

Ⅶ-17

都市廃棄物埋立地内部の温度環境に対する
降雨・降雪の影響に関する研究

室蘭工業大学 学生員 藤田尚也
 室蘭工業大学 正 員 吉田英樹
 北海道大学 正 員 田中信寿
 室蘭工業大学 正 員 穂積 準

1 はじめに

一般に廃棄物の埋立てが終わり、地層内が安定化して跡地利用ができるまでになるには約20年以上かかるといわれている。この安定化を示す指標として埋立地の沈下、埋立地から流出してくる浸出水の水質の安定状態、埋立地内部の微生物による有機物分解活動の有無などがあげられるが、特に温度は測定の容易さからも有効であるとされている。筆者らは寒冷地の廃棄物埋立地での浸出水水量データに関する調査を通して、融雪による影響が非常に大きいことを明らかにしてきた^{1)、2)、3)}。本研究は降雨・降雪及び気温によって寒冷地にある廃棄物埋立地内部の温度環境への影響について考察するために、実際に埋立地の温度及び流出してくる浸出水の水温・水質の測定を行うとともに、廃棄物埋立地を想定したモデルを用いて、降雨・融雪水及び気温が埋立地層内部及びその周辺地盤の温度環境に与える影響のシミュレーション計算を行った。

2 調査埋立地概要

表1：調査対象最終処分場概要

調査の対象は平成6年11月から利用が始まった、一般廃棄物及び産業廃棄物のうちの下水汚泥を埋立てる最終処分場である。汚水の地下浸透を防ぐため、埋立地底部を遮水シートで覆っており、埋立地の92箇所に電極を設置して遮水機能障害探知システムで監視も行っている。平成8年12月現在、一番深い地点で約11mの深さまで埋立てが進んでいる。表1に埋立処分地及び浸出水処理施設の概要を示す。

埋立処分地		浸出水処理施設	
埋立開始	1994年11月	処理能力[m ³ /日]	100
埋立面積[m ²]	78,000	処理方式	生物処理(回転円盤)+凝集沈殿処理+滅菌処理
埋立容量[m ³]	1,300,000	処理水質[mg/l]	BOD: 30 以下 COD: 70 以下
埋立構造	準好気性埋立(層状埋立方式)	浸出水調整池容量[m ³]	4,500
埋立期間	約17年間		

3 調査埋立地の測定結果について

3.1 降雨・降雪と水質の関係

平成7年5月より調査対象埋立地から流出してくる浸出水(以後、流下水と記述)と調整池に貯留されている浸出水(以後、池水と記述)の水温・水質(pH、SS、COD、BOD、リン酸、ただし、リン酸は平成8年度より測定開始)及び気温の測定を開始した。ここ2年間の降水量と水質の関係について考察すると、SS、COD、BODについては図1に示すように降水量の増加する時期に測定値が大きくなる傾向がみられた。これは大量の水が廃棄物層を通り抜ける際の洗い出し効果により浸出水中の溶質濃度が高くなったものと思われる。しかし、pHにつ

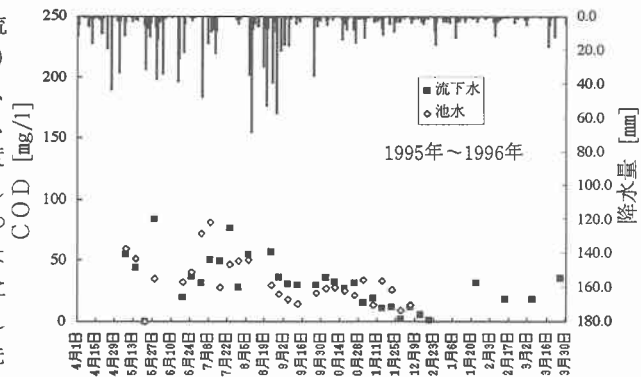


図1：降水量とCODの関係

Study on the effect of rainfall and snowfall on temperature environment in a municipal sanitary landfill.
 by Naoya FUJITA, Hideki YOSHIDA, Nobutoshi TANAKA, Hitoshi HOZUMI

いてはのように埋立地に浸入する水量に係わらず一定であった。また、気温とこれらの測定水質項目との間にも有意な相関はみられない。次に融雪推定量と水質の関係を図2に示した。春先の融雪による浸出水の増加時期にも測定値が大きくなっていた。以上のことより、SS、COD、BODの各水質は降雨・融雪による廃棄物層への浸入水量によって値が影響される傾向があると考えられる。

3.2 調査埋立地の温度環境

図3は調査埋立地の4箇所の埋立地ガス抜き管内の温度測定結果を示したものである。No.1は埋立て深さ約4~5m、No.4は約11m、No.2、No.3はNo.1、4の間に位置する地点でのデータである。分解される有機物が多く埋立てられているNo.4では、微生物分解による発熱により50℃前後の温度を示している。同様にNo.1でも有機物が多く埋立てられており、温度は20~30℃となり、深部ほど温度が高くなっている。また、No.2、No.3はNo.1より埋立て深さが深いので温度が高くなるはずであるが、No.1の温度より低く、分解される有機物が少ない地層であると考えられる。このことより、埋立地層内部の温度は廃棄物が多く埋立てられている所ほど高温であることが確認できた。

次に埋立地内部の温度環境の指標となる浸出水の流下水及び池水の測定結果を図4に示した。気温及び融雪推定量のデータも記載してこれらの影響を検討した。図より、冬期の気温が低い時期には流下水水温は10~20℃と気温が低いものにも係わらず高い。池水は屋外にあるため気温の影響を受けている。一方、春から夏の気温が高い時期は気温と浸出水は同じ温度になっている。冬期に流下水の温度が高いのは埋立地層内の有機物の微生物分解熱によるものである。また、融雪による水量の増加が水温へ与える影響は小さいようである。1995年に比べ1996年の冬期の流下水水温が高くなっているのは、年々埋立地層内の微生物反応が活発になり、温度が上昇してきているためだと考えられる。

4 降雨・降雪及び気温が埋立地の温度環境に与える影響

廃棄物埋立地層内部及びその周辺地盤の温度環境が降雨・降雪及び気温によってどのような影響を受けるかを知るために、廃棄物埋立地と土壤からなる円柱形の埋立地モデルを想定してシミュレーション計算を行った。

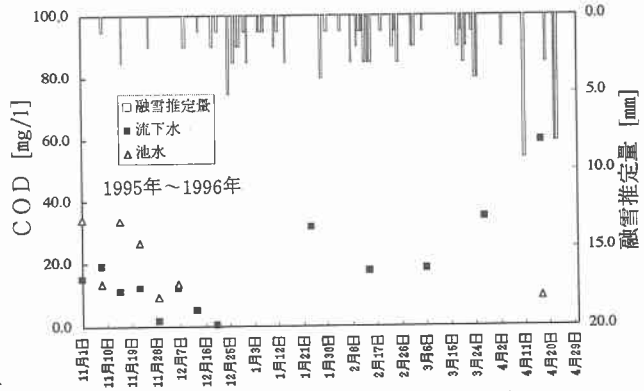


図2：融雪推定量とCODの関係

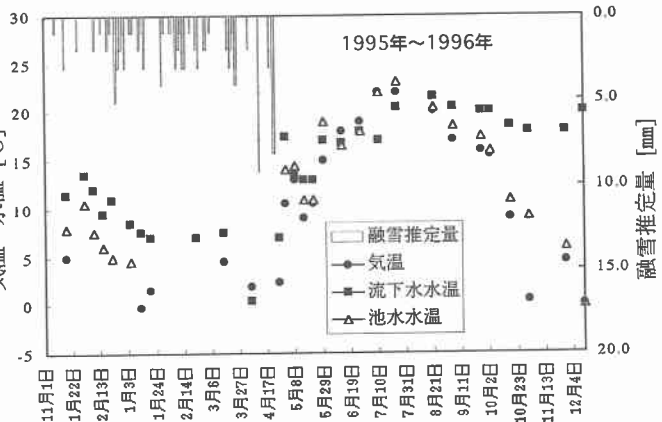
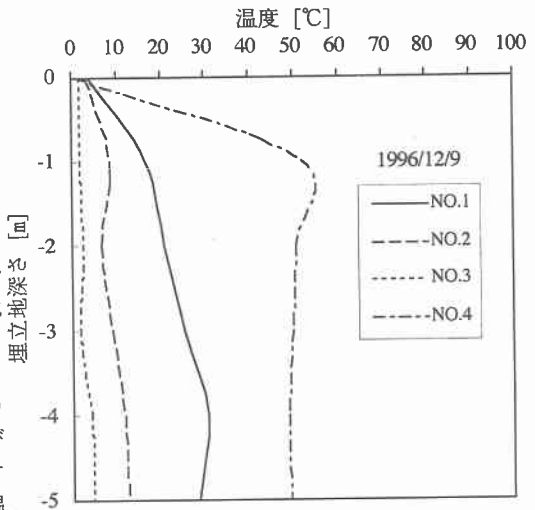


図4：気温・融雪推定量と浸出水水温の関係

今回シミュレーションに用いた式と境界条件を下に (1) ~ (5) で示す。

$$(1) C\rho\frac{\partial\theta}{\partial t} = k_e\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2} - C_w\rho_w v\frac{\partial\theta}{\partial z} + \frac{k_e}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial\theta}{\partial r}\right)$$

$$(2) t=0, z>0, r>0, \theta = \theta_0$$

$$(3) t>0, z>0, r=0, -k_e\frac{\partial\theta}{\partial r} = 0$$

$$(4) t>0, z>0, r=R, \theta = \theta_R$$

$$(5) t>0, z=H, r>0, \theta = \theta_H$$

ここで、 C ：廃棄物及び土壌の比熱 [J/(kg・°C)]、 ρ ：廃棄物及び土壌の見かけ密度 [J/(kg・°C)]、 θ ：温度 [°C]、 t ：時間 [sec]、 k_e ：有効熱伝導率 [J/(m・s・°C)]、 z ：深さ [m]、 C_w ：水の比熱 [J/(kg・°C)]、 ρ_w ：水の密度 [J/(kg・°C)]、 v ：降雨浸入速度 [m/s]、 r ：半径距離 [m]、 θ_0 ：初期温度 [°C]、 R ：円柱半径 [m]、 θ_R ：円柱側面温度 [°C]、 H ：円柱高さ [m]、 θ_H ：円柱底面温度 [°C] である。

このモデルの設定条件として円柱の半径及び高さは20m、そのうち円柱の中心から半径10m及び円柱上部から深さ方向に10mまでを廃棄物層、その他の部分を土壌層としている。また、境界条件として円柱底面及び側面は前述の調査埋立地の年平均気温を一定値で与えている。円柱上端の地表面は季節による温度変化を考慮した近似関数で温度を与えることとした。シミュレーションは1月1日から12月31日までの一年間で、平成7年の降雨量データ(雨量のみ)または降水量データ(雨量と融雪水量を加えたもの)を用いた。図5は埋立地内部のいくつかの地点について降雨量のみの与えた場合のそれぞれの一年間の内部温度変化についてグラフにしたものである。埋立地内部の温度環境は大きく3つの領域に分けることができる。一つは地表面、もう一つは地表面温度が変化するのに伴って約6°Cの温度差ができる深さ5mの地点、残りは気温の影響がほとんどない10m以深の地点である。図5よりモデル上端から10mの地点では地表面の温度変化の影響をほとんど受けていないことがわかる。図6はモデルの中心地点での深さ方向の計算結果を図にしたものである。ここで埋立地内部の初期温度は前述の調査埋立地のある都市の年平均気温8.8°Cを使用している(一般に地盤における年平均地下水水温は年平均気温より1~4°C程度高いとされている⁴⁾)。図より気温、すなわち地表面温度が一年間で-2~20°Cと変化するのに伴い、埋立地内部の温度も変化していることがわかる。約22°Cの温度差と降雨の浸入により埋立地内部は10m程度の深さまでは±1°C以上の温度変化の影響を受けている。図7は埋立地表面から深さ5mの

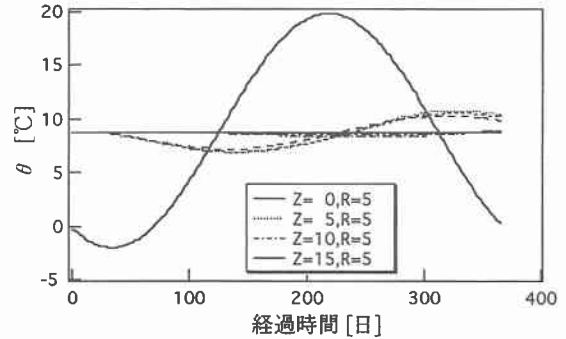


図5: 埋立地内部温度の経日変化

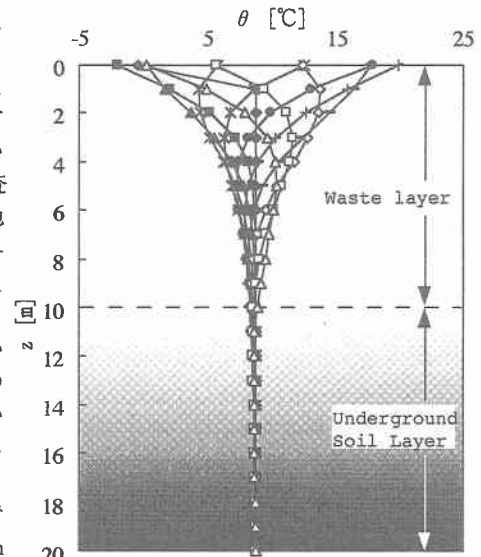


図6: 埋立地内部温度分布

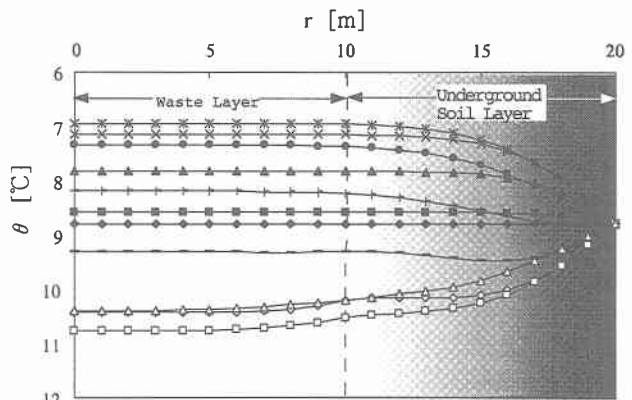


図7: 埋立地内部温度分布

地点での円柱の中心からの距離と温度の関係を図にしたものである。図より、円柱側面の境界条件による温度変化以外に半径方向の温度変化はみられず、地表面温度の変化に伴って一年間で約7~11℃と4℃程度の温度変化がみられる。また、図8

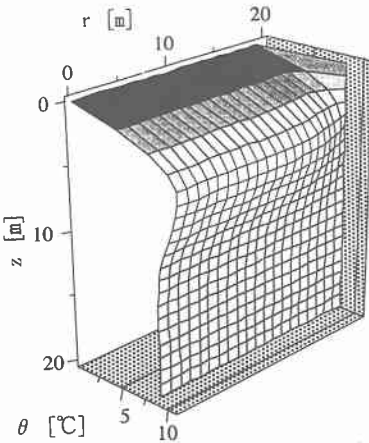


図8：埋立地内部温度分布

は365日経過時の内部温度分布を2次元で示したものであり、埋立地内部温度と埋立地の深さ及び半径方向の距離との関係が図6、7で考察した結果と同様に確認できる。以上のこと

から、本研究対象の10m程度の深さの埋立地では埋立地内部温度は気温の影響を大きく受けており、これは、浸出水温度が気温の影響を大きく受けている実測結果と同様の傾向となっている。また、図4で浸出水温度が春から秋にかけては気温とほぼ同じであることから、気温の影響を大きく受ける上層部分から直接流出している浸出水量が多いものと推測できる。図9は降水量に加えて融雪水を与えた場合のモデルの中心地点での深さ方向の計算結果を図6と同様に図にしたものである。やはり地表面温度が一年間に-2~20℃と変化するのに伴って埋立地内部の温度も変化しており、約10mの深さまで温度変化の影響を受けていることがわかる。しかし、図6と大きな差はない。従って、融雪水の影響はほとんどなく、これは先の測定調査でみられた傾向に一致している。

6 まとめ

- 1) 廃棄物埋立地から実際に流出してくる浸出水の水質項目のうちSS、COD、BODについては埋立地を通して流れる水量によって水質に変動が起こる傾向があるが、pHについてはそのような傾向はない。
- 2) 廃棄物埋立地内の温度を実際に測った結果、有機物が多く埋められていると思われる場所ほど微生物による有機物の分解活動が活発で高温の発熱が起こっているようで、それに伴ってかなり温められた水が流出してきている。また、埋立年数が増えるに従って埋立地内部温度は上昇してきている。
- 3) 廃棄物埋立地を想定したモデルを用いて、埋立地内部の温度についてシミュレーションを行ったところ、地表面温度の変化が埋立地の深さ方向の温度分布に及ぼす影響が大きく、実測で得られた傾向と一致した。また、融雪水が埋立地に侵入することによる内部温度への影響は小さいことがわかった。これらのことから、埋立地から流出する浸出水及び埋立地内の温度分布を知ることにより、埋立地の安定化の状況を知ることができる。

引用文献

- 1) 藤田ら：寒冷地の廃棄物埋立地で発生する浸出水の水量・水質特性に関する研究、土木学会第50回年次学術講演会、pp.1224-1225 (1995年)
- 2) 藤田ら：寒冷地の都市廃棄物埋立地浸出水の発生特性に関する研究、土木学会北海道支部平成7年度論文報告集 pp.64-67 (1996年)
- 3) 藤田ら：寒冷地の廃棄物埋立地浸出水への融雪の影響に関する研究、土木学会第51回年次学術講演会、pp.576-577 (1996年)
- 4) 地下水ハンドブック編集委員会：地下水ハンドブック編集委員会編 地下水ハンドブック、(株)建設産業調査会発行、pp.121-122 (1980年)

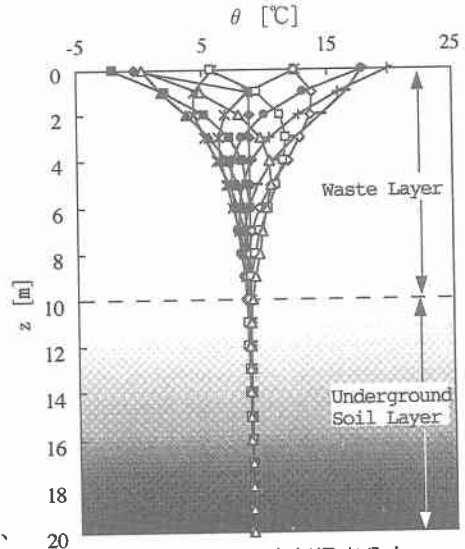


図9：埋立地内部温度分布