

廃棄物最終処分場の安定化指標としての内部温度に関する調査

Survey of landfill temperatures as a stabilization index of a sanitary landfill

室蘭工業大学大学院 ○学生員 水野 真敏 (Masatoshi Mizuno)
 室蘭工業大学 学生員 亀井千亜紀 (Chiaki Kamei)
 室蘭工業大学 正員 吉田 英樹 (Hideki Yoshida)
 室蘭工業大学 正員 穂積 準 (Hitoshi Hozumi)

1. はじめに

平成10年6月に廃棄物最終処分場の廃止基準の概要(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命令)が制定された。これは最終処分場の環境安全性を検証するためのものであり、安定化を判断するための指標として、浸出水水質、埋立ガスとともに内部温度の利用が規定されている。

しかし、浸出水水質と埋立ガスに比べると内部温度については現場での実測例が少なく、安定化の判断指標として用いる際の経験論的あるいは理論的裏付けが乏しいのが現状である。

本研究では、廃止を計画している最終処分場において内部温度の実測を平成16年7月から行っている。処分場廃止における内部温度の動向と水質・ガスデータを照らし合わせ、最終処分場の安定化について測定法の提案をすることを目的とする。

2. 調査対象最終処分場の概要

調査埋立地は北海道内の一般廃棄物最終処分場で、埋立期間24年、埋立終了は平成15年である。事業系及び家庭系一般廃棄物、下水汚泥を含む産業廃棄物などが焼却処理を経ないで直接埋立が行われており、分解性有機物が多量に処分されていた。

平成15年度から各種調査および閉鎖工事を開始、平成17年12月現在も継続中であり、平成16年度までに設置されたガス抜き管は17本であり、同年に処分場内部の状況を調査するためのボーリング調査が行われ、5本のボーリング孔が設置された。これらのボーリング孔においては、当該処分場管理者が温度と圧力の連続測定、定期的な内部水水質・埋立ガス濃度・埋立流量調査を行っており、これらのデータの提供を管理者から受けた。

平成17年度の閉鎖工事は「浸出水削減対策工」「廃棄物早期安定化対策工」「最終覆土工」からなる。「廃棄物早期安定化対策工」として、新たにガス抜き管を設置、もしくは設置作業中である(平成17年12月現在)。

処分場平面図を図-2に示す。プロットが主にガス抜き管を示しており、格子部分は17年度設置のガス抜き管である。

3. 廃止基準について

廃棄物最終処分場の廃止基準として、平成10年6月に最終処分場浸出水及び内部温度に関わる基準が施行された。

(1) 放流水(浸出水処理水)の水質が1年間に少なくとも2回以上測定され(ただし、BOD、COD、SS、Nについては1年間に少なくとも4回以上測定)、かつ2年以上にわたって、排水基準等に適合していること。ここに、排水基準の一例を記す。

BOD:60mg/l以下, COD:90mg/l以下, SS:60mg/l以下(ただし、CODは海域、湖沼への排水放流のとき)

(2) 廃止時に処分場内部が周辺の地中温度に比べて異常な高温になっていないこと(埋立地内部温度と周辺の地中温度の差が20℃未満)。ここで、本処分場の年平均気温が6.4℃であるので、これを地中温度と仮定し、処分場内部温度の廃止基準値を26.4℃とした。

4. 調査概要

- (1) 平成16年度までに設置された17本のガス抜き管(M-3~M-19)の内部温度分布を、地表面より深さ方向へ1m間隔で測定した。測定は2004年7月より開始、頻度は1~2ヶ月に1回程度である。
- (2) 2005年に入り、温度上昇が顕著なガス抜き管(M-3~M-6)に対し、連続測定用プローブを任意の深度に設置し、4時間間隔で測定した。
- (3) 平成17年7月からφ200mmの塩ビ管をおよそ50m間隔で設置する整備工が始まり、予定数は30である。平成17年10月、11-cおよび10-4にガス抜き管の外周に深さ方向に2m間隔で、24mまで熱電対を設置、その他の管に関しては(1)と同様に調査を開始した。



図-1 埋立終了前後に設置されたガス抜き管(左)と平成17年に設置されたガス抜き管(右)

5. 水質・ガスの調査結果について

5.1 浸出水および内部水

水質汚濁を示す代表的な指標としてBODとCODがあり、ここでは、平成13年から平成16年までの浸出水



図-2 調査対象廃棄物最終処分場平面図

データ (BOD、COD、SS) を表-1 に、平成 16 年のボーリング孔内の内部水データ(BOD、COD、SS) を表-2 に示した。

まず、浸出水の BOD と COD はそれぞれの廃止水質基準 60mg/l、90mg/l を下回り、基準を達成しているが、SS を見ると平成 13 年と平成 16 年の値が 60mg/l を超え基準を達成していない。

表-1 浸出水中の BOD、COD、SS 濃度

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)
H13	2.6~12	25~61	25~ 76
H14	10~16	36~84	16~19
H15	9.6~29	25~55	22~39
H16	18~26	44~61	22~ 85
廃止水質基準値	60 以下	90 以下	60 以下

次に、ボーリング孔内の内部水について、BOD は基準を達成している。しかし、SS は全てにおいて基準を達成しておらず、COD に関しては B-3-7 と B-6-4 で基準値を超えており、B-3-7 については 1000mg/l を超える値になっている。本調査対象の廃棄物最終処分場は、河川への排水のみを行っているため、COD に関する基準は適応されない。もし、海域、湖沼に排水している最終処分場であれば、基準を達成するには至っていないことになる。

内部水のほうが浸出水より値が大きいところがあり、これは雨水や処分場へ流入する地下水により内部水が

表-2 ボーリング孔内の水質

	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)
B-3-3	5.4	62	150
B-3-7	26	1400	190
B-6-4	12	670	120
B-M-1	7.2	60	280
廃止水質基準値	60 以下	90 以下	60 以下

採取：平成 16 年 10 月 15 日

希釈され、浸出水になっていると考えられる。

一方、水質に関する廃止基準には、浸出水および内部水の優先は明記されていないが、「安定化監視マニュアル」⁽²⁾では「浸出液の採取は、跡地内部状況を反映した状態で採取できる地点で行う」との記載があり、内部水の水質について、評価するのが妥当であると考えられる。

5.2 埋立ガス濃度および流量

平成 16 年に計 4 度の計測を行っており、その結果を図-3 と表-3 に示す。

まず、B-3-3 をみると他とは異なり、CH₄、CO₂ のパーセンテージと流量の値が明らかに小さい。これはこの地点の有機物が少ない状態か、分解が殆ど進んでいない状態かのどちらかであると推測される。

B-3-3 を除く 3 点については CH₄、CO₂ のグラフの推移が似ていることが読み取れ、CH₄ が減少傾向、CO₂ がほぼ横ばいを示している。しかしながら、嫌気性微生物分解の中間生成物である H₂S が増加傾向にあり、依然として嫌気性微生物分解が進んでいると判断できる。

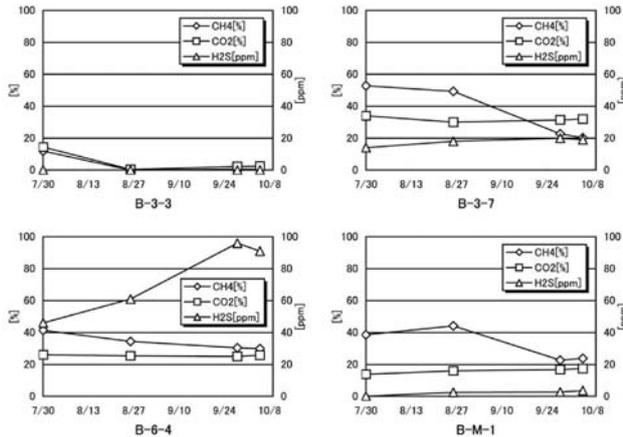


図-3 ボーリング孔における埋立ガス成分の変動(H16)

表-3 ボーリング孔における埋立ガス流量

単位：ml/min

	05/7/30	05/8/26	05/9/28	05/10/5
B-3-3	~0.5	~0.5	~0.5	0.8
B-3-7	8.6	7.9	4.1	3.5
B-6-4	7.6	2.1	2.5	11.0
B-M-1	21.8	6.1	9.0	9.4

表-4 平成17年6月以降の内部温度測定結果
[単位：℃]

	深さ [m]	日付						
		6/2	7/1	7/2	7/28	9/13	10/21	11/9
M-3	1	28.1	29.1	29.1	27.8	26.1	27.3	
M-4	8	23.2	24.9		25.7	23.1	23.6	
M-5	10	25.8	27.1		25.6	23.4	25.8	
M-6	3	26.7	29.0		28.2	27.9	32.3	
M-7	7	34.8	32.4		31.0	29.1	31.6	
M-8	6	13.5	20.2		21.5		18.6	
M-9	7	15.1	13.0			21.2	18.0	
M-10	5	13.6	20.6		19.6		20.0	
M-11	9	15.4		17.5	16.1		13.4	
M-12	5	9.2		10.2	12.9		15.1	
M-13	8	14.4		18.3	16.2		10.6	
M-14	1	17.1						
M-15	3	21.4						
M-16	10	8.0		14.0	15.3	16.4	16.8	
M-17	9	9.8		15.4	16.7	16.1	17.0	
M-18	5	16.9	15.9		18.9	21.1	12.0	
M-19	11	13.2	15.1		28.1		13.4	
A-1	13					23.1	21.5	
A-2	15					18.6	19.0	
A-3	15						23.2	
A-4	21						17.7	
A-5	22						17.4	
A-6	20						10.9	
5-1	16						20.5	
9-1	19						22.0	
5-2	21						27.0	
6-2	21						26.7	
7-2	21						29.7	
8-2	21						27.1	
9-2	20						21.2	
8-4	28							32.7
9-4	29							29.0
10-4	28							31.5
11-c	24							21.2
12-c	36							20.5

6. 内部温度の調査結果について

6.1 調査対象のガス抜き管について

M-3 から M-19 は、図-2 の中央から右側に位置している。図-2 中央にあるラインが格子状になっている場所は図-2 左方向へ下る斜面となっており、M-3 から M-19 については熱電対式の温度測定器を用いて測定を行った。また、M-3 から M-6 については加えて連続測定を行った。

平成17年度に設置されたガス抜き管は図-2 において中央部分であり、A1 から A6、格子状(約50m四方)になっているラインの交点に位置するガス抜き管である。これらの呼び方を横-縦のラインのナンバリングで表すことにした。6-2、7-2、9-5、10-4 については図-2 上に示してある

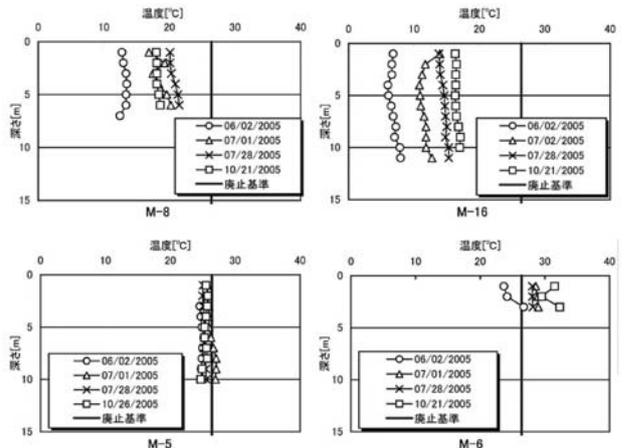


図-4 M-8、M-16、M-5、M-6 における深さ方向の温度分布

6.2 調査結果および考察

温度を用いた処分場の安定化の判断基準は、埋立地内部温度が低下傾向にあることと、廃止基準値 26.4℃を下回ることであり、この2点に基づいて考察する。

表-4 に平成17年6月以降の内部温度の測定結果を示した。この中から、温度が廃止基準を満たしている M-8、M-16 と斜面近傍に位置する M-5、M-6 に注目した。

また、図-4 にこれらの管についての、最近4回の調査によるガス抜き管内部の深さ方向の温度分布を示し、図-5 に計測開始からの内部温度の経時変化を示した。M-4 については平成17年6月から11月まで、地表面から深さ方向に2m、8m で内部温度を連続測定した。その結果を図-6 に示す。

図-4 から、測定深さが4m以下のM-6を除けば、温度分布は深さ方向にほぼ一様であることがわかる。

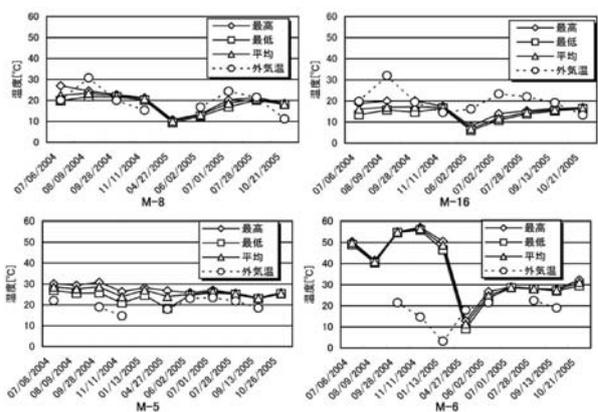


図-5 M-8、M-16、M-5、M-6 における内部温度の経時変化

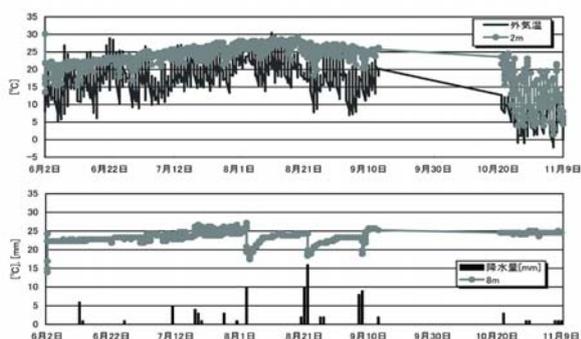


図-6 M-4 における温度測定結果と外気温、降水量との関係

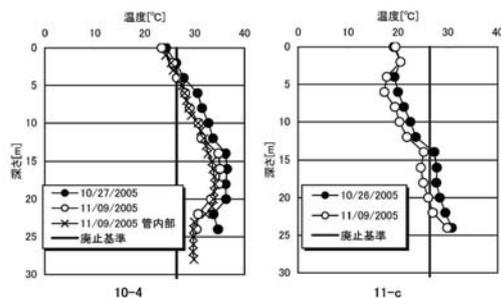


図-7 新設ガス抜き管の深さ方向の温度分布

また、図-5 から、M-6 以外では廃棄物層内の温度が外気温とほぼ同じ傾向を示している。したがって、M-6 以外のガス抜き管では、外気がガス抜き管内の 10m 程度まで深さまで侵入し、この深さへの空気の供給機能を持っていると推察される。

また、M-6 以外では温度はほぼ廃止基準 (26.4°C 以下) を満たしている。しかしながら、図-3 より処分場のほぼ全体で埋立ガス成分は CH₄ が 20%以上、CO₂ が 13%以上となっており、M-6 以外のガス抜き管周辺では、依然として嫌気性微生物分解が起こっている可能性がある。このように、内部温度のみでは安定化の判断を得ることは難しく、埋立ガスの測定が重要である。

一方、M-6 では、2004 年は 50°C を超えていたが 2005 年に入ると 30°C 前後で推移している。特に、2005 年 4 月 27 日には、10°C 付近まで急激に下がっている。これは、春の融雪期での低温融雪水の侵入により一時的に低下したものと考えられる。このように温度変動が大きいガス抜き管では、少なくとも 2 ヶ月に 1 回程度の温度測定が必要であると思われる。

M-6 のように温度が大きく変動する場合には、処分場の内部温度を用いた安定化の判断には長期的な内部温度の測定が必要であるが、M-6 以外では、季節的な変動も考えると、年に 4 回程度の測定で内部温度の動向はおおよそ把握できると思われる。

一方、図-6 に示した M-4 において深度 8m の温度の連続測定を行った結果から、台風や大雨などにより 1 時間あたり 8mm 以上の降雨 (8/3、8/22、9/7) がある時に、温度が大きく低下しており、内部温度の測定は大降雨直後の 1 週間以内の期間は避ける必要がある。

次に、本処分場でガス抜き管 10-4 と 11-c の設置において、塩化ビニル製のガス抜き管外周面に、温度センサーを 2m ごとに設置・埋設し、ガス抜き管内部温度でなく、廃棄物層の温度測定が行えるようにした。深さ方向の温

度分布を図-7 に示した。10-4 の結果より、管内部及び外周面の温度はほぼ一致し、ガス抜き管内部温度が廃棄物層内温度をよく近似していることがわかった。また、これらの管の深部では最高 35°C 前後と高くなっており、深いほど温度が高い分布を示している。いずれの管についても、深部の最高温度を示している領域では、廃止基準 (26.4°C 以下) を満たしていない。表層から 5~15m の深さのみで見ると、廃止基準を満たしていることから、廃止基準としての温度の測定は可能な限り深部まで測定する必要があることがわかる。

7. まとめ

本研究で調査を行った廃棄物最終処分場において、以下のようなことがわかった。

- (1) 浸出水の BOD、COD は廃止基準 (60、90mg/l 以下) を満たしており、SS は基準 (60mg/l 以下) を満たしていない。また、ボーリング孔の内部水は一部で COD が 500mg/l 以上と高く、SS は全て 120mg/l 以上であった。
- (2) M-5,8,16 においては、内部温度が低く、深さ 10m 程度まではほぼ気温と同じであり、年 4 回程度の内部温度測定ではほぼ年間の温度傾向を把握できると思われる。これらは廃止基準 (26.4°C 以下) を満たしているが、嫌気性微生物反応が起こっており、内部温度のみで安定化を見極めるのは難しい。また、これらのガス抜き管では 10m 程度の深さまでは空気を供給することが可能であると推定された。
- (3) M-6 においては、内部温度が高く、廃止基準を満たしていなかった。融雪期の温度低下が顕著に見られ、年間の温度傾向を把握するには、2 ヶ月に 1 回程度の温度測定が必要であると思われる。
- (4) 時間 8mm 以上の大降雨時の温度低下が見られ、内部温度の測定はこのような大降雨直後の 1 週間以内の期間は避ける必要があると思われる。
- (5) 10-4 と 11-c において、約 25m までの深さまでガス抜き管内部及び外周面の温度測定を行った結果、大きな差はなかった。深さ方向の温度差がきわめて大きく、廃棄物層内温度の把握では、できるだけ深部までの温度測定を行う必要がある。

謝辞

本研究は文部科学省科学研究費の補助 (基盤研究(C)「廃棄物最終処分場の安定化指標としての温度に関する数値埋立処分工学的研究」) を受けた。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 文部省国立天文台編：理科年表、p202(2001)
- 2) 廃棄物学会廃棄物埋立処理処分研究会：廃棄物最終処分場廃止基準の調査評価方、pp1-6、pp32-39(2002)
- 3) 吉田、穂積：埋立地廃止基準に係わる指標の埋立過程での調査事例、第 11 回廃棄物学会研究発表会 講演論文集 II、pp1159-1161(2000)
- 4) 濱地、水野、吉田、穂積：廃棄物最終処分場の廃止基準としての温度に関する調査、平成 16 年度土木学会北海道支部論文報告集、第 61 号、VII-5(2005)