

## 陸域生態系の炭素貯留を担う土壤微小団粒中の有機炭素空間分布 Spatial variations in organic carbon forms within nano-sized organomineral particles in soil

和穎朗太<sup>1\*</sup>, 浅野眞希<sup>1</sup>, 山口紀子<sup>1</sup>, 武市泰男<sup>2</sup>, 菅 大暉<sup>3</sup>, 神農宗徹<sup>2,4</sup>  
小野寛太<sup>2</sup>, 高橋嘉夫<sup>5</sup>

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

<sup>2</sup> 高エネルギー加速器研究機構, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

<sup>3</sup> 広島大学, 〒739-8526 東広島市鏡山 1-3-1

<sup>4</sup> (株) トヤマ, 〒252-0002 座間市ひばりが丘 4-13-16

<sup>5</sup> 東京大学, 〒113-8654 文京区本郷 7-3-1

Rota Wagai<sup>1,\*</sup>, Maki Asano<sup>1</sup>, Noriko Yamaguchi<sup>1</sup>, Yasuo Takeichi<sup>2</sup>, Hiroki Suga<sup>3</sup>, Muneaki Jinno<sup>2,4</sup>  
Kanta Ono<sup>2</sup>, Yoshio Takahashi<sup>5</sup>

<sup>1</sup>National Institute for Agro-Environmental Sciences, 3-1-3 Kannondai, Tsukuba, 305-8604, Japan

<sup>2</sup>KEK-PF, 1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

<sup>3</sup>Hiroshima University, 1-3-1 Kagamiyama, Higashihiroshima, 739-8526, Japan

<sup>4</sup>Toyama Co., Ltd., 4-13-16 Hibarigaoka, Zama, 252-0002, Japan

<sup>5</sup>The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo, 113-8654, Japan

### 1 はじめに

陸上最大の炭素プールである土壤有機物 (SOM) は、様々な滞留時間を示す有機物の混合物である。SOM が土壤中に長期間蓄積される要因として、無機物との相互作用 (化学的収着、物理的隔離等) による安定化の寄与が重要であり、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結び付けるような分析が必要であり、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) 分析が土壤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 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) を供試した。本試料は、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 $\mu$ m 画分回収量が最大になる超音波強度 (5 kJ mL<sup>-1</sup>) を用いて粒子径 0.2 $\mu$ m 以下, 0.2-2 $\mu$ m, 2-53 $\mu$ m, 53-4000 $\mu$ 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 $\mu$ 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 BL13A 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。

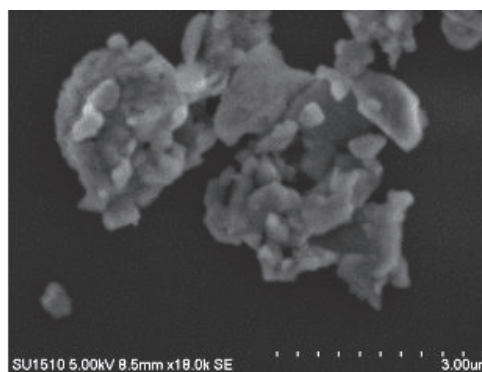


図 1 : 供試試料の SEM 画像

### 3 結果および考察

STXM-NEXAFS 分析の結果、3.5 $\times$ 3.5 $\mu$ m の微細領域における C 分布の不均一性が示された (図 2a)。また、Fe の分布 (図 2b) が一致する領域が多いことが認められ、供試試料には、ジチオナイト可溶 Fe が多く含まれることから [1]、フェリハイドライトなどの微細な鉄鉱物が寄与していると考えられた。

C-K 吸収端 NEXAFS スペクトルから、285.3eV (aromatic C), 286.9eV (phenolic and ketonic), 287.8eV (aliphatic C), 288.7eV (carboxylic/carbonyl-C amide carbonyl C) 付近にピークが認められた。スタンダー

ドのスペクトルとの比較[2]から、バクテリア由来の炭素、炭化物由来、および植物残渣の分解中間産物の炭素など様々な炭素源を由来とした炭素を含んでいると考えられた。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。

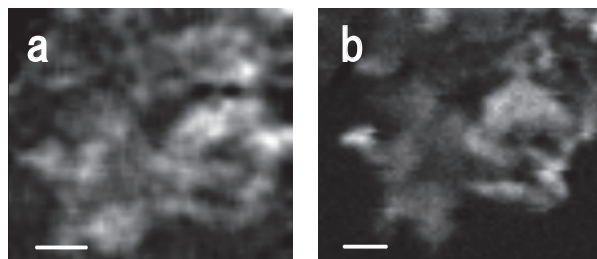


図 2 : C 分布図 (290-280eV) (a) 、および Fe 分布図 (711.5-703eV)

#### 4 まとめ

STXM-NEXAFS 分析を用いて、 $0.2\text{-}2\mu\text{m}$  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となった。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、異なる粘土鉱物、金属腐植錯体を含む土壤についてさらに分析を行い、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：GR091）」の支援を受けて行われた。

#### 参考文献

- [1] M. Asano and R. Wagai, *Geoderma* **216**, 62 (2014).  
[2] B. Liang et al., *Soil Sci. Soc. Am. J.* **70**, 1719 (2006).

#### 成果

- 1 日本ペドロジー学会 2014 年度大会優秀ポスター賞  
○浅野真希, 和穎朗太, 山口紀子, 武市泰男, 菅 大暉, 神農宗徹, 小野寛太, 高橋嘉夫.  
炭素貯留を担う微小団粒中の官能基別有機炭素空間分布- 走査型透過軟 X 線顕微鏡を用いた Andosol と Kastanozem の比較 -. 日本ペドロジー学会 2014 年度大会, 2014 年 3 月 21 日, 島根.

\* rota@affrc.go.jp