

ノート

揚水返送循環方式による最終処分場安定化促進基礎技術開発

田中宏和・椿 雅俊*1・磯部友護*2・大石 修*3

Development of Basic System Aiming at Stabilization of Waste Landfill
by Pumping Circulation of Leachate

Hirokazu TANAKA, Masatoshi TSUBAKI*1, Yugo ISOBE*2, Osamu OOISHI*3

1. はじめに

最終処分場は化学的および物理的性質の異なる様々な種類の廃棄物を不均一に埋立するため、全体を一樣に安定化させることは難しい。また保有水水位が高い埋立地の滞水部分では、塩類洗い出しが遅れるだけでなく、酸素供給もされにくいため有機物分解も遅延する懸念がある。そのため、埋立地全体の早期安定化を図るためには安定化遅延部を把握した上で、その部分の安定化を促進させることが重要であると考えられる。

埋立地内部の状況把握については物理探査を用いた研究が進んでいるが、併せて局所的な安定化促進技術の開発が必要である¹⁻⁹⁾。既存の安定化促進技術としてはガス抜き管を活用した循環式準好気埋立システムが知られているが、保有水水位が高い処分場での採用は難しい¹⁰⁻¹³⁾。そこで筆者らは、揚水した浸出水を埋立地に返送循環する方法に着目し、小規模実験システムを構築して連続運転試験を行ったので、その結果を報告する。

2. 試験方法

連続運転試験は福井県内の管理型処分場（深さ 6m）で実施した。システムは揚水部、導水管、給水部に大別され、2012年12月14日に運転開始し、2013年5月13日まで運転を継続した。

2.1 揚水部

揚水部の構造を図1に示す。塩分や硫化水素ガスによる腐食や浮遊物質による閉塞が懸念されたため、本実験では揚水方法にエアリフト方式を採用した。

揚水井は最下部 1m のみをストレーナー構造とした深さ 4m の観測井を利用した。揚水管は塩化ビニル製水道管（VP25）を用いて地表から 1.55m まで立ち上げて容積約 20L のタンクに接続し、最下部から 0.5m の位置に送気管を設置した。

タンク上部は大気開放してエアリフトに用いた空気が排出される構造とし、タンクの浸出水出口高さは地表から 1.1m とした。タンクと導水管の間に導水量計測用の超音波流量計を設置した。

エアリフトポンプの送気には最高圧力 0.3MPa、送気量 20L/min（0.2MPa 時）のダイヤフラム式コンプレッサー

を使用し、電力源は公称最大出力 114W の多結晶太陽電池モジュール 2 枚と 12V38Ah の高サイクル密閉型バッテリー 2 台、正弦波インバータを使って電源装置を自作し、バッテリー電圧についても連続計測した。なお、送気はタイマーを用いて 7 時から 18 時までの間欠運転（10min/h）とした。

揚水井には投げ込み式の水位計と電気伝導率計を設置して揚水井内部の浸出水情報を収集した。

2.2 導水管

導水管には塩化ビニル製水道管（VP25）を敷設した。

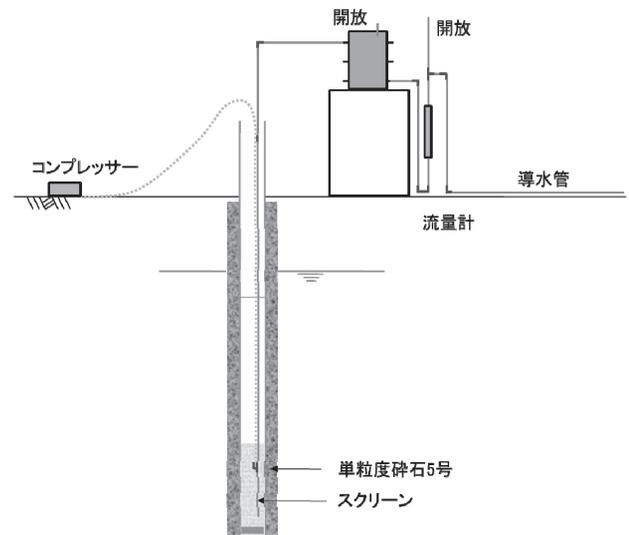


図1 揚水部概略図

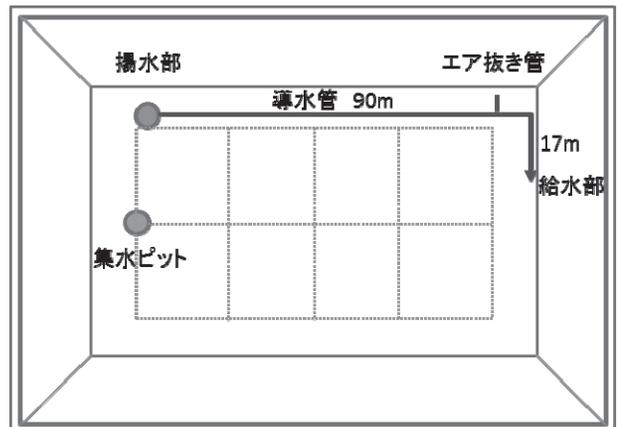


図2 導水平面図

*1 東急建設株式会社

*2 埼玉県環境科学国際センター

*3 千葉県環境研究センター

平面図を図2に示す。導水長は約107mで、揚水部から82m付近にエア抜き管を設置した。ウェストン公式で流速を6L/minと仮定すれば、350m以上の導水が可能な設計である¹⁴⁾。

2.3 給水部

給水部は最終覆土の直径0.1m深さ0.5mの孔に地表から0.2mの深さまで導水管を差し込み、その周りに砕石を詰めた構造とした。埋立地の最終覆土は砂質土で、2009年に計測した覆土厚は0.75m、透水係数は $1.11E-02\text{cm/s}$ であった。給水部周辺に水たまりができることは無く、浸出水は常に最終覆土中に浸透していた。

3. 結果および考察

3.1 循環水量

2013年3月4日から5月13日までの積算導水量を図3に示した。この間の積算総流量は 61.811m^3 であり、日間平均で約880L、揚水1回あたりの平均導水量は約88Lであった。なお、3月4日以前については流量計のデータが一部欠損しているが、1月8日から27日までの日間平均は245Lであり、上述した値に比べて少なく、日照不足によるバッテリー電圧低下により送気ポンプが作動しなかったことが一要因と考えられた。

次に3月9日、4月8日、5月8日の正午前後における揚水をそれぞれRun1、Run2、Run3とし、それぞれの導水流速を図4に示した。Run1とRun3の挙動は似ているが、Run2はそれらに比べて流速が著しく遅く、導水時間が長いことが分かる。

Run2と同様な挙動は連続運転試験中に度々発生していたが、しばらくするとRun1とRun3の挙動に戻っていたため給水部の閉塞が原因とは考えにくく、バッテリー電圧も13V以上であったことから送気ポンプの作動不良も考えられない。これらのことから、Run2は導水管内に気泡が入ることで抵抗となり、流量が少なくなるためタンク貯留水が全て流れ落ちるまで時間を要する状態となるが、揚水が繰り返されて気泡がエア抜き管や給水部まで押し出されて排出されるとRun1とRun3の挙動に回復するメカニズムが推察された。なお、流量計はタンク出口に設置していることから、Run2の場合でも揚水量は変わらず、タンク上部から溢れていたと考えられ、実際の揚水量は計測した導水量よりも多かったと考えられる。

3.2 揚水井の水位と電気伝導率

揚水井の水位を図5に、浸出水の電気伝導率(EC)を図6に示した。揚水設備を設営した2012年12月14日以後で水位とECの挙動が大きく異なることが分かる。

水位については揚水開始後に断続的な変動がみられ、その変動幅に着目すると運転開始直後は0.6m程度であるのに対し、5月には0.2m程度までに縮小した。

ECについても運転前は約 $300\mu\text{S/cm}$ で一定であったが、揚水開始後から大きく変動し、高いときは $900\mu\text{S/cm}$ 以上に達した(図6)。なお、ECの変動は運転前よりも高値側で濃度変動しており、朝の揚水前が最も低く、揚水により著しく上昇し、揚水終了後の夜間は次第に低下する傾向がみられた(図7)。また、水位が低いとECが高くなる傾向も確認された(図8)。

この挙動のメカニズムとしては次のとおり考えた。井戸

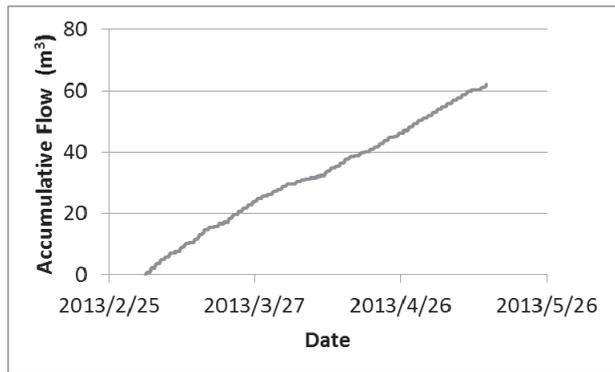


図3 積算導水量

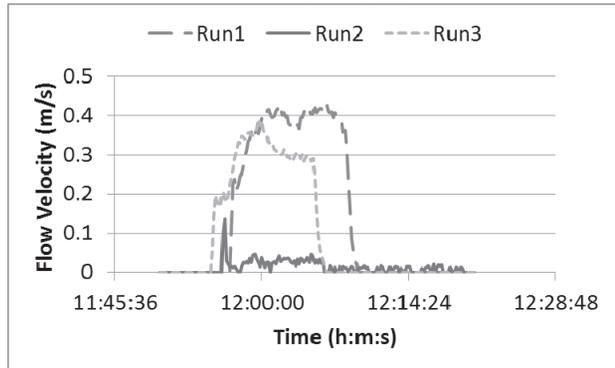


図4 導水流速

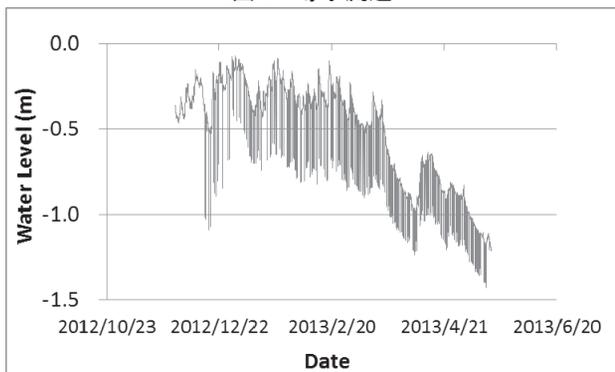


図5 揚水井水位

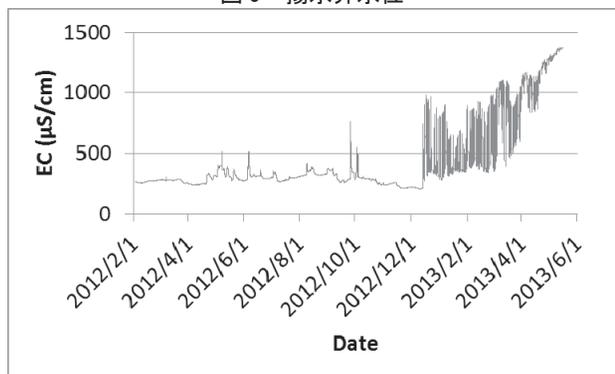


図6 浸出水の電気伝導率

のストレーナーが深部にあるため、揚水運転が繰り返される昼間は深層部の高EC水が集水される。その結果、井戸周辺の保有水水位が低下する水位勾配が生じ、夜間は主に浅層部の低EC水が井戸周辺に集まり、井戸周りの砕石部を通じて井戸内の水と混合してECが低下する。

しかし、図6では月日の経過とともにECの変動幅は縮

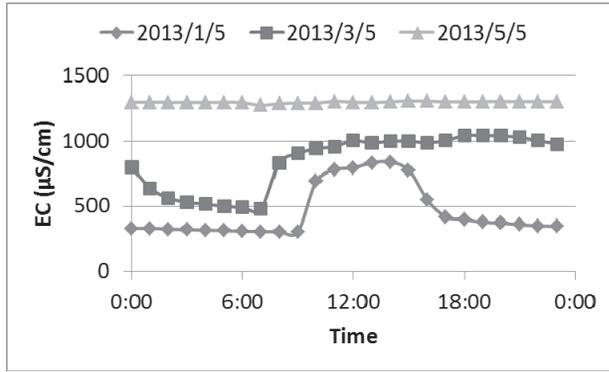


図7 電気伝導率の時間変動

小しなから上昇し、5月には1,300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ に達した。これは、春になり降水量が減少したため浅層部に補給される浸透水量が減ることで、夜間の希釈効果が弱まり、高ECの保有水のみが集まりやすくなったためと考えた。従って、降水が少なく浸透水量が少ない時期に、揚水による保有水を移動させる効果が大きくなると考えられた。

3.3 塩類洗い出し効果

揚水部と給水部の比抵抗探査結果をそれぞれ図9と図10に示す。図9では比較のため、本実験を開始していない前年度の結果も併せて示した。

図9では揚水部周辺の下層で明らかな比抵抗値の上昇がみられた。また図10でも、給水部下層の比抵抗は周辺よりも高い部分が見られ、これらの結果は揚水と給水により、塩類洗い出しが進行したことを表していると考えられる。ただし、比抵抗値が上昇した部分の深さや広がりは一様ではなく、水が移動しやすい部分から塩類洗い出しが進行し、比抵抗値に偏りが生じたことが推察される。このことから埋立地内部の不均一性がうかがえる。

次に、電磁探査による給水部周辺の電気伝導率(EC)結果を図11に示す。図の右側に遮水シート法面部の影響と考えられる低EC部が帯状にみられ、給水部左側のECは周囲に比べて若干低くみえるが、明確な差は確認できなかった。

浸出水は透水性が高い砂質の最終覆土内を拡散して浸透したと考えられ、給水部周辺は雑草の繁茂が著しかった。

4. まとめ

太陽光エネルギーとエアリフトポンプを用いた小規模実験システムで、断続的に揚水した浸出水を100m以上導水することに成功した。また、揚水は井戸周辺の保有水を移動させて塩類洗い出しを促進させる効果があるが、その効果は浸透水量の影響を受けることが示唆された。さらに、比抵抗探査から揚水部と給水部周辺下層の塩類洗い出しが確認されたが、一様ではなく偏りがみられた。

本実験により揚水返送循環方式は局所的な安定化促進手法として一定の効果が確認された。この方式による安定化促進技術は、保有水水位が高い海面埋立処分場への応用が期待できると考えている。

謝辞

本研究は、特別電源所在県科学技術振興事業「安定化の促進と安全な跡地利用のための最終処分場の分析評価と

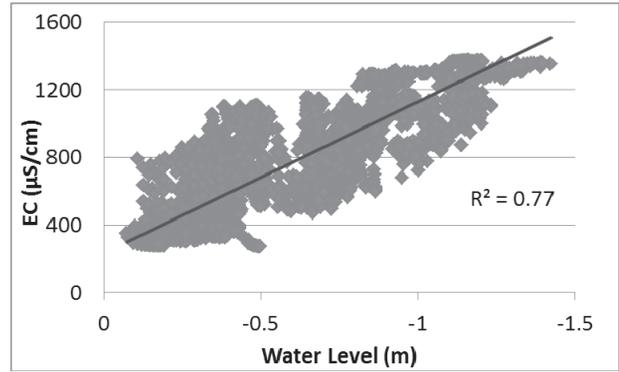


図8 揚水井水位と電気伝導率の関係

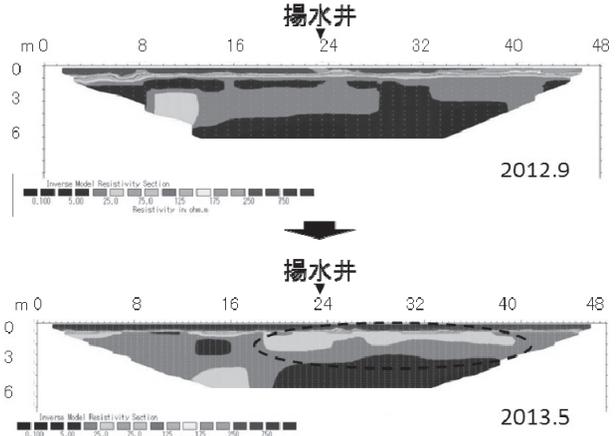


図9 揚水部の比抵抗断面図

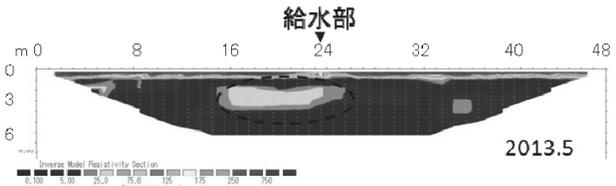


図10 給水部の比抵抗断面図

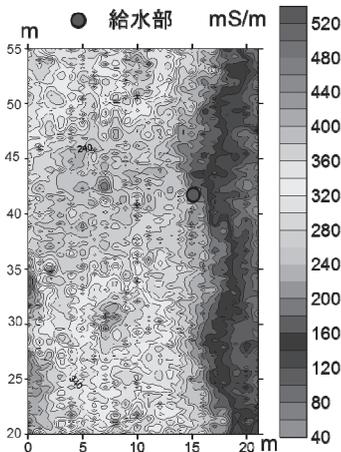


図11 電気伝導率平面分布

技術開発」の一環として実施した。御指導いただいた国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター廃棄物適正処理処分研究室の山田正人室長、遠藤和人主任研究員、石垣智基主任研究員、早稲田大学理工学術院の香村一夫教授、そして、調査に御協力いただきました関係者の方々に深謝いたします。

参考文献

- 1) 遠藤和人他：時系列比抵抗探査による最終処分場の内水探査, 第 15 回廃棄物学会研究発表会, 1255-1257(2004)
- 2) Kamura Kazuo et al. : Effectiveness of resistivity monitoring for interpreting temporal changes in landfill properties, *Journal of material cycles and waste management*, 7(2), 66-70(2005)
- 3) 栗原正憲他：電気、電磁探査による最終処分場モニタリングの有効性検討, 第 19 回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 753-755(2008)
- 4) 福井博他：電気探査技術の活用による廃棄物最終処分場の安定化判定に関する研究, 神奈川県環境科学センター業務報告 2010 年版, 77-82(2010)
- 5) 桜間俊典他：電気探査を利用した廃棄物埋立層内メタル濃集ゾーンの把握, 第 22 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 471-472 (2011)
- 6) 若林恭子他：比抵抗法・強制分極法を用いた廃棄物埋立層内の性状解明, 物理探査学会学術講演会講演論文集 = Proceeding of the SEGJ Conference 126, 225-228(2012)
- 7) 桜間俊典他：電気探査 IP 法を用いた廃棄物埋立層内メタル濃集ゾーンの把握, 第 23 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, 497-498(2012)
- 8) 小山研也他：埋立廃棄物の比抵抗・充電率および金属含有量に関する基礎的検討”, 第 24 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 505-506(2013)
- 9) 若林恭子他：都市鉱山としての最終処分場評価(2), 第 35 回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集 206-208(2014)
- 10) 花嶋正孝：21 世紀に求められる最終処分場の全体像 (特集 最終処分場技術の最前線-安全, 共生, 循環がキーワード), *資源環境対策*, 36(14), 1222-1225(2000)
- 11) 元村隆一, 準好気性埋立の現状と今後の展望 (特集/循環型社会における最終処分場の方向), *都市清掃*, 58(268), 544-550(2005)
- 12) 松藤敏彦：欧米における埋立地安定化促進戦略と日本の埋立技術 (特集 これからの最終処分場-現状・最新動向から跡地利用まで), *月刊廃棄物*, 32(11), 17-21(2006)
- 13) 『環境ビジネス』：入門廃棄物道場 vol.6 進化する管理型最終処分場「準好気性埋立て構造」, 77, 86-92(2008)
- 14) 水理計算の岸知識・17 章管との摩擦によって失われる力 : < <http://suidobox.net/suiribasic17.html> > 2014.06.16 閲覧