

## 大気の水蒸気圧による風乾状態の土の粒の水分ポテンシャルと質量の定量化 Quantifications of mass and soil water potential of an air dried soil grain from atmospheric vapour pressure

○鈴木 純\*・長谷川結美\*\*

・SUZUKI, Jun ・HASEGAWA, Yumi

### 1. はじめに

風食による砂塵の発生は農業生産の基盤である表土の亡失を意味し、また生活環境等への影響が懸念される。砂塵は強風により地表から離脱した土の粒である。土の粒が地表から離脱して、転動、跳躍や浮遊の形態をとるかは、土の粒に働く力の釣り合いに起因する。したがって、砂塵の質量が砂塵発生の素因であることは言うまでもない。この砂塵については、冬季から春季にかけて頻繁に発生すると認識されており、砂塵の発生しやすさには季節性が認められる。したがって冬季から春季にかけて砂塵になる土の粒の質量が変化しているのではないかと考え、その要因として大気の水蒸気量の変化に焦点を当てた。そして、画分した土の粒（以下、土粒）を日陰の雨が当たらない場所に静置した場合の、土壌水分ポテンシャルと質量の変化について検討した。

### 2. 材料と方法

2.1. 試料 本研究に供試した試料は、長野県塩尻市岩垂（以下、岩垂）、南佐久郡南牧村野辺山（野辺山）、北海道帯広市川西（帯広）の畑地の表土と、長野県上伊那郡南箕輪村（南箕輪）の深さ 2.8m から採取した土壌ならびに豊浦砂（標準砂）と鳥取砂丘砂（鳥取砂丘砂）である。標準砂と鳥取砂丘砂以外の試料は、5mm ふるい通過試料を 2.0, 1.0, 0.5, 0.25 及び 0.105mm の 4 つの組ふるい（DIK-2001）で水中篩別した。篩別後の試料は、ろ紙に載せて 20℃恒温室内で風乾処理した。

2.2. 土壌試料の処理と測定 恒温室内で風乾した試料は、内径 38mm、高さ 10mm のポリプロピレン製の試料容器に高さ約 5mm の分量を入れた。試料容器は通気性を保つようにラップで覆ったトレイ（試料容器トレイ）に入れた。この試料容器トレイには試料容器に並べて温湿度データロガー（Testo, 174H）をおき、気温と相対湿度を 10 分ごとに収録した。試料容器トレイは 2 セット作成して、1 セットは雨の影響を避けるために信州大学農学部（長野県上伊那郡南箕輪村）のピロティに設置した気象庁 1 型百葉箱に（トレイ 1）、他の 1 セットは 20℃恒温室においた（トレイ 2）。

試料は 2022 年 4 月に作成した。測定は 2022 年 8 月に開始して、2023 年 1 月に最終回を実施したのちに試料の乾燥試料質量を求めた。1, 2 週間の間隔で、容器トレイの各試料の質量、土壌水分ポテンシャルを測定した。土壌水分ポテンシャル ( $\psi$ ) は、土壌水分ポテンシャル測定器（Meter, WP4C）を使用して測定した。屋外の試料は、測定する前日に各試料容器にキャップで密閉して 20℃恒温室に静置した。測定を終えた試料は、次の測定のために、試料容器のキャップを外してトレイごとそれぞれの位置に戻した。2023 年 1 月に試料は乾燥して、各測定回ごとの含水比を算出した。

### 3. 結果と考察

3.1. 測定期間の気象データの推移 2022 年の測定期間の信州大学農学部（南箕輪）の水蒸気圧などの推移を示した図-1 上図によれば、南箕輪の水蒸気圧は 9 月の 20.6hPa 以降は、1 月初旬の 3.4hPa まで一様に低下している。この間、気温、飽和湿度ともに低

\*信州大学農学部 Faculty of Agriculture, Shinshu University, \*\*神奈川県 Kanagawa Pref. Government  
キーワード 砂塵, 湿度, 水蒸気圧, 微細な土の粒 (土粒), 密度

下している。なお1月中旬に季節外れの降雨があり一時的に水蒸気圧は6.9hPa、湿度が87%に上昇している。

3.2. 試料の含水比と土の粒の密度の変化 図-1 中図のとおり、土壌試料は風乾状態であっても、上図に示した水蒸気圧の変動に伴う含水比の変動が認められた。9月と1月の含水比は、野辺山は0.12, 0.10, 岩垂は0.09, 0.07, 帯広は0.09, 0.07, 南箕輪は0.16, 0.11, 鳥取砂丘は0.005, 0.003であった。なおここでいう水蒸気圧は、屋外のトレイ1の試料をキャップで密閉した時刻の水蒸気圧である。

次に岩垂の粒径別の密度(土粒密度, 鈴木, 2002)の推移を図-1 下図に示した。風乾土粒密度 $\rho_{gAD}$ は乾燥土粒密度 $\rho_{gD}$ と含水比 $\omega$ によって $\rho_{gAD}=\rho_{gD}(1+\omega)$ で求めた。他地区も含め9月と1月の風乾土粒密度( $g/cm^3$ )は、野辺山は1.07, 1.04, 岩垂は1.18, 1.16, 帯広は0.97, 0.96, 南箕輪は1.00, 0.96, 鳥取砂丘は2.67, 2.67であった。

3.3. 土の粒の土壌水分ポテンシャルとひと粒の質量 水の液相と気相の2相系を考えると、平衡状態においては両相の化学ポテンシャル $\mu$ は等しく、 $\mu=RT/M \cdot \ln(p/p_s)$ が成り立つ(白井, 1982)。ここで、右辺の $p$ は水蒸気圧、 $p_s$ は飽和水蒸気圧、したがって $p/p_s$ は相対湿度である。図-2に、岩垂の土壌水分ポテンシャルのWP4Cによる測定値 $\psi$ と上式による計算値 $\mu$ と、土粒の体積含水率およびひと粒の質量の関係を示した。 $\psi$ と $\mu$ は差が30MPa程度に開くこともあったが、ほぼ5MPa以内の差異であった。

低水分領域のため、図にはその差異は大きく表れない。このように、風乾状態の土の粒の土壌水分特性ならびにひと粒の質量が、気温と相対湿度によって予測が可能であることを示している。他の土壌試料でも、ほぼ同様の結果であった。一方、微細な土粒ほど、 $\psi$ と $\mu$ の差異が大きくなる傾向は認められた。

#### 4. まとめ

各地の土壌試料の風乾状態の土壌水分ポテンシャルと含水比等を検討した。砂塵になるような微細な土の粒は、大気の乾湿の変化に伴って土が吸放湿することで質量が変化することが分かった。また大気の気温と湿度の関係から低水分域の土壌水分特性曲線が描けるため、土の粒の質量を定量化することができた。大気の水蒸気圧は日変化が小さく、一方相対湿度は気温の昇降で変化が大きい。水の液相と気相が平衡状態である場合の化学ポテンシャル $\mu$ は、一日単位で変動が小さい水蒸気圧をベースとして検討すると、微細な土の粒の質量予測に有用であると考えられる。

本研究の一部は、科研費基盤研究(C)18K05877ならびにJST A-Step Tryout JPMJTM DXによって実施された。

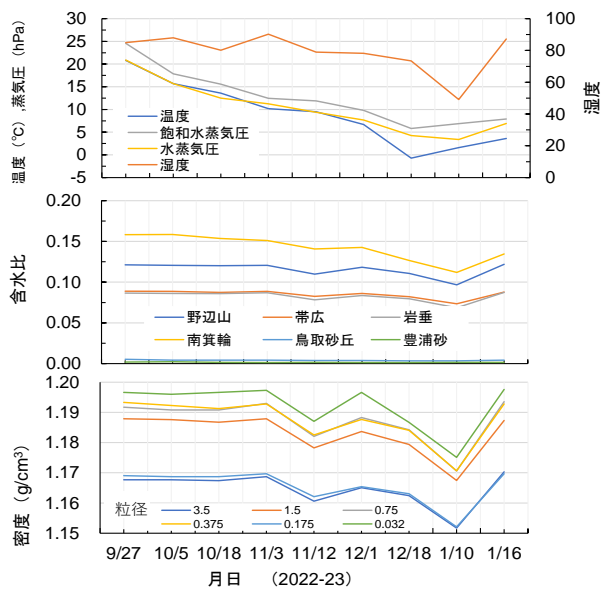


図-1 測定期間の気象データ(上図)、含水比(中図)と土の粒の風乾密度(下図)の推移

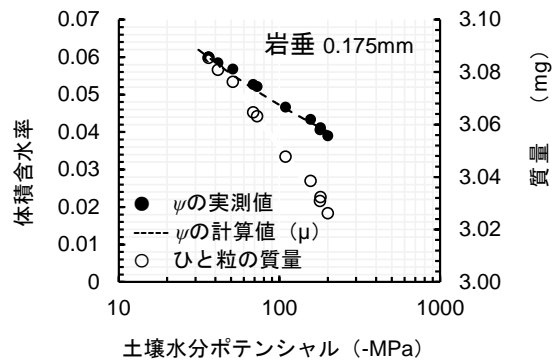


図-2 土壌水分ポテンシャルの実測値 $\psi$ と計算値 $\mu$ ならびに土の粒の体積含水率、ひと粒質量の関係