

牧草畑における蒸発散量推定法の比較

Comparing two methods to estimate evapotranspiration in a grass field

○登尾浩助・小野和義・颯田尚哉・古賀潔・向井田善朗

○K. Noborio, K. Ono, N. Satta, K. Koga, and Y. Mukaida

はじめに

家畜ふん尿の農地への還元は、営農的にもリサイクルの観点からも有効な処理法である。しかし、過剰な還元は周辺水環境への悪影響が懸念されることから、還元量や還元時期には注意を払う必要がある。筆者らは、これまでクロボク土の牧草地に還元された乳牛ふん尿が地表水と地下水に与える影響を調査してきた。そして、家畜ふん尿起源の硝酸態窒素は、クロボク土中を移動していく間に地表面から 1m 程度の深さまででほとんどが消失してしまい、地下水への短期的な影響が極めて小さいことを見出した¹⁾。このような発見をふん尿還元管理に利用するためには、シミュレーションモデルを援用するのが効果的であると考えられる。その際に、圃場における水収支の大部分を占める蒸発散量の正確な推定が必要となる。本研究では、気象因子から蒸発散量を推定するエネルギー収支法と標準的な蒸発散量測定法であるボーエン比法による結果を比較し、リードカナリーグラス牧草畑におけるエネルギー収支法の有効性を確認したので報告する。

実験方法

実験は、岩手県盛岡市近郊の緩傾斜地に位置する約 2ha のリードカナリーグラス畑において行った。気象因子は、気温、湿度、日射量、短波反射量、風速、地中熱フラックスを現地で測定し、エネルギー収支法には 15 分間の平均値を使った。また、ボーエン比法では、地面高 1.5 と 2.0m 地点における気温と水蒸気密度に加えて、正味放射量と地中熱フラックスを測定し、20 分間の

平均値を解析に使用した。両法による各エネルギー項の比較を行った。

(1) エネルギー収支法

牧草キャノピー面でのエネルギー収支(1式)を満足させる牧草表面温度 T_s (K) を見つけることで蒸発散量 E (g/m²/s) を推定する。

$$R_n = LE + H + G \quad (1)$$

ここに、 R_n は正味放射量(W/m²)、 LE は潜熱フラックス(W/m²)、 H は顕熱フラックス(W/m²)、 G は地中熱フラックス(W/m²)で測定値である。(1)式の各項は全て T_s の関数として以下のように表される。

$$R_n(T_s) = (1 - \alpha)R_s + \varepsilon_s \varepsilon_a \sigma T_a^4 - \varepsilon_s \sigma T_s^4 \quad (2)$$

$$LE(T_s) = L \frac{e_s(T_s) - e_a}{r_v} \quad (3)$$

$$H(T_s) = \rho c_p \frac{T_s - T_a}{r_H} \quad (4)$$

ここに、 α はアルベド、 R_s は日射量(W/m²)、 ε_a 、 ε_s はそれぞれ大気と牧草表面の射出率、 σ はステファン・ボルツマン定数(W/m²/K⁴)、 T_a は気温(K)、 L は水の蒸発顕熱(J/g)、 e_a 、 e_s はそれぞれ大気と牧草表面の水蒸気密度(g/m³)、 ρc_p は大気の体積熱容量(J/m³/K)、 r_v 、 r_H はそれぞれ水蒸気輸送と熱輸送に対する空力学的抵抗(s/m)で風速と草丈の関数である。(1)式にニュートン・ラプソン法を適用して T_s を求めた。

(2) ボーエン比法

ボーエン比 β は(5)式のように定義される。

$$\beta = \frac{H}{LE} = \gamma \frac{T_{z1} - T_{z2}}{e_{z1} - e_{z2}} \quad (5)$$

ここに、 γ はサイクロメータ定数($\text{g/m}^3/\text{K}$)、 T_{z1} 、 T_{z2} はそれぞれ地上高 $z1$ 、 $z2(\text{m})$ における気温(K)、 e_{z1} 、 e_{z2} はそれぞれ地上高 $z1$ 、 $z2(\text{m})$ における水蒸気密度(g/m^3)である。(5)式を(1)式に代入すると潜熱フラックス $LE(\text{W/m}^2)$ は、

$$LE = \frac{R_n - G}{\beta + 1} \quad (6)$$

と表される。(6)式の右辺は全て測定値である。

結果と考察

図 1 にはボーエン比法とエネルギー収支法とから求めた7月23日におけるエネルギー収支式(1式)の各項の比較を示す。日中においてエネルギー収支法の方が R_n と LE 項を幾分過大に評価した。しかし、朝夕の時間帯では、全ての項において良好な一致が見られた。正味放射から得られるエネルギーの90%近くは、蒸発散に使われていることがわかる。この時のリードカナリーグラスは、1番草の刈り取りから約50日経過しており、草丈は0.9mほどであった。従って、畑地表面は十分に牧草に被覆されていた。

図 2 には、ボーエン比法とエネルギー収支法により求めた7月1~28日の日蒸発散量の比較を示す。1mm/d以下から5mm/d程度までの広い範囲でほぼ1:1の一致が見られた。

おわりに

エネルギー収支法によって気象因子のみから牧草地の蒸発散量を良好に推定することができた。汎用性を広げるためには、アメダスデータを用いて蒸発散量を推定できるようにする必要がある。

[謝辞] 本研究の一部は、日本学術振興会科研費(基盤研究(B)(2) 11460109, 基盤研究(B)(2) 15380160)、(財)畜産環境整備機構からの研究助成により行われた。横田牧場の横田宗明氏には研究全般に渡ってご協力いただいた。深謝いたします。

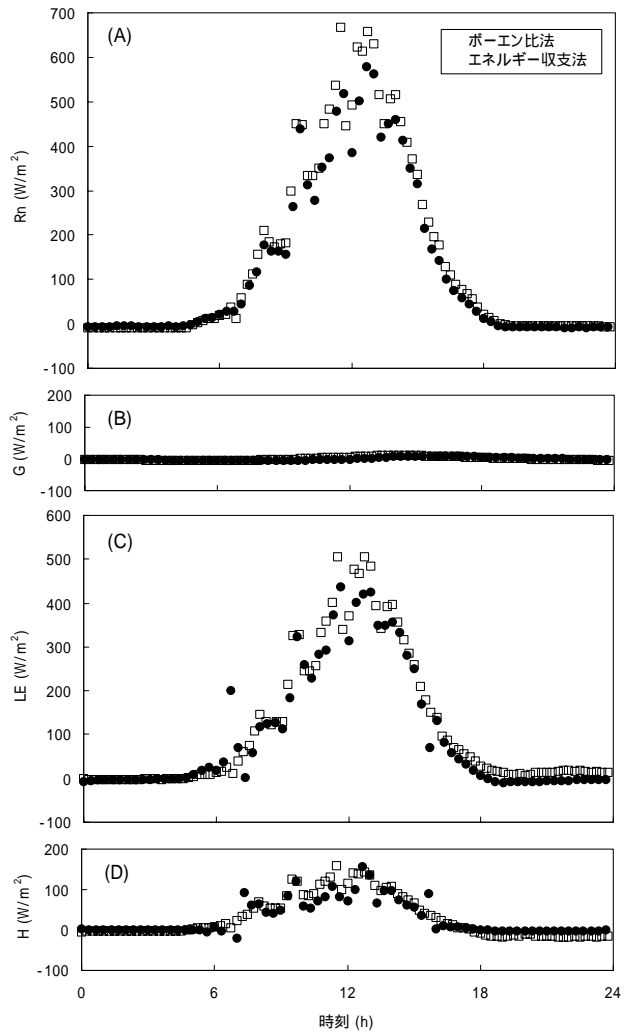


図 1 2003年7月23日のリードカナリー畑におけるエネルギー収支の比較。この日の天候は晴れで、草丈は約0.9mであった。

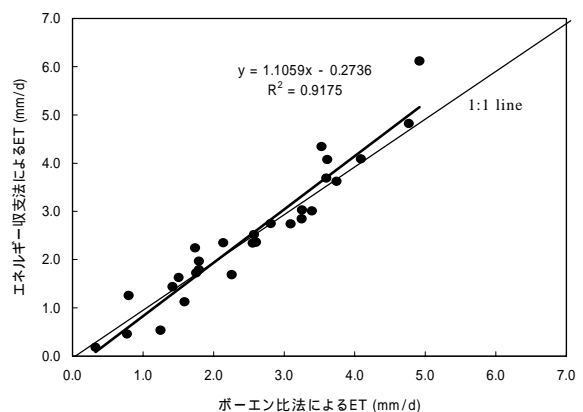


図 2 2003年7月1~28日のリードカナリー畑における日蒸発散量の比較。

[文献] 1) 登尾ら：ふん尿還元草地における土壌のフィルター効果。農土誌 70:631-634(2002)