

畑地から発生する砂塵のもとになる微細な土の粒の密度 Density of finer soil of sand-dust generate from agricultural upland fields

○鈴木 純*・横山空生**

Jun SUZUKI and Sorao YOKOYAMA

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。関東甲信地方の各地の風食と農業の特徴が報じられており(鈴木ら, 2016), ここで砂塵になる土の粒径や粒度は地域によって違いがあることも明らかになっている。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(飛遊)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。この釣り合いには、土の粒の質量の影響が大きい。また砂塵になる土の粒は微細であっても団粒や単粒を含んでおり、密度は単なる土粒子密度とは異なることが推察される。本報告では、砂塵となる土の粒(以下、土粒)の密度の算出について述べる。

2. 材料と方法

2.1. 試料

本研究に供試した試料は、長野県松本市今井地籍の畑地から、2016 年 8 月 10 日に深さ 10 cm で採取した土壌である。採取後に土壌は室内において十分に風乾させた。土壌は火山灰土で土性は砂まじりシルトである。

2.2. 分析方法

(1) 土の粒の分級

試料は 5mm ふるいでふるい、残った土塊は軽くて指でほぐして 5mm ふるいを通した。5mm ふるいを通した試料は、20℃に設定された恒温室内で、20℃の蒸留水を使用して 2.0, 1.0, 0.5, 0.25 及び 0.105mm の組ふるいで水中篩別法にかけた。組ふるいを通して水槽に通過した 0.105mm より小さな土粒を含む懸濁液は、0.074, 0.032, 0.01 および 0.005mm を順次通過させた。0.005mm ふるいを通して懸濁液は、全量を 105℃で絶乾した。

(2) 土粒(土の粒)密度

図 1 のように、(1)の操作で分級された 0.005mm ふるい通過分の試料以外は、湿潤状態のまま 10mL メスシリンダーに移して、見かけの土粒体積 a と水を含む総体積 b ならびに土粒と水の質量を計量した。なお、上記(1)の操作を別途実施したのち、2.0mm ふるいおよび 1.0mm ふるい残留分の土粒の見かけの単位体積あたりの土粒数(個)をあらかじめ求めた。ここで減圧脱気はしていない。

(3) 土粒密度の導出

図 2 に土粒の充填と、質量、体積の諸元を示した。(2)の操作で得る見かけの土粒体積 a (図 1), V_s と V_w の合計 $V(\text{cm}^3)$ はメスシリン

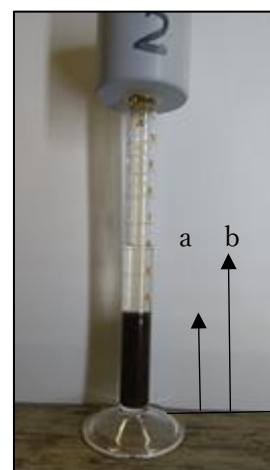


図 1. 土粒体積の測定
Sean of measuring

*信州大学農学部 Faculty of Agriculture, Shinshu University **長野県 Nagano Prefectural Government
キーワード：砂塵、微細な土の粒、密度

ダーの水面の読み値 b (図 1) で、見かけの水の体積 $V_{w0}(\text{cm}^3)$ は $V_w = V - V_s - V_{wi} = kV$ となる。ここで k は後述の係数である。これらを読み取ったのちに、メスシリンダーの内容物を耐熱容器に移して 105°C で炉乾燥し、土粒の炉乾燥質量 $W_d(\text{g})$ を求める。

ここで土粒の充填は、土粒が粒径画分ごとに均一の粒径であると仮定し、均一な球の単純立方体型充填を仮定する。なお、試料の見かけの体積等はメスシリンダーに移したのち 12 時間を圧密沈降時間にあてた。また均一な粒径は、ふるいの中間値とした。

図 2 に示した土粒の充填と各要素の模式図のとおり、単純立方体型の充填モデルでは、全体積 V に占める土粒の体積 $V_s + V_{wi}$ の割合 k は、粒径 d によらず一定で、

$$k = V_s + V_{wi} = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3 \times 8 = 0.524$$

となり、したがって土粒の外部空間の体積 V_{w0} は 0.476 で一定である。 V_{w0} の質量 W_{w0} は $V_{w0} \cdot \rho_w$ で得られ、土粒内部の空隙を占める水の質量 W_{wi} は、 $W - W_{w0} - W_s$ 、その体積 V_{wi} は、 W_{wi}/ρ_w となる。土粒子体積 V_s は、 V と体積比 k (0.524) の積 kV と V_{wi} の差で求めた。以上と土粒子密度 ρ_s から、土粒密度 $\rho_p(\text{g}/\text{cm}^3)$ は式(1)で与えられる。

$$\rho_p = \frac{V_s}{V_s + V_{wi}} \rho_s + \frac{V_{wi}}{V_s + V_{wi}} \rho_w \quad \cdots (1)$$

この時 ρ_p は内部空隙が水で満たされた状態であり、表面乾燥飽水状態といえる。また ρ_p を土粒子密度 ρ_s で除した ρ_p/ρ_s は土粒の固相率であり、 $1 - \rho_p/\rho_s$ は土粒の空隙率を表す。なお球体の単純立方体型充填と同粒径の球体を円筒に充填する場合では、土粒体積：容器体積は同値にはならないが、簡単化のための同値と仮定した。

3. 結果と考察

表 1 のとおり、算出された土粒密度は土粒径 2.0 ～ 0.074mm の範囲で、1.63～1.74g/cm³ であった。これは土粒内部が飽和した飽和土粒の密度で、乾燥土粒密度は 1.27～1.35g/cm³ であった。図 3 に示す通り、飽和土粒密度は、粒径が小さくなると大きくなる傾向があったが、乾燥土粒密度にその傾向は認められなかった。以上から、乾燥土粒の 1cm³ 当たりの質量は、飽和土粒より 0.3g 程度低下することがわかった。これが、土粒が乾燥すると砂塵として地表面を離脱しやすくなることに関与していると考えられる。

(本研究は科研費 18K05877「風食発生の指標となるごく薄い地表面の土壌水分モデルの開発」によって遂行された)

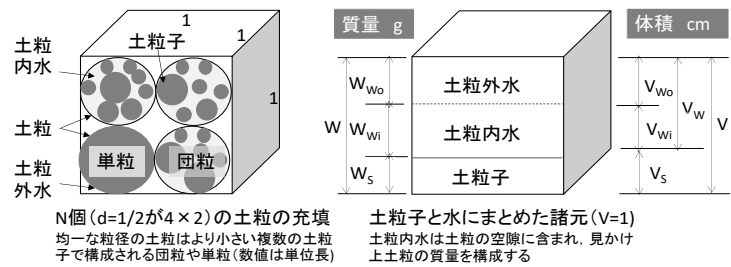


図 2. 土粒の充填と各要素の模式図
Schematics of soil packing model

表 1. 土粒の密度、固相率および空隙率
Table for density of soil particles and soil grain density and other elements

残留ふるい (mm)	土粒子密度 (g/cm ³)	湿潤土粒密度 (g/cm ³)	土粒固相率 (cm ³ /cm ³)	土粒空隙率 (cm ³ /cm ³)	乾燥土粒密度 (g/cm ³)
2	2.575	1.634	0.635	0.365	1.269
1	2.597	1.694	0.652	0.385	1.309
0.5	2.560	1.737	0.679	0.391	1.347
0.25	2.594	1.663	0.641	0.385	1.277
0.1	2.544	1.663	0.654	0.393	1.270
0.075	2.505	1.704	0.680	0.399	1.305
平均	2.563	1.682	0.657	0.386	1.296

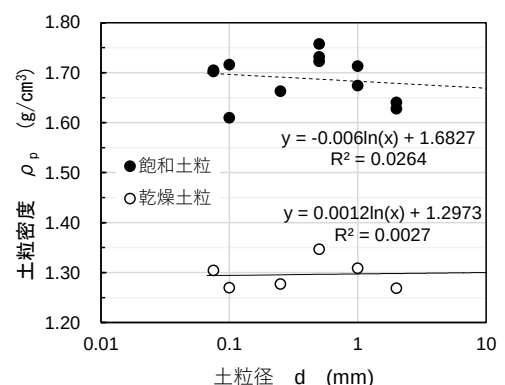


図 3. 土粒の粒径 d と土粒密度の関係
Relation between soil grain diameter and density