

最終処分場における無線モニタリング装置の電源確保についての基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 加藤 大空
九州大学大学院 正会員 中山 裕文
九州大学大学院 フェロー会員 島岡 隆行
九州大学大学院 金谷 晴一

1. はじめに

あらゆる公共物の耐久性評価にセンサーが取り付けられる時代が到来している。廃棄物の分野でも埋立廃棄物や保有水に関する長期的な性状変化の把握や、遮水シート等の機能保全のための長期モニタリング技術の開発が求められている。本研究では、オンサイトでの多点計測により、最終処分場が曝される環境情報をリアルタイムで送受信できる IoT システムの開発に資する技術開発を目指す (図 1)。最終処分場のモニタリングのための IoT センサー機器は、通信線、電源線を用いず、さらにバッテリーレスのセンサーの設置を想定する。電源線を排除したバッテリーレス機器として、医療分野では電気メスの電磁波を用いたバッテリーレス内視鏡 LED クリップが開発され、配線が少なく低侵襲な治療の可能性がある¹⁾。本研究では、廃棄物最終処分場という広大な土地におけるワイヤレス、バッテリーレスのシステムの構築を目的とし、センサーへのワイヤレスでの電源確保に関する技術開発を試みた。

2. センサーの駆動に必要な電源供給の課題

本研究で対象とした無線モニタリング装置は電源供給について次の 3 点のような課題を有する。1. 埋立深さが 10-20m であり、容易にセンサーにアクセスできない点。2. 地上の環境と異なり、日光や熱の影響に乏しい点。多くの場合、環境発電は太陽光のエネルギーを利用する方法が主流であるが、本研究では期待できない。3. 無線による広範囲に点在するセンサーへの電力供給の必要がある点である。これに対し、最終処分場が有する電気的特性として焼却灰に由来する保有水 (約 500mS/cm) は電解質を多く含んでおり、海水 (約 50mS/cm) と比較しても電気伝導率 (EC) が非常に高く、電気を通しやすいと言える。また、その性質から処分場ではマクロ腐食が発生しやすく、埋立地内を走行する重機やダンプトラックは、この影響を受け車体下部が電食の被害を受けることが報告されている (図 2)。埋立廃棄物には一定の金属類 (主にアルミニウム、鉄など) を含んでおり、焼却灰に由来する電解質を含む保有水が存在し、電気化学的反応による腐食電池の形成、迷走電流の発生等、腐食が非常に進行しやすい環境にある。また、埋立廃棄物は高絶縁体である遮水シートで地盤より隔離されており、処分場は電氣的に独立している。これらを踏まえ、埋設したセンサー、モニタリング装置への給電方法について技術的可能性について検討した。

4. 腐食電流の発生による電極の腐食実験

処分場を模し、焼却灰を充填したビーカーに金属電極 (Cu, Fe) を用意。実験条件は電極 (12cm×2cm : 浸漬面積 8cm×2cm)、電極間距離 8cm とし、測定機器はマルチメーター (DT-830B DIGITAL MULTIMETER) を用いた。Fe 電極については約 7.5cm² のものを用い、焼却灰の液固比を変化させ計測を行った。(以下、Fe 電極をアノード、Cu 電極をカソードとした場合、Fe-Cu 電極と記す) 結果、Cu-Cu 電極、Fe-Cu 電極ではそれぞれ液固比 0.1 より約 15mV、150mV と記録した。(図 3) また、実験に用いた媒質によって電極の腐食度合いにも違いが見られた。電極の金属の種類 (イオン化傾

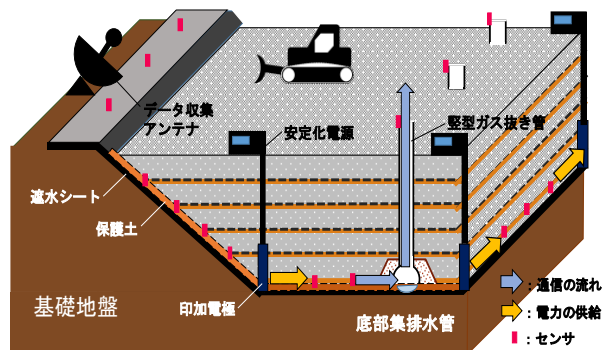


図 1 埋立地でのセンサーと電源供給のイメージ

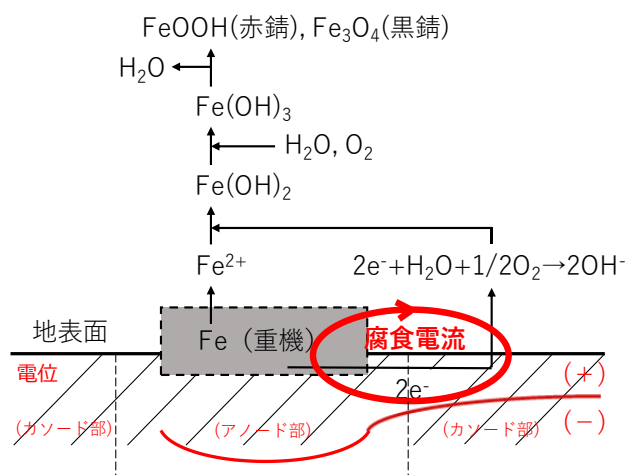


図 2 マクロ腐食の発生と電子の移動

向) による電圧値の違いが確認され、焼却灰を媒体とした腐食電流は確認されたが起電力が低い点、また本方法では焼却灰の抵抗値が計測に不十分であること。以上の理由から、次の四電極を用いた焼却灰の電力の印加実験を行った。これは地盤の電気特性を測定することによる電気探査に用いられる方法である。²⁾ 両端の2電極に電力を印加し、途中の2電極で電位差を計測することで地盤の比抵抗を求める方法である。

表1 電極の腐食実験条件

	①	②	③
媒質	空气中	真砂土	焼却灰
液固比	—	0.3	0.3
日数	5日間	5日間	5日間

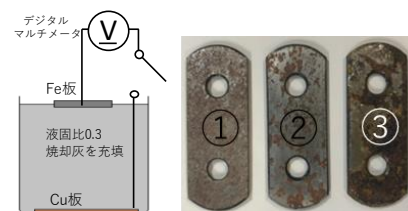


図3 腐食電流の回収実験 (左) と電極の腐食 (右)

5. 四電極を用いた焼却灰の電力の印加実験

塩ビ管に充填した焼却灰に電流を印加し、一定距離での電圧を計測することにより焼却灰の電気特性を把握する。図4のように塩ビパイプ (1.0m×Φ5.0cm) に電極を挿せるよう加工 (両端距離92cm、電極間10cmピッチ) し、5.0mm ふるい下の焼却灰 (含水率0.3) を充填した。結果を図5、6に示す。測定電極間を固定し、

印加距離を変化させると電圧の値

は距離に反比例して変化した (図

4)。また、測定電極間の中心を定

点とし、その距離を狭めるほどに

測定電圧は減少した。測定機器を

LED (2.2V) に取り替え、同時に点灯

の有無を確認した。結果、LED 電球

の規格 2.2V 付近が点灯の閾値であった (図5)。これらの結

果から、4電極を用いた場合のセンサーへの印加電圧・測定

距離・印加距離の関係把握の可能性はある。電流の値につい

ては印加電極間の抵抗値に依存するので、この結果を踏まえ

センサー回路駆動に求められる条件について今後整理する。

6. まとめ

ワイヤレスでの電源確保に関する技術開発に関して、大きく2つの実験を行った。以下その結論を示す。

- ・ 焼却灰の通電性の確認が電極の錆によって表され、処分場での重機の劣化の現象が模型実験によって示された。
- ・ 処分場での重機の劣化の再現には成功したが、それによる腐食電力の回収には今回至らなかった。今後は微弱な腐食電流の回収を試みるとともに印加実験も進める。
- ・ 後者の印加実験については、LED 電極の点灯の確認が取れた。測定電圧と印加距離の関係は本実験で把握できたため、実現場を想定した条件を整理する。
- ・ 今後は実際のモニタリングセンサーを設置し、さらに実現場に近い状況での実験を行う。

参考文献

- 1) KyoheiShibata, YuharuShinki, RyosukeTsutsumi, TetsuoIkeda, HaruichiKanaya, "Development of the Endoscopic Clip with a Battery- Less LED for Laparoscopic Gastrointestinal Resection" the 19th Electronics Packaging Technology Conference
- 2) 埋立廃棄物の比抵抗・充電率および金属含有率に関する基礎的検討, 小山研也, 櫻間俊典, 若林恭子, 大森雅史, 伊藤貴宏, 横瀬隆司, 田中宏和, 香村一夫, 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集 24, p. 505, 2013

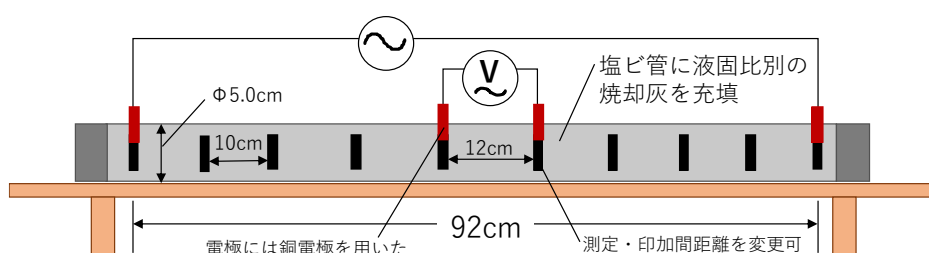


図4 四電極を用いた焼却灰への通電模型実験の概念図

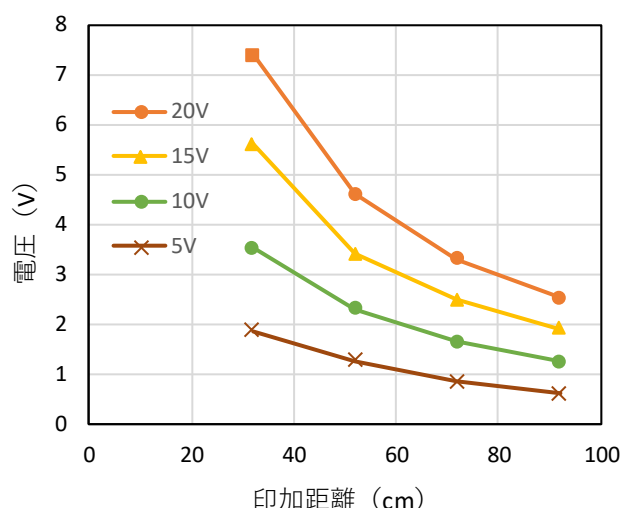


図5 通電模型実験の印加電極間距離別の電圧

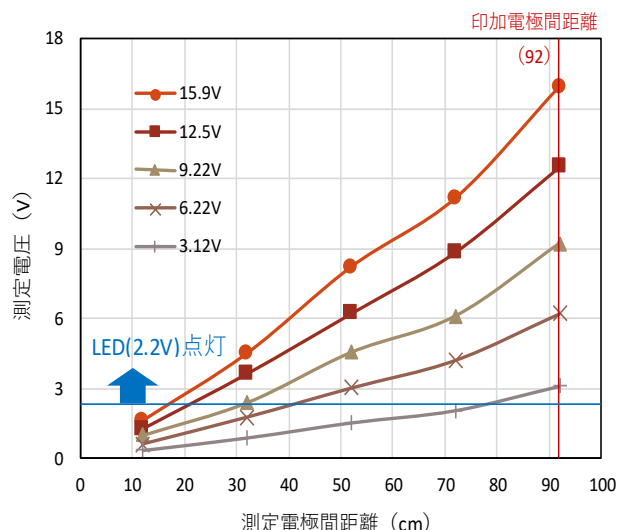


図6 通電模型実験の測定電極間距離別の電圧