

(II-94) 夜間における沙漠の砂表面湿潤量の直接測定

千葉工業大学工学部 学生員○鹿野 孔太郎

千葉工業大学大学院 学生員 関口 知也

千葉工業大学 講師 正会員 篠田 裕

1. はじめに

過去数年間の沙漠における観測の際に、夜間の砂表面が湿潤状態になることが体験された。その湿潤量を、直接的に測定することで、大気・土壌間の水分移動を把握するとともに、将来的に節水型農業への利用を考えたいというのが、本実験の目的である。今回は、中華人民共和国蘭州に近い沙坡頭(ゴビ砂漠南東騰格里沙漠)の現地実験場での夜間結露量の実測値と、熱収支式から求めた理論値とを比較し、検討する。また草炭の混入が、結露量にどのように影響するのか調べてみた。

2. 実験概要

2-1. 現地実験

コンピューターに接続した電子天秤上の、プラスチック製容器に、沙漠の砂表面と同一となるように現地の砂を入れ、重量変化を一定間隔(1分間隔)で連続測定し、コンピューターに記録する。草炭混入(3 wt %)と草炭無混入との場合の同時観測(同一の気象条件)を行った(図1)。電子天秤は感度がよいので、風等の影響で不安定なデータとなることがある。よって安定していたものをST、不安定だったものをUSとし、データと同時に記録するようにプログラミングした。

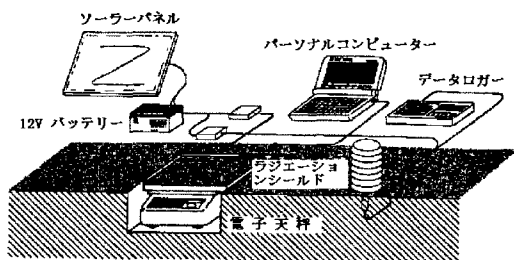


図1. 実験システム概略図

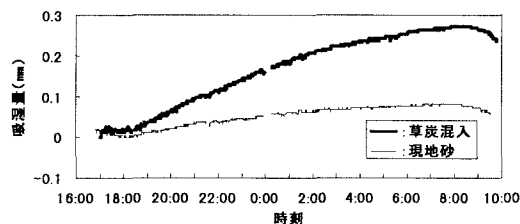


図2. 8/17~18の吸湿量の変化

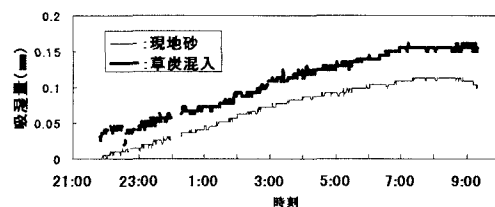


図3. 8/18~19の吸湿量の変化

3. 研究概要

3-1. 夜間結露量の整理と算定

砂の重量は蒸発や結露によって変化するので、そのうちの増加分を結露による吸湿量とした。そして不安定状態にあるデータを取り除き、吸湿量の変化(g)を降雨量(mm)に換算した。(図2, 3)

3-2. 夜間結露量の推定

地表面についての熱収支式から、夜間の砂表面の温度そして結露量が理論的に求まる。ここに理論式は、

$$\epsilon E \approx \epsilon \rho \beta k \{ q_{SAT} (1 - rh) + \Delta (T_s - T) \}$$
と表され、現地の夜間の気温が、ほぼ 20 °C前後で推移していたことから、簡略化のために、以下の条件で夜間の結露量の推定を行った。気温 $T = 20$ °C, 相対湿度 $rh = 0.4 \sim 1.0$ (すなわち 40 ~ 100 %), 顕熱輸送係数 $CH = 0.002$, 蒸発効率 $\beta = 1$ 。

キーワード：草炭、夜間結露(吸湿量)、理論結露量

連絡先：千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学土木工学科 TEL 047-478-0446 FAX 047-478-0474

まず、砂表面の温度と気温の差 $T_s - T$ を、交換速度 $k (= CHU)$ について、相対湿度 rh をパラメーターにとり、 $rh = 0.4$ から 1.0 まで 0.1 刻みで表す(図 4)。空気が乾燥しているときほど蒸発量が多くなるため、物体温度(物体表面)は気温と比べて低温となる。

つぎの図 5 は、1 日あたりの結露量 E (蒸発量)を表した。 $E > 0$ は凝結、 $E < 0$ は蒸発である。図 4、5 から、空気が乾燥している状態である $rh = 0.4$ のときは、物体の表面は露点温度以下には冷却されず、結露は生じない。空気が飽和の $rh = 1.0$ の場合には、物体温度はあまり低温にはならないが、露点温度が高いために結露量は多くなる。 $0.5 < rh < 1.0$ の範囲では、 k が小さいときに凝結であり、 k とともに凝結量は増加し、最大値をとる。夜間の結露量が多いのは微風の時ではなく、適当な風速があるときで、さらに風速が強くなると物体(物体表面)温度はあまり下がらず凝結から蒸発に変わる。表 1 に理論上の凝結量と、現地実験での結果を示す。

表 1. 結露量の理論値と実測値

観測日	平均相対湿度 (%)	平均風速 (m/s)	平均露点温度 (℃)	理論結露量 (mm)	吸湿量(砂のみ) (mm)	吸湿量(条件) (mm)
8/16 ~ 17	欠 測	—	—	—	0.041	0.077(* 2)
8/17 ~ 18	62.5	1.6	17.0	0.0004	0.083	0.273(* 3)
8/18 ~ 19	66.0	1.0	17.9	0.074	0.113(* 1)	0.154(* 4)

* 1 : アロフェイン * 2 : 草炭 3wt% * 3 : 粘土複合体 * 4 : S A P (0.3%)

4. 実験結果および考察

現地夜間結露量の測定の結果を、図 2、3 に示す。8/16 ~ 17 は強風のため測定器が転倒し、欠測となったので、表 1 に吸湿量の実測値のみを示す。実験の結果から、草炭を混入することで大幅に吸湿量が増加した。このことから草炭には空気中の水分を捕獲する性質があることがわかる。その他の物質を混入した場合でも、大幅な増加が見られた。

つぎに理論値との比較をしてみると、大きな差が出た。このため 1 時間ごとの平均から算出したものとを比べてみると、理論的には蒸発の場合でも結露が発生していた。これは実験のシステムを見ればわかるように、地中からの伝導熱フラックスを無視する形で実験をしていることや、夜間の砂表面が露点温度以下に冷却されることから生じたと思われるが、その他複数の要因によるものとも考えられる。

5. 今後の課題

草炭等の混入によって吸湿量が増加することがわかったので、より多くの現地実験を行ってデータを収集し、どの程度の効果があるのかを定量的に導き出すことが望まれる。また理論結露量と実測値との差が大きかったことから、周辺環境の測定法を再考し、理論値の条件に近い条件を設定する必要があると考える。

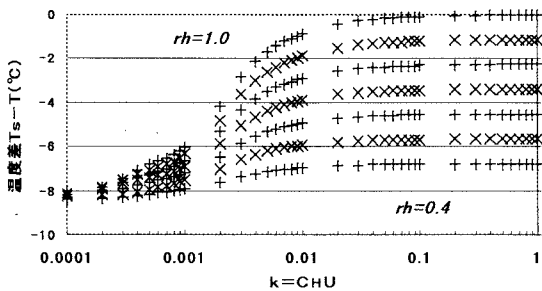


図 4. 砂表面と大気との温度差と交換速度の関係

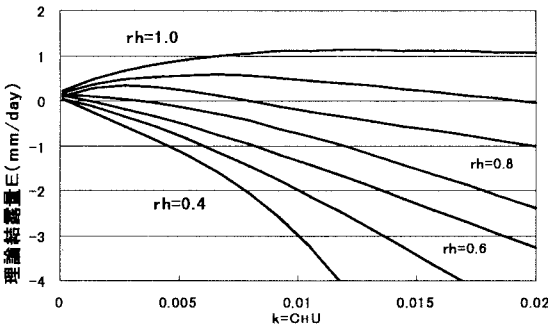


図 5. 交換速度と理論結露量の関係