

サトウキビ畑地の不攪乱試料の不飽和浸透特性と涵養量の評価

九州大学工学部 学生員 ○山本 浩司
九州大学工学部 学生員 中川 啓

九州産業大学工学部 正会員 細川土佐男
九州大学工学部 正会員 神野 健二

1. はじめに 沖縄地方のように四方を海に囲まれている島嶼部では、過剰な淡水取水により塩水が内陸部に侵入する現象が深刻な問題となっている。また、貯水池の建設が困難であることから、地下ダムを建設し、水資源の確保をはかる計画がはかれることが多い。本研究では、不飽和浸透特性や、地下水の涵養量を推定するために、地下ダムの建設が予定されている沖縄 I 島における現地土壌カラムを用いて透水係数や不飽和特性値を実験により求め、これらの値を用いて降雨に対する地下水への涵養量を推定した。

2. 実験の概要 土浸透実験、飽和浸透実験、土粒子の密度試験を行なった。カラムは内径13cm、全長200cmであり、深度ごとに4部分(0~50, 50~100, 100~150, 150~200cm)に分割し、不攪乱状態のまま変水位透水試験を行なった。さらに、土柱法により不飽和浸透実験を行なった。図-1には実験装置の概要を示す。実験は水位一定の自由水面にカラムを立て1週間後に高さ5cmのつなぎ目を切り取り、各高さの保水分量と湿潤重量 m_w 、炉乾燥後の乾燥重量 m_s を測定した。表-1には目視による土質分類を行なった結果を示す。浅いところではシルト-粘土混合層であり、深いところは珊瑚を若干含んでいることがわかった。また、分類した各地層の中央付近の1カラムを代表として飽和浸透実験を行なった。手順は、まず内径5cm高さ5cmのカラムに試料土を詰め、カラムの上端が自由水面と一致するように設置した。その後、下端から浸透してきた水が上端に浮き上がり、完全に飽和状態になったのを確認して試料土の飽和質量 $m_{d, sat}$ を測定した。その後、1日炉乾燥させ乾燥重量 $m_{s, sat}$ を測定した。土粒子の密度試験についても同様に代表カラムについてのみ行なった。

表-1 深度別の土質分類

深度 (cm)	分類
0~70	粘土層(軟層)
70~95	粘土層(硬層)
95~135	砂層(灰白色)
135~150	砂層(白褐色)
150~175	砂層(珊瑚含有灰白色)
175~200	砂層(珊瑚含有灰色)

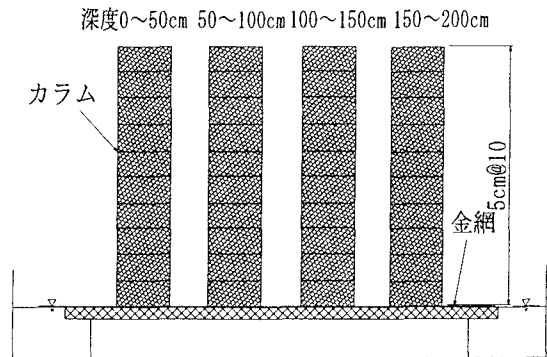


図-1 装置概略図

3. 実験結果 以上の実験から得られたデータから各カラムの体積含水率を求め、サクシオンと体積含水率の関係を片対数グラフにプロットしたものを図-2に示す。同図を用いて、Van Genuchtenの式により実測値を最も良く再現するように不飽和パラメーターを推定した。このとき、深度0~70cmにおいて不攪乱試料でサクシオンと体積含水率の関係をプロットしても望ましい結果が得られなかったため、同部分については不攪乱試料を用いずに各深度の試料を均等に混ぜ合わせた攪乱試料を高さ2cmカラムに詰め不飽和浸透実験を行い、不飽和パラメーターを推定した。表-2に求めた不飽和パラメーター及び飽和透水係数を各部分ごとに示す。

表-2 不飽和パラメーター

深度 (cm)	α	m	n
0~70	0.0321	0.835	6.06
70~100	0.185	0.290	1.41
100~150	0.267	0.304	1.44
150~200	0.135	0.318	1.47

4. 地下水涵養量の推定 1次元不飽和浸透領域における基礎式は、鉛直下向きにz軸をとると次式で表せる。

$$C_w \frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{\partial v_z}{\partial z}, \quad v_z = -k \left(\frac{\partial h}{\partial z} - I \right), \quad C_w = \frac{\alpha m n (\theta_s - \theta_r) (\alpha |h|)^{mn}}{(1 + (\alpha |h|)^n)^{m+1}}$$

ここに、 t ：時間(s)、 h ：サクシオン(cm)、 v_z ：z方向のDarcy流速(cm/s)、 C_w ：比水分容量、 θ_s ：飽和体積含水率、 θ_r ：残留体積含水率、 α 、 m 、 n ：Van Genuchtenの不飽和パラメーターである。数値計算は、1991年2月13日～15日の3日間について行なった。飽和透水係数や不飽和パラメーターについては、前述の実験により求められた値を深度別に用いている。また、比較の為、神野ら¹⁾がおこなった1段タンクモデルによる涵養量の推定も行なった。なお、タンクモデルのパラメーターは土壌カラムの採取地点における地下水位データの入手が困難なため、最も近いボーリング孔のデータにより同定された値を用いている。図-3に降雨に対する浸透量と涵養量の計算結果を示す。図中の涵養量No. 1は不飽和浸透計算によるもので、涵養量No. 2はタンクモデルによる結果である。両者の値は、ピーク位置が異なり、タンクモデルによる結果のほうが高い値を示している。これは、タンクモデルのパラメーターが別の地点で同定されたものであること、計算の方法が根本的に異なることに起因するものと考えられる。

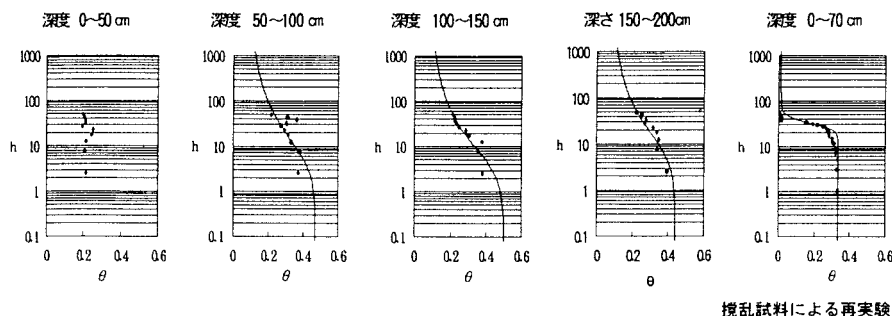


図-2 深度別のサクシオンと体積含水率の関係

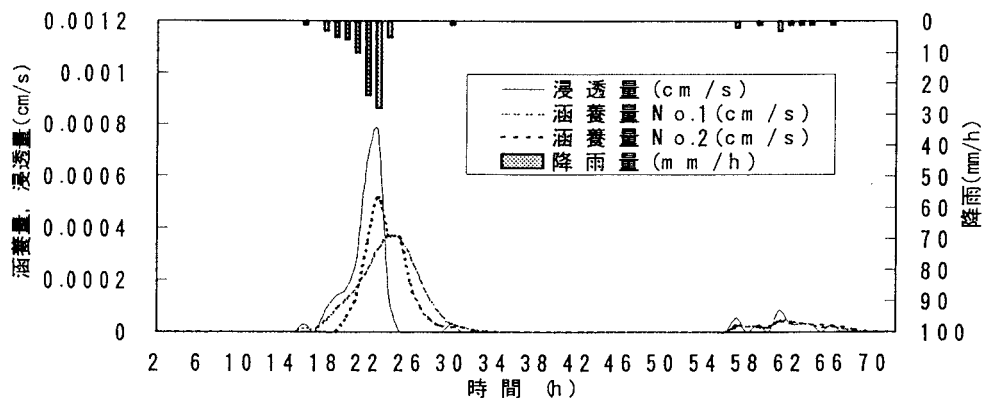


図-3 降雨に対する浸透量と涵養量の計算結果

5. おわりに 本研究では、沖縄県サトウキビ畑地で得られた土壌カラムを用いての実験を行ない、不飽和特性値を推定し、この値を用いて不飽和浸透計算を行なった。

【参考文献】1) 神野健二・茹瑛・中川啓・細川土佐男・田尻要・西山浩司：塩水侵入阻止型地下ダムによる水資源開発可能量の評価について，水工学論文集，第40巻，pp. 51-56，1996