

最終処分場における IoT 導入可能性に対する検討

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

1. はじめに

情報化社会での IoT(Internet of Things)のイノベーションによって、産業や人々の働き方のみならず、社会のあらゆる側面が変化している。また、国土交通省では、「ICT の全面的な活用（ICT 土工）」等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、より魅力ある建設現場を目指す取組である i-Construction（アイ・コンストラクション）を進めている。¹⁾ 日本では、「スクラップ＆ビルド」で絶えず新しいものを作っていた高度成長期が終わりを遂げ、人口と税収の減少が始まっていることから、いかにサステナブルに、今あるものを長く使い続けて経済を維持していくかという部分に視点が推移している。

循環型社会の構築に向けた取り組みによって廃棄物排出量は減少しており、埋立地の延命化に繋がっている一方、供用期間の延長に伴い、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オンサイトで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、最終処分場の長期的なモニタリングにおける IoT の導入可能性を検討するため、要監視項目とそのために必要となるセンサー技術を整理するとともに、得られた情報からのビッグデータを構築するための方策について検討を行った。

2. 最終処分場が抱える維持管理上の課題について

本研究において、主に遮水工、埋立廃棄物のモニタリングに着目して検討を行った。遮水シートについての点検は目視を主体とし、遮水シートの接合状況、傷及び劣化の有無、遮水シートの膨れ及び膨張状態の確認、遮水シートの突っ張り、マーク間隔の測定、遮水シート下地地盤盤の崩壊の有無の確認などが行なわれている。また、遮水シートの破損については漏水検知システムにより破損検知を行っている最終処分場もある。しかし廃棄物層の下に埋まっている状態では遮水工を直接目視することが出来ないため、遮水工損傷検知法や浸出水・地下水の状況を総合的に判断して損傷の有無を推定することになる。²⁾ 下の表 1 では遮水シートが受ける劣化・耐久性に係る主要因として、化学的・物理的・生物的劣化要因の三項目に分類した。次章で IoT 導入に向けこれらを対象に計測するセンサーを紹介している。

最終処分場の維持管理においては、埋立廃棄物が適正に安定化されていることを確認する必要がある。環境を汚濁・汚染する可能性を持つ廃棄物が自然還元状態に至る過程を安定化といい、最終処分場における安定化の最終状態は「もうそれ以上なんの変化も起こさない状態で広義には環境に影響を与えない状態になること」である。³⁾ 廃棄物の埋立中、また埋立終了後から廃止までの期間も含め保有水、浸出水、周辺地下水の水質、廃棄物の分解に伴うガス発生状況、埋立層内の温度等をモニタリングする必要がある。しかし、埋立廃棄物の性状を浸出水の水質変化のモニタリングから評価する従来の方法は、処分場全体から流出した浸出水を集排水管で一箇所に集めた排水を分析するため、部分的に汚染物質や pH の非常に高い浸出箇所や期間を特定することは困難であり、埋立廃棄物の性状や処分場の安

定化の度合いを平均的な浸出水の水質から推測せざるを得ないのが現状である。

表 1 遮水シートの劣化・耐久性に係る主要因

分類	因子
化学的劣化要因	温度（熱）、水分、紫外線、オゾン、NO _x ・SO _x 、硫化水素ガス、炭酸ガス、塩分、酸・アルカリ、薬品類 等
物理的劣化要因	設計及び施工に起因する損傷、埋立荷重、貫入 等
生物的劣化要因	カビ・腐朽菌、藻類、虫類、鳥類 等

3. センシング技術と適応可能性の評価

近年、センサーの需要は爆発的に増加しており、様々な種類のセンサーが市場に出回っている。そこで各種センサーの最終処分場への適応可能性を評価するため、現在測定で用いられている機器も含め、最終処分場を管理するに当たる維持管理基準、加えて廃止基準を参考に廃棄物の性状や遮水工の健全性を評価するために図1に示すように必要な主な測定項目を「温度、pH、EC、レベル、流量、土圧、ひずみ、TOC、イオン濃度、UV」とし、現在広く用いられている各センサーを整理のためその「原理名、原理説明、長所、短所」の項目でリスト化した。現状想定できる処分場における測定項目は市販のセンサーでおよそ測定可能であり、表2のように遮水工の健全性、廃棄物の性状は得られるデータから評価可能である。

4. 得られたデータの評価について

センサーから得られたビッグデータから維持管理に必要な情報とするには、得られたデータの組み合わせから今まで知りえなかった情報へと処理する必要がある。本研究では、収集されたデータから廃棄物の安定化が促進しているのか、遮水工の危険度が増しているのかを判断させる必要がある。図2のデータ活用フローのようにIoT導入を進める上で、実際にセンサーを導入する前に得られるデータを仮定し、そのフィードバックから再度改善していくサイクルを想定している。他の土木現場で用いられている予知センサー（土石流予知センサー等）は観測の困難さのためこれに相当する機器の開発は多くないのが現状である。しかし処分場においてはこれらのセンサーを設置し、ビッグデータが得られるため破損の危険性などを予知するものが可能であると考える。

5. まとめ

管理型最終処分場におけるIoT導入可能性に対する検討についての道筋を示してきた。上で述べたように現状存在するセンサーで最終処分場のモニタリング、遮水工の健全性・廃棄物の性状評価はおおよそ可能である。さらに、センサーを導入するに当たる耐候性を持ちかつ長時間モニタリング可能な耐候性のあるセンサーや、配電方法の検討、センサーからの情報の送信方法については今後検討が必要である。

参考文献

- 1) 国土交通省, i-Construction, www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html
- 2) 日本遮水工協会, 廃棄物最終処分場遮水シート取扱いマニュアル Ver.5-6 平成14年5月
- 3) 田中信壽, 技報堂出版, 環境安全な廃棄物埋立処分場の建設と管理, pp.242, 2000.2
- 4) 特定非営利活動法人ITコーディネータ協会, 中小企業のためのIoT導入ガイド, pp.45-46

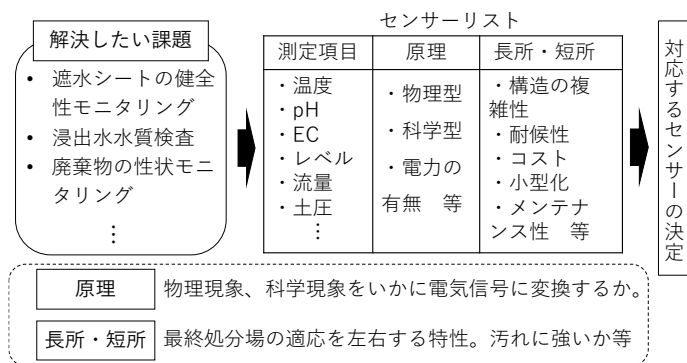


図1 IoT導入のためのセンサー決定フロー

表2 センサーの計測内容と評価項目

場所	計測内容	遮水工の健全性	埋立廃棄物の性状
遮水シート表面（埋没）	温度	○	○
遮水シート表面（埋没）	水分	○	○
遮水シート表面（埋没）	オゾン	○	○
遮水シート表面（埋没）	Ph	○	○
遮水シート表面（埋没）	硫化水素ガス	○	○
遮水シート表面（埋没）	炭酸ガス	○	○
遮水シート表面（埋没）	塩分	○	○
遮水シート表面（埋没）	伸び・ひずみ	○	—
遮水シート表面（埋没）	圧力	○	—
遮水シート表面（埋没）	EC	△	○
遮水シート表面（埋没）	貫入の力	○	—
遮水シート表面（表面）	紫外線（UV）	○	—
遮水シート表面（表面）	温度	○	—
遮水シート表面（表面）	伸び・歪み	○	—
集排水管	液体流量	△	○
集排水管	温度	○	○
集排水管	メタン濃度	—	○
集排水管	硫化水素濃度	—	○
集排水管	Ph	△	○
集排水管	酸素濃度	—	○
集排水管	BOD・COD	—	○
集排水管	EC	—	○
集排水管	気体流量	△	○
集排水管	水位	○	○
集排水管	カルシウム濃度	○	○
集排水管	SS	—	○

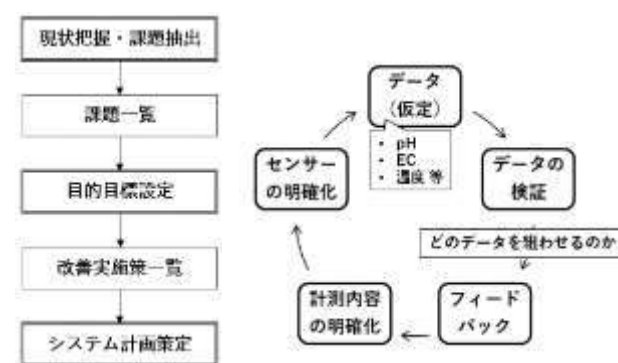


図2 IoT導入計画過程とデータ活用のフロー⁴⁾を参考に作成