

防衛大学校土木工学教室 正 員 ○多田 毅
防衛大学校土木工学教室 正 員 重村利幸

1. はじめに

現在、気象資料から蒸発散量を推定するために、様々な基準蒸発量、実蒸発散量推定式が提案されており、そのほとんどが正味放射量(純放射量とも呼ばれる)を入力値として採用している。そして、正味放射量は測定が困難なため、こちらも気象資料から気候学的推定式により推定されることが多い。しかし、正味放射量は地表面の条件の影響を強く受けるため、気象資料のみを用いる推定法では推定誤差が大きいたことが知られている。そこで、正味放射量の推定誤差が、正味放射量を入力値とする蒸発散量推定式に与える影響について検討を加える。

2. 代表的な正味放射量推定式

正味放射量は次式で定義される。

$$R_n = (1 - ref)S - \varepsilon(\sigma T_s^4 - L^{\downarrow}) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 R_n は正味放射量(W m^{-2})、 S は日射量(W m^{-2})、 $L^{\downarrow}$ は大気放射量(W m^{-2})、 T_s は地表面温度(K)、 ref は地表面のアルベド、 σ はステファン・ボルツマン定数($\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$)、 ε は射出率(≈ 1.0)である。ここで、右辺第1項は測定が比較的容易であるが、右辺第2項の測定が困難であるため、様々な推定式が提案されている。代表的なものとして、Chang(1970)の推定式が挙げられる。

$$R_n = (1 - ref)S - \sigma T^4 \left\{ a + b \left(\frac{S}{S_0} \right) - c\sqrt{e} - d\sqrt{e_a} \left(\frac{S}{S_0} \right) \right\} \dots\dots\dots (2)$$

T は気温(K)、 e_a は大気の水蒸気圧(hPa)、 (τ/τ_0) は日照率、 $(S^{\downarrow}/S_0)$ は大気上端での日射量と地上で観測された日射量の比、 $a \sim d$ は経験定数である。

3. 代表的な蒸発散量推定式

これまでに、基準蒸発量、基準蒸発散量、実蒸発散量などの推定式が数多く提案されているが、その多くが入力値として正味放射量を採用している。ここでは、代表的な推定式として、Penmanの蒸発散位、Priestly and Taylorの可能蒸発量、Brutsaert and Strickerの補完関係式の3種を取り上げる。

Penmanの蒸発散位 Penmanは、「植物に完全に覆われた地表面に十分に水が供給された場合に失われる蒸発散量」の推定式を提案し、現在でも広く利用されている。

$$E_{pp} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \left(\frac{R_n}{l} \right) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} f(u)(e_s - e_a) \dots\dots\dots (3)$$

$$f(u) = 0.26(1.0 + 0.54u) \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 E_{pp} はPenmanの蒸発散位(mm day^{-1})、 R_n は正味放射量($\text{J m}^{-2} \text{day}^{-1}$)、 u は高度2mでの風速(m sec^{-1})、 e_a は大気の水蒸気圧(hPa)、 e_s は飽和水蒸気圧(hPa)、 l は水の気化熱(J kg^{-1})、 Δ は飽和蒸気圧曲線の傾き、 γ は乾湿計定数である。

Priestly and Taylorの可能蒸発量 Priestly and Taylorは、移流の無い広大な地表面からの蒸発散量が以下の式で示されるとし、可能蒸発量と名付けた。

$$E_p = 1.26 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \left(\frac{R_n}{l} \right) \dots\dots\dots (5)$$

キーワード：正味放射量、気候学的推定式、蒸発散量

連絡先：〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 Tel 0468-41-3810 内線 3520 Fax 0468-41-5913

Brutsaert and Strickerの補完関係式 Brutsaert and Strickerは、流域実蒸発散量とPenmanの蒸発散位の和が、Priestly and Taylorの可能蒸発量の2倍となると提案した．この関係は補完関係式と呼ばれ、実蒸発散量推定式として広く利用されている．

$$E_a = 2 E_p - E_{pp} \cdots \cdots \cdots (6)$$

4. 正味放射量の推定誤差と推定蒸発散量の変化

青森、秋田、盛岡、山形、仙台、福島 の5地点での気象台の観測データに典型的な森林と芝生地のパラメータを与え、各地表面状態における正味放射量と蒸発散量の日別値を推定した．

まず、熱収支式を解くことで算定した正味放射量と、Changの式で推定した正味放射量との比較を図-1と図-2に示す．Changの推定式の経験定数は芝生地上で同定されたものであることから、Changの推定値は芝生地では比較的良好な精度を持つが、森林では常に過小評価となっていることが確認できる．

次に、両手法による正味放射量推定値を用いて算定した各蒸発散量を表-1と表-2に示す．同時に、熱収支を解くことにより算定した蒸発散量 E_t を併せて示す．Changの式による推定正味放射量を用いた場合、森林と芝生での推定蒸発散量の差が小さく、森林の蒸発散量が過小評価されていることがわかる．

5. まとめ

Changによる気候学的推定式を用いて推定された正味放射量は、芝生地では比較的良好な精度を持つが、森林域では10～20%以上もの過小評価となる．そのため、正味放射量を入力値とする蒸発散量推定式は、同様に森林域では過小評価となる．補完関係式による推定実蒸発散量の年総量では約30～40%もの過小評価となることが確認された．同一の気象条件下であっても、地表面の条件が異なることにより正味放射量、実蒸発散量は大きく変化する．したがって、地表面の条件が考慮されていない気候学的正味放射量、蒸発散量推定式はその適用範囲に注意して使用する必要がある．

参考文献

1) Chang, J. H. (1970) : Global distribution of net radiation according to a new formula, *Assoc. Amer. Geogr.*, **6**, 340-351.

表-1 Changの式による推定正味放射量を用いた推定蒸発散量 (mm year⁻¹)

—	E_p	E_{pp}	E_a	E_t
森林	385	504	320	772
芝生	351	474	284	360

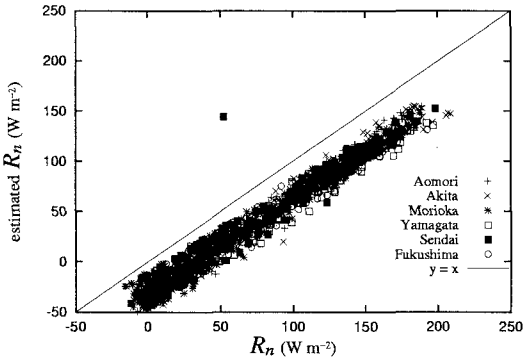


図-1 森林域での推定正味放射量

表-2 熱収支を解くことで算定した正味放射量を用いた推定蒸発散量 (mm year⁻¹)

—	E_p	E_{pp}	E_a	E_t
森林	645	762	569	772
芝生	511	656	413	360

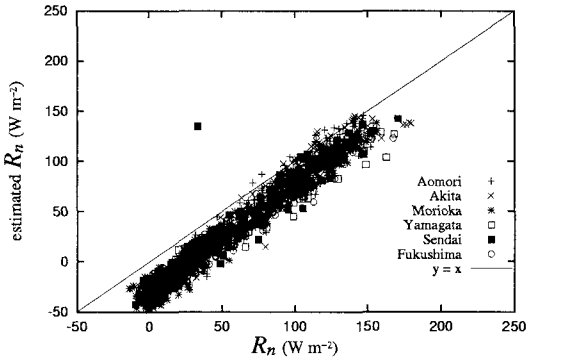


図-2 芝生域での推定正味放射量