

石川県金沢市犀川河岸段丘に分布する非アロフェン質黒ボク土の特徴と生成
Characteristics and genesis of nonallophanic Andisols distributed on Saigawa River terrace,
Ishikawa Prefecture, central Japan

勝見尚也^{1*}・岡崎正規¹・米林甲陽¹・西朋恵¹・西山駿¹・池田晃子²・中村俊夫²
Naoya Katsumi^{1*}, Masanori Okazaki¹, Koyo Yonebayashi¹, Shun Nishiyama¹, Tomoe Nishi¹, Akiko Ikeda²,
Toshio Nakamura²

¹石川県立大学生物資源環境学部・²名古屋大学年代測定総合研究センター
¹Faculty of Bioresources and Environmental Sciences, Ishikawa Prefectural University・²Center for
Chronological Research Nagoya University

*Correspondence author. E-mail: n-katsu@ishikawa-pu.ac.jp

Abstract

Nonallophanic Andisols are distributed on Saigawa River terrace. However, characteristics of minerals and organic matter were largely unknown. In present study, we studied characteristics and genesis of those Andisols. Volcanic glass of bubble wall type and pumice type were contained in fine sand, which considered to be originated from Kikai-Akahoya tephra and Ulleung-Oki tephra. In XRD pattern of clay minerals, vermiculite, hydroxy-interlayered vermiculite, kaoline minerals and mica type were observed clearly. Radiocarbon age of soils and humic acids ranged from 1405 to 4640 BP and 1710 to 5115 BP, respectively. Deposition of aeolian deposits contained widespread tephra and impact of the Jomon Era may play an important role in the genesis of very dark color A horizon in Hokuriku district.

Keywords : 黒ボク土 ; 放射性炭素年代 ; 安定同位体比 ; 広域テフラ ; 炭化物

1. はじめに

環太平洋火山帯に位置する日本は世界有数の火山国であり、火山噴出物を母材として生成した黒ボク土が北海道、東北、関東、九州に広く分布する。その分布面積は国土の 17% を占めるが、世界的には黒ボク土は稀であり、その分布は全陸域の 0.8% にすぎない。しかし、その 50% が今後ますます食糧生産の増加を必要とする熱帯地域に分布し、世界の食糧生産の観点から非常に重要な土壌である。また、近年は地球温暖化を背景に、有機態炭素を大量に蓄積する黒ボク土の機能が注目されている。日本に分布する黒ボク土は粘土鉱物であるアロフェンの含量と土壌酸度(y_1)によってアロフェン質黒ボク土と非アロフェン質黒ボク土に類別され、分布面積はそれぞれ 45,130km² と 19,460km² である (Saigusa and Matsuyama 1998)。アロフェン質黒ボク土は完新世テフラの影響が大きく比較的雨の少ない地域に分布し、非アロフェン質黒ボク土は多雨で完新世テフラの影響が少ない

地域に分布するとされている。

北陸地方には風上に主要な火山が存在しないため、これまで黒ボク土は分布しないとされてきた。しかし、石川県金沢市犀川河岸段丘面には土地分類基本調査(1969)において玉川統および野田統に区分される黒ボク土が分布している。これらの大部分は市街地化されているものの、一部は果樹園や水田として利用されている。しかし、これらの黒ボク土の鉱物および有機物の特徴、また、火山灰の給源は不明である。そこで、これらの段丘面の黒ボク土の特徴と生成について検討を行った。

2. 材料および方法

犀川右岸から中位段丘面 2 地点および高位段丘面 1 地点、犀川左岸から高位段丘面 1 地点および中位段丘面 1 地点を選定し(図 1)、土壌断面調査を行った。各層位から採取された土壌試料を風乾した後、2 mm の篩を用いて篩別し、炭素・窒素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$)の

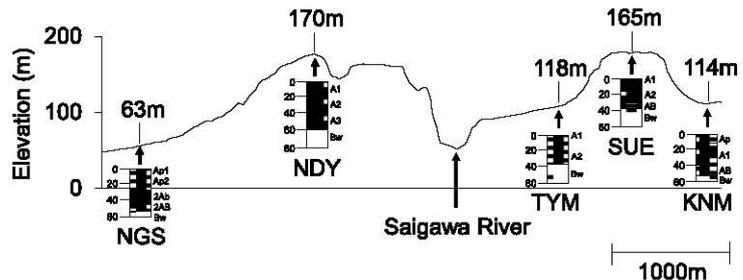


図 1. 調査地の概要

測定および X 線回折(XRD)による粘土鉱物の同定を行った。火山ガラスおよび炭化物の形態を観察するため、脱鉄処理を行った細砂を SPT 重液によって 2 画分(1.60~2.00 g/cm³ および 2.00~2.50 g/cm³)に分離し、走査型電子顕微鏡(SEM)による形態観察を行った。犀川左岸高位段丘面(NDY)において採取された黒色度の高い A 層 3 点(0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm)およびそれらの土壌から抽出・精製された腐植酸の ¹⁴C 年代を名古屋大学のタンデム加速器質量分析計を用いて測定した。

3. 結果および考察

3.1. 炭素・窒素安定同位体比

図 2 に土壌の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ の関係をプロットした。それらの分布は従来報告されている黒ボク土の分布 (Katsumi et al., 2015) とほぼ一致した。このことは、(1) 他の地域の黒ボク土と同様に土壌有機物の給源に C4 植物が含まれていること、(2) 土壌有機物の腐植化度が高いことを示す。一連の土壌の中でも NDY の $\delta^{13}\text{C}$ は特に高く(-15.4~-17.0‰)、C4 植物の寄与率は 7 割に達した。このことは、NDY において長年にわたり草原植生が維持されてきたことを示唆する。

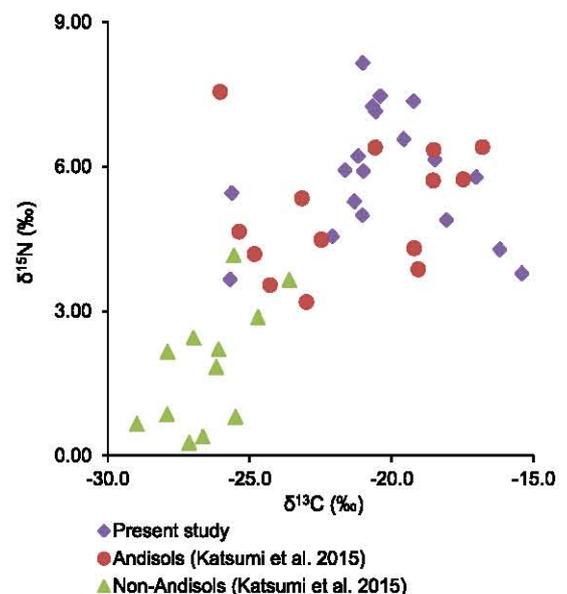


図 2. 土壌の $\delta^{15}\text{N}$ - $\delta^{13}\text{C}$ プロット

3.2. 放射性炭素年代

土壌および腐植酸の ¹⁴C 年代はそれぞれ 1,405~4,640 BP および 1,710~5,115 BP であり、土壌深度の増大と共に直線的に ¹⁴C 年代が増加した。腐植酸と土壌の ¹⁴C 年代を比べると、腐植酸の方が

土壌より 200~500 BP ほど古い値を示した。これは腐植酸の抽出・精製の過程で比較的新しい炭素が取り除かれたためである。NDY における黒色度の高い A 層の形成開始時期は日本の他地域における黒色土層の形成開始時期と重なる。例えば、日本の有名な黒色土層である富士黒土層の腐植酸の ^{14}C 年代は 5,160~7,720 BP を示すことが知られており(坂上ら 1985)、これらの時代は日本では縄文時代に相当する。縄文時代は人間活動が活発になった時期であり、この時代を境に土壌や堆積物から大量の炭化物が急激に検出されるようになる(Sasaki and Takahara, 2012)。NDY においても黒色 A 層の細砂(1.60~2.00 g/cm³ 画分)からは草本由来と思われる短冊型で縦筋の間隔が狭い炭化物が多く検出されており(図 3)、実際にそれらの $\delta^{13}\text{C}$ は -18.2~-16.1‰ と高い値を示した。これらの結果はプラントオパールによる植生解析結果(未発表データ)と調和的である。したがって、NDY では A 層形成開始時(5,115 BP)から現在に至るまで草原植生を維持するために火入れがコンスタントに行われていたと思われる。火入れと黒色土層の形成は密接な関係があるとされており(平舘・井上, 2013)、本研究サイトにおいても現在検討中である。

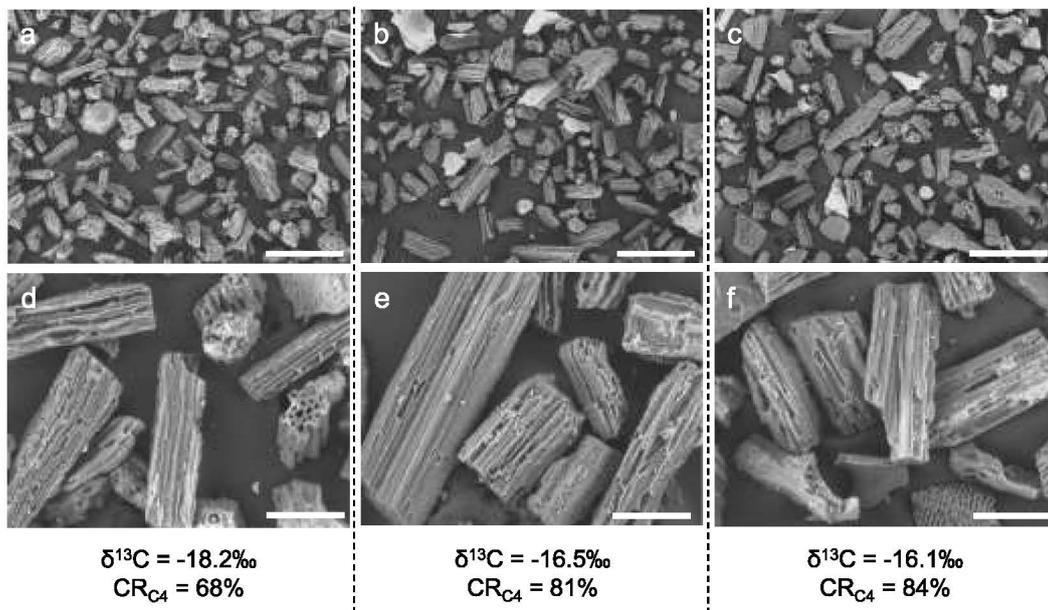


図 3. NDY の細砂から重液によって分離された炭化物の SEM 像。A から c のスケールは 250 μm 、d から f のスケールは 60 μm に相当し、a および d は 0-20cm、b および e は 20-40 cm、c および f は 40-60cm から採取された土壌から分離した炭化物である。CR_{C4} は C4 植物の寄与率を示す。CR_{C4} の算出にあたり、C3 植物の $\delta^{13}\text{C}$ を -27‰、C4 植物の $\delta^{13}\text{C}$ を -13‰ と仮定した。

3.3. 火山ガラス

細砂にはバブルウォール型の火山ガラスが 6.34~44.2%含まれており、それらの比重 2.00~2.50 g/cm³ は主にバブルウォール型および軽石型の火山ガラスから構成されていた(図 4)。調査地域の風上に主要な火山が存在しないため、広域テフラがそれらの給源となったと思われる。金沢に到達した後期第 4 紀の広域テフラは 8 つある(町田・新井 2003): 鬼界アカホヤ(K-Ah, 7.3 ka); 鬱陵隠岐(U-Oki,

10.7 ka); 始良丹沢(AT, 26-29 ka); 大山吉倉(DKP, 5.5 ka); 阿蘇 4(Aso-4, 85-90 ka); 鬼界葛原(K-Tz, 95 ka); 阿多(Ata, 105-110 ka); 三瓶木次(SK, 110-115)。調査地付近におけるボーリング試験の結果(中村ら, 2003)から、AT 以前の広域テフラが A 層に混入するとは考えにくい。さらに、(1) SEM と実体顕微鏡によって観察された火山ガラスの形態的特長は K-Ah と U-OkI によく一致すること、(2) ^{14}C 年代が 5,115 BP を示すことから、K-Ah および U-OkI が研究サイトに分布する黒ボク土の火山ガラスの給源となった可能性が高い。今後、EPMA を用いて火山ガラスの給源を詳細に調べる予定である。なお、北陸地方と同様に風上に大きな火山がない東海地方の一部にも非アロフェン質黒ボク土が分布しており、それらの火山ガラスの給源は K-Ah および AT とされている(新井ら 1984)。したがって、北陸および東海を含む中日本に分布する非アロフェン質黒ボク土の生成には、広域テフラである K-Ah や AT が極めて重要な役割を果たしている可能性が高い。

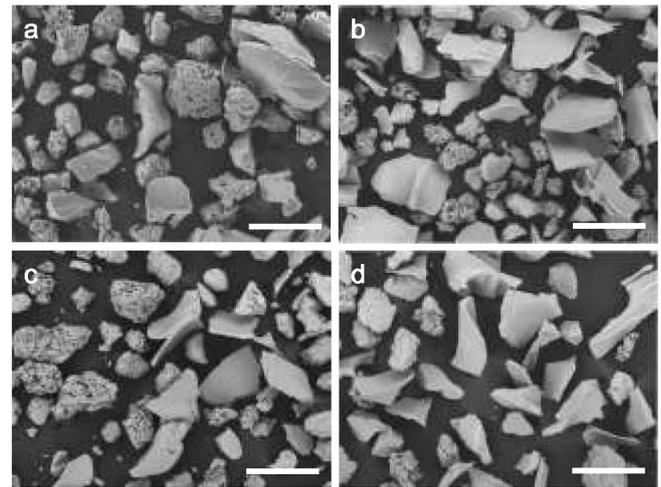


図 4. 各ペドン Bw 層の細砂から重液によって分離された火山ガラスの SEM 像。スケールは $200\mu\text{m}$ に相当する。a は SUE、b は NGS、c は KNM、d は TYM である。

3.4. 粘土鉱物

XRD の測定結果から A 層の主要な粘土鉱物は 2:1~2:1:1 型中間種鉱物およびカオリナイトであり、Bw 層ではそれらに加えて 2:1:1 型鉱物が存在することが明らかとなった。これらは非アロフェン質黒ボク土に一般的に見られる粘土鉱物であるが(Shoji et al., 1993)、火山灰の風化によってこれらの鉱物が多く生成するとは考えにくく、広域風成塵として混入したという考えが支持されている(Inoue and Naruse, 1987)。Kitagawa et al., (2005) は本研究サイトに近い地域 (福井県坂井市三国, $36^{\circ}15'32''\text{N}$, $136^{\circ}13'35''\text{E}$, 80m a.s.l.) において微細石英の酸素空格子による ESR 信号強度を測定したところ、最終氷期の海洋酸素同位体ステージ 2 の時期に冬期北西季節風によってアジア大陸北部のカンプリア界から運ばれてきた風成塵がかなりの割合で混入していることを明らかとした。さらに、加藤(2007)は非アロフェン質黒ボク土の母材の給源として河川氾濫原などの裸地からの風成の堆積物が重要な役割を果たしていることを示した。本研究サイトは犀川に沿って分布していることから、河川氾濫原からもたらされる粒子や大陸からの広域風成塵が混合し、地形的に安定な段丘面上に堆積して生成した可能性がある。さらに、それらの堆積過程で K-Ah や U-OkI などの広域テフラが混入し、黒ボク特徴が付加されたのかもしれない。

引用文献

新井重光・大島俊文・熊田恭一 1984: 愛知県東北部の林野土壌の火山ガラス. ペドロジスト. 28,

98-107

加藤芳朗 2007: 黒ボク土生成の問題. 軽石学雑誌, 15, 75-92

Katsumi N, Yonebayashi K, Fujitake N, Okazaki M 2015: Relationship between stable carbon and nitrogen isotope ratios of humic acids extracted from Andisols and non-Andisols. *Catena*, 127, 214-221.Kitagawa Y, Imoto H, Saito M, Kurihara H, Fujie K, Toyoda S, Naruse T 2005: Mineral composition of clay fractions and oxygen vacancies in silt-size quartz in soils on the Ka-Etsu Plateau, Fukui, central Japan-possibility of eolian dust brought from northern Asia as parent material of soils. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 51, 999-1010.

平館俊太郎・井上弦 2013: 土壌中における炭化物の存在: これまでの議論とこれからの展望, 日本土壤肥料学会編, 土と炭化物—炭素の隔離と貯留—, pp9-26, 博友社

Inoue K, Naruse T 1987: Physical, chemical, and mineralogical characteristics of modern eolian dust in Japan and rate of dust deposition. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 33, 327-345.

町田洋・新井房夫 2003: 新編 火山灰アトラス. 東京大学出版

中村洋介・金幸隆・岡田篤正・竹村恵二 2003: 金沢市街地における河成段丘の形成時期と森本—富樫断層帯野町撓曲の第四紀後期における上下変位速度. 活断層研究, 23, 69-76

坂上寛一・竹迫紘・黒部隆 1985: 東京都八王子市における富士黒土層の ^{14}C 年代. 地球科学 39, 172-173Saigusa M, Matsuyama N 1998: Distribution of allophanic Andosols and nonallophanic Andosols in Japan. *Tohoku Journal of Agricultural Research*, 48, 75-83.Sasaki N, Takahara H 2012: Fire and human impact on the vegetation of the western Tamba Highlands, Kyoto, Japan during the late Holocene. *Quaternary International*, 254, 3-11.Shoji, S., Nanzyo, M., Dahlgren, R.A. 1993: *Volcanic Ash Soils, Genesis, Properties and Utilization*, Elsevier Amsterdam-London-New York-Tokyo.

日本語要旨

北陸地方は火山灰の影響が少ない地域とされてきたが、石川県金沢市犀川河岸段丘面には火山灰土壌である黒ボク土が分布している。しかし、これらの黒ボク土の鉱物および有機物の特徴、また、火山灰の給源は不明である。そこで、これらの段丘面の黒ボク土の特徴と生成について検討を行った。細砂にはバブルウォール型と軽石型の火山ガラスが多く含まれており、これらは広域テフラである K-Ah および U-Oki が給源であることが考えられた。粘土鉱物の XRD では 2:1~2:1:1 型中間鉱物およびカオリナイトを主体とするピークが明瞭に表れ、アロフェンはほとんど含まれていなかった。土壌と腐植酸の ^{14}C 年代測定を行ったところ、A 層の形成開始時期は縄文時代であった。広域テフラを含む風成塵の堆積と縄文時代のインパクトが北陸地方における極めて黒色度の高い黒ボク土の生成の鍵となったと思われる。