

I. はじめに

著者らは、土壌浸透法のうち、毛管上昇部を持つ二次元流れによる浸透を研究対象とし、既に砂層による飽和浸透は検討した^(文解)。今回は、土を用い不飽和状態が起りうる条件での浸透を実験的に検討した。

II. 目的

土壌を用いた毛管浸透法における浸透水の質と量、水頭分布の長期的変化を調べ、この方法の概略を把握する。

III. 方法

図1の装置にモデル土壌(園芸用の赤玉土)を充填し、水を図中の矢印のように二次元的に浸透させる。このときの浸透流量、水頭、水質の変化をみる。赤玉土は、密度 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ 、みかけの密度 $0.54\text{g}/\text{cm}^3$ 、固相率 20.0%であった。これをふるいにより、細粒 ($0.42\text{mm} \sim 0.84\text{mm}$) と粗粒 ($0.84\text{mm} \sim 2.0\text{mm}$) とに分けて用いた。浸透水は、水道水と人工汚水(蒸留水に CH_3COONa $100\text{mg}/\text{l}$, NH_4Cl $191\text{mg}/\text{l}$, 及び各種栄養塩を加えたもの)とを用いた。流入ー流出の水頭差は約 27cm である。水頭は脱気水を用いたマノメータを布紙を介して内部水と接続して測定した。TOCはTOCメーターで $\text{NH}_4\text{-N}$ はネスラー法で測定した。各Runの条件は表1に示す。

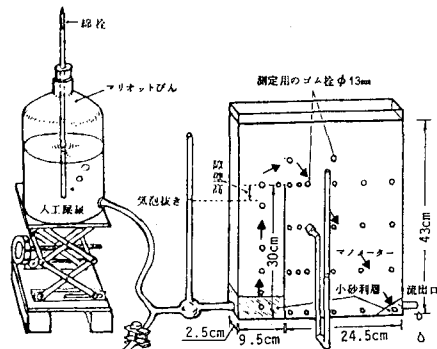


図1. 実験装置

IV. 結果と検討

(1) 浸透流量

浸透流量の変化を図2に示す。砂層の場合と異なり、土では水道水においても流量の長期的変化がみられた。団粒構造であり空隙率が大きいことから、含水と自重により圧密されるためと考えられる。

また、浸透流量の変化は単調減少でなく、不連続的な増加もある。不連続的な変化も説明しうるモデルで検討すべきであろう。

汚水の場合、水道水との差が顕著になるのは粗粒、細粒とも30日目頃である。また、細粒では80日以後流量が増えるが、粗粒ではほぼ安定する。細粒では透水係数の変化によるが、粗粒ではその他に、流量の減少により水のフナゲリが切れ、流路がへることも影響するためと考えられる。

(2) 水頭分布

水頭分布の例を図3に示す。二次元の流れだが水平方向の差は少い。飽和状態まで加湿して始めたためだろう。以下、鉛直方向の差をみる。

(a)境界部：流入部の小砂利との境界では、細粒での水頭損失が特に大きい。その変化は流量変化と一致し、ここでの透水性が流量を決定している。80日以後は、この損失が減っている。

(b)上昇部：入口付近の上昇部の流量を水頭勾配に対し両対数グラフにプロットすると図4になる。細粒は正の相関は明らかだが、ダルシー則より勾配が大きい。時間により透水係数が変わるためと考えられる。汚水ではこの変化が大きい。粗粒では相関がは、きりしない。透水係数の変化(10日間で83%)が急激なためみかけ上こうなるといえる。

表1. 実験条件

Run	土の粒径 (mm)	水頭差 (cm)	初期流量 (ml/day)	有機物 (mg-C/g)
1	0.42 0.84	27.0	4.28	—
2	0.84 2.00	26.9	4.31	—
3	0.42 0.84	26.8	3.64	29.25
4	0.84 2.00	26.8	4.09	29.25

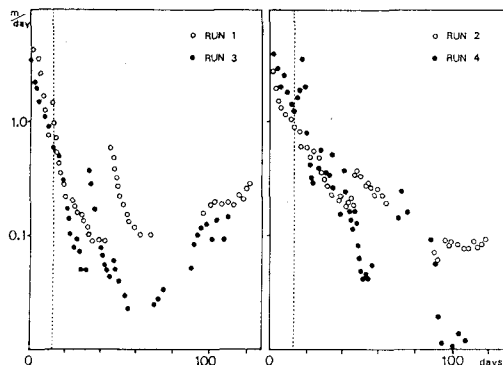


図2. 浸透流量の経時変化

(c)下降部:下降部は二次元流であるが、各部の流量はかわらない。そこで、流れの鉛直成分が卓越していると考えられる障壁沿いの水頭勾配変化をみる。鉛直方向水頭勾配を上部(高さ20cm~30cmの間)と下部(高さ10cm~20cmの間)との2ヶ所についてみると図5のように変化する。水道水の場合、細粒の上部、粗粒の上下部は、ほぼ1に近いのに対し、細粒の下部ではそれより小さい。この部分では、水が毛管水として保持されるためと考えられる。

汚水を流した場合、水頭勾配も時間と依に増える。増え方は、細粒では上部の方が、粗粒では下部の方が大きい。これは、各部の飽和度のちがいが生物増殖量にも影響を及ぼし、透水性を左右するためではないかと考えられる。

また、汚水の場合には、水頭勾配はかなり変動しながら推移する。生物による透水性の変化は、生物の付着・ハク離により微妙に影響されるので、局部的な水頭をはかる限りは変動が大きくなると考えられる。

今回の実験装置は透水係数を測るためのものではなく、温度等がコントロールされていないし、モノメータの精度も十分でないので、数値的とり扱いは難しい。しかし、粒径のちがいや生物による影響を定性的に知ることはできた。

(3)水質変化

土層からの流出水のTOCと $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の経時変化を図6に示す。流入水は、入口の小砂利層で水質変化をうけており、タンクのとりかえの影響、滞留時間のちがいもあるので、水質的には比較的安定しない。それに対し、流出水はTOCについては30日以後はほぼ一定で、細粒で5ppm、粗粒で7ppm程度になっている。このことから、この方法での除去量には限界があること、ある程度以上は層の大きさは除去量に影響しないことが予想される。

$\text{NH}_4^+\text{-N}$ ではTOC以上に細粒と粗粒の除去量の差が大きい。細粒の除去量は平均14ppmであるが、これは細胞合成に使われる量より多く、吸着が主因と考えられる。粗粒では100日以上たつと流出水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が60ppmになり、脱着が起こっていることが推定される。

V. まとめ

- (1)モデル土壌を用い、毛管流を伴う不飽和浸透の長期的変化を検討した。
- (2)土の場合、粒子の大きさ、構造が決定的要因となる。
- (3)水量、水質の変化は平衡状態への単純な移行というモデルでは表わせない挙動を示す。

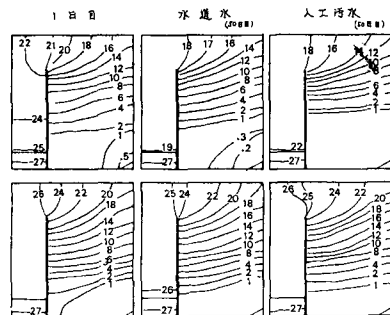


図3. 水頭分布 (cm)

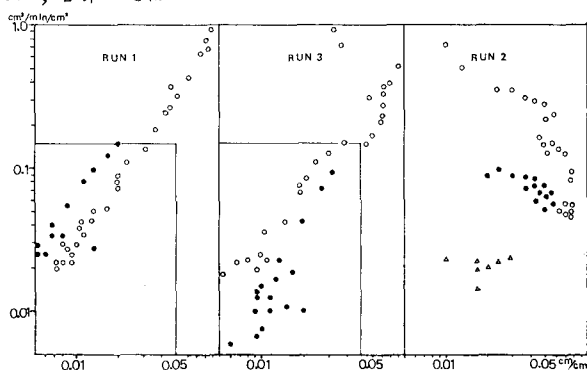


図4. 水頭勾配と流量

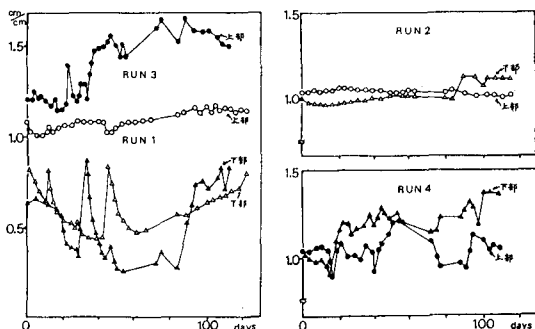


図5. 水頭勾配の経時変化

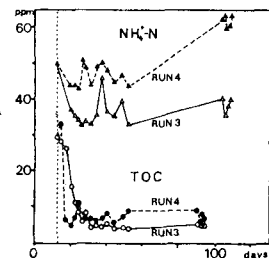


図6. 水質の経時変化