

廃棄物埋立地における浸出水の水量予測に関する研究

九州大学工学部 学生員 ○李 南 勲 正 員 楠田 哲也
福岡大学工学部 正 員 島岡 隆行 正 員 松藤 康司
正 員 花嶋 正孝

1. はじめに

近年,新しく建設される埋立地の規模は大きくなる傾向にあり,浸出水処理施設なども大規模化している。そのため埋立地から発生する浸出水水量の予測には,最適な浸出水の集排水設備や処理施設等を設計を行なう際に精度が要求されている。しかし,従来の浸出水の水量予測の研究はほとんどが室内実験規模の埋立模型槽を対象に行なわれており,埋立構造,廃棄物の種類,気象条件などの様々な影響を受ける実際の埋立地への適用には隔たりがあるのが現状である。

本研究は実スケールの廃棄物層厚を有した準好気性埋立模型槽を用い,廃棄物層厚と浸出水の流出特性の関係を調査すると共に,降雨に伴い発生する浸出水量の予測を試みた。

2. 実験装置および実験方法

実験には直径80cm ϕ ,高さが3~9mの4つの準好気性埋立構造の埋立槽を用いた。埋立槽には焼却灰,破碎ごみ,都市ごみコンポストを所定の比率で均一に混合した調整ごみを,廃棄物層厚が2m~8m(2m槽,4m槽,6m槽,8m槽と呼ぶ)になるように充填した。散水は年間降雨量2,000mmを基準に,各槽とも82mmの水道水を約10mm/hrの強度で8時間にわたって行なった。浸出水量の測定は,流量変化が速い散水直後には2時間間隔で,その後は4~6時間間隔で行なった。充填条件および実験条件を表-1に示す。

表-1 実験条件

槽	2m槽	4m槽	6m槽	8m槽
充填高さ(cm)	200	400	600	800
充 填 廃 棄 物 (%)	焼却灰	...	...	...
	破碎ごみ	...	...	...
	都市ごみコンポスト	...	...	...
見かけ密度(t/m^3)	1.04~1.08			
飽和含水率(%)	48.7			
飽和透水係数	$1.46 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$			
散水頻度	1回/15日			
散水速度(mm/hr)	10mm/hr			

3. 水分移動のモデル化および計算方法

埋立地での水分移動のモデル化に際し,廃棄物層内の水分移動を一様不飽和

と考え,廃棄物層を固相,気相,液相の3相に分け,さらに液相の体積分率を流動域(ϵ_{L1})と非流動域(ϵ_{L2})に分けて考える。 $\epsilon_{L1} + \epsilon_g (= \alpha)$ を一定に置くと(1)式が導かれる。不飽和透水係数を ϵ_{L1} の関数として取り扱い,Richards理論に従うと鉛直方向の不飽和一次元水分移動方程式と連続式は(2)式,(3)式で示される。ここで,固相の時間変化は極めて緩慢($\epsilon_s = \text{const.}$)であるとする,移動方程式および連続式は(2')式,(3')式で表わされる。廃棄物

$$\epsilon_{L2} = 1 - \epsilon_s - \alpha \quad (1)$$

$$U = -K(\epsilon_{L1}) \frac{\partial \phi}{\partial Z} \quad (2)$$

$$\left(\text{但し, } \phi = h + Z \right)$$

$$\frac{\partial (\epsilon_{L1} + \epsilon_{L2})}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial Z} = 0 \quad (3)$$

$$U = -K(\epsilon_{L1}) \left(\frac{dh}{d\epsilon_{L1}} \frac{\partial \epsilon_{L1}}{\partial Z} - 1 \right) \quad (2')$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{dh}{d\epsilon_{L1}} \frac{\partial}{\partial Z} \left[K(\epsilon_{L1}) \left(\frac{dh}{d\epsilon_{L1}} \frac{\partial \epsilon_{L1}}{\partial Z} - 1 \right) \right] \quad (3')$$

K:不飽和透水係数(cm/s)
h:マトリックスポテンシャル(cm)
U:単位面積当たり水分フラックス(cm/s)
Z:底部からの高さ(cm)
 ϵ_s :固相率(-)
 ϵ_g :気相率(-)
 ϵ_{L1} :液相率(-)
 ϕ :トータルポテンシャル(cm)

層における液相の流動域の体積分率と不飽和透水係数,マトリックスポテンシャルとの関係式として S. Irmayの式と M. TH van Genuchten式を用いた。埋立槽には本実験まで15日間隔に10mm/hrの散水を行なっており,計算は10mm/hrの降雨下での水分分布の定常状態から開始し,計算上の散水は浸出水の流出速度が散水直前の埋立槽の実測値と一致したときから開始した。また,埋立槽底部の体積分率は飽和に近いと考え,底部の境界条件を $\phi = 0$ (at $Z = 0$)とした。

4. 浸出水流出特性および計算結果

浸出水の流出速度の経時変化を図-1に示す。2m槽と4m槽の流出速度は散水開始後,数時間経過したところから急激に大きくなり,ピークを示したのち速やかに減少した。廃棄物層厚が大きい6m槽と8m槽に

においては、明瞭なピークが見られず、徐々に浸出水が流出する傾向が見られた。このように、層厚が大きいほど流出開始時間が遅く、最大流出速度は小さくなった。図-2には浸出水の累加流出率 $[(\text{累加浸出水量}/\text{総散水量}) \times 100]$ の経時変化を示す。初期の累加流出率は層厚が大きいほど小さく各槽間に大差が見られたが、18日目の累加流出率は4槽とも85%前後を示し、層厚ほどには保水量が変わっていない。以上のことから、廃棄物層厚が大きいほど浸透水の層内平均滞留時間が長く、また浸出水の流量変動幅が小さいことより、浸透水中の汚濁物質が層内で分解される割合が大きくなることや、浸出水処理施設の容量を小さく見積ることができると言える。

図-3には散水に伴う浸出水流出速度の計算結果を示す。計算値は実測値に比べ、4つの槽とも流出速度の立ち上がり時間が少し遅れ、6m槽と8m槽においてはピークを迎えた後の浸出水流出速度が弱小小さくなっている。しかし、浸出水の流出開始時間、ピーク値など全般的に測定値を良く再現しており、廃棄物層内の液相を流動域と非流動域で分けて考えた本モデル式で、埋立地の浸出水の水量予測が十分可能であると考えられる。

浸出水流出速度の計算を行った際の各槽の層内水分分布の経時変化を図-4に示す。散水直前の表層での体積含水率は、各槽とも25%前後を示し、廃棄物層底部の飽和体積含水率46.7%と22%程度の差があった。また、上層部での水分移動はなく、浸出水の発生は底部から20cmまでの水分移動によるものであった。散水後に現われる浸潤前線の速度は、浸潤前線が底部に移動するにつれて大きくなり、6時間以後の速度は層厚が大きい埋立槽ほど大きくなった。散水開始後浸出水流出速度が増加し始める時間は浸潤前線が底部に到達する時間と一致し、廃棄物層厚が小さい順に7時間、13時間、17時間、23時間であった。

今後は廃棄物中の汚濁成分の溶出や分解に伴う固相率の変化を考慮した、浸出水量の予測を行うつもりである。

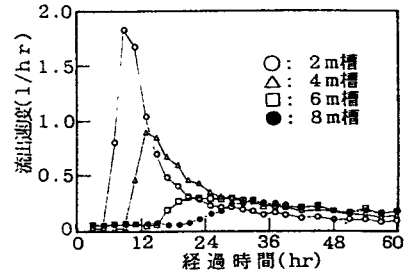


図-1 浸出水量の経時変化

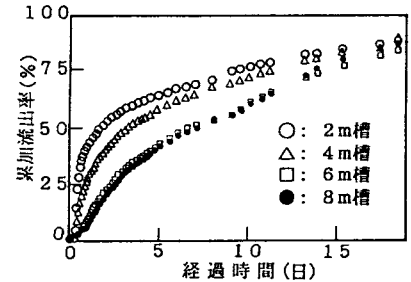


図-2 浸出率の経時変化

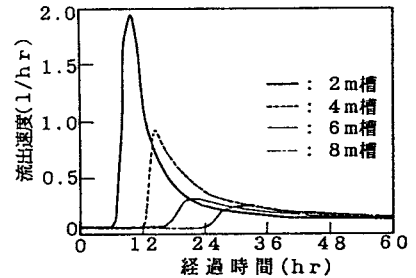


図-3 浸出水量の計算結果

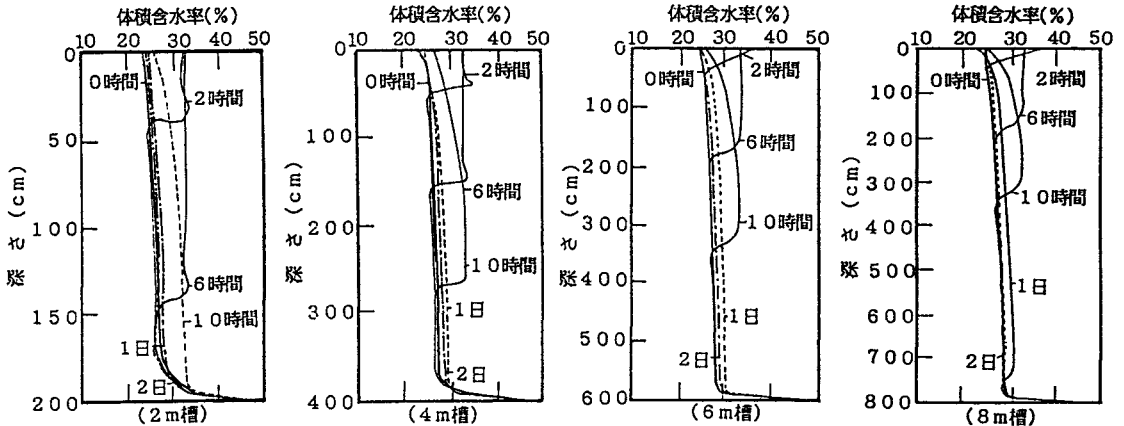


図-4 廃棄物層内での水分分布