

埋立処分場における地中温度測定方法の検討

高橋 昌史 辰市 祐久 中浦 久雄

要 旨

埋立処分場の内部では、埋立てられた廃棄物が分解し、ガスと熱が発生している。埋立処分場の内部における廃棄物の分解状況を把握するため、日射等の影響を受けない深さにおける地中温度の測定方法を検討した。その結果、地表面より深さ 50 cm における温度測定が適当であることが分かった。中防外側処分場内に深さ 50 cm の測定孔を設置し、地中温度の分布を測定したところ、冬季、夏季のいずれにおいても 40 °C を超える高温の測定点が存在していた。

キーワード：埋立地、地中温度

A measuring method of the underground temperature in landfill.

TAKAHASHI Masashi, TATSUICHI Sukehisa, NAKAURA Hisao

Summary

To understand the internal situation of landfill underground, we examined the measuring method of an underground temperature. It was judged that the temperature survey by the depth of 50 cm was suitable. We set up the measurement holes of 50 cm in depth in the Chyubou-sotogawa-Shobunjyou Landfill, and measured about the underground temperature distribution. The high temperature point which exceeds 40 °C was found with the season of both winter and summer.

Key Words : Landfill, underground temperature

1 はじめに

埋立処分場の内部では、埋立てられた廃棄物が分解し、ガスと熱が発生している。総理府・厚生省の共同命令¹⁾として出された埋立処分場廃止基準では、ガス発生や処分場内部の温度の状況に基づき廃止を判断することが定められている。廃棄物学会が定めた処分場廃止基準の調査評価方法²⁾によると、判定指標として用いる温度は埋立処分場内部において地表の影響を受けないと判断される温度としている。その際に、平面

的な高温エリアを抽出するため、処分場表面に測定孔を設置し、地中温度及び地中ガスを測定することを示している。

山田ら³⁻⁶⁾は処分場のサーモカメラを用いて地表面温度を間接的に測定し、地表面温度と地表面からのメタンフラックスの関係について調査し、両者の間に相関があることを報告している。サーモカメラによる測定では面的な広がり把握することができるが、地表面温度は日射等の気象の影響を受けるため、夜間また

は早朝に測定しなければならないと述べている。また、サーモカメラを用いた場合、相対的な測定結果となる。

そこで、本研究では、日射等の気象の影響を受けないと判断される深さの地中温度測定方法について検討した。地中温度の測定は、測定孔の設置が必要であり、また、測定結果もスポットとなる。しかし、日射等の影響を受けない深さの地中温度は測定時間の制約がなく、多地点の温度分布を同時に実測することができる。ここで検討した方法を用いて、埋立処分場における地中温度分布についても調査した。

2 調査方法

(1) 調査対象場所の概要

東京都中央防波堤外側処分場（以下、「中防外側処分場」と言う）は東京都が管理している埋立処分場で、現在でも埋立てられた廃棄物の分解によりガス発生が認められるため調査対象とした。

中防外側処分場は東京湾最奥部に位置し、昭和 52 年 10 月より埋立てを開始した。中防外側処分場は建設発生土及びしゅんせつ土が埋立てられた（その 1）地区 115ha と、廃棄物が埋立てられた（その 2）地区 199ha の 2 つに分かれている。（その 2）地区には一般廃棄物（不燃ごみ、可燃ごみ、焼却・破碎残渣）、産業廃棄物（上・下水道汚泥等）及びしゅんせつ土が埋立処分された。中防外側処分場では、廃棄物を約 3 m 埋立て、その上に 50 cm 覆土をし、これを繰り返しながら埋立処分しており、現在も埋立中である。今回の調査は、（その 2）地区を対象とした。

(2) 地中温度の測定深度の検討

日射等、気象の影響を受けない地中温度の測定深度を検討するため、平成 17 年 7 月に中防外側処分場内の 2 地点において、地表面に内径 3 cm で深さ 10 cm、30 cm、50 cm、65 cm の孔を各 1 本ずつ掘削し、底部まで達する長さの塩ビ管を挿入して地中温度測定孔とした。測定孔に温度計を挿入し、各測定孔の底部における地中温度と気温及び地表面温度を連続測定した。測定する際、日射等の影響を受けないよう、地中温度測定孔の上部に蓋をした。

(3) 地中温度分布

深さ 50 cm の地中温度の測定孔を 500 m × 500 m の範囲内に 60 カ所設置した。中防外側処分場内における地中温度の調査範囲を図 1 に、地中温度測定点の配

置を図 2 に示す。

各測定点間の距離は、温度の面的な分布を把握するため、原則として 40 m とし、8 × 9 の行列状に測定

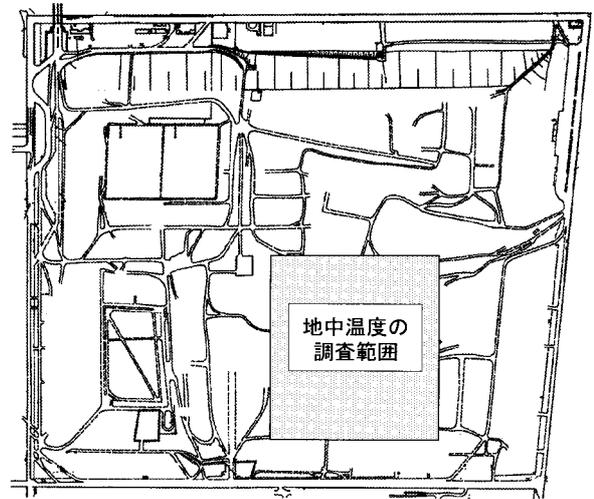


図 1 地中温度の調査範囲

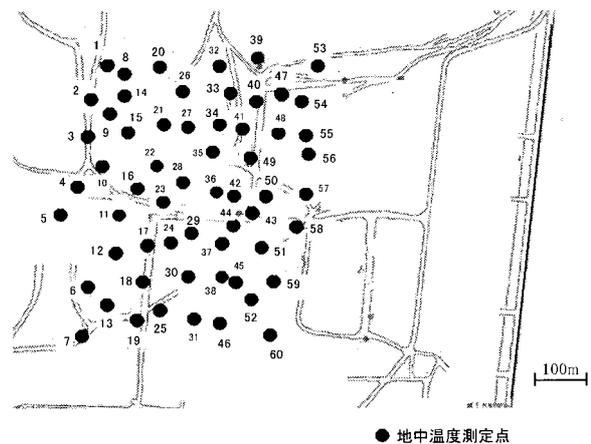


図 2 地中温度測定点

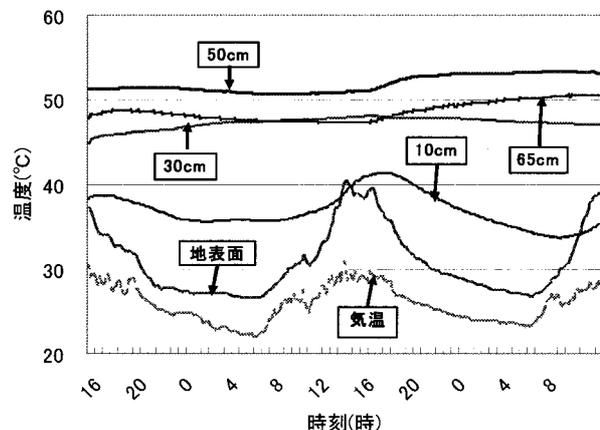


図 3 地中温度の連続測定結果（測定点No. 8）

点を設置したが、道路等が設置されている所もあり、測定点は完全な等間隔ではない。今回の調査範囲内においては、プラスチック等の不燃物を主とした一般廃棄物、産業廃棄物が表層付近に埋立てられている。

平成 17 年 1 月（冬季）及び平成 17 年 8 月（夏季）に、深さ 50 cm における地中温度をスポット測定した。冬季の測定では 60 カ所全地点の地中温度を測定したが、夏季の測定では測定孔が埋立てられた地点もあり、34 地点の地中温度を測定した。

3 結果及び考察

(1) 地中温度測定深度の検討

測定深度の調査地点は地中温度測定点 60 地点の内 2 地点（No. 8、No. 19）を用いた。地中温度の連続測定結果を図 3 及び図 4 に示す。

日中の地表面温度は、日射等の影響を受け、気温と同様の变化を示した。また、深さ 10 cm の地中温度は、気温や地表面温度と同様の变化を示し、日射等の影響を受けていた。

図 3 より、測定点 No. 8 の地中温度は深くなるに従って上昇する傾向が見られるが、温度の変動は深さ 30 ~ 65 cm では小さく、深さ 50 cm では 50.7 ~ 53.3 °C であった。

図 4 より、測定点 No. 19 は地表面温度が日中 51.5 °C まで上昇するのにに対し、深さ 30 cm ~ 65 cm の地中温度は 32.6 ~ 35.0 °C とほぼ一定であった。

測定期間中の各深さにおける測定値の最高値と最低値の差を变化幅と定義する。各測定点における深さごとの变化幅を図 5 に示す。両測定点とも、地中深くなるにつれ、温度变化の幅が小さくなっていった。

連続測定の結果より、深さ 30 cm 以深の地中温度に及ぼす日射等の気象の影響は小さく無視できると考えられる。しかし、中防外側処分場では覆土を 50 cm としているため、深さ 30 cm では覆土層内の地中温度を測定することになる。このため、埋立廃棄物の分解状況の把握のためには、測定孔の深さを 50 cm とするのが適当と考えられる。

この程度の深さなら、掘削や温度測定が容易であり、同時に多数の測定点の測定ができるので、広範囲の地中温度分布を把握することが可能となる。そこで、深さ 50 cm における地中温度を測定し、埋立処分場内の温度分布を把握することにした。

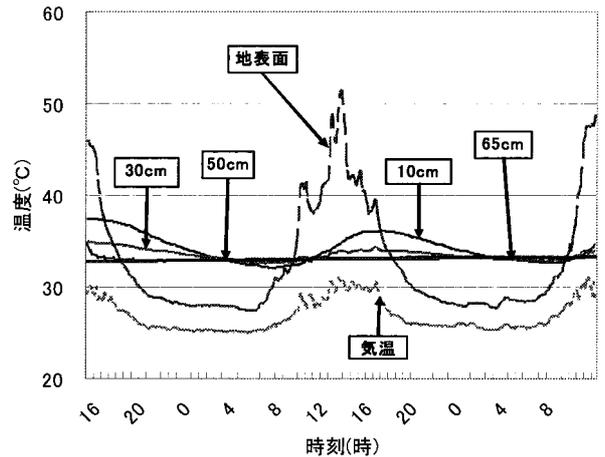


図 4 地中温度の連続測定結果（測定点No. 19）

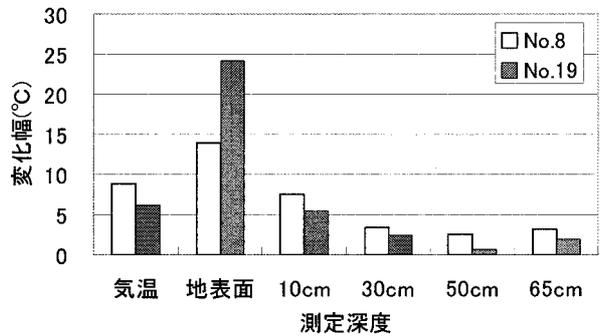


図 5 地中温度の变化幅

(2) 地中温度分布

冬季（1 月）及び夏季（8 月）における深さ 50 cm の地中温度の測定結果を表 1 に示す。夏季の測定において空欄となっている地点は、埋立作業等により消失した地点である。

冬季の地中温度の分布を図 6 に示す。冬季の深さ 50 cm における地中温度の平均は 19.3 °C であり、地中温度が 40 °C 以上の高温の測定点が 6 地点存在していたが、これらの測定地点は局所的に分布しており、埋立てられた廃棄物の種類や分解状況が一様でないことを示唆していると考えられる。冬季の地中温度の最高値は 56.0 °C、最低値は 6.6 °C であった。

田中ら⁷⁾は、埋立終了後 10 年が経過した廃棄物埋立処分場において深さ 1 m の地中温度を測定した。その結果、冬季の処分場内における深さ 1 m の地中温度は 9 ~ 19 °C であり、特に、有機物の分解等の熱源の影響を受けた層では 17 ~ 19 °C になることを報告している。今回の測定結果では、中防外側処分場は埋立作業が進行中のせいか、田中らの報告値よりも地中温度がかなり高温であった。

表 1 地中温度の測定結果

測定点	地中温度(°C)		測定点	地中温度(°C)	
	冬季	夏季		冬季	夏季
1	10.0	38.2	31	18.7	38.8
2	9.8		32	10.2	34.4
3	21.6		33	11.1	35.5
4	56.0	37.2	34	8.7	26.2
5	46.0	48.9	35	8.7	28.5
6	10.0		36	33.6	
7	10.3	32.2	37	25.7	
8	43.8	53.9	38	30.1	46.8
9	8.2	37.1	39	33.4	43.1
10	18.2	35.1	40	16.1	40.1
11	30.7		41	10.2	34.3
12	26.4		42	7.8	
13	23.2	37.5	43	21.7	
14	10.9		44	13.5	
15	10.2		45	12.5	
16	16.7		46	9.4	
17	21.0		47	21.8	44.9
18	11.2	34.0	48	6.6	47.7
19	24.4	35.5	49	22.5	40.3
20	17.9	41.2	50	20.0	
21	12.1		51	8.2	
22	31.1	36.8	52	13.1	
23	43.3		53	21.8	45.9
24	11.8		54	12.0	36.5
25	25.1		55	11.0	35.6
26	8.2		56	18.8	41.1
27	18.9	40.4	57	41.2	48.8
28	14.0	40.2	58	26.5	39.9
29	9.9	36.7	59	8.2	34.5
30	11.4		60	44.7	

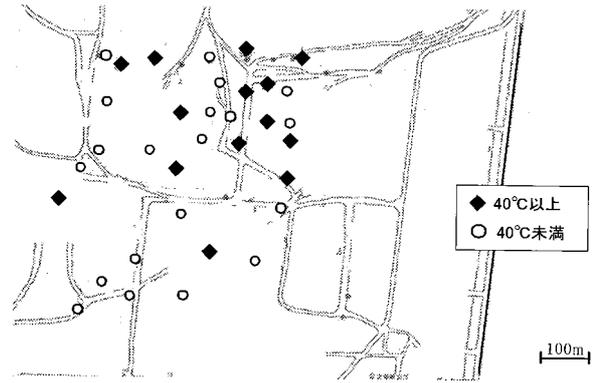


図 7 深さ 50 cmにおける地中温度分布 (夏季)

の影響により熱が内部に蓄積されたことも要因であると考えられる。

渋田ら⁸⁾は、深さ 50 cmの地中温度と緯度との関係より相関式を求め、理論値と実測値が一致することを報告している。渋田らが報告した理論式を用いると、中防外側処分場における深さ 50 cmの地中温度は冬季(1月)では 6.7 °C、夏季(8月)では 25.8 °Cとなる。この数値は、今回の測定結果の最低値とほぼ等しく、処分場内部の地中温度は一般の地域よりも高温であることが示された。

なお、冬季及び夏季を通じて測定できた 34 地点について、温度の相関を図 8 に示す。冬季に高温であった地点は夏季でも高温であり、測定地点の特性は季節にかかわらずほぼ同じであることを示している。

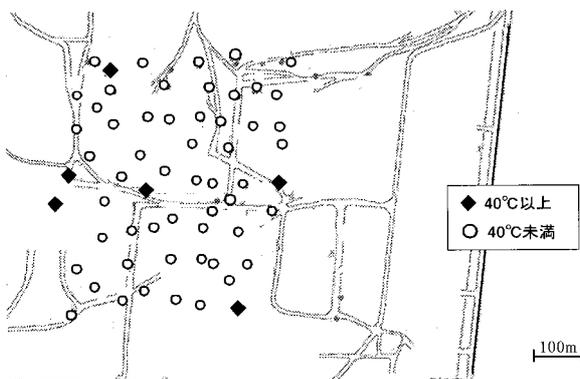


図 6 深さ 50 cmにおける地中温度分布 (冬季)

夏季における地中温度の測定結果を図 7 に示す。夏季の深さ 50 cmにおける地中温度の平均温度は 39.1 °Cであり、冬季よりも約 20 °C高くなっていた。夏季においては、地中温度が 40 °C以上の測定点が 14 地点あった。地中温度の最高値は冬季とほぼ同じ 53.9 °Cであったが、最低値は 26.2 °Cまで上昇していた。夏季において地中温度の最低値が増加したのは、埋立廃棄物の分解が進行したばかりではなく、地表面に受けた日射

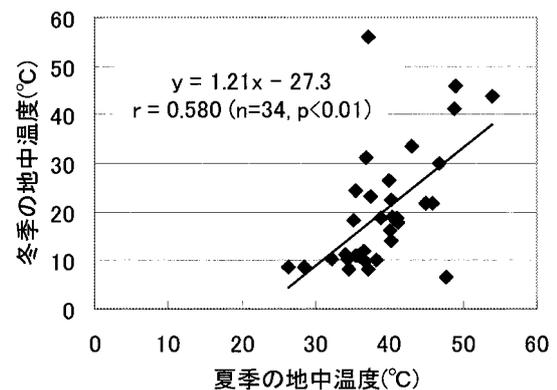


図 8 冬季と夏季の地中温度の関係

処分場における深さ 50 cmにおける地中温度を測定した結果、冬季、夏季ともに埋立廃棄物の分解による発熱の影響を受けていると考えられる高温の測定点があった。しかし、夏季では日射による熱の蓄積等により地中温度の最低値が上昇し、最高値と最低値の温度幅が小さくなっていた。そのため、処分場内部の埋立廃棄物の分解状況を温度で把握するためには、最高値

と最低値の温度幅が大きい冬季に測定することが望ましい。

4 まとめ

処分場内部における廃棄物の分解状況を把握するため、日射等の気象の影響を受けない深さにおける地中温度の測定方法について検討した。

- (1) 地中温度を測定するにあたり、日射等気象の影響を受けにくい深さについて検討した。その結果、深さ 50 cm における地中温度は日射等の影響を受けずに測定できることが分かった。
- (2) 冬季及び夏季における深さ 50 cm の地中温度分布を測定した。冬季では 6.6 ~ 56.0 °C、夏季では 26.3 ~ 53.9 °C であり、いずれも 40 °C 以上の高温を観測した地点が存在した。夏季の最低温度が上昇したのは、地表面に受けた日射による熱が地中で蓄積した季節的要因もあると考えられる。処分場内部の埋立廃棄物の分解状況を把握するためには、冬季に地中温度を測定することが望ましい。

参考文献

- 1) 総理府、厚生省：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の一部改正について (1998)
- 2) 廃棄物学会：廃棄物最終処分場廃止基準の調査評価方法 (2002)
- 3) 山田正人、小野雄策、長森正尚、高橋伴幸：埋立地表面における地温とメタンフラックスの関係、第 12 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp.1026-1027 (2001)
- 4) 山田正人、石垣智基、井上雄三、小坂井崇、小野雄策、長森正尚：埋立地表面における地温とメタンフラックスの関係(2)、第 13 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp.949-950 (2002)
- 5) 山田正人、石垣智基、遠藤和人、Bulent Inanc、井上雄三、長森正尚、小野雄策：埋立地表面における地温とメタンフラックスの関係(3)、第 14 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp.1079-1081 (2003)
- 6) 山田正人、石垣智基、遠藤和人、Bulent Inanc、井上雄三、長森正尚、小野雄策：埋立地表面における地温とメタンフラックスの関係(4)、第 15 回廃棄

物学会研究発表会講演論文集、pp.1263-1264、(2004)

- 7) 田中栄幸、樋口壮太郎、渡辺俊一：1 m 深地温測定による廃棄物層 (有機物) の 3 次元分布探査、第 15 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp.1218-1220 (2004)
- 8) 洪田玲、高偉俊、李海峰、尾島俊雄：地中温度及び地表面温度の算定に関する研究、日本建築学会大会学術梗概集、pp.907-908 (1999)