

II-33

拡張ペンマン法による流域日蒸発散量の推定

山梨大学工学部 正員 砂田憲吾
 京都大学防災研究所 正員 池淵周一

1. はじめに

水資源を考える上で、また長期・短期の水収支を調べる上で流域からの蒸発散量は基本的な検討事項である。現象としての蒸発散そのものも重要な課題ではあるが、河川水文学の観点からは流域規模での蒸発散量の合理的な推定も期待されている。後者の立場から、著者等は先に¹⁾ Penmanによる蒸発散能式を拡張し、実蒸発散量推定法として、通常気象項目のみによる計算法を提案している。その場合支配的な項目である純放射量の算定が良否を左右する。本報は、より汎用性のある推定法としての拡張ペンマン法において、山地流域での適用法、特に純放射量の評価について検討し、実流域試験地での検証を行ったものである。

2. 拡張ペンマン法

林地流域からの日実蒸発散量(E_s mm/day)推定のためPenman式を基本として次式を提案している。

$$E_s = \frac{W}{\Delta + \gamma} \left\{ \frac{\Delta R_n}{\ell} + \gamma (B + Cu) d \right\} \quad (1)$$

ここに、 W :飽和面積比率であり、降雨後経過日数 T を用いて $W = 8.16 \times 10^{-0.0067\sqrt{T}}$ 、 Δ :気温～飽和蒸気圧線のこう配、 γ :乾湿計定数、 R_n :純放射量、 ℓ :潜熱消費量、 u :24時間平均風速、 d :飽差、 B, C :定数でこれまでの検討により $B = 0.037$ 、 $C = 0.0052$ である。以下に示される R_n の推定も含めて式(1)は通常気象観測項目のみで算定される実用上の利点を持っている。

3. 純放射量の推定²⁾

R_n は地点緯度(ϕ)、太陽赤緯(δ)から定まる単位時間当たりの大気外放射量(I_{0h})と日照時間(H)から求める。日の出日没時の時角を ω_0 とすれば、 $\cos \omega_0 = -\tan \phi \tan \delta$ (2)
 地表・太陽運行の幾何学的関係より I_{0h} は次式で表わされる。

$$I_{0h} = S_0 (\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \frac{\sin \omega_0}{\omega_0}) \quad (3)$$

ここに、 S_0 :太陽定数(=117 ly/hr)。地表に達する放射量はエアロゾル、湿度、雲量などの影響を受けて変化するが、時間当たりの純放射量の実測値(八王子試験地) r_n に直接回帰させれば、先に得ている定数を用いFig.1から次の近似式が成立する。

$$R_n = r_n H + 59 = (I_{0h} - I_{0h, \min}) H + 59 \quad (\text{ly/day}) \quad (4)$$

さて、実際に対象とする流域の多くは山林地にあり、分水界により流域盆の形態を示す。一般に気象観測は平地中小都市で行なわれるため、そのデータ利用時には高度による気温補正と共に山地流域での日照時間の補正を行う必要がある。ここでは複雑な流域形状をFig.2のよう単純化して日照(水平)面積と太陽高度との関係を求める。斜面傾斜を α 、太陽高度を β とすれば、Fig.2下図を参考に $(\sqrt{1-r^2} \sin^2 \theta - r \cos \theta) \tan \beta = (1-r) \tan \alpha$ の関係より $\theta_0 = \cos^{-1}(\tan \beta / \tan \alpha)$ を得る。 $\theta > \theta_0$ において、

$$r = \frac{\tan^2 \alpha - \tan^2 \beta}{\tan^2 \alpha + \tan^2 \beta - 2 \tan \alpha \tan \beta \cos \theta}$$

を得る。これより、モデル流域において面積の $S\%$ が日照を受けるときの斜面傾斜 α に対する β はFig.3のようになる。

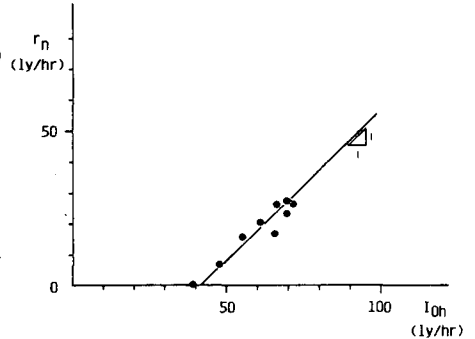
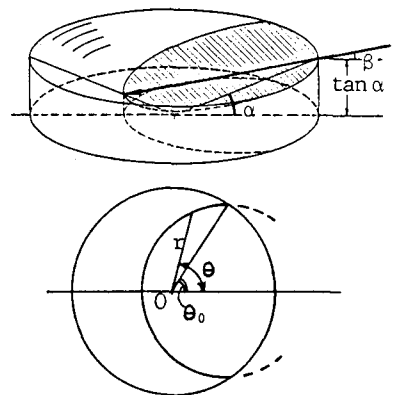
Fig.1 I_{0h} と r_n との関係

Fig.2 モデル流域盆と日照面積

$S=50\%$ をとり、その時の日の出日没時の時角 ω_β は次式となる。

$$\omega_\beta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\sin \beta}{\cos \phi \cos \delta} - \tan \phi \tan \delta \right\}$$

これより、山地流域での日照時間は $D_m = 24 \omega_\beta / \pi$ 、従って山地流域での日照時間 H_m は、平地での日照時間 D_0 、日照時間 H を用いて次式で近似される。

$$H_m = D_m \cdot H / D_0 \quad (5)$$

H_m を用いた式(4)の適用の際、厳密には太陽高度の高い位置での平均放射量を用いるべきであるが、実際の α の推定精度を考慮すれば式(5)の適用が許されよう。

4. 荒川試験地への適用

年間水収支に関するcheck法³⁾で調べたのち、荒川試験地(梅ヶ谷流域)に適用した。流域面積は0.184Km²、杉林が90%の南北に細

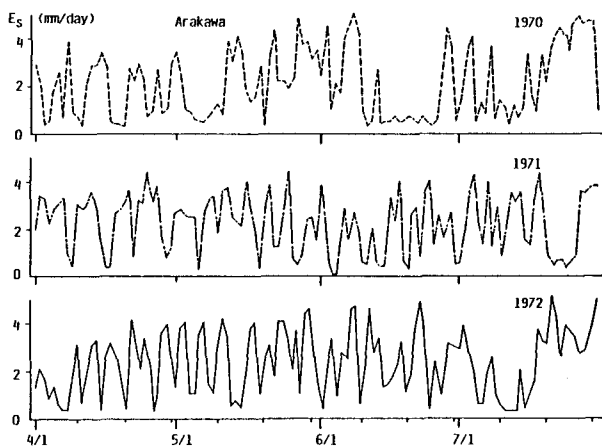


Fig.4 日蒸発散量推定値

長い形状をしている。至近の気象台(彦根,上野)資料を用い、流域斜面の傾斜は20°を仮定した。Fig.4は1970~72年について推定された日蒸発散量を表し、Fig.5は月別蒸発散量を示している。70,71年には梅雨期を反映して低いレベルの値になっている。

Fig.6はこれまでに適用した神流川、釜淵流域の推定値も加えて年間の水収支法による推定値(E')との比較を示している。三流域での計算推定値はほぼ妥当な結果となっている。

5. おわりに

先に提案した拡張ペンマン法について山地流域への適用法を示し、実流域での日蒸発散量を推定して水収支法による推定と比較して良好な結果を得た。今後は土地利用、植種の違いによる影響も調べて行きたいと考えている。最後に、資料整理・計算に協力された(当時山梨大学生)佐藤元治氏、並びに貴重な荒川試験地水文資料を提供された京大・石原安雄教授に深く感謝致します。

【参考文献】

- 1) 砂田・池淵・丸茂：第41回年講，1986
- 2) 砂田・池淵：土木論文集(投稿中)
- 3) 榎根・竹内：地理評，1971
- 4) 石原・長尾・小葉竹：京大防災報，No.11(B)，1968

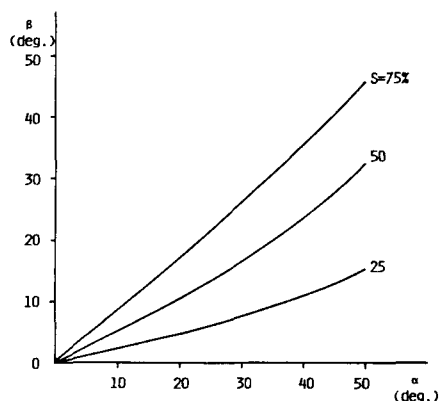


Fig.3 斜面傾斜,太陽高度と日照面積

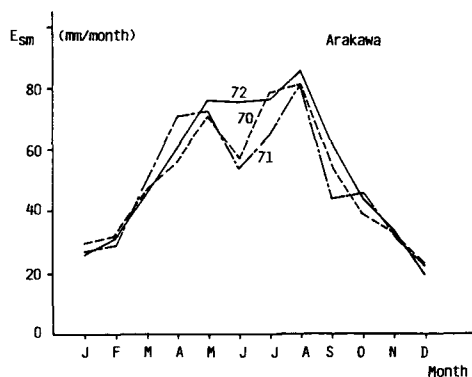


Fig.5 月蒸発散量推定値

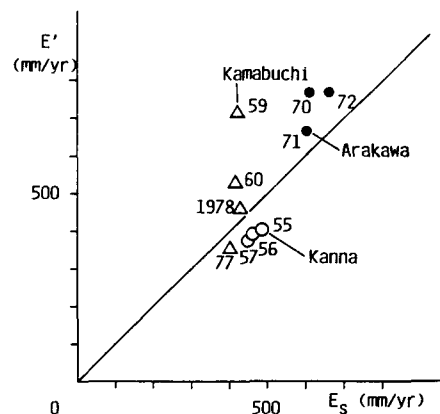


Fig.6 蒸発散量推定値の検証