

有機性廃棄物埋立地内の汚濁物質挙動の送気による影響解析

九州大学大学院 学生会員 ○喜多村 広輝
 フェロー会員 島岡 隆行
 正会員 高橋 史武 小宮 哲平
 同済大学 柴 暁利

1. はじめに

現在、東アジア圏の国々では財政的、政策的な理由により中間処理である焼却処理を行わずに生ごみをそのまま埋立てている。そのため、埋立地から排出されるメタン、浸出水による悪臭や水域汚染等の環境汚染、長期に亘る埋立地の維持管理費等、多くの問題点を抱えており、早急な埋立地の安定化が求められている。その様な中、気候や埋立方法により、安定化するまでに要する時間は大きく異なり、予測を困難なものとしている。そこで、本研究では3つのライシメータを用いて有機性廃棄物への送気条件（送気量、送気位置）が廃棄物及び安定化に及ぼす影響を明らかにすることにした。さらに埋立てられた有機物の分解及び物質移動プロセスをモデル式で表現し、生ごみ埋立地における汚濁物質成分の挙動を解析することを試みた。特に埋立地による環境汚染の原因となっている生ごみ中の有機炭素、窒素、硫黄に着目し、それらの挙動をモデル化した。大型ライシメータからの実験値と数値シミュレーション結果を比較、検討を行った。

2. ライシメータの送気条件

表層面からの空気進入を防ぐために全てのライシメータ A, B, C に2009年6月18日、覆土を行った。実験を開始した2009年10月20日から2010年8月28日まで、ライシメータ A には表層（表層面から深さ0.5m地点）に送気、ライシメータ B には底層（表層面から深さ2.5m地点）に送気を行った。ライシメータ C には送気を行わず、2つの好気性埋立と嫌気性埋立を想定し、分析を行った。8月28日以降はライシメータ A, B の送気条件を変更し、ライシメータ A には表層と底層（表層面から深さ0.5mと2.5m地点）に送気、ライシメータ B は中層（表層面から深さ1.5m地点）に送気を行った。送気量はどのライシメータも変わらず1.00/分とした。送気条件変更後の各ライシメータ内の酸素組成を測定した。ライシメータ A は表層・底層付近で高くなっており、ライシメータ B では中層付近にて高い値が得られた。ライシメータ C は深さ方向に減少していく傾向が見られた。どのライシメータも表層付近の酸素組成が高く、未だ表層から空気が進入していることが示唆された。ライシメータ A, B に関しては送気条件に即した結果が得られた。送気条件の変更内容と変更後の酸素組成の測定結果を図1に示す。

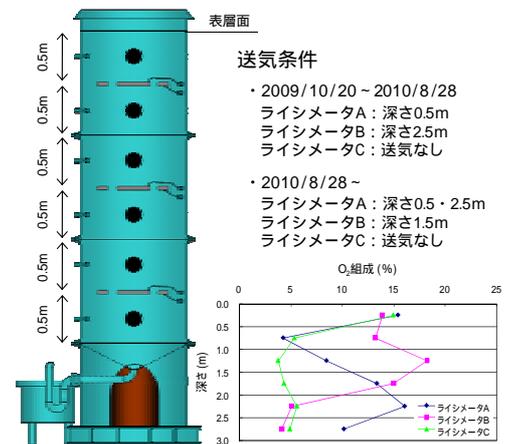


図1. 送気条件と酸素組成推移

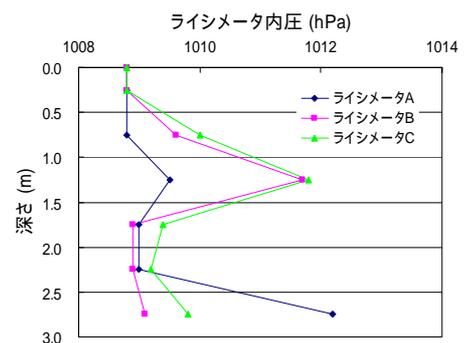


図2. ライシメータ内圧の測定結果

3. モデル式の構成

本稿では廃棄物中の炭素、窒素に加えて硫黄の物質挙動を中心にモデル式を構成した。ライシメータの内圧を測定したところ、どのライシメータも深さ方向にほぼ一定であった。大気圧との顕著な差も見られなかったため、気相におけるモデル式においては圧力勾配を無視し、拡散項と発生・溶解項で構成した。ライシメータ内圧の測定結果を図2に示す。微

<p>・固相中のモデル式</p> $\varepsilon_s \frac{\partial C_s}{\partial t} = -\alpha C_s (C_{sw} - C_s)$	<p>・温度のモデル式</p> $C_e \rho_e \frac{\partial T}{\partial t} = k_e \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - C_w \rho_w \mu \frac{\partial T}{\partial z} + \varepsilon_i KX \Delta H$
<p>・液相中のモデル式</p> $\varepsilon_l \frac{\partial C_l}{\partial t} = -\varepsilon_l \mu \frac{\partial C_l}{\partial z} + \varepsilon_l KX - \varepsilon_l KX'$ $\varepsilon_l \frac{\partial C_l}{\partial t} = -\varepsilon_l \mu \frac{\partial C_l}{\partial z} + \beta \left(\frac{C_s}{H} - C_l \right) \pm \varepsilon_l KX$ $\varepsilon_l \frac{\partial C_l}{\partial t} = -\varepsilon_l \mu \frac{\partial C_l}{\partial z} - \varepsilon_l KX + \alpha C_s (C_{sw} - C_l)$	<p>・気相中のモデル式</p> $\varepsilon_g \frac{\partial C_g}{\partial t} = \varepsilon_g \frac{D}{\xi} \frac{\partial^2 C_g}{\partial z^2} - \beta (C_g - HC_l)$ $\varepsilon_g \frac{\partial C_g}{\partial t} = \varepsilon_g \frac{D}{\xi} \frac{\partial^2 C_g}{\partial z^2} + \varepsilon_l KX$
<p>・微生物のモデル式</p> $\varepsilon_i \frac{\partial X}{\partial t} = -\varepsilon_i \mu \frac{\partial X}{\partial z} + \varepsilon_i \mu_{max} \left\{ \frac{T}{T_{opt}} \exp \left(1 - \frac{T}{T_{opt}} \right) \right\}^M \frac{C_l}{k + C_l} X - \varepsilon_i K_d X$	

図3. モデル式一覧

生物のモデル式には硫酸還元菌，酸発酵菌も考慮した。モデル式の一覧を図3に示す。

4. 分析結果とシミュレーション結果の考察

4-1. 分析結果の考察

各ライシメータから採取された浸出水中の pH の経時変化を図4， SO_4^{2-} 濃度の経時変化を図5に示す。pHの経時変化を見ると，ライシメータBが最も低く，またライシメータAでは送気条件の変更後に減少した。これはライシメータ内が好気的になることで硝化作用が進んだことが原因の一つとして考えられる。 SO_4^{2-} 濃度の経時変化においては覆土後にライシメータA，Cに顕著な減少が見られた。これは覆土により表層からの酸素の供給がされ難くなり，硫酸還元反応が進んだと示唆される。また送気条件の変更後，ライシメータAは増加が見られた。これは送気条件変更前に比べて酸素がライシメータ内に広く供給されたことで，硫酸還元反応が抑制されたと示唆される。

4-2. 分析結果とシミュレーション結果の比較

本稿では嫌気性埋立を想定したライシメータCからの実験値と数値シミュレーション結果を比較，検討した。実験を開始して290日経過時のライシメータ内の間隙水中の SO_4^{2-} 濃度， NH_4^+ 濃度，TOC濃度を比較対象として考察を行った。深さ方向の測定値とシミュレーション結果について SO_4^{2-} 濃度を図6， NH_4^+ 濃度を図7，TOC濃度を図8に示す。 SO_4^{2-} 濃度分布を見るとシミュレーション結果では深くなるにつれ減少し，一方測定結果では深さ0.75m地点にて顕著な増加が見られた。この地点の酸素濃度が高く存在し，硫酸還元反応が抑制されたことが原因として考えられる。0.75m地点以降は減少し，シミュレーション結果と同様な傾向を示した。 NH_4^+ 濃度分布において測定結果は深さ方向に増加する傾向が見られた。同様にシミュレーション結果も深くなるにつれて増加し，定性的な傾向を示すことができた。定量的には測定値との間に誤差が生じていた。TOC濃度の測定結果は深さ方向に増加しているが，シミュレーション結果でも増加傾向が見られ，定性的な傾向を表すことができた。

5. まとめ

送気条件変更前後の浸出水の水質を比較し，送気条件の変更が浸出水の水質に与える影響を考察した。表層送気から表・底層送気に変更したライシメータAの浸出水に最も顕著な変化が見られた。また嫌気性埋立を想定したライシメータCの間隙水の測定結果とモデル式によるシミュレーション結果を比較・検討した。シミュレーション結果は各分析項目において定性的な傾向を示すことができた。今後はライシメータの分析を継続して行い，数値シミュレーション結果と分析結果を比較・検討し，好気性埋立を想定したシミュレーションも併せて行う。有機性廃棄物層内の汚濁物質分解挙動を把握する予定である。

〔参考文献〕 1) 島岡隆行：循環式準好気性埋立における浄化機構のモデル解析，廃棄物学会論文誌，Vol. 7，No. 5，pp. 234-243，(1996)

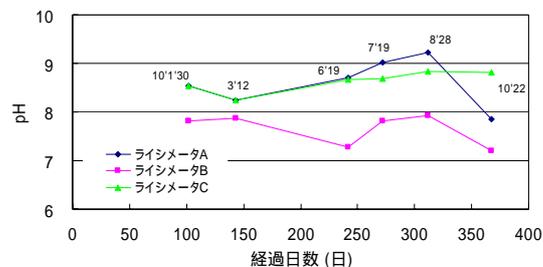


図4. 浸出水中のpHの経時変化

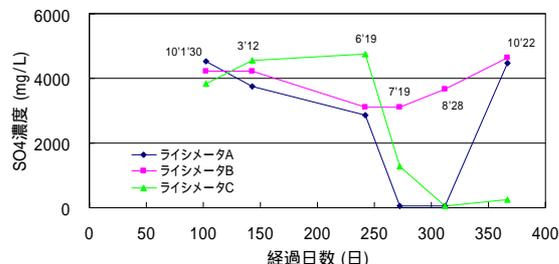


図5. 浸出水中の SO_4^{2-} 濃度の経時変化

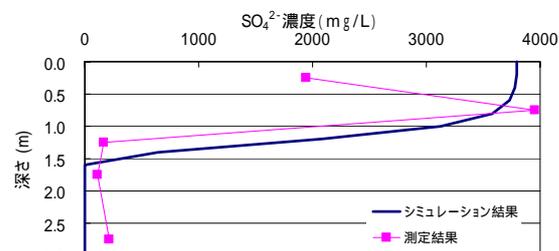


図6. 深さ方向の間隙水中の SO_4^{2-} 濃度分布

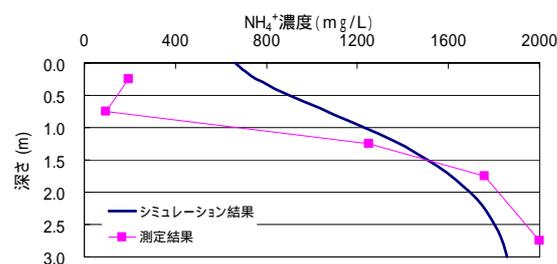


図7. 深さ方向の間隙水中の NH_4^+ 濃度分布

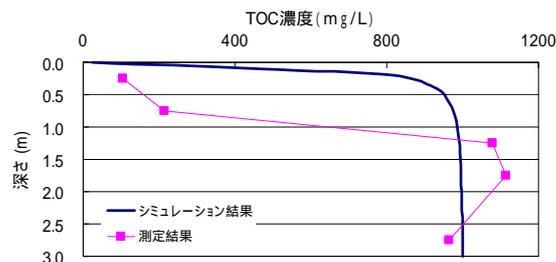


図8. 深さ方向の間隙水中のTOC濃度分布