

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K07636

研究課題名(和文) 褐色森林土地帯における黒ボク土類縁土壌の火山ガラスの起源

研究課題名(英文) The origin of the volcanic glasses of Andosol-related soils in Brown Forest soils zones

研究代表者

高橋 正 (Takahashi, Tadashi)

秋田県立大学・生物資源科学部・教授

研究者番号：80132009

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：日本の森林域における黒ボク土の分布とその起源火山については詳細にはわかっていない。この研究では東北地方の褐色森林土地帯における土壌について、黒ボク土の性質に関する物理化学的分析を行い、火山ガラスの元素分析を行いその起源を推定した。その結果、非火山地帯の黒ボク土とその類縁土壌(多くは非アロフェン質黒ボク土あるいは、ぼん土質褐色森林土)の生成には広域火山灰がかなり影響していることが明らかとなった。また、地域によっては、かなり古いテフラの再堆積の影響がみられた。この研究のさらなる範囲の拡大によって、日本での黒ボク土生成に関する新たな情報を提供するとともに、土壌図の精密化に寄与すると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

土壌図は地形分類図や表層地質図と並んで国土地理情報の基幹となるものである。「日本土壌分類体系」が2017年に完成し、この分類に基づいて土壌図が書き直されつつある。森林地帯の土壌については、褐色森林土から黒ボク土に変えられるものが多いとみられている。森林では多地点での土壌調査は困難であるので、他の地理情報に基づく効率的な土壌分布推定法の確立が急務である。本研究では森林地帯の黒ボク土の分布と、その起源の火山放出物を明らかにしてきた。この研究がさらに広汎に行われ、テフラ学などの蓄積された成果と組みあわせることによって、効率的に土壌図を改訂できるシステム開発につながると期待される。

研究成果の概要(英文)：The distribution of Andosols in forest areas in Japanese and its origin volcano is not known in detail. In this study, physical and chemical analyses of the properties of Andosols were performed on soils in Brown Forest soil areas in the Tohoku region, and elemental analyses of volcanic glass were performed to estimate the origin volcano. The results showed that wide-spread tephra significantly affected the formation of non-volcanic Andisols and their related soils (mostly non-allophanic Andosols or aluminous Brown Forest soils). In some areas, the effect of redeposition of the older tephra (> 0.4 Ma) was observed. The further expansion of this research will provide new information on the genesis and formation of Andosol in Japan and contribute to the refinement of soil maps.

研究分野：土壌学

キーワード：褐色森林土 黒ボク土 非アロフェン質黒ボク土 アンディック特徴 一次鉱物組成 火山ガラス 元素組成

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本では森林地帯の土壌分類と農耕地の土壌分類とは別々に体系づけられてきた。このことが日本の火山灰土分布の把握に大きな支障となってきた。日本の森林地帯には褐色森林土が最も広く分布し、国土の 53% を占めるとされてきた。この褐色森林土のなかには、黒ボク土（火山放出物の影響を受け、活性アルミニウム（Al）に富む土壌。国土の 17% を占めるとされてきた）の性質を示すものもあることは古くから知られていた。2002 年にまとめられた「日本の統一的土壌分類体系第二次案」（日本ペドロロジー学会第四次土壌分類・命名委員会）において、褐色森林土でも、黒ボク土の性質を示すものは黒ボク土に分類することが初めて合意された。また、2011 年に発行された「包括的土壌分類第 1 次試案」でも同様に、黒ボク土の性質を示す褐色土壌は黒ボク土に含めることにされている。

地球温暖化の原因とされる炭酸ガス放出抑制と炭素貯留の観点から、森林における炭素吸収源としての土壌の機能を評価するために、「森林吸収源インベントリ情報整備事業」が 2006 年から行われている。その結果、土壌に付加された火山放出物が多く、黒ボク土の性質が強いほど、土壌に蓄積されている有機炭素量が多いことが示されている。そのなかでも、アロフェン質粘土鉱物に富むアロフェン質土壌よりも、Al - 腐植複合体に富む非アロフェン質土壌での有機炭素蓄積が多いことが多くの研究から示されている。

「森林吸収源インベントリ情報整備事業」の成果によると、褐色森林土の約 15% が黒ボク土に分類された（今矢ら，2012）。そのうちアロフェン質黒ボク土が 46%，非アロフェン質が 54% と見積もられている（今矢ら，2013）。アロフェン質黒ボク土は火山放出物の影響が大きい場合が多いので、その起源となる火山の特定は容易である。非アロフェン質黒ボク土は火山噴出物の起源から遠い場合が多い。また、近隣に火山地帯が存在せず、広域火山灰の影響を受けている場合もある。このように、森林地帯の黒ボク土の約半数を占める非アロフェン質黒ボク土については、起源となる火山の特定は現在までの情報からはむずかしい。

森林土壌と農耕地土壌の分類をひとまとめにする土壌分類体系には、それが活用されるためには、その体系に基づく土壌図が必要となる。「森林吸収源インベントリ情報整備事業」によって森林地帯の 800 地点の代表土壌断面が得られており、これをもとに褐色森林土と黒ボク土の境界を推定して土壌図の作成が進められてゆくことになると思われる。境界の決定には地形の情報が必須であるが、火山放出物の影響を受けた土壌の場合には、その母材となる噴出源の情報が重要になる。

2. 研究の目的

本研究では、褐色森林土地帯に分布する土壌について黒ボク土の判定基準に関わる性質（アンディック基準）を分析し、黒ボク土およびそれに類似する黒ボク土類縁土壌に分類されるかを調べた。また、鉱物組成（粘土鉱物、一次鉱物）を決定するとともに、火山ガラスの形態、含有率、および元素分析を行い、指標テフラ中の火山ガラスと比較して、土壌に添加された火山放出物の起源火山を明らかとすることを目的とした。研究は東北地方の褐色森林土地帯を対象とした。東北地方にはアロフェン質と非アロフェン質の火山灰土壌がともに広く分布し、その地域が比較的明確に区別できるため、研究の初期の対象として適していると考えられた。得られた結果から、褐色森林土地帯の中での黒ボク土および類縁土壌の分布特徴の解析につながると期待された。

3. 研究の方法

東北地方のうち、秋田県、宮城県、岩手県における黒ボク土およびその近隣の褐色森林土地帯を対象として、土壌調査および土壌試料の採取を行った。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

秋田県では、県北部の鹿角・小坂地域、白神山地周辺地域、北秋田地域、能代・山本地域、県中央部の男鹿地域、秋田中央地域の合計 44 カ所において簡易土壌調査 (0~30cm 深) および代表地点 8 カ所での土壌断面調査 (0~100cm) を行い、土壌試料を採取した。また、参考のため、県南部の 4 カ所 (仙北、大仙、横手、由利本荘) の試料も採取した。

宮城県では、太白山東麓に位置する蕃山丘陵 (仙台市太白区) の合計 47 カ所において簡易土壌調査 (0~45cm 深) および代表地点 6 カ所での土壌断面調査 (0~100cm)、鹿島台丘陵 (大崎市鹿島台) の合計 28 カ所において簡易土壌調査 (0~45cm 深) および代表地点 5 カ所での土壌断面調査 (0~100cm) を行い、土壌試料を採取した。また、以前の研究で採取した大衡丘陵 (大衡村大衡) の 5 ヶ所の土壌断面調査試料も検討に用いた。なお、参考のため宮城県北部の代表的黒ボク土地帯の土壌断面 1 カ所 (宮城県大崎市鳴子温泉沼井) から土壌試料を採取した。

岩手県では、佐比内丘陵 (紫波町彦部) の合計 40 カ所において簡易土壌調査 (0~45cm 深) および代表地点 6 カ所での土壌断面調査 (0~100cm) を行い、土壌試料を採取した。なお、参考のため岩手県の代表的黒ボク土地帯の土壌断面 2 カ所 (岩手県盛岡市厨川、岩手県胆沢郡金ヶ崎町六原) から土壌試料を採取した。

これらの試料の物理化学性、特にアンディック特徴である、酸性シュウ酸塩可溶アルミニウム (Al)、鉄 (Fe) およびケイ素 (Si) (Al_0, Fe_0, Si_0)、ピロリン酸塩抽出 Al および Fe (Al_p, Fe_p)、リン酸保持量、仮比重などを調べた。

土壌の中砂画分 (0.05~0.2 mm) に含まれる火山ガラスを走査型電子顕微鏡-エネルギー分散型 X 線分析装置 (SEM-EDS) を用いて一粒ずつ元素分析した ($SiO_2, FeO, Al_2O_3, CaO, MgO, K_2O, Na_2O$)。既知 (指標テフラ) の火山ガラスと比較して、土壌中の火山ガラスの起源を推定した。用いた指標テフラの主なもの、十和田 a (To-a, AD 915)、白頭山苦小牧 (B-Tm, AD 946~947)、鬼界アカホヤ (K-Ah, 7.3 ka)、阿蘇 4 (Aso-4, 85~90 ka)、始良丹沢 (AT, 26~29 ka)、洞爺 (Toya, 112~115 ka) である。また、研究の過程で、秋田県北部では男鹿半島の戸賀火山の影響を考慮するためその軽石層 (420 ka) を、宮城県では肘折尾花沢テフラ (Hj-O, 11~12 ka) や池月凝灰岩 (240~270 ka) 等を主元素組成の比較に加えた。

4. 研究成果

【秋田県北部・中央部の土壌】

秋田県北部の鹿角・小坂地域のうち十和田湖に最も近い地帯では、 $Al_0+1/2Fe_0$ 含量 (0.4% $Al_0+1/2Fe_0 < 2.0\%$) とリン酸保持量 (25% リン酸保持量 < 85%) がそれほど高くなく、砂含量が高く、砂画分中に火山ガラスを多量に含む未熟黒ボク土が分布していた。次いで十和田湖に近い鹿角・北秋田地域には、黒ボク特徴 ($Al_0+1/2Fe_0$ 2% またはリン酸保持量 85%) を満たす、アロフェン質黒ボク土や非アロフェン質黒ボク土が分布していた。また、能代・三種地域では米代川流域沿いには、非アロフェン質黒ボク土あるいは、ばん土質褐色森林土が分布し、十和田火山噴出物の影響を受けているとされる既報での情報を裏付けた。さらに、米代川流域より北側の白神山地周辺や米代川流域より南側の能代市二ツ井地域でも黒ボク土の分布が見られた。

SEM-EDS での火山ガラスの元素分析結果を指標テフラのそれと比較した結果、秋田県北部・中央部の調査したすべての土壌には十和田 a 火山灰 (To-a, AD 915、十和田カルデラ起源) が含まれていた。特に、十和田湖に近い地帯ほど To-a 火山灰の影響が強かった。十和田湖周辺や米代川流域の土壌だけではなく、白神山地周辺や、米代川流域から遠い地帯など、秋田県北部の広汎な土壌が To-a 火山灰の影響を受けていることが明らかとなった。また、白頭山-苦小牧火山灰

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

(B-Tm, AD 946~947, 白頭山起源) がほとんどの調査地点で確認された (図1)。

【秋田県男鹿半島の土壌】

男鹿半島においても黒ボク土が広く分布し、その多くはアロフェン質黒ボク土であるとされてきた。本研究の結果、アロフェン質黒ボク土はそれほど広くは分布しておらず、寒風山周辺の黒ボク土は非アロフェン質であることが確認された。男鹿半島北西部には非アロフェン質黒ボク土あるいは、ばん土質褐色森林土が分布していた。半島北西部のなかでも、戸賀湾 (戸賀カルデラ) 周辺にはアロフェン質黒ボク土が存在しており、近隣に火山放出物の給源があることが示唆された。

火山ガラスの元素組成分析より、To-a 火山灰由来の火山ガラスがほとんどの試料で確認された。また、B-Tm 火山灰も一部の試料に確認された。これに加えて、戸賀軽石の火山ガラスとみられる元素組成の火山ガラスがすべての試料に含まれており、噴出源の戸賀湾 (戸賀カルデラ) に近い土壌ほど、そのガラスの割合が高いことがわかった (図1)。戸賀軽石は 42 万年前に噴出したとされ、To-a 火山灰 (AD 915) や B-Tm 火山灰 (AD 946~947) より遙かに古い。この古い火山ガラスが現世の表層土壌に含まれることの原因として、露出した断層中の軽石が現世土壌に混入したことが考えられた。

【宮城県蕃山丘陵および鹿島台・大衡丘陵の土壌】

蕃山丘陵 (仙台市太白区) の調査地点は太白山東麓の連続した地形面に設定された。黒ボク特徴の指標の 1 つである $AlO+1/2FeO$ 含量は調査地点ごとに変化し、斜面下部の小段丘面で最も高い値 (1.9~2.8%) を示した。土壌分類は土層の浅い頂稜で普通褐色森林土、斜面でばん土質褐色森林土、傾斜がより緩やかな地形面では普通非アロフェン質黒ボク土であった。SEM-EDS を用いた中砂画分 1 粒ごとの分析結果より、火山ガラス含有率と $AlO+1/2FeO$ 含量の間に正の相関がみられ、火山ガラスの起源としては十和田 a 火山灰等の十和田系火山ガラスおよびそれぞれの濃集層位が異なる傾向を示す起源不明の複数の火山ガラス群を確認することができた。

県中央部の鹿島台丘陵 (大崎市鹿島台) および大衡丘陵 (大衡村大衡) の調査地点は、それぞれ連続した丘陵地形面の尾根から谷に設定された。 $AlO+1/2FeO$ 含量は調査地点ごとに大きく変化し、斜面下部もしくは傾斜が緩やかな地形面で高い傾向を示した。土壌分類は、頂稜で共に普通褐色森林土となったものの、鹿島台丘陵は麓部斜面で腐植質褐色非アロフェン質黒ボク土 (頂稜と麓部斜面以外はばん土質褐色森林土)、大衡丘陵では小段丘面でばん土質褐色森林土だった以外は普通褐色森林土であった。SEM-EDS を用いた中砂画分 1 粒ごとの分析結果より、火山ガラス含有率と $AlO+1/2FeO$ 含量の間に正の相関がみられ、土壌中の火山ガラスの起源としては十和田 a 火山灰、十和田中掬テフラ (To-Cu, 6 ka)、肘折尾花沢テフラ (Hj-O, 11~12 ka)、池月凝灰岩 (240~270 ka) 等を確認することができた。

以上の結果をふまえ、蕃山丘陵および鹿島台・大衡丘陵の黒ボク土および類縁土壌の生成を、土壌分類に関わる表層付近の黒ボク特徴の発現に着目して次のように整理した：(1) 東北地方南部への十和田 a 火山灰の寄与は大きい、(2) 火山灰の削剥や再堆積が斜面の土壌への火山ガラスの混入 (濃集) もしくは消失に関わる、(3) 火山ガラス含有率と黒ボク特徴が正の相関を示す場合が多い、(4) 地形により黒ボク特徴 (土壌分類名) が変化する一連の土壌 (カテナ) を生成。

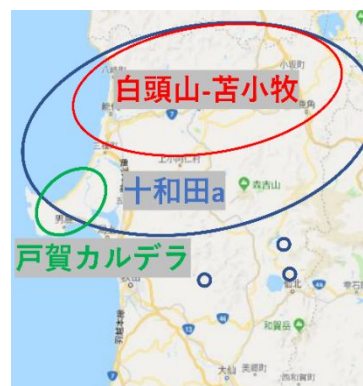


図1. 秋田県北部における土壌への火山灰の影響。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

【岩手県佐比内丘陵の土壌】

県内陸中央部に位置する佐比内丘陵(志波町彦部)の調査地点は、北上川左岸の一連の丘陵地形面に設定された。Alo+1/2Feo 含量は斜面下部の表層付近で比較的高い傾向を示し(麓部斜面のA2層では2.6%)、土壌分類は頂稜で普通褐色森林土、上部谷壁斜面でばん土質褐色森林土、斜面下部(下部谷壁斜面~麓部斜面)では腐植質褐色非アロフェン質黒ボク土となった。SEM-EDSを用いた中砂画分1粒ごとの分析結果より、火山ガラス含有率と黒ボク特徴の強弱には正の相関がみられ、十和田a火山灰等の十和田系火山ガラスおよび起源不明の複数の火山ガラス群を確認することができた。本研究では、起源不明の火山ガラス群の噴出源や年代を同定するには至らなかったが、参考のために採取した胆沢郡金ヶ崎町六原の腐植質非アロフェン質黒ボク土に含まれる火山ガラス群の一部に対比することは可能であった。また、佐比内丘陵の各土壌断面の下部は、黒ボク特徴が弱い層が多く、火山ガラスも検出されないことから、火山灰の影響が殆どみられない表層地質に対応した母材に由来すると土層であると推測した。

以上より、佐比内丘陵の黒ボク土および類縁土壌は、当該地域の表層地質を反映した母材に外部から供給された十和田a火山灰等の混入の影響を受けて生成し、宮城県の蕃山丘陵および鹿島台・大衡丘陵の土壌と同様のメカニズムで、地形により黒ボク特徴(土壌分類名)が変化する一連の土壌(カテナ)を形成したと考えられた。

【まとめ】

本研究の研究対象となった東北地方の秋田、岩手、宮城の3県においては、土壌への十和田a火山灰の混入が土壌生成に大きく影響していることが明らかとなった。すなわち、噴出源に近い秋田県北部では十和田a火山灰の強い影響を受けて、未熟黒ボク土やアロフェン質が生成していた。それ以外の地域では、十和田a火山灰の混入の程度に応じて、非アロフェン質黒ボク土やばん土質褐色森林土が生成していた。十和田a火山灰以外の広域火山灰の影響は顕著ではなかったが、秋田県北部では白頭山-苦小牧火山灰が広く混入していることが明らかとなった。秋田県の男鹿半島では、十和田a火山灰や白頭山-苦小牧火山灰の影響はより少なく、地域的な、年代の非常に古い戸賀軽石層(420ka)が土壌生成に強く影響しているとみられることが注目された。岩手県内陸中央部の佐比内丘陵では十和田a火山灰等の十和田系火山灰の他に、地域的な、起源不明の火山ガラス群が観察された。これらは六原の腐植質非アロフェン質黒ボク土にも含まれており、両地域の土壌の共通点を示唆するものであった。一方、宮城県中央部の土壌試料からは、十和田系火山灰の他に、地域的な、肘折尾花沢テフラ(Hj-O, 11~12ka)、池月凝灰岩(240~270ka)等を確認することができた。ただし、これらの火山ガラス含有率と黒ボク特徴の強弱の関係性ははっきりとせず、特に池月凝灰岩のような年代の非常に古い火山ガラスの混入と現世の黒ボク土および類縁土壌生成との関係およびこれらの火山ガラスが土壌に混入していることの意義については今後の検討課題である。

本研究の結果は、日本の火山地帯以外の地域に分布する黒ボク土あるいはそれに類似した土壌の成因に大きな示唆を与える。火砕流や火山泥流の影響を受けた低地や河川段丘では、その混入程度によって黒ボク土やばん土質の土壌が生成する。丘陵地では、広範囲に薄く堆積した火山灰の削剥や再堆積が斜面の影響を受けることにより、地形により黒ボク特徴(土壌分類名)が変化する一連の土壌(カテナ)を生成する。そのため、黒ボク土および類縁土壌の分布する丘陵地および山地における土壌資源の評価(例えば、炭素吸収源としての土壌の機能など)には注意が必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 生駒徳和・宮本毅・菅野均志・高橋正
2. 発表標題 太白山東麓（仙台市）の黒ボク土類縁土壌における火山ガラスの量および起源
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2018年度神奈川大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 能登春希・早川敦・石川祐一・菅野均志・高橋正
2. 発表標題 秋田県北部の森林植生下における黒ボク土およびその類縁土壌の分布と起源
3. 学会等名 日本ペドロロジー学会2018年度大会，名城大学天白キャンパス（名古屋市）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 生駒徳和・菅野均志・高橋正・南條正巳
2. 発表標題 太白山東麓（仙台市太白区）にみられる黒ボク土類縁土壌の分布
3. 学会等名 日本ペドロロジー学会2018年度大会，名城大学天白キャンパス（名古屋市）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤穂高・菅野均志・宮本毅・広井良美・高橋正・南條正巳
2. 発表標題 黒ボク土類縁土壌に含まれる火山ガラスの起源推定と断面内分布
3. 学会等名 日本土壌肥料学会佐賀大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 S. Onuma, H. Saito, M., T. Miyamoto, H. Kanno, T. Makino
2. 発表標題 Genesis and classification of various andic soils in the hills of central Miyagi Prefecture, northeastern Japan: evaluating the effect of volcanic ash using cryptotephra identification
3. 学会等名 14th International Conference of the East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大沼佐保子・宮本毅・菅野均志・牧野知之
2. 発表標題 クリプトテフラの識別を用いた黒ボク土類縁土壌への火山灰の影響評価(第1報)宮城県中央部の大衡丘陵と鹿島台丘陵の事例
3. 学会等名 日本ペドロロジー学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 照井直人・宮本毅・菅野均志・牧野知之
2. 発表標題 クリプトテフラの識別を用いた黒ボク土類縁土壌への火山灰の影響評価(第2報)岩手県内陸中央部の佐比内丘陵の事例
3. 学会等名 日本ペドロロジー学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋正
2. 発表標題 火山灰土壌の多様性の解明 - アルミニウム-腐植複合体の機能を中心に -
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2019静岡大会(招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	菅野 均志 (Kanno Hitoshi) (30250731)	東北大学・農学研究科・准教授 (11301)	
連携 研究者	南條 正巳 (Nanzyo Masami) (60218071)	東北大学・農学研究科・教授 (11301)	