

II-36 山地小流域における流量の日周期変動

群馬大学 正員 小葉竹 重機
トピー工業 中沢 隆史
トピー工業 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い、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0.06km²)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600cm³/sで、他のものは100cm³/sであり、流量変動がある場合でもその範囲は10～50cm³/s程度である。流出高で表せば、0.0006～0.003mm/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)の場合も蒸発散強度は小さく、自然低減が相対的に卓越しており上述2ケースの中間的な場合と考えられる。ただし、(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は単純な蒸発散では説明できない。

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

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

を基礎式として、これをSOR法で解いた。ここに、ETは体積含水率 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。この蒸発散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。場の条件やパラメータ

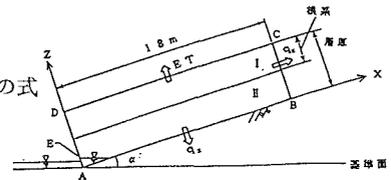


図-1 斜面および座標系の定義

の値を種々変化させて、どのような条件であれば図-2のような変化となるのかを調べた。ただし、斜面長については実際の流域を矩形流域で単純表現した場合の18mを用い一定としている。図-3は斜面の勾配の影響をみたもので、上から1度、6度、20度の場合である。層厚、根系は2mである。この図から、斜面勾配が緩いほど夕方から夜間にかけての流量増加が元の流量への相対比では大きいことが分る。図-4は層厚全体に根系が存在する場合の、層厚の影響をみたものである。上から1m、3m、5mの場合で、斜面勾配は6度の場合である。層厚が薄いと単位深さ当りの蒸発散強度が大きくなるために、蒸発散の影響が顕著に現れ低減の勾配変化が明瞭に現れてくることが分る。図-5は蒸発散強度の影響をみたもので、上から5、10、15mm/日である。2週間の期間での低減の様子である。当然のことながら大きいほど、勾配変化が顕著である。

ところで、図-2にも見られる夕方から夜間にかけての流量の増加はつぎのように説明できる。今、不飽和帯から地下水への降水量を10として、このうち7が蒸発散で上方に抜かれると、残りの3が地下水に供給されるが、地下水流出強度が4であれば地下水位は下がる。蒸発散がなくなると10が供給されるので地下水位は上昇する。図-6はその例を示したもので下の3本の線は自由水面の位置を表示しており、図の右横の数字1は4時、2は16時、3は翌日の4時における位置である。地下水面が夜間に上昇していることが分る。層厚は2m、斜面勾配は0度の場合である。上の3本の線は同時刻の-50cmの等 Ψ 線である。

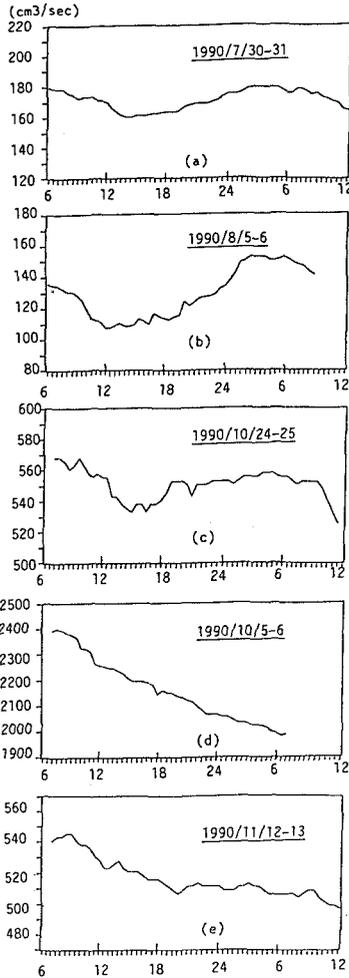


図-2 実流域における観測結果

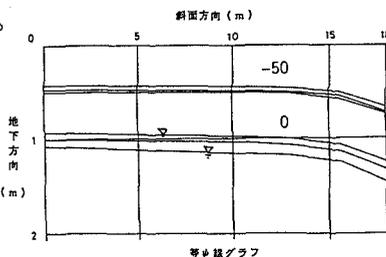


図-6 昼間と夜間の等 Ψ 線の変化が供給されるので地下水位は上昇する。図-6はその例を示したもので下の3本の線は自由水面の位置を表示しており、図の右横の数字1は4時、2は16時、3は翌日の4時における位置である。地下水面が夜間に上昇していることが分る。層厚は2m、斜面勾配は0度の場合である。上の3本の線は同時刻の-50cmの等 Ψ 線である。

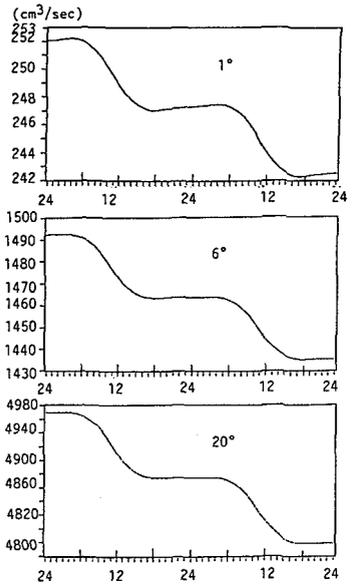


図-3 斜面勾配の効果

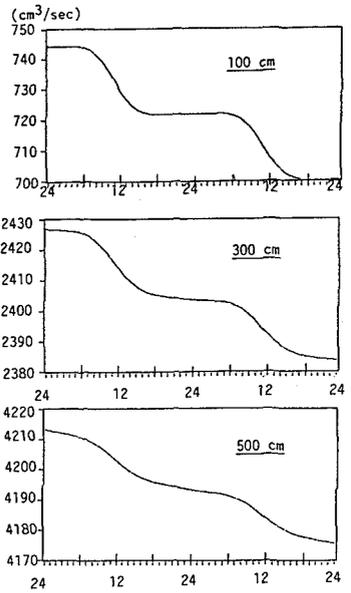


図-4 層厚の効果

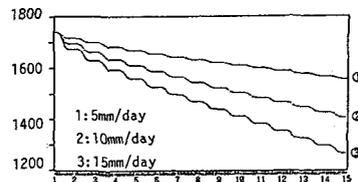


図-5 蒸発散強度の効果

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