

粒度特性に着目した蒸発の挙動に関する実験的検討

九州大学大学院 学○岩崎 正隆

九州大学大学院 正 安福 規之 正 ハザリカ・ヘマンタ 正 石藏 良平 学 古川 全太郎

1. はじめに

現在地球上の約4分の1もの地域が砂漠化に直面しており、毎年約6万km²(四国と九州を併せた面積)もの地域で砂漠化が進行しているといわれている¹⁾。そのため砂漠地の緑化のために様々な対策が取られており、その1つに、外部から人工的に水を供給する灌漑が挙げられる。しかし、過剰な灌漑によって地下水位が上昇すると、地表面での活発な蒸発によって、塩分を多く含む土壌水が下方から地表面付近への移動し、地表に塩類の集積が起こり、塩害が起こりやすくなる。乾燥地において地下水位を上昇させることは、緑化する上で重要だが、それによってこのような被害が生じているのだ。そこで、蒸発能を適度に調整できれば、塩類集積を抑制できるのではないかと考えた。そのためのメカニズム分析として、本研究では蒸発の過程に焦点を当て、いくつかの試料を用いて対象土壌の粒度特性を変化させることで、蒸発特性にどのような影響を与えるか実験的検討をおこなった。

2. 実験内容

本研究では、パン（直径D=200mm、深さH=35mm）を用いて、表1の条件で蒸発実験を行った²⁾。今回は砂（Ottawa Sand）とシルト（Devon Silt）を用い、それぞれ3層ずつ（1mm, 5mm, 10mm）用意した。また、実験精度を上げるため、さらにそれぞれ2つずつパンを用意した。実験条件および粒度分布を表1および図1に示す。

実験方法としては、各試料をパン内に用意した後に、スプレーで飽和状態になるまで含水させ、全ての試料を含水させ終わると同時に実験開始（t=0）とし、15分ごとの質量（パンの質量+湿潤した試料の質量）を測定した。比較材料として、パンに蒸留水のみを入れたものも用意して、同様の手順で測定をおこなった。

3. 実験結果

実験結果は図3のようになった。図3左図において、縦軸の蒸発率は次のような式で算出した。（蒸発率：mm/day）=（各時間間隔での水分減少量：g）/（時間間隔：15min）,（g/min）→（mm/day）

まず、左図の時間と蒸発率の関係を表すグラフから、層が厚いほど、また全層厚において砂よりもシルトの方が蒸発過程の終了する時間が遅いことが読み取れる。このことから、粒径が小さい粒子をより多く含むほど蒸発過程が終了する時間が遅いことが分かる。また、一度蒸発率が減少し始めると、短時間で蒸発が停止していることが読み取れる。これは、土中の水分量がある値を下回ったら、

表 1. 実験条件

Specimen No.	Soil Type	Sample Thickness (mm)	Initial Water Content(%)	Test Duration (min)	Room Air Temperature (°C)	Relative Humidity of Air (%)
S11	Ottawa Sand	1	38.42	270	20.0±1.0	40.0±5.0
S12		1	39.96			
S51		5	27.98	1665		
S52		5	28.42	1710		
S101		10	27.33	2805		
S102		10	27.70	2865		
M11	Devon Silt	1	143.54	450	20.0±1.0	40.0±5.0
M12		1	122.87			
M51		5	58.47	4365		
M52		5	58.01	4395		
M101		10	59.26	4470		
M102		10	59.51	4485		

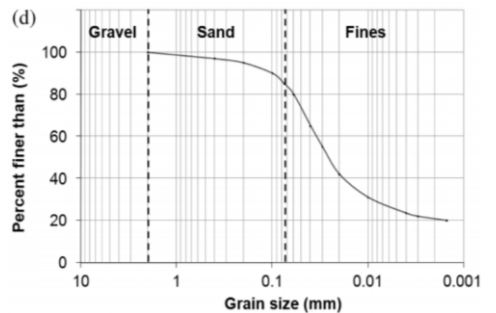
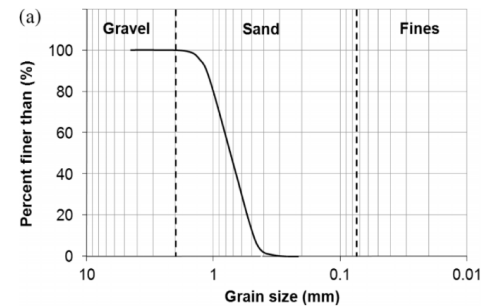


図 1. 粒度分布

【(a)Ottawa Sand (b)Devon Silt】

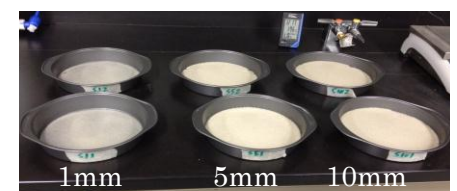


図 2. 実験様子

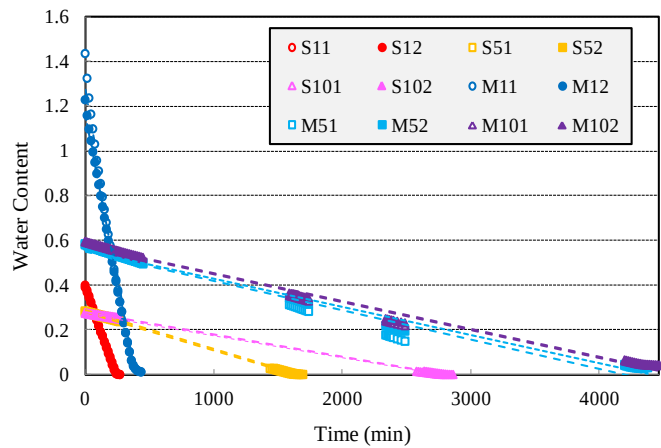
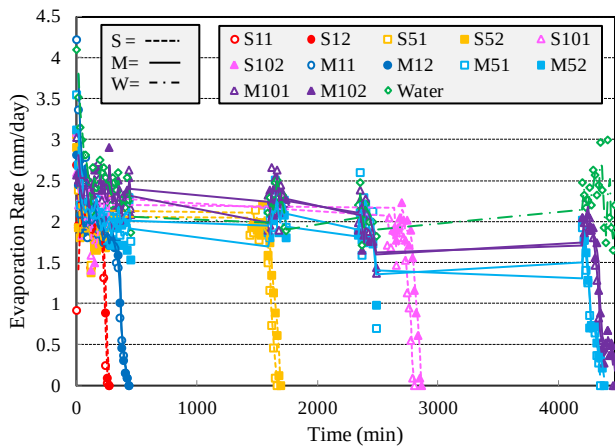


図 3. 【左】：時間(min)－蒸発率(mm/day) 関係【右】：時間(min)－含水比 関係

蒸発量は急激に減少することを示唆している。そして、シルトの実験結果において 5mm と 10mm の実験結果の差が小さいのは、実験過程でこれらの試料に図 4 のようなひび割れが生じたことで、蒸発が行われる表面積の差が小さくなったことが原因だと思われる。次に、時間と含水比の関係を表すグラフから、含水比は蒸発の進行とともにおよそ一次関数的に減少すると考えられる。

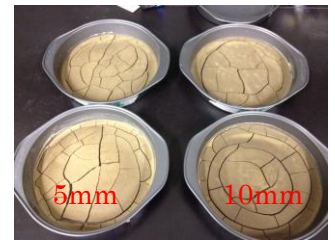


図 4. ひび割れの様子

4. 粒度特性が蒸発の挙動に与える影響

次に、粒度特性が蒸発にどのような影響を与えるかの考察をおこなうために、曲率係数の値と蒸発率減少の開始時間（図 3 左図より、グラフの傾きが急に変わる点）を用いて評価した。今回蒸発の挙動を考察するのに、蒸発率減少の開始時間の値を用いた理由は、①図 3 より、蒸発量や蒸発率自体よりも、蒸発率減少の開始時間および蒸発が止まる時間に各試料の差ははっきりと表れているから②実際に蒸発が止まる時間というのが分かりにくいのに比べて、蒸発率が減少し始める時間はより明確だから、である。図 5 より、曲率係数が増えると、蒸発率減少開始の時間が一次関数的に増加することが分かる。また、砂とシルトを比較すると、曲率係数が大きいシルトの方が蒸発率減少の開始時間が遅くなっていることが分かる。つまり、粒度分布が良い、粒径が幅広く分布する試料の方が、蒸発能を抑制していると考えられる。したがって、現時点では、粒度分布を調整することで蒸発能を調整できるのではないかと考えられる。

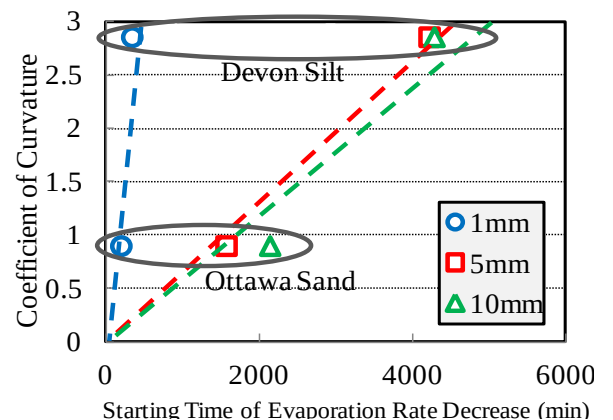


図 5. 曲率係数が蒸発率減少の開始時間に与える影響

5. 結論と今後の課題

①粒径が小さい粒子をより多く含むほど蒸発過程が終了する時間が遅いこと、また一度蒸発率が減少し始めると、短時間で蒸発が停止していることが実験から分かった。②粒径が幅広く分布する試料の方が、蒸発能を抑制していると考えられ、現時点では粒度分布を調整することで蒸発を抑制できるのではないかと考えられる。今後の課題としては、今回用いた砂・シルトとは異なる試料を用いて同条件下で実験したときに、同様の結果を示すのかどうかを検討する必要があるだろう。

6. 参考文献

(1) 根本正之：砂漠化ってなんだろう，岩波ジュニア新書 (2)G.W.Wilson, D.G.Fredlund, and S.L.Barbour (1997)：The effect of soil suction on evaporative fluxes from soil surfaces

謝辞：本研究は ITP (International Training Program)の支援により行われたものである