

D2-1

実験および現地測定による準好気性埋立地内
空気流動メカニズムに関する研究

○(正) 山田修平¹⁾、(正) 松藤敏彦²⁾、(正) 東條安匡²⁾、(正) 松尾孝之²⁾
1) 北海道大学大学院 (現: 新日鉄住金エンジニアリング㈱)、2) 北海道大学大学院

1. 研究背景と目的

我が国の標準的な埋立構造である準好気性埋立はガス抜き管と集排水管を連結した構造である。一昨年実施した調査¹⁾ではトレーサー応答によって、ガス抜き管からガスが流出し、廃棄物層を通過したのち集排水管末端から外気が流入することを明らかとした(図1)。また、ガス流速と温度の間の正の相関から、浮力がガス流れの駆動力であると考えられた。そこで、カラム実験装置を用いて埋立地内空気流動メカニズムを明らかにすること、他の埋立地でも一昨年度と同様の結果が得られるか確認することを本研究の目的とした。

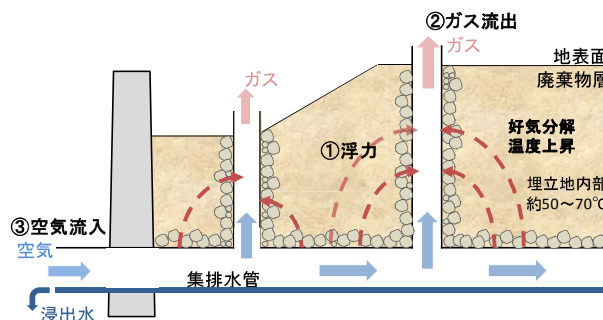


図1 準好気性埋立地のガス流れメカニズム¹⁾

2. 模擬カラム実験

(1) 実験方法

使用した実験装置を図2に示す。直径150mm、高さ500mmの亚克力製カラムであり、下部は開孔率30%の空気流入部を設け、上部に空気流出孔(オリフィス孔)を開けた塩ビ板でふたをした。オリフィス孔で流速を測定し、流出流量を算出した。カラム内部にはアルミナビーズ(φ=20,15,10,8,6mm)を高さ300mmまで充填し、側面から熱電対を挿入してカラム中心部と端部の8点で温度を測定した。ビーズは乾燥機で一定温度に加熱し、充填後、5分毎に温度と流

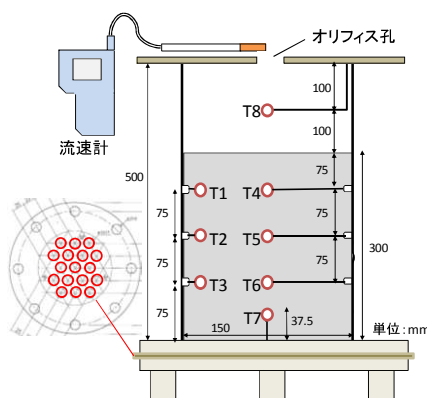


図2 実験装置図

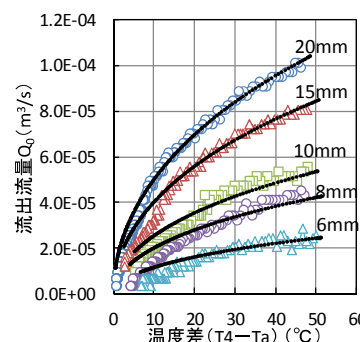


図3 温度差と流出流量の関係

出流量の測定を行った。

(2) 結果と考察

外部への冷却によりカラム内温度は時間とともに低下し、壁部の温度は中心部より低くなった。下部から流入した空気は徐々に温められるので、最も温度が高く、カラム中心部のビーズ温度と考えられるT4と室温の差を温度差とした。図3に温度差と流出流量の関係を示す。温度差が大きいほど、ビーズ径が大きいほど流出流量が増加し、浮力による空気流動を再現できた。

廃棄物層を多孔質媒体と考えた場合、流体の流れはダルシー則で表現できる。しかし、(1)式で示されるように温度差とガス流量は直線関係になり、図3で見られる関係とは一致しない。

$$v = k_a \frac{dP}{dz} = k_a \frac{F}{hA} \quad , \quad F = \varepsilon(\rho_0 - \rho_w)Ahg \quad , \quad Q = A\varepsilon k_a g M_w \frac{P_0}{R} \left(\frac{T_w - T_0}{T_0 T_w} \right) \quad (1)$$

建物内の空気が温められると、外部から空気が流入する。これは、自然換気である。図4のような円筒を考える。内部温度が周囲より高い場合、密度差により浮力が生じて空気が上昇し、内部が負圧となり、圧力差によって下部から空気が流入する。エネルギー保存則より、空気移動量Q(m³/s)は、

$$V\Delta P = \frac{1}{2}mv^2 \quad , \quad \Delta P = P_0 - P_w = g(\rho_0 - \rho_w)h \quad , \quad Q = \alpha A \sqrt{2gh} \frac{T_w - T_0}{T_w} \quad (2)$$

と表現できる。流量係数αは充填層の抵抗に関わる値である。最小二乗法により求めたところ、計算値は実測値とほぼ一致した(図3)。よって、準好気性埋立地の空気流動メカニズムは(2)式で表すことができる。

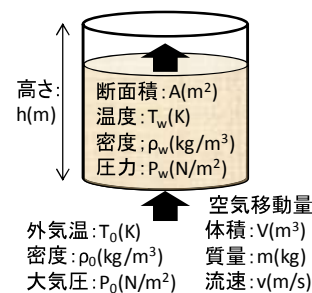


図4 自然換気モデル

3. 現地調査

(1) 調査方法

静岡県内の産業廃棄物最終処分場の協力を得て、2015/12/7~8にガスを中心とした調査を行った。すべてのガス抜き管で流速、温度、組成、埋立高さを測定し、発煙筒およびトレーサー応答により、埋立地内のガス流れを調査した。

(2) 結果と考察

図5に全ガス抜き管(26本)の流量分布を示す。円の大きさが流量と比例している。埋立地の周辺部のガス抜き管

【連絡先】〒060-8628 北海道札幌市北区北13西8 北海道大学工学部 A-558 廃棄物処分工学研究室

松藤敏彦 Tel/FAX: 011-706-6827 e-mail: matsuto@eng.hokudai.ac.jp

【キーワード】準好気性埋立地、カラム実験、ガス流れ、現地調査、アンケート

から空気が流入しており、主に中心部からガスが流出していた。図6に示すようにガス流量とガス温度には正の相関が見られ、上で述べたように浮力が駆動力となっていることを裏付けている。

ガス流出量の合計は空気流入量の約4倍であった。埋立地は埋立地底部に浸出水が滞水し、集排水管末端から空気流入の可能性はなく、埋立地の斜面などから空気が流入している可能性がある。

発煙筒の煙を空気流入量が最も大きいE-2に注入したところ、No.2から流出が確認され、底部集排水管を経由することなく、廃棄物層内を通過していることが明らかとなった。

次にE-2にトレーサースガスとして一酸化炭素(CO)ガスを注入し、No.2,M1でCO濃度の連続測定を行った結果を図7に示す。COガスを注入する前の段階でNo.2,M1のCO濃度はそれぞれ130ppm,360ppmであった。COガス注入後、No.2では約40秒で濃度が急激に上昇し、その後は200~300ppm程度で変動しながら推移した。M1ではCO濃度の上下の変動がNo.2よりも大きく、測定範囲(0~1100ppm)を超えることもあった。COガス注入を停止したところ、いずれもすぐに低下しはじめ、No.2では約7分、M1では約12分かけてCO濃度がもとのレベルに戻った。この結果も、E-2→廃棄物層→No.2,M1の経路で空気が流れていることを示している。また、濃度の応答が早いことから廃棄物層の流速は大きく、埋立地内の空隙率が大きいと考えられる。No.2、M1以外の管ではCOガスの流出は確認できなかった。

4. アンケート調査および過去測定データ分析

(1) 調査方法

全国の稼働中の管理型最終処分場を所有する164企業を対象にアンケート調査を行った。有効回答率は46%、分析対象施設は76施設である。調査内容は主に処分場の概要、浸出水集排水設備、ガス抜き管についてである。過去の測定データもガス抜き管で測定を行っている施設に依頼し、ガス温度のデータを入手できた15施設に注目してガス抜き管からのガス流出があるかどうかを判定した。

(2) 結果と考察

15施設のうち、10施設はガス温度と外気温の温度差が大きい、またはガス流速と温度に相関があることからガス流出ありと判定された。昨年度実施した一般廃棄物最終処分場とともに、表1に結果を示す。一廃では14%、産廃では45%の施設でガスが流れている。しかし、3で述べたように、埋立地底部が滞水していても他のガス抜き管などから空気が流入している可能性がある。浮力が働き、流出する出口があれば集排水管末端以外からの空気の供給が起こるため、準好気性の構造が健全かどうかをガス流出の有無で判定することはできない。

4. 結論

準好気性埋立地においては、好気分解による発熱により、廃棄物層内の空気を上方へ移動させようと浮力が働く。ガス抜き管はその出口となり、流出に伴う負圧発生により底部集排水管から、あるいは集排水管がなければ他のガス抜き管、埋立地斜面から空気が流入する。したがって、ガス流出のための出口の存在が最も重要である。空気は集排水管、ガス抜き管、あるいは斜面から流入してガス抜き管に向かうため、さまざまな経路で流れ、準好気性埋立地は大きなエアレーション効果を持つことになる。

また、ガス抜き管からのガス温度が高く、流出量が多いことは分解可能な有機物の存在を意味する。したがって、ガス抜き管の流速と温度を経年的にモニタリングすることで、埋立地内安定化の状況を把握できる。なお本研究の報告書は、研究室ホームページ <http://labs.eng.hokudai.ac.jp/labo/waste/> 中、研究実績→報告書に掲載している。

【謝辞】本研究に当たってご協力をいただいた方々に感謝いたします。なお、本研究は、基盤(B)廃棄物埋立地の現状診断・適正化手法提案および埋立地管理者の知識啓発に関する研究(平成25~27年度、課題番号25281035)の補助を得て実施した。

【参考文献】

Toshihiko Matsuto, Xin Zhang, Takayuki Matsuo, Shuhei Yamada: Onsite survey on the mechanism of passive aeration and air flow path in a semi-aerobic landfill, Waste Management 36, 204-212, 2015

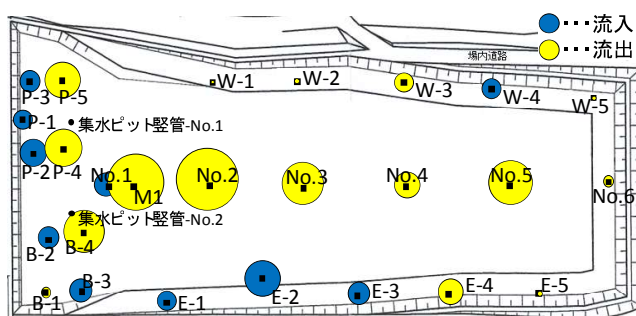


図5 ガス抜き管の流量分布

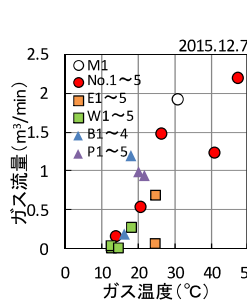


図6 ガス流量とガス温度の関係

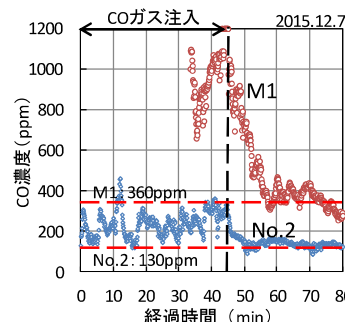


図7 No.2,M1におけるトレーサース応答試験結果

準好気性埋立	アンケート有効回答	ガス流出あり
一般廃棄物	238施設	14%
産業廃棄物	76施設	45%

表1 ガス流出判定結果