

群馬大学 正 員 小葉竹 重機
群馬大学 村 島 裕幸

1. まえがき

山地小流域では、流量の低減期に明瞭な日周期変動が現れることがある。午前8時～10時頃からの急激な流量の減少と、夕方からの流量の増加ないしは低減の休止である。これは蒸発散の影響であることはほぼ間違いなく、定性的には太田猛彦らによって数値シミュレーションが行われているが¹⁾、実流域の資料を用いた定量的な検討はまだ行われていない。蒸発散強度と低減量との関係などが明らかになれば、こうした観測を行うことによって、計測し難いと言われている蒸発散量を推定できるようになり、その意義は大きい。本報告は、実際の小流域での観測結果と、数値シミュレーションの結果について報告するものである。

2. 観測方法および観測結果

観測は群馬大学工学部から近い、森産業(株) (きのこの菌の人工培養、研究で世界的に有名である) 所有の山林の一部(流域面積 0.06km^2)で行った。観測方法は溪流に三角堰を設置して、測定精度を上げるためポイントゲージによって水位の計測を行った。計測は低減の始まる前の朝6時頃から開始し、翌日の正午頃まで、日中は30分おき、夜間は1時間おきに行った。測定項目は堰水深と水温、地表面下 10cm 、 30cm 、 50cm 、 100cm での地中温度である。この他に気温、気圧の測定も行った。図-2の(a), (b), (c), (d), (e)は観測結果を示したもので、(a), (b), (c)は顕著な減少と夜間の上昇の見られるもの、(d), (e)はこうした変動が顕著でない場合である。(a)は7月29日~30日、(b)は8月5日~6日、(c)は10月24日~25日であり、いずれも無降雨状態が1週間以上続いた後の晴天の日のものである。これに対して(d)の場合は10月5日~6日にかけてのもので、9月30日に 66mm の降雨があってから5日後のもので、流量は他の観測時のものと比較して5~13倍の値(2l/s 程度)である。(e)は11月12日~13日のもので、2日前に 3.5mm 、8日前に 37mm の降雨があり、ぐずついた天気が続いていた時のもので、観測日も厚い雲に覆われた曇天であった。縦軸の範囲は(d)が $600\text{cm}^3/\text{s}$ で、他のものは $100\text{cm}^3/\text{s}$ であり、流量変動がある場合でもその範囲は $10\sim50\text{cm}^3/\text{s}$ 程度である。流出高で表せば、 $0.0006\sim0.003\text{mm/hr}$ であって決して大きな値ではない。(d)のように自然流量低減がこの変動分を大きく上回る場合には、変動は表面には出てこないで、正午前の低減係数が他の期間と比較して若干大きくなっていることが分かる程度である。(e)の場合は蒸発散強度は小さく、自然低減のみが現れていると考えられるが、しかし、観測開始後しばらくの間の流量増加は説明できない。また、説明できない現象としてもう一つ、(b)の場合のように、流量増加が前日の流量を越えてしまう現象がある。いずれも単純な蒸発散では説明できないことであり、他の気象・水文要素を加えて検討を行う必要があると考えられる。

ここではまず検討の第一段階として、単純なモデルによって、日周期変動がどの程度表現できるかについて数値シミュレーションを行った。

2. 蒸発散モデルによる数値シミュレーション

図-1に示すように座標系を定義し、蒸発散項を入れたRichardsの式

$$\partial \theta / \partial t = - (\partial (k(\theta) \partial \phi / \partial x) / \partial x + \partial (-k(\theta) \partial \phi / \partial z) / \partial z - E T$$

を基礎として、これをS O R法で解いた。ここに、E Tは体積含水率 図-1 斜面および座標系の定義
表示の蒸発散強度である。全水頭 ϕ は毛管ポテンシャル Ψ と、 $\phi = \Psi + x \cdot \sin \alpha + z \cdot \cos \alpha$ の関係
がある。 $\Psi \sim \theta$ 、 $\Psi \sim K$ 、 $\Psi \sim C$ の関係は太田と同じ関数形で与えた。飽和透水係数は0.001cm/sec、比水
分容量Cの最大値を与える Ψ は-30cm、飽和含水率は0.6、移動可能な水のない含水率は0.28とした。蒸発

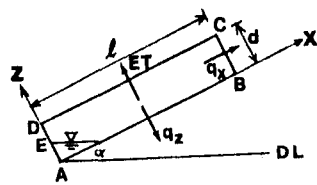


図-1 斜面および座標系の定義

散は朝6時から始まり、正午にピークとなり、夕方6時には終わる、山形の分布で与えた。夏期にはピーク1.4mm/hrで、トータルの日蒸発散量は9.8mmとした。この強度を根系の存在する範囲全体に均等に割り振り、各 Δz から均一に強制的に引算した。斜面長20m、層厚1.2mで根の深さは0.8mとして計算した結果の一例が図-2の(f), (g), (h), (i), (j)である。(f), (g), (h)は斜面勾配が1°の場合で、飽和の状態を初期条件として計算を始めた、それぞれ5日後、10日後、15日後の48時間に亘る変化を示したものである。(i), (j)は斜面勾配6°の場合のそれぞれ5日後、10日後の48時間に亘る変化である。したがって横軸の時間軸は(a)~(e)図の30時間よりも長い期間を表示している。また、縦軸は単位幅当りの流量表示 $\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm}$ ($\times 10^{-4}$)であって、これも(a)~(e)図と異なっているが、流域面積を考慮した換算をすれば、表示している流量の幅は $6\text{ cm}^3/\text{s}$ 程度である。(f)~(j)図から明かなように、斜面勾配が緩い場合には顕著な再上昇が見られる。しかし、その変動幅は(f)の最大の場合でも $0.9\text{ cm}^3/\text{s}$ 程度で、実際の流域での $1/10 \sim 1/50$ 程度でしかない。実際の流域の平均斜面勾配は約6°である

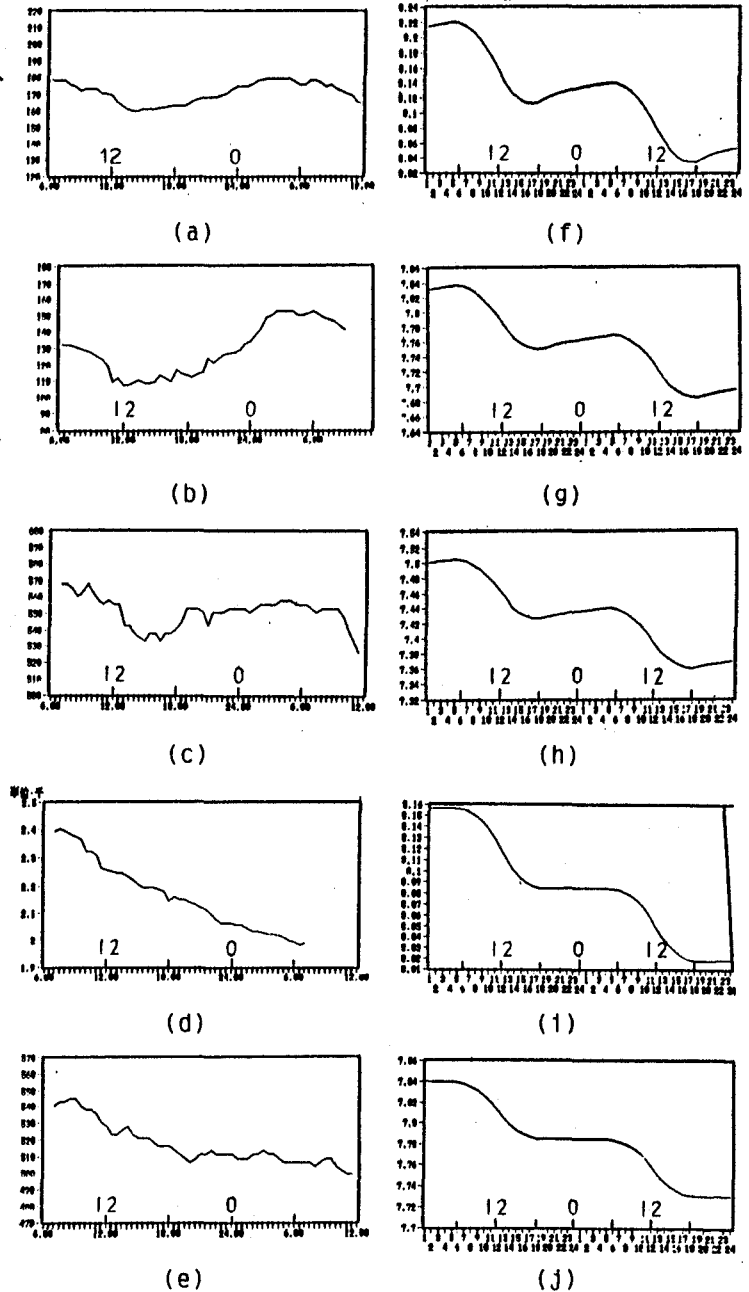


図-2 観測結果とシミュレーション結果

が、この場合のシミュレーションでは、わずかに再上昇するものの顕著な再上昇は現れてこない。用いたパラメータの値は現地での値ではなく、平均的な値を用いているために、現在これ以上の考察は行えないが、パラメータの値を変化させて検討を行う必要がある。しかし、午後2時頃からは流量低減の低減率が小さくなり、4時頃からは上昇に転じるという定性的な特性は表現しており、流量の日周期変動の本質的な部分は以上の単純なモデルである程度説明できるようである。3. あとがき : 山地小流域で観測される流量低減時の微小な日周期変動に着目して、蒸発散に関わる土中水の動きを推定し、ある程度の成果をあげることができた。参考文献: 1) 日野・太田・砂田・渡辺: 洪水の数値予報 - その第一歩 -, 森北出版、1989年