

北海道大学工学部 正員 ○高橋 靖弘*

田中 信寿

神山 桂一

はじめに 　　ごみ埋立地に降った雨水は、ごみ層内を不飽和浸透流となって流下し、浸出水として埋立地外へ流出する。ごみ層内の不飽和流れを明らかにすることは、①浸出水量の経時変化を予測して行なう浸出水処理施設の設計と管理を行なう上で、又、②雨水がごみ層で汚染される機構を知る上で、さらに、③浸出水の埋立地底層への浸透を知る上でも重要である。一般に、土壌中の不飽和流れについては、多くの研究成果があり¹⁾、又、ごみ層中の流れについて土壌の場合と同様に、Richards のポテンシャル方程式を用いた理論的研究^{2,3)}がみられる。しかし、基本的には、まず、ごみ層においても、この式が成立するかどうかを実験的に明らかにするべきだと考え、以下の実験を行って検討すると共に、ごみ層の特性値を求めた。

なお、Richards の式は、垂直一次元方向の場合、次式となる。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial z} \right] - \frac{K(\theta)}{\partial z} \quad (1) \quad \begin{array}{l} t: \text{時間} \\ z: \text{給水面からの距離} \end{array}$$

θ : 体積含水率, 特性値 $D(\theta)$: 水分拡散係数 $K(\theta)$: 不飽和透水係数

$K(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial \theta} = D(\theta)$ (2) の関係がある。 ψ : マトリック ポテンシャル

1. 実験方法と材料 　　ごみ成分で毛管力が強く、水の移動に大きな影響をもつ紙、布類を中心としたごみを用いた。ごみの組成は重量割合で紙類65% (新聞紙13%, コンピュータ紙18%, ティシュペーパー4%, 段ボール紙30%), 布 (実験白衣) 12%, 6×8 mm ビニールチューブ23%である。紙、布は一辺の長さが測定に用いる円筒内径の1/5に等しい正方形に、チューブは内径の1/10の長さに切断し、水にばじませる操作を行なった後に、風乾して用いた。充填密度は風乾状態で0.265 g/cm³となるようにした。この時、間隙率は約81%となる。

ごみの真比重は1.33である。

1.1 水分保持曲線と不飽和透水係数

土柱法⁴⁾ [図1 中の実験装置 (カラム内径5 cm)] により、水面からの高さ ($z = -\psi$) と体積含水率の関係を求めた。(図1) 含水率は乾燥によって重量含水率を求め、次に、真比重により体積含水率に補正した。最大含水率は0.625, 最小含水率 (懸垂水) は0.26であった。次に、ごみ充填カラム (内径5 cm) を水

*現勤務先、秋田県庁

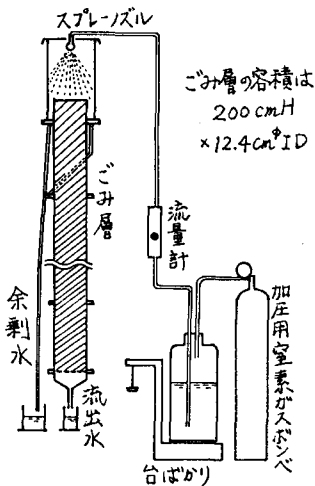


図3 降水実験装置

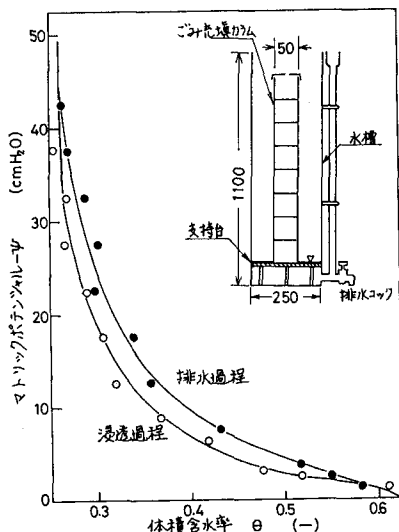


図1 水分保持曲線

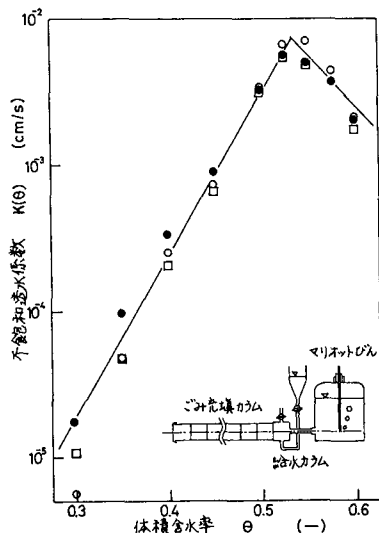


図2 不飽和透水係数

平におき、浸透過程での $D(\theta)$ を図2中の実験装置⁵⁾を用いて測定した。
 $D(\theta)$ と θ の関係は次式により求まる。⁶⁾

$$D(\theta) = \frac{-1}{2\pi} \left(\frac{dx}{d\theta} \right) \int_{\theta_0}^{\theta} x d\theta \quad (3)$$

θ : 実験継続時間, θ_0 : 初期含水率
 x : 給水位置からの距離

次に、式(2)を用いて $K(\theta)$ を求め、図2に示した。 $K(\theta)$ と θ の関係にはヒステリシスは無いという実験結果があるという指摘¹⁾から、本研究でも、浸透過程で求めた $K(\theta)$ が排水過程でも使えるとして後述する数値計算を行なった。なお、吸引法によっても水分保持曲線、不飽和透水係数を測定したが、良い結果は得られなかった。

1.2 降水による流出水量測定実験 実験装置を図3に示す。水は加圧水タンクから定量的にスプレーノズルに給水され、噴霧される。噴霧水の一部がゴミ表面に降水し、内部に浸透する。又、ゴミ表面から内部へ浸入できない水は溢れ、余剰水として排除される。供給水量、余剰水量および流出水量は30分〜1時間ごとに累積量が秤量される。以下の図中のプロット点はその間の平均速度である。

2. 降水実験結果 実験の結果を図4〜7に示す。Run 1, 2 では、長時間にわたって降水を継続したが、流出水量は浸透水量に一致せず、水がゴミ中へ蓄積し続けているものと思われた。降水開始時に急激な流出水があること、又、流出水量の増加が始まる前に流出水量のばらつきが大きくなることなどが観察された。流出水量の変化は非常にゆるやかであった。又、ほぼ同じ量をスプレーに供給したにもかかわらず、浸透水量は実験と共に低下した。

3. 数値計算 式(1)の定差分式を導き⁷⁾、ゴミ層深さ方向に600等分、時間間隔0.01日として数値計算を行ない、図中に結果を示した。計算は降水時には浸透過程の θ 対 θ 、降水停止時には排水過程の θ 対 θ を用いたので、この切替時に、異常な計算値が出現した。なお、計算技法に改善の余地があるが、基本的には、Richards のポテンシャル式は、ゴミ層内の不飽和流れのモデル式となり得ることが分った。

参考文献

- 1) 赤井他：土木学会論文報告集，第264号，P.87 (1977. 8)
- 2) 山崎他：衛生工学研究論文集，19巻，P.147 (1983)
- 3) 黒木他：福岡大学工学集報，第22号，P.59 (1979)
- 4) 土壌物理性測定委員会編：「土壌物理性測定法」，P.137，養賢堂 (1972)
- 5) 森沢：京都大学博士論文，P.112 (1977)
- 6) Klute, A. et al: Soil Sci. Soc. Am. No.20, P.458 (1956)
- 7) 八幡敏雄：「土壌の物理」P.70 東大出版会 (1975)

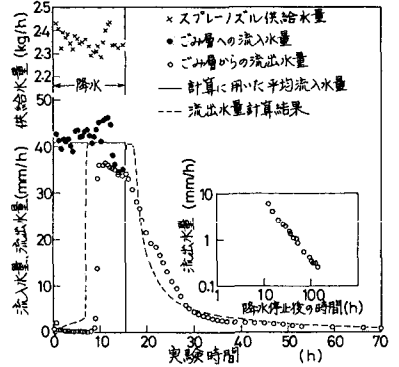


図4 連続降水実験 (Run 1)

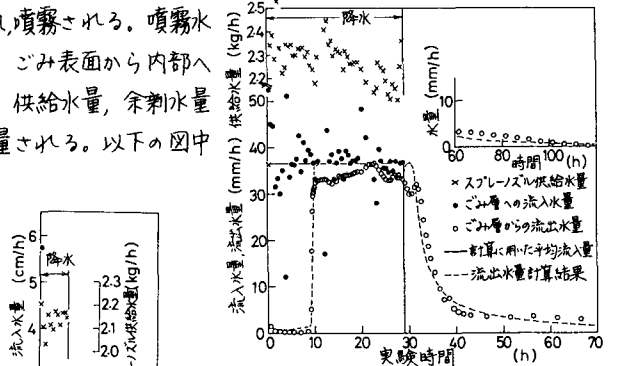


図5 連続降水実験 (Run 2)

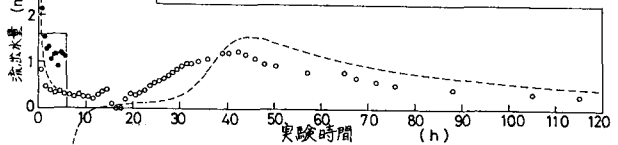


図6 パルス状降水実験 (Run 3)

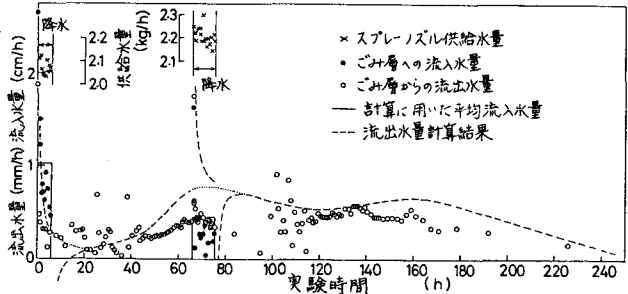


図7 繰返しパルス状降水実験 (Run 4)

表1 実験の経過

12/3	下から給水
12/15	飽和透水係数測定 $7.0 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$, 通水継続
12/18	排水
1/5	15.5 時間降水 (平均浸透量 4.08 cm/R) [Run 1]
1/12	29 時間降水 (平均浸透量 3.65 cm/R) [Run 2]
1/19	6.01 時間降水 (平均浸透量 1.58 cm/R) [Run 3]
1/26	6 時間降水 (平均浸透量 1.03 cm/R) さらに 60 時間後 9.5 時間降水 (平均浸透量 0.446 cm/R) [Run 4]
3/5	降水実験 (平均浸透量 1.08 cm/R) 飽和透水係数測定 $4.4 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$