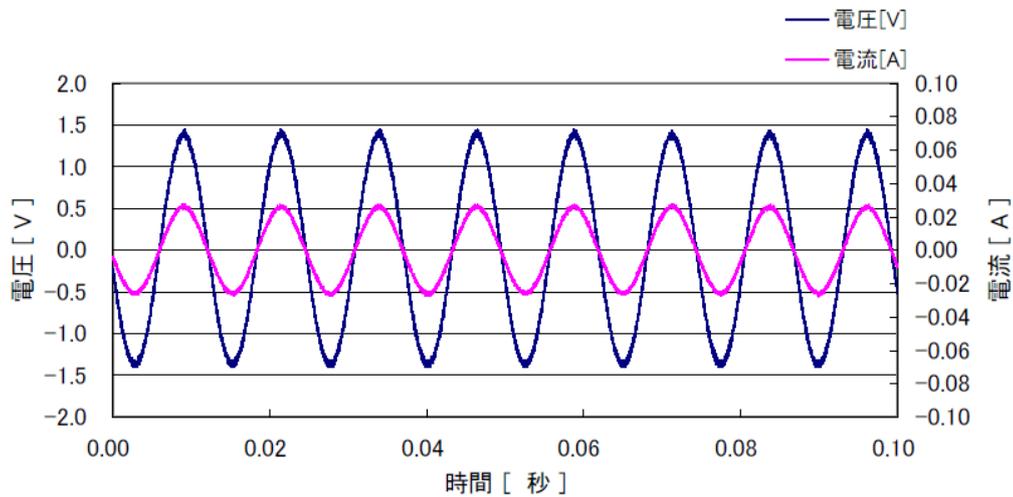


図 1 1 抵抗型の観測波形の例

このときの計測結果は表 7 のとおりである。

表 7 抵抗型例の測定データ

	80Hz
電圧の実効値 V [V]	0.969
測定電流の実効値 I [A]	0.018
電圧に対する測定電流の位相差 [$^{\circ}$]	0.6
インピーダンス [Ω]	53.74

ウ. 不安定型

電流が不安定な形で発現する通電パターンを不安定型と定義する。「②定時測定が捉えた不安定現象」の現場（埋立地内）での測定で確認された過渡的な不安定な状態と同様の状態と考えられる。具体的な計測波形はたとえば図 1 2 の通りである。不安定型においては波形が不安定なため、インピーダンスは確定できない。

直接接触型と抵抗型の間、もしくは抵抗型と非通電型の間で観測される。

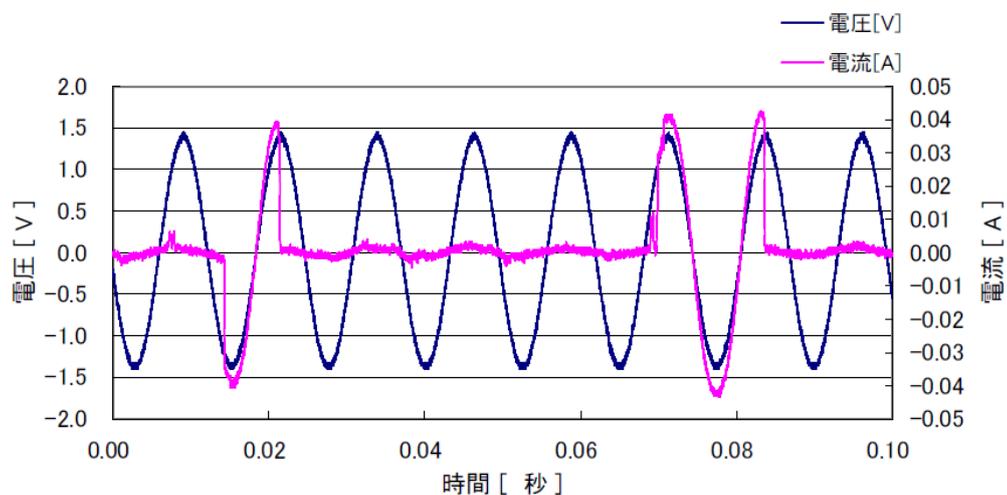


図 1 2 不安定型の観測波形例

⑥ 発現パターンによる分類

通電パターンを遮水シートへの荷重の増大に従って発現する順序で分類すると以下となる。

ア. 直接接触型発現パターン

遮水シートに荷重を加えていき、直接接触型のみの通電が確認されるパターンをここでは直接接触型発現パターンと定義する。この場合は、電極同士が接触しており、損傷個所は電極が直接接触しているため、上層遮水シートを通して中間不織布へ浸出水が侵入することはないと考えられる。

イ. 直接接触前抵抗発現パターン

もともと損傷がある状態で荷重の増大により直接接触型が観測されるより前に、抵抗型が観測されるものをここでは直接接触前抵抗発現パターンと定義する。このパターンではインピーダンスが 10 オーム以上で、リアクタンス成分はマイナスである。直接接触前抵抗パターンが発現するのは以下のパラメータの場合である。

いずれも上下の遮水シートは開放型であって

- ・ 滞水は中量以上、浸出水も中量以上で、電極の交差点の位置とは異なった場所に孔が存在する場合
- ・ 滞水が中量以上で、電極の交差点の位置に大きな穴(6mm 以上)が存在し、かつ浸出水が中量以上である場合
- ・ 滞水は中量で、電極の交差点と同じ位置に電極間の直接接触で生じた孔があり、かつ浸出水が大量の場合

これらにおいては、遮水シートに荷重がかかる以前に穴（もしくは孔）があいて、その穴を浸出水もしくは滞水が満たし、電極間の通電を形成すると考えられる。よって、この場合は上層遮水シートを通して中間不織布へ浸出水が混入する可能性が考えられる。

なお閉鎖型においては直接接触前抵抗パターンが発現することはなかった。

⑦ 今後への活用

万一異常が検知された場合は、速やかに損傷個所のインピーダンスを測定し、発現パターンから損傷個所の状況を推定することが望まれる。