

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：82105

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23780177

研究課題名(和文) 高機能性土壌の森林での分布を決める火山灰混入程度の全国評価

研究課題名(英文) Estimation of degree of volcanic ash additions for decision to distribution high functional soils in forest lands of Japan

研究代表者

今矢 明宏 (IMAYA, Akihiro)

独立行政法人森林総合研究所・立地環境研究領域・主任研究員

研究者番号：60353596

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：日本全国約800地点の森林土壌断面調査試料の酸性シュウ酸塩可溶アルミニウム濃度と石礫率から、日本の森林域における土壌への火山灰混入程度を評価した。日本の森林は約2割が火山灰土壌に覆われ、約6割が多少なりとも火山灰の混入した土壌であることが明らかとなった。火山灰混入程度が高い土壌は火山近傍に分布し、火山近傍以外では平坦地形面に多かった。火山灰混入程度が強いほど土壌炭素蓄積量が大きく、土壌炭素蓄積の広域分布には火山灰混入の影響が大きいことが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：The addition of volcanic ash to forest soil was evaluated by the concentration of Al extracted by acid oxalate and the gravel content in soil samples collected in ca.800 plots all over Japan. Twenty percent of forest soils were estimated to be volcanic ash soil and 60% of those were considered to be somewhat contained volcanic ash. The volcanic ash addition rate was high in the soils which were distributed in the area near volcanoes, while the soils having highly volcanic ash were only distributed on the flat or moderate slope in remote area from volcanoes. It was observed that the forest soils, having higher volcanic ash, showed higher carbon stock. We concluded that the addition of volcanic ash enhanced the carbon content in Japanese forest soils.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：火山灰土壌 全国評価 酸性シュウ酸塩可溶アルミニウム アンドソル

1. 研究開始当初の背景

森林土壌は陸域生態系において巨大な炭素プールとして機能している。日本においても森林に対する炭素吸収源としての機能の高度発揮が期待されている。日本では林野庁の「森林吸収源インベントリ情報整備事業」において2006年からの5カ年計画で土壌炭素蓄積量インベントリの整備が進められ、土壌炭素蓄積の全国的な分布傾向が明らかになってきた。その分布を決定する要因を明らかにすることは、炭素蓄積を人為的にコントロールしていく上で重要な知見を与える可能性が高い。

日本のような火山国では、火山灰を起源とする活性アルミニウムが、土壌の有機物保持に大きく関わっており、火山灰付加程度が大きい土壌ほど炭素蓄積量が多い。活性アルミニウムと結合した土壌有機物は、分解が抑制され100年～1000年オーダーで土壌中に保持される。従って、火山灰付加程度が大きい土壌では、難分解性有機物の蓄積割合のことが予想される。このことから、温暖化等の環境変化や施肥などの森林管理により変動する土壌炭素の大きさは、火山灰付加程度が大きい土壌ほど小さくなると推測される。また、有機物は大きな塩基交換容量を持つことから、火山灰付加による有機物の集積は良好な養分環境の形成に関与していると考えられる。

しかし、これまでの森林土壌の調査では、土壌への火山灰付加程度はもとより、土壌が火山灰を母材としているかどうかさえ明示的に表すことは行われていない。これは、これまで森林に求められていた木材生産の目的においては土壌の水分環境の違いが重要であり、火山灰付加程度の違いに着目する必要がなかったためである。そのため、森林土壌において火山灰の付加程度を評価する手法の開発は遅れていた。

2. 研究の目的

研究代表者らが提唱する土壌中の遊離アルミニウム濃度と石礫率を指標として簡便に土壌への火山灰付加程度を評価する手法を全国において採取された土壌に適用することで、土壌への火山灰付加程度の全国分布を明らかにする。これにより、土壌への火山灰付加程度の炭素蓄積量分布との関係解明を可能とし、どのような条件下において土壌の炭素蓄積が火山灰付加程度によって支配され、また、火山灰付加程度以外の要因が支配要因となるのかが明らかになる。

3. 研究の方法

(1) 試料

林野庁「森林吸収源インベントリ情報整備事業」(2006 - 2010年度)において、日本全国を4km×4kmに区切った格子点約2500地点で炭素蓄積量調査が行われ、その3分の1の地点において代表土壌断面として深さ1m

の試抗を作成し、層別土壌試料が採取されている。この約800地点の代表土壌断面試料を用いた。

(2) 分析

酸性シュウ酸塩可溶アルミニウム(Al_o)、鉄(Fe)およびシリカ(Si_o)の測定方法は次のとおりである。風乾細土1gに酸性シュウ酸塩溶液50mlを加えて、暗条件にて4時間振とう後に、高速遠心により得た上清液をろ過し、ろ液中のアルミニウムおよびシリカ濃度を誘導結合型プラズマ発光分析装置により定量。

ピロリン酸可溶アルミニウム(Al_p)の測定方法は次のとおりである。風乾細土0.5gにピロリン酸溶液50mlを加えて、16時間振とう後に、高速遠心により上清液を得てこれを孔径0.2μmのメンブレンフィルターでろ過し、ろ液中のアルミニウム濃度を誘導結合型プラズマ発光分析装置により定量。

(3) 火山灰付加程度の推定

火山灰混入程度に応じた土壌区分はImaya et al. (2010)の方法に準拠し、以下の4つに区分した。

- ・高Al_o礫なし型：深さ1mまでのA層およびB層にAl_o 20 gkg⁻¹の層位をもち、かつ断面下部およびC層を除いて石礫率が5%以上の層位を持たないもの

- ・高Al_o礫あり型：上記以外の土壌で、深さ1mまでのA層およびB層にAl_o 20 gkg⁻¹の層位をもつもの

- ・低Al_o型：上記以外の土壌で、深さ1mまでのA層およびB層のすべての層位でAl_o < 4 gkg⁻¹を示すもの

- ・中Al_o型：上記以外の土壌

火山灰混入程度は、高Al_o礫なし型 > 高Al_o礫あり型 > 中Al_o型 > 低Al_o型であり、高Al_o礫なし型および高Al_o礫あり型は火山灰土壌、中Al_o型は火山灰の混入が認められるもの、低Al_o型は火山灰の混入がほばないものに相当する。

4. 研究成果

(1) 各抽出画分の森林土壌断面での状況

試料全体における酸性シュウ酸塩可溶の各画分濃度(n=3320、最小～最大(平均±SD))は、Alが0.26～85.84(11.16±13.48) g kg⁻¹、Feが0.26～75.14(7.88±5.71) g kg⁻¹、Siが0.01～47.92(3.08±6.32) g kg⁻¹であった。ピロリン酸可溶Al濃度(n=3321、最小～最大(平均±SD))は、0.10～45.41(6.08±4.76) g kg⁻¹であった。

層位毎における酸性シュウ酸塩可溶の各画分濃度は、A層では、Alが0.69～69.16(10.15±10.69) g kg⁻¹、Feが0.63～56.37(7.84±5.15) g kg⁻¹、Siが0.01～31.45(2.27±4.53) g kg⁻¹(n=994、最小～最大(平均±SD))であった。B層では、Alが0.53～85.84(11.45±14.76) g kg⁻¹、Feが0.26～38.86

(8.00 ± 5.79) g kg^{-1} , Si が $0.01 \sim 47.92$ (3.41 ± 7.12) g kg^{-1} ($n=1207$, 最小～最大(平均 \pm SD))であった。ピロリン酸可溶の各画分 Al 濃度は、A 層では $0.25 \sim 30.64$ (6.80 ± 4.54) g kg^{-1} ($n=995$, 最小～最大(平均 \pm SD)), B 層では $0.23 \sim 39.90$ (5.40 ± 4.34) g kg^{-1} ($n=1207$, 最小～最大(平均 \pm SD))であった。

Al_o 濃度および Si_o 濃度については、ある程度の濃度 (Al_o で 10gkg^{-1} 程度) の層位を持つ土壌断面では、最表層が次表層より低い濃度を示し、また、下層ほど濃度が高くなるものが多かった。一方、これらより低い濃度域の層位しか持たない土壌断面では最表層において最も高い濃度を示すものが多かった。

(2) 火山灰付加程度による区分

断面としてデータが揃っている 821 断面について、Al_o 濃度と石礫率を用いた Imai et al. (2010) の火山灰付加程度による土壌区分を適用した。火山灰混入程度が低いかほぼないと考えられる低 Al_o 型土壌に区分されたものは 180 断面で全体の約 22% であった。一方、火山灰土壌あるいは火山灰混入程度が高いと考えられる高 Al_o 礫なし型および高 Al_o 礫あり型に区分された土壌は 177 断面で全体の約 22% であった。また、残りの約 57% の土壌は中 Al_o 型に区分されており、これらには火山灰の混入が少なからずあるものと考えられた。従って、日本の森林土壌の約 8 割においてはなんらかの火山灰の影響を受けているということが示された。

国際的に用いられる土壌分類体系である World Reference Base for Soil Resources (WRB) では、火山灰を母材とする土壌はアンドソル群として他の地質母材に由来する土壌と区別されている。Al_o+0.5Fe_o の値が 20.0 gkg^{-1} 以上であることがアンディック特徴の一つの条件となっており、アンドソル群の土壌は地表から 100cm 以内に積算で 30cm 以上の厚さでアンディック特徴を満たすことが条件となっている。本研究の試料においては Al_o+0.5Fe_o の値は $0.5 \sim 103.6 \text{ gkg}^{-1}$ の範囲にあり、その平均は 15.1 gkg^{-1} であった。216 断面が厚さ 30cm 以上のアンディック層をもっており、そのうち 178 断面がアンドソルの要件を満たしていた。

世界土壌科学連合 (IUSS) 国際土壌照合情報センター (ISRIC) および国連食糧農業機関 (FAO) が編集・提案した国際的な土壌分類体系

(3) 火山灰付加程度の分布傾向

火山灰混入程度が高い高 Al_o 型土壌は、北海道南東部、東北地方東部、関東地方、九州地方中南部に比較的まとまって分布していた (図 1)。

高 Al_o 礫なし型および高 Al_o 礫あり型土壌は、他の区分の土壌よりも斜面傾斜が緩い地点に多く分布していた。一方、低 Al_o 型土壌

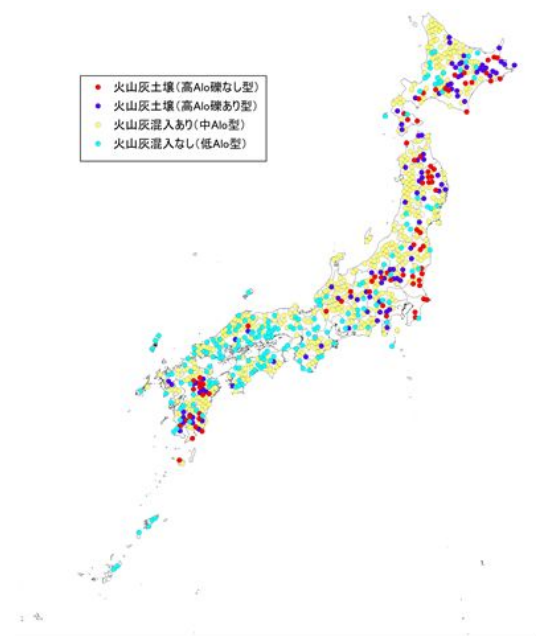


図 1 火山灰付加程度による土壌区分

は、年平均気温が高く、標高の低い地点に多く分布していた。

また、高い Al_o 濃度の層位を持つ土壌区分ほど火山との距離が小さく、低 Al_o 型土壌が平均 $91.9 \pm 66.8\text{km}$ であるのに対し、高 Al_o 礫なし型土壌では平均 $38.9 \pm 33.2\text{km}$ と約 4 割の距離しかなかった。火山から 50km 圏内には、高 Al_o 礫なし型土壌の 70%、高 Al_o 礫あり型の 76% が分布し、低 Al_o 型土壌の分布は 35% に留まった。一方、火山から 100km 圏外には、高 Al_o 礫なし型土壌の 5%、高 Al_o 礫あり型土壌の 7% しか存在していなかった。これに対して低 Al_o 型土壌は 37% が 100km 圏外に分布していた。

以上より、火山灰の給源となる火山に近く、また、降下火山灰が安定的に存在できる緩傾斜地において、火山灰付加程度の大い土壌が多く分布することが明らかとなった。また、火山から離れた地点においては平坦面に Al_o 濃度が高い地点が多いことが明らかになった。一方、年平均気温が高く、標高の低い地点で火山灰付加がほぼみられない土壌が多かった。その理由は、これらの地点では人為による利用圧が高く土壌の侵食が大きいため火山灰が残らなかったことも一因として考えられる。

(4) 炭素蓄積量との関係

土壌区分毎の炭素蓄積量は、0-30cm 深、0-1 m 深とも高 Al_o 礫なし型 > 高 Al_o 礫あり型 > 中 Al_o 型 > 低 Al_o 型の傾向を示しており、火山灰混入程度の高い土壌区分ほど炭素蓄積量が大きい傾向がみられた (図 2)。このように日本の森林土壌の炭素蓄積には、土壌への火山灰の混入が大きく関与していることが示唆された。これは土壌に混入した火山灰

の風化によってアルミニウムが遊離され、そのアルミニウムが土壌有機物と有機-無機複合体を形成することで、炭素が土壌に安定的に蓄えられるためと考えられる。

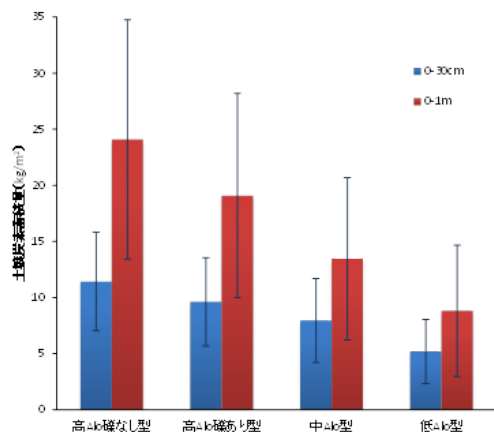


図2 土壌区分毎の炭素蓄積量

表層0~30cmのAlp濃度と炭素含量には正の相関がみられた(図3)。これは有機無機複合体の形成と炭素蓄積の密接な関係を示唆しており、日本の森林土壌においては、土壌に付加された火山灰から供給されるアルミニウムが土壌炭素蓄積に及ぼす影響が大きいことが明らかとなった。

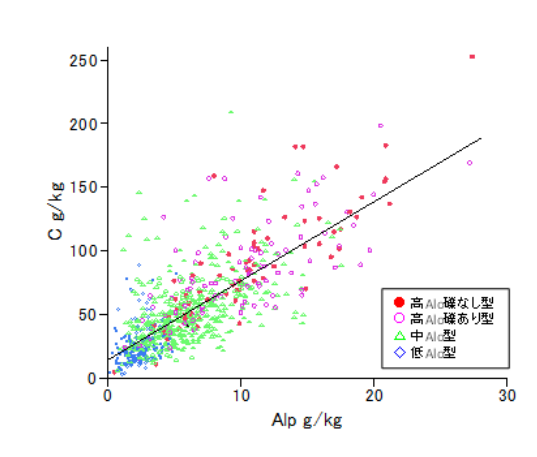


図3 Alp濃度と炭素濃度の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1件)

今矢明宏、吉永秀一郎、稲垣善之、田中永晴、太田誠一、火山灰付加は褐色森林土の炭素蓄積を支配する、日本土壌肥料学雑誌、査読有、84巻、2013、38-44

〔学会発表〕(計 3件)

今矢明宏、日本の森林域における非アロフェン質およびアロフェン質アンドソルの分

布、日本ペドロロジー学会、2013年10月25日、東北大学

今矢明宏、吉永秀一郎、高橋正通、金子真司、日本の森林域における火山灰付加程度による土壌化学性の相違、日本土壌肥料学会、2013年9月11日、名古屋大学

今矢明宏、鶴川信、日本の森林域における火山灰土壌の分布、日本土壌肥料学会、2012年9月4日、鳥取大学

〔図書〕(計 1件)

今矢明宏、博友社、土壌分類とインベントリ、2014、32-56

6. 研究組織

(1)研究代表者

今矢 明宏 (IMAYA, Akihiro)

独立行政法人森林総合研究所・立地環境研究領域・主任研究員

研究者番号：60353596