

海岸クロマツ林の蒸発散 (IV)

一純放射量、日射量の測定と推定について

九州大学農学部 矢 幡 久
須 崎 民 雄

1. はじめに

純放射量は、蒸発散、気温や地温の上昇および光合成に利用されるエネルギー量として重要な気象要素であるが、一般の気象観測資料に含まれないため、観測できない期間や場所の純放射量は何らかの方法で推定する必要がある。従来、日日射量の月平均値は雲量や日照時間から推定されているが、毎日の日日射量を推定したり、観測点が離れる場合の推定精度を検討した研究例は少ない。また、従来の推定計算では季節や観測地点の緯度によって変化する太陽の赤緯や日可能日射量などの諸量は理科年表等の表を利用しているが、マイクロコンピュータの利用が容易となった今日では、算定式を利用することの意味は大きいと考えられる。そこで、これらの点について検討した。

2. 観測データの収集

福岡市海の中道のクロマツ林(平均樹高8.5m, LAI 4.05)の地上9.7mの高さで、1980年の約1年間日射計(英弘製MS-60)と放射収支計(同CN-11)により10分(あるいは30分)間隔に日射量と純放射量を計測し、それぞれ日積算値を求めた。この間欠測日があるが、ほぼ1年間の季節変動が含まれる。一方、雲量および日照時間の観測値は福岡県気象月報の福岡管区気象台の資料を用いた。現地はこの観測地点から約9km離れている。

3. 日射量推定の算定式

日射量は雲量に影響されるため、雲量を用いた経験式が種々ある¹⁾が、Budyko等(1961)の式が適合性がよいとされている²⁾。すなわち、日射量 $R_s = (Q + q)_0 (1 - 0.37C - 0.38C^2)$ 、ただし、 $(Q + q)_0$; 完全晴天時の可能日射量、 C ; 雲量である。

一方、日射量を日照時間 n から推定する経験式として、 $R_s / R_a = a + b n / N$ がある。ただし、 R_a ; 大気圏外の日射量、 N ; 日可能日照時間。

ここで、 $(Q + q)_0$ 、 R_a および N は観測地の緯度 ϕ や季節で変化する値で、通常気象常用表が利用されるが、ここでは岡上(1957)の提案した斜面上の日射量推定式を利用し、 I_0 に太陽定数($= 1.95 \times 10^8 \text{ ly} /$

hr)を代入し、 R_a, N を算定した。すなわち、

$$R_a = I_0 \left[1 / \omega \left\{ 1 - (\sin \alpha \cos \beta \cos \psi + \cos \alpha \sin \psi)^2 \right\}^{1/2} \sin(\omega t + a) \cos \delta + (\sin \alpha \cos \beta \cos \psi + \cos \alpha \sin \psi) \sin \delta \right]^{1/2}$$

$a = \tan^{-1} \{ \sin \alpha \sin \beta / (\cos \alpha \cos \psi - \sin \alpha \cos \beta \sin \psi) \}$ 、ただし、 α, β ; 斜面の傾斜角と方位、 ω ; 地球自転の角速度、 δ ; 太陽赤緯、 t ; 時角。ここで、 $\delta = \tan \delta = \sin(\epsilon - E) / \tan \epsilon$ から求められる。ただし、 ϵ ; 黄道の平均傾斜($23^\circ 26' 54''$)、 e ; 離心率(0.01672)、 D, ℓ ; 春分点からの経過日数と平均太陽経度($\ell = 2\pi D / 365.2 \text{ rad}$)、 E ; 均時差。荒木(1981)は δ および E を算定する回帰式を求めているが、ここでは渡辺(1959)の理論近似式を利用した。

$$E = -2e(L + \tan^2 \frac{\epsilon}{2}) \sin L - 2e(L - \tan^2 \frac{\epsilon}{2}) \sin \omega \cos L + (\tan^2 \frac{\epsilon}{2} - \frac{5}{4} e^2 \cos 2\omega) \sin 2L - \frac{5}{4} e^2 \sin 2\omega \cos 2L + 2e \tan^2 \frac{\epsilon}{2} \cos \omega \sin 3L + 2e \tan^2 \frac{\epsilon}{2} \sin \omega \cos 3L - \frac{1}{2} \tan^4 \frac{\epsilon}{2} \sin 4L$$

純放射量 R_n と日射量 R_s との関係は、植生の種類によって一定でないが、クロマツ林の場合は季節によって変化する。すなわち、 $R_n = a + b \cdot R_s$ の回帰直線で表わすと、夏季(7~8月)には $a = -1$ 、 $b = 0.73$ ($r = 0.99$)であるのに冬季(1~2月)は $a = -29$ 、 $b = 0.57$ ($r = 0.98$)となり、同じ R_s に対して R_n は低下した(図-1)。ところが、日中のみの R_n を積算した値(R_n^*)は季節変化はほとんどみられず、ほぼ一つの回帰式で表わされ、 $a = -1$ 、 $b = 0.72$ ($r = 0.99$)となり、大橋ら(1981)の平地アカマツ林での値と類似した(図-2)。

日射量を雲量から計算し、実測値と比較したのが図-3である。点のバラツキは大きく、相関も低いが、回帰係数は1に近く、雲量の観測点と現地が約9km離れていたが、現地の日射量はある程度推定可能であると思われる。

一方、日射量を日照時間から計算するために、 R_s / R_a と n / N の関係を図-4に示した。両者の関係は点

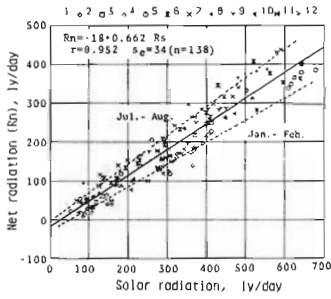


図-1 純放射量 R_n と日射量 R_s との関係
図上の数字は月を示す。

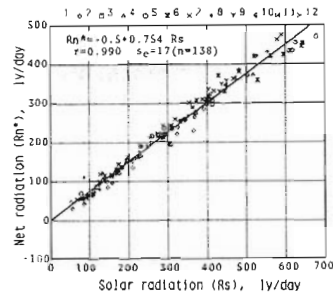


図-2 日中のみの純放射量 R_n^* と日射量 R_s との関係

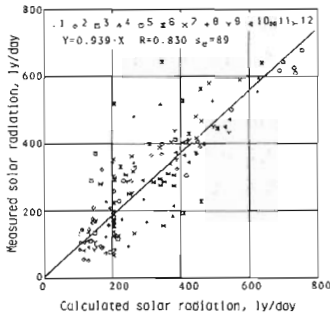


図-3 雲量からの推定値と実測値との関係

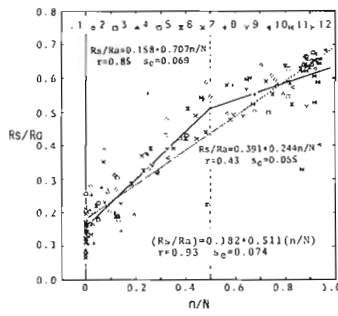


図-4 R_s/R_a と n/N との関係

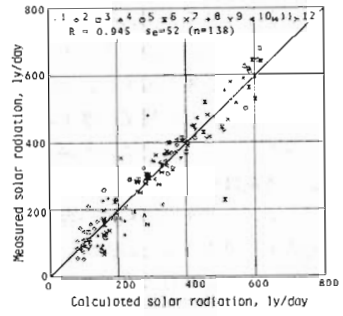


図-5 日照時間からの推定値と実測値との関係

線で示す1本の回帰直線で表わすこともでき、この場合の相関は高く ($r=0.93$), 推定の標準誤差 Se は 0.074 であった。しかし、138日のうち4日程度であるが、実測値はこの回帰直線から大きく離れ、また $n/N=0.5$ 付近では上方にずれがみられる。これは、海に突き出た現地と背後に山地を控えた気象台とは地形的に異なり、このため現地上空は雲量が少ないためと考えられる。そこで、 $n/N=0.5$ を境に2つの回帰式を求め、 R_s の計算値と実測値を比較した(図-5)。この場合、相関は高く ($r=0.95$, $Se=52$ ly/day), 雲量より日照時間から推定の方が精度は高いことが認められた。

最後に、1980年の毎日の日射量 R_s と日中のみの純放射量 R_n^* を日照時間から計算し、前報により日蒸発散量を推定してみた。7~8月には降雨日が続いたため、月蒸発散量は5月が最高 141 mmで、年蒸発散量は $1,073$ mmとなった(図-6)。この推定値は今後実測値と比較検討する必要があると思われる。

引用文献

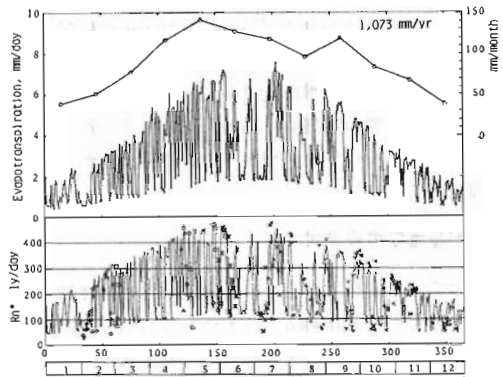


図-6 純放射量 R_n^* の実測値と推定値(実線)の年変動(1980年)と日および月蒸発散量推定値
(1) 内島善兵衛: 農業気象ハンドブック, 70~92, 養賢堂, 1977 (2) 薄井五郎: 北海道林試研報, 53~58, 1975 (3) 岡上正夫: 日林試, 39, 435~437 1957 (4) 渡辺敏夫: 数理天文学, 124~161, 恒星社厚生閣, 1959 (5) 矢幡 久ら: 92回日林論, 301~302, 1981