

II - 177

土木研究所構内水文観測場において得られた裸地面蒸発量と表層土壌水分量との関係

○建設省土木研究所 正員 児玉法彰
建設省土木研究所 正員 深見和彦
建設省土木研究所 正員 寺川 陽

1. はじめに

降水量・流出量に加えて蒸発量を知ることは、流域規模での水収支の把握ならびに有効な水資源利用の上で重要である。従来、実蒸発量の推定に関しては、気象データから算出される基準蒸発量やパン蒸発計で観測された基準蒸発量に経験定数を乗じて求める方法が用いられてきた¹⁾。この流域規模での経験定数を求めるには、一定の気候条件・土地利用条件のもとでの長期の水文気象観測データを必要とする。このことは、地球温暖化に起因する気候変化や流域改変等による蒸発量の変化予測を困難にしている。このような問題を解決する一つの手法として、流域を土地利用別に分類し、それぞれの土地利用に応じて蒸発量を推定する方法が考えられる。本報では、先ず裸地面を対象に、建設省土木研究所構内水文観測場での熱収支観測・土壌水分量観測及びライシメータ蒸発量観測結果に基づき、裸地面蒸発量と地表面付近の土壌水分量との関係を調査した結果を報告する。

2. 研究方法

裸地面での蒸発現象は、ある地域に着目すると、日射量・気温・湿度・風速等の地上付近の気象状態と地表面付近の水分状態に支配されていると考えられる。このような視点から裸地面蒸発量の推定に関しては、基準蒸発量と実蒸発量の比に対する土壌水分量の影響を表す関数型がいくつか提案されている²⁾。本研究では、これらの成果を参考に「ペンマン法に基づく可能蒸発量(E_{pen})に対する裸地面蒸発量(E_{ac})の比(蒸発量比)は、地表面付近の土壌水分量(飽和度 Se)によって支配される」と考え、式(1)の関数 F を同定することを試みた。

$$\frac{E_{ac}}{E_{pen}} = F(Se) \quad (1)$$

ここで、裸地面蒸発量にはライシメータによる観測結果を、可能蒸発量にはペンマン法による推定値を、また地表面付近の水分量には地中5cmでの飽和度を用いた。解析には、1996年3月から8月までの6ヶ月間の実測データを用いた。ただし、期間中で1日の最低気温が0℃を下回りパン蒸発計の水面が凍結したと予想される日や停電等による欠測は、解析の対象から除外した。

3. 観測項目と観測結果

建設省土木研究所構内水文観測場での主な観測項目とセンサーの設置位置を表-1に示す。これらの項目は1分間隔で測定をしており、10分毎にその平均値を記録している。

図-1は、地中5cm、20cm及び1m地点での日平均土壌水分量の変化を示す。図より地表面ほど水分変化は激しく、深くなるにつれて水分変化は小さくなり、地中1mにおいては約55%でほぼ一定値を示している。

図-2は、裸地面蒸発量、パン蒸発量及びペンマン蒸発量の月変化を示すものである。図より、主に気象状態によって決まるパン蒸発量及びペンマン蒸発量は夏期に蒸発量が大きくなる傾向が確認できる。これに対し、裸地面蒸発量は大気蒸発能力に伴い蒸発量が大きくなる傾向は見られず、3～5月についてはペンマ

表-1 水文観測場での観測項目

正味放射量	150cm
気温・湿度	40, 100, 150cm
風速・風向	200, 300cm
蒸 発 量	地上(水面と裸地面)
土壌吸引圧	5, 10, 20, 50, 100cm

キーワード：基準蒸発量 ペンマン蒸発量 裸地面蒸発量 蒸発量比 土壌水分量
〒305 茨城県つくば市大字旭1番地 TEL: 0298(64)2211 FAX: 0298(64)1168

ン蒸発量と裸地面蒸発量がほとんど同じ値を示すのに対して、6～8月については裸地面蒸発量はペンマン蒸発量に比べ、小さな値を示すことが特徴である。ただし、7月は6月及び8月に比べて裸地面蒸発量が大きく観測されているが、この理由として6月後半から7月前半にかけての降水により地表面付近の土壤には水分が比較的多く存在したためと考えられる。

4. 考察

4.1 ペンマン蒸発量とパン蒸発量の関係

ペンマン蒸発量とパン蒸発量の日単位での比較を図-3に示す。図に示されるように、両者の間には高い相関(相関係数は0.81)があることが確認された。また期間中、パン蒸発量に対するペンマン蒸発量の比の平均は約0.72であった。この値は過去に報告されている蒸発比(3～4月は0.7、5～8月は0.8)³⁾とよく一致している。当観測場における可能蒸発量としてペンマン式が適用できることが確認された。

4.2 裸地面蒸発量に与える地表面付近の土壤水分量の影響について

裸地面蒸発に与える地表面付近の土壤水分量の影響を調べるために、式(1)に従って日単位でデータをまとめた結果を図-4に示す。図の縦軸は蒸発量比(裸地面蒸発量/可能蒸発量)を、横軸は地中5cmでの飽和度(Se)を表す。両者の関係には多少のばらつきはあるものの、蒸発量比は飽和度の低下に伴ない小さくなる傾向が顕著である。全データを対象に、飽和度を対数表示した片対数紙上での相関係数は0.79と高いことから、日単位での裸地面蒸発量の推定に式(1)を用いることは有効であると考えられる。

式(2)に式(1)の右辺の関数として、地中5cmでの飽和度(Se)を変数とする回帰式を示す。飽和度33%以上で蒸発量比を1とした理由は以下の通りである。蒸発量比が1となる飽和度 Se_1 と蒸発量比が1以下での直線回帰式の勾配 α をそれぞれ $10 \leq Se_1(\%) \leq 60$ 、 $1.0 \leq \alpha \leq 3.0$ の範囲で変動させ、 Se_1 と α の組み合わせで得られる回帰式とデータとの平均自乗誤差を算出した。その結果、平均自乗誤差が最小となる Se_1 と α の組み合わせとして $\alpha=1.80$ 、 $Se_1=33.0(\%)$ を得た。

5. おわりに

今回の調査結果は、ペンマン式を基準として土木研究所構内水文観測場の土壤について得られた結果であることから、基準蒸発量の決定法や他の土壤での適用性についても継続して調査研究を行う必要がある。

参考文献

- 1) 例えば、塚本良則：森林水文学，文永堂出版，1995。
- 2) W.J.Shuttleworth et al. Chapter 4.Evaporation in Handbook of Hydrology(ed,D.R.Maidment), McGRAW-HILL,1992.
- 3) 大槻恭一：蒸発散(その8)，農業土木学会誌，第57巻11号，pp.1065-1071，1989。

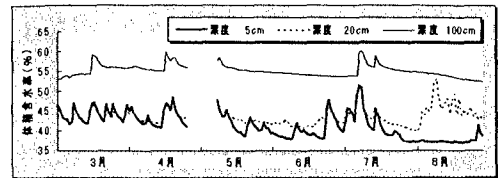


図-1 土壤水分量の日変化

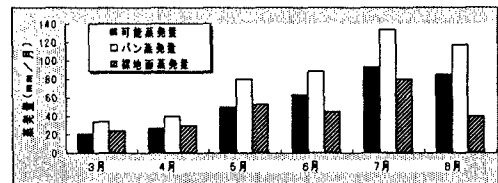


図-2 月別蒸発量

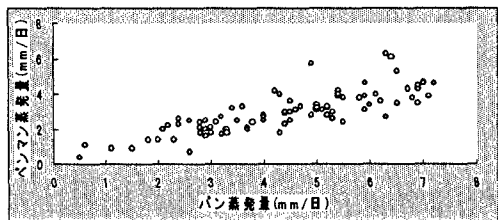


図-3 パン蒸発量とペンマン蒸発量の関係

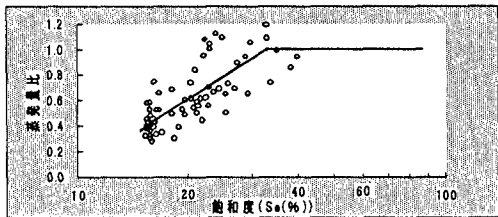


図-4 蒸発量比と飽和度の関係

$$\begin{aligned} 15 \leq Se(\%) < 33 & \quad F(Se) = 1.80 \log(Se) - 1.73 \\ 33 \leq Se(\%) & \quad F(Se) = 1 \end{aligned} \quad (2)$$