

埋立て地の発生ガス特性を用いた埋立地沈下予測

山口大学大学院 正 会 員 兵動正幸

韓国又松大学 正 会 員 Ahn, Tae-Bong

山口大学大学院 学生会員 KIM, Uk-Gie

1. はじめに 廃棄物処理方法の中で埋め立てによる方法は最も経済的で、かつ合理的な方法の一つであり、現在まで最も高い処理比率を示している。従って、都市の周辺に設けられた埋立地の維持・補修だけでなく、再活用するために沈下量を精度よく予測することは効率的な維持管理のためにも重要な課題である。埋立地は廃棄物内の有機性固形物質による生分解で埋立てガスが発生し、それに伴う沈下が生じる。ガス発生特性を分析する方法は、力学的変形または生分解課程のメカニズム分析することより分解後の結果により解析するため正確な解析が可能となる。本研究では、埋立地で発生するガスの特性と沈下の関係を明らかにするとともに浸出水の再循環が早期安定化に及ぼす効果を研究し、ガス発生モデルを提案することでガス発生量の予測および沈下量に及ぼす影響を調べた。

2. 実験装置 実験に用いた模型埋立槽は沈下及び分解課程を肉眼で直接確認するため、透明なアクリルを使用し、**図-1**に示すように、450mm×450mm×2,270mmで製作し、埋立槽上部にはガス流入及び流出管と人工降水注入管を設置した。また、嫌気性状態の分解を維持するため、すべての管にバルブをつけることにより開閉の調整ができるようにし、ファンを設置することにより発生ガスの密度差による層状現象を防いだ。浸出水と人工降水の分配装置と覆土層が均一に維持されるように多孔質アクリル板を設置した。埋立槽底部には排水層と集水層を置いて空気の流入を止め、浸出水の集水及び排水を容易にした。

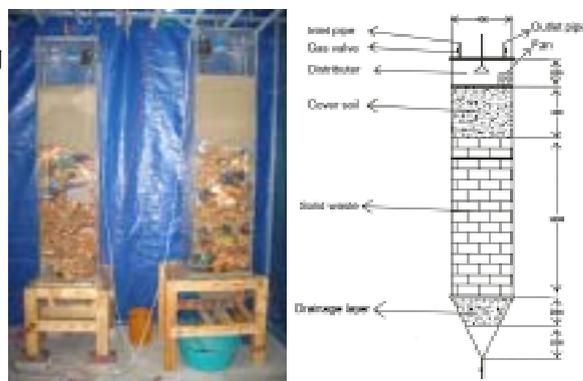


図-1 模型埋立槽の概略図

2.1 実験方法 実験に用いた試料の構成は、一般ごみの構成比に基づいて充填したもので、高さ1200mm、重さ150kg、湿潤単位体積重量0.646t/m³、初期含水比96%でShin, H.ら¹⁾が提案した都市ごみの成分と類似する。ごみ層の上には

表-1 一般ごみの構成比

Component	Food	Paper	Textile	Plastic	Wood	Metal	Glass & Ceramic	Others	Total
Wet Weight (%)	45	23	10	7	2	4	6	3	100
Wet Weight (kg)	67.5	34.5	15	10.5	3	6	9	4.5	150

砂質土で厚さ40cmの覆土を行い、覆土材は均等係数 $C_u=2.77$ 、曲率係数 $C_u'=0.91$ 、SPで分類された。埋立槽内で、発生する CH_4 、 CO_2 、 O_2 のガス成分及び発生量の測定はGas meter(LMSx, gas data ltd)で測定した。人工降水の注入量は、一般覆土材を使用する場合、A・B埋立槽ともに10年間平均降雨量の20%が地下に浸透される量と仮定して10 /weekを注入した。さらに、B埋立槽においては浸出水の再循環量は雨水注入比を基準にして5倍に該当する50 /weekを注入した。

3. 実験結果

3.1 埋立ガス発生と沈下特性 **図-2**に示すように、時間とともに有機物の分解によってガス発生量が増加する。また、250日以降のガス発生量は相対的に水分の含有量が多いB埋立槽の方が多。O₂の場合は2~3日以内で速く消滅し、時間経過とともに

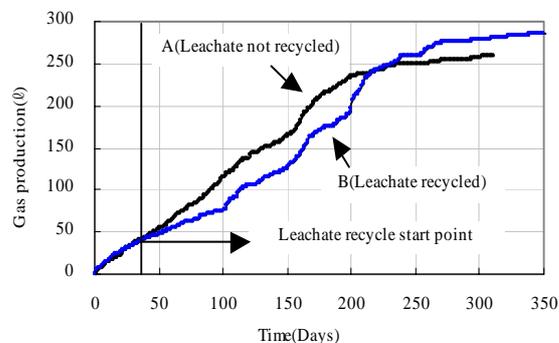


図-2 埋立槽A, Bのガス発生量

キーワード：埋立地沈下，生分解，埋立てガス，浸出水の再循環

連絡先 〒755-8611 宇部市常盤台2-16-1 TEL：0836-85-9344 URL：http://geotech.civil.yamaguchi-u.ac.jp

CO₂, CH₄が40%程度が残留する特性を示した。生分解の進行によってガス発生と同時に沈下が生じる。初期沈下量の算定は $S = \Delta q H_0 / E_s$ で力学特性は $\Delta q = 6.12 \text{ kN/m}^2$, $\gamma = 0.63 \text{ kN/m}^3$, $E_s = 191.6 \text{ kN/m}^2$, $S = 3.8 \text{ cm}$ である。一次圧密沈下は $S = (H_0 C_c) / (1 + e_0) \log[(p_0 + \Delta p) / p_0]$ を使用して $S = 15.71 \text{ cm}$ が得られた。ここで、一次圧縮指数はSowers²⁾が提案した一次圧縮指数 $C_c = 0.4e_0$ を用いた。

3.2 生分解によるガス発生モデル 埋立地の沈下は、ガス発生量の変化と関係しており、Tchobanoglousら³⁾の提案式に基づいて、ごみの約80%が有機物質であり、嫌気性状態で微生物によって約20%がガスに変換されて埋立完了後40年間に発生するガスが全ガス量の95%と仮定する際にガス発生式は埋立完了前までの発生量 $dV/dt = at$ と埋立完了後の時間に伴う発生量 $dV/dt = aTe^{-k(t-T)}$ によって二段階の関係式をもっている。発生する全ガス量は両式を時間に対して積分すれば $V = \{aT^2/2 + (aT/k)(1 - e^{-k(t-T)})\}$ によって求めることができる。本研究で提案したガス発生モデルで求めた生分解沈下量は純粋な分解による沈下量であり実験値と比較的良好一致し、埋立槽比較実験においては、B埋立槽の実験結果から浸出水の再循環によって沈下促進効果があることがわかった。また、本研究で提案したガス発生モデルによって予測した結果は、化学成分の構成比によっても変化するため、図-3に示すような沈下量の1.4から2.0までの補正係数 α が必要になる。

3.3 既存沈下モデルと提案モデルの比較 沈下予測は、高有機質土を多く含む地盤の変形挙動を時間経過によって予測する方法と生分解とともに生じるガス発生量によって予測する方法の和を用いて全沈下量の予測式(1)を提案し、既存沈下モデルと埋立槽実測値と比較した。

$$S_T = \{(H \times \alpha t) + (\varepsilon_i - \varepsilon_{(i-1)}) \times H_i + S_{(i-1)}\} \quad (1)$$

図-4より分かるようにSowers²⁾のモデルは、実測値と

類似した傾向を示しているが変数を適用するには多くの注意が必要である。また、Gibson and Lo⁴⁾モデルは実測値より沈下が少なく、Power creep lawによる沈下は過大沈下が起こり、本研究で提案したモデルによる計算結果が埋立槽の沈下実測値と最もよく一致していることが分かる。

4. まとめ 実験結果から、埋立槽内の有機物が分解ともなって発生するガス量は時間経過とともに大きく増加し、さらに時間が経過すると段々減少する傾向を示している。ガス発生モデルと実測値を比較した結果、ガス発生量と生分解による沈下は密接な関係があり、ガス発生量を予測できるモデルにて生分解沈下を予測できる。本研究で提案したモデルは1.4~2.0の補正係数 α が必要であり、浸出水の再循環の効果は長期的分解をさらに促進させてガス発生量を増加させ、結果的に沈下量を約40%程度促進させることが分かった。沈下提案モデルは高有機質土と有機物質の分解による沈下量で実験の実測値と良く一致しているが埋立地の生分解と沈下は長期間にわたって生じるので、もっと長期的な実験結果との比較が必要だと考えられる。

【参考文献】

- 1) Shin, H. S., Kang, S. T., Lee, C. Y., LEE, N. H. (1996), "Effect of Organic matter degradation improving on Landfill settlement by Leachate Recirculation", Korea Society of Waste Management, Vol.16, No.6, pp. 191-201.
- 2) Sowers, G. F.(1973), "Settlement of Waste Disposal Fills. Proceedings", The Eight International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Moscow, 1973, pp. 207-210.
- 3) Tchobanoglous, G., H. Theisen., and S. Vigil.(1993), "Integrated Solid Waste Management", McGraw Hill Book Co., New York.
- 4) Gibson, R. E., and Lo, K. Y.(1961), "A theory of soils exhibiting secondary Compression", Acta Polytechnica, Ci10296, pp. 1-15.

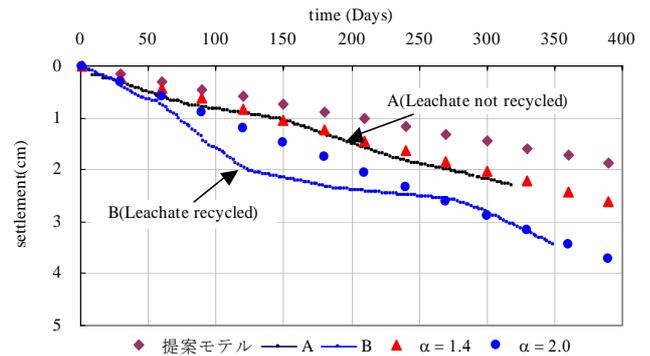


図-3 沈下測定値とガス発生モデル予測値の比較

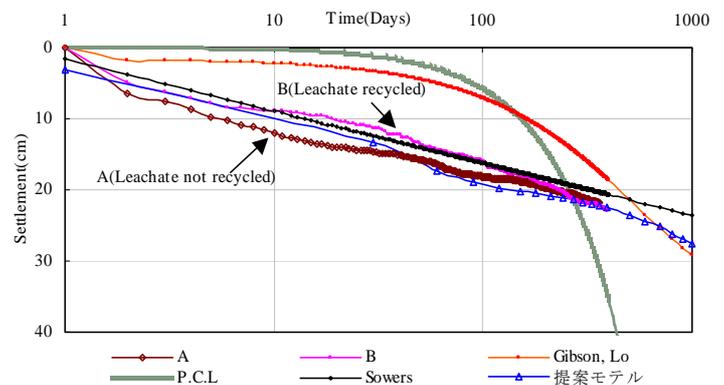


図-4 沈下モデル予測値と測定値の比較