

カルシウム質化合物の内部含浸による団粒密度の改良

Improvement of soil aggregate density by impregnation to internal gaps of calcium compounds

○鈴木 純^{*}, 三品美佳^{**}, 浅野文薫^{***}, 栗林大輔^{****}○Jun SUZUKI^{*}, Mika MISHINA^{**}, Fumika ASANO^{***} and Daisuke KURIBAYASHI^{****}

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。鈴木ら(2023)は、団粒を含む砂塵のもとになる微細な土の粒(以下、土粒と記す)の密度を調査し、火山灰土の団粒が発達した土の場合は、 $0.95\sim 1.15\text{g/cm}^3$ 程度で、砂質土の約 1.5g/cm^3 や砂の約 2.3g/cm^3 と比較して小さいことを明らかにした。そしてこの差異が、砂塵の発生しやすさに関与していると推察した。また土粒子密度は $2.45\sim 2.65\text{g/cm}^3$ であったことから、火山灰土の団粒の場合は、体積の50%を超える内部間隙を有していることが分かった。そこでこの内部間隙に物質を含浸させて団粒(または土粒)密度を改良する方法を検討した。団粒の内部間隙は30nmほどの孔径であることが知られており、含浸には、まず溶液を土の粒に浸み込ませて、内部間隙で塩を析出することを検討した。

2. 方法

本研究で含浸させる物質にはクエン酸カルシウム $\text{C}_{12}\text{H}_{10}\text{Ca}_3\text{O}_{14} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ を用いた。クエン酸 $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ の水溶液に炭酸カルシウム CaCO_3 を加えると、二酸化炭素を発生させながらクエン酸カルシウム水溶液となり、約30分後から数時間かけてクエン酸カルシウム塩が析出する。クエン酸カルシウム塩は難水溶性であるため、降雨によって流出しにくい。なお含浸の資材として CaCO_3 を選んだ理由は、甜菜製糖産業の過程で大量に排出される「ライムケーキ」と呼ばれる炭酸カルシウム主体の廃棄物の有効利用を考慮したことと、クエン酸カルシウムが安全な資材であることによる。本研究では2つの実験を行った。ひとつ目は、クエン酸カルシウム溶液の土壌試料添加による土粒密度の改良効果と濃度の関係を明らかにすること、ふたつ目は団粒の保全にかかわるクエン酸カルシウム溶液製造過程と散布方法の検討の実験である。実験には、市販のクエン酸カルシウムと炭酸カルシウム(ラインパウダー、三共製粉株式会社)を用いて実施した。

2.1. 含浸溶液の濃度の検討 砂塵が観測される長野県松本市今井の畑地の表土を使用した。屋外で十分に風乾させた後、5mmふるい通過分(試料A)と、2.0, 1.0, 0.5, 0.2, 0.1mmふるい残留分の団粒に分けたもの(試料B)を使用した。この試料に濃度が異なるクエン酸カルシウム溶液を添加して、密度の変化を検討した。

2.2. 含浸溶液の散布方法の検討 北海道帯広市(帯広)5mmふるい通過分(試料C)、長野県南箕輪村(南箕輪村)0.42mmふるい通過分の試料(試料D)を十分に風乾して用いた。この試料に、クエン酸水溶液と CaCO_3 を混合後の経過時間が団粒径の分布に及ぼす影響を検討した。対照実験には、クエン酸カルシウム溶液に代えて蒸留水を用いた。

^{*}信州大学農学部(Agriculture, Shinshu University), ^{**}住友林業株式会社(SUMITOMO Forestry), ^{***}株式会社日比谷アメニス(HIBIYA Amenis), ^{****}株式会社北測(KITASOKU) 砂塵 団粒 含浸 密度

3. 結果と考察

3.1. 団粒の密度を改良する最適な溶液濃度の探索 図1は、クエン酸カルシウム溶液を含浸した試料Bの0.25mmふるい残留の団粒を破断した電子顕微鏡写真で、上はSEM画像、下はEDS分析画像である。下写真の青い部分はC（炭素）とCa（カルシウム）の化合物であることを示しており、内部間隙で析出したクエン酸カルシウムであると考えられる。

次に、試料Aにクエン酸カルシウム溶液を含浸した土粒の密度の改良効果を検討した。図2は、濃度10%のクエン酸カルシウム溶液を3回散布した場合の結果である。1mmふるい残留分の1.5mm粒径の土粒の場合は、改良前の土粒密度は1.12g/cm³であったが、含浸後には0.79g/cm³となっている。これは、土粒外周に塩が析出して土粒密度の算出の土粒体積が増したためである。したがって、含浸前後の土粒子密度から、修正土粒密度を算出したところ、1.51g/cm³となった。粒径0.375mmの場合も同様に、改良前後の土粒密度は1.08g/cm³と1.65g/cm³であった。

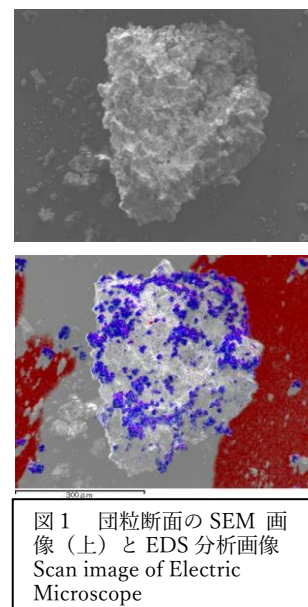


図1 団粒断面のSEM画像（上）とEDS分析画像
Scan image of Electric Microscope

3.2. 溶液の散布方法の検討 前述のとおりクエン酸カルシウムの反応はCO₂を発泡しながら進み、反応開始からおよそ30分後に塩の析出が始まる。したがって、塩の析出が始まる時間と散布のタイミングを検討する必要がある。厚さ1cmの試料CとDに反応開始後10分の濃度10%の溶液を散布した試料を団粒分析して得られた結果は、微細な土粒のみの試料Dは変化がなかったが、試料Cにおいては添加後に0.25mmより大きい土粒が減少し、0.25mmより小さい土粒が増加した。厚さ0.25cmの試料を用いた場合も同様で、10分の反応時間の液体の散布は粗大な2~0.5mmの団粒を破壊することが明らかになった。そこで液体の反応時間を20分として試料Cに散布したところ、0.5mmの土粒が減少して0.25mmが有意に増加したが、他の粒径の変動には有意差がなかった。

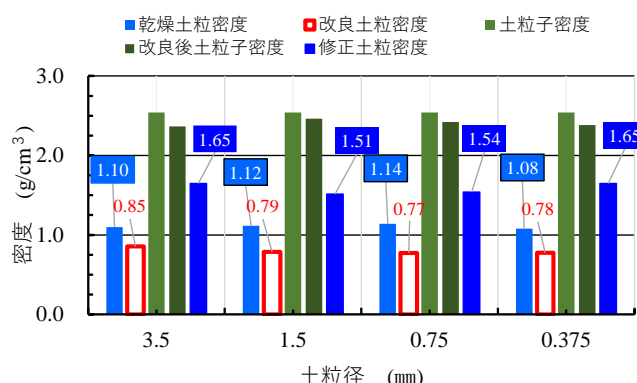


図2 処理による団粒密度の変化
Aggregate density by treatment

4. おわりに

クエン酸カルシウム溶液を土壤に散布することで、土粒密度を改良できることが分かった。一方、溶液作成の反応時間が10分の時は、含浸の際に団粒が破壊された可能性が明らかになったが、反応時間を考慮することで団粒の破壊を抑えながら密度を改良できる可能性が示された。

本研究の一部は、鳥取大学乾燥地研究センター共同研究（戦略的重点研究）によって実施されました。

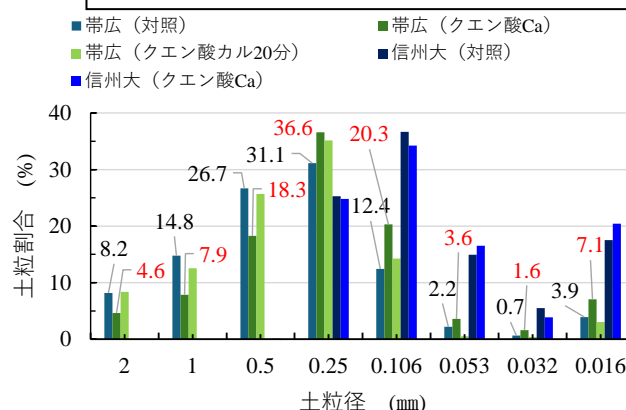


図3 団粒分析結果の比較
Comparison of aggregate size distribution