

地表面蒸発に伴う造成地の土壌水分移動

豊橋技術科学大学大学院 ○ 学生員 三輪 一弘
 広島大学総合科学部 正 員 開発 一郎
 豊橋技術科学大学 正 員 四倉 信弘

1. はじめに

我国では、戦後の急速な工業化により工業廃棄物による土壌汚染がしばしば問題となってきた。これら廃棄物による土壌汚染、地下水汚染、さらには各種建設施工において土壌中の水分移動は重要な役割を演ずるが、より正確な土壌水分移動を把握するためには気象学的な影響による蒸発散の水分移動に与える影響も見逃すことができない。本研究では、造成地の地下水面が十分深い場合において降雨後の蒸発にともなうゼロフラックス面より上の土壌中の水分移動の実態を調べ、水分変化を数値計算によってシミュレートすることを目的としている。

2. 研究方法

(1) 観測方法 観測地は豊橋技術科学大学構内の自由地下水面の十分深く（深度約10m）、地表面に植物のない裸地面となっている造成地に設置した。観測地の土壌はレキの混じったシルト質砂であり、深度80cm付近より下層は砂が多くなっている。物理特性は平均飽和透水係数 4.0×10^{-4} (cm/sec)、間隙率35%、比重2.5である。不飽和土壌中の水分移動をとらえるため圧力水頭と地中温度を測定した。図-1に示すように圧力水頭測定のため深度5, 10, 20, 40, 80cmにボラスカップを埋設し、テンシオメータで測定を行い、地中温度測定は深度2, 5, 10, 20, 40, 80cmに温度センサーを埋設した。また不飽和土壌中の水分移動予測に伴う蒸発量推定のために正味放射量、風速、気温、湿度、雨量などの気象観測を行った。

観測手順として1988年10月上旬より観測を始め、自然状態の圧力水頭変化と地中温度変化を各センサーにより10分間隔で自動記録した。また正味放射量以外の気象データは、5分間毎に自動記録した。

(2) 数値計算方法 支配方程式として、Belmansほか(1983)の次式を用いる。

$$C(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(h) \left\{ \frac{\partial h}{\partial z} - 1 \right\} \right] - S \quad (1)$$

ここで、 h は圧力水頭 (cm)、 θ は水分量 (cm^3/cm^3)、 t は時間、 $K(h)$ は圧力水頭による不飽和透水係数 (cm/sec)、 z は鉛直座標 (cm) であり鉛直下向きが正である。また $C(h) = d\theta/dh$ は比水分容量 (1/cm) であり、 S は植物の根による吸込み項 (1/sec) であり、今回は裸地面の場合を考えているので $S=0$ とする。数値計算には、FDM (クランク・ニコルソン法) を用いた。初期条件は、各観測日の0時ちょうどの圧力水頭を入力し、境界条件は、深度5cmと80cmの圧力水頭を1時間単位で与えた。圧力水頭 h と水分量 θ の関係は野外測定からCampbell(1974)にしたがって、 $\theta = 0.35 h^{-0.63}$ 、不飽和透水係数 $K(h)$ と圧力水頭 h の関係は $K(h) = (4.0 \times 10^{-4}) \times (h/h_s)^{-3.5}$ を用いた。

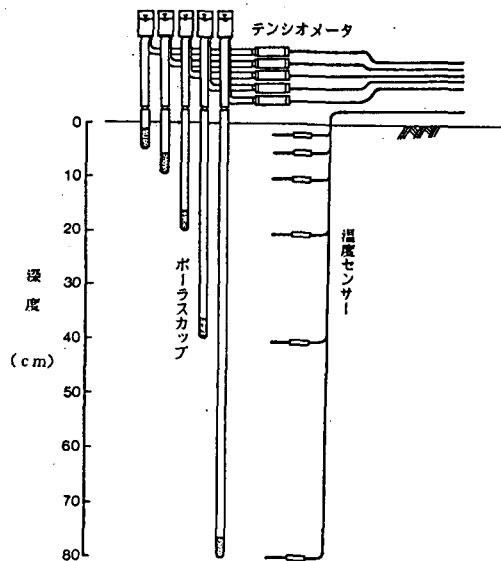


図-1 土壌水分測定系

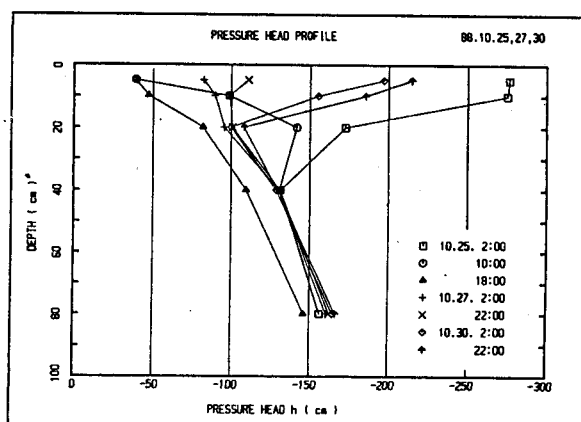


図-2 圧力水頭プロファイルの時間変化

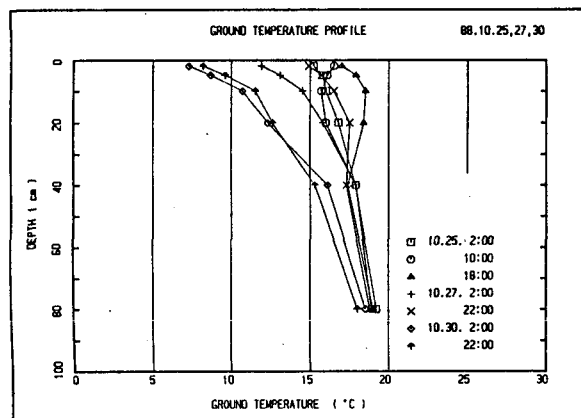


図-3 地中温度プロファイルの時間変化

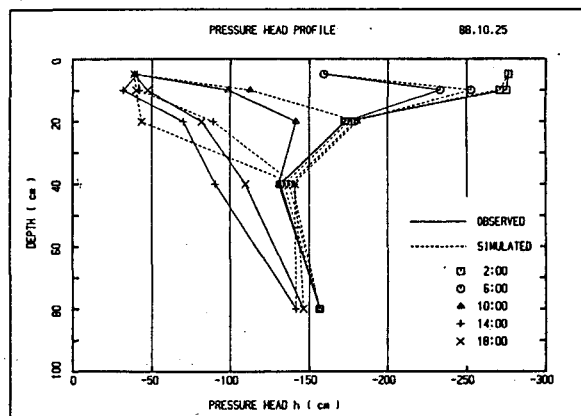


図-4 観測値と数値計算値との比較 (10月25日)

3. 結果と考察

(1) 土壌水分移動の実態 10月25日から30日の観測例について述べる。10月25日までに7日間無降雨日が続き、25日に12mmの降雨を記録した。図-2において25日の午前2時の圧力水頭プロファイルから降雨前のゼロフラックス面は深度約40cm付近に存在していたことが判る。したがって深度40cm以上では上向きのフラックスが存在し、これが地表面蒸発散につながっている。次に降雨中の圧力水頭プロファイル変化に注目してみると、雨水がぬれ前線を形成しながら下方へ移動するためゼロフラックス面が消失し、全深度で下方への水分移動が生じている。27日から30日にかけての圧力水頭プロファイルからゼロフラックス面が再形成され27日には深度10cm、30日には深度20cmに存在する。このまま蒸発散が進めばやがて降雨前の深度40cmに達すると推測できる。図-3の地中温度プロファイルの変化は、気温の日変化の影響を受けるため水分移動をとらえることは難しいが、深度80cm付近の変化は水分移動の結果かもしれない。

(2) 数値シミュレーションによる検討

図-4は例として10月25日について行った数値シミュレーションと観測値の比較を示している。ゼロフラックス面以上の領域では圧力水頭変化の傾向を良くとらえているが、ゼロフラックス面以下の領域では観測値の水分移動に速い応答がみられうまくシミュレートすることができなかった。このことは観測値から実際上野外において水分移動形態はバイパス流的であると推察できる。この原因として、粒径の不均一によるmacro poreの存在が考えられる。したがって、この数値シミュレーションで使用した支配方程式には以上の現象は考慮にいれられておらず、この式をそのまま適用することには問題があると考えられる。