

地下水面の位置が及ぼす地表蒸発の影響に関する研究

長岡技術科学大学 非会員 早津諒介
長岡技術科学大学 正会員 陸旻皎

1. 背景

水は地球の表面付近に最も豊富に存在する物質であり、また地球上のあらゆる生命に欠かすことのできない物質である。蒸発散の要因は様々であるが、多用されているものとして計測当日の気温や湿度、日照時間等がある。しかしながら十分に土壌が湿っている土地に対して、砂漠のような土壌が乾燥した土地は土壌蒸発が少ないと予想するのは容易い。つまり計測対象地域の土壌水分も考慮するべきである。

本研究の目的は、常温環境（恒温室）条件下における地表面と地下水位の関係で、蒸発にどの程度の変化がみられるか実験を行い得られたデータから考察する。

2. 原理

土壌の蒸発はモデル化がなされているが、本研究で比較するモデルを記載する。

2.1. 有効飽和度

土壌のマトリックスポテンシャルと体積含水率の関係を表したものを水分保持曲線という。

van Genuchten(1980)が提案したモデルを示す。

$$S_e = \frac{\theta(h) - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left[\frac{1}{1 + (\alpha h)^n} \right]^m \quad (2-1)$$

ここで S_e は有効飽和度、 h は圧力水頭、 θ_r は土壌水分量の飽和値、 θ_s は土壌水分量の残留値、 α 、 n 、 m ($=1-1/n$)は水分保持曲線を形づけるパラメータである。

今回使用する粒径の各パラメータは、同研究室で行われた実験結果を使用した。パラメータの値を表 1 に示す。

表 1 有効飽和度 S_e 算出に用いるパラメータ

粒径[mm]	θ_s	θ_r	α	n	m
1.7~2.4	0.5187	0.0813	0.0449	0.5697	2.3238

2.2. 比透水係数

不飽和透水係数とは土の透水性を表す。

van Genuchten(1980)が提案した不飽和透水係数 $K[S_e]$ を示す。

$$K(S_e) = K_s S_e^{0.5} \left[1 - \left(1 - S_e^{1/m} \right)^m \right]^2 \quad (2-2)$$

ここで、 $K(S_e)$ は不飽和透水係数、 K_s は飽和透水係数であるが、実験結果の比較には飽和透水係数 K_s を必要としない比透水係数を用いた。

$$K_r = \frac{K(S_e)}{K_s} = S_e^{0.5} \left[1 - \left(1 - S_e^{1/m} \right)^m \right]^2 \quad (2-3)$$

3. 実験方法

蒸発量の測定方法は、電子天秤を用いて重量を測定する方法ではなく、メスシリンダーを用いてデジタルカメラで定点撮影し、体積変化から蒸発量を測定することにした。

各地下水面での単位時間当たりの体積変化をプロットし、近似直線で傾きを算出することで、各地下水面での蒸発速度[mm/h]とし、モデルと比較することとした。

3.1. 実験装置

実際の蒸発過程を再現するため、透明パイプに土壌代用のガラスビーズを充填した。

可動部を動かすことで地下水面を上下させることができる。土壌再現装置の構造を図 1 に示す。

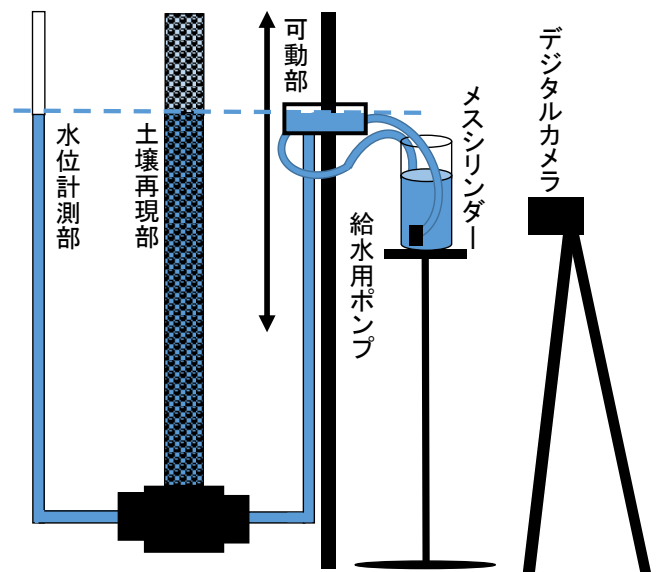


図 1 土壌再現装置

3.2. 実験条件

実験条件を以下の表 2 に示す。

表 2 実験条件

恒温室の温度	15[°C]
透明パイプの内径	20.3[mm]
ガラスビーズの粒径	1.7~2.4[mm]

3.3. 実験手順

- 1) 実験装置の給水部を動かし地下水面をガラスビーズの地表面と同じ位置になるよう調節する。
- 2) 地下水位を動かした事による土中水の動きがなくなるのを待つ。
- 3) 30 分間隔での測定を開始する。

3.4. 測定結果の補正

メスシリンダー内にある水の体積変化を実験結果としているが、メスシリンダー内には、給水ポンプ、ポンプからの配線等でかさ上げされているため、補正しなければならない。

よってメモリの読み取りを行った範囲で補正係数を算出することにした。

- 1) メスシリンダーのメモリを読み取る。
- 2) 電子天秤を用いて 10g の水を測る。
- 3) 10g の水をメスシリンダーに入れてメモリを読み取る。
- 4) かさ上げされている分 10ml より体積が増えるため比率を取って補正係数とする。

4. 実験結果

各地下水位ごとの蒸発量の結果を図 2 に示す。

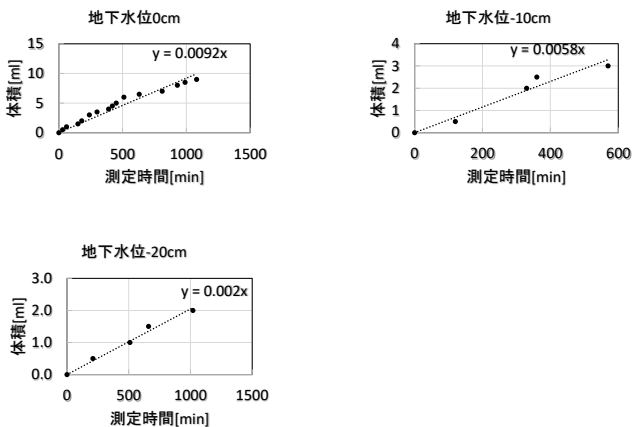


図 2 各地下水位での蒸発量の変化

$$W = \frac{a \times 60 \times 1000}{1.5 \times \pi r^2} \quad (3-1)$$

w は蒸発速度[mm/h], a はグラフの傾き[ml/min], r は蒸発面の半径[mm], 1.5 は補正係数より算出した。

比透水係数との比較のため各地下水面での蒸発速度を最大効率と考えられる地下水面 0cm で割ることによって比蒸発速度 w_r 算出した。

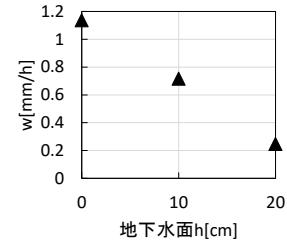


図 3 地下水面と蒸発速度の関係

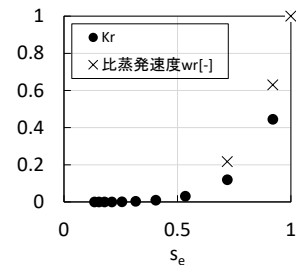


図 4 比蒸発速度と Kr の比較

5. まとめ

本実験では想定していた通り、地下水面が下がるにつれ蒸発量が減少していく傾向が見られた。これは、地下水面からの地表面までの距離が遠くなるにつれ、水の供給が減少することによって蒸発量も減少していると考えられる。

また、有効飽和度との比較だが、地下水面が下がることによって地表面の飽和度が下がり透水係数が下がる。透水係数が下がるということは、水分の移動がしづらくなるので、これに伴い蒸発速度が低下することが考えられる。

6. 参考文献

- 1) 杉田倫明・田中正 編著 (2009) 「水文学」筑波大学水文科学研究室 著
- 2) ウィリアム・ジェリー, ロバート・ホートン 著 (2006) 「土壌物理学」井上光弘・他訳
- 3) M. Th. van Genuchten 1980 "A closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils"