

湿原及び牧草地における実蒸発散量の観測

北海道開発局開発土木研究所 正員 ○井形 淳
 北海道開発局石狩川開発建設部 正員 中津川 誠
 日本気象協会北海道本部 中林 宏典

1. はじめに

水循環過程を明らかにする上で、蒸発散過程は最も大きな不確定要因である。蒸発散は地被状態や気象条件などの、多要素が複雑に影響する水文現象で、十分なメカニズムの解明がされていない。その理由として実蒸発散量の直接測定が困難であることが挙げられる。そこで実際の蒸発散量を調査する目的から試験地を設け、各種計測を実施した。試験地は昨年報告した湿原試験地での計測¹⁾を継続し、新たに牧草地においても観測機器を設置して計測を実施した。本論文では観測結果によって得られた地表面の熱環境、蒸発散特性などをまとめた。

2. 試験地の概要

試験地は図-1に示す北海道千歳市の美々(湿原)及び駒里(牧草地)に造成されている。湿原試験地は天然湿原を利用し、30×25m四方を網矢板で囲って整備されており、水位は任意に調整できる。駒里牧草地は平坦な圃場中の10×10m地表面で、草丈20cm程の雑草が繁茂している。観測期間は美々が1996年5月から、駒里が1996年8月から通年観測を行っている。使用した計器及び観測項目は表-1に示すとおりである。

表-1 観測項目

計器	美々湿原試験地観測項目	駒里牧草地観測項目
白金抵抗温度計	気温(3.95, 2.15m)、植生層内気温	気温(2.0, 0.5m)
白金抵抗温度計	地温(地表面下0.5, 0.2, 0.05, 0.0m)	地温(地表面下0.2, 0.05m)
矢板式風向計	風向(3.95)	風向(10m)
アルベドメータ	全天日射量、反射日射量	全天日射量、反射日射量
放射収支計	放射収支量	放射収支量
3杯式微風速計	風速(3.95, 2.95, 2.15m)	風速(3.95, 2.95, 2.15m)
熱流板	地中熱流量(地表面下0.05m)	地中熱流量(地表面下0.05m)
超音波風速温度計	鉛直風速、気温変動量	
赤外線式湿度計	比湿変動量	
静電容量式湿度計	相対湿度	
露点温度計		露点温度(2.0, 0.5m)
放射収支計		地表面温度(0.2m)
超音波積雪深計		積雪深

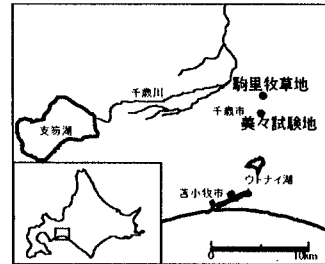


図-1 観測試験地の位置

3. 地表面における熱収支

湿原及び牧草地表面の熱収支はそれぞれ次式のように示される。

$$R_n + H + IE + G = \rho_w C_w \frac{\partial T_w}{\partial t} z_w + \rho_a C_a \frac{\partial T_v}{\partial t} z_v \quad (1)$$

ここで R_n は放射フラックス量、 H は顕熱、 IE は潜熱、 G は地中伝達熱、 ρ は密度、 C は比熱、 T は温度、 z は層厚を表し、添え字 a 、 w 、 v はそれぞれ空気層、水層、植生層を表す。顕熱と潜熱については湿原試験地では傾度法と渦相関法、駒里牧草地では傾度法とボーエン比法により推定した。なお、ボーエン比法では(1)式の右辺を0と仮定して顕熱、潜熱を推定している。

$$H = \rho_a C_a \kappa^2 \frac{(T_{a2} - T_{a1})(u_2 - u_1)}{(\ln((z - d)/(z - d)))^2} (\Phi_M \Phi_H)^{-1}, \quad IE = \rho_a \kappa^2 \frac{(q_{a2} - q_{a1})(u_2 - u_1)}{(\ln((z_1 - d)/(z_2 - d)))^2} (\Phi_M \Phi_E)^{-1} \quad (2)$$

$$H = \rho_a C_a \overline{w'T'}, \quad IE = \rho_a \overline{w'q'} \quad (3)$$

$$B = \frac{H}{IE} = \frac{C_p}{l} \frac{\Delta T}{\Delta q} \quad (4), \quad H = -\frac{B(R_n + G)}{1 + B}, \quad IE = -\frac{R_n + G}{1 + B} \quad (5)$$

ここで κ はカルマン定数、 u は水平風速、 d は地面高修正量、 q は比湿、 w' 、 T' 、 q' はそれぞれ鉛直風速、温度、比湿の変動量、添え字 1、2 は高度レベルを表す。 Φ_M 、 Φ_H 、 Φ_E は大気の大安定度を表す指標として、リチャードソン数の関数を用いる。両試験地の晴天時における熱フラックスの例(1996.9.29)を図-2、3に示す。

渦相関法、ボーエン比法、実蒸発散量、可能蒸発散量

〒062 札幌市豊平区平岸 1-3 TEL 011-841-1111 FAX 011-820-4246

潜熱、顕熱は傾度法による結果を表示し、湿原試験地は渦相関法の結果を合わせて表示した。放射収量は日射量と同様の傾向で推移している。顕熱は植生表面温度が高い日中に地表面から大気中に伝達され、湿原試験地では正午前後に、牧草地では正午1,2時間前に負の極値を示した。潜熱はいずれ

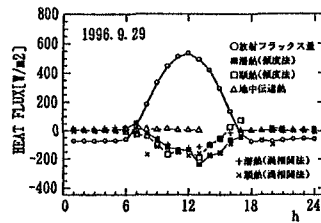


図-2 湿原試験地の熱フラックス

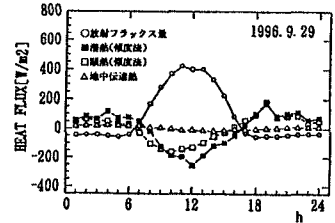


図-3 駒里牧草地の熱フラックス

も放射収量の大きい正午前後に負の極値を示した。湿原試験地では潜熱量と顕熱量が同程度であるが、牧草地では潜熱量の方が大きかった。また、いずれの場合も地中伝達熱は小さな値で推移した。湿原試験地では放射収量の大部分が顕熱、潜熱に分配され、一部は植生層、湛水層の貯熱量にも分配されていた。牧草地では放射収量のほとんどが顕熱、潜熱に分配される傾向にあった。

4. 蒸発散量の推移

湿原試験地における実蒸発散量(渦相関法)と可能蒸発散量(ペンマン法)の関係を図-4に示す。雨天や湿度の高い日には計器に水滴が付着し渦相関法により熱量が正しく観測されないため、このような日給量データは除外した。この結果、湿原試験地の蒸発比(実蒸発散量/可能蒸発散量)は季節ごとに0.46(7-8月)、0.57(9月)、0.64(10-11月)が得られた。また、牧草地では8、9、10月の実蒸発散量の推定結果から蒸発比は0.70(ボーエン比法)となった。

次に湿原試験地における蒸発散量の季節変化を図-5に示す。ここでは上記の結果に基づき、ペンマンの可能蒸発散量に季節別の蒸発散比を乗じた値を実蒸発散量として表示した。蒸発散量は8月まで最大2~3mm/dayで推移し、9月以降は減少傾向が顕著となった。なお、湿原試験地では5月から11月までの総降水量824mmに対して総蒸発散量は264mm(渦相関法)であった。牧草地における可能蒸発散量と実蒸発散量(ボーエン比法)を表示し図-6に示す。なお、牧草地では8月から11月までの総降水量566mmに対して総蒸発散量は204mm(ボーエン比法)であった。

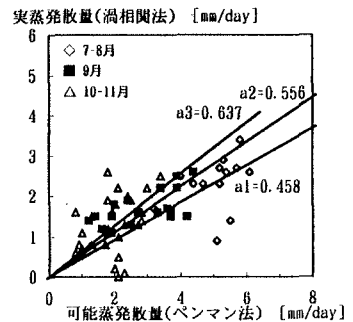


図-4 実蒸発散量と可能蒸発散量の関係

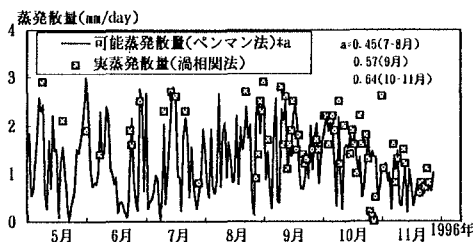


図-5 湿原試験地の蒸発散量推移

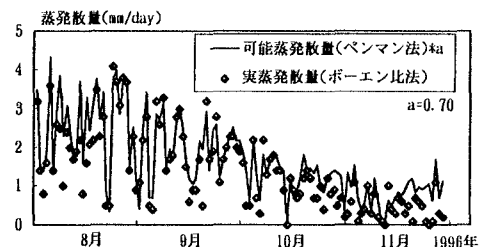


図-6 駒里牧草地の蒸発散量推移

5. 結び

本研究では湿原及び牧草地における熱環境、蒸発散量の観測を行った。いずれの結果でも放射エネルギーのほとんどが顕熱と潜熱に分配されていた。また湿原試験地における潜熱量の割合はさほど大きくなく、逆に牧草地では大きくなることわかった。実蒸発散量は可能蒸発散量に対して、湿原試験地で季節ごとに0.46、0.57、0.64(渦相関法)、駒里牧草地では0.70(ボーエン比法)という比率(蒸発比)となった。可能蒸発散量の推定に必要な気象要素はそれほど多くないことから、以上のような知見を土地利用別の蒸発散量の推定に適用したいと考える。また、湿原試験地の蒸発比の季節変化については今後の検討課題としたい。

参考文献: 1)中津川 他: 湿原における熱収支と蒸発散の観測, 第51回年次学術講演会論文集, pp478-479.

2)竹内, 近藤: 大気科学講座1, 地表に近い大気, 東大出版会.