

湿潤な土の粒の単位容積質量による体積解析を用いた密度の決定
A Novel Method of Soil Grain Density using Volumetric Analysis from
Unit Volume Mass of Wet and Portioned Soil

○鈴木 純*

Jun SUZUKI

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。地表面に存在する砂塵になるような微細な土の粒は、砂丘のような場所を除くと団粒状を呈していると考えられる。団粒は内部に空隙を有しており、同粒径の土の粒を比較すると砂粒より団粒の質量は小さいと考えられる。このことは、土の風食特性を決定する要因であり、その評価には土の粒の密度が必要である。Suzuki & Matsuoka (2020)、鈴木 (2021, 2021 年度農業農村工学会大会) は団粒を含む土の粒 (以下、土粒) の密度を求める方法を提案しているが、ここではいくつかの仮定を採用していた。本報告は、画分した団粒の湿潤状態と乾燥状態の単位容積質量によって土の粒の体積を解析してこの密度を決定する新たな方法を提案する。

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 (以下、今井) の砂混じりシルトロームと同県伊那市境 (境) のシルト混じり砂質土を供試した。今井は台地上の火山灰土、境は一級河川三峰川の河川氾濫土で両地とも現況は畑である。試験方法の精度を確認するために、既報データの多い豊浦砂を供試した。試料は採取後に室内において十分に風乾して測定に供した。

2.2. 土粒密度の測定方法

(1) 土粒の画分 試験は 20°C の恒温室内で実施した。試料は 5mm ふるい通過試料で、土塊は軽くゴム塊でほぐした後にふるった。試料は、ろ紙に載せて蒸留水を約 18 時間毛管給水させたのちに 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。組ふるいを通過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 および 0.032mm を順次通過させた。

(2) 湿潤な土壌試料の単位容積質量と土粒子密度の測定 (1) の操作で画分した土壌試料は、蒸留水ごと -11.3kPa の減圧容器に 1 時間おいて内部空隙を脱気した後に、ろ紙を敷いた円筒に移して 6.3kPa の加圧容器 (DIK-3400) で 18 時間脱水させた。次いでこの土壌試料の適量をピクノメータに移して湿潤状態の土壌試料の単位容積質量を求めた後に、そのまま 105°C の恒温器で乾燥させて土壌試料の実容積、質量を測定して、土粒子密度を求めた。

(3) 土粒密度の計算 図-1 は土粒ひと粒を構成する土粒子と空隙の緒元を表している。上記の過程を経て、内部空隙が水で満たされた土粒の固相と液相 (空隙) の割合を定義する。

*信州大学農学部 Faculty of Agriculture, Shinshu University

キーワード：砂塵、微細な土の粒 (土粒)、密度

この時、土粒の外周には水膜が残る状態であり、これは土粒の構成要素とする。図-1の中図が示す、実際の土粒の外縁をとりまく水膜の厚さまたは量は定量できないが、6.3kPaで加圧された状態で規定する。湿潤な土壌試料の単位容積質量 r_{gw} が得られると、この試料の含水比 w_g によって、乾燥土粒密度 r_{gd} は $r_{gd} = r_{gw} / (1 + w_g)$ で得ることができる。なお、画分土粒の余剰水排水の圧力 6.3kPa は、圃場含水量のマトリック吸引圧相当である。

3. 結果と考察

図-2は、長野県松本市今井と伊那市境の粒径ごとの土粒子密度 r_s 、乾燥土粒密度 r_{gd} と湿潤土粒密度（本文中では単位容積質量） r_{gw} を表している。火山灰土の今井では、 r_{gd} は 1.04~1.14g/cm³、 r_{gw} は 1.64~1.70g/cm³ が、河川氾濫土の境では、 r_{gd} は 1.00~1.48g/cm³、 r_{gw} は 1.64~1.93g/cm³ が得られた。土粒子密度 r_s を見ると今井と境とも粒径が小さくなるに伴い大きくなる傾向があるが、土粒密度は、粒径が 3.5mm~0.075mm の範囲では粒径が小さくなるに伴い小さくなる傾向がある。豊浦砂の場合は、土粒子密度 r_s は 2.59 g/cm³ が得られ、 r_{gd} は 2.36g/cm³、 r_{gw} は 2.46g/cm³ が得られた。図-1に示したとおり、湿潤な土粒の容積には土粒の表面に残る水膜、土粒子と土粒子の間のくぼみが含まれると考えられる。豊浦砂も 6.3kPa の加圧によって土粒子表面の濡れ、または微細な間隙が存在すれば固相容積である実容積より土粒体積は大きくなる。したがって、砂に対しても、湿潤土粒の単位容積質量と乾燥土粒密度と土粒子密度の相互関係は矛盾なく説明できている。

4. まとめ

土の粒の密度を得るための土粒の体積に、規定の圧力(6.3kPa)で加圧して余剰水を排水させた容積をあてることで、砂混じりシルトローム、シルト混じり砂質土、ならびに砂に対して合理的な数値を得ることができた。

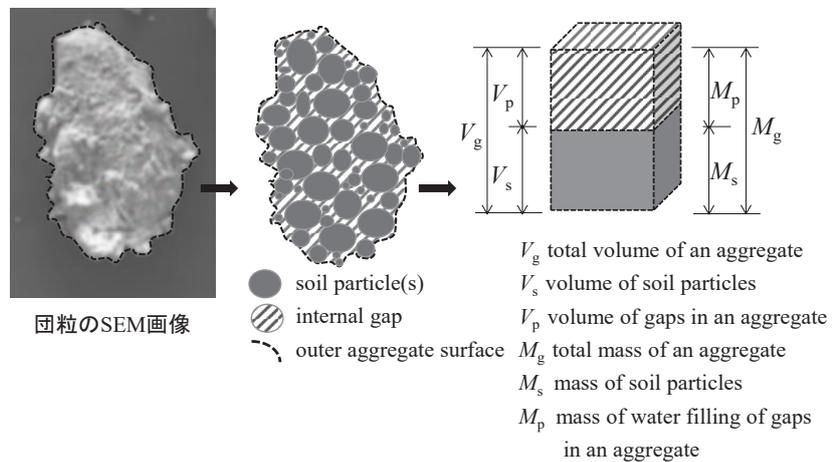


図-1 土壌団粒の緒元. Dimensions of soil grain

左:SEM画像の外縁を結んだ土粒の容積を表す概念図, 中:土粒の容積を構成する土壌粒子と間隙を埋める水, 右:団粒を構成する土壌粒子と間隙の容積と質量

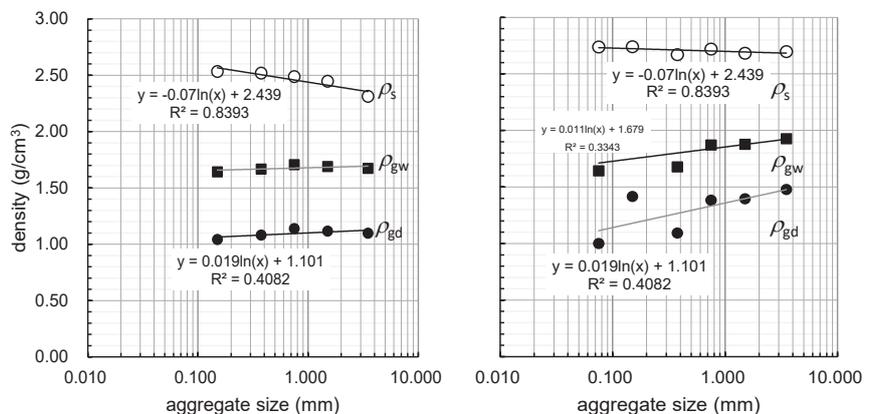


図-2 粒径ごとの湿潤および乾燥土粒密度と土粒子密度. Soil grain densities of wet and dry condition and soil particle densities
 左:松本市今井の砂混じりシルトローム, 右:伊那市境のシルト混じり砂質土.