

キャピラリーバリアの限界長に関する研究  
 Experimental study of Break Through Point (BTP) at a capillary barrier

○小島倫直\* 宮崎毅\*\*  
 Michinao Kojima, Tsuyoshi Miyazaki

1.序論

キャピラリーバリア現象とは、毛管力 (capillary)由来の下層への水分遮断(barrier)現象のことである。キャピラリーバリア現象は、地下に埋設した核廃棄物など、有害物質を浸潤水から隔離する技術として注目される。限界長は隔離できる地下空間容量を規定する要因である。このため限界長の予測は重要な研究対象となっている。

土層境界面が直線傾斜である時の限界長予測の理論式はRoss(1990)によって提案され、それを Steenhuis et al(1991)が次式のように修正した。

$$L < \tan \phi \cdot \left[ \frac{1}{\alpha} \left( \frac{K_s}{q} - 1 \right) + \frac{K_s}{q} (h_a - h_w) \right]$$

- L 限界長
- $\phi$  傾斜角度
- q 降雨強度
- $\alpha$  上層のソープティビティ
- $K_s$  上層の飽和透水係数
- $h_a$  上層の空気侵入サクション
- $h_w$  下層の水分侵入サクション

しかし、限界長を実際に測定した研究例は少なく、上式の予測精度は明らかにされていない。

本研究では限界長を、土層境界面の傾斜および境界面形状を変化させて実測し、限界長の予測について検討することを目的とした。

2.実験方法

80(幅)×90(高さ)×2(厚さ)cm のカラムに下層に直径 1mm ガラスビーズ、上層に豊浦砂を

充填した。この土層に散水を行い、側面から観察して限界長の測定を行った。

土層境界面の傾斜形状は、直線傾斜と2種類の湾曲傾斜(凹型、凸型)とした。なお、湾曲傾斜の曲面は、懸垂曲線に基づいて形成した。傾斜の最高地点と最低地点の落差は 10cm と 15cm の2種類、降雨強度は 45~175mm/h の間で実験を行った。

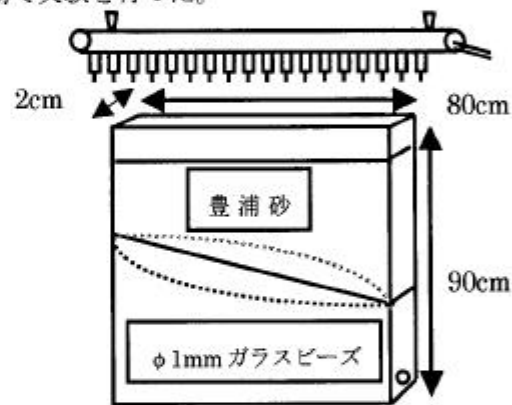


Fig1 Experimental equipment

3.結果

境界面が直線状のとき、限界長は降雨強度が大きいほど短く、斜面勾配が大きいほど長くなることが確認できた。理論値と実測値を比較したところ、図2のようによく一致した。境界面が凹曲面および凸曲面の場合、降雨強度が小さい時には凹曲面の限界長が小さく、降雨強度が大きい時には凸曲面が小さくなった(図3)。

\*東京大学農学部 Faculty of Agriculture, The Univ. of Tokyo

\*\*東京大学 大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Science, The Univ. of Tokyo

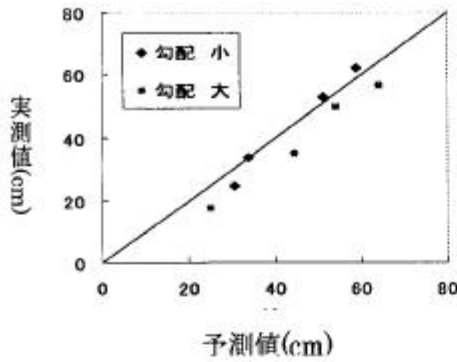


Fig2 Predicted and measured BTP on a flat boundary slope

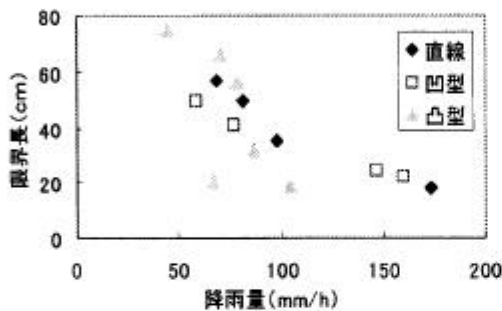


Fig3 Dependence of BTP on boundary slope configuration

#### 4. 考察

凹曲面と凸曲面における降下浸潤と横流れ可能流量との関連を図4に概念的に示す。横流れ可能流量とは、Steenhuisの式から求められる直線傾斜の勾配が $\phi$ の時に、浸潤水が下層へ浸透せずに境界面上を流下することが可能な最大流量のことである。図4において

横流れ可能流量 < 積算浸潤量

となる地点でフィンガー流が発生すると考えてよい。図5はこの仮定にもとづいて、凹型傾斜における限界長の実測値と予測値の比較を行った結果である。両者はよく一致し、湾曲傾斜でも限界長の予測が、以上の方法で可能になることがわかった。図6は、凸型傾斜における横流れ可能流量と積算浸潤量の流量を示したもので、傾斜全域にわたって積算浸潤量が横流れ可能流量を上回らない。このとき限界長は、理論的には無限大となる。実験ではカラムの大きさに制限があるため実証できなかった。

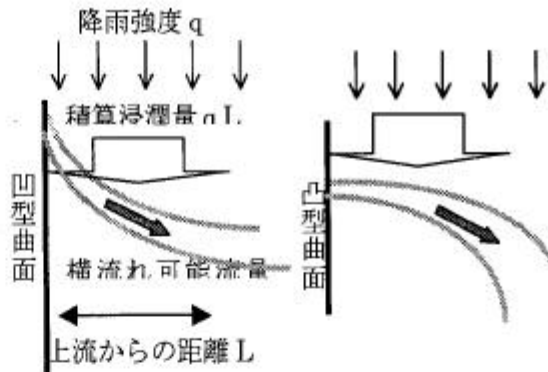


Fig4 Relation between cumulative infiltration and maximum funnel flow

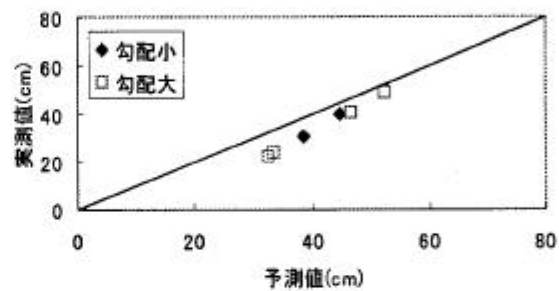


Fig5 Predicted and measured BTP on a concave boundary slope

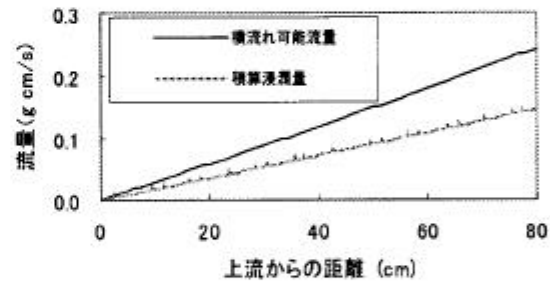


Fig6 Cumulative infiltration and maximum funnel flow on a convex boundary slope

#### 5. 結論

1. 直線傾斜では、既存の理論式によって精度よく限界長の予測ができた。
2. 湾曲傾斜では、直線傾斜の理論式を応用することで限界長の予測が可能であることがわかった。
3. 特に凸型湾曲傾斜では、限界長が理論的に無限大になることがあるとわかった。

#### 引用文献

Steenhuis T, S et al  
 Comment on "The Diversion Capacity of Capillarybarriers"  
 Water Resources Research 26(10) pp.2625~2629(1990)