

## 黒ボク土の団粒構造の階層性を解明

### [要約]

我が国の代表的な土壌である黒ボク土の強固な団粒階層構造は、微細粘土鉱物とアルミニウム・有機物複合体を主成分とする 2 $\mu\text{m}$ （マイクロメートル）以下の粒子の集合体によって維持されていることを初めて明らかにしました。

### [背景と目的]

火山灰からできた黒ボク土は、日本の主要な農耕地土壌です。黒い色、炭素および水分を保持する高い能力、そして良好な水はけや通気性を持つという特徴があります。これらの特徴は、土壌を構成する鉱物粒子および有機物の化学組成、そして鉱物と有機物の結合によって生じる団粒構造に起因すると考えられます。そこで、黒ボク土が優れた特性を持つメカニズムをより深く理解し土壌の炭素貯留や有機物管理に役立てるため、黒ボク土の団粒構造の特徴を明らかにする研究を行いました。

### [成果の内容]

世界の一般的な土壌では、土壌中の有機物や微細（粘土）鉱物の働きにより安定的なマイクロ団粒（直径 53~250 $\mu\text{m}$  の団粒）が形成され、細根、菌糸等の働きによってマイクロ団粒が集合してマクロ団粒（直径 250 $\mu\text{m}$  以上）が出来るという階層構造が示されています。黒ボク土の場合、マイクロ団粒とマクロ団粒の理化学性に明瞭な差は見られず、両者とも物理的に強固であるため、その団粒形成メカニズムは不明でした。そこで、我々は、農業環境技術研究所構内の黒ボク土畑の表層土壌を用い、異なる強度による団粒の分散実験を行い、分散された粒子の特徴を調べました。

黒ボク土のマイクロ・マクロ団粒の崩壊は、土壌をナトリウム塩で飽和させた後に通常使われる機械振とうより 5 倍以上強力な超音波処理（5kJ/mL）を行うことで初めて実現しました。その結果、マイクロ・マクロ団粒は直径 2~53 $\mu\text{m}$ 、0.2~2 $\mu\text{m}$ 、および 0.2 $\mu\text{m}$  以下の微細粒子から構成されており（図 1）、2 $\mu\text{m}$  以下の粒子が土壌全重量の約 5 割を占めていました。また化学分析から、マイクロ・マクロ団粒を構成していた微細粒子の多くは有機物と無機物の集合体であり、粒径の小さな粒子ほど有機物、非晶質鉱物、金属・有機物複合体濃度が高いという傾向が示されました（図 2）。

以上の結果から、黒ボク土には 53 $\mu\text{m}$  以下の微小スケールにおいて団粒階層構造が存在すること、微細な有機無機集合体の接着機能により強固な団粒構造が維持されていること、そして黒ボク土の炭素蓄積は主に 2 $\mu\text{m}$  以下の有機無機集合体の中で起こっていることが、初めて明らかになりました。黒ボク土の高い炭素貯留機能の解明には、2 $\mu\text{m}$  以下での有機物と無機物の相互作用を明らかにする必要がありますと考えられます。

本研究は日本学術振興会・最先端・次世代研究開発支援プログラム「地球炭素循環のカギを握る土壌炭素安定化：ナノ~ミリメートル土壌団粒の実体解明（課題番号：GR091）」による成果です。

リサーチプロジェクト名：温暖化緩和策リサーチプロジェクト

研究担当者：物質循環研究領域 浅野真希、和穎朗太

発表論文等：1) Asano and Wagai, Geoderma, 216:62-74 (2014)

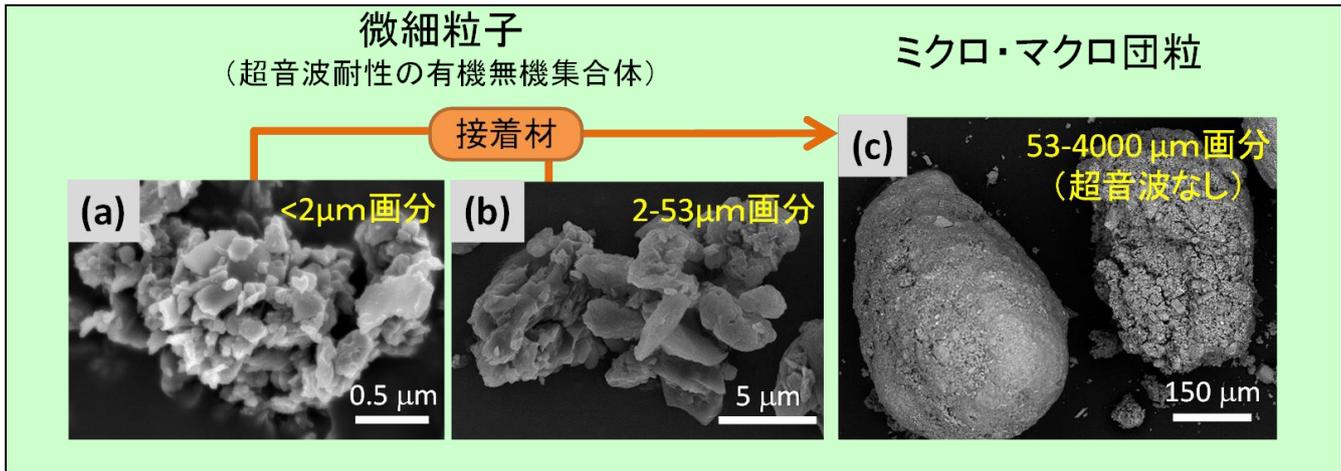


図1 黒ボク土の団粒構造の概要

超音波処理でも壊れない強固な微細粒子（左および中央）がその他の土壌成分（植物残渣や砂粒）を結合する接着剤として機能することで、マイクロ・マクロ団粒（右）が形成されています。左から、(a) 直径 2 $\mu$ m 以下、(b) 2~53 $\mu$ m の微細粒子（有機無機集合体）、(c) 超音波処理前の団粒、の電子顕微鏡写真。(a) の粒子はバクテリア 1 個体（直径約 1 $\mu$ m）よりも小さく、(c) の団粒はバクテリアの 100 倍以上の構造物であることが分かります。

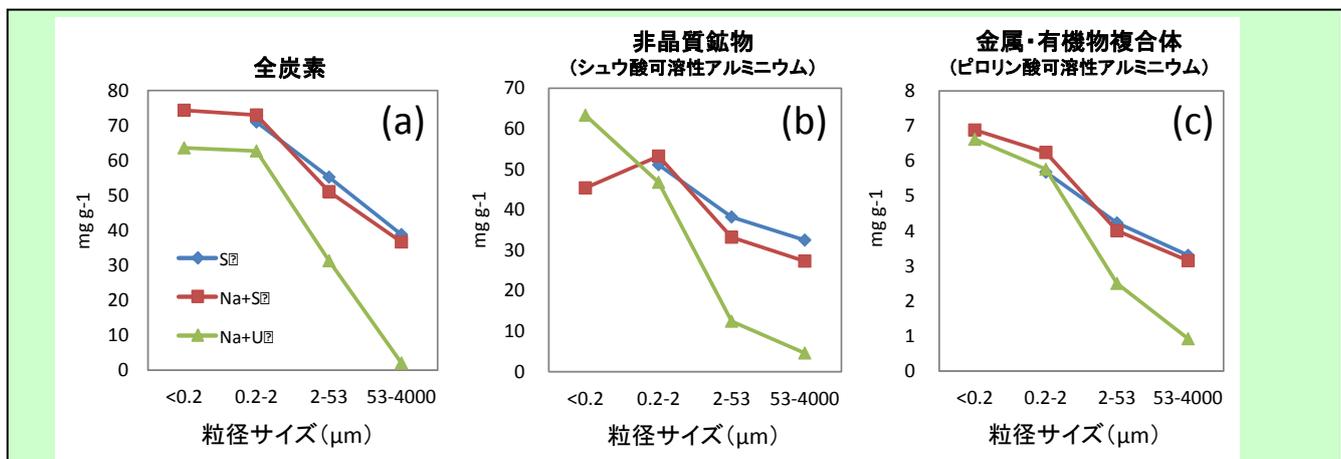


図2 団粒の分散後サイズごとに分画した粒子の化学的特徴

弱度の団粒分散処理（S:機械振とう、Na+S:ナトリウム飽和+機械振とう）では、粒径サイズに応じた化学組成の変化が少なく、53~4000 $\mu$ m 粒径画分中に団粒化した粒子が残存していると考えられます。一方、最大分散処理（Na+U:ナトリウム飽和+超音波処理）では、53~4000 $\mu$ m 粒径画分中の全炭素 (a)、非晶質鋇物 (b) および金属・有機物複合体 (c) の濃度が著しく低下していることから、初めて黒ボク土の団粒が十分に分散できたと考えられます。全炭素 (a) の結果から、黒ボク土の炭素蓄積は主に 2 $\mu$ m 以下の有機無機集合体の中で起こっていることが、初めて明らかになりました。