

土壌の炭素隔離機能解明のための土壌微小団粒中の有機炭素空間分布の評価 Assessment of Spatial Variations of Organic C within Nano-Sized Soil Particles to Better Understand Soil's C Sequestration Potential

浅野真希¹, 和穎朗太^{1*}, 山口紀子¹, 武市泰男², 菅 大暉³, 神農宗徹^{2,4}
小野寛太², 高橋嘉夫⁵

¹ (独) 農業環境技術研究所, 〒305-8604 つくば市観音台 3-1-3

² 高エネルギー加速器研究機構, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

³ 広島大学, 〒739-8526 東広島市鏡山 1-3-1

⁴ (株) トヤマ, 〒252-0002 座間市ひばりが丘 4-13-16

⁵ 東京大学, 〒113-8654 文京区本郷 7-3-1

Maki Asano¹, Rota Wagai^{1*}, Noriko Yamaguchi¹, Yasuo Takeichi², Hiroki Suga³, Muneaki Jinno^{2,4}
Kanta Ono², Yoshio Takahashi⁵

¹National Institute for Agro-Environmental Sciences, 3-1-3 Kannondai, Tsukuba, 305-8604, Japan

²KEK-PF, 1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

³Hiroshima University, 1-3-1 Kagamiyama, Higashihiroshima, 739-8526, Japan

⁴Toyama Co., Ltd., 4-13-16 Hibarigaoka, Zama, 252-0002, Japan

⁵The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo, 113-8654, Japan

1 はじめに

地球温暖化や土地利用の変化に対し、陸上最大の炭素プールである土壌有機物 (SOM) がどのように応答するかについては不明な点が多い。SOM が土壌中に長期間蓄積される要因として、無機物との相互作用 (化学的吸着、物理的隔離等) の重要性が指摘されており、土壌の鉱物組成に応じて、主要な有機無機相互作用様式の違いが報告されている。近年、固体分析によって物理分画後の SOM 微細粒子が有機物と無機物のヘテロな集合体であることが示されたが、実際の有機物と無機物の空間分布と性質は未だ不明である。SOM 安定化プロセス解明のためには、団粒中に分布する有機物と無機物の性質を関連づける分析が必要であり、走査型透過軟 X 線顕微鏡 (STXM) を用いた X 線吸収微細構造 (NEXAFS) 分析が土壌にも応用できる可能性がある。そこで本研究は、非晶質鉱物に富み、SOM 保持能力が高いという特徴を持つ Andosol と、層状ケイ酸塩鉱物を主体とする Kastanozem を用い、最も有機炭素を多く保持していた粒径画分の微小団粒中における官能基組成別の有機炭素空間分布を STXM-NEXAFS 分析によって示すことを目的とした。

2 実験

(独) 農環研圃場の Silandic Hydric Andosol の Ap 層 (0-20cm) (TKB) および、モンゴル国森林ステップ帯の Calcic Kastanozem (MGL) の A 層 (0-10cm) を供試した。Andosol 試料については、粒径分画手法の検討、各画分の理化学性がすでに報告さ

れている[1,2]。2 μ m 画分回収量が最大になる超音波強度 (5 kJ mL⁻¹) を用いて粒子径 0.2 μ m 以下、0.2-2 μ m、2-53 μ m、53-4000 μ m の 4 つの粒径サイズに分画した。そのうち、最も TOC を多く保持していた

0.2-2 μ m 画分中の 1 粒子 (図 1) について、高エネルギー加速器研究機構、Photon Factory BL-13A において、STXM を用い C および Fe の K 吸収端 NEXAFS 分析を行った。C-NEXAFS については 280~300eV についてスタック画像を取得した。データの解析には aXis2000 を用いた。

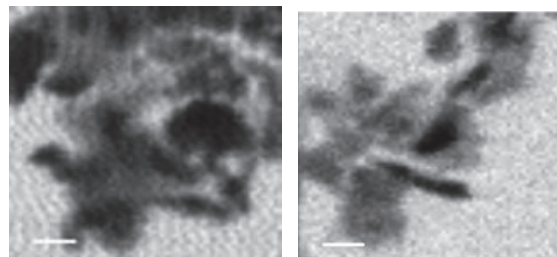


図 1 : 供試試料の STXM 像 a) Andosol, b) Kastanozem。スケールバーは 0.5 μ m を示す。

3 結果および考察

STXM-NEXAFS 分析から、3.5 \times 3.5 μ m の視野において両土壌タイプとも炭素の分布は一様ではなく、存在量、官能基組成の分布ともに不均一であることが示された (図 2)。C-K 吸収端 NEXAFS スペクトルを得た結果、285.3eV (aromatic C), 286.9eV (phenolic and ketonic), 287.8eV (aliphatic C), 288.7eV

(calboxylic/carbonyl-C amide carbonyl C)付近にピークが認められた。両土壤とも、288.7eV (calboxylic/carbonyl-C amide carbonyl C) に最も明瞭なピークが認められ、潜在的に易分解性の有機物が多く存在していることが示された。MGL 試料では、Amide & Carboxyl C が著しく高い領域が存在したが、TKB 試料では官能基の局在は認められず、粒子全体に分布しており、微小団粒における有機炭素の空間分布の不均一性は、TKB < MGL となった。今後、これらの炭素空間分布に対する、土壤無機物質の寄与について考察を行う予定である。

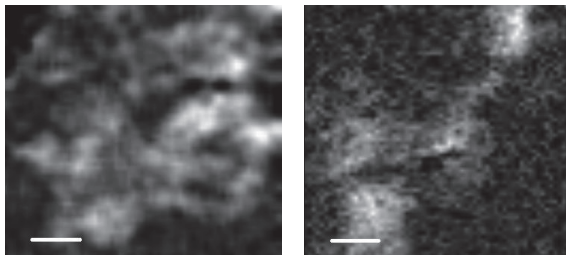


図2 : C分布図 (290-280eV) a) Andosol, b) Kastanozem。スケールバーは0.5 μ mを示す。

4 まとめ

異なる鉱物組成の土壤、Andisol と Kastanozem に対して STXM-NEXAFS 分析を行い、0.2-2 μ m サイズの土壤有機無機集合体中の炭素分布の不均一性ならびに官能基組成の空間分布が明らかにした。土壤有機無機集合体の形成メカニズム解明に対し、STXM-NEXAFS 分析は、非常に有効な手法であり、今後、さらに Fe、Al など無機鉱物や錯体形成に関与する元素についても分析を行い、有機無機集合体形成メカニズムを明らかにする必要がある。

謝辞

本研究の一部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壤炭素安定化：ナノ～ミリメートル土壤団粒の実体解明（課題番号：G R091）」により行われた。

参考文献

- [1] M. Asano and R. Wagai, *Geoderma* **216**, 62 (2014).
- [2] M. Asano and R. Wagai, *Soil science and plant nutrition* **61**, 242 (2015).

* rota@affrc.go.jp