

一般廃棄物最終処分場の廃止に関する調査報告

Report on the stabilization of Municipal Solid Waste disposal sites

宮原 哲也*、永岡修一**、小城祐樹***、中山裕文****、大野博之*****

Tetsuya MIYAHARA*, Shuichi NAGAOKA*, Yuuki KOJOU*, Hirofumi NAKAYAMA** and Hiroyuki OHNO

【要約】

本調査は、我が国における一般廃棄物最終処分場の廃止状況の実態把握および廃止後の跡地利用にも大きな影響を与える最終処分場の力学的安定化状況等の調査により、埋立廃棄物の安定化過程の把握手法の確立を目的としている。そこで、市町村へのアンケート調査のほか、維持管理中の一般廃棄物最終処分場において、ドローンによる埋立地表面温度分布調査に加え、表面波探査、埋立地内温度およびガス濃度調査といった現地調査を実施した。

その結果、アンケート調査により得られたデータは、現在廃止に至っていない処分場の現況把握および実態解明のための基礎データとなり得る。また現地調査より、ドローンによる埋立地表面温度分布状況および表面波探査による埋立地における経年的な強度発現状況の把握は、埋立地安定化状況を評価するうえで有用となり得ることが示唆された。

キーワード：一般廃棄物最終処分場、廃止基準、安定化、表面波探査

1. はじめに

一般廃棄物最終処分場は埋立完了後に廃棄物処理法に定められた廃止基準¹⁾を満足することによって廃止することができる。廃止基準は、浸出水質や地下水質、発生ガスや埋立地内温度において基準が定められており、2年以上にわたって満足することが求められている。

埋立が完了した一般廃棄物最終処分場1695か所のうち、廃止に至っていない最終処分場は552か所（全体の33%）であり、そのうち埋立終了後15年以上経過している最終処分場は340か所（全体の20%）にものぼる²⁾。埋立完了から廃止までの期間は、新たな埋立がなくとも浸出水処理施設を稼働し続けなければならない等、維持管理は継続する必要があることから、費用面も含め、市町村にとって大きな負担となっているのが実情である。

そこで本調査は、我が国における一般廃棄物最終処分場の廃止実態とその課題を明らかにし、廃止後の跡地利用にも大きな影響を与える最終処分場の力学的安定化状況を把握することを目的として実施した。

2. 調査概要

2.1 一般廃棄物最終処分場の安定化実態調査

我が国における一般廃棄物最終処分場の廃止に関する実態を把握し、その課題を抽出した。その方法としては、環境省が公表している一般廃棄物処理実態調査より、廃止までに要する期間の実態を把握し、

* 一般財団法人日本環境衛生センター 西日本支局 環境事業部 環境調査課

Environmental Research Div., Environmental Business Dept., West Branch Office, JESC

** 一般財団法人日本環境衛生センター 西日本支局 サステナブル社会推進部 研修課

Research and Training Div., Environmental Business Dept., West Branch Office, JESC

*** 一般財団法人日本環境衛生センター 西日本支局 サステナブル社会推進部 研修課

Research and Training Div., Environmental Business Dept., West Branch Office, JESC

**** 九州大学大学院工学研究院環境社会部門

Department of Urban & Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Kyushu University

*****株式会社地質工学社

Engineering Geo Corporation

特に長期間にわたり廃止モニタリングを継続している一般廃棄物最終処分場の管理を行っている市町村へのオンラインアンケート調査を実施した。アンケートでは、維持管理されている一般廃棄物最終処分場（埋立地本体、浸出水処理施設）の概要のほか、埋立地の維持管理状況として埋立方式や覆土の有無、また廃止モニタリング実施状況や廃止基準を満足していない項目などについて調査を実施した。アンケート調査の概要を以下に示す。

1) アンケート調査名称

一般廃棄物最終処分場の安定化実態の解明に向けたアンケート

2) アンケート調査対象施設

環境省一般廃棄物処理実態調査結果（平成30年度調査結果）において、平成10年度以降、残余容量が0であるにもかかわらず処分場の維持管理を継続している陸上（山間、平地）に設置された一般廃棄物最終処分場48施設

3) アンケート調査実施方法

オンラインアンケート（用いたアプリケーション：フォームメーカー（Pro版））

4) アンケート調査期間

2022年2月4日～2022年2月28日

2.2 埋立廃棄物の安定化過程調査

本調査における埋立廃棄物の安定化過程の実態を把握するために、維持管理中の一般廃棄物最終処分場を対象とした現地調査を実施した。調査項目は以下のとおりである。

- ① ドローンを用いて撮影した熱赤外画像による埋立地表面温度分布調査
- ② 埋立地内における表面波探査
- ③ 埋立地における地中温度・ガス濃度調査

2.2.1 調査対象施設の概要

本調査の対象とした、A組合が保有、維持管理する一般廃棄物最終処分場（以下、「本処分場」という）の概要を以下に示す。

本処分場は、第1処分場と第2処分場の2つの

埋立地で構成されている。第1処分場は昭和56年4月に埋立を開始した遮水工を有さない埋立地であり、平成元年3月末をもって埋立を終了後、最終覆土の施工を完了している。第2処分場は、埋立地底面部に水密アスファルト、法面部に遮水シートおよびアスファルト吹付による遮水工を有している。当初埋立計画における最終計画高に至る前、平成23年2月をもって実質的な廃棄物の搬入を終了しており、現在、廃止モニタリングを実施している。図1に本処分場の施設配置図を、表1に施設の概要を示す。

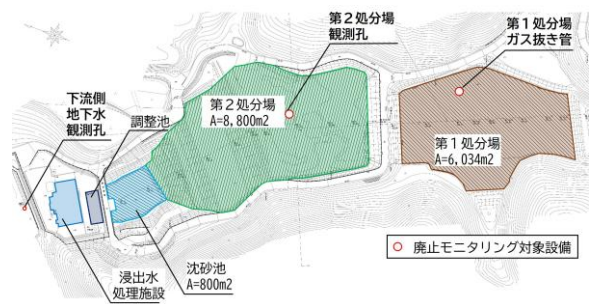


図1 施設配置図

表1 施設概要

最終処分場の種類	一般廃棄物最終処分場	
埋立区画	第1処分場	第2処分場
埋立処分期間	S56.4～ H1.3	H1.4～ H23.2
埋立面積 (m ²)	6,034	8,800
埋立容量 (m ³)	45,440	79,900
埋立廃棄物の種類	焼却残渣、不燃残渣	
埋立廃棄物量 (m ³)	39,335	69,500

2.2.2 埋立地表面温度分布調査

埋立地内において高温部が存在している場合、それに伴い地表面温度が上昇することが過去の調査³⁾において確認されている。ここで、処分場における埋立廃棄物の好気性分解では、その分解熱により70℃程度の発熱を生じる場合もあることを踏まえると、地表面温度の分布状況より埋立廃棄物の安定化状況を把握できるものと考えられる。そこで、現在埋立を終了し廃止モニタリングを実施

している本処分場において、図2に示すドローン（マトリス600 [dji社]）を用いた熱赤外面像を撮影し、その温度分布状況を把握した。



図2 熱赤外面像撮影に用いたドローン

2.2.3 埋立地内における表面波探査

本処分場では平成22年2月～4月において、埋立廃棄物および埋立地盤の性状把握を目的としたボーリング調査等が実施されており、埋立廃棄物層および基礎地盤の強度把握として、ボーリング調査実施時における標準貫入試験および表面波探査が実施されている。そこで今回、本処分場において再度表面波探査を実施することで、空間的モニタリング手法の適用可能性に係る検討に加え、埋立廃棄物層の安定化の進行に伴う地盤強度の発現状況について把握・評価した。

ここで、表面波探査の概要について以下に示す。

表面波探査は、廃棄物層や岩盤層などの概略区分、および地盤の強度や変形性を把握することができる物理探査である。その原理は、表面波（レイリー波）の伝搬速度が地盤のS波速度層構造を反映することを利用するもので、表面波には、波長によって伝搬速度が異なる「分散」という現象がみられるが、その分散の仕方が地盤のS波速度層構造によって決まるので、逆解析すると地盤のS波速度層構造が求められる。

また、S波速度は地盤の強度を表す標準貫入試験による実測N値と相関性があることが報告されており、その相関式を用いて、表面波探査による換算N値断面を作成することができる。この換算N値断面を用いることで、ボーリング調査が不可能

な表面遮水工（遮水シート）直下の地盤等について、遮水工を破壊しない非破壊での地盤のN値を把握することが可能である。

探査方法は、カケヤなどの打撃による起振で表面波を発生させ、直線状に1 m間隔で設置した24個の受振器でその振動記録を取得する。この作業を、起振および受振器の位置を移動させながら繰り返す。測定方法の概念図を図3に、探査実施状況の写真を図4に示す。

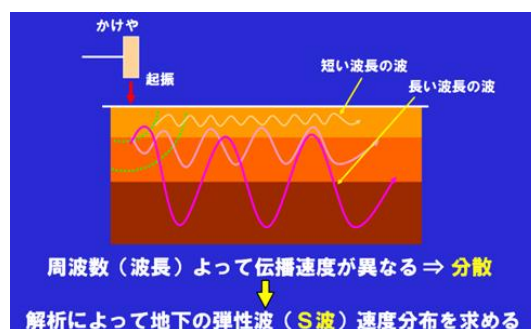


図3 表面波探査概念図



図4 探査実施状況

2.2.4 埋立地における地中温度・ガス濃度調査

埋立廃棄物の安定化状況の現況を把握することを目的とした、埋立地内の地中温度およびガス濃度調査を実施した。

埋立地内の地中温度は、第1処分場ガス抜き管および第2処分場観測孔において、熱電対式温度計を用いて1 m深度ごとに地中温度を把握した。また、比較対象として、埋立地周辺温度を下流側地下水観測孔において測定した。

ガス濃度調査としては、第1処分場ガス抜き管および第2処分場観測孔において、ガス検知器を用いたガス発生濃度調査を実施した。調査したガ

スの種類および調査方法は、表2に示すとおりである。

表2 調査したガスの種類および調査方法

ガスの種類	調査方法
メタン	ガスクロマトグラフ（FID法）
二酸化炭素	採取したガスを用いた検知管法
硫化水素	採取したガスを用いた検知管法
アンモニア	採取したガスを用いた検知管法
酸素	ガス検知器（GX-8000）

3. 調査結果および考察

3.1 一般廃棄物最終処分場の安定化実態の解明

アンケート調査による主な結果を表3～表9に示す。ここで、アンケートに回答のあった施設数は21施設であったが、そのうち2施設についてはすでに廃止確認済との回答であったため除外し、19施設より得られた結果について取りまとめた。アンケート有効回答率は、約40%であった。

表3 埋立地の面積

埋立面積(m2)	施設数
0～5,000	5
5,000～10,000	0
10,000～30,000	10
30,000～50,000	2
50,000～100,000	2
計	19

※平均：23,161 m2

表4 埋立地の容積

埋立容量(m3)	施設数
0～10,000	2
10,000～100,000	0
100,000～300,000	13
300,000～500,000	2
500,000～1,000,000	2
計	19

※平均：184,598 m3

表5 埋立廃棄物の種類

埋立廃棄物の種類	施設数
焼却残渣	15
破碎不燃残渣／不燃残渣	11
溶融スラグ	3
陶磁器類	3
汚泥	3
飛灰固化物	3
プラ類	3
浚渫土砂	2
がれき類	2
その他	4

表6 埋立終了届出書提出の有無

提出状況	施設数
提出済	14
埋立は終了しているが未提出	2
廃棄物埋立中のため未提出	2
無回答	1
計	19

表7 廃止モニタリング実施の有無

実施の有無	施設数
実施している	10
実施していない	9
計	19

表8 廃止モニタリング実施項目（複数回答可）

項目	浸出水 (原水)	放流水	地下水	ガス発生量	ガス発生濃度	埋立地内温度
施設数	9	4	3	8	10	7

表9 廃止基準を満足していない項目（複数回答可）

項目	浸出水 (原水)	放流水	地下水	ガス発生量	ガス発生濃度	埋立地内温度
施設数	13	0	0	4	3	0

得られた結果から把握された主な点を、以下に示す。

- 1) 廃止できていない施設では、埋立廃棄物のうち、焼却残渣中の未燃物の影響、あるいは飛灰キレート処理物に起因する難分解性物質が

影響している可能性が考えられる

- 2) 埋立を終了しても廃止モニタリングを実施していない施設が、約半数の9施設であった。
- 3) 廃止モニタリングを実施している10施設のうち、その実施項目としては、ガス発生濃度については全施設が実施しており、次いで浸出水（原水）の水質が9施設、ガス発生量が8施設という結果であった。
- 4) 浸出水（原水）の水質（特にpH, BOD, COD）において廃止基準を満足できていない施設が13施設と最も多く、他にガスの発生量が4施設、ガス発生濃度が3施設であった。発生ガスに係る廃止基準としては、「埋立地からのガスの発生がほとんど認められない、又はガスの発生の増加が2年間以上にわたり認められないこと（第1条第3項第7号）」と規定されており、ガスの発生濃度について規定はない。それでもガスの発生濃度が廃止基準を満足していないとする回答が3件寄せられていることから、ガスの発生濃度については、廃止基準における「埋立地からの浸出液又はガスが周辺地域の生活環境に及ぼす影響その他の最終処分場が周辺地域の生活環境に及ぼす影響による生活環境の保全上の支障が現に生じていないこと。（第1条第3項第11号）」を踏まえた対応であるとも考えられる。

3.2 埋立廃棄物の安定化過程の時空間変動の解明

3.2.1 埋立地表面温度分布調査

本処分場の第2処分場を対象に撮影した可視画像を図5に、熱赤外画像を図6に示す。地表面の温度は熱電対による測定により17℃程度であることが把握できているが、図6より、地表面温度に明確な温度差は確認されなかった。この理由として、実質的な埋立終了から10年以上が経過し、埋立廃棄物層の安定化が進行しているため、地表面温度差が顕在化しなかった可能性が考えられる。



図5 可視画像



図6 熱赤外画像

3.2.2 埋立地内における表面波探査

表面波探査は、本処分場の地表面状況を踏まえ、図7に示す測線L-1およびL-2において実施した。探査結果の一例として、測線L-1において2009年度および今回得られた換算N値断面図の比較を図8に示す。図より、特に埋立深度4m以深において、2009年当時はN値が6～20程度であったが、今回の探査では一部では40を超えるほどの明確な強度増加が確認された。

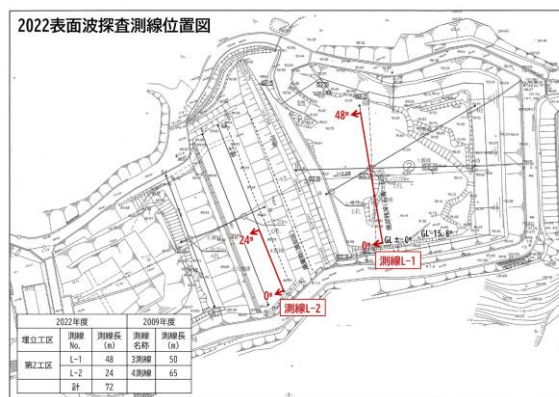


図7 探査測線位置平面図

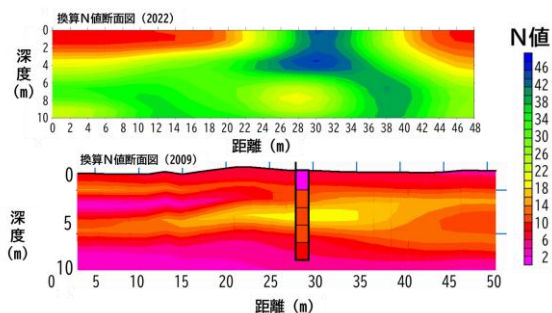


図8 表面波探査結果（測線L-1）

表10 ガス濃度調査結果

	項目	単位	第1 処分場 ガス抜き管	第2 処分場 観測孔
ガス 濃度	メタン	vol%	0.003	0.75
	二酸化炭素	ppm	500	200
	硫化水素	ppm	<0.5	<0.5
	アンモニア	ppm	<0.2	6
	酸素	%	8.5	2.8

4. まとめ

3.2.3 埋立地における地中温度・ガス濃度調査

地中温度調査結果を図9に示す。埋立地内における地中温度は、第1処分場において18.7～21.8℃（温度幅3.1℃）、第2処分場において17.6～24.1℃（温度幅6.5℃）であった。一方で、埋立地周辺温度として実施した下流側地下水観測孔においては、15.6～18.1℃（温度幅2.5℃）であった。

埋立地内温度は、埋立地周辺温度とさほど変わらない温度であり、廃棄物の分解が活発に進行している状況ではないと判断され、この結果は、地表面温度調査結果と整合する。

次に、第1処分場ガス抜き管および第2処分場観測孔において実施したガス濃度調査結果を表10に示す。第1処分場に比べ第2処分場において確認されたメタンガス濃度の方が若干高濃度ではあるが、現在廃棄物の分解が活発に進行しているとまでは言えず、どちらかと言えば嫌気的な環境にあるためにメタンガスが発生しているものと考えられる。

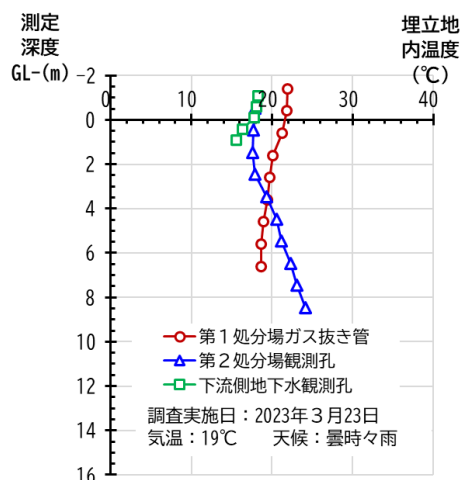


図9 地中温度調査結果

今回実施した調査結果の概要を以下にまとめる。

- 1) アンケート調査により、平成10年度以降、残余容量が0であるにもかかわらず処分場の維持管理を継続している陸上（山間、平地）に設置された一般廃棄物最終処分場の現況を概ね把握することができた。
- 2) 今回実施した、ドローンによる埋立地表面温度分布調査結果からは、埋立地表面に明確な温度の違いは生じていなかった。実質的な埋立終了からの経過年数が影響していた可能性があるため、詳細については詳細な解析を検討する。
一方、ドローンを用いた処分場埋立地の地表面温度分布の把握については問題なく実施することが出来た。本手法は、災害廃棄物仮置場における、木くずや廃畳等の可燃性廃棄物の火災発生未然防止などにも適用できると考えられる。
- 3) 表面波探査の結果から、明確な強度増加を確認できた。
- 4) 埋立地内温度およびガス濃度調査結果より、本処分場に埋立て処分された廃棄物は、現在、分解が活発に進行している段階ではないものと考えられる。

謝辞

本調査は、一般財団法人日本環境衛生センター研究奨励制度の助成を受けて実施しました。ここに深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令(昭和五十二年総理府・厚生省令第一号)
- 2) 環境省一般廃棄物処理実態調査(平成30年度調査結果、令和2年4月17日)より集計
- 3) 岸川ら(2005): 最終処分場で発生した火災の熱赤外リモートセンシングによる簡易探査手法事例, 日本環境衛生センター所報論文集, 第32号, pp. 54-58.

Summary

The purpose of this survey is to clarify the actual situation and issues of general waste final disposal sites in Japan, and to understand the spatiotemporal changes in the stabilization process by grasping the mechanical stabilization status of final disposal sites that have a significant impact on the post-disposal site utilization. In addition to a questionnaire survey to municipalities, on-site surveys such as surface temperature distribution surveys of the target landfill site by drones, surface wave explorations, and surveys of temperature and gas concentration inside the target landfill site were conducted. According to the questionnaire survey, it was possible to grasp the current situation and issues of landfill sites where the legal detoxification of landfill waste has not been completed. In addition, it was suggested that grasping the surface temperature distribution status of landfill sites by drones and the expression status of strength over time in landfill sites by surface wave explorations are useful for evaluating the stabilization status of landfill sites.